



T.C.
ULAŖTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIğI
KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜğÜ
SANAT YAPILARI DAİRESİ BAŖKANLIđI



ULAŖIM VE DAğITIM TESİSLERİ İÇİN
DEPREM YÖNETMELİKLERİ HAZIRLANMASI
VE MÜŖAVİRLİK HİZMETLERİ DANIŖMANLIK
HİZMET ALIMI İŖİ

**YÜKSEL
PROJE**

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

**Hava Meydanı Yapıları
(Sektör: UlaŖım Tesisleri – A4)**

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

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

BÖLÜM 3 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA HAVA MEYDANI YAPILARI İÇİN PERFORMANSA GÖRE DEĞERLENDİRME VE TASARIM ESASLARI

- 3.1. HAVA MEYDANI YAPILARININ PERFORMANSA GÖRE DEĞERLENDİRME VE TASARIM İLKELERİ
- 3.2. HAVA MEYDANI YAPILARI ÖNEM SINIFLARI
- 3.3. DEPREM TASARIM SINIFLARI

- 3.4. DEPREM ETKİSİ ALTINDA HAVA MEYDANI YAPILARI İÇİN SÜNEK DAVRANIŞ İLKELERİ
- 3.5. HAVA MEYDANI YAPILARI PERFORMANS DÜZEYLERİ VE PERFORMANS HEDEFLERİ
 - 3.5.1. Hava Meydanı Yapıları Performans Düzeyleri
 - 3.5.2. Hava Meydanı Yapıları Performans Hedefleri
- 3.6. DEPREM ETKİSİ ALTINDA HAVA MEYDANI YAPILARI İÇİN İKİ AŞAMALI TASARIM
 - 3.6.1. Birinci Aşama Hesap – Tasarım – Değerlendirme
 - 3.6.2. İkinci Aşama Hesap – Değerlendirme – Tasarım
- 3.7. TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞI KRİTİK OLAN VE KRİTİK OLMAYAN HAVA MEYDANI YAPILARI
- 3.8. DEPREM ETKİSİ ALTINDA HESAP VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİNİN KULLANILMASINA İLİŞKİN KURALLAR
- 3.9. YAPI – KAZIK – ZEMİN ETKİLEŞİMİNİN GÖZÖNÜNE ALINMASI

BÖLÜM 4 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA HAVA MEYDANI YAPILARININ BİRİNCİ AŞAMA HESAP – TASARIM – DEĞERLENDİRME KURALLARI

- 4.1. AMAÇ VE KAPSAM
- 4.2. DEPREM ETKİSİNİN TANIMLANMASI VE DİĞER ETKİLERLE BİRLEŞTİRİLMESİ
 - 4.2.1. Yatay Deprem Etkisi
 - 4.2.2. Düşey Deprem Etkisi
 - 4.2.3. Yatayda Birbirine Dik Doğrultulardaki Depremlerden Oluşan Etkilerin Birleştirilmesi
 - 4.2.4. Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi
- 4.3. BİRİNCİ AŞAMADA HAVA MEYDANI YAPILARI TAŞIYICI SİSTEMLERİNİN MODELLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR
- 4.4. BİRİNCİ AŞAMADA DEPREM HESAP YÖNTEMLERİ
- 4.5. BİRİNCİ AŞAMADA TAŞIYICI SİSTEM TASARIMI VE DAYANIMA GÖRE DEĞERLENDİRME
 - 4.5.1. Kapsam
 - 4.5.2. Birinci Aşamada Tasarım
 - 4.5.3. Birinci Aşamada Sünek Davranışa Sahip Elemanlar İçin Dayanıma Göre Değerlendirme
 - 4.5.4. Birinci Aşamada Sünek Olmayan Davranışa Sahip Elemanlar İçin Dayanıma Göre Değerlendirme
 - 4.5.5. Birinci Aşamada Görelî Kat Ötelemelerinin Değerlendirilmesi

BÖLÜM 5 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA HAVA MEYDANI YAPILARININ İKİNCİ AŞAMA HESAP – DEĞERLENDİRME – TASARIM KURALLARI

- 5.1. AMAÇ VE KAPSAM
- 5.2. DEPREM ETKİSİNİN TANIMLANMASI VE DİĞER ETKİLERLE BİRLEŞTİRİLMESİ

- 5.2.1. Yatay Deprem Etkisi
- 5.2.2. Düşey Deprem Etkisi
- 5.2.3. Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi
- 5.3. DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞ MODELLERİ
- 5.4. İKİNCİ AŞAMADA TAŞIYICI SİSTEMLERİN MODELLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR
- 5.5. İKİNCİ AŞAMADA DEPREM HESAP YÖNTEMLERİ
 - 5.5.1. Kapsam
 - 5.5.2. YÖNTEM 2: İtme Hesabı
 - 5.5.3. YÖNTEM 3: Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Deprem Hesabı
- 5.6. İKİNCİ AŞAMADA ŞEKİLDEĞİŞTİRMEYE GÖRE DEĞERLENDİRME VE TASARIM
 - 5.6.1. Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri
 - 5.6.2. Plastik Dönme Kapasiteleri
 - 5.6.3. Plastik Dönme – Eksenel Kuvvet Etkileşim Diyagramları
 - 5.6.4. Azaltılmış Şekildeğiştirme Kapasiteleri
 - 5.6.5. Betonarme Elemanlarda Kesme Kuvveti Kapasitesi
 - 5.6.6. Betonun Kesme Kuvveti Kapasitesi
 - 5.6.7. Enine Donatının Kesme Kuvveti Kapasitesi

EK 5A – BETON VE DONATI ÇELİĞİ İÇİN GERİLME – BİRİM ŞEKİLDEĞİŞTİRME BAĞINTILARI

- 5A.0. SİMGELER
- 5A.1. SARGILI VE SARGISIZ BETON MODELLERİ
- 5A.2. DONATI ÇELİĞİ MODELİ

EK 5B – BETONARME KESİTLERDE ETKİN KESİT EĞİLME RİJİTLİĞİ, ETKİN AKMA MOMENTİ VE ETKİN AKMA YÜZEYİ

- 5B.1. MOMENT – EĞRİLİK HESABI: ETKİN KESİT EĞİLME RİJİTLİĞİ VE ETKİN AKMA MOMENTİ
- 5B.2. ETKİN AKMA YÜZEYLERİ

EK 5C – ARTIMSAL MOD BİRLEŞTİRME (AMB) YÖNTEMİ İLE ÇOK MODLU İTME HESABI

- 5C.0. SİMGELER
- 5C.1. GİRİŞ
- 5C.2. ARTIMSAL DEPREM YÜKLERİ VE ARTIMSAL YERDEĞİŞTİRMELER
- 5C.3. MODAL KAPASİTE DİYAGRAMLARI
- 5C.4. MODAL ÖLÇEKLENDİRME
- 5C.5. ARTIMSAL MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ İLE İTME HESABI ALGORİTMASI
- 5C.6. MAKSİMUM DAVRANIŞ BÜYÜKLÜKLERİNİN BELİRLENMESİ
- 5C.7. ÖZEL DURUMLAR
- 5C.8. REFERANSLAR

BÖLÜM 6 – ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN VE DEPREM ETKİSİ ALTINDA ZEMİN DAVRANIŞININ BELİRLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR

6.1. KAPSAM

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

6.2.1. Zemin Araştırmaları

6.2.2. Zemin Araştırma Raporları: Veri Raporu ve Geoteknik Rapor

6.3. ZEMİN PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

6.4. YEREL ZEMİN SINIFLARININ BELİRLENMESİ

6.5. ZEMİN ORTAMININ DOĞRUSAL OLMAYAN DİNAMİK MODELLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR

6.6. ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN SERBEST ZEMİN DAVRANIŞ HESABI

6.7. DEPREM ETKİSİ ALTINDA ZEMİN SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

6.8. DEPREM ETKİSİ ALTINDA YANAL YAYILMA ETKİLERİ

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

6.10. DEPREM ETKİSİ ALTINDA STATİK-EŞDEĞER ZEMİN VE SU BASINÇLARI

6.10.1. Zemin Basınçları

6.10.2. Duvar Arkası Su Seviyesinin Zemin Basıncına Etkisi

6.10.3. Su Basınçları

6.10.4. Bodrum Perdelerine Etkiyen Statik ve Dinamik Zemin Basınçları

6.11. DEPREM ETKİSİ ALTINDA ŞEVLERİN VE DAYANMA YAPILARININ TOPTAN GÖÇMEYE KARŞI DURAYLILIĞI

6.11.1. Genel

6.11.2. Eşdeğer-Statik Limit Denge Hesabı Yöntemi

6.11.3. Newmark Kayan Blok Yöntemi

EK 6A – ZEMİN ARAŞTIRMALARI İÇİN GENEL KURALLAR

6A.1. ZEMİN ARAŞTIRMA SONDAJLARI

6A.2. ARAZİ DENEYLERİ

6A.3. LABORATUVAR DENEYLERİ

EK 6B – BASİTLEŞTİRİLMİŞ ZEMİN SIVILAŞMA DEĞERLENDİRMESİ

6B.1. KAPSAM

6B.2. SPT VERİLERİNİN DÜZELTİLMESİ

6B.2.1. Ham SPT Verilerinin Düzeltilmesi

6B.2.2. SPT Verilerinin İnce Dane İçeriğine Göre Düzeltilmesi

6B.3. SIVILAŞMA DİRENCİNİN HESAPLANMASI

6B.4. DEPREMDE OLUŞAN KAYMA GERİLMESİNİN HESAPLANMASI

EK 6C – p-y, t-z ve Q-Z YAYLARI İÇİN KAYNAKLAR

6C.1. p-y YAYLARI İÇİN KAYNAKLAR

6C.2. SIVILAŞMA OLUŞAN ZEMİNLERDE p-y YAYLARI İÇİN KAYNAKLAR

6C.3. t-z VE Q-Z YAYLARI İÇİN KAYNAK

BÖLÜM 7 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA HAVA MEYDANI YAPILARINDA YAPI – KAZIK – ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN HESAP KURALLARI

7.1. KAPSAM

7.2. ZEMİN DEPREM DAVRANIŞININ VE KAZIK – ZEMİN ETKİLEŞİMİNİN MODELLENMESİ

7.2.1. Genel Modelleme Yaklaşımı

7.2.2. Serbest Zemin Davranış Hesabı

7.2.3. Kazık – Zemin Etkileşiminin Modellenmesi

7.2.4. Kazıkların ve Kazık Başlığının Modellenmesi

7.3. YAPI-KAZIK-ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN YZE-A YÖNTEMİ

7.3.1. YZE-A Yöntemi ile Kinematik Etkileşim Hesabı

7.3.2. YZE-A Yöntemi ile Eylemsizlik Etkileşiminin Gözönüne Alınması

7.3.3. Kinematik ve Eylemsizlik Etkileşimi Sonuçlarının Birleştirilmesi

7.4. YAPI-KAZIK-ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN YZE-B YÖNTEMİ

7.4.1. YZE-B Yöntemi ile Kinematik Etkileşim Hesabı

7.4.2. YZE-B Yöntemi ile Eylemsizlik Etkileşiminin Gözönüne Alınması

7.4.3. Kinematik ve Eylemsizlik Etkileşimi Sonuçlarının Birleştirilmesi

7.5. YAPI-KAZIK-ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN YZE-C YÖNTEMİ

7.6. YÜZEYSEL VE ZEMİNE KISMEN GÖMÜLÜ TEMELLER İÇİN YAPI-ZEMİN EYLEMSİZLİK ETKİLEŞİMİ

BÖLÜM 8 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA HAVA MEYDANI YAPILARI TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ TASARIMINA İLİŞKİN KURALLAR

