

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

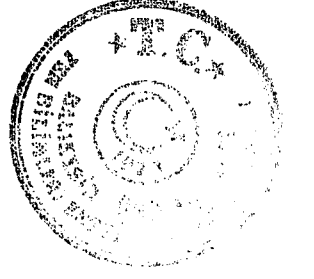
**KAZIKLI İSKELELERDE DALGA KUVVETLERİ
VE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Nuray GEDİK

Balıkesir, Temmuz – 1998

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



**KAZIKLI İSKELELERDE DALGA KUVVETLERİ
VE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Nuray GEDİK

Tez Danışmanı : Y. Doç. Dr. Emel İRTEM

Sınav Tarihi : 20.07.1998

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Sedat KAPDAŞLI

Y. Doç. Dr. Emel İRTEM

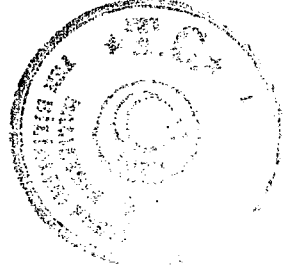
Y. Doç. Dr. Erdem ÜNAL

(İTÜ)

(Danışman)

(İTÜ))

Balıkesir, Temmuz - 1998



ÖZ

**KAZIKLI İSKELELERDE DALGA KUVVETLERİ
VE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Nuray GEDİK

Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

İnşaat Anabilim Dalı

(Yüksek Lisans Tezi / Tez Danışmanı : Y. Doç. Dr. Emel İRTEM)

Balıkesir, 1998

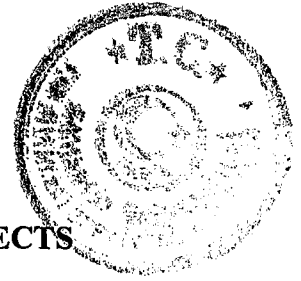
Özel teşebbüse liman faaliyetlerinde bulunma izninin verilmesinden sonra çeşitli sanayi kuruluşlarınca gemi yanaşma tesisleri yapımına hız verilmiş ve buna bağlı olarak iskele, dolphin, rıhtım vb. tesislere ait projeler de artmıştır.

Liman yerinde kıyıya paralel olarak yeterli yanaşma yeri uzunluğu sağlanamıyorsa kıyıya dik yönde iskeleler inşa edilir. Masif iskeleler dalgaları yansıtmanın yanı sıra büyük derinliklerde inşa edildiklerinde büyük ağırlıklar nedeniyle oturmaları neden olduklarından kazıklı tip tercih edilmektedir. Kazıklı iskeleler kazıklar üzerine oturan bir döşeme ile oluşturulurlar. Kazık çelik, betonarme, öngerilmeli beton veya ahşap olabilir. Bir kazıklı iskeleye, iskele üst yapı ve kazık zati ağırlıklarından oluşan ölü ağırlık, tabliye üzerinde düzgün yayılı yük, kara vasıtası, katar yükü, vinç yükü, gemi yanaşma basıncı, baba çekme kuvveti, fren kuvveti, rüzgar kuvveti, deprem kuvvetinin yanı sıra dalga kuvveti de etkimektedir. Ancak yapılmış çalışmalarda dalga kuvvetlerinin gözönüne alınmadığı görülmektedir. Oysa dalgaların kıyıdaki yapılar üzerinde önemli etkileri olduğu bilinmektedir.

Kazıklara etkiyen dalga kuvvetinin hesabı dalga yüksekliği, su derinliği, dalga periyodu, dalga uzunluğu, kazık çapı gibi değişkenler gözönüne alınarak yapılmaktadır. Dolayısıyla dalga yüksekliği ve dalga periyodunun belirlenmesi önem taşımaktadır. Düzensiz dalgaların oluşumu çok karmaşık olduğundan bunların özelliklerini teker teker dalgaları inceleyerek elde etmek zordur. Bu nedenle istatistiksel yaklaşımla ele alınmaları gerekir. Dalgaların extrem değerleri kıyı yapılarının etkisi altında kalabilecekleri en büyük yükler ve olası hasar oranlarının belirlenmesi açısından çok önemlidir. Bu yüzden bu çalışmada, belli bir dönem rüzgar verileri ile dalga iklimi çalışması yapılarak dalga yükseklikleri ve dalga periyotları hesaplanmıştır.

Bu çalışmada, kazıklardan oluşan iskelelerin boyutlandırılmasında gerekecek bilgiler bir araya getirilerek, dalga yüklerinin olasılıkları incelenmesi sonucunda elde edilen dalga yüksekliği ve periyoduna bağlı olarak bulunan kazıklara etki eden dalga kuvvetleri hesaplandıktan sonra iskeleye etki eden yük kombinasyonlarına göre çözümler yapılmıştır. Kazık üst ucuna etkiyen kuvvet ve deplasmanların hesabında SAP90 Yapı Analiz programı kullanılıp, kazığın zemin içindeki bölümü yaylarla tanımlanmış, kazık başlığı ise rijit alınmıştır. Burada sabit yük (G) ve hareketli yük (P) ile birlikte baba çekme kuvvetinden (B) oluşan yüklemenin kazık üst ucundaki kuvvetler ve dolayısıyla deplasmanlar açısından en elverişsiz yükleme olduğu, ancak bunun yanı sıra dalga kuvvetlerinin de hesaplarda gözönüne alınması gerektiği görülmektedir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Kazıklı iskele / dalga yüksekliği / dalga periyodu / dalga kuvveti / yük kombinasyonları



ABSTRACT

AN INVESTIGATION OF WAVE FORCES AND THEIR EFFECTS IN PILED PIERS

Nuray GEDİK

Balıkesir University, Institute of Science,

Department of Civil Engineering

(M. Sc. Thesis / Supervisor : Asst. Prof. Emel İRTEM)

Balıkesir-Turkey, 1998

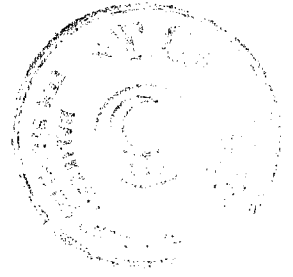
After private companies were given permission to built and operate the port activities, the ship berthing foundations has been getting important. Therefore, the projects of foundations as piers, dolphin and wharf has also been increasing.

If the berthing location length is not long enough as parallel to the coast at the port, piers are built at the normal direction of the coast. Piled piers are preferred to massive piers because the massive piers have reflected to waves and settled due to large weight when they were built considerable deep water. The piled piers consist of piles and a deck on them. Piles are made by steel, timber, reinforced or prestressed concrete. A piled pier is influenced by the dead weight formed upper structure and own weight of pile, uniform distributed load on the tablet, vehicle, cooper loading, crane load, ship berthing pressure, bollard pulling force, breaking force, wind force, earthquake force and also wave force. But, in most of the previous studies, the wave forces are not taken into account sufficiently. However, it is known that waves have important effect over the structures on the coast especially inside the breaking line.

The wave force effecting to piles are calculated taking into account following parameters: wave height, water depth, wave period, wave length and pile diameter. Consequently to determine the wave height and wave period are very important. Because of the complex formation of irregular wave, it is very hard to examine wave properties as one by one. For this reason, the statistic approach must be used. The extreme values of waves are very important for determining the largest loads effecting coast structures and probable damages. Therefore, wave heights and wave periods have been calculated by studying wave climate by using the wind data obtained during a historical time period.

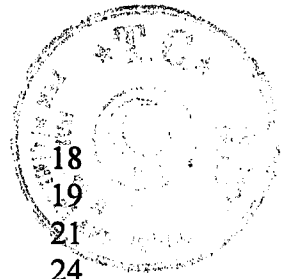
In this study, firstly, knowledges in related to dimensions for piled piers are reviewed. Then the wave height and wave period are determined by considering the probabilities of load induced by the waves. The wave forces were calculated depending on the wave height and wave period by using the emperical equations. After that, solutions are obtained according to combinations of the different loads which affect to pier. SAP90 programme was used in the calculation of forces and displacements of the upper tip of the pile. In this programme, the part of the pile in the soil are defined as a spring and the pile cap has been accepted as rigid. As a result, the total load which take place from the constant load (G), live load (P) and bollard pulling force (B) is the most unsuitable loading for the total forces acting on pier and displacement in the upper tip of the pile. In addition, it is shown that the wave forces are considerable important especially for the extrem load combinations must be added to the calculations.

KEYWORDS: Piled pier / wave height / wave period / wave force / load combinations



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZ, ANAHTAR SÖZCÜKLER	ii
ABSTRACT, KEY WORDS	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SEMBOL LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖNSÖZ	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 İskelelerin Planı	4
2.2 İskele Tipleri	5
2.2.1 Dayanıklı Yapılar	5
2.2.1.1 Ağırlık Tipi	5
2.2.1.2 Palplanş Tipi	6
2.2.1.3 Hücresel Batardo Tipi	7
2.2.2 Esnek Yapı	8
2.2.2.1 Kazık Tipi	8
2.2.2.2 Hareketli İskeleler	9
2.2.2.3 Dolphin	9
2.2.3 Yüzen Yapılar	9
2.2.3.1 Yüzen İskeleler	9
2.3 İskele Boyutları	10
3. İSKELE YAPILARINA ETKİYEN YÜKLER	11
3.1 Düşey Yükler	11
3.1.1 Sabit Yükler	11
3.1.2 Hareketli Yükler	12
3.1.2.1 Düzgün Yayılı Yükler	12
3.1.2.2 Kara Nakil Vasıtaları	13
3.1.2.3 Demiryolu Vasıtaları	14
3.1.2.4 Vinç Yükleri	16
3.2 Yatay Yükler	17
3.2.1 Baba Çekişi	17
3.2.2 Gemi Yanaşma Basıncı	18
3.2.2.1 Gemi Karakteristikleri ve Virtüel Ağırlık	18



3.2.2.1.1 Gemi Karakteristikleri	18
3.2.2.1.2 Virtüel Ağırlık	19
3.2.2.2 Yanaşma Hızı	21
3.2.2.3 Yanaşma Enerjisi	24
3.2.2.3.1 Gemilerin Kinetik Enerjisi	24
3.2.2.3.2 Eksantrik Faktör	25
3.2.3 Rüzgar Basıncı ve Akım Basıncı	34
3.2.3.1 Rüzgar Basıncı	34
3.2.3.2 Akım Basınç Yükü	36
3.2.3.3 Gerekli Usturmaça Sayısı	37
3.2.4 Rüzgar Basıncı (Yanaşma yerinde)	38
3.2.5 Fren Kuvveti	38
3.2.6 Su Basıncı	39
3.2.7 Deprem Kuvveti	40
3.3 İskele Etkiyen Yük Kombinasyonları	43
3.3.1 İskele Etkiyen Yükler ve Notasyonlar	43
3.3.2 Yükleme Durumları	43
4. DALGALARIN BASİTLEŞTİRİLMİŞ METOTLARLA TAHMİNİ ve EXTREM DALGA YÜKSEKLİĞİ DAĞILIMLARI	45
4.1 Dalgaların Basitleştirilmiş Metotlarla Tahmini	45
4.1.1 Giriş	45
4.1.2 Feç Uzunluğu	45
4.1.3 Rüzgar Hızları	46
4.1.4 Rüzgar Gerilme Faktörü	49
4.1.5 Derin Sularda Dalga Tahmini	50
4.1.6 Sığ Sularda Dalga Tahmini	53
4.2 Extrem Dalga Yüksekliği Dağılımları	55
4.2.1 Kesin Çözüm	55
4.2.2 Yaklaşık Çözüm	56
5. KAZIKLAR ve KAZIKLARA ETKİ EDEN DALGA KUVVETLERİNİN HESAPLANMASI	60
5.1 Giriş	60
5.2 Kazık Grupları	61
5.2.1 Düşey Yük Etkisi Altındaki Kazık Grupları	62
5.2.2 Yanal Yükler Etkisi Altında Kazık Grupları	62
5.3 Kazıklara Etki Eden Dalga Kuvvetlerinin Hesaplanması	62
5.3.1 Giriş	62
5.3.2 Düşey Silindirik Kazıklar ve Kırılmayan Dalgalar	64
5.3.3 Kuvvetlerin ve Momentlerin Hesabı	65
5.3.4 Çevrilerden Oluşan Enine Kuvvetler (Kaldırma Kuvvetleri)	77
5.3.5 Hidrodinamik Kuvvet Katsayılarının C_D ve C_M 'in Seçimi	78
5.3.5.1 C_D 'yi Etkileyen Faktörler	79
5.3.5.2 C_M 'i Etkileyen Faktörler	83
5.3.6 Düşey Silindirik Kazık Gruplarında Kuvvet ve Momentlerin Hesabı	85

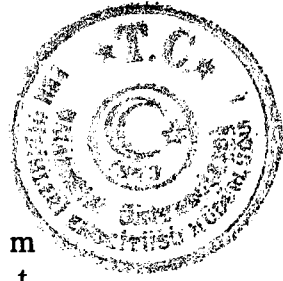


5.3.7 Kırılan Dalgalardan Dolayı Silindirik Kazıklardaki Momentlerin ve Kuvvetlerin Hesabı	87
5.3.8 Dairesel Olmayan Kazıklarda Kuvvetlerin Hesabı	89
6. SAYISAL UYGULAMA	92
6.1 İskelelerin Boyutlandırılması	92
6.2 Extrem Dalga Yükseklikleri Hesabı	92
6.3 Kazık Grubuna Etki Eden Dalga Kuvvetlerinin Hesaplanması	96
6.4 Yük Analizi	103
6.4.1 Sabit Yükler	103
6.4.2 Hareketli Yükler	104
6.4.3 Deprem Yükü	104
6.4.4 Gemi Yanaşma Basıncı	105
6.4.5 Baba Çekmesi	105
6.4.6 Rüzgar Tesirleri	106
6.5 Dalga Kuvvetleri Etkisi Altındaki İskelelerin Çözümü	106
6.6 Statik Hesaplar	106
7. SONUÇLAR	112
KAYNAKLAR	114

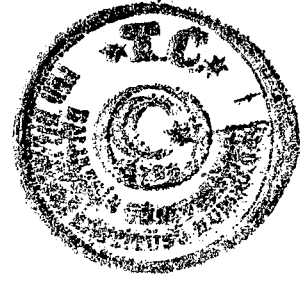


SEMBOL LİSTESİ

Simge	Adı	Birimi
W	Virtüel ağırlık	t
W₁	Gerçek gemi ağırlığı	t
W₂	İlave ağırlık	t
d₁	Geminin çektiği su	m
L₁	Dikmeler arası uzunluk veya baştan başa uzunluk	m
w_o	Deniz suyunun özgül ağırlığı	t/m ³
B	Gemi genişliği	m
E_k	Geminin kinetik enerjisi	tm
v	Yanaşma hızı	m/s
g	Yerçekimi ivmesi	m/s ²
E_t	Sarfedilen enerji	tm
l	Bağlama noktasından geminin ağırlık merkezine kadar iskeleyle paralel mesafesi	m
r	Geminin ağırlık merkezi etrafında dönme yarıçapı	m
E	Efektif yanaşma enerjisi	m
C_o	Eksantrik faktör	
R_v	Rüzgar basıncı	t
ρ_a	Hava basıncı	kgs ² / m ⁴
V_v	Rüzgar hızı	m/s
A_a	Su üstünde gemi ön projeksiyon alanı	m ²
B_a	Su üstünde gemi yan projeksiyon alanı	m ²
C_v	Hava basınç katsayısı	
R_c	Akım basıncı	t
ρ_s	Su basıncı	kgs ² / m ⁴
V_c	Akım hızı	m/s
B_b	Su altında gemi yan projeksiyon alanı	m ²
C_c	Akım basınç katsayısı	
n	Gerekli usturmaça sayısı	
d_f	Geminin su altında kalan kısmının su seviyesinden itibaren mesafesi	m
h	Su derinliği	m
W_h	Su basıncını yatay bileşeni	t
W_v	Su basıncını düşey bileşeni	t
γ_w	Deniz suyunun özgül ağırlığı	t/m ³
E_{a1}	Yeraltı su seviyesi üzerindeki toprak itkisi	t
E_{a2}, E_{a3}	Yeraltı su seviyesi altındaki toprak itkisi	t
C	Deprem katsayısı	
C₀	Deprem bölge katsayısı	
k	Yapı tipi katsayısı	
S	Yapı dinamik katsayısı	
I	Yapı önem katsayısı	
T₁	Yapının 1. normal moduna ait doğal periyot	s
T_o	Zemin hakim periyodu	s
H₁	Yapının temel üst kotundan ölçülen yükseklik	m



D_1	Yatay yükler doğrultusuna paralel doğrultudaki yapı genişliği	m
W_n	Toplam yapı ağırlığı	t
G	Sabit yükler toplamı	t
P	Hareketli yükler toplamı	t
n_1	Hareketli yük katsayısı	
Fe	Feç uzunluğu	m
R_T, R_L	Rüzgar düzeltme faktörü	
H_s	Belirgin dalga yüksekliği	m
U_A	Rüzgar gerilme faktörü	m/s
t	Saat olarak esme süresi	
R	Rayleigh dağılım parametresi	
\bar{H}_{ex}	Extrem dalga yüksekliği	m
N	Extrem değer gözlem sayısı	
y_N	y 'nin ortalaması	
σ_N	y 'nin standart sapması	
S_H	\bar{H}_{ex} 'in standart sapması	
R_p	Gumbel'a göre dönüş aralığı	
H_{RP}	Extrem belirgin dalga yüksekliği	m
H	Dalga yüksekliği	m
d	Su derinliği	m
T	Dalga periyodu	s
L	Dalga uzunluğu	m
f_i	Kazığın birim uzunluğundaki atalet kuvveti	
f_D	Kazığın birim uzunluğundaki sürüklenme kuvveti	
ρ	Akışkan özgül kütlesi	kg/m ³
D	Kazık çapı	m
u	Kazık ekseninde yatay su taneciğinin hızı	m/s
C_D	Sürüklenme katsayısı	
C_M	Atalet veya kütle katsayısı	
L_A	Dalga uzunluğu (Airy)	m
η_c	Sakin su seviyesi üstündeki su kotu	m
F_m	Maksimum kuvvet	t
M_m	Maksimum moment	tm
F_{Lm}	Kaldırma kuvveti	t
F_{Lm}	Maksimum kaldırma kuvveti	t
C_L	Ampirik kaldırma katsayısı	
Re	Reynolds Sayısı	
ν	Akışkanın kinematik viskozitesi	
u_{max}	Maksimum yatay hız	m/s
A	Genlik	
x_n	Gruptaki her bir kazığın x koordinatı	m
θ	Faz açısı	

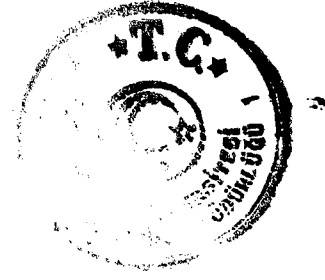


ŞEKİL LİSTESİ

Şekil Numarası	Adı	Sayfa
Şekil 2.1	İskele planları	4
Şekil 2.2	Keson	6
Şekil 2.3	Hücreli blok	6
Şekil 2.4	L tipi blok	6
Şekil 2.5	Kazık blok	6
Şekil 2.6	Bent	6
Şekil 2.7	Palplanş tipi	7
Şekil 2.8	Palplanş rıhtım duvarı ile hafif platform tipi	7
Şekil 2.9	Hücreli batardo tipi	7
Şekil 2.10	Hücreli batardo tipinin enine kesiti	7
Şekil 2.11	Kazık tipi	8
Şekil 2.12	Hareketli iskeleler	9
Şekil 2.13	Yüzen iskele	9
Şekil 3.1	Yayıllı yükün, kayma ve devrilme tahkikinde yanaşma yerine etkime noktası	12
Şekil 3.2	Yayıllı yükün, zemin emniyet gerilmesi ve kazık taşıma güçlerinin tahkikinde yanaşma yerine etkime noktası	12
Şekil 3.3	Yük kamyonu	13
Şekil 3.4	Ağır yük vasıtası	13
Şekil 3.5	Straddle Carrier	14
Şekil 3.6	Ağır yük katarı S(1950)	15
Şekil 3.7	Hafif yük katarı L(1950)'nin lokomotifi+Ağır yük katarı S(1950)'nin vagonları	15
Şekil 3.8	Gemi karakteristikleri	18
Şekil 3.9	Ro-Ro tipinin yanaşması	21
Şekil 3.10	Bridgestone tarafından ölçülen yanaşma hızı verileri	22
Şekil 3.11	Genel kargo gemilerinin deplasman tonajı ve yanaşma hızı	23
Şekil 3.12	Tankerlerin deplasman tonajı ve yanaşma hızı	23
Şekil 3.13	Geminin iskeleye yanaşma şekli	24
Şekil 3.14	Bağlama noktası ve eksantrik faktör	26
Şekil 3.15	Dolphin iskelede yanaşma şekli	27
Şekil 3.16	Ro-Ro yanaşması	27
Şekil 3.17	Rüzgarın 90 ⁰ açıyla gelmesi durumu	35
Şekil 3.18	Akımın 90 ⁰ açıyla gelmesi durumu	36
Şekil 3.19	Su basıncı	39
Şekil 4.1	Düzeltilme faktörü	46
Şekil 4.2	Esme süresine bağlı rüzgar hızları	47
Şekil 4.3	Esme süresine göre rüzgar hızlarının belirlenmesi	48
Şekil 4.4	R _T düzeltme faktörü	49
Şekil 4.5	R _L düzeltme faktörü	49
Şekil 4.6	CERC Metodu ile dalga tahmini	51
Şekil 4.7	SMB Metodu ile dalga tahmini	54



Şekil 4.8	JOHNSWAP Metodu ile dalga tahmini	52
Şekil 4.9	Sığ sularda dalga tahmini	54
Şekil 4.10	SMB yöntemiyle sığ sularda dalga tahmini	55
Şekil 5.1	Kazık grubu tipleri	61
Şekil 5.2	Düşey silindirde dalga kuvvetlerinin tanımı	63
Şekil 5.3	d/gT^2 değerlerine karşı gelen rölatif dalga uzunluğu ve basınç faktörü	66
Şekil 5.4	Dalga yüksekliği için durgun su seviyesi üzerindeki kret oranının değişimi	67
Şekil 5.5	Sonlu amplitüd etkiler için dalga uzunluğunu düzeltme faktörü	67
Şekil 5.6	d/gT^2 ve rölatif derinliğe karşı gelen K_{im} değerleri	70
Şekil 5.7	d/gT^2 ve rölatif derinliğe karşı gelen K_{Dm} değerleri	71
Şekil 5.8	d/gT^2 ve rölatif derinliğe karşı gelen S_{im} değerleri	71
Şekil 5.9	d/gT^2 ve rölatif derinliğe karşı gelen S_{Dm} değerleri	72
Şekil 5.10	Kırılan dalga yüksekliği ve çeşitli dalga teorilerinin geçerli bölgeleri	72
Şekil 5.11	H/gT^2 ve d/gT^2 değerlerine karşı gelen ϕ_m eğrileri ($W=0.05$)	73
Şekil 5.12	H/gT^2 ve d/gT^2 değerlerine karşı gelen ϕ_m eğrileri ($W=0.1$)	73
Şekil 5.13	H/gT^2 ve d/gT^2 değerlerine karşı gelen ϕ_m eğrileri ($W=0.5$)	74
Şekil 5.14	H/gT^2 ve d/gT^2 değerlerine karşı gelen ϕ_m eğrileri ($W=1.0$)	74
Şekil 5.15	H/gT^2 ve d/gT^2 değerlerine karşı gelen α_m eğrileri ($W=0.05$)	75
Şekil 5.16	H/gT^2 ve d/gT^2 değerlerine karşı gelen α_m eğrileri ($W=0.1$)	75
Şekil 5.17	H/gT^2 ve d/gT^2 değerlerine karşı gelen α_m eğrileri ($W=0.5$)	76
Şekil 5.18	H/gT^2 ve d/gT^2 değerlerine karşı gelen α_m eğrileri ($W=1.0$)	76
Şekil 5.19	Keulegan ve Carpenter sayısı ve H / gT^2 ile C_L / C_D 'nin değişimi	78
Şekil 5.20	Reynolds sayısı R_e ile C_D sürüklenme katsayısının değişimi	79
Şekil 5.21	Yapısal olarak birleştirilmiş bir kazık grubunda dalga kuvvetlerinin hesabıyla ilgili kavramlar	85
Şekil 6.1	Ano boyutları	96
Şekil 6.2	Dalga kuvvetleri ve etki mesafeleri	102
Şekil 6.3	Koordinat sistemi ve anoya etkiyen yüklerin yönleri	106
Şekil 6.4	Zemin profili	106
Şekil 6.5	Dalga yönüne dik doğrultuda kazıklarda kazık boyunca oluşan yerdeğiştirmeler	108
Şekil 6.6	Yerdeğiştirmelerin kazık boyunca dalga yüksekliklerine göre değişimi	108
Şekil 6.7	Kazıklı iskeleye etkiyen toplam dalga kuvvetine karşı gelen dalga yönündeki yerdeğiştirmeler	109
Şekil 6.8	Dalga yüksekliklerine karşı gelen dalga yönündeki yerdeğiştirmeler	110
Şekil 6.9	Dalga yüksekliklerine karşı gelen kazık üst uçlarındaki kuvvetler	110



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge Numarası	Adı	Sayfa
Çizelge 2.1	İskele boyutları	10
Çizelge 3.1	Hesap ağırlıkları	11
Çizelge 3.2	Düzgün yayılı yükler	13
Çizelge 3.3	Kara nakil vasıtası yükleri (Şekil 3.3-3.4-3.5'teki ana şeritler için)	15
Çizelge 3.4	Baba çekişi	17
Çizelge 3.5	Deplasman tonajı	20
Çizelge 3.6	Proje yanaşma hızları	22
Çizelge 3.7	Genel kargo gemi boyutları ve yanaşma enerjileri	28
Çizelge 3.8	Maden cevheri taşıyan gemi boyutları ve yanaşma enerjileri	29
Çizelge 3.9	Konteyner boyutları ve yanaşma enerjileri	30
Çizelge 3.10	Petrol tankeri boyutları ve yanaşma enerjileri	31
Çizelge 3.11	Yolcu gemi boyutları ve yanaşma enerjileri	32
Çizelge 3.12	Araba vapuru boyutları ve yanaşma enerjileri	33
Çizelge 3.13	Su üstündeki gemi yan projeksiyon alanları (B _a)	35
Çizelge 3.14	Akım basınç katsayısı	37
Çizelge 3.15	Su altındaki gemi yan projeksiyon alanları (B _b)	37
Çizelge 3.16	Deprem bölge katsayısı	41
Çizelge 4.1	Gumbel dağılımında Y _N ve σ _N değerleri	59
Çizelge 5.1	Kritik üstü Reynolds sayıları için kararlı akım sürüklenme katsayıları	80
Çizelge 5.2	Deneylerde elde edilen C _M değerleri	84
Çizelge 5.3	Ölçülen ve hesaplanan kırılan dalga kuvvetlerinin karşılaştırılması	89
Çizelge 6.1	Yıllara göre maksimum rüzgar hızları	93
Çizelge 6.2	Extrem hız ile bir millik uzunluğu katetme süreleri	93
Çizelge 6.3	Hız oranı ve saatlik ortalama hızlar	93
Çizelge 6.4	Rüzgar gerilme faktörleri	93
Çizelge 6.5	Tam gelişmiş deniz veya gelişmekte olan deniz ayrımı	94
Çizelge 6.6	Hesaplanan dalga yükseklikleri ve periyotları	94
Çizelge 6.7	θ'nun farklı değerlerine karşı gelen toplam kuvvet	100
Çizelge 6.8	Referans kazığa bağlı olarak hesaplanan kuvvetler	101
Çizelge 6.9	Dalga kuvvetleri ve etki mesafeleri	102
Çizelge 6.10	H = 3.180 m. olduğunda kazık boyunca yerdeğiştirme değerleri	107
Çizelge 6.11	Dalga kuvvetlerine karşı gelen kazık üst uçlarında dalga yönündeki yerdeğiştirmeler ve kuvvet değerleri	109
Çizelge 6.12	SAP90 Yapı Analiz programı sonuçları	111

ÖNSÖZ

Günümüzde gemiler giderek artan büyüklükte yapıldığından manevra yapabilmeleri için derin sulara ve geniş yerlere gerek duyulmaktadır. Gemi tonajlarının gittikçe artması, iskele sisteminin daha hassas bir şekilde hesaplanmasını gerektirdiğinden kazıklı iskeleler ele alınmış ve bu yapılara etkiyen yüklerle birlikte dalga kuvvetleri de araştırılmıştır.

Bu tezi hazırlamamda bilgisini ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Y. Doç. Dr. Emel İRTEM'e ve çalışmam boyunca değerli fikirleriyle yol göstererek, zaman ayıran Sayın Prof. Dr. Sedat KAPDAŞLI'ya en içten teşekkürü bir borç bilirim.

Çevirilerime yardımcı olan arkadaşım İnş. Müh. F. Feza KIRTAY'a, iş yerimde rahat çalışma ortamı sağlayan şefim İnş. Müh. Fehmi SÜRENKÖK'e ve ayrıca çalışmam süresi içerisinde büyük bir sabırla maddi ve manevi desteklerini eksik etmeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

Balıkesir, 1998

Nuray GEDİK

1. GİRİŞ

Kıyı mühendisliği son çeyrek yüzyılda dünya ekonomisindeki büyük gelişmelere paralel olarak büyük atılımlar göstermiş ve inşaat mühendisliğinin önemli dallarından birisi haline almıştır.

Kıyılar toplumlar tarafından çeşitli şekillerde kullanılmakla birlikte en geniş kullanımı deniz ticareti, turizm ve balıkçılık gibi amaçlarla olmaktadır. Limanlar, gemilerin dalga akıntı, fırtına ve buz gibi dış etkilere karşı korunduğu, gemilerin tüm ihtiyaçlarının karşılandığı, yük transferlerinde gerekli tüm hizmetleri sağlayan alt yapı ve donanımın var olduğu kara alanlarıdır. Liman yerinde kıyıya paralel olarak yeterli yanaşma yeri uzunluğu sağlanamıyorsa kıyıya dik yönde iskeleler inşa edilir [1]. Günümüzde gemiler giderek artan büyüklüklerde yapıldığından manevra yapabilmeleri için derin sulara ve geniş yerlere gerek duyulmaktadır. Gemi tonajlarının gittikçe artması, iskele sisteminin daha hassas bir şekilde hesaplanmasını gerektirmektedir [2]. İskeleler yüzen tiplerinin dışında büyük limanlarda masif blok ve kazıklı olarak inşa edilirler. Masif iskeleler dalgaları yansıtmasının yanı sıra büyük derinliklerde inşa edildiklerinde büyük ağırlıkları nedeniyle oturmalarına neden olduklarından kazıklı tip tercih edilmektedir [1]. Bir kazıklı iskeleye, iskele üst yapı ve kazık zati ağırlıklarından oluşan ölü ağırlık, tabliye üzerinde düzgün yayılı yük, kara vasıtası, katar yükü, vinç yükü, gemi yanaşma basıncı, baba çekme kuvveti, fren kuvveti, rüzgar kuvveti, deprem kuvvetinin yanı sıra dalga kuvveti de etkimektedir.

Dalga kuvvetinin hesabında kullanılan dalga profili zaman içinde rastgele şekilde değişir. Hem dalga yüksekliği hem de dalga periyodu bir dalgadan diğerine rastgele olarak değişir. Bunların değerleri ve sıklıkları yani oluşma zamanları genellikle belirlenemediğinden probabilistik yöntemlerle olayı ele almak ve tahmin etmek gerekir. Bir rastgele olayı probabilistik yolla belirleyebilmek için o olayı karakterize eden olasılık fonksiyonunu elde etmek gerekir. Örneğin extrem dalganın



özellikleri dalga yüksekliğinin dağılımını temsil eden olasılık fonksiyonu kullanılarak belirlenebilir [1].

Dalgaların kıyı yapıları üzerinde önemli etkileri olduğu bilindiği halde dalga kuvvetinin gözönüne alınmadığı görülmektedir. Dalga etkisi altındaki kazıklarda dalga kuvvetinin tayinindeki değişkenler: Dalga yüksekliği (H), su derinliği (d), dalga periyodu (T), dalga uzunluğu (L)'dir. Kazık çapı (D) ve kazık pürüzlülüğü (ϵ) kazığı tanımlayan değişkenlerdir. Akışkan, akışkanın özgül kütlesi (ρ) ve kinematik viskozite katsayısı (ν) ile karakterize edilir. Bu konudaki boyutsuz büyüklüklerin bazıları: Boyutsuz dalga dikliği (H/gT^2), boyutsuz su derinliği (d/gT^2), kazık çapının dalga uzunluğuna oranı (D/L), rölatif kazık pürüzlülüğü (ϵ/D) ve Reynolds sayısı ($HD/T\nu$)'dir. Kazık boyunca kuvvet değişimi su taneciğinin hız ve ivmesine bağlıdır. Sürüklenme kuvvetinin hesabındaki sürüklenme katsayısı C_D 'nin tayini için Reynolds sayısının değeri hesaplanır ve Reynolds sayısı ile C_D 'nin değişimini veren grafiklerden yararlanılır. C_M atalet katsayısı da Reynolds sayısına bağlı olarak değişen bir katsayıdır ve bu katsayı kullanılarak atalet kuvveti hesaplanır[3].

Birçok temel mühendisliği çözümünde yapısal yükler grup halindeki kazıklara taşıtılır. Zeminle temas halinde veya açık deniz yapılarında olduğu gibi zeminin üzerinde bir kazık başlığı teşkil edilerek kazıkların birlikte yük taşıması sağlanır [4]. Üst yapının maruz kaldığı rüzgar, deprem kuvvetleri, toprak basıncı, gemi darbe ve baba çekme kuvvetleri, dalga çarpması v.s. dolayısıyla temellere yanal kuvvetler etki eder. Kazıklı temellerin yatay yükler altında projelendirilmesinde kazık-zemin etkileşimi dikkate alınmalıdır [5].

Bu çalışmanın ikinci bölümünde iskele planları, iskele tipleri ve boyutları hakkında genel bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde, iskele yapılarına etkileyen yükler, düşey ve yatay yükler altında iki ana başlık altında toplanarak anlatılmış ve bu bölümde son olarak iskelede etkileyen yük kombinasyonlarından bahsedilmiştir. Diğer bölümde, dalgaların basitleştirilmiş metotlarla tahmini ve extrem dalga yüksekliği dağılımları anlatılmıştır. Beşinci bölümde, kazık tipleri ve kazık grupları hakkında genel bilgiler verildikten sonra kazıklara etki eden dalga yüksekliği, su derinliği, dalga periyodu, dalga uzunluğu, kazık çapı gibi değişkenlere bağlı dalga



kuvvetleri hesaplanmıştır. Altıncı bölümde diğer bölümlerde verilen bilgilere dayanarak bir sayısal uygulama yapıp, statik hesaplar için gerekli yükler bulunarak, bu yükler altında iskeleye etki eden yük kombinasyonlarına bağlı olarak SAP90 Yapı Analiz programıyla statik çözümler yapılmıştır. Sonuçlar bölümünde de bir önceki bölümde yapılan çözümler yorumlanmış, dalga kuvvetinin gözönüne alındığı ve alınmadığı durumlar karşılaştırılmış, kazık üst ucundaki kuvvetler ve dolayısıyla deplasmanlar açısından en elverişsiz yüklemenin sabit yük (G) ve hareketli yük (P) ile birlikte baba çekme kuvvetinden (B) oluşan yüklemenin olduğu, ancak iskeleye etkileyen dalga kuvvetlerinin de dikkate alınması gerektiği görülmüştür.





2. GENEL BİLGİLER

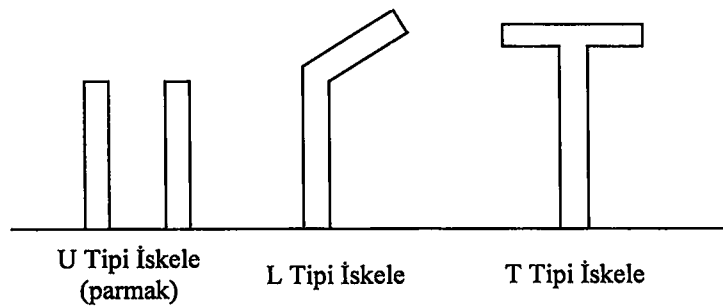
Liman yerinde kıyıya paralel olarak yeterli yanaşma yeri uzunluğu sağlanamıyorsa kıyıya dik yönde iskeleler inşa edilir. Bu yapılar sadece yükleme boşaltma için kullanılıyorsa üzerinde limanın kara sahasına yatay taşımayı sağlayacak yollar yapılmalıdır.

Büyük limanlardaki iskeleler aynı zamanda kapalı depolama alanlarına da sahiptirler. Bunların genişliği min. 50 m. olmalıdır.

Limanda yan yana parmak iskeleler yapılıyor ise bunların ara mesafeleri gemi boyutlarına bağlı olmakla birlikte yükleme boşaltma yalnız karaya yapıldığı takdirde min. 100 m; denize yapıldığı takdirde min. 200 m. olmalıdır.

2.1 İskelelerin Planı

İskeleler plandaki konumlarına göre denize doğru uzanan L şeklinde, T şeklinde ve U şeklinde olabilirler (Şekil 2.1). U şeklindekiler yan yana çok sayıda yapıldıklarında parmak iskele adını alırlar [1].



Şekil 2.1 İskele planları



2.2 İskele Tipleri

İskeleler aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

- Dayanıklı Yapı
 - Ağırlık tipi
 - Palplanş tipi
 - Hücreli batardo tipi

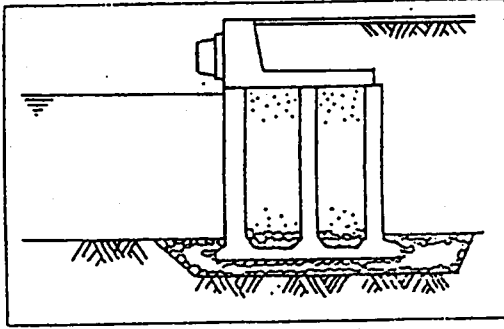
- Esnek Yapı
 - Kazık tipi
 - Hareketli iskele
 - Dolphin

- Yüzen Yapı
 - Yüzen iskele

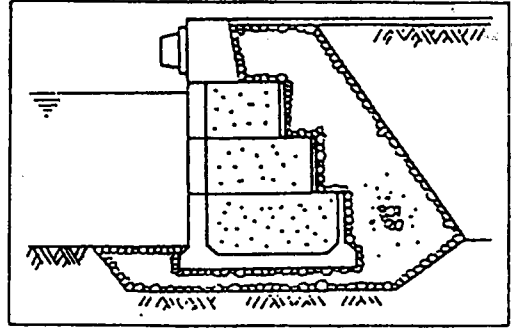
2.2.1 Dayanıklı Yapılar

2.2.1.1 Ağırlık Tipi

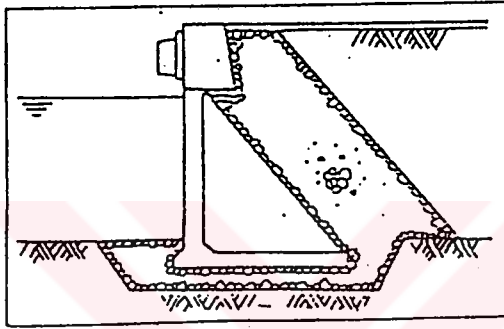
İskele arkasındaki duvarın kendi ağırlığının kullanılmasıyla iskeleler sadece zeminin basıncına dayanıklıdır. Duvar tiplerine göre sınıflandırılan iskeleler aşağıda gösterilmektedir.



