

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**LİMANLARDA TASARIM ESASLARI ve RIHTIM
YAPILARININ DAVRANIŞA DAYALI TASARIMI**

İnşaat Mühendisi Ayhan Ekrem DEMİR

FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Kıyı ve Liman Mühendisliği Programında Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Yalçın YÜKSEL

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	viii
KISALTMA LİSTESİ	xiv
ŞEKİL LİSTESİ	xv
ÇİZELGE LİSTESİ	xix
ÖNSÖZ	xxii
ÖZET	xxiii
ABSTRACT	xxiv
1. LİMAN PLANLAMASINDA ESASLAR	1
1.1 Ticari Limanlar	1
1.1.1 Su Alanlarının Planlanması	1
1.1.1.1 Ulaşım Kanalı	1
1.1.1.1.1 Doğrultu	2
1.1.1.1.2 Kanal Genişliği	2
1.1.1.1.3 Kanal Derinliği	4
1.1.1.1.4 Diğer Tasarım Özellikleri	5
1.1.1.2 Liman İçi Manevra Alanları	6
1.1.1.3 Dalga Nedenli Salmım	8
1.1.1.4 Gemi Bağlanma Yöntemleri	10
1.1.2 Terminal Planlaması	14
1.1.2.1 Konteyner Terminalleri	14
1.1.2.1.1 Konteyner Tip ve Boyutları	14
1.1.2.1.2 Planlama	16
1.1.2.2 Genel Kargo ve Çok Amaçlı Terminaller	20
1.1.2.3 RO/RO ve Feribot Terminalleri	21
1.1.2.4 Sıvı Yük Terminalleri	23
1.1.2.5 Kuru Yük Terminalleri	27
1.2 Balıkçı Limanları	29
1.2.1 Balıkçı Limanlarının Tipleri	29
1.2.2 Yer Seçimi	30
1.2.3 Balıkçı Tekneleri	30
1.2.4 Planlama	31
1.2.4.1 Ulaşım kanalı	31
1.2.4.2 Basenler ve yanaşma yapıları	32
1.2.4.3 Apron	33
1.2.4.4 Tekne Tamir ve Bakımı	34
1.2.4.5 Binalar ve Diğer Hizmetler	34
1.3 Yat Limanları	35
1.3.1 Genel	35
1.3.2 Tekne Tipleri ve Boyutları	35
1.3.3 Ulaşım kanalı ve liman girişi	38
1.3.4 Manevra Dairesi	41
1.3.5 Liman İçi Yerleşim	41
1.3.6 Park Alanı	42
1.3.7 Travel Lift	42
1.3.8 Hizmet Yapıları	44
2. LİMANLARDA DİĞER TESİSLER	47

2.1	Yardımcı Tesisler	47
2.1.1	Genel.....	47
2.1.2	Bağlama Ekipmanları	48
2.1.3	Bağlama Direkleri, Babalar ve Bağlama Halkaları	49
2.1.3.1	Bağlama Direkleri, Babalar ve Bağlama Halkalarının Düzenleri	49
2.1.3.2	Gemilerin Çekme Gücü	50
2.1.3.3	Yapı	50
2.1.4	Usturmaça Sistemi	51
2.1.4.1	Genel.....	51
2.1.4.2	Usturmaçaların Düzeni	52
2.1.4.3	Gemilerin Yanaşma Enerjisi.....	52
2.1.4.4	Usturmaça Seçimi.....	52
2.1.5	Güvenlik Tesisleri.....	56
2.1.5.1	Genel.....	56
2.1.5.2	Yan Korumalık	56
2.1.5.3	Çit ve Halat	57
2.1.6	Servis Tesisleri	57
2.1.6.1	Genel.....	57
2.1.6.2	Araç Rampası	57
2.1.6.3	Su İkmal Tesisleri	58
2.1.6.4	Drenaj Tesisleri.....	58
2.1.6.5	Yakıt ve Elektrik Gücü İkmal Tesisleri	58
2.1.7	Merdivenler	59
2.1.8	Cankurtaran Tesisleri.....	59
2.1.9	Kaldırım Kenar Taşı	59
2.1.10	İşaretler, Uyarılar ve Koruyucu Çitler	59
2.1.10.1	İşaretlerin Koşulları	59
2.1.10.2	İşaretlerin Tipi ve Konumu.....	60
2.1.10.3	İşaretlerin Pozisyonu	60
2.1.10.4	İşaretlerin Yapısı.....	62
2.1.10.5	Malzemeler	63
2.1.10.6	Bakım ve İdare.....	64
2.1.10.7	Koruyucu Çitler	64
2.1.10.8	Barikatlar	64
2.1.11	İşıklandırma Tesisleri	64
2.1.11.1	Genel.....	64
2.1.11.2	Standart Aydınlatma Şiddeti.....	65
2.1.11.3	İşık Kaynağı Seçimi.....	67
2.1.11.4	Aydınlatma Ekipmanları Seçimi	70
2.1.11.5	Aydınlatma Tasarımı	71
2.1.11.6	Bakım ve İdare.....	76
2.2	Apron	79
2.2.1	Tasarım Prensipleri.....	79
2.2.2	Apron Tipi	79
2.2.2.1	Genişlik.....	79
2.2.2.2	Eğim.....	80
2.2.2.3	Kaplama Tipi	80
2.2.3	Apronlarda Oturmaya Karşı Tedbirler	81
2.2.4	Yükleme Koşulları.....	81
2.2.5	Beton Kaplama Tasarımı	83
2.2.5.1	Tasarım Koşulları	83
2.2.5.2	Kaplama Düzeni	84

2.2.5.3	Bağlantılar	90
2.2.5.4	Bağlantı ve Kayma Donatıları	93
2.2.5.5	Son Koruma	94
2.2.6	Asfalt Kaplama Tasarımı	94
2.2.6.1	Tasarım Koşulları	94
2.2.6.2	Kaplama Düzeni	95
2.2.7	Beton Blok Kaplama Tasarımı	101
2.2.7.1	Tasarım Koşulları	101
2.2.7.2	Kaplama Düzeni	101
2.3	Liman Trafik Tesisleri	104
2.3.1	Yollar	104
2.3.1.1	Genel	104
2.3.1.2	Tasarım Araçları	104
2.3.1.3	Yollar ve Yol Şeritleri	104
2.3.1.4	Gabari Limiti	106
2.3.1.5	Dönüşlerde Yol Genişliği	107
2.3.1.6	Boyuna Eğim	107
2.3.1.7	Kavşakların Boyutları	109
2.3.1.8	Kaplama	110
2.3.1.9	İşaretlemeler	113
2.3.2	Otoparklar	113
2.3.2.1	Genel	113
2.3.2.2	Boyut ve Yerleşim Biçimleri	113
2.3.3	Demiryolları	117
2.3.4	Helikopter Alanları	117
2.3.5	Tüneller	117
2.3.5.1	Genel	117
2.3.5.2	Planlama ve Tasarım Prensipleri	117
2.3.5.3	Batırma Derinliği	118
2.3.5.4	Batırma Tünel Elemanlarının Yapısı ve Uzunluğu	118
2.3.5.5	Havalandırma Bacaları	119
2.3.5.6	Erişim Yolları	119
2.3.5.7	Batırma Tünel Kesitinin Stabilite Hesabı	119
2.3.5.8	Batırma Tünel Elemanlarının Tasarımı	121
2.3.5.9	Bağlantılar	122
2.3.5.10	Kontrol ve Çalışma Tesisleri	122
2.3.6	Köprüler	123
2.3.6.1	Genel	123
2.3.6.2	Tasarım İhtiyaçları	123
2.3.6.3	Yapısal Dayanıklılık	123
2.3.6.4	Usturmaç Sistemi	124
2.4	Kargo Sınıflandırma Tesisleri	124
2.4.1	Kargo Sınıflandırma Alanları	124
2.4.2	Rıhtım Ambarları	125
2.4.3	Kargo Elleçleme Ekipmanları	126
2.4.3.1	Genel	126
2.4.3.2	Petrol Elleçleme Ekipmanları	127
2.4.3.3	Kargo Elleçleme Ekipmanlarının Hareketi ve Bakımı	127
2.4.4	Kereste Sınıflandırma Alanları	127
2.4.5	Deniz Ürünleri Sınıflandırma Tesisleri	128
2.4.6	Tehlikeli Kargo Sınıflandırma Tesisleri	128
2.5	Depolama Tesisleri	128

2.5.1	Tehlikeli Kargo Alanları Ve Petrol Depolama Tesisleri	128
2.5.2	Diğer Depolama Tesisleri	128
2.6	Gemi Servis Tesisleri.....	129
2.6.1	Genel.....	129
2.6.2	Su İkmal Tesisleri	129
2.7	Yolcu Tesisleri.....	130
2.7.1	Yolcu Binme Tesisleri	130
2.7.1.1	Genel.....	130
2.7.1.2	Yapısal Tipler	130
2.7.1.3	Yolcu Binme Tesislerinin Tasarımı.....	131
2.7.1.4	Yardımcı Tesisler	131
2.7.2	Yolcu Yapıları	132
2.7.2.1	Genel.....	132
2.7.2.2	Yolcu Yapıları Tasarımı	132
2.7.2.3	Yardımcı Tesisler	132
3.	LİMANLARDA KAPLAMA TASARIMI	134
3.1	Giriş	134
3.2	Kaplama Tabakaları.....	134
3.2.1	Yüzey Tabakası	135
3.2.1.1	Asfalt Tabaka.....	135
3.2.1.2	Beton Kaplamalar	136
3.2.1.3	Çakıl Döşeme	138
3.2.1.4	Yarı Rijit Serbest Kaplamalar.....	139
3.2.1.5	Prefabrik Beton Döşemeler.....	140
3.2.1.6	Yerinde Beton Dökme	141
3.2.1.7	Çelik Donatılı Betonarme Kaplamalar	141
3.2.1.8	Silindirle Sıkıştırılmış Beton Kaplamalar	142
3.2.1.9	Farklı Kaplama Tiplerinin Değerlendirilmesi	143
3.2.2	Temel ve Alt Temel Tabakası	145
3.2.3	Taban	147
3.2.4	Malzeme Dönüştürme Faktörleri.....	148
3.3	Hasar Kriteri	149
3.3.1	Esnek Kaplamalar İçin Hasar Kriteri.....	149
3.3.2	Beton Kaplamalar İçin Hasar Kriteri.....	150
3.4	Tasarım Metotları	151
3.4.1	İngiliz Limanlar Birliği El Kitabı	152
3.4.2	İspanyol ‘ROM4.1-94’ El Kitabı.....	153
3.4.3	Havalimanı Kaplamasının Yapısal Tasarım Sistemi	156
3.5	Ağır Hizmet Kaplamaları ve Yol Kaplamalarının Karşılaştırması	157
3.6	Yükleme ve Yük Tekrarlaması.....	158
3.6.1	Statik Yükleme	158
3.6.1.1	Konteyner Köşeleri.....	158
3.6.1.2	Treyler Tekerlekleri.....	158
3.6.1.3	Dengeleyici Krikolar	159
3.6.2	Dinamik Yükleme.....	159
3.6.3	Elleçleme Donanımları İçin Tekerlek Yükünün Hesaplanması	159
3.6.3.1	Önden Kaldıraçlı Kamyonlar	159
3.6.3.2	Straddle Carrier.....	161
3.6.3.3	Yandan Kaldıraçlı Kamyonlar: Tekerlek yükünü hesaplayan denklemler:.....	161
3.6.3.4	Lastik Tekerlekli Vinçler.....	161

3.6.3.5	Traktör Ve Treyler Sistemleri.....	162
3.6.3.6	Hareketli Vinçler	163
3.6.4	Tekerlek Yakınlık Faktörleri	164
3.6.5	Yanal Hareket Etme Dağılımı	164
4.	LİMAN YAPILARININ PERFORMANSA (DAVRANIŞA) DAYALI TASARIMI	166
4.1	Hasar Kriteri	166
4.1.1	Ağırlık Tipi Rıhtım Duvarları.....	167
4.1.2	Palplanş Tipi Rıhtım Duvarları.....	170
4.1.3	Kazıklı Rıhtımlar	173
4.1.4	Keson Tipi Rıhtım Duvarları	180
4.1.5	Vinçli Rıhtım Duvarları.....	182
4.1.6	Dalgakıranlar	189
4.2	Sismik Analiz	192
4.2.1	Analiz Tipleri.....	193
4.2.2	Konumsal Davranış / Sıvılaşma Analizi.....	194
4.2.3	Liman Yapılarının Analizi.....	197
4.2.4	Analizin Girdi ve Çıktıları.....	203
5.	LİMAN YAPILARINDA ANALİZ YÖNTEMLERİ.....	209
5.1	Basitleştirilmiş Analiz	209
5.1.1	Ağırlık / Palplanş / Keson Tipi Rıhtım Duvarlarının Üzerindeki Yükler.....	209
5.1.2	Duvarların Yer Değiştirmesi	219
5.1.3	Kazıklı Rıhtımlar	230
5.1.4	Dalgakıranlar, Yapay Dolgular ve Şevler.....	236
5.2	Basitleştirilmiş Dinamik Analiz	237
5.2.1	Ağırlık Tipi Rıhtım Duvarları.....	237
5.2.2	Palplanş Tipi Rıhtım Duvarlar.....	251
5.2.3	Kazıklı Rıhtımlar	258
5.2.4	Dalgakıranlar, Yapay Dolgular ve Şevler.....	267
5.3	Dinamik Analiz.....	268
5.3.1	Analiz Yöntemleri	268
5.3.2	Örnekler	271
5.3.3	Şevlerin ve Duvarların Dinamik Analizinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar.....	283
5.4	Analizin Girdi Parametreleri.....	285
6.	AĞIRLIK TİPİ RIHTIM TASARIMINA AİT BİR ÖRNEK	296
6.1	Ağırlık Tipi Rıhtım Duvarı.....	296
6.1.1	Performans Gereksinimleri ve Tasarım Koşulları	296
6.1.2	Basitleştirilmiş Analiz	300
6.1.3	Basitleştirilmiş Dinamik Analiz	312
6.1.4	Sıvılaşmaya Karşı İyileştirmenin Değerlendirilmesi.....	315
6.1.5	Dinamik analiz.....	317
7.	AĞIRLIK TİPİ YAPILAR İÇİN ÖRNEK TASARIMLAR	322
7.1	Beton Blok Tipi Rıhtım Yanaşma Yapısı.....	322
7.2	Beton Blok Tipi Rıhtım Yanaşma Yapısı.....	355
7.3	L Tipi Rıhtım Yanaşma Yapısı.....	372
7.4	Keson Tipi Rıhtım Yanaşma Yapısı.....	384

8.	SONUÇLAR.....	400
----	---------------	-----

SİMGE LİSTESİ

A	Rüzgara maruz kalan alan ; Aydınlanmış yüzeyin alanı
a	Dalga nedeniyle düşey hareket ; Zemin temas alanının yarıçapı
A_1, A_2	Tekrarlanan yüklemelerden dolayı oluşan etki katsayıları
A_{10}	D1 deprem düzeyindeki etkin yer ivmesi katsayısı
a_{max}	Maksimum zemin ivmesi
B	Gemi genişliği
b	Malzeme hasar katsayısı
B_{maks}	En büyük tasarım teknesinin genişliği
C	Rüzgarın geri itme katsayısı
c	İyileştirme faktörü
C_b	Blok katsayısı
c_b	Her bir yanaşma yerinde yılda elleçlenen ortalama TEU sayısı
C_i	Yılda boşlar dahil elleçlenecek toplam konteyner sayısı
c_u	Kanatlı kesme veya üç eksenli testlerden elde edilen tükenmemiş kesme dayanımı
D	Geminin dolu su çekimi
d	Su derinliği ; Kalıcı yanal yer değiştirme
D_{emb}	Duvarın gömülme derinliği
D_f	Tabanın altındaki palplanş duvarın efektif dönme noktasının derinliği
D_M	Yapı kütlelerine etkiyen deprem yükü
D_p	Kazığın çapı (veya kazık genişliği)
d_r	Elasto-plastik sistemin kalıcı yer değiştirmesi
d_{stand}	C10 zayıf beton için tasarım grafiğinden elde edilen standart kalınlık
d_u	Nihai yer değiştirme
d_{yeni}	Alternatif malzeme için düzenlenmiş temel kalınlığı
E	Ortalama aydınlatma şiddeti ; Betonun elastisite modülü
e	Gözönüne alınana bileşke yükünü duvarın deniz tarafındaki topuk ucuna olan yatay mesafesi
EAI	Boyutsuz olan efektif ankraj göstergesi
E_{ev}	Düzensizlik değeri
E_h	P'deki yatay düzlem aydınlatma şiddeti
EI	Kazığın eğilme rijitliği

E_n	n. ızgara şebekesi bloğunun merkezdeki aydınlatma şiddeti
EPI	Gömülme miktarının göstergesi
F	Işık kaynağının toplam akısı
F_a	Kısa periyod zemin katsayısı
f'_c	28 günlük sınırlandırılmamış beton dayanımı
f'_{cc}	$1.5f'_c$ ile yaklaşık olarak bulunabilen sınırlandırılmış beton dayanımı
f_d	Dinamik yük faktörü
F_s	Şekil değiştirmeye sebep olan depremlere karşı güvenlik faktörü
F_{sd}	Devrilmeye karşı güvenlik katsayısı
F_{sk}	Kaymaya karşı güvenlik katsayısı
f_{yh}	Sınırlı çeliğin eğilme gerilmesi
G	Öz ağırlık
g	Yerçekim ivmesi
H	Dalga yüksekliği
h	Yükleme noktası yüksekliği ; Beton plak kalınlığı
i_0	Başlangıç yüklemesi sırasında deniz tabanındaki kazığın sapma açısı
I_θ	θ doğrultusundaki parlaklık şiddeti
k	Malzeme sabiti
K_{75}	Tabanın tasarım taşıma kapasitesi
K_{ae}	Dinamik aktif toprak basıncı katsayısı
$K_{ai,d}$	Yüzeyden itibaren i'inci kohezyonsuz zemin tabakasında dinamik aktif basınç katsayısı
$K_{ai,s}$	Yüzeyden itibaren i'inci kohezyonsuz zemin tabakasında statik aktif basınç katsayısı
$K_{ai,t}$	Yüzeyden itibaren i'inci kohezyonsuz zemin tabakasında toplam aktif basınç katsayısı
k_e	Tasarım taban hareketleri seviyesine dayanan eşdeğer sismik katsayı
k'_e	Efektif sismik katsayısı
k_h	Eşdeğer deprem ivmesi katsayısı (kuruda) ; Yatay sismik katsayısı
k'_h	Eşdeğer deprem ivmesi katsayısı (su altında) ; Değiştirilmiş yatay sismik katsayısı

K_{pe}	Dinamik pasif toprak basıncı katsayısı
k_t	Pseudo-statik analizden gelen başlangıç sismik katsayısı
k_v	Düşey sismik katsayısı
L	Serbest kazık uzunluğu
l	Işık kaynağı L ile P notası arasındaki mesafe ; Kaplamanının göreceli rijitlik yarıçapı
L_{BP}	Gemi boyu
L_{ext}	Zemin iyileştirme genişliği
L_p	Plastik mafsal uzunluğu
L_q	Rıhtım uzunluğu
L_s	Ortalama gemi boyu
M	Bakım katsayısı ; Ön dingil üzerindeki tekerlek sayısı
m	Güvenlik açıklığı
M_d	Yatay yüklerin duvar tabanına göre toplam devrilme momentleri
M_p	Plastik mafsal durumundaki kazık eğilme momenti
Mr	Verilen tabakanın M_{pa} olarak Elastisite modülü
N	Yanaşma yeri sayısı ; Aydınlatma ekipmanı sayısı ; Yük tekrarlama sayısı ; Tahmini ömür
n	Bir sırada seyir eden tekne sayısı
N_{65}	65 kPa'lık efektif düşey gerilme için düzeltilmiş SPT N -değeri
n_{ext}	Normalleştirilmiş zemin iyileştirme faktörü
O_{CFS}	CFS alanı
O_{EC}	Boş konteyner, konteyner bakımı ve tamir alanı
O_{PY}	Konteynerlerin depolandığı alan
O_{ROP}	Kapı, ofis binaları, gümrük hizmetleri ve park amaçlı alan
O_T	Apron'un gerisinde kalan depolama, transfer ve ofisler dahil toplam alan
P	Rüzgar yükü ; ξ derinlikteki kazığın birim uzunluğu başına taban davranışı
p	Izgara şebekesi bloğunun uzun kenarının maksimum uzunluğu ; ξ derinlikteki kazığın birim alanı başına taban davranışı
P_{ae}	Dinamik aktif toprak itki kuvveti
$P_{ai,d}$	Yüzeyden itibaren i 'inci kohezyonsuz zemin tabakasının tabanında dinamik aktif basınç

P_p	Statik pasif toprak itki kuvveti
P_{pe}	Pasif aktif toprak itki kuvveti
P_u	Bütün kazıkların gömülme kısmındaki ve tepesindeki plastik mafsallar şeklinin limit yanal yükü
p_u	Nihai dayanım
$P_{w,d}$	Statik-eşdeğer dinamik su basıncının bileşkesi
q_o	Düzgün yayılı ek hareketli yük
q_{sur}	Düzenli olarak dağıtılmış ek yük
S	Yelkenlinin direk yüksekliğinin izdüşüm uzunluğu
S_K	Suyun kaldırma kuvveti
S_{maks}	Squat ve trim nedeniyle maksimum su çekmesi
S_{mix}	Karışımın rijitliği
S_{MS}	Doğal titreşim periyoduna karşılık gelen spektral ivme değeri
SR	5000 MPa modüllü standart tabaka için malzeme dönüştürme faktörü
S_s	Sismik etki katsayısı
T	Referans seviyesinin üzerindeki gel-git yüksekliği
T_n	Doğal salınım frekansı
t_p	Çelik boru kazığın kalınlığı
U	Kullanım katsayısı
U_i	Yüksüz donanımın tekerlek yükü
V	Tasarım rüzgar hızı
V_B	Asfalt içindeki bitüm hacmi
v_{max}	Maksimum zemin hızı
W	Navigasyon kanalının en alçak su seviyesindeki genişliği
W_1	Ön tekerlek üzerindeki yük
W_2	Arka tekerlek üzerindeki yük
W_B	Şev açıklığı
W_{BM}	Temel kanal genişliği
W_c	Konteyner ağırlığı
W_g	Birim genişlikte duvarın ağırlığı
W_i	İlave genişlik ; Yüklü donanımın tekerlek yükü

W_P	Ayırım genişliği
W_T	Kamyonun kendi ağırlığı
y_0	Başlangıç yüklemesi sırasında deniz tabanındaki kazığın yer değiştirmesi
y_{top}	Kalıcı yer değiştirmeye göre kazıkların yükleme noktasındaki yer değiştirme
Z_D	Zemin kütleline ilişkin dinamik zemin basıncı
Z_{DQ}	Ek düzgün yayılı yükten (sürşarj) oluşan dinamik zemin basıncı
Z_S	Zemin kütleline ilişkin statik zemin basıncı
Z_{SQ}	Ek düzgün yayılı yükten (sürşarj) oluşan statik zemin basıncı
α	Duvar-zemin arakesitinin düşeyle aktif veya pasif basınç tarafına doğru yaptığı açı
α_{ae}	Yatay düzlem ile aktif hasar düzlemi arasındaki açı
β	Aktif veya pasif basınç tarafındaki zemin yüzeyinin yatayla yukarıya doğru yaptığı şev açısı
δ	Zeminle duvar arasındaki sürtünme açısı
ε	Yükleme – çekme gerilmesi
ε_{sm}	Sınırlı donatının maksimum gerilme altındaki basıncı
φ_i	Kohezyonsuz zeminde (i)'inci tabakanın içsel sürtünme açısı
γ_b	Batık birim hacim ağırlık ; Betonun özgül ağırlığı
γ_{bb}	Suyun altındaki betonun özgül ağırlığı
γ_{bj}	Su altındaki j'inci zemin tabakasının birim hacim ağırlığı
γ_d	Kuru geri dolgunun birim hacim ağırlığı
γ_j	Kurudaki j'inci zemin tabakasının birim hacim ağırlığı
γ_{sat}	Doygun toplam birim hacim ağırlık
γ_{sj}	Suya doymuş j'inci zemin tabakasının birim hacim ağırlığı
γ_w	Deniz suyunun birim hacim ağırlığı
λ	Toplam aktif ve pasif basınç katsayılarının hesabında eşdeğer deprem ivmesi katsayısına bağlı olarak hesaplanan açı
μ_b	Duvar ile taş ya da toprak tabanın ara yüzey sürtünme katsayısı
$\mu\varepsilon$	Maksimum gerilme
ν	Betonun poisson oranı
ρ_a	Hava yoğunluğu

ρ_s	Sınırlı çeliğin efektif hacim oranı
σ	Uygulanan esneklik gerilmesi
σ_c	Basınç dayanımı
σ_f	Esneklik dayanımı
σ_{stand}	C10 zayıf beton (2.0 N/mm ²) için standart esneklik gerilmesi
σ_{yeni}	Alternatif malzeme için standart esneklik gerilmesi (N/mm ²)
θ	Gelen açı
ϕ	İçsel sürtünme açısı
ϕ_u	Nihai eğrilik
ξ	Zemin yüzeyinden derinlik
Δ	ξ derinlikteki kazığın yanal yer değiştirmesi
ΔK_{ae}	Aktif toprak basıncı katsayısının dinamik bileşenini
ΔK_{pe}	Dinamik toprak basıncı katsayısının dinamik bileşenini
ΔU	Çevrimsel kaymadan dolayı oluşan aşırı boşluk suyu basıncı
∇	Geminin deplasman hacmi

KISALTIMA LİSTESİ

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
API	Amerikan Petrol Enstitüsü
APSDS	Airport Pavement Structural Design System
BPA	British Port Association
CBR	California Bearing Ratio
CEM	Coastal Engineering Manual
CFS	Container Freight Station
CIE	International Commission on Illumination
CPT	Cone Penetration Test
DWT	Dead Weight Tonnage
FDM	Finite Difference Method
FEM	Finite Element Method
FLT	Front Lift Truck
GRT	Gross Registered Tonnage
IAPH	International Association of Ports and Harbors
ISO	International Standards Organization
LEDFAA	Layered Elastic Design, Federal Aviation Administration
LNG	Liquefied Natural Gas
LPG	Liquefied Petroleum Gas
MDOF	Multi Degree of Freedom
MSF	Magnitude Scaling Factor
OCDI	The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan
PGA	Peak Ground Acceleration
PGV	Peak Ground Velocity
PIANC	Permanent International Association for Navigational Congresses
RCC	Roller-Compacted Concrete
RTG	Rubber Gantry Crane
SDOF	Single Degree of Freedom
SFC	Steel Fibrous Concrete
SPT	Standart Penetration Test
TEU	Twenty Feet Equivalent Unit

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Su alanının planlanacak elemanları.....	1
Şekil 1.2 Basen salınımları.....	9
Şekil 1.3 Herbir gemi için şamandıralara bağlanma alanı için temel tasarım.....	11
Şekil 1.4 T tipi iskelede bağlanma.....	11
Şekil 1.5 Sürekli rıhtım halinde bağlanma.....	12
Şekil 1.6 Sürekli rıhtımda usturma düzeni.....	12
Şekil 1.7 T tipi iskelede usturma düzeni.....	13
Şekil 1.8 Yaslanma dolfinli usturma düzeni.....	13
Şekil 1.9 Çoklu yanaşma dolfinli usturma düzeni.....	14
Şekil 1.10 Konteyner depolama alanı için tasarım grafiği.....	18
Şekil 1.11 Yükleme platformuna bağlanan tankerin bağlanma düzeni.....	26
Şekil 1.12 Paralel yanaşmada rıhtım uzunluğu.....	32
Şekil 1.13 Dik yanaşmada rıhtım uzunluğu.....	32
Şekil 1.14 Parmak iskeleli rıhtım uzunluğu.....	33
Şekil 1.15 Teknelerin uzunluk ve genişlik ilişkisi.....	38-40
Şekil 1.16 Teknelerin uzunluk ve su çekimi ilişkisi.....	39-41
Şekil 1.17 Bir yat limanına ait ulaşım kanalı.....	41
Şekil 1.18 Tekne bağlanma düzeni ve boyutlar.....	44
Şekil 2.1 Bağlama direkleri ve babalarının tipik düzeni.....	50
Şekil 2.2 Usturma tasarımı akış şeması.....	52
Şekil 2.3 Yanaşma kuvvetinin hesaplanması.....	53
Şekil 2.4 Kazığın şekil değiştirmesi ile enerji sönümlemesi.....	55
Şekil 2.5 İşaret örneği.....	60
Şekil 2.6 Yolların gabari limitleri.....	61
Şekil 2.7 İşaretlerin yüksekliği.....	61
Şekil 2.8 Başlıca reflektör levha tipleri ve yapıları.....	64
Şekil 2.9 Işık kaynağı tipleri.....	67
Şekil 2.10 P Noktasındaki aydınlatma yatay şiddeti.....	75
Şekil 2.11 Aydınlanan alanın bölünmesi.....	76
Şekil 2.12 Işık kaynağının tasarım parlaklık akısının bakım faktörü.....	77
Şekil 2.13 Tasarım parlaklık akısı.....	79
Şekil 2.14 Temel tabaka kalınlığı tasarım eğrileri.....	85
Şekil 2.15 Beton plak kalınlığı ve eğme kuvveti arasındaki ilişkisi.....	89

Şekil 2.16 Boyuna yapım bağlantıları	92
Şekil 2.17 Enine çekme bağlantıları	92
Şekil 2.18 Enine yapım bağlantıları	93
Şekil 2.19 Enine sünme bağlantıları	93
Şekil 2.20 Bağlantıların yapısı	103
Şekil 2.21 Çimento beton kaplamanın tasarım işlemleri	111
Şekil 2.22 Asfalt kaplamanın tasarım işlemleri	112
Şekil 2.23 Park etme alanlarının şekilleri	116
Şekil 2.24 Batırma tünellerin bileşenleri	117
Şekil 2.25 Yolcu yapıları modeli	133
Şekil 3.1 Kaplama katmanları	134
Şekil 3.2 Ön ve arka tekerlekteki yük şeması	160
Şekil 4.1 Düşey rıhtım duvarlarının şekil değiştirmeleri	167
Şekil 4.2 Ağırlık tipi rıhtım duvarlarının belirlenmiş hasar kriteri için parametreler	169
Şekil 4.3 Palplanş rıhtım duvarının şekil değiştirme veya hasar şekilleri	170
Şekil 4.4 Palplanş rıhtım duvarlarının belirlenmiş hasar kriterleri için parametreler	172
Şekil 4.5 Palplanş rıhtım duvarının eğilmesinde tercih edilen hasar sırası	172
Şekil 4.6 Kazıklı rıhtımların şekil değiştirme ya da hasar şekilleri	176
Şekil 4.7 Kazık destekli rıhtımların belirlenmiş hasar kriterleri için parametreler	178
Şekil 4.8 Kazık destekli rıhtımın eğilmesi için tercih edilen hasar sırası	179
Şekil 4.9 Keson tipi rıhtım duvarının şekil değiştirme ya da hasar şekilleri	180
Şekil 4.10 Kesitsel şekil değiştirmeyi içeren keson tipi rıhtım duvarının şekil değiştirme ya..... da hasar şekilleri	181
Şekil 4.11 Keson tipi rıhtım duvarlarının belirlenmiş hasar kriteri için parametreler	181
Şekil 4.12 Ayaklı vincin şematik gösterimi	185
Şekil 4.13 Ayaklı vincin şekil değiştirme şekilleri	185
Şekil 4.14 Vincin belirlenmiş hasar kriteri için parametreler	186
Şekil 4.15 Vincin devrilmesinin değerlendirilmesi için parametreler	188
Şekil 4.16 Dalgakıranın şekil değiştirme ya da hasar şekilleri	191
Şekil 4.17 Dalgakıran arkası yavaşlama yeri örneği	192
Şekil 5.1 Aktif ve pasif toprak basıncı	211
Şekil 5.2 Sıvılaştırılabilir olmayan rıhtım alanlardaki istinat duvarlarının eşdeğer sismik..... katsayısı	219
Şekil 5.3 Sıvılaştırılabilir olmayan alanlardaki veri geçmişinin istatistiksel özeti	220
Şekil 5.4 <i>EAI</i> efektif ankraj göstergesinin ve <i>EPI</i> gömülme girişi göstergesinin belirlenmesi ..	

için ilgili parametreler	223
Şekil 5.5 Geliştirilmiş sismik tasarım grafiği	224
Şekil 5.6 Sıvılaştırılabilir zemindeki ağırlık rıhtım duvarı için geliştirilmiş zemin koşulları	226
Şekil 5.7 Sıvılaştırılabilir zemindeki palplanş rıhtım duvarı için geliştirilmiş zemin koşulları.....	227
Şekil 5.8 Duvar yüksekliğine göre normalleştirilmiş yatay yer değiştirmenin duvar altındaki ... gevşek zemin dolgusunun kalınlığı ile ilişkisi.....	229
Şekil 5.9 Kazıklı rıhtımın kazık-döşeme sisteminin modellemesi	232
Şekil 5.10 Yumuşak kil için $p - y$ eğrisi	233
Şekil 5.11 Yapay dolgunun pseudo-statik analizinin şematik gösterimi.....	236
Şekil 5.12 Kayan blok analizinde yer değiştirmenin hesaplanması	240
Şekil 5.13 Kaymadan dolayı yer değiştirmesini değerlendirmek için önerilen basitleştirilmiş... sonuçlar.....	242
Şekil 5.14 Parametrik çalışma için ağırlık tipi rıhtım duvarının tipik kesiti	244
Şekil 5.15 Uyarılma seviyesinin etkileri	245
Şekil 5.16 Eşdeğer SPT N -değerinin etkileri.....	245
Şekil 5.17 Duvarın altındaki zemin dolgusu kalınlığının etkileri.....	246
Şekil 5.18 Genişliğin yüksekliğe oranının etkileri	246
Şekil 5.19 Model duvarın kesiti.....	248
Şekil 5.20 Keson tepesindeki normalleştirilmiş yanal yer değiştirme	250
Şekil 5.21 İyileştirilmiş zeminli ankrajlı palplanş koruma yapısının taslağı.....	254
Şekil 5.22 Ankrajlı rıhtım duvarlarının üstündeki kalıcı yatay yer değiştirme	255
Şekil 5.23 İyileştirilmiş alan için parametrik çalışmalardan oluşan verileri de içeren palplanş .. tipi rıhtım duvarlarının örnek durumları.....	257
Şekil 5.24 Basitleştirilmiş dinamik analiz için kazıklı rıhtım modellemesi	258
Şekil 5.25 Sabit enerji varsayımı ile birlikte elasto-plastik sistemin yük-yer değiştirme .. davranışı.....	259
Şekil 5.26 Kazıklı rıhtımın statik itme analizi.....	263
Şekil 5.27 Kalıcı kayan blok yer değiştirmesi ile ivmelerin oranları arasındaki ampirik	268
Şekil 5.28 Kobe limanındaki ağırlık tipi rıhtım duvarının kesiti ve 1995 büyük Hanshin depremi sırasındaki yer değiştirmesi/hasarı	271
Şekil 5.29 Ağırlık tipi rıhtım duvarının hesaplanan yer değiştirmesi.....	272
Şekil 5.30 Dalgıçlar tarafından incelenen rıhtım duvarının taş temelinin yer değiştirmesi ...	272
Şekil 5.31 Parametrik çalışmanın varsayılan koşulları.....	273

Şekil 5.32 Yatay kalıcı yer değiştirmeye girdi ivme seviyelerinin etkisi.....	275
Şekil 5.33 1983 Nihonkai-Chubu depremi sırasında Akita limanındaki hasar/şekil değiştirme.. ve ankrajlı palplanş rıhtım duvarının kesiti	276
Şekil 5.34 Paplanş tipi rıhtım duvarının hesaplanan şekil değiştirmesi	276
Şekil 5.35 Palplanş tipi rıhtım duvarında hesaplanan toprak basınçları ve eğilme..... momentleri.....	277
Şekil 5.36 Artan SPT <i>N</i> -değerleri/yoğunluk ile birlikte maksimum eğilme momentinin	277
Şekil 5.37 1995 Büyük Hanshin depremi sırasında Kobe limanındaki hasar/şekil değiştirme.... ve kazıklı rıhtımın kesiti	279
Şekil 5.38 Kazıklı rıhtımın hesaplanan şekil değiştirmesi	280
Şekil 5.39 Kazıklarda hesaplanan kalıcı eğilme momentleri ve eğrilikleri.....	281
Şekil 5.40 1995 Büyük Hanshin depremi sırasındaki şekil değiştirme ve Kobe limanındaki..... dalgakıranın kesiti	282
Şekil 5.41 Dalgakıranın hesaplanan şekil değiştirmesi	282
Şekil 6.1 Ağırlık tipi rıhtım duvarının kesiti	297
Şekil 6.2 Geoteknik koşullarda 4 alternatif tasarım	298
Şekil 6.3 SPT <i>N</i> -değerleri ve yerinde donmuş örneğin yeri	299
Şekil 6.4 Duvarın yer değiştirmesini belirlemek için sınır eğrileri	300
Şekil 6.5 Pseudo-statik analiz için basitleştirilmiş kesiti.....	301
Şekil 6.6 Ortalama değerleri hesaplamak için diyagram.....	301
Şekil 6.7 Deprem sırasında yapının üzerine etki eden yükler	312
Şekil 6.8 Analizin sonlu eleman ağı	318
Şekil 6.9 Keson yapısının modellenmesi.....	319
Şekil 6.10 Drene edilmemiş çevrimsel özellikler: laboratuvar testi ve hesaplanan sonuçlar...	320
Şekil 6.11 Hesaplanan kalıcı şekil değiştirme	321
Şekil 6.12 Sismik davranış ve kabul edilebilir hasar için sınır eğrileri	321
Şekil 7.1 Pseudo-statik analiz için basitleştirilmiş kesit.....	323
Şekil 7.2 Bloklı tip rıhtım duvarına etkiyen kuvvetler	323
Şekil 7.3 Pseudo-statik analiz için basitleştirilmiş kesiti.....	356
Şekil 7.4 Bloklı tip rıhtım duvarına etkiyen kuvvetler	356
Şekil 7.5 L tipi rıhtım duvarına etkiyen kuvvetler	373
Şekil 7.6 Keson tipi rıhtım duvarına etkiyen kuvvetler.....	385

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1 Doğrusal ulaşım kanalında kanal genişliği.....	3
Çizelge 1.2 Ulaşım kanalı genişliği.....	4
Çizelge 1.3 Başlıca gemi boyutlarına göre yanaşma yeri boyutları	7
Çizelge 1.4 Elleçleme için limit dalga koşulları.....	9
Çizelge 1.5 Demirleme alanları	10
Çizelge 1.6 Şamandıra kullanılan basen alanları.....	10
Çizelge 1.7 Standart konteyner boyutları	15
Çizelge 1.8 Bir TEU için gerekli depolama alanı.....	15
Çizelge 1.9 Apron genişliği standart değerleri	21
Çizelge 1.10 Ham petrol tankerleri için tipik pompa karakteristikleri	24
Çizelge 1.11 İskeleler ve SBM için dalga yüksekliği limitleri.....	25
Çizelge 1.12 Kuru yük özellikleri	28
Çizelge 1.13 Tipik tekne boyutları	31
Çizelge 1.14 Teknelerin tipik tasarım parametreleri	36
Çizelge 1.15 PIANC (1965) tarafından teknelerin sınıflandırılması	36
Çizelge 1.16 Gezinti tekneleri için tipik standart boyutlar.....	37
Çizelge 2.1 Babaların mesafesi ve minimum gerekli baba sayısı	49
Çizelge 2.2 Tekrarlanan yüklemeden dolayı etki katsayısının değerleri.....	55
Çizelge 2.3 Araç rampasının genişliği ve eğimi.....	58
Çizelge 2.4 Dış mekan aydınlatması standart aydınlatma şiddeti	66
Çizelge 2.5 İç mekan aydınlatması standart aydınlatma şiddeti.....	67
Çizelge 2.6 Lambaların özellikleri	68
Çizelge 2.7 Renk derecesi ve ısınma-soğuma duyarlılığı.....	69
Çizelge 2.8 Dış mekan ışıklandırmaları için ışık verme verimi sınıfları.....	70
Çizelge 2.9 Aydınlatma ekipman tipinin değişik kombinasyonları ve çevresi için bakım	faktör eğrisinin derecesi
Çizelge 2.10 Standart apron genişliği.....	80
Çizelge 2.11 Yükleme koşulları	82
Çizelge 2.12 d_2 değerleri	84
Çizelge 2.13 Beton kaplamada temel tabaka kalınlığı	86
Çizelge 2.14 Beton plaka kalınlığı	86
Çizelge 2.15 Tasarım yüklemeleri sınıflandırması.....	88
Çizelge 2.16 Bağlantı ve kayma donatılarının boyutları ve mesafeleri.....	93

Çizelge 2.17 Eşdeğer tabaka faktörü	96
Çizelge 2.18 Standart asfalt kaplama düzeni	96-104
Çizelge 2.19 Tasarım yükleme sınıflandırması	100
Çizelge 2.20 Asfalt beton tipi ve kalitesi	100
Çizelge 2.21 Standart blok kaplama düzeni	102
Çizelge 2.22 Tasarım yükleme sınıflandırması	103
Çizelge 2.23 Farklı yol çeşitleri için tasarım standart trafik hacmi	105
Çizelge 2.24 Şerit sayısının belirlenmesi için şerit başına tasarım standart trafik hacmi	105
Çizelge 2.25 Sefer üretim ve çekim hesaplaması	106
Çizelge 2.26 Uluslararası konteyner boyutları ve konteyner yüklü yarı treyler	
kamyonların yüksekliği	107
Çizelge 2.27 Kıvrımlarda genişlik	108
Çizelge 2.28 Boyuna eğim limiti	108
Çizelge 2.29 Sınırlı eğim uzunluğu için boyuna eğimin özel limiti	109
Çizelge 2.30 Kavşaklarda şerit genişliği	110
Çizelge 2.31 Otopark teknik özelliklerinin standart değerleri	115
Çizelge 2.32 Minimum kaplama kalınlıkları	124
Çizelge 3.1 Farklı kaplama tipleri arasındaki karşılaştırma	143
Çizelge 3.1 Farklı kaplama tipleri arasındaki karşılaştırma (devamı)	144
Çizelge 3.2 İngiliz liman birliklerinin üretim tasarım grafiğinde kullanılan kaplama	
malzemesi	153
Çizelge 3.3 ROM el kitabında kullanılan kaplama malzemelerinin özellikleri	155
Çizelge 3.4 Kaplama tipi için uçağın hareket etmesinin standart sapması	164
Çizelge 3.5 Kaplama tipi için liman elleçleme ekipmanının hareket etmesinin standart	
sapmaları	165
Çizelge 4.1 Performansa dayalı tasarımda kabul edilebilir hasar seviyesi	166
Çizelge 4.2 Ağırlık tipi rıhtım duvarları için önerilen hasar kriterleri	169
Çizelge 4.3 Palplanş rıhtım duvarları için önerilen hasar kriterleri	174
Çizelge 4.4 Kazık destekli rıhtımlar için önerilen hasar kriteri	179
Çizelge 4.5 Keson tipi rıhtım duvarları için önerilen hasar kriteri	184
Çizelge 4.6 Vinçler için önerilen hasar kriterleri	188
Çizelge 4.7 Konteyner vinçlerinin olağan bakım toleransı	189
Çizelge 4.8 Performans dereceleri ile ilgili analiz tipleri	194
Çizelge 4.9 Performans dereceleri ile ilgili analiz tipleri	196
Çizelge 4.10 Liman yapılarının analiz metotları	198

Çizelge 4.11 Analiz metotlarının ve referansların listesi	199
Çizelge 4.12 Analiz için başlıca girdi parametreleri	205
Çizelge 4.12 Analiz için başlıca girdi parametrelerinin devamı	206
Çizelge 4.13 Analiz çıktıları	207
Çizelge 4.14 Dinamik analizden oluşan çıktıları	208
Çizelge 5.1 Ağırlık tipi rıhtım duvarı için ampirik denklemler (Uwabe, 1983).....	221
Çizelge 5.2 Palplanş tipi rıhtım duvarı için ampirik denklemler (Uwabe, 1983).....	221
Çizelge 5.3 Hasar derecelerinin nitel ve nicel tanımı	225
Çizelge 5.4 Sıvılaştırılmış alanlardaki istinat duvarlarının sismik performansının tipik	
örnekleri	228
Çizelge 5.5 Sıvılaştırılmış alanlardaki ağırlık tipi duvarların normaleştirilmiş yer	
değiştirilmesi	229
Çizelge 5.6 Sıvılaştırılmış alanlardaki ankrajlı palplanş tipi duvarların normaleştirilmiş	
yer eğiştirilmesi	230
Çizelge 5.7 Kayma yer değiştirilmesi	241
Çizelge 5.8 Büyüklük derecelendirme faktörleri	251
Çizelge 5.9 Palplanş tipi rıhtım duvarlarının örnek durumları	256
Çizelge 5.10 Kazıklı rıhtımların gerilme süneklik kriteri	265
Çizelge 5.11 Yer değiştirmeye süneklik faktörü	266
Çizelge 5.12 Ağırlık tipi rıhtım duvarı için parametrik çalışmanın ana sonuçları	274
Çizelge 5.13 Basitleştirilmiş analizin girdi parametreleri	286
Çizelge 5.13 Basitleştirilmiş analizin girdi parametrelerinin devamı	287
Çizelge 5.14 Basitleştirilmiş dinamik analizin girdi parametreleri	288-314
Çizelge 5.15 Dinamik analizin girdi parametreleri	291-319
Çizelge 6.1 Ağırlık tipi rıhtım duvarları için hasar kriterleri	297
Çizelge 6.2 Beton kesonun ve bağlantı elemanlarının parametreleri	299
Çizelge 6.3 Zemin ve taş için parametreler	299
Çizelge 6.4 Keson duvarın hesaplanan ve kabul edilebilir yer değiştirmelerinin	
karşılaştırılması.....	314
Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması	401-445
Çizelge 8.2 Derince Limanı bloklu yanaşma yapısının sonuçlarının karşılaştırılması.....	422

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans ve tez çalışmam boyunca sahip olduğum tecrübe, bilgi ve desteği benden esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Yalçın YÜKSEL'e, hocam Prof. Dr. Esin ÇEVİK'e teşekkürlerimi sunuyorum.

Bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan Sayın K. Tunç GÖKÇE ve Sayın Merih ÖZCAN'a ayrıca teşekkür ediyorum.

Tez çalışmalarım sırasında ihtiyacım olduğunda beni yalnız bırakmayan ve anlayış gösteren tüm dostlarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

Hayatımın her alanında bana destek olan aileme, tez çalışmalarım sırasında göstermiş oldukları sabır ve anlayış için minnetlerimi sunuyor, bu tezi onlara ithaf ediyorum.

ÖZET

Son yıllarda liman mühendisliği günden güne değişmekte ve gelişmektedir. Dolayısıyla liman planlama ve tasarımı ile ilgili konular gittikçe herkesin dikkatini çekmeye başlamıştır. Bu amaçla hazırlanan tez ilgili konuları ayrı ayrı bölümlerde ele almaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde, modern bir limanın planlaması durumunda; limanların kara ve deniz alanlarının planlanması, çeşitli terminallerin özelliklerinin açıkça belirtilmesi ve liman yapılarına ait tasarım ölçütlerinin verilmesi gibi dikkate değer temel prensiplerinden bahsedilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümde ise limanlardaki bağlanma ekipmanları, ulaşım sistemleri, işaretlendirme ve elleçleme ekipmanlarını kapsayan yardımcı tesislerin temel esaslarına değinilmiştir.

Liman koşulları değiştiği ve geliştiği için ölü ağırlıklar ve yükler sürekli olarak artmaktadır. Artan ağırlık ve yüklerde dolayı liman terminallerinin kaplama tasarımı her zamankinden daha çok önem kazanmıştır. Üçüncü bölümde bu konu hakkında bilgi verilmiştir.

Performansa dayalı tasarım depremlerden öğrenilen derslerden ortaya çıkarılan gelişmekte olan bir yöntemdir. Bu tasarımın amacı geleneksel sismik tasarımdaki sınırlamaların üstesinden gelmektir. Böylece, kabul edilebilecek yapısal hasar sınırları açıkça belirtilmelidir. Çalışmanın dördüncü bölümü, liman yapılarının performansa dayalı tasarımı hakkında bilgi vermektedir.

Liman yapılarının sismik yüklemelerden dolayı oluşan yer değiştirme miktarını, hasar şekillerini ve elastik davranış sınırını değerlendiren analiz yöntemleri beşinci bölümde anlatılmıştır.

Çalışmanın altıncı ve yedinci bölümlerinde farklı ağırlık tipi rıhtım yapılarının tasarımlarına ait bazı örnekler verilmiştir.

Son olarak çalışmanın son bölümü özellikle farklı standart ve el kitaplarındaki teknik açıklamaların karşılaştırılmasını ve performansa dayalı tasarım sonuçlarının özetlerini içermektedir.

ABSTRACT

In recent years, port and harbour engineering has been developed and changed day by day. Hence; subjects that are associated with port and harbour planning and design come into prominence more and more. With this purpose, this prepared thesis deals with the relevant topics in the individual chapters

In the first chapter of studies; in case of planning a modern port and harbour have been discussed remarkable basic principles, such as to be planned of landward and seaward areas of port and harbour, to be expressed clearly in terms special features of several terminals and to be given design criterias of port and harbour structures.

Second chapter of this studies have treated of basic principles of ancillary facilities which include mooring equipments, access systems, sign and handling equipments at the harbours and ports

As port conditions have changed and developed, dead weight and loads have increased consistently. Due to increasing weights and loads, pavement design of port terminals become important more than ever. In the third chapter are given information about this topic.

Performance-based design is an emerging methodology, which was born from the lesson learned from earthquakes. The goal of this design is to overcome the limitations in conventional seismic design. Thus, acceptable levels of structural damage must be clearly identified. The fourth chapter of studies informs about performance-based design of port structures.

Structural analysis methods, which evaluate extent of displacement, failure modes and elastic response limit of port structures due to seismic loading, are denoted in the fifth chapter of studies.

In the sixth and seventh chapters of this studies; are given some cases that are related to designs of different gravity quay walls.

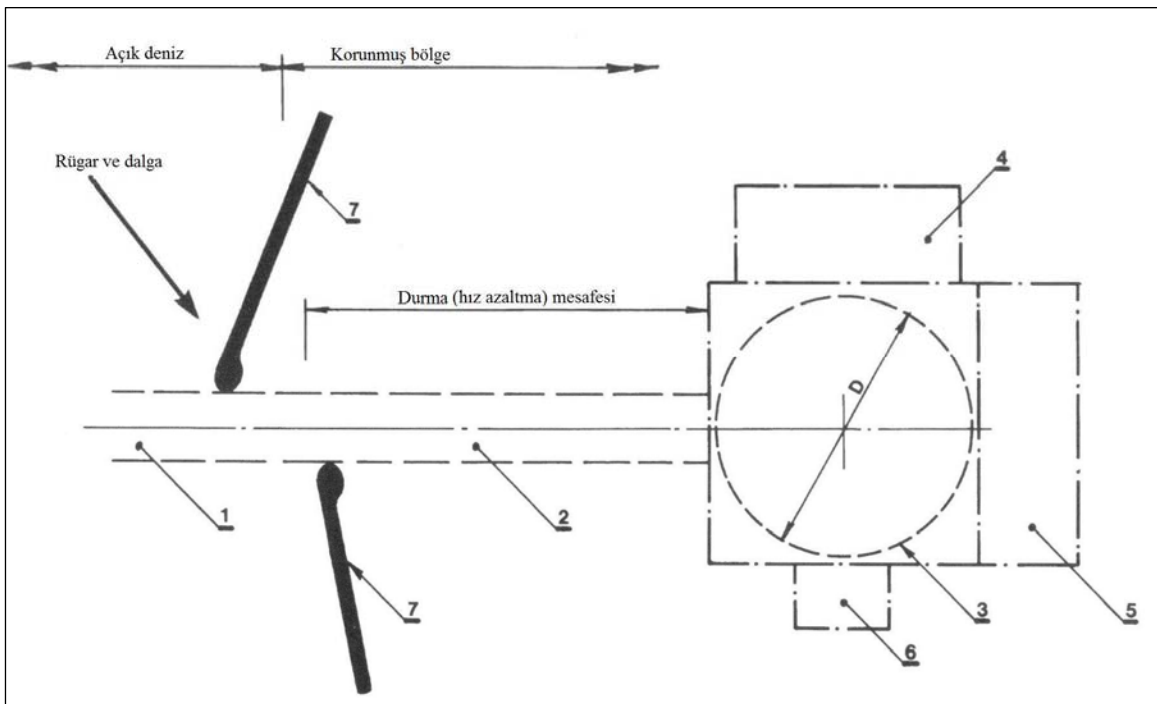
Finally, the last chapter of studies consists particularly of comparison of technical commentaries in the different standarts, manuals and guidelines and summaries of results of performance-based design.

1. LİMAN PLANLAMASINDA ESASLAR

1.1 Ticari Limanlar

1.1.1 Su Alanlarının Planlanması

Limanlarda su alanında planlanması gereken bazı alanlar Şekil 1.1’de gösterilmiştir. Bunlar, (1) Dış ulaşım kanalı (2) İç ulaşım kanalı (3) Manevra dairesi (4) Demirleme alanı (5) Yanaşma alanı (6) Özel amaçlı alan (7) Dalgakıranlar’dır.



Şekil 1.1 Su alanının planlanacak elemanları

Planlama ve tasarım kriterleri genellikle limana gelmesi beklenen gemi büyüklüğüne dayanmaktadır. Örneğin geminin dalga, akıntı ve rüzgar etkisinde manevra kabiliyeti, dalga etkisindeki düşey hareketleri, yanaşma yapısı önünde boyuna ve düşey doğrultulardaki hareketleri düşünülmelidir. Planlama aşamasında limanın doğal dengeye (fiziksel ve ekolojik) etkisinin araştırılması gereklidir (Yüksel ve Çevik, 2006).

1.1.1.1 Ulaşım Kanalı

Ulaşım kanalı derin sudan liman içindeki manevra dairesine bağlantıyı sağlayan su yolu

olarak tariflenmektedir. Üç tasarım parametresi vardır. Bunlar; doğrultu, genişlik ve derinliktir.

1.1.1.1.1 Doğrultu

Kanallarda eğriliğin olması durumunda gemilerin manevra kabiliyetleri, hızları, gemi su çekiminin su derinliğine oranı ve seyir desteği dikkate alınmalıdır. Aşağıdaki belirtilen prensipler ulaşım kanalının doğrultusunun belirlenmesinde uygulanmaktadır.

Dalga, rüzgar ve akıntı koşullarının dikkate alındığı mümkün olan en kısa uzunluk seçilmelidir.

Gemiler enlemesine durumda minimum akıntı ve rüzgar etkisinde kalmalıdır.

Hakim dalga doğrultusu ile ulaşım kanalı eksenini minimum açığı (30° 'den küçük) yapmalıdır.

Kanalda minimum eğrilik olmalı mümkünse liman girişinde eğrilikten kaçınılmalıdır.

Römork yardımına ihtiyaç duyulmadığında, kanalın eğriliği tasarım gemisinin manevra kabiliyetine bağlıdır.

Ulaşım kanalının planlanması için kriterler OCDI (2002), PIANC (1995) ve CEM (2001)'de detaylı olarak verilmiştir.

1.1.1.1.2 Kanal Genişliği

Kanalın doğrusal kısmının genişliği için PIANC (1995 ve 97) aşağıdaki ifadeyi geliştirmiştir.

$$W = W_{BM} + \sum W_i + 2W_B \quad (1.1)$$

Burada W_{BM} temel kanal genişliği, W_i ilave genişliği ve W_B ise şev açıklığını göstermektedir. İki geminin yan yana geçmesi durumunda iki hat arasına W_p ayırım genişliğinin ilave edilmesi de gerekmektedir.

$$W = 2(W_{BM} + \sum W_i + W_B) + W_p \quad (1.2)$$

Kısmi manevra ve küçük hızlı gemiler için PIANC (1995 ve 97) Çizelge 1.1'deki değerleri vermiştir.

Akıntı hızının 2.9 m/s'i geçmesi durumunda kanal genişliğinin belirlenmesinde gemi simülatörlerinin kullanılması tavsiye edilmektedir.

OCDI (2002)'e göre ise ulaşım kanalının genişliği Çizelge 1.2'de verilmiştir. Çizelge 1.1'de d su derinliği, geminin dolu su çekimi D ve B gemi genişliğidir.

Çizelge 1.1 Doğrusal ulaşım kanalında kanal genişliği (PIANC, 1995 ve 1997)

Genişlik Bileşenleri	Şart	Genişlik (m)
Temel Genişlik (W_{BM})	$1.25D < d < 1.5D$	$1.6B$
	$d < 1.25D$	$1.7B$
İlave Genişlik (W_i)		
	• Enine rüzgar	15-33 kn 30-48 kn
• Enine akıntı	0.2-0.5 kn	$0.2B$
	0.5-1.5 kn	$0.7B$
	1.5-2.0 kn	$1.0B$
• Boyuna akıntı	1.5-3.0 kn	$0.1B$
	>3 kn	$0.2B$
• Etkin dalga yüksekliği	1-3 m	$1.0B$
	>3 m	$2.2B$
• Navigasyon desteği	VTS	0
	İyi	$0.1B$
• Deniz dibi karakteristikleri	Yumuşak	$0.1B$
	Sert	$0.2B$
• Yük riski	Orta	$0.5B$
	Yüksek	$1.0B$
• Ayırım mesafesi (W_P)	8-12 kn	$1.6B$
	5-8 kn	$1.2B$
• Şev açıklığı (W_B)	Eğimli kenar	$0.5B$
	Dik, sert şev	$1.0B$

Çizelge 1.2 Ulaşım kanalı genişliği (OCDI, 2002)

Araştırmacı	Çift yönlü	Tek yönlü
Keinosuke Honda	$7.2B - 8.2B$	$4.6B - 5.1B$
Akira Iwai	$8B - 10B$	$5B - 6B$
UN Conference on Trade and Development	$7B + 30$ (m)	$5B$
PIANC ve IAPH	$4.2B - 14.2B$	$1.9B - 7.2B$
Gregory P. Tsinker	$6.2B - 9.0B$	$3.6B - 6.0B$

1.1.1.1.3 Kanal Derinliği

Kanal derinliği birçok faktöre bağlıdır, bunlar;

1) Tasarım gemisinin su çekimi (yani tam yüklü en büyük su çekimli gemi), D

2) Squat (geminin hızlanması nedeniyle batması), trim (geminin manevra kabiliyetinin artırılması için baş ve kış kısmına farklı yükleme sonucunda su çekiminin değişimidir)

Squat için bir seri formül vardır, bunlardan bazıları özel koşullarda uygulanmaktadır. CEM (2001), PIANC (1995) gibi yayınlarda bu ifadeler bulunmaktadır. Squat için bir çok bağıntı teklif edilmiştir. Aşağıda bunlardan biri verilmiştir;

$$S = 2.4 \frac{\nabla}{L_{BP}^2} \frac{F_r^2}{\sqrt{1 - F_r^2}} \quad (1.3)$$

burada $F_r = \frac{V}{\sqrt{gd}}$, L_{BP} gemi boyu ve ∇ geminin deplasman hacmidir. Geminin deplasman

hacmi $\nabla = C_b L_{BP} B D$ ifadesi ile hesaplanabilir, bu ifadede C_b blok katsayısı (alacağı değerler gemi tipine göre değişmektedir), L_{BP} gemi uzunluğu (burada gemi boyu geminin başının yazın tuzlu su hattı ile kesiştiği düşey ile geminin dümeni arasındaki yatay mesafenin metre cinsinden ölçüsüdür), B gemi genişliği, D su çekimidir. S_{maks} , kanalı kullanacak en büyük gemi için hesaplanır.

3) Dalga yüksekliği H , dalga hareketi nedeniyle kanal derinliğine eklenecek derinliktir. Dalga yüksekliğinin yarısı olarak alınır ($a = H/2$).

4) Su seviyesi gel-git seviyesiyle (T) de ilişkilidir. Deniz atlaslarında referans seviyesi (CD: Chart Datum), genellikle en büyük gel-git'de en düşük su seviyesidir. T referans seviyesine (SSS) eklenecek gelgit yüksekliğidir.

5) Güvenlik açıklığı; zemin türü ve tarama gözönüne alınarak bulunur, tarama seviyesindeki değişimler ve taramadan sonra yeniden meydana gelen kumlanma etkileri dahil edilmelidir. CEM (2001) yumuşak tabanlı zeminler için 0.6 m, sert tabanlı zeminler için 0.9 m değerlerini tavsiye etmektedir. Taramada karşılaşılabilecek düzensizlikler için 0.3-0.9 m, bakımın azaltılması için yine 0.6-0.9 m ilave derinlikler önerilmektedir.

Görüldüğü gibi çok sayıda belirsizlikleride içeren etkin faktör kanal derinliğinin belirlenmesinde ortaya çıkmaktadır ve bunları ayrı ayrı ele almak gerekmektedir. Bu amaçla aşağıdaki ifade kullanılarak kanal derinliği belirlenmektedir;

$$d = D + T + S_{maks} + a + m \quad (1.4)$$

Burada; d istenen derinlik (tanımlanan bir referans seviyesine göre), D tasarım gemisinin su çekimi, T referans seviyesinin üzerindeki gel-git yüksekliği (bu derinliğin altında girişe izin verilmez), S_{maks} squat ve trim nedeniyle maksimum su çekmesi, a dalga nedeniyle düşey hareket (pratikte $H_s/2$ alınmaktadır), m güvenlik açıklığıdır.

1.1.1.1.4 Diğer Tasarım Özellikleri

Ulaşım kanallarında dikkate alınabilecek diğer tasarım özellikleri aşağıdaki gibi olabilir.

i) *Manevra alanı*

ii) *Demirleme alanı*

iii) *Liman ağzı*

Liman ağız genişliği gemi trafiğine, akıntı, dalga, gemi büyüklüğüne, su derinliğine bağımlı olarak değişmektedir.

iv) Liman içi ulaşım kanalının genişliği

Bu bölgedeki kanalda akıntı ve dalga için yapılan ilave genişliklerin dikkate alınmayacağı aşıkardır. Enlemesine akıntı etkisindeki gemilerin limana girmesi durumunda dalgakıranın arkasında ilave bir alana ihtiyaç duyulmaktadır. Dıştaki kanal içeride daraltılmadan önce 2–3 L_s kadar uzatılır, burada L_s ortalama gemi boyudur.

1.1.1.2 Liman İçi Manevra Alanları

Gemilerin istenen durma mesafesi sınırlıdır ve ulaşım kanalı ile manevra alanları içinde sağlanır. Liman sınırları içerisinde gerekli yavaşlama ve durma mesafesi; örneğin göreceli olarak korunmuş su alanları (hiç ya da çok az akıntı olması) gibi aşağıdaki faktörlerle belirlenmektedir;

- a) Geminin giriş hızı
- b) Römorkların bağlanma zamanı ve bunların manevra pozisyonları
- c) Durma mesafesi

İç ulaşım kanalı manevra dairesi ile sonlanır, buradan gemiler küçük yada büyük olsunlar römorklarla elleçlenecekleri basenlere çekilirler. Manevra dairesinin çapı en büyük geminin boyunun (L) iki katından büyük olmalıdır. Römorkör hizmetinin olmadığı küçük limanlarda bu $3L$ 'den büyük olur. Akıntının olduğu örneğin nehir limanlarında geminin sürüklenmesine karşın bu büyütülebilir.

Liman basenleri gemilerin yanaşmaları ve ayrılmalarını emniyetle yapabilecekleri kadar yeteri genişliğe sahip olmalıdır. Yanaşma yerlerinde gerekli su derinliği sağlanmalıdır. Yanaşma yerinin doğrultusunun belirlenmesinde dalga, rüzgar ve akıntı (açık deniz veya nehir) şartları rol oynamaktadır. Başlıca gemi tip ve boyutlarına göre yanaşma yeri temel boyutları Çizelge 1.3'de verilmektedir.

Çizelge 1.3 Başlıca gemi boyutlarına göre yanaşma yeri boyutları (OCDI. 2002)

1. Yük Gemileri

Gemi Tonajı (DWT)	Yanaşma Yeri Uzunluğu (m)	Yanaşma Yeri Derinliği (m)
1,000	80	4.5
2,000	100	5.5
3,000	110	6.5
5,000	130	7.5
10,000	160	9.0
12,000	170	10.0
18,000	190	11.0
30,000	240	12.0
40,000	260	13.0
55,000	280	14.0
70,000	300	15.0
90,000	320	16.0
100,000	330	17.0
150,000	370	19.0

2. Konteyner Gemileri

Gemi Tonajı (DWT)	Yanaşma Yeri Uzunluğu (m)	Yanaşma Yeri Derinliği (m)
30,000	250	12.0
40,000	300	13.0
50,000	330	14.0
60,000	350	15.0

3. Yolcu Gemileri

Gros Ton (GT)	Yanaşma Yeri Uzunluğu (m)	Yanaşma Yeri Derinliği (m)
20,000	220	9.0
30,000	260	9.0
50,000	310	9.0
70,000	340	9.0

4. Tankerler

Gemi Tonajı (DWT)	Yanaşma Yeri Uzunluğu (m)	Yanaşma Yeri Derinliği (m)
1,000	80	4.5
2,000	100	5.5
3,000	110	6.5
5,000	130	7.5
10,000	170	9.0
15,000	190	10.0
20,000	210	11.0
30,000	230	12.0
50,000	270	14.0
70,000	300	16.0
90,000	300	17.0

1.1.1.3 Dalęa Nedenli Salınım

Dalgalar liman sınırları içinde yerel olarak üreyebilir, veya liman içine dışarıdan girebilir. Dalęa geçmesi (yada iletimi) dikkate alındığında liman tasarımı iki şartı sağlamalıdır;

(i) Yanaşma yerindeki gemide uygun yükleme ve boşaltma koşullarını yerine getirecek operasyonlar (elleçme, bağlanma vs.) gerçekteşmelidir.

(ii) Yanaşma yerindeki gemi emniyetle bağlı konumda kalabilmelidir.

OCDI (2002) ise elleçleme için limit dalga koşullarını Çizelge 1.4'deki gibi vermiştir.

Çizelge 1.4 Elleçleme için limit dalga koşulları (OCDI, 2002)

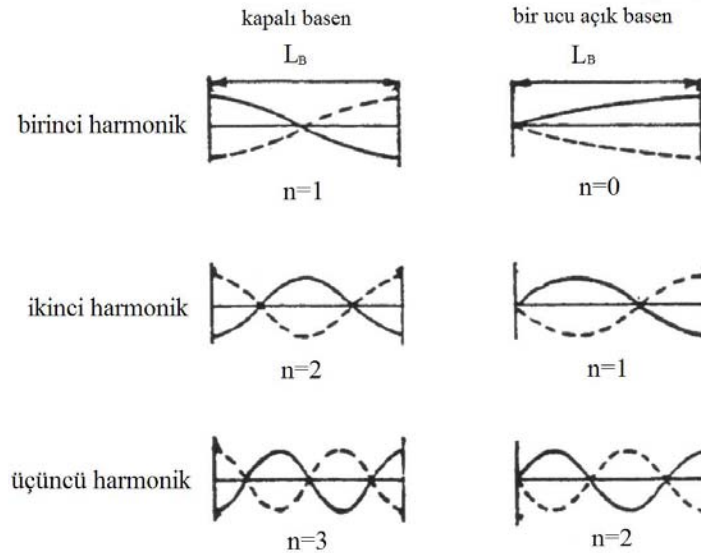
Gemi boyutu	Limit dalga yüksekliği ($H_{1/3}$)
Küçük boyutlu gemi	0.3 m
Orta ve büyük boyutlu gemi	0.5 m
Çok büyük gemi	0.7 – 1.5 m

Liman içindeki dalgaların periyodu liman baseninin doğal periyodunu yakalaması durumunda rezonans meydana gelecektir. Bu durum daha büyük dalgaların oluşmasına neden olur ve bağlı gemiler batma tehlikesiyle karşı karşıya kalırlar.

Eğer basen derinliği az çok üniform ve dikdörtgen kesite sahipse T_n doğal salınım frekansı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Şekil 1.2).

$$\text{Kapalı Basen } T_n = (2L_B / n) \times 1 / \sqrt{gd} \quad n = 1, 2, \dots \quad (1.5)$$

$$\text{Açıç Basen } T_n = (4L_B / (1 + 2n)) \times 1 / \sqrt{gd} \quad n = 1, 2, \dots \quad (1.6)$$



Şekil 1.2 Basen salınımları

Liman içi rezonans durumlarının hesaplanması için Bruun (1981)'e bakınız.

1.1.1.4 Gemi Bağlanma Yöntemleri

Liman içinde meydana gelen uzun periyotlu salınımlar (periyotları 25-300 s arasında olan) gemilerin doğal periyodunu yakaladığında batmalarına neden olurlar. Ayrıca iyi bir bağlama sistemi geliştirilmediğinde gerek elleçleme gerekse dalga etkisiyle gemi ve yanaşma yapısı hasar görebilmektedir. Genelde üç tip bağlama tipi mevcuttur (Yüksel ve Çevik, 2006);

i) Geminin baştan şamandıraya bağlanması, bu durumda gemi serbestçe şamandıranın etrafında dönebilmektedir.

ii) Geminin baştan ve kıçtan şamandıraya bağlanması yada demir atmasıdır.

iii) Geminin yanaşma yerine baştan ve kıçtan bağlanması ve gemi ile yanaşma yeri arasına usturmaça sisteminin yerleştirilmesidir.

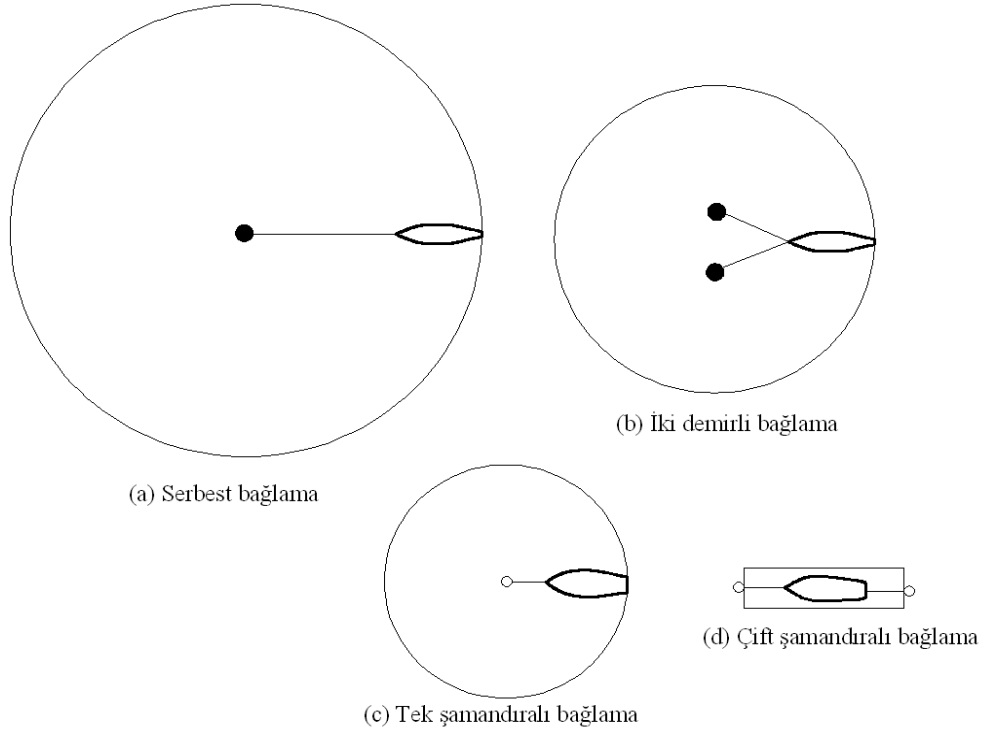
Demirleme alanları ile ilgili olarak OCDI (2002) tarafından Çizelge 1.5 ve Çizelge 1.6'daki kriterler verilmektedir (Şekil 1.3).

Çizelge 1.5 Demirleme alanları (OCDI, 2002 ve Thoresen, 2003)

Basenin kullanım amacı	Demirleme yöntemi	Deniz tabanı veya rüzgar hızı	Yarıçap
Açık denizde bekleme veya yük elleçleme	Bir merkez etrafında dönebilecek biçimde tek demirlemeyle bağlanma	İyi	$L + 6d$
		Kötü	$L + 6d + 30m$
	Çift demirleme	İyi	$L + 4.5d$
		Kötü	$L + 4.5d + 25m$
	Tek demirleme Thoresen, 2003	20 m/s	$L + 3d + 90m$
		30 m/s	$L + 4d + 145 m$

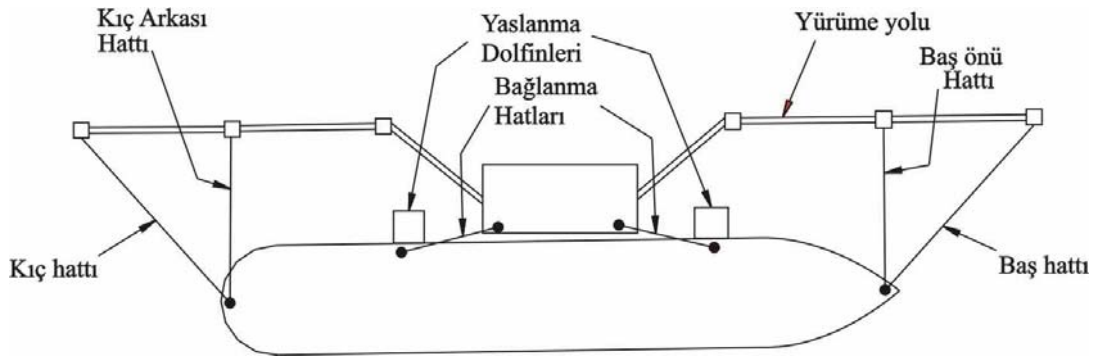
Çizelge 1.6 Şamandıra kullanılan basen alanları (OCDI, 2002)

Bağlanma yöntemi	Alan
Tek şamandıra	$(L + 25m)$ yarıçaplı daire alanı
Çift şamandıra	$(L + 50m) \times L/2$ boyutlarında dikdörtgen



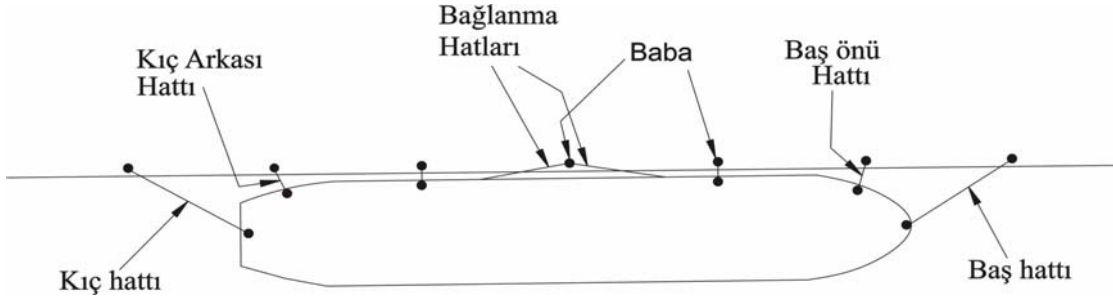
Şekil 1.3 Herbir gemi için şamandıralara bağlanma alanı için temel tasarım (OCDI, 2002)

Şekil 1.4’de bir geminin T tipi iskeleye bağlanma ve yaslanma dolfinlerine normal yanaşma durumu gösterilmiştir. Gemi bağlanma düzeni mümkün olduğunca simetrik olmalıdır. Normal bağlanmada halat geminin boyuna eksenine ile 45° ’lik açı yapmaktadır. Gemi gövdesinden bağlanan halatlar ise boyuna eksenine ile 10° ’lik açı yapmaktadır. Gemiye göre daha düşük kotta bulunan bağlanma babaları düşeyde 25° ’den daha fazla açı yapmayacak şekilde planlanmalıdır.



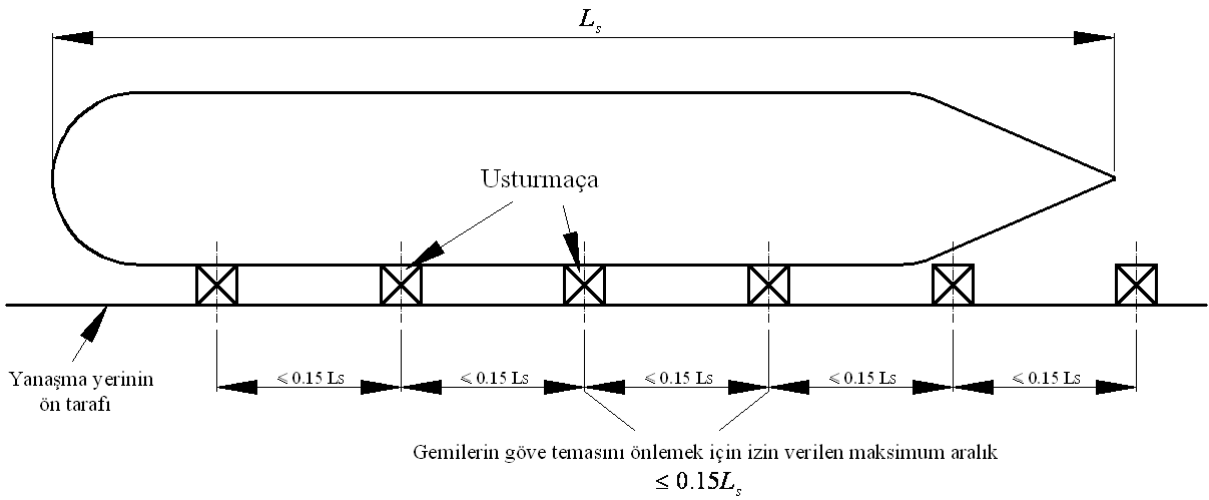
Şekil 1.4 T tipi iskelede bağlanma (BS 6349, 1994)

Şekil 1.5’de ise sürekli bir rıhtım boyunca yanaşma ve bağlanma düzeni gösterilmiştir. Mümkün olduğunca minimum bağlanma halatı ile maksimum yüke karşı dayanabilen bir düzen istenmektedir. Herhangi bir bağlanma düzeni rıhtımı kullanan gemi tipi ve boyutları için uygun olacak biçimde babanın direncine, aralarındaki mesafeye bağımlı olarak tasarlanır. Genellikle rıhtımdaki babalar merkezden 30m mesafede yerleştirilmektedir.

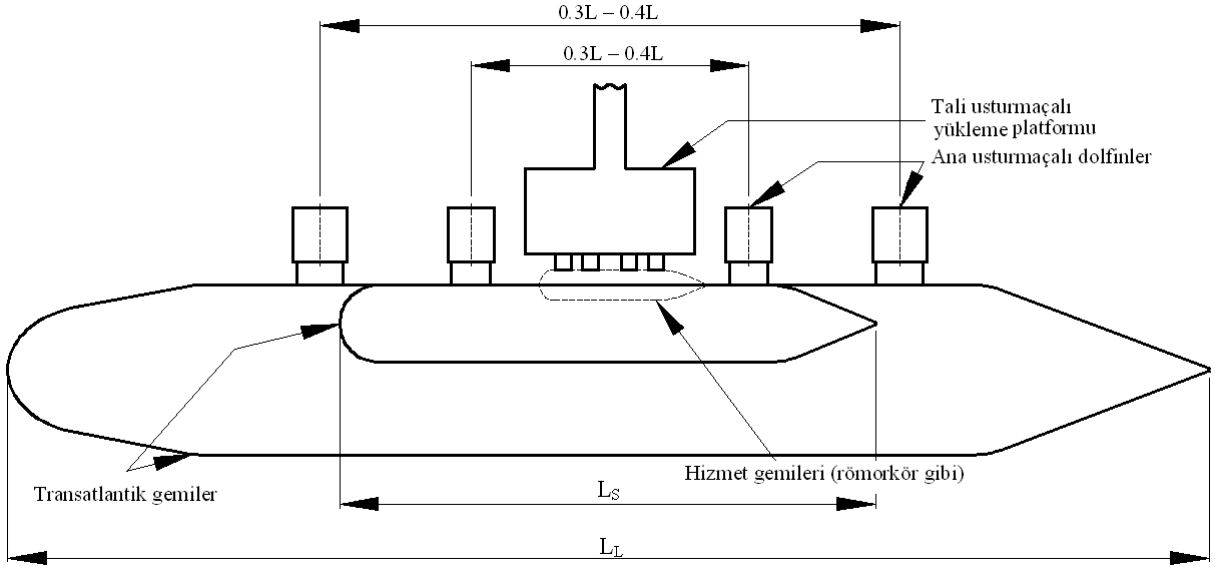


Şekil 1.5 Sürekli rıhtım halinde bağlanma (BS 6349, 1994)

Şekil 1.6’da sürekli bir rıhtımda usturmaçaların yerleşim düzeni gösterilmiştir. Usturmaçalar yanaşma enerjisini alacak ve gemi gövdesinin zarar görmesini engelleyecek biçimde yerleştirilmelidir. Şekilde gösterilen L_s rıhtımı kullanacak en küçük geminin boyudur.



Şekil 1.6 Sürekli rıhtımda usturmaça düzeni (BS 6349, 1994)



Şekil 1.9 Çoklu yanaşma dolfinli usturmaça düzeni (BS 6349, 1994)

1.1.2 Terminal Planlaması

1.1.2.1 Konteyner Terminalleri

1.1.2.1.1 Konteyner Tip ve Boyutları

International Standards Organization (ISO) konteynerin resmi standart büyüklükleri hakkında bilgileri vermiştir. Konteynerler için en yaygın kullanılan birim TEU'dur (Twenty feet Equivalent Unit). Çizelge 1.7'de tipik konteyner boyutları gösterilmektedir.

ISO kontenerlerinin dışındaki diğer tip daha büyük konteynerler;

- Oversize (veya uzun boylu) 40 ft'den uzun
- High cube (veya yüksek kutu) 8 ft 6 inch'den yüksek
- Overwidth (veya büyük genişlikli) 8 ft'den geniş

Boyut farklılığının yanında ayrıca özel amaçlı konteyner tipleri de mevcuttur (ISO standartlarında veya ISO standartlarında olmayan), bunlar:

- Soğutmalı,
- Tank konteynerler,
- Döşeme veya Flat,

Bunların hepsi terminalde ayrı yerlere konulmalı dolayısıyla planlama çalışmasında dikkate alınmalıdır.

Çizelge 1.7 Standart konteyner boyutları

Uzunluk		Genişlik		Yükseklik		Malzeme	Konteyner'in ağırlığı (t)	Maksimum kargo ağırlığı (t)	Maksimum toplam ağırlık (t)	İç hacim (m ³)
ft	m	ft	m	ft	m					
20	6.10	8	2.44	8.5	2.59	Alüminyum	1.9	18.4	20.3	33.0
20	6.10	8	2.44	8	2.44	Çelik	2.0	18.3	20.3	31.0
20	6.10	8	2.44	8.5	2.59	Çelik	2.2	18.1	20.3	33.0
20	6.10	8	2.44	8.5	2.59	Çelik	2.3	28.2	30.5	33.0
40	12.19	8	2.44	8	2.44	Alüminyum	2.8	27.7	30.5	63.3
40	12.19	8	2.44	8.5	2.59	Alüminyum	3.4	27.1	30.5	67.0
40	12.19	8	2.44	9.5	2.90	Alüminyum	3.9	26.6	30.5	75.0
40	12.19	8	2.44	8	2.44	Çelik	3.4	27.1	30.5	63.0
40	12.19	8	2.44	8.5	2.59	Çelik	3.6	26.9	30.5	67.0
40	12.19	8	2.44	8.5	2.59		3.8	28.7	32.5	67.0
40	12.19	8	2.44	9.5	2.90		3.9	28.6	32.5	75.0

Bir TEU için gerekli alan elleçleme sistemine, depolama alanının planına, depolama alanındaki yol sistemine ve istif yüksekliğine bağlıdır. Tipik değerleri Çizelge 1.8'de verilmektedir.

Çizelge 1.8 Bir TEU için gerekli depolama alanı (Thoresen, 2003)

Elleçleme şekli	İstif Yüksekliği	Her bir konteyner sırasında iç yollar dahil F(m ² /TEU)				
		1	2	5	7	9
Treyler	1	65				
FLT	1	72	72			
RS	2		36			
	3		24			
	4		18			
SC	1	30				
	2	16				
	3	12				
RTG	2			21	18	15
RMG	3			14	12	10
	4			11	9	8
	5			8	7	6

1.1.2.1.2 Planlama

Terminal düzeni belli ölçüde seçilen elleçleme sistemine bağlıdır. Terminal planının geliştirilebilmesi için aşağıdaki elemanların boyutlarının belirlenmesi gerekmektedir (Yüksel ve Çevik, 2006).

- Rıhtım uzunluğu ve rıhtım kreni sayısı,
- Apron alanı (rıhtım ve rıhtım ile depolama alanı arasındaki alanların toplamı),
- Depolama alanı,
- Konteyner transfer alanı,
- Hizmet binaları (CFS, ofis, kapı ve tamir binaları)

Depolama alanının kapasitesinin belirlenmesi için 20ft ve 40ft'lik konteynerlerin oranları bilinmelidir çünkü yüzey alanı buna bağlıdır.

Ön planlama çalışmaları genellikle amprik ifadeler kullanılarak yapılmaktadır, ancak uygulama planları için simülasyon modelleri yardımı ile optimum terminal planlaması yapılabilmektedir.

Rıhtım uzunluğu

Yanaşma yeri sayısının ve dolayısıyla rıhtım uzunluğunun belirlenmesi için ilk yaklaşık hesap rıhtım üretkenliğine dayanmaktadır. Rıhtım uzunluğu yanaşma yeri sayısına bağlı olarak hesaplanabilmektedir (veya kuyruk teorisi kullanılabilir).

Yanaşma yeri sayısı;

$$N = C_i / c_b \quad (1.7)$$

Burada, c_b her bir yanaşma yerinde yılda elleçlenen ortalama TEU sayısı (TEU/yıl), C_i yılda boşlar dahil elleçlenecek toplam konteyner sayısıdır.

Rıhtım uzunluğu aşağıdaki ifade ile bulunur.

$$L_q = 1.1N(\bar{L}_s + 15) + 15 \quad (1.8)$$

Burada \bar{L}_s gemi boyu, N yanaşma yeri sayısıdır. Gemilerin rıhtımda birbiri ardına bağlanacakları düşünüldüğünde 15 m aralıklarla yanaşacaktır.

Planlamada sırasında gemi boyutlarının yeterince bilinmemesi halinde rıhtım uzunluğu ve derinlikleri Bölüm 2.1.1.2’de verilen konteyner rıhtım uzunluk ve derinlikleri tablosu kullanılabilir.

Apron Alanı

Apron genişliği, güvenli ve düzgün kargo elleçlemesini sağlamak için, rıhtım kullanımı ve boyutuna, ambar yada depoların yapısı ve kullanımına göre planlanır.

Apron eğimi, kargo elleçlemesinin düzgün biçimde olması için, yağış miktarı ve alan kullanımı dikkate alınarak tasarlanır. Genellikle eğim, denize doğru %1 ile %2 arasında kullanılır ancak küçük rıhtımlarda daha dik eğim kullanılabilir. Genelde dik eğimler, kar yağışı altındaki alanlarda, karın kaldırılmasını kolaylaştırmak için kullanılır.

Apronların kaplama tipi taban altındaki zemin koşulları, çevredeki kaplama koşulları, kargo elleçleme tipi, vb. gibi faktörlerin göz önüne alınmasıyla belirlenir. Kargo elleçleme çalışmalarını ve araç trafiğini engelleyen, aşırı oturmayı önleyici tedbirler alınır. Kaplama yapısının tasarımında, tasarım yükü; kamyon ile tekerlekli vinç, forklift ve straddle carrier gibi elleçleme ekipmanlarının tekerlek yükleri yanısıra kargo tipleri ve kargo elleçleme tarzıda göz önüne alınarak seçilir.

Konteyner terminallerinde, apron genişliği kullanılan elleçleme ekipmanlarına bağlı olarak 15-50m arasında değişmektedir.

Konvansiyonel genel kargo terminalinin aksine konteyner terminallerinin apron alanında hinterland bağlantılarının olmadığı dikkat edilmesi gereken bir husustur. Verimlilik ve emniyet nedenlerinden dolayı modern bir konteyner terminalinde buna izin verilmemelidir.

Konteyner Depolama Alanı

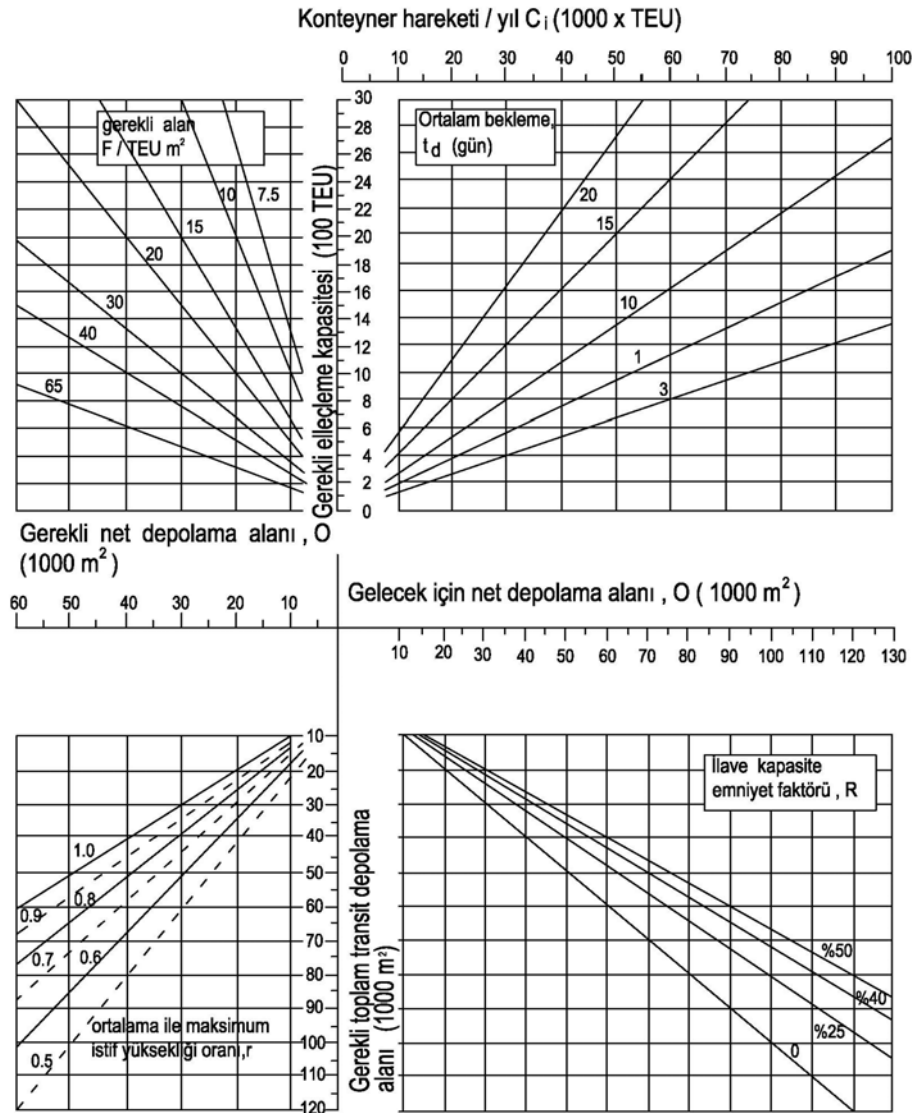
Apronun arkasında kalan, geri saha depolama alanı, liman girişi (kapı), park, ofisler ve gümrük hizmet alanlarından oluşmaktadır. Depolama alanı içerisinde ise konteynerler ihracat, ithalat, soğutmalı, tehlikeli yük ve boşlar olmak üzere genellikle farklı gruplar halinde istiflenirler. Bunlara ilave olarak bir de “Container Freight Station (CFS)” vardır.

Apron'un gerisinde kalan depolama, transfer ve ofisler dahil toplam alan;

$$O_T = O_{PY} + O_{CFS} + O_{EC} + O_{ROP} \quad (1.9)$$

olarak planlanır burada, konteynerlerin depolandığı alan (O_{PY}), CFS alanı (O_{CFS}) konteyner içi istifleme yada boşaltma amacıyla ayrılan alandır, boş konteyner, konteyner bakımı ve tamir alanı (O_{EC}), kapı, ofis binaları, gümrük hizmetleri ve park amaçlı alan (O_{ROP}) dir.

Ön planlama için Şekil 1.10'dan bir yılda hareket eden konteyner sayısına (C_i) göre konteyner depolama alanı bulunur. Kapının planlanmasına özen gösterilmelidir ve ithalat istifleme alanı ile kamyon veya vagon arasındaki transfer alanı planlanmalıdır.



Şekil 1.10 Konteyner depolama alanı için tasarım grafiği

Konteyner Transfer Alanı ve Binalar

a) Kapı ve Transfer Alanları;

Konteynerleri getiren veya alacak kamyonlar terminale kapıdan girerler. Burada üç fonksiyon tanımlanır.

i) Yükle ilgili idari formaliteler, gümrük işlemleri

ii) Kutuların kontrolü (muhtemel hasar için)

iii) Konteyner transfer alanında kamyon sürücülerine konteynerlerin yerleştirilmesi için bilgi verilmesi.

b) Transfer alanında mevcut diğer tesisler;

1) Bakım Atölyesi

Bakım atölyesinin ölçüsü, konteyner hasarı oranı, kargo yükleme araçlarının ve makinelerinin tipi ve sayısı ve muayenenin içerik ve derecesi gibi bazı faktörlere dayanır.

2) Ofis Binası

Konteyner terminalinin esas fonksiyonlarını yöneten ve bilgisayar merkezlerinin bulunduğu terminal ofis binası yönetim bölümü genellikle, kargo yükleme operasyonlarını verimli olarak kontrol etmek için yerleştirilir.

3) Terminal Kapıları

Terminal kapıları, dokümanları alıp vermek, konteyner hasarlarını muayene etmek, konteyner ağırlığını ölçmek ve diğer güvenlik kontrolleri gibi ihtiyaçlar için kullanılır. Terminal kapıları yol şerit sayısı genellikle, kuyruk modelleri ile hesaplanır.

4) Diğer Tesisler

Diğer çeşitli tesisler aşağıdakiler gibi olabilir;

- Yıkama Tesisleri
- Kargo Yükleme Ekipmanları İçin Yakıt Tesisleri
- İşçiler İçin Dinlenme Evleri
- Su Kaynağı
- Su Drenajı
- Elektrik Güç Kaynağı
- Soğutmalı Konteyner Alanı, vb.

1.1.2.2 Genel Kargo ve Çok Amaçlı Terminaller

Genel kargo terminalleri geleneksel olarak kırkambar (parçalı) yükleri ve daha sonra üniteleştirilmiş genel kargonun elleçlenmesi için kullanılmaktadır.

Çok amaçlı terminal, modern genel kargo terminalinde düzenleme ve kullanılan ekipmanlarda yapılan bazı değişiklikler ile elde edilebilmektedir. Çok amaçlı terminallerin çoğu kırkambar (parçalı) yük ile konteyner ve Ro-Ro terminalinin birleşmesiyle oluşmaktadır (Yüksel ve Çevik, 2006).

Yanaşma yeri uzunluğu

Yanaşma yeri uzunluğu Bölüm 1.1.2.1.2'deki gibi belirlenir. Planlamanın ilk safhasında bir genel kargo yanaşma yerine yük girdisi, bir işçi takımının ortalama verimi, takım sayısı ve bir yıldaki efektif çalışma saati sayısı dikkate alınır. Detaylı tasarımda istatistiksel modeller kullanılır.

Apron

Standart apron genişlikleri OCDI (2002) tarafından Çizelge 1.9'daki gibi verilmiştir.

Çizelge 1.9 Apron genişliği standart değerleri (OCDI, 2002)

Yanaşma yeri su derinliği (m)	Apron genişliği (m)
4.5' dan az	10
4.5 ile 7.5 arasında	15
7.5' dan fazla	20

Genel kargo rıhtımlarında, elleçleme için vinç çalışma alanı, geçici depolama alanı, ulaşım yolları dikkate alınmalıdır. Apron alanının hemen arkasında planlanan transit sundurma ve açık depolama alanlarına yapılacak elleçlemede, elleçleme ekipmanlarının tipide apron alanının planlanmasında dikkate alınması gereken bir faktör olarak dikkate alınmalıdır.

1.1.2.3 RO/RO ve Feribot Terminalleri

Feribot ve Ro/Ro Gemileri için terminal planlarındaki temel elemanlar aşağıda verilmiştir.

- Tırların bindirilmesi veya indirilmesi genellikle geminin başından veya kıçından olur. Bu durum rıhtım konfigürasyonunu da belirlemektedir.
- Güverteye alınabilen maksimum sayıdaki tır (feribot tipine bağlı olarak diğer araçlar da) düzenli bir biçimde park etmek zorundadırlar. Ancak yüksüz tırlar da park alanına ihtiyaç duyarlar.
- Bir Ro/Ro terminali gemilere en uygun servisi sağlayacak Çizimde geliştirilmelidir, buna değişik gemi hatları da dahil edilmelidir. Yanaşma yeri sayısı bekleme yapılmasından kaçınılarak belirlenir. Yükleme/boşaltma kapasitesi ortalama servis süresine göre tahmin edilerek belirlenmektedir.
- Feribot terminalleri terminal binalarına ve gemiye bağlantı sağlayan köprülere ilaveten yolcu hizmetlerine ihtiyaç duymaktadır.
- Bir feribot hattı, gemi sayısı, seyir süresi ve yanaşma süresi dikkate alınarak planlanmalıdır. Böylece yanaşma yeri sayısı belirlenir.

Feribot terminallerinin planlamada trafik tahminlerinin doğru yapılması gerekmektedir. Bunun için;

- (a) Feribotu kullanacak araçlar
 - (i) yolcu araçları
 - (ii) kamyon ve treylerler
 - (iii) otobüsler
- (b) Yolcunun terminalden indi bindisini sağlayacak araçlar
 - (i) özel araçlar
 - (ii) taksiler
 - (iii) otobüsler

dikkate alınmalıdır.

Yanaşma yeri sayısı elleçlenecek gemi sayısına bağlıdır. Her bir gemi yükleme/boşaltmasını bir rampa boyunca yapmaktadır ve burada geminin karadaki alanla bağlantısı sağlanmalıdır. Müsade edilebilecek rampanın indirildiği rıhtımın maksimum eğimi 1:8'dir. Yanaşma alanı su alanına doğru meyillidir. Yanaşma yeri hızlı bir Çizimde yanaşma ve ayrılmayı sağlamak ve yükleme/boşaltma sırasında geminin sadece çok küçük hareketlerine müsade etmek için bağlama sistemi dolfın ve usturmaça sistemleriyle donatılmalıdır. Usturmaçalar geminin hasar görmesini engelleyecek biçimde planlanmalıdır.

Feribot terminal binalarında;

- bilet satın alma,
- bekleme salonları,
- kafeterya ve/veya restaurant, dükkanlar,
- bagaj odası, tuvalet, telefon, diğer yolcu hizmetleri,
- uygun aydınlatma ekipmanları,
- alarm tesisatı ve diğer iletişim ekipmanları

gibi yolcu hizmetleri için bir binaya ihtiyaç vardır (OCDI, 2002). Gemiye biniş ve inişler, araçların yükleme ve boşaltılmasından ayrılmalıdır, bu özellikle terminal binası ve araç arasında doğrudan bir köprü kurularak yapılabilir. Terminal planlaması, yolcu başına düşecek alan $1m^2$ 'den az olmayacak biçimde düşünülmelidir.

Yolcu İnme/Binme Tesislerinin Planlanması

Yolcuların inme/binmeleri için sabit ve hareketli tesisler planlanabilir. Bu tip tesisler elverişli ve güvenli işlemlere sahip olmalıdırlar. Yolcuları tehlikeye düşürecek nedenlere sahip olmamalıdır. Gemi hareketlerine ve rüzgar etkilerine karşı stabil olmalıdırlar.

- İnme/binme tesislerinin genişliği 75 cm ya da kullanım koşullarına göre daha fazla planlanmalıdır, ancak yaşlı ve özürllülerin kullanımı söz konusu olduğunda genişlik 1.2 m veya daha fazla olacak şekilde tercih edilmelidir.
- Rampa eğimleri % 12 yada daha azdır, ancak yaşlı ve özürllülerin kullanımı söz konusu ise eğim % 8 ile % 5 arasında yada daha az olacak biçimde planlanmalıdır.
- Geçiş yollarının her iki tarafında yan duvarlar yada parmaklıklar ve onların üzerinde tutacakları olmalıdır, taban yüzeyleri kaymayan malzemedendir yapılmalıdır.
- Parmaklıklar düşmeye karşı koruma sağlamakla birlikte yolcular için yeterince güvenli olmalıdırlar, bunun için parmaklık yüksekliği 1.1m yada daha fazla olmalıdır, ayrıca çocuklar ile tekerlekli sandalye kullananların güvenliği için çaprazlar ya da ağ gibi ilave önlemler planlanmalıdır.
- Merdiven basamak yükseklikleri güvenli olacak biçimde planlanmalıdır.
- Bu yolların planlanmasında tekerlekli sandalye kullananlar ve özürllü insanlar için yeterli tedbirler alınmalıdır.
- Üstü kapalı geçişlerin yükseklikleri 2.1 m yada daha fazla olmalıdır.
- Geçiş yollarının uzunluğunun 60 m'den fazla olması durumunda acil çıkış kapıları planlanmalıdır, acil çıkış kapıları arasındaki mesafeler 60m'den fazla olmamalıdır ve acil çıkışlara yönelten işaretlendirmeler konulmalıdır.
- Hareketli inme/binme tesisleri için müsaade edilecek düşey mesafe için gel-git aralığı, su çekimindeki değişim, gemi hareketleri gibi tasarım kriterleri dikkate alınmalıdır.

1.1.2.4 Sıvı Yük Terminalleri

Sıvı dökme yükler; ham petrol, petrol ürünleri, kimyasal ürünler, sıvılaştırılmış gaz ve bitkisel yağlar gibi ürünlerden oluşur.

Petrol veya gazın önemli özelliği yanıcı ve patlayıcı olmalarıdır. Sonuç olarak bu ürünlerin

taşıma, yükleme/boşaltma ve depolanmasında kesin olarak güvenlik önlemleri alınmalıdır.

Tipik ortadoğu petrolünün rölatif yoğunluğu 0.85 dir. LNG için yoğunluk 0.45 ve 0.50 arasında ve LPG için ise 0.58-0.60 arasındadır.

Yükleme rıhtımlarında, ürünün boşaltılması gemideki pompalar ile yapılmaktadır. Eğer terminaller yeteri kotta ise ürün gemiye cazibe ile iletilmektedir. Farklı tipteki ham petrol tankerleri için bazı pompa kapasiteleri Çizelge 1.10'da verilmiştir (Yüksel ve Çevik, 2006).

Çizelge 1.10 Ham petrol tankerleri için tipik pompa karakteristikleri

Tanker Boyutu (DWT)	Pompa kapasitesi (m ³ /saat)	Maksimum basınç yüksekliği (m)
200,000	12,000	130
100,000	7,000	110
50,000	4,500	110
25,000	3,500	90

Terminallerin şekli, boyutları, yerleştirilmeleri ve düzenlenmeleri bu terminallerin fonksiyonları tarafından belirlenmektedir. Bunlar;

- Taşıma ve depolama
- Rafineriden temin ve dağıtım
- Her iki durumun birlikte olması

Planlamada ürünlerin farklılıklarında dikkate alınmalıdır. Rafinerilere ait terminallerde miktar, ithal edilen ham petrolün orijini ve üretilen ürünlerin özellikleri dikkate alınır.

Petrol terminalleri aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır;

(i) Depolama alanlı konvansiyonel korunaklı liman yanaşma yeri genellikle bir iskele ve dolfinlerden veya çoklu şamandıra bağlantısından oluşmaktadır.

(ii) Açık deniz terminalleri bir (SBM) veya daha fazla şamandıra sistemi ile karadaki depoları bağlayan denizaltı boru hatlarından oluşmaktadır.

Yükün sıvı formda oluşu boru hatları ve bağlama şamandıraları ile açık denizde yükleme/boşaltmanın yapılabilmesini sağlayabilmektedir. Ham petrol ve petrol ürünleri durumunda yükleme/boşaltma, denizaltı boru hatları ve yüzer tek nokta bağlama (SPM) ile yapılabilir.

Yanaşma yapısının tipine bağlı olarak tavsiye edilen limit dalga yükseklikler Çizelge 1.11’de verilmiştir.

Çizelge 1.11 İskeleler ve SBM için dalga yüksekliği limitleri

	Soluşan olmadığı durumda yanaşma (m)	Soluşan olduğu durumda yanaşma (m)	Yükleme boşaltma esnasında (m)
İskele	1.5-2.0	1.0-1.5	2.0-3.0
SPM	2.0-3.0	2.0-3.0	4.0-6.0

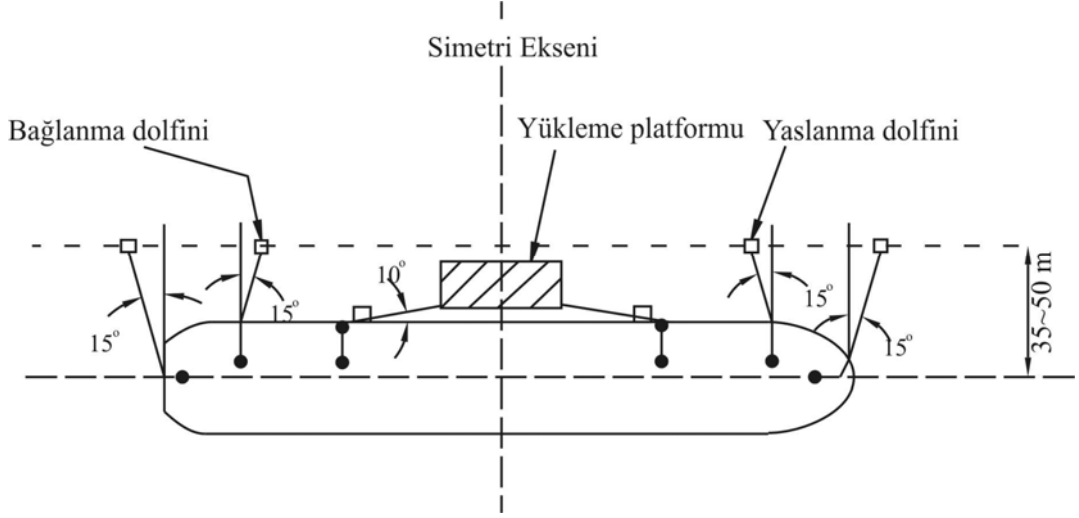
Her bir yanaşma yeri için kıyı çizgisi uzunluğu dikkate alındığında emniyet nedenlerinden dolayı, yanaşmış durumdaki iki gemi arasındaki minimum mesafe, en büyük geminin genişliğine yaklaşık eşit olmalıdır. Sıvı yük gemilerinde bulunan manifold sistemi genellikle geminin tam ortasında bulunmadığından, gemi merkezinin 15 m kadar önünde bazen de 10m arkasında olabileceği düşünülmelidir. Bu nedenle 2 ardışık yanaşma yerinde merkezden merkeze minimum mesafenin (= en uzun geminin uzunluğu + 1x en büyük gemi genişliği + 2x 15m) olarak alınması tavsiye edilir.

Sıvı yük terminallerinde gerek şamandıra gerekse T tipi iskele sistemlerine bağlanma çizimleri Bölüm 1.1.1.4’de verilmiştir. Şekil 1.11’de bir yükleme platformuna bağlanan tankerın yanaşma düzeni gösterilmiştir. Tankerin yanaşma yükleri yanaşma ve bağlanma hatları ile en iyi çizimde sönümlendirilmelidir.

Sıvı yük terminallerinde “emniyet ve güvenilebilirlik”, “teknik” olduğu kadar “operasyonel emniyet ve güvenilebilirliği” içermektedir. Teknik emniyet ve güvenilebilirlik aşağıdaki gibi dikkate alınabilir.

- korunaklı yanaşma yeri

- liman baseninde çalkantı oluşmaması
- giriş kanalında ani kumlanma olmaması



Şekil 1.11 Yükleme platformuna bağlanan tankerin bağlanma düzeni (BS 6349, 1994)

Operasyonel emniyet ve güvenilebilirlik ise şunları içermektedir:

- fırtına sıklığı
- uzun süreli düşük su seviyesi
- düzenli görüş problemleri
- gece seyir sınırlamaları
- gel-git sınırlamaları
- iyi işleyen liman servislerinin mevcudiyeti
- römorkör hizmetinin varlığı
- vd.

Emniyet dikkate alındığında, terminal ve rafinerinin çevresinin tehlikelere karşı korunması gereklidir. LPG ve LNG'nin özelliğinden dolayı, dökülme sonucunda oluşan problemler petrol terminallerindekinden daha ciddi olabilmektedir, çünkü sıvı gaz daha çabuk

buharlaşmaktadır. Böylece yangın tehlikesi doğabilir ve yüksek ısı yayılımı söz konusu olabilir. Bu nedenle bir terminal planlaması yapılırken, farklı güvenlik mesafeleri dikkate alınmak zorundadır.

- Terminaldeki muhtemel bir sızıntı ve akma ürünün patlamasına veya yanmasına neden olur. Buhar bulutları gelişebileceğinden belirli mesafeler dikkate alınmaktadır. Bu sınırlar içerisinde kontrolsüz ateşleme kaynakları olmamalıdır.
- Terminalde ısının yayılarak insanlara fiziksel zarar verebileceği için muhtemel ateş kaynaklarına belli mesafeler dikkate alınmalıdır.
- Yine toksit ürünlerin üretilmesi veya kullanılması durumunda, muhtemel sızma veya akma olması belirli yoğunluktaki buhar bulutlarının oluşmasına ve insanlara fiziksel zarar vermesi söz konusu olacağından belirli mesafeler dikkate alınmalıdır.

1.1.2.5 Kuru Yük Terminalleri

Kuru dökme yükler aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır;

- Birinci derecede yük (major) : demir cevheri, kömür, tahıl, fosfat vb.
- İkinci derecede yük (minor) : şeker, pirinç, tuz, balık, alçı taşı, talaş, hindistan cevizi vb.

Bazı kuru yüklere ait özellikler Çizelge 1.12'de verilmektedir.

Kuru yük için yükleme ve boşaltma terminalleri hem yer, hem boyut hem de elleçleme sistemi açısından birbirlerinden çok farklı olabilir. Bu terminallerde konveyör bantlarının ayaklarının rıhtım boyunca olmaları durumunda yavaşma yerlerinin başka amaçla kullanılmamasına neden olmaktadır. Ayrıca oldukça ağır olan bu sistemler için geoteknik koşulların yeteri düzeyde olması sağlanmalıdır.

Terminalin depolama alanı ise yükün tipine bağlı olarak kapalı silolarda, sundurmalarda, havuzlarda ve açık havada yüksek kümeler şeklinde depolamaya müsait olmalıdır. Kuru

dökme yük genellikle gevşek formda yüklenir, bu da rıhtımda ve terminalde taşıma teknolojisinin belirlenmesini sağlamaktadır. Taşıma ve depolama sistemleri kuru dökme yük terminallerini diğer terminal tiplerinden tamamıyla ayırmaktadır.

Çizelge 1.12 Kuru yük özellikleri

Yük	İstif faktörü (m ³ /ton)	İçsel sürtünme açısı (°)
Kömür	1.08-1.39	30-45
Demir cevheri	0.33-0.47	30-50
Boksit	0.84-0.92	28-49
Aliminyum	0.70-0.84	35
Çimento	0.61-0.64	
Fosfat	0.92-0.98	30-35
Potas	0.94-1.04	32-35
Süper fosfat	0.84-1.00	30-40
Mısır	1.25-1.41	30-40
Çavdar	1.40	30
Buğday	1.18-1.34	25-30
Şeker	1.11-1.25	40
Soya fasulyesi	1.23-1.28	30

Eğer hava şartları malzemenin kalitesini etkiliyorsa bu durumda kapalı depolama gereklidir. Kuru yük terminallerinde toz problemi söz konusudur ve çevrenin toza karşı korunmasını sağlayacak önlemler alınmalıdır (sprinkler sistemleri gibi).

1.2 Balıkçı Limanları

1.2.1 Balıkçı Limanlarının Tipleri

Balıkçı limanları servis verdikleri amaçlara göre aşağıdaki gibi sınıflandırılırlar (Yüksel ve Çevik, 2006).

i) Basit Yanaşma Yerleri

Sınırlanmış bir bölgede balıkçılara hizmet edilir, genellikle balıkçılık yapılan alan kısa mesafeler içinde kalmaktadır. Verimliliğin artırılabilmesi için, yanaşma yerleri rampa ve rıhtımlarla birlikte tutulan balıkların elleçlemesine yarayan basit hizmetlerle donatılmaktadırlar. Bakım ve tamir için bazı hizmet ve servislerin gelişmiş olması gerekir.

ii) Kıyı Balıkçı Limanları

Bunlar 20 m uzunluğa kadar küçük kıyı balıkçı tekneleri için barınak vazifesi görürler. Balıkçılık kısmen daha geniş bir alanda yapılır. Seyirler bir kaç günlük dönemleri kapsayabilir. Bu tekneler birinci tip yanaşma yerlerinde barınan teknelere göre daha fazla ekipmanı içerir. Bu nedenle korunmaları ve servis almaları gerekir. Limanda daha fazla alt yapı yatırımı vardır.

iii) Açık Deniz Balıkçılık Limanları

Bu limanlarda barınan teknelerin uzunlukları 25m'den 40m'ye çıkmaktadır. Balık avlama alanı bir kaç yüz mil uzaklığa kadar artmaktadır ve seyirler bir kaç günden bir kaç haftaya kadar uzamaktadır. Teknelerin güvertelerinde avlanma takımları, buz konteynerleri ve soğutma sistemleri ve diğer mekanik, elektronik ekipmanlar yerleştirilmiştir. Limanlar tamir, bakım ve destek servislerine sahiptirler

iv) Uzak Deniz Balıkçılık Limanları

Bu tip limanlar modern balıkçı teknelerine hizmet veren barınaklardır. Bu tekneler açık

denizde uzun mesafelerde avlanmaya çıkmaktadırlar. Uzun deniz seyirlerinden sonra, limanda boşaltma ekipmanlarına ihtiyaç duyarlar. Bazen avlanmadan önce servis hizmeti verilir ve avlanma bölgesinde uzun süre kalabilmeleri için tekneler koruma sistemleri ile teçhiz edilir. Balıkların güverte üzerine işlenebilmesi amacıyla derin dondurucu, konserveleme gibi donanımlar yerleştirilmiştir.

1.2.2 Yer Seçimi

Liman yerleşimi için potansiyel konumlar hidrolik, meteorolojik ve zemin araştırmaları da içerecek biçimde geliştirilirler. Ön tasarım ve maliyet tahminleri çeşitli alternatiflerin karşılaştırılması yapılarak gerçekleştirilir. Bir ekonomik analizde beklenen avlanma hacmi; balıkçı filosu, avlanma alanının uzaklığı ve balık pazarı göz önüne alınarak belirlenmektedir. Aynı zamanda çalışacak iş gücü de dikkate alınmalıdır. Balıkçılık tekniği değişebilmektedir. Gelecekte daha büyük teknelerdeki gelişmeler dikkate alındığında, liman içinde derinleştirme ile teknik ve ekonomik fizibil deniz ürününün sağlanabileceği bir yer seçimi yapılmalıdır.

1.2.3 Balıkçı Tekneleri

Balıkçı tekneleri, kullanılan avlanma takımlarına, metoda, yakalanacak olan balık cinsine (yüzeğe yakın, hızlı hareket eden ve tabana yakın yavaş hareket eden) ve balık endüstrisi ile ilgili yatırımlara bağımlıdır. Avlanmayla ilişkili olarak teknelerin sayısı ve karakteristikleri balıkçı limanı tarafından temin edilen gerekli hizmetlere bağımlıdır.

Balıkçı teknelerini dört kategoride tanımlamıştır. Bunlar;

- i) Küçük tekneler; 30 GRT. Denizde bir gün kalmaktadırlar. Bu teknelerde soğutma ekipmanları yoktur.
- ii) Orta ölçekteki tekneler; 30-150 GRT. Denizde bir hafta kalmaktadırlar. Soğutma ekipmanları vardır.
- iii) Derin deniz tekneleri; 150 GRT'den büyüktürler. Soğutma ekipmanları vardır

(dondurucular). Denizde bir ay kalabilmektedirler. Bu tekneler 200 GRT'ye kadar çıkmaktadırlar.

iv) Endüstriyel tipte tekneler

Bu teknelerin tipik boyutları Çizelge 1.13'de verilmektedir. Bir yılda balığa çıkma dönemi iklim koşullarına, balıkçılık yönetmeliklerine, yerel koşullara, tamir ve bakıma bağlıdır.

Yanaşma yeri kullanım oranları tekne boyutuna bağlı olarak 0.4 ile 0.7 arasında değişmektedir. Yanaşma yerleri elleçleme (boşaltma) ve bekleme rıhtım ve/veya iskeleleri olarak planlanır. Kaba bir hesap ile boşaltımda kullanılacak yanaşma yeri sayısı bu yanaşma yerinde her hangi bir anda serbestçe boşaltma yapabilmesi amacıyla toplam tekne sayısının %15'i dikkate alınarak belirlenir.

Çizelge 1.13 Tipik tekne boyutları

Tekne kategorisi	Uzunluk (m)	Su çekimi (m)	Genişlik (m)
i _a	<7	<1.0	<3.5
i _b	7-10	1.0-1.5	3.5-4.0
ii	10-20	1.5-2.5	4.0-6.0
iii _a	20-30	2.5-3.5	6.0-7.0
iii _b	30-60	3.5-5.0	7.0-10.0
iv	60-170	5.0-8.5	10.0-24.0

1.2.4 Planlama

1.2.4.1 Ulaşım kanalı

Ulaşım kanalı ticari limanların su alanlarının (Bölüm 1.1.1.1) planlanmasında verilmiştir.

1.2.4.2 Basenler ve yanaşma yapıları

Basen genişliği

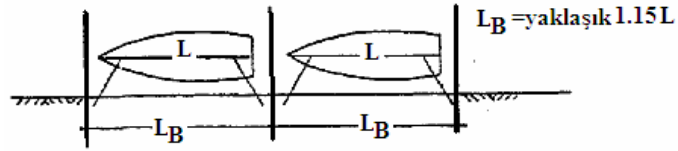
Basen genişlikleri diğer tekneler rıhtımlara bağlı iken dahi, kolay manevranın yapılabileceği ve büyük teknelerin dönmelerini (romörk yardımı olmaksızın) sağlayacak biçimde geniş olmalıdırlar.

Rıhtımlarda kabul edilebilir dalga hareketleri

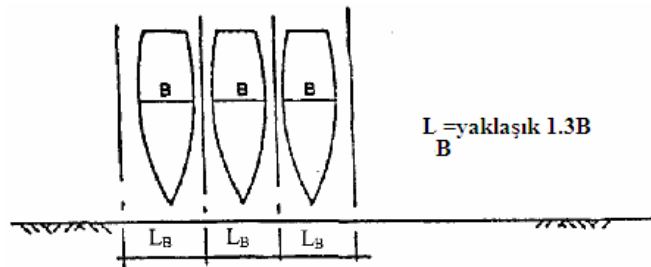
Yanaşma yerlerindeki kabul edilebilir dalga etkisi; Dalga yüksekliği, periyodu ve teknelerin dalgaya göre paralel ya da dik olarak yanaşmasına bağlıdır.

Yanaşma Düzenleri

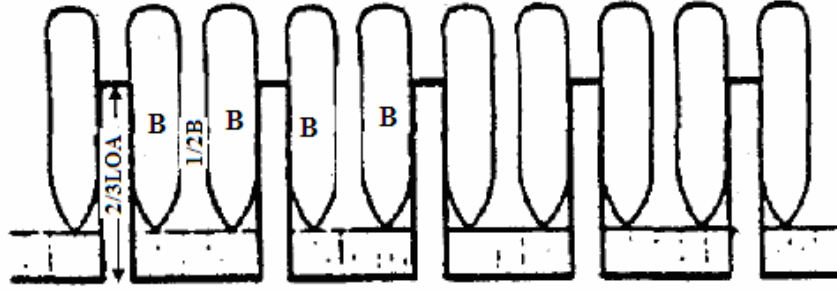
Bazı tipik yanaşma düzenleri Şekil 1.12, Şekil 1.13 ve Şekil 1.14’de gösterilmiştir.



Şekil 1.12 Paralel yanaşmada rıhtım uzunluğu



Şekil 1.13 Dik yanaşmada rıhtım uzunluğu



Şekil 1.14 Parmak iskeleli rıhtım uzunluğu

Rıhtım Uzunluğu

Boşaltma için istenen rıhtım uzunluğunu aşağıdaki faktörlere bağlıdır;

- Limanda konaklayacak tekne sayısı
- Yanaşma için bir tekneye gerekli rıhtım uzunluğuna ve yanaşma tipine
- Boşaltma için harcanan zaman, konaklama ve denizde kalma süresine
- Balık mevsimine ve pik periyotlara
- Yerli teknelerin dışındaki teknelerin limanı kullanmasına
- Liman içindeki teknelerin bir araya gelmesine; örneğin milli tatillerde

1.2.4.3 Apron

Boşaltma rıhtımlarının genişliğini belirlemek için göz önüne alınan faktörler;

- Balıklar mümkün olduğunca en az yağmur ve güneş ışığının etkisi altında kalmalıdır.
- Eğer operasyon mekanikleşmiş ise, servis kamyonları bu operasyonlara engel olmamalıdır.
- Forklift veya kamyon gibi mobil taşıma ekipmanları kullanıldığında, dönme ve geçme için uygun alanlar bırakılmalıdır.
- Genelde taşıma rıhtıma dik ise, arzu edilen genişlik paralel taşımacılıktan daha az olacaktır.

İlk yaklaşım olarak bir marjinal rıhtım apron genişliği için aşağıdaki değerler verilmektedir;

- El ile operasyonlar için (gemi vinç yardımı var veya yok) 1.5 m-4 m
- Kıyıya yerleştirilmiş kren ve konveyörler veya raylı sistemlerle operasyon için 4 m-8 m
- Forklift ve/veya kamyon ile operasyon için 8 m-20 m

1.2.4.4 Tekne Tamir ve Bakımı

Tekne tamir ve bakımı için bir konvansiyonel kızak veya basit kaldırma ekipmanı olmalıdır. Tamir ve bakım hizmetlerinin kapasitesi bir yılda gemi başına 5-15 gün olarak tespit edilir. Bu hizmetin etkinliğine ve iş gücüne bağlıdır.

1.2.4.5 Binalar ve Diğer Hizmetler

Hizmet alanlarını boyutlandırılması için aşağıdaki değerler verilmektedir;

- Yıkama ve ayırma 15-30 ton/m²/yıl
- Sergileme ve satma 1-15 ton/m²/yıl
- Tartma ve düzenleme 7-15 ton/m²/yıl
- Soğuk depolama 2-3 gün kapasiteli
- Paketleme 6-12 ton/m²/yıl
- Geçiş koridorları 8-16 ton/m²/yıl
- Yardımcı hizmetler zemin katta tüm binanın %15-20'i kadar alan

Planlamada dikkate alınabilecek hizmet binaları aşağıdaki gibidir;

- i)Market Binası veya Sundurması
- ii)Buz Fabrikası
- iii)Soğuk Hava Deposu
- iv)Ofisler, Kantin ve Bekleme Salonları

v)Diğer Hizmetler

- Tamir
- Yangın savunma
- Destek hizmet depoları
- Yakıt istasyonu
- Av malzeme sundurması (bakım ve tamir)
- Atık ve atık su arıtma
- Drenaj
- Yol ve park alanları

1.3 Yat Limanları

1.3.1 Genel

Yat limanları (marinalar) yatçuların teknelerini barındırabildikleri, yakıt gıda ve içme suyu gibi temel ihtiyaçlarını temin ettikleri yerlerdir. Yatçılık çok sayıda disiplini içermektedir. Yat limanı planlamasına başlamadan önce bu disiplinlerle ilgili çalışmalar yapılmalıdır. Teknelerin konaklamaları, seyirleri sırasındaki ihtiyaçları için gerekli servislerin verilmesi gerekmektedir (Yüksel ve Çevik, 2006).

1.3.2 Tekne Tipleri ve Boyutları

Tekne boylarına ve yelkenli olup olmadıklarına göre sınıflandırılmaktadırlar. Bu sınıflandırmaya göre Çizelge 1.14, Çizelge 1.15 ve Çizelge 1.16'da tipik tekne boyutları tanımlanmıştır. Şekil 1.15 ve Şekil 1.16'da teknelere ait genişlik, su çekimi ve uzunluk arasındaki ilişki verilmektedir.

Çizelge 1.14 Teknelerin tipik tasarım parametreleri

Uzunluk (m)	Su çekimi (m)		Genişlik (m)	
	motorlu	yelkenli	motorlu	yelkenli
0-5	0.80	1.40	2.20	1.80
5-9	1.00	2.00	3.60	3.00
9-12	1.20	2.40	4.10	3.40
12-15	1.040	2.080	4.80	3.90
15-20	1.660	3.40	5.30	4.40

Çizelge 1.15 PIANC (1965) tarafından teknelerin sınıflandırılması.

