

**Sayı** : 38591462-010.07.03-2020-2699

08.10.2020

**Konu** : Türkiye Kıyı ve Liman Yapıları Deprem  
Yönetmeliği

Sirküler No: 1116

Sayın Üyemiz,

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından "Türkiye Kıyı ve Liman Yapıları Deprem Yönetmeliği" 06 Ekim 2020 tarih ve 31266 sayılı Mükerrer Resmi Gazete'de yayımlanmış olup yayımı tarihinden bir yıl sonra yürürlüğe girecektir.

Bahse konu Yönetmelik ile yeni yapılacak kıyı ve liman yapılarının deprem etkisi altında tasarımı ile mevcut yapıların performanslarının değerlendirilirken dikkate alınacak teknik uygulama esaslarının detayları açıklanmış ve kıyı ve liman yapıları Ağır Tipi ve Palplanşlı Rıhtım Duvarları, Kazıklı Rıhtım ve İskeleler, Kıyı Tahkimatları ve Dalgakıranlar şeklinde 3 (üç) sınıfa ayrılmıştır.

Yönetmelik'e göre kıyı ve liman yapılarının tasarımında ve mevcut yapıların değerlendirilmesinde esas alınacak uygulamalara ilişkin olarak;

-Deprem yer hareketi düzeyleri tanımlanmış ve bu deprem yer hareketi düzeylerine karşı gelen deprem etkileri, 22/01/2018 tarih ve 2018/11275 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile 01/01/2019 tarihinden itibaren yürürlüğe konulan Türkiye Deprem Tehlike Haritaları ile tanımlandığı,

-Yönetmelik'e göre deprem etkisi altında yeni yapılacak kıyı ve liman yapıları için performansa göre değerlendirme ve tasarım esasları kapsamında Kıyı ve Liman Yapıları Önem Sınıfları ve Kıyı ve Liman Yapıları Performans Hedefleri ile uygulanacak değerlendirme ve tasarım yaklaşımları usul esaslarına ait teknik detayların 3. Bölüm'de açıklandığı,

-Kıyı ve liman yapıları için uygulanacak modelleme, hesap ve tasarım kuralları ile mevcut kazıklı rıhtım ve iskeleler için uygulanacak değerlendirme kuralları bahse konu Yönetmelik'te bu kapsamın dışındaki yapılar için uygulanacak modelleme, hesap ve tasarım kurallarının ise özel teknik şartnamelerinde tanımlanması gerektiği şeklinde açıklanmıştır.

İlgili Yönetmelik Odamız web sayfasında ([www.denizticaretodasi.org.tr](http://www.denizticaretodasi.org.tr)) "Mevzuat, Genel, Kıyı Yapıları Duyuruları" bölümlerinde yayınlanmakta olup ayrıca e-posta ekinde gönderilmektedir.

Bilgilerinizi arz ve rica ederim.

Saygılarımla,

İsmet SALİHOĞLU  
Genel Sekreter**Bu belge, 5070 sayılı Elektronik İmza Kanuna göre Güvenli Elektronik İmza ile İmzalanmıştır.**

Evrak Doğrulamak İçin : <https://ebys.denizticaretodasi.org.tr/enVision/Dogrula/L55MCS>  
**Bilgi için:** Sıla ÇUHACIOĞLU **Telefon:** 02122520130/244 **E-Posta:**  
[sila.cuhacioglu@denizticaretodasi.org.tr](mailto:sila.cuhacioglu@denizticaretodasi.org.tr)  
Meclis-i Mebusan Caddesi No:22 34427 Fındıklı-Beyoğlu-İSTANBUL/TÜRKİYE  
**Tel :** +90 (212) 252 01 30 (Pbx) **Faks:** +90 (212) 293 79 35  
**Web:** [www.denizticaretodasi.org.tr](http://www.denizticaretodasi.org.tr) **E-mail:** [iletisim@denizticaretodasi.org.tr](mailto:iletisim@denizticaretodasi.org.tr) **KEP:** imeakdto@hs01.kep.tr



**Ek:**

- 1- 31266 sayılı Mükerrer Resmi Gazete (1 sayfa)
- 2- Ek-1 Deprem Etkisi Altında Kıyı ve Liman Yapıları Tasarımı için Esaslar (154 sayfa)

**Dağıtım:****Gereği:**

- Tüm Üyeler (WEB sayfası ve e-posta ile)
- İMEAK DTO Şube ve Temsilcilikleri
- Türk Armatörler Birliği
- S.S. Gemi Armatörleri Motorlu Taşıyıcılar Kooperatifi
- GİSBİR (Türkiye Gemi İnşa Sanayicileri Birliği Derneği)
- Gemi, Yat ve Hizmetleri İhracatçıları Birliği
- VDAD (Vapur Donatanları ve Acenteleri Derneği)
- TÜRKLİM (Türkiye Liman İşletmecileri Derneği)
- KOSDER (Koster Armatörleri ve İşletmecileri Derneği)
- TURSSA (Gemi Tedarikçileri Derneği)
- Gemi Geri Dönüşüm Sanayicileri Derneği
- S.S. Anadolu Yakası Kumcular Üretim ve Pazarlama Kooperatifi
- ROFED (Kabotaj Hattı Ro-Ro ve Feribot İşletmecileri Derneği)
- DEM-BİR (Deniz Ürünleri Avcıları Üreticileri Merkez Birliği)
- Yalova Altınova Tersane Girişimcileri San.ve Tic.A.Ş.
- UTİKAD (Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenleri Derneği)
- TÜRDEF (Türkiye Denizcilik Federasyonu)
- WISTA Türkiye Derneği
- GEMİMO (Gemi Makineleri İşletme Mühendisleri Odası)
- TMMOB GMO (Gemi Mühendisleri Odası)

**Bilgi:**

- Yönetim Kurulu Başkan ve Üyeleri
- İMEAK DTO Şube YK Başkanları
- İMEAK DTO Meslek Komite Başkanları

**Bu belge, 5070 sayılı Elektronik İmza Kanuna göre Güvenli Elektronik İmza ile imzalanmıştır.**



Odamızda  
ISO 9001:2015  
KALİTE YÖNETİM  
SİSTEMİ  
Uygulanmaktadır

Evrakı Doğrulamak İçin : <https://ebys.denizticaretodasi.org.tr/enVision/Dogrula/L55MCS>  
**Bilgi için:** Sıla ÇUHACIOĞLU **Telefon:** 02122520130/244 **E-Posta:** sila.cuhacioglu@denizticaretodasi.org.tr  
Meclis-i Mebusan Caddesi No:22 34427 Fındıklı-Beyoğlu-İSTANBUL/TÜRKİYE  
**Tel :** +90 (212) 252 01 30 (Pbx) **Faks:** +90 (212) 293 79 35  
**Web:** www.denizticaretodasi.org.tr **E-mail:** iletisim@denizticaretodasi.org.tr **KEP:** imeakdto@hs01.kep.tr



## YÖNETMELİK

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığında:

## TÜRKİYE KIYI VE LİMAN YAPILARI DEPREM YÖNETMELİĞİ

**Amaç ve kapsam**

**MADDE 1 – (1)** Bu Yönetmeliğin amacı, yeni yapılacak kıyı ve liman yapılarının deprem etkisi altında tasarımı ile mevcut yapıların performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirme tasarımı için gerekli kuralları ve minimum koşulları belirlemektir.

**Dayanak**

**MADDE 2 – (1)** Bu Yönetmelik, 15/5/1959 tarihli ve 7269 sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun, 10/7/2018 tarihli ve 30474 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan 1 sayılı Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesinin 474 üncü maddesi ile 15/7/2018 tarihli ve 30479 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan 4 sayılı Bakanlıklara Bağlı, İlgili, İlişkili Kurum ve Kuruluşlar ile Diğer Kurum ve Kuruluşların Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesinin 211 inci maddesine dayanılarak hazırlanmıştır.

**Uygulanacak esaslar**

**MADDE 3 – (1)** Deprem etkisi altında kıyı ve liman yapılarının değerlendirme ve tasarımı için Ek-1’de yer alan esaslar uygulanır.

**Yürürlük**

**MADDE 4 – (1)** Bu Yönetmelik yayımı tarihinden bir yıl sonra yürürlüğe girer.

**Yürütme**

**MADDE 5 – (1)** Bu Yönetmelik hükümlerini Ulaştırma ve Altyapı Bakanı yürütür.

**[Ekleri için tıklayınız](#)**

## **Ek-1**

**DEPREM ETKİSİ ALTINDA KIYI VE LİMAN YAPILARI TASARIMI İÇİN  
ESASLAR**

# İÇİNDEKİLER

## SİMGELER

### BÖLÜM 1 – GENEL HÜKÜMLER

#### 1.1. KAPSAM

#### 1.2. GENEL İLKELER

#### 1.3. ÖZEL KONULARDA TASARIM GÖZETİMİ VE KONTROLÜ

##### 1.3.1. Tanım

##### 1.3.2. Kapsam

### BÖLÜM 2 – DEPREM YER HAREKETİ

#### 2.1. DEPREM TEHLİKE HARİTALARI

#### 2.2. DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYLERİ

##### 2.2.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)

##### 2.2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)

##### 2.2.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2a (DD-2a)

##### 2.2.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)

#### 2.3. STANDART DEPREM YER HAREKETİ SPEKTRUMLARI

##### 2.3.1. Tanım

##### 2.3.2. Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

##### 2.3.3. Yerel Zemin Etki Katsayıları

##### 2.3.4. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

##### 2.3.5. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

#### 2.4. SAHAYA ÖZEL DEPREM YER HAREKETİ SPEKTRUMU

##### 2.4.1. Sahaya Özel Elastik İvme Spektrumu

##### 2.4.2. Sahaya Özel Deprem Tehlikesi Analizleri

##### 2.4.3. Sahaya Özel Zemin Davranış Analizleri

#### 2.5. ZAMAN TANIM ALANINDA DEPREM YER HAREKETİLERİNİN TANIMLANMASI

##### 2.5.1. Deprem Kayıtlarının Seçimi

##### 2.5.2. Deprem Kayıtlarının Basit Ölçeklendirme Yöntemi ile Ölçeklendirilmesi

##### 2.5.3. Deprem Kayıtlarının Spektral Uyuşum Sağlanacak Şekilde Dönüştürülmesi

#### 2.6. STATİK-EŞDEĞER DEPREM KATSAYISI

### FK 2A – DD-2a DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYİNE AİT SPEKTRAL İVME KATSAYILARI

### BÖLÜM 3 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA KIYI-LİMAN YAPILARI İÇİN PERFORMANSA GÖRE DEĞERLENDİRME VE TASARIM ESASLARI

#### 3.1. KIYI VE LİMAN YAPILARININ PERFORMANSA GÖRE DEĞERLENDİRME VE TASARIM İLKELERİ

#### 3.2. KIYI VE LİMAN YAPILARI İÇİN ÖNEM SINIFLARI

#### 3.3. DEPREM TASARIM SINIFLARI

#### 3.4. DEPREM ETKİSİ ALTINDA KAZIKLI RİHTİM VE İSKELELER İÇİN SÜNÜK DAVRANIŞ İLKELERİ

#### 3.5. KIYI VE LİMAN YAPILARI PERFORMANS DÜZEYLERİ VE PERFORMANS

## HEDEFLERİ

3.5.1. Kıyı ve Liman Yapıları Performans Düzeyleri

3.5.2. Kıyı ve Liman Yapıları Performans Hedefleri

## 3.6. DEPREM ETKİSİ ALTINDA KIYI VE LİMAN YAPILARI İÇİN İKİ AŞAMALI TASARIM

3.6.1. Ağırık Tipi ve Palplanşlı Rıhtım Duvarları İçin Birinci Aşama Hesap – Tasarım Değerlendirme

3.6.2. Ağırık Tipi ve Palplanşlı Rıhtım Duvarları İçin İkinci Aşama Hesap – Değerlendirme – Tasarım

3.6.3. Kazıklı Rıhtım ve İskeleler İçin Birinci Aşama Hesap – Tasarım – Değerlendirme

3.6.4. Kazıklı Rıhtım ve İskeleler İçin İkinci Aşama Hesap – Değerlendirme – Tasarım

3.6.5. Kıyı Tahkimatları Dalgakıranlar İçin Birinci Aşama Hesap – Değerlendirme Tasarım

## 3.7. RIHTIM / İSKELE – KAZIK – ZEMİN ETKİLEŞİMİ

## BÖLÜM 4 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA AĞIRLIK TİPİ VE PALPLANŞLI RIHTIM DUVARLARI İÇİN BİRİNCİ AŞAMA HESAP – TASARIM – DEĞERLENDİRME KURALLARI

### 4.1. AMAÇ VE KAPSAM

### 4.2. DEPREM ETKİSİNİN TANIMLANMASI VE DİĞER ETKİLERLE BİRLEŞTİRİLMESİ

4.2.1. Statik-Eşdeğer Deprem Katsayısı

4.2.2. Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

### 4.3. STATİK-EŞDEĞER DEPREM HESABI

4.3.1. Kapsam

4.3.2. Ağırık Tipi Rıhtım Duvarlarında Statik-Eşdeğer Stabilité Tahkikleri

4.3.3. Palplanşlı Rıhtım Duvarlarının Statik-Eşdeğer Deprem Hesabı

### 4.4. BİRİNCİ AŞAMADA RIHTIM ELEMANLARININ YAPISAL TASARIMI VE DAYANIMA GÖRE DEĞERLENDİRME

4.4.1. Kapsam

4.4.2. Birinci Aşamada Tasarım

4.4.3. Birinci Aşamada Dayanım Göre Değerlendirme

## BÖLÜM 5 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA AĞIRLIK TİPİ VE PALPLANŞLI RIHTIM DUVARLARI İÇİN İKİNCİ AŞAMA HESAP VE DEĞERLENDİRME KURALLARI

### 5.1. AMAÇ VE KAPSAM

### 5.2. İKİNCİ AŞAMADA AĞIRLIK TİPİ VE PALPLANŞLI RIHTIM DUVARLARI İÇİN DEPREM HESAP YÖNTEMLERİ

5.2.1. Yapı – Zemin Ortak Sisteminin Deprem Hesabı

5.2.2. Kuyun Blok Yöntemi ile Deprem Hesabı

### 5.3. İKİNCİ AŞAMADA AĞIRLIK TİPİ VE PALPLANŞLI RIHTIM DUVARLARI İÇİN ŞEKİLDEĞİŞİTİRMEYE GÖRE DEĞERLENDİRME

## BÖLÜM 6 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA KAZIKLI RIHTIM VE İSKELELER İÇİN BİRİNCİ AŞAMA HESAP – TASARIM – DEĞERLENDİRME KURALLARI

## 6.1. AMAÇ VE KAPSAM

### 6.2. DEPREM ETKİSİNİN TANIMLANMASI VE DİĞER ETKİLERLE BİRLEŞTİRİLMESİ

#### 6.2.1. Yatay ve Düşey Deprem Etkisi

#### 6.2.2. Yatayda Birbirine Dik Doğrultulardaki Deprem Etkilerinin Birleştirilmesi

#### 6.2.3. Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

### 6.3. BİRİNCİ AŞAMADA İSKELE / RİHTİM TAŞIYICI SİSTEMLERİNİN MODELLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR

#### 6.3.1. Genel Modelleme Kuralları

#### 6.3.2. Kazıkların Modellenmesine İlişkin Kurallar

#### 6.3.3. Tabliye – Kazık – Zemin Etkileşimi

#### 6.3.4. Kütlelerin Modeldenmesi

### 6.4. BİRİNCİ AŞAMADA İSKELE / RİHTİM TAŞIYICI SİSTEMLERİ İÇİN DOĞRUSAL DEPREM HESABI YÖNTEMLERİ

#### 6.4.1. Kapsam

#### 6.4.2. Modal Hesap Yöntemleri

#### 6.4.3. Doğrudan Entegrasyon Yöntemi

#### 6.4.4. Tek Modün Doğrusal Hesap

### 6.5. BİRİNCİ AŞAMADA İSKELE / RİHTİM TAŞIYICI SİSTEMLERİ İÇİN TASARIM VE DAYANIMA GÖRE DEĞERLENDİRME

#### 6.5.1. Kapsam

#### 6.5.2. Birinci Aşamada Tasarım

#### 6.5.3. Birinci Aşamada Sünek Davranışa Sahip Elemanlar İçin Dayanım Göre Değerlendirme

#### 6.5.4. Birinci Aşamada Sünek Olmayan Davranışa Sahip Elemanlar İçin Dayanım Göre Değerlendirme

## **EK 6A – MODAL HESAP YÖNTEMLERİ**

### 6A.1. MODAL HESAP PARAMETRELERİ

#### 6A.1.1. Genel

#### 6A.1.2. Serbest Titreşim Hesabı

#### 6A.1.3. Modal Karkı Çarpanları

#### 6A.1.4. Yeterli Titreşim Modu Sayısı

### 6A.2. MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ İLE DEPREM HESABI

### 6A.3. MOD TOPLAMA YÖNTEMİ İLE DEPREM HESABI

## **BÖLÜM 7 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA KAZIKLI RİHTİM VE İSKELELER İÇİN İKİNCİ AŞAMA HESAP – DEĞERLENDİRME – TASARIM KURALLARI**

### 7.1. AMAÇ VE KAPSAM

### 7.2. DEPREM ETKİSİNİN TANIMLANMASI VE DİĞER ETKİLERLE BİRLEŞTİRİLMESİ

#### 7.2.1. Yatay Deprem Etkisi

#### 7.2.2. Düşey Deprem Etkisi

#### 7.2.3. Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

### 7.3. İKİNCİ AŞAMADA İSKELE / RİHTİM TAŞIYICI SİSTEMLERİNİN

## MODELELENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR

7.3.1. Genel Modelleme Kuralları

7.3.2. Kazıkların Modelellenmesine İlişkin Kurallar

7.3.3. Tabliye – Kazık – Zemin Etkileşimi

7.3.4. Kütelerin Modellemesi

## 7.4. İKİNCİ AŞAMADA İŞKELE / RİHTİM TAŞIYICI SİSTEMLERİ İÇİN DEPREM HESABI YÖNTEMLERİ

7.4.1. Kapsam

7.4.2. YÖNTEM 2.1: Karma Yöntem

7.4.3. YÖNTEM 2.2: İtme Hesabı

7.4.4. YÖNTEM 2.3: Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Deprem Hesabı

## 7.5. İKİNCİ AŞAMADA İŞKELE / RİHTİM TAŞIYICI SİSTEMLERİ İÇİN ŞEKİLDEĞİŞTİRMEYE GÖRE DEĞERLENDİRME VE TASARIM

7.5.1. Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri

7.5.2. Plastik Dönme Kapasiteleri

7.5.3. Plastik Dönme – Eksenel Kuvvet Etkileşim Diyagramları

7.5.4. Betonarme Elemanlarda Kesme Kuvveti Kapasitesi

7.5.5. Betonun Kesme Kuvveti Kapasitesi

7.5.6. Enine Donatının Kesme Kuvveti Kapasitesi

## EK 7A – BETON VE DONATI ÇELİĞİ İÇİN GERİLME – BİRİM ŞEKİLDEĞİŞTİRME BAĞINTILARI

7A.1. SARGILI VE SARGISIZ BETON MODELLERİ

7A.2. DONATI ÇELİĞİ MODELİ

## EK 7B – BETONARME KESİTLERDE ETKİN KESİT EĞİLME RİJİTLİĞİ, ETKİN AKMA MOMENTİ VE ETKİN AKMA YÜZEYİ

7B.1. MOMENT – EĞRİLİK HESABI: ETKİN KESİT EĞİLME RİJİTLİĞİ VE ETKİN AKMA MOMENTİ

7B.2. ETKİN AKMA YÜZEYLERİ

## EK 7C – YÖNTEM 2.1; KARMA YÖNTEM İLE ŞEKİLDEĞİŞTİRME VE İÇ KUVVET TALEPLERİNİN ELDE EDİLMESİ

7C.1. KAZIKLARDAKİ PLASTİK ŞEKİLDEĞİŞTİRME TALEPLERİ

7C.2. KAZIKLARDAKİ KESME KUVVETİ TALEPLERİ

## EK 7D – YÖNTEM 2.2; TEK MODLU İTME HESABI YÖNTEMİ

7D.1. SABİT TEK MODLU İTME YÖNTEMİ İLE MODAL KAPASİTE DİYAGRAMININ ELDE EDİLMESİ

7D.2. DEPREMİN MODAL YERDEĞİŞTİRME TALEBİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN SPEKTRAL YERDEĞİŞTİRME OLARAK ELDE EDİLMESİ

7D.3. DEPREMİN MODAL YERDEĞİŞTİRME TALEBİNİN ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN HESAPTAN ELDE EDİLMESİ

## EK 7E – YÖNTEM 2.2; ARTIRILMIŞ MOD BİRLEŞTİRME (AMB) YÖNTEMİ İLE ÇOK MODLU İTME HESABI



7E.1. GİRİŞ

7E.2. ARTIRIMSAL DEPREM YÜKLERİ VE ARTIRIMSAL YERDEĞİŞTİRMELER

7E.3. MODAL KAPASİTE DİYAGRAMLARI

7E.4. MODAL ÖLÇEKLENDİRME

7E.5. ARTIRIMSAL MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ İLE İTME HESABI ALGORİTMASI

7E.6. MAKSİMUM DAVRANIŞ BÜYÜKLÜKLERİNİN BELİRLENMESİ

7E.7. ÖZEL DURUMLAR

7E.8. REFERANSLAR

## **BÖLÜM 8 – ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN VE DEPREM ETKİSİ ALTINDA ZEMİN DAVRANIŞININ BELİRLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR**

8.1. TANIM, KAPSAM ve GENEL İLKELER

8.2. ZEMİN KOŞULLARININ TANIMLANMASI: ZEMİN ARAŞTIRMALARI, VERİ RAPORU VE GEOTEKNİK RAPOR

8.2.1. Zemin Araştırmaları

8.2.2. Zemin Araştırma Raporları: Veri Raporu ve Geoteknik Rapor

8.3. ZEMİN PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

8.4. YEREL ZEMİN SINIFLARININ BELİRLENMESİ

8.5. ZEMİN ORTAMININ DOĞRUSAL OLMAYAN DİNAMİK MODELLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR

8.6. ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN SERBEST ZEMİN DAVRANIŞ HESABI

8.7. DEPREM ETKİSİ ALTINDA ZEMİN SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

8.8. DEPREM ETKİSİ ALTINDA YANAL YAYILMA ETKİLERİ

8.9. KAZIK – ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN p-y, t-z ve Q-Z YAYLARININ BELİRLENMESİ

8.10. DEPREM ETKİSİ ALTINDA STATİK-EŞDEĞER ZEMİN-EŞDEĞER SU BASINÇLARI

8.10.1. Tamamen Kuruda Olan Zemin Tabakalarında Zemin Basıncı

8.10.2. Su Düzeyinin Altında Olan Zemin Tabakalarında Zemin Basıncı

8.10.3. Kohzyonsuz Zeminlerde Aktif ve Pasif Basıncı Katsayıları

8.10.4. Statik-Eşdeğer Dinamik Su Basıncı

8.11. DEPREM ETKİSİ ALTINDA KIYI TAHKİMATLARININ, ŞEVLERİN VE DAYANMA YAPILARININ TOPTAN GÖÇMEYE KARŞI DURAYLILIĞI

8.11.1. Genel

8.11.2. Eşdeğer-Statik Limit Denge Hesabı Yöntemi

8.11.3. Newmark Kayan Blok Yöntemi

## **EK 8A – ZEMİN ARAŞTIRMALARI İÇİN GENEL KURALLAR**

8A.1. ZEMİN ARAŞTIRMA SONDAJLARI

8A.2. ARAZİ DENEYLERİ

8A.3. LABORATUVAR DENEYLERİ

## **EK 8B – BASİTLEŞTİRİLMİŞ ZEMİN SIVILAŞMA DEĞERLENDİRME**

## 8B.1. KAPSAM

### 8B.2. SPT VERİLERİNİN DÜZELTİLMESİ

8B.2.1. Ham SPT Verilerinin Düzeltilmesi

8B.2.2. SPT Verilerinin İnce Dane İçeriğine Göre Düzeltilmesi

### 8B.3. SIVILAŞMA DİRENCİNİN HESAPLANMASI

### 8B.4. DEPREMDE OLUŞAN KAYMA GERİLMESİNİN HESAPLANMASI

## EK 8C – p-y, t-z ve Q-Z YAYLARI İÇİN KAYNAKLAR

### 8C.1. p-y YAYLARI İÇİN KAYNAKLAR

### 8C.2. SIVILAŞMA OLUŞAN ZEMİNLERDE p-y YAYLARI İÇİN KAYNAKLAR

### 8C.3. ŞEVLİ TAŞ DOĞRULARDA p-y YAYLARI İÇİN KAYNAK

### 8C.4. t-z VE Q-Z YAYLARI İÇİN KAYNAK

## BÖLÜM 9 - DEPREM ETKİSİ ALTINDA TABLİYE - KAZIK - ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN HESAP KURALLARI

### 9.1. KAPSAM

9.1.1. Tabliye - Kazık - Zemin Etkileşimi Yöntemleri

9.1.2. Kinematik Etkileşim Hesabı

9.1.3. Eylemsizlik Etkileşimi Hesabı

9.1.4. Ortak Sistem Hesabı

### 9.2. ZEMİN DEPREM DAVRANIŞININ VE KAZIK - ZEMİN ETKİLEŞİMİNİN MODELLENMESİ

9.2.1. Genel Modelleme Yaklaşımı

9.2.2. Serbest Zemin Davranış Hesabı

9.2.3. Kazık - Zemin Etkileşiminin Modellemesi

9.2.4. Kazıkların Modellemesi

### 9.3. TABLİYE -KAZIK -ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN KZE-A YÖNTEMİ

### 9.4. TABLİYE - KAZIK-ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN KZE-B YÖNTEMİ

9.4.1. KZE-B Yöntemi ile Kinematik Etkileşim Hesabı

9.4.2. KZE-B Yöntemi ile Eylemsizlik Etkileşiminin Göz önüne Alınması

9.4.3. Kinematik ve Eylemsizlik Etkileşimi Sonuçlarının Birleştirilmesi

### 9.5. TABLİYE -KAZIK-ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN KZE - C YÖNTEMİ

## BÖLÜM 10 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA KIYI VE İÇİMAN YAPILARI TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ TASARIMINA İLİŞKİN KURALLAR

### 10.1. MALZEME KOŞULLARI

### 10.2. KESİT HESAPLARINA İLİŞKİN GENEL KURALLAR

### 10.3. TEMELLERİNİN GEOTEKNİK TASARIMINA İLİŞKİN KURALLAR

10.3.1. Temel Tasarımında Esas Alınacak Kuvvetler

10.3.2. Temellerin Geoteknik Tasarımında Taşıma Gücü İlkesi

10.3.3. Yüzeysel Temeller

10.3.4. Kazıklı Temeller

### 10.4. KAZIKLARIN YAPISAL TASARIMINA İLİŞKİN KOŞULLAR

10.4.1. Kesit Koşulları

10.4.2. Boyuna Donatı Koşulları

10.4.3. Enine Donatı Koşulları

10.5. KESME TAKOZLARI İÇİN KESME KUVVETİ KAPASİTESİ

**BÖLÜM 11 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA MEVCUT KAZIKLI RİHTİM VE İSKELELER İÇİN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİNE İLİŞKİN GENEL KURALLAR**

11.1. DEPREM ETKİSİ ALTINDA MEVCUT KAZIKLI RİHTİM VE İSKELELER İÇİN BİRİNCİ AŞAMA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

11.2. DEPREM ETKİSİ ALTINDA MEVCUT KAZIKLI RİHTİM VE İSKELELER İÇİN İKİNCİ AŞAMA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

## SİMGELER

- $A_c$  – Temel altında basınç gerilmelerinin oluştuğu toplam alan [ $m^2$ ]
- $A_c$  – Brüt betonarme kesit alanı [ $mm^2$ ]
- $A_{d1}$  – Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçülere göre beton çekirdek alanı [ $mm^2$ ]
- $A_{d1}$  – Kesme takozu kesme sürtünmesi arayüz alanı [ $mm^2$ ]
- $A_{d2}$  – Enine donatının alanı (dairesel kesit) [ $mm^2$ ]
- $A_{d3}$  – Enine donatı alanı (dikdörtgen kesit) [ $mm^2$ ]
- $A_s$  – Boyuna donatı alanı [ $mm^2$ ]
- $A_{sp}$  – Dairesel kesitte tek bir spiral veya etriyeğin alanı [ $mm^2$ ]
- $A_{s1}$  – Kesme takozu kesme sürtünmesi arayüzüne dik donatı alanı [ $mm^2$ ]
- $A_{s2} \cdot A_{s3}$  – Dikdörtgen kesitte x ve y doğrultularında toplam enine donatı alanı [ $mm^2$ ]
- $a_1$  – Yalıtımda bir etriye kolu veya çizoz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
- $a_1^{(X)}(t)$  – (X) doğrultusundaki deprem yer hareketinin etkisi altında n'inci titreşim moduna ait zamana bağlı doğrusal modal sözde-ivme [ $m/s^2$ ]
- $a_n^{(X,B)}$  – (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci titreşim adımı sonunda n'inci moda ait modal sözde-ivme
- $a_1^{(X,M)}$  – (X) deprem doğrultusu için k'inci titreşim adımı altında birinci moda ait modal tek serbestlik dereceli sistem'in modal sözde-ivmesi [ $m/s^2$ ]
- $a_s$  – (X) deprem doğrultusunda dikdörtgen kesitli çubuğun boyutu
- $a_y$  – (X) deprem doğrultusuna dik doğrultuda elips kesitli çubuğun yarıçapı veya dikdörtgen kesitli çubuğun boyutu
- $a_{gn}$  – n'inci moda ait eşdeğer akma ivmesi [ $m/s^2$ ]
- $a_{y1}$  – Birinci moda ait akma sözde-ivmesi [ $m/s^2$ ]
- $B'$  – Etkin temel genişliği [m]
- $b_c, b_q, b_f$  – Temel taahhüf düzeltme katsayıları
- $b_0$  – x doğrultusunda göbek betonarması sarılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
- $C_B$  – Sondaj delgi çapı düzeltme katsayısı
- $C_E$  – Enerji oranı düzeltme katsayısı
- $C_M$  – Tasarım depremi moment büyüklüğü düzeltme katsayısı
- $C_N$  – Kohezyonsuz zeminlerde uygulanan jeolojik gerilme (derinlik) düzeltme katsayısı
- $CP'$  – Koli Penetrasyon Deneyi simgesi
- $C_{\lambda}$  –  $\lambda_j$  boyu düzeltme katsayısı
- $C_R$  – Spektral yerdeğiştirme oranı
- $C_{Rj}$  – j'inci orta ayak için hesaplanan yerdeğiştirme büyütmeye katsayısı
- $C_{Rn}$  – n'inci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı

- $CRR_{kT}$  = Moment büyüklüğü 7.5 olan depreme karşı gelen çevrimsel dayanım oranı
- $C_{\xi}$  = Numune abaci tipi düzeltme katsayısı
- $CU$  = "Konsolidasyonlu-Drenajlı" simgesi
- $c$  = Zeminin kohezyonu [MPa]
- $c_1$  = Kesme takozu kesme sürtünmesi arayüzünde kohezyon [MPa]
- $c_u$  = Drenajsız kayma dayanımı [kPa]
- $(c_u)_{30}$  = Üst 30 metredeki ortalama drenajsız kayma dayanımı [kPa]
- $c_{u,i}$  = İnci alt tabakanın drenajsız kayma dayanımı [kPa]
- $D$  = Kızık çapı [mm]
- DD-1 = 50 yılda aşılma olasılığı %2 (100 yılda aşılma olasılığı %4) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodu 2475 yıl olan deprem yer hareketi düzeyi
- DD-2 = 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodu 475 yıl olan deprem yer hareketi düzeyi
- DD-2a = 50 yılda aşılma olasılığı %30 (100 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodu 144 yıl olan deprem yer hareketi düzeyi
- DD-3 = 50 yılda aşılma olasılığı %50 (100 yılda aşılma olasılığı %75) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodu 72 yıl olan deprem yer hareketi düzeyi
- $D_{y1}$  = Yanal yayılma yerdeğiştirme [m]
- $D_M$  = Yapı kütlelerine etkileyen eşdeğer deprem yükü simgesi
- $D_b$  = Dairesel kesitte göbek betonunu taşıyan spiral veya etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit çapı [mm]
- DTS = Deprem Tasarım Sınırı simgesi
- $d_{bl}$  = Betonarme kesitte ortalama donatı çapı [mm]
- $d_v, d_c, d_v$  = Temel derinliği düzeltme katsayıları
- $d_1^{X,K}$  = (X) deprem doğrultusu için k'inci titreşim adımında birinci moda ait modal tek serbestlik dereceli sistem'in modal yerdeğiştirme [m]
- $d_{1,max}^{X,K}$  = (X) deprem doğrultusu için modal tek serbestlik dereceli sistemin maksimum yerdeğiştirme [m]
- $d_n^{(X)}(t)$  = (X) doğrultusundaki deprem yer hareketinin etkisi altında n'inci titreşim moduna ait zamana bağlı doğrusal modal yerdeğiştirme [m]
- $d_n^{(X,v)}(t)$  = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (v) inci titreşim adımı sonunda n'inci moda ait modal yerdeğiştirme [m]
- $\dot{d}_n^{(X)}(t)$  = (X) doğrultusundaki deprem yer hareketinin etkisi altında n'inci titreşim moduna ait zamana bağlı doğrusal modal hız [m/s]
- $\ddot{d}_n^{(X)}(t)$  = (X) doğrultusundaki deprem yer hareketinin etkisi altında n'inci titreşim moduna ait zamana bağlı doğrusal modal ivme [m/s<sup>2</sup>]
- $E_c$  = Betonun elastisite modülü [MPa]
- $F_{d1}$  = Doğrultu birleşimcisi uygulanmış tasarıma esas toplam deprem etkisi
- $F_{dev}$  = Dayanma yapısını devrilmeye zorlayan etkiler toplamı

- $E_c^{III}$  = Doğrultulu birleştirilmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi  
 $E_c^{II}$  – Düşey deprem etkisi  
 $(EI)_c$  – Etkin eğilme kesit rijitliği [kNm<sup>2</sup>]  
 $E_s$  = Donatı çeliğinin elastisite modülü [MPa]  
 $E_1$  – Statik ve depremi içeren yüklem durumlarına ilişkin tasarım etkileri  
 $f^{(j)}$  – (j)'inci titreşim adına ait birikimli spektrum ölçek katsayısı  
 $F_{\xi}$  – Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı  
 $F_1$  – 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı  
 $f_c$  = Sargılı betonda beton basınç gerilmesi [MPa]  
 $f_{cc}$  – Sargılı betonun karakteristik dayanımı [MPa]  
 $f_{ck}$  – Betonun karakteristik basınç dayanımı [MPa]  
 $f_{cm}$  = Sargısız betonun karakteristik basınç dayanımı [MPa]  
 $f_c$  – Etkin sargılama basıncı [MPa]  
 $f_{\text{seizmas}}^{(X)}$  = (X) doğrultusundaki deprem yer hareketinin etkisi altında kazıklı rijitlik / iskelelerin x eksenli doğrultusunda n'inci doğal titreşim modunda j'inci düğüm noktasına etkileyen maksimum modal deprem yükü [kN]  
 $f_{\text{max}}$  = Deprem kaydının maksimum frekansı [Hz]  
 $f_s$  – Donatı çeliğindeki gerilme [MPa]  
 $f_{sy}$  – Donatı çeliğinin karakteristik akma dayanımı [MPa]  
 $f_{su}$  – Donatı çeliğinin karakteristik çekme dayanımı [MPa]  
 $f_{yc}$  = Çeliğin ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]  
 $f_{yk}$  – Çeliğin karakteristik akma dayanımı [MPa]  
 $f_{yok}$  = Enine donatının karakteristik akma dayanımı [MPa]  
 $G$  = Sabit yük (ölü yük) etkisi simgesi  
 $G$  – Etkin kayma modülü [MPa]  
 $G\ddot{O}$  – Göçmenin Ölünmesi Performans Düzeyi / Hedefi simgesi  
 $g$  – Yerçekimi ivmesi [ $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ]  
 $g_c, g_q, g_r$  = Zemin eğimi düzeltme katsayıları  
 $H$  – Rıhtım önünde deniz derinliği [m]  
 $h_j$  – Yüzeyden itibaren j'inci zemin tabakasının kalınlığı [m]  
 $h_u$  = y doğrultusunda göbük betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalın kesit boyutu [mm]  
 $h_{\text{max}}$  – Zemin medeninde kullanılacak maksimum alt-tabaka kalınlığı (eleman boyutu) [m]  
 $i_z, i_q, i_y$  – Yükleme eğikliği düzeltme katsayıları  
 $K_{\text{ald}}$  – Yüzeyden itibaren i'inci kohezyonsuz zemin tabakasında dinamik aktif basınç katsayısı

- $K_{m,i}$  = Yüzeyden itibaren i'inci kohezyonsuz zemin tabakasında statik aktif basınç katsayısı
- $K_{z,i}$  = Yüzeyden itibaren i'inci kohezyonsuz zemin tabakasında toplam aktif basınç katsayısı
- $K_{pas}$  = Yüzeyden itibaren i'inci kohezyonsuz zemin tabakasındaki dinamik pasif basınç katsayısı
- $K_{p,i}$  = Yüzeyden itibaren i'inci kohezyonsuz zemin tabakasında statik pasif basınç katsayısı
- $K_{r,i}$  = Yüzeyden itibaren i'inci kohezyonsuz zemin tabakasında toplam pasif basınç katsayısı
- KH = Kontrollü Hasar Performans Düzeyi / Hedefi simgesi
- KK = Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi / Hedefi simgesi
- KLÖS = Kıyı ve Liman Yapısı Önem Sınıfı simgesi
- $k_c$  = Sargılama etkinlik katsayısı
- $k_h$  = Statik-eşdeğer yatay deprem katsayısı (kuruda)
- $k_h'$  = Statik-eşdeğer yatay deprem katsayısı (su altında)
- $L_p$  = Plastik mafsai boyu [mm]
- $M_j^{(X,i)}$  = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci itme adımı sonunda, (j) plastik kesitindeki eğilme momenti [kNm]
- $\hat{M}_j^{(X,i)}$  = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci itme adımında  $\Delta F^{(i)}=1$  alınarak yapılan doğrusal mod birleştirme hesabında (j) plastik kesitte hesaplanan eğilme momenti [kNm]
- $M_n$  = Nominal eğilme momenti [kNm]
- $M_o$  = Tasarım depreminin moment büyüklüğü
- $M_y$  = Birinci akma momenti [kNm]
- $M_z$  = Donatıdaki ilk akmaya karşı gelen moment [kNm]
- $m_{ix}^{(X,i)}$  = (X) deprem doğrultusu için x eksenli doğrultusunda birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli'ne göre hesaplanan i'inci modal etkin külesi [t]
- $m_{iy}^{(X,i)}$  = (X) deprem doğrultusu için y eksenli doğrultusunda birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli'ne göre hesaplanan i'inci modal etkin külesi [t]
- $m_{iz}^{(X,i)}$  = (X) deprem doğrultusu için z eksenli etrafında birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli'ne göre hesaplanan i'inci modal etkin kütle eylemsizlik momenti [mm<sup>2</sup>]
- $w_j$  = j'inci düğüm noktası kütlesi [t]

- $m_{jn}^{(X)}$  = (X) deprem doğrultusu için ritim/iskelenin x eksenli doğrultusunda n'inci doğal titreşim moduna ait j'inci düğüm noktası modal etkin kütlesi [t]
- $m_{jk}^{(Y)}$  = (X) deprem doğrultusu için ritim/iskelenin y eksenli doğrultusunda n'inci doğal titreşim moduna ait j'inci düğüm noktası modal etkin kütlesi [t]
- $m_{jn}^{(Z)}$  = (X) deprem doğrultusu için ritim/iskelenin z eksenli doğrultusunda n'inci doğal titreşim moduna ait j'inci düğüm noktası modal etkin kütlesi [t]
- $m_i$  = Ritim/iskelenin toplam kütlesi [t]
- $m_{bi}^{(X,i)}$  = (X) deprem doğrultusu için x eksenli doğrultusunda birinci titreşim adımı belirlenen ve titre hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli'ne göre hesaplanan toplam deprem yükü modal etkin kütlesi [t]
- $m_{bn}^{(X)}$  = (X) deprem doğrultusu için ritim/iskelenin x eksenli doğrultusunda n'inci titreşim moduna ait toplam deprem yükü modal etkin kütlesi [t]
- $m_{bn}^{(Y)}$  = (Y) deprem doğrultusu için ritim/iskelenin y eksenli doğrultusunda n'inci titreşim moduna ait toplam deprem yükü modal etkin kütlesi [t]
- $m_{bn}^{(Z)}$  = (Z) deprem doğrultusu için ritim/iskelenin z eksenli doğrultusunda n'inci titreşim moduna ait toplam deprem yükü modal etkin kütlesi [t]
- $N$  = Eksenel kuvvet [kN]
- $N$  = Standart penetrasyon deneyi (SPT) darbe sayısı
- $N$  = Zemin tabakalarının toplam sayısı
- $N(D)$  = Yüzeyden itibaren kurudaki zemin tabakalarının sayısı
- $N_v, N_4, N_7$  = Taşıma gücü katsayıları
- $N_j^{(X,i)}$  = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (j)'inci titreşim adımı sonunda, (j) plastik kesitinde oluşan eksenel kuvvet [kN]
- $\bar{N}_j^{(X,i)}$  = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (j)'inci titreşim adımı sonunda  $\sqrt{E} - 1$  alınarak yapılan doğrusal mod birleştirme hesabında (j) plastik kesitinde hesaplanan eksenel kuvvet [kN]
- $(N_{60})_{30}$  = Üst 30 metredeki ortalama standart penetrasyon darbe sayısı
- $N_{60i}$  = i'inci alt tabakanın standart penetrasyon darbe sayısı
- $N_{1,60}$  = Düzeltilmiş SPT vuruş sayısı
- $N_{1,60f}$  = İnce dane içeriğine göre düzeltilmiş SPT vuruş sayısı
- $PI$  = Plastisite indisi
- $P_{w,d}$  = Statik-eşdeğer dinamik su basıncının bileşkesi [kN]
- $P_b$  = Temel tabanına etkiyen tasarım düşey basınç kuvveti, kazığa etkiyen düşey tasarım kuvveti [kN]
- $P_{10}$  = Kazığa etkiyen yanal tasarım kuvveti [kN]
- $P_{m,d}$  = Yüzeyden itibaren i'inci koberzyonsuz zemin tabakasının tabanında dinamik aktif basınç [kN/m<sup>2</sup>]



- $p_{pl,d}$  = Yüzeyleyen itibaren i'inci kohezyonsuz zemin tabakasının tabanında dinamik pasif basınç [ $\text{kN/m}^2$ ]
- $p_{w,d}$  = Statik-eşdeğer dinamik su basıncı [ $\text{kN/m}^2$ ]
- $Q$  = Hareketli yük etkisi
- $Q_{s,d}$  = Kazık karakteristik çevre sürtünmesi direnci [ $\text{kN}$ ]
- $Q_{ku}$  = Kazık karakteristik uç direnci [ $\text{kN}$ ]
- $Q_{kv}$  = Kazık karakteristik toplam taşıma gücü [ $\text{kN}$ ]
- $Q_s$  = Kazık çevre sürtünmesi direnci [ $\text{kN}$ ]
- $Q_{s,i}$  = Kazığın düşey tasarım dayanımı [ $\text{kN}$ ]
- $Q_{s,v}$  = Kazığın yanıl tasarım dayanımı [ $\text{kN}$ ]
- $Q_u$  = Kazık uç direnci [ $\text{kN}$ ]
- $q$  = İki yük (sürüşarj) [ $\text{kN/m}^2$ ]
- $q_k$  = Temel taşıma gücü karakteristik dayanımı [ $\text{kN/m}^2$ ]
- $q_e$  = Temel seviyesinde etkiyen düşey yük, kesme ve moment etkilerinin oluşturduğu temel taban basıncı [ $\text{kN/m}^2$ ]
- $q_b$  = Düzgün yayılı ek hareketli yük (sürüşarj) [ $\text{kN/m}^2$ ]
- $q_i$  = Temel taşıma gücü tasarım dayanımı [ $\text{kN/m}^2$ ]
- $R_{din}$  = Dayanım yapılarında devrilmeye karşı koyan etkiler ve dirençler toplamı
- $R_k$  = Karakteristik dayanım [ $\text{kN/m}^2$ ]
- $R_{F,s}$  = Karakteristik pasif öireny [ $\text{kN/m}^2$ ]
- $R_{pl}$  = Tasarım pasif direnci [ $\text{kN/m}^2$ ]
- $R_t$  = Tasarım dayanımı [ $\text{kN/m}^2$ ]
- $R_{tt}$  = Tasarım sürtünme direnci [ $\text{kN/m}^2$ ]
- $R_{y1}$  = i'inci orta nyak için akma dayanımı azaltma katsayısı
- $R_{y2}$  = n'inci moda ait akma dayanımı azaltma katsayısı
- $r$  = Dairesel kesitli çubuk elemanın yarıçapı [mm]
- $r$  = Statik-eşdeğer deprem azaltma katsayısı
- $r_{max}^{(X)}$  = (X) deprem doğrultusu için maksimum toplam jenerik davranış büyüklüğü (yapısal yerdeğiştirme, şekildeğiştirme veya iç kuvvet bileşeni)
- $r^{(X)}(f)$  = (X) deprem doğrultusu için zamana bağlı toplam jenerik davranış büyüklüğü (yapısal yerdeğiştirme, şekildeğiştirme veya iç kuvvet bileşeni)
- $r_j^{(X)}$  = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci titre adımı sonunda, herhangi bir (j) noktasında veya kesitinde oluşum tipik yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme veya iç kuvvet
- $\tilde{r}_j^{(X)}$  = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci titre adımında  $AF^{(2)}-1$  alınarak yapıları doğrusal (lineer) mod birleştirme analizi sonucunda, (j) noktasında veya kesitinde hesaplanan tipik yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme veya iç kuvvet
- $r_{VR,max}^{(X)}$  = (X) deprem doğrultusu için n'inci titreşim modunda maksimum jenerik davranış

- büyüklüğü (yapısal yerdeğiştirme, şekildeğiştirme veya iç kuvvet bileşeni)
- $U_n^{2M}(t)$  = (X) deprem doğrultusu için n'inci titreşim modunda zanaatı bağlı jenerik davranış büyüklüğü (yapısal yerdeğiştirme, şekildeğiştirme veya iç kuvvet bileşeni)
- $U_{n,ort}^{1N}$  -- k'inci orta veya kenar ayak temeline (X) doğrultusunda etkileyen deprem yer hareketinin etkisi altında n'inci titreşim modunda maksimum jenerik davranış büyüklüğü (yapısal yerdeğiştirme, şekildeğiştirme veya iç kuvvet bileşeni)
- $\bar{U}_n^{2N}$  -- (X) deprem doğrultusu için n'inci doğal titreşim modunda birim jenerik davranış büyüklüğü (yapısal yerdeğiştirme, şekildeğiştirme veya iç kuvvet bileşeni)
- $S_{ge}(T)$  = Yatay doğrusal elastik tasarım spektral ivmesi [g]
- $S_{ge}(T_1)$  = Birinci doğal titreşim periyodu  $T_1$ 'e karşı gelen doğrusal elastik tasarım spektral ivmesi [g]
- $S_{ge,v}(T)$  = Düşey elastik tasarım spektral ivmesi [g]
- $S_{ge,v}^{2N}$  = n'inci titreşim moduna ait e'astik tasarım spektral ivmesi [g]
- $S_{ge,v}^{1N}$  = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında n'inci moda ait doğrusal elastik spektral ivme [g]
- $S_{n,R1}, S_{n,R2}$  = Göz önüne alınan iki tipik depremin spektral ivmeleri [g]
- $S_{Dx}$  -- Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
- $S_{D1}$  -- 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
- $S_{Dy}$  -- Kısa periyot düşey tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
- $S_{D1}$  -- 1.0 saniye periyot için düşey tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
- $S_{de}(T)$  = Yatay doğrusal elastik tasarım spektral yerdeğiştirmesi [m]
- $S_{de}(T_1)$  = Birinci doğal titreşim periyodu  $T_1$ 'e karşı gelen doğrusal elastik tasarım spektral yerdeğiştirmesi [m]
- SH = Sınırlı Hasar Performans / Hedefi Düzeyi simgesi
- $\delta_D$  = Dinamik su basıncı simgesi
- $\delta_k$  = Sıyın kaldırma kuvveti simgesi
- $\delta_s$  -- Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
- $\delta_1$  -- 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
- $\delta_T$  = Topoğrafik büyüme katsayısı
- $s$  = Enine donatı aralığı [mm]
- $s$  = Kazık sıraları ara uzaklığının kazık çapına oranı
- $s_x, s_y, s_z$  -- Temel şekli daireselüne katsayıları
- $T$  = Doğal titreşim periyodu [s]
- $T_A$  = Yatay elastik tasarım ivme spektrumunu köşe periyodu [s]
- $T_{AV}$  = Düşey elastik tasarım ivme spektrumunu köşe periyodu [s]
- $T_4$  -- Yatay elastik tasarım ivme spektrumunu köşe periyodu [s]
- $T_{4V}$  = Düşey elastik tasarım ivme spektrumunu köşe periyodu [s]

- $T_c$  = Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]
- $T_n$  = n'inci moda ait doğal titreşim periyodu [s]
- $T_n^{(i)}$  = Başlangıçtaki (i=1) itme adımıyla n'inci titreşim moduna ait doğal titreşim periyodu [s]
- $T_0$  = Hakim doğal titreşim periyodu [s]
- $T_R$  = Tipik bir depremin tekrarlama periyodu [yıl]
- $T_{R1}, T_{R2}$  = Göz önüne alınan iki tipik depremin tekrarlama periyotları [yıl]
- $t$  = Çelik boru kazık et kalınlığı [mm]
- $UU$  = "Konsolidasyonsuz – Drenajsız" simgesi
- $U_{cs1}^{(X)}$  = (X) deprem doğrultusu için k'inci itme adımıyla tabliye kütlesi merkezinde x eksenli doğrultusunda hesaplanan yerdeğiştirme [m]
- $\ddot{u}_y^{(X)}(t)$  = (X) depremin doğrultusunda tanımlanan yer ivmesi bileşeninin zamana göre değişimi [ $m/s^2$ ]
- $V_c$  = Betonarme kesitte betonun kesme kuvveti kapasitesi [kN]
- $V_s$  = Kayma dalgası hızı [ $m/s$ ]
- $(V_s)_{20}$  = Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı [ $m/s$ ]
- $V_{s,i}$  = i'inci alt tabakanın kayma dalgası hızı [ $m/s$ ]
- $V_c$  = Betonarme kesitte emine donatının kesme kuvveti kapasitesi [kN]
- $V_n$  = Betonarme kesitin nominal kesme kuvveti kapasitesi [kN]
- $V_p$  = Temel tabanında etkiyen tasarım yatay kuvveti [kN]
- $V_{cs1}^{(X)}$  = (X) deprem doğrultusu için k'inci itme adımıyla x eksenli doğrultusunda hesaplanan toplam deprem yükü [kN]
- $w$  = Doğal su içeriği
- $y$  = Su derinliği [m]
- $YM$  = Yeterli titreşim modu sayısı
- $Z_A, \dots, Z_I$  = Yerel zemin sınıfları singelleri
- $Z_D$  = Zemin kütleline ilişkin dinamik zemin basıncı simgesi
- $Z_{D0}$  = Ek düzgün yayılı hareketli yükten (sürüş) oluşan dinamik zemin basıncı simgesi
- $Z_s$  = Zemin kütleline ilişkin statik zemin basıncı simgesi
- $Z_{s0}$  = Ek düzgün yayılı hareketli yükten (sürüş) oluşan statik zemin basıncı simgesi
- $\alpha$  = Duvar-zemin arakesitinin düşeyle aktif veya pasif basınç tarafına doğru yaptığı açı [derece]
- $\alpha_p$  = (i) plastik kesitinde etkiyen momentle ilgili olarak (k)'inci akma çizgisini tanımlayan katsayı
- $\beta$  = Aktif veya pasif basınç tarafındaki zemin yüzeyinin yatayla yukarıya doğru yaptığı çev açısı [derece]

- $\beta_c$  – Kazıklarda grup etkisinin yaklaşık olarak göz önüne alınması için ampirik azaltma katsayısı
- $\beta_{jk}$  – (j) plastik kesitindeki eksenel kayvetle ilgili olarak (k)'nci akma çizgisini tanımlayan katsayı
- $\beta_{nm}$  – n'inci ve m'inci doğal titreşim periyotlarının oranı
- $\Delta u_p^{(X,i)}$  – (X) doğrultusundaki depreme etkisi altında (i)'inci titreşim adımında n'inci moda ait modal süzgeçleme artımı [ $m/s^2$ ]
- $\Delta u_u^{(X,i)}$  – (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci titreşim adımında n'inci moda ait modal yerdeğiştirme artımı [m]
- $\Delta f^{(i)}$  – (i)'inci titreşim adımında artırsal spektral ölçek katsayısı
- $\Delta f_{xkl}^{(X,ki)}$  – (X) deprem doğrultusu için k'nci titreşim adımında x eksenli doğrultusunda etkileyen i'inci deprem yükü artımı [kN]
- $\Delta f_{yil}^{(X,ki)}$  – (X) deprem doğrultusu için k'nci titreşim adımında y eksenli doğrultusunda etkileyen i'inci deprem yükü artımı [kN]
- $\Delta f_{\theta l}^{(X,ki)}$  – (X) deprem doğrultusu için k'nci titreşim adımında z eksenli etrafında etkileyen i'inci deprem momenti artımı [kNm]
- $\Delta P_{s1}$  – Bileşke statik-eşdeğer su basıncı [ $kN/m^2$ ]
- $\Delta p$  – Depremden meydana gelen ek zemin basıncı [ $kN/m^2$ ]
- $\Delta p_{su}(z)$  – Statik-eşdeğer dinamik su basıncının su derinliği boyunca değişimini [ $kN/m^2$ ]
- $\Delta t_{max}$  – Maksimum alt-tabaka kalınlığı (eleman boyutu) ile uyumlu maksimum zaman artımı [s]
- $\Delta u_{p,x}^{(X,i)}$  – (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci titreşim adımında n'inci doğal titreşim modu için sistemin herhangi bir (j) noktasında (x) doğrultusundaki modal yerdeğiştirme artımı [m]
- $\Delta u_{p,y}^{(X,i)}$  – (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci titreşim adımında n'inci doğal titreşim modu için sistemin herhangi bir (j) noktasında (y) doğrultusundaki modal yerdeğiştirme artımı [m]
- $\Delta u_{p,z}^{(X,i)}$  – (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci titreşim adımında n'inci doğal titreşim modu için sistemin herhangi bir (j) noktasında (z) doğrultusundaki modal yerdeğiştirme artımı [m]
- $\delta$  – Temel tabanı ile zemin arasındaki sürtünme açısı [derece]
- $\delta$  – Zemin ile duvar arasındaki sürtünme açısı [derece]
- $\epsilon_c$  – Beton basınç birim şekildeğiştirmesi
- $\epsilon_{cu}$  – Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi
- $\epsilon_{fy}$  – Donatı çeliğinin akma birim şekildeğiştirmesi
- $\epsilon_s$  – Donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekildeğiştirmesi
- $\epsilon_{su}$  – Donatı çeliğinin çekme dayanımına karşı gelen birim şekildeğiştirmesi
- $\epsilon_c^{(i,j)}$  – Göçmenin Ölünmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalma kapasitesi

- $\epsilon_c^{(k,li)}$  = Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısılma kapasitesi
- $\epsilon_c^{(sh)}$  = Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısılma kapasitesi
- $\epsilon_y^{(ci)}$  = Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirme kapasitesi
- $\epsilon_s^{(k,li)}$  = Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirme kapasitesi
- $\epsilon_s^{(sh)}$  = Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirme kapasitesi
- $u_{su}$  = Maksimum dayanıma karşı gelen donatı birim uzaması
- $\Phi_{y,x}$  = j'inci düğüm noktasında x eksenini doğrultusunda n'inci doğal titreşim mod şekli genliği
- $\Phi_{y,y}$  = j'inci düğüm noktasında y eksenini doğrultusunda n'inci doğal titreşim mod şekli genliği
- $\Phi_{j,z}$  = j'inci düğüm noktasında z eksenini doğrultusunda n'inci doğal titreşim mod şekli genliği
- $\Phi_{j,n}^{(i)}$  = (i)'inci itme adımımda, o adımdaki plastik mafsal konfigürasyonu göz önüne alınarak belirlenen n'inci mod şeklinin j noktasında (x) doğrultusundaki genliği
- $\Phi_{j,y}^{(i)}$  = (i)'inci itme adımımda, o adımdaki plastik mafsal konfigürasyonu göz önüne alınarak belirlenen n'inci mod şeklinin j noktasında (y) doğrultusundaki genliği
- $\Phi_{j,z}^{(i)}$  = (i)'inci itme adımımda, o adımdaki plastik mafsal konfigürasyonu göz önüne alınarak belirlenen n'inci mod şeklinin j noktasında (z) doğrultusundaki genliği
- $\varphi$  = Kabaçyonsuz zeminde (ij) inci tabakanın içsel sürtünme açısı [derece]
- $\sigma'$  = Zeminin efektif kayma direnci açısı [derece]
- $\phi_y$  = Donatıda ilk akmaya karşı gelen eğrilik [ $m^{-1}$ ]
- $\phi_y$  = Ftkin akma eğriligi [ $m^{-1}$ ]
- $\phi_u$  = Maksimum eğrilik [ $m^{-1}$ ]
- $\Gamma_c^{(X)}$  = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında n'inci titreşim moduna ait modal katkı çarpanı
- $\Gamma_n^{(X,i)}$  = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci itme adımımda n'inci doğal titreşim moduna ait katkı çarpanı
- $\Gamma_i^{(X,i)}$  = (X) deprem doğrultusu için birinci itme adımımda belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli'ne göre hesaplanan modal katkı çarpanı
- $\gamma_j$  = Kurudaki j'inci zemin tabakasının birim hacim ağırlığı [ $kN/m^3$ ]
- $\gamma_{bi}$  = Su altındaki j'inci zemin tabakasının birim hacim ağırlığı ( $\gamma_{bi} = \gamma_s - \gamma_w$ ) [ $kN/m^3$ ]
- $\gamma_{si}$  = Suyu doymuş j'inci zemin tabakasının birim hacim ağırlığı [ $kN/m^3$ ]

- $\gamma_w$  – Suyun birim hacim ağırlığı [ $\text{kN/m}^3$ ]  
 $\gamma_R$  = Dayanım katsayısı  
 $\gamma_{Rc}$  = Kohezyon direnci için dayanım katsayısı  
 $\gamma_{Rdev}$  = Dayanım yapısında devrilmeye karşı tasarım güvenlik katsayısı  
 $\gamma_{Rbh}$  = Sürtünme direnci dayanım katsayısı  
 $\gamma_{Rbk}$  = Kaymaya karşı tasarım güvenlik katsayısı  
 $\gamma_{Rm}$  = Pasif direnç dayanım katsayısı  
 $\gamma_{Rbs}$  = Kazık çevre sürtünme direnci (basınç) dayanım katsayısı  
 $\gamma_{Rsc}$  = Kazık çevre sürtünme direnci (çekme) dayanım katsayısı  
 $\gamma_{Rt}$  = Kazık toplam taşıma gücü (basınç) dayanım katsayısı  
 $\gamma_{\lambda m}$  = Kazık uç direnci dayanım katsayısı  
 $\gamma_{Re}$  = Temel taşıma gücü dayanım katsayısı  
 $\gamma_{Rf}$  = Sürtünme direnci için dayanım katsayısı  
 $\xi_n$  = n'inci titreşim moduna ait modal sönüm oranı  
 $\xi_1$  = Birinci titreşim moduna ait modal sönüm oranı  
 $\xi_{ci}$  = Kohezyonlu zeminde (i)'inci tabakanın göçme yüzeyini tanımlayan açı [derece]  
 $\xi$  = Toplam aktif ve pasif basınç katsayılarının hesabında statik-çşdeğer deprem katsayısına bağlı olarak hesaplanan açı [derece]  
 $\lambda_{crit}$  = Ticik zemin tabakasında deprem kaydının maksimum frekansına karşı gelen minimum dalga boyu [m]  
 $\omega_d$  = Tasarım ivme spektrumundaki 7% köşe periyoduna karşı gelen doğal açısal frekans [ $\text{rad/s}$ ]  
 $\omega_n$  = n'inci titreşim moduna ait doğal titreşim açısal frekansı [ $\text{rad/s}$ ]  
 $\omega_n^{(i)}$  = (i)'inci itme adımında, o aşındaki plastik mafsal konfigürasyonu göz önüne alınarak belirlenen n'inci titreşim moduna ait doğal açısal frekans [ $\text{rad/s}$ ]  
 $\omega_n^{(1)}$  = Başlangıçtaki (i=1) itme adımında n'inci titreşim moduna ait doğal açısal frekans  
 $\omega_n^{(p)}$  = En sondaki (i=p) itme adımında n'inci titreşim moduna ait doğal açısal frekans [ $\text{rad/s}$ ]  
 $\omega_s$  = Mekanik hacimsel enine donatı oranı  
 $\mu_d$  = Yerdeğiştirme sönüklük oranı talebi  
 $\mu(R, T_f)$  = Akma Dayanımı Azaltına Katsayısı ve birinci doğal titreşim periyoduna göre hesaplanan sönüklük istemi  
 $\mu_t$  = Kesme takozu kesme sürtünmesi mayüzünde sürtünme katsayısı  
 $\rho$  = Zeminin birim hacim kütlesi [ $\text{t/m}^3$ ]  
 $\rho_{mc}$  = Tam Kararsel Birleştirme Kuralı'nda m'inci ve n'inci doğal titreşim modlarına ilişkin çapraz korelasyon katsayısı  
 $\rho_s$  = Dairesel kesitte enine donatının hacimsel oranı

- $\rho_x, \rho_y$  – Dikdörtgen kesitte x ve y eöğrultularında enine donatma hacimsel oranları
- $\rho_w$  – Suyun birim hacim kütleşi [t/m<sup>3</sup>]
- $\tau_{ey,a}$  = Drenajsız kayma mukavemeti [kPa]
- $\tau_{deprem}$  = Zeminde depremden oluşarı ortalama tekrarlı kayma gerilmesi [kPa]
- $\tau_R$  = Zeminin sıvılaşma direnci [kPa]
- $\theta_p^{(SII)}$  = Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme kapasitesi [rad]
- $\theta_p^{(GÖ)}$  = Geçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme kapasitesi [rad]
- $\theta_p^{(S-II)}$  = Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme kapasitesi [rad]

# BÖLÜM 1 – GENEL HÜKÜMLER

## 1.1. KAPSAM

**1.1.1** – Bu Yönetmelik hükümleri yeni yapılacak kıyı ve liman yapılarının deprem etkisi altında tasarımı ile mevcut yapıların performanslarının değerlendirilmesi için uygulanır.