8.1. KESİT HESAPLARINA İLİŞKİN GENEL KURALLAR

8.2. BETONARME VE ÇELİK TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ TASARIMINA İLİŞKİN KURALLAR

8.3. TEMELLERİN TASARIMINA İLİŞKİN KURALLAR

8.3.1. Temel Tasarımında Esas Alınacak Kuvvetler

8.3.2. Temellerin Geoteknik Tasarımına İlişkin Kurallar

8.3.3 Kazıkların Yapısal Tasarımına İlişkin Koşullar

BÖLÜM 9 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA MEVCUT HAVA MEYDANI YAPILARININ PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ VE GÜÇLENDİRME TASARIMINA İLİŞKİN GENEL KURALLAR

9.1. MEVCUT HAVA MEYDANI YAPILARININ DEPREM ETKİSİ ALTINDA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİNE İLİŞKİN GENEL KURALLAR

9.1.1. Mevcut Yapılardan Bilgi Toplanması

9.1.2. Deprem Etkisi Altında Mevcut Hava Meydanı Yapıları İçin Birinci Aşama Performans Değerlendirmesi



9.1.3. Deprem Etkisi Altında Mevcut Hava Meydanı Yapıları İçin İkinci Aşama
Performans Değerlendirmesi

9.2. MEVCUT HAVA MEYDANI YAPILARININ DEPREM ETKİSİ ALTINDA
GÜÇLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN GENEL KURALLAR

9.2.1. Sargı Mantosu

9.2.2. Dayanım Arttırma Mantosu

TASLAK

SİMGELER

- A_c = Temel altında basınç gerilmelerinin oluştuğu 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_{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_{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_{yn} = n'inci moda ait eşdeğer akma ivmesi [m/s^2]
- B' = Etkin temel genişliği [m]
- b_c, b_q, b_γ = Temel taban eğimi düzeltme katsayıları
- b_m = Sargı mantosunda kolon alt ve uçları ile komşu elmanlar arasında bırakılacak boşluk (yaklaşık 50 mm)
- 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_{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_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_{su} = Su altındaki duvar yüksekliği [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
- $(EI)_e$ = Yığılı plastik davranışına göre modellenen kolon, kiriş, bağ kirişi veya perdenin etkin kesit rijitliği [kNm²]
- 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_{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]
G_{max}	= Maksimum 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	= Dayanma yapısı toplam yüksekliği [m]
H	= Yatay zemin ve su itkisi simgesi
$HMÖS$	= Hava Meydanı Yapısı Önem Sınıfı simgesi
h_0	= 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	= Tipik toplam (statik+dinamik) toprak basıncı katsayısı
K_a	= Toplam (statik+dinamik) aktif toprak basıncı katsayısı
K_p	= Toplam (statik+dinamik) pasif toprak basıncı katsayısı

KH	=	Kontrollü Hasar Performans Düzeyi / Hedefi simgesi
KK	=	Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi / Hedefi simgesi
k_e	=	Sargılama etkinlik katsayısı
k_h	=	Statik-eşdeğer yatay deprem katsayısı
k_v	=	Statik-eşdeğer düşey deprem katsayısı
L_p	=	Plastik mafsal boyu [mm]
L_{pm}	=	Sargı mantolu kolonda 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_j	=	j'inci düğüm noktası kütlesi [t]
N	=	Eksenel kuvvet [kN]
N	=	Standart penetrasyon deneyi (SPT) darbe 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 aksenal 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 aksenal 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_t	=	Dayanma yapısına etkiyen toplam (statik ve dinamik) toprak basıncının bileşkesi
P_{su}	=	Bileşke statik su basıncı [kN/m ²]
P_{tv}	=	Temel tabanına etkiyen tasarım düşey basınç kuvveti, kazığa etkiyen düşey tasarım kuvveti [kN]

P_{ty}	= Kazığa etkiyen yanal tasarım kuvveti [kN]
p_{su}	= Statik 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_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_{yn}	= n'inci moda ait akma dayanımı azaltma katsayısı
r	= Statik-eşdeğer deprem azaltma katsayısı
$r_j^{(X,i)}$	= (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)
$S_{ae}(T)$	= Yatay elastik tasarım spektral ivmesi [g]
$S_{aeV}(T)$	= Düşey 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 tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
- $S_{de}(T)$ = Yatay elastik tasarım spektral yerdeğiştirme [m]
- $S_{den}^{(X,p)}$ = (X) doğrultusundaki deprem etkisi altında n'inci moda ait doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme [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_p = Yapının 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]
- t_m = Çelik manto et kalınlığı [mm]
- UU = "Konsolidasyonsuz – Drenajsız" simgesi

- $\ddot{u}_g^{(X)}(t)$ = (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]
- w = Doğal su içeriği
- YM** = Yeterli titreşim modu sayısı
- ZA,....ZF** = Yerel zemin sınıfları simgeleri
- z = Su yüzeyinden aşağıya doğru ölçülen yükseklik [m]
- \bar{z} = Statik-eşdeğer dinamik su basıncının bileşkesinin su yüzeyinden ölçülen derinliği [m]
- α_{jk} = (j) plastik kesidinde etkiyen momentle ilgili olarak (k)'inci akma çizgisini tanımlayan katsayı
- β = Duvar arkası zemin yüzeyinin yataya göre eğim açısı [derece]
- β_G = Kazıklarda grup etkisinin yaklaşık olarak gözönüne alınması için ampirik azaltma katsayısı
- β_{jk} = (j) plastik kesidindeki aksenal kuvvetle ilgili olarak (k)'inci akma çizgisini tanımlayan katsayı
- $\Delta a_n^{(X,i)}$ = (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
- ΔP_{su} = Bileşke statik-eşdeğer su basıncı [kN/m^2]
- Δp = Depremden meydana gelen ek zemin basıncı [kN/m^2]
- $\Delta p_{su}(z)$ = Statik-eşdeğer dinamik su basıncının su derinliği boyunca değişimi [kN/m^2]
- 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_d = 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
- $\Phi_{jxn}^{(i)}$ = (i)'inci itme adımında, o adımdaki plastik mafsal konfigürasyonu gözönüne alınarak belirlenen n'inci mod şeklinin j noktasında (x) doğrultusundaki genliği
- $\Phi_{jyn}^{(i)}$ = (i)'inci itme adımında, o adımdaki plastik mafsal konfigürasyonu gözönüne alınarak belirlenen n'inci mod şeklinin j noktasında (y) doğrultusundaki genliği
- $\Phi_{jzn}^{(i)}$ = (i)'inci itme adımında, o adımdaki plastik mafsal konfigürasyonu gözönüne alınarak belirlenen n'inci mod şeklinin j noktasında (z) doğrultusundaki genliği

ϕ'	= Zeminin efektif kayma direnci açısı [derece]
ϕ'_d	= Zeminin tasarım kayma direnci açısı [derece]
ϕ_y	= Donatıda ilk akmaya karşı gelen eğrilik [m^{-1}]
ϕ_Y	= Etkin akma eğriliği [m^{-1}]
ϕ_u	= Maksimum eğrilik [m^{-1}]
$\Gamma_n^{(X)}$	= 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
γ	= Zeminin suya doymun birim hacim ağırlığı [kN/m^3]
γ_k	= Zeminin kurudaki birim hacim ağırlığı [kN/m^3]
γ_{su}	= Suyun birim hacim ağırlığı [kN/m^3]
γ^*	= Zeminin tipik 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
λ_G	= Etkin kayma modülü azaltma katsayısı
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 mafsallık 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 açılal frekans
- $\omega_n^{(p)}$ = En sondaki (i=p) itme adımında n'inci titreşim moduna ait doğal açılal frekans [rad/s]
- ω_s = Mekanik hacimsel enine donatı oranı
- μ_d = Yerdeğiştirme süneklik oranı talebi
- ψ = Duvar arka yüzeyinin duvar tabanı ile yaptığı açı [derece]
- ρ = Zeminin birim hacim kütlesi [t/m³]
- 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/m³]
- $\tau_{cy,u}$ = Drenajsız kayma mukavemeti [kPa]
- τ_{deprem} = Zeminde depremden oluşan ortalama tekrarlı kayma gerilmesi [kPa]
- τ_R = Zeminin sıvılaşma direnci [kPa]
- θ = Statik-eşdeğer deprem katsayısına bağlı açı [rad]
- $\theta_p^{(KH)}$ = 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]

BÖLÜM 1 – GENEL HÜKÜMLER

1.1. KAPSAM

1.1.1 – Bu Yönetmelik hükümleri yeni yapılacak hava meydanı yapılarının deprem etkisi altında tasarımı ile mevcut hava meydanı yapılarının değerlendirilmesi için uygulanır.

1.1.2 – Bu Yönetmelik kapsamında yer alan hava meydanı yapıları üç ana sınıfa ayrılmıştır.

- (a) Terminal ve Servis Binaları
- (b) Hava Trafik Kontrol Yapısı
- (c) Diğer Yapılar

1.2. GENEL İLKELER

1.2.1 – Bu Yönetmelik’e göre deprem etkisi altında yeni yapılacak hava meydanı yapılarının tasarımında ve mevcut hava meydanı yapılarının 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 hava meydanı yapıları için performansa göre değerlendirme ve tasarım esasları kapsamında *Hava Meydanı Yapıları Önem Sınıfları* ve *Hava Meydanı Yapıları Performans Hedefleri* ile uygulanacak değerlendirme ve tasarım yaklaşımları **Bölüm 3**’te tanımlanmıştır.