Sınıf	Loa (m)	Alt Sınıflar
I	Loa<5	Motorlu tekne/Yelkenli, Motor/yelkenli
II	5<Loa<8	Yaşam mahalli tekne, Yaşam mahalsiz tekne Yaşam mahalli- yelkenli, Yaşam mahalsiz-yelkenli Yaşam mahalli/motor/yelken, Yaşam mahalsiz/ motor/yelken
III	8<Loa<15	Motorlu tekne, Yelkenli, Motor/yelken
IV	Loa>15	Motorlu tekne, Yelkenli, Motor/yelken

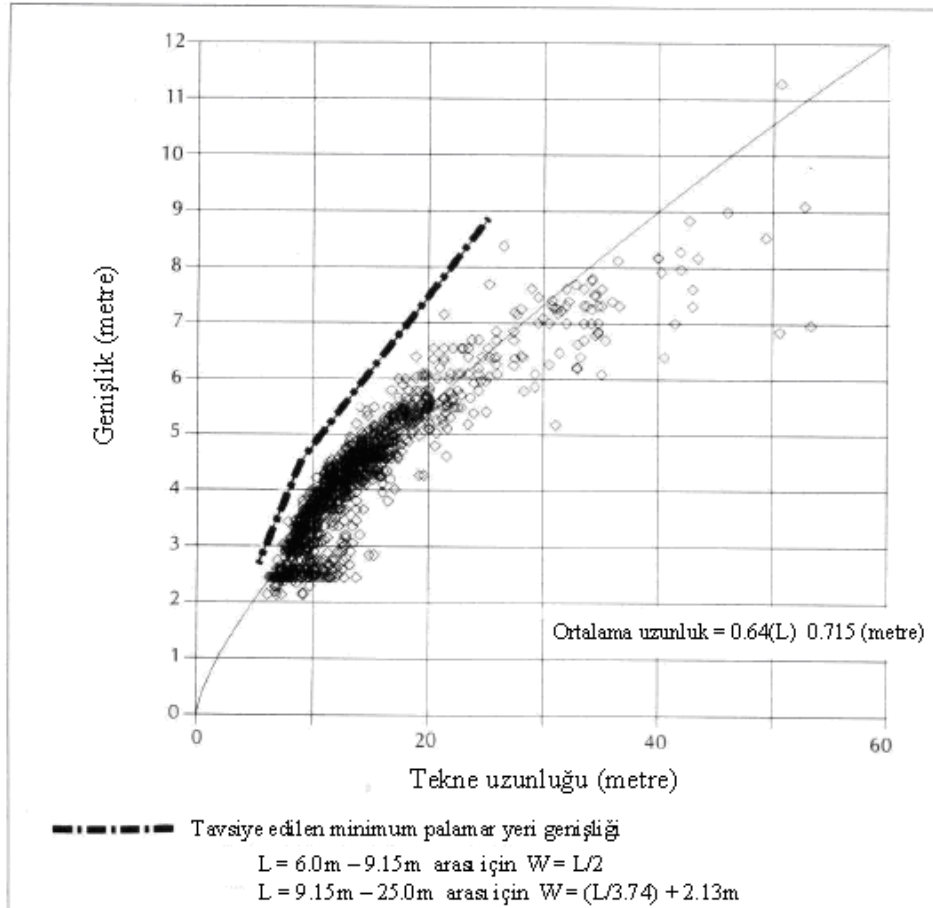
Çizelge 1.16 Gezinti tekneleri için tipik standart boyutlar (OCDI, 2002)

Tip	Toplam uzunluk (m)	Genişlik (m)	Su Çekimi (m)	Kütle (kg)
Kruvazör	7.0	2.8	1.5	2,300
	7.5	2.9	1.6	2,600
	8.0	3.0	1.6	2,900
	8.5	3.1	1.7	3,200
	9.0	3.2	1.8	3,600
	9.5	3.4	1.8	4,100
	10.0	3.5	1.9	6,700
	10.5	3.6	1.9	7,200
	11.0	3.7	2.0	7,800
	11.5	3.8	2.0	8,400
	12.0	3.9	2.1	9,100
	12.5	4.1	2.2	9,800
	13.0	4.2	2.3	10,700
	13.5	4.4	2.3	11,500
	14.0	4.5	2.4	12,500
	15.0	4.8	2.6	14,800
16.0	5.1	2.8	17,500	
Küçük tekne	3.5	1.6	0.9	60
	4.0	1.7	1.0	80
	4.5	1.8	1.1	110
	5.0	1.9	1.2	150
	5.5	2.0	1.3	250
	6.0	2.1	1.3	330
	6.5	2.2	1.4	440
	7.0	2.3	1.6	600
	7.5	2.5	1.7	820
Motorlu tekne	6.0	2.6	0.6	1,800
	7.0	2.8	0.7	2,100
	8.0	3.0	0.7	2,800
	9.0	3.6	1.1	7,600
	10.0	3.8	1.1	8,700
	11.0	4.0	1.1	10,000
	12.0	4.1	1.1	11,600
	13.0	4.3	1.1	13,400
	14.0	4.7	1.1	15,600
	15.0	4.9	1.2	18,300
	16.0	4.9	1.2	21,500
	17.0	5.1	1.2	25,600
	18.0	5.4	1.2	29,800

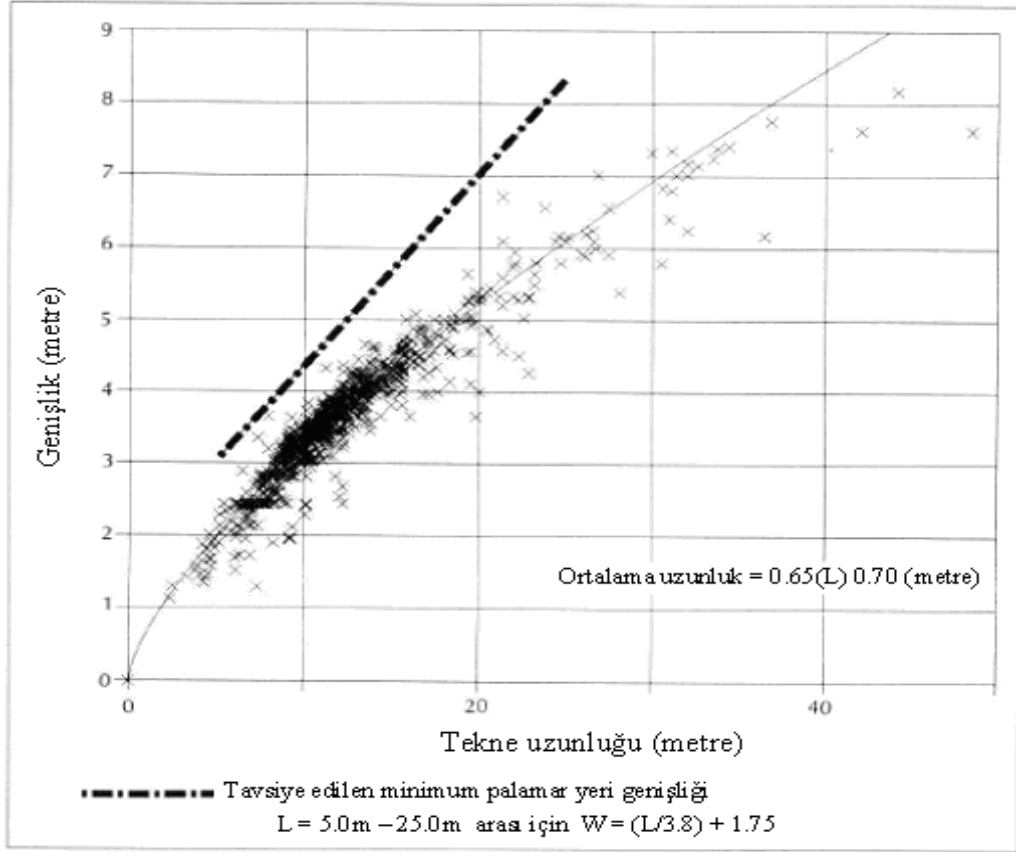
1.3.3 Ulaşım kanalı ve liman girişi

Limana giriş şartları çok dikkatli biçimde göz önüne alınmalıdır. Yerleşim planı hazırlanırken ulaşım kanalı dalga etkisine ve kumlanmaya karşı yeterince korunaklı biçimde tasarlanmalıdır.

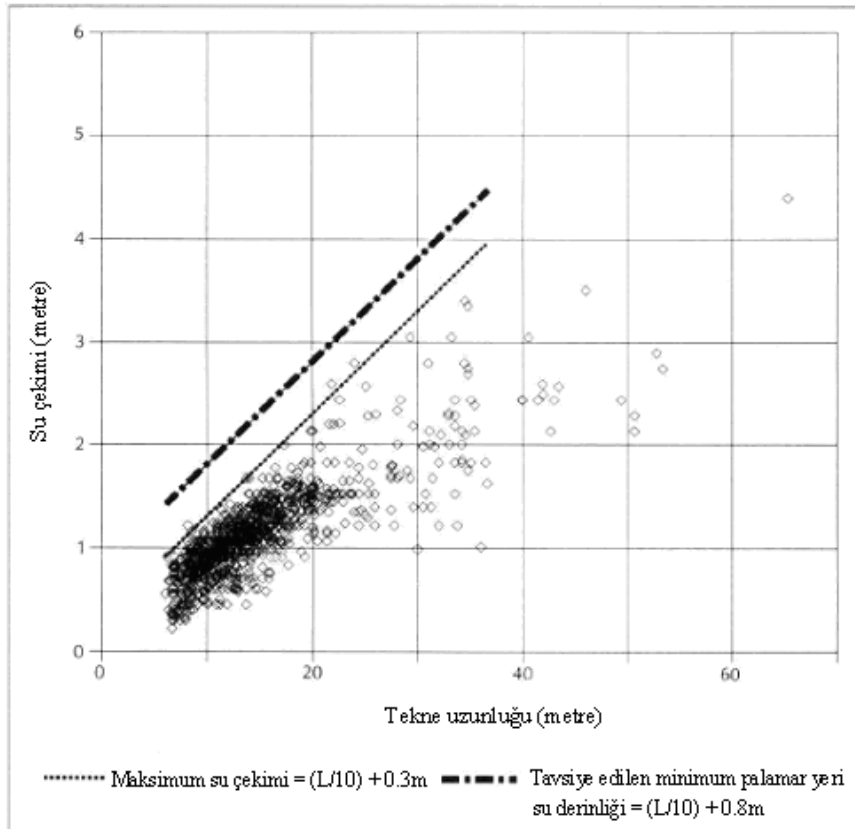
Limana giren ve çıkan tekne trafiğinin istisnai şartlar altında bile (sis, karanlık, rüzgar gibi) emniyetli olması için ulaşım kanalı belirli bir minimum genişliğe sahip olmalıdır. Her ne kadar liman girişi boyutlarında ulaşım kanalı boyutları belirleyici olsada normal şartlar altında girişin minimum genişliği 20-25 m veya yaklaşık olarak limanı kullanan en büyük tekne genişliğinin 4.5-5 katı civarında olmalıdır. Bu durum, ancak teknelerin düşük hızla seyir yapmaları halinde yeterlidir. Eğer girişte tekneler birbirlerini sıklıkla geçiyorlarsa ilave genişlik gerekmektedir.



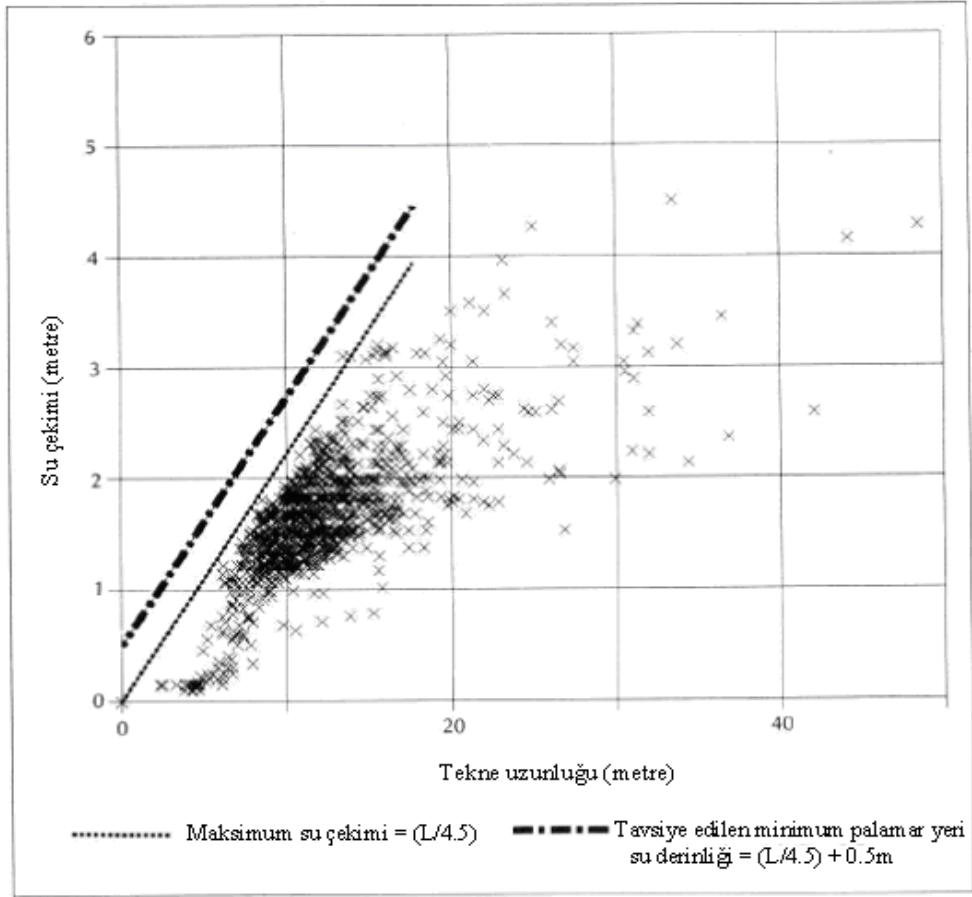
Şekil 1.15 Teknelerin uzunluk ve genişlik ilişkisi



Şekil 1.15 Teknelerin uzunluk ve genişlik ilişkisi (devamı)



Şekil 1.16 Teknelerin uzunluk ve su çekimi ilişkisi



Şekil 1.16 Teknelerin uzunluk ve su çekimi ilişkisi (devamı)

Yat limanlarının ulaşım kanallarının genişliği Şekil 1.17’de görüldüğü gibi yelkenlilerin seyirleride dikkate alınarak (1.10) bağıntısında verilmektedir. Ön planlama için diğer bir yaklaşımda ulaşım kanalının manevraya müsaade edecek kadar geniş olması gerektiği ve bu amaçla, motorlar için $2L$, yelkenliler için $2.5L$ değerleri alınmaktadır. Ayrıca korunmuş bölgelerde bu değerlerin sırasıyla 1.75 ve hatta 1.5’a kadar indirilebilir.

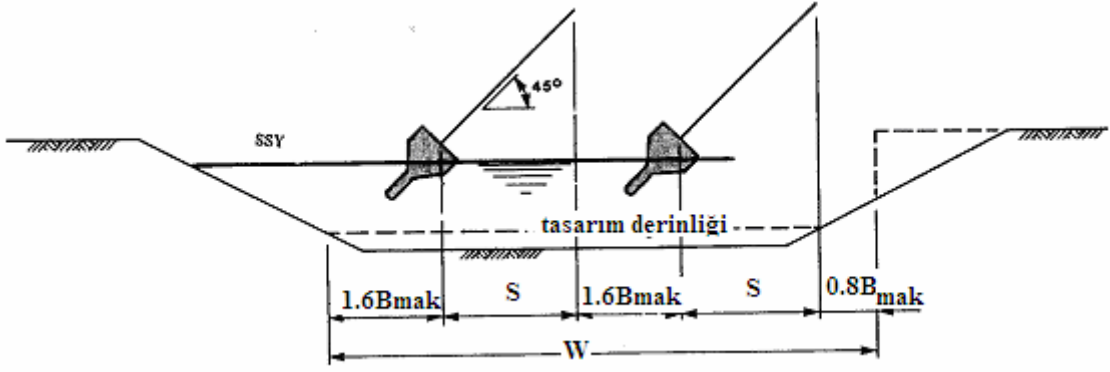
$$W = n \cdot S + 2.4 + 1.6(n - 1)B_{maks} \quad (1.10)$$

W = navigasyon kanalının en alçak su seviyesinde genişliği,

n = bir sırada seyir eden tekne sayısı,

B_{maks} = en büyük tasarım teknesinin genişliği,

S = yelkenlinin direk yüksekliğinin izdüşüm uzunluğu



Şekil 1.17 Bir yat limanına ait ulaşım kanalı

Kanal derinliği genellikle düşük su seviyesinden ölçülmektedir. Ulaşım kanalı su derinliği ticari limanlardaki kriterler dikkate alınarak hesaplanır. Ancak yaklaşık olarak 2-3 knot hızla giden küçük bir tekne için squat genellikle 0.3-0.5 m civarında alınmalıdır. Aynı squat değeri, manevra dairesinin tasarımında da kullanılmaktadır.

1.3.4 Manevra Dairesi

Manevra dairesinin çapı için verilen kriterlerden biri; limanı kullanacak en büyük tekne boyunun 2-2.5 katı olduğu, diğeri ise seyirin bütün yıl boyunca devam ettiği yat limanlarında 50 m çapında bir manevra dairesinin yeterli olduğudur. Bu daire içinde squat 0.2 m civarında alınmaktadır.

1.3.5 Liman İçi Yerleşim

Yat limanlarında teknelerin yanaşması için genellikle sabit yada yüzen iskeler kullanılmaktadır.

Sabit iskeleler ekseriyetle derinliğin 5-6 m'yi geçmediği su yüzeyindeki salınımların 1 m'yi aşmadığı durumlarda inşaa edilirler. İskele döşemesinin üst kotu tasarım su seviyesinden 7.5 m'den küçük tekneler için 0.8 m, 7.5-12 m arasındaki tekneler için 1.2 m ve 12.0 m'den uzun tekneler için 1.5 m yukarıdadır.

Su seviyesinin 0.5-1.5 m arasında çalkantıya sahip olduğu yerlerde yüzen iskele sistemi kullanılmaktadır. Ancak gel-git 1.5 m'yi aşıyorsa bu sistem de uygun bir çözüm olmamaktadır.

Yüzen iskele sisteminin üst kotu hareketli yükün olmadığı durum için ortalama olarak su yüzeyinden 0.5 m'den yukarıda olmalıdır. Bu iskeleler rıhtıma mafsalı bağlantı köprüsü ile bağlanmaktadır. Bu rampanın eğimi genellikle 1/4'dür. Genişlikleri ise 1.2m tutma korkulukları 1.10m olarak verilmektedir. İskele üzerine golf arabaları gibi küçük taşıtların çıkmasının planlandığı durumlarda, bağlantı köprülerinin genişlik, eğim ve yerleşimleri bu duruma uygun olarak tasarlanmalıdır.

Dalgakıran sistemi olarak yüzer tip dalgakıran seçilen limanlarda, dalga yüksekliği yanında dalga periyodu da detaylı olarak tetkik edilmelidir. Yüzer dalgakıranların 4-4.5 sn'den daha uzun dalgalarda verimli olmamaktadır. Tasarım aşamasında limanı etkileyecek dalga periyotları model çalışmaları ile belirlenmektedir, dalgakıran sistemini sağlayacak üretici firmaların ürün performans grafikleri kullanılarak seçilen sistemin yeterliliği kontrol edilmelidir.

Yat limanları için yerleşim planı ve boyutlandırması Şekil 1.18'deki gibi verilmektedir.

1.3.6 Park Alanı

Yat limanındaki araba parkının boyutları, limanda kalan tekne sayısına bağlı olarak planlanmalıdır.

1.3.7 Travel Lift

Modern limanlarda genellikle travel lift (vinç) kullanılır. Kaldırma amaçlı vinç için gentry kren kullanılmaktadır. Gentry kren ya basen yada inşa rıhtıma dik iki iskele üzerinde hareket

Tekne uzunluğu	Yanaşma yeri uzunluğu	Karşılıklı iskeleler arası mesafe	İskeleler arası mesafe
L	$B_1=(0.7\sim 1.2)L$ $B_2=(1.5\sim 2.0)L$	$S=(1.5\sim 2.0)L$	$W_1 = (\text{Maksimum genişlik}) + b + (0.3\sim 0.6\text{m})$ $W_2 = (2 \times \text{Maksimum genişlik}) + b + (1.5\sim 2.0\text{m})$ $W_3 = (\text{Maksimum genişlik}) + (1.0+2.0\text{m})$
Not: Kruvazör yatlarının demirlenmesi sırasında bu değerler rüzgar nedeniyle yelken direklerinin temasından kaçınmak için dikkatlice hesaplanmalıdır.			

řekil 1.18 Tekne bađlanma dűzeni ve boyutlar (OCDI, 2002)

1.3.8 Hizmet Yapıları

Bir yat limanı kara sahasında bulunması gereken birim ve hizmetler Yat Turizm Yönetmeliği'nde detaylı olarak tanımlanmıştır. Bu yönetmeliğe uygun olarak kara tesislerinin yerleşimi ve boyutları planlanmalıdır.

Atölyeler :

Liman içinde bakım onarım, tamir işlerinin yürütölmesi için gerekli atelyeler oluşturulmalıdır. Çekerek alanının büyüklüğüne ve verilecek hizmet çeşidine göre atelye sayısı ve boyutları belirlenmelidir.

Yatçı Depoları :

Yatçıların özel eşyalarının geçici saklamak üzere kullanacakları depolar küçük odalar şeklinde planlanmaktadır. Limanın tekne kapasitesine bağlı olarak sayısı belirlenmelidir.

İdari Bina:

İdari bina, liman yönetimi ile ilgili tüm birimleri içerdiği gibi, resmi kurumların ofislerini de kapsamalıdır. Bu yapı içinde teknecilerin bilgi alacakları, resepsiyon, meteoroloji, danışma gibi bölümler ayrılmalı, ilk yardım ve sağlık odası, faks-telefon-internet ofisleri de düşünülmelidir.

Diğer :

Yat limanı içinde teknecilere hizmet vermek üzere, banka-döviz büroları, marketler, tekne malzemeleri satış alanları ve yat klübü şeklinde düzenlenmiş sosyal alanlar planlanabilir.

İçme Suyu :

Teknelerin içme suyu genellikle iskele ve rıhtım boyunca yerleştirilmiş servis kutularından sağlanmaktadır. Servis kutularının yerleşimi hizmet verilecek tekne sayısına göre belirlenmeli uygun basınç ve miktarda su verebilecek çizimde su deposu ve içme suyu hattı tasarlanmalıdır.

Yangın suyu hattı içme suyu hattından ayrı olarak planlanmalıdır. Liman içinde ortalama olarak 30~50 metre aralıklarla yangın hidrantları bulunmalıdır.

Güç Kaynağı:

Teknelerin güç ihtiyaçları tekne tipine bağlı olarak değişmektedir. Liman içindeki tekne yerleşimine göre servis kutularının dağılımı yapılmalı ve tekne ihtiyacına uygun güçte elektrik temin edilmelidir. Her biri tekne 6 m'lik bir kablo ile servis kutularına ulaşabilmelidir.

Atıksu:

Yat limanlarda atıksu genel olarak mobil sistemlerle toplanmaktadır. Atıksu toplama arıtılmasında Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne uygunluk sağlanmalıdır.

Limn sahasından toplanan evsel atıksuların bertarafında ilgili yönetmeliklere uyum sağlanmalıdır. Limanın bulunduğu bölgede kentsel alan atıksu şebekesinin bulunduğu

durumlarda bu şebekeden yararlanmak mümkün olabilir. Şebeke bulunmayan bölgelerde toplanan atıksuyun liman sahası içinde arıtılması ve daha sonra uygun bir çizimde bertaraf edilmesi için gerekli altyapı tasarlanmalıdır.

Akaryakıt :

Teknelere akaryakıt satışının öngörüldüğü limanlarda, akarayakıt pompaları ve tanklarının emniyet nedeniyle genel olarak limanın ücra bir köşesine yerleştirilmesi arzu edilir. Bu amaçla tekne ve yaya trafiğinden az etkilenen bir alanda akaryakıt iskelesi ve rıhtımı oluşturulabilir.

Sentine suyu:

Limanlarda sentine suyu alımı hizmeti verilebilmektedir. Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne uygun olarak gerekli tesisler liman sahası içinde planlanmalıdır.

2. LİMANLARDA DİĞER TESİSLER

2.1 Yardımcı Tesisler

2.1.1 Genel

Liman tesislerinde gerekli olan yardımcı tesisler bulunur. Özellikle, tehlikeli madde taşıyan gemilerin bağlama tesislerinde olması gereken yardımcı tesisler:

Tehlikeli maddelerin sızma ve dökülmelerine karşı tedbirler

Tehlikeli madde taşıyan gemilerin bağlama tesislerinin yapısı, zarar görecekt ya da elleçleme sırasında oluşacak sızıntı kazalarında aşırı derecede aşınacak şekilde olmamalıdır. Tehlikeli maddelerin denize dökülmesini engellemek için kenar kanalları ve tutma basenleri ya da tankları gibi drenaj tesisleri yapılır.

Korkuluklar, işaretlemeler ve uyarılar

Tehlikeli madde taşıyan gemilerin bağlama tesislerine girişlerinde; yetkili olmayan kişilerin bağlama tesislerine girişlerini önleyen korkuluklar ya da çitler ile yetkili olmayan kişilerin girişlerini kısıtlayan işaretlemeler veya uyarılar olmalıdır.

Yangın söndürme ekipmanları ve alarm sistemleri

Tehlikeli madde taşıyan gemilerin bağlama tesisleri; köpük fişkırtmalı yangın söndürücü, yangın söndürme aleti ve su püskürterek yangın söndürme sistemi gibi yangın söndürme ekipmanları ile donatılır. Ayrıca, yangın sırasında harekete geçen sesli alarm ya da işaretlemeler ve yangın söndürmeye karşı tedbirler alacak kişilerle iletişim sağlayacak sistem olmalıdır.

Açıklama:

(1) Yardımcı tesisler:

- (a) Bağlama direkleri, babalar ve bağlama halkaları
- (b) Usturmaça sistemi
- (c) Zincirleme
- (d) Merdivenler
- (e) Su ikmal tesisleri
- (f) Drenaj tesisleri
- (g) Yakıt ve elektrik gücü ikmal tesisleri
- (h) Diğer tesisler

- (1) Kenar korumaları
- (2) Yolcuların binme ya da inme tesisleri
- (3) Araçların binme ya da inme tesisleri
- (4) Cankurtaran tesisleri
- (5) Korkuluklar, halatlar vb.
- (6) Yangın söndürme ekipmanları ve alarm sistemi
- (7) Aydınlatma tesisleri
- (8) Tuvaletler ve telefonlar
- (9) İşaret lambaları ve işaretlemeler
- (10) Diğerleri

2.1.2 Bağlama Ekipmanları

Gemi yapı kızıağı dışındaki bağlama ekipmanları; topografya, hava ve deniz olayları gibi doğal koşulların yanında toplam uzunluk, genişlik, su çekimi ve gros ton gibi gemi boyutlarını göz önüne alan uygun dayanıklılığa sahiptir.

2.1.3 Bağlama Direkleri, Babalar ve Bağlama Halkaları

2.1.3.1 Bağlama Direkleri, Babalar ve Bağlama Halkalarının Düzenleri

Bağlama ekipmanlarının düzeni; gemilerin bağlanması ve kargo elleçlenmesinin düzgün ve güvenli olarak yapılabileceği şekilde olmalıdır. Bağlama direkleri, babalar ve bağlama halkaları gibi bağlama ekipmanları; gemilerin içindeki baba konumları dikkate alınmasıyla düzenlenmektedir.

Teknik Notlar:

(1) Fırtınalı havalarda kullanılan bağlama direkleri; rıhtım hattına uygun mesafede olan rıhtım uçlarının yakınında yerleştirilmelidir. Babalar; normal hava koşulları altında gemilerin yanaşması ve ayrılmasında kullanılacak şekilde rıhtımın üzerine ve rıhtım hattının yakınına yerleştirilmelidir. Babaların mesafesi ve minimum gerekli baba sayısının belirlenmesinde Çizelge 2.1 kullanılabilir.

Çizelge 2.1 Babaların mesafesi ve minimum gerekli baba sayısı

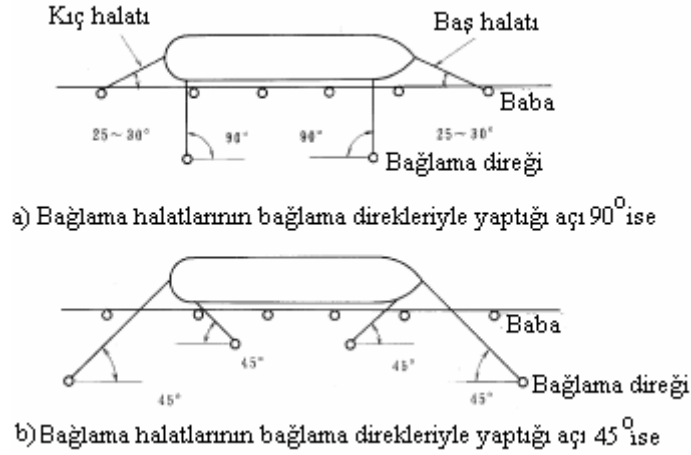
Gemilerin gros tonu	Maksimum Babaların Mesafesi (m)	Rıhtım Başına Minimum Baba Sayısı
2,000 GT'den az	10 ~ 15	4
2,000 GT ile 5,000 GT'den az	20	6
5,000 GT ile 20,000 GT'den az	25	6
20,000 GT ile 50,000 GT'den az	35	8
50,000 GT ile 100,000 GT'den az	45	8

(2) Küçük rıhtımlarda, gemilerin bağlama halatlarının yukarı doğru çekmesinin tehlikesi yoktur. Rıhtım hattı boyunca, babalar arasındaki mesafe 10m ile 20m arasında olması yeterlidir ve bağlama direklerinin yerleştirilmesine gerek yoktur. Küçük rıhtımlar için, babalar yerine eşdeğer dayanıklılığa sahip 5m ile 10m arasında mesafesi olan bağlama halkaları kullanılabilir. Eğer küçük rıhtımlar bağlama halkalarıyla donatılmışsa, gelgit seviyesi dikkate alınarak uygun bir seviyeye yerleştirilmelidir. Genelde, küçük gemilerin bağlanması,

bağlama halkaları ile baş ve kış bölümlerinden halatlarla bağlanarak yapılmaktadır.

(3) Bağlama direkleri; gemilerin kullanımına uygun şekilde yerleştirilmelidir. Gemi eksenine düşey doğrultuda etki eden dış kuvvetlere karşı uygun direnç sağlayan bağlama direkleri; gemi eksenine ile bağlama halatı arasındaki açı 90° 'ye yakın olacak şekilde yerleştirilmektedir. Genellikle bağlama direklerinin sayısı yanaşma yeri üzerinde 2'dir.

Baş ve kış halatları, gemilerin ileri-geri gitme hareketlerini önlemek için gerilmektedir. Bu amaçla; halat ile gemi eksenine arasındaki açı 25° ile 30° 'den küçük olmayacak şekilde küçük açılı yapılmalıdır. Şekil 2.1 bağlama direkleri ve babalarının tipik düzenini göstermektedir.



Şekil 2.1 Bağlama direkleri ve babalarının tipik düzeni

2.1.3.2 Gemilerin Çekme Gücü

Gemilerin çekme gücü; gemilerin yanaşması ve bağlama koşulları göz önüne alınarak hesaplanmaktadır.

2.1.3.3 Yapı

Bağlama direkleri ve babalar; üzerlerine etki eden gemilerin çekme güçlerine karşı güvenli bir yapıdadırlar.

Teknik Notlar:

Bağlama direklerinin yapısı; Japon Liman Birliği tarafından yayınlanan “Bağlama Direklerinin Standart Tasarımı” ve “Liman Yapılarının Standart Tasarımı”na uygun olarak belirlenebilmektedir.

2.1.4 Usturmaça Sistemi

2.1.4.1 Genel

Bağlama tesislerinin usturmaça sistemi yerleşimi, yapısı ve diğerleri; bağlı olan gemilerin hareketinden doğan gemilerin yanaşma kuvvetlerinin göz önünde tutulmasıyla uygun şekilde tasarlanmaktadır.

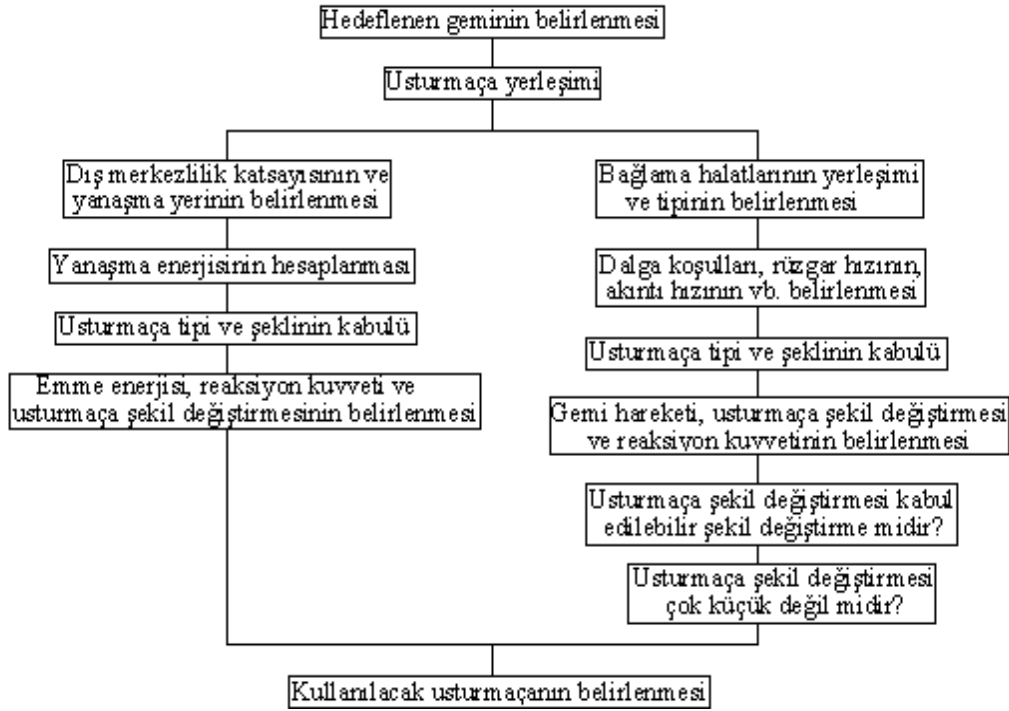
Teknik Notlar:

(1) Rıhtıma yanaşmış ya da bağlı bulunan gemiler; rüzgar ve dalga kuvvetleri ile gemi ve bağlama tesisi arasında oluşan yanaşma ve sürtünme kuvvetlerinden dolayı harekete geçmektedirler. Usturmaça sistemi; bağlama tesisleri üzerine bu kuvvetlerden dolayı gemi gövdesinde ve bağlama tesislerinde meydana gelecek hasarları önlemek için yerleştirilmektedir. Gemi usturmaçaları ya da lastikler gibi usturmaça sistemine sahip gemiler dikkate alındığında bağlama tesisleri; usturmaça sisteminin enerji sönmleme kapasitesi sebebiyle usturmaça sistemi ile donatılmayabilir.

(2) Popüler olarak kullanılan usturmaça sistemleri; kauçuk ve hava basınçlı olanlardır. Diğer kullanılan tipler ise; köpük tipi, su basınçlı tip, yağ basınçlı tip, asma ağırlık tipi, kazık tipi ve kereste tipidir.

(3) Usturmaça sistemleri; gemi gövdesini hasardan önlemek için birim alana düşen yükü azaltan temas levhaları ile sağlanmalıdır. Usturmaça sistemlerine etki eden kayma kuvvetlerini azaltmak için temas levhalarının yüzeyi yapay reçine tabakası ile tutturulması tavsiye edilmektedir.

(4) Kauçuk, hava basınçlı ve kazık tipli usturmaçaların tasarımı temel olarak Şekil 3.2'deki gibi olmalıdır.



Şekil 2.2 Usturmaça tasarımı akış şeması

2.1.4.2 Usturmaçaların Düzeni

Usturmaçalar; hedeflenen geminin yanaşma enerjilerinin gerekli kısımlarının sönmülmesine ve bağlama tesisleriyle direkt olarak temas etmemesini sağlayacak şekilde düzenlenmektedir.

2.1.4.3 Gemilerin Yanaşma Enerjisi

Prensip olarak; usturmaça tasarımında kullanılan gemilerin yanaşma enerjisi, gemilerden dolayı oluşan dış kuvvetlere göre hesaplanmaktadır.

2.1.4.4 Usturmaça Seçimi

Usturmaçaların seçiminde dikkate alınanlar:

- 1) Bağlama tesisleri yapılarının karakteristikleri ve gemi yanaşmaları buradadır.
- 2) Bağlama tesisleri; dalga etkileri, bağlı olan gemilerin hareketleri ve yanaşma açısını içeren

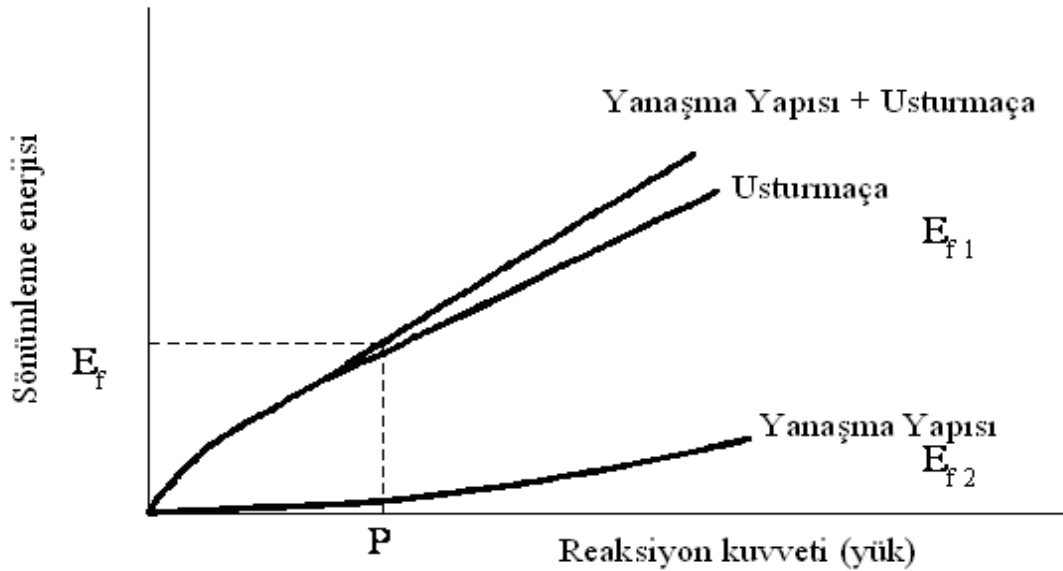
gemilerin yavaşma koşullarına maruz kalmaktadır.

- 3) Gemilerin yavaşması sırasında bağlama tesislerinin yapısal parçalarının üzerinde usturma reaksiyon kuvvetlerinin zorlamaları üretilir.
- 4) Usturmaçaların fiziksel karakteristiklerindeki değişim; standart fabrika ürünlerinden sapma, dinamik yüklere tepki ve hava sıcaklığına karşı ısısal tepkiden dolayı olmaktadır.

Teknik Notlar:

(1) Yavaşma kuvveti; Şekil 2.3’de gösterilen usturma şekil değiştirmesi ve yavaşma yapısı şekil değiştirmesinin eklenmesiyle elde edilen enerji sönmleme eğrisinden hesaplanmaktadır.

(2) Ağırılık tipi, palplanş tipi ve yardımcı platformlu rıhtımlar; normal yavaşma kuvvetlerine karşı yeterli direnç kapasitesi seviyesine sahiptirler. Ancak, açık tip rıhtımlar, ana iskeleler ve dolfinler gibi sabit olmayan yapılar, oldukça düşük yatay direnç kapasitesine sahiptirler. Bu yüzden, bu tip yapılarda yavaşma kuvvetleri; izin verilebilir yatay yükten küçük olmalıdır.



Şekil 2.3 Yavaşma kuvvetinin hesaplanması

(3) Usturmaça sistemi; gemilerin yavaşmasından meydana gelen usturmaça ve gemi gövdesi arasındaki sürtünmeden dolayı oluşan kayma kuvvetine karşı güvenli olmalıdır. Bu kuvvet, Vasco Costa tarafından ortaya atılan denklemle hesaplanır. Eğer gemi 6° ile 14° arasındaki

bir açı ile yanaşıyorsa; bu kuvvet, usturmaça reaksiyon kuvvetinin %10 ile %25 arasında olmaktadır.

(4) Dalga etkilerine maruz kalmış bağlama tesislerinde, gemiler yatay ve düşey doğrultuda hareket ederler. Gemi hareketleri usturmaçalarda; aşırı kayma şekil değiştirmesine ve buna ek olarak zaman zaman usturmaçaların kırılmalarını başlatan sıkıştırma şekil değiştirmesine sebep olabilir. Kayma kuvveti, sürtünme kuvveti olarak varsayılırsa; kuvvet, usturmaça reaksiyon kuvvetinin %30'u ile %40'ı alınarak hesaplanmaktadır.

(5) Tek kazık yapısı; yüksek gerilme mukavemetli çelikten yapılmış kazıkların şekil değiştirmesi ile yanaşma enerjisini sönümleyen yapı tipidir. Tek kazık yapısında kullanılan dolfinlerin tasarımında; tekrarlanan yanaşmadan dolayı oluşan kalıcı deformasyon sebebiyle enerji sönümleme miktarının hesaplanması gerekir. Kazıkların enerji sönümleme miktarı; Şekil 3.4'deki gibi kalıcı yer değiştirmelerden, yükleme noktası yer değiştirmesinin çıkarılmasıyla elde edilen yer değiştirmenin kullanılmasıyla hesaplanmaktadır.

Yükleme noktası yer değiştirmesi, 2.1 denkleminde kalıcı yer değiştirmenin dikkate alınmasıyla hesaplanmaktadır.

$$y_{top} = A_1 y_0 + A_2 i_0 h + \frac{Ph^3}{3EI} \quad (2.1)$$

y_{top} : kalıcı yer değiştirmeye göre kazıkların yükleme noktasındaki yer değiştirme (m)

y_0 : başlangıç yüklemesi sırasında deniz tabanındaki kazığın yer değiştirmesi (m)

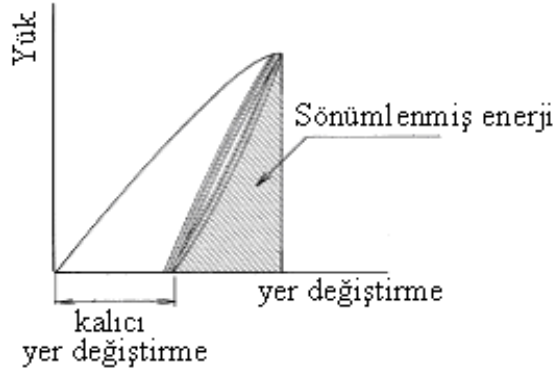
i_0 : başlangıç yüklemesi sırasında deniz tabanındaki kazığın sapma açısı (rad)

P : yatay yük (N)

h : yükleme noktası yüksekliği (m)

EI : kazığın eğilme rijitliği (N.m²)

A_1, A_2 : tekrarlanan yüklemeden dolayı oluşan etki katsayısı



Şekil 2.4 Kazığın şekil değiştirmesi ile enerji sönümlenmesi

Çizelge 2.2 Tekrarlanan yüklemelerden dolayı etki katsayısının değerleri

	Elde edilen maksimum yer değiştirme için	Kazığın şekil değiştirmesi ile elde edilen enerji sönümlenmesi için	Elde edilen kalıcı yer değiştirme için
A_1	1.4	0.4	0.8
A_2	1.2	0.6	0.9

(6) Usturmaçaların enerji sönümlenmesi

Kauçuk usturmaçaların; V-şekil, içi boş dairesel ve içi boş dikdörtgen gibi değişik tipleri vardır. Her tip, reaksiyon kuvveti ile şekil değiştirme arasındaki ilişkiye ek olarak enerji sönümlenme oranı gibi etkenlerden dolayı birbirinden farklıdır. Üretici kataloglarında her bir tip için; şekil değiştirme karşı enerji sönümlenme miktarı ve reaksiyon kuvvetleri diyagramları gösterilmektedir.

V-şekil gibi sabit reaksiyon kuvvetli usturmaçalar; düşük reaksiyon kuvvetleri ve yüksek enerji oranı ile nitelendirilmiştir. Gemi aynı zamanda 2 ile 3 usturmaçayla temas halinde bulunuyorsa; bağlama tesislerine doğru toplam reaksiyon kuvvetinin büyük olabileceği unutulmamalıdır. Bu yüzden reaksiyon kuvveti seviyesi; enerji sönümlenme oranının, tasarım kapasitesinin 1/3'üne ulaştığında yaklaşık maksimum değerine kadar yükselmektedir.

(7) Kauçuk usturmaçaların karakteristiklerinde değişiklik

Kauçuk usturmaçaların karakteristiklerinde değişikliklere sebep olan faktörler; üretim standart sapmaları, kalitenin yaşlanması, dinamik özellikler, sünme özellikleri, tekrarlama özellikleri, çapraz sıkıştırma özellikleri ve ısısal özellikleri kapsamaktadır. Yüzer bağlama yapılarının usturmaça tasarımında, bağlama sistemi güvenliğinin değerlendirilmesinde bu faktörler önemlidir. Rıhtımların usturmaça tasarımı; ürün sapmaları, dinamik özellikler, çapraz sıkıştırma özellikleri, ısısal özellikler vb. gibi etkenlerin göz önüne alınmasıyla uygun şekilde yapılmaktadır. Örneğin, usturmaçaların üretim sapmaları $\pm \%10$ olursa; usturmaçaların ve bağlama tesislerinin tasarımında, katalog değerlerinden enerji sönümlenme özelliklerinin $\%10$ indirilmesi ve reaksiyon kuvveti özelliklerinin $\%10$ yükseltilmesi istenilmektedir. Dinamik özelliklere gelince; yavaşma sırasındaki usturmaça reaksiyon kuvveti, yavaşma hızı dikkate alındığında katalogda gösterilen standart değerini aşmaması tavsiye edilir. Usturmaça reaksiyon kuvvetinin, düşük sıcaklık şartlarında yüksek sıcaklık şartlarına göre daha yüksek olacağı unutulmamalıdır.

Gemilerin yavaşma hızı, sıcaklık vb. gibi usturmaçalarda kullanılan özelliklerdeki değişiklikleri düşünmek için, usturmaçaların seçimindeki enerji sönümlenme ve reaksiyon kuvvetinde düzeltilme yapılması PIANC tarafından tavsiye edilmektedir. Düzeltme katsayısının gerçek değerleri,usturmaça için kullanılan yavaşma hızı, sıcaklık ve kauçuk tipine uyumlu olmalıdır.

2.1.5 Güvenlik Tesisleri

2.1.5.1 Genel

Yan korumalı ve diğer güvenlik ekipmanlı bağlama tesisleri; küçük gemilerin kazıklı iskelelerin altına hareketini durdurmaktadır. Yan korumalık dışındaki diğer güvenlik ekipmanları; çitleri, halatları ya da benzer ekipmanları ve yolcular için güvenli geçişi gösteren işaretleri kapsamaktadır.

2.1.5.2 Yan Korumalık

Küçük gemilerin, kazıklı iskeleler ve dolfinler gibi bağlama tesislerinin altına kaçabilme tehlikesi varsa; tesislere uygun yan korumalık tedarik edilir.

2.1.5.3 Çit ve Halat

Yolcu gemilerinin bağlama tesislerinde; yolcuların güvenliğini sağlamak, yolcuların yollarını emniyet altına almak ve tesislere araçların girişlerini engellemek için çitler ve halatların olması gereklidir.

Teknik Notlar:

Çitler ve halatlar için genellikle kullanılan standart yükseklik 0.7m'dir. Yolcuların düşebilme tehlikelerinin olduğu alanlarda çitlerin yüksekliği 1.1m ya da daha fazla olmalıdır.

2.1.6 Servis Tesisleri

2.1.6.1 Genel

Bağlama tesisleri; ışılandırma gereçleri ve kullanımı kolaylaştırmak için gerekli olan diğer ekipmanlar ile temin edilir .Gerekli olan diğer ekipmanlar; yolcu ve araçların inme ve binme tesisleri, su ikmal tesisleri, drenaj tesisleri, yakı tesisleri, elektrik gücü ikmal tesisleri, tabela ve işaretler, tuvaletler, telefonlar ve diğerlerini içermektedir.

2.1.6.2 Araç Rampası

Araç rampasının şartları:

- (1) Araç rampasının genişliği; Çizelge 2.3'de verilen değerlere eşit veya değerlerden daha büyük olur. Hareket edebilen köprülerde, köprünün yapıya karakteristikleri göz önüne alınır.
- (2) Araç rampasının eğimi; Çizelge 2.3'de verilen değerlere eşit veya değerlerden daha küçük olur.
- (3) Yatay kısmın standart uzunluğu 7m'dir.Küçük ölçekli tesislerde kullanılan standart uzunluk 4m olabilir.
- (4) Kıvrımlı bölümlerin orta çizgisinin yarıçapı, uygun değer olan 15m'ye eşit veya 15m'den daha büyük olur.
- (5) İşaretler ve uyarılar; yapısal karakteristikler ve tesis kullanımı dikkate alınarak uygun şekilde sağlanır.

Çizelge 2.3 Araç rampasının genişliği ve eğimi

Tesis Tipi	Şerit Sayısı	Genişlik (m)	Eğim (%)	
			Sabit Bölüm	Hareketli Bölüm
1.7 m ya da daha az genişlikli araçlar tarafından kullanılan rampa	1	3	12	17
	2	5		
2.5 m ya da daha az genişlikli araçlar tarafından kullanılan rampa	1	3.75	10	12
	2	6.5		
Konteyner treyleri tarafından kullanılan rampa	1	4	-	-
	2	7		

Teknik Notlar:

Küçük ölçekli ve standart boyutlu tesislerin tasarımında; hareketli kısmın ucundaki düşey hareket mesafesi, yükselen gelgit mesafesine 1m eklenerek ayarlanır.

2.1.6.3 Su İkmal Tesisleri

Bağlama tesislerinde; bağlama tesislerinin boyutu ve kullanımı göz önünde bulundurularak gerekli olan su ikmal tesisleri temin edilmektedir.

2.1.6.4 Drenaj Tesisleri

Bağlama tesislerinde; atık su niteliği, yapısal özellikler ve bağlama tesislerinin kullanımı dikkate alınarak gerekli olan drenaj tesisleri temin edilmektedir.

2.1.6.5 Yakıt ve Elektrik Gücü İkmal Tesisleri

Bağlama tesislerinde, güvenli ve elverişli yakıt ve elektrik beslenmesini sağlayan yakıt ve elektrik gücü ikmal tesisleri; tesislere bağlanan gemilerin boyutu, kargo elleçleme tipi ve derecesi ve bağlama tesislerinin yapısal özellikleri göz önüne alınarak yapılmaktadır.

2.1.7 Merdivenler

Su yüzeyine doğru olan merdivenler ve diğer benzer tesislerin koşulları:

- (1) Acil durumlarda kolaylıkla kullanılabilinen yerde bulunmalıdır.
- (2) Güvenli kullanımı sağlayan yapıda olmalıdır.

Teknik Notlar:

El merdivenleri; yatay ve düşey doğrultuda merdiven uzunluğunun her bir metresi için 1 kN tasarım yüküne sahip olacak şekilde tasarlanmalıdır. Metal donanımlar özellikle yüksek dayanıma sahip olmalıdır. El merdivenleri; kırılmalara, korozyona vb. gibi durumlarda kolay onarımı sağlayan koşullara göre yapılmalıdır.

2.1.8 Cankurtaran Tesisleri

500 ton ya da daha fazla gros tonluk yolcu gemileri tarafından kullanılan bağlama tesislerinde, uygun cankurtaran tesislerinin sağlanması gerekir.

2.1.9 Kaldırım Kenar Taşı

Kaldırım kenar taşının yapısı, şekli, yerleşimi ve malzemesi; bağlama tesislerinin kullanımı ve yapısal özellikleri dikkate alınarak araç kullananların güvenliğini sağlayacak ve kargo elleçlemesini engellemeyecek şekilde tasarlanmaktadır.

2.1.10 İşaretler, Uyarılar ve Koruyucu Çitler

2.1.10.1 İşaretlerin Koşulları

Liman kullanıcılarının güvenliğini sağlamak ve limanların elverişli kullanımını temin etmek için işaretlerin sağladığı imkanlar:

- (1) Liman kullanıcılarının hızlı ve güvenli bir şekilde ayrılımlarının sağlanması ve liman tesislerinin etrafının yol işaret levhalarıyla donatılması gerekli olabilir.
- (2) Liman kullanıcılarının, liman kullanımları ve kargo elleçleme çalışmalarından dolayı

oluşacak tehlikelere karşı uyarılmaları gerekli olabilir.

(3) Liman kullanıcılarının, liman kullanım metotlarını ve güvenli ve düzgün tesis kullanımını göstermeleri gerekli olabilir.

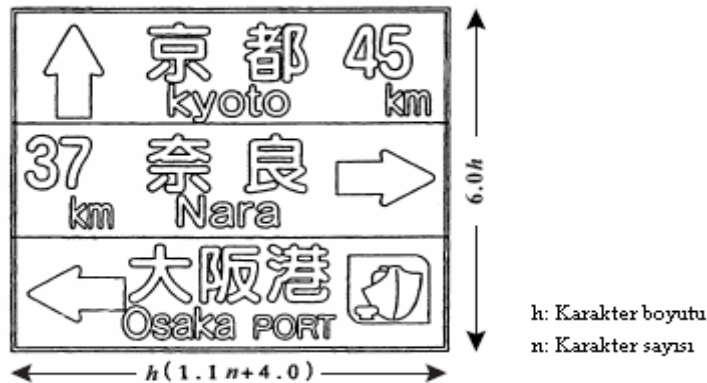
(4) Güvenli ve düzgün faaliyetler sağlamak, yangın ve düşme kazaları gibi felaketleri önlemek ve çöplerden ötürü meydana gelen çevresel kirliliği engellemek için liman kullanıcılarının davranışlarının düzene sokulması gerekli olabilir.

2.1.10.2 İşaretlerin Tipi ve Konumu

(1) İşaretler; amaçlarına göre liman kullanıcıları tarafından kolayca fark edilebilir ve yollarda kullanılanlarla benzer tipte olmaları dikkate alınarak tasarlanmaktadır.

(2) İşaretler; liman kullanıcıları tarafından kolayca fark edilebilir ve trafik ve kargo elleçleme çalışmalarını engellemeyecek yerlerde olmalıdır.

Teknik Notlar:



Şekil 2.5 İşaret örneği

2.1.10.3 İşaretlerin Pozisyonu

İşaretlerin yerleştirilmesindeki prensipler:

(1) Yatay pozisyon

Prensip olarak, yollara yerleştirilmiş işaretler; işaret plağının bir kenarından yol gabari limitlerinin yatay sınırına göre ayarlanmaktadır.

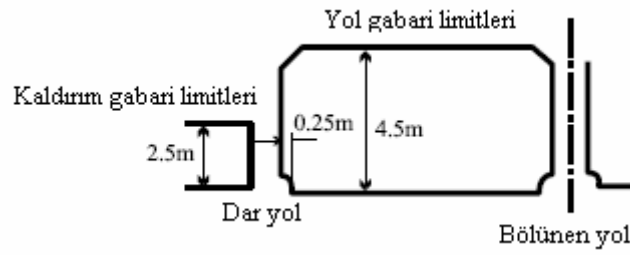
(2) Yükseklik

İşaretler, amaçlarına göre kullanıcılar tarafından kolayca fark edilebilir yüksekliğe yerleştirilmektedir.

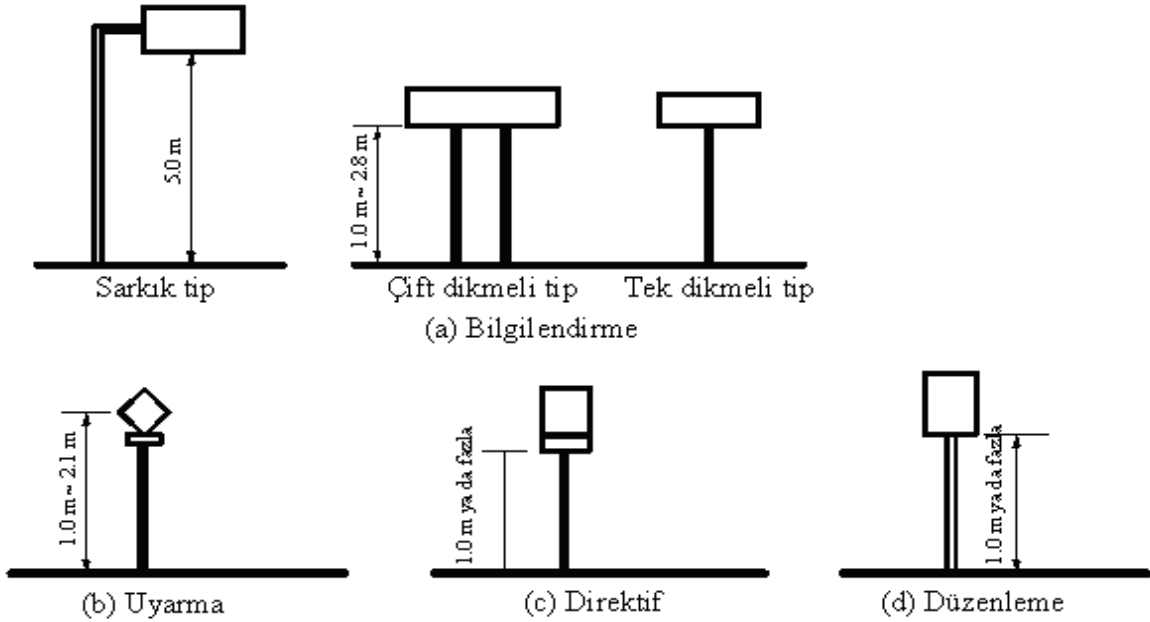
Teknik Notlar:

(1) Şekil 2.6’da yol gabari limitleri örneği gösterilmektedir.

(2) Şekil 2.7’de yol işaretlerinin yükseklikleri gösterilmektedir.



Şekil 2.6 Yolların gabari limitleri



Şekil 2.7 İşaretlerin yüksekliği

2.1.10.4 İşaretlerin Yapısı

İşaretlerin dikmeleri, temel çalışmaları ve plaklarının elverişli yapısal dayanıklılığa sahip olacak şekilde tasarlanmasında dikkate alınanlar:

- (1) İşaretlemelere etki eden dış kuvvetler; ölü ağırlık, rüzgar yükü ve yerçekimidir.
- (2) Rüzgar yükünün hesaplanması ve temel çalışmaları tasarımı; “ Yardımcı Yol Tesislerinin Temel İnşaatı Kuralları”na uyularak yapılmaktadır.
- (3) Dikmeler; işaret plağı boyutu ve işaretlerin yerlerinin göz önüne alınmasıyla, yeterli dayanıklılığa ve uygun estetiğe sahip olacak şekilde tasarlanmaktadır.
- (4) İşaret plağı kalınlığı; aşırı bükülme ve deformasyonlardan dolayı uzun süre görülebilir halde kalacak şekilde plak boyutu dikkate alınmasıyla tasarlanmaktadır.
- (5) Taşınabilir işaretler; kolay taşınabilecek ve yeterli derecede sabit yapıya sahip olacak şekilde tasarlanmaktadır.

Teknik Notlar:

- (1) Rüzgar yükünün hesaplanmasında kullanılan denklem

$$P = \frac{1}{2} \rho_a V^2 CA \quad (2.2)$$

P : rüzgar yükü (kN)

V : tasarım rüzgar hızı (m/s)

A : rüzgara maruz kalan alan (m²)

C : rüzgarın geri itme katsayısı

standart olarak kullanılan değerler: dikme için 0.7

plak için 1.2

ρ_a : hava yoğunluğu, $\rho_a = 1.23 \times 10^{-3} \text{ (t/m}^3\text{)}$

Tasarım rüzgar hızı için standart olarak kullanılan değerler:

Tek dikmeli tipli küçük işaretler için : 40 m/s

Sarkık tip büyük işaretler için : 50 m/s

Rüzgar yükü, kısa süreli yük gibi davranmalıdır.

(2) İşaret plağı kalınlığı

Son zamanlar alüminyum alışımlar; işaret plaklarının ana tablası olarak kullanılır. Normalde kullanılan boyutlar:

(a) Küçük işaret plakları için (1.0 m^2 'den küçük) : 1.2 mm

(b) Büyük işaret plakları için (1.0 m^2 ve daha büyük) : 2.0 mm

2.1.10.5 Malzemeler

(1) Prensip olarak; işaretlerin yapımında kullanılan malzemeler:

(a) İşaret plağı: alüminyum alışımlı plak ya da sentetik reçineli plak

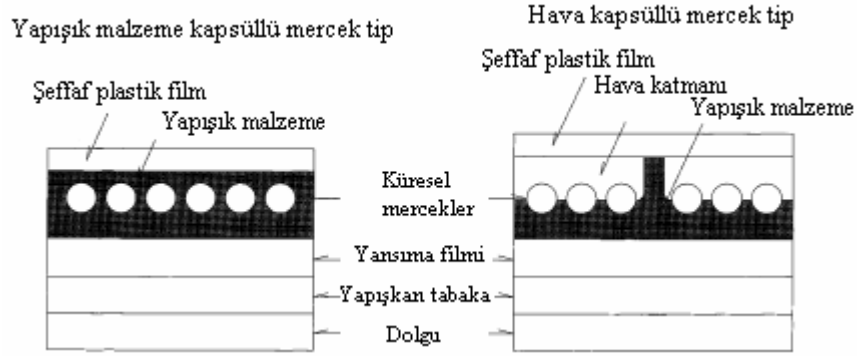
(b) Dikme: çelik boru ya da alüminyum boru

(c) Metal donanım: alüminyum alışımlı şekiller ya da çelik

(2) Kullanılan bütün çelik ürünleri yüzeylerinin; uygun korozyon korumaları ile iyileştirilmeleri sağlanır.

Teknik Notlar:

Reflektör levha ürünlerinin çok çeşidi vardır, ama en fazla kullanılanları; yapışık malzeme kapsüllü mercek tip reflektör levhaları ve hava kapsüllü mercek tip reflektör levhalarıdır. Bu tiplerin yapıları Şekil 2.8'de gösterilmektedir.



Şekil 2.8 Başlıca reflektör levha tipleri ve yapıları

2.1.10.6 Bakım ve İdare

İşaretlerin bakımı ve yönetimi her zaman iyi koşullar altında olmalıdır.

2.1.10.7 Koruyucu Çitler

Koruyucu çitler; alan koşulları göz önüne alınarak tesis kullanıcılarının güvenliğini sağlamalıdır. Koruyucu çitlerin tasarımı, yerleşimi ve diğerleri; “Koruyucu Çitlerin Koşulları İçin Kurallar”ına dayanılarak belirlenebilmektedir.

2.1.10.8 Barikatlar

Barikatlar; kolayca yer değiştirilebilen ve yer değiştirme sırasındaki hasarlara karşı dirençli yapıda olmalıdır.

2.1.11 Işıklandırma Tesisleri

2.1.11.1 Genel

Bağlama tesislerinin kullanım durumlarının dikkate alınmasıyla yükleme, boşaltma ve transfer gibi kargo elleçleme çalışmaları, gemilerin yanaşmaları ve ayrılmaları, yolcuların kullanımı ve diğer gece yapılanlar için rıhtımlarda ve ilgili alanlarda uygun ışıklandırma tesisleri sağlanmalıdır.

Açıklama:

(1) Bu bölümün kuralları; yolcular ve başkaları tarafından geceleri kullanılan ya da geceleri

kargo elleçleme çalışmaları, gemilerin yanaşmaları ve ayrılmaları ve diğer çalışmaların yapıldığı rıhtımların ışıklandırma tesislerinin yerleştirilmesi, düzenlenmesi ve bakımı uygulanmaktadır.

(2) Su tarafı konfor tesisleri ve konfora yönelik kaplamalar, marinalar, parklar ve gezme yerleri gibi eğlence alanları için; tesislere özgü işlevlere göre uygun ışıklandırma tesisleri koşulları düşünülmelidir.

Teknik Notlar:

Liman tesisleri için en son sosyal ışıklandırma tesisleri düzenleme isteklerine karşı; yapılar, parklar ve rıhtımların gece görünümü için bir çok ışıklandırma tesisleri tasarlanmaktadır. Işıklandırma tesisleriyle sadece aydınlatma değil aynı zamanda iyi ışık rengi ve mekanlarda sakin, dinlendirici ve eğlendirici ortam gibi ışık verme verimi sağlanmalıdır. Öte yandan yakın alan çevreleri üzerinde suni aydınlatmanın olumsuz etkilerinin önlenmesi ve enerji korumalarının desteklenmesi bakımından liman tesisleri koşullarının ihtiyaçları tekrar tetkik edilmelidir.

2.1.11.2 Standart Aydınlatma Şiddeti

[1] Tanım

Standart aydınlatma şiddeti; belirlenmiş standart yatay yüzeyde ortalama aydınlatma şiddeti olarak tanımlanmaktadır ve söz konusu olan tesislerin güvenli ve elverişli biçimde kullanımında gerekli olan minimum aydınlatma şiddetini vermektedir.

Açıklama:

(1) Işıklandırma tesisleri tasarımının en yaygın parlaklık ölçüsü, aydınlatma şiddetidir. Belirlenmiş standart yatay yüzeydeki ortalama aydınlatma şiddeti tanımı; döşeme ya da zemin yüzeyinde ölçülen aydınlatma şiddetinin ortalama değerine dayanmaktadır.

(2) Standart aydınlatma şiddeti, gerekli olan minimum değeri belirtmektedir. Gerekli olduğunda da yüksek şiddet kullanılabilir.

(3) Aydınlatma şiddeti standartları; Uluslararası Aydınlatma Komitesi (CIE) tarafından

yayınlanan “Dış Çalışma Mekanları İçin Aydınlatma Tasarımı Talimatnamesi” ile oluşturulmuştur.

[2] Dış Mekan Aydınlatması İçin Standart Aydınlatma Şiddeti

Dış mekan aydınlatması için aydınlatma şiddeti; tip ve çalışma stili göz önüne alınarak “Aydınlatma Şiddeti İhtiyaçları” ve diğer uygun gereksinimlere göre tasarlanmaktadır

Açıklama:

Tesis tipleri dikkate alınarak dış mekanların aydınlatma şiddetinde kullanılan standart değerler Çizelge 2.4’de verilmiştir.

Çizelge 2.4 Dış mekan aydınlatması standart aydınlatma şiddeti

Tesis			Standart Aydınlanma Şiddeti
Rıhtım	Apron	Yolcular ve araçlar için bağlama tesisleri, genel kargo ve konteyner yanaşma yerleri	50
		Gezinti botların eğimi ve boru hattı ile elleçlenen tehlikeli kargo apronları	30
		Boru hattı ve bantlı taşımaların yapıldığı basit kargo elleçleme çalışmalarını kullanan apronlar	20
	Saha	Depolama, yükleme ve boşaltma, konteynerlerin taşımak ve genel kargolar için kullanılan sahalar	20
	Geçitler	Taşıtlar ve yolcular için biniş köprüsü	75
		Taşıtlar ve yolcular için geçitler	50
		Diğer geçitler	20
	Emniyet ve güvenlik	Tüm tesisler	1~5
Yol ve park	Yollar	Ana yollar	20
		Diğer yollar	10
	Park alanları	Feribotlar için park alanı	20
		Diğer park alanları	10
	Yeşil alanlar	Yeşil alanlardaki geçişler	3

Çizelge 2.5 İç mekan aydınlatması standart aydınlatma şiddeti

Tesis		Aydınlatma Şiddeti (lx)
Yolcu terminali	Bekleme odaları	300
	Yolcu geçitleri ve biniş köprüsü	100
Ambar ve depo	Balıkçı tekneleri için yanaşma yerinde balık sınıflandırma depoları	200
	Konteyner yükleme istasyonları ve sadece taşıtların kullandığı geçiş depoları	100
	Basit kargo elleçleme işleri için kullanılan ambar ve depolar	70
	Diğer ambar ve depolar	50

2.1.11.3 Işık Kaynağı Seçimi

(1) Rıhtım ışıklandırmasının ışık kaynağı seçiminin ihtiyaçları:

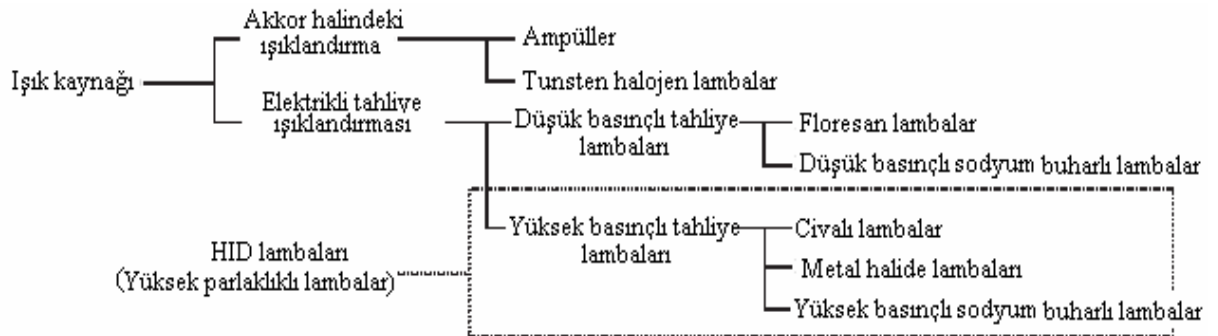
- (a) Işık kaynağı; yüksek verimli ve uzun hizmet süreli olmalıdır.
- (b) Işık kaynağı; ortam sıcaklığı değişimlerine karşı dayanıklı olmalıdır.
- (c) Işık kaynağı; iyi ışık rengi ve ışık verme verimini sağlamalıdır.
- (d) Açılmadan sonraki ışığın saptama zamanı kısa olmalıdır.

(2) Ampul dışındaki herhangi bir ışık kaynağı, uygun dengeleyicilerle birlikte kullanılır.

Açıklama:

(1) Işık kaynağı tipleri

Işık kaynakları Şekil 2.9'da gösterilen tiplere göre sınıflandırılmaktadır.



Şekil 2.9 Işık kaynağı tipleri

Teknik Notlar:

(1) Çeşitli lambaların özellikleri Çizelge 2.6’da listelenmektedir.

Çizelge 2.6 Lambaların özellikleri

Özellikler Lamba Tipi	Lamba verimi (lm/w)	Işık rengi (k)	Işık verme verimi (Ra)	Hizmet süresi (saat)	Ortam sıcaklık etkilerine karşı dayanıklık	Harekete geçme	Yeniden çalıştırma	Söndürme
Akkor ampül	Düşük 15 ile 20 arası	Beyazımsı turuncu 2,800	İyi 100	Kısa 1,000 ile 2,000 arası	Dayanıkl	Anında	Anında	Kolay
Halojen Ampül	Düşük 17 ile 22 arası	Beyazımsı turuncu 3,000 ile 3,200 arası	İyi 100	Kısa 1,000 ile 2,000 arası	Dayanıkl	Anında	Anında	Kolay
Floresan ampül	Orta 80 ile 100 arası	Beyaz 3,000 ile 4,000 arası	Nispeten iyi 50 ile 95 arası	Uzun 6,000 ile 12,000 arası	Etkili	Hızlı 2 ile 3 saniye arası	Hızlı 2 ile 3 saniye arası	Mümkün
Düşük başınçlı sodyum lamba	Yüksek 100 ile 180 arası	Turuncu 1,700	Kötü	Orta 9,000	Dayanıkl	20 dakika	Nispeten hızlı 10 saniye	Zor
Civa buharlı lamba	Nispeten düşük 40 ile 60 arası	Beyaz 3,500 ile 4,000 arası	Orta 40 ile 50 arası	Uzun 9,000 ile 12,000 arası	Dayanıkl	Normal sıcaklık şartlarınd a 8 dakika	Nispeten yavaş 10 dakika ya da daha az	%50’si mümkün
Metal Halide lamba	Orta 70 ile 80 arası	Beyaz 4,000 ile 6,500 arası	İyi 70 ile 90 arası	Orta 6,000 ile 9,000 arası	Belli çapta etkili	Normal sıcaklık şartlarınd a 5 dakika	Nispeten yavaş 10 dakika ya da daha az	Zor
Yüksek başınçlı sodyum buharlı lamba	Orta 60 ile 120 arası	Beyazımsı turuncu 2,800	Orta 25 ile 80 arası	Uzun 9,000 ile 12,000 arası	Dayanıkl	5 ile 10 dakika arası	Nispeten hızlı 1 ile 5 dakika arası	%50’si mümkün

(2) Renk derecesi ve ısınma ya da soğuma duyarlılığı

Renk derecesi (K); sayısal şekil biçiminde ışık renginin gösterimi ve insanın ısınma ve soğuma duyarlılığı ile ilgilidir. Işık rengi; renk derecesi düştüğünde kırmızımsı, yükseldiğinde solgunca olmaktadır. Çizelge 2.7’de renk derecesi ve ısınma-soğuma duyarlılığı arasındaki ilişkiyi vermektedir.

Çizelge 2.7 Renk derecesi ve ısınma-soğuma duyarlılığı

Renk Derecesi (K)	Isınma – Soğuma Duyarlılığı
3,300 ya da az	Sıcak
3,300 ile 5,300 arası	Orta
5,300 ya da fazlası	Soğuk

(3) Işık verme verimi ve ortalama ışık verme veriminin değerlendirme sayısı

Işık verme veriminin ana göstergesi olarak; ortalama ışık verme veriminin değerlendirme sayısı (Ra) kullanılır. Ra sayısı; sekiz belirli test rengi için elde edilen ortalama ışık verme veriminin değerlendirme sayısıdır. CIE Ra sayısına dayanarak dış mekanlar için çeşitli lamba tiplerinin uygulama limitlerini tanımlamıştır. Işık verme verimi sınıfları; ortalama ışık verme veriminin değerlendirme sayıları, lamba tipleri ve buna ek olarak tiplerin kullanımlarına ilişkin olarak Çizelge 2.8’de verilmektedir.

Çizelge 2.8 Dış mekan ışıklandırmaları için ışık verme verimi sınıfları

Işık Verme Verimi Sınıfları	Ortalama Işık Verme Veriminin Değerlendirme Sayısı (Ra)	Lamba Tipi	Kullanım
1	$80 \leq Ra$ Çok iyi	Akkor lamba	Renk tonu seçimi gerektiren çalışma
2	$60 \leq Ra < 80$ İyi	Floresan lamba Metal halide lamba Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba	
3	$40 \leq Ra < 60$ Nispeten iyi	Civalı lamba	Normal çalışma
4	$20 \leq Ra < 40$ Kabul edilebilir	Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba	
⊗	$Ra < 20$	Düşük basınçlı sodyum buharlı lamba	Renk seçimi gerektiren çalışma için uygun değil

⊗ : tavsiye edilmez

2.1.11.4 Aydınlatma Ekipmanları Seçimi

[1] Dış Aydınlatma

Dış aydınlatmada göz önünde bulundurulacak ihtiyaçlar:

- (1) Aydınlatma ekipmanları su geçirmez olmalıdır. Aydınlatma ekipmanlarının yakınlarında büyük miktarda yanıcı tehlikeli madde elleçlenmesi yapılıyorsa, aydınlatma ekipmanları tutuşamaz olmalıdır.
- (2) Lamba malzemeleri, reflektör yüzeyi ve aydınlatma kapağı; iyi kaliteli, yüksek dayanıklılığa sahip ve bozulma ve korozyona karşı dirençli olmalıdır.
- (3) Duylar; ayrı ayrı ışık kaynaklarına uygun tipte olmalıdır.
- (4) Dengeleyiciler ve iç elektrik tesisatı; ekipman sıcaklığında beklenen yükselmelere karşı dayanıklı olmalıdır.
- (5) Aydınlatma ekipmanı, yüksek verimli tipte olmalıdır.

(6) Parlaklık şiddetinin dağılımı; ekipman kullanımını dikkate alınarak uygun şekilde kontrol edilmelidir.

[2] İç Aydınlatma

İç aydınlatmada göz önünde bulundurulacak ihtiyaçlar:

(1) Parlaklık şiddetinin dağılımı; ekipman kullanımını dikkate alınarak uygun şekilde kontrol edilmelidir.

(2) Duylar; ayrı ayrı ışık kaynaklarına uygun tipte olmalıdır.

(3) Dengeleyiciler ve iç elektrik tesisatı; ekipman sıcaklığında beklenen yükselmelere karşı dayanıklı olmalıdır.

(4) Aydınlatma ekipmanı, yüksek verimli tipte olmalıdır.

2.1.11.5 Aydınlatma Tasarımı

Aydınlatma tasarımında aydınlatma ekipmanları düzeni; aşağıda listelenenlere göre aydınlatma metodu, ışık kaynağı ve seçilen ekipmanlar için ekipmanların yerleştirildiği alanların özelliklerinin dikkate alınmasıyla belirlenir. Denize kadar uzanan etkili alandaki ekipmanlar, gemilerin seyrini engellemeyecek şekilde yerleştirilmektedir.

(1) Standart aydınlatma şiddeti

(2) Aydınlatma şiddeti dağılımı

(3) Göz kamaştırıcı ışık

(4) Işığın olumsuz etkileri ve enerji koruma düşünceleri

(5) Işık rengi ve ışık verme verimi

Açıklama:

(1) Aydınlatma ekipman düzeni

Aydınlatma ekipmanlarının planı; standart aydınlatma şiddeti, aydınlatma şiddeti dağılımı göz kamaştırıcı ışık ekipmanı, ışık rengi ve ışık verme veriminin açıklanmasından sonra yeterli derecede tanımlanan 2.1.11.2'deki Standart Aydınlatma Şiddeti'ne göre tasarlanmalıdır.

(2) Aydınlatma şiddeti dağılımı

Aydınlatma şiddetinin aydınlatan yüzeyinin uygunsuz dağılımı, yolcu ve çalışanları rahatsız eden ve kişilerin, nesnelere ve diğer kişileri göremediği karanlık alanlara neden olmaktadır. Çalışma etkinliklerinin ve kazalarının azalmasına yol açmaktadır.

Aydınlatmanın tasarımında dikkat edilmesi gerekenler:

- (a) Aydınlatma ekipmanı düzeninin belirlenmesinde; uygun aydınlatma şiddeti dağılımını sağlayacak kurulum mesafesi ve aydınlatma ekipmanının yüksekliği arasında orana dikkat edilmelidir.
- (b) Bitkiler ya da kargolardan dolayı hafif karanlıkta kalan alanlar, yardımcı aydınlatma ekipmanlarıyla sağlanır.
- (c) CIE tarafından yayınlanan Aydınlatma Talimatnamesinde listelenen değerler; zemin ve döşemedeki aydınlatma şiddetinin yanında düzgünlük derecesinin tavsiye edilen değerlerinin bakımını sağlamalıdır.

(3) Göz kamaştırıcı ışık

Göz alıcı ışık olarak kastedilen aşırı derecede parlak ışık ya da düzenli olmayan parlaklıklı ışık; kişiler için geçici rahatsızlığa veya görüş azalmasına neden olmaktadır. Aydınlatma ekipmanının sebep olduğu göz kamaştırıcı ışıklar sınıflandırılması:

(a) Gemiler üzerindeki etkisi

Göz kamaştırıcı ışıktan etkilenen mürettebat veya kaptanın, seyre yardımcı olan araç-gereçleri ve demirli gemileri teşhis etmelerinde azalma olur. Bu da diğer gemilere ya da rıhtımlara çarpma gibi kazalara neden olacak gemi manevra hatalarına yol açabilir. Bu yüzden, aydınlatma ekipman düzeni ve aydınlık şiddeti dağılımı; gemilerin güvenli seyrini sağlamak için dikkatlice tanımlanmalıdır.

(b) Çalışanlar ve yolcular üzerindeki etkisi

Göz kamaştırıcı ışıktan etkilenen çalışanlar ya da yolcuların; kargoları, yönlendirme işaretlerini ve engelleri teşhis etmelerinde azalma olur. Bu da çalışma veriminin azalmasına ve gereksiz yorgunluğa yol açabilir. Bu yüzden, yolcu ve çalışanların göz yüksekliği ve aydınlatma ekipmanlarının konumları göz önüne alınarak kişilerin gözlerinin doğrudan

ışığa maruz kalmasını önlenmek için düzenlemeler yapılmalıdır. CIE dış mekan aydınlatma standartlarında; çalışanların verimli çalışmalarını ve trafik güvenliğini sağlamak için göz kamaştırıcı ışığın üst limitlerinin bilgilerini vermiştir.

(4) Işığın olumsuz etkileri ve enerji koruma düşünceleri

Dış aydınlatma tesisinde ışık sızması; nesnelere tanınmasının engellenmesi ve hayvan ve bitki ekosistemlerinin bozulması gibi olumsuz etkileri üretmektedir. Üstelik ışık sızması enerji kaybını meydana getirir.

(5) Işık rengi ve ışık verme verimi

Konfora yönelik kaplamalar, parklar ve gezme yerleri gibi eğlence alanları için ışık kaynakları; tesisler için ışık renginin uygunluğu dikkate alınarak seçilmelidir. Yüksek aydınlatma şiddetli tesislerin ışık kaynağı seçiminde; istenen ışık verme verimine dikkat edilmelidir.

(6) Aydınlatma şiddeti hesaplama metodu

Akı metodu ve noktadan noktaya metodu olmak üzere 2 çeşit aydınlatma şiddeti hesaplama metodu vardır. Akı metodu; nispeten basit bir denklemdir ve gerekli olan aydınlatma ekipmanı sayısının hesaplanması için kullanılır. Noktadan noktaya metodu; belirli noktanın aydınlatma şiddetini doğru olarak hesaplayabilmektedir.

Noktadan noktaya metodu, aydınlatma şiddeti dağılımını incelenmesini sağlamaktadır ve ortalama değeri ise akı metodu ile hesaplanır. Bu yüzden ilk bahsedilende aydınlatma şiddeti düzgünlüğüne bakılmaktadır.

Teknik Notlar:

(1) Akı metodunun hesaplanması

Aydınlanmış alanların ortalama aydınlatma şiddeti, akı metodu kullanılarak hesaplanması:

$$E = \frac{NFUM}{A} \quad (2.3)$$

E : ortalama aydınlatma şiddeti (lx)

N : aydınlatma ekipmanı sayısı (birim)

F : ışık kaynağının toplam akısı (lm)

U : kullanım katsayısı

M : bakım katsayısı

A : aydınlanmış yüzeyin alanı (m^2)

(2) Noktadan noktaya metodunun hesaplanması

Aydınlatma tasarımında aydınlatma şiddeti düzgünlüğünün belirlenmesi için noktadan noktaya metodunun kullanılması gereklidir. Noktadan noktaya metodu; alanı, dikdörtgen blokların ızgara şebekesini aydınlatmak için böler ve her bir bloğun merkezinde aydınlatma şiddetini hesaplar. Işık kaynağı L'den oluşan yüzey üzerindeki P noktasında yatay düzlem aydınlatma şiddetinin E_h denklemi 2.4'de verilmiştir.

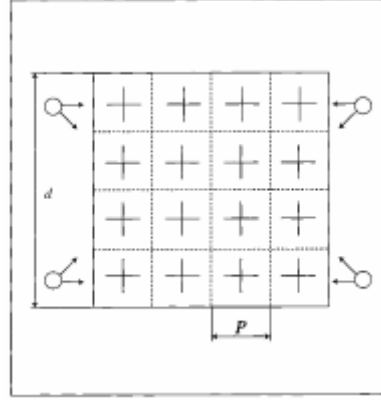
$$E_h = \frac{I_\theta \cos \theta}{l^2} \quad (2.4)$$

E_h : P'deki yatay düzlem aydınlatma şiddeti (lx)

I_θ : θ doğrultusundaki parlaklık şiddeti (cd)

l : ışık kaynağı L ile P notası arasındaki mesafe (m)

θ : gelen açı ($^\circ$)



Şekil 2.11 Aydınlanan alanın bölünmesi

(3) Kullanım katsayısı; aydınlatma ekipmanı ışık kaynağının toplam akısına kadar uzanan aydınlatma yüzeyinin akı oranını vermektedir.

İç aydınlatma kullanım katsayısı değeri; aydınlatma ekipmanı verimine, aydınlanan yüzey alanına, oda koşullarına ve odaların çeşitli kısımlarının yansımaya katsayıları arasındaki farklılıklarına bağlı olmaktadır. Bu faktörlerin dikkate alınması aydınlatma hesabında önemlidir.

Dış mekan aydınlatmasının kullanım katsayısı; aydınlatma ekipmanı verimi ve aydınlanan yüzey alanının kullanımıyla hesaplanabilir. Gerçek değerler 0.2 ile 0.5 arasındadır ve normalde kullanım katsayısı olarak 0.2 kullanılmaktadır.

2.1.11.6 Bakım ve İdare

[1] İncelemeler

(1) Periyodik incelemelerle yönetilenler:

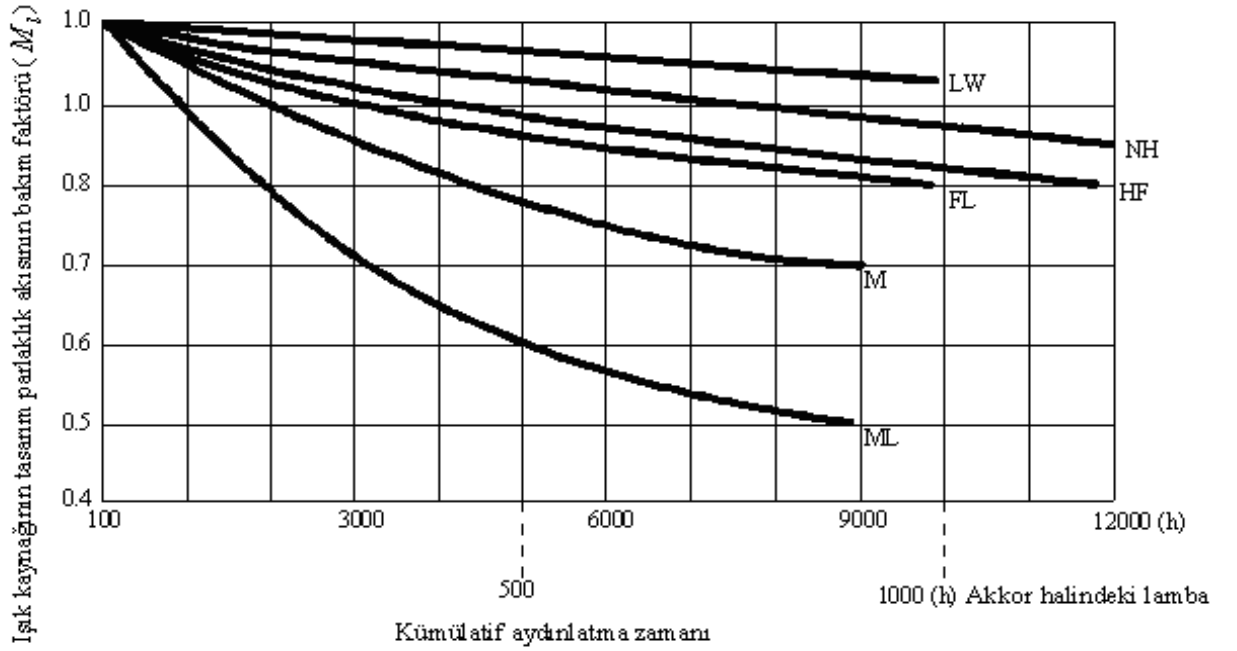
- (a) Işık koşulları
- (b) Kirlenme koşulları ve ekipman hasarı
- (c) Kaplamanın soyulması

(2) Aydınlatma şiddeti ölçümü; her bir tesis için ayrı ölçüm noktaları ile idare edilir. Ölçüm

noktaları; tesisin toplam aydınlatma şiddetinin gösterdiği verilere göre seçilmektedir. Aydınlatmaların şiddet ölçümü; ayrı ayrı tesislerin tipik noktalarıyla seçilir ve periyodik olarak ölçüm yapılmaktadır.

Teknik Notlar:

Kümülatif aydınlatma zamanındaki artışla ışık kaynağının akısı azalmaktadır. Eğer akı; tasarım akısından az olursa lambanın değiştirilmesi gerekir. Şekil 2.12; lambanın kümülatif aydınlatma zamanı ile çeşitli lamba tipleri için parlaklık akısının bakım faktörü M_f arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



NH : Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba

HF : Floresan civalı lamba

M : Metal halide lamba

ML : Metal halide lamba

LW : Akkor halindeki lamba

Şekil 2.12 Işık kaynağının tasarım parlaklık akısının bakım faktörü

[2] Temizleme ve Onarım

(1) Temizleme

Aydınlatma ekipmanı iç ve dış yüzeyinde kirliliğin birikmesi; alanlarda ya da yol yüzeyinde aydınlatma şiddetini azaltmaktadır. Temizleme; inceleme sonuçları ve aydınlatma şiddeti ölçümlerine dayanılarak yapılmaktadır.










(2) Onarım

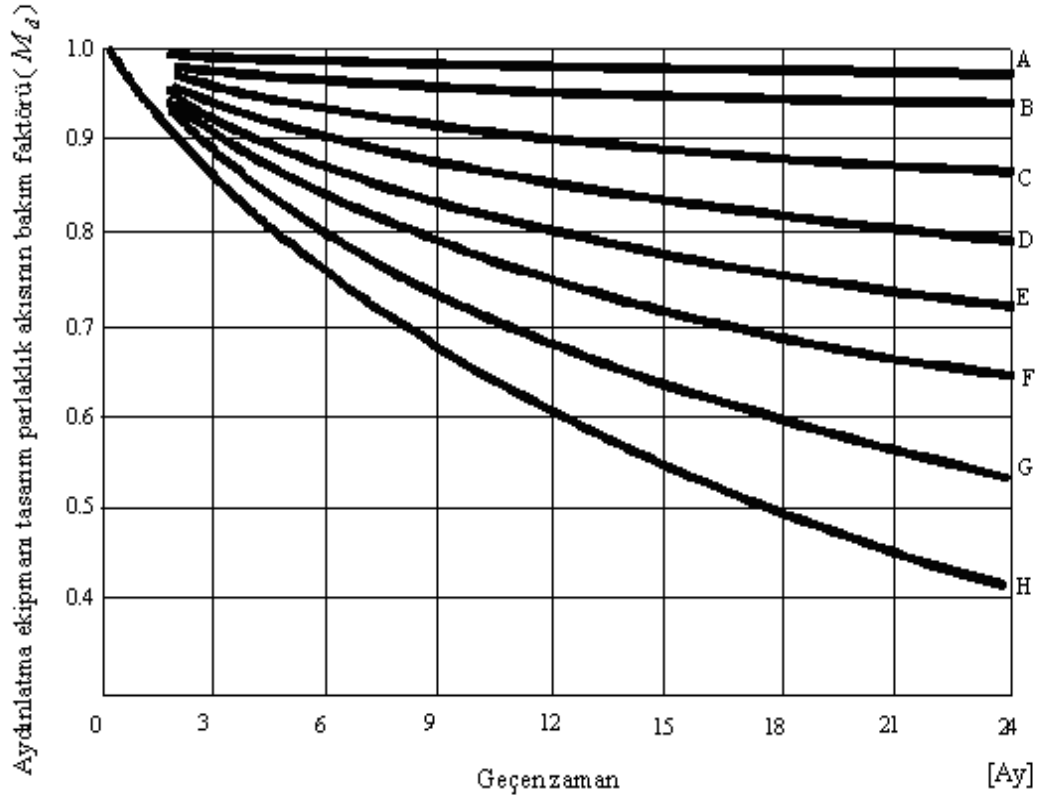
İnceleme, düşen ve hasar gören kısımları ortaya çıkarır ve bu kısımlar hızlıca onarılmaktadır.

Teknik Notlar:

Aydınlatma ekipmanı kullanımıyla başlayan kirliliğin birikmesi, aydınlatma ekipmanı akısını azaltır. Bu yüzden; akının, tasarım akısından daha az olmaması için düzenli olarak temizlenmesi gerekir. Şekil 2.13'de aydınlatma ekipmanı üzerinde kirliliğin birikmesinden dolayı tasarım akısının azalma hızını göstermektedir. Şekil 2.13'deki aydınlatma ekipman tipinin değişik kombinasyonları ve çevresi için bakım faktör eğrisini derecesi Çizelge 2.9'da listelenmektedir.

Çizelge 2.9 Aydınlatma ekipman tipinin değişik kombinasyonları ve çevresi için bakım faktör eğrisinin derecesi

Çevrenin ortamı	Maruz kalan tip		Açık taban tipi		Basitleştirilmiş kapalı tip		Kapalı tip			
	İç	Dış	İç	Dış	İç	Dış	İç	Dış		
Aydınlatma ekipman tipi										
(HID) (Ampül)										
İyi	A	C	A	C	C	D	D	C	B	B
Orta	B	D	B	D	D	E	E	D	C	C
Kötü	C	F	C	F	F	F	F	E	D	D



Şekil 2.13 Tasarım parlaklık akısı

2.2 Apron

2.2.1 Tasarım Prensipleri

(1) Apron; yükleme/boşaltma kargolarının geçici istiflenmesi, kargo elleçleme çalışmaları, kargo giriş ve çıkışı ve kargo elleçleme araçlarının trafiğini güvenli ve düzgün bir şekilde sağlamak için rıhtımın ön tarafı ile ambar ya da açık depolama alanları arasında olur.

(2) Apron; güvenli ve düzgün kargo elleçlemesini sağlayan yeterli alana sahiptir.

2.2.2 Apron Tipi

2.2.2.1 Genişlik

Apron genişliği; güvenli ve düzgün kargo elleçlemesini sağlamak için, rıhtım kullanımı ve boyutuna, ambar ya da depoların yapısı ve kullanımına göre tasarlanmaktadır.

Teknik Notlar:

(1) Rıhtımlar için standart apron genişliğinin değerleri Çizelge 2.10'da belirtilmektedir.

Çizelge 2.10 Standart apron genişliği

Yanaşma Yeri Derinliği (m)	Apron Genişliği
4.5 den az	10
4.5 ile 7.5 arasında	15
7.5 den fazla	20

(2) Kargo rıhtımlarında; vinçler için alan sağlama, geçici depolama alanı, kargo elleçleme alanı ve erişim yolları göz önünde tutulmalıdır. Rıhtımların arka tarafında ambarın bulunması ve forklift kullanımı halinde istenen apron genişliği 15 ile 20 m arasındadır. Rıhtımın ön tarafında, yol ya da açık depolama alanı bulunması ve yükleme-boşaltma için aprona kamyon girişi olması halinde ise, apron genişliği 10 ile 15 m arasındadır.

2.2.2.2 Eğim

Apron eğimi; kargo elleçlemesinin düzgün biçimde olması için, yağış miktarı ve alan kullanımı dikkate alınarak tasarlanmaktadır.

Teknik Notlar:

Genellikle eğim, denize doğru %1 ile %2 arasında kullanılır ancak küçük rıhtımlarda daha dik eğim kullanılabilir. Genelde nispeten dik eğimler; kar yağışı altındaki alanlarda, karın kaldırılmasını kolaylaştırmak için kullanılmaktadır.

2.2.2.3 Kaplama Tipi

Apronların kaplama tipi; taban altındaki toprak koşulları, inşaat zorlukları, çevredeki kaplama koşulları, kargo elleçleme tipi, vb. gibi sebeplerin göz önüne alınmasıyla belirlenmektedir.

2.2.3 Apronlarda Oturmaya Karşı Tedbirler

Kargo elleçleme çalışmalarını ve araç trafiğini engelleyen, aşırı oturmaya önleyici tedbirler alınmaktadır.

Açıklama:

Genelde, apron kaplama tabanın altındaki malzeme, konsolidasyondan ötürü oturmaya tabidir. Rıhtım duvarı bağlantılarında tabanın altında ve rıhtım duvarının arka tarafında geri dolgu sıkıştırılmasında kullanılan toprak doldurma malzemesinin dışa akışından ötürü oturma riski oluşmaktadır.

2.2.4 Yükleme Koşulları

Kaplama yapısının tasarımında; tasarım yükü; yükler ve kamyonların, tekerlekli vinçlerin, forkliftlerin ve straddle carrierlerin temas alanları ile harekete geçmesinin yanında kargo tipleri ve kargo elleçleme tarzları göz önüne alınmasıyla seçilmektedir.

Teknik Notlar:

Apron kaplamasının yükleme değerleri Çizelge 2.11'de verilmektedir.

Çizelge 2.11 Yükleme koşulları

Yükleme Tipleri	Maksimum Yük (kN)	Temas Alanı (cm ²)	Temas Basıncı (N/cm ²)	
Tip 20	200	1,250	160	
Tip 25	250	1,500	167	
Tip 30	290	1,700	171	
Tip 40	390	2,000	195	
Tekerlekli	Tip 50	490	2,300	213
vinç	Tip 80	740	2,850	260
	Tip 100	900	3,400	265
	Tip 120	1,060	3,850	275
	Tip 150	1,310	4,500	291
Kamyon	T-25	100	1,000	100
	20-ft için	50	1,000	50
Tır	40-ft için	50	1,000	50
	sadece 40-ft için	70	1,000	70
	2 t	25	300	83
	3.5 t	45	500	90
	6 t	70	800	88
	10 t	110	1,400	79
Forklift	15 t	170	2,300	74
	20 t	240	3,150	76
	25 t	300	3,800	79
	35 t	440	5,000	88
	20 t	200	2,400	83
Aktarma vinçi	25 t	250	2,850	88
	30 t	290	3,250	89
Straddle carrier	110	1,200	92	

2.2.5 Beton Kaplama Tasarımı

2.2.5.1 Tasarım Koşulları

Beton kaplama tasarım koşullarında dikkate alınanlar:

- (1) Tasarım yükü
- (2) Trafik hacmi
- (3) Tabanın taşıma kapasitesi
- (4) Malzemeler
- (5) Diğerleri

Açıklama:

- (1)Tasarım taşıma kapasite katsayısı K_{30} ; taban kaplama alanı gözden geçirilerek belirlenmelidir.

Teknik Notlar:

- (1) Taban için standart tasarım taşıma kapasite katsayısı K_{30} , 200 N/cm^3 olmalıdır.
- (2) 28 günlük betonun standart eğilme mukavemeti 450 N/cm^3 olmalıdır.
- (3) Beton kaplama tasarımında; Japonya Yol Birliği tarafından yayınlanan“ Beton Kaplama Talimatnamesi” ve Japonya İnşaat Mühendisleri Kurumu tarafından yayınlanan “Beton Kaplamanın Standart Teknik Özellikleri” referans olarak kullanılabilir.
- (4) Taşıma kapasitesi katsayısı; tabaka yük testi vasıtasıyla belirlenebilmektedir. Hesaplama kullanılan tasarım taşıma kapasite katsayısı K_{30} , 0.125 cm oturmayı karşılayabilmelidir.
- (5) Tasarımda kullanılan taşıma kapasitesi katsayısı; aynı malzemeden oluşan tabanda 3 farklı noktadan alınarak hesaplanmış değerlerin 2.7 denkleminde kullanılmasıyla hesaplanmalıdır.

$$\left(\begin{array}{l} \text{Tasarım tasıma} \\ \text{kap. katsayısı} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{Test noktasındaki} \\ \text{tasıma kap.} \\ \text{katsayısı değerleri} \end{array} \right) - \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Tasıma kap. kat.} \\ \text{maksimum değeri} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{l} \text{Tasıma kap. kat.} \\ \text{minimum değeri} \end{array} \right)}{d_2} \quad (2.7)$$

d_2 değeri Çizelge 3.12'de verilmektedir.

Çizelge 2.12 d_2 değerleri

Nokta sayısı (n)	3	4	5	6	7	8	9	10 yada üzeri
d_2	1.91	2.24	2.48	2.67	2.83	2.96	3.08	3.18

(6) Taban inşa edilmişse, taban taşıma katsayısı; maksimum nem içeren taban üzerindeki tabaka yükü testinden elde edilmelidir. Eğer bu koşullar sağlanamıyorsa, taban taşıma katsayısı; 2.8 denklemi kullanılarak bulunur. Denklemdaki CBR değerleri, rahatsız edilmemiş toprak örneklerinden elde edilir.

$$\left(\begin{array}{l} \text{Düzeltilmiş tasıma} \\ \text{kap. katsayısı} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{Ölcülmüş} \\ \text{tasıma kap.} \\ \text{katsayısı} \end{array} \right) \times \frac{\text{CBR (4 gün batırılmış)}}{\text{CBR (doğal su içeriği)}} \quad (2.8)$$

2.2.5.2 Kaplama Düzeni

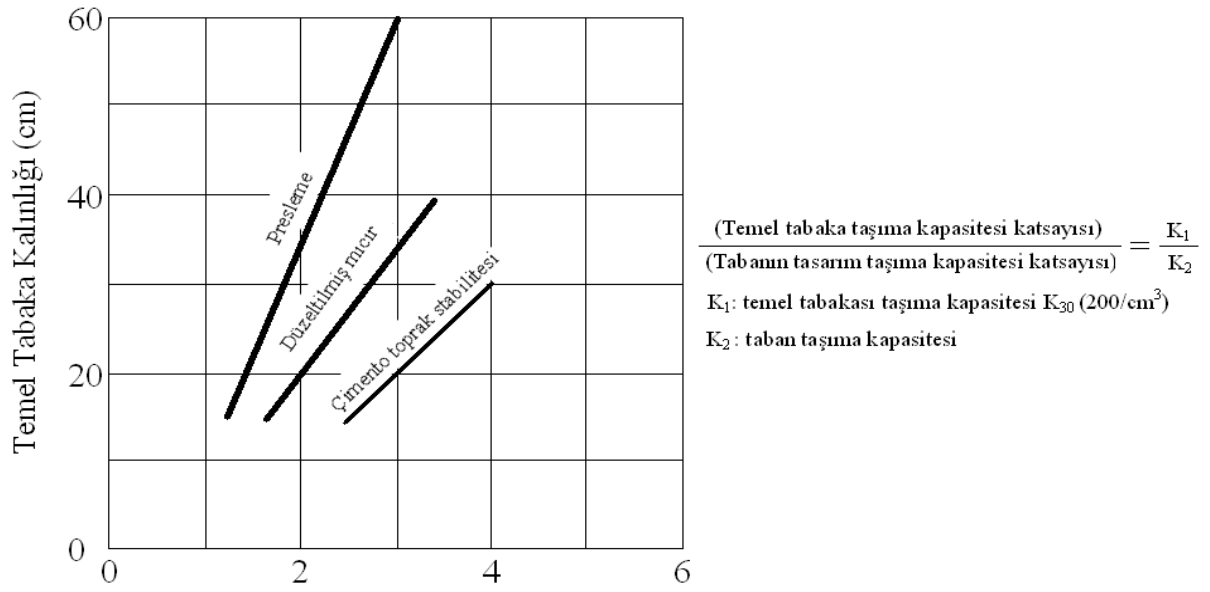
Kaplama düzeni; kaplama tipi, temel yapısı, kullanılan malzeme karakteristikleri, vb. gibi özelliklerin dikkate alınması ve uygun şekilde tanımlanmış taban taşıma kapasitesine dayanılarak belirlenmektedir.

Açıklama:

- (1) Beton kaplama, taban üzerine inşa edilen temel tabakası ve beton plağı kapsamaktadır.
- (2) Kaplama düzeni; yük, trafik, taban ve meteorolojik koşulları ile yapım ve bakım

maliyetlerinin göz önünde tutulmasıyla belirlenmelidir.

(3) Temel tabaka tasarımının belirlenmesinde; temel tabakasının taşıma kapasitesi katsayısı 200 N/cm^3 olması tavsiye edilir. Ancak prototip testlerin yapılmasının zor olduğu hallerde, temel tabaka kalınlığı Şekil 2.14'den yararlanılarak belirlenmektedir. Minimum temel tabaka kalınlığı 15 cm 'dir.



Şekil 2.14 Temel tabaka kalınlığı tasarım eğrileri

Teknik Notlar:

(1) Beton kaplama düzeni, Çizelge 2.13 ve 2.14'deki değerler ile belirlenebilmektedir.

Çizelge 2.13 Beton kaplamada temel tabaka kalınlığı

Tasarım Koşulları	Temel Tabaka Kalınlığı (cm)				Toplam temel tabaka kalınlığı
	Temel		Alt Temel		
Taban taşıma kapasitesi katsayısı (K_{30}) tasarımı (N/cm^3)	Çimento stabilitesi	Tesviye malzemesi	Tesviye malzemesi	Presleme vb.	
Eşit ya da 50'den yüksek ve 70'den düşük	-	40	-	20	60
	20	-	20	-	40
	25	-	-	30	55
Eşit ya da 70'den yüksek ve 100'den düşük	-	20	15	-	35
	-	20	-	20	40
	15	-	15	-	30
	15	-	-	15	30
Eşit yada 100'den yüksek	-	20	-	-	20
	15	-	-	-	15

Çizelge 2.14 Beton plaka kalınlığı

Tasarım Yükleme Sınıflandırması	Plaka Kalınlığı
CP ₁	20
CP ₂	25
CP ₃	30
CP ₄	35
Açık tip rıhtım güverte plakası	10

(2) Tasarım yükü, Çizelge 2.15'deki değerlerin yardımıyla belirlenebilmektedir.

(3) Donma ve erimenin yoğun olduğu soğuk bölgelerde, kaplama kalınlığı; donun nüfuz etme derinliğinden daha büyük olmalıdır.

(4) Beton plak, donatılı inşa edilmelidir.

(5) Taban taşıma kapasitesi katsayısı 50 N/cm^3 'den az ise; kaplama, Şekil 2.14, Çizelge 2.12 ya da 2.9 denklemi kullanılarak tasarlanmaktadır.

(6) Şekil 2.15, beton plak kalınlığı ile eğilme kuvveti arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Eğilme kuvveti, Picket ya da Arlington denklemi olarak bilinen 2.9 denklemi kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\sigma = \frac{10CP}{h^2} \left(1 - \frac{\sqrt{\frac{a}{l}}}{0.925 + 0.22 \frac{a}{l}} \right) \quad (2.9)$$

σ : beton plağın maksimum kuvveti σ : (N/cm^3)

C : katsayı; kayma çubuğunda $C = 3.36$ kullanılabilir.

P : yük (kN)

h : beton plak kalınlığı (cm)

a : zemin temas alanının yarıçapı (cm),

l : kaplaminin göreceli rijitlik yarıçapı (cm), $l = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)K_{75}}}$

E : betonun elastisite modülü (N/cm^2), $E: 3,500,000 \text{ N/cm}^2$

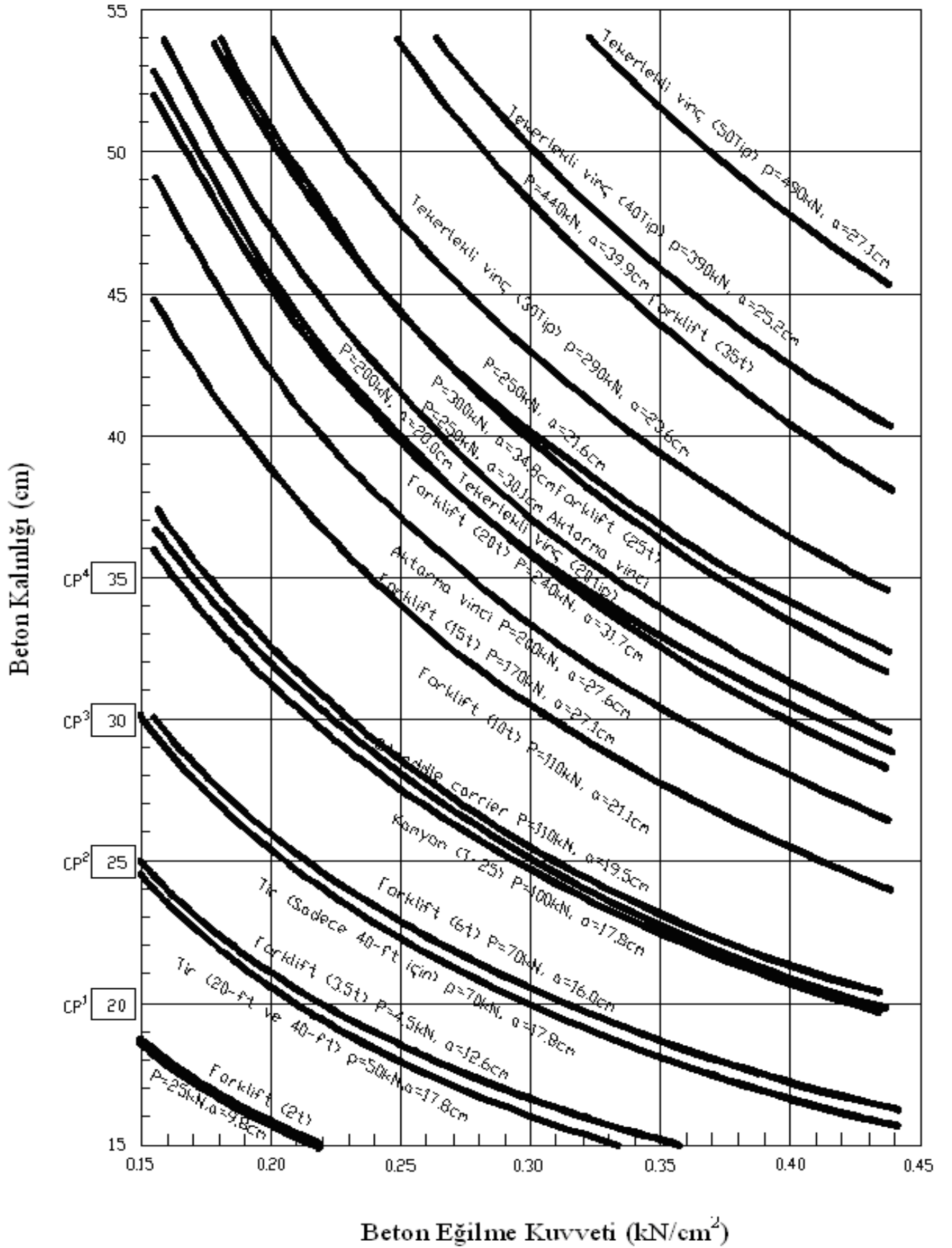
ν : betonun poisson oranı $\nu = 0.15$

K_{75} : tabanın tasarım taşıma kapasitesi (N/cm^3)

Kabullere göre $K_{30} / K_{75} = 2.8$, katsayı $K_{75} = K_{30} / 2.8 = 200 / 2.8 = 70$ (N/cm^3) denklem 3.9'da kullanılabilir.

Çizelge 2.15 Tasarım yüklemeleri sınıflandırması

Tasarım Yükleme Sınıflandırması	Yükleme Tipi	Yük (kN)	Temas Alanı Yarıçapı
CP ₁	Forklift (2t)	25	9.8
	Tır (20-ft ve 40-ft için)	50	17.8
	Forklift (3.5 ft)	45	12.6
CP ₂	Tır (sadece 40-ft için)	70	17.8
	Forklift (6t)	70	16.0
CP ₃	Kamyon (T-25)	100	17.8
	Forklift (10t)	110	21.1
	Straddle Carrier	110	19.5
	Forklift (15t)	170	27.1
CP ₄	Aktarma vinci (20t)	200	17.6
	Tekerlekli vinç (25 tip)	200	20.0
	Forklift (20t)	240	31.7
	Tekerlekli vinç (25 tip)	250	21.6



Şekil 2.15 Beton plak kalınlığı ve eğme kuvveti arasındaki ilişki

2.2.5.3 Bağlantılar

(1) Prensip olarak, apron beton kaplaması bağlantılarla sağlanır.

(2) Apron beton kaplamasının bağlantıları; apron boyutu, rıhtım yapısı ve bağlantı tipi dikkate alınarak uygun şekilde düzenlenmektedir. Bunlara ek olarak bağlantılar, tiplerine uygun yapılara sahiptirler.

Açıklama:

(1) Beton plak bağlantılarının amacı; beton plağının izin verilen sünmesi, çekmesi ve belli bir dereceye kadar eğilmesinde oluşan kuvvetleri azaltmaktır. Bağlantıların mesafesi; zemin koşulları, yük koşulları ve apron temelinin yapısı göz önünde tutularak uygun şekilde tasarlanmalıdır.

(2) Bağlantılar, beton kaplamasının yapısal olarak zayıf kısımlarıdır ve gerekli yapım çalışmaları diğer bölümlere göre daha karmaşıktır.

Teknik Notlar:

(1) Boyuna Bağlantılar

Boyuna bağlantılar, bağlantı donatılarıyla kafa bağlantıları şeklinde olmalıdır. Eğer beton kaplama açık tip rıhtımların döşeme plağında inşa edilmiş ise, bağlantı donatıları kullanılmaz.

Rıhtım duvarlarına ya da ambara bitişik boyuna yapım bağlantılarının yapısında, bağlantı astarı ve tabakası kullanılmalıdır.

Boyuna yapım bağlantıları arasındaki mesafe; kullanılan kaplama ekipmanlarının tipi, kaplamanın toplam genişliği, tekerlekli vinçlerin tekerlek mesafesi, vb. gibi özellikler dikkate alınarak belirlenir. Çoğunlukla kullanılan açıklık 3.5 ile 5m arasındadır.

Boyuna yapım bağlantıları, inşaat çalışmalarının kolaylaştırılmasını sağlamaktadır. Elde edilen deneyimlerden beton tabakasında; boyuna yapım yapılarının mesafesi 5m ya da daha uzun olduğunda boyuna çatlakların ve boyuna inşaat yapılarının mesafesi 2.5m ya da daha az olduğunda ise enine çatlakların oluştuğu gözlenmiştir. Şimdilerde ise, maksimum mesafenin 7.5m'ye kadar yapılması mümkündür. Bunun gibi büyük mesafeler, uygulanabilme ve inşaat maliyetine bakıldığında kullanışlıdır. Ancak beton plak kalınlığı 30 cm ya da daha az ve

mesafe 5.1 m yada daha uzun olduğunda, boyuna inşaat bağlantılarının her bir tabakanın merkezi boyunca olmalıdır.

Yapısal tipine dayanarak; boyuna çekme bağlantıları, kukla bağlantı olmalıdır.

Temel tabakasının altında bulunan zemin taşıma kapasitesindeki değişimin etkilerinden ve rıhtım duvarları bağlantılarının kaplama beton plağı üzerindeki etkilerinden kaçınmak için boyuna inşaat bağlantılarının; geri dolgu destek hattı boyunca, rıhtım duvarı yapıları bağlantılarının üzerine ve palplanş bağlamasının orta çizgisinin üzerine yerleştirilmesi tavsiye edilmektedir.

(2) Enine Bağlantılar

(a) Enine çekme bağlantıları

Enine çekme bağlantıları, kayma donatıları ile kukla bağlantıları şeklinde olmalıdır. Eğer beton kaplama açık tip rıhtımların döşeme plağında inşa edilmiş ise, kayma çubukları kullanılmamaktadır. Enine çekme bağlantılarının mesafesi; ayrı ayrı alanlardaki geçmiş inşaat projelerinin verilerine bakılarak belirlenmelidir.

Normal meteorolojik koşullar altında, enine çekme bağlantılarının mesafesi genellikle 5m olarak kullanılmaktadır. Çekme bağlantılarının rıhtım duvarı yapılarının üzerine yerleştirilmesi tavsiye edilmektedir.

(b) Enine yapım bağlantıları

Enine yapım bağlantıları, kayma donatılarıyla kafa bağlantıları şeklinde olmalıdır. Eğer beton kaplama açık tip rıhtımların döşeme plağında inşa edilmiş ise, kayma donatıları kullanılmamaktadır. Enine yapım bağlantıları; günlük inşa alanlarına ayrılması ya da ani yağış veya ekipman arızalarından dolayı beton yerleştirme çalışmalarının durması gibi kaçınılmaz sebeplerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

(c) Enine sünme bağlantıları

Enine sünme bağlantıları; yüzeyde bağlantı astarı, tabanda bağlantı tabakası ve kayma çubuklarını kapsayan bir yapıya sahiptir. Eğer beton kaplama açık tip rıhtımların döşeme

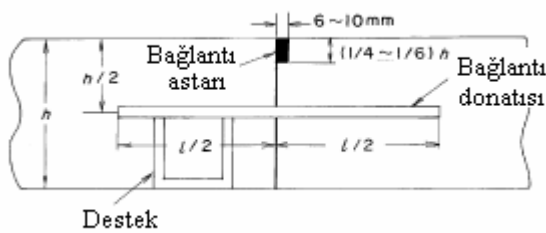
plağında inşa edilmiş ise, kayma donatıları kullanılmamaktadır. Enine sünme bağlantılarının arasındaki mesafe; ayrı ayrı alanlardaki geçmiş inşaat projelerinin deneysel verileri göz önüne alınarak belirlenmelidir. Birçok örnekte bakıldığında; sıcak mevsimde yapılan inşaatlarda, enine sünme bağlantılarının mesafesi 100 ile 200 m ve soğuk mevsimde yapılan inşaatlarda ise; enine sünme bağlantılarının mesafesi 50 ile 100 m arasında kullanılmıştır. Sünme bağlantıları; kaplamanın en zayıf noktası olduğundan, bağlantı sayıları mümkün olduğunca az olmalıdır.

(3) Bağlantı donatıları; bitişik plakaların her ikisinin birden bağlantılardan ayrılmasını ve düşme/yükselmesini engellemeyi sağlamaktadır. Ayrıca bağlantı donatıları, bölgesel kuvvetlerin aktarılmasına yardımcı olmaktadır.

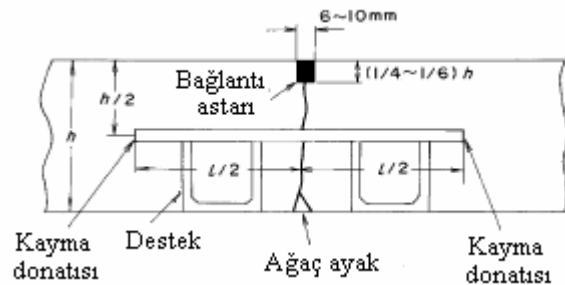
Nadiren görülen apron beton plağının bağlantılardan ayrılması; apron kaplamasının küçük genişlikte olması ve rıhtım duvarı ya da ambarların ana yapılarında fiziksel kısıtlamalar olması sebebiyle meydana gelmektedir. Boyuna yapım bağlantılarındaki bağlantı donatıları; temel tabakası altındaki katmanların farklı oturmasından dolayı plağın düşmesini ve yükselmesini önlemektedir ve trafik yükü doğrultusunda kapsamlı değişikliğe uyum sağlamaktadır.

(4) Kayma donatıları; bir plaktan diğerine yükleri iletmektedir ve bağlantılardaki plakların her ikisinin birden düşmesini ve yükselmesini engellemektedir. Enine çekme bağlantıları, enine yapım bağlantıları ve enine sünme bağlantıları; kayma donatıları ile yüklerin etkili iletilmesini sağlamalıdır.

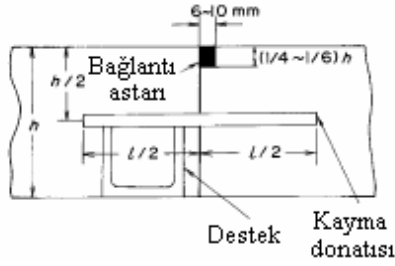
(5) Şekil 2.16'dan Şekil 2.19'a kadar farklı tipteki bağlantıların standart yapıları gösterilmektedir.



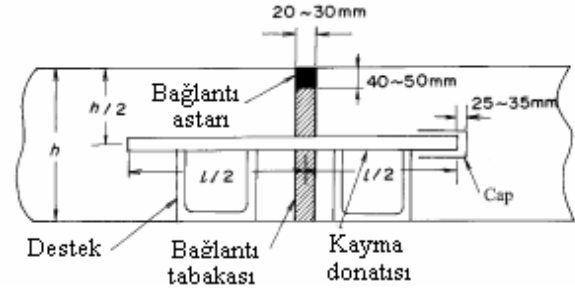
Şekil 2.16 Boyuna yapım bağlantıları



Şekil 2.17 Enine çekme bağlantıları



Şekil 2.18 Enine yapım bağlantıları



Şekil 2.19 Enine sünme bağlantıları

2.2.5.4 Bağlantı ve Kayma Donatıları

Bağlantı ve kayma donatılarının teknik özellikleri ve mesafeleri; gezici araç yüklerinin enine ve boyuna doğrultuda apron kaplamasını etkilediği durumların göz önüne alınmasıyla uygun şekilde belirlenmektedir.

Teknik Notlar:

(1) Bağlantı ve kayma donatılarının boyutları ve mesafelerinin belirlenmesinde; Çizelge 3.16'daki değerler kullanılabilir.

Çizelge 2.16 Bağlantı ve kayma donatılarının boyutları ve mesafeleri

Tasarım Yükleme Sınıflandırması	Plak Kalınlığı (cm)	Bağlantı Donatısı SD295A			Kayma Donatısı SS400		
		Çap (cm)	Uzunluk (cm)	Mesafe (cm)	Çap (cm)	Uzunluk (cm)	Mesafe (cm)
CP ₁	20	25	80	45	25	50	45
CP ₂	25	25	100	45	25	50	45
CP ₃	30	32	100	40	32	60	40
CP ₄	35	32	100	40	32	60	40

2.2.5.5 Son Koruma

Kaplamanın kara tarafı boyunca son koruma çalışması; yağış sularının sızmasından ötürü temel tabakasının ya da ağır yüklemeye dolaylı olarak temel tabakasının ve beton plağının zarar göreceği yerde yapılması sağlanmaktadır.

2.2.6 Asfalt Kaplama Tasarımı

2.2.6.1 Tasarım Koşulları

Asfalt kaplama tasarım koşullarında dikkate alınanlar:

- (1) Tasarım yükü
- (2) Trafik hacmi
- (3) Tabanın taşıma kapasitesi
- (4) Malzemeler
- (5) Diğerleri

Açıklama:

CBR tasarımı; taban kaplama alanı gözden geçirilerek belirlenmelidir.

Teknik Notlar:

CBR Testleri; "Laboratuvarda Zeminlerin California Taşıma Oranı İçin Test Metodları"nda belirtildiği gibi gerçekleştirilmektedir. Zemin toprağı su içerisinde sıkıştırılır ve elde edilen CBR değerlerinden önce su içersine 4 gün için batırılır. 40 mm ya da daha büyük çaptaki mıcır, örnek zemin toprağından çıkarılmalıdır. Örnek zemin toprağı; bir kap içersine eşit kalınlıkta olacak şekilde üç katman halinde yerleştirilmelidir ve her bir katman 67 defa sıkıştırılmalıdır.

Zemine önceden inşa yapılmışsa; CBR testleri, zemin toprağıının suyla doygun olduğu zamanda asıl yerinde yapılmalıdır. Ayrıca uygun olmayan koşullarda yerinde yapılmış CBR testlerinin değerleri denklem 2.10 kullanılarak düzeltilebilmektedir.

$$(Degistirilmis\ CBR) = (Asil\ yerdeki\ CBR) \times \frac{CBR\ (4\ g\u00fcn\ batirilmis)}{CBR\ (dogal\ su\ i\u00e7erigi)} \quad (2.10)$$

Tasarım CBR'si; sapan değerlerin çıkarılmasından sonra denklem 2.11 kullanılarak elde edilen CBR değerleri ile bulunmaktadır.

$$(Tasarim\ CBR'si) = \left(\frac{Farklı\ noktalarındaki}{ortalama\ CBR\ değeri} \right) - \frac{(mak.\ CBR\ değeri) - (min.\ CBR\ değeri)}{d_2} \quad (2.11)$$

d_2 değeri izelge 2.12'de verilmiştir.

2.2.6.2 Kaplama D\u00fczeni

Kaplama d\u00fczeni; kaplama tipi, temel yapısı, kullanılan malzeme karakteristikleri, vb. gibi \u00f6zelliklerin dikkate alınması ve uygun şekilde tasarlanmış taban taşıma kapasitesine dayanılarak belirlenmektedir.

Açıklama:

- (1) Asfalt kaplaması; zemin \u00fczerine inşa edilen y\u00fczey tabakası, geçici tabaka ve temel tabakasından oluşmaktadır. Temel tabakası ise normalde iki tabakadan meydana gelmektedir (temel ve alt temel tabakaları).
- (2) Kaplama d\u00fczeni; y\u00fck, trafik, taban ve meteorolojik koşulları ile yapım ve bakım maliyetlerinin g\u00f6z \u00f6n\u00fcnde tutulmasıyla belirlenmelidir.
- (3) Malzeme karakteristiklerinin değerlendirilmesi ve malzeme derecelendirilmesi için Japonya Yol Birliği tarafından yayınlanan "Asfalt Kaplama İçin El Kitabı"na uyulmalıdır.
- (4) Eşdeğer kaplama kalınlığında T_A kullanılan eşdeğer tabaka fakt\u00f6r\u00fc izelge 2.17'de verilmektedir.

Çizelge 2.17 Eşdeğer tabaka faktörü

Tabaka	İnşa Metodu / Malzeme	Gereksinimler	Eşdeğer Tabaka Faktörü	Açıklama
Dış ve kenar yolları	Sıcak asfalt karışımı	-	1.00	ACI-AC IV
Temel	Bitüm stabilitesi	Stabilite seviyesi 3.43 kN ya da büyüğü	0.80	A-İşlenmişmalzeme II
		Stabilite seviyesi 2.45 ile 3.43 kN arası	0.55	A-İşlenmiş malzeme I
	Tesviye düzenlemesi	CBR 80 ya da büyüğü	0.35	Tesviye düzenleme malzemesi
Alt temel	Presleme, mıcır, kum vb.	CBR 30 ya da büyüğü	0.25	
		CBR 20 ile 30 arası	0.20	Doku malzemesi

Teknik Notlar:

(1) Asfalt kaplama standart düzeni Çizelge 2.18’de listelenmektedir.

