

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KIYI YANAŞMA YAPILARININ TASARIMI,
ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ezgi TOPSOY

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

MAYIS 2016

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KIYI YANAŞMA YAPILARININ TASARIMI,
ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ezgi TOPSOY
501131018**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Turgut ÖZTÜRK

MAYIS 2016

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501131018 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Ezgi TOPSOY, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “KIYI YANAŞMA YAPILARININ TASARIMI, ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Turgut ÖZTÜRK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Hüseyin YILDIRIM**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Ali KOÇAK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 02 Mayıs 2016
Savunma Tarihi : 09 Haziran 2016

ÖNSÖZ

Türkiye 3 tarafı denizlerle çevrili ve jeopolitik anlamda kıyıları çok değerli olan bir ülkedir. Çağımızda deniz taşımacılığının önemi artış göstermektedir ve gelişen teknoloji ile birlikte dünya çapında önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Dünya ticaretine hakim olan bölgelerdeki ülkeler kıyı liman yapılarına daha çok önem vermeye başlamıştır. Bir yarımada ülkesi olarak bu gelişmeler bizim de modern liman ve tersane tesislerine olan ihtiyacımızı arttırmıştır.

Bu gelişen dünyada, gelişen deniz ticareti faaliyetlerinde etkin rol alabilmek için ülkemizde de kıyı liman yapıları tasarımlarıyla ilgili çalışmalar son 10 sene içerisinde daha etkin bir hal almıştır. Kıyı ve liman yapılarına özel olarak hazırlanmış olan DLH (2008) Deprem Teknik Yönetmeliği tasarım aşaması için önemli bir kılavuz olmuştur. Yönetmelik kapsamında ayrıca daha önceden yapılmış olan yapıların performans değerlendirmelerinin yapılması için de gerekli bilgiler mevcuttur. Bu bilgiler ve veriler doğrultusunda var olan kıyı ve liman yapılarının kontrolleri ve sonrasında gerekli güçlendirme ve onarım çalışmalarının yapılmasıyla servis ömürlerinin daha sağlıklı ve verimli bir şekilde kullanılabileceği kanaatindeyim.

Bu çalışma süreci boyunca benden geniş bilgi birikimini, ilgi ve yardımını esirgemeyen ve her zaman sabırla bana destek olan sayın danışman hocam Prof. Dr. Turgut ÖZTÜRK'e, mühendislik hayatı boyunca edindiği tüm tecrübesini hiç tereddüt etmeden benimle paylaşan Yük. İnş. Müh. Murat KALENDER'e, her zaman bilgisi ve sabrıyla bana her anlamda yardımcı olan İnş. Müh. Deniz ÇAKON'a ve bu süreç boyunca bana verdikleri desteği her an hissettiren ve çalışmalarımı rahat sürdürebilmem için elinden gelen her şeyi yapan sevgili ailem ve hayat arkadaşım sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Mayıs 2016

Ezgi TOPSOY
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Kıyı ve Liman Yapıları	1
1.2 Planlama ve Tasarım	2
2. YANAŞMA YAPILARI	5
2.1 Yanaşma Yapıları Tipleri	5
2.1.1 Ağırlık tipi rıhtım duvarları	5
2.1.2 Parplanşlı rıhtım duvarları	5
2.1.3 Kazıklı yanaşma yapıları	6
2.1.3.1 Rıhtımlar	6
2.1.3.2 İskeleler	6
2.2 Kazıklı Yanaşma Yapılarının Yapısal Elemanları	8
2.2.1 Üst yapı elemanları	8
2.2.2 Kazıklar (altyapı elemanları)	10
2.2.2.1 Prekast betonarme kazıklar	10
2.2.2.2 Çelik kazıklar	11
2.2.2.3 Ahşap kazıklar	13
2.2.2.4 Kompozit kazıklar	13
2.2.2.5 Yerinde dökme betonarme kazıklar	13
3. DLH (2008) YÖNETMELİĞİNE GÖRE HESAP ESASLARI	15
3.1 Deprem Düzeyleri	15
3.1.1 D1 Deprem düzeyi	15
3.1.2 D2 Deprem düzeyi	16
3.1.3 D3 deprem düzeyi	16
3.2 Deprem Tasarım Spektrumları	16
3.3 Yapıların Deprem Performansı Bakımından Sınıflandırılması	18
3.3.1 Özel yapılar	18
3.3.2 Normal yapılar	18
3.3.3 Basit yapıları	19
3.3.4 Önemsiz yapılar	19
3.4 Tanımlanan Performans Düzeyleri	19
3.4.1 Minimum hasar performans düzeyi (MH)	19
3.4.2 Kontrollü hasar performans düzeyi (KH)	19

3.4.3 İleri hasar performans düzeyi (İH)	20
3.4.4 Göçme hasarı durumu (GH).....	20
3.5 Tasarım Yöntemleri.....	20
3.5.1 Dayanıma göre tasarım (DGT).....	20
3.5.2 Şekil değiştirmeye göre tasarım (ŞGT).....	20
3.6 Dayanıma Göre Tasarım (DGT).....	21
3.6.1 Yük tanımları.....	21
3.6.2 Deprem yükü azaltma katsayıları	21
3.6.3 Eşdeğer deprem yükü yöntemi	25
3.6.4 Mod birleştirme yöntemi	27
3.6.5 Yer değiştirmelerin sınırlandırılması	28
3.7 Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım (ŞGT).....	29
3.7.1 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi.....	29
3.7.2 Artımsal mod birleştirme yöntemi ile itme analizi.....	30
4. YANAŞMA YAPILARININ TASARIM ESASLARI	31
4.1 Tasarım Gemisi	31
4.1.1 Boyutlar.....	31
4.1.2 Tonaj ölçüleri	32
4.2 Yük Kabulleri	33
4.2.1 Sabit yükler	33
4.2.2 Hareketli yükler.....	33
4.2.3 Gemi çarpma yükü	33
4.2.4 Gemi bağlanma yükleri	37
4.2.5 Rüzgar yükü	28
4.2.6 Akıntı yükü.....	39
4.2.7 Dalga yükleri	40
4.2.8 Toprak yükleri.....	43
4.3 Yük Kombinasyonları	47
4.4 Kazık Taşıma Gücü Hesapları.....	47
4.4.1 Tekil kazığın taşıma gücü hesabı	47
5. YANAŞMA YAPISININ PROJELENDİRİLMESİ	51
5.1 Yapı Genel Bilgileri	51
5.2 Malzeme Bilgileri.....	52
5.3 Sismik Koşullar	52
5.4 Yük Kabulleri	52
5.4.1 Sabit yükler	52
5.4.2 Hareketli yükler.....	53
5.4.3 Gemi çarpma yükleri.....	53
5.4.4 Gemi bağlanma yükleri	55
5.4.5 Rüzgar yükü	56
5.4.6 Akıntı yükü.....	58
5.4.7 Dalga yükü	59
5.4.8 Toprak yükleri	61
5.4.9 Kreyin yükü.....	62
5.4.10 Deprem yükü	62
5.4.10.1 Deprem tasarım spektrumlarının belirlenmesi	62
5.4.10.2 Eşdeğer deprem ivmesi katsayılarının belirlenmesi.....	65
5.5 Yükleme Şekilleri.....	66
5.6 Kazık Bilgileri	67
5.7 Üst Yapı Bilgileri	70

5.8 Modal Analiz ve Deprem Hesabı	74
5.8.1 Deprem durumu deplasman kontrolleri	81
5.9 Kazık Hesapları	83
5.9.1 Kazık taşıma gücü hesapları	83
5.9.2 Kazık kesit tesirleri ve betonarme hesapları	84
5.10 Üst Yapı Hesapları	87
5.10.1 İmalat aşaması hesapları	87
5.10.2 Nihai durum hesapları	95
6. GÜÇLENDİRME VE ONARIM	99
6.1 Güçlendirme	99
6.2 Hasar Tipleri ve Onarım	105
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	113
KAYNAKLAR	117
EKLER	119
ÖZGEÇMİŞ	153

KISALTMALAR

DLH 2008	: Kıyı ve Liman Yapıları, Demiryolları, Hava Meydanları İnşaatlarına İlişkin Deprem Teknik Yönetmeliği
KYL-PTTE	: Kıyı Yapıları ve Limanlar Planlama Tasarım ve Teknik Esasları
TS 500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
TDY 2007	: Türk Deprem Yönetmeliği
DBYBHB	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
PIANC	: Seismic Design Guidelines for Port Structures
CERC	: Coastal Engineering Research Center □ □

SEMBOLLER

A_s	: Donatı alanı
B	: Gemi bağlama yükü
c	: Kohezyon değeri
c_a	: Adhezyon değeri
C_e	: Dış merkezlilik faktörü
C_m	: Hidrodinamik atalet katsayısı
C_s	: Esneklik faktörü
C_c	: Yanaşma şekli faktörü
D	: Kazık çapı
d	: Su derinliği
E	: Elastisite modülü
e	: Kazıklar arası mesafe
E_f	: Gemi yanaşma enerjisi
F_a	: Kısa periyod zemin katsayısı
F_v	: 1sn periyodu zemin katsayısı
f_{ck}	: Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{ctd}	: Betonun tasarım çekme dayanımı
f_{yk}	: Donatı çeliği akma dayanımı
f_{ywd}	: Kayma donatısı tasarım akma dayanımı
h_k	: Kazık büküm noktası
K	: Yanal toprak basıncı
k_h	: Yatak katsayısı
k_{py}	: Yatay katsayısı değişim sabiti
L_p	: Plastik bölge uzunluğu
$M_{x,1}$	: x doğrultusunda birinci modda etkin kütle
M_p	: Plastik moment
M_t	: Yapı kütlesi
M_s	: Gemi kütlesi
N_q	: Taşıma gücü katsayısı
P_{sb}, P_{sd}	: Nihai direnç
p	: Gerçek yanıl direnç
Q	: Uç direnci
Q_p	: Maksimum uç direnci
R_y	: Dayanım azaltma katsayısı
S_{ae}	: Tasarım spektrum ivmesi
S_{MS}	: Kısa doğal titreşim periyoduna karşılık gelen spektral ivme
S_{M1}	: 1sn periyoduna karşılık gelen spektral ivme
t	: Et kalınlığı
T	: Doğal titreşim periyodu
T_0, T_s	: Spektrum köşe periyodları
T_L	: Uzun periyod bölgesine geçiş periyodu
V	: Gemi yanaşma hızı

V_t	: Toplam deprem yükünün birleştirilmiş değeri
$V_{x,1}$	: Eşdeğer deprem yükü
z	: Kazığın gömülü olduğu tabaka kalınlığı
δ	: Esas yer değiştirme
β	: Yer değiştirme büyütme katsayısı
μ	: Süneklik
ρ_A	: Havanın özgül kütlesi
ρ	: Suyun özgül kütlesi
φ	: Zemin içsel sürtünme açısı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Kısa periyod zemin katsayısı.....	18
Çizelge 3.2 : 1.0 sn periyodu zemin katsayısı.	18
Çizelge 3.3 : Kazıklı iskele ve rıhtımlara çeşitli deprem düzeylerinde uygulanacak tasarım yöntemleri.	21
Çizelge 3.4 : Deprem yükü azaltma katsayısı.....	24
Çizelge 3.5 : Kazıklı iskele ve rıhtımlarda taşıyıcı sistem davranış katsayıları.	25
Çizelge 3.6 : Kazıklı iskele ve rıhtımlarda izin verilen görelî öteleme oranları.....	28
Çizelge 4.1 : Ölü ağırlık tonajı ve gros tonaj arasındaki ilişki.	32
Çizelge 4.2 : Gemilerin deplasman tonajı ile ölü ağırlık tonajı/gros tonajı	34
arasındaki ilişki.	34
Çizelge 4.3 : DWT ve GT verileri ile L_{BP} arasındaki ilişki.	36
Çizelge 4.4 : DWT ve yanaşma hızları.....	37
Çizelge 4.5 : Gemilerin bağlanma kuvvetleri.	38
Çizelge 4.6 : Rıhtımlar için baba aralık ve sayıları.	38
Çizelge 4.7 : Kazıklı rıhtım ve iskeleler için yük kombinasyonları	47
Çizelge 4.8 : Taşıma kapasite katsayıları	48
Çizelge 4.9 : Toprak basıncı katsayıları.	48
Çizelge 4.10 : Kazık-zemin arası sürtünme açısı.....	49
Çizelge 5.1 : DLH (2008) zemin sınıfları.....	52
Çizelge 5.2 : 20 000 DWT gemi özellikleri.....	54
Çizelge 5.3 : Yapının spektral ivme değerleri.	62
Çizelge 5.4 : Deprem yükü hesap parametreleri.....	64
Çizelge 5.5 : D1 deprem düzeyi için spektrum hesabı	64
Çizelge 5.6 : D2 deprem düzeyi için spektrum hesabı.	65
Çizelge 5.7 : Yapıya etkiyen yükler.	66
Çizelge 5.8 : Servis durumu ve faktörlü yük kombinasyonları	66
Çizelge 5.9 : Deprem durumu yük kombinasyonları.....	67
Çizelge 5.10 : Kazık özellikleri	67
Çizelge 5.11 : Ano 1 yapısal bilgiler	70
Çizelge 5.12 : Yapı modal periyod ve frekans değerleri	75
Çizelge 5.13 : Etkin kütle katılım oranları özet tablosu	75
Çizelge 5.14 : Deprem yükleri özet tablosu.....	75
Çizelge 5.15 : X yönünde toplam deprem kuvveti hesabı	76
Çizelge 5.16 : Y yönünde toplam deprem kuvveti hesabı	77

Çizelge 5.17 : Yer değiştirmeler özet tablosu.....	82
Çizelge 5.18 : Yapılan sondajların listesi	83
Çizelge 5.19 : Kazık taşıma gücü parametreleri.	83
Çizelge 5.20 : Kazık taşıma gücü özet tablosu	84
Çizelge 5.21 : İmalat aşaması başlık kirişleri donatı hesap özetı.	93
Çizelge 6.1 : Tasarım gemileri özellikleri özetı.....	100
Çizelge C.1: D2,R=2.5 için X yönünde toplam deprem kuvveti hesabı	138
Çizelge C.2: D2,R=2.5 için Y yönünde toplam deprem kuvveti hesabı	139
Çizelge C.3: Deprem yükü kontrol hesabı.....	140
Çizelge C.4: D2,R=4 için X yönünde toplam deprem kuvveti hesabı	141
Çizelge C.5: D2,R=4 için Y yönünde toplam deprem kuvveti hesabı	142
Çizelge C.6: Deprem yükü kontrol hesabı.....	143
Çizelge C.7: D1,R=1 için X yönünde toplam deprem kuvveti hesabı	144
Çizelge C.8: D1,R=1 için Y yönünde toplam deprem kuvveti hesabı	145
Çizelge C.9: Deprem yükü kontrol hesabı.....	146
Çizelge D.1: BK-1 donatı hesabı	148
Çizelge D.2: BK-2 donatı hesabı	149
Çizelge D.3: BK-3 donatı hesabı	150
Çizelge D.4: BK-4 donatı hesabı	151

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Şekillerine göre iskele tipleri.....	7
Şekil 2.2 : Düşey kazıklı iskele.....	7
Şekil 2.3 : Eğik kazıklı iskele	8
Şekil 2.4 : düşey ve eğik kazıkların kombinasyonundan oluşan iskele.	8
Şekil 2.5 : Betonarme üst yapı elemanları	9
Şekil 2.6 : Çelik kazık tipleri	11
Şekil 3.1 : Deprem tasarım spektrum eğrisi.....	17
Şekil 3.2 : Deprem etkisi altında yapı davranışı.	22
Şekil 3.3 : Dayanım azaltma katsayısı..... Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	23
Şekil 3.4 : Kapasite eğrisi	30
Şekil 4.1 : Gemi boyutları ile ilgili tanımlar.....	32
Şekil 4.2 : Gemi yanaşma şekli.....	35
Şekil 4.3 : İskelede etkili dalga kuvvetleri.....	40
Şekil 4.4 : Kazık tiplerine göre C_D değerleri	42
Şekil 5.1 : DLH (2008) e göre önerilen usturmaça yerleşim planı.....	55
Şekil 5.2 : Sürekli rıhtım halinde bağlanma düzeni.....	56
Şekil 5.3 : Rıhtım boş iken rüzgar yüklemesi.....	57
Şekil 5.4 : Rıhtım dolu iken rüzgar yüklemesi (denizden karaya)	57
Şekil 5.5 : Rıhtım dolu iken rüzgar yüklemesi (karadan denize)	58
Şekil 5.6 : Dalga yüklerinin şematik gösterimi	60
Şekil 5.7 : Toprak yüklerinin şematik gösterimi	61
Şekil 5.8 : Kreyn sistemi görünüşü.....	62
Şekil 5.9 : Kısa periyod zemin katsayısı grafiği	63
Şekil 5.10 : 1 sn periyodu zemin katsayısı grafiği	63
Şekil 5.11: D1 deprem düzeyi spektrum eğrisi.....	64
Şekil 5.12 : D2 deprem düzeyi spektrum eğrisi.....	65
Şekil 5.13 : Tipik kazık kesiti	68
Şekil 5.14 : Kazık yerleşimi plan görünüşü.....	69
Şekil 5.15 : Kazık yerleşimi kesit görünüşü	69
Şekil 5.16 : Yapının genel kesiti.....	71
Şekil 5.17 : Kazık yanal zemin yayları	72
Şekil 5.18 : Yapı bilgisayar modeli	73
Şekil 5.19 : Modal deformasyon şekli-Mod1	78
Şekil 5.20 : Modal deformasyon şekli-Mod2	78
Şekil 5.21 : Modal deformasyon şekli-Mod3	79
Şekil 5.22 : D1-D2 karşılaştırması(kazık başlık momentleri)	79
Şekil 5.23 : D1-D2 karşılaştırması(kazık uç kuvvetleri)	80
Şekil 5.24 : C6-C12 karşılaştırması (kazık uç kuvvetleri).....	80
Şekil 5.25 : R katsayısına bağlı değişimler.....	81

Şekil 5.26 : h yüksekliğinin tayini	82
Şekil 5.27 : Kazık-tabliye birleşim noktası için boyuna donatı alanları	85
Şekil 5.28 : Betonarme tasarımı yapılmış tipik kazık kesiti	87
Şekil 5.29 : İmalat aşaması için kullanılan yapı hesap modeli	88
Şekil 5.30 : BK1 başlık kirişi.....	88
Şekil 5.31 : BK2 başlık kirişi.....	89
Şekil 5.32 : BK3 başlık kirişi.....	90
Şekil 5.33 : BK4 başlık kirişi.....	91
Şekil 5.34 : İmalat aşaması başlık kirişleri M1-1 moment diyagramı	92
Şekil 5.35 : İmalat aşaması başlık kirişleri M2-2 moment diyagramı	92
Şekil 5.36 : İmalat aşaması başlık kirişleri Vmax kesme kuvveti diyagramı	92
Şekil 5.37 : Prekast plak plan ve kesit görünüşü	93
Şekil 5.38 : Prekast plak hesapları	94
Şekil 5.39 : Prekast plak sehim kontrolü	95
Şekil 5.40 : Başlık kirişleri plan ve kesit görüntüsü	96
Şekil 6.1 : Yıllara göre L_{OA} :150-200m arası olan gemiler	100
Şekil 6.2 : Gemi yanalma enerjileri.....	101
Şekil 6.3 : Usturmaça boyutları	101
Şekil 6.4 : Yapı kesit görünüşü.....	102
Şekil 6.5 : Ek tabliye birleşim detayı	103
Şekil 6.6 : Usturmaça reaksiyon kuvveti	103
Şekil 6.7 : Kazık uç kuvvetleri.....	104
Şekil 6.8 : Tabliye kesme kuvveti diyagramı	104
Şekil 6.9 : Korozyona maruz kalan kazık gövdesi.....	105
Şekil 6.10 : Korozyona maruz kalan kazık başlık bölgesi.....	105
Şekil 6.11 : Çelik kazık donatı detayı	106
Şekil 6.12 : Çelik kılıf uygulaması	107
Şekil 6.13 : Katodik boya uygulaması	107
Şekil 6.14 : Boya uygulaması	108
Şekil 6.15 : Korozyon sebebiyle hasar gören üst yapı.....	108
Şekil 6.16 : Üst yapı onarım çalışması	109
Şekil 6.17 : Deprem sebebiyle hasar gören başlık kirişi.....	110
Şekil 6.18 : Epoksi uygulaması.....	111
Şekil 6.19 : Ek başlık bölgesi donatı detayı.....	111
Şekil A.1 : Rüzgar geliş açısı ile rüzgar kuvveti katsayıları arasındaki ilişki	120
Şekil A.2 : Çok büyük petrol tankerleri için rüzgar kuvvet katsayıları	121
Şekil A.3 : Yük gemileri için rüzgar kuvvet katsayıları	122
Şekil A.5 : Konteyner gemileri için	123
Şekil A.6 : Bütün gemiler için derin denizde akıntı kuvveti direnç katsayıları.....	124
Şekil A.8 : Boyuna akıntı kuvveti için derinlik düzeltme faktörü	125
Şekil A.9 : Sığ sularda ağırlıkları değişen tankerlerde boyuna akıntı değişimi.....	125
Şekil B.1 : DS3 no'lu sondaja göre taşıma gücü hesabı	128
Şekil B.2 : DS7 no'lu sondaja göre taşıma gücü hesabı	129
Şekil B.3 : DS14 no'lu sondaja göre taşıma gücü hesabı	130
Şekil B.4 : DS28 no'lu sondaja göre taşıma gücü hesabı	131
Şekil B.5 : DS29 no'lu sondaja göre taşıma gücü hesabı	132
Şekil B.6 : DS30 no'lu sondaja göre taşıma gücü hesabı	133
Şekil B.7 : DS51 no'lu sondaja göre taşıma gücü hesabı	134
Şekil B.8 : DS52 no'lu sondaja göre taşıma gücü hesabı	135

KIYI YANAŞMA YAPILARININ TASARIMI, ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ

ÖZET

Sunulan tez çalışması kapsamında kıyı ve liman yapıları ile ilgili ülkemizde kullanılan yönetmelikler kapsamında bir yanaşma yapısının dizaynı ele alınmıştır. Tasarım ve dizayn aşamalarında DLH 2008 Deprem Teknik Yönetmeliği ve KLY Planlama ve Tasarım Teknik Esasları kapsamlarında verilen teoriler ve formüller kullanılmıştır.

Liman tasarımı ve elemanları hakkında bilgiler ve gerekli tanımlamalar çalışma kapsamında sunulmuştur. İncelenecek yapının kazıklı yanaşma yapısı olması uygun bulunarak söz konusu yapı ile ilgili tüm kazık ve üst yapı elemanları ile ilgili detaylı bilgiler ve dizayn esaslarına yer verilmiştir. Çelik boru kazıklardan ve iki tip anodan oluşan sistemin yükleme ve yük kombinasyonları sistemli bir şekilde yapılmış ve dizayn aşamasında en elverişsiz sonuçları veren yüklemeler esas alınmıştır.

Tasarlanan iskele 1. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. İskelenin hesaplamalarında tasarım gemisi 20000 DWT' luk yük gemisi olarak seçilmiştir. Yapıda kullanılan beton sınıfları C30 ve C40, donatı çeliği ise S420 olarak seçilmiştir. Modellemeler SAP 2000 V.15.2.1 bilgisayar programı ile yapılmıştır.

Bölüm 5' te yapının tasarımı ve dizaynı detaylı bir şekilde incelenmiş hem imalat aşaması için hem de nihai durum için statik ve dinamik analizler yapılmıştır.

Tasarım gemisinin boyutlarının değişmesi, yükleme şekillerinde zamanla meydana gelen değişiklikler ve sismik hareketlerin yarattığı hasarlar ile ilgili sistemde onarım ve güçlendirmelerin yapılması uygun bulunmuştur

.

DESIGN, REPAIR AND STRENGTHENING OF A SHORE DOCKING STRUCTURE

SUMMARY

As a critical connection in an aggregate transportation chain, ports have for some time been door for merchandise and individuals to stream into urban communities and countries. They serve as a trade between the area and ocean transport and are utilized for assembling and separating commodities moved in mass or in holders.

The ports are areas that are attached to a sea, ocean or river by connecting waterway and are essentially considered as entities. They are equipped with infrastructure and technical facilities of any kind that allow them to manage the load type for which they are specialized. Its basic function is to provide shelter to a different extent to ships, allowing the transfer of goods from one means of transport to another. They also function as node link between sea and land and are a clear example of intermodality (Tarantola,2005).

Truly, port advancements and their development have started, inspired by both monetary and mechanical weights coming about because of the worldwide modern upheaval.

In the course of the last ten to a quarter century has been significant change and new thinking in the configuration and development of port and harbor structures.

Port facilities are the main transportation bases for world trade. Ports are multi-purpose offices, a spot where rail, truck, scow, ship, and other transport techniques focalize. Along these lines, ports assume a key part in moving items both to different nations and to the inside of the nation.

The port's terminal makes conceivable the docking and the taking care of, capacity and exchange of load. Ports are intended to handle a wide assortment of sorts of payload: mass or free, breakbulk in bundles. Seaborne exchange has expanded considerably, to a limited extent as a result of the huge redistribution of assembling to minimal effort areas (outsourcing) and to some extent due to continuous financial development. This underlines the developing significance of logistics to sort out the subsequent complex conveyance framework.

The effects of port base ventures are expect of a positive impact of port throughput on neighborhood financial improvement. Notwithstanding, prove over the world underlines that this impact is frail, with versatility levels amongst throughput and business that are ordinarily under 0.05 occupations for each 100 tons. This infers development in movement volumes are not connected with huge direct picks up in occupation. This versatility is among the weakest in the vehicle division, especially concerning air terminals, which are the foundation with the most astounding flexibility. Still, the work effects of ports are certain and are generally higher for the administration area than for the modern segment. Experimental proof underlines that port framework speculation ventures do cultivate financial improvement and are essential when a port is nearing its operational limit. Under such circumstances, the

absence of ventures will obviously prompt extra externalities, to be specific blockage, which will undermine the aggressiveness of an entire area, if not a country. The presentation of holder frameworks for transporting products resulted in drastically diminishes ship pivot time, velocity and proficiency and wellbeing of taking care of a wide range of containerized cargoes. This new innovation radically changed the way to deal with port arranging.

Port improvement can allude either to the production of another port or to the development of existing one, normally went for expanding its capacity or overhauling port operations. the issue of port improvements is analyzed at three diverse levels: national, nearby and port terminal. Complete investigation of the above can be a confused method since it presupposes a commitment by numerous masters of different controls. The analysis laid out in this study derives from discipline of a civil engineer specialized in port planning and design.

As a very under the scope of submitted thesis a docking structure is designed under the regulations of specifications related to coastal and harbor structures. Theorems and formulas used for planning and design are taken from “DLH 2008“ and “KLY 2007”

Information and necessary descriptions for design of a harbor & related structures are submitted. The structure to be studied is chosen as pier and detailed information & design parameters are provided for piles and related upper structures.

The system consisting of steel pipe piles and two types of parts' loading conditions and combinations are analyzed systematically and the most unfavorable loading conditions are chosen for design calculations.

The Designed pier is located in the 1st degree earthquake zone. 20 000 DWT Cargo ship is chosen as design ship for calculations. Concrete class for structures is defined as C30&C40 and rebar is defined as S420. Modeling is completed with SAP 2000 V.15.2.1 program.

Detailed analyzes for planning and design of structure are in Chapter 5 and for both construction stage and final stage statical and dynamical analyzes are completed.

Under the circumstances of changes in design ship dimensions, loading conditions and damages occurred due to seismic activities it is observed that repair and strengthening is appropriate for the structure.

Most important thing in a design of docking structure is the design ship. Due to construction of the ports is very expensive and high scale constructions, it is very important to obtain maximum efficiency and life time for country's economy.

To define design ship it is chosen that biggest ship possible to dock. However with developing ship and logistic technology docking structure may face with a bigger ship than the design ship and thus docking structure can be damaged seriously and irreversibly by oversize ships which cause a very specific drop for capacity of docking structure. To avoid this additional construction or strengthening might be appropriate for docking structure under local data and statistics.

Damages occurred on docking structures affects the service life critically. Damages vary as small and repairable or major and may affect stability, resistance and endurance. To operate structure properly, regular checks should be done to detect these damages and necessary repairs should be complete.

In this section, several damage occurrences has been shown for increment of design ship dimensions and various preventions & repairs have been defined for these circumstances.

All loading conditions should be separately and exhaustively inspected and every loading type should be included for design of coastal and harbor structures. Due to this kind of structures are large scale and costly constructions that complex and contain several disciplines; structures should be designed and constructed with more attention and importance. It is suggested that necessary preliminary examinations and surveys should be completed to maximize the efficiency of DGT method which is more applicable on site construction. It is also suggested that to define and repair damages properly under the regulations and to ensure necessary inspections, renovation of legislation is needed.

1. GİRİŞ

1.1 Kıyı ve Liman Yapıları

Limanlar ulaştırma zincirinin çok önemli bir kısmını oluşturduğu için bulundukları bölgelerde büyüme ve gelişmelere yardımcı olan tesislerdir. Limanlar, gemilere dalga, akıntı, fırtına ve buz gibi çevresel etkenlere karşı koruma sağlayan, rıhtım ve iskele gibi yanaşma yapılarına gemilerin ve diğer deniz taşıma araçlarının yanaşıp bağlanabileceği veya demirleyebileceği olanakları sunan, tekne ile kıyı arasında gerekli yük, insan nakli ve muhafazası için tesisler barındıran, sınırlandırılmış kara ve deniz alanları olarak tanımlanırlar.

Lojistik ve taşıma sistemleri ülkelerin ekonomik gelişmelerinde etkin rol oynayan etkenlerdendir. Ekonomik anlamda uygunluğu ve taşıma kapasitesinin diğer lojistik sistemlere göre çok daha fazla olmasından dolayı deniz taşımacılığı dünya ticaretinde en büyük orana sahip olan lojistik sistemidir. Malların taşınması için karayolları ve demiryollarının kullanımıyla deniz taşımacılığı karşılaştırıldığı zaman ciddi maddi farklar ortaya çıkmaktadır. Tüm bu sebeplerden dolayı dış ticaret kapsamında deniz yolu taşımacılığı en akıl karı olanıdır.

Kıyı ve liman yapıları ile ilgili gelişmeler özellikle I. Dünya Savaşı sonrasında hız kazanmıştır ve dünya çapında artan ticaret hacmi sebebiyle de günümüzde önemleri gittikçe artmaktadır.

Özellikle son yirmi yıl içerisinde yaşanan deprem ve tsunami felaketleri, dünya çapında kıyı ve liman yapılarının tasarımı konusunun önem kazanmasına sebep olmuştur. Global bir kuruluş olan PIANC (2001) ile yayınlanan rehber ile özellikle sismik yükler altında liman tasarımı ile ilgili detaylı hesaplamalar ve tasarım kriterleri literatüre girmiştir.

Ülkemizde Yüksel ve Çevik (2006), yayınladıkları kitaplarında tasarım kriterleri olarak söz konusu rehberden faydalanarak deprem yüklerine karşı dayanıklı kıyı ve liman yapılarının tasarımı ile ilgili geniş çaplı bilgiler sunmuşlardır.

DLH (2008), 2007 yılında hazırlanmış ve sonrasında kapsamı genişletildikten sonra 2008 yılında yürürlüğe girmiş olan Kıyı ve Liman Yapıları, Demiryolları ve Hava Meydanlarına İlişkin Deprem Teknik Yönetmeliği ile deprem düzeyleri, performans sınıfları, tasarım kriter ve yöntemleri sunulmuştur. Aynı zamanda yürürlüğe giren Kıyı Yapıları ve Limanlar Planlama ve Tasarım Teknik Esasları kapsamında hesaplamalarda kullanılacak yük sınıfları ve yükleme şekilleri sınıflandırılmış ve tanımlanmıştır.

Ülkemizde birincisi 2013, ikincisi 2015 yılında düzenlenmiş olan Ulusal Liman Kongrelerinde var olan liman ve yanaşma yapılarının çalışma kapasiteleri, verimlilikleri, yapılarda çeşitli sebeplerden oluşan hasarlar ve onarımları hakkında çalışmalar ve tartışmalar yürütülmüştür. Bu kapsamda Yüksel ve Orhan (2013), liman yapılarının sismik riskleri, bu sismik yüklemeler sonucunda oluşabilecek hasarlar konusunda bilgi vermişlerdir.

1.2 Planlama ve Tasarım

Kıyı ve liman yapıları tasarım ve planlamasında dünya ekonomisinde yaşanan gelişmeler, ürünler ve dolayısıyla yük türleri, gemi çeşitliliğinin artması gibi etkenler küçümsenmemektedir. Oysaki hem tasarım hem planlama anlamında söz konusu parametreler büyük önem taşımaktadır. Bunların yanında coğrafik etkenler, sismik yükler tasarım aşamasında dikkate alınması şart olan parametreleri oluştururlar. Kıyı ve liman yapılarında denizden gelen dalga, rüzgar, akıntı gibi yükleri kadar deprem yükleri de etken rol oynamakta ve dizayn aşamasında bu durumlar göz ardı edilirse ciddi hasarlar oluşabilmektedir.

Çalışma kapsamında incelenen düşey kazıklı yanaşma yapısı DLH (2008) esaslarına göre tasarlanmış, imalat ve nihai durumlar için ayrı ayrı kazıklarda ve üst yapı elemanlarında statik-dinamik analizler detaylı olarak yapılmıştır. Yönetmelikte verilen deprem düzeyleri ve onlardan elde edilen sismik parametreler, deprem hesap yöntemleri birbirleriyle karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Tasarım gemisinin boyutlarında oluşabilecek değişiklikler göz önüne alınarak tasarım daha büyük gemiler için tekrarlanmış ve gerekli görülen güçlendirmeler yapılmıştır.

Yapının inşasından bu yana maruz kaldığı dış etkiler sebebiyle yapıda oluşmuş olması muhtemel hasarlar için onarımlar öngörülmüştür. Yapılan tüm hesaplar ve incelemeler neticesinde elde edilen veriler ve sonuçlar sunulmuştur.

2. YANAŞMA YAPILARI

2.1 Yanaşma Yapıları Tipleri

Yanaşma yapıları yapısal anlamda kıyısında bulunduğu deniz ile etkileşimleri, sismik yüklerin etkileri ve dış yükler açısından stabiliteleri parametreleri kapsamında gruplandırılırlar.

2.1.1 Ağırlık tipi rıhtım duvarları

Ağırlık tipi rıhtım duvarları iyi nitelikli doğal taş ya da beton blokların yerleştirilmesinden oluşturulan en eski yanaşma yapısı tipidir. Servis ömürleri boyunca çok az bakım gerektiren bu duvar tipleri aynı zamanda uzun ekonomik ömre sahiptirler. Doğal taşla göre ekonomik olmasından dolayı duvarlar için kullanılan başlıca malzeme betondur. İnşaat aşamasında kolaylık sağladığından ve uygulama sırasında hasarları önlemek açısından prekast beton elemanlar tercih edilir. Ağırlık tipi duvarlar, toprak basıncı, su basıncı, deprem kuvvetleri ve taban sürtünme kuvvetine karşı koymak zorundadırlar. Yapıya etkiyen yatay kuvvetler çok fazla olduğundan ağır elemanlar kullanılarak inşa edilirler. Bu sebepten yapının oturtulduğu zemin özellikleri servis ömrü açısından çok önemlidir. Bu tip yapılarda temelde güçlendirilme yapılması önerilir. Ağırlık tipi rıhtım duvarları, uygulama yöntemlerine ve duvar tiplerine göre sınıflandırılırlar. Bunlar betonarme L duvarlar, keson türü duvarlar, hücre tipi beton blokluk duvarlar, dolu tip blokluk duvarlar, yerinde dökme beton duvarlar olarak sıralandırılabilirler.

2.1.2 Parplanşlı rıhtım duvarları

Sistemde aktarılabacak yükler çok büyük olmadığında eğer zemin de parplanş çakımına uygunsa parplanşlı rıhtım duvarları kullanılabilir. Deniz tabanı sağlam kaya iken üzerinde bulunan zeminin gevşek olması durumunda parplanş emniyetli bir şekilde soketlenemediği için, deniz tabanının kaya olması bu sistemler için uygundur. Bu tip sistemlerin ekonomik ve uygulanabilir olmasında su derinliği önemli bir faktördür.

Parplanşlı duvarlar tek başlarına yatay yükleri karşılayamadıklarından bağlantı halatları ve istinat yapılarıyla desteklenirler. Kazığın yatay yüklerden kaynaklanacak hareketlenmelerini önlemek için soketleme işlemi yapılır. Taşıma kapasitesi ve uygulama kolaylığı açısından günümüzde yaygın olarak çelik I profilli parplanşlar kullanılmaktadır. Bu tip rıhtım duvarları servis ömürleri boyunca stabilite ve kazıkların yüklere karşı dayanımı açılarından düzenli olarak kontrol edilmelidir.

2.1.3 Kazıklı yanaşma yapıları

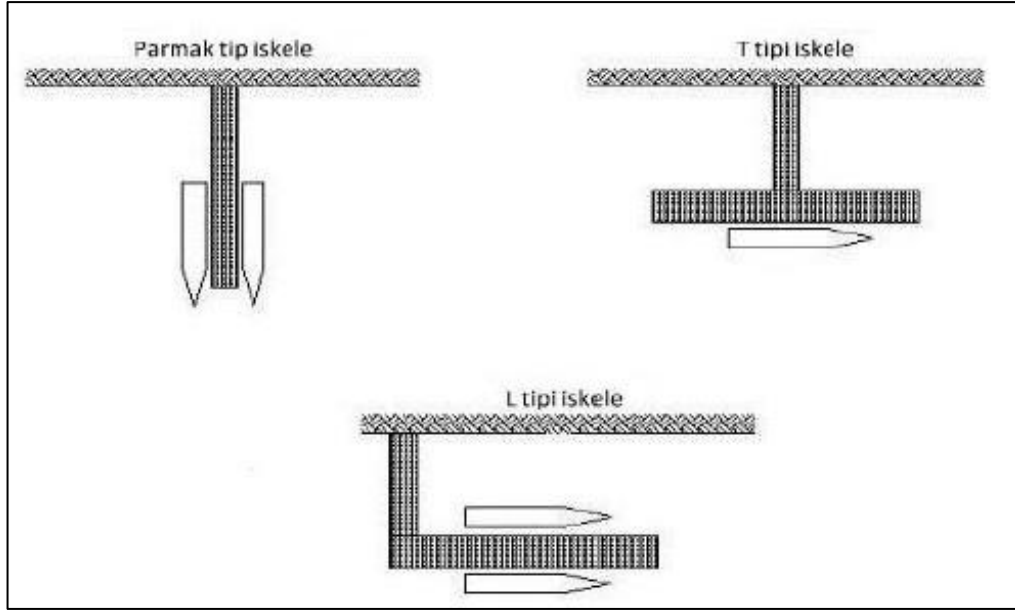
Kazıklı yanaşma yapıları kıyı çizgisine göre konumları itibariyle iki başlık altında incelenirler.

2.1.3.1 Rıhtımlar

Kazıklı rıhtımlar, kıyı şeridinde paralel olarak inşa edilirler. Rıhtımlar tek taraftan gemi yanaşmasına imkan verirken, diğer tarafından karaya bağlı olan yapı sistemleridir. Rıhtımın arka bölgesinde bulunan toprak dolgu kazıkların arasından denize doğru bir şev oluşturur. Bu durumdan kaynaklanan toprak basıncını dengelemek ve sistemin stabilitesini sağlamak amacıyla parplanş ve istinat sistemleri ile beraber inşa edilirler.

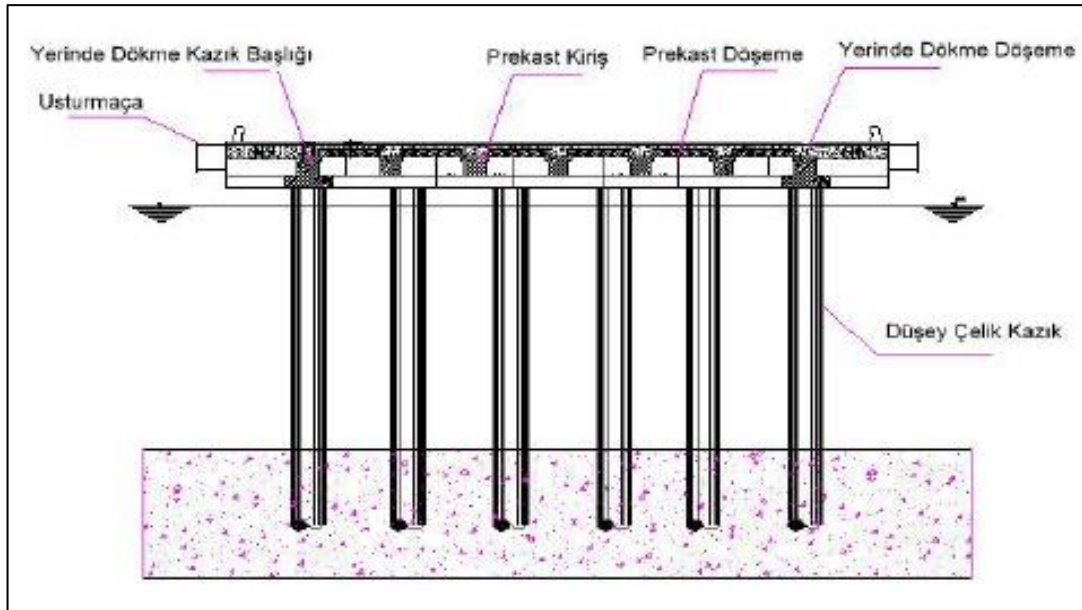
2.1.3.2 İskeleler

İskeleler yapısal olarak kazıklar ve kazıkların üzerine oturtulan plaklardan oluşan kıyıya dik yanaşma yapılarıdır. Genel olarak kazıklı inşa edilen iskele yapılarında çok yaygın olmamakla beraber keson ya da beton blok elemanlar kullanılarak da inşa edilebilirler. Kıyı çizgisine dik veya açılı şekilde inşa edilen iskelelerin birden fazla yanaşma yüzeyleri bulunabilir. Yanaşma yüzeylerinin şekillerine göre **Şekil 2.1'** de gösterildiği gibi T tipi, L tipi ve Parmak tip şeklinde olabilirler. Söz konusu şekiller arasında hangisinin uygun bulunacağı seçilirken en önemli etken su derinliğidir.

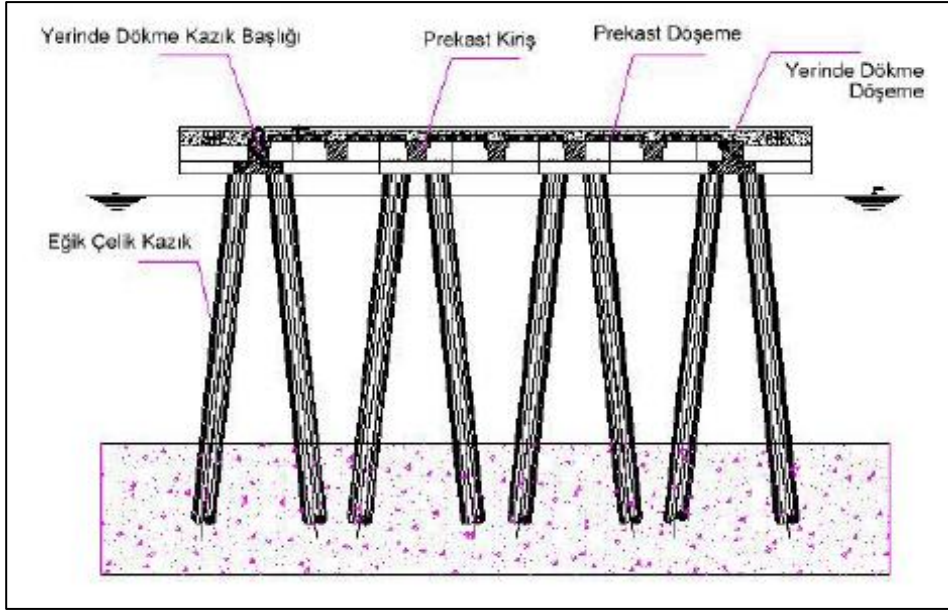


Şekil 2.1: Şekillerine göre iskele tipleri.