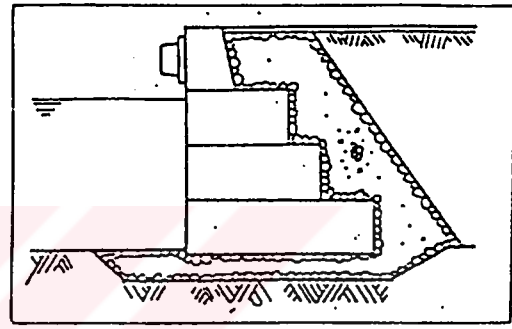
Şekil 2.2 Keson



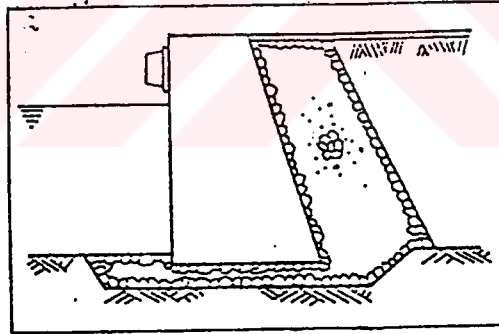
Şekil 2.3 Hücreli blok



Şekil 2.4 L tipi blok



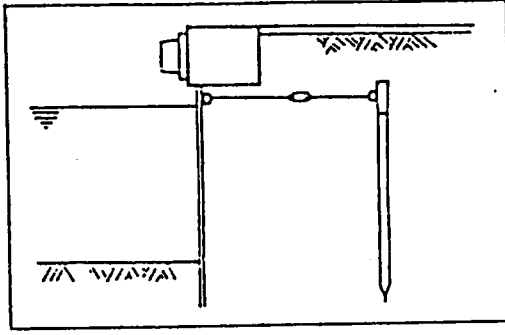
Şekil 2.5 Kazık blok



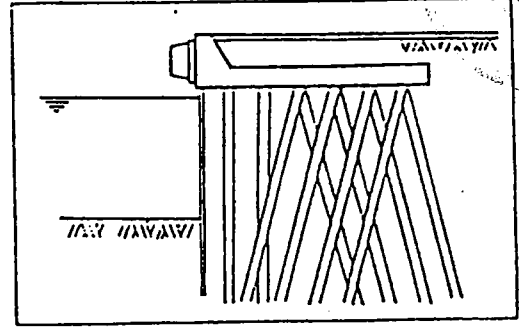
Şekil 2.6 Bent

2.2.1.2 Palplanş Tipi

Bu tip, iskelede çelik kama başlığı ağırlığa destek için kullanılır. Ağırlık tipi ile karşılaştırıldığında, basittir ve yapım süresi daha kısadır. Palplanş rıhtım duvarı ile hafif platform birlikte kullanılarak zemin basıncı azaltılır.



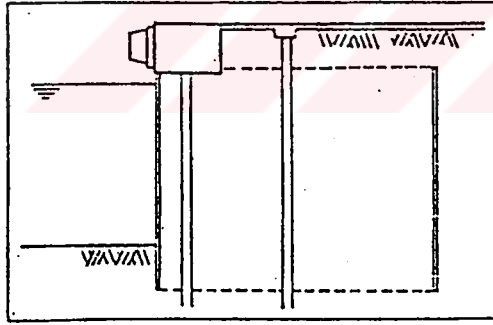
Şekil 2.7 Palplanş tipi



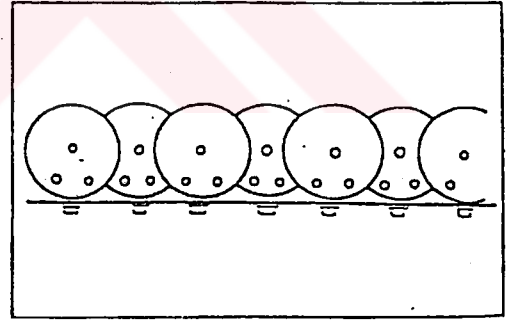
Şekil 2.8 Palplanş rıhtım duvarı ile hafif platform tipi

2.2.1.3 Hücresel Batardo Tipi

Bu tipte, toprak ile doldurulmuş daire ve bu dairelerden deniz yatağının içine kama sürülmesiyle hücreler oluşturulur. Eğer bu yanaşma tipi seçilmiş ise yapım süresi azalabilir.



Şekil 2.9 Hücresel batardo tipi



Şekil 2.10 Hücresel batardo tipinin enine kesiti



2.2.2 Esnek Yapı

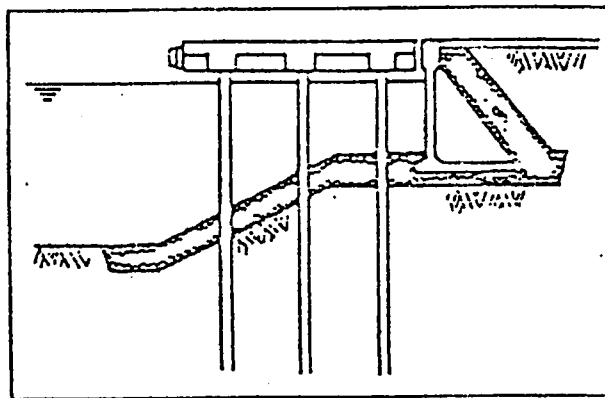
Ağırlık veya palplanş tipleri uygun olmadığı zaman bu yapı tipi seçilir, çünkü yapı hafif ve kazıklar ile desteklidir. Bununla birlikte yanal kuvvetine karşı dayanıklı değildir. Buna rağmen eğer esnek yapının dizaynı düşük reaksiyon kuvvetine ve usturmaçaların yüksek enerji absorpsiyonuna dayanarak yapılmışsa pahalı olmamaktadır [6].

2.2.2.1 Kazık Tipi

Koruyucu zeminin üstündeki yapı düz ve eğri kazıklara sahiptir.

İskeleler büyük derinliklerde inşa edilmişse, kazıklı iskeleler maliyetten dolayı masif iskelelerden daha çok tercih edilirler. Çünkü masif iskelelerde dalgaları yansıtmasının yanı sıra uygun olmayan oturmalar oluşabilir. Bu nedenle de kazıklı tip tercih edilmelidir.

Kazıklı iskeleler, basitçe kazıklar üzerinde desteklenen bir platformdan oluşur, fakat kazık sisteminin yerleşimi, kazıkların tipi ve döşemenin ayrıntılı planı çok değişik tiplerde olabilir. Kazıklar çelik, betonarme ve öngerilmeli beton veya ahşap olabilir [7].

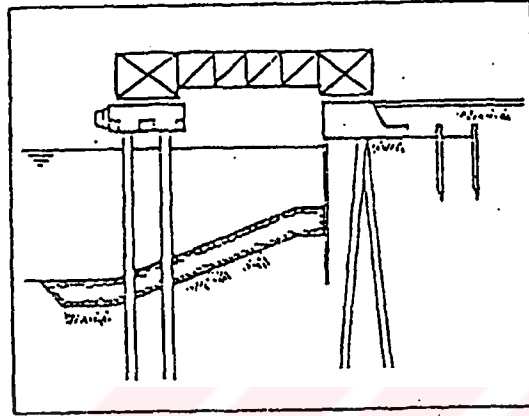


Şekil 2.11 Kazık tipi



2.2.2.2 Hareketli İskeleler

Bu tip iskeleler, demiryolu üzerindeki vinçlerin, yükleyici ve kuru yüklerin (demir veya kömür gibi) kullanıldığı durumlarda uygundur.



Şekil 2.12 Hareketli iskeleler

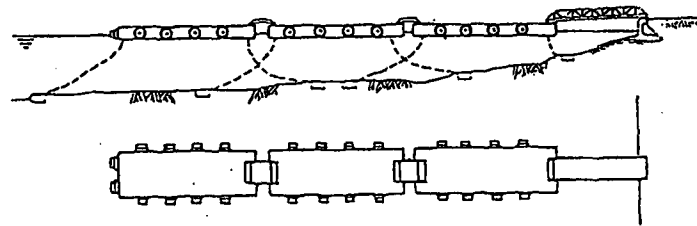
2.2.2.3 Dolphin

Dolphinler karadan uzakta bağımsız inşa edilen yapılardır.

2.2.3 Yüzen Yapılar

2.2.3.1 Yüzen İskeleler

Bu yapı tipi, köprü ucu ile kara parçaları arasında inşa edilen köprülere veya dubaya bağlı olarak yapılır.



Şekil 2.13 Yüzen İskele

2.3 İskele Boyutları

İskele uzunluğu ve genişliği, gemi tipine ve gemi hacmine göre değişmektedir. →
Bu şekilde hazırlanan iskele boyutları Çizelge 2.1’de verilmiştir [7].

Çizelge 2.1 İskele boyutları

Tip	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Gemi Hacmi	Tip	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Gemi Hacmi
YG	80	5.0	GT	G	210	11.0	DW
OE	125	6.0	1.000	YE	240	12.0	20.000
LM	155	7.5	3.000	ÜM	260	13.0	30.000
Cİ	180	9.0	5.000	Kİ	280	14.0	40.000
US	225	10.0	10.000	İ			50.000
İ	250	11.0	20.000				DW
			30.000	K	165	9.0	10.000
			DW	UG	185	10.0	15.000
G	60	4.5	700	RE	210	11.0	20.000
YE	70	5.0	1.000	UM	240	12.0	30.000
ÜM	90	5.5	2.000	İ	270	13.0	50.000
Kİ	105	6.5	3.000	YS	290	15.0	70.000
S	130	7.5	5.000	Üİ	300	16.0	90.000
İ	165	9.0	10.000	K	330	18.0	100.000
	185	10.0	15.000		370	20.0	150.000



3. İSKELE YAPILARINA ETKİYEN YÜKLER

3.1 Düşey yükler

Düşey yükler genel olarak sabit yükler ve hareketli yükler olmak üzere ikiye ayrılırlar [8].

3.1.1 Sabit Yükler

Sabit yük, yanaşma yapısının herbir kısmının, vinç-demiryolu rayları, korkuluklar, üst yapı elemanları, borular, kablolar ve yapıya ilişkin her çeşit tesisat v.s.'nin kendi ağırlığıdır [9].

Su seviyesi altında kalan kısımlarda suyun kaldırma kuvveti hesaba dahil edilir. Bu hesaplarda Çizelge 3.1'deki değerler dikkate alınmaktadır [8].

Çizelge 3.1 Hesap ağırlıkları

Malzeme	Hesap Ağırlıkları (t/m^3)	
	Su üstünde	Su altında
Beton	2.300	1.300
B.A. betonu	2.400	1.400
B.A betonu (vibre edilmiş)	2.500	1.500
Çelik	7.850	6.850
Kum	1.800	1.000
Çakıl	1.700	1.000
Taş dolgu ve ocak artığı	1.800	1.100

İskele tabliyesi üzerine bir aşınma tabakasının sonradan yapılması düşünülüyorsa, sabit yük hesaplarında bunun ağırlığını da karşılamak üzere yeter pay bırakılmalıdır [9].

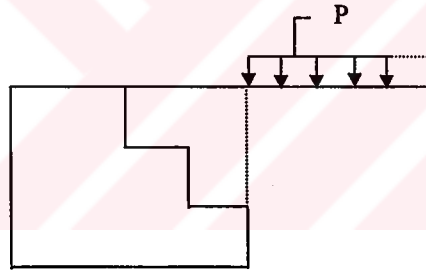


3.1.2 Hareketli Yükler

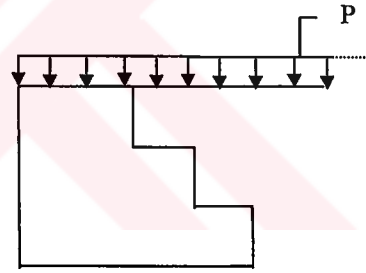
Hareketli yükler, iskele üzerinde hareket eden araç (kara nakil vasıtaları, demiryolu vasıtaları, vinç) yükü ve düzgün yayılı yüklerdir.

3.1.2.1 Düzgün Yayılı Yükler

Düzgün yayılı yükler, istiflenmiş veya istiflenmemiş eşya ve malzemelerle, insan yükünü ve tekil yüklerin karşılığı olan yayılı yükleri ifade eder. Yayılı yük en elverişsiz etkileri meydana getirecek şekilde yanaşma yapısı üzerine yerleştirilir. Yayılı yükler, kayma ve devrilme tahkikleri için yanaşma yerinin en arka yüzeyi hizasından (Şekil 3.1), zemin emniyet gerilmesi ve kazık taşıma güçlerinin tahkiki için ise yapının üst hizasından başlatılır (Şekil 3.2)



Şekil 3.1 Yayılı yükün, kayma ve devrilme tahkikinde yanaşma yerine etkime noktası



Şekil 3.2 Yayılı yükün, zemin emniyet gerilmesi ve kazık taşıma güçlerinin tahkikinde yanaşma yerine etkime noktası

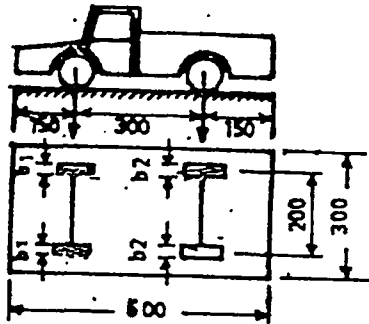
Şartnamelerde özel yüklerin belirtilmediği yanaşma yerlerinde Çizelge 3.2’de verilen düzgün yayılı yükler alınmalıdır. Ancak diğer hareketli yüklerin de mevcut olması durumunda, ilgili bölümlerde verilen yükleme şekillerine göre de tahkik yapılması gerekir [9].

Çizelge 3.2 Düzgün yayılı yükler

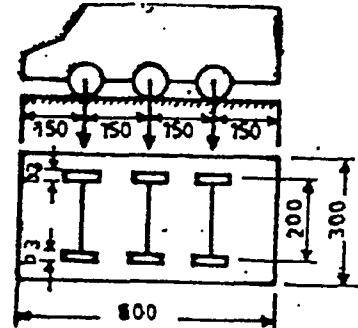
Yanaşma yerinin amacı	Düzgün yayılı yük (t/m ²)
Yolcu rıhtımı	1.000
Motor rıhtımı	1.500
Parça eşya ve feribot rıhtımı	2.000
Konteyner rıhtımı	2.500
Cevher rıhtımı	3.000-4.000
Ağır yük rıhtımı	5.000

3.1.2.2 Kara Nakil Vasıtaları

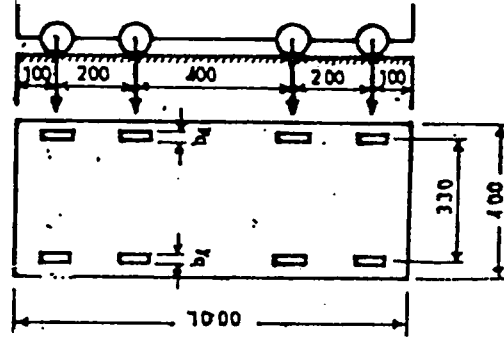
Karayolu nakliyatı yanaşma yerlerinde, nakliyatın cinsi ve kapasitesine bağlı olarak Çizelge 3.3’de karakteristikleri verilen 12 tonluk yük kamyonu veya 30 tonluk ağır yük vasıtasından biri, mümkün olabilecek her durum için alınmalıdır. Genel olarak, parça eşya ve feribot rıhtımlarında 12 tonluk yük kamyonunun, cevher rıhtımlarında ise 30 tonluk ağır yük vasıtasının alınması uygundur. Ağır yük rıhtımlarının, kullanılması düşünülen özel treyler veya vagonlara göre hesaplanması gerekmekte ise de, bu vasıtaların karakteristikleri belli olmadığı takdirde, avan proje için, dingil yükü 17.5 ton, dingil aralığı 1.50 m ve dingil adedi 24 olan bir vasıta kabul edilebilir. 40 feet’lik konteynerlerin kullanıldığı konteyner rıhtımlarında ise, kullanılacak vasıtanın özellikleri bilinmiyorsa, Şekil 3.5’de verilen (Straddle Carrier)’e göre hesap yapılmalıdır.



Şekil 3.3 Yük kamyonu



Şekil 3.4 Ağır yük vasıtası



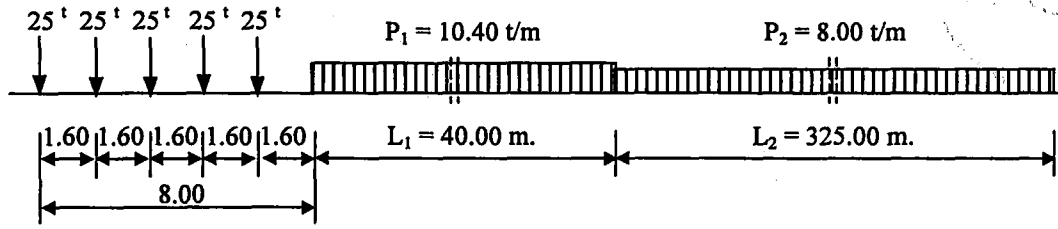
Şekil 3.5 Straddle Carrier

Çizelge 3.3 a) ve b) deki yükler, 3.00 m genişliğindeki bir ana şerit içinde, Çizelge 3.3 c)deki yükler ise 4.00 m genişliğindeki bir ana şerit içinde kabul edilir. En elverişsiz etkilerin oluşacağı yerde seçilen ana şerit içine, yük kamyonu veya ağır yük vasıtası yada straddle carrier yerleştirilerek bunun ön ve arkasına çizelgenin son sütunlarında “vasıtanın ön ve arkasındaki yayılı yük” adı verilen yükler tatbik edilir. Ana şerit dışına da Çizelge 3.2’de verilen düzgün yayılı yükler yerleştirilir. Hareketin yavaş olduğu dikkate alınarak, yalnız ana şerit içindeki tekil ve yayılı yükler $\phi = 1.2$ titreşim katsayısı ile çarpılır. Ana şerit dışındaki düzgün yayılı yükler ise titreşim katsayısı ile çarpılmaz [8].

3.1.2.3 Demiryolu vasıtaları

Üzerinden normal genişlikte demiryolu hatları geçen köprülerde hareketli yük olarak S(1950) ağır yük katarı ve L(1950) hafif yük katarları gözönüne alınır.

a) S(1950) Ağır yük katarı: Bu yük katarında Şekil 3.6’da görülen yük grubu alınır. Bu yükün sırası değiştirilemez. Ancak mesnet reaksiyonları, gerilmeler ve benzeri tesirler için daha büyük değerler elde edildiği durumlarda yük katarları kısaltılabilir ve katarın bazı kısımları 1.00 t/m’lik yayılı yük ile yüklenebilir [9].



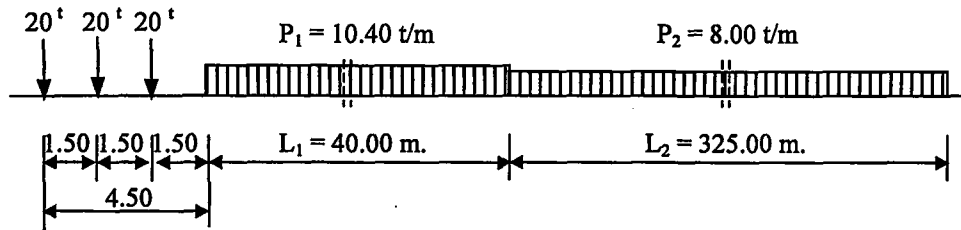
Şekil 3.6 Ağır yük katarı S(1950)

Çizelge 3.3 Kara nakil vasıtası yükleri (Şekil 3.3-3.4-3.5 teki ana şeritler için)

a) Yük Kamyonu (Şekil 3.3)						
Toplam yük (ton)	Düztün yayılı yük (t/m^2)	Ön tekerlekler		Arka tekerlekler		Vasıtanın ön ve arkasındaki yayılı yük (t/m^2)
		Tekerlek yükü (ton)	Tesir gen. b_1 (m)	Tekerlek yükü (ton)	Tesir gen. b_2 (m)	
12.0	0.67	2.0	0.20	4.0	0.30	0.40
b) Ağır yük vasıtası (Şekil 3.4)						
Toplam yük (ton)	Düztün yayılı yük (t/m^2)	Tekerlek yükü (ton)	Tesir genişliği b_3 (m)	Vasıtanın ön ve arkasındaki yayılı yük (t/m^2)		
30.0	1.67	5.0	0.40	0.50		
c) Straddle Carrier (Şekil 3.5)						
Toplam yük (ton)	Düztün yayılı yük (t/m^2)	Tekerlek yükü (ton)	Tesir genişliği b_4 (m)	Vasıtanın ön ve arkasındaki yayılı yük (t/m^2)		
72.0	1.80	9.0	0.60	0.60		
Tekerlek yükünün, gidiş istikametindeki tesir boyu : 0.20 m. Her tekerleğin tesir alanı (m^2) = 0.20 × tesir genişliği (m)						

b) L(1950) hafif yük katarının lokomotif+S(1950) ağır yük katarının vagonları (Şekil 3.7)'de görülmektedir.

Yanaşma yerlerinde genellikle Şekil 3.7'de dingil yükleri verilen (b) şıkkındaki katar tipi kullanılmakla beraber, idarece gerekli görülmesi halinde (a) şıkkındaki katar tipide tahkik edilebilir.



Şekil 3.7 Hafif yük katarı L(1950)'nin lokomotif+Ağır yük katarı S(1950)'nin vagonları



Her iki katar tipinde de dingil yükleri, hareketin yavaş olduğu dikkate alınarak, $\phi = 1.2$ titreşim katsayısı ile çarpılır. Tek ray üzerindeki yüklerin gözönüne alınması gerekiyorsa, ray aralığı 1.50 m kabul edilerek, herbir raya dingil yüklerinin yarısı konur. Tren gabarisi 4.40 m genişliğinde olduğundan, gabari dışına Çizelge 3.2'de verilen düzgün yayılı yükler veya projede belirtilen diğer yükler yerleştirilir. Lokomotif, ray üzerinde, en elverişsiz etkilerin olduğu yerde kabul edilir. Lokomotif ağırlığının yayılı yük alınmasının gerektiği hallerde;

- a) Şekil 3.6 için dingil yükü olarak $25/1.60 = 15.62$ t/m ve bir raya isabet eden yük olarak 7.81 t/m
- b) Şekil 3.7 için dingil yükü olarak $20/1.50 = 13.33$ t/m ve bir raya isabet eden yük olarak 6.66 t/m

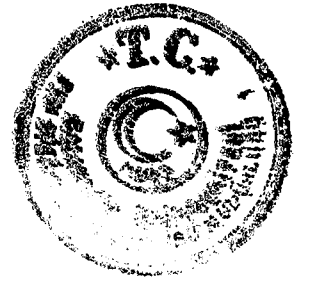
alınacaktır [8].

3.1.2.4 Vinç Yükleri

Vinç yükleri, gayrimüsaite tesir ettiği takdirde hesaba dahil edilmelidir. Vinç yükleri hesaba katılacaksa, fabrikası tarafından verilmesi gereken aşağıdaki bilgiler gerekmektedir.

- a) Çeşitli durumlarda vinç ayaklarına gelen köşe kuvvetleri
- b) Ayak aksları arasındaki mesafeler
- c) Bir ayaktaki tekerlek adedi ve tekerlekler arasındaki mesafeler
- d) Çeşitli vincin oluşturduğu rüzgar kuvvetleri

Yukarıdaki bilgilerle birlikte vinç raylarının yerleri ve uzunlukları da yanaşma yeri projesinde belirtilmelidir. Vinç altından veya yanından demiryolu hatları da geçiyorsa, gayrimüsaite tesir ettiği takdirde, katar yükleri de vinç yükleriyle beraber hesaba dahil edilmelidir [8].



3.2 Yatay Yükler

Yatay yükler genel olarak baba çekişi, yanaşma basıncı, rüzgar basıncı, fren kuvveti, su basıncı ve deprem kuvvetidir. Bunlar aşağıda teker teker açıklanmıştır.

3.2.1 Baba Çekişi

Baba çekişleri, yanaşma yeri su derinliklerine bağlı olarak Çizelge 3.4'de verilmiştir. Baba çekişinin yanaşma yeri üst yüzeyinin yüksekliği de aynı çizelgede belirtilmiştir.

Baba aralıkları, ano derz aralıklarına bağlı olarak 30-50 m arasında seçilir ve anoların tam ortalarına yerleştirilir (Köşe babaları hariç). Bir anoda iki baba yerleştirilecekse, o takdirde bunlar mümkün olduğunca simetrik ve dış dörtte bir noktalarında tertiplenir.

Baba çekişi, su tarafına doğru her istikamette olabilir. Yanaşma yerinin hesabında baba çekişi yatay olarak tesir ediyormuş gibi gözönüne alınır. Ancak babanın ve ankrajının hesabında, baba çekişinin yataya nazaran 30° ye kadar olan değerleri de dikkate alınmalıdır [9].

Çizelge 3.4 Baba çekişi

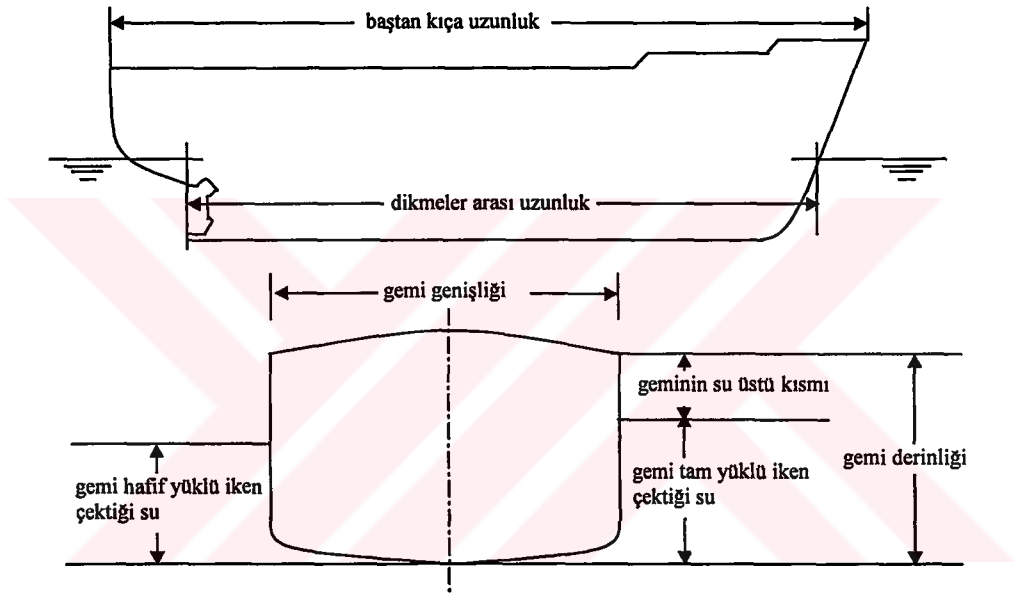
Yanaşma yeri su derinliği (m)	Baba çekişi (ton)	Baba çekişinin ritim yüzeyinden yüksekliği (m)
2-3	5	0.250
4-5	10	0.275
6-7	25	0.300
8-9	35	0.325
10	60	0.375
11-12	80	0.400
13-14	100	0.425
15-16	125	0.450
17-18	150	0.475

3.2.2 Gemi Yanaşma Basıncı

3.2.2.1 Gemi Karakteristikleri ve Virtüel Ağırlık

3.2.2.1.1 Gemi Karakteristikleri

Yanaşma enerjisinin hesabı için geminin virtüel ağırlığı hesaplanmalıdır. Virtüel ağırlık, ilave ağırlığa yani gemi ile birlikte hareket eden su ağırlığına geminin gerçek ağırlığı katılarak elde edilir. Virtüel ağırlığın hesabı için aşağıdaki gemi karakteristiklerini kullanmak gereklidir [7]:



Şekil 3.8 Gemi karakteristikleri

- Gemi tipi,
- Deplasman tonajı,
- Baştan kıça uzunluk veya dikmeler arası uzunluk,
- Gemi genişliği,
- Gemi derinliği,
- Gemi tam yüklü iken çektiği su,
- Gemi hafif yüklü iken çektiği su,
- Geminin su üstündeki kısmının yüksekliği

3.2.2.1.2 Virtüel Ağırlık

Virtüel ağırlık aşağıdaki yolla hesaplanır:

$$W = W_1 + W_2 \quad (3.1)$$

W : Virtüel ağırlık (ton)

W_1 : Gerçek gemi ağırlığı (ton)

W_2 : İlave ağırlık (ton)

a. Gerçek Gemi Ağırlığı (W_1)

Geminin virtüel ağırlığı hesaplanırken, geminin fiziksel ağırlığı deplasman tonajı ile ifade edilir. Tam yüklü ve hafif yüklü tonajdan genellikle özel durumlar dışında tam yüklü tonaj kullanılır.

Tonaj Tanımları:

Gross Tonaj (GT): Geminin gross (brüt) ağırlığı geminin boyutunu ifade etmede kullanılır [6].

$$1 \text{ Gross ton} = 100 \text{ ft}^3 = 2,83 \text{ m}^3 \text{ [9].}$$

Net Tonaj (NT): Geminin net ağırlığını geminin performansını göstermede kullanılır [6].

Ölü Ağırlık (DW): Geminin taşıdığı yük ve yakıt, yağ, içme suyu, yolcu ve yiyecek ağırlıklarının toplamıdır [9].

$$1 \text{ Longton} = 2240 \text{ libre} = 1016 \text{ kg} = 1,016 \text{ ton}$$



Gemi Boş Ağırlığı (LW) : Geminin kendi ağırlığıdır. Henüz hiçbir yük konmamış gemi ağırlığını ifade eder [6].

Tam Yüklü Deplasman Tonajı (DT): Gemi boş ağırlığı ve gemi brüt yükünün toplamı olarak tarif edilir [9].

$$\text{Deplasman tonajı} = DW + LW$$

Deplasman tonajı bilinmiyorsa aşağıdaki çizelgeler kullanılabilir [6].

Çizelge 3.5 Deplasman tonajı

Gemi Tipi	Ölü Ağırlık	Deplasman Tonajı	Gemi Boş Ağırlığı
Yük Gemileri	500 DW ~ 14000 DW	2,463DW ^{0,936}	0,199 DT ^{1,084}
Petrol Tankeri	500 DW ~ 320000 DW	2,028 DW ^{0,954}	0,383 DT ^{1,018}
Maden Cev. Taş. Gemi	500 DW ~ 200000 DW	1,687 DW ^{0,969}	0,385 DT ^{1,023}
Konteyner Gemileri	500 DW ~ 50000 DW	1,014DW ^{0,969}	0,843 DT ^{1,023}
	Gross Tonaj	Deplasman Tonajı	Gemi Boş Ağırlığı
Yolcu Gemileri	300 GT ~ 14000 GT	1,215 GT ^{0,992}	0,895 DT ^{0,942}
Araba Vapuru	300 GT ~ 14000 GT	2,051 GT ^{0,939}	0,875 DT ^{0,981}

b. İlave Ağırlık (W₂)

Gemi hareket ettiği zaman, gemi ile birlikte su da hareket eder. Bu durumda gemi gerçek ağırlığından daha büyükmüş gibi görünür. İlave ağırlık değişik tipte formüllerle hesaplanır. En çok kullanılan aşağıdaki Stelson formülüdür:

$$W_2 = \frac{\pi}{4} d_1^2 L_1 w_0 \quad (3.2)$$

Burada;

W₂ : İlave ağırlık (ton),

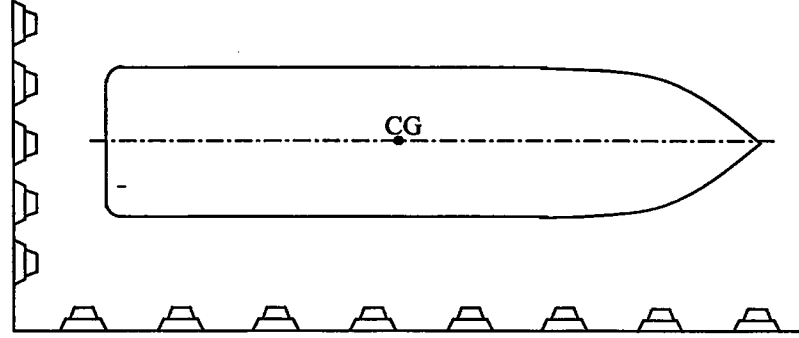
d₁ : Geminin çektiği su (m),

L₁ : Dikmeler arası uzunluk veya baştan kıça uzunluk (tam uzunluk),

w₀ : Deniz suyunun özgül ağırlığı (1,03 ton/m³ alınabilir)

dır.

Ayrıca Ro-Ro gemileri veya vapurlar, önden veya arkadan yanaştığı zaman aşağıdaki formül kullanılır:



Şekil 3.9 Ro-Ro tipin yanaşması

$$W_2 = \frac{\pi}{4} d_1^2 B w_0 \quad (3.3)$$

Bu formülde,

W_2 : İlave ağırlık (ton),

d_1 : Geminin çektiği su (m),

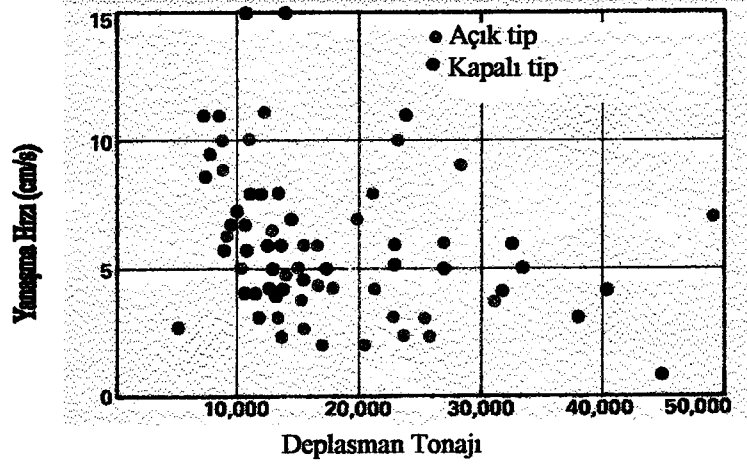
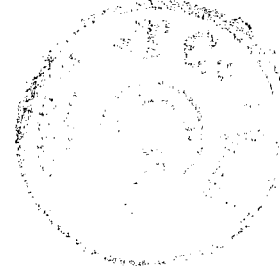
B : Gemi genişliği (m),

w_0 : Deniz suyunun özgül ağırlığı (ton/m^3)

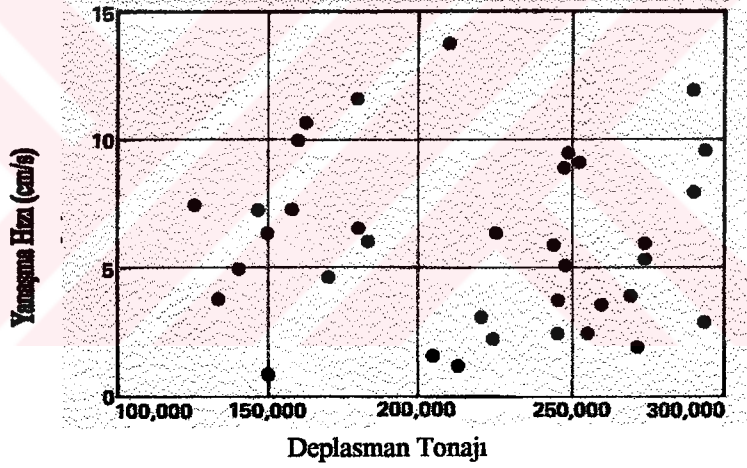
dır.

3.2.2.2 Yanaşma Hızı

Yanaşma enerjisi hesabında yanaşma hızı çok önemlidir. Yanaşma enerjisi hızın karesi ile orantılıdır. Bu yüzden ufak bir hata da büyük çarpışmalar olabilir [6]. Hesaplarda geminin şekli, yük durumları, bağlama durumları ve yapı, hava ve deniz koşulları, çekiciler ve boyutları dikkate alınmalıdır.



Şekil 3.11 Genel kargo gemilerinin deplasman tonajı ve yanışma hızı



Şekil 3.12 Tankerlerin deplasman tonajı ve yanışma hızı

Şekil 3.12’de orta boyuttaki gemilerin yanışma hızlarının genellikle 0.15 m/s’den daha az olduğu görülmektedir [10].



3.2.2.3 Yanaşma Enerjisi

3.2.2.3.1 Gemilerin Kinetik Enerjisi

Gemi kinetik enerjisi;

$$E_k = \frac{1}{2g} W v^2 \quad (3.4)$$

ile hesaplanır. Burada;

E_k : Geminin kinetik enerjisini (tm),

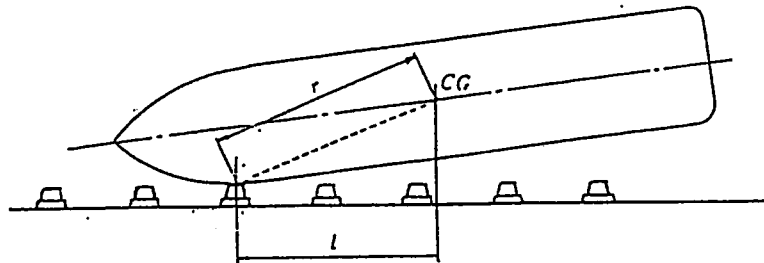
W : Geminin virtüel ağırlığını (t),

v : Yanaşma hızını (m/s),

g : Yerçekimi ivmesini (m/s^2)

ifade etmektedir.