Çizelge 2.18 Standart asfalt kaplama düzeni

Tasarım Koşulları		Kaplama Düzeni								
Tasarım Yükü	Tabanın Tasarım CBR’si (%)	Yüzey Tabakası		Geçici Tabaka		Temel Tabakası		Alt Temel Tabakası	Toplam Kalınlık	
		Tip	h ₁ (cm)	Tip	h ₂ (cm)	Tip	h ₃ (cm)		h ₄ (cm)	H
AP ₁ 50kN Temas Basıncı 70N/cm ² den az	Eşit ya da 3’den yüksek ve 5’den düşük	AC I	5	AC III	5	Tesviye malzemesi	25	35	70	25.8
		AC I	5	-	-	A-İşlenmiş malzeme I	25	35	65	25.8
	Eşit ya da 5’den yüksek ve 8’den düşük	AC I	5	AC III	5	Tesviye malzemesi	20	25	55	22.0
		AC I	5	-	-	A-İşlenmiş malzeme I	20	30	55	22.0
	Eşit ya da 8’den yüksek ve 12’den düşük	AC I	5	AC III	5	Tesviye malzemesi	15	20	45	19.3
		AC I	5	-	-	A-İşlenmiş malzeme I	15	30	50	19.3
		AC I	5	AC III	5	Tesviye malzemesi	15	15	40	18.3
		AC I	5	-	-	A-İşlenmiş malzeme I	15	20	40	17.3

Çizelge 2.18 Standart asfalt kaplama düzeni (devamı)

Tasarım Koşulları		Kaplama Düzeni								
Tasarım Yükü	Tabanın Tasarım CBR'si (%)	Yüzey Tabakası		Geçici Tabaka		Temel Tabakası		Alt Temel Tabakası	Toplam Kalınlık	
		Tip	h ₁ (cm)	Tip	h ₂ (cm)	Tip	h ₃ (cm)	h ₄ (cm)	H	T _A (cm)
AP ₁ 50kN Temas Basıncı 70N/cm ² den az	Eşit ya da 20'den yüksek	AC I	5	AC III	5	Tesviye malzemesi	15	15	40	18.3
		AC I	5	-	-	A-İşlenmiş malzeme I	15	15	35	16.3
	Açık tip rıhtım döşeme plağı	AC I	5	AC III	4 ya da büyük	-	-	-	9 ya da büyük	-
AP ₂ 50kN Temas Basıncı 70N/cm ² ya da fazla	Eşit ya da 3'den yüksek ve 5'den düşük	AC II	5	AC IV	5	Tesviye malzemesi	25	35	70	25.8
		AC II	5	-	-	A-İşlenmiş malzeme I	25	35	65	25.8
	Eşit ya da 5'den yüksek ve 8'den düşük	AC II	5	AC IV	5	Tesviye malzemesi	20	25	55	22.0
		AC II	5	-	-	A-İşlenmiş malzeme I	20	30	55	22.0
	Eşit ya da 8'den yüksek ve 12'den düşük	AC II	5	AC IV	5	Tesviye malzemesi	15	20	45	19.3
		AC II	5	-	-	A-İşlenmiş malzeme I	15	30	50	19.3
	Eşit ya da 12'den yüksek ve 20'den düşük	AC II	5	AC IV	5	Tesviye malzemesi	15	15	40	18.3
		AC II	5	-	-	A-İşlenmiş malzeme I	15	20	40	17.3
	Eşit ya da 20'den yüksek	AC II	5	AC IV	5	Tesviye malzemesi	15	15	40	18.3
		AC II	5	-	-	A-İşlenmiş malzeme I	15	15	35	16.3
Açık tip rıhtım döşeme plağı	AC II	5	AC IV	4 ya da büyük	Tesviye malzemesi	-	-	9 ya da büyük	-	

Çizelge 2.18 Standart asfalt kaplama düzeni (devamı)

Tasarım Koşulları		Kaplama Düzeni								
Tasarım Yüğü	Tabanın Tasarım CBR'si (%)	Yüzey Tabakası		Geçici Tabaka		Temel Tabakası		Alt Temel Tabakası	Toplam Kalınlık	
		Tip	h ₁ (cm)	Tip	h ₂ (cm)	Tip	h ₃ (cm)	h ₄ (cm)	H	T _A (cm)
AP ₃ 100kN Temas Basıncı 70N/cm ² ya da fazla	Eşit ya da 3'den yüksek ve 5'den düşük	AC II	5	AC IV	15	Tesviye malzemesi	30	45	95	40.0
		AC II	5	AC IV	10	A-İşlenmiş malzeme I	20	45	80	40.0
	Eşit ya da 5'den yüksek ve 8'den düşük	AC II	5	AC IV	15	Tesviye malzemesi	25	30	75	34.8
		AC II	5	AC IV	10	A-İşlenmiş malzeme I	20	20	55	35.0
	Eşit ya da 8'den yüksek ve 12'den düşük	AC II	5	AC IV	15	Tesviye malzemesi	15	20	55	29.3
		AC II	5	AC IV	10	A-İşlenmiş malzeme I	15	15	45	30.0
	Eşit ya da 12'den yüksek ve 20'den düşük	AC II	5	AC IV	15	Tesviye malzemesi	15	15	50	28.3
		AC II	5	AC IV	10	A-İşlenmiş malzeme I	15	15	45	30.0
	Eşit ya da 20'den yüksek	AC II	5	AC IV	15	Tesviye malzemesi	15	15	50	28.3
		AC II	5	AC IV	10	A-İşlenmiş malzeme I	15	15	45	30.0
Açık tip rıhtım güverte plakası	AC II	5	AC IV	4 ya da büyük	-	-	-	9 ya da büyük	-	
AP ₄ 122kN Temas Basıncı 70N/cm ² ya da fazla	Eşit ya da 3'den yüksek ve 5'den düşük	AC II	5	AC IV	15	Tesviye malzemesi	40	60	120	46.0
		AC II	5	AC IV	10	A-İşlenmiş malzeme I	20	70	105	45.0
	Eşit ya da 5'den yüksek ve 8'den düşük	AC II	5	AC IV	15	Tesviye malzemesi	30	45	95	39.5
		AC II	5	AC IV	10	A-İşlenmiş malzeme I	20	40	75	39.0

Çizelge 2.18 Standart asfalt kaplama düzeni (devamı)

Tasarım Koşulları		Kaplama Düzeni								
Tasarım Yüğü	Tabanın Tasarım CBR'si (%)	Yüzey Tabakası		Geçici Tabaka		Temel Tabakası		Alt Temel Tabakası	Toplam Kalınlık	
		Tip	h ₁ (cm)	Tip	h ₂ (cm)	Tip	h ₃ (cm)	h ₄ (cm)	H	T _A (cm)
AP ₄ 122kN Temas Basıncı 70N/cm ² ya da fazla	Eşit ya da 8'den yüksek ve 12'den düşük	AC II	5	AC IV	15	Tesviye malzemesi	25	30	75	34.8
		AC II	5	AC IV	10	A-İşlenmiş malzeme I	15	35	65	34.0
	Eşit ya da 12'den yüksek ve 20'den düşük	AC II	5	AC IV	15	Tesviye malzemesi	15	25	60	30.3
		AC II	5	AC IV	10	A-İşlenmiş malzeme I	15	15	45	30.0
	Eşit ya da 20'den yüksek	AC II	5	AC IV	15	Tesviye malzemesi	15	15	50	28.3
		AC II	5	-	10	A-İşlenmiş malzeme I	15	15	45	30.0
Açık tip rıhtım güverte plakası	AC II	5	AC IV	4 ya da büyük	Tesviye malzemesi	-	-	9 ya da büyük	-	

H : kaplamanın toplam kalınlığı, T_A: eşdeğer kaplama kalınlığı

(2) Tasarım yükleme sınıflandırılması Çizelge 2.19'da verilmektedir.

Çizelge 2.19 Tasarım yükleme sınıflandırması

AP ₁	Tır	20-ft, 40-ft ve sadece 40-ft için
AP ₂	Forklift	2t, 3.5t, 6t
AP ₃	Forklift	10t, 15t
	Kamyon	T-25
	Aktarma vinci	20t
	Straddle carrier	
	Tekerlekli vinç	20 Tip
AP ₄	Tekerlekli vinç	25 Tip
	Aktarma vinci	25t

(3) Asfalt betonun tipi ve malzemesi Çizelge 2.20’de gösterilmektedir.

Çizelge 2.20 Asfalt beton tipi ve kalitesi

Tip	AC I	AC II	AC III	AC IV
Kullanım	Yüzey Tabakası için		Geçici Tabaka için	
Stabilite testi vuruş sayısı	50	75	50	75
Stabilite (kN)	4.9 ya da büyük	8.8 ya da büyük	4.9 ya da büyük	8.8 ya da büyük
Akış değeri (1/100 cm)	20 ~ 40	20 ~ 40	15 ~ 40	15 ~ 40
Porozite (%)	3 ~ 5	2 ~ 5	3 ~ 6	3 ~ 6
Doygunluk derecesi (%)	75 ~ 85	75 ~ 85	65 ~ 80	65 ~ 85

(4) Donma ve erimenin yoğun olduğu soğuk bölgelerde, kaplama kalınlığı; donun nüfuz etme derinliğinden daha büyük olmalıdır.

2.2.7 Beton Blok Kaplama Tasarımı

2.2.7.1 Tasarım Koşulları

Beton blok kaplama tasarım koşullarında dikkate alınanlar:

- (1) Tasarım yükü
- (2) Trafik hacmi
- (3) Tabanın taşıma kapasitesi
- (4) Malzemeler
- (5) Diğerleri

Açıklama:

Tasarım taşıma kapasite katsayısı K_{30} ; taban kaplama alanı gözden geçirilerek belirlenmelidir.

Teknik Notlar:

- (1) Taban için standart tasarım taşıma kapasite katsayısı K_{30} , 200 N/cm^3 olmalıdır.
- (2) 28 günlük betonun standart eğilme mukavemeti 450 N/cm^3 olmalıdır.
- (3) Taşıma kapasitesi katsayısı; tabaka yük testi vasıtasıyla belirlenebilmektedir. Oturmanın elde edilmesinde kullanılan taşıma kapasite katsayısı 0.25 cm^3 'dir.

2.2.7.2 Kaplama Düzeni

Kaplama düzeni; kaplama tipi, temel yapısı, kullanılan malzeme karakteristikleri, vb. gibi özelliklerin dikkate alınması ve uygun şekilde tanımlanmış taban taşıma kapasitesine dayanılarak belirlenmektedir.

Açıklama:

- (1) Beton blok kaplama, taban üzerine inşa edilen temel tabakasını ve beton blok tabakasını kapsamaktadır.

(2) Kaplama düzeni; yük, trafik, taban ve meteorolojik koşulları ile yapım ve bakım maliyetlerinin göz önünde tutulmasıyla belirlenmelidir.

Teknik Notlar:

(1) Beton blok kaplaması standart düzeni Çizelge 2.21’de listelenmektedir ve bloklar karedir.

Çizelge 2.21 Standart blok kaplama düzeni

Tasarım Koşulları		Blok Uzunluğu	Kaplama Bileşimleri			
Tasarım	Taban Taşıma Kapasitesi Katsayısı(K_{30}) Tasarımı (N/cm^3)		Temel Tabakası	Alt Temel Tabakası	Toplam Kalınlık (cm)	
			Blok Kalınlığı	Tesviye Malzemesi		Doku Malzemesi
BP ₁	Eşit ya da 50’den yüksek ve 70’den düşük	0.9	25	20	30	75
	Eşit ya da 70’den yüksek ve 100’den düşük	0.9	25	20	15	60
	Eşit ya da 100’den yüksek	0.9	25	20	-	45
BP ₂	Eşit ya da 50’den yüksek ve 70’den düşük	0.8	25	20	30	75
	Eşit ya da 70’den yüksek ve 100’den düşük	0.8	25	20	15	60
	Eşit ya da 100’den yüksek	0.8	25	20	-	45
BP ₃	Eşit ya da 50’den yüksek ve 70’den düşük	1.1	30	20	30	80
	Eşit ya da 70’den yüksek ve 100’den düşük	1.1	30	20	15	65
	Eşit ya da 100’den yüksek	1.1	30	20	-	50
BP ₄	Eşit ya da 50’den yüksek ve 70’den düşük	1.2	35	20	30	85
	Eşit ya da 70’den yüksek ve 100’den düşük	1.2	35	20	15	70
	Eşit ya da 100’den yüksek	1.2	35	20	-	55

(2) Tasarım yükleme sınıflandırılması Çizelge 2.22’de verilmektedir.

Çizelge 2.22 Tasarım yükleme sınıflandırması

BP ₁	Forklift	2t, 3.5t, 6t
	Tır	20-ft, 40-ft
BP ₂	Forklift	10t
	Tır	sadece 40-ft için
	Straddle carrier	-
BP ₃	Kamyon	T-25
	Forklift	15t
	Tekerlekli vinç	20-Tip
	Aktarma vinci	20t
	Aktarma vinci	25t
BP ₄	Tekerlekli vinç	25-Tip

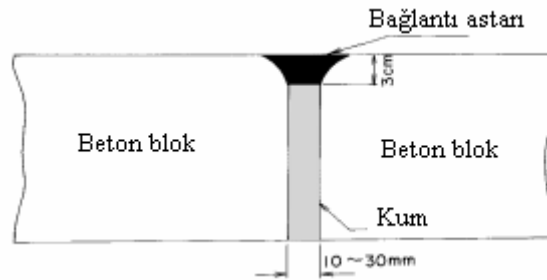
(3) Temel tabakası 2.2.5.2’deki Kaplama Düzenine göre tasarlanmalıdır.

3.2.7.3 Bağlantılar

Beton blok kaplamasının bağlantıları; blokların farklı oturmalarından dolayı işlevlerini kaybetmeyecek yapıda olmalıdır.

Teknik Notlar:

Standart beton blok kaplamasının bağlantılarının yapısının şekli Şekil 2.20’de verilmektedir.



Şekil 2.20 Bağlantıların yapısı

2.3 Liman Trafik Tesisleri

2.3.1 Yollar

2.3.1.1 Genel

(1) Yolun yapısı; meydana gelecek trafik, tasarım trafik hacmi, alan topografyası ve diğer yollara olan bağlantılar vb. gibi yolun kullanılma koşulları nedeniyle uygun bir şekilde belirlenmektedir.

(2) Çoğunlukla yollar, liman tesislerine yakın bölgelerde yaşayan yayalar ve bisikletliler tarafından kullanıldığından dolayı yol yapıları belirlenmelidir.

(3) Yollar, şiddetli depremlerin sonrasında yardım ikmali sağlayacak geçici depolama yerlerine ve yüksek sismik hareketlere dayanıklı tesislere bağlantılıdır. Yol yapıları; deprem hallerinde gerekli işlevleri sağlayacak şekilde belirlenmektedir.

(4) Aksi belirtilmedikçe bu kısımda; yol yapıları, konum ve ilgili tesisleri ile ilgili konular limanlarda trafik karakteristiklerinin ışığı altında “ Yol Yapıları için Uygulama Yönetmeliği”ne göre belirlenmektedir.

2.3.1.2 Tasarım Araçları

Yarı treyler kamyonların oluşturduğu yoğun trafik bekleniyorsa, bunun gibi araçlar tasarım araçları olarak tanımlanabilmektedir.

2.3.1.3 Yollar ve Yol Şeritleri

(1) Yolların şerit sayısı ve boyutları, liman içindeki trafik akışından dolayı tıkanıklık yaratmayacak şekilde belirlenir.

(2) Yolların tasarımında kullanılan toplam trafik hacmi, Çizelge 2.23’de listelenen her yol tipi için tasarım standart trafik hacminden daha az ise, yolların şerit sayısı 2 olmalıdır.

Çizelge 2.23 Farklı yol çeşitleri için tasarım standart trafik hacmi

Yol Tipi	Çift Şerit İçin Tasarım Standart Trafik Hacmi (araç / saat)
Liman bağlantılı yollar ve ana yollar (ulusal otoyol gibi)	650
Diğer yollar	500

(3) (2)'de belirtilen yolların dışında, dört veya daha fazla olabilir. Tam olarak şeritlerin sayısı, Çizelge 2.24'de listelenen her aynı tip yolun şeritleri için yolun tasarım trafik hacminin, tasarım standart trafik hacmine oranına göre belirlenmektedir.

Çizelge 2.24 Şerit sayısının belirlenmesi için şerit başına tasarım standart trafik hacmi

Yol Tipi	Tasarım Standart Trafik Hacmi (araç / saat / şerit)
Liman bağlantılı yollar ve ana yollar (ulusal otoyol gibi)	600
Diğer yollar	350

(4) Prensip olarak şeridin genişliği 3.25 m ya da 3.5 m'dir. Büyük boyutlu araçların kullandığı yollarda genellikle standart genişlik 3.5 olmalıdır. Topografik kısıtlamalar nedeniyle genişlik 3.0 m'ye kadar azalabilmektedir.

(5) Araçların güvenli ve sakin trafiğini sağlamak için yolun sol kısmına emniyet şeridi planlamak gerekebilmektedir.

Açıklama:

Genel olarak, limanlarda yolların pik trafik hacminin karakteristikleri geçmiş veriler kullanılarak tahmin edilmektedir. Çünkü limanlarda trafik hacmi çoğunlukla nakliyat ve kargo elleçlemesinin dağıtımından meydana gelmektedir. Bunun için pik trafik hacmi

karakteristikleri, tasarım trafik hacimlerinin belirlenmesinde göz önüne alınabilmektedir. O halde şerit sayısının belirlenmesi için Çizelge 2.23 ve 2.24'deki standart tasarım trafik hacmi, saat başına maksimum izin verilebilir araç trafik hacmi olarak tanımlanmaktadır.

Tasarım trafik hacmi ile demek istenilen, gelecekte çevredeki alanının gelişimi ve tasarlanmış yollardaki motorlu araç trafik koşulları sayesinde saat başına toplam otomobil trafik hacminin tanımlanmasıdır.

Teknik Notlar:

Tasarım trafik hacminin hesaplanmasında hedeflenen yıla rıhtımlardan gelen kargo, çevre alandaki kara kullanımı, araç trafik yoğunluğu ve diğer yollarla bağlantılar dahil edilmektedir.

Trafik hacmi yoğunluğunun hesaplama metotlarına bir örnek Çizelge 2.25'de verilmektedir.

Çizelge 2.25 Sefer üretim ve çekim hesaplaması

Trafik Tipi	Hesaplama Metodu
Liman kargo taşınımına bağlı trafik	Motorlu araçlar oranını, kamyon yüklerini, yükleme sefer yüzdesini ve ilgili araç oranını, limanlarda kargo elleçleme hacmini kullanan metod
Liman bölgesinde endüstriyel konumdan meydana gelen trafik	Her bir alanın meydana getirdiği sefer sayısını ve çalışan sayısını kullanan metod
Yeşil alan ve genel çekici tesislerden meydana gelen trafik	Benzer tesisleri kullananların sayısı ve motorlu araç kullanımının yüzdesi verilerini kullanan metod

2.3.1.4 Gabari Limiti

Eğer uzun kübik konteynerle yüklü yarı treyler kamyonlar ve hareketli vinçler gibi özel araçların trafiği bekleniyorsa, gabari limiti böyle araçların güvenli geçişlerini sağlayacak şekilde tanımlanmaktadır. Konteynerle yüklü yarı treyler kamyonların yükseklikleri Çizelge 2.26'da verilmektedir.

2.3.1.5 Dönüşlerde Yol Genişliği

Kıvrımlarda şerit genişliği, topografik ve diğer koşulları yeterli ise tasarım aracına ve eğrilik yarıçapına göre olmalıdır. Liman bölgesinde yolların kıvrımlarınlarında uygulanabilen genişlikler Çizelge 2.27’de verilmektedir.

2.3.1.6 Boyuna Eğim

Yolun eğimi,tasarım hızına ve tasarım aracına uygun şekilde belirlenmektedir.

(1) Yolun boyuna eğimi, Çizelge 2.28’deki standart değerlerle ayarlanmalıdır. Eğer topografik koşullar ve diğer özel sebeplerden dolayı eğim listedeki değerlerden %2 ile %3 yukarı ayarlanabilmektedir.

Çizelge 2.26 Uluslararası konteyner boyutları ve konteyner yüklü yarı treyler kamyonların yüksekliği

Boyut Konteyner tipi	Uluslararası Konteyner Boyutları			Konteyner Yüklü Yarı Treyler Kamyonların Yüksekliği (m)	Açıklama
	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Yükseklik (mm)		
ISO TİP 1C 20' × 8' × 8'	6,058	2,438	2,438	3.748	Düz şasi
ISO TİP 1CC 20' × 8' × 8'6"	6,058	2,438	2,591	3.796	Alçak şasi
ISO TİP 1A 40' × 8' × 8'	12,192	2,438	2,438	3.643	Alçak şasi
ISO TİP 1AA 40' × 8' × 8'6"	12,192	2,438	2,591	3.796	Alçak şasi
ISO TİP 1AAA 40' × 8' × 9'6"	12,192	2,438	2,896	4.101	Alçak şasi

Çizelge 2.27 Kısırlarda genişlik

Tasarım Aracı	Normal Motorlu Araç	Yarı Treyler Kamyon	Şerit Sınır Genişliği		
Eğrilik yarıçapı	90 ya da fazla ve az 160	150 ya da fazla ve az 180	0.25		
	60	90	100	150	0.50
	45	60	70	100	0.75
	32	45	60	70	1.00
	26	32	50	60	1.25
	21	26	40	50	1.50
	19	21	32	40	1.75
	16	19	28	32	2.00
	15	16	25	28	2.25

Çizelge 2.28 Boyuna eğim limiti

Tasarım Hızı (km/h)	Tasarım Aracı	
	Normal Motorlu Araç	Yarı Treyler Kamyon
120	% 2	% 1
100	% 3	% 1
80	% 4	% 2
60	% 5	% 3
50	% 6	% 4
40	% 7	% 5
30	% 8	% 6
20	% 9	% 7

(2) Güvenilir uzunluk için eğim uzatılırsa, boyuna eğimin özel limiti için Çizelge 2.29'a bakılabilmektedir.

Çizelge 2.29 Sınırlı eğim uzunluğu için boyuna eğimin özel limiti

Tasarım Hızı (km/h)	Tasarım Aracı			
	Normal Motorlu Araç		Yarı Treyler Kamyon	
	Eğim (%)	Eğim Uzunluğunun Limiti (m)	Eğim (%)	Eğim Uzunluğunun Limiti (m)
120	3	800	2	1,000
	4	500	3	500
	5	400	4	400
100	4	700	2	1,600
	5	500	3	800
	6	400	4	500
80	5	600	3	1,300
	6	500	4	700
	7	400	5	500
60	6	500	4	600
	7	400	5	400
	8	300	6	300
50	7	200	5	250
	8	150	6	150
	9	100	7	100
40	8	100	6	100
	9	100	7	100
	10	100	8	100

2.3.1.7 Kavşakların Boyutları

Limanlarda yolların kavşak boyutlarının tasarımı; kavşaklardaki trafik hacmi, tasarım aracı, çevre yol bağlantılarının koşulları, yol boyunca kara kullanımı, vb. gibi “Yol Yapıları için Uygulama Yönetmeliği” koşullarına uygun olmaktadır.

Kavşaklarda ek şeritlerin genişliği, Çizelge 2.30 yardımıyla belirlenebilmektedir.

Çizelge 2.30 Kavşaklarda şerit genişliği

Ana Yol Kısımında Şerit Genişliği	Ek Şeritlerde Geçiş Şeridi Genişliği	Ek Şerit Genişliği
3.50	3.50 (3.25)	3.25 (3.00)
3.25	3.25 (3.00)	3.00

2.3.1.8 Kaplama

Kaplama yapısı; yarı treyler kamyonlar ve hareketli vinçler gibi özel araçların trafik hacimleri göz önüne alınarak çalışan araçların tekerlek yüklerine göre belirlenmektedir.

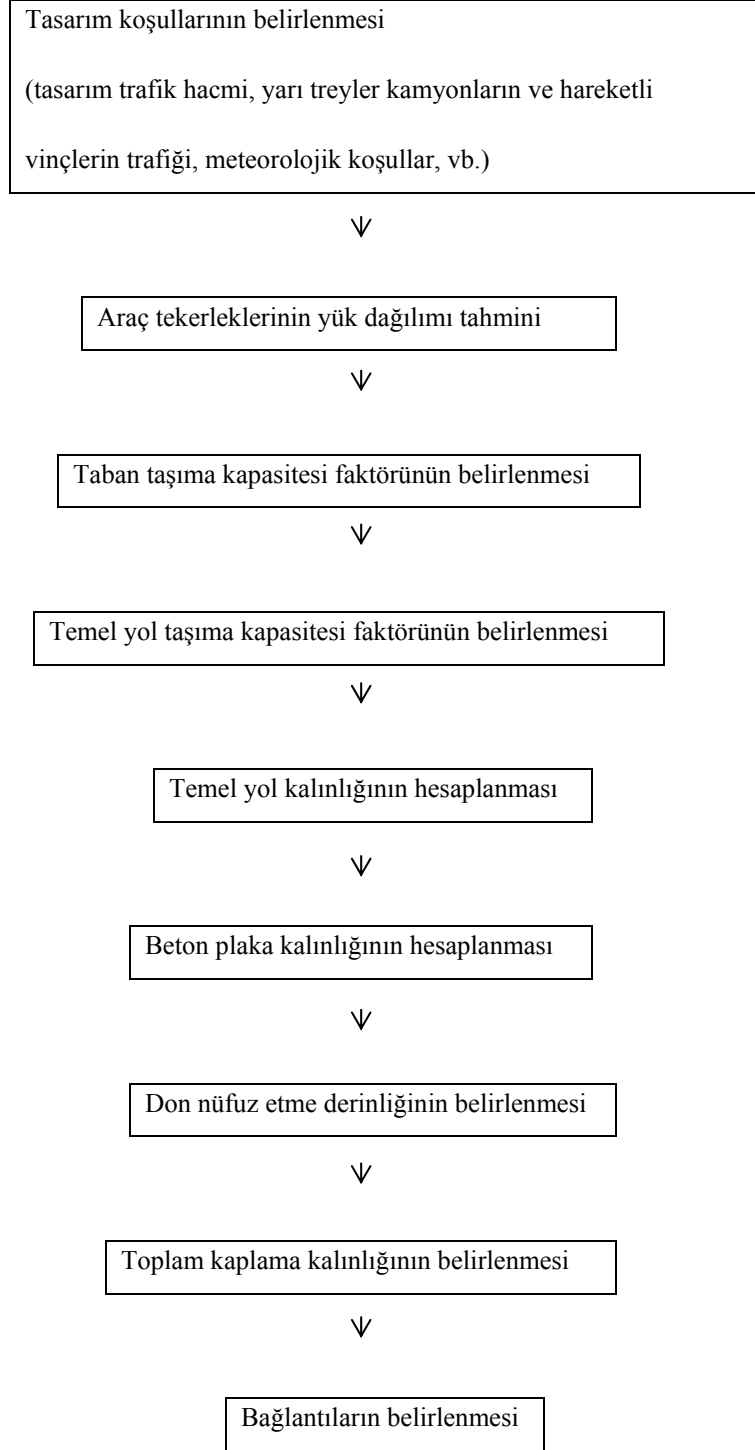
Açıklama:

Genel olarak, yolların planlaması ve tasarımı “Yol Yapıları için Uygulama Yönetmeliği”ne göre yapılmaktadır. Kaplama, “Yol Yapıları için Uygulama Yönetmeliği”nde tanımlanan “Çimento Beton Kaplama Talimatnamesi”, “Asfalt Kaplama El Kitabı” ve “Beton Kaplamanın Standart Şartnamesi”ne dayanarak tasarlanmaktadır.

Teknik Notlar:

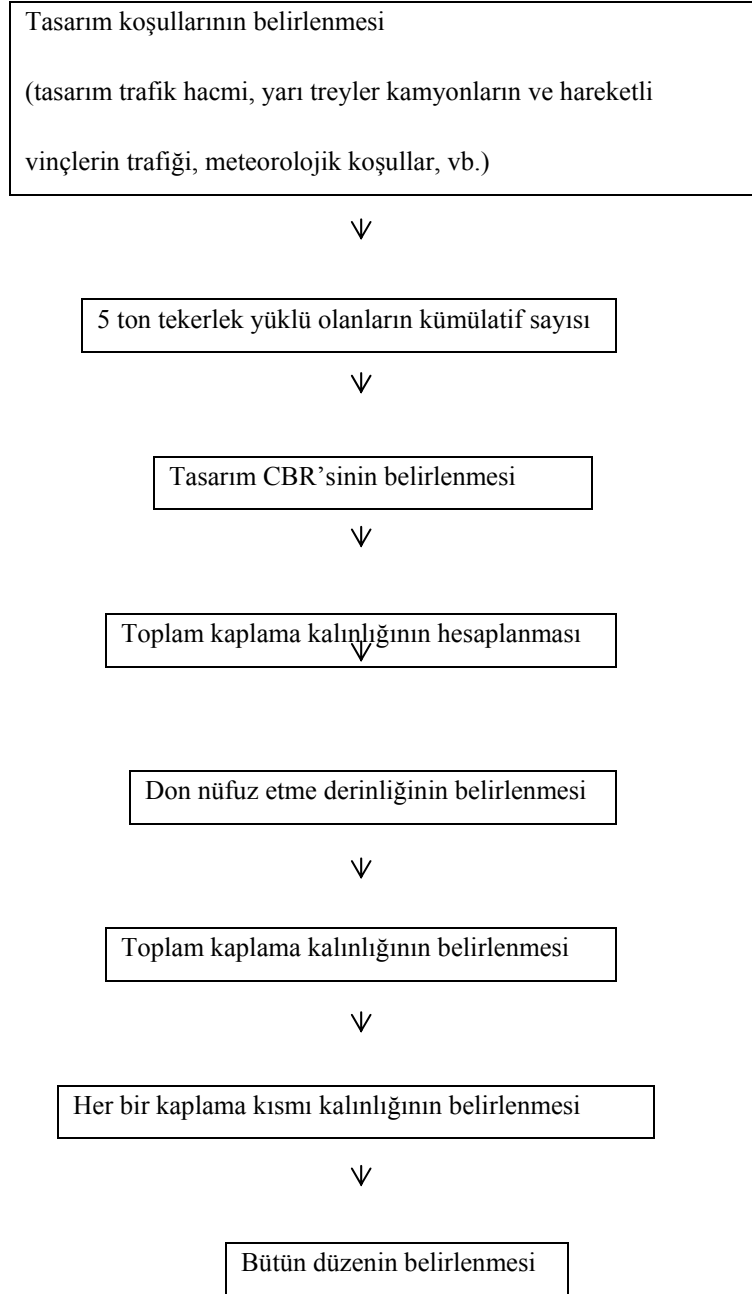
Liman bölgelerinde genellikle çimento beton kaplama ya da asfalt kaplama kullanılmaktadır.

(1) Çimento beton kaplamanın tasarımında Şekil 2.21’deki belirtilen işlemler izlenmelidir.



Şekil 2.21 Çimento beton kaplamanın tasarım işlemleri

(2) Asfalt kaplamanın tasarımında Şekil 2.22'deki belirtilen işlemler izlenmelidir.



Şekil 2.22 Asfalt kaplamanın tasarım işlemleri

(3) “Çimento Beton Kaplama Talimatnamesi” ve “Asfalt Kaplama El Kitabı”, kaplama yapılarının tasarımı için trafik hacminin belirlenmesinde 2 metot tanımlamaktadır:

- (a) Gün başına büyük ticari araçlarda kullanılan metot
- (b) Araç tekerlek yükünde kullanılan metot

2.3.1.9 İşaretlemeler

- (1) Liman trafik tesisleri, tesislerin tipine ve kullanımına göre uygun işaretlemelerle donatılmaktadır.
- (2) İşaretlemelerin biçimleri, liman kullanıcılarının görme olanaklarının ve trafik tesislerinin kullanım koşullarının ışığı altında uygun şekilde belirlenmektedir.
- (3) İşaretlemeler, liman kullanıcıları tarafından açık bir şekilde görebilecek ve trafik ya da kargo elleçlemesini engellemeyecek yerlerde olmalıdır.

2.3.2 Otoparklar

2.3.2.1 Genel

Limanlardaki otoparklar, “Otoparklar İçin Uygulama Kuralları”nda öngörülen yapı ve ekipman standartlarına göre yapılmaktadır.

Açıklama:

Otopark kurulumundaki ana kanun “Otopark Kanunları”dır. Yapı ve ekipman standartları ise ayrıntılı olarak “Uygulama Kuralları”nda belirtilmektedir. Limanlardaki otopark bu iki standarda göre yapılmaktadır.

“Otoparklar İçin Uygulama Kuralları”nda öngörülen yapı ve ekipman standartlarına göre uygulanan otoparklar, otopark alanlarıyla birlikte 500 m² ya da daha fazladır.

2.3.2.2 Boyut ve Yerleşim Biçimleri

- (1) Liman ve çevresinde oluşan trafik ve yol koşulları sebebiyle, otopark boyutu ve konumu; liman tesislerinin kullanımını ve düzgün yol trafiğini engellemeyecek şekilde olmalıdır.
- (2) Topografik koşullar ve diğer sebepler arabayı yollara koymayı gerektiriyorsa, otopark boyut ve konumunu sağlayan koşullar:
 - (a) Liman ve otoyol bağlantılarının üzerinde olmamalı
 - (b) Araçların girişini ve kargo elleçleme alanını engelleyecek yerde olmamalı

(c) Topografik koşullar ve diğer sebepler gerekli değilse, tehlikeli kargo elleçleme alanının yanında olmamalıdır.

(3) Otoparktaki yolun genişliği, parkın boyutları, dönüş ve geri gidiş için yol genişliği; otoparkı kullanan arabaların tipine, park etme açısına ve park etme metoduna göre belirlenmektedir.

Teknik Notlar:

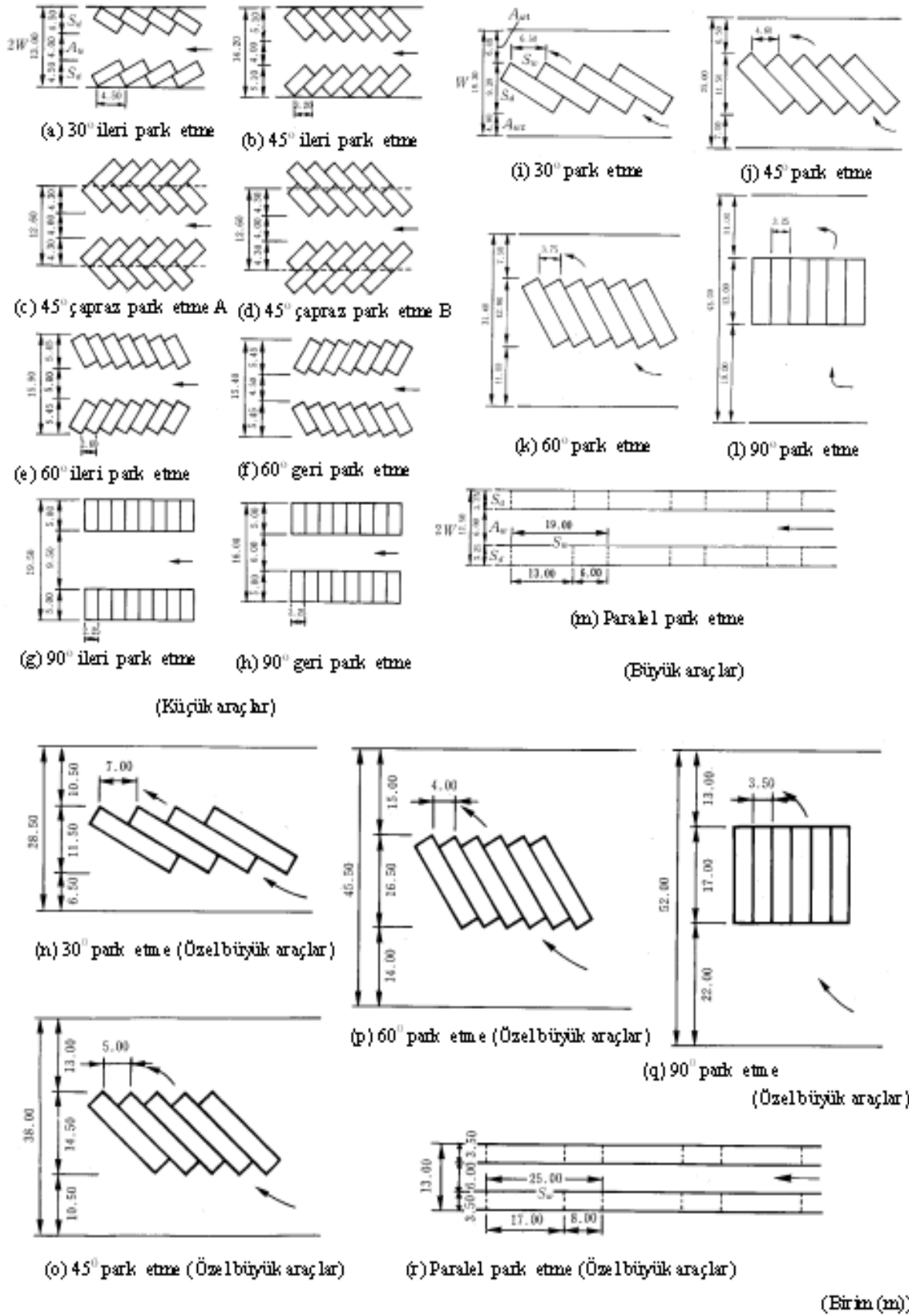
(1) Tasarımlar için, “ Park Etme Alanı El Kitabı”, “ Otopark Tasarım Standartları ve Açıklamalı İnşası” ve “ Yol Standartları için Uygulama Yönetmeliğinin Açıklama ve Uygulamaları” gibi kaynaklardan yararlanılabilmektedir.

(2) Otopark özelliklerinin ve görünüşlerinin standart değerleri Çizelge 2.31 ve Şekil 2.23’de belirtilmektedir.

Çizelge 2.31 Otopark teknik özelliklerinin standart değerleri

Araç Tipi	Park Etme Açısı (°)	Park Etme Metodu	Yol Genişliği A _w (m) Üst Yol A _{w1} Alt Yol A _{w2}	Yola Dik Park Etme Genişliği S _d (m)	Yola Paralel Park Etme Genişliği S _w (m)	Tek Park Etme Genişliği W (m)	Araç Başına Park Etme Alanı A (m ²)	Şekil 3.23'deki Alt Şekil Numarası
Küçük Araçlar	30	İleri park etme	4.00	4.50	4.50	6.50	29.3	(a)
	45	İleri park etme	4.00	5.10	3.20	7.10	22.8	(b)
	45 de Kesişen	İleri park etme	4.00	4.30	3.20	6.30	20.2	(c) , (d)
	60	İleri park etme	5.00	5.45	2.60	7.95	20.7	(e)
	60	Geri park etme	4.50	5.45	2.60	7.70	20.0	(f)
	90	İleri park etme	9.50	5.00	2.25	9.75	21.9	(g)
	90	Geripark etme	6.00	5.00	2.25	8.00	18.0	(h)
Büyük Araçlar	30*	İleri park etme	4.00	9.30	6.50	19.30	125.5	(i)
		İleri park etme	6.00	9.30	6.50	19.30	125.5	(i)
	45*	İleri park etme	7.00	11.50	4.60	25.00	115.0	(j)
		İleri park etme	6.50	11.50	4.60	25.00	115.0	(j)
	60*	İleri park etme	11.00	12.90	3.75	31.40	117.8	(k)
		İleri park etme	7.50	12.90	3.75	31.40	117.8	(k)
	90*	İleri park etme	19.00	13.00	3.25	43.00	139.8	(l)
		İleri park etme	11.00	13.00	3.25	43.00	139.8	(l)
	Paralel	Geri park etme	6.00	3.25	19.00	6.25	118.8	(m)
		İleri park etme	6.00	3.25	19.00	6.25	118.8	(m)
Özel Büyük Araçlar	30*	İleri park etme	6.50	11.50	7.00	28.50	199.5	(n)
		İleri park etme	10.50	11.50	7.00	28.50	199.5	(n)
	45*	İleri park etme	10.50	14.50	5.00	38.00	190.0	(o)
		İleri park etme	13.00	14.50	5.00	38.00	190.0	(o)
	60*	İleri park etme	14.00	16.50	4.00	45.50	182.0	(p)
		İleri park etme	15.00	16.50	4.00	45.50	182.0	(p)
	90*	İleri park etme	22.00	17.00	3.50	52.00	182.0	(q)
		İleri park etme	13.00	17.00	3.50	52.00	182.0	(q)
	Paralel	Geri park etme	6.00	3.50	25.00	6.50	162.5	(r)
		İleri park etme	6.00	3.50	25.00	6.50	162.5	(r)

* Tek sıra park etmeyi göstermektedir.



Şekil 2.23 Park etme alanlarının şekilleri

2.3.3 Demiryolları

Sınıflarına göre limanlardaki demiryolları; “ Genel Demiryollarının Yapısal Kuralları” ya da “Özel Demiryollarının Yapısal Kuralları”na dayanılarak yapılmaktadır.

2.3.4 Helikopter Alanları

Helikopter alanları; “ Hava İnşaat Standartları”na dayanılarak yapılmaktadır.

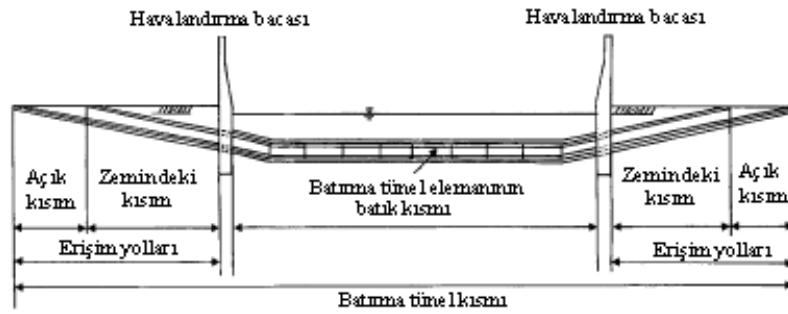
2.3.5 Tüneller

2.3.5.1 Genel

Liman trafik tesislerinden tünellerin yapımında; “Liman Tesislerinin Teknik Standartları”na dayanılarak yapılmaktadır.

Açıklama:

- (1) Liman tesislerinde, yol tünelleri, demiryolu tünelleri,vb. gibi olabilir. Yapılış teknikleri bakımından tüneller; geçit, koruma, kesme ve kaplama ve batırma tünellerini kapsamaktadır.
- (2) Bu kısımda yapısal elemanları Şekil 2.24’de tanımlanmaktadır.



Şekil 2.24 Batırma tünellerin bileşenleri

2.3.5.2 Planlama ve Tasarım Prensipleri

Tünelin doğrultusu, konumu ve batmış malzeme kutu profil kesiti; tünel ve doğal koşullara göre uygun şekilde belirlenmektedir.

Açıklama :

- (1) Araç trafik hacmi, toplam trafikte büyük araçların oranı, kaldırım ihtiyacı, bisiklet yolu ihtiyacı, boru ve kablo tipleri, tehlikesiz iyi taşınım miktarı, mevcut geçiş kapısı ve diğer yollara bağlantılar göz önüne alınarak batırma tünelin kesit alanı belirlenmelidir.
- (2) Yaya ve bisiklet yolları, yaşı ve özürlü kimselerin kullanabilecekleri şekilde yapılmalıdır.
- (3) Kaza ve olağan üstü durumlarda; gerekli olan tahliye yolları ve acil durum telefonları gibi güvenlik tesisleri kurulmalıdır.
- (4) Batırma tünelin boyuna eğimi; tasarım hızının şartına uygun olarak ne kadar dik yapılırsa, yapı maliyetinin düşmesine olanak sağlamaktadır.

2.3.5.3 Batırma Derinliği

- (1) Batırma tünel elemanlarının üst yüzeyi; gemi demirlemelerine, çapa ile taramaya ve dalga ve akıntıdan dolayı sürtünmeye karşı gerekli yapısal güvenliği sağlayacak malzeme kalınlıkları ile kaplanmaktadır.
- (2) Batırma derinliği; gelecekteki tarama planları ve tünel alanın çevresi düşünülerek uygun şekilde tasarlanmaktadır.

Teknik Notlar:

Üst plakadaki koruyucu beton kaplama kalınlığı da dahil olmak üzere kaplama kalınlığı 1.5m ya da daha fazla olmalıdır.

2.3.5.4 Batırma Tünel Elemanlarının Yapısı ve Uzunluğu

Batırma tünel elemanlarının yapısı ve uzunluğu; kesit kuvveti, inşaat metodu, inşaat maliyeti, üretim sahası vb. gibi etkenler göz önüne alınarak belirlenmektedir.

Açıklama :

- (1) Batırma tünel elemanlarının yapısal tipleri; çelik kabuk tip, beton tip ve kompozit tip olmak üzere 3 tipte sınıflandırılmaktadır. En uygun yapı, farklı karakteristiklere bakılarak seçilmektedir.

(2) Batırma tünel elemanlarının uzunluğu ise; sismik analizleri içeren tasarım hesaplamalarından gelen kesit kuvvetleri, bağlantı yapıları, üretim sahası boyutları, batırma ve bağlantı uygulama metotları ve inşaat maliyetlerinin göz önüne alınmasıyla belirlenmelidir.

2.3.5.5 Havalandırma Bacaları

Havalandırma bacalarının yapısı; yapı karakteristiklerine ve dış kuvvetler ile yük etkilerine maruz kalan zemine göre tasarlanmalıdır.

Açıklama :

(1) Havalandırma bacalarına; havalandırma makineleri, elektrik güç ekipmanları ve kontrol ekipmanları yerleştirilmelidir. Yapısı, emme ve çıkış boruları ile elverişli havalandırmayı sağlayacak ve buna ek olarak borularla batık tünele bağlantılı olacak biçimde olmalıdır.

(2) Havalandırma bacaları; kontrol etme, inceleme, onarma gibi faaliyetleri yürütecek kadar yeterli boşluğa sahip olmalıdır. Özellikle havalandırma makineleri gibi büyük parçalar içe ve dışa taşınımı kolayca başarabilecek tasarımda olmalıdır.

(3) Emme borularının yeri ve yapısı, çıkış borularından ve tünel girişinden gelen egzoz gazının tutulmasına uygun olmalıdır.

(4) Çıkış borularının yeri; zemin seviyesinde egzoz gazı toplanması, izin verilebilir seviyenin altında kalması sağlanmalıdır.

2.3.5.6 Erişim Yolları

Erişim yollarının yapısı; trafik planlamaları, doğal koşullar, sosyal koşullar, inşa metodu ve inşaat maliyeti göz önüne alınarak tasarlanmaktadır.

2.3.5.7 Batırma Tünel Kesitinin Stabilitate Hesabı

Batırma tünel kesitinin yapısal stabilitesi tünellerin enine ve boyuna doğrultularında incelenmelidir.

Açıklama:

Batırma tünel boyuna doğrultuda oldukça uzundur.Bu nedenle boyuna doğrultuda yapısal stabilitenin incelenmesi enine doğrultudakinin yanında gerekli bulunmaktadır.

Tetkik edilecek tasarım yükleri:

- (1) Ölü ağırlık
- (2) Hareketli yük
- (3) Yerçekimi kuvveti
- (4) Hidrostatik basınç
- (5) Yüzdürme ve kaldırma kuvveti
- (6) Taban reaksiyon kuvveti
- (7) Temel oturmasının etkisi
- (8) Sıcaklık değişiminin etkisi
- (9) İnşa boyunca yük
- (10) Betonun sünme ve çökme etkisi
- (11) Gerilme kuvvetleri
- (12) Deprem
- (13) Diğer (tsunami, demir atma ve tarama,vb.)

Teknik Notlar:

- (1) Enine doğrultu hesaplamasında batırma tüneli, rijit çerçeve yapısı gibi kabul edilebilmektedir.
- (2) Batırma tünelin boyuna doğrultu hesaplamasında; deprem taban hareketlerinin etkileri, sıcaklık değişimi ve oturma dikkate alınmalıdır.
- (3) Temel, üstündeki toprakla birlikte tünelin ağırlığına dayanacak yeterli kapasiteye sahip olup olmadığını tetkik edilmelidir. Temelin oturması da göz önüne alınmalıdır.

(4) Deprem taban hareketleri, batırma tünele her doğrultudan yayılabilmektedir. Ancak, maksimum eğilme momenti ve kayma kuvveti enine doğrultuda ortaya çıkarken, boyuna doğrultuda eksene ait kuvvet maksimum olmaktadır. Tasarım amaçları için bu iki doğrultuda inceleme yapılmalıdır.

(5) Batırma tünel yumuşak zeminde inşa edilebilir. Bu gibi durumlarda, çevreleyen alanda depremden dolayı çöküntü bozukluklarının olmaması saptanmalıdır. Tünel, gevşek doygun kumlu topraktan çevrildiye sıvılaşmaya karşı tetkik yapılmalıdır.

(6) Dolgu malzemesi; depremden dolayı oluşacak sıvılaşma ve çökmeye karşı emniyetli ve ulaşım kanalı bakım taramalarına uygun malzemedden seçilmelidir.

(7) Batırma tüneli deniz tabanı altındaki bir yapıdır ve genellikle yumuşak zeminde inşa edilir. Çatlak ve ek yerlerinden oluşacak su sızıntıları nedeniyle işlevlerini kaybetmemeleri için yeterli tetkikler yapılmalıdır.

2.3.5.8 Batırma Tünel Elemanlarının Tasarımı

Batırma tünel elemanları tasarımında izlenen faktörler:

- (1) Su geçirmezlik
- (2) Beton çatlakları
- (3) Batırma çalışmaları için çekme ve yükleme boyunca stabilite

Açıklama:

Batırma tünel elemanlarının yapısal güvenliğini sağlayan faktörler:

- (1) İnşa sırasında ve sonrasında yük tatbiki
- (2) İnşa metodu
- (3) Batırmadan sonra yüzdürmeden dolayı elemanın yüzeye çıkması
- (4) Havalandırma ve olağan durumları önleme işlevleri
- (5) Tünele bağlı tesisler

Teknik Notlar:

(1)Tasarım ve inşada beton çatlakları meydana gelmesinden kaçınılmalıdır. Buna ek olarak, tam su geçirmezliğini sağlamak için, elemanlarda su geçirmez kaplama tercih edilmektedir.

(2) Katodik koruma dış çelik kabuk tabakasına yapılmalıdır.

2.3.5.9 Bağlantılar

Batırma tünel elemanları bağlantılarının yapıları, deprem boyunca kayma ve yer değiştirmeye karşı güvenliği sağlamalıdır.

Açıklama:

Bağlantıların konumu ve yapıları; üretim alanı boyutu, ulaşım kanalı değişimi, temelin farklı oturması ve sıcaklık değişiminin etkileri dikkate alınarak belirlenmektedir. Ayrıca, bağlantıların konumu ve yapısı depreme karşı dayanıklılıkta önemli faktörler olduğundan belirlenmelidir.

2.3.5.10 Kontrol ve Çalışma Tesisleri

Batırma tünellerde olması gereken tesisler:

- (1) Havalandırma tesisleri
- (2) Acil durum tesisleri
- (3) Işıklandırma ekipmanları
- (4) Elektrik gücü tesisleri
- (5) Güvenlik ve alet kullanma ekipmanları
- (6) Kontrol etme ve kontrol tesisleri
- (7) Drenaj tesisleri

2.3.6 Köprüler

2.3.6.1 Genel

Köprülerde; yol köprüleri için “Yol Yapıları için Uygulama Yönetmeliği”ne, demiryolu köprüleri için “Genel Demiryollarının Yapısal Kuralları” ya da “Özel Demiryollarının Yapısal Kuralları”na uyulmaktadır.

2.3.6.2 Tasarım İhtiyaçları

(1) Ulaşım kanalı ya da basen üzerindeki köprü geçiş yerlerinin ihtiyaçları:

(a) Yüksek su seviyesi üzerinde köprü kirişleri, güvenli gemi seyri sağlayacak yükseklikte inşa edilmektedir.

(b) Köprü ayakları; ne su yolu yakınlarında ne de gemi seyirlerini engelleyecek konumda olmamalıdır.

(c) İşaretlemeler, gemilerin çarpışmalarını önlemek için konulması gereklidir.

(2) Bağlama ekipmanları ya da kargo elleçleme tesisleri üzerindeki köprü geçiş yerlerinin ihtiyaçları:

(a) Ayakların konumu ve kirişlerin yüksekliği, bağlama ve kargo elleçleme tesislerinin güvenli ve düzgün kullanımı engellemeyecek şekilde ayarlanmaktadır.

(b) İşaretlemeler, kargo elleçleme ekipmanları ve gemilerin çarpışmalarını önlemek için yerleştirilmektedir.

2.3.6.3 Yapısal Dayanıklılık

(1) Köprü yapısının tasarımı ve yapısal malzemenin seçimi; köprüyü çevreleyen doğal koşullar dikkate alınarak yapılmaktadır.

(2) Çelik köprülerde korozyonun önlenmesi için boyama uygulaması ya da başka tedbirlerin yapılması gerekir.

(3) Beton köprülerin alt ve üst yapılarında tuz hasarından dolayı oluşan bozulmaları engellemek için alınacak tedbirler:

(a) Koruma kaplamasının yeterli kalınlıkta tutulması

(b) Betonarme yüzeyinde çatlak genişliğinin küçültülmesi

(c) Sert koşullar altında ya da bakım zor olduğu zamanlarda alınan karşı önlemler:

(1) Betonarme yüzey iyileştirmesi

(2) Betonarme kalıpların ve gerilmiş çeliklerin korozyon koruması

Teknik Notlar:

Beton köprülerde kaplama kalınlıkları Çizelge 2.32’de verilen değerlere eşit veya daha büyüktür.

Çizelge 2.32 Minimum kaplama kalınlıkları

Üstyapı		Altyapı	
Plaka alt yüzeyi,bordür ve parmaklık	Kiriş		Kolon
	Önceden dökülmüş Öngerilmeli beton kiriş	Diğer kirişler	
5.0	5.0	7.0	7.0

2.3.6.4 Usturmaça Sistemi

Usturmaçalar; köprü ayaklarını, gemilerin çarpmalarına karşı korumak ve çarpma hasarlarını azaltmak için yapılmaktadır.

2.4 Kargo Sınıflandırma Tesisleri

2.4.1 Kargo Sınıflandırma Alanları

(1) Kargo sınıflandırma alanlarının boyutu; kargoların elleçlenme miktarı ve çeşitlerine ve elleçleme koşullarına uygun şekilde tasarlanmaktadır.

(2) Kargo sınıflandırma alanları kullanım koşulları ve amaçlarına göre döşenmektedirler.

Kaplama yapıları; “Beton Kaplama Tasarımı” ve “Asfalt Kaplama Tasarımı”na uyularak yapılmaktadır.

(3) Geçitlerin genişliği ve kıvrımları; güvenli ve düzgün araç ve kargo elleçleme hareketlerine izin vermelidir.

(4) Kargo sınıflandırma alanları; drenaj kanalı gibi drenaj tesislerini temin etmektedir..

(5) Kargo sınıflandırma alanlarında ışıklandırma ekipmanları “Işıklandırma Tesisleri”ne uygun yapılmaktadır.

(6) Kargo sınıflandırma alanlarında genel girişleri yasaklamayı sağlamak için işaretlemeler, tabelalar ve çitler kullanılmaktadır.

(7) Rüzgarla savrulan ve dağılan kargoları içeren kargo sınıflandırma alanları; duvarlar ve diğer tedbirlerle çevrelenmektedir.

2.4.2 Rıhtım Ambarları

(1) Gemilerin girişlerinden önce ve ayrılışlarından sonra düzgün kargo elleçlemesini sağlayan rıhtım ambar ihtiyaçları;

(a) Ambarın boyutu; kargoların elleçlenme miktarı ve çeşitlerine ve elleçleme koşullarına göre belirlenmektedir.

(b) Ambarlarda geçitlerin genişliği ve kıvrımları; güvenli ve düzgün kargo elleçleme ekipmanları hareketlerine izin vermektedir.

(2) Kargo elleçleme çalışmalarından dolayı yükselen tozların ortamdan uzaklaştırılması için uygun havalandırma ekipmanları gereklidir.

(3) Rıhtım ambarları; geceleyin kargo elleçlemesine uygun ışıklandırma tesisleriyle donatılmaktadır.

(4) Fırtına dalgasından ötürü su basma tehlikelerine karşı deniz suyu işgalini önlemek için gelgit kapıları ya da başka diğer ekipmanlar yerleştirilmektedir.

(5) Rıhtım ambarları; güvenli ve düzgün kullanımı sağlayacak uygun işaretleme koşullarıyla donatılması gerekir.

Açıklama:

Rıhtım ambarı yapısı; “Yapı Standart Kanunu” na uygun olmalıdır.

2.4.3 Kargo Elleçleme Ekipmanları

2.4.3.1 Genel

Kargo sınıflandırma ya da bağlama tesislerinde yerleştirilmiş olan kargo elleçleme ekipmanları; yeterli yapı ve kapasiteye sahip ve tesislerin amacına uygun bir konumda olmalıdırlar. Toz ve gürültüye karşı anti kirlilik sistemini ve kargo elleçleme aktivitelerinde güvenli ve düzgün hareketi sağlayacak yapısal güvenlik temin edilmektedir.

Açıklama:

(1) Limanlarda kargo elleçleme ekipmanlarının amaçları; işçi çalışmalarını azaltmak, kargo elleçleme aktivitelerini arttırmak ve güvenliği sağlamaktır. Kargo elleçleme ekipmanlarının tipinin seçimi, yapısı ve kapasitesi; hizmet edilen gemilerin tipine, şekline, hacmine, kargo elleçleme koşullarına, bunlara ek olarak saha tesisleriyle ilişkilerine ve ikincil taşınım tarzına bakılarak yapılmaktadır.

(2) Yanaşma, ayrılma ya da bağlanma esnalarından gemiler; Kargo elleçleme ekipmanlarıyla temasa geçmemelidir.

(3) Kuru yük kargo elleçlemesinde, toz ve gürültü meydana geldiğinden bunlara karşı tedbir alınması gereklidir. Özellikle yanar tozların patlamasına karşı tedbirler alınmalıdır.

Teknik Notlar:

Deprem sırasında vinçler de dahil olmak üzere kargo elleçleme ekipmanlarının davranışları, taban koşullarından etkilenebilmektedir. Konteyner vinçleri; dinamik etkileşim dikkate alınmaksızın vinç yapısal özelliklerine göre tasarlanmaktadır. Yüksek sismik kuvvetlere dayanıklı rıhtım duvarlarında olduğu gibi; büyük ölçekli deprem sırasında rıhtım ve vinç arasındaki dinamik etkileşiminin tesiri fazlasıyla incelenmelidir.

Özellikle açık tip rıhtımlarda; iskele ve vinç arasındaki dinamik etkileşiminin tesiri belli koşullar altında önemli olabilmektedir. İskele ve konteyner vinci arasındaki dinamik

etkileşiminin tesiri; kütle oranlarına, vincin periyoduna, iskelenin periyoduna ve ilave deprem taban hareketlerine göre farklı olabilmektedir.

2.4.3.2 Petrol Elleçleme Ekipmanları

(1) Yükleme kolları; petrol ağırlığı ve basıncına, ölü ağırlığa ve rüzgar basıncı ile sismik kuvvetlerden oluşan yüklere karşı güvenliği sağlayacak yapıdadır.

(2) Yükleme kolları ve bağlama tesislerinin halatları arasındaki mesafe; petrol elleçlemesini engellemeyecek kol uzunluğu ve usturmaça yüksekliğine göre belirlenmektedir.

2.4.3.3 Kargo Elleçleme Ekipmanlarının Hareketi ve Bakımı

Kargo elleçleme ekipmanlarının; hareketsetel performansları iyi koşulda tutacak ve kazalara karşı önleyici tedbirler alacak şekilde bakımı sağlanmalıdır.

2.4.4 Kereste Sınıflandırma Alanları

(1) Güvenli ve düzgün kereste elleçlemesinin sağlayacak uygun kara konumu ve boyutu ya da su yüzeyi bulunmalıdır.

(2) Kereste sınıflandırma alanlarında; yakıp kül olmaya karşı tedbirlerin alınması gerekir.

Açıklama:

(1) Sürüklenen ve batmış ağaçlara karşı güvenlik tedbirlerinin yanında kabuk dağılmalarına karşı çevresel koruma tedbirleri de alınmalıdır.

(2) Kereste sınıflandırma havuzları, sakın su alanlarına yerleştirilmelidir.

(3) Kereste sınıflandırma havuzları, kereste sürüklenmelerini engelleyecek tesislerle donatılmalıdır.

(4) Kereste elleçleme su alanı, ulaşım kanalı ya da bağlama basenlerinde gemi seyrini engellememesi için bağlama baseniyle bağlantılı su yolunda olmalıdır.

2.4.5 Deniz Ürünleri Sınıflandırma Tesisleri

Deniz ürünleri sınıflandırma tesisleri; işlevleri arasında sinerjik ilişkileri sağlayacak şekilde tasarlanmaktadır.

Açıklama:

Deniz ürünleri sınıflandırma tesisleri; deniz ürünleri sınıflandırma alanları ve gerekli yardımcı tesisleri kapsamaktadır. Deniz ürünleri sınıflandırma alanlarında; su ile yıkama, yakalama, tazelik için kaplama, kirliliği önleme ve çalışma koşullarında saklama gibi işler yapılmaktadır. Yardımcı alanlar ise; yükleme alanını, buz deposunu ve diğer tesisleri içermektedir.

2.4.6 Tehlikeli Kargo Sınıflandırma Tesisleri

- (1) Tehlikeli kargo sınıflandırma tesislerinde; “Yangın Servis Kanunu” ve ”Yüksek Basıncılı Gaz Güvenliği Kanunu”na uyulmaktadır.
- (2) Elleçlenen kargo tehlikeli mallardan oluşmuyorsa, “İthal Teçhizat Karantina Yönetmenliği”ne göre buharla dezenfekte edilmektedir.

2.5 Depolama Tesisleri

2.5.1 Tehlikeli Kargo Alanları Ve Petrol Depolama Tesisleri

- (1) Tehlikeli kargo alanları ve petrol depolama tesisleri; topografik koşullar ya da diğer sebeplerden dolayı birbirlerinin yakınında olabilmektedirler.
- (2) Uygun açık alan genişliğinde; tehlikeli kargo alanları, kargo tiplerine ve petrol depolama tesisleri de yapılarına göre ayrılmaktadır.

2.5.2 Diğer Depolama Tesisleri

Diğer depolama tesisleri; Bölüm 2.4’deki “Kargo Sınıflandırma Tesisleri” koşullarına uyacak ve bu bölümdeki gerekli işlevleri sağlayacak şekilde olmalıdır.

Açıklama:

Diğer depolama tesisleri; depo, açık depolama alanı, kereste alanı ve kömür depolama alanını kapsamaktadır.

(1) Depo

Depolar; “ Depo Ticaret Kanununun Uygulama Yönetmeliği”ndeki standartları ve güvenli ve düzgün depolamayı sağlayacak şekilde yapılmalıdır.

(2) Açık Depolama Alanları

Açık depolama alanları; 2.4.1’deki “Kargo Sınıflandırma Alanları” şartlarına uymalıdır.

(3) Kereste Alanları

Kereste alanları; 2.4.4’deki “Kereste Sınıflandırma Alanları” koşullarına uymalıdır.

(4) Kömür Depolama Alanları

2.6 Gemi Servis Tesisleri

2.6.1 Genel

Gemi servis tesisleri; gemiler için su, petrol ve kömür ikmal tesislerinin yanında gemi onarım tesisleri ve gemi depolama tesislerini kapsamaktadır.

2.6.2 Su İkmal Tesisleri

(1) Muslukların yerleşim planı ve kapasitesi, gemi tipine göre belirlenir.

(2) Su ikmal tesislerinin karşıladığı sağlık koruma ihtiyaçları:

(a) Muslukların yapısı; su kirliliğini önleyecek yapıdadır.

(b) Periyodik ve rastgele su incelenmesi yapılmaktadır ve muslukların temiz tutulması sağlanmaktadır.

Açıklama:

- (1) Musluk giriş ağızları; hortum bağlantılarını kolaylaştıran yerde ve su kirliliğini önleyecek yapıda olmalıdır. Özellikle apron zeminin aşağısına dreanaj yerleştirilmelidir.
- (2) Musluk giriş ağızları kapakla donatılmalıdır.
- (3) Periyodik ve rastgele su incelenmesi; “ Su İşleri Kanununun Uygulama Yönetmeliği” ne göre yapılmaktadır. Böylece periyodik araştırmayla muslukların temiz tutulması sağlanmaktadır.

2.7 Yolcu Tesisleri

2.7.1 Yolcu Binme Tesisleri

2.7.1.1 Genel

- (1) Yolcu binme tesisleri; elverişli ve güvenli işlevlere sahip olmalıdır.
- (2) Yolcu binme tesisleri; yolcuları tehlikeye düşmesine sebep olmamalıdır. Gemi hareketlerine ve rüzgara karşı sabit olmalıdırlar.

2.7.1.2 Yapısal Tipler

(1) Yolcu binme tesislerinin yapısının gereksinimleri:

- (a) Geçidin genişliği; 75 cm ya da kullanım koşullarına göre daha fazla olarak ayarlanmaktadır.
 - (b) Geçit yolu; her iki tarafta da bulunan yan duvarlar ve parmaklıklar, yüzeyinde kaymayan malzeme kullanımı gibi yardımcı koşullara sahiptir.
 - (c) Merdiven basamağının yüksekliği güvenli olacak şekilde ayarlanmalıdır.
 - (d) Rampanın eğimi güvenliğe uygun olacak şekilde belirlenmelidir.
- (2) Hareket edebilen yolcu binme köprülerinin izin verilebilir düşey mesafesi; gelgit genişliğinin, su çekimi değişiminin, gemilerin baş-kıç vurmasının ve yalpalamasının ışığı altında belirlenmektedir.

Teknik Notlar:

- (1) Geçit genişliğinin minimum 75 cm olmasına rağmen, yaşlı ve özürlü kimselerin kullanımı sebebiyle 1.2 m veya fazlası tercih edilmektedir.
- (2) Rampanın eğimi; %12 ya da daha azıdır, ama yaşlı ve özürlü kimselerin kullanımı sebebiyle %5 ile %8 arasında ya da daha azı tercih edilmektedir.
- (3) Tekerlekli sandalye kullanan yaşlı ve özürlü kimselerin güvenli geçişini sağlamak için yeterli tedbirler alınmalıdır.

2.7.1.3 Yolcu Binme Tesislerinin Tasarımı

Yolcu binme tesisleri; “Otoyol Köprüleri için Teknik Özellikler ve Açıklamalar” ve “Rampa Ayrılma Tesislerinin Kurulumu için Teknik Standartlar”na göre tasarlanmaktadır. Tasarımda göz önüne alınan yükler ve dış kuvvetler; ölü ağırlık, hareketli yük, rüzgar yükü, deprem yükü, sıcaklık değişiminden dolayı ısı kuvveti, vb.’dir.

2.7.1.4 Yardımcı Tesisler

Yardımcı tesisler; yolcu güvenliği göz önüne alınarak uygun şekilde donatılmaktadır.

Teknik Notlar:

- (1) Parmaklıklar, düşmeye karşı koruma tedbiri olmakla birlikte yolcuların geçiş sırasındaki tehlike hislerini azaltmaktadır. Parmaklıkların yüksekliği; üstlerinden atlayabilmeyi engelleyecek 1.1m ya da daha fazla boyutta olmalıdır. Ayrıca çocuklar ve tekerlekli sandalye kullananlar için dayanmalar, çaprazlar ve ağlar monte edilmelidir.
- (2) Yolcuların güvenli şekilde binme tesislerine gidişlerine yol göstermek için çitler, halatlar ve zincirler kullanılmalıdır. Çitlerin boyları en azından 70 cm olmalıdır. Halatlar ve zincirler de sıkı bir şekilde uzatılmalıdır.
- (3) Üstü kapalı olduğu takdirde 2.1 m veya daha fazla yükseklikte olmalıdır.
- (4) Geçit yolu uzunluğu 60m’den fazla olduğu takdirde acil durum çıkışı olmalıdır. Giriş-çıkış ile acil durum çıkışı arasındaki ya da acil durum çıkışları arasındaki mesafe 60m ya da daha az olmalıdır. Geçit yolu boyunca acil durum çıkışı için işaretlemeler konulmalıdır.

2.7.2 Yolcu Yapıları

2.7.2.1 Genel

- (a) Yolcu yapılarında olması gereken imkanlar:
- (b) Bilet gişesi
- (c) Bekleme salonu
- (d) Bagaj yeri, tuvalet, telefon ve diğer imkanlar
- (e) Uygun ışıklandırma ekipmanları
- (f) Alarm cihazları ve diğer iletişim ekipmanları

2.7.2.2 Yolcu Yapıları Tasarımı

Yolcu yapıları tasarımında; konum koşulları, tesis karakteristikleri ve yolcuların sayısı göz önüne alınmaktadır.

Teknik Notlar:

Yolcu yapılarının iskan alanının hesabında; gemilerin tipi, günlük sefer sayısı, yolcuların sayısı, yoğunlaşma oranı, bagaj elleçleme miktarı ve çalışan sayısı düşünülmelidir. Uygun iskan alanı boyutlarında, bilet gişesi, bekleme salonu, bagaj yeri, tuvalet, telefon ve diğer tesisler hesaplanmaktadır.

2.7.2.3 Yardımcı Tesisler

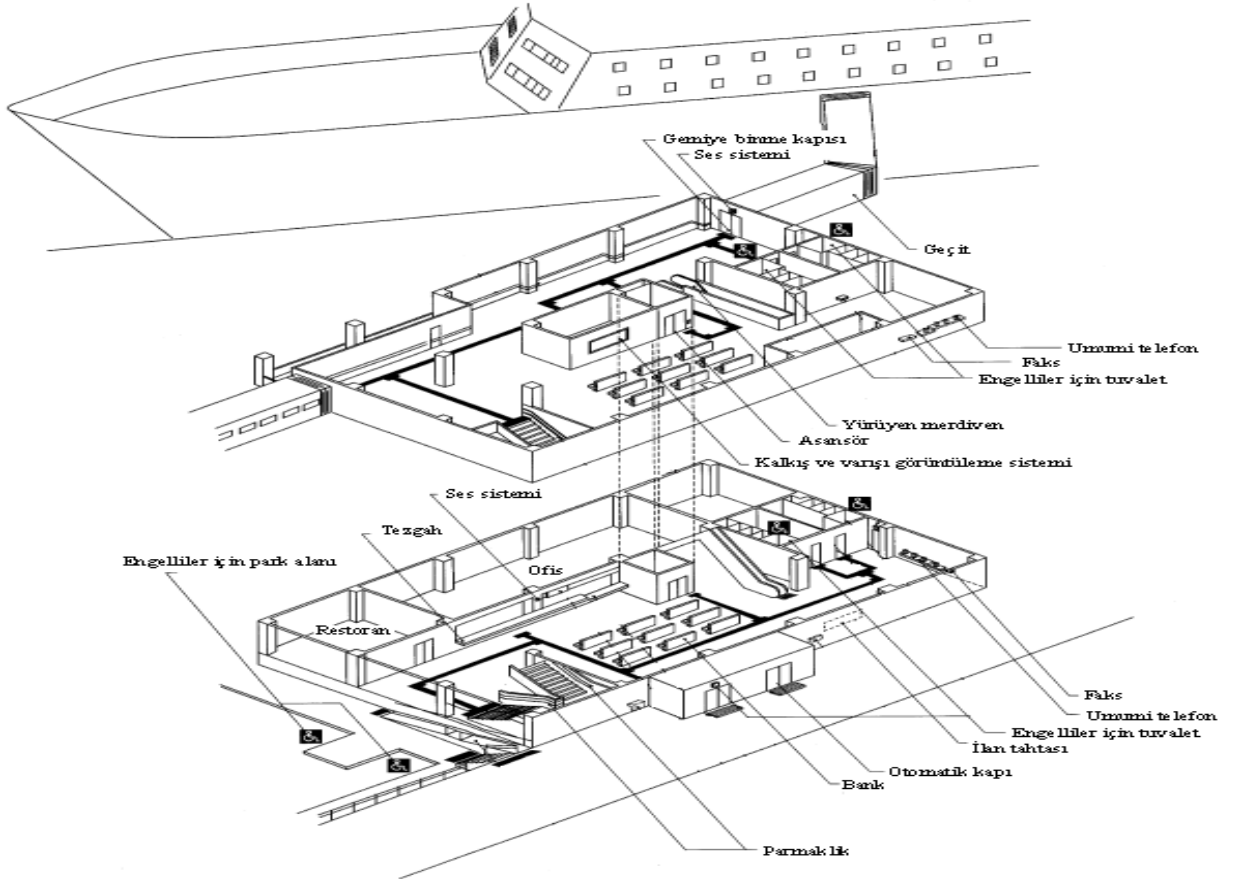
Yolcu yapıları; yolcuların güvenliği, sağlık koşulları ve rahatlıkları için gerekli tesislerle donatılmalıdır.

Teknik Notlar:

Gerekli olan tesisler:

- (1) Tahliye tesisleri
- (2) Havalandırma tesisleri

- (3) Işıklandırma ekipmanları
- (4) Yangın söndürme tesisleri ve alarm cihazları
- (5) Çitler, halatlar ve diğer benzer tesisler
- (6) İşaretlemeler, tuvaletler ve telefonlar



Şekil 2.25 Yolcu yapıları modeli

3. LİMANLARDA KAPLAMA TASARIMI

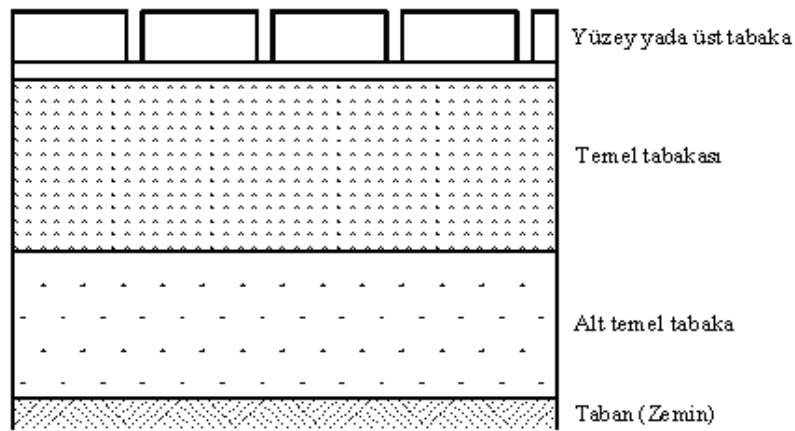
3.1 Giriş

Son yıllarda değişen liman koşulları nedeniyle, liman terminal kaplamalarının önemi artmıştır. Ağır ekipmanlar tarafından yüklerin gittikçe artan ağırlıkları, yüksek tekerlek ve dingil yüklerine neden olmaktadır. Çoğunlukla işletme sistemlerindeki hızlı gelişimler; kaplama ömrünün sona ermesinden önce yerleşim planı değişikliklerini gerektirmektedir.

3.2 Kaplama Tabakaları

Kaplama tasarımında yapısal olarak her bir tabaka parçasının elastisite modülü (E) ve poisson oranı (ν); çok tabakalı ve sonlu eleman metodu yaklaşımı için gerekli temel özelliklerdir.

Şekil 3.1'de; yüzey yada üst tabaka, temel tabaka ve alt temel tabakadan oluşan kaplama yapısını göstermektedir.



Şekil 3.1 Kaplama katmanları

3.2.1 Yüzey Tabakası

Yüzey tabakasının görevi; güvenli, sabit ve kaymaya dirençli düzgün yüzey sağlamak, yükleri aktarmak ve yüzeyin bozulmasını önlemektir.

Kaplamanın seçimi; ekonomik ihtiyaçların işlevine ve uygulanacak yüklere göre mevcut yerel kaynaklar dikkate alınarak yapılmaktadır.

Kaplama malzemesinin yedi uygun tipi vardır:

Esnek: 1. Asfalt

2. Beton kaplama

3. Çakıl kaplama

Yarı rijit : 4. Yarı rijit serbest kaplamalar (PASCA)

5. Prefabrik beton plaklar

Rijit: 6.a. Yerinde beton dökme (betonarme)

6.b. Çelik donatılı betonarme kaplamalar (SFC)

7. Silindirle sıkıştırılmış beton kaplamalar (RCC)

3.2.1.1 Asfalt Tabaka

Asfalt; statik yüklerden ötürü oluşan kabul edilebilir şekil değiştirmelere dayanan yüzey katmanına bağlı olarak kargo, konteyner elleçleme ve istifleme alanlarında sıkça kullanılmamaktadır.

Asfaltın yorulma kriteri:

$$N = \left[\frac{6918(0.856V_B + 1.08)}{S_{mix}^{0.36} \mu \mathcal{E}} \right]^5 \quad (3.1)$$

N = Yük tekrarlama sayısı

$\mu\varepsilon$ = Maksimum gerilme

V_B =Asfalt içindeki bitüm hacmi (yüzde)

S_{mix} = Karışımın rijitliği (MPa)

Liman uygulamalarında asfalt karışımının özellikleri iyi performans göstermemektedir, bunlar:

- a) Sıcaklık
- b) Tekerlek izi ve oyulmalara sebep olan yükleme zamanı
- c) Yüzey yağ kirliliği yavaşça bitümlü bağlayıcıyı yok eder ve korumasız bırakarak zarar görmesine neden olur.

Asfaltın avantajları:

- Pahalı olmayan kaplama malzemelerindedir ve yapım maliyeti rijit betonlara nazaran daha hesaplıdır.
- Oturmalara uyum gösterir.
- Net maliyeti rijit betona nazaran daha uygundur.

Asfaltın dezavantajları:

- Asfalt tabakasının dayanıklılığı; çevresel etkiler ve yük tekrarlamasından dolayı çok iyi değildir.
- Konteynerlerin köşeleri, hareketli vinçlerin sabitleyicileri ve treylerin sert lastik tekerleklerinden dolayı oyulmalar olur.
- Betona nazaran yüksek bakım maliyeti vardır.
- İnşa etmek için oldukça karmaşık mekanik ekipmanlar gereklidir.
- Estetik değildir.
- Yüksek ısı dereceleri, asfaltın fiziksel özelliklerini değiştirir.

3.2.1.2 Beton Kaplamalar

Beton blok kaplaması, yeni bulunmuş inşaat tekniklerinden birini temsil etmektedir.

Bir noktada toplanmış ağır yüklere dayanır ve vinçler, transtainer, forkliftler ve straddle carrierler gibi ağır araçların tekerlek yüklerine direnç gösterirler.

Birçok endüstriyel kaplamalara karşı ilk tercih, beton döşemeler olmaktadır.

Kaplama kalınlığı değişiklikleri; kaplama performansı üzerinde, temel kalınlığındaki denk değişikliklere göre daha büyük olduğunu ifade eder.

Ancak, temel ve kaplamaların göreceli maliyetlerine gelince; çoğunlukla temel kalınlığını arttırmak, kaplama kalınlığını arttırmaktan daha ekonomiktir. Testler; 80 mm kaplama kalınlığı kullanımının standart hale getirilmesinin uygun olduğunu göstermektedir. Fakat aşırı yükler altındaki dikdörtgen döşemelerin dönmesini engellemek için daha yüksek kalınlıklara ve dayanıma gerek duyulmaktadır.

Kaplama şeklinin önemi: Döşeme düzeni ve kaplama şekli, birbirine bağlanmayı etkiler.

Balık sırtı şeklinde yerleştirilmiş dikdörtgen kaplama döşemeleri, düz bir sıra şeklinde yerleştirilmişlerden daha iyi performans göstermesine karşın dişli şekilli döşemelerin de iyi performans gösterdiği görülmüştür.

Uygulamalarda daha derin dişli kaplamaların birbirleriyle daha iyi bağlandıkları görülmüştür.

Prefabrik beton döşemelerin avantajları:

- Bütün trafik tiplerinde elleçleme yapabilir.
- Üretim sırasında hassas toleranslara dayalı olarak iyi kalite kontrolü yapılır.
- Dış alan bakımında tam dayanıklılık sağlar.
- Sermede oldukça basit ekipmana ihtiyaç duyulur.
- Anında kullanılmaya hazırdır.
- Kolayca kaldırılabilir ve yeniden yerleştirilebilir.
- Esnek kaplama hasar meydana gelmeksizin geniş deformasyonlara uyum sağlayabilir.
- Yüksek net maliyete sahiptir.
- Yapı, renk ve düzen kolayca belirlenebilir.
- Yüksek derecede dayanıklı ve sert yüzevidir.
- Yapımı için basit ekipman gerekir.

Beton döşemelerin dezavantajları:

- İnşaat başlangıç maliyetleri genellikle asfalt yapılara göre biraz yüksektir.

- Yüksek kaliteli üretim kapasitesi az gelişmiş ülkelerde her zaman olmayabilir.

Taban ve ek yeri kumu: Taban kumu; temelden kaplama yüzeyine doğru çatlakların yayılmasına karşı bariyer gibi davranır ve üzerine döşemelerin yerleştirildiği düzgün yüzey sağlayacak yapı sıfatıyla hareket eder. Kum kalınlığının küçülmesiyle şekil değiştirmelerinin azaldığı görülmüştür. Bu sebeple sıkıştırmadan sonraki kum kalınlığının 30 mm ile 50 mm arasında belirlenmesi uygun olmaktadır.

3.2.1.3 Çakıl Döşeme

Çakıl döşeme; konteyner istifleme alanlarında başarılı şekilde uygulanan basit ve ucuz bir kaplama tipidir.

Doğrudan zemin üzerine sıkıştırılmış, tesviye edilmiş, yerleştirilmiş ve belli derece çakıl kalınlığına sahip tabakadan oluşur.

Çakıl, tercihen 50 mm'den küçük boyuta sahip sert taş olmalıdır. Tavsiye edilen maksimum çakıl tane boyutu, 25 mm ile 50 mm arasındadır.

Bazı avantajları:

- Yerleştirme ucuz ve kolaydır.
- Çakıl döşeme, konteynerlerin altındaki zemine uyum sağlar.
- Suyu geçiren çakılın bu doğal özelliğinden dolayı drenaj basittir.
- İnşa süresi kısadır.
- Tesfiyeden sonra kolay bakıma sahiptir.
- İyi dayanıklılık gösterir.
- Yapım ve bakım maliyetleri düşüktür.

Bazı dezavantajları:

- Düzgün yüzeye sahip değildir.
- İşaretlemeye uygun değildir.

- Sadece istifleme alanında raylı vinçler ile birlikte kullanılır.
- Önden kaldıraçlı kamyonlar, reach stackerler ve straddle carrier, vb. araçların kombinasyonunda kullanılamaz.

Yarı Rijit Beton

3.2.1.4 Yarı Rijit Serbest Kaplamalar (PASCA)

Yarı rijit serbest kaplamalar; prefabrik beton elemanları, lastik bağlantılar ve kumdan meydana gelmektedir.

Prefabrik elemanlar; betonarme veya betondan imal edilir, boyutları 60 cm× 60 cm'dir. Lastik bağlantılar; sırayla bitişik elemanların arasına yerleştirilir ve özel olukların içine takılır.

Bu bağlantıların ana görevleri; elemanları birbirine bağlamak, kumun şekil değiştirmesini engellemek, su geçirmez kaplama sağlamak ve uygulanan yükü aktarmak ve dağıtmaktır.

Elemanlar, düzenli döşeme oluşturması için kum tabakasının üzerine yerleştirilir. Kum ayrıca elemanların boşluklarını doldurur.

Yarı rijit serbest kaplamaların avantajları:

- Üretim sırasında iyi kalite kontrol yapılabilir
- Dış alan bakımında tam dayanıklılık sağlar.
- Yerleştirme için küçük donanım gerekir.
- Anında kullanılmaya hazırdır.
- Yerleşmenin düzenlenmesine olanak sağlar.
- Kaplamayı sökmeden boşluklar kum ile doldurulabilir.
- Yeraltı hizmetlerinin kurulumu için sökölme ve yeniden yapıma uygundur.
- Bakımı basittir.
- Büyük yerleşim alanları ya da yeni ıslah edilmiş alanlar üstünde geçici kaplama ihtiyacı ortadan kaldırılabilir.

Yarı rijit serbest kaplamaların dezavantajları:

- Maliyeti yüksektir.
- Eşit olmayan taban oturmasına bağlı olarak ortaya çıkan, büyük eğilme momentinin sonucunda köşelerden çatlamlar olur.

3.2.1.5 Prefabrik Beton Döşemeler

Prefabrik beton döşemeler; genellikle iki metrekare, donatılı ve yerel kuvvetin yoğunlaşması altında betonun parça parça dökülmesini önlemek için etrafında koruyucu çelik desteklere sahiptir.

Döşemeler sıkıştırılmış kum tabakasının üzerine yerleştirilir.Taban, genellikle granüler yapılandırılır.

Prefabrik beton döşemelerin avantajları:

- Üretim sırasında iyi kalite kontrol yapılabilir.
- Dış alan bakımında tam dayanıklılık sağlar.
- Yerleştirme için basit ekipmanlar kullanılır
- Anında kullanılmaya hazırdır.
- Kolayca kaldırılabilir ve tekrar yerleştirilebilir.

Prefabrik beton döşemelerin dezavantajları:

- Elemanların boyutlarının büyük olması sonucunda yüksek maliyetlidir.
- Taban oturmasına ve elleçleme ekipmanlarının iz genişliğinden daha büyük parçalara bağlı olan büyük eğilme momentinin sonucunda köşelerden çatlamlar olur.
- Döşeme plakları arası kötü kullanışlılığa sebep olan farklı oturmalar meydana gelir.

Rijit Beton

Yerinde beton kaplama ve donatısı olmayan silindirle sıkıştırılmış beton gibi iki tip rijit beton vardır.

3.2.1.6 Yerinde Beton Dökme (Betonarme)

Yerinde beton kaplama; yüksek temas kuvvetlerine dayanabilen sağlam ve dayanıklı yüzey temin eder. Beton plaklar, yoğunlaşmış yük altında kalıcı şekil değiştirmeler göstermez. Eğer beton plaklar, oturma beklenmeyen dayanıklı alanlar üzerine yerleştirilirse uygun şekilde görev yapabilirler. Darbe hasarını ve parça parça olabilecek dökülmeyi azaltmak için yüksek beton dayanımının en azından 40 N/mm² olması gerekir.

Yerinde beton kaplamanın avantajları:

- Yüzeyi sağlam ve dayanıklıdır.
- Üstün kalite ile kayma direnci veren düzgün yüzeydir.
- Dünyadaki hemen hemen her ülkede mıcır ve çimento kolayca bulunur.
- Yağ dökülmesi ya da yüksek sıcaklıkta yüzeyin direnci azalmaz.
- Bakım maliyeti düşüktür.

Yerinde beton kaplamanın dezavantajları:

- Eğer derzsiz bir tabaka yerleştirilse, taban oturması nedeniyle çatlamlar olur.
- Darbe hasarı ve çatlamları azaltmak için yüksek beton dayanımı gerekir.
- Başlangıç maliyeti yüksektir.
- Kırılan ve şekil değiştiren betonların onarımı zordur.
- Yüzeyin eski haline gelmesi, kablolar için çukur kazılması ya da yer altı hizmetlerine ulaşılması zor ve pahalıdır.

3.2.1.7 Çelik Donatılı Betonarme Kaplamalar (SFC)

Bu kompozit malzemeler, geleneksel donatılı betondan daha iyi mekanik ve fiziksel özelliklere sahiptir. Çekme çelik donatıdan üretilen kancalı çubuklar, en verimli ve başarılı olan donatı tiplerindedir.

Çelik donatılı betonarme kaplamaların avantajları:

- Klasik betonarmeden daha büyük gerilme, eğilme, basınç ve kesme kuvvetine dayanır.
- Parça parça dökülmeye karşı direnci yüksektir.
- Statik ve dinamik yüke karşı etki direnci yüksektir.
- Üstün sünekliğe sahiptir.
- Çatlak halde yükleri taşıyabilecek kadar büyük kabiliyeti vardır.
- Çatlak oluşmasına ve yayılmasına karşı daha dirençlidir.
- Kaplama ve diğer standart yol inşaat makineleri için uygun yerleştirme yapmak kolaydır.
- Bakım korumasına ve uzun kullanım ömrüne sahiptir.
- Başlangıçtaki dayanımı daha büyüktür ve erkenden kullanılabilir.
- Gerekli kalınlık, klasik donatılı betondan daha küçüktür; bu yüzden daha az malzeme kullanılır.
- Çelik donatılı betonarmenin kaplama kalınlığının daha küçük olmasından dolayı bakım çalışmalarının miktarı azalır.
- Bağlantılar arası mesafe daha fazladır.

Beton kalınlığının azalmasından dolayı düşen başlangıç maliyetleri hariç, çelik donatılı betonarme kaplamaların dezavantajları; yerinde beton döşemelerle aynıdır.

3.2.1.8 Silindirle Sıkıştırılmış Beton Kaplamalar (RCC)

Silindirle sıkıştırılmış beton kaplamalar, çok az su/çimento oranının kullanıldığı beton kaplamadır. Silindirle sıkıştırma ve kaplama makinesiyle yerleştirme gibi asfalt kaplamada kullanılan ekipmanlarla inşa edilir.

Silindirle sıkıştırılmış beton kaplama ile klasik beton arasındaki başlıca farklılık, aynı gün içerisinde trafik tarafından kullanılabilmesidir. Silindirle sıkıştırılmış beton kaplamalar, klasik Portland çimento kaplamalarıyla benzer özelliklere sahiptir. Farklılıklar:

- Donatısızdır
- Beton çökmesi sıfırdır.
- Vibratör gerekli değildir.

- Dayanım: Silindirle sıkıştırılmış beton kaplama; kaplamanın ana yapısal bileşeni olarak kullanılan dayanımı geliştirmelidir.
- Dayanıklılık: Silindirle sıkıştırılmış beton kaplamaya hava giremez
- Malzemeler: Kullanılan tipik maksimum mıcır boyutu 20 mm'dir ve normal olarak uygun mıcır, 75 mikron elek çapını geçen malzemelerin yüksek oranını kapsar.

3.2.1.9 Farklı Kaplama Tiplerinin Değerlendirilmesi

Kaplama tipinin seçimi için maliyet, estetik kalite, yapım kolaylığı ve bakım ya da kullanıma hazır olma avantajları gibi Çizelge 3.1'de gösterilen kriterler verilmiştir. Yapım ve bakım maliyetleri, geçmişteki benzer kaplamaların tecrübelerine dayanmaktadır.

İnşa süresi önemli mertebede yerinde gerçekleşen çalışmalara bağlıdır. Asfalt ve yerinde dökülen betonda; doğru malzeme özelliklerini elde etmek için yerinde karışım ve soğuma/sertleşme gereklidir. Hemen kullanılabilir olan prefabrik beton döşemeler, büyük miktarda yerleştirmeyi gerektirmektedir. Prefabrik beton döşemeler, hızlıca yerleştirilir ve hemen kullanılabilir.

Çizelge 3.1 Farklı kaplama tipleri arasındaki karşılaştırma

Özellik	Kaplama Tipi				
	Beton döşemeler	Asfalt	Yerinde beton dökme	Beton döşeme 2m x 2m	Çakıl döşeme
Maliyetler:					
Yapım	orta	orta	yüksek	yüksek	düşük
Bakım	düşük	orta	düşük	orta	düşük
Net maliyet	yüksek - kolayca yeniden kullanışlı hale getirilir	orta	düşük	orta / yüksek (eğer hasar yoksa)	orta

Çizelge 3.1 Farklı kaplama tipleri arasındaki karşılaştırma (devamı)

Özellik	Kaplama Tipi				
	Beton döşemeler	Asfalt	Yerinde beton dökme	Beton döşeme 2m × 2m	Çakıl döşeme
Estetik: Görünüm	çok iyi – yapı, renk ve düzen belirlenebilir	kötü	orta – sadece sınırlı renk ve yapı kontrolü	orta	kötü
İnşa etme kabiliyeti: Yapım zorluğu	basit ekipman gereklidir	daha karmaşık mekanik ekipman gereklidir	dikkatle hazırlanmış kaplama düzeni gereklidir	ağır kaldırma ekipmanı gereklidir	basit ekipman gereklidir
İnşaat süresi	orta	orta	yavaş	hızlı	hızlı
Hafriyat yapma ve eski haline getirme	el ekipmanı ile kolayca kazılır	basınçlı hava ile çalışan delgi makinesi kullanılır	zor ve pahalıdır	oldukça kolaydır (kaldırma ekipmanı gerekli)	el ekipmanı ile kolayca kazılır
Yeniden kazanma	yeniden işleme tabi tutulmaksızın gerçekleşir	yeniden işleme tabi tutulmuş malzeme	pahalı, yeniden işleme tabi tutulan malzeme	pahalı, yeniden işleme tabi tutulan malzeme	yeniden işleme tabi tutulmaksızın gerçekleşir
Kullanıma hazır olma: Dayanım	çok iyi	zayıf	iyi	çok iyi	iyi
Direnme gücü: - Ağır dingil yüklerine karşı	çok iyi	iyi	çok iyi	çok iyi	Sadece konteyner istifleme bölümünde raylı gentry vinçler ile birlikte kullanılır.
- Bir noktada toplanmış tekerlek yüklerine karşı	çok iyi	zayıf	çok iyi	çok iyi	
- Ani dönme yüküne karşı	iyi	zayıf	çok iyi	iyi	
- Oturmalara karşı hassasiyet	çok iyi	iyi	zayıf	orta	

3.2.2 Temel ve Alt Temel Tabakası

Temel ya da alt temelin görevi; yüzey tabakasından uygulanan yükleri tabana aktarılmasıdır. Temel tabakaları; tabanın aşırı zorlanmasını engelleyecek derecede trafik yüklerinin yayılmasını sağlamak, taban oturmasını önlemek ve yapısal kapasiteyi arttırmak için kullanılır. Temel; şekil değiştirme ve aşınmaya karşı tabana göre daha büyük dirence sahip olmalıdır.

Temel tabakalarına ek olarak alt temel tabakaları da

1. Gevşek granüler malzemeler ve
2. Bağlı granüler malzemelerden meydana gelebilir. (Çimento Bağlı Malzeme – CBM)

Bağlı temel ya da alt temel tabaka, ağır yüklü kaplamalarda en çok kullanılan malzemedir. Dayanım kalitesi; İngiliz “ Karayolu Şartname”sine dayanılarak Çimento Bağlı Malzeme Tip 1’den (CBM 1) CBM4’e kadar olan 4 sınıfa ayrılabilir. Çimento Bağlı Malzemeler; toprak çimentosu (CBM1), çimento-bağlı granüler malzeme (CBM2) ve zayıf beton (CBM3 ve CBM4) olarak bilinmektedir. CBM4, yüksek dayanımı haricinde CBM3 ile aynı özelliğe sahiptir.

Bağlı temel tabakasının yük taşıma kapasitesi ile kombinasyon halinde olan ve alt temel için kullanılan gevşek granüler tabakalar; çoğunlukla düşük kaliteli malzemedен inşa edilir. Temel ve alt temelin kombinasyonunun ihtiyaçları ve dayanımı; yükleme derecesine ve tabanın taşıma kapasitesine bağlıdır. İngiliz ”Karayolu Şartnamesi”ne göre bağımsız malzemelerin Tip1 ve Tip2 olmak üzere iki tipi vardır. Tip 1 granüler malzeme; kırma taş, kırma mıcır, kırma beton ya da iyi yanmış plastik olmayan şistten oluşabilir ve 5 mm elek çapından geçen doğal kumun kütlelerinden %12.5 kadar içerebilir. Tip1 malzemesi; 50kN’luk hassas başlangıç değerinin %10’una ya da daha fazla ezilme dayanımına ve 65’ten daha büyük sağlamlık değerine sahip olabilir. Tip 2 granüler malzeme; doğal kumlar, çakıl, kırma taş, kırma mıcır, kırma beton ya da iyi yanmış plastik olmayan şistten oluşabilir ve %10’luk hassas değeri 50kN ya da daha fazla olabilir. Minimum California Taşıma Oranın(CBR) değeri laboratuvar sonuçları dikkate alınarak belirlenmelidir.

Çimentoyla işlenmiş kırma taş gibi bağlı malzemelerin kullanımı; taban CBR'si düşük olan gevşek granüler temelin kullanımına göre daha ince ve daha ekonomik kaplamalara neden olabilmektedir. Ancak; yüksek taban CBR değerlerinde bağısız kırma taş, temel tabaka için en uygun seçim olmaktadır.

Gevşek alt temel malzemesi için CBR değeri %20'den daha yüksek olmalıdır. Temel granüler malzemede ise; CBR değeri %80'den daha yüksek ve elastisite modülü 1000 N/mm^2 olmalıdır.

Çimento bağlı malzemelerde, elastisite modülünü hesaplamak için basınç dayanımının fonksiyonu($f'c$) gibi bağıntılar geliştirilmiştir. Tipik bağıntılar:

$$E = 1.814 f'c^{0.88} + 3,500 \quad \text{Çimentolu kırma taş için} \quad (3.2)$$

$$E = 2.240 f'c^{0.88} + 1,100 \quad \text{Çimentolu kırma doğal çakıl için} \quad (3.3)$$

Minimum dayanım gereksinimleri ve deneyimi dikkate alınarak çimento bağlı malzemelerin

E-modül formül sonuçları:

$$E_{CBM1} = 7,000 \text{ MPa} \quad E_{CBM3} = 13,000 \text{ MPa}$$

$$E_{CBM2} = 10,000 \text{ MPa} \quad E_{CBM4} = 17,000 \text{ MPa}$$

Bütün malzemeler için Poisson oranı 0.20 olarak kabul edilir.

$$N_{CBM1} = \left(\frac{350}{\mu\epsilon} \right)^{12} \quad (3.4)$$

$$N_{CBM2} = \left(\frac{310}{\mu\epsilon} \right)^{12} \quad (3.5)$$

$$N_{CBM3} = \left(\frac{260}{\mu\epsilon} \right)^{12} \quad (3.6)$$

$$N_{CBM4} = \left(\frac{240}{\mu\epsilon} \right)^{12} \quad (3.7)$$

N = Yük tekrarlama sayısı

$\mu\varepsilon$ = Yatay gerilme

Yorulma bağıntısı tipik Hollanda kumu-çimento karışımı için geliştirilmiştir.

$$\log N = 10 - 0.08 \varepsilon \quad (3.8)$$

Bu yorulma bağıntısı ise kireçle işlenmiş malzemeler için kullanılabilir.

$$\log N = -0.317 - 21.78 \log \sigma / \sigma_f \quad (3.9)$$

σ = uygulanan esneklik gerilmesi

σ_f = esneklik dayanımı, MPa = $-0.0042 + 0.1427 \sigma_c$

σ_c = basınç dayanımı, MPa

3.2.3 Taban

Taban, trafik ve havanın etkilerine karşı direnç gösterebilir. Bu sebeplerin herhangi birinden dolayı tabanın destekleyici gücündeki azalma, geri çekilme ile ilgili olmaktadır.

Trafiğin etkisi: Trafiğin sebep olduğu taban desteği kaybındaki başlıca neden, toprağın sıkıştırmasıdır.

Bu da tabanın farklı oturmasıyla meydana gelen toprak hacminin yerel azalmasına sebep olabilmektedir. Kumlu taban özellikle sıkıştırmaya uygundur. Buna rağmen kil tabanlar ise, tekrarlanan yükleme altında plastik şekil değiştirmeye maruz kalabilmektedirler.

Havanın etkisi: Taban; yüzeye yakın olduğu sırada, havadan etkilenen bölgenin içerisinde bulunmaktadır. Başlıca neden; toprağın nem içeriğinde değişimlere sebep olan mevsimlik hava değişiklikleridir.

Kışın kaplamaların toprak sınırları, yazın kuru olan tabandan daha ıslaktır. Nem içeriğindeki değişikliklerin etkisi; çoğunlukla yolun yan kenarı altındaki mesafeyi tabanın içine doğru genişletmekle anlaşılır. Taban yoğun kilden oluşmuşsa; nem içeriğindeki değişimler, toprak hacmindeki değişikliklerle birlikte meydana gelirler.

Tahmin edilen taban nem içeriği, tabanın belirlenen yoğunluğundaki tasarım CBR değerini belirlenmesini sağlamaktadır. Tüm tabanların, inşa sırasında İngiliz Standart Sıkıştırma testinde elde edilen göreceli yoğunluk derecesine kadar sıkıştırılmaları tavsiye edilmektedir.

Sıkıştırma; taban taşıma dayanımını arttırmakla birlikte aynı zamanda geçirgenlik ve sonraki trafik sıkıştırmasını azaltabilmektedir.

Elastisite modülü ile taban dayanımı CBR değeri arasındaki geliştirilmiş bağıntı göz önüne alınmaktadır.

$$E_{taban} = 10CBR \quad (3.10)$$

E_{taban} = elastisite modülü (MPa) ve CBR (%)

Tabanın elastisite modülü, tasarım işleminde temel girdi parametresidir. Tasarım işlemi taban gerilme kriterine dayanmaktadır. Düşey basınç gerilmesi ($\mu\varepsilon_v$) ve kabul edilemez tekerlek izi seviyesi (N) arasındaki bağıntı:

$$N = [8511 / \mu\varepsilon_v]^{7.14} \quad (3.11)$$

3.2.4 Malzeme Dönüştürme Faktörleri

AASHTO'ya (1993) göre, malzeme dönüştürme faktörü denklem 3.9'a göre hesaplanabilir:

$$SR = \sqrt[3]{\frac{Mr}{5000}} \quad (3.12)$$

SR = 5000 MPa modüllü standart tabaka için malzeme dönüştürme faktörü

M_r = Verilen tabakanın Mpa olarak Elastisite modülü

Temel malzemelerinin dönüştürme faktörü, ilgili temel kalınlıkları ve kabul edilebilir gerilmeler arasındaki bağıntıyla birlikte denklem 3.10'un kullanımıyla hesaplanabilmektedir:

$$d_{yeni} = d_{stand} \times \left(\frac{\sigma_{stand}}{\sigma_{yeni}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.13)$$

d_{yeni} = Alternatif malzeme için düzenlenmiş temel kalınlığı

d_{stand} = C10 zayıf beton için tasarım grafiğinden elde edilen standart kalınlık

σ_{stand} = C10 zayıf beton (2.0 N/mm²) için standart esneklik gerilmesi

σ_{yeni} = Alternatif malzeme için standart esneklik gerilmesi (N/mm²)

3.3 Hasar Kriteri

Hasar; yeni kaplamanın çatlamasına ve şekil değiştirmesine göre ifade edilmektedir. Kaplama hasarları, nadiren elleçleme ekipmanları tarafından kaplamanın kullanılamaz hale getirilmesinden meydana gelmektedir ve yıkıcı ekonomik veya sosyal sonuçlara neden olmaktadır. Bu yüzden, kaplama tasarımı; kaplama yatırımından elde edilen karşılığın ve kullanılabilirlik düzeyinin göz önünde tutulmasıyla belirlenmektedir..

Bunun sonucu olarak, parasal ve teknik riskler değerlendirilmektedir.

3.3.1 Esnek Kaplamalar İçin Hasar Kriteri

Esnek kaplamaların hasarı, trafik yüklemesi altında yorulma ve çatlama ile ilgili olan şekil değiştirmeden dolayı ortaya çıkmaktadır.

Esnek kaplamaların hasar kriterinde; tekerlek izindeki 25 mm'lik maksimum şekil değiştirme, bozulma şartı olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca 15 ile 20 mm arasındaki maksimum şekil değiştirme, kaplama hazırlığı veya kaplamanın yenilenmesi gibi iyileştirici çalışma için optimum koşul olarak dikkate alınmaktadır. Esnek yol kaplamaları için hasar kriteri; 0'dan (imkansız yol) 5'e (mükemmel yol) kadar sıralanan Hazır Kullanılabilirlik Göstergesine (PSI) göre 2 ile 2.5 arasında değerlere sahip olmalıdır. Kişilerin %85'i PSI değeri 2 iken ve % 55'i 2.5 iken yolun kullanılamaz olduğunu ifade etmişlerdir.

3.3.2 Beton Kaplamalar İçin Hasar Kriteri

Liman kaplamalarının hasar kriteri; karayollarının hasar kriteri ile aynı olabilmektedir. Donatılı ya da donatısız beton kaplamalar için hasar kriteri farklıdır ve ayrı ayrı olarak ele alınmaktadır.

Donatılı beton kaplamalar için hasar kriteri

Donatılı beton yol kaplamalar, yaklaşık 40 yıllık tasarım ömrü sırasında bazı çatlamlar göstermektedir.

Çatlama tipleri:

- Saç gibi çatlaklar; betonun sertleşmesiyle gözle görülebilir şekilde ortaya çıkar ve donatılı betonun normal özelliğidir.
- İnce çatlaklar; betonun yüzeyinde 0.5 mm'den az genişlikte olur.
- Dar çatlaklar; yüzeyde 0.5 ile 1.2 mm arası genişlikte olur ve bakım gerekir.
- Geniş çatlaklar; yüzeyde 1.2 mm'yi aşan genişlikte olur ve eski haline gelmesi gerekir.

Donatısız beton kaplamalar için hasar kriteri

Donatılı beton kaplamalar büzülme derzli tek kesitten oluşmaktadır.

Bozulmanın meydana gelebilmesi için gereken kusurlar:

- 0.5 mm'ye eşit veya daha büyük çatlak genişliğinin; bölmeyi enine veya boyuna geçmesi

- Boyuna ve enine çatlak kesişiminin; her iki köşeden başlaması, 0.5 mm'den geniş ve her birinin 200 mm'den uzun olması
- Köşe çatlamaşının; 1.3 mm'den geniş olması ve 200 mm'den fazla yarıçapa sahip olması

3.4 Tasarım Metotları

Genellikle tasarım metotları, kaplamaların yapısal tasarımına göre iki ana gruba ayrılabilirler. Bunlar;

a) Temel yapısal tasarım faktörleri; kuvvetleri, gerilmeleri ve yer değiştirmeleri elde etmek ve bu sonuçları kabul edilebilir değerlerle karşılaştırmak için dikkate alınmaktadır. Bu da yapısal tasarıma ait analitik yaklaşımdır. Bu metodun bazı avantajları:

- Yapıda kritik noktanın nerede olduğu, hangi hasarı başlatacağı ve üreteceği belirlenebilir.
- Değişen malzeme ve yük karakteristiklerinin etkisi kolayca değerlendirilebilir.
- Kaplamalarının davranışının daha iyi anlaşılabildeğini gösterir.
- Kaplama ömrünün tahmini elde edilebilir.
- Teknik özellikler bir araya gelmiyorsa, sonuç değerlendirmesini sağlar.

b) Genel yaklaşımlarla birlikte bütün bu faktörler; geçmiş deneyimlerdeki kaplama performansına dayanılarak göz önüne alınmaktadır.

Bu da yapısal tasarıma ait deneysel yaklaşımdır. Bu metodun bazı dezavantajları:

- Geliştirilmiş olan metot; iklimdeki, malzemelerdeki, inşaat uygulamasındaki, üretim kalitesindeki ve trafikteki farklılıklardan dolayı mevcut koşulları sağlayan bölgelerde uygulanabilir.
- Yüksek dağılma derecesinden zarar görebilir.
- Kaplama ömrü üzerine doğru ve kesin tahminler yapılamaz.
- Kaplamadaki kritik noktaların yeri ve gerilmelerin büyüklüğü hakkında fikir vermez.

- Yeni malzemelerin kaplama performansı üzerine olumlu etkilerini değerlendirmek için kullanılmaz.
- Dingil yükü, tekerlek yükü ve lastik basıncındaki değişikliklerin kesin sonuçlarını değerlendirmeye imkan sağlamaz.

En iyi metotlardan biri, mekanik ve deneysel yaklaşımlara dayanan metottur. Teorik analiz, uygulamadaki gözlemler ile geçerli kılınmıştır.

3.4.1 İngiliz Limanlar Birliği El Kitabı (BPA)

İngiliz limanlar birliği el kitabı; Newcastle Üniversitesinin İnşaat Mühendisliği Bölümü tarafından sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır ve bu metot yardımıyla kaplamanın tüm bileşenlerini gösteren model geliştirilmiştir. Her bir kaplama bileşenin davranışını tanımlamak için elastik özellikler ve Poisson oranı değerleri seçilmiştir.

Yorulma; kaplamanın, yük geçişine maruz kalabildiği ve çoklu yük tekrarlamalarını hesaba katmak için gerilmelerin azaltıldığı yerlerde belirtilen sınırlı gerilmelerle dikkate alınmaktadır.

Tasarım işlemi; sınırlı değerleri tanımlayan gerilme ve şekil değiştirme seviyelerinin mekanik analiz kriterine dayanmaktadır. Sonlu elemanlar analizinde hatalardan kaçınmak için tasarım metodunu İngiliz Standartı BS 7533 ile kalibre edilmiştir.

Sonlu elemanlar programını kullanan ön analiz; kritik gerilmelerin, doğrudan uygulanan yükün altında temel alt ve üst tarafında meydana geldiğini doğrulamaktadır. Sonlu elemanlar modeli; tasarım grafiğini geliştirmede ve 63 adet dikdörtgen eleman ile biçimlendirilmiş 7 m çaplı ve 2.5 m derinlikli silindirik tabakalı sistemi olan aksel simetrik idealizasyondan oluşmuş kalibrasyon uygulamalarında kullanılmaktadır.

Çizelge 3.2 İngiliz liman birliklerinin üretim tasarım grafiğinde kullanılan kaplama malzemesi

Tabaka	Elastisite Modülü, N/mm ²	Poisson oranı
Kaplama	4,000	0.15
Temel (C10 zayıf beton)	35,000	0.15
Alt temel (tanecikli)	300	0.20
Başlık (tanecikli)	150	0.25
Taban	10 × CBR	0.25

3.4.2 İspanyol 'ROM4.1-94' El Kitabı

Bu yönergede önerilen yapısal tasarım yöntemi, standart kaplama yapılarının katalogu biçimindedir.

Bu metot deneysel ve analitik düşünceleri dikkate almaktadır.

ROM için analitik metotlar: mekanik gerileme ve olasılıklı modelleri içermektedir. Çoklu tabaka sistemleri, plak teorisi ve sayısal metotlar gibi prensiplere dayanan üç tip mekanik model vardır. Bu zamana kadar modeller; esnek ve yarı rijit kaplamalar için geliştirilmiş olan Burmister varsayımları ve rijit kaplamalar için geliştirilmiş olan Westergaard varsayımları gibi elastik denklemlere ve çoklu tabaka sistemlerine dayanmıştır.

Burmister varsayımının özeti:

- Kaplamanın geometrik yapısının; yatay ve paralel yönlerinin sıralı, yatay olarak sonsuz ve üniform kalınlıklı olduğu varsayılmaktadır.
- Her yön doğrusal, homojen, izotropik, sürekli elastik ortam gibi davranmaktadır ve mekanik özellikleri, Young modülü ve Poisson oranı ile tanımlanmaktadır.

- Kaplamaya uygulanan her bir yük, daire şeklindeki alanın üzerinde üniform olarak dağıtılan basınç ile gösterilmektedir.
- Tabakalar arasındaki temas; kusursuz aderans koşulları veya sıfır aderans gibi modellenebilmektedir.
- Sistemde küçük gerilmeler meydana gelmektedir.
- Atalet ve termal etkiler ihmal edilebilmektedir.
- Yükler ve kaplama yüzeyi arasındaki temas noktasında meydana gelen kesme gerilmesi genellikle dikkate alınmamaktadır.

Bu varsayıma dayanan modellerin sınırlamaları:

- Kaplama yapıları; kaplama ve yüklerin eksen etrafında simetrik olmasının dikkate alındığı aksenel simetri ile tanımlanmaktadır.
- Dinamik yüklerden dolayı kaplamada meydana gelen atalet şekilleri ihmal edilmektedir.

Bu uygulama granüler ya da bitümlü malzemeler üzerinde yavaş hareket eden

araçların olması veya araçların ani dönüşlerinin olması halinde geçerli olmamaktadır.

- Gerçek kaplama yapılarında kullanılan hemen hemen tüm malzemeler; doğrusal olmayan, elastik olmayan, anizotropik ve heterojendir.

Beton kaplamalara uygulanabilen Westergaard varsayımının özeti:

- Plakın üniform kalınlığa sahip olduğu varsayılmaktadır.
Plak; doğrusal, homojen, izotropik ve sürekli elastik ortam gibi davranır ve mekanik olarak Young modülü ve Poisson katsayısı ile tanımlanır.
- Plak; trafik yükleri, kendi ağırlığı, bitişik plakların davranışı ve plak desteği altında denge bulunmaktadır.
- Destek davranışı; taban davranış modülü olarak adlandırılan oran ile birlikte her noktadaki düşey hareket ile orantılı olduğu varsayılmaktadır.

ROM için deneysel metotlar: Mevcut yönergeler çoğunlukla; standart yapılara ya da kalınlıklar ve tasarım ömrü boyunca tahmin edilen trafik gibi malzeme özellikleriyle ilgili

olan hesaplama grafiklerine dayanmaktadır.

Bütün yapısal tasarımın deneysel metotlarında:

- Tasarım ömrü; belirli bozulmaların sonunda tespit edilebilmektedir.
- Girdi parametreleri; beklenen trafik hacminin ve yerel ile mevsimlik koşulların taban değerlendirmesinin dikkate alınmasıyla belirlenmektedir.
- Çözüm düzenlemesi; tasarım grafikleri, tablolar ya da kaplama yapılarının katalogları gibi metotlarla uygun hale getirilmektedir.

Çizelge 3.3 ROM el kitabında kullanılan kaplama malzemelerinin özellikleri

Tabaka	Elastisite Modülü, N/mm ²	Poisson oranı
Yoğun asfalt beton	4,000 – 7,000	0.30 – 0.35
Beton	30,000	0.15 – 0.20
Çimentoyla işlenmiş tabakalar:		
Çimento – dayanıklı toprak	100 – 1000	0.30
Toprak – çimento	4000 – 15000	0.25
Çimento bağlı granüler malzeme	15000 – 22500	0.25
Zayıf beton	20000 – 25000	0.20
Çakıl / mıcır karışımı	10000 – 20000	0.30
Tanecikli alan	$= k^{(2)} \cdot E^{(3)}_{i-1}$	0.35 – 0.40
Taban	10 × CBR	0.35 granüler için 0.50 kil için

3.4.3 Havalimanı Kaplamasının Yapısal Tasarım Sistemi [APSDS]

Havalimanı kaplamasının yapısal tasarım sistemi; LEDFAA bilgisayar programı ile birlikte havaalanı tasarım uygulamasında öne sürülen tabakalı elastik teorisine dayanmaktadır.

(LEDFAA - Tabakalı Elastik Teorisi, Federal Havacılık İdaresi)

Havalimanı kaplamasının yapısal tasarım sistemi; verilen derinlik için kaplamanın bütün noktalarında gerilme dağılımını hesaplamaktan kaçınmak için geliştirilmiştir.

Kaplama yüzeyindeki taban gerilmeleri ya da şekil değiştirmeler; bütün tekerleklerden oluşan hasarı engellemek için tüm noktalarda hesaplanmaktadır. APSDS; ilgili tabakaların alt taraflarında gerilmeleri hesap etmektedir.

Gerilmeler, tabakalı elastik programın (CIRCLY) kullanımıyla hesaplanmaktadır. Gerilmeleri hasara dönüştüren bağıntı:

$$N = \left(\frac{k}{\varepsilon} \right)^b \quad (3.14)$$

N = tahmini ömür

k = malzeme sabiti

b = malzeme hasar katsayısı

ε = yükleme – çekme gerilmesi

Kümülatif hasar faktörü (CDF); Miner varsayımının kullanıldığı trafik spektrumunda, yüklemeler üzerindeki hasar faktörlerinin toplanmasıyla elde edilmektedir. Miner varsayımı; her bir gerilme tekrarlamasının, yorulma hasarı miktarından sorumlu olduğunu belirtmektedir. Ayrıca, yorulma hasarının doğrusal orana sahip olduğunu ve her bir gerilme seviyesindeki hasar artışlarının yorulmadan dolayı oluşan çökmelere neden olduğunu varsaymaktadır.

$$CDF = \sum_{i=1}^n \frac{n_i}{N_i} = 1 \quad (3.15)$$

n_i = verilen hasar göstergesinin tekrarlaması sayısı

N_i = verilen hasar göstergesinin kabul edilebilir tekrarlaması sayısı

CDF 1.0'a ulaştığında kaplamanın da tasarım ömrüne ulaştığı farz edilmektedir.

Metot:

- Çeşitli faaliyet yüklerinde her bir aracın tasarım tekrarlamalarını
- Aracın hareket etmesini ve
- Tasarım modelinde kullanılan malzeme performansı özelliklerini kapsamaktadır.

3.5 Ağır Hizmet Kaplamaları ve Yol Kaplamalarının Karşılaştırması

Ağır hizmet kaplamaları, normal yol kaplamalarından bir çok sebepten dolayı farklıdır.

Bunlar;

1. Daha ağır tekerlek yükleri; örneğin, önden kaldıraçlı kamyonlar 400kN tekerlek yükü kapasitesine sahip olabilirken; ağır bir şekilde yüklenmiş kamyonlar maksimum 100 kN ile 120 kN arası dingil yüküne sahip olabilir.
2. Düşük hızlarda şiddetli jant etkileri
3. Yüksek temas basınçlarıyla ağır statik yükler
4. Araçların ani dönüşlerinin sebep olduğu yüksek döndürme kuvvetleri
5. Kaba kullanım, ağır yüklerin indirilmesi
6. Kaplamanın üzerinde farklı hasar etkilerine sahip olan geniş elleçleme sistemleri alanı
7. Kullanım ömrü boyunca oluşan düzen ve kullanım yolundaki değişiklikler
8. Yağ dökülmesi, lastik, petrol, riskli madde, vb gibi nedenlerden dolayı kirlilik
9. Yüzey suyu drenajı ve yeraltı drenajını kolaylaştıran özel tedbirler

3.6 Yükleme ve Yük Tekrarlaması

İlk adım olarak, genellikle en ağır tekerlek yükleri ile saptanan tasarım yükleri belirlenmektedir. Kaplama hasarına neden olan kritik yükün sayısına bakılarak ifade edilen yükün büyüklükleri ve konumları çeşitli olabilmektedir.

Yüklere maruz kalan konteyner elleçleme alanının kaplaması, statik ve dinamik yüklerle elleçleme ekipmanlarına bağlı olan geniş etki alanlarını kaplamaktadır.

3.6.1 Statik Yükleme

Statik yükler; kaplamada çok yüksek gerilmelere neden olabilmektedir. Bu yüzden; kaplamalar, yapısal bozulma haricinde konteyner köşeleri ya da tekrarlanan tekerlek yüklerinin sebep olduğu yüksek yüklere dayanabilmektedir. Yapısal görüş açısından; konteyner köşeleri, treyler tekerlekleri ve dengeleyici krikolardan oluşan yüklerden dolayı kaplama yüzeyi özel bakımına gereksinim duymaktadır.

3.6.1.1 Konteyner Köşeleri

Konteyner, dört tane 178×162 mm'lik ölçülerinde ve konteyner tabanından 12.5 mm aşağıya çıkıntı yapan köşeler ile desteklenmektedir. Küçük alan üzerinde çok büyük basınçlar meydana getiren bazı özel durumlarda, 8 adet konteyner istiflenebilmektedir..

3.6.1.2 Treyler Tekerlekleri

Treyler üzerinde 4 adet 88 mm genişlikli × 225 mm çaplı sert lastik tekerlekler vardır.

Her bir tekerleğin temas alanı, treyler park halinde ise yaklaşık 10×88 mm'dir ve kuvvetleri 40 N/mm² kadardır.

Bazı treyler, 2.0 N/mm²'lik gerilmeler nedeniyle 150×225 mm boyutunda plağa sahip olmaktadır.

3.6.1.3 Dengeleyici Krikolar

Konteyneri kaldırma sırasında, yan kaldıraçlı kamyonları ve hareketli vinçleri dengelemek için kullanılmaktadır. Krikolar; konteyner elleçlemesi sırasında aracın toplam ağırlığının %70'i kadar kaldırabilmektedir ve sadece 1.3 N/mm²'lik maksimum temas kuvvetleri meydana getirmektedir.

3.6.2 Dinamik Yükleme

Frenleme, viraj alma, ivmelenme ve düz olmayan yüzey dinamik etkilere neden olmaktadır. Dinamik etki şiddetli olabilmekte ve kaplama kalınlığını %50 attırabilmektedir.

3.6.3 Elleçleme Donanımları İçin Tekerlek Yükünün Hesaplanması

3.6.3.1 Önden Kaldıraçlı Kamyonlar (FLT): Çeşitli boyutlarda vardır. Konteyner elleçlemesi için 12 ton kaldırma kapasiteli küçük grup ve 30 ile 40 ton arası kaldırma kapasiteli büyük grup olmak üzere 2 ana grup vardır. Küçük FLT tipi, genellikle boş konteynerlerin elleçlenmesinde kullanılmaktadır. Arka ve ön tekerlek üzerindeki yük, genel denklemler kullanılarak hesaplanabilir:

$$W_1 = f_d \cdot \left[\frac{A_1 \cdot W_c + B_1}{M} \right] \quad (3.17)$$

$$W_2 = f_d \cdot \left[\frac{A_2 \cdot W_c + B_2}{2} \right] \quad (3.18)$$

$$A_1 = \frac{-X_2}{X_1 - X_2} \quad (3.19)$$

$$A_2 = \frac{-X_1}{X_2 - X_1} \quad (3.20)$$

$$B_1 = \frac{W_T \cdot (X_T - X_2)}{X_1 - X_2} \quad (3.21)$$

$$B_2 = \frac{W_T \cdot (X_T - X_1)}{X_2 - X_1} \quad (3.22)$$

W_1 = Ön tekerlek üzerindeki yük [kg]

W_2 = Arka tekerlek üzerindeki yük [kg]

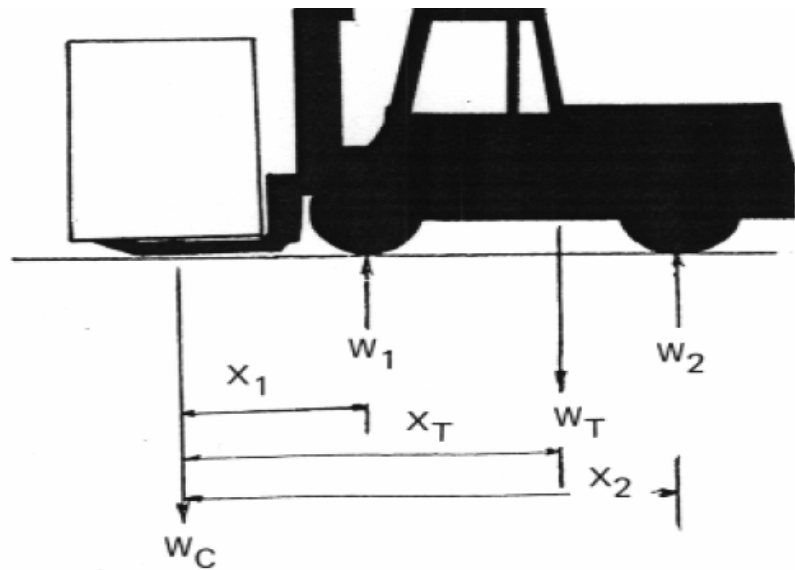
W_c = Konteyner ağırlığı [kg]

M = Ön dingil üzerindeki tekerlek sayısı [-]

f_d = Dinamik yük faktörü [-]

W_T = Kamyonun kendi ağırlığı [kg]

X_1, X_2 ve W_T kabaca Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2 Ön ve arka tekerlekteki yük şeması

3.6.3.2 Straddle Carrier: Bu makineler, konteynerleri istiflemek için gerekli yüksekliğe kaldıracılabilmektedirler. Yaklaşık 45 tonluk ağırlık taşıyabilmektedir.

Tekerlek yükünü hesaplayan denklemler:

$$W_i = f_d \cdot \left[U_i + \frac{W_c}{M} \right] \quad (3.23)$$

W_i = Yüklü donanımın tekerlek yükü [kg]

U_i = Yüksüz donanımın tekerlek yükü [kg]

W_c = Konteyner ağırlığı [kg]

M = Donanım üzerindeki toplam tekerlek sayısı [-]

f_d = Dinamik yük faktörü [-]

3.6.3.3 Yandan Kaldıraçlı Kamyonlar: Tekerlek yükünü hesaplayan denklemler:

$$W_i = f_d \cdot \left[U_i + \frac{W_c}{M} \right] \quad (3.24)$$

W_i = Yüklü donanımın tekerlek yükü [kg]

U_i = Yüksüz donanımın tekerlek yükü [kg]

W_c = Konteyner ağırlığı [kg]

M = Donanım üzerindeki toplam tekerlek sayısı [-]

f_d = Dinamik yük faktörü [-]

3.6.3.4 Lastik Tekerlekli Vinçler (RTG): Konteynerleri yanlamasına 15m ile 20m kadar taşıyabilme kabiliyeti sahiptir. 90 ile 100 tonluk ağırlıklara karşı koyabilmektedir.

Tekerlek yükünü hesaplayan denklemler:

$$W_1 = f_d \cdot \left[U_1 + \frac{A_1 \cdot W_c}{M} \right] \quad (3.25)$$

$$W_2 = f_d \cdot \left[U_2 + \frac{A_2 \cdot W_c}{M} \right] \quad (3.26)$$

$$A_1 = 1 - \frac{X_c}{X_2} \quad (3.27)$$

$$A_2 = \frac{X_c}{X_2} \quad (3.28)$$

W_1 = 1. kenar üzerindeki yük [kg]

W_2 = 2. kenar üzerindeki yük [kg]

W_c = Konteyner ağırlığı [kg]

M = Donanım üzerindeki toplam tekerlek sayısı [-]

f_d = Dinamik yük faktörü [-]

U_1 = 1. kenarın her bir tekerleği üzerinde ayaklı vincin yüksüz ağırlığı [kg]

U_2 = 2. kenarın her bir tekerleği üzerinde ayaklı vincin yüksüz ağırlığı [kg]

3.6.3.5 Traktör Ve Treyler Sistemleri: Treyler; tekerlekli platform ya da konteynerleri ve genel kargoyu depolamak ve taşımak için kullanılan açık sandık biçiminde olmaktadır. Genellikle 6 m ya da 12 m uzunluğunda ve arka dingil üzerinde lastik tekerlekler varken ön uç; metal tekerlekler, plaklar ya da profiller gibi çeşitli şekilde olabilmektedir.

Tekerlek yüklerini hesaplayan denklemler:

$$W_1 = f_d \cdot \left[U_1 + \frac{W_c [1 - A] \cdot [1 - B]}{M_1} \right] \quad (3.29)$$

$$W_2 = f_d \cdot \left[U_2 + \frac{W_c [1 - A] \cdot B}{M_2} \right] \quad (3.30)$$

$$W_3 = f_d \cdot \left[U_3 + \frac{W_c \cdot A}{M_3} \right] \quad (3.31)$$

$$A = \frac{X_c}{X_3} \quad (3.32)$$

$$B = \frac{X_b}{X_2} \quad (3.33)$$

W_1 = Traktörün ön tekerlekleri üzerindeki yük [kg]

W_2 = Traktörün arka tekerlekleri üzerindeki yük [kg]

W_3 = Treyler tekerlekleri üzerindeki yük [kg]

W_c = Konteyner ağırlığı [kg]

M_1 = Traktör üzerindeki ön tekerlek sayısı [-]

M_2 = Traktör üzerindeki arka tekerlek sayısı [-]

M_3 = Treyler üzerindeki tekerlek sayısı [-]

U_1 = Traktörün ön tekerlekleri üzerindeki yüksüz ağırlığı [kg]

U_2 = Traktörün arka tekerlekleri üzerindeki yüksüz ağırlığı [kg]

U_3 = Treyler tekerlekleri üzerindeki yüksüz ağırlığı [kg]

f_d = Dinamik yük faktörü [-]

3.6.3.6 Hareketli Vinçler: Lastik tekerlek vinç serbestçe bütün yüzeyin üzerinde hareket edebilmektedir. Tekerlek yükünü hesaplayan denklem:

$$W = \frac{W_T}{M} \quad (3.34)$$

M = Vinç üzerindeki toplam tekerlek sayısı [-]

W_T = Vincin kendi ağırlığı [kg]

3.6.4 Tekerlek Yakınlık Faktörleri

Tekerlek yakınlığı dikkate alınmazsa; radyal gerilme kuvvetleri doğrudan yüklü tekerlek altında olabilmektedir. İkinci tekerlek yakınsa; teğetsel kuvvetler doğrudan birinci tekerlek altında üretilebilir. Yakınlık faktörü, bu kuvvetlerin toplamının birinci tekerlekten meydana gelen radyal gerilme kuvvetine oranıdır.