1.2.3 – Standart yapılar için uygulanacak modelleme, hesap ve tasarım kuralları bu Yönetmelik’te verilmiştir. Özel 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 **2.4.1**’de belirtilen *Sahaya Özel Deprem Tehlikesi Hesapları* ve **2.5**’e göre *Zaman Tanım Alanında Deprem Yer Hareketlerinin Tanımlanması*



(b) **Bölüm 5** kapsamında **5.5.2.4**'e göre *Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile Çok Modlu İtme Hesabı* ve **5.5.3**'e göre *Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ile Deprem Hesabı*

(c) **Bölüm 7** kapsamında **7.4**'e göre *YZE-B Yöntemi ile* ve **7.5**'e göre *YZE-C Yöntemi ile* yapılacak doğrusal olmayan *Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi Hesapları*

TASLAK

BÖLÜM 2 – DEPREM YER HAREKETİ

2.1. DEPREM TEHLİKE HARİTALARI

2.1.1 – Hava meydanı 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*'ni 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 – **6.4**'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 – **Tablo 6.1**'de tanımlanan ZF yerel zemin sınıfına giren zeminler için *sahaya özel zemin davranış analizleri*, yapı-kazık-zemin etkileşimi hesaplarında kullanılmak üzere, **6.6**'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

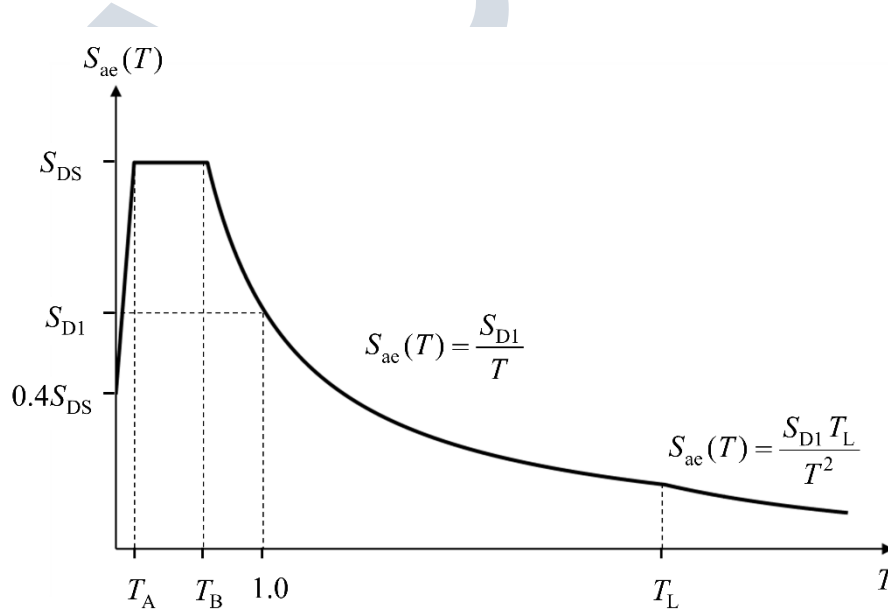
Tablo 2.2 – 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları

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

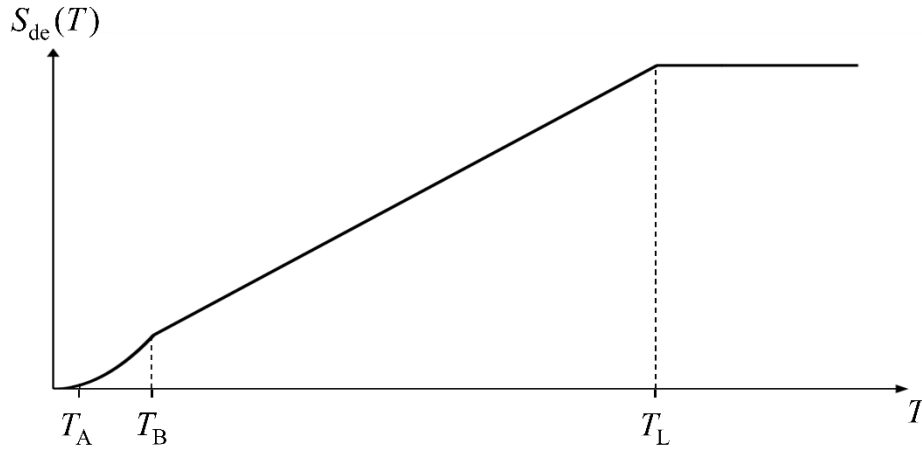
Burada S_{DS} ve S_{D1} 2.3.2.2’de tanımlanan *tasarım spektral ivme katsayıları*’nı, T ise doğal titreşim periyodunu göstermektedir. Yatay tasarım spektrumu *köşe periyotları* T_A ve T_B Denk.(2.3) ile S_{DS} ve S_{D1} ’e bağlı olarak tanımlanır:

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

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.

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

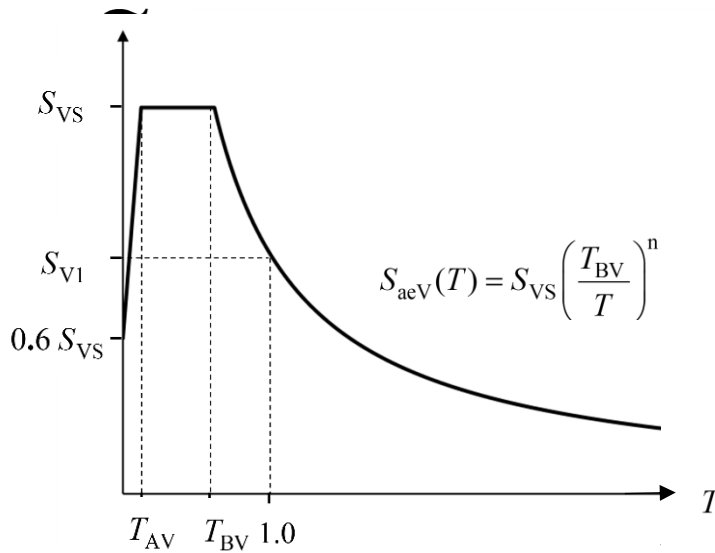
Buradaki C_L terimi ve **Denk.(2.5)**'te yer alan üssel sayı n **Denk.(2.7)** ile belirlenecektir.

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

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 Hava Meydanı Yapısı Önem Sınıfı HMÖS =1 ve aynı zamanda **3.3**'e göre Deprem Tasarım Sınıfı DTS = 1,2 olan hava meydanı 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 6.6'ya göre *sahaya özel zemin davranış analizleri* yapılabilir.

2.4.3.2 – Sahaya özel zemin davranış analizleri **Bölüm 7**'ye göre yapılacak *yapı-kazık-zemin kinematik ve eylemsizlik etkileşimi* hesaplarında deprem verisinin tanımlanması için *serbest zemin deprem hesabı* olarak da yapılacaktır. Bu bağlamda bu tür analizler, temelleri kazıklı olan yapılarda ZD, ZE ve ZF sınıfı zeminler için yapılacaktır.

2.5. ZAMAN TANIM ALANINDA DEPREM YER HAREKETLERİNİN TANIMLANMASI

Bu yönetmeliğe göre yapı taşıyıcı sistemlerinin 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 – Yapı 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. Binanın 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 ayrıştırma* 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, binanın 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.

TASLAK

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 HAVA MEYDANI YAPILARI İÇİN PERFORMANSA GÖRE DEĞERLENDİRME VE TASARIM ESASLARI

3.1. HAVA MEYDANI 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 hava meydanı yapılarının taşıyıcı sistem elemanlarında oluşabilecek iç kuvvet ve şekildeğiştirmeler 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 şekildeğiştirmelerin, 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 *Şekildeğiştirmeye 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 şekildeğiştirmelerin doğrusal elastik sınırları aşmasına izin verilmez. Bu doğrultuda geleneksel *Dayanıma Göre Değerlendirme ve Tasarım* çerçevesinde doğrusal (linear) hesap yöntemleri kullanılabilir.

3.2. HAVA MEYDANI YAPILARI ÖNEM SINIFLARI

Tanımı 1.1.2'de verilen *Hava Meydanı Yapıları* kullanım, depremde ve deprem sonrasında kendilerinden beklenen performans ve önem dereceleri bakımından üç ana sınıfa ayrılmıştır.

3.2.1 – HMÖS = 1: Önemli hava meydanı yapıları

- (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 ve zaman kaybına neden olacak yapılar

3.2.2 – HMÖS = 2: Normal hava meydanı yapıları

HMÖS = 1 ve HMÖS = 3 dışındaki tüm yapılar

3.2.1.3 – HMÖS = 3: Basit hava meydanı yapıları

Deprem sonrası acil müdahale bakımından önemli olmayan yapılar

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 HAVA MEYDANI YAPILARI İÇİN SÜNEK DAVRANIŞ İLKELERİ

3.4.1 – Deprem yalıtımlı yapılar dışında, hava meydanı yapılarının deprem etkisi altında tasarımında esas alınan temel ilke, şiddetli depremlerde taşıyıcı sistem bazında sünek davranışın gereği olarak oluşmasına izin verilen doğrusal olmayan (plastik) şekildeğişirmelerin sadece aşağıda tanımlanan elemanlarda, her bir eleman için belirtilen iç kuvvet etkileri altında meydana gelmesi ve bu elemanlarda gevrek kesme hasarına hiçbir şekilde izin verilmemesidir.

(a) *Süneklik düzeyi yüksek betonarme perdeler:* Perde taban bölgelerinde (temelin veya bodrumun hemen üstündeki bölgelerde) ve bu bölgelerden yukarıya doğru belirli bir yükseklikteki bölgelerde iki doğrultuda eğilme ve eksenel kuvvet (P-M-M) etkisinde akma. Bağ kirişli perde durumunda betonarme veya çelik bağ kirişlerinde eğilme ve/veya kesme etkisinde akma.

(b) *Süneklik düzeyi yüksek betonarme veya çelik çerçeveler:* Kiriş uç bölgelerinde eğilme etkisinde akma, kolon taban kesitlerinde (temelin veya bodrumun hemen üstündeki kesitlerde) iki doğrultuda eğilme ve eksenel kuvvet (P-M-M) etkisinde akma.

(c) *Süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler:* Bağ kirişlerinde kesme-eğilme akması (tercihen sadece kesme akması), kolon taban kesitlerinde (temelin veya bodrumun hemen üstündeki kesitlerde) iki doğrultuda eğilme ve eksenel kuvvet (P-M-M) etkisinde akma.

(d) *Süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler:* Çekme çaprazlarında akma, basınç çaprazlarında burkulma, kolon taban kesitlerinde (temelin veya bodrumun hemen üstündeki kesitlerde) iki doğrultuda eğilme ve eksenel kuvvet (P-M-M) etkisinde akma.

(e) *Süneklik düzeyi yüksek burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçeveler:* Çekme ve basınç çaprazlarında akma, kolon taban kesitlerinde (temelin veya bodrumun hemen üstündeki kesitlerde) iki doğrultuda eğilme ve eksenel kuvvet (P-M-M) etkisinde akma.

3.4.2 – 3.4.1'de belirtilen sünek davranışa sahip elemanların dışındaki tüm elemanlar, “*kapasite korunmalı elemanlar*” olarak tanımlanır. Bu elemanların her durumda doğrusal elastik davranması, diğer deyişle hiçbir şekilde hasar görmemesi için gerekli kesit dayanıma sahip olmaları zorunludur.

3.5. HAVA MEYDANI YAPILARI PERFORMANS DÜZEYLERİ VE PERFORMANS HEDEFLERİ

3.5.1. Hava Meydanı Yapıları Performans Düzeyleri

Hava meydanı yapıları 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 yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir ölçüde kaldığı duruma karşı gelmektedir. Yapılacak incelemeleri takiben normal trafik akışının da çok kısa sürede sağlanabilmesi öngörülmektedir.

(b) *Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi*: Bu performans düzeyi, yapının ana taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı ve kolayca onarılabilecek hasar düzeyine karşı gelmektedir. Bu hasar düzeyi, yeni yapılacak hava meydanı yapıları için kullanılmayacak, sadece **Bölüm 9**'a göre mevcut hava meydanı yapılarının performans değerlendirmesinde ve gereği durumunda güçlendirme tasarımında 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. Depremden sonra sınırlı onarımlarla acil müdahale operasyonlarına imkân verilebilecektir.