Genellikle gemiler iskeleye yan yanaştığı zaman paralel durumundaki doğrusal (lineer) iskele ile gemiler temas halindedir. Gemiler çoğunlukla limana girdiğinde başı ile iskele belirli açı ve belirli noktada temas halindedir. Geminin toplam yanaşma enerjisi dönme hareketiyle sarfedilir.



Şekil 3.13 Geminin iskeleye yanaşma şekli

Dönme veya sallanma hareketi tarafından sarfedilen enerji aşağıdaki gibi hesaplanır:



$$E_t = \frac{1}{2g} W v^2 \frac{(l/r)^2}{1 + (l/r)^2}$$

Burada;

E_t : Sarfedilen enerji (tm),

l : Bağlama noktasından geminin ağırlık merkezine kadar iskeleye paralel mesafesi (m),

r : Geminin ağırlık merkezi etrafında dönme yarıçapı (m)

dır.

Bu yüzden yanaşma enerjisi (efektif yanaşma enerjisi) geminin kinetik enerjisi ile sarfedilen enerji arasındaki farktır.

$$\begin{aligned} E &= E_k - E_t \\ &= \frac{1}{2g} W v^2 - \frac{1}{2g} W v^2 \frac{(l/r)^2}{1 + (l/r)^2} \\ &= \frac{1}{2g} W v^2 \frac{1}{1 + (l/r)^2} \end{aligned} \quad (3.6)$$

E : Efektif yanaşma enerjisini (tm),

E_k : Kinetik enerjisini,

E_t : Sarfedilen enerjisini

göstermektedir.

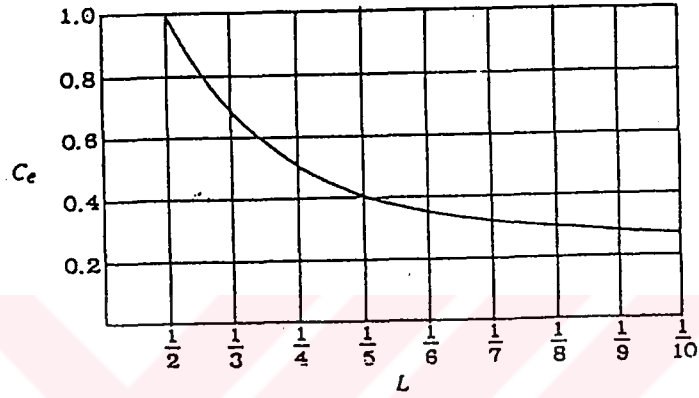
3.2.2.3.2 Eksantrik Faktör

(3.6) bağıntısında görüldüğü gibi efektif yanaşma enerjisi, eksantrik faktör ile kinetik enerjinin çarpımıdır.

$$E = \frac{1}{2g} W v^2 \frac{1}{1 + (l/r)^2} = E_k C_0$$

$$C_0 = \frac{1}{1 + (l/r)^2} \quad (3.7)$$

Eksantrik faktör bağlama noktasına göre aşağıdaki gibi değişir.



Şekil 3.14 Bağlama noktası ve eksantrik faktör

Genellikle düz iskelede, bağlama noktasının baştan veya kıçtan gemi uzunluğunun dörtte biri mesafede olmasının daha uygun olduğunu istatistiksel veriler göstermektedir.

Bu durumda $l/r = 1$ ve eksantrik faktör $1/2$ olmaktadır. Bu yüzden, efektif yavaşlama enerjisi,

$$E = \frac{1}{2g} W v^2 \frac{1}{2} = \frac{1}{4g} W v^2 \quad (3.8)$$

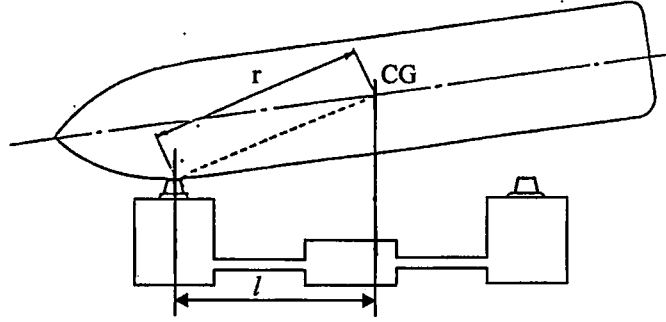
olmaktadır.

Dolphin iskelede, genellikle dolphinler arasındaki mesafe, tüm gemi uzunluğunun üçte ikisidir, eksantrik faktör katsayısı $0.5 \sim 0.7$ arasındadır.



Bazı özel durumlar dışında dolphin iskelede eksantrik faktör katsayısı için 0.7 kullanılır. Bu durumda efektif yanaşma enerjisi aşağıdaki gibidir:

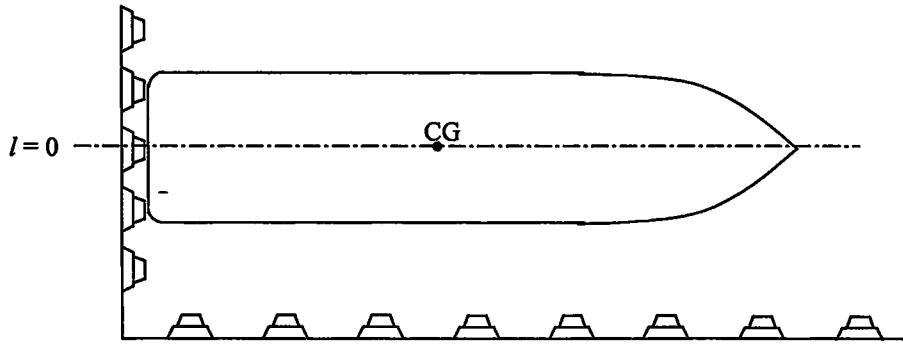
$$E = \frac{1}{2g} W v^2 0.7 \quad (3.9)$$



Şekil 3.15 Dolphin iskelede yanaşma şekli

Bazı vapurlar veya Ro-Ro gemilerinde $l = 0$ iken $C = 1$ 'dir. Bu nedenle kinetik enerji efektif yanaşma enerjisine eşittir [6].

$$E = \frac{1}{2g} W v^2 1 \quad (3.10)$$

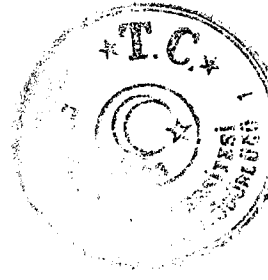


Şekil 3.16 Ro – Ro yanaşması

Gemi tipleri ve tonajlarına bağlı gemi boyutları, deplasman tonajları, ilave ağırlık ve virtüel ağırlık, rıhtım, jet ve iskelelerin 1/4 yanaşma noktasına göre, dolphinlerin 1/3 yanaşma noktasına göre yanaşma enerjisi ve yanaşma hızları çizelgeler halinde verilmiştir (Çizelge 3.7 – Çizelge 3.12).

Çizelge 3.7 Genel kargo gemi boyutları ve yanaşma enerjileri

Gemi DWT (ton)	Uzunluk L (m)	Genişlik B (m)	Derinlik d (m)	Draft D (m)	D.P.T M1 (ton)	İlave Ag. M2 (ton)	Virtüel Ag. M (ton)	Rihtim/Jet/iskele(1/4 yanaşma noktası)			Dolphin (1/3 yanaşma noktası)				
								V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)
700	51	8.8	4.6	3.8	1134	593	1727	0.20	1.762	0.30	3.965	0.20	2.467	0.30	5.551
1000	58	9.5	5.1	4.2	1583	824	2407	0.20	2.456	0.30	5.526	0.20	3.439	0.30	7.737
2000	74	11.7	6.3	5.1	3029	1549	4578	0.20	4.671	0.25	7.299	0.20	6.540	0.25	10.219
3000	86	13.2	7.2	5.9	4426	2410	6836	0.20	6.976	0.25	10.899	0.20	9.766	0.25	15.259
4000	95	14.4	7.8	6.4	5794	3132	8926	0.20	9.108	0.25	14.232	0.20	12.751	0.25	19.924
5000	103	15.4	8.4	6.8	7140	3834	10974	0.15	6.299	0.20	11.198	0.15	8.818	0.20	15.677
6000	124	16.9	9.5	7.2	8469	5175	13644	0.15	7.831	0.20	13.922	0.15	10.964	0.20	19.491
7000	129	17.6	10.0	7.5	9783	5841	15624	0.15	8.968	0.20	15.493	0.15	12.555	0.20	22.320
8000	135	18.3	10.4	7.8	11086	6612	17698	0.15	10.158	0.20	18.059	0.15	14.222	0.20	25.283
9000	139	18.9	10.8	8.0	12378	7161	19539	0.15	11.215	0.20	19.938	0.15	15.701	0.20	27.913
10000	144	19.4	11.2	8.2	13660	7794	21454	0.15	12.314	0.20	21.892	0.15	17.240	0.20	30.649
15000	162	21.7	12.7	9.1	19966	10799	30765	0.15	17.658	0.20	31.393	0.15	24.722	0.20	43.950
20000	177	23.4	13.8	10.0	26135	14249	40384	0.15	23.180	0.20	41.208	0.15	32.451	0.20	57.691
25000	189	24.9		10.6	32206	17095	49301	0.15	28.298	0.20	50.307	0.15	39.167	0.20	70.430
30000	199	26.1	15.7	11.0	38.199	19384	57583	0.15	33.051	0.20	58.758	0.15	46.272	0.20	82.261
40000	217	28.3	17.2	11.9	50003	27737	74740	0.15	42.899	0.20	76.265	0.15	60.059	0.20	106.771
50000	232	30.0	18.4	12.7	61617	30123	91740	0.15	52.657	0.20	93.612	0.15	73.720	0.20	131.057
60000	245	31.5		13.4	73083	35274	108357	0.15	62.195	0.20	110.568	0.15	87.073	0.20	154.796
70000	256	32.9		13.9	84426	40107	124553	0.15	71.479	0.20	127.074	0.15	100.071	0.20	177.904



Çizelge 3.8 Maden cevheri taşıyan gemi boyutları ve yanaşma enerjileri

Gemi DWT (ton)	Uzunluk L (m)	Genişlik B (m)	Derinlik d (m)	Draft D (m)	D.P.T MI (ton)	İlave Ag. M2 (ton)	Virtüel Ag. M (ton)	Rihtim/İet/İskele(1/4 yanaşma noktası)			Dolpin (1/3 yanaşma noktası)				
								V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)
10000	140	18.7	10.	8.1	12680	7394	20074	0.15	11.522	0.20	20.484	0.15	16.131	0.20	20.677
15000	157	21.5	11.9	9.0	18.782	10237	29019	0.15	16.656	0.20	29.611	0.15	23.319	0.20	41.456
20000	170	23.7	12.9	9.6	24281	12612	37433	0.15	21.486	0.20	38.197	0.15	30.080	0.20	53.476
30000	192	27.3	14.5	10.6	36766	17366	54132	0.15	31.071	0.20	55.237	0.15	43.499	0.20	77.331
40000	208	30.2	15.8	11.4	48586	21761	70347	0.15	40.378	0.20	71.783	0.15	56.529	0.20	100.496
50000	222	32.6	16.8	11.9	60314	25307	85621	0.15	49.145	0.20	87.368	0.15	68.803	0.20	122.316
70000	244	37.8	18.7	13.3	83563	34745	118308	0.15	67.906	0.20	120.722	0.15	95.069	0.20	169.011
90000	250	38.5	19.7	14.5	106605	42313	148918	0.15	85.476	0.20	151.957	0.15	119.666	0.20	212.740
100000	275	42.0	23.0	16.1	118063	57383	173446	0.15	100.702	0.20	179.027	0.15	140.983	0.20	250.637
120000	286	44.2		14.8	140877	50595	191472	0.15	109.901	0.20	195.380	0.15	153.861	0.20	273.531
150000	313	44.5	24.7	18.0	174883	81637	256520	0.15	147.237	0.20	261.755	0.15	206.132	0.20	366.457

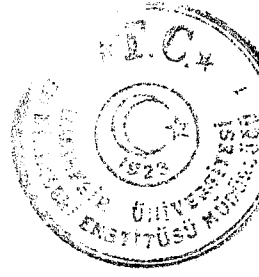
Çizelge 3.9 Konteyner boyutları ve yanaşma enerjileri

Gemi DWT (ton)	Uzunluk L (m)	Genişlik B (m)	Derinlik d (m)	Draft D (m)	D.P.T M1 (ton)	İlave Ag. M2 (ton)	Virüel Ag. M (ton)	Rıhtım/Jet/iskele(1/4 yanaşma noktası)			Dolphin (1/3 yanaşma noktası)				
								V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)
10000	160	21.8		8.2	14929	8681	23610	0.15	13.552	0.20	24.092	0.15	18.972	0.20	33.729
15000	189	25.0		9.3	22778	13164	35942	0.15	20.630	0.20	36.676	0.15	28.882	0.20	51.346
20000	213	27.5		10.1	30741	17689	48430	0.15	27.798	0.20	49.418	0.15	38.917	0.20	69.186
25000	234	29.6		10.9	38787	22245	61032	0.15	35.031	0.20	62.278	0.15	49.044	0.20	87.189
30000	253	31.5		11.5	46903	26826	73729	0.15	42.319	0.20	75.234	0.15	59.247	0.20	105.327
35000	269	33.1		12.0	55075	31428	86503	0.15	49.651	0.20	88.268	0.15	69.551	0.20	123.576
40000	285	34.6		12.5	63297	36047	99344	0.15	57.021	0.20	101.371	0.15	79.830	0.20	141.920
45000	299	36.0		13.0	71563	40682	112245	0.15	64.426	0.20	114.536	0.15	90.197	0.20	160.350
50000	313	37.3		13.4	79867	45331	125198	0.15	71.861	0.20	127.753	0.15	100.606	0.20	178.854



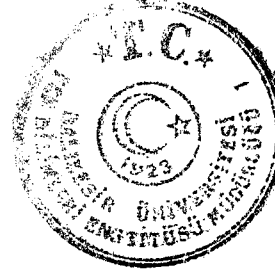
Çizelge 3.10 Petrol tankeri boyutları ve yanaşma enerjileri

Gemi DWT (ton)	Uzunluk		Genişlik		Derinlik		Draif		D.P.T		İlave		Virtüel		Ruhum/let/iskele(1/4 yanaşma noktası)						Dolphin (1/3 yanaşma noktası)					
	L (m)	B (m)	d (m)	D (m)	MI (ton)	Ag. M2 (ton)	Ag. M (ton)	V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)			
700	50	8.5	4.0	3.7	1050	551	1601	0.20	1.634	0.25	2.553	0.20	2.287	0.25	3.574											
1000	57	9.4	4.5	4.2	1476	809	2285	0.20	2.332	0.25	3.643	0.20	3.264	0.25	5.100											
2000	73	11.4	5.6	5.1	2859	1528	4387	0.20	4.477	0.25	7.995	0.20	6.267	0.25	9.792											
3000	85	12.8	6.4	5.9	4210	2382	6592	0.20	6.727	0.25	10.510	0.20	9.417	0.25	14.714											
4000	94	13.8		6.4	5539	3099	8638	0.20	8.814	0.25	13.772	0.20	12.340	0.25	19.281											
5000	102	14.7	7.6	6.9	6853	3909	10762	0.15	6.177	0.20	10.982	0.15	8.648	0.20	15.374											
7000	125	16.9		7.4	9447	5455	14902	0.15	8.553	0.20	15.206	0.15	11.975	0.20	21.289											
10000	139	19.0	9.9	8.1	13276	7341	20617	0.15	11.834	0.20	21.038	0.15	16.567	0.20	29.453											
15000	157	21.7	11.3	9.0	19546	10237	29783	0.15	17.095	0.20	30.391	0.15	23.933	0.20	42.547											
20000	171	23.8	12.4	9.8	25719	13220	38939	0.15	22.350	0.20	39.734	0.15	31.290	0.20	55.627											
30000	194	27.2	14.1	10.9	37865	18555	56420	0.15	32.384	0.20	57.571	0.15	45.337	0.20	80.600											
40000	211	29.9	15.4	11.7	49823	23251	73074	0.15	41.943	0.20	74.565	0.15	58.720	0.20	104.391											
50000	226	32.1	16.5	12.5	61643	28427	90070	0.15	51.698	0.20	91.908	0.15	72.378	0.20	128.671											
70000	250	35.9	18.4	13.6	84975	37223	122198	0.15	70.139	0.20	124.692	0.15	98.195	0.20	174.569											
90000	264	36.3		14.1	107998	42140	150138	0.15	86.176	0.20	153.202	0.15	120.647	0.20	214.483											
100000	270	39.0	19.2	14.6	119417	46330	165747	0.15	95.135	0.20	169.130	0.15	133.190	0.20	236.781											
120000	288	39.9		15.2	142104	53597	195701	0.15	112.328	0.20	199.695	0.15	157.260	0.20	279.573											
150000	291	44.2	23.0	17.9	175816	75058	250874	0.15	143.997	0.20	255.994	0.15	201.595	0.20	358.391											
200000	325	47.2	24.5	19.0	231340	94447	325787	0.15	186.995	0.20	332.436	0.15	261.793	0.20	465.410											
250000	348	51.8	25.6	20.0	286222	112056	398278	0.15	228.603	0.20	406.406	0.15	320.045	0.20	568.969											
300000	388	57.6		20.1	340598	126223	466821	0.15	267.946	0.20	476.348	0.15	375.124	0.20	666.887											



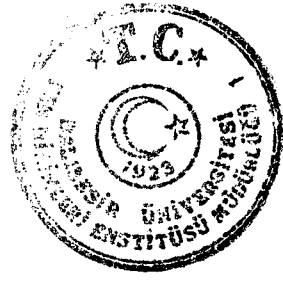
Çizelge 3.11 Yolcu gemi boyutları ve yavaşma enerjileri

Gemi DWT (ton)	Uzunluk L (m)	Genişlik B (m)	Derinlik d (m)	Draft D (m)	D.P.T M1 (ton)	İlave Ağ M2 (ton)	Virtüel Ağ M (ton)	Rıhtım/İskele(1/4 yavaşma noktası)			Dolphin (1/3 yavaşma noktası)				
								V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)
500	51	10.2	4.0	2.9	578	345	923	0.20	0.942	0.25	1.472	0.20	1.319	0.25	2.060
1000	68	11.9	5.0	3.6	1150	709	1859	0.20	1.897	0.25	2.963	0.20	2.655	0.25	4.149
2000	92	13.9	6.2	4.5	2287	1500	3787	0.20	3.864	0.25	6.037	0.20	5.409	0.25	8.452
3000	109	15.3	7.1	5.1	3419	2282	5701	0.20	5.817	0.25	9.089	0.20	8.144	0.25	12.725
4000	123	16.3	7.8	5.6	4548	3105	7653	0.20	7.809	0.25	12.202	0.20	10.933	0.25	17.083
5000	135	17.2	8.4	6.0	5675	3912	9587	0.15	5.503	0.20	9.782	0.15	7.704	0.20	13.695
6000	138	17.8	10.6	7.4	6800	6083	12883	0.15	7.395	0.20	13.146	0.15	10.352	0.20	18.404
7000	144	18.6	11.1	7.7	7923	6873	14796	0.15	8.493	0.20	15.098	0.15	11.890	0.20	21.138
8000	150	19.3	11.6	7.8	9046	7346	16392	0.15	9.408	0.20	16.726	0.15	13.172	0.20	23.417
9000	155	20.0	12.0	8.0	10167	7986	18153	0.15	10.419	0.20	18.523	0.15	14.587	0.20	25.933
10000	160	20.6	12.3	8.2	11287	8661	19948	0.15	11.450	0.20	20.355	0.15	16.030	0.20	28.497
15000	181	23.1	13.9	8.8	16876	11283	28159	0.15	16.162	0.20	28.733	0.15	22.627	0.20	40.227
20000	197	25.1	15.1	9.2	22449	13423	35872	0.15	20.590	0.20	36.604	0.15	28.826	0.20	51.246
30000	223	28.2	17.0	10.0	33565	17952	51517	0.15	29.569	0.20	52.586	0.15	41.397	0.20	73.595



Çizelge 3.12 Araba vapuru boyutları ve yavaşma enerjileri

Gemi DWT (ton)	Uzunluk L (m)	Genişlik B (m)	Derinlik d (m)	Draft D (m)	D.P.T M1 (ton)	İlave Ag. M2 (ton)	Virtüel Ag. M (ton)	Rıhtım/Jet/iskele(1/4 yavaşma noktası)			Dolphin (1/3 yavaşma noktası)				
								V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)	V (m/s)	E (ton-m)
500	49	11.2		2.6	702	272	974	0.20	0.994	0.25	1.553	0.20	1.391	0.25	2.174
1000	75	13.4	5.0	4.0	1346	966	2312	0.20	2.359	0.25	3.686	0.20	3.303	0.25	5.161
2000	90	16.2	9.8	4.3	2580	1340	3920	0.20	4.000	0.25	6.250	0.20	5.600	0.25	8.750
3000	105	17.7	10.5	5.0	3776	2113	5889	0.20	6.009	0.25	9.389	0.20	8.413	0.25	13.145
4000	122	20.0	11.2	5.3	4947	2759	7706	0.20	7.863	0.25	12.286	0.20	11.009	0.25	17.201
5000	125	20.0		5.2	6100	2663	8763	0.15	5.030	0.20	8.942	0.15	7.042	0.20	12.519
6000	138	21.4	12.7	5.9	7239	3867	11106	0.15	6.375	0.20	11.333	0.15	8.924	0.20	15.866
8000	155	21.8	13.2	6.1	9483	4643	14126	0.15	8.108	0.20	14.414	0.15	11.351	0.20	20.180
10000	168	24.0	14.7	6.5	11694	5714	17408	0.15	9.992	0.20	17.763	0.15	13.989	0.20	24.869
12000	178	24.9		6.6	13878	6342	20220	0.15	11.606	0.20	20.633	0.15	16.248	0.20	28.886
13000	195	24.0	16.1	6.7	14961	7047	22008	0.15	12.632	0.20	22.457	0.15	17.685	0.20	31.440



Gerektiğinde gemi tamamen iskeleye paralel şekilde düzgün yanaşırsa sorun çıkmaz, çünkü gemi aynı zamanda usturmaçalarla temas halinde olacaktır [2].

Eğer herhangi bir firmaya ait usturmaça kullanılıyorsa, bu enerjiyi absorbe edebilecek boyuttaki usturmaça, firmanın katalogundan seçilir. Usturmaçanın rıhtım duvarına dik istikametteki kalınlığı (H) ile gösterilirse, deplasman miktarı (δ) aşağıdaki gibi alınmalıdır.

Silindirik usturmaçalarda	: $\delta = 0.50 \times H$	(m)
V tipi usturmaçalarda	: $\delta = 0.45 \times H$	(m)
Kare kesitli usturmaçalarda	: $\delta = 0.40 \times H$	(m)
Yastık tipi usturmaçalarda	: $\delta = 0.35 \sim 0.40 \times H$	(m)

Efektif yanaşma enerjisinden, rıhtım duvarında oluşan reaksiyon kuvveti (yanaşma basıncı) da, firmanın katalogundan alınır. Bu reaksiyon kuvvetinin, tesir ettiği yanaşma yeri yapısı tarafından (mevcutsa toprak itkisinin de yardımıyla) alınması gerekir.

3.2.3 Rüzgar Basıncı ve Akım Basıncı

3.2.3.1 Rüzgar Basıncı

Rüzgar basıncı:

$$R_v = \frac{1}{2} \rho_a C_v V_v^2 (A_a \cos^2 \theta + B_a \sin^2 \theta) \quad (3.12)$$

ifadesi ile hesaplanır. Burada;

R_v : Rüzgar basıncı,

ρ_a : Hava basıncı (0,123 kgs²/m⁴),

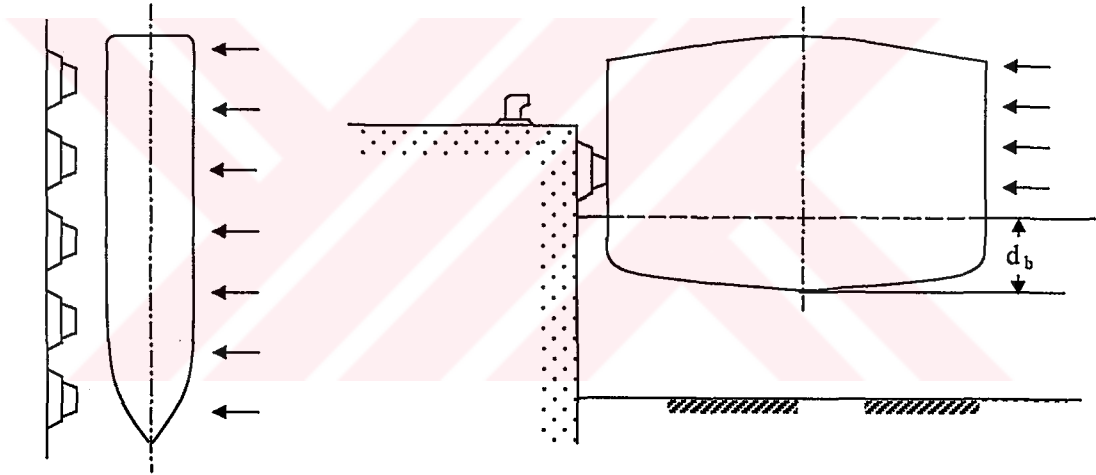
V_v : Rüzgar hızı (m/s),

- A_a : Su üstünde gemi ön projeksiyon alanı,
 B_a : Su üstünde gemi yan projeksiyon alanı,
 C_v : Hava basınç katsayısı (1.20)

dır. B_a , gemi tipi ve gemi hacmine bağlı olarak Çizelge 3.13’de verilmiştir.

Rüzgar geminin merkezine 90° açıyla ve gemi hafif yüklü iken geldiğinde rüzgar basıncı maksimum düzeydedir. Bu durumda rüzgar basıncı aşağıdaki (3.13) ifadesine dönüşür [6].

$$R_v = \frac{1}{2} \rho_a C_v V_v^2 B_a 10^{-3} \quad (3.13)$$



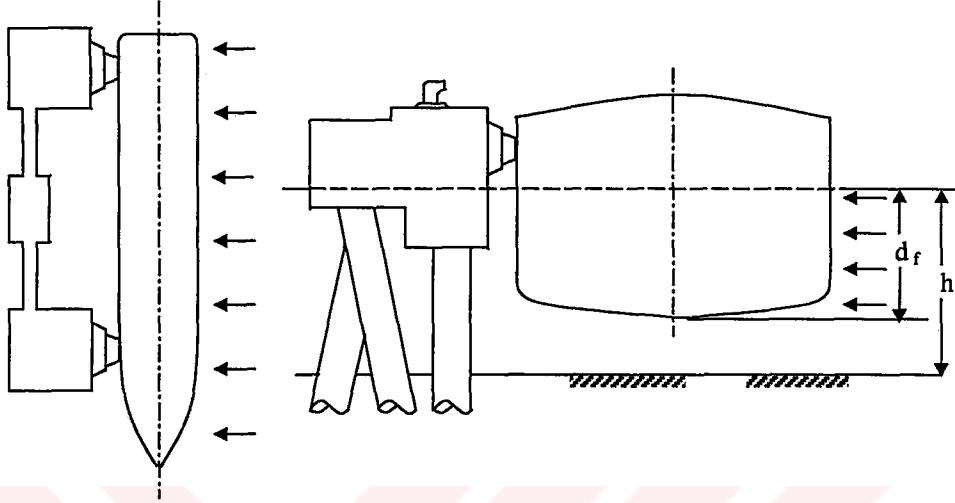
Şekil 3.17 Rüzgarın 90° açıyla gelmesi durumu

Çizelge 3.13 Su üstündeki gemi yan gövde projeksiyon alanları (B_a)

Gemi Tipi	Gemi Hacmi	B_a
Yük Gemisi	500 DW ~ 140000 DW	9.461 DW ^{0.533}
Petrol Tankeri	500 DW ~ 320000 DW	5.943 DW ^{0.562}
Maden Cev Taş Gemiler	500 DW ~ 200000 DW	5.171 DW ^{0.580}
Konteyner Gemileri	500 DW ~ 50000 DW	0.306 DW ^{0.918}
Yolcu Gemileri	300 GT ~ 14000 GT	3.835 GT ^{0.634}
Araba Vapuru	300 GT ~ 14000 GT	3.439 GT ^{0.724}

3.2.3.3 Akım Basınç Yüğü

Akım gemiye 90° açıyla vurduğu zaman gemi tam yüklenir ve akım basıncı maksimum seviyeye ulaşır.



Şekil 3.18

Akım basıncı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$R_c = \frac{1}{2} \rho_s C_c V_c^2 B_b \cdot 10^{-3} \quad (3.22)$$

Burada;

R_c : Akım basıncı,

ρ_s : Su basıncı

V_c : Akım hızı (m/s),

B_b : Su altında gemi yan projeksiyon alanı (m²),

C_c : Akım basınç katsayısı

dır. Akım basınç katsayısı sığ su etkisi altında oldukça büyüktür. Şekil 3.18'de görüldüğü gibi h su derinliğini, d_f geminin su altında kalan kısmının su seviyesinden itibaren mesafesini göstermektedir. $k = h / d_f$ oranı teşkil edilerek Çizelge 3.14'den akım basınç katsayısı C_c , gemi tipi ve hacmine göre Çizelge 3.15'den su altında gemi yan projeksiyon alanı B_b bulunur.



Çizelge 3.14 Akım basınç katsayısı

$k = h / d_f$	C_c
1.1	4.6
1.7	2.2
≥ 7	1.0

Çizelge 3.15 Su altındaki gemi yan gövde projeksiyon alanları (B_b)

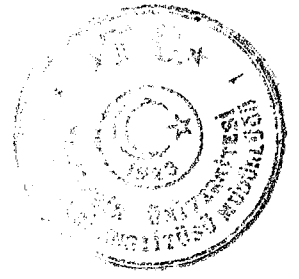
Gemi Tipi	Gemi Hacmi	B_b
Yük Gemisi	500 DW ~ 140000 DW	$3.495 DW^{0.608}$
Petrol Tankeri	500 DW ~ 320000 DW	$3.198 DW^{0.611}$
Maden Cev Taş Gemiler	500 DW ~ 200000 DW	$2.723 DW^{0.625}$
Konteyner Gemileri	500 DW ~ 50000 DW	$0.520 DW^{0.821}$
Yolcu Gemileri	300 GT ~ 14000 GT	$0.940 GT^{0.774}$
Araba Vapuru	300 GT ~ 14000 GT	$1.120 GT^{0.701}$

3.2.3.3 Gerekli Usturmaça Sayısı

Usturmaçalar, akım basınç yüklerine ve rüzgar basıncına dayanmalıdır. Genellikle gelen yükü birkaç usturmaça birlikte karşılar. Gerekli usturmaça sayısı aşağıdaki eşitsizliği sağlamalıdır [6].

$$n > \frac{R_v + R_c}{R} \quad (3.15)$$

n , gerekli usturmaça sayısını, R , efektif yavaşma enerjisinin absorbe edilmesindeki usturmaça reaksiyon kuvvetini, R_v rüzgar basıncını, R_c 'da akım basıncını göstermektedir.



3.2.4 Rüzgar Basıncı (Yanaşma Yerinde)

Rüzgar yükü, iskele yüksüz iken 0.250 t/m^2 alınmalıdır. Coğrafi konumun gerektirdiği durumlarda bu değer arttırılabilir. Rüzgar yükü iskele yüklü iken 0.125 t/m^2 alınmalıdır.

İskelelerin rüzgara maruz yüzeyleri aşağıdaki şekilde hesaplanır.

- a) İskele boş iken, deniz seviyesi ile iskele üst kotu arasında kalan kiriş, başlık ve kazıkların dolu yüzeyleri toplamı,
- b) İskele dolu iken, (a) şikkındaki yüzeylere ilaveten, iskele üzerinde 3.00 m yüksekliğinde bir hareketli yük şeridi yüzeyi

Bu iki şıktan en elverişsiz etki hesaplarda gözönüne alınacaktır [9].

3.2.5 Fren Kuvveti

Fren kuvveti genel olarak yanaşma yeri eksenine paralel istikamette meydana geldiğinden sadece kazıklı yanaşma sistemlerinde kazıkların taşıma gücü hesabı için önem taşır. Diğer sistemlerdeki yanaşma yerleri için fren kuvvetlerini hesaba katmak gerekmez. Bu kuvvetin tekerlek seviyesinden tesir ettiği kabul edilir.

Fren kuvvetinin değeri olarak iskelenin tamamen yayılı yükle yüklenmiş olduğu kabulü ile bu yükün %5'i alınır. Ancak bu şekilde bulunan değer Bölüm 3.1.2.2 ye göre hesaba alınan kara nakil vasıtası ağırlığının %30'undan az olamaz. Vinç mevcut olan yanaşma yerlerinde ayrıca 3.1.2.4'de belirtilen kara nakil vasıtası fren kuvvetine ilave edilir [9].



3.2.6 Su Basıncı

Yanaşma yeri arkasındaki yeraltı su seviyesi, deniz seviyesinden daha yüksekse, yanaşma yerine toprak itkisinden başka ayrıca su basıncı da etki eder (Şekil 3.19). Su basıncının yatay bileşeni (W_h) ve düşey bileşeni (W_v) ile gösterilirse, yatay bileşen şu şekilde hesaplanır.

$$W_h = W_{h1} + W_{h2} + W_{h3} \quad (3.16)$$

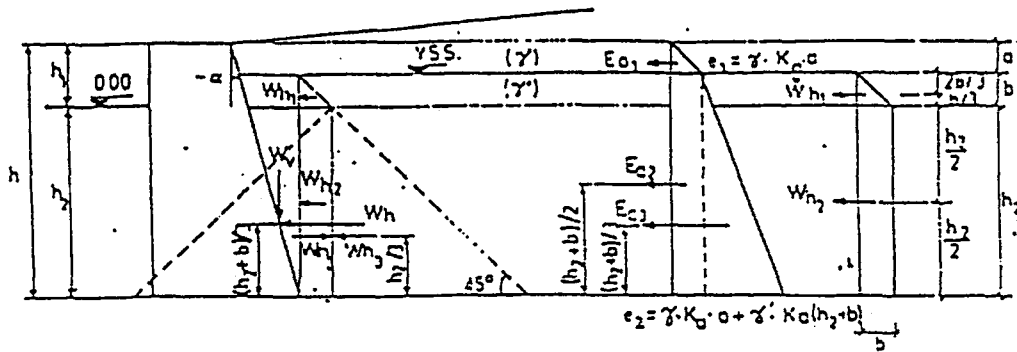
elemanlarından oluşmaktadır. Ancak (W_{h3}), deniz tarafından gelen karşı etki ile yok edildiğinden, yalnız (W_{h1} ve W_{h2}) kalır. Bu durumda yeraltı su seviyesi ile deniz seviyesi arasındaki su basıncının yatay bileşeni aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$W_{h1} = \frac{b^2}{2} \gamma_w \quad (3.17)$$

Deniz seviyesi ile duvar tabanı arasındaki su basıncının yatay bileşenleri de şu şekilde ifade edilir.

$$W_{h2} = bh_2 \gamma_w \quad (3.18)$$

Deniz suyunun özgül ağırlığı $\gamma_w = 1.03 \text{ t/m}^3$ olmakla beraber, hesaplarda kabul edilebilir hata ile 1.00 t/m^3 alınabilir.



Şekil 3.19 Su basıncı

Su basıncı için daima $\delta = 0$ olacağından, su basıncının düşey bileşeni yalnız eğik duvar yüzeyleri için söz konusudur ve aşağıdaki ifadeden hesaplanır:

$$W_v = \gamma_w \frac{(h_2 + b)^2}{2} \operatorname{tg} \alpha \quad (3.19)$$

Yalnız burada dikkat edilecek husus, yeraltı su seviyesi altındaki toprak itkisi hesaplanırken, toprağın su altındaki özgül ağırlığı alınacaktır. Toprağın özgül ağırlığı, su üstünde γ ve su altında γ' ise,

Yeraltı su seviyesi üzerindeki toprak itkisi:

$$E_{a1} = \frac{\gamma a^2}{2} K_a \quad (3.20)$$

Yeraltı su seviyesi altındaki toprak itkisi:

$$E_{a2} + E_{a3} = \gamma K_a a (h_2 + b) + \gamma' K_a \frac{(h_2 + b)^2}{2} \quad (3.21)$$

şeklinde hesaplanır.

3.2.7 Deprem Kuvveti

Deprem kuvveti “Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmelik” esaslarına uygun olarak hesaplanacaktır.

$$F = C W_n \quad (3.22)$$

Burada;

C : Deprem katsayısı ($C = C_0.k.S.I$),

C_0 : Deprem bölge katsayısı,

- k : Yapı tipi katsayısı,
S : Yapı dinamik katsayısı (spektrum katsayısı),
I : Yapı önem katsayısı

dır.

Çizelge 3.16 Deprem bölge katsayısı

Deprem Bölgesi	C ₀
1	0.10
2	0.08
3	0.06
4	0.03

İskele ve rıhtımlarda k, yapı tipi katsayısı 1.00 alınmalıdır.

Yapı dinamik katsayısı aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır:

$$S = \frac{1}{|0.80 + T_1 - T_0|} \quad (3.23)$$

Burada;

T₁ : s cinsinden yapının 1. normal moduna ait doğal periyodunu,

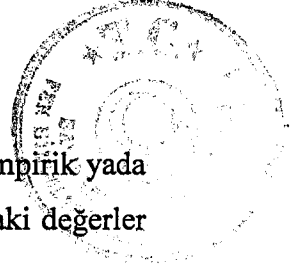
T₀ : Zeminin hakim periyodunu

gösterir. Bu formülden bulunan S değeri maksimum 1.00 alınacaktır.

Yapının doğal periyodu T₁ ise şöyle ifade edilir.

$$T_1 = \frac{0.09 \times H_1}{D_1} \quad (3.24)$$

H₁, yapının temel üst kotundan ölçülen yüksekliğini (m), D₁, yatay yükler doğrultusuna paralel doğrultudaki yapı genişliğini (m) göstermektedir.



Güvenilir varsayımlara ve arazi gözlemlerine dayanan deneysel ampirik yada teorik yaklaşımlarla saptanmadıkça zemin hakim periyodu T_0 için aşağıdaki değerler kullanılabilir:

$$T_0 = 0.25 \text{ (Zemin cinsi I için)}$$

$$T_0 = 0.42 \text{ (Zemin cinsi II için)}$$

$$T_0 = 0.60 \text{ (Zemin cinsi III için)}$$

$$T_0 = 0.80 \text{ (Zemin cinsi IV için)}$$

Deprem etkilerinin gözönüne alınması halinde zemin emniyet gerilmeleri I, II, III. sınıf zeminlerde %33 arttırılabilir, IV. sınıf zeminlerde zemin emniyet gerilmeleri arttırılmayacaktır.