Tek tekerlek hasarı, tasarım aracının tekerlek aralığına bağlıdır. Tekerlekler, daire şeklinde yüklü alanın yarıçapının sekiz katından daha büyük aralıkla ayrılabilirse; problem, tek tekerlekli tasarım problemi gibi ele alınabilmektedir.

3.6.5 Yanal Hareket Etme Dağılımı

Trafiğin kanal açma derecesi; depolama bölümleri, saha vinçlerinin hareket şeritleri ve treylerin, önden kaldıraçlı kamyonlar ve straddle carrierlerin hareket alanları için çok farklıdır. Elleçleme ekipmanının hareket etmesinden dolayı yükün farklı derece ile enine dağılması, önemli ölçüde gerekli kaplama kalınlığını etkilemektedir.

Hareket etme genişliği; bölgenin genişliğidir ve hareket etmenin standart sapmasının 2.30 katına eşit olduğunu kabul edilmektedir.

Saha incelemeleri; uçak tekerlek yolunun yanal dağılımının, teorik normal dağılımla açıklanabildiğini göstermektedir.

Kaplama tipi için standart sapma Çizelge 3.4'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.4 Kaplama tipi için uçağın hareket etmesinin standart sapması

Kaplama Tipi	Standart Sapma [mm]	
	Minimum, mm	Maksimumu, mm
Uçak pisti	1,800	3,400
Güzargah yolu	800	1,800
Uçak pisti çıkışı	2,400	3,200

Oysa; liman alanı için hareket etme dağılımı hakkında bilgi bulmak oldukça zordur. Çizelge 3.5’de kaplama tipi için bazı önerilen standart sapmalar verilmektedir.

Çizelge 3.5 Kaplama tipi için liman elleçleme ekipmanının hareket etmesinin standart sapmaları

Kaplama Tipi	Standart Sapma [mm]
RTG Uçak pisti	300
Sürüş şeritleri	600
Manevra alanı	Minimum 1000

4. LİMAN YAPILARININ PERFORMANSA (DAVRANIŞA) DAYALI TASARIMI

4.1 Hasar Kriteri

Performansa dayalı tasarımda kabul edilen hasar düzeyi yani hasar kriteri; yer değiştirme, limit gerilme durumu ve yapının sismik davranışı ve işlevine dayanan süneklik/gerilme limiti gibi mühendislik terimleriyle belirlenebilir.

Hasar kriteri, kullanıcılar ve yapı sahiplerinin yardımı ve önerileriyle birlikte tasarım mühendisleri tarafından Çizelge 4.1'e dayanılarak saptanabilmektedir. Tipik rıhtım duvarı için hasar kriterinin yönergesi de tanımlanacaktır. Bu bölümde ele alınan, önerilen hasar kriteri belirli koşullar için saptanmaktadır:

- 1) Çizelge 4.1'deki işletme hasar kriteri I.Derece'yi tanımladığında, aynı tablodaki yapısal hasar kriteri II. ile IV. Derece arasını hesaba katmaktadır.
- 2) Dikkate alınan rıhtım duvarları; insan hayatına karşı tehdit yaratmayacak sismik hasara, vinçsiz hiçbir tehlikeli madde taşınmamasına ve rıhtım duvarı önünde sınırsız deniz alanına sahip olmaktadır.

Çizelge 4.1 Performansa dayalı tasarımda kabul edilebilir hasar seviyesi

Hasar seviyesi	Yapısal	Eylemsel
I.derece: Hizmet verebilir	Hasar az ya da yok	Hizmet verebilmede kayıp az ya da yok
II.derece: Onarılabilir	Kontrollü hasar *	Hizmet verebilmede kısa süreli kayıp **
III. derece: Çökmeye yakın	Çökmeye yakın aşırı hasar	Hizmet verebilmede uzun süreli ya da tamamen kayıp
IV.derece: Çökme	Yapının tamamen kaybı	Hizmet verebilmede uzun süreli ya da tamamen kayıp

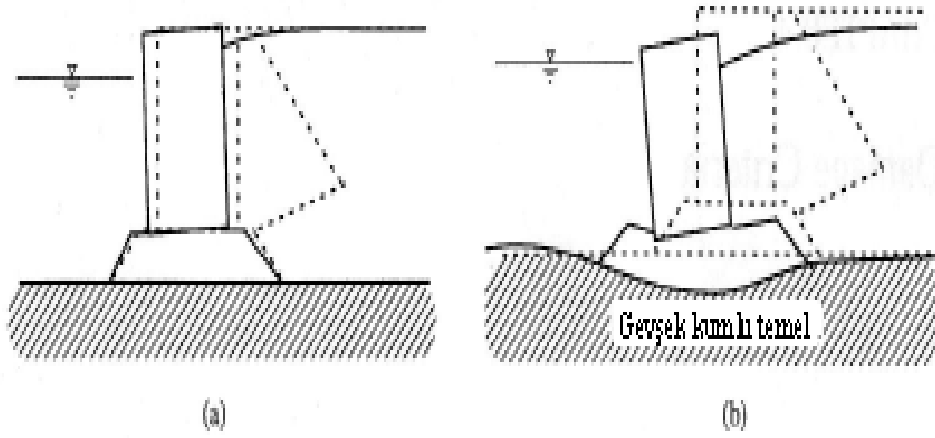
* Sınırlı elastik olmayan davranış ve/veya kalıcı şekil değiştirme

** Yapının onarım için makul bir süre hizmet dışı kalması

4.1.1 Ağırılık Tipi Rıhtım Duvarları

(1) Ağırılık tipi rıhtım duvarlarının sismik davranışı

Ağırılık tipi rıhtım duvarı, keson ya da diğer ağırılık koruma yapılarının deniz tabanının üzerine yerleştirilmesiyle meydana gelmektedir. Duvar arkasındaki geri dolgudan oluşan toprak basıncına karşı stabilize; duvar tabanındaki sürtünme ve duvarın kütlesi ile sağlanmaktadır. Şekil 4.1(a)'da gösterildiği gibi depremler sırasında oluşan sağlam temeller üzerindeki ağırılık tipi rıhtım duvarlarının tipik hasar şekilleri; denize doğru yer değiştirme ve eğilmesidir. Gevşek geri dolgu veya doğal gevşek kumlu temeller üzerindeki yapıların denize doğru yer değiştirmesine, eğilmesine ve oturmalarına sebep olan hasar şekilleri; duvar altındaki temelin tüm şekil değiştirmelerini kapsamaktadır (bkz. Şekil 4.1b). Genişliğin yüksekliğe oranının 0.75'ten daha az olduğu duvarlarda; yatay yer değiştirmelere göre eğilme daha fazla olmaktadır.



Şekil 4.1 Düşey rıhtım duvarlarının şekil değiştirmeleri

(a) sağlam temelde

(b) gevşek kumlu temel

Tasarımın başlangıcında çeşitli seçenekler, ağırılık tipi rıhtım duvarının stabilitesini artırmak için uygulanabilmektedir. Duvarın arkasında toprak basıncını azaltmanın yolu, büyük içsel sürtünme açısı olan geri dolgu malzemesini kullanmaktır. Taş dolgu ya da benzer malzemeler,

söz konusu kullanımlar için gevşek kumlara tercih edilmektedir. Bütün şekil değiştirmelerin ve sıvılaşma riskleri; böyle uygulamalarla azaltılabilir. Ağırlık tipi rıhtım duvarının stabilitesi arttırmanın diğer yolları; duvarın ağırlık merkezini kara tarafına doğru olarak dengeleyici momenti arttırmak ve temel plağı ile temel tabakası arasında yüksek sürtünme katsayısı oluşturmaktır. Bu düşüncelerin ilki; yapının düşey yüzü boyunca prefabrik blokların dengesinin hesaba katılması ve kesonların arka bölmelerinin metal cürufu gibi ağır metallere doldurulması ile sağlanabilmektedir. Diğer düşüncede ise; kaymayı önleyici özel şekle sahip olan beton temel plağını oluşturmak ya da temelde ve duvarın daha üst kısımlarında temas yüzeylerini yatay yerine daha eğimli tasarlamak ile sağlanabilmektedir.

Ağırlık tipi rıhtım duvarının yatay yer değiştirmesi ve üniform düşey oturması; stabilitenin kalıcı durumunu önemli şekilde azaltmayabilir ve genellikle yapısal açıdan kabul edilebilmektedir. Bununla birlikte, duvarın eğilmesi önemli ölçüde kalıcı stabiliteyi azaltabilir ve uygun olmayan yapısal stabiliteye neden olabilir. Beton blok tipi duvarlarda eğilme meydana geldiğinde duvarların devrildiği ya da yıkıldığı görülmüştür. Bu tip duvarlarda, devrilme/yıkılma olabileceği göz önüne alınarak hasar kriteri belirlenmelidir.

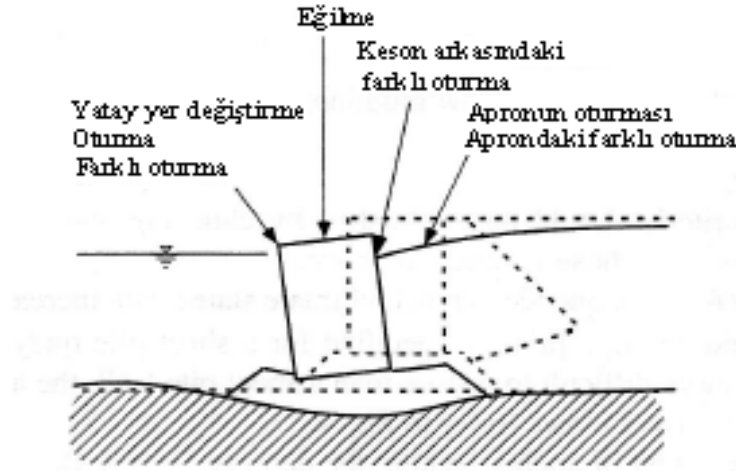
(2) Ağırlık tipi rıhtım duvarlarının hasar kriterini tanımlayan parametreler

Ağırlık tipi rıhtım duvarının sismik performansı; güvenli yanaşma, tekerlekli araçların güvenli işletilmesi ve kargo elleçlenmesi, su baskını ve yer değiştirmeler ile eğilmeden oluşan yapısal hasar düzeyi gibi hizmet kabiliyetine bağlı olarak belirlenir. Yer değiştirmeleri, oturmaları, devrilmeleri, duvarın yüzey çizgisi boyunca farklı yer değiştirmeleri, aprondaki oturmayı, apron arkasında farklı oturmaları ve eğilmeyi kapsayan parametreler; hasar kriterini belirlemek için kullanılabilir (Şekil 4.2). Hasar kriteri, yukarıda bahsedilen uygun parametrelerin belirlenmesi ve seçilmesiyle saptanabilmektedir.

(3) Ağırlık tipi rıhtım duvarlarının hasar kriteri

Burada bahsedilen koşulların sağlanmasıyla hasar kriteri, Çizelge 4.2 kullanılarak saptanabilmektedir. Çizelge 4.2'de gösterilen kriterler, minimum koşullar içindir. Bu nedenle,

farklı parametrelere bağlı olan hasar kriteri esas alınarak değerlendirilen en büyük hasar derecesi; değerlendirmenin kesin sonucu olmalıdır.



Şekil 4.2 Ağır tip rıhtım duvarlarının belirlenmiş hasar kriteri için parametreler

Çizelge 4.2 Ağır tip rıhtım duvarları için önerilen hasar kriterleri

Hasar seviyesi		I. Derece	II. Derece	III. Derece	IV. Derece
Ağır duvarı	Normalleştirilmiş kalıcı yatay yer değiştirme (d/H) *	%1.5'ten az **	%1.5 – 5.0	%5.0 – 10.0	%10.0'dan fazla
	Denize doğru kalıcı eğilme	3°'den az	3.0– 5.0°	5.0 – 8.0°	8.0°'den fazla
Apron	Aprondaki farklı oturma	0.03 ~ 0.1m'den az	N/A	N/A	N/A
	Apron ile diğer alanlar arasındaki farklı oturma	0.3 ~ 0.7m'den az	N/A	N/A	N/A
	Denize doğru kalıcı eğilme	2.0 ~ 3.0° 'den az	N/A	N/A	N/A

* d: Duvarın üst kotundaki kalıcı yatay yer değiştirme; H: duvarın yüksekliği

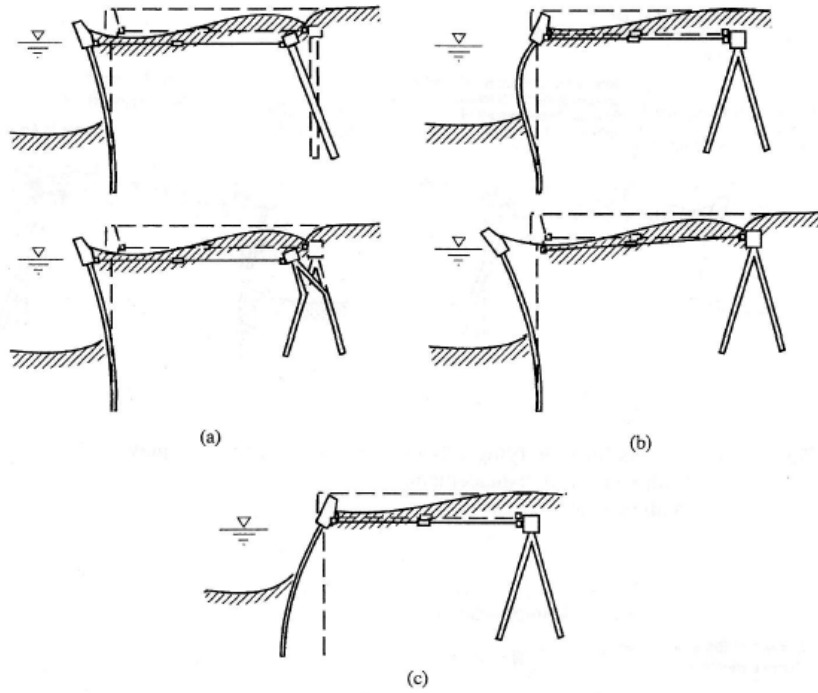
** 30 cm'den az farklı yatay yer değiştirmelerle ilgili olarak önerilen alternatif kriter

4.1.2 Palplanş Tipi Rıhtım Duvarları

(1) Palplanş tipi rıhtım duvarlarının sismik davranışı

Palplanş rıhtım duvarı; birbirine kenetlenmiş palplanşlardan, bağlantı halatlarından ve ankrajlardan oluşur. Duvar, üst kısımda ankrajlarla ve alt kısımda ise toprağın içine gömülme ile desteklenir. Deprem sırasındaki tipik hasar şekilleri, Şekil 4.3’de gösterildiği gibi yapısal ve geoteknik koşullara bağlı olmaktadır.

Palplanş rıhtım duvarının yapısal hasarı, temelde yer değiştirmeler yerine yapısal gerilme ya da şekil değiştirme durumları ile belirlenir. Birleşik palplanş rıhtım duvarı sisteminde meydana gelebilecek nihai durumların tercih edilen derecede ve düzende olmasını belirlemek önemlidir.



Şekil 4.3 Palplanş rıhtım duvarının şekil değiştirme veya hasar şekilleri

- (a) Ankrajdaki şekil değiştirme ya da hasar
- (b) Palplanş duvardaki ya da bağlantı halatındaki hasar
- (c) Gömülü kısımdaki hasar

(2) Palplanş tipi rıhtım duvarlarının hasar kriterini tanımlayan parametreler

Palplanş rıhtım duvarının sismik performansı; ağırlık tipi rıhtım duvarı ile benzer hizmet kabiliyetine ve gerilme durumlarının yanında yer değiştirmelerle de ilgili olan yapısal hasara dayanarak belirlenmektedir. Hasar kriterlerini belirlemek için parametreler (Şekil 4.4):

Yer değiştirmeler:

- palplanş duvar ve apron: ağırlık tipi rıhtım duvarlarına ait parametrelerdir.
- ankraj: farklı oturmalar, ankraj civarında zemin yüzeyi çatlaması, çakma ankraj kazığının yer değiştirmesi

Gerilmeler:

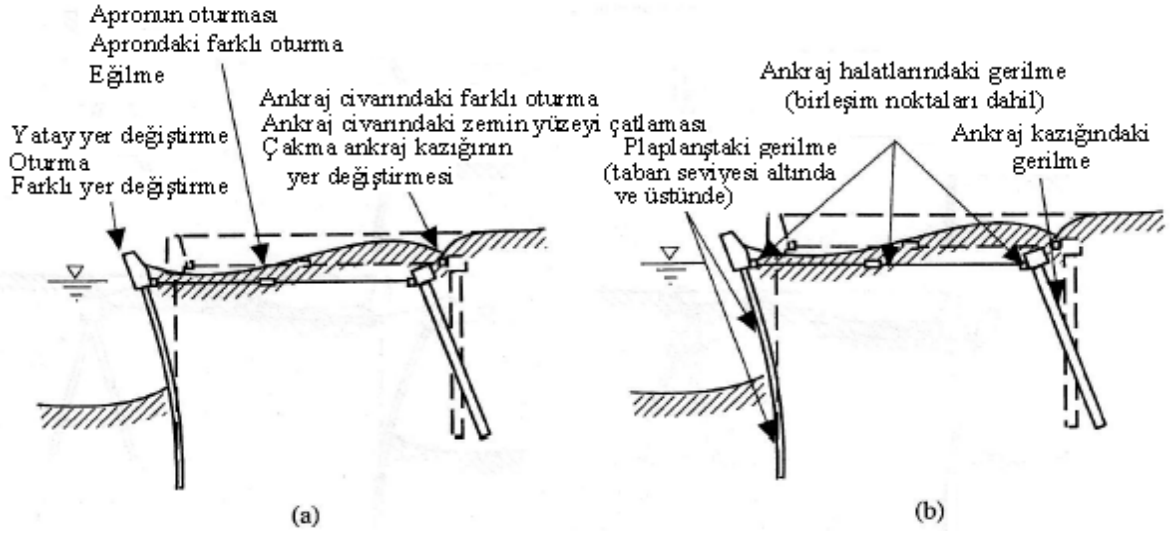
- palplanş (tarama çizgisinin altında ve üstünde)
- bağlantı halatı (birleşim noktaları dahil)
- ankraj

Hasar kriteri, yukarıda bahsedilen uygun parametrelerin belirlenmesi ve seçilmesiyle saptanmalıdır.

Sismik yük düzeyinin arttırılması ile nihai durumlara ulaşmak için tercih edilen sıra; uygun şekilde palplanş rıhtım duvarı için belirtilmelidir. Eğer hasarlı ankrajı yeniden eski haline getirmek palplanş duvarlardan daha zorsa, uygun sıra aşağıdaki gibi olabilir (Şekil 5.5):

- 1) Ankrajın yer değiştirmesi (I. hasar derecesi içinde)
- 2) Palplanş rıhtım duvarlarında eğilme (taban seviyesi üstünde)
- 3) Palplanş rıhtım duvarlarında eğilme (taban seviyesi altında)
- 4) Ankrajda eğilme
- 5) Bağlantı halatındaki eğilme

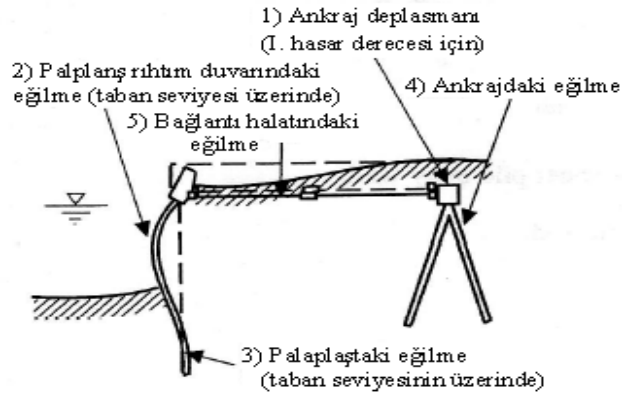
Eğer hasarlı palplanş duvarını yeniden eski haline getirmek ankrajından daha zorsa; ankrajdaki eğilme palplanş duvardaki eğilmeden önce meydana gelmelidir.



Şekil 4.4 Palplanş rıhtım duvarlarının belirlenmiş hasar kriterleri için parametreler

(a) Yer değiştirmelere göre

(b) Gerilmelere göre



Şekil 4.5 Palplanş rıhtım duvarının eğilmesinde tercih edilen hasar sırası

3) Palplanş tipi rıhtım duvarlarının hasar kriteri

Bu bölümün başında bahsedilen koşulların sağlanmasıyla palplanş tipi rıhtım duvarının hasar kriteri, Çizelge 4.3 kullanılarak saptanabilmektedir. Yer değiştirmeler ve gerilmeler arasındaki en olumsuz olanı, hasar kriteri olarak tanımlanmalıdır. Palplanşın gömülü kısmındaki yapısal hasarı yeniden eski haline getirmek zordur ve bu sebeple daha yüksek sismik dayanım gerektirir. Palplanş duvarın gevrek kırılması, bağlantı halatının kopması ve ankrajın göçmesi önlenmelidir.

4.1.3 Kazıklı Rıhtımlar

(1) Kazıklı rıhtımların sismik davranışı

Kazık destekli rıhtımlar; kazıkları içeren altyapıyla desteklenen döşemeden ve sedde/şevden oluşmaktadır. Sedde/şev yüzeyi üzerindeki desteklenmemiş kazık uzunluğu değişkendir. Sedde inşası için uygun olan taş dolgusu ekonomik değilse; ağırlık veya palplanş tipi destek yapıları, sedde kısmının yerini alacak şekilde inşa edilir. Kazıklı rıhtımların sismik davranışı; yer sarsıntısı sırasında karmaşık zemin-yapı etkileşiminin tesirinde kalmaktadır. Deprem sırasında tipik hasar şekilleri; zemin yer değiştirmesi ile ilgili olarak atalet kuvveti büyüklüğüne bağlıdır (Şekil 4.6). Özellikle, Şekil 4.6(c)'de gösterilen zemin yer değiştirmesiyle ilgili olan hasar; uygun tasarım düşüncesinin geoteknik yönlerden gerekli olduğunu öne sürmektedir

Çizelge 4.3 Palplanş rıhtım duvarları için önerilen hasar kriterleri (ankraj onarımının duvarınkinden zor olduğu durumlarda)

Hasar seviyesi		I. Derece	II. Derece	III. Derece	IV. Derece	
Kalıcı Yer değiştirmeler	Palplanş rıhtım duvarı	Normalleştirilmiş kalıcı yatay yer değiştirme (d/H) *	%1.5'ten az **	N/A	N/A	N/A
		Denize doğru kalıcı eğilme	3°'den az	N/A	N/A	N/A
	Apron	Aprondaki farklı oturma	0.03 ~ 0.1m'den az	N/A	N/A	N/A
		Apron ile diğer alanlar arasındaki farklı oturma	0.3 ~ 0.7m'den az	N/A	N/A	N/A
		Denize doğru kalıcı eğilme	2.0 ~ 3.0°'den az	N/A	N/A	N/A
Maksimum Gerilme ya da birim şekil değiştirmeler	Palplanş rıhtım duvarı	Deniz tabanı seviyesinin üzerinde	Elastik	Plastik (deniz tabanı seviyesi üzerinde süneklik / birim şekil değiştirme faktörü sınırından daha az)	Plastik (deniz tabanı seviyesi üzerinde süneklik / birim şekil değiştirme faktörü sınırından daha az)	Plastik (deniz tabanı seviyesi üzerinde süneklik / birim şekil değiştirme faktörü sınırından daha fazla)
		Deniz tabanı seviyesinin altında	Elastik	Elastik	Plastik (deniz tabanı seviyesi altında süneklik / birim şekil değiştirme faktörü sınırından daha az)	Plastik (deniz tabanı seviyesi üzerinde süneklik / birim şekil değiştirme faktörü sınırından daha fazla)
	Bağlantı halatı		Elastik	Elastik	Plastik (bağlantı halatı için süneklik / birim şekil değiştirme faktörü sınırından daha az)	Plastik (bağlantı halatı için süneklik / birim şekil değiştirme faktörü sınırından daha fazla)
	Ankraj		Elastik	Elastik	Plastik (ankraj için süneklik / birim şekil değiştirme faktörü sınırından daha az)	Plastik (ankraj için süneklik / birim şekil değiştirme faktörü sınırından daha fazla)

* d: Duvarın üst kotundaki kalıcı yatay yer değiştirme; H: duvarın yüksekliği

** 30 cm'den az farklı yatay yer değiştirmelerle ilgili olarak önerilen alternatif kriter

Kazıklı rıhtımlardaki çeşitli yapısal bileşenler arasında, eğik kazıkların uygulamasına dikkat edilmelidir. Eğik kazıklar; yanaşma, bağlama ve vinç hareketlerinden dolayı oluşan yanal yüklere direnen en etkili yapısal bileşendir. Bununla birlikte, eğik kazık-döşeme sistemi; tek bir düşey kazıktan daha rijit çerçeve sistemi meydana getirmektedir. Sonuç olarak, büyük gerilme birikimleri ve beton eğik kazıklarının kesme kuvvetinden oluşan hasarlar depremler sırasında gözlemlenmiştir (örneğin 1989 Loma Prieta depremi ve 1994 California'daki Northridge depremi). Bu biçimdeki kazık hasarları; yüksek sismik aktiviteye sahip bölgelerde kullanılan eğik kazıkların yapısal tasarımının yer değiştirmeden ve uygun süneklikten sorumlu olduğunu göstermektedir.

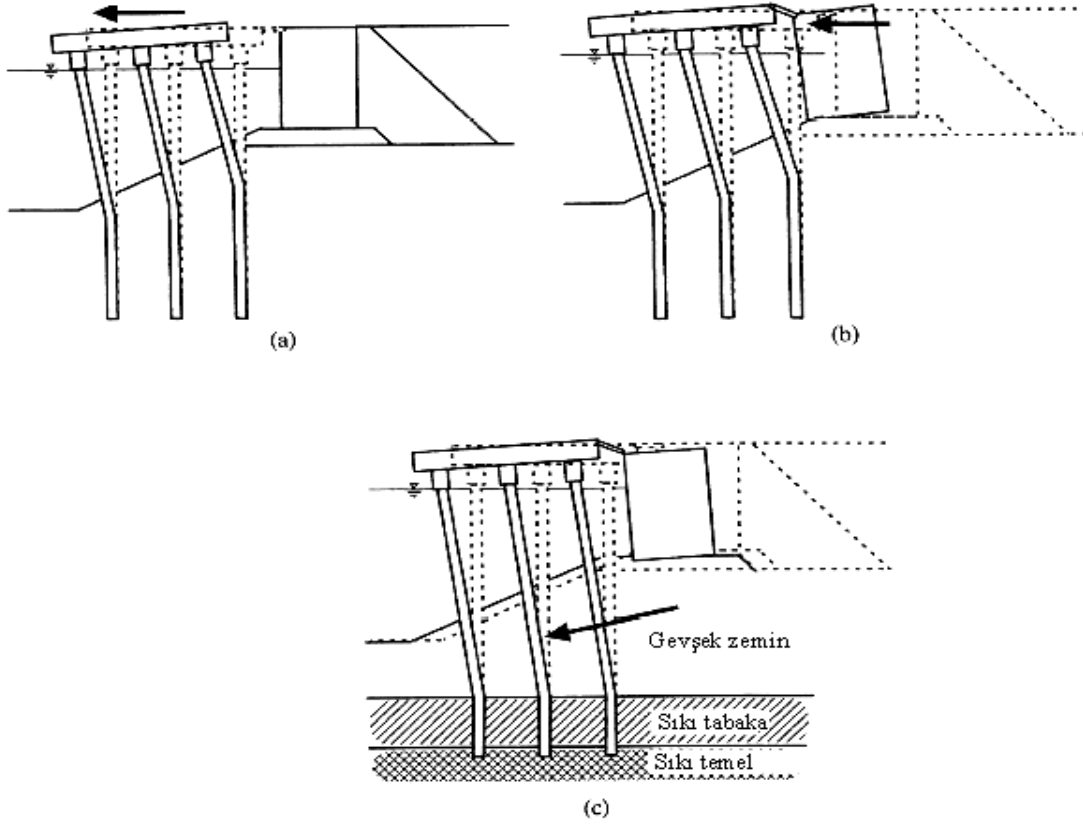
Yüksek sismik aktiviteye sahip alanlarda beton kazıklarla desteklenen rıhtımların sadece düşey kazıklarla tasarlanması yaygın hale gelmektedir. Bu yapısal sistem, kazıkların eğilmesi ve eğilmeden oluşan momentler ile depremin neden olduğu yanal yüklere ya da yer değiştirmelere karşı mukavemet gösterir. Eğilmeden dolayı düşey kazıklarda orta derecede yapısal hasar; kuvvetli deprem hareketleri sırasında kaçınılmaz olabilir. Ayrıca, kazık başındaki eğilme hasarı daha kolay onarılabilmesinden dolayı kazık-döşeme bağlantısındaki kesme kuvveti hasarına nazaran tercih edilmektedir (Buslov, 1996).

Yenilikçi yapısal tasarım ve kazık-döşeme bağlantılarının detaylandırılmaları; kazıklı rıhtımlar için çarpma kazıklarının kullanımını sağlamaktadır. Tasarım düşünceleri, kazık başında onarılabilir başlık yapımını içermektedir.

Bu başlık; rutin liman faaliyetleri sırasında yanal yüklere dayanacak kadar sağlam olan yük sınırlama ekipmanı veya zayıf bağlantı olarak hizmet vermektedir ve kuvvetli deprem hareketleri sırasında eğilmesine rağmen rıhtım döşemesinin hasar görmesini önlemektedir. Yük sınırlama ekipmanı; kayma sürtünmesine dayanan eleman gibi ya da kesme kuvvetiyle eğilen ve kolayca değiştirilebilen yapısal başlık gibi tasarlanabilmektedir.

Yüksek sismik aktiviteye sahip alanlarda, kazıklı rıhtımlar için genellikle çelik kazıklar kullanılmaktadır.

Kazıklı rıhtımların yapısal hasarı; yer değiştirmelerden daha çok gerilme durumlarıyla ortaya çıkar. Birleşik kazıklı rıhtım sisteminde meydana gelecek nihai durumun derecesinin ve tercih edilen sıranın belirlenmesi oldukça önemlidir.



Şekil 4.6 Kazıklı rıhtımların şekil değiştirme ya da hasar şekilleri

(a) Atalet kuvvetinden dolayı döşemede oluşan şekil değiştirme

(b) İstinat duvarından gelen yatay kuvvetten dolayı oluşan şekil değiştirme

(c) Gevşek tabakanın yanıl yer değiştirmesinden dolayı oluşan şekil değiştirme

(2) Kazıklı rıhtımların hasar kriterini tanımlayan parametreler

Kazıklı rıhtım yapısı; döşeme/kazık sistemi ve sedde/şev/istinat duvarından oluşmaktadır.

Sedde/şev/istinat duvarının sismik performansı; ağırlık ya da palplanş tipi rıhtım duvarları ile aynı kriterlere dayanılarak belirlenebilmektedir.

Döşeme/kazık sistemi performansı için döşeme altında sedde/şev ve istinat duvarı hareketlerini kapsayan zemin yer değiştirmelerinin etkileri dikkatlice değerlendirilmelidir.

Döşeme/kazık sistemi performansı; hizmet verme kabiliyeti ve yapısal hasara bağlı olarak

tanımlanır. Döşeme ve kazıkların hasar kriterlerini belirlenmesindeki parametreler (Şekil 4.7):

Yer değiştirmeler:

- döşeme ve kazıklar: oturma, eğilme, farklı yer değiştirmeler
- apron: döşeme ve istinat duvarı arasındaki farklı oturma, eğilme, köprünün çökmesi/yıkılması

Gerilmeler:

- kazıklar (zemin seviyesinde veya sedde/eğimli yüzeyin altında ve üstündeki kazık)
- döşeme (döşeme gövdesi, kazık başlığı)
- köprü

Hasar kriteri, uygun parametrelerin belirlenmesi ve seçilmesiyle saptanmalıdır.

Deprem sonrasındaki onarım kolaylığı ile ilgili olarak, sismik yük düzeyinin arttırarak nihai durumlara ulaşmak için tercih edilen sıra; kazıklı rıhtım için şöyle belirlenebilir:

- 1) Kazık başlığı (kazık - döşeme bağlantısının gömülü kazık elemanı)
- 2) Kazık başı (kazık başlığı - beton kiriş bağlantısının hemen altında)
- 3) Sedde/şev yüzeyi ya da deniz tabanı altındaki kazık ve döşeme (kabul edilebilir süneklik faktörü içinde)

İstinat duvarı ve rıhtım döşemesini birbirine bağlayan alanda; devrilmeyi engelleyen eleman ya da kolayca onarılabilir yapı gibi yapısal ayrıntılar önemlidir. Eğer uygulanabilirse, istinat duvarından dolayı yer değiştirmeleri önleyecek yapı oluşturulabilmektedir.

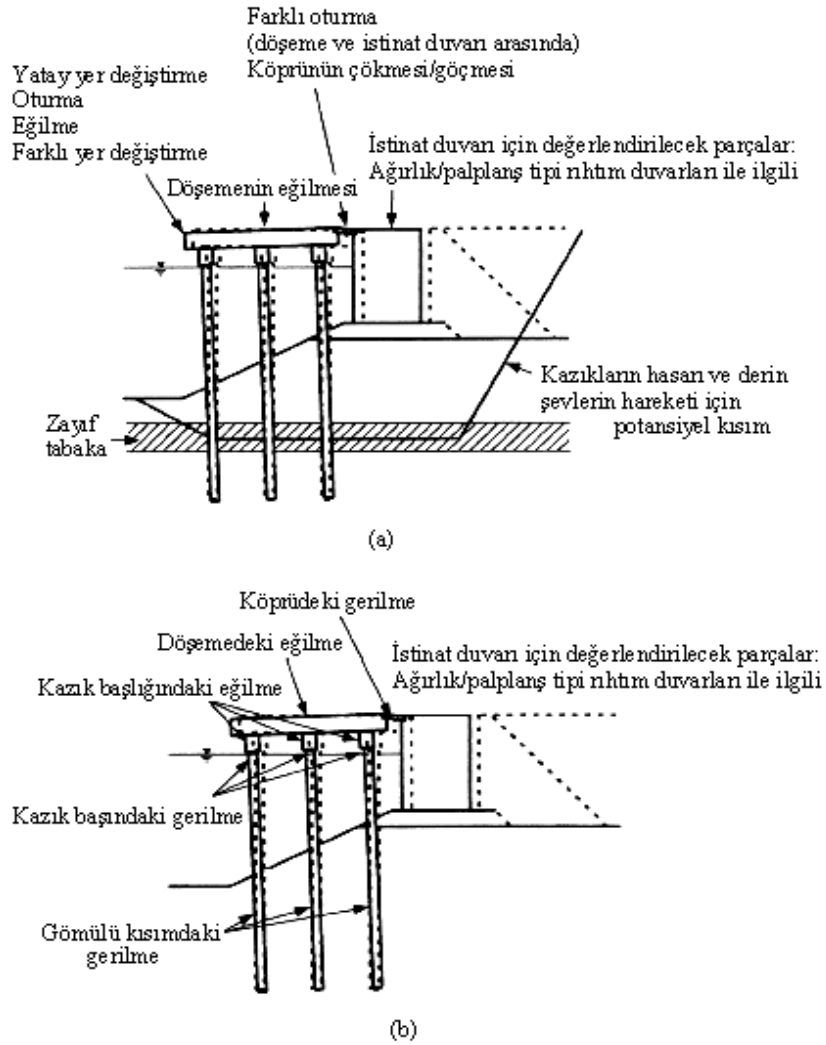
(3) Kazıklı rıhtımların hasar kriteri

Kazıklı rıhtımın istinat duvarının kriteri; ağırlık ya da palplanş tipi rıhtım duvarlarının kriterlerine bakılarak tespit edilebilir. Döşemenin altındaki sedde/şevin hasar kriteri; kazıklar ve sedde/şev arası kompleks toprak-yapı etkileşiminden dolayı daha küçük olarak saptanır.

Bu bölümün başında bahsedilen koşulların sağlanmasıyla kazık destekli rıhtımın kazıklarının

ve döşemesinin hasar kriteri; Çizelge 4.4'e göre saptanabilmektedir. Yer değiştirmeler ve gerilmeler arasındaki en olumsuz koşul, hasar kriteri olarak seçilmelidir.

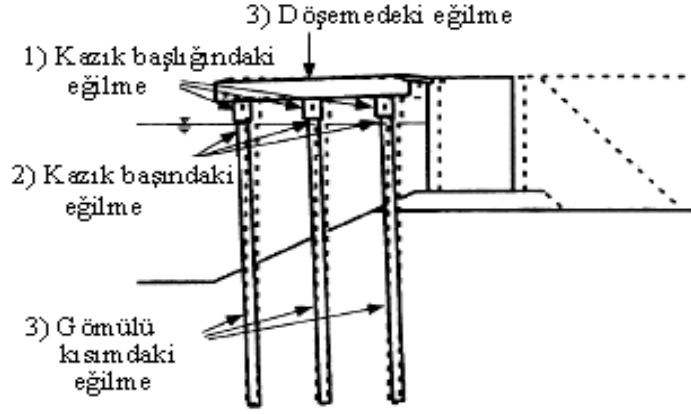
Kazığın gömülü kısmındaki yapısal hasarı genellikle yeniden eski haline getirmek zordur ve hasar, kazık destekli rıhtımın çökmesini tetikleyebilir. Bu nedenle, tasarım için daha kısıtlayıcı süneklik faktörü kullanılmalıdır. Deprem sırasında çelik kazıkların gevrek kırılmasına ait geçmiş olay bulunmamaktadır. Oysa; 1995 Kobe depremi sırasında görülen kalın çelik kolonların gevrek kırılması; çelik kazıklarla ilgili konunun araştırılması gerektiğini göstermektedir.



Şekil 4.7 Kazık destekli rıhtımların belirlenmiş hasar kriterleri için parametreler

(a) Yer değiştirmelere göre

(b) Gerilmelere göre



Şekil 4.8 Kazık destekli rıhtımın eğilmesi için tercih edilen hasar sırası

Çizelge 4.4 Kazık destekli rıhtımlar için önerilen hasar kriteri *

Hasar seviyesi	I. Derece	II. Derece	III. Derece	IV. Derece	
Kalıcı Yer değişiklikler	Döşeme ve kara alanı arasındaki farklı oturumlar	0.1 ~ 0.3m'den az	N/A	N/A	N/A
	Denize doğru kalıcı eğilme	2.0 ~ 3.0°'den az	N/A	N/A	N/A
Maksimum davranış	Kazıklar **	Küçük ya da sıfır kalıcı şekil değiştirme ile elastik davranış	Kontrollü sınırlanmış elastik olmayan sünek tepki ve yapının onarılabileceği ölçüdeki şekil değiştirme	Çökmeye yakın sünek davranış (çift plastik mafsallı kazıkların birinde ya da sınırlı miktarında meydana gelebilir.)	III. dereceden fazla

* Tablo, sadece kazık ve döşeme içindir.

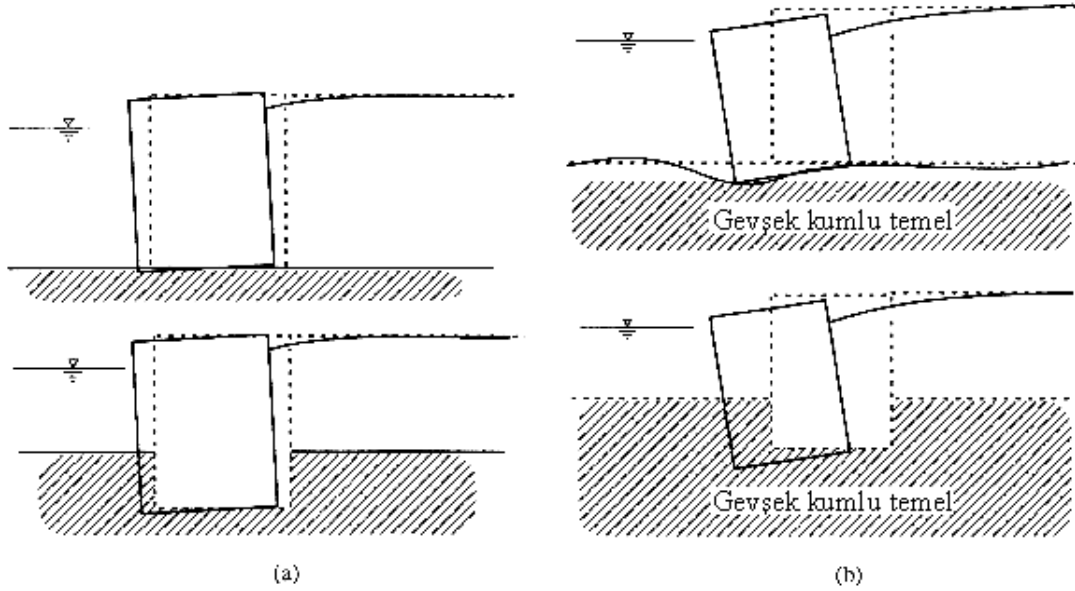
** Yapısal bileşenlerde eğilmeden dolayı oluşan hasar, kesme kuvvetinden oluşan hasardan önce gelmelidir.

4.1.4 Keson Tipi Rıhtım Duvarları

(1) Keson tipi rıhtım duvarlarının sismik tepkisi

Keson tipi rıhtım duvarı; çelik levha ya da palplanş hücre içine kum veya diğer dolgu malzemesinin doldurulmasıyla meydana gelmektedir. Atalet kuvvetleri ve toprak basıncına karşı dayanım; gömülü olmayan hücreler için hücrenin taban yüzeyindeki dolgu sürtünmesiyle ya da hücrenin gömülü olduğu yerin altındaki toprağın dayanımı ile sağlanmaktadır. Deprem sırasındaki tipik hasar şekilleri; Şekil 4.9'da gösterildiği gibi kesonun gömülme ve geoteknik koşullarına bağlıdır.

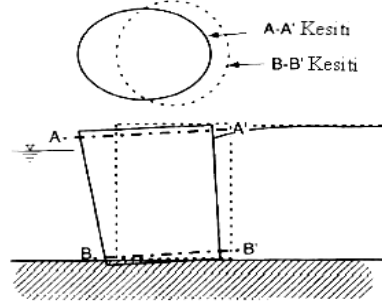
Keson tipi rıhtım duvarının yapısal hasarı; yer değiştirmelere ek olarak gerilme durumlarından da etkilenir. Birleşik hücre tipi rıhtım duvarı sisteminde nihai durum derecelerinin ve tercih edilen sıranın belirlenmesi önemlidir. 1995 Kobe depremi; Şekil 4.10'da gösterilen ve hücrenin yatay kesiti boyunca oluşan şekil değiştirmeyi de içeren hasar şekillerine sebep olmuştur.



Şekil 4.9 Keson tipi rıhtım duvarının şekil değiştirme ya da hasar şekilleri

(a) Sıkı temel üzerinde

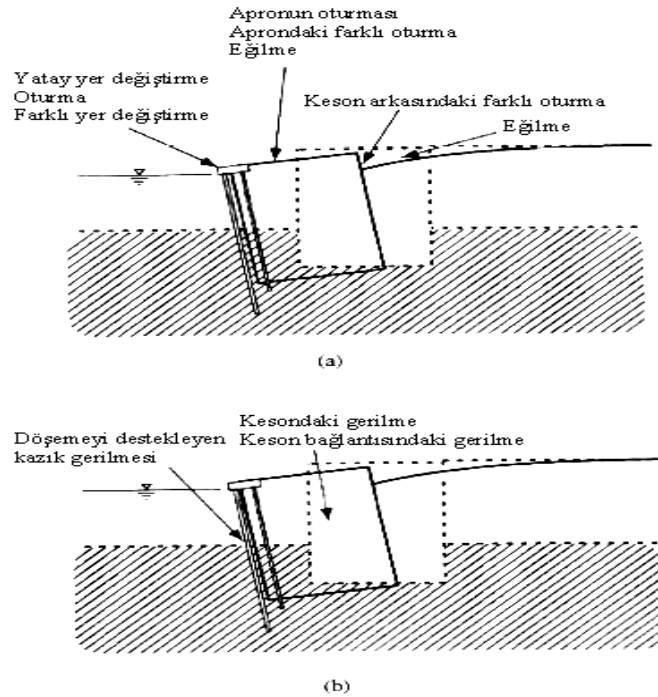
(b) Gevşek kumlu temel üzerinde



Şekil 4.10 Kesitsel şekil değiştirmeyi içeren keson tipi rıhtım duvarının şekil değiştirme ya da hasar şekilleri

(2) Keson tipi rıhtım duvarlarının hasar kriterini tanımlayan parametreler

Keson tipi rıhtım duvarının sismik performansı; ağırlık tipi rıhtım duvarları ile benzer hizmet verme kabiliyetine ve yer değiştirmeler gibi gerilme durumlarını dikkate alan yapısal hasara dayanarak belirtilmektedir. Gerilmeleri dikkate alan parametreler, keson ve keson bağlantılarındaki gerilme durumlarını da kapsamaktadır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 Keson tipi rıhtım duvarlarının belirlenmiş hasar kriteri için parametreler

(a) Yer değiştirmelere göre

(b) Gerilmelere göre

(3) Bölmeli rıhtım duvarları için hasar kriteri

Bu bölümün başında bahsedilen koşulların sağlanmasıyla keson tipi rıhtım duvarının hasar kriteri, Çizelge 4.5 kullanılarak saptanabilmektedir. Yer değiştirmeler ve gerilmeler arasındaki en olumsuz koşul, hasar kriteri olarak tanımlanmalıdır.

4.1.5 Vinçli Rıhtım Duvarları

Deprem sonrasında hizmet verebilmesi için rıhtım duvarları; raylar üzerinde hareket eden vinçler gibi ekipmanlarla ya da feribot ekipmanları donatılmalıdır. İnsan hayatının korunması ve güvenliği garanti altına alınmalıdır. Sonuç olarak, vinçle donatılmış rıhtım duvarlarının kabul edilebilir hasar kriteri; diğer rıhtım duvarlarında gösterilen esaslara dayanılarak belirlenmelidir. Örneğin; taşıma bantlı rıhtım duvarlarının hizmet verme kabiliyeti, farklı yer değiştirmelerden ve oturmalarından oldukça etkilenmektedir.

Feribot rıhtımları için, rıhtım duvarındaki yer değiştirmesi ve yolcu köprüleri için göçme-emniyet tertibatının yerine getirilmesi, yolcu güvenliği ve yolcu transferi işletmenin güvenliğini sağlamak için gereklidir.

(1) Vinçlerin sismik davranışı

Vinç, Şekil 4.12’de gösterildiği gibi; kargo elleçlemesi için üst yapıdan ve üst yapıyı taşıyıp yerinde tutan destekleyici yapıdan oluşmaktadır. Vinçler genellikle çelik bir kafesten yapılıdır. Destekleyici yapı; rijit çerçeve tipi ya da Şekil 4.12’de gösterildiği gibi A seviyesinde mafsallı bir ayaktır. Destekleyici yapı, tekerlekler arasında raylar üzerinde oturmaktadır.

Oturmakta olan vinç; raylar üzerine veya rıhtım duvarına kilit veya ankrajlarla bağlanır ve bu bağlanma kuvveti vincin üst yapısının dış etkilere karşı dayanımını sağlar. Ancak; çalışmakta olan vinç, kilit ya da ankrajlarla desteklenmez ve dış kuvvetlere karşı vincin yanal dayanımı, sürtünme ve tekerlek taban yüzeyleriyle sağlanmaktadır.

Depremler sırasındaki tipik hasar şekilleri; tekerleklerin raydan çıkması, aracı yoldan çıkması, kilitlerin veya ankrajların kopması, bükülme ve devrilmedir. Şekil 4.13(a)'da gösterildiği gibi, rıhtım duvarlarındaki şekil değiştirmesinden dolayı ayaklar arası mesafenin genişlemesi; raydan çıkma veya ayakların bükülmesi gibi hasarlara neden olmaktadır.

Buna karşın, Şekil 4.13(b)'de gösterildiği gibi, ayaklar arasındaki mesafesinin daralması; vincin sallanma davranışından dolayı meydana gelebilir. Bunun nedeni; rıhtım duvarında ayakların bir tanesinin yukarı kalkmasını sağlayan sallanma hareketi boyunca, direnç kuvvetlerinin yatay bileşeninin değişen hareketleridir. Tekerleğin raydan çıkması ve ayrılması, sallanma hareketinden ötürü meydana gelebilir. Şekil 4.13(c)'de gösterildiği gibi, rıhtım duvarında vincin altındaki zeminde farklı oturmalarından dolayı; vincin eğilmesi ya da devrilmesi gerçekleşebilir. Eğer vinç tek mafsallı tipte ayaklara sahipse; Şekil 4.13(d)'de gösterildiği gibi raydan çıkması, vincin eğilmesi ve devrilmesi ile sonuçlanabilir. Kilitler ya da ankrajlar; dış kuvvetlere karşı daha fazla dayanım sağlamalarına rağmen; kilitlerin olmadığı durumlara göre vinç çerçevesinde daha büyük içsel gerilmeler oluşacak ve sallanma hareketine izin verecektir.

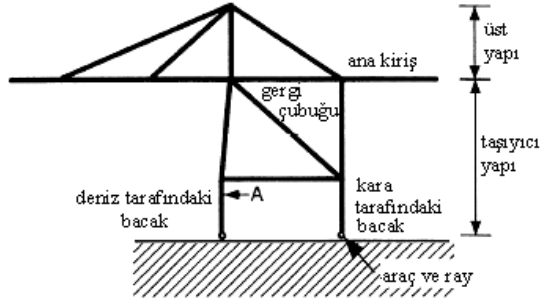
Vinç rayları; çoğunlukla doğrudan istinat duvarının bir kısmı ya da kazık destekli rıhtım döşemesi ile taşınırlar. Ağırlık duvarın genişliği küçükse ya da rıhtım duvarı, palplanş veya keson tipse; raylar için genelde kazıklardan oluşan ve rayları destekleyen ayrı bir temel yapılır. Vinçli rıhtım duvarlarının istenen sismik performansını elde etmek için; ray temellerinde özel önlemlerin alınması gereklidir

Çizelge 4.5 Keson tipi rıhtım duvarları için önerilen hasar kriteri

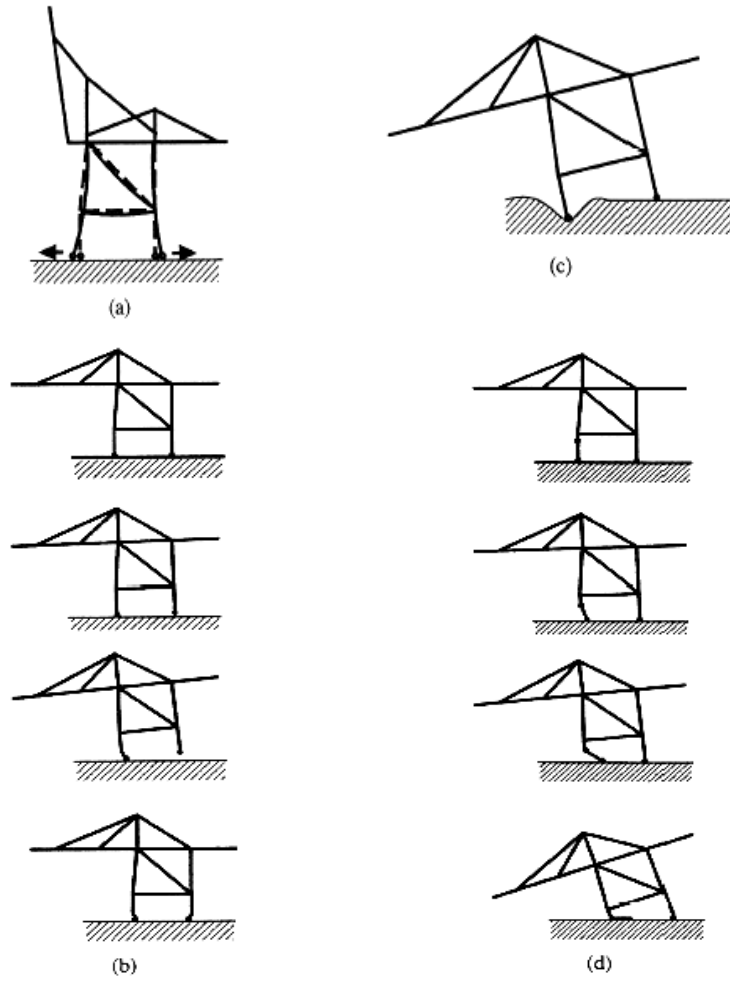
Hasar seviyesi		I. Derece	II. Derece	III. Derece	IV. Derece	
Kalıcı Yer değişiklikler	Keson rıhtım duvarı	Normalleştirilmiş kalıcı yatay yer değiştirme (d/H) *	%1.5'den az **	%1.5 – 5.0	%5.0 – 10.0	%10.0'dan fazla
		Denize doğru kalıcı eğilme	3°'den az	3.0– 5.0°	5.0 – 8.0°	8.0°'den fazla
	Apron	Aprondaki farklı oturma	0.03 ~ 0.1m'den az	N/A	N/A	N/A
		Apron ile diğer alanlar arasındaki farklı oturma	0.03 ~ 0.7m'den az	N/A	N/A	N/A
		Denize doğru kalıcı eğilme	2.0 ~ 3.0° 'den az	N/A	N/A	N/A
	Maksimum basınç ya da gerilme	Keson		Elastik	Elastik	Plastik (hücre için gerilme sınırından az)
Keson bağlantısı		Elastik	Plastik (hücre bağlantısı için gerilme sınırından az)	Plastik (hücre bağlantısı için gerilme sınırından fazla)	Plastik (hücre bağlantısı için gerilme sınırından fazla)	

* d: Duvarın üst kotundaki kalıcı yatay yer değiştirme; H: duvar yüksekliği

** 30 cm'den az farklı yatay yer değişiklikleriyle ilgili olarak önerilen alternatif kriter



Şekil 4.12 Ayaklı vincin şematik gösterimi



Şekil 4.13 Ayaklı vincin şekil değiştirme şekilleri

- (a) Ayaklar arası mesafesinin genişlemesi
- (b) Sallanma hareketinden dolayı ayaklar arası mesafesinin daralması
- (c) Temelin farklı oturmasından dolayı vincin eğilmesi
- (d) Sallanma ya da kayma hareketinden dolayı tek ayakta mafsallı vincin devrilmesi

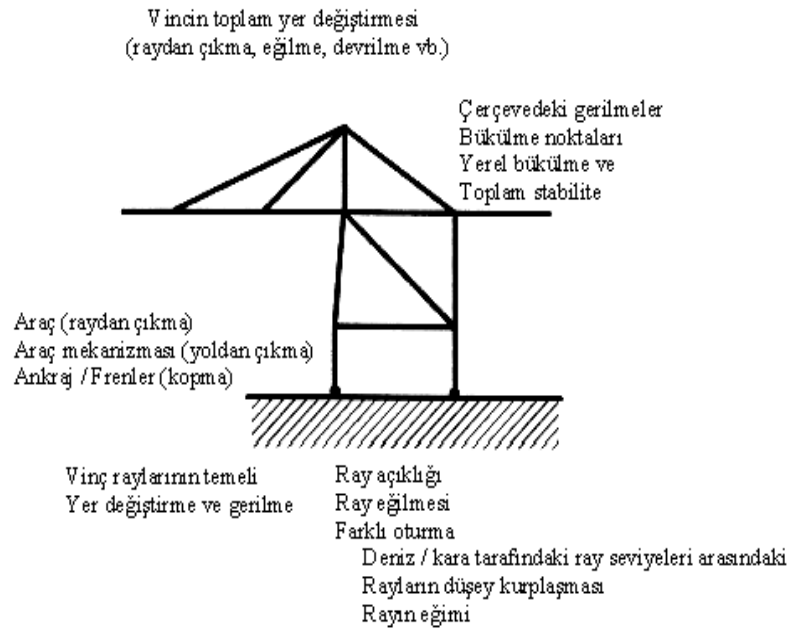
(2) Vinçli rıhtım duvarlarının hasar kriterini tanımlayan parametreler

Vinçli rıhtım duvarlarının sismik performansı; vincin hizmet verebilme kabiliyetinin koşullarına ve olası yapısal hasara dayanılarak tanımlanır. Vincin hizmet verebilme kabiliyeti; üst ve buna bağlı olarak destekleyici yapının fonksiyonunu göz önüne alarak belirtilir. Vinçteki yapısal hasar; sadece yer değiştirmeler, raydan çıkma, eğilme ve vinç çerçevesindeki gerilmelerle belirtilmez ayrıca, raylardaki ve temeldeki yer değiştirmelerin ve gerilmelerin dikkate alınmasıyla belirtilir. Vincin hizmet verebilme kabiliyeti de dikkate alınarak koruma güç kaynağı sağlanması göz önüne alınmalıdır.

Hasar kriterini belirtmek için kullanılan parametreler, Şekil 4.14'de gösterilmektedir. Temellerin ve rayların parametreleri; ray aralığını, ray doğrultusunun bozulması, farklı oturmalar ve ray temelindeki yer değiştirmelerini ve gerilmelerini kapsamaktadır.

Vincin parametreleri ise; tekerleklerin raydan çıkmasını, aracın yoldan ayrılmasını, kilit ve ankrajların kopmasını, vincin yer değiştirmelerini ve çerçevedeki gerilmeleri içermektedir.

Hasar kriteri; yukarıda bahsedilen uygun parametrelerin belirtilmesi ve seçilmesiyle saptanması gerekir. Daha fazla özellik sonraki alt bölümde verilmektedir.



Şekil 4.14 Vincin belirlenmiş hasar kriteri için parametreler

(3) Vinçli rıhtım duvarları için hasar kriteri

Daha öncede bahsedildiği gibi, hasar kriteri; sadece rıhtım duvarında değil vinçte ve ray temelinde de hizmet verebilme kabiliyeti ve yapısal hasarı dikkate alınarak tanımlanır. Rıhtım duvarının hasar kriterinin; vinçteki yapısal hasarı sınırlaması istenir. Rıhtım duvarının kriteri; ray temeline nazaran vincin ve rıhtım duvarının hasar kriterine göre saptanabilmektedir.

Bu bölümün başında bahsedilen koşulların sağlanmasıyla vincin hasar kriteri, Çizelge 4.6 kullanılarak saptanabilmektedir Yer değiştirmeler ve gerilmeler arasındaki en olumsuz koşul, hasar kriteri olarak seçilmelidir.

Vinçli rıhtım duvarlarının hasar kriteri; aşağıdaki şekilde saptanabilir:

1) Rıhtım duvarının I.derece hasarı; vincin destekleyici yapısını elastik sınırlar içinde tutan yer değiştirmelere müsaade etmelidir. Bazı durumlar için bu sınır; 30 m ray aralığına sahip rijit vinç çerçevesi için 1 m kadar ayak aralığına karşılık gelebilir. Vincin bu tipinin kolayca ayak aralığındaki değişimi karşılayabilmesinden dolayı tek ayakta mafsalı vincin I. derece hasarının sınırı açıkça belirtilmemiştir.

2) Rıhtım duvarının II. derece hasarı; vincin destekleyici yapısının eğilmesine izin verebilecek yer değiştirmelere müsaade etmelidir; fakat destekleyici yapının ana çerçevesinin izin verilen süneklik faktöründen daha az gerilme durumunu korumalıdır.

3) Rıhtım duvarının III. derece hasarı; raylar arası seviye farklılığını ve farklı oturumları korumalı ve vincin aprondaki eğilmesini devrilme sınırı içerisinde tutmalıdır. Buna ek olarak, apronun yüzey sürtünmesini bir miktar arttırmak, bu sebepten raydan çıkmış tek ayakta mafsalı vincin ya da plastik mafsalı vincin devrilme sınırını arttırabilmektedir.

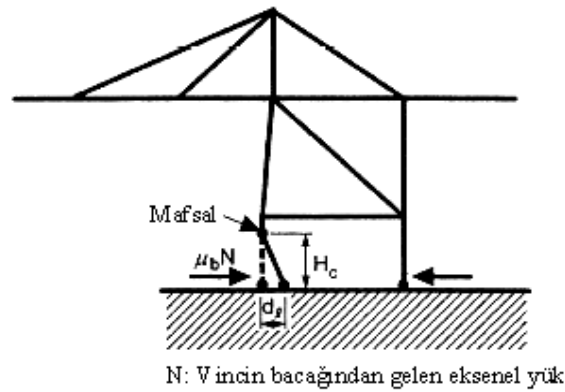
Gerekli sürtünme katsayısı $\mu_b \geq d_1 / H_c$ olarak verilmiştir. μ_b : sürtünme katsayısı; d_1 : ayak aralığı (m); H_c : aprondan itibaren mafsalın yüksekliği (m) (Şekil 4.15)

4) Rıhtım duvarının IV. derece hasarı; III. Derece hasarın üst sınırından daha fazla bir durumda olmalıdır.

Vinçlerin olağan bakımı için toleransları, Çizelge 4.7'de gösterilmektedir. Bu toleranslar, önceden bahsedilenden daha sınırlayıcı hasar kriterini saptamak için kaynak olarak kullanılabilir.

Çizelge 4.6 Vinçler için önerilen hasar kriterleri

Hasar seviyesi		I. Derece	II. Derece	III. Derece	IV. Derece
Yer değiştirmeler		Raydan çıkmamış	Raydan çıkmış	Devrilmemiş	Devrilmiş
Maksimum basınç ya da gerilme	Üst yapı	Elastik	Elastik	Plastik (üst yapı için süneklik / gerilme faktörü sınırından az)	Plastik (üst yapı için süneklik / gerilme faktörü sınırından fazla)
	Destekleyici yapının ana çerçevesi	Elastik	Plastik (ana çerçeve için süneklik / gerilme faktörü sınırından az)	Göçme yok	Göçm
	Topuk	Elastik	Topuk hasarı (aracın yoldan ayrılması, ankraj/fren kırılması)	Topuk hasarı (aracın yoldan ayrılması, ankraj/fren kırılması)	Topuk hasarı (aracın yoldan ayrılması, ankraj/fren kırılması)



Şekil 4.15 Vincin devrilmesinin değerlendirilmesi için parametreler

Çizelge 4.7 Konteyner vinçlerinin olağan bakım toleransı

Parametreler	Tolerans
Ray aralığı L_{aralik} ($L_{aralik} < 25m$)	± 10 mm
	± 15 mm
($25m \leq L_{aralik} \leq 40m$)	
Deniz ve kara tarafı rayları arasındaki seviye farkı	$L_{aralik} / 1000$
Düşey doğrultuda karp	Her 10m'de 5 mm
Yatay doğrultuda karp	Her 10m'de 5 mm
Eğim	1/500
Ray birleşimi Farklı yer değiştirmeler (yatay ve düşey)	1 mm
Derz	5 mm*

* orijinal plana göre değişebilir

4.1.6 Dalgakıranlar

Dalgakıran; genellikle taş dolgudan, keson gibi masif yapıdan ya da deniz tabanı oturacak şekilde her ikisinin kombinasyonundan oluşmaktadır. Yatay dış yüke karşı olan stabilite; taş dolgunun kayma kuvveti, keson tabanındaki sürtünme, devrilmeye karşı direnç ve taşıma kapasitesindeki çökme ile sağlanmaktadır. Deprem sırasında beklenen tipik hasar durumları, Şekil 5.16'da gösterilmektedir.

Dalgakıranlar; genellikle belirli tasarım fırtınaları sırasında dalganın üstten aşmasını ve içeri girmesini sınırlamak ve aynı zamanda ilgili dalga hareketlerine karşı direnç göstermek için tasarlanmaktadır. Büyük depremle aynı zamanda tasarım deniz durumunun meydana gelmesi; iki olayında birbirine bağlı olmamasından dolayı ihtimal dahilinde değildir.

Sonuç olarak, tasarım fırtınası dalga hareketi ve deprem, iki bağımsız yük durumu gibi dikkate alınabilir. Sadece ortalama bir deniz durumunda dalga hareketleri; tasarım

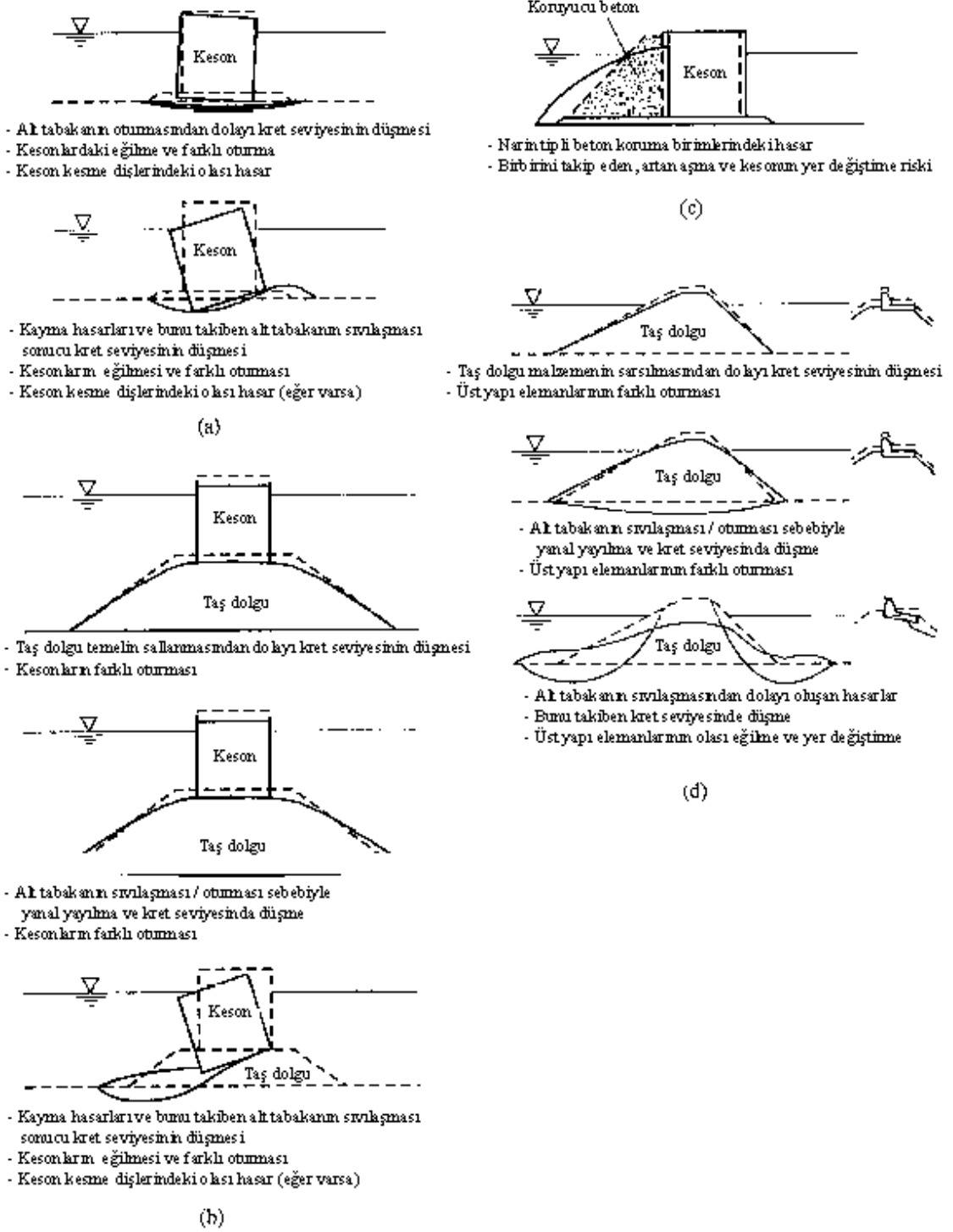
depremleriyle birlikte dikkate alınmalıdır. Deniz durumunun belirlenmesi; fırtınanın bölgeye ait uzun dönem istatistiklerine bakılarak yapılabilmektedir.

Uygun tasarım kriterinin seçimi; dalgakıranın fonksiyonuna ve depremden dolayı oluşan hasar şekillerine bağlıdır. Bununla beraber, bütün dalgakıranlar için ana kriter; kret seviyesinin kabul edilebilir oturmasıdır çünkü dalga iletiminin ve aşmasının miktarını belirler. Üzerinden yol ve tesisat geçen dalgakıranlarda; kabul edilebilir farklı oturmalar, eğilme, üst yapıların ve kesonların yer değiştirmeleri için ilave kriter gereklidir.

Dalgakıranın sallanması, beton koruma elemanlarının kırılmasına neden olabilmektedir. Dalgakıranın hizmet verebilir durumdayken oluşabilecek maksimum kırılma için hasar gören birimler cinsinden kriter önerilmiştir. Aynı kriter, depreme bağlı hasar içinde kabul edilebilir. Halihazırda dalgakıranların hasar kriteri tamamen geliştirilememiştir. Kabul edilebilir hasarın göreceli derecesini dolaylı olarak belirtmek için performans sınıfı tanımlanmıştır.

Dalgakıranların birincil ve ikincil fonksiyonlarına göre farklı dalgakıran çeşitlerinin hasar seviyesi:

- Basenlerde dalganın içeri girişini azaltan (Derece C)
- Dinlenme alanları (Derece C, uygun güvenliğine bağlı olarak Derece A ya da B olabilir.)
- Dalgakıranın liman tarafında ve ilgili erişim yollarında gemi yanaşmasını sağlayan (Derece B) (Şekil 4.17)
- Dalgakıran üzerinde kargo elleçleme tesisleri sağlayan, taşıyıcı bantları (Derece B) ve petrol ve sıvı gaz için boru hatlarını içeren (Derece A ya da S, patlama tehlikesinin düzeyine bağlı olarak).



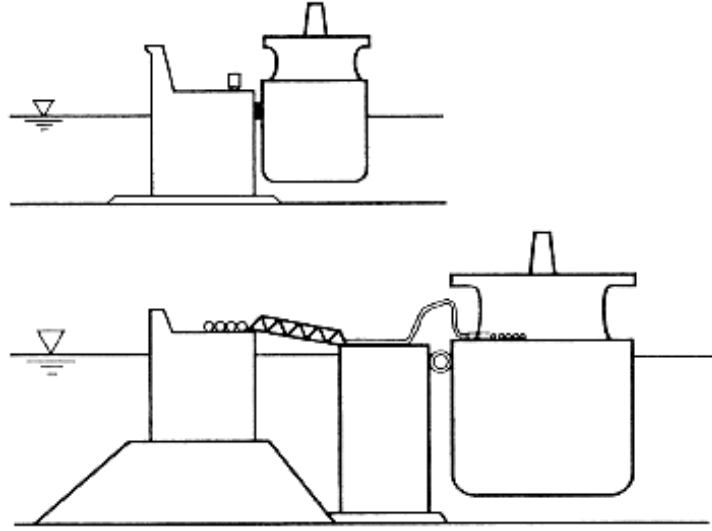
Şekil 4.16 Dalgakıranın şekil değiştirme ya da hasar şekilleri

(a) Deniz tabanı üzerine oturan keson

(b) Düşey birleşik keson dalgakıran

(c) Yatay birleşik keson dalgakıran

(d) Taş dolgu dalgakıran



Şekil 4.17 Dalgakıran arkası yanaşma yeri örneği

4.2 Sismik Analiz

Liman yapılarının sismik analizi; bölgesel sismolojinin değerlendirilmesini, geoteknik problemlerin ve zemin-yapı etkileşiminin analizini de içine alan üç adımda yapılmaktadır.

Birinci adım; ana kayadaki deprem hareketlerini tanımlamak içindir. Bu tipik olarak ilgili bölgeye uygun jeolojik, tektonik, ve tarihsel sismik aktiviteye bağlı olan verilere dayanarak sismik hasar analizi ile yapılmaktadır.

İkinci adım; dinamik zemin davranışının birbiri ile ilgisi olan iki durumunu kapsamaktadır:

- (1) zemin yüzeyi yakınındaki deprem hareketlerini elde etmek için yerel alan etkilerinin değerlendirilmesi
- (2) kumlu zeminin yüzey yakınındaki sıvılaşma dayanımının ve zemin hasarları için potansiyelin değerlendirilmesi.

Zemin hareketi ve geoteknik parametreler saptanabildikten sonra, liman yapısının sismik analizi gerçekleştirilebilmektedir.

Bütün mühendislik disiplinlerindeki gibi, uygun kararların verilmesi için; uygun analiz ve tasarım metotlarının belirlenmesinde ve analiz yöntemlerinin sonuçlarının yorumlanması gereklidir. Bu özellikle sismik tasarımda, bir çok disiplinden gelen ve nihai tasarım tavsiyelerini etkileyen bilgiler açısından önemlidir. Bu bölümde çeşitli liman yapıları için gerekli analiz tipleri ve seviyeleri hakkında genel bilgiler verilecektir.

4.2.1 Analiz Tipleri

Davranışa (performansa) dayalı tasarımda analizin amacı; izin verilebilir sınırlarla (örneğin; yer değiştirme, gerilme, süneklik/basınç) ilgili olarak liman yapısının sismik davranışını değerlendirmektir. Analizlerdeki daha ileri düzeydeki teknikler genellikle yüksek performans derecesine sahip tesisler için istenmektedir. Seçilen analiz metotları; sismik performans değerlendirilmesinde gerekli olan analitik uygunluğu tanımlamaktadır.

Analiz metodunun seçimi; yerel alan etkilerinin değerlendirilmesi, sıvılaşma potansiyeli ve liman yapılarının sismik davranışını için belirlenmektedir.

Bu analiz metotları; tecrübe ve beceri düzeyine dayanılarak sınıflandırılmaktadır.

- 1) Basitleştirilmiş analiz: Sismik yüklemekten dolayı oluşan kalıcı yer değiştirmelerin büyüklüğünün ve yer değiştirmeler ve/veya elastik davranış sınırının değerlendirilmesi için uygun bir yaklaşımla başlangıç limit değerinin belirlenmesidir.
- 2) Basitleştirilmiş dinamik analiz: Varsayılan hasar şekillerine dayanılarak yer değiştirme/gerilme/süneklik/basınç miktarlarını değerlendirmek mümkündür.
- 3) Dinamik analiz: Hem hasar şekillerini hem de yer değiştirme/gerilme/süneklik/basınç miktarlarını değerlendirmek mümkündür.

Çizelge 4.8; her bir performans derecesi için en uygun olabilecek analiz tiplerini göstermektedir. Burada uygulanan prensip, yüksek performans derecesine sahip yapıların daha kapsamlı metotlarla değerlendirilmesidir. Çizelge 4.8’de gösterildiği gibi daha az gelişmiş metotların ön tasarım amaçlarında yansıtılmasına veya daha düşük seviyeli tasarımların davranış analizi için kullanılmasına izin verilebilmektedir.

Çizelge 4.8 Performans dereceleri ile ilgili analiz tipleri

Analiz tipi	Performans derecesi			
	Derece	Derece	Derece	Derece
	C	B	A	S
Basitleştirilmiş analiz: Sismik yüklemekten dolayı oluşan kalıcı yer değiştirmelerin büyüklüğünün ve yer değiştirmeler ve/veya elastik davranış sınırının değerlendirilmesi için uygun bir yaklaşımla başlangıç limit değerinin belirlenmesidir.				
Basitleştirilmiş dinamik analiz: Varsayılan hasar şekillerine dayanılarak yer değiştirme/ gerilme/süneklik /basınç miktarlarını değerlendirmek mümkündür.				
Dinamik analiz: Hem hasar şekillerini hem de yer değiştirme/ gerilme/ süneklik / basınç miktarlarını değerlendirmek mümkündür.				



Standart / nihai tasarım



Ön tasarım ya da düşük seviyeli öngörüler

4.2.2 Konumsal Davranış / Sıvılaşma Analizi

Konumsal davranış analizi ve sıvılaşma potansiyeli değerlendirmeleri, tipik olarak Çizelge 4.9'da belirtilen metotların kullanımıyla yapılmaktadır. Çeşitli modelleme yöntemlerinin uygulanabilirliğine ışık tutan bu kullanışlı kaynaklar, bir çok araştırmacı tarafından hazırlanmıştır.

(1) Konumsal davranış analizi

Basitleştirilmiş analizde, yerel konumsal etkiler; toprak dolgunun kalınlığına ve belirli bir derinliğe kadarki ortalama rijitliğe veya kaya zemin üzerindeki toprak dolguya bağlı olarak

değerlendirilmektedir. Bu bilgiler, belirli konum genişletme faktörünü ya da konuma bağlı davranış spektrasını etkileyecek olan konum sınıflandırmasını meydana getirmek için kullanılmaktadır. Bu yöntem tipi, şartnameler ve standartlarda yaygın olarak bulunmaktadır.

Basitleştirilmiş dinamik analizde, yerel konumsal etkiler; yaygın eşdeğer lineer ve toplam gerilme formülasyonları gibi sayısal modellerle değerlendirilmektedir. Toprak tabakaları, sonsuz yanal uzunluğun yatay tabakaları gibi idealleştirilir (örn. tek boyutlu 1D). Bu metotlar, toprak profilindeki belirli yerlerde ivmenin, kayma gerilmesinin ve kayma basıncının süre kayıtlarının oluşturulması için kullanılmaktadır.

Bu iki analizde de, hesaplanmış zemin yüzeyi deprem hareket parametreleri; basitleştirilmiş yapısal için veri olarak kullanılmaktadır.

Zemin-yapı etkileşiminin dinamik analizi (SSI), temel zemini ve yapının birleşik veya ikili davranışını göstermektedir. Serbest yüzey zemin davranışını veri olarak kullanılarak değerlendiren yapı davranışının içinde olduğu basitleştirilmiş yöntemlerin aksine SSI analizleri, zemin ve yapı davranışlarını tek bir modelde birleştirmektedir. Sonlu elemanlar (FEM) ve sonlu farklar (FDM) metotları, çoğunlukla gelişmiş SSI analizleri için kullanılır. Bu tip analizde, yerel konum etkileri genelde ayrı ayrı değil liman yapılarının zemin-yapı etkileşim analizinin bir parçası olarak değerlendirilmektedir. Bir zemin-yapı etkileşimi analizi için analiz sahasının taban sınırı haya tabanından farklılık gösteriyorsa; (örn: kaya zemin, zemin-yapı etkileşim analizi için çok derinse) zemin-yapı analiz sahasının taban sınırının altındaki yerel konum etkisi, 1D lineer olmayan (etkin gerilme) veya eşdeğer lineer (toplam gerilme) analizlerine bağlı olarak değerlendirilebilmektedir.

Çizelge 4.9 Performans dereceleri ile ilgili analiz tipleri **

Analiz tipi	Metot	Basitleştirilmiş analiz	Basitleştirilmiş dinamik analiz	Dinamik analiz
Konumsal davranış analizi	Metot	Konum kategorisi	1D toplam gerilme (eşdeğer lineer analiz)	1D etkili gerilme (non-linear) analizi veya 1D toplam gerilme (eşdeğer lineer) analizi *
	Girdi parametreleri	Kaya zeminin pik ivmesi CPT q_c / SPT N değerleri Stratigrafi	Kaya zeminin deprem hareketlerinin süre kayıtları V_s , G/G_0 , $D - \gamma$ eğrileri	Etkili gerilme analizi için: Ana kaya deprem hareketlerinin süre kayıtları Drenajsız çevrimsel özellikler
	Analizin çıktısı	Pik yüzey hareketi (PGA,PGV) Tasarım davranış analizi	Zemin yüzeyinde ve toprak altında deprem hareketlerinin süre kayıtları Zemin yüzeyinde hesaplanan davranış spectrası	Toplam gerilme analizi için: Basitleştirilmiş dinamik analizdekilerle aynı Zemin yüzeyinde ve toprak altında deprem hareketlerinin süre kayıtları
Sıvılaşma potansiyeli değerlendirilmesi	Metot	Konum korelasyonu (SPT / CPT / V_s)	Çevrimsel laboratuvar testleri ve/veya konum korelasyonları (SPT / CPT / V_s) + 1D toplam gerilme analizi	Çevrimsel laboratuvar testleri ve/veya konum korelasyonları (SPT / CPT / V_s) + 1D toplam gerilme analizi veya + 1D toplam gerilme analizi *
	Girdi parametreleri	Pik yüzey ivmesi (PGA) CPT q_c / SPT N değerleri / V_s Stratigrafi	Zemin yüzeyinde deprem hareketlerinin veya zemin altındaki kayma gerilmelerinin süre kayıtları Sıvılaşma dayanımı Çevrimsel laboratuvar testlerine ve/veya SPT/CPT/ V_s ' ye dayalı (τ / σ'_{v0}) veya γ_{daire}	Etkili gerilme analizi için: Kaya zeminin deprem hareketlerinin süre kayıtları Çevrimsel laboratuvar testlerine ve/veya SPT/CPT/ V_s ' ye dayanan drenajsız çevrimsel özellikler
	Analizin çıktısı	Sıvılaşma potansiyeli (F_L)	Sıvılaşma potansiyeli (F_L) Boşluk suyu basıncı artış oranı (u / σ'_{v0})	Toplam gerilme analizi için: Basitleştirilmiş dinamik analizdekilerle aynı Boşluk suyu basıncı artış oranı (u / σ'_{v0}) Sıvılaşma başlangıcındaki derinlik ve süre

* : Eğer bir zemin-yapı etkileşim analizinde sahanın taban sınırı kaya tabanından farklıysa zemin- yapı etkileşim sahasının zemin sınırının altındaki yerel alan etkisi, 1D etkili gerilme veya eşdeğer lineer analizlerine bağlı olarak değerlendirilir.

** : CPT: konik nüfuz etme testi, SPT: standart nüfuz etme testi, PGA,PGV: pik yer ivmesi ve hızı, V_s : dalga hızı, G/G_0 : kesme modülü (G) üzeri küçük başınc seviyelerindeki kesme modülü (G_0), D : eşdeğer sönümlleme faktörü, γ : kayma gerilmesi genliği, F_L : sıvılaşmaya karşı güvenlik faktörü, u / σ'_{v0} : boşluk suyu basıncı (u) üzeri başlangıca etkin düşey gerilme (σ'_{v0}), τ / σ'_{v0} : kayma gerilmesi oranı, γ_{daire} : çevrimsel kayma gerilmesi genliği.

(2) Sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesi

Basitleştirilmiş analizde kumlu zeminlerin sıvılaşma potansiyeli; standart nüfuz etme testlerine (SPT) ya da konik nüfuz etme testlerine (CPT) dayanılarak ampirik kriter yardımıyla değerlendirilmektedir. Basitleştirilmiş dinamik analizde sıvılaşma potansiyeli; tasarım depremi sırasında hesaplanmış kayma gerilmesi ile dairesel laboratuvar testlerine ve/veya SPT/CPT verilerine dayanan sonuçların karşılaştırılması ile değerlendirilmektedir.

Bu çeşit analizlerle değerlendirilen sıvılaşma potansiyeli; sıvılaşabilir konumlardaki yapıların basitleştirilmiş şekil değiştirme analizi için girdi olarak kullanılmaktadır.

Dinamik analizde, sıvılaşma potansiyeli ayrı ayrı değil liman yapılarının zemin-yapı etkileşim analizinin bir parçası olarak değerlendirilmektedir.

4.2.3 Liman Yapılarının Analizi

Liman yapılarının analiz yöntemi; yapının tipine bağlıdır. Çizelge 4.10'a bakılarak uygun metot seçilebilmektedir. Hali hazırda kullanılan yöntemler Çizelge 4.11'de verilmektedir. Çizelge 4.11'de gösterildiği gibi liman yapılarının analiz metotları; rıhtım duvarları, seddeler/şevler ve dalgakıranları içine alan istinat yapıları veya kazıklı rıhtımların kazık/döşeme sistemini ve vinçleri kapsayan açık yüzlü kazık/çerçeve yapıları gibi sınıflandırılmaktadır.

Çizelge 4.10 Liman yapılarının analiz metotları

Analiz tipi	Basitleştirilmiş analiz	Basitleştirilmiş dinamik analiz	Dinamik analiz	
			Yapısal modelleme	Geoteknik modelleme
Ağırlık tipi rıhtım duvarı	Sıvılaştırma var/yok Ampirik / Pseudo- statik metotlar	Newmark tipi analizi Parametrik çalışmalara dayanan basitleştirilmiş çizelge	FEM / FDM* Lineer ya da non- lineer analiz 2D / 3D **	FEM / FDM* Lineer (eş değer) ya da non-lineer analiz 2D / 3D **
Palplanş tipi rıhtım duvarı				
Kazıklı rıhtım	Davranış spektrum metodu	Pushover ve davranış spektrum metodu		
Keson tipi rıhtım duvarı	Pseudo-statik analiz	Newmark tipi analizi		
Vinç	Davranış spektrum metodu	Pushover ve davranış spektrum metodu		
Dalgakıran	Pseudo-statik analiz	Newmark tipi analizi		

* FEM / FDM : sonlu elamanlar metodu / sonlu farklar metodu

** 2D / 3D: iki / üç boyutlu

Çizelge 4.11 Analiz metotlarının ve referansların listesi

Analiz tipi		Basitleştirilmiş analiz		Basitleştirilmiş dinamik analiz		Dinamik analiz
Ağırlık tipi rıhtım duvarı Palplanş tipi rıhtım duvarı Keson tipi rıhtım duvarı Kazıklı rıhtımın sedde/şev/istinat duvarı Dalgakıran	Analiz metodu	Başlangıç seviyesinin değerlendirilmesi için pseudo-statik metot	Yer değiştirmenin büyüklük değerlendirmesi için ampirik/pseudo	Kayma sonucu oluşan yer değiştirme için Newmark tipi analiz	Yer değiştirmeyi değerlendirmek için parametrik çalışmalara dayanan basitleştirilmiş çizelge	FEM / FDM 2D Lineer geoteknik modelleme (FLUSH) Non-lineer geoteknik modelleme (FLIP)
	Referans	Ebeling & Morrison (1992) Tsinker (1997) Japonya Liman Birliği (1999)	Uwabe (1983) (sıvılaşma yok) Gazetas ve diğerleri (1990) (palplanş duvarlar için) Iai (1998a) (sıvılaşma var)	Newmark (1965) (seddeler için) Franklin & Chang (1977) (seddeler için) Richards & Elms (1979) (ağırlık duvarı için) Whitman & Liao (1984) (ağırlık duvarı için) Towhata & Islam (1987) (ağırlık duvarı için) Steedman (1998) (ağırlık ve palplanş duvarlar için)	Dickenson & Yang (1998) (ağırlık duvarı için sıvılaşma tedbirleri) Iai ve diğerleri (1999) (ağırlık duvarı için sıvılaşma var/yok) McCullough & Dickenson (1998) (palplanş duvarlar için sıvılaşma tedbirleri)	Lysmer ve diğerleri (1975) (eşdeğer lineer / toplam gerilme) Iai (1998b) (non-lineer / etkin gerilme)
Kazıklı rıhtımın kazık ve döşemesi Vinç	Analiz metodu	Elastik limit davranışı değerlendirmesi için davranış spektrum metodu		Pushover ve davranış spektrum metotları		FEM / FDM 2D Lineer geoteknik modelleme (FLUSH) Non-lineer geoteknik modelleme (FLIP)
	Referans	Ferrito (1997) Werner (1998) Yokota ve diğerleri (1999) Ferrito ve diğerleri (1999)		Ferrito (1997) Werner (1998) Yokota ve diğerleri (1999) Ferrito ve diğerleri (1999)		Lysmer ve diğerleri (1975) (eşdeğer lineer / toplam gerilme) Iai (1998b) (non-lineer / etkin gerilme) Ferrito ve diğerleri (1999) (non-lineer)

(1) İstinat / zemin yapılarının analiz metotları

a) Basitleştirilmiş analiz:

İstinat / zemin yapılarının basitleştirilmiş analizi, zaman zaman geçmiş verilerin istatistiksel analizi ile birleştiren geleneksel kuvvet-denge yaklaşımına dayanmaktadır. Bu metotlar çoğunlukla, geleneksel sismik tasarım şartnameleri ve standartlarında benimsenmiştir.

Basitleştirilmiş analizde istinat/zemin yapıları; rijit bloklar ve yapısal kütleler gibi idealleştirilmektedir. Rijit blok analizi; tipik olarak ağırlık, palplanş ve keson tipi rıhtım duvarları, kazık rıhtımların sedde/şev/istinat duvarları ve dalgakıranlar için uygulanmaktadır.

Basitleştirilmiş analizde deprem hareketlerinin etkileri; geleneksel pseudo-statik tasarım işlemlerinde kullanılması için maksimum zemin ivmesi ya da eşdeğer sismik katsayı ile ifade edilmektedir. Bu parametreler, yerel konumsal etkilerinin basitleştirilmiş analizinden elde edilmektedir. Sismik kuvvete karşı dayanım kapasitesi; yapısal kütleleri ve rijit bloklarını harekete geçiren başlangıç ivmesine ve başlangıç sismik katsayısı ile ilgili olan yapısal ve geoteknik koşullara dayanılarak değerlendirilmektedir. Sıvılaşma sorunu var olduğunda; sıvılaşmanın geometrik büyüklüğü analizde göz önünde tutulmalıdır.

Basitleştirilmiş analizin sonuçları; en azından L1 için yapısal performansın onarılabılır durumda olmasını sağlayan, hasar başlangıç seviyesinin değerlendirilmesi için gerçekleştirilir. Pseudo-statik metodun tasarım parametrelerinin değerlendirilmesindeki detaylara bağlı olan uygun başlangıç seviyesinin olup olmaması; L1 için yapısal performansın hizmet verebilecek durumunu sağlamaktadır. Yer değiştirmenin büyüklüğü; pseudo-statik metod ile birlikte geçmiş verilerin istatistiksel analizinden elde edilebilir. Ancak bu, kaba bir yaklaşımdır ve sadece düşük seviyeli tasarım ve ön tasarımda kullanılmalıdır.

Geleneksel tasarım kavramı ile bu şartnamelerde önerilen tasarım yaklaşımları arasında belirgin bir farklılık vardır. Özellikle basitleştirilmiş analize dayanan geleneksel tasarımda; eşdeğer sismik katsayı, zemin hareketlerini yeterli derecede ifade eden girdi parametresi olarak kullanılır ve güvenlik faktörü de yapının boyutlarını belirlemek için uygulanır. Önerilen yaklaşımda tasarım; deprem hareketlerinin çeşitli girdisi için davranış analizi vasıtasıyla uygun şekilde değerlendirilen yapının sismik performansına dayanmaktadır.

Sismik davranışlar; hareket girdisinden daha ziyade önerilen şartnamede tasarımın

yapılmasına kaynak olarak kullanılmaktadır. Her bir davranış analizi için; en uygun girdi parametreleri, basitleştirilmiş analizin maksimum zemin ivmesi ve/veya maksimum zemin ivmesiyle tanımlanan eşdeğer parametre gibi uygulamalı mekaniğe göre belirlenmektedir. Sonuç olarak, güvenlik faktörü; yapının başlangıç seviyesinin değerlendirilmesi için sismik analizde girdi verisi olarak kullanılmamalıdır.

Geleneksel tasarım ve performansa dayalı tasarım arasındaki bu önemli fark; çeşitli sismik şartnamelerdeki tasarımlar yorumlanırken akılda tutulmalıdır.

b) Basitleştirilmiş dinamik analiz:

Basitleştirilmiş dinamik analiz; basitleştirilmiş analize benzerdir ve kayan rijit blok ile idealleştirilmektedir. Basitleştirilmiş dinamik analizde, kayan bloğun yer değiştirmesi; bloktaki kaymanın başlangıç limitinin aşıldığı ivme zaman kayıtlarının integrasyonu ile hesaplanabilmektedir.

Deprem hareketlerinin etkileri; yapının temelindeki deprem hareketlerinin süre kayıtları dizisiyle gösterilmektedir. Deprem hareketlerinin süre kayıtları; yerel konumsal etkilerin basitleştirilmiş dinamik analizinden elde edilmektedir. Kayan blok analizinde, yapısal ve geoteknik koşullar; kaymanın başlangıç ivmesi ile ifade edilmektedir. Ampirik denklemler; kayan blok analizinden elde edilmektedir. Bu denklemlerde maksimum yer ivmesi ve hız, deprem hareketinin etkisini göstermek için kullanılmaktadır.

Daha kapsamlı analizde, yapısal ve geoteknik koşullar; zemin-yapı sistemlerinin lineer olmayan FEM / FDM analizlerine dayalı olan parametrik çalışmalar vasıtasıyla idealleştirilmiş ve sonuçlar, uygun yer değiştirme değerlendirmesinde kullanılmak üzere basitleştirilmiş diyagramlarda gösterilmiştir.

c) Dinamik analiz:

Dinamik analiz; genelde FEM ya da FDM metotlarını kullanan zemin-yapı etkileşimine dayanmaktadır. Bu analiz tipinde, deprem hareketlerinin etkileri; zemin-yapı sistemi için seçilen analiz sahasının temelindeki deprem hareketlerinin bir dizi zaman kayıtları ile gösterilmektedir. İster lineer isterse non-lineer olarak idealleştirilmiş yapı; yapının elastik limiti ile ilgili olan deprem hareketinin seviyesine bağlıdır. İster eşdeğer lineer isterse etkin

gerilme modeli ile idealleştirilmiş zemin; tasarım depremi sırasında toprak dolgusunda beklenen basınç düzeyine bağlıdır.

Oldukça kapsamlı sonuçlar; zemin-yapı sisteminin hasar şekillerini ve yer değiştirme/gerilme/basınç durumlarının miktarını içeren zemin-yapı etkileşim analizinden elde edilmektedir. Bu analiz türü, çoğunlukla faktör sayısına duyarlı olduğu için, özellikle uygun model test sonucunun veya uygun durumun kullanımıyla uygulanabilirliğin tespit edilmesi istenmektedir.

(2) Açık yüzlü kazık / çerçeve yapılarının analiz metotları

a) Basitleştirilmiş analiz

Açık yüzlü kazık / çerçeve yapılarının basitleştirilmiş analizi; tipik olarak kazıklı rıhtımların kazık/döşeme sistemi ya da vinçlerin çerçevesinin tekil serbestlik dereceli (SDOF) veya çok serbestlik dereceli (MDOF) sistemi ile idealleştirilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Bu analizde, deprem hareketleri genellikle davranış spektrumu ile gösterilmektedir. Yapısal ve geoteknik koşullar, rezonans frekansı ve döşeme-kazık sisteminin ve/veya vinçlerin sönümlenme faktörü ile gösterilir. Ayrıca süneklik faktörü de önerilmektedir. Sedde/şev hareketi, genellikle ihmal edilmektedir. SDOF/MDOF analiz sonuçları; en azından L1 için yapısal performansın onarılabilir olmasını sağlayan vincin ya da kazık döşeme sisteminin uygun limit durum davranışını değerlendirmek için kullanışlı olmaktadır.

b) Basitleştirilmiş dinamik analiz

Açık yüzlü kazık / çerçeve yapılarının basitleştirilmiş dinamik analizinde; vincin veya kazık-döşeme sisteminin SDOF ya da MDOF analizi, süneklik faktörü/basınç limitini değerlendirmek için pushover analizi ile birleştirilmiştir. Sedde/şev hareketi çoğu kez ihmal edilebilmesine karşın bazen kayıcı blok analizi ile hesaplanabilmektedir. Kazıklı döşemenin hareketi dolayısıyla sedde/şev hareketinin ve yapısal şekil değiştirmenin toplamıyla hesaplanabilmektedir.

Zemin-yapı etkileşiminin etkileri hesaba katılmaz ve bu sebeple bu analizde sınırlama vardır. Kazıklı rıhtımlar ve vinçler arasındaki etkileşim MDOF analizi ile göz önüne alınabilmektedir. Yer değiştirme, süneklik faktörü/basınç ve eğilmenin ya da bükülmenin yeri

genellikle bu analiz türünün sonucu olarak elde edilmektedir. İstinat duvarları/seddeler/şevlerin kayması ile ilgili olan hasar şekilleri değerlendirilmemektedir ancak varsayım yapılmaktadır. Bu yüzden bu analiz tipinde başka bir sınırlama vardır.

c) Dinamik analizi

Dinamik analiz; genellikle FEM/FDM metotlarını kullanan zemin-yapı etkileşimine dayanmaktadır. Zemin/istinat yapılarının dinamik analizi ile ilgili olarak benzer yorumlar açık yüzlü kazık yapılar ve vinçler için de yapılabilmektedir.

4.2.4 Analizin Girdi ve Çıktıları

Çizelge 4.12; çeşitli analiz tiplerinin başlıca girdi parametrelerini göstermektedir. Sonuçların güvenilirliği; sadece analiz tipine değil girdi parametrelerine de bağlıdır. Daha kapsamlı analizde çok hassas geoteknik incelemelere dayanan girdi verilerinin kullanılması gerekmektedir.

Bununla birlikte, tasarımda kullanılacak kumlu zemin örnekleri için yerinde dökme zemin dondurma tekniğini içeren en üst düzey geoteknik incelemelerin istenmesi pratik olmayabilir.

En kapsamlı metotların bazı parametreleri; SPT sonuçlarını kullanan ve ilgili alandaki yüksek seviyeli geoteknik incelemeler vasıtasıyla kalibre edilen ampirik bağıntılara dayanılarak değerlendirilmektedir.

Çizelge 4.13 ve 4.14; analizlerden oluşan başlıca çıktıları göstermektedir. Sismik performansın daha fazla parametresi; daha kapsamlı analizlerle değerlendirildiği açıkça görülmektedir. Bu çıktılar; hasar düzeyini tanımlayan nihai göstergelerdir. Performans değerlendirmesi; hasar kriteri ile bu çıktıların karşılaştırılmasıyla tamamlanabilmektedir.

Önerilen hasar kriterindeki yer değiştirmelerin/süneklilik/gerilme sınırların; kabul edilebilir genel kaideler olarak kullanılması tasarlanmıştır. Ayrıca, bu değerlerin aşılması; performansın kabul edilemez olduğunu anlamına gelmemektedir. Pratik olarak; liman tesisleri için şekil değiştirme/ basınç-gerilme durumlarının büyüklüğü ve üç boyutlu dağılımının performans

gereksinimleri ve sonuçları belirlenmelidir.

En son olarak başlangıç yatırımının ekonomikliği, hasar riski ve işletme hasarının sonuçları göz önünde tutulmalıdır. Sismik performansın değerlendirmesi, kriterdekinden düşükse; iyi performans beklenebilir. Sismik performans, kriterdekinden büyükse; mühendis, performans amaçlarının sağlanacağını kanıtlamalıdır.

Çizelge 4.12 Analiz için başlıca girdi parametreleri

Analiz tipi		Basitleştirilmiş analiz	Basitleştirilmiş dinamik analiz		Dinamik analiz
Ağırlık tipi rıhtım duvarı	Metot	Pseudo-statik/ampirik metotlar	Newmark tipi metot	Parametrik çalışmalara dayanan basitleştirilmiş çizelgeler	FEM / FDM
	Tasarım parametreleri	k_e : eşdeğer sismik katsayı k_t : başlangıç sismik katsayı (Sıvılaştırılabilir alan için duvarın boyutları ve durumu ile ilgili olan sıvılaştırılabilir zeminin geometrik büyüklüğü)	Ampirik denklemler: a_{max} : maksimum ivme v_{max} : maksimum hız Süre kayıt analizi: deprem hareketlerinin zaman kayıtları a_t : başlangıç ivmesi	a_{max} : kayadaki maksimum ivme Duvarın kesiti SPT-N değerlerini içeren gösterge özellikleri	Analiz bölgesinin taban sınırındaki deprem hareketlerinin süre kayıtları Duvarın kesiti Eşdeğer lineer geoteknik analiz için: $G / G_0 - \gamma$ ve $D - \gamma$ eğrileri Non-lineer geoteknik analiz için: Drene olmamış dairesel özellikler ve G, K :Pseudo-statik ve basitleştirilmiş analizin geoteknik parametrelerine ek olarak kayma ve hacim modülü
	Girdi parametreleri	a_{max} ve sıvılaştırma potansiyelini kapsayan konumsal davranış analizinin sonuçları Duvarın kesiti Geoteknik parametreler, c ve ϕ : kohezyon ve zeminin içsel sürtünme açısı; μ_b ve ξ : duvarın tabanı ve arkasındaki sürtünme açısı; zemin su seviyesi			
Palplanş tipi rıhtım duvarı	Metot	Pseudo-statik/ampirik metotlar	Newmark tipi metot	Parametrik çalışmalara dayanan basitleştirilmiş çizelgeler	FEM / FDM
	Tasarım parametreleri	Ağırlık tipi rıhtım duvarı ile aynı	Ağırlık tipi rıhtım duvarı ile aynı	Ağırlık tipi rıhtım duvarı ile aynı	Ağırlık tipi rıhtım duvarına ek olarak palplanş, bağlama kirişi ve ankraj için boyutlar ve malzeme ile ilgili parametreler
	Girdi parametreleri	Ağırlık tipi rıhtım duvarına ek olarak palplanş, bağlama kirişi ve ankraj için E,I,A ve izin verilen gerilmeyi içeren yapısal parametreler	Pseudo-statik metodunkine ek olarak eğilme ve nihai gerilme durumlarını içeren, yapının limit durumunu ifade eden malzeme parametreleri		Lineer yapısal analiz için: E,I,A ve eğilme gerilmelerini içeren elastik malzeme parametreleri Non-lineer yapısal analiz için: Eğilme gerilmesi, $M - \phi$ eğrisi
Kazıklı rıhtım	Metot	Davranış spektrum metodu	Pushover ve davranış spektrumu metotları		FEM / FDM
	Tasarım parametreleri	Kazık-döşeme yapısı: Tasarım davranış spektrası Elastik limit veya izin verilebilir gerilme seviyesindeki dayanımı $\beta = 4 \sqrt{\frac{K_{h-alt} \times B}{4EI}}$ veya p-y eğrisi Sedde/istinat duvarı: Ağırlık rıhtım tipi duvarı ile aynı			Ağırlık tipi rıhtım duvarına ek olarak kazık-döşeme yapısı için boyutlar ve malzeme ile ilgili parametreler Lineer yapısal analiz için: E,I,A ve eğilme gerilmelerini içeren elastik malzeme parametreleri Non-lineer yapısal analiz için: Eğilme gerilmesi, $M - \phi$ eğrisi

Çizelge 4.12 Analiz için başlıca girdi parametrelerinin devamı

Analiz tipi		Basitleştirilmiş analiz	Basitleştirilmiş dinamik analiz	Dinamik analiz
	Girdi parametreleri	Konumsal davranış analizi ve sınılaşma potansiyelini değerlendirme sonuçları Kazık-döşeme yapısı: E,I,A, D_p izin verilen basıncı içeren kazıklar ve döşeme için boyutlar ve malzeme parametreleri k_{h-alt} : yanal direnç katsayısı veya p-y eğrisi Sedde/istinat duvarı: Ağırlık/palplanş rıhtım duvarının ilgili parametreleri	Yukardaki ile aynı	
Keson tipi rıhtım duvarı	Metot	Pseudo-statik metotlar	Newmark tipi analiz	FEM / FDM
	Tasarım parametreleri	Toplam stabilite için: Ağırlık/palplanş rıhtım duvarı ile aynı Yapısal performans için: Elastik limit/izin verilen basınç	Pseudo-statik metodunkine ek olarak eğilme ve nihai gerilme durumlarını içeren, yapının limit durumunu ifade eden malzeme parametreleri	Ağırlık tipi rıhtım duvarına ek olarak kesonun boyutlar ve malzeme ile ilgili parametreler Lineer yapısal analiz için: E,I,A ve eğilme gerilmelerini içeren elastik malzeme parametreleri Non-lineer yapısal analiz için: Eğilme gerilmesi, $M - \phi$ eğrisi
	Girdi parametreleri	Konumsal davranış analizi ve sınılaşma potansiyelini değerlendirme sonuçları Toplam stabilite için: Ağırlık/palplanş rıhtım duvarı ile aynı Yapısal performans için: Kesonun boyutları ve malzeme parametreleri	Yukardaki ile aynı	
Vinç	Metot	Davranış spektrum metodu	Pushover ve davranış spektrumu metotları	FEM veya çerçeve analizi
	Tasarım parametreleri	Tasarım davranış spektrası Elastik limit veya izin verilen basınç seviyesindeki dayanım	Pseudo-statik metodunkine ek olarak eğilme ve nihai gerilme durumlarını içeren, yapının limit durumunu ifade eden malzeme parametreleri	Vincin boyutları ve malzem parametreleri Vinç sistemi ve rıhtım duvarının yapısal etkileşim analizi için:
	Girdi parametreleri	Konumsal davranış analizi ve sınılaşma potansiyelini değerlendirme sonuçları Boyutları ve malzeme parametreleri		Konu ile ilgili olan rıhtım duvarı analizi ile aynı Yalnız vinç davranışı için: Vinçteki girdi deprem hareketlerinin zaman kayıtları
Dalgakıran	Metot	Pseudo-statik metotlar	Newmark tipi analiz	FEM / FDM
	Tasarım parametreleri	Ağırlık tipi rıhtım duvarı ile aynı	Ağırlık tipi rıhtım duvarı ile aynı	Ağırlık tipi rıhtım duvarı ile aynı
	Girdi parametreleri	Ağırlık tipi rıhtım duvarı ile aynı	Ağırlık tipi rıhtım duvarı ile aynı	

Çizelge 4.13 Analiz çıktıları

Analiz / Performans	Analiz tipi	Basitleştirilmiş analiz	Basitleştirilmiş dinamik analiz	Dinamik analiz
	Performans derecesi	C derecesi L1: Onarılabılır L2: Çevrede olumsuz etkilere izin vermeden çökme	B derecesi L1: Hizmet verebilir L2: Çökmeye yakın	A derecesi L1: Hizmet verebilir L2: Onarılabılır (A derecesi) / Hizmet verebilir (B derecesi)
Ağırlık tipi rıhtım duvarı		Başlangıç limiti Yer değiştirme büyüklüğünün derecesi	Duvar yer değiştirmesi	Davranış/hasar şekilleri Maksimum ve kalıcı yer değiştirmeler
Palplanş tipi rıhtım duvarı		Başlangıç limiti Yer değiştirme büyüklüğünün derecesi	Duvar yer değiştirmesi Basınç/süneklik	Davranış/hasar şekilleri Maksimum ve kalıcı yer değiştirmeler Basınç/süneklik
Kazıklı rıhtım		Kazıklı döşeme: Başlangıç limiti Sedde/istinat duvarı: Başlangıç limiti Yer değiştirme büyüklüğünün derecesi	Kazıklı döşeme: Duvar yer değiştirmesi Basınç/süneklik	Davranış/hasar şekilleri Maksimum ve kalıcı yer değiştirmeler
Keson tip rıhtım duvarı		Başlangıç limiti Yer değiştirme büyüklüğünün derecesi	Duvar yer değiştirmesi	Davranış/hasar şekilleri Maksimum ve kalıcı yer değiştirmeler Basınç/süneklik
Vinç		Başlangıç limiti	Yer değiştirmesi Basınç/süneklik	Davranış/hasar şekilleri Maksimum ve kalıcı yer değiştirmeler Basınç/süneklik
Dalgakıran		Başlangıç limiti	Yer değiştirmesi	Davranış/hasar şekilleri Maksimum ve kalıcı yer değiştirmeler Basınç/süneklik

Çizelge 4.14 Dinamik analizden oluşan çıktıları

Yapısal ve geoteknik modelleme		Yapısal modelleme	
		Lineer	Lineer olmayan
Geoteknik modelleme	Lineer (eşdeğer lineer)	Pik davranış Yer değiştirme / gerilme	Yapının hasar şekli Maksimum ve kalıcı yer değiştirme/süneklik faktörü / yapıların gerilmeleri (zeminin kalıcı yer değiştirmesinden dolayı hiçbir etkinin olmadığı varsayılarak)
	Lineer olmayan	Zemin hareketlerinden dolayı oluşan hasar şekli Maksimum ve kalıcı yer değiştirme/zemin hareketinden oluşan gerilmeler (yapının elastik kaldığı varsayılarak)	Zemin hareketlerinden dolayı oluşan hasar şekli Maksimum ve kalıcı yer değiştirme/süneklik faktörü / zeminin kalıcı yer değiştirmeden dolayı oluşan etkileri içeren gerilmeler

5. LİMAN YAPILARINDA ANALİZ YÖNTEMLERİ

Liman yapılarının analiz metotları, sismik analizde açıklandığı gibi üç tipte olmaktadır. Basitleştirilmiş analiz; sismik yüklemekten dolayı oluşan kalıcı yer değiştirmelerin büyüklüğünü ve elastik davranış sınırını ve/veya yer değiştirmeyi belirlemek için uygun bir yaklaşımla başlangıç limitini değerlendirmektedir. Basitleştirilmiş dinamik analiz; varsayılan hasar şekillerine dayanılarak yer değiştirme/gerilme/süneklik/basınç miktarlarını belirlemektedir. Dinamik analiz ise; hem hasar şekillerini hem de yer değiştirme/gerilme/süneklik/basınç miktarlarını belirlemektedir.

5.1 Basitleştirilmiş Analiz

5.1.1 Ağırılık / Palplanş / Keson Tipi Rıhtım Duvarlarının Üzerindeki Yükler

Ağırılık, palplanş ve keson tipi duvarlarını da içeren istinat duvarlarının sismik stabilitesini değerlendirmek için geleneksel uygulamalar; pseudo-statik yaklaşımlara dayanmaktadır. Bu yöntemde, yerçekimi ivmesi ile ilgili olarak ifade edilmiş sismik katsayı; analiz ve tasarımda kullanılan eşdeğer pseudo-statik atalet kuvvetini hesaplamak için kullanılmaktadır. İstinat duvarlarının gerçek dinamik davranışı, pseudo-statik yaklaşımdakinden daha karmaşıktır. Ancak, bu yaklaşım Kuzey Amerika, Japonya ve diğer sismik olarak aktif bölgelerde koruma yapılarının tasarımı için temel oluşturmaktadır (Whitman ve Christian, 1990; Tsuchida, 1990).

(1) Stabilitate değerlendirmesi

Pseudo-statik yaklaşımda ağırılık tipi rıhtım duvarlarının stabilitesi; kayma, devrilme ve taşıma kapasitesine göre değerlendirilmektedir. Kayma; çoğu kez genişliğin yüksekliğe oranının yüksek olduğu duvarlar için kritik koşuldur. Devrilme ya da taşıma kapasitesindeki azalma ise; genişliğin yüksekliğe oranının düşük olduğu duvarlar için kritik koşul olmaktadır.

Kuvvetli sarsıntı altındaki limit durumda, duvarın eğilmesi ya da düşünülenden fazla çökmesinden dolayı devrilme ve/veya taşıma kapasitesi ile ilgili olan stabilitesizlik; kaymadakinden daha ciddidir. Bu nedenle; kaymaya göre devrilme ve taşıma kapasitesi için daha yüksek güvenlik faktörü belirlemek, yaygın bir uygulamadır (Ulaştırma Bakanlığı, Japonya, 1989, Ebeling ve Morrison, 1992).

Bu limit durumlara ek olarak, eğilmenin değerlendirilmesi deprem sonrası duvarların stabilitesinin değerlendirilmesini sağlamaktadır (Whitman ve Liao, 1984; Prakash ve diğerleri, 1995). Taşıma kapasitesinin azalması; geleneksel olarak dairesel kayma analizine dayanılarak değerlendirilmektedir. Bu basitleştirilmiş analizde kullanılan temel zemininin içsel sürtünme açısını da içeren tasarım parametreleri; ilgili tasarım yönetmenliklerinde bulunabilmektedir (Örneğin; Ulaştırma Bakanlığı, Japonya, 1999).

Ankrajlı palplanş duvarların stabilitesi; toplam stabilite ve gerilmelere sebep olan yapısal bileşenlere göre değerlendirilir. Genellikle, palplanş duvar için toplam stabilite; temel zemininin içine doğru palplanş kazıklarının gömülme uzunluğunu belirlemek için değerlendirilmektedir.

Stabilite; ayrıca palplanş duvarın ankrajının gömülme uzunluğunu ve duvardan uzaklığını belirlemek için dikkate alınmaktadır. Gerilmeler; duvar, ankraj ve bağlantı halatları için değerlendirilir. Nihai durumda; bağlantı halatlarının kopması duvarın toptan hasarına neden olur ve bu hasar şekilleri önlenmelidir. Bu sebeple, bağlantı halatları için büyük güvenlik faktörü belirlemek yaygın bir uygulamadır (Ulaştırma Bakanlığı, Japonya, 1989, Ebeling ve Morrison, 1992). Ankrajın aşırı derecede yer değiştirmesi istenmez (Gazetas ve diğerleri, 1990). Ankrajın dengeli hareketi ise, bağlantı halatındaki çekmeyi ve duvardaki eğilme momentini azaltmaktadır. Bu suretle; ankrajlı palplanş rıhtım duvarlarının tasarım uygulamalarında farklılıklar vardır (Iai ve Finn, 1993). Bu farklılıklar; ankrajların ve bağlantı halatlarının tasarımı için kullanılan kuvvetlerde üç faktöre kadar değişime sebep olabilir.

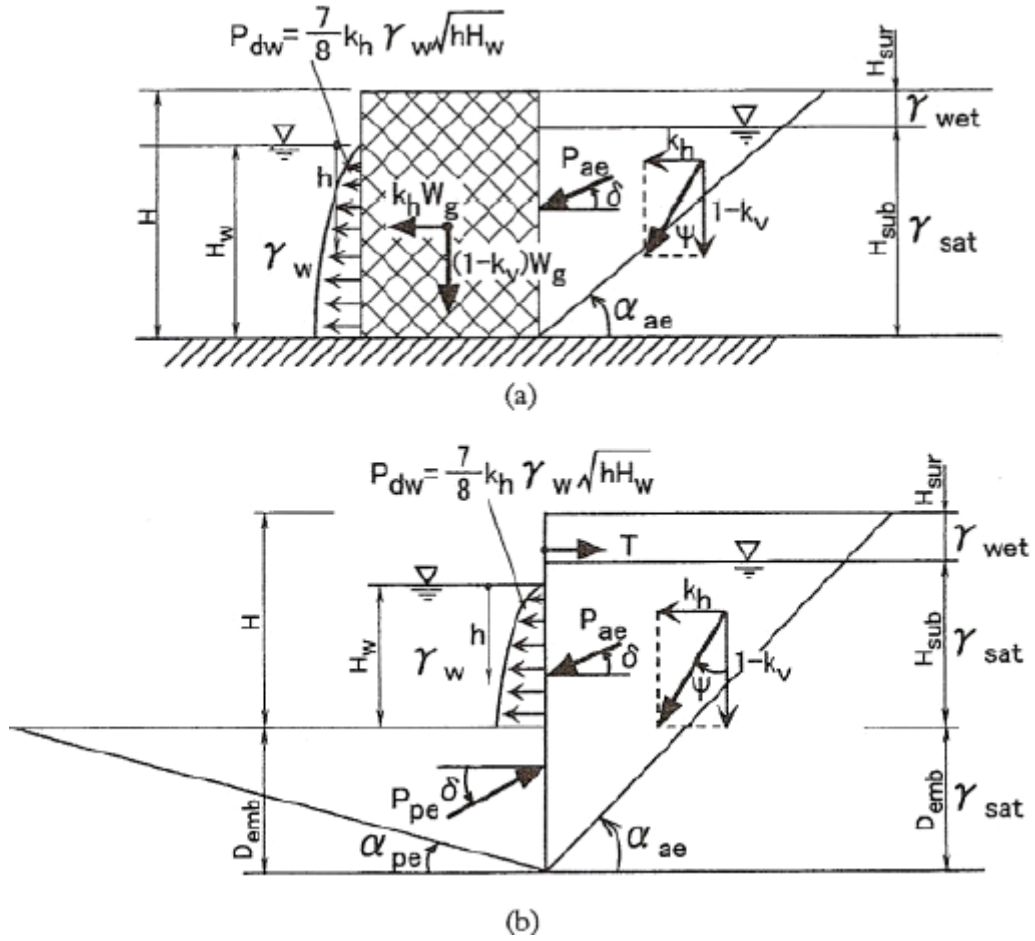
(2) Aktif toprak basıncı

Pseudo-statik yaklaşımda, toprak basıncı genellikle Mononobe-Okabe denklemi (Mononobe, 1924; Okabe, 1924) kullanılarak belirlenmektedir. Bu denklem, atalet kuvvetlerini hesaplamak için değiştirilmiş Coulomb'un klasik toprak basıncı teorisi (Coulomb, 1776;

Kramer, 1996) ile türetilmiştir. Yatay ($k_h g$) ve düşey ($k_v g$) ivmelerin düzenli alanında, yerçekiminden dolayı oluşan ve esasında gösterimi aşağı doğru olan gövde kuvvetinin vektörü; Şekil 6.1’de tanımlanan sismik atalet açısı (ψ) tarafından döndürülmektedir.

$$\psi = \tan^{-1} \left[\frac{k_h}{1 - k_v} \right] \quad (5.1)$$

Mononobe-Okabe denklemi; sismik atalet açısından (ψ) dolayı Coulomb’un klasik çözümü geometrisinin dönmesi ve gövde kuvveti büyüklüğünün hesaplanması ile elde edilmektedir.



Şekil 5.1 Aktif ve pasif toprak basıncı

(a) Ağırlık tipi rıhtım duvarı

(b) Palplanş tipi rıhtım duvarı

(Mononobe, 1924; Whitman ve Christian, 1990). Duvar ve geri dolgu arasındaki sürtünme açısına (δ) sahip olan ve içsel sürtünme açısı (ϕ) ile yatay geri dolguyu tutan düşey duvar için dinamik aktif toprak basıncı katsayısı (K_{ae}) verilmektedir:

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\phi - \psi)}{\cos \psi \cos(\psi + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \psi)}{\cos(\delta + \psi)}} \right]^2} \quad (5.2)$$

Tamamen kuru zemin için, δ açısında normalden ağırlık tipi duvarın arka yüksekliğine (H) kadar etki eden dinamik aktif toprak itki kuvveti; Şekil 5.1(a)'da gösterildiği gibi verilmektedir:

$$P_{ae} = K_{ae} \frac{1}{2} \gamma_d (1 - k_v) H^2 \quad (5.3)$$

γ_d : kuru geri dolgunun birim hacim ağırlığı

Düzenli olarak dağıtılmış ek yük (q_{sur}) durumunda, γ_d ; ($\gamma_d + (q_{sur} / H)$) ile değiştirilmelidir.

Sismik tasarım için kullanılan ek yük (q_{sur}); tipik olarak statik stabilite tasarımında ek yükün yarısı olarak kullanılmaktadır. Yatay baba çekmesini de içeren diğer yatay yükler, tasarımda göz önüne alınabilir.

(3) Pasif toprak basıncı

Benzer bir ifade, dinamik pasif toprak itki kuvveti (P_{pe}) için verilmektedir. Taban seviyesinde duvarın önündeki toprak için dinamik pasif toprak basıncı katsayısı (K_{pe}), denklem 5.2'de verilen karekök ifadenin eksi işaretlisi olarak verilmektedir.

$$K_{pe} = \frac{\cos^2(\phi - \psi)}{\cos \psi \cos(\psi + \delta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \psi)}{\cos(\delta + \psi)}} \right]^2} \quad (5.4)$$

Bu durumda denklem 5.3'deki (H) ise; Şekil 5.1(b)'de gösterildiği gibi (D_{emb}) duvarın gömülme derinliğidir.

$$P_{pe} = K_{pe} \frac{1}{2} \gamma_d (1 - k_v) D_{emb}^2 \quad (5.5)$$

Hem aktif hem de pasif durumlarda, bileşke kuvvetinin uygulama noktası; tipik olarak $0.40H$ ile $0.45H$ arasındaki seviyede seçilmektedir (Seed ve Whitman, 1970).

Seed ve Whitman'ın yaklaşımı, Mononobe-Okabe metodu ile benzer sonuçlar vermektedir. Bu yaklaşımla, ayrı ayrı aktif ve pasif toprak basıncı katsayılarının dinamik bileşenini hesaplanmaktadır.

$$\Delta K_{ae} = \frac{3}{4} k_h, \Delta K_{pe} = -\frac{17}{8} k_h \quad (5.6)$$

Bu dinamik bileşen, duvarın temelinden $0.5H$ ile $0.6H$ arasındaki noktada etki etmektedir.

Bütün bu denklemler, tasarım yönetmeliklerinde ve el kitaplarında bulunabilmektedir (Örneğin; Ulaştırma Bakanlığı, Japonya, 1989, Ebeling ve Morrison, 1992). Bu yönetmeliklere ve el kitaplarına istinaden sürtünme açısının işaret düzenine dikkatlice bakılması gereklidir. Japon literatürlerinde sürtünme açısı (δ); toprağın duvarı aşağı doğru sürüklediği durumda pozitif olarak belirlenmiştir. Amerikan literatüründe de sürtünme açısı (δ); aktif toprak basıncı için aynı koşullar geçerlidir, fakat pasif toprak basıncı içinse Şekil 5.1(b)'de gösterildiği gibi toprağın duvarı yukarı doğru sürüklediği durumda pozitif olarak belirlenmiştir. İngiliz şartnameleri ise Amerika literatüründeki işaret düzenini takip etmişlerdir.

(4) Tam ve kısmi olarak batmış dolgular

Mononobe-Okabe denklemi; rijit duvar ile tutulmuş kuru yumuşak geri dolgusu için türetilmiştir. Geri dolgu su ile doyurulmuşsa; boşluk suyunun zemin taneleriyle birlikte hareket ettiği varsayımı kabul edilir. Tam olarak doygun Coulomb kaması dikkate alınır;

yatay atalet kuvveti, doygun toplam birim hacim ağırlık (γ_{sat}) ile orantılıdır ve düşey yer çekimi kuvveti, batık birim hacim ağırlık ($\gamma_b = \gamma_{sat} - \gamma_w$) ile orantılıdır. Bu nedenle, değiştirilmiş yatay sismik katsayısı verilmektedir (Amano ve diğ., 1956).

$$k'_h = \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_b} k_h \quad (5.7)$$

5.3 denkleminde birim hacim ağırlık olarak γ_b 'nin ve 6.1 denkleminde değiştirilmiş yatay sismik katsayısının kullanımı; tam olarak batmış geri dolgunun P_{ae} ve P_{pe} kuvvetlerini vermektedir. Düşey sismik katsayısı (k_v); batmış koşullarda değişikliğe uğratılmamaktadır.

Şekil 5.1(a)'da gösterildiği gibi kısmen batmış zemin kaması için eşdeğer birim hacim ağırlık; yer altı suyu seviyesinin aşağısı ve yukarısında olan hasar kamasındaki zemin hacmine dayanılarak birim hacim ağırlıklarının ağırlıklı ortalamasının hesaplanması ile elde edilebilmektedir (Örneğin; Ebeling ve Morrison, 1992).

$$\gamma_e = \gamma_{wet} \left[1 - \left(\frac{H_{sub}}{H} \right)^2 \right] + \gamma_b \left(\frac{H_{sub}}{H} \right)^2 \quad (5.8)$$

Değiştirilmiş sismik katsayılar, değiştirilmiş olan denklem 5.7 vasıtasıyla elde edilmektedir.

$$k'_h = \frac{\frac{1}{2} q_{sur} H + \frac{1}{2} \gamma_{wet} H_{sur}^2 + \gamma_{wet} H_{sub} H_{sur} + \frac{1}{2} \gamma_{sat} H_{sub}^2}{\frac{1}{2} q_{sur} H + \frac{1}{2} \gamma_{wet} H_{sur}^2 + \gamma_{wet} H_{sub} H_{sur} + \frac{1}{2} \gamma_b H_{sub}^2} k_h \quad (5.9)$$

q_{sur} : düzgün olarak dağıtılmış ek yük

γ_b : yüzen birim hacim ağırlık

Kısmen batmış geri dolgunun, P_{ae} , P_{pe} aktif ve pasif toprak itki kuvvetleri; γ_e birim hacim ağırlığını ve k'_h değiştirilmiş yatay sismik katsayısını kullanarak 5.3 denklemini sayesinde elde edilmektedir.

Kısmen batmış zemin durumunu göz önünde bulunduran alternatif yöntem ise ek yük gibi

kaplama zemin tabakasının etkisini idealleştirmektedir (Örn; Ulaştırma Bakanlığı, Japonya, 1999).

Su seviyesinde yukarıdaki tabakadan doymuş tabakanın aşağısına kadar olan ek yükün katkısı; $\gamma_{wet} H_{sur}$ 'e denk olduğu için 5.3 denklemindeki γ_d , $(\gamma_d + (q_{sur} + \gamma_{wet} H_{sur}) / H_{sub})$ ile değiştirilmelidir. Bu da değiştirilmiş sismik katsayının tanımlanması için başka bir denkleme neden olmuştur.

$$k'_h = \frac{q_{sur} + \gamma_{wet} H_{sur} + \gamma_{sat} H_{sub}}{q_{sur} + \gamma_{wet} H_{sur} + \gamma_b H_{sub}} k_h \quad (5.9')$$

Bu sonuçlar, çok tabakalı kısmen batmış zeminler için de genelleştirilebilir.

(5) İri taneli dolgular

Son derece iri taneli dolgunun (örn. çakıl ve kaya dolgu) zemin gövdesi ve boşluk suyu birbirlerinden ayrı ayrı hareket ederler. Permeabilite (k); çoğu kez zemin gövdesine bağlı boşluk suyunun hareketini belirleyen ana parametre olarak kullanılmaktadır (Matsuzawa ve diğ., 1985). Su ve zeminin ayrı ayrı ve tek bir cisim gibi hareket ettiği durumların arasında olan geçiş bölgesini belirlemek için 10^{-2} cm/s'den ile 10cm/s'e kadar olan değer aralığı kullanılmaktadır.