(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 operasyonlarının sınırlı da olsa mümkün olabileceği kabul edilebilir. Ancak yapının uzun dönemde kullanılması mümkün olmayabilir.

3.5.2. Hava Meydanı Yapıları Performans Hedefleri

Deprem etkisi altında hava meydanı yapıları için *Performans Hedefleri*, “belirli deprem yer hareketi düzeyleri altında hedeflenen performans düzeyleri”ni ifade eder. Aşağıda **3.6.1** ve **3.6.2**'de açıklanan iki aşamalı değerlendirme ve tasarım yaklaşımı esas alınarak, **3.2**'de verilen *Hava Meydanı Yapıları Önem Sınıfları* ve **3.3**'te verilen *Deprem Yer Hareketi Düzeyleri*'ne göre tanımlanan *Hava Meydanı Yapıları İçin Performans Hedefleri* **Tablo 3.2**'de özetlenmiştir.

Tablo 3.2. Hava Meydanı Yapıları Performans Hedefleri

Hava Meydanı Yapısı Performans Hedefi			
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Hava Meydanı Yapısı Önem Sınıfı		
	HMÖS = 1	HMÖS = 2	HMÖS = 3
DD – 3	—	KK	KK
DD – 2a	KK	—	—
DD – 1	KH	GÖ	—

3.6. DEPREM ETKİSİ ALTINDA HAVA MEYDANI YAPILARI İÇİN İKİ AŞAMALI TASARIM

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

3.6.1. Birinci Aşama Hesap – Tasarım – Değerlendirme

3.6.1.1 – Birinci aşamada, yapının kendi servis ömrü 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, dolayısıyla **3.5(a)**’da tanımlanan *Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi*’nin sağlanması hedeflenmektedir. Bu durumda deprem sonrasında hava meydanında trafik akışının olumsuz biçimde etkilenmesi söz konusu değildir. Bu aşamada sık oluşumlu deprem yer hareketi olarak;

(a) **3.2**’ye göre HMÖS = 1 olan önemli yapılarda **2.2.3**’te tanımlanan DD-2a deprem yer hareketi gözönüne alınacaktır.

(b) **3.2**’ye göre HMÖS = 2 olan normal yapılarda ve HMÖS = 3 olan basit yapılarda **2.2.4**’te tanımlanan DD-3 deprem yer hareketi gözönüne alınacaktır.

3.6.1.2 – Birinci aşamada deprem etkisi altında yapı taşıyıcı sisteminin hesabı, **3.8**’deki **Tablo 3.3** ve **Tablo 3.4**’te gösterildiği üzere, doğrusal davranış esas alınarak yapılacak ve tasarım **Bölüm 4**’e göre *Dayanım Göre Tasarım* yaklaşımı ile değerlendirilecektir.

3.6.1.3 – Birinci aşama sonunda yapılan tasarım, **3.2**’ye göre HMÖS = 3 olan basit yapılar hariç olmak üzere, ikinci aşama için ön tasarım olarak kullanılacaktır.

3.6.2. İkinci Aşama Hesap – Değerlendirme – Tasarım

3.6.2.1 – İkinci aşamada, yapının 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;

(a) **3.2**’ye göre HMÖS = 1 olan önemli yapılarda, deprem hasarının çok ağır olmaması ve onarılabilir düzeyde kalması, dolayısıyla **3.5(b)**’de tanımlanan *Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi*’nin sağlanması, depremden sonra acil müdahale operasyonlarına imkan verilmesi hedeflenmektedir.

(b) **3.2**’ye göre HMÖS = 2 olan normal yapılarda ise, önemli ölçüde hasar görse bile yapının kısmen veya tamamen göçmemesi, dolayısıyla **3.5(c)**’de tanımlanan *Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi*’nin sağlanması, depremden sonra acil müdahale operasyonlarına sınırlı da olsa imkan verilmesi hedeflenmektedir.

3.6.2.2 – İkinci aşamada deprem etkisi altında taşıyıcı sistemin hesabı, birinci aşamadaki ön tasarım esas alınarak **3.8**’de verilen **Tablo 3.3** ve **Tablo 3.4**’te gösterildiği üzere, doğrusal veya doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile yapılacak ve tasarım **Bölüm 5**’e göre *Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım* yaklaşımı ile değerlendirilerek kesinleştirilecektir.

3.6.2.3 – DTS = 4 olan tüm hava meydanı yapılarında ve HMÖS = 3 olan basit yapılarda ikinci aşamanın uygulanması gerekli değildir.

3.7. TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞI KRİTİK OLAN VE KRİTİK OLMAYAN HAVA MEYDANI YAPILARI

3.6’da tanımlanan iki aşamalı tasarım kapsamında 3.8’e göre uygulanacak hesap yöntemlerinin seçimi için hava meydanı yapıları, *taşıyıcı sistem davranışı kritik olan yapılar* ve *taşıyıcı sistem davranışı kritik olmayan yapılar* olarak sınıflandırılmışlardır.

3.7.1 – Basit hava meydanı yapıları dışında, aşağıda belirtilen özelliklerin en az birine sahip hava meydanı yapıları *taşıyıcı sistem davranışı kritik yapılar* olarak tanımlanmışlardır:

(a) Hava trafik kontrol yapıları

(b) Herhangi bir açıklığı 20 m’den fazla olan terminal ve servis binaları

(c) Herhangi bir kolunu 10 m’den yüksek olan terminal ve servis binaları

(d) Bölüm 6’ya göre yerel zemin sınıfı ZD, ZE veya ZF olan zeminlerde temelleri kazıklı yapılar

3.7.2 – 3.7.1’de belirtilenler dışındaki hava meydanı yapıları, *taşıyıcı sistem davranışı kritik olmayan yapılar* olarak tanımlanmışlardır.

3.8. DEPREM ETKİSİ ALTINDA HESAP VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİNİN KULLANILMASINA İLİŞKİN KURALLAR

3.8.1 – 3.6’ya göre iki aşamalı tasarım kapsamında 3.6.3’te tanımlanan performans hedeflerini sağlamak üzere 3.7’de verilen sınıflandırmaya göre “*taşıyıcı sistem davranışı kritik yapılar*” ve “*taşıyıcı sistem davranışı kritik olmayan yapılar*” için uygulanacak hesap ve değerlendirme yöntemleri, *Deprem Tasarım Sınıfları*’na (DTS) bağlı olarak **Tablo 3.3** ve **Tablo 3.4**’te gösterilmiştir.

3.8.2 – 3.6.1’de tanımlanan birinci aşama hesap ve değerlendirmelerde HMÖS = 1 olan yapılar için DD-2a deprem yer hareketi altında, HMÖS = 2 ve HMÖS = 3 olan yapılar için ise DD-3 deprem yer hareketi altında **Tablo 3.3** ve **Tablo 3.4**’te YÖNTEM 1 olarak belirtilen yöntem kullanılacaktır. Bu yöntem kapsamında “*doğrusal hesap*” yapılacak ve yapı taşıyıcı sistemlerinin performans değerlendirmesi için “*dayanımına göre değerlendirme*” yaklaşımı kullanılacaktır. Hesap ve değerlendirmede kullanılacak yöntemler **Bölüm 4**’te açıklanmıştır.

3.8.3 – 3.6.2’de tanımlanan ikinci aşama hesap ve değerlendirmelerde;

(a) Taşıyıcı sistem davranışı kritik olan yapılar kapsamında HMÖS = 1 ve DTS = 1 olan yapılar için hesap, DD-1 deprem yer hareketi etkisi altında **Bölüm 5**’te açıklanan “*zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap*” yöntemi ile, performans değerlendirmeleri ise yine **Bölüm 5**’e göre “*şekildeğiştirmeye göre değerlendirme*” yaklaşımı ile yapılacaktır. **Tablo 3.3**’te görüldüğü üzere bu yöntem YÖNTEM 3 olarak adlandırılmıştır.

Tablo 3.3. Taşıyıcı Sistem Davranışı Kritik Olan Hava Meydanı Yapıları İçin Deprem Etkisi Altında Hesap ve Değerlendirme Yöntemleri

Hava Meydanı Yapısı Önem Sınıfı	Hesap ve Değerlend. Aşaması	Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Deprem Tasarım Sınıfı		
			DTS = 1	DTS = 2,3	DTS = 4
HMÖS = 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 3 Doğrusal Olmayan Hesap (ZTA) / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	YÖNTEM 2(*) Doğrusal Olmayan Hesap (İtme Yön.) / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	—
HMÖS = 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(*) Doğrusal Olmayan Hesap (İtme Yön.) / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	YÖNTEM 2(*) Doğrusal Olmayan Hesap (İtme Yön.) / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	—
HMÖS = 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

(*) Hava trafik kontrol kulelerinde YÖNTEM 3 kullanılacaktır.

Tablo 3.4. Taşıyıcı Sistem Davranışı Kritik Olmayan Hava Meydanı Yapıları İçin Deprem Etkisi Altında Hesap ve Değerlendirme Yöntemleri

Hava Meydanı Yapısı Önem Sınıfı	Hesap ve Değerlend. Aşaması	Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Deprem Tasarım Sınıfı		
			DTS = 1	DTS = 2,3	DTS = 4
HMÖS = 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 Doğrusal Olmayan Hesap (İtme Yön.) / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	YÖNTEM 2 Doğrusal Olmayan Hesap (İtme Yön.) / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	—
HMÖS = 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 Doğrusal Olmayan Hesap (İtme Yön.) / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	YÖNTEM 2 Doğrusal Olmayan Hesap (İtme Yön.) / Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme	—
HMÖS = 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

(b) *Hava trafik kontrol kuleleri hariç olmak üzere* diğer tüm yapılar için hesap DD-1 deprem yer hareketi etkisi altında **Bölüm 5**'te açıklanan tek modlu ve çok modlu *İtme Yöntemleri* ile, performans değerlendirmeleri ise yine **Bölüm 5**'e göre "*şekildeğiştirmeye göre değerlendirme*" yaklaşımı ile yapılacaktır. **Tablo 3.3** ve **Tablo 3.4**'te görüldüğü üzere bu yöntem YÖNTEM 2 olarak adlandırılmıştır.

(c) Taşıyıcı sistem davranışı kritik olan yapılar kapsamında *hava trafik kontrol kuleleri*'nde daima YÖNTEM 3 kullanılacaktır.

(d) YÖNTEM 2 yerine, proje mühendisinin ve/veya onay makamının kararı ile YÖNTEM 3 de kullanılabilir.

(e) HMÖS = 1,2 ve DTS = 4 olan yapılar ile HMÖS = 3 olan tüm yapılarda ikinci aşama hesap ve değerlendirme yapılması gerekli değildir.

3.9. YAPI – KAZIK – ZEMİN ETKİLEŞİMİNİN GÖZÖNÜNE ALINMASI

3.9.1 – HMÖS = 1,2; DTS = 1,2,3 ve yerel zemin sınıfı ZE ve/veya ZF olan zeminlerde yapı temellerinin kazıklı temel olarak düzenlenmesi zorunludur. Gereği durumunda yerel zemin sınıfı ZD olan zeminlerde de kazıklı temel yapılabilir. Bu tür yapılarda "*yapı – kazık – zemin etkileşimi*" hesapları **Bölüm 7**'ye göre yapılacaktır.

