



T.C.
ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
SANAT YAPILARI DAİRESİ BAŞKANLIĞI



ULAŞIM VE DAĞITIM TESİSLERİ İÇİN
DEPREM YÖNETMELİKLERİ HAZIRLANMASI
VE MÜŞAVİRLİK HİZMETLERİ DANIŞMANLIK
HİZMET ALIMI İŞİ

**YÜKSEL
PROJE**

**NİHAİ RAPORA ESAS TASLAK RAPOR
(ARA RAPOR-3)**

**Kıyı ve Liman Yapıları
(Sektör: Ulaşım Tesisleri – A3)**

MAYIS 2019

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

- 2.0. SİMGELER
 - 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 HAREKETLERİNİN 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

EK 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 VELİMAN YAPILARININ PERFORMANSA GÖRE DEĞERLENDİRME VE TASARIM İLKELERİ
- 3.2. KIYI VELİMAN YAPILARI İÇİN ÖNEM SINIFLARI
- 3.3. DEPREM TASARIM SINIFLARI

- 3.4. DEPREM ETKİSİ ALTINDA KAZIKLI RIHTIM VE İSKELELER İÇİN SÜNEK 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. Ağırlık Tipi ve Palplanşlı Rihtım Duvarları İçin Birinci Aşama Hesap – Tasarım – Değerlendirme
 - 3.6.2. Ağırlık Tipi ve Palplanşlı Rihtım Duvarları İçin İkinci Aşama Hesap – Değerlendirme – Tasarım
 - 3.6.3. Kazıklı Rihtım ve İskeleler İçin Birinci Aşama Hesap – Tasarım – Değerlendirme
 - 3.6.4. Kazıklı Rihtım ve İskeleler İçin İkinci Aşama Hesap – Değerlendirme – Tasarım
 - 3.6.5. Kıyı Tahkimatları İçin Birinci ve İkinci 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

- 4.0. SİMGELER
- 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. Ağırlık Tipi Rihtım Duvarlarında Statik-Eşdeğer Stabilite Tahkikleri
 - 4.3.3. Palplanşlı Rihtım Duvarlarının Statik-Eşdeğer Deprem Hesabı
- 4.4. BİRİNCİ AŞAMADA RIHTIM ELEMANLARININ TASARIMI VE DAYANIMA GÖRE DEĞERLENDİRME
 - 4.4.1. Kapsam
 - 4.4.2. Birinci Aşamada Tasarım
 - 4.4.3. Birinci Aşamada Dayanıma 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. Kayan Blok Yöntemi ile Deprem Hesabı

5.3. İKİNCİ AŞAMADA AĞIRLIK TİPİ VE PALPLANŞLI RIHTIM DUVARLARI İÇİN ŞEKİLDEĞİŞTİRMEYE 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 / RIHTIM 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 Modellenmesi

6.4. BİRİNCİ AŞAMADA İSKELE / RIHTIM TAŞIYICI SİSTEMLERİ İÇİN DOĞRUSAL DEPREM HESAP YÖNTEMLERİ

6.4.1. Kapsam

6.4.2. Modal Hesap Yöntemleri

6.4.3. Doğrudan Entegrasyon Yöntemi

6.4.4. Tek Modlu Doğrusal Hesap

6.5. BİRİNCİ AŞAMADA İSKELE / RIHTIM 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 Dayanıma Göre Değerlendirme

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

EK 6A – MODAL HESAP YÖNTEMLERİ

6A.0. SİMGELER

6A.1. MODAL HESAP PARAMETRELERİ

6A.1.1. Genel

6A.1.2. Serbest Titreşim Hesabı

6A.1.3. Modal Katkı 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 RIHTIM 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 / RIHTIM TAŞIYICI SİSTEMLERİNİN MODELLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR
 - 7.3.1. Genel Modelleme Kuralları
 - 7.3.2. Kazıkların Modellenmesine İlişkin Kurallar
 - 7.3.3. Tabliye – Kazık – Zemin Etkileşimi
 - 7.3.4. Kütlelerin Modellenmesi
- 7.4. İKİNCİ AŞAMADA İSKELE / RIHTIM TAŞIYICI SİSTEMLERİ İÇİN DEPREM HESAP 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 İSKELE / RIHTIM 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.0. SİMGELER
- 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.0. SİMGELER

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: ARTIMSAL MOD BİRLEŞTİRME (AMB) YÖNTEMİ İLE ÇOK MODLU İTME HESABI

7E.0. SİMGELER

7E.1. GİRİŞ

7E.2. ARTIMSAL DEPREM YÜKLERİ VE ARTIMSAL YERDEĞİŞTİRMELER

7E.3. MODAL KAPASİTE DİYAGRAMLARI

7E.4. MODAL ÖLÇEKLENDİRME

7E.5. ARTIMSAL 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 VE 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. Kohezyonsuz Zeminlerde Aktif ve Pasif Basınç 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 DEĞERLENDİRMESİ

- 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 DOLGULARDA 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 Modellenmesi
 - 9.2.4. Kazıkların Modellenmesi
- 9.3. TABLİYE –KAZIK–ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN KZE–A YÖNTEMİ
 - 9.3.1. KZE-A Yöntemi ile Kinematik Etkileşim Hesabı
 - 9.3.2. KZE-A Yöntemi ile Eylemsizlik Etkileşiminin Gözönüne Alınması
 - 9.3.3. Kinematik ve Eylemsizlik Etkileşimi Sonuçlarının Birleştirilmesi

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 Gözönüne 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 LİMAN 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 RIHTIM VE İSKELELER İÇİN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİNE İLİŞKİN GENEL KURALLAR

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

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

SİMGELER

- A_c = Temel altında basınç gerilmelerinin olduğu toplam alan [m^2]
- A_c = Brüt betonarme kesit alanı [mm^2]
- A_{ck} = Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçülere göre beton çekirdek alanı [mm^2]
- A_{ct} = Kesme takozu kesme sürtünmesi arayüz alanı [mm^2]
- A_{os} = Enine donatının alanı (dairesel kesit) [mm^2]
- A_{sh} = Enine donatı alanı (dikdörtgen kesit) [mm^2]
- A_s = Boyuna donatı alanı [mm^2]
- A_{sp} = Dairesel kesitte tek bir spiral veya etriyenin alanı [mm^2]
- A_{st} = Kesme takozu kesme sürtünmesi arayüzüne dik donatı alanı [mm^2]
- A_{swx}, A_{swy} = Dikdörtgen kesitte x ve y doğrultularında toplam enine donatı alanı [mm^2]
- a_i = Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
- $a_n^{(X)}(t)$ = (X) doğrultusundaki deprem yer hareketinin etkisi altında n'inci titreşim moduna ait zamana bağlı doğrusal modal sözde-ivme [m/s^2]
- $a_n^{(X,i)}$ = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci itme adımı sonunda n'inci moda ait modal sözde-ivme
- $a_1^{(X,k)}$ = (X) deprem doğrultusu için k'inci itme adımında birinci moda ait modal tek serbestlik dereceli sistem'in modal sözde-ivmesi [m/s^2]
- a_x = (X) deprem doğrultusunda dikdörtgen kesitli çubuğun boyutu
- a_y = (X) deprem doğrultusuna dik doğrultuda elips kesitli çubuğun yarıçapı veya dikdörtgen kesitli çubuğun boyutu
- a_{yn} = 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_γ = Temel taban eğimi düzeltme katsayıları
- b_o = x doğrultusunda göbek betonunu sargılayan 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
- CPT = Koni Penetrasyon Deneyi simgesi
- C_R = Tij boyu düzeltme katsayısı
- C_R = Spektral yerdeğiştirme oranı
- C_{Rj} = j'inci orta ayak için hesaplanan yerdeğiştirme büyütme katsayısı
- C_{Rn} = n'inci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı

- $CRR_{M7.5}$ = Moment büyüklüğü 7.5 olan depreme karşı gelen çevrimsel dayanım oranı
- C_S = Numune alıcı tipi düzeltme katsayısı
- CU = “Konsolidasyonlu-Drenajlı” simgesi
- c = Zeminin kohezyonu [MPa]
- c_t = Kesme takozu kesme sürtünmesi arayüzünde kohezyon [MPa]
- c_u = Drenajsız kayma dayanımı [kPa]
- $(c_u)_{30}$ = Üst 30 metredeki ortalama drenajsız kayma dayanımı [kPa]
- $c_{u,i}$ = i’inci alt tabakanın drenajsız kayma dayanımı [kPa]
- D = Kazık 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_H = Yanal yayılma yerdeğiştirmesi [m]
- D_o = Dairesel kesitte göbek betonunu sargılayan spiral veya etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit çapı [mm]
- DTS = Deprem Tasarım Sınıfı simgesi
- d_{bl} = Betonarme kesitte ortalama donatı çapı [mm]
- d_c, d_q, d_γ = Temel derinliği düzeltme katsayıları
- $d_1^{(X,k)}$ = (X) deprem doğrultusu için k’ıncı itme adımında birinci moda ait modal tek serbestlik dereceli sistem’in modal yerdeğiştirmesi [m]
- $d_{1,max}^{(X)}$ = (X) deprem doğrultusu için modal tek serbestlik dereceli sistemin maksimum yerdeğiştirmesi [m]
- $d_n^{(X)}(t)$ = (X) doğrultusundaki deprem yer hareketinin etkisi altında n’inci titreşim moduna ait zamana bağlı doğrusal modal yerdeğiştirme [m]
- $d_n^{(X,i)}$ = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)’inci itme 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/s²]
- E_c = Betonun elastisite modülü [MPa]
- E_d = Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas toplam deprem etkisi
- E_{dev} = Dayanma yapısını devrilmeye zorlayan etkiler toplamı

$E_d^{(H)}$	= Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi
$E_d^{(Z)}$	= Düşey deprem etkisi
$(EI)_e$	= Etkin eğilme kesit rijitliği [kNm ²]
E_s	= Donatı çeliğinin elastisite modülü [MPa]
E_t	= Statik ve depremi içeren yükleme durumlarına ilişkin tasarım etkileri
$\tilde{F}^{(i)}$	= (i)'inci itme adımına ait birikimli spektrum ölçek katsayısı
F_S	= 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_{co}	= Sargısız betonun karakteristik basınç dayanımı [MPa]
f_e	= Etkin sargılama basıncı [MPa]
$f_{jxn,max}^{(X)}$	= (X) doğrultusundaki deprem yer hareketinin etkisi altında kazıklı rıhtım / iskelenin x eksenli doğrultusunda n'inci doğal titreşim modunda j'inci düğüm noktasına etkiyen maksimum modal deprem yükü [kN]
f_{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_{ye}	= Çeliğin ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
f_{yk}	= Çeliğin karakteristik akma dayanımı [MPa]
f_{ywk}	= Enine donatının karakteristik akma dayanımı [MPa]
G	= Sabit yük etkisi
G	= Etkin kayma modülü [MPa]
$GÖ$	= Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi / Hedefi simgesi
g	= Yerçekimi ivmesi [$g = 9.81 \text{ m/s}^2$]
g_c, g_q, g_γ	= Zemin eğimi düzeltme katsayıları
H	= Rıhtım önünde deniz derinliği [m]
h_j	= Yüzeyden itibaren j'inci zemin tabakasının kalınlığı [m]
h_o	= y doğrultusunda göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
h_{max}	= Zemin modelinde kullanılacak maksimum alt-tabaka kalınlığı (eleman boyutu) [m]
i_c, i_q, i_γ	= Yükleme eğikliği düzeltme katsayıları
$K_{ai,d}$	= Yüzeyden itibaren i'inci kohezyonsuz zemin tabakasında dinamik aktif basınç katsayısı

- $K_{ai,s}$ = Yüzeyden itibaren i'inci kohezyonsuz zemin tabakasında statik aktif basınç katsayısı
- $K_{ai,t}$ = Yüzeyden itibaren i'inci kohezyonsuz zemin tabakasında toplam aktif basınç katsayısı
- $K_{pi,d}$ = Yüzeyden itibaren i'inci kohezyonsuz zemin tabakasında dinamik pasif basınç katsayısı
- $K_{pi,s}$ = Yüzeyden itibaren i'inci kohezyonsuz zemin tabakasında statik pasif basınç katsayısı
- $K_{pi,t}$ = 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_e = Sargılama etkinlik katsayısı
- k_h = Statik-eşdeğer yatay deprem katsayısı (kuruda)
- k'_h = Statik-eşdeğer yatay deprem katsayısı (su altında)
- L_p = Plastik mafsal boyu [mm]
- $M_j^{(X,i)}$ = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci itme adımı sonunda, (j) plastik kesidindeki eğilme momenti [kNm]
- $\tilde{M}_j^{(X,i)}$ = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci itme adımında $\Delta \tilde{F}^{(i)}=1$ alınarak yapılan doğrusal mod birleştirme hesabında (j) plastik kesidinde hesaplanan eğilme momenti [kNm]
- M_n = Nominal eğilme momenti [kNm]
- M_w = Tasarım depreminin moment büyüklüğü
- M_Y = Etkin akma momenti [kNm]
- M_y = Donatıda ilk akmaya karşı gelen moment [kNm]
- $m_{ix1}^{(X,1)}$ = (X) deprem doğrultusu için x eksenini doğrultusunda birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli'ne göre hesaplanan i'inci modal etkin kütle [t]
- $m_{iy1}^{(X,1)}$ = (X) deprem doğrultusu için y eksenini doğrultusunda birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli'ne göre hesaplanan i'inci modal etkin kütle [t]
- $m_{iz1}^{(X,1)}$ = (X) deprem doğrultusu için z eksenini etrafında birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli'ne göre hesaplanan i'inci modal etkin kütle eylemsizlik momenti [tm²]
- m_j = j'inci düğüm noktası kütlesi [t]

- $m_{jxn}^{(X)}$ = (X) deprem doğrultusu için rıhtım/iskelenin x eksenini doğrultusunda n'inci doğal titreşim moduna ait j'inci düğüm noktası modal etkin kütlesi [t]
- $m_{jyn}^{(X)}$ = (X) deprem doğrultusu için rıhtım/iskelenin y eksenini doğrultusunda n'inci doğal titreşim moduna ait j'inci düğüm noktası modal etkin kütlesi [t]
- $m_{jzn}^{(X)}$ = (X) deprem doğrultusu için rıhtım/iskelenin z eksenini doğrultusunda n'inci doğal titreşim moduna ait j'inci düğüm noktası modal etkin kütlesi [t]
- m_t = Rıhtım/iskelenin toplam kütlesi [t]
- $m_{tx1}^{(X,1)}$ = (X) deprem doğrultusu için x eksenini doğrultusunda birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli'ne göre hesaplanan toplam deprem yükü modal etkin kütlesi [t]
- $m_{txn}^{(X)}$ = (X) deprem doğrultusu için rıhtım/iskelenin x eksenini doğrultusunda n'inci titreşim moduna ait toplam deprem yükü modal etkin kütlesi [t]
- $m_{ty n}^{(Y)}$ = (Y) deprem doğrultusu için rıhtım/iskelenin y eksenini doğrultusunda n'inci titreşim moduna ait toplam deprem yükü modal etkin kütlesi [t]
- $m_{tzn}^{(Z)}$ = (Z) deprem doğrultusu için rıhtım/iskelenin z eksenini 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
- ND = Yüzeyden itibaren kurudaki zemin tabakalarının sayısı
- N_c, N_q, N_γ = Taşıma gücü katsayıları
- $N_j^{(X,i)}$ = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci itme adımı sonunda, (j) plastik kesidinde oluşan eksenel kuvvet [kN]
- $\tilde{N}_j^{(X,i)}$ = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci itme adımında $\Delta\tilde{F}^{(i)}=1$ alınarak yapılan doğrusal mod birleştirme hesabında (j) plastik kesidinde hesaplanan eksenel kuvvet [kN]
- $(N_{60})_{30}$ = Üst 30 metredeki ortalama standart penetrasyon darbe sayısı
- $N_{60,i}$ = 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_{tv} = Temel tabanına etkileyen tasarım düşey basınç kuvveti, kazığa etkileyen düşey tasarım kuvveti [kN]
- P_{ty} = Kazığa etkileyen yanal tasarım kuvveti [kN]
- $P_{ai,d}$ = Yüzeyden itibaren i'inci kohezyonsuz zemin tabakasının tabanında dinamik aktif basınç [kN/m²]

- $p_{pi,d}$ = Yüzeyden itibaren i'inci kohezyonsuz zemin tabakasının tabanında dinamik pasif basınç [kN/m^2]
- $p_{w,d}$ = Statik-eşdeğer dinamik su basıncı [kN/m^2]
- Q = Hareketli yük etkisi
- Q_{ks} = Kazık karakteristik çevre sürtünmesi direnci [kN]
- Q_{ku} = Kazık karakteristik uç direnci [kN]
- Q_{ktv} = Kazık karakteristik toplam taşıma gücü [kN]
- Q_s = Kazık çevre sürtünmesi direnci [kN]
- Q_{tv} = Kazığın düşey tasarım dayanımı [kN]
- Q_{ty} = Kazığın yanal tasarım dayanımı [kN]
- Q_u = Kazık uç direnci [kN]
- q = Ek yük (sürşarj) [kN/m^2]
- q_k = Temel taşıma gücü karakteristik dayanımı [kN/m^2]
- q_o = Temel seviyesinde etkiyen düşey yük, kesme ve moment etkilerinin oluşturduğu temel taban basıncı [kN/m^2]
- q_o = Düzgün yayılı ek hareketli yük (sürşarj) [kN/m^2]
- q_t = Temel taşıma gücü tasarım dayanımı [kN/m^2]
- R_{dev} = Dayanma yapısında devrilmeye karşı koyan etkiler ve dirençler toplamı
- R_k = Karakteristik dayanım [kN/m^2]
- R_{pk} = Karakteristik pasif direnç [kN/m^2]
- R_{pt} = Tasarım pasif direnci [kN/m^2]
- R_t = Tasarım dayanımı [kN/m^2]
- R_{th} = Tasarım sürtünme direnci [kN/m^2]
- R_{yj} = j'inci orta ayak için akma dayanımı azaltma katsayısı
- R_{yn} = 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)
- $r^{(X)}(t)$ = (X) deprem doğrultusu için zamana bağlı toplam jenerik davranış büyüklüğü (yapısal yerdeğiştirme, şekildeğiştirme veya iç kuvvet bileşeni)
- $r_j^{(X,i)}$ = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci itme adımı sonunda, herhangi bir (j) noktasında veya kesidinde oluşan tipik yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme veya iç kuvvet
- $\tilde{r}_j^{(X,i)}$ = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci itme adımında $\Delta \tilde{F}^{(i)}=1$ alınarak yapılan doğrusal (linear) mod birleştirme analizi sonucunda, (j) noktasında veya kesidinde hesaplanan tipik yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme veya iç kuvvet
- $r_{n,max}^{(X)}$ = (X) deprem doğrultusu için n'inci titreşim modunda maksimum jenerik davranış

- büyüklüğü (yapısal yerdeğiştirme, şekildeğiştirme veya iç kuvvet bileşeni)
- $r_n^{(X)}(t)$ = (X) deprem doğrultusu için n'inci titreşim modunda zamana bağlı jenerik davranış büyüklüğü (yapısal yerdeğiştirme, şekildeğiştirme veya iç kuvvet bileşeni)
- $r_{n,max}^{(X,k)}$ = k'inci orta veya kenar ayak temeline (X) doğrultusunda etkiyen deprem yer hareketinin etkisi altında n'inci titreşim modunda maksimum jenerik davranış büyüklüğü (yapısal yerdeğiştirme, şekildeğiştirme veya iç kuvvet bileşeni)
- $\bar{r}_n^{(X)}$ = (X) deprem doğrultusu için n'inci doğal titreşim modunda birim jenerik davranış büyüklüğü (yapısal yerdeğiştirme, şekildeğiştirme veya iç kuvvet bileşeni)
- $S_{ae}(T)$ = Yatay doğrusal elastik tasarım spektral ivmesi [g]
- $S_{ae}(T_1)$ = Birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e karşı gelen doğrusal elastik tasarım spektral ivmesi [g]
- $S_{aeV}(T)$ = Düşey elastik tasarım spektral ivmesi [g]
- $S_{aen}^{(X)}$ = n'inci titreşim moduna ait elastik tasarım spektral ivmesi [g]
- $S_{aen}^{(X,p)}$ = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında n'inci moda ait doğrusal elastik spektral ivme [g]
- $S_{a,R1}, S_{a,R2}$ = Gözönüne alınan iki tipik depremin spektral ivmeleri [g]
- S_{DS} = Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
- S_{D1} = 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
- S_{VS} = Kısa periyot düşey tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
- S_{V1} = 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
- S_S = Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
- S_1 = 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
- S_T = Topoğrafik büyütme katsayısı
- s = Enine donatı aralığı [mm]
- s = Kazık sıraları ara uzaklığının kazık çapına oranı
- s_c, s_q, s_γ = Temel şekli düzeltme katsayıları
- T = Doğal titreşim periyodu [s]
- T_A = Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
- T_{AV} = Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
- T_B = Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
- T_{BV} = Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
- T_L = Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]

- T_n = n'inci moda ait doğal titreşim periyodu [s]
- $T_n^{(1)}$ = Başlangıçtaki (i=1) itme adımında n'inci titreşim moduna ait doğal titreşim periyodu [s]
- T_p = Hakim doğal titreşim periyodu [s]
- T_R = Tipik bir depremin tekrarlanma periyodu [yıl]
- T_{R1}, T_{R2} = Gözönüne alınan iki tipik depremin tekrarlanma periyotları [yıl]
- t = Çelik boru kazık et kalınlığı [mm]
- UU = "Konsolidasyonsuz – Drenajsız" simgesi
- $u_{ox1}^{(X,k)}$ = (X) deprem doğrultusu için k'ıncı itme adımında tabliye kütle merkezinde x eksenini doğrultusunda hesaplanan yerdeğiştirme [m]
- $\ddot{u}_g^{(X)}(t)$ = (X) deprem 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]
- $(V_s)_{30}$ = Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı [m/s]
- $V_{s,i}$ = i'inci alt tabakanın kayma dalgası hızı [m/s]
- V_s = Betonarme kesitte enine donatının kesme kuvveti kapasitesi [kN]
- V_n = Betonarme kesitin nominal kesme kuvveti kapasitesi [kN]
- V_{th} = Temel tabanında etkiyen tasarım yatay kuvveti [kN]
- $V_{tx1}^{(X,k)}$ = (X) deprem doğrultusu için k'ıncı itme adımında x eksenini doğrultusunda hesaplanan toplam deprem yükü [kN]
- w = Doğal su içeriği
- y = Su derinliği [m]
- YM = Yeterli titreşim modu sayısı
- ZA, \dots, ZF = Yerel zemin sınıfları simgeleri
- α = Duvar-zemin arakesitinin düşeyle aktif veya pasif basınç tarafına doğru yaptığı açı [derece]
- α_{jk} = (j) plastik kesidinde etkiyen momentle ilgili olarak (k)'ıncı akma çizgisini tanımlayan katsayı
- β = Aktif veya pasif basınç tarafındaki zemin yüzeyinin yatayla yukarıya doğru yaptığı şev açısı [derece]
- β_G = Kazıklarda grup etkisinin yaklaşık olarak gözönüne alınması için ampirik azaltma katsayısı
- β_{jk} = (j) plastik kesidindeki eksenel kuvvetle ilgili olarak (k)'ıncı akma çizgisini tanımlayan katsayı
- β_{mn} = m'inci ve n'inci doğal titreşim periyotlarının oranı
- $\Delta a_n^{(X,i)}$ = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci itme adımında n'inci moda ait modal sözde-ivme artımı [m/s^2]

- $\Delta d_n^{(X,i)}$ = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci itme adımında n'inci moda ait modal yerdeğiştirme artımı [m]
- $\Delta \tilde{F}^{(i)}$ = (i)'inci itme adımında artımsal spektral ölçek katsayısı
- $\Delta f_{ix1}^{(X,k)}$ = (X) deprem doğrultusu için k'inci itme adımında x eksenli doğrultusunda etkiyen i'inci deprem yükü artımı [kN]
- $\Delta f_{iy1}^{(X,k)}$ = (X) deprem doğrultusu için k'inci itme adımında y eksenli doğrultusunda etkiyen i'inci deprem yükü artımı [kN]
- $\Delta f_{iz1}^{(X,k)}$ = (X) deprem doğrultusu için k'inci itme adımında z eksenli etrafında etkiyen i'inci deprem momenti artımı [kNm]
- ΔP_{su} = Bileşke statik-eşdeğer su basıncı [kN/m²]
- Δp = Depremden meydana gelen ek zemin basıncı [kN/m²]
- $\Delta p_{su}(z)$ = Statik-eşdeğer dinamik su basıncının su derinliği boyunca değişimi [kN/m²]
- Δt_{max} = Maksimum alt-tabaka kalınlığı (eleman boyutu) ile uyumlu maksimum zaman artımı [s]
- $\Delta u_{jxn}^{(X,i)}$ = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci itme adımında n'inci doğal titreşim modu için sistemin herhangi bir (j) noktasında (x) doğrultusundaki modal yerdeğiştirme artımı [m]
- $\Delta u_{jyn}^{(X,i)}$ = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci itme adımında n'inci doğal titreşim modu için sistemin herhangi bir (j) noktasında (y) doğrultusundaki modal yerdeğiştirme artımı [m]
- $\Delta u_{jzn}^{(X,i)}$ = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında (i)'inci itme adımında n'inci doğal titreşim modu için sistemin herhangi bir (j) noktasında (z) doğrultusundaki modal yerdeğiştirme artımı [m]
- δ = Temel tabanı ile zemin arasındaki sürtünme açısı [derece]
- δ = Zemin ile duvar arasındaki sürtünme açısı [derece]
- ϵ_c = Beton basınç birim şekildeğiştirmesi
- ϵ_{cu} = Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi
- ϵ_{sy} = Donatı çeliğinin akma birim şekildeğiştirmesi
- ϵ_s = Donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekildeğiştirmesi
- ϵ_{su} = Donatı çeliğinin çekme dayanımına karşı gelen birim şekildeğiştirmesi
- $\epsilon_c^{(GÖ)}$ = Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalma kapasitesi
- $\epsilon_c^{(KH)}$ = Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalma kapasitesi
- $\epsilon_c^{(SH)}$ = Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalma kapasitesi
- $\epsilon_s^{(GÖ)}$ = Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirme kapasitesi