**1.1.2** – Bu Yönetmelik kapsamında yer alan kıyı ve liman yapıları üç sınıfa ayrılmıştır:

(a) Ağırlık Tipi ve Palplanşlı Rıhtım Duvarları

*Ağırlık tipi rıhtım duvarları*; betonarme keson türü duvarlar, betonarme payandalı-payandasız L duvarlar, dolu tip bloklü duvarlar, hücresel tip beton bloklü duvarlar, yerinde dökme beton duvarlar olarak tanımlanurlar.

*Palplanşlı rıhtım duvarları*; ankrajsız ve ankrajlı palplanş ve kombi duvarlar, platformlu duvarlar ve palplanştan veya çelik levhadan yapılmış hücre tipi duvarlar olarak tanımlanurlar.

(b) Kazıklı Rıhtım ve İskeleler

*Kazıklı rıhtımlar*; tek taraflı geniş yanaşmasına olanak sağlayan, arkadaki zemin dolgusunun kazıkların arasından denize doğru şev oluşturduğu, ancak tabliyeye doğrudan yük aktarmadığı sistemlerdir.

*Kazıklı iskeleler*, iki veya daha çok taraflı geniş yanaşmasına olanak sağlayan bağımsız sistemlerdir.

*Dolgu ve yüklenme platformları* gibi kazıklı sistemler de aynı yapı sınıfı içinde göz önüne alınacaklardır.

(c) Kıyı tahkimatları ve dalgalıranlar

## 1.2. GENEL İLKELER

**1.2.1** – Bu Yönetmelik'e göre deprem etkisi altında yeni yapılacak kıyı ve liman yapılarının tasarımında ve mevcut yapıların değerlendirilmesinde esas alınacak deprem yer hareketi düzeyleri **Bölüm 2'**de tanımlanmıştır. Bu deprem yer hareketi düzeylerine karşı gelen deprem etkileri, 22/01/2018 tarih ve 2018/11275 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile 01/01/2019 tarihinden itibaren yürürlüğe korulan *Türkiye Deprem Tehlike Haritası* ile tanımlanmıştır.

**1.2.2** – Bu Yönetmelik'e göre deprem etkisi altında yeni yapılacak kıyı ve liman yapıları için performansa göre değerlendirme ve tasarım esasları kapsamında *Kıyı ve Liman Yapıları Önem Sınıfları* ve *Kıyı ve Liman Yapıları Performans Hedefleri* ile uygulanacak değerlendirme ve tasarım yaklaşımları **Bölüm 3** te tanımlanmıştır.

**1.2.3** – **1.1.2'**de kapsamı tanımlanan kıyı ve liman yapıları için uygulanacak modelleme, hesap ve tasarım kuralları ile mevcut kazıklı rıhtım ve iskeleler için uygulanacak değerlendirme kuralları bu Yönetmelik'te verilmiştir. Bu kapsamı dışındaki yapılar için uygulanacak modelleme, hesap ve tasarım kurallarının ise özel teknik şartnamelerinde tanımlanması öngörülmüştür.



## 1.3. ÖZEL KONULARDA TASARIM GÖZETİMİ VE KONTROLÜ

### 1.3.1. Tanım

**1.3.1.1** – Bu Yönetmeliğin uygulanmasına ilişkin değerlendirme ve tasarım süreçlerinde, kapsamı **1.3.2**'de tanımlanan özel uzmanlık konularında, deprem mühendisliği ve yapı dinamiği alanında teorik ve mesleki bilgi ve deneyim sahibi inşaat mühendislerinden “*tasarım gözetimi ve kontrolü*” hizmeti alınması zorunludur.

**1.3.1.2** – Bu tür hizmetleri yerine geçireceklerin eğitim koşulları, mesleki yeterlilik ve deneyim konuları ile bunların belgelendirilmesi ve hizmetin yürütülmesine ilişkin usul ve esaslar ile uygulamanın başlangıç tarihi Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından belirlenir.

### 1.3.2. Kapsam

Bu Yönetmeliğin uygulanmasında aşağıda (a) ile (c)'de belirtilen konular **1.3.1**'de tanımlanan “*Tasarım Gözetimi ve Kontrolü*” hizmetine tabidir:

(a) **Bölüm 2** kapsamında **2.4**'e göre *Sahaya Özel Deprem Tehlikesi Hesapları*

(b) **Bölüm 5** kapsamında **5.2.1**'e göre ve **Bölüm 7** kapsamında **7.4.4**'e göre *Zaman Farklı Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ile Deprem Hesabı*

(c) **Bölüm 9** kapsamında **9.5**'e göre KZE-C Yöntemi ile yapılacak doğrusal olmayan *Rahım/İskele-Kazık-Zemin Etkileşimi Hesapları*

## BÖLÜM 2 – DEPREM YER HAREKETİ

### 2.1. DEPREM TEHLİKE HARİTALARI

**2.1.1** – Kıyı ve liman yapılarının deprem etkisi altında tasarımıda esas alınacak deprem yer hareketlerine ilişkin veriler bu Bölüm’de tanımlanmıştır.

**2.1.2** – 2.2’de tanımlanan DD-1, DD-2 ve DD-3 deprem yer hareketi düzeyleri için; deprem verileri, 22/1/2018 tarih ve 2018/11275 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile 18/3/2018 tarihli ve 30364 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan ve 01/1/2019 tarihinden itibaren yürürlüğe konulan *Türkiye Deprem Tehlike Haritası ve Parametre Değerleri* ile tanımlanmıştır. Bu haritalara <https://tdth.afad.gov.tr/> adresli internet sitesinden erişilebilir.

### 2.2. DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYLERİ

Bu Yönetmelik kapsamında aşağıda belirtilen dört farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır.

#### 2.2.1. 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 nitelendirmektedir. Bu deprem yer hareketi, *göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

#### 2.2.2. 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 nitelendirmektedir. Bu yer hareketi yönetmelikte sadece **Bölüm 3**’te *Deprem Tasarım Sınıfları*’na tanımlanması için kullanılmaktadır.

#### 2.2.3. 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 nitelendirmektedir. Bu yer hareketi düzeyine ait spektral ivme verileri **EK 2A**’da tanımlanmıştır.

#### 2.2.4. 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 nitelendirmektedir.

### 2.3. STANDART DEPREM YER HAREKETİ SPEKTRUMLARI

#### 2.3.1. Tanım

Deprem yer hareketi spektrumları, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi esas alınarak %5 sönüm oranı için, **2.3.2**, **2.3.3**, **2.3.4** ve **2.3.5**’te açıklandığı üzere *harita spektral ivme katsayıları*’na ve *yerel zemin etki katsayıları*’na bağlı olarak standart biçimde veya **2.4.1**’e göre *sahaya özel deprem tehlikesi analizleri* için özel olarak tanımlanmıştır.

## 2.3.2. Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

2.3.2.1 – Boyutsuz *harita spektral ivme katsayısı*, 2.2’de belirtilen dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için *Türkiye Deprem Tehlike Haritaları* kapsamında tanımlanmıştır:

(a) Kısa periyot *harita spektral ivme katsayısı*  $S_g$

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

Birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkileşiminin geometrik ortalamasına karşı gelen *harita spektral ivme katsayıları*, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulu [ $(F_g)_{0.5} = 760 \text{ m/s}$ ] esas alınarak %5 sönüm oranı için *harita spektral ivmeleri*’nin yerçekimi ivmesine bölünmesi ile *boyutsuz katsayılar* olarak tanımlanmıştır.

2.3.2.2 – 2.3.2.1’de tanımlanan *harita spektral ivme katsayıları*  $S_g$  ve  $S_1$ , aşağıdaki şekilde *tasarım spektral ivme katsayıları*  $S_{DS}$  ve  $S_{1H}$ ’e dönüştürülür:

$$\begin{aligned} S_{DS} &= S_g F_g \\ S_{1H} &= S_1 F_1 \end{aligned} \quad (2.1)$$

Burada  $F_g$  ve  $F_1$  2.3.3’te tanımlanan *yerel zemin etki katsayıları*’nı göstermektedir.

2.3.2.3 – Yatay ve düşey *elastik tasarım spektrumları*, Denk.(2.1) ile elde edilen *tasarım spektral ivme katsayıları*’ndan yararlanılarak, sırası ile, 2.3.4 ve 2.3.5’te tanımlanmıştır.

## 2.3.3. Yerel Zemin Etki Katsayıları

2.3.3.1 – 8.4’te tanımlanan *yerel zemin sınıfları*’na bağlı olarak *yerel zemin etki katsayıları*  $F_g$  ve  $F_1$ , sırası ile, **Tablo 2.1** ve **Tablo 2.2**’de verilmiştir. Tablolarda harita spektral ivme katsayılarının ara değerleri için doğrusal interpolasyon yapılabilir.

2.3.3.2 – ZP yerel zemin sınıfına giren zeminler için *sahaya özel zemin davranış analizleri*, yapı-kazık-zemin etkileşimini hesaplarında kullanılmak üzere, 8.6’ya göre yapılacaktır.

**Tablo 2.1 – Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları**

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı $F_g$					
	$S_g \leq 0.25$	$S_g = 0.50$	$S_g = 0.75$	$S_g = 1.00$	$S_g = 1.25$	$S_g > 1.50$
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

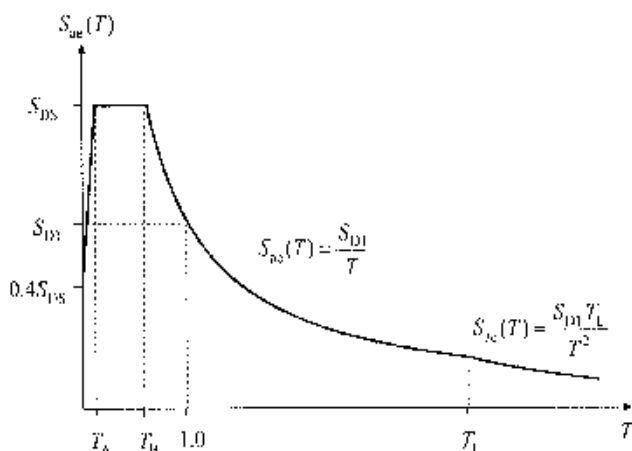
**Tablo 2.2 - 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları**

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı $\beta$					
	$S_1 < 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 > 0.60$
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	3.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	3.4	2.2	2.0

### 2.3.4. Yatay Deprem Tasarım Spektrumu

2.3.4.1 – Göz önüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için *yatay deprem tasarım ivme spektrumu*'nun ordinatları olan *yatay deprem tasarım spektral ivmeleri*  $S_{ac}(T)$ , doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi  $|g|$  emsinden **Denk.(2.2)**'de tanımlanmıştır (**Şekil 2.1**):

$$\begin{aligned}
 S_{ac}(T) &= \begin{cases} 0.4 - 0.6 \frac{T}{T_A} \\ S_{DS} \end{cases} & (0 \leq T \leq T_A) \\
 S_{ac}(T) &= S_{DS} & (T_A \leq T \leq T_B) \\
 S_{ac}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & (T_B \leq T < T_L) \\
 S_{ac}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} & (T_L \leq T)
 \end{aligned} \tag{2.2}$$



**Şekil 2.1**

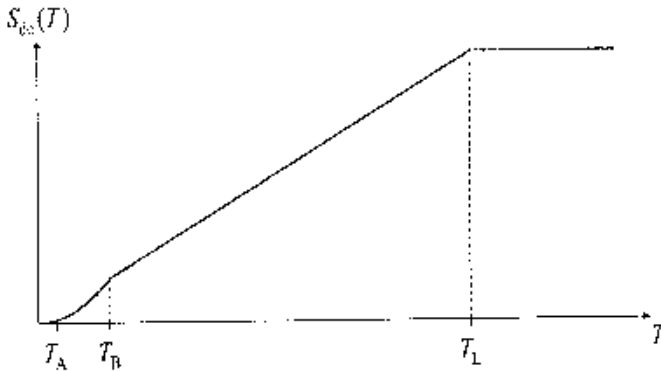
Burada  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$  2.3.2.2'de tanımlanan *tasarım spektral ivme katsayıları*'nı,  $T$  ise doğal titreşim periyodunu göstermektedir. Yatay tasarım spektrumu *hüce periyotları*  $T_A$  ve  $T_B$  **Denk.(2.3)** ile  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$ 'e bağlı olarak tanımlanır:

$$T_A = 0.2 \frac{S_{21}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.3)$$

Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu  $T_1 = 6$  s alınacaktır.

**2.3.4.2 -** Göz önüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay deprem tasarım yerdeğiştirme spektrumu'nun ordinatları olan yatay tasarım spektral yerdeğiştirmeleri  $S_{de}(T)$ , doğal titreşim periyoduna bağlı olarak metre [m] cinsinden **Denk.(2.4)** ile tanımlanır (**Şekil 2.2**):

$$S_{de}(T) = \frac{T^3}{4\pi^2} g \cdot S_w(T) \quad (2.4)$$



**Şekil 2.2**

### 2.3.5. Düşey Deprem Tasarım Spektrumu

Göz önüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için düşey deprem tasarım ivme spektrumu'nun ordinatları olan düşey deprem tasarım spektral ivmeleri  $S_{av}(T)$ , yatay deprem yer hareketi için tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi [ $g$ ] cinsinden **Denk.(2.5)** ile tanımlanır (**Şekil 2.3**):

$$\begin{aligned} S_{av}(T) &= \left( 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_{AV}} \right) S_{VS} & (0 \leq T \leq T_{AV}) \\ S_{av}(T) &= S_{VS} & (T_{AV} \leq T \leq T_{BV}) \\ S_{av}(T) &= S_{VS} \left( \frac{T_{BV}}{T} \right)^n & (T_{BV} \leq T) \end{aligned} \quad (2.5)$$

**Denk.(2.5)**'de yer alan  $T_{AV}$  ve  $T_{BV}$  düşey spektrum köşe periyotları **Denk.(2.6)**'da verilmiştir.

$$T_{AV} = 0.05 \text{ s} \quad ; \quad T_{BV} = \max\{0.13, (0.7 - 0.67C_1)\} \quad (2.6)$$

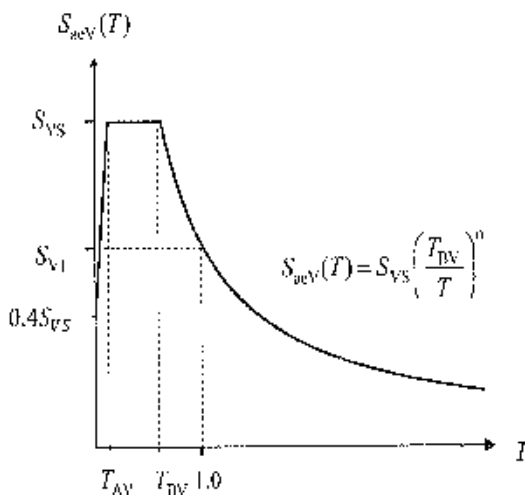
Buradaki  $C_1$  terimi ve **Denk.(2.5)**'te yer alan üssel sayı  $n$  **Denk.(2.7)** ile belirlenecektir.

$$C_L = 1 - \frac{S_{V1}}{S_{VS}} \quad ; \quad n = \frac{\ln(1 - C_L)}{\ln(T_{DV})} \quad (2.7)$$

Bu bağıntıda yer alan kısa periyot düzey spektral ivme katsayısı  $S_{VS}$  ve 1.0 saniye periyoda karşı gelen düzey spektral ivme katsayısı  $S_{V1}$  **Denk.(2.8)** ile belirlenecektir.

$$\begin{aligned} S_{VS} &= a_{VS} (V_S)_{30}^{b_{VS}} \quad ; \quad S_{V1} = a_{V1} (S_1)^{b_{V1}} \\ a_{VS} &= 5.07 [(V_S)_{30}]^{0.006} \quad ; \quad b_{VS} = 1.03 + 0.066 |\ln (V_S)_{30} - 760| / 1000 \\ a_{V1} &= 9.90 [(V_S)_{30}]^{-0.467} \quad ; \quad b_{V1} = 0.91 \end{aligned} \quad (2.8)$$

Burada  $S_5$  ve  $S_1$  2.3.2.1'de tanımlanan harita spektral ivme katsayılarını,  $(V_S)_{30}$  ise 6.4.2'de tanımlanan üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızını göstermektedir.



Şekil 2.3

## 2.4. SAHAYA ÖZEL DEPREM YER HAREKETİ SPEKTRUMU

### 2.4.1. Sahaya Özel Deprem İvme Spektrumu

3.2'ye göre *Kayı ve Liman Yapısı Önem Sınıfı* KLÖS =1 ve aynı zamanda 3.3'e göre *Deprem Tasarım Sınıfı* DYS = 1 olan kıyı ve liman yapılarında *sahaya özel deprem yer hareketi spektrumları*, 2.4.2'ye göre *sahaya özel deprem tehlikesi analizleri* yapılarak tanımlanacaktır. Bu tür spektrumlar, gereği durumunda diğer sınıflardaki yapılar için de proje mühendislerin ve/veya onay makamının kararı ile tanımlanabilir. 2.3.2'de tanımlanan referans zemin koşulu için belirtilen sahaya özel elastik ivme spektrumlarının ordinatları, hiçbir zaman 2.3.4'e göre harita spektral ivmeleri esas alınarak zemin etkisi olmaksızın tanımlanan ivme spektrumları ordinatlarının % 90'ından daha küçük olmayacaktır.

## 2.4.2. Sahaya Özel Deprem Tehlikesi Analizleri

Göz önüne alınan herhangi bir deprem düzeyi için 2.3.2’de tanımlanan referans zemin koşulu esas alınarak % 5 sönüm oranı için iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalamasına karşı gelen spektral ivmeleri belirlenmek üzere *sahaya özel deprem tehlikesi analizleri*, aşağıda özetlenen kurallara göre yapılacaktır.

**2.4.2.1 – Sahaya özel olasılıksal deprem tehlikesi analizleri**, ilgili sahaya etkileyebilecek tüm aktif deprem kaynaklarını, bu kaynaklarda meydana gelebilecek depremlerin tekrarlanma aralıklarını ve oluşacak yer hareketi genliklerindeki (en büyük yer ivmesi, spektral ivme, vb.) belirsizlikleri *olasılık teorisi* çerçevesinde dikkate alacaktır. Aktif deprem kaynaklarının belirlenmesinde, ilgili saha merkez olmak üzere en az 200 km çapında bir alan dikkate alınacaktır.

**2.4.2.2 – Deprem kaynağına ilişkin tüm veriler** (jeolojik ve jeofizik veriler, tarihsel depremler, aletsel dönem deprem kayıtları, uzaktan algılanan verileri, vb.), fayların deprem tehlikesi hesabında göz önüne alınacak karakteristik özellikleri (fay tipi, doğrultusu, dalma açısı, uzunluğu, sismojenik derinliği, ortalama kayma hızı, segmentleri ve özellikleri) literatür taraması ile belirlenecektir. İlgili alan içinde modellenemeyen konumları ve geometrik özellikleri hakkında yeterli belirsizlik bulunan faylarda gerçekleşmesi beklenen depremler ise, alan ve arka-plan deprem kaynakları olarak modelleneyecektir. Dikkate alınan deprem kaynaklarında (fay, alan ve arka-plan) oluşabilecek depremlerin büyüklük (magnitüd) ekseninden kümülatif dağılımlarını gösteren *deprem tekrarlanma fonksiyonları* aletsel ve tarihsel dönemlere ait deprem kataloglarının derlenmesiyle elde edilecektir.

**2.4.2.3 – Depremlerde oluşacak yer hareketi genliklerindeki rasal belirsizlikler** güncel yer hareketi tahmin denklemleri ile hesaplanacaktır. Seçilen yer hareketi tahmin denklemleri proje sahasını içine alan tektonik yapıya uygun olmalı, sahanın zemin özelliklerinden dolayı oluşabilecek yer hareketi genliklerindeki farklılıkları dikkate alabilmeli, deprem hesapları için gerekli olan periyot bandındaki spektral yer hareketi genliklerini (spektral ivme değerlerini) hesaplayabilmelidir.

**2.4.2.4 – Olasılıksal deprem tehlikesi analizleri**, yukarıda minimum koşulları belirtilen deprem kaynak ve yer hareketi tanımlamaları ile ilgili model belirsizliğini *monte ağacı* uygulaması ile dikkate almalıdır.

## 2.4.3. Sahaya Özel Zemin Davranış Analizleri

**2.4.3.1 – Proje mühendisinin ve/veya onay makamının tercihi doğrultusunda yerel zemin etki katsayılarının belirlenmesi** amacı ile 8.6’yu göre *sahaya özel zemin davranış analizleri* yapılabilir.

**2.4.3.2 – Sahaya özel zemin davranış analizleri Bölüm 9’a göre yapılacak rijitlik/iskele-kazık-zemin kinematik ve esnelizlik etkileşimi hesaplarında deprem verisinin tanımlanması için serbest zemin deprem hesabı** olarak da yapılacaktır.

## 2.5. ZAMAN TANIM ALANINDA DEPREM YER HAREKETLERİNİN TANIMLANMASI

Bu yönetmeliğe göre kıyı ve liman yapılarının zaman tanım alanında bir, iki veya üç boyutlu deprem hesabında gerekli deprem yer hareketlerinin tanımlanması için kullanılacak deprem kayıtlarının seçimi ve *basit ölçeklendirme* yöntemi ile ölçeklendirilmesi veya *spektral uyumun* sağlanacak şekilde dönüştürülmesi için uygulanması gerekli kurallar 2.5.1, 2.5.2 ve 2.5.3'te tanımlanmıştır.

### 2.5.1. Deprem Kayıtlarının Seçimi

**2.5.1.1** – Kıyı ve liman yapıları taşıyıcı sistemlerinin zaman tanım alanında depremin hesabında kullanılacak deprem kayıtlarının seçimi, tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu depremin büyüklüğü, fay uzaklıkları, kaynak mekanizmaları ve yerel zemin koşulları dikkate alınarak yapılacaktır. Yapının bulunduğu bölgede tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu geçmiş deprem kayıtlarının mevcut olması durumunda öncelikle bu kayıtlar kullanılacaktır. Sahaya özel deprem tehlikesine en fazla katkıda bulunan depremlere ait büyüklük ve fay uzaklığı bilgilerinin belirlenmesi için *deprem tehlikesi ayırtarma* işleminde yararlanılabilir.

**2.5.1.2** – Yeterli sayı veya nitelikte deprem kaydı seçiminin yapılamadığı durumlarda, zaman tanım alanında benzeştirilmiş yer hareketi kayıtları kullanılabilir. Bu tür kayıtların kullanılması durumunda, yapının bulunduğu sahanın sismik kaynak, dalga yayılım ve yerel zemin özellikleri göz önüne alınacaktır. Benzeştirme için kullanılacak model parametrelerinin, söz konusu bölgede meydana gelmiş depremlerde kaydedilmiş gerçek deprem kayıtları ile uyumlu olduğu gösterilecektir.

**2.5.1.3** – Bir veya iki boyutlu hesap için seçilecek *deprem kayıtları*'nın ve üç boyutlu hesap için seçilecek *deprem kaydı takımları*'nın sayısı en az 7 olacaktır. Aynı depremden seçilecek kayıt veya kayıt takımı sayısı üçü geçmeyecektir.

### 2.5.2. Deprem Kayıtlarının Basit Ölçeklendirme Yöntemi ile Ölçeklendirilmesi

6.6'ya göre yapılacak zemin davranış analizleri dışında, zaman tanım alanında hesapta kullanılacak deprem yer hareketleri, seçilen deprem kayıtlarından *basit ölçeklendirme* yöntemi ile aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

**2.5.2.1** – Bir veya iki boyutlu hesap için seçilen tüm kayıtlara ait spektrumların ortalamasının  $0.2T_p$  ve  $1.5T_p$  periyotları arasındaki genliklerinin, 2.3.4 veya 2.4'e göre tanımlanan tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerinden daha küçük olmaması kuralına göre, deprem yer hareketlerinin genlikleri ölçeklendirilecektir.

**2.5.2.2** – Üç boyutlu hesap için seçilen her bir deprem kaydı takımının iki yatay bileşenine ait spektrumların kareleri toplamının karekökü alınarak bileşke yatay spektrum elde edilecektir. Seçilen tüm kayıtlara ait bileşke spektrumların ortalamasının  $0.2T_p$  ve  $1.5T_p$  periyotları arasındaki genliklerinin, 2.3.4 veya 2.4'e göre tanımlanan tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerine oranının 1.3'ten daha küçük olmaması kuralına göre deprem yer hareketi bileşenlerinin genlikleri ölçeklendirilecektir. Her iki yatay bileşenin ölçeklendirilmesi aynı ölçek katsayıları ile yapılacaktır.



### 2.5.3. Deprem Kayıtlarının Spektral Uyşum Sağlanacak Şekilde Dönüştürülmesi

6.6'ya göre yapılacak zemin davranış analizlerinde veya zaman tanım alanında yapılacak diğer hesaplarda kullanılmak üzere deprem yer hareketleri, seçilen deprem kayıtlarının 2.3.4 veya 2.4'e göre tanımlanan tasarım spektrumuna tüm periyotlarda *spektral uyşum* sağlanacak şekilde dönüştürülmesi ile de elde edilebilir. Dönüştürülen deprem yer hareketlerinin spektrumlarının ortalamaları, tüm periyotlar için tasarım spektrumunu ordınsatlandıran daha küçük olmayacaktır.

### 2.6. STATİK-EŞDEĞER DEPREM KATSAYISI

DD-2a veya DD-3 düzeyi deprem yer hareketi etkisi altında statik-eşdeğer yöntemle yapılacak depremler hesaplarında kullanılmak üzere *yatay statik-eşdeğer deprem katsayısı Denk.(2.9)*'da tanımlanmıştır:

$$k_h = 0.267S_{DS} \quad (2.9)$$

Burada  $S_{DS}$  Denk.(2.1)'de tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını göstermektedir.

## EK 2A – DD-2a DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYİNE AİT SPEKTRAL İVME KATSAYILARI

**2A.1** – Tekrarlanma periyodu 144 yıl olan DD-2a deprem yer hareketi düzeyi için harita spektral ivme katsayıları, TDHF (2018)'de verilen ve tekrarlanma periyotları 144 yıla en yakın olan DD-2 (475 yıl) ve DD-3 (72 yıl) deprem yer hareketi düzeylerine ait harita spektral ivme katsayılarından logaritmik doğrusal interpolasyonla hesaplanabilir:

**2A.2** – Deprem düzeyi birbirinden çok uzakta olmayan iki deprem yer hareketinin spektral ivme oranları ile tekrarlanma periyodu oranları arasındaki bağıntı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\frac{S_{a,R1}}{S_{a,R2}} = \left( \frac{T_{R1}}{T_{R2}} \right)^k \quad (2A.1)$$

ve iki tarafın logaritması alınarak;

$$\log_{10} \frac{S_{a,R1}}{S_{a,R2}} = k \log_{10} \frac{T_{R1}}{T_{R2}} \quad (2A.2)$$

elde edilir. Bu bağıntı, log-log eksen takımında tekrarlanma periyotları ile spektral ivmeler arasında eğimi  $k$  olan doğrusal bir ilişkiyi ifade etmektedir.  $T_{R1} = 475$  yıl ve  $T_{R2} = 72$  yıl tekrarlanma periyotlu DD-2 ve DD-3 deprem yer hareketi düzeylerine ait  $S_8$  ve  $S_1$  harita spektral ivme katsayılarından yararlanılarak, **Denk.(2A.2)**'den kısa periyot bölgesi ve 1.0 saniye için  $k_8$  ve  $k_1$  eğimleri aşağıdaki şekilde edilir:

$$k_8 = 1.22 \log_{10} \frac{S_{8,475}}{S_{8,72}} \quad ; \quad k_1 = 1.22 \log_{10} \frac{S_{1,475}}{S_{1,72}} \quad (2A.3)$$

**2A.3** – Tekrarlanma periyodu 144 yıl olan DD-2a deprem düzeyi için  $S_{8,144}$  ve  $S_{1,144}$  harita spektral ivme katsayıları,  $T_{R1} = 144$  yıl,  $T_{R2} = 72$  yıl ve dolayısıyla  $T_{R1} / T_{R2} = 2.0$  alınarak **Denk.(2A.1)**'den 72 yıllık DD-3 deprem düzeyine ait harita spektral ivme katsayılarına bağlı olarak aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$S_{8,144} = (2.0)^{k_8} S_{8,72} \quad ; \quad S_{1,144} = (2.0)^{k_1} S_{1,72} \quad (2A.4)$$

Alternatif olarak, **Denk.(2A.3)** ile hesaplanan  $k_8$  ve  $k_1$  eğimleri **Denk.(2A.4)**'ün logaritmik ifadesinde yerlerine konulup düzenlenerek DD-2a deprem düzeyi için  $S_{8,144}$  ve  $S_{1,144}$  harita spektral ivme katsayıları aşağıdaki şekilde de ifade edilebilir:

$$\begin{aligned} \log_{10} S_{8,144} &= 0.633 \log_{10} S_{8,72} - 0.367 \log_{10} S_{8,475} \\ \log_{10} S_{1,144} &= 0.633 \log_{10} S_{1,72} + 0.367 \log_{10} S_{1,475} \end{aligned} \quad (2A.5)$$

**2A.4** – **Denk.(2A.4)** veya **Denk.(2A.5)** ile hesaplanan harita spektral ivme katsayıları, **Tablo 2.1** ve **Tablo 2.2**'de verilen yerel zemin etki katsayıları ile çarpılarak DD-2a deprem yer hareketi düzeyi için tasarım spektral ivme katsayıları elde edilir.

## BÖLÜM 3 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA KIYI VE LİMAN YAPILARI İÇİN PERFORMANSA GÖRE DEĞERLENDİRME VE TASARIM ESASLARI

### 3.1. KIYI VE LİMAN YAPILARININ PERFORMANSA GÖRE DEĞERLENDİRME VE TASARIM İLKELERİ

Bu Yönetmelik'te *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 şekildeğişimler sayısal olarak belirlenir ve yapı için öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olarak değerlendirilir. Bu bağlamda;

(a) Yapının servis ömrü boyunca maruz kalma olasılığı çok düşük olan seyrek oluşumlu şiddetli depremlerde meydana gelecek şekildeğişimlerin, belirli taşıyıcı sistem elemanları ile sınırlı kalmak kaydı ile, doğrusal elastik sınırları aşmasına, dolayısıyla yapısal hasara izin verilebilir. Ancak kabul edilebilir hasar limitleri, yapı için öngörülen performans hedefi ile uyumlu olacak şekilde tanımlanır. Bu çerçevede *performansa göre tasarım* yaklaşımı, doğrusal olmayan (nonlinear) hesap yöntemleri ve *Şekildeğişimlere Göre Değerlendirme ve Tasarım* kavramı ile doğrudan ilişkilidir.

(b) Yapının servis ömrü boyunca maruz kalma olasılığı yüksek olan sık oluşumlu küçük depremlerde ise yapı taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelecek şekildeğişimlerinin doğrusal elastik sınırları aşmasına izin verilmez. Bu doğrultuda geleneksel *Dayanma Güce Değerlendirme ve Tasarım* çerçevesinde doğrusal (linear) hesap yöntemleri kullanılabilir.

### 3.2. KIYI VE LİMAN YAPILARI ÖNEM SINIFLARI

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

#### 3.2.1. KLÖS = 1: Önemli yapılar

- (a) Güvenlik/savunma bakımından stratejik öneme sahip yapılar
- (b) Deprem sonrasında acil yardım ve kurtarma amacı ile hemen kullanılması gereken yapılar
- (c) Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddeler ile ilgili yapılar

#### 3.2.2. KLÖS = 2: Normal yapılar

- (a) Deprem sonrasında onarım/güçlendirilmesi veya yeniden yapımı zor, pahalı ve zaman kaybına neden olacak yapılar
- (b) KLÖS=1 ve KLÖS=3 dışındaki diğer yapılar

#### 3.2.3. KLÖS = 3: Basit yapılar

- (a) Depremden sonra kolaylıkla yeniden yapılabilecek yapılar,
- (b) Şiddetli depremlerde ileri derecede hasar görmesi kabul edilebilecek yapılar
- (c) Yanaşma yapılmayan (günışıklenme iskelesi vb) yapılar
- (d) Kıyı tahkimatları ve delgekranlar

### 3.3. DEPREM TASARIM SINIFLARI

Uygulanacak hesap ve değerlendirme yöntemlerinin sınıtlandırılması için kullanılmak üzere *Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)*, **Bölüm 2'**de tanımlanan *DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi* için **2.3.2.2'**de tanımlanan *Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katıyıcılığı*'na bağlı olarak **Tablo 3.1'e** göre belirlenecektir.

**Tablo 3.1 – Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)**

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

### 3.4. DEPREM ETKİSİ ALTINDA KAZIKLI RİHTİM VE İSKELELER İÇİN SÜNEK DAVRANIŞ İLKELERİ

**3.4.1 –** 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) şekildeğişirmelerin sadece kazık-tabliye birleşimlerinde eğilme/eksenel kuvvet etkisinde meydana gelmesi, bu elemanların 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 şekildeğişirmelere izin verilebilir.

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

### 3.5. KIYI VE LİMAN YAPILARI PERFORMANS DÜZEYLERİ VE PERFORMANS HEDEFLERİ

#### 3.5.1. Kıyı ve Liman Yapıları Performans Düzeyleri

Kıyı ve liman yapıları için yapısal performans düzeyleri, öngörülen deprem hasarı esas alınarak aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

**(a) Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi:** Bu performans düzeyi, yapının ana taşıyıcı sistem elemanlarında hiçbir yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir ölçüde küçük duruma karşı gelmektedir. Yapılacak incelemeleri takiben hemen kullanıma açılabilir.

**(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 açılabilir. Bu hasar düzeyi, yeni yapılacak yapılar için kullanılmayacak, sadece **Bölüm 11**'e göre 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 Önlenebilirliği (GÖ) Performans Düzeyi:** Bu performans düzeyi, yapının taşıyıcı sistemi elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruma karşı gelmektedir. Yapının kısmen veya tamamen göçmesi önlenmiştir. Acil müdahale için sınırlı da olsa kullanılabilmesi kabul edilebilir. Ancak yapının uzun dönemde kullanılması mümkün olmayabilir.

### 3.5.2. Kıyı ve Liman Yapıları Performans Hedefleri

Deprem etkisi altında kıyı ve liman yapıları için *Performans Hedefleri*, “belirli deprem yer hareketi düzeyleri altında hedeflenen performans düzeyleri”ni ifade eder. Aşağıda 3.6.1 – 3.6.5’te açıklanan iki aşamalı tasarım yaklaşımı esas alınarak, 3.2’de verilen *Kıyı ve Liman Yapıları Önem Sınıfları* ve 3.3’te verilen *Deprem Yer Hareketi Düzeyleri*’ne göre tanımlanan *Ağırılık Tipi ve Palplanşlı Rıhtımlar İçin Performans Hedefleri* **Tablo 3.2**’de, *Kazıklı Rıhtım ve İskeleler İçin Performans Hedefleri* ise **Tablo 3.3**’te özetlenmiştir.

**Tablo 3.2. Ağırılık Tipi ve Palplanşlı Rıhtımlar İçin Performans Hedefleri**

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

**Tablo 3.3. Kazıklı Rıhtım ve İskeleler İçin Performans Hedefleri**

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

## 3.6. DEPREM ETKİSİ ALTINDA KIRI VE LİMAN YAPILARI İÇİN İKİ AŞAMALI TASARIM

3.1’de tanımlanan *Performansa Göre Değerlendirme ve Tasarım İlkeleri* doğrultusunda kıyı ve liman yapılarının deprem etkisi altında tasarımı, aşağıda açıklandığı şekilde iki aşamalı olarak yapılacaktır.

### 3.6.1. Ağırılık Tipi ve Palplanşlı Rıhtım Duvarları İçin Birinci Aşama Hesap – Tasarım – Değerlendirme

**3.6.1.1 – Birinci aşamada,** ağırılık tipi veya palplanşlı rıhtım duvarları için kendi servis ömürleri boyunca maruz kalma olasılığı yüksek olan sık oluşumlu küçük depremlerin etkisi altında statik-çsdeğer deprem katsayısı esas alınarak geleneksel stabilite hesapları yapılacak ve tasarım esas iç kuvvetler elde edilecektir. Bu aşamada KL.ÖS = 3 olan yapılar dışında deprem

hasarının olmaması, dolayısıyla **Tablo 3.2'**te belirtildiği üzere *Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi*'nin sağlanması hedeflenmektedir. Bu durumda deprem sonrasında ritim operasyonunun olumsuz biçimde etkilenmesi söz konusu değildir. **KLÖS = 3** olan basit yapılarda ise *Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi*'nin sağlanması hedeflenmektedir. Bu aşamada sık oluşumlu deprem yer hareketi olarak:

(a) **3.2.1'e** göre **KLÖS = 1** olan önemli ritimlerde **2.2.3'**te tanımlanan **DD-2a** deprem yer hareketi göz önüne alınacaktır.

(b) **3.2.2'ye** göre **KLÖS = 2** olan normal ritimlerde ve **3.2.3'e** göre **KLÖS = 3** olan basit ritimlerde **2.2.4'te** tanımlanan **DD-3** deprem yer hareketi göz önüne alınacaktır.

**3.6.1.2** – Birinci aşamada deprem etkisi altında taşıyıcı sistemin hesabı, doğrusal taşıyıcı sistem davranışı esas alınarak **Tablo 3.4** ve **Tablo 3.5'te** gösterildiği üzere *statik-eşdeğer hesap* olarak yapılacak ve tasarım **Bölüm 4'e** göre *Dayanım Göre Tasarım* yaklaşımı ile değerlendirilecektir.

**3.6.1.3** – **KLÖS = 1** olan palplanşlı ritimler için birinci aşama sonunda yapılan tasarım, ikinci aşama için ön tasarım olarak kullanılacaktır.

### 3.6.2. Ağırık Tipi ve Palplanşlı Ritim Duvarları İçin İkinci Aşama Hesap – Değerlendirme – Tasarım

**3.6.2.1** - İkinci aşamada sadece **KLÖS = 1**; *Önemli Yapı* sınıfına giren ağırık tipi veya palplanşlı ritim duvarları için, kendi servis ömürleri boyunca maruz kalma olasılığı çok düşük olan ve *göz önüne alınan en büyük deprem* olarak adlandırılan çok seyrek oluşumlu **DD-1** deprem yer hareketinin etkisi altında, zaman tanım alanında hesap yapılacaktır. Bu kapsamda, zemini ve palplanşlı duvarlar için palplanşların doğrusal olmayan (nonlinear) davranışının göz önüne alındığı *Yapı-Zemin Ortak Sistemi Hesabı* veya **DTS = 2,3** olan ağırık tipi ritim duvarları için zaman tanım alanında *Kayan Blok Yöntemi ile Hesap* yapılacaktır (**Tablo 3.4** ve **Tablo 3.5**). Bu hesapların amacı, çok şiddetli deprem etkisi altında ritim duvarlarının yapacağı *kabici yerdeğiştirmeler*'in belirlenmesidir. Depremde meydana gelen kalıcı yerdeğiştirmelerin çok büyük olmaması, dolayısıyla **Tablo 3.2'de** belirtildiği üzere **KLÖS = 1** olan ritim duvarlarında *Kontrollü Hasar (KH) Performans Hedefi*'nin sağlanması, depremden sonra acil müdahale amaçlı operasyonlara imkan verilmesi hedeflenmektedir.

**3.6.2.2** – İkinci aşamada deprem etkisi altında ağırık tipi veya palplanşlı ritim hesabı ve tasarımı **Bölüm 5'e** göre *Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım* yaklaşımı ile değerlendirilerek kesintileştirilecektir.

**Tablo 3.4. Ağırık Tipi Ritim Duvarları İçin Deprem Etkisi Altında Hesap ve Değerlendirme Yöntemleri**

Kayı Alan Yapı Öncelik Sınıfı	Hesap ve Değerlendirme Aşamaları	Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Deprem Tasarım Sınıfı		
			DTS = 1	DTS = 2,3	DTS = 4
KLÖS = 1	Birinci aşama	DD - 2a	Statik-Eşdeğer Hesap	Statik-Eşdeğer Hesap	Statik-Eşdeğer Hesap
	İkinci aşama	DD - 1	Yapı-Zemin Ortak Sistemli Hesabı	Kayan Blok Yöntemi ile Hesap	—
KLÖS = 2,3	Birinci aşama	DD - 3	Statik-Eşdeğer Hesap	Statik-Eşdeğer Hesap	Statik-Eşdeğer Hesap

**Tablo 3.5. Planlanmış Rıhtım Duvarları İçin  
Deprem Etkisi Altında Hesap ve Değerlendirme Yöntemleri**

Kıvrımlanan Yapıya Önerilen Sınıfı	Hesap ve Değerlendirme Aşamaları	Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Deprem Tasarım Sınıfı		
			DTS - 1	DTS - 2,3	DTS - 4
KLÖS = 1	Birinci aşama	DD-2a	Statik-Eşdeğer Hesap	Statik-Eşdeğer Hesap	Statik-Eşdeğer Hesap
	İkinci aşama	DD-1	Yapı-Zemin Ortak Sistemünün Hesabı	Yapı-Zemin Ortak Sistemünün Hesabı	—
KLÖS = 2,3	Birinci aşama	DD-3	Statik-Eşdeğer Hesap	Statik-Eşdeğer Hesap	Statik-Eşdeğer Hesap

### 3.6.3. Kazıklı Rıhtım ve İskeleler İçin Birinci Aşama Hesap – Tasarım – Değerlendirme

**3.6.3.1 – Birinci aşamada,** kazıklı rıhtım veya iskelelerin kendi servis ömürleri boyunca maruz kalma olasılığı yüksek olan sık oluşumlu, küçük depremlerin etkisi altında doğrusal elastik veya ona çok yakın davranış göstermesi, diğer deyişle deprem hasarının hiç olmaması veya ihmal edilebilecek ölçüde sınırlı olması. **Tablo 3.3'**te belirtildiği üzere KLÖS = 3 olan yapılar dışında *Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi*'nin sağlanması hedeflenmektedir. Bu durumda deprem sonrasında rıhtım veya iskele operasyonunun olumsuz biçimde etkilenmesi söz konusu değildir. KLÖS = 3 olan yapılarda ise *Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi*'nin sağlanması hedeflenmektedir.

**3.6.3.2 – Birinci aşama hesap ve değerlendirmelerde** KLÖS = 1 olan kazıklı rıhtım ve iskeleler için DD-2a deprem yer hareketi altında, KLÖS = 2 ve KLÖS = 3 olan kazıklı rıhtım ve iskeleler için ise DD-3 deprem yer hareketi altında **Tablo 3.6** ve **Tablo 3.7**'de YÖNTEM 1 olarak belirtilen yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntem kapsamında “*doğrusal hesap*” yapılacak ve rıhtım ve iskele taşıyıcı sistemlerinin performans değerlendirilmesi için “*dayanma göre değerlendirme*” yaklaşımı kullanılacaktır. Hesap ve değerlendirmede kullanılacak yöntemler **Bölüm 6**'da açıklanmıştır.

**3.6.3.3 – Birinci aşama sonunda** yapılar tasarımı, **3.2.3'e** göre KLÖS = 3 olan basit rıhtım ve iskeleler hariç olmak üzere, ikinci aşama için ön tasarım olarak kullanılacaktır.

### 3.6.4. Kazıklı Rıhtım ve İskeleler İçin İkinci Aşama Hesap – Değerlendirme – Tasarım

**3.6.4.1 – İkinci aşamada,** kazıklı rıhtım veya iskelelerin servis ömrü boyunca maruz kalma olasılığı çok düşük olan ve *göz önüne alınan en büyük deprem* olarak adlandırılan çok seyrek oluşumlu DD-1 deprem yer hareketinin etkisi altında hesap, değerlendirme ve tasarım yapılacaktır.

(a) **3.2.1'e** göre KLÖS = 1 olan önemli rıhtım ve iskelelerde deprem hasarının çok ağır olmaması ve onarılabilebilir düzeyde kalması, dolayısıyla **Tablo 3.3'**te belirtildiği üzere *Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi*'nin sağlanması, depremden sonra acil müdahale amaçlı operasyonları imkân verilmesi hedeflenmektedir.

(b) **3.2.2'ye** göre KLÖS = 2 olan normal rıhtım ve iskelelerde ise, önemli ölçüde hasar görse bile yapının kısmen veya tamamen göçmemesi, dolayısıyla **Tablo 3.3'**te belirtildiği üzere *Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi*'nin sağlanması, depremden sonra acil müdahale amaçlı operasyonlara sınırlı da olsa imkân verilmesi hedeflenmektedir.

### 3.6.4.2 – İkinci aşama hesap ve değerlendirmelerde;

(a)  $KL\ddot{O}S = 1$  ve  $DTS = 1$  olan kazıklı rıhtımlar için hesap, DD-1 deprem yer hareketi etkisi altında **Bölüm 7**'de açıklanan "zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap" yöntemi ile, performans değerlendirmeleri ise yine **Bölüm 7**'ye göre "şekildeğiştirmeye göre değerlendirme" yaklaşımı ile yapılacaktır. **Tablo 3.6**'da görüldüğü üzere bu yöntem YÖNTEM 2.3 olarak adlandırılmıştır.

(b)  $KL\ddot{O}S = 2$  ve  $DTS = 1$  olan kazıklı rıhtımlar ile  $KL\ddot{O}S = 1$  ve  $DTS = 1$  olan kazıklı iskeleler için hesap DD-1 deprem yer hareketi etkisi altında **Bölüm 7**'de açıklanan tek modlu veya çok modlu itme yöntemi ile, performans değerlendirmeleri ise yine **Bölüm 7**'e göre "şekildeğiştirmeye göre değerlendirme" yaklaşımı ile yapılacaktır. **Tablo 3.6** ve **Tablo 3.7**'de görüldüğü üzere bu yöntem YÖNTEM 2.2 olarak adlandırılmıştır.

(c)  $KL\ddot{O}S = 1$  ve  $DTS = 2,3$  olan çöğik kazıklı iskelelerde ve  $KL\ddot{O}S = 2$  olan çöğik kazıklı iskelelerde de YÖNTEM 2.2 kullanılacaktır.

(d) YÖNTEM 2.2 yerine, proje mühendisinin ve/veya onay makamının kararı ile YÖNTEM 2.3 de kullanılabilir.

(e) Yukarıda belirtilenler dışındaki diğer tüm kazıklı rıhtım ve iskelelerde **Tablo 3.6** ve **Tablo 3.7**'de YÖNTEM 2.1 olarak adlandırılan "Karma Yöntem" uygulanacaktır. Bu yöntemde DD-1 deprem yer hareketi etkisi altında doğrusal olmayan hesap yerine, kazıklı rıhtım veya iskele taşıyıcı sistemi düzeyinde "eşit yerdeğiştirme kuralı" esas alınarak, taşıyıcı sistemin yerdeğiştirmeleri **Bölüm 6**'da açıklanan "doğrusal hesap" yöntemi ile elde edilecektir. Rıhtım ve iskelelerin performans değerlendirmeleri ise bu yerdeğiştirmelerden yararlanılarak **Bölüm 7**'ye göre "şekildeğiştirmeye göre değerlendirme" yaklaşımı ile yapılacaktır.

(f) YÖNTEM 2.1 yerine, proje mühendisinin ve/veya onay makamının kararı ile YÖNTEM 2.2 de kullanılabilir.

(g)  $KL\ddot{O}S = 1,2$  ve  $DTS = 4$  olan rıhtım ve iskeleler ile  $KL\ddot{O}S = 3$  olan tüm rıhtım ve iskelelerde ikinci aşama hesap ve değerlendirme yapılması gerekli değildir.

### 3.6.5. Kıyı Tahkimatları ve Dalgakıranlar İçin Birinci Aşama Hesap - Değerlendirme - Tasarım

Kıyı tahkimatları ve dalgakıranlar için birinci aşama hesap ve değerlendirme **8.11.2**'de açıklanan *Eşdeğer-Statik Limit Denge Hesabı Yöntemi* ile yapılacaktır. Bunun yerine, proje mühendisinin ve/veya onay makamının kararı ile, **8.11.3**'de açıklanan *Newmark Kayan Blok Yöntemi* de kullanılabilir.



**Tablo 3.6. Kazıklı Rıhtımlar İçin  
Deprem Etkisi Altında Hesap ve Değerlendirme Yöntemleri**

Kıyı-Liman Yapısı Önem Sınıfı	Hesap ve Değerlendirme Aşamaları	Deprem Yeri Hareketi Düzeyi	Deprem Tasarım Sınıfı		
			DTS = 1	DTS = 2,3	DTS = 4
KL.ÖS - 1	Birinci aşama	DD - 2a	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Güce Değerlendirme	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Güce Değerlendirme	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Güce Değerlendirme
	İkinci aşama	DD - 1	<b>YÖNTEM 2.3</b> Doğrusal Olmayan Hesap (ZUA) / Şekildeğiştirmeye Güce Değerlendirme	<b>YÖNTEM 2.1</b> Doğrusal Hesap (Karma Yöntem) / Şekildeğiştirmeye Güce Değerlendirme	---
KL.ÖS - 2	Birinci aşama	DD - 3	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Güce Değerlendirme	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Güce Değerlendirme	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Güce Değerlendirme
	İkinci aşama	DD - 1	<b>YÖNTEM 2.2</b> Doğrusal Olmayan Hesap (İme Yon.) / Şekildeğiştirmeye Güce Değerlendirme	<b>YÖNTEM 2.1</b> Doğrusal Hesap (Karma Yöntem) / Şekildeğiştirmeye Güce Değerlendirme	---
KL.ÖS - 3	Birinci aşama	DD - 3	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Güce Değerlendirme	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Güce Değerlendirme	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Güce Değerlendirme

**Tablo 3.7. Kazıklı İskeleler İçin  
Deprem Etkisi Altında Hesap ve Değerlendirme Yöntemleri**

Kıyı-Liman Yapısı Önem Sınıfı	Hesap ve Değerlendirme Aşamaları	Deprem Yeri Hareketi Düzeyi	Deprem Tasarım Sınıfı		
			DTS = 1	DTS = 2,3	DTS = 4
KL.ÖS - 1	Birinci aşama	DD - 2a	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Güce Değerlendirme	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Güce Değerlendirme	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Güce Değerlendirme
	İkinci aşama	DD - 1	<b>YÖNTEM 2.2</b> Doğrusal Olmayan Hesap (İme Yon.) / Şekildeğiştirmeye Güce Değerlendirme	<b>YÖNTEM 2.1<sup>102</sup></b> Doğrusal Hesap (Karma Yöntem) / Şekildeğiştirmeye Güce Değerlendirme	---
KL.ÖS - 2	Birinci aşama	DD - 3	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Güce Değerlendirme	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Güce Değerlendirme	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Güce Değerlendirme
	İkinci aşama	DD - 1	<b>YÖNTEM 2.1<sup>101</sup></b> Doğrusal Hesap (Karma Yöntem) / Şekildeğiştirmeye Güce Değerlendirme	<b>YÖNTEM 2.1<sup>102</sup></b> Doğrusal Hesap (Karma Yöntem) / Şekildeğiştirmeye Güce Değerlendirme	---
KL.ÖS - 3	Birinci aşama	DD - 3	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Güce Değerlendirme	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Güce Değerlendirme	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Güce Değerlendirme

<sup>102</sup> Eğil kazıklı sistemlerde YÖNTEM 2.2 kullanılmaktadır.

### 3.7. RIHTIM / İSKELE – KAZIK – ZEMİN ETKİLEŞİMİ

3.7.1 – Kazıkta rihtim ve iskelelerde *rihtim / iskele – kazık – zemin etkileşimi* **Bölüm 9**'a göre göz önüne alınacaktır.

3.7.2 - Birinci aşama hesap ve değerlendirme kapsamında **Tablo 3.6** ve **Tablo 3.7**'ye göre YÖNTEM 1 ile yapılan hesaplarda rihtim/iskele - kazık - zemin etkileşimi **9.3**'te tanımlanan KZE-A Yöntemi ile göz önüne alınacaktır.

3.7.3 – İkinci aşama hesap ve değerlendirme kapsamında **Tablo 3.6** ve **Tablo 3.7**'ye göre YÖNTEM 2.1 ve YÖNTEM 2.2 ile yapılan hesaplarda rihtim/iskele - kazık - zemin etkileşimi **9.4**'te tanımlanan KZE-B Yöntemi ile göz önüne alınacaktır.

3.7.4 – İkinci aşama hesap ve değerlendirme kapsamında **Tablo 3.6**'ya göre YÖNTEM 2.3 ile yapılan hesaplarda rihtim/iskele - kazık - zemin etkileşimi **9.5**'te tanımlanan KZE-C Yöntemi ile göz önüne alınacaktır.

## BÖLÜM 4 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA AĞIRLIK TİPİ VE PALPLANŞLI RİHTİM DUVARLARI İÇİN BİRİNCİ AŞAMA HESAP – TASARIM – DEĞERLENDİRME KURALLARI

### 4.1. AMAÇ VE KAPSAM

**4.1.1** – Bu bölümün amacı, tanımı 1.1.2(a)'da verilen ağırlık tipi ve palplanşlı rıhtımların kendi servis ömürleri boyunca maruz kalma olasılığı yüksek olan sık oluşumlu küçük depremlerin etkisi altında  $KL\ddot{O}S = 3$  olan yapılar dışında *Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Hedefi*'nin,  $KL\ddot{O}S = 3$  olan yapılar için ise *Kontrolü Hasar (KH) Performans Hedefi*'nin sağlanması için yapılacak birinci aşama hesap, tasarım ve değerlendirme kurallarıdır.

**4.1.2** – *Kıyı-Kıran Önem Sınıfı*  $KL\ddot{O}S = 1$  olan önemli rıhtımlarda 100 yılda aşılma olasılığı %50 (50 yılda %30) ve buna karşı gelen tekrarlama periyodu 144 yıl olan DD-2a deprem yer hareketi,  $KL\ddot{O}S = 2$  ve  $KL\ddot{O}S = 3$  olan normal ve basit rıhtımlarda ise 100 yılda aşılma olasılığı %75 (50 yılda %50) ve buna karşı gelen tekrarlama periyodu 72 yıl olan DD-3 deprem yer hareketi kullanılacaktır.

**4.1.3** – Birinci aşamada deprem hesabı, **Tablo 3.3** ve **Tablo 3.4**'te gösterildiği üzere, *Statik-eşdeğer hesap* olarak yapılacak ve **4.5**'te açıklandığı üzere tasarım için *Dayanma Göre Değerlendirme ve Tasarım* yaklaşımı uygulanacaktır.

**4.1.4** – Palplanşlı rıhtımlar için birinci aşama sonunda yapılacak taşıyıcı sistem tasarımı, **Bölüm 5**'te açıklanan ikinci aşama hesap – değerlendirme – tasarım için ön tasarım olarak göz önüne alınacaktır.