3.9.2 – Birinci aşama hesap ve değerlendirme kapsamında **Tablo 3.3** ve **Tablo 3.4**'e göre YÖNTEM 1 ile yapılan hesaplarda yapı – kazık – zemin etkileşimi **7.3**'te tanımlanan YZE-A Yöntemi ile gözönüne alınacaktır.

3.9.3 – İkinci aşama hesap ve değerlendirme kapsamında **Tablo 3.3** ve **Tablo 3.4**'e göre YÖNTEM 2 ile yapılan hesaplarda yapı – kazık – zemin etkileşimi **7.4**'te tanımlanan YZE-B Yöntemi ile gözönüne alınacaktır.

3.9.4 – İkinci aşama hesap ve değerlendirme kapsamında **Tablo 3.3**'e göre YÖNTEM 3 ile yapılan hesaplarda yapı – kazık – zemin etkileşimi **7.5**'te tanımlanan YZE-C Yöntemi ile gözönüne alınacaktır.

BÖLÜM 4 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA HAVA MEYDANI YAPILARININ BİRİNCİ AŞAMA HESAP – TASARIM – DEĞERLENDİRME KURALLARI

4.1. AMAÇ VE KAPSAM

4.1.1 – Bu bölümün amacı, hava meydanı yapılarının 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 – *Hava Meydanı Yapısı Önem Sınıfı* HMÖS = 1 olan önemli yapılarda 100 yılda aşılma olasılığı %50 (50 yılda %30) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodu 144 yıl olan DD-2a deprem yer hareketi, *Hava Meydanı Yapısı Önem Sınıfı* HMÖS = 2 ve HMÖS = 3 olan normal ve basit yapılarda 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 ve tasarımı, **3.8.2**'te verilen **Tablo 3.3** ve **Tablo 3.4**'te gösterildiği üzere, YÖNTEM 1 olarak adlandırılan yöntemle yapı taşıyıcı sisteminin doğrusal davranışı esas alınarak yapılacak ve **4.5**'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.

4.1.4 – 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. Yatay Deprem Etkisi

4.2.1.1 – 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.

4.2.1.2 – ZD, ZE ve ZF sınıfı zeminlerde yapılan kazıklı temellerde, temelin (kazık başlığının) altında gözönüne alınacak deprem yer hareketi **2.4.3** ve **6.6**'ya göre *serbest zemin davranış hesabı* ile elde edilecektir.

4.2.1.3 – Birinci aşama doğrusal hesapta yatay deprem etkisi *herhangi bir azaltma uygulanmaksızın* doğrudan kullanılacaktır.

4.2.2. Düşey Deprem Etkisi

4.2.2.1 – HMÖS = 1,2 ve DTS = 1,2 olan ve aşağıdaki elemanları içeren yapılarda düşey deprem hesabı, bu elemanların *yerel düşey titreşim modları* esas alınarak *sadece bu elemanlar için* **2.3.5**'te tanımlanan *düşey elastik ivme spektrumu*'na göre yapılacaktır.

(a) Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 20 m veya daha fazla olan kirişleri içeren binalar,

- (b) Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 5 m veya daha fazla olan konsolları içeren binalar,
(c) Kirişlere oturan kolonları içeren binalar,
(d) Kolonları düşeye göre eğimli olan binalar.

4.2.2.2 – 4.2.2.1’de belirtilen durumların dışında kalan yapılarda *düşey deprem etkisi* $E_d^{(Z)}$, özel bir hesap yapılmaksızın, **Denk.(4.1)** ile yaklaşık olarak hesaplanacaktır.

$$E_d^{(Z)} \approx (2/3) S_{DS} G \quad (4.1)$$

Burada G sabit yük etkisini, S_{DS} ise 2.3.2’de tanımlanan *kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı*’nı göstermektedir.

4.2.2.3 – Birinci aşama doğrusal hesapta düşey deprem etkisi *herhangi bir azaltma uygulanmaksızın* doğrudan kullanılacaktır.

4.2.3. Yatayda Birbirine Dik Doğrultulardaki Depremlerden Oluşan Etkilerin Birleştirilmesi

4.2.3.1 – Yatay deprem etkisi altında yapı taşıyıcı sisteminin deprem hesabının 4.4’e göre *Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* veya *Mod Birleştirme Yöntemi* ile yapılması durumunda, herhangi bir kesitte yatayda birbirine dik (X) ve (Y) doğrultularında tanımlanan depremlerden oluşan deprem etkileri **Denk.(4.2)**’de tanımlandığı şekilde birleştirilecektir:

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm 0.3E_d^{(Y)} \quad ; \quad E_d^{(H)} = \pm 0.3E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \quad (4.2)$$

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 birleştirilmesi* uygulanmış *tasarıma esas yatay deprem etkisi*’ni simgelemektedir.

4.2.3.2 – Yatay deprem etkisi altında yapı taşıyıcı sisteminin deprem hesabının 4.4’e göre *Mod Toplama Yöntemi* ile yapılması durumunda, yatayda (X) ve (Y) doğrultularında tanımlanan depremlerden oluşan etkiler zaman tanım alanında doğrudan birleştirilecektir.

4.2.4. Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

Taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımında esas alınmak üzere, deprem etkisini içeren yük birleşimleri **Denk.(4.3)** ile tanımlanmıştır:

$$G + Q \pm E_d^{(H)} \pm 0.3E_d^{(Z)} \quad (4.3a)$$

$$0.9G + H \pm E_d^{(H)} \pm 0.3E_d^{(Z)} \quad (4.3b)$$

Burada Q hareketli yük etkisini, S kar yükü etkisini, H ise **Bölüm 6**’da tanımlanan yatay zemin etkisini simgelemektedir. Çelik binalarda **Denk.(4.3a)**’da G yerine $1.2G$ alınacaktır.

4.3. BİRİNCİ AŞAMADA HAVA MEYDANI YAPILARI TAŞIYICI SİSTEMLERİNİN MODELLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR

4.3.1 – Birinci aşama hesap-tasarım-değerlendirme kapsamında yapılacak *doğrusal* hesapta kullanılmak üzere, hava meydanı yapılarının taşıyıcı sistemlerini oluşturan elemanların modellenmesi bağlamında, aşağıda 4.3.2’de tanımlanan etkin kesit rijitliği çarpanları hariç olmak üzere, *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018) Kısım 4.5*’te verilen kurallar kullanılacaktır.

4.3.2 – Birinci aşamada betonarme taşıyıcı sistem elemanları için uygulanacak etkin kesit rijitliği çarpanları **Tablo 4.1**’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Birinci Aşamada Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanları İçin Uygulanacak Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
<i>Perde – Döşeme (Düzlem İçi)</i>	<i>Eksenel</i>	<i>Kayma</i>
Perde	0.75	1.00
Bodrum perdesi	1.00	1.00
Döşeme	0.50	0.80
<i>Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Perde	1.00	1.00
Bodrum perdesi	1.00	1.00
Döşeme	0.50	1.00
<i>Çubuk eleman</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Bağ kirişi	0.30	1.00
Çerçeve kirişi	0.70	1.00
Çerçeve kolonu	0.90	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.80	1.00

4.3.3 – 6.4’te verilen tanımlara göre ZD, ZE ve ZF yerel zemin sınıflarındaki zeminlerde yapılan kazıklı yapılarda birinci aşamada yapı – kazık – zemin etkileşiminin modellenmesine ve hesabına ilişkin kurallar **Bölüm 7**’de 7.1 – 7.3’te verilmiştir.

4.4. BİRİNCİ AŞAMADA DEPREM HESAP YÖNTEMLERİ

4.4.1 – Birinci aşamada deprem etkisi altında hava meydanı yapıları için, **Tablo 3.3** ve **Tablo 3.4**’te belirtilen YÖNTEM 1 kapsamında yatay ve düşey doğrultularda etkiyen depremlerin etkisi altında doğrusal hesap, aşağıda 4.4.2 – 4.4.7’de belirtilen kural ve koşullar dikkate alınmak kaydı ile, *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği [TBDY (2018) 4.7 ve 4.8]*’e göre yapılacaktır.

4.4.2 – 3.7.2’ye göre *taşıyıcı sistem davranışı kritik olmayan yapılar* kapsamında aşağıda belirtilen hava meydanı binalarında *[TBDY (2018) 4.7]*’de verilen *Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi* kullanılabilir:

(a) **TBDY (2018) 3.6'**ya göre burulma düzensizliği katsayısının her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca **B2** türü düzensizliğinin olmadığı, [**TBDY (2018) 3.3.1**]'deki tanıma göre zemin kat düzeyinden itibaren yüksekliği 28 m'yi aşmayan binalar,

(b) Yukarıda (a)'da tanımlananlar dışında, [**TBDY (2018) 3.3.1**]'deki tanıma göre zemin kat düzeyinden itibaren yüksekliği 21 m'yi aşmayan binalar.

4.4.3 – 4.4.2'de tanımlananların dışındaki binalarda [**TBDY (2018) 4.8**]'de verilen *Modal Hesap Yöntemleri* kullanılacaktır.

4.4.4 – Hava meydanı yapılarının birinci aşama deprem hesaplarında [**TBDY (2018)**]'de tanımlanan *Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı* $R = 1$, *Dayanım Fazlalığı Katsayısı* $D = 1$ ve *Bina Önem Katsayısı* $I = 1$ alınacaktır.

4.4.5 – Hava meydanı yapılarının [**TBDY (2018) 4.7**]'ye göre yapılan birinci aşama deprem hesaplarında [**TBDY (2018) 4.7.3.2**] uygulanmayacaktır.

4.4.6 – Hava meydanı yapılarının [**TBDY (2018) 4.7** ve **4.8**]'e göre yapılan birinci aşama deprem hesaplarında **TBDY (2018) 4.9**] uygulanmayacaktır.

4.4.7 – Hava meydanı yapılarının [**TBDY (2018) 4.7** ve **4.8**]'e göre yapılan birinci aşama deprem hesaplarında, [**TBDY (2018) 4.10.4**] hariç olmak üzere, yukarıdaki **4.4.2** ila **4.4.6** gözönüne alınarak [**TBDY (2018) 4.10**] uygulanacaktır.

4.5. BİRİNCİ AŞAMADA TAŞIYICI SİSTEM TASARIMI VE DAYANIMA GÖRE DEĞERLENDİRME

4.5.1. Kapsam

Birinci aşamada yapılan deprem hesapları sonucunda taşıyıcı sistemde 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.

4.5.2. Birinci Aşamada Tasarım

(a) Deprem etkisi altında taşıyıcı sistem elemanlarının birinci aşama için tasarımı, **4.2**'de verilen yük katsayıları ve birleştirme kuralları ile **4.5.3** ve **4.5.4**'te verilen *dayanıma göre değerlendirme kriterleri* dikkate alınarak [**TBDY 2018 Bölüm 7, Bölüm 8** ve **Bölüm 9**]'a göre yapılacaktır. [**TBDY 2018 Bölüm 9**]'a göre yapılacak tasarımda *Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) Yöntemi* kullanılacaktır.

(b) 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*'nin hesabı, **5.6.5**, **5.6.6** ve **5.6.7**'ye göre yapılacak, betonun kesme kuvvetine katkısı için k_c katsayısı **Denk.(5.14)**'ten hesaplanacaktır.