Zemin Cinsi I : Masif volkanik kayalar ve derinlik kayaları, ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, çok sert çimentolu tortul kayalar.

Zemin Cinsi II : Tüf ve aglomera gibi gevşek magmatik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar.

Zemin Cinsi III : Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmamış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar.

Zemin Cinsi IV : Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak ve kalın alüvyon tabakaları, bataklık tipi ve çamur dipli deniz doldurulması ile oluşan zeminler ve dolgu tabakaları.

Yapı önem katsayısı (I) yanaşma yapılarında 1.00 alınacaktır.

W_n : toplam yapı ağırlığı olup,

$$W_n = G + n_1 \times P \quad (3.25)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada;

G : Sabit yükler toplamını,

P : Hareketli yükler toplamını,



n_1 : Hareketli yük katsayısını (yaklaşık 0.50)

ifade eder.

Deprem kuvveti yukarıdaki esaslar dahilinde hesaplanarak ilgili olduğu yapının ağırlık merkezine yatay olarak tatbik edilecektir [9].

3.3 İskele Etkiyen Yük Kombinasyonları

3.3.1 İskele Etkiyen Yükler ve Notasyonlar

- | | | |
|-----|--|-----|
| 1- | İskele veya rıhtım üst yapı ve kazık zati ağırlıklarından oluşan ölü ağırlık | (G) |
| 2- | Tabliye üzerinde düzgün yayılı yük | (P) |
| 3- | Kara vasıtası | (T) |
| 4- | Katar yükü (L 1950 lokomotifi+S1950 vagonları) | (S) |
| 5- | Vinç yükü | (V) |
| 6- | Gemi yanaşma basıncı | (R) |
| 7- | Baba çekme kuvveti | (B) |
| 8- | Fren kuvveti | (f) |
| 9- | Rüzgar kuvveti | (W) |
| 10- | Deprem kuvveti | (E) |
| 11- | Dalga basıncı | (p) |

3.3.2 Yükleme Durumları

1- Enine Yönde Yükleme

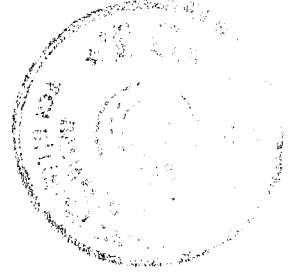
- a- $G + P + V$
- b- $G + S + T$
- c- $G + P + V + W + p(x)$
- d- $G + S \alpha T + V + W + p(x)$

- e- $G + P + V + B$
- f- $G + P + V + R$
- g- $G + S \alpha T + V + B$
- h- $G + S \alpha T + V + R$
- ı- $G + P/2 + V + E + B/2 \alpha R/2$ (xx)
- j- $G + S/2 \alpha T/2 + E + V + B/2 \alpha R/2$ (xx)

2- Boyuna Yönde Yüklemeler

- a- $G + P + V$
- b- $G + S \alpha T + V + f$
- c- $G + P + V + W + p$ (x)
- d- $G + S \alpha T + V + W + p + f$ (x)
- e- $G + P + V + B$
- f- $G + S \alpha T + V + B + f$
- g- $G + P + V + W + p$ (x)
- h- $G + S \alpha T + V + B + W + p + f$ (x)
- ı- $G + P/2 + V + E + B/2$
- j- $G + S/2 \alpha T/2 + E + V + B/2 + f$ (xx)

- (x) Kazık taşıma gücü ve gerilmeler % 25 artırılır.
- (xx) Kazık taşıma gücü ve gerilmeler % 33 artırılır [9].



4. DALGALARIN BASİTLEŞTİRİLMİŞ METOTLARLA TAHMİNİ ve EXTREM DALGA YÜKSEKLİĞİ DAĞILIMLARI

4.1 Dalgaların Basitleştirilmiş Metotlarla Tahmini

4.1.1 Giriş

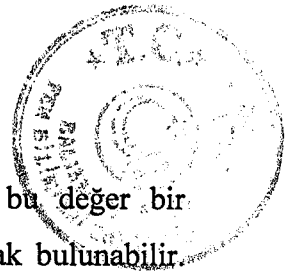
Bir çok kıyı mühendisliği çalışmasında zaman ve finans yetersizliği dalga kayıtlarında eksikliğe yol açmaktadır. Bu nedenle dalga tahminleri basit metotlarla yapıp dalga yükseklikleri ve periyodları hesaplanmaktadır.

4.1.2 Feç Uzunluğu

Açık denizde rüzgarın belli bir yönde sabit hızla ve herhangi bir engelle karşılaşmadan estiği uzunluğa feç uzunluğu adı verilir. Bu uzunluk boyunca sabit hızlı rüzgarın deniz yüzeyine uyguladığı kayma gerilmesi sonucu dalga oluşur. Diğer taraftan rüzgar hızının bütün feç boyunca tam olarak sabit olması pratik olarak mümkün olmamakla birlikte ± 2.5 m'lik bir aralıkta değişen bir rüzgar hızı sabit kabul edilebilir.

Okyanuslarda feçin genişliğini sınırlayıcı bir etki bulunmamakla birlikte iç denizlerde feçin genişliği de denizin gelişmesinde etkili olmaktadır. Genellikle bu gibi durumlarda kıyı çizgisinde gözönüne alınan noktadan başlayarak belli bir açıklıktaki alan gözönüne alınır ve bu şekilde hesaplanan feç'e efektif feç uzunluğu denir.

Efektif feç uzunluğu aşağıdaki yöntemlerle bulunabilir:

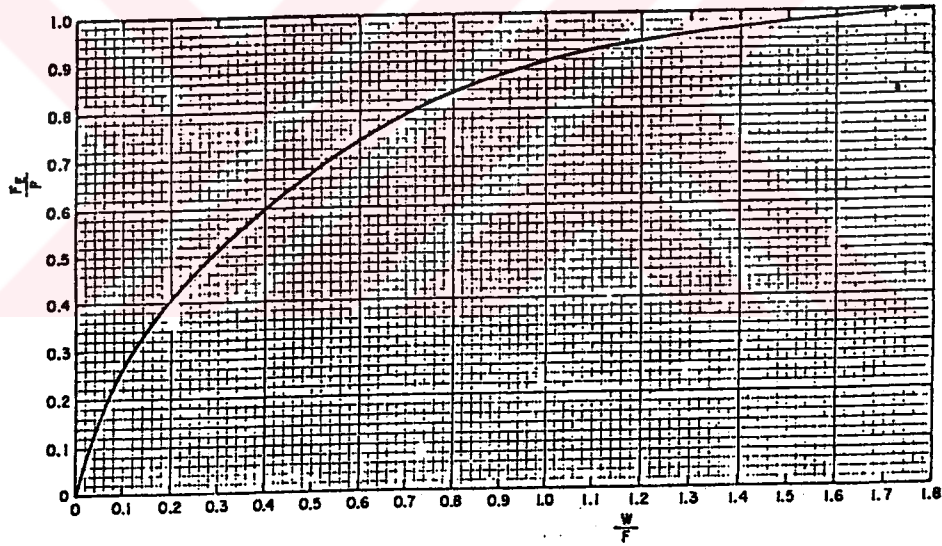


a) Haritadan feç uzunluğu ve genişliği ölçüldükten sonra bu değer bir düzeltme faktörü ile çarpılır. Düzeltme faktörü Şekil 4.1 kullanılarak bulunabilir. Bu efektif feç uzunluğu için en kolay yöntemdir.

b) Kıyıda gözönüne alınan nokta esas dalga yönünden itibaren her iki tarafta $\pm 45^\circ$ 'lik bir bandda 7.5° 'ar derece aralıklarda feç uzunlukları ölçülür. Efektif feç aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$F_e = \frac{\sum x_i \cdot \cos \alpha_i^2}{\sum \cos \alpha_i} \quad (4.1)$$

c) Esas dalga yönünün her iki tarafından toplam 9 radyal 3° aralıklarla alınır. Bu radyalarda ölçülen feç uzunluklarının aritmetik ortalaması hesaplanır.



Şekil 4.1 Düzeltme faktörü

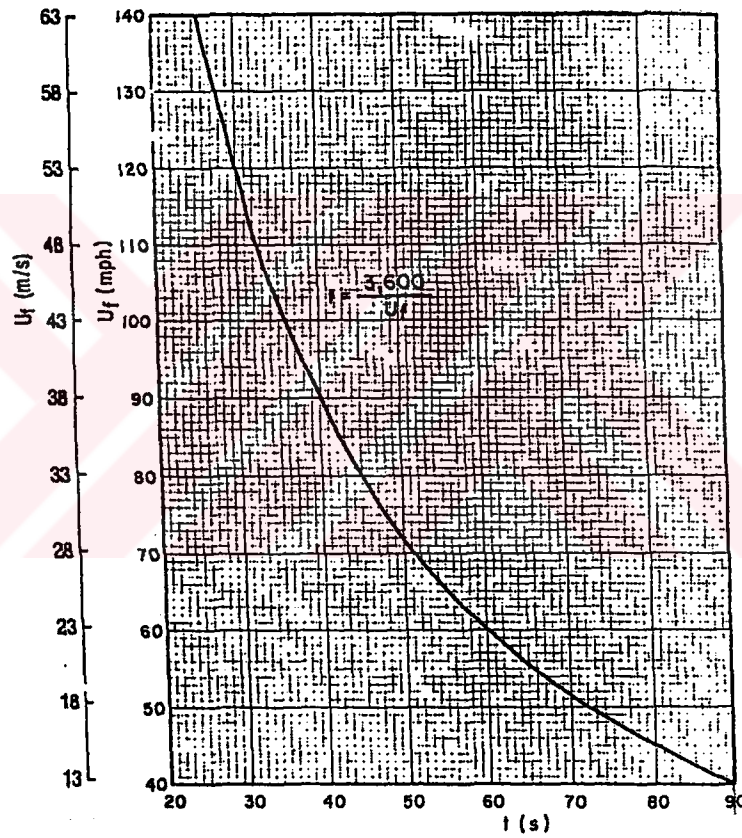
4.1.3 Rüzgar Hızları

Dalga tahminlerinde kullanılacak rüzgar hızları meteorolojik rüzgar kayıtlarından veya sinoptik haritalardan elde edilir. Bu hızların denizden 10 m yükseklikte ölçülmüş olmaları gerekir. Aksi halde Z denizden ölçme noktasının yüksekliği olmak üzere aşağıdaki ifade ile bu hız bulunur. Genellikle rüzgar

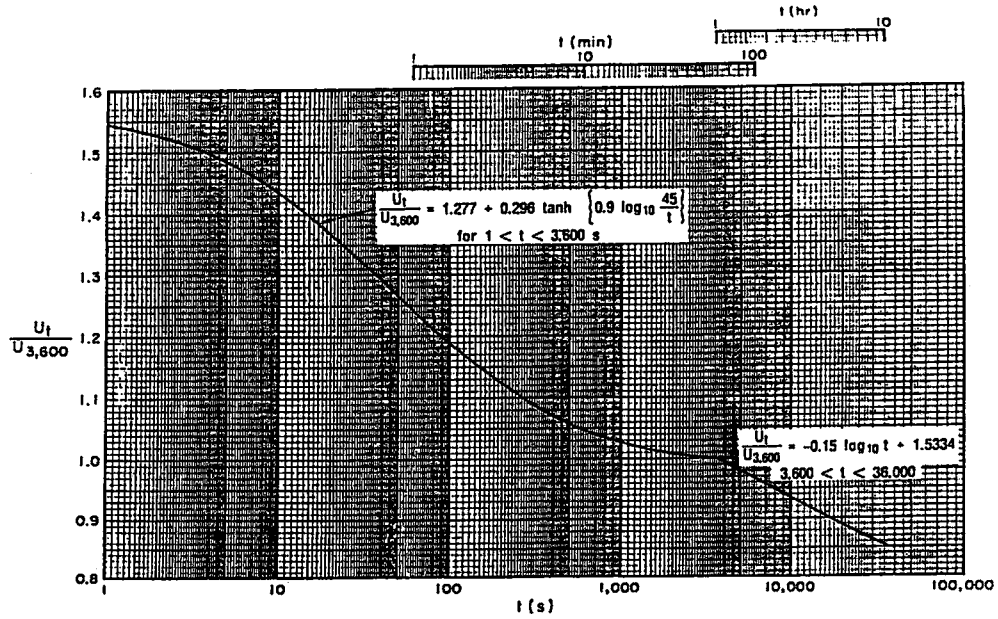


verilerinin sınırlı olduğu yerlerde rüzgar hızları extrem değerler olarak verilir. Bunların dalga tahminlerinde kullanılmaları mümkün değildir. Ancak belli bir esme süresine göre bu hızlardaki düzeltmeler Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'ü kullanılarak yapılabilir.

$$U(10) = U(Z) \left(\frac{10}{Z} \right)^{1/7} \quad (4.2)$$



Şekil 4.2 Esme süresine bağlı rüzgar hızları



Şekil 4.3 Esmeye süresine göre rüzgar hızlarının belirlenmesi

Bu şekillerden aşağıdaki adımlarla yararlanılabilir:

- Şekil 4.2’de verilen U ekstrem hızı kullanılarak bu hızın bir yıllık uzunluğu katetme süresi (t) bulunur.
- Şekil 4.3’de (a)’da bulunan t değeri konularak ($U_{\text{extrem}} / U_{\text{tsaatlik}}$) oranı bulunur.
- U_{tsaatlik} değeri (b) şıkında bulunan oran ile ekstrem hız çarpılarak bulunur. Bu değer saatlik ortalama rüzgar hızı olarak düşünülebilir.

Aynı adımlar çeşitli şekillerde tekrarlanarak istenilen esme sürelerindeki ortalama hızlar bulunabilir.

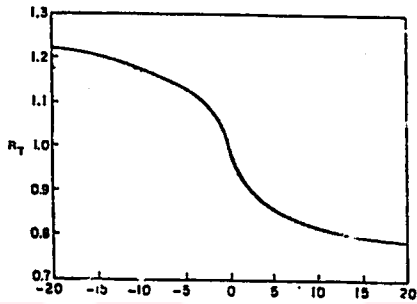
Diğer taraftan dalga oluşumunu etkileyen bir diğer parametre hava-su ısı farkıdır. Eğer hava daha soğuksa rüzgar etkisi daha fazla olacaktır. Bunu elde edebilmek için rüzgar hızını R_T gibi bir düzeltme faktörü ile çarpmak gerekir.

$$U = R_T \cdot U(10) \quad (4.3)$$

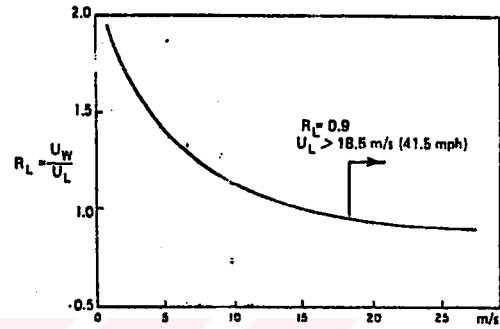


R_T değeri ısı farkına bağlı olarak Şekil 4.4'den okunabilir.

Rüzgar kayıtları deniz üzerinde alınmamışsa kara parçasının sürtünmesi daha fazla olduğundan deniz üzerindeki hızı bulabilmek için R_L gibi bir faktörle çarpmak gerekir. R_L değeri Şekil 4.5'de verilmiştir [1].



Şekil 4.4 R_T düzeltme faktörü



Şekil 4.5 R_L düzeltme faktörü

4.1.4 Rüzgar Gerilme Faktörü

İlerideki paragraflarda verilecek dalga tahmin yönteminde rüzgar hızı yerine rüzgar gerilmesini daha iyi ifade eden rüzgar gerilme faktörü kullanılmaktadır. Bu faktör hız boyutunda olmakla birlikte, kendisi hız değildir. Rüzgar gerilme faktörü;

$$U_A = 0.71 \times U^{1.23} \quad (4.4)$$

olarak ifade edilmektedir. Burada U , m/s olarak rüzgar hızı olup U_A , rüzgar gerilme faktörü de aynı birime sahiptir [3].



4.1.5 Derin Sularda Dalga Tahmini

Rüzgar feç boyunca dalgayı oluştururken eğer yeterli sürede esmişse veya feç yeterli uzunlukta ise bu durumda “tam gelişmiş deniz” koşulları meydana gelir. Başka bir tanımlamayla bu koşullar altında dalgalar erişebilecekleri en büyük dalga yüksekliğine ulaşırlar. Bu durumdan sonra rüzgar esmeye devam etse bile artık dalga özellikleri değişmez. Buna karşılık feçin uzunluğu sınırlı ise veya rüzgar esme süresi kısa ise “gelişmekte olan deniz” durumu oluşur. Olayı feç uzunluğu sınırlıyorsa “Sınırlı esme süresi” durumu meydana gelir.

Gelişmekte olan ve tam gelişmiş deniz durumu için dalga yüksekliği, dalga periyodu ve esme süresi aşağıdaki ifadelerle hesaplanır:

$$H_s = 1.616 \times 10^{-2} \times U_A \times F^{1/2} \quad (4.5)$$

$$T_m = 6.238 \times 10^{-2} (U_A \times F)^{1/3} \quad (4.6)$$

$$t = 8.93 \times 10^{-2} \left(\frac{F^2}{U_A} \right)^{1/3} \quad (4.7)$$

Tam gelişmiş deniz durumu için;

$$H_s = 2.48 \times 10^{-2} \times U_A^2 \quad (4.8)$$

$$T_m = 8.30 \times 10^{-1} \times U_A \quad (4.9)$$

$$t = 2.027 \times U_A \quad (4.10)$$

Burada;

H_s : Belirgin dalga yüksekliği (m),

T_m : $0.95 \times T_s$ (s),

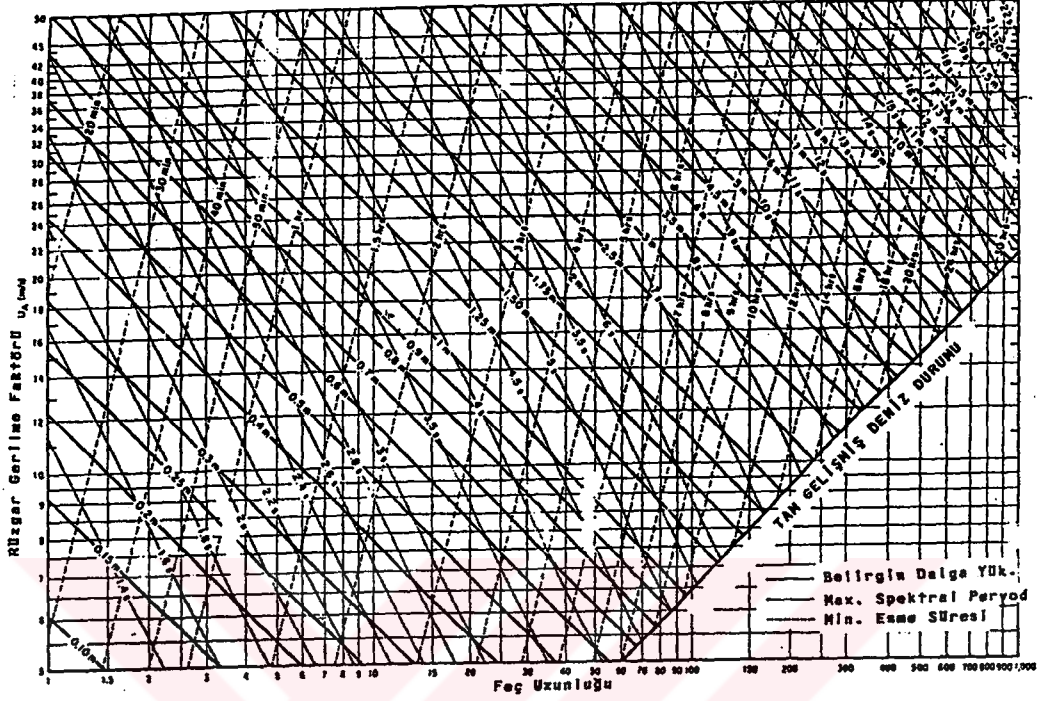
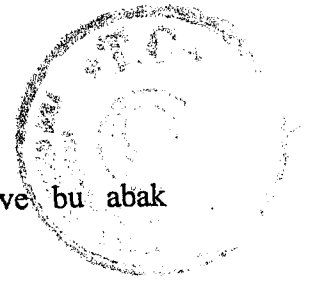
U_A : Rüzgar gerilme faktörü (m/s),

F : Feç uzunluğu (km),

t : Saat olarak esme süresi

dir.

Yukarıdaki ifadeler abak halinde Şekil 4.6'da verilmiştir ve bu abak yardımıyla da dalga karakteristikleri bulunabilir.



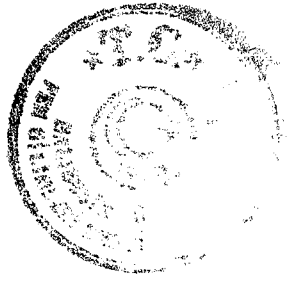
Şekil 4.6 CERC Metodu ile dalga tahmini

Dalga tahmininde çok kullanılan diğer iki metod SMB Sverdrup Munk ve Bretschneider metodu ile JONSWAP metodudur. SMB yöntemi Kuzey Atlantikte yapılan çok sayıda gözleme dayanılarak ampirik olarak çıkarılmıştır. Herhangi bir spektruma dayanmaz. Bu metod da aşağıdaki ifadelerle dalga yüksekliği, periyodu ve esme süresi bulunabilir.

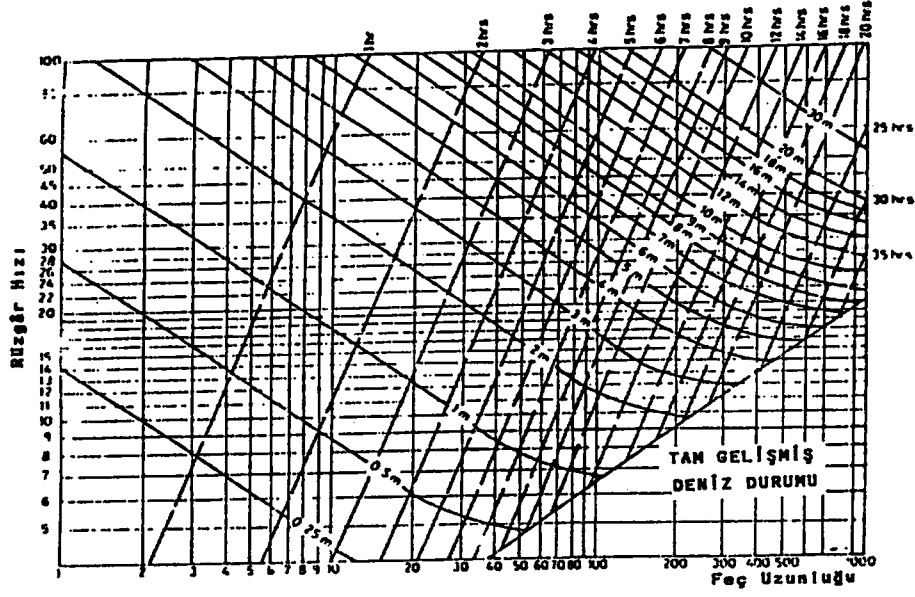
$$\frac{gH_s}{U^2} = 0.238 \operatorname{tgh} \left[0.0125 \left(\frac{g \times F}{U^2} \right)^{0.42} \right] \quad (4.11)$$

$$\frac{gT_s}{U} = 7.540 \operatorname{tgh} \left[0.077 \left(\frac{g \times F}{U^2} \right)^{0.25} \right] \quad (4.12)$$

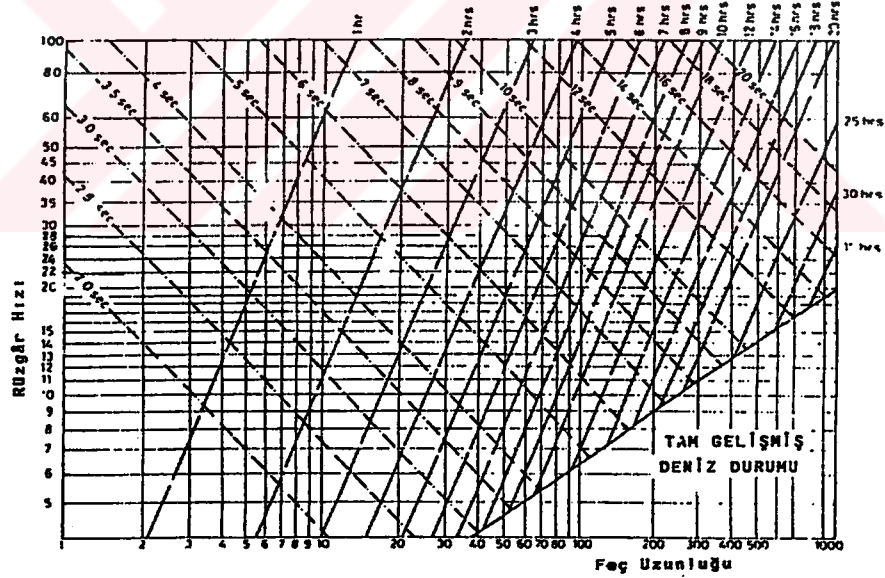
$$\frac{gT}{U} = 6.5885 \exp \left[0.0161 \left(n \frac{gF}{U^2} \right)^2 - 0.3692n \frac{gF}{U^2} + 2.2024 \right] + 8798n \frac{gF}{U^2} \quad (4.13)$$



SMB yönteminde de abaklar (Şekil 4.7) geniş şekilde kullanılmaktadır.



Şekil 4.7 SMB Metodu ile dalga tahmini



Şekil 4.8 JONSWAP Metodu ile dalga tahmini

JONSWAP metodu Kuzey Denizde yapılan ölçmelere dayanan ve frekans spektrumunun analizi ile elde edilen bir yöntemdir. Bu yöntemde de Şekil 4.8'de verilen abaklar yardımıyla dalga değerleri bulunabilmektedir.



SMB ve JONSWAP yöntemlerinde CERC metodunun aksine doğrudan rüzgar hızının kullanıldığı unutulmamalıdır. Abakların kullanılmasında aşağıdaki adımlarla sonuca varılabilmektedir:

- a) Verilerden ve haritadan feç uzunluğu, rüzgar hızı ve esme süresi belli bir rüzgar durumu için çıkarılır.
- b) Kullanılan abakta feç uzunluğu ve rüzgar hızı kullanılarak belirgin dalga yüksekliği ve peryod çifti elde edilir.
- c) Aynı abakta bu defa rüzgar hızı ve esme süresi kullanılarak yeni bir belirgin dalga yüksekliği ve peryod çifti elde edilir.
- d) Elde edilen çiftlerden hangisi küçükse o istenilen H_s ve T_s değerleridir. Küçük çift feç uzunluğu ile elde edilmişse dalga sınırlı feç durumunda, esme süresi ile bulunmuşsa esme süresi durumundadır [1].

4.1.6 Sığ Sularda Dalga Tahmini

Su derinliği derin sularda dalga oluşumunu etkilemez. Çünkü taban sürtünmelerinin etkisi dalganın oluştuğu su katmanlarına kadar ulaşmaz. Buna karşılık su derinliğinin az olduğu deniz ve göllerde daha dalga oluşumunun başlangıcında deniz tabanının etkisi vardır. Bu sebepten sığ sularda dalga tahmini derin sulardaki yöntemlerle yapılamaz. Derin sulardaki eşitlikler değiştirilerek sığ sular için kullanılabilir. Buna göre aşağıdaki eşitlikler kullanılabilir:

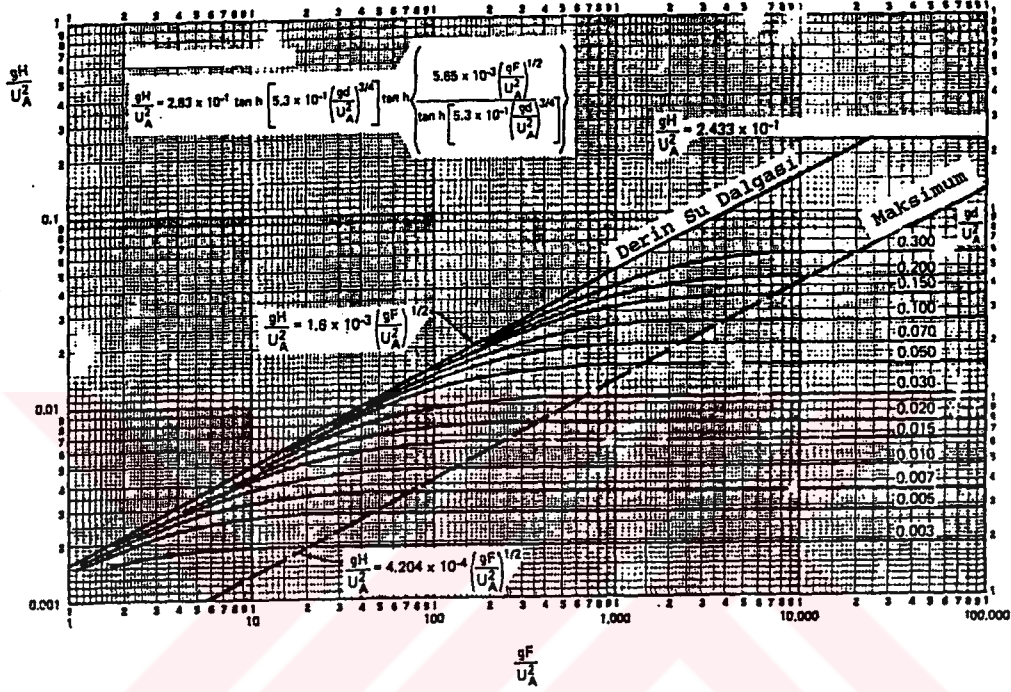
$$\frac{gH}{U_A^2} = 0.283 \operatorname{tgh} \left[0.530 \left(\frac{gd}{U_A^2} \right)^{3/4} \right] \operatorname{tgh} \left[\frac{0.00565 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/2}}{\operatorname{tgh} \left[0.530 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{3/4} \right]} \right] \quad (4.14)$$

$$\frac{gT}{U_A} = 7.54 \operatorname{tgh} \left[0.833 \left(\frac{gd}{U_A^2} \right)^{3/8} \right] \operatorname{tgh} \left[\frac{0.0369 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/3}}{\operatorname{tgh} \left[0.833 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{3/8} \right]} \right] \quad (4.15)$$

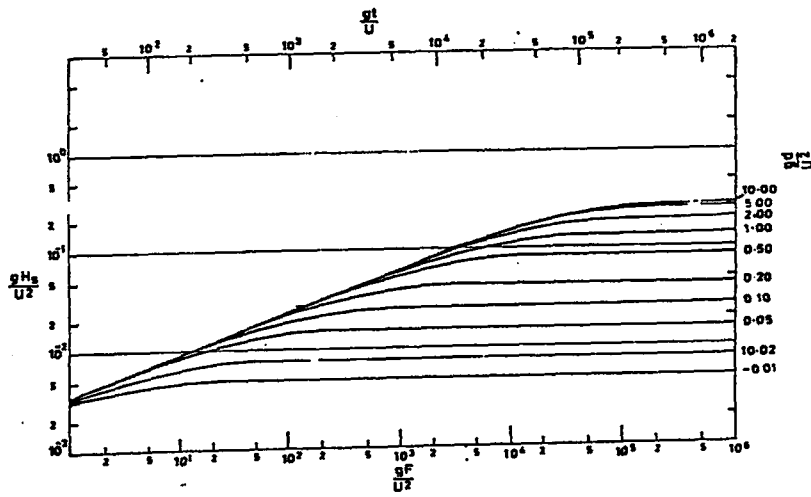


Sığ su ve derin su eşitliklerinin sınırları Şekil 4.9'da verilmiştir.

SMB yönteminde de sığ sular için geliştirilmiş sığ sularda dalga tahmini yapmak mümkündür.



Şekil 4.9 Sığ sularda dalga tahmini



Şekil 4.10 SMB yöntemiyle sığ sularda dalga tahmini

4.2 Extrem Dalga Yüksekliği Dağılımları

Dalgaların extrem değerleri kıyı yapılarının etkisi altında kalabilecekleri en büyük yükler ve olası hasar oranlarının belirlenmesi açısından son derece önemlidir.

Extrem değer belli sayıda gözlemde veya belli bir zaman dilimindeki en büyük değer olarak tanımlanabilir.

H dalga yüksekliğinin kısa dönemdeki olasılık yoğunluk dağılımı $f(H)$ ve kümülatif dağılım $F(H)$ ise belli bir N gözlemde bu H_{ex} gibi bir en büyük değer olacaktır. Bu değer kendisi de çeşitli N gözlemler düşünüldüğünde bir rastgele değişkendir ve kendi olasılık yoğunluk fonksiyonu bulunmaktadır.

Olaya bu açıdan bakıldığında $f(H)$ ve $F(H)$ fonksiyonlarına sırayla başlangıç olasılık yoğunluk ve başlangıç kümülatif yoğunluk fonksiyonları adı verilir. $f(H)$ ve $F(H)$ fonksiyonlarının bilinip bilinmemesine göre extrem değer hesapları farklılıklar gösterir.

- Eğer $f(H)$ ve $F(H)$ fonksiyonları biliniyorsa extrem değerler kesin olarak belirlenebilir.
- Eğer bilinmiyorsa yaklaşık yöntemler kullanılır. Bu durumda kaydedilmiş veya gözlenmiş tüm seri dalga yükseklikleri veya sadece gözlenmiş maksimum değerler kullanılarak extrem değerler bulunur.

4.2.1 Kesin Çözüm

Eğer N gözlemdeki extrem değeri rastgele değişken olarak kabul edersek bu değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonu ve kümülatif yoğunluk fonksiyonu sırasıyla $g(H_{ex})$ ve $G(H_{ex})$ ise bu fonksiyonlar başlangıç fonksiyonlarına bağlı olarak

$$g(H_{ex}) = N [f(H) [F(H)]^{N-1}]_{H=H_{ex}} \quad (4.16)$$

ve

$$G(H_{ex}) = [[F(H)^N]] H=H_{ex} \quad (4.17)$$

şeklinde yazılabilir. Bu fonksiyonlar yardımıyla extrem değerlerin çeşitli istatistiksel özellikleri bulunabilir. Örnek olarak N gözlemde olası en büyük dalga yüksekliği

$$\frac{d}{dH_{ex}} g(H_{ex}) = 0 \quad (4.18)$$

bağıntısından bulunabilir. Bu bağıntıdan hareketle sonuç olarak

$$\bar{H} = \sqrt{2 \ln N} \sqrt{R} \quad (4.19)$$

ifadesi elde edilebilir. Burada R Rayleigh dağılımı parametresidir. Aynı ifade H_{rms} değerine göre

$$\bar{H}_{ex} = \sqrt{2 \ln N} H_{rms} \quad (4.20)$$

şeklinde verilebilir.

4.2.2 Yaklaşık Çözüm

Bu durumda başlangıç fonksiyonları bilinmediğinden bu extrem değer fonksiyonlarının bilinen fonksiyonlardan biri olduğu kabul edilerek (örneğin log-normal veya Weibull) hesaplar yapılır.

Diğer taraftan uygulamada en çok kullanılan yöntemde; maksimum dalga yüksekliklerinin daha açık deyişle belli periyotlarda gözlenen veya tahmin edilen maksimum belirgin dalga yüksekliklerinin kullanılması yoluyla belli dönüş aralıklarında olası en büyük belirgin dalga yükseklikleri hesaplanır. Bu hesaplarda



Tip I, Tip II ve Tip III olarak isimlendirilen asimtotik ekstrem değer dağılımları kullanılabilir.

Üç tip dağılım içinde Fisher ve Tippett tarafından geliştirilip Gumbel tarafından sistematik hale getirilen Tip I en çok uygulanan asimtotik dağılımdır.

Gumbel dağılımı aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$G(H_{ex}) = \exp(-e^{-x}) \quad (4.21)$$

Burada;

$$y = a_n (H_{ex} - U_n) \quad (4.22)$$

dir. a_n ve U_n dağılımın parametreleridir ve eldeki gözlemlerden bulunurlar.

Eğer dağılım ifadesinin her iki tarafının tabii logaritması alınırsa;

$$y = -\ln(-\ln(G(H_{ex}))) \quad (4.23)$$

ifadesine varılır. Bu ifadeye göre Gumbel dağılım kağıdında yatay eksen H_{ex} düşey eksen ise çift tabii logaritmalı y 'dir. Eğer veriler Gumbel dağılımına uyuyorsa tam doğru üzerinde çıkarlar. Buna göre;

$$U_N = \bar{H}_{ex} - \frac{Y_N}{a_N} \quad (4.24)$$

ve

$$a_N = \frac{\sigma_N}{S_H} \quad (4.25)$$

olarak elde edilir. Burada Y_N ve σ_N sırasıyla y 'nin ortalaması ve standard sapması, S_H ise H_{ex} 'in standart sapmasıdır. S_H değeri

$$S_H^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (H_{exi} - \bar{H}_{ex})^2}{N-1} \quad (4.26)$$

şeklinde bulunabilir. Burada N eldeki ekstrem değer gözlem sayısıdır. Y_N ve σ_N değerleri gözlem sayısına bağlı olarak Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Gumbel metodunda aşağıdaki adımlarla hesaplar yapılabilir.

1. Gözlenen extremlerin H_{ex} ortalama değeri bulunur.
2. S_H değeri (4.26) eşitliğinden hesaplanır.
3. N bilindiğine göre Çizelge 4.1'den Y_N ve σ_N değerleri bulunur.
4. U_N ve a_N değerleri hesaplanır.

Kıyı yapılarının tasarımında genellikle ekstrem belirgin dalga yüksekliği belli bir dönüş aralığına bağlı olarak hesaplanır. Gumbel'a göre dönüş aralığı

$$R_p = \frac{\tau}{1 - e^{-y}} \quad (4.27)$$

ifadesiyle bulunabilir. Burada τ genellikle bir yıl olarak alınır. H_{ex} 'in büyük değerlerinde

$$R_p = e^{-y} \quad (4.28)$$

ifadesi bulunabilir. Bu ifade de y değerinin gerçek ifadesi kullanıldığında verilen bir dönüş aralığında olası ekstrem belirgin dalga yüksekliği

$$H_{RP} = U_N + \frac{\ln R_p}{a_n} \quad (4.29)$$

şeklinde yazılabilir.