### 4.2. DEPREM ETKİSİNİN TANIMLANMASI VE DİĞER ETKİLERLE BİRLEŞTİRİLMESİ

#### 4.2.1. Statik-Eşdeğer Deprem Katsayısı

Ağırlık tipi ve palplanşlı rıhtımlar için birinci aşamada yapılacak statik-eşdeğer deprem hesabında esas alınacak statik-eşdeğer deprem katsayısı **2.6**'da tanımlanmıştır.

#### 4.2.2. Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

Deprem etkisi altında göz önüne alınacak yatay ve dikey yük birleşimleri aşağıda tanımlanmıştır:

Yatay yük birleşimi –  $(D_x) + (Z_s) + (Z_D) + 0.5(Z_{SQ}) + 0.5(Z_{DU}) + (S_x)$

Dikey yük birleşimi –  $(G) + (S_k)$

### 4.3. STATİK-EŞDEĞER DEPREM HESABI

#### 4.3.1. Kapsam

**4.3.1.1** – Birinci aşamada ağırlık tipi ve palplanşlı rıhtım duvarları için uygulanacak statik-eşdeğer deprem hesabında, DD-2a veya DD-3 deprem yer hareketi etkisinde statik-eşdeğer deprem katsayısı kullanılmak üzere tahkikleri yapılacak ve rıhtım elemanlarında oluşan iç kuvvetler hesaplanacaktır.

4.3.1.2 – Deprem etkisi altında statik-eşdeğer dinamik zemin ve su basınçları **8.10'**a göre hesaplanacaktır.

4.3.1.3 – Birinci aşamada ayrıca betonarme olarak düzenlenen ağırlık tipi ribtm duvarı elemanlarında (kesonlar, l. duvarlar vb) ve palıtaşlı ribtm elemanlarında iç kuvvetler hesaplanacak ve herhangi bir azaltma katsayısı uygulanmaksızın bu iç kuvvetlere göre betonarme ve çelik tasarımlar gerçekleştirilecektir. Tasarımın değerlendirilmesi için 4.4'e göre *Dayanma Güre Değerlendirme ve Tasarım* yaklaşımı uygulanacaktır. Bu bağlamda esas alınacak değerlendirme kriteri, hesaptan elde edilecek "iç kuvvet talepleri (etkileri)"nin ilgili kesitteki "iç kuvvet kapasiteleri (dayanımları)"na eşit veya küçük olmasına dayanmaktadır.

### 4.3.2. Ağırlık Tipi Ribtm Duvarlarında Statik-Eşdeğer Stabilité Tahkikleri

4.2.2'de tanımlanan yük birleşimlerine göre ağırlık tipi ribtm duvarları için stabilite tahkikleri aşağıdaki şekilde yapılacaktır.

4.3.2.1 – Ağırlık tipi duvarın kaymaya karşı güvenlik katsayısı  $F_{sk}$  **Denk.(4.1)** ile hesaplanır:

$$F_{sk} = \frac{W \tan \delta}{P} \quad (4.1)$$

Burada  $W$  ve  $P$ , göz önüne alınan bileşke düşey ve yatay yükleri,  $\delta$  ise temel tabanı ile zemin arasındaki **Tablo 10.2'**de tanımlanan sürtünme açısını göstermektedir.

4.3.2.2 – KLÖS – 3 olan ribtmular dışında birinci aşamada kaymaya karşı güvenlik katsayısı **Tablo 10.1** ile uyumlu olarak  $F_{sk} \geq 1.2$  olacaktır. KLÖS – 3 olan ribtmularda ise bu değer %20 artırılacaktır.

4.3.2.3 – Ağırlık tipi duvarın devrilmeye karşı güvenlik katsayısı  $F_{sd}$  **Denk.(4.2)** ile hesaplanır:

$$F_{sd} = \frac{W e}{M_d} \quad (4.2)$$

Burada  $e$  göz önüne alınan bileşke düşey yükün, duvarın deniz tarafındaki topuk ucuna olan yatay mesafesini,  $M_d$  ise göz önüne alınan yatay yüklerin duvar tabanına göre alınan momentlerinin toplamı, diğer deyişle toplam devrilme momentini göstermektedir.

4.3.2.4 – Hücre tipi beton bloklü ağırlık duvarının devrilmeye karşı güvenlik katsayısı  $F_{sd}$  **Denk.(4.3)** ile hesaplanır:

$$F_{sd} = \frac{W_c e_c + M_c}{M_d} \quad (4.3)$$

Burada  $W_c$  hücre içindeki taş dolgu hariç olmak üzere bileşke düşey yükü,  $e_c$  bu yükün duvarın deniz tarafındaki topuk ucuna olan yatay mesafesini,  $M_c$  ise hücre içindeki taş dolgu ile beton hücre duvarı arasındaki sürtünme kuvvetlerinin aynı topuk ucuna göre alınan ve devrilmeye karşı koyan bileşke momentini göstermektedir. Sürtünme kuvvetlerinin belirlenmesi için esas alınacak taş dolgu yatay basıncının hesabında, yatay basınç katsayısı 0.6 olarak alınacaktır. Her bir hücre tipi blok için yatay basınç, daima duvarın üst yüzünden itibaren ölçülmek kaydı ile, ilgili bölgenin iç boyutuna eşit olan derinliğe kadar derinlikle doğrusal olarak artacak, bu derinlikten sonra sabit alınacaktır.

**4.3.2.5** – Yukarıdaki 4.3.2.3 ve 4.3.2.4'e göre  $M_d$ 'nin hesabında, 4.2.2'de tanımlanan ( $Z_s$ ) ve  $0.5(Z_{10})$  yüklemelerinden gelen devrilme momentleri, 8.10.1.2 gereğince %50 oranında arttırılacaktır.

**4.3.2.6** –  $KL.ÖS = 3$  olan rühtimlar dışında birinci aşamada devrilmeye karşı güvenlik katsayısı  $F_{sd} \geq 1.3$  olacaktır.  $KL.ÖS = 3$  olan rühtimlarda ise bu değer %20 arttırılacaktır.

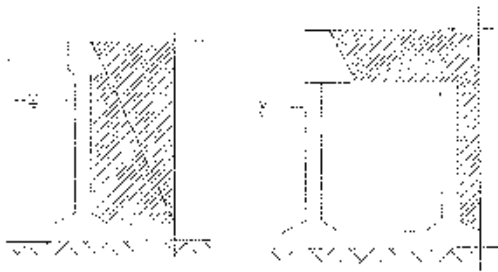
**4.3.2.7** – Ağırlık tipi rühtim duvarları için yapılan stabilite tabliklerinde, ( $D_{st}$ ) ve ( $G$ ) yüklenme durumlarında göz önüne alınacak duvar kütlelerinin tamamında aşağıdaki esaslara uyulacaktır:

(a) Duvarın kütlesi, deniz tarafındaki ön yüzeyi ile arka taraftaki toprak ucundan geçen düşey düzlem arasında kalan kısımdaki beton ve zemin kütlelerinin toplamı olarak tanımlanacaktır (Şekil 4.1) ( $D_{st}$ ) yüklenme durumunda eşdeğer deprem yükü, suyun kaldırma kuvveti göz önüne alınmaksızın, duvar külesine karşı gelen beton ve zemin ağırlıklarının toplamının 2.6'da tanımlanan statik-eşdeğer deprem katsayısı  $k$ , ile çarpımından elde edilecektir. Suyun kaldırma kuvveti ( $S_k$  yükselme durumu), sadece düşey yük kombinasyonunda dikkate alınacaktır.

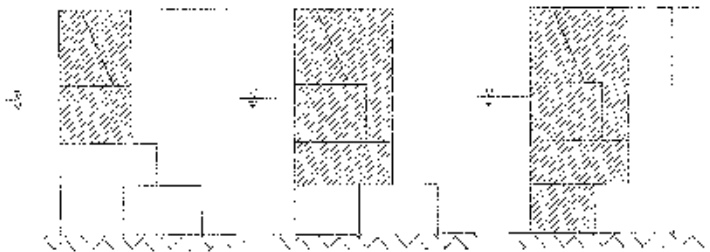
(b) Bloklı duvarlarda, göz önüne alınması gereken duvar kütlesi, her bir blok seviyesi için farklı olarak tanımlanmalıdır (Şekil 4.2).

**4.3.2.8** – Birinci aşamada ağırlık tipi rühtim duvarının temel taşıma gücü tahkiki 10.3'e göre yapılacaktır.

**4.3.2.9** – Birinci aşamada ağırlık tipi ve palplanşlı rühtim duvarlarının toptan göçme tahkiki 8.11'e göre yapılacaktır.  $KL.ÖS = 3$  olan rühtimlar dışında toptan göçmeye karşı güvenlik katsayısı; en az 1.3 olacaktır.  $KL.ÖS = 3$  olan rühtimlarda ise bu değer %20 arttırılacaktır.



Şekil 4.1



Şekil 4.2

### 4.3.3. Palplanşlı Rıhtım Duvarlarının Statik-Eşdeğer Deprem Hesabı

4.3.3.1 – Palplanşlı rıhtım duvarlarının 8.10'da tanımlanan statik-eşdeğer dinamik zemin basıncı ve su basıncı altındaki analizi, literatürde kabul görmüş yöntemlere göre yapılacaktır.

4.3.3.2 – Palplanşın ankraj boyunun ve gergi kuvvetinin belirlenmesinde, 4.2.2'de tanımlanan ( $Z_0$ ) ve  $0.5(Z_{00})$  yüklemelerinde palplanş alt uç noktasına göre hesaplanan devrilme momentleri 8.10.1.2 gereğince %50 oranında arttırılacaktır.

4.3.3.3 – Palplanşlarda hesaplanan iç kuvvetlere herhangi bir azaltma katsayısı uygulanmayacaktır.

## 4.4. BİRİNCİ AŞAMADA AĞIRLIK TİPİ VE PALPLANŞLI RİHTİM ELEMANLARININ YAPISAL TASARIMI VE DAYANIMA GÖRE DEĞERLENDİRME

### 4.4.1. Kapsam

Birinci aşamada yapılan statik-eşdeğer deprem hesapları sonucunda betonarme ağırlık tipi ve çelik palplanşlı rıhtım duvarlarında elde edilen iç kuvvetlere göre yapılacak yapısal tasarıma ilişkin kurallar ve dayanıma göre değerlendirme esasları bu kısımda verilmiştir. Palplanşlı rıhtımlar için bu aşamadaki tasarım, ikinci aşama için ön tasarım olarak alınacaktır.

### 4.4.2. Birinci Aşamada Tasarım

(a) Deprem etkisi altında rıhtım elemanlarının birinci aşama için tasarımı, 4.4.3'te verilen dayanıma göre değerlendirme kriterleri dikkate alınarak "taşınma gücü yaldayımı" ile yapılacaktır.

(b) 10.2'ye göre yapılacak betonarme kesit hesapları ile her bir kritik kesit için eksenel kuvvet etkisini de içeren "eğilme momenti tasarım kapasitesi (dayanımı)" ile "kesme kuvveti tasarım kapasitesi (dayanımı)" elde edilecektir.

(c) Betonarme elemanlarda kesme kuvveti tasarım dayanımı'nın hesabı, 10.2'de verilen tanımları esas alınarak 7.6.5, 7.6.6 ve 7.6.7'ye göre yapılacak, betonun kesme kuvvetine katkısı için  $k_c$  katsayısı Denk.(7.14)'ten hesaplanacaktır.

### 4.4.3. Birinci Aşamada Dayanıma Göre Değerlendirme

4.4.3.1 – KL.ÖS = 3 olan yapılar dışında birinci aşamada her bir kritik kesitte elde edilen "eğilme momenti talebi (eksisiz)" ve "kesme kuvveti talebi (tektisiz)" ile 4.4.2'de tanımlanan "eğilme momenti tasarım kapasitesi (dayanımı)" ve "kesme kuvveti tasarım kapasitesi (dayanımı)" arasında olması gerekir. ilişki aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

(a) Eksenel kuvvet etkisini de içeren eğilme momenti için aşağıda verilen dayanıma göre değerlendirme kriteri göz önüne alınacaktır:

$$\text{Talep (Etki)} / \text{Kapasite (Dayanım)} \text{ Oranı} \leq 1 \quad (4.4)$$

(b) Betonarme elemanlarda kesme kuvveti için aşağıda verilen dayanıma göre değerlendirme kriteri göz önüne alınacaktır:

$$\text{Talep (Etki)} / \text{Kapasite (Dayanım)} \text{ Oranı} \leq 2/3 \quad (4.5)$$

4.4.3.2 – KL.ÖS = 3 olan yapılarda Denk.(4.4)'te verilen sınır değer 1.5. Denk.(4.5)'te verilen sınır değer ise 1.0 olarak alınacaktır

# BÖLÜM 5 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA AĞIRLIK TİPİ VE PALPLANŞLI RIHTIM DUVARLARI İÇİN İKİNCİ AŞAMA HESAP VE DEĞERLENDİRME KURALLARI

## 5.1. AMAÇ VE KAPSAM

5.1.1 – Bu bölümün amacı, sadece KLÖS – 1: *Önemli Yapı* sınıfına giren ağırlık tipi ve palplanşlı rihtimlerin kendi servis ömürleri boyunca maruz kalma olasılığı çok düşük olan ve *göz önüne alınmış en büyük deprem* olarak adlandırılan çok seyrek oluşumlu DD-1 deprem yer hareketinin etkisi altında *Kontrolü Hırsız (KH) Performans Hedefi*'nin sağlanması için yapılacak ikinci aşama hesap ve değerlendirme kurallarını açıklamaktır.

5.1.2 – Palplanşlı rihtim türü için **Bölüm 4**'e göre birinci aşama için yapılan tasarım, ikinci aşamada ön tasarım olarak göz önüne alınacaktır.

5.1.3 – İkinci aşamada deprem hesabı;

(a) **Tablo 3.4**'te gösterildiği üzere, DTS =1 olan ağırlık tipi rihtim duvarları ve **Tablo 3.5**'te gösterildiği üzere DTS =1,2,3 olan palplanşlı rihtim duvarları için tüm *Yapı-Zemin Ortak Sisteminin Deprem Hesabı* olarak yapılacaktır.

(b) **Tablo 3.4**'te gösterildiği üzere, DTS = 2,3 olan ağırlık tipi rihtim duvarları için *Kayan Blok Yöntemi ile Hesap* olarak yapılabilir. Ancak, proje mühendisinin ve/veya onay makamının kararı ile bu hesap yerine *Yapı-Zemin Ortak Sisteminin Deprem Hesabı* da yapılabilir.

5.1.4 – İkinci aşamada değerlendirme ve tasarım için *Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım* yaklaşımı uygulanacaktır. Bu kapsamda;

(a) Ağırlık tipi ve palplanşlı rihtim duvarlarında hesaptan elde edilen kalıcı yerdeğiştirme ve rihtim ön yüzü eğikliği taleplerinin, bu bölümde tanımlanan kapasite değerlerini aşmadığı gösterilecektir.

(b) Palplanşlı rihtim duvarlarında hesaptan elde edilen plastik çelik şekildeğiştirmelerinin bu bölümde tanımlanan şekildeğiştirme kapasitelerini aşmadığı gösterilecektir.

## 5.2. İKİNCİ AŞAMADA AĞIRLIK TİPİ VE PALPLANŞLI RIHTIM DUVARLARI İÇİN DEPREM HESAP YÖNTEMLERİ

### 5.2.1. Yapı – Zemin Ortak Sisteminin Deprem Hesabı

5.2.1.1 – Bu hesap yönteminde ağırlık tipi ve palplanşlı rihtim duvarların oluşturan yapısal elemanlarla zemin ortamı, ortak bir sistem çerçevesinde birarada modellenilecektir. Modelde zeminin ve palplanşlı duvarın doğrusal olmayan (nonlinear) davranışı ve zemin ortamının sınırsızlığı göz önüne alınacaktır.

5.2.1.2 – Zemin ortamı sonlu elemanlar veya sonlu farklar yöntemi ile modellenilecektir. Genellikle rihtimlerin kıyı boyunca uzun yapılar olması ve bu doğrultuda zemin-yapı arayüzünün sürekli olması göz önüne alınarak, kıyıya dik doğrultuda iki boyutlu *örzlem şekildeğiştirme modeli*'nin kullanılmasına izin verilebilir. Rihtim geometrisinin düzensiz olması durumunda *üç boyutlu model* kullanılacaktır. Palplanş veya çelik levhalar ile yapılan hücre tipi rihtim duvarları da üç boyutlu olarak modellenilecektir.

**5.2.1.3** – Soulu zemin modelinin dış çevresi bayunca ve ZA veya ZB olarak sınıflandırılmayan *mühendislik taban kayası*'nda, zemin ortamından aşağıya ve ayrıca dışa doğru yayılan dağaların içeriye yansımaları önlemek için uygun olarak seçilmiş *geçirgen sınırlar* kullanılacaktır. Geçirgen sınırların rihitima yatay uzaklığı, her iki tarafta ayrı ayrı olmak üzere, kayıya dik rihitim uzunluğunun en az üç katı kadar olacaktır.

**5.2.1.4** – Zemin ortamının doğrusal olmayan modellenmesi ve deprem etkisinin göz önüne alınması, **8.5**'te verilen kurallara göre yapılacaktır. Zemin ortamının modellenmesi bağlamında özellikle **8.5.3**, **8.5.4**, **8.5.5** ve **8.5.10**'da verilen kurallara uyulacaktır.

**5.2.1.5** – Zaman tanım alanında yapılacak hesapta deprem kayıtları, en az 7 adet olmak üzere **2.5.1**'e göre seçilerek **2.5.3**'e göre dönüştürülecek ve mühendislik taban kayasından sisteme etki ettirilecektir.

**5.2.1.6** – Hesap sorucunda rihitim duvarının üst kotunda elde edilen yatay kalıcı yerdeğiştirme talepleri ile rihitim ön yüzü kalıcı eğiklik talepleri ve palplanşlı duvarlara ait plastik şekildeğiştirme talepleri, **5.3**'te tanımlanan ilgili kapasite değerleri ile karşılaştırılarak performans değerlendirilmesi yapılacaktır.

## **5.2.2. Kayan Blok Yöntemi ile Deprem Hesabı**

**5.2.2.1** – Ağırık tipi rihitim duvarının *Kayan Blok Yöntemi* ile deprem hesabı **8.11.3**'e göre yapılacaktır.

**5.2.2.2** – Kayan Blok Yöntemi ile elde edilen kalıcı yerdeğiştirme, **8.11.3.2**'ye göre kayan bloğun alt sınırında tanımlanan deprem yer hareketine göre rölatif olarak hesaplanan yerdeğiştirmedir. Rihitim duvarının toplam kalıcı yerdeğiştirme talebinin elde edilmesi için, Kayan Blok Yöntemi'nden elde edilen rölatif yerdeğiştirme ile **8.11.3.2**'de belirtilen serbest zemin davranış analizi ile kayan bloğun alt sınırında hesaplanan kalıcı yerdeğiştirmenin toplanması gereklidir. Bu toplam kalıcı yerdeğiştirme talebi, **5.3**'te tanımlanan kapasite değeri ile karşılaştırılarak performans değerlendirilmesi yapılacaktır.

## **5.3. İKİNCİ AŞAMADA AĞIRLIK TİPİ VE PALPLANŞLI RIHİTİM DUVARLARI İÇİN ŞEKİLDEĞİŞTİRMEYE GÖRE DEĞERLENDİRME**

**5.2**'de açıklanan hesap yöntemleri ile elde edilen yatay kalıcı yerdeğiştirme talepleri ile rihitim ön yüzü kalıcı eğiklik talepleri ve palplanşlı duvarlara ait plastik şekildeğiştirme talepleri, **Tablo 5.1**'de verilen ilgili kapasite değerleri ile karşılaştırılarak performans değerlendirilmesi yapılacaktır.



**Tablo 5.1. İkinci aşama için kalıcı yerdeğiştirme / şekildeğiştirme kapasiteleri**

<b>Kalıcı yerdeğiştirme / şekildeğiştirme</b>	<b>Kapasite</b>
<b><u>Ribümlerde:</u></b>	
Kalıcı yatay yerdeğiştirme [cm]	100
Denize doğru kalıcı eğiklik [derece]	5
<b><u>Palplanşlı ribümlerde:</u></b>	
Palplanş şekildeğiştirmesi (Tarama kotu üstünde)	Plastik <sup>(*)</sup>
Palplanş şekildeğiştirmesi (Tarama kotu altında)	Elastik <sup>(*)</sup>
Çerçeve çubuğu şekildeğiştirmesi	Elastik <sup>(*)</sup>
Ankraj şekildeğiştirmesi	Elastik <sup>(*)</sup>
<b><u>Palplanş veya çelik levha hücre tipi ribümlerde:</u></b>	
Palplanş veya çelik levha şekildeğiştirmesi	Elastik <sup>(*)</sup>
Hücre birleşimlerinde şekildeğiştirme	Plastik <sup>(**)</sup>

<sup>(\*)</sup> Akma birim şekildeğiştirmesine eşit veya daha küçük

<sup>(\*\*)</sup> Akma birim şekildeğiştirmesinin en fazla 3 katı

<sup>(\*\*\*)</sup> Akma birim şekildeğiştirmesinin en fazla 2 katı

# BÖLÜM 6 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA KAZIKLI RİHTİM VE İSKELELERİN BİRİNCİ AŞAMA HESAP – TASARIM – DEĞERLENDİRME KURALLARI

## 6.1. AMAÇ VE KAPSAM

**6.1.1** – Bu bölümün amacı, kazıklı rıhtım ve iskelelerin kendi servis ömürleri boyunca maruz kalma olasılığı yüksek olan sık oluşumlu küçük depremlerin etkisi altında KLÖS = 1 ve KLÖS = 2 olan önemli ve normal yapılarda “Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Hedefi”nin, KLÖS = 3 olan basit yapılarda ise “Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Hedefi”nin sağlanması için yapılacak birinci aşama hesap, tasarım ve değerlendirme kurallarını açıklamaktır.

**6.1.2** – KLÖS = 1 olan önemli rıhtım ve iskelelerde 100 yılda aşılma olasılığı %50 (50 yılda %30) ve buna karşı gelen tekrarlama periyodu 144 yıl olan DD-2a deprem yer hareketi, KLÖS = 2 ve KLÖS = 3 olan normal ve basit rıhtım ve iskelelerde ise 100 yılda aşılma olasılığı %75 (50 yılda %50) ve buna karşı gelen tekrarlama periyodu 72 yıl olan DD-3 deprem yer hareketi kullanılacaktır.

**6.1.3** – Birinci aşamada deprem hesabı ve tasarım, **Tablo 3.6** ve **Tablo 3.7**'de gösterildiği üzere, YÖNTEM 1 olarak adlandırılan yöntemle rıhtım/iskele taşıyıcı sisteminin doğrusal davranışı esas alınarak yapılacak ve **6.5**'te açıklandığı üzere tasarıma için *Dayanma Göre Değerlendirme ve Tasarım* yaklaşımı uygulanacaktır. Bu bağlamda esas alınacak dayanıma göre değerlendirme kriteri, hesaptan elde edilecek “*ic kuvvet talepleri (etkileri)*”nin ilgili kesitteki “*ic kuvvet kapasiteleri (dayanımları)*”na eşit veya küçük olmasına dayanmaktadır.

**6.1.4** – Birinci aşama sonunda yapılacak rıhtım/iskele taşıyıcı sistem tasarımı, **Bölüm 7**'de açıklanan ikinci aşama hesap – değerlendirme – tasarım için ön tasarım olarak göz önüne alınacaktır.

## 6.2. DEPREM ETKİSİNİN TANIMLANMASI VE DİĞER ETKİLERLE BİRLEŞTİRİLMESİ

### 6.2.1. Yatay ve Düşey Deprem Etkisi

**6.2.1.1** – Yatay deprem etkisi, **2.3.4** veya **2.4**'te tanımlanan yatay deprem tasarım spektrumu ile veya bu spektrum esas alınarak **2.5**'e göre seçilen ve ölçeklendirilen *deprem yer hareketleri* olarak tanımlanacaktır.

**6.2.1.2** – Düşey deprem etkisi, KLÖS = 1 ve DTS = 1,2 olan rıhtım / iskelelerde herhangi bir açıklığın 15 m’den fazla olması durumunda **2.3.5**'te tanımlanan düşey deprem tasarım spektrumu ile veya bu spektrum esas alınarak **2.5**'e göre seçilen ve ölçeklendirilen *deprem yer hareketleri* olarak tanımlanacaktır.

**6.2.1.3** – Doğrusal hesapta yatay ve düşey deprem etkileri herhangi bir azaltma uygulanmaksızın doğrudan kullanılacaktır.

## 6.2.2. Yatayda Birbirine Dik Doğrultulardaki Depremlerden Oluşan Etkilerin Birleştirilmesi

6.2.2.1 – Yatay deprem etkisi altında deprem hesabının 6.4.2.1 ve EK 6A'da açıklanan *Mod Birleştirme Yöntemi* ile yapılması durumunda, herhangi bir kesitte yatayda birbirine dik (X) ve (Y) doğrultularında tanımlanan depremlerden oluşan deprem etkileri **Denk.(6.1)**'de tanımlandığı şekilde birleştirilecektir.

$$E_d^{(1)} + E_c^{(X)} \pm 0.3E_c^{(Y)} \quad ; \quad E_d^{(2)} + 0.3E_c^{(X)} = E_d^{(Y)} \quad (6.1)$$

Burada  $E_d^{(X)}$  ve  $E_d^{(Y)}$  herhangi bir kesitte birbirine dik (X) ve (Y) deprem doğrultularındaki depremlerin etkisi altında ayrı ayrı hesaplanan deprem etkilerini,  $E_c^{(X)}$  ise *doğrultu birleştirilmesi* uygulanan tasarıma esas yatay deprem etkisini simgelenmektedir.

6.2.2.2 – Yatay deprem etkisi altında deprem hesabının 6.4.2.2 ve EK 6A'da açıklanan *Mod Toplama Yöntemi* veya 6.4.3'te açıklanan *Doğrudan Entegrasyon Yöntemi* ile yapılması durumunda, yatayda (X) ve (Y) doğrultularında tanımlanan depremlerden oluşan etkiler zaman tanım alanında doğrudan birleştirilecektir.

## 6.2.3. Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

Taşıyıcı sistemi elemanlarının tasarımında esas alınmak üzere, deprem etkisini içeren yük birleşimleri **Denk.(6.2)** ve **Denk.(6.3)** ile tanımlanmıştır:

$$G + Q \pm E_d^{(1)} \pm 0.3E_d^{(2)} \quad (6.2)$$

$$0.9G \pm E_d^{(1)} \pm 0.3E_d^{(2)} \quad (6.3)$$

Burada G sabit (ölü) yük etkisini, Q ise hareketli yük etkisini simgelenmektedir. Yatay deprem etkisi  $E_d^{(1)}$  6.2.2'ye göre, düşey deprem etkisi  $E_d^{(2)}$  ise 6.2.1.2'ye göre belirlenecektir.

## 6.3. BİRİNCİ AŞAMADA KAZIKLI RİHTİM VE İSKELE TAŞIYICI SİSTEMLERİNİN MODELLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR

Birinci aşama hesap-tasarım-değerlendirme kapsamında yapılacak *doğrusal* hesaba kullanılmak üzere, genel tanımları 1.1.2(b)'de verilen kazıklı rihtim ve iskele taşıyıcı sistemlerinin modellenmesi ile ilgili kurallar bu kısımda tanımlanmıştır.

### 6.3.1. Genel Modelleme Kuralları

6.3.1.1 – Kazıklı rihtim ve iskeleler, yapıya çizgine paralel (boyuna) doğrultuda birbirlerinden genleşme derzleri ile ayrılmış anolar halinde modellenecektir. Ano boylarına, deprem hesabından bağımsız olarak en az 20°C düzgün sıcaklık değişimi için yapılacak taşıyıcı sistem hesabına göre karar verilebilir. Bu hesaba ve göz önüne alınacak diğer etkilere göre anolar arasında boyuna doğrultuda uygun derz boşlukları bırakılacaktır. Anoların enine doğrultuda göreceli hareket etmesinin istenmediği durumlarda yatay kuvvetler bir anodan diğerine kesme takozları ile aktarılacaktır. Bu durumlarda kazıklı rihtim ve iskele taşıyıcı sistemlerinin modellenmesi genel olarak tüm anoların enine doğrultuda birlikte çalışmasını temsil edecek şekilde yapılacaktır. Ancak *anoların birbirlerine özdeş veya özdeş yükün olması durumunda*, aşağıda belirtildiği şekilde anoların bağımsız modellenmesine izin verilebilir:

(a) Yanaşma çizgisine dik (enine) doğrultudaki deprem etkisi altında yapılacak besapta *rihtım ve iskele anoları* birbirlerinden bağımsız olarak modellenilebilirler.

(b) Yanaşma çizğine paralel (boyuna) doğrultudaki deprem etkisi altında *rihtım anoları*, iki uçlarındar- enine doğrultuda mesnetlenmek kaydı ile, birbirlerinden bağımsız olarak modellenilebilirler. Enine mesnet koşulu, eğimli taş dolgu aedeni ile komşu anolarda meydana gelecek özdeş burulma momentlerinin etkisi ile ano birleşime noktalarında enine yerdeğiştirmelerin önlenmiş olmasına karşı gelmektedir. Mesnet kuvvetleri, komşu anolar arasındaki kesme takozları tarafından aktarılacaktır. 6.3.1.4'e göre tabliyede rijit diyafram modellenmesinin yapıldığı durumlarda, takozlar rijitliği çok yüksek yatay yaylar ile temsil edilebilir.

(c) Yanaşma çizğine paralel (boyuna) doğrultudaki deprem etkisi altında, aynı eksene göre simetrik veya simetriğe yakın *iskele anoları* birbirlerinden bağımsız olarak modellenilebilirler.

**6.3.1.2 –** Kazıklı rihtım ve iskelelerde her bir anoda tabliyeler, birbirleri ile ve kazıklarla moment aktaran monolitik birleşimlere sahip betonarme elemanlardan oluşur.

**6.3.1.3 –** Tabliye taşıyıcı sistemi, deprem kuvvetlerinin ve diğer yatay yüklerin tabliyeden kazıklara ve kazıklar arasında güvenle aktarılmasını sağlayacak yeterlikte düzlem içi rijitliğe ve dayanıma sahip olmalıdır. Yeterli olmayan durumlarda, tabliyede uygun aktarma elemanları düzenlenmelidir.

**6.3.1.4 –** Kazıklı rihtım/iskele taşıyıcı sistemleri kazık, varsa kazık başlığı, tabliye giriş ve plaklarını kapsayacak şekilde *daıma üç boyutlu* olarak modellenilecektir. Tabliye plaklarının kendi düzlemleri içindeki sonlu rijitliklerinin göz önüne alınması esastır. Ancak, düzlem içi rijitliklerin kazık yatay rijitliklerine oranlı çok büyük olduğunun gösterildiği durumlarda, her bir tabliye anosunda düzlem içi yerdeğiştirmeler için rijit diyafram varsayımı yapılabilir.

**6.3.1.5 –** *Birbirine dik iki yatay* doğrultudaki deprem etkileri daıma göz önüne alınacaktır. Sönüm oranı %5 alınacaktır.

**6.3.1.6 –** Birinci aşama hesap için çubuk sonlu elemanlarla olarak modellenen betonarme kazık, tabliye girişleri için "*etkin kesit rijitlikleri*" olarak eğilme davranışına karşı gelen brüt kesit rijitliklerinin %50'si kullanılacaktır. Kesme ve eksenel davranış için brüt rijitliklerde azaltma yapılmayacaktır. Tabliye plaklarının kabuk sonlu elemanlarla modellenmesi durumunda, düzlem içi ve düzlem dışı şekildeğiştirmelere karşı gelen tüm kesit rijitlikleri brüt kesit rijitliklerinin %50'si olarak alınacaktır.

## **6.3.2. Kazıkların Modellenmesine İlişkin Kurallar**

**6.3.2.1 –** Kazıklı rihtım ve iskelelerde kazıklar, çelik boru kazık, betonarme kazık veya öngüçneti kazık olarak yapılabilir.

**6.3.2.2 –** Eğik kazıklı rihtım ve iskele tasarımından olaıılığınca kaçınılmalıdır. KLÖS – 1,2 olan rihtımlarda, DTS – 4 olanlar dışında, eğik kazık yapılmayacaktır. KLÖS = 3 olan tüm yapılarda eğik kazık yapılabilir. Ancak kazık eğimi 1/6'yı aşmayacaktır.

**6.3.2.3 –** Çelik boru kazıkların kazık başlığı veya tabliye ile monolitik bağlantısı, istanma bölgesi boyunca kazığın içine dökürülen betondan tabliyeye uzatılan betonarme donatılar ile sağlanacaktır. Çelik boru kesit, kazık başlığının veya tabliyenin altına en fazla pas payı kadar

sokulacaktır. Monolitik bağlantıda, boru kazık iç çapına eşit çaplı betonarme kesit esus alınacaktır.

**6.3.2.4** – Betonarme ve öngörülmesi kazıklarda da kazık başlığı veya tabliye ile monolitik bağlantı kazıktan tabliyeye uzatılan betonarme siliz donatıları ile sağlanacaktır.

**6.3.2.5** – Kazıklarla ilgili kesit koşulları ve kazık tasarımı ile ilgili kurallar **10.4**'te verilmiştir.

### **6.3.3. Tabliye – Kazık – Zemin Etkileşimi**

Birinci aşamada tabliye - kazık - zemin etkileşiminin modellenmesine ve hesabına ilişkin kurallar **Bölüm 9**'da verilmiştir.

### **6.3.4. Kütlelerin Modellenmesi**

**6.3.4.1** – Tipik bir (i) sonlu eleman düğüm noktasındaki  $m_i$  tekil kütlesi, en genel durumda iki yatay ve dikey öteleme serbestlik derecelerine karşı gelecek şekilde tanımlanacaktır. Çubuk veya kabuk sonlu eleman olarak modellenen taşıyıcı sistem elemanlarında *düğüm noktası tekil kütleleri*, düğüm noktalarına bağlanan sonlu elemanların kapsama boylarına veya kapsama alanlarına karşı gelen yayılı kütlelerin toplamları olarak atanacaklardır.

**6.3.4.2** – Su içindeki kazıklarda kazığın kendi kütlelerine ve boru kazık durumunda kesitin içindeki su kütlelerine ek olarak, ayak-su eylemsizlik etkileşimini bağlamında göz önüne alınacak *ek su kütlesi*'ne ilişkin bağıntılar aşağıda verilmiştir:

(a) Yarıçapı  $r$  olan dairesel kesitli çubuk sonlu elemanda birim boy için göz önüne alınacak ek su kütlesi:

$$m_A = \rho_w \pi r^2 \quad (6.4)$$

(b) (X) deprem doğrultuna dik doğrultudaki yarıçapı  $a_c$  olan elips kesitli çubuk sonlu elemanda birim boy için göz önüne alınacak *ek su kütlesi*:

$$m_A = \rho_w \pi a_c^2 \quad (6.5)$$

(c) (X) deprem doğrultusuna dik doğrultudaki boyutu  $2a_y$  olan dikdörtgen kesitli sonlu elemanda (diğer boyutu  $2a_x$ ) birim boy için göz önüne alınacak *ek su kütlesi*:

$$m_A = \rho_w \pi k a_y^2 \quad (6.6)$$

$k$  şekil katsayısı, Tablo 6.1'de verilmiştir.

**Tablo 6.1. Dikdörtgen kesitli elemanlarda ek su kütlesi için  $k$  şekil katsayısı**

$a_y / a_x$	$k$
0.1	2.23
0.2	1.98
0.5	1.70
1.0	1.51
2.0	1.36
5.0	1.21
10.0	1.14
$\infty$	1.00

## 6.4. BİRİNCİ AŞAMADA KAZIKLI RİHTİM VE İSKELE TAŞIYICI SİSTEMLERİ İÇİN DEPREM HESABI YÖNTEMLERİ

### 6.4.1. Kapsam

**6.4.1.1** – Deprem etkisi altında kazıklı rıhtım ve iskelelerin birinci aşama hesabı için, **Tablo 3.6** ve **Tablo 3.7**'de belirtilen YÖNTEM 1 kapsamında doğrusal çok modlu *modal hesap yöntemleri* veya *doğrudan entegrasyon yöntemi* kullanılacaktır.

**6.4.1.2** – Birinci aşamada **6.4.4**'te belirtildiği üzere, basit rıhtım ve iskelelerde göz önüne alınan yatay deprem doğrultusunda lakim mod esas alınarak tek modlu hesap yapılabilir.

**6.4.1.3** – Bu kısımda açıklanan doğrusal hesap yöntemleri, **Bölüm 7**'de 7.4 ile verilen taşıyıcı sistem modellenme kuralları kullanılarak, ikinci aşamada **Tablo 3.6** ve **Tablo 3.7**'de belirtilen YÖNTEM 2 1 kapsamında da kullanılacaktır.

### 6.4.2. Modal Hesap Yöntemleri

Deprem etkisi altında kazıklı rıhtım veya iskele taşıyıcı sisteminin modal davranışını esas alan çok modlu *Modal Hesap Yöntemleri*, doğrudan deprem tasarım spektrumu ile hesaba dayalı *Mod Birleştirme Yöntemi* ve zaman tanım alanında hesaba dayalı *Mod Toplama Yöntemi*'dir.

**6.4.2.1** – *Mod Birleştirme Yöntemi*'nde, yatay (X), (Y) ve (Z) deprem doğrultularında ayrı ayrı olarak üzere yatay ve düşey *deprem tasarım spektrumları*'ndan doğrudan yararlanılarak göz önüne alınan her bir titreşim modunda davranış büyüklüklerinin maksimum değerleri hesaplanır. Yeteri kadar titreşim modu için hesaplanan, ancak eşzamanlı olmayan *maksimum modal davranış büyüklükleri* daha sonra her bir deprem doğrultusu için *mod birleştirme kuralları* ile birleştirilerek *maksimum davranış büyüklükleri* elde edilir. *Mod Birleştirme Yöntemi*'nin ayrıntıları **EK 6A**'da verilmiştir.

**6.4.2.2** – *Mod Toplama Yöntemi*'nde, her bir titreşim moduna ait modal davranış büyüklükleri *zaman tanım alanında hesap yöntemi* ile hesaplanır. Yeteri kadar titreşim modu için hesaplanan *eşzamanlı modal davranış büyüklükleri* daha sonra her bir (t) anında üstüste toplanarak *davranış büyüklüklerinin zamana göre değişimi* ve tasarımda esas alınmak üzere *maksimum değerleri* elde edilir. *Mod Toplama Yöntemi*'nin ayrıntıları **EK 6A**'da verilmiştir.

### 6.4.3. Doğrudan Entegrasyon Yöntemi

Doğrusal hesabın zaman tanım alanında yapıldığı durumlarda **6.4.2.2**'de belirtilen göre *Mod Toplama Yöntemi*'ne alternatif olarak, çok serbestlik dereceli *doğrusal* taşıyıcı sisteme ait hareket denkleminin *doğrudan zaman tanım alanında entegrasyonu* ile de hesap yapılabilir.

### 6.4.4. Tek Modlu Doğrusal Hesap

Kİ.ÖS – 3 olan *basit* kazıklı rıhtım ve iskelelerde yatayda tipik (X) deprem doğrultusundaki hakim titreşim moduna ait *toplam deprem yükü modal etkin kütle*  $w_{eff}^{(X)}$ 'nin (tamamı için bkz.

**6.4.1.4.2**) toplam rıhtım/iskele kütlesi  $m_1$ 'ye oranının  $w_{eff}^{(X)} / m_1 > 0,7$  olması koşulu ile, sadece lakim titreşim modu dikkate alınarak doğrusal deprem hesabı yapılabilir. Aynı durum (Y) deprem doğrultusu için de geçerlidir.

## 6.5. BİRİNCİ AŞAMADA KAZIKLI RİHTİM VE İSKELE TAŞIYICI SİSTEMİ TASARIMI VE DAYANIMA GÖRE DEĞERLENDİRME

### 6.5.1. Kapsam

Birinci aşamada yapılan deprem hesapları sonucunda kazıklı rihtim veya iskele taşıyıcı sisteminde elde edilen iç kuvvetlere göre yapılacak tasarım için kuralar ve dayanıma göre değerlendirme esasları bu kısımda verilmiştir. Bu aşamadaki tasarım, ikinci aşama için ön tasarım olarak alınacaktır.

### 6.5.2. Birinci Aşamada Tasarım

(a) Deprem etkisi altında kazıklı rihtim veya iskele taşıyıcı sistem elemanlarının birinci aşama için tasarımı, 4.2’de verilen yük katsayıları ve birleştirme kuralları ile 6.5.3 ve 6.5.4’te verilen dayanıma göre değerlendirme kriterleri dikkate alınarak “*ırpma göçü yaklaşımı*” ile yapılacaktır. Kazıklırihtim ön tasarımı 10.4’e göre yapılacaktır.

(b) 10.2’ye göre yapılacak betonarme kesit hesapları ile, minimum boyuna ve enine donatı koşulları dikkate alınarak, her bir kritik kesit için eksenel kuvvet etkisini de içeren “*eğilme momenti tasarım kapasitesi (dayanımı)*” ile “*kesme kuvveti tasarım kapasitesi (dayanımı)*” elde edilecektir.

(c) *Kesme kuvveti tasarım dayanımı*’nın hesabı, 10.2’de verilen tanımlar esas alınarak 7.5.5 ve 7.5.6’ya göre yapılacaktır. betonun kesme kuvvetine katkısı için  $k_c$  katsayısı Denk.(7.14)’ten hesaplanacaktır.

### 6.5.3. Birinci Aşamada Sünek Davranışa Sahip Elemanlar İçin Dayanım Göre Değerlendirme

6.5.3.1 – KI.ÖS – 3 olan yapılar dışında, 3.4.1’e göre ikinci aşamada göz önüne alınacak şiddetli depremlerde sünek davranışa sahip olması öngörülen kazıklarda, 6.2’de verilen yük katsayıları ve birleştirme kurallarına göre birinci aşamada her bir kritik kesitte elde edilen “*eğilme momenti talebi (etkisi)*” ve “*kesme kuvveti talebi (etkisi)*” ile 6.5.2’de tanımlanan “*eğilme momenti tasarım kapasitesi (dayanımı)*” ve “*kesme kuvveti tasarım kapasitesi (dayanımı)*” arasında olması gereken ilişki aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

(a) Eksenel kuvvet etkisini de içeren eğilme momenti için aşağıda verilen dayanıma göre değerlendirme kriteri göz önüne alınacaktır:

$$\text{Talep (Etki)} / \text{Kapasite (Dayanım)} \text{ Oranı} \leq 1 \quad (6.7)$$

(b) Kesme kuvveti için aşağıda verilen dayanıma göre değerlendirme kriteri göz önüne alınacaktır:

$$\text{Talep (Etki)} / \text{Kapasite (Dayanım)} \text{ Oranı} \leq 2/3 \quad (6.8)$$

6.5.3.2 – KI.ÖS – 3 olan yapılarda Denk.(6.7)’de verilen sınır değer 1.5, Denk.(6.8)’de verilen sınır değer ise 1.0 olarak alınacaktır.

### 6.5.4. Birinci Aşamada Sünek Olmayan Davranışa Sahip Elemanlar İçin Dayanım Göre Değerlendirme

6.5.4.1 – 3.4.2’ye göre ikinci aşamada göz önüne alınacak şiddetli depremlerde sünek davranışa sahip olması öngörülmemeyen ve birinci aşamada Bölüm 10’a göre ön tasarımı yapılacak olan tabliye kirişleri ve döşeme plakları gibi “*kapasite korunmalı elemanlar*”da, birinci aşamada tüm iç kuvvetler için sadece Denk.(6.8)’de verilen dayanıma göre değerlendirme kriteri göz önüne alınacaktır.

## EK 6A – MODAL HESAP YÖNTEMLERİ

### 6A.1. MODAL HESAP PARAMETRELERİ

#### 6A.1.1. Genel

6A.1.1.1 – Aşağıda tanımlanan *modal hesap parametreleri*, deprem verisinden bağımsız olarak, göz önüne alınan deprem doğrultusuna ve taşıyıcı sistemin serbest titreşim hesabından elde edilen bilgilere göre hesaplanan ve 6.4.2’de belirtilen her iki *modal hesap yöntemi*’nde de kullanılan büyüklüklere dir.

6A.1.1.2 – Modal hesap parametrelerini tanımlarda göz önüne alınacak serbestlik dereceleri ve bunlara karşı gelen kütleler 6.3.8’de tanımlanmışlardır.

#### 6A.1.2. Serbest Titreşim Hesabı

Rihtimiskele taşıyıcı sisteminin doğal titreşim periyotları ve doğal titreşim mod şekilleri, taşıyıcı sistemin rijitlik ve kütle dağılımına bağlı olarak *serbest titreşim hesabı*’ndan elde edilen modal büyüklüklere dir. Hesap sonucunda her bir tipik n’inci doğal titreşim modu için doğal periyot  $T_n$  ile, her bir (i) deprem noktasındaki serbestlik derecelerine karşı gelen mod şekli genlik bileşenleri  $\Phi_{i,sn}$ ,  $\Phi_{i,y}$  ve  $\Phi_{i,z}$  elde edilir.

#### 6A.1.3. Modal Katkı Çarpanları

Göz önüne alınan tipik (X) deprem doğrultusu için, n’inci titreşim moduna ait *modal katkı çarpanı* aşağıda tanımlanmıştır. Diğer deprem doğrultuları (Y) ve (Z) için modal katkı çarpanları benzer şekilde ifade edilebilir.

$$\Gamma_n^{(X)} = \frac{\sum_{i=1}^M m_i \Phi_{i,sn}^2}{\sum_{i=1}^M (m_i \Phi_{i,sn}^2 - m_i \Phi_{i,y}^2 + m_i \Phi_{i,z}^2)} \quad (6A.1)$$

#### 6A.1.4. Yeterli Titreşim Modu Sayısı

6A.1.4.1 – Modal hesap yöntemlerinde, hesaba katılması gereken *yeterli titreşim modu sayısı*, YM, yatay (X), (Y) ve gerçeği halinde düşey (Z) doğrultularındaki deprem yer hareketlerinin etkisi altında her bir mod için aynı doğrultularda hesaplanan *toplam deprem yükü modal etkin kütleleri*  $m_{sn}^{(X)}$ ,  $m_{sn}^{(Y)}$  ve  $m_{sn}^{(Z)}$ ’nin mod sayıları üzerinde ayrı ayrı toplamalarının kazıklı rihtim veya iskele toplam kütleleri  $m_t$ ’nin %95’inden daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir:

$$\sum_{n=1}^{YM} m_{sn}^{(X)} \geq 0.95 m_t \quad ; \quad \sum_{n=1}^{YM} m_{sn}^{(Y)} \geq 0.95 m_t \quad ; \quad \sum_{n=1}^{YM} m_{sn}^{(Z)} \geq 0.95 m_t \quad (6A.2)$$

Ayrıca her bir doğrultuda katkısı %3’ten büyük olan bütün modlar göz önüne alınacaktır.

6A.1.4.2 – n’inci titreşim modunda *toplam deprem yükü modal etkin kütleleri*  $m_{sn}^{(X)}$ ,  $m_{sn}^{(Y)}$  ve  $m_{sn}^{(Z)}$  aşağıdaki şekilde tanımlanırlar:



$$m_{\text{den}}^{(X)} = \Gamma_n^{(X)} \sum_{j=1}^N m_j \Phi_{j, \text{den}} \quad ; \quad m_{\text{den}}^{(Y)} = \Gamma_n^{(Y)} \sum_{j=1}^N m_j \Phi_{j, \text{den}} \quad ; \quad m_{\text{den}}^{(Z)} = \Gamma_n^{(Z)} \sum_{j=1}^N m_j \Phi_{j, \text{den}} \quad (6A.3)$$

## 6A.2. MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ İLE DEPREM HESABI

**6A.2.1 – Modal Birleştirme Yöntemi**, aşağıda (X) deprem doğrultusu için açıklanmıştır. (X)'e denk (Y) veya düşey (Z) deprem doğrultusu için de benzer şekilde hesap yapılacaktır.

**6A.2.2 –** Yatay (X) ve (Y) ve düşey (Z) deprem doğrultuları için ayrı ayrı elde edilen maksimum davranış büyüklüklerine 6.2.2 ve 6.2.4'e göre *doğrultu birleştirilmesi* uygulanacaktır.

**6A.2.3 –** Verilen (X) depremi doğrultusu için tipik bir n'inci titreşim modunda, herhangi bir (j) dögüm noktasındaki serbestlik derecelerine karşı gelen maksimum modal deprem yükü bileşenleri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$f_{j, \text{den}}^{(X)} = m_{j, \text{den}}^{(X)} S_{\text{den}}^{(X)} \quad ; \quad f_{j, \text{den}}^{(Y)} = m_{j, \text{den}}^{(Y)} S_{\text{den}}^{(Y)} \quad ; \quad f_{j, \text{den}}^{(Z)} = m_{j, \text{den}}^{(Z)} S_{\text{den}}^{(Z)} \quad (6A.4)$$

Bu bağıntılarda  $m_{j, \text{den}}^{(X)}, m_{j, \text{den}}^{(Y)}$  ve  $m_{j, \text{den}}^{(Z)}$ , (j) dögüm noktasında ilgili doğrultularda tanımlanan deprem yüklerine karşı gelen modal etkin kütleleri gösterirler ve aşağıdaki şekilde tanımlanırlar:

$$m_{j, \text{den}}^{(X)} = m_j \Phi_{j, \text{den}} \Gamma_n^{(X)} \quad ; \quad m_{j, \text{den}}^{(Y)} = m_j \Phi_{j, \text{den}} \Gamma_n^{(Y)} \quad ; \quad m_{j, \text{den}}^{(Z)} = m_j \Phi_{j, \text{den}} \Gamma_n^{(Z)} \quad (6A.5)$$

Burada  $\Gamma_n^{(X)}$  **Denk.(4A.1)**'de tanımlanan modal katkı çarpanını,  $S_{\text{den}}^{(X)}$  ise n'inci doğal titreşim modu için 2.3.4.1'de (X) deprem doğrultusunda tanımlanan *tasarım spektral ivmesi*'ni göstermektedir.

**6A.2.4 –** n'inci doğal titreşim modunda herhangi bir davranış büyüklüğüne (yapısal yerdeğiştirme, şekildeğiştirme veya iç kuvvet bileşeni) karşı gelen jenerik *maksimum modal davranış büyüklüğü*  $r_{n, \text{den}}^{(X)}$ , **Denk.(6A.6)** ile hesaplanabilir:

$$r_{n, \text{den}}^{(X)} = \bar{r}_n^{(X)} S_{\text{den}}^{(X)} \quad (6A.6)$$

Burada  $\bar{r}_n^{(X)}$ , **Denk.(6A.5)**'te tanımlanan  $m_{j, \text{den}}^{(X)}, m_{j, \text{den}}^{(Y)}$  ve  $m_{j, \text{den}}^{(Z)}$  modal etkin kütlelerinin filtefler yükler olarak kazıklı rijitlik veya iskele taşıyıcı sistemine statik olarak etki ettirilmesi ile elde edilen jenerik davranış büyüklüğünü göstermektedir.

**6A.2.5 –** Davranış büyüklüklerinin *her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere*, her bir titreşim modunda *dinamik* jenerik davranış büyüklükleri için 6A.2.4'e göre hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum modal katkılar, *Tam Karesel Birleştirme (TKB) Kuralı* ile birleştirilir:

$$r_{n, \text{den}}^{(X)} = \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^{Y-1} r_{m, \text{den}}^{(X)2}}{Y-1}} \rho_{nm} r_{n, \text{den}}^{(X)} \quad (6A.7)$$

Burada  $r_{m, \text{den}}^{(X)}$  ve  $r_{n, \text{den}}^{(X)}$ , tipik m'inci ve n'inci titreşim modları için hesaplanan *maksimum modal davranış büyüklükleri*'ni,  $\rho_{nm}$  ise bu modlara ilişkin *çapraz korelasyon katsayısı*'m göstermektedir:

$$\rho_{nm} = \frac{\delta_n^2 (1 + |\beta_{nr}|) \beta_{nr}^{2n}}{(1 - \beta_{nr}^2)^2 + 4 \delta_n^2 \beta_{nr} (1 + \beta_{nr})^2} \quad ; \quad \beta_{nr} = \frac{T_r}{T_n} \quad (6A.8)$$

Burada  $\beta_{\text{mod}}$ , göz önüne alınan  $n$ 'inci ve  $n$ 'inci doğal titreşim periyotlarının oranını,  $\xi$  ise bütün modlarda çift olarak alınan modal sönüm oranını göstermektedir.

### 6A.3. MOD TOPLAMA YÖNTEMİ İLE DEPREM HESABI

**6A.3.1 – Mod Toplama Yöntemi**, aşağıda (X) deprem doğrultusu için açıklanmıştır. (X)'e dik (Y) veya düşey (Z) deprem doğrultusu için de benzer şekilde hesap yapılabilir.

**6A.3.2 – Yatay (X), (Y) ve düşey (Z) deprem doğrultuları için ayrı ayrı elde edilen davranış büyüklükleri her (t) anında üstüste toplanarak üç boyutlu deprem davranışı elde edilebilir.**

**6A.3.3 –** Zaman tanım alanında *Mod Toplama Yöntemi* ile yapılacak doğrusal hesaplarca en az 7 deprem yer hareketi kullanılacaktır. Hesaplarda kullanılacak deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklendirilmesi 2.5'e göre yapılacaktır. Davranış büyüklükleri, yapıdan en az 7 hesabın her birinden elde edilecek sonuçların en büyük mutlak değerlerinin ortalaması olarak bulunacaktır.

**6A.3.4 –** Verilen (X) deprem doğrultusu için tipik bir  $n$ 'inci titreşim modunda, herhangi bir davranış büyüklüğüne (yapısal yerdeğiştirme, şekildeğiştirme veya iç kuvvet bileşeni) karşı gelen tipik *modal davranış büyüklüğü*'nin zamanına göre değişimi  $r_n^{(X)}(t)$ . **Denk.(6A.9)** ile hesaplanır:

$$r_n^{(X)}(t) = \bar{r}_n^{(X)} a_r^{(X)}(t) \quad (6A.9)$$

Burada  $\bar{r}_n^{(X)}$ , 6A.2.4'te belirtildiği gibi, **Denk.(6A.5)**'te tanımlanan  $m_{\text{jam}}^{(X)}$ ,  $m_{\text{sm}}^{(X)}$  ve  $m_{\text{cm}}^{(X)}$  modal etkin kütlelerinin tiktâf yükler olarak kazıklı rijitlik veya iskeletin taşıyıcı sistemine statik olarak etki ettirilmesi ile elde edilen jenerik davranış büyüklüğünü göstermektedir.  $a_r^{(X)}(t)$  ise  $n$ 'inci titreşim modu için aşağıda **Denk.(6A.10)**'da zamana bağlı olarak tanımlanan *modal sızdırma*'ye karşı gelmektedir.

$$a_r^{(X)}(t) = \omega_n^2 d_n^{(X)}(t) \quad ; \quad \omega_r = \frac{2\pi}{T_r} \quad (6A.10)$$

Burada  $\omega_n$ , tipik  $n$ 'inci titreşim modunun doğal açısal frekansını,  $d_n^{(X)}(t)$  ise aşağıda hesaplanan *modal yerdeğiştirme*'yi göstermektedir.

**6A.3.5 – Denk.(6A.10)**'da yer alan *modal yerdeğiştirme*,  $d_n^{(X)}(t)$ , (X) doğrultusundaki deprem yer hareketinin etkisi altında  $n$ 'inci moda ait *modal tek serbestlik dereceli sistem*'in **Denk.(6A.11)**'de verilen hareket denkleminin zaman tanım alanında doğrusal çözümünden elde edilir:

$$\ddot{d}_n^{(X)}(t) + 2\xi_{nc}\omega_n \dot{d}_n^{(X)}(t) + \omega_n^2 d_n^{(X)}(t) = - \ddot{u}_r^{(X)}(t) \quad (6A.11)$$

Burada  $\ddot{u}_r^{(X)}(t)$  (X) deprem doğrultusunda tanımlanan deprem yer ivmesini,  $\dot{d}_n^{(X)}(t)$  ve  $d_n^{(X)}(t)$   $n$ 'inci titreşim moduna ait zamana bağlı *doğrusal modal hız ve hme*'yi,  $\xi_{nc}$  ise modal sönüm oranını göstermektedir. Hareket denkleminin entegrasyonunda esas alınacak zaman aralığı  $T_n/10$ 'dan büyük olmayacaktır.

6A.3.6 - (X) doğrultusunda tanımlanan depremin etkisi altında jenerik dinamik davranış büyüklüğünün zamana göre değişimi,  $r^{(X)}(t)$ , her bir titreşim modu için **Denk.(6A.12)** ile hesaplanan eşzamanlı modal katkıları her ( $t$ ) an için doğrudan toplanması ile elde edilir:

$$r^{(X)}(t) = \sum_{r=1}^{YM} r_r^{(X)}(t) \quad (6A.12)$$

# BÖLÜM 7 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA KAZIKLI RİHTİM VE İSKELELERİN İKİNCİ AŞAMA HESAP – DEĞERLENDİRME – TASARIM KURALLARI

## 7.1. AMAÇ VE KAPSAM

**7.1.1** – Bu bölümün amacı, kazıklı rihim ve iskelelerin kesdi servis ömürleri boyunca maruz kalma olasılığı çok düşük olan ve *göz önüne alınır en büyük deprem* olarak adlandırılan çok seyrek oluşumlu DD-1 deprem yer hareketinin etkisi altında KLÖS = 1 olan önemli rihim ve iskelelerde *Kontrolün Hasar (KH) Performans Hedefi*'nin, KLÖS = 2 olan normal rihim ve iskelelerde ise *Güçsüzlük Önlenmesi (GÖ) Performans Hedefi*'nin sağlanması için yapılacak ikinci aşama hesap, değerlendirme ve tasarım kurallarını açıklamaktır. KLÖS = 1,2 ve DTS = 4 olan rihim ve iskeleler ile KLÖS = 3 olan tüm rihim ve iskelelerde ikinci aşamanın uygulanması gerekli değildir.

**7.1.2** – **Bölüm 6**'ya göre birinci aşama için yapılan tasarım, ikinci aşamada ön tasarım olarak göz önüne alınacaktır.

**7.1.3** – İkinci aşamada deprem hesabı, **3.6.5**'te verilen **Tablo 3.6** ve **Tablo 3.7**'de gösterildiği üzere, YÖNTEM 2.1, YÖNTEM 2.2 veya YÖNTEM 2.3 olarak adlandırılan yöntemlerle yapılacaktır.