- $\epsilon_s^{(KH)}$ = 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
- ϵ_{su} = Maksimum dayanıma karşı gelen donatı birim uzaması
- Φ_{jxn} = j'inci düğüm noktasında x eksenı doğrultusunda n'inci doğal titreşim mod şekli genliğı
- Φ_{jyn} = j'inci düğüm noktasında y eksenı doğrultusunda n'inci doğal titreşim mod şekli genliğı
- Φ_{jzn} = j'inci düğüm noktasında z eksenı doğrultusunda n'inci doğal titreşim mod şekli genliğı
- $\Phi_{jxn}^{(i)}$ = (i)'inci itme adımında, o adımdaki plastik mafsallı konfigürasyonu gözönüne alınarak belirlenen n'inci mod şeklinin j noktasında (x) doğrultusundaki genliğı
- $\Phi_{jyn}^{(i)}$ = (i)'inci itme adımında, o adımdaki plastik mafsallı konfigürasyonu gözönüne alınarak belirlenen n'inci mod şeklinin j noktasında (y) doğrultusundaki genliğı
- $\Phi_{jzn}^{(i)}$ = (i)'inci itme adımında, o adımdaki plastik mafsallı konfigürasyonu gözönüne alınarak belirlenen n'inci mod şeklinin j noktasında (z) doğrultusundaki genliğı
- ϕ_i = Kohezyonsuz zeminde (i)'inci tabakanın içsel sürtünme açısı [derece]
- ϕ' = Zeminin efektif kayma direnci açısı [derece]
- ϕ_y = Donatıda ilk akmaya karşı gelen eğrilik [m^{-1}]
- ϕ_Y = Etkin akma eğriligi [m^{-1}]
- ϕ_u = Maksimum eğrilik [m^{-1}]
- $\Gamma_n^{(X)}$ = (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 adımında n'inci doğal titreşim moduna ait katkı çarpanı
- $\Gamma_1^{(X,1)}$ = (X) deprem doğrultusu için birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli'ne göre hesaplanan modal katkı çarpanı
- γ_j = Kurudaki j'inci zemin tabakasının birim hacim ağırlığı [kN/m^3]
- γ_{bj} = Su altındaki j'inci zemin tabakasının birim hacim ağırlığı ($\gamma_{bj} = \gamma_{sj} - \gamma_w$) [kN/m^3]
- γ_{sj} = Suya doygun j'inci zemin tabakasının birim hacim ağırlığı [kN/m^3]
- γ_w = Suyun birim hacim ağırlığı [kN/m^3]
- γ_R = Dayanım katsayısı
- γ_{Rc} = Kohezyon direnci için dayanım katsayısı
- γ_{Rdev} = Dayanma yapısında devrilmeye karşı tasarım güvenlik katsayısı
- γ_{Rh} = Sürtünme direnci dayanım katsayısı

γ_{Rk}	= Kaymaya karşı tasarım güvenlik katsayısı
γ_{Rp}	= Pasif direnç dayanım katsayısı
γ_{Rsb}	= Kazık çevre sürtünme direnci (basınç) dayanım katsayısı
γ_{Rsc}	= Kazık çevre sürtünme direnci (çekme) dayanım katsayısı
γ_{Rt}	= Kazık toplam taşıma gücü (basınç) dayanım katsayısı
γ_{Ru}	= Kazık uç direnci dayanım katsayısı
γ_{Rv}	= Temel taşıma gücü dayanım katsayısı
$\gamma_{R\phi}$	= Sürtünme direnci için dayanım katsayısı
ξ_n	= n'inci titreşim moduna ait modal sönüm oranı
ξ_1	= Birinci titreşim moduna ait modal sönüm oranı
ζ_{ai}	= Kohezyonlu zeminde (i)'inci tabakanın göçme yüzeyini tanımlayan açı [derece]
λ	= Toplam aktif ve pasif basınç katsayılarının hesabında statik-eşdeğer deprem katsayısına bağlı olarak hesaplanan açı [derece]
λ_{min}	= Tipik zemin tabakasında deprem kaydının maksimum frekansına karşı gelen minimum dalga boyu [m]
ω_B	= Tasarım ivme spektrumundaki T_B köşe periyoduna karşı gelen doğal açısal frekans [rad/s]
ω_n	= n'inci titreşim moduna ait doğal titreşim açısal frekansı [rad/s]
$\omega_n^{(i)}$	= (i)'inci itme adımında, o adımdaki plastik mafsal konfigürasyonu gözönüne alınarak belirlenen n'inci titreşim moduna ait doğal açısal frekans [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 [rad/s]
ω_s	= Mekanik hacimsel enine donatı oranı
μ_d	= Yerdeğiştirme süneklik oranı talebi
$\mu(R_y, T_1)$	= Akma Dayanımı Azaltma Katsayısı ve birinci doğal titreşim periyoduna göre hesaplanan süneklik istemi
μ_t	= Kesme takozu kesme sürtünmesi arayüzünde sürtünme katsayısı
ρ	= Zeminin birim hacim kütlesi [t/m ³]
ρ_{mn}	= Tam Karesel Birleştirme Kuralı'nda m'inci ve n'inci doğal titreşim modlarına ilişkin çapraz korelasyon katsayısı
ρ_s	= Dairesel kesitte enine donatının hacimsel oranı
ρ_x, ρ_y	= Dikdörtgen kesitte x ve y doğrultularında enine donatının hacimsel oranları
ρ_w	= Suyun birim hacim kütlesi [t/m ³]
$\tau_{cy,u}$	= Drenajsız kayma mukavemeti [kPa]
τ_{deprem}	= Zeminde depremden oluşan ortalama tekrarlı kayma gerilmesi [kPa]
τ_R	= Zeminin sıvılaşma direnci [kPa]



- $\theta_p^{(KH)}$ = Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme kapasitesi [rad]
 $\theta_p^{(GÖ)}$ = Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme kapasitesi [rad]
 $\theta_p^{(SH)}$ = Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme kapasitesi [rad]

TASLAK

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) Ağırılık Tipi ve Palplanşlı Rıhtım Duvarları

Ağırılık tipi rıhtım duvarları; betonarme keson türü duvarlar, betonarme payandalı-payandasız L duvarlar, dolu tip bloklü duvarlar, hücre tipi beton bloklü duvarlar, yerinde dökme beton duvarlar olarak tanımlanırlar.

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

(b) Kazıklı Rıhtım ve İskeleler

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

Kazıklı iskeleler, iki veya daha çok taraftan gemi yanaşmasına olanak sağlayan bağımsız sistemlerdir.

(c) Kıyı Tahkimatları

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 yürürlüğe konulan *Türkiye Deprem Tehlike Haritaları* 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 bu Yönetmelik'te verilmiştir. Bu kapsamın 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, özel uzmanlık gerektiren konularda projenin başlangıcından tamamlanmasına kadar ilgili tüm

tasarım aşamalarında görev yapacak şekilde, ilgili alanda teorik ve mesleki bilgi ve deneyim sahibi inşaat mühendislerinden “*tasarım gözetimi ve kontrolü*” hizmeti alınması zorunludur.

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

1.3.2. Kapsam

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

(a) **Bölüm 2** kapsamında **2.4.2**’ye göre *Sahaya Özel Deprem Tehlikesi Hesapları* ve **2.5**’e göre *Zaman Tanım Alanında Deprem Yer Hareketlerinin Tanımlanması*

(b) **Bölüm 7** kapsamında **7.4.3**’e göre *Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile Çok Modlu İtme Hesabı* ve **7.4.4**’e göre *Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ile Deprem Hesabı*

(c) **Bölüm 9** kapsamında **9.4**’e göre *KZE-B Yöntemi ile ve 9.5’e göre *KZE-C Yöntemi ile yapılacak doğrusal olmayan Rıhtım/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 tasarımında 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, 22/01/2018 tarih ve 2018/11275 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlüğe konulan *Türkiye Deprem Tehlike Haritaları* 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 nitelendirir. Bu deprem yer hareketi, *gözönüne 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 nitelendirir. Bu yer hareketi yönetmelikte sadece **Bölüm 3**’te *Deprem Tasarım Sınıfları*’nın 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 nitelendirir. 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 nitelendirir.

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* ile özel olarak tanımlanırlar.

2.3.2. Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

2.3.2.1 – Boyutsuz *harita spektral ivme katsayıları*, 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_S

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

Birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalamasına karşı gelen *harita spektral ivme katsayıları*, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulu [$(V_S)_{30}=760$ 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_S ve S_1 , aşağıdaki şekilde *tasarım spektral ivme katsayıları* S_{DS} ve S_{D1} ’e dönüştürülür:

$$\begin{aligned} S_{DS} &= S_S F_S \\ S_{D1} &= S_1 F_1 \end{aligned} \quad (2.1)$$

Burada F_S 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_S ve F_1 , sırası ile, **Tablo 2.1** ve **Tablo 2.2**’de verilmiştir. Tablolarda harita spektral ivme katsayılarının ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

2.3.3.2 – ZF yerel zemin sınıfına giren zeminler için *sahaya özel zemin davranış analizleri*, yapı-kazık-zemin etkileşimi 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_S					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
ZB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
ZC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
ZD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
ZE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8

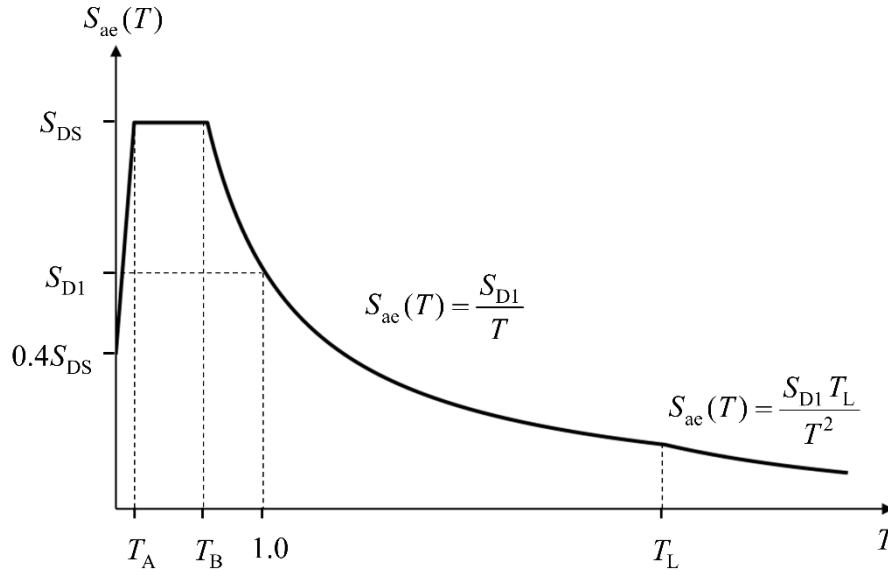
Tablo 2.2 – 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0

2.3.4. Yatay Deprem Tasarım Spektrumu

2.3.4.1 – Gözönüne 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] cinsinden **Denk.(2.2)**'de tanımlanmıştır (**Şekil 2.1**):

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



Şekil 2.1

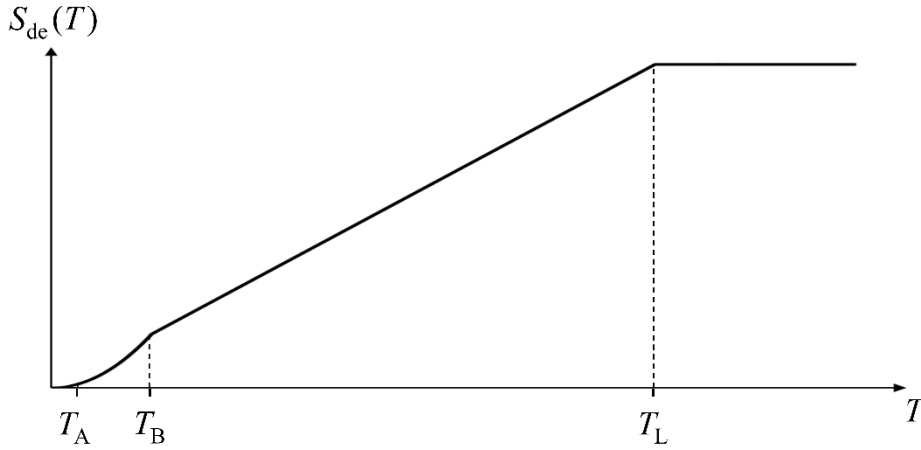
Burada S_{DS} ve S_{D1} 2.3.2.2’de tanımlanan *tasarım spektral ivme katsayıları*’nı, T ise doğal titreşim periyodunu göstermektedir. Yatay tasarım spektrumu *köşe periyotları* T_A ve T_B Denk.(2.3) ile S_{DS} ve S_{D1} ’e bağlı olarak tanımlanır:

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

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

2.3.4.2 – Gözönüne 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):

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



Şekil 2.2

2.3.5. Düşey Deprem Tasarım Spektrumu

Gözönüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için *düşey deprem tasarım ivme spektrumu* ’nun ordinatları olan *düşey deprem tasarım spektral ivmeleri* $S_{aeV}(T)$, 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):

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

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

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

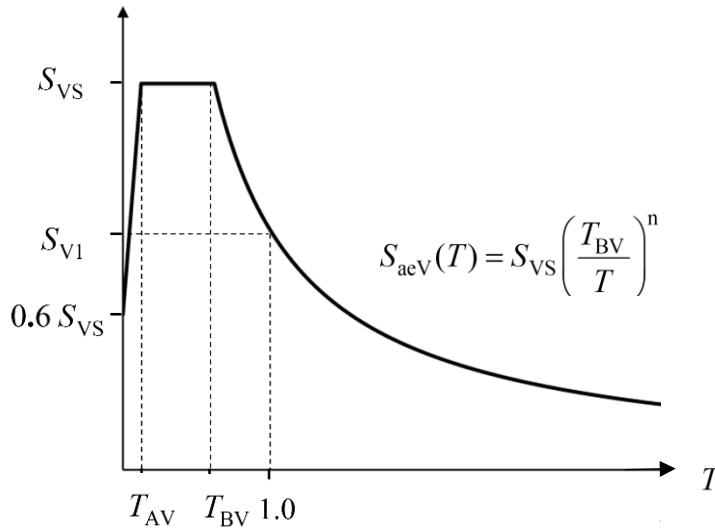
Buradaki C_L terimi ve **Denk.(2.5)**'te yer alan üssel sayı n **Denk.(2.7)** ile belirlenecektir.

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

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

$$\begin{aligned} S_{VS} &= a_{VS} (S_S)^{b_{VS}} \quad ; \quad S_{V1} = a_{V1} (S_1)^{b_{V1}} \\ a_{VS} &= 5.07[(V_S)_{30}]^{-0.306} \quad ; \quad b_{VS} = 1.03 + 0.066 [\min(V_S)_{30}, 760] / 1000 \\ a_{V1} &= 9.90[(V_S)_{30}]^{-0.467} \quad ; \quad b_{V1} = 0.91 \end{aligned} \quad (2.8)$$

Burada S_S 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 *Kıyı ve Liman Yapısı Önem Sınıfı* KLÖS = 1 ve aynı zamanda **3.3**'e göre *Deprem Tasarım Sınıfı* DTS = 1,2 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 mühendisinin ve/veya onay makamının kararı ile tanımlanabilir. **2.3.2**'de tanımlanan referans zemin koşulu için belirlenen sahaya özel elastik ivme spektrumlarının ordinatları, hiçbir zaman **2.3.4**'e göre

harita spektral ivmeleri esas alınarak zemin etkisi olmaksızın tanımlanan ivme spektrumu ordinatlarının % 90'ından daha küçük olmayacaktır.

2.4.2. Sahaya Özel Deprem Tehlikesi Analizleri

Gözönüne 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 belirlemek üzere *sahaya özel deprem tehlikesi analizleri*, aşağıda özetlenen kurallara göre yapılacaktır.

2.4.2.1 – Sahaya özel olasılıksal deprem tehlikesi analizleri, ilgili sahayı 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 algılama 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 önemli belirsizlik bulunan faylarda gerçekleşmesi beklenen depremler ise, alan ve arka-plan deprem kaynakları olarak modellenecektir. Dikkate alınan deprem kaynaklarında (fay, alan ve arka-plan) oluşabilecek depremlerin büyüklük (magnitüd) cinsinden 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 rassal 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 *mantık 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'ya göre *sahaya özel zemin davranış analizleri* yapılabilir.

2.4.3.2 – Sahaya özel zemin davranış analizleri **Bölüm 9**'a göre yapılacak *rihtım/iskele-kazık-zemin kinematik ve eylemsizlik 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 uyuşum* 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 deprem hesabında kullanılacak deprem kayıtlarının seçimi, tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu deprem büyüklükleri, 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 ayırıştırma* işleminden 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 Uyuşum 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 uyum* sağlanacak şekilde dönüştürülmesi ile de elde edilebilir. Dönüştürülen deprem yer hareketlerinin spektrumlarının ortalamaları, tüm periyotlar için tasarım spektrumu ordinatlarından daha küçük olmayacaktır.

2.6. STATİK-EŞDEĞER DEPREM KATSAYISI

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

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

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, TDTH (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 enterpolasyonla 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_S ve S_1 harita spektral ivme katsayılarından yararlanılarak, **Denk.(2A.2)**'den kısa periyot bölgesi ve 1.0 saniye için k_S ve k_1 eğimleri aşağıdaki şekilde edilir:

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

2A.3 – Tekrarlanma periyodu 144 yıl olan DD-2a deprem düzeyi için $S_{S,144}$ 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:

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

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

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

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 şekildeğişiklikler 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 şekildeğişikliklerin, 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 *Şekildeğişikliğe 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 şekildeğişikliklerin doğrusal elastik sınırları aşmasına izin verilmez. Bu doğrultuda geleneksel *Dayanım Göre Değerlendirme ve Tasarım* çerçevesinde doğrusal (lineer) 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
- (d) Deprem sonrasında onarım/güçlendirilmesi veya yeniden yapımı zor, pahalı ve zaman kaybına neden olacak yapılar

3.2.2. KLÖS = 2: Normal yapılar

KLÖS=1 ve KLÖS=3 dışındaki tüm 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) Kıyı tahkimatları

3.3. DEPREM TASARIM SINIFLARI

Uygulanacak hesap ve değerlendirme yöntemlerinin sınıflandırılması 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 Katsayısı*'na bağlı olarak **Tablo 3.1'**e göre belirlenecektir.

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
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1

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

3.4.1 – Kıyı ve liman yapıları kapsamında kazıklı rihtim 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) şekil değiştirmelerin sadece kazık-tabliye birleşimlerinde eğilme/eksenel kuvvet etkisinde meydana gelmesi, bu elemanlarda gevrek kesme hasarına hiçbir şekilde izin verilmemesidir. İstisnai olarak kazıklı rihtim ve iskelelerde kazıkların zemin içinde kalan kısımlarında kinematik etkileşim nedeni ile oluşabilecek sınırlı plastik şekil değiştirmelere izin verilebilir.

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

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 kaldığı duruma karşı gelmektedir. Yapılacak incelemeleri takiben hemen kullanıma açılacaktır.

(b) Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi: Bu performans düzeyi, yapının ana taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, diğer deyişle doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşı gelmektedir. Depremden sonra yapı çok kısa sürede kullanıma açılacaktır. Bu hasar düzeyi, yeni yapılacak yapılar için kullanılmayacak, sadece **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 Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi*: Bu performans düzeyi, yapının taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruma karşı gelmektedir. Yapının kısmen veya tamamen göçmesi önlenmiştir. Acil müdahale için sınırlı da olsa 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 – 3.6.4**’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 *Ağırlık 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. Ağırlık Tipi ve Palplanşlı Rıhtımlar 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	KK
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		
	KLÖS = 1	KLÖS = 2	KLÖS = 3
DD – 3	—	KK	KK
DD – 2a	KK	—	—
DD – 1	KH	GÖ	—

3.6. DEPREM ETKİSİ ALTINDA KİYI 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. Ağırlık Tipi ve Palplanşlı Rıhtım Duvarları İçin Birinci Aşama Hesap – Tasarım – Değerlendirme

3.6.1.1 – Birinci aşamada, ağırlık tipi veya palplanşlı rıhtım duvarları için kendi servis ömürleri boyunca maruz kalma olasılığı yüksek olan sık oluşumlu küçük depremlerin etkisi altında statik-eşdeğer deprem katsayısı esas alınarak geleneksel stabilite hesapları yapılacak ve

tasarıma esas iç kuvvetler elde edilecektir. Bu aşamada deprem hasarının olmaması, dolayısıyla **Tablo 3.2**'te belirtildiği üzere *Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi*'nin sağlanması hedeflenmektedir. Bu durumda deprem sonrasında rıhtım operasyonunun olumsuz biçimde etkilenmesi söz konusu değildir. Bu aşamada sık oluşumlu deprem yer hareketi olarak;

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

(b) **3.2.2**'ye göre $KLÖS = 2$ olan normal rıhtımlarda ve **3.2.3**'e göre $KÖS = 3$ olan basit rıhtımlarda **2.2.4**'te tanımlanan DD-3 deprem yer hareketi gözönüne 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 – Palplanşlı rıhtımlar için birinci aşama sonunda yapılan tasarım, ikinci aşama için ön tasarım olarak kullanılacaktır.

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

3.6.2.1 – İkinci aşamada sadece $KLÖS = 1$: *Önemli Yapı* sınıfına giren ağırlık tipi veya palplanşlı rıhtım duvarları için, kendi servis ömürleri boyunca maruz kalma olasılığı çok düşük olan ve *gözönüne alınan en büyük deprem* olarak adlandırılan çok seyrek oluşumlu DD-1 deprem yer hareketinin etkisi altında, zaman tanım alanında hesap yapılacaktır. Bu kapsamda, zeminin ve palplanşlı duvarlar için palplanşların doğrusal olmayan (nonlineer) davranışının gözönüne alındığı *Yapı-Zemin Ortak Sistemi Hesabı* veya $DTS = 2,3$ olan ağırlık tipi rıhtım 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 rıhtım duvarlarının yapacağı yerdeğiştirmelerin belirlenmesidir. Depremde meydana gelen kalıcı yerdeğiştirmelerin çok büyük olmaması, dolayısıyla **Tablo 3.2**'de belirtildiği üzere $KLÖS = 1$ olan rıhtım 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 ağırlık tipi veya palplanşlı rıhtım hesabı ve tasarımı **Bölüm 5**'e göre *Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım* yaklaşımı ile değerlendirilerek kesinleştirilecektir.

Tablo 3.4. Ağırlık Tipi Rıhtım Duvarları İçin Deprem Etkisi Altında Hesap ve Değerlendirme Yöntemleri

Kıyı-Liman Yapısı Önem Sınıfı	Hesap ve Değerlend. Aşaması	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 Sisteminin 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. Palplanşlı Rıhtım Duvarları İçin
Deprem Etkisi Altında Hesap ve Değerlendirme Yöntemleri**

Kıyı-Liman Yapısı Önem Sınıfı	Hesap ve Değerlend. Aşaması	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 Sisteminin Hesabı	Yapı-Zemin Ortak Sisteminin 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 *Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi*'nin sağlanması hedeflenmektedir. Bu durumda deprem sonrasında rıhtım veya iskele operasyonunun olumsuz biçimde etkilenmesi söz konusu değildir.

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 yöntem kullanılacaktır. Bu yöntem kapsamında “*doğrusal hesap*” yapılacak ve rıhtım ve iskele taşıyıcı sistemlerinin performans değerlendirmesi için “*dayanıma göre değerlendirme*” yaklaşımı kullanılacaktır. Hesap ve değerlendirmede kullanılacak yöntemler **Bölüm 6**'da açıklanmıştır.

3.6.3.3 – Birinci aşama sonunda yapılan tasarım, **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 iskelenin servis ömrü boyunca maruz kalma olasılığı çok düşük olan ve *gözönüne alınan en büyük deprem* olarak adlandırılan çok seyrek oluşumlu DD-1 deprem yer hareketinin etkisi altında hesap, değerlendirmeler ve tasarım yapılacaktır.