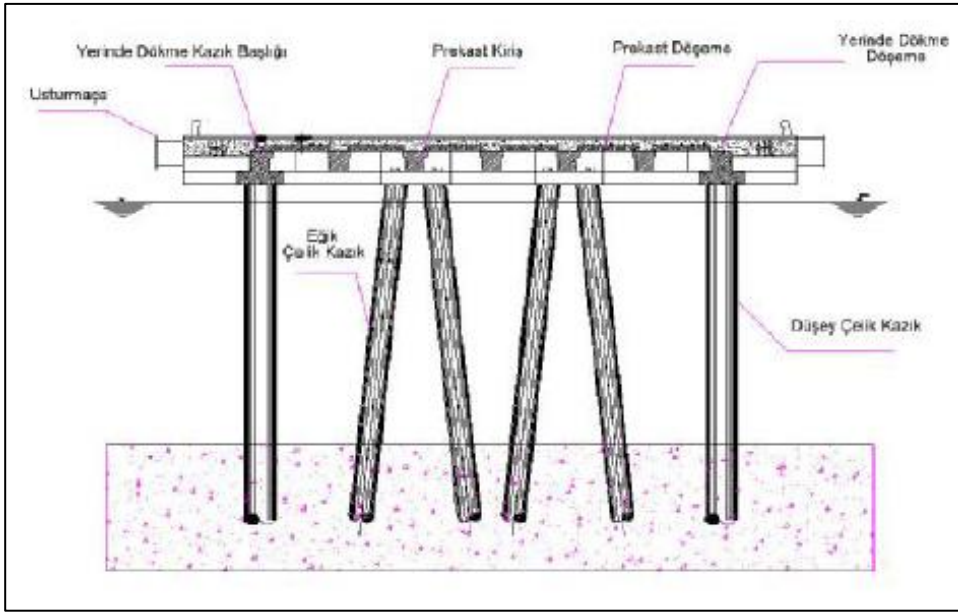
İskele yapıları kapalı ya da açık yüzlü olarak tasarlanabilirler fakat yaygın olarak açık yüzlü iskeleler tercih edilmektedir. İskele yapısının ne tip olacağına karar verilirken sismik koşullar, zemin koşulları, su derinliği, akıntı ve dalga iklimi parametreleri detaylı bir şekilde incelenir. İskele yapılarında sırasıyla **Şekil 2.2**, **Şekil 2.3** ve **Şekil 2.4**' te gösterildiği gibi düşey kazıklı, eğik kazıklı ya da düşey ve eğik kazıkların kombinasyonundan oluşan kazık sistemleri kullanılabilir.



Şekil 2.2: Düşey kazıklı iskele.



Şekil 2.3: Eğik kazıklı iskele.



Şekil 2.4: Düşey ve eğik kazıkların kombinasyonundan oluşan iskele.

2.2 Kazıklı Yanaşma Yapılarının Yapısal Elemanları

2.2.1 Üst yapı elemanları

Betonarme olarak dizayn edilen üst yapıyı oluşturan elemanların, yapıya etki edecek tüm yükleri ve onlardan doğacak olan yük bileşenlerini kazık başlık kirişleri yardımı ile yapının temel taşıyıcıları olan kazık sistemlerine sorunsuzca aktarılabilmesi gerekmektedir.

2.2.2 Kazıklar (Altyapı elemanları)

Yapının inşa edileceği bölgede sağlam zeminin derinde olması ve yapılarda oluşan yüklerin zemin taşıma gücü yetersizliği sebebiyle sağlıklı taşınamaması durumlarında derin temel sistemleri kullanılmaktadır. Bu temel sisteminde alt yapı elemanları olarak kazıklar kullanılır ve böylece üst yapı derindeki sağlam zemin tabakasına soketlenmiş olur.

Kıyı yapılarında da kazıklar, deniz tabanında ve sağlam olmayan zemin şartlarında yapıyı göçme ve aşırı oturmalar yapmadan taşıyabilecek daha sağlam tabakalara ulaşmak için kullanılan sistemlerdir. Özellikle kazıklı yanaşma yapılarında kazık sistemleri, yapının sismik kuvvetler, denizden gelen dalga, rüzgar ve akıntı gibi etkenlere karşı stabilitesini sağlamak zorundadırlar. Bu anlamda kazıkların tasarımı yapılırken sadece düşeyden gelen ölü ve hareketli yüklerin değil aynı zamanda yatayda oluşabilecek gemi çarpması ve yanaşması, baba çekmesi gibi yüklerin de göz önünde bulundurulması gereklidir. Tasarım ilkesi olarak kazıklardan beklenen performans düzeyi, yapının servis ömrü boyunca izin verilen deplasman sınırları içinde kalarak, göçme riski oluşturmamasıdır.

Kazıklar, çakma kazıklar ve yerinde dökme kazıklar olarak iki başlık altında toplanırlar. Prekast betonarme kazıklar, çelik kazıklar, kompozit kazıklar ve ahşap kazıklar çakma kazık sınıfına, yerinde dökme betonarme kazıklar ise yerinde dökme kazıklar sınıfına girmektedir (Toğrol,2003).

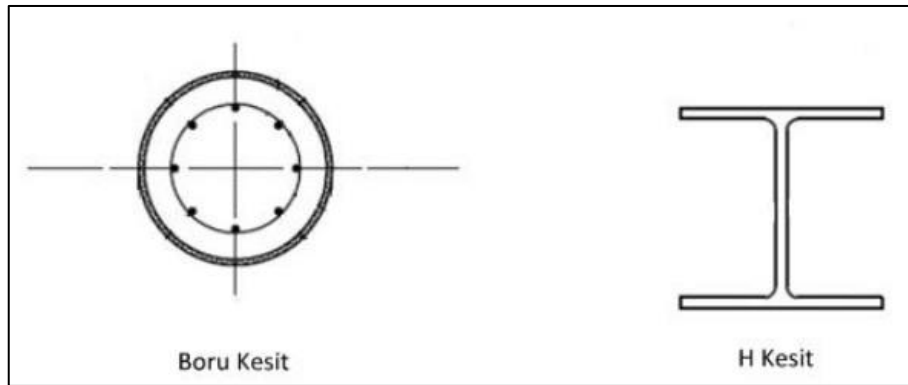
2.2.3.1 Prekast betonarme kazıklar

Bu kazık tipleri fabrikasyon şeklinde üretildikten sonra sahaya getirilirler ve üzerlerine vurulan ağırlıklar ile zemine çakılırlar. Genellikle sabit kesitli imal edilen betonarme kazıkların çakma esnasında kolaylık olması açısından uçları sivridir. Kazıklara, sahada vinçler ve kancalar yardımıyla montajları yapılırken kolaylık sağlaması ve zemin içerisinde üzerlerine gelen kesme kuvveti ve momenti taşıyabilmesi için donatı yerleştirilir. Çakma işleminden önce kaldırma işlemi süresinde gerekirse ağırlıklardan tasarruf amacıyla ilk başta boşluklu olarak üretilebilirler. Daha sonra gerekli görülürse boşluklar yerinde beton dökümüyle doldurulabilirler. Kazıkların ağırlıklarından tasarruf sağlanabilmesi için gerekli görüldüğü takdirde boşluklu olarak da imal edilirler.

Çakma işlemi gerçekleştirildikten sonra boşluk kesitleri beton ile doldurularak mukavemet değerleri artırılabilir. Sağlam zemin tabakalarının çok derinlerde olmadığı zemin koşullarında kullanımları uygundur. Yapısal anlamda yeterli dayanıma sahip olmadıkları için bu ti kazıklar kıyı ve liman yapıları için uygun bulunmazlar.

2.2.3.2 Çelik kazıklar

Çelik kazıklar bir hadde ürününden tek parçalı ya da çeşitli hadde ürünlerinin bir araya getirilip birleştirilmesinden oluşabilirler ve farklı tip ve kesitlerde üretilirler. Uygulamalarında yaygın olarak **Şekil 2.6'** da gösterilen H ve Boru kesitler tercih edilmektedir. Kıyı yapılarında kullanılan çelik çakma kazıklar için en önemli sorun korozyondur. Bu sebeple, korozyon yüzeyini azalttığı ve hasar görme oranı daha yüksek olan köşeli geometriden oluşmadığı için boru kesitli kazıklar bu tip yapılarda tercih edilirler.



Şekil 2.6: Çelik kazık tipleri.

Çelik çakma kazıklar, yapının inşa edileceği bölgenin zemin koşulları göz önünde bulundurularak, kapalı uçlu veya açık uçlu olarak çakılırlar. Açık uçlu boruların çakım işlemi esnasında borunun içine dolan zemin parçacıkları ortamdaki sürtünmenin yarattığı etki ile bir noktaya kadar yükselirler ve bir denge durumu oluştururlar. Oluşan bu kısma zemin tapası denilmektedir ve eğer zemin tapası kazığın başlangıç seviyesine kadar yükselirse, çakımı yapılan açık uçlu kazık, kapalı uçlu kazık gibi davranabilir. Kapalı uçlu kazıklar çakıldıktan sonra içi beton ile doldurulan kazık türleridir. Bu durumda zemin tapası başlangıç seviyesine kadar yükselmiş olan açık uçlu kazığın dayanım kapasitesi içine dolan zeminin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

Açık uçlu kazıklarda bazen çakma işleminden sonra dayanımı arttırmak için kazığın içi bir seviyeye kadar beton ile doldurulabilir.

Çakma işlemi sırasında oluşabilecek olan kaya parçalanması, bir kazık çakılırken diğerinde yükselme meydana gelmesi gibi olumsuzluklara karşı, kazıkların sağlam kayanın içerisinde soketlenmesi gerekmektedir. D kazık çapı olmak üzere, söz konusu soketlenme boyunun $3D-5D$ ya da minimum $1.5m$ olması önerilmektedir.

Kazıklarda et kalınlıkları projede istenen tasarım kriterlerine ve kullanılan hadde çeliğinin kalitesine göre değişiklik göstermektedir. DLH (2008)' de Özel Sınıf ve Normal Sınıf kazıklı iskele yapılarındaki çelik boru kazıklarının et kalınlıkları t için Denklem 2.1 ve Denklem 2.2' de açıklanan sınırlamalar verilmiştir. Bağıntılarda D kazık çapını, E_s çeliğin elastisite modülünü, σ_y ise çeliğin akma dayanımını ifade etmektedir. İfadede geçen c katsayısı ise genellikle 0.12 olarak kabul edilir.

$$\frac{D}{t} \leq c \times \frac{E_s}{\sigma_y} \quad (2.1)$$

$$\frac{D}{t} \leq 80 \quad (2.2)$$

Kıyı liman yapılarında çelik çakma kazıkların kullanımı çok yaygındır ve dayanım açısından en uygun kazık tipi de bu kazık tipidir. Ancak korozyon, çelik kazıklar için hayati önem taşıyan bir etkidir ve yapının servis ömrünün verimli ve sağlıklı geçebilmesi için korozyona karşı önlemler alınmalıdır.

Kazık çeperleri deniz tabanından itibaren korozyona maruz kalacakları bir ortam içerisinde dirler. Bu deniz tabanından başlayıp, sahin su seviyesinin üstüne kadar çıkan alanda korozyona karşı ilk ve en önemli önlem olarak, kazıkların içi beton ile doldurulmalıdır. Bunun yanında kazık et kalınlığının arttırılması, kazıkların dıştan beton ile kaplanması, kazıklara katodik boya uygulamalarının yapılması, bölgedeki korozyona meyilli zeminin uzaklaştırılması ve kazık çeliğine hadde aşamasında anti-korozif madde eklenmesi korozyona karşı alınabilecek önlemler olarak sıralanabilirler.

2.2.3.3 Ahşap kazıklar

Ahşap kazıklar çok eski zamanlardan beri kullanılan basit yapılı kazık sistemleridir. Bu kazıkların imalat aşamasında boyutlarının ayarlanması, sahaya getirilirken taşımacılığının hafifliği sayesinde kolay oluşu söz konusu olsa da dayanım açısından diğer kazık tiplerine oranla çok düşük kapasitelidir. Ayrıca çakım işlemi esnasında kırılma ve kısmen tahrip olma durumlarının oluşma ihtimali yüksektir. Ahşap kazıklar günümüzde sadece küçük çaplı ve geçici projelerde kullanılabilirler.

2.2.3.4 Kompozit kazıklar

Kompozit kazıklar, zaten kullanılmakta olan kazık tiplerinin birlikte uygulanması ile meydana gelen kazık tipleri olarak tanımlanabilirler. Her bir kazık tipinin kendine ait avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Kompozit kazıkların kullanımı ile kazık tiplerinin dezavantajlarının azaltılarak diğer kazık tipleri ile uygulanmaları sayesinde daha verimli ve kullanım ömrü daha uzun kazık tipleri oluşturulabilir. Bu tip kazıklardan en yaygın ve basit olanı donatılı beton ile doldurulan boru kesitli çelik çakma kazıklardır. Bunların yanında maliyetleri düşürmek ve imalat süresini kısaltmak için, kullanılacak olan kazığın belirli bir bölgesi çelik iken diğer kısımları betonarme ya da ahşap kazık olarak teşkil edilebilir.

Kullanım ömürleri oldukça sınırlı olan çelik, ahşap veya beton kazıkların yanında kompozit kazıklar zorlu deniz şartlarına maruz kalmalarına rağmen çok daha dayanıklıdır ve kıyı yapıları için son derece uygundur.

2.2.3.5 Yerinde dökme betonarme kazıklar

Çakma işlemi her zemin tipinde uygun olmayabilmektedir. Zemin koşulları çakma işlemi için uygun olmadığı zaman, zeminin bir delgi makinası yardımı ile kazılmasından sonra donatının yerleştirilmesi ve ardından beton dökümünün yapılması ile fore kazık olarak bilinen yerinde dökme betonarme kazıklar imal edilir. Genel olarak tercih edilen bir sistem olmasına rağmen kıyı liman yapılarında uygulama aşamalarında oluşma ihtimali bulunan sıkıntılardan dolayı kullanımları yaygın değildir.

3. DHL (2008) YÖNETMELİĞİNE GÖRE HESAP ESASLARI

Ülkemiz deprem bölgeleri açısından riskli bir jeolojik alanda yer almaktadır. Yakın tarihimizde yaşanan büyük deprem felaketlerinden sonra binalar için DBYBHY Deprem Yönetmeliği, kıyı liman yapıları, hava meydanları ve demiryolları içinde DLH 2008 Deprem Teknik Yönetmeliği ve DLH Tasarım ve Teknik Esasları yürürlüğe konmuştur. DLH (2008) kapsamında temel tasarım ilkesi olarak *'Performansa Göre Tasarım'* esas alınmıştır. Bu yaklaşımda hem deprem düzeyleri hem de yapıda oluşması muhtemel hasarlar sınıflandırılır. Oluşan deprem yer hareketi etkisiyle yapıda oluşacak hasarlar tahmin edilir ve hasarların sınırların arasında kalıp kalmadığı incelenir.

3.1 Deprem Düzeyleri

Sismik dalgalar karmaşık ve tahmin edilmesi zor yerkabuğu hareketleridir. İnşaat mühendisliği disiplininde sismik hareketler yapıların tasarımında en önemli faktördür. Yapının inşa edileceği bölgeden geçmişten beri yapılan kayıtlar ve ölçümler ile oluşturulmuş olan istatistiksel deprem kayıtları kullanılarak tasarımda esas alınacak bir deprem etkisi ve tekrarlama süresi tahmin edilebilir. Bu kayıtlar ile bölgesel olarak oluşturulan deprem düzeyleri tanımları yönetmelik kapsamında belirtilmiştir ve tasarım esnasında uygun olan deprem düzeyi kullanılacaktır. Amerikan yönetmeliği olan PIANC (2001)'de deprem düzeyleri iki seviye olarak sınıflandırılırken ülkemizde baz alınan DHL (2008) de ise üç seviye şeklinde bulunmaktadır.

3.1.1 (D1) Deprem düzeyi

Bu deprem düzeyi, yönetmelik kapsamındaki yapıların servis ömürleri süresince oluşabilme olasılığı fazla olan, göreceli olarak sık meydana gelen ancak çok yüksek şiddette olmayan deprem hareketlerini ifade etmektedir.

D1 düzeyindeki depremlerin 50 yılda aşılma olasılığı %50 olup, karşılık gelen dönüş periyodu ise 72 yıldır (DHL,2008).

3.1.2 (D2) Deprem düzeyi

Bu deprem düzeyi, yönetmelik kapsamındaki yapıların servis ömürleri süresince oluşabilme olasılığı fazla olmayan, seyrek ancak şiddetli deprem hareketlerini ifade etmektedir.

D2 düzeyindeki depremlerin 50 yılda aşılma olasılığı %10 olup, karşılık gelen dönüş periyodu ise 475 yıldır (DHL,2008).

3.1.3 (D3) Deprem düzeyi

Bu deprem düzeyi, yönetmelik kapsamındaki yapıların maruz kalabilceği en şiddetli deprem hareketini ifade etmektedir.

D3 düzeyindeki çok seyrek depremin 50 yılda aşılma olasılığı %2 iken, karşılık gelen dönüş periyodu ise 2475 yıldır (DHL,2008).

3.2 Deprem Tasarım Spektrumları

Deprem hareketlerinin kayıtlarına bakıldığında zaman gelişigüzel ve karmaşık sonuçlar görünmektedir. Gerçekçi bir şekilde tanımlandığında farklı frekans ve genlikteki harmonik titreşimlerin oluşturduğu hareketler olduğu görülür. Teorik olarak elde edilen bu sonuçların mühendislik hesaplarında pratik olarak kullanılabilmesi için genelleştirilerek basit bir forma getirilmesi uygun görülmüştür. Bu kapsamda yönetmelik çerçevesinde tasarım esnasında kullanılacak deprem tasarım spektrumları deprem düzeylerine göre tanımlanmıştır.

D1, D2, D3 deprem düzeyleri için kısa doğal titreşim periyodu 0.2 saniye ve 1.0 saniyelik doğal titreşim periyoduna karşı gelen spektral ivme değerleri S_s ve S_1 , referans olarak alınan B Zemin Sınıfı için DLH (2008) eklerinde sunulmuştur. Diğer zemin sınıfları için, aynı doğal titreşim periyotlarına karşı gelen spektral ivme değerleri S_{MS} ve S_{M1} Denklem 3.1 ve Denklem 3.2 kullanılarak hesaplanacaktır .

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (3.1)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (3.2)$$

F_a ve F_v parametreleri **Çizelge 3.1** ve **Çizelge 3.2** de tanımlanmıştır.

Zemin sınıfı parametresine göre spektral ivme katsayıları belirlenir. Sonrasında hakim moda ait periyot değeri T hesaplanır. Sınır koşullarına göre Denklem 3.3, Denklem 3.4, Denklem 3.5 ve Denklem 3.6 kullanılarak **Şekil 3.1**' de gösterilen tasarım spektrum eğrisinin değerleri elde edilir. Zemine ait spektrum köşe periyotları T_0 ve T_s , uzun periyot bölgesine geçiş periyodu T_L kullanılarak hesaplanır.

$$S_{ae}(T) = 0.4 S_{MS} + 0.6 \frac{S_{MS}}{T_0} T \quad (T_0 \leq T) \quad (3.3)$$

$$S_{ae}(T) = S_{MS} \quad (T_0 \leq T \leq T_s) \quad (3.4)$$

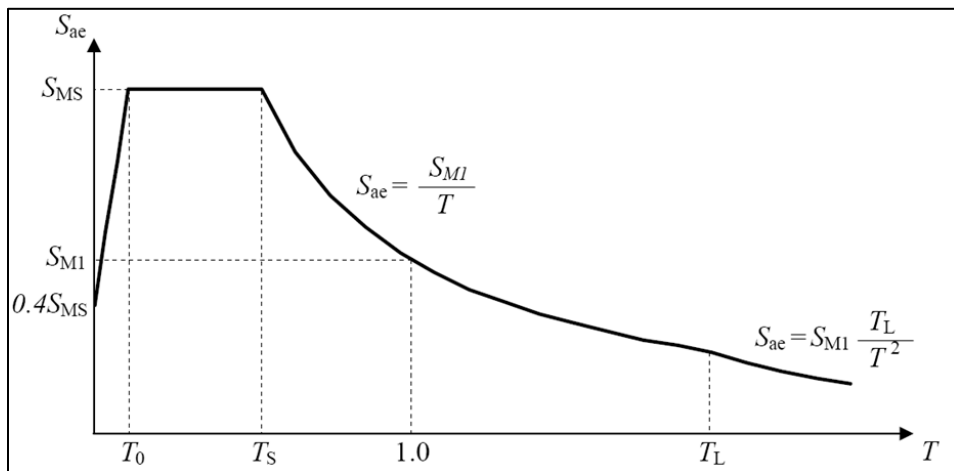
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{M1}}{T} \quad (T_s \leq T \leq T_L) \quad (3.5)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{M1} \times T_L}{T^2} \quad (T_L < T) \quad (3.6)$$

Uzun period bölgesinde geçiş periyodu $T_L = 12$ s alınacaktır. Bu durumda spektrum köşe periyotları T_s ve T_0 sırasıyla Denklem 3.7 ve 3.8 de belirtilen bağıntılar ile tanımlanır.

$$T_s = \frac{S_{M1}}{S_{MS}} \quad (3.7)$$

$$T_0 = 0.2T_s \quad (3.8)$$



Şekil 3.1 Deprem tasarım spektrum eğrisi.

Çizelge 3.1 Kısa periyot zemin katsayısı F_a .

Zemin sınıfı	Kısa period spektral ivmesi (g) ^a				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,50$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
D	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
E	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
F	_{-b}	_{-b}	_{-b}	_{-b}	_{-b}

Çizelge 3.2 1.0 s periyodu zemin katsayısı F_v .

Zemin sınıfı	1sn periyodunda spektral ivme (g) ^a				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,20$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
D	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
E	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
F	_{-b}	_{-b}	_{-b}	_{-b}	_{-b}

3.3 Yapıların Deprem Performansı Bakımından Sınıflandırılması

Kıyı ve liman yapıları; öngörülen deprem performansına, kullanım amacına ve sahip olduğu öneme göre dört sınıfta toplanır.

3.3.1 Özel yapılar

(a) Deprem sonrasında acil yardım ve kurtarma amacı ile hemen kullanılması gereken yapılar

(b) Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddeler ile ilgili yapılar

3.3.2 Normal yapılar

(a) Can ve mal kaybının önlenmesi gereken yapılar

(b) Ekonomik veya sosyal bakımdan önemli olan yapılar

(c) Deprem sonrasında onarım ve güçlendirmesi zor ve zaman kaybına neden olacak yapılar

3.3.3 Basit yapılar

- (a) Özel ve Normal sınıf yapıların dışında kalan daha az önem teşkil eden yapılar
- (b) Önemsiz sınıfındaki yapıların dışında kalan yapılar

3.3.4 Önemsiz yapılar

- (a) Kolaylıkla yeniden yapılabilecek olan yapılar
- (b) İkinci dereceden hasar görmesi durumu bile can güvenliğini tehlikeye atmayan yapılar
- (c) Geçici yapılar

3.4 Tanımlanan Performans Düzeyleri

Kıyı ve liman yapılarının performans düzeyleri, deprem etkisi altında meydana gelmesi beklenen hasarlara bağlı olarak aşağıda tanımlanmıştır. Bu performans düzeyleri için kabul edilebilir hasar limitleri, her bir yapı tipi veya elemanı için ayrı ayrı ve sayısal olarak tanımlanacaktır.

3.4.1 Minimum hasar performans düzeyi (MH)

Minimum Hasar Performans Düzeyi, kıyı ve liman yapılarında ve bunları oluşturan elemanlarda deprem etkisi ile hiç hasar meydana gelmemesi veya meydana gelecek yapısal hasarın çok sınırlı olması durumunu tanımlayan performans düzeyidir. Bu durumda liman operasyonu kesintisiz olarak devam eder veya meydana gelebilecek aksamalar birkaç gün içinde kolayca giderilebilecek düzeyde kalır (DHL,2008)..

3.4.2 Kontrollü hasar performans düzeyi (KH)

Kontrollü Hasar Performans Düzeyi, kıyı ve liman yapılarında ve bunları oluşturan elemanlarda deprem etkisi altında çok ağır olmayan ve onarılabilir hasarın meydana gelmesine izin verilen performans düzeyi olarak tanımlanır. Bu durumda, ilgili yapı veya elemana ilişkin liman operasyonunda kısa süreli (birkaç hafta veya ay) aksamaların meydana gelmesi normaldir (DHL,2008)..

3.4.3 İleri hasar performans düzeyi (İH)

İleri Hasar Performans Düzeyi (İH), kıyı ve liman yapılarında ve bunları oluşturan elemanlarda deprem etkisi altında göçme öncesinde meydana gelen ileri derecedeki yaygın hasarı temsil etmektedir. Bu durumda, ilgili yapı veya elemana ilişkin liman operasyonunda uzun süreli aksamaların meydana gelmesi, hatta ilgili liman servisinin tamamen iptal edilmesi mümkündür (DHL,2008)..

3.4.4 Göçme hasarı durumu (GH)

Bu durumda, kıyı ve liman yapılarında ve bunları oluşturan elemanlarda deprem etkisi altında tam göçme hasarı meydana gelir. İlgili yapı veya elemana ilişkin liman operasyonuna devam edilemez (DHL,2008)..

3.5 Tasarım Yöntemleri

Deprem etkisi yapıların tasarımında en önemli faktördür. Kıyı ve liman yapıları tasarım aşamasında kullanılmak üzere yönetmelik kapsamında iki temel yöntem sunulmuştur. Bu çalışma kapsamında ‘Dayanıma Göre Tasarım Hesap Yöntemleri’ incelenmiştir.

3.5.1 Dayanıma göre tasarım (DGT)

Bu tasarım yaklaşımı, elastik deprem kuvvetleri veya elastik ötesi sünek davranış dikkate alınarak azaltılan eşdeğer kuvvetler altında yapılan doğrusal elastik analize göre, sistemlerin stabilitesinin ve yapısal elemanların dayanımlarının yeterliliklerinin sağlanması esasına dayanır. DLH (2008)’de azaltılmış deprem yükleri altında doğrusal elastik analiz için kullanılabilecek yöntemler, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi’ dir. Bu çalışma kapsamında aynı yapı sistemi için önerilen iki analiz yöntemi de kullanılacak ve sonuçlar arasında gerekli karşılaştırmalar yapılacaktır.

3.5.2 Şekil değiştirmeye göre tasarım (ŞGT)

Şekil değiştirmeye Göre Tasarım (ŞGT) yaklaşımında, belirli düzeylerdeki deprem yer hareketleri altında taşıyıcı sistem elemanlarında oluşabilecek hasar sayısal olarak belirlenir.

Bu hasarın ilgili elemanlar için kabul edilebilir hasar limitlerinin altında kalıp kalmadığı kontrol edilir. Kabul edilebilir hasar limitleri, çeşitli deprem düzeylerinde yapı için öngörülen hedef performans düzeyleri ile uyumlu olacak şekilde tanımlanır.

Kıyı ve liman yapılarında yapı sınıflarına bağlı olarak uygulanması gereken tasarım yaklaşım yöntemleri **Çizelge 3.3**'te tanımlanmıştır.

Çizelge 3.3: Kazıklı iskele ve rıhtımlara çeşitli deprem düzeylerinde uygulanacak tasarım yöntemleri.

Yapının Sınıfı	D1 Deprem Düzeyi	D2 Deprem Düzeyi	D3 Deprem Düzeyi
Özel	-	DGT/ŞGT	ŞGT
Normal	DGT	DGT/ŞGT	-
Basit	DGT	-	-
Önemsiz	-	-	-

3.6 Dayanıma Göre Tasarım (DGT)

3.6.1 Yük tanımları

Dayanıma göre tasarım yöntemi esaslarında, yapı kütesine etkiyen deprem kuvveti D_M , baba çekme kuvveti B , yapı öz ağırlığı G ve suyun kaldırma kuvveti S_K olarak tanımlanmıştır. Deprem etkileri altında kullanılacak olan yük kombinasyonları aşağıda verildiği gibidir (DHL,2008).:

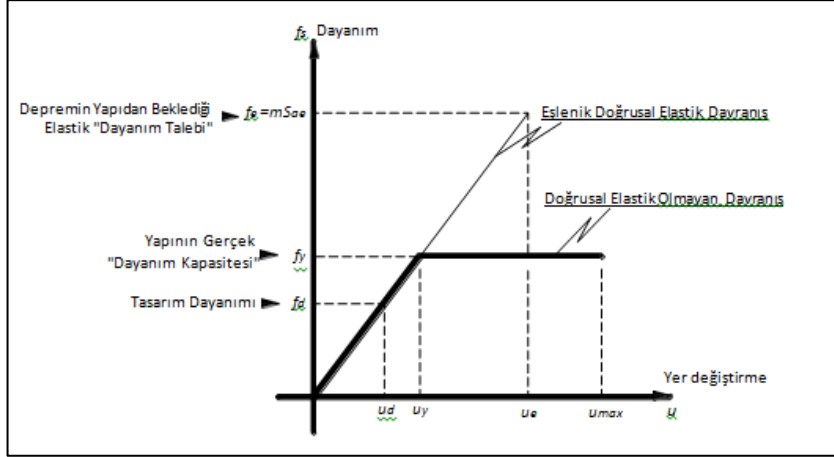
$$\text{Yatay yük kombinasyonu} = (D_M) + 0.5(B)$$

$$\text{Düşey yük kombinasyonu} = (G) + (S_K)$$

3.6.2 Deprem yükü azaltma katsayıları

Yapının sismik kuvvetler karşısında sergilemesi beklenen, karşılaması beklenen bir dayanım değeri bulunmaktadır. Söz konusu dayanım f_e , yapının S_{ae} , elastik spektral ivme değerine bağlı olarak belirlenir. Yapının meydana gelecek deprem etkisini, doğrusal elastik davranışa uygun olarak yer değiştirmeler u_e ile karşılaması öngörülür.

Ancak yapı belirli zamandan, dayanımdan f_y sonra elastik sınırı aşıp elastik olmayan davranış sergilemeye başlar. Söz konusu durum **Şekil 3.2'** de grafik üzerinde gösterilmiştir. Burada u_y yapının gerçek kapasitesi olan f_y dayanımı altında yaptığı yer değiştirmeyi, u_{max} ise yapının göçme durumuna ulaştığı andaki maksimum yer değiştirmeyi ifade etmektedir.



Şekil 3.2: Deprem etkisi altında yapı davranışı.

Tasarım aşamasında, güvenli tarafta kalmak amacıyla, yapının dayanım sınırlarını sonuna kadar zorlayıp göçme durumuna getirme ihtimali olan kapasitelere göre belirli, emniyet katsayıları kullanılarak azaltılmış olan dayanım ve yer değiştirme f_d ve u_d değerlerine göre projelendirme yapılmaktadır. Yapının davranışını tanımlayan bu parametreler ile Denklem 3.9 kullanılarak μ , süneklik katsayısı belirlenir.

$$\mu = \frac{u_{max}}{u_y} \quad (3.9)$$

Bir yapı sünekse, deprem oluşan enerjinin büyük bir kısmı yutulur. Sünek tasarım sayesinde, akmaya ulaşan kesitlerde plastik şekil değiştirmeler enerji yutar ve iç kuvvetler daha az zorlanan kesitlere aktarılır.

Denklem 3.10 ile ifade edilen dayanım fazlalığı katsayısı D , DLH (2008) kapsamında 1.5 olarak belirlenmiştir.

$$D = \frac{f_y}{f_d} \quad (3.10)$$

Yapının deprem yükleri altındayken beklenen dayanım talebi f_e değerinin, gerçek dayanım kapasitesi olan f_y değerine oranı şeklinde tanımlanmış olan dayanım azaltma katsayısı R_y ifadesine ait eşitlik Denklem 3.11 ile grafik ise **Şekil 3.3** ile gösterilmiştir. Söz konusu eşitlikteki katsayısı yapının kabul edilen doğrusal elastik davranışı ile gerçekte sergileyeceği doğrusal elastik davranışı arasındaki oran olarak tanımlanır.

$$R_y = \frac{f_e}{f_y} \quad (3.11)$$

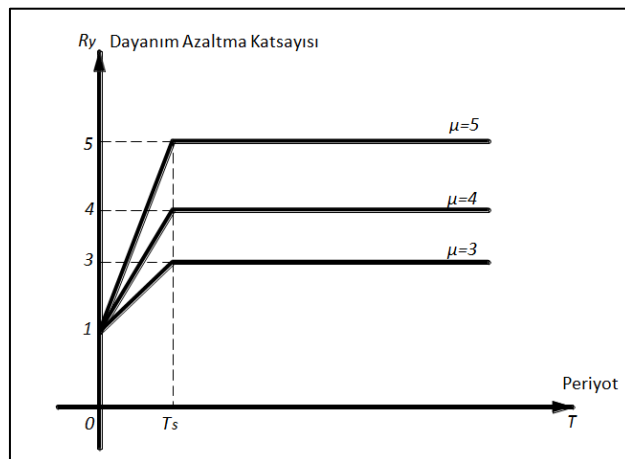
Bu değer göz önüne alınarak, DLH (2008) kapsamında;

Esnek (doğal periyodu uzun) yapılarda ($T > T_s$; $u_{max} \approx u_e$) eşit yer değiştirme kuralı gereği dayanım azaltma katsayısı süneklik katsayısına yaklaşık olarak eşit alınır ($R_y \approx \mu$).

Rijit (doğal periyodu kısa) yapılarda ise ($T < T_s$; $u_{max} > u_e$) olduğu için dayanım azaltma katsayısı Denklem 3.12' de ifade edilmiştir.

$$R_y = 1 + (\mu - 1) \times \frac{T}{T_s} \quad (3.12)$$

Burada T yapıya ait doğal titreşim periyodunu, T_s ise deprem spektrumu köşe periyodunu tanımlamaktadır.



Şekil 3.3: Dayanım azaltma katsayısı.

Denklem 3.13’ de de görüldüğü gibi R_a , deprem yükü azaltma katsayısı; dayanım fazlalığı katsayısı D ve dayanım azaltma katsayısı R_y değerlerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

$$R_a = \frac{f_e}{f_d} = D \times R_y \quad (3.13)$$

Tüm bu parametreler ve ifadeler doğrultusunda tanımlanmış olan R , taşıyıcı sistem azaltma katsayısı, yapının kendine ait karakteristik özelliklerini hesaplamalar dahilinde göz önüne almamızı kolaylaştıran bir değer olarak Denklem 3.14’ de tanımlanmıştır.

$$R = \mu \times D \quad (3.14)$$

Elde edilen bu ifadeler neticesinde “Deprem Yükü Azaltma Katsayısı” yapı periyoduna bağlı olarak **Çizelge 3.4’** te gösterilen işlemler neticesinde belirlenir.

Çizelge 3.4 Deprem yükü azaltma katsayısı, R_a .

Yapı Periyodu, T		$0 < T < T_s$	$T_s < T$
Dayanım azaltma katsayısı, R_y		$R_y = 1 + (\mu - 1)T/T_s$	$R_y = \mu$
Deprem yükü azaltma katsayısı, R_a	$R_a = DR_y$	$R_a = D + (R - D)T/T_s$	$R_a = R$
	$D = 1.5$	$R_a = 1.5 + (R - 1.5)T/T_s$	$R_a = R$

DLH (2008)’e göre, spektral ivme değerleri dikkate alınarak bulunacak elastik davranış altındaki deprem yükleri, R_a deprem yükü azaltma katsayısına bölünecektir. **Çizelge 3.5’** te tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R \leq 1.5$ olan taşıyıcı sistemlerde $R_a = R$ alınması tavsiye edilmiştir. $R > 1.5$ için ise azaltma katsayıları doğal titreşim periyodu olan T ’ye bağlı olarak Denklem 3.15 ifadesi ile belirlenecektir. Burada T_s , spektrum köşe periyodunu göstermektedir.

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) \times \frac{T}{T_s} \quad (0 \leq T \leq T_s) \quad (3.15)$$

Çizelge 3.5 Kazıklı iskele ve rıhtımlarda taşıyıcı sistem davranış katsayıları (R)

Sistem	Kazık Düzenlemesi	Performans Düzeyi	
		MH	KH
Rıhtım	Düşey kazıklı sistemler	1.5	2.5
	Eğik kazıklı sistemler	1.0	1.5
İskele	Düşey kazıklı sistemler	2.5	4.0
	Eğik kazıklı sistemler	1.0	1.5

3.6.3 Eşdeğer deprem yükü yöntemi

Göz önüne alınan herhangi bir x deprem doğrultusunda, rıhtım veya iskele taşıyıcı sisteminin kütle merkezine etkiyen eşdeğer deprem yükü $V_{x,1}$, aşağıda verilen Denklem 3.16 ifadesi ile hesaplanacaktır (DHL,2008).

$$V_{x,1} = \frac{M_t \times S_{ae} \times (T_{x,1})}{R_a(T_{x,1})} \geq \eta \times M_t \times S_{ae}(0) \quad (3.16)$$

Bağıntıda $S_{ae}(T_{x,1})$, deprem doğrultusundaki birinci doğal titreşim periyoduna karşılık gelen elastik spektral ivmeyi, $S_{ae}(0)$, başlangıç periyoduna karşılık gelen spektral ivmeyi ve R_a , daha öncede tanımlandığı gibi deprem yükü azaltma katsayısını ifade etmektedir. η değeri özel sınıfa giren yapılarda 0.20, normal sınıfa giren yapılarda 0.15 ve basit sınıftaki yapılarda 0.10 olarak alınacaktır. M_t sistem kütlesi, $M_t = W/g$ (ton) olarak elde edilecektir (DHL,2008).

Yatay eşdeğer deprem yüküne ek olarak burulma etkisini ifade etmek üzere sistemin kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafında etkiyen $M_{bx,1}$ burulma momenti Denklem 3.17' te tanımlanmıştır. Bağıntıda geçen B_y , göz önüne alınan x deprem doğrultusuna dik y doğrultusundaki en büyük tabliye plan boyutunu ifade etmektedir.

$$M_{bx,1} = \pm 0.05 B_y \times V_{x,1} \quad (3.17)$$

Kazıkların toplam kütesinin tabliye kütesine oranının %15'den daha az olduğu durumlarda, sistemin kazıklar dâhil tüm kütesinin tabliyenin kütle merkezinde toplandığı varsayımı yapılabilir (DHL,2008).

Bu durumda söz konusu olduğunda, kazıklarda kazık boyunca ayırık kütleler ayrıca dikkate alınmayacak ve $V_{x,1}$, toplam deprem yükü ile $M_{bx,1}$, burulma momenti, tabliyenin kütle merkezine doğrudan etki ettirilecektir. Göz önüne alınan x deprem doğrultusunda taşıyıcı sistemin hâkim periyodu $T_{x,1}$ hesaplanırken Denklem 3.18' te verilen ifade kullanılacaktır (DHL,2008).

$$T_{x,1} = 2\pi \times \sqrt{\frac{M_t}{K_x}} \quad (3.18)$$

Burada geçen rijitlik katsayısı K_x (kN/m), göz önüne alınan x deprem doğrultusunda kütle merkezine etki ettirilen 1 kN değerindeki yatay yükten dolayı aynı kütle merkezinde meydana gelen yatay yer değiştirme olan Δ_x 'in (m) çarpma işlemine göre tersini ifade etmektedir($K_x=1/\Delta_x$) (DHL,2008).

Kazıkların toplam kütlelerinin tabliye kütlelerine oranının %15'den daha fazla olması durumunda ise, göz önüne alınan x deprem doğrultusunda taşıyıcı sistemin hâkim periyodu olan $T_{x,1}$, analiz modeli esas alınarak yapılacak serbest titreşim hesabından elde edilecektir. Bu durumda tabliyenin kütlesi ile birlikte kazıklarda kazık boyunca ayırık kütleler göz önüne alınacak ve x deprem doğrultusunda bu kütlelere etkiyen eşdeğer deprem yükleri Denklem 3.19 ile tanımlanan şekilde belirlenecektir.

$$F_{xj,1} = \frac{m_j \times \phi_{xj,1}}{\sum_j (m_j \times \phi_{xj,1})} \quad (3.19)$$

Yukarıda verilen ifadeye göre tabliye kütlelerine etkiyen eşdeğer deprem yükünün, Denklem 3.17' te $V_{x,1}$ değerinin yerine konulması ile elde edilen tabliye burulma momenti de analizde göz önüne alınacaktır (DHL,2008).

Eşdeğer deprem yükü yöntemi, yalnızca birinci modun etkisindeki yapı davranışını göz önüne alan bir dinamik hesap yöntemi olarak ta kabul edilebilir. Bu yöntemde, taşıyıcı sistem kütle merkezine etki ettirilen eş değer deprem yükleri neticesinde yapılan doğrusal elastik analiz kullanılmaktadır. Taşıyıcı sistem düğüm noktalarında (kazık-tabliye birleşimi) yer değiştirme değerleri belirlenir.

Elde edilen yer değiştirme değerlerinin izin verilen grelil telemele sınırları içerisinde kalması gerekmektedir.

Yöntem prensibinde kabul edilen doğrusal elastik davranış, yapının gerçekte yaptığı hareketi tanımlamak için yeterli bir kavram değildir. Gerçekte kuvvetler altında kalan yapı, belirli bir yer değiştirme değerine kadar doğrusal elastik, bir değerden sonra ise doğrusal olmayan elastik davranış gösterir. Bu yöntem kapsamında detaylı bir dayanım sınıflandırılması ve yer değiştirme miktarlarına bağlı performans tanımlamaları yapılamamaktadır.

3.6.4 Mod birleştirme yöntemi

Mod birleştirme yönteminde eşdeğer deprem yükü yönteminden farklı olarsk yapının diğer titreşim periyodları ve mod şekilleri de hesaba katılır. Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler, azaltılmış ivme spektrumu esas alınarak, yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir. Herhangi bir n’inci titreşim modunda göz önüne alınacak azaltılmış ivme spektrumunun ordinatı Denklem 3.20 ile verilen ifade yardımıyla belirlenecektir (DHL,2008).

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (3.20)$$

Tabliyenin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı rıhtım ve iskelelerde, her bir ktle merkezinde birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile ktle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi göz önüne alınacaktır. Ayrıca ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile ktle merkezi, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki en büyük tabliye plan boyutunun +%5’i ve -%5’i kadar kaydırılacaktır. Analiz modellerinde kazık elemanlar yeterli derecede küçük elemanlara ayrılacak ve kazık ktleleri, kazık boyunca belirli aralıklarla yığılı olarak alınabileceklerdir (DHL,2008).

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, göz önüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin ktlelerin toplamının hiçbir zaman rıhtım veya iskele toplam ktlesinin %90’ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir (DHL,2008).

İç kuvvet ve yer değiştirme büyüklüklerinin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanacaktır. Çapraz korelasyon katsayılarının hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınacaktır. Bu hesaplama yöntemleri ve yaklaşımlar ile bulunan toplam deprem yükünün birleştirilmiş değeri daha önce verilmiş olan Denklem 3.16' daki sınır değerden ($\eta \times M_t \times S_{ae}(0)$) az olmayacaktır.

Söz konusu koşulun sağlanmaması durumunda analizlerde kullanılan bütün büyüklükler, Denklem 3.16' teki minimum deprem yükünün birleştirilmiş toplam deprem yüküne oranlanması ile elde edilen katsayı ile çarpılarak büyütülecek ve analizler elde edilen bu değerler ile tekrar yapılacaktır (DHL,2008).

3.6.5 Yer değiştirmelerin sınırlandırılması

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi veya Mod Birleştirme Yöntemi ile azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan kazık-tabliye birleşim noktası(düğüm noktalarının) yer değiştirmelerinden Δ_j yararlanılarak Denklem 3.21' de verilen bağıntı ile değerlendirmeye esas yer değiştirmelerin elde edilmesi uygun bulunmuştur (DHL,2008).

$$\delta_j = \beta \times R \times \Delta_j \quad (3.21)$$

$R \leq 1.5$ için $\beta = 1$, aksi durumda $\beta = 2/3$ alınacaktır. Bütün kazıklar için hesaplanan maksimum göreceli ötelenmeler δ_j / h_{kj} **Çizelge 3.6'** da verilen değerler ile sınırlandırılmıştır.

Çizelge 3.6: Kazıklı iskele ve rıhtımlarda izin verilen göreceli öteleme oranları.

Kazık düzenlemesi	Performans düzeyi	
	MH	KH
Düşey kazıklı sistemler	0.008	0.015
Eğik kazıklı sistemler	0.005	0.010

Burada h_{kj} , j'inci kazığa ait kazık-tabliye birleşimi ile kazık büküm noktası arasındaki mesafedir. Kazık büküm noktası ise, taşıyıcı etkisi olmayan dayanımsız zemin tabakası altındaki ankastrelik boyu alt noktası olarak tanımlanabilir.

Böylece h_{kj} , iskele üst kotu, su derinliği, dayanımsız zemin tabakası kalınlığı ve ankastrelik boyunun toplamı olarak belirlenir.

3.7 Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım (ŞGT)

Şekil değiştirmeye göre tasarım yaklaşımı, yanalma yapılarında, yapıyı oluşturan elemanların doğrusal elastik olmayan biçimde idealleştirilmesi ve aynı zamanda zemin ortamının geometrik sınırsızlığını göz önüne alan üç boyutlu dinamik yapı-zemin etkileşim modelinin zaman tanım alanındaki analizi olarak tanımlanabilir. Pratikte tanımlanmış olan yaklaşımın karmaşıklığından dolayı basitleştirilmiş nonlineer kazık-zemin etkileşim modeli kullanılır.

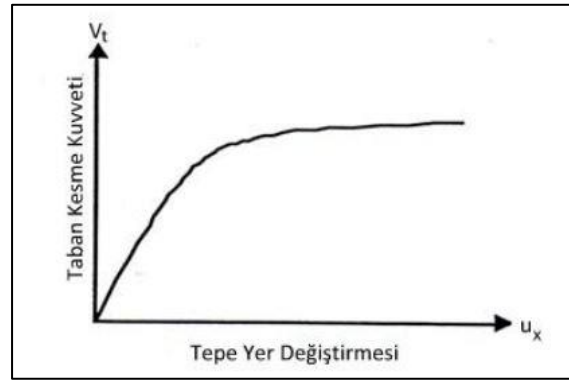
Eğilme ve eksenel kuvvet etkisi altındaki kazıklarda doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için, '*Plastik mafsallı hipotezi*' ne karşılık gelen literatürde '*yığılı plastik davranış modeli*' olarak tanımlanan modelleme sistemi kullanılabilir. Bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kazıklarda iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler(plastik şekil değiştirme bölgesi) boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır (DLH,2008). Kazıklarda plastik mafsalların oluşabileceği bölgelerde DLH 2008 kapsamında tanımlanan sınırlamalar kullanılarak plastik mafsallı boyu belirlenmeli ve model ona göre kurulmalıdır.