**7.1.4** – **7.1.3**'te belirtilen bütün yöntemlerde değerlendirme ve tasarım için *Şekildeğiştirme*ye Göre Değerlendirme ve Tasarım yaklaşımı uygulanacaktır. Bu kapsamda;

(a) **3.4.1**'e göre sünek davranışın öngörüldüğü elemanlarda, diğer deyişle kazıklarda, hesaptan edilen şekildeğiştirme taleplerinin, bu bölümde tanımlanan şekildeğiştirme kapasitelerini aşmadığı gösterilecektir.

(b) **3.4.2**'ye göre sünek davranışın öngörülmediği kazıklar dışındaki kapasite korunmalı elemanlarda ise hesaptan edilen iç kuvvet taleplerinin, bu bölümde tanımlanan iç kuvvet kapasitelerini aşmadığı gösterilecektir.

## 7.2. DEPREM ETKİSİNİN TANIMLANMASI VE DİĞER ETKİLERLE BİRLEŞTİRİLMESİ

### 7.2.1. Yatay Deprem Etkisi

İkinci aşamada yapılacak deprem hesabında deprem verisi aşağıda belirtildiği şekilde göz önüne alınacaktır.

**7.2.1.1** – Ayrıntıları **7.4.2** ve **EK 7C**'de açıklanan YÖNTEM 2.1 ile **7.4.3** ve **EK 7D**'de açıklanan YÖNTEM 2.2'de göz önüne alınacak deprem verisi, **9.2.2** uyarınca **8.6**'ya göre yapılan serbest zemin davranış hesabından derz tabanında (tarama kotunda) elde edilen deprem yer hareketi veya buna bağlı olarak tanımlanan *tasarım ivme spektrumu*'dür.

**7.2.1.2** – Ayrıntıları **7.4.4**'te açıklanan YÖNTEM 2.3'te göz önüne alınacak deprem verisi,

(a) **9.2.2** uyarınca **8.6**'ya göre *serbest zemin davranış hesabı* ile zaman tanım alanındaki kazıklar boyunca tanımlanan diğüm noktalarında elde edilen *toplam deprem yerdeğiştirmeleri*'dir.

(b) 9.5.5'te belirtilen alternatif ortak sistem etkileşim modeli ile yapılacak hesaplar göz önüne alınacak deprem verisi ise, *mühendislik kayası*'nda tanımlanmak üzere 2.5'e göre seçilen ve ölçeklendirilen veya dönüştürülen *deprem yer hareketleri*'dir.

## 7.2.2. Düşey Deprem Etkisi

Düşey deprem etkisi, 6.2.1.2'ye göre tanımlanacaktır.

## 7.2.3. Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

7.2.3.1 – Deprem etkisinin diğer etkilerle birleştirilmesi, ikinci aşamadaki hesapta YÖNTEM 2.1 ve YÖNTEM 2.2'nin kullanılması durumlarında 6.2.2 ve 6.2.3'e göre yapılacaktır.

7.2.3.2 – İkinci aşamadaki hesapta YÖNTEM 2.3'ün kullanılması durumunda zaman tanım alanında yapılan hesapta yatayda birbirine dik (X) ve (Y) doğrultularındaki deprem bileşenleri 2.5'e göre birlikte eş zamanlı olarak tanımlandığından, birleştirilmiş yatay deprem etkisi bu hesap sonucunda doğrudan elde edilmektedir.

7.2.3.3 – YÖNTEM 2.2 ve YÖNTEM 2.3 kapsamında *doğrusal olmayan hesap yöntemi* ile yapılacak deprem hesabından önce, düşey yüklerin taşıyıcı sisteme *arimsal* olarak uygulandığı bir *doğrusal olmayan statik hesap* yapılacaktır. Bu hesaptan elde edilen iç kuvvetler ve şekildeğişiklikler yatay deprem hesabında başlangıç değerleri olarak göz önüne alınacaktır. Bu hesap sonucunda doğrusal olmayan şekildeğişikliklere izin verilmez. Aksi durumda ön tasarımın tekrarlanması gereklidir.

7.2.3.4 – Düşey depremin diğer etkilerle birleştirilmesi bütün yöntemlerde **Denk.(6.2)** ve **Denk.(6.3)**'e göre yapılacaktır.

## 7.3. İKİNCİ AŞAMADA KAZIKLI RİJİTİM VE İSKELE TAŞIYICI SİSTEMLERİNİN MODELLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR

### 7.3.1. Genel Modelleme Kuralları

7.3.1.1 – Birinci aşama ile ilgili olarak 6.3.1'de verilen genel kurallar, 6.3.1.6'da betonarme kazıklar için tanımlanan etkin kesit rijitlikleri hariç olmak üzere, ikinci aşama için de geçerlidir.

7.3.1.2 – Kazıklı rijitim ve iskelelerde sünek davranışın temel ilkesi olarak 3.4'te belirtildiği üzere, plastik şekildeğişikliklere sadece kazıklarda izin verilecektir. Kapasite korunmalı elemanlar olarak tanımlanan tabliye girişleri ve döşeme plakları, deprem etkisi altında doğrusal davranacak şekilde modellenenlerdir. Bu bağlamda çöğük kazıklı sistemlerde, kazıklardaki elastik ve plastik aksenal şekildeğişikliklere bağlı olarak tabliye giriş ve döşemelerinde plastik şekildeğişikliklerin meydana gelmemesi için gerekli önlemler alınacaktır.

### 7.3.2. Kazıkların Modellenmesine İlişkin Kurallar

7.3.2.1 – Birinci aşamada kazıkların modellenmesi ile ilgili olarak 6.3.2'de verilen kurallar ikinci aşama için de geçerlidir.

7.3.2.2 – Kazıklarda plastik şekildeğişikliklerin, 9.1.3'te tanımlanan çözümsüzlük etkileşimi kapsamında genellikle kazık – tabliye birleşiminde meydana gelmesi beklenir. Ancak 9.1.2'de tanımlanan kinematik etkileşim nedeni ile çöğük kazıklarda ve zemin tabakalarının rijitlik ve

dayanımı bakımından ani değişimler gösterdiği derinliklerle de, plastik şekildeğiştirme meydana gelebilir.

**7.3.2.3 – 6.3.2.2'**de belirtildiği üzere, çelik boru kazıkların tabliye ile monolitik bağlantısı, islanma bölgesi boyunca kazığın içinde yapılan *betonarme tıpa*'da tabliyeye uzatılan betonarme donatılar ile sağlanacak ve çelik boru kesit tabliyinin altına en fazla pas payı kadar sokulacaktır. Bu bağlamda çelik kazıkta, kazık-tabliye birleşimindeki plastik şekildeğiştirme için sadece betonarme tıpada meydana gelmesi öngörülmektedir. Eğik kazıklarda, ağırlıklı olarak eksenel doğrultuda meydana gelebilecek plastik birim uzamaları sınırlandırmak amacıyla tabliyeye uzatılan betonarme donatılarının kılıf içine alınması ve uçlarında uzakraj kafaların düzenlenmesi gerekebilir.

**7.3.2.4** – Eksenel kuvvetle birlikte ağırlıklı olarak eğilme momenti etkisinde olan düğey kazıklarda doğrusal olmayan davranış genellikle *yığılı plastik davranış*, diğer deyişle *plastik mafsalsal* yaklaşımı ile modellenir. Betonarme, öngermeli ve **7.3.2.3'e** göre çelik boru kazıkta plastik mafsalsal, kazığın tabliye ile birleştiği noktada tanımlanacaktır. Eğilme momentinin, **EK 7B'**de tanımlanan etkin akma momentine eriştiği noktadan alt ve üstündeki sonlu uzamlıdaki bölge *plastik mafsalsal boyu* olarak adlandırılır ve bu bölge boyunca plastik şekildeğiştirme yayınışı sabit olarak varsayılır.

(a) Plastik mafsalsal boyu, betonarme ve öngermeli kazıklar ile tabliye bağlantısı **7.3.2.3'e** göre betonarme tıpa ile sağlanan çelik boru kazıklar için, yarı kazık içinde, diğer yarı ise kazık başlığı veya tabliye kirişi içinde olmak üzere, Denk.(7.1) ile hesaplanacaktır.

$$L_p = 0.044 f_{yc} d_k \quad (7.1)$$

Burada  $L_p$  plastik mafsalsal boyunu [mm],  $f_{yc}$  bağlantıdaki boyuna donatı çeliğinin **7.3.2.7'**de tanımlanan ortalama (beklenen) akma dayanımını [MPa],  $d_k$  ise boyuna donatıların ortalama çapını [mm] göstermektedir.

(b) Betonarme, öngermeli veya çelik kazıklarda **7.3.2.2'ye** göre zemin içinde oluşabilecek plastik mafsallarda *plastik mafsalsal boyu* kazığın çalışan doğrultudaki kesit boyutuna eşit alınacaktır. Zemin içindeki olası plastik mafsalsal, zemin tabakalanması dikkate alınarak uygun aralıklarla yerleştirileceklerdir.

**7.3.2.5** – Ağırlıklı olarak ekstenel kuvvet etkisinde olan eğik kazıklarda plastik şekildeğiştirme bölgesinin uzunluğu, güvenli tarafta kalmak üzere, **7.3.2.3'te** belirtilen kılfın boyuna eşit olarak alınabilir.

**7.3.2.6** - Betonarme, öngermeli ve tabliye bağlantısı betonarme tıpa ile sağlanan çelik boru kazıkta *yayıllı plastik davranış modeli* de kullanılabilir. Kesit içinde betonun yeteri kadar küçük hücrelerle, çelik donatı çubuklarının ise tekil veya gruplar halinde modellendiği ve her bir hücrede doğrusal olmayan, ekstenel gerilme-birim şekildeğiştirme bağlantılarına çevrimsel olarak göz önüne alınabildiği *kesit hücresi (Iijf)* modeli, uygulamada en yaygın kullanılan yayılı plastik davranış modelidir. YÖNTEM 2.3 kapsamında zaman tanım alanında yapılacak *doğrusal olmayan* deprem hesabında *beton ve donatı çeliği lifleri* için çevrimsel davranış modeli olarak, genel kabul görmüş modeller kullanılacaktır. Yöntem kazıklar için sadece plastik şekildeğiştirme için beklediği bölgelerde kullanılmaktadır. Bu bölgelerin dışında betonarme kazıkların etkin kesit eğilme rijitliği **7.3.2.8'e** göre belirlenecektir.

**7.3.2.7** – İkinci aşamada, sadece kazıklarla sınırlı olmak üzere beton, betonarme donatı çeliği (öngörme çeliği hariç) ve kazık çeliği için tasarımı dayanımı olarak *ortalama (beklenen) dayanım* değerleri kullanılacak, malzeme güvenlik katsayıları göz önüne alınmayacaktır. Ortalama (beklenen) dayanım değerleri ile karakteristik dayanım değerleri arasındaki ilişkiler aşağıda tanımlanmıştır:

(a) Beton için:  $f_{cc} = 1,3f_{ck}$  (7.2a)

(b) Donatı çeliği ve kazık çeliği için:  $f_{ye} = 1,2f_{yk}$  (7.2b)

Burada  $f_{ck}$  betonun karakteristik basınç dayanımı,  $f_{cc}$  ise ortalama (beklenen) basınç dayanımı göstermektedir. Benzer şekilde  $f_{yk}$  ve  $f_{ye}$  çeliğin karakteristik ve ortalama (beklenen) akma dayanımlarına karşı gelmektedir.

**7.3.2.8** – Mevcut kazıklı rijit ve iskelelerin modellenmesinde ise beton ve donatı çeliğinin yerinde alınmış örnekler üzerinde yapılan deneylerle tanımlanan *ortalama mevcut dayanımları* esas alınacaktır.

**7.3.2.9** – Aşağıda **7.2.3.10**'da kullanılmak üzere sargılı / sargısız beton ve donatı çeliği için doğrusal olmayan gerilme – birim şekildeğiştirme bağıntıları **EK 7A**'da verilmiştir.

**7.3.2.10** – Betonarme kazıklar için etkin kesit eğilme rijitliği, etkin akma momenti ve etkin akma yüzeyine ilişkin açıklamalar **EK 7B**'de verilmiştir. Etkin akma momenti ve etkin akma yüzeyine ilişkin kurallar, çelik boru kazıkların tabliye bağlantısında kullanılacak betonarme tipler için de geçerlidir.

**7.3.2.11** – İkinci aşamada eksenel kuvvetlerin yerdeğiştirmeye uğramış kazıklarda meydana geleceği *ikinci mertebe etkileri* göz önüne alınacaktır.

### **7.3.3. Tabliye – Kazık – Zemin Etkileşimi**

Kazıklı rijit ve iskelelerde “*tabliye - kazık - zemin etkileşimi*” modellenmesine ve hesabına ilişkin kurallar **Bölüm 9**'da **9.1 – 9.5**'te verilmiştir.

### **7.3.4. Kütiyelerin Modellenmesi**

İkinci aşamada kütiyelerin modellenmesinde **6.3.4**'te verilen kurullar geçerlidir.

## **7.4. İKİNCİ AŞAMADA KAZIKLI RİJİTİM VE İSKELELER İÇİN DEPREM HESABI YÖNTEMLERİ**

### **7.4.1. Kapsam**

Deprem etkisi altında kazıklı rijit ve iskelelerin ikinci aşama deprem hesabı için, **Tablo 3.6** ve **Tablo 3.7**'de gösterildiği üzere, YÖNTEM 2.1, YÖNTEM 2.2 veya YÖNTEM 2.3 olarak adlandırılan yöntemler kullanılacaktır.

(a) “*Karma Yöntem*” olarak da adlandırılan YÖNTEM 2.1'de, **7.4.2**'de açıklanmış üzere *doğrusal hesap yöntemi* ile kazıklı rijit ve iskele taşıyıcı sisteminin yerdeğiştirmeleri elde edildikten sonra, taşıyıcı sistem düzeyinde “*eşit yerdeğiştirme kuralı*” esas alınarak kazıklardaki doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler elde edilecektir.

(b) YÖNTEM 2.2'de deprem hesabı, 7.4.3'te açıklanmış üzere, kazıklı rijitlik veya iskele taşıyıcı sisteminin doğrusal olmayan davranışı esas alınarak *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüklü Yöntemi* ile tek modlu itme hesabı veya *Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi* ile çok modlu itme hesabı olarak yapılacaktır.

(c) YÖNTEM 2.3'te deprem hesabı, kazıklı rijitlik veya iskele taşıyıcı sisteminin doğrusal olmayan davranışı esas alınarak *zaman tanım alanında doğrudan entegrasyon yöntemi* ile yapılacaktır.

## 7.4.2. YÖNTEM 2.1: Karma Yöntem

7.4.2.1 – “*Kaçma Yöntemi*” olarak da adlandırılan YÖNTEM 2.1'de 7.4'te verilen modellenen kısımları, plastik davranışla ilgili olanlar hariç olmak üzere kullanılarak rijitlik-iskele taşıyıcı sisteminin *doğrusal hesabı Bölüm 6*'da verilen hesap yöntemlerinden biri ile yapılır. Daha sonra bu hesaptan elde edilen yatay tabliye yerdeğiştirmeleri, kazıklı rijitlik veya iskele taşıyıcı sistemi düzeyinde esas alınan *eşit yerdeğiştirme kuralları*na göre doğrusal olmayan yerdeğiştirmeler olarak kabul edilir. Her bir kazıkta elde edilen yerdeğiştirmeden yararlanılarak **EK 7C**'ye göre kazığın tabliye bağlantısında meydana gelmesi olası plastik mafsalsın *plastik dönme*'si yaklaşık olarak elde edilir.

7.4.2.2 – YÖNTEM 2.1 ile ilgili açıklamalar **EK 7C**'de verilmiştir.

## 7.4.3. YÖNTEM 2.2: İtme Hesabı

7.4.3.1 – İtme hesabı, göz önüne alınan deprem doğrultusunda hakim doğal titreşim modunun esas alındığı *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüklü Yöntemi* ile *Tek Modlu İtme Hesabı* olarak veya üç boyutlu davranışa ilişkin yeteri kadar titreşim modunun göz önüne alınabileceği *Artımsal Mod Birleştirme (AMB) Yöntemi* ile *Çok Modlu İtme Hesabı* olarak yapılabilir.

7.4.3.2 – YÖNTEM 2.2 kapsamında sadece her iki deprem doğrultusuna göre de tam simetrik olan iskele taşıyıcı sistemlerine uygulanabilen *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüklü Yöntemi* ile *Tek Modlu İtme Hesabı*'na ilişkin açıklamalar **EK 7D**'de verilmiştir. Eşik kazıklı rijitliklerin YÖNTEM 2.2 ile hesabında, depremin modal yerdeğiştirme talebi **7D.3**'e göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan tek serbestlik dereceli sistem hesabından elde edilecektir.

7.4.3.3 – Genel olarak tüm kazıklı rijitlik ve iskele taşıyıcı sistemlerine uygulanabilen *Artımsal Mod Birleştirme (AMB) Yöntemi* ile *Çok Modlu İtme Hesabı*, yığılı plastik davranış modeli çerçevesinde plastik mafsallarla modellenen kazıklı rijitlik veya iskele taşıyıcı sisteminde ardışık iki plastik mafsals oluşumunu arasındaki her bir artımsal yük (veya yerdeğiştirme) adımında, tasarım spektrumta ve modal tek serbestlik dereceli sistemler düzeyinde *eşit yerdeğiştirme kuralları* esas alınarak, çok modlu doğrusal *Mod Birleştirme Yöntemi*'nin kullanılmasına dayanır. Her adımda oluşan plastik mafsals, taşıyıcı sistemin bir sonraki adım için modellenmesinde göz önüne alınır. Her adımda artımsal elde edilen yerdeğiştirmeler, iç kuvvetler ve plastik şekildeğiştirmeler adım adım toplanarak sonuçta seçilen deprem düzeyine karşı gelen deprem etkileri (deprem talepleri) hesaplanmış olur. YÖNTEM 2.2 kapsamında *Artımsal Mod Birleştirme (AMB) Yöntemi* ile ilgili açıklamalar ve hesap algoritması **EK 7E**'de verilmiştir.



## 7.4.4. YÖNTEM 2.3: Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Deprem Hesabı

**7.4.4.1 – Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap.** deprem yer hareketinin etkisi altında kazıklı rijitlik veya iskele taşıyıcı sisteminin hareket denklemlerini ifade eden differansiyel denklemler takımının zaman artımları ile *adım adım doğrudan entegrasyonu*'na karşı gelir. Bu işlemler sırasında, doğrusal olmayan davranış nedeni ile sistem rijitlik matrisinin zamanla değişimi göz önüne alınır.

**7.4.4.2 – Zaman tanım alanında yapılacak doğrusal olmayan hesaplarda en az 7 deprem yer hareketi takımı kullanılacaktır.** Birbirine dik yatay iki doğrultudaki ivme kayıtları taşıyıcı sistemin (X) ve (Y) asal eksenleri doğrultusunda aynı anda birlikte etki ettirilecektir. Daha sonra ivme kayıtlarının eksenleri 90° döndürülerek hesap tekrarlanacaktır.

**7.4.4.3 – Hesaplarda kullanılacak deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklendirilmesi: 2.5'e göre yapılacaktır.**

**7.4.4.4 – Kazıklı rijitlik veya iskele taşıyıcı sisteminin doğrusal olmayan modellenmesi 7.4'te verilen esaslara göre yapılacaktır.** Yığılı plastik davranış modeli ile modellenen düşey betonarme kazıklarda veya boru kazıkların betonarme kaplamasında kesit histeretik davranışını temsil etmek üzere "*önceki maksimuma yönelimli histeretik model*" veya ondan türetilen diğer histeretik modeller (örneğin: *Takeda Modeli*) kullanılabilir. Eğik kazıklarda ise, kazıktan tabliyeye uzatılan donatıların 7.3.2.3'e göre kılıf içine alınmaları durumunda, ekstenel şekildeğiştirme bölgesi için *bayrak şekilli* uygun histeretik modeller kullanılacaktır.

**7.4.4.5 – Taşıyıcı sistem elemanlarında doğrusal olmayan davranışa ilişkin enerji tüketimini dışında, doğrusal olarak çalışan elemanlarda oluşan dinamik enerji kaybı, hareket denklemlerinde viskoz sönüm matrisi ile temsil edilecektir.** Visköz sönüm matrisi, *Rayleigh Orantılı Sönüm Matrisi* veya *Modal Sönüm Matrisi* olarak oluşturulacaktır.

**7.4.4.6 – Tüm doğrusal olmayan yöntemlerde olduğu üzere hesabın başlangıç adımı, deprem dışı yüklemeler altında *doğrusal olmayan ortamsal statik hesap* yapılır.** Bu hesaptan elde edilen iç kuvvetler ve eğer varsa doğrusal olmayan şekildeğiştirmeleler, deprem hesabında başlangıç değerleri olarak göz önüne alınacaktır.

**7.4.4.7 – Hesapta kullanılacak zaman artımı, dinamik davranışa katkıda bulunan tüm titreşim modlarının yeterince temsil edilmesine olanak sağlayacak şekilde seçilecektir.**

**7.4.4.8 – Kazıklarda değerlendirilmeye esas şekildeğiştirme talepleri ile sünnek davranışa sahip olmayan elemanlarda değerlendirilmeye esas iç kuvvet talepleri, yapılan analizlerin (en az 2 x 7 = 14 analiz) her birinden elde edilen sonuçların enbüyük mutlak değerlerinin ortalaması olarak hesaplanacaktır.**

## 7.5. İKİNCİ AŞAMADA ŞEKİLDEĞİŞTİRMEYE GÖRE DEĞERLENDİRME VE TASARIM

### 7.5.1. Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri

(a) İkinci aşamada kazık-tabliye birleşiminde betonarme ve öngermeli kazıklar ile boru çelik kazıklardaki betonarme kaplamaya uygulanmak üzere, *Kontrollü Hasar* (KIİ) ve *Göçmemiş Önlenebilir* (GÖ) performans hedeflerine karşı gelen beton, donatı çeliği ve kazık çeliği birim şekildeğiştirme kapasiteleri 7.5.1.1 – 7.5.1.4'te tanımlanmıştır.

(b) Öngörme çeliği için birim şekildeğiştirme kapasiteleri, 7.5.1.4'te donatı çeliği için verilenlere eşit alınacaktır.

(b) Zemin içinde oluşan plastik mafsallara uygulanmak üzere betonarme ve öngörmeli kazıklar için beton, donatı çeliği ve öngörme çeliği birim şekildeğiştirme kapasiteleri 7.5.1.1 - 7.5.1.4'te verilenlerin yarısı olarak alınacaktır.

(c) Zemin içinde oluşan plastik mafsallara uygulanmak üzere çelik kazıklar için çelik çeliği birim şekildeğiştirme kapasiteleri 7.5.1.4'te donatı çeliği için verilenlerin yarısı olarak alınacaktır.

(d) Yayılı plastik şekildeğiştirme yaklaşımı çerçevesinde kesit hücresi (lif) yöntemi ile elde edilen birim şekildeğiştirme talepleri, doğrudan aşağıda verilen birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılacaktır.

(e) Plastik dönme kapasiteleri 7.5.2'de tanımlanmıştır.

7.5.1.1 – Sargılı betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi  $\epsilon_{cu}$  (Bkz. Şekil 7A.1) aşağıda tanımlanmıştır:

(a) Dikdörtgen kesitli kazıklarda:

$$\epsilon_{cu} = 0.0035 - 0.04\sqrt{k_2 \omega_s} \quad (7.3)$$

(b) Dairesel kesitli kazıklarda:

$$\epsilon_{cu} = 0.0035 + 0.07\sqrt{k_2 \omega_s} \quad (7.4)$$

Bu bağıntılarda yer alan *sargılama etkinlik katsayısı*  $k_s$ , EK 7A'da dikdörtgen kesitler için **Denk.(7A.7)** de, dairese kesitler için ise **Denk.(7A.10)** da verilmiştir. *Mekanik hacimsel enine donatı oranı*  $\omega_s$  ise aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$\omega_s = \rho_s \frac{f_{yc}}{f_{ce}} \quad (7.5)$$

Burada  $\rho_s$ , dairese kesitler için EK 7A'da **Denk.(7A.9)** ile verilen, dikdörtgen kesitler için ise **Denk.(7A.6)**'daki tanımlara göre aşağıdaki şekilde belirlenen *hacimsel enine donatı oranı* nı göstermektedir:

$$\rho_s = 2 \min(\rho_x, \rho_y) \quad (7.6)$$

7.5.1.2 – Donatı çeliğinde maksimum dayanıma karşı gelen birim şekildeğiştirmesi  $\epsilon_{su}$  (Bkz: Şekil 7A.2, Tablo 7A.1) aşağıda verilmiştir:

$$\epsilon_{su} = 0.08 \quad (7.7)$$

7.5.1.3 – *Kontrolün Hissarı (KH)* ve *Göçmenin Ölçülmesi (GÖ)* performans hedefleri için sargılı betonun birim basınç şekildeğiştirme kapasitesi  $\epsilon_c^{(KH)}$  ve  $\epsilon_c^{(GÖ)}$ , **Denk.(7.3)** ve **Denk.(7.4)**'te verilen maksimum birim şekildeğiştirme  $\epsilon_{cu}$ 'ya bağlı olarak aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$\epsilon_c^{(KH)} = 0.5\epsilon_{cu} \leq 0.0135 \quad ; \quad \epsilon_c^{(GÖ)} = 0.67\epsilon_{cu} \leq 0.018 \quad (7.8)$$

**7.5.1.4 – Kontrolli Hasar (K1) ve Göçmenin Önlenmesi (GÖ)** performans hedefleri için donatı çeliğinin birim şekildeğiştirme kapasitesi  $\epsilon_s^{(K1)}$  ve  $\epsilon_s^{(GÖ)}$ , **Denk.(7.7)**'de verilen maksimum birim şekildeğiştirme  $\epsilon_{su}$ 'ya bağlı olarak aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$\epsilon_s^{(K1)} = 0.5\epsilon_{su} - 0.040 \quad ; \quad \epsilon_s^{(GÖ)} = 0.67\epsilon_{su} - 0.053 \quad (7.9)$$

### 7.5.2. Plastik Dönme Kapasiteleri

İkinci aşamada *Kontrolli Hasar (K1)* ve *Göçmenin Önlenmesi (GÖ)* performans hedeflerine karşı gelen plastik mafsal dönme kapasiteleri  $\theta_p^{(K1)}$  ve  $\theta_p^{(GÖ)}$  aşağıda tanımlanmıştır. Yığılı plastik şekildeğiştirme yaklaşımı çerçevesinde plastik mafsal yöntemi ile elde edilen plastik dönme talepleri, doğrudan aşağıda verilen plastik dönme kapasiteleri ile karşılaştırılacaktır.

$$\theta_p^{(K1)} = (0.5\phi_u - \phi_Y)L_p \quad ; \quad \theta_p^{(GÖ)} = (0.67\phi_u - \phi_Y)L_p \quad (7.10)$$

Bu bağıntılarda  $\phi_u$  ilgili kesitteki deprem talebine karşı gelen eksenel kuvvetin etkisi altında **7.5.1.1** ve **7.5.1.2**'de verilen maksimum beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmeleri kullanılarak **EK 7B**'ye göre hesaplanan *maksimum eğriliği*,  $\phi_Y$  *etkin akma eğriliği*'ni,  $L_p$  ise **7.3.2.4**'te tanımlanan *plastik mafsal boyu*'nü göstermektedir. Zemin içindeki çelik kesitler için plastik dönme kapasiteleri de **Denk.(7.7)**'de verilen  $\epsilon_{su}$ 'nun yarısı alınarak hesaplanan  $\phi_u$  eğriliği kullanılarak **Denk.(7.10)** ile belirlenecektir.

### 7.5.3. Plastik Dönme – Eksenel Kuvvet Etkileşim Diyagramları

Kesiti aynı olan, ancak farklı eksenel kuvvetlerin etkisi altında bulunan betonarme kazıklarda ve boyu çelik kazıkların betonarme tüpalarında **Denk.(7.10)**'a göre hesaplanan plastik dönme kapasitelerini gösteren *plastik dönme – eksenel kuvvet etkileşim diyagramları*'ndan yararlanılabilir. Belirli eksenel kuvvet düzeyleri için plastik dönme taleplerini simgeleyen noktaların etkileşim diyagramlarının içinde kalması, ilgili kazık kesitinin öngörülen performans hedefini sağladığı anlamına gelmektedir.

### 7.5.4. Betonarme Elemanlarda Kesme Kuvveti Kapasitesi

Nominal kesme kuvveti kapasitesi  $V_n$  betonun kesme kuvveti kapasitesi  $V_c$  ile enine donatının kesme kuvveti kapasitesi  $V_s$ 'in toplamından oluşur:

$$V_n = V_c + V_s \leq 0.8 A_c \sqrt{f_{ck}} \quad (7.11)$$

### 7.5.5. Betonun Kesme Kuvveti Kapasitesi

7.5.5.1 – Betonun kesme kuvveti kapasitesi **Denk.(7.12)** ile belirlenecektir.

$$V_c = 0.8 k_c A_c \sqrt{f_{ck}} \quad ; \quad k_c \leq 0.33 \quad (7.12)$$

**Denk.(7.12)**'de yer alan  $k_c$  katsayısı, aşağıda (c) paragrafında tanımlanan *plastik mafsal etki bölgesi*'nin içinde ve dışında farklı ohnak üzere aşağıdaki şekilde tanımlanacaktır. Plastik mafsal etkisi bölgesinin dışı için tanımlanacak  $k_c$  katsayısı, tüm kapasite korunmalı elemanlar için de kullanılacaktır.

(a) Plastik mafsal etki bölgesinin içinde;

$$k_c - k_{c1} k_{c2} \leq 0.33 \quad (7.13)$$

(b) Plastik mafsal etki bölgesinin dışında ve kapasite korunmalı elemanlarda;

$$k_c - 0.25 k_{c2} \leq 0.33 \quad (7.14)$$

(c) Betonarme kazıkta ve çelik bora kazıkta kazık-tabliye birleşimindeki betonarme üpa için tanımlanan *plastik mafsal etki bölgesi*'nin uzunluğu, kazık boyutunun 1.5 katının ve **Denk.(7.1)**'de tanımlanan *plastik mafsal boyu*'nun büyüğü olarak alınacaktır.

7.5.5.2 – **Denk.(7.13)** ve **Denk.(7.14)**'te yer alan  $k_c$  ve  $k_{c1}$  aşağıda tanımlanmıştır:

$$\begin{aligned} k_{c1} &= \alpha + 0.303 - 0.083 \mu_c & ; & & 0.025 < k_{c1} < 0.25 \\ k_{c2} &= 1 - 0.073 \frac{N_c}{A_c} & ; & & k_{c2} \leq 1.5 \end{aligned} \quad (7.15)$$

$k_c$  katsayısı için verilen birinci bağıntıda yer alan  $\alpha$  katsayısı dairesel ve dikdörtgen kesitler için aşağıda tanımlanmıştır:

(a) Dairesel kesitte  $\alpha$  katsayısı:

$$\alpha = 0.08 \rho_s f_{yk} \leq 0.193 \quad \left( \rho_s = \frac{4A_{sp}}{D_c s} \right) \quad (7.16)$$

Burada  $\rho_s$  dairesel etriye veya spiral olarak düzenlenen enine donatıların hacimsel oranını göstermektedir.  $A_{sp}$  spiral veya etriyenin kesit alanı,  $s$  ise aralığıdır.

(b) Dikdörtgen kesitte, göz önüne alınır doğrultuya bağlı olarak  $\alpha$  katsayısı:

$$\alpha = 0.16 \rho_s f_{ykx} \leq 0.193 \quad \left( \rho_s = \frac{A_{sxx}}{h_c s} \right) \quad (7.17a)$$

$$\alpha = 0.16 \rho_y f_{ky} < 0.193 \quad \left( \rho_y = \frac{A_{syy}}{b_c s} \right) \quad (7.17b)$$

Burada  $A_{sxx}$  ve  $A_{syy}$ ,  $x$  ve  $y$  doğrultularındaki toplam enine donatı alanını,  $b_c$  ve  $h_c$  dikdörtgen kesitin kesine kuvveti doğrultusuna dik doğrultüdeki boyutlarını,  $s$  enine donatı aralığını göstermektedir.

7.5.5.3 – **Denk.(7.15)**'de yer alan  $\mu_c$ , ilgili plastik mafsal için *yerdeğiştirme süreklilik oranı talebi*'ni göstermektedir:

$$\mu_c = \frac{u_d}{u_{y1}} \quad (7.18)$$

Burada  $u_d$ ,  $j$ 'nci kazıkta bu Bölüm'de açıklanan hesap yöntemleri ile elde edilen *tabliye yerdeğiştirmesi talebi*'ni,  $u_{y1}$  ise aynı kazık için kazık-tabliye birleşimindeki plastik mafsalda akma dönmeye karşı gelen *tabliye yerdeğiştirmesini* göstermektedir.

## 7.5.6. Enine Donatının Kesme Kuvveti Kapasitesi

7.5.6.1 – Enine donatının kesme kuvveti kapasitesi, dairesel ve dikdörtgen kesitler için aşağıda tanımlanmıştır.

(a) Dairesel kesitte:

$$V_s = \frac{A_{sv} f_{yk} D_0}{s} \quad (7.19)$$

Burada  $D_0$  dairesel kesitte göbek betonunu sargılayan spiral veya etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit çapıdır.  $A_{sv}$  ise toplam kesme donatısı alanını göstermektedir:

$$A_{sv} = \frac{\pi}{2} A_{sp} \quad (7.20)$$

Burada  $A_{sp}$  ise spiral veya etriyenin kesit alanını göstermektedir.

(b) Dikdörtgen kesitte:

$$V_s = \frac{A_{sv} f_{yk} d}{s} \quad (7.21)$$

Burada  $d$  dikdörtgen kesitte göz önüne alınan doğrultudaki kesit lüydalı yüksekliğini (basınç tarafındaki kesit kenarı ile çekme donatılarının ağırlık merkezi arasındaki mesafe),  $A_{sv}$  ise göz önüne alınan doğrultuda toplam kesme donatısı alanını (göz önüne alınan doğrultuya göre  $A_{svx}$  veya  $A_{svy}$ ) göstermektedir.

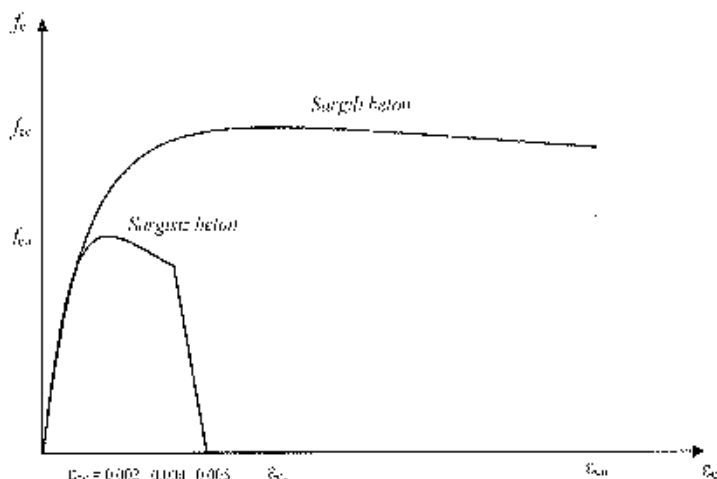
7.5.6.2 – Enine donatı kesme kuvveti kapasitesinin üst sınırı Denk.(7.22) ile tanımlanmıştır:

$$V_s = 0.8 k_s A_c \sqrt{f_{ck}} \quad ; \quad k_s \leq 0.67 \quad (7.22)$$

## EK 7A - BETON VE DONATI ÇELİĞİ İÇİN GERİLME - BİRİM ŞEKİLDEĞİŞTİRME BAĞINTILARI

### 7A.1. SARGILI VE SARGISIZ BETON MODELLERİ

Sargılı ve sargısız beton için gerilme-birim şekildeğiştirme bağıntıları aşağıda tanımlanmıştır (Şekil 7A.1):



Şekil 7A.1

7A.1.1 – Sargılı betonda beton basınç gerilmesi  $f_c$ , basınç birim şekildeğiştirmesi  $\epsilon_c$ 'nin fonksiyonu olarak **Denk.(7A.1)**'deki bağıntı ile verilmektedir:

$$f_c = \frac{f_{cc} \cdot x \cdot r}{r - 1 + x^2} \quad (7A.1)$$

Bu bağıntıdaki normalize edilmiş beton birim şekildeğiştirmesi  $x$  ile  $r$  değişkenine ilişkin bağıntılar **Denk.(7A.2)** ve **Denk.(7A.3)**'te verilmiştir:

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}} \quad ; \quad \epsilon_{cc} = \epsilon_{cc0} [1 + 5(\lambda_c - 1)] \quad ; \quad \epsilon_{cc0} = 0.002 \quad (7A.2)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad ; \quad E_c \approx 5000 \sqrt{f_{cc}} \text{ [MPa]} \quad ; \quad E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\epsilon_{cc}} \quad (7A.3)$$

Sargılı beton dayanımı  $f_{cc}$  ile sargısız beton dayanımı  $f_{cd}$  arasındaki ilişki ise **Denk.(7A.4)**'te verilmiştir:

$$f_{cc} = \lambda_c f_{cd} \quad ; \quad \lambda_c = 2.254 \sqrt{1 - 7.94 \frac{f_c}{f_{cc}} - 2 \frac{f_c}{f_{cc}} - 1.254} \quad (7A.4)$$

Buradaki  $f_c$  etkin sargılı betonun basıncı, dikdörtgen ve dairesel kesitler için aşağıda tanımlanmıştır:

(a) Dikdörtgen kesitlerde  $f_c$  etkin sargılama basıncı birbirine dik iki doğrultu için **Denk.(7A.5)**'te verilen değerlerin ortalaması olarak alınabilir:

$$f_{cx} = k_c \rho_x f_{ytk} \quad ; \quad f_{cy} = k_c \rho_y f_{ytk} \quad (7A.5)$$

Bu bağıntılarda  $f_{ytk}$  enine donatının karakteristik akma dayanımını,  $\rho_x$  ve  $\rho_y$  ilgili doğrultulardaki enine donatıların hacimsel oranlarını göstermektedir:

$$\rho_x = \frac{A_{sx}}{b_y s} \quad ; \quad \rho_y = \frac{A_{sy}}{b_x s} \quad (7A.6)$$

Burada  $A_{sx}$  ve  $A_{sy}$ ,  $x$  ve  $y$  doğrultularındaki enine donatı alanlarını göstermektedir.

**Denk.(7A.5)**'te yer alan  $k_c$  ise **Denk.(7A.7)**'de tanımlanan *sargılama etkinlik katsayısı*'nı göstermektedir.

$$k_c = \left( 1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_x h_a} \right) \left( 1 - \frac{s}{2b_y} \right) \left( 1 - \frac{s}{2h_a} \right) \left( 1 - \frac{A_d}{b_x h_a} \right) \quad (7A.7)$$

Burada  $a_i$  kesit çevresindeki boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı,  $b_x$  ve  $h_a$  sırası ile  $x$  ve  $y$  doğrultularında göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutlarını,  $s$  boyuna doğrultuda etriyelerin eksenleri arasındaki aralığı,  $A_d$  ise kesitteki boyuna donatı alanını göstermektedir.

(b) Dairesel kesitlerde  $f_c$  etkin sargılama basıncı **Denk.(7A.8)** ile verilmiştir.

$$f_c = \frac{1}{2} k_c \rho_x f_{cs1} \quad (7A.8)$$

Burada  $\rho_x$  dairesel etriye veya spiral olarak düzenlenen enine donatıların hacimsel oranını göstermektedir:

$$\rho_x = \frac{4A_{sp}}{D_o s} \quad (7A.9)$$

Bu bağınada  $D_o$  göbek betonunu sargılayan etriye veya spirallerin eksenleri arasında kalan kesit çapını,  $A_{sp}$  ise tek bir etriye veya spiralın kesit alanını göstermektedir.

**Denk.(7A.8)**'de yer alan  $k_c$  *sargılama etkinlik katsayısı*, enine donatıların dairesel etriye olarak düzenlenmesi durumunda;

$$k_c = \left( 1 - \frac{s}{2D_o} \right)^2 \left( 1 - \frac{A_d}{\pi D_o^2 / 4} \right)^{-1} \quad (7A.10a)$$

enine donatıların spiral olarak düzenlenmesi durumunda ise;

$$k_c = \left( 1 - \frac{s}{2D_o} \right) \left( 1 - \frac{A_d}{\pi D_o^2 / 4} \right)^{-1} \quad (7A.10b)$$

7A.1.2. Sargılı beton için verilen **Denk.(7A.1)**,  $\epsilon_s = 0.004$ 'e kadar olan bölgede sargısız beton için de geçerlidir. Sargısız betonda etkin sargılama basıncı  $f_c > 0$  ve buna bağlı olarak **Denk.(7A.4)**'ten  $k_{e^*} = 1$  olacağından **Denk.(7A.2)** ve **Denk.(7A.4)**'te  $f_{cc} = f_{cs}$  ve  $\epsilon_{cs} = \epsilon_{cc}$  olacaktır.  $\epsilon_s = 0.005$ 'de  $f_c = 0$  olarak tanımlanır.  $0.004 < \epsilon_s < 0.005$  aralığında gerilme - birim şekildeğiştirme ilişkisi doğrusaktır.

## 7A.2. DONATI ÇELİĞİ MODELİ

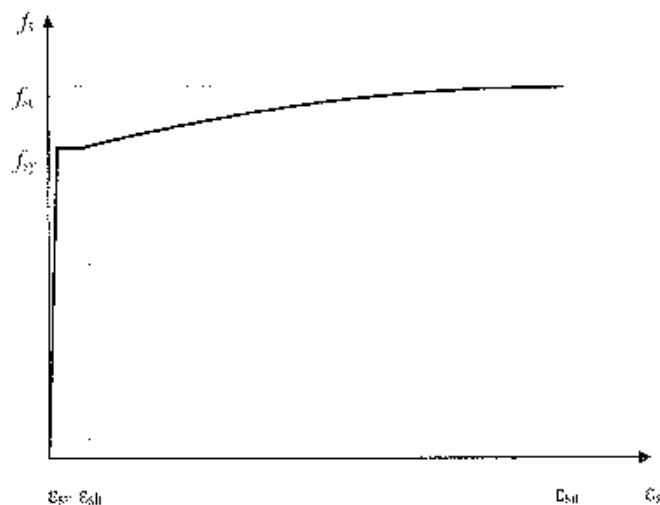
Donatı çelikleri için gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları **Denk.(7A.11)**'de tanımlanmıştır (**Şekil 7A.2**):

$$\begin{aligned} f_s &= E_s \epsilon_s & (0 \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{sy}) \\ f_s &= f_{sy} & (\epsilon_{sy} < \epsilon_s < \epsilon_{su}) \\ f_s &= f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \frac{(\epsilon_{su} - \epsilon_s)^2}{(\epsilon_{su} - \epsilon_{st})^2} & (\epsilon_{su} < \epsilon_s \leq \epsilon_{st}) \end{aligned} \quad (7A.11)$$

Donatı çeliğinin elastiklik modülü  $E_s = 2 \times 10^5$  MPa'dır. Doğrusal olmayan hesapta kullanılacak üzere B420C ve B500C kalitesindeki donatı çeliklerine ait bilgiler **Tablo 7A.1**'de verilmiştir. Tabloda  $f_{cs}$  karakteristik akma dayanımını,  $\epsilon_{su}$  ise çekme dayanımına karşı gelen birim uzamayı göstermektedir.

**Tablo 7A.1. Donatı Çeliklerine Ait Bilgiler**

Kalite	$f_{cs}$ (MPa)	$\epsilon_{cs}$	$\epsilon_{su}$	$\epsilon_{st}$	$f_{su}$ (MPa)
B420C	420	0.0021	0.008	0.08	550
B500C	500	0.0025	0.008	0.08	650



**Şekil 7A.2**



## EK 7B – BETONARME KESİTLERDE ETKİN KESİT EĞİLME RİJİTLİĞİ, ETKİN AKMA MOMENTİ VE ETKİN AKMA YÜZEYİ

### 7B.1. MOMENT – EĞRİLİK HESABI: ETKİN KESİT EĞİLME RİJİTLİĞİ VE ETKİN AKMA MOMENTİ

7B.1.1 – Yiğitli plastik davranış modeli kapsamında betonarme kesitlerde etkin eğilme rijitliği, plastik moment kapasitesi (etkin akma momenti kapasitesi) ve etkin akma yüzeyi, beton ve donatı çeliği için EK 7A'da tanımlanan gerilme-birim şekildeğiştirme bağıntılarından yararlanılarak yapılacak moment-eğrilik hesabından elde edilecektir.

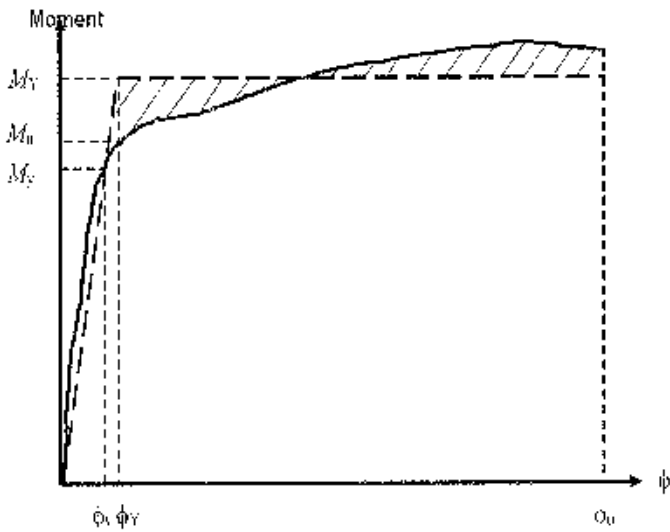
7B.1.2 – Verilen bir eksenel kuvvet etkisi altında tipik bir moment-eğrilik ilişkisi Şekil 7B.1'de gösterilmiştir. Mühendislik uygulamalarında doğrusal olmayan moment-eğrilik ilişkisi yerine, yaklaşık olarak Şekil 7B.1'de kalın kesikli çizgilerle gösterilen iki doğrulu *elasto-plastik moment-eğrilik modeli* göz önüne alınır. Plastik mafsal yaklaşımı ile uyumlu olan bu basitleştirilmiş modelde iki doğrunun  $M_y$  ve  $\theta_y$  koordinatları ile temsil edilen kesişme noktası, elasto-plastik model için iktilif olarak tanımlanan *etkin akma noktası*'dır. Birinci doğru kesitin akma öncesi doğrusal elastik davranışını, yatay olan ikinci doğru ise kesitin akma sonrası plastik davranışını ifade etmektedir.

7B.1.3 – Moment-eğrilik hesabında beton ve donatı çeliğinin dayanımları olarak, EK 7A'da tanımlanan karakteristik dayanımları 7.3.2.7'ye göre artırılması ile elde edilen *beklenen (ortalama) dayanımlar* kullanılacaktır. Maksimum eğrilik  $\phi_u$ 'nun hesabında 7.5.1'de tanımlanan maksimum beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmeleri olarak, hangisine önce erişilirse,  $\epsilon_{cu}$  veya  $\epsilon_{su}$  esas alınacaktır.

7B.1.4 – Şekil 7B.1'deki iki-doğrulu modelde yaklaşık doğrusal elastik davranışı ifade eden birinci doğru, kesitte ilk donatı akmasının meydana geldiği durumda  $M_y$  ve  $\theta_y$  koordinatları ile temsil edilen noktanın başlangıç noktası ile birleştirilmesinden elde edilir. Bu doğrunun eğimi, kesitin *etkin eğilme rijitliği* ( $EI_e$ ) olarak tanımlanır. Etkin eğilme rijitliğinin depremde kesite etkileyen eksenel kuvvetle değişimi ihmal edilecektir. Bu nedenle bu amaca yönelik hesapta sadece sabit (ölü) yüklerden meydana gelen eksenel kuvvet göz önüne alınacaktır.

7B.1.5 – Şekil 7B.1'deki iki-doğrulu modelde plastik davranışı ifade eden ikinci yatay doğrunun ordinatı kesitin *etkin akma momenti kapasitesi*'ni veya diğer deyişle *plastik moment kapasitesi*'ni ifade eder. Bu değer, ilk donatı akmasından sonra maksimum eğrilığe kadar olan bölgede doğrusal olmayan moment-eğrilik eğrisi ile iki-doğrulu yaklaşık modelin arasında kalan alanların (Şekil 7B.1'deki taralı alanlar) dengelenmesi ile elde edilir.

7B.1.6 – Şekil 7B.1'de gösterilen *kesit nominal momenti*  $M_c$ , yaklaşık olarak eğrisel moment-eğrilik ilişkisinde  $\phi_y$  etkin eğrilğine karşı gelen eğilme momenti olarak tanımlanır.

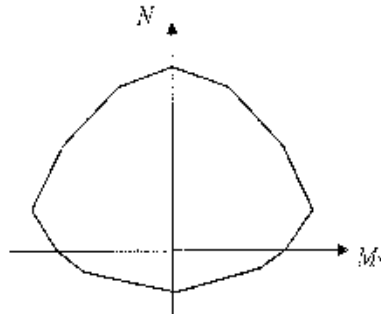


Şekil 7B.1

## 7B.2. ETKİN AKMA YÜZEYLERİ

**7B.2.1** – Kazıklarda aksel kuvvetlerin plastik moment kapasitelerine (etkin akma momentlerine) etkisini göz önüne alınmak üzere, kazık kesitleri için *etkin akma yüzeyleri* oluşturulacaktır. Bu bağlamda aksel kuvvetleri farklı olan kazıkların plastik moment kapasiteleri (etkin akma momentleri) her bir tipik kazık için oluşturulan *etkin akma yüzeyi* ile belirlenebilecektir.

**7B.2.2** – YÖNTEM 2.2 kapsamında yapılacak itme hesaplarında kolaylık sağlamak üzere, etkin akma yüzeyi **Şekil 7B.2**'de gösterildiği üzere yaklaşık olarak doğrusallaştırılabilir.



Şekil 7B.2

## EK 7C – YÖNTEM 2.1: KARMA YÖNTEM İLE KAZIKLARDAKİ ŞEKİLDEĞİŞTİRME VE İÇ KUVVET TALEPLERİNİN ELDE EDİLMESİ

### 7C.1. KAZIKLARDAKİ PLASTİK ŞEKİLDEĞİŞTİRME TALEPLERİ

**7C.1.1** – Her bir j'inci kazıkta göz önüne alınan deprem doğrultusunda kazık-tabliye birleşimindeki plastik *nafsal dönmesi talebi*, *eşit yerdeğiştirme kuralı* çerçevesinde YÖNTEM 2.1'e göre yapılacak doğrusal hesap sonuçlarından yaklaşık olarak aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

$$\theta_{yj} = \theta_{kj} - \theta_{yj} \quad (7C.1)$$

Burada  $\theta_{yj}$  j'inci kazığın tabliye birleşimindeki *plastik nafsal dönmesi*'ni,  $\theta_{kj}$  aynı birleşimde **7C.1.2**'ye göre tanımlanan *yerdeğiştirmiş eksen dönmesi*'ni,  $\theta_{yj}$  ise **7C.1.4**'e göre hesaplanan *akma uç dönmesi*'ni göstermektedir.  $\theta_{yj}$ 'nin pozitif olmaması, kesitte plastik şekildeğiştirme meydana gelmediğini gösterir.

**7C.1.2** – Kazıkta tabliye birleşimindeki *yerdeğiştirmiş eksen dönmesi*  $\theta_{kj}$  **Denk.(7C.2)** ile elde edilecektir (**Şekil 7C.1**):

$$\theta_{kj} = \delta_{j0} \cdot \theta_{j1} \quad (7C.2)$$

Burada  $\theta_{j1}$ , YÖNTEM 2.1 ile tabliye birleşiminde hesaplanan dönmeye **7C.1.3**'e göre bulunan *değerlendirmeye esas dönme talebi*'ni göstermektedir.  $\delta_{j0}$  ise **Denk.(7C.3)**'ten elde edilecektir:

$$\delta_{j0} = \frac{u_{j1} - u_{j0}}{H_{j2}} \quad (7C.3)$$

Bu bağıntıda  $u_{j1}$ , YÖNTEM 2.1 ile tabliye birleşiminde hesaplanan yerdeğiştirmeden **7C.1.3**'e göre bulunan *değerlendirmeye esas yerdeğiştirme talebi*'ni göstermektedir.  $H_{j2}$ , deforme olmuş kazığa üstten ilk *büküm noktası (moment sıfır noktası)* ile kazığın tabliye birleşimi arasındaki düşey uzunluktur.  $u_{j0}$  ise büküm noktası için **7C.1.3**'e göre bulunan *değerlendirmeye esas yerdeğiştirme talebi*'ni göstermektedir (**Şekil 7C.1**).

**7C.1.3** – Göz önüne alınan deprem doğrultusunda j'inci kazık için **7C.1.2**'de *değerlendirmeye esas yerdeğiştirmeler ve dönme* olarak tanımlanan  $u_{j1}$ ,  $u_{j0}$  ve  $\theta_{j1}$ , **7.4**'te verilen modellerle kuralları kullanılarak YÖNTEM 2.1 (*Karma Yöntem*) kapsamında **Bölüm 6**'ya göre yapılan hesaptan *doğrusal elastik yerdeğiştirme ve dönme* olarak elde edilen  $u_{c1}$ ,  $u_{c0}$  ve  $\theta_{c1}$ 'ye bağlı olarak aşağıdaki şekilde bulunur:

$$u_{j1} = C_{Rj} \cdot u_{c1} \quad ; \quad u_{j0} = C_{Rj0} \cdot u_{c0} \quad ; \quad \theta_{j1} = C_{R\theta j} \cdot \theta_{c1} \quad (7C.4)$$

Burada  $C_{Rj}$  aşağıdaki şekilde hesaplanan büyütme katsayısını göstermektedir:

(a) Göz önüne alınan deprem doğrultusunda kazık rijitlik veya iskeletin bakım doğal titreşim periyodu  $T_p$ 'nin **2.3.4**'te verilen tasarım ivme spektrumunda tanımlanan  $T_B$  köşe periyodundan daha uzun olması durumunda ( $T_p > T_B$ ) *eşit yerdeğiştirme kuralı* gereğince:

$$C_{R_p} = 1 \quad (7C.5)$$

(b) Göz önüne alınan deprem doğrultusunda kazıklı rijitlik veya iskeletin hakim doğal titreşim periyodu  $T_p$ 'nin 2.3.4'te verilen tasarım ivme spektrumundaki tanımlanan  $T_3$  köşe periyodundan daha kısa olması durumunda ( $T_p < T_3$ ) ise *büyütme katsayısı* aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır:

$$C_{R_p} = 1 + \frac{(R_y - 1) T_p / T_f}{R_y} \geq 1 \quad (7C.6)$$

Burada  $R_y$  *akma dayanımı azaltma katsayısı*'ni göstermektedir ve aşağıdaki şekilde belirlenecektir:

$$R_y = \frac{V_c}{V_y} \quad (7C.7)$$

Bu bağlamda yer alan  $V_c$  **Bölüm 6**'ya göre yapılan doğrusal hesaptan kazıklarda bulunan toplam kesme kuvvetini,  $V_y$  ise 7C.2'ye göre kazıklarda elde edilen kesme kuvvetlerinin toplamını göstermektedir.

7C.1.4 -  $H_j$  yüksekliği boyunca tek eğrilikli olarak deforme olan kazığın tabliye birleşimindeki *verdiği dönmüş eksen dönmesi* ile aynı birleşimdeki eğilme momenti arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\theta_k = \frac{M_j}{3EI} H_{oj} \quad (7C.8)$$

$j$  ucundaki momentin EK 7B'de tanımlanan etkin akma momentine erişmesi durumunda ( $M_j = M_{vj}$ ), *akma uç dönmesi*  $\theta_{vj}$  Denk. (7C.8)'den aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$\theta_{vj} = \frac{M_{vj}}{3EI} H_{oj} \quad (7C.9)$$

Çelik boru kazıkta betonarme tüpa ile yapılan tabliye birleşiminde  $M_{vj}$  betonarme tüpanın etkin akma momentine (Bkz. EK 7B),  $EI$  ise çelik borunun kesit eğilme rijitliğine karşı gelmektedir. Betonarme kazık durumunda ise  $EI$  betonarme kazık kesitinin EK 7B'ye göre etkin kesit eğilme rijitliği ( $EI_c$ )'ye karşı geleceğinden Denk.(7C.9) yerine aşağıdaki bağıntı yazılabilir:

$$\theta_{vj} = \frac{\phi_{vj}}{3} H_{oj} \quad (7C.10)$$

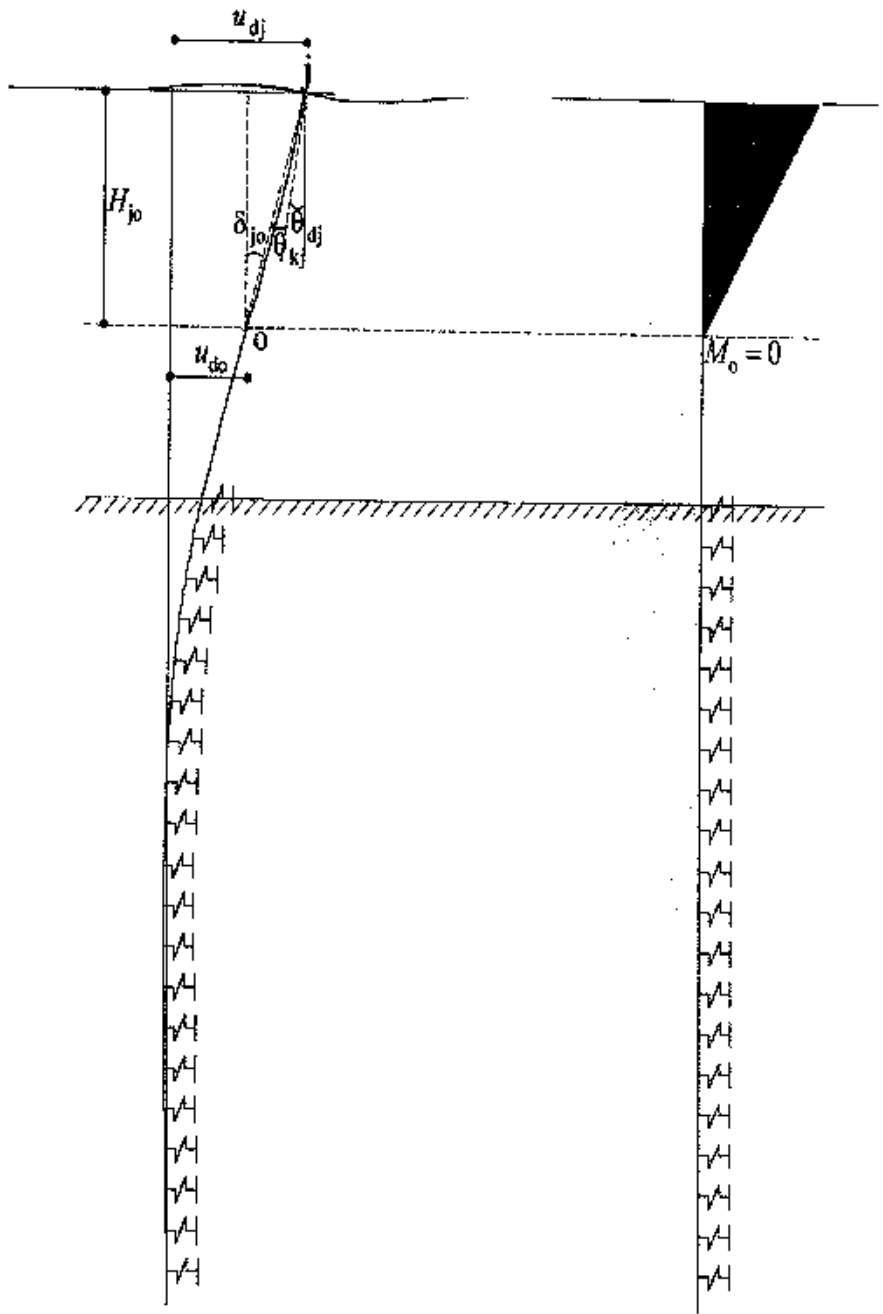
Burada  $\phi_{vj}$  betonarme kazığın tabliye birleşimindeki etkin akma eğriliğini göstermektedir.