Ancak pratikte bu koşullar için permeabilitenin limit değerleriyle ilgili kesin bir fikir birliği bulunmamaktadır. Geçiş bölgesinin içerisinde boşluk suyunun yüzdesi zemine bağlı kalır ve kalanlar ise serbestçe hareket eder. Ayrıca boşluk suyunun hareketi; zemin gövdesinin sıkışabilirlik katsayısını, çevrimsel yüklemenin oranını ve boşluklu dolgu etrafındaki boşluk suyu akışının sınır koşullarını kapsayan faktörlerden etkilenir. Bu meselenin, tasarım uygulamasında kullanılacak tavsiyelerden önce iyice incelenmesi gerekir.

İri taneli dolgular için tamamen mantıksal varsayımlar geliştirmek oldukça zordur.

Toplam itki kuvvetini varsayan yöntemin yapılışı:

1) Zemin gövdesinden dolayı oluşan itki kuvveti, 5.9 ya da 5.9' denklemlerinde γ_{sat} 'ın yerine

γ_d kullanılarak 5.1 ve 5.9 arasındaki denklemlerin kullanılması ile hesaplanmaktadır.

2) Westergaard dinamik su yükü varsayılarak boşluk suyunun etkisi hesaplanmaktadır (Westergaard, 1933, denklem 6.10).

Tam olarak tutarlı olmayan bu yöntem; dinamik su basıncından dolayı artan boşluk basınçlarının etkisi, zemin gövdesinden oluşan itki kuvvetinin hesabında yok sayılmaktadır (Ebeling ve Morrison, 1992).

(6) İlave boşluk suyu basıncının etkileri

Şimdiye kadar yetersiz şekilde tanımlanmış olan bu konu, duvara uygulanan dinamik toprak basınçları üzerindeki doymuş geri dolgudan üretilen ilave boşluk suyu basınçlarının etkilerini değerlendirmek için tavsiye edilen işlemleri içermektedir. Bir yaklaşım ise; azaltılmış sınırlı basınç altındaki zeminin aynı kayma direncini ortaya çıkaran azaltılmış içsel sürtünme açısını kullanmaktır (Ebeling ve Morrison, 1992). Bu yaklaşım, mantıklı mühendislik düşünceleri ilave boşluk suyu basıncının seviyesinin belirlenmesinde kullanılırsa işe yarayabilir. Bununla birlikte, bir çok laboratuvar testi; boşluk suyu basıncının genellikle zeminin şekil değiştirmeye başlamasıyla sabit kalmadığını göstermektedir. Büyük basınç seviyelerindeki kumun dilatasyonu, periyodik yükleme altında doymuş kumun davranışını zorlaştırmaktadır. Başlangıç sapma gerilmesini etkileri, izotropik olmayan gerilme koşulları ve ana gerilme eksenin dönmesi de kumun periyodik davranışını zorlaştırır. Bütün bu konular; etkin gerilme analizi kullanılarak kumun periyodik davranışına dayanan zemin-yapı etkileşiminin sismik analizi şartlarında en iyi şekilde gösterilebilir (Iai ve Ichii, 1997).

(7) Hidrodinamik basınç

Sismik sarsıntı sırasında yapı önündeki serbest su, duvar üzerinde periyodik dinamik bir yük uygulamaktadır ve kritik şekil, duvarın üzerine uygulanan emme basıncı sırasında meydana gelmektedir. Meydana gelen yük, yaklaşık olarak (Westergaard, 1933);

$$P_{dw} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H_w^2 \quad (5.10)$$

γ_w : deniz suyunun birim hacim ağırlığı

H_w : su derinliği

Bu kuvvetin uygulama noktası, tabanın $0.4H_w$ üzerindedir.

Duvarın önündeki deniz suyu seviyesi; tasarımda bilinmektedir. En bilinen su seviyesi; duvarın tasarım koşullarına bağlı olarak düşük su seviyesi, yüksek su seviyesi ya da bunların arasındaki seviye şeklindedir.

(8) Eşdeğer sismik katsayı

Çoğunlukla tasarım uygulamalarında basitlik için $k_v = 0$ varsayılmaktadır (Örneğin; Ulaştırma Bakanlığı, Japonya, 1989). Şekil değiştirmeye sebep olan depremlere karşı güvenlik faktörü tanımlanır.

$$F_s = \frac{k_t}{k_e} \quad (5.11)$$

k_t : pseudo-statik analizden gelen başlangıç sismik katsayısı

k_e : tasarım taban hareketleri seviyesine dayanan eşdeğer sismik katsayı

Başlangıç sismik katsayısı (k_t); zemin-yapı sisteminin pseudo-statik dengeyi sağlayamamasından öte yapı için tanımlanan bir limittir. Örneğin, ağırlık tipi rıhtım duvarının sismik stabilitesi; kayma, devrilme ve taşıma kapasitesi hasarları için değerlendirilir.

Pseudo-statik yaklaşımda kullanılan sismik katsayısının (k_t) büyüklüğünün artmasıyla, bütünlüğün güvenlik faktörü; eğilmeye dair ilk hasar şeklini en kritik olarak tanımlanmıştır. En kritik hasar şekli için başlangıç olarak gösterilen sismik katsayı; başlangıç sismik katsayısı (k_t) olarak tanımlanmaktadır.

Eşdeğer sismik katsayı (k_e); gerçek deprem hareketinin etkilerini göstermesi için pseudo-statik analizde kullanılan yerçekimin parçası olarak belirlenmiş bir pseudo-statik ivmedir.

Eşdeğer sismik katsayı; deprem hareketlerinin geçici yapısından dolayı her zaman PGA/g tasarım seviyesine eşit olmaz. Uygulamada kullanılan k_e 'nin PGA/g'ye oranı, ampirik veriye ve mühendislik düşüncelerine dayanmaktadır. Örneğin; sıvalaşabilir olmayan zemin alanlarındaki hasarlı ve hasarlı olmayan yapının geri analizi ile elde edilen başlangıç sismik katsayısı, eşdeğer sismik katsayı için alt ve üst sınır değerlendirmesini sağlar.

Depremi efektif sismik katsayısı, hasar oluşması için başlangıç sismik katsayısını aşması gerektiğinden dolayı; hasarlı yapının başlangıç sismik katsayısı, alt sınır değerlendirmesi sağlamaktadır. Bunun tersine; efektif sismik katsayı ile gösterilen deprem hareketinin etkileri, stabilitesizlik başlangıcının altında kalması gerektiğinden dolayı; hasarlı olmayan yapının başlangıç sismik katsayısı, üst sınır değerlendirmesi sağlamaktadır.

Şekil 5.2; 12 deprem sırasında oluşmuş 129 tane ağırlık tipi rıhtım duvarlarının geçmiş bilgilerine dayanarak alt ve üst sınır değerlendirmelerinin özetini göstermektedir (Noda ve diğ., 1975). Şekildeki noktalar yerine okların kaynakları doğru değerleri göstermektedir. Yukarıyı işaret eden oklar alt sınır değerlerini, aşağıyı işaret eden oklar ise üst sınır değerlerini göstermektedir. Üst sınır zarfının denklemi Noda ve diğerleri tarafından (1975) verilmiştir:

$$k_e = \frac{a_{\max}}{g} \quad a_{\max} < 0.2g \quad (5.12)$$

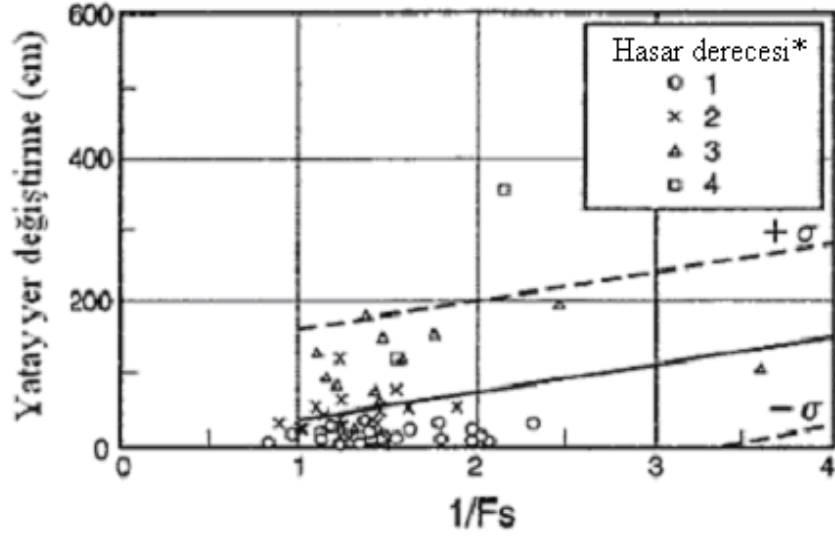
$$k_e = \frac{1}{3} \left(\frac{a_{\max}}{g} \right)^{1/3} \quad a_{\max} \geq 0.2g$$

Benzer bir çalışmada, ankrajlı çelik palplanş tipi rıhtım duvarları için 110 geçmiş durumdaki veriler kullanılarak yapılmıştır. Bu da ankrajlı palplanş tipi rıhtım duvarları için uygulanabilecek bağıntı ile sonuçlanmıştır.

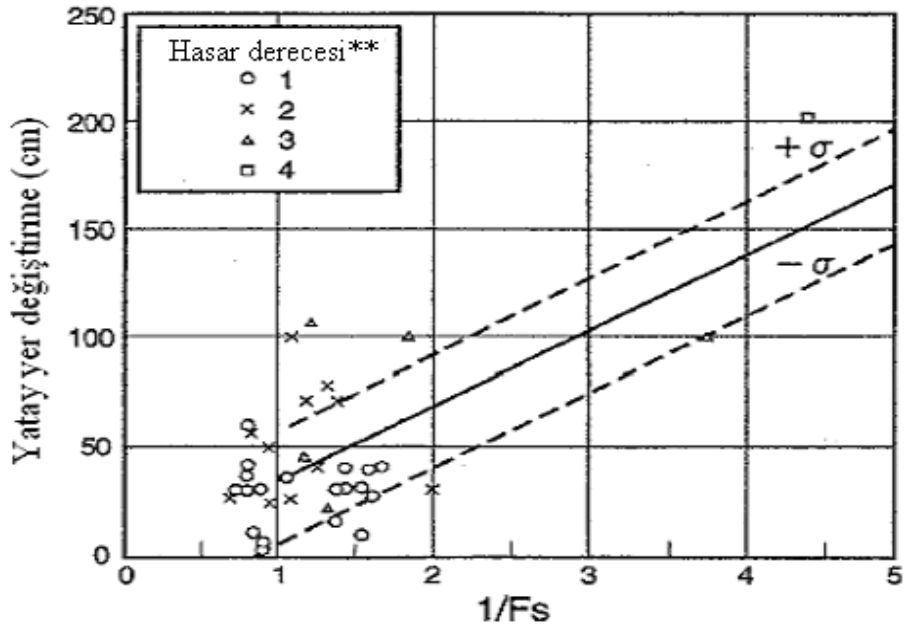
Şekil 5.2'de gösterildiği gibi denklemdeki (5.12) bağıntı bir zarftır.

Efektif sismik katsayı ile maksimum zemin ivmesi arasındaki ortalama bağıntı şöyle elde edilebilir:

$$k_e = 0.6 \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.13)$$



* Çizelge 5.3 (a) ve (b)'ye göre



* Çizelge 5.3 (a) ve (c)'ye göre

Şekil 5.3 Sınırlanabilir olmayan alanlardaki veri geçmişinin istatistiksel özeti

(a) Ağırlık tipi rıhtım duvarı

(b) Palplanş tipi rıhtım duvarı

Çizelge 5.1 Ağırılık tipi rıhtım duvarı için ampirik denklemler (Uwabe, 1983)

Şekil değiştirme	Ampirik denklemler **	Korelasyon katsayısı	Standart sapma
Max. Yatay yer değiştirme (cm)	$d = -47.2 + 98.2(1/F_s)$	0.34	130
Ağırılık tipi duvarın oturması (cm)	$s = -16.5 + 32.9(1/F_s)$	0.50	30
Normalleştirilmiş yer değiştirme* (%)	$r = -7.0 + 10.9(1/F_s)$	0.38	13

* H yükseklikli duvar ile normalleştirilmiş maksimum yatay yer değiştirme

** F_s : Depreme karşı güvenlik faktörü = k_t / k_e

Çizelge 5.2 Palplanş tipi rıhtım duvarı için ampirik denklemler (Uwabe, 1983)

Şekil değiştirme	Ampirik denklemler **	Korelasyon katsayısı	Standart sapma
Max. Yatay yer değiştirme (cm)	$d = -1.6 + 34.9(1/F_s)$	0.68	27
Ağırılık tipi duvarın oturması (cm)	$s = -5.3 + 14.7(1/F_s)$	0.40	20
Normalleştirilmiş yer değiştirme* (%)	$r = -1.5 + 5.8(1/F_s)$	0.65	5

* H yükseklikli duvar ile normalleştirilmiş maksimum yatay yer değiştirme

** F_s : Depreme karşı güvenlik faktörü = k_t / k_e

$$d = a + b/F_s \quad (5.14)$$

d : yatay yer değiştirme, oturma ya da yer değiştirme oranı

a, b : ampirik sabitler

F_s : deprem sırasındaki güvenlik faktörü

Kitajima ve Uwabe tarafından derlenen Japonya'daki çok sayıda alanlardan elde edilen alan performans verisi; deprem sırasında ankrajlı palplanş duvarların yaklaşık hasar derecesini hesap etmek için diğer bir ampirik metodun çıkarılmasında kullanılmıştır (Gazetes ve diğ., 1990). Boyutsuz olan efektif ankraj göstergesi (EAI) ve gömülme miktarının göstergesi (EPI); palplanş tipi rıhtım duvarlarının hasar derecesi ile ilgilidir. Şekil 5.4'e göre, EAI kullanılabilir ankraj kapasitesinin miktarını belirtmek için kullanılmaktadır.

$$EAI = \frac{D_{anc}}{H} \quad (5.15)$$

EPI ise; duvar gömülme desteğini sağlamaktadır.

$$EPI = \frac{P_{pe}}{P_{ae}} \left(1 + \frac{D_f}{D_f + H} \right) \quad (5.16)$$

D_f , tabanın altındaki palplanş duvarın efektif dönme noktasının derinliğidir. Geri dolgu zeminin içsel sürtünme açısı ϕ ve efektif sismik katsayısı k'_e kullanılarak efektif dönme noktası yaklaşıktır.

$$D_f = [0.5(1 + k'_e) - 0.02(\phi - 20)]H \quad (5.17)$$

Efektif dönme noktası D_f , tabanın altındaki palplanşın gömülme uzunluğu D_{emb} gibi ölçülü olarak hesaplanabilmektedir. EPI , üniform zeminler için yaklaşık olarak hesaplanır.

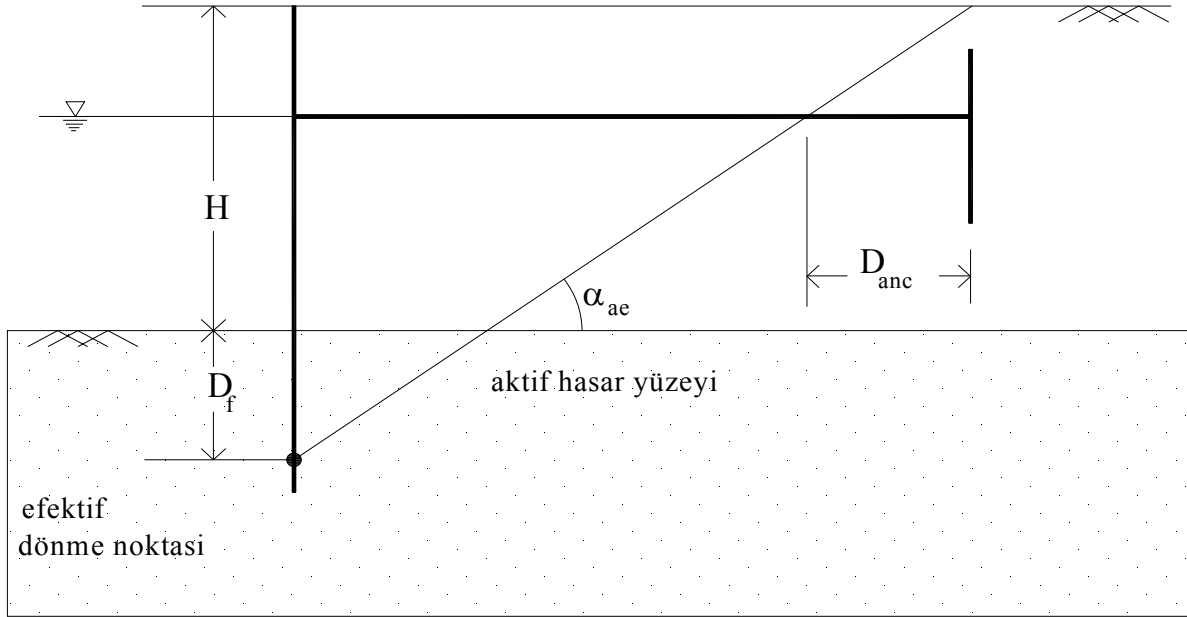
$$EPI = \frac{K_{pe}}{K_{ae}} \left(\frac{D_f}{D_f + H} \right)^2 \left(1 + \frac{D_f}{D_f + H} \right) \quad (5.18)$$

Sismik aktif ve pasif toprak basıncı katsayıları, denklem 5.2'den kolayca hesap edilebilir.

Yatay düzlem ile aktif hasar düzlemi arasındaki açı α_{ae} yaklaşık olarak şöyledir:

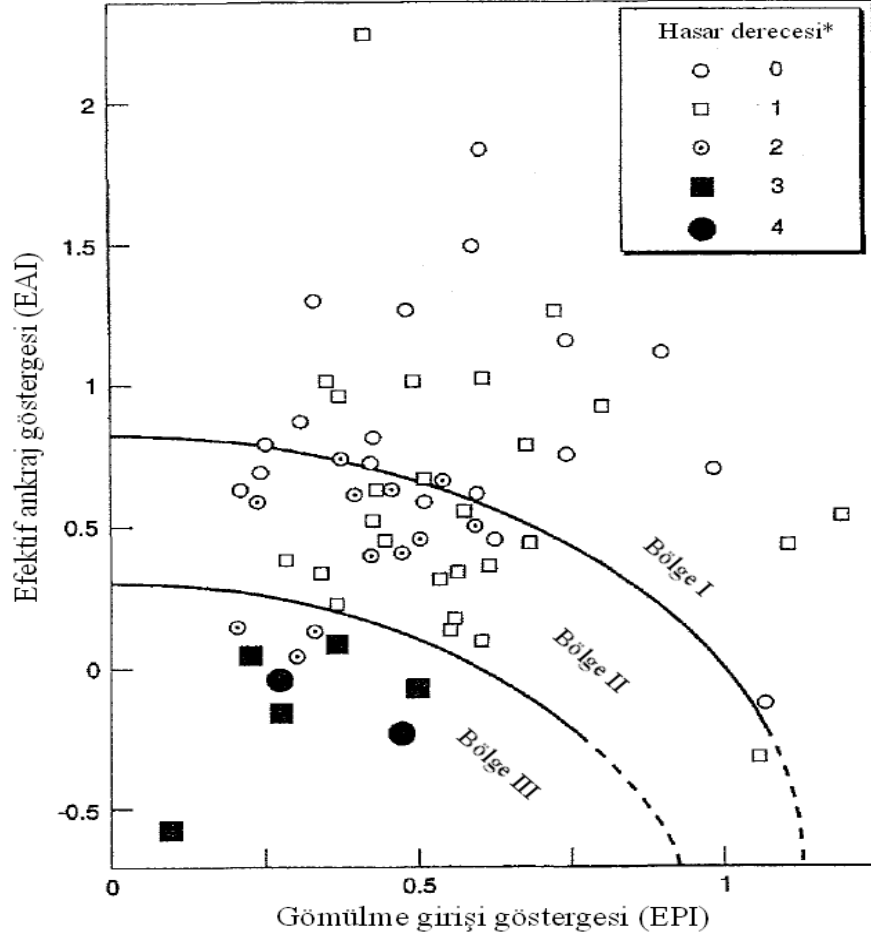
$$\alpha_{ae} = 45 + \phi / 2 - 135(k'_e)^{1.75} \quad (5.19)$$

EAI ve *EPI* faktörleri arasındaki ilişkiler, Çizelge 5.3’de verilen hasar derecesi tanımları ile 75 tipik örneğe göre Şekil 5.5’de çizilmiştir.



Şekil 5.4 *EAI* efektif ankraj göstergesinin ve *EPI* gömülme girişi göstergesinin belirlenmesi

için ilgili parametreler (Gazetas ve diğ., 1990)



* Çizelge 5.3 (a) ve (d)'ye göre

Şekil 5.5 Geliştirilmiş sismik tasarım grafiği (Gazetas ve diğ., 1990)

(2) Sıvılaştırılabilir alanlar

Bu alanlar, orta kumluya göre doymun gevşek zeminleri kapsıyorsa; sıvılaştırmanın dikkate alınması gerekir. Şekil 5.6 ve 5.7'de gösterilen duvarın kesiti ile ilgili olan gevşek doymun kumun basitleştirilmiş geometrisi, ağırlık ve palplanş tipi rıhtım duvarlarının tipik örneklerinin sınıflandırılması için kullanılmıştır. Çizelge 5.4; Şekil 5.8'de gösterilen ilave bilgiler ile tipik örneklerin listesini göstermektedir (Iai, 1998a).

Sıvılaştırılabilir alanlardaki duvarların basitleştirilmiş yer değiştirmelerinin özeti, ağırlık ve ankrajlı palplanş duvarlar için Çizelge 5.5 ve 5.6'da gösterilmektedir.

Deprem hareketlerinin şiddeti, iki seviyede sınıflandırılabilir. İlk seviye (E1), deprem hareketi seviyesinin tasarım sismik katsayısına eşit olması olarak tanımlanır. İkinci seviye (E2) ise, onlardan yaklaşık 1.5 ile 2.0 kat büyük olarak tanımlanır.

Bu deprem seviyelerinin sınıflandırılabilir olmayan alanlar için tanımlandığına dikkat edilmelidir. Alan, sınıflandırılabilir zeminler içeriyorsa; sınıflandırılabilir olmayan zeminin yakınındaki alan, deprem seviyelerinin belirlenmesi için kullanılmaktadır.

Tasarımda kullanılan sismik katsayı ile ilgili olan deprem hareketlerinin seviyesini değerlendirmek için denklem 5.13'de gösterilen ortalama bağıntı kullanılır. Basitleştirilmiş yer değiştirme d/H (%), tabandan duvar yüksekliğine kadar rıhtım duvarının yatay yer değiştirmesi oranı olarak tanımlanmaktadır.

Çizelge 6.5 ve 6.6'da gösterilen miktarlardan, duvar yüksekliğine dayanan yer değiştirmelerin kaba değerlendirmesi elde edilebilir. Sınıflandırılabilir alanlardaki ankrajlı palplanş duvarların geçmiş verileri sınırlıdır ve E2 hareketinin istatistiksel verileri henüz mevcut olmamaktadır.

Çizelge 5.3 Hasar derecelerinin nitel ve nicel tanımı

(a) Hasar derecelerinin nitel tanımı (Uwabe, 1983; Gazetas ve diğ., 1990)

Hasar derecesi	Hasar tanımı
0	hasar yok
1	ihmal edilebilir duvar hasarı; farkına varılabilir ilgili yapı hasarı
2	farkına varılabilir duvar hasarı
3	korunmuş ankrajlı palplanşın genel şekli; ama ölçüde hasara uğramış
4	tamamen yok etme, tanınamaz duvar şekli

(b) Ağırlık tipi rıhtım duvarı için hasar derecelerinin nicel tanımı (Uwabe, 1983)

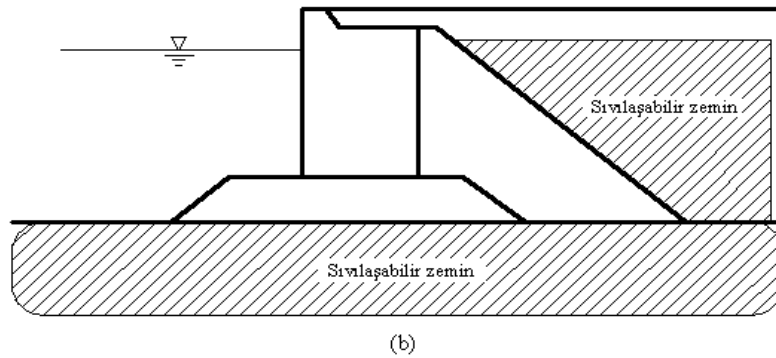
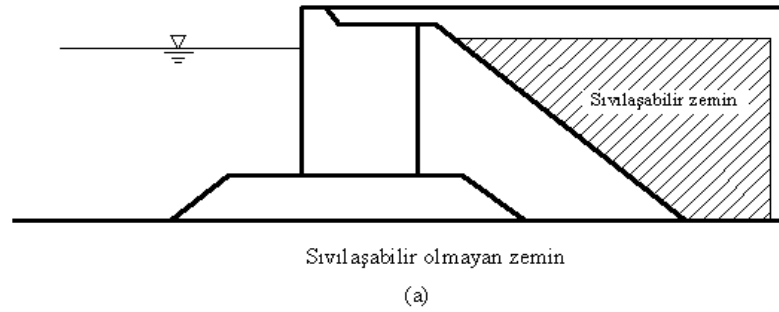
Hasar derecesi	Duvarın üstündeki maksimum kalıcı yer değiştirme (cm)	Duvarın üstündeki ortalama kalıcı yer değiştirme (cm)
0	0	0
1	< 25	< 25
2	25 – 70	25 – 40
3	70 – 200	40 – 200
4	> 200	> 200

(c) Palplanş tipi rıhtım duvarı için hasar derecelerinin nicel tanımı (Uwabe, 1983)

Hasar derecesi	Palplanşın üstündeki maksimum kalıcı yer değiştirme (cm)	Palplanşın üstündeki ortalama kalıcı yer değiştirme (cm)
0	0	0
1	< 30	< 10
2	30 – 100	10 – 60
3	100 – 200	60 – 120
4	> 200	> 120

(d) Palplanş tipi rıhtım duvarı için hasar derecelerinin nicel tanımı (Gazetas ve diğ., 1990)

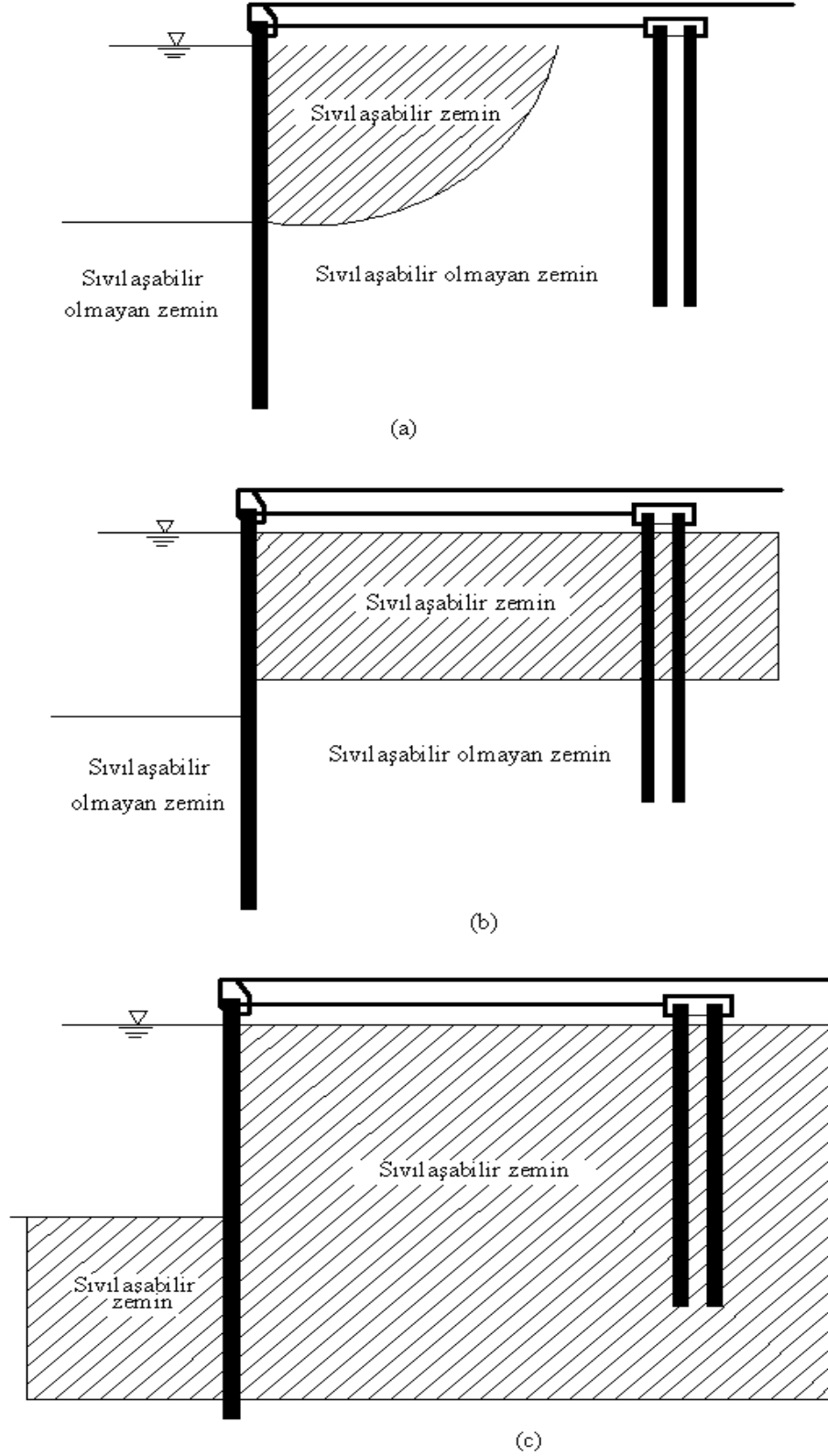
Hasar derecesi	Palplanşın üstündeki kalıcı yer değiştirme (cm)
0	< 2
1	10
2	30
3	60
4	120



şekil 5.6 Sıvılaşabilir zemindeki ağırlık rıhtım duvarı için genelleştirilmiş zemin koşulları

(a) Geri dolguda gevişek kum

(b) Geri dolgu ve tabanda gevişek kum



Şekil 5.7 Sıvılaşabilir zemindeki palplanş rıhtım duvarı için genelleştirilmiş zemin koşulları

- (a) Duvar arkasındaki gevşek kum
- (b) Gevşek kum geri dolgusu
- (c) Geri dolgu ve tabanda gevşek kum

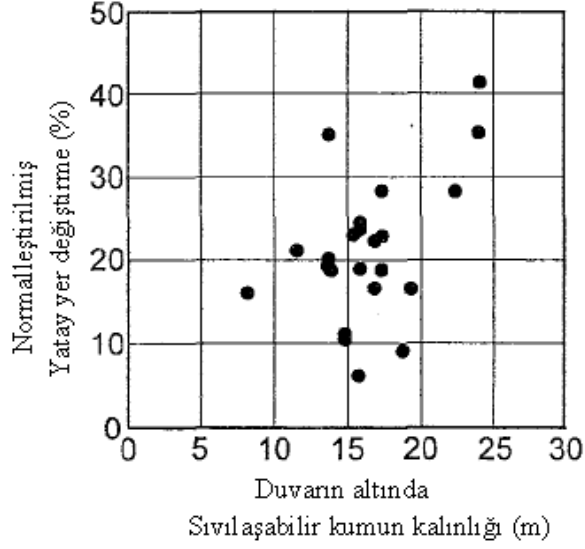
Çizelge 5.4 Sıvılaştırılmış alanlardaki istinat duvarlarının sismik performansının tipik örnekleri

Yapı tipi / boyutlar				Deprem seviyeleri			Zemin koşulları / yer değiştirmeler		
Duvar tipi	Liman / rıhtım	Sismik katsayı k_h	Su derinliği (m)	Deprem / büyüklük / yıl	PGA* (Gal)	İvme seviyesi	Zemin koşulları	Yer değiştirmeler d^{**} (m)	d / H^{***} (%)
Ağırlık tipi	Akita limanı Gaiko	0.10	- 13.0	Nihinkai-Chubu M = 7.7 1983	205	E1	Geri dolgudaki gevşek kum	1.50	9
Ağırlık tipi	Kushiro limanı batı no. 1	0.20	- 9.0	Kushiro-Okı M = 7.8 1993	315	E1	Geri dolgudaki gevşek kum	0.75	6
Ağırlık tipi	Kushiro limanı doğu Kita rıhtımı	0.15	- 8.0	Kushiro-Okı M = 7.8 1993	315	E2	Geri dolgudaki gevşek kum	2.00	18
Ağırlık tipi	Kobe limanı Rokko adası RC5	0.15	- 14.0	Hयोगoken- Nambu(Kobe) M = 7.2 1995	205	E2	Geri dolgu ve tabandaki gevşek kum	5.23 (bkz. şekil 6.8)	29
Ankrajlı palplanş tipi	Akita limanı Ohama no. 2	0.10	- 10.0	Nihinkai-Chubu M = 7.7 1983	205	E1	Duvar arkasındaki gevşek kum	1.72	14
Ankrajlı palplanş tipi	Akita limanı Ohama no. 3	0.10	- 10.0	Nihinkai-Chubu M = 7.7 1983	205	E1	Duvar arkasındaki gevşek kum	0.82	7
Ankrajlı palplanş tipi	Ishinomaki limanı Shiomi rıhtımı	0.10	- 4.5	Miyagiken-Okı M = 7.4 1978	281	E1	Geri dolgudaki gevşek kum	1.16	16
Ankrajlı palplanş tipi	Hakodate limanı Benten rıhtımı	0.15	- 8.0	Hokkaido- Nansei-Okı M = 7.8 1993	111	E1	Geri dolgu ve tabandaki gevşek kum	5.21	46

* PGA: SMAC-B2 tipine dönüştürülmüş maksimum zemin ivmesi

** d : Yatay yer değiştirme

*** d / H : tabandan itibaren duvar yüksekliğine göre normalleştirilmiş yatay yer değiştirme



Şekil 5.8 Duvar yüksekliğine göre normalleştirilmiş yatay yer değiştirmenin duvar altındaki gevşek zemin dolgusunun kalınlığı ile ilişkisi

Çizelge 5.5 Sıvılaştırılmış alanlardaki ağırlık tipi duvarların normalleştirilmiş yer değiştirmesi

	Normalleştirilmiş yer değiştirme d / H (%)			
	0 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 40
Deprem hareketi seviyesinin tasarımı sırasında(E1)				
Sıvılaşmayan				
Geri dolgudaki gevşek kum				
Geri dolgu ve tabandaki gevşek kum				
1.5 ya da 2.0 E1 hareketi sırasında (E2)				
Sıvılaşmayan				
Geri dolgudaki gevşek kum				
Geri dolgu ve tabandaki gevşek kum				

Çizelge 5.6 Sıvılaştırılmış alanlardaki ankrajlı palplanş tipi

duvarların normaleştirilmiş yer eğiştirilmesi*

	Normaleştirilmiş yer değıştirme d / H (%)			
	0 – 5	5 – 15	15 – 25	25 – 50
Sıvılaşmayan				
Geri dolgudaki gevşek kum				
Ankrajlı içeren geri dolgu				
Geri dolgu ve tabandaki gevşek kum				

*Deprem hareketi seviyesinin tasarımı sırasında (E1)

5.1.3 Kazıklı Rıhtımlar

Kazıklı rıhtımların kazık-döşeme sistemlerinin basitleştirilmiş analizinde sismik atalet kuvveti, kazık-döşeme sistemi kütlesinin yoğun olduğu döşemeye uygulanır. Analizde hesaplanan kazık-döşeme sistemindeki gerilmeler; kazıklarda eğilmenin başlayışındaki ve plastik mafsallı düzendeki limit gerilmeler ile karşılaştırılmaktadır (şekil 5.9). Çoğunlukla yönetmelikler ile standartlarda belirtilen ve basitleştirilmiş analizde kullanılan sismik atalet kuvveti tipik olarak ağırlığın bir parçasıdır. Limit gerilmeler ile kazık-döşeme sisteminde hesaplanan gerilmelerin karşılaştırması; kazıklı rıhtımlar için başlangıç seviyesinin değerlendirmesine neden olabilir.

Kazıkların gömülü kısmı, tipik olarak Winkler tabanı üzerinde kiriş gibi idealleştirilmektedir.

$$EI \frac{d^4 \Delta}{d\xi^4} = -P = -pD_p \quad (5.20)$$

EI : esneklik rijitliği (kNm^2)

ξ : zemin yüzeyinden derinlik (m)

Δ : ξ derinlikteki kazığın yanal yer değiştirmesi (m)

P : ξ derinlikteki kazığın birim uzunluğu başına taban davranışı (kNm)

p : ($= P / D_p$) ξ derinlikteki kazığın birim alanı başına taban davranışı (kNm²)

D_p : kazığın çapı (veya kazık genişliği) (m)

Kuzey Amerika uygulamalarında; Amerikan Petrol Enstitüsünde (API, 1993) ana hatlarıyla belirtilen $p - y$ eğrisi olarak adlandırılan p ve Δ arasındaki bağıntı, genellikle limanlarda kullanmak için benimsenmiştir.

API denklemleri, Reese ve diğerleri (1974) tarafından geliştirilmiştir.

Yumuşak kil için $p - y$ eğrisi, Şekil 5.10(a) ve (b)'de gösterildiği gibi verilmektedir. p_u , Δ_c ve ξ_r gibi konu ile ilgili parametreler, standart laboratuvar testlerinden hesaplanır ya da zemin parametreleri ile ampirik bağıntılar yerinde testlerden elde edilmektedir.

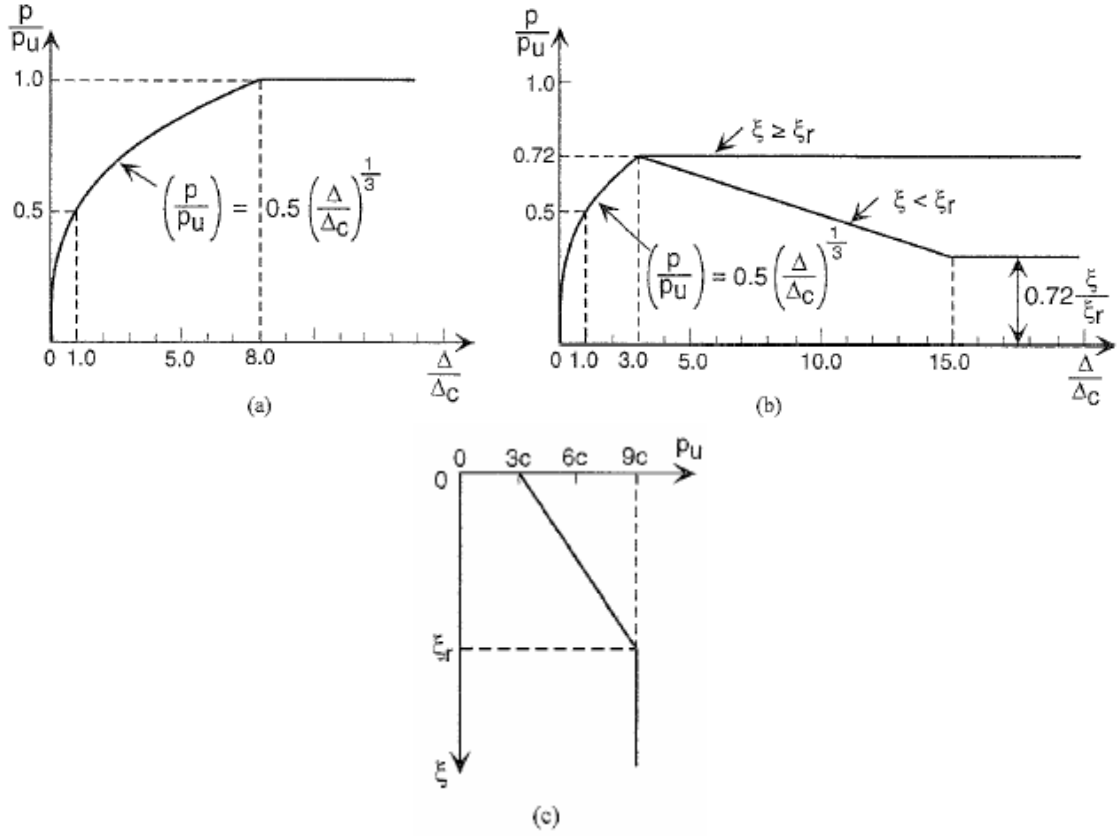
Gerekli geoteknik bilgi; yüzen birim hacim ağırlığı γ_b , kanatlı kesme veya üç eksenli testlerden elde edilen tükenmemiş kesme dayanımı c_u , maksimum kayma direncinin %50'sindeki gerilmeden ε_c oluşmaktadır.

Nihai dayanım p_u , Şekil 5.10(c)'de gösterildiği gibi $3c_u$ 'dan $9c_u$ 'ya kadar artarken ξ 'de 0'dan ξ_r 'ye kadar artmaktadır. Δ_c ve ξ_r parametreleri verilmektedir.

$$\Delta_c = 2.5\varepsilon_c D_p \quad (5.21)$$

$$\xi_r = \frac{6D_p}{\frac{\gamma_b D_p}{c_u} + j} \quad (5.22)$$

j : alan testlerinden belirlenen 0.25'den 0.50'ye kadar değişen değerlere sahip boyutsuz ampirik sabit



Şekil 5.10 Yumuşak kil için $p - y$ eğrisi (API, 1993)

(a) Statik yükleme

(b) Periyodik yükleme

(c) Derinlik ile p_u değişimi

API, kum için $p - y$ eğrisini belirlemiştir.

$$p = Ap_u \tanh\left(\frac{k_{sub}\xi}{AP_u} \Delta\right) \quad (5.23)$$

Periyodik yükleme için $A = 0,9$

$$\text{Statik yükleme için } A = \left(3.0 - 0.8 \frac{\xi}{D_p}\right) \geq 0.9$$

Gerekli zemin parametreleri; zeminin yüzen birim hacim ağırlığını γ_b ve içsel sürtünme açısını ϕ içermektedir. İçsel sürtünme açısı, çoğunlukla yerinde nüfuz etme direncine (SPT ya da CPT) dayanan ampirik bağlantılar kullanılarak hesaplanmaktadır.

Nihai dayanımı p_u ve taban davranışının başlangıç modülünü k_{sub} içeren ilgili parametreler, ϕ ile birlikte bağıntılardan belirlenir (API, 1993).

Japon uygulamalarında, Japonya Ulaştırma Bakanlığı'nda (1989) ana hatlarıyla belirtilen lineer ya da lineer olmayan bağıntılar genellikle benimsenmiştir. Lineer bağıntı, genellikle Chang metodu olarak bilinmektedir.

$$P = E_s \Delta = k_{h-sub} D_p \Delta \quad (5.24)$$

$E_s (k_{h-sub} D_p)$: eşdeğer taban elastik modül (kNm^2), sabit varsayılmaktadır.

Lineer olmayan bağıntılar Kubo (1992) tarafından geliştirilmiştir.

$$p = k_{s-type} \xi \Delta^{0.5} \quad (\text{S-tip toprak altı için}) \quad (5.25)$$

$$p = k_{c-type} \xi \Delta^{0.5} \quad (\text{C-tip toprak altı için}) \quad (5.26)$$

S-tip toprak altı; derinlik ile birlikte doğrusal olarak artan SPT N -değerleri ile adlandırılır.

C-tip toprak altı ise; derinlik ile birlikte sabit kalan SPT N -değerleri ile adlandırılır. k_{h-sub} , k_{s-type} ve k_{c-type} ; SPT N -değerleri ile ilişkilidir (Ulaştırma Bakanlığı, Japonya, 1989).

Hem Kuzey Amerika ve hem de Japon uygulamalarında, pseudo statik metotları;

(a) döşemede uygulanan atalet yükünden dolayı kazıkların yer değiştirmesi ile ilgili olarak önemsiz şekil değiştirme ile yatay zemin tabakalarında kazıkların gömülmesi ve

(b) periyodik yükleme sırasında farkedilir dayanımını kaybetmeyen zeminler gibi durumlar için uygulanmaktadır.

Şevli yapay dolgular üzerinde bulunan kazıklı yapılar oldukça yaygındır. Şekil 5.9(b)'de gösterildiği gibi yapay dolguda gömülü olan kazıkların yanal dayanımının

değerlendirilmesinde şevli yapay dolguların etkisini hesaba katmak için; gerçek yapay dolgu yüzeyinin altında bulunan bir sanal yapay dolgu yüzeyi olduğu varsayılabilir (Ulaştırma Bakanlığı, Japonya, 1989).

Kazık-döşeme sisteminde gerilmeler, ya lineer veya lineer olmayan Winkler tabanları ile destekli çerçeve yapısı (Şekil 5.9(b)) ya da eşdeğer sabitlik kazıklarına sahip çerçeve yapısı (Şekil 5.9(c)) olarak hesaplanabilir. Zeminden ya da (sanal) yapay dolgu yüzeyinden elde edilen eşdeğer sabitlik kazıklarının uzunlukları, tipik olarak $1/\beta$ ile verilmektedir.

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k_{h-sub} D_p}{4EI}} \quad (5.27)$$

Çelik kazıklı rıhtımlar için; tüm kazıkların yaklaşık yarısında kazık başında meydana gelen plastik mafsallardaki elastik limit P_y , kazık-döşeme sisteminin eşdeğer bacak uzunluğuna dayanılarak elde edilebilmektedir (Yokota ve diğ., 1999).

$$P_y = 0.82P_u \quad (5.28)$$

$$P_u = \sum \frac{2M_{pi}}{l_i + 1/\beta_i} \quad (5.29)$$

P_u : bütün kazıkların gömülme kısmındaki ve tepesindeki plastik mafsallar şeklinin limit yanal yükü

M_p : plastik mafsal durumundaki kazık eğilme momenti

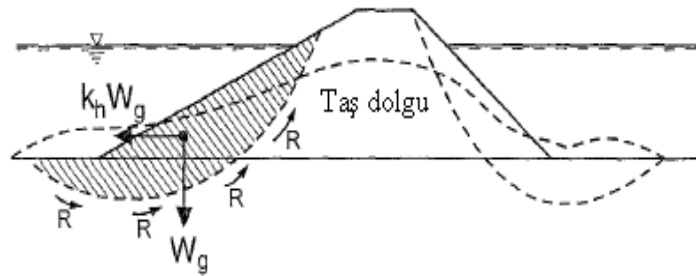
l : döşeme ve sanal zemin yüzeyi arasındakı desteklenmemiş kazık uzunluğu

i : i. kazık

5.1.4 Dalgakıranlar, Yapay Dolgular ve Şevler

Şevli zemin koşulları; doğal ve düzenlenmiş yapay dolgu olarak liman alanlarında mevcuttur. Limanlarda kıyı ve denizaltı şevleri, çoğunlukla depreme bağlı şekil değiştirmelere maruz kalmaktadır. Liman alanlarında çoğunlukla karşılaşılan şekil değiştirmelerin esas nedenleri, yüksek su seviyeleri ve zayıf temel zeminleridir. Rıhtım şevlerinin yanısıra; geri kara alanlarında bulunan doğal şevlerde kıyısız liman hasarına neden olmaktadır. Bu şevlerin büyük çapta şekil değiştirmeleri; gemi trafiğini engelleyebilmekte ve komşu temellere ve gömülü yapılara zarar verebilmektedir, böylece deprem sonrası sınırlı liman faaliyetlerine neden olabilmektedir.

Sarsıntıdan dolayı büyük dayanım kaybı gösteren zeminlerde, limanlardaki şevlerin stabilitesini değerlendirmek için genellikle kayma yüzeyini dikkate alan pseudo-statik rijit gövde metotları kullanılabilir. Şevlerin sismik stabilitesi; potansiyel kayma yüzeyi ile sınırlanmış zemin kütlelerinin ve daha önceden belirlenmiş k_e 'ye benzer k_h sismik katsayısının çarpımından elde edilen yanal sismik gövde kuvvetinin ilave edilmesiyle birlikte modifiye edilmiş statik limit denge analizinden hesaplanmaktadır (Şekil 5.11). Bu zemin kütleleri; deniz suyunun varlığından dolayı oluşan hidrodinamik kuvvetin nedenini açıklamak için ilave edilmiş kütle ile modifiye edilmelidir. Bu artış düşey yüz boyunca Westergaard basınç dağılımının varsayımı ile elde edilebilmektedir. Sismik katsayı k_h ; geçici deprem yüklemesi sırasında kısa bir zamanda uygulanan yanal atalet kuvvetinden dolayı meydana gelen toprak seddenin kretindeki maksimum yatay ivme oranının a_{\max} / g kabaca yarısı olarak belirtilmektedir (Hynes-Griffin ve Franklin, 1984; Kaliforniya Maden Bölgesi ve Jeolojisi, 1997).



Şekil 5.11 Yapay dolgunun pseudo-statik analizinin şematik gösterimi

Pseudo-statik metotları kullanmak basittir fakat;

a) Çevrimsel olarak artan şekil değiştirme zayıflamasını da içeren, zeminlerin dayanımı üzerinde oluşan aşırı boşluk basıncı etkisi

b) Çeşitli güvenlik faktörleri ile ilişkilendirilmiş şev şekil değiştirmesinin sırası ya da düzeni

c) Klasik Westergard çözümünden sapmış hidrodinamik basınçları meydana getiren ve dalgakıranlar ile yapay dolguda kullanılan malzemelerin permeabilitesinin ve elastisitesinin etkisi gibi durumlar gerçekleşiyorsa yüksek mühendislik becerisi ve düşüncesi gerekmektedir. Mantıklı mühendislik düşünce uygulamaları ile birlikte pseudo-statik metotlar her zaman ön tasarımlar için kullanılmaktadır ve şev stabilitesinin uygun başlangıç seviyesinin değerlendirilmesinde kullanılabilir.

5.2 Basitleştirilmiş Dinamik Analiz

5.2.1 Ağırlık Tipi Rıhtım Duvarları

(1) Kayan blok analizi

Basit ve kolayca anlaşılabilir metotlar; deprem sırasında ağırlık tipi duvarların kalıcı yer değiştirmelerini değerlendirmek için geliştirilmiştir (Örn. Newmark, 1965; Franklin ve Chang, 1977; Richards ve Elms, 1979; Whitman ve Liao, 1985). Bu metotlar, pseudo-statik analizde yapılan varsayımlara benzer varsayımları kabul eden kayan blok modeline dayanmaktadır.

Duvarın ve geri dolgunun stabilitesi; Mononobe-Okabe denklemlerine dayanan yanal toprak basıncı teorisi kullanılarak hesaplanmaktadır. Başlangıç ivmesi; duvar-geri dolgu sisteminin kaymasının güvenlik faktöründen elde edilen değerlerin yardımıyla belirlenmektedir. Örneğin; başlangıç ivmesi a_t , düşey istinat duvarı için verilmiştir (Richards ve Elms, 1979):

$$a_t = \left(\mu_b - \frac{P_{ae} \cos \delta - \mu_b P_{ae} \sin \delta}{W_g} \right) g \quad (5.30)$$

μ_b : duvar ile taş ya da toprak tabanın ara yüzey sürtünme katsayısı

P_{ae} : Mononobe-Okabe metodu kullanılarak hesaplanan aktif toprak itki kuvveti

δ : duvar-geri dolgu ara yüzeyinin sürtünme açısı

W_g : birim genişlikte duvarın ağırlığı

g : yerçekim ivmesi

Aktif toprak itki kuvveti P_{ae} 'yi hesaplamak için başlangıç ivmesi a_t 'nin bilinmesi gerektiğinden ötürü tekrarlanan işlemler yapılmaktadır.

Başlangıç ivmesi belirlenir belirlenmez, kayan blok analizi için ivme zaman kayıtları seçilir. Kayan blok analizi ile hesaplanan yer değiştirmelerin, analizde kullanılan ivme zaman kayıdı özelliklerine karşı hassas olmasından dolayı birden fazla ivme zaman kayıdının kullanımı gerekmektedir. İvme zaman kayıtları; zaman ve frekans içeriğinde tasarım seviyesi zemin hareketlerini temsil etmelidir. Duvar-geri dolgu sistemi; zemin hareket ivmesinin başlangıç ivmesini aştığı sırada, geri dolgudan dolayı oluşan hasar düzlemi ve duvarın temeli boyunca ötelenmesi ile hareket etmeye başlamaktadır. Hasar düzlemi altındaki sıkı tabanla ilgili olarak duvarın yer değiştirmesi; Şekil 5.12'de gösterildiği gibi başlangıç ivmesini aşan ivme zaman kayıdı alanının iki kez integre edilmesi ve kaymanın durmasına kadar devam eden zaman integrasyonu ile belirlenebilmektedir. Bu hesaplama, basit bilgisayar kullanımı ve hesaplama tablosuyla kolayca yapılabilmektedir.

Kayan blok metodu analizine dayanan sayısal çalışmalar; zemin hareketi şiddeti ile sismik hareketlere bağlı şekil değiştirme arasındaki basitleştirilmiş bağıntıları geliştirmektedir. Şekil 6.13'de gösterildiği gibi yaklaşık 200 adet deprem kayıtlarına dayanan zarflar; kayma yer değiştirmelerini hesaplamak için Franklin ve Chang (1977) tarafından elde edilmiştir. Bu sonuçlar, 0.5g maksimum ivmeli ve 76 cm/s hızlı deprem hareketleri için elde edilmiştir.

Kayan blok teorisi; girdi ivmesi zaman kayıtlarının düşey bileşeninin, kayma yer değiştirmesini etkilediğini ileri sürmektedir. Bununla birlikte; Kobe liman alanındaki ($PGA_H = 544\text{cm}/s^2$, $PGA_V = 200\text{cm}/s^2$) deprem hareket kaydını kullanan parametrik çalışma, düşey bileşen etkisinin önemli olmadığını ve yaklaşık yüzde 10'undan daha az kayma yer değiştirmesini azalttığını ya da arttırdığını öne sürmektedir (Nagao ve diğ., 1995). Bu zarfların basitleştirilmiş ifadesi Richards ve Elms (1979) tarafından önerilmiştir:

$$d = 0.087 \frac{v_{\max}^2 a_{\max}^3}{a_t^4} \quad (5.31)$$

d : kalıcı yanal yer değiştirme (cm)

v_{\max} : maksimum zemin hızı (cm/s)

a_{\max} : maksimum zemin ivmesi (cm/s^2)

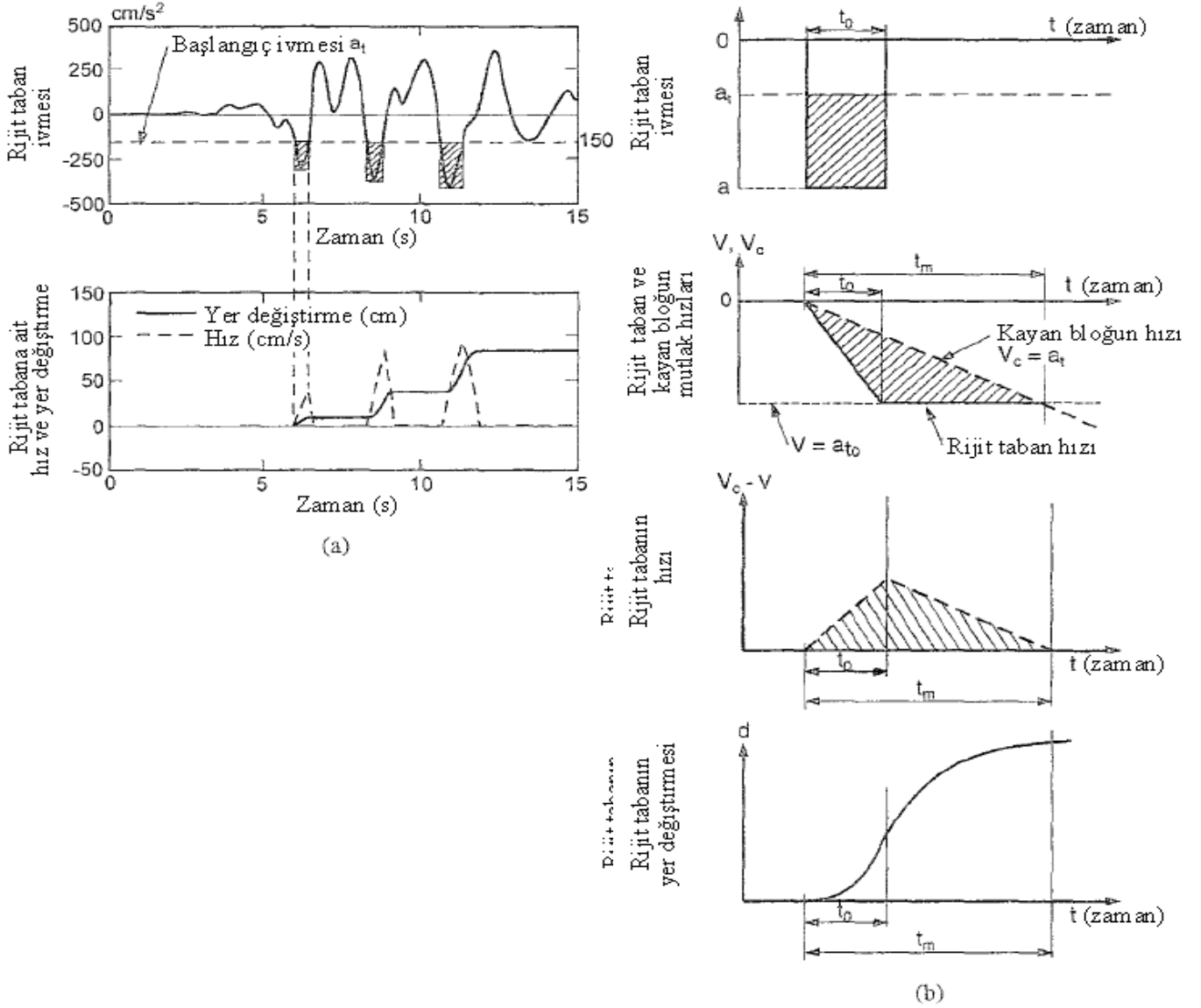
Bu ifade, a_t / a_{\max} oranının 0.3'e eşit veya daha fazla olduğu durumlarda geçerli olmaktadır.

Önceden de bahsedildiği gibi kayan blok analizinden hesaplanan yer değiştirme; başlangıç ivmesi ve deprem hareketi yapısını da içeren ana parametre sayısına karşı hassastır. Franklin ve Chang (1977) tarafından hesaplanan yer değiştirmelerin dağılımı, yaklaşık on faktörü içeren bir diziyi kapsamaktadır. Hassasiyet; geri dolgunun dinamik davranışı, geri dolgu kamasının kinematikleri, duvarın eğilmesi ve hesaplanan duvarın şekil değiştirmesi üzerindeki düşey ivme gibi faktörlerin etkilerini hesaba katan Whitman ve Liao (1985) tarafından değerlendirilmektedir. 14 adet zemin hareketlerinin kayan blok analizi sonuçlarına dayanan bağıntı, ortalama değeri belirlemek için türetilmiştir:

$$\bar{d} = \left(\frac{37v_{\max}^2}{a_{\max}} \right) \exp\left(-\frac{9.4a_t}{a_{\max}} \right) \quad (5.32)$$

Bu ifade, güvenlik faktörü 4 olan başka bir tasarım yöntemine yol açan muhtemel hata kaynaklarının istatistiksel analizi için temel oluşturmaktadır ve aşmama olasılığının % 95'ine eşittir (bkz. Şekil 5.13).

$$\frac{a_t}{a_{\max}} = 0.66 - \frac{1}{9.4} \ln \frac{da_{\max}}{v_{\max}^2} \quad (5.33)$$



Şekil 5.12 Kayan blok analizinde yer değiştirmenin hesaplanması

(a) Kayan blok analizi örneği

(b) Kayan blok analizinden oluşan ivme, hızlar ve yer değiştirme

Geçici Eurocode'larda (CEN, 1994) öne sürülen tasarım tavsiyesi, yatay ve düşey sismik katsayılar arasındaki bağıntıları vermektedir.

$$k_h = \frac{a_{design} / g}{r_{EC}} \quad (5.34)$$

$$k_v = 0.5k_h$$

a_{design} : tasarım ivmesi

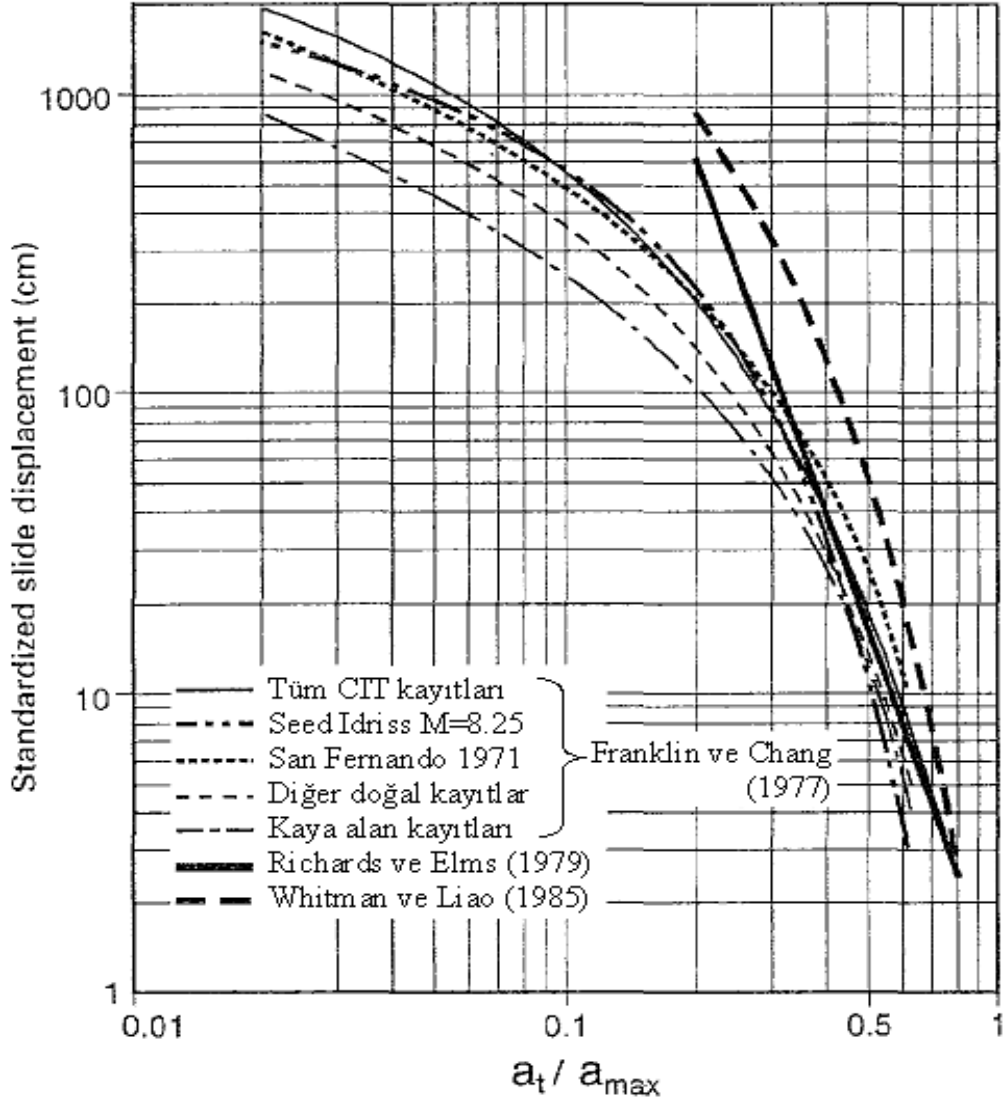
r_{EC} : Çizelge 5.7'de verilen kabul edilebilir yer değiştirmeler ile ilgili olan azaltma faktörü

Tasarımcılar için istinat duvarının muhtemel kayma yer değiştirmesini değerlendiren bu ifadeler, oldukça önemli bir değere sahiptirler. Ancak, bazı uyarıcı notlar gerekmektedir. Depremler sırasında ağırlık tipi rıhtım duvarlarının gerçek sismik performansı; çoğunlukla kayan blok analizinde var olan varsayımlarla uyuşmamaktadır. Temel zeminlerinde önemli miktardaki şekil değiştirme ile ilgili olan duvar hareketinin meydana geldiği yerlerde; kayan blok yaklaşımı ile hesaplanan yer değiştirmeler, sahada gözlemlenen yer değiştirmelerden oldukça küçüktür (Iai, 1998a; Yang, 1999). Duvarın sallanma tipi davranışını içeren sıkı temellerde; önceden ele alınmış tasarım eğrilerinin tutarlı olmadığı bulunmuştur (Steedman ve Zeng, 1996). Sıvılaştırılabilir geri dolgular için, sismik yer değiştirmeleri tahmin edebilen metotlara dayanan limit dengesini arttırabilecek diğer tekniklerin kullanımı tavsiye edilmektedir (Byrne ve diğ., 1994).

Sonuç olarak; ilgili tasarım koşullarının, kayan blok analizinde var olan varsayımlarla uyuşup uyuşmadığının doğrulamak önemlidir (örn; rijit sıkı zemin, eğilmeksizin duvarın kayması ve rijit kama-geri dolgu hareketi).

Çizelge 5.7 Kayma yer değiştirmesi (CEN, 1994)

Koruma yapısının tipi	r_{EC}
$30(a_{design} / g)$ (cm)'e kadar yer değiştirmeyi kabul eden serbest ağırlık tipi duvarı	2
$20(a_{design} / g)$ (cm)'e kadar yer değiştirmeyi kabul eden serbest ağırlık tipi duvarı	1.5
Yer değiştirmeye izin vermeyen diğer koruma yapıları	1



Şekil 5.13 Kaymadan dolayı yer değiştirmesini değerlendirmek için önerilen basitleştirilmiş sonuçlar (Franklin ve Chang, 1977; Richards ve Elms, 1979; Whitman ve Liao, 1985; Steedman, 1998)

(2) Parametrik çalışmaya dayanan basitleştirilmiş grafik

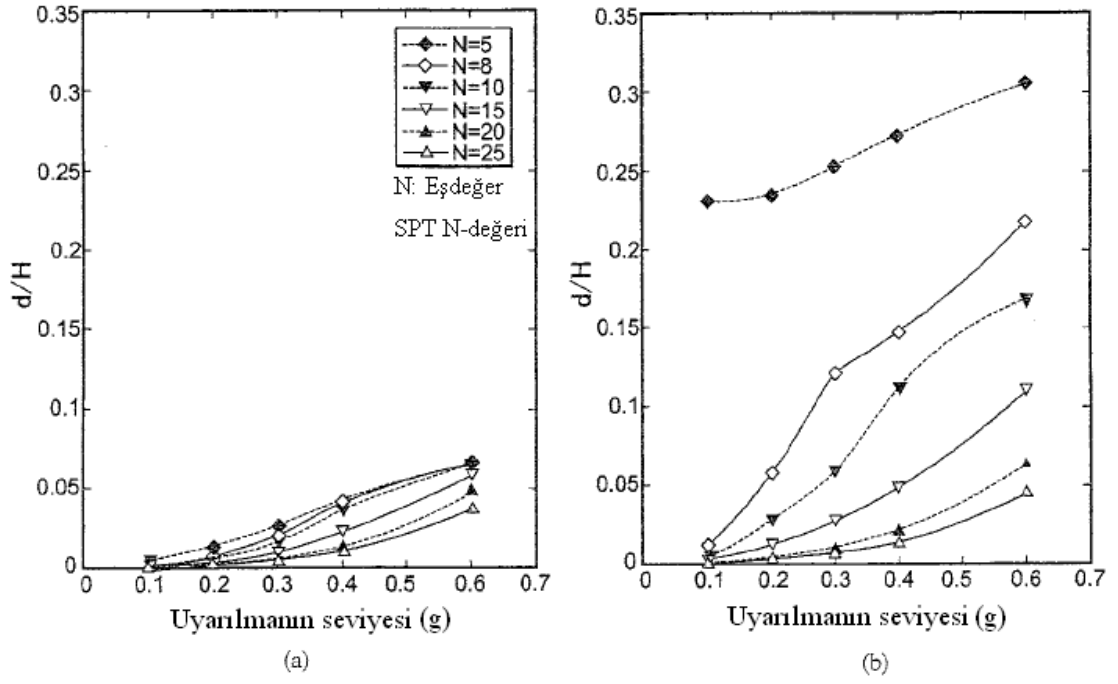
Genel geoteknik koşullarda ağırlık tipi rıhtım duvarlarının basitleştirilmiş dinamik analizinin uygulanabilirliğini arttırmak için ağırlık tipi rıhtım duvarlarının sismik performansı; çeşitli sarsıntı seviyeleri altında rıhtım duvarının değişen yapısal ve geoteknik parametreleri ile efektif gerilme analizi vasıtasıyla incelenmektedir (Iai ve diğ., 1999). Ağırlık tipi rıhtım duvarının genişliğinin yüksekliğine oranı (W/H), duvarın altındaki zemin dolgusunun kalınlığı

(D_1) ve duvarın altındaki ve arkasındaki zeminin SPT N -değerleri ile ifade edilen geoteknik koşullar; incelenen ana parametrelerdir (bkz. Şekil 5.14). Efektif gerilme analizi; 1995 Hyogoken-Nambu (Kobe) depremi sırasında ağırlık tipi rıhtım duvarlarının sismik analizinde uygulanabilir olduğu ispat edilmiş olan FLIP (Sonlu Eleman Sıvılaşma Programı) bilgisayar programını kullanan çoklu kayma mekanizmasına dayanmaktadır (Iai, 1998).

Analizde kolaylık sağlamak için varsayılan bazı temel kriterler aşağıdaki gibidir:

- a) Duvarın altındaki ve arkasındaki zemin dolgusunun geoteknik koşullarının, ifade edilen eşdeğer SPT N -değeri N_{65} (65 kPa'lık efektif düşey gerilme için düzeltilmiş SPT N -değeri) ile aynı olduğu varsayılmaktadır. Eşdeğer SPT N -değeri; genellikle Japon liman alanlarında sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (örn., Liman Araştırma Enstitüsü, 1997). Japonya'daki SPT uygulaması; SPT N -değerinin tipik olarak $(N_1)_{60}$ 'da olduğu gibi %60'lık enerji oranına kadar normalleştirildiği Amerika'daki SPT uygulamasından yaklaşık % 20 daha fazladır ve %73'lük enerji oranına uymaktadır. Düzeltme için 100 kPa ve 65 kPa'lık efektif düşey gerilmelerdeki ilave fark ile birlikte $(N_1)_{60}$; eşdeğer SPT N -değerinin yaklaşık 1.5 katı olmaktadır.
- b) Efektif gerilme analizinin model parametreleri; basitleştirilmiş yönteme dayanan eşdeğer SPT N -değerlerinden belirlenmektedir (Morita ve diğ., 1997).
- c) Sismik uyarılmanın maksimum ivmesi; taban tabakasında gelen dalgalar gibi saptanmaktadır. Deprem uyarılmasının zaman kayıtları; 1995 Hyogoken-Nambu (Kobe) depremi sırasında -79m derinlikteki Kobe limanının düşey sismik alanındaki gelen dalgadır.
- d) Kolaylık için geri dolgu kalınlığının D_2 , duvar yüksekliği H ile aynı olduğu varsayılmaktadır.

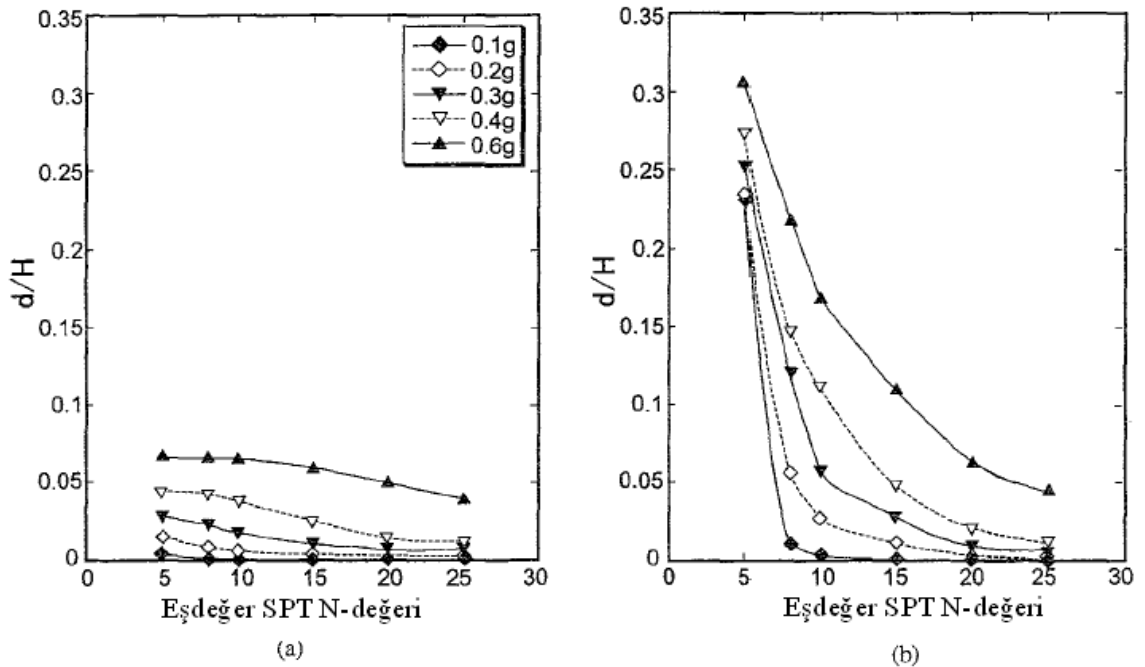
Parametrik çalışmanın sonuçları; Şekil 5.15 ile 5.18 arasında gösterildiği gibi duvarın kalıcı yatay yer değiştirmesi ile ilgili olarak özetlenmektedir. Duvarın altındaki ve arkasındaki zeminin SPT N -değeri, en hassas parametredir. Diğer parametre ise, duvarın altındaki zemin dolgusunun kalınlığıdır.



Şekil 5.15 Uyarılma seviyesinin etkileri ($W/H = 0.9$ için)

(a) $D_1/H = 0.0$

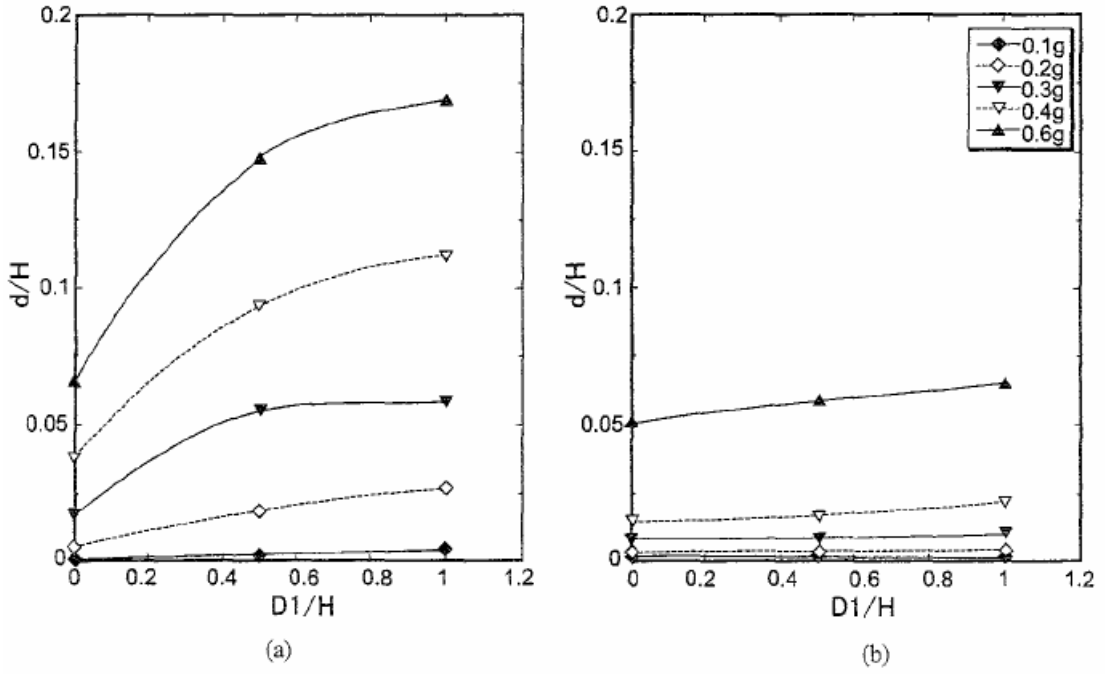
(b) $D_1/H = 1.0$



Şekil 5.16 Eşdeğer SPT N -değerinin etkileri ($W/H = 0.9$ için)

(a) $D_1/H = 0.0$

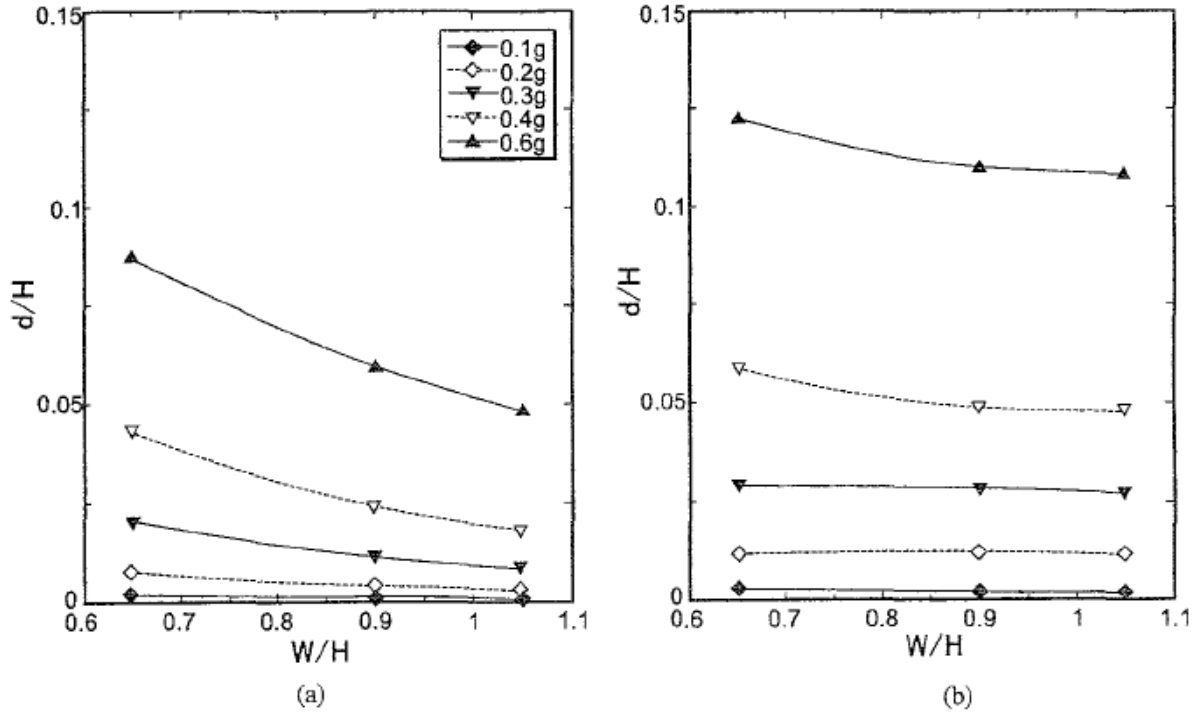
(b) $D_1/H = 1.0$



Şekil 5.17 Duvarın altındaki zemin dolgusu kalınlığının etkileri ($W/H = 0.9$ için)

(a) Eşdeğer SPT N -değeri (10)

(b) Eşdeğer SPT N -değeri (20)



Şekil 5.18 Genişliğin yükseklığe oranının etkileri W/H (15 Eşdeğer SPT N -değeri için)

(a) $D_1/H = 0.0$

(b) $D_1/H = 1.0$

3) Parametrik çalışmaya dayanan sıvılaşma iyileştirmesinin değerlendirilmesi

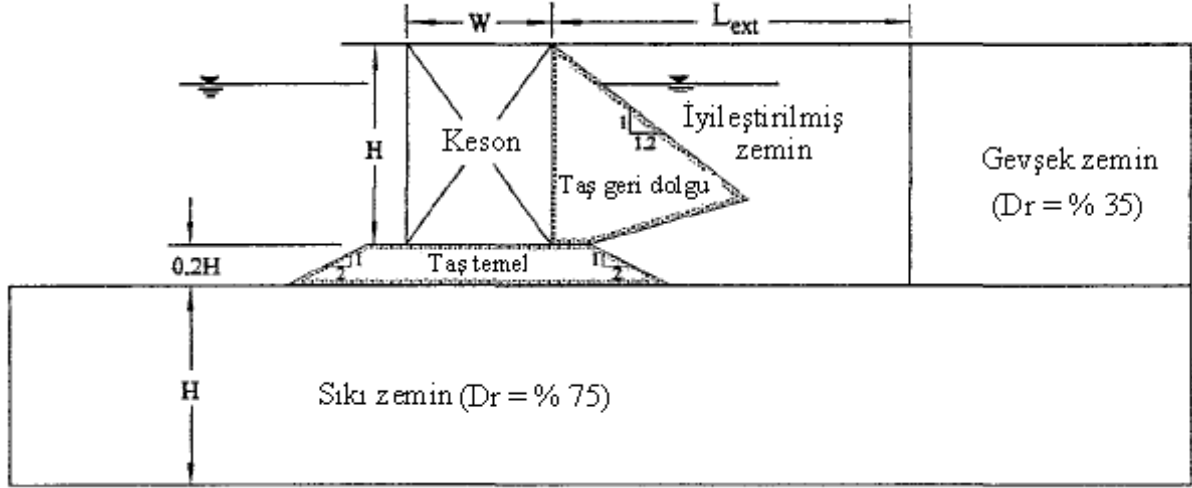
Rıhtım koruma yapılarında sıvılaşmaya bağlı zemin hasarlarının potansiyel etkisinin ve hasara ilişkin ekonomik etkinin bilinmesi; sıvılaşma tehlikelerini azaltan zemin iyileştirmesinin kullanımını arttırmaktadır. Zemin iyileştirmesinin etkinliği; çimentolama ya da dentifikasyon seviyesinin ve iyileştirilmiş zeminin bir fonksiyonudur. Zemin iyileştirme teknikleri, dünyanın her yerinde bir çok limanda kullanılmaktadır (Iai ve diğ., 1994). Deprem hareketlerinin tasarım seviyesine maruz kalan iyileştirilmiş zeminlerin performansına ait geçmiş örnekler az olsa da kıyı alanlarındaki geçmiş deneyimler; iyileştirilmiş alanlardaki kesonların, iyileştirilmemiş alanlarda hasara uğrayan bitişik kesonlardan daha iyi performansa sahip olduklarını göstermektedir (Örn. Iai ve diğ., 1994; Mitchell ve diğ., 1995).

Tasarım yönergeleri, istinat duvarlarına bitişik zemin iyileştirmesinin boyutlarını belirlemek için kullanılmaktadır (Liman Araştırma Enstitüsü, 1997). Standart pseudo-statik analize dayanan metot, çoğu mühendisler tarafından bilinmektedir (Örn. Ebeling ve Morrison, 1992). Yanal sismik katsayıya ek olarak, iyileştirilmiş zemin bölgesinin sınırına etki eden sıvılaşabilir zeminden dolayı oluşan toprak basınçlarını hesaba katmak için bir dinamik basınç eklenmektedir. Geliştirilmiş zemin bölgesi; geri dolgudan ya da tarama hattının altındaki zeminlerden geçen aktif ve pasif hasar yüzeylerinin genişliğinin hesaba katılması ve güvenlik payı gibi iyileştirmenin ilave genişliğinin eklenmesi ile belirlenebilmektedir. Sıvılaşabilir zeminlerin temelini oluşturduğu yapılarda iyileştirilmiş bölge; zemin taşıma kapasitesinin kaybından ya da dönme hasarlarından dolayı oluşan hasarları önlemek için yeterli derinliğe kadar uzatılmalıdır.

Ağırlık tipi duvarlarının (özellikle ağırlık tipi kesonlar) sismik hareketlere bağlı şekil değiştirmelerini hesaplamak için basitleştirilmiş tekniği geliştirmek amacı ile parametrik çalışmada, lineer olmayan 2D sayısal efektif gerilme modeli kullanılmaktadır (Dickenson ve Yang, 1998; Yang, 1999). Çalışmanın sonuçları, ağırlık tipi rıhtım duvarlarının yanal şekil değiştirmelerini hesaplamak için uygulama amaçlı tasarım grafiklerine işlenmektedir. Duvarlar; yüksekliğin 12m ile 19m arasında ve yüksekliğin genişliğe oranının (H:W) 0.7 ile 1.2 arasında olacağı şekilde tasarlanmıştır. Çoğu liman mühendislerinin görüşü olarak H:W oranı, 0.1'den 0.25'e kadar olan yatay sismik katsayısına karşılık gelmektedir. Düşey sismik katsayı ise, analizlerin içine dahil edilmemektedir. Model kesonun biçimi ve etrafını saran zemin, Şekil 5.19'da gösterilmektedir. Temel ve geri dolgu zeminleri, kohezyonsuz

malzemelerdir ve her bir tabaka üniform yoğunluk ile biçimlendirilmektedir.

Kullanılan yoğunluk aralığı; temel zemininde 25, iyileştirilmemiş geri dolguda 10 ile 20 arası ve iyileştirilmiş geri dolguda 30 olan normalleştirilmiş SPT N -değerleri $(N_1)_{60}$ ile bağlantılı olabilmektedir.



Şekil 5.19 Model duvarın kesiti

Parametrik çalışma için mühendislik görüşlerinin önem sırasını içeren 5 adet deprem hareketi seçilmektedir. Her bir kayıt, 0.1g'den 0.4g'ye kadar olan üç farklı maksimum ivme değerleri ile derecelendirilmektedir. Duvarın yanal ve düşey şekil değiştirmelerine ve etrafı saran zemine ek olarak geri dolgudaki aşırı boşluk basınçları da; sismik yükleme sırasında gözlemlenmektedir. Parametrik çalışmada dikkate değer varsayımlar;

- $(N_1)_{60} \sim 30$ olduğu temel ya da iyileştirilmiş geri dolgu zeminlerde boşluk basıncının meydana gelmediğini ve
- zemin iyileştirmesinin, geri dolgunun temel derinliğine kadar uzatıldığını kapsamaktadır.

Deprem hareketlerinin süresini hesaba katmak için; normalleştirilmiş zemin hareketinin şiddeti kullanılmaktadır. Bu parametreler, tarama hattı yüksekliğindeki geri dolgu içerisinde maksimum yatay ivmenin $(a_{\max(d)})$, Çizelge 5.8'de listelenmiş büyüklük derecelendirme faktörlerine (MSF) bölünmesiyle belirlenmektedir (Arango, 1996; Youd ve Idriss, 1997). Eğer $a_{\max(d)}$ 'yı belirlemek için belirli bir sismik çalışma alanı gerçekleştirilemiyorsa; derinlikle birlikte çevrimsel kayma gerilmesi değişimini hesaplamak için geliştirilen azaltma faktörünün

(r_d) kullanımıyla azaltılan maksimum zemin yüzeyi ivmesinin belirlenilmesi tavsiye edilmektedir (Örn. Makdisi ve Seed, 1978). 15 ve 7.5m duvarlar için r_d 'nin değerleri, sırasıyla 0.78 ve 0.95'dir.

Azaltma faktörü, iki boyutlu zemin-yapı etkileşimi uygulamaları için yaklaşık ivme değerlerini sağlayan tek boyutlu dinamik zemin davranışı metotlarının kullanımıyla geliştirilmektedir.

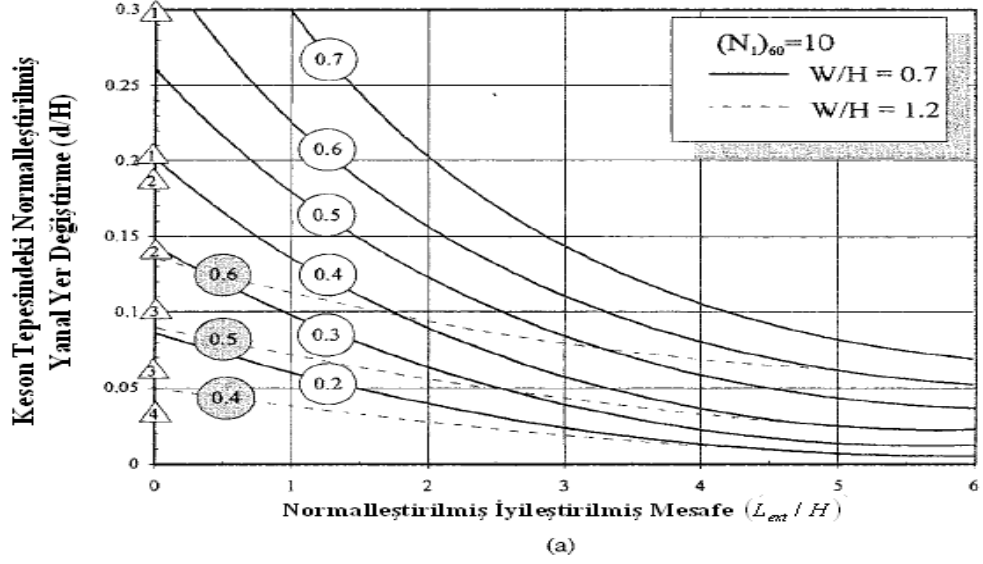
Parametrik çalışmanın sonuçları Şekil 5.20'de gösterilmektedir. Duvarın üstündeki yanal şekil değiştirmeleri; iyileştirilmiş zemin genişliğine karşı ve geri dolgu yoğunluğunun ve kesonların H:W oranlarının fonksiyonları olarak çizilmektedir. Bu eğri grupları; iyileştirilmemiş zeminlerde ağırlık tipi kesonların yanal şekil değiştirmelerine ek olarak iyileştirilmiş alanlardakini de hesaplamak için kullanılmaktadır.

Grafiğin üzerine ilave edilmiş üçgen şeklindeki sayılar, geçmiş örnek alanlara karşılık gelmektedir. Sarsıntının gücüne ait bilgi, duvar geometrisi ve gözlemlenmiş şekil değiştirmeler elde edilmiştir. Şekil 5.20'de sağlanan bağıntılar; ağırlık tipi istinat duvarlarının azaltılmış sıvılaşma tehlikelerinin yararını göstermektedir. Geniş zemin iyileştirme bölgesinin yararı, toplam duvar yüksekliğinin yaklaşık 2/3'ünden daha fazla var olan zemin iyileştirme genişliğini azaltmaktır. Bu noktadaki ilave zemin iyileştirme maliyeti, yararlardan daha önemli olmaktadır. Sarsma tablo testlerine dayanan ve PHRI (1997) tarafından hazırlanan zemin iyileştirme yönergeleri; kabaca 1.7 ile 2.0 arasında normalleştirilmiş zemin iyileştirme genişliğine uymaktadırlar.

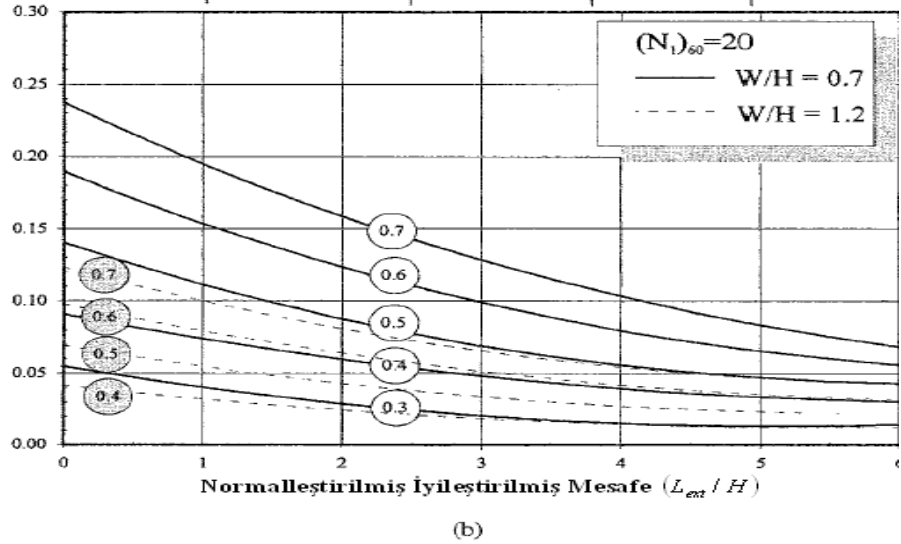
Kesonların üstündeki yer değiştirmeleri hesaplamak için parametrik çalışmanın sonuçlarından faydalanılarak yapılan bazı işlemler vardır. Bunlar;

- 1) Duvar geometrisini H:W belirlemek için standart pseudo-statik limit denge metotlarının kullanılmasıyla duvarı tasarlamak
- 2) Belirli sismik çalışma ya da Makdisi ve Seed (1978) tarafından önerilen maksimum zemin yüzeyi ivmesi ve azaltma faktörlerini elde etmek için ampirik zemin genişletme faktörleri ile $a_{\max(d)}$ 'yi belirlemek
- 3) Belirlenmiş deprem büyüklüğü için büyüklük derecelendirme faktörünü belirlemek ve şiddeti elde etmek için $a_{\max(d)}$ ile çarpmak ve
- 4) Geri dolgu zeminlerinin SPT N -değerlerine dayanan, keson arkasındaki zemin

iyileştirmesinin genişliğini ve zeminin hareket şiddeti faktörünü Şekil 5.20'ye geçirmek ve normalleştirilmiş yanıl yer değıştirmeyi d/H elde etmektir. Buradan, duvarın üstündeki yanıl yer değıştirmesi (d) hesaplanabilmektedir. Bu yanıl şekil değıştirme; duvarın üstünde toplam hareket üzerindeki kayma ve eğme katkısını içermektedir.



Örnek no	$a_{max(d)}$	$a_{max(d)}/MSF$	d/H	W/H
1. Rokko Island	0.54	0.42	0.21 ~ 0.31	0.7
2. Port Island	0.29	0.22	0.14 ~ 0.19	0.7
3. Akita	0.19	0.19	0.06 ~ 0.10	0.75
4. Kushiro	0.19 (SHAKE)	0.19	0.02 ~ 0.04	1.03



Şekil 5.20 Keson tepesindeki normalleştirilmiş yanıl yer değıştirme

(a) $(N_1)_{60} = 10$ geri dolgu zeminin SPT'si için normalleştirilmiş deprem şiddeti
($a_{max(d)}/MSF$)

(b) $(N_1)_{60} = 20$ geri dolgu zeminin SPT'si için normalleştirilmiş deprem şiddeti
($a_{max(d)}/MSF$)

Çizelge 5.8 Büyüklük derecelendirme faktörleri (Arango, 1996).

	Büyüklük					
	5.50	6.00	7.00	7.50	8.00	8.25
<i>MSF</i>	3.00	2.00	1.25	1.00	0.75	0.63

5.2.2 Palplanş Tipi Rıhtım Duvarlar

(1) Kayan blok analizi

Kayan blok analizine dayanan palplanş tipi rıhtım duvarlarının yer değiştirmesinin büyüklüğünü değerlendirmek için 5.2.1’de ağırlık tipi rıhtım duvarlarında da tartışılan ve kullanılan yöntem, iki problemi ortaya çıkarmaktadır. Bunlardan birincisi, palplanş duvarın sabit olmayan yapısından dolayı aktif toprak basıncı tam olarak belirlenemeyebilmesidir. İkincisi ise, duvardaki sürtünmenin üstünde ve altındaki atalet kuvvetidir. Yani, ağırlık tipi rıhtım duvarı analizinin iki ana parametresi, palplanş-geri dolgu zemini sisteminde ana parametre değildir. Bu problemler, geri dolgunun ve duvarın birleşik rijit blok hareketi yaptığı varsayılarak palplanş-geri dolgu sistemi hareketinin idealleştirilmesi ile çözümlenmektedir (Towhate ve İslam, 1987). Şekil 5.1(b)’de gösterildiği gibi; çakma kuvveti, zemin kamasına etki eden atalet kuvvetidir ve direnç kuvveti ise, duvarın önündeki pasif toprak basınçlarını ve zemin kamasının hasar yüzeyi boyunca kayma direncini içermektedir.

Dinamik toprak basıncı katsayılarının K_{ae} ve K_{pe} ifade edilmesiyle nihai ankraj direnci T_e ; depremden önceki K_a, K_p ve T_s ’nin fonksiyonları olarak belirlenebilir (Seed ve Whitman, 1970):

$$K_{ae} = K_a + \Delta K_{ae} = K_a + \frac{3}{4}k_h \quad (5.35)$$

$$K_{pe} = K_p + \Delta K_{pe} = K_p - \frac{17}{8}k_h \quad (5.36)$$

$$T_e = T_s + \frac{K_{pe} - K_{ae}}{K_p - K_a} \quad (5.37)$$

Başlangıç yatay sismik katsayısı şöyle elde edilebilir (Towhate ve İslam, 1987):

$$k_t = \frac{a \tan \alpha_{ae} - b + \tan(\phi - \alpha_{ae})(1 + b \tan \alpha_{ae})}{1 + c \tan \alpha_{ae}} \quad (5.38)$$

$$a = \frac{mT_s + P_p + \frac{1}{2}\gamma_w(H_w + D_{emb})^2 + \Delta U_p}{W_m} \quad (5.39)$$

$$b = \frac{\frac{1}{2}\gamma_w(H_w + D_{emb})^2 \tan \phi + \Delta U_a \sin \alpha_{ae}}{W_m} \tan \psi \quad (5.40)$$

$$c = \frac{1}{W_m} \left[\frac{23mnT_s}{8(K_p - K_a)} + \frac{17P_p\gamma_{sat}}{8K_p\gamma_b} + \frac{7}{12}\gamma_w H_w^2 \right] \quad (5.41)$$

$$W_m = \frac{1}{2} \left[\gamma_{sat} (H_w + D_{emb})^2 + \gamma_{wet} (H - H_w)(H + 2D_{emb} + H_w) \right] \quad (5.42)$$

$m = 0$ ankraj kapasitesi yoksa, 1 tam ankraj kapasitesi varsa (ankraj etrafına giren aşırı boşluk basıncı miktarına bağlı)

P_p = statik pasif toprak itki kuvveti

ΔU = çevrimsel kaymadan dolayı oluşan aşırı boşluk suyu basıncı; a ve p indisleri ise aktif ve pasif zemin kamalarını ifade eder.

$n = 1$ ankraj bloğu su seviyesinin altındaysa ve ankraj tamamen batık halde ise

Diğer parametreler Şekil 5.1(b)'ye göre ifade edilmektedir. Burada, duvarın arkasındaki zemin suyu seviyesinin deniz suyu yüzeyine eşit olduğu varsayılmaktadır ($H_w = H_{sub}$).

Duvarın yer değiştirmesi; Newmark kayan blok yaklaşımına dayanarak palplanş-geri dolgu sistemi için belirlenen başlangıç sismik katsayısının (k_t) kullanılmasıyla hesaplanmaktadır.

(2) Parametrik çalışmaya dayanan basitleştirilmiş grafik

Şekil değiştirmeye dayalı ankrajlı palplanş tipi rıhtım duvarları tasarımının mevcut tarama araçlarını geliştirmek için, kalibre edilmiş 2D sayısal efektif gerilme modelinin kullanıldığı parametrik çalışma; palplanş rıhtım duvarlarının performansının incelenmesini sağlamaktadır. (McCullough ve Dickenson, 1998; McCullough, 1998). Bu parametrik çalışmada palplanş rıhtım duvarları, 7.5 ile 15 m arasında yüksekliğe ve 0.1 ile 0.16 arasında yatay sismik katsayılara sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Ebeling ve Morrison (1992) tarafından düzenlenen tasarım yöntemi, palplanş rıhtım duvarı tasarımı için kullanılmaktadır. Yaklaşık olarak 0.2 ya da daha büyük katsayılı olan 15 m'lik palplanş duvarların uygulanabilir olmayan ankraj koşullarından dolayı katsayılar 0.16 ile sınırlandırılmaktadır. Düşey sismik katsayı sıfır olarak belirlenmiştir. Duvarın aktif hasar düzlemi ile ankrajın pasif hasar düzlemi kesişmemektedir; öyle ki bağlantı halatı uzunluğu aktif ve pasif hasar düzlemleriyle birlikte duvar ve ankrajın temelinden çıkmaktadır.

Ankraj; palplanş tipi rıhtım duvarı ile aynı rijitliğe sahip bir aralıksız palplanş duvardır. Bağlantı halatlarının aralığı 2 metredir. Zemin yüzeyinin, zemin suyu seviyesi ve bağlantı halatına mesafesi; duvar yüksekliğinin (H) yüzde 27'si kadardır.

Ortalama SPT N -değerleri ile gösterilen mühendislik özellikleriyle birlikte temel ve geri dolgu zeminleri kohezyonsuz malzemelerden biçimlendirilmektedir. Çalışmanın ana prensibi, hesaplanan duvar şekil değiştirmeleri üzerindeki zemin iyileştirme etkinliğinin örnek olarak yapılmasıdır. Normalleştirilmiş SPT N -değerleri (N_1)₆₀ geri dolguda 10 ya da 20 olduğu halde, iyileştirilmiş ve yoğun temel zeminlerinde sırasıyla 30 ve 25'tir.

Ağırlık tipi rıhtım duvarlarında da olduğu gibi parametrik çalışmada kullanılmak üzere beş adet deprem hareketi seçilmiştir. Parametrik çalışma için bazı varsayımlar;

- a) temel ya da iyileştirilmiş zeminlerde boşluk suyu basıncının meydana gelmediğini
- b) geri dolgu tabakasının derinliğine kadar zemin iyileştirilmesinin uzatıldığını
- c) bağlantı halatı sisteminin bozulmadığını içermektedir.

Yaklaşık 100 adet parametrik modele dayanılarak tasarım parametrelerinin hassaslığı hesaplanmıştır. Bu parametreler; (a) palplanş duvarın gömülme derinliği (D_{emb}), (b) palplanş duvarın rijitliği (EI), (c) bağlantı halatının uzunluğu, (d) geri dolgu zeminin yoğunluğu ve (e)

zemin iyileştirme genişliği (L_{ext})'dir. Şekil 5.21'de model geometrisinin taslağı gösterilmektedir.

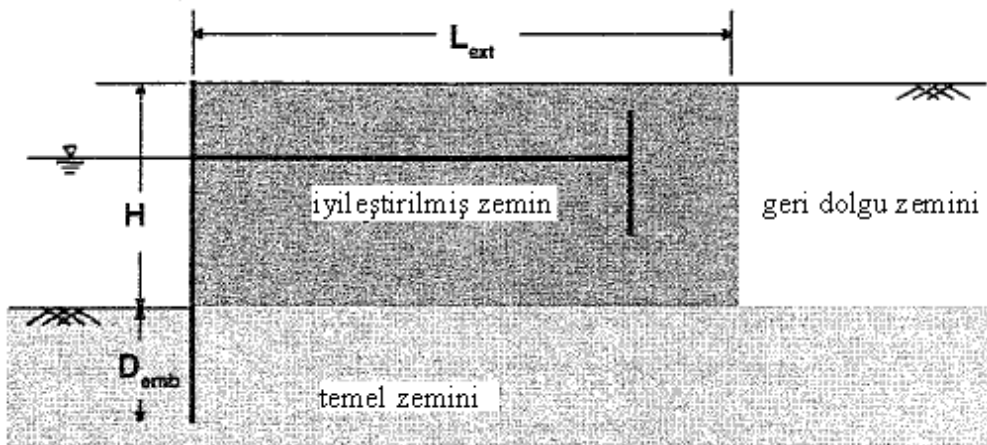
Bu çalışmanın uygulanabilirliğini arttırmak için normalleştirilmiş boyutsuz faktörler geliştirilmektedir. Normalleştirilmiş yer değiştirme faktörü denklem 5.43'de gösterildiği gibi; duvarın üstündeki normalleştirilen yer değiştirme (d), duvar rijitliği (EI), toplam duvar yüksekliği ($H + D_{emb}$) ve palplanş duvara bitişik geri alan zemininin batık birim hacim ağırlığı ile geliştirilmiştir.

$$\frac{d \cdot EI}{(H + D_{emb})^5 \cdot \gamma_b} \quad (5.43)$$

Normalleştirilmiş zemin iyileştirme faktörü (n_{ext}); zemin iyileştirme genişliğinin (L_{ext}) toplam duvar yüksekliğine ($H + D_{emb}$) bölünmesiyle geliştirilmektedir.

Şekil 5.22'de parametrik çalışmanın sonuçları gösterilmektedir. Düzey çizgileri; $(N_1)_{60}$ 'ı 10 ve 20 olan geri dolgu zeminleri için çeşitli deprem şiddeti seviyelerini belirtmektedir. Normalleştirilmiş deprem şiddeti; ağırlık tipi rıhtım duvarlarındaki benzer yöntemlerin kullanılmasıyla belirlenmektedir. Zemin iyileştirme etkinliğinin, rıhtım duvarı şekil değiştirmelerini mümkün olduğu kadar azalttığı tasarım grafiği ile açıkça gösterilmektedir.

Ayrıca, n_{ext} değerlerinin yaklaşık olarak 2.0 fazla olması durumunda zemin iyileştirmesinin yararının oldukça azaldığı görülmektedir. PHRI (1997) tarafından palplanş rıhtım duvarlarının parametrik çalışması için tavsiye edilen n_{ext} değerleri 1.9 ile 2.5 arasındadır.

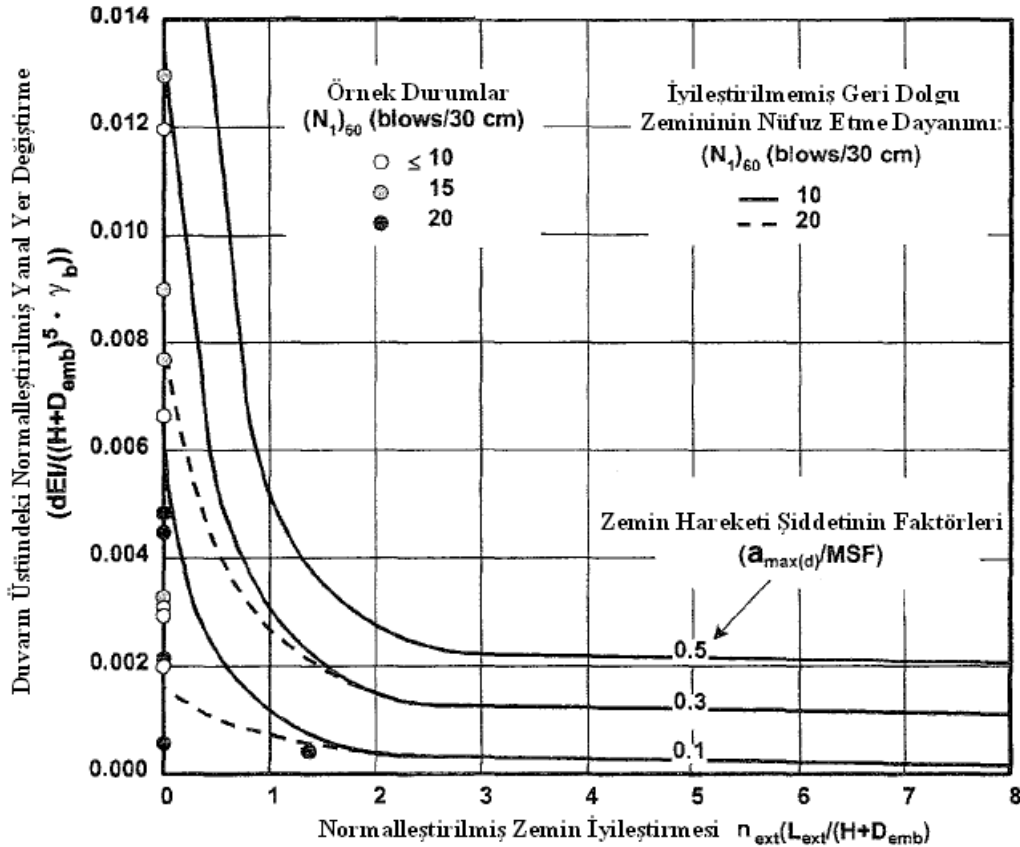


Şekil 5.21 İyileştirilmiş zeminli ankrajlı palplanş koruma yapısının taslağı

14 adet örnek durumu çizildiği grafik, geri dolgu zemlerinin SPT N -değerlerine $(N_1)_{60}$ göre düzenlenmiştir. Bu tipik örnekler Çizelge 5.9'da sıralanmaktadır. Sonuçlar, tasarım grafiğinin ön tasarım grafiği olarak kullanılabilirliğini göstermektedir.

Paplanş tipi rıhtım duvarlarının üstündeki kalıcı yer değiştirmeleri hesaplamak için parametrik çalışmanın sonuçlarından faydalanılarak yapılan bazı işlemler vardır. Bunlar;

- 1) Duvar geometrisini (H, D_{emb}, EI ve ankraj uzunluğu) belirlemek için mevcut pseudo-statik metotların kullanılmasıyla duvarı tasarlamak
- 2) Belirli sismik çalışma ya da tahmini ampirik bağımlılardan $a_{max(d)}$ 'yi belirlemek
- 3) Belirli olan depremin deprem şiddeti faktörünü için belirlemek için büyüklük derecelendirme faktörünü $a_{max(d)}$ 'ye bölmek ve
- 4) Geri dolgu zemininin yoğunluğuna ve zemin iyileştirme genişliğine dayanan, palplanş duvarın üstündeki kalıcı yanal yer değiştirmesini (d); Şekil 5.22'yi ve normaleştirilmiş yer değiştirme denklemini (5.43) kullanarak hesaplamaktır.



Şekil 5.22 Ankrallı rıhtım duvarlarının üstündeki kalıcı yatay yer değiştirme

Çizelge 5.9 Palplanş tipi rıhtım duvarlarının örnek durumları

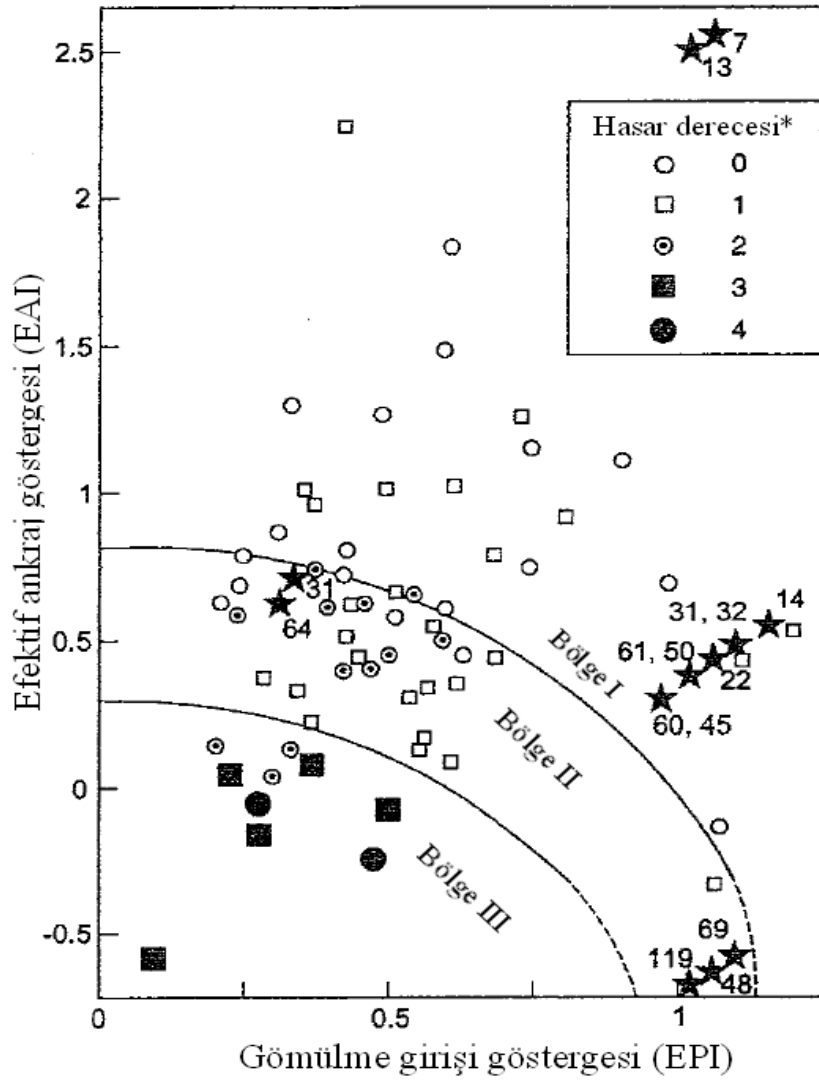
Deprem	$(N_1)_{60}$	$a_{\max(d)} / MSF$ (g)	Yer değıştirme (cm)	Normalleştirilmiş yer değıştirme $d \cdot EI / ((H + D_{emb})^5 \cdot \gamma_b)$
1968 Tokachi – Oki	6	0.26	12 – 23	0.0120
1993 Kushiro – Oki	6	0.20	19	0.0020
1964 Niigata	10	0.14	100	0.0031
1983 Nihonkai – Chubu	10	0.10	110 – 160	0.0066
1968 Tokachi – Oki	15	0.23	16 – 57	0.0090
1968 Tokachi – Oki	15	0.23	12 – 19	0.0029
1968 Tokachi – Oki	15	0.12	30	0.0077
1973 Nemuro – Hanto	15	0.16	30	0.0031
1978 Miyagi – Ken – Oki	15	0.10	87 – 116	0.0129
1968 Tokachi – Oki	20	0.26	~ 60	0.0049
1983 Nihonkai – Chubu	20	0.09	~ 5	0.0006
1993 Kushiro – Oki	20	0.16	50 – 70	0.0044
1993 Guam	20	0.18	61	0.0019
1993 Kushiro – Oki	30	0.21	hasar yok (~5)	0.0004

Sıvılaşılabılır olmayan alanlar için parametrik çalışmanın sonuçları; Gazetas ve diğerleri (1990) tarafından düzenlenen tasarım grafiği (Şekil 5.5) ile karşılaştırılabılmektedir ve Şekil 5.23’de gösterilmektedir. Bu şekilde sıvılaşılabılır olmayan alanlar için parametrik çalışmanın sonuçları yıldızlarla belirtilmektedir ve yıldızların yanındaki sayılar ise hesaplanan yer değıştirmeleri ifade etmektedir. Grafikte birkaç yıldız grubu bulunmaktadır. Birinci grup (saç ortadaki); 7.5m’lik duvar geometrisini göstermektedir. İkinci grup (saç alttaki ve saç üstteki); parametrik çalışmadan dolayı değışen ankraj ve bağlantı halatı uzunluğudur. Son grup (sol orta) ise; parametrik çalışmadan dolayı değışen gömülme derinliğini belirtmektedir.

Hesaplanan yer değıştirmelerin Gazetas ve diğerleri (1990) tarafından geliştirilen bağıntılarla aşığı yukarı aynı bir eğilim izlediği Şekil 5.23’den açıkça görülmektedir. Bu göstergeler; Gazetas ve diğ. (1990) tarafından hazırlanan grafiğin, palplanş rıhtım duvarlarının ilk

değerlendirilmesinde yeterli olduğunu göstermektedir. Ancak, parametrik çalışma; Gazetas ve diğ. (1990) tarafından hazırlanan grafiğin bazı sınırlamalarını dolaylı olarak belirtmektedir:

- 1) Gazetas ve diğ. (1990) tarafından hazırlanan grafik dolaylı olarak *EAI* ve *EPI* sayesinde deprem hareketi parametrelerini kapsamaktayken; palplanş tipi rıhtım duvarı yer değiştirmesi parametrik çalışmada gösterilen deprem hareketi parametrelerine karşı daha hassas olabilmektedir.
- 2) Normal olarak sismik tasarımda belirlenmiş uzunlukları aşan palplanş gömülme ve bağlantı halatı uzunluğunun yararları Gazetas ve diğ. (1990) tarafından hazırlanan grafikte gösterilmemektedir.

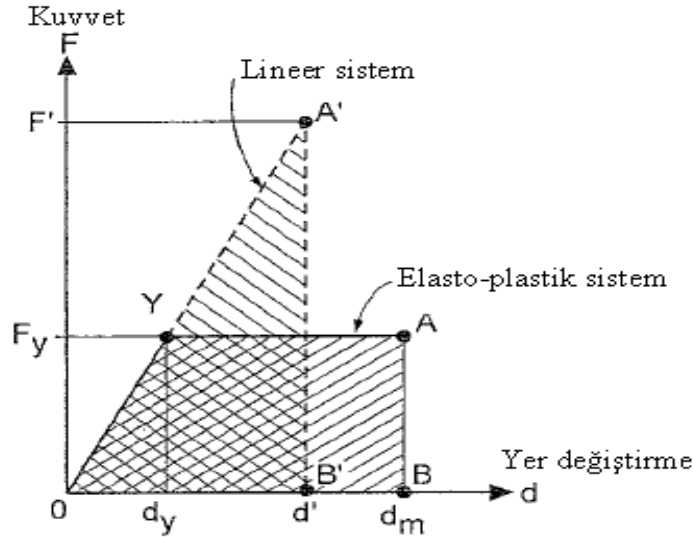


* Çizelge 5.3 (a) ve (d)'ye göre

Şekil 5.23 İyileştirilmiş alan için parametrik çalışmalardan oluşan verileri de içeren palplanş tipi rıhtım duvarlarının örnek durumları

SDOf sisteminin dinamik davranışı; tasarım deprem hareketlerinin zaman kayıtları ya da davranış spektrası kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu yöntemler, teknik literatürde tamamen saptanmıştır (Kramer, 1996). Yapının dinamik davranışı elastik limiti aştığında; yapı, eğilmeden dolayı lineer olmayan bir davranış sergilemeye başlar. Kazıklı rıhtımın basitleştirilmiş analizinde lineer olmayan davranış; tipik olarak lineer davranış spektrasının ve maksimum yer değiştirmenin eğilme yer değiştirmesine bölündüğü süneklik faktörünün kullanımıyla değerlendirilmektedir. Bu yaklaşım yaygın olarak binaların ve köprülerin tasarlanmasında kullanılmaktadır.

Elasto-plastik davranışın etkisini tahmin etmek için; SDOF sistemindeki depolanmış enerjinin, lineer ve elasto-plastik sistemlerde de aynı olduğu varsayımı yapılmaktadır. Bu varsayım, Şekil 5.25’de tanımlandığı gibi sabit enerji varsayımı olarak adlandırılır. Deprem hareketi ile sarsılan lineer sistemin; maksimum yer değiştirme d' ve maksimum kuvvet F' gösteren bir davranışa neden olduğu göz önünde tutulmaktadır. Aynı deprem hareketi ile birlikte elasto-plastik sistemin davranışının da, F_y elastik limiti ile d_m maksimum yer değiştirme olduğu dikkate alınmaktadır. Sabit enerji varsayımı ile birlikte elasto-plastik sistemin maksimum yer değiştirmesi d_m ; OA'B' üçgeninin alanı ile OYAB'nin alanının aynı olmasından dolayı belirlenebilmektedir.



Şekil 5.25 Sabit enerji varsayımı ile birlikte elasto-plastik sistemin yük-yer değiştirme davranışı

Lineer ve elasto plastik sistemler için depolanmış enerjiler; $(1/2)F'd'$ ve $(1/2)F_y d_y (2\mu - 1)$ 'dir ve $\mu = d_m / d_y$ ise süneklik faktörünü göstermektedir. Lineer sistem için k yay katsayısının ortaya çıkarılmasıyla $F' = kd'$ ve $F_y = kd_y$ olmaktadır ve sabit enerji varsayımı şöyle ifade edilebilmektedir:

$$\frac{1}{2k}(F')^2 = \frac{1}{2k}(F_y)^2(2\mu - 1) \quad (5.44)$$

Bu denklemin sadeleştirilmesiyle

$$F_y = \sqrt{\frac{1}{2\mu - 1}}F' \quad (5.45)$$

Atalet kuvveti ivmeyle orantılı olduğu için; denklem (5.45), lineer ve elasto-plastik sistemlerin maksimum davranış ivmeleri (a' ve a_y) arasındaki bir bağıntıya dönüştürülmektedir.

$$a_y = \sqrt{\frac{1}{2\mu - 1}}a' \quad (5.46)$$

Eğilme limiti ve maksimum davranış yer değiştirmeleri için paralel bir bağıntı süneklik faktörünün tanımlanmasıyla verilmektedir.

$$d_m = \mu d_y \quad (5.47)$$

Elasto-plastik sistemin kalıcı yer değiştirmesi d_r ; $d_r = d_m - d_y$ şeklinde olduğu için denklem (5.47) $d_r = (\mu - 1)d_y$ halini almaktadır. Dinamik davranış ile sabit enerji varsayımı arasındaki farkı düzeltmek için iyileştirme faktörünün c dahil edilmesiyle kalıcı yer değiştirmesi d_r şöyle ifade edilmektedir:

$$d_r = c(\mu - 1)d_y \quad (5.48)$$

Örnek olarak, beton ayaklarla desteklenmiş köprü için iyileştirme faktörü $c = 0.6$ 'dır (Japonya Yol Birliği, 1996).

Tasarımda kullanılan kabul edilebilir süneklik faktörü μ ; genellikle eğilme için $\mu = 2 - 4$ ve kayma için $\mu = 1$ olan güvenlik payı ile birlikte nihai yer değiştirmeden d_u belirlenmektedir.

Nihai yer değiştirme d_u ; L serbest kazık uzunluğu ile L_p plastik mafsal uzunluğuna sahip kazıklar için nihai eğrilik ϕ_u tarafından düzenlenmektedir (Priestly ve diğ., 1996).

$$d_u = d_y + 3(\phi_u - \phi_y)L_p(L - 0.5L_p) \quad (5.49)$$

L_p plastik mafsal uzunluğu, D_p kazık çapıyla orantılıdır ve beton kazık için $L_p = 0.1D_p$ ile $0.5D_p$ arasındadır (Japonya Yol Birliği, 1996).

Denklem (5.49) eğrilikte belirlenmiş süneklik limitinin temelini oluşturmaktadır. Eğrilik süneklik limiti; en son noktadaki fiber gerilme ve eğrilik arasındaki bağıntı sayesinde gerilme limitine bağlı olmaktadır.

$$\varepsilon = \frac{D_p}{2}\phi \quad (5.50)$$

Denklemler (5.49) ve (5.50); kazıkların hasar kriterlerini geliştirmede ana prensip olarak kullanılmaktadırlar.

(2) Statik itme (Pushover) analizi

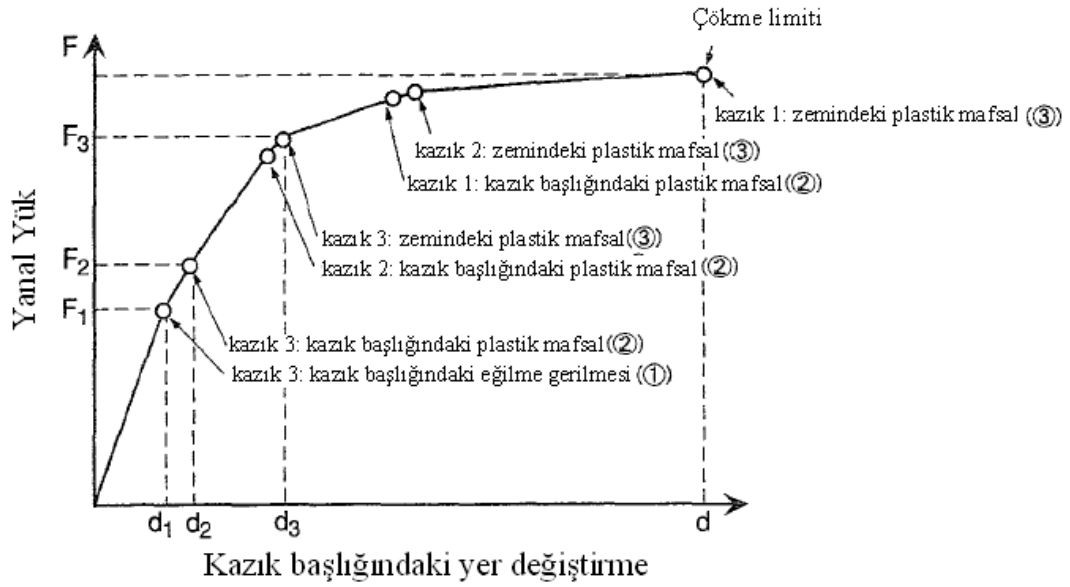
Basitleştirilmiş dinamik analizde Şekil 5.25’de gösterilen kazık-döşeme sisteminin yük-yer değiştirme bağıntısı, statik itme analizi ile değerlendirilmektedir. Statik itme analizi; artan dış yük seviyeleri ile birlikte çok aşamalı pseudo-statik analizinin gerçekleştirilmesiyle yapılmaktadır. Bu analizde yapı; yapının gömülü kısmının davranışını hesaba katmak için Şekil 5.9’da gösterilen taban davranış yaylarına sahip olan ya da olmayan kiriş-döşeme yapısı ile idealleştirilmektedir. Artan dış yük seviyesi ile birlikte, nihai hasar durumuna göre elastik davranıştan oluşan değişme ve yapılardaki eğilme etkisi tespit edilmelidir.

Eğilme genellikle karadan deniz tarafına doğru olan kazık başında başlamaktadır ve kazığın gömülü olan kısmına kadar tesir etmektedir. Şekil 5.26 statik itme analizi sonuçlarının bir örneğini göstermektedir.