3.7.1 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi

Bu yöntemin amacı, deprem doğrultusunda hakim olan titreşim modu birinci modu şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizinin yapılmasıdır. (DLH,2008)

İtme analizinin her bir adımında, taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli (kümülatif) değerler adım adım deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanır. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, sadece her iki deprem doğrultusunda da tam simetrisi olan düzenli sistemlere uygulanabilir. (DLH 2008).

Yapı, düşey sabit yükler ve orantılı olarak artan yatay yükler altında, kesitte ve malzemede elastik ötesi davranış göz önüne alınarak, taşıma kapasitesinin sona erdiği duruma kadar itme analizleri tekrarlanır. Bu analiz sonucunda her yük artımı için yapıda tepe yer değiştirmesi ve taban kesme kuvveti belirlenerek **Şekil 3.4**' te gösterildiği gibi kapasite eğrisi elde edilmiş olur. Kapasite eğrisinin izlenmesi sistemin adım adım mekanizma durumuna nasıl ulaştığının belirlenmesi ve her adımda hasar gören kesitlerdeki kapasite değerlerinin elde edilmesi açısından önemlidir (Köroğlu,2012).



Şekil 3.4: Kapasite eğrisi.

3.7.2 Artımsal mod birleştirme yöntemi ile itme analizi

Taşıyıcı sistemin davranışını temsil eden yeterli sayıda doğal titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde monotonik olarak adım adım arttırılan ve birbirleri ile uygun biçimde ölçeklendirilen modal yer değiştirmeler veya onlara uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak mod birleştirme yöntemi artımsal olarak uygulanır. Ardışık iki plastik kesit oluşumu arasındaki her bir itme adımında, taşıyıcı sistemde '*adım adım doğrusal elastik*' davranış esas alınmaktadır.

4. YANAŞMA YAPILARI TASARIM ESASLARI

4.1 Tasarım Gemisi

Tasarımı yapılan kazık destekli yanaşma yapısının hangi ticari hizmet için kullanılacağı yani terminal tipinin belirlenmesi gerekmektedir. Terminal tipi, iskelenin hizmet edeceği tasarım gemisi ve elleçlenecek yük tipine göre belirlenmektedir.

Limanlarla ilgili deniz yapılarının planlama ve tasarımında, tasarım gemisinin doğru tanımlanması ve son derece kritik bir noktadır. Tasarım gemisi gerçek bir gemi ya da birkaç gemi özelliklerinin bir birleşimi olabilmektedir. Tasarım gemisinin özellikleri ve boyutları denizcilikte gelecekteki gelişmelerle ilgili tahminlere dayanmalıdır.

Bu durum göz önüne alınarak, tasarım gemisi boyutlarının belirlenmesinde; gerçek boyutlar mevcut ise bu gerçek değerler, gerçek boyutlar yok ise istatistiksel veriler kullanılarak hesaplanan değerler kullanılır.

Gemi boyutlarını karakteristik boyutlar ve gemi tonaj ölçüleri olmak üzere iki grupta inceleyebiliriz.

4.1.1 Boyutlar

Bir geminin boyutları şematik olarak **Şekil 4.1'** de, ilgili tanımlar aşağıda verilmiştir.

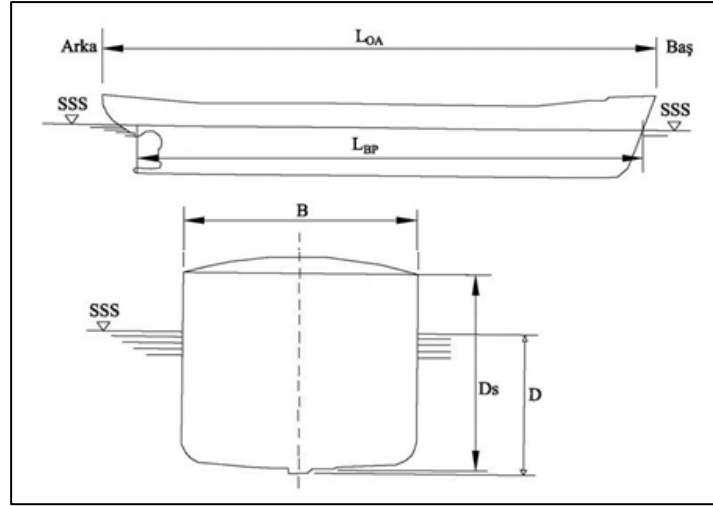
L_{OA} : Geminin toplam boyu (m)

L_{BP} : Gemi boyu [geminin su kesimindeki boyu] (m)

B : Gemi gövdesinin en geniş yerinin ölçüsü (m)

D : Tamamen dolu olduğunda ortalama su çekimi (m)

D_S : Geminin toplam yüksekliği



Şekil 4.1: Gemi boyutları ve ilgili tanımlar.

4.1.2 Tonaj Ölçüleri

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

Ölü Ağırlık Tonajı (DWT) : Taşınan kargonun gerçek ağırlığı veya geminin yüksüzken yer değiştirdiği su ile yüklüken yer değiştirdiği su miktarı arasındaki farktır.

Yer Değiştirme Tonajı (DT) : Geminin dolu olarak yüzerken taşıdığı toplam suyun ağırlığıdır.

Ölü Ağırlık Tonajı (DWT) ile Gros Tonaj (GT) arasındaki ilişki **Çizelge 4.1'** de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Ölü ağırlık tonajı ve gros tonaj arasındaki ilişki.

Yük (kargo) gemileri	GT=0.541 DWT
Konteyner gemileri	GT=0.880 DWT
Tankerler	GT=0.553 DWT
Ro-Ro gemileri	GT=0.808 DWT

4.2 Yük Kabulleri

4.2.1 Sabit yükler

Sabit yükler, yapının tüm sabit taşıyıcı elemanlarının ağırlıklarını ve varsa ilave sabit ağırlıkları kapsamaktadır.

4.2.2 Hareketli yükler

Hareketli yükler, iskele ve rıhtım yapıları üzerinde hareket eden ekipman, araç yükleri ve yayılı yüklerdir.

Karayolları Genel Müdürlüğü Karayolu Teknik Şartnamesi' nde verilen kamyon yükleri;

H₃₀-S₂₄ kamyon tipi için : 300kN

H₂₀-S₁₆ kamyon tipi için : 200kN

H₁₅-S₁₂ kamyon tipi için : 150kN

H₁₀ kamyon tipi için : 100kN

4.2.3 Gemi arpma yükü

Gemi arpma yükü, Denklem 4.1 ile verilen gemi yanaşma enerjisi bağıntısı ile hesaplanır.

$$E_f = \left[\frac{M_s \times V^2}{2} \right] \times C_e \times C_m \times C_s \times C_c \quad (4.1)$$

Yukarıda verilen bağıntıdaki parametreler aşağıda açıklanmıştır:

E_f: Gemi yanaşma enerjisi (kJ=kN*m)

M_s: Gemi kütlesi (t)

V: Gemi yanaşma hızı (m/sn)

C_e: Dış merkezlilik faktörü

C_m: Hidrodinamik atalet katsayısı

C_s : Esneklik faktörü

C_c : Yanaşma şekli faktörü

M_s şeklinde tanımlanmış olan değer tasarım gemisinin yer değiştirme tonajını ifade eder. Eğer tasarım gemisinin yer değiştirme tonajı tanımlanmamışsa, yer değiştiren su kütlesini hesaplamak için **Çizelge 4.2**'den faydalanılabilir.

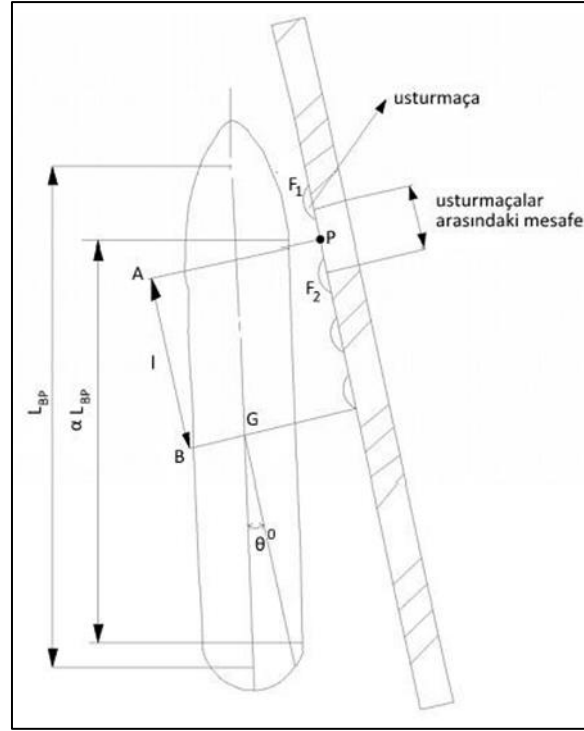
Çizelge 4.2: Gemilerin deplasman tonajı (DT) ile ölü ağırlık tonajı (DWT) / gros tonajı (GT) arasındaki ilişki.

Yük gemileri: <10000DWT	$\log(DT)=0.550+0.899 \log(DWT)$
Yük gemileri: >10000DWT	$\log(DT)=0.511+0.913 \log(DWT)$
Konteyner gemileri	$\log(DT)=0.365+0.953 \log(DWT)$
Feribotlar (uzun mesafe)	$\log(DT)=1.388+0.683 \log(DWT)$
Feribotlar (kısa mesafe)	$\log(DT)=0.506+0.904 \log(DWT)$
Ro-Ro gemileri	$\log(DT)=0.657+0.909 \log(DWT)$
Yolcu gemileri(Japonya)	$\log(DT)=0.026+0.981 \log(DWT)$
Yolcu gemileri(Yabancı)	$\log(DT)=0.341+0.891 \log(DWT)$
Otomobil taşıyıcısı	$\log(DT)=1.915+0.588 \log(DWT)$
Yağ tankerleri	$\log(DT)=0.332+0.956 \log(DWT)$

C_e , dış merkezlilik faktörü Denklem 4.2 ile bulunur.

$$C_e = \frac{1}{1 + (l/r)^2} \quad (4.2)$$

Burada l , geminin iskeleye yaslanma noktası P ile gemi ağırlık merkezi G arasındaki iskeleye paralel uzaklık A-B olmak üzere **Şekil 4.2**'de gösterilmiştir. F_1 ve F_2 usturmaçaları, L_{BP} gemi uzunluğunu, θ ise yanaşma açısını ($0 - 10^\circ$ arasında değişim göstermekle birlikte 10° alınması önerilir) göstermektedir.



Şekil 4.2: Gemi yanaşma şekli.

l uzaklığının belirlenebilmesi için aşağıda verilen Denklem 4.3 ve Denklem 4.4 kullanılır.

$$l_1 = (0.5\alpha - e \times k) \times L_{BP} \times \cos\theta \quad k < 0.5 \quad (4.3)$$

$$l_2 = (0.5\alpha - e \times k) \times L_{BP} \times \cos\theta \quad k > 0.5 \quad (4.4)$$

$k=0.5$ ise l_1 ve l_2 hesaplanır ve C_e formülünde yerine yazılarak büyük olan sonuç seçilir.

Yukarıdaki bağıntılarda;

l_1 ve l_2 : Sırasıyla F_1 ve F_2 usturmaçaları ile gemi ağırlık merkezi arasındaki iskeleye paralel mesafe,

e : Usturmaça arasındaki mesafe ile L_{BP} arasındaki oran

α : 1/2 veya 1/3 alınır (C_e değerini maksimum yapan değer alınması önerilir)

k: Usturmaçalar arasında yer alan geminin, bağlama tesislerine en yakın olduğu konumu ifade eden bir parametredir. 0 ile 1 arasındaki değerler alabilse de genellikle 0.5 değeri alınır.

Yatay düzlemde geminin ağırlık merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme yarıçapı olan r Denklem 4.5 kullanılarak hesaplanır.

$$r = (0.19C_b + 0.11) \times L_{BP} \quad (4.5)$$

Bu bağıntıda geçen C_b blok katsayısı değeri; gemi tarafından yer değiştiren su hacmi ∇ , gemi uzunluğu L_{BP} , gemi genişliği B ve su çekimi D değerlerine bağlı olarak Denklem 4.6' da tanımlanmıştır.

$$C_b = \frac{\nabla}{L_{BP} \times B \times D} \quad (4.6)$$

Gemi uzunluğunu ifade eden L_{BP} 'nin hesaplanabilmesi için gerekli eşitlikler **Çizelge 4.3** ile verilmiştir.

Çizelge 4.3: DWT ve GT verileri ile L_{BP} arasındaki ilişki.

Yük gemileri: <10000DWT	$\log(L_{BP})=0.867+0.310 \log(DWT)$
Yük gemileri: >10000DWT	$\log(L_{BP})=0.964+0.285 \log(DWT)$
Konteyner gemileri	$\log(L_{BP})=0.516+0.401 \log(DWT)$
Feribotlar: <13000 GT	$\log(L_{BP})=\log[94.6+0.00596(GT)]$
Feribotlar: <6000 GT	$\log(L_{BP})=0.613+0.401 \log(GT)$
İçer dışa yalpalayan gemiler	$\log(L_{BP})=0.840+0.349 \log(DWT)$
Yolcu gemileri(Yabancı)	$\log(L_{BP})=0.787+0.330 \log(GT)$
Otomobil taşıyıcısı	$\log(L_{BP})=1.046+0.280 \log(DWT)$

C_m hidrodinamik atalet katsayısı Denklem 4.7 kullanılarak hesaplanır.

$$C_m = 1 + \left(\frac{\pi}{2C_b} \right) \times \left(\frac{D}{B} \right) \quad (4.7)$$

Esneklik faktörü olan C_s , tekne yüzeyi ve usturmaçanın rijitliği ile alakalı bir parametredir. Yapılan araştırmalar sonucunda C_s değerinin 0.9~1.0 aralığında olduğu saptanmıştır.

C_c , yanaşma şekli faktörü, geminin tekne kısmı ile rıhtım duvarı arasındaki duruma bağlıdır ve rıhtım altının açık veya kapalı olması haline göre değişiklik gösterir. Rıhtım tiplerine göre altı açık rıhtım için 1.0; altı yarı açık rıhtım için 0.9 ve altı kapalı rıhtım için 0.8 alınır. Standart olarak hesaplamalarda $C_c=1.0$ kabul edilir.

V , yanaşma hızı değerleri **Çizelge 4.4'** te verilmiştir.

Çizelge 4.4: DWT ve yanaşma hızları.

DWT	Yanaşma hızı (cm/sn)			
	Yük gemisi	Konteyner gemisi	Araç taşıyıcılar	Tüm gemiler
1000	8.1	-	-	8.1
5000	6.7	7.8	-	7.2
10000	5.0	7.2	4.6	5.3
15000	4.5	4.9	4.7	4.6
30000	3.9	4.1	4.4	4.1
50000	3.5	3.4	-	3.4
Tüm gemiler	5.2	5.0	4.6	5.0

Söz konusu V hızı değeri genel olarak yük gemilerinde 10m/sn olarak alınabilir.

Usturmaçalarda güvenlik değerini sağlayabilmek için, tasarım enerjisi, maksimum gemi yanaşma enerjisinin iki katı olarak alınır. Çelik aksamalarda ise maksimum gerilme değeri, çeliğin akma gerilmesinin 0.8 katını geçmemelidir. Rıhtım ve iskelelerde, usturmaça aralığı gemi boyunun L_s %15'ini geçmemelidir.

4.2.4 Gemi bağlama yükleri

Geminin iskeledeki babalara bağlanması ile aktarılan yükler gemi bağlama yükleri olarak tanımlanırlar. Hesaplamalarda rüzgar ve akıntı yükleri ve yönleri en önemli parametrelerdir.

Ön tasarım aşamasında Teknik Şartname kapsamında verilen gemilerin gros tonajlarına bağlı olarak kullanılacak bağlama kuvvetleri **Çizelge 4.5'** te verilmiştir.

Çizelge 4.5: Gemilerin bağlanma kuvvetleri.

Gros tonajı (GT)	Babaya etki eden bağlanma kuvveti (kN)
200 < GT < 500	150
500 < GT < 1000	250
1000 < GT < 2000	250
2000 < GT < 3000	350
3000 < GT < 5000	350
5000 < GT < 10000	500
10000 < GT < 20000	700
20000 < GT < 50000	1000
50000 < GT < 100000	1000

Hesap detayları kapsamında baba aralıkları ile ilgili detaylı bir çalışma yapılmayacaksa 20000 DT' den küçük olan gemiler için baba aralıkları 15~30m arasında bir değer olarak alınabilir. Rıhtımlarda kullanılacak babalar için ise **Çizelge 4.6'** da verilen detaylar kullanılır.

Çizelge 4.6: Rıhtımlar için baba aralık ve sayıları.

GT	En büyük baba aralığı (m)	Birim yanaşma yeri için en düşük baba sayısı
GT < 2000	10-15	4
2000 < GT < 5000	20	6
5000 < GT < 20000	25	6
20000 < GT < 50000	35	8
50000 < GT < 100000	45	8

4.2.5 Rüzgar yükü

Tasarımda kullanılan rüzgar yükleri boyuna ve enine rüzgar kuvvetleri olarak iki kısım halinde incelenir.

Enine rüzgar kuvveti F_{TW} değeri Denklem 4.8 ile, boyuna rüzgar kuvveti F_{LW} Denklem 4.9 ile hesaplanabilir.

$$F_{TW} = C_{TW} \times \rho_A \times A_L \times U_W^2 \times 10^{-4} \quad (4.8)$$

$$F_{LW} = C_{LW} \times \rho_A \times A_L \times U_W^2 \times 10^{-4} \quad (4.9)$$

Yukarıdaki bağıntılardaki parametreler;

C_{TW} , C_{LW} : Enine ve boyuna yönde rüzgar kuvveti katsayısı

ρ_A : Havanın özgül kütlesi (kg/m^3)

A_L : Geminin su çizgisi üstündeki izdüşüm alanı (m^2)

U_W : Su seviyesinden 10m yükseklikteki tasarım rüzgar hızı (m/sn)

C_{TW} ve C_{LW} değerleri rüzgar geliş açısı olan θ ve tasarım gemisi özelliklerine bağlı olan parametrelerdir.

Hesaplarda kullanılacak katsayıların bulunması için gerekli olan grafik ve şekiller Ek A' da tanımlanmıştır. Rüzgar yükü katsayıları Şekil A.1, Şekil A.2 ve Şekil A.3'te, gemiye ait iz düşüm alanı Şekil A.4 ve Şekil A.5' te verilmiştir.

4.2.6 Akıntı yükü

Tasarımda kullanılan akıntı yükleri boyuna ve enine akıntı kuvvetleri olarak iki kısım halinde incelenir.

Enine akıntı kuvveti F_{TC} değeri Denklem 4.10 ile, boyuna rüzgar kuvveti F_{LC} Denklem 4.11 ile hesaplanabilir.

$$F_{TC} = C_{TC} \times C_{CT} \times \rho \times L_{BP} \times d_m \times V_C^2 \times 10^{-4} \quad (4.10)$$

$$F_{LC} = C_{LC} \times C_{CL} \times \rho \times L_{BP} \times d_m \times V_C^2 \times 10^{-4} \quad (4.11)$$

Yukarıdaki bağıntılardaki parametreler;

C_{TC} , C_{LC} : Enine ve boyuna yönde akıntı direnç katsayısı

C_{CT} , C_{CL} : Enine ve boyuna yönde akıntı kuvvetleri için derinlik düzeltme faktörü

ρ : Suyun özgül kütlesi (kg/m^3)

L_{BP} : Gemi uzunluğu (m)

d_m : Su derinliği (m)

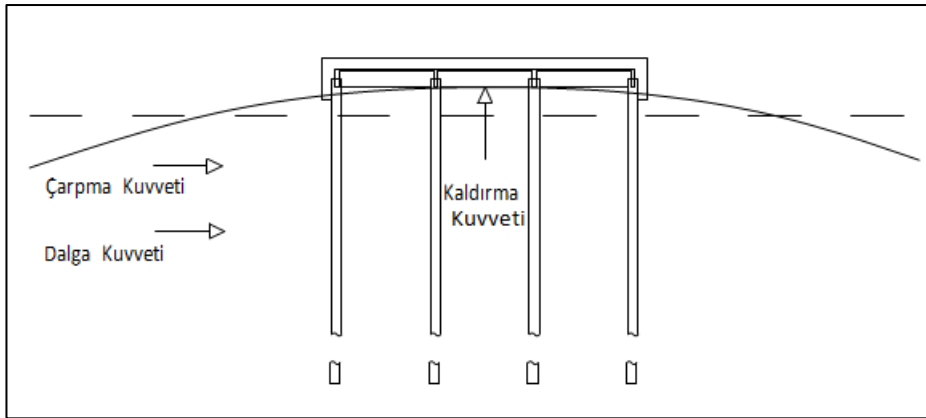
D: Geminin tamamen dolu iken ortalama su çekimi (m)

V_c : Ortalama akıntı hızı (m/sn)

Hesaplarda kullanılacak katsayıların bulunması için gerekli olan grafik ve şekiller Ek A' da tanımlanmıştır. Akıntı kuvveti ve derinlik düzeltme katsayıları Şekil A.6, Şekil A.7, Şekil A.8 ve Şekil A.9' da verilmiştir.

4.2.7 Dalga yükleri

Kazıklı yanaşma yapılarına etki eden dalga yükleri **Şekil 4.3'** te gösterilmiştir. Tasarım aşamasında döşemeler etki eden dalga çarpma yükleri ile döşemeye alttan ve kazıklara etkiyebilecek olan dalga yükleri de hesaba katılmalıdır.



Şekil 4.3: İskelede etkili dalga kuvvetleri.

Kazık destekli kıyı yapılarında, kazıklar ile dalga arasındaki ilişki son derece karmaşıktır. Dalga hareketinin sahip olduğu karmaşıklığın yanı sıra, tekil kazık ve kazık gruplarına bu hareketin tesiri sonucunda açığa çıkan kuvvetleri belirlemek son derece zordur. Bu etkilerin belirlenebilmesi için bir çok deneysel çalışma yapılarak bazı teorik ifadeler oluşturulmuştur.

Hesaplamalarda en önemli değişken, kazık çapı D ve tasarım dalga boyu L' nin birbirine oranıdır (D/L).

Tek bir kazığa gelen dalga yükünün hesaplanmasında D/L oranı 0.20 den küçük olan kazıklar için Denklem 4.12' de tanımlanmış olan *Morison* metodu kullanılır.

D/L oranı 0.20 den büyük olan kazıklar için ise *Difraksiyon Teorisi* kullanılır.

Eğer D/L oranı 0.05 değerinden de küçük ise dalga boyunun hesaplanmasında *Lineer Dalga Teorisi* kullanılabilir.

$$f = f_i + f_D = \left(C_M \times \rho \times \frac{\pi D^2}{4} \frac{du}{dt} \right) + \left(C_D \times \frac{1}{2} \times \rho \times D \times u \times |u| \right) \quad (4.12)$$

Yukarıdaki bağıntılardaki parametreler;

f_i : Birim uzunluktaki kazık için atalet kuvveti

f_D : Birim uzunluktaki kazık için direnç kuvveti

C_M, C_D : Hidrodinamik atalet ve hidrodinamik direnç kuvveti katsayıları

ρ : Suyun özgül kütlesi (kg/m^3)

D : Kazık çapı (m)

u : Kazığın bulunmadığı ancak kazığın konumundaki su zerreciğinin yatay yörüngesel hızı (m/sn)

du/dt : Aynı durum için su zerreciğinin ivmesi (m/sn^2)

Yukarıdaki bağıntıda tanımlanan hidrodinamik direnç ve atalet kuvvetleri tek tek incelenir ve bu değerlerin tespitinde etkili olan parametreler elde edilir.

Direnç Kuvveti

Direnç kuvveti gerçek viskoz bir akışkanın kararlı akımı içine yerleştirilen silindirik bir kazığa etki eden kuvveti ifade eder. Denklem 4.13 ile hesaplanır.

$$f_D = C_D \times \frac{1}{2} \times \rho \times D \times u \times |u| \quad (4.13)$$

C_D hidrodinamik direnç katsayısı, kazığın geometrik şekline, kazık yüzeyinin pürüzlülüğüne göre değişiklik gösterir. Dairesel kazıklarda genellikle 0.7 olarak kabul edilen C_D değerinin farklı geometrilerdeki kazık tipleri için değerleri **Şekil 4.4'** te verilmiştir.

					
$C_D = 1.98$	1.16	2.20	2.05	1.10	1.55

Şekil 4.4: Kazık tiplerine göre C_D değerleri.

Kazığa etkiyen direnç kuvveti sabit bir değer değildir. Bu sebepten hesaplamalarda zaman göre değişen moment ve kuvvet toplamının maksimum değeri bulunmalıdır. Kazığa etkiyen toplam kuvvetler Denklem 4.14 ve 4.15 ile hesaplanabilir.

$$F_D = C_D \times \frac{1}{2} \times \rho \times g \times D \times H^2 \times K_D \quad (4.14)$$

$$M_D = C_D \times \frac{1}{2} \times \rho \times g \times D \times H^2 \times K_D \times d \times S_D = F_D \times d \times S_D \quad (4.15)$$

K_D ve S_D parametreleri boyutsuz olup, kazığın bulunduğu konumdaki dalga teorisine göre belirlenir.

Söz konusu teorilerden lineer dalga teorisi için bağıntılar Denklem 4.16, 4.17 ve 4.18' da verilmiştir. Bağıntılardaki C dalga faz hızını, C_g dalga grup hızını ifade etmektedir.

$$K_D = \frac{1}{4} \times n \times \cos\left(\frac{2\pi}{T}\right) \times \left| \cos \frac{2\pi t}{T} \right| \quad (4.16)$$

$$S_D = \frac{1}{2} + \frac{1}{2n} \times \left(\frac{1}{2} + \frac{1 - \cosh(4\pi d/L)}{(4\pi d/L) \times \sinh(4\pi d/L)} \right) \quad (4.17)$$

$$n = \frac{C_g}{C} = \frac{1}{2} \times \left(1 - \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)} \right) \quad (4.18)$$

Atalet Kuvveti

Atalet kuvveti ideal akışkanın ivmeli akımı içindeki bir cisim üzerinde etkili olan kuvvetin analizinden elde edilmektedir. Gemi rıhtım yapısına yanaşırken beraberinde sürüklemiş olduğu su kütlelerinin etkisi göz önünde bulundurmak amacıyla Denklem 4.19 ile hesaplanır.

$$f_i = C_m \times \rho \times \frac{\pi D^2}{4} \frac{du}{dt} \quad (4.19)$$

C_M hidrodinamik atalet katsayısı, dairesel kazıklarda genellikle 2.0 olarak kabul edilir.

Atalet kuvveti boyutsuz olan K_i ve S_i parametrelerine bağlı olarak değişir. Lineer dalga teorisi ile K_i ve S_i değerleri sırasıyla Denklem 4.20 ve 4.21 ile hesaplanır.

$$K_i = \frac{1}{2} \times \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \times \sin\left(-\frac{2\pi t}{T}\right) \quad (4.20)$$

$$S_i = \left(\frac{1}{2} - \frac{1 - \cosh(2\pi d/L)}{(2\pi d/L) \times \sinh(2\pi d/L)} \right) \quad (4.21)$$

Kazığa etkiyen toplam dalga yükü düşünüldüğünde atalet kuvvetinin maksimum değeri $t = -T/4$ anında, direnç kuvvetinin maksimum değeri ise $t=0$ anında meydana gelmektedir. Bu değerlerin maksimumlarının toplamı çok güvenli tarafta kalmamıza sebep olmaktadır. Daha doğru hesap için kuvvet ve momentlerin zamanla değişimlerinin hesaplanması gerekir. Yörüngesel hız ve ivmenin en büyük olduğu sakin su seviyesinin üzerinde kalan dalganın etkili kuvvet ve moment değerleri belirlenmelidir.

4.2.9 Toprak yükleri

Deprem etkisi altında rıhtım yapısı duvarlarının arkasındaki tabakalı zeminde esas alınacak statik-dinamik zemin basınçları DLH (2008)' e göre aşağıda verildiği gibi hesaplanacaktır.

Tamamen kuruda olan zemin tabakaları için;

Kohezyonsuz ve tamamen kuruda olan zemin tabakasının tabanında esas alınacak statik-eşdeğer dinamik aktif zemin basıncı $p_{ai,d}$, pasif zemin basıncı $p_{pi,d}$ sırasıyla Denklem 4.22 ve Denklem 4.23’ de tanımlanmıştır. Tabaka boyunca basınç değişimi doğrusaldır.

$$p_{ai,d} = K_{ai,d} \left[\sum_{j=1}^i (\gamma_j h_j) + \frac{q_0 \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} \right] \cos \alpha \quad (4.22)$$

$$p_{pi,d} = K_{pi,d} \left[\sum_{j=1}^i (\gamma_j h_j) + \frac{q_0 \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} \right] \cos \alpha \quad (4.23)$$

Kohezyonlu ve tamamen kuruda olan zemin tabakasının tabanında esas alınacak statik-eşdeğer dinamik aktif zemin basıncı $p_{ai,d}$, pasif zemin basıncı $p_{pi,d}$ sırasıyla Denklem 4.24 ve Denklem 4.25’ de tanımlanmıştır.

$$p_{ai,d} = \frac{\tan \lambda}{\tan \zeta_{ai}} \left[\sum_{j=1}^i (\gamma_j h_j) + q_0 \right] - 2c \left[\frac{1}{\sin 2\zeta_{ai}} - 1 \right] \quad (4.24)$$

$$p_{pi,d} \cong 0 \quad (4.25)$$

Bağıntılarda γ zemin kuru birim hacim ağırlığını, h zemin tabakasının yüksekliğini, Denklem 4.26’ te tanımlanan ζ_{ai} , tabakanın göçme yüzeyini, Denklem 4.27’te ifade edilen λ , eşdeğer deprem katsayılarına olan k_h ’ a bağlı sismik atalet açısını temsil etmektedir.

$$\zeta_{ai} = \tan^{-1} \sqrt{1 - \frac{\tan \lambda}{2c} \left[\sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + 2q_0 \right]} \quad (4.26)$$

$$\lambda = \tan^{-1} k_h \quad (4.27)$$

Statik aktif zemin basıncı $p_{ai,s}$ Denklem 4.28, statik pasif zemin basıncı $p_{pi,s}$ ise Denklem 4.29 ile hesaplanabilir.

$$p_{ai,s} = \sum_{j=1}^i (\gamma_j h_j) + q_0 - 2c \quad (4.28)$$

$$p_{pi,s} = \sum_{j=1}^i (\gamma_j h_j) + q_0 + 2c \quad (4.29)$$

Negatif zemin basıncı elde edilirse, basınç sıfır olarak alınacaktır.

Su düzeyinin altında olan zemin tabakaları için;

Kohezyonsuz zeminlerde su seviyesinin altında olan zemin tabakasının tabanında esas alınacak statik-eşdeğer dinamik aktif zemin basıncı $p_{ai,d}$, pasif zemin basıncı $p_{pi,d}$ sırasıyla Denklem 4.30 ve Denklem 4.31’ da tanımlanmıştır.

$$p_{ai,d} = K_{ai,d} \left[\sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^i (\gamma_{bj} h_j) + \frac{q_0 \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} \right] \cos \alpha \quad (4.30)$$

$$p_{pi,d} = K_{pi,d} \left[\sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^i (\gamma_{bj} h_j) + \frac{q_0 \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} \right] \cos \alpha \quad (4.31)$$

Kohezyonlu zeminlerde su seviyesinin altında olan zemin tabakasının tabanında esas alınacak statik-eşdeğer dinamik aktif zemin basıncı $p_{ai,d}$, pasif zemin basıncı $p_{pi,d}$ sırasıyla Denklem 4.32 ve Denklem 4.33’ de tanımlanmıştır.

$$p_{ai,d} = \frac{\tan \lambda}{\tan \zeta_{ai}} \left[\sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^i (\gamma_{bj} h_j) + q_0 \right] - 2c \left[\frac{1}{\sin 2\zeta_{ai}} - 1 \right] \quad (4.32)$$

$$p_{pi,d} \cong 0 \quad (4.33)$$

ζ_{ai} , tabakanın göçme yüzeyini tanımlayan açı Denklem 4.34’ de verilen ifade ile bulunabilir.

$$\zeta_{ai} = \tan^{-1} \sqrt{1 - \frac{\tan \lambda}{2c} \left[\sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^i (\gamma_{bj} h_j) + 2q_0 \right]} \quad (4.34)$$

Statik aktif zemin basıncı $p_{ai,s}$ Denklem 4.35, statik pasif zemin basıncı $p_{pi,s}$ ise Denklem 4.36 ile hesaplanabilir.

$$p_{ai,s} = \sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^i (\gamma_{bj} h_j) + q_0 - 2c \quad (4.35)$$

$$p_{pi,s} = \sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^i (\gamma_{bj} h_j) + q_0 + 2c \quad (4.36)$$

Negatif zemin basıncı elde edilirse, basınç sıfır olarak alınacaktır.

Kohezyonsuz zeminlerde, kohezyonsuz zemin tabakasının tabanında, statik zemin basıncı ile depremde oluşan ek dinamik zemin basıncının toplamını hesaplamak için kullanılacak olan $K_{ai,t}$ toplam aktif basınç katsayısı Denklem 4.37 ile, toplam pasif basınç katsayısı $K_{pi,t}$ ise Denklem 4.38 ile tanımlanmıştır.

$$K_{ai,t} = \frac{\cos^2(\varphi_i - \lambda - \alpha)}{\cos \lambda \cos^2 \alpha \cos(\delta + \alpha + \lambda)} \times \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi_i + \delta) \sin(\varphi_i - \lambda - \beta)}{\cos(\delta + \alpha + \lambda) \cos(\alpha - \beta)}} \right]^{-2} \quad (4.37)$$

$$K_{pi,t} = \frac{\cos^2(\varphi_i - \lambda + \alpha)}{\cos \lambda \cos^2 \alpha \cos(\delta - \alpha + \lambda)} \times \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi_i + \delta) \sin(\varphi_i - \lambda + \beta)}{\cos(\delta - \alpha + \lambda) \cos(\alpha - \beta)}} \right]^{-2} \quad (4.38)$$

Sadece depremde oluşan dinamik aktif basınç katsayısı $K_{ai,d}$ Denklem 4.39, dinamik pasif basınç katsayısı $K_{pi,d}$ Denklem 4.40 ile hesaplanabilir.

$$K_{ai,d} = K_{ai,t} - K_{ai,s} \quad (4.39)$$

$$K_{pi,d} = K_{pi,t} - K_{pi,s} \quad (4.40)$$

Yukarıda verilen bağıntılarda geçen φ , zemin içsel sürtünme açısını, α , duvar zemin arakesitinin zemin ile yaptığı açığı, β , zemin yüzeyinin yatayla yukarıya doğru yaptığı şev açısını, δ ise zemin ile duvar arasındaki sürtünme açısını temsil etmektedir.

4.3 Yük Kombinasyonları

Kazıklı yanaşma yapıları için tanımlanmış olan yük kombinasyonları **Çizelge 4.7'** de verilmiştir.

Çizelge 4.7: Kazıklı rıhtım ve iskeleler için yük kombinasyonları.

$K_{11} = G + E_p + Y$	G : Öz ağırlık
$K_{21} = G + E_q + Y$	E_p : Ek hareketli yükler
$K_{21} = G + E_p + B$	E_q : Ek düzgün yayılı yükler
$K_{22} = G + E_q + B$	Y: Gemi yanaşma yükü
	B: Gemi bağlanma yükü
$K_{13} = [G + E_p + S_A]$ veya $[S_w + 0,5W_G + 0,5W_p]$	S_A : Akıntı yükü
$K_{23} = [G + E_q + S_A]$ veya $[S_w + W_G]$	S_w : Dalga yükü
	W_G : Rüzgar yükü
	W_p : Ekipmanlara etkiyen rüzgar yükü

4.4 Kazık Taşıma Gücü Hesapları

4.4.1 Tekil kazığın taşıma gücü hesabı

Çakma kazık, fore kazık gibi derinliğin genişliğe oranı 5' ten büyük olan temeller derin temel olarak sınıfına girer. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) ile elde edilen değerler ile çözümler yapılır.

Kohezyonsuz Zeminler

Homojen özellikler gösteren taneli (silt, kum, çakıl ve karışımları) zeminler içindeki tekil bir kazığın basınç altında taşıma gücü kapasitesi Denklem 4.41 ifadesi, çekme altındaki yük taşıma kapasitesi ise Denklem 4.42 ile hesaplanır.

$$Q_{ult} = (P_T \times N_q \times A_T) + [K_{HC} \times P_0 \times \tan \delta \times S \times z] \quad (4.41)$$

$$T_{ult} = [K_{HT} \times P_0 \times \tan \delta \times S \times z] \quad (4.42)$$

Bağıntılardaki ifadeler;

Q_{ult} : Basınç altında yük taşıma kapasitesi (kN)

P_T : Kazık ucundaki düşey efektif gerilme (kN/m^3)

N_q : Taşıma kapasitesi katsayısı (**Çizelge 4.8**)

A_T : Kazık uç (dolu kesit) alanı (m^2)

K_{HC} ve K_{HT} : Basınç ve çekme altındaki elemanın yan yüzündeki yatay efektif gerilmenin düşey efektif gerilmeye oranı (**Çizelge 4.9**)

P_0 : Gömülü uzunluk (z) boyunca düşey efektif gerilme (kN/m^3)

δ : Kazık ile zemin arasındaki sürtünme açısı (**Çizelge 4.10**)

S : Birim uzunluk için kazık çevre alanı (m^2)

Q_{all} emniyetli basınç yük taşıma kapasitesi hesaplanırken güvenlik katsayısı FS , geçici yüklerde 2, sürekli yüklerde ise 3 olarak alınır.

T_{all} emniyetli çekme yük taşıma kapasitesi hesaplanırken güvenlik katsayısı $FS=3$, olarak kabul edilir ve Denklem 4.43 ile hesap yapılır. Aşağıdaki bağıntıda W_p kazığın efektif ağırlığıdır.

$$T_{all} = \frac{T_{ult}}{3} + W_p \quad (4.43)$$

Çizelge 4.8: Taşıma kapasite katsayıları N_q .

ϕ	26	28	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
N_{q*}	10	15	21	24	29	35	42	50	62	77	86	120	145
N_{q**}	5	8	10	12	14	17	21	25	30	38	43	60	72

Çizelge 4.9: Toprak basıncı katsayıları K_{HC} ve K_{HT} .

Kazık tipi	K_{HC}	K_{HT}
Tekil çakma H veya ucu açık çelik boru kazık	0.5-1.0	0.3-0.5
Tekil çakma deplasman kazığı	1.0-1.5	0.6-1.0
Sivri uçlu tekil çakma deplasman kazığı	1.5-2.0	1.0-1.3
Fore Kazık	0.7	0.4

Çizelge 4.10: Kazık-zemin arası sürtünme açısı δ .

Kazık tipi	δ
Çelik	20^0
Beton	$3/4 \phi$
Ahşap	$3/4 \phi$

Kohezyonlu Zeminler

İnce taneli (killi) zeminlerde basınç ve çekme yük taşıma kapasiteleri aşağıda verilen Denklem 4.44 ve 4.45 ile tanımlanmıştır.

$$Q_{ult} = (c \times N_{cs} \times A_T) + (c_a \times \pi D \times z) \quad (4.44)$$

$$T_{ult} = (c_a \times \pi D \times z) \quad (4.45)$$

Bağıntıdaki ifadeler;

c: Killi zemine ait kohezyon değeri

N_{CS} : Taşıma kapasitesi faktörü

A_T : Kazık uç alanı (m^2)

c_a : Kazık ile zemin arasındaki adhezyon

D: Kazık çapı (m)

z: Kazığın gömülü olduğu killi zemin tabakası kalınlığı (m)

Birden fazla zemin tabakası içinde ilerleyen kazıkların taşıma kapasiteleri her zemin tabakasının kazık kapasitesine katkılarının toplamı şeklinde basit bir yöntemle hesaplanabilir.

5. YANAŞMA YAPISININ PROJELENDİRİLMESİ

5.1 Yapı Genel Bilgileri

Bu çalışma kapsamında Çanakkale ili Gelibolu ilçesinde tersane alanına yapılacak çelik kazıklı rıhtım yapısı tasarımı örnek olarak incelenecektir. Söz konusu rıhtım yapısı çelik çakma boru kazıklı olarak tasarlanmıştır. Yapı dahilinde genel olarak Ø32'' (812.8mm) çapında 12 mm et kalınlığında beş sıra çelik kazık öngörülmüştür.

Rıhtımın inşa edileceği alanda deniz taban kotu -5.00 ~ -15.00m arasında değişiklik göstermektedir. Rıhtım önü tarama kotu -10.00m, tabliye üst kotu ise +3.50m olarak düşünülmüştür.

Yapıda iki ayrı tipte ano teşkil edilmiştir. Ano tip 1 olarak isimlendirilen standart anonun boyu 54.5m ve genişliği 17m olarak teşkil edilmiştir. Ano tip 2 olarak isimlendirilmiş olan ano ise L şeklinde projelendirilmiştir. Bu ano tipinin genişliği 17m olup 35m boyunda iki koldan oluşmaktadır. Anolar arasında uygun görülen derz aralığı 10cm dir.

Rıhtımın inşa edileceği alanda yaklaşık 1:2 eğimle deniz dibi taraması gerçekleştirilmiştir. Tarama sonrasında çelik kazıklar ve kalıcı parplanş perde denizden yüzer ekipman yardımı ile çakılmıştır. Kazık çakımına müteakip birinci aşama stabilize dolgu tabakası üzeri taş anroşman kaplama tabakası teşkil edilmiştir. Birinci aşama yerinde dökme beton başlık kirişi betonu dökümünden sonra prekast plak montajı yapıp yerinde dökme döşeme ve giriş betonları dökülmüştür.

Çalışma kapsamında üç boyutlu modelleme ve kesit hesapları kapsamında SAP2000 V.15.2.1 statik analiz programı kullanılmıştır.

5.2 Malzeme Bilgileri

Çelik çakma boru kazıklarda ST37 (minimum akma dayanımı=240 MPa) çelik sınıfı malzeme kullanılmıştır. Kazık içi betonu C40 olarak seçilmiştir. Yapıda rıhtım platformu, başlık kirişi ve prekast eleman betonunda kullanılan beton sınıfı C40 dur. Grobeton olarak ise C20 sınıf beton uygun görülmüştür.

Tüm üst yapıda ve çelik boru kazık betonarme inşaat demiri olarak S420 kullanılmıştır.

Su içinde kalan betonarme elemanlar için sülfata dayanıklı çimento seçilmiştir.

5.3 Sismik Koşullar

Tasarlanan yapının bulunduğu bölge birinci derece deprem bölgesi kapsamındadır. Geoteknik incelemeler sonucunda DLH (2008) yönetmeliğinden zemin sınıfı C olarak belirlenmiştir. C sınıfı zemin türünün özellikleri yönetmelikten alınan **Çizelge 5.1**'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 DLH (2008) zemin sınıfları.

Zemin sınıfı	Açıklama	$v_s(m/sn)$	N veya N_{ch}	$s_u (kPa)^a$
C	Çok sıkı zemin ve yumuşak kaya	360-760	>50	>100
D	Sert zemin	180-360	15-50	50-100
E	Yumuşak zemin	<180	<15	<50

Yapının deprem performans açısından sınıfı 'Normal Yapı Sınıfı' olarak belirlenmiştir. Yapı için öngörülen deprem performans hedefi ise (D1) deprem düzeyi için 'Minimum Hasar', (D2) Deprem Düzeyi için 'Kontrollü Hasar' şeklinde alınmıştır.

5.4 Yük Kabulleri

5.4.1 Sabit yükler

Donatılı betonun kuru birim hacim ağırlığı : 25.0kN/m³

Donatılı betonun ıslak birim hacim ağırlığı : 26.5kN/m³

Kaplama betonu birim hacim ağırlığı : 23.0kN/m³

Rıhtım arkası dolgunun kuru birim hacim ağırlığı : 18.0kN/m³

Rıhtım arkası dolgunun ıslak birim hacim ağırlığı : 20.0kN/m³

Yapısal çeliğin birim hacim ağırlığı : 78.5kN/m³

Çalışma kapsamında kullanılan bilgisayar programında sabit yük değerleri eleman ağırlıklarına bağlı olarak otomatik hesaplanmaktadır ve farklı yük kombinasyonları için istenilen katsayı ile çarpılarak analizlerde kullanılmaktadır.

5.4.2 Hareketli yükler

Rıhtım üzerinde ve rıhtım geri sahasında H₃₀- S₂₄ tipi yük vasıtasının bulunacağı düşünülmüştür. Bu durumda eşdeğer yaylı yük 1.67 t/m² alınmaktadır. Hareketin yavaş olduğu dikkate alınarak, yalnız ana şerit içerisinde münferit ve yayılı yükler $\phi=1.2$ titreşim katsayısı ile çarpılır. Bu durumda eşdeğer yayılı yük 2.00 t/m² olarak alınmıştır.

Tersane alanı içerisinde rıhtım geri sahasında blok istif yapılabileceği ve rıhtım üzerine ağır makine parçaları indirilebileceği düşünülerek rıhtım üzerinde yayılı yük 3.00 t/m² olarak alınmıştır.