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

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

Kıyı-Liman Yapısı Önem Sınıfı	Hesap ve Değerlend. Aşaması	Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Deprem Tasarım Sınıfı		
			DTS = 1	DTS = 2,3	DTS = 4
KLÖS = 1	Birinci aşama	DD – 2a	YÖNTEM 1 Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme	YÖNTEM 1 Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme	YÖNTEM 1 Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme
	İkinci aşama	DD – 1	YÖNTEM 2.3 Doğrusal Olmayan Hesap (ZTA) / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	YÖNTEM 2.1 Doğrusal Hesap / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	—
KLÖS = 2	Birinci aşama	DD – 3	YÖNTEM 1 Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme	YÖNTEM 1 Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme	YÖNTEM 1 Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme
	İkinci aşama	DD – 1	YÖNTEM 2.2 Doğrusal Olmayan Hesap (İtme Yön.) / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	YÖNTEM 2.1 Doğrusal Hesap / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	—
KLÖS = 3	Birinci aşama	DD – 3	YÖNTEM 1 Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme	YÖNTEM 1 Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme	YÖNTEM 1 Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme

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

Kıyı-Liman Yapısı Önem Sınıfı	Hesap ve Değerlend. Aşaması	Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Deprem Tasarım Sınıfı		
			DTS = 1	DTS = 2,3	DTS = 4
KLÖS = 1	Birinci aşama	DD – 2a	YÖNTEM 1 Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme	YÖNTEM 1 Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme	YÖNTEM 1 Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme
	İkinci aşama	DD – 1	YÖNTEM 2.2 Doğrusal Olmayan Hesap (İtme Yön.) / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	YÖNTEM 2.1 Doğrusal Hesap / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	—
KLÖS = 2	Birinci aşama	DD – 3	YÖNTEM 1 Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme	YÖNTEM 1 Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme	YÖNTEM 1 Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme
	İkinci aşama	DD – 1	YÖNTEM 2.1 Doğrusal Hesap / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	YÖNTEM 2.1 Doğrusal Hesap / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	—
KLÖS = 3	Birinci aşama	DD – 3	YÖNTEM 1 Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme	YÖNTEM 1 Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme	YÖNTEM 1 Doğrusal Hesap / Dayanıma Göre Değerlendirme

3.6.4.2 – İkinci aşama hesap ve değerlendirmelerde;

(a) KLÖS = 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) KLÖS = 2 ve DTS = 1 olan kazıklı rıhtımlar ile KLÖS = 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) YÖNTEM 2.2 yerine, proje mühendisinin ve/veya onay makamının kararı ile YÖNTEM 2.3 de kullanılabilir.

(d) 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.

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

(f) KLÖS = 1,2 ve DTS = 4 olan rıhtım ve iskeleler ile KLÖS = 3 olan tüm rıhtım ve iskelelerde ikinci aşama hesap ve değerlendirme yapılması gerekli değildir.

3.6.5. Kıyı Tahkimatları İçin Birinci ve İkinci Aşama Hesap – Değerlendirme – Tasarım

Kıyı tahkimatları için birinci aşama hesap ve değerlendirme **8.11.2**'de açıklanan *Eşdeğer-Statik Limit Denge Hesabı Yöntemi* ile, ikinci aşama hesap ve değerlendirme ise **8.11.3**'te açıklanan *Newmark Kayan Blok Yöntemi* ile yapılacaktır. **8.11.3.6**'da belirtildiği üzere *Newmark Kayan Blok Yöntemi*, proje mühendisinin ve/veya onay makamının tercihi ile birinci aşamada da kullanılabilir.

3.7. RIHTIM / İSKELE – KAZIK – ZEMİN ETKİLEŞİMİ

3.7.1 – Kazıklı rıhtım ve iskelelerde *rıhtım / iskele – kazık – zemin etkileşimi* **Bölüm 9**'a göre gözönüne alınacaktır.

3.7.2 – Birinci aşama hesap ve değerlendirme kapsamında **Tablo 3.6** ve **Tablo 3.7**'ye göre YÖNTEM 1 ile yapılan hesaplarda rıhtım/iskele – kazık – zemin etkileşimi **9.3**'te tanımlanan KZE-A Yöntemi ile gözönüne 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 rıhtım/iskele – kazık – zemin etkileşimi **9.4**'te tanımlanan KZE-B Yöntemi ile gözönüne alınacaktır.

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

TASLAK

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

4.1. AMAÇ VE KAPSAM

4.1.1 – Bu bölümün amacı, tanımları **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 “*Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Hedefi*”nin sağlanması için yapılacak birinci aşama hesap, tasarım ve değerlendirme kurallarını açıklamaktır.

4.1.2 – *Kıyı-Kıman Önem Sınıfı* KLÖS = 1 olan önemli rıhtımlarda 100 yılda aşılma olasılığı %50 (50 yılda %30) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodu 144 yıl olan DD-2a deprem yer hareketi, KLÖS = 2 ve KLÖS = 3 olan normal ve basit rıhtımlarda ise 100 yılda aşılma olasılığı %75 (50 yılda %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma 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 *Dayanıma 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 gözönüne 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 gözönüne alınacak yatay ve düşey yük birleşimleri aşağıda tanımlanmıştır:

$$\text{Yatay yük birleşimi} = (D_M) + (Z_S) + (Z_D) + 0.5(Z_{SQ}) + 0.5(Z_{DQ}) + (S_D) + 0.5(B)$$

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

Deprem dışı diğer yük ve yük kombinasyonları, “*Kıyı Yapıları ve Limanlar Planlama ve Tasarım Teknik Esasları*”nda verilmiştir.

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 kullanılarak stabilite 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 rıhtım duvarı elemanlarında (kesonlar, L duvarlar vb) ve palplanşlı rıhtım 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 *Dayanım Göre 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 Rıhtım Duvarlarında Statik-Eşdeğer Stabilite Tahkikleri

4.2.2'de tanımlanan yük birleşimlerine göre ağırlık tipi rıhtım 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 , gözönüne alınan bileşke düşey ve yatay yükleri, δ ise temel tabanı ile zemin arasında **Tablo 10.2**'de tanımlanan sürtünme açısını göstermektedir.

4.3.2.2 – Birinci aşamada kaymaya karşı güvenlik katsayısı **Tablo 10.1** ile uyumlu olarak $F_{sk} \geq 1.2$ olacaktır.

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 gözönüne alınan bileşke düşey yükün, duvarın deniz tarafındaki topuk ucuna olan yatay mesafesini, M_d ise gözönüne alınan yatay yüklerin duvar tabanına göre alınan momentlerinin toplamını, diğer deyişle toplam devrilme momentini göstermektedir.

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

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

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_s 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 bloğun 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_D) ve $0.5(Z_{DQ})$ yüklemelerinden gelen devrilme momentleri, **8.10.1.2** gereğince %50 oranında arttırılacaktır.

4.3.2.6 – Birinci aşamada devrilmeye karşı güvenlik katsayısı $F_{sd} \geq 1.3$ olacaktır.

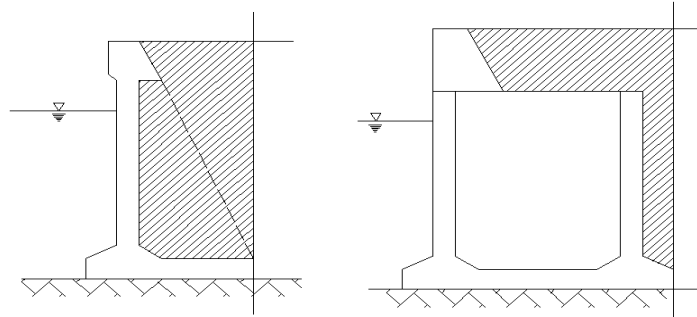
4.3.2.7 – Ağırlık tipi rıhtım duvarları için yapılan stabilite tahkiklerinde, (D_M) ve (G) yükleme durumlarında gözönüne alınacak duvar kütlelerinin tanımında aşağıdaki esaslara uyulacaktır:

(a) Duvarın kütlesi, deniz tarafındaki ön yüzeyi ile arka taraftaki topuk ucundan geçen düşey düzlem arasında kalan kısımdaki beton ve zemin kütlelerinin toplamı olarak tanımlanacaktır (**Şekil 4.1**). (D_M) yükleme durumunda eşdeğer deprem yükü, suyun kaldırma kuvveti gözönüne alınmaksızın, duvar kütlelerine karşı gelen beton ve zemin ağırlıklarının toplamının **2.6**'da tanımlanan statik-eşdeğer deprem katsayısı k_h ile çarpımından elde edilecektir. Suyun kaldırma kuvveti (S_K yükleme durumu), sadece düşey yük kombinasyonunda dikkate alınacaktır.

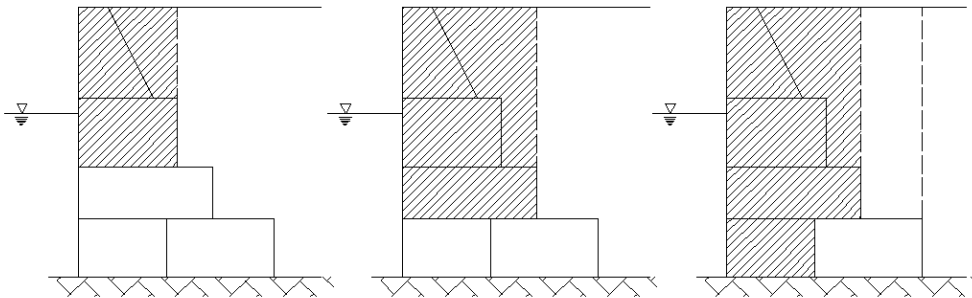
(b) Bloklu duvarlarda, gözönüne alınması gereken duvar kütlesi, her bir blok seviyesi için farklı olarak tanımlanmalıdır (**Şekil 4.2**).

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

4.3.2.9 – Birinci aşamada ağırlık tipi ve palplanşlı rıhtım duvarlarının toptan göçme tahkiki **8.11**'e göre yapılacaktır. Toptan göçmeye karşı güvenlik katsayısı en az 1.3 olacaktır.



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_D) ve $0.5(Z_{DQ})$ 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 RIHTIM ELEMANLARININ 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 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 “taşıma gücü yaklaşımı” 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 tanımlar 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

Birinci aşamada her bir kritik kesitte elde edilen “eğilme momenti talebi (etkisi)” ve “kesme kuvveti talebi (etkisi)” ile 4.4.2’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 gözönüne alınacaktır:

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

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

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

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 alınan en büyük deprem* olarak adlandırılan çok seyrek oluşumlu DD-1 deprem hareketinin etkisi altında *Kontrollü Hasar (KH) Performans Hedefi*'nin sağlanması için yapılacak ikinci aşama hesap ve değerlendirme kurallarını açıklamaktır.

5.1.2 – Palplanşlı rihtimler için **Bölüm 4**'e göre birinci aşama için yapılan tasarım, ikinci aşamada ön tasarım olarak gözönüne 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 duvarlarını oluşturan yapısal elemanlarla zemin ortamı, ortak bir sistem çerçevesinde birarada modellenecektir. Modelde zeminin ve palplanşlı duvarın doğrusal olmayan (nonlinear) davranışı ve zemin ortamının sınırsızlığı gözönüne alınacaktır.

5.2.1.2 – Zemin ortamı sonlu elemanlar veya sonlu farklar yöntemi ile modellenecektir. Genellikle rihtimlerin kıyı boyunca uzun yapılar olması ve bu doğrultuda zemin-yapı arayüzünün sürekli olması gözönüne alınarak, kıyıya dik doğrultuda iki boyutlu *düzlem 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 modellenecektir.

5.2.1.3 – 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 rıhtıma yatay uzaklığı, her iki tarafta ayrı ayrı olmak üzere, kıyıya dik rıhtım uzunluğunun en az üç katı kadar olacaktır.

5.2.1.4 – Zemin ortamının doğrusal olmayan modellemesi ve deprem etkisinin gözönüne 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 sonucunda rıhtım duvarının üst kotunda elde edilen yatay kalıcı yerdeğiştirme talepleri ile rıhtım ön yüzü kalıcı eğiklik talepleri ve palplanşlı duvarlara ait plastik şekildeğiştirme talepleri, **5.3**'te tanımlanan ilgili kapasite değerleri ile karşılaştırılarak performans değerlendirmesi yapılacaktır.

5.2.2. Kayan Blok Yöntemi ile Deprem Hesabı

5.2.2.1 – Ağırlık tipi rıhtım 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. Rıhtım 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 değerlendirmesi yapılacaktır.

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

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

Tablo 5.1. İkinci aşama için kalıcı yerdeğiştirme / şekildeğiştirme kapasiteleri

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

(*) Akma birim şekildeğiştirmesine eşit veya daha küçük

(**) Akma birim şekildeğiştirmesinin en fazla 3 katı

(***) Akma birim şekildeğiştirmesinin en fazla 2 katı

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

6.1. AMAÇ VE KAPSAM

6.1.1 – Bu bölümün amacı, kazıklı rihtim ve iskelelerin kendi servis ömürleri boyunca maruz kalma olasılığı yüksek olan sık oluşumlu küçük depremlerin etkisi altında “*Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Hedefi*”nin sağlanması için yapılacak birinci aşama hesap, tasarım ve değerlendirme kurallarını açıklamaktır.

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

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

6.1.4 – Birinci aşama sonunda yapılacak rihtim/iskele taşıyıcı sistem tasarımı, **Bölüm 7**'de açıklanan ikinci aşama hesap – değerlendirme – tasarım için ön tasarım olarak gözönüne 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 rihtim / 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:

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm 0.3E_d^{(Y)} \quad ; \quad E_d^{(H)} = \pm 0.3E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \quad (6.1)$$

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, $E_d^{(H)}$ ise *doğrultu birleştirmesi* uygulanmış *tasarıma esas yatay deprem etkisi*'ni simgelemektedir.

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

$$G + Q + 0.5B \pm E_d^{(H)} \pm 0.3E_d^{(Z)} \quad (6.2)$$

$$0.9G \pm E_d^{(H)} \pm 0.3E_d^{(Z)} \quad (6.3)$$

Burada G sabit (ölü) yük etkisini, Q hareketli yük etkisini, B ise gemi bağlama kuvvetini (baba çekmesi) simgelemektedir. Yatay deprem etkisi $E_d^{(H)}$ **6.2.2**'ye göre, düşey deprem etkisi $E_d^{(Z)}$ ise **6.2.1.2**'ye göre belirlenecektir.

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

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

6.3.1. Genel Modelleme Kuralları

6.3.1.1 – Kazıklı rıhtım ve iskeleler, yanaşma çizgine paralel (boyuna) doğrultuda birbirlerinden genişleme derzleri ile ayrılmış anolar halinde modellenecektir. Ano boylarına, deprem hesabından bağımsız olarak en az 20°C düzgün sıcaklık değişmesi için yapılacak taşıyıcı sistem hesabına göre karar verilebilir. Bu hesaba ve gözönüne alınacak diğer etkilere göre anolar arasında boyuna doğrultuda uygun derz boşlukları bırakılacaktır. Enine doğrultuda ise yatay kuvvetler bir anodan diğerine kesme takozları ile aktarılacaktır. Bu bağlamda, kazıklı rıhtım ve iskele taşıyıcı sistemlerinin modellenmesi genel olarak tüm anoların enine doğrultuda birlikte çalışmasını temsil edecek şekilde yapılacaktır. Ancak *anoların birbirlerine özdeş veya özdeşeye yakın olması durumunda*, aşağıda belirtildiği şekilde anoların bağımsız modellenmesine izin verilebilir:

(a) Yanaşma çizgisine dik (enine) doğrultudaki deprem etkisi altında yapılacak hesapta *rıhtım ve iskele anoları* birbirlerinden bağımsız olarak modellenebilirler.

(b) Yanaşma çizgine paralel (boyuna) doğrultudaki deprem etkisi altında *rıhtım anoları*, iki uçlarından enine doğrultuda mesnetlenmek kaydı ile, birbirlerinden bağımsız olarak modellenebilirler. Enine mesnet koşulu, eğimli taş dolgu nedeni ile komşu anolarda meydana gelecek özdeş burulma momentlerinin etkisi ile ano birleşme 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 modellemesinin yapıldığı durumlarda, mesnetler rijitliği çok yüksek yatay yaylar ile temsil edilebilir.

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

6.3.1.2 – Kazıklı rıhtım ve iskelelerde her bir anoda tabliyeler, birbirleri ile ve kazıklarla moment aktaran monolitik birleşimlere sahip kirişlerden ve bu kirişlerin taşıdığı döşeme plaklarından oluşur. Kiriş ve plaklar, kendi aralarında ve kazıklarla birlikte yerinde dökme betonla kompozit duruma getirilmek kaydı ile, prekast elemanlar olarak yapılabilirler.

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 rıhtım/iskele taşıyıcı sistemleri kazık, varsa kazık başlığı, tabliye kiriş ve plaklarını kapsayacak şekilde daima *üç boyutlu* olarak modelleneyecektir. Tabliye plaklarının kendi düzlemleri içindeki sonlu rijitliklerinin gözönüne alınması esastır. Ancak, düzlem içi rijitliklerin kazık yatay rijitliklerine oranla 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 daima gözönüne alınacaktır. Sönüm oranı %5 alınacaktır.

6.3.1.6 – Birinci aşama hesap için çubuk sonlu elemanlarla olarak modellenen betonarme kazık, tabliye kirişleri 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 rıhtım ve iskelelerde kazıklar, çelik boru kazık, betonarme kazık veya öngerilmeli kazık olarak yapılabilir. DTS = 4 olanlar dışında, rıhtım ve iskelelerde eğik kazık yapılmayacaktır. Deprem etkisi altında tasarımı kritik olmayan dolfenlerde eğik kazık yapılabilir.

6.3.2.2 – Çelik boru kazıkların kazık başlığı veya tabliye ile monolitik bağlantısı, ıslanma bölgesi boyunca kazığın içine doldurulan betondan tabliyeye uzatılan betonarme donatıları 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 esas alınacaktır.

6.3.2.3 – Betonarme ve öngerilmeli kazıklarda da kazık başlığı veya tabliye ile monolitik bağlantı kazıktan tabliyeye uzatılan betonarme filiz donatıları ile sağlanacaktır.

6.3.2.4 – 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 **9.1 – 9.3**'te 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 düşey 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 kütlesine ve boru kazık durumunda kesitin içindeki su kütlesine ek olarak, ayak-su eylemsizlik etkileşimi bağlamında gözönüne alınacak *ek su kütlesi*'ne ilişkin bağlantılar aşağıda verilmiştir:

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

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

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

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

(c) (X) deprem doğrultusuna dik doğrultudaki boyutu $2a_y$ olan dikdörtgen kesitli sonlu elemanda (diğer boyutu $2a_x$) birim boy için gözönüne 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 ayaklarda 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
∞	1.00

6.4. BİRİNCİ AŞAMADA KAZIKLI RIHTIM VE İSKELE TAŞIYICI SİSTEMLERİ İÇİN DEPREM HESAP 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 gözönüne alınan yatay deprem doğrultusunda hakim mod esas alınarak tek modlu hesap yapılabilir.

6.4.1.3 – Bu kısımda açıklanan doğrusal hesap yöntemleri, **Bölüm 7**'te **7.4** ile verilen taşıyıcı sistem modelleme 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 olmak üzere yatay ve düşey *deprem tasarım spektrumları*'ndan doğrudan yararlanılarak gözönüne 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 kuralı* ile birleştirilerek *maksimum davranış büyüklükleri* elde edilir. *Mod Birleştirme Yöntemi*'nin ayrıntıları **EK 6A**'de 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**'de 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

Deprem Tasarım Sınıfı $DTS = 1$ dışında *basit* kazıklı rıhtım ve iskelelerde ($KLÖS=3$) yatayda tipik (X) deprem doğrultusundaki hakim titreşim moduna ait *toplam deprem yükü modal etkin kütlesi* $m_{txH}^{(X)}$ 'nin (tanım için bkz. **6A.1.4.3**) toplam rıhtım/iskele kütlesi m_t 'ye oranının $m_{txH}^{(X)} / m_t \geq 0.7$ olması koşulu ile, sadece hakim titreşim modu dikkate alınarak doğrusal deprem hesabı yapılabilir. Aynı durum (Y) deprem doğrultusu için de geçerlidir.

6.5. BİRİNCİ AŞAMADA KAZIKLI RIHTIM 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 tasarıma ilişkin kurallar 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 “taşıma gücü yaklaşımı” ile yapılacaktır. Kazıkların 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 7.6.5, 7.6.6 ve 7.6.7’ye göre yapılacak, betonun kesme kuvvetine katkısı için k_c katsayısı Denk.(7.14)’ten hesaplanacaktır.

6.5.3. Birinci Aşamada Sünek Davranışa Sahip Elemanlar İçin Dayanıma Göre Değerlendirme

3.4.1’e göre ikinci aşamada gözönüne alınacak şiddetli depremlerde sünek davranışa sahip olması öngörülen elemanlarda, diğer deyişle 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 gözönüne alınacaktır:

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

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

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

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

6.5.4.1 – 3.4.2’ye göre ikinci aşamada gözönüne alınacak şiddetli depremlerde sünek davranışa sahip olması öngörülmeven 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 gözönüne alınacaktır.

TASLAK

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, gözönüne 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 büyüklüklerdir.

6A.1.1.2 – Modal hesap parametrelerinin tanımında gözönüne alınacak serbestlik dereceleri ve bunlara karşı gelen kütleler **6.3.8**'de tanımlanmışlardır.

6A.1.2. Serbest Titreşim Hesabı

Rıhtım/iskele 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 büyüklüklerdir. Hesap sonucunda her bir tipik n'inci doğal titreşim modu için doğal periyot T_n ile, her bir (j) düğüm noktasındaki serbestlik derecelerine karşı gelen mod şekli genlik bileşenleri Φ_{jxn} , Φ_{jyn} ve Φ_{jzn} elde edilir.

6A.1.3. Modal Katkı Çarpanları

Gözönüne 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.

$$\Gamma_n^{(X)} = \frac{\sum_{j=1}^N m_j \Phi_{jxn}}{\sum_{j=1}^N (m_j \Phi_{jxn}^2 + m_j \Phi_{jyn}^2 + m_j \Phi_{jzn}^2)} \quad (6A.1)$$

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 gereği halinde düşey (Z) doğrultularındaki deprem yer hareketlerinin etkisi altında her bir mod için aynı doğrultularda hesaplanan *toplam deprem yükü modal etkin kütleleri* $m_{txn}^{(X)}$, $m_{ty n}^{(Y)}$ ve $m_{tzn}^{(Z)}$ 'nin mod sayıları üzerinde ayrı ayrı toplamalarının kazıklı rıhtım veya iskele toplam kütlesi m_t 'nin %95'inden daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir:

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

Ayrıca her bir doğrultuda katkısı %3'ten büyük olan bütün modlar gözönüne alınacaktır.

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

$$m_{\text{txn}}^{(X)} = \Gamma_n^{(X)} \sum_{j=1}^N m_j \Phi_{j\text{xn}} \quad ; \quad m_{\text{ty n}}^{(Y)} = \Gamma_n^{(Y)} \sum_{j=1}^N m_j \Phi_{j\text{yn}} \quad ; \quad m_{\text{tzn}}^{(Z)} = \Gamma_n^{(Z)} \sum_{j=1}^N m_j \Phi_{j\text{zn}} \quad (6A.3)$$

6A.2. MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ İLE DEPREM HESABI

6A.2.1 – *Mod Birleştirme Yöntemi*, aşağıda (X) deprem doğrultusu için açıklanmıştır. (X)’e dik (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 birleştirmesi* uygulanacaktır.