Çizelge 4.1 Gumbel dağılımında Y_N ve σ_N değerleri

N	Y_N	σ_N	N	Y_N	σ_N
2	0.4043	0.4984	32	0.5380	1.1193
3	0.4286	0.6435	33	0.5388	1.1226
4	0.4458	0.7315	34	0.5396	1.1255
5	0.4588	0.7928	35	0.5103	1.1285
6	0.4690	0.8388	36	0.5410	1.1313
7	0.4774	0.8749	37	0.5418	1.1339
8	0.4843	0.9043	38	0.5424	1.1363
9	0.4902	0.9288	39	0.5430	1.1388
10	0.4952	0.9497	40	0.5436	1.1413
11	0.4996	0.9676	41	0.5442	1.1436
12	0.5035	0.9833	42	0.5448	1.1458
13	0.5070	0.9972	43	0.5453	1.1480
14	0.5100	1.0095	44	0.5458	1.1499
15	0.5128	1.0206	45	0.5463	1.1519
16	0.5157	1.0316	46	0.5468	1.1538
17	0.5181	1.0411	47	0.5473	1.1557
18	0.5202	1.0493	48	0.5477	1.1574
19	0.5220	1.0566	49	0.5481	1.1590
20	0.5236	1.0628	50	0.5485	1.1607
21	0.5252	1.696	60	0.5521	1.1747
22	0.5268	1.0754	70	0.5548	1.1854
23	0.5283	1.0811	80	0.5569	1.1938
24	0.5296	1.0864	90	0.5586	1.2007
25	0.5309	1.0915	100	0.5600	1.2065
26	0.5320	1.0961	150	0.5646	1.2253
27	0.5332	1.1004	200	0.5672	1.2360
28	0.5343	1.1047	300	0.5699	1.2479
29	0.5353	1.1086	400	0.5714	1.2545
30	0.5362	1.1124	500	0.5724	1.2588
31	0.5371	1.1159	1000	0.5745	1.2685
			∞	0.5772	1.2826

5. KAZIKLAR VE KAZIKLARA ETKİ EDEN DALGA KUVVETLERİNİN HESAPLANMASI

5.1 Giriş

Kazıklar ve kazıklı temeller tarih öncesinden beri kullanılmaktadır. İçre'de günümüzden 12000 yıl önce yaşayan insanların sığ göl tabanlarında ahşap kazıklar çakarak üzerlerine barınak inşa ettikleri belirlenmiştir.

Kazıklar kullanılma amaçlarına göre beş gruba ayrılabilir:

1. Yapı yüklerini, su veya zayıf zemin altındaki sağlam tabakaya aktarmak için kazıklar kullanılır. Görevi bu olan kazıklara, uç kazığı denir.
2. Yapı yükleri, kazık çevresinde oluşan zemin sürtünmesi tarafından kısmen veya tamamen taşınıyorsa böyle kazıklara sürtünme kazığı denir.
3. Kazıklar, suyun kaldırma kuvvetine maruz yapıları veya üst yapıya gelen yanal kuvvetler yüzünden döndürme momentine maruz temel sistemlerini güvenilir bir şekilde zemine tespit amacı ile kullanılır. Bu gibi hallerde, kazıkların hepsi veya bir kısmı çekme kazığı olarak teşkil edilir.
4. Yatay kuvvetlere karşı kazıklardan faydalanılır. Palplanş perdelerine tespit etmek veya diğer yanal kuvvetlere karşı ankraj kazıkları kullanılır.
5. Kazıklar, ayrık daneli zeminleri sıkıştırmak amacıyla da kullanılır [5].

Kazıklar, imal edildiği malzemenin cinsine göre beş gruba ayrılabilir:

- a. Betonarme kazıklar,
- b. Beton kazıklar,
- c. Öngerilmeli beton kazıklar,
- d. Çelik kazıklar,
- e. Ahşap kazıklar [9].

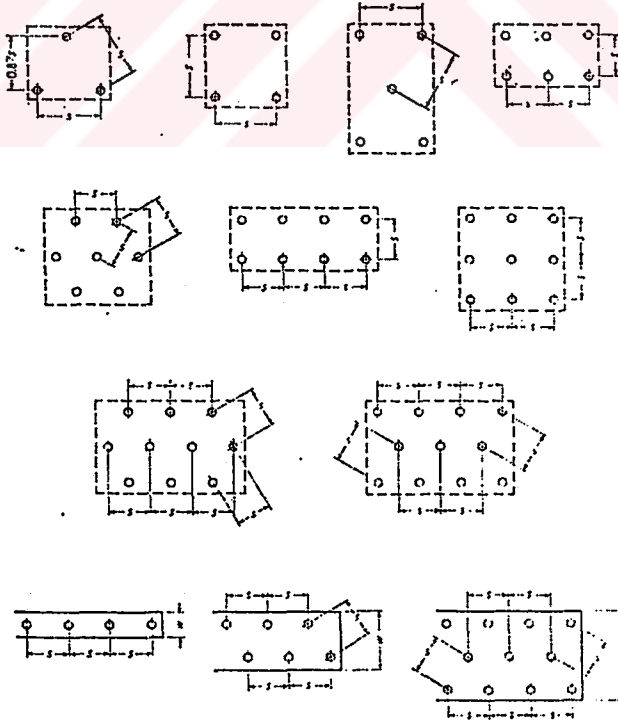
5.2 Kazık Grupları

Kazıklar, bir yapı elemanı olarak nadiren tekil kullanılırlar. Genellikle, en az üç kazıktan meydana gelen gruplar teşkil edilir. Böylece, eksantrik yüklerin daha iyi olarak karşılanması mümkün olur.

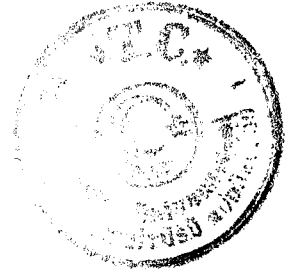
Kazık grupları halinde, her kazık çevresinde meydana gelen gerilme alanları birbiri üstüne biner. Bu yüzden zeminin yer yer tekil kazık halinden daha fazla yüklenmesi söz konusudur. Kazık aralarını açmak, çoğu kere büyük ve ağır başlıklar yapılmasını gerektirir ki, bu da kazıklara gelen yükleri artırır.

Terzaghi ve Peck (1986) kazık merkezleri arasındaki uzaklığın kazık başı çapının 2.5 katı ile 4 katı arasında olmasını öngörmektedir. Alt sınır kabarma olmaması için verilmiştir [5].

Tipik kazık grupları Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1 Kazık grubu tipleri [5].



5.2.1 Düşey Yük Etkisi Altında Kazık Grupları

Bir çok temel mühendisliği çözümünde yapısal yükler grup halinde kazıklara taşıtılır. Zeminle temas halinde veya açık deniz yapılarında olduğu gibi zeminin üzerinde bir kazık başlığı teşkil edilerek kazıkların birlikte yük taşıması sağlanır. Kazık gruplarının taşıma gücü oldukça karmaşık bir konudur. Kazıkların sık olması halinde zemine aktarılan gerilmelerin çakışacağı ve bu nedenle taşıma gücünün azalacağı söylenebilir. Kazıkların ideal olarak kazık başlıklarının ekonomik olarak çözülebileceği kadar yakın, birbirlerini etkileyip taşıma gücünün düşmeyeceği kadar uzakta olmasına çalışılmalıdır. Ayrıca, killi zeminlerde kazık grupları blok göçmesine karşı tahkik edilmelidir [4].

5.2.2 Yanal Yükler Etkisi Altında Kazık Grupları

Üst yapının maruz kaldığı rüzgar, deprem kuvvetleri, toprak basıncı, gemi darbe ve baba çekme kuvvetleri, dalga çarpması, v.s. dolayısıyla temellere yanal kuvvetler etki eder. Bir kazıklı temelde müsaade edilebilecek yanal yük, kazık cinsine, zemin cinsine ve zeminin durumuna, kazık başlığının kazığa bağlanma şekline bağlıdır. Ayrıca, yapının özelliğinden doğan kayıtlar varsa bunlara da uyulmalıdır.

5.3 Kazıklara Etki Eden Dalga Kuvvetlerinin Hesaplanması

5.3.1 Giriş

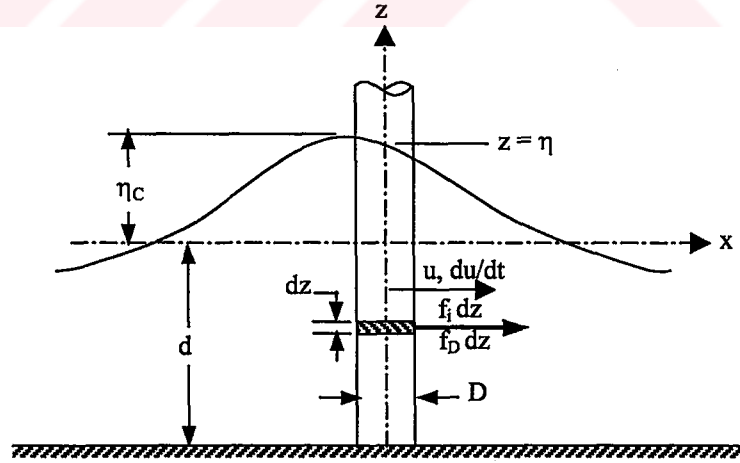
Kazıklarda dalga kuvvetlerinin çözümü, ampirik katsayılara bağlıdır.

Dalga etkisi altındaki dairesel kazıklardaki kuvvetlerin tayinindeki değişkenler Şekil 5.2'de gösterilmektedir. Monokromatik dalgalarda

- H : Dalga yüksekliğini,
- d : Su derinliğini,
- T : Dalga peryodunu,
- L : Dalga uzunluğunu

gösterir. Dalga akımlarında su taneciğinin hız ve ivmeleri direkt olarak kuvvete etki eder. Düşey kazıklar için, yatay akışkan hızı u , ivme du/dt ve serbest yüzey altındaki mesafe ile değişim önemlidir. Kazık çapı D ve kazık pürüzlülüğü ϵ kazığı tanımlayan değişkenlerdir. Bu çalışmada kazığın dalga akımına etkisi ihmal edilmiştir. Kazık çapı D , dalga uzunluğu L 'ye göre küçük olmalıdır. Akışkan, akışkan özgül kütlesi ρ ve kinematik viskozite katsayısı ν ile karakterize edilir. Bu konudaki boyutsuz büyüklüklerin bazıları aşağıda verilmiştir:

- H/gT^2 : Boyutsuz dalga dikliği,
- d/gT^2 : Boyutsuz su derinliği,
- D/L : Kazık çapının dalga uzunluğuna oranı,
- ϵ/D : Rölatif kazık pürüzlülüğü ve
- $HD/T\nu$: Reynolds sayısıdır.



Şekil 5.2 Düşey silindirde dalga kuvvetlerinin tanımı

Kazık boyunca kuvvet değişimi su taneciğinin hız ve ivmesine bağlıdır. Atalet veya kütle katsayısı C_M ve sürüklenme katsayısı C_D dalga kuvvetinin hesabında kullanılır.



5.3.2 Düşey Silindirik Kazıklar ve Kırılmayan Dalgalar

Morison ve arkadaşları (1950) düşey silindirik kazığın birim uzunluğundaki yatay kuvveti aşağıdaki formülle ifade etmişlerdir:

$$f = f_i + f_D = C_M \rho \frac{\pi D^2}{4} \frac{du}{dt} + C_D \frac{1}{2} \rho D u |u| \quad (5.1)$$

Burada,

f_i : Kazığın birim uzunluğundaki atalet kuvvetini,

f_D : Kazığın birim uzunluğundaki sürüklenme kuvvetini,

ρ : Akışkan özgül kütle (1025 kg/m³),

D : Kazık çapını,

u : Kazık ekseninde yatay su taneciğinin hızını (kazık yokmuş gibi varsayılır),

du/dt : Kazık ekseninde toplam yatay su taneciğinin ivmesini,

C_D : Sürüklenme katsayısını,

C_M : Atalet veya kütle katsayısını

göstermektedir.

Kazıktan kısa bir mesafe uzaklıktaki akım alanında kazığın etkisi ihmal edilmiştir. MacCamy ve Fuchs (1954) lineer dalga teorisine dayanarak teorik olarak dairesel silindirden geçen dalga problemlerini incelemişlerdir. Bu çalışmalarda kazık çapının dalga uzunluğuna (D/L_A) oranının küçük değerleri için kuvvetin yaklaşık olarak ivme (du/dt) ile orantılı olduğu sonucuna varılmıştır (L_A , dalga uzunluğunun Airy yaklaşımıdır). Küçük kazıklarda (5.1) bağıntısının kullanılabilmesi için

$$D/L_A < 0.05 \quad (5.2)$$

şartının sağlanması gerekir.



(5.2) bağıntısında belirtilen şart kazık kuvvet hesabı için nadiren de olsa sağlanmayabilir. Ancak bu şart, dolphinlerde, kesonlarda ve benzeri büyük yapılarda kuvvetler hesaplandığı zaman önemlidir.

5.3.3 Kuvvetlerin ve Momentlerin Hesabı

Burada C_D ve C_M katsayılarının bilindiği varsayılmıştır. (5.1) bağıntısını kullanmak için proje dalgası ile hız ve ivme alanlarının Airy dalga teorisi tarafından tanımlandığı kabul edilir. $x = 0$ iken

$$\eta_c = \frac{H}{2} \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \quad (5.3)$$

$$u = \frac{H}{2} \frac{gT}{L} \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh[2\pi d/L]} \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \quad (5.4)$$

$$\frac{du}{dt} = \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{g\pi H}{L} \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh[2\pi d/L]} \sin\left(-\frac{2\pi t}{T}\right) \quad (5.5)$$

Yukarıda verilen ifadeler denklem (5.1)'de yerine yerleştirildiğinde,

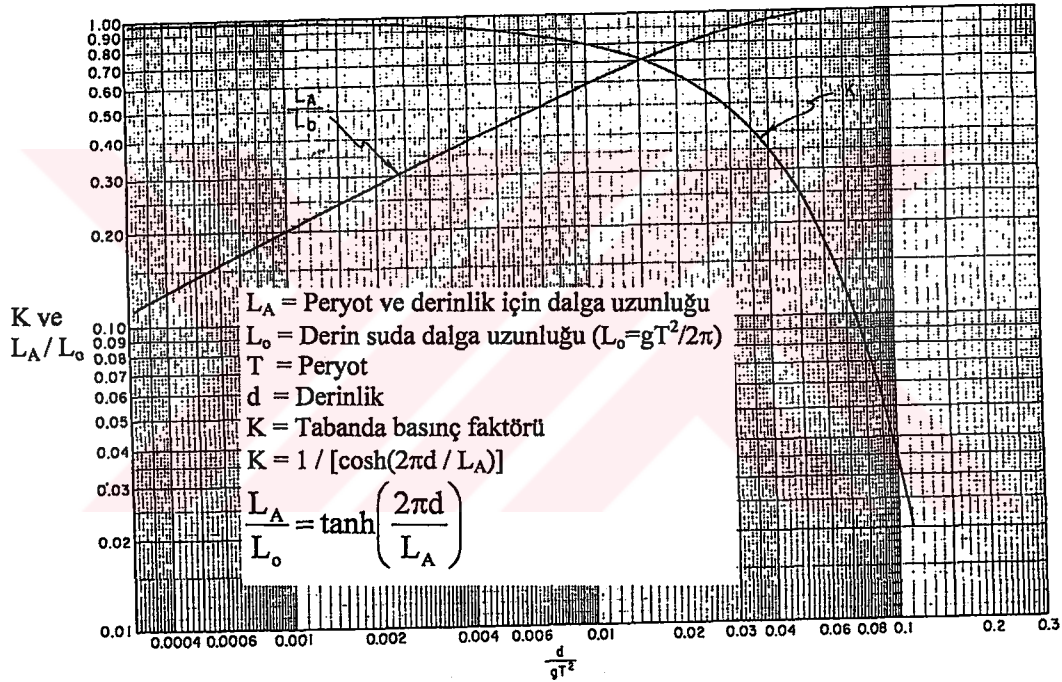
$$f_i = C_M \rho g \frac{\pi D^2}{4} H \left\{ \frac{\pi \cosh[2\pi(z+d)/L]}{L \cosh[2\pi d/L]} \right\} \sin\left(-\frac{2\pi t}{T}\right) \quad (5.6)$$

$$f_D = C_D \frac{1}{2} \rho g D H^2 \left\{ \frac{gT^2}{4L^2} \left\{ \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh[2\pi d/L]} \right\}^2 \right\} \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \quad (5.7)$$

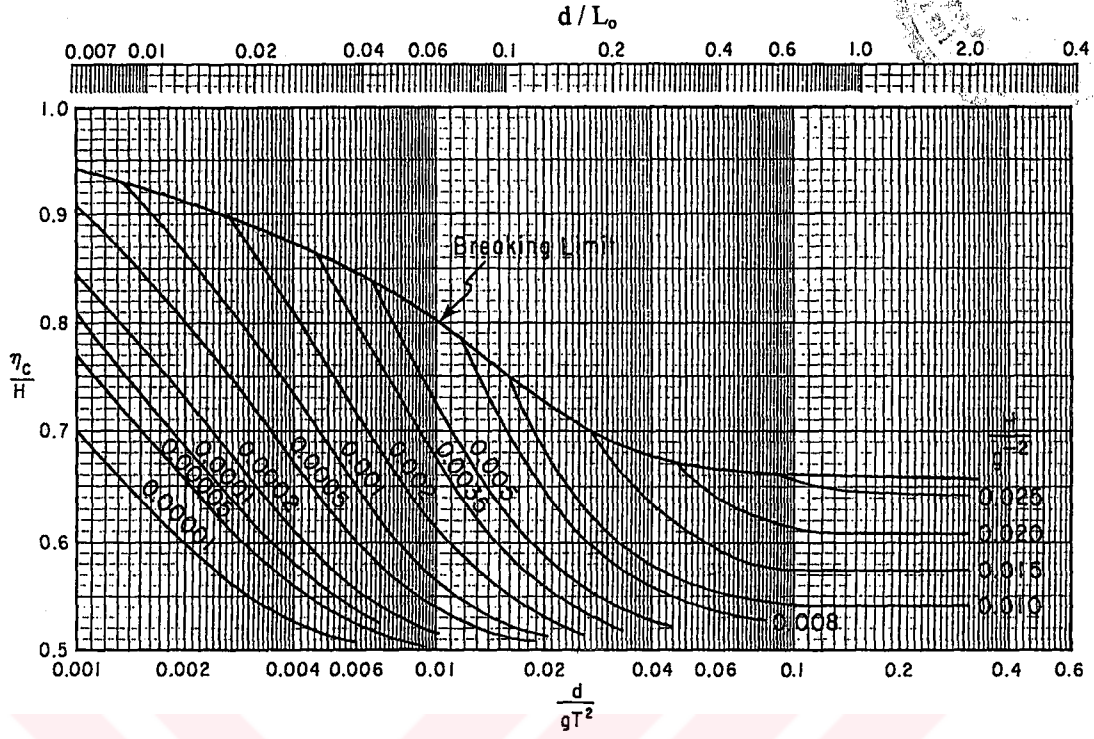
(5.6) ve (5.7) bağıntılarında iki kuvvetin zamanla ve kazığın z eksenindeki yükseklik ile değiştiği görülmektedir. f_i atalet kuvveti, Airy dalga teorisinde $\sin(-2\pi t/T) = 1$ ve $t = -T/4$ iken maksimumdur. $t = 0$ iken dalga kreti kazığı geçer, dalga kretini geçmeden önce $T/4$ s'de atalet kuvvetinin maksimum değeri elde edilir. $t = 0$ anında dalga kreti kazığı geçtiği anda sürükleme kuvveti f_D maksimumdur.

Bu atalet ve sürüklenme kuvvetinin hesabını daha çabuk hesap etmek için Şekil 5.3'deki K eğrisi kullanılabilir. Tabandaki kuvvetin yüzeydeki kuvvete oranı atalet kuvveti için K'ya, sürüklenme kuvveti için K^2 'ye eşittir.

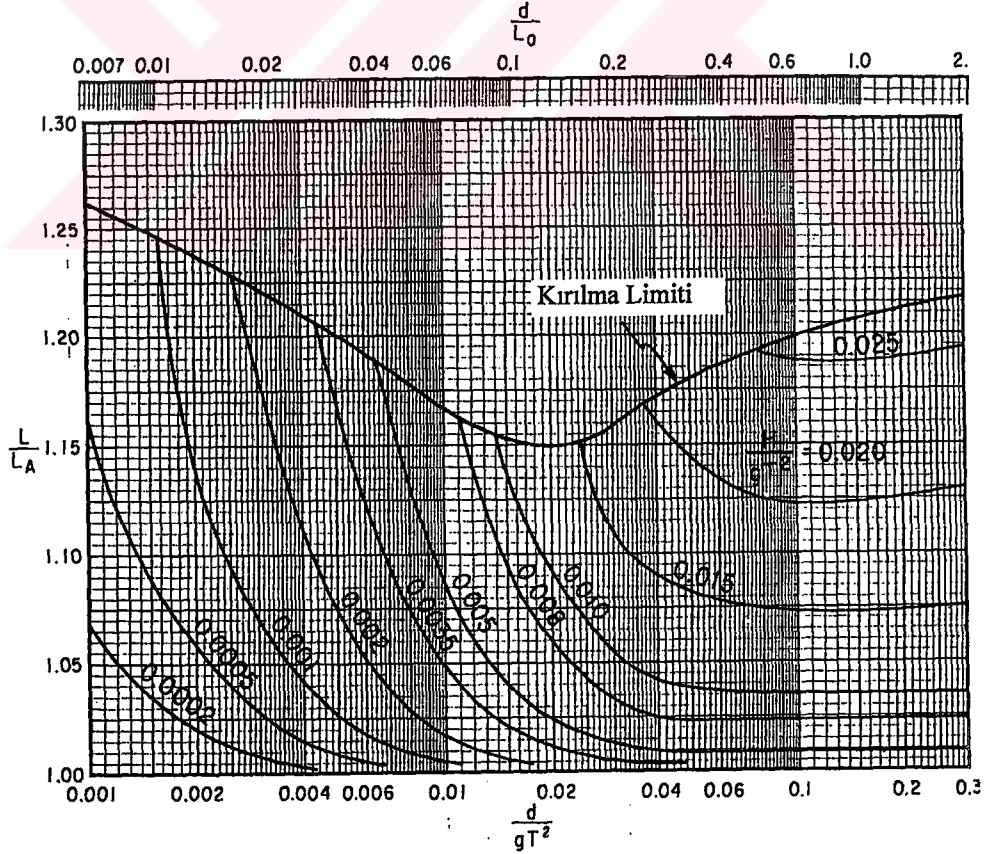
Proje dalgası, akım alanını tanımlamak için Airy dalga teorisine göre çok yüksektir. Lineer olmayan teorilerde dalga uzunluğu ve durgun su seviyesi üstündeki dalga kreti yüksekliği, dalganın dikliğine ve dalga yüksekliği-su derinliği oranına bağlıdır. Dalga uzunluğu ve kret yüksekliğinin η_c sakin su seviyesi üstündeki (veya altındaki) su kotuna etkisi Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 5.3 d/gT^2 değerlerine karşı gelen rölatif dalga uzunluğu ve basınç faktörü



Şekil 5.4 Dalga yüksekliği için durgun su seviyesi üzerindeki kret oranının değişimi



Şekil 5.5 Sonlu amplitüd etkiler için dalga uzunluğunu düzeltme faktörü



Kuvvet hesaplarında, yaklaşık dalga teorisini u ve du/dt hesabı için kullanmak gerekmektedir. Skjelbreia ve arkadaşları (1960), Stokes'in 5. mertebe dalga teorisine dayanan çizelgeler hazırlamışlardır. Bu çizelgeler, kazık boyunca ($0,1d$ aralıklarla) ve zamanla ($2\pi t/T = 20^\circ$ aralıklarla) f_i ve f_D 'nin değişimini elde etmek için kullanılır. Benzer çizelgeleri Dean, nümerik akım fonksiyonları teorisine dayanarak 1974'de yayınlamıştır.

Kazıkta toplam yatay kuvvetler ve $z = -d$ de toplam momentler (5.1) bağıntısının integrasyonu ile elde edilir.

$$F = \int_{-d}^{\eta} f_i dz + \int_{-d}^{\eta} f_D dz = F_i + F_D \quad (5.8)$$

$$M = \int_{-d}^{\eta} (z+d) f_i dz + \int_{-d}^{\eta} (z+d) f_D dz = M_i + M_D \quad (5.9)$$

Genellikle aşağıdaki şekilde ifade edilirler:

$$F_i = C_M \rho g \frac{\pi D^2}{4} H K_i \quad (5.10)$$

$$F_D = C_D \frac{1}{2} \rho g D H^2 K_D \quad (5.11)$$

$$M_i = C_M \rho g \frac{\pi D^2}{4} H K_i d S_i = F_i d S_i \quad (5.12)$$

$$M_D = C_D \frac{1}{2} \rho g D H^2 K_D d S_D = F_D d S_D \quad (5.13)$$

Burada C_D ve C_M 'nin sabit ve K_i , K_D , S_i ve S_D 'nin boyutsuz olduğu varsayılmıştır. Airy teorisi kullanıldığında (5.6) ve (5.7) bağıntılarının integrasyonun üst limiti $\eta = 0$ alınrsa (5.8) ve (5.9)'da belirtilen integrasyon işlemleri yapılır.

$$K_i = \frac{1}{2} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \sin\left(-\frac{2\pi t}{T}\right) \quad (5.14)$$

$$K_D = \frac{1}{8} \left(1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh[4\pi d/L]} \right) \left| \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \right| \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \quad (5.15)$$

$$= \frac{1}{4} n \left| \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \right| \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$$

$$S_i = 1 + \frac{1 - \cosh[2\pi d/L]}{(2\pi d/L) \sinh[2\pi d/L]} \quad (5.16)$$

$$S_D = \frac{1}{2} + \frac{1}{2n} \left(\frac{1}{2} + \frac{1 - \cosh[2\pi d/L]}{(4\pi d/L) \sinh[4\pi d/L]} \right) \quad (5.17)$$

(5.14) ve (5.15) bağıntılarından farklı kuvvet ve moment bileşenlerinin maksimum değerleri aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$F_{im} = C_M \rho g \frac{\pi D^2}{4} H K_{im} \quad (5.18)$$

$$F_{Dm} = C_D \frac{1}{2} \rho g D H^2 K_{Dm} \quad (5.19)$$

$$M_{im} = F_{im} d S_i \quad (5.20)$$

$$M_{Dm} = F_{Dm} d S_D \quad (5.21)$$

Burada K_{im} ve K_{Dm} Airy teorisine göre $t = -T/4$ ve $t = 0$ alınarak (5.14) ve (5.15) bağıntılarından, S_i ve S_D 'de sırasıyla (5.16) ve (5.17) bağıntılarından elde edilir.

(5.18)'den (5.21)'e kadar olan bağıntılar genel bağıntılardır. Dean'in akım fonksiyonları teorilerinden yararlanılarak Şekil 5.6'den Şekil 5.9'e kadar grafikler hazırlanmış ve buradan K_{im} , K_{Dm} , S_{im} ve S_{Dm} değerleri bulunmuştur. Airy dalga teorisi için (5.16) ve (5.17) bağıntılarında verilen S_i ve S_D terimleri, dalga faz açısından (θ) bağımsızdır ve böylece maksimum değere eşittir. Akım fonksiyonları ve diğer sonlu amplitüd teoriler için S_i ve S_D terimleri faz açısına bağlıdır; Şekil 5.8 ve Şekil 5.9 S_{im} ve S_{Dm} 'in maksimum değerlerini verir. Bir dalganın nonlineerlik derecesi, dalga yüksekliğinin kırılma yüksekliğine oranı ile tarif edilebilir. Kırılma yüksekliği de Şekil 5.10'dan elde edilir.

(5.18)'den (5.21)'e kadar olan bağıntılar ve Şekil 5.6'den Şekil 5.9'a kadar olan şekiller kullanılarak kuvvet ve momentlerin maksimum değerleri bulunabilir. Maksimum toplam kuvveti ve maksimum momenti hesaplayabilmek için (5.22) bağıntısından faydalanılarak Dean (1965a) tarafından hazırlanan Şekil 5.11'den Şekil 5.18'e kadar olan grafikler kullanılır.

$$W = \frac{C_M D}{C_D H} \quad (5.22)$$

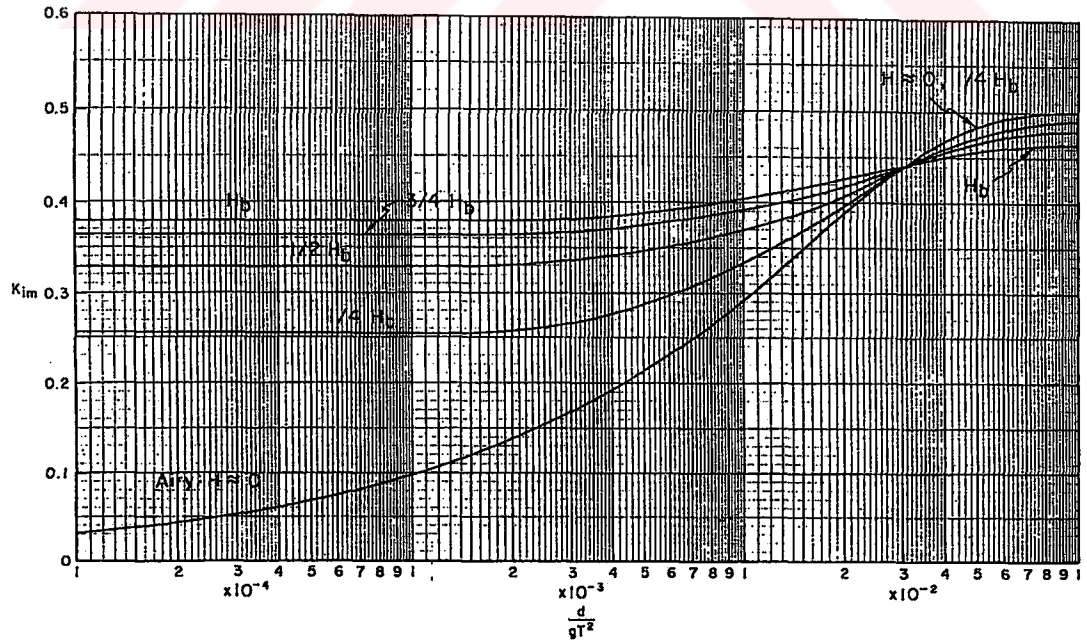
Maksimum kuvvet aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$F_m = \phi_m w C_D H^2 D \quad (5.23)$$

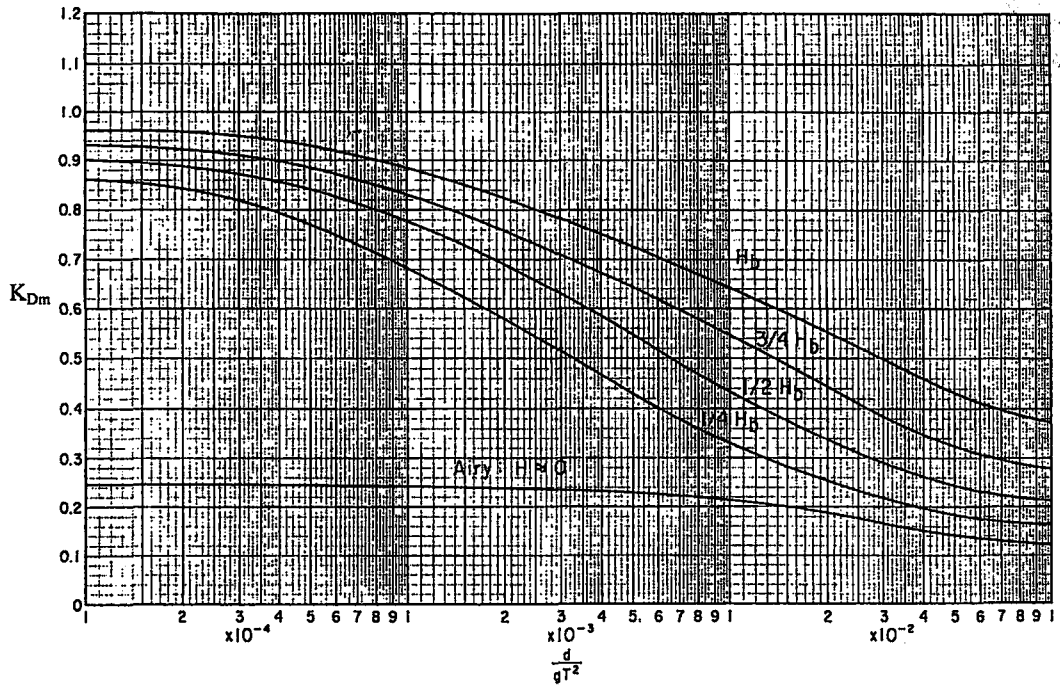
Burada ϕ_m şekillerden okunan bir katsayıdır. Maksimum moment ise;

$$M_m = \alpha_m w C_D H^2 D d \quad (5.24)$$

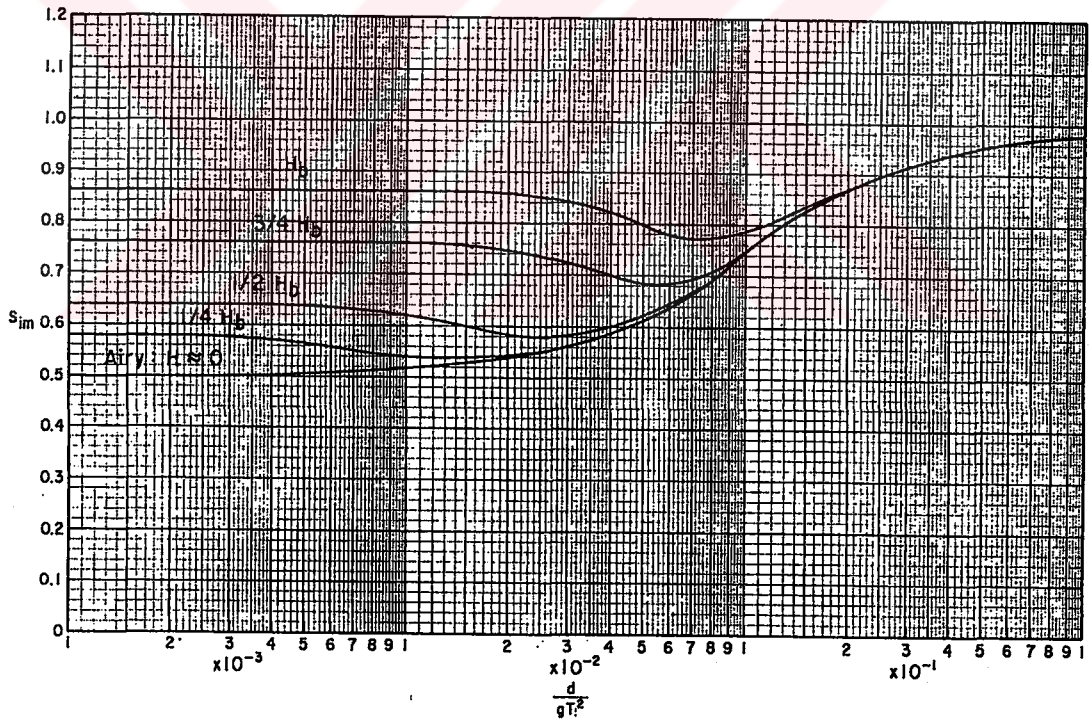
şeklinde hesaplanır. α_m şekillerden okunan bir katsayıdır.



