

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜŞEY KAZIKLI BETONARME İSKELELERİN DEPREM
PERFORMANSLARININ VE HASAR OLASILIK EĞRİLERİNİN
BELİRLENMESİ

Fatih KIRMIZIDAĞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Programı

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer BÖREKÇİ

Eş Danışman

Doç. Dr. Burak AYDOĞAN

Şubat, 2023

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÜŞEY KAZIKLI BETONARME İSKELELERİN DEPREM
PERFORMANSLARININ VE HASAR OLASILIK EĞRİLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Fatih KIRMIZIDAĞ tarafından hazırlanan tez çalışması 07.02.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer BÖREKÇİ
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Doç. Dr. Burak AYDOĞAN
Gebze Teknik Üniversitesi
Eş-Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer BÖREKÇİ, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Berna AYAT AYDOĞAN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Beyza Taşkın, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi

Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer BÖREKÇİ ve eş danışmanım Doç. Dr. Burak AYDOĞAN sorumluluğunda tarafımda hazırlanan “DÜŞEY KAZIKLI BETONARME İSKELELERİN DEPREM PERFORMANSLARININ VE HASAR OLASILIK EĞRİLERİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Fatih KIRMIZIDAĞ

İmza



Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü'nün FBA-2021-4463 numaralı projesi ile desteklenmiştir.



Sevgili Aileme

TEŞEKKÜR

Yıldız Teknik Üniversitesi'nde Yüksek Lisans eğitimine başladığım günden itibaren hem eğitim hem de yüksek lisans tez sürecinde hemen her konuda yanımda olan, bilgi birikimini her alanda benimle paylaşıp, yol gösteren Sayın Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer BÖREKÇİ Hocama, Yüksek lisans tez sürecinde birlikte çalıştığım, bana destek ve yardımcı olan Sayın Doç. Dr. Burak AYDOĞAN'a, Sayın Prof. Dr. Berna AYAT AYDOĞAN'a ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Murat Ergenekon SELÇUK'a tüm içtenliğimle teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca maddi ve manevi sayısız fedakârlık yaparak her zaman yanımda olan ve her koşulda beni destekleyen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Fatih KIRMIZIDAĞ

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	viii
KISALTMA LİSTESİ	x
ŞEKİL LİSTESİ	xi
TABLO LİSTESİ	xiii
ÖZET	xv
ABSTRACT	xvii
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti.....	3
1.2 Tezin Amacı	6
1.3 Hipotez	7
2 YANAŞMA YAPILARI ve TASARIM ESASLARI	8
2.1 Kıyı ve Liman Yapıları	8
2.2 Yanaşma Yapıları Teknik Tasarım Esasları	10
2.2.1 Liman İçi Yanaşma Yerleri Boyutları.....	11
2.2.2 Gemiler ve Gemi Boyutları.....	11
2.2.3 Kapalı Limanlarda Dalga Nedenli Salınım	16
2.2.4 Yanaşma Yeri Uzunluğu.....	17
2.2.5 Gemi Bağlama Kuvveti	17
2.2.6 Gemi Yanaşma Yükleri.....	21
2.2.7 Kazık Destekli Yapılarda Dalga Yükleri.....	22
2.2.8 Liman İçi Yükler	24
2.2.9 Yük Kombinasyonları.....	25
2.3 Türkiye Kıyı ve Liman Yapıları Deprem Yönetmeliği'ne Göre Hesap ve Değerlendirme	30
2.3.1 Deprem Yer Hareketi	30
2.3.2 Performans Düzeyleri ve Performans Hedefleri	34
2.3.3 Deprem Etkisi Altında Kazıklı Yapılarda Tabliye-Kazık-Zemin Etkileşimi	38
3 VERİ ve YÖNTEM	40
3.1 Yanaşma Yapısının Tasarımı.....	40
3.1.1 Sahanın Rüzgâr ve Dalga İkliminin Belirlenmesi	40
3.1.2 Tasarım Gemisinin ve Yanaşma Yeri Boyutlarının Belirlenmesi ...	41

3.1.3	İskele Yapısına Etkiyen Yüklerin Belirlenmesi.....	42
3.1.4	Yapı Elemanlarının Boyutlandırılması.....	51
3.1.5	Düşük Süneklikli İskele Yanaşma Yapısı	61
3.2	Yanaşma Yapılarının TKLYDY (2021)'ne Göre Performans Değerlendirmesi	62
3.2.1	Deprem Yer Hareketi Parametrelerinin Belirlenmesi.....	63
3.2.2	Yapıların Modellenmesi	64
3.2.3	Kazık-Tabliye-Zemin Etkileşiminin Tanımlanması	65
3.2.4	Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi	82
3.2.5	Serbest Zemin Davranış Hesabı	83
3.2.6	Kinematik Etkileşim Hesabı	87
3.2.7	Eylemsizlik Etkileşim Hesabı	89
3.2.8	TKLYDY 2021'e Göre Hasar Sınırlarının Belirlenmesi	90
3.3	Hasar Olasılık Eğrilerinin Elde Edilmesi	93
4	BULGULAR ve TARTIŞMA	100
4.1	Performans Değerlendirmesi	100
4.2	Hasar Olasılık Eğrileri	101
5	SONUÇ ve ÖNERİLER	104
	KAYNAKÇA	106
	A KALIP PLANI	108
	B TABLOLAR	110
	TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	146

SİMGE LİSTESİ

A_T	Geminin enine su seviyesi üzerindeki enine izdüşüm alanı (m^2)
A_{ws}	Spiral enine donatının kesit alanı
B	Geminin iki kenarı arasındaki mesafe
C_a	Ortalama drenajsız kesme dayanımı (kPa)
C_B	Blok katsayısı
C_C	Yanaşma şekli faktörü
C_{CL}	Boyuna akıntı kuvveti için düzeltme katsayısı
C_{CT}	Enine akıntı kuvveti için düzeltme katsayısı
C_{dw}	Dalga boyuna ve su derinliğine bağımlı bir katsayı
C_e	Dış merkezlik faktörü
C_{fw}	Dalga boyuna ve su çekimine bağımlı bir katsayı
C_{LC}	Boyuna akıntı katsayısı
C_M	Hidrodinamik atalet katsayısı
C_S	Esneklik faktörü
C_{TC}	Enine akıntı katsayısı
C_{TW}	Enine rüzgâr katsayısı
C_u	Kil zemininin drenajsız kayma dayanımı
D	Draft
D	Kazık çapı [m]
D_m	Ortalama gemi su çekimi (m)
d'	Paspayı
E_f	Gemi yanaşma enerjisi (KJ=kNm)
F_m	Maksimum dalga kuvveti
F_{LC}	Boyuna akıntı kuvveti [kN]
F_S	Kısa periyot yerel zemin etki katsayısı
F_{TC}	Enine akıntı kuvveti [kN]
F_{TW}	Enine rüzgâr kuvveti [kN]
F_1	1.0 periyot yerel zemin etki katsayısı
f_{ck}	Betonun karakteristik basınç dayanımı [MPa]
f_D	Birim uzunluktaki kazık için direnç kuvveti
f_i	Birim uzunluktaki kazık için atalet kuvveti

f_{ye}	Boyuna donatı çeliğinin ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
f_{ywk}	Spiral enine donatının karakteristik akma dayanımını [MPa]
L	Yanaşma yeri uzunluğu
L_p	Plastik mafsallık boyu
M_s	Gemi kütlesi (t)
N	Yanaşan gemi sayısı
S_{ae}	Spektral elastik ivme
S_{de}	Spektral elastik yerdeğiştirme
S_{DS}	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_{D1}	1.0 sn periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_s	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
S_1	1.0 sn periyot harita spektral ivme katsayısı
s	spiral enine donatının adım aralığı
T	Yapı periyodu
T_A	Köşe periyodu
T_B	Köşe periyodu
V	Gemi yanaşma hızı (m/s)
V_c	Ortalama su akıntı hızı (m/sn)
V_w	Su seviyesinden 10 m yukarıdaki tasarım rüzgâr hızı (m/sn)
z	Derinlik
ϵ_{sy}	Donatı çeliği akma birim şekildeğiştirilmesi
ϕ_y	Etkin akma eğriliği
γ'	Etkili birim hacim ağırlık
γ_w	Deniz suyu özgül ağırlığı
ρ	Deniz suyu özgül kütlesi (kg/m ³)
ρ_A	Havanın özgül kütlesi (kg/m ³)
θ	Geminin boyuna eksenine ile dalga ışıını arasındaki açı
θ_p	Plastik dönme

KISALTMA LİSTESİ

API	American Petroleum Institute
AYGM	Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü
DTS	Deprem Tasarım Sınıfı
DWT	Dead Weight Tonnage
GÖ	Göçmenin Önlenmesi
GRT	Gross Register Tonnage
KH	Kontrollü Hasar
KK	Kesintisiz Kullanım
KLÖS	Kıyı Liman Önem Sınıfı
KYPTTE	Kıyı Yapıları Planlama Teknik Tasarım Esasları
LBP	Length Between Perpendiculars
LOA	Length Over All
NRT	Net Registered Tonnage
PDT	Performansa Dayalı Tasarım
PGA	Peak Ground Acceleration
PGD	Peak Ground Displacement
PGV	Peak Ground Velocity
SH	Sınırlı Hasar
TKLYDY	Türkiye Kıyı ve Liman Yapıları Deprem Yönetmeliği
YSS	Yeraltı Su Seviyesi
ZTADOH	Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Rıhtım yapısının nümerik modeli (Chiou vd. 2011)	3
Şekil 1.2 Statik itme analizi sonucu oluşan plastik bölgeler	4
Şekil 1.3 Rıhtım yapısı (Torkamani vd. 2014)	5
Şekil 2.1 Açık yanaşma yapıları	10
Şekil 2.2 Gemi boyutları (AYGM 2016)	14
Şekil 2.3 Gemi üzerinde etkili kuvvetler	18
Şekil 2.4 Bağlama kuvvetinin etkileri (OCDI, 2009).	18
Şekil 3.1 En büyük değer rüzgâr istatistiği.....	40
Şekil 3.2 En büyük değer dalga istatistiği	41
Şekil 3.3 Doğrusal (marjinal) Rıhtımda Bağlama, Burada Yanaşma Yüzeyinin Gerisindeki Babalar Palamar Babasıdır.	45
Şekil 3.4 Yapının tasarım spektrumunun SAP2000 paket programından çıktısı .	49
Şekil 3.5 SAP2000 modeli düşey kesit görünümü	53
Şekil 3.6 SAP2000 modelinde yapının 3 boyutlu görünümü	53
Şekil 3.7 Orta başlık kirişlerinin ve kazıkların SAP2000 programında modellenen kesit görüntüleri.....	54
Şekil 3.8 Zemin profili	55
Şekil 3.9 Zemin yaylarının SAP2000'de tanımlanması	56
Şekil 3.10 Yapının birinci mod şekli.....	58
Şekil 3.11 Yapının ikinci mod şekli	58
Şekil 3.12 Başlık kirişlerine ait Moment-Eğrilik İlişkisi.....	60
Şekil 3.13 Kesit moment taşıma kapasitesi.....	61
Şekil 3.14 Tasarım momenti değeri	61
Şekil 3.15 Yumuşak kil zeminler için P-Y eğrisi (Matlcok 1970)	68
Şekil 3.16 Yüksek sünek iskele z=6m P-Y eğrisi	69
Şekil 3.17 Düşük sünek iskele z=6m P-Y eğrisi.....	69
Şekil 3.18 YSS altındaki sert killer için P-Y eğrisi.....	71
Şekil 3.19 Sert killer için A_s değerleri	73
Şekil 3.20 Düşük sünek iskele z=11m P-Y eğrisi.....	74
Şekil 3.21 Yüksek sünek iskele z=11m P-Y eğrisi	74
Şekil 3.22 Düşük sünek iskele z=21m P-Y eğrisi.....	75
Şekil 3.23 Yüksek sünek iskele z=21m P-Y eğrisi	75

Şekil 3.24 P-Y eğrisinin SAP2000'de tanımlanması	76
Şekil 3.25 P-Y eğrisinin SAP2000'de tanımlanması	76
Şekil 3.26 P-Y eğrilerinin SAP2000'de atanması	77
Şekil 3.27 Düşük sünek iskele z=21m kotu T-Z eğrisi	79
Şekil 3.28 Yüksek sünek iskele z=21m T-Z eğrisi	79
Şekil 3.29 T-Z eğrisinin SAP2000'de tanımlanması	80
Şekil 3.30 Düşük sünek iskele yapısı Q-Z eğrisi.....	81
Şekil 3.31 Yüksek sünek iskele yapısı Q-Z eğrisi	81
Şekil 3.32 Q-Z eğrisinin SAP2000 modelinde tanımlanması	82
Şekil 3.33 DEEP SOIL Zemin profili	84
Şekil 3.34 2718_1 deprem kaydı	85
Şekil 3.35 2718_2.....	85
Şekil 3.36 Serbest zemin davranış analizi sonuçları.....	86
Şekil 3.37 Zemin yerdeğiştirme profili	86
Şekil 3.38 Yerdeğiştirmeye yüklemelerinin yapılması	87
Şekil 3.39 Doğrusal olmayan düşey yükleme	88
Şekil 3.40 Yüksek sünek iskele yapısı eksenel kuvvet-eğrilik ilişkisi	92
Şekil 3.41 Düşük sünek iskele yapısı eksenel kuvvet-eğrilik ilişkisi	92
Şekil 3.42 Tipik bir hasar olasılık eğrisi	93
Şekil 3.43 Kontrollü Hasar performans seviyesini aşma olasılık eğrisi.....	96
Şekil 3.44 Göçmenin Önlenmesi performans seviyesini aşma olasılık eğrisi	96
Şekil 3.45 Tipik bir olasılık kâğıdı.....	97
Şekil 3.46 Kontrollü Hasar olasılık kâğıdı	98
Şekil 3.47 Göçmenin Önlenmesi olasılık kâğıdı	99
Şekil 4.1 Kontrollü Hasar performans düzeyini aşma olasılığı eğrisi	101
Şekil 4.2 Göçmenin Önlenmesi performans düzeyini aşma olasılığı.....	101
Şekil 4.3 Göçmenin Önlenmesi ve Kontrollü Hasar performans düzeyleri için Hasar Olasılık Eğrileri	102

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 Taşıma şekillerine göre Türkiye'nin dış ticaret hacmi (https://ticaret.gov.tr)	2
Tablo 2.1 Konteyner gemileri için yanaşma yeri önboyutları (OCDI 2009)	11
Tablo 2.2 Gemi ölçüm oranları	12
Tablo 2.3 Gemi çekme kuvvetleri için standart değerler (OCDI, 2009)	13
Tablo 2.4 Gemi boyutları (PIANC, 2014)	14
Tablo 2.5 Elleçleme için limit dalga koşulları (OCDI, 2009)	16
Tablo 2.6 Operasyon koşullarında dalga yüksekliği sınır değerleri.....	16
Tablo 2.7 Gemilerin bağlama kuvvetleri (OCDI, 2009)	21
Tablo 2.8 Liman sahasına etkileyen kreyn yükleri	25
Tablo 2.9 Kısmi faktörler (BS 6349, 2010)	27
Tablo 2.10 Kombinasyonlar için ψ faktörleri (BS 6349, 2010)	28
Tablo 2.11 Farklı etki kombinasyon ifadeleri (BS 6349, 2010)	29
Tablo 2.12 Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları	32
Tablo 2.13 1.0 saniye periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları	32
Tablo 2.14 Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)	34
Tablo 2.15 Kazıklı iskele yapıları için performans hedefleri	36
Tablo 3.1 Gemi boyutları	41
Tablo 3.2 Tasarım dalgası boyutları.....	47
Tablo 3.3 Kazıklı iskele ve rıhtımlarda taşıyıcı sistem davranış katsayıları (R) ...	50
Tablo 3.4 Tip ano önboyutları	51
Tablo 3.5 Yük kombinasyonları	57
Tablo 3.6 Yüksek sünek iskele modal değerleri.....	57
Tablo 3.7 Düşük süneklikli iskele boyutları.....	62
Tablo 3.8 TDTH verileri.....	63
Tablo 3.9 Deprem tasarım sınıfları (DTS)	63
Tablo 3.10 Kıyı ve liman yapıları performans hedefleri.....	64
Tablo 3.11 Yapıların plastik mafsallı boyları.....	65
Tablo 3.12 Yumuşak kil zemin için parametreler	67
Tablo 3.13 Nihai zemin tepkileri.....	67
Tablo 3.14 Yumuşak killer için önerilen ϵ_{50} değeri.....	68
Tablo 3.15 $z=11\text{m}$ için nihai zemin tepkileri.....	70

Tablo 3.16 $z=21\text{m}$ için nihai zemin tepkileri.....	70
Tablo 3.17 Sert killer için önerilen k_s ve k_c değerleri.....	71
Tablo 3.18 Sert killer için önerilen ε_{50} değerleri Reese ve Ark (1975)	72
Tablo 3.19 Orta sert ve sert killi zemin tabakaları için y_{50} değerleri.....	72
Tablo 3.20 Yüksek sünek iskele grup etkisi	78
Tablo 3.21 Düşük sünek iskele grup etkisi	78
Tablo 3.22 API2000 T-Z ilişkisi.....	78
Tablo 3.23 API2000 Q-Z ilişkisi	81
Tablo 3.24 Deprem kayıtları	83
Tablo 3.25 Etkin akma eğriliği değerleri.....	91
Tablo 3.26 Hasar sınırları için görelî öteleme değerleri	95
Tablo 4.1 İskele yapıları deplasman talepleri.....	103
Tablo 4.2 İskele yapılarının hasar sınırlarını aşma olasılıkları.....	103

DÜŞEY KAZIKLI BETONARME İSKELELERİN DEPREM PERFORMANSLARININ VE HASAR OLASILIK EĞRİLERİNİN BELİRLENESİ

Fatih KIRMIZIDAĞ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer BÖREKÇİ

Eş-Danışman: Doç. Dr. Burak AYDOĞAN

Ticari faaliyetler ile ulaşım ve lojistikteki önemi göz önüne alındığında, kıyı-liman yapılarının yıkıcı bir deprem sonrası hasar görmeyerek işletmeye devam edebilmeleri büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple, ülkemizdeki kıyı-liman yapılarının depreme dayanıklı olarak tasarlanmasında ve mevcut kıyı ve liman yapılarının deprem güvenilirliklerinin belirlenmesinde kullanılmak üzere 2021 yılında Türkiye Kıyı ve Liman Yapıları Deprem Yönetmeliği (TKLYDY) yürürlüğe girmiştir. Bu çalışmanın amacı, AYGM (2016) teknik tasarım yönetmeliğine göre tasarlanmış ve görece daha düşük süneklikli mevcut iki adet betonarme düşey kazıklı iskele yapısının TKLYDY 2021 esaslarına göre deprem performanslarının belirlenmesi ve aynı zamanda TKLYDY 2021’de tanımlanan hasar seviyelerini aşma olasılıklarını gösteren hasar olasılık eğrilerinin oluşturulmasıdır. Bu amaçla SAP2000 analiz programı kullanılarak kazık-yapı-zemin arasındaki kinematik ve eylemsizlik etkileşimleri dikkate alınarak doğrusal olmayan bir analitik model hazırlanmıştır. Kinematik etkileşim ve eylemsizlik etkileşim sonuçları deprem

yönetmeliğinin uygun gördüğü şekilde süperpoze edilmiştir. Analitik modelde betonarme kazık elemanlarının zemin ile olan etkileşimi doğrusal olmayan zemin yayları kullanılarak modellenmiştir. Analitik modelde yapının doğrusal olmayan davranışı, kazıklara yığılı plastik mafsallar tanımlanarak sağlanmıştır. 11 farklı yer hareketi kaydı çifti kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler yapılmış ve TKLYDY 2021 esaslarına göre her iki iskelenin de deprem performansları belirlenmiştir. TKLYDY 2021’de ön görülen tasarım depremi şiddetini sağlamak adına tüm depremler tasarım spektrumuna ölçeklenmiştir. Bunlara ek olarak, TKLYDY 2021’deki farklı hasar sınırlarını temsil eden göreceli öteleme değerleri bulunarak, çeşitli S_{de} değerlerine ölçeklenmiş deprem kayıtları ile hasar olasılık eğrileri oluşturulmuştur. Böylelikle, yürürlükteki kıyı-liman yapıları tasarım yönetmeliğine göre tasarlanmış bir iskelenin ve uygun tasarım ve imalat hizmeti almamış bir iskelenin, yürürlüğe yeni giren ve kıyı-liman yapılarının deprem güvenilirliğini belirleyen bir yönetmeliğe göre deprem davranışları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tabliye-kazık-zemin etkileşimi, hasar olasılık eğrileri, iskele yanaşma yapıları, serbest zemin davranış hesabı, deprem performans analizi.

ESTIMATION OF THE SEISMIC PERFORMANCE AND FRAGILITY CURVES OF THE VERTICAL PILE-SUPPORTED REINFORCEMENT CONCRETE WHARF STRUCTURES

Fatih KIRMIZIDAĞ

Department of Civil Engineering

Master of Science Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. Muzaffer BÖREKÇİ

Co-advisor: Assoc. Prof. Dr. Burak AYDOĞAN

Considering its importance in commercial activities, transportation, and logistics, it is of great importance that coastal-port structures should continue to operate without damage after a devastating earthquake. Therefore, Turkish Coastal and Harbor Structures Earthquake Code (TCHSEC) has been released in 2021 to be used to design earthquake-resistant coastal-port structures in Turkey and to determine the earthquake reliability of existing coastal-port structures. The purpose of this study is to determine the seismic performances of two existing RC vertical pile-supported wharf structures according to TCHSEC 2021 and to comprise fragility curves showing the probability of exceeding the damage levels defined in the earthquake code. One of the wharves has been designed according to the technical design code of the Ministry of Transport and the other one has a lack of design and construction process which is relatively brittle. The structures have been modeled in the SAP2000 analysis program and nonlinear time history analyses have been performed by considering both the kinematic and inertia

interactions between the pile-structure-soil. The nonlinearity has been satisfied by placing the lumped plastic hinges on the piles. Besides, the interaction of the RC piles with the soil is modeled using non-linear soil springs. 11 different ground motion record pairs have been considered in nonlinear time history analyses, and all records have been scaled to the design spectrum to satisfy the earthquake intensity considered by TCHSEC 2021. The seismic performance of the considered wharves has been estimated according to TCHSEC 2021 and also fragility curves have been determined by scaling the ground motions to the specific elastic spectral displacements. The drift of piles has been selected as the damage parameter for each damage state defined in TCHSEC 2021. Thus, the seismic performance of properly and improperly designed wharves has been estimated according to TCHSEC (2021).

Keywords: Pile and soil interaction, fragility curves, wharf structures, time history analysis.

Son yüzyılda dünya nüfusundaki gözle görülür yükseliş, uluslararası ticarete belirgin bir artışı beraberinde getirmiştir. Ülkeler arasındaki ticaretlerde diğer alternatiflere kıyasla daha düşük maliyetleri sebebiyle deniz ticareti, toplam uluslararası ticaretin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Ülkemizin de üç tarafı denizlerle çevrili olması sebebiyle deniz taşımacılığı ve ticareti, ülkemiz ekonomisinde ve sosyal hayatında büyük öneme sahiptir. Tablo 1.1’de, son 3 yıldaki dış ticaret hacminin taşıma şekillerine göre dağılımı verilmiştir. Tablo 1.1’den görüldüğü üzere deniz taşımacılığı ile yapılan dış ticaret hacmi, toplam ticaretin en az 50%’sini oluşturmaktadır. Bu sebeplerle, kıyı ve liman yapılarına ciddi yatırımlar yapılmaktadır. Bu yapıların maliyetlerinin yüksek olmasının yanında zarar görmeleri halinde meydana gelen servis kaybı da neden olduğu ticaret aksaklıkları sebebiyle ekonomik olarak ciddi sorunlar yaratacaktır. Yıkıcı depremlerin sık yaşandığı bir bölgede olan ülkemizde de kıyı ve liman yapılarının büyük bir depremde zarar görme olasılıkları yüksektir ve yıkıcı bir deprem durumunda bu yapıların servis kaybı yaşanmayacak şekilde tasarlanmaları ve imal edilmeleri önemli bir husustur.

Ayrıca yıkıcı bir deprem sonrası, deprem bölgelerine karayolu ile ulaşımın sağlanamadığı durumlarda ulaşım, lojistik destek ve sağlık yardımı gibi hizmetler deniz yolu ile daha kolay sağlanabilecektir. Yaralanmaların fazla olduğu ve sağlık müdahalelerinin gerektiği afet durumlarında, yüzer hastanelerin kullanılabilme olasılığı karşısında da kıyı ve liman yapılarının hizmete devam etmeleri, afet yönetimi açısından hayati bir gerekliliktir. Tüm bu sebeplerle, yüksek öneme sahip deniz ulaşımının kara ile güvenli bir şekilde bağlanması gerekmektedir ve denizyolu ile karayolunun entegrasyonunu sağlayan en önemli kıyı ve liman yapıları iskele ve rıhtımlardır. Yıkıcı depremlerin sık yaşandığı ülkemizde, iskele ve rıhtımların hasar görme olasılıkları çok yüksek olduğundan hem yeni tasarlanacak iskele ve rıhtımların, hem de mevcut olanların deprem güvenilirliklerinin doğru bir şekilde belirlenmesi önemli bir husustur. T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı da bu riski göz önünde bulundurarak, 06.10.2020

tarihli resmî gazetede “Türkiye Kıyı ve Liman Yapıları Deprem Yönetmeliği”ni (TKLYDY) yayınlamış, kıyı ve liman yapılarının depreme dayanıklı tasarımı ve mevcut yapıların deprem güvenilirliğinin belirlenmesi için gerekli esasları belirlemiştir.

Tablo 1.1 Taşıma şekillerine göre Türkiye’nin dış ticaret hacmi

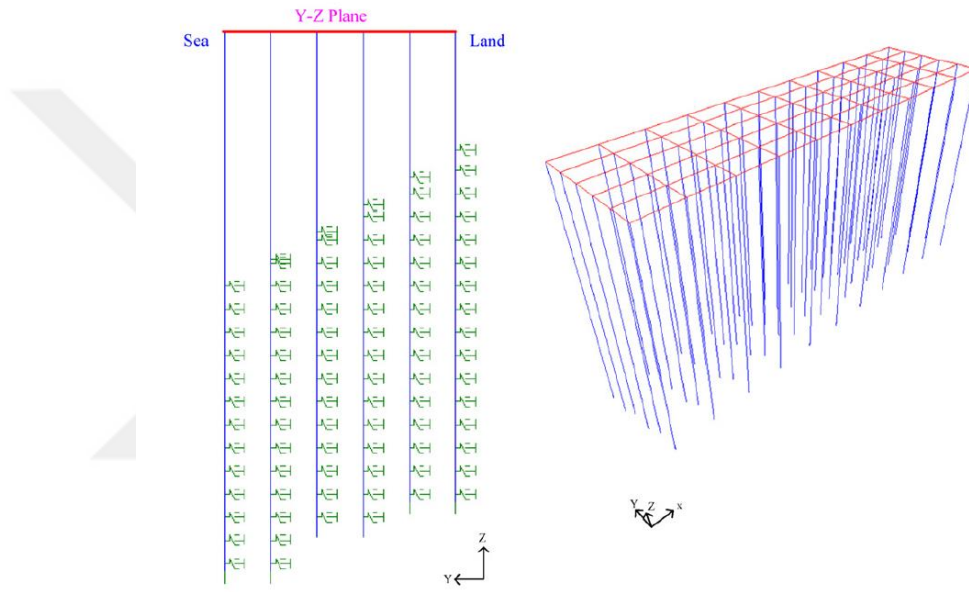
(<https://ticaret.gov.tr>)

Taşıma Şekli	İhracat				İthalat			
	Yıl		Ocak-Eylül		Yıl		Ocak-Eylül	
	2018	2019	2019	2020	2018	2019	2019	2020
Denizyolu	108308	109114	80199	70319	163737	112968	84192	81754
Genel payı (%)	61.4	60.3	60.4	59.4	59.2	53.7	54.7	52.3
Karayolu	52222	54462	39995	37207	39129	37177	26837	27582
Genel payı (%)	29.5	30.1	30.1	31.4	16.9	17.7	17.4	17.7
Havayolu	14128	14849	10788	8849	28757	29238	19677	29865
Genel payı (%)	8	8.2	8.1	7.5	12.4	13.9	12.8	19.1
Demiryolu	757	971	727	940	1299	1448	1002	1507
Genel payı (%)	0.4	0.5	0.5	0.8	0.6	0.7	0.7	1
Diğer	1262	1436	1084	1040	25230	29514	22178	15531
Genel payı (%)	0.7	0.8	0.8	0.9	10.9	14	14.4	9.9
Toplam	177169	180833	132793	118355	231152	210345	153885	156239

TKLYDY, iskele ve rıhtımların deprem güvenilirliğinin belirlenmesinde doğrusal olmayan yöntemler ile Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım (ŞDGT) önermiş, tariflediği hasar parametreleri ve sınırlarıyla belirli bir deprem için yapı performansının nasıl elde edileceğini açıklamıştır. Bu yaklaşım genel olarak Performansa Dayalı Tasarım (PDT) olarak isimlendirmiştir. TKLYDY gibi, literatürde yapılan bilimsel çalışmalar da deprem güvenilirliğinin belirlenmesinde PDT yöntemini önermiş, fakat hasarın elde edilmesinde farklı parametreler ve sınırlar kullanmıştır. TKLYDY’de önerilen hasar tanımları ve sınırlarının, farklı yönetmelik ve bilimsel çalışmalarda önerilen hasar tanımları ve sınırlarına göre etkinliğinin belirlenmesi önemli bir husustur. Literatürde, Kıyı-Liman yapılarının modellenmesi, deprem davranışı ve performansı üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır.

1.1 Literatür Özeti

Jiunn-Shyang Chiou, Chi-Han Chiang, Ho-Hsiung Yang (2011) yaptıkları çalışmalarında, Tayvan limanında kullanılan tipik bir kazık destekli rıhtım yapısı için hasar olasılık eğrilerini önermektedirler. Çalışmada rıhtım döşemesi kabuk elemanlarla modellenmiş, yaylarla temsil edilen kazıkların ve zeminlerin temsil edildiği kazıklı-zemin sistemi için ise Winkler modeli kullanılmıştır. Zemin, yatay reaksiyonlar için doğrusal olmayan $p - y$ ilişkileri ve yüzey sürtünmesi için $f_s - z$ eğrileri olan yay elemanları ile modellenmiştir. (Şekil 1.1)

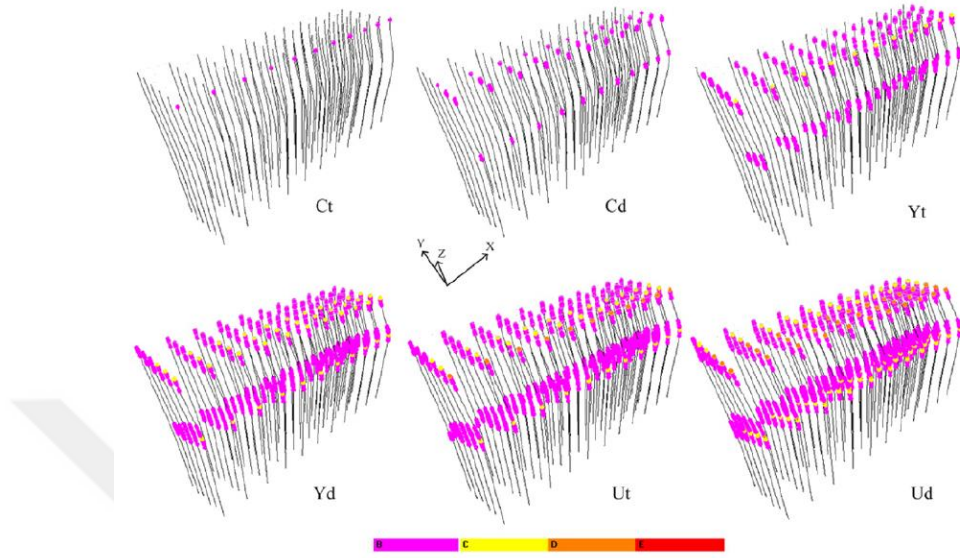


Şekil 1.1 Rıhtım yapısının nümerik modeli (Chiou vd. 2011)

Rıhtım yapısının kapasite eğrisini çıkarmak için yapının temel mod şekline göre dağıtılan yanal yüklerle bir itme analizi yapılmıştır (Şekil 1.2).

Hasar olasılık eğrilerinin belirlenmesi için hasar sınırları bu çalışmada, PIANC (2001)'in önerdiği plastik bölgelerin gelişme sıralarına göre belirlenmiştir. PIANC hasar seviyelerini servis yapılabilir, onarılabilir, göçme öncesi ve göçme şeklinde belirlemiştir. Fakat bu hasar seviyelerinin belirlenmesinde niceliksel değerler yerine belirli tanımlar yapılmıştır. Hasar olasılık eğrilerini elde edebilmek adına 24 adet deprem yer hareketi kullanılmış ve deprem parametresi olarak (hasar olasılık eğrisinin yatay eksenini) ise PGA seçilmiştir. Seçilen deprem yer hareketleri

0,1g ivme aralıkları ile 8 deprem seviyesi için ölçeklendirilmiş, her bir seviye için deprem yer hareketleri altında yapının performans noktaları elde edilmiştir.

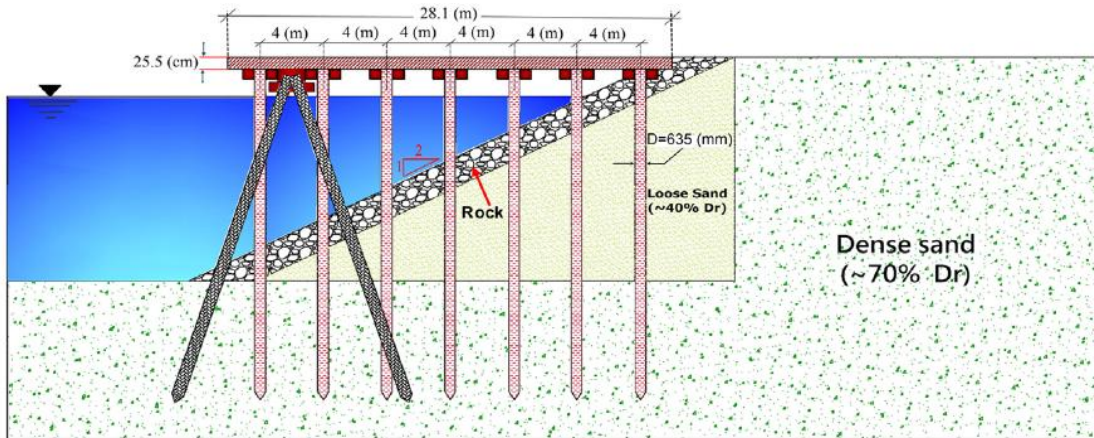


Şekil 1.2 Statik itme analizi sonucu oluşan plastik bölgeler

Yung-Yen Ko ve Ho-Hsiung Yang (2019) yaptıkları çalışmada Tayvan Hualien limanında tipik bir palplanşlı rıhtım yapısı için hasar olasılık eğrileri çizmişlerdir. Bu çalışmada da deprem parametresi olarak PGA seçilmiştir. Hasar parametresi olarak ise rıhtımın tepe noktası yerdeğiştirmesi seçilmiş, Uwabe (1983) tarafından önerilen tepe noktası yer değiştirme değerleri hasar sınırı olarak dikkate alınmıştır. Hasar olasılık eğrileri belirlendikten sonra 2018 Hualien depremi (M.L 6.2) için tahmin edilen hasar durumlarının tutarlı olduğu görülmüştür. Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak, sistem 2 boyutlu sonlu elemanlar olarak modellenmiştir.

Heidary-Torkamani ve diğ. (2014) çalışmalarında Batı ABD’de bulunan tipik bir eğik kazık destekli rıhtım yapısının hasar olasılık eğrilerini elde etmişlerdir. Rıhtım yapısı sonlu farklar yöntemi kullanılarak 2 boyutlu olarak modellenmiş, kazık – zemin kinematik etkileşimi dikkate alınmıştır. Dikkate alınan rıhtımın belirli bir hasarı aşma olasılıkları 8 adet yer hareketi kaydı kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 1.3).

Li Jiren ve diğ. (2015) yaptıkları çalışmada aynı sismik ve jeolojik koşullara sahip bir eğik çelik boru kazıklı rıhtım ve bir düşey çelik boru kazıklı rıhtım yapısının sismik hasar özelliklerini karşılaştırmışlardır. Rıhtımların deprem performansını elde edebilmek için “zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz” yapılmıştır. Rıhtım yapılarının doğrusal olmama durumu kazık-döşeme birleşim noktalarına plastik mafsallar atanarak sağlanmıştır. Analizde kazık – zemin kinematik etkileşimi de dikkate alınmıştır. Her iki rıhtım yapısına aynı deprem biri diğerinden belirgin büyük iki farklı PGA değerinde ölçeklendirilerek etki ettirilmiş ve iki farklı PGA için yapı performansları elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda yerdeğiştirmenin eğik kazıklı rıhtımda düşey kazıklı rıhtıma göre daha küçük olduğu, eğik kazıklı rıhtımda kazıklar üzerinde eksenel çekme ve eksenel basınç kuvvetlerinin davranışta hâkim olduğu, düşey kazıklı rıhtımda ise momentin etkili olduğu görülmüştür. Düşük PGA değerindeki yer hareketi altında eğik kazıkların düşey kazıklara göre daha iyi bir performans sergilediği fakat yüksek PGA değeri için tersi durumun söz konusu olduğu sonucuna da ulaşılmıştır. Bu makalede doğrudan bir hasar olasılığı belirlenmesi yapılmamış bunun yerine farklı özelliklerdeki rıhtım yapılarının belirli performans hedefleri için karşılaştırmaları doğrusal olmayan analiz yapılarak belirlenmiştir.



Şekil 1.3 Rıhtım yapısı (Torkamani vd. 2014)

Shafieezaedeh ve diğ. (2011) ABD'nin batı kıyısında tipik bir eğik kazıklı rıhtım için hasar olasılık eğrileri elde etmişlerdir. Hasar olasılık eğrisinin yatay eksenini oluşturan deprem parametresi olarak PGA seçilirken, hasar seviyeleri olarak

PIANC'ın önerdiği tarifler kullanılmıştır. Hasar sınırları için; kazık döşeme birleşimi dönmesi, kazık kesit eğriliği ve karaya göre döşemenin görelî oturması kriterleri için değerler dikkate alınmıştır.

Shafieezadeh ve diğ. (2012) yaptıkları çalışmada tipik bir rıhtım yapısının üzerinde vinç bulunduğu durum ve vincin bulunmadığı durum için rıhtım yapısının sismik performanslarını incelemişlerdir. Rıhtım yapısının doğrusal olmayan modeli hazırlanmış, bu modelde kazık-zemin kinematik etkileşimi de dikkate alınmıştır. Oluşturulan model üzerinde yapılan analizler, vincin varlığının rıhtımdaki deformasyon taleplerini önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Bu, daha önceki çalışmalardaki basitleştirilmiş modellere dayanan konteynır vinçlerinin altta yatan iskele yapısı için ayarlanmış kütle sönümleyicisi olarak hareket ettiği sonucu ile çelişmektedir.

1.2 Tezin Amacı

Bu tezin ana amacı, yukarıda belirtilen sebepler nedeniyle ülkemiz iskele ve rıhtım stoğunda bulunan düşey kazıklı betonarme iskele yapılarının, TKLYDY 2021 esaslarına göre hem deprem performansını hem de farklı performans seviyelerini aşma olasılıklarının belirlendiği hasar olasılık eğrilerini elde etmektir. İlk olarak, AYGM (2016) teknik tasarım yönetmeliği dikkate alınarak tasarımı yapılmış tipik bir düşey kazıklı betonarme iskele yapısının analizleri yapılarak, yeni yürürlüğe giren TKLYDY 2021 esaslarına göre deprem performansı belirlenmiş ve iskelelerin tasarımında kullanılan güncel yönetmeliğe göre tasarlanmış bir yapının yeni yürürlüğe giren yönetmelik şartlarını karşılama başarısı elde edilmiştir. Ardından, bir önce bahsedilen iskele yapısı ile aynı geometrik ölçülere sahip fakat yeteri kadar sünek tasarlanmayarak farklı kazık çapı ile malzeme ve donatı konfigürasyonuna sahip bir iskelenin TKLYDY 2021 esaslarına göre deprem performansı belirlenmiştir. Dolayısıyla, yeteri kadar mühendislik hizmeti almamış olan mevcut bir iskelenin TKLYDY 2021 şartlarını hangi ölçüde karşıladığı elde edilmiştir.

Deprem performansını elde etmek için TKLYDY'nin de önerdiği doğrusal olmayan yöntemler, gerektirdiği bilgi birikimi bakımından pratik mühendislikte kullanımı henüz tam olarak yaygınlaşmamıştır. Bu yöntemlerden biri olan “zaman tanım

alanında hesap yöntemi”, özellikle teorik birikim isteyen karmaşık, çözümleri zaman alan ve yüksek performanslı bilgisayarlar gerektiren bir yöntemdir. Dolayısıyla, pratik mühendislik çalışmalarında zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanmadan daha doğrudan bir deprem performansı elde etme yolu daha faydalı olacak ve teorik bilgi eksikliğinden kaynaklanacak hataları da ortadan kaldıracaktır. Bunun için, “hasar olasılık analizi” yapılarak, belirli tipte iskele ve rıhtımlar için “hasar olasılık eğrileri” elde edilerek deprem performansı kolayca belirlenebilmektedir. Bu amaçla, bu çalışmada kullanılan ve yeteri kadar sünek tasarlanmayan iskele yapısının TKLYDY 2021’de tanımlanan hasar sınırlarını aşma olasılıklarını gösteren hasar olasılık eğrileri çizilmiştir. Böylece, elde edilen hasar olasılık eğrileri kullanılarak benzer tipteki bir iskele yapısının belirli bir deprem performansını aşma olasılığı doğrudan elde edilebilecek ve pratik mühendislik tasarımında yapının olası hasar seviyesi hakkında hızlı bir öngörü oluşacaktır.

1.3 Hipotez

2016 yılında yürürlüğe giren AYGM Kıyı ve Liman Yapıları Teknik Tasarım yönetmeliği güncel bilimsel veriler ışığında hazırlanan bir yönetmelik olması sebebiyle bu yönetmelik dikkate alınarak tasarımı yapılan bir yapıya yapısının deprem performansının 2021 yılında yürürlüğe giren Türkiye Kıyı ve Liman Yapıları Deprem Yönetmeliği’nin öngördüğü yeterlilikte olması beklenmektedir.

Farklı spektral deprem parametreleri için yapıların hasar sınırlarını aşma olasılıklarını gösteren hasar olasılık eğrilerine göre yapının yüksek deprem şiddetlerinde hasar sınırlarının aşılma olasılığının da yüksek olması beklenmektedir. Ayrıca daha ileri hasar seviyelerinde aşılma olasılıklarının da daha düşük; daha düşük hasar seviyelerinin ise aşılma olasılıklarının daha düşük olması beklenmektedir.

2.1 Kıyı ve Liman Yapıları

Kıyı ve Liman mühendisliği; açık denizler, okyanus kıyıları, haliçler, göller ve nehirler boyunca sabit ve sabit olmayan yüzer yapıların planlanması, tasarımı ve yapımını kapsar. Geleneksel olarak okyanuslardaki inşaat mühendisliği, kıyı mühendisliği ve gemilerin yanaşma, servis ve navigasyon gereksinimleri ile ilgilenen liman mühendisliği olarak kategorize edilebilir. Dalgakıranların tasarımı, ulaşım kanallarının tasarımı, taramalar, taşkın koruma yapıları ve yanaşma yapılarının tasarımı gibi mühendislik faaliyetleri bu mühendislik disiplinlerinin kapsamındadır.

Günümüzde liman tesisleri, elleçlenen ve taşınan yükün türüne odaklanarak belirli kapsamlarda uzmanlaşmışlardır. Liman terminalleri gemilerin yük transferi için hizmet veren gemi yanaşma yapılarıdır. Başlıca tesis türleri şunlardır:

- Dökme yük
- Konteyner
- Ro-Ro
- Yolcu ve yolcu gemileri
- Kuru yük
- Tanker (LNG ve LPG benzeri sıvı yükler)

Bazı liman tesisleri birden fazla yük türleri için hizmet verebilecek şekilde faaliyet gösterebilir.

Yanaşma yapıları ve terminaller genellikle korunmalı kıyı kesimlerinde inşa edilirler. Bununla birlikte sıvı ve kuru dökme yük tesisleri açık denizde derin sularda inşa edilebilirler. Bu tesislerde yükler boru hatları ve konveyör sistemler aracılığıyla kıyıya aktarılabilir.

Tüm tesis türleri özel tasarım gereksinimleri içerir. Konteyner gemisi terminalleri, konteynerlerin sıralanması ve depolanması için büyük vinçleri ve ağır güverte yüklerini güvenle taşıyabilecek iskele ve rıhtım yapıları tasarımını gerektirir. Günümüzde konteyner limanları, gemi boyutu ve kapasitesindeki hızlı artıştan dolayı daha fazla vinç kapasitesi ve konteyner depolaması için daha fazla alana ihtiyaç duymaktadır. Günümüzde artık yeni liman terminallerinin planlanması ve tasarımında, özellikle kıyıda sınırlı alana sahip yerlerde, çok amaçlı kullanımın dikkate alınması oldukça önemli bir husustur. PIANC (1987)'a göre günümüzün model terminalleri konteynerlerin, genel kargonun ve Ro-Ro karışımının elleçlenmesi için uygun olmalı ve aynı zamanda en büyük yükleri kaldırarak şekilde tasarlanmalıdır.

Dökme yük terminallerinde, genellikle ayrıntılı malzeme taşıma ekipmanı ve konveyör sistemleri bulunur. Dökme malzemelerinin istiflenmesi için alan çok ağır yükleri desteklemelidir. Feribot terminalleri, feribot hizmetlerinin hızlı geri dönüş özelliği nedeniyle, doğrudan karayolu bağlantısı ve önemli usturma sistemleri ve verimli aktarma köprüsü ve yolcu binış sistemlerine sahip deniz terminal yapıları gerektirir. Kruvaziyer ve yolcu gemisi tesisleri, gemi boyutu ve yolcu sayısı açısından hızlı endüstri büyümesiyle karşı karşıya kalmıştır. Bu yüzden bu terminaller, çok sayıda terminale ve geniş terminal binalarına sahip olmalıdırlar.

İskele ve rıhtım yanaşma yapıları yapısal olarak deniz ile etkileşimleri ve dış yükler açısından stabiliteleri bakımından genelde kapalı ve açık yapılar olmak üzere sınıflandırılmaktadırlar. Bu yapılar kıyıya paralel yapılmaları durumunda rıhtım, kıyidan açığa doğru yapılmaları durumunda iskele yapısı olarak adlandırılırlar. Kapalı tipten rıhtım yapılarının tasarımında geri dolgunun uyguladığı yük ön plana çıkmaktadır.

Kapalı yanaşma veya rıhtım yapıları deniz etkilerini ön yüzeyleri ile karşılayan ve arka taraflarına geçirmeyen yapılardır, bu yapılar stabiliteleri açısından ise iki ana gruba ayrılmaktadırlar:

- Ağırılık tipi rıhtım duvarları
- Palplanş rıhtım duvarı

2.2 Yanaşma Yapıları Teknik Tasarım Esasları

- Bölüm A: Performansa Dayalı Tasarım İçin Temel İlkeler
- Bölüm B: Hidrolik Tasarım
- Bölüm C: Planlama
- Bölüm D: Tasarım
- Bölüm E: Modelleme ve Saha Araştırmaları

Bölüm B ve bölüm C’de yer alan esaslar yanaşma yapılarının tasarımı için gerekli olan ilkeleri içermektedir.

2.2.1 Liman İçi Yanaşma Yerleri Boyutları

Liman basenleri gemilerin yanaşmaları ve ayrılmalarını emniyetle yapabilecekleri kadar yeterli genişliğe sahip olmalıdır. Yanaşma yerlerinde gerekli su derinliği tasarım gemisinin tipine bağlı olarak sağlanmalıdır. Yanaşma yerinin doğrultusunun belirlenmesinde dalga, rüzgâr ve akıntı (açık deniz veya akarsu) şartları rol oynamaktadır. Başlıca gemi tip ve boyutlarına göre yanaşma yeri temel boyutları ön tasarım için Tablo 2.1’de verilmiştir. Bu tablo gemi boyutları hakkında yeterince bilgi bulunmadığı durumlarda kullanılmalıdır. Tasarım gemisi boyutları bilindiğinde yanaşma düzeni, gemi tipi ve elleçleme durumu dikkate alınarak yanaşma yeri uzunluğu hesaplanarak planlanmalıdır.

Tablo 2.1 Konteyner gemileri için yanaşma yeri önboyutları (OCDI 2009)

Gemi Tonajı DWT(t)	Yanaşma Yeri Uzunluğu (m)	Yanaşma Yeri Derinliği (m)	Konteyner Kapasitesi (TEU)
10000	170.0	9.0	500-890
20000	220.0	11.0	1300-1600
30000	250.0	12.0	2000-2400
40000	300.0	13.0	2800-3200
50000	330.0	14.0	3500-3900
60000	350.0	15.0	4300-4700
100000	400.0	16.0	7300-7700

2.2.2 Gemiler ve Gemi Boyutları

Bir geminin tonajı taşıyabileceği kargonun miktarı cinsinden taşıma kapasitesinin bir göstergesidir. Fakat geminin tipine, yapıldığı ülkeye veya hangi tonajda kullanılma amacına (örneğin, liman tarifelerine) bağlıdır. Bunlardan en önemli olanları;

Gros Tonilato, GRT – (Gross Register Tonnage); Geminin bütün kapalı kısımlarının feet küp olarak hacminin 100’e bölünmesiyle elde edilen hacim ölçüsüdür (Güverte üstü ve altı).