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

$$f_{j\text{xn},\text{max}}^{(X)} = m_{j\text{xn}}^{(X)} S_{\text{aen}}^{(X)} \quad ; \quad f_{j\text{yn},\text{max}}^{(X)} = m_{j\text{yn}}^{(X)} S_{\text{aen}}^{(X)} \quad ; \quad f_{j\text{zn},\text{max}}^{(X)} = m_{j\text{zn}}^{(X)} S_{\text{aen}}^{(X)} \quad (6A.4)$$

Bu bağıntılarda $m_{j\text{xn}}^{(X)}$, $m_{j\text{yn}}^{(X)}$ ve $m_{j\text{zn}}^{(X)}$, (j) düğüm noktasında ilgili doğrultularda tanımlanan deprem yüklerine karşı gelen modal etkin kütleleri gösterirler ve aşağıdaki şekilde tanımlanırlar:

$$m_{j\text{xn}}^{(X)} = m_j \Phi_{j\text{xn}} \Gamma_n^{(X)} \quad ; \quad m_{j\text{yn}}^{(X)} = m_j \Phi_{j\text{yn}} \Gamma_n^{(X)} \quad ; \quad m_{j\text{zn}}^{(X)} = m_j \Phi_{j\text{zn}} \Gamma_n^{(X)} \quad (6A.5)$$

Burada $\Gamma_n^{(X)}$ **Denk.(4A.1)**’de tanımlanan modal katkı çarpanını, $S_{\text{aen}}^{(X)}$ 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* $r_{n,\text{max}}^{(X)}$, **Denk.(6A.6)** ile hesaplanabilir:

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

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

4A.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:

$$r_{\text{max}}^{(X)} = \sqrt{\sum_{m=1}^{\text{YM}} \sum_{n=1}^{\text{YM}} r_{m,\text{max}}^{(X)} \rho_{mn} r_{n,\text{max}}^{(X)}} \quad (6A.7)$$

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

$$\rho_{mn} = \frac{8\xi^2(1+\beta_{mn})\beta_{mn}^{3/2}}{(1-\beta_{mn}^2)^2 + 4\xi^2\beta_{mn}(1+\beta_{mn})^2} \quad ; \quad \beta_{mn} = \frac{T_m}{T_n} \quad (4A.8)$$

Burada β_{mn} , gözönüne alınan m'inci ve n'inci doğal titreşim periyotlarının oranını, ξ ise bütün modlarda eşit 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 hesaplarda en az 7 deprem yer hareketi kullanılacaktır. Hesaplarda kullanılacak deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklendirilmesi **2.5**'e göre yapılacaktır. Davranış büyüklükleri, yapılan 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*'nün zamana göre değişimi $r_n^{(X)}(t)$, **Denk.(6A.9)** ile hesaplanır:

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

Burada $\bar{r}_n^{(X)}$, **6A.2.4**'te belirtildiği gibi, **Denk.(6A.5)**'te tanımlanan $m_{jxn}^{(X)}$, $m_{jyn}^{(X)}$ ve $m_{jzn}^{(X)}$ modal etkin kütlelerinin fiktif yükler olarak kazıklı rıhtım veya iskelenin taşıyıcı sistemine statik olarak etki ettirilmesi ile elde edilen jenerik davranış büyüklüğünü göstermektedir. $a_n^{(X)}(t)$ ise n'inci titreşim modu için aşağıda **Denk.(6A.10)**'da zamana bağlı olarak tanımlanan *modal sözde-ivme*'ye karşı gelmektedir.

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

Burada ω_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:

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

Burada $\ddot{u}_g^{(X)}(t)$ (X) deprem doğrultusunda tanımlanan deprem yer ivmesini, $\dot{d}_n^{(X)}(t)$ ve $\ddot{d}_n^{(X)}(t)$ n'inci titreşim moduna ait zamana bağlı *doğrusal modal hız ve ivme*'yi, ξ_n ise modal sönüm oranını göstermektedir. Hareket denkleminin entegrasyonunda esas alınacak zaman artımı $T_n/10$ '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 katkıların her (t) anı için doğrudan toplanması ile elde edilir:

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

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

7.1. AMAÇ VE KAPSAM

7.1.1 – Bu bölümün amacı, kazıklı rihtim ve iskelelerin 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 KLÖS = 1 olan önemli rihtim ve iskelelerde *Kontrollü Hasar (KH) Performans Hedefi*'nin, KLÖS = 2 olan normal rihtim ve iskelelerde ise *Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Hedefi*'nin sağlanması için yapılacak ikinci aşama hesap, değerlendirme ve tasarım kurallarını açıklamaktır. KLÖS = 1,2 ve DTS = 4 olan rihtim ve iskeleler ile KLÖS = 3 olan tüm rihtim ve iskelelerde ikinci aşamanın uygulanması gerekli değildir.

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

7.1.3 – İkinci aşamada deprem hesabı, **3.6.4**'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 *Şekildeğiştirmeye 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 gözönüne alınacaktır.

7.2.1.1 – Ayrıntıları **7.5.3**'te ve **EK 7C**'de açıklanan YÖNTEM 2.1 ile **7.5.4**'te ve **EK 7D**'de açıklanan YÖNTEM 2.2'de tabliyenin hemen altında gözönüne alınacak deprem verisi, **9.4.1**'e göre yapılacak *kinematik etkileşim* hesabı ile zaman tanım alanında elde edilen *etkin tabliye hareketi* veya buna bağlı olarak tanımlanan *etkin tabliye tasarım ivme spektrumu*'dur.

7.2.1.2 – Ayrıntıları **7.5.5**'te açıklanan YÖNTEM 2.3'te gözönüne alınacak deprem verisi,

(a) **9.2.2** ve **8.6**'ya göre *serbest zemin davranış hesabı* ile zaman tanım alanında kazık boyunca elde edilen *deprem yerdeğiştirmeleri*'dir.

(b) 9.5.5'te belirtilen alternatif ortak sistem etkileşim modeli ile yapılacak hesaplarda gözönüne alınacak deprem verisi, 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, 6.1.2.2'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 2.3 kapsamında *doğrusal olmayan hesap yöntemi* ile yapılacak deprem hesabından önce, düşey yüklerin taşıyıcı sisteme *artımsal* olarak uygulandığı bir *doğrusal olmayan statik hesap* yapılacaktır. Bu hesaptan elde edilen iç kuvvetler ve şekildeğişiklikler yatay deprem hesabında başlangıç değerleri olarak gözönüne 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 RIHTIM 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 rihtim ve iskelelerde sünek davranışın temel ilkesi olarak 3.4'te belirtildiği üzere, plastik şekildeğişikliklere sadece kazıklarda izin verilecektir. Kapasite korunmalı elemanlar olarak tanımlanan tabliye kirişleri ve döşeme plakları, deprem etkisi altında doğrusal davranacak şekilde modellenenlerdir.

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 eylemsizlik etkileşimi kapsamında kazık – tabliye birleşiminde meydana gelmesi beklenir. Ayrıca 9.1.2'de tanımlanan kinematik etkileşim nedeni ile zemin tabakalarının rijitlik ve dayanım bakımından ani değişimler gösterdiği derinliklerde de plastik şekildeğişiklikler meydana gelebilir.

7.3.2.3 – 6.3.2.2'de belirtildiği üzere, çelik boru kazıkların tabliye ile monolitik bağlantısı, ıslanma bölgesi boyunca kazığın içinde yapılan *betonarme tıpa*'da tabliyeye uzatılan betonarme donatıları ile sağlanacak ve çelik boru kesit tabliyenin altına en fazla pas payı kadar sokulacaktır. Bu bağlamda çelik kazıkta, kazık–tabliye birleşimindeki plastik şekildeğiştirmelerin sadece betonarme tıpada meydana gelmesi öngörülmektedir.

7.3.2.4 – Kazıklarda doğrusal olmayan davranış genellikle *yığılı plastik davranış*, diğer deyişle *plastik mafsal* yaklaşımı ile modellenir. Betonarme, öngermeli ve **7.3.2.3'**e göre çelik boru kazıkta plastik mafsal, kazığın tabliye ile birleştiği noktada tanımlanacaktır. Eğilme momentinin, **EK 7B'**de tanımlanan etkin akma momentine eriştiği noktanın alt ve üstündeki sonlu uzunluktaki bölge *plastik mafsal boyu* olarak adlandırılır ve bu bölge boyunca plastik şekildeğiştirmelerin yayılışı sabit olarak varsayılır.

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

$$L_p = 0.044 f_{ye} d_{bl} \quad (7.1)$$

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

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

7.3.2.5 – 3.4.2'de belirtilen *kapasite korunumlu elemanlar*'da plastikleşmenin gerçekleşmediğinden emin olmak amacı ile *pasif plastik mafsallar* kullanılabilir.

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 eksenel gerilme-birim şekildeğiştirme bağıntılarının çevrimsel olarak gözönüne alınabildiği *kesit hücresi (lif)* modeli, uygulamada en yaygın kullanılan yayıllı 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 şekildeğiştirmelerin beklendiği bölgelerde kullanılmalıdır. 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 (öngirme çeliği hariç) ve kazık çeliği için tasarım dayanımı olarak *ortalama (beklenen) dayanım* değerleri kullanılacak, malzeme güvenlik katsayıları gözönüne alınmayacaktır. Ortalama (beklenen) dayanım değerleri ile karakteristik dayanım değerleri arasındaki ilişkiler aşağıda tanımlanmıştır:

(a) Beton için: $f_{ce} = 1.3f_{ck}$ (7.2a)

(b) Donatı çeliği ve kazık çeliği için: $f_{ye} = 1.2f_{yk}$ (7.2b)

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

7.3.2.8 – Mevcut kazıklı rıhtım ve iskelelerin modellenmesinde ise beton ve donatı çeliğinin yerinde alınan numuneler 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 tıplar için de geçerlidir.

7.3.2.11 – İkinci aşamada eksenel kuvvetlerin yerdeğiştirmeye uğramış kazıklarda meydana getireceği *ikinci mertebe etkileri* gözönüne alınacaktır.

7.3.3. Tabliye – Kazık – Zemin Etkileşimi

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

7.3.4. Kütlelerin Modellenmesi

İkinci aşamada kütlelerin modellenmesinde **6.3.4**'te verilen kurallar geçerlidir.

7.4. İKİNCİ AŞAMADA KAZIKLI RIHTIM VE İSKELELER İÇİN DEPREM HESAP YÖNTEMLERİ

7.4.1. Kapsam

Deprem etkisi altında kazıklı rıhtım 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 açıklandığı üzere *doğrusal hesap yöntemi* ile kazıklı rıhtım veya 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 açıklandığı üzere, kazıklı rıhtım veya iskele taşıyıcı sisteminin doğrusal olmayan davranışı esas alınarak *Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi* ile *Tek Modlu İtme Hesabı* veya *Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi* ile *Çok Modlu İtme Hesabı* olarak yapılacaktır.

(c) YÖNTEM 2.3'te deprem hesabı, kazıklı rıhtım 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 – “Karma Yöntem” olarak da adlandırılan YÖNTEM 2.1’de 7.4’te verilen modelleme kuralları, plastik davranışla ilgili olanlar hariç olmak üzere kullanılarak rıhtım/iskele taşıyıcı sisteminin *doğrusal hesabı* **Bölüm 6**’da verilen hesap yöntemlerinden biri ile yapılır. Daha sonra bu hesaptan elde edilen yatay tabliye yerdeğiştirmeleri, kazıklı rıhtım veya iskele taşıyıcı sistemi düzeyinde esas alınan *eşit yerdeğiştirme kuralı*’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 mafsalsal *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, gözönüne alınan deprem doğrultusunda hakim doğal titreşim modunun esas alındığı *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ile *Tek Modlu İtme Hesabı* olarak veya üç boyutlu davranışa ilişkin yeteri kadar titreşim modunun gözönüne alınabildiği *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 Yüğü Yöntemi* ile *Tek Modlu İtme Hesabı*’na ilişkin açıklamalar **EK 7D**’de verilmiştir.

7.4.3.3 – Genel olarak tüm kazıklı rıhtım ve iskele taşıyıcı sistemlerine uygulanabilen *Artımsal Mod Birleştirme (AMB) Yöntemi* ile *Çok Modlu İtme Hesabı*, yığılı plastik davranış modeli çerçevesinde plastik mafsallarla modellenen kazıklı rıhtım veya iskele taşıyıcı sisteminde ardışık iki plastik mafsal oluşumu arasındaki her bir artımsal yük (veya yerdeğiştirme) adımında, tasarım spektrumu ve modal tek serbestlik dereceli sistemler düzeyinde *eşit yerdeğiştirme kuralı* esas alınarak, çok modlu doğrusal *Mod Birleştirme Yöntemi*’nin kullanılmasına dayanır. Her adımda oluşan plastik mafsal, taşıyıcı sistemin bir sonraki adım için modellenmesinde gözönüne 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 rıhtım veya iskele taşıyıcı sisteminin hareket denklemlerini ifade eden differansiyel denklem takımının zaman artımları ile *adım adım doğrudan entegrasyonu*’na karşı gelir. Bu işlem sırasında, doğrusal olmayan davranış nedeni ile sistem rijitlik matrisinin zamanla değişimi gözönüne 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 rıhtım veya iskele taşıyıcı sisteminin doğrusal olmayan modellemesi **7.4'te** verilen esaslara göre yapılacaktır. Yığılı plastik davranış modeli ile modellenen betonarme kazıklarda veya boru kazıkların betonarme tıparlarında kesit histeretik davranışını temsil etmek üzere “*önceki maksimuma yönelimli histeretik model*” veya ondan türetilen diğer histeretik modeller (örneğin *Takeda Modeli*) kullanılabilir.

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

7.4.4.6 – Tüm doğrusal olmayan yöntemlerde olduğu üzere hesabın başlangıç adımında, deprem dışı yüklemeler altında *doğrusal olmayan artımsal statik hesap* yapılır. Bu hesaptan elde edilen iç kuvvetler ve eğer varsa doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler, deprem hesabında başlangıç değerleri olarak gözönüne 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 değerlendirmeye esas şekildeğiştirme talepleri ile sünek davranışa sahip olmayan elemanlarda değerlendirmeye esas iç kuvvet talepleri, yapılan analizlerin (en az $2 \times 11 = 22$ 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 tıparalara uygulanmak üzere, *Kontrollü Hasar (KH)* ve *Göçmenin Önlenmesi (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) Öngerilme 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 öngerilmeli kazıklar için beton, donatı çeliği ve öngerilme 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 kazık 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 ε_{cu} (Bkz. Şekil 7A.1) aşağıda tanımlanmıştır:

(a) Dikdörtgen kesitli kazıklarda:

$$\varepsilon_{cu} = 0.0035 + 0.04\sqrt{k_e \omega_s} \quad (7.3)$$

(b) Dairesel kesitli kazıklarda:

$$\varepsilon_{cu} = 0.0035 + 0.07\sqrt{k_e \omega_s} \quad (7.4)$$

Bu bağıntılarda yer alan *sargılama etkinlik katsayısı* k_e , EK 7A’da dikdörtgen kesitler için Denk.(7A.7)’de, dairesel kesitler için ise Denk.(7A.10)’da verilmiştir. *Mekanik hacimsel enine donatı oranı* ω_s ise aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

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

Burada ρ_s , dairesel 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 ε_{su} (Bkz: Şekil 7A.2, Tablo 7A.2) aşağıda verilmiştir:

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

7.5.1.3 – *Kontrollü Hasar (KH) ve Göçmenin Önlenmesi (GÖ)* performans hedefleri için sargılı betonun birim basınç şekildeğiştirme kapasitesi $\varepsilon_c^{(KH)}$ ve $\varepsilon_c^{(GÖ)}$, Denk.(7.3) ve Denk.(7.4)’te verilen maksimum birim şekildeğiştirme ε_{cu} ’ya bağlı olarak aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

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

7.5.1.4 – *Kontrollü Hasar (KH) ve Göçmenin Önlenmesi (GÖ)* performans hedefleri için donatı çeliğinin birim şekildeğiştirme kapasitesi $\varepsilon_s^{(KH)}$ ve $\varepsilon_s^{(GÖ)}$, Denk.(7.7)’de verilen maksimum birim şekildeğiştirme ε_{su} ’ya bağlı olarak aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$\varepsilon_s^{(KH)} = 0.5 \varepsilon_{su} = 0.040 \quad ; \quad \varepsilon_s^{(GÖ)} = 0.67 \varepsilon_{su} = 0.053 \quad (7.9)$$

7.5.2. Plastik Dönme Kapasiteleri

İkinci aşamada *Kontrollü Hasar (KH) ve Göçmenin Önlenmesi (GÖ)* performans hedeflerine karşı gelen plastik mafsal dönme kapasiteleri $\theta_p^{(KH)}$ 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.

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

Bu bağıntılarda ϕ_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*, ϕ_Y *etkin akma eğriliği*'ni, L_p ise **7.3.2.4**'te tanımlanan *plastik mafsal boyu*'nu göstermektedir. Zemin içindeki çelik kesitler için plastik dönme kapasiteleri de **Denk.(7.7)**'de verilen ε_{su} 'nun yarısı alınarak hesaplanan ϕ_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 tıplarında **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 kolon 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 olmak 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 boru kazıkta kazık-tabliye birleşimindeki betonarme tıpa 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_{c1} ve k_{c2} aşağıda tanımlanmıştır:

$$\begin{aligned} k_{c1} &= \alpha + 0.305 - 0.083\mu_d \quad ; \quad 0.025 \leq k_{c1} \leq 0.25 \\ k_{c2} &= 1 + 0.073 \frac{N_k}{A_c} \quad ; \quad k_{c2} \leq 1.5 \end{aligned} \quad (7.15)$$

k_{c1} katsayısı için verilen birinci bağıntıda yer alan α katsayısı dairesel ve dikdörtgen kesitler için aşağıda tanımlanmıştır:

(a) Dairesel kesitte α katsayısı:

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

Burada ρ_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, gözönüne alınan doğrultuya bağlı olarak α katsayısı:

$$\alpha = 0.16\rho_x f_{ywk} \leq 0.193 \quad \left(\rho_x = \frac{A_{swx}}{h_o s} \right) \quad (7.17a)$$

$$\alpha = 0.16\rho_y f_{ywk} \leq 0.193 \quad \left(\rho_y = \frac{A_{swy}}{b_o s} \right) \quad (7.17b)$$

Burada A_{swx} ve A_{swy} , x ve y doğrultularındaki toplam enine donatı alanını, b_o ve h_o dikdörtgen kesidin kesme kuvveti doğrultusuna dik doğrultudaki boyutlarını, s enine donatı aralığını göstermektedir.

7.5.5.3 – Denk.(7.15)'de yer alan μ_d , ilgili plastik mafsallık için *yerdeğiştirme süneklik oranı talebi*'ni göstermektedir:

$$\mu_d = \frac{u_{dj}}{u_{Yj}} \quad (7.18)$$

Burada u_{dj} , j'inci kazıkta bu Bölüm'de açıklanan hesap yöntemleri ile elde edilen *tabliye yedeğiştirme talebi*'ni, u_{Yj} ise aynı kazık için kazık-tabliye birleşimindeki plastik mafsalda akma dönmesine karşı gelen tabliye yedeğiştirme 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:

$$V_s = \frac{A_{sw} f_{ywk} D_o}{s} \quad (7.19)$$

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

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

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

(b) Dikdörtgen kesitte:

$$V_s = \frac{A_{sw} f_{yw} d}{s} \quad (7.21)$$

Burada d dikdörtgen kesitte gözönüne alınan doğrultudaki kesit faydalı yüksekliğini (basınç tarafındaki kesit kenarı ile çekme donatılarının ağırlık merkezi arasındaki mesafe), A_{sw} ise gözönüne alınan doğrultuda toplam kesme donatısı alanını (gözönüne alınan doğrultuya göre A_{swx} veya A_{swy}) göstermektedir.

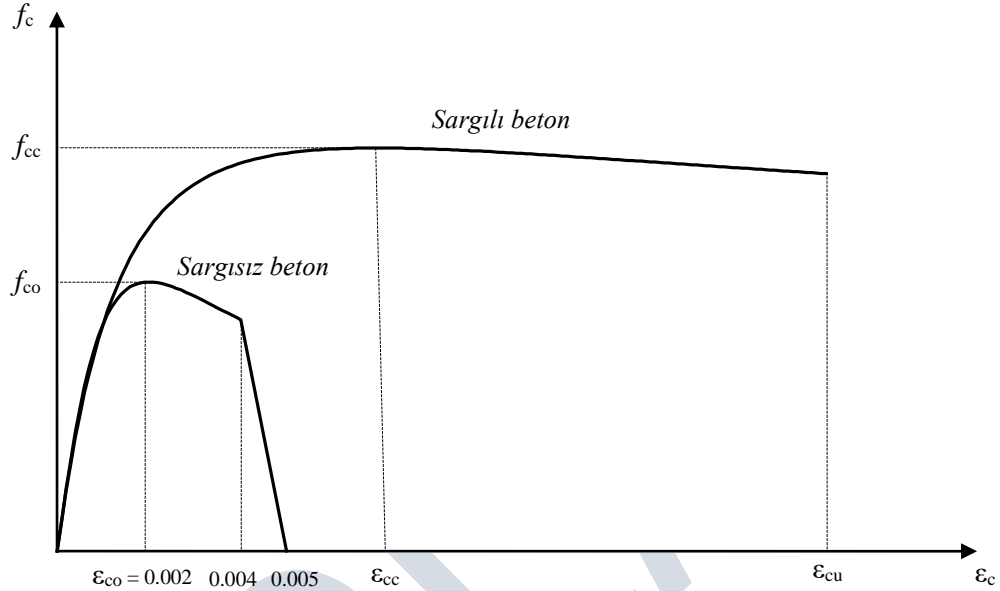
5.6.7.2 – Enine donatı kesme kuvveti kapasitesinin üst sınırı **Denk.(5.22)** ile tanımlanmıştır.

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

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 şekil değiştirme bağıntıları aşağıda tanımlanmıştır (Şekil 7A.1):



Şekil 7A.1

7A.1.1 – Sargılı betonda beton basınç gerilmesi f_c , basınç birim şekil değiştirmesi ϵ_c 'nin fonksiyonu olarak **Denk.(7A.1)**'deki bağıntı ile verilmektedir:

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

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

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

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

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

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

Buradaki f_e etkin sargılama basıncı, dikdörtgen ve dairesel kesitler için aşağıda tanımlanmıştır:

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

$$f_{ex} = k_e \rho_x f_{ywk} \quad ; \quad f_{ey} = k_e \rho_y f_{ywk} \quad (7A.5)$$

Bu bağıntılarda f_{ywk} enine donatının karakteristik akma dayanımını, ρ_x ve ρ_y ilgili doğrultulardaki enine donatıların hacimsel oranlarını göstermektedir:

$$\rho_x = \frac{A_{swx}}{h_o s} \quad ; \quad \rho_y = \frac{A_{swy}}{b_o s} \quad (7A.6)$$

Burada A_{swx} ve A_{swy} , x ve y doğrultularındaki enine donatı alanlarını göstermektedir.

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

$$k_e = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \left(1 - \frac{A_{sl}}{b_o h_o}\right)^{-1} \quad (7A.7)$$

Burada a_i kesit çevresindeki boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı, b_o ve h_o sırası ile x ve y doğrultularında göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutlarını, s boyuna doğrultuda etriyelerin eksenleri arasındaki aralığı, A_{sl} ise kesitteki boyuna donatı alanını göstermektedir.

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

$$f_e = \frac{1}{2} k_e \rho_s f_{ywk} \quad (7A.8)$$

Burada ρ_s dairesel etriye veya spiral olarak düzenlenen enine donatıların hacimsel oranını göstermektedir:

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

Bu bağıntıda 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_e sargılama etkinlik katsayısı, enine donatıların dairesel etriye olarak düzenlenmesi durumunda;

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

enine donatıların spiral olarak düzenlenmesi durumunda ise;

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

7A.1.2 – Sargılı beton için verilen **Denk.(7A.1)**, $\epsilon_c = 0.004$ 'e kadar olan bölgede sargısız beton için de geçerlidir. Sargısız betonda etkin sargılama basıncı $f_e = 0$ ve buna bağlı olarak

Denk.(7A.4)'ten $\lambda_c=1$ olacağından **Denk.(7A.2)** ve **Denk.(7A.4)**'te $f_{cc} = f_{co}$ ve $\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co}$ olacaktır. $\varepsilon_c = 0.005$ 'de $f_c = 0$ olarak tanımlanır. $0.004 < \varepsilon_c \leq 0.005$ aralığında gerilme – birim şekildeğiştirme ilişkisi doğrusaldır.

7A.2. DONATI ÇELİĞİ MODELİ

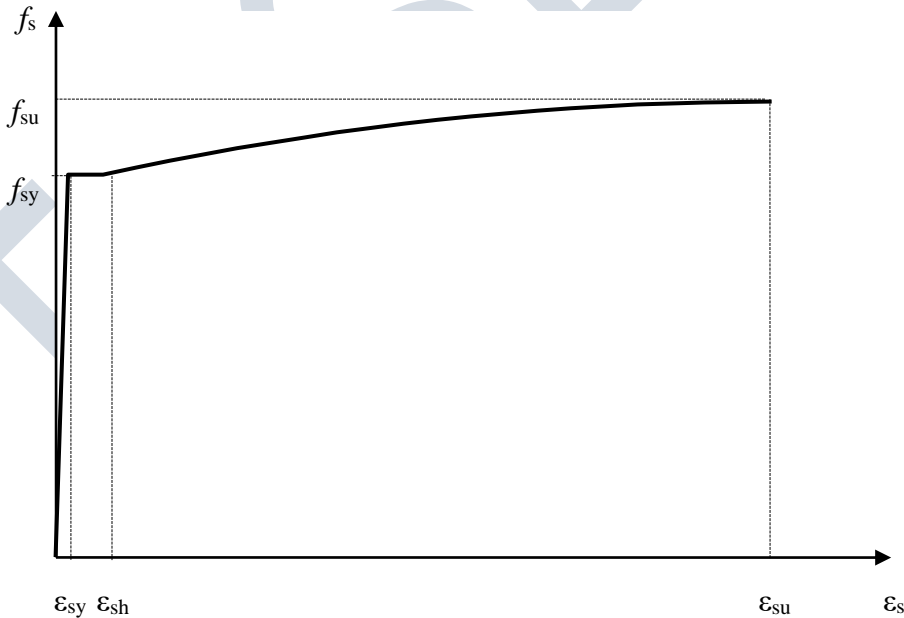
Donatı çelikleri için gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları **Denk.(7A.11)**'de tanımlanmıştır (**Şekil 7A.2**):

$$\begin{aligned}
 f_s &= E_s \varepsilon_s & (\varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy}) \\
 f_s &= f_{sy} & (\varepsilon_{sy} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh}) \\
 f_s &= f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \frac{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_s)^2}{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh})^2} & (\varepsilon_{sh} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su})
 \end{aligned} \tag{7A.11}$$

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

Tablo 7A.1. Donatı Çeliklerine Ait Bilgiler

Kalite	f_{sy} (Mpa)	ε_{sy}	ε_{sh}	ε_{su}	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 – Yığılı 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* gözönüne alınır. Plastik mafsal yaklaşımı ile uyumlu olan bu basitleştirilmiş modelde iki doğrunun M_Y ve ϕ_Y koordinatları ile temsil edilen kesişme noktası, elasto-plastik model için fiktif olarak tanımlanan *etkin akma noktası*'dir. Birinci doğru kesitin akma öncesi doğrusal elastik davranışını, yatay olan ikinci doğru ise kesitin akma sonrası plastik davranışını ifade etmektedir.