4.5.3. 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, 4.2'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 4.5.2'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:

$$\text{Talep (Etki) / Kapasite (Dayanım) Oranı} \leq 1 \quad (4.7)$$

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

$$\text{Talep (Etki) / Kapasite (Dayanım) Oranı} \leq 2/3 \quad (4.8)$$

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

3.4.2'ye göre, ikinci aşamada gözönüne alınacak şiddetli depremlerde sünek davranışa sahip olması öngörülmemeyen “*kapasite korunmalı elemanlar*”da, birinci aşamada tüm iç kuvvetler için sadece Denk.(4.8)'de verilen dayanıma göre değerlendirme kriteri gözönüne alınacaktır.

4.5.5. Birinci Aşamada Göreli Kat Ötelemelerinin Değerlendirilmesi

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, herhangi bir kolon veya perde için ardışık iki kat arasındaki yatay yerdeğiştirme farkını ifade eden *görelî kat ötelemesi*, kat yüksekliğinin %1'ni aşmayacaktır.

BÖLÜM 5 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA HAVA MEYDANI YAPILARININ İKİNCİ AŞAMA HESAP – DEĞERLENDİRME – TASARIM KURALLARI

5.1. AMAÇ VE KAPSAM

5.1.1 – Bu bölümün amacı, hava meydanı yapılarının 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 HMÖS = 1 olan önemli yapılarda *Kontrollü Hasar (KH) Performans Hedefi*'nin, HMÖS = 2 olan normal yapılarda ise *Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Hedefi*'nin sağlanması için yapılacak ikinci aşama hesap, değerlendirme ve tasarım kurallarını açıklamaktır. HMÖS = 1,2 ve DTS = 4 olan hava meydanı yapıları ile HMÖS = 3 olan tüm yapılarda ikinci aşamanın uygulanması gerekli değildir.

5.1.2 – Bölüm 4'e göre birinci aşama için yapılan tasarım, ikinci aşamada ön tasarım olarak gözönüne alınacaktır.

5.1.3 – İkinci aşamada deprem hesabı, 3.8.3'te verilen **Tablo 3.3** ve **Tablo 3.4**'te gösterildiği üzere, YÖNTEM 2 veya YÖNTEM 3 olarak adlandırılan yöntemlerle yapılacaktır.

5.1.4 – 5.1.3'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 hesaptan edilen şekildeğiştirme taleplerinin, bu bölümde tanımlanan şekildeğiştirme kapasitelerini aşmadığı gösterilecektir.

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

5.2. DEPREM ETKİSİNİN TANIMLANMASI VE DİĞER ETKİLERLE BİRLEŞTİRİLMESİ

5.2.1. Yatay Deprem Etkisi

İkinci aşamada yapılacak deprem hesabında deprem verisi aşağıda belirtildiği şekilde gözönüne alınacaktır.

5.2.1.1 – Ayrıntıları 5.5.2 ve EK 5C'de açıklanan YÖNTEM 2'de:

(a) Temelleri kazıklı olmayan yapılarda gözönüne alınacak deprem verisi, 2.3.4 veya 2.4'te verilen *yatay elastik tasarım ivme spektrumu*'dur.

(b) ZD, ZE ve ZF sınıfı zeminlerde temelleri kazıklı olan yapılarda kazık başlığının altında gözönüne alınacak deprem verisi, 7.4.1'e göre yapılacak *kinematik etkileşim* hesabı ile elde edilen *etkin temel tasarım ivme spektrumu*'dur.

5.2.1.2 – Ayrıntıları 5.5.3'te açıklanan YÖNTEM 3'te:

(a) Temelleri kazıklı olmayan yapılarda gözönüne alınacak deprem verisi, 2.3.4 veya 2.4'te verilen *yatay elastik tasarım ivme spektrumu* esas alınarak 2.5'e göre seçilen ve ölçeklendirilen veya dönüştürülen *deprem yer hareketleri*'dir.

(b) ZD, ZE ve ZF sınıfı zeminlerde temelleri kazıklı olan yapılarda gözönüne alınacak deprem verisi, 7.2.2 ve 6.6'ya göre *serbest zemin davranış hesabı* ile zaman tanım alanında kazık boyunca elde edilen deprem yerdeğiştirmeleridir.

(c) 7.5.5'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.

5.2.2. Düşey Deprem Etkisi

Düşey deprem etkisi 4.2.2'ye göre gözönüne alınacaktır.

5.2.3. Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

5.2.3.1 – Deprem etkisinin diğer etkilerle birleştirilmesi, ikinci aşamadaki hesapta YÖNTEM 2'nin kullanılması durumlarında 4.2.2 ve 4.2.3'e göre yapılacaktır.

5.2.3.2 – İkinci aşamadaki hesapta YÖNTEM 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.

5.2.3.3 – YÖNTEM 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 şekildeğiştirmeler yatay deprem hesabında başlangıç değerleri olarak gözönüne alınacaktır. Bu hesap sonucunda doğrusal olmayan şekildeğiştirmelere izin verilmez. Aksi durumda ön tasarımın tekrarlanması gereklidir.

5.2.3.4 – Düşey depremin etkisi bütün yöntemlerde **Denk.(4.3)**'e göre gözönüne alınacaktır.

5.3. DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞ MODELLERİ

5.3.1 – İkinci aşama hesap kapsamında hava meydanı yapılarının doğrusal olmayan davranışlarının modellenmesi için, aşağıdaki 5.3.3'te dikkate alınmak kaydı ile ayrıntıları [TBDY (2018) 5.3.1]'de verilen *yığılı plastik davranış modeli* ve [TBDY (2018) 5.3.2]'de verilen *yayılı plastik davranış modeli* kullanılacaktır.

5.3.2 – Hava trafik kontrol yapısı betonarme perdelerinin YÖNTEM 3 kapsamında doğrusal olmayan modellenmesi için [TBDY (2018) 5.3.2]'de verilen *yayılı plastik davranış modeli*'nin kullanılması zorunludur.

5.3.3 – Betonarme plastik mafsallı kesitlerinin *etkin akma momentleri*'nin tanımlanmasında [TBDY (2018) 5.3.1.4(b)] yerine bu Yönetmelikteki **EK 5A** gözönüne alınarak **EK 5B**'den yararlanılacaktır.

5.4. İKİNCİ AŞAMADA TAŞIYICI SİSTEMLERİN MODELLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR

5.4.1 – İkinci aşama hesap kapsamında hava meydanı yapıları taşıyıcı sistemlerinin modellenmesi için, aşağıda **5.4.2**'de belirtilen husus dikkate alınmak kaydı ile, [**TBDY (2018) 5.4**]’te verilen kurallar uygulanacaktır.

5.4.2 – Yığılı plastik davranışa göre modellenen kolon, kiriş, bağ kirişi ve perdelerin *etkin kesit rijitlikleri*’nin tanımlanmasında [**TBDY (2018) 5.4.5.2**] yerine bu Yönetmelikteki **EK 5A** gözönüne alınarak **EK 5B**’de tanımlanan yöntem kullanılacaktır.

5.4.3 – 6.4’te verilen tanımlara göre ZD, ZE ve ZF yerel zemin sınıflarındaki zeminlerde yapılan kazıklı yapılarda ikinci aşamada yapı – kazık – zemin etkileşiminin modellenmesine ve hesabına ilişkin kurallar **Bölüm 7**’de **7.1 – 7.5**’te verilmiştir.

5.4.4 – Yüzeysel veya zemine kısmen gömülü temelli yapılarda ikinci aşamada yapı – zemin eylemsizlik etkileşiminin modellenmesine ilişkin kurallar **Bölüm 7**’de **7.6**’da verilmiştir.

5.5. İKİNCİ AŞAMADA DEPREM HESAP YÖNTEMLERİ

5.5.1. Kapsam

Deprem etkisi altında hava meydanı yapılarının ikinci aşama deprem hesabı için, **3.8.3**’te açıklandığı ve **Tablo 3.3** ve **Tablo 3.4**’te gösterildiği üzere, YÖNTEM 2 veya YÖNTEM 3 olarak adlandırılan yöntemler kullanılacaktır.

(a) YÖNTEM 2’de deprem hesabı, **5.5.2**’de açıklandığı üzere, yapı taşıyıcı sisteminin doğrusal olmayan davranışı esas alınarak *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüklü Yöntemi* ile *Tek Modlu İtme Hesabı* olarak veya *Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi* ile *Çok Modlu İtme Hesabı* olarak yapılacaktır.

(b) YÖNTEM 3’te deprem hesabı, yapı taşıyıcı sisteminin doğrusal olmayan davranışı esas alınarak *zaman tanım alanında doğrudan entegrasyon yöntemi* ile yapılacaktır.

5.5.2. YÖNTEM 2: İtme Hesabı

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

5.5.2.2 – YÖNTEM 2 kapsamında *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüklü Yöntemleri* ile *Tek Modlu İtme Hesabı*, [**TBDY (2018) 3.3.1**]’deki tanıma göre zemin kat düzeyinden itibaren yüksekliği 28 m’yi aşmayan ve [**TBDY (2018) 5.6.2.2**]’de verilen koşulları sağlayan binalar için kullanılabilir. Bu koşulları sağlamayan binalarda **5.5.2.4**’e göre *Artımsal Mod Birleştirme (AMB) Yöntemi* ile *Çok Modlu İtme Hesabı* yapılacaktır.

5.5.2.3 – *Tek Modlu İtme Hesabı Yöntemleri*’ne ilişkin ayrıntılar [**TBDY (2018) 5.6.2** ila **5.6.5**] ve [**TBDY (2018) EK 5B**]’de açıklanmıştır.

5.5.2.4 – YÖNTEM 2 kapsamında *Artımsal Mod Birleştirme (AMB) Yöntemi* ile *Çok Modlu İtme Hesabı*, yığılı plastik davranış modeli çerçevesinde plastik mafsallarla modellenen yapı taşıyıcı sisteminde ardışık iki plastik mafsal oluşumu arasındaki her bir artımsal yük (veya yerdeğiştirme) adımı, 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 kapsamında *Artımsal Mod Birleştirme (AMB) Yöntemi* ile ilgili açıklamalar ve hesap algoritması **EK 5C**'de verilmiştir.

5.5.3. YÖNTEM 3: Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Deprem Hesabı

5.5.3.1 – Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap, deprem yer hareketinin etkisi altında taşıyıcı sistemin 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.

5.5.3.2 – 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.

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

5.5.3.4 – Yığılı plastik davranış modeli ile modellenen betonarme elemanlarda kesit histeretik davranışını temsil etmek üzere "*önceki maksimuma yönelimli histeretik model*" veya ondan türetilen diğer histeretik modeller (örneğin *Takeda Modeli*) kullanılabilir.

5.5.3.5 – 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.

5.5.3.6 – Tüm doğrusal olmayan yöntemlerde olduğu üzere hesabın başlangıç adımı, 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.

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

5.5.3.8 – Sünek davranışa sahip elemanlarda değerlendirmeye esas şekildeğiştirme talepleri ile sünek davranışa sahip olmayan elemanlarda değerlendirmeye esas iç kuvvet talepleri, yapılan analizlerin (en az $2 \times 7 = 14$ analiz) her birinden elde edilen sonuçların enbüyük mutlak değerlerinin ortalaması olarak hesaplanacaktır.