Net Tonilato, NRT – (Net Registered Tonnage); GRT – Makine dairesi, personel koşuşları (yaşam mahalleri), vinç kabinleri yani ticari mal taşımaya elverişli olmayan kısımlar dışındaki hacmi. Yani gros tonilatodan kazanç getirmeyen yerler çıkarılınca net tonilato bulunur.

Dedveyt Ton, DWT – (Dead Weight Tonnage); Geminin brüt yük taşıma kapasitesidir. Geminin yk çizgisine kadar tamamen yüklü olduğu haldeki deplasman ağırlığıdır. Dolayısıyla bu ağırlığa yakıt, yk, su, yiyecek mürettebat yerleri vs. gemideki diğer ağırlıklar dahildir.

D/T – (Displacement Tonnage) Deplasman (Maimahre) Tonilatosu; Geminin gerçek ağırlığı veya yüzerken taşırdığı suyun hacmidir. D/T gemi boş veya yüklü olmak üzere iki türlü söylenbilir. Boş deplasman tonu denilince tekneyi, donanımını, ana ve yardımcı makinelerini, kazanlarını, içindeki suyunu, yakıtını ve içinde bulunan safrası ile birlikte geminin tüm ağırlığını ifade eder. Dolu ya da yüklü denilince yukarıda anlatılan boş deplasmanına ilaveten gemiye yüklenen yükün ağırlığını da içine alır.

Bu parametreler arasındaki ilişkiler sabit değildir ve gemi tipine göre değişmektedir. Bunların arasındaki ilişkiler Tablo 2.2’de gösterilmiştir. Gemilerin yanaşma yerlerinde babalara bağlandıklarında çekme kuvvetlerinin tahmin edilmesi için OCDI (2009) tarafından Tablo 2.3’teki değerler verilmiştir.

Tablo 2.2 Gemi lm oranları

Gemi Tipi	Bağıntı	
Genel kargo gemisi	GT=0.529DWT	DT=1.139DWT
Konteyner gemisi	GT=0.882DWT	DT=1.344DWT
Tanker	GT=0.535DWT	DT=1.138DWT
Ro-Ro	GT=1.780DWT	DT=0.880DWT
Araba Taşıyıcı	GT=2.721DWT	DT=0.652DWT
LPG	GT=0.845DWT	DT=1.114DWT
LNG	GT=1.370DWT	DT=1.015DWT
Yolcu gemisi	GT=8.939DWT	DT=0.552DWT
Orta mesafe seyirden feribot	GT=2.146DWT	DT=1.052DWT
Uzun mesafe seyreden feribot	GT=2.352DWT	DT=1.150DWT

Tablo 2.3 Gemi çekme kuvvetleri için standart değerler (OCDI, 2009)

Gemi GT (t)	Palamar babasında çekme kuvveti (kN)	Baba çekme kuvveti (kN)
200<GT<500	150	150
500<GT<1000	250	250
1000<GT<2000	350	250
2000<GT<3000	350	350
3000<GT<5000	500	350
5000<GT<10000	700	500
10000<GT<20000	1000	700
20000<GT<50000	1500	1000
50000<GT<100000	2000	1000

2.2.2.1 Düşey parametreler

Su Çekimi (Draft, D): Su çekimi bir geminin omurgası ile su seviyesi arasındaki maksimum düşey mesafedir. Su çekimi geminin seyir halinde bulunduğu suyun yoğunluğu ile ilgilidir.

Gemiler farklı sularda farklı miktarlarda batmaktadırlar. Bunun ölçüsü maksimum su çekimi çizgisi Plimsoll Markası (işaretleri) denilen işarettir. Plimsoll Markası bir daire ile her iki tarafından harf olan yatay çizgiden oluşur. Bu çizgilerin anlamları aşağıda verilmiştir. Genellikle bu işaretler su çekimini feet ile göstermektedir (1 feet = 0.3048 m).

Trim: Geminin baş ve kıçının farklı batıklıkları geminin trimini vermektedir.

1. Trim = $D_1 - D_2$ (D_1 , D_2 geminin baş ve kıçına ait su çekimleri)

2. Trim = $0.3D$ $LOA < 100$ m

0.3 m $LOA > 100$ m

3. $D_{maks} = D + 1/2 \text{trim}$ Maksimum su çekimi

4. $D_{boş} = D - (DWT/LOA.B).k$ Boş geminin ortalama su çekimi

Burada; $k=1.4$ (genel kargo), 1.2 (tanker), 1.25 (dökme).

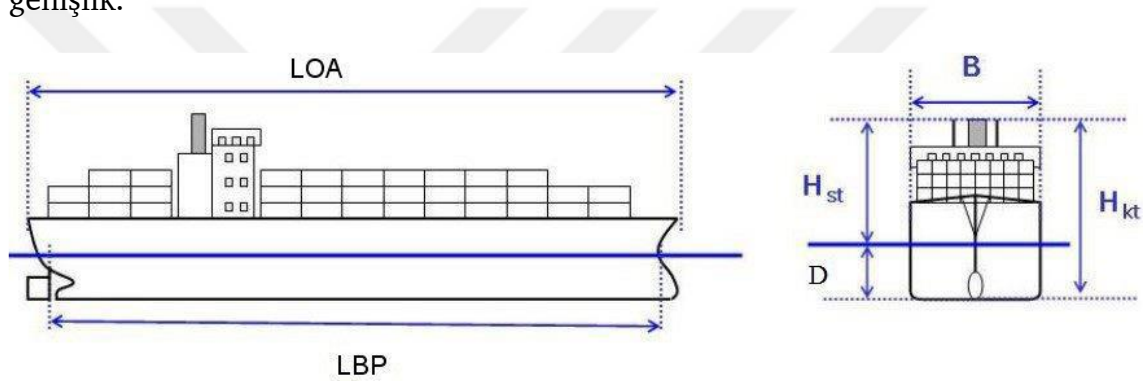
2.2.2.2 Yatay boyutlar

Geminin yatay boyutları uzunluk ve genişlik olarak verilebilir (Şekil 2.2). Bir geminin uzunluğu iki farklı şekilde ifade edilebilir;

LBP – (Length Between Perpendiculars): Geminin burnunun yazın tuzlu su hattı ile kesiştiği düşey ile geminin dümeni arasındaki yatay mesafenin metre cinsinden ölçüsüdür.

LOA – (Length Over All): Geminin başı ile kıçına teğet çizilen iki düşey arasındaki yatay mesafedir.

Genişlik (Beam veya Breadth), B: Geminin iki kenarı arasındaki maksimum genişlik.



Şekil 2.2 Gemi boyutları (AYGM 2016)

Tipik gemi boyutları tiplerine göre Tablo 2.4'te verilmiştir. Bu tablolarda Δm maksimum kütleli yerdeğiştirmedir. ($\Delta m = \rho \nabla$), ∇ ; yerdeğiştiren hacim, ρ ; deniz suyunun özgül kütlesi ve C_B ; blok katsayısıdır.

Tablo 2.4 Gemi boyutları (PIANC, 2014)

DWT (t)	Δm (t)	LOA (m)	LBP (m)	B (m)	D (m)	C_B (-)	Min. Rüzgar Alanı, Yüklü Durum (m ²)	Mak. Rüzgar Alanı Balastlı Durum(m ²)	Yaklaşık Kapasite TEU/CEU
Konteyner Gemisi (Post-Panamax)									
245000	340000	470.0	446.0	60.0	18.0	0.69	11000	12500	22000
200000	260000	400.0	385.0	59.0	16.5	0.68	10700	12000	18000
195000	250000	418.0	395.0	56.4	16.0	0.68	10100	11300	14500
165000	215000	398.0	376.0	56.4	15.0	0.66	9500	10500	12200
125000	174000	370.0	351.0	45.8	15.0	0.70	8700	9500	10000
120000	158000	352.0	335.0	45.6	14.8	0.68	8000	8700	9000
110000	145000	340.0	323.0	43.2	14.5	0.70	7200	7800	8000

Tablo 2.4 Gemi boyutları (PIANC, 2014) (Devamı)

DWT (t)	Δm (t)	LOA (m)	LBP (m)	B (m)	D (m)	C _B (-)	Min. Rüzgar Alanı,Yüklü Durum (m ²)	Mak. Rüzgar Alanı Balastlı Durum(m ²)	Yaklaşık Kapasite TEU/CEU
Konteyner Gemisi (Post-Panamax)									
100000	140000	326.0	310.0	42.8	14.5	0.71	6900	7500	7500
90000	126000	313.0	298.0	42.8	14.5	0.66	6500	7000	7000
80000	112000	300.0	284.0	40.3	14.5	0.66	6100	6500	6500
70000	100000	280.0	266.0	41.8	13.8	0.64	5800	6100	6000
65000	92000	274.0	260.0	41.2	13.5	0.62	5500	5800	5600
60000	84000	268.0	255.0	39.8	13.2	0.61	5400	5700	5200
55000	76500	261.0	248.0	38.3	12.8	0.61	5200	5500	4800
Konteyner Gemisi (Panamax)									
60000	83000	290.0	275.0	32.2	13.2	0.69	5300	5500	5000
55000	75500	278.0	264.0	32.2	12.8	0.68	4900	5100	4500
50000	68000	267.0	253.0	32.2	12.5	0.65	4500	4700	4000
45000	61000	255.0	242.0	32.2	12.2	0.63	4150	4300	3500
40000	54000	237.0	225.0	32.2	11.7	0.62	3750	3900	3000
35000	47000	222.0	211.0	32.2	11.1	0.61	3550	3700	2600
30000	40500	210.0	200.0	30.0	10.7	0.62	3350	3500	2200
25000	33500	195.0	185.0	28.5	10.1	0.61	2900	3000	1800
20000	27000	174.0	165.0	26.2	9.2	0.66	2400	2500	1500
15000	20000	152.0	144.0	23.7	8.5	0.67	2000	2100	1100
10000	13500	130.0	124.0	21.2	7.3	0.69	1800	1900	750
Ro-Ro									CEU
50000	87500	287.0	273.0	32.2	12.4	0.78	7500	7800	5000
45000	81500	275.0	261.0	32.2	12.0	0.79	6850	7100	4500
40000	72000	260.0	247.0	32.2	11.4	0.77	6200	6400	4000
35000	63000	245.0	233.0	32.2	10.8	0.76	5600	5800	3500
30000	54000	231.0	219.0	32.0	10.2	0.74	5100	5300	3000
25000	45000	216.0	205.0	31.0	9.6	0.72	4600	4800	2500
20000	36000	197.0	187.0	28.6	9.1	0.72	4250	4400	2000
15000	27500	177.0	168.0	26.2	8.4	0.73	3750	3900	1500
10000	18400	153.0	145.0	23.4	7.4	0.71	3100	3200	1000
5000	9500	121.0	115.0	19.3	6.0	0.70	2200	2300	600
Yük Gemisi									
40000	54500	209.0	199.0	30.0	12.5	0.71	3250	4500	
35000	48000	199.0	189.0	28.9	120.0	0.71	3000	4100	
30000	41000	188.0	178.0	27.7	11.3	0.71	2700	3700	
25000	34500	178.0	169.0	26.4	10.7	0.71	2360	3200	
20000	28000	166.0	158.0	24.8	10.0	0.70	2100	2800	
15000	21500	152.0	145.0	22.6	9.2	0.70	1770	2400	
10000	14500	133.0	127.0	19.8	8.0	0.70	1380	1800	
5000	7500	105.0	100.0	15.8	6.4	0.72	900	1200	
2500	4000	85.0	80.0	13.0	5.0	0.75	620	800	
Not: Boyutlar ± %10 değişkenlik gösterebilir									

2.2.3 Kapalı Limanlarda Dalga Nedenli Salınım

Dalgalar liman sınırları içinde yerel olarak üreyebilir veya liman içine dışarıdan girebilir. Dalga iletimi dikkate alındığında liman tasarımı iki şartı sağlamalıdır;

- i. Yanaşma yerindeki gemide uygun yükleme ve boşaltma koşullarını yerine getirecek operasyonlar (elleçme, bağlanma vs.) gerçekleşmelidir.
- ii. Yanaşma yerindeki gemi emniyetle bağlı konumda kalabilmelidir.

OCDI (2009) elleçleme için limit dalga koşullarını Tablo 2.5'teki gibi vermiştir.

Tablo 2.5 Elleçleme için limit dalga koşulları (OCDI, 2009)

Gemi Boyutu	Limit dalga yüksekliği ($H_{1/3}$) (m)
Küçük boyutlu gemi ($GT < 500$)	0.3
Orta ve büyük boyutlu gemi ($500 < GT < 50000$)	0.5
Çok büyük gemi ($GT > 50000$)	0.7-1.5

Master plan veya fizibilite çalışmalarında yapılacak ön tasarım sırasında, gerçekleştirilecek çalışmalarda liman içindeki dalga yüksekliklerinin belirlenmesinde elle yapılan hesaplamalar dikkate alınabilir. Ancak uygulama projelerinin hazırlanması sayısal model çalışmalarını gerektirmektedir. Liman içinde operasyon sırasında kabul edilebilecek belirgin dalga yüksekliği sınır değerleri Tablo 2.6'da verilmiştir.

Tablo 2.6 Operasyon koşullarında dalga yüksekliği sınır değerleri

Gemi Tipi	H_s (m) sınır değerleri	
	0° (baş ve kıç)	45°-90° (gemi gövdesi)
Genel kargo	1.0	0.8
Konteyner, Ro-Ro	0.5	-
Kuru yük (30000-100000) yükleme	1.5	1.00
Kuru yük (30000-100000) boşaltma	1.00	0.8-1.0
Tanker, 30000 DWT	1.5	-
Tanker, 30000-200000 DWT	1.5-2.5	1.0-1.2
Tanker > 200000 DWT	2.5-3.0	1.0-1.5

2.2.4 Yanaşma Yeri Uzunluğu

Yanaşma yeri sayısının ve dolayısıyla rıhtım uzunluğunun belirlenmesi için ilk yaklaşık hesap rıhtım üretkenliğine dayanmaktadır. Rıhtım uzunluğu yanaşma yeri sayısına bağlı olarak hesaplanabilmektedir.

Rıhtım uzunluğu aşağıdaki Denklem 2.1 ifadesi ile bulunur.

$$L = 1.1N(L_s + 15) + 15 \quad (2.1)$$

Burada;

L: Yanaşma yeri uzunluğu

N: Gemi sayısı

L_s: Gemi boyutları

2.2.5 Gemi Bağlama Kuvveti

Gemi bağlama yükü geminin liman içinde rıhtıma veya iskele ve dolfenlere bağlı olduğu süre içinde rüzgâr ve akıntının gemi üzerinde oluşturduğu yüküdür. Bu yük rıhtım üzerine yerleştirilen bağlama yapılarının (baba gibi) tasarımında kullanılır. Gemi bağlama yükleri yanaşma yapılarının tasarımında kullanılmaktadır.

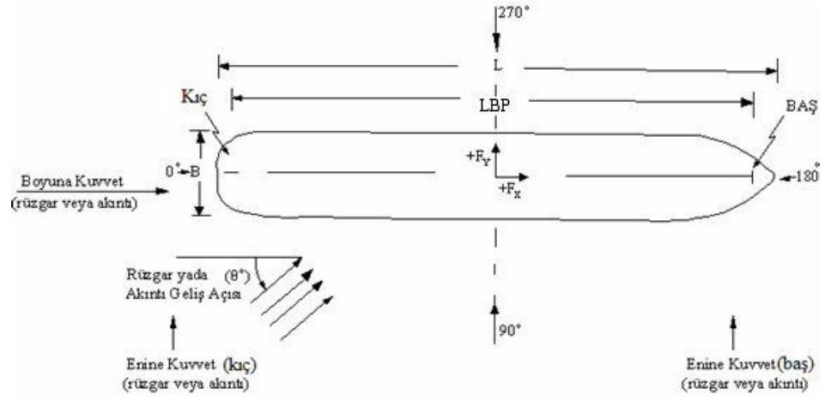
Bağlama kuvveti;

- Geminin yüklü veya yüksüz olmasına ve
- Rüzgâr ile akıntı hız ve yönüne bağlı olarak hesaplanacaktır.

Gemi bağlama kuvvetinin hesabında, yapıyı kullanacak olan geminin özelliklerin tespit edilmesi ve bu proje gemisine göre tasarım yapılması esastır.

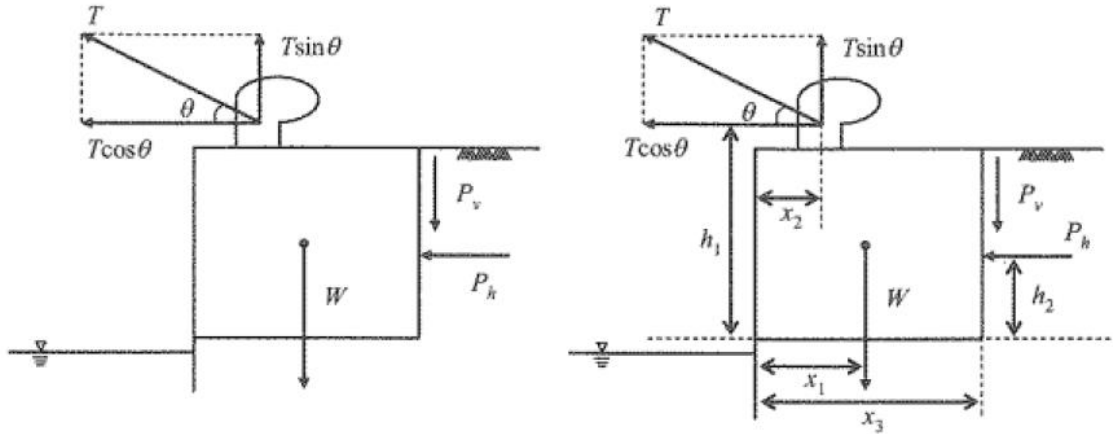
Bağlama yüklerinin belirlenmesinde özel bir değerlendirmenin yapılamadığı durumlarda, yüklü deplasman tonajı 20 000 t'dan küçük olan gemilerde (DT<20 000t), baba aralıkları rıhtım üzerinde 15 m ile 30 m arasında alınabilir.

Yüklü deplasman tonajı 20 000 t'dan fazla (DT>20.000t) olan gemilerde bağlama yüklerinin bulunması için özel ve ayrıntılı hesaplamalar yapılmalıdır. Bu hesaplamalarda kullanılan tanımlar ve işaret sistemi Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3 Gemi üzerinde etkili kuvvetler

Bağlama kuvveti etkisindeki yapı en gayri müsait bağlama durumu için kontrol edilmelidir. Hesaplamalarda kayma ve dönme durumlarına bakılır. Şekil 2.4'te baba yapısına etkili kuvvetler gösterilmiştir.



Şekil 2.4 Bağlama kuvvetinin etkileri (OCDI, 2009).

Bu şekilde θ bağlanma açısı, T bağlama kuvveti, P_v düşey toprak basıncı (kN/m), P_h yatay toprak basıncı (kN/m), W üstyapı ağırlığıdır (kN/m).

Gemiye etkiyen üç tip kuvvet vardır:

- Rüzgâr kuvveti
- Akıntı kuvveti
- Dalga kuvveti

Hesaplamalarda kullanılacak formüller aşağıda verilmiştir.

2.2.5.1 Gemiye etkiyen akıntı kuvvetleri

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

$$F_{TC} = C_{TC} \times C_{CT} \times \rho \times L_{BP} \times D_m \times V_c^2 \times 10^{-4} \text{ (kN)} \quad (2.2)$$

Bu denklemde yer alan ifadeler:

F_{TC} : Enine akıntı kuvveti (kN)

C_{TC} : Enine akıntı katsayısı

C_{CT} : Enine akıntı kuvveti için düzeltme katsayısı

ρ : Deniz suyu özgül kütlesi (kg/m^3)

D_m : ortalama gemi su çekimi (m)

V_c : ortalama su akıntı hızı (m/sn)

L_{BP} : Gemi boyu (m)

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

$$F_{LC} = C_{LC} \times C_{CL} \times \rho \times L_{BP} \times D_m \times V_c^2 \times 10^{-4} \text{ (kN)} \quad (2.3)$$

F_{LC} : Boyuna akıntı kuvveti (kN)

C_{LC} : Boyuna akıntı katsayısı

C_{CL} : Boyuna akıntı kuvveti için düzeltme katsayısı

ρ : Deniz suyu özgül kütlesi (kg/m^3)

D_m : ortalama gemi su çekimi (m)

2.2.5.2 Gemiye etkiyen rüzgâr kuvvetleri

- Gemiye etkiyen enine rüzgâr kuvveti (F_{TW})

AYGM (2016) Kıyı yapıları için planlama ve tasarım teknik yönetmeliğinde enine rüzgâr kuvveti için önerilen bağlantı Denklem 2.4'teki gibi verilmiştir:

$$F_{TW} = C_{TW} \times \rho_A \times A_T \times V_w^2 \times 10^{-4} \text{ (kN)} \quad (2.4)$$

Bu denklemde yer alan ifadeler:

F_{TW} : Enine rüzgâr kuvveti (kN)

C_{TW} : Enine rüzgâr kuvveti katsayısı

ρ_A : Havanın özgül kütlesi (kg/m^3)

A_T : Geminin enine su seviyesi üzerindeki enine izdüşüm alanı (m^2)

V_w : Su seviyesinden 10 m yukarıdaki tasarım rüzgâr hızı (m/sn)

- Gemiye etkiyen boyuna rüzgâr kuvveti (F_{TC})

AYGM (2016) Kıyı yapıları için planlama ve tasarım teknik yönetmeliğinde enine rüzgâr kuvveti için önerilen bağlantı Denklem 2.5'teki gibi verilmiştir:

$$F_{LW} = C_{LW} \times \rho_A \times A_L \times V_w^2 \times 10^{-4} \text{ (kN)} \quad (2.5)$$

Bu denklemde yer alan ifadeler:

F_{LW} : Boyuna rüzgâr kuvveti (kN)

C_{LW} : Boyuna rüzgâr kuvveti katsayısı

ρ_A : Havanın özgül kütlesi (kg/m^3)

A_L : Geminin boyuna su seviyesi üzerindeki enine izdüşüm alanı (m^2)

V_w : Su seviyesinden 10 m yukarıdaki tasarım rüzgâr hızı (m/sn)

2.2.5.3 Gemiye etkiyen dalga kuvvetleri

AYGM (2016) Teknik Tasarım Yönetmeliği'ne göre dalgakıran benzeri yapılarla korunmamış liman içerisindeki gemilere etkiyen dalga kuvveti Denklem 2.6 ile belirlenir.

- Gemiye etkiyen enine dalga kuvveti (F_{TC})

$$F_{T,dalga} = 10C_{fw} \times C_{dw} \times \gamma_w \times H_s^2 \times D \times \sin^2\theta \text{ (kN)} \quad (2.6)$$

$$F_{T,dalga} = 10C_{fw} \times C_{dw} \times \gamma_w \times H_s^2 \times \cos\theta \text{ (kN)}$$

Bu denklemde yer alan ifadeler:

C_{fw} : Dalga boyuna ve su çekimine bağımlı bir katsayı

C_{dw} : Dalga boyuna ve su derinliğine bağımlı bir katsayı

γ_w : Deniz suyu özgül ağırlığı

θ : Geminin boyuna eksenine ile dalga ışıını arasındaki açı

D: Su çekimi

Yeterli bilginin bulunmadığı durumda, ön tasarım koşullarında bazı pratik bilgiler kullanılabilir. Ön tasarımda, babaya etkiyen yaklaşık bağlama kuvvetleri Tablo 2.7’de verilmiştir.

Tablo 2.7 Gemilerin bağlama kuvvetleri (OCDI, 2009)

Gemi GT (t)	Baba çekme kuvveti (kN)
200 < GT < 500	150
500 < GT < 1000	250
1000 < GT < 2000	250
2000 < GT < 3000	350
3000 < GT < 5000	350
5000 < GT < 10000	500
10000 < GT < 20000	700
20000 < GT < 50000	1000
50000 < GT < 100000	1000

2.2.6 Gemi Yanaşma Yükleri

Gemi yükleri belirlenirken dikkat edilmesi gereken parametreler:

- Gemi boyutları
- Yanaşma şekli, yöntemi, yanaşma hızı
- Bağlama tesislerinin yapısı
- Bağlama şekli ve bağlama sistemi özellikleri
- Rüzgâr, dalga ve gel-git akıntılarının etkileri

Gemi limana yanaşırken ya da bağlanırken, yanaşma yapılarına etki eden yükler;

1. Gemi yanaşmasından kaynaklanan yükler (Gemi çarpma yükleri)

2. Bağlanan gemi hareketlerinden doğan yükler (Bağlama kuvveti)

Yanaşma yapılarına etki eden yanaşma kuvvetleri, geminin yanaşma enerjisine bağlı olarak hesaplanmalıdır ve bu hesaplamalar yapılırken usturmaçaların yükleme-deformasyon (load deflection) özellikleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Gemi yanaşma yükleri gemi yanaşma enerjisinin hesaplanması ile bulunur.

2.2.6.1 Gemi yanaşma enerjisi

Gemi yanaşma enerjisi (E_f):

$$E_f = \left(\frac{M_s V^2}{2} \right) C_e C_M C_s C_c \quad (2.7)$$

Denklem 2.7'deki yer alan ifadeler aşağıda açıklanmıştır:

E_f : Gemi yanaşma enerjisi (KJ=kNm)

M_s : Gemi kütlesi (t)

V : Gemi yanaşma hızı (m/s)

C_e : Dış merkezlik faktörü

C_M : Hidrodinamik atalet katsayısı

C_s : Esneklik faktörü (Genellikle 1,0 alınır)

C_c : Yanaşma şekli faktörü (Genellikle 1,0 alınır)

Denklem 2.7'de yer alan Hidrodinamik atalet katsayısı Denklem 2.8'deki gibi belirlenir.

$$C_M = 1 + \frac{\pi}{2C_B} \times \frac{D}{B} \quad (2.8)$$

2.2.7 Kazık Destekli Yapılarda Dalga Yükleri

Kazık destekli yapılar iki kategoride sınıflandırılır:

- Küçük çaplı yapılar, bu yapılarda $D/L < 0.2$ 'dir.
- Büyük çaplı yapılar, bu yapılarda $D/L > 0.2$ 'dir.

D : Kazık çapı,

L : Tasarım dalga boyudur.

Bu tip yapıların çözüm esasları birbirlerinden farklıdır. Küçük çaplı yapılarda dalga formu etkilenmez. Bu tip yapılara etkiyen dalga kuvvetlerinin hesaplanmasında CERC (2003) ve/veya BS6349 Pt 1 (2000) kullanılabilir.

Tek kazığa gelen kırılmayan dalga kuvvetini bulabilmek için, Morison ifadeleri kullanılır.

Birim uzunluktaki silindirik kazığa etki eden dalga kuvvetinin hesabı için Morison (1950) tarafından Denklem 2.9'daki gibi önerilmiştir:

$$f = f_i + f_d = \left[C_M \rho \frac{\pi D^2}{4} \frac{du}{dt} \right] + \left[C_D \frac{1}{2} \rho D u u \right] \quad (2.9)$$

Bu denklemde;

f_i : birim uzunluktaki kazık için atalet kuvveti,

f_d : birim uzunluktaki kazık için direnç kuvvetini göstermektedir.

C_M : Hidrodinamik atalet kuvveti katsayısı

C_D : Hidrodinamik direnç kuvveti katsayısı

ρ : suyun özgül kütlesi

D : kazık çapı

u : kazığın bulunmadığı halde kazığın konumundaki su zerreciğinin yatay yörüngesel hızı

du/dt : kazığın bulunmadığı ancak kazığın konumundaki su zerreciğinin ivmesini göstermektedir.

Direnç Kuvveti:

Dairesel kazıklar için hidrodinamik direnç kuvveti katsayısı C_D , genellikle 1,1 olarak alınır.

Kazığa etkiyen toplam kuvvet ve toplam moment aşağıdaki eşitliklerden belirlenebilir.

$$F_D = C_D \frac{1}{2} \rho g D H^2 K_D \quad (2.10)$$

$$M_D = C_D \frac{1}{2} \rho g D H^2 K_D d S_d \quad (2.11)$$

K_D ve S_d boyutsuz parametreleri, kazığın bulunduğu konumdaki dalga teorisine bağlı olarak belirlenen parametrelerdir.

Lineer dalga teorisi için Denklem 2.12 ve Denklem 2.13'teki gibi hesaplanır, bu eşitliklerde yer alan C ve C_g dalga faz hızı ve dalga grup hızını ifade etmektedir.

$$F_i = C_M \rho g \frac{\pi D^2}{4} H K_i \quad (2.12)$$

$$F_i = C_M \rho g \frac{\pi D^2}{4} H K_i d S_i \quad (2.13)$$

C_M değeri hidrodinamik atalet kuvveti katsayısını ifade etmekte ve genellikle dairesel kazıklar için 2,00 değerini almaktadır.

Lineer dalga teorisine göre K_i ve S_i boyutsuz parametreleri:

$$K_i = \frac{1}{2} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \sin\left(-\frac{2\pi t}{T}\right) \quad (2.14)$$

$$S_i = \left(1 - \frac{1 - \cosh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}{(2\pi d/L) \sinh(2\pi d/L)}\right) \quad (2.15)$$

Kazığa etkiyen toplam dalga yükü düşünüldüğünde atalet kuvvetinin maksimum değeri $t=-T/4$ anında, direnç kuvvetinin ise $t=0$ anında meydana gelmektedir.

Yapıya tesir edecek maksimum dalga kuvveti F_m ise:

$$F_m = \varphi_m \times \rho \times C_D \times D \times H^2 \quad (2.16)$$

2.2.8 Liman İçi Yükler

2.2.8.1 Konteyner yükleri

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

1 sıra 15 kN/m^2

2 sıra 25 kN/m^2

3 sıra 30 kN/m^2

4 sıra 40 kN/m^2

5 sıra 50 kN/m^2

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

2.2.8.2 Kreyn yükleri

Kreyn tipi yüklerinin bilinmediği durumlarda ön tasarımlar için Tablo 2.8'de verilen kreyn yükleri kullanılabilir.

Tablo 2.8 Liman sahasına etkiyen kreyn yükleri

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

2.2.9 Yük Kombinasyonları

AYGM (2016) Yönetmeliği'nde yük kombinasyonlarının belirlenmesinde BS 6349 (2010) yönetmeliğinin kullanılması önerilmektedir.

BS 6349 (2010)'a göre, nihai limit durumu tasarımı için genel yaklaşım aşağıdaki maddelerde belirtilmiştir.

- Yapıya gelen yükler tanımlanır.
- Yapısal eleman malzeme ve özelliklerine karar verilir.
- Kısmi azaltma ve artırma faktörlerine göre, bir seri yük kombinasyonu üretilmektedir.
- Malzeme özellikleri, kısmi faktörler ve yük kombinasyonları dikkate alınan yapısal modele uygulanır. İç gerilmeler, eğilme momenti, kesme kuvveti vb. elde edilir.
- Yapı ve yapı elemanlarının dayanımları ve kısmi faktörler tanımlanır.
- Eğer azaltılmış kapasite değeri etkilerden büyük ise, yapı yeterli miktarda dayanımlı kabul edilir.

Deniz yapıları için tanımlanan yük ve yük kombinasyonları aşağıda belirtilen genel prosedüre göre kullanılmalıdır.

- 1) Yapıya uygulanması gereken tüm yükler tanımlanmalıdır.
- 2) Birbirleriyle mukayese edilebilen yük kombinasyonlarını içeren tasarım durumları tanımlanmalıdır.
- 3) Tüm kombinasyonlar, kalıcı ve değişken, aynı zamanda öngerme gibi içsel yükleri de içermelidir.
- 4) Tekil ve değişken yükler için belirlenen kısmi faktörler Tablo 2.9'dan alınmalıdır.
- 5) Eğer kombinasyon kalıcı yükler ve sadece bir adet değişken yük içeriyorsa, yapı analizinde sadece Tablo 2.9'daki kısmi faktörler kullanılmalıdır.
- 6) Eğer kombinasyon kalıcı yükler ve birden fazla değişken yük içeriyorsa, değişken yüklerden bir tanesi öncü yük, diğer değişken yükler ise ikincil yükler olarak tanımlanmalıdır. Kalıcı yükler ve esas değişken yük Tablo 2.9'da verilen kısmi faktörlere göre artırılmalı, ancak ikincil değişken yükler, Ψ faktörleri ile çarpılmalıdır. Bu faktörler, kombinasyon değeri faktörü Ψ_0 , yaygın değer faktörü Ψ_1 , yarı-kalıcı değer faktörü Ψ_2 olarak tanımlanmıştır. Bu durum birden fazla değişken yük ele alındığında maksimum etki olasılıklarının eş zamanlı olarak azaltıldığını göstermektedir. Ψ faktörleri Tablo 2.10'da listelenmiştir.
- 7) Uygun olduğu hallerde, tasarım değişken yüklerin öncü yük olarak tanımlanmasına bağlı olarak yapısal etkilere göre farklı değerler doğuracağından tasarım farklı durumlar için değerlendirilmelidir. Bu da her farklı farklı tasarım durumunda farklı bir değişkenin Ψ faktörü ile azaltılması demektir.
- 8) Tablo 2.11'de verilen formül, kısmi ve Ψ faktörleri kullanılarak, kalıcı, öngermeli ve değişken yükler için uygulanmalıdır.

Tablo 2.9 Kısmi faktörler (BS 6349, 2010)

Etki		Sembol (BS EN 1990)	EQU (SET A)		STR/ GEO (SET B)		STR/ GEO (Set C)		
			Uygun olmayan	Uygun	Uygun olmayan	Uygun	Uygun olmayan	Uygun	
Kalıcı Etkiler		Geoteknik etkiler dahil kalıcı etkiler (Uygun olmayan)	v _{G,Sup}	1.05	-	1.35	-	1.0	-
		Geoteknik etkiler dahil kalıcı etkiler (Uygun)	v _{G,Inf}	-	0.95	-	1.0	-	1.0
		Yüzey kaplaması	v _{G,Sup}	1.75	0	1.75	0	1.0	1.0
Değişken etkiler	Sürekli	Kargo yükleri	v _Q	1.5	0	1.5	0	1.3	0
		Gemi rampa yükleri	v _Q	1.2	0	1.2	0	1.2	0
		Yol ve trafik etkileri	v _Q	1.35	0	1.35	0	1.15	0
		Kreyn yükleri	v _Q	1.35	0	1.35	0	1.15	0
		Rüzgâr yükleri	v _Q	1.4	0	1.4	0	1.3	0
		Sıcaklık	v _Q	1.3	0	1.3	0	1.3	0
		Farklı oturmalar	v _Q	1.2	0	1.2	0	1.00	0
		Kar yükleri	v _Q	1.4	0	1.4	0	1.3	0
		Akıntı yükleri	v _Q	1.4	0	1.4	0	1.3	0
		Dalga yükleri	v _Q	1.4	0	1.4	0	1.3	0
		Gemi yanaşma yükleri	v _Q	1.4	0	1.4	0	1.3	0
		Bağlanma yükleri	v _Q	1.4	0	1.4	0	1.3	0
		Gemi pervane yükleri	v _Q	1.5	0	1.5	0	1.3	0
		Toprak ve geoteknik su basıncı	v _Q	1.5	0	1.5	0	1.3	0
	Geçici	Standart dışı yanaşma yükleri	v _Q	1.2	0	1.2	0	1.3	0
		Mobilizasyon	v _Q	1.2	0	1.2	0	1.3	0
		Toprak ve geoteknik su basıncı	v _Q	1.5	0	1.5	0	1.3	0
Öngerilme		v _p	Bkz. BS EN 1992	-	Bkz. BS EN 1992	-	Bkz. BS EN 1992	-	

Tablo 2.10 Kombinasyonlar için ψ faktörleri (BS 6349, 2010)

Etki		Ψ_0 Değişken etkilerin kombinasyonu için kullanılan katsayı	Ψ_1 Değişken etkilerin kombinasyonu için kullanılan yaygın değer katsayı	Ψ_2 Değişken etkilerin kombinasyonu için kullanılan yarı kalıcı değer katsayı
Genel kargo yükleri vs.	Kargo yükleri	0.7	0.5	0.3
	Gemi rampa yükleri	0.7	0.5	0
Trafik hareketleri (Yayalar dahil)	Liman araç yükleri	0.75	0.75	0
	Tendem sistem	0.75	0.75	0
	Uniform dağılan yükler	0.75	0.75	0
	Yayalar, şerit yükü	0.4	0.4	0
	Kreyn yükleri	0.75	0.75	0
	Geleneksel olmayan araçlar	0	0	0
Çevresel etkiler	Rüzgar yükleri	0.6	0.2	0
	Sıcaklık	0.6	0.6	0.5
	Kar yükleri	0.5	0.2	0
	Hidrostatik yükler	0.7	0.5	0.3
	Akıntı yükleri	0.6	0.2	0
	Dalga yükleri	0.6	0.2	0
Gemi ve bağlanma yükleri	Gemi yanaşma yükleri	0.75	0.75	0
	Bağlanma yükleri	0.6	0.2	0
	Gemi pervane yükleri	0.75	0.75	0
	Toprak ve geoteknik su basıncı	1	1	1
	Farklı oturmalar	1	1	1
Diğer	Mobilizasyon	1	-	1
	Öngerilme	Bkz. BS EN 1992	Bkz. BS EN 1992	Bkz. BS EN 1992

Tablo 2.11 Farklı etki kombinasyon ifadeleri (BS 6349, 2010)

Tasarım aşaması	Limit durum	Kalıcı etkiler	Öngerilme	Esas kaza veya sismik etkiler	Esas değişkenlerin etkisi	İkincil değişkenlerin etkisi
Nihai limit durum						
Sürekli ve geçici	Uygun olmayan	$\sum v_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$+ v_p P$	-	$+ v_{Q,1} Q_{k,1}$	$+ \sum v_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i} \dots$
	Uygun	$\sum v_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$+ v_p P$	-	$+ v_{Q,1} Q_{k,1}$	$+ \sum v_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i} \dots$
Kaza	Uygun olmayan	ya $\sum G_{kj,sup}$	$+ P$	$+ A_d$	$+ \Psi_{1,1} Q_{k,1}$	$+ \sum \Psi_{2,i} Q_{k,i}$
		ya da $\sum G_{kj,sup}$	$+ P$	$+ A_d$	$+ \Psi_{2,1} Q_{k,1}$	$+ \sum \Psi_{2,i} Q_{k,i}$
	Uygun	ya $\sum G_{kj,inf}$	$+ P$	$+ A_d$	$+ \Psi_{1,1} Q_{k,1}$	$+ \sum \Psi_{2,i} Q_{k,i}$
		ya da $\sum G_{kj,inf}$	$+ P$	$+ A_d$	$+ \Psi_{2,1} Q_{k,1}$	$+ \sum \Psi_{2,i} Q_{k,i}$
Sismik	Uygun olmayan	$\sum G_{kj,sup}$	$+ P$	$+ A_{Ed}$	-	$+ \sum \Psi_{2,i} Q_{k,i}$
	Uygun	$\sum G_{kj,inf}$	$+ P$	$+ A_{Ed}$	-	$+ \sum \Psi_{2,i} Q_{k,i}$
inşaat esnasında kaza	Uygun olmayan	$\sum G_{kj,sup}$	$+ P$	$+ A_d$	-	$+ \sum \Psi_{2,i} Q_{c,k}$
	Uygun	$\sum G_{kj,inf}$	$+ P$	$+ A_d$	-	$+ \sum \Psi_{2,i} Q_{c,k}$
Hizmet sırasında limit durum						
Karakteristik	Uygun	$\sum G_{kj,sup}$	$+ P$	-	$+ Q_{k,1}$	$+ \sum \Psi_{0,i} Q_{k,i}$
	Uygun olmayan	$\sum G_{kj,inf}$	$+ P$	-	$+ Q_{k,1}$	$+ \sum \Psi_{0,i} Q_{k,i}$
Sık sık	Uygun	$\sum G_{kj,sup}$	$+ P$	-	$+ \Psi_{1,1} Q_{k,1}$	$+ \sum \Psi_{2,i} Q_{k,i}$
	Uygun olmayan	$\sum G_{kj,inf}$	$+ P$	-	$+ \Psi_{1,1} Q_{k,1}$	$+ \sum \Psi_{2,i} Q_{k,i}$
Yarı kalıcı	Uygun	$\sum G_{kj,sup}$	$+ P$	-	-	$+ \sum \Psi_{2,i} Q_{k,i}$
	Uygun olmayan	$\sum G_{kj,inf}$	$+ P$	-	-	$+ \sum \Psi_{2,i} Q_{k,i}$

2.3 Türkiye Kıyı ve Liman Yapıları Deprem Yönetmeliği'ne Göre Hesap ve Değerlendirme

2021 yılında yürürlüğe giren Türkiye Kıyı ve Liman Yapıları Deprem Yönetmeliği yeni yapılacak kıyı ve liman yapılarının deprem etkisi altında tasarımı ile mevcut yapıların performanslarının değerlendirilmesi için uygulanacak esasları içermektedir. Yönetmelikte kıyı ve liman yapıları üç grupta incelenmektedir. Bunlar; Ağırlık tipi ve palplanşlı rıhtım duvarları, kazıklı rıhtım ve iskele yapıları ve dalgakıran, kıyı tahkimatları gibi diğer yapılardır. Tez kapsamında kazıklı iskele yapısının tasarımı ve değerlendirmesi yapılacağı için sadece kazıklı iskeleler için esaslara yer verilmiştir.

Türkiye Kıyı ve Liman Yapıları Deprem Yönetmeliğinde öncelikle deprem yer hareketi için gerekli tanımlamaların ve parametrelerin verildiği bir bölüm yer almaktadır. Bu bölüm esasları dikkate alınarak deprem yer hareketi için ilgili tanımlar yapılacaktır.

Yönetmelikte deprem performansının belirlenmesinde “Performansa Göre Değerlendirme ve Tasarım” yaklaşımı esas alınmıştır. Bu yaklaşımda, çeşitli deprem yer hareketi düzeylerinde kıyı ve liman yapıları taşıyıcı sistem elemanlarında oluşabilecek iç kuvvet ve şekildeğişiklikler sayısal olarak belirlenir ve yapı için öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olarak değerlendirilir. Bu bağlamda seyrek oluşumlu ve şiddetli deprem etkileri sonucunda yapıda meydana gelen elastik ötesi şekildeğişikliklerin yönetmelikte tanımlanan sınırlar ile karşılaştırıldığı şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım; sık oluşumlu küçük depremlerde ise deprem etkisi sonucunda yapıda meydana gelen iç kuvvetlerin yönetmelikte tanımlanan iç kuvvetlerle kıyaslandığı dayanıma göre değerlendirme ve tasarım ilkeleri dikkate alınır.

2.3.1 Deprem Yer Hareketi

Bu bölümde tasarım ve değerlendirme aşamalarında kullanılacak deprem yer hareketi verilerinin ve parametrelerinin elde edilmesine yönelik esaslar yer almaktadır.

2.3.1.1 Deprem yer hareketi düzeyleri

Yönetmelik kapsamında dört farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır.

- Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)

DD-1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 (100 yılda %4) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

- Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)

DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının 10% ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu yer hareketi Deprem Tasarım Sınıflarının tanımlanması için kullanılmaktadır.

- Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2a (DD-2a)

DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının 30% (100 yılda 50%) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 144 yıl olduğu sıkça deprem yer hareketini nitelemektedir.

- Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)

DD-3 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının 50% (100 yılda 75%) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir.

2.3.1.2 Standart deprem yer hareketi spektrumları

Deprem yer hareketi spektrumları, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi esas alınarak 5% sönüm oranı için, harita spektral ivme katsayılarına ve yerel zemin etki katsayılarına bağlı olarak standart biçimde veya sahaya özel deprem tehlikesi analizleri ile özel olarak tanımlanırlar.

- Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

Boyutsuz harita spektral ivme katsayıları, 2.3.1.1’de belirtilen dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için Türkiye Deprem Tehlike Haritaları kapsamında tanımlanmıştır:

(a) Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı S_s

(b) 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı S_1

Harita spektral ivme katsayıları S_s ve S_1 , aşağıdaki şekilde (Denklem 2.17 ve Denklem 2.18) tasarım spektral ivme katsayıları S_{DS} ve S_{D1} 'e dönüştürülür:

$$S_{DS} = S_s F_s \quad (2.17)$$

$$S_{D1} = S_s F_1 \quad (2.18)$$

Burada F_s ve F_1 yerel zemin etki katsayılarını göstermektedir.

- Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel zemin sınıflarına bağlı olarak yerel zemin etki katsayıları F_s ve F_1 sırası ile, Tablo 2.12 ve Tablo 2.13'te verilmiştir. Tablolarda harita spektral ivme katsayılarının ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

Tablo 2.12 Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8

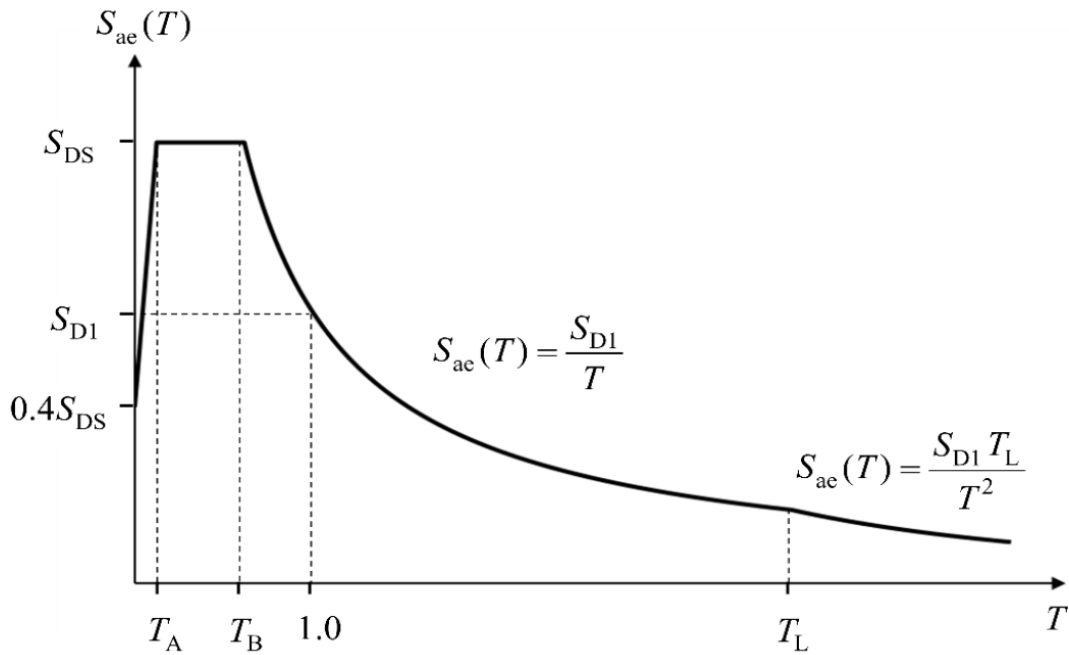
Tablo 2.13 1.0 saniye periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.10$	$S_s = 0.20$	$S_s = 0.30$	$S_s = 0.40$	$S_s = 0.50$	$S_s \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0

2.3.1.3 Yatay deprem tasarım spektrumu

Göz önüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay deprem tasarım ivme spektrumunun ordinatları olan yatay deprem tasarım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi [g] cinsinden Denklem 2.19’da tanımlanmıştır.

$$\begin{aligned}
 S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} & 0 \leq T \leq T_A \\
 S_{ae}(T) &= S_{DS} & T_A \leq T \leq T_B \\
 S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & T_B \leq T \leq T_L \\
 S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} & T_L \leq T
 \end{aligned} \tag{2.19}$$



Burada S_{DS} ve S_{D1} tasarım spektral ivme katsayılarını, T ise doğal titreşim periyodunu göstermektedir. Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları T_A ve T_B Denklem 2.20 ile S_{DS} ve S_{D1} 'e bağlı olarak tanımlanır:

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \tag{2.20}$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu $T_L = 6s$ alınacaktır.

2.3.1.4 Kıyı ve liman yapıları önem sınıfı

Kıyı ve Liman Yapıları, kullanım, depremde ve deprem sonrasında kendilerinden beklenen performans ve önem dereceleri bakımından üç ana sınıfa ayrılmıştır.

- KLÖS = 1: Önemli yapılar
- KLÖS = 2: Normal yapılar
- KLÖS = 3: Basit yapılar

2.3.1.5 Deprem tasarım sınıfları

Uygulanacak hesap ve değerlendirme yöntemlerinin sınıflandırılması için kullanılmak üzere Deprem Tasarım Sınıfları (DTS), DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi için Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısına bağlı olarak Tablo 2.14'e göre belirlenecektir.

Tablo 2.14 Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Deprem Tasarım Sınıfı
$S_{DS} < 0.33$	DTS=4
$0.33 < S_{DS} < 0.67$	DTS=3
$0.67 < S_{DS} < 1.00$	DTS=2
$1.00 \leq S_{DS}$	DTS=1

2.3.2 Performans Düzeyleri ve Performans Hedefleri

Kıyı ve liman yapıları kapsamında kazıklı rıhtım ve iskelelerin deprem etkisi altında tasarımında esas alınan temel ilke, şiddetli depremlerde taşıyıcı sistem bazında sünek davranışın gereği olarak oluşmasına izin verilen doğrusal olmayan (plastik) şekildeğiştirmelerin sadece kazık-tabliye birleşimlerinde eğilme/eksenel kuvvet etkisinde meydana gelmesi, bu elemanlarda gevrek kesme hasarına hiçbir şekilde izin verilmemesidir. İstisnai olarak kazıklı rıhtım ve iskelelerde kazıkların zemin içinde kalan kısımlarında kinematik etkileşim nedeni ile oluşabilecek sınırlı plastik şekildeğiştirmelere izin verilebilir.

Kazıklar dışındaki tüm elemanlar, “kapasite korunmalı elemanlar” olarak tanımlanır. Bu bağlamda, başlık kirişleri ve diğer tabliye elemanlarının her durumda doğrusal elastik davranması, diğer deyişle hiçbir şekilde hasar görmemesi için gerekli kesit dayanıma sahip olmaları zorunludur. “Kapasite tasarımı ilkeleri”nin uygulanmasında karşı gelen bu yaklaşım taşıyıcı sistem modellenmesinde göz önüne alınacaktır.