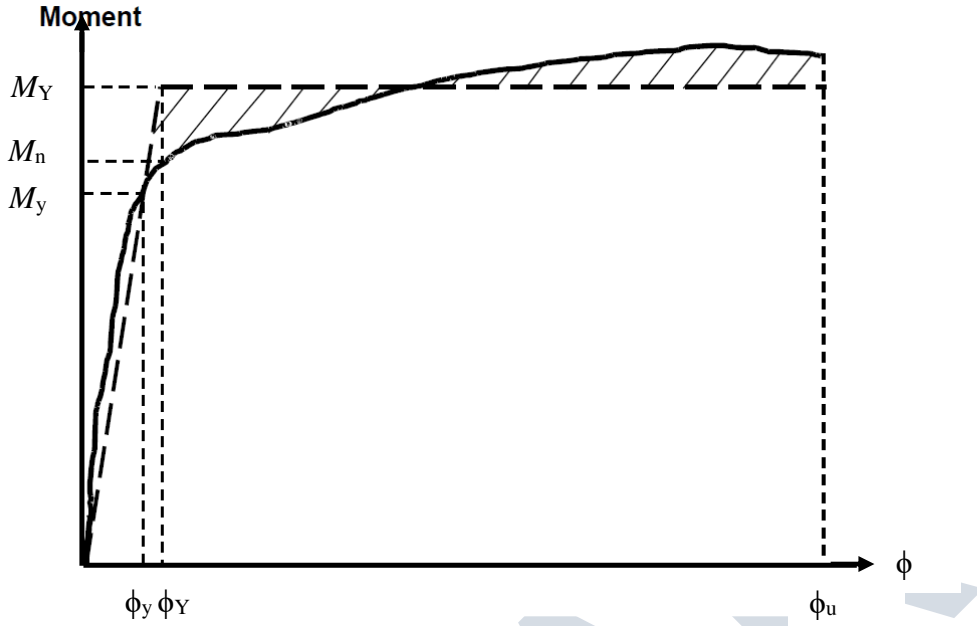
7B.1.3 – Moment-eğrilik hesabında beton ve donatı çeliğinin dayanımları olarak, **EK 7A**'da tanımlanan karakteristik dayanımların **7.3.2.7**'ye göre artırılması ile elde edilen *beklenen (ortalama) dayanımlar* kullanılacaktır. Maksimum eğrilik ϕ_u 'nun hesabında **7.5.1**'de tanımlanan maksimum beton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

7B.1.4 – **Şekil 7B.1**'deki iki-doğrusal modelde yaklaşık doğrusal elastik davranışı ifade eden birinci doğru, kesitte ilk donatı akmasının meydana geldiği durumda M_y ve ϕ_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 gözönüne alınacaktır.

7B.1.5 – **Şekil 7B.1**'deki iki-doğrusal 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 eğriliğe kadar olan bölgede doğrusal olmayan moment-eğrilik eğrisi ile iki-doğrusal 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_n , yaklaşık olarak eğrisel moment-eğrilik ilişkisinde ϕ_Y etkin eğriliğine karşı gelen eğilme momenti olarak tanımlanır.

M

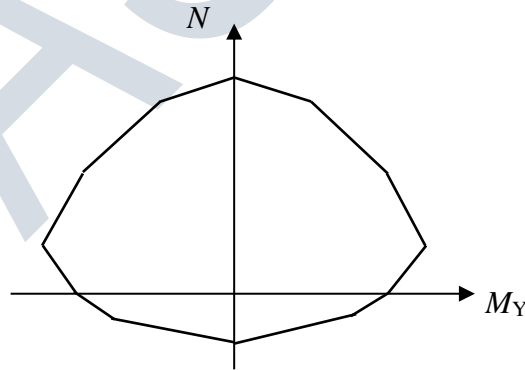


Şekil 7B.1

7B.2. ETKİN AKMA YÜZEYLERİ

7B.2.1 – Kazıklarda aksel kuvvetlerin plastik moment kapasitelerine (etkin akma momentlerine) etkisini gözönüne almak 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 5B.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 gözönüne alınan deprem doğrultusunda kazık-tabliye birleşimindeki plastik mafsal dönmesi talebi, eşit yerdeğiştirme kuralı çerçevesinde YÖNTEM 2.1’e göre yapılacak doğrusal hesap sonuçlarından yaklaşık olarak aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

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

Burada θ_{pj} j’inci kazığın tabliye birleşimindeki *plastik mafsal dönmesi*’ni, θ_{kj} aynı birleşimde **7C.1.2**’ye göre tanımlanan *yerdeğiştirmiş eksen dönmesi*’ni, θ_{Yj} ise **7C.1.4**’e göre hesaplanan *akma dönmesi*’ni göstermektedir. θ_{pj} ’nin pozitif olmaması, kesitte plastik şekildeğiştirme meydana gelmediğini gösterir.

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

$$\theta_{kj} = \delta_{jo} - \theta_{dj} \quad (7C.2)$$

Burada θ_{dj} , YÖNTEM 2.1 ile tabliye birleşiminde hesaplanan dönmeden **7C.1.3**’e göre bulunan *değerlendirmeye esas dönme talebi*’ni göstermektedir. δ_{jo} ise **Denk.(7C.3)**’ten elde edilecektir:

$$\delta_{jo} = \frac{u_{dj} - u_{do}}{H_{jo}} \quad (7C.3)$$

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

7C.1.3 – Gözönüne alınan deprem doğrultusunda j’inci kazık için **7C.1.2**’de *değerlendirmeye esas yerdeğiştirmeler ve dönme* olarak tanımlanan u_{dj} , u_{do} ve θ_{dj} , **7.4**’te verilen modelleme kuralları kullanılarak YÖNTEM 2.1 (*Karma Yöntem*) kapsamında **Bölüm 6**’ya göre yapılan hesaptan *doğrusal elastik yerdeğiştirme ve dönme* olarak elde edilen u_{ej} , u_{eo} ve θ_{ej} ’ye bağlı olarak aşağıdaki şekilde bulunur:

$$u_{dj} = C_{Rp} u_{ej} \quad ; \quad u_{do} = C_{Rp} u_{eo} \quad ; \quad \theta_{dj} = C_{Rp} \theta_{ej} \quad (7C.4)$$

Burada C_{Rp} aşağıdaki şekilde hesaplanan büyütme katsayısını göstermektedir:

(a) Gözönüne alınan deprem doğrultusunda kazıklı rihtim veya iskelenin hakim 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;

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

(b) Gözönüne alınan deprem doğrultusunda kazıklı rihtim veya iskelenin hakim doğal titreşim periyodu T_p 'nin 2.3.4'te verilen tasarım ivme spektrumunda tanımlanan T_B köşe periyodundan daha kısa olması durumunda ($T_p < T_B$) ise *büyütme katsayısı* aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır:

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

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

$$R_y = \frac{V_e}{V_Y} \quad (7C.7)$$

Bu bağıntıda yer alan V_e **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_{oj} yüksekliği boyunca tek eğrilikli olarak deforme olan kazığın tabliye birleşimindeki yerdeğiştirmiş eksen dönmesi ile aynı birleşimdeki eğilme momenti arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

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

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

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

Çelik boru kazıkta betonarme tıpa ile yapılan tabliye birleşiminde M_{Yj} betonarme tıpanın 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 $(EI)_e$ 'ye karşı geleceğinden **Denk.(7C.9)** yerine aşağıdaki bağıntı yazılabilir:

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

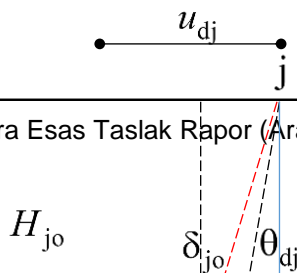
Burada ϕ_{Yj} betonarme kazığın tabliye birleşimindeki etkin akma eğriliğini göstermektedir.

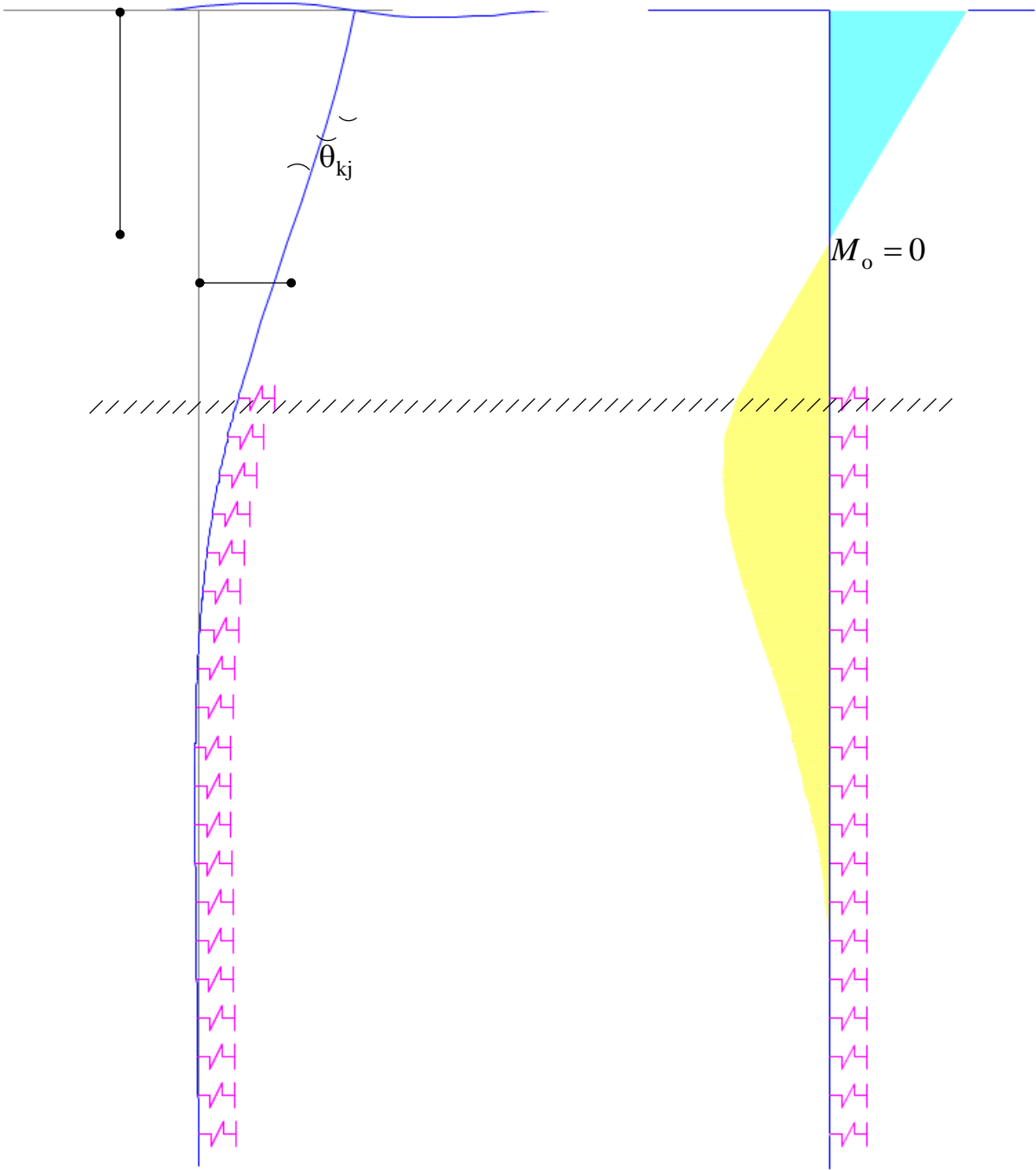
7C.2. KAZIKLARDAKİ KESME KUVVETİ TALEPLERİ

Tabliye birleşiminde plastikleşen kazıkta ikinci aşama için gözönüne alınacak kesme kuvveti talebi **Denk.(7C.10)** ile hesaplanabilir:

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

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





Şekil 7C.1

EK 7D – YÖNTEM 2.2: TEK MODLU İTME HESABI YÖNTEMİ

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, gözönüne alınan (X) deprem doğrultusunda k'nci itme adımında taşıyıcı sistemin tipik (i) düğüm noktasına etkiyen *deprem yükü artımları*, deprem dışı yüklemelerden sonraki birinci adımda belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen *sabit mod şekli*'ne göre hesaplanan *düğüm noktası modal etkin kütleleri* cinsinden ifade edilirler:

$$\Delta f_{ix1}^{(X,k)} = m_{ix1}^{(X,k)} \Delta a_1^{(X,k)} \quad ; \quad \Delta f_{iy1}^{(X,k)} = m_{iy1}^{(X,k)} \Delta a_1^{(X,k)} \quad ; \quad \Delta f_{i01}^{(X,k)} = m_{i01}^{(X,k)} \Delta a_1^{(X,k)} \quad (7D.1)$$

Burada $m_{ix1}^{(X,1)}$, $m_{iy1}^{(X,1)}$ ve $m_{i01}^{(X,1)}$ düğüm noktası etkin kütlelerini göstermektedir:

$$m_{ix1}^{(X,1)} = m_i \Phi_{ix1}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)} \quad ; \quad m_{iy1}^{(X,1)} = m_i \Phi_{iy1}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)} \quad ; \quad m_{i01}^{(X,1)} = m_{i0} \Phi_{i01}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)} \quad (7D.2)$$

Bu bağıntılarda $\Gamma_1^{(X,1)}$, gözönüne alınan (X) deprem doğrultusu ve birinci titreşim modu için birinci itme adımında hesaplanan *modal katkı çarpanı*'dir.

7D.1.2 – Ardışık iki mafsal oluşumu arasında tanımlanan k'nci itme adımında bilinmeyen büyüklük, birinci moda ait *modal tek serbestlik dereceli sistem*'in **Denk.(7D.1)**'de yer alan *modal sözde-ivme artımı* $\Delta a_1^{(X,k)}$ 'dir. 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 eklenerek k'nci adım sonundaki birikimli modal sözde-ivme $a_1^{(X,k)}$ elde edilir. Rıhtım ve iskeleler için yapılan itme hesabında $a_1^{(X,k)}$, (X) deprem doğrultusunda *toplam deprem yükü (toplam kesme kuvveti)*

$V_{tx1}^{(X,k)}$ için yazılan **Denk.(7D.3)**'ten elde edilir:

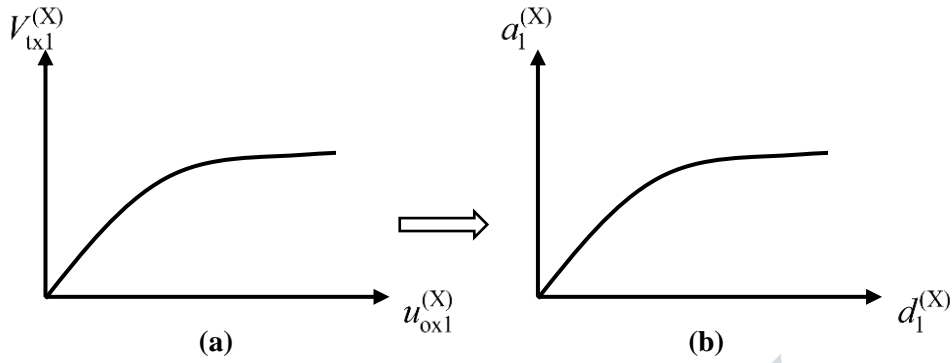
$$a_1^{(X,k)} = \frac{V_{tx1}^{(X,k)}}{m_{tx1}^{(X,1)}} \quad (7D.3)$$

Bu bağıntıda yer alan *toplam deprem yükü modal etkin kütlesi* $m_{tx1}^{(X,1)}$, x eksenini doğrultusunda **Denk.(7D.2)**'de *birinci itme adımındaki mod şekli*'ne göre tanımlanan ve *tüm itme hesabı boyunca sabit* olarak alınan *etkin kütleler* $m_{ix1}^{(X,1)}$ 'lerin toplamıdır.

7D.1.3 – Birinci moda ait *modal tek serbestlik dereceli sistem*'in *modal yerdeğiştirmesi* $d_1^{(X,k)}$, itme hesabından herhangi bir i'nci düğüm noktasında x doğrultusunda elde edilen yatay yerdeğiştirmeden hesaplanabilir. Rıhtım ve iskeleler için yapılan itme hesabında bu amaçla tabliyenin kütle merkezi (o)'daki yerdeğiştirmeden yararlanılır:

$$d_1^{(X,k)} = \frac{u_{ox1}^{(X,k)}}{\Phi_{ox1}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)}} \quad (7D.4)$$

7D.1.4 – Geleneksel itme hesabında önce *toplam deprem yükü – tabliye 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

Deprem *modal yerdeğiştirme talebi*'nin elde edilmesi, verilen deprem etkisi altında *modal kapasite diyagramı* tarafından temsil edilen *modal tek serbestlik dereceli sistemin maksimum yerdeğiştirmesi*'nin hesabına karşı gelmektedir.

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

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

Burada $d_{1,max}^{(X)}$ *modal tek serbestlik dereceli sistemin maksimum yerdeğiştirmesi*'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.

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

Burada $S_{de}(T_1)$, **Denk.(2.5)** ile tanımlanan *elastik tasarım spektral yerdeğiştirmesi*'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:

$$R_y = \frac{f_e}{f_y} = \frac{S_{ae}(T_1)}{a_{y1}} \quad (7D.8)$$

Bu bağıntıda f_e ve $S_{ae}(T_1)$ *elastik dayanım talebi*'ni ve ona karşı gelen *elastik spektral ivme*'yi, f_y ve a_{y1} 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) *Deprem 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;

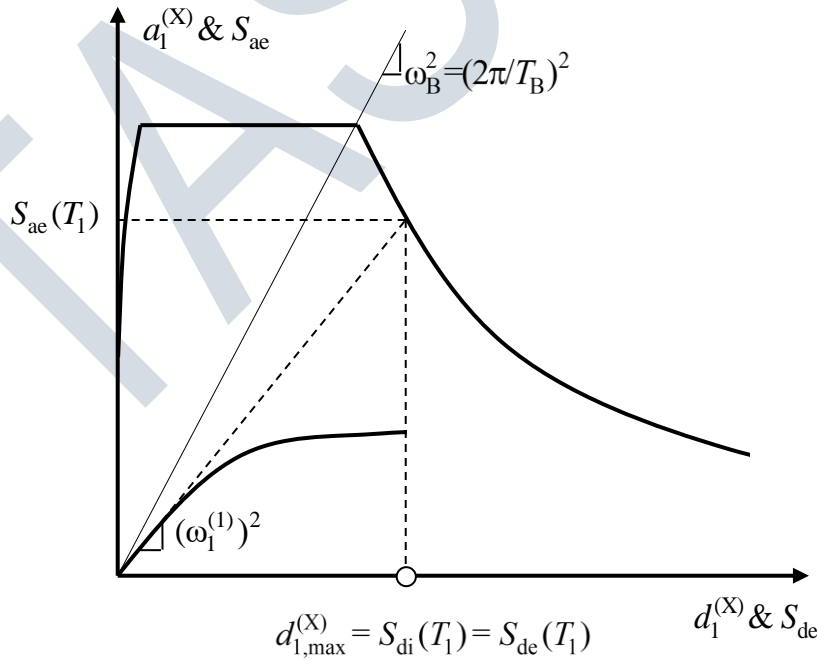
$$\mu(R_y, T_1) = 1 + (R_y - 1) \frac{T_B}{T_1} \quad T_1 \leq T_B \quad (7D.9b)$$

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:

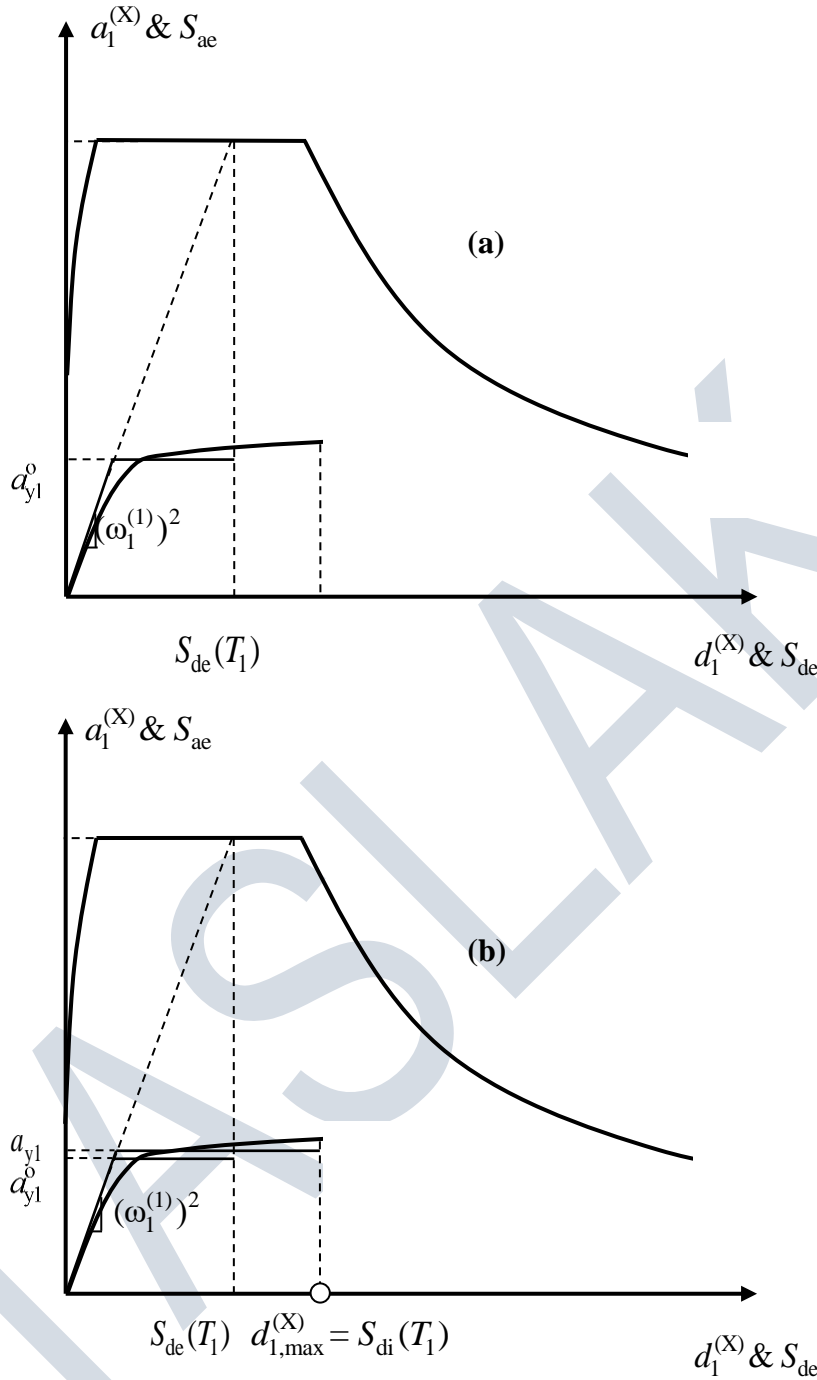
$$C_R = 1 \quad T_1 > T_B \quad (7D.10a)$$

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

7D.2.5 – Şekil 7D.2 ve **Şekil 7D.3**'te birinci (hakim) titreşim moduna ait ve koordinatları *modal yerdeğiştirme – modal sözde-ivme* (d_1, a_1) olan *modal kapasite diyagramı* ile koordinatları *spektral yerdeğiştirme–spektral ivme* (S_{de}, S_{ae}) 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)’nın uygulanmasına karşı gelmektedir. Bu durumda, modal kapasite diyagramı üzerinde hiçbir işlem yapmaksızın, sadece birinci itme adımıdaki doğal titreşim periyodunun $T_1 > T_B$ veya $(\omega_1^{(1)})^2 \leq \omega_B^2$ 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* 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 eşitliği esas alınır. Bu şekilde bulunan yaklaşık akma sözde-ivmesi a_{y1}^o kullanılarak **Denk.(7D.8)**'den R_y ve buna bağlı olarak **Denk.(7D.10b)**'den C_R ve **Denk.(7D.6)**'dan $S_{di}(T_1)$ hesaplanır. Buna göre *elasto-plastik* diyagram tekrar oluşturulur (**Şekil 7D.3b**) ve yeniden bulunan a_{y1} esas alınarak aynı işlemler tekrarlanır. Sonuçların yeterince yaklaştıkları adımda ardışık yaklaşıma son verilir.