5.4.3 Gemi çarpma yükleri

Gemi çarpma yükleri, geminin yanaşma yapısına bağlı olduğu süre zarfı boyunca akıntı ve rüzgar sebebiyle geminin üzerinde oluşan yükleri temsil eder. DLH Teknik Şartnamesi' ne göre geminin yük durumuna, rüzgar ve akıntının yön ve hızına bağlı olarak hesaplanacaktır.

Rıhtım önüne dolu olarak yanaşması muhtemel en büyük geminin ölü ağırlık tonajı 20 000 DWT olarak düşünülmüştür. Söz konusu tasarım gemisine ait özellikler **Çizelge 5.2**'de verilmiştir.

Çizelge 5.2 20000 DWT gemi özellikleri.

Gemi tipi	Yük gemisi
Ölü ağırlık tonajı (DWT)	20 000 ton
Tam yüklü deplasman tonajı (DT)	26 500 ton
Gemi toplam boyu (L_{OA})	170 m
Gemi boyu (L_{BP})	161 m
Gemi gövdesinin en geniş yeri (B)	24 m
Derinlik (F+D)	12.5 m
Fribord (F)	3.5 m
Tamamen dolu ortalama su çekimi (D)	9 m

20 000 DWT' luk gemi için yanaşma enerjisi Denklem 4.1' de tanımlanan bağıntı kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplarda kullanılan değerler aşağıda verilmiştir.

Blok katsayısı $C_b=0,74$

Hidrodinamik direnç katsayısı $C_m=1.80$

Esneklik faktörü $C_s=1$

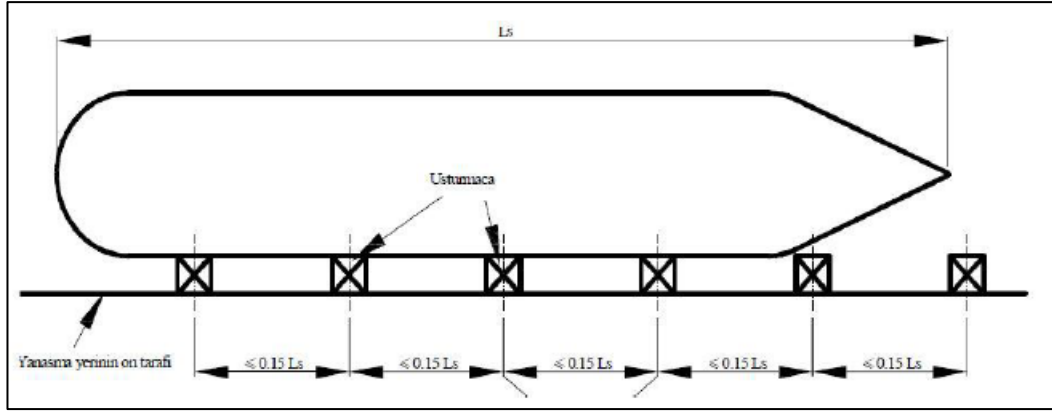
Yanaşma şekli faktörü $C_c=1$

Yanaşma hızı $V=0.10\text{m/sn}$

Gemi kütlesi $M_s=26500\text{t}$

Yapılan hesaplar sonunda geminin yanaşma enerjisi $E_f = 238 \text{ kNm}$ (23.8tm) olarak bulunmuştur.

Gemilerin rıhtıma yanaşırken rıhtım yapısına direk olarak temas etmesini önlemek amacıyla belirli bir mesafe bırakılması istenmektedir. DLH (2008) önerilen usturmaça yerleşim planı **Şekil 5.1'** te verilmiştir. L_s rıhtım yapısına yanaşması muhtemel en küçük geminin boyudur. Bu çalışma kapsamında $L_s = 60\text{m}$ olarak alınmıştır. Bu çalışmada yapılan hesaplar sonrasında usturmaça aralığı 7.5m olarak seçilmiştir.



Şekil 5.1: DLH Yönetmeliği'nde önerilen usturma yerleşim planı.

Usturmaçada performans saplaması, ısı faktörü, yavaşma açısı, durabilite ve gemi geliş hızında oluşabilecek sapmalar göz önünde bulundurularak bir usturma için gelen çarpma enerjisinin iki katının alınmasını uygun bulmaktadır. 20 000 DWT' luk gemi için çarpma boyu 17m olarak hesaplanmıştır. Bu durumda çarpma enerjisi iki usturma tarafından alınmaktadır.

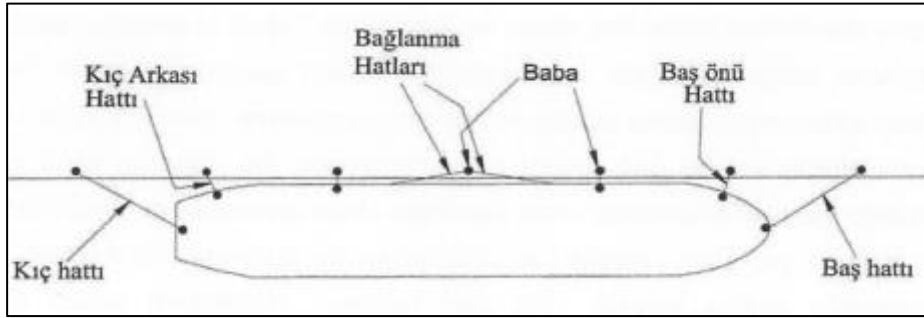
Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda usturmaçalar için tasarım yavaşma enerjisi $(238/2)*2=238$ kNm olarak alınmıştır.

Hesaplanan tasarım enerjisi usturma tarafından sönmünecek olan enerji miktarıdır. Bu tasarım enerjisi için sönmüleyebileceği enerji kapasitesi 275 kNm olan ANP 800 E1.5 tipi usturma uygun görülmüştür. Usturmanın yapıya aktaracağı reaksiyon kuvveti ise usturma genişliği ile enerji miktarının çarpılmasıyla elde edilir. Seçilen usturma tipinin genişliği 3 metre olduğundan rıhtım yapısına etkiyen yatay yük 816 kN olarak alınmıştır.

5.4.4 Gemi bağlanma yükleri

Tasarım gemisi gros tonajı 40575 ton olarak bulunmuştur. Gemilerin gros tonajları ile bağlama kuvvetleri arasındaki ilişkiden **Çizelge 4.5'** te bahsedilmişti. Tasarım gemisi gros tonajı $20000 \leq GT \leq 50000$ aralığında kaldığından babaya etkiyen bağlama kuvveti 1000kN verilmiştir. Bu yükün rıhtım yapısına dik doğrultuda etkimesi en olumsuz durum olduğundan yatayda da yükün dik olarak etkidiği kabul edilmiştir. Düşeyde ise baba çekme yükü geminin boş veya dolu olması durumlarına bağlı olarak değişmektedir. Rıhtım yapısı için boynuz tipi 100kN kapasiteli baba seçilmiştir.

Rıhtım yapılarında baba yerleşimi ile ilgili DLH Yönetmeliği'nde önerilen tipik bağlama şekli **Şekil 5.2'** te gösterilmiştir.



Şekil 5.2: Sürekli rıhtım halinde bağlanma düzeni.

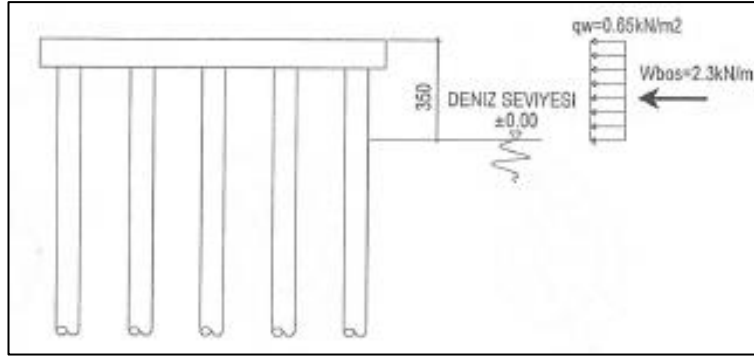
Baba yerleşim aralığı **Çizelge 4.6** yardımı ile 25m, iskelenin tek tarafı için ise baba sayısı 6 olarak belirlenmiştir. Rıhtım yapısına yanaşması muhtemel daha düşük tonajlı gemiler için iki baba arasına 150kN çekme kapasiteli halkalar yerleştirilmesi uygun bulunmuştur.

5.4.5 Rüzgar yükü

Rıhtım yapısına etkiyen rüzgar yükünün en elverişsiz durum göz önüne alınarak yatay olarak etkidiği kabul edilmiştir. Rıhtım yapısı için bölgesel özellikler dikkate alınarak tasarım rüzgar hızı 32m/sn olarak seçilmiştir. Bu durumda yapıya etkiyen rüzgar yükü; $q_w = V^2/1600 = 0.65kN/m^2$ olarak bulunmuştur.

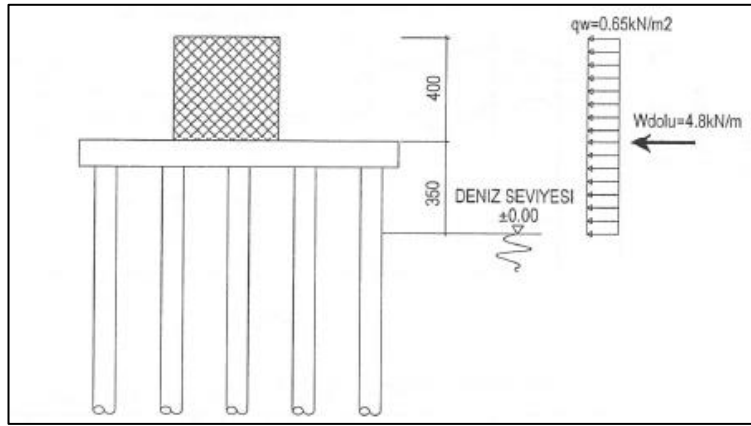
İskele yapısına enine ve boyuna etkiyecek olan rüzgar yükleri rüzgara maruz kalan bölgenin boyutlarının çarpılmasıyla elde edilir.

Rıhtım boş iken rıhtım yapısına denizden karaya doğru rüzgar esmesi durumunda oluşacak olan rüzgar kuvveti birim ano boyu için $W_{boş} = 2.3kN/m$ olarak hesaplanmıştır ve **Şekil 5.3'** te gösterilmiştir.



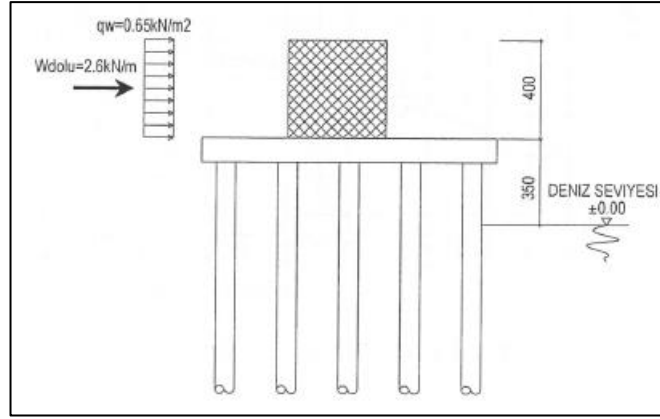
Şekil 5.3: Rıhtım boş iken rüzgar yüklemesi.

Rıhtım dolu iken yapıda denizden karaya doğru rüzgar esmesi durumunda oluşacak olan rüzgar kuvveti birim ano boyu için $W_{dolu}=4.8kN/m$ olarak bulunmuştur. Bu durum kapsamında iskele üzerinde 4m yüksekliğinde hareketli yük şeridi göz önüne alınmıştır ve **Şekil 5.4'** da gösterilmiştir.



Şekil 5.4: Rıhtım dolu iken rüzgar yüklemesi (denizden karaya).

Son olarak rıhtım dolu iken yapıya karadan denize doğru rüzgar esmesi durumu **Şekil 5.5'** de gösterilmiş ve yapılan hesaplar sonucunda bu durum için $W_{dolu}=2.6kN/m$ olarak bulunmuştur. Söz konusu durum için de iskele üzerinde 4m yüksekliğinde hareketli yük şeridi göz önüne alınmıştır.



Şekil 5.5: Rıhtım dolu iken rüzgar yüklemesi (karadan denize).

İskelede dolaylı yoldan etki eden rüzgar yüklerinin de yatay olarak etkidiği kabul edilmiştir. F_{TW} rüzgar yükü hesaplanırken Denklem 4.8 ile verilen ifade kullanılmıştır. Hesaplamalarda, rüzgar kuvveti katsayısı C_{TW} 2.8, rüzgara maruz kalan yüzey alanı $A_L=3200\text{m}^2$ olarak Ek A' da verilen grafiklerden seçilmiştir.

Havanın özgül kütlesi ρ_A 0°C için 1.309 kg/m^3 ve tasarım rüzgar hızı daha önce de belirtildiği gibi 32m/sn olarak alınmıştır. Sonuç olarak gemiye yatayda rüzgar kuvveti $F_{TW} = 1200\text{kN}$ (120t) olarak hesaplanmıştır. Rüzgar kuvvetine maruz kalan geminin iskelede aktardığı yük miktarı geminin uzunluğu ile ters ve iskelenin uzunluğu ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Tasarım gemisi için $L_{BP}=161\text{m}$ olarak verilmiştir. Bu durumda iskelenin birim uzunluğu için gemi yaslanması sebebiyle etkiyen rüzgar kuvveti yaklaşık 7.5kN/m olarak hesaplanmıştır. 54.5m uzunluğundaki ano tip 1 için etkiyen rüzgar kuvveti 408.8kN (40.88t)' dur.

5.4.6 Akıntı yükü

Gemiye etkiyen akıntı yükünün en elverişsiz durum göz önüne alınarak yatay olarak etkidiği kabul edilmiştir. Rıhtım yapısı için bölgesel özellikler dikkate alındığında ortalama akıntı hızı $V_c=1.3\text{m/sn}$, ortalama derinlik $d=30\text{m}$ olduğu görülmüştür. Yatay yönde akıntı kuvveti katsayısı $C_{TC}=1.25$, derinlik düzeltme faktörü $C_{CT}=2$ olarak Ek A kapsamında verilen grafiklerden okunmuştur.

Hesaplar için gerekli olan diğer parametre, tuzlu suyun özgül kütlesi $\rho=1.025\text{ kg/m}^3$, geminin uzunluğu $L_{BP}=161\text{m}$ ' dir. Denklem 4.9 kullanılarak yapılan hesaplarda $F_{TC}=2.1\text{kN}$ (0.21t) olarak bulunmuştur.

Gemiye etki eden akıntı sebebiyle iskeleye aktarılan yük miktarının iskelenin birim uzunluğu için 0.7kN/m olduğu bulunmuştur. 54.5m uzunluğundaki ano tip 1 için etkiyen akıntı kuvveti 38.15kN(3.8t)' dur.

Gemi bağlama yükü olarak seçilen 100t değerinin sağlaması aşağıda yapılmıştır;

$$F_{TW} + F_{TC} = 1200 + 2.1 = 1202.1 \text{ kN} (120.21 \text{ t})$$

6 adet baba olduğundan bir babaya gelen yük $120.21/6 = 20 \text{ t} \leq 100 \text{ t}$ ile seçilen baba çekme yükünün uygunluğu gösterilmiştir.

5.4.7 Dalga yükü

Dalga yükleri hesaplanırken öncelikle tasarım dalgasının özellikleri belirlenmelidir. Yapıya etkiyen tasarım dalgası belirlenirken aşılma olasılığı %50, yenilenme dönemi 5 yıl olan dalga göz önünde bulundurulmuştur. Tasarım dalgası özellikleri aşağıda verilmiştir;

Dalga yüksekliği: $H_s = 3.5 \text{ m}$

Dalga periyodu: $T = 6 \text{ sn}$

Dalga boyu: $L_o = (g/2\pi) * T^2 = 56 \text{ m}$

İskele Platformuna Etkiyen Dalga Basıncı Hesabı

İskele platformuna etkiyen dalganın iskeleye alından etkidiği kabul edilmiştir. Durgun su ile rıhtım tarafından yansıtılmış su seviyesi arasındaki fark h Denklem 5.1, deniz tabanı seviyesindeki dalga basıncı P_1 Denklem 5.2, deniz seviyesindeki dalga basıncı P_0 Denklem 5.3 ile hesaplanacaktır.

$$h = \frac{\pi \times H^2}{L} \times \coth \frac{2 \times \pi \times d}{L} \quad (5.1)$$

$$P_1 = \frac{\gamma \times H}{\cosh \frac{2 \times \pi \times d}{L}} \quad (5.2)$$

$$P_0 = (P_1 + \gamma \times d) \times \frac{H + h}{H + h + d} \quad (5.3)$$

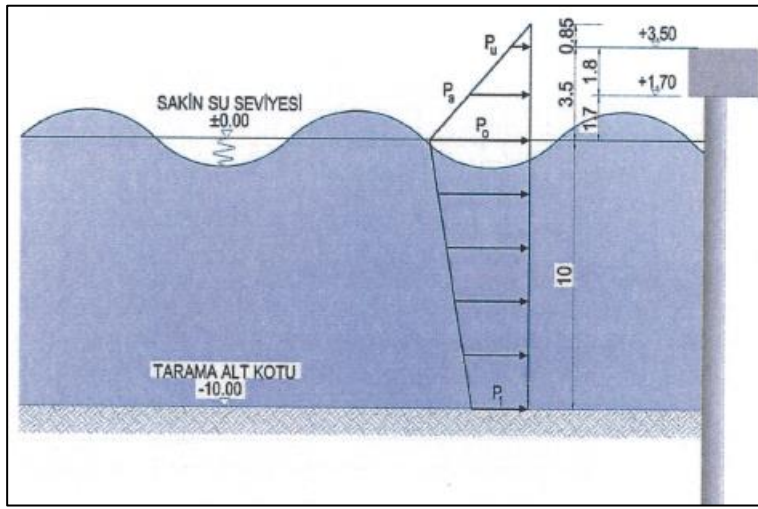
Hesaplarda d , sakin su derinliği 10m, γ deniz suyunun yoğunluğu 10.25kN/m³ olarak alınmış, Denklem 5.1' den $h=0.85m$ olarak bulunmuştur. Bu parametreler ile $P_1=21kN/m^2$, $P_0=37.5kN/m^2$ olarak hesaplanmıştır.

Kazıklı rıhtım yapısına etkiyen dalga y¼kleri şematik olarak şekil 5.6' de verilmiştir.

Tabliye ¼st noktasındaki basınç $P_u = 7.5kN/m^2$

Tabliye ¼st noktasındaki basınç $P_a = 22.5kN/m^2$

Rıhtım platformuna etkiyen bileşke kuvvet $S_p = 27kN/m$



şekil 5.6: Dalga y¼klerinin şematik g¼sterimi.

İskele yapısı tasarımı i¼in se¼ilen kazık ¼apı $D=0.818m$ olduğundan $D/L=0.014$ olarak bulunur. $D/L<0.20$ olduğundan kazıklar k¼¼¼k ¼aplı silindirik kazık olarak sınıflandırılır ve hesaplamalarda Morison (Denklem 4.11) bağıntısı kullanılabilir. Ayrıca $D/L<0.05$ olması sebebiyle lineer dalga teoreminin de kullanılması uygundur.

Dairesel kazıklar i¼in atalet kuvveti katsayısı $C_M=2.0$, direnç kuvveti katsayısı $C_D=0.7$ olarak alınır.

Direnç Kuvveti Hesabı

Denklem 4.14' te verilen bağıntı ile K_D boyutsuz katsayısı Denklem 4.16 yardımı ile hesaplanmıştır. Direnç kuvvetinin maksimum değer i¼in $t=0$ zamanı g¼z ¼n¼ne alınmıştır. $K_D=0.125$ bulunduktan sonra direnç kuvveti F_D daha ¼nce parametreleri ile a¼ıklanmıř olan Denklem 4.12 kullanılarak hesaplanmıştır.

Tasarım dalgası özellikleri ve katsayılar kullanılarak yapılan hesaplama sonucu $F_D=48\text{kn}(4.8\text{t})$ olarak bulunmuştur.

Lineer Dalga Teorisi'ne ait abaklardan F_D kuvvetinin etkiye noktası tabandan 11m olarak okunmuştur.

Atalet Kuvveti Hesabı

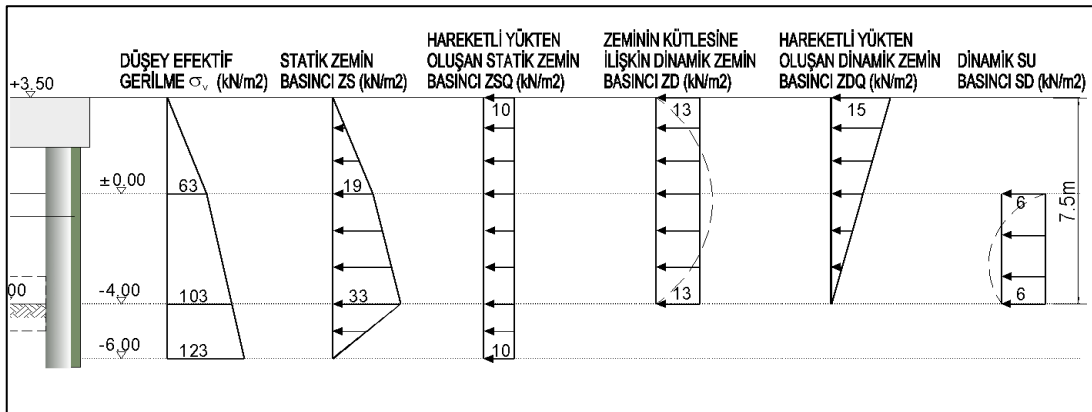
Denklem 4.18' te verilen bağıntı ile K_I boyutsuz katsayısı atalet kuvvetinin maksimum değeri için $t=T/4$ zamanına göre elde edilmiştir. $K_I=0.5$ bulunduktan sonra atalet kuvveti F_I Denklem 4.17 kullanılarak hesaplanmıştır. Tasarım dalgası özellikleri ve katsayılar kullanılarak yapılan hesaplama sonucu $F_I=19\text{kn}(1.9\text{t})$ olarak bulunmuştur.

Lineer Dalga Teorisi'ne ait abaklardan F_I kuvvetinin etkiye noktası tabandan 9m olarak okunmuştur.

Kazıklar arası mesafe $4D=3.25\text{m}$ den büyük olduğundan kazıklara etkiyen dalga yükleri kazık etkileşiminden dolayı artış göstermemektedir.

5.4.8 Toprak yükleri

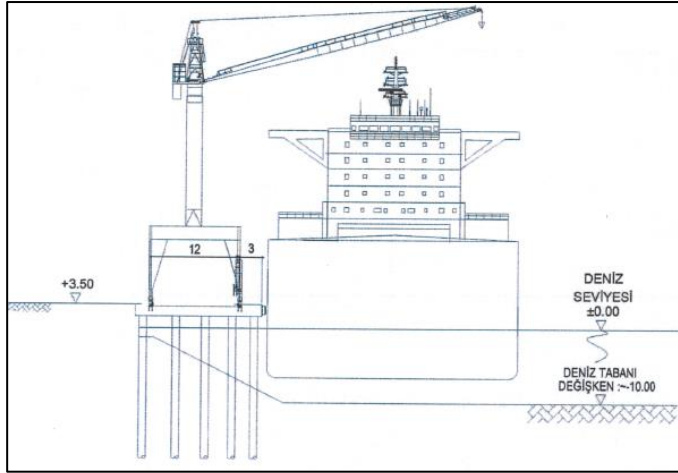
Rıhtım yapısına etkiyen statik ve dinamik toprak basınçlarının hesabı Bölüm 4.3.9'da tanımlanan bağıntılar ve sınırlamalara göre yapılmıştır. Çelik kazıklı rıhtım arkası prekast plaklara etkiyen toprak basınçları **Şekil 5.7'** de gösterilmiştir. Yapının statik modelinde söz konusu yükler kara tarafındaki kazıklara şekilde gösterildiği gibi verilmiştir.



Şekil 5.7: Toprak yüklerinin şematik gösterimi.

5.4.9 Kreyn yükü

Rıhtım yapısı üzerinde **Şekil 5.8'** da gösterilen, ray açıklığı 12m olan ve 50m'de 50t yük kaldırma kapasitesine sahip jib kreynler çalışacaktır. Söz konusu kreynlerin zati ağırlığı 500t olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.8: Kreyn sistemi görünüşü.

5.4.10 Deprem yükü

Çalışma kapsamında yapının deprem parametreleri (D1) ve (D2) deprem düzeylerine göre ayrı ayrı hesaplanmıştır.

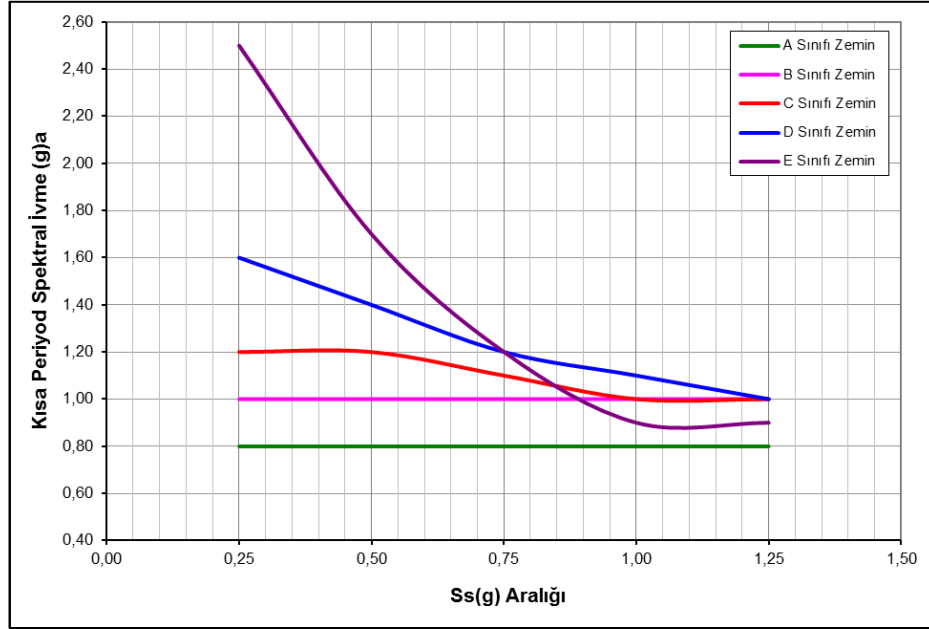
5.4.10.1 Deprem tasarım spektrumlarının belirlenmesi

Yapının bulunduğu enlem ve boylam koordinatlarına göre DLH (2008) Ek-A' da verilmiş olan tablodan faydalanarak, yapının spektral ivme değerleri S_s ve S_1 **Çizelge 5.3'** te verilmiştir.

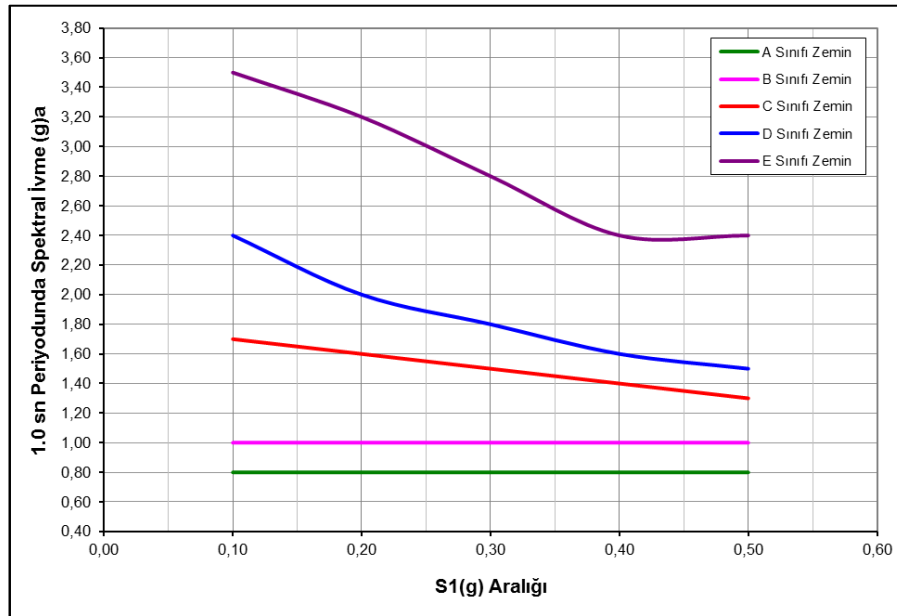
Çizelge 5.3: Yapının S_s ve S_1 Spektral İvme Değerleri.

Koordinat		Kısa period için spektral ivme (g)- S_s			1 sn periyodu için spektral ivme (g)- S_1		
		50 yılda aşılma olasılığı			50 yılda aşılma olasılığı		
Boylam	Enlem	50%	10%	2%	50%	10%	2%
26,40	40,20	0,44	0,79	1,21	0,15	0,31	0,54

F_a ve F_v parametreleri için değerler daha önce bahsedilen izelge 3.1 ve 3.2’ den okunabilir. Değerler ayrıca **ekil 5.9** ve **ekil 5.10**’ deki grafikler şeklinde sunulmuştur.



Şekil 5.9: Kısa periyot zemin katsayısı F_a grafiğı.



Şekil 5.10: 1 sn periyodlu zemin katsayısı F_v grafiğı.

Rıhtım deprem hesaplarında kullanılacak olan parametrelerin değerleri **izelge 5.4**’ te verilmiştir.

Çizelge 5.4: Deprem yükü hesap parametreleri.

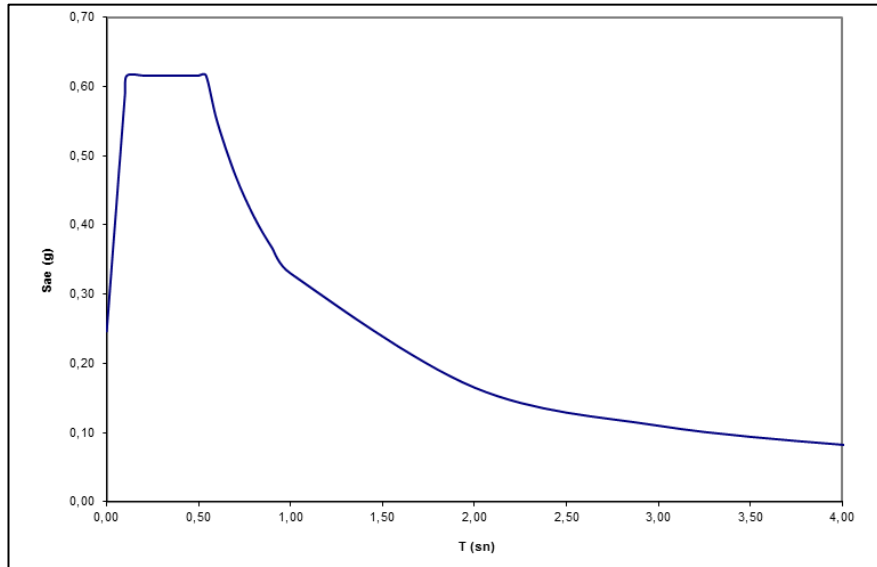
Aşılma olasılığı	D. Düz.	S_s (g)	S_1 (g)	F_a	F_v	S_{MS} (g)	S_{M1} (g)
50%	D1	0,44	0,15	1,20	1,65	0,53	0,25
10%	D2	0,79	0,31	1,10	1,50	0,87	0,47
2%	D3	1,21	0,54	1,00	1,30	1,21	0,70

T_L uzun periyod bölgesine geçiş periyodu 12sn olarak alınmıştır. Spektrum köşe periyotları ise T_0 ve T_s her iki deprem düzeyi içinde ayrı ayrı olarak Denklem 3.7 ve 3.8’ de tanımlandıkları şekilde hesaplanmışlardır.

Deprem düzeyleri için tasarım spektrumu hesapları sırasıyla **Çizelge 5.5** ve **5.6**’ de özetlenmiştir. Spektrum grafikleri ise **Şekil 5.11** ve **Şekil 5.12**’ de verilmiştir.

Çizelge 5.5: (D1) Deprem düzeyi için spektrum hesabı.

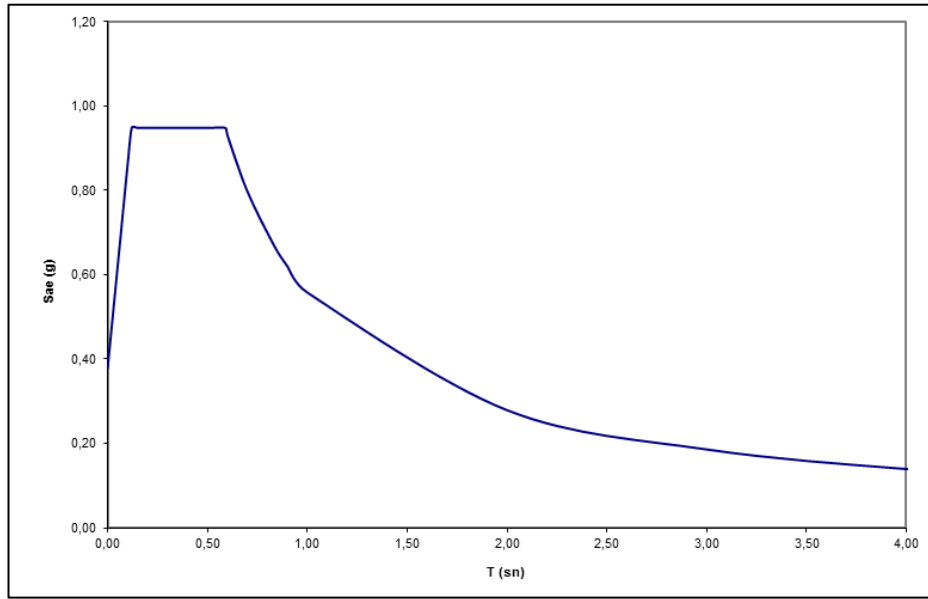
S_{MS} (g)	0,53		
S_{M1} (g)	0,25	$T_s=0,47sn$	$T_0=0,09sn$
S_{aq} (T)	$0,21+(3,38) \times T$	$\rightarrow$	$(T \leq 0,09)$
S_{ae} (T)	0,53	$\rightarrow$	$(0,09 \leq T \leq 0,47)$
S_{ae} (T)	$0,25/T$	$\rightarrow$	$(0,47 \leq T \leq 12)$
S_{ae} (T)	$2,97/T^2$	$\rightarrow$	$(12 \leq T)$



Şekil 5.11: (D1) Deprem düzeyi spektrum eğrisi.

Çizelge 5.6: (D2) Deprem düzeyi için spektrum hesabı.

S_{MS} (g)	0,87		
S_{M1} (g)	0,47	$T_S=0,54sn$	$T_0=0,11sn$
S_{aq} (T)	$0,35+(4,87) \times T$	$\rightarrow$	$(T \leq 0,11)$
S_{ae} (T)	0,87	$\rightarrow$	$(0,11 \leq T \leq 0,54)$
S_{ae} (T)	$0,47/T$	$\rightarrow$	$(0,54 \leq T \leq 12)$
S_{ae} (T)	$5,58/T^2$	$\rightarrow$	$(12 \leq T)$



Şekil 5.12: (D2) Deprem düzeyi spektrum eğrisi.

5.4.10.2 Eşdeğer deprem ivmesi katsayılarının belirlenmesi

D1 ve D2 deprem düzeylerinde statik-eşdeğer dinamik zemin basıncı ile su basıncı hesabında göz önüne alınacak olan eşdeğer deprem ivme katsayıları k_h , etkin yer ivmesi cinsinden aşağıda hesaplanmıştır.

D1 Deprem düzeyi için;

$$k_h = (2/3) \times A_{10} = (2/3) \times 0,21 = 0,14$$

Burada A_{10} , tasarım spektrumunda $T=0sn$ periyoduna karşılık gelen spektral ivmenin $(0,4S_{MS})$ yer çekimine bölünmesi ile elde edilmiştir. $A_{10}=0,21$ olarak alınmıştır.

D2 deprem düzeyi için;

$$k_h = A_{20} \quad A_{20} \leq 0.20$$

$$k_h = (1/3) \times A_{20}^{(1/3)} \quad A_{20} > 0.20$$

Burada A_{20} , tasarım spektrumunda $T=0.05$ sn periyoduna karşılık gelen spektral ivmenin $(0.4S_{MS})$ yer çekimine bölünmesi ile elde edilmiştir. $A_{20}=0.35$ olarak alınmıştır. Bu durumda $k_h=0.23$ olarak bulunmuştur.

5.5 Yükleme Şekilleri

Yapıya etkiyen yükler **Çizelge 5.7'** de özetlenmiştir. Tasarımda kullanılacak olan servis durumu ve faktörlü yük kombinasyonları **Çizelge 5.8'** da, deprem durumu yük kombinasyonları **Çizelge 5.9'** da verilmiştir.

Çizelge 5.7: Yapıya etkiyen yükler.

G	Sabit yükler
Z_S	Zemin kütleline ilişkin statik zemin basıncı
Z_{SQ}	Sürşarj yükünden oluşan statik zemin basıncı
Z_D	Zemin kütleline ilişkin dinamik zemin basıncı
Z_{DQ}	Sürşarj yükünden oluşan dinamik zemin basıncı
S_D	Dinamik su basıncı
E_Q	Düzensiz yayılı hareketli yük
Y	Gemi yanaşma yükü
B	Gemi bağlanma yükü (baba çekme yükü)
W	Rüzgar yükü
S	Dalga basınçları
KR	Kreyn yükü
DM	Deprem yükleri

Çizelge 5.8: Servis durumu ve faktörlü yük kombinasyonları.

Servis durumu yük kombinasyonları		Faktörlü yük kombinasyonları	
C1	$G+Z_S$	C13	$1.4G+1.6Z_S$
C2	$G+Z_S+E_Q+Z_{SQ}$	C14	$1.4G+1.6Z_S+1.6E_Q+1.6Z_{SQ}$
C3	$G+Z_S+KR1$	C15	$1.4G+1.6Z_S+1.6KR1$
C4	$G+Z_S+KR2$	C16	$1.4G+1.6Z_S+1.6KR2$
C5	$G+Z_S+B+W$	C17	$0.9G+1.6Z_S+1.6B+1.6W$
C6	$G+Z_S+E_Q+Z_{SQ}+B+W$	C18	$1.4G+1.6Z_S+1.6E_Q+1.6Z_{SQ}+1.6B+1.6W$
C7	$G+Z_S+Y$	C19	$0.9G+0.9Z_S+1.6Y$
C8	$G+Z_S+S$	C20	$0.9G+0.9Z_S+1.6S$

Çizelge 5.9: Deprem durumu yük kombinasyonları.

C9	$G+Z_S+Z_D+S_D+DM_X+0,5B$
C10	$G+Z_S+Z_D+S_D+DM_Y+0,5B$
C11	$G+Z_S+Z_D+S_D+Z_{SQ}+Z_{DQ}+0.5E_Q+DM_X+0,5B$
C12	$G+Z_S+Z_D+S_D+Z_{SQ}+Z_{DQ}+0.5E_Q+DM_Y+0,5B$

5.6 Kazık Bilgileri

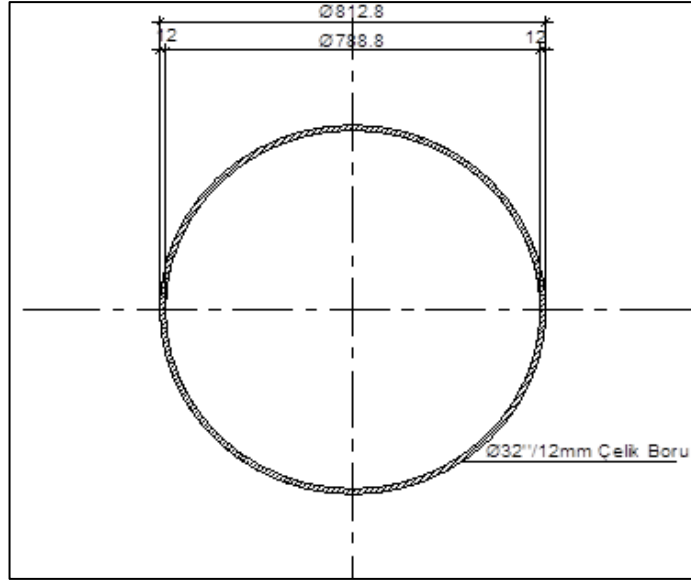
İskele yapılarında kazıkların boyutlandırılmasında başlık kirişinin boyutları, prekast döşeme yüksekliği, döşeme betonu yüksekliği ve kaplama betonu yükseklikleri etken olan parametrelerdir. Fakat özellikle başlık kirişi boyutları kazık çapına göre değişiklik gösterdiği için net hesaplamalar için hep kazık çapının hem başlık kirişi boyutlarının baştan bilinmesi gerekir. Bu yüzden bir optimizasyon çalışması yapılarak çapı 818.8mm, et kalınlığı $t=12\text{mm}$ olan boru kazıklar uygun bulunmuştur.

Tasarımda kullanılan kazığa ait karakteristik değerler **Çizelge 5.10'** de verilmiştir.

Tipik bir kazık kesiti de **Şekil 5.13'** te gösterilmiştir.

Çizelge 5.10: Kazık özellikleri.

Kazık dış çapı	D	818,88mm
Et kalınlığı	t	12mm
Kazık iç çapı	D_i	794,8mm
Kesit alanı	F	$305,2\text{cm}^2$
Atalet momenti	I	$248396,4\text{mm}^4$
Polar atalet momenti	J	$496792,8\text{mm}^4$
Atalet yarıçapı	i	28,5cm
Kazık birim hacim ağırlığı	g_k	238,6kg/m
Elastisite modülü	E_s	$2 \times 10^9 \text{kN/m}^2$
Akma gerilmesi	σ_v	240000kN/m^2



Şekil 5.13: Tipik kazık kesiti.

Çelik Boru Kazıklarda Minimum Et Kalınlığının Belirlenmesi

DLH (2008)' de özel ve normal sınıfa giren rıhtım ve iskelelerde çelik boru kazıkları için et kalınlığı aşağıdaki Denklem 5.4' teki koşula göre belirlenmektedir.

$$\frac{D}{t} = c \times \frac{E_s}{\sigma_y} \leq 80 \quad (5.4)$$

Ucu açık olarak çakılan ve içi beton ile doldurulan kazıklarda $c=0.12$ olarak alınır.

$$D/t=68.24 \leq 80 \rightarrow t_{\min} = 8.13\text{mm}$$

$$c \times (E_s/\sigma_y) = 0.12 \times 2000000000 \times 240000 = 10,12\text{mm}$$

Kazık çapına bağlı olarak hesaplanan en küçük et kalınlıkları sonucunda seçilen 12mm et kalınlığı uygun bulunmuştur.

Kazık Yerleşimi

Başlık kirişi boyunca paralel olarak dizilen düşey kazıklar için minimum kazık aralığı $e_{\min}$ kazık çapına bağlı olarak TS 3167' de Denklem 5.5' te gösterildiği şekilde verilmiştir.

$$e \geq 3d \geq 1m + d \quad (5.5)$$

5.7 Üst Yapı Bilgileri

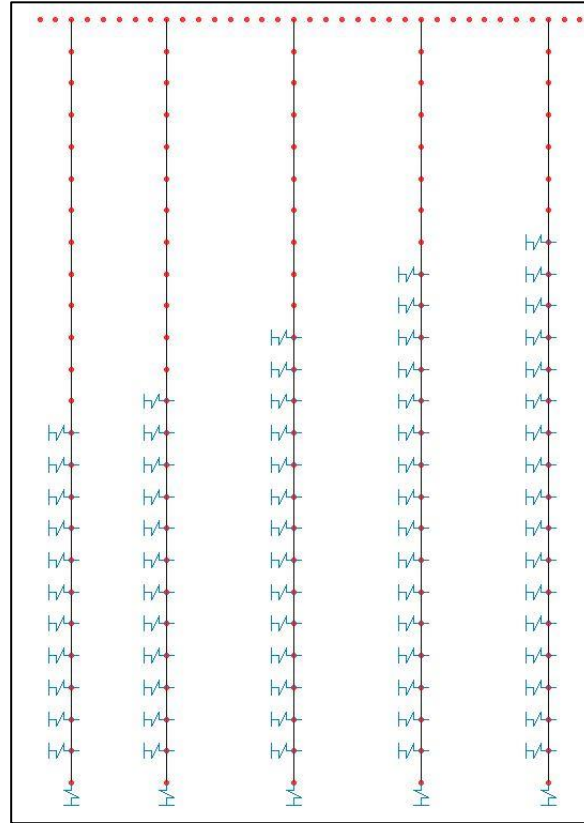
Başlık kirişinin boyutlarının saptanabilmesi için kazık çapı ve imalat esnasında kazık akslarında oluşabilecek sapmalar göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kapsamda başlık kirişi genişliği 1.80m olarak seçilmiştir. Başlık kirişleri aks arası mesafe 7.5m olarak uygun bulunmuştur. Toplamda 68 adet çelik çakma kazık kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında hesapları detaylı olarak incelenen Ano 1 standart anosunun yapısal bilgileri **Çizelge 5.11**' de özetlenmiştir. Yapıya ait kesit görüntüsü **Şekil 5.16**' de verilmiştir.