TKLYDY (2021)’de kıyı ve liman yapıları için performans düzeyleri şu şekilde verilmiştir:

- (a) Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi: Bu performans düzeyi, yapının ana taşıyıcı sistem elemanlarında hiçbir yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir ölçüde kaldığı duruma karşı gelmektedir. Yapılacak incelemeleri takiben hemen kullanıma açılacaktır.
- (b) Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi: Bu performans düzeyi, yapının ana taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, diğer deyişle doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşı gelmektedir. Depremden sonra yapı çok kısa sürede kullanıma açılacaktır. Bu hasar düzeyi, yeni yapılacak yapılar için kullanılmayacak, sadece mevcut yapıların birinci aşama performans değerlendirmesinde kullanılacaktır.
- (c) Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi: Bu performans düzeyi, yapının ana taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan kontrollü hasar düzeyine karşı gelmektedir. Onarım sırasında yapının bir süre servis dışı kalması mümkündür.
- (d) Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi: Bu performans düzeyi, yapının taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruma karşı gelmektedir. Yapının kısmen veya tamamen göçmesi önlenmiştir. Acil müdahale için sınırlı da olsa kullanılabilir. Ancak yapının uzun dönemde kullanılması mümkün olmayabilir.

TKLYDY (2021)'de kıyı ve liman yapılarının tasarım ve değerlendirmesi için iki aşamalı tasarım ve değerlendirme yaklaşımı önerilmiştir. Doğrusal hesabın ve dayanıma göre değerlendirmenin önerildiği birinci aşama hesap-tasarım ve değerlendirmede yapıların sık oluşumlu küçük depremler altında geleneksel doğrusal hesap ve değerlendirme esasları ile ön tasarımının yapılması önerilmiştir. İkinci aşama hesap-tasarım ve değerlendirmede ise daha seyrek oluşumlu şiddetli depremler altında yapıların doğrusal olmayan hesap ve şekil değiştirmeye göre değerlendirme esasları ile incelenmesi önerilmiştir.

Tablo 2.15'te tez kapsamında tasarım ve değerlendirmeleri yapılan kazıklı iskele yapıları için her iki aşamada karşılaması beklenen performans hedefleri verilmiştir.

Tablo 2.15 Kazıklı iskele yapıları için performans hedefleri

Kıyı-Liman Yapısı Önem Sınıfı	Hesap ve Değ. Aşaması	Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Deprem Tasarım Sınıfı		
			DTS=1	DTS=2,3	DTS=4
KLÖS=1	Birinci aşama	DD-2a	<u>Yöntem 1</u> Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme	<u>Yöntem 1</u> Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme	<u>Yöntem 1</u> Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme
	İkinci aşama	DD-1	<u>Yöntem 2.2</u> Doğrusal olmayan Hesap(İtme Yön.) / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	<u>Yöntem 2.1</u> Doğrusal Hesap / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	-
KLÖS=2	Birinci aşama	DD-3	<u>Yöntem 1</u> Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme	<u>Yöntem 1</u> Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme	<u>Yöntem 1</u> Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme
	İkinci aşama	DD-1	<u>Yöntem 2.1</u> Doğrusal Hesap / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	<u>Yöntem 2.1</u> Doğrusal Hesap / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	-
KLÖS=3	Birinci aşama	DD-3	<u>Yöntem 1</u> Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme	<u>Yöntem 1</u> Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme	<u>Yöntem 1</u> Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme

Yeni yapılacak kazıklı iskele ve rıhtım yapılarının birinci aşamasında hesaplarda KLÖS:1 olan yapıların DD-2a deprem yer hareketi düzeyinde, KLÖS:2 ve KLÖS:3

olan yapıların DD-3 deprem yer hareketi düzeyinde Kesintisiz Kullanım (KK) performans hedefini sağlaması hedeflenmektedir. Bu aşamada doğrusal hesap yöntemleri kullanılarak dayanıma göre değerlendirme yapılmaktadır.

Yeni yapılacak kazıklı iskele ve rıhtım yapılarının ikinci aşamasında DD-1 deprem yer hareketi altında KLÖS:1 yapılarının Kontrollü Hasar (KH) performans hedefini sağlaması; KLÖS:2 olan yapıların ise Göçmenin Önlenmesi (GÖ) performans hedefinin sağlanması beklenmektedir. KLÖS:3 olan yapılarda ikinci aşamaya gerek yoktur. Bu aşamada doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılarak şekil değiştirmeye göre değerlendirme yapılacaktır. Düşey kazıklarda doğrusal olmayan davranış genellikle yığılı plastik davranış diğer bir deyişle plastik mafsalları yaklaşımı ile modellenir. Plastik mafsalları, kazığın tabliye ile birleştiği noktada tanımlanacaktır. Eğilme momentinin, etkin akma momentine eriştiği noktanın alt ve üstündeki sonlu uzunluktaki bölge plastik mafsalları boyu olarak adlandırılır ve bu bölge boyunca plastik şekil değiştirmelerin yayılımı sabit olarak varsayılır. Plastik mafsalları boyu, betonarme ve öngermeli kazıklar ile tabliye bağlantısı betonarme tıpa ile sağlanan çelik boru kazıklar için, yarısı kazık içinde, diğer yarısı ise kazık başlığı veya tabliye kirişi içinde olmak üzere, Denklem 2.21 ile hesaplanacaktır.

$$L_p = 0,044 f_{ye} d_{b1} \quad (2.21)$$

Burada L_p plastik mafsalları boyunu [mm], f_{ye} bağlantıdaki boyuna donatı çeliğinin ortalama (beklenen) akma dayanımını [MPa], d_{b1} ise boyuna donatıların ortalama çapını [mm] göstermektedir. Betonarme, öngermeli veya çelik kazıklarda zemin içinde oluşabilecek plastik mafsallarda plastik mafsalları boyu kazığın çalışan doğrultudaki kesit boyutuna eşit alınacaktır. Zemin içindeki olası plastik mafsallar, zemin tabakalanması dikkate alınarak uygun aralıklarla yerleştirileceklerdir.

Tez kapsamında şekil değiştirmeye göre değerlendirme yapılırken plastik mafsallarda meydana gelecek plastik dönme değerleri yönetmelikte verilen sınır değerler ile karşılaştırılacaktır. KLYDY (2021)'de plastik mafsalları dönme kapasiteleri Kontrollü Hasar (KH) ve Göçmenin Önlenmesi (GÖ) performans düzeyleri için Denklem 2.22 ve Denklem 2.23'te verilmiştir.

$$\theta_p^{(KH)} = (0,5\varphi_U - \varphi_Y)L_p \quad (2.22)$$

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = (0,67\varphi_U - \varphi_Y)L_p \quad (2.23)$$

Bu bağıntılarda φ_U ilgili kesitteki deprem talebine karşı gelen eksenel kuvvetin etkisi altında maksimum beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmeleri kullanılarak hesaplanan maksimum eğriliği, φ_Y etkin akma eğriliğini L_p ise plastik mafsallık boyunu göstermektedir. Etkin akma eğriliği φ_Y dairesel kazıklar için literatürde kabul gören Denklem 2.24 bağıntısı ile hesaplanmıştır.

$$\varphi_Y = 2,35 \times \varepsilon_{sy}/D \quad (2.24)$$

Denklemde;

ε_{sy} : donatı çeliği akma birim şekil değıştirmesi

D: kazık çapı

ZTADOH, G+nQ+B yüklemesi altında doğrusal olmayan hesap adımı ile başlamaktadır. Böylelikle deprem yükü diğer yükler ile birleştirilerek yük kombinasyonu tanımlanmıştır.

2.3.3 Deprem Etkisi Altında Kazıklı Yapılarda Tabliye-Kazık-Zemin Etkileşimi

TKLYDY 2021 kapsamında kazıkların zemin ve tabliye ile olan etkileşimlerinin idealleştirilmesine geniş yer verilmiştir. Bu kapsamda öncelikle zemin ortamının doğrusal olmayan dinamik modelinin oluşturulması beklenmektedir. Bu doğrusal olmayan model serbest zemin davranış hesabında kullanılacaktır. Zemin davranış hesabı, taban kayasında tanımlanan deprem yer hareketinin zemin tabakaları boyunca değışimini ve zemin yüzeyindeki deprem yer hareketini belirlemek üzere yapılır. TKLYDY 2021’ne göre zemin modeli tabanından, zemin profili modeline etki ettirilmek üzere, en az 7 deprem kaydı tanımlanmalıdır. Zemin yüzeyindeki sahaya özel deprem spektrumunun belirlenmesi bağlamında, her bir spektral periyot için zemin yüzeyi spektral ivmesinin taban kayası spektral ivmesine oranı her bir deprem kaydı için hesaplanacak, daha sonra bu oranların en az 7 kayıt için ortalaması, ilgili periyot için yerel zemin etki katsayısı olarak tanımlanacaktır.

Kazık zemin etkileşiminin doğrusal olmayan yaylar kullanılarak modellenmesi öngörülmektedir. Bu amaçla yanal davranış idealize etmek için doğrusal olmayan p-y yayları, eksenel davranış için t-z yayları ve eksenel uç kazık davranış için Q-Z

yayları kullanılacaktır. p-y yayları kapsamında yumuşak kil zeminler için ($s_u < 50$ kPa) için Matlock (1970), su seviyesi altındaki katı kil zeminler için Reese ve diğerleri (1975), su seviyesi üstündeki katı kil için Welch and Reese (1972), kum için Reese ve diğerleri (1974) tarafından statik ve tekrarlı yüklemeler için geliştirilen doğrusal olmayan bağıntılar kullanılabilir. Sıvılaşma oluşan zeminlerde p-y yayları için Rollins ve diğerleri (2005) veya Franke ve Rollins (2013) tarafından önerilen doğrusal olmayan bağıntılar kullanılabilir. t-z ve Q-Z yayları için American Petroleum Institute API WSD RP-2A (2000)'de tanımlanan nonlinear bağıntılar kullanılabilir.

TKLYDY 2021 deprem hesaplarının doğrusal olmayan yöntemlerle yapıldığı durumlarda tabliye-kazık-zemin etkileşiminin kinematik etkileşim ve eylemsizlik etkileşimi olmak üzere iki kısımda ele alınmasını beklemektedir.

Kinematik etkileşiminin ilk amacı taban kayasından etkiyen deprem yer hareketinin zemin ortamında yayılımı sonucu kazık elemanlarında oluşturduğu iç kuvvet ve şekil değişimlerinin belirlenmesidir. İkinci amacı eylemsizlik etkileşiminde kullanılacak zemin yüzeyinde oluşan etkin tabliye hareketini belirlemektir.

Eylemsizlik etkileşimi hesabının amacı, etkin tabliye hareketinin tabliyede meydana getirdiği eylemsizlik kuvvetlerinin (deprem yüklerinin) etkisi ile hem tabliyede hem de geriye dönüşle kazıklarda meydana gelen iç kuvvetlerin ve şekildeğiştirmelerin belirlenmesidir. Eylemsizlik etkileşimi hesabı, rijit / iskele taşıyıcı sisteminin deprem hesabında zemin-kazık alt-sisteminin rijitliğinin göz önüne alınmasına karşı gelmektedir.

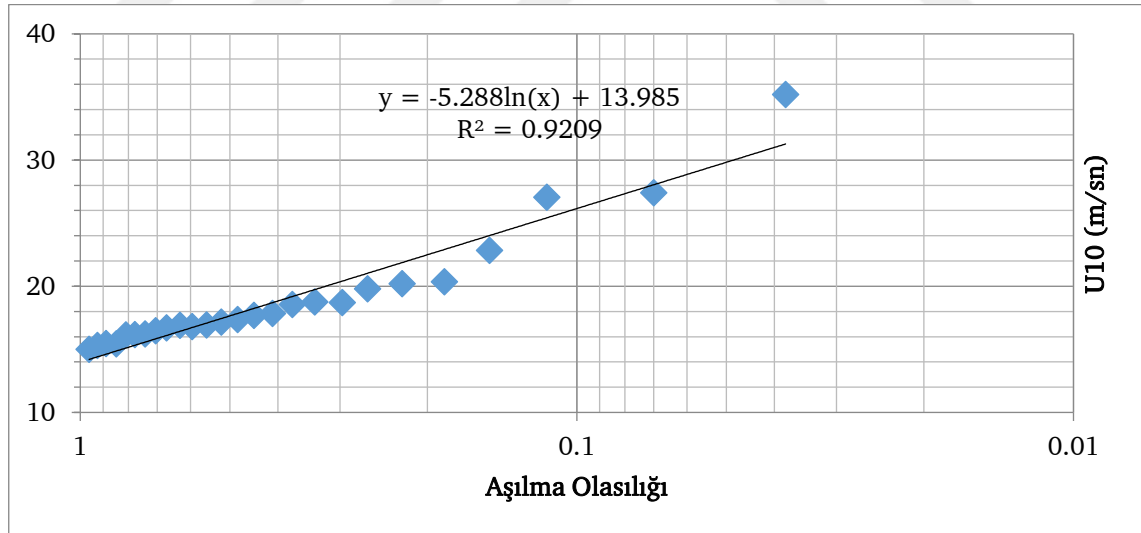
Serbest zemin davranış hesabında taban kayasında etkitilen deprem yer hareketinin kazık düğüm noktalarına denk gelen zemin seviyelerinde oluşan toplam zemin yerdeğiştirmeleri elde edilir. Daha sonra bu yerdeğiştirme kazık düğüm noktalarında yer alan p-y yaylarının zemin uçlarına etkitilerek yerdeğiştirme yüklemesi yapılır.

3.1 Yanaşma Yapısının Tasarımı

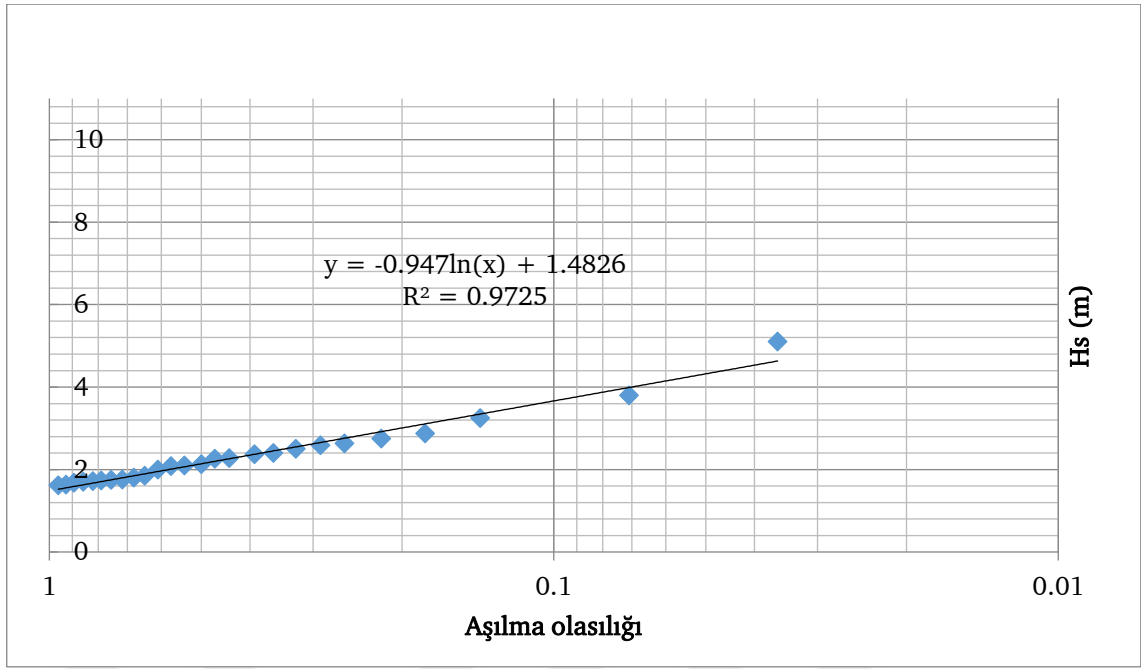
Türkiye’de 2016 yılında yürürlüğe giren AYGM (2016) Kıyı Yapıları Planlama ve Tasarım Teknik Esasları yönetmeliği (KYPTTE), kıyı ve liman yapılarının tasarımı için gerekli teknik esasları içermektedir. Projenin bu aşamasında betonarme düşey kazıklı bir iskele yapısı bu yönetmelik esasları dikkate alınarak tasarlanmıştır.

3.1.1 Sahanın Rüzgâr ve Dalga İkliminin Belirlenmesi

Dalga ve rüzgâr atlasından elde edilen rüzgâr ve dalga verilerine göre yıllık en büyük rüzgâr hızlarının en büyük değerler istatistiği Şekil 3.1’de verilmiştir, Şekil 3.2’de ise dalga iklimine ait yıllık belirgin dalga yüksekliklerinin en büyük değerler istatistiği verilmiştir. Bu veriler Türkiye kıyıları rüzgâr ve derin deniz dalga atlasından elde edilmiştir.



Şekil 3.1 En büyük değer rüzgâr istatistiği



Şekil 3.2 En büyük değer dalga istatistiği

3.1.2 Tasarım Geminin ve Yanaşma Yeri Boyutlarının Belirlenmesi

AYGM (2016) KYPTTE yönetmeliği bölüm C-Planlama tasarım gemileri için gerekli parametreler ve yanaşma yapılarının tasarımı için gereken bağıntıları içermektedir. Tablo 2.2 Gemi ölçüm oranları ve Tablo 2.4 Gemi Boyutları (PIANC, 2014) kullanılarak tasarım gemisine ait parametreler belirlenmiştir ve Tablo 3.1’de verilen tasarım gemisi boyutları elde edilmiştir.

Tablo 3.1 Gemi boyutları

Gemi Bilgileri	
Tipi:	Konteyner gemisi
DWT:	60000ton
Δm :	84000ton
LOA:	268m
LBP:	255m
B:	39,8m
D:	13,2m
CB(-):	0,61
Min. Rüzgâr alanı:	5400m ²
Maks. Rüzgâr alanı:	5700m ²
Yaklaşık Kapasite:	5200TEU
GT:	52920ton
DT:	80640ton

Yanaşma yerindeki su derinliği Tablo 2.1 (Gemi boyutlarına göre yanaşma yeri boyutları OCDI, 2009) referans alınarak 15m olarak belirlenmiştir.

Yanaşma yeri uzunluğunun belirlenmesinde AYGM (2016) KYPTTE yönetmeliği bölüm C-Planlama bölümünde yer alan bağıntı dikkate alınarak (Denklem 2.1) belirlenmiştir.

$$L = 1,1(1)(268 + 15) + 15 = 326,3 \quad (3.1)$$

Yanaşma yeri uzunluğu 354m olarak belirlenmiştir.

İskele yanaşma yapısı birbirine özdeş 6 adet tip anodan oluşmaktadır. Her bir tip ano birbirlerine kesme kamaları ile bağlanmaktadır. Her bir tip ano 59m boyuna doğrultudan oluşmaktadır. Böylece iskele yapısının yanaşma yeri uzunluğu 354m olarak belirlenmiştir. Tip anoların enine doğrultudaki uzunlukları ise yeterli elleçleme uzunluğunu sağlayacak şekilde 37m olarak belirlenmiştir. (EK A)

3.1.3 İskele Yapısına Etkiyen Yüklerin Belirlenmesi

Betonarme düşey kazıklardan oluşan iskele yanaşma yapısına etkiyen yatay ve düşey yükler aşağıdaki gibidir:

- Sabit (ölü) yükler
- Hareketli yükler
- Gemi bağlanma kuvveti
- Gemi çarpma kuvveti
- Rüzgâr kuvveti
- Dalga kuvveti
- Kreyn yükleri
- Deprem yükleri

3.1.3.1 Sabit (ölü) yükler

Yapı üzerinde yer alan betonarme döşeme, kiriş gibi yapı elemanlarının özgül ağırlıklarının yanı sıra, kaplama, ray, boru vb. gibi üst yapı elemanlarının da sebep olduğu düşey yüklerdir. Aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

Betonarme döşemenin özgül ağırlığı $g=0,5 \times 25=12,5 \text{ kN/m}^2$

Kaplama ve diğer üst yapı yükleri $g=2,5 \text{ kN/m}^2$

3.1.3.2 Hareketli yükler

Yapıya etki eden hareketli yükler; düzgün yayılı hareketli yük (EQ) ve ek hareketli yük (EP) olarak iki başlıkta değerlendirilmiştir.

Düzgün yayılı hareketli yükler (EQ): Konteyner gemisi için kullanılacak iskelede, AYGM (2016) teknik tasarım yönetmeliğine göre kargo yükleri üst üste konan konteyner sayısına göre belirlenmektedir. Buna göre düzgün yayılı hareketli yük olarak 4 sıra kargo düşünülerek 40 kN/m^2 yük dikkate alınmıştır.

Ek hareketli yük (EP): Ek hareketli yüklerin belirlenmesinde elleçleme ve taşıma ekipmanları tarafından yapıya etki eden yükler dikkate alınmaktadır. İskele tasarımında $H_{30}-S_{24}$ tipi yük kamyonu dikkate alınmıştır. Tasarım kamyonu için eşdeğer yayılı yük $16,7 \text{ kN/m}^2$ 'dir. Fakat hareketin yavaş olması sebebiyle, yalnızca ana şerit içerisindeki münferit ve yayılı yükler $\phi=1,2$ titreşim katsayısı ile çarpılarak artırılmıştır.

3.1.3.3 Gemi bağlanma kuvveti (B)

Gemi bağlanma kuvvetine; gemiye etkiyen akıntı kuvveti, gemiye etkiyen rüzgâr kuvveti ve gemiye etkiyen dalga kuvveti sebep olmaktadır. İskele yanaşma yapısının dalgakıranlarla korunan bir liman yapısında olduğu dikkate alınarak yanaşma esnasında gemiye etkiyen dalga kuvvetleri dikkate alınmamıştır. Akıntı ve rüzgâr kuvvetlerinden sadece enine yönlü olanlar dikkate alınmıştır.

- Enine Akıntı kuvveti:

AYGM (2016) Kıyı yapıları için planlama ve tasarım teknik yönetmeliğinde enine akıntı kuvveti için Bölüm 2'de açıklanan Denklem 2.2 dikkate alınarak hesaplanmıştır:

$$F_{TC} = 2,4 \times 8,2 \times 1025 \times 255 \times 13,2 \times 0,1^2 \times 10^{-4} = 67,89 \text{ (kN)} \quad (3.2)$$

Eşitlikte yer alan parametreler AYGM (2016) KYPTTE yönetmeliğinde şu şekilde elde edilmiştir:

C_{TC} : 2,4

C_{CT} : 8,2

ρ : 10,25 kg/m³

D_m : 13,2m

V_c : 0,10 m/sn

L_{BP} : 255m

- Enine Rüzgâr kuvveti:

AYGM (2016) Kıyı yapıları için planlama ve tasarım teknik yönetmeliğinde enine akıntı kuvveti için Bölüm 2'de açıklanan Denklem 2.4 dikkate alınarak hesaplanmıştır:

$$F_{Tw} = 1,90 \times 1,31 \times 5500 \times 28,16^2 \times 10^{-4} = 1085,55 \text{ kN} \quad (3.3)$$

Eşitlikte yer alan parametreler AYGM (2016) KYPTTE yönetmeliğinde şu şekilde elde edilmiştir:

C_{Tw} : 1,90

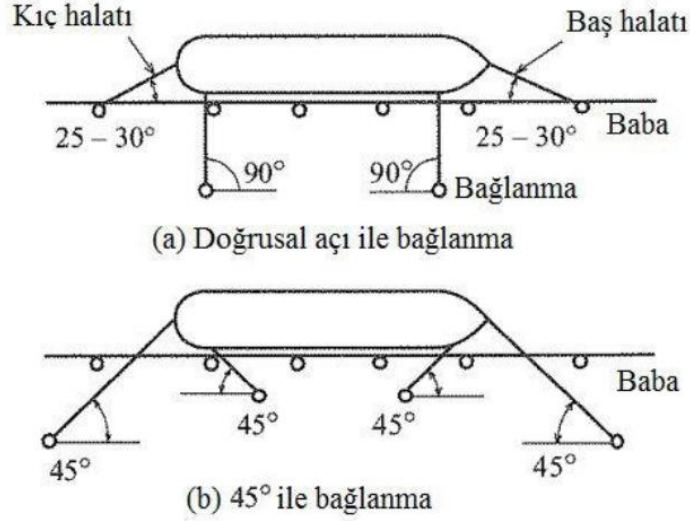
ρ_A : yönetmelikte 0 °C derece için 1,31kg/m³

A_T : 5500 m²

V_w : Su seviyesinden 10 m yukarıdaki tasarım rüzgâr hızı, bağlanma durumu için 1 dakika ortalama rüzgâr hızının kullanılması önerilmektedir. AYGM 2016 yönetmeliğinde Tablo 1.3 İskele ve rıhtımlarda çevresel operasyon koşullarının sınır değerleri (PIANC, 2014)'te yer alan konteyner gemisi için $V_{wmin}=22$ m/s değeri On dakika ve Bir saat rüzgâr hızı ile gust oranı arasındaki ilişkisi tablosunda yer alan ortalama 1 dk için 1 saat rüzgâr hızı çarpanı (1,28) ile çarpılarak bulundu.

- Babalara gelen kuvvet:

AYGM (2016) teknik tasarım yönetmeliği esaslarına göre en büyük baba aralığı 45m olarak ve birim yanaşma yeri için en küçük baba sayısı 8 adet olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.3 Doğrusal (marjinal) Rıhtımda Bağlama, Burada Yanaşma Yüzeyinin Gerisindeki Babalar Palamar Babasıdır.

Toplam dik gemi bağlanma kuvveti:

$$F_{TC} + F_{TW} = 67,89 + 1085,55 = 1153,44kN \quad (3.4)$$

Bir babaya gelen kuvvet: $1153,44/8=144,18kN$

Burada daha elverişsiz olan durum göz önüne alınarak bir babaya gelen kuvvet Tablo 4.7’de gemi çekme kuvvetleri için standart değerler göz önüne alınarak 1000 kN kuvvet etkidiği kabul edildi.

Babalar 45m aralıklar ile konumlandırıldığı için hesabı yapılan tip ano üzerinde maksimum 2 adet baba yerleştirildiği düşünüldü. Babaların ano üzerinde bulunduğu yerde baba çekme kuvveti yatayda dik olarak etkidiği kabul edilerek yatay 1000kN etkilmiştir.

3.1.3.4 Gemi çarpma kuvveti

Geminin yanaşma yapısına çarptığı kaza durumu için çarpma kuvveti yanaşma yapısında kullanılacak usturmaça elemanının reaksiyon kuvveti olarak belirlenecektir. Usturmaça tasarımı için geminin yanaşma yapısına yanaşma enerjisi hesaplanacaktır.

- Gemi yanaşma enerjisi hesabı:

Gemi yanaşma enerjisi E_f ; AYGM (2016) KYPTTE yönetmeliğinin uygun gördüğü ve Bölüm 2’de verilen Denklem 2.8 ve Denklem 2.9 kullanılarak belirlenmiştir.

$$E_f = \left(\frac{M_s V^2}{2} \right) C_e C_M C_s C_c \quad (3.5)$$

$$C_M = 1 + \frac{\pi}{2C_B} \times \frac{D}{B} \quad (3.6)$$

Burada;

C_B : Blok katsayısı (0,7 olarak alındı)

$D=13,2\text{m}$

$B=32,2\text{m}$

$C_M=1,919$

$C_s=1,0$

$C_c=1,0$

M_s tasarım gemisinin yer değiştirme (deplasman) tonajıdır

$M_s=DT$ (daha önce DT tasarım gemisi için 80640 ton olarak belirlenmiştir)

V : yanaşma hızı AYGM (2016) Teknik Tasarım esasları Tablo 3.15’e göre 5cm/s olarak belirlenmiştir.

C_e : dışmerkezlik faktörüdür ve geminin yanaşma şekline göre yapılan bir dizi hesaplama sonucunda 0,86 olarak belirlenmiştir.

Yukarıda verilen değerlere göre, gemi yanaşma enerjisi $E_f = 16,6\text{m’dir}$.

Güvenlik katsayısı 2,0 alınarak tasarım yanaşma enerjisi:

$16,6 \times 2 = 33,2\text{t’dir}$.

Usturmaça olarak SUMITOMO BETA-1000H CBB 52,5% tipi usturmaça seçilmiştir. Belirtilen usturmaçanın enerji kapasitesi 418 kNm ve reaksiyon kuvveti ise 993 kN’dur.

3.1.3.5 Rüzgâr kuvveti

Yanaşma yapısına etkiyen rüzgâr kuvveti, iskelenin bulunduğu bölgesel özellikler de dikkate alınarak yanaşma yapısının konteyner elemanları ile dolu olması ve iskele yapısının boş olması durumları dikkate alınarak iki durum için ayrı ayrı hesaplanmaktadır.

İskele yapısı için bölgesel özellikler dikkate alınarak, rüzgâr iklimi grafiğinden tasarım rüzgâr hızı 35 m/sn olarak belirlenmiştir. Bu durumda yapıya etkiyen rüzgâr yükü Denklem 3.7'deki gibi hesaplanmıştır.

$$q_w = \frac{V^2}{1600} = 0,76 \text{ kN/m}^2 \quad (3.7)$$

İskele yapısına enine ve boyuna etkiyecek rüzgâr yükleri rüzgâra maruz kalan bölgenin boyutlarının çarpılmasıyla elde edilir:

İskele boş iken oluşacak rüzgâr kuvvetinin birim ano boyu için 2,4m boyutunda bir alanda etkili olacaktır:

$$W_{\text{boş}} = 1,82 \text{ kN/m}$$

İskele yapısı dolu iken birim ano 10m+2,4m boyutunda bir alanda rüzgâr etkiyeceği düşünülerek hesaplanmıştır:

$$W_{\text{dolu}} = 9,4 \text{ kN/m}$$

3.1.3.6 Dalga kuvveti

Tekil kazığa etki eden dalga yüklerini belirleyebilmek için tasarım dalgasına ait parametreler gerekmektedir. Bu kapsamda dalga iklim çalışması neticesinde elde edilen parametreler Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2 Tasarım dalgası boyutları

Tasarım Dalgası (H_s)	1m
Tasarım Dalgası periyodu (T)	6sn
Derin su Dalga boyu (L_0)	56m

$$D/L = 1,3/54,2 = 0,02 < 0,2 \quad (3.8)$$

Denklem 3.8 hesaplarda lineer dalga teorisinin kullanımının uygun olduğunu göstermektedir. Bu eşitlikte derin su dalga boyu (L_0) ile dalga boyu (L) ilişkisi ağırlık dalgalarının karakteristikleri tablosundan yararlanılarak belirlenmiştir. Kazık çapı olarak ön boyutlandırmada esas alınacak olan değer dikkate alınmıştır. Kazıklara etkiyen dalga kuvveti Bölüm 2.2.7’de verilen denklemler yardımı ile aşağıdaki gibi hesaplanır:

Kazığa etkiyen toplam dalga yükü düşünüldüğünde atalet kuvvetinin maksimum değeri $t=-T/4$ anında, direnç kuvvetinin ise $T=0$ anında meydana gelmektedir.

Hesaplamalar sonucunda;

$$K_D = 0,125$$

$K_i = 0,5$ Olarak bulunmuştur bu parametreler kullanılarak yapılan hesaplardan ise

$$F_i = 7,9 \text{ kN}$$

$$F_D = 0,70 \text{ kN}$$

Elde edilen değerler farklı t zamanlarına bağlı olarak maksimum değerlerdir.

Yapıya tesir edecek maksimum dalga kuvveti F_m ise:

$$F_m = \varphi_m \times \rho \times C_D \times D \times H^2 \quad (3.9)$$

$$F_m = 6,75 \text{ kN}$$

3.1.3.7 Kreyn yükü

İskele üzerinde 500kN kaldırma kapasiteli, 8100kN öz ağırlığına sahip mobil vinç seçilmiştir. Vinçten dolayı oluşan yük yaklaşık: 50kN/m²’dir.

3.1.3.8 Deprem yükleri

Proje kapsamında mevcut bir betonarme iskele yapısının deprem performansının TKLYDY (2021) ile değerlendirilmesi planlanmıştır, bu yüzden mevcut yapının DLH (2008) yönetmeliği ile tasarlandığı kabul edilmiştir. Deprem hesabı SAP2000 paket programı kullanılarak mod birleştirme yöntemi ile yapılmıştır.

- Deprem tasarım spektrumu:

DLH (2008) EK A kapsamında yapının bulunduğu 41 00 N ve 28 34 E koordinatları için D2 deprem sınıfı için kısa periyot spektral ivme S_s ve 1,0 sn periyot spektral ivmeleri aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

$$S_s = 1,33g$$

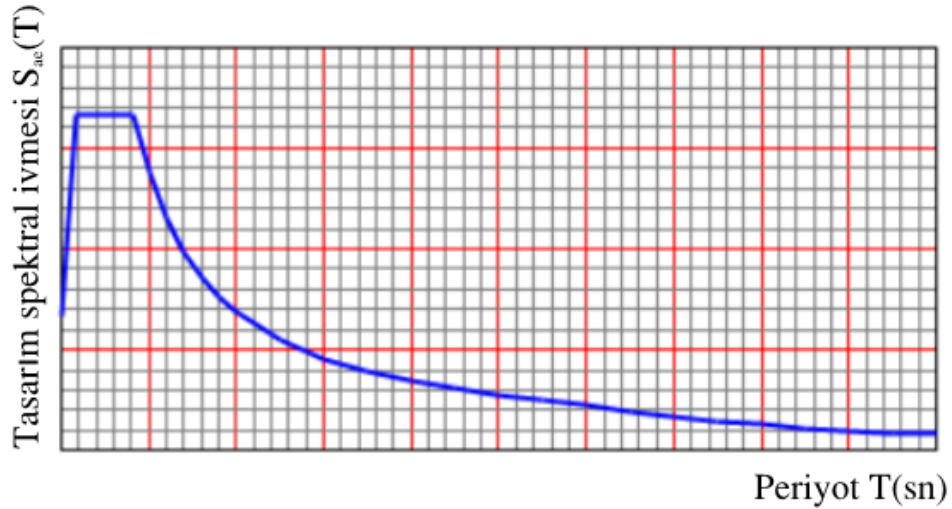
$$S_1 = 0,65g$$

DLH (2008) yönetmeliği Ek A'da yer verilen çizelge zemin sınıfı B olan zemin yapıları için hazırlandığından E sınıfı zemin için spektral ivme değerleri yerel zemin katsayıları ile çarpılarak aşağıdaki gibi elde edildi:

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

SAP2000 yazılımının ilgili deprem yönetmeliği kütüphanesi kullanılarak tasarım spektrumu elde edildi. (Şekil 3.4)



Şekil 3.4 Yapının tasarım spektrumunun SAP2000 paket programından çıktısı

Mod birleştirme yönteminde deprem yükü azaltma katsayıları şu şekilde kullanılmıştır:

DLH (2008) yönetmeliğine göre kazıklı rıhtım ve iskele yapılarında D2 deprem düzeyi için normal sınıfında yer alan yapılarda Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyi hedeflenmektedir.

Aynı yönetmelikte kazıklı iskele ve rıhtımlarda taşıyıcı sistem davranış katsayıları Tablo 3.3'teki gibi verilmiştir:

Tablo 3.3 Kazıklı iskele ve rıhtımlarda taşıyıcı sistem davranış katsayıları (R)

Sistem	Kazık Düzenlemesi	Performans Düzeyi	
		MH	KH
Rıhtım	Düşey kazıklı sistemler	1,5	2,5
	Eğik kazıklı sistemler	1	1,5
İskele	Düşey kazıklı sistemler	2,5	4
	Eğik kazıklı sistemler	1	1,5

Bu durumda düşey kazıklı iskele yapısı için KH performans düzeyinde R katsayısı 4,0 olarak belirlenmiştir. Deprem yükü azaltma katsayısı ile taşıyıcı sistem davranış katsayısı arasındaki ilişki ise Denklem 10'da tanımlanmıştır:

$$R_a(T) = 1,5 + (R - 1,5) \frac{T}{T_s} \quad (0 \leq T \leq T_s) \quad (3.10)$$

$$R_a(T) = R \quad (T_s < T)$$

T_s köşe periyodu:

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (3.11)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (3.12)$$

$$T_s = \frac{S_{M1}}{S_{MS}} = \frac{1,56}{1,197} = 1,30 \quad (3.13)$$

E sınıfı zeminler için:

$$F_a = 0,9$$

$$F_v = 2,4$$

$$S_s = 1,33g$$

$$S_1 = 0,65g$$

$$T_s = 1,3sn$$

SAP2000 yazılımı kullanılarak yapılan analiz sonucunda x yönü için yapının hâkim titreşim periyodu:

$$T_x = 1,76sn$$

$$T_y = 1,60sn$$

Olarak bulunmuştur.

Bu durumda X yönü için deprem yükü azaltma katsayısı:

$$R_{ax} = R_{ay} = 4,0 \text{ Olarak elde edilmiştir.}$$

3.1.4 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılması

Proje kapsamında yapımı planlanan betonarme düşey kazıklı iskele yanaşma yapısının tip ano yapı elemanlarının ön boyutları Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4 Tip ano önboyutları

Kazık Çapı	130cm
Anodaki Kazık Adedi	54 adet
Ano Eni	37,0m
Ano Boyu	59,0m
Başlık Kiriş Adedi	11 adet
Kenar Başlık Kirişi Eni	1,6m
Orta Başlık Kirişi Eni	1,4m
BA Döşeme Yüksekliği	25cm
Prekast döşeme yüksekliği	25cm
Enleme-Boylama Kirişleri Yükseklikleri	90cm
Başlık Kirişleri Yükseklikleri	50cm
Kazık Boyu	45,5m
Apron üst kotu	2,4m

Yanaşma yapısı tasarımında kullanılan malzeme özellikleri şu şekildedir:

Kazıklar:

Beton sınıfı: C40/50

Donatı çeliği sınıfı: S420

Başlık Kirişleri:

Beton sınıfı: C35/45

Donatı çeliği sınıfı: S420

Yapının kalıp planı ve her iki yöndeki düşey kesitleri EK A'da verilmiştir.

3.1.4.1 Betonarme kesit tasarımları

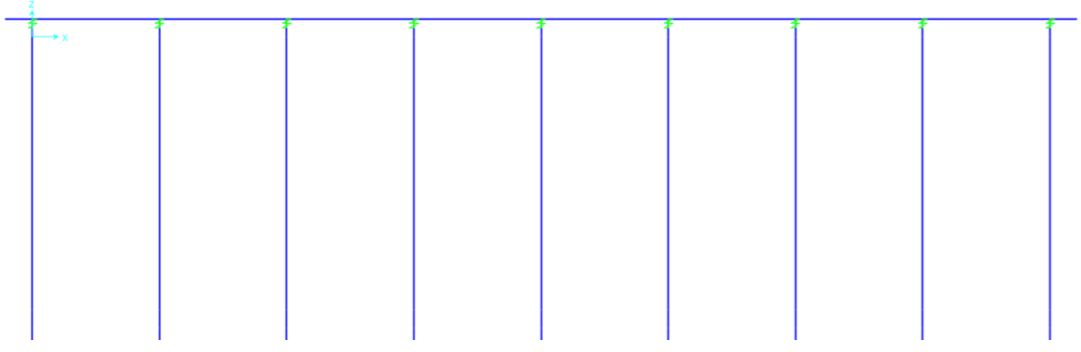
Betonarme kazıklı iskele yanaşma yapısı üst yapıyı zemine aktaran düşey betonarme kazık elemanlardan ve tabliye sistemden oluşmaktadır. Tabliye sistem ise kendi içerisinde kazıklar ile tabliyeyi birbirine bağlayan başlık kirişlerinden, iki doğrultuda devam eden enleme-boylama kirişlerinden ve döşeme sisteminden oluşmaktadır. Yapısal elemanların boyutları Tablo 3.4'te verilmiştir.

SAP2000 analiz programında kiriş, kazık ve başlık kirişleri çubuk, döşeme ise kabuk eleman kullanılarak modellenmiştir. Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da iskelenin SAP2000'de hazırlanan analitik modelinin görünüşleri verilmiştir.

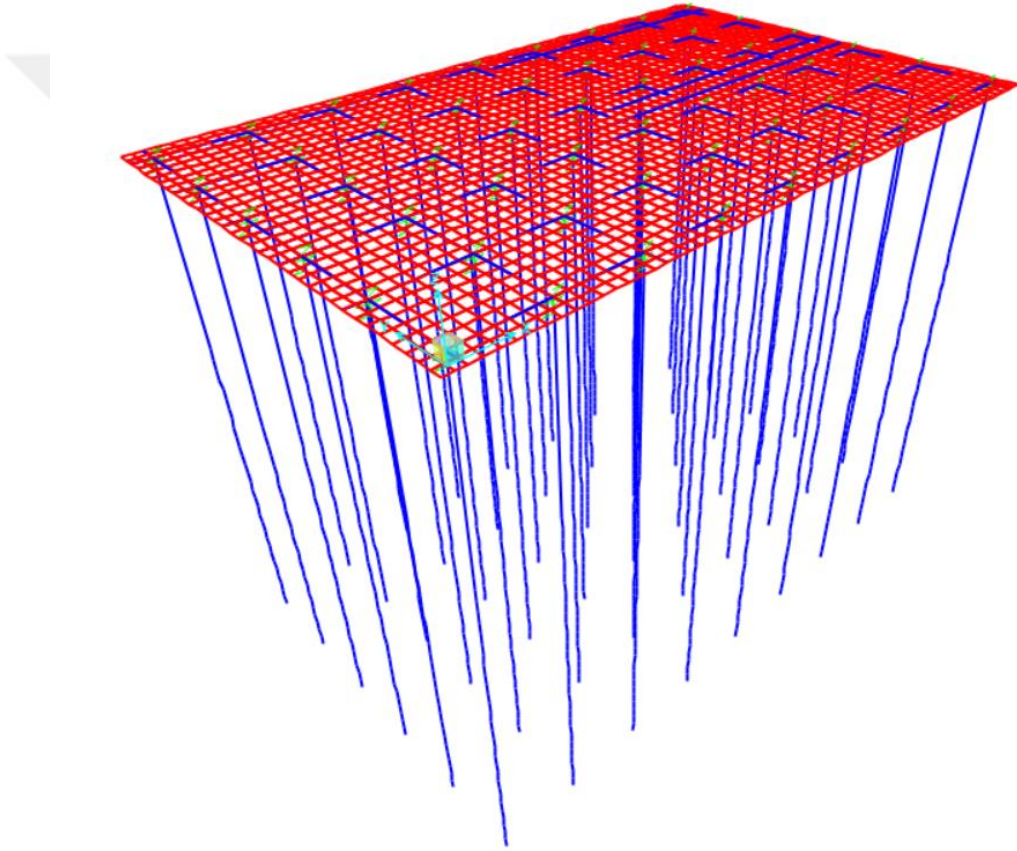
SAP2000'de çubuk eleman olarak tanımlanan kazık ve başlık kirişi birleşimlerinin moment aktarması sebebiyle rijit birleşim kabulü yapılmıştır. Döşeme plak elemanının düzlem içi rijitliği kazık yatay rijitliklerine oranla çok büyük olduğundan döşeme plağı rijit diyafram kabulü yapılarak modellenmiştir. Şekil 3.7'de ise başlık kirişlerinin ve kazıkların, SAP2000'de tanımlanan kesit görünüşleri verilmiştir.

Döşeme plağı üzerinde yer alan kaplama, boru, tesisat vb. yükler ve önceki bölümlerde belirlenen hareketli yükler, alan yükü olarak döşeme plağı üzerine etki ettirilmiştir.

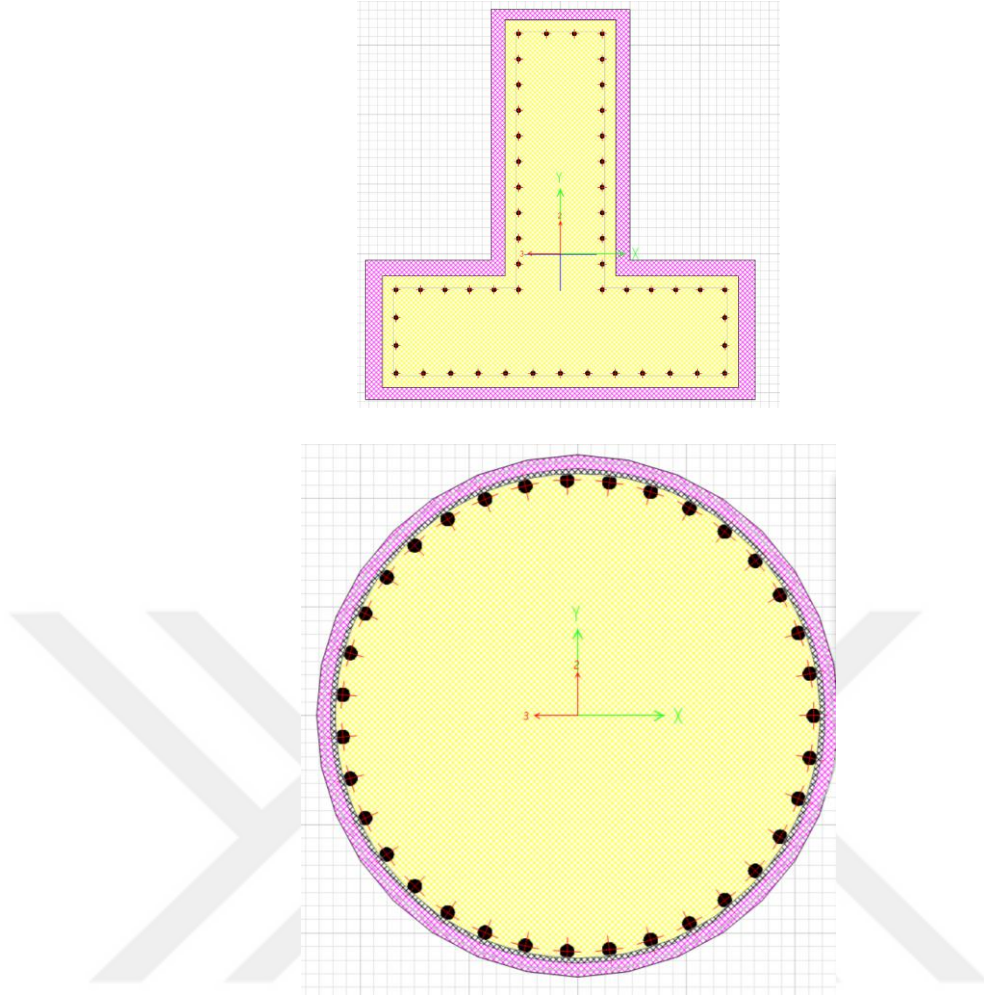
Gemi çekme kuvveti olarak hesaplanan baba çekme kuvveti SAP2000 analiz modelinde baba aralıkları da dikkate alınarak tip ano üzerinde 2 adet olarak belirlenmiş ve döşemede elverişsizlik oluşturacak bir şekilde döşeme levhasına noktasal yük olarak etki ettirilmiştir.



Şekil 3.5 SAP2000 modeli düşey kesit görünümü



Şekil 3.6 SAP2000 modelinde yapının 3 boyutlu görünümü



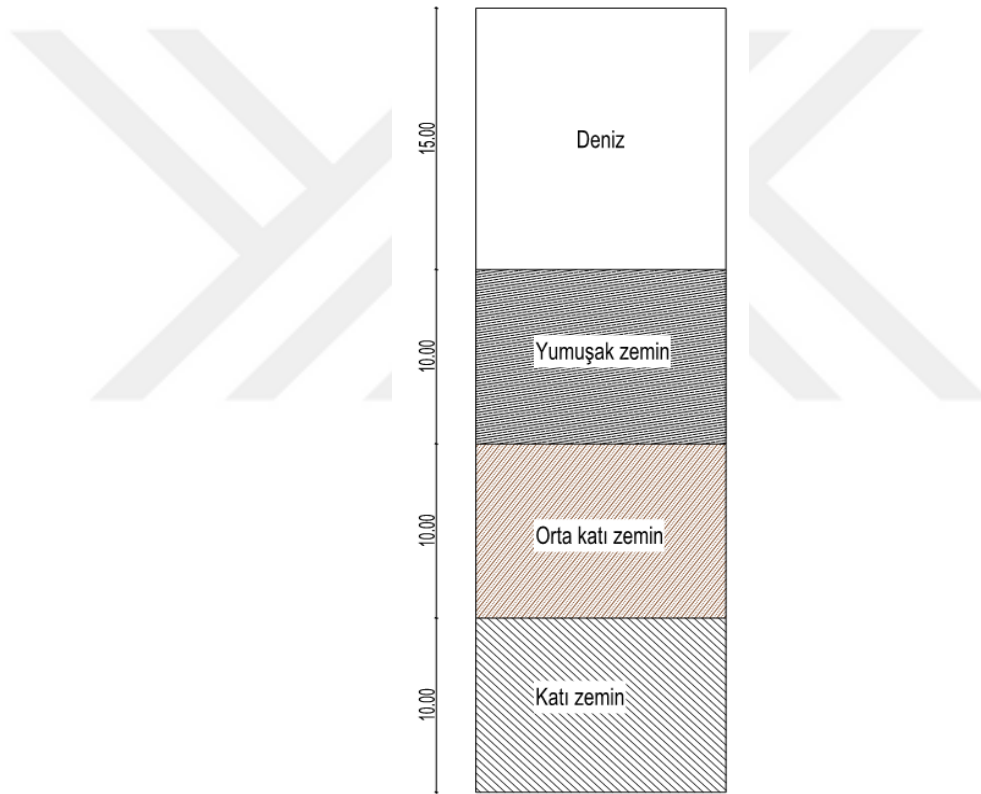
Şekil 3.7 Orta başlık kirişlerinin ve kazıkların SAP2000 programında modellenen kesit görünüşleri

Yük kombinasyonlarında kaza durumunu içeren yük kombinasyonunda yer alan gemi çarpma kuvveti için; geminin, önceki bölümde tasarımı yapılan usturmaça elemanına yüksek hızda çarptığı kabul edilerek usturmaça reaksiyon kuvveti alınmıştır. Bu kuvvet de baba çekmesi kuvveti gibi iskele döşemesine noktasal olarak tanımlanmıştır. Bu yükleme sadece kaza durumunu içeren yük kombinasyonlarında dikkate alınmıştır. İskeleeye etkiyen rüzgâr kuvveti ise Bölüm 3.1.3.5'te belirtildiği gibi hesaplanmış ve döşemeye ortogonal doğrultularda çizgisel olarak etki ettirilmiştir. Ortogonal doğrultulardaki rüzgâr yükleri aynı kombinasyon içerisinde yer almayacak şekilde tanımlanmıştır. Aynı bölümde hesabı yapılan dalga yükleri, kazık elemanlarına noktasal yük olarak sakin su seviyesinde tanımlanmıştır. Seçimi yapılan kreyn yükü, kreyn elemanının genişliği boyunca 2 ray çizgisini temsil edecek şekilde çizgisel yükleme ile tanımlanmıştır.