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

7D.3.1 – Depremin *modal yerdeğiştirme talebi*, modal tek serbestlik dereceli sistemin enbüyük yerdeğiştirmesi olarak, zaman tanım alanında yapılacak *doğrusal olmayan hesap* 'tan da elde edilebilir. **7D.1.4**'te elde 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 denklemini çözülür.

$$\Delta \ddot{d}_1^{(X)}(t) + 2\xi_1 \omega_1 \Delta \dot{d}_1^{(X)}(t) + \Delta a_1^{(X)}(t) = - \Delta \ddot{u}_g^{(X)}(t) \quad (7D.11)$$

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

7D.3.2 – Gözönüne 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 yerdeğiştirme, 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

5E.1.1 – Yığılı plastik davranış (plastik mafsal) modeli çerçevesinde elasto-plastik mafsallarla modellenen taşıyıcı sistem, artımsal yük (veya yerdeğiştirme) etkileri altında ardışık iki plastik mafsal 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 mafsal 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 tasarım 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 etkiyen artımsal modal deprem yükleri ile aynı noktadaki artımsal modal yerdeğiştirmeler aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

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

Burada (i) üst indisi i'inci itme adımını, m_j (j) düğüm noktasındaki kütle, $\Phi_{jsn}^{(i)}$ 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 $\Delta d_n^{(X,i)}$ 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:

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

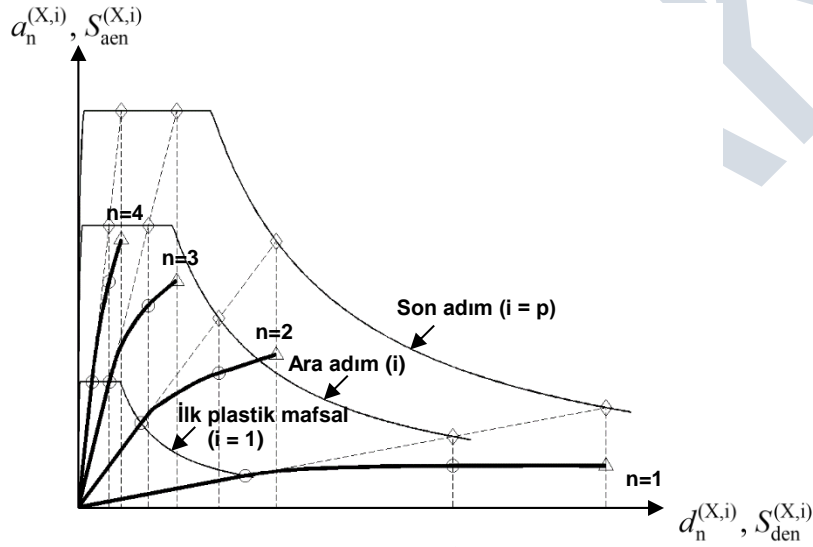
Burada $\omega_n^{(i)}$, (i)'inci itme adımındaki taşıyıcı sistemin n'inci moduna ait doğal açısız frekansı göstermektedir.

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:

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

Artımsal Mod Birleştirme (AMB) Yöntemi'nin amacı, ardışık iki plastik mafsalları arasındaki her bir (i)'inci itme adımında ve her modda **Denk.(7E.3)**'teki büyüklükleri elde etmek ve bunlardan yararlanarak taşıyıcı sistemde doğrusal olmayan tüm davranış büyüklüklerini hesaplamaktır. Yatay ve düşey eksenleri *modal yerdeğiştirme* ve *modal sözde-ivme* olarak tanımlanarak gözönüne alınan bütün 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 düşey eksenler aynı zamanda *spektral yerdeğiştirme* ($S_{den}^{(X,i)}$) ve *spektral sözde-ivme* ($S_{aen}^{(X,i)}$) 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* ($S_{aen}^{(X,p)}$) **Şekil 7E.1**'de orijinden çizilen ışınların en dıştaki spektrum eğrisini kestiği noktanın koordinatlarıdır. Bu koordinatların arasındaki bağıntı:

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

Burada $\omega_n^{(1)}$, henüz hiçbir mafsallı 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 eşit yerdeğiştirme kuralı esas alınır. Bu kurala göre, verilen bir depremin etkisi altında başlangıç rijitlikleri aynı olan doğrusal ve doğrusal olmayan tek serbestlik dereceli sistemlerin maksimum yerdeğiştirmeleri, diğer deyişle doğrusal (elastik) spektral yerdeğiştirme $S_{den}^{(X,p)}$ ile doğrusal olmayan (inelastik) spektral yerdeğiştirme $S_{din}^{(X,p)}$, her her bir titreşim modunda pratik olarak birbirine eşit alınabilir.

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

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

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

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

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

Burada $\tilde{F}^{(i)}$, her bir i’inci adımda bütün modlar için sabit olarak spektral ölçek katsayısı’nı göstermektedir. **Denk.(7E.7)**, yeni bir plastik kesitin oluştuğu her bir itme adımı sürecinde elastik spektral yerdeğiştirmenin monotonik olarak artırılmasına karşı gelmektedir. Diğer deyişle, spektral yerdeğiştirmeler bakımından deprem etkisi, sıfırdan başlayarak her bir itme adımında belirli bir miktarda büyütülmüş olmaktadır. **Denk.(7E.6)** ve **Denk.(7E.7)**’den;

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

Burada $d_n^{(X,i)}$, n’inci modda tipik i’inci itme adımı sonunda erişilmesi öngörülen *doğrusal olmayan modal yerdeğiştirme*’yi göstermektedir. **Denk.(7E.6)**’daki *doğrusal olmayan (inelastik) spektral yerdeğiştirme* $S_{din}^{(X,i)}$, **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 yerdeğiştirme* $\Delta d_n^{(X,i)}$, bütün modlar için sabit olan *artımsal spektral ölçek katsayısı* $\Delta \tilde{F}^{(i)}$ kullanılarak aşağıdaki şekilde yazılabilir:

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

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

$$\tilde{F}^{(i)} = \tilde{F}^{(i-1)} + \Delta \tilde{F}^{(i)} \leq 1 \quad (7E.10)$$

Denk.(7E.2) ve **Denk.(7E.4)**’e göre “*spektral yerdeğiştirme – spektral sözde-ivme*” koordinatlarında çizilen tasarım spektrumunun, sistemdeki ilk plastik kesitin oluştuğu doğrusal elastik birinci adım ($i = 1$) sonundaki ölçeklendirilmiş durumu ($\tilde{F}^{(1)} \leq 1$) **Şekil 7E.1**’de orijine en yakın spektrum olarak gösterilmiştir. Spektrumun daha sonraki herhangi bir (i)’inci ara adım sonundaki ölçeklendirilmiş durumu da ($\tilde{F}^{(i)} \leq 1$) aynı şekilde görülmektedir. (p)’inci son itme adımı sonunda ise ($i = p$) elastik davranış spektrumunun kendisine varılmaktadır ($\tilde{F}^{(p)} = 1$).

“Modal yerdeğiştirme – modal sözde ivme” koordinatları ile tanımlanan ve aşağıda belirlenecek olan *modal kapasite diyagramları* da, gözönüne alınan tipik bir taşıyıcı sistemin ilk dört modu için şematik olarak **Şekil 7E.1**’de gösterilmiştir.

7E.5. ARTIMSAL 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 yedeğiştirmeler ve iç kuvvetler elde edilir. (0)’inci adım olarak nitelenen bu adımda elde edilen davranış büyüklükleri, daha sonraki itme adımları için başlangıç değerlerini oluşturur.

7E.5.2 – Her bir (i)’inci itme adımında önce serbest titreşim hesabı yapılarak yeterli sayıda titreşim modu için mod şekilleri, açısız frekansları ve gözönüne alınan deprem doğrultusu için modal katkı çarpanları elde edilir.

7E.5.3 – Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi’nde *ikinci mertebe etkileri* doğrudan dikkate alınabilmektedir. Bu amaçla serbest titreşim hesabında eksenel kuvvete maruz elemanların *ikinci mertebe eleman rijitlik matrisleri* gözönüne alınmalıdır. Plastik şekildeğiştirmelerin yaygınlaşması sonucunda, serbest titreşim hesabında ikinci mertebe etkileri nedeni ile ilk birkaç modun özdeğerleri (açısız 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) gözönüne alınarak n’inci mod için **Denk.(7E.1)**’de verilen tipik modal yerdeğiştirme artımı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir

$$\Delta u_{jsn}^{(X,i)} = \tilde{u}_{jsn}^{(X,i)} \Delta \tilde{F}^{(j)} \quad ; \quad \tilde{u}_{jsn}^{(X,i)} = \Phi_{jsn}^{(i)} \Gamma_n^{(X,j)} S_{den}^{(X,p)} \quad (s = x,y,z) \quad (7E.11)$$

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

$$\Delta f_{jsn}^{(X,i)} = \tilde{f}_{jsn}^{(X,i)} \Delta \tilde{F}^{(j)} \quad ; \quad \tilde{f}_{jsn}^{(X,i)} = m_j (\omega_n^{(i)})^2 \tilde{u}_{jsn}^{(X,i)} \quad (s = x,y,z) \quad (7E.12)$$

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 *jenerik davranış büyüklüğü* (yerdeğiştirme, şekildeğiştirme veya iç kuvvet) artımı tipik olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\Delta r_n^{(X,i)} = \tilde{r}_n^{(X,i)} \Delta \tilde{F}^{(i)} \quad (7E.13)$$

Böylece herhangi bir i’inci itme adımında tipik n’inci mod için tüm davranış büyüklüğü artımları, deprem verisi olarak i=1’inci adımda hesaplanan *elastik spektral yerdeğiştirme* $S_{den}^{(X,p)}$ (bu veri tüm itme adımlarında değişmeksizin aynen kullanılacaktır) ve aşağıda her bir mafsal oluşumunda hesaplanacak olan $\Delta \tilde{F}^{(i)}$ artımsal spektral ölçek katsayısına bağlı olarak elde edilmiş olmaktadır.

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

$$\Delta r^{(X,i)} = \tilde{r}^{(X,i)} \Delta \tilde{F}^{(i)} \quad ; \quad \tilde{r}^{(X,i)} = \sqrt{\sum_{m=1}^{YM} \sum_{n=1}^{YM} \tilde{r}_m^{(X,i)} \rho_{mn} \tilde{r}_n^{(X,i)}} \quad (7E.14)$$

Tam Karesel Birleştirme (TKB) modal birleştirme kuralının uygulanması nedeni ile işaretler kaybolduğundan; tipik yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme veya iç kuvvetin en büyük mutlak değerinin elde edildiği 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 kesidinde 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 $\Delta \tilde{F}^{(i)}$ cinsinden aşağıdaki şekilde ifade edilir:

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

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

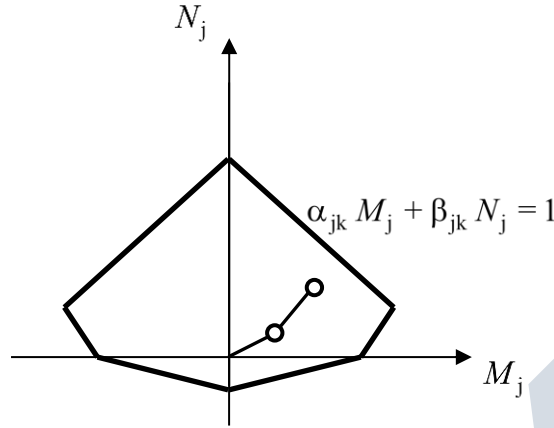
7E.5.7 – Her bir itme adımı sonunda taşıyıcı sistemde oluşan plastik mafsallın ve buna bağlı olarak o adıma ait artımsal spektral ölçek katsayısının belirlenmesi için **Denk.(7E.15)**'te verilen genel bağıntı, kirişlerde her bir potansiyel plastik kesitteki eğilme momenti için, kolon ve perdelerde ise 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) kesidine etkiyen eksenel kuvvet ve tek eksenli eğilme (PM) durumu için **Denk.(7E.15)** aşağıdaki şekilde yazılabilir:

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

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) kesidinde **Şekil 7E.2**'ye göre doğrusallaştırılan akma çizgilerinden herhangi birine karşı gelen (k)'ıncı doğru parçasının analitik ifadesi aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\alpha_{jk} M_j + \beta_{jk} N_j = 1 \quad (7E.17)$$

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



Şekil 7E.2

$$(\Delta \tilde{F}^{(i)})_{jk} = \frac{1 - \alpha_{jk} M_j^{(X,i-1)} - \beta_{jk} N_j^{(X,i-1)}}{\alpha_{jk} \tilde{M}_j^{(i)} + \beta_{jk} \tilde{N}_j^{(i)}} \quad (7E.18)$$

Herhangi bir (j) potansiyel plastik kesitinde, bütün (k) akma yüzeyleri (çizgileri) için elde edilen $(\Delta \tilde{F}^{(i)})_{jk}$ değerlerinin pozitif olanlarının en küçüğü bulunduğundan sonra, bunların da tüm taşıyıcı sistemde hesaplanan en küçüğü, (i)'inci hesap adımı sonundaki $\Delta \tilde{F}^{(i)}$ 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 $\Delta \tilde{F}^{(i)}$ elde edildikten sonra;

- (a) Birikimli spektral ölçek katsayısı, $\tilde{F}^{(i)}$, **Denk.(7E.10)**'dan hesaplanır.
- (b) Taşıyıcı sistemin herhangi bir (j) noktasında veya kesidinde oluşan herhangi bir tipik yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme veya iç kuvvet büyüklüğü, $r_j^{(X,i)}$, **Denk. (7E.15)**'e göre elde edilir.
- (c) Gözönüne 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 mafsal gözönüne 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 adımda n'inci modun doğal açısal frekansının karesine, $(\omega_n^{(i)})^2$, diğer deyişle n'inci özdeğere eşittir. Plastik şekildeğiştirmelerin yaygınlaşması sonucunda, ikinci merteye etkileri nedeni ile ilk birkaç modun özdeğerleri,

dolayısıyla ilgili modal kapasite diyagramlarının eğimleri, belirli bir itme adımından 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 itme adımı sonunda **Denk.(7E.10)** ile hesaplanan birikimli spektral ölçek katsayısının, maksimum değer olan birim değeri aşmadığı kontrol edilir. Aşmaması durumunda, hesaba **7E.5.10**’da belirtildiği üzere devam edilir. Aşması durumunda ise;

(a) Varılan itme adımı son itme adımı olarak tanımlanarak (p) indisi ile temsil edilir. $i = p$ alınarak ve $\tilde{F}^{(p)} = 1$ olduğu gözönüne tutularak, son adıma ait artımsal spektrum ölçek katsayısı **Denk.(7E.10)**’dan hesaplanır:

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

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

$$\Delta d_n^{(X,p)} = C_{Rn} S_{den}^{(X,p)} \Delta \tilde{F}^{(p)} \quad (7E.20)$$

Herhangi bir modda *spektral yerdeğiştirme oranı* C_{Rn} ’nin **7E.6.2**’ye göre $C_{Rn} > 1$ olması durumunda, deprem verisi olarak sadece $i = p$ adımı için **7E.5.4**’te $S_{den}^{(X,p)}$ yerine $C_{Rn} S_{den}^{(X,p)}$ alınır ve *Mod Birleştirme Yöntemi* ile tipik büyüklüğe ait $\tilde{r}_j^{(X,p)}$ 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:

$$r_j^{(X,p)} = r_j^{(X,p-1)} + \tilde{r}_j^{(X,p)} \Delta \tilde{F}^{(p)} \quad (7E.21)$$

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

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

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

$$C_{Rn} = \frac{1 + (R_{yn} - 1) T_B / T_n^{(1)}}{R_{yn}} \geq 1 \quad \left(\frac{(\omega_n^{(p)})^2}{(\omega_n^{(1)})^2} \leq 0.10 \right) \quad (7E.22)$$
$$C_{Rn} = 1 \quad \left(\frac{(\omega_n^{(p)})^2}{(\omega_n^{(1)})^2} > 0.10 \right)$$

Bu bağıntıda R_{yn} , n’inci mod için çizilen iki doğrulu modal kapasite diyagramından elde edilen *akma dayanımı azaltma katsayısı*’nı göstermektedir:

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

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 bağıntılar, hiçbir değişiklik yapılmaksızın, sadece hakim mod için yazılarak kullanılabilir. Bu özel durumda itme hesabı, geleneksel itme yönteminden farklı olarak, yük dağılımının her bir itme adımında *değişken* olduğunun gözönüne alındığı tek modlu itme analizine indirgenmiş olmaktadır. Modal ölçeklendirmenin 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 şekildeğiştirme meydana gelmeden modal yerdeğiştirme istemine ulaşılabacağından, 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] Aydınöğlu, 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] Aydınöğlu, MN (2004). An improved pushover procedure for engineering practice: Incremental Response Spectrum Analysis (IRSA). *International Workshop on Performance-based Seismic Design: Concepts and Implementation*, edited by P. Fajfar and H. Krawinkler, Bled, 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] Aydınöğlu, MN (2007). A response spectrum-based nonlinear assessment tool for practice. *ISET Journal of Earthquake Technology*; **44**(1): 169-192.
- [5] Kappos, AJ, Saiidi, MS, Aydınöğlu, MN, Isakovic, 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 yanal yayılma etkileri, deprem etkisi altında yanal zemin basınçları ve şevlerin duyarlılığı 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 yapısı 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 laboratuvarda 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 irdelendiği, 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 irdelenecek, 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 davranışı, net temel basınçları ve olası kaldırma kuvvetleri dikkate alınacaktır.
- (c) Zemin iyileştirme ve/veya güçlendirmesine gereksinim duyulması halinde, olası yöntemler irdelenecek, önerilen yönteme 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 yükleme hızı ve saha zeminlerinin geçirimsizlik koşullarına göre belirlenecek drenajlı veya drenajsız koşullarla uyumlu mukavemet parametreleri kullanılacaktır.

8.3.2 – Kohezyonlu zeminlerde, deprem etkisinde oluşabilecek mukavemet kayıpları / yumuşama gözönüne 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 ($\tau_{cy,u}$) 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 – Sahaya özel zemin davranış analizleri ve dinamik zemin-yapı etkileşimi analizlerinde, deprem dalgalarının zemin profili içinde yayılımı sırasında oluşan *kayma birim şekildeğiştirmesi ile uyumlu kayma modülü ve eşdeğer histeretik sönüm katsayısı* kullanılacaktır (Bkz.8.5.2).

8.4. YEREL ZEMİN SINIFLARININ BELİRLENMESİ

8.4.1 – Bölüm 2’ye göre deprem tasarım 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 Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_S)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları 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 çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

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:

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

Burada h_i değeri (i) numaralı alt tabakanın kalınlığını [m], $V_{S,i}$, $N_{60,i}$ ve $c_{u,i}$ değerleri ise, sırası ile, aynı alt tabakanın kayma dalgası hızını [m/s], standart penetrasyon deneyi darbe sayısını [darbe/30 cm] ve drenajsız kayma dayanımını [kPa] göstermektedir.

8.4.3 – Yüzeysel temelerde, temel taban kotu ile kaya üst kotu arasında kalınlığı 3 m’den fazla zemin bulunması durumunda ZA ve ZB sınıfı tanımlaması yapılmayacaktır.

8.5. ZEMİN ORTAMININ DOĞRUSAL OLMAYAN DİNAMİK MODELLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR

8.5.1 – Herhangi bir zemin tabakasında deprem nedeni ile oluşacak kayma birim şekildeğiştirmesinin %1’i aşmaması koşulu ile, frekans tanım alanında *eşdeğer doğrusal hesap modeli* kullanılarak ardışık yaklaşımla doğrusal olmayan hesap yapılabilir. Ancak kayma birim şekildeğiştirmesinin %1’i aşması durumunda toplam gerilme veya efektif gerilme yöntemleri kullanılarak zaman tanım alanında *doğrusal olmayan hesap* yapılacaktır. Ayrıca **8.6**’ya göre sıvılaşma potansiyeli olan zeminlerde *eşdeğer doğrusal hesap modeli* kullanılarak ardışık yaklaşımla frekans tanım alanında *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 şekildeğiştirmesi*’ne bağlı olarak *kayma modülleri*’nin ve *eşdeğer histeretik sönüm katsayıları*’nın doğrusal olmayan değişimlerinin tanımlanması gereklidir. Bu eğriler, zeminin jeolojik yük geçmişi ve plastisitesi göz önünde bulundurularak tanımlanacaktır.

8.5.3 – Toplam gerilme analizinde mukavemet, kohezyonlu zeminlerde drenajsız 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 drenajlı kayma mukavemeti ($\tau_{cy,d}$) 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 rezidüel drenajsız kayma mukavemeti ($\tau_{cy,u}$) değeri kullanılabilir.

8.5.4 – Efektif gerilme analizlerinde, kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerde mukavemet efektif mukavemet parametreleri (ϕ , 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 geoteknik 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 tasarım 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 gözönüne 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 tasarım 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 gözönüne alınarak büyütülecektir.

8.5.9 – **8.5.7** veya **8.5.8**'e göre tanımlanan ve zemin profili modelinin tabanını oluşturan ortam 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:

$$h_{\max} = \frac{\lambda_{\min}}{10} \quad (8.3)$$

Burada h_{\max} maksimum alt-tabaka kalınlığını, λ_{\min} ise hesapta gözönüne alınan deprem kayıtlarının maksimum frekansı f_{\max} 'a karşı gelen minimum dalga boyunu göstermektedir. Dalga boyu λ_{\min} aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$\lambda_{\min} = \frac{V_s}{f_{\max}} \quad (8.4)$$

Burada V_s zemin tabakasının kayma dalgası hızıdır. f_{\max} değeri, gözönüne alınan deprem kayıtlarının Fourier genlik spektrumlarından elde edilebilir.

(b) Yukarıda verilen maksimum alt-tabaka kalınlığı koşulu ile uyumlu olarak zaman tanım alanında yapılacak hesapta kullanılacak maksimum zaman artımı aşağıdaki bağıntı ile belirlenecektir:

$$\Delta t_{\max} = \frac{1}{10f_{\max}} \leq 0.01 \text{ s} \quad (8.3)$$

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 *SV* ve *P* dalgalarının etkileşiminin gözönüne alındığı iki boyutlu düzlem şekildeğiştirme modeli, kıyı çizgisine paralel doğrultuda ise *SH* dalgalarının gözönüne alındığı düzlem-dışı hesap modeli kullanılacaktır.

8.6.4 – **8.6.2** ve **8.6.3**'te belirtilen hesaplarda deprem yer hareketi, taban kayasından düşey doğrultuda ilerleyen *SV* veya *SH* dalgası olarak gözönüne 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 gözönüne alınarak belirlenen spektral ivmelerden daha küçük alınamaz.

8.6.8 – Sahaya özel *serbest zemin hesabı*'nın sonuçları, kazıklı temeller için **Bölüm 9**'da açıklanan *rıhtım/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 kalın mercerler halinde bulunan kumlu zeminlerde *sivilaşma potansiyeli*'nin bulunup bulunmadığının, arazi ve laboratuvar deneylerine dayanan uygun

analiz yöntemleri ile incelenmesi ve inceleme sonuçlarının ayrıntılı olarak rapor edilmesi zorunludur.

8.7.2 – Zemin sıvılaşması, 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 killi 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 $N_{1,60f}$ 'in 30 darbe / 30 cm değerinden küçük olduğu durumlarda zemin sıvılaşması tetiklenme değerlendirmesi 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'den fazla ve düzeltilmiş SPT vuruş sayısı $N_{1,60}$ 'in 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 hızına göre yapılması durumunda uygulamada genel kabul gören yöntemler kullanılabilir.

8.7.8 – Sıvılaşmaya karşı güvenlik koşulu **Denk.(8.4)**'te tanımlanmıştır.

$$\frac{\tau_R}{\tau_{\text{deprem}}} \geq 1.10 \quad (8.4)$$

Burada τ_R ve τ_{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 dayanım ve rijitlik özelliklerindeki azalma, olası taşıma gücü kayıpları, duraylılık bozuklukları ile oturma ve yanal yayılma türündeki zemin hareketleri değerlendirilecektir.

8.7.9 – Belirlenen sıvılaşma sonrası yerdeğiştirmelerinin yapı davranışına etkileri değerlendirilecek ve gereği halinde zemin iyileştirmesi 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 rıhtım arkası dolgu alanlarında, eğimli arazilerde ve/veya arazide kıyı ve liman yapısı konumuna yakın şevlerin (rıhtım altı şevleri, tarama şevleri v.b.) ve serbest düşülerin bulunması durumunda gözönüne alınacaktır.