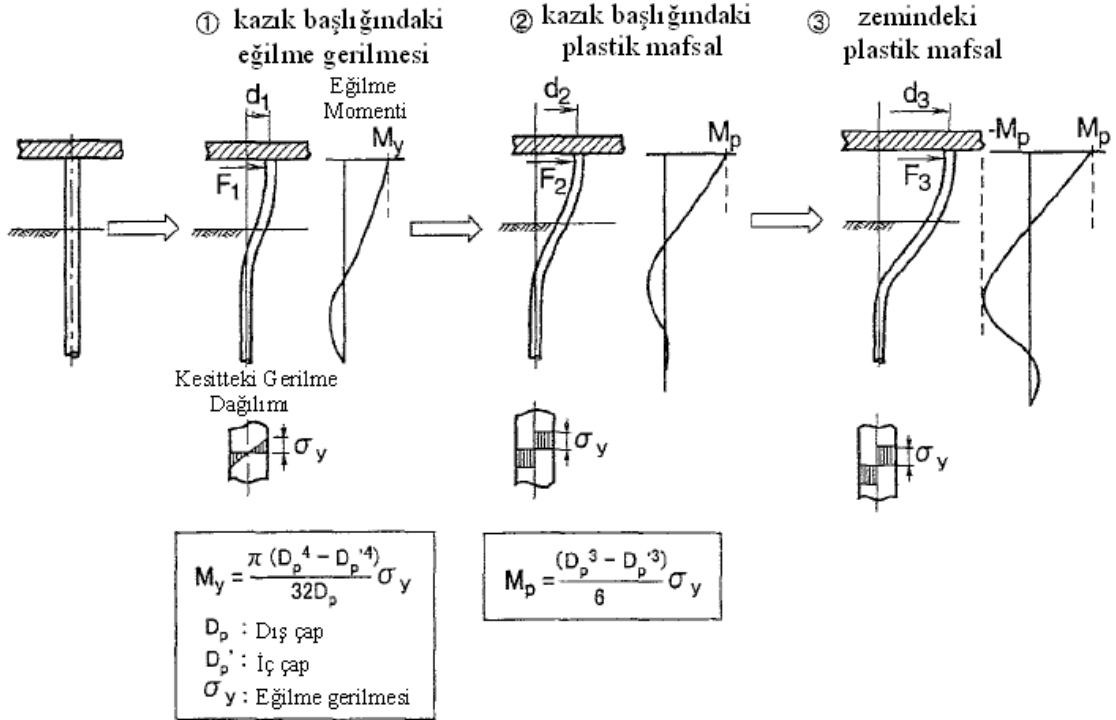
Kazıklı döşemenin basitleştirilmiş dinamik analizi bazı adımlar ile gerçekleştirilebilmektedir:

- 1) statik itme analizinin sonuçlarına ya da diğer basitleştirilmiş yöntemlere dayanılarak Şekil 5.25’de gösterilen ve yük-yer değiştirme bağıntısını tanımlayan d_y ve F_y elasto-plastik parametrelerini hesaplamak
- 2) zaman integrasyon tekniğinin kullanılmasıyla lineer olmayan davranış analizine dayanan SDOF’nin sismik davranışını hesaplamak ve denklem (5.47)’den süneklik faktörünü μ elde etmek. Alternatif olarak; lineer davranış spektrası kullanarak maksimum davranış ivmesini a' elde etmek ve (5.45) ve (5.46) denklemlerinden süneklik faktörünü elde etmek
- 3) davranış sünekliği ile ilgili olan süneklik kriterini / gerilme limitini karşılaştırmak

Davranış spektrasına/statik itme analizine dayanan basitleştirilmiş dinamik analizde seddenin ve zeminin ya da zemin-yapı etkileşiminin hareketi/yer değiştirmesi göz önünde bulundurulmamaktadır. Bu sorunların etkileri; basitleştirilmiş dinamik analiz sonuçlarının nihai değerlendirilmesinde dikkate alınmaktadır.



(a)



(b)

Şekil 5.26 Kazıklı rıhtımın statik itme analizi

(a) Yük-yer değiştirme bağıntısı

(b) Kazıklarda eğilme momentindeki ardışık değişim

(3) Süneklik kriteri

Kazıklı rıhtımların süneklik kriterini saptamak için kapsamlı çalışmalar gerçekleştirilmektedir (Ferrito, 1997a; Ferritto ve diğ., 1999, Yokota ve diğ., 1999). Kazıklarda gerilme yerine tanımlanan hasar kriteri Çizelge 5.10'daki gibi gösterildiği gibi verilebilmektedir. Bu çizelgede sınırlandırılmış betonun tasarım sıkıştırma gerilmesi şöyle çıkarılmaktadır:

$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + (1.4\rho_s f_{yh} \varepsilon_{sm}) f'_{cc} \geq 0.005 \quad (5.51)$$

ρ_s : sınırlı çeliğin efektif hacim oranı

f_{yh} : sınırlı çeliğin eğilme gerilmesi

ε_{sm} : sınırlı donatının maksimum gerilme altındaki basıncı

f'_{cc} : $1.5f'_c$ ile yaklaşık olarak bulunabilen sınırlandırılmış beton dayanımı

f'_c : 28 günlük sınırlandırılmamış beton dayanımı

Çizelge 5.10'da gösterilen hizmet verebilme limiti aslında bir elastik duruma karşılık gelmektedir ancak eğilme limiti altında kalan gerilmeleri ifade etmemektedir. Beton gerilmelerinin maksimum sismik davranış sırasında betonun parça parça dökülmesine neden olmadığı ve depremden sonra artan çatlak genişliğinin, çatlakların doldurulması gibi özel kohezyon korumalarına ihtiyaç duyulmayacak kadar küçük olduğu şartlarda; beton yapıların hizmet verebilir olduğu göz önüne alınabilmektedir. Buradaki ikinci şart sismik davranış sırasında bir an için meydana gelen korezyon potansiyeline etkisi olmayan büyük çatlak genişliklerini ifade etmektedir. Bu nedenle Çizelge 5.10'da gösterilen hizmet verebilme limitleri; betonun parça parça dökülmemesinden ve onarım gerektirmeyen çatlaklardan dolayı oldukça düşük gerilme limitlerine dayanmaktadır. Hizmet verebilmenin limit durumunda meydana gelen efektif ön gerilme kuvvetinde azalma olmamasını sağlamak için ön gerilmeli donatının belirlenen gerilmesi, çelik donatının gerilmesinden daha azdır. Boşluklu ya da beton dolgulu çelik kazıklarda artan yer değiştirmeleri ihmal etmek için maksimum çekme gerilmesinin 0.01'e kadar sınırlandırılması tavsiye edilmektedir.

Onarılabilir hasar durumu için sınırlı kalıcı şekil değiştirmeleler kabul edilebilmektedir. Kazık/döşeme mafsalı ve zemin mafsalı yerlerinin ayrı tutulması gerekmektedir.

Çizelge 5.10'da gösterilen kriter bu tedbirleri yansıtmaktadır.

Çizelge 5.10 Kazıklı rıhtımların gerilme süneklik kriteri (Ferrito ve diğ., 1999)

Hasarın derecesi	Parametreler	Üst limit	
I.derece (hizmet verebilir)	Beton sıkıştırma gerilmesi	0.004	
	Çelik donatılı çekme gerilmesi	0.010	
	Ön gerilmeli donatı gerilmesi	0.005	
	Yapısal çelik sıkıştırma gerilmesi (kazık ve beton dolgulu kazık)	0.008	
	Boşluklu çelik boru kazığın sıkıştırma gerilmesi	0.008	
II.derece (onarılabilir)	Kazık-döşeme mafsalı	Beton sıkıştırma gerilmesi	Denk. T7.51, <0.025
		Çelik donatılı çekme gerilmesi	0.05
		Ön gerilmeli donatı gerilmesi	0.04
		Yapısal çelik sıkıştırma gerilmesi (kazık ve beton dolgulu kazık)	0.035
		Boşluklu çelik boru kazığın sıkıştırma gerilmesi	0.025
	Gömülü kısım (zemin mafsalı)	Beton sıkıştırma gerilmesi	Denk. T7.51, <0.008
		Çelik donatılı çekme gerilmesi	0.010
		Ön gerilmeli donatı gerilmesi	0.015
		Yapısal çelik sıkıştırma gerilmesi (kazık ve beton dolgulu kazık)	0.035
		Boşluklu çelik boru kazığın sıkıştırma gerilmesi	0.025

Yer değiştirme sünekliği; (5.49) ve (5.50) denklemleri vasıtasıyla eğrilik/gerilme ile ilgilidir ve kazık uzunluğu ile ters orantılıdır. Kazıklı rıhtımların boyutlarına dayanan gerilme süneklik kriteri, yer değiştirme süneklik kriterine dönüştürülebilmektedir.

Japonyadaki uygulamalarda genelde kazıklı rıhtımlar için çelik kazıklar kullanılmaktadır. Çizelge 5.11’de gösterilen yer değiştirme süneklik limitleri; düşey kazıklı rıhtımların basitleştirilmiş analizinde kullanılmak için benimsenmektedir (Ulaştırma Bakanlığı, Japonya, 1999). Bu tabloda, basitleştirilmiş analizde kullanmak için 2. seviye depremin yer değiştirme kriteri verilmektedir:

$$\mu = 1.25 + 62.5 \frac{t_p}{D_p} , \quad \mu \leq 2.5 \quad (5.52)$$

t_p : çelik boru kazığın kalınlığı

D_p : kazık çapı

Gerilme süneklik limiti; basitleştirilmiş dinamik analizde ve statik itme analizinde kullanılmaktadır:

$$\varepsilon_{\max} = 0.44 \frac{t_p}{D_p} \quad (5.53)$$

Çizelge 5.11 Yer değiştirme süneklik faktörü (Ulaştırma Bakanlığı, Japonya, 1999)

Depremin seviyesi	Yapının önemi	Limit yer değiştirme süneklik faktörü
I. Seviye	Özel sınıf	1.0
	A sınıfı	1.3
	B sınıfı	1.6
	C sınıfı	2.3
II. Seviye	Özel sınıf	Denk. (5.52)

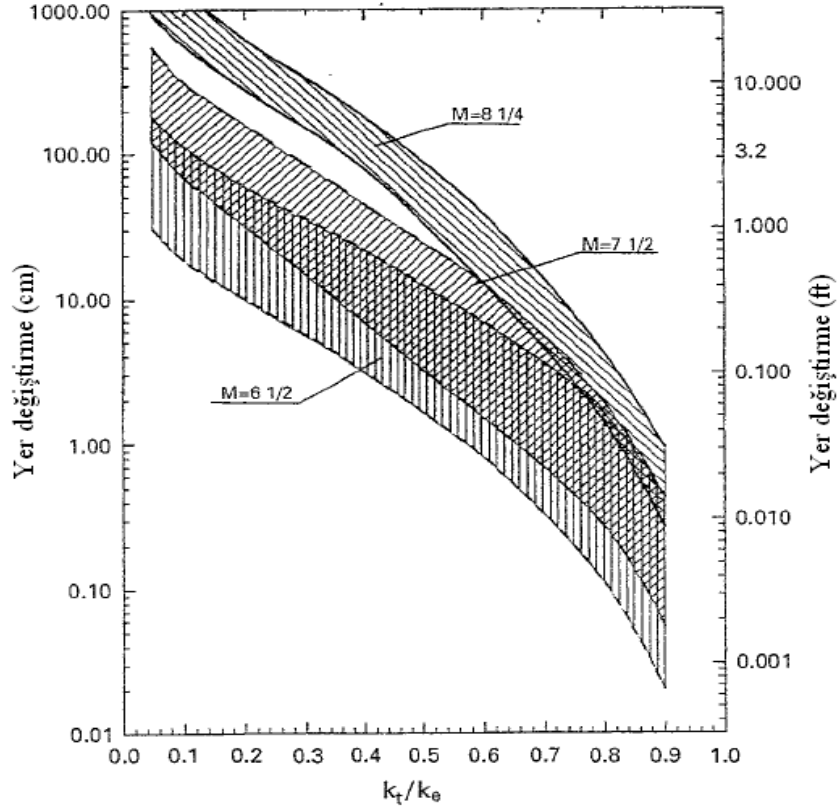
5.2.4 Dalgakıranlar, Yapay Dolgular ve Şevler

İlgili kıyı şevleri ve yapay dolgu uygulamalarında çevrimsel yükleme davranışından dolayı meydana gelen kalıcı yer değiştirmeleri değerlendirmek gerekmektedir. Şevlerin kabul edilebilir yer değiştirme limitleri; bitişik yapıların, temellerin ve diğer tesislerin zemin hareketlerinin hassasiyetini yansıtmaktadır. Deprem sarsıntısı sırasında aşırı derecede dayanım kaybetmeyen zeminlerin yapay dolgu şekil değiştirmelerini hesaplamak için yapay dolgu analizininin geleneksel pseudo-statik limit denge metotları geliştirilmektedir (Ambrasyes ve Menu, 1988; Makdisi ve Seed, 1978; Jibson, 1993).

Daha önce ağırlık ve palplanş tipi duvarlar için bahsedilen rijit gövde, zeminin rijit olduğunun varsayıldığı kayma blok analizleri ve tamamen plastik malzemeler; depreme bağlı olan sınırlı şekil değiştirmeleri hesaplamak için kullanılabilir. Kayan blok analizine dayanan sayısal çalışmalar; zemin hareket şiddeti ile sismiksel harekete bağlı olan şekil değiştirmeler arasındaki bağıntıları geliştirmektedir (Ambrasyes ve Menu, 1988; Makdisi ve Seed, 1978; Jibson, 1993). Makdisi ve Seed tarafından önerilen bağıntı, Şekil 5.27’de gösterilmektedir.

Limit denge tekniklerine dayanan kayan blok analizleri; pseudo-statik analizlerdeki benzer sınırlamalara uğramaktadırlar. Gevşek zeminlerdeki denizaltı şevlerinin uygulamalarına göre sınırlamalar; doğrudan analizlere kaydedilmeyen gerilmelerin azalmasıdır. Sıvılaştırılabilir zeminlerin kayan blok yöntemleri; kumlu zeminlerin sıvılaşma sonrası drenajsız dayanımlarının kullanımıyla uygulanmaktadır. Byrne ve diğerleri (1994) tarafından önerilen yeni bir metot sıvılaşmaya eğilimi olan zeminler için geliştirilmiştir.

Donanma tesisleri ve yakıt terminallerinde kullanılan kazıklı rıhtımlarla desteklenmiş seddelerin kayan blok analizi ile birlikte kullanılmak için yer değiştirme kriteri; 7 ile 15 cm arasında hizmet verebilme limitine ve 15 ile 30 cm arasında onarılabılır limit durumuna sahip olmaktadır (Ferrito, 1997a, 1997b; Ferrito ve diğ., 1999).



Şekil 5.27 Kalıcı kayan blok yer değiştirmesi ile ivmelerin oranları arasındaki ampirik bağıntılar (Makdisi ve Seed, 1978)

5.3 Dinamik Analiz

5.3.1 Analiz Yöntemleri

Genellikle sonlu eleman ya da sonlu fark tekniklerinin kullanıldığı dinamik analiz; temel ve geri dolgu zeminlerinin davranışını da içine alan yapısal davranışın hesaplandığı zemin-yapı etkileşimini içermektedir. Yapı; yapının elastik limiti ile ilgili deprem hareket seviyesine bağlı olan lineer ya da lineer olmayan bir model gibi idealleştirilmektedir. Zeminin gerilme-basınç davranışı; zemin dolgusu içinde beklenen gerilme seviyesine bağlı olarak eşdeğer lineer ya da efektif gerilme oluşturan modeller ile idealleştirilmektedir. Zemin-yapı etkileşimi analizinden;

zemin-yapı sistemlerinin hasar şekilleri, yer değiştirmenin büyüklüğü ve yapısal bileşenlerdeki ve zemindeki gerilme/başınç durumları gibi oldukça kapsamlı sonuçlar elde edilmektedir.

Liman yapılarının lineer ya da lineer olmayan modeller vasıtasıyla yapılan yapısal modellemesine ait sorunlar; binalar, köprüler ve diğer kara yapılarındaki sorunlara benzemektedir. Örneğin; ağırlık tipi rıhtım duvarları için bir kesonun modellenmesi genel olarak lineer bir modelin kullanımıyla gerçekleştirilmektedir. Palplanş tipi duvarların, keson duvarların ve kazıklı rıhtımların modellenmesi; elastik davranış limitini aşan yapının süneklik davranışını hesaba katmak için lineer olmayan elasto-plastik tip bir model gerektirmektedir.

Lineer, lineer olmayan toplam gerilme ya da efektif gerilme modelleriyle yapılan temel ve geri dolgu zemininin geoteknik modellenmesi, liman yapılarının sismik performansını değerlendirmede göz önüne alınmaktadır. Eşdeğer lineer ya da lineer olmayan toplam gerilme analizi yöntemleri; sarsıntı sırasında efektif gerilmenin veya aşırı boşluk suyu basıncındaki değişikliğin etkilerini kapsamaktadır ve bu nedenle zemin rijitliği ve dayanımındaki değişiklikler hesaba katılmamaktadır. Toplam gerilme analizi yöntemlerinden eşdeğer lineer yöntem; zemin dolgularının, yapay dolguların ve zemin-yapı etkileşiminin dinamik davranışının hesaplanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu da kayma modülü ve sönümlenmeye bağlı olan gerilme seviyesini kullanan lineer analize dayanmaktadır. En yaygın olarak kullanılanlardan biri de FLUSH (Lysmer ve diğ., 1975) bilgisayar kodudur.

Eşdeğer lineer analiz bazı sınırlamaları içermektedir. Bunlar;

- zemin-yapı sistemlerinin kalıcı yer değiştirmelerinin hesaplanmaması
- kayma gerilme seviyesinin yüzde birini aşan uygulanabilirliğin kesin olmamasıdır.

Kayma gerilme seviyesinin yüzde biri; örneğin, 10m zemin seviyesi ile dolgunun 0.1m şekil değiştirmesine karşılık gelmektedir. Bu şekil değiştirme liman yapılarının performans kriterlerinden oldukça küçüktür. Eğer eşdeğer lineer analiz kullanılırsa bu sınırlamaların bilinmesi gerekmektedir.

Eşdeğer lineer analizdeki sınırlamaları ortadan kaldırmak için toplam gerilme analizine bir takım değişiklikler uygulanmıştır. Bu değişiklikler;

- 1) eşdeğer lineer analizde azalan kayma modülü ile ilgili olarak artan aşırı boşluk suyu basıncı etkisini dahil etmek (örn. FLUSH-L (Ozutsumi ve diğ., 2000))

2) kolayca kullanılabilir bilgisayar kodlarının kullanılması gibi lineer olmayan analizde azalan kayma dayanımını kullanmak (örn. FLAC (ITASCA, 1995))

Bu toplam gerilme bilgisayar kodları; eşdeğer lineer analizini aşan bir uygulanabilirliğe sahiptir. Aşırı boşluk suyu basınçlarındaki artmanın etkisinin dahil edilmemesinden dolayı hala bir takım sınırlamalar bulunmaktadır.

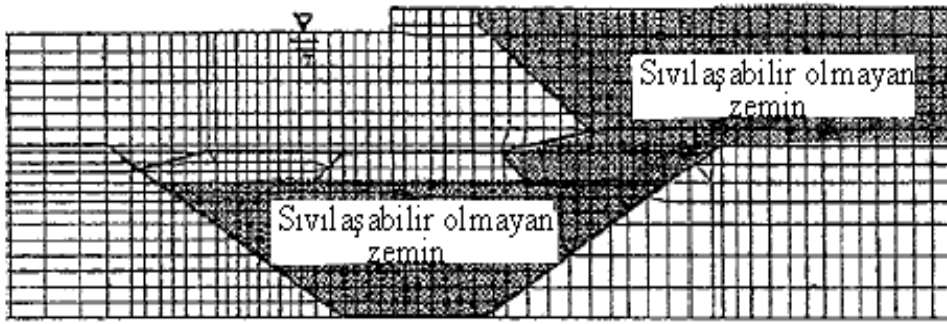
Lineer olmayan efektif gerilme analizleri, kalıcı yer değiştirmeleri analiz etmede ve/veya zemindeki gerilme seviyesinin yüzde birini aşan yapıların performansını değerlendirmede en ideal metotlardır. Bir çok bilgisayar kodları geliştirilmekte ve pratikte kullanılmaktadır. Ancak, kullanıcılar bu bilgisayar kodlarının gelişim aşamasında olduğunu ve sadece araştırma aracı olarak kullanılabileceğini bilmelidirler. Geoteknik deprem mühendisliği uzmanlarına danışılması ve efektif gerilme modeli ile bilgisayar kodunun gelişme safhalarının tartışılması gerekir. Böylece bilgisayar programının pratikte kullanılmaya uygun olup olmadığı belirlenmektedir. Japon Geoteknik Birliği (1989, 1991) ve Ulusal Bilim Kurumu, USA (Arulanandan ve Scott, 1993) konferansları bazı bilgileri ileri sürmüştür.

Analizde kullanılacak bilgisayar kodları bazı sonuçlara dayanmaktadır:

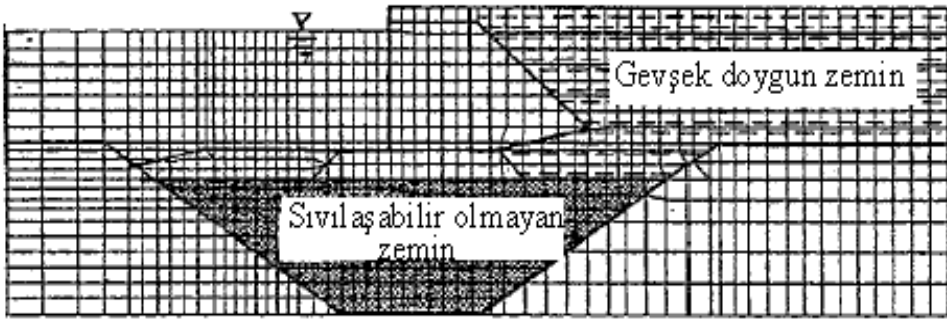
- teknik literatürde taslağının çizildiği teorik zeminin olması
- geoteknik incelemelerde kullanılan analiz parametrelerini belirleyen yöntemlerin tamamının olması
- liman yapılarının sismik performansının geçmiş örnekleri belgeleyen yöntemlerin uygulanabilmesi
- bilgisayar kodlarının kullanılabilmesi

Ağırlık tipi rıhtım duvarının yer değiştirmeleri üzerindeki geoteknik koşulların etkisini değerlendirmek için parametrik çalışma olarak 3 analiz gerçekleştirilmektedir. Parametrik çalışma; aşırı boşluk suyu basınçları olmaksızın bahsedilen analizde kullanılan özelliklere sahip sıvılaştırılabilir olmayan zemin olarak adlandırılan sanal zemin modelini içermektedir. Parametrik çalışmadaki örnekleri anlamak için deprem sırasındaki mevcut rıhtım duvarı Örnek 1 olarak belirlenmektedir. Şekil 5.31’de gösterildiği gibi 2 ile 4 arasındaki örnekler keson duvar ile ilgili olan sıvılaştırılabilir olmayan zeminlerin genişliğine dayanılarak belirlenmektedir.

Örnek-2



Örnek-3



Örnek-4



Şekil 5.31 Parametrik çalışmanın varsayılan koşulları

Çizelge 5.12’de analizin ana sonuçları özetlenmektedir. Bu sonuçlar; alt zeminde aşırı boşluk suyu basıncının artmasının Örnek 2’de olduğu gibi engellenmesiyle ağırlık tipi rıhtım duvarı şekil değiştirmesinin saptanandan yaklaşık 1.5 kadar azaldığını göstermektedir.

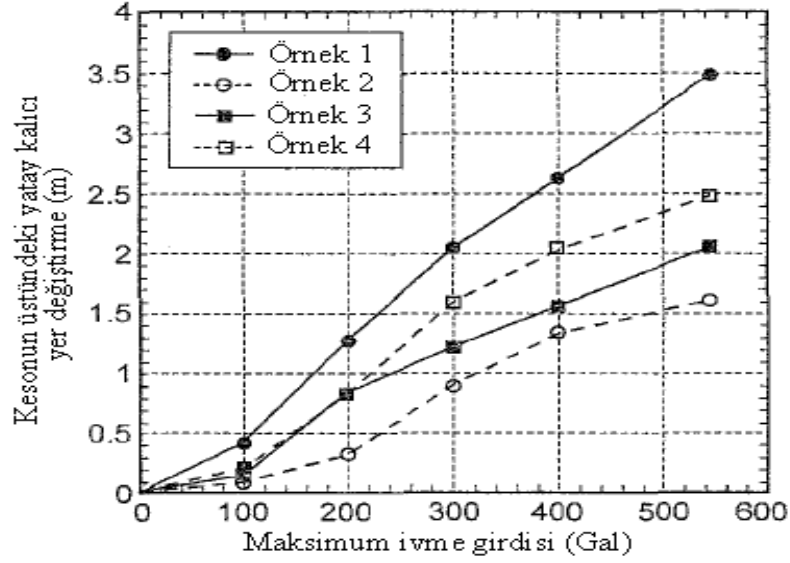
Özellikle keson duvarın altındaki temel zemininde boşluk suyu basıncı etkisinin artması; Örnek 3 ile 4’den anlaşılabilceği gibi geri dolgudakinden yaklaşık 2 kat daha fazla olmaktadır. Bu sonuçlar; depremden önce kum sıkıştırma kazığı tekniği ile iyileştirilmiş zemin üzerine yerleştirilen keson duvarın olduğu limandaki rıhtım duvarlarının sismik performansı ile kısmen tespit edilmektedir (Iai ve diğ., 1996).

Çizelge 5.12 Ağırlık tipi rıhtım duvarı için parametrik çalışmanın ana sonuçları

Örnek	Kesonun kalıcı yer değiştirmeleri		
	Yatay (m)	Düşey (m)	Eğilme (°)
Örnek 1	3.5	1.5	4.1
Örnek 2	1.6	0.6	2.4
Örnek 3	2.1	0.7	3.1
Örnek 4	2.5	1.1	2.2

Temeldeki deprem hareketi girdisinin maksimum ivmesindeki değişiklikler için keson duvarın üstündeki yatay kalıcı yer değiştirme, Şekil 5.32’de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır. Bu davranış eğrileri; performansa dayalı tasarım için temel oluşturmaktadır. Örneğin, keson rıhtım duvarı; 1.seviye ve 2.seviye depremler için sırasıyla 0.2g ve 0.3g sismik analize sebep olan alanda inşa edildiği kabul edilsin. Örnek 1 rıhtım duvarı için kesonun üstündeki yatay yer değiştirmesi, 1.seviye ve 2.seviye depremlerde 1.3 ve 2.1m olmaktadır ve bunlar daha önceden bahsedilen performans kriterini sağlamamaktadır.

İvme zaman kayıtlarının düşey bileşeninin etkisi; 0’dan 0.40g ’ye kadar ivme aralığına sahip düşey bileşenin değişen maksimum ivmesi ile incelenmektedir (Ichii ve diğ., 1997). Yatay bileşenin maksimum ivmesi, 0.54g değerinden değişmemektedir. Düşey ve yatay bileşenler arasındaki faz farkı değişkendir. Bu parametrik çalışma, düşey bileşenin etkisinin yaklaşık %10’dan daha az kalıcı yer değiştirmeyi arttırdığını ileri sürmektedir.



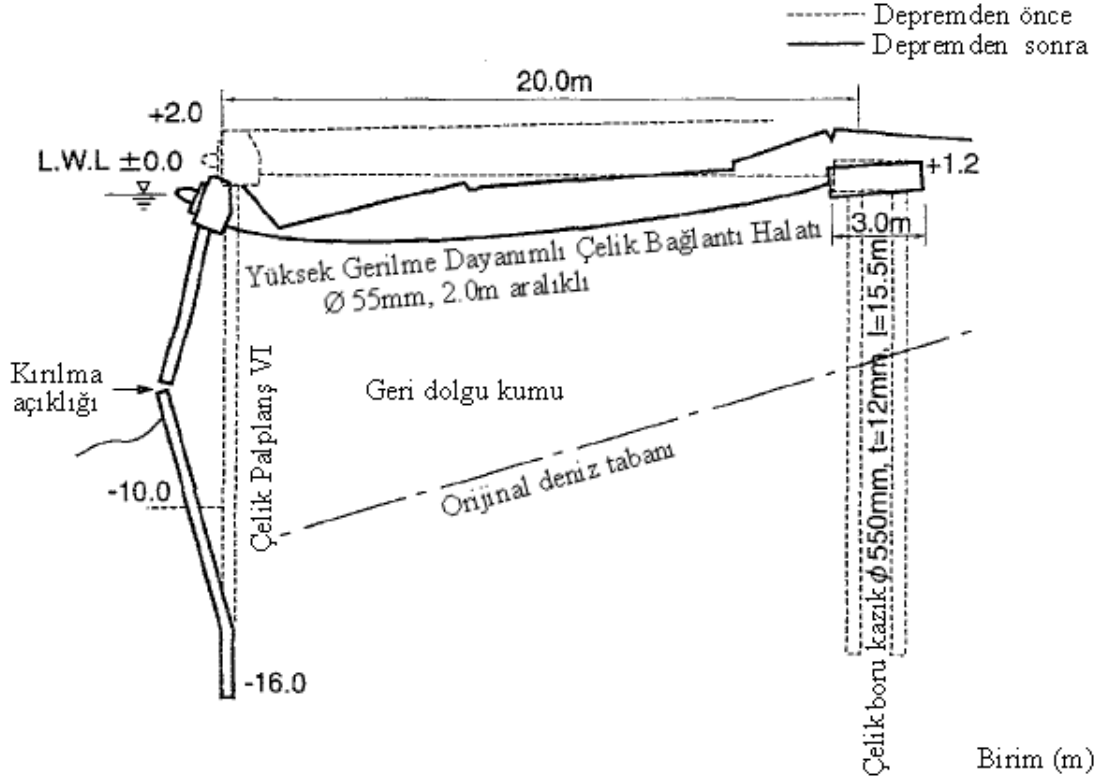
Şekil 5.32 Yatay kalıcı yer değiştirmeye girdi ivme seviyelerinin etkisi

(2) Palplanş tipi rıhtım duvarı

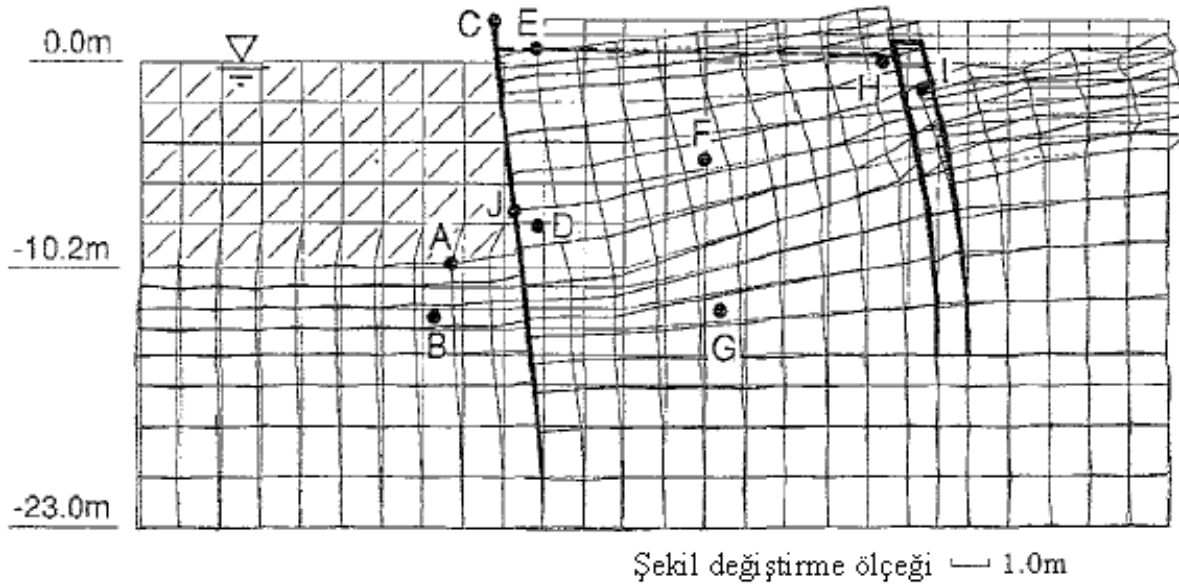
Japonya'da 1983 Nihonkai-Chubu depremi sırasında Akita limanındaki bir çok ankrajlı çelik palplanş duvar hasara uğramıştır. Duvarların çoğu; 20'den 50'ye kadar sınıflanmış SPT N -değerlerine sahip deniz tabanından taranan temiz kumun doldurulması ile inşa edilmiştir. Deprem sırasında bu duvarlar; düşey doğrultuda $0.24g$ ve yatay doğrultuda $0.05g$ maksimum ivmelere sahip olan deprem hareketi ile sallanmıştır. Şekil 5.33 ankrajlı palplanş tipi rıhtım duvarının şekil değiştirmesini ve tipik kesitini göstermektedir. Kesikli çizgilerle gösterildiği gibi palplanş duvar, 1.1 ile 1.8m arası denize doğru hareket etmiştir ve geri dolgu da sıvılaşmıştır. Palplanş duvar eğilmiştir ve deniz seviyesinin yaklaşık 6m aşağısında bir kırılma meydana gelmiştir.

FLIP'in kullanıldığı efektif gerilme analizi; Şekil 5.34'de gösterilen şekil değiştirmeye neden olmaktadır (Iai ve Kameoka, 1993). Toprak basınçlarındaki ve eğilme momentindeki artışlar, Şekil 5.35'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır. Bu analizde model parametreleri; SPT N -değerlerine ve çevrimsel üç eksenli test sonuçlarına dayanılarak değerlendirilmektedir. Duvar ve ankrajlar; lineer kiriş elemanları kullanılarak biçilendirilmekte ve bu nedenle, duvarın eğilmesinden sonraki duvarın sismik davranışının gösterilmesinde bir sınırlama söz konusu

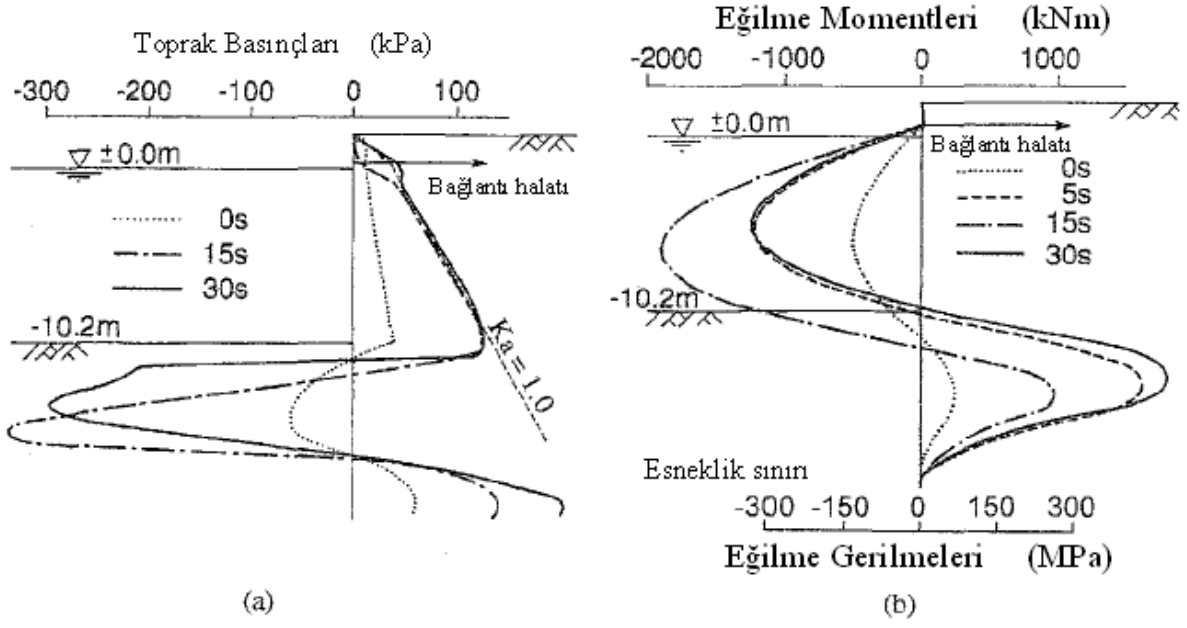
olmaktadır. Bununla birlikte, 1.3m olarak hesaplanan duvarın üstündeki yer değiştirme, saptananı ile tutarlıdır. Palplanş rıhtım duvarının hesaplanan maksimum eğilme momenti, eğilme seviyesini aşmıştır ancak saptanan momentle uygunluk göstermektedir.



Şekil 5.33 1983 Nihonkai-Chubu depremi sırasında Akita limanındaki hasar/şekil değiştirme ve ankrajlı palplanş rıhtım duvarının kesiti



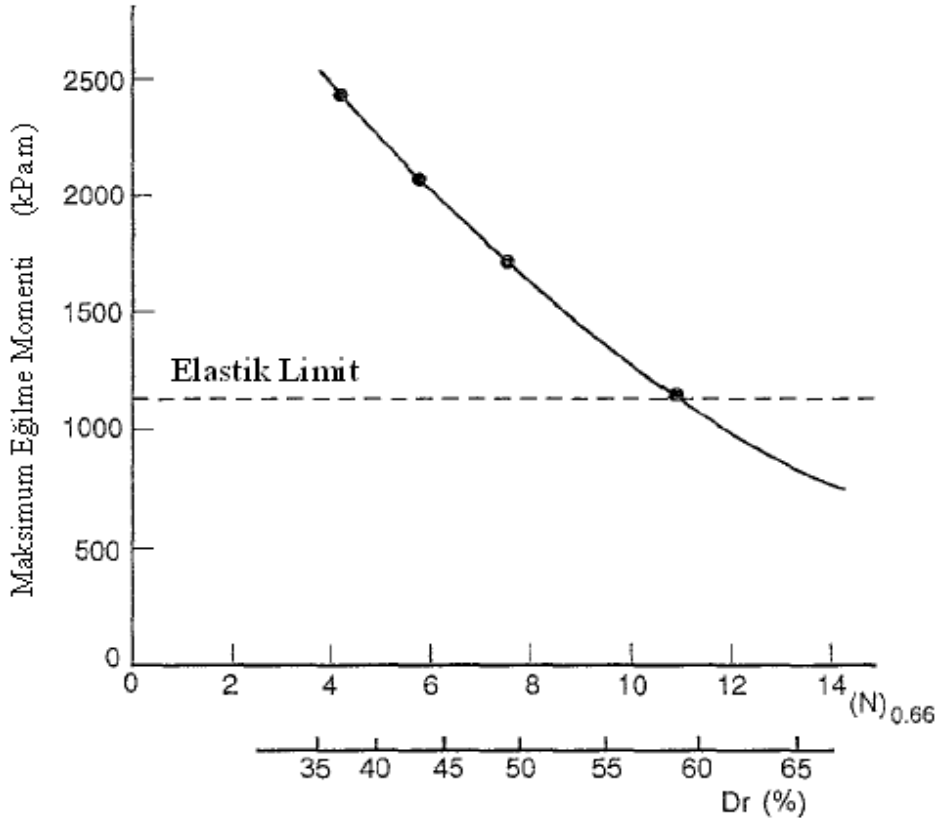
Şekil 5.34 Palplanş tipi rıhtım duvarının hesaplanan şekil değiştirmesi



Şekil 5.35 Palplanş tipi rıhtım duvarında hesaplanan toprak basınçları ve eğilme momentleri

(a) Toprak basınçları

(b) Eğilme momenti



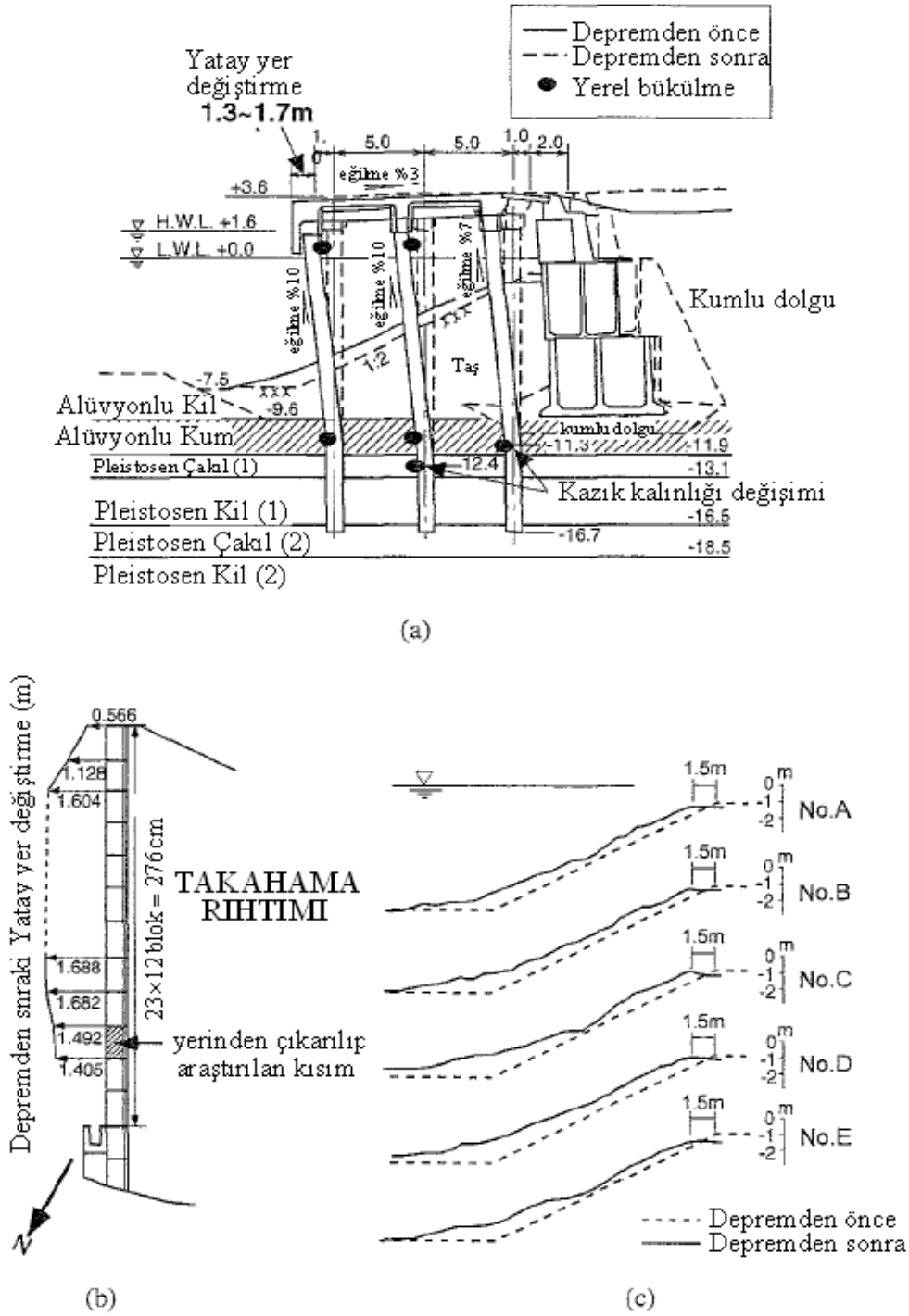
Şekil 5.36 Artan SPT N -değerleri/yoğunluk ile birlikte maksimum eğilme momentinin azalması

Geri dolgudaki geoteknik koşulların bütün etkisini ele almak için parametrik çalışma; geri dolgunun değişen SPT N -değerleri ile gerçekleştirilmektedir. Palplanş duvardaki maksimum eğilme momenti; Şekil 5.36'da gösterildiği gibi yüksek SPT N -değerlerinde azalmaktadır. Bu şekildeki N_{65} ; genellikle Japon limanlarının tasarım uygulamalarında kullanılan 65 kPa'lık efektif fazla yükleme basıncıyla düzeltilmiş olan SPT N -değerlerini göstermektedir (Liman Araştırma Enstitüsü, 1997). Bu sonuçları destekleyecek kanıt, Akita limanında bulunan hasar görmemiş rıhtım duvarı örneğidir (Iai ve Kameoka, 1993).

(3) Kazıklı rıhtım

1995 Hyogoken Nambu depremi sırasında Kobe limanında Takahama rıhtımındaki kazıklı rıhtım hasar görmüştür. Rıhtımın yatay kalıcı yer değiştirmesi 1.3 ile 1.7 m arasındadır ve kazıklı rıhtımın yer değiştirmesi ve tipik kesit örneği Şekil 5.37'de gösterilmektedir. Bu şekilde gösterildiği gibi rıhtım; pleistosen kil ve kumlu çakıl gibi alternatif tabakalardan oluşan sıkı zemin dolgusu üzerine inşa edilmiştir. SPT N -değerleri; kil için 10 ile 25 arasında ve kumlu çakıl için ise 30 ile 50 arasında veya daha yüksek olmaktadır. Sıkı dolgu zemin; değişen kalınlığının yaklaşık ortalama 2 metre ve SPT N -değerinin yaklaşık 15 olduğu alüvyonlu kum tabakası ile kaplanmaktadır. Beton keson bloklardan yapılan istinat duvarının arkasında SPT N -değeri yaklaşık 10 olan ayrışık granitin hidrolik geri dolgusu bulunmaktadır. Rıhtımın döşemesi; betonarme plaklar ve 700mm çaplı çelik boru kazıklarla desteklenmiş kirişler ile meydana getirilmiştir.

Kara tarafına yerleştirilen kazıklar hariç çelik kazıklar kazık başlarından bükülmüşlerdir. Kara tarafında bulunan kazık-beton giriş bağlantısında kırılma meydana gelmiştir. Şekil 5.37(b)'de depremden sonra inceleme için kazıkların yerinden çıkarıldığı gösterilmektedir. Şekil 5.37(a)'da ise tarama hattının aşağısındaki derinliklerde kazıklarda bükülme oluştuğunu gösterilmektedir. Bu şekilde gösterildiği gibi bazı bükülmeler; alüvyonlu kum ve pleistosen çakıl tabakalarının arasındaki sınıra yakın yerlerde meydana gelmiştir. Dalgıçlar tarafından 5 farklı yerde 5m'lik kısımlarla ölçülen taş seddenin yer değiştirmesi; Şekil 5.37(c)'de gösterilen döşemenin yer değiştirmesi ile yaklaşık olarak aynıdır. Koruma yapısının arkasındaki geri dolgu yaklaşık 1m kadar oturma göstermiştir. Bir bakıma bu ölçümler; sedde ve istinat duvarının denize doğru uniform hareketini dolaylı olarak belirtmektedirler.



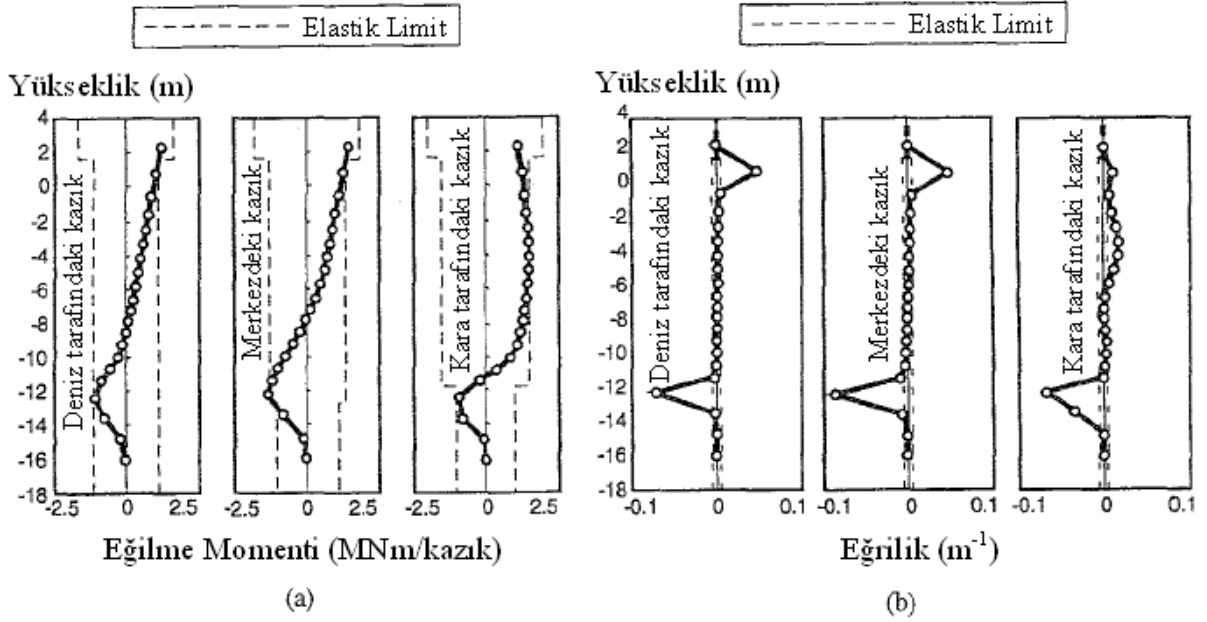
Şekil 5.37 1995 Büyük Hanshin depremi sırasında Kobe limanındaki hasar/şekil değiştirme

ve kazıklı rıhtımın kesiti

(a) Kesit ve şekil değiştirme/hasar

(b) Kazıklı rıhtımın planı

(c) Taş seddedeki yer değiştirmeler



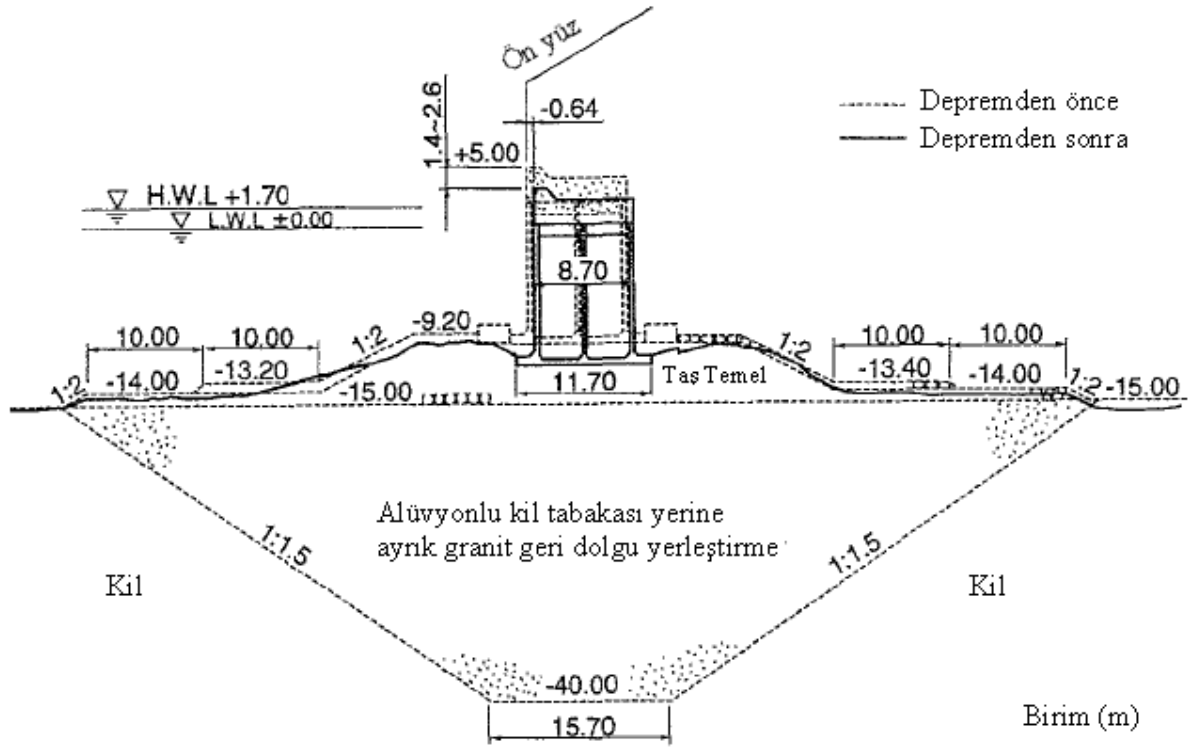
Şekil 5.39 Kazıklarda hesaplanan kalıcı eğilme momentleri ve eğrilikleri

(4) Dalgakıran

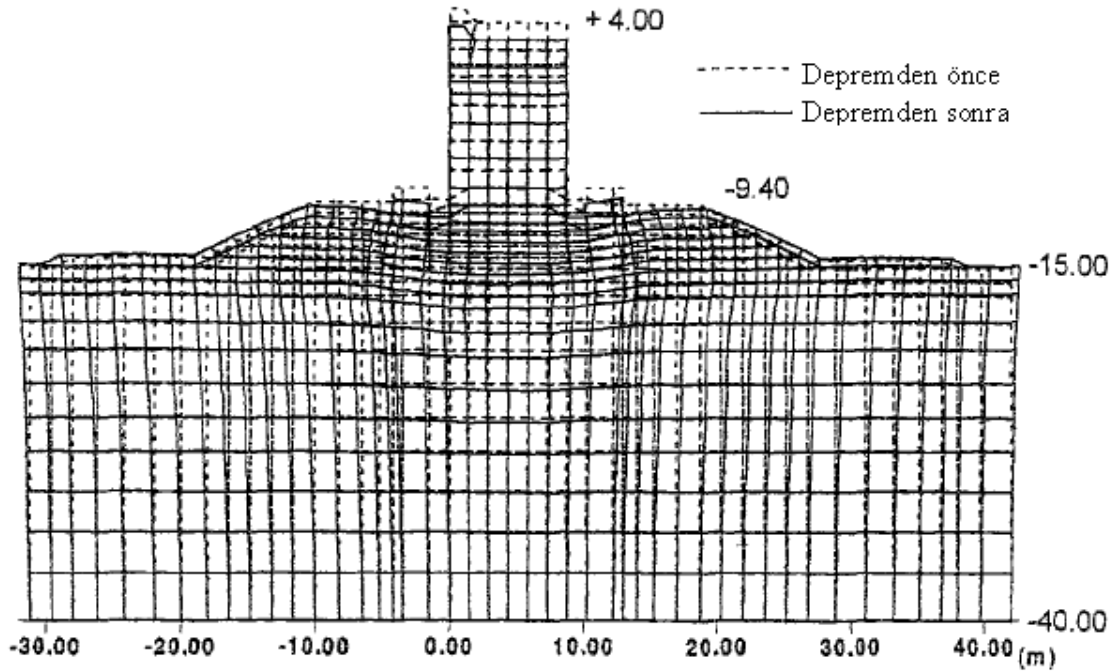
Ağırlık tipi rıhtım duvarında bahsedilene benzer olarak Kobe limanındaki kompozit dalgakıranlar; orijinal alüvyonlu kil tabakasının kazı yapılarak yerine gevşek ayrık granit ile geri doldurduğu alanın üzerine inşa edilmiştir. Şekil 5.40'da gösterildiği gibi Kobe limanındaki kil tabaka kalınlığı maksimum 25m'ye ulaşmaktadır. 1995 depremi sırasında dalgakıran yaklaşık olarak 1.4 ile 2.6m arası oturma göstermiştir. Dalgakıranın yatay yer değiştirmesi 10 cm'den daha azdır. Şekil değiştirmenin şekli; kesonun taş zemine ve taşın ise dayanımını kaybedip gevşek dolgunun altına doğru itildiği izlenimini uyandırmaktadır. Rıhtım duvarlarında ve dalgakıranlarda kullanılan kesonlar birbirine benzediği halde şekil değiştirmenin şekilleri birbirinden farklıdır. Temel farklılığın sebebinin geri dolgu etkisi olduğu tahmin edilmektedir.

FLIP'in kullanıldığı efektif gerilme analizi; Şekil 5.41'de gösterilen kalıcı şekil değiştirmeye neden olmaktadır (Iai ve diğ., 1998b). Şekil değiştirme şekli, Şekil 5.40'da gösterilen ve saptanan ile uyuşmaktadır. Dalgakıranın üstündeki oturma; aşamalı olarak biriktirilmiştir ve

dalgakıranın üstündeki hesaplanan yatay yer değiştirme çok küçük kaldığı sırada, 1.3m'ye ulaşmıştır. Bu sonuçlar; saptanan performansla temelde birbirini tutmaktadırlar.



Şekil 5.40 1995 Büyük Hanshin depremi sırasında şekil değiştirme ve Kobe limanındaki dalgakıranın kesiti



Şekil 5.41 Dalgakıranın hesaplanan şekil değiştirmesi

5.3.3 Şevlerin ve Duvarların Dinamik Analizinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Komşu yapılarda kazıklı yapıların seddelere gömülmesi, halatların gömülmesi ve diğer zemin-yapı etkileşim problemleri gibi şev hareketinin hasara neden olacağı durumlarda; tasarım seviyesi zemin hareketlerine bağlı olan şev şekil değiştirmelerini hesaplamak için sayısal modelleme metotlarına bel bağlanılmaktadır (Finn, 1990). Zemin-yapı etkileşim problemlerinde kullanılan sayısal modeller; zeminin ve yapay yapısal elemanların şekil değiştirmelerini hesaba katmak için kullanılan tekniklere dayanılarak sınıflandırılabilirler. Bir çok durumda; ilk önce zeminin hareketi hesaplanmaktadır ve sonrasında da yapının davranışına göre şekil değiştirmeleri belirlenmektedir. Ayrılmamış olarak adlandırılan bu analiz tipinde; hesaplanan zemin şekil değiştirmeleri, gömülü yapısal bileşenlerin bulunmasından etkilenmemektedir.

Bu ayrılmamış analiz tipi, yapının davranışına dayanan zemin şekil değiştirmelerini tanımlayan tekrarlanan çözüm şeması içermektedir ve böylece gerilmeler hesaplanmaktadır. Yanal yayılmadan dolayı oluşan kazıkların üzerine etki eden sürüklenme yükü; bu analiz tipinin bir örneğidir. Ayrılmamış analizde zemin şekil değiştirmeleri; ampirik bağıntılar (örn. Barlett ve Youd, 1995) ya da kayma blok tip hesabı (örn. Byrne ve diğ., 1994) kullanılarak hesaplanmalıdır. Zemin şekil değiştirmelerinin düzeni saptanır saptanmaz şekil değiştiren kazıklardaki yükleri belirlemek için LPILE (Reese ve Wang, 1994) gibi bir model kullanılabilir. Ayrıca, sıvılaştıran zeminin azalan rijitliğini hesaba katmak için $p - y$ eğrilerinde bir takım değişiklikler yapılabilir (O'Rourke ve Meyerson, 1994).

Birleştirilmiş sayısal analizde; zeminin ve yapısal elemanların şekil değiştirmeleri aynı anda çözülmektedir. Limanlardaki rıhtımın sismik performansını modellemek için FLUSH (Lysmer ve diğ., 1975), FLAC (Itasca, 1995), DYSAC2 (Muraleetharan ve diğ., 1988), LINOS (Bardet, 1990) ve FLIP (Iai ve diğ., 1992) gibi iki boyutlu sayısal modeller kullanılmaktadır. Bu sayısal analizlerdeki ana farklılıklar;

- (a) kullanılan sayısal formülasyon (örn. sonlu eleman metodu, sonlu farklar metodu),
- (b) zeminler için uygun modelin kullanılması ve
- (c) büyük kalıcı şekil değiştirmeleri modelleyebilmedir.

Listelenen metotların her biri; dinamik zemin-yapı etkileşiminin çeşitli durumlarının hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Gelişmiş sayısal modelleme teknikleri, kazıklı rıhtımlarda yapay dolguların ve şevlerin kalıcı şekil değiştirmelerini hesaplamak gibi zemin-yapı etkileşimi uygulamaları için tavsiye edilmektedir.

Bu modellerin başlıca avantajları şöyle sıralanabilmektedir:

- (a) karmaşık yapay dolgu geometrisinin hesaplanabilmesi
- (b) hassas çalışmalarda yapının sismik stabilitesine tesir eden çeşitli parametrelerin etkisinin belirlenebilmek
- (c) dinamik zemin davranışını gerçeğe uygun olarak yeniden meydana getirilmesi
- (d) zemin sarsıntısı sırasında aşırı boşluk suyu basıncının zemine nüfuz etmesini ve bunla ilgili olarak zemin rijitliği ve dayanımındaki azalmayı hesaba katan birleştirilmiş analizlerin kullanılabilmesi
- (e) zemin-yapı etkileşiminin ve kalıcı şekil değiştirmelerin hesaplanabilmesi

Bu avantajlar, yüksek performans dereceli yapıların tasarlanması için dinamik analizin kullanımını sağlayabilmesine rağmen modelin bazı dezavantajları da söz konusudur. Bunlar;

- (a) sayısal modeli kurmak için uzun bir zamanın gerekebilmesi
- (b) bir çok zemin parametrelerinin incelenmesi ve bu nedenle laboratuvar testleri maliyetinin artması
- (c) mevcut koruma yapılarının sismik performansına ait kaydedilmiş bilgilerin çok az model için geçerli olması ve bu sebeple analizlerde bir belirsizlik seviyesi söz konusu olması

En son olarak; tasarım kararlarından önce analitik yöntemlerin uygulanabilirliğinin tespit edilmesi tavsiye edilmektedir.

5.4 Analizin Girdi Parametreleri

Sismik analizde bahsedildiği gibi; sonuçların güvenilirliği sadece analiz tipine değil aynı zamanda girdi parametrelerine de bağlıdır. Girdi parametreleri, Çizelge 5.13 ile 5.15 arasında ayrıntılı olarak hazırlanmıştır. Bu tablolar, girdi parametrelerinde belirsizliklerin olası sebeplerini tespit etmede ve güvenilirliği geliştirmek için mühendislik planlarının kurgulanmasında kullanılabilir.

Çizelge 5.13 Basitleştirilmiş analizin girdi parametreleri

Liman yapıları/koşulları		Tasarım parametreleri	Girdi parametreleri
Ağırlık tipi rıhtım duvarı	Deprem	k_e : eşdeğer sismik katsayı	a_{max} : kayadaki bölgesel PGA Alan sınıfı (alan büyütme faktörü)
	Yapısal	k_t : başlangıç sismik katsayı	W, H & su seviyesi: Ağırlık tipi duvarın kesitsel boyutları
	Geoteknik	(Sıvılaşabilir alan için duvarın boyutları ve durumu ile ilgili olan sıvılaşabilir zeminin geometrik büyüklüğü)	c, ϕ : zeminlerin kohezyonu ve içsel sürtünme açısı μ_b, δ : tabandaki ve duvarın arka yüzündeki sürtünme açıları zemin su seviyesi (sıvılaşabilir alan için SPT/CPT)
Palplan tipi rıhtım duvarı	Deprem	k_e : eşdeğer sismik katsayı	a_{max} : kayadaki bölgesel PGA Alan sınıfı (alan büyütme faktörü)
	Yapısal	k_t : başlangıç sismik katsayı (Sıvılaşabilir alan için duvarın boyutları ve durumu ile ilgili olan sıvılaşabilir zeminin geometrik büyüklüğü)	Palplanş duvar: Boyutlar (H, D_{emb} & su seviyesi) & malzeme parametreleri (örn. E, I, A , eğilme gerilmesi) Bağlantı halatı: Uzunluk L ve malzeme parametreleri (örn. E, A , eğilme gerilmesi) Ankraj: Tip (düşey veya çakma kazık), boyutlar ve malzeme parametreleri (örn. E, I , eğilme gerilmesi)
	Geoteknik		c, ϕ : zeminlerin kohezyonu ve içsel sürtünme açısı δ : Palplanş/zemin ara yüzündeki sürtünme açısı zemin su seviyesi (sıvılaşabilir alan için SPT/CPT)
Kazıklı rıhtım	Deprem	Kazık-döşeme yapısı: Tasarım davranış spektrası Sedde/istinat duvarı: k_e : eşdeğer sismik katsayı	a_{max} : kayadaki bölgesel PGA Alan sınıfı (alan büyütme faktörü)
	Yapısal	Kazık-döşeme yapısı: elastik limitteki dayanım $1/\beta$: tarma hattından eşdeğer desteksiz kazığın tabanına kadarki derinlik $\beta = \sqrt[4]{\frac{K_{h-sub} \times D_p}{4EI}}$	Kazık-döşeme yapısı: Kazıklar: Boyutlar (L, D_p & su seviyesi) & malzeme parametreleri (örn. E, I, A, D_p eğilme/gerilme/basınç) Döşeme: Boyutlar ve malzeme parametreleri Sedde/istinat duvarı: ağırlık ve palplanş tipi duvarlarla ilgili yapısal parametreler

Çizelge 5.13 Basitleştirilmiş analizin girdi parametrelerinin devamı

Liman yapıları/koşulları		Tasarım parametreleri	Girdi parametreleri
Kazıklı rıhtım	Geoteknik	Sedde/istinat duvarı: k_l : başlangıç sismik katsayı (Sıvılaştırılabilir alan için duvarın boyutları ve durumu ile ilgili olan sıvılaştırılabilir zeminin geometrik büyüklüğü)	Kazık-döşeme yapısı: k_{h-alt} : yanal zemin direnç katsayısı (veya $p - y$ eğrisi) Sedde/istinat duvarı: ağırlık/palplanş tipi duvarları ve sedde ile ilgili geoteknik parametreler
		Deprem	k_e : eşdeğer sismik katsayı
Keson tipi rıhtım duvarı	Yapısal	Tüm stabilite için: k_l : başlangıç sismik katsayı (Sıvılaştırılabilir alan için duvarın boyutları ve durumu ile ilgili olan sıvılaştırılabilir zeminin geometrik büyüklüğü)	a_{max} : kayadaki bölgesel PGA Alan sınıfı (alan büyütme faktörü) Keson: Boyutlar (H, W, D_{emb} & su seviyesi) & malzeme parametreleri (örn. E, I, A , eğilme gerilmesi) c, ϕ : zeminlerin kohezyonu ve içsel sürtünme açısı δ : Keson/zemin ara yüzündeki sürtünme açısı zemin su seviyesi (sıvılaştırılabilir alan için SPT/CPT)
	Geoteknik	Yapısal performans için: elastik limit limitler	
Vinç	Deprem	Tasarım davranış spektrası	a_{max} : kayadaki bölgesel PGA Alan sınıfı (davranış spektrasına bağlı alan)
	Yapısal	Elastik limitteki dayanım	Boyutlar ve malzeme parametreleri (örn. E, I, A , eğilme gerilmesi)
	Geoteknik	N/A	N/A
Dalgakıran	Deprem	k_e : eşdeğer sismik katsayı	a_{max} : kayadaki bölgesel PGA Alan sınıfı (alan büyütme faktörü)
	Yapısal	k_l : başlangıç sismik katsayı (Sıvılaştırılabilir alan için dalgakıranın boyutları ve durumu ile ilgili olan sıvılaştırılabilir zeminin geometrik büyüklüğü)	W, H & su seviyesi: Dalgakıranın kesitsel boyutları
	Geoteknik		c, ϕ : taş dolgu ve temel zeminlerinin kohezyonu ve içsel sürtünme açısı μ_b : kompozit tip dalgakıran için keson tabanındaki sürtünme açıları (sıvılaştırılabilir alan için SPT/CPT)

Çizelge 5.14 Basitleştirilmiş dinamik analizin girdi parametreleri

Liman yapıları/koşulları		Tasarım parametreleri	Girdi parametreleri
Ağırlık tipi rıhtım duvarı	Deprem	Ampirik denklemler: a_{max} : maksimum ivme v_{max} : maksimum hız Zaman kayıdı analizi: Deprem hareketlerinin zaman kayıtları	Ana kayanın deprem hareketleri
	Yapısal	Kayma blok analizi: a_t : başlangıç ivmesi	W, H & su seviyesi: Ağırlık tipi duvarın kesitsel boyutları
	Geoteknik	Basitleştirilmiş grafik: W, H & su seviyesi: Ağırlık tipi duvarın kesitsel boyutları SPT N -değerleri	$G - \gamma$ & $D - \gamma$ eğrileri (alan davranış analizi için) c, ϕ : zeminlerin kohezyonu ve içsel sürtünme açısı μ_b, δ : tabandaki ve duvarın arka yüzündeki sürtünme açıları zemin su seviyesi direne edilmemiş çevrimsel özellikler ve/veya SPT/CPT verisi
Palplanş tipi rıhtım duvarı	Deprem	Ampirik denklemler: a_{max} : maksimum ivme v_{max} : maksimum hız Zaman kayıdı analizi: Deprem hareketlerinin zaman kayıtları	Ana kayanın deprem hareketleri
	Yapısal	Kayma blok analizi: a_t : başlangıç ivmesi Basitleştirilmiş grafik: W, H & su seviyesi: Palplanş tipi duvarın kesitsel boyutları SPT N -değerleri (zemin iyileştirme genişliği)	Palplanş duvar: Boyutlar (H, D_{emb} & su seviyesi) & malzeme parametreleri (örn. E, I, A , eğilme/gerilme/basınç limitleri, süneklik faktörü) Bağlantı halatı: Uzunluk L ve malzeme parametreleri (örn. E, A , eğilme/gerilme/basınç limitleri) Ankraj: Tip (düşey veya çakma kazık), boyutlar ve malzeme parametreleri (örn. E, I , eğilme/gerilme/basınç limitleri)
	Geoteknik		$G - \gamma$ & $D - \gamma$ eğrileri (alan davranış analizi için) c, ϕ : zeminlerin kohezyonu ve içsel sürtünme açısı δ : Duvar/zemin ara yüzündeki sürtünme açısı zemin su seviyesi direne edilmemiş çevrimsel özellikler ve/veya SPT/CPT verisi

Çizelge 5.14 Basitleştirilmiş dinamik analizin girdi parametrelerinin devamı

Liman yapıları/koşulları		Tasarım parametreleri	Girdi parametreleri
Kazıklı rıhtım	Deprem	<p>Kazık-döşeme yapısı: standart yöntem: tasarım davranış spektrası spesifik çalışma alanı: deprem hareketlerinin zaman kayıtları</p> <p>Sedde/istinat duvarı: ampirik denklemler: a_{max} : maksimum ivme v_{max} : maksimum hız zaman kayıdı analizi: deprem hareketlerinin zaman kayıtları</p>	Ana kayanın deprem hareketleri
	Yapısal	<p>Kazık-döşeme yapısı: elastik limit/ nihai durumlardaki dayanım $1/\beta$: tarma hattından eşdeğer desteksiz kazığın tabanına kadarki derinlik</p> $\beta = \sqrt[4]{\frac{K_{h-sub} \times D_p}{4EI}}$ <p>Sedde/istinat duvarı: a_t : başlangıç ivmesi</p>	<p>Kazık-döşeme yapısı: Kazıklar: Boyutlar (L, D_{emb} & su seviyesi) & malzeme parametreleri (örn. E, I, A, D_p, eğilme/nihai eğilme momenti, kayma kırılma kriteri, süneklik faktörü, $M - \phi$ eğrisi, gerilme limiti)</p> <p>Döşeme: Boyutlar & malzeme parametreleri (örn. E, boyutlar, kayma kırılma kriteri, gerilme limiti, kazık-döşeme bağlantısı)</p> <p>Sedde/istinat duvarı: ağırlık ve palplanş tipi duvarlarla ilgili yapısal parametreler</p>
	Geoteknik		<p>$G - \gamma$ & $D - \gamma$ eğrileri (alan davranış analizi için) tükenmemiş çevrimsel özellikler ve/veya SPT/CPT verisi</p> <p>Kazık-döşeme yapısı: k_{h-alt} : yanal zemin direnç katsayısı (veya $p - y$ eğrisi)</p> <p>Sedde/istinat duvarı: ağırlık/palplanş tipi duvarları ve sedde ile ilgili geoteknik parametreler</p>

Çizelge 5.14 Basitleştirilmiş dinamik analizin girdi parametrelerinin devamı

Liman yapıları/koşulları		Tasarım parametreleri	Girdi parametreleri
Keson tipi rıhtım duvarı	Deprem	Ampirik denklemler: a_{\max} : maksimum ivme v_{\max} : maksimum hız Zaman kayıdı analizi: Deprem hareketlerinin zaman kayıtları	Ana kayanın deprem hareketleri
	Yapısal	Tüm stabilite için: a_t : başlangıç ivmesi	Keson: Boyutlar (H, W & su seviyesi) & malzeme parametreleri (örn. E, I, A , eğilme/nihai gerilme/basınç limitleri)
	Geoteknik	Yapısal performans için: eğilme/nihai gerilme/basınç limitleri	$G - \gamma$ & $D - \gamma$ eğrileri (alan davranış analizi için) c, ϕ : zeminlerin kohezyonu ve içsel sürtünme açısı δ : Keson/duvar ara yüzündeki sürtünme açısı zemin su seviyesi direne edilmemiş çevrimsel özellikler ve/veya SPT/CPT verisi
Vinç	Deprem	standart yöntem: tasarım davranış spektrası spesifik çalışma alanı: deprem hareketlerinin zaman kayıtları	Ana kayanın deprem hareketleri
	Yapısal	elastik limit/nihai gerilme limitindeki dayanım süneklik faktörü	Boyutlar ve malzeme parametreleri (örn. E, I, A, B , eğilme ve nihai eğilme momenti, kayma kırılma kriteri, süneklik faktörü, $M - \phi$ eğrisi, gerilme limiti)
	Geoteknik	N/A	N/A
Dalgakıran	Deprem	Ampirik denklemler: a_{\max} : maksimum ivme v_{\max} : maksimum hız Zaman kayıdı analizi: Deprem hareketlerinin zaman kayıtları	Ana kayanın deprem hareketleri

Çizelge 5.14 Basitleştirilmiş dinamik analizin girdi parametrelerinin devamı

Liman yapıları/koşulları		Tasarım parametreleri	Girdi parametreleri
Dalgakıran	Yapısal	a_t : başlangıç ivmesi	W, H & su seviyesi: Dalgakıranın kesitsel boyutları
	Geoteknik		$G - \gamma$ & $D - \gamma$ eğrileri (alan davranış analizi için) c, ϕ : taş dolgu ve temel zeminlerinin kohezyonu ve içsel sürtünme açısı μ_b : komposit tip dalgakıran için keson tabanındaki sürtünme açıları direne edilmemiş çevrimsel özellikler ve/veya SPT/CPT verisi

Çizelge 5.15 Dinamik analizin girdi parametreleri

Liman yapıları/koşulları		Tasarım parametreleri	Girdi parametreleri
Ağırlık tipi rıhtım duvarı	Deprem	analiz alanının taban sınırındaki deprem hareketlerinin kayıtları	analiz alanının taban sınırı ana kayadan farklı ise; ana kaya: orta derecedeki sarsıntı için: $G - \gamma$ & $D - \gamma$ eğrileri ana kaya deprem hareketleri kuvvetli sarsıntı için: lineer olmayan analizin geoteknik parametreleri ile aynı
	Yapısal	W, H & su seviyesi: Ağırlık tipi duvarın kesitsel boyutları	
	Geoteknik	eşdeğer lineer analiz: $G - \gamma$ & $D - \gamma$ eğrileri lineer olmayan analiz: elastik özelliklerin parametreleri plastik özelliklerin parametreleri: kayma ve dilatasyon için	G, K : kayma ve dökme elastisite modülü c, ϕ : zeminlerin kohezyonu ve içsel sürtünme açısı μ_b, δ : tabandaki ve duvarın arka yüzündeki sürtünme açıları zemin su seviyesi direne edilmemiş çevrimsel özellikler ve/veya SPT/CPT verisi

Çizelge 5.15 Dinamik analizin girdi parametrelerinin devamı

Liman yapıları/koşulları		Tasarım parametreleri	Girdi parametreleri
Palplanş tipi rıhtım duvarı	Deprem	analiz alanının taban sınırındaki deprem hareketlerinin kayıtları	analiz alanının taban sınırı ana kayadan farklı ise; ana kaya: orta derecedeki sarsıntı için: $G - \gamma$ & $D - \gamma$ eğrileri ana kaya deprem hareketleri kuvvetli sarsıntı için: lineer olmayan analizin geoteknik parametreleri ile aynı
	Yapısal	lineer analiz: Palplanş duvar: Boyutlar (H, D_{emb} & su seviyesi) & malzeme parametreleri (örn. E, I, A , eğilme gerilmesi) Bağlantı halatı: Uzunluk L ve malzeme parametreleri (örn. E, A , eğilme gerilmesi) Ankraj: Tip (düşey veya çakma kazık), boyutlar ve malzeme parametreleri (örn. E, I , eğilme gerilmesi) lineer olmayan analiz: lineer analize ek olarak $M - \phi$ eğrisi, eğilme/nihai gerilme/basınç limitleri	
	Geoteknik	eşdeğer lineer analiz: $G - \gamma$ & $D - \gamma$ eğrileri lineer olmayan analiz: elastik özelliklerin parametreleri plastik özelliklerin parametreleri: kayma ve dilatasyon için	G, K : kayma ve dökme elastisite modülü c, ϕ : zeminlerin kohezyonu ve içsel sürtünme açısı δ : palplanş/duvar ara yüzündeki sürtünme açısı zemin su seviyesi direne edilmemiş çevrimsel özellikler ve/veya SPT/CPT verisi
Kazıklı rıhtım	Deprem	analiz alanının taban sınırındaki deprem hareketlerinin kayıtları	analiz alanının taban sınırı ana kayadan farklı ise; ana kaya: orta derecedeki sarsıntı için: $G - \gamma$ & $D - \gamma$ eğrileri ana kaya deprem hareketleri kuvvetli sarsıntı için: lineer olmayan analizin geoteknik parametreleri ile aynı

Çizelge 5.15 Dinamik analizin girdi parametrelerinin devamı

Liman yapıları/koşulları		Tasarım parametreleri	Girdi parametreleri
Kazıklı rıhtım	Yapısal	<p>lineer analiz:</p> <p>kazık-döşeme yapısı:</p> <p>Kazıklar: Boyutlar (L, D_{emb} & su seviyesi) & lineer malzeme parametreleri (örn. E, I, A, D_p, eğilme gerilmesi)</p> <p>Döşeme Boyutlar ve malzeme parametreleri (örn. E, A, eğilme gerilmesi)</p> <p>sedde/istinat duvarı:</p> <p>ağırlık/palplanş tipi rıhtım duvarları ile ilgili yapısal parametreler</p> <p>lineer olmayan analiz:</p> <p>lineer analize ek olarak $M - \phi$ eğrisi, kayma kırılma kriteri, eğilme/nihai gerilme/basınç limitleri</p>	
	Geoteknik	<p>eşdeğer lineer analiz:</p> <p>$G - \gamma$ & $D - \gamma$ eğrileri</p> <p>lineer olmayan analiz:</p> <p>elastik özelliklerin parametreleri</p> <p>plastik özelliklerin parametreleri:</p> <p>kayma ve dilatasyon için</p>	<p>G, K : kayma ve dökme elastisite modülü</p> <p>c, ϕ : zeminlerin kohezyonu ve içsel sürtünme açısı</p> <p>μ_b, δ : istinat duvarındaki sürtünme açıları</p> <p>zemin su seviyesi</p> <p>direne edilmemiş çevrimsel özellikler ve/veya SPT/CPT verisi</p>
Keson tipi rıhtım duvarı	Deprem	analiz alanının taban sınırındaki deprem hareketlerinin kayıtları	<p>analiz alanının taban sınırı ana kayadan farklı ise;</p> <p>ana kaya:</p> <p>orta derecedeki sarsıntı için:</p> <p>$G - \gamma$ & $D - \gamma$ eğrileri</p> <p>ana kaya deprem hareketleri</p> <p>kuvvetli sarsıntı için:</p> <p>lineer olmayan analiz parametreleri ile aynı</p>
	Yapısal	<p>lineer analiz:</p> <p>Keson: Boyutlar (H, W & su seviyesi) & malzeme parametreleri (örn. E, I, A, eğilme gerilmesi)</p> <p>lineer olmayan analiz:</p> <p>lineer analize ek olarak $M - \phi$ eğrisi, eğilme/nihai gerilme/basınç limitleri</p>	

Çizelge 5.15 Dinamik analizin girdi parametrelerinin devamı

Liman yapıları/koşulları		Tasarım parametreleri	Girdi parametreleri
Keson tipi rıhtım duvarı	Geoteknik	eşdeğer lineer analiz: $G - \gamma$ & $D - \gamma$ eğrileri	
		lineer olmayan analiz: elastik özelliklerin parametreleri plastik özelliklerin parametreleri: kayma ve dilatasyon için	G, K : kayma ve dökme elastisite modülü c, ϕ : zeminlerin kohezyonu ve içsel sürtünme açısı δ : keson/zemin ara yüzündeki sürtünme açıları zemin su seviyesi direne edilmemiş çevrimsel özellikler ve/veya SPT/CPT verisi
Vinç	Deprem	analiz alanının taban sınırındaki deprem hareketlerinin kayıtları	analiz alanının taban sınırı ana kayadan farklı ise; ana kaya: orta derecedeki sarsıntı için: $G - \gamma$ & $D - \gamma$ eğrileri ana kaya deprem hareketleri kuvvetli sarsıntı için: lineer olmayan analizin geoteknik parametreleri ile aynı
	Yapısal	lineer analiz: Vincin boyutları ve malzeme parametreleri (ve rıhtım duvarı, vinç-rıhtım duvarı etkileşimi inceleniyorsa) lineer olmayan analiz: lineer analize ek olarak $M - \phi$ eğrisi, eğilme/nihai gerilme/basınç limitleri, kayma kırılma kriteri	
	Geoteknik	vinç-rıhtım duvarı etkileşimi inceleniyorsa rıhtım duvarı analizi ile aynı	
Dalgakıran	Deprem	analiz alanının taban sınırındaki deprem hareketlerinin kayıtları	analiz alanının taban sınırı ana kayadan farklı ise; ana kaya: orta derecedeki sarsıntı için: $G - \gamma$ & $D - \gamma$ eğrileri ana kaya deprem hareketleri kuvvetli sarsıntı için: lineer olmayan analizin geoteknik parametreleri ile aynı
	Yapısal	W, H & su seviyesi: Dalgakıranın kesitsel boyutları	

Çizelge 5.15 Dinamik analizin girdi parametrelerinin devamı

Liman yapıları/koşulları		Tasarım parametreleri	Girdi parametreleri
Dalgakıran	Geoteknik	eşdeğer lineer analiz: $G - \gamma$ & $D - \gamma$ eğrileri	
		lineer olmayan analiz: elastik özelliklerin parametreleri plastik özelliklerin parametreleri: kayma ve dilatasyon için	G, K : kayma ve dökme elastisite modülü c, ϕ : zeminlerin/taşların kohezyonu ve içsel sürtünme açısı μ_b : komposit tip dalgakıran için keson tabanındaki sürtünme açıları direne edilmemiş çevrimsel özellikler ve/veya SPT/CPT verisi

6. AĞIRLIK TİPİ RIHTIM TASARIMINA AİT BİR ÖRNEK

Beş ayrı liman yapısının sismik performansı ile ilgili örnekler ve yöntemler verilecektir. Bu örnekler, saha çalışmalarına dayanmaktadır ve sismik yönergelere uyacak şekilde biraz değiştirilmiştir. Bu nedenle, verilen örnekler varsayıma dayanmaktadır. Bu tasarım örnekleri; çeşitli analiz yöntemleri uygulamalarını göstermek için tasarlanmıştır.

6.1 Ağırılık Tipi Rıhtım Duvarı (Derece A)

6.1.1 Performans Gereksinimleri ve Tasarım Koşulları

14.5 m su derinliğine sahip ağırılık tipi rıhtım duvarının inşa edilmesi planlanmaktadır. Bu rıhtım duvarının performans derecesi, 50 yıllık tasarım ömrü boyunca A derece olarak belirlenmiştir. Rıhtım duvarı alanının sismik analizine dayanarak %50'lik ve % 10'luk aşılma olasılığına sahip L1 ve L2 deprem seviyesinin PGA'sı; ana kayada sırasıyla 0.15g ve 0.30g olmaktadır. Basitleştirilmiş dinamik analiz metodunda; L1 ve L2 depremlerinin deprem moment büyüklükleri girdi verisi olarak gerekmektedir. Bu örnekte, büyüklükler sırasıyla 6.0 ve 7.0'dır. Rıhtım duvarının hasar kriteri Çizelge 6.1'de gösterildiği gibi belirlenmektedir. Bu kriterler, rıhtım duvarının belirli performans gereksinimlerinden dolayı eğilme ve farklı oturmalarındaki değişikliklere dayanılarak saptanmaktadır.

Ağırılık tipi rıhtım duvarının kesiti Şekil 6.1'de gösterilmektedir. Taşıma kapasitesini arttırmak için keson duvarın altındaki kil tabaka kaldırılarak yerine kum geri dolgu yerleştirilmektedir. Şekil 6.2'de gösterildiği gibi sismik performansı değerlendirmede; geri dolgu kumunun sıvılaşma iyileştirmesi ile ilgili olan 4 uygun geoteknik kesit göz önüne alınmaktadır.

Gerekli performans derecesi A olduğu için basitleştirilmiş ve basitleştirilmiş dinamik analizler başlangıç safhasında ve dinamik analiz ise son safhada uygulanmaktadır. Basitleştirilmiş analiz, pseudo-statik analize ve basitleştirilmiş dinamik analizler ise, parametrik çalışmalara

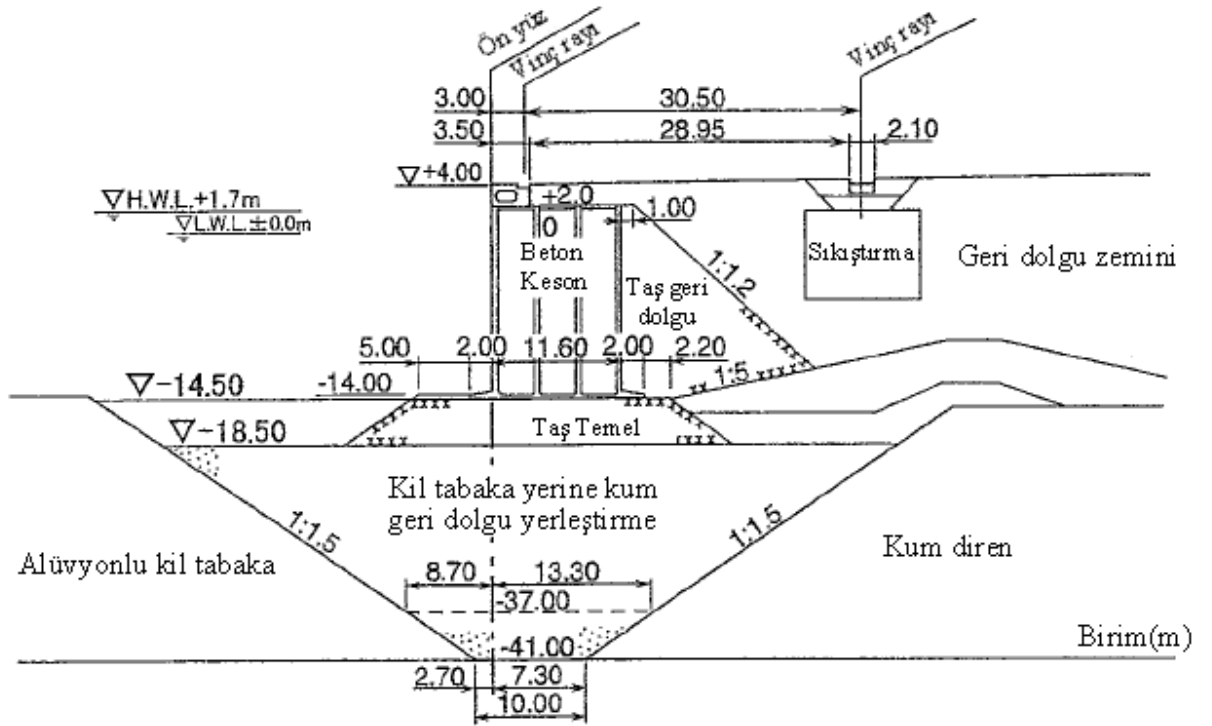
dayanmaktadır. Dinamik analiz; sonlu elemanlar metodu programı FLIP'i esas alan efektif gerilmeye kullanılmaktadır. Analiz için gerekli olan girdi verisi, yakın alanlardaki SPT, PS-kaydı ve laboratuvar testlerini içeren geoteknik incelemelerden elde edilmektedir.

Çizelge 6.1 Ağırlık tipi rıhtım duvarları için hasar kriterleri*

Hasar seviyesi		I. Derece	II. Derece	III. Derece	IV. Derece
Ağırlık duvarı	Normalleştirilmiş kalıcı yatay yer değiştirme $(d/H)**$	%1.5'ten az	%1.5 – 5.0	%5.0– 10.0	%10.0'dan fazla
	Denize doğru kalıcı eğilme	2°'den az	2.0– 5.0°	5.0 – 8.0°	8.0°'den fazla
Apron	Apron ile diğer alanlar arasındaki farklı oturma	0.3m'den az	N/A	N/A	N/A

* Rıhtım duvarının belirli gereksinimlerinden dolayı Çizelge 5.2'de gösterilen genel kriterin değişmesi

** d: Duvarın üst kotundaki kalıcı yatay yer değiştirme; H: duvarın yüksekliği

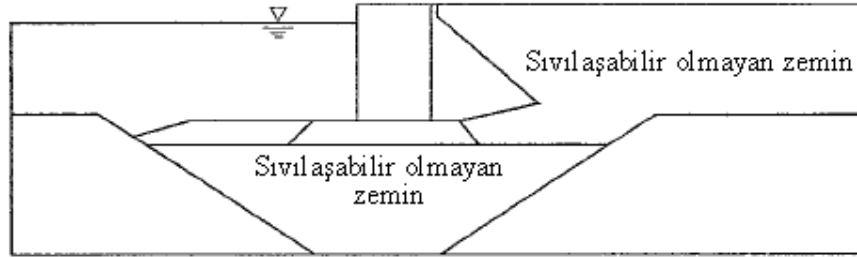


Şekil 6.1 Ağırlık tipi rıhtım duvarının kesiti

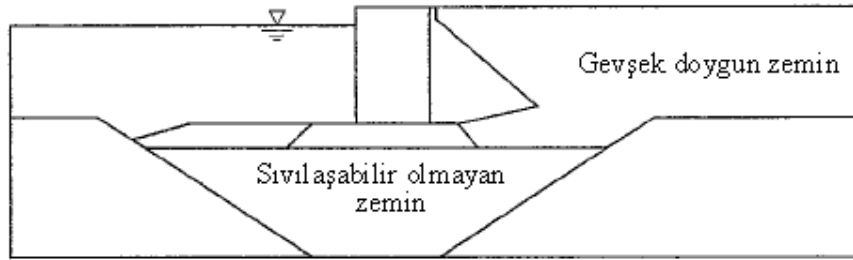
SPT N -değerleri ve yerinde donma örneklerinin yerleri Şekil 6.3’de gösterilmektedir. Kesonun yapısal parametreleri Çizelge 6.2’de ve geri dolgu zeminlerinin ve taş geri dolgunun geoteknik parametreleri ise Çizelge 6.3’de gösterilmektedir.

Sismik performansı değerlendirmede, sınır eğrileri; Çizelge 6.1’de gösterilen hasar kriterine dayanılarak 18.5m duvar yüksekliği için Şekil 6.4’de gösterildiği gibi tanımlanmaktadır.

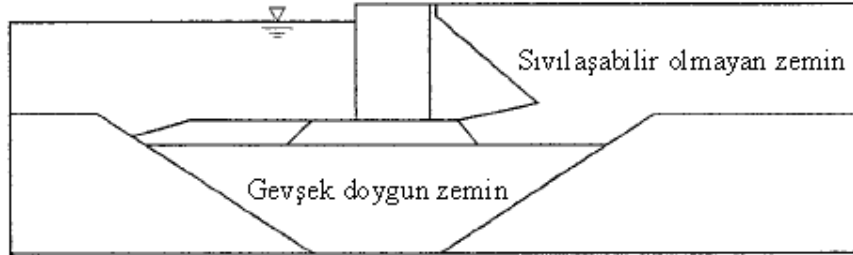
Örnek-1



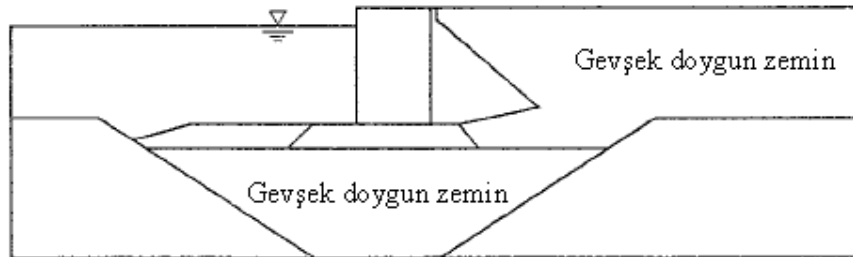
Örnek-2



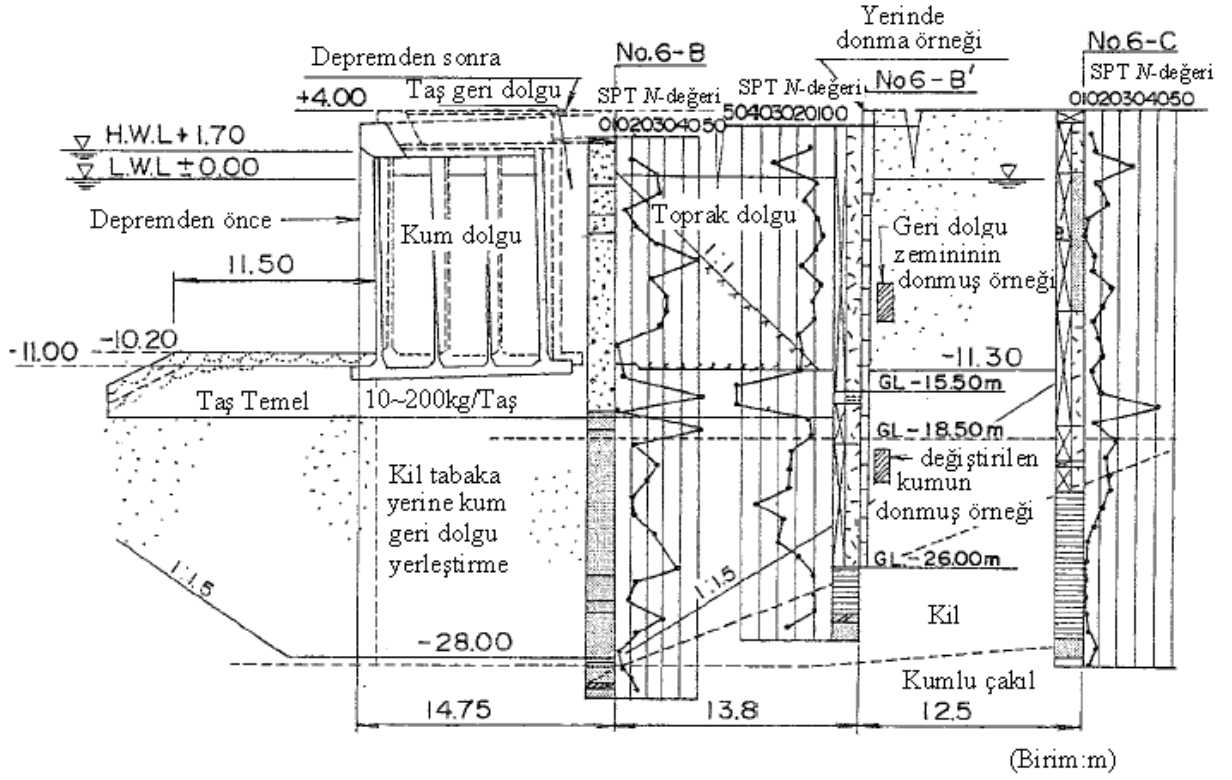
Örnek-3



Örnek-4



Şekil 6.2 Geoteknik koşullarda 4 alternatif tasarım

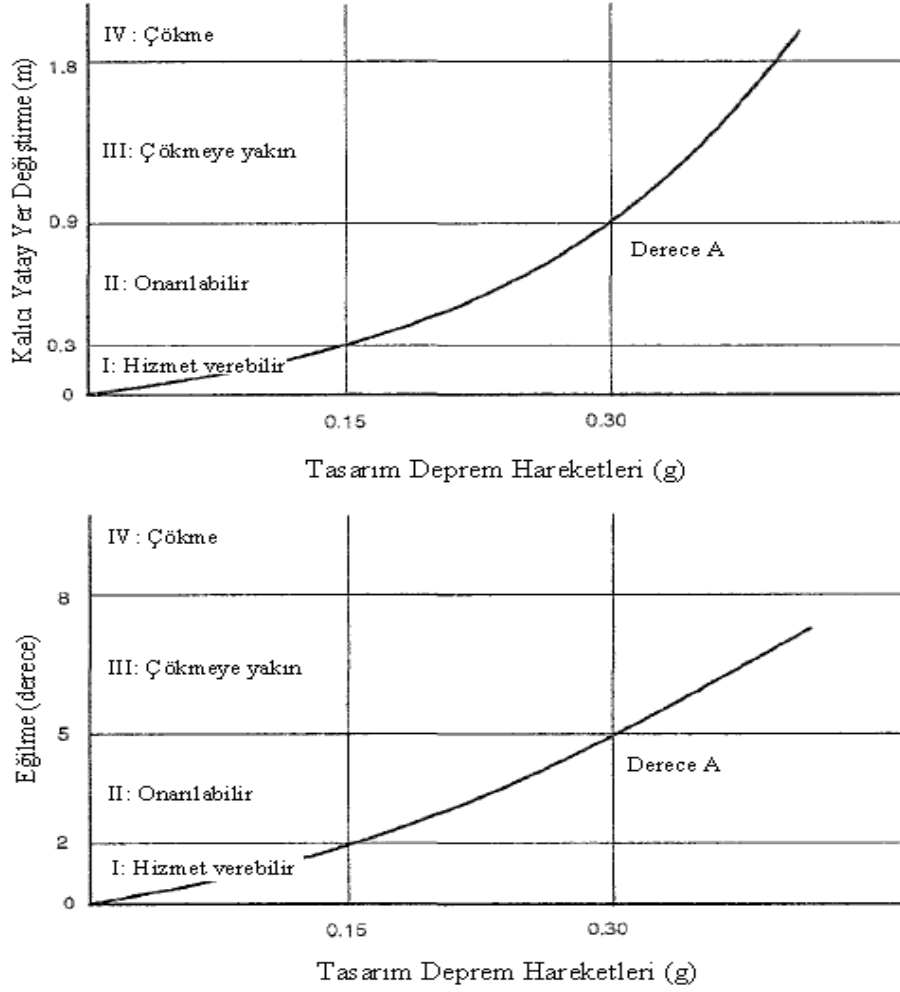
Şekil 6.3 SPT N -değerleri ve yerinde donmuş örneğin yeri

Çizelge 6.2 Beton kesonun ve bağlantı elemanlarının parametreleri

Parametreler	Yoğunluk (t/m^3)	Young modülü (kPa)	Kayma modülü (kPa)	Poisson oranı
Keson	2.10	3.0×10^7	1.3×10^7	0.20
Bağlantı elemanları: sürtünme açısı: $\delta = 31^\circ$ (kesonun tabanında); 15° (kesonun arkasında)				

Çizelge 6.3 Zemin ve taş için parametreler

Parametreler	Yoğunluk (t/m^3)	Başlangıç kayma modülü (kPa)	Poisson oranı	İçsel sürtünme açısı ($^\circ$)	Faz dönüşüm açısı ($^\circ$)
Temel zemini *	1.8	$5660 \times (\sigma'_{mo})^{0.5}$	0.3	37	28
Geri dolgu zemini *	1.88	$10000 \times (\sigma'_{mo})^{0.5}$	0.3	36	28
Kil	1.7	$6270 \times (\sigma'_{mo})^{0.5}$	0.3	30	-
Taş temel ve geri dolgu	2.0	$18200 \times (\sigma'_{mo})^{0.5}$	0.3	40	-



Şekil 6.4 Duvarın yer değiştirmesini belirlemek için sınır eğrileri

6.1.2 Basitleştirilmiş Analiz

Ağırlık tipi rıhtım duvarının pseudo-statik analizi; L1 deprem hareketi için gerçekleştirilmektedir. Ana kayada 0.15g'lik L1 ivmesi kullanılarak alan davranışı değerlendirilecektir ve 0.25g'lik zemin yüzeyi ivmesi elde edilmektedir. Pseudo-statik analizde kullanılan sismik katsayı, denklem (5.13) kullanılarak 0.15 olarak belirlenmektedir:

$$k_h = 0.6 \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad a_{\max} = 0.25g \text{ olduğu için} \quad k_h = 0.6 \times 0.25 = 0.15$$

Analiz için gerekli olan ilgili ve basitleştirilmiş parametreler ile birlikte yapının kesitleri Şekil 6.5 ve 6.6'da gösterilmektedir.

(1) Aktif toprak basınçları ve itki kuvveti

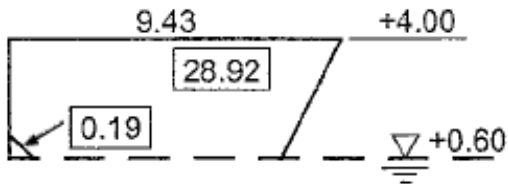
Yüzey seviyesi koşulu için yatay doğrultudan oluşan aktif hasar açısı hesaplanmaktadır ($\phi = 40^\circ$ ve $\delta = 15^\circ$ iken):

$$\begin{aligned}\alpha_{ae} &= \phi + \arctan \left[\frac{-\tan \phi + \sqrt{\tan \phi (\tan \phi + \cot \phi) (1 + \tan \delta \cot \phi)}}{1 + \tan \delta (\tan \phi + \cot \phi)} \right] \\ &= 40^\circ + \arctan \left[\frac{-\tan 40^\circ + \sqrt{\tan 40^\circ (\tan 40^\circ + \cot 40^\circ) (1 + \tan 15^\circ \cot 40^\circ)}}{1 + \tan 15^\circ (\tan 40^\circ + \cot 40^\circ)} \right] \\ &= 63^\circ\end{aligned}$$

Bunun sonucu olarak, aktif zemin kaması; düşey doğrultudan ölçülen hasar açısı vasıtasıyla tanımlanmaktadır.

$$90^\circ - 63^\circ = 27^\circ$$

Şekil 6.6'da kutularla gösterilen sayılar; analizde kullanılan zemin kamasının içerisindeki çeşitli kısımların alanlarını m^2 olarak ifade etmektedir. Bu alanlar kullanılarak su seviyesinin yukarısındaki başlık malzemesinin ve geri dolgu zemini içeren malzemelerin birim hacim ağırlığı hesaplanır ($1 \text{ kN} = 0.1 \text{ tf}$):

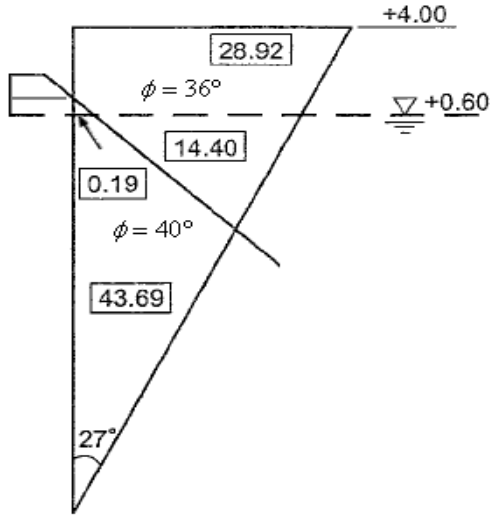


$$(20 \times 0.19 + 18 \times 28.92) / 29.1 = 18 \text{ kN/m}^3$$

Daha sonra denklem (5.8) geri dolgunun eşdeğer birim hacim ağırlığını tayin etmektedir ($\gamma_b = 20 - 10 = 10 \text{ kN/m}^3$):

$$\gamma_e = \gamma_{wet} \left[1 - \left(\frac{H_{sub}}{H} \right)^2 \right] + \gamma_b \left(\frac{H_{sub}}{H} \right)^2 \quad \gamma_e = 18 \left[1 - \left(\frac{15.1}{18.5} \right)^2 \right] + 10 \times \left(\frac{15.1}{18.5} \right)^2 = 12.7 \text{ kN/m}^3$$

Geri dolgunun içsel sürtünme açısı; uygun kesitsel alanların doğrudan ortalamaları alınarak belirlenebilmektedir (bkz. Şekil 6.6):



$$\begin{aligned} \phi &= (0.19 \times 40 + 28.92 \times 36 + 14.4 \times 36 + 43.69 \times 40) / 87.2 \\ &= (7.6 + 1041.12 + 518.4 + 1747.6) / 87.2 = 38^\circ \end{aligned}$$

Deprem sırasında ek yükün yarısı varsayılarak, değiştirilmiş sismik katsayı; denklem (5.9) ile elde edilmektedir:

$$k'_h = \frac{\frac{1}{2} q_{sur} H + \frac{1}{2} \gamma_{wet} H_{sur}^2 + \gamma_{wet} H_{sub} H_{sur} + \frac{1}{2} \gamma_{sat} H_{sub}^2}{\frac{1}{2} q_{sur} H + \frac{1}{2} \gamma_{wet} H_{sur}^2 + \gamma_{wet} H_{sub} H_{sur} + \frac{1}{2} \gamma_b H_{sub}^2} k_h$$

$$k'_h = k_h \cdot \frac{10 \times 18.5 + \frac{1}{2} \times 18 \times 3.40^2 + 18 \times 3.40 \times 15.10 + \frac{1}{2} \times 20 \times 15.1^2}{10 \times 18.5 + \frac{1}{2} \times 18 \times 3.40^2 + 18 \times 3.40 \times 15.10 + \frac{1}{2} \times 10 \times 15.1^2}$$

$$= 0.15 \times \frac{185 + 104 + 924.1 + 2280.1}{185 + 104 + 924.1 + 1140.1} = 0.15 \times 1.48 = 0.22$$

Mononobe-Okabe denkleminde sismik atalet açısı (ψ) kullanılmaktadır:

$$\psi = \tan^{-1} \left[\frac{k_h}{1 - k_v} \right] \quad \psi = \arctan(k'_h) = 12.4^\circ$$

Mononobe-Okabe yönteminde dinamik aktif toprak basıncı katsayısı aşağıdaki gibi bulunmaktadır:

geri dolgunun ortalama içsel sürtünme açısı $\phi = 38^\circ$ dir.

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\phi - \psi)}{\cos \psi \cos(\psi + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \psi)}{\cos(\delta + \psi)}} \right]^2}$$

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(38^\circ - 12.4^\circ)}{\cos 12.4^\circ \cos(15^\circ + 12.4^\circ) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(38^\circ + 15^\circ) \sin(38^\circ - 12.4^\circ)}{\cos(15^\circ + 12.4^\circ)}} \right]^2} = 0.356$$

Toplam toprak itki kuvveti ise;

$P_{ae} = K_{ae} \frac{1}{2} \gamma_d (1 - k_v) H^2$, deprem hali ve ek yükün üniform olarak dağıldığı kabul edilerek

$$\gamma_d = \left(\gamma_{eq} + \frac{\frac{1}{2} q_{sur}}{H} \right) \text{ yazılır.}$$

$$P_{ae} = 0.356 \times \frac{1}{2} \times \left(\gamma_{eq} + \frac{\frac{1}{2} q_{sur}}{H} \right) \times 18.50^2$$

$$= 806.6 \text{ kN/m}$$

Tipik olarak bileşke kuvvetin uygulama noktası aktifde $0.45H$ 'dır.

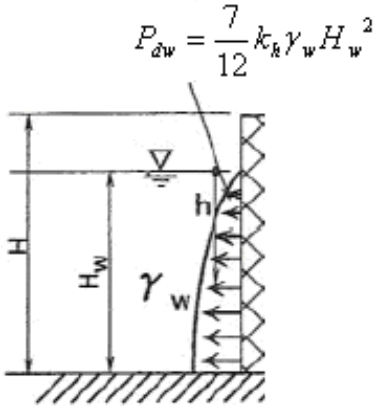
Buda -14.50 m 'den yaklaşık $0.45 \times 18.50 = 8.33 \text{ m}$ yukarıdaki yatay kuvveti vermektedir:

$$P_{ae} \cos \delta = 806.6 \times \cos 15^\circ = 779.1 \text{ kN/m}$$

Zemin ve yapı ara yüzündeki düşey katkı ise;

$$P_{ae} \sin \delta = 806.6 \times \sin 15^\circ = 208.8 \text{ kN/m}$$

(2) Hidrodinamik kuvvet



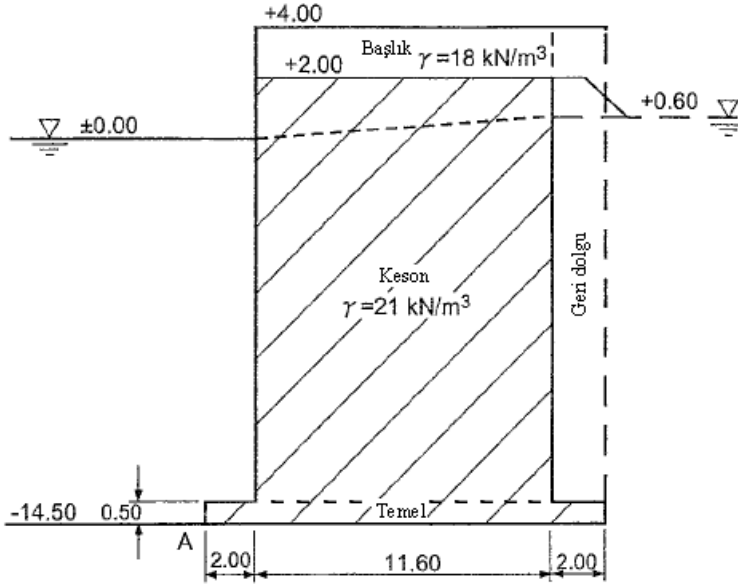
Bu kuvvetin uygulama noktası, tabandan $0.4H_w$ yukarıdadır.

Duvarın önündeki hidrodinamik kuvvet; Westergaard ifadesine göre -14.50 m 'den yaklaşık $0.4 \times 14.5 = 5.8 \text{ m}$ yukarıdaki yatay kuvveti vermektedir:

$$P_{dw} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H_w^2 \quad \gamma_w : 10.2 \text{ kN/m}^3$$

$$P_{dw} = \frac{7}{12} \times 0.15 \times 10.2 \times 14.5^2 = 187.6 \text{ kN/m}$$

(3) Atalet ve diğer etkili kuvvetler



Duvarın atalet kuvvetleri şöyle hesaplanmaktadır:

tabandan 17.50 m yukarıdaki başlık için	$11.60 \times 2 \times 18 \times 0.15 = 62.6 \text{ kN/m}$
tabandan 8.50 m yukarıdaki keson için	$11.60 \times 16.00 \times 21 \times 0.15 = 584.6 \text{ kN/m}$
tabandan 0.25 m yukarıdaki temel için	$15.60 \times 0.5 \times 21 \times 0.15 = 24.6 \text{ kN/m}$

-14.50 m'den 9.50 m yukarıdaki geri dolgunun atalet kuvveti ise;

$$2.0 \times 18.0 \times 18 \times 0.15 = 97.2 \text{ kN/m}$$

Statik baba çekmesi; %50 azalma ile hesaba katılmaktadır. -14.50 m'den 19.0 m yukarıdaki değeri; $\%50 \times 20 = 10 \text{ kN/m}$

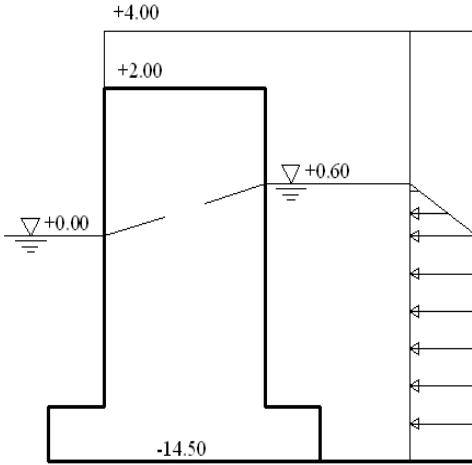
$$\{20 \times 2.39 + 18 \times (2 \times 3.40 - 2.39)\} / 6.80 = 18.7 \text{ kN/m}^3$$

A noktasından 14.60m uzaklıkta

$$2.0 \times 3.40 \times 18.7 = 127.2 \text{ kN/m}$$

A noktasından 14.60m uzaklıkta

$$2.0 \times 14.60 \times 10 = 292 \text{ kN/m}$$



Su seviyesinin değişkenliğinden dolayı oluşan hidrostatik basınç kuvveti aşağıdaki değerleri vermektedir:

$$-14.50 \text{ m'den } \frac{1}{3} \times 0.6 + 14.50 = 14.70 \text{ m yukarıda}$$

$$\frac{1}{2} \times 0.6^2 \times 10.2 = 1.8 \text{ kN/m}$$

-14.50 m'den 7.25 m yukarıda

$$14.50 \times 0.60 \times 10.2 = 88.7 \text{ kN/m}$$

$$A'dan \frac{2}{3} \times 15.60 = 10.40 \text{ m mesafede kaldırma kuvveti } \frac{1}{2} \times 0.6^2 \times 10.2 \times 15.60 = 47.7 \text{ kN/m}$$

Hidrostatik basınç dağılımı, taş temel ve geri dolgunun permeabilitesine bağlı olmaktadır. Eğer ikinci kuvvetteki permeabilite birinci kuvvettekinden daha az ise, yukarı doğru kaldırma kuvveti meydana gelmemektedir ve arka yüzdeki basınç diyagramı doğrusal olarak AB temel seviyesine kadar azalmaktadır.

(5) Kuvvet ve moment dengesi

Bahsedilen kuvvetlerin yapı üzerindeki etkileri Şekil 6.7'de gösterilmektedir. A noktasına göre stabilite momentleri ve deviren momentler hesaplanmaktadır:

Stabilite

$$\begin{array}{ll}
 \text{Geri Dolgu:} & 419.2 \times 14.60 = 6120.3 \text{ kNm/m (127.2 + 292 = 419.2)} \\
 \text{Toprak İtkisi:} & 208.8 \times 13.60 = 2839.7 \\
 \text{Keson:} & 414.1 \times 7.46 = 3089.2 \\
 \text{Başlık, Keson, Temel:} & \underline{2328.1 \times 7.80 = 18159.2} \quad (417.6 + 1824.7 + 85.8 = 2328.1) \\
 & 3370.2 \quad = 30208.4 \text{ kNm/m} \\
 & \underline{- 47.7} \\
 & 3322.5 \text{ kN/m}
 \end{array}$$

Devirici

$$\begin{array}{ll}
 \text{Baba Çekmesi:} & 10.0 \times 19.00 = 190.0 \text{ kNm/m} \\
 \text{Başlık Atalet Kuvveti:} & 62.6 \times 17.50 = 1095.5 \\
 \text{Keson Atalet Kuvveti:} & 584.6 \times 8.50 = 4969.1 \\
 \text{Temel Atalet Kuvveti:} & 24.6 \times 0.25 = 6.2 \\
 \text{Hidrodinamik Kuvvet:} & 187.6 \times 5.80 = 1088.1 \\
 \text{Kaldırma Kuvveti: (negatif)} & 47.7 \times 10.40 = 496.1 \\
 \text{Toprak İtkisi} & 779.1 \times 8.33 = 6489.9 \\
 \text{Kaldırma Kuvveti:} & 1.8 \times 14.70 = 26.5 \\
 \text{Kaldırma Kuvveti:} & 88.7 \times 7.25 = 643.1 \\
 \text{Dolgunun Atalet Kuvveti:} & \underline{97.2 \times 9.50 = 923.4} \\
 & 1836.2 \text{ kN/m} \quad = 15927.9 \text{ kNm/m}
 \end{array}$$

Devrilmeye karşı güvenlik faktörü ise;

$$F_{so} = 30208.4 / 15927.9 = 1.90$$

Güvenlik faktörünün tanımlanmasına bağlı olarak duvarın arka yüzü ile geri dolgu arasındaki sürtünme açısı sıfır kabul edildiğinde, düşey ve yatay bileşenlerin analizinden toprak itki kuvveti devirici momenti karşılayabilmektedir.

Kaymaya karşı güvenlik faktörü de;

$$F_{ss} = 3322.5 \times \mu_b / 1836.2 \quad \mu_b \approx \tan 31^\circ = 0.6 \quad \text{Böylece } F_{ss} = 1.09$$

Bunun sonucu olarak planlanan kesit, L1 deprem hareketindeki sismik performans gereksinimlerini sağlamaktadır.

Temelde etkili basınçlar aşağıdaki gibi elde edilmektedir:

Eksantrisite

$$e_{ex} = (15927.9 + 414.1 \times 0.34 - 208.8 \times 5.80 - 419.2 \times 6.80) / 3322.5$$

$$= 3.61 \text{ m} > 15.60 / 6 = 2.60 \text{ m}$$

O halde deniz tarafındaki A ve kara tarafındaki B temel pabucuna uygulanan düşey gerilme aşağıdaki gibi belirlenmektedir:

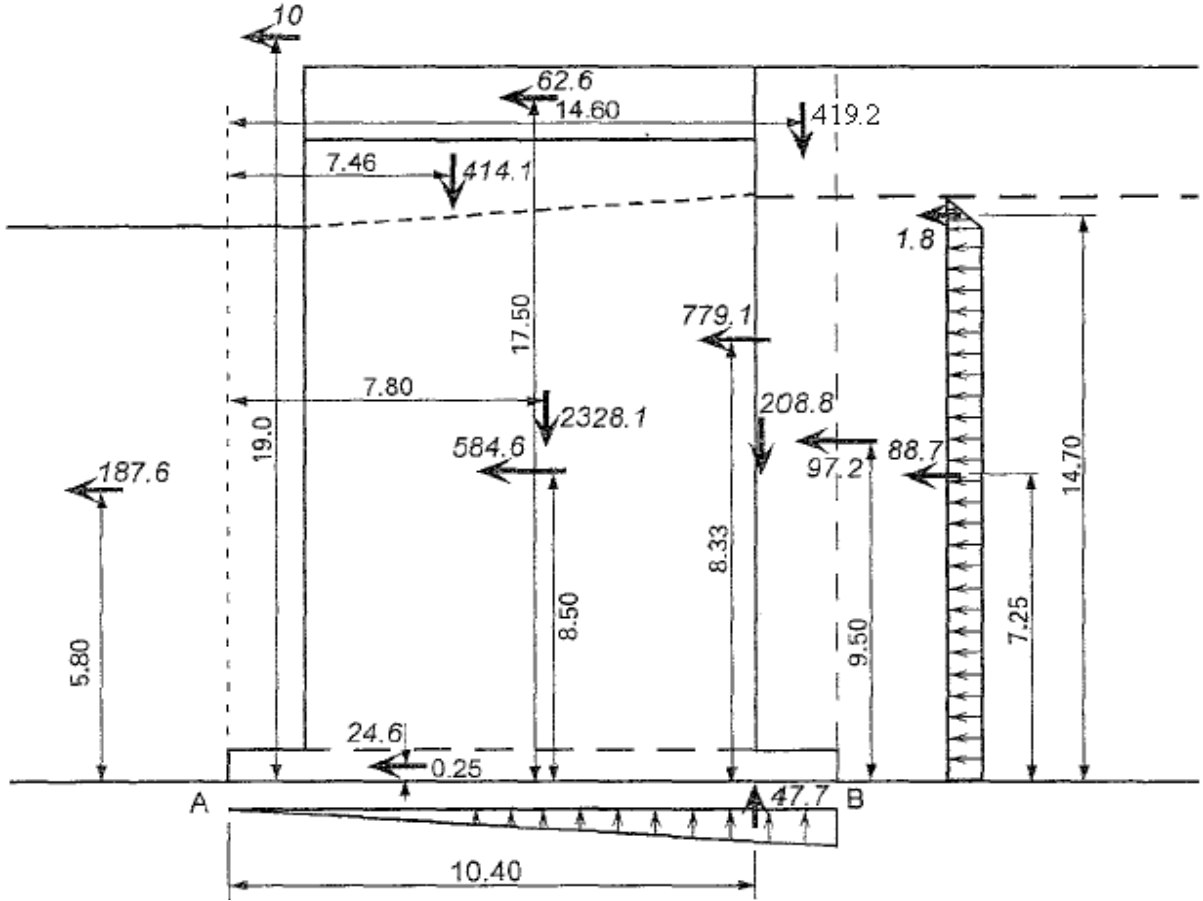
$$\sigma_B = 0$$

$$\sigma_A = 2 \times (\text{toplam düşey yük}) / (3 \times \text{genişlik})$$

$$= 2 \times 3298.5 / (3 \times (7.80 - 3.61)) = 529 \text{ kN/m}^3$$

ve ek yükün yarısının eklenmesiyle $529 + \frac{1}{2} \times 20 = 539 \text{ kN/m}^3$ bulunur.

	Kuvvetler (kN/m)		Moment kolu (A noktasına olan mesafe) (m)	Karşı koyan moment (kNm/m)	Devirmeye çalışan moment (kNm/m)
	Stabilite:	Devirici:			
Geri dolgu	419.2		14.60	6120.3	
Toprak itkisinin düşey kuvveti	208.8		13.60	2839.7	
Keson	414.1		7.46	3089.2	
Başlık, Keson, Temel	2328.1		7.80	18159.2	
Baba çekmesi		10.0	19.00		190.0
Başlık atalet kuvveti		62.6	17.50		1095.5
Keson atalet kuvveti		584.6	8.50		4969.1
Temel atalet kuvveti		24.6	0.25		6.2
Hidrodinamik kuvvet		187.6	5.80		1088.1
Kaldırma kuvveti	-47.7		10.40		496.1
Toprak itkisinin yatay kuvveti		779.1	8.33		6489.9
Kaldırma kuvveti		1.8	14.70		26.5
Kaldırma kuvveti		88.7	7.25		643.1
Dolgunun atalet kuvveti		97.2	9.50		923.4
TOPLAM	3322.5	1836.2		30208.4	15927.9



Şekil 6.7 Deprem sırasında yapının üzerine etki eden yükler

6.1.3 Basitleştirilmiş Dinamik Analiz

Başlangıç analizi; beklenen şekil değiştirmeleri tahmin etmek için basitleştirilmiş metodun kullanımını içermektedir. Bu metotta; keson geometrisi, kesonun altındaki zemin dolgusunun kalınlığı ve duvarın arkasındaki ve altındaki zeminin SPT N -değerleriyle gösterilen geoteknik koşulları ile ilgili olan boyutsuz parametreler kullanılmaktadır. Öngörülen deprem hareketi altında kesonun üstündeki yer değiştirme hesaplanmaktadır.

Şekil 6.2’de gösterilen 4 alternatifin arasından 1. ve 4. alternatifler örnek olarak seçilmiştir. Örnek-1; sıvılaşabilir olmayan zemin dolgulu rıhtım duvarını ifade etmektedir ve bu örnekte eşdeğer SPT N -değerinin (N_{65}) 14 ile 20 arasında olduğu varsayılmaktadır. N_{65} ; %72’lik Japon SPT enerji verimi ile ölçülen SPT N -değeridir ve 65 kPa’lık fazla yük basıncı ile

normalleştirilmektedir. Örnek-4 ise; sıvılaştırılabilir zemin dolgulu rıhtım duvarını göstermektedir ve bu örnekte eşdeğer SPT N_{65} -değerinin (N_{65}) 7 olduğu varsayılmaktadır.

18.5 m yüksekliğe H ve 15.6 m genişliğe W sahip olan duvar için normalleştirilmiş keson geometrisi şöyledir:

$$\frac{W}{H} = \frac{15.6 \text{ m}}{18.5 \text{ m}} = 0.84$$

Kesonun altındaki zemin dolgusunun normalleştirilmiş kalınlığı ise; (bkz. Şekil 5.14)

$$\frac{D_1}{H} = \frac{18.5 \text{ m}}{18.5 \text{ m}} = 1.0$$

L1 deprem hareketi için (ana kayadaki $a_{\max} = 0.15g$), kalıcı yanal yer değiştirme $W/H = 0.9$ 'a göre Şekil 5.16(b)'nin yardımı ile hesaplanmaktadır. Bu yaklaşım ($W/H = 0.84 \approx 0.9$), Şekil 5.18(b)'nin grafiği ile ifade edilebilecek kadar uygundur.

Bunun sonucu olarak;

Örnek 1: (sıvılaştırılabilir olmayan)

$$N_{65} = 14 \text{ için: } \frac{d}{H} \cong 0.005, \text{ buradan, } d \approx 0.005 \times 18.5 = 0.09 \text{ m}$$

$$N_{65} = 20 \text{ için: } \frac{d}{H} \cong 0, \text{ buradan, } d \approx 0 \text{ m}$$

Örnek 4: (sıvılaştırılabilir)

$$N_{65} = 7 \text{ için: } \frac{d}{H} \cong 0.04, \text{ buradan, } d \approx 0.04 \times 18.50 = 0.74 \text{ m}$$

L2 deprem hareketi için (ana kayadaki $a_{\max} = 0.30g$), yer değiştirmeler oluşmaktadır:

Örnek 1: (sıvılaştırılabilir olmayan)

$$N_{65} = 14 \text{ için: } \frac{d}{H} \cong 0.03, \text{ buradan, } d \approx 0.03 \times 18.5 = 0.56 \text{ m}$$

$$N_{65} = 20 \text{ için: } \frac{d}{H} \cong 0.0075, \text{ buradan, } d \approx 0.0075 \times 18.5 = 0.14 \text{ m}$$

Örnek 4: (sıvılaştırılabilir)

$$N_{65} = 7 \text{ için: } \frac{d}{H} \cong 0.18, \text{ buradan, } d \approx 0.18 \times 18.50 = 3.33 \text{ m}$$

A derece performans gereksinimleri; L1 ve l2 deprem hareketleri için duvarın üstündeki kalıcı yatay yer değiştirmeler sırasıyla 0.3m ve 0.9m'den küçük olmasıdır (Şekil 6.4). Çizelge 6.4'de hesaplanan yer değiştirmeler ile kabul edilebilir yer değiştirmeler karşılaştırılmaktadır. 10'dan daha büyük N_{65} değerine sahip sıvılaştırılabilir olmayan zemin dolgularda, rıhtım duvarının gerekli performans kriterine uyduğu basitleştirilmiş dinamik analize dayanılarak gözlemlenmektedir.

Çizelge 6.4 Keson duvarın hesaplanan ve kabul edilebilir yer değiştirmelerinin karşılaştırılması

Deprem seviyeleri	Hesaplanan yer değiştirmeler (m)			Kabul edilebilir yer değiştirme (m)
	Örnek 4 $N_{65} = 7$	Örnek 1 $N_{65} = 14$ $N_{65} = 20$		
Seviye 1	0.74	0.09	0	0.3
Seviye 2	3.33	0.56	0.14	0.9

6.1.4 Sıvılaşmaya Karşı İyileştirmenin Değerlendirilmesi

Başlangıç analizi; sıvılaşabilir zeminlerin iyileştirilmesi gibi zemin iyileştirme alanı ile ilgili olarak beklenen şekil değiştirmeleri tahmin etmek için basitleştirilmiş metodun kullanımını kapsamaktadır. Bu metotta; öngörülen deprem hareketi altında kesonun üstündeki yer değiştirmeleri hesaplamak için keson geometrisi ve zemin iyileştirme alanı ile ilgili olan boyutsuz parametreler kullanılmaktadır.

Şekil 6.2’de gösterilen 4 alternatifin arasından 2. alternatif örnek olarak seçilmiştir. Kesonun üstündeki kalıcı yanal yer değiştirmelerin hesaplamalarını elde etmek ve tasarım grafiğine geçirmek için parametreler kullanılabilir. Parametreler kullanılabilmektedir.