Deprem yüklemesi için Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmıştır. SAP2000 programına tanımlanan ve Şekil 3.4’te verilen tasarım spektrumu DLH (2008) yönetmeliğinden alınmıştır.

3.1.4.2 Tasarım aşamasında kazık-zemin etkileşiminin tanımlanması

AYGM (2016) KLYPTTE yönetmeliği dikkate alınarak tasarımı yapılan betonarme düşey kazıklı iskele yanaşma yapısında bu aşamada doğrusal analiz esasları dikkate alınarak kuvvet esaslı dayanıma göre tasarım yöntemi izlenmiştir. Doğrusal hesap sırasında kazık-zemin etkileşimi Şekil 3.8’de verilen zemin profili dikkate alınarak kazıklara doğrusal zemin yayları tanımlanarak modellenmiştir.

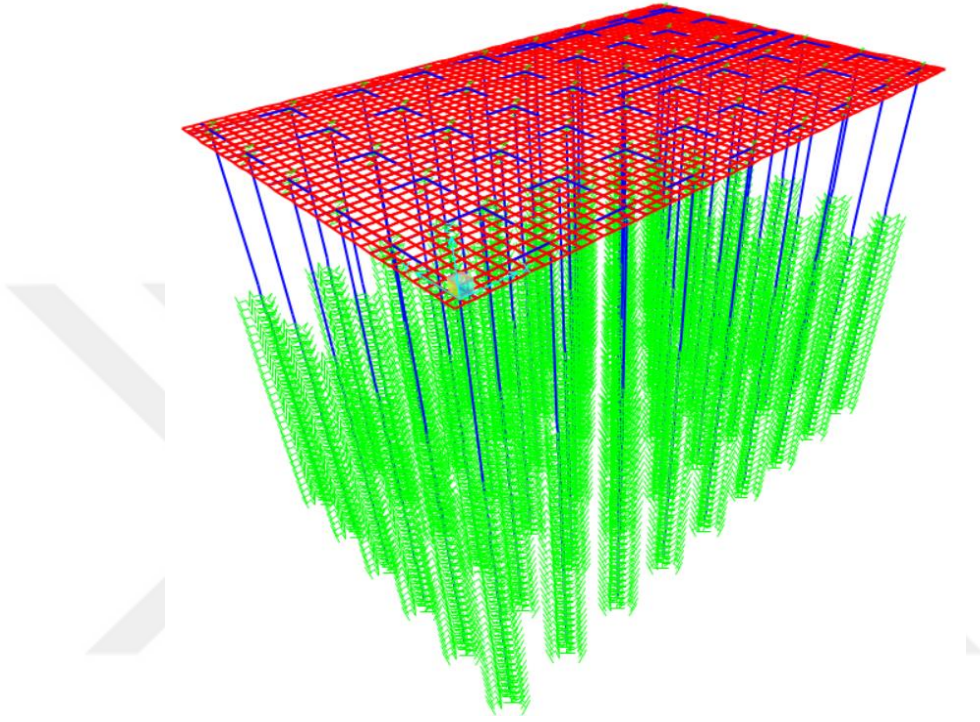


Şekil 3.8 Zemin profili

Sistemde yatay ötelenmeleri belirleyecek olan yatay yay katsayıları bulunurken, Winkler’in 1867 yılında önerdiği zemin modelinin, Terzaghi (1955) tarafından kazıklara uyarlanmış halinden faydalanılmıştır.

EK B.1 zeminde derinliğe bağlı olarak K_h (Basitleştirilmiş yatay yatak katsayısı) değerleri verilmiştir.

SAP2000 analiz programında kazık düğüm noktalarına etkitilecek yay sabitleri (K' değerleri), basitleştirilmiş yatay yatak katsayısı değerlerinin kazık modelinin iki düğüm noktası arasındaki mesafesi (1m) ve kazık çapı (1,3m) ile çarpılarak X-Z düzleminde kazık modeline yatay yay sabiti olarak etkitilmiştir. Düşey yay sabiti değeri ise yaklaşık bir kabul ile yatay yay sabiti değerinin %60'ı olarak etkitilmiştir.



Şekil 3.9 Zemin yaylarının SAP2000'de tanımlanması

3.1.4.3 Tasarıma esas olacak analiz sonuçlarının elde edilerek yapı elemanlarının boyutlandırılması

Betonarme kazıklı iskele yapısının SAP2000 modeli, yukarıda ayrıntıları verildiği şekilde hazırlanmıştır. Önceki bölümlerde hesaplanan yüklemeler SAP2000 analiz programında tanımlanarak etkitilmiştir. Yüklemeler ve yükleme grupları için tasarım yük kombinasyonları AYGEM (2016) KLYPTTE yönetmeliğinde tarif edildiği gibi yük katsayıları belirlenerek oluşturulup Tablo 3.5'te verilmiştir.

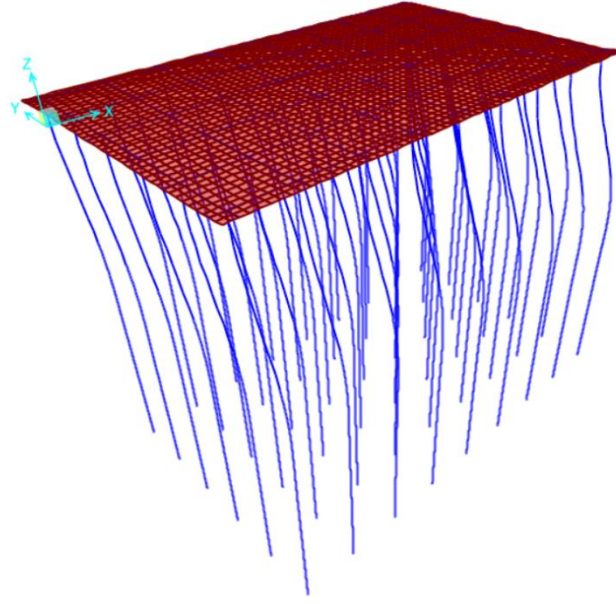
Tablo 3.6'da ilk 2 modu için periyot ve etkin katılım kütleleri oranı, Şekil 3.10 ve Şekil 3.11'de ise mod şekilleri verilmiştir.

Tablo 3.5 Yük kombinasyonları

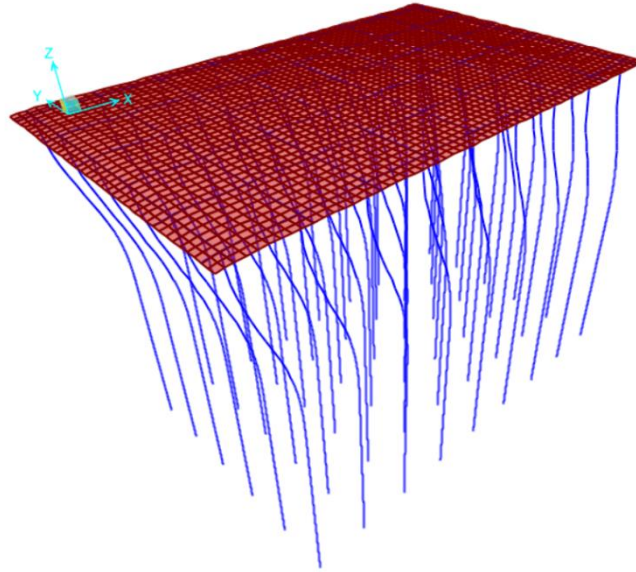
Limit Durum	Komb.	Ölü yük	EQ	EP	Bağlanma	Rüzgâr	Dalga	Kreyn	Çarpma	Deprem
Servis	1	1	1	0,75	0,6	0,6	0,6	0,75		
	2	1	0,7	1	0,6	0,6	0,6	0,75		
	3	1	0,7	0,75	1	0,6	0,6	0,75		
	4	1	0,7	0,75	0,6	1	0,6	0,75		
	5	1	0,7	0,75	0,6	0,6	1	0,75		
	6	1	0,7	0,75	0,6	0,6	0,6	1		
GEO/STR SetB	7	1	1,5	1,0125	0,84	0,84	0,84	1,013		
	8	1	1,05	1,35	0,84	0,84	0,84	1,013		
	9	1	1,05	1,0125	1,4	0,84	0,84	1,013		
	10	1	1,05	1,0125	0,84	1,4	0,84	1,013		
	11	1	1,05	1,0125	0,84	0,84	1,4	1,022		
	12	1	1,05	1,0125	0,84	0,84	0,84	1,4		
GEO/STR SetC	13	1	1,3	0,86	0,78	0,78	0,78	0,86		
	14	1	0,91	1,15	0,78	0,78	0,78	0,86		
	15	1	0,91	0,86	1,3	0,78	0,78	0,86		
	16	1	0,91	0,86	0,78	1,3	0,78	0,86		
	17	1	0,91	0,86	0,78	0,78	1,3	0,86		
	18	1	0,91	0,86	0,78	0,78	0,78	1,15		
Kaza	19	1	0,5	0	0	0	0	0	1	
	20	1	0,3	0,75	0	0	0	0	1	
	21	1	0,3	0	0,2	0	0	0	1	
	22	1	0,3	0	0	0,2	0	0	1	
	23	1	0,3	0	0	0	0,2	0	1	
	24	1	0,3	0	0	0	0	0,75	1	
Deprem	25	1	0,3	0	0	0	0	0	0	1

Tablo 3.6 Yüksek sünek iskele modal değerleri

Mod	Periyot (sn)	Etkin Kütle Katılım Oranı
1	1.90	72% (Y-Y doğrultusu)
2	1.88	72% (X-X doğrultusu)
3	1.79	70% (Burulma)



Şekil 3.10 Yapının birinci mod şekli



Şekil 3.11 Yapının ikinci mod şekli

İskele yapısının taşıyıcı elemanlarının betonarme tasarımları, TS500 yönetmeliği esas alınarak doğrudan SAP2000 programında yapılmıştır.

Proje kapsamında boyutlandırılması yapılan iskele yapısının mevcut bir yapı olduğundan yapının tasarımının DLH (2008) yönetmeliği dikkate alınarak yapıldığı kabul edilmiştir. DLH (2008) yönetmeliğinde dairesel betonarme kazıklar için minimum Ø30cm enkesit boyutu öngörülmüştür. Bu proje

kapsamında belirlenen kazık çapı Ø130 cm'dir ve minimum koşulu sağlamaktadır. Kazıkların ön tasarımı aşamasında seçilen boyuna donatı, minimum 0,01 donatı oranından başlanarak belirlenmiş ve uygun sayı elde edilene kadar artırılmıştır. Bu proje kapsamında dikkate alınan yük kombinasyonları durumunda elde edilen iç kuvvetleri taşıyabilecek gerekli boyuna donatı 35Ø32 'dir. Özel Sınıfa ve Normal Sınıfa giren rıhtım ve iskelelerde betonarme ve öngerilmeli kazıkların spiral enine donatıları için minimum donatı oranı Denklem 3.14 ve Denklem 3.15'te verilmiştir:

$$\rho_s = 0,12 \times f_{ck}/f_{ywk} \quad (3.14)$$

Burada;

f_{ck} : betonun karakteristik basınç dayanımını,

f_{ywk} : spiral enine donatının karakteristik akma dayanımını göstermektedir.

$$\rho_s = \frac{(4A_{ws})}{(D - 2d')s} \quad (3.15)$$

$$\rho_s = \frac{(4 \times 0,5)}{(130 - 11)15} = 0,117\% \quad (3.15)$$

A_{ws} =spiral enine donatının kesit alanı

D =kazık çapı

d' =paspayı

s =spiral enine donatının adım aralığı

$$A_{ws}=0,5\text{cm}^2$$

$$D=130\text{cm}$$

$$d'=11\text{cm}$$

$$s=15\text{cm}$$

$$f_{ck}=4000\text{N}/\text{cm}^2$$

$$f_{ywk}=420000\text{N}/\text{cm}^2$$

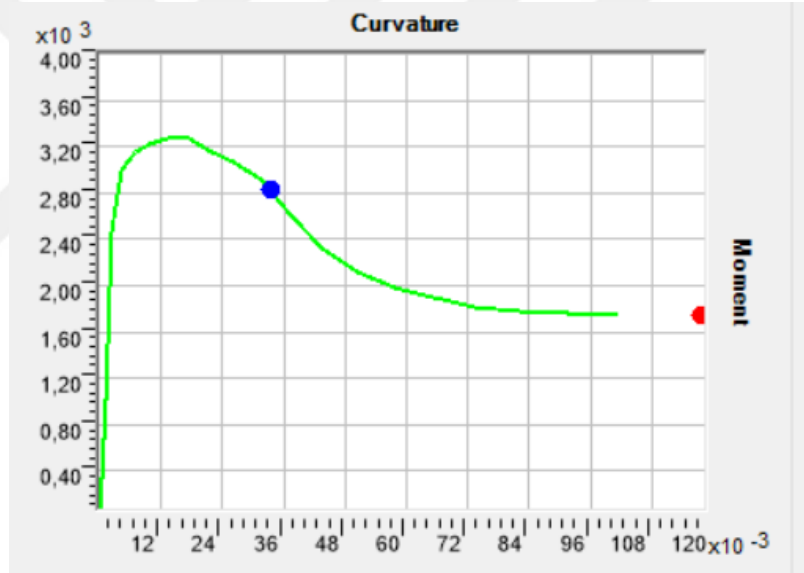
$$\rho_s = 0,12 \times 4000/420000=0,114\% \quad (3.16)$$

Spiral enine donatı: Ø12/15

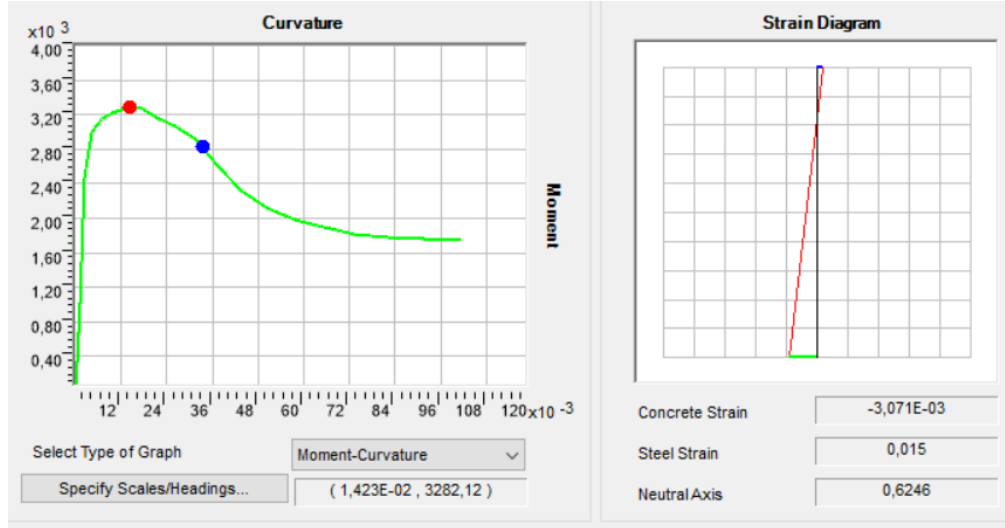
Sarılma bölgesinde ise Ø12/10 spiral enine donatı seçilmiştir.

Kazık başlık kirişlerinde ise eğilme donatısı olarak kesit içerisinde Ø16 donatı kullanılmıştır. Kesite ait SAP2000 analiz programından alınan moment-eğrilik ilişkisi Şekil 3.12’de verilmiştir. Moment-eğrilik ilişkisinde beton malzemesi için $\epsilon=0,003$ şekil değiştirme değerine karşılık gelen moment değeri kesitin moment taşıma kapasitesi 3282 kNm olarak belirlenmiştir. (Şekil 3.13).

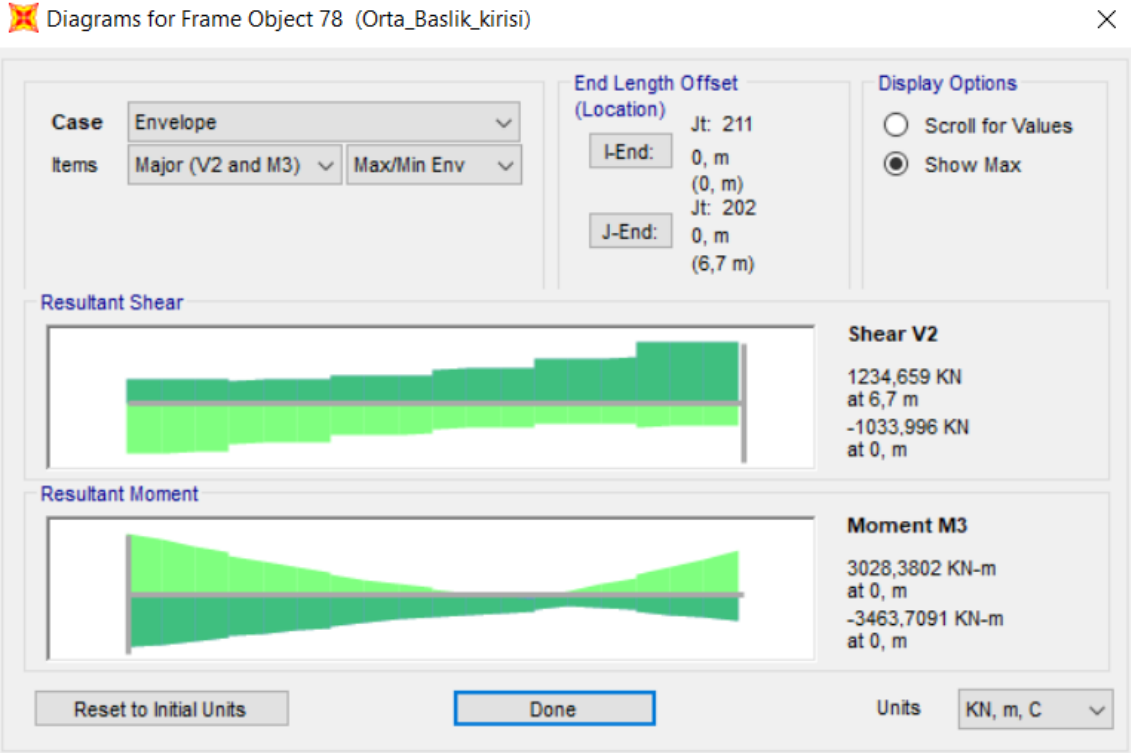
Analiz sonuçlarına göre başlık kirişlerinde oluşan moment değerleri incelendiğinde Şekil 3.14’te verildiği gibi maksimum tasarım momenti değeri 3028 kNm olarak bulunmuştur.



Şekil 3.12 Başlık kirişlerine ait Moment-Eğrilik ilişkisi



Şekil 3.13 Kesit moment taşıma kapasitesi



Şekil 3.14 Tasarım momenti değeri

3.1.5 Düşük Süneklikli İskele Yanaşma Yapısı

Bölüm 3.1’de 2016 yılında yürürlüğe giren Kıyı ve Liman Yapıları Planlama Teknik Tasarım Esasları yönetmeliği dikkate alınarak, betonarme düşey kazıklı bir yanaşma yapısının tasarımı yapılmış ve tip ano için kesit tasarımı doğrusal hesap yapılarak kuvvet esaslı dayanıma göre tasarım ile yapılmıştır. Tasarımı yapılan

iskele yapısı sünek bir betonarme yapıdır. Bu tez çalışmasında, Tasarımı yapılan 130cm kazık çapına sahip yüksek sünek iskele yapısının yanı sıra; daha gevrek ve beton dayanım sınıfı daha düşük olan mevcut tip bir iskele yapısının daha deprem performansı incelenecektir. Düşük süneklikli iskele yapısı için kesit boyutları ve malzeme bilgileri Tablo 3.7’de verilmiştir. Her iki yanaşma yapısı da 2021 TKLYDY’nde mevcut yapı olarak sınıflandırılmıştır. Düşük süneklikli olarak adlandırılan ve bu bölümde deprem performansının inceleneceği iskele yapısının ayrıca kazık kesitleri de önceki bölümde modellenen iskele yapısına göre daha farklı bir şekilde modellenmiştir. Kazık çapının yanı sıra kesitteki boyuna donatılar da 25Ø28 olarak modellenmiştir.

Tablo 3.7 Düşük süneklikli iskele boyutları

Kazık Çapı	100cm
Anodaki Kazık Adedi	54 adet
Ano Eni	37,0m
Ano Boyu	59,0m
Başlık Kiriş Adedi	11 adet
Kenar Başlık Kirişi Eni	1,6m
Orta Başlık Kirişi Eni	1,4m
BA Döşeme Yüksekliği	25cm
Prekast döşeme yüksekliği	25cm
Enleme-Boylama Kirişleri Yükseklikleri	90cm
Başlık Kirişleri Yükseklikleri	50cm
Kazık Boyu	45,5m
Apron üst kotu	2,4m
Beton sınıfı	C25/30

3.2 Yanaşma Yapılarının TKLYDY (2021)’ne Göre Performans Değerlendirmesi

Bu tez çalışmasında, AYGM 2016’ya göre tasarlanmış bir iskele ve görece daha düşük süneklikli sayılabilecek mevcut bir iskele yapısının TKLYDY 2021’e göre deprem performansları ve aynı zamanda TKLYDY 2021’de tanımlanan hasar sınırlarını aşma olasılıklarını ifade eden hasar olasılık eğrileri elde edilmiştir. Bu amaçla her iki yapı da kazık – zemin kinematik etkileşimi dikkate alınarak doğrusal olmayan şekilde SAP2000 programında modellenmiş ve 11 adet yer hareketi kaydı çifti için ZTADOH ile çözümleri yapılmıştır.

3.2.1 Deprem Yer Hareketi Parametrelerinin Belirlenmesi

Bölüm 2.3.1.1’de verildiği gibi TKLYDY (2021)’de deprem düzeyleri DD-1’den DD-3’e kadar belirlenmiştir. DD-1 ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyleri için deprem yer hareketi parametreleri ZE sınıfı Zemin için “Türkiye Deprem Tehlike Haritası” kullanılarak elde edilmiştir. (Tablo 3.8)

Tablo 3.8 TDTH verileri

Koordinatlar			
Enlem:	41.09°		
Boylam:	28.64°		
DD-1		DD-2	
S_s :	1,418	S_s :	0,799
S_1 :	0,394	S_1 :	0,227
PGA(g):	0,573	PGA(g):	0,333
PGV (cm/sn):	36,06	PGV (cm/sn):	20,84
S_{DS} :	1,181	S_{DS} :	1,007
S_{D1} :	0,955	S_{D1} :	0,718

Yönetmelik esaslarında kıyı ve liman yapıları önem sınıfları bakımından Bölüm 2.3.1.4’te verildiği gibi KLÖS=1, KLÖS=2 ve KLÖS=3 olarak tanımlanmıştır. Tasarımı yapılan yapıların önem sınıfı KLÖS=2 olarak belirlenmiştir.

Uygulanacak hesap ve değerlendirme yöntemlerinin sınıflandırılması için kullanılmak üzere Deprem Tasarım Sınıfları (DTS), DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi için Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısına bağlı olarak Tablo 3.9’a göre belirlenecektir.

Tablo 3.8’de kısa periyot spektral ivme katsayısı (S_{DS}) değeri 1,007 olarak belirlenmişti. Bu durumda yapı için deprem tasarım sınıfı DTS=1 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.9 Deprem tasarım sınıfları (DTS)

S_{DS}	DTS
$S_{DS} < 0,33$	DTS=4
$0,33 \leq S_{DS} \leq 0,67$	DTS=3
$0,67 \leq S_{DS} \leq 1,00$	DTS=2
$1,00 < S_{DS}$	DTS=1

TKLYDY (2021) kapsamında performans hedefleri önceki bölümlerde açıklandığı gibi Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.10 Kıyı ve liman yapıları performans hedefleri

Kıyı ve Liman Yapısı Performans Hedefi			
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Önem Sınıfı		
	KLÖS=1	KLÖS=2	KLÖS=3
DD-3	-	KK	KH
DD-2a	KK	-	-
DD-1	KH	GÖ	-

3.2.2 Yapıların Modellenmesi

İskele yapılarının DD-1 deprem düzeyi altında Göçmenin Önlenmesi performans hedefinin sağlanması beklenmektedir. Bu aşamada deprem tasarım spektrumları olarak Tablo 3.8'deki veriler kullanılmıştır. Bu aşamada modelleme kuralları olarak TKLYDT esasları Bölüm 6'daki modelleme esasları dikkate alınarak betonarme düşey kazıklı iskele yapısı SAP2000 analiz programında modellenmiştir. SAP2000 modelinde kazık ve kiriş elemanları çubuk eleman olarak modellenmiştir. Tabliye döşemesi ise plak eleman olarak modellenmiş ve yapı modeli 3 boyutlu olarak oluşturulmuştur.

Bu aşamada ilk olarak yapının deprem yükleri altında performans analizi yapılmıştır. Performans analizi doğrusal olmayan itme yöntemi ile yapılmıştır. Yapının doğrusal olmayan davranış durumu plastik mafsallı hipotezine karşı gelen yığılı plastik davranış modeli esas alınmıştır. Doğrusal olmayan şekil değiştirmelere sadece kazık-tabliye birleşimlerinde ve sınırlı olmak kaydıyla Zemin içerisinde kazıkların Zemine gömüldüğü ve Zemin tabakalarının rijitlik ve dayanım bakımından ani özellik değiştirdiği tabaka değişim bölgelerinde izin verilir. Bunun dışında kalan elemanlar “kapasite korunmalı elemanlar” olarak adlandırılmıştır ve bu elemanlarda plastik şekil değiştirmelere izin verilmemektedir. Kazık tabliye birleşim bölümlerinde meydana gelen plastik şekil değiştirmeler genellikle eylemsizlik etkileşimi hesabında, Zemin içerisinde meydana gelecek plastik şekil değiştirmeler ise kinematik etkileşim hesabı sonucunda oluşmaktadır.

Plastik mafsal hipotezinde plastik şekil değişimlerinin plastik mafsal boyu olarak adlandırılan sınırlı bir uzunluk boyunca sabit olarak oluştuğu kabul edilir. TKLYDY'ne göre betonarme kazıklarda plastik mafsal boyu Bölüm 2.3.2'de açıklanmıştır.

Tablo 3.11'de düşük sünek ve yüksek sünek iskele yapıları için değerler verilmiştir ve plastik mafsal boyları hesaplanmıştır.

TKLYDY (2021) Su içindeki kazıklarda kazığın kendi kütesine ve boru kazık durumunda kesitin içindeki su kütesine ek olarak, ayak-su eylemsizlik etkileşimi bağlamında göz önüne alınacak ek su kütesinin de dikkate alınmasını öngörür. Yarıçapı r olan dairesel kesitli çubuk sonlu elemanda birim boy için göz önüne alınacak ek su kütlesi Denklem 3.17 ile hesaplanıp kazık kütlelerine ek olarak dahil edilmiştir.

$$m_A = \rho_w \pi r^2 \quad (3.17)$$

Tablo 3.11 Yapıların plastik mafsal boyları

İskele	f_{ye} [Mpa]	d_{b1} [mm]	L_p [mm]
Düşük Sünek	420	28	517,44
Yüksek Sünek	500	32	704

3.2.3 Kazık-Tabliye-Zemin Etkileşiminin Tanımlanması

TKLYDY esaslarına göre ikinci aşamada doğrusal olmayan hesap ve tasarım yöntemlerinin kullanılması durumunda kazıkların zemin ile olan etkileşimleri de doğrusal olmayan yöntemlerle yapılması önerilmektedir. Yönetmelik kapsamında KZE-B yöntemi kullanılarak kazık Zemin etkileşimi davranışı dikkate alınmıştır.

KZE-B yönteminde tabliye-kazık-zemin etkileşimi “kinematik etkileşim” ve “eylemsizlik etkileşimi” olmak üzere iki kısımda ele alınmaktadır.

Kinematik etkileşiminin amacı kaynaktan gelen deprem dalgalarının Zemin ortamında yayılımı sonucunda kazıklarda oluşan iç kuvvet ve şekil değiştirmelerin hesaplanmasıdır.

Kinematik etkileşim yönteminde yapının Zemin üzerinde kalan kazık parçaları ve üst yapı elemanları (tabliye elemanları) kütlesiz ve rijit olarak modellenmiştir. Böylece üst yapının eylemsizliği dikkate alınmamıştır.

Eylemsizlik etkileşiminin amacı ise deprem kuvvetlerinin etkisi ile hem tabliyede hem de geriye dönüşle kazıklarda meydana gelen iç kuvvetlerin ve şekil değiştirmelerinin belirlenmesidir. Eylemsizlik etkileşiminde kazıkların Zemin içerisinde kalan bölümleri kütlesiz olarak modellenmiştir.

Kazık–zemin etkileşiminin modellenmesi amacı ile yanal davranış için doğrusal olmayan p–y yayları, eksenel davranış (çevre sürtünmesi) için t–z yayları ve eksenel kazık uç davranışı için Q–Z yayları kullanılacaktır. Şekil 3.8’de belirtildiği gibi kazığın yer aldığı zemin üç tabakadan oluşmaktadır. Zeminin üst 10m’lik bölümü yumuşak killi zemin, orta 10m’lik bölüm orta katı killi zemin ve alt 10m’lik tabaka katı killi zeminden oluşmaktadır.

3.2.3.1 P-Y yaylarının belirlenmesi

Zemin tabakaları için yanal yük-yer değiştirme ilişkisini ifade eden doğrusal olmayan p-y yayları için literatürde önerilen bağlantılar kullanılmıştır. TKLYDY bölüm 8’de bu bağlantıyı belirlemek adına bazı literatür önerileri yapılmıştır.

Zeminin üst 10m’lik bölümünü oluşturan yumuşak kil zeminler için TKLYDY’nin de önerdiği Matlock (1970) bağlantıları kullanılmıştır. Matlock’un geliştirdiği yaklaşım suya doymun yumuşak killi zeminlerde uygulanabilmektedir. Matlock yatay statik ve tekrarlı yükler altında gerçekleştirdiği deneylerde elde ettiği sonuçları kullanarak, birim kazık boyu için zemin tepkisi (p) ve kazığın sapmasını (y) ifade eden P-Y eğrileri oluşturmuştur.

Birim kazık boyu için oluşturulan P-Y eğrilerinin nihai zemin tepkisi (p_u) aşağıda Denklem 3.18 ve Denklem 3.19 ile hesaplanarak küçük olan değer kullanılır. Matlock (1970) deneysel çalışmaları sonucu yumuşak killi için $J=0,5$ önermiştir.

$$p_u = \left[3 + \frac{\gamma'}{c_u} z + \frac{J}{B} z \right] c_u B \quad (3.18)$$

$$p_u = 9c_u B \quad (3.19)$$

Denklemlerde;

C_u : Kil zemininin drenajsız kayma dayanımı

γ : Etkili birim hacim ağırlık

z : Derinlik

B : Kazık çapı

Bağlantılarda kazık çapı (B) belirleyici bir çarpan olduğu için düşük süneklikli iskele yanaşma yapısı ve yüksek sünek iskele yanaşma yapısı için farklı parametreler hesaplanmıştır. Ayrıca değerler hesabı yapılan zeminin derinliğinden etkilendiği için her derinlik için ayrı hesaplamalar yapılmıştır. Bağlantılarda yer alan parametreler Tablo 3.12’de her iki iskele yanaşma yapısı için verilmiştir.

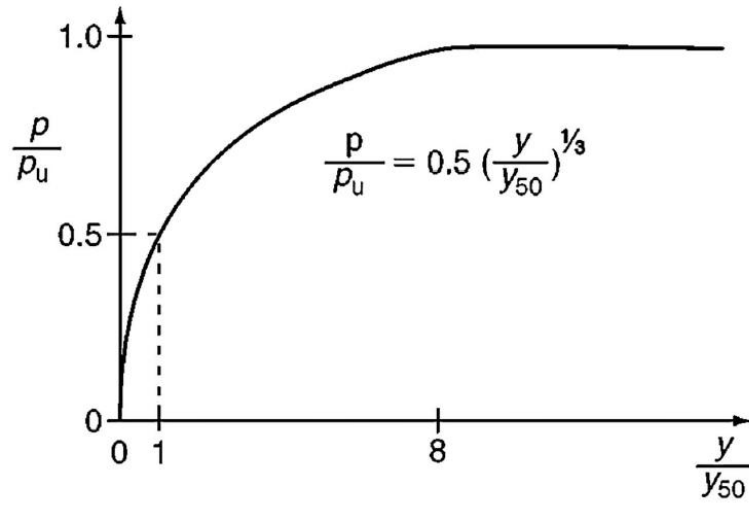
Tablo 3.12 Yumuşak kil zemin için parametreler

	Düşük sünek iskele	Yüksek Sünek iskele
γ :	19 kN/m ³	19 kN/m ³
C_u :	25 kPa	25 kPa
J :	0.5	0.5
B :	1m	1.3m

Denklem 3.18 ve Denklem 3.19 kullanılarak nihai zemin tepkisi (p_u) değerleri her derinlik için elde edilmiştir. (Tablo 3.13)

Tablo 3.13 Nihai zemin tepkileri

Derinlik (z)	P_u [kN/m]	
[m]	Düşük Sünek	Yüksek Sünek
1	106,5	134,7
2	138	171,9
3	169,5	209,1
4	201	246,3
5	225	283,5
6	225	292,5
7	225	292,5
8	225	292,5
9	225	292,5
10	225	292,5



Şekil 3.15 Yumuşak kil zeminler için P-Y eğrisi (Matlock 1970)

Şekil 3.15 Matlock (1970) tarafından önerilen yumuşak kil zeminler için tipik bir P-Y eğrisini göstermektedir. Şekil 3.15'te de görüldüğü gibi eğrinin p/p_u değeri $0 \leq y/y_{50} \leq 8$ aralığında eğrisel ilerleyip bu değerden sonra sabit $p/p_u=1$ değerini almaktadır. (p/p_u) değeri Denklem 3.20'ye göre hesaplanmıştır.

$$\frac{p}{p_u} = 0,5 \left(\frac{y}{y_{50}} \right)^{1/3} \quad (3.20)$$

Denklemde yer alan y_{50} yarı nihai zemin tepkisi sapma değerini ifade etmektedir. Bu değer Tablo 3.14 kullanılarak belirlenen ϵ_{50} değeri kullanılarak Denklem 3.21 ile hesaplanır.

Tablo 3.14 Yumuşak killer için önerilen ϵ_{50} değeri

Kil Kıvamı	Ortalama C_u (kPa)	ϵ_{50}
Yumuşak	<48	0,02
Orta	48-96	0,01
Katı	96-192	0,005

$$y_{50} = 2,5\epsilon_{50}B \quad (3.21)$$

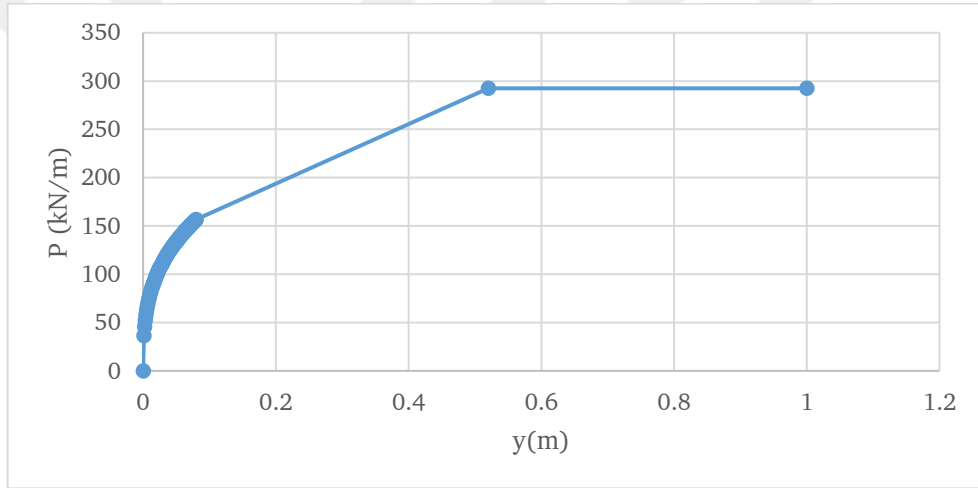
Tasarımı yapılan betonarme düşey kazıklı iskelenin bulunduğu zemin yapısının ilk 10m'lik bölümü yumuşak killi zemin olarak sınıflandırılmıştı. Buna göre Tablo

3.14'te ε_{50} değeri 0,02 olarak belirlendi. Denklem 3.21'de ise y_{50} yarı nihai zemin tepkisi sapma değeri düşük sünek ve yüksek sünek iskele yapıları için şu şekilde hesaplanmıştır:

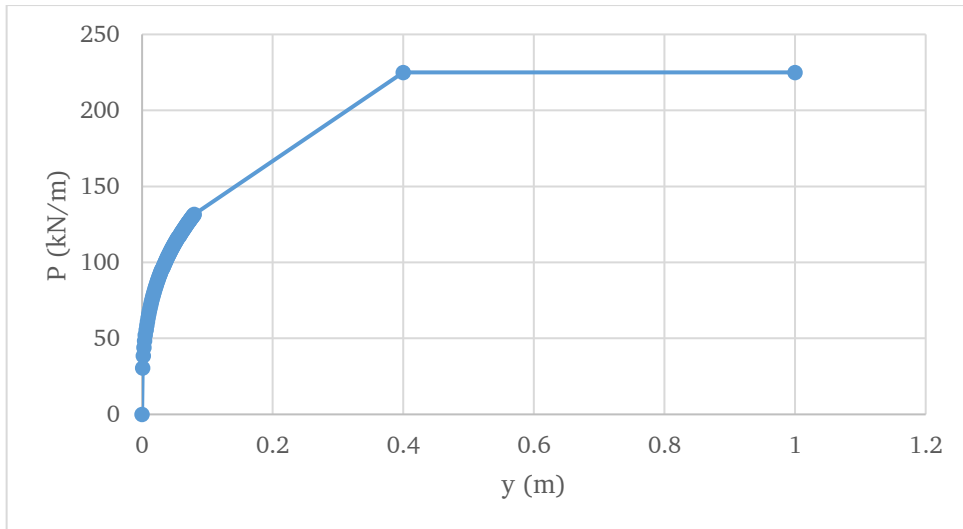
$$y_{50} = 2,5 \times 0,02 \times 1,3 = 0,065\text{m} \quad (3.22)$$

$$y_{50} = 2,5 \times 0,02 \times 1,0 = 0,05\text{m} \quad (3.23)$$

y_{50} yarı nihai zemin tepkisi sapma değeri hesaplandıktan sonra Denklem 3.20'de veriler kullanılarak ilk 10m'lik zemin tabakası için düşük sünek ve yüksek sünek iskele yapılarında p-y yay eğrileri her zemin derinliği için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Şekil 3.16 ve Şekil 3.17'de örnek bazı zemin kotları seviyelerinde düşük sünek ve yüksek sünek iskele yapıları için yay eğrileri verilmiştir.



Şekil 3.16 Yüksek sünek iskele z=6m P-Y eğrisi



Şekil 3.17 Düşük sünek iskele z=6m P-Y eğrisi

Zeminin bundan sonraki bölümünü oluşturan orta katı ve sert killi zeminlerde Reese ve ark (1975)'in geliştirdiği YSS altındaki sert killer için P-Y eğrileri yaklaşımı, ilk olarak drenajsız kesme dayanımı (c_a), etkili birim hacim ağırlığı (γ') ve kazık çapı (B) tespit edilir. P-Y eğrisi oluşturulacak derinliğin (z) üzerindeki zeminin ortalama drenajsız kesme dayanımı (c_a) hesaplandıktan sonra, nihai zemin tepkisi (p_c) Denklem 3.24 ve Denklem 3.25 kullanılarak hesaplanır, bulunan değerlerden küçük olan kullanılır.

$$p_{ct} = 2c_a B + \gamma' B z + 2,83c_a z \quad (3.24)$$

$$p_{cd} = 11c_u B \quad (3.25)$$

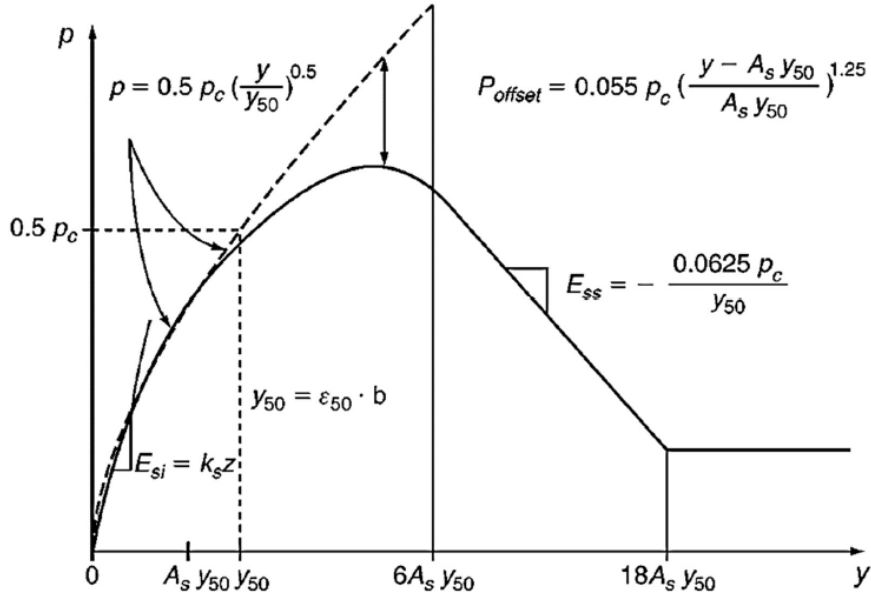
Nihai zemin tepkisi Denklem 3.24'ten de anlaşılacağı üzere hesabında yapıldığı zemin kotuna göre değişmektedir. Bu yüzden her bir derinlik için ayrı bir nihai zemin tepkisi belirlenir. Tablo 3.15 ve Tablo 3.16'da örnek olması açısından $z=11\text{m}$ ve $z=21\text{m}$ kotları için nihai zemin tepkisi ve parametreleri verilmiştir.

Tablo 3.15 $z=11\text{m}$ için nihai zemin tepkileri

	Düşük sünek iskele	Yüksek Sünek iskele
C_a [kPa]	100	100
B [m]	1	1.3
γ' [kN/m ³]	20	20
z [m]	11	11
C_u [kPa]	100	100
P_c [kN/m]	1100	1430

Tablo 3.16 $z=21\text{m}$ için nihai zemin tepkileri

	Düşük sünek iskele	Yüksek sünek iskele
c_a [kPa]	400	400
B [m]	1	1.3
γ' [kN/m ³]	20	20
z [m]	21	21
c_u [kPa]	400	400
P_c [kN/m]	4400	5720



Şekil 3.18 YSS altındaki sert killer için P-Y eğrisi

Şekil 3.18’de Reese ve ark (1975)’in geliştirdiği tipik bir YSS altındaki sert killi zemin için P-Y eğrisi görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi eğri bir doğrusal bölüm ile başlamaktadır. Bu doğrusal bölüm Denklem 3.26 ile belirlenmektedir.

$$p = (k_s z)y \quad (3.26)$$

Zemin katsayısı k_s değeri statik yükleme durumu için Tablo 3.17’de ortalama drenajsız kesme dayanımı C_a (kPa) değerine bağlı olarak verilmektedir.

Tablo 3.17 Sert killer için önerilen k_s ve k_c değerleri

Ortalama Drenajsız Kesme Dayanımı C_a (kPa)	k_s (MN/m ³) statik	k_c (MN/m ³) tekrarlı
50-100	135	55
100-200	270	110
200-300	540	540

Şekil 3.18’de doğrusal bölümden sonra devam eden parabolik bölüm Denklem 3.27 ile hesaplanmaktadır.

$$p = 0,5p_c \left(\frac{y}{y_{50}} \right)^{0.5} \quad (3.27)$$

Denklemden P_c değeri nihai zemin tepkisini ifade etmektedir ve Denklem 3.24 ve 3.25'teki gibi hesaplanır ve daha küçük olan değer kullanılır. y_{50} yarı nihai zemin tepkisi yer değiştirme değeri ise Denklem 3.28 ile hesaplanmaktadır.

$$y_{50} = \varepsilon_{50} B \quad (3.28)$$

Bu denklemde ε_{50} değeri Tablo 3.18'de Reese ve ark (1975) tarafından önerilmiştir.

Tablo 3.18 Sert killi için önerilen ε_{50} değerleri Reese ve Ark (1975)

Ortalama Drenajsız Kesme Dayanımı c_a (kPa)	ε_{50}
50-100	0,007
100-200	0,005
200-300	0,004

$z=11\text{m}$ ile $z=20\text{m}$ arasında kalan orta katı killi zemin tabakası için C_a ortalama drenajsız kesme dayanımı $C_a=100\text{kPa}$ olarak belirlenmiştir. $z=21\text{m}$ ile $z=30\text{m}$ arasında kalan sert killi zemin tabakası için ise $C_a=400\text{kPa}$ olarak belirlenmiştir. Buna göre ε_{50} değeri orta sert killi zemin tabakası için $\varepsilon_{50}=0,005$ olarak; sert killi zemin için ise $\varepsilon_{50}=0,004$ olarak belirlenmiştir. y_{50} yarı nihai zemin tepkisi yer değiştirme değeri ise düşük sünek ve yüksek sünek iskele yapıları için orta sert ve sert killi zemin tabakaları için Tablo 3.19'da verilmiştir.

Şekil 3.18'de verilen tipik eğrinin doğrusal bölümünden sonra iki tip parabolik bölüm yer almaktadır. İlk parabolik eğri için Denklem 3.27'nin kullanıldığı belirtilmiştir. İkinci parabolik eğrinin denklemi için Denklem 3.29 kullanılır. Bu iki eğriyi ise yatay ekseninde Denklem 3.30'da verilen yanal yer değiştirme değeri ayırmaktadır. İkinci parabolik eğri Denklem 3.31'de verilen yanal yer değiştirme sınırına kadar devam etmektedir.

Tablo 3.19 Orta sert ve sert killi zemin tabakaları için y_{50} değerleri

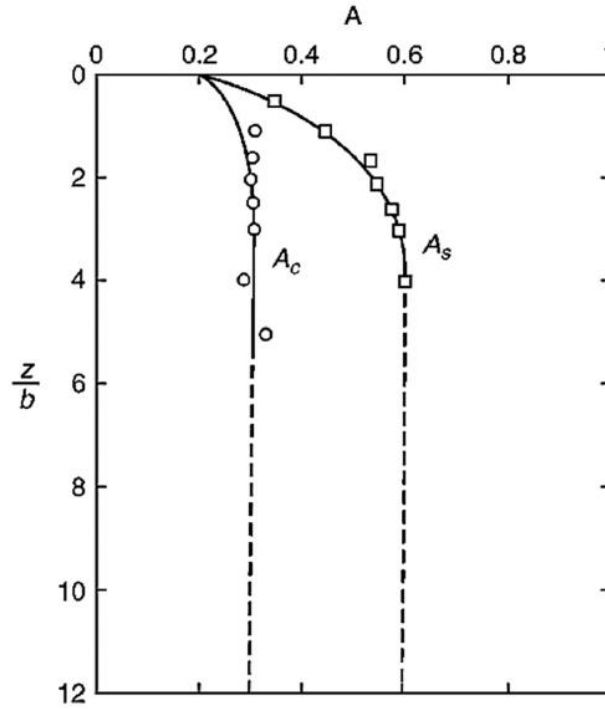
	Düşük sünek iskele		Yüksek sünek iskele	
	Orta sert	Sert	Orta sert	Sert
ε_{50}	0,005	0,004	0,005	0,004
B [m]	1	1	1,3	1,3
y_{50} [m]	0,005	0,004	0,0065	0,0052

$$p = 0,5p_c \left(\frac{y}{y_{50}} \right)^{0,5} - 0,055p_c \left(\frac{y - A_s y_{50}}{A_s y_{50}} \right)^{1,25} \quad (3.29)$$

$$y = A_s y_{50} \quad (3.30)$$

$$y = 6A_s y_{50} \quad (3.31)$$

Denklem 3.30 ve Denklem 3.31’de yer alan A_s değerleri için Reese ve ark (1975) Şekil 3.19’deki gibi bir ilişki tanımlamıştır.



Şekil 3.19 Sert killer için A_s değerleri

P-Y eğrisinde Denklem 3.29’da verilen ikinci parabolik eğriden sonra doğrusal bir bölüm ile devam etmektedir. Bu doğrusal bölüm Denklem 3.31’de verilen yanal yer değiştirme değeri ile Denklem 3.32’de verilen y değeri arasında bulunur ve p değerinin elde edildiği doğrusal eğri Denklem 3.33’teki gibidir.