## 7C.2. KAZIKLARDAKİ KESME KUVVETİ TALEPLERİ

Tabliye birleşiminde plastikleşen kazıkta ikinci aşama için göz önüne alınacak kesme kuvveti talebi Denk.(7C.11) ile hesaplanabilir:

$$V_{vj} = \frac{M_{vj}}{H_{oj}} \quad (7C.11)$$

Plastikleşmeyen kazıklarda akma momentleri yerine hesaptan bulunan doğrusal elastik momentler göz önüne alınacaktır.



Şekil 7C.1

### 7D.1. SABİT TEK MODLU İTME YÖNTEMİ İLE MODAL KAPASİTE DİYAGRAMININ ELDE EDİLMESİ

**7D.1.1** – Geleneksel itme yöntemi olarak bilinen *sabit tek modlu itme yöntemi*’nde, göz önüne alınan (X) depremin doğrultusunda k’inci itme adımında taşıyıcı sistemin tipik (i) düğüm noktasına etkiyen *deprem yükü artımları*, deprem dış yüklemelerden sonraki birinci adımda belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen *sabit mod şekli*’ne göre hesaplanan *düğüm noktası modal etkin kütleleri* vainsinden ifade edilirler:

$$\Delta f_{xi}^{(X,k)} = m_{xi}^{(X,1)} \Delta a_1^{(X,k)} \quad ; \quad \Delta f_{yi}^{(X,k)} = m_{yi}^{(X,1)} \Delta a_1^{(X,k)} \quad ; \quad \Delta f_{zi}^{(X,k)} = m_{zi}^{(X,1)} \Delta a_1^{(X,k)} \quad (7D.1)$$

Burada  $m_{xi}^{(X,1)}$ ,  $m_{yi}^{(X,1)}$  ve  $m_{zi}^{(X,1)}$  düğüm noktası etkin kütlelerini göstermektedir:

$$m_{xi}^{(X,1)} = m_i \Phi_{ki}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)} \quad ; \quad m_{yi}^{(X,1)} = m_i \Phi_{ki}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)} \quad ; \quad m_{zi}^{(X,1)} = m_i \Phi_{ki}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)} \quad (7D.2)$$

Bu bağımlılarda  $\Gamma_1^{(X,1)}$ , göz önüne alınan (X) depremi doğrultusu ve birinci titreşim modu için birinci itme adımında hesaplanan *modal katkı katsayısı*’dır.

**7D.1.2** – Aşağıdaki iki mafsal oluşumu arasında tanımlanan k’inci itme adımında bilinmeyen büyüklük, birinci moda ait *modal tek serbestlik dereceli sistem*’in **Denk.(7D.1)**’de yer alan *modal sözde-ivme artımı*  $\Delta a_1^{(X,k)}$ ’dır. Bu büyüklük, 7.3.2’ye göre modellenen kazıklarda her bir adım sonunda oluşan yeni bir plastik mafsalın *akma koşulu*’ndan hesaplanır. Elde edilen *modal sözde-ivme artımı*, bir önceki adımın sonunda bulunan *sözde-ivme* değerine eklenecek k’inci adım sonundaki birikimli modal sözde-ivme  $a_1^{(X,k)}$  elde edilir. Rıhtım ve iskeleler için yapılan itme hesabında  $a_1^{(X,k)}$ , (X) depremi doğrultusunda *toplam deprem yükü (toplam kesme kuvveti)*  $V_x^{(X,k)}$  için yazılan **Denk.(7D.3)**’ten elde edilir:

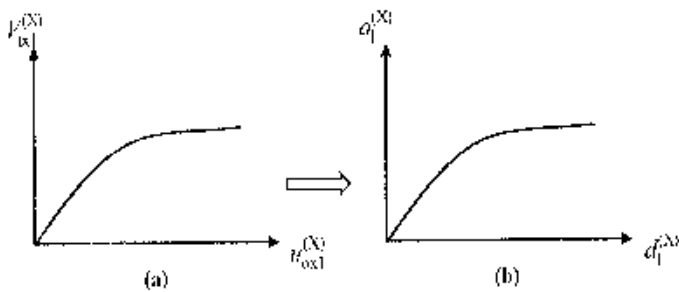
$$a_1^{(X,k)} = \frac{V_x^{(X,k)}}{m_{xi}^{(X,1)}} \quad (7D.3)$$

Bu bağıntıda yer alan *toplam deprem yükü modal etkin kütlesi*  $m_{xi}^{(X,1)}$ , x eksenli doğrultusunda **Denk.(7D.2)**’de birinci itme adımındaki *mod şekli*’ne göre tanımlanan ve *tüm itme hesabı boyunca sabit* olarak alınan *erkin kütleler*  $m_{ki}^{(X,1)}$ ’lerin toplamıdır.

**7D.1.3** – Birinci moda ait *modal tek serbestlik dereceli sistem*’in *modal yerdeğiştirmesi*  $a_1^{(X,k)}$ , itme hesabından herhangi bir j’inci düğüm noktasında x doğrultusunda elde edilen yatay yerdeğiştirmeden hesaplanabilir. Rıhtım ve iskeleler için yapılmış itme hesabında bu amaçlı tabliyenin kütle merkezi (o)’daki yerdeğiştirmeden yararlanılır:

$$a_1^{(X,k)} = \frac{u_{o,i}^{(X,k)}}{\Phi_{ki}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)}} \quad (7D.4)$$

**7D.1.4** – Geleneksel itme hesabında önce *toplam deprem yükü tabiiye kütle merkezi yerdeğiştirmesi* ilişkisi olarak *itme eğrisi* çizilir (**Şekil 7D.1a**) ve daha sonra bu eğrinin koordinatları **Denk.(7D.3)** ve **Denk.(7D.4)**’e göre dönüştürülerek *modal tek serbestlik dereceli sistem*’e ait *modal sözde ivme – modal yerdeğiştirme* ilişkisi olarak *modal kapasite diyagramı* elde edilir (**Şekil 7D.1b**).



Şekil 7D.1

## 7D.2. DEPREMİN MODAL YERDEĞİŞTİRME TALEBİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN SPEKTRAL YERDEĞİŞTİRME OLARAK ELDE EDİLMESİ

Depremün *modal yerdeğiştirme talebi*'ni elde edilmesi, verilen deprem etkisi altında *modal kapasite diyagramı* tarafından temsil edilen *modal tek serbestlik dereceli sistemin maksimum yerdeğiştirilmesi*'ni hesabını karşı görmektedir.

7D.2.1 – Modal tek serbestlik dereceli sistemde maksimum yerdeğiştirme, *doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme* olarak tanımlanır:

$$d_{1,max}^{i(X)} = S_{di}(T_1) \quad (7D.5)$$

Burada  $d_{1,max}^{i(X)}$  *modal tek serbestlik dereceli sistemin maksimum yerdeğiştirilmesi*'ni,  $S_{di}(T_1)$  ise taşıyıcı sistemin birinci doğal titreşim periyodu  $T_1$ 'e karşı gelen ve Denk.(7D.6) ile tanımlanan *doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme*'yi göstermektedir.

$$S_{di}(T_1) = C_R S_{oe}(T_1) \quad (7D.6)$$

Burada  $S_{oe}(T_1)$ , Denk.(2.5) ile tanımlanan *elastik tasarım spektral yerdeğiştirilmesi*'ni,  $C_R$  ise Denk.(7D.7)'te tanımlanan *spektral yerdeğiştirme oranı*'nı göstermektedir.

7D.2.2 – Denk.(7D.6)'te yer alan *spektral yerdeğiştirme oranı*  $C_R$ , Denk.(7D.7)'de tanımlanmıştır:

$$C_R = \frac{\mu(R_y, T_1)}{R_y} \quad (7D.7)$$

Burada *akma dayanımı azaltma katsayısı*'ni gösteren  $R_y$ , Denk.(7D.8)'de tanımlanmıştır:

$$R_y = \frac{f_y}{f_y} - \frac{S_{oe}(T)}{\sigma_{y1}} \quad (7D.8)$$

Bu bağlamda  $f_y$  ve  $S_{oe}(T_1)$  *elastik dayanım talebi*'ni ve ona karşı gelen *elastik spektral ivme*'yi,  $f_y$  ve  $a_1$  ise *akma dayanımı*'ni ve ona karşı gelen *akma sözde-ivmesi*'ni temsil etmektedir (Şekil 7D.2).

**7D.2.3 – Denk.(7D.7)**'te yer alan  $\mu(R_y, T_1)$ , akma dayanımı'na ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak ifade edilen *süneklik talebi*'dir.

(a) *Depremi süneklik talebi*  $\mu(R_y, T_1)$ , eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca rijitliği fazla olmayan taşıyıcı sistemler için *Akma Dayanımı Azaltma Katsayısı*  $R_y$ 'a eşit alınır:

$$\mu(R_y, T_1) = R_y \quad T_1 > T_B \quad (7D.9a)$$

(b) *Rijitliği fazla taşıyıcı sistemler* için ise:

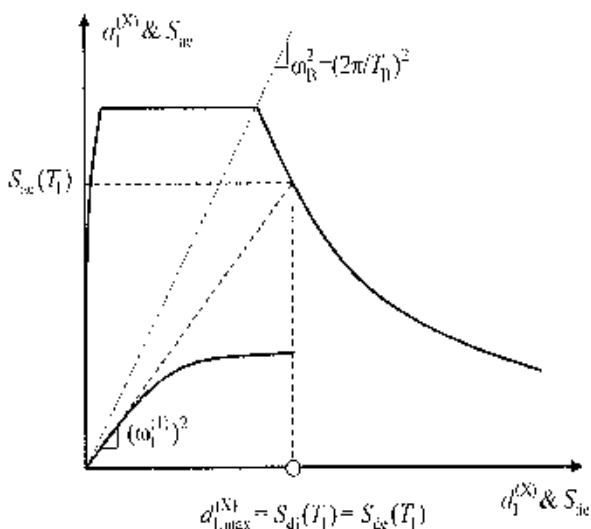
$$\mu(R_y, T_1) = 1 + (R_y - 1) \frac{T_B}{T_1} \quad T_1 \leq T_B \quad (7D.9b)$$

**7D.2.4 – Denk.(7D.7)**'de tanımlanan *spektral yerdeğiştirme oranı*  $C_R$ , **Denk.(7D.9)**'dan yararlanılarak **Denk.(7D.10)**'deki şekilde ifade edilir:

$$C_R = 1 \quad T_1 > T_B \quad (7D.10a)$$

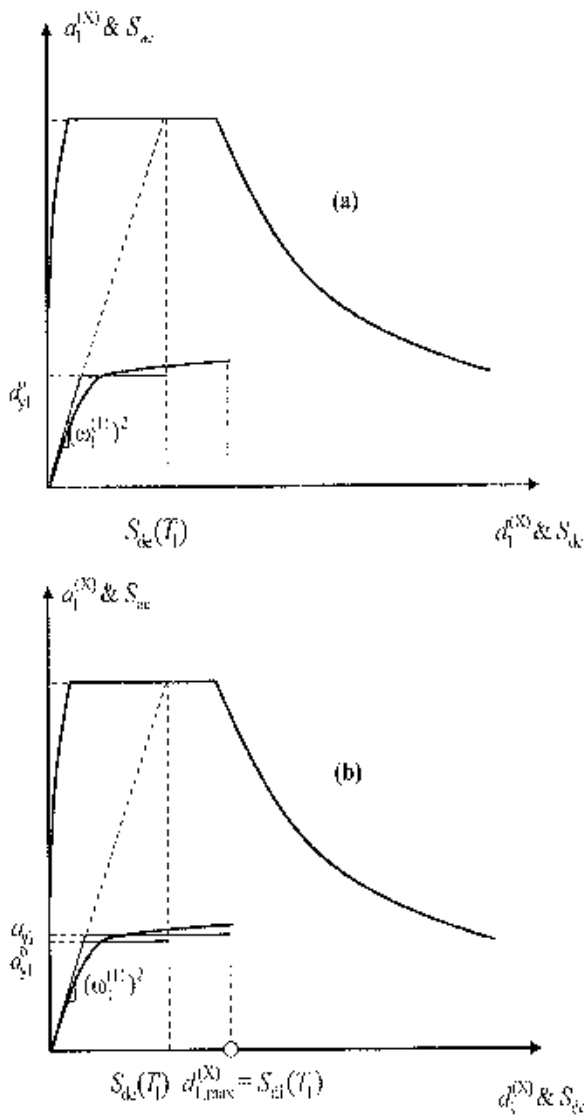
$$C_R = \frac{1 + (R_y - 1) \frac{T_B}{T_1}}{R_y} \geq 1 \quad T_1 \leq T_B \quad (7D.10b)$$

**7D.2.5 – Şekil 7D.2** ve **Şekil 7D.3**'te birinci (hâkim) titreşim moduna ait ve koordinatları *modal yerdeğiştirme modal sozde-ivme*  $(d_1, \ddot{a}_1)$  olan *modal kapasite diyagramı* ile koordinatları *spektral yerdeğiştirme-spektral ivme*  $(S_d, S_a)$  olan *doğrusal deprem spektrumu* birarada çizilmiştir.



**Şekil 7D.2**





Şekil 7D.3

(a) Şekil 7D.2’te gösterilen durum. Denk.(7D.6) ile birlikte Denk.(7D.10a)’nin uygulanmasına karşı gelmektedir. Bu durumda, modal kapasite diyagramı üzerinde hiçbir işlem yapmaksızın, sadece birinci itme adımındaki doğal titreşim periyodunun  $T_1 > T_{it}$  veya  $(\omega_1^{(1)})^2 \leq \omega_0^2$  koşulunu sağlandığının gösterilmesi yeterlidir.

(b) Öte yandan Şekil 7D.3’te gösterilen durum. Denk.(7D.6) ile birlikte Denk.(7D.10b)’nin uygulanmasına karşı gelmektedir. Bu durumda *spektral yerdeğiştirme oranı*  $\bar{C}_R$ , ardışık yaklaşımla hesaplanacaktır. Bu amaçla modal kapasite diyagramı, Şekil 7D.3a’da gösterildiği

üzere, önce  $C_R = 1$  alınarak iki doğrulu *elasto-plastik* bir diyagrama dönüştürülür. Dönüşüm işleminde diyagramların altında kalan alanların çıktığı esas alınır. Bu şekilde bulunan yaklaşık akma sözde-ivmesi  $\alpha_2^*$  kullanılarak **Denk.(7D.8)**'den  $R_2$  ve buna bağlı olarak **Denk.(7D.10b)**'den  $C_R$  ve **Denk.(7D.6)**'dan  $S_{eff}(T_1)$  hesaplanır. Buna göre *elasto plastik* çiyagramı tekrar oluşturulur (**Şekil 7D.3b**) ve yeniden bulunan  $\alpha_1$  esas alınarak aynı işlemler tekrarlanır. Sonuçların yeterince yaklaştıkları adımda ardışık yaklaşıma son verilir.

### 7D.3. DEPREMİN MODAL YERDEĞİŞTİRME TALEBİNİN ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN HESAPTA N ELDE EDİLMESİ

**7D.3.1** – Depremın *modal yerdeğıştirme talebi*, modal tek serbestlik dereceli sistemin enbüyük yerdeğıştirmesi olarak, zaman tanım alanında yapılacak *doğrusal olmayan hesap* tan elde edilebilir. **7D.1.4**'te ekte edilen modal kapasite diyagramına **7.4.4.4**'e göre seçilecek uygun bir histeretik davranış modeli uyarlanarak **Denk.(7D.11)**'de artımsal olarak verilen hareket denklemi çözülür:

$$\Delta d_1^{(N)}(t) + 2\xi_1 \omega_1 \Delta d_1^{(N)}(t) + \Delta o_1^{(N)}(t) = - \Delta \ddot{u}_2^{(N)}(t) \quad (7D.11)$$

Taşıyıcı sistemin yerdeğıştirmeleri ve bunlara bağlı olarak şekildeğıştirmeleri ve iç kuvvetleri, **Denk.(7D.11)**'deki hareket denkleminin çözümünden elde edilen modal yerdeğıştirmenin en büyük değeri alınarak elde edilebilir.

**7D.3.2** – Göz önüne alınan deprem doğrultusunda zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesapta en az 7 deprem yer hareketi kullanılacaktır. Kullanılacak deprem kayıtlarının seçimi **2.5**'te tanımlanmıştır. Kayıtların dönüştürülmesi için **2.5.3**'ten yararlanılacaktır. Modal yerdeğıştirme, yapılan 7 analizin her birinden elde edilen sonuçların enbüyük mutlak değerlerinin ortalaması olarak hesaplanacaktır.

## EK 7E – YÖNTEM 2.2: ARTIMSAL MOD BİRLEŞTİRME (AMB) YÖNTEMİ İLE ÇOK MODLU İTME HESABI

### 7E.1. GİRİŞ

**7E.1.1** – Yiğil plastik davranış (plastik mafsaf) modeli çerçevesinde elasto-plastik mafsallarla modellenen taşıyıcı sistem, artımsal yük (veya yerdeğiştirme) etkileri altında ardışık iki plastik mafsaf oluşumu arasındaki her bir *itme adımı*'nda doğrusal elastik davranış gösterir. *Artımsal Mod Birleştirme (AMB) Yöntemi* ile çok modlu itme hesabı, bu itme adımlarında doğrusal *Mod Birleştirme Yöntemi*'nin artımsal olarak uygulanmasına dayanır.

**7E.1.2** – Yöntemin en önemli özelliklerinden biri, her bir itme adımı sonunda oluşan mafsaf nedeni ile değişen taşıyıcı sistemin yeniden modellenmesi, modal özelliklerinin yeniden hesaplanması ve buna bağlı olarak taşıyıcı sistemde deprem yükü ve yerdeğiştirme dağılımlarının her adımda yenilenmesidir.

**7E.1.3** – Yöntemde deprem etkisi tasarımı spektrumu ile tanımlanmaktadır. Her itme adımında *modal tek serbestlik dereceli sistemler* düzeyinde geçerli olduğu bilinen *eşit yerdeğiştirme kuralı*'nın esas alındığı yöntemde, artımsal olarak elde edilen yerdeğiştirmeler, iç kuvvetler ve plastik şekildeğiştirmeler adım adım toplanarak sonuçta seçilen deprem düzeyine karşı gelen deprem etkileri (deprem talepleri) hesaplanır.

### 7E.2. ARTIMSAL DEPREM YÜKLERİ VE ARTIMSAL YERDEĞİŞTİRMELER

(X) doğrultusunda bir depremin etkisi altında, ardışık iki plastik kesit oluşumu arasındaki herhangi bir (i)'inci *doğrusal itme adımı*'nda, tipik bir n'inci doğal titreşim modu için taşıyıcı sistemin herhangi bir (j) düğüm noktasında x,y,z doğrultularında etkileyen artımsal modal deprem yükleri ile aynı noktadaki artımsal modal yerdeğiştirmeler aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\Delta y_{jn}^{(X,i)} = m_j \Phi_{jn}^{(i)} \Gamma_n^{(X,i)} \Delta a_n^{(X,i)} \quad ; \quad \Delta u_{jn}^{(X,i)} = \Phi_{jn}^{(i)} \Gamma_n^{(X,i)} A d_n^{(X,i)} \quad (s = x,y,z) \quad (7E.1)$$

Burada (i) üst indisi i'inci itme adımını,  $m_j$  (j) düğüm noktasındaki kütle,  $\Phi_{jn}^{(i)}$  n'inci doğal titreşim mod şeklinin (j) noktasında x, y veya z doğrultularındaki genliklerini,  $\Gamma_n^{(X,i)}$  ise (X) doğrultusundaki deprem için n'inci modun katkı çarpanını göstermektedir.  $\Delta a_n^{(X,i)}$  ve  $A d_n^{(X,i)}$  i'inci itme adımında (X) doğrultusundaki deprem için n'inci moda ait modal tek serbestlik dereceli sistemin temel davranış büyüklükleri olan *modal sözde-ivme* ve *modal yerdeğiştirme* artımlarını ifade etmektedir. Bu büyüklükler, birbirlerine aşağıdaki şekilde bağlıdır:

$$\Delta a_n^{(X,i)} = (\omega_n^{(i)})^2 \Delta d_n^{(X,i)} \quad (7E.2)$$

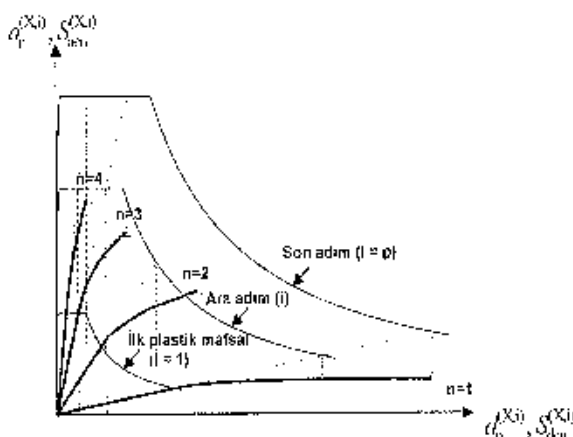
Burada  $\omega_n^{(i)}$ , (i)'inci itme adımındaki taşıyıcı sistemin n'inci moduna ait doğal açısal frekansı göstermektedir.

### 7E.3. MODAL KAPASİTE DİYAGRAMLARI

Her itme adımı sonunda artımsal *modal sözde-ivme* ve *modal yerdeğiştirme* değerleri, bir önceki adım sonunda elde edilenlere eklenerek birikimli (kümülatif) değerler aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$\begin{aligned} d_r^{(X,i)} &= d_r^{(X,i-1)} + \Delta d_n^{(X,i)} \\ \alpha_n^{(X,i)} &= \alpha_n^{(X,i-1)} + \Delta \alpha_n^{(X,i)} \end{aligned} \quad (7E.3)$$

*Artımsal Mod Birleştirme (AMB) Yöntemi*'nin amacı, ardışık iki plastik mafsal oluşumunu arasındaki her bir (i) inci itme adımımda ve her moda **Denk.(7E.3)**'teki büyüklükleri elde etmek ve bunlardan yararlanarak taşıyıcı sistemde doğrusal olmayan titer davranış büyüklüklerini hesaplamaktır. Yatay ve dikey eksenleri *modal yerdeğiştirme* ve *modal sözde-ivme* olarak tanımlanarak göz önüne alınan bölün titreşim modları için çizilen tipik *modal kapasite diyagramları* Şekil 7E.1'de görülmektedir. Geleneksel itme hesabında sadece birinci mod (n=1) için hesap yapılmakta, diğer modların etkileri ihmal edilmektedir.



Şekil 7E.1

### 7E.4. MODAL ÖLÇEKLENDİRME

7E.4.1 – Şekil 7E.1'de yatay ve dikey eksenler aynı zamanda *spektral yerdeğiştirme* ( $S_{den}^{(X,i)}$ ) ve *spektral sözde-ivme* ( $S_{den}^{(X,i)}$ ) olarak belirtilmişlerdir. Taşıyıcı sistemin doğrusal davranış göstermesi durumunda, verilen bir deprem için tipik n'inci modal yerdeğiştirme ve modal sözde-ivmenin maksimum değerleri olan *spektral yerdeğiştirme* ( $S_{den}^{(X,p)}$ ) ve *spektral sözde-ivme* ( $S_{den}^{(X,p)}$ ) Şekil 7E.1'de orijinden çizilen ışınların en dıştaki spektrum eğrisini kestiği noktaların koordinatlarıdır. Bu koordinatların arasındaki bağıntı:

$$S_{den}^{(X,p)} = (\alpha_n^{(1)})^2 S_{den}^{(X,p)} \quad (7E.4)$$

Burada  $\alpha_n^{(1)}$ , henüz hiçbir mafsal oluşmamış iken i-1'inci adımda taşıyıcı sistemin n'inci modu için hesaplanan doğal açılma frekansı göstermektedir.

**7E.4.2 – Artımsal Mod Birleştirme (AMB) Yöntemi**’nde modal tek serbestlik dereceli sistemler düzeyinde geçerli olduğu bilinen *eyil yerdęęiştirme kuralı* esas alınır. Bu kurala göre, verilen bir depremin etkisi altında başlangıç rijitlikleri aynı olan doğrusal ve doğrusal olmayan tek serbestlik dereceli sistemlerin maksimum yerdęęiştirmeleri, diğer deyişle doğrusal (elastik) spektral yerdęęiştirme  $S_{k,n}^{(X,p)}$  ile doğrusal olmayan (inelastik) spektral yerdęęiştirme  $S_{den}^{(X,p)}$ , her her bir titreşim modunda pratik olarak birbirine eşit alınabilir.

$$S_{den}^{(X,p)} \cong S_{cor}^{(X,p)} \quad (7E.5)$$

*Artımsal Mod Birleştirme (AMB) Yöntemi*’nde bu ilişki her bir *i*’inci itme adımı için geçerli varsayılmıştır.

$$S_{dr}^{(X,i)} \cong S_{den}^{(X,i)} \quad (7E.6)$$

Burada  $S_{den}^{(X,i)}$ , *i*’inci adım için aşağıdaki şekilde ölçeklendirilmiş doğrusal spektral yerdęęiştirme’yi göstermektedir.

$$S_{den}^{(X,i)} = \bar{F}^{(i)} S_{den}^{(X,p)} \quad (7E.7)$$

Burada  $\bar{F}^{(i)}$ , her bir *i*’inci adımda bütün modlar için sabit olarak spektral ölçek katsayısı’na göstermektedir. **Denk.(7E.7)**, yeni bir plastik kesitin oluştuğu her bir itme adımı sürecinde elastik spektral yerdęęiştirme’nin monotonik olarak artırılmasına karşı gelmektedir. Diğer deyişle, spektral yerdęęiştirmeler bakımından depremin etkisi, sıfırdan başlamak her bir itme adımında belirli bir miktarda büyütülmüş olmaktadır. **Denk.(7E.6)** ve **Denk.(7E.7)**’den:

$$d_n^{(X,i)} = \bar{F}^{(i)} S_{den}^{(X,p)} \quad (7E.8)$$

Burada  $d_n^{(X,i)}$ , *n*’inci modda tipik *i*’inci itme adımı sonunda erişilmesi öngörülen *doğrusal olmayan modal yerdęęiştirme*’yi göstermektedir. **Denk.(7E.6)**’daki *doğrusal olmayan (inelastik) spektral yerdęęiştirme*  $S_{den}^{(X,p)}$ , **Denk.(7E.8)**’deki  $d_n^{(X,i)}$ ’nin maksimum değeridir. Ancak kısaltma amacı ile **Denk.(7E.8)**’de maksimum değer olduğu belirtilmemiştir.

**Denk.(7E.8)**’e benzer şekilde, *i*’inci itme adımı için *artımsal modal yerdęęiştirme*  $\Delta d_n^{(X,i)}$ , bütün modlar için sabit olan *artımsal spektral ölçek katsayısı*  $\Delta \bar{F}^{(i)}$  kullanılarak aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\Delta d_n^{(X,i)} = \Delta \bar{F}^{(i)} S_{den}^{(X,p)} \quad (7E.9)$$

Böylece her bir itme adımında tüm modlara ait modal yerdęęiştirme artımını, tek bir parametreye bağlı olarak ifade edilmiş olmaktadır. Artımsal ve birikimli spektrum ölçek katsayıları arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\bar{F}^{(i)} - \bar{F}^{(i-1)} = \Delta \bar{F}^{(i)} < 1 \quad (7E.10)$$

**Denk.(7E.2)** ve **Denk.(7E.4)**’e göre “*spektral yerdęęiştirme – spektral sızdıran*” koordinatlarında çizülen tasarıma spektrumunun, sistemdeki ilk plastik kesitin oluştuğu doğrusal elastik birinci adım (*i* – 1) sonundaki ölçeklendirilmiş durumu ( $\bar{F}^{(i)} \leq 1$ ) **Şekil 7E.1**’de çizilene en yakın spektrum olarak gösterilmiştir. Spektrumun daha sonraki herhangi bir (*i*)’inci ara adım sonundaki ölçeklendirilmiş durumu da ( $\bar{F}^{(i)} \leq 1$ ) aynı şekilde görülmektedir. (*p*)’inci son itme

adını sonunda ise  $(i - p)$  elastik davranış spektrununun kendisine verilmektedir ( $\hat{F}^{(0)} = 1$ ). “*Modal yerdeğiştirme – modal sözde itme*” koordinatları ile tanımlanan ve aşağıda belirlenecek olan *modal kapasite diyagramları* da, göz önüne alınan tipik bir taşıyıcı sistemin ilk dört modu için şematik olarak **Şekil 7E.1**'de gösterilmiştir.

## 7E.5. ARTIRISAL MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ İLE İTME HESABI ALGORİTMASI

Yukarıda açıklanan modal ölçeklendirme işlemi esas alınarak, Artımsal Mod Birleştirme yöntemi ile yapılacak itme hesabının ana adımları aşağıda özetlenmiştir:

**7E.5.1** – Öncelikle taşıyıcı sistemin düşey yükler altında doğrusal hesabı yapılır ve tüm yerdeğiştirmeler ve iç kuvvetler elde edilir. (0)'inci adım olarak nitelendirilen bu adımda elde edilen davranış büyüklükleri, daha sonraki itme adımları için başlangıç değerlerini oluşturur.

**7E.5.2** – Her bir  $(i)$ 'inci itme adımımda önce serbest titreşim hesabı yapılarak yeterli sayıda titreşim modu için mod şekilleri, açılma frekansları ve göz önüne alınan deprem doğrultusu için modal katkı çarpanları elde edilir.

**7E.5.3** Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi'nde *ikinci mertebeye etkileri* doğrulan dikkate alınabilmektedir. Bu amaçla serbest titreşim hesabında aksel eksene maruz elemanın *ikinci mertebeye eleman rijitlik matrisleri* göz önüne alınmalıdır. Plastik şekildeğiştirmelerin yaygınlaşması sonucunda, serbest titreşim hesabında ikinci mertebeye etkileri nedeni ile ilk birkaç modun *özdeğerleri* (açılma frekansların kareleri) belirli bir itme adımından sonra negatif değerler alabilirler. Negatif özdeğerlerin hesaplanabilmesi için uygun hesap yöntemleri (örneğin *Jacobi Yöntemi*) kullanılmalıdır.

**7E.5.4 Denk.(7E.9)** göz önüne alınarak  $n$ 'inci mod için **Denk.(7E.1)**'de verilen tipik modal yerdeğiştirme artımı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir

$$\Delta \hat{u}_{jsn}^{(X_i)} = \hat{u}_{jsn}^{(X_i)} \Delta \hat{F}^{(0)} \quad ; \quad \hat{u}_{jsn}^{(X_i)} = \Phi_{jsn}^{(0)} \Gamma_n^{(X_i)} S_{den}^{(X_i)} \quad (s = x, y, z) \quad (7E.11)$$

**Denk.(7E.1)** ve **Denk.(7E.2)** göz önüne alınarak  $n$ 'inci modda **Denk.(7E.11)**'deki modal yerdeğiştirme artımına karşı gelen tipik modal deprem yükü aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\Delta \hat{f}_{jsn}^{(X_i)} = \hat{f}_{jsn}^{(X_i)} \Delta \hat{F}^{(0)} \quad ; \quad \hat{f}_{jsn}^{(X_i)} = m_j (\omega_n^{(0)})^2 \hat{u}_{jsn}^{(X_i)} \quad (s = x, y, z) \quad (7E.12)$$

Tipik değerleri **Denk.(7E.11)**'de verilen modal yerdeğiştirme artımlarının *yerdeğiştirme yüklemesi* olarak taşıyıcı sisteme empoze edilmesi veya tipik değerleri **Denk.(7E.12)**'de verilen modal deprem yükü artımlarının doğrudan taşıyıcı sisteme yüklenmesi ile  $n$ 'inci mod için elde edilen herhangi bir *jenetik davranış büyüklüğü* (yerdeğiştirme, şekildeğiştirme veya iç kuvvet) artımı tipik olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\Delta \hat{u}_n^{(X_i)} = \hat{F}_c^{(X_i)} \Delta \hat{F}^{(0)} \quad (7E.13)$$

Böylece herhangi bir  $i$ 'inci itme adımımda tipik  $n$ 'inci mod için tüm davranış büyüklüğü artımları, deprem verisi olarak  $i - 1$ 'inci adımda hesaplanan *elastik spektral yerdeğiştirme*  $S_{den}^{(X_i)}$  (bu veri tüm itme adımlarında değişimsizdir aynı şekilde kullanılacaktır) ve aşağıda her bir mafsal oluşumunda hesaplanacak olan  $\Delta \hat{F}^{(0)}$  artımsal spektral ölçek katsayısına bağlı olarak elde edilmiş olmaktadır.

**7E.5.5** Bütün yerdeğiştirme, şekildeğiştirme ve iç kuvvet büyüklükleri için yukarıda hesaplanan nit modal katkılarının birleştirilmesi için **EK 6A'**'de belirtilen *Tam Kareysel Birleştirme (TKB) Kuralı* kullanılır. Bu kuralın uygulanmasında kritik sönüm oranı bütün modlarda 0.05 olarak alınabilir.

$$A_r^{(X,j)} = \tilde{r}^{(X,j)} \Delta \tilde{r}^{(j)} \quad ; \quad \tilde{r}^{(X,j)} = \sqrt{\frac{Y_{E1}^{(X,j)}}{\sum_{r=1}^m \sum_{s=1}^m \tilde{r}_r^{(X,j)} \tilde{r}_s^{(X,j)} \rho_{rs}}} \quad (7E.14)$$

Tam Kareysel Birleştirme (TKB) modal birleştirme kuralının uygulanması nedeni ile işaretler kaybolduğundan; tipik yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme veya iç kuvvetin en büyük mullak değerinin elde edileceği moddaki işaret esas alınır.

**7E.5.6** – Ardışık iki plastik kesit oluşumu arasındaki herhangi bir (i)'inci itme adımı sonunda, taşıyıcı sistemin herhangi bir (j) noktasında veya kesitinde oluşan herhangi bir yerdeğiştirmeyi, plastik şekildeğiştirmeyi veya iç kuvveti temsil eden *tipik jenerik büyüklük*  $r_j^{(X,i)}$ , bu aşamada tek bilinmeyen olan (i)'inci adımdaki artımsal ölçek katsayısı  $A \tilde{r}^{(i)}$  cinsinden aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$r_j^{(X,i)} = r_j^{(X,i-1)} + A \tilde{r}_j^{(X,i)} \quad ; \quad \tilde{r}_j^{(X,i)} - r_j^{(X,i-1)} : \tilde{r}_j^{(X,i)} \Delta \tilde{r}^{(i)} \quad (7E.15)$$

Bu bağlamda  $r_j^{(X,i-1)}$  bir önceki (i-1)'inci itme adımı sonunda elde edilmiş olan büyüklüğü göstermektedir. Bu bağlamda birinci itme adımından (i-1) önceki sınırlı adım (i=0), itme analizinden önce yapılması gereken düşey yük hesabından elde edilen tipik büyüklüğe karşı gelmektedir.

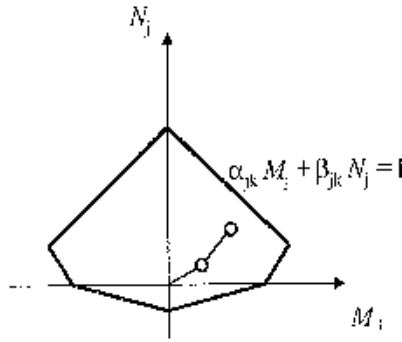
**7E.5.7** – Her bir itme adımı sonunda taşıyıcı sistemde oluşan plastik mafsallın ve buna bağlı olarak o adıma ait artımsal spektral ölçek katsayısının belirlenmesi için **Denk.(7E.15)**'te verilen genel bağıntı, girişlerde her bir potansiyel plastik kesitteki eğilme momenti için, kolon ve perdelerde ise akma yüzeyinin koordinatlarını oluşturan momentler ve eksenel kuvvet için özel olarak yazılır. Aşağıda eksenel kuvvet ve tek eksenli eğilme (PM) durumu ele alınmıştır. Ancak aynı formülasyon eksenel kuvvet ve iki eksenli eğilme (PMM) durumu için de benzer şekilde uygulanabilir. (j) kesiline etkileyen eksenel kuvvet ve tek eksenli eğilme (PM) durumu için **Denk.(7E.15)** aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\begin{aligned} M_j^{(X,i)} &= M_j^{(X,i-1)} + \tilde{M}_j^{(X,i)} \Delta \tilde{r}^{(i)} \\ N_j^{(X,i)} &= N_j^{(X,i-1)} + \tilde{N}_j^{(X,i)} \Delta \tilde{r}^{(i)} \end{aligned} \quad (7E.16)$$

Hesap kolaylığı bakımından akma yüzeylerinin doğrusallaştırılması pratikte yaygın olan bir uygulamadır. Akma yüzeyleri, PM durumunda akma çizgileri, PMM durumunda ise akma düzlemleri olarak doğrusallaştırılırlar. (j) kesitinde **Şekil 7E.2'**e göre doğrusallaştırılan akma çizgilerinden herhangi birine karşı gelen (k)'ncü doğru parçasının aналitik ifadesi aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\alpha_k M_j + \beta_k N_j = 1 \quad (7E.17)$$

**Denk.(7E.16)**'daki büyüklüklerin **Denk.(7E.17)**'de yerine konulması ile (i)'inci adıma ait artımsal ölçek katsayısı aşağıdaki şekilde hesaplanır:



Şekil 7E.2

$$(\Delta \hat{F}^{(j)})_{jk} = \frac{1 - \alpha_{jk} M_1^{(N_1, j-1)} - \beta_{jk} N_1^{(M_1, j-1)}}{\alpha_{jk} \bar{M}_1^{(j)} + \beta_{jk} \bar{N}_1^{(j)}} \quad (7E.18)$$

Herhangi bir (j) potansiyel plastik kesitinde, bütün (k) akma yüzeyleri (çizgileri) için elde edilen  $(\Delta \hat{F}^{(j)})_{jk}$  değerlerinin pozitif olanlarının en küçüğü bulunduğundan sonra, bunların da tüm taşıyıcı sistemde hesaplanan en küçüğü, (i)'inci hesap adımı sonundaki  $\Delta \hat{F}^{(i)}$  artımsal ölçek katsayısı olarak elde edilir. Bu değere karşı gelen (j) kesiti ise, yeni oluşan plastik kesitin sistem içindeki yerini belirler.

**7E.5.8** – (i)'inci itme adımında  $\Delta \hat{F}^{(i)}$  elde edildikten sonra:

- (a) Birikimli spektral ölçek katsayısı,  $\hat{F}^{(i)}$ , Denk.(7E.10)'dan hesaplanır.
- (b) Taşıyıcı sistemin herhangi bir (j) noktasında veya kesitinde oluşan herhangi bir tipik yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme veya iç kuvvet büyüklüğü,  $F_j^{(i)}$ , Denk. (7E.15)'e göre elde edilir.
- (c) Göz önüne alınan tüm modlara ait modal yerdeğiştirme artımları Denk.(7E.9)'dan, bunlara bağlı olarak modal sözde-ivme artımları Denk.(7E.2)'den hesaplanır. (i)'inci itme adımının sonundaki birikimli modal yerdeğiştirmeler ve sözde-ivmeler ise Denk.(7E.3)'ten elde edilir.

**7E.5.9** – Her bir itme adımının tamamlanmasından sonra, o adım sonunda oluşan plastik mafsalsal göz önüne alınarak sistem rijitlik matrisinde gerekli değişiklikler yapılır, doğal titreşim modları yeniden hesaplanır ve yeni itme adımı için işlemlere başlanır. Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında plastik şekildeğiştirme vektörünün akma yüzeyine dik olması koşulu dikkate alınmalıdır.

**7E.5.10** – Yatay ekseninde modal yerdeğiştirmelerin, düşey ekseninde ise modal ivmelerin temsil edildiği tipik modal kapasite diyagramları Şekil 7E.1'de gösterilmiştir. Tanım olarak, n'inci moda ait tipik kapasite diyagramında ardışık iki plastik kesit oluşumu arasındaki doğru parçasının eğimi, Denk.(7E.2) uyarınca o adında n'inci modun doğal açısal frekansının karesine,  $(\omega_n^{(i)})^2$ , diğer deyişle n'inci özdeğere eşittir. Plastik şekildeğiştirmelerin yaygınlaşması sonucunda, ikinci mertebe etkileri nedeni ile ilk birkaç modun özdeğerleri,



dolayısıyla ilgili modal kapasite diyagramlarının eğimleri, belirli bir üne adından sonra negatif değerler alabilirler. İlgili moda ait kapasite diyagramının yatay eksenini kesmesi taşıyıcı sistemde stabilitenin kaybolduğunu gösterir.

## 7E.6. MAKSİMUM DAVRANIŞ BÜYÜKLÜKLERİNİN BELİRLENMESİ

**7E.6.1** – Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi'nde modal yerdeğiştirmeler maksimum değerlerine bütün modlarda birlikte ulaşırlar. Her üne adını sonunda **Denk.(7E.10)** ile hesaplanan birikimli spektral öçek katsayısının maksimum değeri olan birim değeri aşır aşmadığı kontrol edilir. Aşınması durumunda, hesaba **7E.5.10'**da belirtildiği üzere devam edilir. Aşması durumunda ise:

(a) Varılan üne adını son üne adını olarak tanımlanarak (p) indisi ile temsil edilir. i - p abçarı ve  $\hat{F}^{(i,p)} = 1$  olduğu göz önüne alınarak, son adıma ait artımsal spektrum öçek katsayısı **Denk.(7E.10)**'dan hesaplanır:

$$\Delta \hat{F}^{(i,p)} = 1 - \hat{F}^{(i,p)} \quad (7E.19)$$

(b) **Denk.(7E.9)** ile tanımlanan n'inci moddaki modal yerdeğiştirmenin, son üne adınında aşağıdaki şekilde yeniden tanımlanması gereklidir:

$$\Delta \hat{F}_r^{(X,p)} = C_{Rn} S_{d,\gamma}^{(X,p)} \Delta \hat{F}^{(p)} \quad (7E.20)$$

Herhangi bir moda *spektral yerdeğiştirme oranı*  $C_{Rn}$ 'nin **7E.6.2'**e göre  $C_{Rn} > 1$  olması durumunda, deprem verisi olarak sadece i = p adımı için **7E.5.4'**e  $S_{den}^{(X,p)}$  yerine  $C_{Rn} S_{den}^{(X,p)}$  alınır ve *Mod Birleştirme Yöntemi* ile tipik büyüklüğe ait  $\hat{F}_i^{(X,p)}$  değeri yeniden hesaplanır.

(c) Tipik yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme veya iç kuvvetin maksimum değeri, diğer deyişle tipik istem büyüklüğü **Denk.(7E.15)**'e göre elde edilir:

$$F_i^{(X,p)} = F_i^{(X,p-1)} + \hat{F}_i^{(X,p)} \Delta \hat{F}^{(p)} \quad (7E.21)$$

**7E.6.2** – Göz önüne alınan herhangi bir n'inci moda ait *spektral yerdeğiştirme oranı*  $C_{Rn}$  aşağıdaki şekilde hesaplanır:

(a)  $T_n^{(1)} > T_n$  [veya  $(\omega_n^{(1)})^2 < \omega_n^2$ ] koşulunun sağlanması durumunda  $C_{Rn} = 1$  alınır.

(b)  $T_n^{(1)} < T_n$  [veya  $(\omega_n^{(1)})^2 > \omega_n^2$ ] olması durumunda ise  $C_{Rn}$  yaklaşık olarak aşağıdaki şekilde belirlenebilir:

$$C_{Rn} = \begin{cases} 1 + (R_{nr} - 1) \frac{T_n / T_n^{(1)}}{R_{n\gamma}} > 1 & \left( \frac{(\omega_n^{(p)})^2}{(\omega_n^{(1)})^2} \leq 0.10 \right) \\ C_{Rn} = 1 & \left( \frac{(\omega_n^{(p)})^2}{(\omega_n^{(1)})^2} > 0.10 \right) \end{cases} \quad (7E.22)$$

Bu bağlamda  $R_{nr}$ , n'inci mod için çizilen iki doğrulu modal kapasite diyagramından elde edilen *akma dayanımı azalma katsayısı'nı* göstermektedir:

$$R_{nr} = \frac{S_{nr}^{(X,p)}}{a_{3n}} \quad (7E.23)$$

## 7E.7. ÖZEL DURUMLAR

**7E.7.1** Taşıyıcı sistem davranışında sadece birinci (deprem doğrultusunda hakim) modun etkili olduğunun varsayılması durumunda, Artımsal Mod Birleştirme (AMB) Yöntemi ile ilgili olarak yukarıda yazılan tüm bağlantılar, hiçbir değişiklik yapılmaksızın, sadece hakim mod için yazılarak kullanılabilir. Bu özel durumda itme hesabı, geleneksel itme yönteminde farklı olarak, yük dağılımının her bir itme adımıyla *değişken* olduğunun göz önüne alındığı tek modlu itme analizine indirgenmiş olmaktadır. Modal ölçükleştirme söz konusu olmadığı bu çözümde, en sondaki  $i - p$  adımı öncesindeki diğer itme analizi adımlarında elde edilen büyüklükler, seçilen depremden bağımsızdır.

**7E.7.2** – Taşıyıcı sistem davranışının doğrusal elastik olması durumunda Artımsal Mod Birleştirme (AMB) Yöntemi, doğrusal Mod Birleştirme Yöntemi'ne indirgenir. Kesitlerin akma yüzeylerinin fiktif olarak büyütülmesi ile, hiçbir kesitte plastik şekil değişimine meydana gelmeden modal yerdeğiştirme istemine ulaşılabileceğinden, bu durumda itme analizi sadece tek bir adımda sonuçlanacak ve **Şekil 7E.1'**deki modal kapasite diyagramları birer doğru parçasından ibaret olacaktır.

## 7E.8. REFERANSLAR

- [1] Aydınoglu, MN (2003). An incremental response spectrum analysis based on inelastic spectral displacements for multi-mode seismic performance evaluation. *Bulletin of Earthquake Engineering*, **1**(1): 3-36
- [2] Aydınoglu, MN (2004). An improved pushover procedure for engineering practice: Incremental Response Spectrum Analysis (IRSA). *International Workshop on Performance-based Seismic Design, Concepts and Implementation*, ed. ted by P. Fajfar and H. Krawinkler, B'ed, Slovenia, 28 June – 1 July 2004. Pacific Earthquake Engineering Center, University of California, Berkeley, PEER Report 2004/05: 345-356
- [3] Fédération internationale du béton (Fib) Bulletin 39 – State of the art report (2007). *Seismic bridge design and retrofit – structural solutions*, pp. 219-223. Lausanne.
- [4] Aydınoglu, MN (2007). A response spectrum-based nonlinear assessment tool for practice. *ISET Journal of Earthquake Technology*, **44**(1): 169-192.
- [5] Kappos, AJ, Sinić, MS, Aydınoglu, MN, Isaković, T. editors (2012). *Seismic Design and Assessment of Bridges, "Inelastic Methods of Analysis and Case Studies"*, Chapter 3: *Methods for Inelastic Analysis of Bridges*, Springer.

## BÖLÜM 8 – ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN VE DEPREM ETKİSİ ALTINDA ZEMİN DAVRANIŞININ BELİRLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR

### 8.1. KAPSAM

Deprem etkisi altında tasarımı yapılacak kıyı ve liman yapıları için gerekli zemin araştırmalarının kapsamı, zemin koşullarının, sınıf ve parametrelerinin belirlenmesi, zemin sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesi ve sıvılaşmaya bağlı yanıl yayılma etkileri, depremin etkisi altında yanıl zemin basınçları ve çevrelerin duraylılığı ile zemin ortamının doğrusal olmayan dinamik modellenmesine ve davranış hesabına ilişkin kurallar, bu Bölüm'de verilmiştir.

### 8.2. ZEMİN KOŞULLARININ TANIMLANMASI: ZEMİN ARAŞTIRMALARI, VERİ RAPORU VE GEOTEKNİK RAPOR

Kıyı ve liman yapıları inşaat alanına ilişkin zemin koşullarının tanımlanması, tasarım için gerekli geoteknik parametrelerin belirlenmesi ve raporlanması için yapılacak çalışmalar aşağıda belirtilmiştir.

#### 8.2.1. Zemin Araştırmaları

**8.2.1.1** – Zemin koşullarının belirlenmesi için, arazi ve laboratuvar çalışmalarını içeren zemin araştırmaları yapılacaktır. Zemin araştırmalarının kapsamı, yapının özellikleri, jeolojik yapı ve zemin birimlerinin özellikleri, civar yapıların durumu, yeraltı suyu durumu ile bölgesel deprem özellikleri ve çevre koşulları dikkate alınarak planlanacaktır.

**8.2.1.2** – Zemin araştırmaları EK 8A'da tanımlanan kurallara göre yapılacaktır.

#### 8.2.2. Zemin Araştırma Raporları: Veri Raporu ve Geoteknik Rapor

*Zemin ve Temel Etüd Raporları*, zemin araştırma sonuçlarının sunulacağı *Veri Raporu* ve tasarıma yönelik olarak hazırlanacak *Geoteknik Rapor*'dan oluşacaktır.

**8.2.2.1** – *Veri Raporu*, arazi ve laboratuvar'da gerçekleştirilmiş zemin araştırmalarında elde edilen verilerin sunulduğu rapordur. Bu rapor kapsamında, bölgenin jeolojik yapısı ve proje sahasının jeolojik özellikleri, araştırma sondajları ve muayene çukuru logları, zemin kesitleri ve yeraltı su düzeyi, arazi ve laboratuvar deneyleri sonuçları, jeofizik araştırma bulguları vb. zemin araştırma sonuçları sunulacaktır.

**8.2.2.2** – *Geoteknik Rapor*, statik, dinamik ve deprem etkileri göz önüne alınarak, arazi zemin modelinin oluşturulduğu, zemin tabakaları için geoteknik tasarım parametrelerinin verildiği, temel tipleri seçimine ilişkin seçeneklerin incelendiği, mühendislik analizleri ve değerlendirmeler ile temel tasarımına ilişkin önerilerin sunulduğu rapordur. Geoteknik raporun içeriğine ilişkin açıklamalar aşağıda verilmiştir.

**(a)** Veri raporunda sunulan arazi zemin araştırmaları bulguları değerlendirilerek, arazi zemin modeli oluşturulacak, deprem etkisi altında zemin tabakalarının davranışı incelenecek, yapının ve temellerinin tasarımına ilişkin geoteknik tasarım parametreleri verilecektir.

**(b)** Yapı özellikleri ve beklenen performans düzeyi ile uyumlu temel sistemi seçilecek. taşıma gücü ile kısa ve uzun süreli zemin yerdeğiştirme-oturma değerleri verilecek, bu kapsamda zeminlerin şişme davranış, net temel basınçları ve olası kaldırma kuvvetleri dikkate alınacaktır.

(e) Zemin iyileştirme ve/veya güçlendirilmesine gereksinim duyulması halinde, elası yöntemler incelenecek, önerilen yöntemle ilişkin uygulama esasları tanımlanacak, iyileştirilmiş zemin için hedeflenen zemin özellikleri, temellerin taşıma gücü ve yerdeğiştirme değerleri verilecektir.

(d) Geçici veya kalıcı temel kazılarında uygulanacak iksa sistemlerinin tasarımı için gereken zemin parametreleri verilecektir. Şev duraysızlığı tehlikesi olan eğimli arazilerde inşa edilecek yapılar için, kazı ve inşa adımları dikkate alınarak, şev duraylılık analizleri yapılacak ve kaymaya karşı alınacak uygun önlemler belirlenecektir.

### 8.3. ZEMİN PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Deprem etkisi altında yerel zemin sınıflarının tanımlanması, temellerin tasarımı ve istinat yapıları ile şevlerin analizlerinde kullanılacak zemin parametrelerinin belirlenmesinde aşağıdaki esaslara uyulacaktır.

**8.3.1** – Değerlendirmelerde yüklenme hızı ve saha zeminlerinin geçirirlik koşullarına göre belirlenecek drenajlı veya drenajsız koşullarla uyumlu mukavemet parametreleri kullanılacaktır.

**8.3.2** – Kohezyonlu zeminlerde, deprem etkisinde oluşabilecek mukavemet kayıpları / yumuşama göz önüne alınarak, toplam gerilme analizlerinde drenajsız kayma mukavemeti ( $c_u$ ) değeri kullanılacaktır.

**8.3.3** – Kohezyonsuz zeminlerde, deprem etkisinde oluşacak boşluk suyu basıncı artışları ve içsel sürtünme açısı değeri azalışları dikkate alınarak, toplam gerilme analizlerinde drenajsız kayma mukavemeti ( $\tau_{qst}$ ) değeri kullanılacaktır.

**8.3.4** – Kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminler için geçerli olmak üzere, deprem etkileri altında boşluk suyu basınçlarının belirlenebilmesi durumunda, efektif gerilme parametreleri kullanılarak analizler yapılabilecektir.

**8.3.5** – Kayalar için en az tek eksenli basınç mukavemeti  $q_u$ , jeolojik mukavemet indisi (GSI) değerleri vb. kaya kütle sınıflandırma parametreleri kullanılarak uygun mukavemet parametreleri belirlenecektir.

**8.3.6** – Analizlerde kullanılacak maksimum kayma modülü,  $G_{max}$  Denk.(8.1)'den elde edilecektir.

$$G_{max} = \rho V_S^2 \quad (8.1)$$

Kayma dalgası hızının ( $V_S$ ) jeofizik yöntemlerle belirlenmesi esastır. Bununla birlikte, standart penetrasyon deneyi (SPT), koni penetrasyon deneyi (CPT) gibi arazi deney sonuçları ve genel kabul gören bağıntılar kullanılarak dolaylı yoldan da hesaplanabilir.

**8.3.7** – **8.4'e** göre yerel zemin sınıflarının belirlenmesinde kayma dalgası hızı  $V_S$ , SPT darbe sayısı  $N$  ve kohezyonlu zeminler için  $c_u$  değeri kullanılabilir.

**8.3.8** – Sabaya özel zemin davranış analizleri ve dinamik zemin-yapı etkileşimi analizlerinde, deprem dalgalarının zemin profili içinde yayılımı sırasında oluşan *kayma birim*

şekildeğiştirilmesi ile uyumlu kayma modülü ve eşdeğer histereetik sürtüm katsayısı kullanılacaktır (Bkz.8.5.2).

## 8.4. YEREL ZEMİN SINIFLARININ BELİRLENMESİ

**8.4.1 – Bölüm 2’ye göre deprem tasarımı spektrumlarının tanımlanmasında esas alınacak yerel zemin sınıfları**, bu Bölüm’e göre yapılacak zemin araştırmaları ile belirlenecektir.

(a) ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE olarak tanımlanan yerel zemin sınıflarının belirlenmesi için, bu sınıflara ilişkin özellikler **Tablo 8.1**’de verilmiştir.

(b) Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler, ZF sınıfı zeminler olarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıftaki zeminlere ilişkin tanımlar **Tablo 8.1**’in son satırında verilmiştir.

**Tablo 8.1 – Yerel Zemin Sınıfları**

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Türü	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe/30 sn]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar	700 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çarlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katlı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	75 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – kırılgan kil tabakalar veya $PI > 20$ ve $w > \%40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ( $c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çözüne ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (yivli çakıl zeminler, yüksek derecede hassas kiler, güçsüz çakıl çimentolu zeminler vb.) 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turla ve/veya organik içeriği yüksek kiler. 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla orta yüksek plastisiteli ( $PI > 50$ ) kiler. 4) Çok kalın ( $> 35$ m) yumuşak veya orta katı kiler.			

**8.4.2 – Tablo 8.1’de verilen zemin parametreleri**, zemin profilinin temel veya kazık başlığı alt kotundan itibaren aşağıya doğru en üst 30 m kalınlığındaki kısmı için belirlenecektir. Birbirinden belirgin şekilde farklı zemin ve kaya tabakalarını içeren zemin profillerinde üst 30 metredeki tabakalar, yeteri kadar alt tabakaya ayrılarak en üstte  $i = 1$  ve en altta  $i = N$  olacak şekilde sıralanacaktır. Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı  $(V_s)_{30}$ , ortalama standart penetrasyon darbe sayısı  $(N_{60})_{30}$  ve ortalama drenajsız kayma dayanımı  $(c_u)_{30}$  **Denk.(8.2)** ile hesaplanacaktır:

$$(V_s)_{30} = \left( \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left( \frac{h_i}{V_{s,i}} \right)} \right) ; (N_{60})_{30} = \left( \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left( \frac{h_i}{N_{60,i}} \right)} \right) ; (c_u)_{30} = \left( \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left( \frac{h_i}{c_{u,i}} \right)} \right) \quad (8.2)$$

Burada  $\beta$  değeri (i) numaralı alt tabakanın kalınlığını [m],  $V_{S,i}$ ,  $N_{S0i}$  ve  $c_{ij}$  değerleri ise, sırası ile, aynı alt tabakanın kayma dalgası hızını [m/s], standart penetrasyon deneyi darbe sayısını [darbe/30 cm] ve drenaajsız kayma dayanımını [kPa] göstermektedir.

**8.4.3** - Yüzeysel temellerde, temel taban kotu ile kaya üst kotu arasında kalınlığı 3 m'den fazla zemin bulunması durumunda ZA ve ZB sınıfı tanımlanması yapılmayacaktır.

## **8.5. ZEMİN ORTAMININ DOĞRUSAL OLMAYAN DİNAMİK MODELLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR**

**8.5.1** - Herhangi bir zemin tabakasında deprem yedeni ile oluşacak kayma birim şekildeğiştirilmesinin %1'i aşmaması koşulu ile, frekans tanım alanında *eşdeğer doğrusal hesap modeli* kullanılarak ardışık yaklaşımla doğrusal olmayan hesap yapılabilir. Ancak kayma birim şekildeğiştirilmesinin %1'i aşması durumunda toplam gerilme veya efektif gerilme yönümleri kullanılarak zaman tanım alanında *doğrusal olmayan hesap* yapılacaktır. Ayrıca 8.6'ya göre sıvılaşma potansiyeli olan zeminlerde *eşdeğer doğrusal hesap modeli* kullanılmayacaktır. Bu durumlarda zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılacaktır.