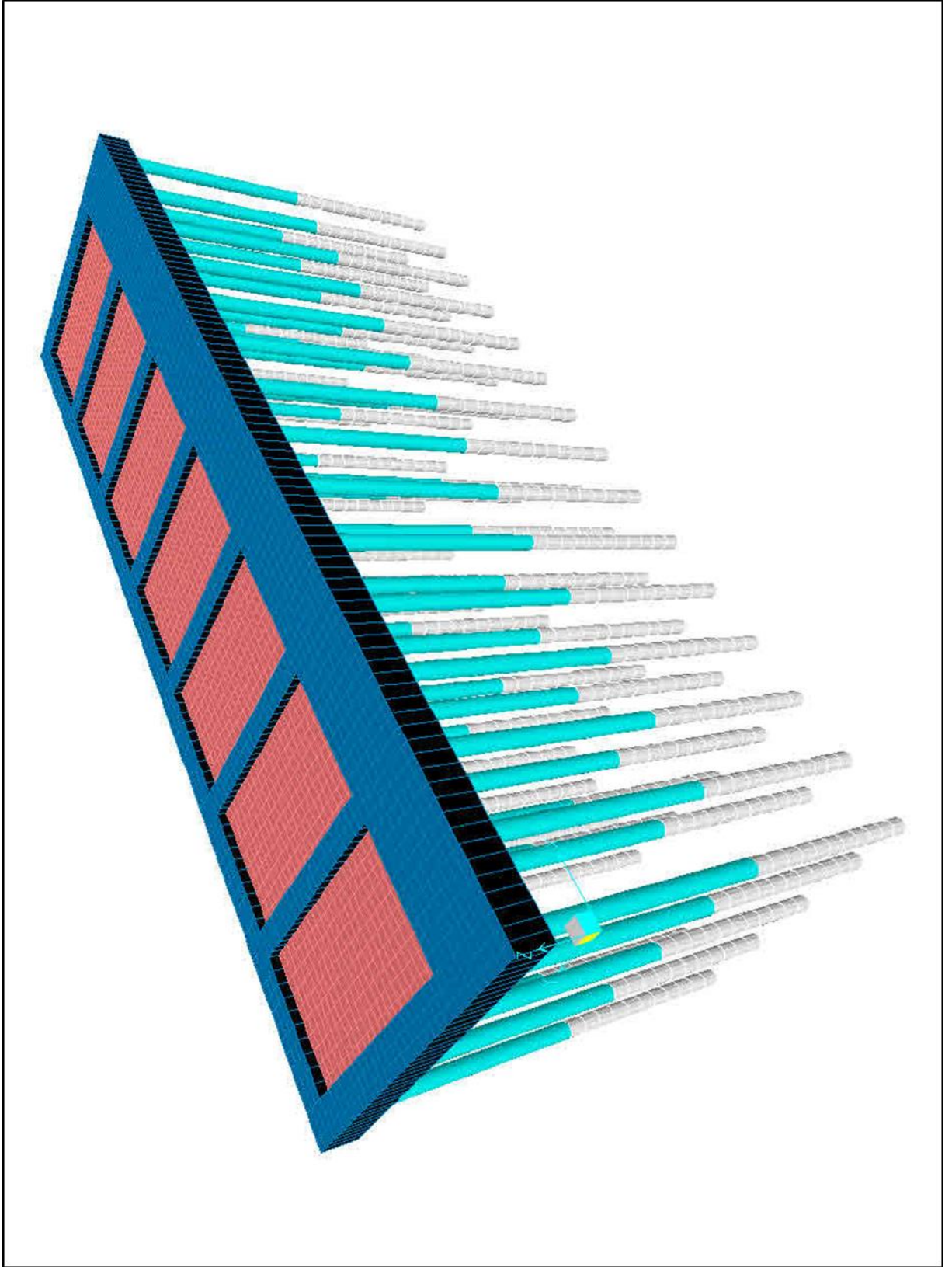
Çizelge 5.11: Ano 1 yapısal bilgiler.

İskele (ano) boyu	54,50	m
İskele (ano) eni	17,00	m
Başlık kiriş sayısı	10	ad
Toplam kazık sayısı	68	m
Aks aralığı	7,50	m
Başlık I. kademe yüksekliği	1,00	m
İskele üst kotu	3,50	m
Başlık kiriş alt kotu	1,70	m
Kenar başlık kirişi (BK1) eni	1,75	m
Kenar başlık kirişi (BK2) eni	4,75	m
Orta başlık kirişi (BK3) eni	1,80	m
Orta başlık kirişi (BK4) eni	1,60	m
Prekast döşeme yüksekliği	0,40	m
II. kademe beton yüksekliği	0,80	m
Yerinde dökme döşeme yüksekliği	0,40	m
Kazık içi beton yüksekliği	5,50	m

Yapı bilgisayar ortamında kiriş döşeme sistemi kendi düzlemi içinde sonsuz rijit tek bir diyafram olarak modellenmiştir. Kazıklar yeterli görülen küçük parçalara ayrılmıştır. Dayanıma göre tasarım ilkesi esaslarında belirtildiği gibi kazıkların zeminle etkileşimi zemin raporundan elde edilen yatak katsayıları değerleri kullanılarak, doğrusal elastik zemin yayları ile sadece yatay doğrultuda tanımlanmıştır. Her bir kazık için tarama kotunun üstünde bulunan eğimli taş dolgu kalınlığının üst yarısında kazık ile taş dolgu arasında herhangi bir etkileşim olmadığı varsayılmıştır. Yapıya etkileyen deprem yükü sadece yatay doğrultuda ve birbirine dik iki ekseninde ayrı ayrı etkiltilmiştir. Kazık zemin yayları **Şekil 5.17**, yapının genel hesap modeli görüntüsü **Şekil 5.18**’ da gösterilmiştir.



Şekil 5.17: Kazık yanıl zemin yayları.



Şekil 5.18: Yapı bilgisayar modeli.

5.8 Modal Analiz ve Deprem Hesabı

Rıhtım yapısı deprem etkileri altında analizde DLH (2008) Deprem Teknik Yönetmeliği'nde önerilen şekilde performansa göre tasarım ilkesi esas alınmıştır. Çalışma kapsamında D2 deprem düzeyi için 'Kontrollü Hasar', D1 deprem düzeyi için 'Minimum Hasar' performans düzeyleri için modal analizler mod birleştirme yöntemi ile yapılmıştır. Çalışma kapsamında her iki deprem düzeyine göre yapılan analiz sonuçları arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Aynı zamanda D2 deprem düzeyinde değişen deprem yükü azaltma katsayısı, R 'nin farklı değerleri için farklı modeller oluşturulmuş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Daha sonra yapının betonarme tasarımı yapılmıştır. Kazıkların ve üst yapının tasarımı yapılırken

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, göz önüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman rıhtım toplam kütlelerinin %90'ından az olmaması kuralına göre SAP2000 programı ile modellenmiştir. Hesaplamalarda ayrıca iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklüklerinin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için *Tam Karesel Birleştirme (CQC)* kuralı uygulanmış ve çapraz korelasyon katsayılarının hesabında modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınmıştır.

Kullanılan tasarım programından elde edilen, yapının kütlelerine ve sınır koşullarına bağlı olarak hesaplanan hakim periyodu, T , 1,016sn'dir. Yapının modal periyod ve frekansları **Çizelge 5.12'**te verilmiştir. Modal analizler sonucu elde edilen kütle katılım oranları ise **Çizelge 5.13'**te özetlenmiştir.

Çizelge 5.12: Yapı modal periyod ve frekans değerleri.

Outputcase Text	StepNum Unitless	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad ² /sec ²
Modal	1	1,016	0,985	6,186	38,264
Modal	2	0,936	1,068	6,712	45,045
Modal	3	0,827	1,210	7,601	57,776
Modal	4	0,137	7,306	45,902	2107
Modal	5	0,134	7,441	46,755	2186
Modal	6	0,134	7,445	46,778	2188,2
Modal	7	0,133	7,513	4,206	2228,4
Modal	8	0,133	7,540	47,375	2260,6
Modal	9	0,132	7,567	47,546	2270,8
Modal	10	0,132	7,601	47,653	2280,9
Modal	11	0,132	7,624	47,759	2294,6
Modal	12	0,131	7,642	47,902	2305,3
Modal	13	0,131	7,642	48,013	2305,3
Modal	14	0,131	7,643	48,019	2305,8
Modal	15	0,131	7,652	48,081	2311,8
Modal	16	0,131	7,655	48,097	2313,3
Modal	17	0,131	7,659	48,124	2315,9
Modal	18	0,131	7,661	48,137	2317,2
Modal	19	0,130	7,665	48,159	2319,2
Modal	20	0,130	7,665	48,159	2319,2

Çizelge 5.13: Etkin kütle katılım oranları özet tablosu.

	Statik	Dinamik
UX	%99,336	%91,322
UY	%99,949	%91,944
UZ	%92,957	%90,013

Çalışma kapsamında D1 ve D2 deprem düzeyleri için ve D2 deprem düzeyinde değişen R katsayıları için hesaplamalar yapılmıştır. Hesap detayı olarak D1 deprem düzeyinde R=1 için yapılan hesaplamalar ve mod şekilleri aşağıda gösterilmiştir. Diğer durumlar için deprem hesapları Ek-C kapsamında sunulmuştur ve **Çizelge 5.14'** te hesap sonuçları özetlenmiştir.

Çizelge 5.14: Deprem yükleri özet tablosu.

	D2			D1
	R=1	R=2,5	R=4	R=1
X yönü deprem kuvveti	8710kN	3514kN	2190kN	4690kN
Y yönü deprem kuvveti	8700kN	3522kN	2190kN	4727kN

X Yönü Toplam Deprem Kuvveti Hesabı

X yönündeki toplam deprem kuvveti hesapları aşağıda özetlenmiş, deprem yükü V_t ile ilgili sınırlama Denklem 5.6 ile tanımlanmıştır. Modlara göre deprem kuvvetler **Çizelge 5.15'** da verilmiştir.

$$V_t \geq \eta \times M_t \times S_{ae} \quad (5.6)$$

Çizelge 5.15: X Yönünde toplam deprem kuvveti hesabı.

Mod	Period sn	SumUX	S_{ae}/R m/sn^2	M_t (W/g)	Kütle katılım	Kesme kuvvetine katkısı (kN)
1	1,016	0,52	1,81	4809	0,524	4548
2	0,936	0,52	1,95	4809	<<	<<
3	0,827	0,91	2,21	4809	0,386	4098
4	0,137	0,91	3,41	4809	<<	<<
5	0,134	0,91	3,41	4809	<<	8
6	0,134	0,91	3,41	4809	<<	<<
7	0,133	0,91	3,41	4809	<<	<<
8	0,133	0,91	3,41	4809	0,001	20
9	0,132	0,91	3,41	4809	0,002	34
10	0,132	0,91	3,41	4809	<<	<<
11	0,132	0,91	3,41	4809	<<	<<
12	0,131	0,91	3,41	4809	<<	2
13	0,131	0,91	3,41	4809	<<	<<
14	0,131	0,91	3,41	4809	<<	1
15	0,131	0,91	3,41	4809	<<	<<
16	0,131	0,91	3,41	4809	<<	<<
17	0,131	0,91	3,41	4809	<<	<<
18	0,131	0,91	3,41	4809	<<	<<
19	0,130	0,91	3,41	4809	<<	<<
20	0,130	0,91	3,41	4809	<<	<<

Toplam deprem yükünün birleştirilmiş değeri, $V_t=8710\text{kN}$

Programdan alınan verilere göre;

Tabliye ve kazıkların toplam ağırlığı: $\sum G=42526 \text{ kN}$

Tabliye üzeri hareketli yüklerin toplamı: $\sum EQ=27795 \text{ kN}$

Yapının hareketli yük katılım katsayısı $n=0.2$ olarak seçilmiştir.

Hareketli yük katılım katsayısı ile toplam kütle: $\sum W=48085\text{kN}$ ve $M_t=4809\text{kN}$

Çizelge 5.6' de bahsedilen değerlere göre $\rightarrow T=0$ için
 $S_{ae}(0)=0.35 \times 9.81=3.43\text{m/sn}^2$

Normal sınıfa giren iskele ve rıhtımlarda $\eta=0.15$ alınması önerilmektedir.

Deprem yükü $V_t=8710\text{kN} \geq 0.15 \times 4809 \times 3,43=2475\text{kN}$ ✓

Y Yönü Toplam Deprem Kuvveti Hesabı

Y yönündeki toplam deprem kuvveti hesapları aşağıda özetlenmiş, deprem yükü V_t ile ilgili sınırlama daha önce tanımlanan Denklem 5.6' ya göre yapılmıştır. Modlara göre deprem kuvvetler **Çizelge 5.16'** da verilmiştir.

Çizelge 5.16: Y Yönünde toplam deprem kuvveti hesabı.

Mod	Period sn	SumUX	S_{ae}/R m/sn^2	M_t (W/g)	Kütle katılım	Kesme kuvvetine katkısı (kN)
1	1,016	0,00	1,81	4809	<<	<<
2	0,936	0,91	1,95	4809	0,906	8513
3	0,827	0,91	2,21	4809	<<	<<
4	0,137	0,91	3,41	4809	<<	2
5	0,134	0,91	3,41	4809	<<	<<
6	0,134	0,92	3,41	4809	0,010	170
7	0,133	0,92	3,41	4809	0,001	16
8	0,133	0,92	3,41	4809	<<	<<
9	0,132	0,92	3,41	4809	<<	<<
10	0,132	0,92	3,41	4809	<<	<<
11	0,132	0,92	3,41	4809	<<	<<
12	0,131	0,92	3,41	4809	<<	<<
13	0,131	0,92	3,41	4809	<<	<<
14	0,131	0,92	3,41	4809	<<	<<
15	0,131	0,92	3,41	4809	<<	<<
16	0,131	0,92	3,41	4809	<<	<<
17	0,131	0,92	3,41	4809	<<	<<
18	0,131	0,92	3,41	4809	<<	<<
19	0,130	0,92	3,41	4809	<<	<<
20	0,130	0,92	3,41	4809	<<	<<

Toplam deprem yükünün birleştirilmiş değeri, $V_t=8700\text{kN}$

Programdan alınan verilere göre;

Tabliye ve kazıkların toplam ağırlığı: $\sum G=42526 \text{ kN}$

Tabliye üzeri hareketli yüklerin toplamı: $\sum EQ=27795 \text{ kN}$

Yapının hareketli yük katılım katsayısı $n=0.2$ olarak seçilmiştir.

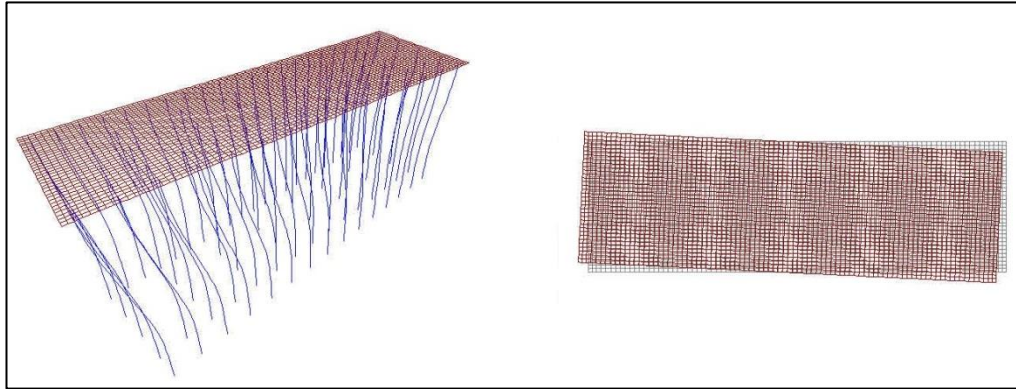
Hareketli yük katılım katsayısı ile toplam kütle: $\sum W=48085 \text{ kN}$ ve $M_t=4809 \text{ kN}$

Çizelge 5.7' de bahsedilen değerlere göre $\rightarrow T=0$ için $S_{ae}(0)=0.35 \times 9.81=3.43 \text{ m/sn}^2$

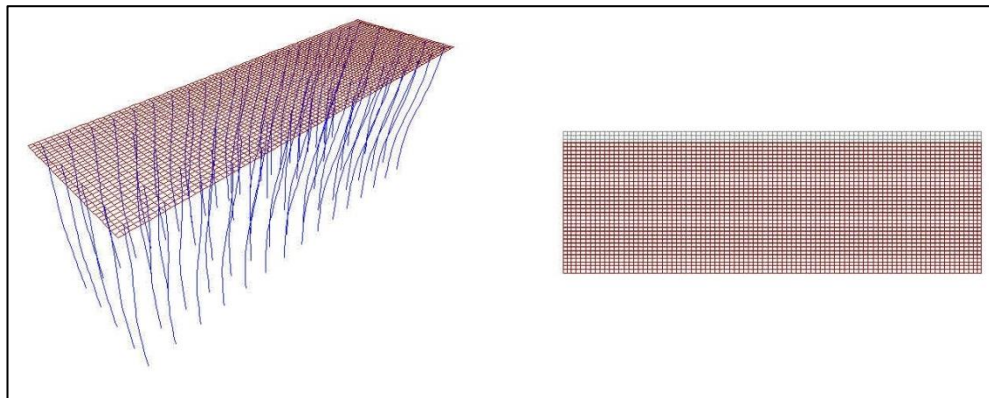
Normal sınıfa giren iskele ve rıhtımlarda $\eta=0.15$ alınması önerilmektedir.

Deprem yükü $V_t=8700 \text{ kN} \geq 0.15 \times 4809 \times 3.43=2475 \text{ kN}$ ✓

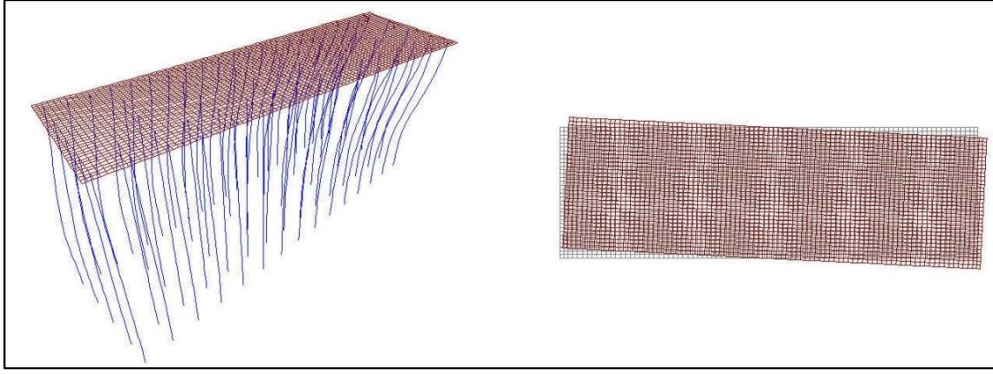
Yapının ilk 3 modu için modal deformasyon şekilleri Şekil 5.19, Şekil 5.20 ve Şekil 5.21' de verilmiştir.



Şekil 5.19: Modal deformasyon şekli-Mod1.

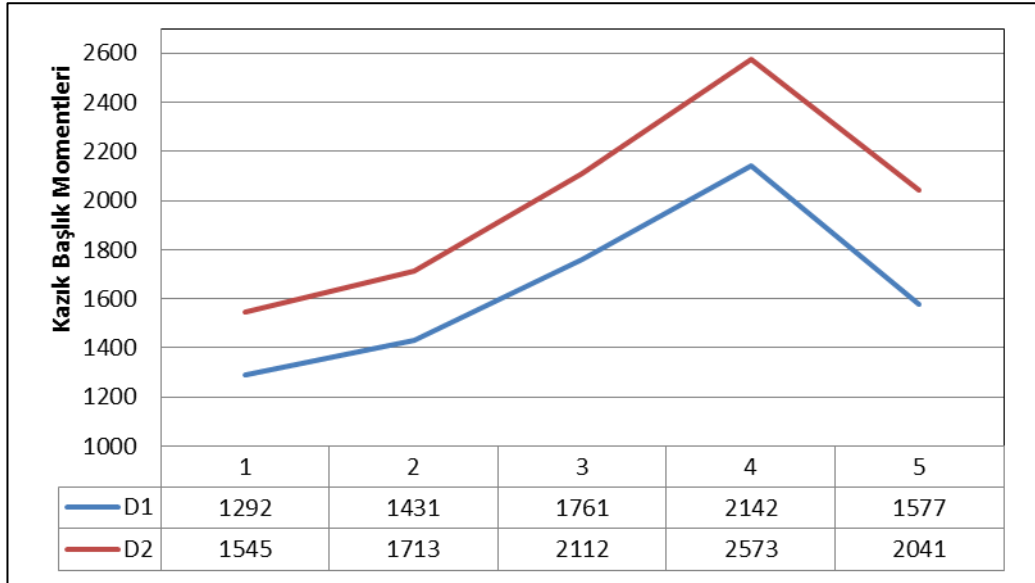


Şekil 5.20: Modal deformasyon şekli-Mod2.

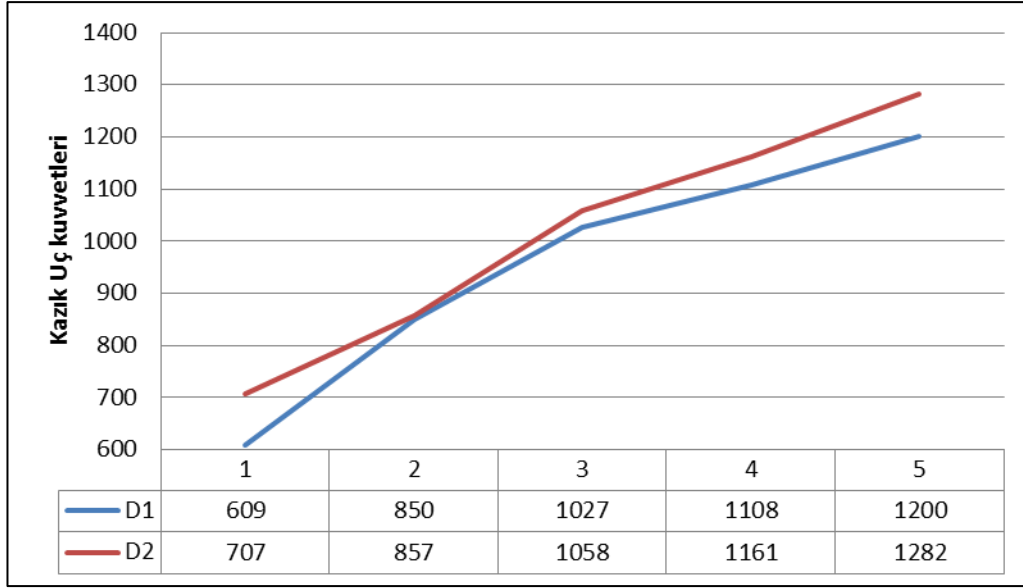


Şekil 5.21: Modal deformasyon şekli-Mod3.

D1 ve D2 deprem düzeyleri için yapılan hesaplamalar sonucunda kazık başlık momentleri ve kazık uç kuvvetlerinde gözlenen değişimler **Şekil 5.22** ve **Şekil 5.23**'de gösterilmiştir. Kazık başlık momentleri için, her iki deprem düzeyinde de kazık sıraları değişikçe oluşan moment değerlerindeki değişimin aynı oranda olduğu görülmüştür. Kazık uç kuvvetlerinde ise moment değerleri gibi orantılı bir değişiklik söz konusu değildir.

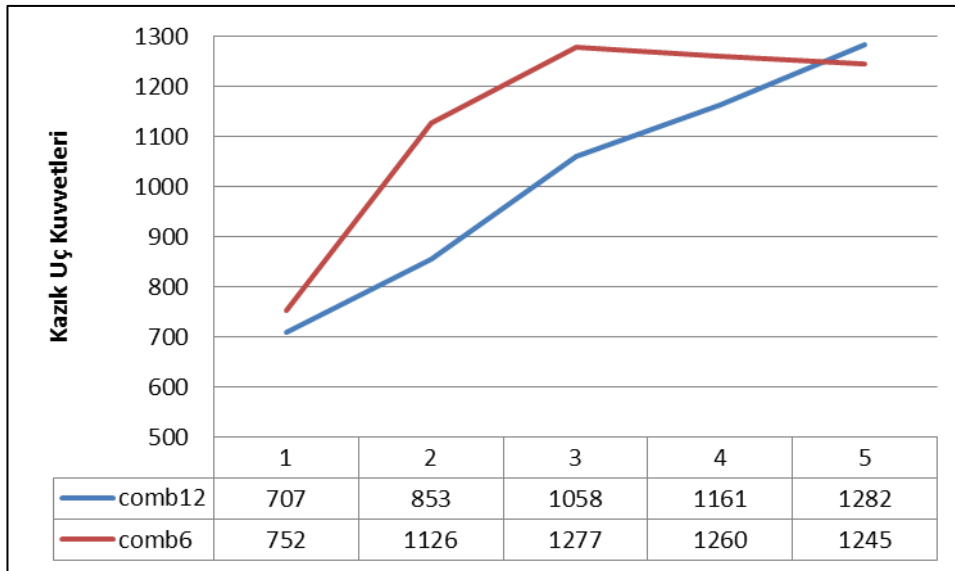


Şekil 5.22: D1-D2 karşılaştırması (kazık başlık momentleri).



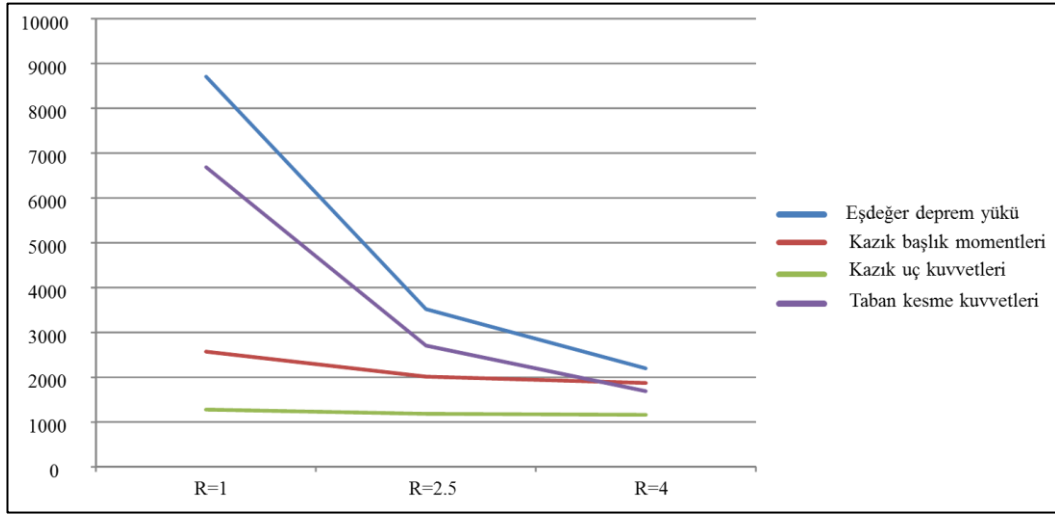
Şekil 5.23: D1-D2 karşılaştırması (kazık uç kuvvetleri).

Kazık uç kuvvetlerinde oluşan değişime etkin olan parametrelerin tayini bakımından **Şekil 5.24'** te Bölüm 5.5'te tanımlanmış olan C6-C12 yükleme şekillerine ait uç kuvveti değerleri grafik şeklinde gösterilmiştir. Grafikten de görüleceği gibi kazık uç kuvvetlerinde deprem yükleri üst yapıda olduğu kadar etkin değildir.



Şekil 5.24: C6-C12 karşılaştırması (kazık uç kuvvetleri).

D2 deprem düzeyinde R, deprem yükü azaltma katsayısının değişen değerleri için yapı davranışına ait grafikler **Şekil 5.25'** te özetlenmiştir.



Şekil 5.25: R katsayısına bağlı değişimler.

5.8.1 Deprem durumu deplasman kontrolleri

Deplasman kontrolü için kazık-tabliye birleşim noktası yer değiştirmesinden faydalanılarak, değerlendirmeye esas yer değiştirme δ_j , Denklem 5.7 yardımı ile hesaplanmıştır.

$$\delta_j = \beta \times R \times \Delta_j \quad (5.7)$$

Bağıntılardaki parametreler aşağıda açıklanmıştır;

β : Yer değiştirme büyütme katsayısı ($R > 1.5$ için $\beta = 2/3$)

Δ_j : Kazık-tabliye birleşim noktası yer değiştirmesi

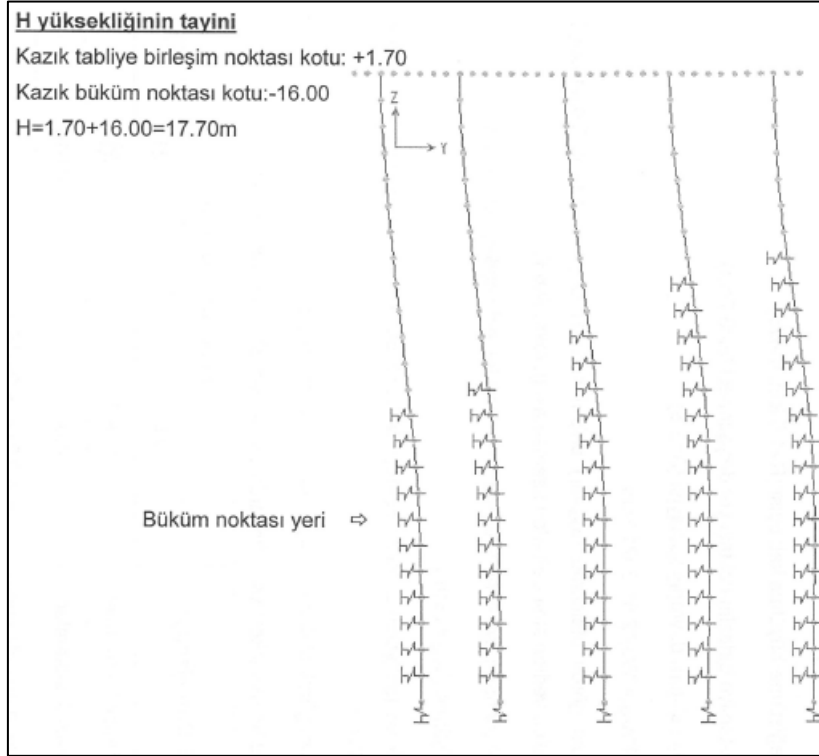
Δ_{maks} : Değerlendirmeye esas SAP2000 analizlerinden elde edilen maksimum yer değiştirme miktarıdır.

h_k : Kazık ve tabliyenin birleşim noktası ile kazık büküm noktası arasındaki mesafenin tayini **Şekil 5.26'** de gösterilmiştir.(1770cm).

D2 deprem düzeyinde değişen R katsayıları için elde edilen yer değiştirmeler ve göreceli ötelenme oranları **Çizelge 5.17'** de verilmiştir.

Çizelge 5.17: Yer değiştirmeler özet tablosu.

	R=1	R=2,5	R=4
Birlrşim bölgesi yer değiştirmeleri(cm)	13	12,08	12,07
Esas yer değiştirmeler (cm)	13	20,13	32,2
Görelı ötelenme oranları	0,008	0,013	0,018



şekil 5.26: h yüksekliğinin tayini.

Çizelge 3.6’ da belirtilen kazıklı iskele ve rıştımlarda izin verilen görelı öteleme oranlarından faydalanarak, bulunan değerler karşılaştırılmış ve R=4 durumu yapı performans düzeyi ağıısından uygun bulunmamıştır.

5.9 Kazık Hesapları

5.9.1 Kazık taşıma gücü hesapları

Rıhtım yapısı kazıklarına statik ve depremli durumda gelen yükler hesaplamada kullanılan program tarafından elde edilmiş ve her bir kazık sırası için değerler ayrı ayrı gösterilmiştir. Kazıklar için taşıma gücü hesabı daha önce bölüm 4.4.1’ de açıklandığı gibi DLH (2008) Deprem Teknik Yönetmeliği’ne uygun olarak geoteknik rapordan elde edilen verilere göre yapılmıştır. Yapının inşa edildiği alanda yapılan sondajların listesi ve kazık taşıma gücü parametreleri sırasıyla **Çizelge 5.18** ve **5.19**’ de verilmiştir.

Çizelge 5.18: Yapılan sondajların listesi.

Sondaj no	Deniz suyu derinliği (m)	Taşıyıcı tabaka kotu (m)	Taşıyıcı tabakayı oluşturan zemin cinsi
DS3	8,20	-9,80	Sert kil
DS7	4,55	-12,25	Çok katı kil
DS14	9,15	-12,20	Sert kil
DS28	11,80	-13,50	Sert kil
DS29	8,20	-8,20	Sıkı kum
DS30	8,00	-8,00	Sıkı kum
DS51	5,00	-5,00	Sert kil
DS52	9,70	-9,70	Sıkı kum

Çizelge 5.19: Kazık taşıma gücü parametreleri.

Zemin cinsi	Birim çevre sürtünmesi f_s (t/m ²)	Uç direnci q_b (t/m ²)
Gevşek kum	-	-
Yumuşak kil	-	-
Orta katı kil	2,0	-
Katı kil	3,5	-
Çok katı kil	5,0	125
Sert-çok sert kil	7,0	200
Sıkı kum	6,0	400

Kazık yükleri hesaplanırken kazık ağırlıkları dahil edilmiştir. Güvenli tarafta kalmak adına suyun kaldırma kuvvetinin etkisi kazıkların ağırlıklarından çıkarılmamıştır. Yükler hesaplanırken kazık boyları 26m olarak kabul edilmiştir.

Geoteknik raporlardan elde edilen kazık yükleri kazıklara gelen yüklerden daha küçük olduğu için kazık boyları uzatılarak kazıkların üst yapı yüklerini güvenle taşıyabileceği şekilde belirlenmiştir. Kazıkların taşıma gücü hesabı Bölüm 4.4’ te belirtilen bağıntılar ve hesap kriterleri ile hesaplanmış sonuçlar **Çizelge 5.20’** de özetlenmiştir. Hesaplar her bir sondaj için ayrı ayrı yapılmış ve Ek-B’ de sunulmuştur.

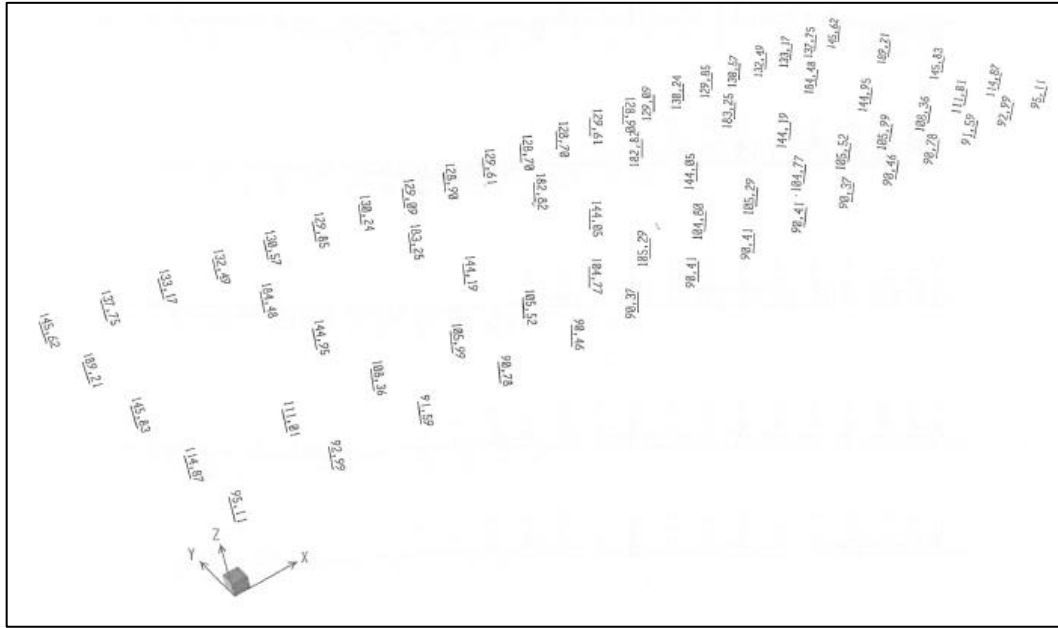
Çizelge 5.20: Kazık taşıma gücü özet tablosu.

Sondaj no	Kazık boyu	Kazık taşıma gücü (t)	
		Statik (Q_{ser})	Dinamik (Q_{ult})
DS3	22	136	177
DS7	26	132	172
DS14	24	129	168
DS28	26	137	178
DS29	26	143	186
DS30	24	150	195
DS51	18	150	195
DS52	22	130	169

5.9.2 Kazık kesit tesirleri ve betonarme hesapları

Kazık betonarme dizaynı yapı hesaplarında en elverişsiz sonucu veren kombinasyonlar olan COMB6($G+Z_S+E_Q+Z_{SQ}+B+W$) ve depremli durum kombinasyonu COMB12 ($G+Z_S+Z_D+S_D+Z_{QS}+Z_{DQ}+0.5E_Q+DM_Y+0.5B$) kullanılarak seçilen kesit tesir değerleri ile yapılmıştır. Kombinasyonlarda oluşan kesit tesirlerinin diyagramları Ek-B kapsamında sunulmuştur.

Kazık-tabliye birleşim noktasında yüklerin sadece betonarme kesit tarafından taşınacağı kabulü yapılmıştır. Bu doğrultuda gerçekleştirilen analizlerden elde edilen donatı alanı değerleri **Şekil 5.27’** de verilmiştir ve maksimum boyuna donatı alanının $A_{s_{ger}}=189.20\text{cm}^2$ olduğu görülmüş, alanı $A_s=196.94\text{cm}^2$ olan 32 ϕ 28 donatı seçilmiştir.



Şekil 5.27: Kazık-tabliye birleşim noktası için boyuna donatı alanları(cm^2).

Kayma donatısı için analiz programından elde edilen veriler doğrultusunda alanı $A_{sw}=1.13\text{cm}^2$ olan $\phi 12/7.5$ donatı seçilmiştir. Kazık kayma donatısı sınırlamaları için Denklem 5.8’ de TS500’ de verilen minimum kayma donatısı hesabı kullanılmıştır. Kazık içi donatı tasarımında pas payı $d'=5\text{cm}$ seçilmiştir.

$$A_{swmin} = 0.30 \times \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} \times s \times b_w \quad (5.8)$$

Burada;

f_{ctd} : Betonun tasarım çekme dayanımı (kN/m^2)

f_{ywd} : Kayma donatısı tasarım akma dayanımı (kN/m^2)

s : Kayma donatısı aralığı (cm)

b_w : Kesit genişliği (cm)

$$A_{swmin}=0.3 \times (1250/365000) \times 7.5 \times (81.28-2 \times 5)=0.55\text{cm}^2 \rightarrow A_{sw}=1.13 > A_{swmin}=0.55$$

DLH (2008) Deprem Teknik Yönetmeliği’ nde özel ve normal sınıfa giren iskelelerde betonarme kesitler için spiral enine donatıların Denklem 5.9’ da verilen sınırlamaya uygun olması önerilmiştir.

$$\rho_s \geq 0.12 \times \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \quad (5.9)$$

Bağıntıdaki ρ_s , spiral enine donatının hacimsel oranıdır ve Denklem 5.10' da verilen şekilde hesaplanır.

$$\rho_s = \frac{4 \times A_{sw}}{(D - 2d') \times s} \quad (5.10)$$

Burada;

D: Kazıktaki betonarme kesit iç çapı=81.28-2*5=78.88cm

$$\rho_s = (4 \times 1.3) / [(78.8 - 2 \times 5) \times 7.5] \geq 0.12 \times (30000 / 420000) \rightarrow 0.00875 \geq 0.0086$$

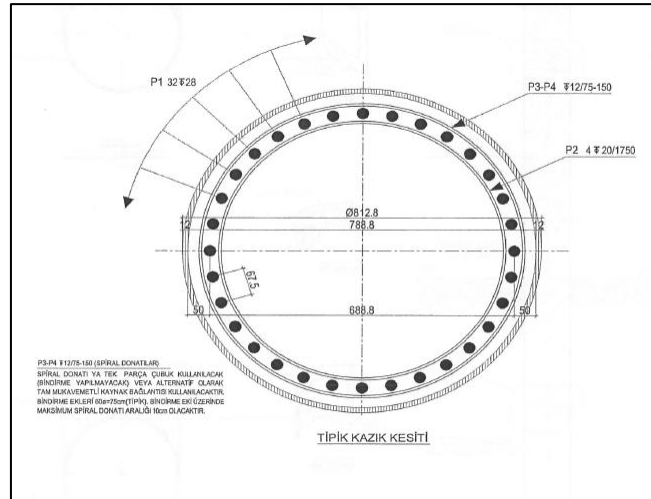
Seçilen kayma donatısı $\phi 12/7.5$ uygun bulunmuştur.

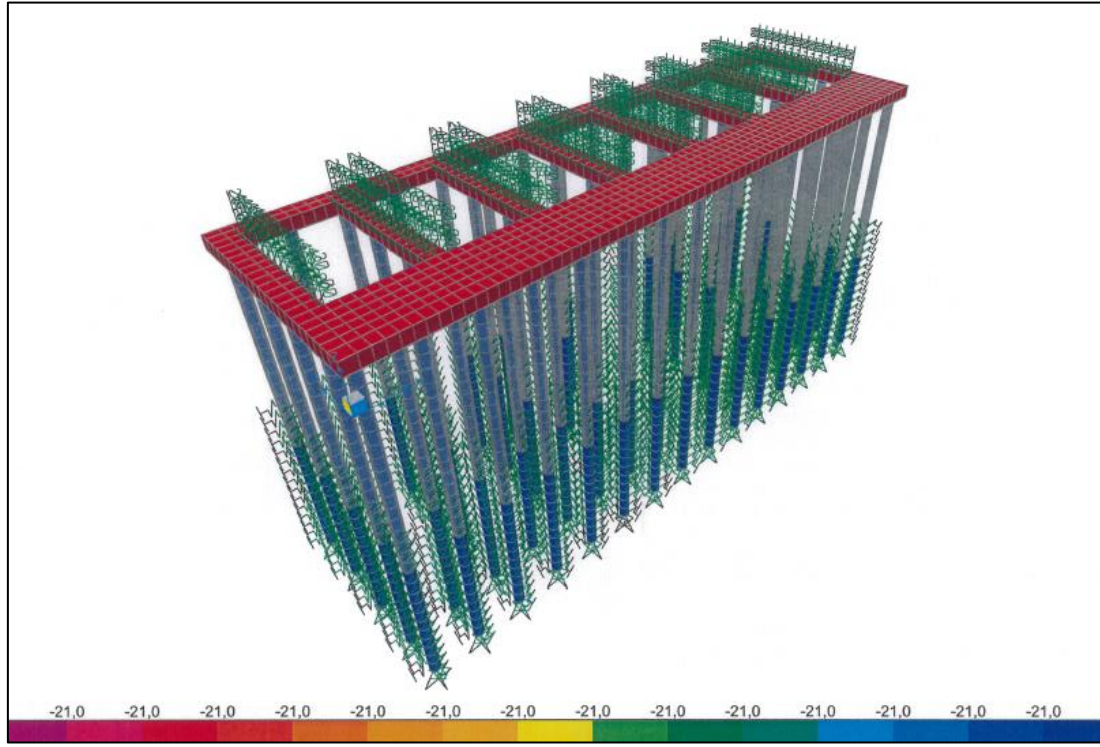
Çelik boru kazıkların başlık kirişlerine betonarme kesitli monolitik bağlantısında, yarısı kazık içerisinde diğer yarısı ise kazık başlığı içerisinde olmak üzere Denklem 5.11' de tanımlanan kritik uzunluk boyunca boyuna donatılar spiral donatı ile sarılmıştır. Bağıntıdaki d_b ifadesi donatı çapıdır.

$$L_p = 0.044 \times f_{yk} \times d_b \quad (5.11)$$

$$L_p = 0.044 \times 420 \times 28 = 518 \text{ mm}$$

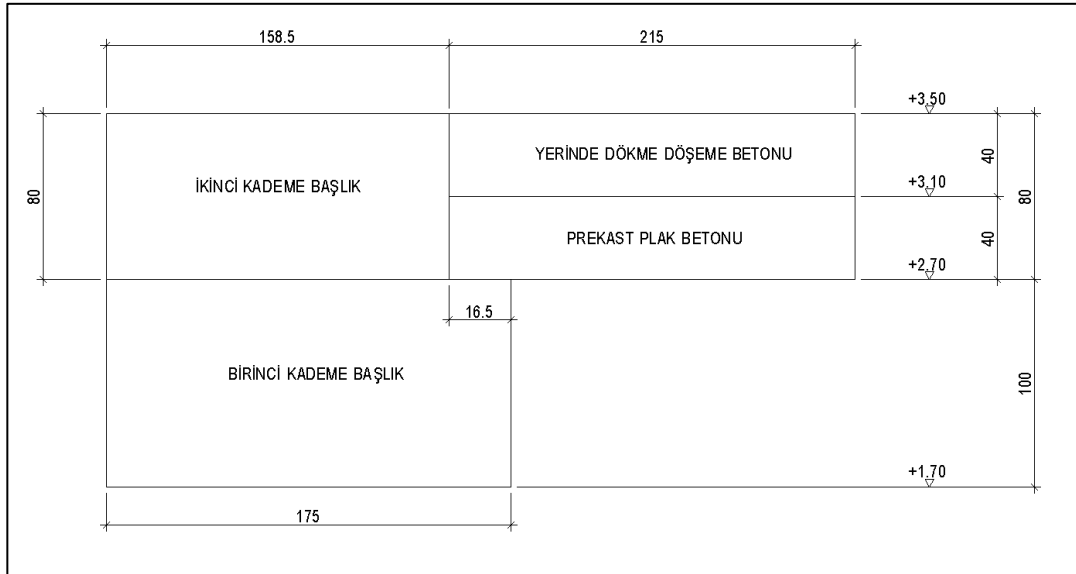
Projede kazık içerisinde $L=850 \text{ mm}$, başlık kirişleri içerisinde $L=1700 \text{ mm}$ olarak alınmıştır ve bu değerler L_p değerinden büyük olduğundan tasarım uygun bulunmuştur. Seçilen donatılar ve yerleşimi tipik bir kazık kesitinde **Şekil 5.28'** te gösterilmiştir.