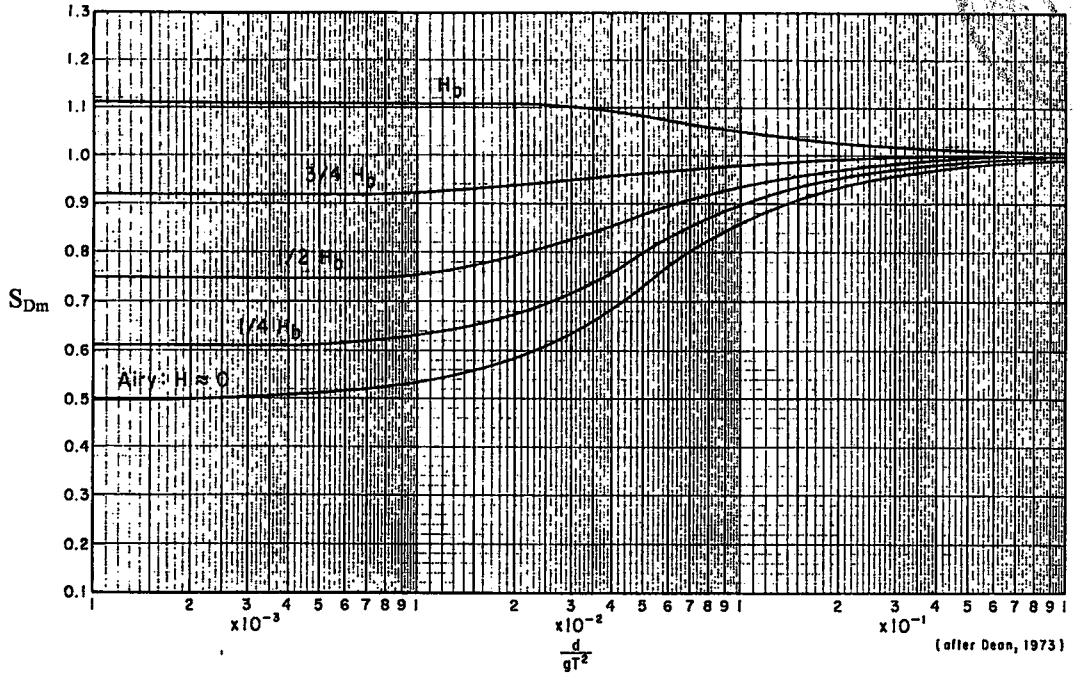
Şekil 5.6 d / gT^2 ve rölatif derinliğe karşı gelen K_{im} değerleri



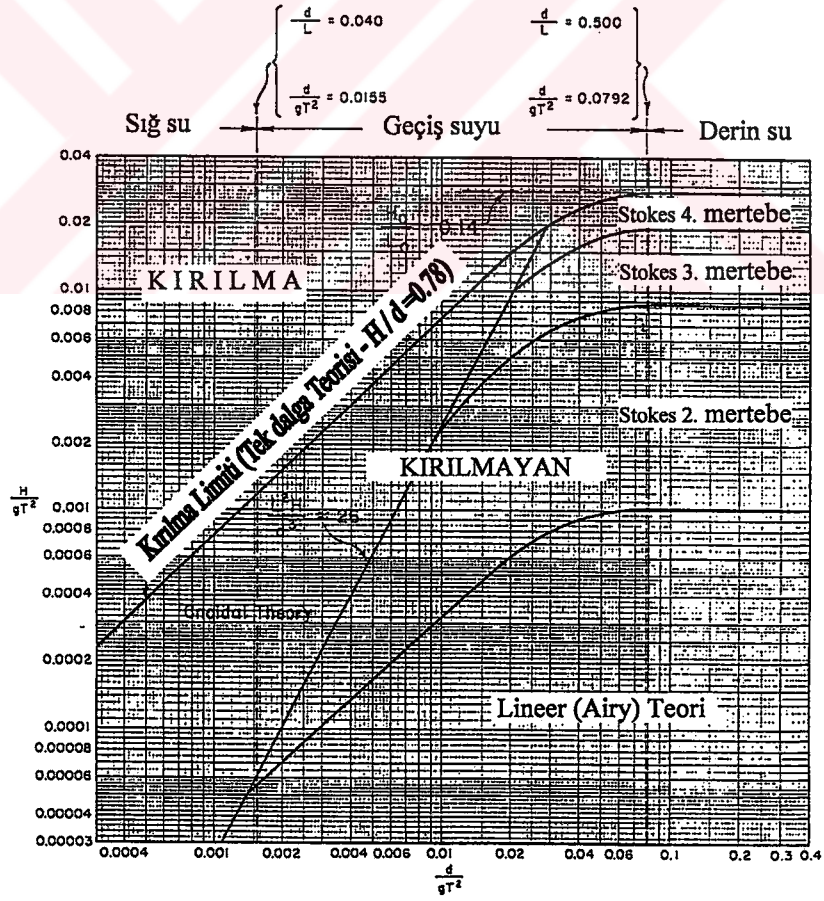
Şekil 5.7 d / gT^2 ve rölatif derinliğe karşı gelen K_{Dm} değerleri



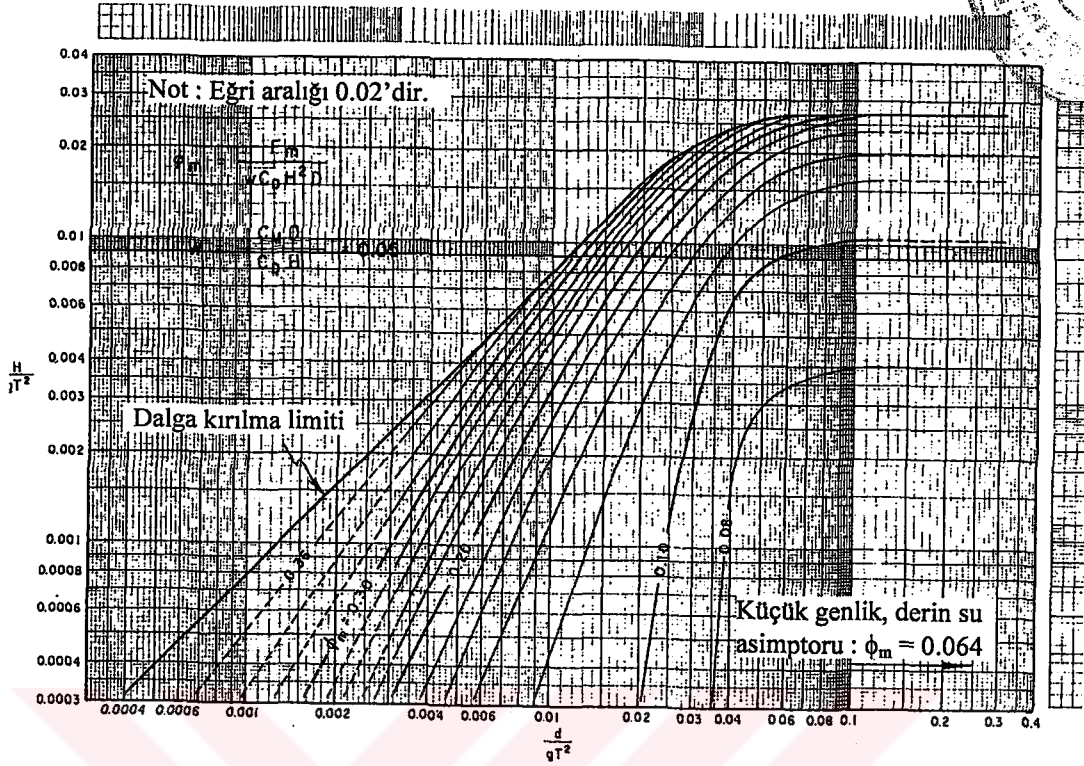
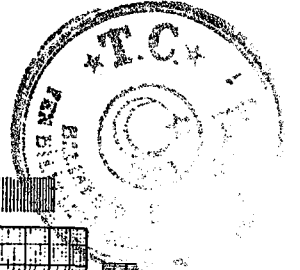
Şekil 5.8 d / gT^2 ve rölatif derinliğe karşı gelen S_{im} değerleri (Atalet momenti)



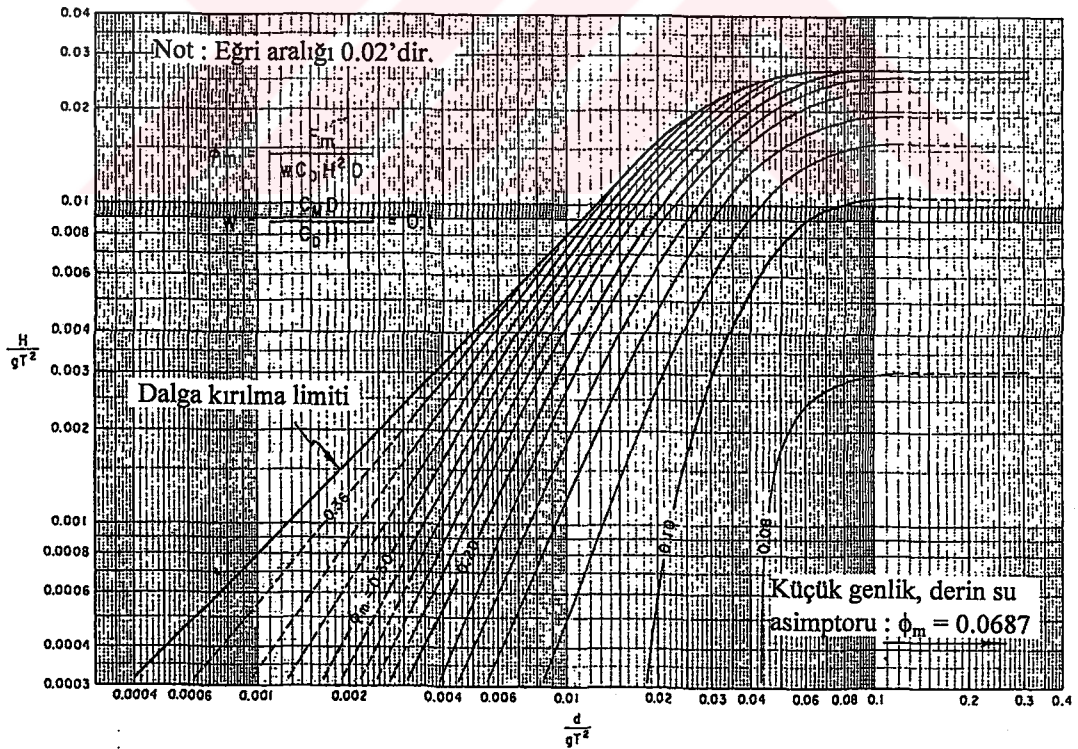
Şekil 5.9 d/gT^2 ve rölatif derinliğe karşı gelen S_{Dm} değerleri (Sürüklenme momenti)



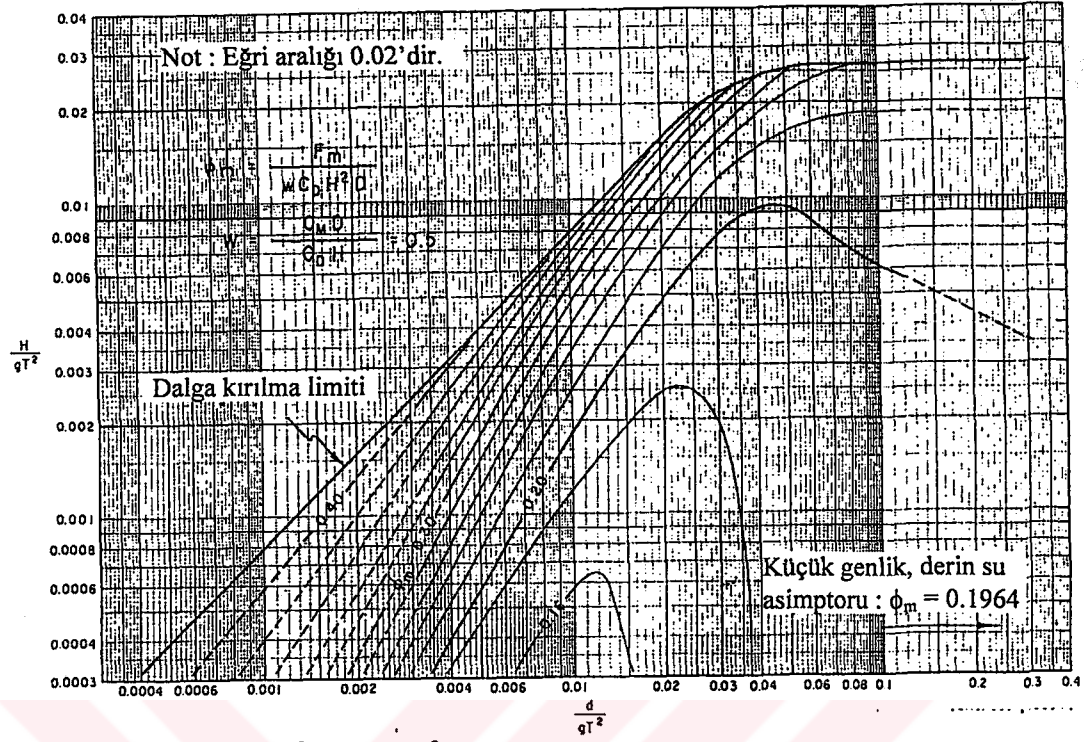
Şekil 5.10 Kırılan dalga yüksekliği ve çeşitli dalga teorilerinin geçerli bölgeleri



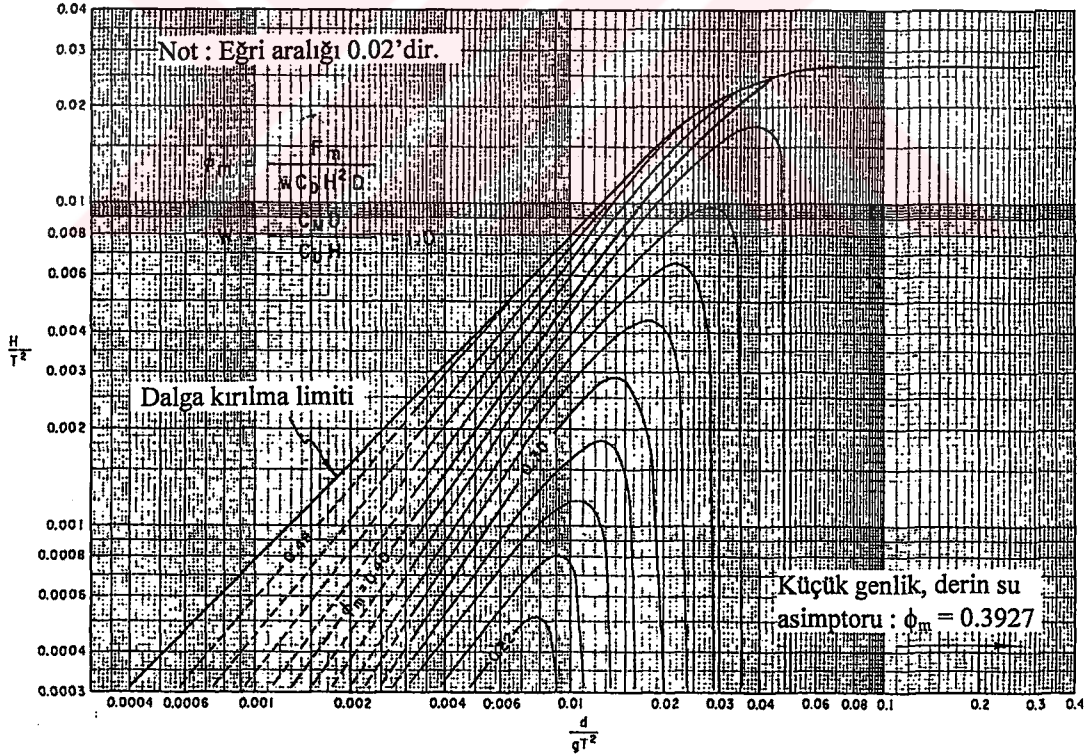
Şekil 5.11 H/gT^2 ve d/gT^2 değerlerine karşı gelen ϕ_m eğrileri ($W = 0.05$)



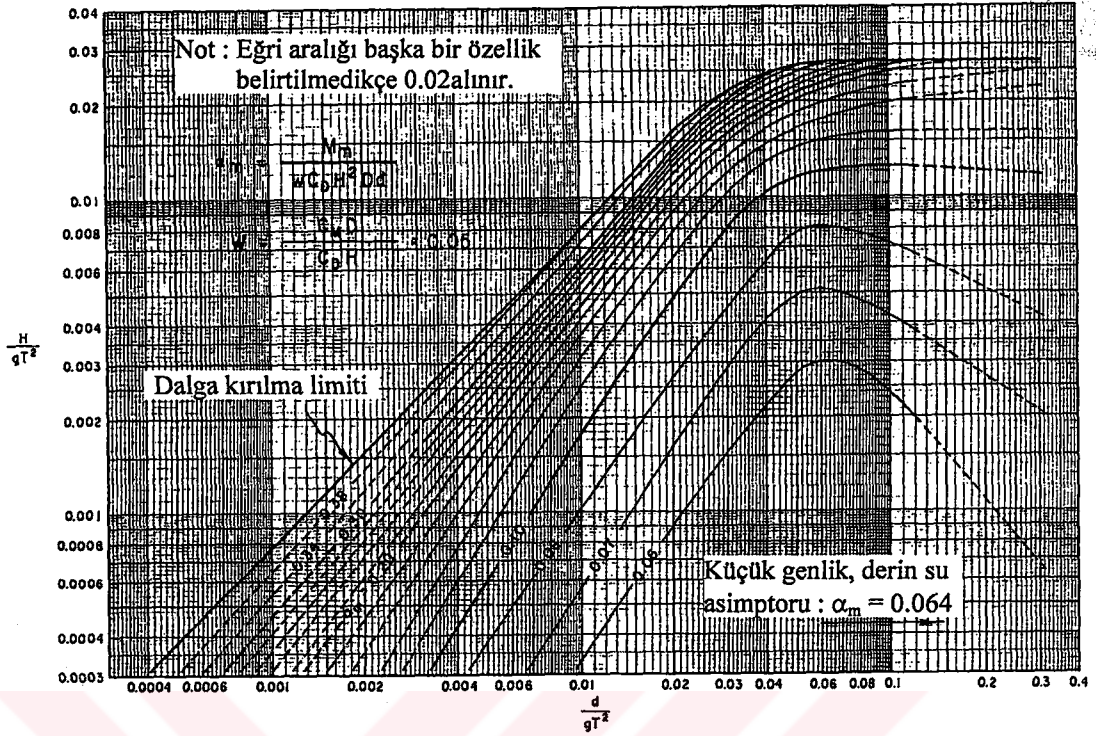
Şekil 5.12 H/gT^2 ve d/gT^2 değerlerine karşı gelen ϕ_m eğrileri ($W = 0.1$)



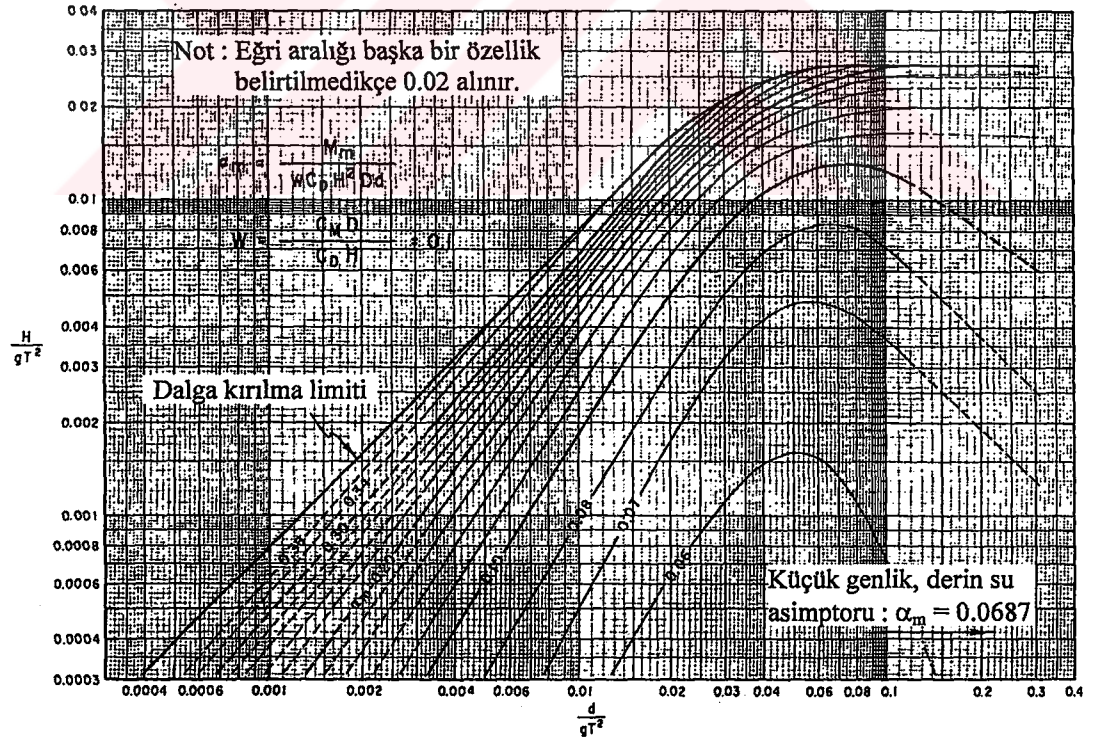
Şekil 5.13 H/gT^2 ve d/gT^2 değerlerine karşı gelen ϕ_m eğrileri ($W = 0.5$)



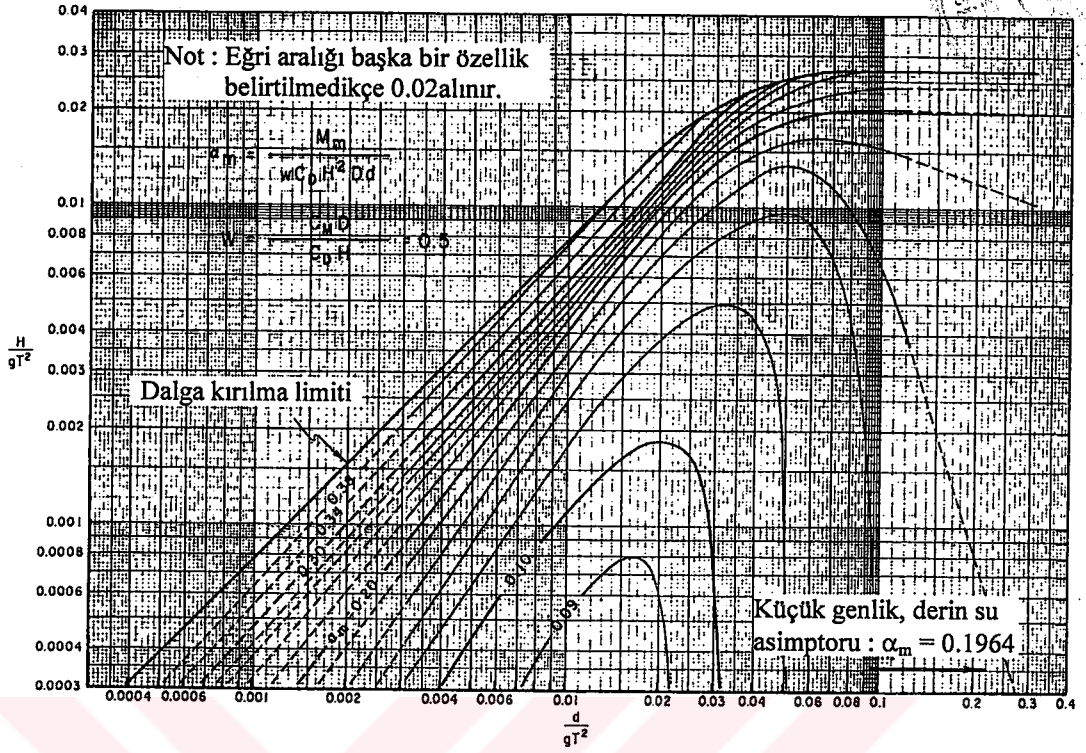
Şekil 5.14 H/gT^2 ve d/gT^2 değerlerine karşı gelen ϕ_m eğrileri ($W = 1.0$)



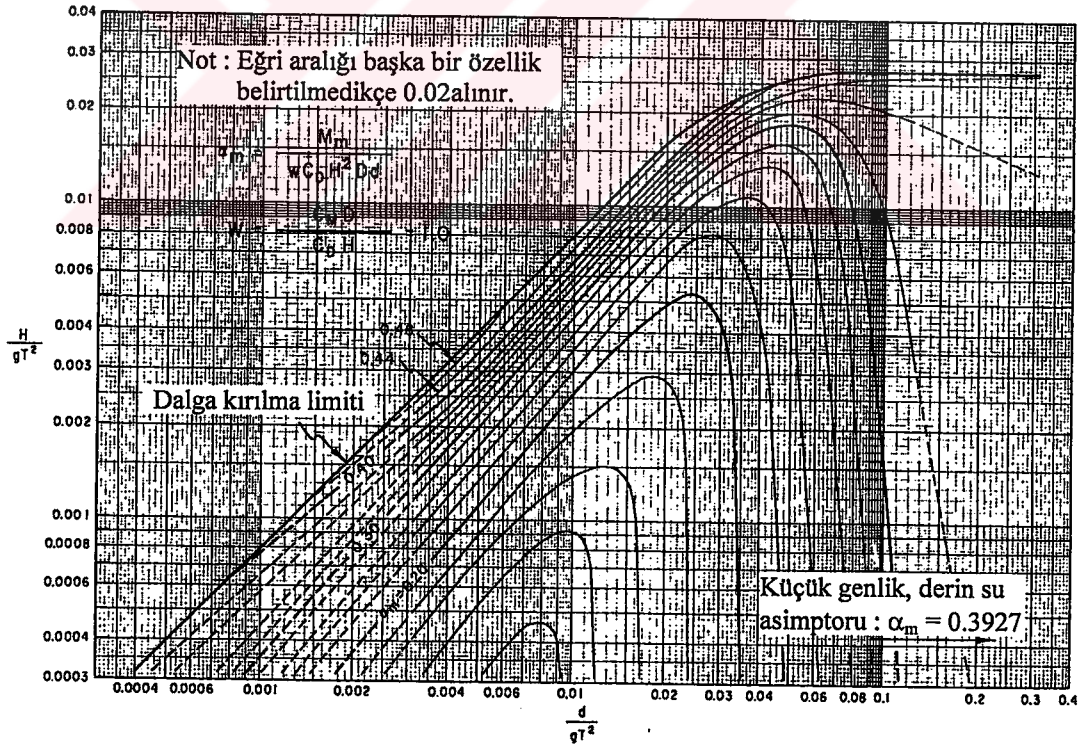
Şekil 5.15 H/gT^2 ve d/gT^2 değerlerine karşı gelen α_m eğrileri ($W = 0.05$)



Şekil 5.16 H/gT^2 ve d/gT^2 değerlerine karşı gelen α_m eğrileri ($W = 0.1$)



Şekil 5.17 H/gT^2 ve d/gT^2 değerlerine karşı gelen α_m eğrileri ($W = 0.5$)



Şekil 5.18 H/gT^2 ve d/gT^2 değerlerine karşı gelen α_m eğrileri ($W = 1.0$)



5.3.4 Çevrilerden Oluşan Enine Kuvvetler (Kaldırma Kuvvetleri)

Dalga yönünde meydana gelen atalet ve sürüklenme kuvvetine ek olarak enine kuvvetler doğabilir. Aerodinamik kaldırma kuvvetine benzeyen enine kuvvetler kaldırma kuvveti olarak ifade edilirler.

Laird ve arkadaşları (1960) ve Laird (1962) rijit ve esnek salınlı silindirlerde enine kuvvetleri incelemişler ve genellikle kaldırma kuvvetlerinin yapının dinamik reaksiyonuna bağlı olduklarını bulmuşlardır.

Chang (1964)'de laboratuvar araştırmalarında çevrintilerin dalga frekansının 2 katı bir frekansla yayıldığını bulmuştur. İki çevrinti, dalga kretini geçtikten sonra (silindirin her bir tarafında) ve ikincisi dalga çukurunu geçtikten sonra ters akıntıda yayılmıştır. Maksimum kaldırma kuvveti, sürüklenme kuvveti gibi yatay dalga hızının karesi ile orantılıdır. Sonuçta kaldırma kuvvetinin hesabı için aşağıdaki ifade kullanılabilir:

$$F_L = F_{Lm} \cos 2\theta = C_L \frac{\rho g}{2} D H^2 K_{Dm} \cos 2\theta \quad (5.25)$$

Burada,

F_L : Kaldırma kuvvetini,

F_{Lm} : Maksimum kaldırma kuvvetini,

$$\theta = (2\pi x / L - 2\pi t / T)$$

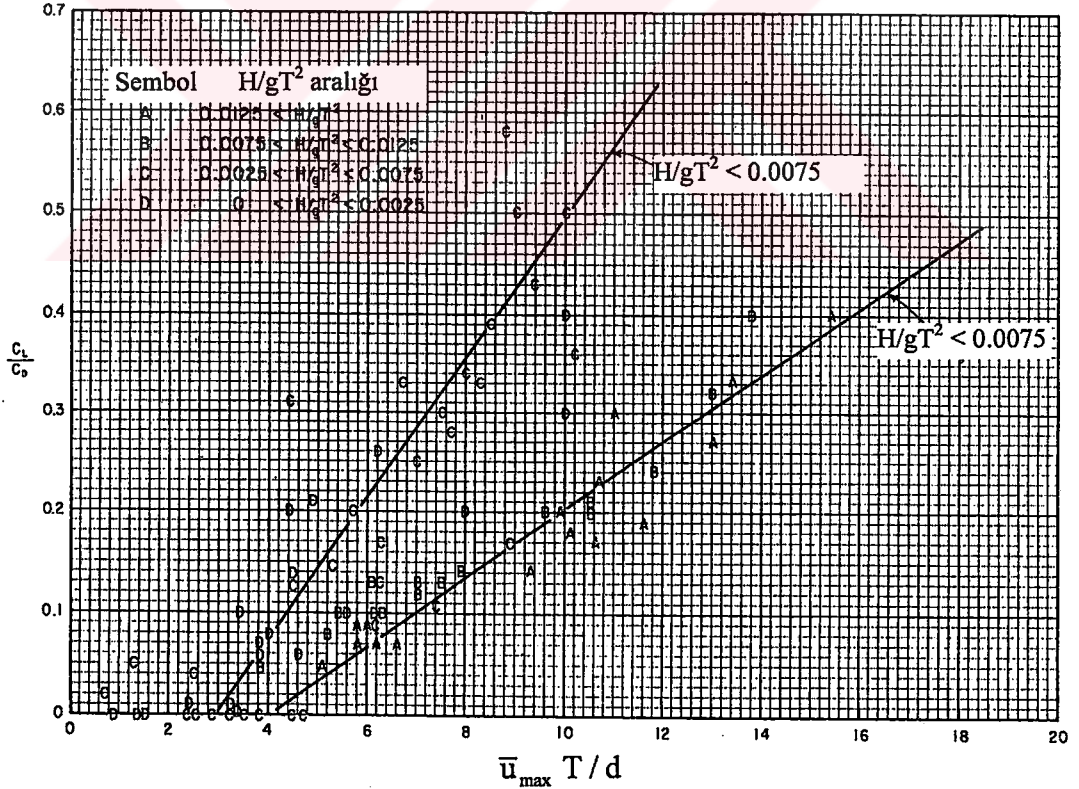
θ ve C_L : (5.19) bağıntısındaki sürüklenme katsayısına benzer ampirik kaldırma katsayısını

açıklar. Chang C_L 'nin (kaldırma katsayısının) Keulegan-Carpenter sayısı $\bar{u}_{max} T/D$ 'ye bağlı olduğunu bulmuştur. Burada \bar{u}_{max} ortalama derinlik üzerindeki maksimum yatay hızdır. Bu sayı 3'den az olduğunda hiçbir belirgin çevrinti yayılması meydana gelmez ve kaldırma kuvveti doğmaz. $\bar{u}_{max} T/D$ artarken yaklaşık olarak C_D 'ye eşit oluncaya kadar C_L artar (yalnız rijit kazıklar için). Bidde (1970,

1971) maksimum kaldırma kuvvetinin maksimum sürüklenme kuvvetine oranını incelemiştir, sürüklenme ve kaldırma kuvveti arasında fark yoksa F_{Lm} / F_{Dm} hemen hemen C_L / C_D 'ye eşit olduğunu bulmuştur. Şekil 5.19 $\bar{u}_{max} T/D$ 'ye bağlı C_L / C_D oranını gösterir. Chang ve Bidde C_L 'nin Reynolds sayısına bağlı olduğunu bulmuşlardır ($Re = \bar{u}_{max} D / \nu$). Belirtilen Re aralığı belirgin olarak beklenen alandan daha küçüktür, bundan dolayı C_L ve F_L 'nin hesaplanmasında verilen datalar incelenmelidir [3].

5.3.5 Hidrodinamik Kuvvet Katsayılarının C_D ve C_M 'in Seçimi

C_M , C_D ve emniyet faktörlerinin seçiminde yapının amacı ve dalga teorisi gözönünde bulundurulmalıdır.



Şekil 5.19 Keulegan-Carpenter sayısı ve H/gT^2 ile C_L / C_D 'nin değişimi



5.3.5.1 C_D 'yi etkileyen faktörler

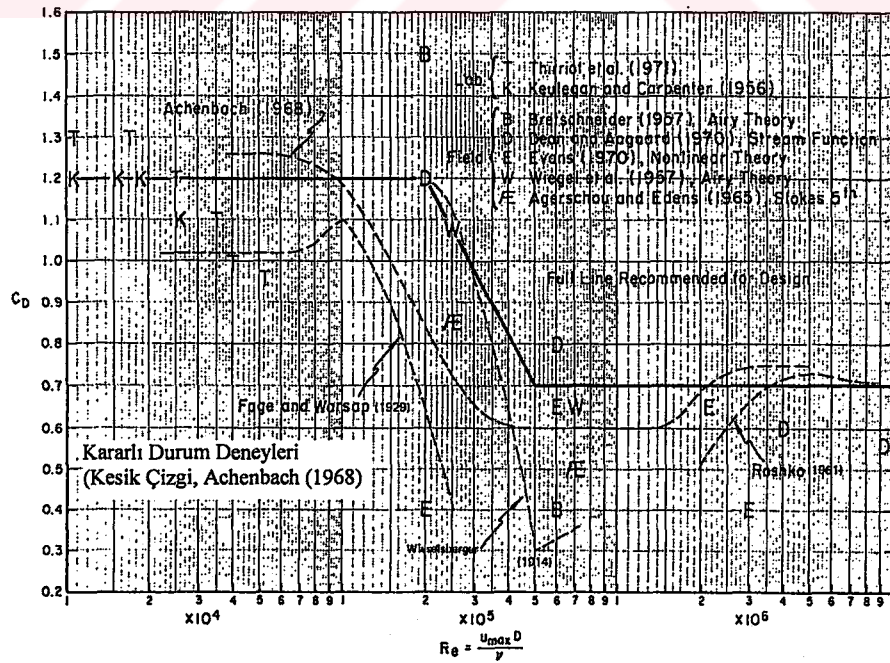
Kararlı akım şartı için Reynolds sayısı ile C_D sürüklenme katsayısının değişimi Şekil 5.20'de görülmektedir. Reynolds sayısı aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$R_e = \frac{uD}{\nu} \quad (5.26)$$

Burada; u , hızı, D , kazık çapını, ν , kinematik viskozite katsayısını (deniz suyu için $9.29 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$) göstermektedir. Kararlı durum deneylerinin sonuçları kesikli çizgiler ile gösterilmiştir (Achenbach, 1968). Bu sonuçlara göre R_e üç bölgeye ayrılır.

- 1) Kritik altı : $R_e < 1.10^5$ burada C_D sabittir (≈ 1.2).
- 2) Geçiş : $1.10^5 < R_e < 4.10^5$ burada C_D değişkendir.
- 3) Kritik üstü: $R_e > 4.10^5$ burada C_D sabittir ($\approx 0.6-0.7$).

Bu nedenle Reynolds sayısına bağlı olarak, kararlı durum deneylerinin sonuçları C_D 'nin yaklaşık olarak 2. faktöre bağlı olarak değişebileceğini göstermiştir.



Şekil 5.20 Reynolds sayısı R_e ile C_D sürüklenme katsayısının değişimi



Geçiş bölgesindeki Reynolds sayılarının belirlenmesinin araştırmacıdan araştırmacıya değiştiğini Şekil 5.20’de verilen kararlı akım eğrileri göstermiştir. Genellikle geçiş bölgesindeki Reynolds sayısı, akışkandaki türbülansa ve kazığın pürüzlülüğüne bağlı olarak meydana gelir. Kritik altı bölgede, pürüzlülüğün derecesi C_D değerinde önemsiz bir etkiye sahiptir. Bununla beraber kritik üstü bölgede C_D ’nin değeri yüzey pürüzlülüğünün artışı ile artar. C_D ’nin yüzey pürüzlülüğü ile değişimi Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Bu sonuçları kararsız değişken akım şartlarına uygulamak amacıyla, dalga hareketi için Reynolds sayısını belirlemek gereklidir. (5.4) bağıntısında görüldüğü gibi akım hızı, zamanla ve kazık boyunca değişir. Prensipite, Reynolds sayısının anlık değerleri hesaplanır ve buna göre C_D ’nin uygun değerleri kullanılabilir.

Çizelge 5.1 Kritik üstü Reynolds sayıları için kararlı akım sürüklenme katsayıları

0.914 m. çaplı silindir	Ortalama Sürüklenme Katsayısı $R_e = 1.10^6 \sim 6.10^6$
Pürüzsüz cilalı	0.592
Bitumastik, cam yünü ve keçe kaplama	0.61
Bitumastik, cam yünü ve keçe kaplama (zarar görmüş)	0.66
16 numara çakıl zımpara kağıdı (yaklaşık olarak 1-2 foot çaplı silindirde sentetik macun kaplamaya eşdeğer)	0.76
Bitumastik, cam yünü ve kaba jüt bezi kaplama (yaklaşık olarak 0.304-0.609 m çaplı silindirde bitumastik, cam yünü ve keçe kaplamaya eşdeğer)	0.78
Bitumastik, istiridye kabuk kaplama (yaklaşık olarak 0.304-0.609 m çaplı silindirde hafif kirlenmeye eşdeğer)	0.88
Bitumastik ve beton kaplı istiridye kabuk	1.02

Hız maksimum olduğu zaman sürüklenme kuvveti maksimum bulunur. Dalga Reynolds sayısı hesaplanırken maksimum hız u_{max} değerinin kullanılması gerektiği belirtilmiştir [3]. Böylece Reynolds sayısı aşağıdaki gibi olur:

$$R_e = \frac{u_{max} D}{\nu} \quad (5.27)$$



Burada; u_{\max} , $z = 0$ 'da maksimum yatay hızı ifade etmektedir. Airy teorisi ile belirlenen yatay hız (5.28) denklemi ile hesaplanır:

$$u_{\max} = \frac{\pi H L_0}{T L_A} \quad (5.28)$$

L_A / L_0 oranı Şekil 5.3'den elde edilir.

Keulegan ve Carpenter (1956) ek olarak partikül hareketinin genliğinin (A), kazık çapına (D) oranına bağlı bir parametrenin önemini vurgulamışlardır. Airy teorisini kullanarak, bu A/D oranı ile ($u_{\max} T / D$) değeri arasında bağıntı kurulabilir. Böylece,

$$\frac{A}{D} = \frac{1}{2\pi} \frac{u_{\max} T}{D} \quad (5.29)$$

olur. $z = 0$ olduğunda (5.29) bağıntısı

$$A = \frac{H}{2} \frac{1}{\tanh\left[\frac{2\pi d}{L}\right]} = \frac{H L_0}{2 L_A} \quad (5.30)$$

haline dönüştür. L_A / L_0 oranı için Şekil 5.3'den yararlanılır.

Son zamanlarda Thirriot ve arkadaşları (1971) tarafından yapılan laboratuvar araştırmasında aşağıdaki eşitlikler bulunmuştur:

$$\frac{A}{D} > 10, C_D = C_D \text{ (kararlı akım)}$$

$$1 < \frac{A}{D} < 10, C_D > C_D \text{ (kararlı akım)}$$

(5.30)'daki eşitlik ile yukarıdaki eşitlikler birleştirildiğinde C_D 'nin kararlı durum değeri değişken harekete uygulandığında

$$\frac{A}{D} = \frac{H}{2D} \frac{L_0}{L_A} > 10 \quad (5.31)$$

$$\frac{H}{D} > 20 \frac{L_A}{L_0} \quad (5.32)$$

sağlanır.

Thirriot ve arkadaşları (1971), (5.31) bağıntısının doğruluğunu sadece Reynolds sayısı $< 4.10^4$ olduğu zaman ispatlamışlardır. Daha büyük Reynolds sayıları için C_D 'nin yaklaşık olarak A/D oranı ne olursa olsun kararlı akım sürüklenme katsayısına (C_D) eşit olduğunu görmüşlerdir. (5.32) bağıntısında verilen durumun uygulama anında ortaya çıkması beklenmemektedir. Ancak, küçük ölçekli deneylerin dataları yorumlandığı zaman bu parametrenin anlamını kavramak mümkündür. Keulegan ve Carpenter tarafından elde edilen tüm C_D 'lerin ortalama değeri $(C_D)_{ort} = 1.52$ 'dir. Şekil 5.20'de gösterilen sonuçlar A/D'nin etkisini tanımlar.