8.8.2 – Yanal yayılma nedeni ile oluşan zemin yerdeğiştirmeleri, aşağıda belirtilen yöntemlerle hesaplanabilir:

8.8.2.1 – Yanal yayılma yerdeğiştirmeleri, sıvılaşan zemine olan derinliğin 15 m’den daha az olması kaydı ile, aşağıda verilen ampirik bağıntılar kullanılarak hesaplanabilir (**Şekil 8.1**):

(a) Kıyı ve liman yapısı yakınında şev (rıhtım altı şevleri, tarama şevleri v.b.) veya serbest düşü bulunması durumunda yanar yayılma yerdeğiştirmeleri D_H [m] aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir. Yapının serbest düşüye (veya şeve) olan yatay uzaklığı ile serbest düşünün (veya şevin) yüksekliği arasındaki oranın 5’den büyük olması durumunda ($H/L > 5$) yanar yayılma etkileri ihmal edilebilir.

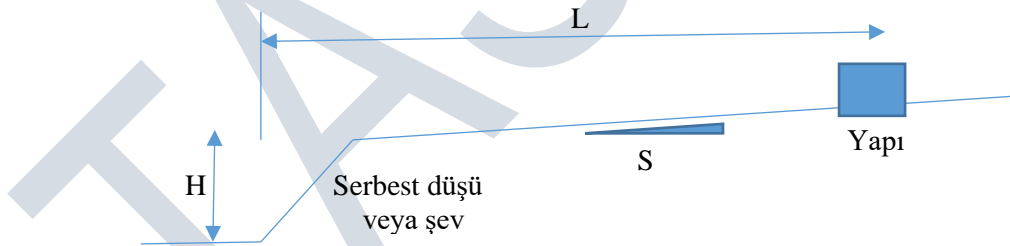
$$\log D_H = -16.213 + 1.532M_w - 1.406(R + 10^{(0.89M_w - 5.64)}) - 0.012R + 0.592 \log W \quad (8.5)$$

$$+ 0.54 \log T_{15} + 3.413 \log(100 - F_{15}) - 0.795[(D_{50})_{15} + 0.1mm]$$

(b) Serbest düşünün bulunmaması, ancak yapının eğimli arazi (örneğin eğimli deniz tabanı) üzerinde bulunması durumunda yanar yayılma yerdeğiştirmeleri D_H [m] aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir:

$$\log D_H = -16.213 + 1.532M_w - 1.406(R + 10^{(0.89M_w - 5.64)}) - 0.012R + 0.338 \log S \quad (8.6)$$

$$+ 0.54 \log T_{15} + 3.413 \log(100 - F_{15}) - 0.795[(D_{50})_{15} + 0.1mm]$$



Şekil 8.1

Yukarıdaki ampirik bağıntılarda L serbest düşünün (şevin) eteğine olan uzaklığı, H serbest düşünün etek ve kret arasından ölçülen yüksekliği, $W = H/L$ yüzde cinsinden ifade edilen serbest yüzey oranı [$\%1.0 < W < \%20$], S serbest düşünün bulunmadığı durumda arazinin yüzde cinsinden ifade edilen eğimi [$\%0.1 < S < \%6$], M_w tasarım depreminin moment büyüklüğü [$6.0 < M_w < 8.0$], R yapının deprem kaynağına olan uzaklığı, T_{15} suya doymuş ve $(N_1)_{60} < 15$ olan kaba daneli zemin tabakalarının toplam kalınlığı [$0.3m < T_{15} < 12m$], F_{15} değeri T_{15} kalınlığı içindeki kaba daneli zeminlerin ortalama ince dane oranı [$\%0 < F_{15} < \%50$], $(D_{50})_{15}$ değeri T_{15} kalınlığı içindeki kaba daneli 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, yanal yayılma nedeni oluşan 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 büyük olduğu zeminlerde kullanılabilir.

8.8.2.3 – Yanal yayılma nedeni oluşan zemin yerdeğiştirmeleri, sıvılaşma tetiklenmesini dikkate alabilen efektif gerilme yöntemleri kullanılarak 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 yanal yayılma yerdeğiştirmeleri, zemin-kazık etkileşim hesaplarında doğrusal olmayan p-y yaylarına statik yerdeğiştirme olarak etkitilecektir. Bu hesaplarda, suya doymuş ve $(N_1)_{60} < 15$ 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 yanal davranış için doğrusal olmayan p–y yayları, aksel davranış (çevre sürtünmesi) için t–z yayları ve aksel 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 nonlinear bağıntılar kullanılabilir.

(d) Yukarıda belirtilen yayınların 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 değerleri *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 palplanşlı rıhtım duvarlarının arkasındaki tabakalı zeminde esas alınacak statik-eşdeğer dinamik zemin basıncı, kurudaki zemin tabakaları ve su altındaki zemin tabakaları için 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 etkime noktası, duvar yüksekliğinin orta noktası olarak alınacaktır.

8.10.2. Tamamen Kuruda Olan Zemin Tabakalarında Zemin Basıncı

8.10.2.1 – Kohezyonsuz ve tamamen kuruda olan, yüzeyden itibaren (i)'inci zemin tabakasının tabanında esas alınacak statik-eşdeğer dinamik aktif zemin basıncı $p_{ai,d}$ ile pasif zemin basıncı $p_{pi,d}$ **Denk.(8.7)** ile tanımlanmıştır. Her bir tabaka boyunca zemin basıncının değişimi doğrusaldır.

$$p_{ai,d} = K_{ai,d} \left[\sum_{j=1}^i (\gamma_j h_j) + \frac{q_o \cos\alpha}{\cos(\alpha - \beta)} \right] \cos\alpha \quad (8.7)$$
$$p_{pi,d} = K_{pi,d} \left[\sum_{j=1}^i (\gamma_j h_j) + \frac{q_o \cos\alpha}{\cos(\alpha - \beta)} \right] \cos\alpha$$

Statik aktif ve pasif zemin basınçları, **8.10.4.3**'e göre elde edilen statik aktif basınç katsayısı $K_{ai,s}$ ve statik pasif basınç katsayısı $K_{pi,s}$ 'nin, **Denk.(8.7)**'de $K_{ai,d}$ ve $K_{pi,d}$ 'nin yerine konması ile elde edilir.

8.10.2.2 – Kohezyonlu ve tamamen kuruda olan, yüzeyden itibaren (i)'inci zemin tabakasının tabanında esas alınacak statik-eşdeğer dinamik aktif zemin basıncı $p_{ai,d}$ ile pasif zemin basıncı $p_{pi,d}$ **Denk.(8.8)** ile tanımlanmıştır.

$$p_{ai,d} = \frac{\tan\lambda}{\tan\zeta_{ai}} \left[\sum_{j=1}^i (\gamma_j h_j) + q_o \right] - 2c \left[\frac{1}{\sin 2\zeta_{ai}} - 1 \right] \quad (8.8)$$
$$p_{pi,d} \cong 0$$

Burada, (i)'inci tabakanın göçme yüzeyini tanımlayan ζ_{ai} açısı **Denk.(8.9)** ile tanımlanmıştır:

$$\zeta_{ai} = \tan^{-1} \sqrt{1 - \frac{\tan\lambda}{2c} \left[\sum_{j=1}^i (\gamma_j h_j) + 2q_o \right]} \quad (8.9)$$

Statik aktif ve pasif zemin basınçları ise **Denk.(8.10)** ile hesaplanacaktır.

$$p_{ai,s} = \sum_{j=1}^i (\gamma_j h_j) + q_o - 2c \quad (8.10)$$

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

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 λ açısı **Denk.(8.11)** ile hesaplanacaktır.

$$\lambda = \tan^{-1} k_h \quad (8.11)$$

Burada k_h , **2.6**'da tanımlanan statik-eşdeğer deprem katsayısıdır.

8.10.3. Su Düzeyinin Altında Olan Zemin Tabakalarında Zemin Basıncı

8.10.3.1 – Kohezyonsuz zeminlerde su düzeyinin altında, yüzeyden itibaren (i)'inci zemin tabakasının tabanında esas alınacak statik-eşdeğer dinamik aktif zemin basıncı $p_{ai,d}$ ile pasif zemin basıncı $p_{di,d}$ **Denk.(8.12)** ile tanımlanmıştır.

$$p_{ai,d} = K_{ai,d} \left[\sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^i (\gamma_{bj} h_j) + \frac{q_o \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} \right] \cos \alpha \quad (8.12)$$

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

Statik aktif ve pasif zemin basınçları, **8.10.4.3**'e göre elde edilen statik aktif basınç katsayısı $K_{ai,s}$ ve statik pasif basınç katsayısı $K_{pi,s}$ 'nin, **Denk.(8.12)**'de $K_{ai,d}$ ve $K_{pi,d}$ 'nin yerine konması ile elde edilir.

8.10.3.2 – Kohezyonlu zeminlerde su düzeyinin altında, yüzeyden itibaren (i)'inci zemin tabakasının tabanında esas alınacak statik-eşdeğer dinamik aktif zemin basıncı $p_{ai,d}$ ile pasif zemin basıncı $p_{di,d}$ **Denk.(8.13)** ile tanımlanmıştır.

$$p_{ai,d} = \frac{\tan \lambda}{\tan \zeta_{ai}} \left[\sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^i (\gamma_{bj} h_j) + q_o \right] - 2c \left[\frac{1}{\sin 2\zeta_{ai}} - 1 \right] \quad (8.13)$$

$$p_{pi,d} \cong 0$$

(i)'inci tabakanın göçme yüzeyini tanımlayan ζ_{ai} açısı **Denk.(8.14)** ile tanımlanmıştır:

$$\zeta_{ai} = \tan^{-1} \sqrt{1 - \frac{\tan \lambda}{2c} \left[\sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^i (\gamma_{bj} h_j) + 2q_o \right]} \quad (8.14)$$

Statik aktif ve pasif zemin basınçları ise **Denk.(8.15)** ile hesaplanacaktır.

$$p_{ai,s} = \sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^i (\gamma_{bj} h_j) + q_o - 2c \quad (8.15)$$

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

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 danecikleri ile birlikte hareket ettiği varsayımına göre, yukarıda **Denk.(8.13)**, **Denk.(8.14)**'te ve aşağıda **Denk.(8.17)**'de deprem etkisini temsil eden λ açısı **Denk.(8.16)** ile hesaplanacaktır:

$$\lambda = \tan^{-1} k'_h \quad ; \quad k'_h = \frac{\sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^N (\gamma_{sj} h_j) + q_o}{\sum_{j=1}^{ND} (\gamma_j h_j) + \sum_{j=ND+1}^N (\gamma_{bj} h_j) + q_o} k_h \quad (8.16)$$

Burada k_h , 2.6'da tanımlanan statik-eşdeğer deprem katsayısıdır.

8.10.4. Kohezyonsuz Zeminlerde Aktif ve Pasif Basınç Katsayıları

8.10.4.1 – Kohezyonsuz zeminlerde yüzeyden itibaren (i)'inci kohezyonsuz zemin tabakasının tabanında, statik zemin basıncı ile depremden oluşan ek dinamik zemin basıncının toplamını hesaplamak için kullanılacak *Toplam Aktif Basınç Katsayısı* $K_{ai,t}$ ve *Toplam Pasif Basınç Katsayısı* $K_{pi,t}$ **Denk.(8.17)** ile tanımlanmıştır:

$$K_{ai,t} = \frac{\cos^2(\varphi_i - \lambda - \alpha)}{\cos\lambda \cos^2\alpha \cos(\delta + \alpha + \lambda)} \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi_i + \delta) \sin(\varphi_i - \lambda - \beta)}{\cos(\delta + \alpha + \lambda) \cos(\alpha - \beta)}} \right]^{-2} \quad (8.17)$$

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

8.10.4.2 – Zeminin su altında veya suya doygun olması durumunda, zeminle duvar arasındaki sürtünme açısı olarak **Denk.(8.17)**'de δ yerine $\delta/2$ gözönüne alınacaktır. Pasif basınç durumunda sürtünme açısı negatif olarak hesaba katılacaktır.

8.10.4.3 – Sadece depremden oluşan dinamik aktif basınç katsayısı $K_{ai,d}$ ve dinamik pasif basınç katsayısı $K_{pi,d}$, **Denk.(8.18)** ile belirlenir.

$$K_{ai,d} = K_{ai,t} - K_{ai,s} \quad (8.18)$$

$$K_{pi,d} = K_{pi,t} - K_{pi,s}$$

Denk.(8.18)'de yer alan statik aktif basınç katsayısı $K_{ai,s}$ ve statik pasif basınç katsayısı $K_{pi,s}$, **Denk.(8.17)**'de $\lambda = 0$ konularak elde edilir.

8.10.5. Statik-Eşdeğer Dinamik Su Basıncı

8.10.5.1 – Ağırlık tipi ve palplanşlı rıhtım duvarlarının önündeki deniz suyunun etkisi olarak gözönüne alınacak olan statik-eşdeğer dinamik su basıncı, **Denk.(8.19)** ile belirlenecektir:

$$p_{w,d} = \frac{7}{8} k_h \gamma_w \sqrt{Hy} \quad (8.19)$$

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 yapısını da içine alan toptan göçme mekanizması 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 topoğrafyanın ve zemin tabakalanmasının ani düzensizlikler gösterdiği durumlarda ve çevrimsel yüklemeler etkisinde önemli rijitlik kaybına uğrayabilecek sınırlanabilir 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 – Depremlerle yeniden tetiklenme riski olan eski heyelan bölgelerinde, zemin mukavemet parametreleri olarak büyük şekildeğiştirmelerine karşılık gelen değerler kullanılmalıdır. Çevrimsel 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 mekanizmaları incelenecektir.

8.11.2.2 – Bir şevin toptan göçmeye karşı güvenli olması için **Denk.(8.21)**'de verilen koşul sağlanacaktır:

$$E_t \leq \frac{R_t}{\gamma_{Rk}} \quad (8.21)$$

Burada, E_t göçmeye zorlayan etkiler toplamı, R_t göçmeye karşı koyan etkiler ve dirençler toplamı, γ_{Rk} ise kaymaya karşı *tasarım güvenlik sayısı* olarak tanımlanır. Birinci Aşama'da $\gamma_{Rk} \leq 1.1$ 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 uygulamasında artan şekildeğıştirmeler ile oluşacak olan malzeme pekleşme veya yumuşama davranışı ve boşluk suyu basıncı artışının olası etkileri dikkate alınmalıdır. DD-1 düzeyindeki 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 şevin 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 zamana göre iki defa entegre edilerek şevde meydana gelen yerdeğıştirmeler 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 yerdeğıştirme *kalıcı şev yerdeğıştirmesi* olarak kabul edilir.

8.11.3.5 – Kabul edilebilir kalıcı şev yerdeğıştirmesi, *Kontrollü Hasar Performans Hedefi* için 25 cm, *Göçmenin Önlenmesi Performans Hedefi* için ise 50 cm olarak uygulanacaktır.

8.11.3.6 – *Newmark Kayan Blok Yöntemi*, proje mühendisinin ve/veya onay makamının tercihi ile Birinci Aşama'da *Kesintisiz Kullanım Performans Hedefi* için de kullanılabilir. Bu durumda kalıcı şev yerdeğıştirmesi 10 cm'i aşmayacaktır.

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 zeminlerde burgu, kum veya kil kovanı ile darbeli veya dönel (rotary) sistemlerle, kayada ise kaya yüzeyinden itibaren sürekli karot alınarak ilerlenen 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, gergili 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 200m²'yi geçmeyen (dolfinler gibi) bağımsız/tekil kıyı ve liman yapılarında en az birer adet sondaj yapılacaktır. Plan boyutu 30m'yi veya tabliye alanı 1000m²'yi geçmeyen bu tür tekil kıyı ve liman yapılarında en az iki, bu boyuttan veya alandan büyük yapılarda ise en az üç 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 (σ'_{vo}) % 10'una eşit olduğu derinlikten ($\Delta\sigma=0.10\sigma'_{vo}$) veya 50m'den daha daha az 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 uygulamasının gerekebileceği durumlarda, sondaj derinliği kazık taşıma gücü ve oturma hesaplamalarını yapmaya olanak sağlayacak şekilde seçilecektir.

(c) Sondajlar, şev duraylılığı çalışmalarında olası kayma yüzeyi derinliklerinin yeterince altına kadar, derin kazılarda ise kazı tabanından kazı derinliğinin en az yarısı kadar derinliklere inecektir.

(d) Deprem tasarım sınıfları DTS=1 ve DTS=2 olan kıyı ve liman yapılarında su seviyesi temel tabanından itibaren 10 metre derinlikten daha yukarıda ve gevşek yerleşimli iri (kaba) daneli zeminlerin yer aldığı 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, iri daneli veya plastik olmayan silt zeminlerde, SPT kaşığından yeterli miktarda örselenmiş örnek elde edilemiyorsa, ağzına zemin tutucu takılmış (sepet-basket tipi) özel tüpler ile incesi yıkanmamış 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 taşıyıcı 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 projeden sorumlu inşaat mühendisi tarafından 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), elek, pipet/hidrometre ve özgül ağırlık deneyleri yapılacaktır. Örselenmemiş örnekler üzerinde doğal su içeriği ve birim hacim ağırlığı tayini deneyleri de yapılacaktır. Sorunlu zeminlerde (sıvılaşma, 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.

TASLAK

EK 8B – BASİTLEŞTİRİLMİŞ ZEMİN SIVILAŞMA DEĞERLENDİRMESİ

8B.1. KAPSAM

Zemin sıvılaşması tetiklenme analizleri kapsamında, saha zeminlerinin sıvılaşmaya karşı kayma direnci, τ ; eğimsiz sahalar için geliştirilmiş, arazi penetrasyon deneyleri veya kayma dalga hızı değerlerine bağlı ampirik zemin sıvılaşması direnci bağıntı ve eğrileri (gerekli düzeltmeler uygulanarak) kullanılarak bulunacaktır. SPT deney sonuçlarından yararlanılarak sıvılaşma direncinin hesaplanması için önerilen yöntem **8B.3**'te verilmiştir. Deprem sırasında gelişen kayma gerilmeleri, τ_{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.

$$N_{1,60} = N C_N C_R C_S C_B C_E \quad (8B.1)$$

Burada C_N kohezyonsuz zeminlerde uygulanan jeolojik gerilme (derinlik) düzeltme katsayısını, C_R tij boyu düzeltme katsayısını, C_S numune alıcı tipi düzeltme katsayısını, C_B sondaj delgi çapı düzeltme katsayısını, C_E enerji oranı düzeltme katsayısını göstermektedir.

8B.2.1.2 – Derinlik düzeltme katsayısı C_N **Denk.(8B.2)**'de verilen bağıntı ile hesaplanacaktır.

$$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma'_{vo}}} \leq 1.70 \quad (8B.2)$$

Bu bağıntıda deney derinliğindeki efektif düşey gerilme σ'_{vo} (kN/m²), 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 (IDI) göre düzeltilmiş darbe sayıları $N_{1,60f}$ **Denk.(8B.3a)** ile hesaplanacaktır:

$$N_{1,60f} = \alpha + \beta N_{1,60} \quad (8B.3a)$$

Buradaki α ve β katsayıları **Denk.(8B.3b)**'de verilmiştir:

$$\begin{aligned} \alpha = 0 \quad ; \quad \beta = 1.0 & \quad (IDI \leq \%5) \\ \alpha = \exp[1.76 - (190 / IDI^2)] \quad ; \quad \beta = 0.99 + IDI^{1.5} / 1000 & \quad (\%5 < IDI \leq \%35) \quad (8B.3b) \\ \alpha = 5.0 \quad ; \quad \beta = 1.2 & \quad (IDI \geq \%35) \end{aligned}$$

Tablo 18B.1. SPT Düzeltme Katsayıları

Düzeltilme Katsayısı	Değişken	Değer
C_R	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 alıcı (iç tüpü olan)	1.00
	İç tüpü olmayan numune alıcı	1.10-1.30
C_B	Çap 65mm-115mm arasında	1.00
	Çap 150mm	1.05
	Çap 200mm	1.15
C_E	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 – Sıvılaşma direnci τ_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 (σ'_{vo}) ile çarpılması ile hesaplanacaktır.

$$\tau_R = CRR_{M7.5} C_M \sigma'_{vo} \quad (8B.4a)$$

8B.3.2 – Çevrimsel dayanım oranı **Denk.(8B.4b)**'de verilen bağıntı ile hesaplanacaktır:

$$CRR_{M7.5} = \frac{1}{34 - N_{1,60f}} + \frac{N_{1,60f}}{135} + \frac{50}{[10N_{1,60f} + 45]^2} - \frac{1}{200} \quad (8B.4b)$$

Deprem büyüklüğü düzeltme katsayısı (C_M), tasarım depremi büyüklüğüne (M_w) bağlı olarak **Denk.(8B.4c)**'deki bağıntı ile hesaplanacaktır.

$$C_M = \frac{10^{2.24}}{M_w^{2.56}} \quad (8B.4c)$$

8B.4. DEPREMDE OLUŞAN KAYMA GERİLMESİNİN HESAPLANMASI

8B.4.1 – Zeminde oluşan kayma gerilmesi **Denk.(8B.5)**'deki ilişki ile hesaplanacaktır.

$$\tau_{deprem} = 0.65 \sigma_{vo} (0.4S_{DS}) r_d \quad (8B.5)$$

Burada σ_{vo} sınılaşma değeriendirilmesi 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) bağılı 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 RIHTIM 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, **6.3.1.1**'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, birinci aşamada YÖNTEM 1 kapsamında kullanılan KZE-A Yöntemi'nde ve 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.

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 şekildeğişimlerin hesaplanmasıdır.

(b) Kinematik etkileşim hesabının ikinci amacı, daha sonra eylemsizlik etkileşiminde kullanılmak üzere tabliyenin hemen altında tanımlanan *etkin tabliye hareketi*'nin belirlenmesidir. KZE-A yönteminde zemin yüzeyinde (tarama kotunda) tanımlanan sahaya özel deprem spektrumu, yaklaşık olarak *etkin tabliye hareketi* yerine gözönüne 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) Tabliyenin kütesinin gözönüne alınmadığı kinematik etkileşim hesabında her bir tabliye anosunda düzlem içi yerdeğişimler için rijit diyafram kabulü yapılacaktır.

(e) Kinematik etkileşimi hesapları ile sınırlı kalmak üzere, kazıkların tabliye bağlantısı yaklaşık olarak ankastre kabul edilebilir.

(f) Bir iskelenin farklı tarama kotlarına sahip anoları için kinematik etkileşim hesabı ortalama tarama kotu esas alınarak yapılabilir.

(g) Kinematik etkileşim hesabı KZE-A Yöntemi için **9.3.1**'de, KZE-B Yöntemi için ise **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 şekildeğişimlerin belirlenmesidir.

(b) Kazıkların kütlelerinin gözönüne alınmadığı eylemsizlik etkileşimi hesabı, rıhtım / iskele taşıyıcı sisteminin deprem hesabında zemin-kazık alt sisteminin rijitliğinin gözönüne 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) Eylemsizlik etkileşimi hesabı KZE-A Yöntemi için **9.3.2**'de, KZE-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 etkileşimi hesap yöntemlerinde, kazık-zemin altsistemi 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 kurallar **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 gözönüne 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 gözönüne alınacak olan kazıkların düğüm noktalarının 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-tabakaları 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 modellenecektir.

(a) KZE-A ve KZE-B Yöntemleri ile yapılacak *kinematik etkileşim hesapları* ile KKZE-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 *eylemsizlik etkileşimi hesapları*'nda kazık boyunca her bir düğüm noktasında eşdeğer-doğrusal tek bir p-y yayının gözönüne alınması yeterlidir.

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 gözönüne alınacaktır.

9.2.3.4 – Kazıklarda yatay deprem etkisi altında *grup etkisi*'nin yaklaşık olarak gözönüne alınması için **Denk.(9.1)**'de verilen ampirik bağıntı ile hesaplanan azaltma katsayıları β_G , p-y yayları için tanımlanan kuvvet-yerdeğiştirme eğrilerinin kuvvet (p) eksenine uygulanacaktır:

$$\beta_G = 0.2[(1 - \beta_{G1})s - (1 - 6\beta_{G1})] \quad (9.1)$$

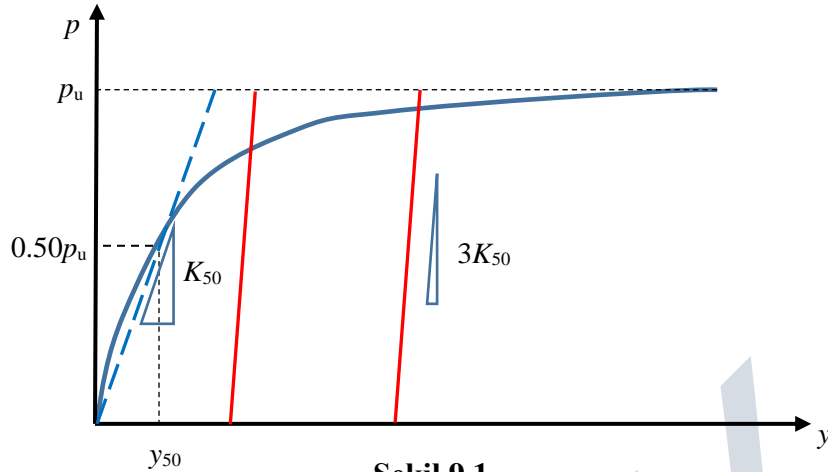
Burada s gözönüne alınan doğrultuda kazık sıraları ara uzaklığının kazık çapına oranını, β_{G1} ise her bir kazık sırası için farklı olarak uygulanacak bir katsayıyı göstermektedir. *Sadece-basınç yayları*'na uygulanmak üzere yanal basınca maruz en öndeki kazık sırası için $\beta_{G1} = 0.7$, onun arkasındaki 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 $s \leq 6$ 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 bağlamında, ilk yüklemeden 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**).