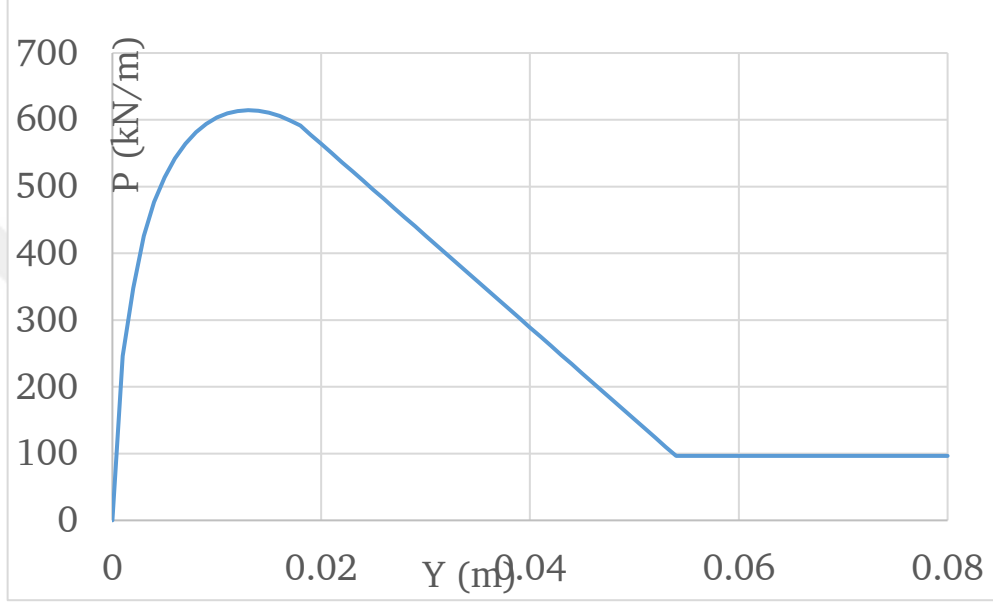
$$y = 18A_s y_{50} \quad (3.32)$$

$$p = 0,5p_c (6A_s)^{0,5} - 0,411p_c - \frac{0,0625p_c (y - 6A_s y_{50})}{y_{50}} \quad (3.33)$$

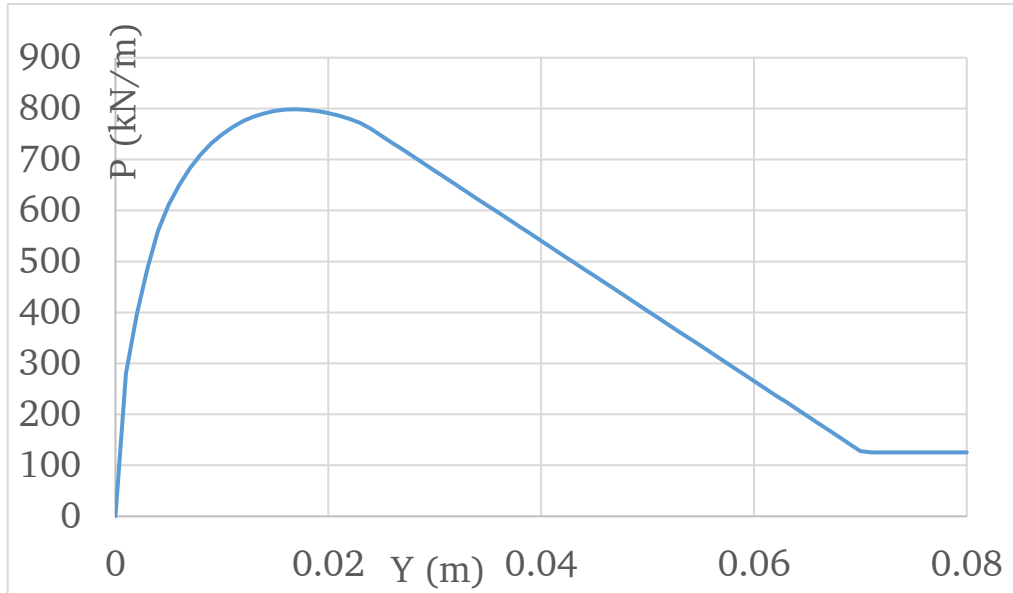
Eğrinin son kısmı Denklem 3.32’deki y değerinden sonra sabit bir doğru şeklinde ilerler, bu sabit doğru Denklem 3.34’te verilmektedir.

$$p = 0,5p_c(6A_s)^{0,5} - 0,411p_c - 0,75p_cA_s \quad (3.34)$$

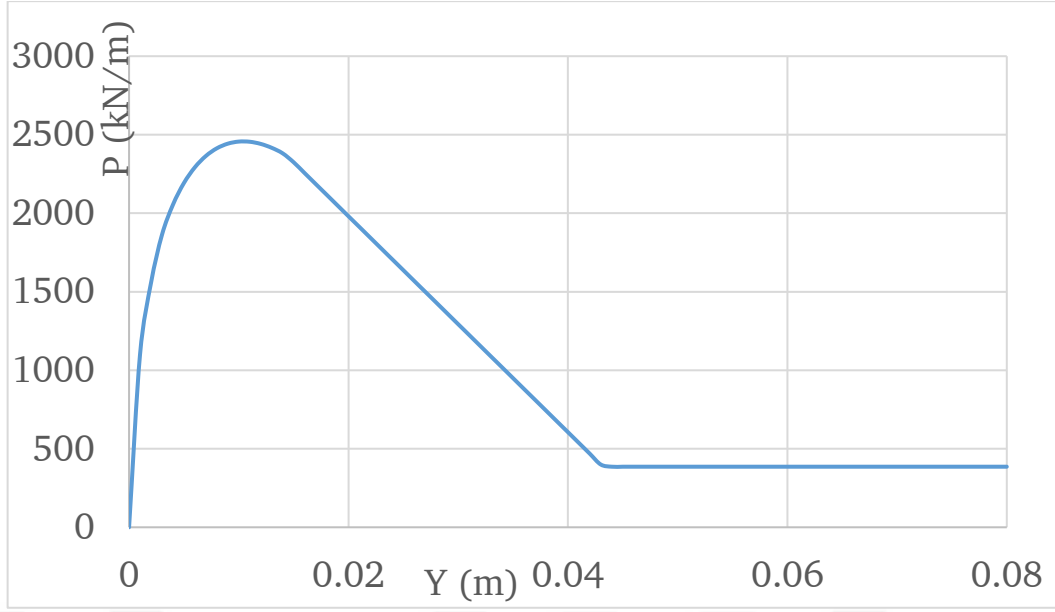
Bu verilen denklemler kullanılarak her iki iskele yanaşma yapısı için orta sert ve sert zeminler için kazıkların daha sonra SAP2000 analiz modelinde oluşturulan düğüm noktalarına karşı gelen zemin kotlarında P-Y eğrileri elde edilmiştir. Şekil 3.20, Şekil 3.21, Şekil 3.22 ve Şekil 3.23'te örnek zemin kotları için iki farklı iskelede elde edilen P-Y eğrileri verilmiştir.



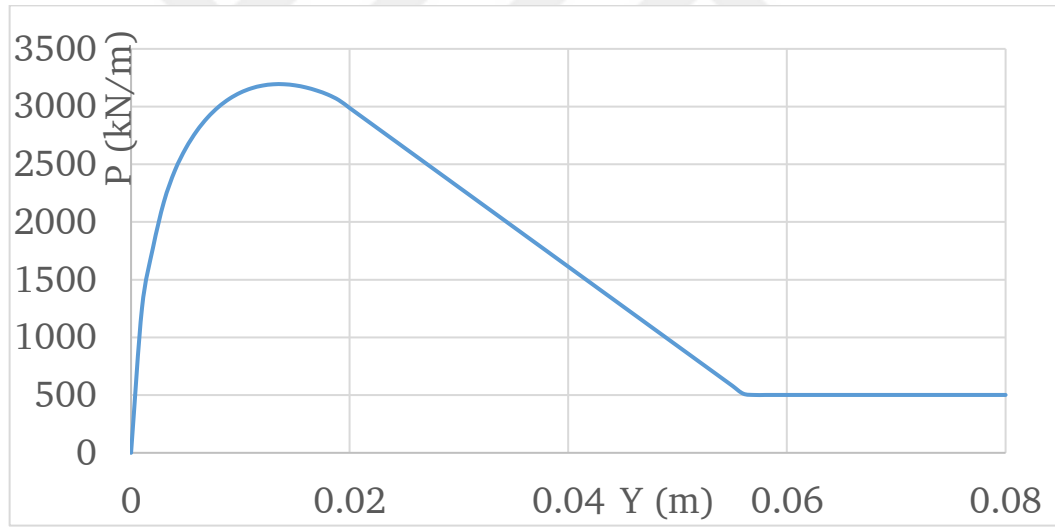
Şekil 3.20 Düşük sünek iskele z=11m P-Y eğrisi



Şekil 3.21 Yüksek sünek iskele z=11m P-Y eğrisi



Şekil 3.22 Düşük sünek iskele z=21m P-Y eğrisi



Şekil 3.23 Yüksek sünek iskele z=21m P-Y eğrisi

- P-Y Eğrilerinin SAP2000 Analiz Programında Tanımlanması ve Modellenmesi

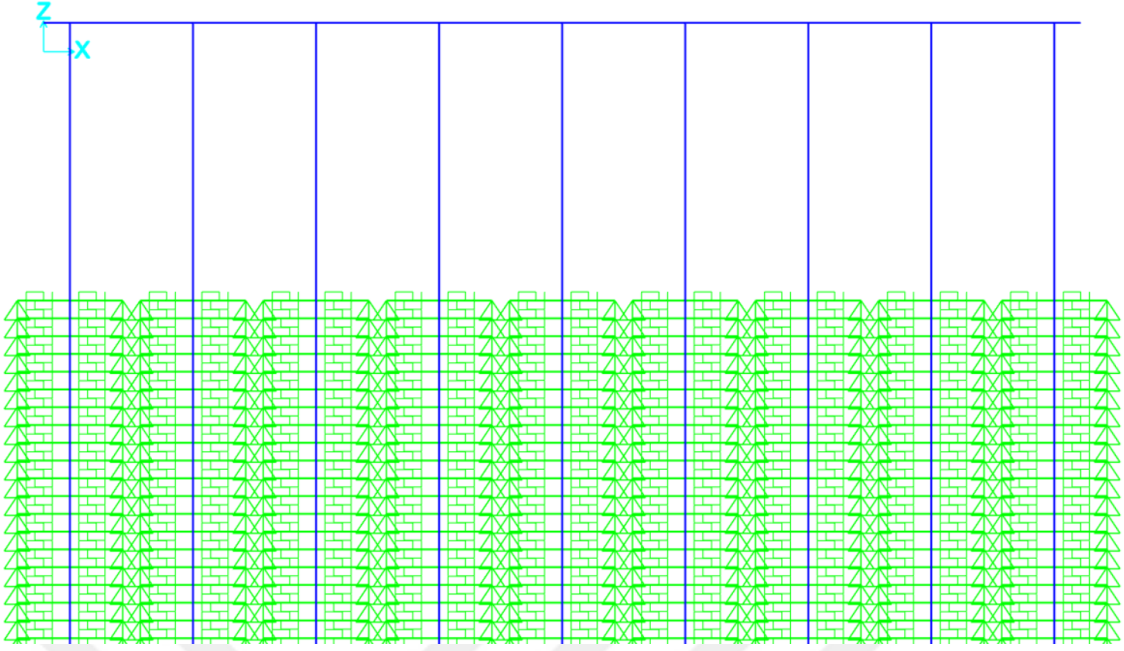
Yukarıda her iki iskele için farklı zemin tiplerinde her zemin kotunda belirlenen P-Y yay eğrileri SAP2000 analiz programında link eleman tanımlanarak iskele modellerine etkilmiştir. Şekil 3.24 ve Şekil 3.25'te yüksek sünek iskele yapısı için P-Y yay eğrisinin SAP2000 programında tanımlanması gösterilmiştir. Şekil 3.26'da ise iskele modelinde örnek bir aks düzleminde tanımlanmış yaylar görünmektedir.

Yay eğrileri SAP2000 programında sadece basınç yükü alan yaylar olarak tanımlanmışlardır.

Şekil 3.24 P-Y eğrisinin SAP2000'de tanımlanması

	Displ	Force
1	-5.	-125.
2	-0.071	-125.
3	-0.024	-760.
4	-0.017	-799.

Şekil 3.25 P-Y eğrisinin SAP2000'de tanımlanması



Şekil 3.26 P-Y eğrilerinin SAP2000'de atanması

- Grup Etkisinin Tanımlanması

Kazıklarda yatay deprem etkisi altında grup etkisinin yaklaşık olarak göz önüne alınması gereklidir. Denklem 3.35'te verilen ampirik bağıntı ile hesaplanan azaltma katsayıları β_G , p-y yayları için tanımlanan kuvvet-yerdeğiştirme eğrilerinin kuvvet (p) eksenine uygulanacaktır.

$$\beta_G = 0,2[(1 - \beta_{G1})s - (1 - 6\beta_{G1})] \quad (3.35)$$

Denklemde yer alan ifadeler aşağıdaki gibi açıklanmıştır:

s: göz önüne alınan doğrultudaki kazık sıraları ara uzaklığının kazık çapına oranı

β_{G1} : Her bir kazık sırası için farklı olarak uygulanan katsayı

Yanal basınca maruz en öndeki kazık sırası için $\beta_{G1}=0,7$; ikinci kazık sırası için $\beta_{G1}=0,45$; üçüncü kazık sırası için $\beta_{G1}=0,3$; dördüncü ve daha gerideki kazık sıraları için $\beta_{G1}=0,2$ olarak alınacaktır.

Denklem 3.35'teki grup etkisi katsayısı x ve y yönleri için ayrı ayrı hesaplanır ve bu yönlerdeki P-Y yaylarının P eksenine uygulanır. Tablo 3.20 ve Tablo 3.21'de düşük sünek ve yüksek sünek iskele yapısındaki kazıklara tanımlanan P-Y yaylarında x ve y yönlü olarak belirlenen katsayılar verilmiştir. $S>6$ olduğu durumlarda grup etkisi $\beta_G=1$ alınarak göz önüne alınmaz.

Tablo 3.20 Yüksek sünek iskele grup etkisi

	X yönü			Y yönü		
	s	β_{G1}	β_G	s	β_{G1}	β_G
1. Sıra	5.38	0.7	0.9628	5.15	0.7	0.949
2. Sıra	5.38	0.45	0.9318	5.15	0.45	0.9064
3. Sıra	5.38	0.3	0.9138	5.15	0.3	0.881
4. Sıra	5.38	0.2	0.9	5.15	0.2	0.864

Tablo 3.21 Düşük sünek iskele grup etkisi

	X yönü			Y yönü		
	s	β_{G1}	β_G	s	β_{G1}	β_G
1. Sıra	7	0.7	1	6.7	0.7	1
2. Sıra	7	0.45	1	6.7	0.45	1
3. Sıra	7	0.3	1	6.7	0.3	1
4. Sıra	7	0.2	1	6.7	0.2	1

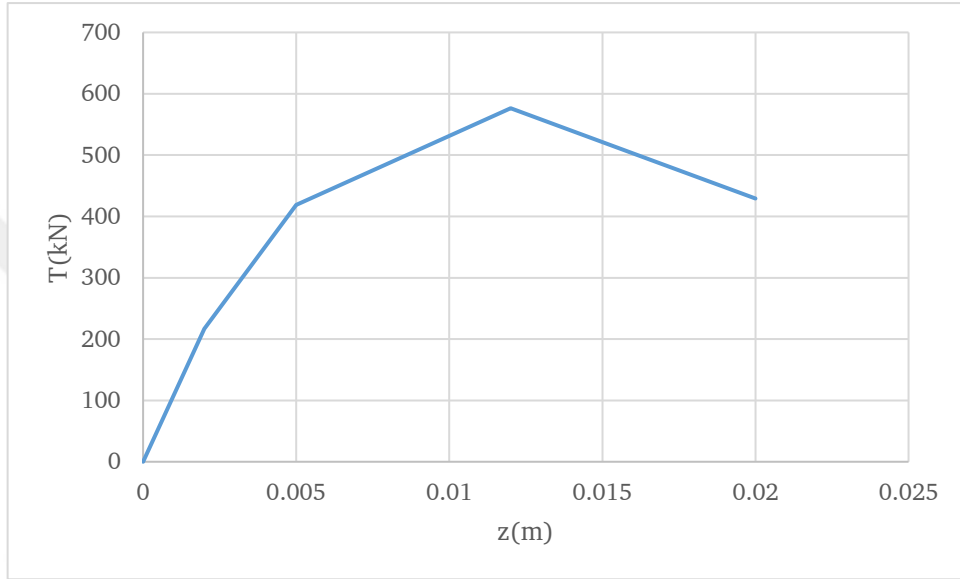
3.2.3.2 T-Z yaylarının belirlenmesi

T-Z yay modeli kazıkların aksenal rijitliğini ifade eden modellerdir. Kazık boyunca zemin sürtünmesinden dolayı kazığın aksenal rijitliğine karşı gelmektedir. Burada t ile ifade eden kazığın birim boydaki aksenal kuvvetini z ile ifade edilen parametre ise düşey yer değiştirme değerine karşılık gelmektedir. TKLYDY (2021) bölüm 8’de T-Z yaylarını belirlemek için API 2000 kılavuzu önerilmiştir. Bu kılavuzda ampirik ifadelerle bu parametreler arasındaki ilişki tanımlanmıştır. Tablo 3.22’de API2000 kılavuzunda killi zeminler için z/D ile t/t_{max} arasındaki ilişki tanımlanmıştır.

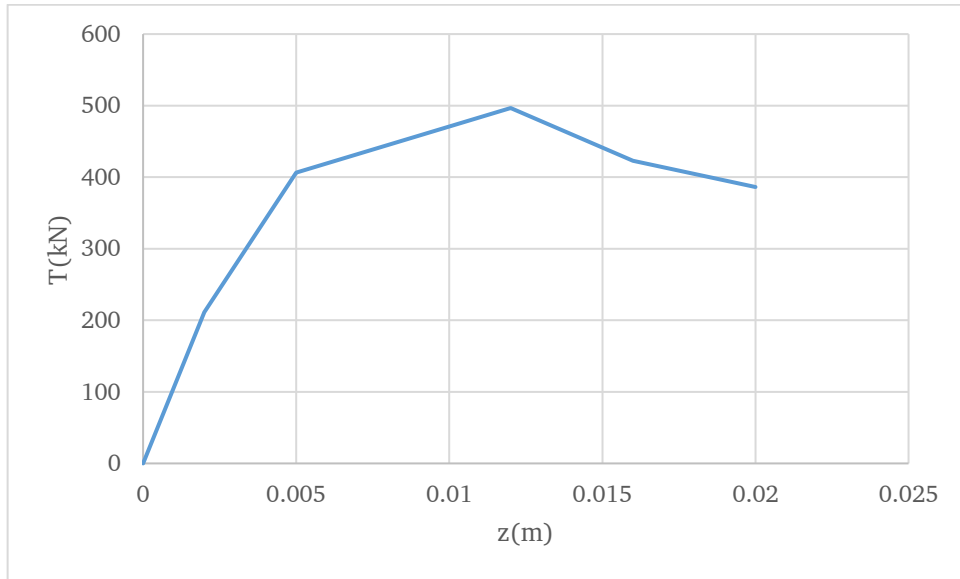
Tablo 3.22 API2000 T-Z ilişkisi

z/D	t/t_{max}
0,0016	0,30
0,0031	0,50
0,0057	0,75
0,0080	0,90
0,0100	1,00
0,0200	0,7-0,9
>0,0200	0,7-0,9

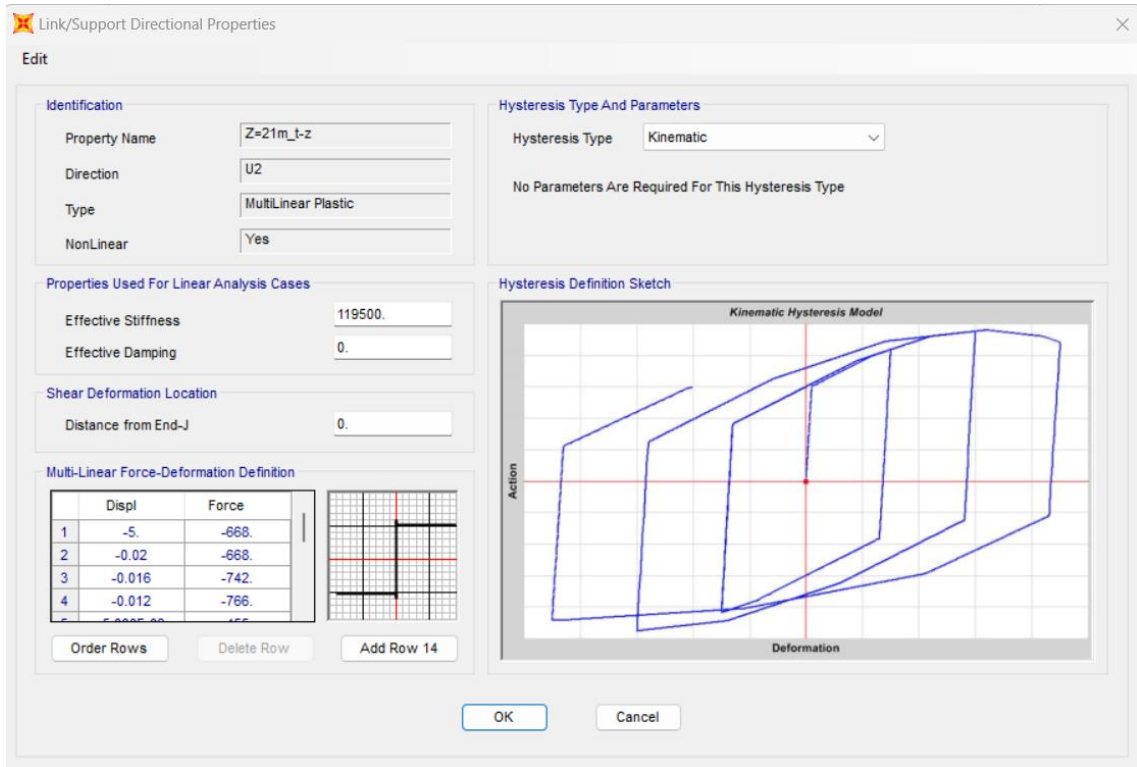
Tablo 3.22’te yer alan z değeri mm cinsinde kazık düşey yerdeğiştirmesini, D değeri mm cinsinden kazık çapını ve $t_{\max}$ ise maksimum eksenel kuvveti ifade etmektedir. T-Z eğrileri her zemin tabakasında kazık düğüm noktalarına karşılık gelen kotlar için ayrı ayrı doğrusal olmayan bir şekilde belirlenmiştir. Şekil 3.27 ve Şekil 3.28’de her iki iskele için $z=21\text{m}$ kotu için eğriler verilmiştir. Şekil 3.29’da ise bu yay eğrilerinin SAP2000 analiz programında link eleman olarak tanımlanması gösterilmiştir.



Şekil 3.27 Düşük sünek iskele $z=21\text{m}$ kotu T-Z eğrisi



Şekil 3.28 Yüksek sünek iskele $z=21\text{m}$ T-Z eğrisi



Şekil 3.29 T-Z eğrisinin SAP2000'de tanımlanması

3.2.3.3 Q-Z yaylarının belirlenmesi

Kazığın rijitliği, zeminin kazığın uç noktasındaki bileşenleri ile kazık rijitliğinin bir fonksiyonudur. Kazığın rijitliğini tanımlamak için analitik bir model belirlenir, bu model yani Q-Z eğrileri kazığın uç noktasında zemin tarafından sağlanan destek modelidir. Çeşitli ampirik ve teorik metotlar Q-Z eğrilerini geliştirmek için kullanılabilir. En yaygın metotlardan biri API 2000 kılavuzun da tanımlanmıştır.

API2000 kılavuzunda kohezyonlu zeminler için Q-Z eğrilerinin belirlenmesi için tıpkı t-z eğrilerinde olduğu gibi ampirik bağlantılar önerilmiştir. Tablo 3.23'te bu bağlantılar z/D ve Q/Q_p arasında olacak şekilde verilmiştir. Burada Q_p toplam uç taşıma kapasitesini göstermektedir ve Denklem 3.36'da olduğu gibi hesaplanmaktadır.

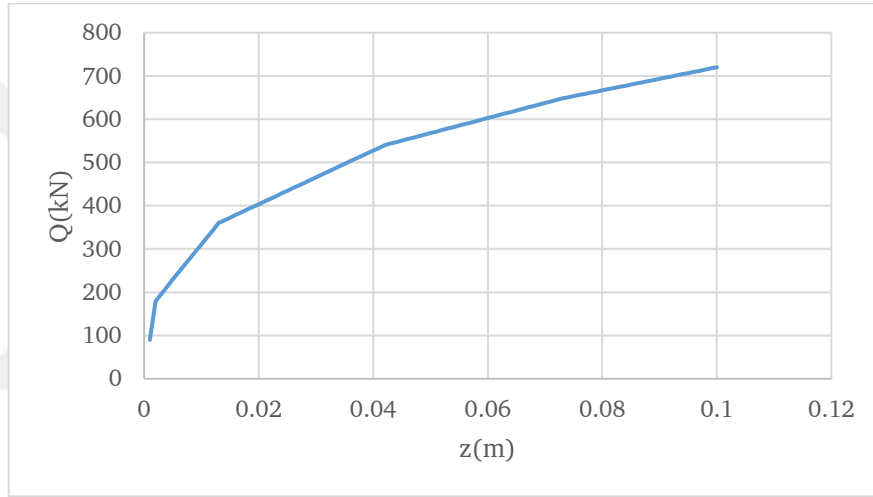
$$Q_p = 9c_u A_p \quad (3.36)$$

Denklem 3.36'da yer alan C_u istenen noktadaki zeminin drenajsız kayma dayanımını, A_p kazık kesit alanını temsil etmektedir.

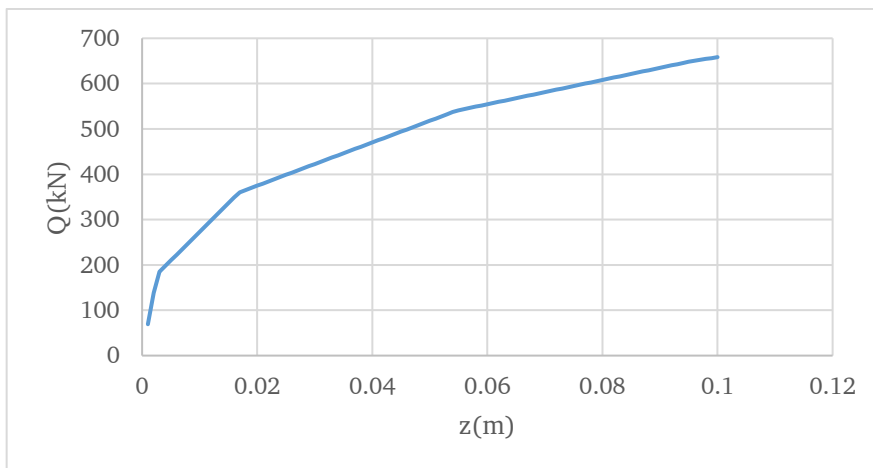
Tablo 3.23 API2000 Q-Z ilişkisi

z/D	Q/Q_p
0,002	0,25
0,013	0,5
0,042	0,75
0,073	0,9
0,1	1
$>0,1$	1

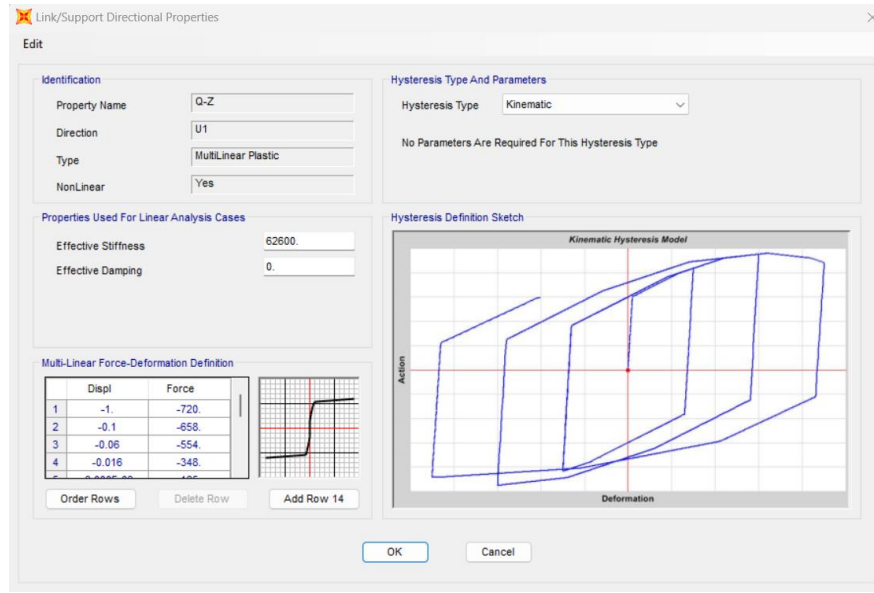
Şekil 3.30 ve Şekil 3.31’de yüksek sünek ve düşük sünek iskele yapıları için Q-Z eğrileri verilmiştir. Şekil 3.32’de ise Q-Z yay eğrisi ilişkisinin link eleman kullanılarak SAP2000 programında tanımlanması gösterilmiştir.



Şekil 3.30 Düşük sünek iskele yapısı Q-Z eğrisi



Şekil 3.31 Yüksek sünek iskele yapısı Q-Z eğrisi



Şekil 3.32 Q-Z eğrisinin SAP2000 modelinde tanımlanması

3.2.4 Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi

TKLYDY Kıyı ve liman yapıları taşıyıcı sistemlerinin ZTADOH için kullanılacak deprem kayıtlarının seçiminde, tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu deprem büyüklükleri, fay uzaklıkları, kaynak mekanizmaları ve yerel zemin koşulları dikkate alınarak yapılmasını önermektedir. Yönetmelik üç boyutlu hesap için seçilecek deprem kaydı sayısının en az 7 olması önerilmiştir. Fakat bu çalışmada TBDY 2018’de de önerilen 11 adet deprem kaydı çifti kullanılmıştır. Gerekli parametreler dikkate alınarak ZTADOH ve serbest zemin davranış analizinde kullanılacak deprem kayıtları “PEER Ground Motion Database” web sitesinden indirilmiştir. Deprem kayıtları Tablo 3.24’te verilmiştir. Deprem kayıtları, TKLYDY’denin tasarım depremi için öngördüğü şiddeti sağlamaları adına tasarım spektrumuna ölçeklenmiştir. Deprem kayıtları Spektral Uyuşum Sağlanacak Şekilde, SeismoMatch programı kullanılarak ölçeklenmiştir.

Tablo 3.24 Deprem kayıtları

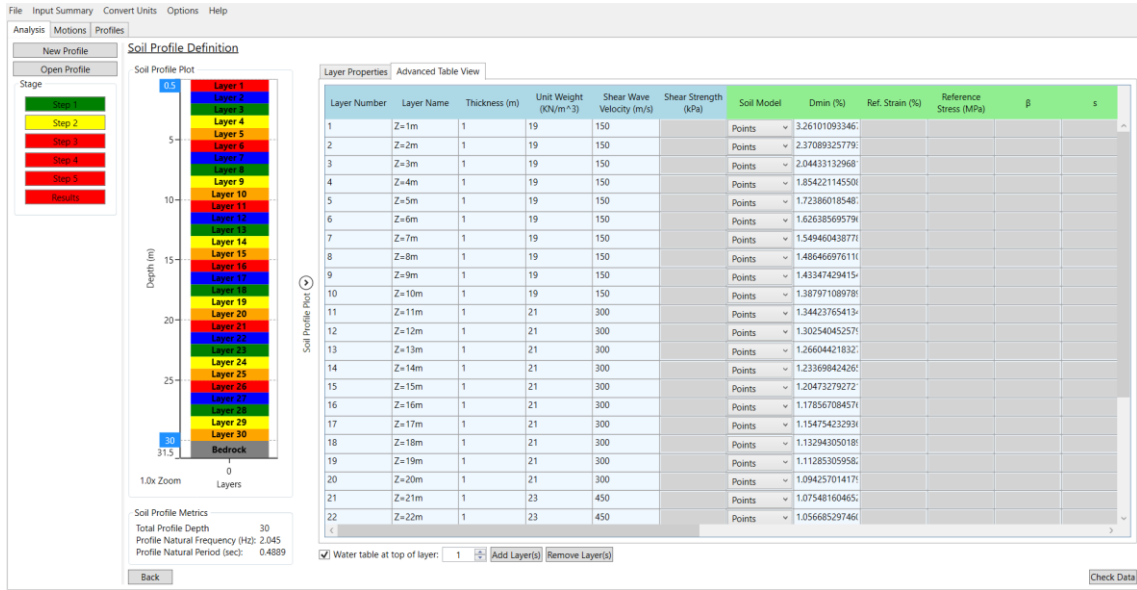
Deprem ID	Deprem Adı	Yıl	Magn.	Fay Tipi	V_{s30} (m/sn)
452	Morgan Hill	1984	6.19	Strike Slip	116.35
1147	Kocaeli	1999	7.51	Strike Slip	175
2718	Chi Chi	1999	6.2	Strike Slip	172.1
2736	Chi Chi	1999	6.2	Strike Slip	169.84
2737	Chi Chi	1999	6.2	Strike Slip	160.67
3898	Tottori	2000	6.61	Strike Slip	189.16
3937	Tottori	2000	6.61	Strike Slip	182.3
3962	Tottori	2000	6.61	Strike Slip	169.16
5988	El Mayor	2010	7.2	Strike Slip	196
5989	El Mayor	2010	7.2	Strike Slip	162.94
8492	El Mayor	2010	7.2	Strike Slip	191.14

3.2.5 Serbest Zemin Davranış Hesabı

Deprem etkisi altında zamana bağlı serbest zemin yerdeğiştirmeleri, kazıkların varlığından bağımsız olarak, taban kayasında tanımlanan deprem yer hareketi etkisi altında yapılacak bir, iki veya üç boyutlu doğrusal olmayan serbest zemin davranış hesabı ile belirlenecektir. Zamana bağlı serbest zemin yerdeğiştirmeleri, zemin profili boyunca daha sonra göz önüne alınacak olan kazıkların düğüm noktalarının seviyelerinde toplam yerdeğiştirmeler olarak hesaplanacaktır. Herhangi bir düğüm noktasındaki toplam yerdeğiştirme, taban kayasının yerdeğiştirmesi ile zeminde meydana gelen rölatif yerdeğiştirmenin toplamıdır.

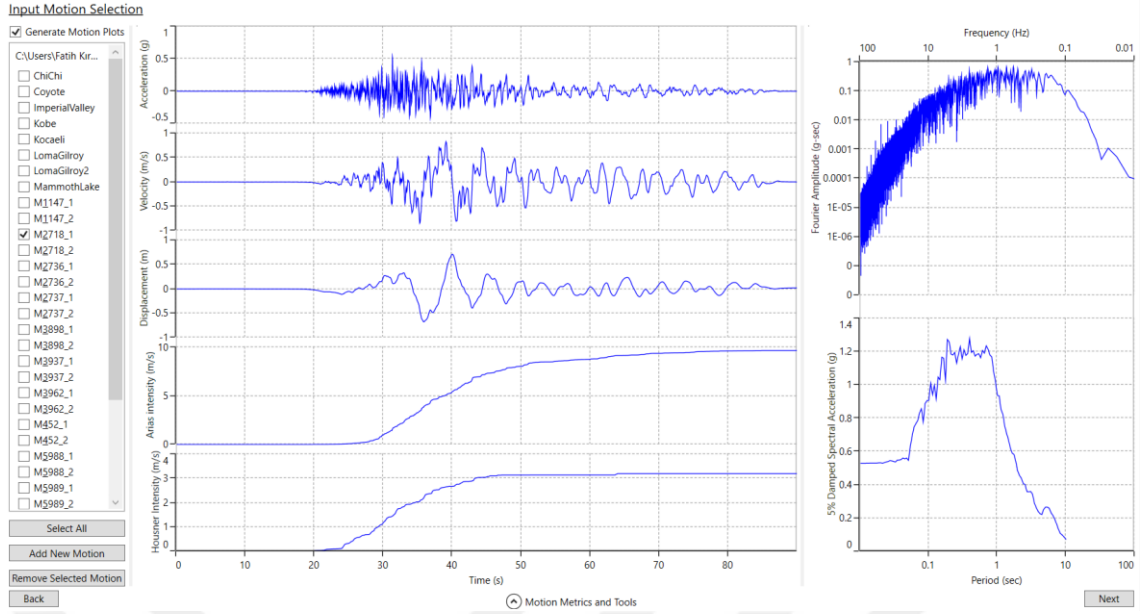
Serbest zemin davranış hesabı için “DEEP SOIL” bilgisayar programı kullanılmıştır. DEEP SOIL, tanımlanan zemin profili altında etkitilen deprem yer hareketleri altında zemin profili yer değiştirmesi, ivme profili, hız profili ve serbest zemin spektrumu gibi verileri elde etmemize yarayan bir bilgisayar yazılımıdır.

DEEP SOIL programında deprem verileri olarak Tablo 3.24'te verilen deprem kayıtlarının ölçeklenmiş kayıtları kullanılmıştır. Şekil 3.33'te programda tanımlanan zemin profili verilmiştir. Zemin profilinde, zemin tabakaları SAP2000 analiz programında tanımlanan kazıkların her bir düğüm noktasına karşılık gelecek şekilde 1m uzunluklarda tabakalardan oluşturulmuştur. Bu şekilde zemin yer değiştirme değerleri, daha sonra kazık düğüm noktalarına etkitilecek şekilde, kazık düğüm noktalarına karşılık gelen zemin kotlarında elde edilmiştir.

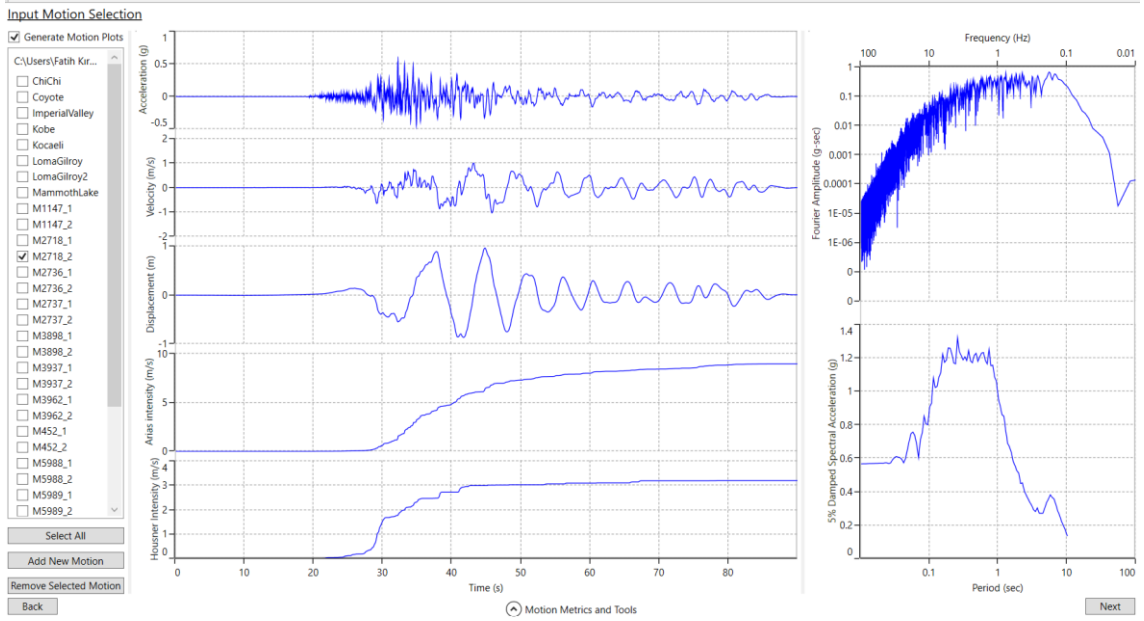


Şekil 3.33 DEEP SOIL Zemin profili

Tablo 3.24'te verilen deprem kayıtlarının her iki doğrultuda ölçeklendirilmiş versiyonları DEEP SOIL programında tanımlanmıştır. Şekil 3.34 ve Şekil 3.35'te 2718 ID numaralı Chi Chi deprem kaydının programa tanımlanan her iki doğrultudaki çıktısı gösterilmiştir. Şekillerden görüleceği gibi her depremin ivme-zaman, hız-zaman, yer değiştirme-zaman gibi deprem verileri elde edilebilmektedir.

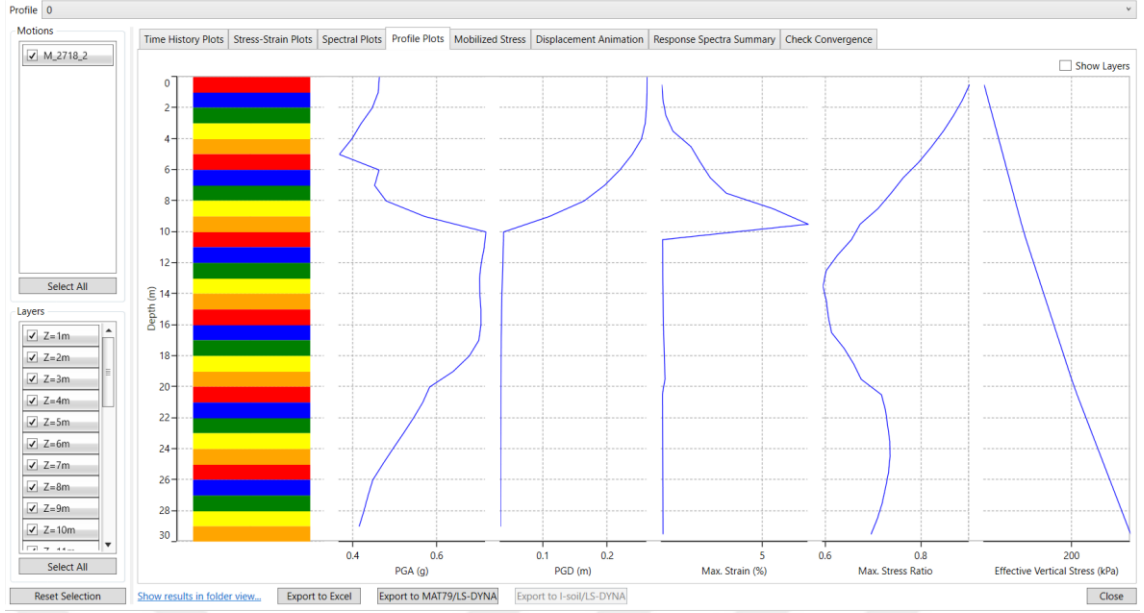


Şekil 3.34 2718_1 deprem kaydı

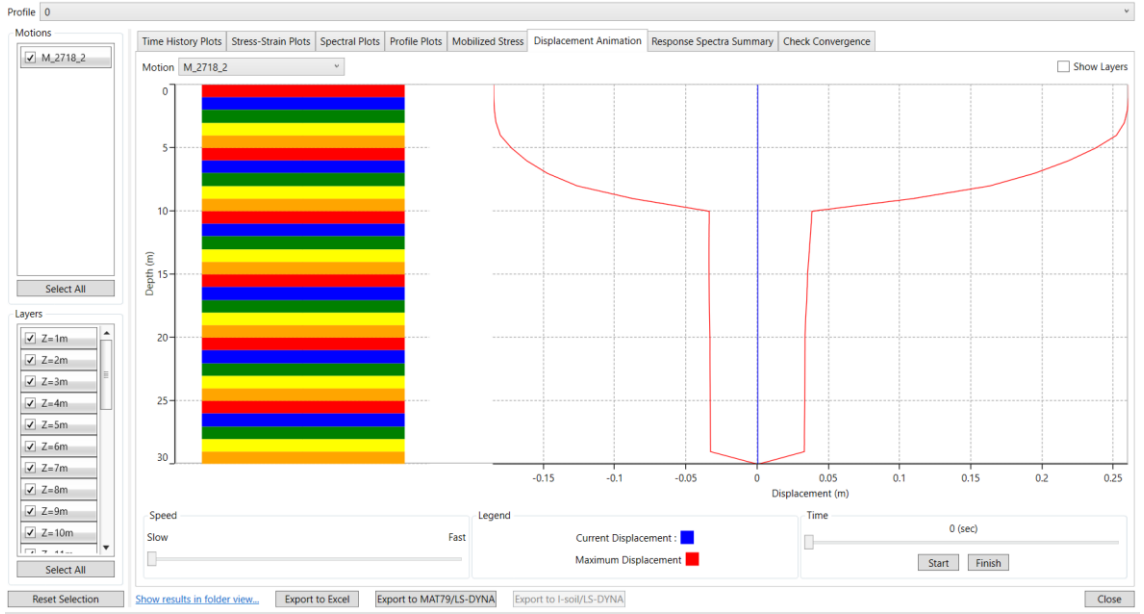


Şekil 3.35 2718_2

Zemin profili ve deprem kayıtları tanımlandıktan sonra program aracılığıyla veriler altında serbest zemin davranış analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda her bir deprem kaydı verisi için zemin profilinde yer alan zemin tabakalarında, PGA(g), PGD(m), max. Strain(%), Max. Stress ratio, effective vertical stress ve zemin yer değiştirme profili elde edilmiştir. Şekil 3.36 ve Şekil 3.37’de analiz sonuçları örnek olarak 2718 ID deprem kaydı için verilmektedir.



Şekil 3.36 Serbest zemin davranış analizi sonuçları



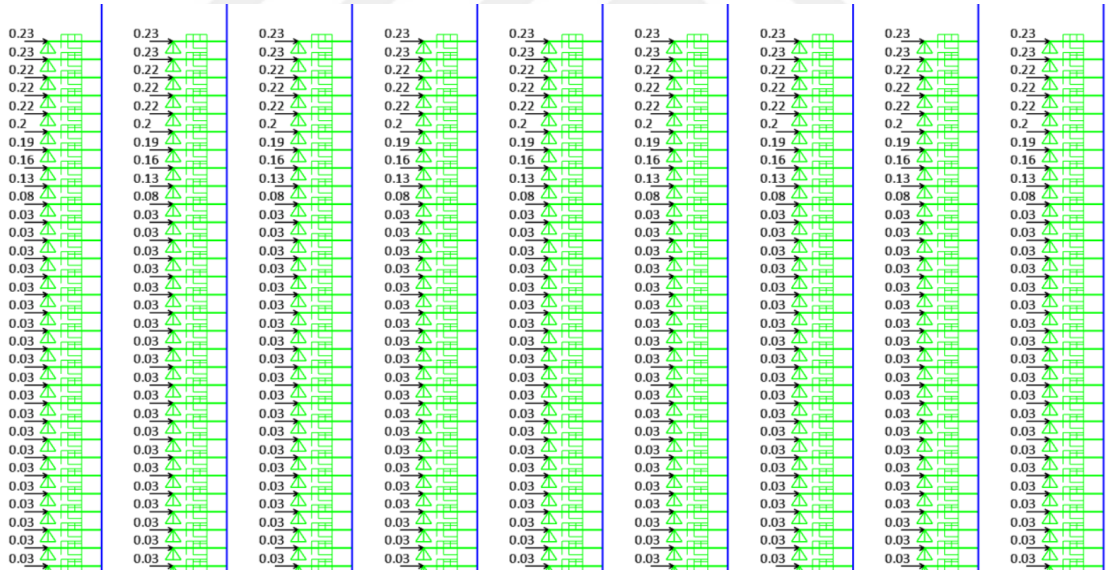
Şekil 3.37 Zemin yerdeğiştirme profili

Şekil 3.37’de verilen sonuçlar tüm deprem kayıtları için elde edilerek kazık düğüm noktalarına karşılık gelen zemin yerdeğiştirmeleri elde edilmiştir. Veriler kazık kesitinden ve iskele modelinden bağımsız olduğu için analizi yapılacak her iki yapıda da kullanılmıştır.

3.2.6 Kinematik Etkileşim Hesabı

Bu aşamada TKLYDY (2021)'nin uygun gördüğü şekilde kinematik etkileşim hesabı yapılmıştır. Kinematik etkileşiminin amacı, kaynaktan gelen deprem dalgalarının zemin ortamında yayılımı sonucu kazıklarda oluşan iç kuvvet ve şekil değiştirmelerinin hesaplanmasıdır. Bu aşamada yapılan modellemelerde kazıkların zemin dışında kalan bölümleri ve üstyapı elemanları kütlesiz olarak modellenerek üstyapının eylemsizliği dikkate alınmamıştır.

Şekil 3.38'de gösterildiği gibi her bir deprem kaydından elde edilen zemin tabakaları yer değiştirmelerinin ortalama değerleri SAP2000 programında kazıkların düğüm noktalarında tanımlanan p-y doğrusal olmayan yaylarının sadece basınç alan aktif yaylara yerdeğiştirme yüklemesi olarak yüklenmiştir. Bu işlemde etkitilen zemin yerdeğiştirme değerleri tüm deprem kayıtları kullanılarak yapılan serbest zemin davranış hesabından elde edilen zemin yerdeğiştirme değerlerinin ortalamasıdır.



Şekil 3.38 Yerdeğiştirme yüklemelerinin yapılması

Tanımlanan yükler ile SAP2000 analiz programında artımsal statik itme hesabı yapılmıştır. Artımsal statik itme analizi doğrusal olmayan düşey yükler altında başlatılmıştır. Bunun için Şekil 3.39'da gösterildiği gibi başlangıç adımı oluşturulmuştur. Hesaplarda hareketli yük katılım katsayısı “0,8” olarak belirlenmiştir.

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: LDEAD Set Def Name Modify/Show...

Initial Conditions: ☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
☐ Continue from State at End of Nonlinear Case Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case: All Modal Loads Applied Use Modes from Case MODAL

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	G	1.
Load Pattern	Q	0.8
Load Pattern	B	0.8

Add Modify Delete

Analysis Type: ☐ Linear ☒ Nonlinear

Geometric Nonlinearity Parameters: ☒ None ☐ P-Delta ☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: MSSSRC1

Other Parameters

Load Application: Full Load Modify/Show...

Results Saved: Final State Only Modify/Show...

Nonlinear Parameters: User Defined Modify/Show...