**8.5.2** - Zeminlerin doğrusal olmayan davranışlarının idealleştirilebilmesi amacı ile, her bir zemin tabakasının rijitlik ve mukavemetinin tanımlanması gerekmektedir. Bu amaçla, her bir zemin tabakasında *kayma birim şekildeğiştirilmesi* ne bağlı olarak *kayma modülüleri*'nin ve *eşdeğer histereetik sönüm katsayıları*'nın doğrusal olmayan değişimlerinin tanımlanması gereklidir. Bu eğri, zeminin jeolojik yük geçmişi ve plastisitesi göz önünde bulundurularak tanımlanacaktır.

**8.5.3** - Toplam gerilme analizinde mukavemet, kohezyonlu zeminlerde drenaajsız kayma mukavemeti ( $c_u$ ) ile ifade edilebilecektir. 8.6'ya göre sıvılaşma potansiyeli olmayan kohezyonsuz zeminlerde, boşluk suyu basıncı artışları ve içsel sürtünme açısı değeri azalışları ihmal edilerek mukavemet için drenaajlı kayma mukavemeti ( $\tau_{qs,d}$ ) değeri kullanılabilir. 8.7'ye göre sıvılaşma potansiyeli olan kohezyonsuz zeminlerde boşluk suyu basıncı artışları ve içsel sürtünme açısı değeri azalışları dikkate alınarak mukavemet için revizidüel drenaajsız kayma mukavemeti ( $\tau_{qs,c}$ ) değeri kullanılabilir.

**8.5.4** - Efektif gerilme analizlerinde, kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerde mukavemet efektif mukavemet parametreleri ( $\phi$ ,  $c'$ ) değeri ile ifade edilirken, boşluk suyu basıncı artışı ve sönümünün zamana bağlı değişiminin idealleştirilebilmesi amacı ile hidrolik geçirgenlik, yatay ve/veya düşey konsolidasyon katsayısı v.b. kullanılması gerekmektedir. Bu parametreler, arazi ve laboratuvar deneylerine ve benzer zemin koşulları için literatürde yer alan ve genel kabul gören bilgilere göre tanımlanacaktır.

**8.5.5** - Zemin profili modeli boyunca, her bir tabakada kullanılan *maksimum kayma modülü* (veya **Denk.(8.1)** ile hesaplanan kayma dalgası hızı) ve zemin mukavemetlerinin derinlik ile değişimi, ilgili hesap raporunda sunulacak ve jeoteknik raporda sunulan mukavemet parametreleri ile uyumluluğu gösterilecektir.

**8.5.6** - Zemin ortamının doğrusal olmayan dinamik modellenmesi kapsamında zemin profilini oluşturan zemin birimleri idealleştirilerek, zemin profili modeli oluşturulacaktır. Bu model bir boyutlu veya iki boyutlu doğrusal olmayan serbest zemin davranış hesabında kullanılacaktır.

**8.5.7** – Zemin profili modelinde ZA veya ZB olarak tanımlanan zemin tabakası, depremin zemin profiline etki ettirileceği *mühendislik taban kayası* olarak alınacaktır. Bu şekilde tanımlanan mühendislik taban kayasının derinliği, en büyük temel genişliğinin üç katından ve kazıklı sistemlerde en uzun kazık boyundan daha az olmayacaktır. Bu durumda 2.3.4'e veya 2.4.1'e göre tasarımı deprem yer hareketini tanımlayan spektral büyüklükler, **Tablo 2.1** ve **Tablo 2.2**'de ZA veya ZB yerel sınıfı için verilen yerel zemin etki katsayıları göz önüne alınarak küçültülecektir.

**8.5.8** – Taban kayasının 8.5.7'de verilen alt sınıra oranla çok daha derinlerde olması durumunda tabakalı zemin modeli, **Tablo 8.1**'e göre yerel zemin sınıfı ZC veya ZD olan zemin tabakası ile sonlandırılabilir. Bu durumda deprem etkisi, taban kayası yerine bu tabakanın üstünde tanımlanacak ve 2.3.4'e veya 2.4.1'e göre tasarımı deprem yer hareketini tanımlayan spektral büyüklükler **Tablo 2.1** ve **Tablo 2.2**'de ZC veya ZD yerel sınıfı için verilen yerel zemin etki katsayıları göz önüne alınarak büyütülecektir.

**8.5.9** – 8.5.7 veya 8.5.8'e göre tanımlanan ve zemin profili modelinin tabanını oluşturan ortamı birim hacim ağırlığı ve kayma dalgası hızı ile tanımlanacak, *geçirgen sınır* koşulu kullanılarak idealleştirilecektir. İki veya üç boyutlu olarak yapılan serbest zemin davranış hesaplarında, ayrıca model kenarlarında da geçirgen sınır koşulları tanımlanacak, model içinde her yönde ilerleyen deprem dalgalarının model yan sınırlarından yansımaları engellenecektir.

**8.5.10** – Hesabın sayısal geçerliliği bakımından zemin tabakaları veya zemin ortamını oluşturan eleman boyutları, aşağıda verilen koşulu sağlayan ince alt tabakalara veya elemanlara ayrılacaktır.

(a) Her bir zemin tabakası için analiz modelinde kullanılacak maksimum alt-tabaka kalınlığı, aşağıdaki bağıntıya göre belirlenecektir:

$$h_{max} = \frac{\lambda_{crit}}{10} \quad (8.3)$$

Burada  $h_{max}$  maksimum alt-tabaka kalınlığı,  $\lambda_{min}$  ise hesapta göz önüne alınan deprem kayıplarının maksimum frekansı  $f_{max}$ 'a karşı gelen minimum dalga boyunu göstermektedir. Dalga boyu  $\lambda_{crit}$  aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$\lambda_{min} = \frac{V_s}{f_{max}} \quad (8.4)$$

Burada  $V_s$  zemin tabakasının kayma dalgası hızıdır.  $f_{max}$  değeri, göz önüne alınan deprem kayıplarının Fourier genlik spektrumlarından elde edilebilir.

(b) Yukarıda verilen maksimum alt-tabaka kalınlığı koşulu ile uyumlu olarak zaman zaman alanında yapılacak hesapta kullanılacak maksimum zaman aralımı aşağıdaki bağıntı ile belirlenecektir:

$$\Delta t_{max} = \frac{1}{10 f_{max}} \leq 0.01 \text{ s} \quad (8.3)$$

## 8.6. ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN SERBEST ZEMİN DAVRANIŞ HESABI

**8.6.1** – *Zemin davranış hesabı*, taban kayasında tanımlanan deprem yer hareketinin zemin tabakaları boyunca değişimini ve zemin yüzeyindeki deprem yer hareketini belirlemek üzere yapılır.

**8.6.2** – Temel ve yakın çevresinde zemin ortamının yaklaşık olarak yatay tabakalardan oluştuğu durumlarda, sahaya özel zemin davranış hesabı için tek boyutlu *yatay tabakalı serbest zemin modeli* kullanılabilir.

**8.6.3** – Zemin tabakalarının ve/veya taban kayasının yatay olmadığı durumlarda iki veya üç boyutlu zemin modelleri kullanılacaktır. Kıyı çizgisine dik doğrultuda *S<sub>V</sub>* ve *P* dalgalarının etkileşiminin göz önüne alındığı iki boyutlu düzlem şekildedişirme modeli, kıyı çizgisine paralel doğrultuda ise *S<sub>H</sub>* dalgalarının göz önüne alındığı düzlem-dışı hesap modeli kullanılacaktır.

**8.6.4** – **8.6.2** ve **8.6.3**'te belirtilen hesaplarla depremi yer hareketi, taban kayasından düşey doğrultuda ilerleyen *S<sub>V</sub>* veya *S<sub>H</sub>* dalgası olarak göz önüne alınacaktır.

**8.6.5** – **8.5.7**'ye göre zemin modeli tabanından, zemin profili modeline etki ettirilmek üzere, **2.3.4** veya **2.4.1**'e göre tanımlanan elastik ivme spektrumu ile uyumlu en az 7 deprem kaydı **2.5.3**'e göre tanımlanacaktır.

**8.6.6** – 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. Bu katsayıların **2.3.4** veya **2.4.1**'de tanımlanan taban kayası spektrumu ile çarpılması sonucunda, zemin yüzeyindeki *sahaya özel deprem spektrumu* belirlenmiş olacaktır.

**8.6.7** – Yerel zemin sınıfı ZF dışındaki zeminlerde, zemin yüzeyinde **8.6.6**'ya göre belirlenen sahaya özel deprem spektrumunun ordinatları, **Tablo 2.1** ve **Tablo 2.2**'ye göre ilgili yerel zemin sınıfı göz önüne alınarak belirlenen spektral ivmelerden daha küçük alınmaz.

**8.6.8** – Sahaya özel *serbest zemin hesabı*'nın sonuçları, kazıklı temeller için **Bölüm 9**'da açıklanan *rihtim/iskele-kazık-zemin etkileşim hesapları*'nda deprem verisi olarak kullanılacaktır.

## 8.7. DEPREM ETKİSİ ALTINDA ZEMİN SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

**8.7.1** – **Bölüm 3**'e göre *Deprem Tasarım Sınıfı* DTS=1 ve DTS=2 olan yapılar için, **8.7.6**'da tanımlanan durumlar hariç olmak üzere, **Tablo 8.1**'de ZD, ZE veya ZF grubuna giren, sürekli bir tabaka veya katın mercerler halinde bulunun kumlu zeminlerde *sivilaşma potansiyeli*'nin bulunup bulunmadığını, *in-situ* ve laboratuvar deneylerine dayanan uygun analiz yöntemleri ile incelenmesi ve inceleme sonuçlarının ayrıntılı olarak rapor edilmesi zorunludur.

**8.7.2** – Zemin sivilaşması, su seviyesinin altında yer alan ve yüzeyden 20 m derinliğe kadar olan kohezyonsuz ya da düşük kohezyonlu ( $PI < 12$ ) zeminlerin deprem sarsıntısı altında,



boşluk suyu basıncındaki artışa paralel kayma mukavemeti ve rijitliğindeki önemli oranda azalış olarak tanımlanacaktır.

**8.7.3** – Zemin sıvılaşmasının değerlendirilmesine yönelik olarak yapılacak zemin araştırma çalışmaları en az, standart penetrasyon deneyi, SPT ve/veya koni penetrasyon deneyi CPT'ye ek olarak, ilgili zemin tabakalarındaki dane çapı dağılımı, su muhtevası ve Atterberg limit değerlerinin belirlenmesini içerecektir.

**8.7.4** – Potansiyel olarak sıvılaşabilir zeminler, su seviyesinin altında yer alan kum, çakıllı kum, siltli kumlu kum, plastik olmayan silt ve silt-kum karışımları olarak tanımlanacaktır.

**8.7.5** – Temel altı zeminlerinin potansiyel olarak sıvılaşabilir zeminlerden oluştuğu ve bu zemin tabakalarında ince dane içeriğine göre düzeltilmiş SPT vuruş sayısı  $N_{1,60}$ 'ın 30 darbe / 30 cm değerinden küçük olduğu durumlarda zemin sıvılaşması tetiklenme değerlendirilmesi yapılacaktır.

**8.7.6** – Deprem Tasarım Sınıfı DTS = 4 olan zeminlerde ve aşağıdakilerden en az birinin sağlandığı durumlarda DTS = 3 olan zeminlerde sıvılaşma tetiklenme incelemesi yapılmayabilir:

(a) Kil içeriğinin %20'den fazla ve plastisite indisinin %10'dan yüksek olduğu kumlu zeminlerde;

(b) İnce dane yüzdesinin % 35'ten fazla ve düzeltilmiş SPT vuruş sayısı  $N_{1,60}$ 'ın 20 vuruş / 30 cm'den yüksek olduğu kumlu zeminlerde.

**6.7.7** – Zemin sıvılaşma değerlendirmesinin SPT deney sonuçları kullanılarak yapılmasına dayanan yöntem **EK 8B**'de verilmiştir. Değerlendirmenin CPT veya kayma dalgası bızına göre yapılması durumunda uygulamada genel kabul gören yöntemler kullanılabilir.

**8.7.8** – Sıvılaşmaya karşı güvence koşulu **Denk.(8.4)**'te tanımlanmıştır.

$$\frac{\tau_R}{\tau_{deprem}} \geq 1.10 \quad (8.4)$$

Burada  $\tau_R$  ve  $\tau_{deprem}$ , sırası ile, sıvılaşma direncini ve zeminde depremden oluşan ortalama tekrarlı kayma gerilmesini ifade etmektedir. **Denk.(8.4)**'te verilen koşulun sağlanamaması durumunda, sıvılaşması beklenen tabakaların dayanımı ve rijitlik özelliklerindeki azalma, olası taşıma gücü kayıpları, duraylılık bozuklukları ile oturma ve yanal yayılma türündeki zemin hareketleri değerlendirilecektir.

**8.7.9** – Belirlenen sıvılaşma sonucu yerdeğiştirmelerinin yapı davranışına etkileri değerlendirilecek ve gereği halinde zemin iyileştirilmesi uygulanacaktır.

## **8.8. DEPREM ETKİSİ ALTINDA YANAL YAYILMA ETKİLERİ**

**8.8.1** – Yanal yayılma etkileri, sıvılaşma potansiyeli olan zeminlerin ve deprem etkisi altında mukavemet kaybı olabilecek kohezyonlu zeminlerin bulunduğu rijitlik arkası dolgu alanlarında, eğimli arazilerde ve/veya arazide kıyı ve liman yapısı konumuna yakın şevlerin (rijitlik arkı şevleri, tarama şevleri v.b.) ve serbest düşüşlerin bulunması durumunda göz önüne alınacaktır.

**8.8.2 -** Yanal yayılma nedeni ile oluşan zemin yerdeğiştirmeleri, aşuğında belirtilen yöntemlerle hesaplanabilir:

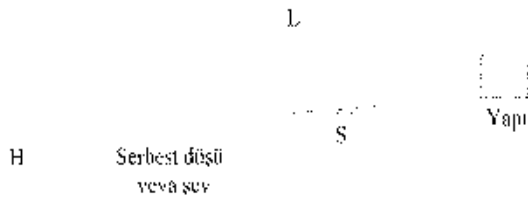
**8.8.2.1 -** Yanal yayılma yerdeğiştirmeleri, sıvılaşan zemine olan derinliğin 15 m'den daha az olması kuydu ile, aşuğında verilen ampirik bağıntılar kullanılarak hesaplanabilir (**şekil 8.1**):

(a) Kıyı ve liman yapıstı yakınında řev (nāhtım altı şevleri, tarama şevleri v.b.) veya serbest dūřün bulunması durumunda yanar yayılma yerdeğiştirmeleri  $D_{H1}$  [m] aşuğındaki bağıntı ile hesaplanabilir. Yapının serbest dūřüne (veya řeve) olan yatay uzaklığı ile serbest dūřünün (veya şevin) yāksekliliđi arasındaki oranın 5'ten bđyđk olması durumunda ( $L/H > 5$ ) yanar yayılma etkileri ihmal edilebilir.

$$\log D_{H1} = -16.213 + 1.532M_w - 1.406(R - 10^{(0.893M_w - 2.64)}) - 0.012R + 0.592 \log W + 0.54 \log T_{15} + 3.413 \log(100 - F_{15}) - 0.795[(D_{50})_{15} + 0.1mm] \quad (8.5)$$

(b) Serbest dūřünün bulunmaması, ancak yapının eğimli arazi (örneğin eğimli deniz tabanı) üzerinde bulunması durumunda yanar yayılma yerdeğiştirmeleri  $D_{H1}$  [m] aşuğındaki bağıntı ile hesaplanabilir:

$$\log D_{H1} = -16.213 - 1.532M_w - 1.406(R + 10^{(0.893M_w - 2.64)}) - 0.012R - 0.338 \log S + 0.54 \log T_{15} + 3.413 \log(100 - F_{15}) - 0.795[(D_{50})_{15} + 0.1mm] \quad (8.6)$$



**şekil 8.1**

Yukarıdaki ampirik bağıntılarda  $L$ , serbest dūřünün (şevin) eteğine olan uzaklığı,  $H$  serbest dūřünün erek ve krete arasından ölçđlen yāksekliliđi,  $W$  -  $H/H$ , yüzde cinsinden ifade edilen serbest yūzey oranı [%1.0 <  $W$  < %20],  $S$  serbest dūřünün bulunmadığı durumda arazinin yüzde cinsinden ifade edilen eğimi [%0.1 <  $S$  < %6],  $M_w$  tasarımı depreminin momenti bđyđklüđü [6.0 <  $M_w$  < 8.0],  $R$  yapının deprem kaynağına olan uzaklığı [km],  $T_{15}$  suya doğgun ve  $(N_1)_{50} < 15$  olan kaba danele zemin tabakalarının toplam kalınlığı [0.3m <  $T_{15}$  < 12m],  $F_{15}$  değeri  $T_{15}$  kalınlığı içindeki kaba danele zeminlerin ortalama ince dane oranı [%0 <  $F_{15}$  < %50],  $(D_{50})_{15}$  değeri  $T_{15}$  kalınlığı içindeki kaba danele zeminlerin ortalama dane çapı [0.1mm <  $(D_{50})_{15}$  < 1.0mm] olarak tanımlanmaktadır. Parametrelerin uygulama sınırları köşeli parantezler içinde belirtilmiştir.

**8.8.2.2 -** Eğimli arazilerde ve şevlerde, yanar yayılma nedeni olan zemin yerdeğiştirmeleri, sıvılaşma potansiyeli olan zeminler ve deprem etkileri altında mukavemet kaybı olabilecek kohezyonlu zeminlerde, rezidüel mukavemet parametreleri kullanılarak **8.11.3**'te açıklanan *Newmark Kayan Blok Yöntemi* ile hesaplanabilir. Ancak *Newmark Kayan Blok Yöntemi*, rezidüel mukavemetin başlangıç mukavemetinin %50'sinden bđyđk olduğu zeminlerde kullanılabilir.

**8.8.2.3** – Yanal yayılma nedeni oluşan zemin yerdeğiştirmeleri, sıvılaşma tetiklemesini dikkate alabilen efektif gerilme yöntemleri kullanarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan iki veya üç boyutlu serbest zemin davranış analizleri ile de hesaplanabilir.

**8.8.3** – 8.8.2’de belirtilen yöntemlerin herhangi biri ile hesaplanan yanar yayılma yerdeğiştirmeleri, zemin-kazık etkileşim hesaplarında doğrusal olmayan p-y yayılma statik yerdeğiştirme olarak etkilenecektir. Bu hesaplarda, suya doygun ve  $(M^*)_{eq} < 15$  olan kaba daneli ve/veya sıvılaşma tespit edilen zeminler, sıvılaşma davranışını dikkate alan doğrusal olmayan p-y yayları ile temsil edilecektir (Bkz. **8.9.1**).

## **8.9. KAZIK - ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN p-y, t-z ve Q-Z YAYLARININ BELİRLENMESİ**

**8.9.1.** Kazık zemin etkileşiminin modellenmesi amacı ile yanar davranış için doğrusal olmayan p-y yayları, eksenel davranış (çevre sürtünmesi) için t-z yayları ve eksenel kazık uç davranış için Q-Z yayları kullanılacaktır.

(a) p-y yayları kapsamında yumuşak kil ( $s_u < 50$  kPa) için Matlock (1970), su seviyesi altındaki katı kil 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.

(b) Şevli taş dolgularda p-y yayları için McCullough ve Dickenson (2004) tarafından önerilen doğrusal olmayan bağıntılar kullanılabilir.

(c) t-z ve Q-Z yayları için American Petroleum Institute API WSD RP-2A (2000)’de tanımlanan nonlineer bağıntılar kullanılabilir.

(d) Yukarıda belirtilen yayların listesi **EK 8C**’de verilmiştir.

**8.9.2.** Doğrusal olmayan bu yayların iskelet eğrilerinin tanımlanmasında kullanılacak parametreler, arazi ve laboratuvar deneylerine ve benzer zemin koşulları için literatürde yer alan ve genel kabul gören bilgilere göre belirlenecektir.

**8.9.3.** Tanımlanan p-y, t-z ve Q-Z yaylarının dayandığı kabullere ilişkin belirsizliklerin yanında, zemin parametrelerindeki belirsizliklerin de dikkate alınabilmesi amacı ile, bu yayların doğerleri *alt sınır* ve *üst sınır* olarak ayrı ayrı tanımlanacaktır.

## **8.10. DEPREM ETKİSİ ALTINDA STATİK-EŞDEĞER ZEMİN VE SU BASINÇLARI**

### **8.10.1. Kapsam**

**8.10.1.1** – Deprem etkisi altında, ağırlık tipi ve pulpları ributü duvarlarının arkasındaki tabakalı zeminde esas alınacak statik-eşdeğer dinamik zemin basıncı, kurudaki zemin tabakaları ve su altındaki zemin tabakaları için ayrı ayrı olmak üzere **8.10.2** ve **8.10.3**’te, statik-eşdeğer dinamik su basıncı ise **8.10.5**’te tanımlanmıştır.

**8.10.1.2** – Dinamik zemin basınçlarına ilişkin bileşke kuvvetin etkiye noktası, duvar yüksekliğinin orta noktası olarak alınacaktır.

## 8.10.2. Tamamen Kuruda Olan Zemin Tabakalarında Zemin Basıncı

**8.10.2.1** – Kohzyonsuz ve tamamen kuruda olan, yüzeyden itibaren (i)'inci zemin tabakasının tabanında esas alınacak statik-çşdeğer dinamik aktif zemin basıncı  $p_{a,i,d}$  ile pasif zemin basıncı  $p_{p,i,d}$  **Denk.(8.7)** ile tanımlanmıştır. Her bir tabaka boyunca zemin basıncının değışimini doğrusaldır.

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

$$p_{p,i,d} = K_{p,i,d} \left[ \sum_{j=1}^i (\gamma_j h_j) + \frac{q_0 \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} \right] \cos \alpha$$
(8.7)

Statik aktif ve pasif zemin basınçları, **8.10.4.3'e** göre elde edilen statik aktif basınç katsayısı  $K_{a,s}$  ve statik pasif basınç katsayısı  $K_{p,s}$ 'nin, **Denk.(8.7)**'de  $K_{a,d}$  ve  $K_{p,d}$ 'nin yerine konması ile elde edilir.

**8.10.2.2** – Kohzyonlu ve tamamen kuruda olan, yüzeyden itibaren (i)'inci zemin tabakasının tabanında esas alınacak statik-çşdeğer dinamik aktif zemin basıncı  $p_{a,i,d}$  ile pasif zemin basıncı  $p_{p,i,d}$  **Denk.(8.8)** ile tanımlanmıştır.

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

$$p_{p,i,d} \cong 0$$
(8.8)

Burada, (i)'inci tabakanın göçme yüzeyini tanımlayan  $\zeta_{ai}$  açısı **Denk.(8.9)** ile tanımlanmıştır:

$$\zeta_{ai} = \tan^{-1} \left[ 1 + \frac{\tan \lambda}{2c} \left[ \sum_{j=1}^i (\gamma_j h_j) + 2q_0 \right] \right]$$
(8.9)

Statik aktif ve pasif zemin basınçları ise **Denk.(8.10)** ile hesaplanacaktır.

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

$$p_{p,s} = \sum_{j=1}^i (\gamma_j h_j) \cdot q_0 - 2c$$
(8.10)

Negatif aktif zemin basıncı elde edilmesi durumunda, zemin basıncı sıfıra eşit alınacaktır.

**8.10.2.3** – Tamamen kuruda olan zemin tabakaları için, yukarıda **Denk.(8.8)**, **Denk.(8.9)**'da ve aşağıda **Denk.(8.17)**'de deprem etkisini temsil eden  $\lambda$  açısı **Denk.(8.11)** ile hesaplanacaktır.

$$\lambda = \tan^{-1} k_0$$
(8.11)

Burada  $k_0$ , 2.6'da tanımlanan statik-çşdeğer deprem katsayısıdır.

### 8.10.3. Su Düzeyinin Altında Olan Zemin Tabakalarında Zemin Basıncı

**8.10.3.1** – Kohzyonsuz zeminlerde su düzeyinin altında, yüzeyden itibaren (i)'inci zemin tabakasının tabanında esas alınacak statik-eşdeğer dinamik aktif zemin basıncı  $p_{a,i,d}$  ile pasif zemin basıncı  $p_{p,i,d}$  **Denk.(8.12)** ile tanımlanmıştır.

$$p_{a,i,d} = K_{a,i,d} \left[ \sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{i=ND+1}^i (\gamma_{bi} h_i) + \frac{q_0 \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} \right] \cos \alpha \quad (8.12)$$

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

Statik aktif ve pasif zemin basınçları, **8.10.4.3**'e göre elde edilen statik aktif basınç katsayısı  $K_{a,s}$  ve statik pasif basınç katsayısı  $K_{p,s}$ 'inin, **Denk.(8.12)**'de  $K_{a,i,d}$  ve  $K_{p,i,d}$ 'nin yerine konması ile elde edilir.

**8.10.3.2** – Kohzyonlu zeminlerde su düzeyinin altında, yüzeyden itibaren (i)'inci zemin tabakasının tabanında esas alınacak statik-eşdeğer dinamik aktif zemin basıncı  $p_{a,d}$  ile pasif zemin basıncı  $p_{p,d}$  **Denk.(8.13)** ile tanımlanmıştır.

$$p_{a,i,d} = \frac{\tan \lambda}{\tan \zeta_{ai}} \left[ \sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{i=ND+1}^i (\gamma_{bi} h_i) + q_0 - 2c \left[ \frac{1}{\sin 2\zeta_{ai}} - 1 \right] \right] \quad (8.13)$$

$$p_{p,i,d} \equiv 0$$

(i)'inci tabakanın göçme yüzeyini tanımlayan  $\zeta_{ai}$  açısı **Denk.(8.14)** ile tanımlanmıştır:

$$\zeta_{ai} = \tan^{-1} \left[ 1 - \frac{\tan \lambda}{2c} \left( \sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{i=ND+1}^i (\gamma_{bi} h_i) + 2q_0 \right) \right] \quad (8.14)$$

Statik aktif ve pasif zemin basınçları ise **Denk.(8.15)** ile hesaplanacaktır.

$$p_{a,s} = \sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{i=ND+1}^i (\gamma_{bi} h_i) + q_0 - 2c \quad (8.15)$$

$$p_{p,s} = \sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{i=ND+1}^i (\gamma_{bi} h_i) + q_0 - 2c$$

Negatif aktif zemin basıncı elde edilmesi durumunda, zemin basıncı sıfıra eşit alınacaktır.

**8.10.3.3** – Su altında olan zemin tabakaları için, boşluk suyunun zemin dancikleri ile birlikte hareket ettiği varsayımına göre, yukarıda **Denk.(8.13)**, **Denk.(8.14)**'te ve aşağıda **Denk.(8.17)**'de deprem etkisini temsil eden  $\lambda$  açısı **Denk.(8.16)** ile hesaplanacaktır:

$$\lambda = \tan^{-1} k'_a \quad ; \quad k'_a = \frac{\sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{i=ND+1}^N (\gamma_{bi} h_i) + q_0}{\sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{i=ND+1}^N (\gamma_{bi} h_i) - q_0} k_b \quad (8.16)$$

Burada  $k_s$ , 2.6'da tanımlanan statik-eşdeğer deprem katsayısıdır.

#### 8.10.4. Kohezyonsuz Zeminlerde Aktif ve Pasif Basınç Katsayıları

**8.10.4.1** – Kohezyonsuz zeminlerle yüzeyden itibaren ( $i$ )'nci kohezyonsuz zemin tabakasının tabanında, statik zemin basıncı ile depremden oluşan ek dinamik zemin basıncının toplamını hesaplamak için kullanılan *Toplam Aktif Basınç Katsayısı*  $K_{a,i}$  ve *Toplam Pasif Basınç Katsayısı*  $K_{p,i}$  **Denk.(8.17)** ile tanımlanmıştır:

$$K_{a,i} = \frac{\cos^2(\varphi_1 - \lambda - \alpha)}{\cos \lambda \cos^2 \alpha \cos(\delta + \alpha + \lambda)} \left[ 1 + \frac{[\sin(\varphi_1 + \delta) \sin(\varphi_1 - \lambda - \beta)]}{\cos(\delta + \alpha + \lambda) \cos(\alpha - \beta)} \right]^{-2} \quad (8.17)$$

$$K_{p,i} = \frac{\cos^2(\varphi_1 - \lambda + \alpha)}{\cos \lambda \cos^2 \alpha \cos(\delta - \alpha + \lambda)} \left[ 1 - \frac{[\sin(\varphi_1 + \delta) \sin(\varphi_1 - \lambda - \beta)]}{\cos(\delta - \alpha + \lambda) \cos(\alpha - \beta)} \right]^{-2}$$

**8.10.4.2** – Zeminin su altında veya suya doygun olması durumunda, zeminle duvar arasındaki sürtünme açısı olarak **Denk.(8.17)**'de  $\delta$  yerine  $\delta'/2$  göz önüne alınacaktır. Pasif basınç durumunda sürtünme açısı negatif olarak hesaba katılacaktır.

**8.10.4.3** – Sadece depremden oluşan dinamik aktif basınç katsayısı  $K_{a,d}$  ve dinamik pasif basınç katsayısı  $K_{p,d}$  **Denk.(8.18)** ile belirlenir.

$$K_{a,d} = K_{a,i} - K_{a,s}$$

$$K_{p,d} = K_{p,i} - K_{p,s} \quad (8.18)$$

**Denk.(8.18)**'de yer alan statik aktif basınç katsayısı  $K_{a,s}$  ve statik pasif basınç katsayısı  $K_{p,s}$  **Denk.(8.17)**'de  $\lambda = 0$  konularak elde edilir.

#### 8.10.5. Statik-Eşdeğer Dinamik Su Basıncı

**8.10.5.1** – Ağırılık tipi ve palplanlı rıhtın duvarlarının önündeki deniz seviyesinin etkisi olarak göz önüne alınacak olan statik-eşdeğer dinamik su basıncı **Denk.(8.19)** ile belirlenecektir:

$$P_{w,d} = \frac{7}{8} k_h \gamma_w \sqrt{H} y \quad (8.19)$$

**8.10.5.2** - **Denk.(8.19)**'un su derinliğince entegre edilmesi ile, bileşke statik-eşdeğer dinamik su kuvveti ve bileşkenin su yüzeyinden itibaren derinliği **Denk.(8.20)**'de verildiği şekilde elde edilir:

$$P_{w,d} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2 \quad ; \quad h_{w,d} = \frac{3}{5} H \quad (8.20)$$

## 8.11. DEPREM ETKİSİ ALTINDA KIYI TAHKİMATLARININ, ŞEVLERİN VE DAYANMA YAPILARININ TOPTAN GÖÇMEYE KARŞI DURAYLILIĞI

### 8.11.1. Genel

Deprem etkisi altında kıyı tahkimatlarının, şevlerin ve dayanma yapılarının toptan göçme mekaniizması duraylılığının incelenmesi amacı ile kullanılacak hesap yöntemleri ve ilgili koşullar bu bölümde verilmektedir.

**8.11.1.2** – Deprem etkisinde duraylılık değerlendirmesi Birinci Aşama’da **8.11.2**’ye göre eşdeğer-statik limit denge hesabı yöntemi ile yapılacaktır. Ancak topografyanın ve zemin tabakalanmasının ani düzensizlikler gösterdiği durumlarda ve çevresel yüklemeler etkisinde önemli rijitlik kaybına uğrayabilecek sıvılaştırılabilir veya hassas zeminler için bu yöntem kullanılmayacaktır.

**8.11.1.3** – Deprem etkisinde duraylılık değerlendirmesi İkinci Aşama’da **8.11.3**’e göre *Newmark Kayan Blok Hesabı* yöntemi veya zaman tanım alanında sonlu elemanlar (farklar) yöntemine dayalı dinamik hesap yöntemi ile yapılacaktır.

**8.11.1.4** – Deprem durumunda şevlerin ve dayanma yapılarının toptan göçme duraylılığı, killi zeminlerde drenajsız kayma mukavemeti ( $c_u$ ) kullanılarak toplam gerilme analizi, kumlu (kohezyonsuz) zeminlerde efektif gerilme analizi ile hesaplanacaktır.

**8.11.1.5** – Deprenlerle yeniden tetiklenme riski olan eski heyelan bölgelerinde, zemin mukavemet parametreleri olarak büyük şekilde değişimlerine karşılık gelen değerler kullanılmalıdır. Çevresel boşluk suyu basıncı artışına maruz kalabilecek gevşek-orta sıkı kohezyonsuz zeminlerde, oluşması beklenilebilecek maksimum boşluk suyu basıncı dikkate alınmalıdır.

### 8.11.2. Eşdeğer-Statik Limit Denge Hesabı Yöntemi

**8.11.2.1** – Birinci Aşama’da kullanılacak statik-eşdeğer limit denge analiz yönteminde yatay ve düşey eşdeğer deprem katsayıları kullanılarak zeminin dairesel veya poligonal toptan göçme mekaniizmaları incelenecektir.

**8.11.2.2** – Bir şevin toptan göçmeye karşı güvencesi için **Denk.(8.21)**’de verilen koşul sağlanacaktır:

$$F_1 \leq \frac{R_1}{\gamma_{zk}} \quad (8.21)$$

Burada,  $F_1$  göçmeye zorlayan etkiler toplamı,  $R_1$  göçmeye karşı koyan etkiler ve dirençler toplamı,  $\gamma_{zk}$  ise kaymaya karşı *tasarım güvenlik sayısı* olarak tanımlanır. Birinci Aşama’da  $\gamma_{zk} \leq 1.1$  alınacaktır.

### 8.11.3. Newmark Kayan Blok Yöntemi

**8.11.3.1** – İkinci Aşama’da kullanılacak olan *Newmark Kayan Blok Yöntemi*, sayısal geoteknik uygulamalarda yaygın olarak kullanılan pratik, basitleştirilmiş bir zaman tanım alanı hesap yöntemidir.

**8.11.3.2** – Yöntemin uygulanmasında artan şekildeğiştirme ile oluşacak olan malzeme pekleşme veya yumuşama davranışı ve boşluk suyu basıncı artışının olası etkileri dikkate alınmalıdır. Deprem yer hareketi, kayan bloğun alt sınırında, altındaki zemin koşullarına uygun şekilde **8.6'**ya göre yapılacak serbest zemin davranış analizi ile tanımlanacaktır.

**8.11.3.3** - *Newmark Kayan Blok Yöntemi*'nde ilk adım olarak klasik limit denge analiz modeli kullanılarak çeviri dairesel ve poligonal tüm toptan göçme mekanizmalarına karşılık gelen ve her bir göçme mekanizması için "*güvenlik sayısı = 1.0*" koşulunu sağlayan "*eşik statik-eşdeğer deprem katsayıları*" hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu katsayılardan en küçüğü kayan bloğun davranışını kontrol eden eşik deprem katsayısı, diğer bir deyişle kayan bloğun *akma ivmesi*'dir.

**8.11.3.4** – Hesabın ikinci adımında, **8.11.3.2**'de tanımlanan deprem yer hareketi ivme kaydında, akma ivmesi üzerinde kalan ivmeler zamanına göre iki defa entegre edilerek çevre meydana gelen yerdeğiştirmeler zamana bağlı olarak hesaplanır. Bu işlem deprem kaydının hem pozitif hem de negatif işaretli ivme tarafları için ayrı ayrı yapılır. Her iki tarafta yapılan entegrasyon sonucunda hesaplanan en büyük yerdeğiştirme *kahçı çev yerdeğiştirmesi* olarak kabul edilir.

**8.11.3.5** – **3.6.5'**e göre *Newmark Kayan Blok Yöntemi*, proje mühendisinin ve/veya odaya makasının tercihi ile kıyı tahkimatları ve dalgakarınlar için birinci aşama hesap ve değerlendirme kapsamında da kullanılabilir.

**8.11.3.6** – Kabul edilebilir kabul çev yerdeğiştirmesi, *Göçmenin Önlenmesi Performans Hedefi* için 50 cm, *Kontrollü Hasar Performans Hedefi* için 25 cm, *Kesintisiz Kullanım Performans Hedefi* için ise 10 cm olarak alınacaktır.



## **EK 8A – ZEMİN ARAŞTIRMALARI İÇİN GENEL KURALLAR**

Zemin araştırmaları aşağıda tanımlanan genel kurallara göre yapılacaktır.

### **8A.1. ZEMİN ARAŞTIRMA SONDAJLARI**

#### **8A.1.1. Sondaj Kuyuları**

Sondaj kuyuları zeminlerle burgu, kuen veya kl kovası ile darbeli veya dönel (rotary) sistemlerle, kayada ise kaya yüzeyinden itibaren sürekli karot alınarak ilerleyen dönel sistemlerle açılacaktır.

#### **8A.1.2. Sondaj Sayıları**

**8A.1.2.1** – Yanyana anolardan veya hücrelerden oluşan kıyı ve liman yapılarında; plandaki en küçük ano boyutu 35m'den az olan yapılarda her anoda en az bir adet sondaj yapılması gereklidir. Plandaki en küçük boyutu 35m'den büyük 50m'den küçük olan yapılarda her anoda en az iki, plandaki en küçük boyutu 50m'den büyük olan yapılarda ise her anoda en az 3 adet sondaj yapılması gereklidir. Her durumda yapı boyuna aksı üzerinde sondaj aralıkları 50m'den fazla olmayacaktır.

**8A.1.2.2** – Konsol, grgili veya ankrajlı duvarlardan oluşan kıyı ve liman yapılarında ise duvar hattı boyunca en az her 50m'de bir adet, duvar arkasındaki bölgede ise duvar hattına duvar derinliğinin 2 katı uzaklıkta oluşan arka hat üzerinde en az 75m'de bir adet sondaj yapılması gereklidir.

**8A.1.2.3** – Plan boyutu 15m'yi veya tabliye alanı 200m<sup>2</sup>'yi geçmeyen (dolferler gibi) bağsuz/tekil kıyı ve liman yapılarında en az birer adet sondaj yapılacaktır. Plan boyutu 30m'yi veya tabliye alanı 1000m<sup>2</sup>'yi geçmeyen bu tür tekil kıyı ve liman yapılarında en az iki, bu boyuttan veya alandan büyük yapılarda ise en az i adet sondaj yapılması gereklidir.

#### **8A.1.3. Sondaj Derinlikleri**

Sondaj derinliği, temel tabanından başlayarak net temel taban basıncından kaynaklanan zemindeki gerilme artışının ( $\Delta\sigma$ ) zeminin kendi ağırlığından kaynaklanan efektif gerilmenin ( $\sigma'_{v0}$ ) % 10'una eşit olduğu derinlikten ( $\Delta\sigma=0.10\sigma'_{v0}$ ) veya 50m'den daha fazla olmayacaktır.

(a) Yüksek dayanıma ve rijitliğe sahip bir tabakanın daha sığ derinliklerde rastlanması durumunda sondaj, bu tabaka içine en az 3 metre girerek tabaka sürekliliğinin belirlenmesi ile sonlandırılabilir.

(b) Kazıklı temel uygulamalarının gerekebileceği durumlarda, sondaj derinliği kazık taşıma gücü ve oturma hesaplamalarını yapmaya olanak sağlayacak Şekilde seçilecektir.

(c) Sondajlar, gev duraylılığı çalışmalarında olası kayma yüzeyi derinliklerinin yeterince altına kadar, derin kazılarda ise kazı tabanından kazı derinliğinin en az yarısı kadar derinliklere inecektir.

(d) Deprem tasarımı sonları DTS-1 ve DTS-2 olan kıyı ve liman yapılarında su seviyesi temel tabanından itibaren 10 metre derinlikten daha yukarıda ve gevşek yerleşimli iei (kaba) danlı zeminlerin yer olduğu sahalarda, sondaj derinliği zemin yüzünden itibaren en az 20 m olacaktır.

## 8A.2. ARAZİ DENEYLERİ

**8A.2.1 – Sondaj kuyularında zemin koşulları ile uyumlu ve proje gereksinimlerini karşılayacak şekilde uygun aralıklarla (örneğin her 1.50 m’de bir adet) arazi deneyleri (SPT, kanatlı kesici, presiyometre, vb.) yapılacaktır. Zemin profili ve özelliklerinin sürekli ve sağlıklı olarak tayini için, sondajlarla paralel şekilde planlanmış, Koni Penetrasyon Deneyleri (CPT ve boşluk suyu basıncı ölçümlü -CPTu) yapılması yararlı olacaktır.**

**8A.2.2 – Örnek Alma:** Sondaj kuyularında zemin koşulları ile uyumlu ve proje gereksinimlerini karşılayacak şekilde uygun aralıklarla örselenmiş ve örselenmemiş zemin/kaya örnekleri alınacaktır.

**8A.2.3 – Örselenmiş Örnekler:** Sondaj kuyularında, her cins zeminden, Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) sırasında örselenmiş örnekler alınacaktır. Yeraltı su düzeyi altında, izi daneli veya plastik olmayan silt zeminlerde, SPT kuşğından yeterli miktarda örselenmiş örnek elde edilemiyorsa, ağızını zemin tutucu takılmış (sepet-basket tipi) özel tüpler ile incesi yıkanmış örselenmiş örnekler alınacaktır.

**8A.2.4 – Örselenmemiş Örnekler:** Sondaj kuyularında, kohezyonlu zeminlerden, 8A.1.3’te tanımlanan etki derinliği içinde her zemin tabakasının mühendislik özelliklerini belirlemeye yeterli olacak sayıda örselenmemiş örnek alınacaktır. Örselenmemiş zemin örnekleri, zeminin kıvamına uygun olarak ve ince cidarlı (alan oranı = et kalınlığı / iç tüp alanı < %10) ve iç çapı en az 76 mm olan tüp veya pistonlu tüp kullanılarak alınacaktır. Ayrıca araştırma çukurları ve hendeklerden uygun şekilde kesilip alınan bloklardan da örselenmemiş örnekler hazırlanabilecektir.

**8A.2.5 – Kaya sondajlarında karotiyer ve vidye tipi, litolojik birimlerin özelliklerine göre seçilecek ve karotların çapı en az NX (54 mm) veya NQ (47.6 mm) olacaktır.**

**8A.2.6 – Yeraltı Su Düzeyinin Ölçülmesi:** Sondaj kuyusu içinde yapılacak ölçümlerle yeraltı su seviyesi belirlenecektir. Etüt derinliği içinde kohezyonlu ve kohezyonsuz birden fazla tabaka ve/veya su taşır katman (akifer) seviyesinin bulunması durumunda, yeraltı suyu düzeyinin veya basıncının ölçülmesi için standart piyezometrelerden yararlanılması uygun olacaktır. Her durumda sondaj kuyusundaki gözlemler ve ölçümler yeraltı suyu düzeyinin kuyuda dengeye ulaşmasına yetecek kadar uzun bir süre boyunca yapılacaktır.

## 8A.3. LABORATUVAR DENEYLERİ

**8A.3.1 – Laboratuvar deneyleri, araştırma alanındaki zemin özelliklerini en çok 2 m aralıklar ile tanımlamaya yeterli sayı ve derinliklerde, yapı ve zeminin özelliklerine göre planlanacak ve yetkili laboratuvarlarda yapılacaktır.**

**8A.3.2 – Sınıflandırma Deneyleri:** Örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde, tabakaların zemin sınıflandırmasına olanak verecek sayıda kıvam limitleri, doğal su içeriği (korunmuş örnekler üzerinde), cılek, pipet/hidrometre ve özgül ağırlık deneyleri yapılacaktır. Örselenmemiş örnekler üzerinde doğal su içeriği ve birim hacim ağırlığı tayini deneyleri de yapılacaktır. Sorunlu zeminlerde (sınıflandırma, şişme, göçme, yumuşama, hassas killer vb.) ilk 15 m’den alınan tüm örnekler üzerinde sınıflandırma deneyleri (pipet/hidrometre dahil) yapılacaktır.

**8A.3.3 – Mühendislik Özellikleri Deneyleri:** Örselenmemiş örnekler üzerinde, tabakaların mühendislik özelliklerini belirlemeye yönelik olarak mukavemet (tek eksenli basınç, kesme kutusu, üç eksenli basınç-UU/CU) deneyleri yapılacak, proje gereksinimlerine uygun olarak drenajlı ve drenajsız kayma mukavemeti parametreleri belirlenecektir. Ayrıca, oturma hesaplarına yönelik parametrelerin belirlenmesi için, killi zeminlerden alınmış örselenmemiş örnekler üzerinde ödometre-konsolidasyon deneyleri yapılacaktır.

## EK 8B – BASİTLEŞTİRİLMİŞ ZEMİN SIVILAŞMA DEĞERLENDİRMESİ

### 8B.1. KAPSAM

Zemin sıvılaşması tetikleme analizleri kapsamında, saha zeminlerinin sıvılaşmaya karşı kayma direnci,  $\tau_c$  eğimsiz sular için geliştirilmiş, arazi penetrasyon deneyleri veya kayma dalga hızı değerlerine bağlı ampirik zemin sıvılaşma direnci bağıntı ve eğrileri (gerekli düzeltmeler uygulanarak) kullanılarak bulunacaktır. SPT deney sonuçlarından yararlanılarak sıvılaşma direncinin hesaplanması için önerilen yöntem **8B.3'**e verilmiştir. Deprem sonrasında gelişen kayma gerilmeleri,  $\tau_{\text{deprem}}$ , basitleştirilmiş yöntem kullanılarak hesaplanacaktır.

### 8B.2. SPT VERİLERİNİN DÜZELTİLMESİ

#### 8B.2.1. Ham SPT Verilerinin Düzeltilmesi

**8B.2.1.1** – Araziden elde edilmiş ham SPT verileri,  $N$ , **Denk.(8B.1)** kullanılarak  $N_{1,60}$  değerine düzeltilecektir.

$$N_{1,60} = N C_N C_R C_S C_3 C_E \quad (8B.1)$$

Burada  $C_N$  kohezyonsuz zeminlerde uygulanan jeolojik gerilme (derinlik) düzeltme katsayısı,  $C_R$  tij boyu düzeltme katsayısı,  $C_S$  numune alıcı tipi düzeltme katsayısı,  $C_3$  sondaj delgi çapı düzeltme katsayısı,  $C_E$  enerji oranı düzeltme katsayısını göstermektedir.

**8B.2.1.2** – Derinlik düzeltme katsayısı  $C_N$  **Denk.(8B.2)**'de verilen bağıntı ile hesaplanacaktır.

$$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma'_{v0}}} \leq 1.70 \quad (8B.2)$$

Bu bağıntıda deney derinliğindeki efektif düşey gerilme  $\sigma'_{v0}$  ( $\text{kN/m}^2$ ), Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) yapıldığı durumdaki arazi koşullarına göre hesaplanmaktadır. Deney sonrasında yapılan ek dolgu, temel gerilmesi veya zemin kazısı ve benzeri nedenler ile oluşan efektif gerilme değişiklikleri dikkate alınmayacaktır.

**8B.2.1.3** – **Denk.(8B.1)** de yer alan diğer düzeltme katsayıları **Tablo 8B.1'**de verilmiştir.

#### 8B.2.2. SPT Verilerinin İnce Dane İçeriğine Göre Düzeltilmesi

İnce dane içeriğine (*IDN*) göre düzeltilmiş darbe sayıları  $N_{1,60I}$  **Denk.(8B.3a)** ile hesaplanacaktır:

$$N_{1,60I} = \alpha + \beta N_{1,60} \quad (8B.3a)$$

Buradaki  $\alpha$  ve  $\beta$  katsayıları **Denk.(8B.3b)**'de verilmiştir:

$$a = 0 \quad ; \quad \beta = 1.0 \quad (IDI \leq \%5)$$

$$a = \exp\left[1.76 - (190/IDI^2)\right] \quad ; \quad \beta = 0.99 - IDI^{1.5}/1000 \quad (\%5 < IDI < \%35) \quad (8B.3b)$$

$$a = 5.0 \quad ; \quad \beta = 1.2 \quad (IDI > \%35)$$

**Tablo 18B.1. SPT Düzeltme Katsayıları**

Düzeltilme Katsayısı	Değişken	Değer
$C_k$	3m ile 4m aralığında	0.75
	4m ile 6m aralığında	0.85
	6m ile 10m aralığında	0.95
	10m'den derin	1.00
$C_s$	Standart numune aheri (iç tüpü okarı)	1.00
	İç tüpü olmayan numune aheri	1.10-1.30
$C_d$	Çap 65mm-115mm arasında	1.00
	Çap 150mm	1.05
	Çap 200mm	1.15
$C_L$	Güvenli tokmak	0.60-1.17
	Halkalı tokmak	0.45-1.00
	Otomatik darbeli tokmak	0.90-1.60

### 8B.3. SIVILAŞMA DİRENCİNİN HESAPLANMASI

**8B.3.1** – Sivilaşma direnci  $\tau_R$ , moment büyüklüğü 7.5 olan depreme karşı gelen çevrimsel dayanım oranının  $\{CRR_{M7.5}\}$ , tasarım depremi moment büyüklüğü düzeltme katsayısı  $\{C_M\}$  ve efektif düşey gerilme  $(\sigma'_{vd})$  ile çarpılması ile hesaplanacaktır.

$$\tau_R = CRR_{M7.5} C_M \sigma'_{vd} \quad (8B.4a)$$

**8B.3.2** – Çevrimsel dayanım oranı **Denk.(8B.4b)**'de verilen bağıntı ile hesaplanacaktır:

$$CRR_{M7.5} = \frac{1}{34 - N_{1,01,7}} + \frac{N_{1,01,7}}{1.35} + \frac{50}{\sqrt{10N_{1,01,7} + 15^2}} - \frac{1}{200} \quad (8B.4b)$$

Deprem büyüklüğü düzeltme katsayısı  $(C_M)$ , tasarım depremi büyüklüğüne  $(M_w)$  bağlı olarak **Denk.(8B.4c)**'deki bağıntı ile hesaplanacaktır.

$$C_M = \frac{10^{0.2M}}{M_w^{2.56}} \quad (8B.4c)$$

## 8B.4. DEPREMDE OLUŞAN KAYMA GERİLMESİNİN HESAPLANMASI

8B.4.1 – Zeminde oluşan kayma gerilmesi **Denk.(8B.5)**deki ilişki ile hesaplanacaktır.

$$\tau_{\text{deprem}} = 0.65 \sigma_{v0} (0.4 S_{DS}) r_d \quad (8B.5)$$

Burada  $\sigma_{v0}$  sıvılaşma değerlendirme yapılan derinlikteki toplam düşey gerilmeyi,  $r_d$  ilgili derinlikteki gerilme azaltma katsayısını,  $S_{DS}$  ise kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını göstermektedir.

8B.4.2 – Gerilme azaltma katsayısı,  $r_d$  incelenen derinliğe ( $Z$ ) bağlı olarak **Denk.(8B.6)**'ya göre elde edilecektir.

$$\begin{aligned} r_d &= 1.0 - 0.00765z & z \leq 9.15\text{m} \\ r_d &= 1.174 - 0.0267z & 9.15\text{m} < z \leq 23\text{m} \\ r_d &= 0.744 - 0.008z & 23\text{m} < z \leq 30\text{m} \\ r_d &= 0.50 & z > 30\text{m} \end{aligned} \quad (8B.6)$$

## **EK 8C – p-y, t-z ve Q-Z YAYLARI İÇİN KAYNAKLAR**

### **8C.1. p-y YAYLARI İÇİN KAYNAKLAR**

(a) Matlock, H. (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.

(b) Reese, L. C. and Welch, R. C. (1975). "Lateral loading of deep foundation in stiff clay." Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 101(7), pp. 633-649.

(c) Reese, L. C., Cox, W. R., and Koop, F. D. (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.

(d) Welch, R. C. and Reese, L. C. (1972). "Laterally loaded behavior of drilled shafts" Research Report 3-5-65-89. Center for Highway Research, University of Texas, Austin.

(e) Reese, L. C., Cox, W. R., and Koop, F. D. (1974). "Analysis of laterally loaded piles in sand." Proc. 6th Offshore Technology Conference, Paper 2080, Houston, Texas, pp. 473-483.

### **8C.2. SIVILAŞMA OLUŞAN ZEMİNLERDE p-y YAYLARI İÇİN KAYNAKLAR**

(a) Rollins, K.M., Gerber, T.M., Lane, J.D., Ashford, S.A. (2005a). "Lateral Resistance of a Full-Scale Pile Group in Liquefied Sand", Journal of the Geotechnical and Geoenvironmental Engineering Division, ASCE, Vol. 131, pp. 115-125.

(b) Rollins, K.M., Hales, L.J., Ashford, S.A. (2005b). "p-y Curves for Large Diameter Shafts in Liquefied Sands from Blast Liquefaction Tests", Seismic Performance and Simulation of Pile Foundations in Liquefied and Laterally Spreading Ground, Geotechnical Special Publication No.145, ASCE, p.11-23.

(c) Franke, K.W. ve Rollins, K.M. (2013). "Simplified Hybrid p-y Spring Model for Liquefied Soils", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol. 139, No.4, pp. 564-576.

### **8C.3. ŞEVLİ TAŞ DOLGULARDA p-y YAYLARI İÇİN KAYNAK**

McCullough, N.J., Dickenson, S.E. (2004) "The Behavior of Piles in Sloping Rock Fill at Marginal Wharves". Ports, ASCE, 1-10.

### **8C.4. t-z VE Q-Z YAYLARI İÇİN KAYNAK**

API WSD RP-2A (2000). Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms, American Petroleum Institute.

## BÖLÜM 9 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA KAZIKLI RİHTİM VE İSKELELERDE TABLİYE – KAZIK – ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN HESAP KURALLARI

### 9.1. KAPSAM

#### 9.1.1. Tabliye – Kazık – Zemin Etkileşimi Yöntemleri

**9.1.1.1** – Deprem etkisi altında tabliye – kazık – zemin etkileşimi hesapları, **6.3.1**'de tanımlanan genel taşıyıcı sistem modelleme kuralları uygulanarak, bu bölümde tanımlanan KZE-A, KZE-B veya KZE-C Yöntemlerine göre yapılacaktır.

**9.1.1.2** – Kazıklı rıhtım ve iskele taşıyıcı sistemlerinin deprem hesabında, ikinci aşamada YÖNTEM 2.1 ve YÖNTEM 2.2 kapsamında kullanılan KZE-B Yöntemi'nde tabliye-kazık-zemin etkileşimi *kinematik etkileşim* ve *eylemsizlik etkileşimi* olmak üzere iki kısımda ele alınacaktır. Birinci aşamada YÖNTEM 1 kapsamında kullanılan KZE-A Yöntemi'nde ise sadece *eylemsizlik etkileşimi* göz önüne alınacaktır.

#### 9.1.2. Kinematik Etkileşim Hesabı

(a) *Kinematik etkileşim* hesabının birinci amacı, kaynaktan gelen deprem dalgalarının zemin ortamında yayılımı sonucunda kazıklarda oluşan iç kuvvet ve şekildeğiştirmelerin hesaplanmasıdır.

(b) Kinematik etkileşim hesabının ikinci amacı, daha sonra eylemsizlik etkileşiminde kullanılmak üzere tabliyenin hemen altında tanımlanan *etkin tabliye hareketi*'nin belirlenmesidir. Bu Yönetmelikte, **9.2.2** uyarınca **8.6**'ya göre yapılan serbest zemin davranış hesabından zemin yüzeyinde (tarama kotunda) elde edilen deprem yer hareketi, yaklaşık olarak etkin tabliye hareketi yerine göz önüne alınacaktır.

(c) Kazıklı rıhtımlar için boyuna doğrultudaki deprem etkisi altında anolar arasındaki kesme takozlarında **6.3.1.1(b)**'ye göre enine doğrultuda oluşan kuvvetler de bu hesaptan elde edilecektir.

(d) Kinematik etkileşim hesabında her bir tabliye anosunda düzlem içi yerdeğiştirmeler için rijit diyafram kabulü yapılabilir.

(e) Bir iskele için farklı tarama kotlarına sahip anolar için kinematik etkileşim hesabı ortalama tarama kotu esas alınarak yapılabilir.

(f) KZE-B Yöntemi kapsamında kinematik etkileşim hesabı **9.4.1**'de açıklanmıştır.

#### 9.1.3. Eylemsizlik Etkileşimi Hesabı

(a) *Eylemsizlik etkileşimi* hesabının amacı, **9.1.2(b)**'de tanımlanan *etkin tabliye hareketi*'nin tabliyede meydana getirdiği eylemsizlik kuvvetlerinin (deprem yüklerinin) etkisi ile hem tabliyede, hem de geriye dönüşle kazıklarda meydana gelen iç kuvvetlerin ve şekildeğiştirmelerin belirlenmesidir.

(b) Eylemsizlik etkileşimi hesabı, rıhtım / iskele taşıyıcı sisteminin deprem hesabında zemin-kazık alt-sisteminin rijitliğinin göz önüne alınmasına karşı gelmektedir.

(c) Kazıklı rıhtımlar için boyuna doğrultudaki deprem etkisi altında anolar arasındaki kesme takozlarında **6.3.1.1(b)**'ye göre enine doğrultuda oluşan kuvvetler de bu bağlamda hesaplanacaktır.



(d) Etkileşimlik etkileşimini hesabı KZİ-A Yöntemi için 9.3.1'de, KZİ-B Yöntemi için ise 9.4.2'de açıklanmıştır.

#### 9.1.4. Ortak Sistem Hesabı

İkinci aşamada YÖNTEM 2.3 kapsamında kullanılan KZE-C Yöntemi'nde tabliye, kazık ve zemin ortamının birlikte tek bir taşıyıcı sistem olarak modellendiği *ortak sistem yaklaşımı* uygulanacaktır (Bkz. 9.5).

### 9.2. ZEMİN DEPREM DAVRANIŞININ VE KAZIK - ZEMİN ETKİLEŞİMİNİN MODELLENMESİ

#### 9.2.1. Genel Modelleme Yaklaşımı

9.2.1.1 – Bu Yönetmelik'te genel olarak kullanılması öngörülen tabliye-kazık-zemin etkileşimini hesap yöntemlerinde, kazık-zemin alt-sistemi kapsamında zemin ortamının ve kazıkların aynı hesap modeli içinde sonlu elemanlarla (veya sonlu farklarla) modellenmesi gerekmektedir. Kullanılacak hesap modelinde, zemin ortamının taban kayasında tanımlanan deprem yer hareketi altında yapılan *serbest zemin davranış hesabı* sonucunda elde edilen *toplam zemin yerdeğiştirmeleri*, daha sonra bir uçlarından kazık düğüm noktalarına bağlı olan p-y yaylarının öteki uçlarına (zemin uçlarına) uygulanmaktadır. Bu şekilde yapılan yüklemeye *yerdeğiştirme yüklemesi* adı verilmektedir.