9.2.3.6 – Zaman tanım alanında yapılacak hesaplarda, bir yöndeki yüklemde zeminde meydana gelen yerdeğiştirmenin ters yöndeki yüklemde kapanana kadar öbür tarafta zemin tepkisi oluşmayacağını dikkate alan çevrimsel hesap modeli gözönüne alınacaktır.

9.2.4. Kazıkların Modellenmesi

KZE-A yönteminde kazıkların davranışı doğrusal olarak gözönüne alınacaktır. KZE-B ve KZE-C yöntemlerinde ise kazıklar **7.3.2**'de verilen kurallara göre modellenecektir.



Şekil 9.1

9.3. TABLİYE –KAZIK–ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN KZE–A YÖNTEMİ

Tabliye-kazık-zemin etkileşimi için KZE-A Yöntemi, birinci aşama hesapta YÖNTEM 1 kapsamında kullanılacaktır.

9.3.1. KZE-A Yöntemi ile Kinematik Etkileşim Hesabı

9.3.1.1 – KZE-A Yöntemi ile Kinematik Etkileşim Hesabı'nın ilk adımında **9.2.2'**e göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan serbest zemin davranış hesabı, taban kayasında tanımlanan 7 deprem kaydı için yapılacak ve daha sonra gözönüne alınacak olan kazıkların düğüm 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.

9.3.1.2 – 9.3.1.1'de elde edilen toplam deprem yerdeğiştirme profili, **6.3.1.1** ve **9.1.2'**e 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 adım-adım uygulanacaktır. Kazıklarda doğrusal davranış ile birlikte **9.2.3.4'**e göre grup etkisi gözönüne alınacaktır.

9.3.1.3 – Artımsal statik itme hesabı olarak yapılacak kinematik etkileşim hesabının çıktıları 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 doğrultudaki deprem için yapılan hesapta anolara arasındaki takozlarda enine doğrultuda oluşan kuvvetler de bu hesaptan elde edilecektir.

9.3.1.4 – Yapılan serbest zemin davranış hesabından yararlanılarak, **9.3.2'**deki eylemsizlik etkileşimi hesabında kullanılmak üzere, **8.6'**ya göre zemin yüzeyindeki *sahaya özel deprem spektrumu* elde edilecektir.

9.3.2. KZE-A Yöntemi ile Eylemsizlik Etkileşiminin Gözönüne Alınması

9.3.2.1 – KZE-A Yöntemi ile Eylemsizlik Etkileşimi'nde YÖNTEM 1 kapsamında 6.3.1.1 ve 9.1.3'e göre zemin, kazıklar ve tabliyeden oluşan birleşik taşıyıcı sistem modeli ile hesap yapılacaktır. Bu sistemde tabliyenin ve kazıkların kütleleri ile kazıkların su içindeki kısımlarında ek eşdeğer su kütleleri dikkate alınacaktır. Kazıklarda doğrusal elastik davranış gözönüne alınacaktır.

9.3.2.2 – Hesapta 9.3.1.4'e göre elde edilen *sahaya özel deprem spektrumu* kullanılacaktır.

9.3.2.3 – Kazıklar boyunca 9.2.3.2(b)'ye göre eşdeğer-doğrusal p-y yayları kullanılacaktır. Her bir yayın *eşdeğer-doğrusal rijitlik katsayısı*, 9.3.1.3'e göre yapılan kinematik etkileşim hesabında pasif p-y yayında elde edilen zemin tepki kuvvetinin aynı yaydaki görelî (rölatif) yerdeğiştirmeye bölünmesi ile elde edilecektir. t-z ve Q-Z yaylarında ise başlangıç rijitlikleri doğrusal rijitlikler olarak kullanılacaktır.

9.3.2.4 – Eylemsizlik etkileşimi hesabının çıktıları olarak YÖNTEM 1 kapsamında tabliyede ve kazıklarda oluşan yerdeğiştirmeler ve iç kuvvetler elde edilecektir.

9.3.3. 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.

9.4. TABLİYE –KAZIK–ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN KZE–B YÖNTEMİ

Tabliye-kazık-zemin etkileşimi için KZE-B Yöntemi, ikinci aşama 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 adımında 9.2.2'ye göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan serbest zemin davranış hesabı, taban kayasında tanımlanan 7 deprem kaydı için yapılacak ve daha sonra gözönüne alınacak olan kazıkların düğüm noktalarının hizalarında her bir deprem için toplam yerdeğiştirmelerin zamana göre değişimleri elde edilecektir.

9.4.1.2 – 9.4.1.1'de kazıklar boyunca zaman tanım alanında her bir deprem kaydı için elde edilen toplam deprem yerdeğiştirmeleri, 6.3.1.1, 7.3.2 ve 9.1.2'ye göre oluşturulan kazık-tabliye modelinde *dinamik yerdeğiştirme 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 altsistem hesabında, kazıklardaki grup etkisi *pasif* p-y yaylarında 9.2.3.4'e göre gözönüne alınacaktır. Tabliyenin kütlelerinin gözönüne alınmadığı kinematik etkileşim hesabında kazık kütleleri ve kazıkların su içindeki kısımlarında ek eşdeğer su kütleleri dikkate alınacaktır. Her bir tabliye anosunda düzlem içi yerdeğiştirmeler için rijit

diyafram kabulü yapılacaktır. Kinematik etkileşimi hesapları ile sınırlı kalmak üzere, kazıkların tabliye bağlantısı yaklaşık olarak ankastre kabul edilebilir.

9.4.1.3 – Zaman tanım alanında yapılacak kinematik etkileşim hesabının çıktıları olarak;

(a) Her bir deprem kaydı için tabliyenin hemen altında elde edilen toplam yerdeğiştirmeden yararlanılarak *etkin tabliye hareketi ivme spektrumu* hesaplanacaktır. Hesaplanan 7 spektrumda her bir periyot için spektral ivmelerin ortalamaları alınarak, eylemsizlik etkileşimi hesabında kullanılmak üzere *etkin tabliye tasarım ivme spektrumu* elde edilecektir.

(b) Her bir deprem kaydı için kazık yerdeğiştirmelerinin, pasif p-y yayları ile t-z ve Q-Z yaylarındaki zemin tepki kuvvetlerinin, kazıklarda oluşan iç kuvvetlerin ve eğer oluşmuş ise, plastik mafsal dönmelerinin zamana göre değişimleri ve bunların maksimum değerleri elde edilecektir. Özel olarak **9.1.2(c)**'de belirtildiği üzere rıhtımlarda boyuna doğrultudaki deprem için yapılan hesapta anolara arasındaki takozlarda enine doğrultuda oluşan kuvvetler de bu hesaptan elde edilecektir.

9.4.2. KKZE-B Yöntemi ile Eylemsizlik Etkileşiminin Gözönüne Alınması

9.4.2.1 – KKZE-B *Yöntemi ile Eylemsizlik Etkileşimi*'nde, **6.3.1.1**, **7.3.2** ve **9.1.3**'e göre oluşturulan kazık-tabliye modeli ile hesap yapılacaktır. Bu sistemde tabliyenin kütlesi gözönüne alınacak, kazıkların kütleleri ise hesaba katılmayacaktır.

9.4.2.2 – YÖNTEM 2.1 (*Karma Yöntem*) ile yapılan doğrusal elastik yerdeğiştirme talebi hesabında, kazıklarda doğrusal elastik davranış gözönüne alınacaktır.

9.4.2.3 – Hesapta deprem verisi olarak **9.4.1.3(a)**'ya göre tabliyenin hemen altında elde edilen *etkin tabliye tasarım ivme spektrumu* kullanılacaktır.

9.4.2.4 – Kazıklar boyunca **9.2.3.2(b)**'ye göre eşdeğer-doğrusal p-y, t-z ve Q-Z yayları kullanılacaktır. Her bir p-y yayının *eşdeğer-doğrusal rijitlik katsayısı*, kinematik etkileşim hesabından **9.4.1.3(b)**'ye göre her bir deprem kaydı için pasif p-y yayında elde edilen maksimum zemin tepki kuvvetlerinin ortalamasının aynı yayda benzer şekilde elde edilen ortalama 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 yerdeğiştirmeler ve iç kuvvetler bakımından kinematik ve eylemsizlik etkileşimi etkileri **9.3.3**'e göre birleştirileceklerdir.

9.5. TABLİYE –KAZIK–ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN KZE–C YÖNTEMİ

9.5.1 – Rıhtım/iskele-kazık-zemin etkileşimi için KKZE-C Yöntemi, ikinci aşama hesapta YÖNTEM 2.3 kapsamında kullanılacaktır. KKZE-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 – KKZE-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 gözönüne alınacak olan kazıkların düğüm noktalarının hizalarında her bir deprem için toplam yerdeğiştirmelerin zamana göre değişimleri elde edilecektir.

9.5.3 – **9.5.2**'de kazıklar boyunca zaman tanım alanında her bir deprem kaydı için elde edilen toplam deprem yerdeğiştirmeleri, **9.5.1**'de tanımlanan ortak sistem modelinde *dinamik yerdeğiştirme 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 gözönüne alınacaktır.

9.5.4 – Zaman tanım alanında yapılacak doğrusal olmayan ortak sistem hesabının çıktıları olarak her bir deprem kaydı rijitlik/iskele taşıyıcı sistemindeki tüm elemanların ve kazıkların yerdeğiştirmelerinin, iç kuvvetlerinin ve plastik şekildeğiştirmelerinin zamana göre değişimleri ve bunların maksimum değerleri elde edilecektir.

9.5.5 – Bu Yönetmelik'te kullanılması öngörülen ve yukarıda açıklanan etkileşim hesabına alternatif olarak, sadece ikinci aşamada YÖNTEM 2.3 kapsamında yapılacak doğrusal olmayan *ortak sistem etkileşim hesabı*'nda kullanılmak üzere zemin ortamının sonlu elemanlarla (veya sonlu farklarla) modellenmesini içeren yaklaşım, aşağıdaki kurallar çerçevesinde uygulanabilir:

(a) *Zemin ortamı*, **6.5.7**, **6.5.8** ve **6.5.9**'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 gözönüne alınması gereken kazıkların ve zemin ortamının düzlem şekildeğiştirme durumu için iki boyutlu olarak modellenmesine izin verilmez.

(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 iskeleyle yatay uzaklığı, her iki doğrultuda ve her iki tarafta ayrı ayrı olmak üzere, en az rijitlik veya iskele toplam uzunluğu kadar olacaktır.

(c) Zemin ortamının üç boyutlu *doğrusal olmayan* davranışı, deneysel verilerle uyumlu modeller kullanılarak gözönüne 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 bağlamında, 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 rıhtım ve iskelelerde kullanılacak betonarme betonu kalitesi en az C35, öngerilmeli beton kalitesi ise en az C45 olacaktır.

10.1.2 – DTS = 1,2,3 olan kazıklı rıhtım 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 rıhtım ve iskelelerde kullanılabilir.

10.2. KESİT HESAPLARINA İLİŞKİN GENEL KURALLAR

10.2.1 – Birinci aşama tasarımda betonarme kesit kesitler için *Taşıma Gücü Yöntemi* kapsamında *tasarım dayanımları* TS 500’e göre belirlenecektir.

10.2.2 – Birinci aşama tasarımda 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 tasarımda eğilme + aksel 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 rıhtım 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 tasarımında 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 Taşıma Gücü İlkesi

10.3.2.1 – Bu yönetmelikte, yüzeysel ve kazıklı temellerin geoteknik tasarımı için *taşıma gücü ilkesi* esas alınmıştır. Temel zeminin, olası göçme mekanizmalarına karşı gelen *tasarım taşıma gücü*’nün yeterliliği **Denk.(10.1)**’te verilen genel ifade ile sağlanacaktır:

$$E_t \leq R_t \quad (10.1)$$

Burada E_t statik ve depremi içeren yükleme durumları için yük katsayıları ile çarpılmış yüklere karşı gelen *tasarım etkileri*'ni, R_t ise ilgili göçme mekanizmasına karşı gelen *tasarım dayanımı*'ni 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 depremi içeren yükleme durumlarına ilişkin *tasarım dayanımı* R_t , *karakteristik dayanım* R_k 'nin *dayanım katsayısı* γ_R 'ye bölünmesi ile bulunacaktır.

$$R_t = \frac{R_k}{\gamma_R} \quad (10.2)$$

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 artışı meydana gelebilecek zeminlerde, toplam 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)**'da tanımlanan dayanım katsayısı γ_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

Dayanımın Türü	Dayanım Katsayısı Simgesi	Dayanım Katsayısı Değeri
Temel Taşıma Gücü	γ_{Rv}	1.4
Sürtünme Direnci	γ_{Rh}	1.2
Pasif Direnç	γ_{Rp}	1.4

10.3.3.2 – Statik ve deprem etkisini içeren yükleme durumlarının her birinde **Denk.(10.3)**'te verilen eşitsizlik sağlanacaktır:

$$q_o \leq q_t \quad (10.3)$$

Burada q_o temel seviyesinde etkiyen düşey yük, kesme ve moment etkilerinin oluşturduğu temel taban basıncıdır. q_t ise tasarım dayanımı R_t 'nin temel taşıma gücüne ilişkin karşılığıdır ve **Denk.(10.4)** ile tanımlanır:

$$q_t = \frac{q_k}{\gamma_{Rv}} \quad (10.4)$$

10.3.3.3 – Temel taşıma gücüne ilişkin *karakteristik dayanım* q_k **Denk.(10.5)** ile hesaplanacaktır.

$$q_k = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5\gamma B'N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma \quad (10.5a)$$

Denk.(10.5a)'da yer alan taşıma gücü katsayıları **Denk.(10.5b)**'de tanımlanmıştır:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2(45 + \phi'/2) \quad ; \quad N_c = (N_q - 1) \cot \phi' \quad ; \quad N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \phi' \quad (10.5b)$$

Denk.(10.5a)'da boyutsuz *düzeltilme katsayıları* olarak yer alan *temel şekli katsayıları* s_c, s_q, s_γ ; *derinlik katsayıları* d_c, d_q, d_γ ; *yüklemeye eğikliği katsayıları* i_c, i_q, i_γ ; *temel zemini eğimi katsayıları* g_c, g_q, g_γ ve *temel taban eğimi katsayıları* b_c, b_q, b_γ literatüre dayanan ve genel kabul görmüş bağıntılar 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 yumuşak killer ve suya doymuş gevşek-orta sıkı kohezyonsuz zeminlerde, çevrimsel yüklemeler altında boşluk suyu basıncı artışları ile, olası dayanım ve rijitlik kaybı dikkate alınarak temel altı yerdeğiştirmeleri genel kabul gören geoteknik mühendisliği yaklaşımları ile hesaplanacaktır.

10.3.3.6 – Yatayda kayma ile ilgili olarak statik ve depremi içeren yüklemelerinin 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 etkiyen *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:

$$R_{th} = \frac{P_{tv} \tan \delta}{\gamma_{Rh}} \quad (10.7)$$

Burada, P_{tv} temel tabanına etkiyen tasarım düşey basınç kuvvetini, δ 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:

$$R_{pt} = \frac{R_{pk}}{\gamma_{Rp}} \quad (10.8)$$

Tablo 10.2. Yüzeysel Temeller ile Zemin Arasındaki Sürtünme Katsayısı

Sürtünme Arayüzeyi	tan δ
Önüretimli beton - yerinde dökme beton	0.5
Önüretimli beton - taban kayası	0.5
Yerinde dökme su altı betonu - taban kayası	0.75
Önüretimli beton (düz yüzeyli) - taş sergi	0.6
Önüretimli beton (pürüzlendirilmiş) - 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 yaklaşımlarından biri uygulanabilir. Taşıma gücü;

- (a) Statik yükleme deney sonuçlarından elde edilen veriler kullanılarak hesaplanabilir.
- (b) Zemin araştırmalarından elde edilen zemin özellikleri kullanılarak hesaplanabilir.
- (c) Statik yükleme deneyleri ile geçerliliği sağlanmış dinamik yükleme deneylerinden elde edilen sonuçlar kullanılarak hesaplanabilir.

10.3.4.2 – Kazıklı temellerin düşey taşıma gücü hesabında, zemin araştırmaları ve yükleme 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 γ_R uygulanacaktır.

10.3.4.3 – **Tablo 10.3**'te kazık yükleme deneyi yapılması durumu için verilen dayanım katsayısı değerleri, her ayak altında en az bir adet yükleme 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 yükleme durumlarının her birinde **Denk.(10.9)**'deki eşitsizlik sağlanacaktır:

$$P_{tv} \leq Q_{tv} \quad (10.9)$$

Burada P_{tv} kazığa etkiyen düşey tasarım kuvvetidir. Q_{tv} ise kazığın düşey tasarım dayanımını göstermektedir ve **Denk.(10.10a)** veya **Denk.(10.10b)** ile tanımlanır:

$$Q_{tv} = \frac{Q_{ks}}{\gamma_{Rs}} + \frac{Q_{ku}}{\gamma_{Ru}} \quad (10.10a)$$

veya

$$Q_{tv} = \frac{Q_{ktv}}{\gamma_{Rt}} \quad (10.10b)$$

Burada Q_{ks} ve Q_{ku} kazığın karakteristik çevre sürtünmesi direncini ve karakteristik uç direncini, Q_{ktv} ise karakteristik toplam kazık taşıma gücünü göstermektedir.

Tablo 10.3. Kazıklı Temeller İçin Dayanım Katsayıları

Dayanımın Türü	Dayanım Katsayısı Simgesi	Dayanım Katsayısı Değeri	
		Kazık yükleme deneyi yapılmamış ise	Kazık yükleme deneyi yapılmış ise
Çevre sürtünmesi (basınç)	γ_{Rsb}	1.5	1.3
Çevre sürtünmesi (çekme)	γ_{Rsc}	1.6	1.4
Uç direnci	γ_{Ru}	2.0	1.5
Toplam taşıma gücü (basınç)	γ_{Rt}	—	1.4

10.3.4.5 – Kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerde birim çevre ve birim uç dirençleri literatüre dayanan ve genel kabul görmüş bağıntılar kullanılarak hesaplanabilir. Taşıma gücü hesabında kazık imalat yönteminin etkisi dikkate alınmalıdır.

10.3.4.6 – Grup davranışı gösterecek kazıklı temelerde 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 – KLÖS = 1,2 ve DTS = 1,2 olan rıhtım ve iskelelerin kazıklı temellerinde, en az iki adet statik yükleme deneyi yapılarak tasarım kabullerinin yerinde doğrulandığı kanıtlanacaktır.

10.3.4.8 – Statik ve deprem etkisini içeren yükleme durumlarının her birinde **Denk.(10.11)**'de verilen eşitsizlik sağlanacaktır:

$$P_{ty} \leq Q_{ty} \quad (10.11)$$

Burada P_{ty} kazığa etkiyen yanal tasarım kuvvetidir. Q_{ty} 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 kurallara ek olarak kazıkların yapısal tasarımına ilişkin kurallar ve koşullar bu bölümde verilmiştir.

10.4.1. Kesit Koşulları

10.4.1.1 – Betonarme ve öngerilmeli betonarme kazıkların minimum çapı 40 cm olacaktır.

10.4.1.2 – Çelik boru kazıkların et kalınlıkları **Denk.(10.12)** ile verilen koşulu sağlayacaktır:

$$\frac{D}{t} \leq c \frac{E_s}{f_{yk}} \leq 80 \quad (10.12)$$

Burada D boru kazık çapını, t ise et kalınlığını göstermektedir.

(a) KLÖS = 1,2 ve DTS = 1,2 olan rıhtım ve iskelelerde, boru kazığın içinin doğal olarak zemin ile dolu olması veya granüle 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 rıhtım ve iskeleler ile KLÖS = 3 olan tüm rıhtım ve iskelelerde (a)'da verilen c değerleri %50 arttırılabilir.

10.4.1.3 – Çelik kazıkların betonarme temele (kazık başlığına) monolitik bağlantıları, kazıkların tepesinde en az iki kazık çapı derinliğinde düzenlenecek betonarme tıplar ile yapılacaktır. Tıplardaki boyuna donatı, kazık tepesinde hesaplanan eğilme momenti ve eksenel kuvveti betonarme kesit olarak aktaracak şekilde düzenlenecektir. Tıpa yüksekliği boyunca **10.4.3**'te plastik mafsal 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 rıhtım/iskelelerde 0.01'den, DTS = 3,4 olan rıhtım/iskelelerde ise 0.008'den az olmayacaktır.

10.4.3. Enine Donatı Koşulları

10.4.3.1 – Kazıklarda *plastik mafsal etki bölgesi* boyunca ve bölgenin dışında uygulanacak minimum enine donatı koşulları aşağıda tanımlandığı gibi olacaktır. *Plastik mafsal etki bölgesi*'nin uzunluğu, kazık çapının 1.5 katının ve kazık başlığı bağlantısı için **7.2.4.2**'de veya zemin içinde **7.2.4.3**'te tanımlanan *plastik mafsal boyu*'nun büyüğü olarak alınacaktır.

10.4.3.2 – KLÖS = 1,2 ve DTS = 1,2 olan rıhtım ve iskelelerde plastik mafsal etki bölgesi boyunca kullanılacak minimum enine donatı hacimsel oranı aşağıda verilmiştir:

$$\rho_s = \frac{4A_{sp}}{D_o s} \geq 0.12 \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \quad (10.13)$$

10.4.3.3 – KLÖS = 1,2 ve DTS = 3 olan rıhtım ve iskelelerde plastik mafsal 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 rıhtım ve iskelelerde plastik mafsal etki bölgesi dışında kullanılacak minimum enine donatı miktarı, plastik mafsal etki bölgesi boyunca kullanılacak minimum enine donatının yarısı kadar olacaktır.

10.4.3.5 – KLÖS = 3 olan tüm rıhtım ve iskeleler ile KLÖS = 1,2 ve DTS = 4 olan rıhtım 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 mafsal 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 mafsal 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 rıhtım ve iskeleleri oluşturan anolar arasında enine doğrultuda kuvvet aktarımı amacı ile yapılan kesme takozlarının kesme kuvvet kapasitesi V_n , kesme sürtünmesi esasına göre **Denk.(10.14)** ile hesaplanabilir.

$$V_n = c_t A_{ct} + \mu A_{st} f_y \quad (10.14)$$

Burada A_{ct} kesme takozunun arayüz alanını, c_t ve μ 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_{yd} , ikinci aşamada ise ortalama (beklenen) dayanım f_{ye} kullanılacaktır. Arayüz kohezyon katsayısı c_t , yağdan arındırılarak temizlenmiş, en az 6 mm'lik pürüzlerle pürüzlendirilmiş alt beton için $c_t = 2$ 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 *şekildeğiştirmeye göre değerlendirme* yaklaşımı ile yapılacaktır.

11.1.2 – Mevcut kazıklı rihtim ve iskelelerin birinci aşama performans değerlendirmesinde **Bölüm 3**'te birinci aşama için tanımlanan DD-2a ve DD-3 deprem düzeyleri aynen uygulanacak, ancak performans hedefi olarak yeni yapılacak kazıklı rihtim ve iskeleler için kullanılan *Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Hedefi* yerine *Sınırlı Hasar (SH) Performans Hedefi* esas alınacaktır.

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.

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0.004 \quad ; \quad \varepsilon_s^{(SH)} = 0.015 \quad (11.1)$$

(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.

$$\theta_p^{(SH)} = (\phi^{(SH)} - \phi_Y) L_p \quad (11.2)$$

Burada $\phi^{(SH)}$, mevcut boyuna ve enine donatı miktarları ve mevcut dayanımlar ile **Denk.(11.1)**'de verilen birim *şekildeğiştirme kapasiteleri* esas alınarak hesaplanan eğriliği göstermektedir. **7.5.3**'te tanımlanan plastik dönme – eksenel kuvvet diyagramları da **Denk.(11.2)**'ye göre düzenlenecektir.

(e) Yeni yapılacak kazıklı rihtim ve iskeleler için **7.5.4**'te tanımlanan kesme kuvveti kapasiteleri, mevcut boyuna ve enine donatı miktarları ve mevcut dayanımlar gözönüne alınarak hesaplanacaktır.

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

11.2.1 – Yeni yapılacak kazıklı rihtim ve iskeleler için **Bölüm 7**'de tanımlanan ikinci aşama deprem düzeyleri, modelleme kuralları, hesap yöntemleri ve performans değerlendirme kriterleri mevcut kazıklı rihtim ve iskeleler için de aynen geçerlidir.

11.2.2 – **Bölüm 3**'te $KLÖS = 2$ olan kazıklı rihtim ve iskeleler için kullanılması öngörülen *Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Hedefi*, İdare'nin onayı ile ikinci aşamada $KLÖS = 1$ olan mevcut kazıklı rihtim ve iskeleler için de kullanılabilir.

11.2.3 – Birinci aşama performans değerlendirmesi için **11.1.3(e)**'de verilen kural ikinci aşama için de geçerlidir.