OK Cancel

Şekil 3.39 Doğrusal olmayan düşey yükleme

Bu adımdan sonra serbest zemin davranış hesabından elde edilen zemin yer değiştirme değerlerinin ortalamasının, yer değiştirme yüklemesi olarak etkitilen değerleri ile itme analizi x ve y yönü için yapılmıştır. SAP2000 analiz programında yapılan itme analizi sonucunda daha önce kazıklara, kazık başlık kirişi birleşim bölgesinde, kazık-zemin birleşim bölgesinde ve kazıkların zemin tabakalarının rijitlik ve dayanım bakımından ani değişim gösterdiği bölgelerinde tanımlanan ve atanan plastik mafsallarında plastik dönme sonuçları elde edilmiştir. Bu plastik dönme değerleri daha sonra yapılacak eylemsizlik etkileşimi hesabında elde edilecek sonuçlar ile yönetmeliğin uygun gördüğü şekilde birleştirilecek ve performans analizinde dikkate alınacak dönme değerleri elde edilecektir.

Beton dayanım sınıfı daha yüksek olan ve kazık kesitlerinin daha sünek tasarlandığı iskelede yapılan kinematik etkileşim hesabı sonucunda belirtilen plastik mafsal bölgelerinde plastik dönme oluşmamıştır. Bu bölgelerde elde edilen tüm dönem değerleri “0” olarak belirlenmiştir. Beton dayanım sınıfı daha düşük ve kazık kesitlerinin daha gevrek tasarlandığı düşük süneklikli iskele yapısında yapılan kinematik etkileşim hesabında ise plastik mafsallarda plastik dönme

değerleri elde edilmiştir ve EK B.2’de bu sonuçlar verilmiştir. Tabloda sadece plastik dönme değerlerinin sıfırdan farklı olduğu plastik mafsallık bölgelerine yer verilmiştir, plastik dönme oluşmayan mafsallık bölgeleri tabloya dahil edilmemiştir.

3.2.7 Eylemsizlik Etkileşim Hesabı

Eylemsizlik etkileşiminin amacı zemin yüzeyindeki deprem yer hareketinin tabliyede meydana getirdiği eylemsizlik kuvvetlerinin (deprem yüklerinin) etkisi ile hem tabliyede hem de geriye dönüşle kazıklarda meydana gelen iç kuvvetlerin ve şekil değiştirmelerinin belirlenmesidir. Eylemsizlik etkileşimi hesabı, rijitlik / iskele taşıyıcı sisteminin deprem hesabında zemin-kazık alt-sisteminin rijitliğinin göz önüne alınmasına karşı gelmektedir. Bu amaçla eylemsizlik etkileşiminde kazıkların zemin içerisinde kalan bölümleri kütsüz olarak modellenmiştir.

Eylemsizlik etkileşimi hesabı göz önüne alınırken TKLYDY’nin tarif ettiği KZE-B yöntemi esasları uygulanmıştır. Bu hesap esaslarında modellenmesi yukarıda açıklandığı şekilde yapılan iskele modeline kinematik etkileşim hesabında olduğu gibi doğrusal olmayan P-Y yayları, T-Z yayları ve uç direnci idealize eden Q-Z doğrusal olmayan yayları modele uygulanmıştır. Deprem verileri olarak Tablo 3.24’te verilen deprem kayıtları ölçeklenerek kullanılmıştır. Hesap yöntemi olarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi kullanılmıştır. “PEER Ground Motion Database” kütüphanesinden elde edilen deprem kayıtlarının ölçeklendirilmiş ve etkin zaman aralığı dikkate alınmış ivme – zaman kayıtları SAP2000 analiz programında zaman kaydı olarak tanımlanmıştır. Her deprem kaydının her iki yön kayıtları bu hesapta dikkate alınmıştır. 11 adet deprem kaydı çifti için 22 adet zaman tanımı yapılmıştır.

Tanımlanan deprem zaman kayıtları altında yapılan zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesaplar sonucunda her bir plastik mafsallık bölgesindeki plastik dönme değerleri ve iskele yapısının tepe noktasındaki yer değiştirme değerleri analiz sonuçlarında elde edilmiştir. Hesaplar düşük sünek iskele yapısı ve yüksek sünek iskele yapısının her ikisi için yapılmıştır.

Bu aşamadan sonra kinematik etkileşim ve eylemsizlik etkileşimi sonuçları TKLYDY’nin uygun gördüğü şekilde birleştirilerek performans seviyesi belirlenmiştir. Performans analizinde eylemsizlik etkileşiminde her bir kayıt için

yapılan analiz sonuçlarında elde edilen plastik dönme değerlerinin ortalaması belirlenerek değerlendirmeye esas olarak bu ortalama plastik dönme değeri kullanılmıştır. EK B.3'te eylemsizlik etkileşimi sonucunda yüksek süneklikli iskele yapısında elde edilen plastik dönme değerlerinin tüm deprem kayıtları altındaki ortalama değerleri verilmiştir. Plastik dönmenin "0" olduğu mafsallık bölgeleri tabloya dahil edilmemiştir. EK B.3'te de görüldüğü gibi yüksek süneklikli iskele yapısında kazıkların zemin içerisinde kalan bölümlerinde eylemsizlik etkileşimi sonucunda herhangi bir plastik dönme oluşmamıştır. Plastik dönmeler sadece kazıkların tabliye ile birleştiği birleşim bölgelerinde oluşmaktadır.

Yüksek süneklikli iskele için verilen analiz sonuçları düşük süneklikli iskele yapısı için de tekrarlanmıştır. EK B.4'te düşük süneklikli iskele yapısının eylemsizlik etkileşimi sonucunda tüm deprem kayıtları altında elde edilen ortalama plastik dönme değerleri verilmiştir.

3.2.8 TKLYDY 2021'e Göre Hasar Sınırlarının Belirlenmesi

Önceki bölümlerde kinematik etkileşimi ve eylemsizlik etkileşimi yapılan yüksek sünek ve düşük sünek iskele yapılarının TKLYDY (2021)'nde verilen yöntemler kullanılarak kinematik etkileşim ve eylemsizlik etkileşimi sonuçları birleştirilmiştir. Ardından aynı yönetmeliğin uygun gördüğü şekilde performans düzeyleri için sınır değerleri ile karşılaştırılarak performans analizi yapılmıştır.

TKLYDY (2021) kinematik etkileşim ve eylemsizlik etkileşimi sonuçlarının birleştirilmesi için aşağıdaki iki durumdan daha elverişsiz sonuçları veren yöntemle göre yapılmasını öngörmektedir.

- Kinematik etkileşimden gelen etkilerin %100'ü ile eylemsizlik etkileşiminden gelen etkilerin %50'sinin toplamı
- Eylemsizlik etkileşimden gelen etkilerin %100'ü ile kinematik etkileşiminden gelen etkilerin %50'sinin toplamı

Yüksek sünek iskele yapısında kinematik etkileşim sonucunda herhangi bir plastik mafsallık bölgesinde plastik dönme oluşmamıştır. Bu sebeple süperpozisyon yapılmasına gerek görülmemiştir. Eylemsizlik etkileşimi sonuçları toplam sonuçlar için kullanılmıştır.

Düşük süneklikli iskele yapısı için yapılan süperpozisyon sonuçları EK B.5'te verilmiştir. Plastik dönmenin oluşmadığı mafsallık bölgeleri tabloya dahil edilmemiştir.

KLYDY (2021)'de plastik mafsallık dönme kapasiteleri Kontrollü Hasar (KH) ve Göçmenin Önlenmesi (GÖ) performans düzeyleri için Denklem 3.37 ve Denklem 3.38'de verilmiştir.

$$\theta_p^{(KH)} = (0,5\varphi_U - \varphi_Y)L_p \quad (3.37)$$

$$\theta_p^{(GÖ)} = (0,67\varphi_U - \varphi_Y)L_p \quad (3.38)$$

Bu bağıntılarda φ_U ilgili kesitteki deprem talebine karşı gelen eksenel kuvvetin etkisi altında maksimum beton ve donatı çeliği birim şekil değişimleri kullanılarak hesaplanan maksimum eğriliği, φ_Y etkin akma eğriliğini L_p ise plastik mafsallık boyunu göstermektedir. Plastik mafsallık boyu L_p daha önceki bölümlerde yüksek sünek ve düşük sünek iskele yapıları için hesaplanmıştır. Etkin akma eğriliği φ_Y dairesel kazıklar için literatürde kabul gören Denklem 3.39 bağıntısı ile hesaplanmıştır.

$$\varphi_Y = 2,35 \times \varepsilon_{sy}/D \quad (3.39)$$

Denklemde;

ε_{sy} : donatı çeliği akma birim şekil değişimi B420 için "0,0021" olarak belirlenmiştir.

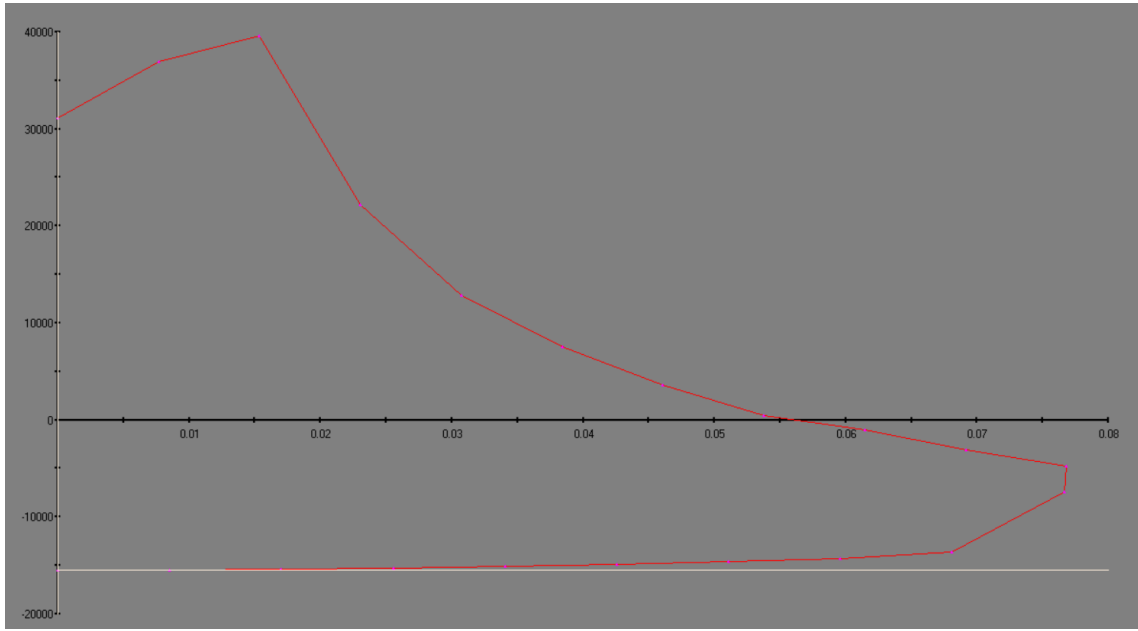
D: kazık çapı

Denklemde yer alan ifadelerden anlaşılacağı gibi etkin akma eğriliği her plastik mafsallık bölgesinde sabit ve aynı değerdedir. Her iki iskele yapısı için etkin akma eğriliği değerleri Tablo 3.25'te verilmiştir.

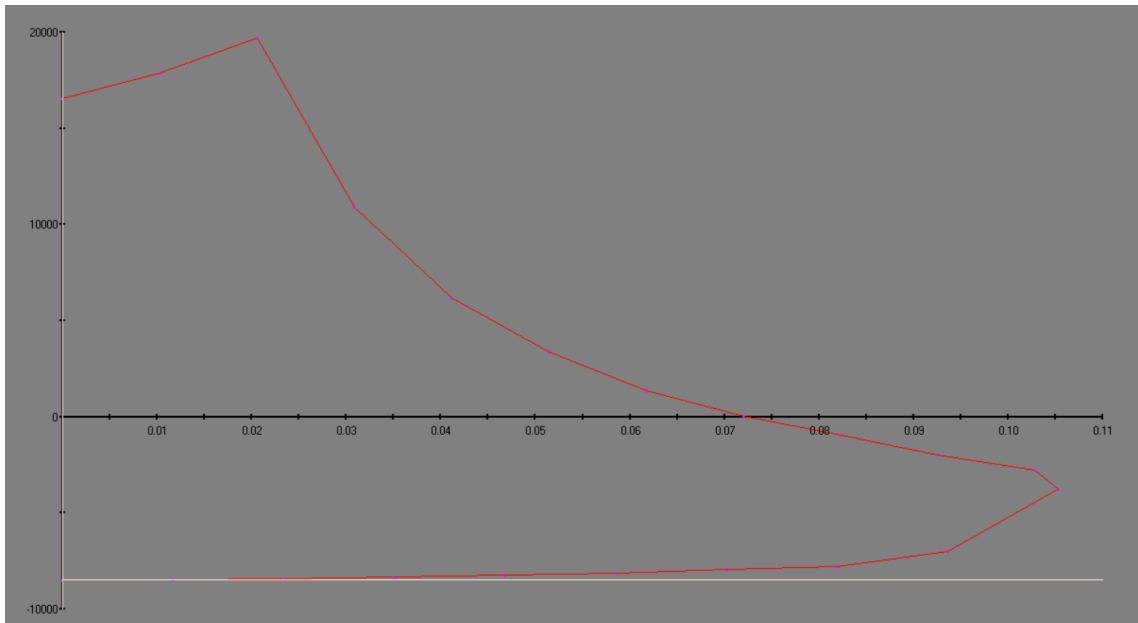
Tablo 3.25 Etkin akma eğriliği değerleri

İskele	ε_{sy}	D(m)	$\phi_y(1/m)$
Düşük sünek	0.0021	1	0.00494
Yüksek sünek	0.0021	1.3	0.0038

φ_U değeri ise XTRACT bilgisayar yazılımı kullanılarak her farklı kesit için eksenel kuvvet-eğrilik ilişkisi belirlenerek, her bir plastik mafsallık bölgesinde eksenel kuvvet değerine karşı gelen eğrilik değeri olarak belirlenmiştir. 22 adet deprem kaydı için yapılan analiz sonuçları kullanılarak her deprem kaydı için bu değer ayrı ayrı belirlenmiştir. EK B.6’da düşük sünek iskele yapısının plastik mafsallık bölgelerindeki ortalama φ_U değerleri verilmiştir. Şekil 3.40 ve Şekil 3.41’de XTRACT yazılımından elde edilen eksenel kuvvet – eğrilik ilişkileri verilmiştir.



Şekil 3.40 Yüksek sünek iskele yapısı eksenel kuvvet-eğrilik ilişkisi

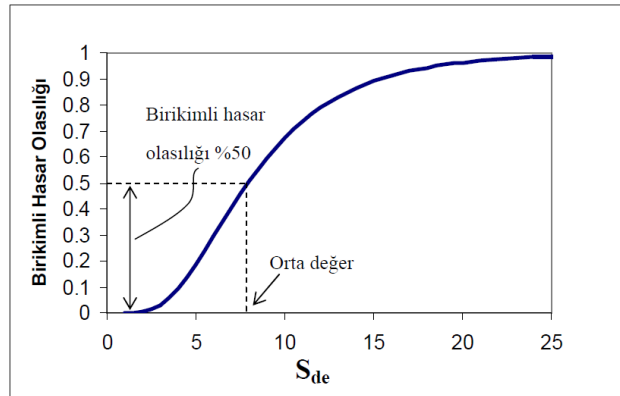


Şekil 3.41 Düşük sünek iskele yapısı eksenel kuvvet-eğrilik ilişkisi

EK B.6'daki değerler kullanılarak her bir plastik mafsallık bölgesi için yönetmeliğin tanımladığı performans düzeyleri sınır değerleri Denklem 3.37 ve Denklem 3.38 kullanılarak elde edilmiştir. Eylemsizlik etkileşiminin ve kinematik etkileşiminin sonuçlarının süperpozisyonundan elde edilen plastik mafsallık dönme değerleri bu sınır değerleri ile karşılaştırılarak iskele yapılarının performans düzeyleri belirlenmiştir. Performans değerlendirme sonuçları için daha detaylı sonuçlar Bölüm 4'te ve EK B'de verilmiştir.

3.3 Hasar Olasılık Eğrilerinin Elde Edilmesi

Hasar olasılık eğrileri kabaca, yapıların belirli bir deprem büyüklüğünde, çeşitli sınır durumlara ulaşma veya bu sınır durumları aşma olasılığının bir fonksiyonudur. Bu sınır durumları aşma olasılığının lognormal dağıldığı kabul edilmiştir. Bir hasar olasılık eğrisinin yatay eksenini deprem büyüklüğü, dikey eksenini ise belirli bir sınır durumu aşma olasılığını göstermektedir. Deprem büyüklüğü parametresi olarak elastik spektral yer değiştirme (S_{de}), elastik spektral hız (S_{ve}), elastik spektral ivme (S_{ae}), en büyük zemin yer değiştirmesi (PGD), en büyük zemin hızı (PGV) veya en büyük zemin ivmesi (PGA) kullanılabilir. Bu çalışmada, deprem yönetmeliğinden doğrudan elde edilebilmesi ve pratik inşaat mühendisliği için deprem davranışında bir fikir verebilmesi açısından, deprem büyüklüğü olarak elastik spektral yer değiştirme (S_{de}) seçilmiştir. Dikey eksenini oluşturan olasılığı elde etmek üzere ise sistemi bir bütün olarak değerlendirebilmek için göreceli öteleme oranı, hasar sınırı olarak kullanılacaktır. Şekil 3.42'de tipik bir hasar olasılık eğrisi verilmiştir.



Şekil 3.42 Tipik bir hasar olasılık eğrisi

Yukarıdaki şekilde görüleceği gibi eğri, elastik spektral yer değiştirmenin herhangi bir değeri karşılığı birikimli hasar olasılığını göstermektedir. Olasılığın %50 değerine karşılık gelen spektral yer değiştirme değeri orta değer olarak adlandırılmaktadır.

Belirli bir deprem yer hareketi için elde edilen yapı tepkisinin, belirli bir sınır değerini aşma olasılığı Denklem 3.40'taki gibi ifade edilmektedir:

$$P(SD) = P[(d_{SD} \leq d_{maks})] = 1 - \Phi(r) \quad (3.40)$$

Burada:

SD: sınır durum,

d_{SD} : Yapı tepkisinin sınır durum değeri,

d_{maks} : Belirli bir deprem için elde edilen yapı tepkisinin en büyük değeri

r: Standart normal değişkendir.

Lognormal dağılım kabulü ile Standart Normal Değişken r, Denklem 3.41'de verildiği şekilde ifade edilmektedir.

$$r = \frac{\ln d_{SD} - \lambda_D}{\xi} \quad (3.41)$$

Denklemde λ lognormal dağılımlı ortalama değer, ξ ise elde edilen yapı tepkisinin (görelî öteleme gibi) lognormal standart sapmasıdır.

$$\lambda_D = \ln \mu - \frac{\xi^2}{2} \quad (3.42)$$

$$\xi = \sqrt{\ln \left(1 + \left(\frac{\sigma}{\mu} \right)^2 \right)} \quad (3.43)$$

Denklem 3.43'te σ yapı tepkisinin normal dağılımlı standart sapması, μ ise analiz sonucu elde edilen yapı tepkisinin normal dağılımlı ortalamasıdır.

Bu çalışmada görelî olarak daha düşük sünek olan iskenenin Y doğrultusunun Kontrollü Hasar ve Göçmenin Önlenmesi hasar sınırlarını aşma olasılıklarını veren Hasar Olasılık Eğrileri çizilmiştir. Bu amaçla, TKLYDY'de tanımlanan Kontrollü Hasar ve Göçmenin Önlenmesi performans seviyelerini sağlayan Y-Y doğrultusundaki en büyük sınır tepe yerdeğiştirmeleri belirlenmiştir. Bunun için İtme analizinde talep yerdeğiştirmesi adım adım artırılmış ve istenilen

performansın sağlandığı en büyük yerdeğiştirmenin değeri elde edilmiştir. Bu yerdeğiştirme değeri, Kontrollü Hasar veya Göçmenin Önlenmesi performans seviyesi için sınır görelı öteleme değerini vermektedir.

Hasar olasılık eğrileri, iskelenin daha büyük hasarların elde edildiğı Y-Y doğrultusu için çizilmiştir. Y-Y doğrultusunda Kontrollü Hasar ve Göçmenin Önlenmesi performans seviyelerinin sağlandığı ve Tek Modlu İtme Analizi ile belirlenen en büyük yerdeğiştirme değerleri Tablo 3.26’da verilmiştir.

Tablo 3.26 Hasar sınırları için görelı öteleme değerleri

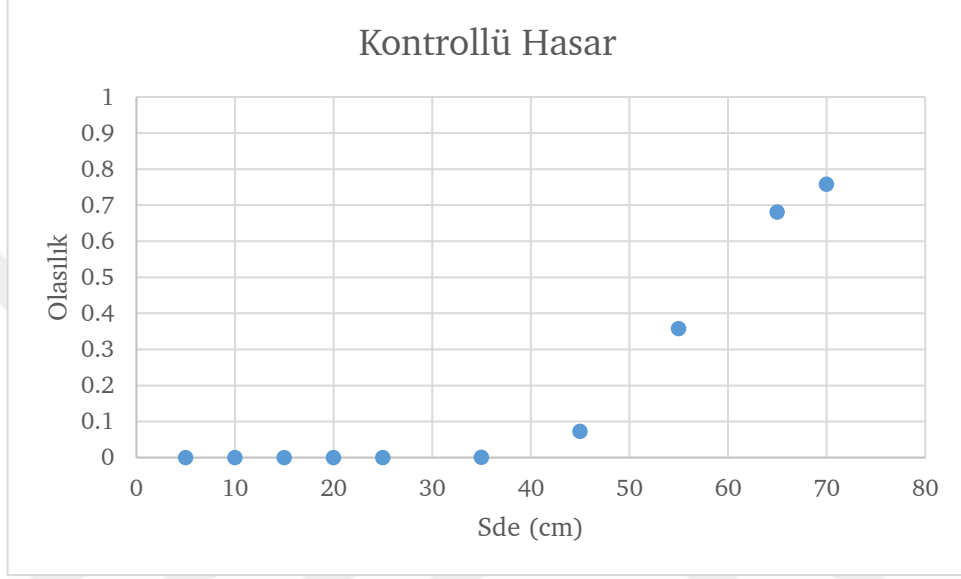
İtme miktarı(m)	Görelı Öteleme	Hasar seviyesi
0.1	0.006	Kontrollü Hasar
0.2	0.012	Kontrollü Hasar
0.3	0.018	Kontrollü Hasar
0.4	0.024	Kontrollü Hasar
0.5	0.03	Kontrollü Hasar
0.52	0.031	Göçmenin Önlenmesi
0.55	0.033	Göçmenin Önlenmesi
0.6	0.036	Göçmenin Önlenmesi
0.61	0.036	Göçme
0.63	0.037	Göçme
0.65	0.038	Göçme

Hasar olasılık eğrilerinin oluşturulabilmesi için izlenen adımlar aşağıda özetlenmiştir:

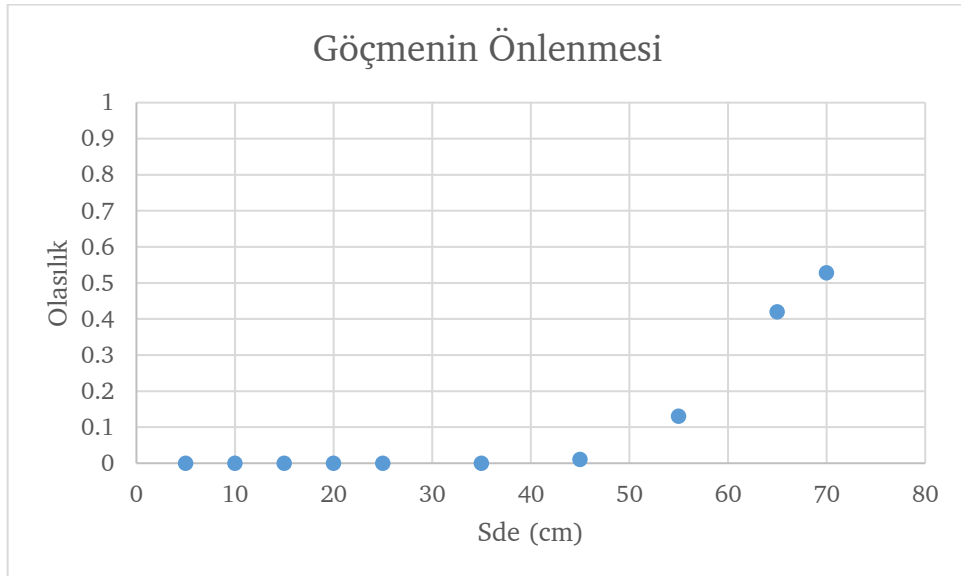
- Her bir deprem kaydının elastik yerdeğiştirme spektrumu çizilir,
- İskelenin Y-Y doğrultusundaki öteleme modunun hâkim periyodu belirlenir,
- Her bir deprem kaydı için belirlenen bu hâkim periyot değerine karşılık gelen spektral yerdeğiştirmeler bulunur,
- Belirlenen bu spektral yerdeğiştirme değerine bağılı olarak tüm depremler 0 cm’den başlayarak 5 cm artımlarla 70 cm spektral yerdeğiştirmeyi sağlayacak şekilde ölçeklenir,
- Örneğın 5 cm spektral yerdeğiştirmeyi sağlayan depremler için ZTADOH yapılarak her bir depremin yapıda oluşturdu tepe yerdeğiştirmesi elde edilir. Böylelikle hasar olasılık eğrisinin yatay eksenini oluşturacak spektral yerdeğiştirmelere karşılık gelen görelı ötelemeler elde edilmiş olur,

- Her bir spektral yerdeğiştirme değeri için elde edilen 11 adet goreli öteleme oranı değerleri ile yukarıda bahsedildiği şekilde belirlenen hasar seviyesini aşma olasılıkları bulunur.

Yukarıda açıklanan yöntem izlenerek, dikkate alınan iskelenin Kontrollü Hasar ve Göçmenin nlenmesi performans seviyelerini aşma olasılıklarını gösteren hasar olasılık eğrileri şekil 3.43 ve şekil 3.44'te verilmiştir.



şekil 3.43 Kontrollü Hasar performans seviyesini aşma olasılık eğrisi



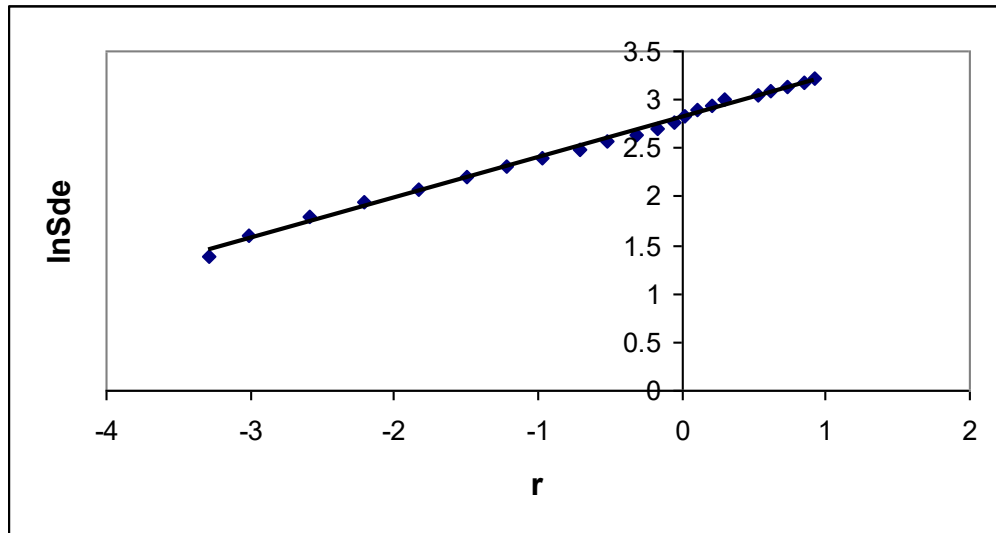
şekil 3.44 Göçmenin nlenmesi performans seviyesini aşma olasılık eğrisi

şekil 3.43 ve şekil 3.44 belirtilen esaslar izlenerek elde edilen düşük sünek iskele yapısına ait hasar seviyelerini aşma olasılıkları eğrilerini göstermektedir.

Grafiklerin yatay eksenleri deprem yer hareketlerinin elastik spektral yer değiştirme değerlerini; dūřey eksenler ise bu elastik spektral yer değiştirme değerine karşılık gelen hasar sınırını ařma olasılığını gōstermektedir.

İskele yanaşma yapısı için oluşturulan hasar olasılık eğrileri şekil 3.43 ve şekil 3.44'te gōrőleceęi űzere ayrıık olarak elde edilmiştir. Bu ayrıık formdaki olasılık ilişkileri belirli yōntemler kullanılarak devamlı bir forma çevrilmelidir. Bōylelikle S_{de} ve olasılık değeri arasındaki ilişki belirlenerek daha yűksek ve analizde dikkate alınamamış S_{de} değerleri için de olasılık eğrisi uzatılabilmektedir.

Esasında hasar olasılık eğrisinin çizimi, bu eğriyi karakterize eden λ ve ζ 'nin belirlenmesinden ibarettir. Her bir elastik spektral yerdeğiştirme için elde edilen hasar olasılıklarının dağılımına bağlı olarak λ ve ζ belirlenir. λ ve ζ istatistiklerinin belirlenmesi için momentler, maksimum olabilirlik ve olasılık kâğıdı gibi yōntemler mevcuttur. Sōzű edilen istatistikler bu çalışmada lognormal olasılık kâğıdı kullanılarak bulunmuştur. Gōzlenen deneysel verilerin ve bu veriler karşılığı birikimli frekansların ya da birikimli olasılıkların işlendiği grafik kâğıtlarına olasılık kâğıtları denilmektedir. Eęer bir veri takımı lognormal dağılıma sahipse, bu verilerin doğal logaritmalarının, olasılık kâğıdına işlendiğinde yaklaşık bir doğru oluşturması beklenir. şekil 3.45'te tipik bir olasılık kâğıdı gōrűlmektedir.



şekil 3.45 Tipik bir olasılık kâğıdı

$$P = \Phi(r) \quad (3.44)$$

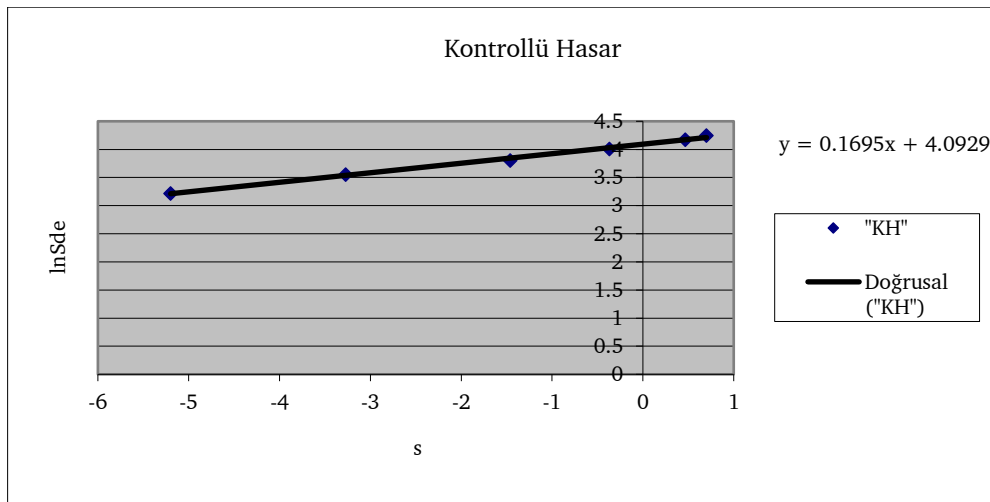
$$r = \frac{\ln X - \lambda}{\zeta} \quad (3.45)$$

Denklem 3.45 tekrar düzenlenirse 3.46 Denklemi elde edilir.

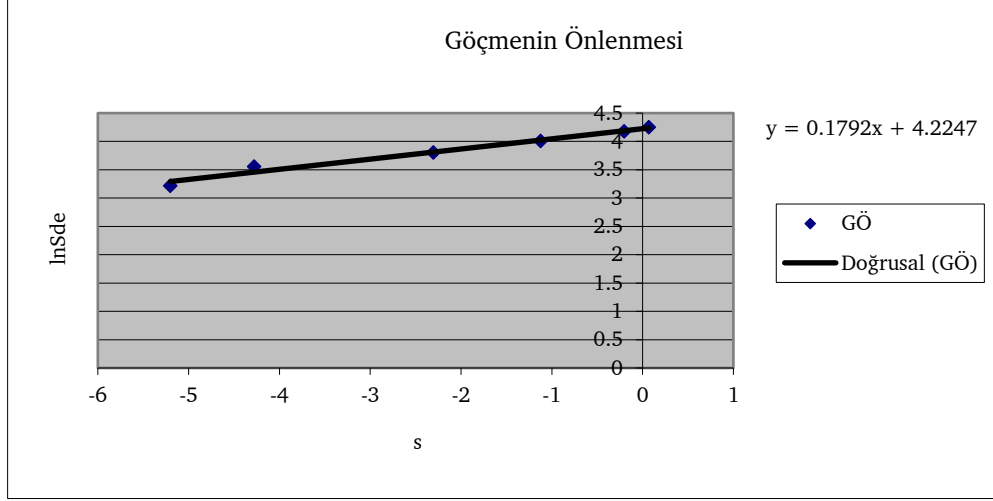
$$\ln X = \zeta r + \lambda \quad (3.46)$$

Denklem 3.46 lognormal olasılık kâğıdına işlenmiş verilerden geçirilecek yaklaşık doğrunun fonksiyonudur. Böyle bir doğru denklemi elde etmek için lognormal olasılık kâğıdının düşey eksenine lognormal dağılan değişkenin doğal logaritmaları, yatay eksenine ise bu değişkenlerin karşılığı olan standart normal r değişkeni yazılır. r değişkeni veri takımının ilgili değişkeninin birikimli olasılığından hareketle belirlenir. Bu çalışmada düşey eksene elastik spektral yerdeğiştirmelerin doğal logaritmaları yazılırken, yatay eksene ise her bir spektral yerdeğiştirme değeri için bulunan olasılıktan elde edilen standart normal r değişkeni yazılmıştır. Olasılık kâğıdında λ ve ζ istatistiklerinin belirlenmesi için geçirilmesi gereken yaklaşık doğru MATLAB, EXCEL ve STATISTICA gibi yazılımlarla kolayca yapılabilmektedir. Bu çalışmada EXCEL yazılımı kullanılmıştır. Elde edilen istatistikler kullanılarak spektral yerdeğiştirmelerin birikimli olasılıklarının hesaplanmasıyla ortalama eğri elde edilmiş olur.

İskele yapısı için ayrık hasar olasılık eğrilerinin sürekli forma getirilebilmesi için yukarıda bahsedilen olasılık kâğıdı yöntemi kullanılmıştır. Buna göre olasılık ve S_{de} arasındaki ilişkiyi veren Denklem 3.46'daki λ ve ζ değerlerinin elde edildiği grafikler Şekil 3.46 ve Şekil 3.47'de verilmiştir.



Şekil 3.46 Kontrollü Hasar olasılık kâğıdı



Şekil 3.47 Göçmenin Önlenmesi olasılık kâğıdı

Bu olasılık kağıtları kullanılarak olasılık eğrileri sürekli bir forma dönüştürülür. Hasar olasılık eğrileri Bölüm 4'te detaylı bir şekilde verilmektedir.

4.1 Performans Değerlendirmesi

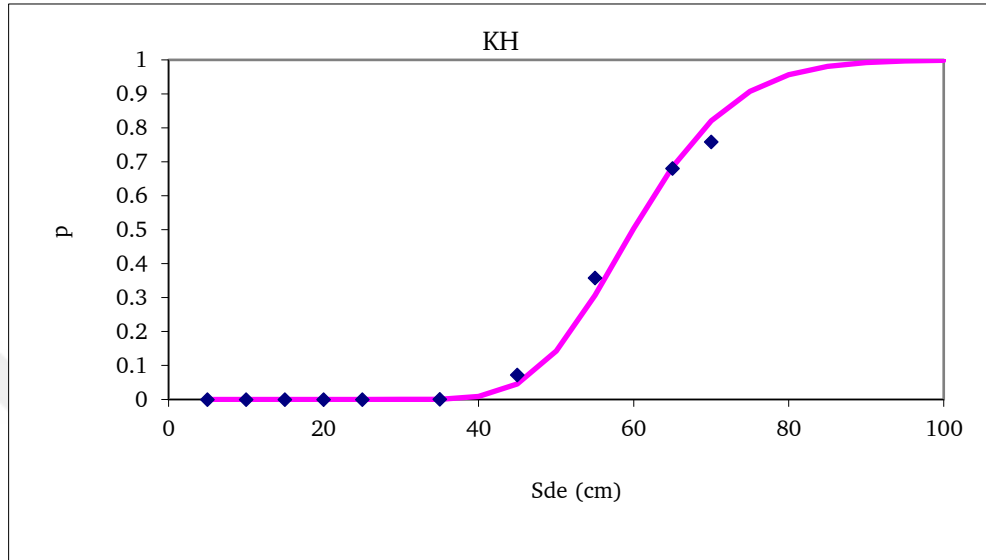
Tez çalışması kapsamında modellenen ve tasarlanan iki iskele yapısının Bölüm 3.2.8’de esasları açıklandığı şekilde performans değerlendirmesine referans olacak verileri elde edilmiştir. TKLYDY (2021)’de yeni yapılacak kıyı ve liman yapıları için üç adet performans düzeyi tanımlanmıştır. Bunlar; Kesintisiz Kullanım (KK) performans düzeyi, Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyi ve Göçmenin Önlenmesi (GÖ) performans düzeyidir. Mevcut yapıların değerlendirilmesi için tanımlanan Sınırlı Hasar (SH) performans düzeyi için yönetmeliğinde uygun gördüğü şekilde Kontrollü Hasar (KH) düzeyi kullanılmıştır.

Bölüm 3.2.8’de Denklem 3.37 ve Denklem 3.38’de performans düzeyleri için sınır değerleri plastik dönme şekil değiştirme değerleri olarak tanımlanmıştır. EK B.7 ve EK B.8’de yapılarda tanımlanan ve etkitilen plastik mafsallarda meydana gelen plastik dönme değerleri, Kontrollü hasar ve Göçmenin Önlenmesi sınır düzeyleri için belirlenen sınır plastik dönme değerleri, ZTADOH’lar sonucunda her deprem kaydının ortalama değerleri olarak verilmiş ve plastik mafsallarda meydana gelen plastik dönme şekil değiştirmelerinin hangi sınır içerisinde karşılık geldiği belirtilmiştir.

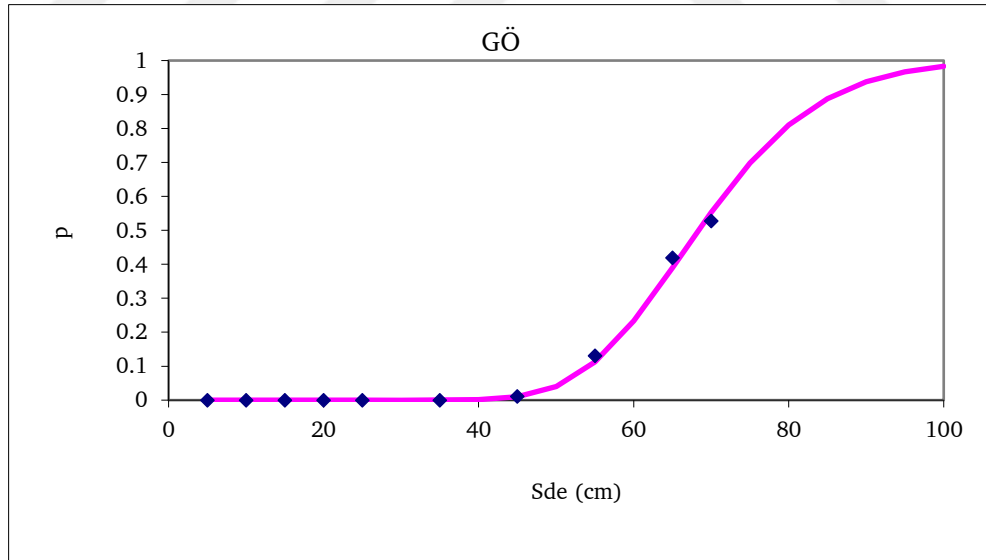
EK B.7 ve EK B.8’e göre yapılan değerlendirmede yüksek sünek iskele yapısındaki tüm plastik mafsallarda dönme değerleri Kontrollü Hasar sınır düzeyine karşılıklı gelen plastik dönme değerlerinden daha küçük olduğu gözlenmiştir. Düşük sünek iskele yapısındaki kazıkların plastik dönmeleri Göçmenin Önlenmesi sınır düzeyini tanımlayan plastik dönme sınırlarını aşmıştır. Bu durumda AYGEM (2016) yönetmeliği dikkate alınarak tasarlanan bir iskele yapısı TKLYDY (2021) yönetmeliğinin uygun gördüğü performans düzeylerini sağlarken, düşük süneklikli iskele yapısı Göçme bölgesine geçmiştir.

4.2 Hasar Olasılık Eğrileri

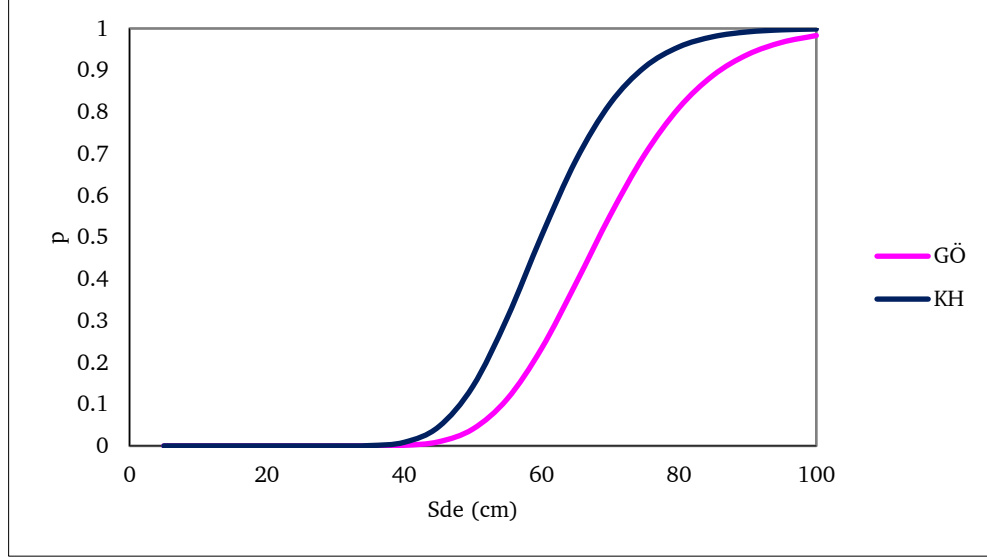
Esasları ve elde edilme biçimleri Bölüm 3.3'te açıklanan Hasar Olasılık Eğrileri bu bölümde verilmektedir. Elde edilen Hasar olasılıkları olasılık kağıtları kullanılarak sürekli bir forma dönüştürülmüş ve Hasar Olasılık Eğrileri elde edilmiştir.



Şekil 4.1 Kontrollü Hasar performans düzeyini aşma olasılığı eğrisi



Şekil 4.2 Göçmenin Önlenmesi performans düzeyini aşma olasılığı



Şekil 4.3 Göçmenin Önlenmesi ve Kontrollü Hasar performans düzeyleri için Hasar Olasılık Eğrileri

Şekil 4.1’de Kontrollü Hasar performans düzeyi ve Şekil 4.2’de Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için Hasar Olasılık Eğrileri Şekil 4.3’te ise her iki düzeyin olasılık eğrileri bir arada verilmektedir. Şekillerde yatay grafik eksenleri deprem yer hareketleri için elastik spektral yer değiştirme değerlerini belirli ölçeklerle göstermektedir. Düşey eksenler ise bu elastik spektral yer değiştirme değerine karşılık gelen performans düzeyi sınırını aşma olasılığını göstermektedir. Bu olasılık eğrileri kullanılarak belirli düzeylerdeki deprem yer hareketleri altında yapıda meydana gelmesi beklenen hasar düzeyinin gerçekleşme olasılığı tahmin edilebilmektedir.

Yüksek sünek ve düşük sünek iskele yapılarında Y-Y yönünde tek serbestlikli sistemlerinin deplasman talepleri Denklem 4.1’e göre belirlenmiştir. Denklemden yer alan $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivme değeri yapıların Y-Y yönündeki periyoduna bağlı olarak belirlenmiştir. Denklem 4.1’de yer alan ω ifadesi Denklem 4.2’de verilmektedir.

$$S_{de}(T) = \frac{S_{ae}}{\omega^2} \quad (4.1)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (4.2)$$

Her iki iskele yapısı için deplasman talepleri Denklem 4.1 kullanılarak belirlenmiştir. Deplasman taleplerine karşılık gelen Kontrollü Hasar (KH) ve Göçmenin Önlenmesi (GÖ) hasar sınırlarını aşma olasılıkları Şekil 4.3 kullanılarak belirlenmiştir. Tablo 4.1’de yapılara ait deplasman talepleri, Tablo 4.2’de hasar sınırlarını aşma olasılıkları verilmiştir.

Tablo 4.1 İskele yapıları deplasman talepleri

	Düşük Sünek İskele	Yüksek Sünek İskele
Deplasman Talebi	0.68m	0.45m

Tablo 4.2 İskele yapılarının hasar sınırlarını aşma olasılıkları

	Düşük Sünek İskele	Yüksek Sünek İskele
KH	77.0%	4.5%
GÖ	48.0%	1.0%

Bu tez çalışmasında Hem AYGM (2016) Teknik Tasarım Yönetmeliğine göre tasarımı yapılmış hem de görelî olarak daha düşük süneklikli bir betonarme düşey kazıklı iskele yanaşma yapısının TKLYDY (2021) Esaslarına göre deprem performansları belirlenmiştir. Performans analizleri sonucunda AYGM (2016) Teknik Tasarım Yönetmeliğine uygun olarak tasarlanan bir yanaşma yapısının deprem performansının TKLYDY (2021) için uygun olduğu görülmüştür. Ayrıca düşük sünek iskele yapısı için TKLYDY (2021)'de tanımlanan Kontrollü Hasar ve Göçmenin Önlenmesi hasar düzeylerini aşma olasılıklarını gösteren Hasar Olasılık eğrileri çizilmiştir. AYGM (2016) yönetmeliğine göre tasarımı yapılan iskele yapısının performans analizi sonucunda yeteri kadar hasar oluşmadığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple anlamlı sonuçlar elde edebilmek için görece daha düşük süneklikli yapıdaki iskele için Hasar Olasılık eğrileri oluşturulmuştur.

Bu çalışmada yapılan analizler ile elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Kinematik ve eylemsizlik etkileşimi sonucunda AYGM (2016) yönetmeliğine uygun olarak tasarlanan iskele yapısındaki tüm kazıklardaki hasarların Kontrollü Hasar performans seviyesini sağladığı görülmüştür.
- Görece gevrek yapıdaki iskelenin performans analizi sonucunda tabliye-kazık birleşim bölgelerindeki ve kazık-zemin birleşim bölgelerindeki plastik mafsallarda oluşan hasarların çoğunlukla TKLYDY (2021)'nde belirtilen Göçmenin Önlenmesi hasar düzeyini aştığı görülmüştür.
- Kinematik etkileşim sonucunda AYGM (2016) yönetmeliği dikkate alınarak tasarlanan yüksek sünek iskele yapısındaki kazıklarda herhangi bir plastikleşme oluşmamıştır.
- Düşük süneklikli iskele yapısının kinematik etkileşimi sonucunda oluşan plastik şekil değiştirmelerin tamamının kazıkların zemin içerisinde kalan bölümlerinde, zemin tabakalarının rijitlik ve dayanım bakımından ani değişim gösterdikleri bölgelerde olduğu; kazıkların tabliye ile birleştikleri bölgelerde herhangi bir plastikleşmenin oluşmadığı gözlenmiştir.

- Eylemsizlik etkileşimi sonucunda her iki yapıda plastik şekil değiştirmelerin sadece kazıkların tabliye ile birleştiği bölgelerde ve kazıkların zemin ile birleştiği bölgelerde oluştuğu; zemin içerisinde kalan bölgelerde herhangi bir plastikleşmenin oluşmadığı gözlenmiştir.

Çalışmada elde edilen Hasar Olasılık eğrileri yeterli mühendislik hizmeti almamış ve tekniğine uygun olarak tasarlanmamış betonarme düşey kazıklı iskele yapılarının deprem performansı için fikir vermektedir. Çalışmada Türkiye iskele yanaşma yapısı stoğunda bulunan tipik bir yapı kullanılmıştır. Böylelikle, benzer yapılar için yetersiz deprem performansının öngörülmesi durumunda bu çalışmada önerilen hasar olasılık eğrileri kullanılarak güçlendirme ve onarımı bakımından hızlı bir ön değerlendirme yapılabilecektir.