9.2.1.2 – Bu Yönetmelik'te kullanılması öngörülen ve 9.2.1.1'de açıklanan modelleme yaklaşımına alternatif olarak, sadece ikinci aşamadaki YÖNTEM 2.3 kapsamında yapılacak *ortak sistem etkileşim hesabı*'nda uygulanmak üzere, zemin ortamının sonlu elemanlarla (veya sonlu farklarla) modellenmesini içeren yaklaşıma ilişkin kurullar 9.5.5'te verilmiştir.

#### 9.2.2. Serbest Zemin Davranış Hesabı

9.2.2.1 – Deprem etkisi altında zamana bağlı serbest zemin yerdeğiştirmeleri, kazıkların varlığından bağımsız olarak, 8.5'te verilen modelleme kuralları göz önüne alınarak taban kayasında tanımlanan deprem yer hareketi etkisi altında 8.6'ya göre yapılacak bir, iki veya üç boyutlu *doğrusal olmayan serbest zemin davranış hesabı* ile belirlenecektir.

9.2.2.2 – Zamana bağlı serbest zemin yerdeğiştirmeleri, zemin profili boyunca daha sonra göz önüne alınacak olan kazıkların düğüm noktalarını hizalarında *toplam yerdeğiştirmeler* olarak hesaplanacaktır. Herhangi bir düğüm noktasındaki toplam yerdeğiştirme, taban kayasının yerdeğiştirmesi ile zeminde meydana gelen rölatif yerdeğiştirmenin toplamıdır.

#### 9.2.3. Kazık – Zemin Etkileşiminin Modellenmesi

9.2.3.1 – Kazık boyunca düğüm noktaları, serbest zemin davranış hesabında kullanılan zemin alt-tabakadan ile uyumlu olarak belirlenecektir.

9.2.3.2 – Her bir kazık düğüm noktasında kazık ile zemin ortamı arasındaki görelî kuvvet-yerdeğiştirme ilişkisi 8.9'a göre belirlenen p-y, t-z yayları ile, kazık ucunda ise Q-Z yayı ile modellenmektedir.

(a) KZİ-B Yöntemi ile yapılacak *kinematik etkileşim hesapları* ile KZE-C Yöntemi'nde yapılacak *ortak sistem hesabı*'nda p-y yayları, her bir düğüm noktasında bir çift *sadece-basınç yayı* olarak tanımlanacaktır. Birinci *aktif yay*'ın zemin ucundan serbest zemin deprem toplam

yerdeğiştirmeleri yüklenecek, ikinci *pasif yay* ise zeminin tepkisini temsil edecektir. Deprem hareketinin yönüne göre sadece basınç alan aktif ve pasif yaylar yer değiştirecektir.

(b) KZE-A ve KZE-B Yöntemleri ile yapılacak *eylensizlik etkileşimi hesapları*nda kazık boyunca her bir düğüm noktasında eşdeğer-doğrusal tek bir p-y yayının göz önüne alınması yeterlidir. Tasarım mühendisinin tercihinine bağlı olarak KZE-B Yönteminde doğrusal olmayan p-y yayları da kullanılabilir.

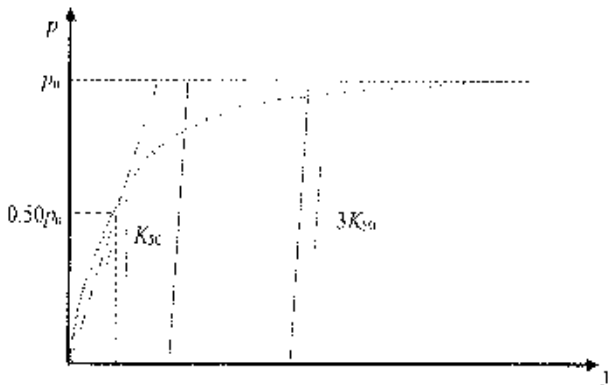
**9.2.3.3** – Deprem hesabından önce t-z ve Q-Z yayları kullanılarak düşey yüklerden kazıklarda oluşan aksel kuvvetler hesaplanacaktır. t-z ve Q-Z yayları **9.2.3.2(a)** ve **(b)**'de belirtilen etkileşim hesaplarında da göz önüne alınacaktır.

**9.2.3.4** – Kazıklarda yatay deprem etkisi altında *grup etkisi*'nin yaklaşık olarak göz önüne alınması için **Denk.(9.1)**'de verilen ampirik bağıntı ile hesaplanan azaltılma katsayıları  $\beta_G$ , p-y yayları için tanımlanan kuvvet-yerdeğiştirme eğrilerinin kuvvet (p) eksenine uygulanacaktır:

$$\beta_G = 0.2[(1 - \beta_{G1})s + (1 - 6\beta_{G1})] \quad (9.1)$$

Burada s göz önüne alınan doğrultuda kazık sıraları ara uzaklığının kazık çapına oranıdır.  $\beta_G$  ise her bir kazık sırası için farklı olarak uygulanacak bir katsayısı göstermektedir. *Sadece-basınç yayları*'na uygulanmak üzere yanal basınca maruz en öndeki kazık sırası için  $\beta_{G1} = 0.7$ , onun arkasındaki ikinci kazık sırası için  $\beta_{G1} = 0.45$ , üçüncü kazık sırası için  $\beta_{G1} = 0.3$ , dördüncü ve daha arkadaki kazık sıraları için ise  $\beta_{G1} = 0.2$  alınacaktır. Ters yöndeki yerdeğiştirmeler için bu katsayılar aynı kazıklara ters sıra ile uygulanacaktır. **Denk.(9.1)**'de verilen bağıntı  $s < 6$  için kullanılacak,  $s > 6$  için  $\beta_G = 1$  alınacaktır.

**9.2.3.5** – Zaman tanım alanında yapılacak hesaplarda p-y yaylarının çok-doğrusal çevrimsel özelliklerinin tanımlanması bağlılığında, ilk yüklemekten sonra yük boşaltma – tekrar yükleme durumundaki rijitlik, arazi deneylerine veya benzer zemin koşulları için literatürde yer alan bilgilere dayandırılmadığı sürece, iskelet eğrisinden hesaplanan dayanımın ( $p_u$ ) %50'sine karşılık gelen yerdeğiştirmeden ( $y_{50}$ ) geçen sekant rijitliğinin ( $K_{50}$ ) üç katına eşit alınabilir (**Şekil 9.1**).



**Şekil 9.1**

**9.2.3.6** – Zaman tanımı alanında yapılacak hesaplarda, bir yöndeki yüklemde zeminde meydana gelen yerdeğiştirmenin ters yöndeki yüklemde kapanıma kadar öbür tarafta zemin tepkisi olmayacağına dikkate alan çevrimseel hesap modeli göz önüne alınacaktır.

#### **9.2.4. Kazıkların Modellenmesi**

KZE-A yönteminde kazıkların davranışı doğrusal olarak göz önüne alınacaktır. KZE-B ve KZE-C yöntemlerinde ise kazıklar 7.3.2’de verilen kurallara göre modellenecektir.

### **9.3. TABLİYE – KAZIK–ZEMİN ETKİLEŐİŐİ İÇİN KZE–A YÖNTEMİ**

YÖNTEM 1 kapsamında tabliye-kazık-zemin etkileşim i için KKZE-A Yöntemi’nde kinematik etkileşim hesabı yapılmayacak. sadece eylesizlik etkileşim i aşağında açıklanđıđı şekilde göz önüne alınacaktır.

**9.3.1** – *KZE-A Yöntemi ile Eylesizlik Etkileşim i*’nde YÖNTEM 1 kapsamında 6.3.1 ve 9.1.3’e göre zemin, kazıklar ve tabliyeden oluşun birleşik taşıyıcı sistem modeli ile hesap yapılacaktır. Bu sistemde tabliyenin kütleleri ile birlikte, kazıkların su içinde zemin üstünde kalan kısımlarının kütleleri ve ek eşdeğer su kütleleri dikkate alınacaktır. Kazıklarda doğrusal elastik davranış göz önüne alınacaktır.

**9.3.2** – Hesapta *ekkin temel tasarımı ivme spektrumu* olarak **Bölüm 2**’ye göre tanımlanan *deprem tasarımı ivme spektrumu* kullanılacaktır.

**9.3.3** – Kazıklar boyunca p-y yaylarının doğrusal başlangıç rijitlikleri kullanılacaktır. t-z ve Q-Z yaylarında da başlangıç rijitlikleri doğrusal rijitlikler olarak kullanılacaktır.

**9.3.4** – Eylesizlik etkileşim i hesabının çıktıları olarak YÖNTEM 1 kapsamında tabliyede ve kazıklarda oluşan yerdeğiştirmeler ve iç kuvvetler elde edilecektir.

### **9.4. TABLİYE–KAZIK–ZEMİN ETKİLEŐİŐİ İÇİN KZE–B YÖNTEMİ**

Tabliye-kazık-zemin etkileşim i için KZE-B Yöntemi, ikinci aşamı hesapta YÖNTEM 2.1 ve YÖNTEM 2.2 kapsamında kullanılacaktır.

#### **9.4.1. KZE-B Yöntemi ile Kinematik Etkileşim Hesabı**

**9.4.1.1** – *KZE-B Yöntemi ile Kinematik Etkileşim Hesabı*’nın ilk adımıda 9.2.2’ye göre zaman tanımı alanında doğrusal olmayan serbest zemin davranış hesabı, taban kayasında tanımlanan 7 deprem kaydı için yapılacak ve daha sonra göz önüne alınacak olan kazıkların değim noktalarının hizalarında her bir deprem kaydı için elde edilen toplam yerdeğiştirmelerinin zamana göre maksimum değerleri hesaplanacaktır. Daha sonra bu maksimumların 7 deprem için ortalamaları alınarak, kazıklar boyunca *toplam deprem yerdeğiştirme profili* elde edilecektir.

**9.4.1.2** – 9.4.1.1’de elde edilen toplam deprem yerdeğiştirme profili, 6.3.1 ve 9.1.2’ye göre oluşturulan kazık-tabliye modelinde sıfırdan başlayarak *artımsal statik yerdeğiştirme yüklemesi* olarak 9.2.3.2 uyarınca kazıkların sadece basınç alan aktif p-y yaylarının zemin uçlarına alınımı uygulanacaktır. Kazıklarda doğrusal davranış ile birlikte 9.2.3.4’e göre grup etkisi göz önüne alınacaktır.

9.4.1.3 – Artmış statik itme hesabı olarak yapılacak kinematik etkileşimi hesaplam çıktılarını olarak kazık yerdeğiştirmeleri, pasif p-y yayları ile t-z ve Q-Z yaylarındaki zemin tepki kuvvetleri ve kazıklarda oluşan iç kuvvetler edilecektir. Özel olarak 9.1.2(c)'de belirtildiği üzere rıhtımlarda boyuna doğruştadaki deprem için yapılan hesapta enolur arasındaki takozlarda enine doğrultuda oluşan kuvvetler de bu hesaptan elde edilecektir.

9.4.1.4 – Yapılan serbest zemin davranış hesabından yararlanılarak, 9.4.2'deki eylemsizlik etkileşimi hesabında kullanılacak üzere, 8.6'ya göre zemin yüzeyindeki *sahaya özel deprem spektrumu* elde edilecektir.

#### 9.4.2. KZE-B Yöntemi ile Eylemsizlik Etkileşiminin Göz önüne Alınması

9.4.2.1 – KZE-B Yöntemi ile Eylemsizlik Etkileşimi'nde, 6.3.1, 7.3.2 ve 9.1.3'e göre oluşturulan kazık-tabliye modeli ile hesap yapılacaktır. Bu sistemde tabliyenin kütleleri ile birlikte, kazıkların su içinde zemin üstünde kalan kısımlarının kütleleri ve ek eşdeğer su kütleleri dikkate alınacaktır.

9.4.2.2 – YÖNTEM 2.1 (*Karım Yöntem*) ile yapılan doğrusal elastik yerdeğiştirme tablihi hesabında, kazıklarda doğrusal elastik davranış göz önüne alınacaktır. YÖNTEM 2.2'ye göre yapılan doğrusal olmayan hesapta ise kazıklar 7.3.2'de verilen kurallara göre modelleneyecektir.

9.4.2.3 – Hesapta deprem verisi olarak 9.4.1.1'e göre elde edilen deniz tabanında (tarama kotunda) *sahaya özel deprem spektrumu* kullanılacaktır.

9.4.2.4 – Kazıklar boyunca 9.2.3.2(b)'ye göre eşdeğer-doğrusal p-y yayları kullanılacaktır (Tasarım mühendisinin tercihinine bağlı olarak doğrusal olmayan p-y yayları da kullanılabilir). Her bir p-y yayının eşdeğer-doğrusal rijitlik katsayısı, 9.4.1'de açıklanan kinematik etkileşim hesabında pasif p-y yayında elde edilen zemin tepki kuvvetinin aynı yayda elde edilen yerdeğiştirmeye bölünmesi ile elde edilecektir. t-z ve Q-Z yaylarında ise başlangıç rijitlikleri doğrusal rijitlikler olarak kullanılacaktır.

9.4.2.5 – Eylemsizlik etkileşimi hesabının çıktıları olarak YÖNTEM 2.1 ve YÖNTEM 2.2 kapsamında taşıyıcı sistemde ve kazıklarda oluşan yerdeğiştirmeler ve iç kuvvetler ile kazıklarda oluşabilecek plastik mafsalların dönmeleri hesaplanacaktır.

#### 9.4.3. Kinematik ve Eylemsizlik Etkileşimi Sonuçlarının Birleştirilmesi

Kazıklardaki ve tabliyedeki yerdeğiştirmeler ve iç kuvvetler bakımından kinematik ve eylemsizlik etkileşimi etkileri aşağıdaki iki durumun elverişsiz olanına göre birleştirileceklerdir:

(a) Kinematik etkileşimden gelen etkilerin %100'ü ile eylemsizlik etkileşimden gelen etkilerin %50'sinin toplamı;

(b) Eylemsizlik etkileşimden gelen etkilerin %100'ü ile kinematik etkileşimden gelen etkilerin %50'sinin toplamı.

#### 9.5. TABLİYE –KAZIK–ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN KZE–C YÖNTEMİ

9.5.1 – Rıhtım/iskele-kazık-zemin etkileşimi için KZE-C Yöntemi, ikinci aşamada hesapta YÖNTEM 2.3 kapsamında kullanılacaktır. KZE-C Yöntemi'nde tabliye, kazık ve zemin

ortamının birlikte tek bir taşıyıcı sistem olarak modellendiği *ortak sistem yaklaşımı* uygulanacaktır. Ortak sistem 7.3.9.2.3 ve 9.2.4'e göre modellenecektir.

**9.5.2 – KZLi-C Yöntemi ile Ortak Sistem Etkileşim Hesabı**nın ilk adımında 9.2.1'e göre serbest zemin davranış hesabı, taban kayasında tanımlanan 7 deprem kaydı için yapılacak ve daha sonra göz önüne alınacak olan kazıkların diğün noktalarının bizalarında her bir deprem için toplam yerdeğıştirmelerin zamana göre değışimleri elde edilecektir.

**9.5.3 – 9.5.2'de** kazıklar boyunca zaman tanım alanında her bir deprem kaydı için elde edilen toplam deprem yerdeğıştirmeleri, 9.5.1'de tanımlanan ortak sistem modelinde *dinamik yerdeğıştirme yüklemesi* olarak 9.2.3.2 uyarınca kazıkların sadece basınç alan *aktif* p-y yaylarının zemin uçlarına her bir *t* anında uygulanacaktır. Zaman tanım alanında yapılacak doğrusal olmayan ortak sistem hesabında, kazıklardaki grup etkisi *pasif* p-y yaylarında 9.2.3.4'e göre göz önüne alınacaktır.

**9.5.4 – Zaman tanım alanında** yapılacak doğrusal olmayan ortak sistem hesabının çıktıları olarak her bir deprem kaydı rijitlikiskele taşıyıcı sistemindeki tüm elemanların ve kazıkların yerdeğıştirmelerinin, iç kuvvetlerinin ve plastik şekildeğıştirmelerinin zamana göre değışimleri ve bunların maksimum değerleri elde edilecektir.

**9.5.5 – Bu Yönetmelik'te** kullanılması öngörülen ve yukarıda açıklanan etkileşim hesabına alternatif olarak, sadece ikinci aşamada YÖNETM 2.3 kapsamında yapılacak doğrusal olmayan *ortak sistem etkileşim hesabı*'nda kullanılacak üzere zemin ortamının sonlu elemanlarla (veya sonlu farklarla) modellenmesini içeren yaklaşım, aşağıdaki kuralları çerçevesinde uygulanabilir:

**(a) Zemin ortamı, 8.5.7, 8.5.8 ve 8.5.9'a** göre tanımlanan *mühendislik taban kayası*'nın üzerinde, sonlu elemanlar veya sonlu farklar yöntemleri ile analiz edilecek şekilde *üç boyutlu* olarak modellenecektir. Ortak sistem etkileşim modeli çerçevesinde tabliye ile birlikte göz önüne alınması gereken kazıkların ve zemin ortamının düzlem şekildeğıştirme durumu için iki boyutlu olarak modellenmesine izin verilmaz.

**(b) Sonlu zemin modelinin** dış çevresi boyunca ve ZA veya ZB olarak sınıflandırılmayan *mühendislik taban kayası*'nda, zemin ortamından aşağıya ve ayrıca dışa doğru yayılan dalgaların içeriye yansımaları önlemek için uygun olarak seçilmiş *geçirgen sınırlar*

kullanılacaktır. Geçirgen sınırların rijitlik veya iskeleğe yatay uzaklığı, her iki doğrultuda ve her iki tarafta ayrı ayrı olmak üzere, en az rijitlik veya iskele toplamı uzunluğu kadar olacaktır.

**(c) Zemin ortamının** üç boyutlu *doğrusal olmayan* davranışı, deneysel verilerle uyumlu modeller kullanılarak göz önüne alınacaktır. Modellemede 8.5.3, 8.5.4, 8.5.5 ve 8.5.10'da verilen kurallara uyulacaktır.

**(d) Kazıklar, 7.3.2'ye** göre tanımlanan plastik mafsalların derinlik boyunca uygun aralıklarla yerleştirildiği çubuk elemanlar olarak modellenecektir. Kazıklarla zemin ortamı arasında uygun seçilmiş *arayüz elemanları* kullanılacaktır. Deprem hesabından önce, düşey yüklerden kazıklarda oluşan eksenel kuvvetler doğrusal olmayan statik hesap ile belirlenecektir.

**(e) Deprem kayıtları, en az 7 (iki bileşenli) çift** olmak üzere 2.5.1'e göre seçilerek 2.5.3'e göre dönüştürülecek ve mühendislik taban kayasından sisteme etki ettirilecektir.

## BÖLÜM 10 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA KIYI VE LİMAN YAPILARI TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ TASARIMINA İLİŞKİN KURALLAR

Kıyı ve liman yapıları taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımı bağlanunda, diğer yük ve etkilerin gerektirdiği kurallara ek olarak deprem etkisi gereği uyulması gereken kurallar bu bölümde belirtilmiştir.

### 10.1. MALZEME KOŞULLARI

**10.1.1** – Kazıklı rijitlik ve iskelelerde kullanılacak betonarme betonu kalitesi en az C35, öngermeli beton kalitesi ise en az C45 olacaktır.

**10.1.2** –  $DTS = 1,2,3$  olan kazıklı rijitlik ve iskelelerde kullanılacak donatı çeliği kalitesi TS 708’de tanımlanan B420C veya B500C olacaktır. TS 708’de tanımlanan S420 çeliği sadece  $DTS = 4$  olan kazıklı rijitlik ve iskelelerde kullanılabilir.

### 10.2. KESİT HESAPLARINA İLİŞKİN GENEL KURALLAR

**10.2.1** – Birinci aşama tasarımı betonarme kesit kesitler için *Taşınma Gücü Yöntemi* kapsamında *tasarım dayanımları* TS 500’e göre belirlenecektir.

**10.2.2** – Birinci aşama tasarımı çelik kesit kesitler için *Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) Yöntemi* kapsamında *tasarım dayanımları* Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018) e göre belirlenecektir.

**10.2.3** – İkinci aşama tasarımı eğilme + eksenel kuvvet durumu için 7.3.2.7’de tanımlanan *ortalama (beklenen) dayanımlar*, kesme kuvveti için 10.2.1’e göre belirlenen *tasarım dayanımları* kullanılacaktır.

### 10.3. TEMELLERİNİN GEOTEKNİK TASARIMINA İLİŞKİN KURALLAR

#### 10.3.1. Temel Tasarımında Esas Alınacak Kuvvetler

**10.3.1.1** – Birinci aşamada ağırlık tipi rijitlik temellerinin ve kazıklı temellerin tasarımı için esas alınacak kuvvetler, 4.4.3’e göre **Denk.(4.5)** ile ve 6.5.4’e göre **Denk.(6.8)**’de verilen değerlendirme kriterini sağlayan kuvvetlerdir.

**10.3.1.2** – İkinci aşamada kazıklı temellerin tasarımı için esas alınacak kuvvetler, **Bölüm 7**’ye göre yapılan doğrusal olmayan değerlendirme kapsamında plastik şekildeğiştirmelerle uyumlu olarak temele aktarılan kuvvetlerdir.

#### 10.3.2. Temellerin Geoteknik Tasarımında Taşınma Gücü İlkesi

**10.3.2.1** – Bu yönetmelikte, yüzeysel ve kazıklı temellerin geoteknik tasarımı için *taşınma gücü ilkesi* esas alınmıştır. Temel zeminin, olası göçme mekanizmalarına karşı gelen *tasarım taşınma gücü* nün yeterliliği **Denk.(10.1)**’te verilen genel ifade ile sağlanacaktır:

$$E_1 \leq R_1 \quad (10.1)$$

Burada  $E_s$  statik ve depremli içeren yüklenme durumları için yük katsayıları ile çarpılmış yüklerle karşı gelen *tasarım etkileri*'ni,  $R_s$  ise ilgili göçme mekanizmasına karşı gelen *tasarım dayanımı*'nı ifade etmektedir.

**10.3.2.2** – Tasarıma esas eksenel kuvvet ve eğilme momenti, temel tabanında düşey doğrultudaki *temel taşıma gücü* ile karşılanacaktır.

**10.3.2.3** – Tasarıma esas yatay kesme kuvveti, zemin ile temel tabanı arası *sürtünme direnci* ile birlikte temel yan yüzünde oluşan *pasif toprak basıncı*'nın en çok %30'u dikkate alınarak karşılanacaktır.

**10.3.2.4** – Statik ve depremli içeren yüklenme durumlarına ilişkin *tasarım dayanımı*  $R_s$ , *karakteristik dayanım*  $R_k$ 'nin *dayanım katsayısı*  $\gamma_R$ 'ye bölünmesi ile bulunacaktır.

$$R_s = \frac{R_k}{\gamma_R} \quad (10.2)$$

*Dayanım katsayısı*'nın değerleri temel türüne ve hesaplanan dayanım bileşenine göre **Tablo 10.1** ve **Tablo 10.3**'de verilmiştir.

**10.3.2.1** – Depremde aşırı boşluk suyu basıncı artış meydana gelebilecek zeminlerde, toplan gerilme analizlerinde drenajsız kayma dayanımı üzerinde olası etkiler, efektif gerilme analizlerinde ise boşluk suyu basıncı dikkate alınmalıdır.

### 10.3.3. Yüzeysel Temeller

**10.3.3.1** – Denk.(10.2)'de sınımlanan dayanım katsayısı  $\gamma_R$ , yüzeysel ve zemine kısmen gömülü temeller için dayanımın türüne bağlı olarak **Tablo 10.1**'de verilmiştir.

**Tablo 10.1. Yüzeysel Temeller İçin Dayanım Katsayıları**

Dayanım Türü	Dayanım Katsayısı Semboli	Dayanım Katsayısı Değeri
Temel Taşıma Gücü	$\gamma_R$	1.4
Sürtünme Direnci	$\gamma_{R_s}$	1.2
Pasif Direnç	$\gamma_{R_p}$	1.4

**10.3.3.2** – Statik ve deprem etkisini içeren yüklenme durumlarının her birinde Denk.(10.3)'te verilen eşitsizlik sağlanacaktır:

$$q_s \leq q_t \quad (10.3)$$

Burada  $q_s$ , temel seviyesinde etkiyen düşey yük, kesme ve moment etkilerinin oluşturduğu temel taban basıncıdır.  $q_t$  ise tasarım dayanımı  $R_s$ 'nin temel taşıma gücüne ilişkin karşılığıdır ve Denk.(10.4) ile tanımlanır:

$$q_t = \frac{q_k}{\gamma_{R_s}} \quad (10.4)$$

**10.3.3.3** – Temel taşıma gücüne ilişkin *karakteristik dayanım*  $q_k$  Denk.(10.5) ile hesaplanacaktır.

$$q_x = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c - qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5\gamma B'N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma \quad (10.5a)$$

**Denk.(10.5a)**'da yer alan taşıma gücü katsayıları **Denk.(10.5b)**'de tanımlanmıştır:

$$N_q = e^{\tan\phi} \tan^2(45 - \phi/2) \quad ; \quad N_c = (N_q - 1) \cot\phi \quad ; \quad N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan\phi \quad (10.5b)$$

**Denk.(10.5a)**'da boyutsuz *düzeltilme katsayıları* olarak yer alan *temel şekli katsayıları*  $s_c, s_q, s_\gamma$ ; *derinlik katsayıları*  $d_c, d_q, d_\gamma$ ; *yüklemeye eğikliği katsayıları*  $i_c, i_q, i_\gamma$ ; *temel zemini eğimi katsayıları*  $g_c, g_q, g_\gamma$  ve *temel taban eğimi katsayıları*  $b_c, b_q, b_\gamma$  literatüre dayanan ve genel kabul görmüş bağlantılar kullanılarak hesaplanacaktır.

**10.3.3.4** – Temel etkili derinliği içinde, temel zemininde değişken özellikte tabakaların ve/veya süreksizliklerin bulunması durumu taşıma gücü hesabında dikkate alınacaktır.

**10.3.3.5** – Temel altındaki yerdeğiştirmeler izin verilebilir sınırlar içinde kalacaktır. Bu bağlamda deprem etkisinde yarıaşuk kıllet ve suya doygun gevşek-orta sıkı kohezyonsuz zeminlerde, çevrimsel yüklenmeler altında boşluk suyu basıncı artışları ile, olası dayanım ve rijitlik kaybı dikkate alınarak temel altı yerdeğiştirmeleri genel kabul gören geoteknik mülendisliği yaklaşımları ile hesaplanacaktır.

**10.3.3.6** – Yatayda kayma ile ilgili olarak statik ve depremi içeren yüklem durumlarının her birinde **Denk.(10.6)**'da verilen eşitsizlik sağlanacaktır:

$$V_{th} \leq R_{th} + 0.3R_{pt} \quad (10.6)$$

Burada  $v_{th}$  temel tabanında etkileyen *tasarım yatay kuvveti*'ni,  $R_{th}$  *tasarım sürtünme direnci*'ni,  $R_{pt}$  ise *tasarım pasif direnci*'ni göstermektedir.

**10.3.3.7** – *Tasarım sürtünme direnci*  $R_{th}$  drenajlı durumda **Denk.(10.7)** ile hesaplanabilir:

$$R_{th} = \frac{P_s \tan \delta}{\gamma_{sk}} \quad (10.7)$$

Burada  $P_s$  temel tabanına etkileyen *tasarım dikey basıncı kuvvetini*,  $\delta$  ise temel tabanı ile zemin arasındaki *sürtünme açısını* göstermektedir.

**10.3.3.8** – Sürtünme katsayısı  $\tan \delta$ , saha deneyleri ile aksi belirlenmedikçe, **Tablo 10.2**'de verilen değerlerden daha büyük alınmayacaktır.

**10.3.3.9** – *Tasarım pasif direnci*  $R_{pt}$ , *karakteristik pasif direnç*  $R_{pk}$ 'nin *dayanım katsayısı*'na bölünmesi ile hesaplanacaktır:

$$R_{pt} = \frac{R_{pk}}{\gamma_{sk}} \quad (10.8)$$



**Tablo 10.2. Yüzeysel Temeller ile Zemin Arasındaki Sürtünme Katsayısı**

Sürtünme Arayüzeyi	$\tan \delta$
Önüretimli beton - yerinde dökmeye beton	0.5
Önüretimli beton - taban kayası	0.5
Yerinde dökmeye su altı betonu - taban kayası	0.75
Önüretimli beton (çizir yüzeyli) - taş sergi	0.6
Önüretimli beton (prüvizlerle donatılı) - taş sergi	0.7
Taş dolgu - taş sergi	0.8

### 10.3.4. Kazıklı Temeller

**10.3.4.1** - Kazıklı temellerin taşıma gücü hesabında aşağıdaki yaklaşımlardan biri uygulanabilir. Taşıma gücü;

(a) Statik yüklenme deney sonuçlarından elde edilen veriler kullanılarak hesaplanabilir.

(b) Zemin araştırmalarından elde edilen zemin özellikleri kullanılarak hesaplanabilir.

(c) Statik yüklenme deneyleri ile geçerliliği sağlanmış dinamik yüklenme deneylerinden elde edilen sonuçlar kullanılarak hesaplanabilir.

**10.3.4.2** - Kazıklı temellerin düşey taşıma gücü hesabında, zemin araştırmaları ve yüklenme deneyleri sonuçlarından elde edilen zemin özellikleri kullanılarak hesaplanacak çevre sürtünmesi  $Q_s$  ve uç direnci  $Q_u$  'nun hesabında **Tablo 10.3**'te verilen dayanım katsayıları  $\gamma_c$  uygulanacaktır.

**10.3.4.3** - K1.ÖS = 1.2 ve ÖTS = 1.2 olan rijit ve iskelelerin kazıklı temellerinde, en az iki adet statik yüklenme deneyi yapılarak tasarım kabulünün yerinde doğrulandığı kanıtlanacaktır. **Tablo 10.3**'te kazık yüklenme deneyi yapılması durumunda için verilen dayanım katsayısı değerleri, her 200 m'lik rijitlik veya iskele uzunluğu için en az bir adet yüklenme deneyi yapılması durumunda kullanılabilir. Daha fazla deney yapılması halinde, bölgesel deneyimlerin ışığında dayanım katsayılarında en fazla 0.10 kadar azaltma yapılabilir.

**10.3.4.4** - Statik ve deprem etkisini içeren yüklenme durumlarının her birinde **Denk.(10.9)**'deki eşitsizlik sağlanacaktır:

$$P_n \leq Q_w \quad (10.9)$$

Burada  $P_n$  kazağa etkileyen düşey tasarım kuvvidir.  $Q_w$  ise kazağın düşey tasarım dayanımını göstermektedir ve **Denk.(10.10a)** veya **Denk.(10.10b)** ile tanımlanır:

$$Q_w = \frac{Q_{ks}}{\gamma_{ks}} + \frac{Q_{ku}}{\gamma_{ku}} \quad (10.10a)$$

veya

$$Q_w = \frac{Q_{ks}}{\gamma_{Rk}} \quad (10.10b)$$

Burada  $Q_{ks}$  ve  $Q_{ku}$  kazağın karakteristik çevre sürtünmesi direncini ve karakteristik uç direncini,  $Q_{ks}$  ise karakteristik toplam kazık taşıma gücünü göstermektedir.

**Tablo 10.3. Kazıklı Temeller İçin Dayanım Katsayıları**

Dayanım Türü	Dayanım Katsayısı Semblesi	Dayanım Katsayısı Değeri	
		Kazık yükleri deney yapılmamış ise	Kazık yüklemesi deneyi yapılmış ise
Çevre sürtünmesi (basıç)	$\gamma_{bc}$	1.5	1.3
Çevre sürtünmesi (çekme)	$\gamma_{bc}$	1.6	1.4
Uç direnci	$\gamma_{bu}$	2.0	1.5
Toplam taşıma gücü (basıç)	$\gamma_a$	--	1.4

**10.3.4.5** – Kohzyonlu ve kohzyonsuz zeminlerde birim çevre ve birim uç dirençleri literatüre dayanan ve genel kabul görmüş bağlantılar kullanılarak hesaplanabilir. Taşıma gücü hesabında kazık imalat yönteminin etkisi dikkate alınmalıdır.

**10.3.4.6** – Grup davranışı gösterecek kazıklı temellerde taşıma gücü; grup içinde bulunan her bir kazığın toplam taşıma gücü ile kazıklar ve arasında kalan zeminden oluşan bloğun taşıma gücü değerlerinin küçük olanı olarak seçilecektir.

**10.3.4.7** – Statik ve deprem etkisini içeren yüklemeler durumunda her birinde **Denk.(10.11)**'de verilen eşitsizlik sağlanacaktır:

$$P_y \leq Q_y \quad (10.11)$$

Burada  $P_y$  kazığa etkiyen ymal tasarım kuvvetidir.  $Q_y$  ise kazığın yanal tasarım dayanımını göstermektedir.

## 10.4. KAZIKLARIN YAPISAL TASARIMINA İLİŞKİN KOŞULLAR

Kazıklarla ilgili olarak **6.3.2** ve **7.3.2**'de verilen kurullara ek olarak kazıkların yapısal tasarıma ilişkin kurullar ve koşullar bu bölümde verilmiştir.

### 10.4.1. Kesit Koşulları

**10.4.1.1** – Betonarme ve öngermeli betonarme kazıkların minimum çapı 40 cm olacaktır.

**10.4.1.2** – Çelik boru kazıkların et kalınlıkları **Denk.(10.12)** ile verilen koşulu sağlayacaktır:

$$\frac{D}{t} \leq c \frac{F_t}{f_{yk}} \leq 80 \quad (10.12)$$

Burada  $D$  boru kazık çapını,  $t$  ise et kalınlığını göstermektedir.

(a) KLÖS = 1,2 ve DTS = 1,2 olan ritim ve iskelelerde, boru kazığın içi için doğru olarak zemin ile dolu olması veya granitli kum ile doldurulması durumunda  $c = 0,12$ , donatısız beton ile doldurulması durumunda  $c = 0,14$ , boş olması durumunda ise  $c = 0,10$  alınacaktır.

(b) KLÖS = 1,2 ve DTS = 3,4 olan ritim ve iskeleler için KLÖS = 3 olan ritim ritim ve iskelelerde (a) da verilen  $c$  değerleri %50 artırılabilir.

**10.4.1.3** – Çelik kazıkların betonarme temel (kazık başlığına) monolitik bağlantıları, kazıkların tepesinde en az iki kazık çapı derinliğinde düzenlenecek betonarme tıplar ile

yapılacaktır. Tıpalardaki boyuna donatı, kazık tepesinde hesaplanan eğilme momenti ve eksenel kuvveti betonarme kesit olarak aktaracak şekilde düzenlenecektir. Tıpa yüksekliği boyunca 10.4.3'te plastik mafsalsal etki bölgesi için tanımlanan miktarda spiral enine donatı kullanılacaktır. Kazık eksenel kuvvetinin tıpadan çelik kazık kesitinde güvenle aktarıldığı hesapla gösterilecek. gerekirse bu amaçla kesme bağlantı elemanları kullanılacaktır.

#### 10.4.2. Boyuna Donatı Koşulları

Betonarme kazıklarda boyuna donatı kazık boyunca devam ettirilecektir. Kazık başlığının altındaki kazık boyunun üstten 2/3'ünde boyuna donatı oranı DTS = 1,2 olan rijitlik/iskelelerde 0.01'den, DTS = 3,4 olan rijitlik/iskelelerde ise 0.008'den az olmayacaktır.

#### 10.4.3. Enine Donatı Koşulları

10.4.3.1 – Kazıklarda plastik mafsalsal etki bölgesi boyunca ve bölgenin dışında uygulanacak minimum enine donatı koşulları aşağıda tanımlandığı gibi olacaktır. Plastik mafsalsal etki bölgesi'nin uzunluğu, kazık çapının 1,5 katından ve kazık başlığı bağlantısı için 7.2.4.2'de veya zemin içinde 7.2.4.3'te tanımlanan plastik mafsalsal boyu'nun büyüğü olarak alınacaktır.

10.4.3.2 – KLÖS = 1,2 ve DTS = 1,2 olan rijitlik ve iskelelerde plastik mafsalsal etki bölgesi boyunca kullanılacak minimum enine donatı hacimsel oranı aşağıda verilmiştir:

$$\rho_s = \frac{4A_{sp}}{D_n s} \geq 0,12 \frac{f_{ck}}{f_{yd}} \quad (10.13)$$

10.4.3.3 – KLÖS = 1,2 ve DTS = 3 olan rijitlik ve iskelelerde plastik mafsalsal etki bölgesi boyunca kullanılacak minimum enine donatı miktarı 10.4.3.2'de verilenlerin 2/3'ü kadar olacaktır.

10.4.3.4 – KLÖS = 1,2 ve DTS = 1,2,3 olan rijitlik ve iskelelerde plastik mafsalsal etki bölgesi dışında kullanılacak minimum enine donatı miktarı, plastik mafsalsal etki bölgesi boyunca kullanılacak minimum enine donatının yarısı kadar olacaktır.

10.4.3.5 – KLÖS = 3 olan tüm rijitlik ve iskeleler ile KLÖS = 1,2 ve DTS = 4 olan rijitlik ve iskelelerde tüm kolon boyunca kullanılacak minimum enine donatı miktarı 10.4.3.2'de verilenlerin 1/3'ü kadar olacaktır.

10.4.3.6 – Plastik mafsalsal etki bölgesi boyunca enine donatı aralıkları, minimum enkesit boyutunun 1/4'ünden, boyuna donatı çapının 6 katından ve 10 cm'den fazla; maksimum agrega çapının 1,33 katından, enine donatı çapından ve 2,5 cm'den az olmayacaktır.

10.4.3.7 – Plastik mafsalsal etki bölgesi dışında enine donatı aralıkları, boyuna donatı çapının 6 katından ve 15 cm'den fazla olmayacaktır.

### 10.5. KESME TAKOZLARI İÇİN KESME KUVVETİ KAPASİTESİ

10.5.1 – Kazıklı rijitlik ve iskeleleri oluşturan anolar arasında enine doğrultuda kuvvet aktarım amacı ile yapılan kesme takozlarının kesme kuvvet kapasitesi  $V_n$ , kesme sürtünmesi esasına göre Denk.(10.14) ile hesaplanabilir.

$$V_n = c_1 A_{tt} + \mu A_{st} f_y \quad (10.14)$$

Burada  $A_{tt}$  kesme takozunun arayüz alanını,  $c_1$  ve  $\mu$  arayüz kohezyon ve sürtünme katsayılarını,  $A_{st}$  takoz donatısının alanını,  $f_y$  ise donatının akma dayanımını göstermektedir.  $f_y$  olarak birinci aşamada tasarım dayanımı  $f_{y0}$ , ikinci aşamada ise ortalama (beklenen) dayanım  $f_{ye}$  kullanılacaktır. Arayüz kohezyon katsayısı  $c_1$  yağdım artırılarak temizlenmiş, en az 6 mm'lik pürüzlerle pürüzlendirilmiş ağı beton için  $c_1 = 2$  MPa alınabilir. Arayüz sürtünme katsayısı ise  $\mu = 1$  alınacaktır.

**10.5.2 – Kesme takozunun yüksekliğinin fazla olması halinde kesme kuvveti kapasitesi, takozun tabanındaki eğilme momenti kapasitesine göre de değerlendirilecektir.**

## BÖLÜM 11 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA MEVCUT KAZIKLI RIHTIM VE İSKELELER İÇİN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİNE İLİŞKİN GENEL KURALLAR

Mevcut kazıklı rihtim ve iskelelerin deprem etkisi altında performanslarının değerlendirilmesi ile ilgili genel kurallar bu bölümde verilmiştir. Mevcut rihtim ve iskeleler için de, yeni yapılacak rihtim ve iskelelerde olduğu gibi, iki aşamalı değerlendirme yaklaşımı esas alınacaktır.

### 11.1. DEPREM ETKİSİ ALTINDA MEVCUT KAZIKLI RIHTIM VE İSKELELER İÇİN BİRİNCİ AŞAMA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

**11.1.1** – Mevcut kazıklı rihtim ve iskelelerin birinci aşama performans değerlendirmesi, yeni yapılacak kazıklı rihtim ve iskelelerden farklı olarak **Bölüm 7**'de tanımlanan *şekildeğiştirme*ye göre değerlendirme yaklaşımı ile yapılacaktır.

**11.1.2** – Mevcut kazıklı rihtim ve iskelelerin birinci aşama performans değerlendirmesinde:

(a) **Bölüm 3**'te birinci aşama için tanımlanan DD-2a ve DD-3 deprem düzeyleri aynen uygulanacaktır. Ancak İdare'nin onayı ile DD-2a deprem düzeyi yerine DD-3 deprem düzeyi göz önüne alınabilir.

(b) Performans hedefi olarak KI.ÖS = 1,2 durumunda yeni yapılacak kazıklı rihtim ve iskeleler için kullanılan *Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Hedefi* yerine *Sınırlı Hasar (SH) Performans Hedefi* kullanılacaktır. Ancak İdare'nin onayı ile bu amaçla *Kontrollü Hasar (KH) Performans Hedefi* de esas alınabilir. Bu durumda aşağıdaki **11.1.3(c)** ve **11.1.3(d)** uygulanmayacak, yeni yapılacak kazıklı rihtim ve iskelelerde **7.5.1**'de *Kontrollü Hasar (KH) Performans Hedefi* için tanımlanan birim şekildeğiştirme kapasitelerinin yarısı kullanılacaktır.

**11.1.3** – Mevcut kazıklı rihtim ve iskelelerin birinci aşama performans değerlendirmesinde:

(a) **Bölüm 7**'de tanımlanan modelleme kuralları ile hesap yöntemleri aynen uygulanacaktır.

(b) Yeni yapılacak kazıklı rihtim ve iskeleler için **7.3.2.7**'de tanımlanan *beklenen (ortalama)* malzeme dayanımları yerine *mevcut dayanımlar* kullanılacaktır.

(c) Yeni yapılacak kazıklı rihtim ve iskeleler için **7.5.1**'de tanımlanan birim şekildeğiştirme kapasiteleri yerine birinci aşamada mevcut kazıklı rihtim ve iskelelerde *Sınırlı Hasar (SH) Performans Hedefi* için aşağıda verilen beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirme kapasiteleri kullanılacaktır.

$$\epsilon_s^{(SH)} = 0.004 \quad ; \quad \epsilon_s^{SH} = 0.015 \quad (11.1)$$

(d) Yeni yapılacak kazıklı rihtim ve iskeleler için **7.5.2**'de tanımlanan plastik dönme kapasiteleri yerine birinci aşamada mevcut kazıklı rihtim ve iskelelerde *Sınırlı Hasar (SH) Performans Hedefi* için plastik dönme kapasitesi aşağıdaki şekilde tanımlanacaktır.

$$\theta_p^{(SH)} = (\phi^{(SH)} - \phi_y) I_p \quad (11.2)$$

Burada  $\phi^{(SH)}$ , mevcut boyuna ve enine donatı miktarları ve mevcut dayanımlar ile **Denk.(11.1)**'de verilen birim şekildeğiştirme kapasiteleri esas alınarak hesaplanan eğrilği göstermektedir. **7.5.3**'te tanımlanan plastik dönme – eksenel kuvvet diyagramları da **Denk.(11.2)**'ye göre düzenlenecektir.

(e) Yeni yapılacak kazıklı rıhtım ve iskeleler için 7.5.4'te tanımlanan kesme kuvveti kapasiteleri, mevcut boyuna ve enine donatı miktarları ve mevcut dayanımlar göz önüne alınarak hesaplanacaktır.

## **11.2. DEPREM ETKİSİ ALTINDA MEVCUT KAZIKLI RIHTIM VE İSKELELER İÇİN İKİNCİ AŞAMA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ**

**11.2.1** – Yeni yapılacak kazıklı rıhtım ve iskeleler için **Bölüm 7**'de tanımlanan ikinci aşama deprem düzeyleri, modelleme kuralları, hesap yöntemleri ve performans değerlendirme kriterleri mevcut kazıklı rıhtım ve iskeleler için de aynen geçerlidir.

**11.2.2** – **Bölüm 3**'te  $KL\ddot{O}S = 2$  olan kazıklı rıhtım ve iskeleler için kullanılması öngörülen *Güçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Hedefi*, İdare'nin onayı ile ikinci aşamada  $KL\ddot{O}S = 1$  olan mevcut kazıklı rıhtım ve iskeleler için de kullanılabilir.

**11.2.3** – Birinci aşama performans değerlendirmesi için **11.1.3(c)**'de verilen kural ikinci aşama için de geçerlidir.

**DEPREM ETKİSİ ALTINDA KIYI VE LİMAN YAPILARININ TASARIMI  
İÇİN ESASLAR**

**ÖRNEK NUMERİK ÇÖZÜM**

# İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ
2. ÖRNEK İSKELE YAPISININ KULLANIMI AMACI VE YAPISAL SİSTEM BİLGİSİ
  - 2.1. KULLANIMI AMACI
  - 2.2. YAPISAL SİSTEM BİLGİSİ
3. ZEMİN BİLGİSİ
4. DEPREM YER HAREKETİ
5. PERFORMANSA GÖRE TASARIM ESASLARI
  - 5.1. ÖRNEK SINIFI
  - 5.2. DEPREM TASARIM SINIFI
  - 5.3. PERFORMANS HEDEFLERİ
  - 5.4. KULLANILACAK HESAP YÖNTEMLERİ
6. BİRİNCİ AŞAMA HESAP-TASARIM-DEĞERLENDİRME
  - 6.1. GENEL HESAP KABULLERİ
  - 6.2. MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ İLE ANALİZ
    - 6.2.1. Analiz Modeli
    - 6.2.2. Modal Analiz Sonuçları
    - 6.2.3. Modal Birleştirme Analizi Sonuçları
  - 6.3. DAYANIMA GÖRE DEĞERLENDİRME
    - 6.3.1. Kazık-Tabliye Birleşimi B/A Kesiti Eğilme Davranışı Altında Dayanımına Göre Değerlendirme
    - 6.3.2. Kazık-Tabliye Kesiti Kesme Davranışı Altında Dayanımına Göre Değerlendirme
7. İKİNCİ AŞAMA HESAP-TASARIM-DEĞERLENDİRME
  - 7.1. İTME YÖNTEMİ İLE ANALİZ
    - 7.1.1. Analiz Modeli
    - 7.1.2. İtme Analizi
  - 7.2. KİNEMATİK ETKİLEŞİM HESABI
  - 7.3. KİNEMATİK VE EYLEMSİZLİK ETKİLEŞİMİ SONUÇLARININ BİRLEŞTİRİLMESİ
    - 7.3.1. Sekildeğiştirme Sonuçlarının Birleştirilmesi
    - 7.3.2. İç Kuvvetlerin Birleştirilmesi



# 1. GİRİŞ

Bu dokümanda "Ulaşım ve Dağıtım Tesisleri için Deprem Yönetmelikleri Hazırlanması ve Müşavirlik Hizmetleri Danışmanlık Hizmet Alımı İşi" kapsamında hazırlanan Kıyı ve Liman Yapıları Deprem Yönetmeliğine (Sektör: Ulaşım Tesisleri - A3) göre örnek bir iskele yapısının depreme etkisi altında tasarımı sunulmaktadır.

Kıyı ve liman yapılarının tasarımında *performansa göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı* esas alınmıştır. Bu çerçevede yönetmelikte iki aşamalı tasarım ve değerlendirme yöntemi sunulmaktadır. Örnek iskele yapısının tasarımı her iki aşama için aşağıdaki bölümlerde özetlenecektir.

## 2. ÖRNEK İSKELE YAPISININ KULLANIM AMACI ve YAPISAL SİSTEM BİLGİSİ

### 2.1. KULLANIM AMACI

Söz konusu örnek iskele yapısının *konteyner terminali* olarak hizmet vereceği varsayılmıştır.

### 2.2. YAPISAL SİSTEM BİLGİSİ

İskele yapıları yanasma çizgisine paralel doğrultuda birbirinden; genişleme derzleri ile ayrılan anolardan oluşabilir. Benzer şekilde örnek iskele yapısı her iki doğrultuda simetrik olan anolardan oluştuğu varsayılmıştır. KLYDY 6.3.1.1(a) ve (c)'ye göre bu tür iskele yapılarının analizinde tek bir anolon modellenmesi yeterlidir. Aşağıda bu iskele anasına ait yapısal sistem özetlenmektedir.

Örnek iskeleye ait betonarme (B/A) tabliye boyuna doğrultuda 82.4 m enine doğrultuda ise 29.4 m uzunluğundadır (bkz. Şekil 1). Tabliye her iki doğrultuda B/A girişler ve bu girişler tarafından taşınan B/A plâklerden oluşmaktadır. Tabliye yüksekliği 2.2 m'dir. Tabliye üzerinde çalışan raylı vinç, dış sıra kazıklar ve bu kazıklar üzerinde boyuna doğrultuda en kesit boyu: 80x220 cm olan yerinde dökme ray girişleri ile taşınmaktadır. Şekil 2'de görüleceği üzere, boyuna doğrultuda orta kazıklar üzerinde oturan girişler 70x170 cm boyutlarında prekast girişlerdir. Enine doğrultuda girişler, ray girişleri gibi yerinde dökme ve aynı kesit boyutlarındadırlar.

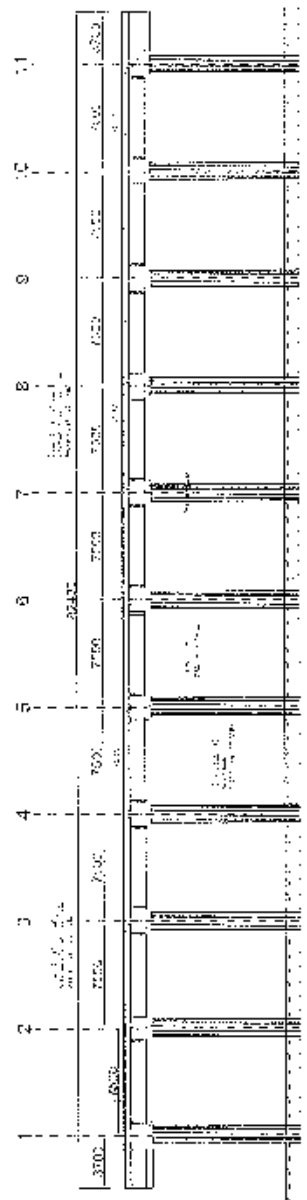
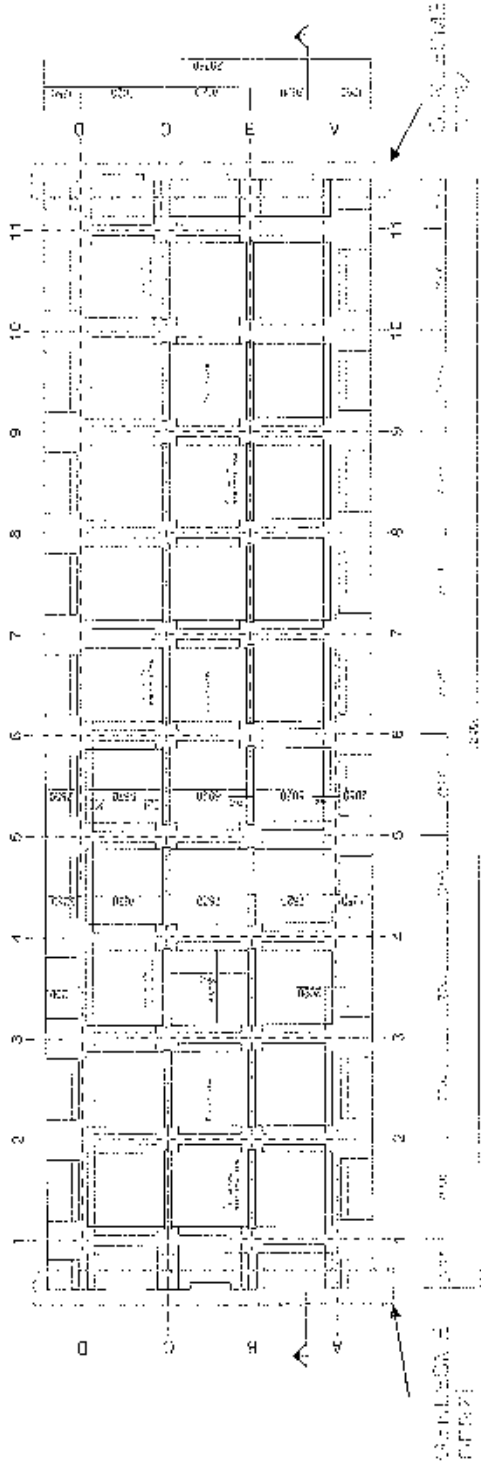
B/A tabliye enine doğrultuda 7.62 m aralıkla boyuna doğrultuda ise 7.5 m aralıklı çelik boru kazıklar tarafından düşeyde desteklenmektedir. Kazık çapı 1219.2 mm, et kalınlığı 24 mm'dir.

Kazıkların tabliyeye monolitik bağlantısını sağlamak amacıyla kazık ıslanma bölgesinde B/A tıpa oluşturulacaktır ve B/A tıpa içindeki donatılar tabliyeye uzatılarak kazık-tabliye arasında moment aktaran bir birleşim sağlanacaktır (bkz. Şekil 3)

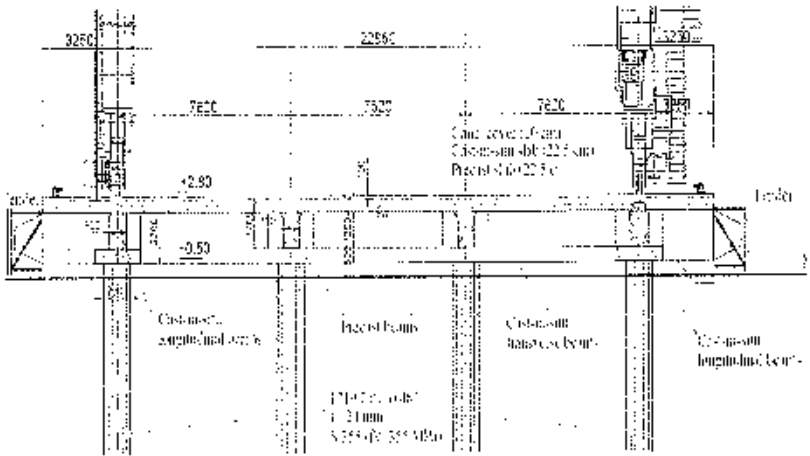
Tabliye üst kotu +2.0 m, ortalama su yüksekliği -0.0 ve deniz tabanı kotu -14.0 m olarak varsayılmıştır.

Hesaplarla kullanılacak beton, donatı çeliği ve çelik boru kazık malzeme dayanımları aşağıda verilmektedir.

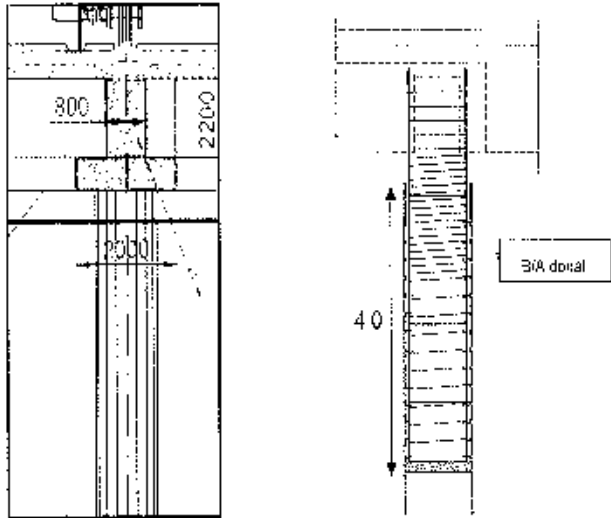
Beton :	C40 ( $f_{ck}=40$ MPa)	:	$\gamma_c=1.5$
Donatı Çeliği :	S420 ( $f_y=420$ MPa)	:	$\gamma_s=1.15$
Çelik boru kazık :	S355 ( $f_y=355$ MPa)	:	



Şekil 1. Örnek iştekte arosu – pñam ve boyunsa kesit, gñrñññşñ



Şekil 2. Örnek iskele anosu - enine kesit görünüşü

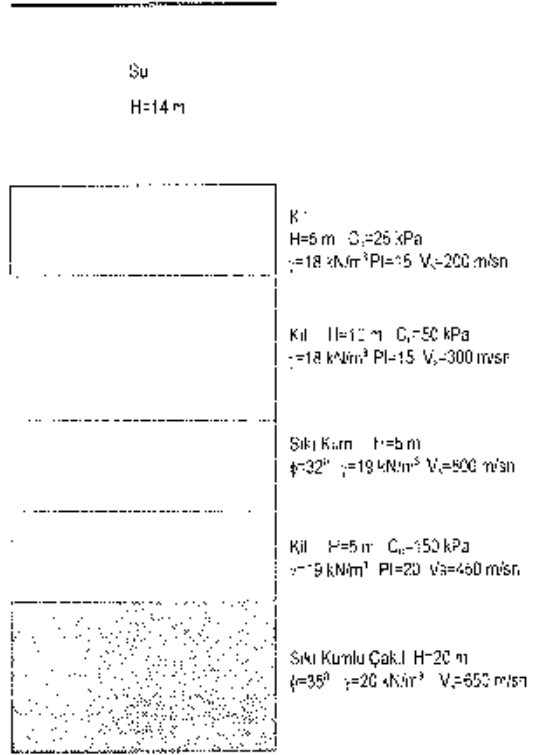


Şekil 3. Kazık-tabliye birleşim detayı

### 3. ZEMİN BİLGİSİ

Örnek iskele yapısına ait zemin tabakaları ve bu zemin tabakalarına ait hesaplarda kullanılan parametreler aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.

Örnek iskele yapısı yerel zemin sınıfı ZC olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. Zemin profili

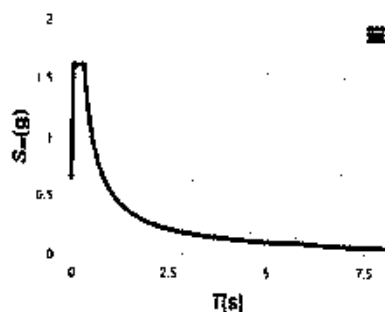
#### 4. DEPREM YER HAREKETİ

Deprem yer hareketi tanımları için örnek iskeletin konumu Şekil 4’de verilmektedir. İlgili yerin koordinatlarına ait deprem yer hareketi, KLYDY 2.3’e göre standart yer hareketi spektrumunu ile tanımlanacaktır.

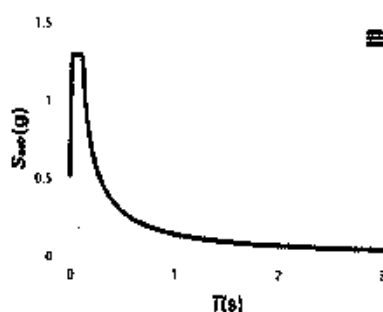
Yer hareketi spektrumu, *Türkiye Deprem Tehlike Haritaları* internet sayfası (bkz. KLYDY 2.1.2) kullanılarak tanımlanmıştır.



## Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



## Düsey Elastik Tasarım Spektrumu



DD-1 ve DD-3 depremleri için haritada; ekte edilen harita spektral ivme katsayıları  $S_g$  ve  $S_1$  değerleri aşağıdaki gibidir.

$$\text{DD-1 için} \quad \begin{aligned} S_g &= 2.339 \\ S_1 &= 0.645 \end{aligned} \quad \text{DD-3 için} \quad \begin{aligned} S_g &= 0.483 \\ S_1 &= 0.124 \end{aligned}$$

DD-3 depreminde Geoteknik Rapor'da belirtilen Yerel Zemin Sınıfı ZC sınıfı zemin için KLYDY **Tablo 2.1'**den Yerel Zemin Etki Katsayıları elde edilmiştir. DD3 deprem seviyesi için  $F_3$  ve  $F_1$  değerleri sırası ile 1.3 ve 1.5'dir. DD1 depremi için ise mühendislik kayası seviyesinde  $F_3$  ve  $F_1$  değerleri sırası ile 1.0 ve 1.0'dır. Tasarım spektral ivme katsayıları:

$$\text{DD-1 için} \quad \begin{aligned} S_{DS} &= S_g F_3 = 2.339 \times 1.0 = 2.339 \\ S_{D1} &= S_1 F_1 = 0.645 \times 1.0 = 0.645 \end{aligned} \quad \text{KLYDY (2.1)}$$

$$\text{DD-3 için} \quad \begin{aligned} S_{DS} &= S_g F_3 = 0.483 \times 1.3 = 0.628 \\ S_{D1} &= S_1 F_1 = 0.124 \times 1.5 = 0.186 \end{aligned} \quad \text{KLYDY (2.1)}$$

$$S_{sa}(T) = \left( 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} \quad (0 < T < T_A)$$

$$S_{sa}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B)$$

$$S_{sa}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_C)$$

$$S_{sa}(T) = \frac{S_{D1} T_1}{T^2} \quad (T_C \leq T)$$

KLYDY (2.2)

## 5. PERFORMANSA GÖRE TASARIM ESASLARI

### 5.1. ÖNEM SINIFI

KLYDY 3.2'ye göre, örnek iskele yapısını kullanın amacına uygun olarak "Normal Yapılar" sınıfına girdiği varsayılmıştır. Bu sebeple önem sınıfı KLÖS=2 olarak kabul edilmiştir.

### 5.2. DEPREM TASARIM SINIFI

KLYDY Tablo 3.1'e göre Deprem Tasarım Sınıfı (DTS), DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı,  $S_{DS}$ 'e göre tanımlanmaktadır. Yukarıdaki bölümde verildiği üzere  $S_{DS}=1.616$  olup bu değer Tablo 3.1'de DTS=1 için verilen değerden (1.00) büyüktür.

Bu sebeple DTS=1 olarak kabul edilecektir.

**Tablo 3.1 – 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
$1.00 < S_{DS}$	DTS=1

### 5.3. PERFORMANS HEDEFLERİ

Kazıklı rijitlik ve iskeleler için performans hedefleri KLYDY Tablo 3.3 de özetlenmektedir. Bu tabloya göre örnek iskele yapısı önem sınıfı KLÖS=2 olduğu için performans hedefi :

DD-3 deprem yer hareketi için KK (Kasintisiz kullanım)

DD-1 deprem yer hareketi için GÖ (Göçmenin önlenmesi)

olarak belirlenmiştir.

**Tablo 3.3. Kazıklı Rijitlik ve İskeleler İçin Performans Hedefleri**

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

## 5.4. KULLANILACAK HESAP YÖNTEMLERİ

KLYDY Tablo 3.6'ya göre kullanılacak hesap yöntemleri önem sınıfını (KLÖS) ve deprem tasarımı sınıfına (DTS) göre tanımlanmaktadır. Örnek iskele yapısı için ;

KLÖS-2

DTS-1

Bu değerler için birinci ve ikinci aşamada kullanılacak hesap yöntemleri aşağıdaki tabloda kırmızı çerçeve içinde gösterilmektedir.

İkinci aşamada Tablo 3.7'ye göre performans değerlendirilmesinin Yöntem 2.1'e göre yapılmasına izin verilmektedir. Örnek iskele için Yöntem 2.1 yerine daha ileri bir yöntem olan Yöntem 2.2 kullanılacaktır.

**Tablo 3.7. Kazıklı İskeleler İçin  
Deprem Etkisi Altında Hesap ve Değerlendirme Yöntemleri**

Kısa-Terimli Yapı Önem Sınıfı	Hesap ve Değerlendirme Aşaması	Deprem Ya Hareket Önceliği	Deprem Tasarım Sınıfı		
			DTS - 1	DTS - 2,3	DTS - 4
KLÖS - 1	Birinci aşama	DD - 2a	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Göre Değerlendirme	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Göre Değerlendirme	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Göre Değerlendirme
	İkinci aşama	DD - 3	<b>YÖNTEM 2.2</b> Doğrusal Olmayan Hesap (İtme Yöntemi) / Seki deplasmaneye Göre Değerlendirme	<b>YÖNTEM 2.1<sup>a</sup></b> Doğrusal Hesap (Karma Yöntem) / Seki deplasmaneye Göre Değerlendirme	
KLÖS - 2	Birinci aşama	DD - 3	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Göre Değerlendirme	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Göre Değerlendirme	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Göre Değerlendirme
	İkinci aşama	DD - 1	<b>YÖNTEM 2.1<sup>a</sup></b> Doğrusal Hesap (Karma Yöntem) / Seki deplasmaneye Göre Değerlendirme	<b>YÖNTEM 2.1<sup>b</sup></b> Doğrusal Hesap (Karma Yöntem) / Seki deplasmaneye Göre Değerlendirme	
KLÖS - 2	Birinci aşama	DD - 3	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Göre Değerlendirme	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Göre Değerlendirme	<b>YÖNTEM 1</b> Doğrusal Hesap / Dayanma Göre Değerlendirme

<sup>a</sup> 100 kN/m<sup>2</sup> ödenlerde YÖNTEM 2.2 zafı kullanılacaktır.

## 6. BİRİNCİ AŞAMA HESAP-TASARIM-DEĞERLENDİRME

### 6.1. GENEL HESAP KABULLERİ

Yukarıdaki bölümlerde özetlendiği üzere, birinci aşama tasarımında örnek iskele yapısı DD-3 depremi için doğrusal hesap yöntemi (Yöntem 1) ile analizi yapılacak ve bu analiz sonucunda Dayanma Göre Değerlendirme ve Tasarım yaklaşımı uygulanacaktır.

Birinci aşamada hesap yöntemi olarak KLYDY 6.4.2'de tanımlanan modal hesap yöntemlerinden *Mod Birleştirme Yöntemi* kullanılacaktır.



KLYDY 6.2.2.1'e göre her iki doğrultudaki deprem etkileri aşağıda tanımlandığı şekilde birleştirilecektir.

$$E_d^{(1)} = +E_d^{(X)} \pm 0.3E_d^{(Y)} ; \quad E_d^{(2)} = -0.3E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \quad (6.1)$$

Deprem etkilerinin diğer etkililerle birleştirilmesi aşağıdaki denklemlerde olduğu gibi KLYDY 6.2.3'e göre dikkate alınmıştır.

$$G + Q + 0.5B \pm E_d^{(1)} \pm 0.3E_d^{(2)} \quad (6.2)$$

$$0.9G - E_d^{(1)} + 0.3E_d^{(2)} \quad (6.3)$$

## 6.2. MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ İLE ANALİZ

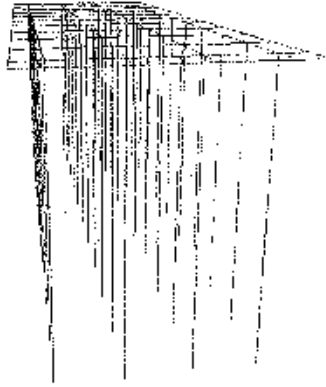
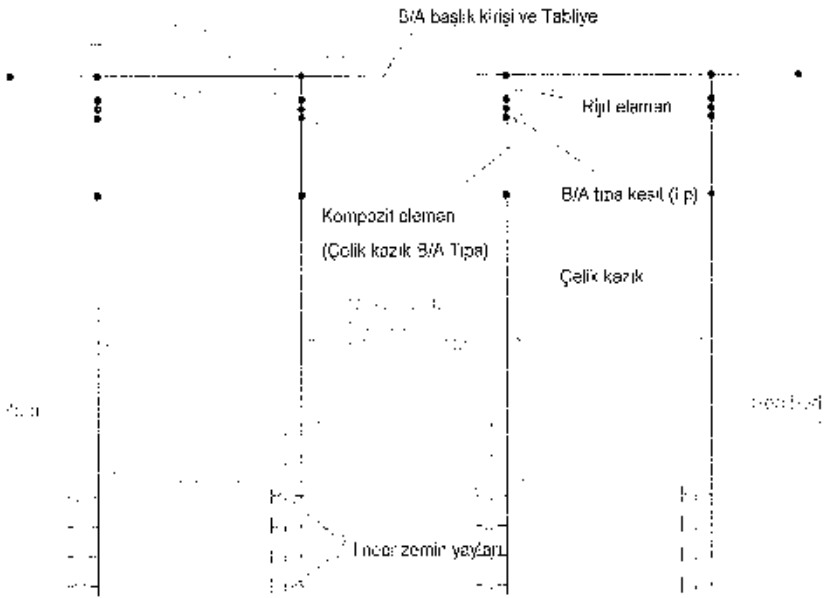
Mod birleştirme yöntemi kullanılarak DD-3 depremi için analiz yapılmıştır. Örnek iskele modeline ait her iki doğrultudaki birinci titreşim modlarına ait mod şekilleri ve doğal titreşim periyotları aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir.

### 6.2.1. Analiz Modeli

Birinci aşama analiz modeli örnek iskelelerin doğrusal davranışını esas almaktadır.

Örnek iskelelerin analizi kazıklar, başlık kirişleri, tabliye kirişleri ve tabliye plaklarını kapsayacak şekilde üç boyutlu olarak modellenmiştir. Analizler sonlu elemanlar yöntemi ile analiz yapabilmek için analiz programı yardımıyla yapılmıştır.

Modelde kazıklar ve tabliye kirişleri çubuk elemanlar ile temsil edilmektedir. Tabliye plağı kabuk elemanlar kullanılarak modellenmiştir. Kazıkların zemine gömülü kısımlarında, kazık boyunca her 1.0 m'de tanımlanan doğrusal yaylar ile temsil edilmektedir.



Şekil 6. Örnek iskele analiz modeli

Modelde tabliye ve kazıklara ait kütleler: KLYDY 6.3.4.1'e göre hesaba katılmıştır. Kazıkların deniz tabanından tabliyeye kadar olan boylarında kazık kökleri hesaba katılmış olup gömülül boyları boyunca kütleleri ihmal edilmiştir. KLYDY 6.3.4.2'ye göre kazıklara su içinde kalan kısımlarında kazık hacmi kadar su kütlesi kazıkların kendi kütlelerine ilave edilmiş ve kazık boyunca tanımlanmıştır.

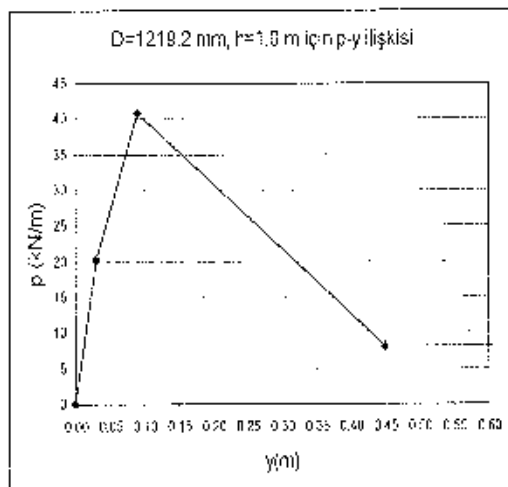
KLYDY 6.3.1.6'ya göre B/A tabliye girişleri ve kazıkların-tabliyeye birleşiminde tanımlanan tıpa kesitlerinde sadece eğilme davranışına karşı gelen etkin kesit rijitliği brüt kesit rijitliğinin %50'si olarak dikkate alınmıştır. Tabliye plakları kabuk elemanlar ile modelendiği için tüm kesit rijitlikleri brüt kesit rijitliklerinin %50'si olarak dikkate alınacaktır.

B/A tıpa kesiti :  $(EI)_{ef} = 0.5 (EI)_{br}$

Tabliye B/A girişleri :  $(EI)_{ef} = 0.5 (EI)_{br}$

Tabliye plaklarında :  $(EI)_{ef} = 0.5 (EI)_{br}$ ;  $(GA)_{ef} = 0.5 (GA)_{br}$ ;  $(EA)_{ef} = 0.5 (EA)_{br}$

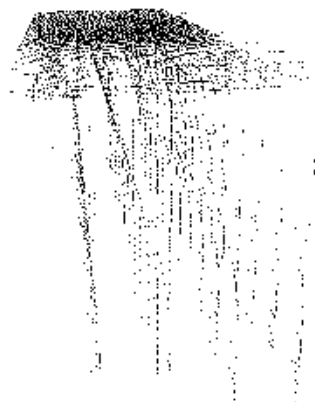
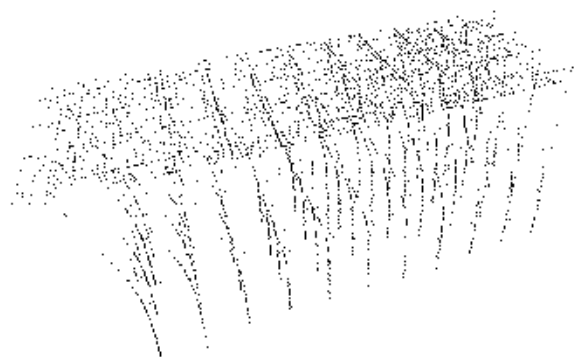
Zemin yatay ve düşey (sürtünme) rijitlikleri kazık boyunca her bir düğüm noktasında ilgili zemin tabakası özellikleri dikkate alınarak tanımlanan p-y ve t-z eğrilerinin başlangıç eğimleri olarak tanımlanmıştır.



Örnek iskele modelinde kullanılan 1219.2 mm çaplı kazık için kıl tabakasında elde edilen p-y ilişkisi yukarıda sunulmaktadır. Yukarıdaki şekilde ilk doğrunun eğimi ilgili derinlikte tanımlanan (1.0 m derinliğinde) zemin yayının rijitliğini verecektir. Rijitlik değeri aşağıda hesaplanmaktadır.

$$K_1 = 20.4 / 0.03 = 680 \text{ kN/m}^2$$

Kazık alt ucunda düşeyde tanımlanan yay rijitliği Q-z ilişkisi kullanılarak yukarıdaki gibi elde edilecektir.

Şekil 7. Enine doğrultuda 1.mod,  $T_1 = 1.53$  sŞekil 8. Boyuna doğrultuda 1.mod,  $T_1 = 1.52$  s

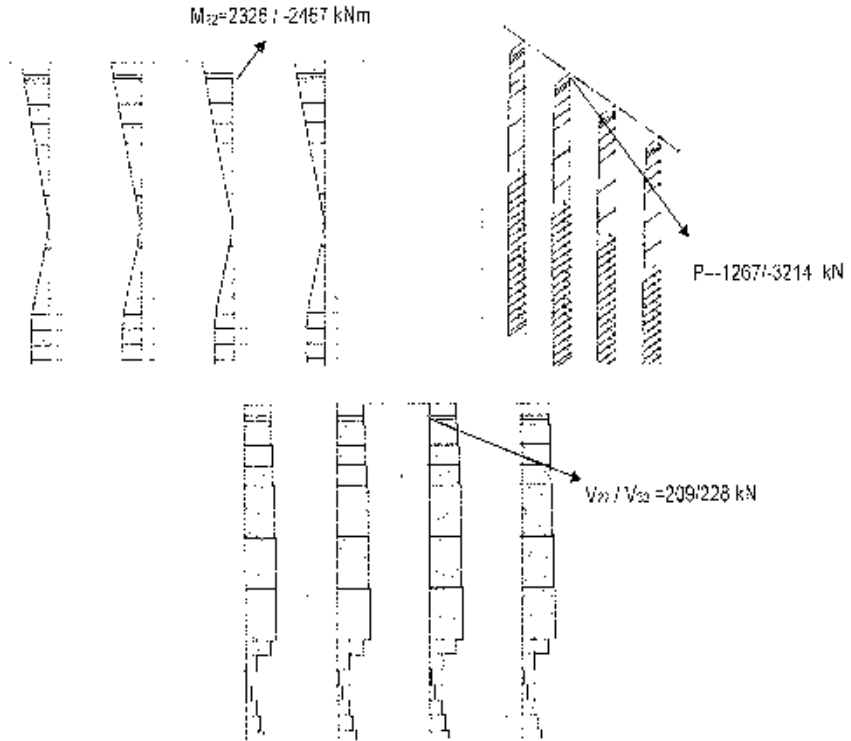
Mod birleştirme yönteminde hesaba katılan mod sayısı ve kütle katılım oranları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. KLYDY 6A.1.1'e göre her iki deprem doğrultusunda toplam kütle katılım oranı %95'ten az olmamalıdır. Aşağıdaki tabloda görüleceği üzere her iki doğrultuda toplam kütle katılım oranı %96'dır.

	Period s	UX (%)	UY (%)	UZ (%)	SumUX (%)	SumUY (%)
Mode	1.544	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mode	1.529	0.00	0.96	0.00	0.00	0.96
Mode	1.522	0.96	0.00	0.00	0.96	0.96

### 6.2.3. Mod Birleştirme Analizi Sonuçları

Mod birleştirme analizi sonucunda kazık ve tabliye elemanlarında elde edilen kesit tesirleri KLYDY 6.5.3 ve 6.5.4'e göre kesit kapasiteleri ile karşılaştırılarak dayanıma göre kontroler yapılacaktır.

Analiz sonucunda, örnek işkele yapısıdır. 6 no' lu aksındaki kazık-tabliye birleşimi kesitinde elde edilen kesit tesirleri aşağıda sunulmaktadır.



Şekil 9. 6 aksı kazık kesit tesirleri

### 6.3. DAYANIMA GÖRE DEĞERLENDİRME

Dayanım göre değerlendirilmeye örnek olarak kazık-tabliye birleşimindeki bir kesit için eğilme ve kesme davranışı altında hesap yapılacaktır. Tüm kazık-tabliye birleşimi kesitlerinde, çelik boru kazıklarda ve tabliye elemanlarında KLYDY 6.5'e göre dayanım göre değerlendirme yapılmıştır.

#### 6.3.1. Kazık-Tabliye Birleşimi B/A Kesit Eğilme Davranışı Altında Dayanım Göre Değerlendirme

KLYDY 6.5.3'e göre kazık-tabliye birleşimindeki B/A tip kesitlerinde, eksenel yük eğilme kapasitesi (Dayanım) analiz sonucunda elde edilen eksenel yük eğilme momenti değerinden (Etki) büyük olmalıdır.

$$\text{Talep (Etki) / Kapasite (Dayanım) Oranı} \leq 1 \quad (6.7)$$

6-C aksları kazık-tabliye birleşimindeki tıpa kesiti için yapılan kesit analizi sonucunda eksenel yük-moment kapasite diyagramı (Kapasite) elde edilmiştir (özk. Şekil 10). Kesit analizinde kullanılan beton ve donatı çeliği dayanımları ve malzeme güvenlik katsayıları aşağıda sunulmaktadır.

Beton : C40 ( $f_{ck}=40$  MPa) ;  $\gamma_c=1.5$

Donatı Çeliği : S420 ( $f_{yk}=420$  MPa) ;  $\gamma_s=1.15$

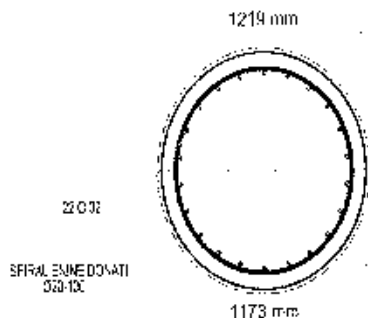
KL.YDY 10.4.3.2'ye göre minimum enine donatı oranı :

$$\rho_c = 4A_{sp} / (D_o \cdot s) \geq 0.12 f_{ck} / f_{yk}$$

$$\rho_{c,min} = 0.12 f_{ck} / f_{yk} = 0.12 \times 40 / 420 = 0.0114$$

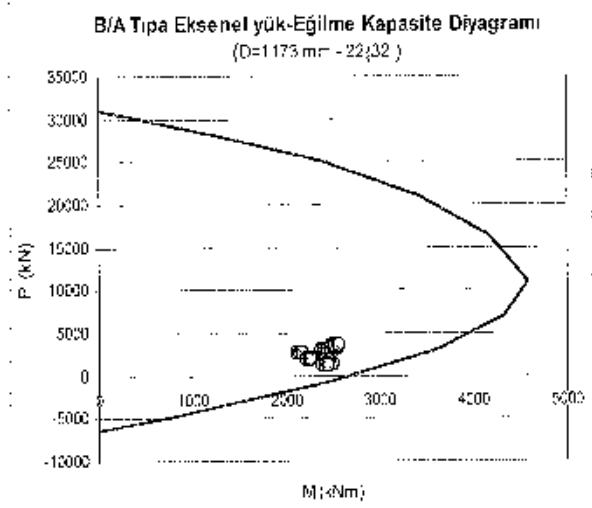
$\phi 20$  çaplı ve  $s=10$  cm aralıkla spural donatı için ;

$$\rho_c = 4A_{sp} / (D_o \cdot s) = 4 \times 3.14 / (100 \times 10) = 0.0126 \geq \rho_{c,min} = 0.0114$$



Şekil 10. 6-C aksları kesimi kazık-tabliye bağlantısı B/A tıpa kesit detayı

Eksenel yük-eğilme kapasitesi, KL.YDY 10.2.1'e göre taşıma gücü metodu ile TS 500'e uygun şekilde hesaplanmış ve aşağıdaki şekilde sunulmuştur.



Şekil 11. 6-C aksları kesimi tıpa kesiti kapasite diyagramı ve analiz sonucunda elde edilen eksenel yük-eğilme değerleri

Dayanuma göre değerlendirme yapmak amacıyla analiz sonucunda elde edilen eksenel yük-eğilime kesit tesirleri ile kapasite diyagramı aynı diyagramda gösterilmiştir (bkz. Şekil 11). Analizden elde edilen kesit tesirleri kapasite diyagramının içinde kalmaktadır.

### 6.3.2. Kazık-Tabliye Kesiti Kesme Davranışı Altında Dayanuma Göre Değerlendirme

Bir önceki bölümde eğilme altında dayanuma göre değerlendirilmesi yapılan aynı tpa kesiti için aşağıda kesme davranışı için kapasite kontrolü yapılmıştır.

Kesme kuvveti kapasitesi KLYDY 6.5.3.1. Denk. (6.8) 'e göre kontrol edilecektir.

$$\text{Talep (Etki) / Kapasite (Dayanım) Oranı} \leq 2/3 \quad (6.8)$$

$$V_u = V_c + V_s \leq 0.8 A_c (f_c)^{3/4}$$

$$V_s = 0.8 k_c A_c (f_{ck})^{3/4}$$

$$k_c = 0.25 k_{c2} \leq 0.33$$

$$k_{c2} = 1 + 0.073 N_k / A_c \leq 1.5$$

$$N_k = 1750 \text{ kN}$$

$$A_c = 10751 \text{ cm}^2$$

$$k_{c2} = 1 + 0.073 N_k / A_c = 1 + 0.12 = 1.12$$

$$k_c = 0.25 \times 1.12 = 0.28$$

$$V_c = 0.8 \times 0.28 \times 1075100 (40)^{3/4} = 1523.0 \text{ kN}$$

$$V_s = A_{sv} f_{sv} D_c / s = 4.93 \times 420 \times 300 / 10 = 2070.6 \text{ kN}$$

$$V_u = V_c + V_s = 1523.0 + 2070.6 = 3593.6 \text{ kN}$$

Etki eden kesme kuvveti (bkz Şekil 9) :

$$V = (200^2 \cdot 1228^3)^{1/3} = \sim 310 \text{ kN}$$

KLYDY 3.1.1(5), Denk. (6.8) 'e göre

$$V = 310 \text{ kN} < 2/3 \times 3593.6 = 2396 \text{ kN}$$

Kesme kuvveti kapasitesi ilgili kesit için yeterlidir. Tüm kazık-tabliye birleşimi tpa kesitlerinde, çelik boru kazıklarda kesitlerinde ve tabliye elemanlarında KLYDY 6.5'e göre dayanuma göre değerlendirme yukarıdaki özetlenen hesap gibi yapılacaktır.

## 7. İKİNCİ AŞAMA HESAP-TASARIM-DEĞERLENDİRME

İkinci aşamada *Şekildeğiştirilme*ye Göre Değerlendirme ve Tasarım yaklaşımı uygulanacaktır. Bölüm 5.3 de özetlendiği üzere, ikinci aşama tasarımda örnek iskele yapısının DD-1 deprem yer hareketinin etkisi altında Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Hedefi'ni sağlandığı gösterilecektir. Birinci aşamada yapılan tasarım ikinci aşamada ön tasarım olarak göz önüne alınacaktır.

### 7.1. İTME YÖNTEMİ İLE ANALİZ

Bölüm 5.4'de özetlendiği üzere, ikinci aşamada hesap yöntemi olarak doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden biri olan *İtme Yöntemi* analiz yapılacaktır.

Örnek iskele yapısı her iki doğrultuda tam simetrik olan bir taşıyıcı sisteme sahip olduğu için göz önüne alınan deprem doğrultusunda hâkim doğal titreşim modunun esas alındığı *Arınsal Eşdeğer Deprem Yüklü Yöntemi* ile *Tek Modlu İtme Hesabı* yapılacaktır.

#### 7.1.1. Analiz Modeli

Birinci aşamada kullanılan üç boyutlu analiz modeli bu aşamada da kullanılacaktır. İkinci aşamada dikkat edilmesi gereken diğer modellerle kuralları aşağıda özetlenmektedir.

##### 7.1.1.1. Etkin Kesit Rijitliklerinin Tanımlanması

Birinci aşamada kullanılan etkin kesit rijitlikleri kazık-tabliye bağlantısındaki B/A tıpa kesitleri bariç olmak üzere ikinci aşama modeli içinde kullanılacaktır. KLYDY 7.3.2.10'a göre kazık-tabliye bağlantısında etkin kesit rijitlikleri EK 7B'ye göre yapılacak moment eğrilik hesabı yardımıyla bulunacaktır.

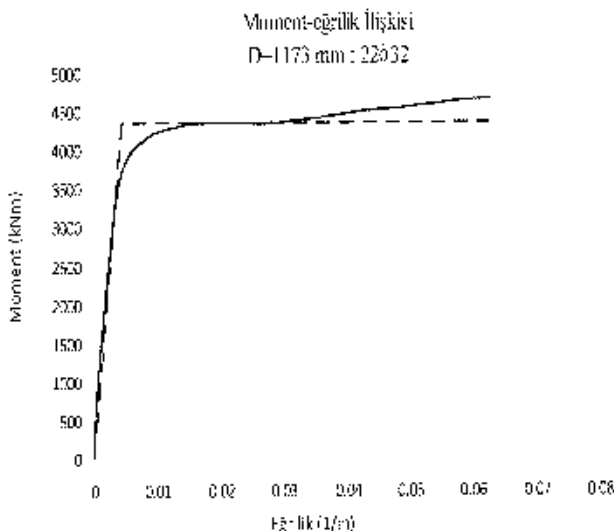
Şekil 10'da detayları verilen B/A tıpa kesitinin moment-eğrilik hesabı EK 7A'ya göre beton ve donatı çeliği gerilme-birim şekli-değiştirme modelleri dikkate alınarak yapılmıştır. Analizde dikkate alınan eksenel yük  $P=1750$  kN değerindedir.

Kesit analizinde beton ve donatı çeliği tasarım dayanımı olarak ortalama (beklenen) dayanımlar kullanılacaktır. KLYDY 7.3.2.7'ye göre beton ve donatı çeliği ortalama dayanımları aşağıdaki gibi dikkate alınmıştır.

Beton için:  $f_{c1} = 1.3f_{ck} = 1.3 \times 40 = 52$  Mpa

Donatı çeliği için:  $f_{s1} = 1.2f_{yk} = 1.2 \times 420 = 504$  Mpa





Şekil 12. 6-C aksları kesimini tpa kesiti Moment, Eğrilik ilişkisi

Yukarıdaki şekilde iki doğruya idealize edilmiş (kesikli çizgi ile gösterilen) moment eğrilik ilişkisinde ilk doğrunun eğilme kesiti etkin eğilme rijitliğini verecektir. Buna göre hesaplanan değer :

$$EI_{eff} = 967247 \text{ kNm}^2$$

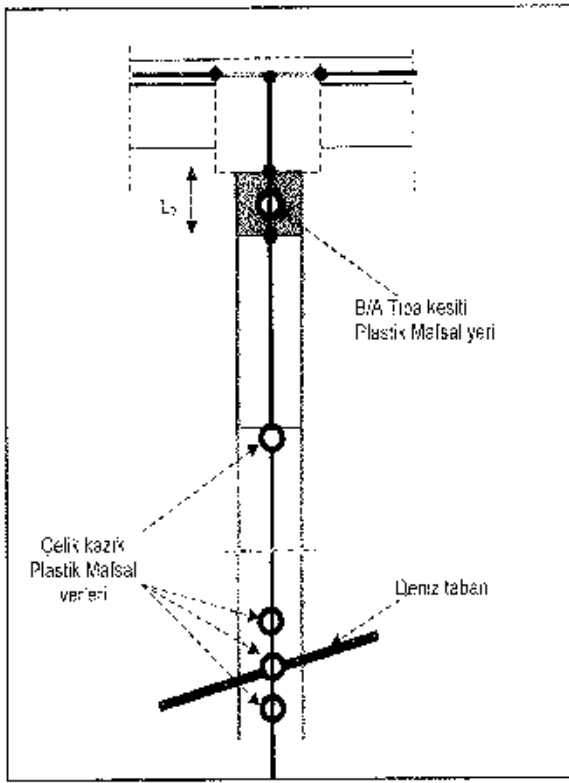
$$EI_{tot} = 2566602 \text{ kNm}^2$$

$$EI_{eff} / EI_{tot} = 0,38$$

Benzer şekilde tüm kazık-tabliye bağlantısındaki B/A tpa kesitleri için ilgili eksenel yük değerleri dikkate alınarak etkin kesit eğilme rijitlikleri hesaplanacaktır.

#### 7.1.1.2. Plastik Mafsall Tanımları

İtme yöntemi ile yapılan analizde yapısal elemanların doğrusal olmayan davranışları yığılı plastik davranış modeli çerçevesinde plastik mafsallarla ile modellenilecektir. KLYDY 3.4.1'e göre, doğrusal olmayan şekildedışımlara sadece kazık-tabliye birleşimi B/A tpa kesitlerinde ve sınırlı olmak kaydıyla kazıklarda oluşmasına izin verilebilir. Bu yaklaşımla plastik mafsallar aşağıdaki şekilde de gösterildiği üzere model üzerinde kazık boyunca ve kazık-tabliye birleşimi kesitlerine atanacaktır



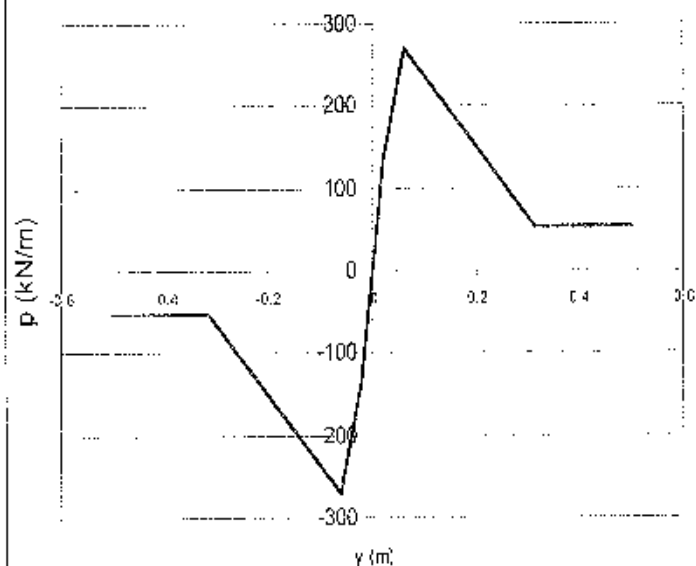
Şekil 13. Analiz modelinde plastik mafsals atanmış kesit yerleri

### 7.1.1.3. p-y, t-z ve Q-Z Yaylarının Tanımlanması

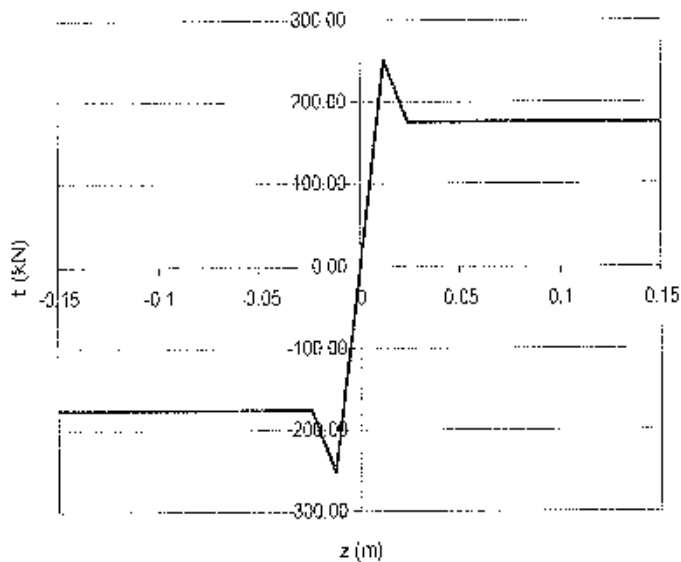
Zeminin doğrusal olmayan davranışını dikkate alabilmek amacıyla yanıl davranış için doğrusal olmayan p-y yayları, aksenal davranış (çevre sürtünmesi) için t-z yayları ve aksenal kazık uç davranış için Q-Z yayları kullanılacaktır. P-y ve t-z yayları örnek iskele zemin modelinde 15.0 derinliğe karşı gelen zemin özellikleri dikkate alınarak KLYDY 8.9'a göre tanımlanmış ve aşağıdaki şekillerde sunulmuştur. Her bir derinlik için p-y ve t-z yayları tanımlanarak modelde ilgili derinliğe ait yaya atanacaktır.

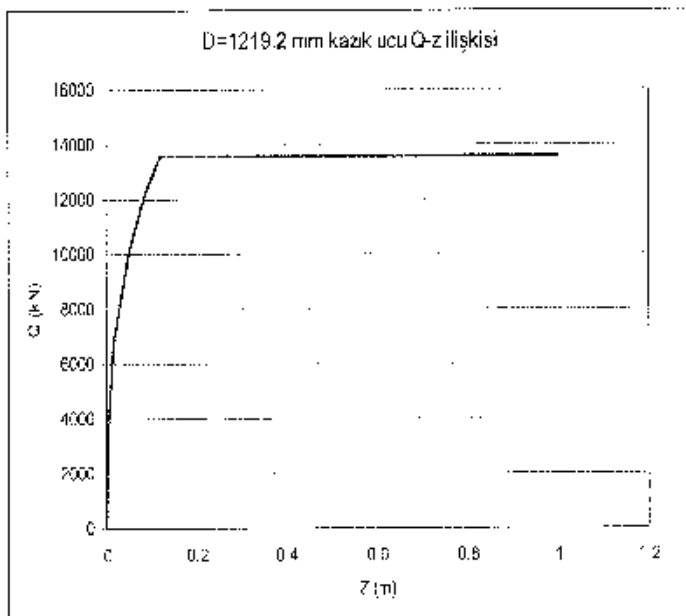
Q-z yayı tanımlı yine KLYDY 8.9'a göre D-1219.2 mm kazık için tanımlanmıştır.

D=1219.2 mm, h=15.0 m için p-y ilişkisi



D=1219.2 mm, h=15.0 m derinlik için t-z ilişkisi



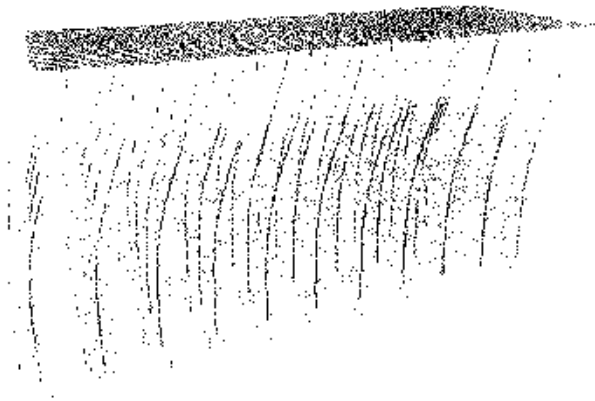


### 7.1.2. İtme Analizi

Örnek iskele taşıyıcı sistemi her iki doğrultuda hakim doğal titreşim modları esas alınarak itme analizi yapılacaktır.



Şekil 14. Etkine doğrultuda 1. mod,  $T_{1v} = 1.56$  s

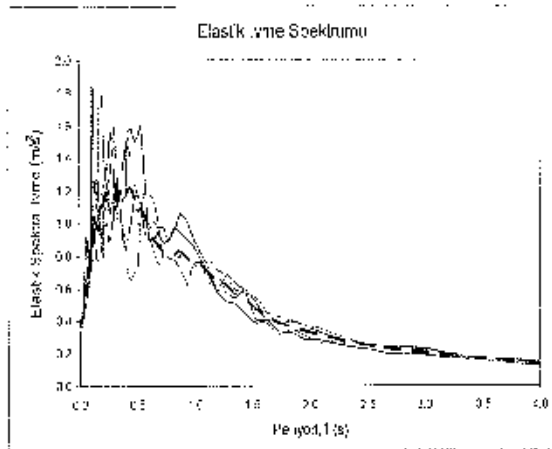


Şekil 15. Boyuna doğrultuda 1. mod,  $T_{1x} = 1.55$  s

Örnek iskele sisteminin itme analizi yukarıdaki şekillerde verilen modlarla uyumlu olarak yapılarak her iki doğrultuda ve yönde yapılacaktır. İtme analizi, tabliye kütle merkezi yerdeğiştirilmesi depremin yerdeğiştirme talebine eşit olana hâkim modla uyumlu yükler altında artımsal olarak yapılacaktır.

#### 3.1.2.1. Deprem Yer Hareketi

İtme analizinde depremin yerdeğiştirme talebi deniz tabanı seviyesinde belirlenecek olan yer hareketi esas alınmıştır. Deniz tabanı seviyesindeki yer hareketi *serbest zemin davranışı hesabından* (bkz. KLYDY 8.6) elde edilecektir. En az yedi deprem kaydı altında yapılan serbest zemini davranışı analizi sonucu zemin yüzeyinde elde edilen yer hareketleri kullanılarak elastik ivme spektrumları hesaplanacak ve bu spektrumların ortalaması alınarak itme analizinde kullanılacak deniz tabanı yer hareketi tanımlanmış olacaktır. Yapılan serbest zemin davranışı analizi sonucu elde edilen yedi kayıta ait elastik ivme spektrumları ve ortalamaları aşağıdaki şekilde sunulmuştur.



Şekil 16. Deniz tabanı seviyesinde elde edilen elastik ivme spektrumu

Yukarıdaki şekilde verilen ortalanmış spektrum için  $T_B$  periyodu yaklaşık 0.5 s olarak kabul edilmiştir.

Örnek iskele modeli için depremin çok serbestlik dereceli yerdeğiştirme talebi KLYDY FK 7D'ye göre enine doğrultuda -Y yönü için aşağıda hesaplanmaktadır.

KLYDY Denk.(7D.9a)'ya göre:  $T_{1s} = 1.56 \text{ s} > T_B = 0.5$ , dolayısıyla  $\mu(R_y, T_1) = R_y$

KLYDY Denk.(7D.7)'ye göre,  $C_R = \mu(R_y, T_1) / R_c = 1$

KLYDY Denk.(7D.6)'ya göre:  $S_d(T_1) = C_R S_k(T_1)$  ve dolayısıyla  $S_{dd}(T_1) = S_{dk}(T_1)$  olacaktır.

Şekil 16'da verilen spektrumu kullanılarak  $T_{1s} = 1.56$  s'ye karşılık gelen  $S_{dd}(T_1) = 0.456 \text{ g}$  olarak hesaplanmıştır.

$S_{dd}(T_1) = \tau^2 S_{dv}(T_1)$  ;  $0.456 \times 9.81 = (2\pi/T_{1s})^2 S_{dv}(T_1)$  buradan

$S_{dv}(T_1) = d_{1,max} = 0.276 \text{ m}$  olarak hesaplanmıştır.

KLYDY Denk.(7D.4)'e göre çok serbestlik dereceli sistemin kütle merkezinde depremin talep ettiği yerdeğiştirme,  $u_{q1,max}$ , aşağıdaki gibi hesaplanacaktır.

$$u_{q1,max} = d_{1,max} \times \Phi_{y1} \times \Gamma_e$$

$$\Phi_{y1} = 0.0108$$

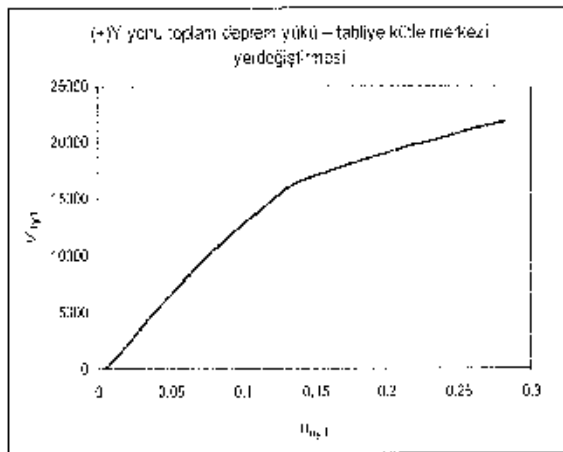
$$\Gamma_{e1} = 96.76$$

$$u_{q1,max} = 0.276 \times 0.0108 \times 96.76 = 0.29 \text{ m}$$

İtme analizi kütle merkezi yerdeğiştirmesi 0.29 m'ye eşit olana kadar (1)Y yönünde yapılacaktır.

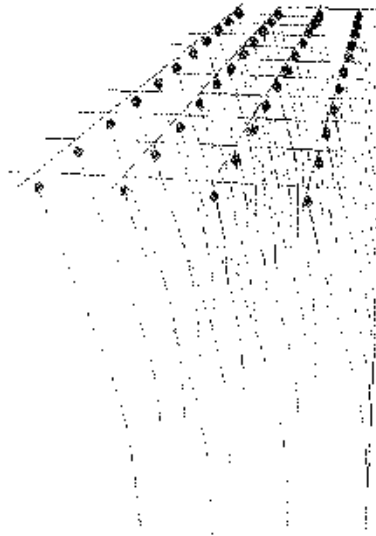
#### 7.1.2.2. İtme Analizi Sonuçları

İtme analizi sonucu (1)Y yönünde elde edilen toplam deprem yükü - tabiiye kütle merkezi yerdeğiştirmesi ilişkisi (itme eğrisi) aşağıda verilmektedir.



Şekil 17. (+)Y itme eğrisi

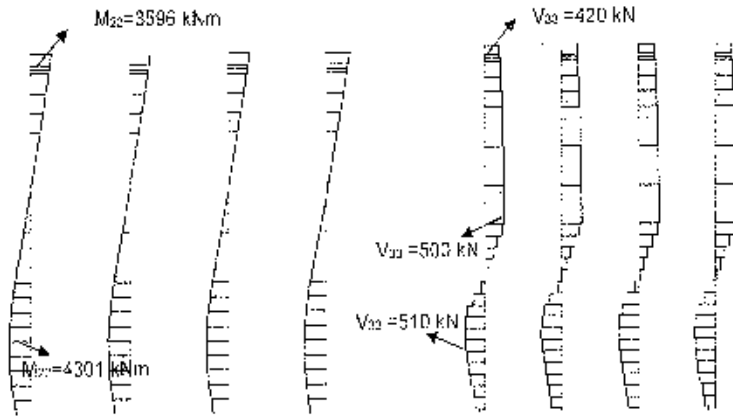
İtme analizi sonucu oluşan plastik mafsallık yerleri aşağıdaki şekilde gösterilmektedir. Tüm plastik mafsallar kazık-tabliye birleşimi B/A tpa kesitlerinde oluşmaktadır. Çelik boru kazıklarda plastik mafsallık oluşmamıştır.



Şekil 18. (+)Y yönü itme analizi sonucu oluşan plastik mafsallık yerleri

İtme analizi sonucu 6-A aksı kesişimindeki B/A tpa kesitte oluşan plastik dönme ve aksel yük değeri  $\Theta_p = 0,00884$  rad ;  $P_p = 1075$  kN (basıncı).

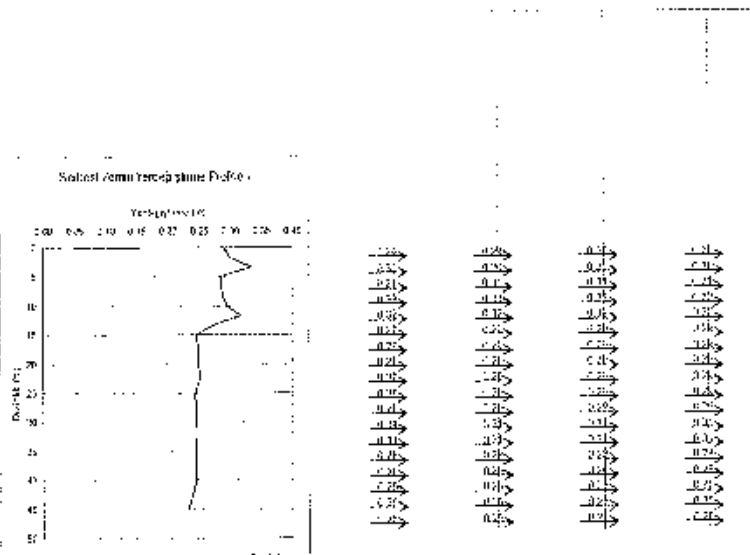
İtme analizi sonucu örnek olarak 6 no'lu aksa ekde edilen moment ve kesme kuvveti diyagramları aşağıda sunulmaktadır.



Bu örnekte (+)Y yönlü zme analizi yapılmıştır. (-)Y, (+)X ve (-)X yönü içinde yapılacaktır.

## 7.2. KİNEMATİK ETKİLEŞİM HESABI

Kinematik etkileşim hesabı KLYDY 8.6'ya göre en az yedi deprem kaydı için yapılan serbest zemin davranışı hesabından elde edilen zaman göre maksimum toplam yerdeğiştirme profillerinin ortalaması alınarak elde edilen zemin yerdeğiştirmeleri altında yapılacaktır. Kazık boyunca her bir düğüm noktasında tanımlı p-y yayları zeminin temsil eden uçlarına zemin yerdeğiştirmeleri artırsal olarak uygulanmıştır. Bu örnekte zemin yerdeğiştirmeleri sadece (+)Y yönünde uygulanmıştır. (-)Y, (+)X ve (-)X yönünde de uygulanacaktır.

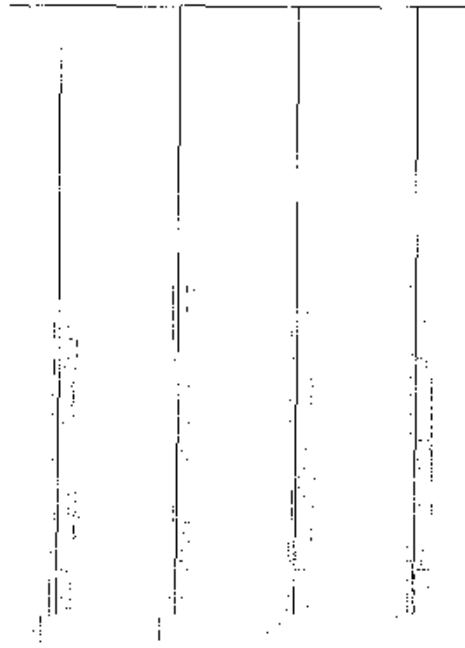


Şekil 19. Serbest zemin davranışı hesabı ortalama zemin yerdeğiştirme profili

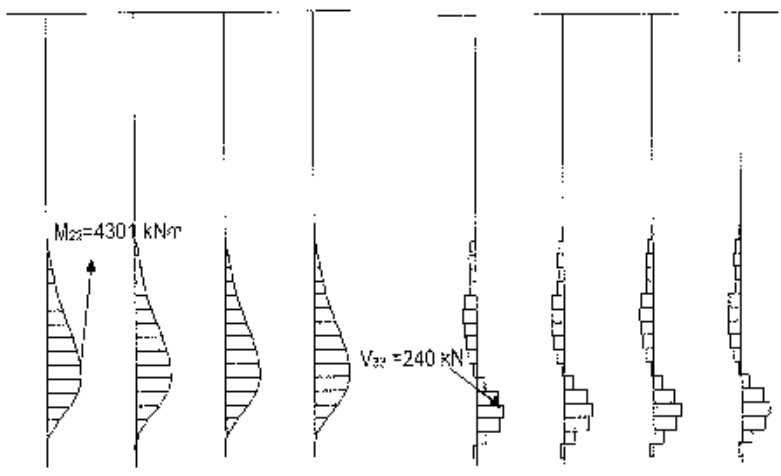
Analiz modeli olarak ilme analizinde kullanılan model kinematik analiz için de kullanılmıştır.



Analiz sonucu yapısal sistemin deformasyonu aşağıdaki şekilde verilmektedir. Çelik kazıklarda ya da kazık-tabliye birleşiminde herhangi bir plastik mafsall oluşmamıştır.



Şekil 20. Kinematik analiz sonucu yapısal sistemin yerdeğiştirme şekli



Şekil 21. Kinematik analiz sonucu 6 No'lu aks moment ve kesme kuvveti diyagramı

### 7.3. KİNEMATİK VE EYLEMSİZLİK ETKİLEŞİMİ SONUÇLARININ BİRLEŞTİRİLMESİ

İtme analizi sonucunda elde edilen tüm yerdeğiştirme, şekildeğiştirme ve kesit tesirleri eylemsizlik etkileşimi sonuçları olarak dikkate alınacaktır.

Kinematik ve eylemsizlik etkileşimi etkileri aşağıdaki iki durumun elverişsiz olmasına göre birleştirileceklerdir:

(a) Kinematik etkileşimden gelen etkilerin %100'ü ile eylemsizlik etkileşiminden gelen etkilerin %50'sinin toplamı;

(b) Eylemsizlik etkileşiminden gelen etkilerin %100'ü ile kinematik etkileşimden gelen etkilerin %50'sinin toplamı.

#### 7.3.1. Şekildeğiştirme Sonuçlarının Birleştirilmesi

Kinematik etkileşim analizi sonucu plastik mafsal oluşuma gözlenmediği için eylemsizlik etkileşimi analizi (itme analizi) sonucunda elde edilen plastik mafsal dönmeleri şekildeğiştirmeye göre değerlendirmede dikkate alınacaktır.

Örnek iskele için sağlanması gereken performans hedefi göçmenin örtenmesi (GÖ) olduğu için bu performans hedefi için verilen birim şekildeğiştirme kapasiteleri ( $\varepsilon_e^{(GÖ)}$ ,  $\varepsilon_s^{(GÖ)}$ ) ile analiz sonucunda elde edilen plastik dönme değerine karşı gelen birim şekil değıştirmeler karşılaştırılacaktır.

KLYDY 7.5.1.3'e göre birim şekildeğiştirme kapasite değerleri ,

$$\varepsilon_e^{(GÖ)} = 0.67 \varepsilon_{en} - 0.67 ( 0.0035 + 0.07 (k_p \omega_s)^{0.3} )$$

$$k_p = 0.97 \quad \omega_s = 0.122$$

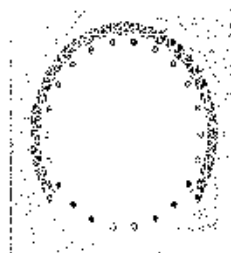
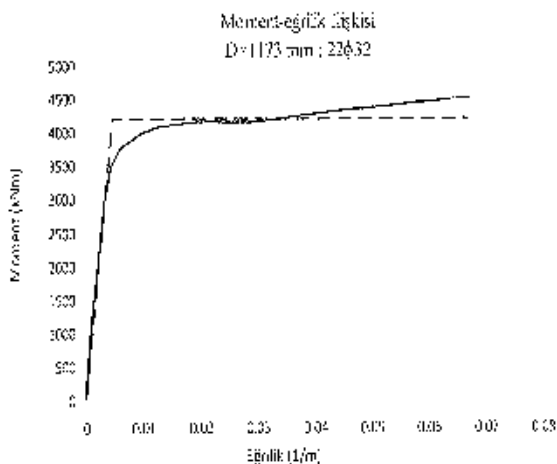
$$\varepsilon_e^{(GÖ)} = 0.0185$$

$$\varepsilon_s^{(GÖ)} = 0.67 \varepsilon_{sz} = 0.67 \times 0.08 = 0.0536$$

6-A aksı kesişimindeki B/A üpa kesitte oluşan plastik dönme ve eksenel yük değerleri;

$$\Theta_p = 0.00854 \text{ rad} \quad P = -1075 \text{ kN (basınç)}$$

Hesaplanan eksenel yük değeri için hesaplanan moment-eğrilik ilişkisi aşağıda sunulmaktadır.



$$\phi_p = 0.00458 \text{ rad/m}$$

Plastik mafsal boyu,

$$l_p = 0.044 f_y d_s = 0.044 \times 504 \times 32 = 0.71 \text{ m}$$

Plastik eğrilik değeri

$$\phi_p = \Theta_p / L_p = 0.00884 / 0.71 = 0.0125 \text{ rad/m}$$

$$\text{Toplam eğrilik, } \phi_0 = \phi_p + \phi_p = 0.00458 + 0.0125 = 0.017 \text{ rad/m}$$

Hesaplanan eğrilik değerine karşı gelen birim şekildeğiştirme değerleri

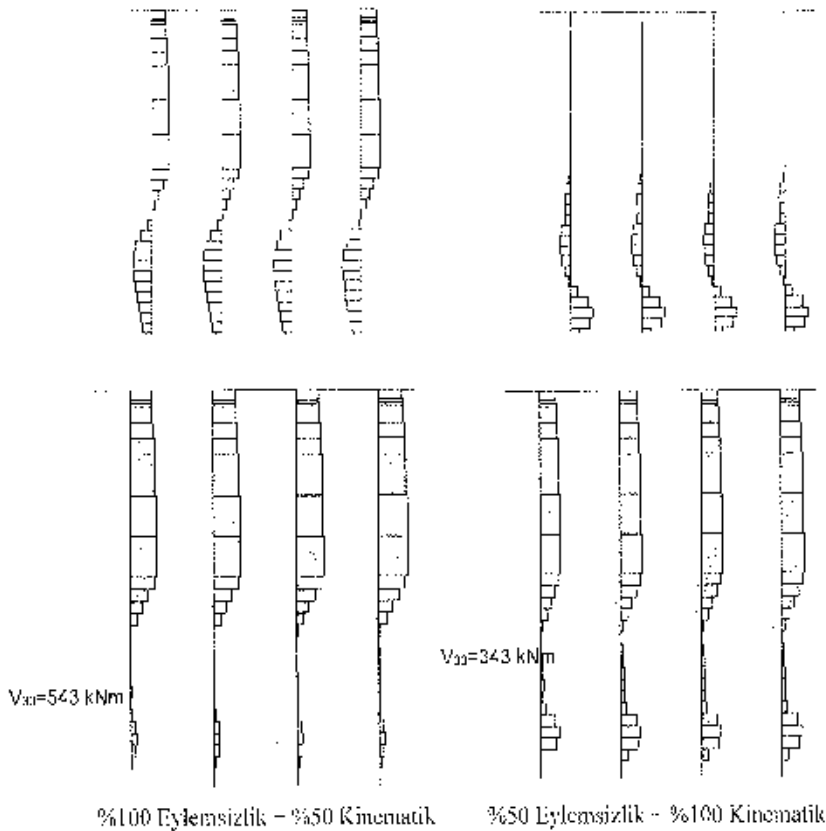
$$\epsilon_s = 0.015 < \epsilon_s^{(0.15)} = 0.0536$$

$$\epsilon_c = 0.00432 < \epsilon_c^{(0.01)} = 0.0185$$

Performans hedefi sağlanmaktadır.

### 7.3.2. İç Kuvvetlerin Birleştirilmesi

#### Kazık kesme kuvvetlerinin birleştirilmesi



Çelik kazıklar için ( )Y yöre maksimum kesme kuvveti %100 Eylemsizlik - %50 Kinematik birleşiminden gelecektir.

6-A aksı kesişimindeki çelik kazık tasarım kesme kuvveti değeri,  $V = 543 \text{ kN}$

6-A aksı kesişimindeki B/A tipı kesimle, kinematik etkilerinden gelen kesme kuvveti ihmal edilecek kadar küçük olduğu için sadece eylemsizlik etkilerinden (time analizi) gelen kesme kuvveti hesaba katılmıştır.

Tasarım kesme kuvveti değeri,  $V = 420 \text{ kN}$

Kesme kuvveti kapasitesi K1.YDY 7.5.5'e göre aşağıdaki hesaplanmaktadır.

$$F_u = F_c + F_s \leq 0.8 A_c (f_{ck})^{0.5}$$

$$F_c = 0.8 k_c A_c (f_{ck})^{0.5}$$

$$k_c = k_{c1} k_{c2} < 0.33$$

$$k_{c1} = 1 + 0.073 N_k / A_c \leq 1.5$$

$$N_k = 1750 \text{ kN}$$

$$A_c = 10751 \text{ cm}^2$$

$$k_{c1} = 1 + 0.305 = 1.305 < 1.5$$

$$k_{c2} = 1 + 0.073 N_k / A_c = 1 + 0.1 = 1.10$$

$$k_c = k_{c1} k_{c2} = 1.435 < 0.33$$

$$V_c = 0.8 \times 0.0275 \times 1075100 \zeta 40 \text{ f}^{0.5} = 150.0 \text{ kN}$$

$$V_s = A_{sv} f_{yk} D_c / s = 4.93 \times 420 \times 100 / 10 = 2070.6 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s = 150.0 + 2070.6 = 2220.6 \text{ kN} > V = 420 \text{ kN}$$

6-A aksı kesişimindeki B/A tıpa kesitli kesme davranışı bakımından güvenlidir.

Tüm kazık ve tabiiye elemanlarında kesme kuvveti kapasitesi KLİYDY 7.5.3'e göre yukarıdaki gibi kontrol edilecektir.