Büyük Reynolds sayılarına uygun C_D 'nin deneysel değerlerini elde etmek için saha deneyleri gereklidir. Bu deneyler, kazıktaki kuvvet etkileri ve test kazığında veya test kazığı civarında yüzey profilinin aynı zamandaki ölçümlerini gerektirir.

C_D 'nin Reynolds sayısı ile değişimi için birçok araştırmacı tarafından elde edilen sonuçlar Şekil 5.20'de gösterilmektedir.

Hallermeier (1976), u^2/gD 'nin yaklaşık olarak 1.0'e eşit olduğu zaman, C_D sürüklenme katsayısının yüzey etkilerinden dolayı belirgin olarak arttığına işaret etmiştir.

5.3.5.2 C_M 'i etkileyen faktörler

MacCamy ve Fuchs (1954), kazık çapının dalga uzunluğuna oranının küçük değerleri için

$$C_M = 2.00 \quad (5.33)$$

eşitliğini bulmuşlardır. Bu, ideal veya viskoz olmayan akışkanın hızlandırılmış akımda bir silindir için elde edilen değerler ile aynıdır. C_M 'in teorik tahmini sadece bu katsayının hesabı ile katılabilir. C_D 'yi etkileyen faktörler C_M 'i de etkileyecektir. Sretschneider (1957)'de R_e artarken C_M 'de bir azalmayı göstermesine rağmen C_M 'in Reynolds sayısına hiçbir nicel bağılılığı görülmemiştir. Ancak Keulegan ve Carpenter $R_e < 3 \cdot 10^4$ için A/D değerinin C_M 'in belirlenmesinde önemli olduğu sonucuna varmışlar, $A/D < 1$ için $C_M \approx 2.0$ almışlardır. A/D 'nin küçük değerleri için akım modeli teorik gelişmelerde kabul edilen modelden çok az sapma göstereceğinden $C_M = 2.0$ sonucu mantıklıdır. Benzer bir sonuç Jen tarafından yapılan deneylerden $A/D < 0.4$ olduğunda $C_M = 2.0$ olarak bulunmuştur. Daha büyük A/D değerleri için Keulegan ve Carpenter şu sonuçları bulmuşlardır:

- a) $A/D = 2.5$ için min. $C_M \approx 0.8$
- b) $6 < A/D < 20$ için $1.5 < C_M < 2.5$

Çizelge 5.2'de çeşitli araştırmacılar tarafından elde edilen C_M değerler gösterilmektedir. Bu çizelgedeki bilgilere dayanarak C_M 'in seçimi için Şekil 5.6 ve 5.7'nin birlikte kullanımı tavsiye edilir. (5.34) bağıntısında görüldüğü gibi C_M katsayısı R_e sayısına bağlı olarak değişen katsayıdır.

$$\left. \begin{array}{ll} R_e < 2.5 \times 10^5 & \Rightarrow C_M = 2.0 \\ 2.5 \times 10^5 < R_e < 5 \times 10^5 & \Rightarrow C_M = 2.5 - \frac{R_e}{5 \times 10^5} \\ R_e > 5 \times 10^5 & \Rightarrow C_M = 1.5 \end{array} \right\} \quad (5.34)$$

Çizelge 5.2 Deneylerden elde edilen C_M değerleri

Araştırmacılar	Yaklaşık R_e	C_M	Deney tipleri ve kullanılan teoriler
Keulegan ve Carpenter (1956)	$< 3 \cdot 10^4$	1.5~2.5	Değişik laboratuvar akımı ($A/D > 6$)
Bretschneider (1957)	$1.6 \times 10^5 \sim 2.3 \times 10^5$	2.26~2.02	Saha deneyleri
	$3.8 \times 10^5 \sim 6 \times 10^5$	1.74~1.23	Lineer teori
Wilson (1965)	$> 5 \times 10^5$	1.53	Saha deneyi, spektrum
Skjelbreia (1960)	$> 5 \times 10^5$	1.02 ± 0.53	Saha deneyleri
			Stokesin 5. teorisi
Dean ve Aagaard (1970)	$2 \times 10^5 \sim 2 \times 10^6$	1.2~1.7	Saha deneyleri
			Stokesin 4. teorisi
Evans (1970)	$> 5 \times 10^5$	1.76 ± 1.05	Saha deneyleri, nümerik dalga teorisi veya Stokesin 5. teorisi
Wheeler (1970)	$> 5 \times 10^5$	1.5	Saha deneyleri

(5.18) ve (5.19) bağıntılarından maksimum atalet kuvvetinin maksimum sürüklenme kuvvetine oranı

$$\frac{F_{im}}{F_{Dm}} = \frac{\pi C_M D K_{im}}{2 C_D H K_{Dm}} \quad (5.35)$$

elde edilir.

Kazık dizayn edilmeden önce ya da temel analizi yapılmadan önce genellikle hesaplanan kuvvetlere bir emniyet faktörü uygulanır. Proje dalgası genellikle büyük bir dalgadır. C_M ve C_D 'nin deneysel olarak belirlenen değerleri büyük bir yayılma gösterdiğinden, C_M ve C_D değerleri aşılabilecek şekilde seçilebilir. C_M ve C_D 'nin tavsiye edilen değerleri ile genelleştirilmiş grafikler kullanıldıkları zaman Dean ve Aagaard (1970)'in sonuçları; tahmin edilen maksimum kuvvetin ölçülen kuvvetten en çok % 50 saptığını göstermiştir.

Proje dalgasının meydana gelme olasılığı olmadığı zaman 1.5 emniyet faktörünün hesaplanan kuvvetlere ve momentlere uygulanması tavsiye edilir [3]. Bazı proje dalgaları sık sık meydana gelir. Eğer proje dalgasının meydana gelme olasılığı varsa 2'den daha büyük bir emniyet faktörü C_M ve C_D 'deki belirsizliği açıklamak için kullanılabilir.

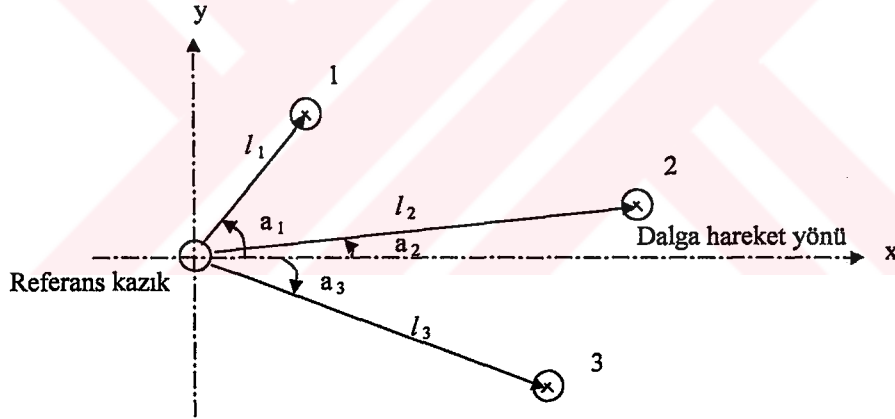
Kritik üstü Reynolds sayılarına Çizelge 5.2'de karşılık gelen akım şartları için sürüklenme katsayısı C_D , pürüzlülüğün artması ile artacaktır.

5.3.6 Düşey Silindirik Kazık Gruplarında Kuvvet ve Momentlerin Hesabı

Yapıyı oluşturan kazık gruplarında taban çizgisi etrafındaki momenti veya maksimum yatay kuvveti bulmak için Bölüm 5.3.2’de sunulan yaklaşım genelleştirilebilir. Şekil 5.21’de dalga etkisindeki kazık grupları görülmektedir. Proje dalgası kavramı iki boyutlu dalgayı kabul eder; bundan dolayı x yönü dalga yayılım yönü olarak seçilir. Eğer $x=0$ ’daki referans kazığı seçilmiş ise gruptaki herbir kazığın x koordinatı

$$x_n = l_n \cos \alpha_n \quad (5.36)$$

ile bulunur. n indisi, belirli bir kazığı ifade eder, l_n ve α_n Şekil 5.21’de açıklanmıştır. Eğer komşu iki kazık arasındaki mesafe yeterince büyük ise tek bir kazıktaki kuvvetler, diğer kazıklardan etkilenmeyecektir.



Şekil 5.21 Yapısal olarak birleştirilmiş bir kazık grubunda dalga kuvvetlerinin hesabıyla ilgili kavramlar

Bölüm 5.3.2’de tek düşey kazıktaki kuvvet değişimi zamanın bir fonksiyonudur. Faz açısı,

$$\theta = \frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T} \quad (5.37)$$

dır. Burada, L , dalga uzunluğunu ifade eder. Bölüm 5.3.3'de verilen formüller $x=0$ 'daki kazık için genel formüldeki $2\pi/T$ 'nin yerine $2\pi x/L - 2\pi/T$ belirtilerek yazılabilir.

Çizelgeleri kullanarak (Skjelbreia ve arkadaşları, 1960 ve Dean 1974) toplam yatay kuvvet $F(x)$ ve dalga kreti x 'den mesafenin bir fonksiyonu olarak taban çizgisi etrafındaki momenti $M(x)$ 'i hesaplamak mümkündür. $x = x_r$ durumunda referans kazığın yerinin seçimi ile proje dalga kretine bağlı toplam kuvvet veya taban çizgisindeki momentin toplamı aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$F_{\text{total}} = \sum_{n=0}^{N-1} F(x_r + x_n) \quad (5.38)$$

$$M_{\text{total}} = \sum_{n=0}^{N-1} M(x_r + x_n) \quad (5.39)$$

Burada, N , gruptaki toplam kazık sayısı, x_n (5.36) bağıntısından, x_r dalga kreti ile ilgili referans kazığın yerleşimini gösterir.

x_r 'nin çeşitli durumlarına göre bu prosedürü tekrarlayarak kazık grubu için maksimum yatay kuvvet ve taban çizgisi etrafındaki momenti belirlemek mümkündür.

$F_D(\theta)$ çift, $F_i(\theta)$ tek bir fonksiyondur Bu yüzden

$$F_D(\theta) = F_D(-\theta) \quad (5.40)$$

$$F_i(\theta) = -F_i(-\theta) \quad (5.41)$$

ve sadece $0 \leq \theta \leq \pi$ aralığında hesaplanır. Eğer Skjelbreia ve arkadaşlar (1960) ve Dean (1974)'in dalga çizelgeleri kullanılırsa yukarıdaki eşitlikler kullanılabilir. Bu çizelgeler kullanıldığı zaman sonlu genlik teorisinden hesaplanan dalga uzunluğu, dalga kretinden (x) olan mesafeye θ 'yı dönüştürmek için kullanılır.



5.3.7 Kırılan Dalgalardan Dolayı Silindirik Kazıklarda Oluşan Momentlerin ve Kuvvetlerin Hesabı

Kırılan dalgalardan dolayı silindirik kazıklarda moment ve kuvvetler prensipte, Bölüm 5.3.2’de verilen işlemler ve genelleştirilmiş $H=H_b$ ’li grafikler kullanılarak hesaplanabilir. Bu yaklaşım derin sulardaki dalga kırılmalarında tavsiye edilir.

Sığ sulardaki dalgalarda atalet kuvveti bileşeni, sürüklenme kuvveti bileşenine oranla küçüktür. Kazıktaki kuvvet yaklaşık olarak

$$F_m \approx F_{Dm} = C_D \frac{1}{2} \rho g D H^2 K_{Dm} \quad (5.42)$$

şeklinde bulunabilir. $H=H_b$ ile sığ su dalgaları için Şekil 5.7’den $K_{Dm}=0,96 \approx 1.0$ verilir, sonuçta toplam kuvvet aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$F_m = C_D \frac{1}{2} \rho g D H^2 \quad (5.43)$$

Şekil 5.9’den moment kolu $d_b S_{Dm} \approx d_b \times (1.11)$ ve taban çizgisi etrafındaki moment

$$M_m = F_m (1.11 d_b) \quad (5.44)$$

şeklinde hesaplanır.

Küçük ölçekli deneylerde ($Re=5.10^4$ (Hall, 1958)) kuvvet ve moment şu formüllerle ifade edilir:

$$F_m = 1.5 \rho g D H_b^2 \quad (5.45)$$

$$M_m = F_m H_b \quad (5.46)$$



(5.43) ve(5.45) bağıntıları karşılaştırıldığında $C_D = 3.0$ alındığında bu iki denklem birbirine eşit olur. C_D 'nin bu değeri Şekil 5.20'den elde edilen değerin 2.5 katıdır ($R_e = 5 \times 10^4$ için $C_D=1.2$). H_b genellikle $(1.11) \times d_b$ 'den daha küçük olduğundan, kırılma yüksekliği moment koluna eşit olduğu varsayılarak $1.11 \times d_b$ alınır. Böylece Bölüm 5.2'de verilen prosedür sığ sularda kırılan dalgalar için de kullanılabilir. Ancak C_D Şekil 5.20'den elde edilen değer olmalı yada 2.5 ile çarpılmalıdır.

Reynolds sayısı genellikle kritik üstü bölgede olacağından Şekil 5.20'den $C_D = 0.7$ değerinin kullanılmasıyla;

$$(C_D)_{\text{kırılan}} = 2.5 \times 0.7 = 1.75 \quad (5.47)$$

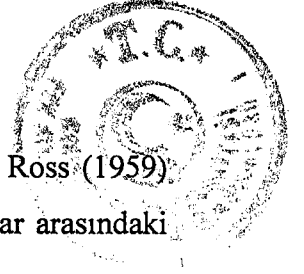
elde edilir ve kırılan dalga kuvvetleri hesaplanır.

Kırılmaya yakın sığ su dalgaları için kretteki hız, dalga yayılma hızına yaklaşıp. Böylece ilk yaklaşımda kırılan krete yakın yatay hız aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$u_{\text{kret}} \approx \sqrt{gd_b} \approx \sqrt{gH_b} \quad (5.48)$$

Burada, H_b yaklaşık olarak d_b 'ye eşit alınır ve bu kırılma anındaki derinliktir. Yatay hız için (5.48) bağıntısı kullanılarak ve $C_D=1.75$ alınarak kırılma kretinin yakınındaki kazığın birim uzunluğundaki sürüklenme kuvveti (f_{Dm}),

$$f_{Dm} = C_D \frac{1}{2} \rho D u_{\text{kret}}^2 = 0.88 \rho g D H_b \quad (5.49)$$



ile hesaplanır. Çizelge 5.3'de 0.3048 m çaplı kazık da ($R_e \approx 1.3 \times 10^6$) Ross (1959) tarafından yapılan ölçümler ile (5.49) bağıntısından hesaplanan sonuçlar arasındaki karşılaştırma görülmektedir.

Çizelge 5.3 Ölçülen ve hesaplanan kırılan dalga kuvvetlerinin karşılaştırılması

Kırılan Dalga Yüksekliği H_b (m)	(5.49) ile hesaplanan f_{Dm} (N/m)	Ross (1959) tarafından ölçülen f_{Dm} (N/m)
1.1	3021	3211
1.16	3108	3648
1.2	3357	1824
1.3	3430	2481
1.3	3430	4086
1.5	4013	3648

Bu karşılaştırmalara dayanarak $R_e > 5.10^5$ için $C_D = 1.75$ seçimi sığ sularda kırılan dalgadan dolayı hesaplanan momentler ve kuvvetlerin doğru olduğunu göstermektedir.

5.3.8 Dairesel Olmayan Kazıklarda Kuvvetlerin Hesabı

Dairesel olmayan kesitli kazık için (5.1) bağıntısı kullanılabilir. Ancak bu kez bu bağıntıda D kazığın birim uzunluğundaki akım yönüne dik genişliği, $\pi D^2 / 4$ kazığın birim uzunluğundaki hacmini ifade eder. K_{im} katsayıları sadece akım alanına bağlıdır ve kazığın kesit geometrisinden bağımsızdır. Bu yüzden genelleştirilmiş grafikler geçerlidir. Ancak C_D ve C_M hidrodinamik katsayıları kazık kesitinin şekline bağlıdır.



Keulegan ve Carpenter değişken akımlarda düzlemde deneyler yapmışlar ve düzlem genişliğine eşit alınan D ile dairesel silindir için uygun şekilde (5.1) bağıntısı için

$$\left. \begin{array}{l} 3 < C_M < 4.5 \\ 1.8 < C_D < 2.7 \end{array} \right\} \frac{A}{D} > 10 \text{ için} \quad (5.50)$$

koşulunu vermişlerdir.

A / D artarken (5.31 bağıntısı) C_D 'nin 1.8 değerine yaklaşması kararlı akım şartları altında elde edilen sonuçlara uygundur.

Aşağıdaki prosedür, C_D ve C_M değerlerinin kullanışlı olmadığı ampirik data için dairesel olmayan kazıklarda kuvvetlerin tahmin için önerilmiştir.

1. Akım yönüne dik ölçülen kazık genişliğinin dairesel silindirik kazıkların çapına eşit olduğu varsayılmıştır.

2. Önceki bölümlerde verilen prosedürler geçerlidir ve formüller sanki dairesel çaplıymış gibi kabul edilerek kullanılır.

3. Hidrodinamik katsayılar (5.50) bağıntısında verilen bölge için seçilir, yani $C_M = 3.5$ ve $C_D = 2.0$ dir.

Bu yaklaşım yaklaşık olduğundan dikkatli kullanılmalıdır. Daha kesin analizde gözden geçirilmekte olan kazık parametreleri için C_M ve C_D 'nin ampirik olarak belirlenmesi gerekir.



Kazıklarda kırılmış dalgaların etkisinden meydana gelen kuvvetler kırılan dalgalardan dolayı meydana gelen kuvvetlerden daha küçüktür. Surf bölgesinde dalga kırılma kuvvetleri kazık birim uzunluğunda büyük olurken, gerçekte dalga etkisindeki kazık uzunluğu genellikle kısadır. Bu yüzden toplam kuvvet küçüktür. Bu bölgede kazık yerleşiminde genellikle kazık eksenine boyunca meydana gelen düşey yüklerin etkisi alınır.



6. SAYISAL UYGULAMA

6.1 İskelenin Boyutlandırılması

Ordu'nun Efirli kazasına bir yolcu iskelesinin yapımı varsayılmıştır. İskele tipi belirlendikten sonra gemi tonajının belirlenmesi gerekmektedir. Bu bize iskelenin boyutları hakkında önemli ölçüde bilgi verecektir. Gemi tonajı 1000 GT olarak seçilmiştir.

Yanaşacak gemi tonajı belirlendikten sonra Çizelge 3.11'den geminin boyu, genişliği, tam yüksekliği, gemi tam yüklü iken çektiği su miktarı ile ilgili bilgiler edinilebilir.

İskele boyutlarının belirlenmesinde son aşama ise gemi türü ve tonajına göre iskele boyunun ve eninin belirlenmesidir. Çizelge 2.1'de görüleceği gibi yanaşacak gemi tonajının 1000 GT olduğu bir iskelenin minimum uzunluğu 80 metre ve minimum genişliği ise 5 metredir. Bizim seçtiğimiz iskele boyutu ise 120/10 metredir. İskele anolardan meydana geleceği için 20'şer metreden 6 anonun inşası uygun görülmüştür.

6.2 Extrem Dalga Yükseklikleri Hesabı

Bu çalışmada verilen belli bir dönem rüzgar verileri ile dalga iklimi çalışması gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Gerekli datalar aşağıdaki çizelgede kuzey yönü için verilmiştir [11].

Çizelge 6.1 Yıllara göre maksimum rüzgar hızları

Yıl	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
U(m/s)	12.7	7.2	9.8	7.4	11.2	13.4	21.0	9.7	10.8	4.2
Yıl	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
U(m/s)	14.9	18.2	27.6	6.8	4.4	14.4	19.0	7.8	11.9	15.2

Daha sonra Şekil 4.2 kullanılarak bir millik uzunluğu katetme süreleri bulunur (Çizelge 6.2).

Çizelge 6.2 Extrem hız ile bir millik uzunluğu katetme süreleri

U(m/s)	12.7	7.2	9.8	7.4	11.2	13.4	21.0	9.7	10.8	4.2
t (s)	90	90	90	90	90	88	64	90	90	90
U(m/s)	14.9	18.2	27.6	6.8	4.4	14.4	19.0	7.8	11.9	15.2
t(s)	81	72	52	90	90	85	68	90	90	80

Yukarıda bulunan t değerlerine karşılık gelen ($U_{\text{extrem}} / U_{\text{saatlik}}$) oranı Şekil 4.3 kullanılarak bulunur. Bu oran ve ona karşı gelen saatlik ortalama hızlar hesaplanarak Çizelge 6.3’de verilmiştir.

Çizelge 6.3 Hız oranı ve saatlik ortalama hızlar

a	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.24	1.20	1.20	1.20
U_{3600}	10.58	6.00	8.20	6.20	9.30	11.20	17.00	8.10	9.00	3.50
a	1.21	1.22	1.26	1.20	1.20	1.20	1.23	1.20	1.20	1.21
U_{3600}	12.30	14.90	21.90	5.67	3.67	12.00	15.45	6.50	9.92	12.56

Belirlenen hızlar için Şekil 4.3 bu defa tersten kullanılarak günlük ortalama rüzgar hızları (U_{86400}) bulunur.

Şekil 4.3 kullanıldığında $t > 36000$ için $U_t / U_{3600} = a$ oranının sabit bir 0.85 değerine eşit olduğu görülür. Bu anlamda günlük ortalama hızlar ifade edilir. Ve daha sonra (4.4) bağıntısı kullanılarak Çizelge 6.4 oluşturulur.

Çizelge 6.4 Rüzgar gerilme faktörleri

U_{86400}	9.00	5.10	6.97	5.27	7.91	9.52	14.45	6.89	7.65	3.00
U_A	10.60	5.27	7.73	5.48	9.04	11.35	19.00	7.64	8.67	2.74
U_{86400}	10.50	12.70	18.60	4.82	3.12	10.20	13.13	5.53	8.43	10.70
U_A	12.70	16.20	25.90	4.91	2.90	12.40	16.85	5.82	9.77	13.10

(4.10) ifadesi kullanılarak her U_A değeri için tam gelişmiş (TG) deniz veya gelişmekte olan (GO) deniz ayrımı yapılır.

Çizelge 6.5 Tam gelişmiş deniz veya gelişmekte olan deniz ayırımı

U_A	10.60	5.27	7.73	5.48	9.04	11.35	19.00	7.64	8.67	2.74
TG (t<24)	x	x	x	x	x	x		x	x	x
GO (t>24)							x			
U_A	12.70	16.20	25.90	4.91	2.90	12.40	16.85	5.82	9.77	13.10
TG (t<24)				x	x			x	x	
GO (t>24)	x	x	x			x	x			x

Bu ayırım sonucunda ;

t > 24 için

$$H_s = 1.616 \times 10^{-2} \times U_A \times F^{1/2}$$

$$T_m = 6.238 \times 10^{-2} \times (U_A \times F)^{1/3}$$

$$T_s = T_m / 0.95$$

t < 24 için;

$$H_s = 2.482 \times 10^{-2} \times U_A^2$$

$$T_m = 8.30 \times 10^{-2} \times U_A$$

$$T_s = T_m / 0.95$$

ifadeleri kullanılır. Hesaplanan dalga yükseklikleri ve periyotları Çizelge 6.6'da verilmiştir.

Çizelge 6.6 Hesaplanan dalga yükseklikleri ve periyotları

U_A	10.60	5.27	7.73	5.48	9.04	11.35	19.00	7.64	8.67	2.74
H_s	2.79	0.69	1.48	0.75	2.03	3.20	6.194	1.45	1.87	0.19
T_s	9.26	4.60	6.75	4.79	7.90	9.92	12.98	6.67	7.57	2.27
U_A	12.70	16.20	25.90	4.91	2.90	12.40	16.85	5.82	9.77	13.10
H_s	4.140	5.281	8.444	0.60	0.21	4.043	5.493	0.84	2.37	4.271
T_s	11.353	12.313	14.397	4.29	2.53	11.263	12.475	5.08	8.54	11.471

Ayrıca denklemlerde feç için (4.1) bağıntısı kullanılmıştır ve bu denklemden feç uzunluğu 407.00 km bulunmuştur [11].

Çizelge 6.6'da verilen dalga yükseklikleri ve periyotlarına bağlı olarak dönüş aralığı 2, 5, 10 ve 20 yıl olan ekstrem dalga yükseklikleri ve periyotlarının



hesaplanabilmesi için ilk olarak ekstrem dalga yüksekliğinin ortalaması aşağıdaki gibi bulunur:

$$\bar{H}_{ex} = \frac{\sum H}{N} = 2.817$$

\bar{H}_{ex} hesaplandıktan sonra ekstrem dalga yüksekliğinin standart sapması (4.26) bağıntısından elde edilir.

$$S_H^2 = \frac{\sum_i^N (H_{exi} - \bar{H}_{ex})^2}{N - 1} = 5.184 \quad S_H = 2.277$$

elde edilir.

Çizelge 4.1'den y'nin ortalaması (Y_N) ve standart sapması (σ_N) alınır. Bu değerler (4.25) bağıntısında yerine konularak a_N parametresi hesaplanır:

$$a_N = \frac{\sigma_N}{S_H} = \frac{1.0628}{2.277} = 0.467$$

Gumbel dağılımının diğer parametresi U_N 'de (4.24) bağıntısından

$$U_N = \bar{H}_{ex} - \frac{Y_N}{a_N} = 1.696$$

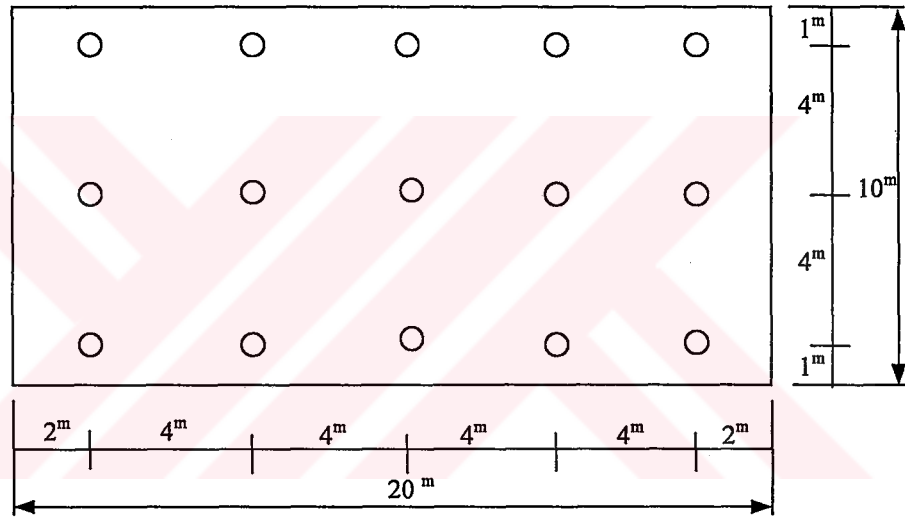
bulunur.

(4.29) denklemi kullanılarak dönüş aralığı 2, 5, 10 ve 20 yıl olan olası ekstrem belirgin dalga yükseklikleri ve periyotları bulunmuş ve aşağıda verilmiştir:

$H_2 = 3.180 \text{ m}$	$T_s = 8.40 \text{ s}$
$H_5 = 5.142 \text{ m}$	$T_s = 11.7 \text{ s}$
$H_{10} = 6.627 \text{ m}$	$T_s = 12.6 \text{ s}$
$H_{20} = 8.111 \text{ m}$	$T_s = 13.5 \text{ s}$

6.3 Kazık Grubuna Etki Eden Dalga Kuvvetlerinin Hesaplanması

Kazık grubuna etki eden dalga kuvvetlerini hesaplarken aşağıda boyutları verilen ano gözönüne alınmıştır (Şekil 6.1).



Şekil 6.1 Ano boyutları

- Gemi Tipi : Yolcu Gemisi (1000 GT)
- İskele Boyutu : 120 / 10 (6 Anodan oluşuyor)
- Su derinliği : 12 m.
- Kazık çapı : $\varnothing 24'' \sim D = 0.60 \text{ m}$.

Kazığa etki eden dalga kuvvetlerinin hesabı ve bu kuvvetlerin etki mesafeleri, yukarıda elde edilen dalga yükseklikleri ve periyodlarına bağlı olarak dört ayrı durum için yapılmıştır:

I- $H_2 = 3.180$ m, $T_s = 8.4$ s, $d = 12$ m, $D = 0.60$ m ve $L = 4$ m (kazıklar arası mesafe)

II- $H_5 = 5.142$ m, $T_s = 11.7$ s, $d = 12$ m, $D = 0.60$ m ve $L = 4$ m (kazıklar arası mesafe)

III- $H_{10} = 6.627$ m, $T_s = 12.6$ s, $d = 12$ m, $D = 0.60$ m ve $L = 4$ m (kazıklar arası mesafe)

IV- $H_{20} = 8.111$ m, $T_s = 13.5$ s, $d = 12$ m, $D = 0.60$ m ve $L = 4$ m (kazıklar arası mesafe)

I. durumdaki dalga yüksekliği ve dalga periyoduna bağlı olarak kazıklı iskeleye etkiyen dalga kuvveti aşağıdaki şekilde hesaplanır:

İlk olarak $H_2 = 3.180$ m ve $T_s = 8.4$ s olduğunda boyutsuz dalga dikliği ve boyutsuz su derinliği aşağıdaki gibi bulunur:

$$H / gT^2 = 0.0046 \quad \text{ve} \quad d / gT^2 = 0.0173$$

Bu boyutsuz d / gT^2 büyüklüğüne karşı gelen (L_A / L_0) oranı Şekil 5.3'den elde edilir.

$$d / gT^2 = 0.0173 \Rightarrow L_A / L_0 = 0.74$$

Elde edilen bu orana göre Airy dalga uzunluğu aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$L_A = 0.74 \frac{gT^2}{2\pi} = 0.74 \frac{9.81 * 8.4^2}{2\pi} = 81.52 \text{ m.}$$

Daha sonra kazık çapının dalga uzunluğuna oranı hesaplanır.

$D / L_A = 0.60 / 81.52 = 0.00736 < 0.05$ şartını sağladığından (5.1) bağıntısı kullanılabilir.



(5.27) ve (5.28) bağıntılarından;

$$u_{\max} = \frac{\pi H}{T} \left(\frac{L_o}{L_A} \right) = \frac{\pi \times 3.18}{8.4} \left(\frac{1}{0.74} \right) = 1.607 \text{ m/s.}$$

$$R_e = \frac{u_{\max} D}{\nu} = \frac{1.607 \times 0.60}{9.29 \times 10^{-7}} = 1.04 \times 10^6$$

elde edilir.

Şekil 5.20'den yukarıda hesaplanan Reynolds sayısına karşı gelen sürüklenme katsayısı C_D bulunur.

$$Re = 1.04 \times 10^6 \Rightarrow C_D = 0.7$$

(5.34) bağıntısından $Re > 5 \times 10^5$ için $C_M = 1.5$ alınır.

Airy teorisine göre boyutsuz su derinliğine karşı gelen K_{im} , K_{Dm} , S_{im} ve S_{Dm} değerleri Şekil 5.6'dan Şekil 5.9'a kadar olan grafiklerden elde edilir.

$$d / gT^2 = 0.0173 \text{ için (Airy Teorisi) } K_{im} = 0.368 \quad K_{Dm} = 0.198$$

$$S_{im} = 0.53 \quad S_{Dm} = 0.57$$

(5.19) ve (5.20) bağıntılarından sürüklenme kuvveti ve atalet kuvveti aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$F_{im} = 1.5 \times (102.5) \times 9.81 \times \frac{\pi \times (0.60)^2}{4} \times (3.18) \times (0.368) = 0.499 \text{ ton}$$

$$F_{Dm} = 0.7 \times 0.5 \times (102.5) \times (9.81) \times (0.60) \times (3.18)^2 \times (0.198) = 0.423 \text{ ton}$$

Maksimum toplam kuvveti ve maksimum momenti hesaplayabilmek için (5.22) bağıntısından

$$W = \frac{C_M D}{C_D H} = 0.404$$



bulunur. Buradan boyutsuz dalga dikliği ve boyutsuz su derinliğine karşı gelen ϕ_m ve α_m değerleri Şekil 5.11'den Şekil 5.18'e kadar olan grafiklerden yararlanarak elde edilir.

$$\begin{aligned} d/gT^2 = 0,0173 \text{ ve } H/gT^2 = 0.0046 \text{ için } & W = 0.1 \text{ için } \phi_m = 0.156 \quad \alpha_m = 0.11 \\ & W = 0.404 \text{ için } \phi_m = 0.196 \quad \alpha_m = 0.132 \\ & W = 0.5 \text{ için } \phi_m = 0.208 \quad \alpha_m = 0.139 \end{aligned}$$

(5.23) bağıntısından sonlu genlik teorisine göre kuvvet $[F_m] = 0.837 \text{ t}$ ve (5.24)bağıntısından da moment $[M_m] = 6.765 \text{ tm}$ bulunur.

(5.10) ve (5.14) denklemlerinin kombinasyonundan

$$F_i = F_{im} \sin\theta \quad (6.1)$$

(5.11) ve (5.15) denklemlerinin kombinasyonundan

$$F_D = F_{Dm} \cos\theta |\cos\theta| \quad (6.2)$$

$$\theta = \frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T}$$

elde edilir.

$t = 0$ anında sürükleme kuvveti F_D maksimum değere eşit olduğundan $0 < \theta < \pi$ arasında maksimum kuvveti buluncaya kadar θ 'ya farklı değerler verilerek aşağıdaki izelge 6.7 oluşturulmuştur.

Çizelge 6.7 θ 'nın farklı değerlerine karşı gelen toplam kuvvet

θ	X	F_i	F_d	$F=F_i+F_d$	$F=F_d-F_i$
0	0.00000	0.00000	0.42300	0.42300	0.42300
5	1.13222	0.04349	0.41979	0.46328	0.37630
10	2.26444	0.08665	0.41024	0.49690	0.32359
15	3.39667	0.12915	0.39466	0.52382	0.26551
20	4.52889	0.17067	0.37352	0.54419	0.20285
25	5.66111	0.21089	0.34745	0.55834	0.13656
30	6.79333	0.24950	0.31725	0.56675	0.06775
35	7.92556	0.28621	0.28384	0.57005	-0.00238
40	9.05778	0.32075	0.24823	0.56898	-0.07252
45	10.19000	0.35285	0.21150	0.56435	-0.14135
50	11.32222	0.38226	0.17477	0.55703	-0.20748
55	12.45444	0.40876	0.13916	0.54792	-0.26959
60	13.58667	0.43215	0.10575	0.53790	-0.32640
65	14.71889	0.45225	0.07555	0.52780	-0.37670
70	15.85111	0.46891	0.04948	0.51839	-0.41943
75	16.98333	0.48200	0.02834	0.51033	-0.45366
80	18.11556	0.49142	0.1276	0.50417	-0.47866
85	19.24778	0.49710	0.00321	0.50031	-0.49389
90	20.38000	0.49900	0.00000	0.49900	-0.49900
95	21.51222	0.49710	-0.00321	0.49389	-0.50031
100	22.64444	0.49142	-0.01276	0.47866	-0.50417
105	23.77667	0.48200	-0.02834	0.45366	-0.51033
110	24.90889	0.46891	-0.04948	0.41943	-0.51839
115	26.04111	0.45225	-0.07555	0.37670	-0.52780
120	27.17333	0.43215	-0.10575	0.32640	-0.53790
125	28.30556	0.40876	-0.13916	0.26959	-0.54792
130	29.43778	0.38226	-0.17477	0.20748	-0.55703
135	30.57000	0.35285	-0.21150	0.14135	-0.56435
140	31.70222	0.32075	-0.24823	0.07252	-0.56898
145	32.83444	0.28621	-0.28384	0.00238	-0.57005
150	33.96667	0.24950	-0.31725	-0.06775	-0.56675
155	35.09889	0.21089	-0.34745	-0.13656	-0.55834
160	36.23111	0.17067	-0.37352	-0.20285	-0.54419
165	37.36333	0.12915	-0.39466	-0.26551	-0.52382
170	38.49556	0.08665	-0.41024	-0.32359	-0.49690
175	39.62778	0.04349	-0.41979	-0.37630	-0.46328
180	40.76000	0.00000	-0.42300	-0.42300	-0.42300

⇒ $[F_m] = 0.570$ Ton
(Airy Teorisi)

Çizelge 6.7'den $\theta = 35^\circ$ olduğunda Airy teorisine göre maksimum kuvvet $[F_m]_{\text{Airy}} = 0.570$ t bulunur. Buna karşı gelen atalet kuvveti $F_i = 0.286$ t ve sürüklenme kuvveti $F_D = 0.284$ t'dur (Çizelge 6.7). Bu kuvvetler hesaplandıktan sonra bunlara

karşılık gelen momentler de (5.20) ve (5.21) bağıntılarından aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$[M_i] = F_i d S_i = 1.819 \text{ tm}$$

$$[M_D] = F_D d S_i = 1.943 \text{ tm} \quad [M_m] = 3.762 \text{ tm}$$

Çizelge 6.8 Referans kazığa bağlı olarak hesaplanan kuvvetler

L	x	θ	F _{im}	F _{Dm}	F _i	F _D	F
81,52	4	17,66	0,499	0,423	0,151	0,384	0,535
81,52	8	35,33	0,499	0,423	0,289	0,282	0,570
81,52	12	52,99	0,499	0,423	0,398	0,153	0,552
81,52	16	70,66	0,499	0,423	0,471	0,046	0,517
					1,309	0,865	2,175

Dalga kırılma sınırında $\theta = 8^0$ olduğunda (6.1) ve (6.2) bağıntılarından atalet kuvveti ve sürüklenme kuvveti

$$F_i = 0.069 \text{ t}$$

$$F_D = 0.415 \text{ t}$$

ve toplam kuvvet

$$F = 0.484 \text{ t}$$

dur.