Normalleştirilmiş keson geometrisi Bölüm 6.1.3’dekine benzerdir:

$$\frac{W}{H} = \frac{15.6 \text{ m}}{18.5 \text{ m}} = 0.84$$

Taş dolgunun; sıvılaşabilir olmadığı ve eşdeğer genişliğin (L) taş genişliğinin yarısına (9.9m) eşit olduğu zemin iyileştirme bölgesi olarak işlem gördüğü varsayılmaktadır. Bunun sonucunda normalleştirilmiş zemin iyileştirmesi;

$$\frac{L}{H} = \frac{9.9 \text{ m}}{18.5 \text{ m}} = 0.54$$

L1 deprem hareketi için (M_w 6.0 ve $a_{\max(\text{rock})} = 0.15g$) saha çalışmaları; tarama hattı ile geri dolgu arasındaki yükseklikte maksimum ivmenin ($a_{\max(d)}$) 0.25g’ye eşit olduğunu göstermektedir. Büyüklük derecelendirme faktörü (MSF); Çizelge 5.8’den 2.0 olarak belirlenmektedir. Normalleştirilmiş deprem hareketi ise aşağıdaki gibidir:

$$\frac{a_{\max(d)}}{MSF} = \frac{0.25g}{2.0} = 0.13g$$

Gevşek malzemenin SPT $(N_1)_{60}$ -değerleri yaklaşık 10'a eşittir. Bundan dolayı, Şekil 5.20(a); kesonun üstündeki normalleştirilmiş ve boyutlu yanal yer değiştirmeleri belirlemek için kullanılmaktadır:

$$\frac{d}{H} \approx 0.03$$

$$d = (0.03)(18.5m) = 0.56 m$$

Geri alandaki zemin iyileştirilmişse, SPT $(N_1)_{60}$ -değerleri 20 olduğu için Şekil 5.20(b) kullanılabilir ve yer değiştirme hesaplanabilmektedir:

$$\frac{d}{H} \approx 0.01$$

$$d = (0.01)(18.5m) = 0.19 m$$

L2 deprem hareketi için (M_w 7.0 ve $a_{\max(rock)} = 0.30g$) saha çalışmaları; tarama hattı ile geri dolgu arasındaki yükseklikte maksimum ivmenin ($a_{\max(d)}$) 0.35g'ye eşit olduğunu göstermektedir. Büyüklük derecelendirme faktörü (MSF); Çizelge 5.8'den 1.25 olarak belirlenmektedir. Normalleştirilmiş deprem hareketi ise aşağıdaki gibidir:

$$\frac{a_{\max(d)}}{MSF} = \frac{0.35g}{1.25} = 0.28g$$

Gevşek malzemenin SPT $(N_1)_{60}$ -değerleri yaklaşık 10'a eşittir. Bundan dolayı, Şekil 5.20(a); kesonun üstündeki yanal yer değiştirmeleri belirlemek için kullanılmaktadır:

$$\frac{d}{H} \approx 0.08 - 0.09$$

$$d = (0.04)(18.5\text{m}) = 0.74 \text{ m}$$

Geri alandaki zemin iyileştirilmişse, SPT $(N_1)_{60}$ -değerleri 20 olduğu için Şekil 5.20(b) kullanılabilir ve yer değiştirme hesaplanabilir:

$$\frac{d}{H} \approx 0.04$$

$$d = (0.04)(18.5\text{m}) = 0.74 \text{ m}$$

Daha öncede bahsedildiği gibi, A derece performans gereksinimleri; L1 ve L2 deprem hareketleri için duvarın üstündeki kalıcı yatay yer değiştirmeler sırasıyla 0.3m ve 0.9m'den küçük olmalıdır (Şekil 6.4). Basitleştirilmiş analize dayanılarak sınırlanmayı önlemek için yeterli derecede geri dolgu zeminini iyileştirmek gerekmektedir. Basitleştirilmiş analiz metodunun kesonun eğilmesini hesaplayamadığına dikkat edilmelidir.

6.1.5 Dinamik analiz

Sismik performansı değerlendirmede, sınırlayıcı eğriler; Çizelge 6.1'de gösterilen hasar kriterine dayanılarak 18.5m duvar yüksekliği için Şekil 6.4'de gösterildiği gibi tanımlanmaktadır.

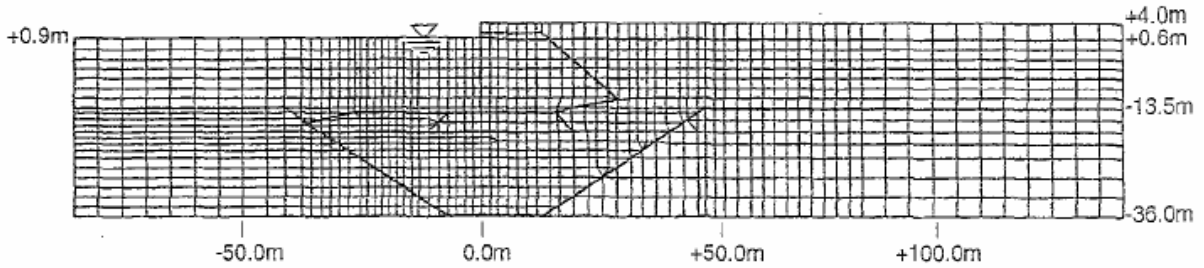
Ağırlık tipi rıhtım duvarının kesiti; Şekil 6.8'de gösterilen sonlu elemanlar düzleminin içine idealleştirilmektedir. Eleman boyutu; analizin her yerinde 2 Hz'ye kadar sismik dalga yayılmasını hesaba katacak kadar küçük olacak şekilde belirlenmektedir. Analiz alanının

sınırları arasından giren ve çıkan dalgaları simule etmek için sınırlarda eşdeğer viskoz sönümlendiriciler kullanılmaktadır. Serbest alan hareketlerinin etkisi; alanların dışında tek boyutlu davranış analizinin yapılması ve viskoz sönümlendiriciler vasıtasıyla serbest alan hareketinin belirlenmesi ile dikkate alınmaktadır. Deprem davranış analizinden önce statik analiz; depremden önceki gerilme koşullarını simule etmek için direne edilmiş koşullar altında gerçekleştirilmektedir. Statik analizlerin sonuçları; deprem davranış analizlerinin başlangıç koşulları için kullanılmaktadır.

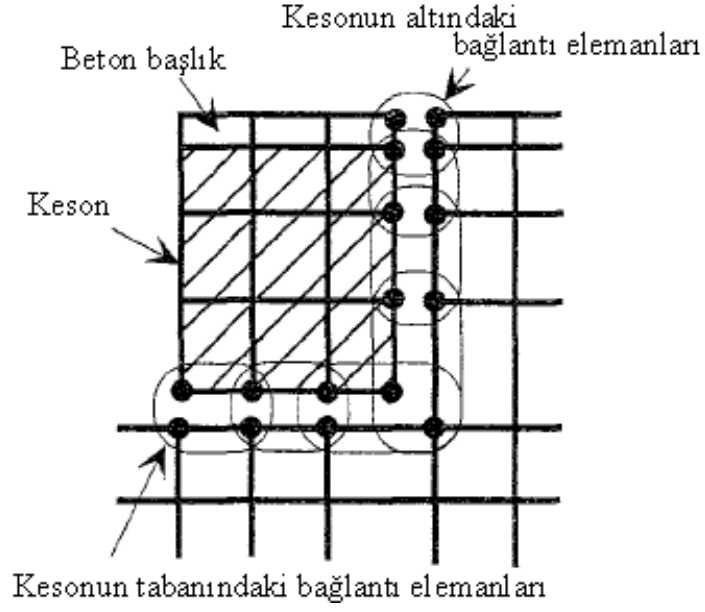
Şekil 6.9’da gösterildiği gibi beton keson, lineer elemanlarla ve zemin-yapı arayüzleri de bağlantı elemanları ile biçimlendirilmektedir. Parametreler, Çizelge 6.2’de gösterilmektedir. Kesonun önündeki deniz suyu sıkışmaz akışkan olarak modellenmektedir.

Zemin elemanlarının parametreleri; Çizelge 6.3’de gösterildiği gibi geoteknik incelemelerin sonuçlarına dayanılarak kalibre edilmektedir. Özellikle kumun direne edilmemiş çevrimsel özellikleri, Şekil 6.10’da gösterildiği gibi kalibre edilmektedir. Bu direne edilmemiş çevrimsel özellikler, zemin-yapı sisteminin şekil değiştirme derecesini etkilediği için boşluk suyu basıncının tanımlanması ve kayma gerilmesi genliğinin artması, parametre kalibrasyonunda önemli olmaktadır.

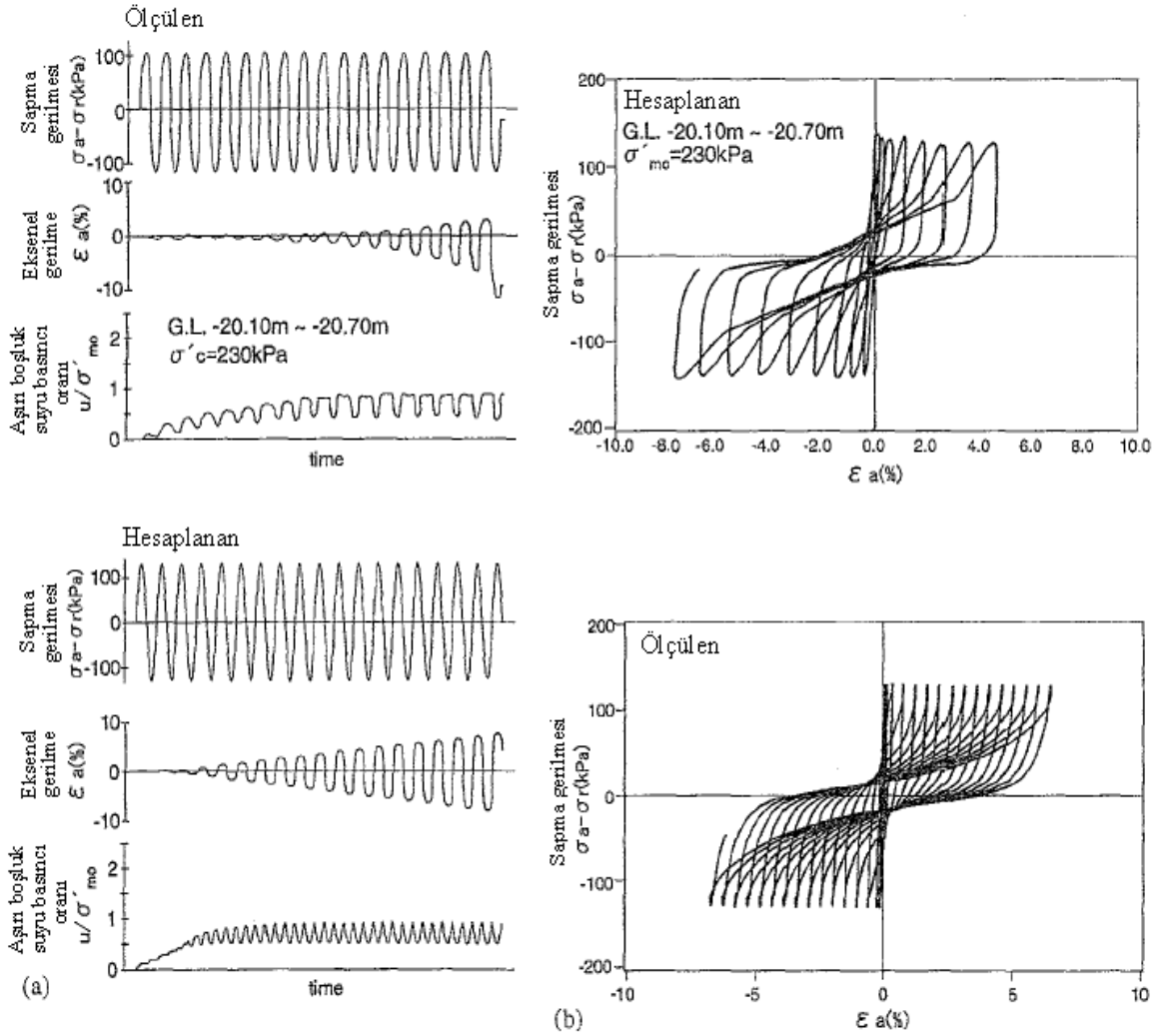
Sismik analiz; L1 ve L2 deprem hareketleri boyunca Şekil 6.2’de gösterilen 4 alternatif için gerçekleştirilmektedir. Örnek-1 ve 4’ün L2 deprem hareketi için rıhtım duvarının hesaplanan kalıcı şekil değiştirmeleri Şekil 6.11’de gösterilmektedir. Analiz sonuçları Şekil 6.12’de özetlenmektedir. Şekil 6.12(b)’de gösterildiği gibi tüm alternatiflerin eğilme kriterini sağladığı halde; sadece Örnek-1, Şekil 6.12(a)’da gösterildiği gibi yatay yer değiştirme kriterine uymaktadır. Örnek-1; L1’in apron ve apron olmayan alanlar arasındaki farklı oturma kriterine Çizelge 6.1’de gösterildiği gibi uymaktadır. Sonuç olarak; Örnek-1; A derece ağırlık tipi rıhtım duvarının tavsiye edilen tasarımı olarak önerilmektedir.

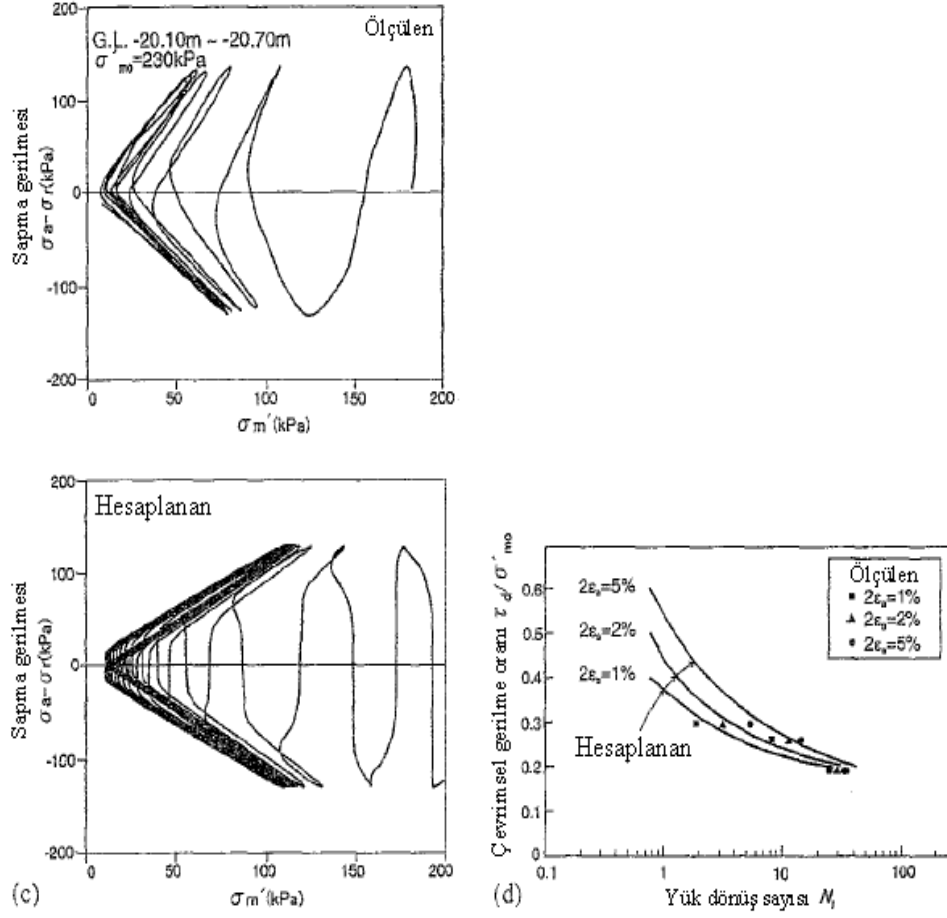


Şekil 6.8 Analizin sonlu eleman ağı



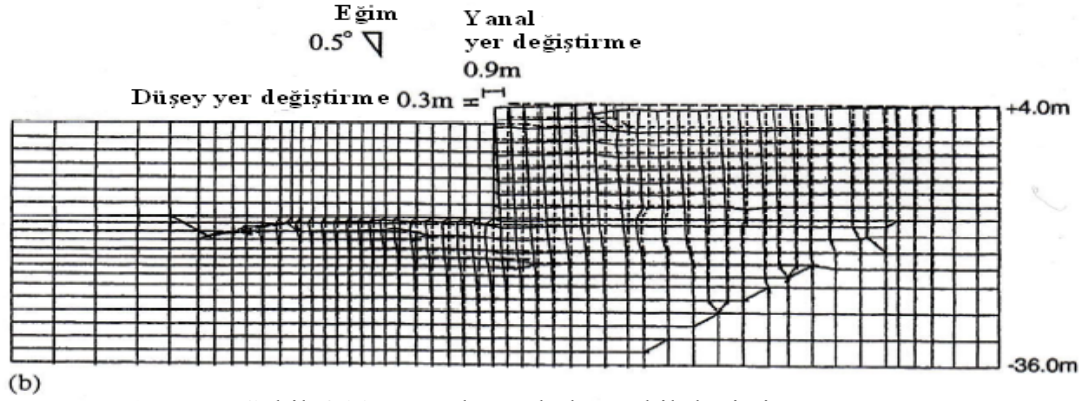
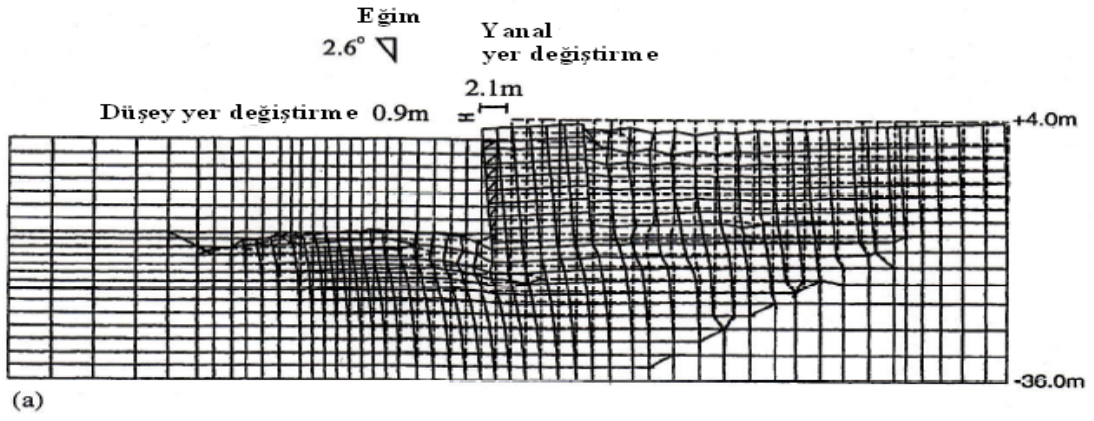
Şekil 6.9 Keson yapısının modellenmesi





Şekil 6.10 Drene edilmemiş çevrimsel özellikler: laboratuvar testi ve hesaplanan sonuçlar

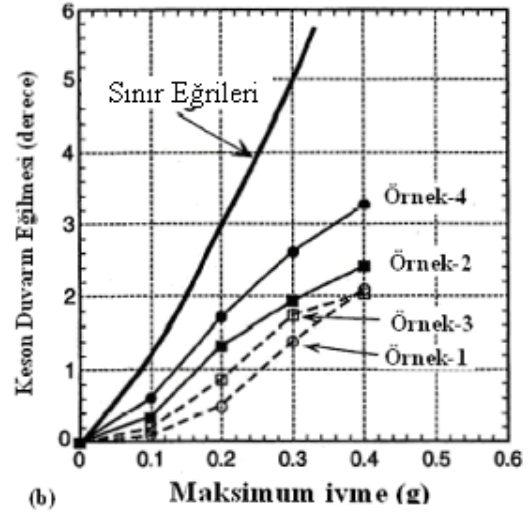
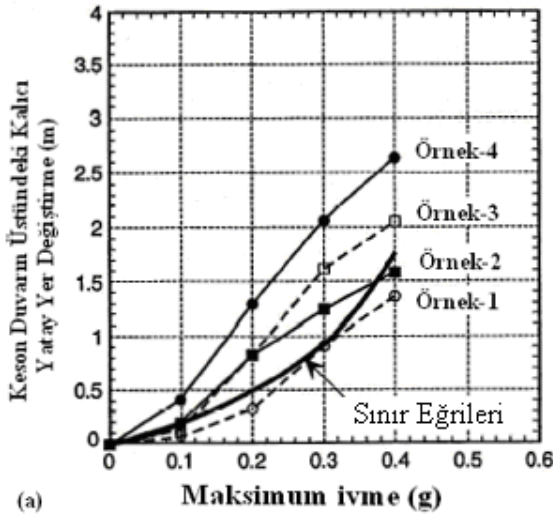
- (a) Zaman kayıtları
- (b) Gerilme-basınç ilişkisi
- (c) Gerilmeler
- (d) Çevrimsel dayanım



Şekil 6.11 Hesaplanan kalıcı şekil değiştirme

(a) Örnek - 1

(b) Örnek - 4



Şekil 6.12 Sismik davranış ve kabul edilebilir hasar için sınır eğrileri

(a) Kalıcı yatay yer değiştirme

(b) Eğilme

7. AĞIRLIK TİPİ YAPILAR İÇİN ÖRNEK TASARIMLAR

7.1 Beton Blok Tipi Rıhtım Yanaşma Yapısı

Bu örnekte; 29,80 boylam and 40,8 enlem koordinatlarındaki Derince limanı beton bloklulu rıhtım yapısı dikkate alınmıştır. Bloklulu tip rıhtım duvarının pseudo-statik analizi; yapılacaktır ve D1 deprem düzeyine göre %50 aşılmama olasılığı dikkate alınacaktır. A zemin sınıfı için kısa periyod zemin katsayısı F_a ; DLH (2007) Kıyı Yapıları Deprem Teknik Yönetmeliği Tablo 1.1 kullanılarak bulunacaktır.

Yapı arkasında kullanılan dolgu malzemesi için, kumun kurudaki birim hacim ağırlığı $\gamma_j = 18 \text{ kN/m}^3$ ve suya doymun kumun birim hacim ağırlığı ise $\gamma_{sj} = 21 \text{ kN/m}^3$ alınacaktır. Bloklulu rıhtımda ek yük (sürşarj) 30 kN/m^2 ve baba çekmesi 800 kN 'dir. Yapının üzerindeki kronman duvarının uzunluğu ise 16.16 m 'dir.

(D1), (D2) ve (D3) deprem düzeyleri için kısa doğal titreşim periyoduna karşı gelen spektral ivme değerleri DLH (2007) EK A'da verilmiştir. Referans olarak alınan B zemin sınıfı ve D1 düzeyi için yapının bulunduğu konuma ait koordinatlarda $S_s = 0.76$ 'dır. A zemin sınıfı için ise aynı doğal titreşim periyotlarına karşılık gelen spektral ivme değeri; DLH (2007) Tablo 1.1'den $S_s = 0.76$ için A zemin sınıfının kısa periyod zemin katsayısı $F_a = 0.8$ olarak bulunmaktadır.

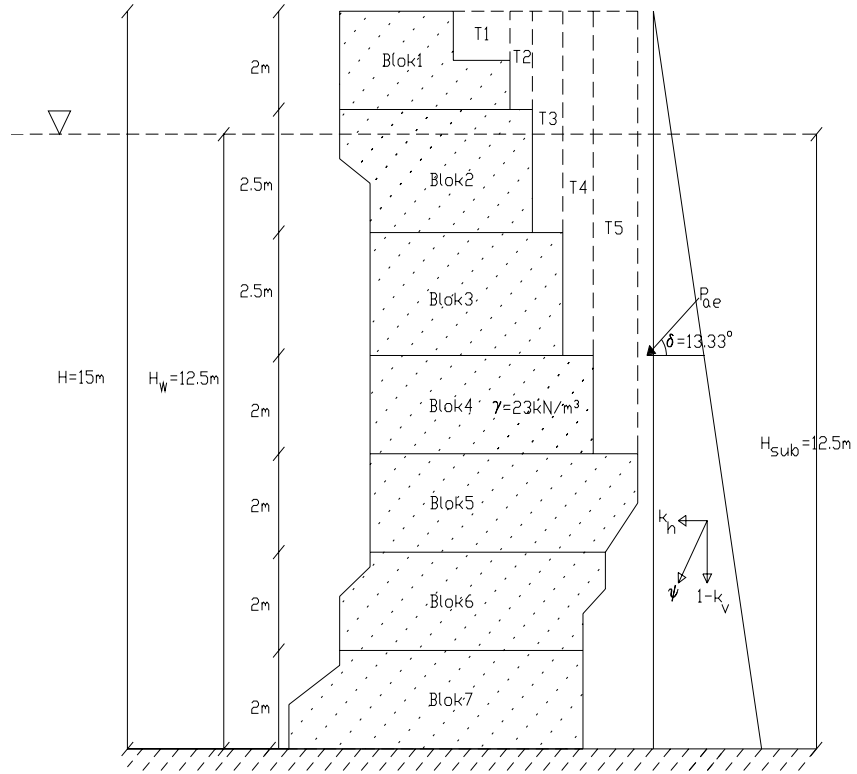
Doğal titreşim periyoduna karşılık gelen spektral ivme değeri

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad \Rightarrow S_{MS} = 0.8 \times 0.76 = 0.61$$

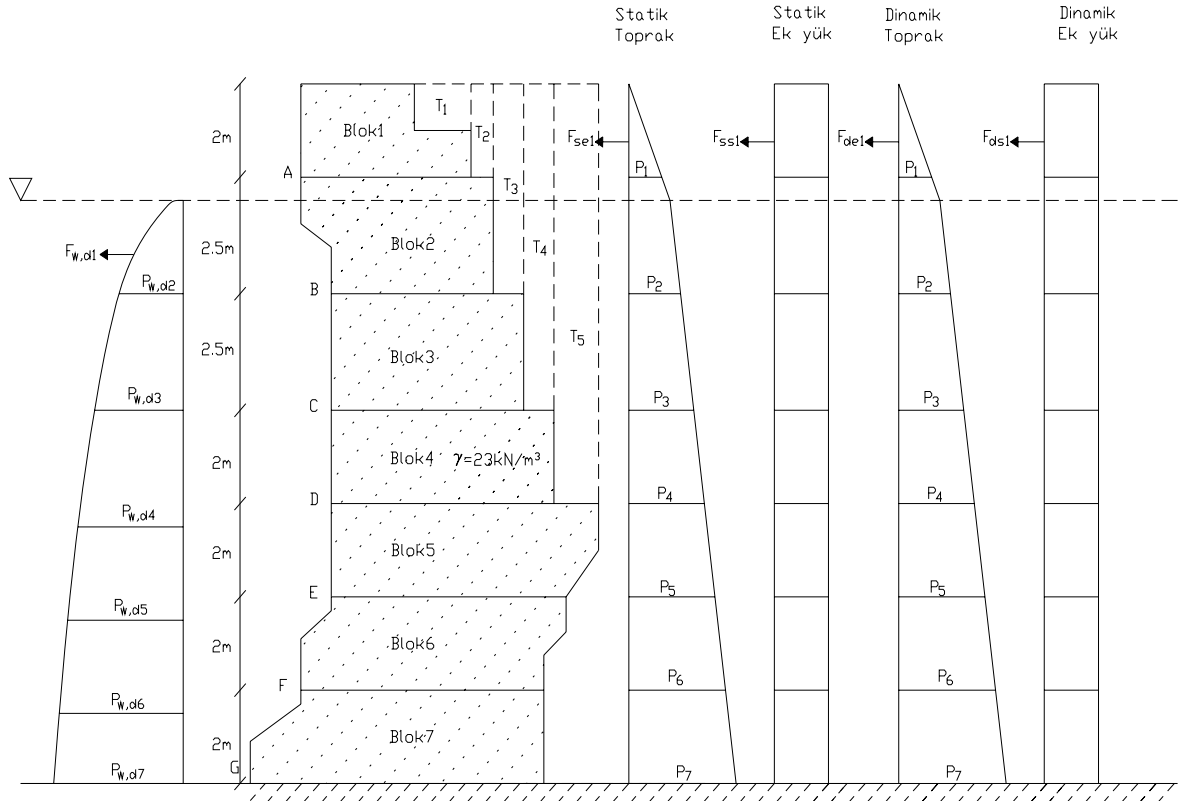
D1 deprem düzeyinde statik-eşdeğer dinamik zemin basıncı ile su basıncının hesabında gözönüne alınacak olan eşdeğer deprem ivmesi katsayıları (k_h), etkin yer ivmesi katsayıları (A_{10}) cinsinden hesaplanmaktadır.

$$A_{10} = 0.4 \times S_{MS} \quad \Rightarrow A_{10} = 0.4 \times 0.61 = 0.244$$

$$k_h = (2/3) \cdot A_{10} \quad \Rightarrow k_h = (2/3) \cdot 0.244 = 0.16$$



Şekil 7.1 Pseudo-statik analiz için basitleştirilmiş kesit



Şekil 7.2 Bloklü tip rıhtım duvarına etkiyen kuvvetler

Analiz için gerekli ve basitleştirilmiş parametreler ile birlikte yapının kesitleri Şekil 7.1 ve Şekil 7.2’de gösterilmektedir.

Aktif-statik toprak basıncı katsayıları

Mononobe-Okabe yönteminde statik toprak basıncı katsayısı aşağıdaki gibi bulunmaktadır:

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

$$\varphi_i = 40^\circ, \delta = \frac{\varphi_i}{3} = \frac{40}{3} = 13.33^\circ, \alpha = 0^\circ \text{ ve } \beta = 0^\circ$$

$$K_{ai,s} = \frac{\cos^2(40 - 0)}{\cos^2(0)\cos(0 + 13.33) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(40 + 0)\sin(40 - 0)}{\cos(13.33 + 0)\cos(0 - 0)}} \right]^2} = 0.202$$

Bu yöntemde toplam aktif toprak basıncı katsayısı ıslak ve kuru bölge için ayrı ayrı aşağıdaki gibi bulunmaktadır:

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

Kuru bölge için

$$\text{Sismik atalet açısı} \Rightarrow \lambda = \tan^{-1}(k_h) \quad \Rightarrow \lambda = \tan^{-1}(0.16) = 9.09^\circ$$

$$K_{ai,t} = \frac{(1 - 0)\cos^2(40 - 0 - 9.09)}{\cos 9.09 \cos^2(0)\cos(0 + 13.33 + 9.09) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(40 + 13.33)\sin(40 - 0 - 9.09)}{\cos(13.33 + 0 + 9.09)\cos(0 - 0)}} \right]^2} = 0.290$$

$$\text{Kuru dinamik katsayı} \quad K_{ai,d(kuru)} = K_{ai,t} - K_{ai,s}$$

$$\Rightarrow K_{ai,d} = 0.290 - 0.202 = 0.088$$

Suya doymun bölge için

Su altındaki kumun birim hacim ağırlığı ($\gamma_{bj} = \gamma_{sj} - \gamma_w$; $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$ ve $\gamma_{sj} = 21 \text{ kN/m}^3$)

$$\text{Sismik atalet açısı} \Rightarrow \lambda = \tan^{-1}\left(\frac{k_h}{1 - k_v}\right) \Rightarrow \lambda = \tan^{-1}(k'_h)$$

$$k'_h = \frac{\sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^N (\gamma_{sj} h_j) + q_o}{\sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^N (\gamma_{bj} h_j) + q_o} k_h$$

$$\Rightarrow k'_h = \frac{18 \times 2.5 + 21 \times 12.5 + 15}{18 \times 2.5 + 11 \times 12.5 + 15} \cdot 0.16 = 0.26 \quad \Rightarrow \psi = \tan^{-1}(0.26) = 14.57^\circ$$

Zeminin su altında veya suya doymun olması durumunda, zeminle duvar arasındaki sürtünme açısı olarak δ yerine $\delta/2$ göz önüne alınmaktadır.

$$K_{id} = \frac{(1-0)\cos^2(40-0-14.57)}{\cos 9.09 \cos^2(0) \cos(0+13.33/2+14.57) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(40+13.33/2)\sin(40-0-14.57)}{\cos(13.33/2+0+14.57)\cos(0-0)}} \right]^2} = 0.363$$

Doygun dinamik katsayı $K_{ai,d} = K_{ai,t} - K_{ai,s}$

$$\Rightarrow K_{ai,d(\text{doygun})} = 0.363 - 0.202 = 0.161$$

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

(1) Statik toprak kuvvetleri:

$$P_{ai,sel} = K_{ai,s} \cdot \gamma_j \cdot h_1 \quad \Rightarrow P_{ai,sel} = 0.202 \cdot 18 \cdot 2 = 7.27 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,se1} = \frac{P_{ai,se1} \cdot h_1}{2} \Rightarrow F_{ai,se1} = \frac{7.27 \cdot 2}{2} = 7.27 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $\frac{1 \cdot 2}{3} = 0.67 \text{ m}$ yukarıda

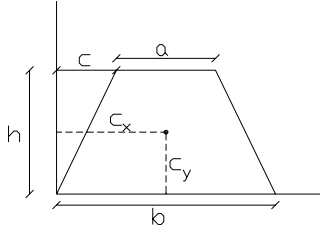
$$P_{ai,se2,1} = K_{ai,s} \cdot \gamma_j \cdot h_{2,1} \Rightarrow P_{ai,se2,1} = 0.202 \cdot 18 \cdot 2.5 = 9.09 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{ai,se2,2} = K_{ai,s} \cdot (\gamma_j \cdot h_{2,1} + \gamma_{bj} \cdot (h_{2,2} - h_{2,1})) \Rightarrow P_{ai,se2,2} = 0.202 \cdot (18 \cdot 2.5 + 11 \cdot 2) = 13.53 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,se2,1} = \frac{(P_{ai,se2,1} + P_{ai,se1}) \cdot h_{2,1}}{2} \Rightarrow F_{ai,se2,1} = \left(\frac{7.27 + 9.09}{2} \right) \cdot 0.5 = 4.09 \text{ kN/m}$$

$$F_{ai,se2,2} = \frac{(P_{ai,se2,1} + P_{ai,se2,2}) \cdot (h_{2,2} - h_{2,1})}{2} \Rightarrow F_{ai,se2,2} = \left(\frac{9.09 + 13.53}{2} \right) \cdot 2 = 22.62 \text{ kN/m}$$

Yamuğun ağırlık merkezi



$$c_y = \frac{h(2a + b)}{3(a + b)} \quad \text{ve} \quad c_x = \frac{2ac + a^2 + cb + ab + b^2}{3(a + b)}$$

$$F_{ai,se2,1} \text{ 'in uygulama noktası , B noktasından } \frac{0.5 \cdot (2 \cdot 7.27 + 9.09)}{3 \cdot (7.27 + 9.09)} + 2 = 2.24 \text{ m yukarıda}$$

$$F_{ai,se2,2} \text{ 'nin uygulama noktası ise, B noktasından } \frac{2 \cdot (2 \cdot 9.09 + 13.53)}{3 \cdot (9.09 + 13.53)} = 0.93 \text{ m yukarıda}$$

$$P_{ai,se3} = K_{ai,s} \cdot (\gamma_j \cdot h_{2,1} + \gamma_{bj} \cdot (h_3 - h_{2,1})) \Rightarrow P_{ai,se3} = 0.202 \cdot (18 \cdot 2.5 + 11 \cdot 4.5) = 19.09 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,se3} = \frac{(P_{ai,se2,2} + P_{ai,se3}) \cdot (h_3 - h_2)}{2} \Rightarrow F_{ai,se3} = \left(\frac{13.53 + 19.09}{2} \right) \cdot 2.5 = 40.78 \text{ kN/m}$$

$$F_{ai,se3} \text{ 'ün uygulama noktası ise , C noktasından } \frac{2.5 \cdot (2 \cdot 13.53 + 19.09)}{3 \cdot (13.53 + 19.09)} = 1.18 \text{ m yukarıda}$$

$$P_{ai,se4} = K_{ai,s} \cdot (\gamma_j \cdot h_{2,1} + \gamma_{bj} \cdot (h_4 - h_{2,1})) \Rightarrow P_{ai,se4} = 0.202 \cdot (18 \cdot 2.5 + 11 \cdot 6.5) = 23.53 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,se4} = \frac{(P_{ai,se3} + P_{ai,se4}) \cdot (h_4 - h_3)}{2} \Rightarrow F_{ai,se4} = \left(\frac{19.09 + 23.53}{2} \right) \cdot 2 = 42.62 \text{ kN/m}$$

$$F_{ai,se4} \text{ 'ün uygulama noktası ise, D noktasından } \frac{2 \cdot (2 \cdot 19.09 + 23.53)}{3 \cdot (19.09 + 23.53)} = 0.97 \text{ m yukarıda}$$

$$P_{ai,se5} = K_{ai,s} \cdot (\gamma_j \cdot h_{2,1} + \gamma_{bj} \cdot (h_5 - h_{2,1})) \Rightarrow P_{ai,se5} = 0.202 \cdot (18 \cdot 2.5 + 11 \cdot 8.5) = 27.98 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,se5} = \frac{(P_{ai,se4} + P_{ai,se5}) \cdot (h_5 - h_4)}{2} \Rightarrow F_{ai,se5} = \left(\frac{23.53 + 27.98}{2} \right) \cdot 2 = 51.51 \text{ kN/m}$$

$$F_{ai,se5} \text{ 'in uygulama noktası ise, E noktasından } \frac{2 \cdot (2 \cdot 23.53 + 27.98)}{3 \cdot (23.53 + 27.98)} = 0.97 \text{ m yukarıda}$$

$$P_{ai,se6} = K_{ai,s} \cdot (\gamma_j \cdot h_{2,1} + \gamma_{bj} \cdot (h_6 - h_{2,1})) \Rightarrow P_{ai,se6} = 0.202 \cdot (18 \cdot 2.5 + 11 \cdot 10.5) = 32.42 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,se6} = \frac{(P_{ai,se5} + P_{ai,se6}) \cdot (h_6 - h_5)}{2} \Rightarrow F_{ai,se6} = \left(\frac{27.98 + 32.42}{2} \right) \cdot 2 = 60.40 \text{ kN/m}$$

$$F_{ai,se6} \text{ 'in uygulama noktası ise, F noktasından } \frac{2 \cdot (2 \cdot 27.98 + 32.42)}{3 \cdot (27.98 + 32.42)} = 0.98 \text{ m yukarıda}$$

$$P_{ai,se7} = K_{ai,s} \cdot (\gamma_j \cdot h_{2,1} + \gamma_{bj} \cdot (h_7 - h_{2,1})) \Rightarrow P_{ai,se7} = 0.202 \cdot (18 \cdot 2.5 + 11 \cdot 12.5) = 36.87 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,se7} = \frac{(P_{ai,se6} + P_{ai,se7}) \cdot (h_7 - h_6)}{2} \Rightarrow F_{ai,se7} = \left(\frac{32.42 + 36.87}{2} \right) \cdot 2 = 69.29 \text{ kN/m}$$

$$F_{ai,se7} \text{ 'in uygulama noktası ise, G noktasından } \frac{2 \cdot (2 \cdot 32.42 + 36.87)}{3 \cdot (32.42 + 36.87)} = 0.98 \text{ m yukarıda}$$

(2) Statik ek yükler:

$$P_{ai,ss1} = K_{ai,s} \cdot q_o \quad (q_o : \text{Düzgün yayılı ek yük}) \Rightarrow P_{ai,ss1} = 0.202 \cdot 30 = 6.06 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss1} = P_{ai,ss1} \cdot h_1 \quad \Rightarrow F_{ai,ss1} = 6.06 \cdot 2 = 12.12 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $2/2 = 1$ m yukarıda

$$P_{ai,ss2,1} = K_{ai,s} \cdot q_o \quad \Rightarrow P_{ai,ss2,1} = 0.202 \cdot 30 = 6.06 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss2,1} = P_{ai,ss2,1} \cdot (h_{2,1} - h_1) \quad \Rightarrow F_{ai,ss2,1} = 6.06 \cdot 0.5 = 3.03 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, B noktasından $2 + 0.5/2 = 2.25$ m yukarıda

$$P_{ai,ss2,2} = K_{ai,s} \cdot q_o \quad \Rightarrow P_{ai,ss2,2} = 0.202 \cdot 30 = 6.06 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss2,2} = P_{ai,ss2,2} \cdot (h_{2,2} - h_{2,1}) \quad \Rightarrow F_{ai,ss2,2} = 6.06 \cdot 2 = 12.12 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, B noktasından $2/2 = 1$ m yukarıda

$$P_{ai,ss3} = K_{ai,s} \cdot q_o \quad \Rightarrow P_{ai,ss3} = 0.202 \cdot 30 = 6.06 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss3} = P_{ai,ss3} \cdot (h_3 - h_2) \quad \Rightarrow F_{ai,ss3} = 6.06 \cdot 2.5 = 15.15 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, C noktasından $2.5/2 = 1.25$ m yukarıda

$$P_{ai,ss4} = K_{ai,s} \cdot q_o \quad \Rightarrow P_{ai,ss4} = 0.202 \cdot 30 = 6.06 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss4} = P_{ai,ss4} \cdot (h_4 - h_3) \quad \Rightarrow F_{ai,ss4} = 6.06 \cdot 2 = 12.12 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, D noktasından $2/2 = 1$ m yukarıda

$$P_{ai,ss5} = K_{ai,s} \cdot q_o \quad \Rightarrow P_{ai,ss5} = 0.202 \cdot 30 = 6.06 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss5} = P_{ai,ss5} \cdot (h_5 - h_4) \quad \Rightarrow F_{ai,ss5} = 6.06 \cdot 2 = 12.12 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, E noktasından $2/2 = 1$ m yukarıda

$$P_{ai,ss6} = K_{ai,s} \cdot q_o \quad \Rightarrow P_{ai,ss6} = 0.202 \cdot 30 = 6.06 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss6} = P_{ai,ss6} \cdot (h_6 - h_5) \quad \Rightarrow F_{ai,ss6} = 6.06 \cdot 2 = 12.12 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, F noktasından $2/2 = 1$ m yukarıda

$$P_{ai,ss7} = K_{ai,s} \cdot q_o \quad \Rightarrow P_{ai,ss7} = 0.202 \cdot 30 = 6.06 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss7} = P_{ai,ss7} \cdot (h_7 - h_6) \quad \Rightarrow F_{ai,ss7} = 6.06 \cdot 2 = 12.12 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, G noktasından $2/2 = 1$ m yukarıda

(3) Dinamik toprak kuvvetleri:

$$P_{ai,de1} = K_{ai,d(kuru)} \cdot \gamma_j \cdot h_1 \quad \Rightarrow P_{ai,de1} = 0.088 \cdot 18 \cdot 2 = 3.17 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,de1} = \frac{P_{ai,de1} \cdot h_1}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,se1} = \frac{3.17 \cdot 2}{2} = 3.17 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $\frac{1 \cdot 2}{3} = 0.67$ m yukarıda

$$P_{ai,de2,1} = K_{ai,d(kuru)} \cdot \gamma_j \cdot h_{2,1} \quad \Rightarrow P_{ai,de2,1} = 0.088 \cdot 18 \cdot 2.5 = 3.96 \text{ kN/m}^2$$

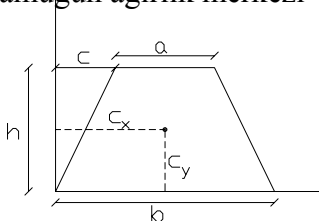
$$P_{ai,de2,2} = K_{ai,d(kuru)} \cdot \gamma_j \cdot h_{2,1} + K_{ai,d(doygun)} \cdot \gamma_{bj} \cdot (h_{2,2} - h_{2,1})$$

$$\Rightarrow P_{ai,de2,2} = 0.088 \cdot 18 \cdot 2.5 + 0.161 \cdot 11 \cdot 2 = 7.50 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,de2,1} = \frac{(P_{ai,de2,1} + P_{ai,de1}) \cdot h_{2,1}}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,de2,1} = \left(\frac{3.17 + 3.96}{2} \right) \cdot 0.5 = 1.78 \text{ kN/m}$$

$$F_{ai,de2,2} = \frac{(P_{ai,de2,1} + P_{ai,de2,2}) \cdot (h_{2,2} - h_{2,1})}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,de2,2} = \left(\frac{3.96 + 7.50}{2} \right) \cdot 2 = 11.46 \text{ kN/m}$$

Yamuğun ağırlık merkezi



$$c_y = \frac{h(2a+b)}{3(a+b)} \quad \text{ve} \quad c_x = \frac{2ac + a^2 + cb + ab + b^2}{3(a+b)}$$

$$F_{ai,de2,1} \text{ 'in uygulama noktası , B noktasından } \frac{0.5 \cdot (2 \cdot 3.17 + 3.96)}{3 \cdot (3.17 + 3.96)} + 2 = 2.24 \text{ m yukarıda}$$

$$F_{ai,se2,2} \text{ 'nin uygulama noktası ise, B noktasından } \frac{2 \cdot (2 \cdot 3.96 + 7.50)}{3 \cdot (3.96 + 7.50)} = 0.90 \text{ m yukarıda}$$

$$P_{ai,de3} = K_{ai,d(kuru)} \cdot \gamma_j \cdot h_{2,1} + K_{ai,d(doygun)} \cdot \gamma_{bj} \cdot (h_3 - h_{2,1})$$

$$\Rightarrow P_{ai,de3} = 0.088 \cdot 18 \cdot 2.5 + 0.161 \cdot 11 \cdot 4.5 = 11.93 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,de3} = \frac{(P_{ai,de2,2} + P_{ai,de3}) \cdot (h_3 - h_2)}{2} \Rightarrow F_{ai,de3} = \left(\frac{7.50 + 11.93}{2} \right) \cdot 2.5 = 24.29 \text{ kN/m}$$

$$F_{ai,de3} \text{ 'ün uygulama noktası ise , C noktasından } \frac{2.5 \cdot (2 \cdot 7.50 + 11.93)}{3 \cdot (7.50 + 11.93)} = 1.16 \text{ m yukarıda}$$

$$P_{ai,de4} = K_{ai,d(kuru)} \cdot \gamma_j \cdot h_{2,1} + K_{ai,d(doygun)} \cdot \gamma_{bj} \cdot (h_4 - h_{2,1})$$

$$\Rightarrow P_{ai,de4} = 0.088 \cdot 18 \cdot 2.5 + 0.161 \cdot 11 \cdot 6.5 = 15.47 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,de4} = \frac{(P_{ai,de3} + P_{ai,de4}) \cdot (h_4 - h_3)}{2} \Rightarrow F_{ai,de4} = \left(\frac{11.93 + 15.47}{2} \right) \cdot 2 = 27.40 \text{ kN/m}$$

$$F_{ai,de4} \text{ 'ün uygulama noktası ise , D noktasından } \frac{2 \cdot (2 \cdot 11.93 + 15.47)}{3 \cdot (11.93 + 15.47)} = 0.96 \text{ m yukarıda}$$

$$P_{ai,de5} = K_{ai,d(kuru)} \cdot \gamma_j \cdot h_{2,1} + K_{ai,d(doygun)} \cdot \gamma_{bj} \cdot (h_5 - h_{2,1})$$

$$\Rightarrow P_{ai,de5} = 0.088 \cdot 18 \cdot 2.5 + 0.161 \cdot 11 \cdot 8.5 = 19.01 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,de5} = \frac{(P_{ai,de4} + P_{ai,de5}) \cdot (h_5 - h_4)}{2} \Rightarrow F_{ai,de5} = \left(\frac{15.47 + 19.01}{2} \right) \cdot 2 = 34.48 \text{ kN/m}$$

$$F_{ai,de5} \text{ 'ün uygulama noktası ise , E noktasından } \frac{2 \cdot (2 \cdot 15.47 + 19.01)}{3 \cdot (15.47 + 19.01)} = 0.97 \text{ m yukarıda}$$

$$P_{ai,de6} = K_{ai,d(kuru)} \cdot \gamma_j \cdot h_{2,1} + K_{ai,d(doygun)} \cdot \gamma_{bj} \cdot (h_6 - h_{2,1})$$

$$\Rightarrow P_{ai,de6} = 0.088 \cdot 18 \cdot 2.5 + 0.161 \cdot 11 \cdot 10.5 = 22.56 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,de6} = \frac{(P_{ai,de5} + P_{ai,de6}) \cdot (h_6 - h_5)}{2} \Rightarrow F_{ai,de6} = \left(\frac{19.01 + 22.56}{2} \right) \cdot 2 = 41.57 \text{ kN/m}$$

$$F_{ai,de6} \text{ 'ün uygulama noktası ise , F noktasından } \frac{2 \cdot (2 \cdot 19.01 + 22.56)}{3 \cdot (19.01 + 22.56)} = 0.97 \text{ m yukarıda}$$

$$P_{ai,de7} = K_{ai,d(kuru)} \cdot \gamma_j \cdot h_{2,1} + K_{ai,d(doygun)} \cdot \gamma_{bj} \cdot (h_7 - h_{2,1})$$

$$\Rightarrow P_{ai,de7} = 0.088 \cdot 18 \cdot 2.5 + 0.161 \cdot 11 \cdot 12.5 = 26.10 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,de7} = \frac{(P_{ai,de6} + P_{ai,de7}) \cdot (h_7 - h_6)}{2} \Rightarrow F_{ai,de7} = \left(\frac{22.56 + 26.10}{2} \right) \cdot 2 = 48.66 \text{ kN/m}$$

$$F_{ai,de7} \text{ 'ün uygulama noktası ise , G noktasından } \frac{2 \cdot (2 \cdot 22.56 + 26.10)}{3 \cdot (22.56 + 26.10)} = 0.98 \text{ m yukarıda}$$

(4) Dinamik ek yükler:

$$P_{ai,ds1} = K_{ai,d(kuru)} \cdot q_o \quad (q_o : \text{Düzgün yayılı ek yük}) \Rightarrow P_{ai,ds1} = 0.088 \cdot 30 = 2.64 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ds1} = P_{ai,ds1} \cdot h_1 \Rightarrow F_{ai,ds1} = 2.64 \cdot 2 = 5.28 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $2/2 = 1 \text{ m}$ yukarıda

$$P_{ai,ds2,1} = K_{ai,d(kuru)} \cdot q_o \Rightarrow P_{ai,ds2,1} = 0.088 \cdot 30 = 2.64 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ds2,1} = P_{ai,ds2,1} \cdot (h_{2,1} - h_1) \Rightarrow F_{ai,ds2,1} = 2.64 \cdot 0.5 = 1.32 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, B noktasından $2 + 0.5/2 = 2.25 \text{ m}$ yukarıda

$$P_{ai,ds2,2} = K_{ai,d(doygun)} \cdot q_o \Rightarrow P_{ai,ds2,2} = 0.161 \cdot 30 = 4.83 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ds2,2} = P_{ai,ds2,2} \cdot (h_{2,2} - h_{2,1}) \quad \Rightarrow F_{ai,ds2,2} = 4.83 \cdot 2 = 9.66 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, B noktasından $2/2 = 1$ m yukarıda

$$P_{ai,ds3} = K_{ai,d(doygun)} \cdot q_o \quad \Rightarrow P_{ai,ds3} = 0.161 \cdot 30 = 4.83 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ds3} = P_{ai,ds3} \cdot (h_3 - h_2) \quad \Rightarrow F_{ai,ds3} = 4.83 \cdot 2.5 = 12.08 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, C noktasından $2.5/2 = 1.25$ m yukarıda

$$P_{ai,ds4} = K_{ai,d(doygun)} \cdot q_o \quad \Rightarrow P_{ai,ds4} = 0.161 \cdot 30 = 4.83 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ds4} = P_{ai,ds4} \cdot (h_4 - h_3) \quad \Rightarrow F_{ai,ds4} = 4.83 \cdot 2 = 9.66 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, D noktasından $2/2 = 1$ m yukarıda

$$P_{ai,ds5} = K_{ai,d(doygun)} \cdot q_o \quad \Rightarrow P_{ai,ds5} = 0.161 \cdot 30 = 4.83 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ds5} = P_{ai,ds5} \cdot (h_5 - h_4) \quad \Rightarrow F_{ai,ds5} = 4.83 \cdot 2 = 9.66 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, E noktasından $2/2 = 1$ m yukarıda

$$P_{ai,ds6} = K_{ai,d(doygun)} \cdot q_o \quad \Rightarrow P_{ai,ds6} = 0.161 \cdot 30 = 4.83 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ds6} = P_{ai,ds6} \cdot (h_6 - h_5) \quad \Rightarrow F_{ai,ds6} = 2.42 \cdot 2 = 9.66 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, F noktasından $2/2 = 1$ m yukarıda

$$P_{ai,ds7} = K_{ai,d(doygun)} \cdot q_o \quad \Rightarrow P_{ai,ds7} = 0.161 \cdot 30 = 4.83 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ds7} = P_{ai,ds7} \cdot (h_7 - h_6) \quad \Rightarrow F_{ai,ds7} = 4.83 \cdot 2 = 9.66 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, G noktasından $2/2 = 1$ m yukarıda

(5) Hidrodinamik kuvvetler

$$P_{w,d} = \frac{7}{8} k_n \gamma_w \sqrt{Hy} \quad \gamma_w : 10 \text{ kN/m}^3$$

$$P_{w,d2} = \frac{7}{8} \cdot 0.16 \cdot 10 \cdot \sqrt{12.5 \cdot 2} = 7.00 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{w,d3} = \frac{7}{8} \cdot 0.16 \cdot 10 \cdot \sqrt{12.5 \cdot 4.5} = 10.50 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{w,d4} = \frac{7}{8} \cdot 0.16 \cdot 10 \cdot \sqrt{12.5 \cdot 6.5} = 12.62 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{w,d5} = \frac{7}{8} \cdot 0.16 \cdot 10 \cdot \sqrt{12.5 \cdot 8.5} = 14.43 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{w,d6} = \frac{7}{8} \cdot 0.16 \cdot 10 \cdot \sqrt{12.5 \cdot 10.5} = 16.04 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{w,d7} = \frac{7}{8} \cdot 0.16 \cdot 10 \cdot \sqrt{12.5 \cdot 12.5} = 17.50 \text{ kN/m}^2$$

Hidrodinamik basıncın etki ettiği alanlar basitleştirilerek üçgen ve trapez şekiller gibi kabul edilmektedir.

$$F_{w,d2} = \frac{P_{w,d2} \cdot H_2}{2} \quad \Rightarrow F_{w,d2} = \frac{7.00 \cdot 2}{2} = 7.00 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, B noktasından $\frac{1 \cdot 2}{3} = 0.67 \text{ m}$ yukarıda

$$F_{w,d3} = \frac{(P_{w,d2} + P_{w,d3}) \cdot (H_3 - H_2)}{2} \quad \Rightarrow F_{w,d3} = \left(\frac{7.00 + 10.50}{2} \right) \cdot (4.5 - 2) = 21.88 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, C noktasından $\frac{h(2a+b)}{3(a+b)} = \frac{2.5 \cdot (2 \cdot 7.00 + 10.50)}{3 \cdot (7.00 + 10.50)} = 1.17 \text{ m}$ yukarıda

$$F_{w,d4} = \frac{(P_{w,d3} + P_{w,d4}) \cdot (H_4 - H_3)}{2} \quad \Rightarrow F_{w,d4} = \left(\frac{10.50 + 12.62}{2} \right) \cdot (6.5 - 4.5) = 23.12 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, D noktasından $\frac{h(2a+b)}{3(a+b)} = \frac{2 \cdot (2 \cdot 10.50 + 12.62)}{3 \cdot (10.50 + 12.62)} = 0.97$ m yukarıda

$$F_{w,d5} = \frac{(P_{w,d4} + P_{w,d5}) \cdot (H_5 - H_4)}{2} \Rightarrow F_{w,d5} = \left(\frac{12.62 + 14.43}{2} \right) \cdot (8.5 - 6.5) = 27.05 \text{ kN/m}$$

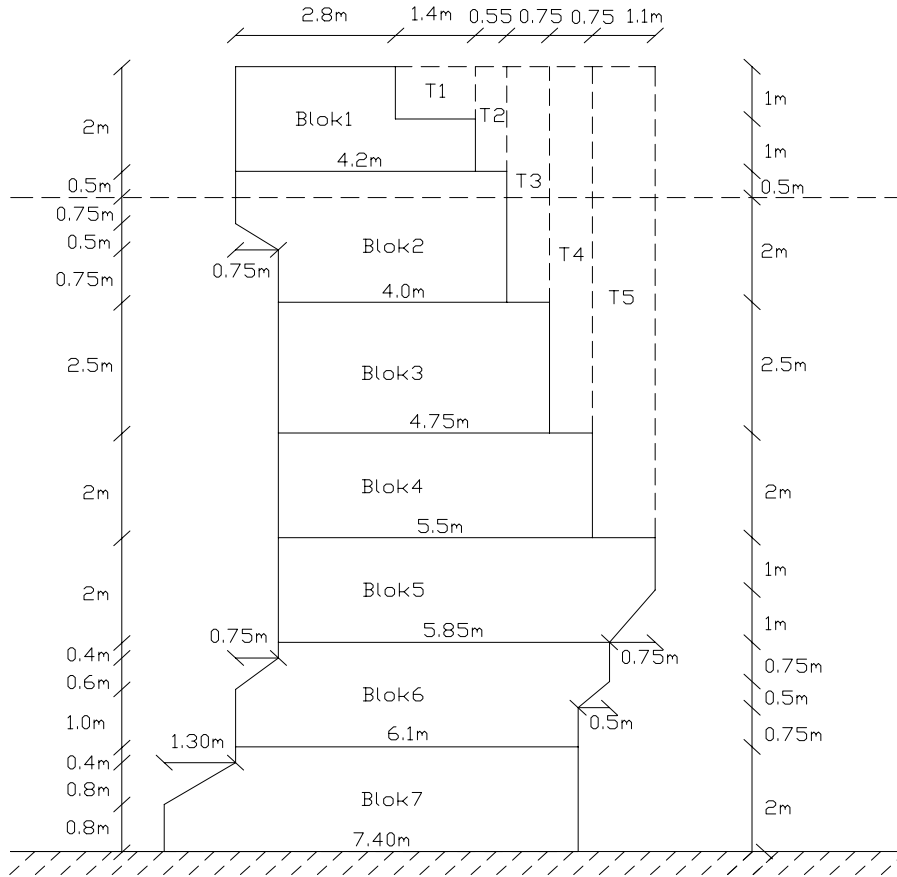
Uygulama noktası ise, E noktasından $\frac{h(2a+b)}{3(a+b)} = \frac{2 \cdot (2 \cdot 12.62 + 14.43)}{3 \cdot (12.62 + 14.43)} = 0.98$ m yukarıda

$$F_{w,d6} = \frac{(P_{w,d5} + P_{w,d6}) \cdot (H_6 - H_5)}{2} \Rightarrow F_{w,d6} = \left(\frac{14.43 + 16.04}{2} \right) \cdot (10.5 - 8.5) = 30.47 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, F noktasından $\frac{h(2a+b)}{3(a+b)} = \frac{2 \cdot (2 \cdot 14.43 + 16.04)}{3 \cdot (14.43 + 16.04)} = 0.98$ m yukarıda

$$F_{w,d7} = \frac{(P_{w,d6} + P_{w,d7}) \cdot (H_7 - H_6)}{2} \Rightarrow F_{w,d7} = \left(\frac{16.04 + 17.50}{2} \right) \cdot (12.5 - 10.5) = 33.54 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, C noktasından $\frac{h(2a+b)}{3(a+b)} = \frac{2 \cdot (2 \cdot 16.04 + 17.50)}{3 \cdot (16.04 + 17.50)} = 0.99$ m yukarıda

(6) Stabilite, atalet ve diğer etkili kuvvetler:**(6.1) Stabilite kuvvetleri:**

Blok1 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_b \cdot a \cdot b \quad (\gamma_b = 23 \text{ kN/m}^3; \text{ betonun özgül ağırlığı}) \quad W_1 = (2.8 \cdot 2 + 1.4 \cdot 1) \cdot 23 = 161 \text{ kN/m}$$

$$\text{Uygulama noktası ise, A noktasından } \frac{2.8 \cdot 2 \cdot 23 \cdot 1.4 + 1.4 \cdot 1 \cdot 23 \cdot 3.5}{161} = 1.82 \text{ m uzaklıkta}$$

Toprak1 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_j \cdot a \cdot b \quad W_1 = 1.4 \cdot 1 \cdot 18 = 25.20 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $2.8 + (1.4/2) = 3.50 \text{ m}$ uzaklıkta

Blok2 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_b \cdot a \cdot b + \gamma_{bb} \cdot a \cdot b \quad (\gamma_{bb} = 13 \text{ kN/m}^3; \text{ suyun altındaki betonun özgül ağırlığı})$$

$$W_2 = 4.75 \cdot 0.5 \cdot 23 + \left(4 \cdot 2 + \frac{0.75 + 1.25}{2} \cdot 0.75 \right) \cdot 13 = 168.38 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, B noktasından

$$\frac{4.75 \cdot 0.5 \cdot 23 \cdot (4.75/2 - 0.75) + 4 \cdot 2 \cdot 13 \cdot 2 + (0.75 + 1.25)/2 \cdot 0.75 \cdot 13 \cdot (-0.34)}{168.38} = 1.74 \text{ m}$$

Toprak2 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_j \cdot a \cdot b \quad W_2 = 0.55 \cdot 2 \cdot 18 = 19.80 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $4.2 + (0.55/2) = 4.48 \text{ m}$ uzaklıkta

Blok3 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_{bb} \cdot a \cdot b \quad W_3 = 4.75 \cdot 2.5 \cdot 13 = 154.38 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, C noktasından $4.75/2 = 2.38 \text{ m}$ uzaklıkta

Toprak3 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_j \cdot a \cdot b + \gamma_{bj} \cdot a \cdot b \quad W_3 = 0.75 \cdot (2.5 \cdot 18 + 2 \cdot 11) = 50.25 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, B noktasından $4 + (0.75/2) = 4.38 \text{ m}$ uzaklıkta

Blok4 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_{bb} \cdot a \cdot b \quad W_4 = 5.5 \cdot 2 \cdot 13 = 143 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, D noktasından $5.5/2 = 2.75 \text{ m}$ uzaklıkta

Toprak4 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_j \cdot a \cdot b + \gamma_{bj} \cdot a \cdot b \quad W_4 = 0.75 \cdot (2.5 \cdot 18 + 4.5 \cdot 11) = 70.88 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, C noktasından $4.75 + (0.75/2) = 5.13$ m uzaklıkta

Blok5 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_{bb} \cdot a \cdot b \quad W_5 = 5.85 \cdot 2 \cdot 13 + \left(\frac{1+2}{2} \right) \cdot 0.75 \cdot 13 = 166.73 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası, E'den $\frac{5.85 \cdot 2 \cdot 13 \cdot 2.93 + (1+2)/2 \cdot 0.75 \cdot 13 \cdot 6.18}{166.73} = 3.21$ m uzaklıkta

Toprak5 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_j \cdot a \cdot b + \gamma_{bj} \cdot a \cdot b \quad W_5 = 1.1 \cdot (2.5 \cdot 18 + 6.5 \cdot 11) = 128.15 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, D noktasından $5.5 + (1.1/2) = 6.05$ m uzaklıkta

Blok6 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_{bb} \cdot a \cdot b \quad W_6 = 5.35 \cdot 2 \cdot 13 + \left(\frac{1+1.6}{2} \right) \cdot 0.75 \cdot 13 + \left(\frac{0.75+1.25}{2} \right) \cdot 0.5 \cdot 13 = 158.28 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, F noktasından

$$\frac{5.35 \cdot 2 \cdot 13 \cdot 3.43 + (1+1.6)/2 \cdot 0.75 \cdot 13 \cdot 0.45 + (0.75+1.25)/2 \cdot 0.5 \cdot 13 \cdot 6.33}{158.28} = 3.31 \text{ m uzaklıkta}$$

Blok7 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_{bc} \cdot a \cdot b \quad W_7 = 6.1 \cdot 2 \cdot 13 + \left(\frac{0.8+1.6}{2} \right) \cdot 1.30 \cdot 13 = 178.88 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası G'den $\frac{6.1 \cdot 2 \cdot 13 \cdot 4.35 + (0.8+1.6)/2 \cdot 1.30 \cdot 13 \cdot 0.72}{178.88} = 3.94$ m uzaklıkta

(6.2) Atalet kuvvetleri:

Su altında kalan kısımlarda atalet kuvvetleri hesaplarırken ağırlık yerine kütle ve su içindeki dolgu zemin için ise k_h yerine k'_h kullanılmaktadır.

Blok1 için Atalet kuvveti:

$$F_1 = W_1 \cdot k_h \quad W_1 = (2.8 \cdot 2 + 1.4 \cdot 1) \cdot 23 = 161 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow F_1 = 161 \cdot 0.16 = 25.76 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $\frac{2.8 \cdot 2 \cdot 23 \cdot 1 + 1.4 \cdot 1 \cdot 23 \cdot 0.5}{161} = 0.90 \text{ m}$ yukarıda

Blok1'e etki eden Toprak1 Atalet kuvveti:

$$F_{1,1} = W_{1,1} \cdot k_h \quad W_{1,1} = 1.4 \cdot 1 \cdot 18 = 25.20 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow F_{1,1} = 25.20 \cdot 0.16 = 4.03 \text{ kN/m}$$

Blok1'e etki eden Toprak2-5 Atalet kuvveti:

$$F_{1,2} = W_{1,2} \cdot k_h \quad W_{1,2} = 3.15 \cdot 2 \cdot 18 = 113.40 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow F_{1,2} = 113.40 \cdot 0.16 = 18.14 \text{ kN/m}$$

Buradan $F_1 = F_{1,1} + F_{1,2} \quad \Rightarrow F_1 = 18.14 + 4.03 = 22.17 \text{ kN/m}$

Uygulama noktası ise, A noktasından $\frac{4.03 \cdot (1 + 1/2) + 18.14 \cdot 1}{22.17} = 1.09 \text{ m}$ yukarıda

Blok2 Atalet kuvveti:

$$F_2 = W_2 \cdot k_h \quad W_2 = \left(4 \cdot 2.5 + \frac{1.75 + 1.25}{2} \cdot 0.75 \right) \cdot 23 = 255.88 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow F_2 = 255.88 \cdot 0.16 = 40.94 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası , B'den $\frac{4 \cdot 2.5 \cdot 23 \cdot 1.25 + (1.75 + 1.25) / 2 \cdot 0.75 \cdot 23 \cdot 1.74}{255.88} = 1.30 \text{ m}$ yukarıda

Blok2'ye etki eden Toprak3-5 Atalet kuvveti:

$$F_2 = W_{2,1} \cdot k_h + W_{2,2} \cdot k'_h \quad W_{2,1} = 2.60 \cdot 0.5 \cdot 18 = 23.40 \text{ kN/m} \quad W_{2,2} = 2.60 \cdot 2 \cdot 18 = 93.60 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow F_2 = 23.40 \cdot 0.16 + 93.60 \cdot 0.26 = 28.08 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası, B noktasından $\frac{23.40 \cdot 0.16 \cdot (2 + 0.5/2) + 93.60 \cdot 0.26 \cdot 1}{28.08} = 1.17 \text{ m}$ yukarıda

Blok3 Atalet kuvveti:

$$F_3 = W_3 \cdot k_h \quad W_3 = 4.75 \cdot 2.5 \cdot 23 = 273.13 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow F_3 = 273.13 \cdot 0.16 = 43.70 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, C noktasından $2.5/2 = 1.25 \text{ m}$ yukarıda

Blok3'e etki eden Toprak4-5 Atalet kuvveti:

$$F_3 = W_3 \cdot k'_h \quad W_3 = 1.85 \cdot 2.5 \cdot 18 = 83.25 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow F_3 = 83.25 \cdot 0.26 = 21.65 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, C noktasından $2.5/2 = 1.25 \text{ m}$ yukarıda

Blok4 Atalet kuvveti:

$$F_4 = W_4 \cdot k_h \quad W_4 = 5.5 \cdot 2 \cdot 23 = 253 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow F_4 = 253 \cdot 0.16 = 40.48 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, D noktasından $2/2 = 1 \text{ m}$ yukarıda

Blok4'e etki eden Toprak5 Atalet kuvveti:

$$F_4 = W_4 \cdot k'_h \quad W_4 = 1.1 \cdot 2 \cdot 18 = 39.60 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow F_4 = 39.60 \cdot 0.26 = 10.30 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, D noktasından $2/2 = 1 \text{ m}$ yukarıda

Blok5 Atalet kuvveti:

$$F_5 = W_5 \cdot k_h \quad W_5 = (5.85 \cdot 2 + (1 + 2)/2 \cdot 0.75) \cdot 23 = 294.98 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow F_5 = 294.98 \cdot 0.16 = 47.20 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, E'den $\frac{5.85 \cdot 2 \cdot 23 \cdot 1 + (1 + 2)/2 \cdot 0.75 \cdot 23 \cdot 1.22}{294.98} = 1.02 \text{ m}$ yukarıda

Blok6 Atalet kuvveti:

$$F_6 = W_6 \cdot k_h \quad W_6 = \left(5.35 \cdot 2 + \left(\frac{1+1.6}{2} \right) \cdot 0.75 + \left(\frac{0.75+1.25}{2} \right) \cdot 0.5 \right) \cdot 23 = 280.03 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow F_6 = 280.03 \cdot 0.16 = 44.80 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, F noktasından

$$\frac{5.35 \cdot 2 \cdot 23 \cdot 1 + (1+1.6)/2 \cdot 0.75 \cdot 23 \cdot 0.66 + (0.75+1.25)/2 \cdot 0.5 \cdot 23 \cdot 1.49}{280.03} = 0.99 \text{ m yukarıda}$$

Blok7 Atalet kuvveti:

$$F_7 = W_7 \cdot k_h \quad W_7 = \left(6.1 \cdot 2 + \left(\frac{0.8+1.6}{2} \right) \cdot 1.30 \right) \cdot 23 = 316.48 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow F_7 = 316.48 \cdot 0.16 = 50.64 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası G'den $\frac{6.1 \cdot 2 \cdot 23 \cdot 1 + (0.8+1.6)/2 \cdot 1.30 \cdot 23 \cdot 0.62}{316.48} = 0.96 \text{ m yukarıda}$

(7) Statik baba çekmesi:

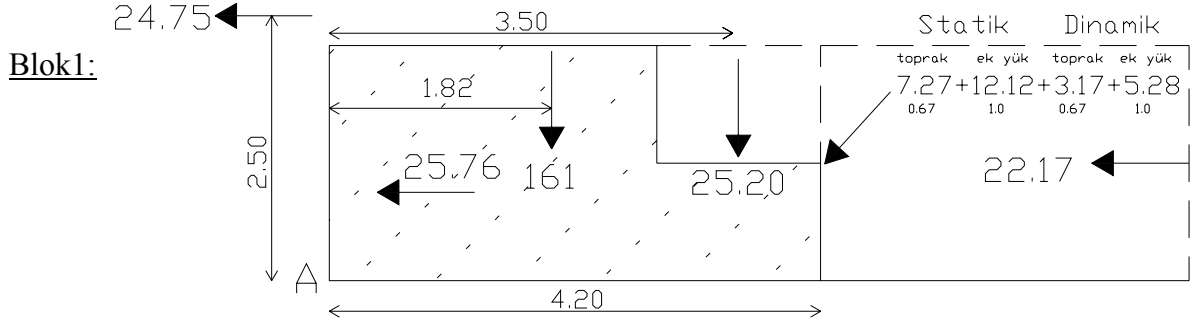
Baba çekmesi; %50 azalma ile hesaba katılmaktadır. Baba çekmesinin tabandan 15.5m yukarıdaki değeri; $\%50 \times 800 / 16.16 = 24.75 \text{ kN/m}$ (16.16m = kronman uzunluğu)

(8) Kuvvet ve moment dengesi

Deprem etkisi altında gözönüne alınacak yatay yük kombinasyonlarında statik ve dinamik ek yükler % 50 azaltılarak hesaba katılmaktadır (DLH, 2007). Devrilme momenti hesabında dinamik toprak ve dinamik ek yük yüklemelerinden oluşan devrilme momentleri % 50

arttırılmaktadır (DLH, 2007). Ayrıca zeminin su altında olması durumunda zeminle duvar arasındaki sürtünme açısı $\delta/2$ alınmalıdır (DLH, 2007).

Bahsedilen kuvvetlerin yapı üzerindeki etkileri şekillerde gösterilmektedir ve ayrı ayrı her bir bloğun stabilite momentleri ve deviren momentleri hesaplanmaktadır:



$$\text{Yatay yük kombinasyonu} = D_M + Z_S + Z_D + 0.5Z_{SQ} + 0.5Z_{DQ} + S_D + 0.5B$$

$$P = 25.76 + 22.17 + (7.27 + 0.5 \cdot 12.12 + 3.17 + 0.5 \cdot 5.28) \cdot \cos 13.33 + 24.75 = 91.30 \text{ kN/m}$$

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

$$W = 161 + 25.20 + (7.27 + 12.12 + 3.17 + 5.28) \cdot \sin 13.33 = 192.62 \text{ kN/m}$$

Stabilite (Devirmeye karşı moment)

Blok1:	$161.00 \times 1.82 = 293.02 \text{ kNm/m}$
Toprak1:	$25.20 \times 3.50 = 88.20$
Toprak İtkisi	$(7.27 + 12.12 + 3.17 + 5.28) \sin 13.33 \times 4.20 = 26.96$
	$W \cdot e = 408.18 \text{ kNm/m}$

Devirici (Devirmeye çalışan moment)

Baba Çekmesi:	$24.75 \times 2.50 = 61.88 \text{ kNm/m}$
Blok1 Atalet Kuvveti:	$25.76 \times 0.90 = 23.18$
Toprak1-5 Atalet Kuvveti:	$22.17 \times 1.09 = 24.17$
Toprak İtkisi:	$7.27 \cdot \cos 13.33 \times 0.67 = 4.74 \text{ (statik toprak)}$
	$12.12 \cdot \cos 13.33 \times 1.00 = 11.79 \text{ (statik ek yük)}$
	$1.5 \times 3.17 \cdot \cos 13.33 \times 0.67 = 3.10 \text{ (dinamik toprak)}$
	$1.5 \times 5.28 \cdot \cos 13.33 \times 1.00 = 7.71 \text{ (dinamik ek yük)}$
	$M_d = 136.57 \text{ kNm/m}$

Devrilmeye karşı güvenlik faktörü ise;

$$F_{sd} = \frac{W \cdot e}{M_d} \Rightarrow F_{sd} = 408.18/136.57 = 2.99 > 1.3 \text{ uygun}$$

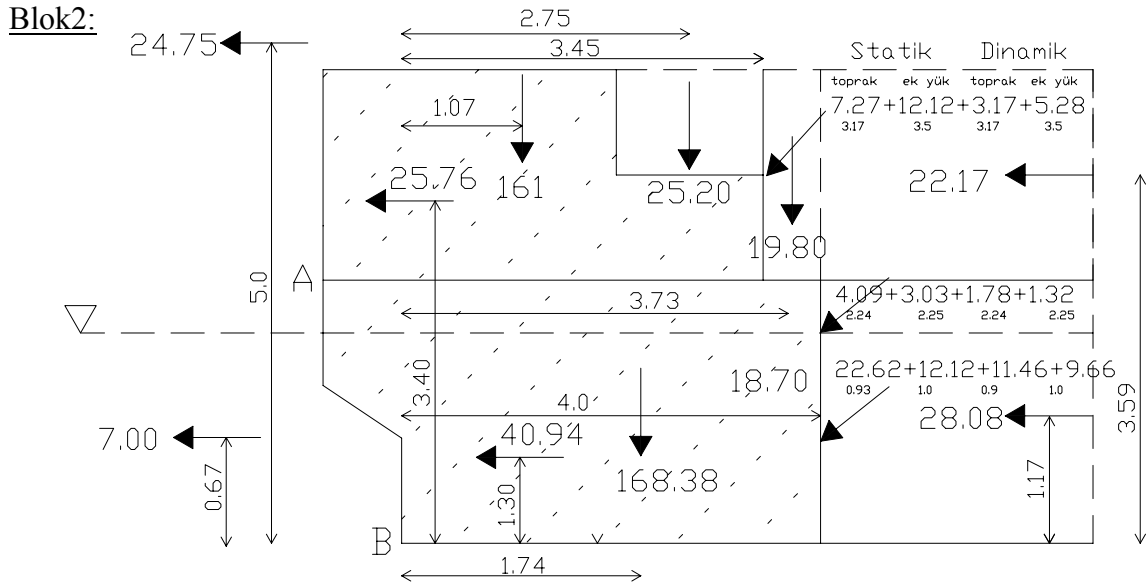
e : gözönüne alınana bileşke yükünü duvarın deniz tarafındaki topuk ucuna olan yatay mesafesi

M_d : yatay yüklerin duvar tabanına göre toplam devrilme momentleri

Devrilmeye ve kaymaya karşı güvenlik faktörleri minimum hasar düzeylerine göre sırasıyla en az 1.3 ve 1.2 olacaktır (DLH, 2007). Güvenlik faktörünün tanımlanmasına bağlı olarak duvarın arka yüzü ile geri dolgu arasındaki sürtünme açısı sıfır kabul edildiğinde, düşey ve yatay bileşenlerin analizinden toprak itki kuvveti devirici momenti karşılayabilmektedir.

Kaymaya karşı güvenlik faktörü de;

$$F_{sk} = \frac{\mu \cdot W}{P} ; \mu = 0.5 \Rightarrow F_{sk} = \frac{192.62 \times 0.5}{91.30} = 1.05 < 1.2 \text{ uygun değil}$$



$$\text{Yatay yük kombinasyonu} = D_M + Z_S + Z_D + 0.5Z_{SQ} + 0.5Z_{DQ} + S_D + 0.5B$$

$$P = 91.30 + 7.00 + 40.94 + 28.08 + (4.09 + 0.5 \cdot 3.03 + 1.78 + 0.5 \cdot 1.32) \cdot \cos 13.33 + (22.62 + 0.5 \cdot 12.12 + 11.46 + 0.5 \cdot 9.66) \cdot \cos(13.33/2) = 219.81 \text{ kN/m}$$

Düşey yük kombinasyonu = $G + S_k$

$$W = 192.62 + (4.09 + 3.03 + 1.78 + 1.32) \cdot \sin 13.33 + (22.62 + 12.12 + 11.46 + 9.66) \cdot \sin(13.33/2) + 168.38 + 19.80 = 389.64 \text{ kN/m}$$

Stabilite (Devirmeye karşı moment)

Blok1	$161.00 \times 1.07 = 172.27 \text{ kNm/m}$
Toprak1:	$25.20 \times 2.75 = 69.30$
Toprak İtkisi1	$(7.27 + 12.12 + 3.17 + 5.28) \sin 13.33 \times 3.45 = 22.14$
Blok2:	$168.38 \times 1.74 = 292.98$
Toprak2:	$19.80 \times 3.73 = 73.85$
Toprak İtkisi2,1	$(4.09 + 3.03 + 1.78 + 1.32) \sin 13.33 \times 4.00 = 9.43$
Toprak İtkisi2,2	$(22.62 + 12.12 + 11.46 + 9.66) \sin(13.33/2) \times 4.00 = 25.93$
	<hr/>
	$W \cdot e = 665.90 \text{ kNm/m}$

Devirici (Devirmeye çalışan moment)

Blok1'den etki eden Devirici Moment:	$= 136.57 \text{ kNm/m}$
Blok1'den etki eden Yatay Kuvvet:	$91.30 \times 2.50 = 228.25$
Blok2 Atalet Kuvveti:	$40.94 \times 1.30 = 53.22$
Toprak3-5 Atalet Kuvveti:	$28.08 \times 1.17 = 32.85$
Hidrodinamik Kuvvet2:	$7.00 \times 0.67 = 4.69$
Toprak İtkisi2,1:	$4.09 \cdot \cos 13.33 \times 2.24 = 8.91 \text{ (statik toprak)}$
	$3.03 \cdot \cos 13.33 \times 2.25 = 6.63 \text{ (statik ek yük)}$
	$1.5 \times 1.78 \cdot \cos 13.33 \times 2.24 = 5.82 \text{ (dinamik toprak)}$
	$1.5 \times 1.32 \cdot \cos 13.33 \times 2.25 = 4.33 \text{ (dinamik ek yük)}$
Toprak İtkisi2,1:	$22.62 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.93 = 20.89 \text{ (statik toprak)}$
	$12.12 \cdot \cos(13.33/2) \times 1.00 = 12.04 \text{ (statik ek yük)}$
	$1.5 \times 11.46 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.90 = 15.37 \text{ (dinamik toprak)}$
	$1.5 \times 9.66 \cdot \cos(13.33/2) \times 1.00 = 14.39 \text{ (dinamik ek yük)}$
	<hr/>
	$M_d = 543.96 \text{ kNm/m}$

Devrilmeye karşı güvenlik faktörü ise;

$$F_{sd} = \frac{W \cdot e}{M_d} \Rightarrow F_{sd} = 665.90 / 543.96 = 1.22 < 1.3 \text{ uygun değil}$$

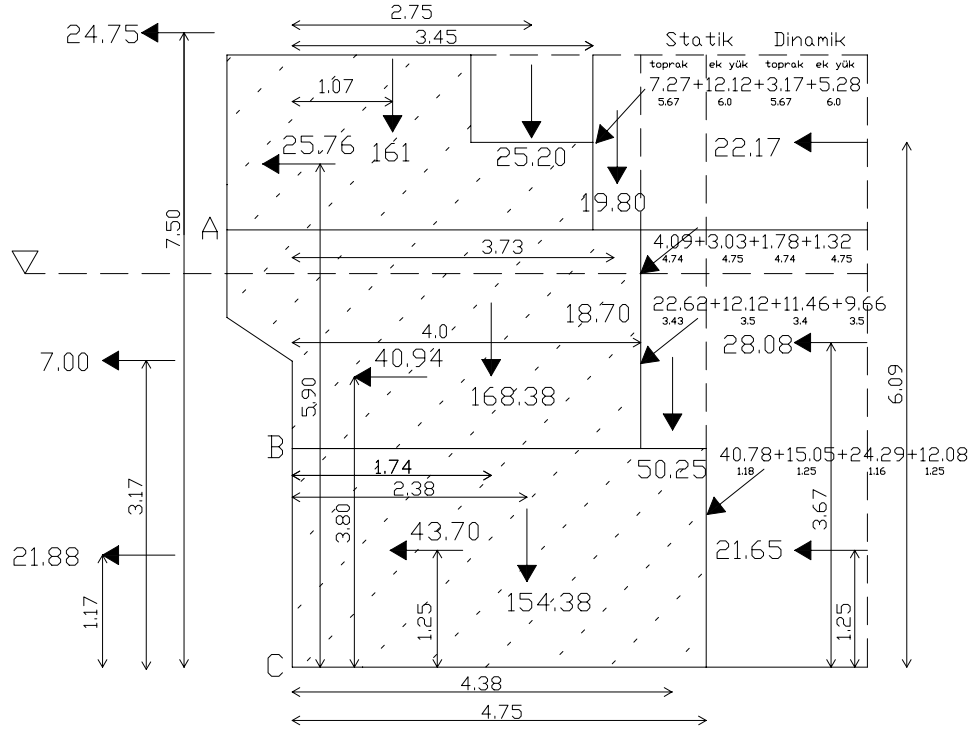
Güvenlik faktörünün tanımlanmasına bağlı olarak duvarın arka yüzü ile geri dolgu arasındaki

sürtünme açısı sıfır kabul edildiğinde, düşey ve yatay bileşenlerin analizinden toprak itki kuvveti devirici momenti karşılayamamaktadır.

Kaymaya karşı güvenlik faktörü de;

$$F_{sk} = \frac{\mu \cdot W}{P} ; \mu = 0.5 \quad \Rightarrow F_{sk} = \frac{389.64 \times 0.5}{219.81} = 0.89 < 1.2 \text{ uygun değil}$$

Blok3:



$$\text{Yatay yük kombinasyonu} = D_M + Z_S + Z_D + 0.5Z_{SQ} + 0.5Z_{DQ} + S_D + 0.5B$$

$$P = 219.81 + 21.88 + 43.70 + (40.78 + 0.5 \cdot 15.15 + 24.29 + 0.5 \cdot 12.08) \cdot \cos(13.33/2) + 21.65 = 385.19 \text{ kN/m}$$

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

$$W = 389.64 + (40.78 + 15.15 + 24.29 + 12.08) \cdot \sin(13.33/2) + 154.38 + 50.25 = 604.98 \text{ kN/m}$$

Stabilite (Devirmeye karşı moment)

$$\begin{aligned} \text{Blok1-2'den etki eden Stabilite Momenti:} &= 665.90 \text{ kNm/m} \\ \text{Blok3:} & 154.38 \times 2.38 = 367.42 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Toprak3:} & 50.25 \times 4.38 = 220.10 \\
\text{Toprak İtkisi3} & \frac{(40.78 + 15.15 + 24.29 + 12.08) \sin(13.33/2) \times 4.75}{W \cdot e} = 51.11 \\
& W \cdot e = 1304.53 \text{ kNm/m}
\end{aligned}$$

Devirici (Devirmeye çalışan moment)

$$\begin{aligned}
\text{Blok1-2'den etki eden Devirici Moment:} & = 543.96 \text{ kNm/m} \\
\text{Blok1-2'den etki eden Yatay Kuvvet:} & 219.81 \times 2.50 = 549.53 \\
\text{Blok3 Atalet Kuvveti:} & 43.70 \times 1.25 = 54.63 \\
\text{Toprak4-5 Atalet Kuvveti:} & 21.65 \times 1.25 = 27.06 \\
\text{Hidrodinamik Kuvvet3:} & 21.88 \times 1.17 = 25.60 \\
\text{Toprak İtkisi3:} & 40.78 \cdot \cos(13.33/2) \times 1.18 = 47.80 \text{ (statik toprak)} \\
& 15.15 \cdot \cos(13.33/2) \times 1.25 = 18.81 \text{ (statik ek yük)} \\
& 1.5 \times 24.10 \cdot \cos(13.33/2) \times 1.16 = 41.65 \text{ (dinamik toprak)} \\
& 1.5 \times 12.08 \cdot \cos(13.33/2) \times 1.25 = 11.27 \text{ (dinamik ek yük)} \\
& \underline{\underline{M_d = 1320.31 \text{ kNm/m}}}
\end{aligned}$$

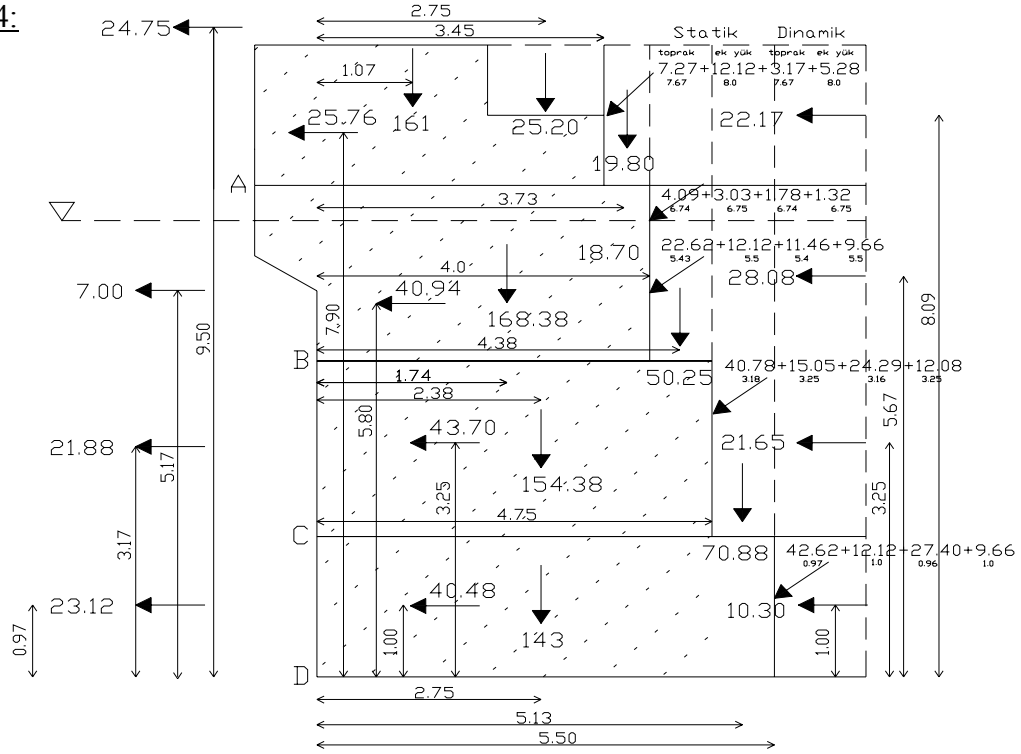
Devrilmeye karşı güvenlik faktörü ise;

$$F_{sd} = \frac{W \cdot e}{M_d} \Rightarrow F_{sd} = 1304.53 / 1320.31 = 0.99 < 1.3 \text{ uygun değil}$$

Güvenlik faktörünün tanımlanmasına bağlı olarak duvarın arka yüzü ile geri dolgu arasındaki sürtünme açısı sıfır kabul edildiğinde, düşey ve yatay bileşenlerin analizinden toprak itki kuvveti devirici momenti karşılayamamaktadır.

Kaymaya karşı güvenlik faktörü de;

$$F_{sk} = \frac{\mu \cdot W}{P} ; \mu = 0.5 \Rightarrow F_{sk} = \frac{604.98 \times 0.5}{385.19} = 0.79 < 1.2 \text{ uygun değil}$$

Blok4:

$$\text{Yatay yük kombinasyonu} = D_M + Z_S + Z_D + 0.5Z_{SQ} + 0.5Z_{DQ} + S_D + 0.5B$$

$$P = 385.19 + 23.12 + 40.48 + (42.62 + 0.5 \cdot 12.12 + 27.40 + 0.5 \cdot 9.66) \cdot \cos(13.33/2) + 10.30 = 539.45 \text{ kN/m}$$

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

$$W = 604.98 + (42.62 + 12.12 + 27.40 + 9.66) \cdot \sin(13.33/2) + 143.00 + 70.88 = 829.51 \text{ kN/m}$$

Stabilite (Devirmeye karşı moment)

$$\text{Blok1-3'den etki eden Stabilite Momenti:} = 1304.53 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Blok4:} \quad 143.00 \times 2.75 = 393.25$$

$$\text{Toprak4:} \quad 70.88 \times 5.13 = 363.61$$

$$\text{Toprak İtkisi4} \quad (42.62 + 12.12 + 27.40 + 9.66) \sin(13.33/2) \times 5.50 = 58.60$$

$$W \cdot e = 2119.99 \text{ kNm/m}$$

Devirici (Devirmeye çalışan moment)

Blok1-3'den etki eden Devirici Moment:	= 1320.31 kNm/m
Blok1-3'den etki eden Yatay Kuvvet:	$385.19 \times 2.00 = 770.38$
Blok4 Atalet Kuvveti:	$40.48 \times 1.00 = 40.48$
Toprak5 Atalet Kuvveti:	$10.30 \times 1.00 = 27.06$
Hidrodinamik Kuvvet4:	$23.12 \times 0.97 = 22.43$
Toprak İtkisi4:	$42.62 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.97 = 41.06$ (statik toprak)
	$12.12 \cdot \cos(13.33/2) \times 1.00 = 12.04$ (statik ek yük)
	$1.5 \times 27.40 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.96 = 39.19$ (dinamik toprak)
	$1.5 \times 9.66 \cdot \cos(13.33/2) \times 1.00 = 14.39$ (dinamik ek yük)
	<hr/>
	$M_d = 2287.34$ kNm/m

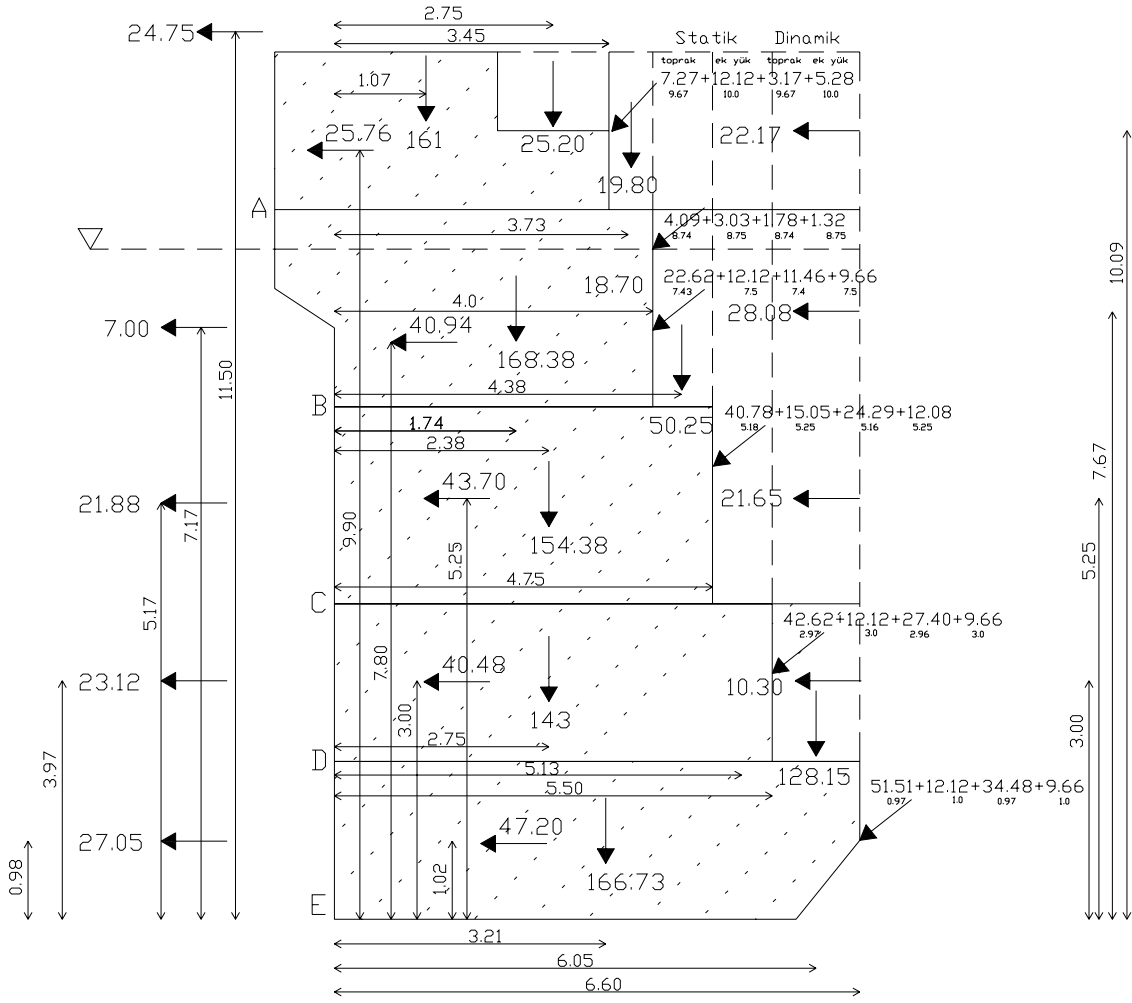
Devrilmeye karşı güvenlik faktörü ise;

$$F_{sd} = \frac{W \cdot e}{M_d} \Rightarrow F_{sd} = 2119.99 / 2287.34 = 0.93 < 1.3 \text{ uygun değil}$$

Güvenlik faktörünün tanımlanmasına bağlı olarak duvarın arka yüzü ile geri dolgu arasındaki sürtünme açısı sıfır kabul edildiğinde, düşey ve yatay bileşenlerin analizinden toprak itki kuvveti devirici momenti karşılayamamaktadır.

Kaymaya karşı güvenlik faktörü de;

$$F_{sk} = \frac{\mu \cdot W}{P} ; \mu = 0.5 \Rightarrow F_{sk} = \frac{829.51 \times 0.5}{539.45} = 0.77 < 1.2 \text{ uygun değil}$$

Blok5:

$$\text{Yatay yük kombinasyonu} = D_M + Z_S + Z_D + 0.5Z_{SQ} + 0.5Z_{DQ} + S_D + 0.5B$$

$$P = 539.45 + 27.05 + 47.20 + (51.51 + 0.5 \cdot 12.12 + 34.48 + 0.5 \cdot 9.66) \cdot \cos(13.33/2) = 709.93 \text{ kN/m}$$

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

$$W = 829.51 + (51.51 + 12.12 + 34.48 + 9.66) \cdot \sin(13.33/2) + 166.73 + 128.15 = 1136.90 \text{ kN/m}$$

Stabilite (Devirmeye karşı moment)

$$\text{Blok1-4'den etki eden Stabilite Momenti:} \quad = 2119.99 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Blok5:} \quad 166.73 \times 3.21 = 535.20$$

$$\text{Toprak5:} \quad 128.15 \times 6.05 = 775.31$$

$$\text{Toprak İtkisi5} \quad (51.51 + 12.12 + 34.48 + 9.66) \sin(13.33/2) \times 6.60 = 82.55$$

$$W \cdot e = 3513.05 \text{ kNm/m}$$

Devirici (Devirmeye çalışan moment)

$$\begin{aligned}
 \text{Blok1-4'den etki eden Devirici Moment:} &= 2287.34 \text{ kNm/m} \\
 \text{Blok1-4'den etki eden Yatay Kuvvet:} & 539.45 \times 2.00 = 1078.90 \\
 \text{Blok5 Atalet Kuvveti:} & 47.20 \times 1.02 = 47.96 \\
 \text{Hidrodinamik Kuvvet5:} & 27.05 \times 0.98 = 26.51 \\
 \text{Toprak İtkisi5:} & 51.51 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.97 = 49.63 \text{ (statik toprak)} \\
 & 12.12 \cdot \cos(13.33/2) \times 1.00 = 12.04 \text{ (statik ek yük)} \\
 & 1.5 \times 34.48 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.97 = 49.83 \text{ (dinamik toprak)} \\
 & 1.5 \times 9.66 \cdot \cos(13.33/2) \times 1.00 = 14.39 \text{ (dinamik ek yük)} \\
 \hline
 & M_d = 3566.60 \text{ kNm/m}
 \end{aligned}$$

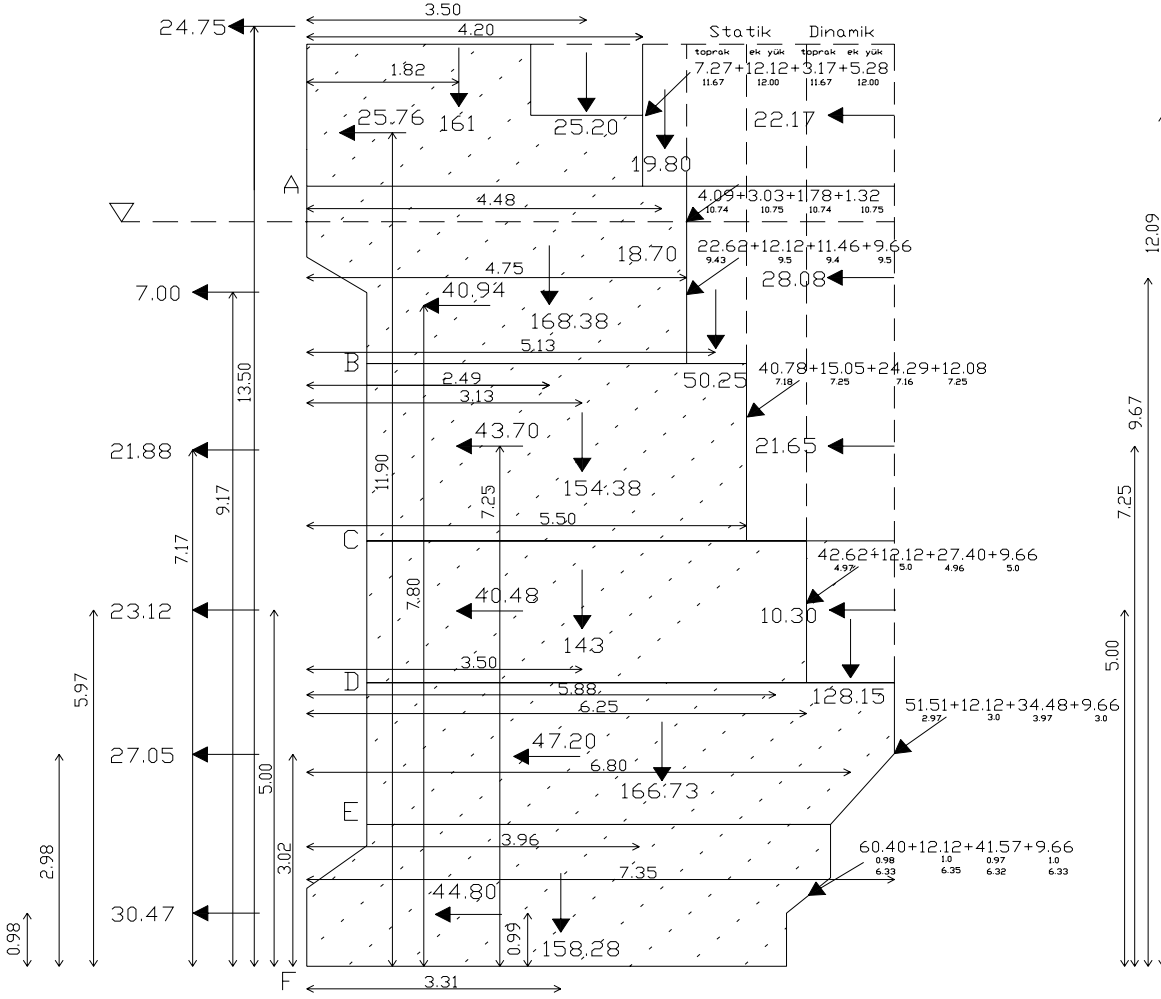
Devrilmeye karşı güvenlik faktörü ise;

$$F_{sd} = \frac{W \cdot e}{M_d} \Rightarrow F_{sd} = 3513.05 / 3566.60 = 0.98 < 1.3 \text{ uygun değil}$$

Güvenlik faktörünün tanımlanmasına bağlı olarak duvarın arka yüzü ile geri dolgu arasındaki sürtünme açısı sıfır kabul edildiğinde, düşey ve yatay bileşenlerin analizinden toprak itki kuvveti devirici momenti karşılayamamaktadır.

Kaymaya karşı güvenlik faktörü de;

$$F_{sk} = \frac{\mu \cdot W}{P} ; \mu = 0.5 \Rightarrow F_{sk} = \frac{1136.90 \times 0.5}{709.93} = 0.80 < 1.2 \text{ uygun değil}$$

Blok6:

$$\text{Yatay yük kombinasyonu} = D_M + Z_S + Z_D + 0.5Z_{SQ} + 0.5Z_{DQ} + S_D + 0.5B$$

$$P = 709.93 + 30.47 + 44.80 + (60.40 + 0.5 \cdot 12.12 + 41.57 + 0.5 \cdot 9.66) \cdot \cos(13.33/2) = 897.30 \text{ kN/m}$$

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

$$W = 1136.90 + (60.40 + 12.12 + 41.57 + 9.66) \cdot \sin(13.33/2) + 158.28 = 1309.54 \text{ kN/m}$$

Stabilite (Devirmeye karşı moment)

$$\text{Blok1-5'den etki eden Stabilite Momenti:} = 3513.05 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Blok1-5'den etki eden Düşey Kuvvet:} \quad 1136.90 \times 0.75 = 852.68$$

$$\text{Blok6:} \quad 158.28 \times 3.31 = 523.91$$

$$\text{Toprak İtkisi6:} \quad 60.40 \cdot \sin(13.33/2) \times 6.33 = 44.37 \text{ (statik toprak)}$$

$$12.12 \cdot \sin(13.33/2) \times 6.35 = 8.93 \text{ (statik ek yük)}$$

$$41.57 \cdot \sin(13.33/2) \times 6.32 = 30.49 \text{ (dinamik toprak)}$$

$$\frac{9.66 \cdot \sin(13.33/2) \times 6.33 = 7.10 \text{ (dinamik ek yük)}}{W \cdot e = 4980.53 \text{ kNm/m}}$$

Devirici (Devirmeye çalışan moment)

$$\begin{aligned} \text{Blok1-5'den etki eden Devirici Moment:} &= 3566.60 \text{ kNm/m} \\ \text{Blok1-5'den etki eden Yatay Kuvvet:} &709.93 \times 2.00 = 1419.86 \\ \text{Blok6 Atalet Kuvveti:} &44.80 \times 0.99 = 44.35 \\ \text{Hidrodinamik Kuvvet6:} &30.47 \times 0.98 = 29.86 \\ \text{Toprak İtkisi6:} &60.40 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.98 = 58.79 \text{ (statik toprak)} \\ &12.12 \cdot \cos(13.33/2) \times 1.00 = 12.04 \text{ (statik ek yük)} \\ &1.5 \times 41.57 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.97 = 60.08 \text{ (dinamik toprak)} \\ &1.5 \times 9.66 \cdot \cos(13.33/2) \times 1.00 = 14.39 \text{ (dinamik ek yük)} \\ &\underline{\hspace{10em}} \\ &M_d = 5205.97 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

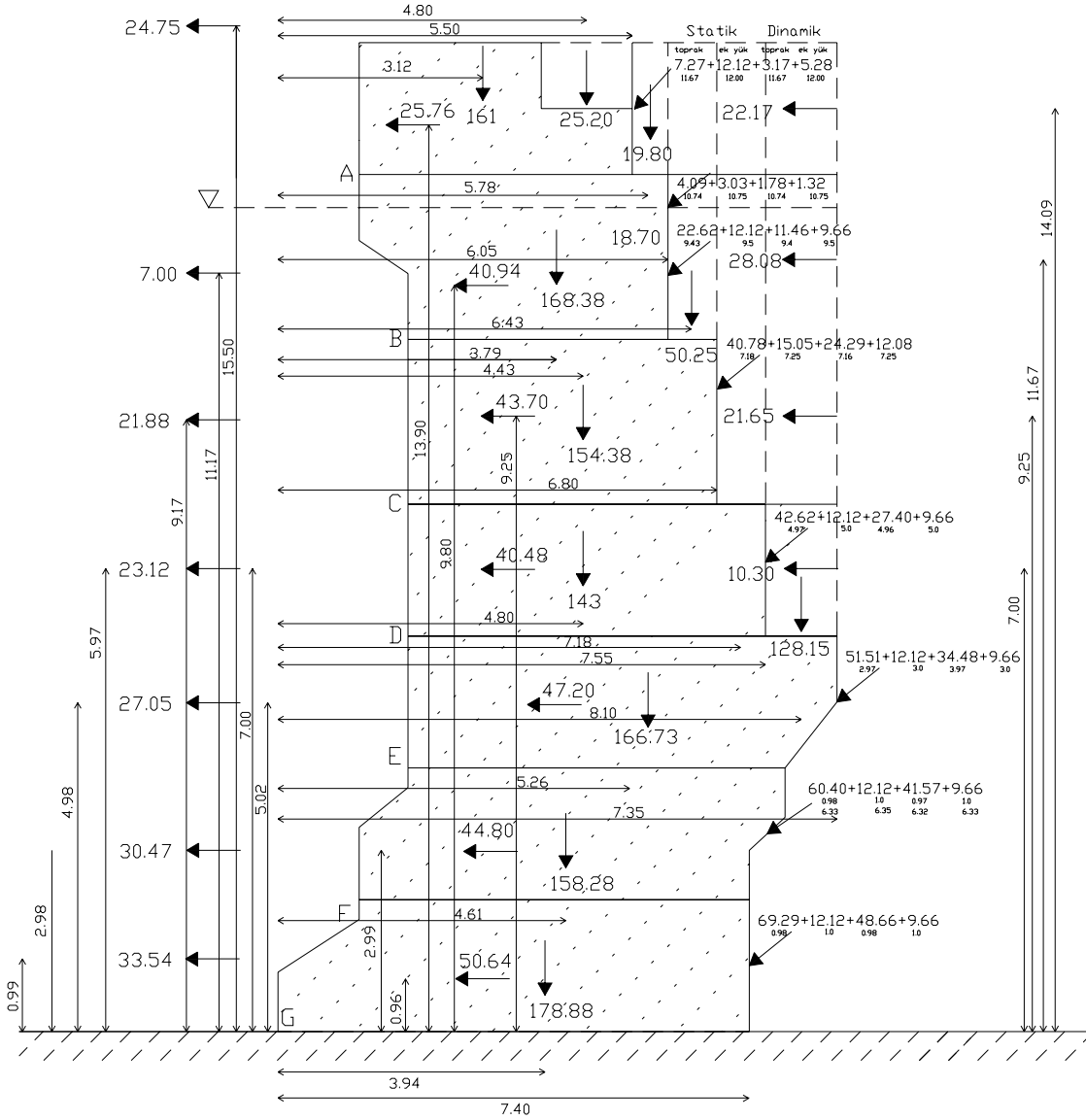
Devrilmeye karşı güvenlik faktörü ise;

$$F_{sd} = \frac{W \cdot e}{M_d} \Rightarrow F_{sd} = 4980.53 / 5205.97 = 0.96 < 1.3 \text{ uygun değil}$$

Güvenlik faktörünün tanımlanmasına bağlı olarak duvarın arka yüzü ile geri dolgu arasındaki sürtünme açısı sıfır kabul edildiğinde, düşey ve yatay bileşenlerin analizinden toprak itki kuvveti devirici momenti karşılayamamaktadır.

Kaymaya karşı güvenlik faktörü de;

$$F_{sk} = \frac{\mu \cdot W}{P} ; \mu = 0.5 \Rightarrow F_{sk} = \frac{1309.54 \times 0.5}{897.30} = 0.73 < 1.2 \text{ uygun değil}$$

Blok7:

$$\text{Yatay yük kombinasyonu} = D_M + Z_S + Z_D + 0.5Z_{SQ} + 0.5Z_{DQ} + S_D + 0.5B$$

$$P = 897.30 + 33.54 + 50.64 + (69.29 + 0.5 \cdot 12.12 + 48.66 + 0.5 \cdot 9.66) \cdot \cos(13.33/2) = 1109.45 \text{ kN/m}$$

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

$$W = 1309.54 + (69.29 + 12.12 + 48.66 + 9.66) \cdot \sin(13.33/2) + 178.88 = 1504.64 \text{ kN/m}$$

Stabilite

$$\text{Blok1-6'den etki eden Stabilite Momenti:} = 4980.53 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Blok1-6'den etki eden Düşey Kuvvet:} \quad 1309.54 \times 1.30 = 1702.40$$

$$\text{Blok7:} \quad 178.88 \times 3.94 = 705.79$$

$$\text{Toprak İtkisi7} \quad \frac{(69.29 + 12.12 + 48.66 + 9.66)\sin(13.33/2) \times 7.40 = 120.01}{W \cdot e = 7508.73 \text{ kNm/m}}$$

Devirici

$$\begin{aligned} \text{Blok1-6'den etki eden Devirici Moment:} &= 5205.97 \text{ kNm/m} \\ \text{Blok1-6'den etki eden Yatay Kuvvet:} &897.30 \times 2.00 = 1766.26 \\ \text{Blok7 Atalet Kuvveti:} &50.64 \times 0.96 = 48.61 \\ \text{Hidrodinamik Kuvvet7:} &33.54 \times 0.99 = 33.20 \\ \text{Toprak İtkisi7:} &69.29 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.98 = 67.45 \text{ (statik toprak)} \\ &12.12 \cdot \cos(13.33/2) \times 1.00 = 12.04 \text{ (statik ek yük)} \\ &1.5 \times 48.66 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.98 = 71.05 \text{ (dinamik toprak)} \\ &1.5 \times 9.66 \cdot \cos(13.33/2) \times 1.00 = 14.39 \text{ (dinamik ek yük)} \\ &\underline{\hspace{10em}} \\ &M_d = 7218.97 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

Devrilmeye karşı güvenlik faktörü ise;

$$F_{sd} = \frac{W \cdot e}{M_d} \quad \Rightarrow F_{sd} = 7508.73 / 7218.97 = 1.04 < 1.3 \text{ uygun değil}$$

Güvenlik faktörünün tanımlanmasına bağlı olarak duvarın arka yüzü ile geri dolgu arasındaki sürtünme açısı sıfır kabul edildiğinde, düşey ve yatay bileşenlerin analizinden toprak itki kuvveti devirici momenti karşılayamamaktadır.

Kaymaya karşı güvenlik faktörü de;

$$F_{sk} = \frac{\mu \cdot W}{P} ; \mu = 0.5 \quad \Rightarrow F_{sk} = \frac{1504.64 \times 0.5}{1109.45} = 0.68 < 1.2 \text{ uygun değil}$$

Hesap Özet Tablosu

Yükler	Blok No						
	1	2	3	4	5	6	7
Statik toprak kuvveti (kN/m)	7.27	4.04 (*) 22.62	40.78	42.62	51.51	60.40	69.29
Statik ek yük (kN/m)	12.12	3.03 (**) 12.12	15.15	12.12	12.12	12.12	12.12
Dinamik toprak kuvveti (kN/m)	3.17	1.78 (*) 11.46	24.29	27.40	34.48	41.57	48.66
Dinamik ek yük (kN/m)	5.28	1.32 (**) 9.66	12.08	9.66	9.66	9.66	9.66
Hidrodinamik kuvvet (kN/m)	-	7.00	21.88	23.12	27.05	30.47	33.54
Stabilite Kuvveti (kN/m)	161.00 (***) 25.20	168.38 19.80	154.38 50.25	143.00 70.88	166.73 128.15	158.28	178.88
Atalet kuvveti (kN/m)	25.76 (****) 4.03 18.14	40.94 28.08	43.70 12.65	40.48 10.30	47.20	44.80	50.64
Statik Baba Çekmesi (kN/m)	24.75	-	-	-	-	-	-
Yatay yük (kN/m)	91.30	219.81	385.19	539.45	709.93	897.30	1109.45
Düşey yük (kN/m)	192.62	389.64	604.98	829.51	1136.90	1309.54	1504.64
Karşı moment (Stabilite) (kNm/m)	408.18	665.90	1304.53	2119.99	3513.05	4980.53	7508.73
Devirmeye çalışan moment (kNm/m)	136.57	543.96	1320.31	2287.34	3566.60	5205.97	7218.97
D.G.F	2.99	1.22	0.99	0.93	0.98	0.96	1.04
K.G.F	1.05	0.89	0.79	0.77	0.80	0.73	0.68

(*) Birinci değer kuru zemin için, ikinci değer suya doymuş zemin bölgesi

(**) Birinci değer kuru zemin, ikinci değer suya doymuş zemin içindir ancak statik ek yükte katsayı değişimi olmadığından burada iki değer verilmesi dinamik durum ile uyumu içindir.

(***) Birinci değer bloğun ağırlığı, diğer değer aynı bloğa etkili toprak ağırlığı

(****) Birinci değer blok diğer değer aynı bloğa etkili toprağın neden olduğu toprağın neden olduğu atalet kuvvetleri

7.2 Beton Blok Tipi Rıhtım Yanaşma Yapısı

Bu örnekte; 29,80 boylam and 40,8 enlem koordinatlarındaki Derince limanı beton bloklu rıhtım yapısı dikkate alınmıştır. Bloklu tip rıhtım duvarının pseudo-statik analizi; yapılacaktır ve D1 deprem düzeyine göre %50 aşılmama olasılığı dikkate alınacaktır. A zemin sınıfı için kısa periyod zemin katsayısı F_a ; DLH (2007) Kıyı Yapıları Deprem Teknik Yönetmeliği Tablo 1.1 kullanılarak bulunacaktır.

Yapı arkasında kullanılan dolgu malzemesi için, kumun kurudaki birim hacim ağırlığı $\gamma_j = 18 \text{ kN/m}^3$ ve suya doymun kumun birim hacim ağırlığı ise $\gamma_{sj} = 21 \text{ kN/m}^3$ alınacaktır. Bloklu rıhtımda ek yük (sürşarj) 15 kN/m^2 ve baba çekmesi 100 kN 'dir.

(D1), (D2) ve (D3) deprem düzeyleri için kısa doğal titreşim periyoduna karşı gelen spektral ivme değerleri DLH (2007) EK A'da verilmiştir. Referans olarak alınan B zemin sınıfı ve D1 düzeyi için yapının bulunduğu konuma ait koordinatlarda $S_s = 0.76$ 'dır. A zemin sınıfı için ise aynı doğal titreşim periyotlarına karşılık gelen spektral ivme değeri; DLH (2007) Tablo 1.1'den $S_s = 0.76$ için A zemin sınıfının kısa periyod zemin katsayısı $F_a = 0.8$ olarak bulunmaktadır.

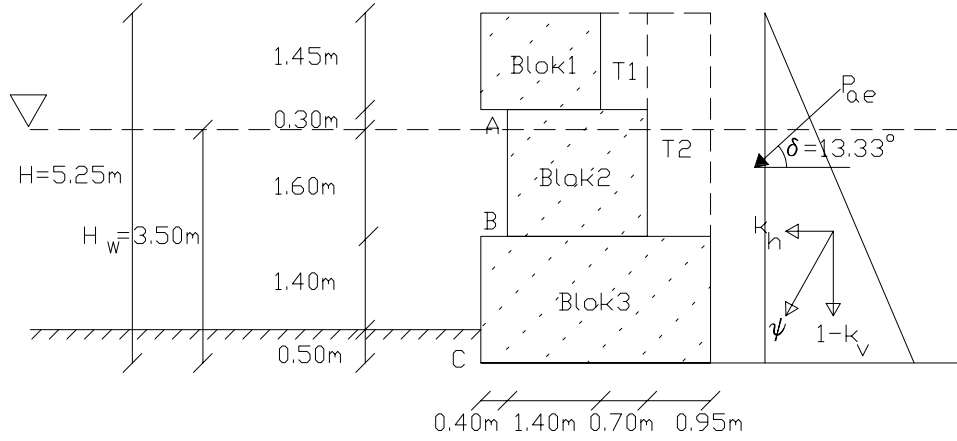
Doğal titreşim periyoduna karşılık gelen spektral ivme değeri

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad \Rightarrow S_{MS} = 0.8 \times 0.76 = 0.61$$

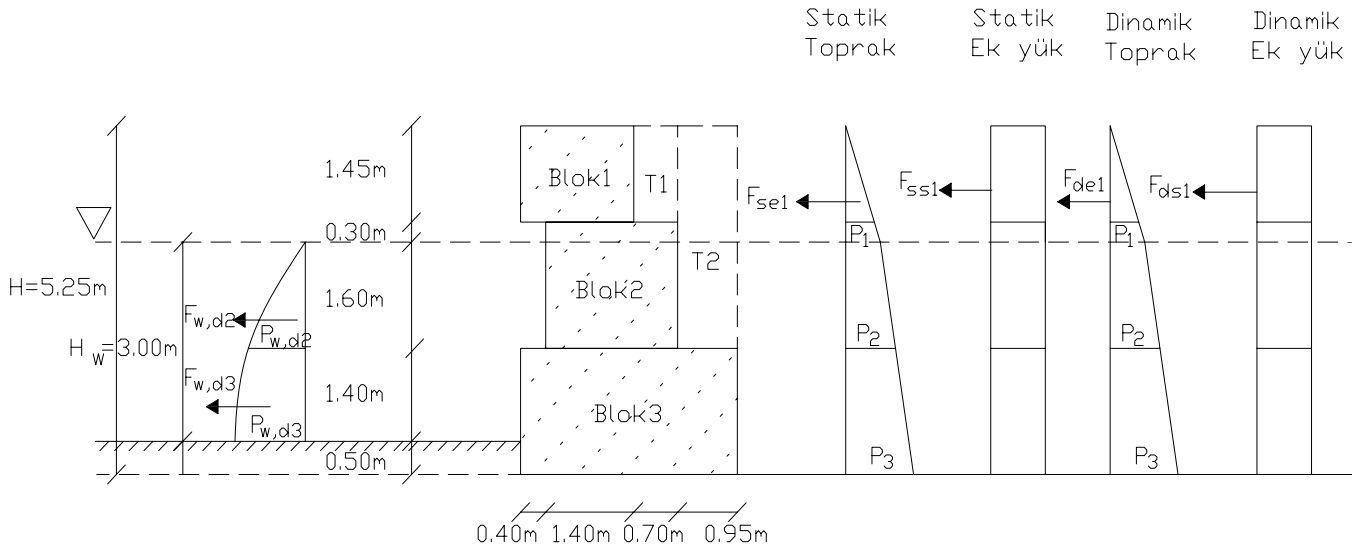
D1 deprem düzeyinde statik-eşdeğer dinamik zemin basıncı ile su basıncının hesabında gözönüne alınacak olan eşdeğer deprem ivmesi katsayıları (k_h), etkin yer ivmesi katsayıları (A_{10}) cinsinden hesaplanmaktadır.

$$A_{10} = 0.4 \times S_{MS} \quad \Rightarrow A_{10} = 0.4 \times 0.61 = 0.244$$

$$k_h = (2/3) \cdot A_{10} \quad \Rightarrow k_h = (2/3) \cdot 0.244 = 0.16$$



Şekil 7.3 Pseudo-statik analiz için basitleştirilmiş kesiti



Şekil 7.4 Bloklı tip rıhtım duvarına etkiyen kuvvetler

Analiz için gerekli ve basitleştirilmiş parametreler ile birlikte yapının kesitleri Şekil 7.3 ve Şekil 7.4'de gösterilmektedir.