5.6. İKİNCİ AŞAMADA ŞEKİLDEĞİŞTİRMEYE GÖRE DEĞERLENDİRME VE TASARIM

5.6.1. Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri

(a) İkinci aşamada betonarme taşıyıcı sistem elemanlarına uygulanmak üzere, *Kontrollü Hasar* (KH) ve *Göçmenin Önlenmesi* (GÖ) performans hedeflerine karşı gelen beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirme kapasiteleri aşağıda tanımlanmıştır.

(b) Yayılı plastik şekildeğiştirme yaklaşımı çerçevesinde kesit hücresi (lif) yöntemi ile elde edilen birim şekildeğiştirme talepleri, doğrudan aşağıda verilen birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılacaktır. Plastik dönme kapasiteleri 5.6.2’de tanımlanmıştır.

(c) Aşağıda verilen plastik şekildeğiştirme kapasitelerinin kullanılabilmesi için, bindirmeli donatı eklerinin 5.6.6.1(c)’de tanımlanan plastik mafsallık etkisi bölgesinden yeteri kadar uzakta yapılmış olması gereklidir.

(d) İkinci aşamada çelik taşıyıcı sistem elemanlarına uygulanmak üzere, *Kontrollü Hasar* (KH) ve *Göçmenin Önlenmesi* (GÖ) performans hedeflerine karşı gelen plastik dönme sınırları (kapasiteleri) [TBDY (2018) EK 5C]’de verilmiştir.

5.6.1.1 – Sargılı betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi ε_{cu} (Bkz. Şekil 5A.1) aşağıda tanımlanmıştır:

(a) Dikdörtgen kesitli kolonlarda:

$$\varepsilon_{cu} = 0.0035 + 0.04\sqrt{k_e \omega_s} \quad (5.1a)$$

(b) Dairesel kesitli kolonlarda:

$$\varepsilon_{cu} = 0.0035 + 0.07\sqrt{k_e \omega_s} \quad (5.1b)$$

Bu bağıntılarda yer alan *sargılama etkinlik katsayısı* k_e , EK 5A’da dikdörtgen kesitler için Denk.(5A.7)’de, dairesel kesitler için ise Denk.(5A.10)’da verilmiştir. *Mekanik hacimsel enine donatı oranı* ω_s ise aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$\omega_s = \rho_s \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (5.2)$$

Burada ρ_s , dairesel kesitler için EK 5A’da Denk.(5A.9) ile verilen, dikdörtgen kesitler için ise Denk.(5A.6)’daki tanımlara göre aşağıdaki şekilde belirlenen *hacimsel enine donatı oranı*’nı göstermektedir:

$$\rho_s = 2 \min (\rho_x, \rho_y) \quad (5.3)$$

5.6.1.2 – Donatı çeliğinde maksimum dayanıma karşı gelen birim şekildeğiştirmesi ε_{su} (Bkz: Şekil 5A.2, Tablo 5A.2) aşağıda verilmiştir:

$$\varepsilon_{su} = 0.08 \quad (5.4)$$

5.6.1.3 – *Kontrollü Hasar* (KH) ve *Göçmenin Önlenmesi* (GÖ) performans hedefleri için sargılı betonun birim basınç şekildeğiştirme kapasitesi $\varepsilon_c^{(KH)}$ ve $\varepsilon_c^{(GÖ)}$, Denk.(5.1)’de verilen maksimum birim şekildeğiştirme ε_{cu} ’ya bağlı olarak aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.5 \varepsilon_{cu} \leq 0.0135 \quad ; \quad \varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.67 \varepsilon_{cu} \leq 0.018 \quad (5.5)$$

5.6.1.4 – Kontrollü Hasar (KH) ve Göçmenin Önlenmesi (GÖ) performans hedefleri için donatı çeliğinin birim şekildeğiştirme kapasitesi $\varepsilon_s^{(KH)}$ ve $\varepsilon_s^{(GÖ)}$, **Denk.(5.4)**'te verilen maksimum birim şekildeğiştirme ε_{su} 'ya bağlı olarak aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$\varepsilon_s^{(KH)} = 0.5 \varepsilon_{su} = 0.040 \quad ; \quad \varepsilon_s^{(GÖ)} = 0.67 \varepsilon_{su} = 0.053 \quad (5.6)$$

5.6.2. Plastik Dönme Kapasiteleri

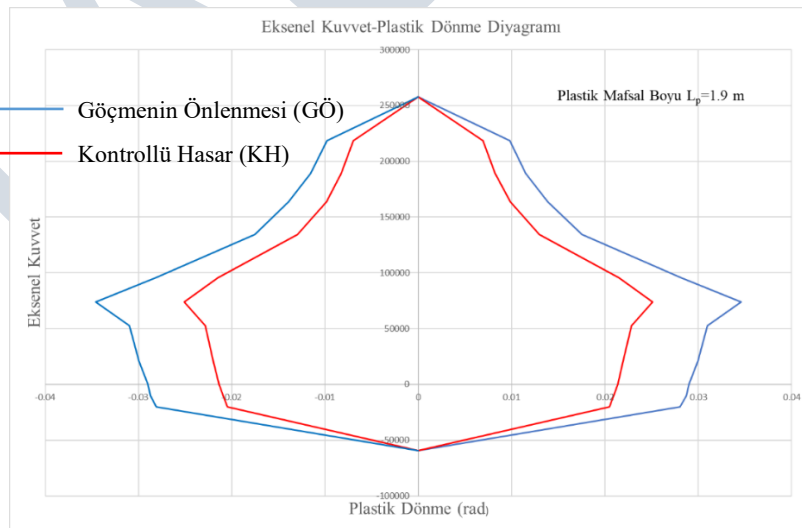
İkinci aşamada *Kontrollü Hasar (KH)* ve *Göçmenin Önlenmesi (GÖ)* performans hedeflerine karşı gelen plastik mafsal dönme kapasiteleri $\theta_p^{(KH)}$ ve $\theta_p^{(GÖ)}$ aşağıda tanımlanmıştır. Yığılı plastik şekildeğiştirme yaklaşımı çerçevesinde plastik mafsal yöntemi ile elde edilen plastik dönme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

$$\theta_p^{(KH)} = (0.5 \phi_u - \phi_Y) L_p \quad ; \quad \theta_p^{(GÖ)} = (0.67 \phi_u - \phi_Y) L_p \quad (5.7)$$

Bu bağıntılarda ϕ_u ilgili kesitteki deprem talebine karşı gelen eksenel kuvvetin etkisi altında **5.6.1.1** ve **5.6.1.2**'de verilen maksimum beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmeleri kullanılarak **EK 5B**'ye göre hesaplanan *maksimum eğriliği*, ϕ_Y *etkin akma eğriliği*'ni, L_p ise **[TBDY (2018) 5.3.1]**'te tanımlanan *plastik mafsal boyu*'nu göstermektedir.

5.6.3. Plastik Dönme – Eksenel Kuvvet Etkileşim Diyagramları

Kesiti aynı olan, ancak farklı eksenel kuvvetlerin etkisi altında bulunan kolonlarda **Denk.(5.7)**'ye göre hesaplanan plastik dönme kapasitelerini gösteren *plastik dönme – eksenel kuvvet etkileşim diyagramları*'ndan yararlanılabilir. Tipik bir kesit için *Kontrollü Hasar (KH)* ve *Göçmenin Önlenmesi (GÖ)* performans hedeflerine göre çizilen etkileşim diyagramları **Şekil 5.1**'de görülmektedir. Belirli eksenel kuvvet düzeyleri için plastik dönme taleplerini simgeleyen noktaların etkileşim diyagramlarının içinde kalması, ilgili kolon kesitinin öngörülen performans hedefini sağladığı anlamına gelmektedir.



Şekil 5.1

5.6.4. Azaltılmış Şekildeğiştirme Kapasiteleri

Kapasite korunmalı elemanlar kapsamında olmakla birlikte, istisnai olarak ikinci aşamada plastik şekildeğiştirmelerin sınırlı olarak meydana gelmesine izin verilen kazık-kazık başlığı birleşimlerinde 5.6.1 ve 5.6.2’de tanımlanan şekildeğiştirme kapasitelerinin yarısı kullanılacaktır.

5.6.5. 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:

$$V_n = V_c + V_s \leq 0.8 A_c \sqrt{f_{ck}} \quad (5.8)$$

5.6.6. Betonun Kesme Kuvveti Kapasitesi

5.6.6.1 – Betonun kesme kuvveti kapasitesi Denk.(5.9) ile belirlenecektir.

$$V_c = 0.8 k_c A_c \sqrt{f_{ck}} \quad ; \quad k_c \leq 0.33 \quad (5.9)$$

Denk.(5.9)’da 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;

$$k_c = k_{c1} k_{c2} \leq 0.33 \quad (5.10)$$

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

$$k_c = 0.25 k_{c2} \leq 0.33 \quad (5.11)$$

(c) *Plastik mafsal etki bölgesi*’nin uzunluğu, maksimum kesit boyutunun 1.5 katının ve [TBDY (2018) 5.3.1]’te tanımlanan *plastik mafsal boyu*’nun büyüğü olarak alınacaktır.

5.6.6.2 – Denk.(5.10) ve Denk.(5.11)’de yer alan k_{c1} ve k_{c2} aşağıda tanımlanmıştır:

$$k_{c1} = \alpha + 0.305 - 0.083 \mu_d \quad ; \quad 0.025 \leq k_{c1} \leq 0.25$$
$$k_{c2} = 1 + 0.073 \frac{N_k}{A_c} \quad ; \quad k_{c2} \leq 1.5 \quad (5.12)$$

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

(a) Dairesel kesitte α katsayısı:

$$\alpha = 0.08 \rho_s f_{ywk} \leq 0.193 \quad \left(\rho_s = \frac{4A_{sp}}{D_o s} \right) \quad (5.13)$$

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:

$$\alpha = 0.16\rho_x f_{yw} \leq 0.193 \quad \left(\rho_x = \frac{A_{swx}}{h_o s} \right) \quad (5.14a)$$

$$\alpha = 0.16\rho_y f_{yw} \leq 0.193 \quad \left(\rho_y = \frac{A_{swy}}{b_o s} \right) \quad (5.14b)$$

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.

5.6.6.3 – Denk.(5.12)'de yer alan μ_d , ilgili plastik mafsall için *süneklik oranı talebi*'ni göstermektedir:

$$\mu_d = \frac{\theta_{dj}}{\theta_{yj}} \quad (5.15)$$

Burada θ_{dj} , j'inci plastik mafsall kesitinde bu Bölüm'de açıklanan hesap yöntemleri ile elde edilen *plastik dönme ile akma dönmesi*'nin toplamını, θ_{yj} ise aynı kesitteki *akma dönmesi*'ni göstermektedir.