Şekil 5.29: İmalat aşaması için kullanılan yapı hesap modeli.

BK1 Başlık Kirişi



Şekil 5.30 BK1 başlık kirişi.

Montaj durumu yükleri:

Başlık kirişi $=1.75 \times 25 = 43.75 \text{ kN/m}$

Prekast döşeme $=2.15 \times 10 = 21.5 \text{ kN/m}$

Sabit yük (G) $=65.25 \text{ kN/m}$

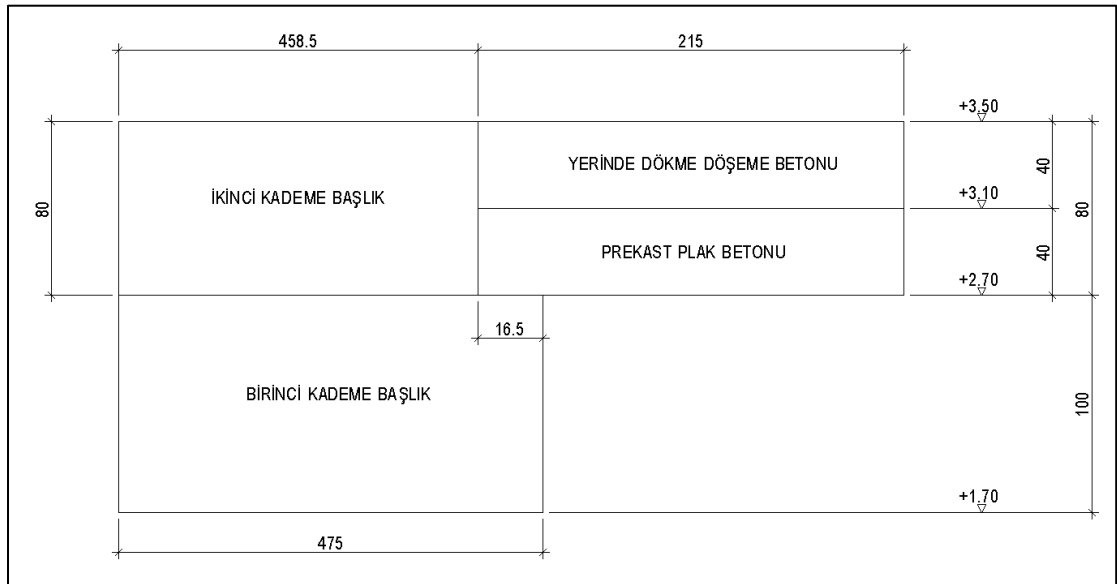
2.kademe başlık kirişi $=1.58 \times 20 = 31.6 \text{ kN/m}$

Yerinde dökme beton $=2.15 \times 10 = 21.5 \text{ kN/m}$

İskele hareketli yük $=3.73 \times 1 = 3.73 \text{ kN/m}$

Hareketli yük (Q) $=56.83 \text{ kN/m}$

BK2 Başlık Kirişi



Şekil 5.31: BK2 başlık kirişi.

Montaj durumu yükleri:

Başlık kirişi $=4.75 \times 25 = 118.75 \text{ kN/m}$

Prekast döşeme $=2.15 \times 10 = 21.5 \text{ kN/m}$

Sabit yük (G) $=140.25 \text{ kN/m}$

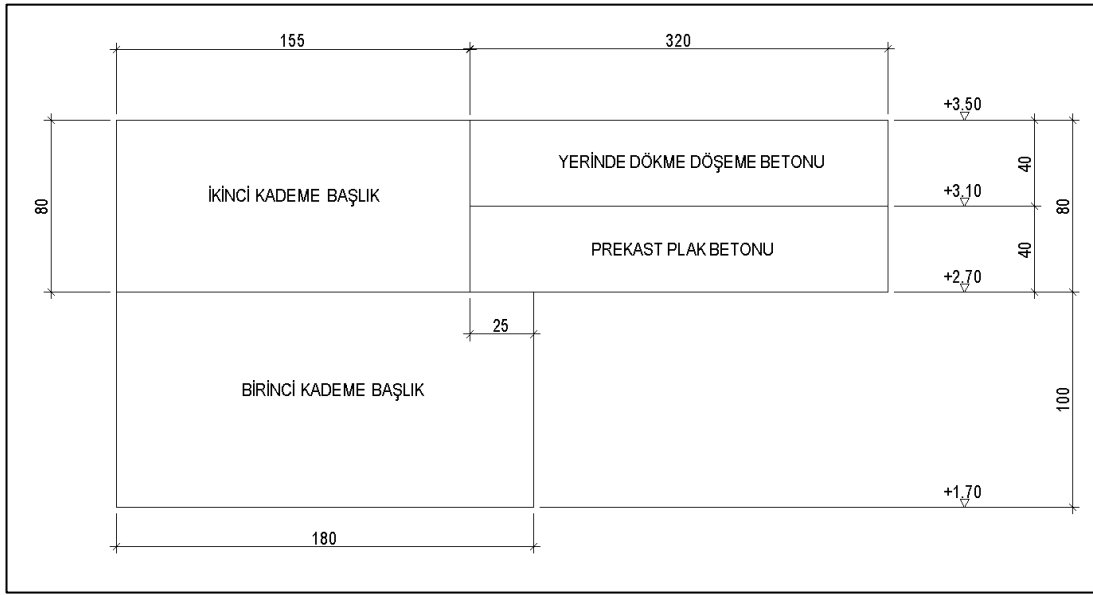
$$2.\text{kademe başlık kirişi} = 4.58 \times 20 = 91.6 \text{ kN/m}$$

$$\text{Yerinde dökme beton} = 2.15 \times 10 = 21.5 \text{ kN/m}$$

$$\text{İskele hareketli yük} = 6.74 \times 1 = 6.74 \text{ kN/m}$$

$$\text{Hareketli yük (Q)} = 119.84 \text{ kN/m}$$

BK3 Başlık Kirişi



Şekil 5.32: BK3 başlık kirişi.

Montaj durumu yükleri:

$$\text{Başlık kirişi} = 1.80 \times 25 = 45.0 \text{ kN/m}$$

$$\text{Prekast döşeme} = 3.2 \times 10 = 32.0 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sabit yük (G)} = 77.0 \text{ kN/m}$$

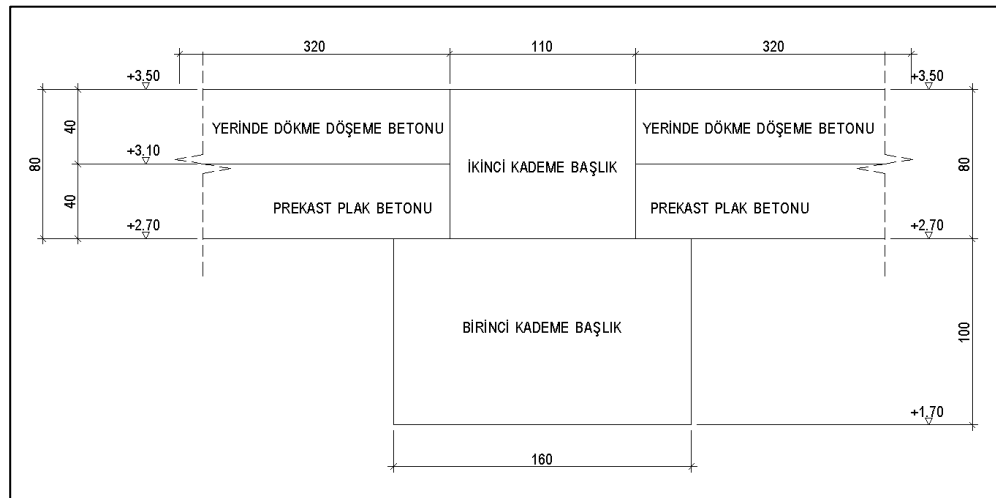
$$2.\text{kademe başlık kirişi} = 1.55 \times 20 = 31.0 \text{ kN/m}$$

$$\text{Yerinde dökme beton} = 3.2 \times 10 = 32.0 \text{ kN/m}$$

$$\text{İskele hareketli yük} = 4.75 \times 1 = 4.75 \text{ kN/m}$$

$$\text{Hareketli yük (Q)} = 36.75 \text{ kN/m}$$

BK4 Başlık Kirişi



Şekil 5.33: BK4 başlık kirişi.

Montaj durumu:

Başlık kirişi $=1.60 \times 25 = 40.0 \text{ kN/m}$

Prekast döşeme $=6.4 \times 10 = 64.0 \text{ kN/m}$

Sabit yük (G) = 104.0 kN/m

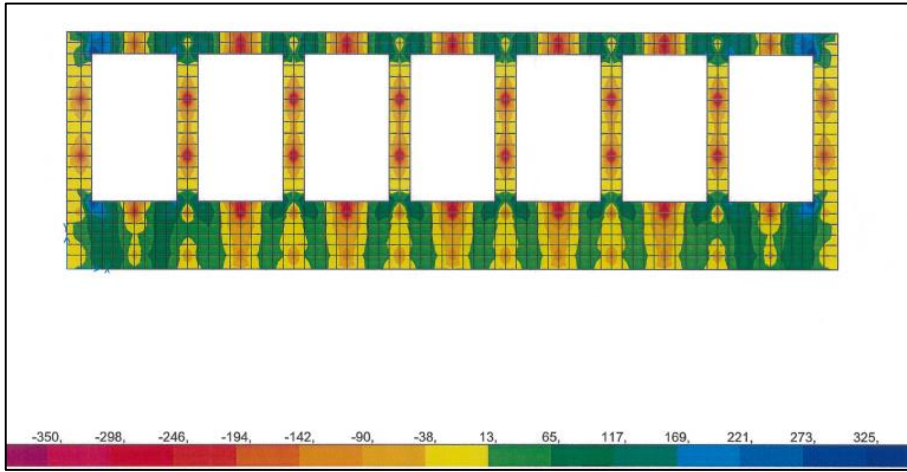
2.kademe başlık kirişi $=1.10 \times 20 = 22.0 \text{ kN/m}$

Yerinde dökme beton $=6.4 \times 10 = 64.0 \text{ kN/m}$

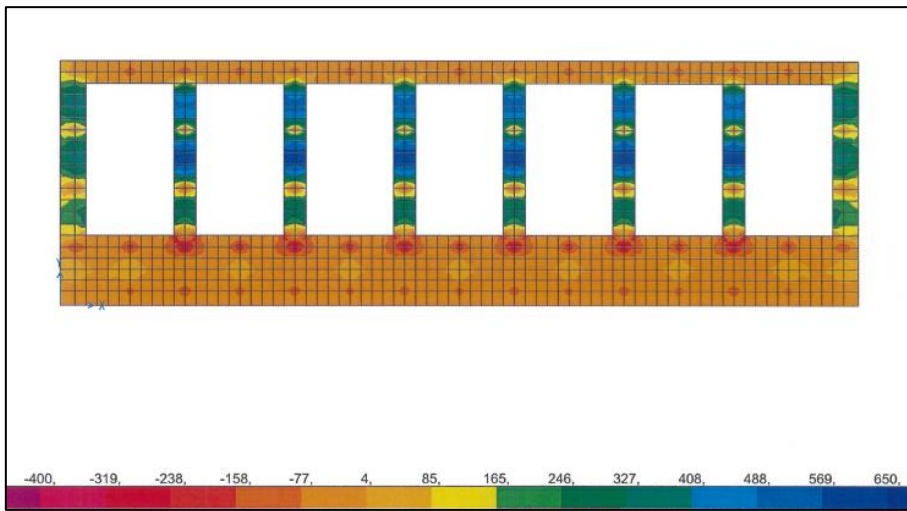
İskele hareketli yük $= 7.40 \times 1 = 7.40 \text{ kN/m}$

Hareketli yük (Q) = 93.4 kN/m

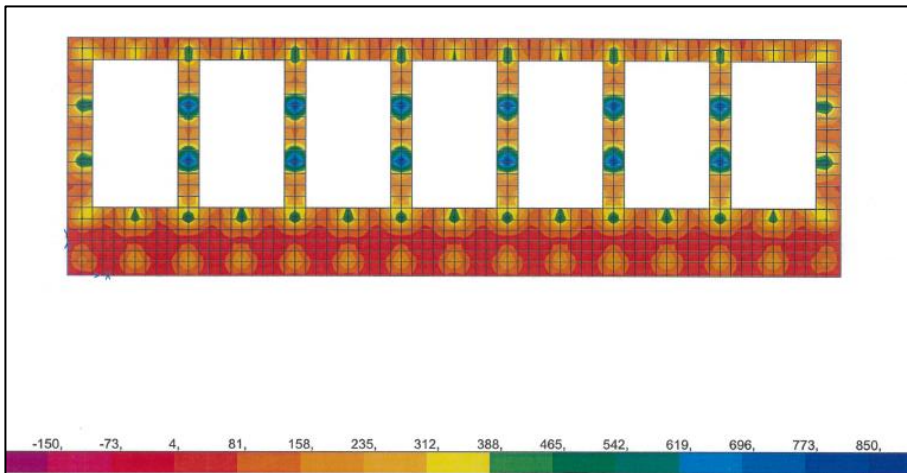
Montaj sırasında yüklemeleri yukarıda verilmiş olan BK1,BK2,BK3 ve BK4 başlık kirişleri için imalat aşaması kesit tesiri diyagramları sırasıyla **Şekil 5.34**, **Şekil 5.35** ve **Şekil 5.36'** de verilmiştir.



Şekil 5.34: İmalat aşaması başlık kirişleri M1-1 (x yönü) moment diyagramı.



Şekil 5.35: İmalat aşaması başlık kirişleri M2-2 (y yönü) moment diyagramı.



Şekil 5.36: İmalat aşaması başlık kirişleri Vmax kesme kuvveti diyagramı.

Yapılan analizler sonucunda başlık kirişleri için hesaplarda kullanılan tasarım momentleri ve TS 500 standartlarına bağlı kalınarak seçilen donatı detayları **Çizelge 5.21**’ te özetlenmiştir.

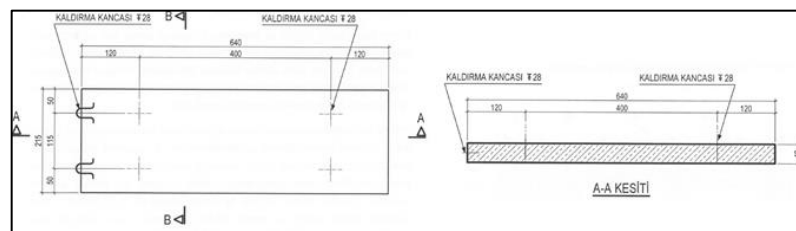
Çizelge 5.21: İmalat aşaması başlık kirişleri donatı hesap özeti.

Kolon A	Tasarım momentleri(kNm)		Ana donatı (cm ² /cm)	
	M _{max}	M _{min}	Alt	Üst
BK1	375	365	Φ24/12,5	Φ20/25
BK2	375	365	Φ24/12,5	Φ20/25
BK3	645	395	Φ24/12,5	Φ20/25
BK4	645	395	Φ24/12,5	Φ20/25

Kayma donatısı için tüm başlık kirişlerinde oluşan maksimum kesme kuvveti $V_{max}=87kN$ olarak alınmış ve tüm başlık kirişleri için $\phi 12/15$ etriye uygun bulunmuştur.

Prekast Döşeme Hesabı

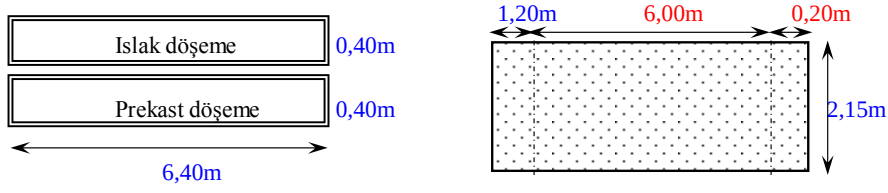
Birinci kademe beton dökümünden sonra kirişlerin ikinci kademe betonu ve yerinde dökme betonunun dökümü gerçekleştirilecektir. Bu aşamada prekast plakların 40cm’ lik birinci ıslak döşeme ağırlığı ve montaj sırası hareketli yükleri taşıyabilecek şekilde boyutlandırılması yapılmıştır. Nihai durumda plaklar ve yerinde dökme döşemeden oluşan sistemin kendi ağırlıklarına ek olarak 30kN/m²’ lik yükü de güvenli bir şekilde taşımaları gerekmektedir. Bu yüklere ilaveten prekast plakların montaj için kaldırılması esnasında oluşacak kesit tesirlerine göre de kontroller yapılmış ve yukarıda açıklanan üç farklı yükleme koşulundan en elverişsiz olanına göre plakların donatı seçimi ve boyutlandırması yapılmıştır. **Şekil 5.37**’de prekast döşemeye ait plan ve kesit görünüşü verilmiştir. **Şekil 5.38**’ te prekast döşemenin hesaplamalarına ait şekiller ve değerler gösterilmiştir.



Şekil 5.37: Prekast plak plan ve kesit görüntüsü.

PREKAST DÖŞEME HESAPLARI: YÜK ANALİZLERİ:

1- Montaj Esnasında: (L1)



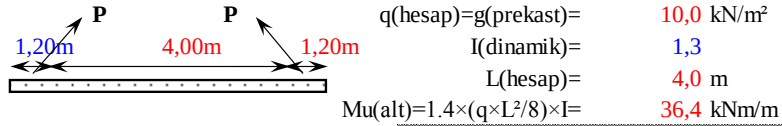
Islak döşeme ağırlığı :	$g(\text{ıslak})=$	10,0 kN/m ²
Prekast döşeme ağırlığı :	$g(\text{prekast})=$	10,0 kN/m ²
	$g(\text{fatörlü})=1.4g=$	28,0 kN/m ²
Montaj anı hareketli yük :	$q(\text{hareketli})=1.6q=$	1,6 kN/m ² ($q_{\text{montaj}}=1\text{ kN/m}^2$)
	$q_{\text{hesap}}=1.4g+1.6q=$	29,6 kN/m ²
	$Mu(\text{alt})=q \times L^2/8=$	133,2 kNm/m

2- Nihai durum (Düzgün yayılı yük): (L2)

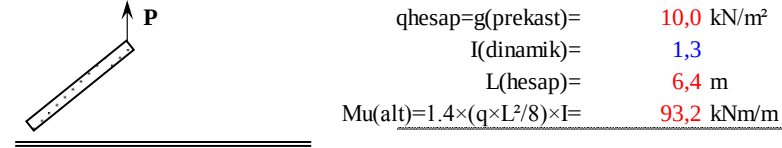
Kaplama ağırlığı :	$g(\text{kaplama})=$	7,5 kN/m ² ($h_{\text{kapl.}}=0,30\text{ m}$)
Islak döşeme ağırlığı :	$g(\text{ıslak})=$	10,0 kN/m ²
Prekast döşeme ağırlığı :	$g(\text{prekast})=$	10,0 kN/m ²
	$g(\text{fatörlü})=1.4g=$	38,5 kN/m ²
Nihai durum hareketli yü :	$q(\text{hareketli})=1.6q=$	48,0 kN/m ² ($q_{\text{nihai}}=30\text{ kN/m}^2$)
	$q_{\text{hesap}}=1.4g+1.6q=$	76,0 kN/m ²
(nihai-boyuna)=	0,80 m	
h(nihai-enine)=	0,40 m	alınacaktır. $Mu(\text{alt-boyuna})=342,0\text{ kNm/m}$

PREKAST DÖŞEME KALDIRMA HALİ YÜK TAHKİKLERİ:

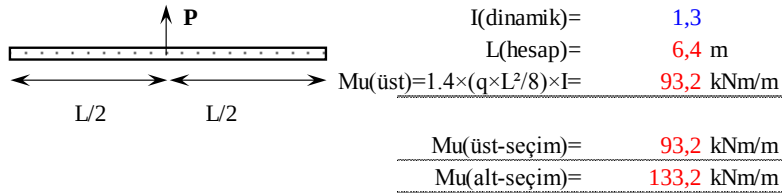
Kaldırma durumu - 1



Kaldırma durumu - 2



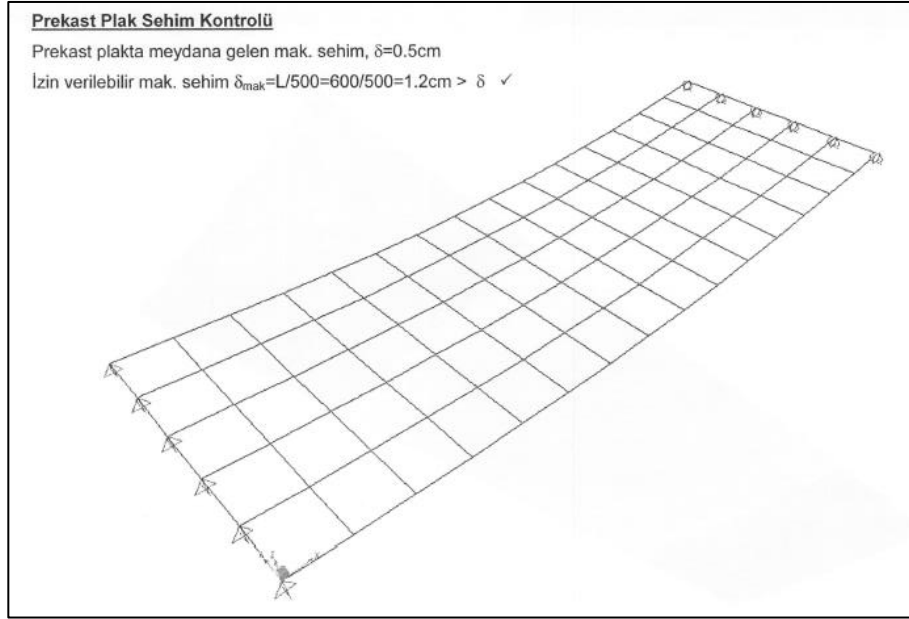
Kaldırma durumu - 3



Şekil 5.38: Prekast plak hesapları.

Prekast plak döşeme tasarımında sistemde oluşan en büyük moment olan nihai durum minimum momenti esas alınmış ve tüm ana donatılar TS 500 esaslarına dayanarak $\phi 16/15$ ($A_s=13.40\text{cm}^2 > A_{s\min}=5.7\text{cm}^2$) olarak seçilmiştir.

Ayrıca **Şekil 5.39'** de prekast plak için yapılmış olan sehim kontrollü gösterilmiştir.



Şekil 5.39: Prekast plak sehim kontrolü.

5.10.2 Nihai durum hesapları

Başlık Kirişleri

Rıhtım yapısını oluşturan dört farklı kiriş **Şekil 5.40'** te verilen plan ve kesit görünüşünde gösterilmiştir. Söz konusu kirişler için analiz programından elde edilen kesit tesirleri ile TS 500 standartlarına uygun olarak betonarme dizaynları yapılmıştır. Yapılan hesaplar Ek-D kapsamında verilmiştir.

Döşemeler

Rıhtım yapısı prekast plak ve yerinde dökme döşeme olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Bu kısımda prekast döşeme ile yerinde dökme döşemenin birlikte çalışacağı nihai durum için statik ve depremli durum analizleri ile elde edilen kesit tesirlerine göre TS 500 standartları kapsamında betonarme dizaynı yapılmıştır. İskele döşemesi hesaplarında boyuna yönde prekast plakların ve yerinde dökme betonarme döşemenin birlikte çalışacağı göz önünde bulundurularak donatı hesabı yapılırken esas kesit yüksekliği $h=80\text{cm}$ olarak alınmıştır.

Analizlerden maksimum tasarım eğilme momenti $M_{max(+)}=215\text{kN}$ ve minimum tasarım eğilme momenti $M_{max(-)}=225\text{kN}$ olarak elde edilmiştir. Bu moment değerleri doğrultusunda $\phi 16/15$ ($A_s=13.40\text{cm}^2 > A_{smin}=12.69\text{cm}^2$) donatı uygun bulunmuştur.

Tasarım kesme kuvveti $V_{u=}=450\text{kN}$ olarak hesaplanmıştır. Tasarım kesme kuvveti betonun kesme dayanımına katkısında küçük olduğu için tasarımda minimum kayma donatısı $\phi 12/15$ seçilmiştir.

6. GÜÇLENDİRME VE ONARIM

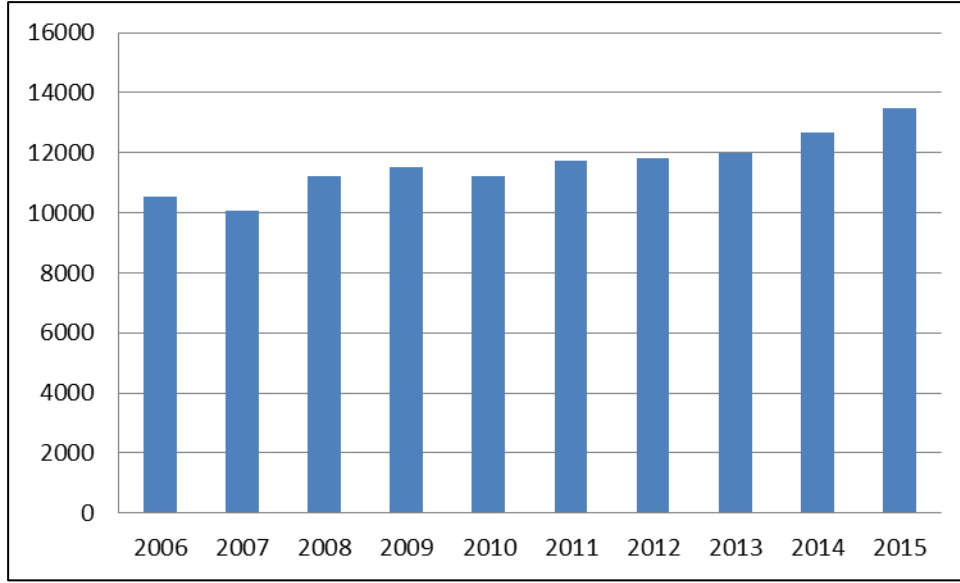
Bir yanaşma yapısının tasarımında en önemli etken tasarım gemisidir. Liman yapıları yüksek maliyetli ve çok büyük ölçekli yapılar oldukları için tasarım aşamasında servis ömürleri boyunca maksimum verim gösterecek şekilde ele alınmaları ülke ekonomisi açısından da çok önemlidir. Tasarım gemisi belirlenirken liman yapısına yanaşması muhtemel en büyük gemi baz alınır. Ancak gelişen gemi ve lojistik teknolojisi yapının servis ömrü boyunca gelişme ve değişim göstermektedir. Bu durumda yapıya tasarım gemisinden daha büyük gemilerin yanaşması ihtiyacı söz konusu olabilir. Herhangi bir önlem alınmadan tasarım gemisi boyutlarının aşılması yapıda ciddi ve geri dönülmesi zor hasarlara yol açabilir ve yapının çalışma kapasitesini ciddi anlamda düşürebilir. Bu olumsuzlukların yaşanmaması için yapının bulunduğu bölgede gerekli istatistiksel verilere dayanarak yanaşma yapısına ek ve güçlendirme yapılması uygun olabilir.

Yanaşma yapılarında oluşan hasarlar da yapının servis ömrünü ciddi anlamda etkilemektedir. Oluşan hasarlar küçük çaplı ve kolay onarılabilecek seviyede olabilecekleri gibi yapının dayanımı ve stabilitesini de etkileyebilecek seviyede olabilirler. Yapının düzgünce işleyebilmesi için bu hasarların kontrollerinin yapılması, tespit edilmeleri ve gerekli onarım işlemlerinin uygulanması gerekmektedir.

Bu bölümde tasarım gemisinin daha büyük bir gemi olması durumu için ek-güçlendirme önerisinde bulunulmuş ve oluşabilecek hasar tipleri hakkında bilgi verilerek, bunlara karşı alınabilecek önlemler ve onarımlardan bahsedilmiştir.

6.1 Güçlendirme

Çalışma kapsamında tasarımı yapılmış olan yapı Çanakkale ilinin Gelibolu ilçesinde yer alan bir rıhtım yapısıdır. Çanakkale Boğazı bölgesi gemilerin geçişleri açısından önemli bir bölgedir. **Şekil 6.1'** de de görüldüğü gibi her yıl geçen ve demirleyen gemi sayısı artış göstermektedir.



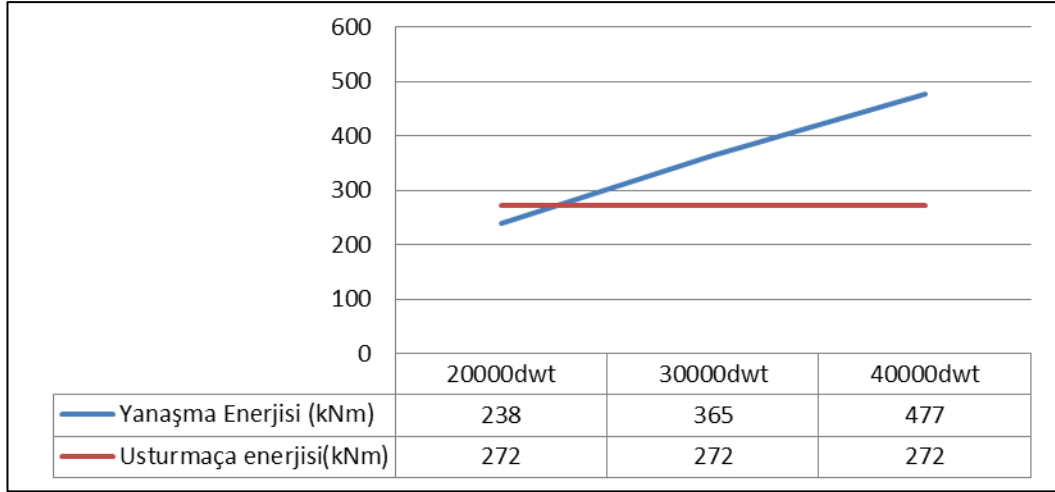
Şekil 6.1: Yıllara göre L_{OA} :150-200m arası olan gemiler.

Yapının tasarım gemisi olan 20 000 DWT' luk geminin L_{OA} uzunluğu 170m' dir. Grafikte de görüldüğü gibi uzunluğu 150-200 m arasında olan gemilerin geçişleri her geçen yıl artış göstermektedir. Bu sebeple çalışmada yapıya 30 000 DWT ve 40 000 DWT' luk gemilerinde yanaşabilmesine olanarak sağlamak için bir güçlendirme çalışması yapılması önerilmektedir. **Çizelge 6.1'** de söz konusu gemilerin özellikleri özetlenmiştir.

Çizelge 6.1: Tasarım gemileri özellikleri özeti.

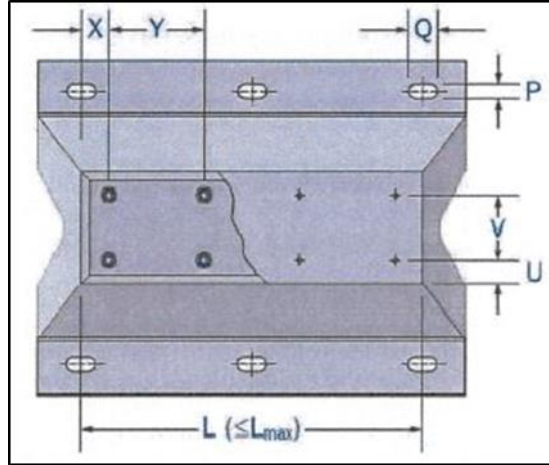
Ölü ağırlık tonajı (DWT)	20 000 t	30 000 t	40 000 t
Tam yüklü deplasman tonajı (DT)	26 500 t	39 680 t	51 600 t
Gemi toplam boyu (L_{OA})	170 m	185 m	200 m
Gemi boyu (L_{BP})	161 m	174 m	189 m
Gemi gövdesinin en geniş ölçüsü (B)	24 m	27,5 m	29,9 m

Söz konusu gemilerin yanaşması için yapılacak güçlendirme çalışmasında en önemli eleman usturmaçadır. Usturmaçalar geminin yanaşma enerjisi sönmleyen elemanlardır. Gemi yapıya yanaşırken oluşan enerji usturmaça tarafından yapıya reaksiyon kuvveti olarak yatay yükleme şeklinde iletilir. Daha önce bölüm 5.4.3' te bahsedilen bağıntılar 30 000 DWT ve 40 000 DWT' luk gemiler için yanaşma enerjisi hesaplamaları yapılmış ve çıkan sonuçlara ait grafik **Şekil 6.2'** de verilmiştir.



Şekil 6.2: Gemi yanaşma enerjileri.

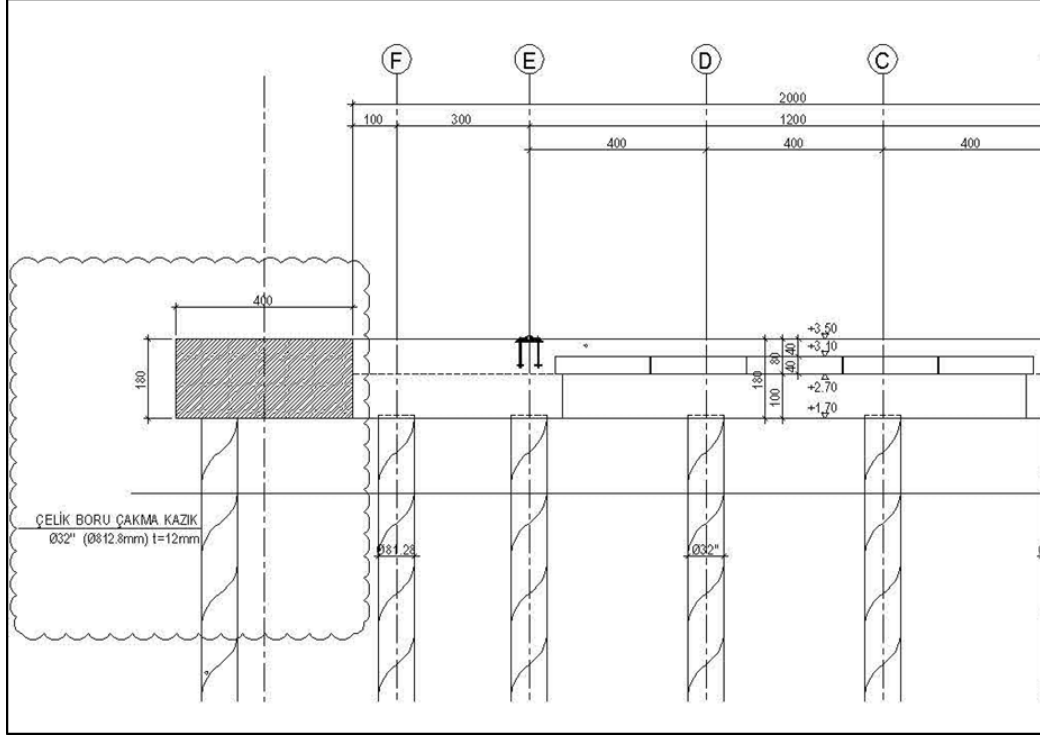
Yapıda var olan ANP 800 E.1,5 tipi usturmaça tipinin sönümleyebileceği maksimum enerji 272kJm iken 40 000 DWT’ luk geminin yanaşma enerjisi 477 kNm olarak hesaplanmıştır. Bu durumda var olan usturmaça tipinin değiştirilmesi önerilmektedir. Usturmanın yapıya aktardığı reaksiyon kuvveti, usturmanın sönümleyeceği enerji ile usturmaça genişliğinin çarpılması ile elde edilir. **Şekil 6.3**’ te bir usturmaça boyut parametreleri gösterilmiştir.



Şekil 6.3: Usturmaça boyutları.

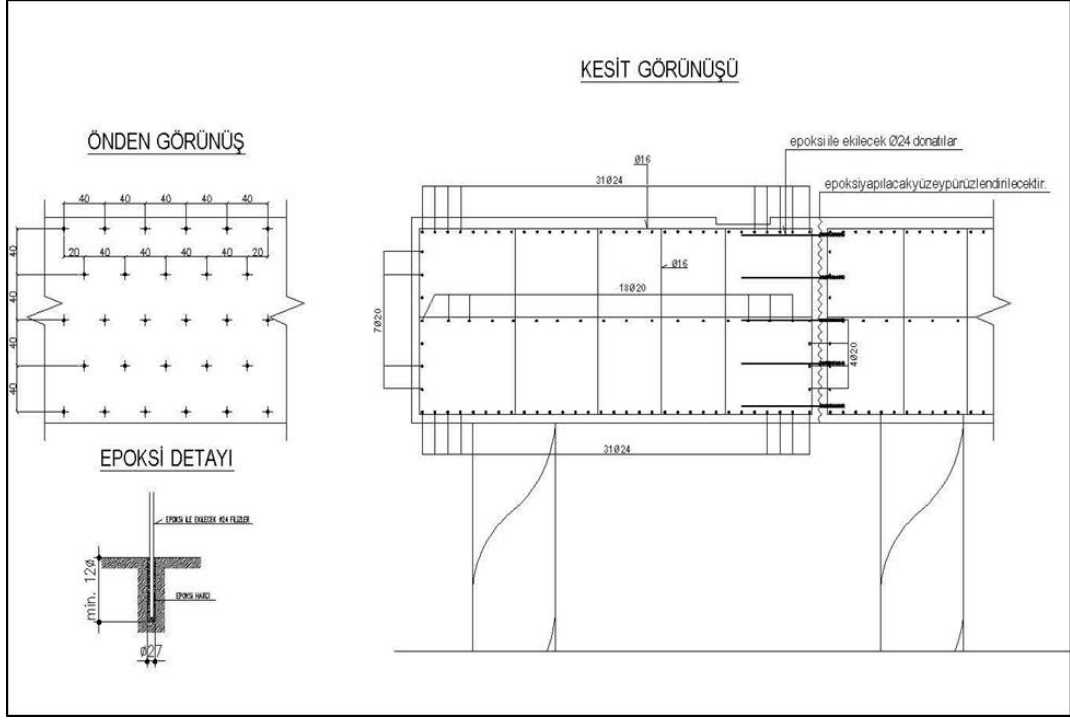
Yeni durum için referans alınan katalogta verilen usturmaça tiplerinden ANP 1000 E.3 tip uygun bulunmuştur. Bu tip için sönümlenebilecek enerji 478kJm olup genişliği 3 m’ dir. Bu durumda yapıya etkiyen reaksiyon kuvveti 1430kN olarak bulunmuştur.

Ayrıca gemi ölü ağırlığı ve boyutları arttıkça elleçlenecek ve yüklenecek malzeme miktarında da artış olacağı düşünülerek tabliyeye ek bir parça yapılması da önerilmektedir. Yapıda var olan kazık sistemi aynen kullanılarak bir sıra daha kazık çakılması uygun bulunmuş ve tabliye 4 m genişletilmiştir. **Şekil 6.4'** te ek tabliye kısmı kesit görünüşü verilmiştir.

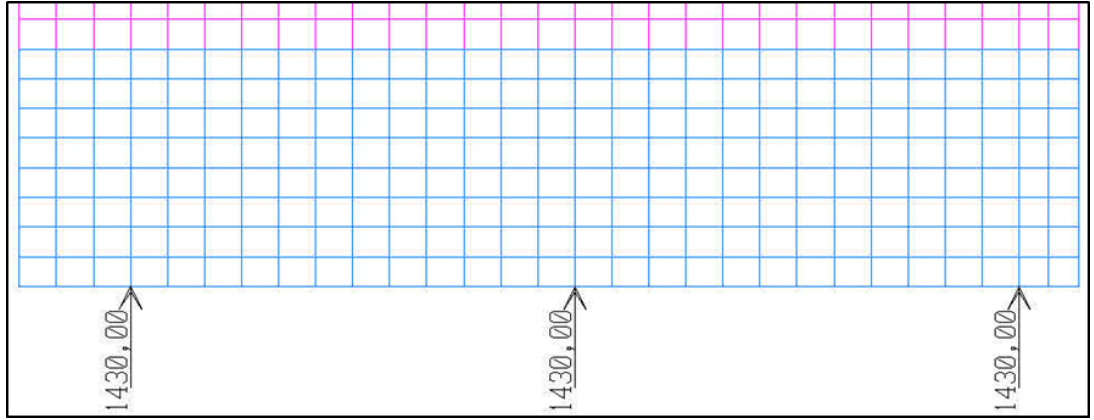


Şekil 6.4: Yapı kesit görünüşü.

Ek tabliye kısmı moment aktaran biçimde **Şekil 6.5'** te gösterilen donatı ve epoksi detayı ile yapıya bağlanmıştır ve bilgisayar ortamında modellenmiştir. Usturmaça reaksiyon kuvveti **Şekil 6.6'** da gösterildiği gibi yapıya etki etmektedir. Bunun yanında yeni tasarım gemisi parametrelerine uygun olarak 1000kN kapasitesi babalar Bölüm 4.2.4' te verilen tablolar ve bağıntılar yardımı ile 8 adet 25 m aralıklı olmak üzere yerleştirilmiştir.

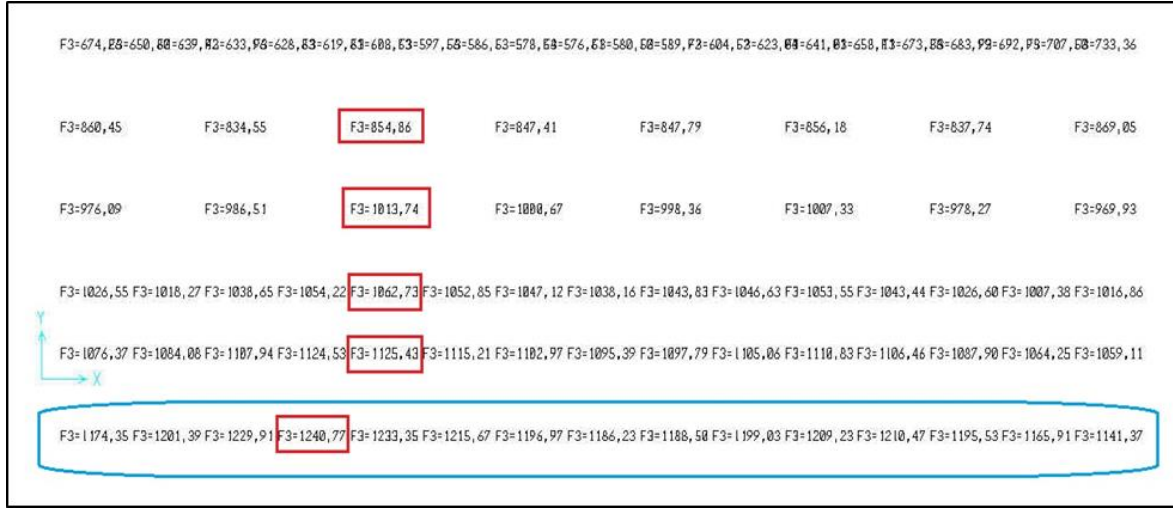


Şekil 6.5: Ek tabliye birleşim detayı.

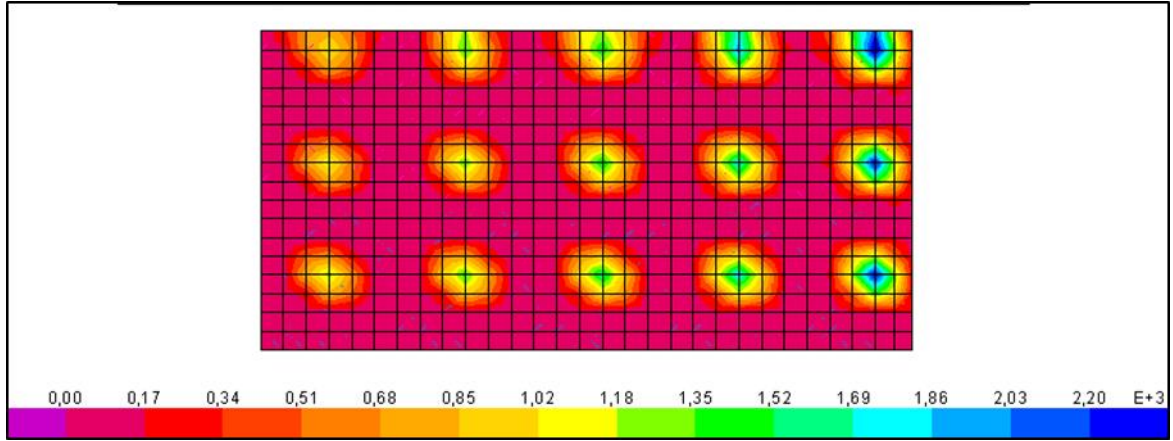


Şekil 6.6: Usturmaça reaksiyon kuvveti.

Geniştirilmiş ve etkiyen yanalma yükü değişmiş olan sistemde oluşan maksimum kazık uç kuvvetleri **Şekil 6.7'** de, tabliyede oluşan kesme kuvveti dağılımı ise **Şekil 6.8'** de verilmiştir.



Şekil 6.7: Kazık uç kuvvetleri.



Şekil 6.8: Tabliye kesme kuvveti diyagramı.