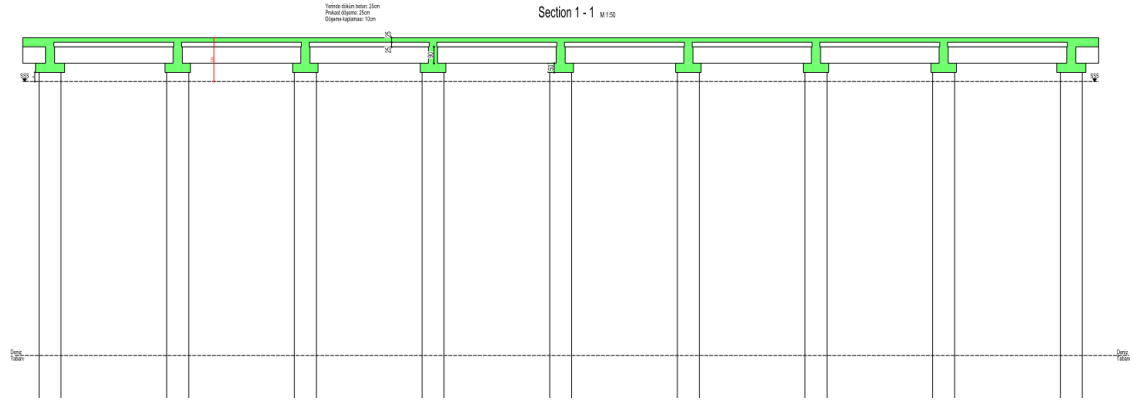
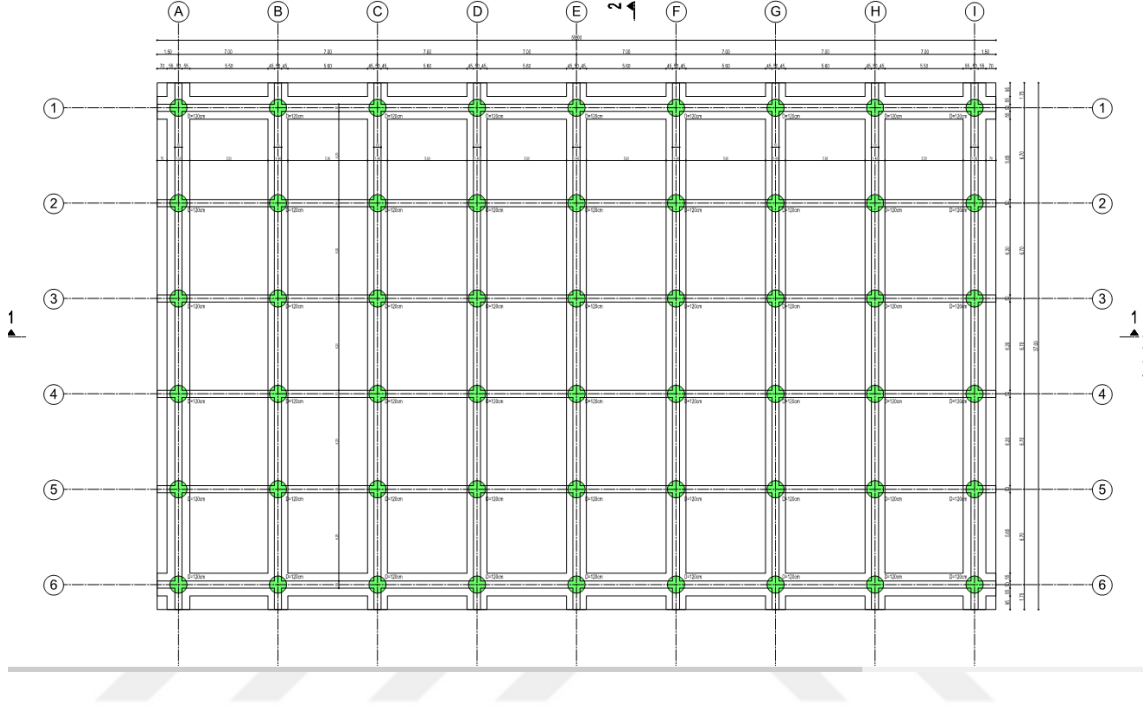
Gelecekteki çalışmalarda, düşey betonarme kazıklar dışında mevcut yapı stoğunda görülebilen eğik kazıklı iskele ve çelik kazıklı iskele yapılarının da TKLYDY (2021)'e göre performanslarının kontrol edilmesi ve pratik kullanım açısından hasar olasılık eğrilerinin çizilmesi önerilmektedir.

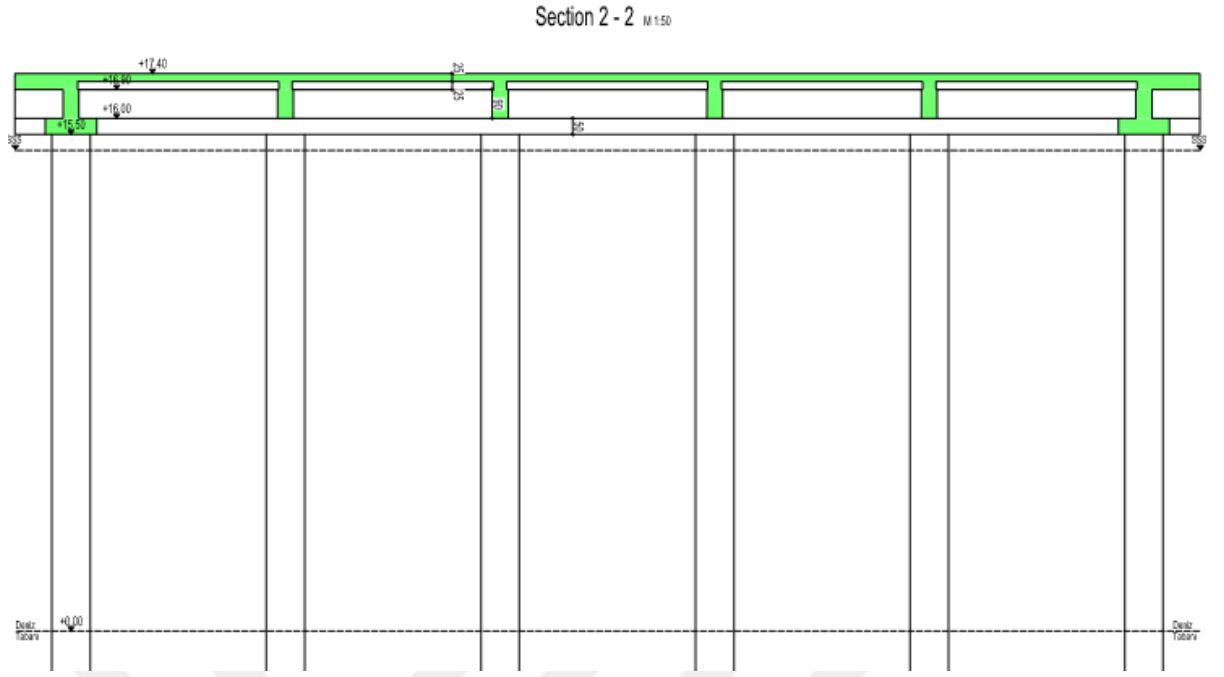
- API WSD RP-2A (2000). Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms, American Petroleum Institute.
- A. Shafieezadeh, B.D. Kosbab, R. DesRoches and R.T. Leon, (2012). "Dynamic Interaction Behavior of Pile-Supported Wharves and Container Cranes in Liquefiable Soil Embankments", Structures Congress 2012, 549-558.
- A. Shafieezaedeh, R. DesRoches and K. Ramanathan, (2011). "Developing Fragility Curves For A Typical Pile-Supported Wharf Structure", Conference: 3rd ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering (COMPDYN 2011), 25-28 May 2011, Corfu, Greece.
- Design of Marine Facilities, Engineering for Port and Harbor Structures, Third Edition, John W. Gaythwaite
- H.H. Torkamani, K. Bargi, R. Amirabadi and N. McClough, (2014). "Fragility estimation and sensitivity analysis of an idealized pile-supported wharf with batter piles", Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 61-62: 92-106.
- H. Matlock, (1970). "Correlation for design of laterally loaded piles in soft clay." Proc., 2nd Annu. Offshore Technology Conference, Paper No. OTC 1204, Houston, Texas, pp. 577-594.
- J. Bucknell, K. Chen, A.R. Lamb, ve diğ. (2016), "Improved Understanding of Foundation Strength for Piled Offshore Structures, OTC-26841-MS, Ocean Technology Conference, Asia.
- J.S. Chiou, C.H. Chiang, H.H. Yang and S.Y. Hsu, (2011). "Developing fragility curves for a pile-supported wharf", Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 31(5-6): 830-840.
- K. R. Karim and F. Yamazaki, (2003), "A simplified method of constructing fragility curves for highway bridges", Earthq. Eng. Struct. Dyn., 32(10), 1603-1626.

- L. C. Reese and R. C. Welch, (1975). "Lateral loading of deep foundation in stiff clay." *Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE*, 101(7), pp. 633-649.
- L. C. Reese, W. R. Cox, and F. D. Koop, (1975). "Field testing and analysis of laterally loaded piles in stiff clay." *Proc. 7th Offshore Technology Conference*, Paper No. OTC 2321, Houston, Texas, pp. 671-690.
- L. Jiren, S. Bo and C. Jianyu, (2015). "Seismic Dynamic Damage Characteristics of Vertical and Batter Pile-supported Wharf Structure Systems". *Journal of Engineering Science and Technology*, 8(5):180-189.
- M. Borekci, (2008), "Betonarme Binalarda Yük- Yerdeğiştirme İlişkisinin Hasar Olasılığı Üzerine Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
- M. Borekci, M.S. Kirçil, and I. Ekiz, (2011), "Fragility analysis of R/C frame buildings based on different types of hysteretic model, *Structural Engineering and Mechanics*", 39(6): 795-812.
- M. S. Kirçil and Z. Polat, (2006), "Fragility analysis of mid-rise R/C frame buildings", *Eng. Struct.*, 28(9), 1335-1345.
- PIANC (2001), *The World Association for Waterborne Transport Infrastructure*.
- S.F. Cinicioglu, (2005), "Zeminlerde Statik ve Dinamik Yükler Altında Taşıma Gücü Anlayışı ve Hesabı", *Seminer*, İMO İstanbul.
- S. Jeong, and S.A. Elnashai, (2007), "Probabilistic fragility analysis parameterized by fundamental response quantities", *Eng. Struct.*, 29(6): 1238-1251.
- Türkiye Kıyı ve Liman Yapıları Deprem Yönetmeliği (TKLYDY), (2020), *Bayındırlık ve Ulaştırma Bakanlığı*.
- T. Uwabe, (1983), "Estimation of earthquake damage deformation and cost of quaywall based on earthquake damage records, " *Technical Note of the Port and Harbour Research Institute, Ministry of Transport, Japan*, No. 473, pp. 1-197.
- Y.Y. Ko and H.H. Yang, (2019). "Deriving seismic fragility curves for sheet-pile wharves using finite element analysis", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 123: 265-277.

A

KALIP PLANI





Ek A. 3 Düşey kesit (Kesit 2-2)

B

TABLÖLAR

EK B. 1 Kazık modeli için doğrusal yay sabitleri

Derinlik (m)	K_h (kN/m ³)	K' (kN/m)	K_0 (kN/m)
		$K_h \cdot D \cdot \Delta h$	
1	1500	1950	1170
2	3000	3900	2340
3	4500	5850	3510
4	6000	7800	4680
5	7500	9750	5850
6	9000	11700	7020
7	10500	13650	8190
8	12000	15600	9360
9	13500	17550	10530
10	15000	19500	11700
11	38500	50050	30030
12	42000	54600	32760
13	45500	59150	35490
14	49000	63700	38220
15	52500	68250	40950
16	56000	72800	43680
17	59500	77350	46410
18	63000	81900	49140
19	66500	86450	51870
20	70000	91000	54600
21	147000	191100	114660
22	154000	200200	120120
23	161000	209300	125580
24	168000	218400	131040
25	175000	227500	136500
26	182000	236600	141960
27	189000	245700	147420
28	196000	254800	152880
29	203000	263900	158340
30	210000	273000	163800

EK B. 2 Düşük sünek iskele yapısı kinematik etkileşimi sonuçları

Kazık	P. Mafsal Bölgesi	R2 (Θ_p)	R3 (Θ_p)
P101	P101_Z_10	0.000333	0.010659
P101	P101_Z_10	0.000478	0.000096
P102	P102_Z_10	7.30E-09	0.008696
P103	P103_Z_10	7.55E-09	0.008993
P104	P104_Z_10	7.57E-09	0.00902
P105	P105_Z_10	7.56E-09	0.009011
P106	P106_Z_10	7.57E-09	0.009016
P107	P107_Z_10	7.54E-09	0.008986
P108	P108_Z_10	7.45E-09	0.008872
P109	P109_Z_10	8.57E-09	0.010211
P109	P109_Z_10	0.000564	0.000113
P110	P110_Z_10	7.68E-09	0.009151
P111	P111_Z_10	0.000278	0.007502
P112	P112_Z_10	0.000284	0.007708
P113	P113_Z_10	0.000286	0.007704
P114	P114_Z_10	0.000285	0.0077
P115	P115_Z_10	0.000286	0.007704
P116	P116_Z_10	0.000284	0.007695
P117	P117_Z_10	-0.0003	0.007595
P118	P118_Z_10	7.76E-09	0.009245
P119	P119_Z_10	7.75E-09	0.009235
P120	P120_Z_10	0.000297	0.007561
P121	P121_Z_10	-2.40E-06	0.007712
P122	P122_Z_10	5.84E-08	0.007697
P123	P123_Z_10	7.32E-07	0.007694
P124	P124_Z_10	-1.40E-07	0.007698
P125	P125_Z_10	1.22E-07	0.007693
P126	P126_Z_10	0.000303	0.007639
P127	P127_Z_10	7.94E-09	0.009463
P128	P128_Z_10	7.75E-09	0.009236
P129	P129_Z_10	-0.0003	0.007561
P130	P130_Z_10	2.47E-06	0.007712
P131	P131_Z_10	-2.50E-09	0.007697
P132	P132_Z_10	-6.80E-07	0.007694
P133	P133_Z_10	1.98E-07	0.007698
P134	P134_Z_10	-7.10E-08	0.007693
P135	P135_Z_10	-0.0003	0.007639
P136	P136_Z_10	7.94E-09	0.009463
P137	P137_Z_10	7.68E-09	0.009149
P138	P138_Z_10	-0.00028	0.007502

EK B. 2 Düşük sünek iskele yapısı kinematik etkileşimi sonuçları (Devamı)

Kazık	P. Mafsal Bölgesi	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)
P139	P139_Z_10	-0.00028	0.007708
P140	P140_Z_10	-0.00029	0.007704
P141	P141_Z_10	-0.00029	0.0077
P142	P142_Z_10	-0.00029	0.007704
P143	P143_Z_10	-0.00028	0.007695
P144	P144_Z_10	0.000299	0.007595
P145	P145_Z_10	7.76E-09	0.009245
P146	P146_Z_10	-0.00033	0.010663
P146	P146_Z_10	0.000137	0.000027
P147	P147_Z_10	7.30E-09	0.008694
P148	P148_Z_10	7.55E-09	0.008994
P149	P149_Z_10	7.57E-09	0.00902
P150	P150_Z_10	7.56E-09	0.009011
P151	P151_Z_10	7.57E-09	0.009016
P152	P152_Z_10	7.54E-09	0.008986
P153	P153_Z_10	7.45E-09	0.008872
P154	P154_Z_10	8.57E-09	0.010211
P154	P154_Z_10	0.00019	0.000038

EK B. 3 Yüksek sünek iskele yapısı eylemsizlik etkileşimi sonucu

Kazık	P. Mafsal Bölgesi	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)
P101	P101TABLİYE	0.000913	0.00198
P102	P102TABLİYE	0.001652	0.005925
P103	P103TABLİYE	0.001338	0.004589
P104	P104TABLİYE	0.001387	0.004715
P105	P105TABLİYE	0.001392	0.004703
P106	P106TABLİYE	0.001403	0.004696
P107	P107TABLİYE	0.001421	0.004888
P108	P108TABLİYE	0.00156	0.0046
P109	P109TABLİYE	0.001211	0.004243
P110	P110TABLİYE	0.002577	0.001247
P111	P111TABLİYE	0.00267	0.0024
P112	P112TABLİYE	0.00256	0.001921
P113	P113TABLİYE	0.002582	0.001991
P114	P114TABLİYE	0.002592	0.001979
P115	P115TABLİYE	0.0026	0.001971
P116	P116TABLİYE	0.002587	0.001978
P117	P117TABLİYE	0.002693	0.002127
P118	P118TABLİYE	0.002555	0.001096

EK B.3 Yüksek sünek iskele yapısı eylemsizlik etkileşimi sonucu (Devamı)

Kazık	P. Mafsal Bölgesi	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)
P119	P119TABLİYE	0.001797	0.00098
P120	P120TABLİYE	0.001825	0.0019
P121	P121TABLİYE	0.001729	0.001499
P122	P122TABLİYE	0.001761	0.001563
P123	P123TABLİYE	0.001765	0.001547
P124	P124TABLİYE	0.001767	0.001544
P125	P125TABLİYE	0.001762	0.001531
P126	P126TABLİYE	0.001843	0.00173
P127	P127TABLİYE	0.001806	0.000723
P128	P128TABLİYE	0.00192	0.000982
P129	P129TABLİYE	0.00197	0.001891
P130	P130TABLİYE	0.001864	0.001491
P131	P131TABLİYE	0.001887	0.001547
P132	P132TABLİYE	0.001893	0.001532
P133	P133TABLİYE	0.001904	0.001527
P134	P134TABLİYE	0.001896	0.001519
P135	P135TABLİYE	0.001976	0.001721
P136	P136TABLİYE	0.001916	0.000717
P137	P137TABLİYE	0.001967	0.001283
P138	P138TABLİYE	0.002045	0.002286
P139	P139TABLİYE	0.001949	0.001852
P140	P140TABLİYE	0.001967	0.001901
P141	P141TABLİYE	0.001971	0.001884
P142	P142TABLİYE	0.001977	0.00188
P143	P143TABLİYE	0.001974	0.001877
P144	P144TABLİYE	0.002043	0.002039
P145	P145TABLİYE	0.00196	0.00109
P146	P146TABLİYE	0.002683	0.002048
P147	P147TABLİYE	0.003348	0.006044
P148	P148TABLİYE	0.003045	0.004669
P149	P149TABLİYE	0.003078	0.004837
P150	P150TABLİYE	0.003092	0.004805
P151	P151TABLİYE	0.003099	0.004796
P152	P152TABLİYE	0.003128	0.004898
P153	P153TABLİYE	0.003179	0.004785
P154	P154TABLİYE	0.00299	0.004259

EK B. 4 Düşük sünek iskele yapısı eylemsizlik etkileşimi sonucu

Kazık	P. Mafsal Bölgeleri	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)
P101	P101_Z_0	0.005628	0.00371
P101	P101TABLİYE	0.009205	0.017853
P102	P102_Z_0	0.003918	0.002088
P102	P102TABLİYE	0.008511	0.019261
P103	P103_Z_0	0.004035	0.002326
P103	P103TABLİYE	0.00841	0.018516
P104	P104_Z_0	0.004064	0.002305
P104	P104TABLİYE	0.008384	0.01847
P105	P105_Z_0	0.004083	0.002299
P105	P105TABLİYE	0.008365	0.018431
P106	P106_Z_0	0.004113	0.002296
P106	P106TABLİYE	0.008404	0.018564
P107	P107_Z_0	0.004103	0.002262
P107	P107TABLİYE	0.008383	0.018493
P108	P108_Z_0	0.004199	0.002576
P108	P108TABLİYE	0.008605	0.018799
P109	P109_Z_0	0.005789	0.002068
P109	P109TABLİYE	0.009202	0.017903
P110	P110_Z_0	0.00359	0.00232
P110	P110TABLİYE	0.008853	0.014274
P111	P111_Z_0	0.002994	0.001783
P111	P111TABLİYE	0.008974	0.016559
P112	P112_Z_0	0.003066	0.001871
P112	P112TABLİYE	0.008724	0.015582
P113	P113_Z_0	0.003076	0.001871
P113	P113TABLİYE	0.008785	0.015752
P114	P114_Z_0	0.003096	0.00188
P114	P114TABLİYE	0.008788	0.015741
P115	P115_Z_0	0.003113	0.001884
P115	P115TABLİYE	0.008816	0.015787
P116	P116_Z_0	0.003125	0.001869
P116	P116TABLİYE	0.008827	0.01571
P117	P117_Z_0	0.003174	0.001951
P117	P117TABLİYE	0.00903	0.016481
P118	P118_Z_0	0.003555	0.001833
P118	P118TABLİYE	0.009175	0.012562
P119	P119_Z_0	0.003746	0.002439
P119	P119TABLİYE	0.008403	0.013538
P120	P120_Z_0	0.003096	0.001838
P120	P120TABLİYE	0.008373	0.016151
P121	P121_Z_0	0.003182	0.001937
P121	P121TABLİYE	0.008155	0.01515

EK B. 4 Düşük sünek iskele yapısı eylemsizlik etkileşimi sonucu (Devamı)

Kazık	P. Mafsal Bölgeleri	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)
P122	P122_Z_0	0.003188	0.001927
P122	P122TABLİYE	0.008191	0.015342
P123	P123_Z_0	0.003206	0.001931
P123	P123TABLİYE	0.008194	0.015331
P124	P124_Z_0	0.003223	0.001943
P124	P124TABLİYE	0.008221	0.01536
P125	P125_Z_0	0.003235	0.001921
P125	P125TABLİYE	0.008201	0.015216
P126	P126_Z_0	0.003296	0.002033
P126	P126TABLİYE	0.008392	0.016284
P127	P127_Z_0	0.003727	0.001874
P127	P127TABLİYE	0.008768	0.011537
P128	P128_Z_0	0.003739	0.002454
P128	P128TABLİYE	0.008429	0.013539
P129	P129_Z_0	0.003098	0.001853
P129	P129TABLİYE	0.008401	0.016159
P130	P130_Z_0	0.00318	0.001957
P130	P130TABLİYE	0.008193	0.015152
P131	P131_Z_0	0.003187	0.001945
P131	P131TABLİYE	0.008228	0.015328
P132	P132_Z_0	0.003206	0.001949
P132	P132TABLİYE	0.008229	0.015323
P133	P133_Z_0	0.003222	0.001957
P133	P133TABLİYE	0.008261	0.015333
P134	P134_Z_0	0.003237	0.001941
P134	P134TABLİYE	0.008242	0.015211
P135	P135_Z_0	0.003296	0.00205
P135	P135TABLİYE	0.008444	0.016317
P136	P136_Z_0	0.00373	0.001888
P136	P136TABLİYE	0.008777	0.011533
P137	P137_Z_0	0.003997	0.002585
P137	P137TABLİYE	0.008393	0.01442
P138	P138_Z_0	0.003237	0.001923
P138	P138TABLİYE	0.008387	0.016407
P139	P139_Z_0	0.003317	0.002045
P139	P139TABLİYE	0.008222	0.015579
P140	P140_Z_0	0.00333	0.00203
P140	P140TABLİYE	0.008237	0.015638
P141	P141_Z_0	0.003354	0.002032

EK B. 4 Düşük sünek iskele yapısı eylemsizlik etkileşimi sonucu (Devamı)

Kazık	P. Mafsal Bölgeleri	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)
P141	P141TABLİYE	0.008281	0.015753
P142	P142_Z_0	0.003372	0.002036
P142	P142TABLİYE	0.008297	0.015765
P143	P143_Z_0	0.003383	0.002009
P143	P143TABLİYE	0.008304	0.015696
P144	P144_Z_0	0.003446	0.002127
P144	P144TABLİYE	0.008501	0.016544
P145	P145_Z_0	0.003981	0.001993
P145	P145TABLİYE	0.00885	0.012696
P146	P146_Z_0	0.003783	0.003131
P146	P146TABLİYE	0.009256	0.017724
P147	P147_Z_0	0.003053	0.001929
P147	P147TABLİYE	0.00905	0.019417
P148	P148_Z_0	0.003113	0.002055
P148	P148TABLİYE	0.008799	0.018594
P149	P149_Z_0	0.003143	0.002058
P149	P149TABLİYE	0.008846	0.018665
P150	P150_Z_0	0.003158	0.002056
P150	P150TABLİYE	0.008906	0.018702
P151	P151_Z_0	0.00318	0.002058
P151	P151TABLİYE	0.008866	0.018685
P152	P152_Z_0	0.003177	0.002043
P152	P152TABLİYE	0.008905	0.018733
P153	P153_Z_0	0.003274	0.002181
P153	P153TABLİYE	0.009169	0.018568
P154	P154_Z_0	0.00367	0.002043
P154	P154TABLİYE	0.009931	0.018065

EK B. 5 Düşük sünek iskele süperpozisyon sonuçları

Kazık	P. Mafsal Bölgesi	R2 (θp)	R3 (θp)
P102	P102_Z_20	0.000333	0.010659
P102	P102_Z_10	0.000478	0.000096
P104	P104_Z_20	7.3E-09	0.008696
P106	P106_Z_20	7.55E-09	0.008993
P108	P108_Z_20	7.57E-09	0.00902
P110	P110_Z_20	7.56E-09	0.009011
P112	P112_Z_20	7.57E-09	0.009016
P114	P114_Z_20	7.54E-09	0.008986
P116	P116_Z_20	7.45E-09	0.008872
P118	P118_Z_20	8.57E-09	0.010211
P118	P118_Z_10	0.000564	0.000113
P120	P120_Z_20	7.68E-09	0.009151
P122	P122_Z_20	0.000278	0.007502
P124	P124_Z_20	0.000284	0.007708
P126	P126_Z_20	0.000286	0.007704
P128	P128_Z_20	0.000285	0.0077
P130	P130_Z_20	0.000286	0.007704
P132	P132_Z_20	0.000284	0.007695
P134	P134_Z_20	-0.0003	0.007595
P136	P136_Z_20	7.76E-09	0.009245
P138	P138_Z_20	7.75E-09	0.009235
P140	P140_Z_20	0.000297	0.007561
P142	P142_Z_20	-2.4E-06	0.007712
P144	P144_Z_20	5.84E-08	0.007697
P146	P146_Z_20	7.32E-07	0.007694
P148	P148_Z_20	-1.4E-07	0.007698
P150	P150_Z_20	1.22E-07	0.007693
P152	P152_Z_20	0.000303	0.007639
P154	P154_Z_20	7.94E-09	0.009463
P101	P101_Z_0	0.005628	0.00371
P101	P101TABLİYE	0.009205	0.017853
P102	P102_Z_0	0.003918	0.006706
P102	P102TABLİYE	0.008511	0.023879
P103	P103_Z_0	0.004035	0.002326
P103	P103TABLİYE	0.00841	0.018516
P104	P104_Z_0	0.003915	0.006086
P104	P104TABLİYE	0.008236	0.022251
P105	P105_Z_0	0.004083	0.002299
P105	P105TABLİYE	0.008365	0.018431
P106	P106_Z_0	0.004114	0.006152
P106	P106TABLİYE	0.008405	0.02242
P107	P107_Z_0	0.004103	0.002262

EK B. 5 Düşük sünek iskele süperpozisyon sonuçları (Devamı)

Kazık	P. Mafsal Bölgesi	R2 (θp)	R3 (θp)
P107	P107TABLİYE	0.008383	0.018493
P108	P108_Z_0	0.004199	0.006424
P108	P108TABLİYE	0.008605	0.022647
P109	P109_Z_0	0.005789	0.002068
P109	P109TABLİYE	0.009202	0.017903
P110	P110_Z_0	0.003589	0.006167
P110	P110TABLİYE	0.008852	0.018121
P111	P111_Z_0	0.002994	0.001783
P111	P111TABLİYE	0.008974	0.016559
P112	P112_Z_0	0.003066	0.00572
P112	P112TABLİYE	0.008725	0.019431
P113	P113_Z_0	0.003076	0.001871
P113	P113TABLİYE	0.008785	0.015752
P114	P114_Z_0	0.003096	0.005726
P114	P114TABLİYE	0.008788	0.019587
P115	P115_Z_0	0.003113	0.001884
P115	P115TABLİYE	0.008816	0.015787
P116	P116_Z_0	0.002973	0.005688
P116	P116TABLİYE	0.008676	0.019529
P117	P117_Z_0	0.003174	0.001951
P117	P117TABLİYE	0.00903	0.016481
P118	P118_Z_0	0.003555	0.006565
P118	P118TABLİYE	0.009175	0.017294
P119	P119_Z_0	0.003746	0.002439
P119	P119TABLİYE	0.008403	0.013538
P120	P120_Z_0	0.003096	0.006412
P120	P120TABLİYE	0.008373	0.020725
P121	P121_Z_0	0.003182	0.001937
P121	P121TABLİYE	0.008155	0.01515
P122	P122_Z_0	0.003049	0.005678
P122	P122TABLİYE	0.008052	0.019093
P123	P123_Z_0	0.003206	0.001931
P123	P123TABLİYE	0.008194	0.015331
P124	P124_Z_0	0.003081	0.005797
P124	P124TABLİYE	0.008079	0.019214
P125	P125_Z_0	0.003235	0.001921
P125	P125TABLİYE	0.008201	0.015216
P126	P126_Z_0	0.003154	0.005885
P126	P126TABLİYE	0.00825	0.020136
P127	P127_Z_0	0.003727	0.001874

EK B. 5 Düşük sünek iskele süperpozisyon sonuçları (Devamı)

Kazık	P. Mafsal Bölgesi	R2 (θp)	R3 (θp)
P127	P127TABLİYE	0.008768	0.011537
P128	P128_Z_0	0.003597	0.006304
P128	P128TABLİYE	0.008287	0.017389
P129	P129_Z_0	0.003098	0.001853
P129	P129TABLİYE	0.008401	0.016159
P130	P130_Z_0	0.003038	0.005809
P130	P130TABLİYE	0.00805	0.019004
P131	P131_Z_0	0.003187	0.001945
P131	P131TABLİYE	0.008228	0.015328
P132	P132_Z_0	0.003064	0.005797
P132	P132TABLİYE	0.008087	0.019171
P133	P133_Z_0	0.003222	0.001957
P133	P133TABLİYE	0.008261	0.015333
P134	P134_Z_0	0.003386	0.005739
P134	P134TABLİYE	0.008391	0.019009
P135	P135_Z_0	0.003296	0.00205
P135	P135TABLİYE	0.008444	0.016317
P136	P136_Z_0	0.00373	0.006511
P136	P136TABLİYE	0.008777	0.016155
P137	P137_Z_0	0.003997	0.002585
P137	P137TABLİYE	0.008393	0.01442
P138	P138_Z_0	0.003071	0.007255
P138	P138TABLİYE	0.00822	0.021739
P139	P139_Z_0	0.003317	0.002045
P139	P139TABLİYE	0.008222	0.015579
P140	P140_Z_0	0.00333	0.006377
P140	P140TABLİYE	0.008237	0.019985
P141	P141_Z_0	0.003354	0.002032
P141	P141TABLİYE	0.008281	0.015753
P142	P142_Z_0	0.003372	0.006533
P142	P142TABLİYE	0.008297	0.020262
P143	P143_Z_0	0.003383	0.002009
P143	P143TABLİYE	0.008304	0.015696
P144	P144_Z_0	0.003446	0.006637
P144	P144TABLİYE	0.008501	0.021054
P145	P145_Z_0	0.003981	0.001993
P145	P145TABLİYE	0.00885	0.012696
P146	P146_Z_0	0.003783	0.007637
P146	P146TABLİYE	0.009256	0.022229
P147	P147_Z_0	0.003053	0.001929

EK B. 5 Düşük sünek iskele süperpozisyon sonuçları (Devamı)

Kazık	P. Mafsal Bölgesi	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)
P147	P147TABLİYE	0.00905	0.019417
P148	P148_Z_0	0.003113	0.006563
P148	P148TABLİYE	0.008799	0.023102
P149	P149_Z_0	0.003143	0.002058
P149	P149TABLİYE	0.008846	0.018665
P150	P150_Z_0	0.003158	0.006549
P150	P150TABLİYE	0.008906	0.023195
P151	P151_Z_0	0.00318	0.002058
P151	P151TABLİYE	0.008866	0.018685
P152	P152_Z_0	0.003177	0.006479
P152	P152TABLİYE	0.008905	0.023169
P153	P153_Z_0	0.003274	0.002181
P153	P153TABLİYE	0.009169	0.018568
P154	P154_Z_0	0.00367	0.007149
P154	P154TABLİYE	0.009931	0.02317

EK B. 6 Ortalama φ_u değerleri

Kazık	P. Mafsal Bölgesi	Yüksek Sünek İskele ϕ_u	Düşük Sünek İskele ϕ_u
P101	P101_Z_20	0.0000	0.0667
P101	P101_Z_10	0.0000	0.0667
P102	P102_Z_20	0.0509	0.0609
P102	P102_Z_10	0.0506	0.0578
P103	P103_Z_20	0.0509	0.0607
P103	P103_Z_10	0.0504	0.0579
P104	P104_Z_20	0.0510	0.0608
P104	P104_Z_10	0.0505	0.0580
P105	P105_Z_20	0.0510	0.0608
P105	P105_Z_10	0.0505	0.0579
P106	P106_Z_20	0.0510	0.0608
P106	P106_Z_10	0.0505	0.0579
P107	P107_Z_20	0.0509	0.0607
P107	P107_Z_10	0.0504	0.0578
P108	P108_Z_20	0.0515	0.0610
P108	P108_Z_10	0.0511	0.0586
P109	P109_Z_20	0.0536	0.0664
P109	P109_Z_10	0.0000	0.0645
P110	P110_Z_20	0.0510	0.0612
P110	P110_Z_10	0.0504	0.0590
P111	P111_Z_20	0.0484	0.0570

EK B. 6 Ortalama ϕ_u değerleri (Devamı)

Kazık	P. Mafsal Bölgesi	Yüksek Sünek İskele ϕ_u	Düşük Sünek İskele ϕ_u
P111	P111_Z_10	0.0467	0.0519
P112	P112_Z_20	0.0486	0.0571
P112	P112_Z_10	0.0469	0.0523
P113	P113_Z_20	0.0486	0.0571
P113	P113_Z_10	0.0469	0.0522
P114	P114_Z_20	0.0486	0.0571
P114	P114_Z_10	0.0469	0.0522
P115	P115_Z_20	0.0486	0.0571
P115	P115_Z_10	0.0469	0.0522
P116	P116_Z_20	0.0485	0.0571
P116	P116_Z_10	0.0469	0.0522
P117	P117_Z_20	0.0487	0.0571
P117	P117_Z_10	0.0471	0.0526
P118	P118_Z_20	0.0503	0.0611
P118	P118_Z_10	0.0494	0.0575
P119	P119_Z_20	0.0508	0.0612
P119	P119_Z_10	0.05	0.059
P120	P120_Z_20	0.0479	0.0566
P120	P120_Z_10	0.0458	0.051
P121	P121_Z_20	0.0481	0.0568
P121	P121_Z_10	0.0459	0.0514
P122	P122_Z_20	0.0481	0.0568
P122	P122_Z_10	0.0459	0.0512
P123	P123_Z_20	0.0481	0.0568
P123	P123_Z_10	0.0459	0.0512
P124	P124_Z_20	0.0481	0.0568
P124	P124_Z_10	0.0459	0.0512
P125	P125_Z_20	0.0481	0.0568
P125	P125_Z_10	0.0459	0.0512
P126	P126_Z_20	0.0483	0.0568
P126	P126_Z_10	0.0462	0.0521
P127	P127_Z_20	0.0501	0.0611
P127	P127_Z_10	0.049	0.0575
P128	P128_Z_20	0.0508	0.0612
P128	P128_Z_10	0.05	0.059
P129	P129_Z_20	0.0479	0.0567
P129	P129_Z_10	0.0458	0.051
P130	P130_Z_20	0.0481	0.0568
P130	P130_Z_10	0.0459	0.0514

EK B. 6 Ortalama ϕ_u değerleri (Devamı)

Kazık	P. Mafsal Bölgesi	Yüksek Sünek İskele ϕ_u	Düşük Sünek İskele ϕ_u
P131	P131_Z_20	0.0481	0.0568
P131	P131_Z_10	0.0459	0.0512
P132	P132_Z_20	0.0481	0.0568
P132	P132_Z_10	0.0459	0.0512
P133	P133_Z_20	0.0481	0.0568
P133	P133_Z_10	0.0459	0.0512
P134	P134_Z_20	0.048	0.0568
P134	P134_Z_10	0.0459	0.0512
P135	P135_Z_20	0.0483	0.0568
P135	P135_Z_10	0.0462	0.0521
P136	P136_Z_20	0.0501	0.0611
P136	P136_Z_10	0.049	0.0575
P137	P137_Z_20	0.0511	0.0613
P137	P137_Z_10	0.0505	0.0592
P138	P138_Z_20	0.0484	0.0571
P138	P138_Z_10	0.0469	0.0521
P139	P139_Z_20	0.0486	0.0572
P139	P139_Z_10	0.047	0.0525
P140	P140_Z_20	0.0486	0.0572
P140	P140_Z_10	0.047	0.0525
P141	P141_Z_20	0.0486	0.0572
P141	P141_Z_10	0.047	0.0525
P142	P142_Z_20	0.0486	0.0572
P142	P142_Z_10	0.047	0.0525
P143	P143_Z_20	0.0486	0.0572
P143	P143_Z_10	0.047	0.0524
P144	P144_Z_20	0.0488	0.0573
P144	P144_Z_10	0.0472	0.0528
P145	P145_Z_20	0.0504	0.0611
P145	P145_Z_10	0.0495	0.0576
P146	P146_Z_20	0	0.0666
P146	P146_Z_10	0	0.0665
P147	P147_Z_20	0.0509	0.0607
P147	P147_Z_10	0.0504	0.0576
P148	P148_Z_20	0.0509	0.0605
P148	P148_Z_10	0.0503	0.0576
P149	P149_Z_20	0.0509	0.0606
P149	P149_Z_10	0.0504	0.0578
P150	P150_Z_20	0.0509	0.0606

EK B. 6 Ortalama ϕ_u değerleri (Devamı)

Kazık	P. Mafsal Bölgesi	Yüksek Sünek İskele ϕ_u	Düşük Sünek İskele ϕ_u
P150	P150_Z_10	0.0504	0.0577
P151	P151_Z_20	0.0509	0.0606
P151	P151_Z_10	0.0504	0.0578
P152	P152_Z_20	0.0508	0.0605
P152	P152_Z_10	0.0502	0.0576
P153	P153_Z_20	0.0513	0.0608
P153	P153_Z_10	0.051	0.0583
P154	P154_Z_20	0.0533	0.0662
P154	P154_Z_10	0	0.0642
P101	P101_Z_0	0	0.0671
P101	P101TABLİYE	0	#YOK
P102	P102_Z_0	0.0515	0.0591
P102	P102TABLİYE	0.0526	0.0607
P103	P103_Z_0	0.0511	0.0586
P103	P103TABLİYE	0.0522	0.0603
P104	P104_Z_0	0.0511	0.0587
P104	P104TABLİYE	0.0523	0.0603
P105	P105_Z_0	0.0511	0.0587
P105	P105TABLİYE	0.0522	0.0603
P106	P106_Z_0	0.0512	0.0587
P106	P106TABLİYE	0.0523	0.0603
P107	P107_Z_0	0.051	0.0586
P107	P107TABLİYE	0.0521	0.0602
P108	P108_Z_0	0.0515	0.0591
P108	P108TABLİYE	0.0527	0.0608
P109	P109_Z_0	0	0.067
P109	P109TABLİYE	0	0.0694
P110	P110_Z_0	0.0506	0.0592
P110	P110TABLİYE	0.0516	0.0608
P111	P111_Z_0	0.0474	0.053
P111	P111TABLİYE	0.0485	0.0546
P112	P112_Z_0	0.0474	0.0529
P112	P112TABLİYE	0.0484	0.0545
P113	P113_Z_0	0.0474	0.0529
P113	P113TABLİYE	0.0484	0.0545
P114	P114_Z_0	0.0474	0.0529
P114	P114TABLİYE	0.0484	0.0545
P115	P115_Z_0	0.0474	0.0529
P115	P115TABLİYE	0.0484	0.0545

EK B. 6 Ortalama ϕ_u değerleri (Devamı)

Kazık	P. Mafsal Bölgesi	Yüksek Sünek İskele ϕ_u	Düşük Sünek İskele ϕ_u
P116	P116_Z_0	0.0474	0.053
P116	P116TABLİYE	0.0484	0.0545
P117	P117_Z_0	0.0474	0.0529
P117	P117TABLİYE	0.0485	0.0545
P118	P118_Z_0	0.0506	0.0592
P118	P118TABLİYE	0.0516	0.0609
P119	P119_Z_0	0.0502	0.0592
P119	P119TABLİYE	0.0513	0.0607
P120	P120_Z_0	0.0465	0.0522
P120	P120TABLİYE	0.0475	0.0539
P121	P121_Z_0	0.0461	0.0515
P121	P121TABLİYE	0.0472	0.053
P122	P122_Z_0	0.0461	0.0513
P122	P122TABLİYE	0.0472	0.0528
P123	P123_Z_0	0.0461	0.0513
P123	P123TABLİYE	0.0472	0.0528
P124	P124_Z_0	0.0461	0.0513
P124	P124TABLİYE	0.0472	0.0528
P125	P125_Z_0	0.0461	0.0515
P125	P125TABLİYE	0.0472	0.053
P126	P126_Z_0	0.0464	0.0523
P126	P126TABLİYE	0.0475	0.0538
P127	P127_Z_0	0.0503	0.0593
P127	P127TABLİYE	0.0513	0.0609
P128	P128_Z_0	0.0502	0.0592
P128	P128TABLİYE	0.0512	0.0607
P129	P129_Z_0	0.0465	0.0522
P129	P129TABLİYE	0.0475	0.0539
P130	P130_Z_0	0.0461	0.0515
P130	P130TABLİYE	0.0472	0.053
P131	P131_Z_0	0.0461	0.0513
P131	P131TABLİYE	0.0472	0.0528
P132	P132_Z_0	0.0461	0.0513
P132	P132TABLİYE	0.0471	0.0528
P133	P133_Z_0	0.0461	0.0513
P133	P133TABLİYE	0.0472	0.0528
P134	P134_Z_0	0.0461	0.0515
P134	P134TABLİYE	0.0472	0.053
P135	P135_Z_0	0.0464	0.0522

EK B. 6 Ortalama ϕ_u değerleri (Devamı)

Kazık	P. Mafsal Bölgesi	Yüksek Sünek İskele ϕ_u	Düşük Sünek İskele ϕ_u
P135	P135TABLİYE	0.0474	0.0538
P136	P136_Z_0	0.0503	0.0593
P136	P136TABLİYE	0.0513	0.0609
P137	P137_Z_0	0.0506	0.0594
P137	P137TABLİYE	0.0517	0.061
P138	P138_Z_0	0.0476	0.0531
P138	P138TABLİYE	0.0487	0.0547
P139	P139_Z_0	0.0475	0.0531
P139	P139TABLİYE	0.0486	0.0546
P140	P140_Z_0	0.0475	0.053
P140	P140TABLİYE	0.0486	0.0546
P141	P141_Z_0	0.0475	0.053
P141	P141TABLİYE	0.0486	0.0546
P142	P142_Z_0	0.0475	0.053
P142	P142TABLİYE	0.0486	0.0546
P143	P143_Z_0	0.0475	0.053
P143	P143TABLİYE	0.0486	0.0546
P144	P144_Z_0	0.0475	0.0531
P144	P144TABLİYE	0.0486	0.0547
P145	P145_Z_0	0.0507	0.0593
P145	P145TABLİYE	0.0517	0.0609
P146	P146_Z_0	0	0.0669
P146	P146TABLİYE	0	0.0694
P147	P147_Z_0	0.0513	0.0588
P147	P147TABLİYE	0.0524	0.0606
P148	P148_Z_0	0.0509	0.0585
P148	P148TABLİYE	0.052	0.0602
P149	P149_Z_0	0.051	0.0586
P149	P149TABLİYE	0.052	0.0603
P150	P150_Z_0	0.051	0.0586
P150	P150TABLİYE	0.052	0.0603
P151	P151_Z_0	0.051	0.0586
P151	P151TABLİYE	0.052	0.0603
P152	P152_Z_0	0.0509	0.0585
P152	P152TABLİYE	0.0519	0.0602
P153	P153_Z_0	0.0514	0.0588
P153	P153TABLİYE	0.0524	0.0605
P154	P154_Z_0	0	0.0667
P154	P154TABLİYE	0	0.0692

EK B. 7 Düşük sünek iskele performans değerlendirme

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(G\delta)}$
P101_Z_20	0	0	0.01469	0.02056
P101_Z_20	0	0	0.01202	0.01697
P101_Z_10	0	0	0.01469	0.02055
P101_Z_10	0	0	0.01059	0.01506
P102_Z_20	0.000333	0.010659	0.01319	0.01855
P102_Z_20	0.000333	0.010659	0.01165	0.01648
P102_Z_10	0.000478	0.000096	0.01240	0.01748
P102_Z_10	0.000478	0.000096	0.01025	0.01460
P103_Z_20	0	0	0.01315	0.01849
P103_Z_20	0	0	0.01168	0.01651
P103_Z_10	0	0	0.01242	0.01751
P103_Z_10	0	0	0.01024	0.01459
P104_Z_20	7.298E-09	0.008696	0.01317	0.01851
P104_Z_20	7.298E-09	0.008696	0.01169	0.01654
P104_Z_10	0	0	0.01244	0.01754
P104_Z_10	0	0	0.01026	0.01462
P105_Z_20	0	0	0.01317	0.01851
P105_Z_20	0	0	0.01169	0.01654
P105_Z_10	0	0	0.01244	0.01754
P105_Z_10	0	0	0.01026	0.01462
P106_Z_20	7.548E-09	0.008993	0.01317	0.01851
P106_Z_20	7.548E-09	0.008993	0.01170	0.01654
P106_Z_10	0	0	0.01244	0.01754
P106_Z_10	0	0	0.01026	0.01462
P107_Z_20	0	0	0.01315	0.01849
P107_Z_20	0	0	0.01167	0.01651
P107_Z_10	0	0	0.01241	0.01749
P107_Z_10	0	0	0.01024	0.01459
P108_Z_20	7.57E-09	0.00902	0.01323	0.01860
P108_Z_20	7.57E-09	0.00902	0.01161	0.01643
P108_Z_10	0	0	0.01260	0.01776
P108_Z_10	0	0	0.01014	0.01446
P109_Z_20	0	0	0.01463	0.02048
P109_Z_20	0	0	0.01213	0.01713
P109_Z_10	0	0	0.01413	0.01981
P109_Z_10	0	0	0.01087	0.01543
P110_Z_20	7.563E-09	0.009011	0.01328	0.01867
P110_Z_20	7.563E-09	0.009011	0.01201	0.01696
P110_Z_10	0	0	0.01272	0.01791
P110_Z_10	0	0	0.01053	0.01498
P111_Z_20	0	0	0.01220	0.01721
P111_Z_20	0	0	0.01157	0.01637

EK B. 7 Düşük sünek iskele performans değerlendirmesi (Devamı)

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(GÖ)}$
P111_Z_10	0	0	0.01087	0.01544
P111_Z_10	0	0	0.01018	0.01451
P112_Z_20	7.57E-09	0.009016	0.01222	0.01724
P112_Z_20	7.57E-09	0.009016	0.01161	0.01643
P112_Z_10	0	0	0.01097	0.01557
P112_Z_10	0	0	0.01018	0.01451
P113_Z_20	0	0	0.01222	0.01724
P113_Z_20	0	0	0.01162	0.01644
P113_Z_10	0	0	0.01096	0.01556
P113_Z_10	0	0	0.01019	0.01452
P114_Z_20	7.54E-09	0.008986	0.01222	0.01724
P114_Z_20	7.54E-09	0.008986	0.01162	0.01644
P114_Z_10	0	0	0.01096	0.01556
P114_Z_10	0	0	0.01019	0.01452
P115_Z_20	0	0	0.01222	0.01724
P115_Z_20	0	0	0.01162	0.01644
P115_Z_10	0	0	0.01096	0.01556
P115_Z_10	0	0	0.01019	0.01452
P116_Z_20	7.45E-09	0.008872	0.01222	0.01724
P116_Z_20	7.45E-09	0.008872	0.01162	0.01644
P116_Z_10	0	0	0.01096	0.01555
P116_Z_10	0	0	0.0102	0.01453
P117_Z_20	0	0	0.01223	0.01726
P117_Z_20	0	0	0.0115	0.01628
P117_Z_10	0	0	0.01105	0.01567
P117_Z_10	0	0	0.01003	0.01431
P118_Z_20	8.57E-09	0.010211	0.01324	0.01862
P118_Z_20	8.57E-09	0.010211	0.01209	0.01707
P118_Z_10	0.000564	0.000113	0.01232	0.01738
P118_Z_10	0.000564	0.000113	0.01084	0.01539
P119_Z_20	0	0	0.01328	0.01866
P119_Z_20	0	0	0.01201	0.01696
P119_Z_10	0	0	0.01271	0.01791
P119_Z_10	0	0	0.01051	0.01496
P120_Z_20	7.68E-09	0.009151	0.0121	0.01708
P120_Z_20	7.68E-09	0.009151	0.01165	0.01648
P120_Z_10	0	0	0.01065	0.01514
P120_Z_10	0	0	0.01033	0.01471
P121_Z_20	0	0	0.01214	0.01714
P121_Z_20	0	0	0.01178	0.01666
P121_Z_10	0	0	0.01073	0.01525
P121_Z_10	0	0	0.01033	0.01471
P122_Z_20	0.000278	0.007502	0.01213	0.01713
P122_Z_20	0.000278	0.007502	0.0118	0.01668
P122_Z_10	0	0	0.0107	0.01521

EK B. 7 Düşük sünek iskele performans değerlendirmesi (Devamı)