Kazık grubuna etkiyen toplam dalga kuvveti ve moment ise;

$$\Sigma F = 0.484 \times 3 + 2.175 \times 3 = 7.977 \text{ ton}$$

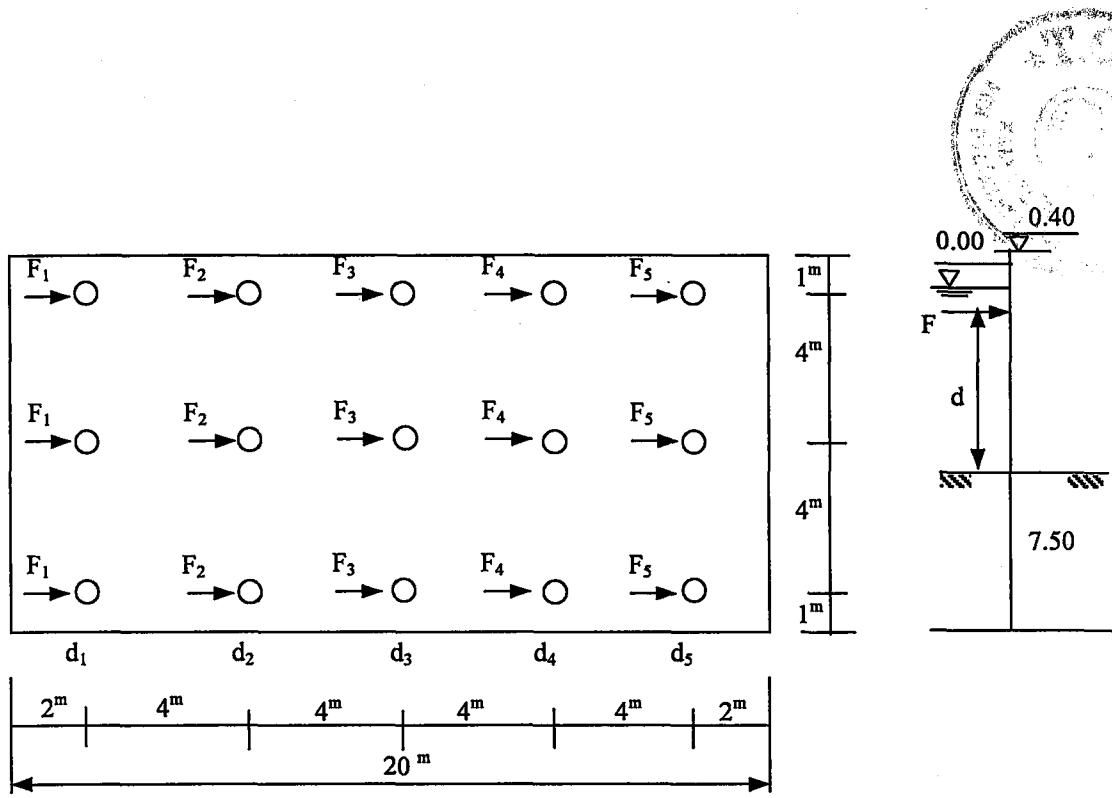
$$M_i = [0.069 \times 3 + 1.309 \times 3] \times 12 \times (0.53) = 26.292 \text{ tm}$$

$$M_D = [0.415 \times 3 + 0.865 \times 3] \times 12 \times (0.57) = 26.266 \text{ tm}$$

$$[F_{\text{TOPLAM}}] = (0.837/0.570) \times 7.977 = 11.714 \text{ ton}$$

$$[M_{\text{TOPLAM}}] = (6.765/3.762) \times 52.558 = 94.512 \text{ ton}$$

bulunmuştur.



Şekil 6.2 Dalga kuvvetleri ve etki mesafeleri

Bunlardan sadece I. duruma ait hesaplamalar açık şekilde gösterilmiş, diğer durumlar için de aynı hesap adımları tekrarlanarak sonuçlar Çizelge 6.9'da verilmiştir.

Çizelge 6.9 Dalga kuvvetleri ve etki mesafeleri

İncelenen Durum	F ₁ (ton)	d ₁ (m)	F ₂ (ton)	d ₂ (m)	F ₃ (ton)	d ₃ (m)	F ₄ (ton)	d ₄ (m)	F ₅ (ton)	d ₅ (m)
I	0,711	8,29	0,786	8,21	0,837	8,09	0,811	7,93	0,759	7,84
II	2,867	9,43	2,899	9,42	2,834	9,40	2,589	9,38	2,234	9,36
III	5,720	11,61	5,731	11,61	5,541	11,60	5,040	11,60	4,338	11,59
IV	9,569	11,72	9,558	11,72	9,174	11,71	8,324	11,70	7,149	11,68

Herbir kazığa gelen dalga kuvvetleri aşağıda gösterilmiştir:

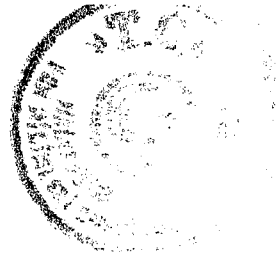
$$F_1 = 0.484 \times (0.837 / 0.570) = 0.711 \text{ ton}$$

$$F_2 = 0.535 \times (0.837 / 0.570) = 0.786 \text{ ton}$$

$$F_3 = 0.570 \times (0.837 / 0.570) = 0.837 \text{ ton}$$

$$F_4 = 0.552 \times (0.837 / 0.570) = 0.511 \text{ ton}$$

$$F_5 = 0.517 \times (0.837 / 0.570) = 0.759 \text{ ton}$$

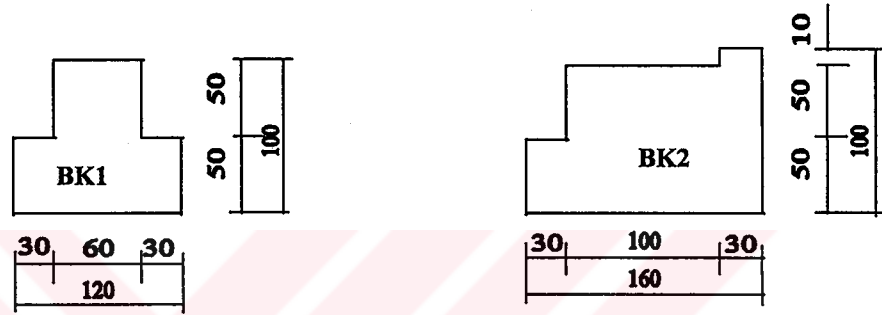


6.4 Yük Analizi

Bu bölümde kazıklı iskeleye etkiyen sabit yükler, hareketli yükler, deprem yükü, gemi yanaşma basıncı, baba çekme kuvveti ve rüzgar kuvvetleri hesaplanmıştır.

6.4.1 Sabit Yükler

Başlık Kirişleri

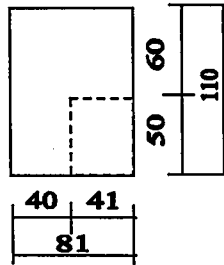


$$W_{BK1} = 3 \times (0.50 \times 1.20 + 0.50 \times 0.60) \times (10 - 2 \times 0.40) \times 2.5 = 62.100 \text{ ton}$$

$$W_{BK2} = 2 \times (0.50 \times 1.60 + 0.50 \times 1.30 + 0.10 \times 0.30) \times (10 - 2 \times 0.40) \times 2.5 = 68.080 \text{ ton}$$

$$\Sigma W_{BK} = 130.18 \text{ ton}$$

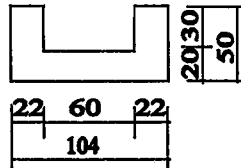
- Prekast Usturmaça Kirişleri



$$W_{UK} = 8 \times (0.81 \times 1.10 \times 4 - 0.41 \times 0.50 \times 0.60) \times 2.50$$

$$W_{UK} = 68.82 \text{ ton}$$

- Tesisat Kanalları



$$W_{TK} = 8 \times (1.04 \times 0.50 - 0.60 \times 0.30) \times 3.40 \times 2.50 = 23.120 \text{ ton}$$

$$\text{Kum dolgu : } W_{kum} = 8 \times (0.60 \times 0.30) \times 3.40 \times 1.8 = 8.813 \text{ ton}$$

$$\Sigma W_{TK} = 31.933 \text{ ton}$$

- **Kaplama Betonu**

$$W_{KB} = (20.00 - 2 \times 0.30) \times (10 - 2 \times 0.81) \times 0.10 \times 2.3 = 37.392 \text{ ton}$$

- **Prekast Döşemeler**

$$W_{PD} = 6.66 \text{ t/Adet} \quad \Sigma W_{PD} = 53.28 \text{ ton}$$

$$\text{Toplam Sabit Yük} = 321.605 \text{ Ton}$$

6.4.2 Hareketli Yükler

$$\Sigma P = 20.00 \times 10.00 \times 1.00 = 200.00 \text{ Ton}$$

Not: İskele üstü düzgün yayılı yük : 1.00 t/m^2 (yolcu rıhtımı)

6.4.3 Deprem Yükü

-Kazık karakteristikleri : Çap : $\varnothing = 24''$ t=1.2 cm

$$D_d = 2R_d = 60.96 \text{ cm}$$

$$D_i = 2R_i = 60.96 - 2 \times 1.2 = 58.56 \text{ cm}$$

$$\text{-içi boş boru kazık için ; } A_s = \frac{\pi}{4} (60.96^2 - 58.56^2) = 0.0225 \text{ m}^2$$

- kazık ağırlığı (L=19.90 m)

$$W_p = A_s(0.40 \times 7.85 + 12 \times 6.85) + A_s L_c \gamma_c = 0.0225 \times 85.34 + \frac{\pi}{4} 58.56^2 \times 3 \times 2.5 = 3.940 \text{ ton}$$

$$\Sigma W_p = 15 \times 3.940 = 59.10 \text{ ton}$$

$$C_o = 0.10 \text{ (1. deprem bölgesi)}$$

$$F = C.W$$

$$F = (C_o.k.S.I).W = 0.10 \times (\Sigma G + \Sigma W_p + 0.5 \Sigma P) = 44.33 \text{ Ton [12]}$$

6.4.4 Gemi Yanaşma Basıncı

Max. gemi tonajı	: 1 000 GT
Max. uzunluk, L	: 68 m
Max genişlik, B	: 11.9 m
Max. draft, D _b	: 3.6 m (boş)
Max draft, D _d	: 5.0 m (dolu) (Çizelge 2.5)
Yüklü deplasman tonajı, W ₁	: 1150 Ton
İlave ağırlık,	W ₂ : 709 Ton
Virtüel ağırlık,	W : 1859 Ton

Yolcu gemileri için yanaşma hızı ve yanaşma enerjisi

$$1000 \text{ GT Çizelge 3.10'dan } \Rightarrow V = 0.25 \text{ m/s} \quad E = 2.963 \text{ tm}$$

Geminin baştan veya kıçtan (L/4) mesafede yanaştığı kabul edilirse, (l/r) = 1 olur. Bu durumda (2.7) bağıntısı

$$E = \frac{1}{2g} Wv^2 \frac{1}{1+1} = \frac{1}{4g} Wv^2 = 2.961 \text{ tm}$$

$$E = 2.900 \text{ tm} \Rightarrow R = 28.40 \text{ ton SM250H L} = 1.00 \text{ m usturmaça seçilmiştir.}$$

Ordu Efirli için en hızlı rüzgar hızı V = 27.6 m/s

$$R_v = \frac{1}{2} \rho_a C_v V_v^2 B_a \cdot 10^{-3}$$

Yolcu gemileri için (300 GT – 14 000 GT)

$$B_a = 3.835 \text{ GT}^{0.634} \text{ (Çizelge 2.10'dan)}$$

$$B_a = 306.03 \text{ m}^2, C_v = 1.20$$

$$R_v = 17.200 \text{ ton}$$

6.4.5 Baba Çekmesi

12 m. su derinliği için B = 80 ton

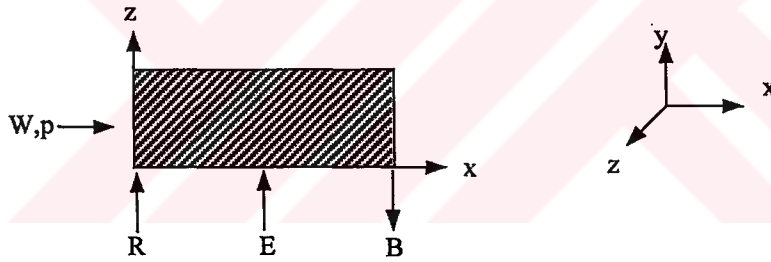
6.4.6 Rüzgar Tesirleri

- a) İskele boş $(20 \times 0.60) \times 0.125$ $W = 3$ Ton
b) İskele dolu $(20 \times 3.60) \times 0.125$ $W = 9$ Ton

Bunlardan en elverişsiz etki (b) şıkında meydana geldiğinden hesaplarda $W = 9$ ton alınacaktır.

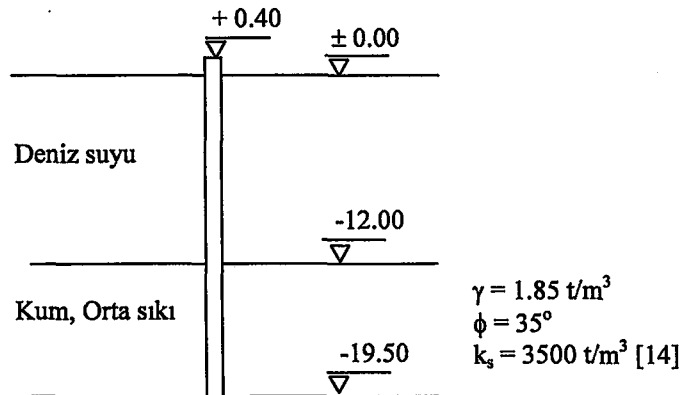
6.5 Dalga Kuvvetlerinin Etkisi Altındaki İskelelerin Çözümü

1000 GT'luk yolcu gemisi için seçtiğimiz iskele 120 / 10 metre boyutunda olup, 20 / 10'luk toplam 6 anodan oluşmaktadır. Bu iskelenin statik hesabının çözümünde SAP90 Yapı Analiz programı kullanılmıştır. SAP90 Yapı Analiz programında koordinat sistemi ve anoya etkiyen yüklerin yönleri Şekil 6.3'deki gibi tanımlanmıştır [13].



Şekil 6.3 Koordinat sistemi ve anoya etkiyen yüklerin yönleri

Kazık çapı $\varnothing 24''$ (0.60 m) olup, uzunluğu 19.90 metredir. Zemin profili ve zemin parametreleri aşağıdaki çizimde verilmiştir [11].



Şekil 6.4 Zemin profili



Kazığın zemin içindeki 7.50 metrelik bölümü yaylarla tanımlanmış, üst ücu ise yani kazık başlığı rijit alınmıştır. Yay sabitlerinin hesabında Bowles (1988) tarafından yazılan FADBEMLP adlı bilgisayar programından yararlanılmıştır [15].

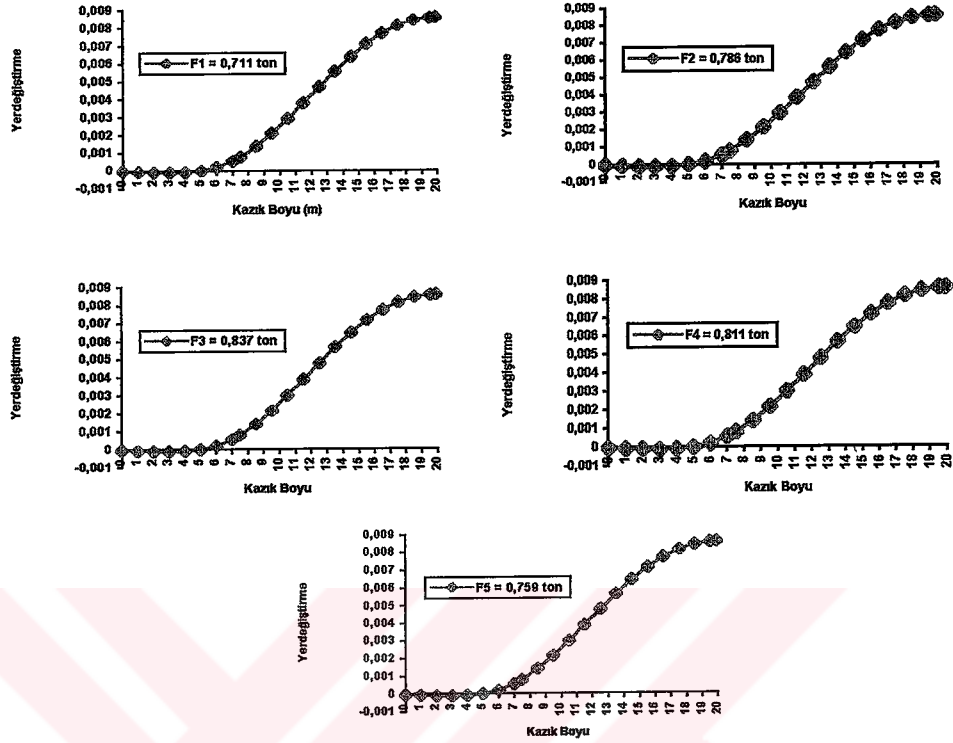
Boyutları verilen kazıklı iskele sistemine extrem dalga yüksekliklerinin hesabı sonucunda bulunan dalga yükseklikleri ve dalga periyotlarına bağlı olarak bulunan dalga kuvvetleri uygulanarak sadece bu dalga kuvvetlerinin sisteme etkisi araştırılmıştır.

$H = 3.180$ m. olduğunda iskeleye etki eden dalga kuvvetleri sonucundaki kazık boyunca herbir düğüm noktasındaki yerdeğiştirme değerleri Çizelge 6.10'da görülmektedir.

Çizelge 6.10 $H = 3.180$ m olduğunda kazık boyunca yerdeğiştirme değerleri

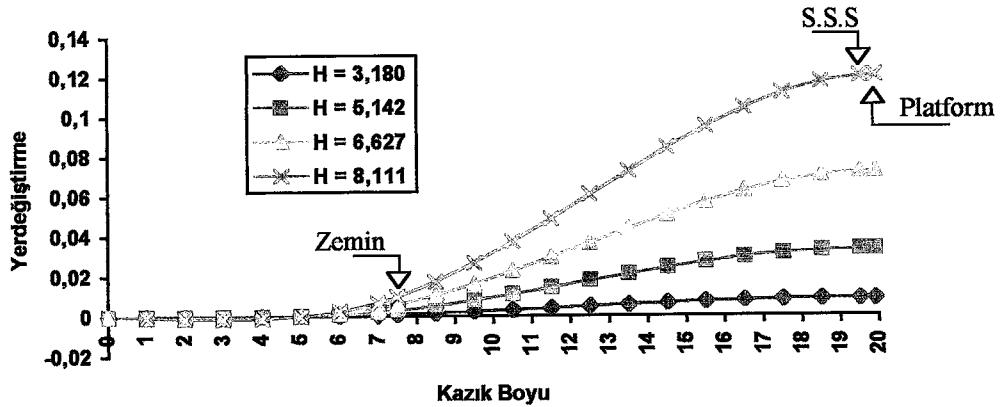
$F_1 = 0,711$ t		$F_2 = 0,786$ t		$F_3 = 0,837$ t		$F_4 = 0,811$ t		$F_5 = 0,759$ t	
L (m)	δ_x (m)	L (m)	δ_x (m)	L (m)	δ_x (m)	L (m)	δ_x (m)	L (m)	δ_x (m)
0.00	-.4429E-4	0.00	-.4520E-4	0.00	-.4605E-4	0.00	-.4629E-4	0.00	-.4602E-4
1.00	-.7419E-4	1.00	-.7536E-4	1.00	-.7644E-4	1.00	-.7672E-4	1.00	-.7634E-4
2.00	-.1012E-3	2.00	-.1026E-3	2.00	-.1039E-3	2.00	-.1042E-3	2.00	-.1037E-3
3.00	-.1151E-3	3.00	-.1165E-3	3.00	-.1177E-3	3.00	-.1180E-3	3.00	-.1175E-3
4.00	-.9518E-4	4.00	-.9598E-4	4.00	-.9668E-4	4.00	-.9677E-4	4.00	-.9644E-4
5.00	-.8900E-5	5.00	-.8148E-5	5.00	-.7400E-5	5.00	-.7092E-5	5.00	-.7249E-5
6.00	.1856E-3	6.00	.1895E-3	6.00	.1931E-3	6.00	.1941E-3	6.00	.1929E-3
7.00	.5305E-3	7.00	.5393E-3	7.00	.5475E-3	7.00	.5497E-3	7.00	.5469E-3
7.50	.7684E-3	7.50	.7806E-3	7.50	.7918E-3	7.50	.7947E-3	7.50	.7908E-3
8.50	.001366	8.50	.001386	8.50	.001404	8.50	.001409	8.50	.001402
9.50	.002093	9.50	.002122	9.50	.002148	9.50	.002154	9.50	.002144
10.50	.002913	10.50	.002950	10.50	.002983	10.50	.002991	10.50	.002978
11.50	.003787	11.50	.003831	11.50	.003871	11.50	.003879	11.50	.003864
12.50	.004678	12.50	.004728	12.50	.004772	12.50	.004780	12.50	.004762
13.50	.005550	13.50	.005601	13.50	.005647	13.50	.005654	13.50	.005634
14.50	.006364	14.50	.006413	14.50	.006457	14.50	.006461	14.50	.006440
15.50	.007082	15.50	.007126	15.50	.007162	15.50	.007162	15.50	.007141
16.50	.007668	16.50	.007699	16.50	.007724	16.50	.007721	16.50	.007704
17.50	.008108	17.50	.008127	17.50	.008141	17.50	.008137	17.50	.008127
18.50	.008402	18.50	.008409	18.50	.008414	18.50	.008413	18.50	.008408
19.50	.008546	19.50	.008546	19.50	.008547	19.50	.008547	19.50	.008546
19.90	.008561	19.90	.008561	19.90	.008561	19.90	.008561	19.90	.008561

Yukarıda çizelgeden yararlanarak dalga yönüne dik doğrultudaki kazıklarda kazık boyunca oluşan yerdeğiştirmeler grafik olarak Şekil 6.5'de verilmiştir.



Şekil 6.5 Dalga yönüne dik doğrultudaki kazıklarda kazık boyunca oluşan yerdeğiştirmeler

Dönüş aralığı 2, 5, 10 ve 20 yıl olan extrem dalga yükseklikleri ve dalga periyotlarına bağlı olarak bulunan dalga kuvvetleri etkisindeki kazık boyunca yerdeğiştirmelerin grafiği Şekil 6.6'da görölmektedir.

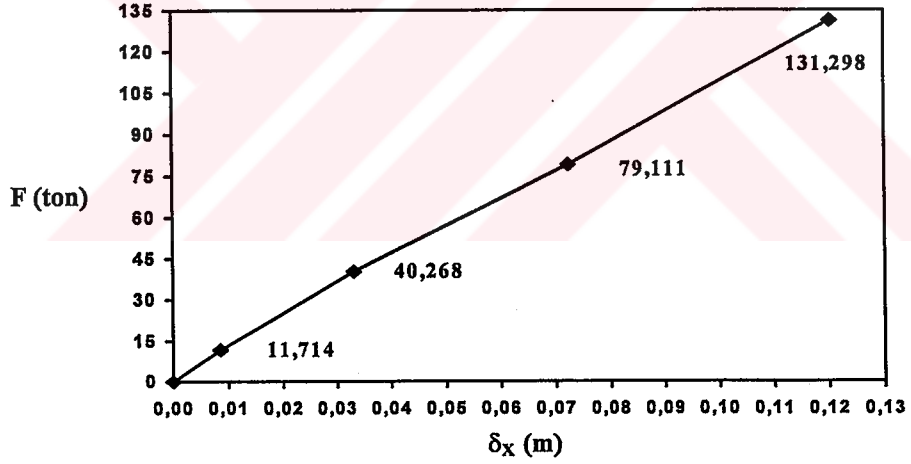


Şekil 6.6 Yerdeğiştirmelerin kazık boyunca dalga yüksekliklerine göre değişimi

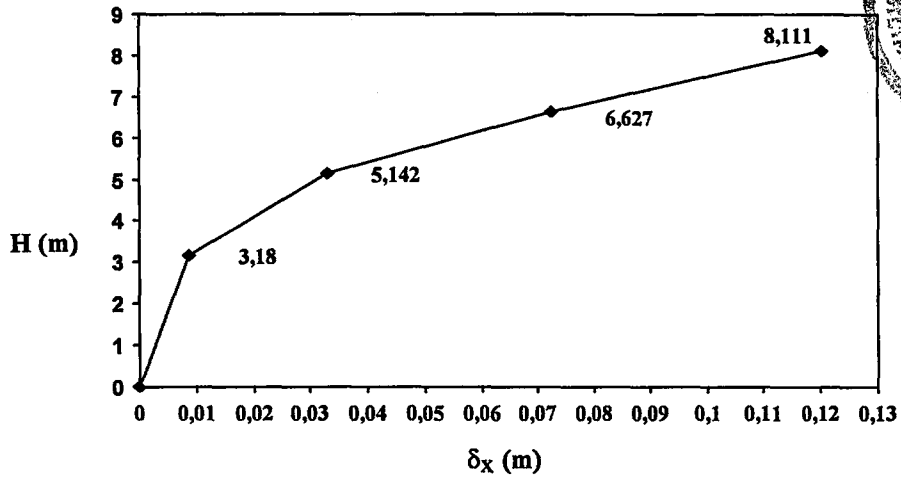
Dalga yükseklikleri ve bunlara bağı olarak hesaplanan dalga kuvvetleri sisteme etkilerek bu yükler altındaki kazık üst ucundaki yerdeğştirmeler ve kuvvet değerleri Çizelge 6.11’de verilmiş, Şekil 6.7, Şekil 6.8 ve Şekil 6.9’da grafik olarak gösterilmiştir.

Çizelge 6.11 Dalga kuvvetlerine karşı gelen kazık üst uçlarında dalga yönündeki yerdeğştirmeler ve kuvvet değerleri

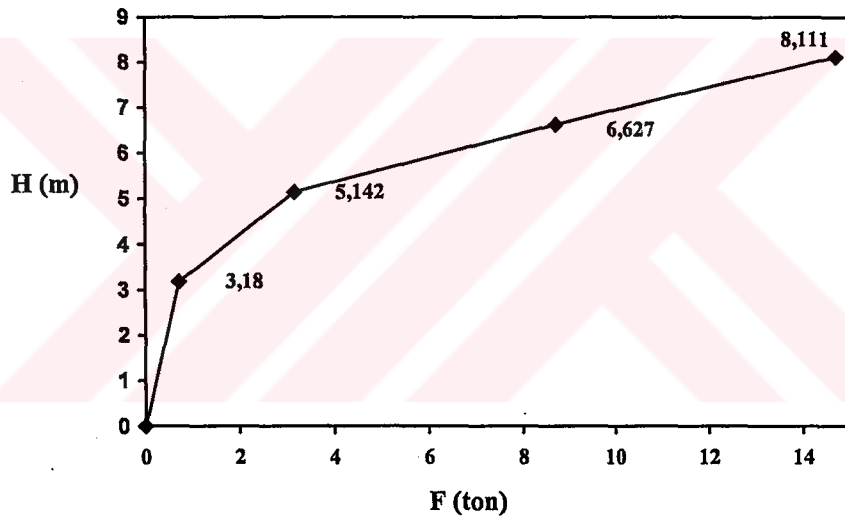
DALGA YÜKSEKLİĞİ (m)	PERYOT (s)	TOPLAM DALGA KUVVETİ (ton)	δ_{xmax} (m)	F (ton)
$H_2 = 3.180$	8.40	11.714	0.008561	0.723
$H_5 = 5.142$	11.70	40.268	0.033135	3.156
$H_{10} = 6.627$	12.60	79.111	0.072327	8.722
$H_{20} = 8.111$	13.50	131.298	0.120319	14.695



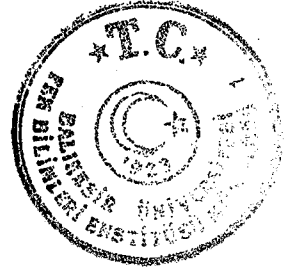
Şekil 6.7 Kazıklı iskeleye etkiyen toplam dalga kuvvetine karşı gelen dalga yönündeki yerdeğştirmeler



Şekil 6.8 Dalga yüksekliklerine karşı gelen dalga yönündeki yerdeğişmeler



Şekil 6.9 Dalga yüksekliklerine karşı gelen kazık üst uçlarındaki kuvvetler

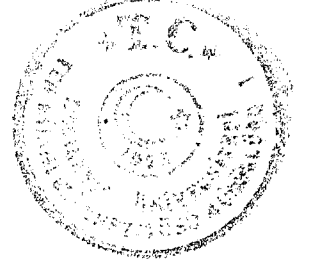


6.6 Statik Hesaplar

Bir önceki bölümde boyutları verilen kazıklı iskeleye etki eden sabit yük, hareketli yük, baba çekme kuvveti, gemi yanaşma basıncı, rüzgar kuvveti, deprem kuvveti ve dalga kuvvetleri hesaplandıktan sonra iskeleye etki eden yük kombinasyonlarına bağlı olarak SAP90 Yapı Analiz programı ile çözümler yapılmıştır. Bu çözümlerin sonucunda her yüklemeye ait yerdeğiştirmeler Çizelge 6.12'de verilmiştir.

Çizelge 6.12 SAP90 Yapı Analiz programı sonuçları

	YÜKLEME DURUMU	YERDEĞİŞTİRMELER (m)		
		δ_x	δ_y	δ_z
1	G+P+R	0.025900	0.004642	0.3054
2	G+P+B($\alpha=90^0$)	0.072950	0.007789	0.86150
3	G+P+B($\alpha=45^0$)	0.071460	0.007023	0.5447
4	G+P/2+E+B/2($\alpha=90^0$)	0.036480	0.002573	0.111
5	G+P/2+E+B/2($\alpha=45^0$)	0.068070	0.003545	0.2267
6	G+P/2+E+R/2	0.012950	0.005709	0.5485
7	G+P+W+p (H=3.18 m)	0.015430	0.003255	0
8	G+W+p (H=3.18 m)	0.015430	0.002078	0
9	G+P+W+p (H=5.142 m)	0.041440	0.003540	0
10	G+W+p (H=5.142 m)	0.041440	0.002363	0
11	G+P+W+p (H=6.627 m)	0.080640	0.003935	0
12	G+W+p (H=6.627 m)	0.080640	0.002861	0
13	G+P+W+p (H=8.111 m)	0.128600	0.004816	0
14	G+W+p (H=8.111 m)	0.128600	0.003639	0
15	G+P+W	0.008308	0.003191	0
16	G+W	0.008308	0.002014	0
17	G+P+B($\alpha=90^0$) [B= 10 t]	0.009119	0.003665	0.1077
18	G+P+B($\alpha=45^0$) [B= 10 t]	0.008933	0.003562	0.06807
19	G+P/2+E+B/2($\alpha=90^0$) [B= 10 t]	0.004560	0.004635	0.3600
20	G+P/2+E+B/2($\alpha=45^0$) [B= 10 t]	0.008062	0.004763	0.3743



7. SONUÇLAR

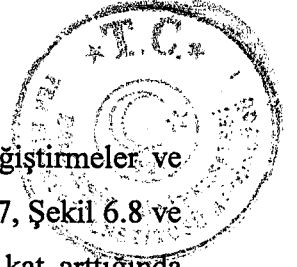
İskele planları, iskele tipleri ve boyutları hakkındaki genel bilgilerden sonra kazıklı iskelelerin boyutlandırılmasında gerekecek bilgiler bir araya getirilerek, dalga yüklerinin olasılıklarının incelenmesi sonucunda elde edilen dalga yüksekliği ve periyoduna bağlı olarak dalga kuvvetleri hesaplanmıştır.

1000 GT'luk yolcu gemisi için seçilen kazıklı iskele 120/10 metre boyutunda olup, 20 / 10'luk 6 anodan oluşmaktadır. Kazıkların, çapı 0.60 m ve uzunluğu 19.90 m ve su derinliği 12.00 metredir. Bu iskelenin çözümünde SAP90 Yapı Analiz programı kullanılmıştır. Kazığın zemin içindeki 7.50 m'lik bölümü yaylarla tanımlanmış, kazık başlığı rijit alınmıştır. Yay sabitlerinin hesabında Bowles (1988) tarafından yazılan FADBEMLP adlı bilgisayar programından yararlanılmıştır.

Kazıklı iskeleye, extrem dalga yüksekliklerinin hesaplanması sonucunda bulunan dalga yükseklikleri ve dalga periyotlarına göre sadece dalga kuvvetlerinin etkisi araştırılmış ve hesaplanan bu kuvvetler etkisindeki iskelede her bir kazığa gelen dalga kuvveti ve etki mesafeleri Çizelge 6.9'da verilmiştir.

Dalga yüksekliği $H_2 = 3.180$ m olduğunda iskeleye etki eden dalga kuvvetleri sonucunda kazık boyunca her düğüm noktasındaki yerdeğiştirmeler (δ_x) Çizelge 6.10'da verilmiştir. Dalga yönündeki kazıklarda tepe noktaya kadar ki yerdeğiştirmelerin birbirine çok yakın olmasına karşın eşit olmadığı, fakat tepe noktasındaki yerdeğiştirmelerin kazık başlığı çok rijit olduğu için birbirine eşit olduğu görülmektedir. Ayrıca dalga yönüne dik doğrultudaki kazıklar aynı yerdeğiştirme grafiğine sahiptir (Şekil 6.5).

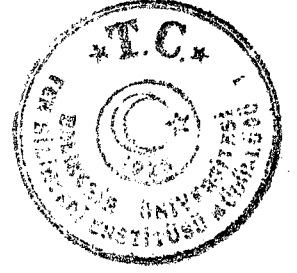
Dalga kuvvetleri sonucunda oluşan yerdeğiştirmelerin kazık boyunca dalga yüksekliklerine göre değişimi Şekil 6.6'da verilmiştir. Bu grafikten maksimum yerdeğiştirmelerin kazık uçlarında olduğu görülmektedir. Hesaplanan bu dalga



kuvvetleri sisteme etkililerek kazık üst uçlarındaki maksimum yerdeğiştirmeler ve maksimum kuvvetler Çizelge 6.11'de verilmiş ve grafik olarak Şekil 6.7, Şekil 6.8 ve Şekil 6.9'da gösterilmiştir. Çizelge 6.11'den dalga yüksekliği 2.55 kat arttığında dalga kuvvetinin buna karşılık 11.21 kat, dalga yönündeki yerdeğiştirmenin 14.05 kat ve kazık üst ucundaki kuvvetinde 20.325 kat arttığı görülmektedir.

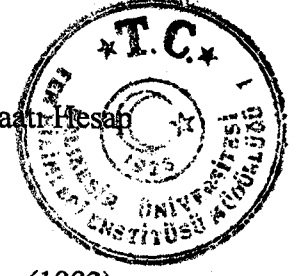
Kazıklara etki eden sabit yük, hareketli yük, baba çekme kuvveti, gemi yanaşma basıncı, rüzgar kuvveti, deprem kuvveti ve dalga kuvvetleri hesaplandıktan sonra iskeleye etki eden yük kombinasyonlarına bağlı olarak SAP90 Yapı Analiz programı ile çözümler yapılmıştır. Bu hesaplar sonucunda iskele sisteminde kazık üst uçlarındaki yerdeğiştirmeler Çizelge 6.12'de verilmiştir. Bu çizelgelerde de görüldüğü gibi sabit yük (G), hareketli yük (P) ve baba çekme kuvvetinin (B) birlikte etkimesi halinde en elverişsiz yükleme oluşmaktadır. (G+P+B) yüklemesinde sistem dalga yönüne dik yönde (δ_z) maksimum yerdeğiştirme yapmaktadır. Burada baba çekme kuvveti oldukça etkilidir.

Seçilen iskele tipine rüzgar kuvveti, sabit yük ve hareketli yüklerle birlikte yukarıda hesaplanan dalga kuvvetleri de etkililmiş, seçilen iskele yolcu iskelesi olduğu için kara vasıtası, katar yükü ve vinç yükleri hesaplarda gözönüne alınmamıştır. Dalga kuvvetinin gözönüne alındığı ve $H_2 = 3.180$ m olduğu durumda yukarıdaki yükler altında dalga yönündeki yerdeğiştirmenin (δ_x) 0.01543 m olduğu görülmektedir (Çizelge 6.12). Dalga yüksekliği 2.55 kat arttırıldığında (δ_x) yerdeğiştirmesi de 8.33 kat artmaktadır. Dalga kuvveti etkililmediğinde yani sadece (G+P+W) yükleri altındaki sistemin çözümünden δ_x değeri 0.008308 m bulunmaktadır. Bu değer dalga kuvveti gözönüne alındığında ve dalga yüksekliği $H_2 = 3.180$ m olduğunda meydana gelen yerdeğiştirmelerden %53.84 daha azdır. Dalga yüksekliği arttığıkça dalga kuvvetinin gözönüne alındığı durumdaki yerdeğiştirme ile dalga kuvvetinin gözönüne alınmadığı durumdaki yerdeğiştirme arasındaki fark daha da artmaktadır. Buradan iskeleye etkiyen dalga kuvvetlerinin dikkate alınması gerektiği görülmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] Kapdaşlı, S., Kıyı Mühendisliği, İTÜ Yayını, No: 1054, İstanbul, (1992).
- [2] Özkan, M.T., Toğrol, E., Bakioğlu, M., “İskelelere etkiyen darbeler”, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 3. Ulusal Kongresi, Boğaziçi, İstanbul, (1990).
- [3] Shore Protection Manuel, Vol. 2 , U. S. Department of the Army, Washington, (1984).
- [4] Yıldırım, S., Özaydın İ. K., “Derin temeller”, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 5. Ulusal Kongresi, ODTÜ, Ankara, (1994).
- [5] Toğrol, E., Kazıklı Temeller, Temel Araştırma A.Ş. Yayınları, No: 1, İstanbul, (1970).
- [6] Shibata Industrial Co. Ltd., Shibata Marine Fender Design Manual, Tokyo, Japonya.
- [7] Ageshou, H., Planning and Design of Ports and Marine Terminals, John Wiley and Sons, New York, (1983).
- [8] Aktürel, T., Yanaşma Yerleri Hesap Esasları, T.C. Bayındırlık Bakanlığı, Limanlar İnşaatı Genel Müdürlüğü, Ankara, (1978).
- [9] Ekinci, L.E., Özmen, H.İ., Özgüven, O., Çakma Kazıklı Yanaşma Yapılarının Projelendirilmesi, İstanbul, (1990).
- [10] Bridgestone Tire Co., Ltd., Bridgestone Marine Fender Design Manual, Tokyo, Japonya.
- [11] Ertarhanacı, M., Çakma kazıklı iskelelerin projelendirilmesi, Bitirme Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, İstanbul, (1995).



[12] Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Gemlik Kapaklı Köyü İskele Uzatılması İnşaatı Hesap Raporu, (1996).

[13] Habibullah A., Wilson E. L., SAP90 Yapı Analizi Kullanma Klavuzu, Lollar, (1992).

[14] Şahin, H., Elastik zemine oturan plaklar ve temel sistemlerinin çözümü, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, (1997).

[15] Bowles, J.E., Foundation Analysis and Design, McGraw Hill, 5.th Ed. New York, (1996).