Yapının başlık kirişleri tasarım kesme kuvveti boyutlandırma ve tasarım aşamasında 2200kN olarak alınmıştır. Dağılımda görüldüğü gibi yeni yapı durumu için kesme kuvveti değerleri tasarım kuvvetini aşmamaktadır.

Kazık taşıma kapasitesi tasarım aşamasında 1290kN olarak seçilmiştir. Yeni durumda yapıda oluşan en büyük kazık uç kuvveti 1240,77kN olup taşıma kapasitesinin altında bir değerdir.

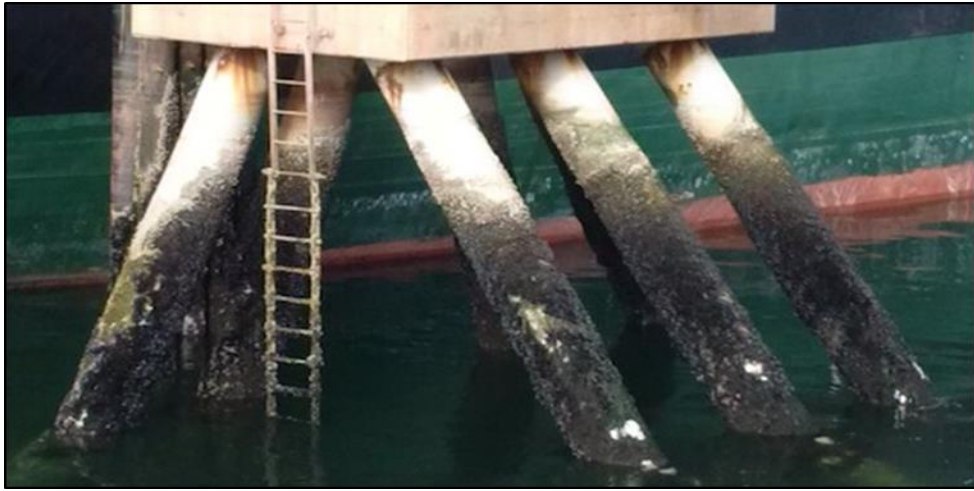
Dayanımına göre tasarım ilkesi hesap esasları ile projelendirilmiş olan yapıda, yeni durum için oluşan kesme kuvvetleri ve kazık uç kuvvetleri sınır değerleri aşmadığı için önerilen güçlendirilmeler uygun bulunmuştur.

6.2 Hasar Tipleri ve Onarım

Yanaşma yapılarında oluşabilecek hasarlar ve bu hasarlar için alınabilecek önlemler sz konusu yapı tipinin dayanımı ve kullanılabilirliği açısından çok önemlidir. Hasara sebep olan durumlar; korozyon etkisi, tasarım kapasitesinin aşılması ve sismik yüklerin etkisidir.

Korozyon etkisi

Yanaşma yapıları deniz suyu içinde oldukları için korozyon etkisine çok ciddi maruz kalırlar. **şekil 6.9** ve **şekil 6.10'** da örneklenmiş olan korozyon etkisi yapının dayanımını ve davranışı etkileyecek seviyede yapıya zarar verebilir (Melchers,2007).

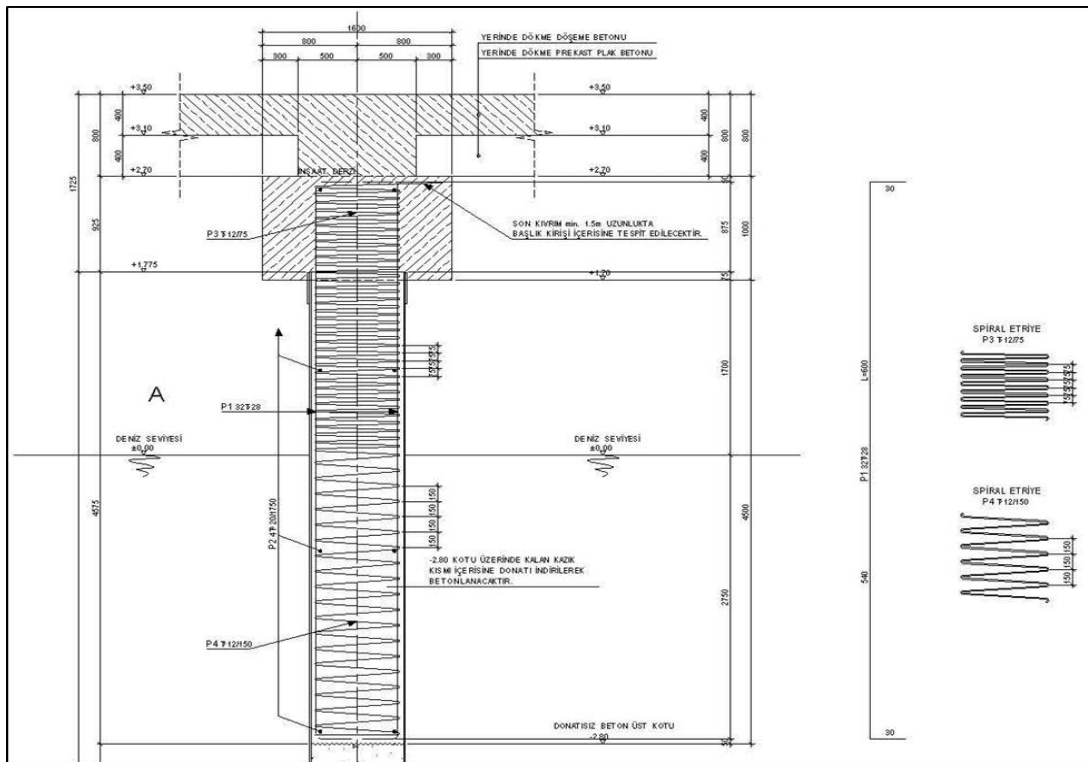


şekil 6.9: Korozyona maruz kalan kazık gövdesi.



şekil 6.10: Korozyona maruz kalan kazık başlık blęesi.

Söz konusu bölge için donatı detayı **Şekil 6.11'** de gösterilmiştir. Donatı düzeninde, çelik boru kazıkların başlık kirişleri ile monolitik bağlantısı için yarısı kazık içinde, yarısı başlık kirişi içinde olmak üzere kritik uzunluk boyunca donatıların spiral donatı ile sarılması gerekmektedir. Ayrıca spiral donatının sonda en az çelik boru kazığının iç çapının iki katı kadar uzatılarak başlık kirişine sokulması gerekmektedir. Islanma bölgesi dışında kalan kısım için eğer istenirse kazığının içi beton ile doldurularak kazığının dayanımı arttırılabilir.



Şekil 6.11: Çelik kazık donatı detayı.

Kazıkların korozyona karşı korunması için **Şekil 6.12'** da gösterilen çelik ya da beton kılıf uygulaması da kullanılabilecek olan etkin bir önlemdir. Korozyon etkisi ile zamanla aşınan kılıf olacağından kazık herhangi bir hasara uğramaz. Belirli zaman aralıkları ile kılıflar yenilerek kazıklar korozyondan uzak tutulabilir.



Şekil 6.12: Çelik kılıf uygulaması.

Bir elektriksel yöntem olan ve **Şekil 6.13'** de gösterilen katodik boya uygulaması, kazığı elektrokimyasal yollarla korozyona karşı koruyan bir sistemdir. Bu yöntemde kazık üzerinde bir takım elektriksel alan oluşturulur ve bu alan sayesinde korozyona sebep olan kimyasal tepkimeler engellenir. Kazık yüzeyinde oluşan elektrik akımı durduğu anda katodik koruma devre dışı kalır. Bu yüzden bu yöntemin kullanıldığı yapılarda sık sık bakım ve kontroller yapılmalıdır. Ayrıca katodik boya uygulanmış olan kazıkların çakım işlemi esnasında boyanın zarar görmemesine özen gösterilmelidir.



Şekil 6.13: Katodik boya uygulaması.

Boya ve katran sürülmesi uygulaması en pratik ve en çok tercih edilen koruma yöntemidir. **Şekil 6.14'** de gösterildiği gibi kazığın boya ya da katran sürülerek kaplanması kazığı korozyon etkisinden korur. Aşındıkça boya yenilenebilir.



Şekil 6.14: Boya uygulaması.

Korozyon yanaşma yapılarında sadece kazıklarda etkili değildir. Pas payının yeterli olmaması durumunda **Şekil 6.15'** te örneklendiği gibi, başlık kirişleri ve tabliyede de korozyon etkisi çok ciddi dayanım ve kesit kayıplarına yol açar.



Şekil 6.15: Korozyon sebebiyle hasar gören üst yapı.

Üst yapıya gelen yükler tabliye ile kazık başlık kirişlerine oradan da kazıklar ile zemine iletilir. Dolayısıyla üst yapıda oluşan dayanım kayıpları yapıyı doğrudan etkilemektedir. Korozyon sebebiyle hasar almış olan bu bölgelerde **Şekil 6.16'** da gösterildiği gibi onarım çalışmaları yapılmalıdır. Öncelikle düzgünce temizlenmeli ve artık işlevi kalmamış olan beton tabakası tamamen kaldırılmalıdır. Donatı bölgesine ulaştıktan sonra, donatılar oluşmuş olan paslardan arındırılmalıdır. Bu işlemlerden sonra yüzeye aderans arttırıcı bir madde sürülerek beton ile donatının tekrar birlikte çalışabileceği durum sağlanmalıdır. Aderans seviyesi uygun hale geldikten sonra epoksi bazlı tamir harçları ile üst yapı onarılabilir. Gerekli görülürse kimyasal epoksi ile ilave donatı yerleştirilebilir.



Şekil 6.16: Üst yapı onarım çalışması.

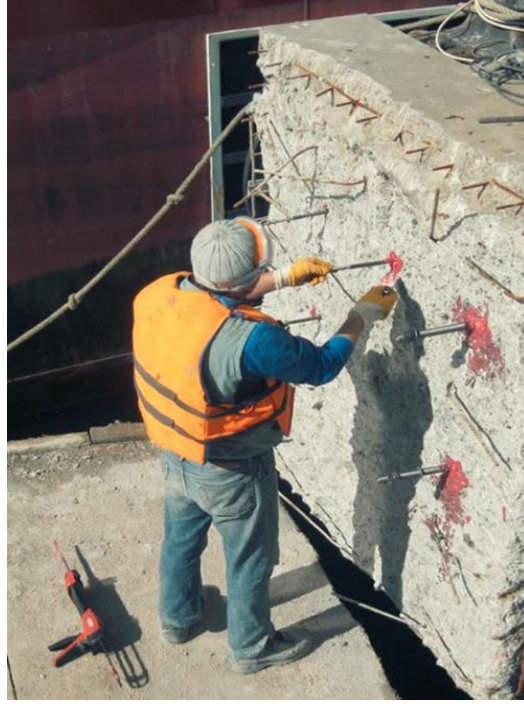
Sismik yükler

Yapı deprem yüklemesine maruz kaldıkça, özellikle üst yapıda kazık başlık kirişi birleşim noktalarında mafsallaşmalar oluşur ve **Şekil 6.17'** te örneklendiği gibi çatlamlar, kırılmalar meydana gelebilir. Yapının davranış ve dayanımını etkileyecek seviyede olan hasarlar için kazık başlık kirişlerinde onarım ve güçlendirme çalışmaları yapılmalıdır.

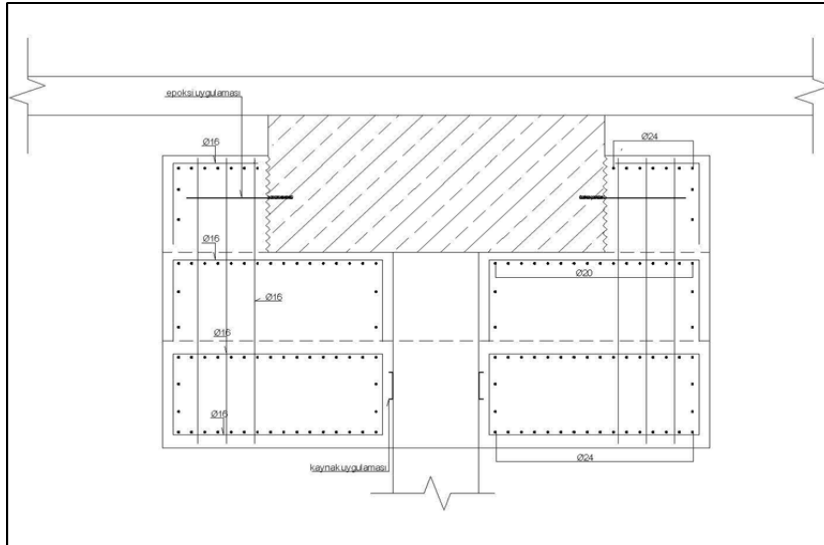


Şekil 6.17: Deprem sebebiyle hasar gören başlık kirişi.

Hasar almış olan bölge düzgünce temizlenmeli ve dayanımını kaybetmiş elemanlardan arındırılmalıdır. Sonrasında **Şekil 6.18'** da gösterildiği gibi yüzey pürüzlendirilerek epoksi ile filiz ekimi yapılmalıdır. Bu işlem güçlendirme yapıldıktan sonra elemanların birlikte çalışmalarını ve bağlantının moment aktarması için çok önemlidir. Sonrasında **Şekil 6.19'** de şematik olarak gösterilmiş olan donatı düzeni ile kirişe ilave bir başlık kısmı yapılmalıdır. Eğer yapıdaki var olan kazıklardan belirli bölümleri bu ek başlık bölgesinin içinde kalacak olanlar varsa, aderansı sağlamak amacıyla kazık yüzeyleri iyice temizlendikten sonra kazıklara ankraj çubukları kaynaklanmalıdır.



Şekil 6.18: Epoksi uygulaması.



Şekil 6.19: Ek başlık bölgesi donatı detayı.

7. SONUÇLAR

Sunulan bu çalışma kapsamında bir düşey kazıklı rıhtım yapısının tasarımı ile ilgili hesap yöntemleri, yönetmelikler, genel kurallar ve uygulama detaylarına yer verilmiştir. Tasarım kapsamında DLH (2008) Deprem Teknik Yönetmeliği esasları göz önünde bulundurularak Dayanıma Göre Tasarım yöntemi ile hesaplamalar yapılmıştır. Çalışmada kıyı ve liman yapılarının planlama ve tasarımı aşamalarında göz önünde bulundurulması gereken sınırlamalar, statik ve dinamik yükler hakkında gerekli bilgiler verilmiştir. Ayrıca var olan yapıların zaman içinde veya çevresel koşullar sebebiyle alabileceği hasarlar hakkında bilgiler verilmiştir. Yapıların servis ömürlerini verimli bir şekilde geçirebilmeleri için uygulanabilecek güçlendirme ve onarım yöntemlerinden bahsedilmiştir.

DLH (2008) kapsamında mevcut bir yapının DGT ilkesine göre mod birleştirme yöntemi ile hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen neticeler aşağıda sıralanmıştır.

- Düşey kazıklı rıhtım yapısında D1 ve D2 deprem düzeyleri için ayrı ayrı modelleri kurulmuş ve hesaplamaları yapılmıştır. D2 deprem düzeyi ile hesaplanan deprem yükünün D1 düzeyine ait deprem yükünden yaklaşık iki kat fazla olduğu görülmüştür.
- Deprem düzeylerindeki değişim yapıları etkileyen deprem yüklerini doğrudan etkilemektedir. Yapısal elemanların davranışları incelendiğinde kazık başlık kirişleri ile tabliye birleşim yerlerindeki düğüm noktalarının deprem yükünün değişmesinden sabit bir oran ile etkilenirken, kazık uç kuvvetlerinin aynı şekilde değişmediği görülmüştür.
- D2 deprem düzeyi için değişen R, deprem yükü azaltma katsayıları ile üç farklı hesap modeli oluşturulmuş ve sonuçlar elde edilmiştir. R değerinin 1, 2.5 ve 4 olarak alındığı bu modeller incelendiğinde deprem yükünün azaltma faktörüyle aynı oranda azaldığı görülmüştür.
- Kazık başlık kirişleri ile tabliye birleşim yerlerindeki düğüm noktalarının deplasman değerleri incelendiğinde, R katsayısının 1 ve 2,5 olduğu zamanki

değerlerin DLH (2008) kapsamında verilen performans düzeyi sınırlamalarının içerisinde kaldığı fakat R değerinin 4 olması durumunda yer değiştirmelerin sınırları aştığı görülmüştür. Rıhtım yapıları için R katsayısının 2,5 değerinde büyük alınmaması önerilmektedir.

- Yapının taban kesme kuvvetlerinin de R katsayısı ile orantılı olarak değişiklik gösterdiği gözlenmiştir. Kazık başlık kirişleri ile tabliye birleşim yerlerindeki düğüm noktalarında oluşan moment değerlerinin R katsayısının değişim oranıyla aynı oranda azalmadığı fakat lineer bir değişim gösterdiği görülmüştür. Kazık uç kuvvetlerin de ise ciddi farklar yaratan bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir.
- Kazıklı yanaşma yapılarının temel yapısal elemanı olan kazıkların deprem yüklerinin değişimden diğer yapısal elemanlar kadar etkilenmediği görülmüştür. Zemin ile etkileşim halinde olan kazıklarda deprem yükü tasarıma temel parametre olarak düşünülemez. Toprak yükleri, yanaşma yükleri, rüzgar yükleri gibi yanal yüklemelerin kazık uç kuvvetlerine etkisinin daha fazla olduğu görülmüştür.

Kıyı ve liman yapılarında tasarım kapasitelerinin aşılması yapılarda ciddi zorlara sebep olmaktadır. Eğer tasarım kapasitesi aşılacak ise yapıya gerekli güçlendirmeler yapılmalıdır. Bu durumun dışında yapıda oluşabilecek olan hasarlara karşı önlemler alınmalı ve oluşan hasarların onarımları yapılmalıdır. Güçlendirme ve onarım kapsamında sunulan öneriler aşağıdaki sıralanmıştır.

- Yapının tasarım aşamasındaki tasarım gemisinin günümüz şartlarında yetersiz kaldığı görülmüş ve daha büyük boyuttaki gemilerin yapıya yanaşabilmesi için tabliyede genişletilme yapılması önerilmiştir. Kazık sistemi aynı olacak şekilde yapıya 4 metrelik ek bir tabliye kısmı eklenmiştir. Tasarım gemisi 20 000 DWT olan yapıya 40 000 DWT' luk gemilerinde yanaşabilmesi için yapılan hesaplamalar sonucunda usturma tipinin yeni yanaşma enerjilerini sönümleyebileceği gibi değiştirilmesi önerilmiştir. Yeni durum için bağlantı ve donatı detayları çalışma kapsamında sunulmuştur.
- Yanaşma yapılarının dayanım ve durabilitesini etkileyen en önemli faktör korozyon etkisi olarak belirlenmiştir. Korozyon etkisine karşı özellikler kazıklar olmak üzere tüm yapısal elemanlar için tasarım aşamasında önlemler alınmaya başlanmalıdır. Sonrasında yapı işler haldeyken de kontroller sık sık

yapılmalı ve onarım çalışmaları yapının düzgünce işleyebilmesi için aksatılmamalıdır.

- Sismik yükler veya diğer yanal yükler sebebiyle hasar almış ve dayanımını kaybetmiş olan yapısal elemanlar için elemanlara ek güçlendirmeler ve gerekli kesit büyötmelerinin yapılması önerilmektedir.

Kıyı ve Liman yapıları tasarımında çalışma kapsamında özetlenmiş olan yükleme durumları ve şekillerinin her birine dikkat edilmesi ve hiçbir yük tipinin göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Bu tip yapılar karmaşık ve çok fazla disiplinin bir arada olduğu büyük ölçekli, maliyetli yapılar olduklarından dolayı tasarım ve imalat aşamalarında daha fazla özen ve ehemmiyet gösterilmelidir. Tasarım için önerilmiş olan ve pratikte kullanımı uygun olduğu için daha çok tercih edilen DGT yönteminden elde edilen sonuçların daha net olabilmesi için gerekli çalışmaların yapılması önerilmektedir. Var olan yapıların hasar kontrollerinin sık periyotlarla zorunlu hale getirilmesi ve onarım işlemlerinin belirli standartlar altında usulüne uygun ve düzgünce yapılması için gerekli yaptırımların yürürlüğe konması önerilmektedir.

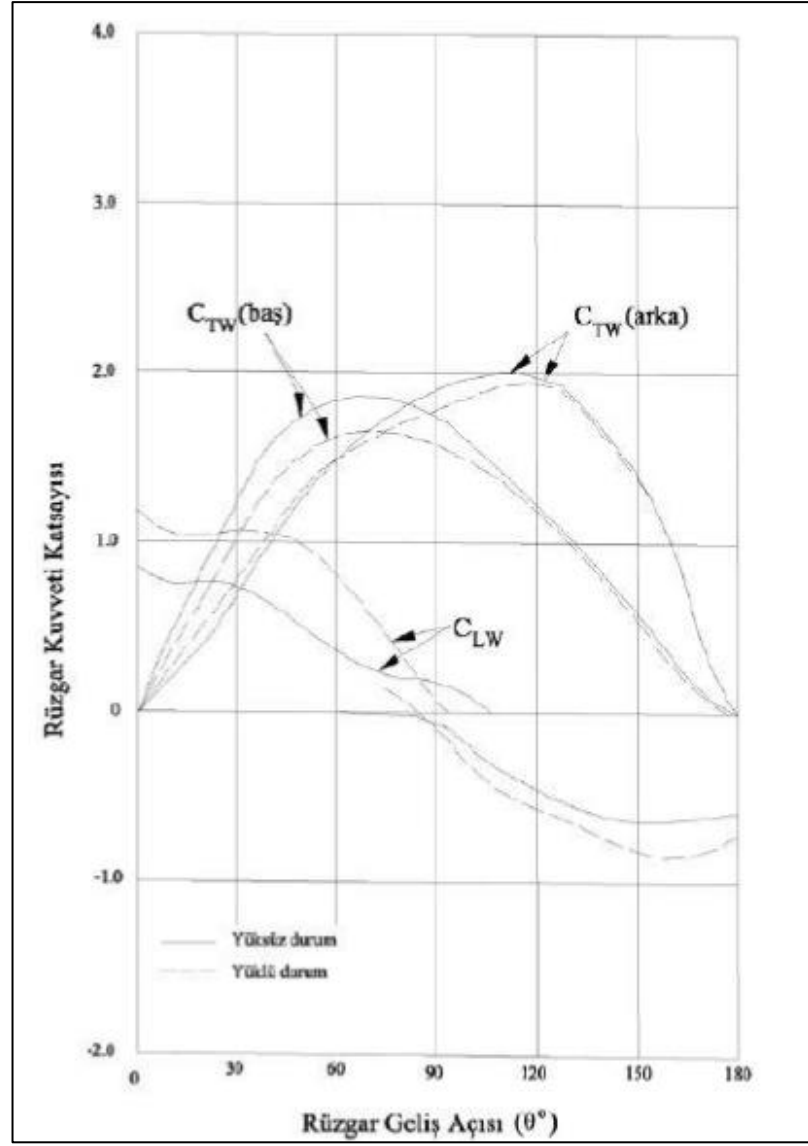
KAYNAKLAR

- Aydinoğlu, M.N., Akarsu, Ö., Çelebi, N., Güler, I., Yetkin, Ü.** (2007). Liman Yapıları ve Demiryolu Köprüleri Deprem Yönetmeliğinde Performansa Göre Tasarım Yaklaşımı, Türkiye: Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Ekim 16-17.
- Ayhan, N.** (2005). *Kıyı-Liman Planlama ve Tasarımı*, Ankara: Arıkan Basım Yayın.
- Belkama, A.A.** (2001). *Siesmic Design Guidelines for Port Structures(PIANC)*, Marine Naviagation Commision, Internetal Navigation Association, Lisse/Abingdon/Exton/Tokyo.
- Birinci, Ç., Güler, I., Karakuş, H.** (2011). Blok Tipi Kıyı Yapılarının SismikTasarımı.
http://www.tdmd.org.tr/TR/Genel/9.Oturum/1.TDMSK_165.pdf,
- Celep, Z.** (2007). Yapı Elemanı Olarak Yerinde Dökme Kazıklar, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Yapı Tasarım Kursları, İstanbul Şubesi.
- Celep, Z. & Kumbasar, N.** (2004). *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*, İstanbul: Beta Dağıtım.
- Celep, Z. & Kumbasar, N.** (2011). *Betonarme Yapılar*, İstanbul: Beta Dağıtım.
- CERC** (2001). *Coastral Engineering Manuel*, Coastal Engineering Reseach Center, US Army Corps., Vicksburg, Va.
- Darılmaz K. & Orakdöven E. & Özmen G.** (2012). *Örneklerle SAP 2000-V15*, İstanbul: Birsen Yayınevi
- Demir, A.E.** (2007). *Limanlarda Tasarım Esasları ve Rıhtım Yapılarının Davranışa Dayalı Tasarımı* (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Ensttüsü, İstanbul.
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik.**(2007). T.C Resmi Gazete, 26511, 3 Mayıs 2007
- Gebze İleri teknoloji Ensttüsü,** (2007). *Dayanıma Göre Tasarımdan Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım*, [Powerpoint slaytları]
<http://anibal.gyte.edu.tr/dosya/328/Seminar/NurayAydinogly-GYTE-2007.pdf>

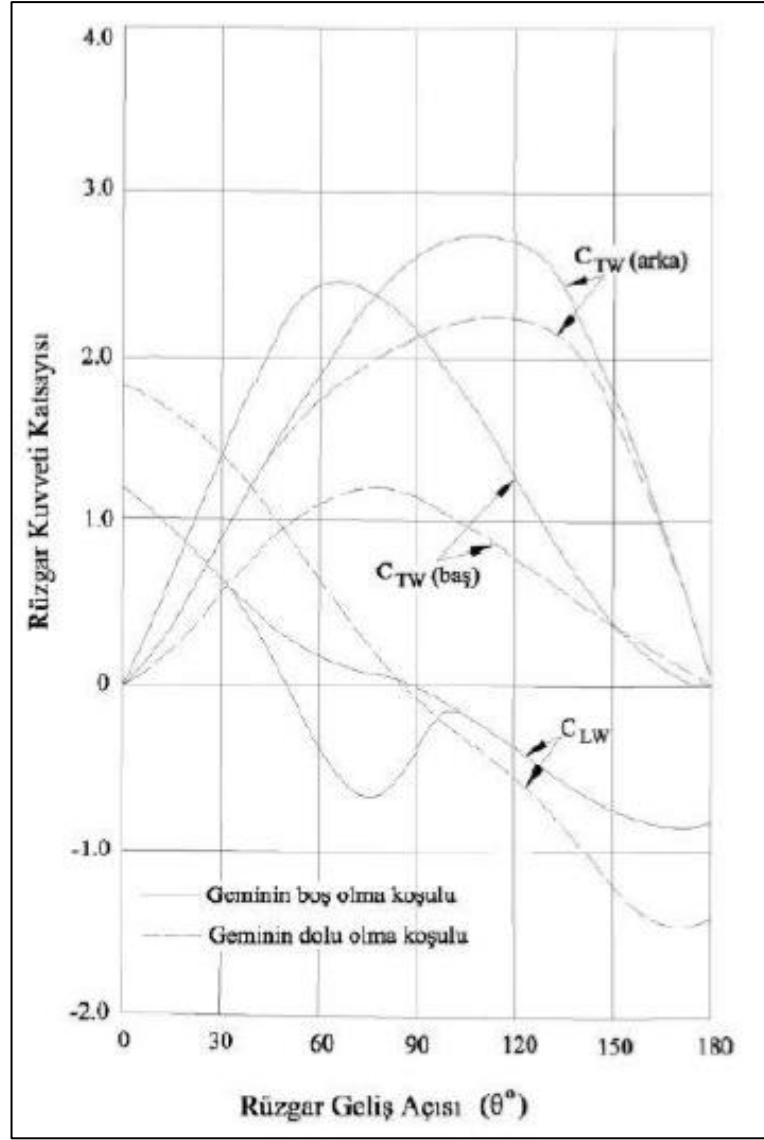
- Kadioğlu, Z.** (2015). *Kazıklı Kıyı Yapılarının Doğrusal Olmayan Davranışı ve Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım* (Yüksek Lisans Tezi), Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kıyı ve Liman Yapıları, Demiryolları, Hava Meydanları İnşaatlarına İlişkin Deprem Teknik Yönetmeliği. (2008).** T.C Resmi Gazete, 27092, 26 Aralık 2008.
- Köroğlu, M.** (2012). *Kazık Destekli Yanaşma Yapılarının Sismik Yükler Altındaki Tasarımı* (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Melchers, R.** (2007). *Corrosion Assessment and Management*, Newcastle University, Australia.
- OCDI** (2002). *Technical Standarts and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*.
- Öztürk, T., Gülver, A.M.** (2007). Kompozit Taşıyıcı Sistemlere Sahip İskele Yapılarının Tasarımı, Onarım ve Güçlendirilmesi, Türkiye: Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Ekim 16-17.
- Polat, Ş.Ş.** (2008). *Deformation Based Seismic Design of Pile Supported Marine Facilities* (Doktora Tezi), Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırmaları Enstitüsü, İstanbul.
- SAP 2000** (Version.15.2.1) [Integrated Structural Analysis and Design Software], Computer and Structures Inc., Berkeley, California.
- Thresen, C.A.** (2003). *Port designer's Handbook: Recommendations and Guidelines*, London: Thomas Telford Publishing.
- Toğrol, E. & Tan, O.** (2003) *Kazıklı Temeller*, İstanbul: Birsan Yayınevi.
- TS 500** (2000). *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları* (TSE-91.080.40)
- Tsinker, G.P.** (2004). *Port Engineering: Planing, Construction, Maintance and Security*, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Yüksel Proje.** (2007) *Kıyı Yapıları ve Limanlar Planlama ve Tasarım Teknik Esasları*, Ankara
- Yüksel Proje.** (2007) *Geoteknik Tasarım Teknik Esasları*, Ankara
- Yüksel, Y.& Özkan, E.Ç.** (2010). *Liman Mühendisliği*, İstanbul: Beta Yayınları.
- Yüksel Y. & Orhan K.** (2013). Sismik Risk ve Limanlarda Hasar Tipleri, Türkiye: Dokuz Eylül Üniversitesi, Kasım 1-2.

EKLER

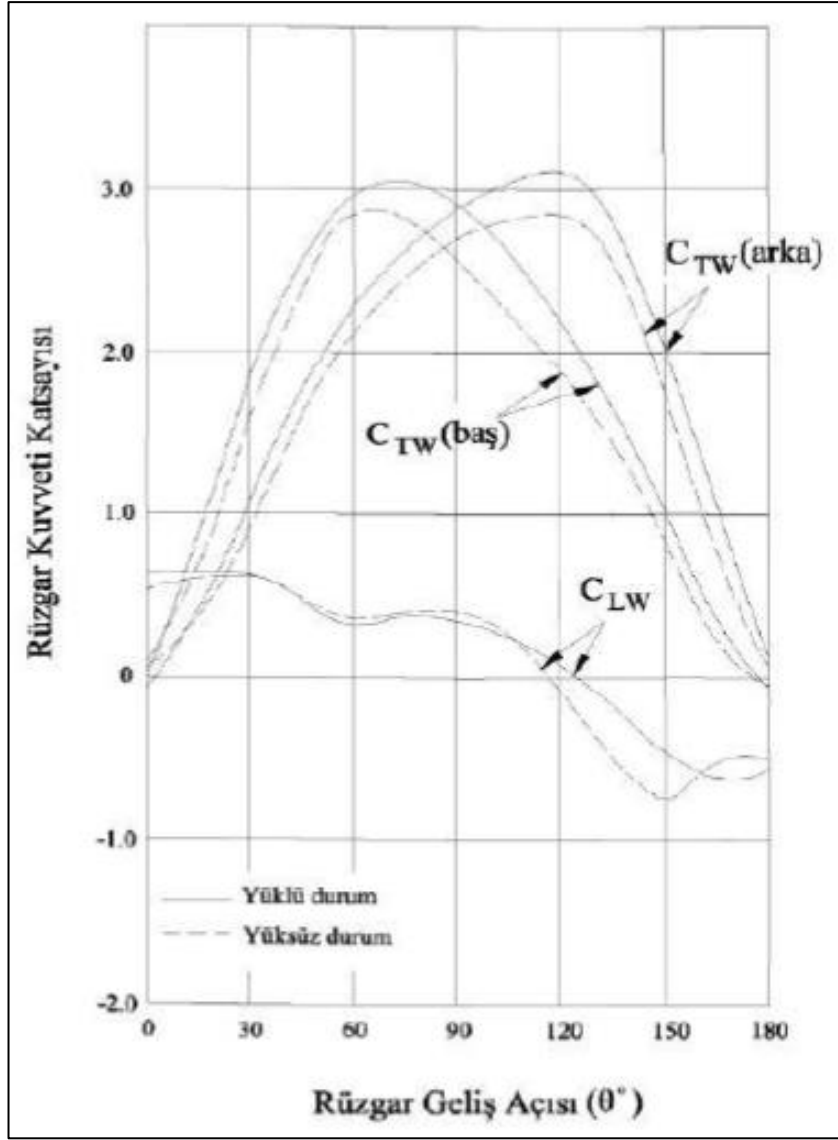
EK-A



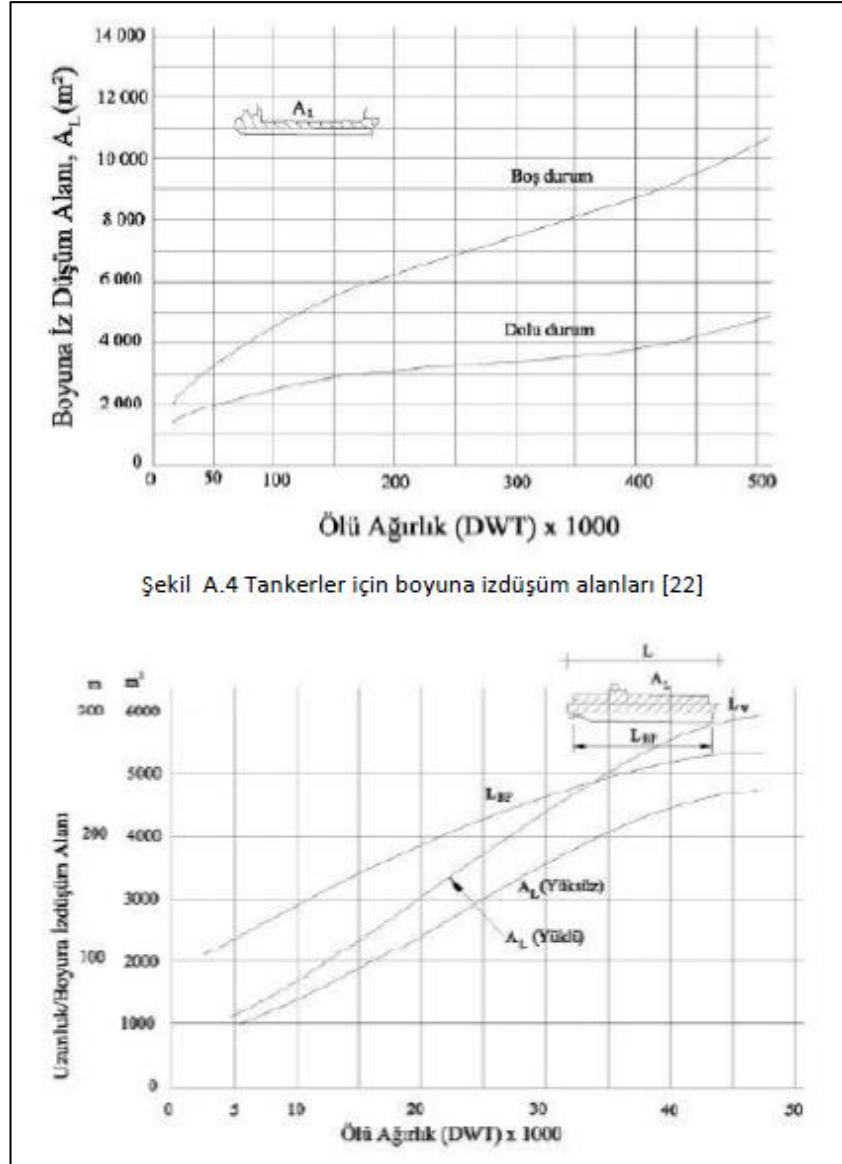
Şekil A.1: Rüzgar geliş açısı ile rüzgar kuvveti katsayıları arasındaki ilişki.



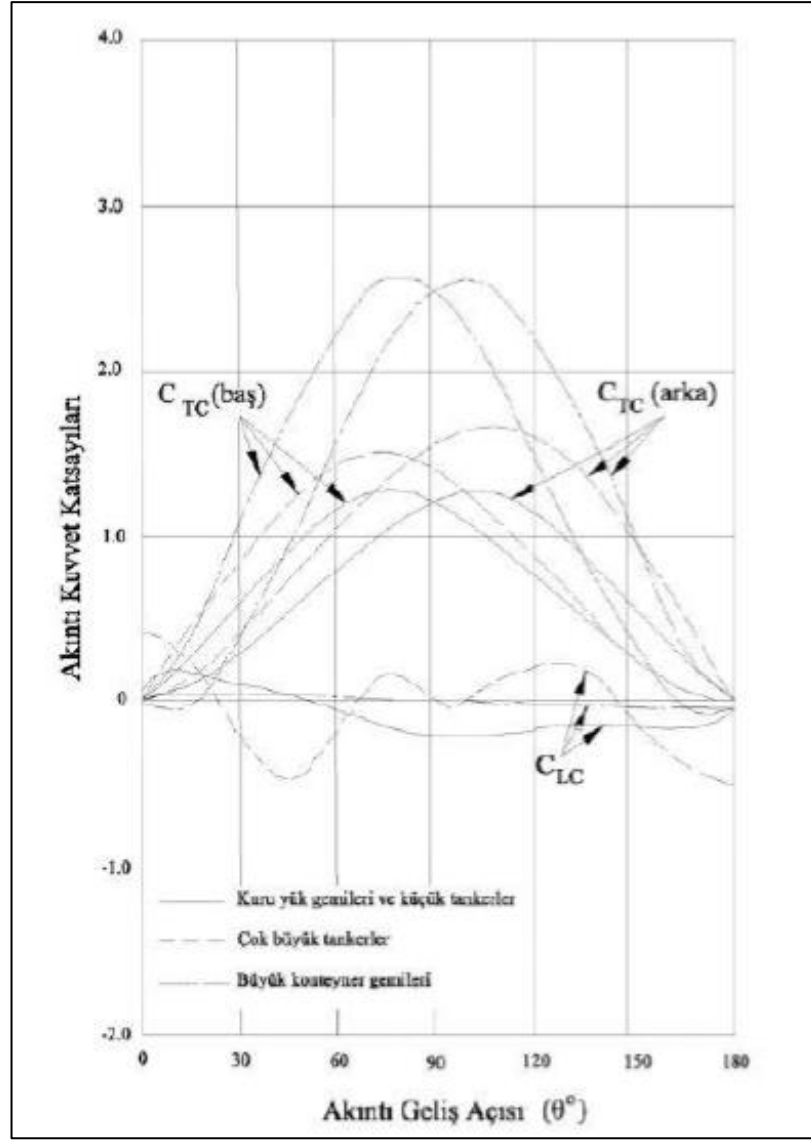
Şekil A.2: Çok büyük petrol tankerleri için rüzgar kuvvet katsayıları



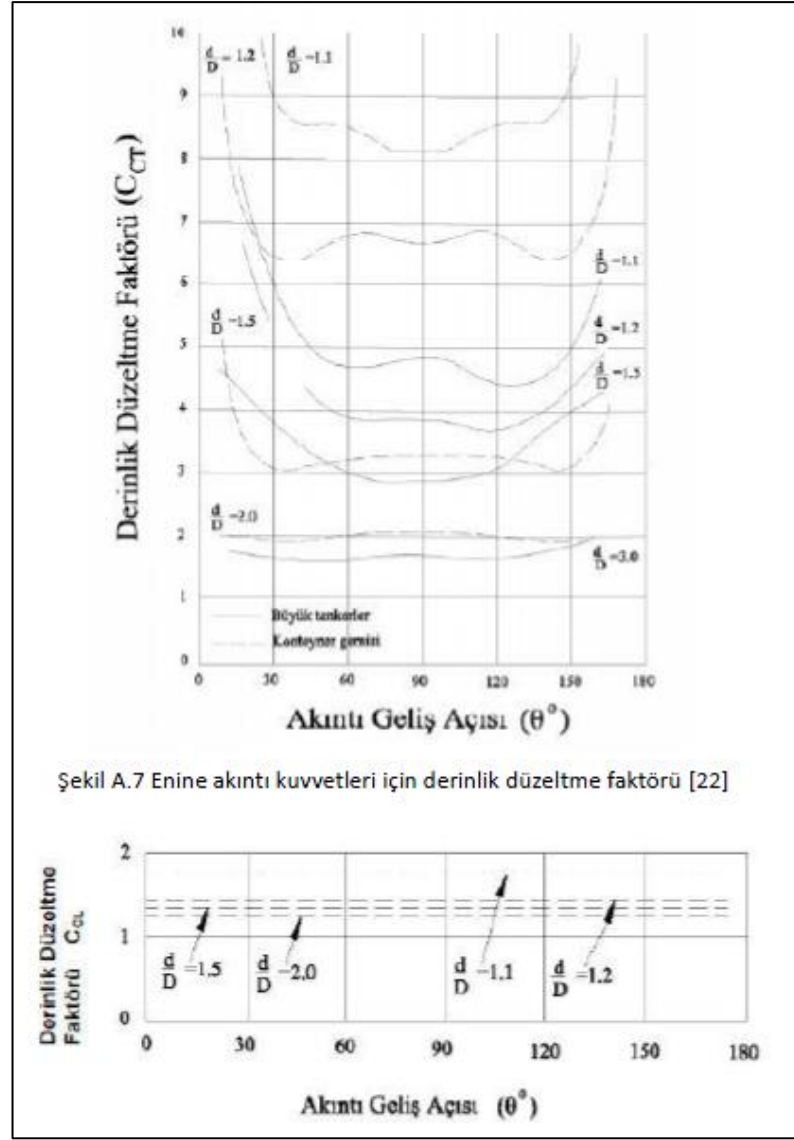
Şekil A.3: Yük gemileri için rüzgar kuvvet katsayıları



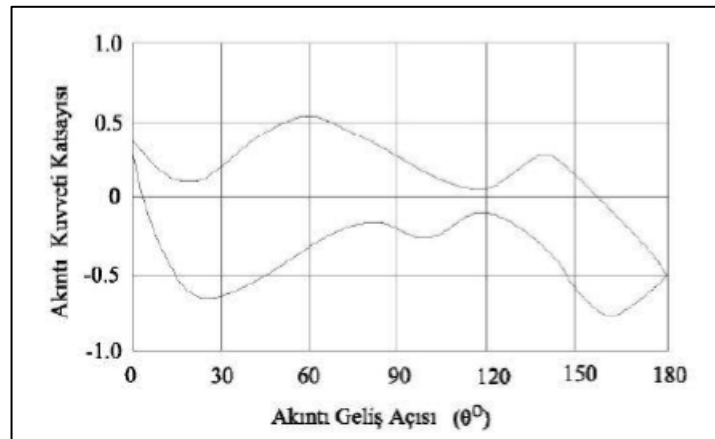
Şekil A.5: Konteyner gemileri için



Şekil A.6: Bütün gemiler için derin denizde akıntı kuvveti direnç katsayıları



Şekil A.8: Boyuna akıntı kuvveti için derinlik düzeltme faktörü



Şekil A.9: Sığ sularda ağırlıkları 150 000-500 000 DWT arasında değişen tankerlerde boyuna akıntı kuvveti katsayısı değişimi

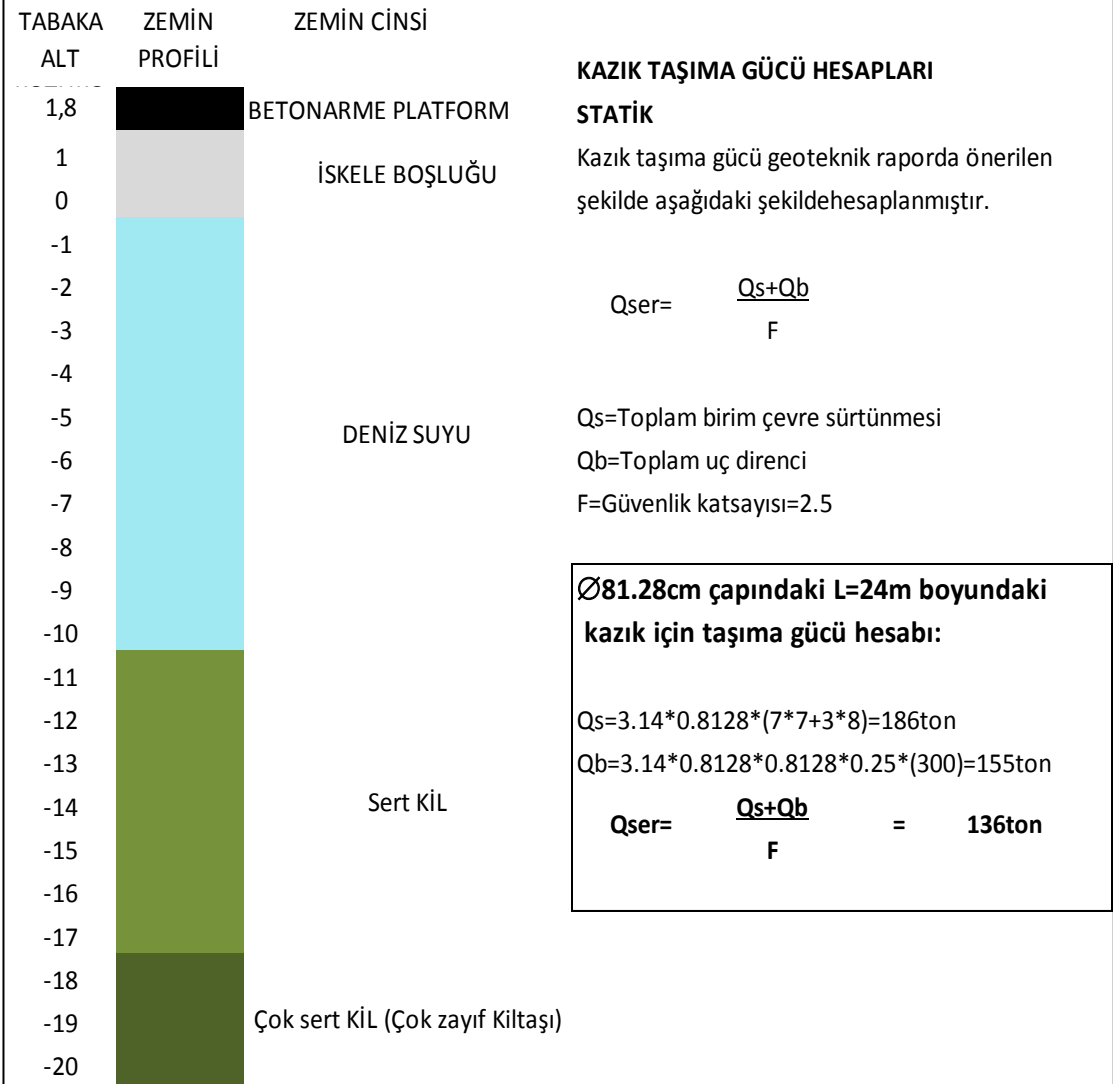
EK-B

DS3 NOLU SONDAJA GÖRE KAZIK TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Rıhtım yapısının inşa edileceği alandaki DS3 nolu sondaj için L=22m boyunda Ø32"(812.8mm) çaplı çelik çakma boru kazık için kazık taşıma gücü aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Zemin Cinsi	Birim çevre sürtünmesi (fs) t/m2	Uç direnci (qp) t/m2
Sert KİL	7,0	225
Çok Sert KİL (Çok zayıf Kıltaşı)	8,0	300

Kazık taşıma gücü hesabı için zemin profili aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:



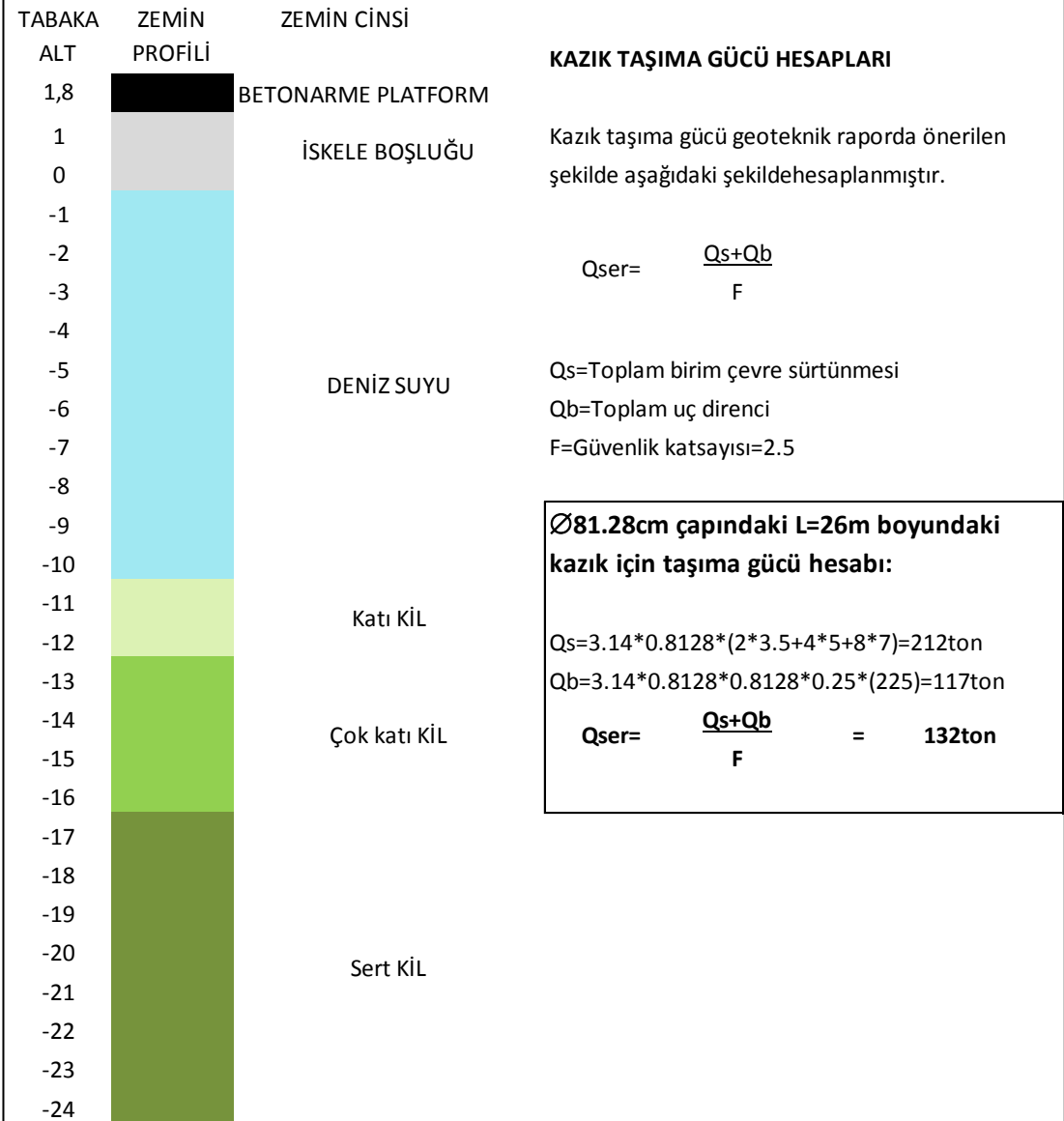
Şekil B.1: DS3 no'lu sondaja göre taşıma gücü hesabı.