Aktif-statik toprak basıncı katsayıları

Mononobe-Okabe yönteminde statik toprak basıncı katsayısı aşağıdaki gibi bulunmaktadır:

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

$$\varphi_i = 40^\circ, \delta = \frac{\varphi_i}{3} = \frac{40}{3} = 13.33^\circ, \alpha = 0^\circ \text{ ve } \beta = 0^\circ$$

$$K_{ai,s} = \frac{\cos^2(40 - 0)}{\cos^2(0)\cos(0 + 13.33) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(40 + 0)\sin(40 - 0)}{\cos(13.33 + 0)\cos(0 - 0)}} \right]^2} = 0.202$$

Bu yöntemde toplam aktif toprak basıncı katsayısı ıslak ve kuru bölge için ayrı ayrı aşağıdaki gibi bulunmaktadır:

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

Kuru bölge için

$$\text{Sismik atalet açısı} \Rightarrow \lambda = \tan^{-1}(k_h) \quad \Rightarrow \lambda = \tan^{-1}(0.16) = 9.09^\circ$$

$$K_{ai,t} = \frac{(1 - 0)\cos^2(40 - 0 - 9.09)}{\cos 9.09 \cos^2(0)\cos(0 + 13.33 + 9.09) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(40 + 13.33)\sin(40 - 0 - 9.09)}{\cos(13.33 + 0 + 9.09)\cos(0 - 0)}} \right]^2} = 0.290$$

$$\text{Kuru dinamik katsayı} \quad K_{ai,d(kuru)} = K_{ai,t} - K_{ai,s}$$

$$\Rightarrow K_{ai,d} = 0.290 - 0.202 = 0.088$$

Suya doymun bölge için

Su altındaki kumun birim hacim ağırlığı ($\gamma_{bj} = \gamma_{sj} - \gamma_w$; $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$ ve $\gamma_{sj} = 21 \text{ kN/m}^3$)

$$\text{Sismik atalet açısı} \Rightarrow \lambda = \tan^{-1}\left(\frac{k_h}{1 - k_v}\right) \quad \Rightarrow \lambda = \tan^{-1}(k'_h)$$

$$k'_h = \frac{\sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^N (\gamma_{sj} h_j) + q_o}{\sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^N (\gamma_{bj} h_j) + q_o} k_h$$

$$\Rightarrow k'_h = \frac{18 \times 1.75 + 21 \times 3.5 + 15}{18 \times 1.75 + 11 \times 3.5 + 15} \cdot 0.16 = 0.23 \quad \Rightarrow \psi = \tan^{-1}(0.23) = 12.95^\circ$$

Zeminin su altında veya suya doymun olması durumunda, zeminle duvar arasındaki sürtünme açısı olarak δ yerine $\delta/2$ göz önüne alınmaktadır.

$$K_{ai,t} = \frac{(1-0)\cos^2(40-0-12.95)}{\cos 9.09 \cos^2(0)\cos(0+13.33/2+12.95) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(40+13.33/2)\sin(40-0-12.95)}{\cos(13.33/2+0+12.95)\cos(0-0)}} \right]^2} = 0.336$$

Doygun dinamik katsayı $K_{ai,d} = K_{ai,t} - K_{ai,s}$

$$\Rightarrow K_{ai,d(\text{doygun})} = 0.336 - 0.202 = 0.134$$

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

(1) Statik toprak kuvvetleri:

$$P_{ai,sel} = K_{ai,s} \cdot \gamma_j \cdot h_1 \quad \Rightarrow P_{ai,sel} = 0.202 \cdot 18 \cdot 1.45 = 5.27 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,sel} = \frac{P_{ai,sel} \cdot h_1}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,sel} = \frac{5.27 \cdot 1.45}{2} = 3.82 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $\frac{1 \cdot 1.45}{3} = 0.48$ m yukarıda

$$P_{ai,se2,1} = K_{ai,s} \cdot \gamma_j \cdot h_{2,1} \quad \Rightarrow P_{ai,se2,1} = 0.202 \cdot 18 \cdot 1.75 = 6.36 \text{ kN/m}^2$$

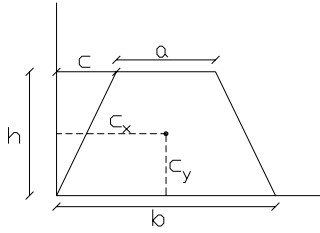
$$P_{ai,se2,2} = K_{ai,s} \cdot (\gamma_j \cdot h_{2,1} + \gamma_{bj} \cdot (h_{2,2} - h_{2,1}))$$

$$P_{ai,se2,2} = 0.202 \cdot (18 \cdot 1.75 + 11 \cdot 1.60) = 9.92 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,se2,1} = \frac{(P_{ai,se2,1} + P_{ai,se1}) \cdot h_{2,1}}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,se2,1} = \left(\frac{5.27 + 6.36}{2} \right) \cdot 0.30 = 1.74 \text{ kN/m}$$

$$F_{ai,se2,2} = \frac{(P_{ai,se2,1} + P_{ai,se2,2}) \cdot (h_{2,2} - h_{2,1})}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,se2,2} = \left(\frac{6.36 + 9.92}{2} \right) \cdot 1.60 = 13.02 \text{ kN/m}$$

Yamuğun ağırlık merkezi



$$c_y = \frac{h(2a + b)}{3(a + b)} \quad \text{ve} \quad c_x = \frac{2ac + a^2 + cb + ab + b^2}{3(a + b)}$$

$F_{ai,se2,1}$ 'in uygulama noktası, B noktasından $\frac{0.3 \cdot (2 \cdot 5.27 + 6.36)}{3 \cdot (5.27 + 6.36)} + 1.60 = 1.75$ m yukarıda

$F_{ai,se2,2}$ 'nin uygulama noktası ise, B noktasından $\frac{1.6 \cdot (2 \cdot 6.36 + 9.92)}{3 \cdot (6.36 + 9.92)} = 0.74$ m yukarıda

$$P_{ai,se3} = K_{ai,s} \cdot (\gamma_j \cdot h_{2,1} + \gamma_{bj} \cdot (h_3 - h_{2,1}))$$

$$P_{ai,se3} = 0.202 \cdot (18 \cdot 1.75 + 11 \cdot 3.50) = 14.14 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,se3} = \frac{(P_{ai,se2,2} + P_{ai,se3}) \cdot (h_3 - h_2)}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,se3} = \left(\frac{9.92 + 14.14}{2} \right) \cdot 1.90 = 22.86 \text{ kN/m}$$

$F_{ai,se3}$ 'ün uygulama noktası ise, C noktasından $\frac{1.9 \cdot (2 \cdot 9.92 + 14.14)}{3 \cdot (9.92 + 14.14)} = 0.89$ m yukarıda

(2) Statik ek yükler:

$$P_{ai,ss1} = K_{ai,s} \cdot q_o \quad (q_o : \text{Düzgün yayılı ek yük}) \Rightarrow P_{ai,ss1} = 0.202 \cdot 15 = 3.03 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss1} = P_{ai,ss1} \cdot h_1 \Rightarrow F_{ai,ss1} = 3.03 \cdot 1.45 = 4.39 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $1.45/2 = 0.73$ m yukarıda

$$P_{ai,ss2,1} = K_{ai,s} \cdot q_o \Rightarrow P_{ai,ss2,1} = 0.202 \cdot 15 = 3.03 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss2,1} = P_{ai,ss2,1} \cdot (h_{2,1} - h_1) \Rightarrow F_{ai,ss2,1} = 3.03 \cdot 0.3 = 0.91 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, B noktasından $1.6 + 0.3/2 = 1.75$ m yukarıda

$$P_{ai,ss2,2} = K_{ai,s} \cdot q_o \Rightarrow P_{ai,ss2,2} = 0.202 \cdot 15 = 3.03 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss2,2} = P_{ai,ss2,2} \cdot (h_{2,2} - h_{2,1}) \Rightarrow F_{ai,ss2,2} = 3.03 \cdot 1.60 = 4.85 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, B noktasından $1.6/2 = 0.8$ m yukarıda

$$P_{ai,ss3} = K_{ai,s} \cdot q_o \Rightarrow P_{ai,ss3} = 0.202 \cdot 15 = 3.03 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss3} = P_{ai,ss3} \cdot (h_3 - h_2) \Rightarrow F_{ai,ss3} = 3.03 \cdot 1.9 = 5.76 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, C noktasından $1.9/2 = 0.95$ m yukarıda

(3) Dinamik toprak kuvvetleri:

$$P_{ai,de1} = K_{ai,d(kuru)} \cdot \gamma_j \cdot h_1 \Rightarrow P_{ai,de1} = 0.088 \cdot 18 \cdot 1.45 = 2.30 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,de1} = \frac{P_{ai,de1} \cdot h_1}{2} \Rightarrow F_{ai,se1} = \frac{2.30 \cdot 1.45}{2} = 1.67 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $\frac{1 \cdot 1.45}{3} = 0.48$ m yukarıda

$$P_{ai,de2,1} = K_{ai,d(kuru)} \cdot \gamma_j \cdot h_{2,1} \quad \Rightarrow P_{ai,de2,1} = 0.088 \cdot 18 \cdot 1.75 = 2.77 \text{ kN/m}^2$$

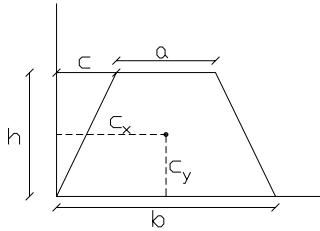
$$P_{ai,de2,2} = K_{ai,d(kuru)} \cdot \gamma_j \cdot h_{2,1} + K_{ai,d(doygun)} \cdot \gamma_{bj} \cdot (h_{2,2} - h_{2,1})$$

$$\Rightarrow P_{ai,de2,2} = 0.088 \cdot 18 \cdot 1.75 + 0.134 \cdot 11 \cdot 1.60 = 5.13 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,de2,1} = \frac{(P_{ai,de2,1} + P_{ai,de1}) \cdot h_{2,1}}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,de2,1} = \left(\frac{2.30 + 2.77}{2} \right) \cdot 0.3 = 0.76 \text{ kN/m}$$

$$F_{ai,de2,2} = \frac{(P_{ai,de2,1} + P_{ai,de2,2}) \cdot (h_{2,2} - h_{2,1})}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,de2,2} = \left(\frac{2.77 + 5.13}{2} \right) \cdot 1.60 = 6.32 \text{ kN/m}$$

Yamuğun ağırlık merkezi



$$c_y = \frac{h(2a + b)}{3(a + b)} \quad \text{ve} \quad c_x = \frac{2ac + a^2 + cb + ab + b^2}{3(a + b)}$$

$F_{ai,de2,1}$ 'in uygulama noktası, B noktasından $\frac{0.3 \cdot (2 \cdot 1.67 + 2.77)}{3 \cdot (1.67 + 2.77)} + 1.60 = 1.74$ m yukarıda

$F_{ai,se2,2}$ 'nin uygulama noktası ise, B noktasından $\frac{1.6 \cdot (2 \cdot 2.77 + 5.13)}{3 \cdot (2.77 + 5.13)} = 0.72$ m yukarıda

$$P_{ai,de3} = K_{ai,d(kuru)} \cdot \gamma_j \cdot h_{2,1} + K_{ai,d(doygun)} \cdot \gamma_{bj} \cdot (h_3 - h_{2,1})$$

$$\Rightarrow P_{ai,de3} = 0.088 \cdot 18 \cdot 1.75 + 0.134 \cdot 11 \cdot 3.5 = 7.93 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,de3} = \frac{(P_{ai,de2,2} + P_{ai,de3}) \cdot (h_3 - h_2)}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,de3} = \left(\frac{5.13 + 7.93}{2} \right) \cdot 1.9 = 12.41 \text{ kN/m}$$

$F_{ai,de3}$ 'ün uygulama noktası ise, C noktasından $\frac{1.9 \cdot (2 \cdot 5.13 + 7.93)}{3 \cdot (5.13 + 7.93)} = 0.88$ m yukarıda

(4) Dinamik ek yükler:

$$P_{ai,ds1} = K_{ai,d(kuru)} \cdot q_o \quad (q_o : \text{Düzgün yayılı ek yük}) \Rightarrow P_{ai,ds1} = 0.088 \cdot 15 = 1.32 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss1} = P_{ai,ds1} \cdot h_1 \Rightarrow F_{ai,ds1} = 1.32 \cdot 1.45 = 1.91 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $1.45/2 = 0.73$ m yukarıda

$$P_{ai,ds2,1} = K_{ai,d(kuru)} \cdot q_o \Rightarrow P_{ai,ds2,1} = 0.088 \cdot 15 = 1.32 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ds2,1} = P_{ai,ds2,1} \cdot (h_{2,1} - h_1) \Rightarrow F_{ai,ds2,1} = 1.32 \cdot 0.3 = 0.40 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, B noktasından $1.6 + 0.3/2 = 1.75$ m yukarıda

$$P_{ai,ds2,2} = K_{ai,d(doygun)} \cdot q_o \Rightarrow P_{ai,ds2,2} = 0.134 \cdot 15 = 2.01 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ds2,2} = P_{ai,ds2,2} \cdot (h_{2,2} - h_{2,1}) \Rightarrow F_{ai,ds2,2} = 2.01 \cdot 1.6 = 3.22 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, B noktasından $1.6/2 = 0.8$ m yukarıda

$$P_{ai,ds3} = K_{ai,d(doygun)} \cdot q_o \Rightarrow P_{ai,ds3} = 0.134 \cdot 15 = 2.01 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ds3} = P_{ai,ds3} \cdot (h_3 - h_2) \Rightarrow F_{ai,ds3} = 2.01 \cdot 1.9 = 3.82 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, C noktasından $1.9/2 = 0.95$ m yukarıda

(5) Hidrodinamik kuvvetler

$$P_{w,d} = \frac{7}{8} k_n \gamma_w \sqrt{Hy} \quad \gamma_w : 10 \text{ kN/m}^3$$

$$P_{w,d2} = \frac{7}{8} \cdot 0.16 \cdot 10 \cdot \sqrt{3.0 \cdot 1.6} = 3.07 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{w,d3} = \frac{7}{8} \cdot 0.16 \cdot 10 \cdot \sqrt{3.0 \cdot 3.0} = 4.20 \text{ kN/m}^2$$

Hidrodinamik basıncın etki ettiği alanlar basitleştirilerek üçgen ve trapez şekiller gibi kabul edilmektedir.

$$F_{w,d2} = \frac{P_{w,d2} \cdot H_2}{2} \quad \Rightarrow \quad F_{w,d2} = \frac{3.07 \cdot 1.6}{2} = 2.46 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, B noktasından $\frac{1 \cdot 1.6}{3} = 0.53 \text{ m}$ yukarıda

$$F_{w,d3} = \frac{(P_{w,d2} + P_{w,d3}) \cdot (H_3 - H_2)}{2} \quad \Rightarrow \quad F_{w,d3} = \left(\frac{3.07 + 4.20}{2} \right) \cdot (3.0 - 1.6) = 5.09 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, C noktasından $\frac{h(2a+b)}{3(a+b)} = \frac{1.9 \cdot (2 \cdot 3.07 + 4.20)}{3 \cdot (3.07 + 4.20)} = 0.90 \text{ m}$ yukarıda

(6) Stabilite, atalet ve diğer etkili kuvvetler:

(6.1) Stabilite kuvvetleri:

Blok1 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_b \cdot a \cdot b \quad (\gamma_b = 23 \text{ kN/m}^3; \text{ betonun özgül ağırlığı}) \quad W_1 = 1.45 \cdot 1.80 \cdot 23 = 60.03 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $1.80 / 2 - 0.40 = 0.50 \text{ m}$ uzaklıkta

Toprak1 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_j \cdot a \cdot b \quad W_1 = 1.45 \cdot 0.70 \cdot 18 = 18.27 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $1.40 + (0.70 / 2) = 1.75 \text{ m}$ uzaklıkta

Blok2 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_b \cdot a \cdot b + \gamma_{bb} \cdot a \cdot b \quad (\gamma_{bb} = 13 \text{ kN/m}^3; \text{ suyun altındaki betonun özgül ağırlığı})$$

$$W_2 = 2.10 \cdot 0.30 \cdot 23 + 2.10 \cdot 1.60 \cdot 13 = 58.17 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, B noktasından $2.10/2 = 1.05 \text{ m}$ uzaklıkta

Toprak2 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_j \cdot a \cdot b + \gamma_{bj} \cdot a \cdot b \quad W = 0.95 \cdot (1.75 \cdot 18 + 1.6 \cdot 11) = 46.65 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, B noktasından $2.10 + (0.95/2) = 2.58 \text{ m}$ uzaklıkta

$$\text{Blok3 için stabilite kuvveti: } W = \gamma_{bb} \cdot a \cdot b \quad W_3 = 3.45 \cdot 1.9 \cdot 13 = 85.22 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, C noktasından $3.45/2 = 1.73 \text{ m}$ uzaklıkta

(6.2) Atalet kuvvetleri:

Su altında kalan kısımlarda atalet kuvvetleri hesaplarken ağırlık yerine kütle ve su içindeki dolgu zemin için ise k_h yerine k'_h kullanılmaktadır.

Blok1 için Atalet kuvveti:

$$F_1 = W_1 \cdot k_h \quad W_1 = 1.45 \cdot 1.8 \cdot 23 = 60.03 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow F_1 = 60.03 \cdot 0.16 = 9.60 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $1.45/2 = 0.73 \text{ m}$ yukarıda

Blok1'e etki eden Toprak1 Atalet kuvveti:

$$F_{1,1} = W_{1,1} \cdot k_h \quad W_{1,1} = 1.45 \cdot 0.70 \cdot 18 = 18.27 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow F_{1,1} = 18.27 \cdot 0.16 = 2.92 \text{ kN/m}$$

Blok1'e etki eden Toprak2 Atalet kuvveti:

$$F_{1,2} = W_{1,2} \cdot k_h \quad W_{1,2} = 1.45 \cdot 0.95 \cdot 18 = 24.80 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow F_{1,2} = 24.80 \cdot 0.16 = 3.97 \text{ kN/m}$$

$$\text{Buradan } F_1 = F_{1,1} + F_{1,2} \quad \Rightarrow F_1 = 2.92 + 3.97 = 6.89 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $1.45/2 = 0.73$ m yukarıda

Blok2 Atalet kuvveti:

$$F_2 = W_2 \cdot k_h \quad W_2 = 1.90 \cdot 2.10 \cdot 23 = 91.77 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow F_2 = 91.77 \cdot 0.16 = 14.68 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası , B'den $1.90/2 = 0.95$ m yukarıda

Blok2'ye etki eden Toprak2 Atalet kuvveti: $F_2 = W_{2,1} \cdot k_h + W_{2,2} \cdot k'_h$

$$W_{2,1} = 0.30 \cdot 0.95 \cdot 18 = 5.13 \text{ kN/m} \quad W_{2,2} = 1.60 \cdot 0.95 \cdot 18 = 27.36 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow F_2 = 5.13 \cdot 0.16 + 27.36 \cdot 0.23 = 7.11 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası, B'den $\frac{5.13 \cdot 0.16 \cdot (1.6 + 0.3/2) + 27.36 \cdot 0.23 \cdot 0.8}{7.11} = 0.91$ m yukarıda

Blok3 Atalet kuvveti:

$$F_3 = W_3 \cdot k_h \quad W_3 = 1.90 \cdot 3.45 \cdot 23 = 150.77 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow F_3 = 150.77 \cdot 0.16 = 24.12 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, C noktasından $1.90/2 = 0.95$ m yukarıda

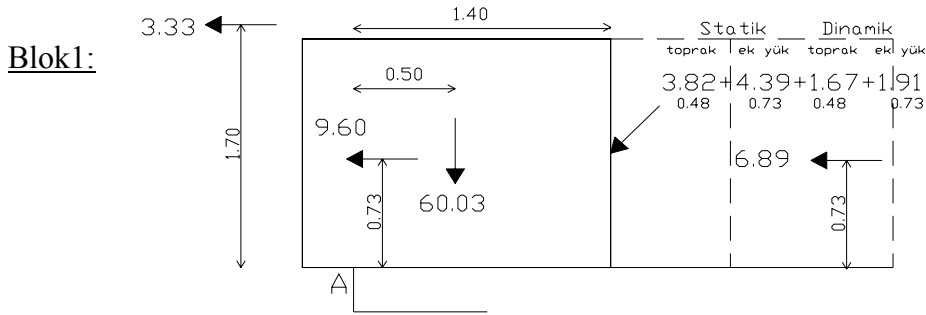
(7) Statik baba çekmesi:

Baba çekmesi; %50 azalma ile hesaba katılmaktadır. Baba çekmesinin tabandan 5.50m yukarıdaki değeri; $\%50 \times 100/15 = 3.33$ kN/m'dir. (15m = kronman uzunluğu)

(8) Kuvvet ve moment dengesi

Deprem etkisi altında gözönüne alınacak yatay yük kombinasyonlarında statik ve dinamik ek yükler % 50 azaltılarak hesaba katılmaktadır (DLH, 2007). Devrilme momenti hesabında dinamik toprak ve dinamik ek yük yüklemelerinden oluşan devrilme momentleri % 50 arttırılmaktadır (DLH, 2007). Ayrıca zeminin su altında olması durumunda zeminle duvar arasındaki sürtünme açısı $\delta/2$ alınmalıdır (DLH, 2007).

Bahsedilen kuvvetlerin yapı üzerindeki etkileri şekillerde gösterilmektedir ve ayrı ayrı her bir bloğun stabilite momentleri ve deviren momentleri hesaplanmaktadır:



$$\text{Yatay yük kombinasyonu} = D_M + Z_S + Z_D + 0.5Z_{SQ} + 0.5Z_{DQ} + S_D + 0.5B$$

$$P = 9.60 + 6.89 + (3.82 + 0.5 \cdot 4.39 + 1.67 + 0.5 \cdot 1.91) \cdot \cos 13.33 + 3.33 = 28.23 \text{ kN/m}$$

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

$$W = 60.03 + (3.82 + 4.39 + 1.67 + 1.91) \cdot \sin 13.33 = 62.75 \text{ kN/m}$$

Stabilite (Devirmeye karşı moment)

$$\text{Blok1: } 60.03 \times 0.50 = 30.02 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Toprak İtkisi1 } (3.82 + 4.39 + 1.67 + 1.91) \sin 13.33 \times 1.40 = 3.81$$

$$W \cdot e = 33.83 \text{ kNm/m}$$

Devirici (Devirmeye çalışan moment)

Baba Çekmesi:	$3.33 \times 1.70 = 5.66$ kNm/m
Blok1 Atalet Kuvveti:	$9.60 \times 0.73 = 7.01$
Toprak1-2 Atalet Kuvveti:	$6.89 \times 0.73 = 5.03$
Toprak İtkisi:	$3.82 \cdot \cos 13.33 \times 0.48 = 1.78$ (statik toprak)
	$4.89 \cdot \cos 13.33 \times 0.73 = 3.47$ (statik ek yük)
	$1.5 \times 1.67 \cdot \cos 13.33 \times 0.48 = 1.17$ (dinamik toprak)
	$1.5 \times 0.96 \cdot \cos 13.33 \times 0.73 = 0.97$ (dinamik ek yük)
	$M_d = 25.09$ kNm/m

Devrilmeye karşı güvenlik faktörü ise;

$$F_{sd} = \frac{W \cdot e}{M_d} \Rightarrow F_{sd} = 33.83 / 25.09 = 1.35 > 1.3 \text{ uygun}$$

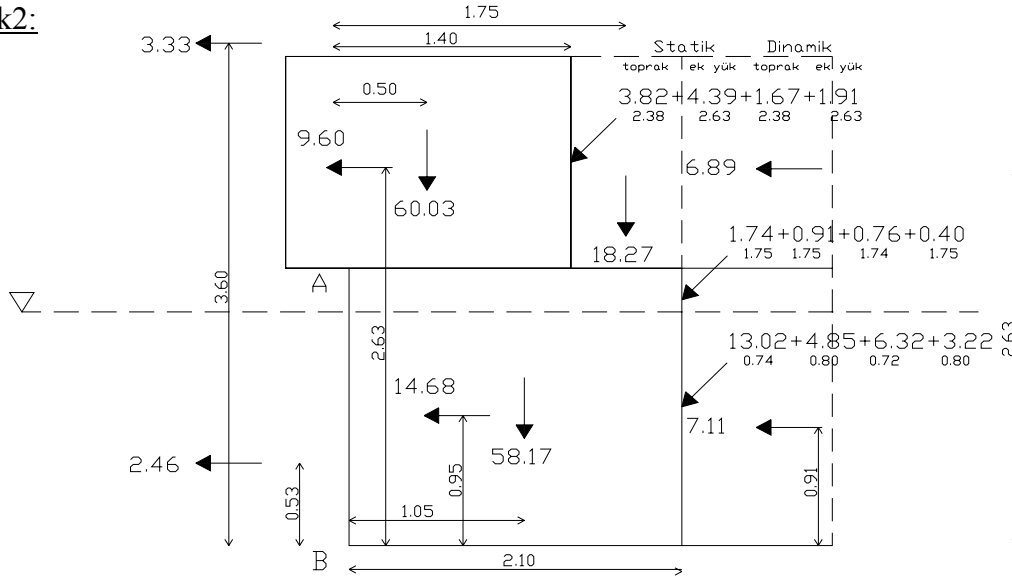
e : gözönüne alınana bileşke yükünü duvarın deniz tarafındaki topuk ucuna olan yatay mesafesi

M_d : yatay yüklerin duvar tabanına göre toplam devrilme momentleri

Devrilmeye ve kaymaya karşı güvenlik faktörleri minimum hasar düzeylerine göre sırasıyla en az 1.3 ve 1.2 olacaktır (DLH, 2007). Güvenlik faktörünün tanımlanmasına bağlı olarak duvarın arka yüzü ile geri dolgu arasındaki sürtünme açısı sıfır kabul edildiğinde, düşey ve yatay bileşenlerin analizinden toprak itki kuvveti devirici momenti karşılayabilmektedir.

Kaymaya karşı güvenlik faktörü de;

$$F_{sk} = \frac{\mu \cdot W}{P} ; \mu = 0.52 \Rightarrow F_{sk} = \frac{62.75 \times 0.52}{28.23} = 1.16 < 1.2 \text{ uygun değil}$$

Blok2:

$$\text{Yatay yük kombinasyonu} = D_M + Z_S + Z_D + 0.5Z_{SQ} + 0.5Z_{DQ} + S_D + 0.5B$$

$$P = 28.23 + 2.46 + 14.68 + 7.11 + (1.74 + 0.5 \cdot 0.91 + 0.76 + 0.5 \cdot 0.40) \cdot \cos 13.33 + (13.02 + 0.5 \cdot 4.85 + 6.32 + 0.5 \cdot 3.22) \cdot \cos(13.33/2) = 78.77 \text{ kN/m}$$

$$\text{Düsey yük kombinasyonu} = G + S_K$$

$$W = 62.75 + (1.74 + 0.91 + 0.76 + 0.40) \cdot \sin 13.33 + (13.02 + 4.85 + 6.32 + 3.22) \cdot \sin(13.33/2) + 58.17 + 18.27 = 143.25 \text{ kN/m}$$

Stabilite (Devirmeye karşı moment)

$$\text{Blok1'den etki eden Stabilite Momenti:} = 33.83 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Toprak1:} \quad 18.27 \times 1.75 = 31.97$$

$$\text{Blok2:} \quad 58.17 \times 1.05 = 61.08$$

$$\text{Toprak İtkisi2,1} \quad (1.74 + 0.91 + 0.76 + 0.40) \sin 13.33 \times 2.10 = 1.84$$

$$\text{Toprak İtkisi2,2} \quad (13.02 + 4.85 + 6.32 + 3.22) \sin(13.33/2) \times 2.10 = 6.68$$

$$W \cdot e = 135.40 \text{ kNm/m}$$

Devirici (Devirmeye çalışan moment)

$$\text{Blok1'den etki eden Devirici Moment:} = 25.09 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Blok1'den etki eden Yatay Kuvvet:} \quad 28.23 \times 1.90 = 53.64$$

$$\text{Blok2 Atalet Kuvveti:} \quad 14.68 \times 0.95 = 13.95$$

$$\text{Toprak2 Atalet Kuvveti:} \quad 7.11 \times 0.91 = 6.47$$

$$\text{Hidrodinamik Kuvvet2:} \quad 2.46 \times 0.53 = 1.31$$

$$\text{Toprak İtkisi2,1:} \quad 1.74 \cdot \cos 13.33 \times 1.75 = 2.96 \text{ (statik toprak)}$$

Toprak İtkisi_{2,1}:

$$0.91 \cdot \cos 13.33 \times 1.75 = 1.55 \text{ (statik ek yük)}$$

$$1.5 \times 0.76 \cdot \cos 13.33 \times 1.74 = 1.93 \text{ (dinamik toprak)}$$

$$1.5 \times 0.40 \cdot \cos 13.33 \times 1.75 = 1.02 \text{ (dinamik ek yük)}$$

$$13.02 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.74 = 9.57 \text{ (statik toprak)}$$

$$4.85 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.80 = 3.85 \text{ (statik ek yük)}$$

$$1.5 \times 6.32 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.72 = 6.78 \text{ (dinamik toprak)}$$

$$1.5 \times 1.62 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.80 = 1.93 \text{ (dinamik ek yük)}$$

$$M_d = 130.05 \text{ kNm/m}$$

Devrilmeye karşı güvenlik faktörü ise;

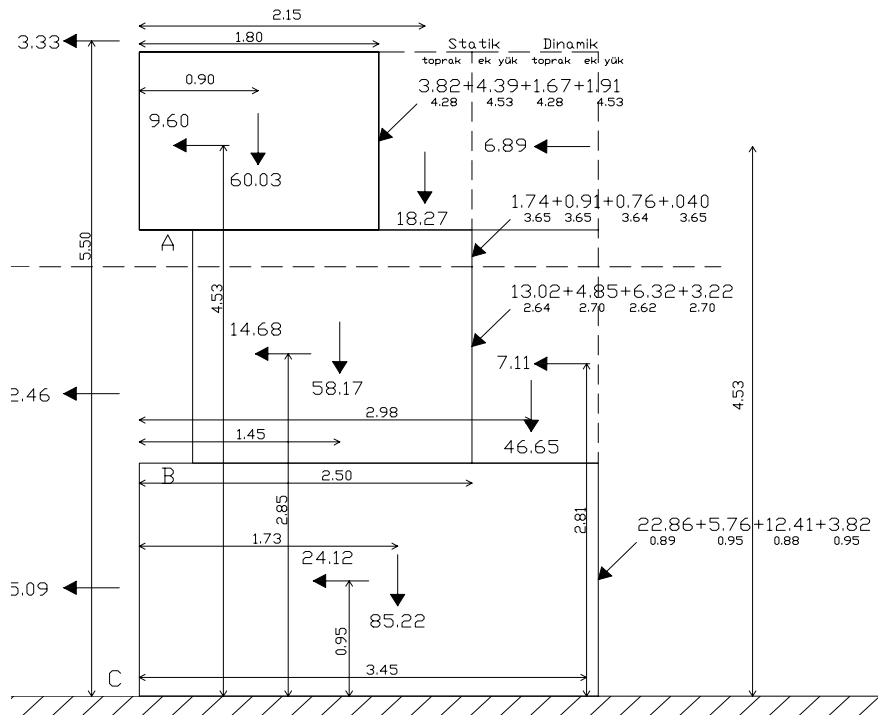
$$F_{sd} = \frac{W \cdot e}{M_d} \Rightarrow F_{sd} = 135.40 / 130.05 = 1.04 < 1.3 \text{ uygun değil}$$

Güvenlik faktörünün tanımlanmasına bağlı olarak duvarın arka yüzü ile geri dolgu arasındaki sürtünme açısı sıfır kabul edildiğinde, düşey ve yatay bileşenlerin analizinden toprak itki kuvveti devirici momenti karşılayamamaktadır.

Kaymaya karşı güvenlik faktörü de;

$$F_{sk} = \frac{\mu \cdot W}{P} ; \mu = 0.52 \Rightarrow F_{sk} = \frac{143.25 \times 0.52}{78.77} = 0.95 < 1.2 \text{ uygun değil}$$

Blok3:



$$\text{Yatay yük kombinasyonu} = D_M + Z_S + Z_D + 0.5Z_{SQ} + 0.5Z_{DQ} + S_D + 0.5B$$

$$P = 78.77 + 5.09 + 24.12 + (22.86 + 0.5 \cdot 5.76 + 12.41 + 0.5 \cdot 3.82) \cdot \cos(13.33/2) = 147.77 \text{ kN/m}$$

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

$$W = 143.25 + (22.86 + 5.76 + 12.41 + 3.82) \cdot \sin(13.33/2) + 85.22 + 46.65 = 280.33 \text{ kN/m}$$

Stabilite (Devirmeye karşı moment)

Blok1-2'den etki eden Stabilite Momenti:	= 135.40 kNm/m
Blok1-2'den etki eden Düşey Kuvvet:	143.25 × 0.40 = 57.30
Blok3:	85.22 × 1.73 = 147.43
Toprak2:	46.65 × 2.98 = 139.02
Toprak İtkisi3	$(22.86 + 5.76 + 12.41 + 3.82) \sin(13.33/2) \times 3.45 = 17.97$
	$W \cdot e = 497.12 \text{ kNm/m}$

Devirici (Devirmeye çalışan moment)

Blok1-2'den etki eden Devirici Moment:	= 130.05 kNm/m
Blok1-2'den etki eden Yatay Kuvvet:	78.77 × 1.90 = 149.66
Blok3 Atalet Kuvveti:	24.12 × 0.95 = 22.91
Hidrodinamik Kuvvet3:	5.09 × 0.89 = 4.53
Toprak İtkisi3:	22.86 · cos(13.33/2) × 0.89 = 20.21 (statik toprak)
	5.76 · cos(13.33/2) × 0.95 = 5.44 (statik ek yük)
	1.5 × 12.41 · cos(13.33/2) × 0.88 = 16.27 (dinamik toprak)
	1.5 × 1.92 · cos(13.33/2) × 0.95 = 2.72 (dinamik ek yük)
	$M_d = 351.79 \text{ kNm/m}$

Devrilmeye karşı güvenlik faktörü ise;

$$F_{sd} = \frac{W \cdot e}{M_d} \Rightarrow F_{sd} = 497.12 / 351.79 = 1.41 > 1.3 \text{ uygun}$$

Güvenlik faktörünün tanımlanmasına bağlı olarak duvarın arka yüzü ile geri dolgu arasındaki sürtünme açısı sıfır kabul edildiğinde, düşey ve yatay bileşenlerin analizinden toprak itki kuvveti devirici momenti karşılayabilmektedir.

Kaymaya karşı güvenlik faktörü de;

$$F_{sk} = \frac{\mu \cdot W}{P} ; \mu = 0.52 \quad \Rightarrow F_{sk} = \frac{280.33 \times 0.52}{147.77} = 0.99 < 1.2 \text{ uygun değil}$$

Hesap Özet Tablosu

Yükler	Blok No		
	1	2	3
Statik toprak kuvveti (kN/m)	3.82	1.74 (*) 13.02	22.86
Statik ek yük (kN/m)	4.39	0.91 (**) 4.85	5.76
Dinamik toprak kuvveti (kN/m)	1.67	0.76 (*) 6.32	12.41
Dinamik ek yük (kN/m)	1.91	0.40 (**) 3.22	3.82
Hidrodinamik kuvvet (kN/m)	-	2.46	5.09
Stabilite Kuvveti (kN/m)	60.03 (***)	58.17 18.27	85.22 46.65
Atalet kuvveti (kN/m)	9.60 (****) 6.89	14.68 7.11	24.12
Statik Baba Çekmesi (kN/m)	3.33	-	-
Yatay yük (kN/m)	28.23	78.77	147.77
Düşey yük (kN/m)	62.75	143.25	280.33
Karşı moment (Stabilite) (kNm/m)	33.83	135.40	497.12
Devirmeye çalışan moment (kNm/m)	25.09	130.05	351.79
D.G.F	1.35	1.04	1.41
K.G.F	1.16	0.95	0.99

(*) Birinci değer kuru zemin için, ikinci değer suya doymun zemin bölgesi

(**) Birinci değer kuru zemin, ikinci değer suya doymun zemin içindir ancak statik ek yükte katsayı değişimi olmadığından burada iki değer verilmesi dinamik durum ile uyumu içindir.

(***) Birinci değer bloğun ağırlığı, diğer değer aynı bloğa etkili toprak ağırlığı

(****) Birinci değer blok diğer değer aynı bloğa etkili toprağın neden olduğu toprağın neden olduğu atalet kuvvetleri

7.3 L Tipi Rıhtım Yanaşma Yapısı

Bu örnekte; 29,80 boylam and 40,8 enlem koordinatlarındaki Derince limanı L tip rıhtım yapısı dikkate alınmıştır. L tip rıhtım duvarının pseudo-statik analizi; yapılacaktır ve D1 deprem düzeyine göre %50 aşılmama olasılığı dikkate alınacaktır. A zemin sınıfı için kısa periyod zemin katsayısı F_a ; DLH (2007) Kıyı Yapıları Deprem Teknik Yönetmeliği Tablo 1.1 kullanılarak bulunacaktır.

Yapı arkasında kullanılan dolgu malzemesi için, kumun kurudaki birim hacim ağırlığı $\gamma_j = 18 \text{ kN/m}^3$ ve suya doymun kumun birim hacim ağırlığı ise $\gamma_{sj} = 21 \text{ kN/m}^3$ alınacaktır. Bloklu rıhtımda ek yük (sürşarj) 15 kN/m^2 ve baba çekmesi 100 kN 'dir.

(D1), (D2) ve (D3) deprem düzeyleri için kısa doğal titreşim periyoduna karşı gelen spektral ivme değerleri DLH (2007) EK A'da verilmiştir. Referans olarak alınan B zemin sınıfı ve D1 düzeyi için yapının bulunduğu konuma ait koordinatlarda $S_s = 0.76$ 'dır. A zemin sınıfı için ise aynı doğal titreşim periyotlarına karşılık gelen spektral ivme değeri; DLH (2007) Tablo 1.1'den $S_s = 0.76$ için A zemin sınıfının kısa periyod zemin katsayısı $F_a = 0.8$ olarak bulunmaktadır.

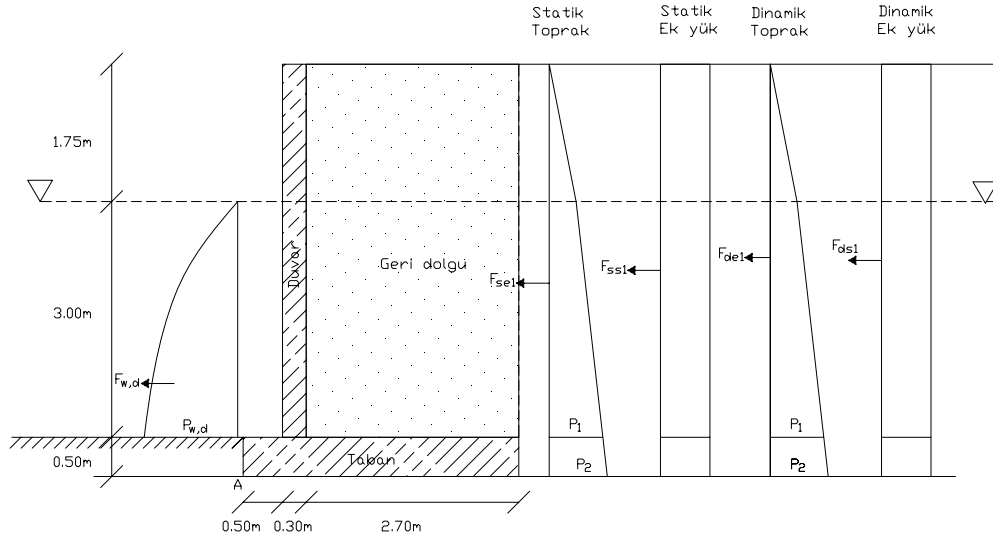
Doğal titreşim periyoduna karşılık gelen spektral ivme değeri

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad \Rightarrow S_{MS} = 0.8 \times 0.76 = 0.61$$

D1 deprem düzeyinde statik-eşdeğer dinamik zemin basıncı ile su basıncının hesabında gözönüne alınacak olan eşdeğer deprem ivmesi katsayıları (k_h), etkin yer ivmesi katsayıları (A_{10}) cinsinden hesaplanmaktadır.

$$A_{10} = 0.4 \times S_{MS} \quad \Rightarrow A_{10} = 0.4 \times 0.61 = 0.244$$

$$k_h = (2/3) \cdot A_{10} \quad \Rightarrow k_h = (2/3) \cdot 0.244 = 0.16$$



Şekil 7.5 L tipi rıhtım duvarına etkiyen kuvvetler

Analiz için gerekli ve basitleştirilmiş parametreler ile birlikte yapının kesitleri Şekil 7.5'de gösterilmektedir.

Aktif-statik toprak basıncı katsayıları

Mononobe-Okabe yönteminde statik toprak basıncı katsayısı aşağıdaki gibi bulunmaktadır:

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

$$\varphi_i = 40^\circ, \delta = \frac{\varphi_i}{3} = \frac{40}{3} = 13.33^\circ, \alpha = 0^\circ \text{ ve } \beta = 0^\circ$$

$$K_{ai,s} = \frac{\cos^2(40 - 0)}{\cos^2(0)\cos(0 + 13.33) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(40 + 0)\sin(40 - 0)}{\cos(13.33 + 0)\cos(0 - 0)}} \right]^2} = 0.202$$

Bu yöntemde toplam aktif toprak basıncı katsayısı ıslak ve kuru bölge için ayrı ayrı aşağıdaki gibi bulunmaktadır:

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

Kuru bölge için

$$\text{Sismik atalet açısı} \Rightarrow \lambda = \tan^{-1}(k_h) \quad \Rightarrow \lambda = \tan^{-1}(0.16) = 9.09^\circ$$

$$K_{ai,t} = \frac{(1-0)\cos^2(40-0-9.09)}{\cos 9.09 \cos^2(0)\cos(0+13.33+9.09)} \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(40+13.33)\sin(40-0-9.09)}{\cos(13.33+0+9.09)\cos(0-0)}} \right]^2 = 0.290$$

$$\text{Kuru dinamik katsayı} \quad K_{ai,d(kuru)} = K_{ai,t} - K_{ai,s}$$

$$\Rightarrow K_{ai,d} = 0.290 - 0.202 = 0.088$$

Suya doymun bölge için

Su altındaki kumun birim hacim ağırlığı ($\gamma_{bj} = \gamma_{sj} - \gamma_w$; $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$ ve $\gamma_{sj} = 21 \text{ kN/m}^3$)

$$\text{Sismik atalet açısı} \Rightarrow \lambda = \tan^{-1}\left(\frac{k_h}{1-k_v}\right) \quad \Rightarrow \lambda = \tan^{-1}(k'_h)$$

$$k'_h = \frac{\sum_{j=1}^{ND}(\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^N(\gamma_{sj} h_j) + q_o}{\sum_{j=1}^{ND}(\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^N(\gamma_{bj} h_j) + q_o} k_h$$

$$\Rightarrow k'_h = \frac{18 \times 1.75 + 21 \times 3.5 + 15}{18 \times 1.75 + 11 \times 3.5 + 15} \cdot 0.16 = 0.23 \quad \Rightarrow \psi = \tan^{-1}(0.23) = 12.95^\circ$$

Zeminin su altında veya suya doymun olması durumunda, zeminle duvar arasındaki sürtünme açısı olarak δ yerine $\delta/2$ göz önüne alınmaktadır.

$$K_{ai,t} = \frac{(1-0)\cos^2(40-0-12.95)}{\cos 9.09 \cos^2(0)\cos(0+13.33/2+12.95)} \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(40+13.33/2)\sin(40-0-12.95)}{\cos(13.33/2+0+12.95)\cos(0-0)}} \right]^2 = 0.336$$

$$\text{Doymun dinamik katsayı} \quad K_{ai,d} = K_{ai,t} - K_{ai,s}$$

$$\Rightarrow K_{ai,d(doygun)} = 0.336 - 0.202 = 0.134$$

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

(1) Statik toprak kuvvetleri:

$$P_{ai,se1,1} = K_{ai,s} \cdot \gamma_j \cdot h_{1,1} \quad \Rightarrow P_{ai,se1,1} = 0.202 \cdot 18 \cdot 1.75 = 6.36 \text{ kN/m}^2$$

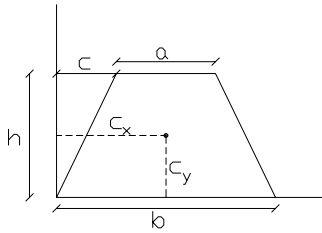
$$F_{ai,se1,1} = \frac{P_{ai,se1,1} \cdot h_{1,1}}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,se1,1} = \frac{6.36 \cdot 1.75}{2} = 5.57 \text{ kN/m}$$

$$P_{ai,se1,2} = K_{ai,s} \cdot (\gamma_j \cdot h_{1,1} + \gamma_{bj} \cdot (h_{1,2} - h_{1,1}))$$

$$P_{ai,se1,2} = 0.202 \cdot (18 \cdot 1.75 + 11 \cdot 3.00) = 13.03 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,se1,2} = \frac{(P_{ai,se1,1} + P_{ai,se1,2}) \cdot (h_{1,2} - h_{1,1})}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,se1,2} = \left(\frac{6.36 + 13.03}{2} \right) \cdot 3.00 = 29.09 \text{ kN/m}$$

Yamuğun ağırlık merkezi



$$c_y = \frac{h(2a + b)}{3(a + b)} \quad \text{ve} \quad c_x = \frac{2ac + a^2 + cb + ab + b^2}{3(a + b)}$$

$$F_{ai,se1,1} \text{ 'in uygulama noktası , A noktasından } \frac{1 \cdot 1.75}{3} + 3.50 = 4.08 \text{ m yukarıda}$$

$$F_{ai,se1,2} \text{ 'nin uygulama noktası ise, A noktasından } \frac{3 \cdot (2 \cdot 6.36 + 13.03)}{3 \cdot (6.36 + 13.03)} + 0.5 = 1.83 \text{ m yukarıda}$$

$$P_{ai,se2} = K_{ai,s} \cdot (\gamma_j \cdot h_{1,1} + \gamma_{bj} \cdot (h_2 - h_{1,1})) \quad P_{ai,se3} = 0.202 \cdot (18 \cdot 1.75 + 11 \cdot 3.50) = 14.14 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,se2} = \frac{(P_{ai,se1,2} + P_{ai,se2}) \cdot (h_2 - h_{1,2})}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,se3} = \left(\frac{13.03 + 14.14}{2} \right) \cdot 0.50 = 6.79 \text{ kN/m}$$

$$F_{ai,se2} \text{ 'ün uygulama noktası ise , A noktasından } \frac{0.5 \cdot (2 \cdot 13.03 + 14.14)}{3 \cdot (13.03 + 14.14)} = 0.25 \text{ m yukarıda}$$

(2) Statik ek yükler:

$$P_{ai,ss1,1} = K_{ai,s} \cdot q_o \quad (q_o : \text{Düzgün yayılı ek yük}) \quad \Rightarrow P_{ai,ss1,1} = 0.202 \cdot 15 = 3.03 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss1,1} = P_{ai,ss1,1} \cdot h_{1,1} \quad \Rightarrow F_{ai,ss1,1} = 3.03 \cdot 1.75 = 5.30 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $1.75/2 + 3.50 = 4.38$ m yukarıda

$$P_{ai,ss1,2} = K_{ai,s} \cdot q_o \quad \Rightarrow P_{ai,ss1,2} = 0.202 \cdot 15 = 3.03 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss1,2} = P_{ai,ss1,2} \cdot (h_{1,2} - h_{1,1}) \quad \Rightarrow F_{ai,ss1,2} = 3.03 \cdot 3.00 = 9.09 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $3.00/2 + 0.5 = 2.00$ m yukarıda

$$P_{ai,ss2} = K_{ai,s} \cdot q_o \quad \Rightarrow P_{ai,ss2} = 0.202 \cdot 15 = 3.03 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss2} = P_{ai,ss2} \cdot (h_2 - h_{1,2}) \quad \Rightarrow F_{ai,ss2} = 3.03 \cdot 0.5 = 1.52 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $0.50/2 = 0.25$ m yukarıda

(3) Dinamik toprak kuvvetleri:

$$P_{ai,de1,1} = K_{ai,d(kuru)} \cdot \gamma_j \cdot h_{1,1} \quad \Rightarrow P_{ai,de1,1} = 0.088 \cdot 18 \cdot 1.75 = 2.77 \text{ kN/m}^2$$

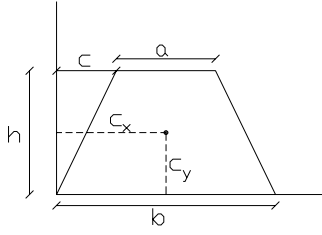
$$P_{ai,de1,2} = K_{ai,d(kuru)} \cdot \gamma_j \cdot h_{1,1} + K_{ai,d(doygun)} \cdot \gamma_{bj} \cdot (h_{1,2} - h_{1,1})$$

$$\Rightarrow P_{ai,de1,2} = 0.088 \cdot 18 \cdot 1.75 + 0.134 \cdot 11 \cdot 3.00 = 7.19 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,de1,1} = \frac{P_{ai,de1,1} \cdot h_{1,1}}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,de1,1} = \frac{2.77 \cdot 1.75}{2} = 2.42 \text{ kN/m}$$

$$F_{ai,de1,2} = \frac{(P_{ai,de1,1} + P_{ai,de1,2}) \cdot (h_{1,2} - h_{1,1})}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,de1,2} = \left(\frac{2.77 + 7.19}{2} \right) \cdot 3.00 = 14.94 \text{ kN/m}$$

Yamuğun ağırlık merkezi



$$c_y = \frac{h(2a+b)}{3(a+b)} \quad \text{ve} \quad c_x = \frac{2ac + a^2 + cb + ab + b^2}{3(a+b)}$$

$F_{ai,se1,1}$ 'in uygulama noktası , A noktasından $\frac{1 \cdot 1.75}{3} + 3.50 = 4.08$ m yukarıda

$F_{ai,se1,2}$ 'nin uygulama noktası ise, A noktasından $\frac{3 \cdot (2 \cdot 2.77 + 7.19)}{3 \cdot (2.77 + 7.19)} + 0.5 = 1.78$ m yukarıda

$$P_{ai,de2} = K_{ai,d(kuru)} \cdot \gamma_j \cdot h_{1,1} + K_{ai,d(doygun)} \cdot \gamma_{bj} \cdot (h_2 - h_{1,1})$$

$$\Rightarrow P_{ai,de3} = 0.088 \cdot 18 \cdot 1.75 + 0.134 \cdot 11 \cdot 3.5 = 7.93 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,de2} = \frac{(P_{ai,de1,2} + P_{ai,de2}) \cdot (h_2 - h_{1,2})}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,de2} = \left(\frac{7.19 + 7.93}{2} \right) \cdot 0.5 = 3.78 \text{ kN/m}$$

$F_{ai,de2}$ 'ün uygulama noktası ise , A noktasından $\frac{0.5 \cdot (2 \cdot 7.19 + 7.93)}{3 \cdot (7.19 + 7.93)} = 0.25$ m yukarıda

(4) Dinamik ek yükler:

$$P_{ai,ds1,1} = K_{ai,d(kuru)} \cdot q_o \quad (q_o : \text{Düzgün yayılı ek yük}) \quad \Rightarrow P_{ai,ds1,1} = 0.088 \cdot 15 = 1.32 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss1,1} = P_{ai,ds1,1} \cdot h_{1,1} \quad \Rightarrow F_{ai,ds1,1} = 1.32 \cdot 1.75 = 2.31 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $1.75/2 + 3.50 = 4.38$ m yukarıda

$$P_{ai,ds1,2} = K_{ai,d(doygun)} \cdot q_o \quad \Rightarrow P_{ai,ds1,2} = 0.134 \cdot 15 = 2.01 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ds1,2} = P_{ai,ds1,2} \cdot (h_{1,2} - h_{1,1}) \quad \Rightarrow F_{ai,ds1,2} = 2.01 \cdot 3.00 = 6.03 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $3.00 / 2 + 0.5 = 2.00$ m yukarıda

$$P_{ai,ds2} = K_{ai,d(doygun)} \cdot q_o \quad \Rightarrow P_{ai,ds2} = 0.134 \cdot 15 = 2.01 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ds2} = P_{ai,ds2} \cdot (h_2 - h_{1,1}) \quad \Rightarrow F_{ai,ds2} = 2.01 \cdot 0.5 = 1.01 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $0.50 / 2 = 0.25$ m yukarıda

(5) Hidrodinamik kuvvet:

$$P_{w,d} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2 \quad \gamma_w : 10. \text{ kN/m}^3$$

Su derinliğince entegre edilerek, bileşke statik-esdeğer dinamik su kuvveti ve bileşkenin su yüzeyinden itibaren derinliği $h_{w,d} = 3/5H$ 'dır (DLH., 2007).

$$P_{w,d} = \frac{7}{12} \times 0.16 \times 10 \times 3.0^2 = 8.40 \text{ kN/m}$$

Bu kuvvetin uygulama noktası, tabandan yaklaşık $0.4 \times 3.00 = 1.20$ m, A noktasından $1.20 + 0.50 = 1.70$ m yukarıdadır.

(6) Stabilite, atalet ve diğer etkili kuvvetler:

(6.1) Stabilite kuvvetleri:

Duvar için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_b \cdot a \cdot b + \gamma_{bb} \cdot a \cdot b \quad (\gamma_b = 23 \text{ kN/m}^3 ; \text{ betonun özgül ağırlığı})$$

($\gamma_{bb} = 13 \text{ kN/m}^3$; suyun altındaki betonun özgül ağırlığı)

$$W_{du \text{ var}} = 1.75 \cdot 0.30 \cdot 23 + 3.00 \cdot 0.30 \cdot 13 = 23.78 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $0.50 + 0.30/2 = 0.65 \text{ m}$ uzaklıkta

Geri dolgu için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_j \cdot a \cdot b + \gamma_{bj} \cdot a \cdot b \quad W_{g.dolg u} = 2.70 \cdot 1.75 \cdot 18 + 2.70 \cdot 3.00 \cdot 11 = 174.15 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $0.80 + (2.70/2) = 2.15 \text{ m}$ uzaklıkta

$$\text{Taban için stabilite kuvveti: } W = \gamma_{bb} \cdot a \cdot b \quad W_{taban} = 0.50 \cdot 3.50 \cdot 13 = 22.75 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $3.50/2 = 1.75 \text{ m}$ uzaklıkta

(6.2) Atalet kuvvetleri:

Su altında kalan kısımlarda atalet kuvvetleri hesaplarırken ağırlık yerine kütle ve su içindeki dolgu zemin için ise k_h yerine k'_h kullanılmaktadır.

Duvar için Atalet kuvveti:

$$F_{du \text{ var}} = W_{du \text{ var}} \cdot k_h$$

$$W_{du \text{ var}} = 4.75 \cdot 0.30 \cdot 23 = 32.78 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow F_{du \text{ var}} = 32.78 \cdot 0.16 = 5.24 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $0.50 + 4.75/2 = 2.88 \text{ m}$ yukarıda

Geri dolgu Atalet kuvveti:

$$F_{g.dolg u} = W_{g.dolg u,1} \cdot k_h + W_{g.dolg u,2} \cdot k'_h$$

$$W_{g.dolg u,1} = 2.70 \cdot 1.75 \cdot 18 = 85.05 \text{ kN/m} \quad W_{g.dolg u,2} = 2.70 \cdot 3.00 \cdot 18 = 145.80 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow F_{g.dolg u} = 85.05 \cdot 0.16 + 145.80 \cdot 0.23 = 47.14 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası, A'dan $\frac{85.05 \cdot 0.16 \cdot (3.5 + 1.75/2) + 145.80 \cdot 0.23 \cdot (0.5 + 3.0/2)}{47.14} = 2.69$ m

yukarıda

Taban Atalet kuvveti:

$$F_{taban} = W_{taban} \cdot k_h$$

$$W_{taban} = 0.50 \cdot 3.50 \cdot 23 = 40.25 \text{ kN/m} \Rightarrow F_{taban} = 40.25 \cdot 0.16 = 6.44 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $0.50/2 = 0.25$ m yukarıda

(7) Statik baba çekmesi:

Baba çekmesi; %50 azalma ile hesaba katılmaktadır. Baba çekmesinin tabandan 5.50m yukarıdaki değeri; $\%50 \times 100/15 = 3.33$ kN/m'dir. (15m = kronman uzunluğu)

(8) Kuvvet ve moment dengesi

Deprem etkisi altında gözönüne alınacak yatay yük kombinasyonlarında statik ve dinamik ek yükler % 50 azaltılarak hesaba katılmaktadır (DLH, 2007). Devrilme momenti hesabında dinamik toprak ve dinamik ek yük yüklemelerinden oluşan devrilme momentleri % 50 arttırılmaktadır (DLH, 2007). Ayrıca zeminin su altında olması durumunda zeminle duvar arasındaki sürtünme açısı $\delta/2$ alınmalıdır (DLH, 2007).

Bahsedilen kuvvetlerin yapı üzerindeki etkileri şekillerde gösterilmektedir ve A noktasına göre stabilite momentleri ve deviren momentleri hesaplanmaktadır:

$$\text{Yatay yük kombinasyonu} = D_M + Z_S + Z_D + 0.5Z_{SQ} + 0.5Z_{DQ} + S_D + 0.5B$$

$$P = 8.40 + 5.24 + 6.44 + 47.14 + (5.57 + 0.5 \cdot 5.30 + 2.42 + 0.5 \cdot 2.31) \cdot \cos 13.33 + 3.33 +$$

$$((29.09 + 0.5 \cdot 9.09 + 14.94 + 0.5 \cdot 6.03) + (6.79 + 0.5 \cdot 1.52 + 3.78 + 0.5 \cdot 1.01)) \cdot \cos(13.33/2)$$

$$= 145.03 \text{ kN/m}$$

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

$$W = 23.78 + (29.09 + 9.09 + 14.94 + 6.03 + 6.79 + 1.52 + 3.78 + 1.01) \cdot \sin(13.33/2) + 22.75 + 174.15 + (5.57 + 5.30 + 2.42 + 2.31) \cdot \sin 13.33 = 232.66 \text{ kN/m}$$

Stabilite (Devirmeye karşı moment)

Duvar:	$23.78 \times 0.65 = 15.46 \text{ kNm/m}$
Taban:	$22.75 \times 1.75 = 39.81$
Geri Dolgu:	$174.15 \times 2.15 = 374.42$
Toprak İtkisi	$(5.57 + 5.30 + 2.42 + 2.31) \sin 13.33 \times 0.80 = 2.88$
	$(29.09 + 9.09 + 14.94 + 6.03) \sin(13.33/2) \times 0.80 = 5.49$
	$(6.79 + 1.52 + 3.78 + 1.01) \sin(13.33/2) \times 3.50 = 5.32$
	<hr/>
	$W \cdot e = 443.38 \text{ kNm/m}$

Devirici (Devirmeye çalışan moment)

Baba Çekmesi:	$3.33 \times 5.50 = 18.32 \text{ kNm/m}$
Duvar Atalet Kuvveti:	$5.24 \times 2.88 = 15.09$
Taban Atalet Kuvveti:	$6.44 \times 0.25 = 1.61$
Toprak Atalet Kuvveti:	$47.14 \times 2.69 = 126.81$
Hidrodinamik Kuvvet:	$8.40 \times 1.70 = 14.28$
Toprak İtkisi:	$5.57 \cdot \cos 13.33 \times 4.08 = 22.11 \text{ (statik toprak)}$
	$5.30 \cdot \cos 13.33 \times 4.38 = 22.59 \text{ (statik ek yük)}$
	$1.5 \times 2.42 \cdot \cos 13.33 \times 4.08 = 14.41 \text{ (dinamik toprak)}$
	$1.5 \times 2.31 \cdot \cos 13.33 \times 4.38 = 14.77 \text{ (dinamik ek yük)}$
	$29.09 \cdot \cos(13.33/2) \times 1.83 = 52.87 \text{ (statik toprak)}$
	$9.09 \cdot \cos(13.33/2) \times 2.00 = 18.06 \text{ (statik ek yük)}$
	$1.5 \times 14.94 \cdot \cos(13.33/2) \times 1.78 = 39.62 \text{ (dinamik toprak)}$
	$1.5 \times 6.03 \cdot \cos(13.33/2) \times 2.00 = 17.97 \text{ (dinamik ek yük)}$

$$\begin{aligned}
6.79 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.25 &= 1.69 \text{ (statik toprak)} \\
1.52 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.25 &= 0.38 \text{ (statik ek yük)} \\
1.5 \times 3.78 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.25 &= 1.41 \text{ (dinamik toprak)} \\
1.5 \times 1.01 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.25 &= 0.38 \text{ (dinamik ek yük)} \\
\hline
M_d &= 382.37 \text{ kNm/m}
\end{aligned}$$

Devrilmeye karşı güvenlik faktörü ise;

$$F_{sd} = \frac{W \cdot e}{M_d} \Rightarrow F_{sd} = 443.38 / 382.37 = 1.16 < 1.3 \text{ uygun değil}$$

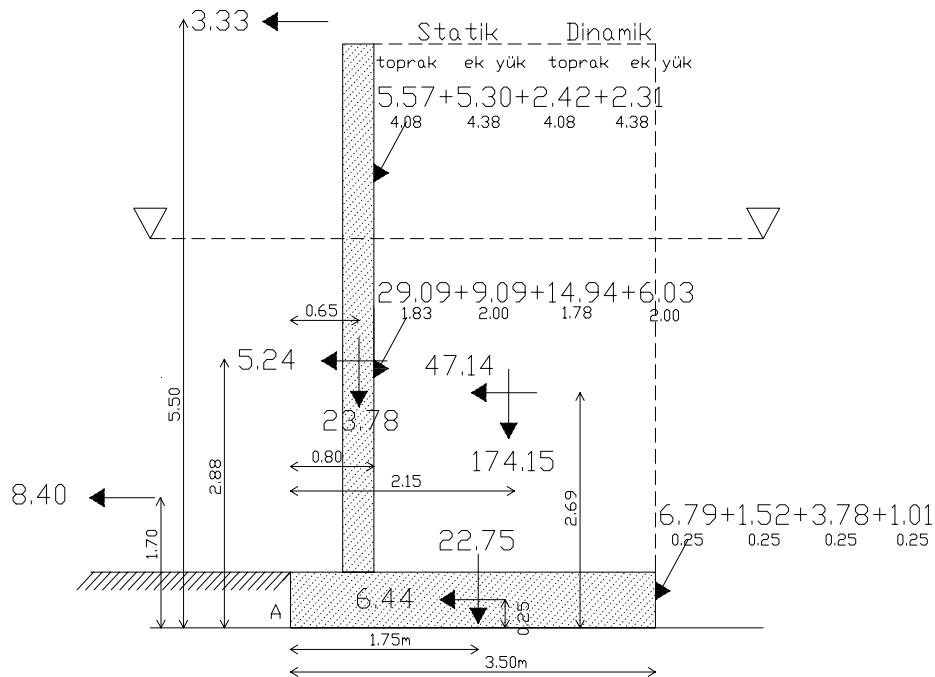
e : gözönüne alınana bileşke yükünü duvarın deniz tarafındaki topuk ucuna olan yatay mesafesi

M_d : yatay yüklerin duvar tabanına göre toplam devrilme momentleri

Devrilmeye ve kaymaya karşı güvenlik faktörleri minimum hasar düzeylerine göre sırasıyla en az 1.3 ve 1.2 olacaktır (DLH, 2007). Güvenlik faktörünün tanımlanmasına bağlı olarak duvarın arka yüzü ile geri dolgu arasındaki sürtünme açısı sıfır kabul edildiğinde, düşey ve yatay bileşenlerin analizinden toprak itki kuvveti devirici momenti karşılayamamaktadır.

Kaymaya karşı güvenlik faktörü de;

$$F_{sk} = \frac{\mu \cdot W}{P}; \mu = 0.52 \Rightarrow F_{sk} = \frac{232.66 \times 0.52}{145.03} = 0.83 < 1.2 \text{ uygun değil}$$



Hesap Özet Tablosu

Yükler	L tip
Statik toprak kuvveti (kN/m)	5.57 (*) 29.09 6.79
Statik ek yük (kN/m)	5.30 (**) 9.09 1.52
Dinamik toprak kuvveti (kN/m)	2.42 (*) 14.94 3.78
Dinamik ek yük (kN/m)	2.31 (**) 6.03 1.01
Hidrodinamik kuvvet (kN/m)	8.40
Stabilite Kuvveti (kN/m)	23.78 (***) 22.75 174.15
Atalet kuvveti (kN/m)	5.24 (****) 6.44 47.14
Statik Baba Çekmesi (kN/m)	3.33
Yatay yük (kN/m)	145.03
Düşey yük (kN/m)	232.66
Karşı moment (Stabilite) (kNm/m)	443.38
Devirmeye çalışan moment (kNm/m)	382.37
D.G.F	1.16
K.G.F	0.83

(*) Birinci değer kuru zemin için, ikinci ve üçüncü değer suya doymun zemin bölgesi

(**) Birinci değer kuru zemin, ikinci ve üçüncü değer suya doymun zemin içindir ancak statik ek yükte katsayı değişimi olmadığından burada iki değer verilmesi dinamik durum ile uyumu içindir.

(***) Birinci ve ikinci değer duvarın ağırlığı, diğer değer aynı duvara etkili toprak ağırlığı

(****) Birinci ve ikinci değer duvar diğer değer aynı duvara etkili toprağın neden olduğu toprağın neden olduğu atalet kuvvetleri

7.4 Keson Tipi Rıhtım Yanaşma Yapısı

Bu örnekte; 29,80 boylam and 40,8 enlem koordinatlarındaki Derince limanı keson tip rıhtım yapısı dikkate alınmıştır. Keson tip rıhtım duvarının pseudo-statik analizi; yapılacaktır ve D1 deprem düzeyine göre %50 aşılmama olasılığı dikkate alınacaktır. A zemin sınıfı için kısa periyod zemin katsayısı F_a ; DLH (2007) Kıyı Yapıları Deprem Teknik Yönetmeliği Tablo 1.1 kullanılarak bulunacaktır.

Yapı arkasında kullanılan dolgu malzemesi için, kumun kurudaki birim hacim ağırlığı $\gamma_j = 18 \text{ kN/m}^3$ ve suya doymun kumun birim hacim ağırlığı ise $\gamma_{sj} = 21 \text{ kN/m}^3$ alınacaktır. Bloklu rıhtımda ek yük (sürşarj) 15 kN/m^2 ve baba çekmesi 100 kN 'dir.

(D1), (D2) ve (D3) deprem düzeyleri için kısa doğal titreşim periyoduna karşı gelen spektral ivme değerleri DLH (2007) EK A'da verilmiştir. Referans olarak alınan B zemin sınıfı ve D1 düzeyi için yapının bulunduğu konuma ait koordinatlarda $S_s = 0.76$ 'dır. A zemin sınıfı için ise aynı doğal titreşim periyotlarına karşılık gelen spektral ivme değeri; DLH (2007) Tablo 1.1'den $S_s = 0.76$ için A zemin sınıfının kısa periyod zemin katsayısı $F_a = 0.8$ olarak bulunmaktadır.

Doğal titreşim periyoduna karşılık gelen spektral ivme değeri

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad \Rightarrow S_{MS} = 0.8 \times 0.76 = 0.61$$

D1 deprem düzeyinde statik-eşdeğer dinamik zemin basıncı ile su basıncının hesabında gözönüne alınacak olan eşdeğer deprem ivmesi katsayıları (k_h), etkin yer ivmesi katsayıları (A_{10}) cinsinden hesaplanmaktadır.

$$A_{10} = 0.4 \times S_{MS} \quad \Rightarrow A_{10} = 0.4 \times 0.61 = 0.244$$

$$k_h = (2/3) \cdot A_{10} \quad \Rightarrow k_h = (2/3) \cdot 0.244 = 0.16$$

Kuru bölge için

$$\text{Sismik atalet açısı} \Rightarrow \lambda = \tan^{-1}(k_h) \quad \Rightarrow \lambda = \tan^{-1}(0.16) = 9.09^\circ$$

$$K_{ai,t} = \frac{(1-0)\cos^2(40-0-9.09)}{\cos 9.09 \cos^2(0)\cos(0+13.33+9.09) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(40+13.33)\sin(40-0-9.09)}{\cos(13.33+0+9.09)\cos(0-0)}} \right]^2} = 0.290$$

$$\text{Kuru dinamik katsayı} \quad K_{ai,d(kuru)} = K_{ai,t} - K_{ai,s}$$

$$\Rightarrow K_{ai,d} = 0.290 - 0.202 = 0.088$$

Suya doymun bölge için

Su altındaki kumun birim hacim ağırlığı ($\gamma_{bj} = \gamma_{sj} - \gamma_w$; $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$ ve $\gamma_{sj} = 21 \text{ kN/m}^3$)

$$\text{Sismik atalet açısı} \Rightarrow \lambda = \tan^{-1}\left(\frac{k_h}{1-k_v}\right) \quad \Rightarrow \lambda = \tan^{-1}(k'_h)$$

$$k'_h = \frac{\sum_{j=1}^{ND}(\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^N(\gamma_{sj} h_j) + q_o}{\sum_{j=1}^{ND}(\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^N(\gamma_{bj} h_j) + q_o} k_h$$

$$\Rightarrow k'_h = \frac{18 \times 1.75 + 21 \times 3.5 + 15}{18 \times 1.75 + 11 \times 3.5 + 15} \cdot 0.16 = 0.23 \quad \Rightarrow \psi = \tan^{-1}(0.23) = 12.95^\circ$$

Zeminin su altında veya suya doymun olması durumunda, zeminle duvar arasındaki sürtünme açısı olarak δ yerine $\delta/2$ göz önüne alınmaktadır.

$$K_{ai,t} = \frac{(1-0)\cos^2(40-0-12.95)}{\cos 9.09 \cos^2(0)\cos(0+13.33/2+12.95) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(40+13.33/2)\sin(40-0-12.95)}{\cos(13.33/2+0+12.95)\cos(0-0)}} \right]^2} = 0.336$$

$$\text{Doymun dinamik katsayı} \quad K_{ai,d} = K_{ai,t} - K_{ai,s}$$

$$\Rightarrow K_{ai,d(doygun)} = 0.336 - 0.202 = 0.134$$

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

(1) Statik toprak kuvvetleri:

$$P_{ai,se1} = K_{ai,s} \cdot \gamma_j \cdot h_1 \quad \Rightarrow P_{ai,se1} = 0.202 \cdot 18 \cdot 1.75 = 6.36 \text{ kN/m}^2$$

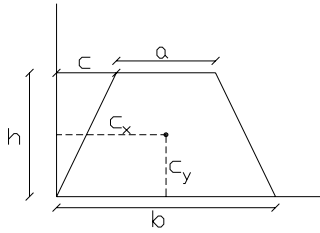
$$F_{ai,se1} = \frac{P_{ai,se1} \cdot h_1}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,se1} = \frac{6.36 \cdot 1.75}{2} = 5.57 \text{ kN/m}$$

$F_{ai,se1}$ 'in uygulama noktası , A noktasından $\frac{1 \cdot 1.75}{3} + 3.50 = 4.08 \text{ m}$ yukarıda

$$P_{ai,se2} = K_{ai,s} \cdot (\gamma_j \cdot h_1 + \gamma_{bj} \cdot (h_2 - h_1)) \quad P_{ai,se2} = 0.202 \cdot (18 \cdot 1.75 + 11 \cdot 2.50) = 11.92 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,se2} = \frac{(P_{ai,se1} + P_{ai,se2}) \cdot (h_2 - h_1)}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,se1,2} = \left(\frac{6.36 + 11.92}{2} \right) \cdot 2.50 = 22.85 \text{ kN/m}$$

Yamuğun ağırlık merkezi



$$c_y = \frac{h(2a + b)}{3(a + b)} \quad \text{ve} \quad c_x = \frac{2ac + a^2 + cb + ab + b^2}{3(a + b)}$$

$F_{ai,se2}$ 'nin uygulama noktası ise, A noktasından $\frac{2.5 \cdot (2 \cdot 6.36 + 11.92)}{3 \cdot (6.36 + 11.92)} + 1.0 = 2.12 \text{ m}$ yukarıda

$$P_{ai,se3} = K_{ai,s} \cdot (\gamma_i \cdot h_1 + \gamma_{bj} \cdot (h_3 - h_1)) \quad P_{ai,se3} = 0.202 \cdot (18 \cdot 1.75 + 11 \cdot 3.50) = 14.14 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,se3} = \frac{(P_{ai,se2} + P_{ai,se3}) \cdot (h_3 - h_2)}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,se3} = \left(\frac{11.92 + 14.14}{2} \right) \cdot 1.0 = 13.03 \text{ kN/m}$$

$F_{ai,se3}$ 'ün uygulama noktası ise , A noktasından $\frac{1.0 \cdot (2 \cdot 11.92 + 14.14)}{3 \cdot (11.92 + 14.14)} = 0.49 \text{ m}$ yukarıda

(2) Statik ek yükler:

$$P_{ai,ss1} = K_{ai,s} \cdot q_o \quad (q_o : \text{Düzgün yayılı ek yük}) \quad \Rightarrow P_{ai,ss1} = 0.202 \cdot 15 = 3.03 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss1} = P_{ai,ss1} \cdot h_1 \quad \Rightarrow F_{ai,ss1} = 3.03 \cdot 1.75 = 5.30 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $1.75/2 + 3.50 = 4.38$ m yukarıda

$$P_{ai,ss2} = K_{ai,s} \cdot q_o \quad \Rightarrow P_{ai,ss2} = 0.202 \cdot 15 = 3.03 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss2} = P_{ai,ss2} \cdot (h_2 - h_1) \quad \Rightarrow F_{ai,ss2} = 3.03 \cdot 2.50 = 7.58 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $2.50/2 + 1.00 = 2.25$ m yukarıda

$$P_{ai,ss3} = K_{ai,s} \cdot q_o \quad \Rightarrow P_{ai,ss3} = 0.202 \cdot 15 = 3.03 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss3} = P_{ai,ss3} \cdot (h_3 - h_2) \quad \Rightarrow F_{ai,ss3} = 3.03 \cdot 1.0 = 3.03 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $1.00/2 = 0.50$ m yukarıda

(3) Dinamik toprak kuvvetleri:

$$P_{ai,de1} = K_{ai,d(kuru)} \cdot \gamma_j \cdot h_1 \quad \Rightarrow P_{ai,de1} = 0.088 \cdot 18 \cdot 1.75 = 2.77 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,de1} = \frac{P_{ai,de1} \cdot h_1}{2} \quad \Rightarrow F_{ai,de1} = \frac{2.77 \cdot 1.75}{2} = 2.42 \text{ kN/m}$$

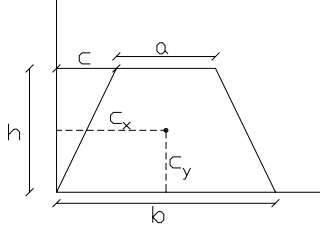
$F_{ai,de1}$ 'in uygulama noktası, A noktasından $\frac{1 \cdot 1.75}{3} + 3.50 = 4.08$ m yukarıda

$$P_{ai,de2} = K_{ai,d(kuru)} \cdot \gamma_j \cdot h_1 + K_{ai,d(doygun)} \cdot \gamma_{bj} \cdot (h_2 - h_1)$$

$$\Rightarrow P_{ai,de2} = 0.088 \cdot 18 \cdot 1.75 + 0.134 \cdot 11 \cdot 2.50 = 6.46 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,de2} = \frac{(P_{ai,de1} + P_{ai,de2}) \cdot (h_2 - h_1)}{2} \Rightarrow F_{ai,de2} = \left(\frac{2.77 + 6.46}{2} \right) \cdot 2.50 = 11.54 \text{ kN/m}$$

Yamuğun ağırlık merkezi



$$c_y = \frac{h(2a + b)}{3(a + b)} \quad \text{ve} \quad c_x = \frac{2ac + a^2 + cb + ab + b^2}{3(a + b)}$$

$$F_{ai,se2} \text{ 'nin uygulama noktası ise, A noktasından } \frac{2.50 \cdot (2 \cdot 2.77 + 6.46)}{3 \cdot (2.77 + 6.46)} + 1.0 = 2.08 \text{ m yukarıda}$$

$$P_{ai,de3} = K_{ai,d(kuru)} \cdot \gamma_j \cdot h_1 + K_{ai,d(doygun)} \cdot \gamma_{bj} \cdot (h_3 - h_1)$$

$$\Rightarrow P_{ai,de3} = 0.088 \cdot 18 \cdot 1.75 + 0.134 \cdot 11 \cdot 3.5 = 7.93 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,de3} = \frac{(P_{ai,de2} + P_{ai,de3}) \cdot (h_3 - h_2)}{2} \Rightarrow F_{ai,de3} = \left(\frac{6.46 + 7.93}{2} \right) \cdot 1.0 = 7.20 \text{ kN/m}$$

$$F_{ai,de3} \text{ 'ün uygulama noktası ise, A noktasından } \frac{1.0 \cdot (2 \cdot 6.46 + 7.93)}{3 \cdot (6.4 + 7.93)} = 0.48 \text{ m yukarıda}$$

(4) Dinamik ek yükler:

$$P_{ai,ds1} = K_{ai,d(kuru)} \cdot q_o \quad (q_o : \text{Düzgün yayılı ek yük}) \Rightarrow P_{ai,ds1} = 0.088 \cdot 15 = 1.32 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ss1} = P_{ai,ds1} \cdot h_1 \Rightarrow F_{ai,ds1} = 1.32 \cdot 1.75 = 2.31 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $1.75/2 + 3.50 = 4.38 \text{ m yukarıda}$

$$P_{ai,ds2} = K_{ai,d(sub)} \cdot q_o \Rightarrow P_{ai,ds2} = 0.134 \cdot 15 = 2.01 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ds2} = P_{ai,ds2} \cdot (h_2 - h_1) \quad \Rightarrow F_{ai,ds2} = 2.01 \cdot 2.50 = 5.03 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $2.50/2 + 1.00 = 2.25$ m yukarıda

$$P_{ai,ds3} = K_{ai,d(sub)} \cdot q_o \quad \Rightarrow P_{ai,ds3} = 0.134 \cdot 15 = 2.01 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{ai,ds3} = P_{ai,ds3} \cdot (h_3 - h_2) \quad \Rightarrow F_{ai,ds3} = 2.01 \cdot 1.0 = 2.01 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $1.00/2 = 0.50$ m yukarıda

(5) Hidrodinamik kuvvet:

$$P_{w,d} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2 \quad \gamma_w : 10. \text{ kN/m}^3$$

Su derinliğince entegre edilerek, bileşke statik-esdeğer dinamik su kuvveti ve bileşkenin su yüzeyinden itibaren derinliği $h_{w,d} = 3/5H$ 'dır (DLH., 2007).

$$P_{w,d} = \frac{7}{12} \times 0.16 \times 10 \times 3.0^2 = 8.40 \text{ kN/m}$$

Bu kuvvetin uygulama noktası, tabandan yaklaşık $0.4 \times 3.00 = 1.20$ m, A noktasından $1.20 + 0.50 = 1.70$ m yukarıdadır.

(6) Stabilite, atalet ve diğer etkili kuvvetler:

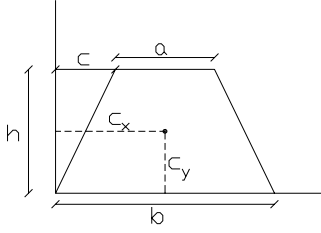
(6.1) Stabilite kuvvetleri:

Duvar1 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_b \cdot a \cdot b \quad (\gamma_b = 23 \text{ kN/m}^3 ; \text{ betonun özgül ağırlığı})$$

$$W_{d1} = \left(\frac{1.0 + 2.0}{2} \right) \cdot 1.45 \cdot 23 = 50.03 \text{ kN/m}$$

Yamuğun ağırlık merkezi



$$c_y = \frac{h(2a + b)}{3(a + b)} \quad \text{ve} \quad c_x = \frac{2ac + a^2 + cb + ab + b^2}{3(a + b)}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $1.0 + \frac{1.0^2 + 1.0 \cdot 2.0 + 2.0^2}{3(1.0 + 2.0)} = 1.78 \text{ m}$ uzaklıkta

Duvar2 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_b \cdot a \cdot b \quad (\gamma_b = 23 \text{ kN/m}^3; \text{ betonun özgül ağırlığı})$$

$$W_{d2} = 0.30 \cdot 5.00 \cdot 23 = 34.50 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $1.00 + 5.00 / 2 = 3.50 \text{ m}$ uzaklıkta

Duvar3 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_{bb} \cdot a \cdot b \quad (\gamma_{bb} = 13 \text{ kN/m}^3; \text{ suyun altındaki betonun özgül ağırlığı})$$

$$W_{d3} = 2.50 \cdot 0.30 \cdot 13 = 9.75 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $1.00 + 0.30 / 2 = 1.15 \text{ m}$ uzaklıkta

Duvar4 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_{bb} \cdot a \cdot b \quad (\gamma_{bb} = 13 \text{ kN/m}^3; \text{ suyun altındaki betonun özgül ağırlığı})$$

$$W_{d4} = 2.50 \cdot 0.30 \cdot 13 = 9.75 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $5.70 + 0.30 / 2 = 5.85 \text{ m}$ uzaklıkta

Duvar5 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_{bb} \cdot a \cdot b \quad W_{d5} = \left(1.00 \cdot 5.00 + \frac{0.5 + 1.0}{2} \cdot 2 \right) \cdot 13 = 84.50 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $7.00 / 2 = 3.50$ m uzaklıkta

Kesonun içindeki dolgu için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_{bd} \cdot a \cdot b \quad (\gamma_{bd} = 8 \text{ kN/m}^3; \text{ suyun altındaki dolgu malzemesinin özgül ağırlığı})$$

$$W_{kd} = 2.50 \cdot 4.40 \cdot 8 = 88.00 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $1.30 + 4.40 / 2 = 3.50$ m uzaklıkta

Geri dolgu1 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_j \cdot a \cdot b \quad W_{g.dolgu1} = \frac{4.0 + 3.0}{2} \cdot 1.45 \cdot 18 = 91.35 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $6.0 - \frac{3.0^2 + 4.0 \cdot 3.0 + 4.0^2}{3(4.0 + 3.0)} = 4.24$ m uzaklıkta

Geri dolgu2 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_j \cdot a \cdot b \quad W_{g.dolgu2} = 1.00 \cdot 1.75 \cdot 18 = 31.50 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $6.0 + 1.0 / 2 = 6.50$ m uzaklıkta

Geri dolgu3 için stabilite kuvveti:

$$W = \gamma_{bj} \cdot a \cdot b \quad W_{g.dolgu3} = \frac{2.50 + 3.00}{2} \cdot 1.00 \cdot 11 = 30.25 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $7.00 - \frac{1.00 \cdot (2 \cdot 2.50 + 3.00)}{3(2.50 + 3.00)} = 6.52$ m uzaklıkta

(6.2) Atalet kuvvetleri:

Su altında kalan kısımlarda atalet kuvvetleri hesaplanırken ağırlık yerine kütle ve su içindeki dolgu zemin için ise k_h yerine k'_h kullanılmaktadır.

Duvar1 için Atalet kuvveti:

$$F_{d1} = W_{d1} \cdot k_h$$

$$W_{d1} = \left(\frac{1.0 + 2.0}{2} \right) \cdot 1.45 \cdot 23 = 50.03 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow \quad F_{d1} = 50.03 \cdot 0.16 = 8.00 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $3.50 + \frac{1.45 \cdot (2 \cdot 1.00 + 2.00)}{3 \cdot (1.00 + 2.00)} = 4.14 \text{ m}$ yukarıda

Duvar2 için Atalet kuvveti:

$$F_{d2} = W_{d2} \cdot k_h$$

$$W_{d2} = 0.30 \cdot 5.00 \cdot 23 = 34.50 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow \quad F_{d2} = 34.50 \cdot 0.16 = 5.52 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $3.50 + 0.30 / 2 = 3.65 \text{ m}$ yukarıda

Duvar3 için Atalet kuvveti:

$$F_{d3} = W_{d3} \cdot k_h$$

$$W_{d3} = 2.50 \cdot 0.30 \cdot 23 = 17.25 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow \quad F_{d3} = 17.25 \cdot 0.16 = 2.76 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $1.00 + 2.50 / 2 = 2.25 \text{ m}$ yukarıda

Duvar4 için Atalet kuvveti:

$$F_{d4} = W_{d4} \cdot k_h$$

$$W_{d4} = 2.50 \cdot 0.30 \cdot 23 = 17.25 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow \quad F_{d4} = 17.25 \cdot 0.16 = 2.76 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $1.00 + 2.50/2 = 2.25$ m yukarıda

Duvar5 için Atalet kuvveti:

$$F_{d5} = W_{d5} \cdot k_h \quad W_{d5} = \left(5.00 \cdot 1.00 + \frac{0.5 + 1.0}{2} \cdot 2 \right) \cdot 23 = 149.50 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow F_{d5} = 149.50 \cdot 0.16 = 23.92 \text{ kN/m}$$

$$\text{Uygulama noktası ise, A noktasından } \frac{5.00 \cdot 1.00 \cdot 0.50 + \frac{0.50 + 1.00}{2} \cdot 2 \cdot 0.39}{6.50} = 0.47 \text{ m yukarıda}$$

Kesonun içindeki dolgu için stabilite kuvveti:

$$F_{kd} = W_{kd} \cdot k_h \quad (\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3; \text{ dolgu malzemesinin özgül ağırlığı})$$

$$W_{kd} = 2.50 \cdot 4.40 \cdot 18 = 198.00 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow F_{kd} = 198.00 \cdot 0.16 = 31.68 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası ise, A noktasından $1.00 + 2.50/2 = 2.25$ m yukarıda

Geri dolgu1 Atalet kuvveti:

$$F_{g.dolgu,1} = W_{g.dolgu,1} \cdot k_h \quad W_{g.dolgu,1} = \frac{3.0 + 4.0}{2} \cdot 1.45 \cdot 18 = 91.35 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow F_{g.dolgu,1} = 91.35 \cdot 0.16 = 14.62 \text{ kN/m}$$

$$\text{Uygulama noktası, Anoktasından } 5.50 - \frac{1.45 \cdot (2 \cdot 3.00 + 4.00)}{3 \cdot (3.00 + 4.00)} = 4.81 \text{ m yukarıda}$$

Geri dolgu2 Atalet kuvveti:

$$F_{g.dolgu,2} = W_{g.dolgu,2} \cdot k_h \quad W_{g.dolgu,2} = 1.00 \cdot 1.75 \cdot 18 = 31.50 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow F_{g.dolgu,2} = 31.50 \cdot 0.16 = 5.04 \text{ kN/m}$$

Uygulama noktası, Anoktasından $3.50 + 1.75 / 2 = 4.38$ m yukarıda

Geri dolgu3 Atalet kuvveti:

$$F_{g.dolgu,3} = W_{g.dolgu,3} \cdot k_h \quad W_{g.dolgu,3} = \frac{2.50 + 3.00}{2} \cdot 1.00 \cdot 18 = 49.50 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow F_{g.dolgu,3} = 49.50 \cdot 0.23 = 11.39 \text{ kN/m}$$

$$\text{Uygulama noktası, A'dan } 0.50 + \frac{2 \cdot 2.5 \cdot 0.5 + 2.5^2 + 0.5 \cdot 3.5 + 2.5 \cdot 3.5 + 3.5^2}{3(2.5 + 3.5)} = 2.25 \text{ m}$$

yukarıda

(7) Statik baba çekmesi:

Baba çekmesi; %50 azalma ile hesaba katılmaktadır. Baba çekmesinin tabandan 5.50m yukarıdaki değeri; $\%50 \times 100 / 15 = 3.33 \text{ kN/m}$ 'dir. (15m = kronman uzunluğu)

(8) Kuvvet ve moment dengesi

Deprem etkisi altında gözönüne alınacak yatay yük kombinasyonlarında statik ve dinamik ek yükler % 50 azaltılarak hesaba katılmaktadır (DLH, 2007). Devrilme momenti hesabında dinamik toprak ve dinamik ek yük yüklemelerinden oluşan devrilme momentleri % 50 arttırılmaktadır (DLH, 2007). Ayrıca zeminin su altında olması durumunda zeminle duvar arasındaki sürtünme açısı $\delta / 2$ alınmalıdır (DLH, 2007).

Bahsedilen kuvvetlerin yapı üzerindeki etkileri şekillerde gösterilmektedir ve A noktasına göre stabilite momentleri ve deviren momentleri hesaplanmaktadır:

$$\text{Yatay yük kombinasyonu} = D_M + Z_S + Z_D + 0.5Z_{SQ} + 0.5Z_{DQ} + S_D + 0.5B$$

$$P = 3.33 + 8.00 + 5.52 + 2.76 + 2.76 + 23.92 + (5.57 + 0.5 \cdot 5.30 + 2.42 + 0.5 \cdot 2.31) \cdot \cos 13.33 + \\ ((22.85 + 0.5 \cdot 7.58 + 11.54 + 0.5 \cdot 5.03) + (13.03 + 0.5 \cdot 3.03 + 7.20 + 0.5 \cdot 2.01)) \cdot \cos(13.33/2) + \\ 31.68 + 14.62 + 5.04 + 11.39 + 8.40 = 191.92 \text{ kN/m}$$

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

$$P = 50.03 + (22.85 + 7.58 + 11.54 + 5.03 + 13.03 + 3.03 + 7.20 + 2.01) \cdot \sin(13.33/2) + 34.50 + \\ 9.75 + 97.5 + 84.50 + (5.57 + 5.30 + 2.42 + 2.31) \cdot \sin 13.33 + 88.00 + 91.35 + 31.50 + 30.25 \\ = 441.62 \text{ kN/m}$$

Stabilite (Devirmeye karşı moment)

Duvar1:		$50.03 \times 1.78 = 89.05$
Duvar2:		$34.50 \times 3.50 = 120.75$
Duvar3:		$9.75 \times 1.15 = 11.21$
Duvar4:		$9.75 \times 5.85 = 57.04$
Duvar5:		$84.50 \times 3.50 = 295.75$
Keson İçi Dolgu:		$88.00 \times 3.50 = 308.00$
Geri Dolgu1:		$91.35 \times 4.24 = 387.32$
Geri Dolgu2:		$31.50 \times 6.50 = 204.75$
Geri Dolgu3:		$30.25 \times 6.52 = 197.23$
Geri Dolgu İtkisi1:	(statik toprak)	$5.57 \cdot \sin 13.33 \times 2.42 = 3.11$
	(statik ek yük)	$5.30 \cdot \sin 13.33 \times 2.12 = 2.59$
	(dinamik toprak)	$2.42 \cdot \sin 13.33 \times 2.42 = 1.35$
	(dinamik ek yük)	$2.31 \cdot \sin 13.33 \times 2.12 = 1.13$
Geri Dolgu İtkisi2:	$(22.85 + 7.58 + 11.54 + 5.03) \sin(13.33/2) \times 6.00 = 32.73$	
	$(13.03 + 3.03 + 7.20 + 2.01) \sin(13.33/2) \times 7.00 = 20.53$	
		$W \cdot e = 1732.54 \text{ kNm/m}$

Devirici (Devirmeye çalışan moment)

Baba Çekmesi:	$3.33 \times 5.50 = 18.32 \text{ kNm/m}$
Duvar1 Atalet Kuvveti:	$8.00 \times 4.14 = 33.12$
Duvar2 Atalet Kuvveti:	$5.52 \times 3.65 = 20.15$
Duvar3 Atalet Kuvveti:	$2.76 \times 2.25 = 6.21$
Duvar4 Atalet Kuvveti:	$2.76 \times 2.25 = 6.21$
Duvar5 Atalet Kuvveti:	$23.92 \times 0.47 = 11.24$
Keson İçi Dolgu Atalet Kuvveti:	$31.68 \times 2.25 = 71.28$
Geri Dolgu1 Atalet Kuvveti:	$14.62 \times 4.81 = 70.32$
Geri Dolgu2 Atalet Kuvveti:	$5.04 \times 4.38 = 22.08$

Geri Dolgu3 Atalet Kuvveti:	$11.39 \times 2.25 = 25.63$
Hidrodinamik Kuvvet:	$8.40 \times 1.70 = 14.28$
Geri Dolgu1 İtkisi:	$5.57 \cdot \cos 13.33 \times 4.08 = 22.11$ (statik toprak)
	$5.30 \cdot \cos 13.33 \times 4.38 = 22.59$ (statik ek yük)
	$1.5 \times 2.42 \cdot \cos 13.33 \times 4.08 = 14.41$ (dinamik toprak)
	$1.5 \times 2.31 \cdot \cos 13.33 \times 4.38 = 14.77$ (dinamik ek yük)
Geri Dolgu2 İtkisi:	$22.85 \cdot \cos(13.33/2) \times 2.12 = 48.11$ (statik toprak)
	$7.58 \cdot \cos(13.33/2) \times 2.25 = 16.94$ (statik ek yük)
	$1.5 \times 11.54 \cdot \cos(13.33/2) \times 2.08 = 35.76$ (dinamik toprak)
	$1.5 \times 5.03 \cdot \cos(13.33/2) \times 2.25 = 16.86$ (dinamik ek yük)
	$13.03 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.49 = 6.34$ (statik toprak)
	$3.03 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.50 = 1.50$ (statik ek yük)
	$1.5 \times 7.20 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.48 = 5.15$ (dinamik toprak)
	$1.5 \times 2.01 \cdot \cos(13.33/2) \times 0.50 = 1.50$ (dinamik ek yük)
	<hr/>
	$M_d = 504.88 \text{ kNm/m}$

Devrilmeye karşı güvenlik faktörü ise;

$$F_{sd} = \frac{W \cdot e}{M_d} \quad \Rightarrow F_{sd} = 1732.54 / 504.88 = 3.43 > 1.3 \text{ uygun}$$

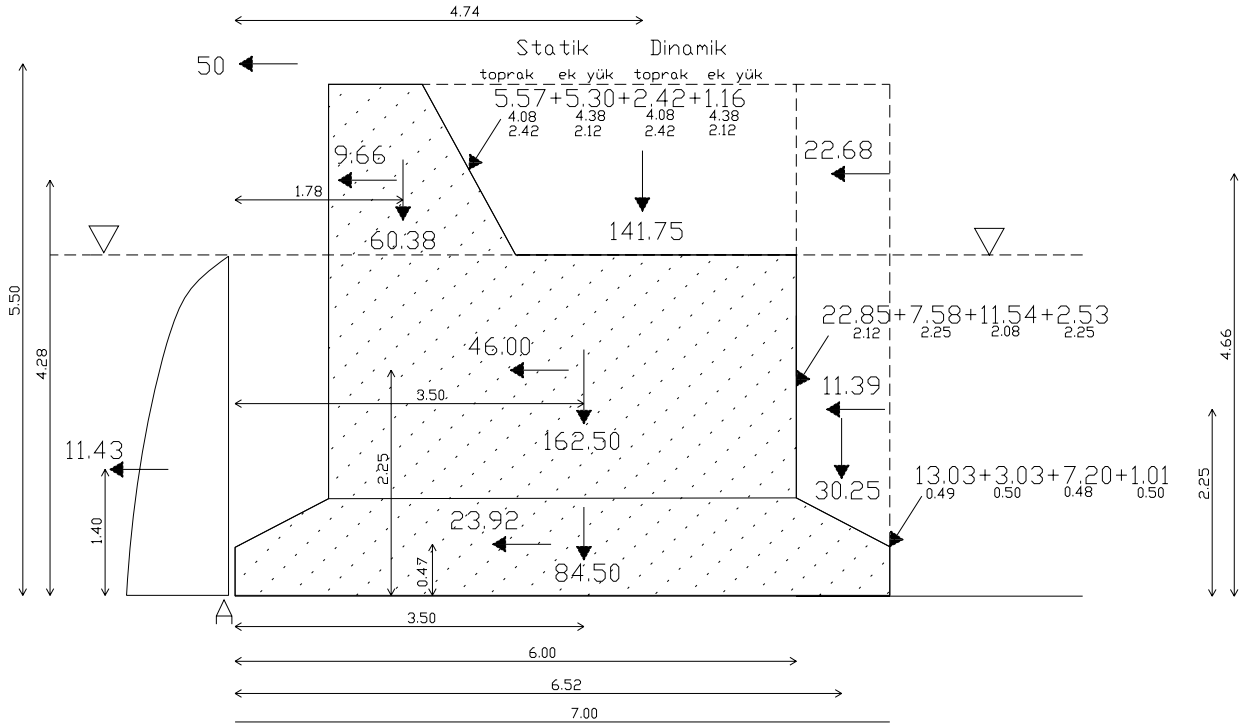
e : gözönüne alınana bileşke yükünü duvarın deniz tarafındaki topuk ucuna olan yatay mesafesi

M_d : yatay yüklerin duvar tabanına göre toplam devrilme momentleri

Devrilmeye ve kaymaya karşı güvenlik faktörleri minimum hasar düzeylerine göre sırasıyla en az 1.3 ve 1.2 olacaktır (DLH, 2007). Güvenlik faktörünün tanımlanmasına bağlı olarak duvarın arka yüzü ile geri dolgu arasındaki sürtünme açısı sıfır kabul edildiğinde, düşey ve yatay bileşenlerin analizinden toprak itki kuvveti devirici momenti karşılayamamaktadır.

Kaymaya karşı güvenlik faktörü de;

$$F_{sk} = \frac{\mu \cdot W}{P} ; \quad \mu = 0.52 \quad \Rightarrow F_{sk} = \frac{441.62 \times 0.52}{191.92} = 1.19 < 1.2 \text{ uygun değil}$$



Hesap Özet Tablosu

Yükler	Keson
Statik toprak kuvveti (kN/m)	5.57 (*) 22.85 13.03
Statik ek yük (kN/m)	5.30 (**) 7.58 3.03
Dinamik toprak kuvveti (kN/m)	2.42 (*) 11.54 7.20
Dinamik ek yük (kN/m)	2.31 (**) 5.03 2.01
Hidrodinamik kuvvet (kN/m)	8.40
Stabilite Kuvveti (kN/m)	50.03 (***) 34.50 9.75 9.75 84.50 88.00 91.35 31.50 30.25
Atalet kuvveti (kN/m)	8.00 (****) 5.52 2.76 2.76 23.92 31.68 14.62 5.04 11.39
Statik Baba Çekmesi (kN/m)	3.33
Yatay yük (kN/m)	191.92
Düşey yük (kN/m)	441.62
Karşı moment (Stabilite) (kNm/m)	1732.54
Devirmeye çalışan moment (kNm/m)	504.88
D.G.F	3.43
K.G.F	1.19

(*) Birinci değer kuru zemin için, ikinci ve üçüncü değer suya doymun zemin bölgesi

(**) Birinci değer kuru zemin, ikinci ve üçüncü değer suya doymun zemin içindir ancak statik ek yükte katsayı değişimi olmadığından burada iki değer verilmesi dinamik durum ile uyumu içindir.

(***) Birinci, ikinci ve üçüncü değer duvarın ağırlığı, diğer dördüncü ve beşinci değer aynı duvara etkili toprak ağırlığı

(****) Birinci, ikinci ve üçüncü değer duvar diğer dördüncü ve beşinci değer aynı duvara etkili toprağın neden olduğu toprağın neden olduğu atalet kuvvetleri

8. SONUÇLAR

Son yirmi yıldır liman yapılarının tasarımı ve inşaatı ile ilgili olarak oldukça önemli gelişmeler olmuştur. Bu amaçla hazırlanan bu tezde bir liman tasarımının tamamını açıklamaktan ziyade yeni tasarım esaslarındaki gelişmeleri dünyada bu konuda bilinen ve en fazla kullanılan yönerge, el kitabı ve şartnamelerden çıkarmak bunları uygulamalı olarak vermektir. Bunlar modern bir limanın planlanmasında ve inşaatında kullanılacak bazı kavram ve esaslardır. Örneğin bir rıhtım yapısının deprem yükleri altındaki tasarımını oldukça yeni olan davranışa dayalı tasarım esasları yardımıyla nasıl yapılacağı anlatılmasıdır. Yine modern bir limanda kaplama tasarımı yada aydınlatma düzeninin nasıl yapılacağına dair bilgilerin sunulmasıdır. Bunların dışında burada Çizelge 8.1’de görüldüğü gibi farklı standart, el kitabı ve şartnamelerde bu bilgilerin hangilerinin bulunduğu da karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Bu nedenle sunulan bu çalışmaya öncelikle bilgilerin Çizelge 8.1’de görüldüğü gibi tasnif edilmesi ile başlanmıştır. Her kaynak farklı konuların üzerinde ayrıntılı durmuştur ve bu konulara ait tasarım bilgilerini vermiştir.

Davranışa dayalı tasarım yardımıyla Derince Limanı bloklu yanaşma yapısının deprem yükleri altındaki tasarımı bölüm 7’de yapılmıştır elde edilen sonuçlar 1975 ve 1997 deprem yönetmeliği esas alınarak yapılan çözümlerle karşılaştırılmıştır (Çizelge 8.2). Çizelgeden görüldüğü gibi 1975 yönetmeliğine göre emniyetli görülen yapının 2007 Kıyı Yapıları Teknik Esaslarına göre stabil olmadığı anlaşılmaktadır. Gerçekten 1999 Kocaeli depreminde aynı yapı hasar görmüştür. Güvenlik katsayıları incelendiğinde yapının devrilmeye karşı emniyetli ancak kaymaya karşı güvensiz olduğu belirlenmiştir. 1999 depreminde yapıda kayma meydana gelmiştir. Aynı güvensizlik 1997 Deprem yönetmeliğinin kullanılması ile elde edilmiştir. Bloklu yapıda en güvensiz blokların alt bloklar olduğu bulunmuştur. Ancak 1997 yönetmeliğinde üst bloklardaki güvensizlik daha fazladır. Bunun nedeni aktif dinamik toprak basınç kuvvetinde yapılan kabulden kaynaklanmaktadır. Bloklardaki kaymanın azaltılması için blok genişliğinin yükseklikten deprem büyüklüğü esas alınarak daha büyük seçilmesi ile mümkündür. Bu nedenle spektral ivme değerine bağımlı olarak blok yüksekliğinin genişliğine oranının belirlenmesi gereklidir.

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması

<u>TİCARİ LİMANLAR</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
1. Liman Hidrodinamiği	Vol 2 chp 7		BS 6349 part I		
1.1 Dalga Dönmesi	Vol 2 chp 7.2	part II chp4.5.3	×		
1.1.1 Dalga dönmesinin tanımı	×		×		
1.1.2 Dalga dönmesinin analizi	×				
1.1.3 Limana girişinde dönme	×				
1.1.3.1 Dalganın tek bir yapıdan geçmesi	×				
1.1.3.2 Dalganın bir açıklıktan geçmesi	×				
1.1.4 Düzensiz dalga dönmesi	×		BS 6349 part I		
1.1.5 Limanlarda sapma ve dönme	×	part II chp4.5.3	×		
1.1.6 Limanlarda dönme ve yansıma	×		×		
1.2 Dalganın İletimi	Vol 2 chp 7.3	part II chp4.6.3			
1.2.1 Dalga iletiminin tanımı	×				
1.2.2 Dalga iletiminin yapılar üzerinde aşması veya içinden geçmesi	×				
1.2.2.1 Dalgaların taş dolgu dalgakıran üzerinden aşması	×				
1.2.2.2 Batık taş dolgu dalgakıranlar	×				
1.2.2.3 Geçirgen taş dolgu dalgakıranlar	×				
1.2.2.4 Yüzer dalgakıranlar	×				
1.2.2.5 Dalga bariyeri	×				

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>TİCARİ LİMANLAR</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
1.3 Dalganın Yansıması	Vol 2 chp 7.4	part II chp4.5.4	BS 6349 part I		
1.3.1 Dalga yansımasının tanımı	×		×		
1.3.2 Dalgaların yapılardan yansıması	×				
1.3.3 Dalgaların kıyılardan yansıması	×				
1.3.4 Limanlarda dalga yansıması	×				
1.3.5 Liman girişinde yansıma problemleri	×				
1.4 Dalganın Sığlaşması	×	part II chp4.5.5	BS 6349 part I		
1.5 Dalganın Kırılması	×	part II chp4.5.6	BS 6349 part I		
1.6 Limanlarda Salınım	Vol 2 chp 7.5		BS 6349 part I		
1.6.1 Hidrolik benzeşim	×				
1.6.2 Kapalı basenler	×				
1.6.3 Genel açık basenler	Vol 2 chp 7.5				
1.6.4 Basit şekilli açık basenler	×				
1.6.5 Karmaşık şekilli açık basenler	×				
1.6.6 Açık basenlerde Helmholtz rezonansı	×				
1.7 Kabarma ve sirkülasyon	Vol 2 chp 7.6				
1.7.1 Giriş	×				
1.7.2 Kabarma ve sirkülasyon süreci	×				

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>TİCARİ LİMANLAR</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
1.7.2.1 Gelgit hareketi	×				
1.7.2.2 Rüzgar etkisi	×				
1.7.2.3 Nehir deşarjı	×				
1.7.3 Kabarma ve sirkülasyon tahmini	×				
1.7.3.1 Sayısal modeller	×				
1.7.3.2 Fiziksel model çalışmaları	×				
1.7.3.3 Saha çalışmaları	×				
1.8 Gemi Etkileşimi	Vol 2 chp 7.7				
1.8.1 Gemilerin ürettiği dalgalar	×				
1.8.2 Gemi Hareketleri	×		BS 6349 part I		Bul. no.88 (1995)
1.8.2.1 Dalgalara karşı	×		×		×
1.8.2.2 Akıntıya karşı	×		×		×
1.8.2.3 Dalga ve akıntı etkileşimine karşı	×				×
1.8.2.4 Squat ve trim	×				×
1.8.2.5 Sınırlı su yollarında gemi manevra kabiliyeti	×				
1.8.3 Bağlanma	×		BS 6349 part IV		Bul. no.88 (1995)
1.8.3.1 Dalga kuvveti	×		×		×
1.8.3.2 Bağlama şekilleri	×		×		×

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>TİCARİ LİMANLAR</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
1.8.3.3 Bağlama halatları	×		BS 6349 part VII		×
1.8.3.4 Usturmaçalar	×		BS 6349 part IV		WG 33 (2002)
1.8.3.5 İleri-geri gitme periyodu	×				
1.8.3.6 Bağlanma kuvvetleri	Vol 2 chp 7.7		BS 6349 part I		
2. Koruma Yapıları		part VII			Bul. no.36 (1980)
2.1 Dalgakıranlar		part VII chp 2	BS 6349 part VII		
2.1.1 Dalgakıran yerleşimi		×	×		
2.1.2 Dalgakıran tasarım koşulları		×	×		
2.1.3 Dalgakıranda yapısal tip seçimi		×			
2.1.4 Dalgakıran kesit alanın belirlenmesi		×			
2.1.4.1 Düşey yüzlü dalgakıranlar		×			
2.1.4.2 Komposit dalgakıranlar		×			
2.1.4.3 Eğimli dalgakıranlar		×			
2.1.4.4 Beton bloklü keson tipi dalgakıranlar		×			
2.1.5 Dış kuvvetlerin stabilite hesabı		×			
2.1.5.1 Dalga kuvveti		×			
2.1.5.2 Hidrodinamik basınç		×			
2.1.5.3 Yüzdürme kuvveti (buoyancy)		×			

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>TİCARİ LİMANLAR</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
2.1.5.4 Deprem stabilitesi		×			
2.1.6 Stabilite hesabı		×			
2.1.6.1 Düşey yüzlü kısmın stabilite hesabı		×			
2.1.6.2 Eğimli kısmın stabilite hesabı		×			
2.1.6.3 Bütün kısmın stabilite hesabı		×			
2.1.6.4 Dalgakıran kafası ve kurp stabilite hesabı		×			
2.1.7 Yapı detayları		×	BS 6349 part VII		
2.1.7.1 Düşey yüzlü dalgakıranlar		×	×		WG28 (2003)
2.1.7.2 Komposit dalgakıranlar		×	×		
2.1.7.3 Eğimli dalgakıranlar		×	×		WG28 (2003)
2.1.7.4 Beton bloklü keson tipi dalgakıranlar		×			
2.2 Diğer tip dalgakıranlar		part VII chp 3			
2.2.1 Yapısal tip seçimi		×			
2.2.2 Özel düşey tip dalgakıranlar		part VII chp 3	BS 6349 part VII		
2.2.2.1 Dalga sönümlü düşey yüzlü blok dalgakıranlar		×	×		
2.2.2.2 Dalga sönümlü keson dalgakıranlar		×	×		
2.2.2.3 Eğimli keson dalgakıranlar		×	×		
2.2.3 Düşey olmayan tip dalgakıranlar		×	×		

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>TİCARİ LİMANLAR</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
2.2.3.1 Perde duvar dalgakıranlar		×	×		
2.2.3.2 Yüzen dalgakıranlar		×	×		Bul. no. 85 (1994)
2.3 Loklar		part VII chp 4	BS 6349 part III		
2.3.1 Konumun seçimi		×	×		
2.3.2 Boyutlar ve planı		×	×		
2.3.3 Yapısal tipin seçimi		×	×		
2.3.3.1 Kapak		×	×		
2.3.3.2 Lok yatağı		×	×		
2.3.4 Dış kuvvet ve yüklerin lok üzerindeki etkisi		×	×		
2.3.5 Pompalama ve drenaj sistemi		×	×		
2.3.6 Yardımcı tesisler		×	×		
2.4 Sığlaşmayı ve siltasyonu engelleyen tesisler		part VII chp 5			
2.4.1 Jetty		×			
2.4.1.1 Jetty nin yerleşimi		×			
2.4.1.2 Jetty nin detayları		×			
2.4.2 Mahmuz grupları		×			
2.4.3 Kıyı düzenlemeleri jetty tasarımı		×			
2.4.3.1 Jettylerin yerleşimi		×			

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>TİCARİ LİMANLAR</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
2.4.3.2 Jettylerin su derinliğinin belirlenmesi		×			
2.4.3.3 Jetty yapıları		×			
2.4.4 Kıyı ağzında katı madde taşınım ve çökeltme tesisleri		×			
2.4.5 Kum rüzgarına karşı tedbir		×			
2.5 Kaplamalar		part VII chp 6			
2.5.1 Tasarım prensipleri		part VII chp 6			
2.5.2 Tasarım koşulları		×			
2.5.3 Yapısal stabilite		×			
2.5.4 Kesit alanı belirlenmesi		×			
2.5.5 Detaylar		×			
3. Ulaşım kanalı ve basenler	Vol 5 chp 5	part VI	BS 6349 part I		Bul. no. 95 (1997)
3.1 Gemi Gereksinimlerinin Belirlenmesi	Vol 5 chp 5.2				×
3.1.1 Derin su çekimli gemiler ve sıg su çekimli tekneler	×			EAU – chp 5	×
3.1.1.1 Tekne Boyutları	×		BS 6349 part I	×	×
3.1.1.2 Kargo kapasitesi	×			×	×
3.1.1.3 Kısıtlamalar	×				×
3.1.1.4 Gemi karakteristikleri	×				×
3.1.1.5 Şekil katsayısı	×				×

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>TİCARİ LİMANLAR</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
3.1.1.6 Gemi hızı	×				Bul. no. 95 (1997)
3.1.1.7 Manevra kabiliyeti	×				×
3.1.2 Gemi hareketi	×				
3.1.2.1 Seyir sistemi	×				
3.1.2.2 Tipik hareket	×				
3.1.2.3 Sığ su, kısıtlama kanalları	×				
3.1.2.4 Buzda gemi seyri	×				
3.1.3 Tasarım düşünceleri	×				
3.1.3.1 Gemi tasarımı	×				
3.1.3.2 Geçit ve bağlama alanı tasarımı	×				
3.2 İhtiyaçlar ve Kaynaklar	Vol 5 chp 5.3				
3.2.1 Akıntı	×				
3.2.2 Su seviyesi	×				
3.2.3 Rüzgar	×				
3.2.4 Dalga	×				
3.2.5 Su kalitesi	×				
3.2.6 Batimetri ve katı madde taşınımı	Vol 5 chp 5.3				
3.2.7 Ekolojik yöntemler	×				

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>TİCARİ LİMANLAR</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
3.2.8 Yerel koordinat	×				
3.3 Ulaşım kanalı derinliği	Vol 5 chp 5.5	part VI chp 2.4			Bul. no. 95 (1997)
3.3.1 Tatl su etkisi	×				
3.3.2 Dalgadan dolayı gemi hareketi	×				
3.3.3 Gemi squatu	×				
3.3.4 Sığ su etkisi	×				
3.3.5 Emniyet payı	×				
3.3.6 İleri bakım-onarım	×				
3.3.7 Tarama payı	×				
3.3.8 Gelgit ve gemi geçişi ilişkisi	×				
3.4 Kanal doğrultusu ve genişliği	Vol 5 chp 5.5	part VI chp 2.3			Bul. no. 95 (1997)
3.4.1 Doğrultu	×				×
3.4.2 İç kanallar	×				×
3.4.2.1 Genişlik	×				×
3.4.2.2 Manevra alanı	×				×
3.4.2.3 Buz etkisi	×				
3.4.3 Giriş kanalları	×				
3.4.4 Kurp ve dönüşler	×				

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>TİCARİ LİMANLAR</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
3.5 Liman girişinde ulaşım kanalı uzunluğu		part VI chp 2.5			
3.6 Ulaşım kanalı içi çalkantı		part VI chp 2.6			
3.7 Dalgakıransız ulaşım kanalı		part VI chp 3			
3.7.1 Ulaşım kanalı genişliği		×			
3.7.2 Ulaşım kanalı derinliği		×			
3.8 Basenler		part VI chp 4			Bul. no. 95 (1997)
3.8.1 Konumu		×			×
3.8.2 Bağlama-demirleme için basen alanı		×			×
3.8.3 Gemi manevrası için basen alanı		×			×
3.8.4 Basen derinliği		part VI chp 4			×
3.8.5 Basen içi çalkantı		×			
3.9 Diğer Proje Özellikleri	Vol 5 chp 5.7				
3.9.1 Dönme basenleri	×				
3.9.2 Bağlama demirleme alanları	×				
3.9.3 Basen kabarması ve su kalitesi	×				
3.9.4 Seyir yapıları	×				
4. Diğer Liman Tesisleri		part IX			
4.1 Liman trafik tesisleri		part IX chp 1			

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>TİCARİ LİMANLAR</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
4.1.1 Yollar		×	BS 6349 part I		
4.1.1.1 Araç tasarımları		×			
4.1.1.2 Yol ve yol şeritleri		×			
4.1.1.3 Araç gabari boyutları		×			
4.1.1.4 Dönüşlerde yol genişliği		×			
4.1.1.5 Yolun eğimi		×			
4.1.1.6 Kavşak boyutları		×			
4.1.1.7 Yol kaplamaları		×			
4.1.1.8 İşaretlemeler		×			
4.1.2 Otoparklar		×			
4.1.2.1 Boyutları ve yerleşim biçimleri		×			
4.1.3 Demiryolu		×	BS 6349 part I		
4.1.4 Helikopter Alanları		×			
4.1.5 Tüneller		×			
4.1.5.1 Tasarım ve plan prensipleri		×			
4.1.5.2 Batırma derinliği		×			
4.1.5.3 Tünel elemanlarının yapısı ve uzunluğu		×			
4.1.5.4 Havalandırma bacaları		×			

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>TİCARİ LİMANLAR</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
4.1.5.5 Erişim Yolları		×			
4.1.5.6 Stabilite hesabı		×			
4.1.5.7 Tünel elemanlarının tasarımı		part IX chp 1			
4.1.5.8 Bağlantılar		×			
4.1.5.9 Kontrol ve operasyon imkanları		×			
4.1.6 Köprüler		×			
4.1.6.1 İhtiyaçların tasarımı		×			
4.1.6.2 Yapımın dayanıklılığı		×			
4.1.6.3 Usturmaça sistemi		×			
4.2 Kargo sınıflandırma tesisleri		part IX chp 2			
4.2.1 Kargo sıralama alanı		×			
4.2.2 Rıhtım ambarı		×			
4.2.3 Kargo elleçleme ekipmanları		×	BS 6349 part I		
4.2.4 Kereste alanı		×	×		
4.2.5 Liman ürünleri tesisleri		×			
4.2.6 Tehlikeli kargo alanı		×			
4.3 Depolama tesisleri		part IX chp 3			
4.3.1 Tehlikeli kargo ve petrol depo tesisleri		×			

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>TİCARİ LİMANLAR</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
4.3.2 Diğer depo tesisleri		×			
4.4 Gemi servis tesisleri		part IX chp 4			
4.5 Yolcu tesisleri		part IX chp 5			
4.5.1 Yolcuların binme olanakları		×			
4.5.1.1 Yapısal tip		×			
4.5.1.2 Yolcuların binme tesisleri tasarımı		×			
4.5.1.3 Yardımcı tesisler		×			
4.5.2 Yolcu Yapıları		×			
5. Özel Amaçlı Rıhtımlar		part X			
5.1 Konteyner terminalleri		part X chp 1		EAU – chp 5	
5.1.1 Tasarım prensipleri		×		EAU – chp 6	
5.1.2 Bağlama tesisleri tasarımı		×		×	
5.1.2.1 Uzunluk ve derinliği		×		×	
5.1.2.2 Bağlama ekipmanları		part X chp 1		×	
5.1.2.3 Usturmaça sistemleri		×		×	
5.1.3 Kara tesisleri tasarımı		×			
5.1.3.1 Apron		×			
5.1.3.2 Konteyner vinçleri		×		EAU – chp 5	

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>TİCARİ LİMANLAR</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
5.1.3.3 Konteyner sahası		×			
5.1.3.4 Konteyner yük istasyonu		×			
5.1.3.5 Bakım atölyesi		×			
5.1.3.6 Kapılar		×			
5.1.3.7 Yardımcı tesisler		×			
5.2 Feribot Terminalleri		part X chp 2			Bul. no.87 (1995)
5.2.1 Tasarım prensipleri		×			×
5.2.2 Bağlama tesisleri tasarımı		×			×
5.2.2.1 Uzunluk ve derinliği		×			×
5.2.2.2 Bağlama ekipmanları		×			×
5.2.2.3 Usturmaça sistemleri		×			×
5.2.2.4 Sürtünmeye karşı koruma çalışmaları		×			×
5.2.3 Araç rampa tasarımı		×			×
5.2.3.1 Genişlik, uzunluk, eğim ve eğrilik yarıçapı		×			×
5.2.3.2 Yardımcı tesisler ve işaretler		×			×
5.2.3.3 Yürüyen aksamın tasarımı		×			×
5.2.4 Yolcu binme tesislerinin tasarımı		×			×
5.2.4.1 Genişlik, uzunluk, eğim ve yardımcı tesisler		×			×

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>TİCARİ LİMANLAR</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
5.2.4.2 Yürüyen aksam tasarımı		×			Bul. no.87 (1995)
5.2.5 Diğer tesislerin tasarımı		part X chp 2			×
5.2.5.1 Yollar		×			×
5.2.5.2 Pasajlar		×			×
5.2.5.3 Otoparklar		×			×

<u>MARİNA</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
1. Liman Hidrodinamiği	Vol 2 chp 7		BS 6349 part I		
1.1 Dalga Dönmesi	Vol 2 chp 7.2	part II ch 4.5.3	×		
1.1.1 Dalga dönmesinin tanımı	×		×		
1.1.2 Dalga dönmesinin analizi	×				
1.1.3 Limana girişinde dönme	×				
1.1.3.1 Dalganın tek bir yapıdan geçmesi	×				
1.1.3.2 Dalganın bir açıklıktan geçmesi	×		BS 6349 part I		
1.1.4 Düzensiz dalga dönmesi	×		×		
1.1.5 Limanlarda sapma ve dönme	×	part II ch 4.5.3	×		
1.1.6 Limanlarda dönme ve yansıma	×				

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>MARİNA</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
1.2 Dalganın İletimi	Vol 2 chp 7.3				
1.2.1 Dalga iletimini tanımı	×	part II ch 4.6.3			
1.2.2 Dalga iletiminin yapılar üzerinde aşması veya içinden geçmesi	×				
1.2.2.1 Dalgaların taş dolgu dalgakıran üzerinden aşması	×				
1.2.2.2 Batık taş dolgu dalgakıranlar	×				
1.2.2.3 Geçirgen taş dolgu dalgakıranlar	×				
1.2.2.4 Yüzer dalgakırandan	×				
1.2.2.5 Dalga bariyeri	×				
1.3 Dalganın Yansıması	Vol 2 chp 7.4	part II ch 4.5.4	BS 6349 part I		
1.3.1 Dalga yansımasının tanımı	×		×		
1.3.2 Dalgaların yapılardan yansıması	Vol 2 chp 7.4				
1.3.3 Dalgaların kıyılardan yansıması	×				
1.3.4 Limanlarda dalga yansıması	×				
1.3.5 Liman girişinde yansıma problemleri	×				
1.4 Dalganın sığlaşması	×	part II ch 4.5.5	BS 6349 part I		
1.5 Dalganın kırılması	×	part II ch 4.5.6	BS 6349 part I		
1.6 Limanlarda salınım	Vol 2 chp 7.5		BS 6349 part I		
1.6.1 Hidrolik benzeşim	×				

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>MARİNA</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
1.6.2 Kapalı basenler	×				
1.6.3 Genel açık basenler	×				
1.6.4 Basit şekilli açık basenler	×				
1.6.5 Karmaşık şekilli açık basenler	×				
1.6.6 Açık basenlerde Helmholtz rezonansı	×				
1.7 Kabarma ve sirkülasyon	Vol 2 chp 7.6				
1.7.1 İfadenin önemi	×				
1.7.2 Kabarma ve sirkülasyon süreci	×				
1.7.2.1 Gelgit etkisi	×				
1.7.2.2 Rüzgar etkisi	×				
1.7.2.3 Nehir deşarjı	×				
1.7.3 Kabarma ve sirkülasyon tahmini	×				
1.7.3.1 Sayısal modeller	×				
1.7.3.2 Fiziksel model çalışmaları	×				
1.7.3.3 Saha çalışmaları	×				
1.8 Gemi Etkileşimi	Vol 2 chp 7.7				
1.8.1 Gemilerin ürettiği dalgalar	×				
1.8.2 Gemi Hareketleri	×		BS 6349 part I		

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>MARİNA</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
1.8.2.1 Dalgalara karşı	×		×		
1.8.2.2 Akıntıya karşı	×		×		
1.8.2.3 Dalga ve akıntı etkileşimine karşı	×				
1.8.2.4 Trim ve squat	×				
2. Yat Boyutları		part XI chp 2			
3. Ulaşım Kanalı ve Basenler		part XI chp 3	BS 6349 part I		Bul. no.95 (1997)
3.1 Ulaşım kanalı		×			×
3.1.1 Ulaşım kanalı genişliği		×			×
3.1.2 Ulaşım kanalı derinliği		×			×
3.2 Bağlama basenleri		×			×
3.2.1 Bağlama basenleri derinliği		×			×
3.2.2 Basen içi çalkantı		×			×
3.2.3 Basen içi dalga yüksekliği		×			×
4. Koruyucu Tesisler		part XI chp 4			
4.1 Liman girişi		×			
4.1.1 Liman girişinin doğrultusu		×			
4.1.2 Liman girişinin konumu		×			
4.2 Dalgakıran kret yüksekliği		×			

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>MARİNA</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
5. Bağlama Olanakları		part XI chp 5			
5.1 Tasarım şartları		×			
5.1.1 Yüzen gövdeye etki eden dalga kuvvetleri hesabı		×			
5.1.2 Atalet kuvveti ya da dalga kırılması altındaki dalga kuvvetlerinin hesabı		×			
5.2 Yüzen iskele		×			Bul. no.93 (1997)
5.2.1 Yapısı		×			×
5.2.2 Güvenlik tetkiki		×			×
5.2.3 Yapı tasarımı		×			×
5.2.4 Bağlama metodu		×			×
5.2.5 Ulaşım köprüleri		×			×
5.3 Yardımcı tesisler		×			Bul no.75 (1991)
5.4 Kaldırma indirme tesisleri		×			×
6. Gemi Servis İmkanları		part XI chp 5			×
6.1 Kara depolama tesisleri		×			×
7. Kara Trafik Olanakları		part XI chp 5			×

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>BAĞLANTI TESİSLERİ</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
1. Bağlama Tesisleri Boyutları		part VIII chp 2			
1.1 Rıhtım uzunluğu ve su derinliği		×			
1.2 Baba yüksekliği		×			
1.3 Bağlama için gemi gabarisi		×			
1.4 Tasarım su derinliği		×			
1.5 Sürtünmeye karşı koruma		×			
2. Bağlama Tesislerinin Yapısal Tipleri		part VIII chp 3	BS 6349 part II		
3. Düşey Tip Rıhtımlar		part VIII chp 4	×		
4. Palplanş Rıhtımlar		part VIII chp 5	×	EAU – chp 8	
5. Yardımcı Platformlu Palplanş Rıhtımlar		part VIII chp 6	×	×	
6. Çelik Palplanştan Yapılmış Boşluklu Perdeduvar Rıhtımlar		part VIII chp 7		×	
7. Çelik Levhadan Yapılmış Boşluklu Perdeduvar Rıhtımlar		part VIII chp 8			
8. Açık Tip Düşey Kazıklı Rıhtımlar		part VIII chp 9		EAU – chp11	Bul. no.96 (1997)
9. Açık Tip Çift Sıra Kazıklı Rıhtımlar		part VIII chp10		×	×
10. Ana İskele		part VIII chp11			
11. Yüzer İskele		part VIII chp12			Bul. no.93 (1997)
12. Dolfinler		part VIII chp13	BS 6349 part II	EAU – chp13	

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>BAĞLANTI TESİSLERİ</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
13. Kızaklar ve Sığ Su Rıhtımları		part VIII chp14			
14. Air-Cushion Araçları Rıhtım Tesisleri		part VIII chp15			
15. Bağlama Şamandıraları ve Bağlama Direkleri		part VIII chp16			
16. Diğer Tip Bağlama Tesisleri		part VIII chp17			
17. Geçici Rıhtım Kısımları		part VIII chp18			
18. Yardımcı Tesisler		part VIII chp19	BS 6349 part II		
18.1 Bağlama ekipmanları		×	×	EAU – chp 6	
18.2 Bağlama direkleri, babaları ve halkaları		×	×	×	
18.3 Usturmaça sistemleri		×	×	×	
18.4 Güvenlik tesisleri		×	×	×	
18.5 Servis tesisleri		×	×	×	
18.6 Merdivenler		×	×	×	
18.7 Can kurtarma imkanları		×	×		
18.8 İşaretlemeler, uyarılar ve koruyucu çitler		×			
18.9 Işıklandırma tesisleri		×			
19. Apronlar		part VIII chp20			
19.1 Tasarım prensipleri		×			
19.2 Apron tipleri		×			

Çizelge 8.1 Farklı standart ve el kitaplarının karşılaştırılması (devamı)

<u>BAĞLANTI TESİSLERİ</u>	CEM	Japon Standartları	İngiliz Standartları	Alman Standartları	PIANC
19.3 Apronlarda oturmaya karşı önlemler		×			
19.4 Yük koşulları		×			
19.5 Beton kaplama tasarımı		×			
19.6 Asfalt kaplama tasarımı		×			
19.7 Beton blok kaplama tasarımı		×			
20. Kargo Elleçleme Ekipmanları için Temel Tasarım		part VIII chp21			

Çizelge 8.2 Derince Limanı bloklu yanaşma yapısının sonuçlarının karşılaştırılması

Blok No	1975 Deprem Yönetmeliği (Tonguç, 2001)		1997 Deprem Yönetmeliği (Tonguç, 2001)		2007 Kıyı Yapıları Teknik Esasları	
	DGF	KGF	DGF	KGF	DGF	KGF
1 Blok	1.08	2.80	2.46	1.11	2.99	1.05
2 Blok	2.63	1.59	1.16	0.93	1.22	0.89
3 Blok	1.79	1.30	1.01	0.95	0.99	0.79
4 Blok	1.59	1.23	1.01	0.94	0.93	0.77
5 Blok	1.57	1.24	1.11	1.01	0.98	0.80
6 Blok	1.56	1.11	0.98	0.97	0.96	0.73
7 Blok	1.53	1.02	1.14	0.98	1.04	0.68

KAYNAKLAR

Arbeitsausschuß Ufereinfassungen der HTG e. V, (2004), Recommendations of The Committee for Waterfront Structures Harbour and Waterways, Ernst&Sohn, Berlin

British Standards Institution, (1985), Maritime Structures, Design of Fendering and Mooring Systems, London

British Standards Institution, (1988), Maritime Structures, Design of Quay Walls, Jetties and Dolphins, London

British Standards Institution, (1988), Maritime Structures, Design of Dry Docks, Locks, Slipways and Shipbuilding Berths, Shiplifts and Dock and Lock Gates, London

British Standards Institution, (1991), Maritime Structures, Guide to The Design and Construction of Breakwaters, London

British Standards Institution, (2000), Maritime Structures, Code of Practice for General Criteria, London

DLH, (2007), Kıyı ve Liman Yapıları, Demiryolları, Hava Meydanları İnşaatları Deprem Teknik Yönetmeliği

Edward, F., T., Huval, C., J., Bottin, R., R., Smith, O., P., (2006), Navigations Projects, The Coastal Engineering Manual

International Commission for The Study of Waves., Permanent International Association of Navigation Congresses, (1980), Final Report of The 1st International Commission for The Study of Waves, Belgium

MarCom Working Group 11., Permanent International Association of Navigation Congresses, (1995), Port Facilities for Ferries, A Practical Guide, Belgium

MarCom Working Group 13., Permanent International Association of Navigation Congresses, (1994), Floating Braekwaters, A Practical Guide for Design and Construction, Belgium

MarCom Working Group 22., Permanent International Association of Navigation Congresses, (1997), Guidelines for The Design of Armoured Slopes under Open Piled Quay Walls, Belgium

MarCom Working Group 28., Permanent International Association of Navigation Congresses, (2003), Braekwaters with Vertical and Inclined Concrete Walls, Belgium

MarCom Working Group 30., Permanent International Association of Navigation Congresses & International Association of Port and Harbour, (1997), Aproach Channels A Guide for Design , Belgium, Tokyo.

MarCom Working Group 33., Permanent International Association of Navigation Congresses, (2002), Guidelines for The Design of Fender Systems, Belgium

MarCom Working Group 34., Permanent International Association of Navigation Congresses (2001), Seismic Design Guidelines for Port Structures, A.A Balkema, Lisse, Abingdon, Exton, Tokyo.

Mazen, A., (2000), An Optimum Pavement Design for A Container Terminal Area, M.SC Thesis, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands

RecCom Working Group., Permanent International Association of Navigation Congresses, (1997), Review of Selected Standards for Floating Dock Designs, Belgium

RecCom Working Group 5., Permanent International Association of Navigation Congresses, (1991), Guidance on Facility and Management specification for Marine Yacht Harbours and Inland Waterways Marinas with Respect to User Requirements, Belgium

Sorensen, R., Edward, F., T., (2006), Coastal Hydrodynamics, The Coastal Engineering Manual

The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan, (2002), Technical Standart and Commentaries for Port And Harbour Facilities in Japan, Daikousha Printing Co., Japan

Yüksel, Y., Çevik, E., Çelikoğlu, Y., (2006), Liman Mühendisliği, Arıkan Yayınevi, İstanbul

Yüksel, Y., Çevik E., (1998), Kıyı ve Liman Mühendisliği, İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	07.05.1982	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1993-2000	Kartal Anadolu Lisesi
Lisans	2001-2005	Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2006-2007	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Müh. Hidrolik Anabilim Dalı, Kıyı ve Liman Mühendisliği Programı

Çalıştığı kurumlar

2003-2003	STFA – Stajyer
2004-2004	Doğus Yapı - Stajyer
2005-2006	Mete Yapı
2007-Devam ediyor	ARTI Proje Ltd.Şti.