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(GÖ)}$
P122_Z_10	0	0	0.01037	0.01476
P123_Z_20	0	0	0.01214	0.01713
P123_Z_20	0	0	0.0118	0.01668
P123_Z_10	0	0	0.0107	0.01521
P123_Z_10	0	0	0.01036	0.01476
P124_Z_20	0.000284	0.007708	0.01214	0.01713
P124_Z_20	0.000284	0.007708	0.01179	0.01667
P124_Z_10	0	0	0.0107	0.01521
P124_Z_10	0	0	0.01036	0.01475
P125_Z_20	0	0	0.01213	0.01713
P125_Z_20	0	0	0.0118	0.01668
P125_Z_10	0	0	0.01069	0.0152
P125_Z_10	0	0	0.01038	0.01478
P126_Z_20	0.000286	0.007704	0.01214	0.01713
P126_Z_20	0.000286	0.007704	0.01159	0.0164
P126_Z_10	0	0	0.01092	0.0155
P126_Z_10	0	0	0.01009	0.01439
P127_Z_20	0	0	0.01326	0.01863
P127_Z_20	0	0	0.01209	0.01707
P127_Z_10	0	0	0.01233	0.01738
P127_Z_10	0	0	0.01085	0.01541
P128_Z_20	0.000285	0.0077	0.01328	0.01866
P128_Z_20	0.000285	0.0077	0.01202	0.01697
P128_Z_10	0	0	0.01272	0.01791
P128_Z_10	0	0	0.01052	0.01496
P129_Z_20	0	0	0.0121	0.01709
P129_Z_20	0	0	0.01165	0.01648
P129_Z_10	0	0	0.01065	0.01514
P129_Z_10	0	0	0.01033	0.01471
P130_Z_20	0.000286	0.007704	0.01214	0.01714
P130_Z_20	0.000286	0.007704	0.01178	0.01666
P130_Z_10	0	0	0.01073	0.01525
P130_Z_10	0	0	0.01033	0.01471
P131_Z_20	0	0	0.01214	0.01713
P131_Z_20	0	0	0.0118	0.01667
P131_Z_10	0	0	0.0107	0.01521
P131_Z_10	0	0	0.01037	0.01476
P132_Z_20	0.000284	0.007695	0.01214	0.01713
P132_Z_20	0.000284	0.007695	0.0118	0.01667
P132_Z_10	0	0	0.0107	0.01521
P132_Z_10	0	0	0.01036	0.01476
P133_Z_20	0	0	0.01214	0.01713
P133_Z_20	0	0	0.01179	0.01667
P133_Z_10	0	0	0.0107	0.01521
P133_Z_10	0	0	0.01036	0.01475

EK B. 7 Düşük sünek iskele performans değerlendirme (Devamı)

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(GÖ)}$
P134_Z_20	-0.000299	0.007595	0.01213	0.01713
P134_Z_20	-0.000299	0.007595	0.0118	0.01667
P134_Z_10	0	0	0.0107	0.0152
P134_Z_10	0	0	0.01038	0.01478
P135_Z_20	0	0	0.01214	0.01714
P135_Z_20	0	0	0.01159	0.0164
P135_Z_10	0	0	0.01092	0.0155
P135_Z_10	0	0	0.01009	0.01439
P136_Z_20	7.76E-09	0.009245	0.01326	0.01863
P136_Z_20	7.76E-09	0.009245	0.0121	0.01708
P136_Z_10	0	0	0.01232	0.01738
P136_Z_10	0	0	0.01086	0.01542
P137_Z_20	0	0	0.0133	0.01869
P137_Z_20	0	0	0.01204	0.017
P137_Z_10	0	0	0.01276	0.01797
P137_Z_10	0	0	0.01055	0.01501
P138_Z_20	7.75E-09	0.009235	0.01223	0.01725
P138_Z_20	7.75E-09	0.009235	0.01156	0.01636
P138_Z_10	0	0	0.01092	0.01551
P138_Z_10	0	0	0.01018	0.01451
P139_Z_20	0	0	0.01225	0.01728
P139_Z_20	0	0	0.01163	0.01646
P139_Z_10	0	0	0.01103	0.01565
P139_Z_10	0	0	0.01021	0.01455
P140_Z_20	0.000297	0.007561	0.01225	0.01728
P140_Z_20	0.000297	0.007561	0.01164	0.01646
P140_Z_10	0	0	0.01102	0.01563
P140_Z_10	0	0	0.01022	0.01456
P141_Z_20	0	0	0.01225	0.01728
P141_Z_20	0	0	0.01164	0.01646
P141_Z_10	0	0	0.01102	0.01563
P141_Z_10	0	0	0.01022	0.01456
P142_Z_20	-2.41E-06	0.007712	0.01225	0.01728
P142_Z_20	-2.41E-06	0.007712	0.01164	0.01646
P142_Z_10	0	0	0.01102	0.01564
P142_Z_10	0	0	0.01022	0.01456
P143_Z_20	0	0	0.01225	0.01728
P143_Z_20	0	0	0.01163	0.01645
P143_Z_10	0	0	0.01101	0.01562
P143_Z_10	0	0	0.01022	0.01456
P144_Z_20	5.84E-08	0.007697	0.01227	0.0173
P144_Z_20	5.84E-08	0.007697	0.01155	0.01634
P144_Z_10	0	0	0.0111	0.01574
P144_Z_10	0	0	0.01008	0.01437
P145_Z_20	0	0	0.01326	0.01863

EK B. 7 Düşük sünek iskele performans değerlendirmesi (Devamı)

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(GÖ)}$
P145_Z_20	0	0	0.0121	0.01708
P145_Z_10	0	0	0.01234	0.01741
P145_Z_10	0	0	0.01085	0.01541
P146_Z_20	7.32E-07	0.007694	0.01468	0.02054
P146_Z_20	7.32E-07	0.007694	0.01202	0.01698
P146_Z_10	0	0	0.01464	0.02049
P146_Z_10	0	0	0.01053	0.01498
P147_Z_20	0	0	0.01315	0.01849
P147_Z_20	0	0	0.01161	0.01643
P147_Z_10	0	0	0.01236	0.01743
P147_Z_10	0	0	0.01022	0.01457
P148_Z_20	-1.45E-07	0.007698	0.01311	0.01843
P148_Z_20	-1.45E-07	0.007698	0.01164	0.01647
P148_Z_10	0	0	0.01236	0.01743
P148_Z_10	0	0	0.01019	0.01453
P149_Z_20	0	0	0.01313	0.01846
P149_Z_20	0	0	0.01166	0.01649
P149_Z_10	0	0	0.01239	0.01747
P149_Z_10	0	0	0.01022	0.01456
P150_Z_20	1.22E-07	0.007693	0.01313	0.01846
P150_Z_20	1.22E-07	0.007693	0.01166	0.01649
P150_Z_10	0	0	0.01239	0.01747
P150_Z_10	0	0	0.01022	0.01456
P151_Z_20	0	0	0.01313	0.01846
P151_Z_20	0	0	0.01166	0.0165
P151_Z_10	0	0	0.01239	0.01747
P151_Z_10	0	0	0.01022	0.01456
P152_Z_20	0.000303	0.007639	0.01311	0.01844
P152_Z_20	0.000303	0.007639	0.01164	0.01647
P152_Z_10	0	0	0.01236	0.01743
P152_Z_10	0	0	0.0102	0.01454
P153_Z_20	0	0	0.01317	0.01852
P153_Z_20	0	0	0.01155	0.01634
P153_Z_10	0	0	0.01252	0.01765
P153_Z_10	0	0	0.01007	0.01436
P154_Z_20	7.94E-09	0.009463	0.01457	0.02039
P154_Z_20	7.94E-09	0.009463	0.01212	0.01711
P154_Z_10	0	0	0.01405	0.01969
P154_Z_10	0	0	0.01084	0.0154
P101_Z_0	0.00562818	0.00370982	0.01481	0.02071
P101TABLİYE	0.00920495	0.01785336	0	0
P101_Z_0	-0.0012438	-0.0039187	0.01095	0.01554
P101TABLİYE	-0.0284372	-0.0183809	0.01133	0.01606
P102_Z_0	0.00391819	0.00670555	0.01272	0.01792
P102TABLİYE	0.00851078	0.02387855	0.01315	0.01849

EK B. 7 Düşük sünek iskele performans değerlendirme (Devamı)

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(GÖ)}$
P102_Z_0	-0.0011081	-0.0039804	0.01041	0.01481
P102TABLİYE	-0.0281026	-0.0190529	0.0107	0.01521
P103_Z_0	0.00403545	0.00232555	0.01262	0.01777
P103TABLİYE	0.00841	0.01851573	0.01304	0.01834
P103_Z_0	-0.0010326	-0.0037672	0.01045	0.01487
P103TABLİYE	-0.0279435	-0.0191226	0.01074	0.01526
P104_Z_0	0.00391505	0.0060855	0.01264	0.0178
P104TABLİYE	0.00823586	0.02225073	0.01305	0.01836
P104_Z_0	-0.0010337	-0.0037896	0.01047	0.0149
P104TABLİYE	-0.0279727	-0.0192193	0.01077	0.0153
P105_Z_0	0.00408295	0.00229918	0.01263	0.0178
P105TABLİYE	0.00836477	0.01843141	0.01305	0.01836
P105_Z_0	-0.001037	-0.0038043	0.01047	0.0149
P105TABLİYE	-0.0280068	-0.0192535	0.01076	0.01529
P106_Z_0	0.0041141	0.00615209	0.01264	0.0178
P106TABLİYE	0.00840542	0.02242027	0.01305	0.01836
P106_Z_0	-0.0010394	-0.003823	0.01047	0.0149
P106TABLİYE	-0.0280351	-0.0191253	0.01077	0.0153
P107_Z_0	0.00410282	0.00226159	0.01261	0.01777
P107TABLİYE	0.00838264	0.01849314	0.01303	0.01832
P107_Z_0	-0.0010557	-0.0038475	0.01045	0.01487
P107TABLİYE	-0.0280902	-0.0191052	0.01074	0.01526
P108_Z_0	0.00419886	0.00642414	0.01273	0.01793
P108TABLİYE	0.00860454	0.02264745	0.01317	0.01852
P108_Z_0	-0.0010112	-0.0035607	0.01039	0.01479
P108TABLİYE	-0.0280209	-0.0197932	0.01069	0.01519
P109_Z_0	0.00578905	0.00206764	0.01479	0.02068
P109TABLİYE	0.00920164	0.01790314	0.01541	0.02152
P109_Z_0	-0.0015112	-0.0051443	0.01092	0.0155
P109TABLİYE	-0.0288237	-0.0177541	0.01132	0.01604
P110_Z_0	0.00358939	0.00616682	0.01277	0.01798
P110TABLİYE	0.00885216	0.01812091	0.01318	0.01853
P110_Z_0	-0.001417	-0.0035248	0.01089	0.01546
P110TABLİYE	-0.0275306	-0.0129252	0.01127	0.01596
P111_Z_0	0.0029935	0.00178341	0.01115	0.01581
P111TABLİYE	0.00897368	0.01655914	0.01158	0.01639
P111_Z_0	-0.0013793	-0.0036806	0.01035	0.01473
P111TABLİYE	-0.0275256	-0.0167251	0.01064	0.01512
P112_Z_0	0.00306624	0.00571964	0.01114	0.0158
P112TABLİYE	0.00872451	0.01943118	0.01155	0.01635
P112_Z_0	-0.0012992	-0.003553	0.01044	0.01486
P112TABLİYE	-0.0274062	-0.0161716	0.01072	0.01523
P113_Z_0	0.00307559	0.00187095	0.01114	0.0158
P113TABLİYE	0.00878473	0.01575205	0.01156	0.01636
P113_Z_0	-0.0013275	-0.0036179	0.01044	0.01486

EK B. 7 Düşük sünek iskele performans değerlendirmesi (Devamı)

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(GÖ)}$
P113TABLİYE	-0.0274135	-0.016268	0.01072	0.01523
P114_Z_0	0.00309619	0.00572632	0.01114	0.0158
P114TABLİYE	0.00878792	0.01958736	0.01156	0.01636
P114_Z_0	-0.0013228	-0.0036104	0.01044	0.01486
P114TABLİYE	-0.0274295	-0.0162316	0.01072	0.01523
P115_Z_0	0.00311291	0.00188432	0.01114	0.0158
P115TABLİYE	0.00881555	0.01578732	0.01156	0.01636
P115_Z_0	-0.001324	-0.0036103	0.01044	0.01486
P115TABLİYE	-0.0274512	-0.0162719	0.01072	0.01523
P116_Z_0	0.00297323	0.00568832	0.01115	0.01581
P116TABLİYE	0.00867591	0.019529	0.01156	0.01635
P116_Z_0	-0.0013367	-0.0036348	0.01044	0.01486
P116TABLİYE	-0.0274179	-0.0160928	0.01071	0.01523
P117_Z_0	0.003174	0.00195086	0.01114	0.01579
P117TABLİYE	0.00903027	0.01648082	0.01155	0.01634
P117_Z_0	-0.0011722	-0.0034282	0.01033	0.01471
P117TABLİYE	-0.0276292	-0.0170733	0.01061	0.01509
P118_Z_0	0.00355473	0.00656491	0.01277	0.01798
P118TABLİYE	0.0091745	0.01729368	0.0132	0.01855
P118_Z_0	-0.0016469	-0.004012	0.01088	0.01545
P118TABLİYE	-0.0275584	-0.014761	0.01129	0.01599
P119_Z_0	0.00374568	0.00243877	0.01276	0.01797
P119TABLİYE	0.00840268	0.01353782	0.01316	0.0185
P119_Z_0	-0.0012937	-0.0034858	0.01088	0.01544
P119TABLİYE	-0.0275942	-0.0117022	0.01126	0.01596
P120_Z_0	0.00309641	0.00641209	0.01096	0.01556
P120TABLİYE	0.00837259	0.02072541	0.01138	0.01612
P120_Z_0	-0.001204	-0.0036845	0.01042	0.01484
P120TABLİYE	-0.0276901	-0.0165859	0.01071	0.01521
P121_Z_0	0.00318155	0.00193714	0.01077	0.0153
P121TABLİYE	0.00815486	0.01515014	0.01117	0.01583
P121_Z_0	-0.0010935	-0.003457	0.01066	0.01515
P121TABLİYE	-0.0275693	-0.0157293	0.011	0.01561
P122_Z_0	0.00304886	0.00567814	0.01072	0.01524
P122TABLİYE	0.0080515	0.01909318	0.01111	0.01576
P122_Z_0	-0.0011322	-0.0035454	0.01069	0.01519
P122TABLİYE	-0.0276307	-0.015886	0.01104	0.01566
P123_Z_0	0.00320614	0.00193109	0.01072	0.01523
P123TABLİYE	0.00819355	0.01533059	0.01111	0.01575
P123_Z_0	-0.0011253	-0.0035198	0.01069	0.01519
P123TABLİYE	-0.0276254	-0.015842	0.01104	0.01567
P124_Z_0	0.00308145	0.00579664	0.01072	0.01524
P124TABLİYE	0.00807945	0.019214	0.01111	0.01576
P124_Z_0	-0.0011101	-0.0034969	0.01069	0.01519
P124TABLİYE	-0.027646	-0.0159027	0.01104	0.01566

EK B. 7 Düşük sünek iskele performans değerlendirme (Devamı)

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(GÖ)}$
P125_Z_0	0.00323514	0.00192114	0.01077	0.01529
P125TABLİYE	0.00820114	0.01521636	0.01116	0.01582
P125_Z_0	-0.001145	-0.0035774	0.01066	0.01515
P125TABLİYE	-0.0276123	-0.0156831	0.011	0.01561
P126_Z_0	0.00315359	0.00588505	0.01097	0.01556
P126TABLİYE	0.00824964	0.02013568	0.01136	0.01609
P126_Z_0	-0.0010725	-0.0033624	0.01041	0.01482
P126TABLİYE	-0.0277901	-0.0167255	0.0107	0.0152
P127_Z_0	0.00372727	0.001874	0.01278	0.018
P127TABLİYE	0.0087675	0.011537	0.01321	0.01857
P127_Z_0	-0.0015845	-0.0039869	0.01088	0.01545
P127TABLİYE	-0.0277011	-0.0137404	0.01128	0.01598
P128_Z_0	0.00359687	0.00630395	0.01277	0.01798
P128TABLİYE	0.00828664	0.01738941	0.01316	0.01851
P128_Z_0	-0.0013073	-0.0034873	0.01088	0.01545
P128TABLİYE	-0.0275444	-0.011714	0.01127	0.01596
P129_Z_0	0.00309777	0.00185268	0.01096	0.01555
P129TABLİYE	0.00840068	0.01615914	0.01138	0.01612
P129_Z_0	-0.0012219	-0.003685	0.01042	0.01483
P129TABLİYE	-0.0276436	-0.0165745	0.0107	0.01521
P130_Z_0	0.00303777	0.00580891	0.01077	0.0153
P130TABLİYE	0.00805041	0.01900364	0.01117	0.01583
P130_Z_0	-0.0011038	-0.0034453	0.01066	0.01515
P130TABLİYE	-0.0275086	-0.0157354	0.011	0.01561
P131_Z_0	0.00318741	0.00194477	0.01072	0.01524
P131TABLİYE	0.00822755	0.01532768	0.01111	0.01576
P131_Z_0	-0.001134	-0.0035324	0.01069	0.01519
P131TABLİYE	-0.0275775	-0.0159065	0.01104	0.01566
P132_Z_0	0.00306395	0.00579664	0.01072	0.01523
P132TABLİYE	0.00808745	0.01917064	0.01111	0.01575
P132_Z_0	-0.0011182	-0.0035016	0.01069	0.01519
P132TABLİYE	-0.0275855	-0.0158669	0.01104	0.01566
P133_Z_0	0.00322209	0.00195732	0.01072	0.01524
P133TABLİYE	0.00826136	0.01533345	0.01111	0.01576
P133_Z_0	-0.0011212	-0.0034936	0.01069	0.01519
P133TABLİYE	-0.0276095	-0.0159428	0.01104	0.01566
P134_Z_0	0.00338618	0.00573868	0.01077	0.01529
P134TABLİYE	0.00839145	0.01900877	0.01117	0.01583
P134_Z_0	-0.0011554	-0.0035744	0.01066	0.01515
P134TABLİYE	-0.0275657	-0.0157012	0.011	0.01561
P135_Z_0	0.00329586	0.00205041	0.01096	0.01556
P135TABLİYE	0.00844386	0.01631677	0.01136	0.01609
P135_Z_0	-0.00109	-0.0033556	0.01041	0.01482
P135TABLİYE	-0.0277576	-0.0167384	0.01069	0.0152
P136_Z_0	0.00372959	0.00651059	0.01278	0.018

EK B. 7 Düşük sünek iskele performans değerlendirmesi (Devamı)

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(GÖ)}$
P136TABLİYE	0.00877705	0.01615509	0.01321	0.01856
P136_Z_0	-0.0015817	-0.0039775	0.01089	0.01546
P136TABLİYE	-0.027654	-0.013746	0.01128	0.01598
P137_Z_0	0.0039965	0.00258482	0.01282	0.01804
P137TABLİYE	0.00839295	0.01442014	0.01323	0.01859
P137_Z_0	-0.0012372	-0.0034416	0.01092	0.0155
P137TABLİYE	-0.0285473	-0.01302	0.01131	0.01602
P138_Z_0	0.00307068	0.00725477	0.01118	0.01585
P138TABLİYE	0.00822032	0.02173882	0.0116	0.01641
P138_Z_0	-0.0010676	-0.00364	0.01035	0.01474
P138TABLİYE	-0.0283263	-0.0168572	0.01065	0.01513
P139_Z_0	0.00331664	0.00204482	0.01117	0.01584
P139TABLİYE	0.00822232	0.01557877	0.01158	0.01638
P139_Z_0	-0.00104	-0.0033818	0.01045	0.01486
P139TABLİYE	-0.0282402	-0.0162165	0.01072	0.01524
P140_Z_0	0.00333014	0.00637705	0.01117	0.01583
P140TABLİYE	0.00823741	0.01998486	0.01157	0.01637
P140_Z_0	-0.0010632	-0.0034329	0.01045	0.01487
P140TABLİYE	-0.0283116	-0.01638	0.01073	0.01524
P141_Z_0	0.00335414	0.00203195	0.01116	0.01583
P141TABLİYE	0.00828055	0.01575332	0.01157	0.01637
P141_Z_0	-0.0010724	-0.0034531	0.01045	0.01487
P141TABLİYE	-0.0282923	-0.0163	0.01073	0.01524
P142_Z_0	0.00337246	0.00653255	0.01117	0.01583
P142TABLİYE	0.00829728	0.02026186	0.01157	0.01637
P142_Z_0	-0.0010557	-0.0034125	0.01045	0.01487
P142TABLİYE	-0.0282724	-0.016353	0.01073	0.01524
P143_Z_0	0.00338327	0.00200945	0.01117	0.01583
P143TABLİYE	0.008304	0.01569614	0.01157	0.01638
P143_Z_0	-0.0010598	-0.0034407	0.01044	0.01486
P143TABLİYE	-0.028283	-0.016167	0.01072	0.01524
P144_Z_0	0.00344628	0.006637	0.01119	0.01586
P144TABLİYE	0.00850091	0.02105382	0.0116	0.01641
P144_Z_0	-0.001062	-0.0033293	0.01036	0.01475
P144TABLİYE	-0.0284551	-0.0170706	0.01064	0.01513
P145_Z_0	0.00398068	0.00199286	0.01279	0.018
P145TABLİYE	0.00885023	0.01269573	0.01321	0.01857
P145_Z_0	-0.00146	-0.0040313	0.0109	0.01547
P145TABLİYE	-0.0284584	-0.0148456	0.0113	0.01601
P146_Z_0	0.00378332	0.00763691	0.01476	0.02064
P146TABLİYE	0.009256	0.0222292	0.01541	0.02152
P146_Z_0	-0.0017973	-0.0036451	0.01087	0.01543
P146TABLİYE	-0.0268561	-0.0182641	0.01128	0.01598
P147_Z_0	0.003053	0.00192909	0.01267	0.01785
P147TABLİYE	0.00904964	0.01941723	0.01312	0.01845

EK B. 7 Düşük sünek iskele performans değerlendirmesi (Devamı)

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(GÖ)}$
P147_Z_0	-0.001707	-0.0037494	0.01036	0.01474
P147TABLİYE	-0.0270039	-0.0186627	0.01065	0.01514
P148_Z_0	0.00311264	0.00656294	0.01258	0.01772
P148TABLİYE	0.00879905	0.02310223	0.01302	0.01832
P148_Z_0	-0.0016975	-0.0035741	0.01042	0.01483
P148TABLİYE	-0.0267076	-0.0189131	0.01071	0.01522
P149_Z_0	0.00314341	0.00205759	0.0126	0.01776
P149TABLİYE	0.00884595	0.01866518	0.01304	0.01834
P149_Z_0	-0.0016948	-0.0036131	0.01044	0.01485
P149TABLİYE	-0.026798	-0.0189305	0.01073	0.01525
P150_Z_0	0.00315791	0.00654895	0.0126	0.01775
P150TABLİYE	0.008906	0.02319509	0.01304	0.01834
P150_Z_0	-0.0016876	-0.0036172	0.01044	0.01485
P150TABLİYE	-0.0268112	-0.018922	0.01073	0.01525
P151_Z_0	0.00318014	0.00205814	0.0126	0.01776
P151TABLİYE	0.00886636	0.01868464	0.01305	0.01836
P151_Z_0	-0.0016793	-0.0036268	0.01044	0.01486
P151TABLİYE	-0.0268392	-0.0188867	0.01073	0.01525
P152_Z_0	0.00317737	0.00647891	0.01258	0.01772
P152TABLİYE	0.008905	0.02316864	0.01301	0.01831
P152_Z_0	-0.0016784	-0.0036376	0.01041	0.01482
P152TABLİYE	-0.0268501	-0.0188105	0.01071	0.01522
P153_Z_0	0.00327445	0.0021805	0.01266	0.01783
P153TABLİYE	0.00916932	0.01856795	0.01311	0.01843
P153_Z_0	-0.0015692	-0.0035724	0.01034	0.01473
P153TABLİYE	-0.0267658	-0.0197337	0.01064	0.01512
P154_Z_0	0.0036701	0.00714859	0.0147	0.02056
P154TABLİYE	0.00993082	0.02317027	0.01534	0.02143
P154_Z_0	-0.0016794	-0.0043608	0.01089	0.01546
P154TABLİYE	-0.02742	-0.017584	0.01131	0.01603

EK B. 8 Yüksek sünek iskele performans değerlendirme

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$
P101_Z_20	0	0	0.0000	0.0000
P101_Z_20	0	0	0.0133	0.0188
P101_Z_10	0	0	0.0000	0.0000
P101_Z_10	0	0	0.0124	0.0175
P102_Z_20	0	0	0.0154	0.0215
P102_Z_20	0	0	0.0136	0.0191
P102_Z_10	0	0	0.0153	0.0214
P102_Z_10	0	0	0.0126	0.0178
P103_Z_20	0	0	0.0154	0.0215
P103_Z_20	0	0	0.0135	0.0190
P103_Z_10	0	0	0.0152	0.0213
P103_Z_10	0	0	0.0126	0.0178
P104_Z_20	0	0	0.0154	0.0215
P104_Z_20	0	0	0.0135	0.0191
P104_Z_10	0	0	0.0152	0.0213
P104_Z_10	0	0	0.0126	0.0178
P105_Z_20	0	0	0.0154	0.0215
P105_Z_20	0	0	0.0135	0.0190
P105_Z_10	0	0	0.0152	0.0213
P105_Z_10	0	0	0.0126	0.0178
P106_Z_20	0	0	0.0154	0.0215
P106_Z_20	0	0	0.0135	0.0191
P106_Z_10	0	0	0.0152	0.0213
P106_Z_10	0	0	0.0126	0.0178
P107_Z_20	0	0	0.0154	0.0215
P107_Z_20	0	0	0.0135	0.0190
P107_Z_10	0	0	0.0152	0.0213
P107_Z_10	0	0	0.0126	0.0178
P108_Z_20	0	0	0.0156	0.0218
P108_Z_20	0	0	0.0134	0.0189
P108_Z_10	0	0	0.0154	0.0216
P108_Z_10	0	0	0.0125	0.0176
P109_Z_20	0	0	0.0163	0.0228
P109_Z_20	0	0	0.0137	0.0192
P109_Z_10	0	0	0.0000	0.0000
P109_Z_10	0	0	0.0127	0.0179
P110_Z_20	0	0	0.0154	0.0215
P110_Z_20	0	0	0.0138	0.0194
P110_Z_10	0	0	0.0152	0.0213
P110_Z_10	0	0	0.0130	0.0183
P111_Z_20	0	0	0.0145	0.0203
P111_Z_20	0	0	0.0138	0.0194
P111_Z_10	0	0	0.0139	0.0195
P111_Z_10	0	0	0.0130	0.0183
P112_Z_20	0	0	0.0145	0.0204

EK B. 8 Yüksek sünek iskele performans değerlendirme (Devamı)

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(G\ddot{o})}$
P112_Z_20	0	0	0.0137	0.0193
P112_Z_10	0	0	0.0139	0.0196
P112_Z_10	0	0	0.0129	0.0182
P113_Z_20	0	0	0.0145	0.0204
P113_Z_20	0	0	0.0138	0.0193
P113_Z_10	0	0	0.014	0.0196
P113_Z_10	0	0	0.0129	0.0183
P114_Z_20	0	0	0.0145	0.0204
P114_Z_20	0	0	0.0138	0.0193
P114_Z_10	0	0	0.014	0.0196
P114_Z_10	0	0	0.0129	0.0183
P115_Z_20	0	0	0.0145	0.0204
P115_Z_20	0	0	0.0138	0.0193
P115_Z_10	0	0	0.014	0.0196
P115_Z_10	0	0	0.0129	0.0183
P116_Z_20	0	0	0.0145	0.0204
P116_Z_20	0	0	0.0138	0.0194
P116_Z_10	0	0	0.0139	0.0196
P116_Z_10	0	0	0.0129	0.0183
P117_Z_20	0	0	0.0146	0.0205
P117_Z_20	0	0	0.0137	0.0192
P117_Z_10	0	0	0.014	0.0197
P117_Z_10	0	0	0.0129	0.0181
P118_Z_20	0	0	0.0152	0.0212
P118_Z_20	0	0	0.0142	0.0199
P118_Z_10	0	0	0.0148	0.0208
P118_Z_10	0	0	0.0134	0.0188
P119_Z_20	0	0	0.0153	0.0214
P119_Z_20	0	0	0.0138	0.0195
P119_Z_10	0	0	0.0151	0.0211
P119_Z_10	0	0	0.013	0.0184
P120_Z_20	0	0	0.0143	0.0201
P120_Z_20	0	0	0.0139	0.0196
P120_Z_10	0	0	0.0135	0.0191
P120_Z_10	0	0	0.0132	0.0187
P121_Z_20	0	0	0.0144	0.0202
P121_Z_20	0	0	0.0139	0.0195
P121_Z_10	0	0	0.0136	0.0191
P121_Z_10	0	0	0.0132	0.0186
P122_Z_20	0	0	0.0144	0.0202
P122_Z_20	0	0	0.0139	0.0195
P122_Z_10	0	0	0.0136	0.0191
P122_Z_10	0	0	0.0132	0.0186
P123_Z_20	0	0	0.0144	0.0202
P123_Z_20	0	0	0.0139	0.0195

EK B. 8 Yüksek sünek iskele performans değerlendirmesi (Devamı)

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$
P123_Z_10	0	0	0.0136	0.0191
P123_Z_10	0	0	0.0132	0.0186
P124_Z_20	0	0	0.0144	0.0202
P124_Z_20	0	0	0.0139	0.0195
P124_Z_10	0	0	0.0136	0.0191
P124_Z_10	0	0	0.0132	0.0186
P125_Z_20	0	0	0.0144	0.0202
P125_Z_20	0	0	0.0139	0.0195
P125_Z_10	0	0	0.0136	0.0191
P125_Z_10	0	0	0.0132	0.0186
P126_Z_20	0	0	0.0145	0.0203
P126_Z_20	0	0	0.0138	0.0194
P126_Z_10	0	0	0.0137	0.0193
P126_Z_10	0	0	0.013	0.0184
P127_Z_20	0	0	0.0151	0.0211
P127_Z_20	0	0	0.0142	0.02
P127_Z_10	0	0	0.0147	0.0206
P127_Z_10	0	0	0.0134	0.0189
P128_Z_20	0	0	0.0153	0.0214
P128_Z_20	0	0	0.0138	0.0195
P128_Z_10	0	0	0.0151	0.0211
P128_Z_10	0	0	0.013	0.0184
P129_Z_20	0	0	0.0143	0.0201
P129_Z_20	0	0	0.0139	0.0196
P129_Z_10	0	0	0.0135	0.0191
P129_Z_10	0	0	0.0132	0.0187
P130_Z_20	0	0	0.0144	0.0202
P130_Z_20	0	0	0.0138	0.0195
P130_Z_10	0	0	0.0136	0.0191
P130_Z_10	0	0	0.0132	0.0186
P131_Z_20	0	0	0.0144	0.0202
P131_Z_20	0	0	0.0139	0.0195
P131_Z_10	0	0	0.0136	0.0191
P131_Z_10	0	0	0.0132	0.0186
P132_Z_20	0	0	0.0144	0.0202
P132_Z_20	0	0	0.0139	0.0195
P132_Z_10	0	0	0.0136	0.0191
P132_Z_10	0	0	0.0132	0.0186
P133_Z_20	0	0	0.0144	0.0202
P133_Z_20	0	0	0.0139	0.0195
P133_Z_10	0	0	0.0136	0.0191
P133_Z_10	0	0	0.0132	0.0186
P134_Z_20	0	0	0.0143	0.0201
P134_Z_20	0	0	0.0139	0.0195
P134_Z_10	0	0	0.0136	0.0191

EK B. 8 Yüksek sünek iskele performans değerlendirmesi (Devamı)

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$
P134_Z_10	0	0	0.0132	0.0186
P135_Z_20	0	0	0.0144	0.0203
P135_Z_20	0	0	0.0137	0.0193
P135_Z_10	0	0	0.0137	0.0193
P135_Z_10	0	0	0.013	0.0184
P136_Z_20	0	0	0.0151	0.0211
P136_Z_20	0	0	0.0142	0.02
P136_Z_10	0	0	0.0147	0.0206
P136_Z_10	0	0	0.0134	0.0189
P137_Z_20	0	0	0.0154	0.0216
P137_Z_20	0	0	0.0138	0.0194
P137_Z_10	0	0	0.0152	0.0213
P137_Z_10	0	0	0.013	0.0183
P138_Z_20	0	0	0.0145	0.0203
P138_Z_20	0	0	0.0138	0.0195
P138_Z_10	0	0	0.0139	0.0196
P138_Z_10	0	0	0.013	0.0184
P139_Z_20	0	0	0.0146	0.0204
P139_Z_20	0	0	0.0138	0.0194
P139_Z_10	0	0	0.014	0.0197
P139_Z_10	0	0	0.013	0.0183
P140_Z_20	0	0	0.0146	0.0204
P140_Z_20	0	0	0.0138	0.0194
P140_Z_10	0	0	0.014	0.0197
P140_Z_10	0	0	0.013	0.0183
P141_Z_20	0	0	0.0146	0.0204
P141_Z_20	0	0	0.0138	0.0194
P141_Z_10	0	0	0.014	0.0197
P141_Z_10	0	0	0.013	0.0183
P142_Z_20	0	0	0.0146	0.0204
P142_Z_20	0	0	0.0138	0.0194
P142_Z_10	0	0	0.014	0.0197
P142_Z_10	0	0	0.013	0.0183
P143_Z_20	0	0	0.0145	0.0204
P143_Z_20	0	0	0.0138	0.0194
P143_Z_10	0	0	0.014	0.0196
P143_Z_10	0	0	0.013	0.0183
P144_Z_20	0	0	0.0146	0.0205
P144_Z_20	0	0	0.0137	0.0193
P144_Z_10	0	0	0.014	0.0197
P144_Z_10	0	0	0.0129	0.0182
P145_Z_20	0	0	0.0152	0.0213
P145_Z_20	0	0	0.0142	0.0199
P145_Z_10	0	0	0.0149	0.0208
P145_Z_10	0	0	0.0134	0.0188

EK B. 8 Yüksek sünek iskele performans değerlendirmesi (Devamı)

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$
P146_Z_20	0	0	0	0
P146_Z_20	0	0	0.0132	0.0186
P146_Z_10	0	0	0	0
P146_Z_10	0	0	0.0123	0.0173
P147_Z_20	0	0	0.0154	0.0215
P147_Z_20	0	0	0.0135	0.019
P147_Z_10	0	0	0.0152	0.0213
P147_Z_10	0	0	0.0126	0.0178
P148_Z_20	0	0	0.0154	0.0215
P148_Z_20	0	0	0.0134	0.0189
P148_Z_10	0	0	0.0152	0.0212
P148_Z_10	0	0	0.0125	0.0176
P149_Z_20	0	0	0.0154	0.0215
P149_Z_20	0	0	0.0134	0.0189
P149_Z_10	0	0	0.0152	0.0212
P149_Z_10	0	0	0.0125	0.0177
P150_Z_20	0	0	0.0154	0.0215
P150_Z_20	0	0	0.0134	0.0189
P150_Z_10	0	0	0.0152	0.0212
P150_Z_10	0	0	0.0125	0.0177
P151_Z_20	0	0	0.0154	0.0215
P151_Z_20	0	0	0.0134	0.0189
P151_Z_10	0	0	0.0152	0.0212
P151_Z_10	0	0	0.0125	0.0177
P152_Z_20	0	0	0.0153	0.0215
P152_Z_20	0	0	0.0134	0.0189
P152_Z_10	0	0	0.0151	0.0212
P152_Z_10	0	0	0.0125	0.0176
P153_Z_20	0	0	0.0155	0.0217
P153_Z_20	0	0	0.0133	0.0188
P153_Z_10	0	0	0.0154	0.0215
P153_Z_10	0	0	0.0124	0.0175
P154_Z_20	0	0	0.0162	0.0226
P154_Z_20	0	0	0.0136	0.0192
P154_Z_10	0	0	0	0
P154_Z_10	0	0	0.0126	0.0179
P101_Z_0	0	0	0	0
P101TABLİYE	0.00091287	0.00197991	0	0
P101_Z_0	0	0	0.0128	0.0181
P101TABLİYE	-0.0035009	-0.0027588	0.0131	0.0185
P102_Z_0	0	0	0.0156	0.0218
P102TABLİYE	0.001652	0.00592491	0.016	0.0223
P102_Z_0	0	0	0.0128	0.018
P102TABLİYE	-0.0039971	-0.0034521	0.0131	0.0185
P103_Z_0	0	0	0.0154	0.0216

EK B. 8 Yüksek sünek iskele performans değerlendirmesi (Devamı)

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(GÖ)}$
P103TABLİYE	0.00133764	0.00458923	0.0158	0.0221
P103_Z_0	0	0	0.0128	0.0181
P103TABLİYE	-0.0036267	-0.0034499	0.0132	0.0186
P104_Z_0	0	0	0.0154	0.0216
P104TABLİYE	0.00138686	0.0047145	0.0158	0.0221
P104_Z_0	0	0	0.0128	0.0181
P104TABLİYE	-0.0036439	-0.003393	0.0132	0.0186
P105_Z_0	0	0	0.0154	0.0216
P105TABLİYE	0.00139236	0.00470341	0.0158	0.0221
P105_Z_0	0	0	0.0128	0.0181
P105TABLİYE	-0.0036379	-0.0033951	0.0132	0.0186
P106_Z_0	0	0	0.0155	0.0216
P106TABLİYE	0.00140255	0.00469555	0.0159	0.0222
P106_Z_0	0	0	0.0128	0.0181
P106TABLİYE	-0.0036367	-0.0034005	0.0132	0.0186
P107_Z_0	0	0	0.0154	0.0216
P107TABLİYE	0.00142064	0.00488773	0.0158	0.0221
P107_Z_0	0	0	0.0128	0.0181
P107TABLİYE	-0.0036087	-0.0032701	0.0132	0.0186
P108_Z_0	0	0	0.0156	0.0218
P108TABLİYE	0.00156014	0.00459995	0.016	0.0223
P108_Z_0	0	0	0.0128	0.0181
P108TABLİYE	-0.003854	-0.0045075	0.0131	0.0185
P109_Z_0	0	0	#YOK	#YOK
P109TABLİYE	0.00121073	0.00424318	#YOK	#YOK
P109_Z_0	0	0	0.0127	0.018
P109TABLİYE	-0.0037188	-0.0008765	0.0131	0.0185
P110_Z_0	0	0	0.0153	0.0214
P110TABLİYE	0.00257677	0.00124705	0.0156	0.0218
P110_Z_0	0	0	0.0134	0.0189
P110TABLİYE	-0.0028763	-0.0005425	0.0137	0.0193
P111_Z_0	0	0	0.0141	0.0199
P111TABLİYE	0.00267009	0.00239964	0.0145	0.0204
P111_Z_0	0	0	0.0132	0.0186
P111TABLİYE	-0.0026594	-0.0010145	0.0136	0.0191
P112_Z_0	0	0	0.0141	0.0198
P112TABLİYE	0.00255959	0.00192123	0.0145	0.0203
P112_Z_0	0	0	0.0132	0.0187
P112TABLİYE	-0.0025428	-0.0009371	0.0136	0.0191
P113_Z_0	0	0	0.0141	0.0198
P113TABLİYE	0.00258177	0.00199068	0.0145	0.0203
P113_Z_0	0	0	0.0133	0.0187
P113TABLİYE	-0.0025399	-0.0009218	0.0136	0.0191
P114_Z_0	0	0	0.0141	0.0198
P114TABLİYE	0.002592	0.00197945	0.0145	0.0203

EK B. 8 Yüksek sünek iskele performans değerlendirmesi (Devamı)

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(G\delta)}$
P114_Z_0	0	0	0.0133	0.0187
P114TABLIYE	-0.0025246	-0.000918	0.0136	0.0191
P115_Z_0	0	0	0.0141	0.0198
P115TABLIYE	0.00260023	0.00197132	0.0145	0.0203
P115_Z_0	0	0	0.0133	0.0187
P115TABLIYE	-0.0025117	-0.0009272	0.0136	0.0191
P116_Z_0	0	0	0.0141	0.0198
P116TABLIYE	0.002587	0.00197773	0.0145	0.0203
P116_Z_0	0	0	0.0132	0.0187
P116TABLIYE	-0.002501	-0.0008645	0.0136	0.0191
P117_Z_0	0	0	0.0141	0.0199
P117TABLIYE	0.00269286	0.00212668	0.0145	0.0204
P117_Z_0	0	0	0.0132	0.0186
P117TABLIYE	-0.0025239	-0.0012134	0.0136	0.0191
P118_Z_0	0	0	0.0153	0.0214
P118TABLIYE	0.00255542	0.00109598	0.0156	0.0219
P118_Z_0	0	0	0.0134	0.0189
P118TABLIYE	-0.0029557	-0.0006303	0.0138	0.0194
P119_Z_0	0	0	0.0151	0.0212
P119TABLIYE	0.00179727	0.00097977	0.0155	0.0217
P119_Z_0	0	0	0.0134	0.0189
P119TABLIYE	-0.0028183	-0.0003201	0.0138	0.0194
P120_Z_0	0	0	0.0138	0.0194
P120TABLIYE	0.00182505	0.00190009	0.0142	0.0199
P120_Z_0	0	0	0.0135	0.019
P120TABLIYE	-0.002567	-0.0007734	0.0138	0.0194
P121_Z_0	0	0	0.0137	0.0192
P121TABLIYE	0.00172859	0.00149877	0.014	0.0197
P121_Z_0	0	0	0.0136	0.0191
P121TABLIYE	-0.0024576	-0.0006748	0.014	0.0196
P122_Z_0	0	0	0.0137	0.0192
P122TABLIYE	0.00176064	0.00156277	0.014	0.0197
P122_Z_0	0	0	0.0136	0.0191
P122TABLIYE	-0.0024468	-0.000664	0.014	0.0196
P123_Z_0	0	0	0.0137	0.0192
P123TABLIYE	0.00176468	0.00154691	0.014	0.0197
P123_Z_0	0	0	0.0136	0.0191
P123TABLIYE	-0.0024339	-0.0006607	0.014	0.0196
P124_Z_0	0	0	0.0137	0.0192
P124TABLIYE	0.00176695	0.00154368	0.014	0.0197
P124_Z_0	0	0	0.0136	0.0191
P124TABLIYE	-0.0024242	-0.0006674	0.014	0.0196
P125_Z_0	0	0	0.0137	0.0192
P125TABLIYE	0.00176236	0.00153109	0.014	0.0197
P125_Z_0	0	0	0.0136	0.0191

EK B. 8 Yüksek sünek iskele performans değerlendirmesi (Devamı)

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$
P125TABLİYE	-0.0024113	-0.0006226	0.014	0.0196
P126_Z_0	0	0	0.0138	0.0194
P126TABLİYE	0.00184295	0.00173018	0.0141	0.0199
P126_Z_0	0	0	0.0135	0.0189
P126TABLİYE	-0.0024317	-0.0008615	0.0138	0.0194
P127_Z_0	0	0	0.0151	0.0212
P127TABLİYE	0.00180564	0.00072291	0.0155	0.0217
P127_Z_0	0	0	0.0135	0.019
P127TABLİYE	-0.0028744	-0.0005717	0.0138	0.0194
P128_Z_0	0	0	0.0151	0.0212
P128TABLİYE	0.00192018	0.00098155	0.0155	0.0217
P128_Z_0	0	0	0.0134	0.0189
P128TABLİYE	-0.0026542	-0.0003143	0.0138	0.0194
P129_Z_0	0	0	0.0138	0.0194
P129TABLİYE	0.00196995	0.00189132	0.0142	0.0199
P129_Z_0	0	0	0.0135	0.0189
P129TABLİYE	-0.0023791	-0.0007853	0.0138	0.0194
P130_Z_0	0	0	0.0137	0.0192
P130TABLİYE	0.00186436	0.00149082	0.014	0.0197
P130_Z_0	0	0	0.0136	0.0191
P130TABLİYE	-0.0022704	-0.0006713	0.0139	0.0196
P131_Z_0	0	0	0.0137	0.0192
P131TABLİYE	0.00188659	0.00154723	0.014	0.0197
P131_Z_0	0	0	0.0136	0.0191
P131TABLİYE	-0.0022687	-0.0006714	0.014	0.0196
P132_Z_0	0	0	0.0137	0.0192
P132TABLİYE	0.00189286	0.00153218	0.014	0.0197
P132_Z_0	0	0	0.0136	0.0191
P132TABLİYE	-0.002253	-0.0006675	0.0139	0.0196
P133_Z_0	0	0	0.0137	0.0192
P133TABLİYE	0.00190391	0.00152741	0.014	0.0197
P133_Z_0	0	0	0.0136	0.0191
P133TABLİYE	-0.0022381	-0.000673	0.0139	0.0196
P134_Z_0	0	0	0.0137	0.0192
P134TABLİYE	0.00189573	0.00151932	0.014	0.0197
P134_Z_0	0	0	0.0136	0.0191
P134TABLİYE	-0.0022256	-0.0006275	0.0139	0.0196
P135_Z_0	0	0	0.0138	0.0194
P135TABLİYE	0.00197568	0.00172082	0.0141	0.0199
P135_Z_0	0	0	0.0135	0.0189
P135TABLİYE	-0.0022505	-0.0008676	0.0138	0.0194
P136_Z_0	0	0	0.0151	0.0212
P136TABLİYE	0.001916	0.00071714	0.0155	0.0217
P136_Z_0	0	0	0.0135	0.019
P136TABLİYE	-0.0027165	-0.0005691	0.0138	0.0194

EK B. 8 Yüksek sünek iskele performans değerlendirmesi (Devamı)

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$
P137_Z_0	0	0	0.0153	0.0214
P137TABLİYE	0.00196736	0.00128291	0.0156	0.0219
P137_Z_0	0	0	0.0134	0.0189
P137TABLİYE	-0.0037088	-0.0005439	0.0138	0.0194
P138_Z_0	0	0	0.0142	0.0199
P138TABLİYE	0.00204459	0.00228555	0.0146	0.0204
P138_Z_0	0	0	0.0133	0.0187
P138TABLİYE	-0.0034906	-0.001052	0.0136	0.0191
P139_Z_0	0	0	0.0142	0.0199
P139TABLİYE	0.00194877	0.00185173	0.0145	0.0204
P139_Z_0	0	0	0.0133	0.0187
P139TABLİYE	-0.0033404	-0.0009544	0.0136	0.0192
P140_Z_0	0	0	0.0142	0.0199
P140TABLİYE	0.00196714	0.00190131	0.0145	0.0204
P140_Z_0	0	0	0.0133	0.0187
P140TABLİYE	-0.003346	-0.0009455	0.0136	0.0192
P141_Z_0	0	0	0.0142	0.0199
P141TABLİYE	0.00197095	0.0018837	0.0145	0.0204
P141_Z_0	0	0	0.0133	0.0187
P141TABLİYE	-0.0033309	-0.0009418	0.0136	0.0192
P142_Z_0	0	0	0.0142	0.0199
P142TABLİYE	0.00197732	0.0018795	0.0145	0.0204
P142_Z_0	0	0	0.0133	0.0187
P142TABLİYE	-0.0033215	-0.0009402	0.0136	0.0192
P143_Z_0	0	0	0.0142	0.0199
P143TABLİYE	0.00197359	0.00187727	0.0145	0.0204
P143_Z_0	0	0	0.0133	0.0187
P143TABLİYE	-0.0032939	-0.0008712	0.0136	0.0192
P144_Z_0	0	0	0.0142	0.0199
P144TABLİYE	0.00204314	0.00203918	0.0145	0.0204
P144_Z_0	0	0	0.0132	0.0187
P144TABLİYE	-0.0033668	-0.0012198	0.0136	0.0191
P145_Z_0	0	0	0.0153	0.0214
P145TABLİYE	0.00196032	0.00109027	0.0157	0.0219
P145_Z_0	0	0	0.0134	0.0189
P145TABLİYE	-0.003741	-0.000641	0.0138	0.0194
P146_Z_0	0	0	0	0
P146TABLİYE	0.00268309	0.00204825	0	0
P146_Z_0	0	0	0.0127	0.0179
P146TABLİYE	-0.0011528	-0.0030395	0.013	0.0183
P147_Z_0	0	0	0.0155	0.0217
P147TABLİYE	0.00334805	0.00604414	0.0159	0.0222
P147_Z_0	0	0	0.0127	0.018
P147TABLİYE	-0.0019853	-0.0037832	0.0131	0.0185
P148_Z_0	0	0	0.0154	0.0215

EK B. 8 Yüksek sünek iskele performans değerlendirmesi (Devamı)

Hinge	R2 (θ_p)	R3 (θ_p)	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(G\delta)}$
P148TABLİYE	0.00304468	0.00466932	0.0157	0.022
P148_Z_0	0	0	0.0128	0.018
P148TABLİYE	-0.0016498	-0.0036724	0.0131	0.0185
P149_Z_0	0	0	0.0154	0.0215
P149TABLİYE	0.00307773	0.00483668	0.0158	0.022
P149_Z_0	0	0	0.0128	0.018
P149TABLİYE	-0.0016858	-0.0036522	0.0131	0.0185
P150_Z_0	0	0	0.0154	0.0215
P150TABLİYE	0.00309164	0.00480536	0.0158	0.022
P150_Z_0	0	0	0.0128	0.018
P150TABLİYE	-0.00168	-0.003648	0.0131	0.0185
P151_Z_0	0	0	0.0154	0.0215
P151TABLİYE	0.00309864	0.004796	0.0158	0.022
P151_Z_0	0	0	0.0128	0.018
P151TABLİYE	-0.001675	-0.0036488	0.0131	0.0185
P152_Z_0	0	0	0.0154	0.0215
P152TABLİYE	0.00312768	0.00489768	0.0157	0.022
P152_Z_0	0	0	0.0127	0.018
P152TABLİYE	-0.0016645	-0.003522	0.0131	0.0185
P153_Z_0	0	0	0.0155	0.0217
P153TABLİYE	0.00317918	0.00478491	0.0159	0.0222
P153_Z_0	0	0	0.0127	0.018
P153TABLİYE	-0.001796	-0.0047051	0.0131	0.0184
P154_Z_0	0	0	0	0
P154TABLİYE	0.00299005	0.004259	0	0
P154_Z_0	0	0	0.0127	0.0179
P154TABLİYE	-0.001288	-0.000824	0.013	0.0184

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. F. Kırmızıdağ, M. Börekçi, B. Aydoğan, B. Aydoğan Ayat, M. Selçuk “Betonarme Düşey Kazıklı İskele Yapısının Deprem Performansının İncelenmesi” ICEANS 2022, 15-18 Ekim 2022, Konya.

Projeler

1. **Proje Başlığı:** FBA-2021-4463 Numaralı “Betonarme Kazıklı İskelelerin Deprem Performanslarının TKLYDY 2020’ye göre İncelenmesi ve Hasar Görme Olasılıklarının Belirlenmesi” başlıklı Genel Araştırma Projesi

Proje Yürütücüsü: Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer Börekçi

Sonuç Raporu Onaylanma Tarihi: 29.12.2022