DS7 NOLU SONDAJA GÖRE KAZIK TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Rıhtım yapısının inşa edileceği alandaki DS7 nolu sondaj için L=26m boyunda Ø32"(812.8mm) çaplı çelik çakma boru kazık için kazık taşıma gücü aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Zemin Cinsi	Birim çevre sürtünmesi (fs) t/m2	Uç direnci (qp) t/m2
Katı KİL	3,5	-----
Çok katı KİL	5,0	-----
Sert KİL	7,0	225

Kazık taşıma gücü hesabı için zemin profili aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:



Şekil B.2: DS7 no'lu sondaja göre taşıma gücü hesabı.

DS14 NOLU SONDAJA GÖRE KAZIK TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Rıhtım yapısının inşa edileceği alandaki DS14 nolu sondaj için L=24m boyunda Ø32"(812.8mm) çaplı çelik çakma boru kazık için kazık taşıma gücü aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Zemin Cinsi	Birim çevre sürtünmesi (fs) t/m2	Uç direnci (qp) t/m2
Gevşek KUM	-----	-----
Sert KİL	7,0	225
Çok Sıkı KUM	6,0	400
Çok Sert KİL (Çok Zayıf Kıltaşı)	8,0	300

Kazık taşıma gücü hesabı için zemin profili aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

TABAKA ALT	ZEMİN PROFİLİ	ZEMİN CİNSİ	KAZIK TAŞIMA GÜCÜ HESAPLARI
1,8		BETONARME PLATFORM	
1		İSKELE BOŞLUĞU	Kazık taşıma gücü geoteknik raporda önerilen şekilde aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.
0			
-1			
-2			
-3			$Q_{ser} = \frac{Q_s + Q_b}{F}$
-4			
-5		DENİZ SUYU	Qs=Toplam birim çevre sürtünmesi
-6			Qb=Toplam uç direnci
-7			F=Güvenlik katsayısı=2.5
-8			
-9			
-10			
-11		Gevşek KUM	
-12			
-13			
-14		Sert KİL	
-15			
-16			
-17			
-18			
-19		Çok sıkı kum	
-20			
-21			
-22			

Ø81.28cm çapındaki L=24m boyundaki kazık için taşıma gücü hesabı:

$Q_s = 3.14 * 0.8128 * (5 * 7 + 5 * 6) = 166 \text{ ton}$

$Q_b = 3.14 * 0.8128 * 0.8128 * 0.25 * (300) = 156 \text{ ton}$

$Q_{ser} = \frac{Q_s + Q_b}{F} = 129 \text{ ton}$

Çok sıkı kum tabakası altında uç taşıma gücü daha düşük olan Sert KİL tabakası yer aldığından uç taşıma gücü hesabında Sert KİL tabakasının uç direnci değeri kullanılmıştır. ($q_{uç} = 300 \text{ t/m}^2$)

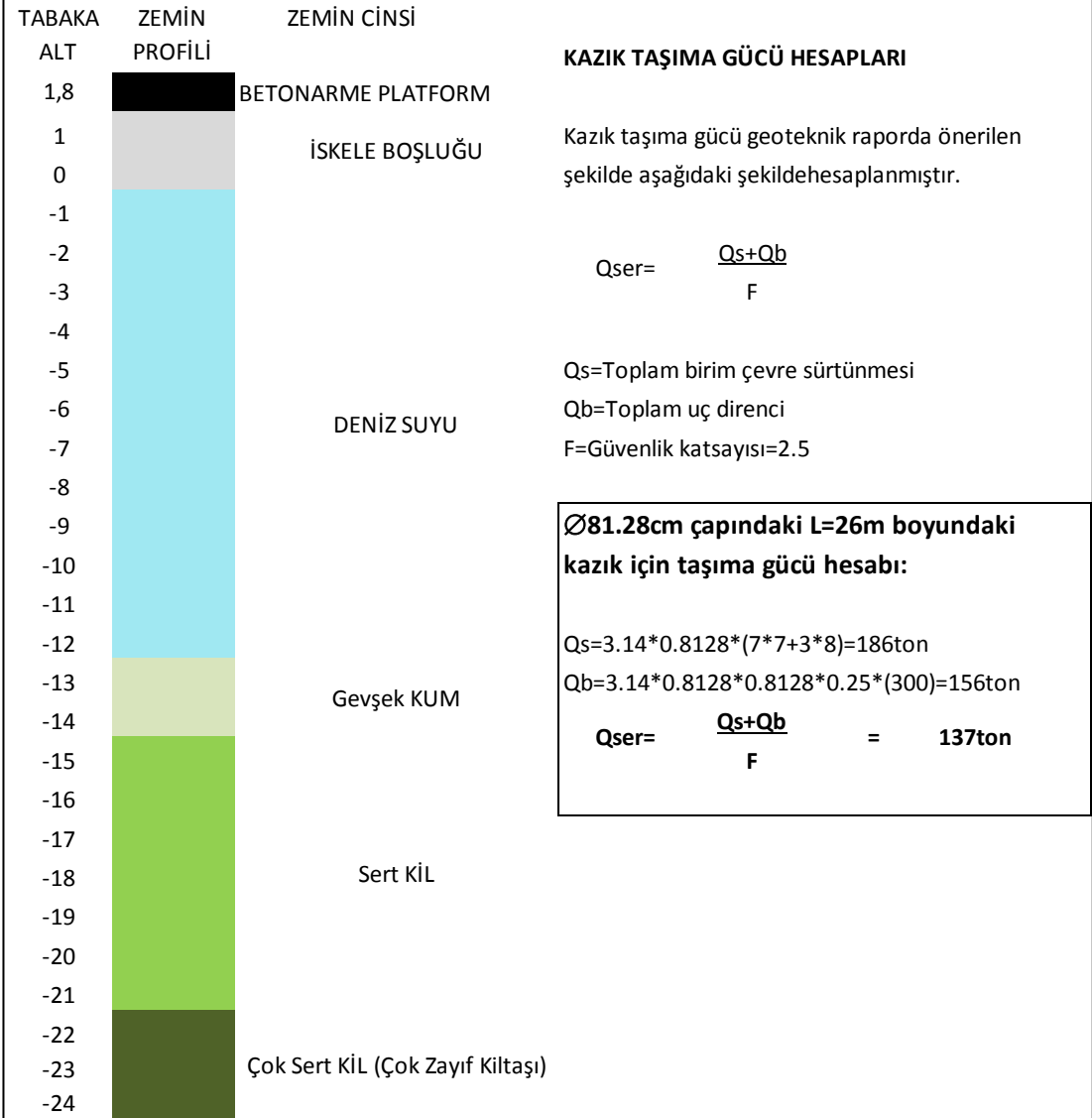
Şekil B.3: DS14 no'lu sondaja göre taşıma gücü hesabı.

DS28 NOLU SONDAJA GÖRE KAZIK TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Rıhtım yapısının inşa edileceği alandaki DS28 nolu sondaj için L=26m boyunda Ø32"(812.8mm) çaplı çelik çakma boru kazık için kazık taşıma gücü aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Zemin Cinsi	Birim çevre sürtünmesi (fs) t/m2	Uç direnci (qp) t/m2
Gevşek KUM	-----	-----
Sert KİL	7,0	225
Çok Sert KİL (Çok Zayıf Kıltaşı)	8,0	300

Kazık taşıma gücü hesabı için zemin profili aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:



Şekil B.4: DS28 no'lu sondaja göre taşıma gücü hesabı.

DS29 NOLU SONDAJA GÖRE KAZIK TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Rıhtım yapısının inşa edileceği alandaki DS29 nolu sondaj için L=26m boyunda Ø32"(812.8mm) çaplı çelik çakma boru kazık için kazık taşıma gücü aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Zemin Cinsi	Birim çevre sürtünmesi (fs) t/m2	Uç direnci (qp) t/m2
Gevşek KUM	-----	-----
Sert KİL	7,0	225
Çok Sert KİL (Çok Zayıf Kıltaşı)	8,0	300

Kazık taşıma gücü hesabı için zemin profili aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

TABAKA ALT	ZEMİN PROFİLİ	ZEMİN CİNSİ	KAZIK TAŞIMA GÜCÜ HESAPLARI
1,8		BETONARME PLATFORM	
1		İSKELE BOŞLUĞU	Kazık taşıma gücü geoteknik raporda önerilen şekilde aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.
0			
-1			
-2			$Q_{ser} = \frac{Q_s + Q_b}{F}$
-3			
-4			
-5			$Q_s = \text{Toplam birim çevre sürtünmesi}$
-6		DENİZ SUYU	$Q_b = \text{Toplam uç direnci}$
-7			$F = \text{Güvenlik katsayısı} = 2.5$
-8			
-9			
-10			
-11			
-12		Gevşek KUM	$Q_s = 3.14 * 0.8128 * (9 * 7 + 2 * 8) = 202 \text{ ton}$
-13			$Q_b = 3.14 * 0.8128 * 0.8128 * 0.25 * (300) = 156 \text{ ton}$
-14			$Q_{ser} = \frac{Q_s + Q_b}{F} = 143 \text{ ton}$
-15			
-16			
-17		Sert KİL	
-18			
-19			
-20			
-21			
-22			
-23		Çok Zayıf KİLTAŞI	
-24			

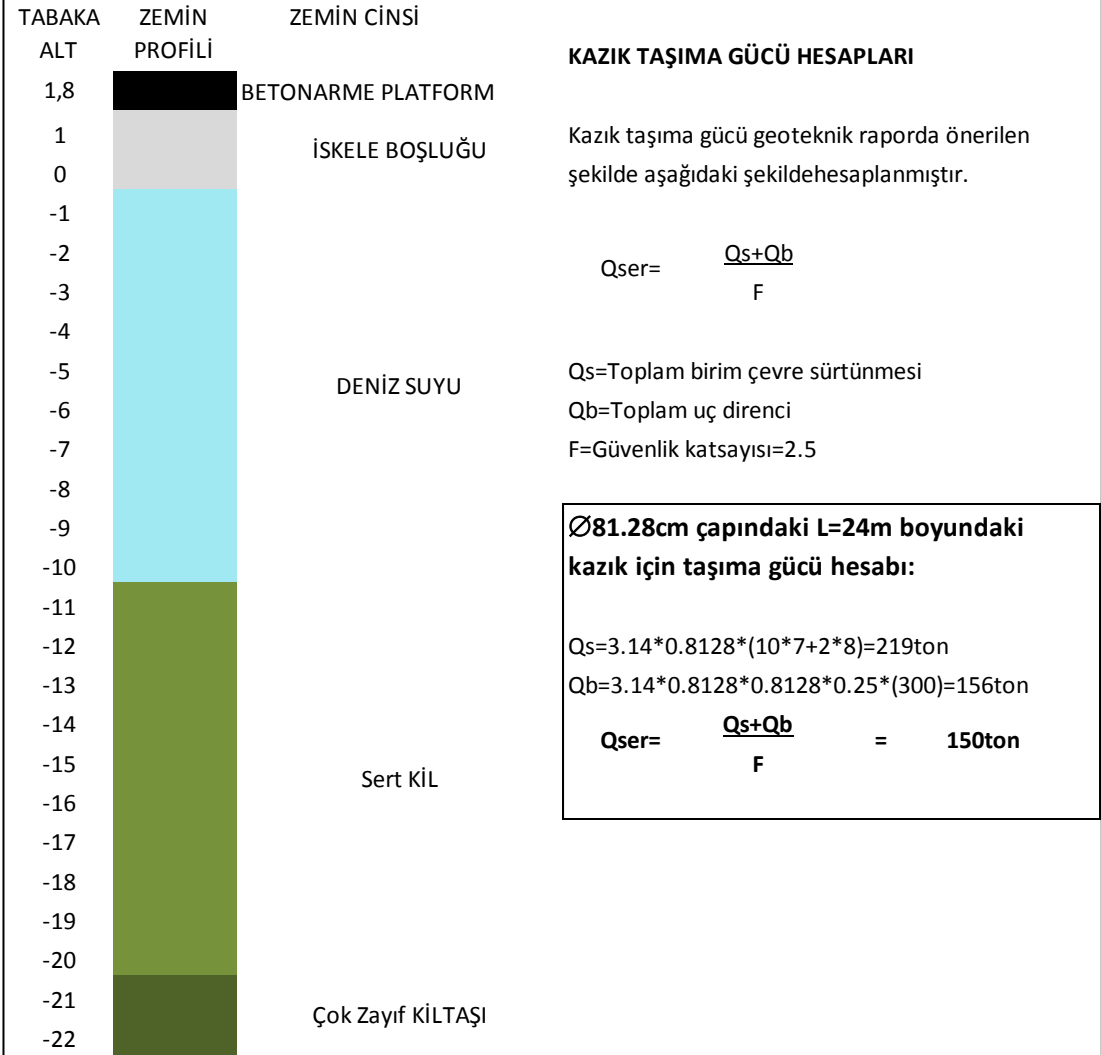
Şekil B.5: DS29 no'lu sondaja göre taşıma gücü hesabı.

DS30 NOLU SONDAJA GÖRE KAZIK TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Rıhtım yapısının inşa edileceği alandaki DS30 nolu sondaj için L=24m boyunda Ø32"(812.8mm) çaplı çelik çakma boru kazık için kazık taşıma gücü aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Zemin Cinsi	Birim çevre sürtünmesi (fs) t/m2	Uç direnci (qp) t/m2
Sert KİL	7,0	225
Çok Sert KİL (Çok Zayıf Kıltaşı)	8,0	300

Kazık taşıma gücü hesabı için zemin profili aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:



Şekil B.6: DS30 no'lu sondaja göre taşıma gücü hesabı.

DS51 NOLU SONDAJA GÖRE KAZIK TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Rıhtım yapısının inşa edileceği alandaki DS51 nolu sondaj için L=18m boyunda Ø32"(812.8mm) çaplı çelik çakma boru kazık için kazık taşıma gücü aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Zemin Cinsi	Birim çevre sürtünmesi (fs) t/m2	Uç direnci (qp) t/m2
Sert KİL	7,0	225
KİLTAŞI	10,0	400

Kazık taşıma gücü hesabı için zemin profili aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

TABAKA ALT	ZEMİN PROFİLİ	ZEMİN CİNSİ	KAZIK TAŞIMA GÜCÜ HESAPLARI
1,8		BETONARME PLATFORM	
1		İSKELE BOŞLUĞU	Kazık taşıma gücü geoteknik raporda önerilen şekilde aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.
0			
-1			
-2			$Q_{ser} = \frac{Q_s + Q_b}{F}$
-3			
-4			
-5		DENİZ SUYU	Q_s =Toplam birim çevre sürtünmesi
-6			Q_b =Toplam uç direnci
-7			F =Güvenlik katsayısı=2.5
-8			
-9			
-10			
-11			
-12			
-13		Sert KİL	
-14			
-15			
-16			
-17		KİLTAŞI	
-18			

Ø81.28cm çapındaki L=18m boyundaki kazık için taşıma gücü hesabı:

$Q_s = 3.14 * 0.8128 * (5 * 7 + 3 * 10) = 166 \text{ ton}$

$Q_b = 3.14 * 0.8128 * 0.8128 * 0.25 * (400) = 208 \text{ ton}$

$Q_{ser} = \frac{Q_s + Q_b}{F} = 150 \text{ ton}$

Şekil B.7: DS51 no'lu sondaja göre taşıma gücü hesabı.

DS52 NOLU SONDAJA GÖRE KAZIK TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Rıhtım yapısının inşa edileceği alandaki DS52 nolu sondaj için L=22m boyunda Ø32"(812.8mm) çaplı çelik çakma boru kazık için kazık taşıma gücü aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Zemin Cinsi	Birim çevre sürtünmesi (fs) t/m2	Uç direnci (qp) t/m2
Sıkı KUM	6,0	----
Çok Sert KİL (Çok Zayıf Kilitaşı)	8,0	300

Kazık taşıma gücü hesabı için zemin profili aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

TABAKA ALT	ZEMİN PROFİLİ	ZEMİN CİNSİ	KAZIK TAŞIMA GÜCÜ HESAPLARI
1,8		BETONARME PLATFORM	
1		İSKELE BOŞLUĞU	Kazık taşıma gücü geoteknik raporda önerilen şekilde aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.
0			
-1			
-2			$Q_{ser} = \frac{Q_s + Q_b}{F}$
-3			
-4			
-5		DENİZ SUYU	$Q_s = \text{Toplam birim çevre sürtünmesi}$
-6			$Q_b = \text{Toplam uç direnci}$
-7			$F = \text{Güvenlik katsayısı} = 2.5$
-8			
-9			
-10			
-11			
-12			
-13		Sıkı KUM	
-14			
-15			
-16			
-17			
-18			
-19		Çok Sert KİL (Çok Zayıf Kilitaşı)	
-20			

Ø81.28cm çapındaki L=22m boyundaki kazık için taşıma gücü hesabı:

$$Q_s = 3.14 * 0.8128 * (7 * 6 + 3 * 8) = 169 \text{ ton}$$

$$Q_b = 3.14 * 0.8128 * 0.8128 * 0.25 * (300) = 156 \text{ ton}$$

$$Q_{ser} = \frac{Q_s + Q_b}{F} = 130 \text{ ton}$$

Şekil B.8: DS52 no'lu sondaja göre taşıma gücü hesabı.

EK-C

Çizelge C.1: D2,R=2.5 için X Yönünde toplam deprem kuvveti hesabı.

X YÖNÜNDE TOPLAM DEPREM KUVVETİ HESABI						
Mod	Period Sec	SumUX Unitless	Sae/R m/sec ²	Mt (W/g)	Kütle katılım oranı	Taban kesme kuvvetine katkısı
1	1,016	0,52	0,73	4809	0,524	1849
2	0,936	0,52	0,79	4809	0,000	0
3	0,827	0,91	0,88	4809	0,386	1639
4	0,137	0,91	1,37	4809	0,000	0
5	0,134	0,91	1,37	4809	0,000	3
6	0,134	0,91	1,37	4809	0,000	0
7	0,133	0,91	1,37	4809	0,000	0
8	0,133	0,91	1,37	4809	0,001	8
9	0,132	0,91	1,37	4809	0,002	14
10	0,132	0,91	1,37	4809	0,000	0
11	0,132	0,91	1,37	4809	0,000	0
12	0,131	0,91	1,37	4809	0,000	1
13	0,131	0,91	1,37	4809	0,000	0
14	0,131	0,91	1,37	4809	0,000	0
15	0,131	0,91	1,37	4809	0,000	0
16	0,131	0,91	1,37	4809	0,000	0
17	0,131	0,91	1,37	4809	0,000	0
18	0,131	0,91	1,37	4809	0,000	0
19	0,130	0,91	1,37	4809	0,000	0
20	0,130	0,91	1,37	4809	0,000	0
Toplam deprem yükünün birleştirilmiş değeri, Vt=						3514

Çizelge C.2: D2,R=2.5 için Y yönünde toplam deprem kuvveti hesabı.

Y YÖNÜNDE TOPLAM DEPREM KUVVETİ HESABI						
Mod	Period Sec	SumUY Unitless	Sae/R m/sec2	Mt (W/g)	Kütle katılım oranı	Taban kesme kuvvetine katkısı
1	1,016	0,00	0,73	4809	0,00	0
2	0,936	0,91	0,79	4809	0,91	3446
3	0,827	0,91	0,88	4809	0,00	0
4	0,137	0,91	1,37	4809	0,00	1
5	0,134	0,91	1,37	4809	0,00	0
6	0,134	0,92	1,37	4809	0,01	68
7	0,133	0,92	1,37	4809	0,00	6
8	0,133	0,92	1,37	4809	0,00	0
9	0,132	0,92	1,37	4809	0,00	0
10	0,132	0,92	1,37	4809	0,00	0
11	0,132	0,92	1,37	4809	0,00	0
12	0,131	0,92	1,37	4809	0,00	0
13	0,131	0,92	1,37	4809	0,00	0
14	0,131	0,92	1,37	4809	0,00	0
15	0,131	0,92	1,37	4809	0,00	0
16	0,131	0,92	1,37	4809	0,00	0
17	0,131	0,92	1,37	4809	0,00	0
18	0,131	0,92	1,37	4809	0,00	0
19	0,130	0,92	1,37	4809	0,00	0
20	0,130	0,92	1,37	4809	0,00	0
Toplam deprem yükünün birleştirilmiş değeri, Vt=						3522

Çizelge C.3: Deprem yükü kontrol hesabı.

TABLİYE VE KAZIKLARIN TOPLAM AĞIRLIĞI,	$\Sigma G =$	42526,000	kN
TABLİYE ÜZERİ HAREKETLİ YÜKLERİN TOPLAMI ,	$\Sigma EQ =$	27795,000	kN
YAPININ HAREKETLİ YÜK KATSAYISI KULLANILARAK BULUNAN TOPLAM AĞIRLIĞI (ΣW)			
$\Sigma W = \Sigma G + n \Sigma Q =$ 48085 kN			
HAREKETLİ YÜK KATILIM KATSAYISI $n=0.2$	(Rıhtım üzerinde jib kreyn çalışacağından malzeme istif yapılmayacaktır.)		
SİSTEM KÜTLESİ,	$M_t = \Sigma W / g =$	4809	kN
DEPREM YÜKÜ, $V_t =$	3522 kN	$\geq \eta M_t S_{ae} (0)$	
$T=0$ için $S_{ae} (0) = 0,35 \cdot 9,81 = 3,43 \text{ m/sec}^2$			
NORMAL SINIFA GİREN İSKELE VE RIHTIMLARDA $\eta=0.15$ ALINMASI ÖNERİLMİŞTİR.			
DEPREM YÜKÜ, V_t	$\geq \eta M_t S_{ae} (0) = 0.15 \cdot 4809 \cdot 3,43 = 2474 \text{ kN}$ ✓		

Çizelge C.4: D2,R=4 için X Yönünde toplam deprem kuvveti hesabı.

X YÖNÜNDE TOPLAM DEPREM KUVVETİ HESABI						
Mod	Period Sec	SumUX Unitless	Sae/R m/sec2	Mt (W/g)	Kütle katılım oranı	Taban kesme kuvvetine katkısı
1	1,016	0,52	0,46	4809	0,524	1149
2	0,936	0,52	0,49	4809	0,000	0
3	0,827	0,91	0,55	4809	0,386	1024
4	0,137	0,91	0,85	4809	0,000	0
5	0,134	0,91	0,85	4809	0,000	2
6	0,134	0,91	0,85	4809	0,000	0
7	0,133	0,91	0,85	4809	0,000	0
8	0,133	0,91	0,85	4809	0,001	5
9	0,132	0,91	0,85	4809	0,002	9
10	0,132	0,91	0,85	4809	0,000	0
11	0,132	0,91	0,85	4809	0,000	0
12	0,131	0,91	0,85	4809	0,000	0
13	0,131	0,91	0,85	4809	0,000	0
14	0,131	0,91	0,85	4809	0,000	0
15	0,131	0,91	0,85	4809	0,000	0
16	0,131	0,91	0,85	4809	0,000	0
17	0,131	0,91	0,85	4809	0,000	0
18	0,131	0,91	0,85	4809	0,000	0
19	0,130	0,91	0,85	4809	0,000	0
20	0,130	0,91	0,85	4809	0,000	0
Toplam deprem yükünün birleştirilmiş değeri, Vt=						2190

Çizelge C.5: D2,R=4 için Y Yönünde toplam deprem kuvveti hesabı.

Y YÖNÜNDE TOPLAM DEPREM KUVVETİ HESABI						
Mod	Period Sec	SumUY Unitless	Sae/R m/sec2	Mt (W/g)	Kütle katılım oranı	Taban kesme kuvvetine katkısı
1	1,016	0,00	0,46	4809	0,00	0
2	0,936	0,91	0,49	4809	0,91	2143
3	0,827	0,91	0,55	4809	0,00	0
4	0,137	0,91	0,85	4809	0,00	0
5	0,134	0,91	0,85	4809	0,00	0
6	0,134	0,92	0,85	4809	0,01	42
7	0,133	0,92	0,85	4809	0,00	4
8	0,133	0,92	0,85	4809	0,00	0
9	0,132	0,92	0,85	4809	0,00	0
10	0,132	0,92	0,85	4809	0,00	0
11	0,132	0,92	0,85	4809	0,00	0
12	0,131	0,92	0,85	4809	0,00	0
13	0,131	0,92	0,85	4809	0,00	0
14	0,131	0,92	0,85	4809	0,00	0
15	0,131	0,92	0,85	4809	0,00	0
16	0,131	0,92	0,85	4809	0,00	0
17	0,131	0,92	0,85	4809	0,00	0
18	0,131	0,92	0,85	4809	0,00	0
19	0,130	0,92	0,85	4809	0,00	0
20	0,130	0,92	0,85	4809	0,00	0
Toplam deprem yükünün birleştirilmiş değeri, Vt=						2190

Çizelge C.6: Deprem yükü kontrol hesabı.

TABLİYE VE KAZIKLARIN TOPLAM AĞIRLIĞI,	$\Sigma G =$	42526,000	kN
TABLİYE ÜZERİ HAREKETLİ YÜKLERİN TOPLAMI ,	$\Sigma EQ =$	27795,000	kN
YAPININ HAREKETLİ YÜK KATSAYISI KULLANILARAK BULUNAN TOPLAM AĞIRLIĞI (ΣW)			
$\Sigma W = \Sigma G + n \Sigma Q =$		48085	kN
HAREKETLİ YÜK KATILIM KATSAYISI $n=0.2$	(Rıhtım üzerinde jib kreyn çalışacağından malzeme istifli yapılmayacaktır.)		
SİSTEM KÜTLESİ, $M_t = \Sigma W/g =$	4809	kN	
DEPREM YÜKÜ, $V_t =$	2190 kN	$\geq \eta M_t S_{ae}(0)$	
$T=0$ için $S_{ae}(0) = 0,35 \cdot 9,81 = 3,43 \text{ m/sec}^2$			
NORMAL SINIFA GİREN İSKELE VE RIHTIMLARDA $\eta=0.15$ ALINMASI ÖNERİLMİŞTİR.			
DEPREM YÜKÜ, $V_t \geq \eta M_t S_{ae}(0) = 0.15 \cdot 4809 \cdot 3,43 =$		2474 kN	✗

Çizelge C.7: D1,R=1 için X Yönünde toplam deprem kuvveti hesabı.

X YÖNÜNDE TOPLAM DEPREM KUVVETİ HESABI						
Mod	Period Sec	SumUX Unitless	Sae/R m/sec2	Mt (W/g)	Kütle katılım oranı	Taban kesme kuvvetine katkısı
1	1,016	0,52	0,97	4809	0,524	2448
2	0,936	0,52	1,06	4809	0,000	0
3	0,827	0,91	1,19	4809	0,386	2202
4	0,137	0,91	2,08	4809	0,000	0
5	0,134	0,91	2,08	4809	0,000	5
6	0,134	0,91	2,08	4809	0,000	0
7	0,133	0,91	2,08	4809	0,000	0
8	0,133	0,91	2,08	4809	0,001	12
9	0,132	0,91	2,08	4809	0,002	21
10	0,132	0,91	2,08	4809	0,000	0
11	0,132	0,91	2,08	4809	0,000	0
12	0,131	0,91	2,08	4809	0,000	1
13	0,131	0,91	2,08	4809	0,000	0
14	0,131	0,91	2,08	4809	0,000	1
15	0,131	0,91	2,08	4809	0,000	0
16	0,131	0,91	2,08	4809	0,000	0
17	0,131	0,91	2,08	4809	0,000	0
18	0,131	0,91	2,08	4809	0,000	0
19	0,130	0,91	2,08	4809	0,000	0
20	0,130	0,91	2,08	4809	0,000	0
Toplam deprem yükünün birleştirilmiş değeri, Vt=						4690

Çizelge C.8: D1,R=1 için Y Yönünde toplam deprem kuvveti hesabı.

Y YÖNÜNDE TOPLAM DEPREM KUVVETİ HESABI						
Mod	Period Sec	SumUY Unitless	Sae/R m/sec2	Mt (W/g)	Kütle katılım oranı	Taban kesme kuvvetine katkısı
1	1,016	0,00	0,97	4809	0,000	0
2	0,936	0,91	1,06	4809	0,908	4613
3	0,827	0,91	1,19	4809	0,000	0
4	0,137	0,91	2,08	4809	0,000	1
5	0,134	0,91	2,08	4809	0,000	0
6	0,134	0,92	2,08	4809	0,010	104
7	0,133	0,92	2,08	4809	0,001	10
8	0,133	0,92	2,08	4809	0,000	0
9	0,132	0,92	2,08	4809	0,000	0
10	0,132	0,92	2,08	4809	0,000	0
11	0,132	0,92	2,08	4809	0,000	0
12	0,131	0,92	2,08	4809	0,000	0
13	0,131	0,92	2,08	4809	0,000	0
14	0,131	0,92	2,08	4809	0,000	0
15	0,131	0,92	2,08	4809	0,000	0
16	0,131	0,92	2,08	4809	0,000	0
17	0,131	0,92	2,08	4809	0,000	0
18	0,131	0,92	2,08	4809	0,000	0
19	0,130	0,92	2,08	4809	0,000	0
20	0,130	0,92	2,08	4809	0,000	0
Toplam deprem yükünün birleştirilmiş değeri, Vt=						4728

Çizelge C.9: Deprem yükü kontrol hesabı.

TABLİYE VE KAZIKLARIN TOPLAM AĞIRLIĞI,		$\Sigma G=$	42526,000	kN
TABLİYE ÜZERİ HAREKETLİ YÜKLERİN TOPLAMI ,		$\Sigma EQ=$	27795,000	kN
YAPININ HAREKETLİ YÜK KATSAYISI KULLANILARAK BULUNAN TOPLAM AĞIRLIĞI (ΣW)				
$\Sigma W= \Sigma G+n\Sigma Q=$		48085	kN	
HAREKETLİ YÜK KATILIM KATSAYISI $n=0.2$		(Rıhtım üzerinde jib kreyn çalışacağından malzeme istif yapılmayacaktır.)		
SİSTEM KÜTLESİ,	$M_t=\Sigma W/g=$	4809	kN	
DEPREM YÜKÜ, $V_t=$		4728 kN	$\geq \eta \text{ Mt Sae (0)}$	
$T=0$ için $Sae (0) = 0,21*9,81=2,06 \text{ m/sec}^2$				
NORMAL SINIFA GİREN İSKELE VE RIHTIMLARDA $\eta=0.15$ ALINMASI ÖNERİLMİŞTİR.				
DEPREM YÜKÜ, V_t		$\geq \eta \text{ Mt Sae (0) } =0.15*4809*2,06=1486 \text{ kN}$ ✓		

EK-D

Çizelge D.1: BK-1 donatı hesabı.

	bw= 175 cm h= 180 cm Paspayı= 7,5 cm d= 172,5 cm Beton= BS30 Çelik= BÇIII f_{ctd}= 1,28 N/mm² f_{yd}= 365 N/mm² s= 15 cm f_{ywd}= 365 N/mm²
Üstte gerekli minimum donatı:	
$As_{min} = 0.8 \times (f_{ctd}/f_{yd}) \times b \times w \times d$	
$As_{min} = 8469 \text{ mm}^2$	$\Rightarrow As_{min} = 84,69 \text{ cm}^2$
Üstte hesap sonucu bulunan donatı:	
SAP2000 Analizlerisönucu bulunan gerekli donatı alanı $As_{ger} =$	60,90 cm ² > As_{min}
Seçilen donatı:	$\Rightarrow 20\phi 24/10 \Rightarrow As = 90,40 \text{ cm}^2 > As_{ger}$
Altta gerekli minimum donatı:	
$As_{min} = 0.8 \times (f_{ctd}/f_{yd}) \times b \times w \times d$	
$As_{min} = 8469 \text{ mm}^2$	$\Rightarrow As_{min} = 84,69 \text{ cm}^2$
Altta hesap sonucu bulunan donatı:	
SAP2000 Analizlerisönucu bulunan gerekli donatı alanı $As_{ger} =$	52,75 cm ² > As_{min}
Seçilen donatı:	$\Rightarrow 20\phi 24/10 \Rightarrow As = 90,40 \text{ cm}^2 > As_{ger}$
Minimum kayma donatısı:	
$As_{min} = 0.3 \times (f_{ctd}/f_{ywd}) \times b \times w \times s$	
$As_{min} = 276 \text{ mm}^2$	$\Rightarrow As_{min} = 2,76 \text{ cm}^2$
Hesap sonucu bulunan kayma donatısı:	
SAP2000 Analizlerisönucu bulunan gerekli donatı alanı, $As_{ger} =$	3,600 cm ² > As_{min}
(Kesme kuvveti beton tarafından karşılanmaktadır, minimum donatı kullanılacaktır)	
Seçilen etriye: 2 $\phi 12/15$	$\Rightarrow n=4 \text{ kollu} \Rightarrow As = 4,52 \text{ cm}^2 > As_{ger}$

Çizelge D.2: BK-2 donatı hesabı.

	bw= 475 cm h= 180 cm Paspayı= 7,5 cm d= 172,5 cm Beton= BS30 Çelik= BÇIII f_{ctd}= 1,28 N/mm² f_{yd}= 365 N/mm² s= 15 cm f_{ywd}= 365 N/mm²
Üstte gerekli minimum donatı:	
$As_{min} = 0.8 \times (f_{ctd}/f_{yd}) \times b_w \times d$	
Asmin= 22987 mm ²	⇒ Asmin= 229,87 cm ²
Üstte hesap sonucu bulunan donatı:	
SAP2000 Analizlerisönucu bulunan gerekli donatı alanı Asger=	159,00 cm ² >Asmin
Seçilen donatı: ⇒ 18φ24/10	⇒ As= 162,72 cm ² >Asger
Altta gerekli minimum donatı:	
$As_{min} = 0.8 \times (f_{ctd}/f_{yd}) \times b_w \times d$	
Asmin= 22987 mm ²	⇒ Asmin= 229,87 cm ²
Altta hesap sonucu bulunan donatı:	
SAP2000 Analizlerisönucu bulunan gerekli donatı alanı Asger=	148,20 cm ² >Asmin
Seçilen donatı: ⇒ 18φ24/10	⇒ As= 162,72 cm ² >Asger
Minimum kayma donatısı:	
$As_{min} = 0.3 \times (f_{ctd}/f_{ywd}) \times b_w \times s$	
Asmin= 750 mm ²	⇒ Asmin= 7,50 cm ²
Hesap sonucu bulunan kayma donatısı:	
SAP2000 Analizlerisönucu bulunan gerekli donatı alanı, Asger=	4,300 cm ² >Asmin
(Kesme kuvveti beton tarafından karşılanmaktadır, minimum donatı kullanılacaktır)	
Seçilen etriye: 2 φ12/15 ⇒ n=4 kollu	⇒ As= 4,52 cm ² >Asger

Çizelge D.3: BK-3 donatı hesabı.

	bw= 180 cm h= 180 cm Paspayı= 7,5 cm d= 172,5 cm Beton= BS30 Çelik= BÇIII f_{ctd}= 1,28 N/mm² f_{yd}= 365 N/mm² s= 15 cm f_{ywd}= 365 N/mm²
Üstte gerekli minimum donatı:	$As_{min} = 0.8 \times (f_{ctd}/f_{yd}) \times b_w \times d$ Asmin= 8711 mm² ⇒ Asmin= 87,11 cm²
Üstte hesap sonucu bulunan donatı:	SAP2000 Analizlerisönucu bulunan gerekli donatı alanı Asger= 77,55 cm² >Asmin Seçilen donatı: ⇒ 20φ24/10 ⇒ As= 90,40 cm² >Asger
Altta gerekli minimum donatı:	$As_{min} = 0.8 \times (f_{ctd}/f_{yd}) \times b_w \times d$ Asmin= 8711 mm² ⇒ Asmin= 87,11 cm²
Altta hesap sonucu bulunan donatı:	SAP2000 Analizlerisönucu bulunan gerekli donatı alanı Asger= 37,00 cm² >Asmin Seçilen donatı: ⇒ 20φ24/10 ⇒ As= 90,40 cm² >Asger
Minimum kayma donatısı:	$As_{min} = 0.3 \times (f_{ctd}/f_{ywd}) \times b_w \times s$ Asmin= 284 mm² ⇒ Asmin= 2,84 cm²
Hesap sonucu bulunan kayma donatısı:	SAP2000 Analizlerisönucu bulunan gerekli donatı alanı, Asger: 4,000 cm² >Asmin (Kesme kuvveti beton tarafından karşılanmaktadır, minimum donatı kullanılacaktır) Seçilen etriye: 2 φ12/15 ⇒ n=4 kollu ⇒ As= 4,52 cm² >Asger

Çizelge D.4: BK-4 donatı hesabı.

	bw= 160 cm h= 180 cm Paspayı= 7,5 cm d= 172,5 cm Beton= BS30 Çelik= BÇIII f_{ctd}= 1,28 N/mm² f_{yd}= 365 N/mm² s= 15 cm f_{ywd}= 365 N/mm²
Üstte gerekli minimum donatı:	$A_{smin} = 0.8 \times (f_{ctd}/f_{yd}) \times b \times w \times d$ $A_{smin} = 7743 \text{ mm}^2 \Rightarrow A_{smin} = 77,43 \text{ cm}^2$
Üstte hesap sonucu bulunan donatı:	SAP2000 Analizlerisönucu bulunan gerekli donatı alanı $A_{sger} = 67,00 \text{ cm}^2 > A_{smin}$ Seçilen donatı: $\Rightarrow 18\phi 24/10 \Rightarrow A_s = 81,36 \text{ cm}^2 > A_{sger}$
Altta gerekli minimum donatı:	$A_{smin} = 0.8 \times (f_{ctd}/f_{yd}) \times b \times w \times d$ $A_{smin} = 7743 \text{ mm}^2 \Rightarrow A_{smin} = 77,43 \text{ cm}^2$
Altta hesap sonucu bulunan donatı:	SAP2000 Analizlerisönucu bulunan gerekli donatı alanı $A_{sger} = 31,50 \text{ cm}^2 > A_{smin}$ Seçilen donatı: $\Rightarrow 18\phi 24/10 \Rightarrow A_s = 81,36 \text{ cm}^2 > A_{sger}$
Minimum kayma donatısı:	$A_{smin} = 0.3 \times (f_{ctd}/f_{ywd}) \times b \times w \times s$ $A_{smin} = 252 \text{ mm}^2 \Rightarrow A_{smin} = 2,52 \text{ cm}^2$
Hesap sonucu bulunan kayma donatısı:	SAP2000 Analizlerisönucu bulunan gerekli donatı alanı, $A_{sger} = 4,300 \text{ cm}^2 > A_{smin}$ (Kesme kuvveti beton tarafından karşılanmaktadır, minimum donatı kullanılacaktır) Seçilen etriye: 2 $\phi 12/15 \Rightarrow n=4$ kollu $\Rightarrow A_s = 4,52 \text{ cm}^2 > A_{sger}$

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Ezgi Topsoy
Doğum Tarihi ve Yeri : Çanakkale-21.07.1990
E-posta : etopsoy@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
- **Yükseklisans** : 2016, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yapı Mühendisliği, Yüksek Lisans

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2013-2016 yılları arasında İz İnşaat Madencilik Sanayi ve Ticaret A.Ş' de Statik Dizayn Mühendisi olarak çalıştım.