5.6.7. Enine Donatının Kesme Kuvveti Kapasitesi

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

(a) Dairesel kesitte:

$$V_s = \frac{A_{sw} f_{yw} D_o}{s} \quad (5.16)$$

Burada D_o dairesel kesitte göbek betonunu sargılayan spiral veya etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit çapıdır. A_{sw} ise toplam kesme donatısı alanını göstermektedir. Dairesel veya geçmeli dairesel enine donatının kullanıldığı kesitlerde A_{sw} aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$A_{sw} = n \frac{\pi}{2} A_{sp} \quad (5.17)$$

Burada n geçmeli dairesel donatılı kesitlerin sayısını göstermektedir (dairesel kesitte $n = 1$). A_{sp} ise spiral veya etriyenin kesit alanıdır.

(b) Dikdörtgen kesitte:

$$V_s = \frac{A_{sw} f_{yw} d}{s} \quad (5.18)$$

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.

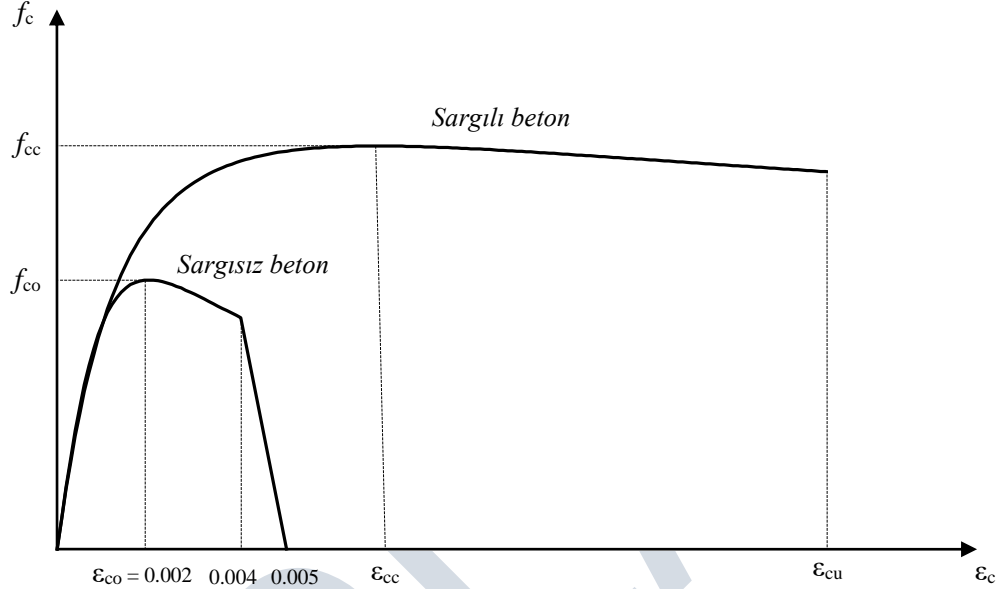
5.6.7.2 – Enine donatı kesme kuvveti kapasitesinin üst sınırı Denk.(5.19) ile tanımlanmıştır.

$$V_s = 0.8 k_s A_c \sqrt{f_{ck}} \quad ; \quad k_s \leq 0.67 \quad (5.19)$$

EK 5A – BETON VE DONATI ÇELİĞİ İÇİN GERİLME – BİRİM ŞEKİLDEĞİŞTİRME BAĞINTILARI

5A.1. SARGILI VE SARGISIZ BETON MODELLERİ

Sargılı ve sargısız beton için gerilme-birim şekil değiştirme bağıntıları aşağıda tanımlanmıştır (Şekil 5A.1):



Şekil 5A.1

5A.1.1 – Sargılı betonda beton basınç gerilmesi f_c , basınç birim şekil değiştirmesi ϵ_c 'nin fonksiyonu olarak **Denk.(5A.1)**'deki bağıntı ile verilmektedir:

$$f_c = \frac{f_{cc} \cdot x \cdot r}{r - 1 + x^r} \quad (5A.1)$$

Bu bağıntıdaki normalize edilmiş beton birim şekil değiştirmesi x ile r değişkenine ilişkin bağıntılar **Denk.(5A.2)** ve **Denk.(5A.3)**'te verilmiştir.

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

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad ; \quad E_c \cong 5000 \sqrt{f_{co}} \text{ [MPa]} \quad ; \quad E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\epsilon_{cc}} \quad (5A.3)$$

Sargılı beton dayanımı f_{cc} ile sargısız beton dayanımı f_{co} arasındaki ilişki ise **Denk.(5A.4)**'te verilmiştir.

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co} \quad ; \quad \lambda_c = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f_e}{f_{co}}} - 2 \frac{f_e}{f_{co}} - 1.254 \quad (5A.4)$$

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.(5A.5)**'te verilen değerlerin ortalaması olarak alınabilir:

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

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

$$\rho_x = \frac{A_{swx}}{h_o s} \quad ; \quad \rho_y = \frac{A_{swy}}{b_o s} \quad (5A.6)$$

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

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

$$k_e = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \left(1 - \frac{A_{sl}}{b_o h_o}\right)^{-1} \quad (5A.7)$$

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.(5A.8)** ile verilmiştir.

$$f_e = \frac{1}{2} k_e \rho_s f_{ywk} \quad (5A.8)$$

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

$$\rho_s = \frac{4A_{sp}}{D_o s} \quad (5A.9)$$

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.(5A.8)'de yer alan k_e sargılama etkinlik katsayısı, enine donatıların dairesel etriye olarak düzenlenmesi durumunda;

$$k_e = \left(1 - \frac{s}{2D_o}\right)^2 \left(1 - \frac{A_{sl}}{\pi D_o^2 / 4}\right)^{-1} \quad (5A.10a)$$

enine donatıların spiral olarak düzenlenmesi durumunda ise;

$$k_e = \left(1 - \frac{s}{2D_o}\right) \left(1 - \frac{A_{sl}}{\pi D_o^2 / 4}\right)^{-1} \quad (5A.10b)$$

5A.1.2 – Sargılı beton için verilen **Denk.(5A.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.(5A.4)**'ten $\lambda_c = 1$ olacağından **Denk.(5A.2)** ve **Denk.(5A.4)**'te $f_{cc} = f_{co}$ ve $\epsilon_{cc} = \epsilon_{co}$

olacaktır. $\epsilon_c = 0.005$ 'de $f_c = 0$ olarak tanımlanır. $0.004 < \epsilon_c \leq 0.005$ aralığında gerilme – birim şekildeğiştirme ilişkisi doğrusaldır.

5A.2. DONATI ÇELİĞİ MODELİ

Donatı çelikleri için gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları **Denk.(5A.11)**'de tanımlanmıştır (**Şekil 5A.2**):

$$\begin{aligned}
 f_s &= E_s \epsilon_s & (\epsilon_s \leq \epsilon_{sy}) \\
 f_s &= f_{sy} & (\epsilon_{sy} < \epsilon_s \leq \epsilon_{sh}) \\
 f_s &= f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \frac{(\epsilon_{su} - \epsilon_s)^2}{(\epsilon_{su} - \epsilon_{sh})^2} & (\epsilon_{sh} < \epsilon_s \leq \epsilon_{su})
 \end{aligned}
 \tag{5A.11}$$

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

Tablo 5A.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 5A.2

EK 5B – BETONARME KESİTLERDE ETKİN KESİT EĞİLME RİJİTLİĞİ, ETKİN AKMA MOMENTİ VE ETKİN AKMA YÜZEYİ

5B.1. MOMENT – EĞRİLİK HESABI: ETKİN KESİT EĞİLME RİJİTLİĞİ VE ETKİN AKMA MOMENTİ

5B.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 5A**'da tanımlanan gerilme-birim şekildeğiştirme bağıntılarından yararlanılarak yapılacak moment-eğrilik hesabından elde edilecektir.

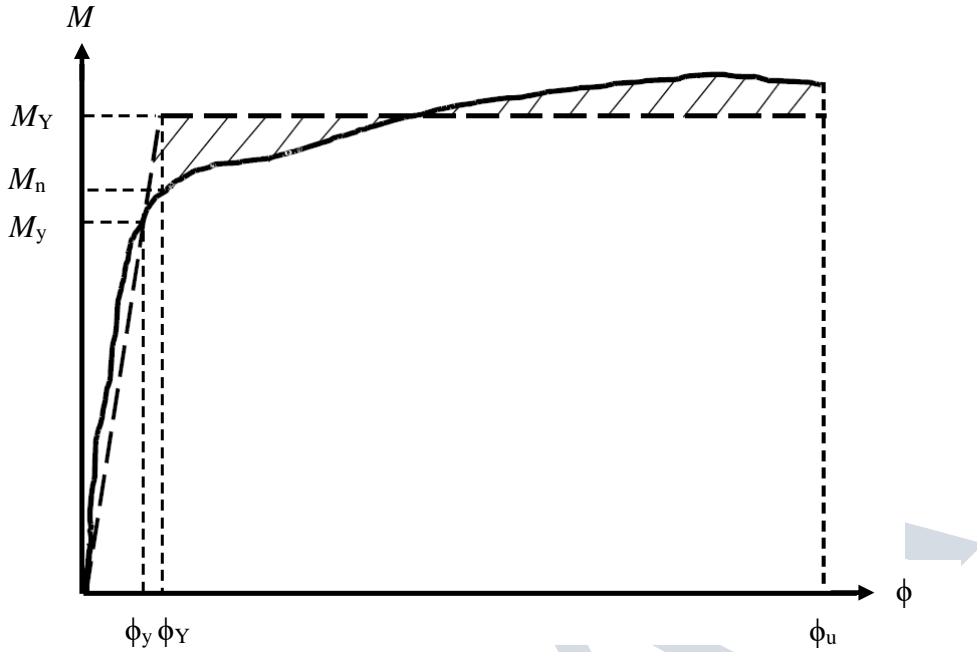
5B.1.2 – Verilen bir aksenal kuvvet etkisi altında tipik bir moment-eğrilik ilişkisi **Şekil 5B.1**'de gösterilmiştir. Mühendislik uygulamalarında doğrusal olmayan moment-eğrilik ilişkisi yerine, yaklaşık olarak **Şekil 5B.1**'de kalın kesikli çizgilerle gösterilen iki doğrulu *elasto-plastik moment-eğrilik 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.

5B.1.3 – Moment-eğrilik hesabında beton ve donatı çeliğinin dayanımları olarak, **EK 5A**'da tanımlanan karakteristik dayanımların [**TBDY (2018) 5.4.1.5**]’e göre arttırılması ile elde edilen *beklenen (ortalama) dayanımlar* kullanılacaktır. Maksimum eğrilik ϕ_u 'nun hesabında **5.6.1**'de tanımlanan maksimum beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmeleri olarak, hangisine önce erişilirse, ϵ_{cu} veya ϵ_{su} esas alınacaktır.

5B.1.4 – **Şekil 5B.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 aksenal kuvvetle değişimi ihmal edilecektir. Bu nedenle bu amaca yönelik hesapta sadece sabit (ölü) yüklerden meydana gelen aksenal kuvvet gözönüne alınacaktır.

5B.1.5 – **Şekil 5B.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 5B.1**'deki taralı alanlar) dengelenmesi ile elde edilir.

5B.1.6 – **Şekil 5B.1**'de gösterilen *kesit nominal momenti* M_n , yaklaşık olarak eğrisel moment-eğrilik ilişkisinde ϕ_Y etkin eğriliğine karşı gelen eğilme momenti olarak tanımlanır.

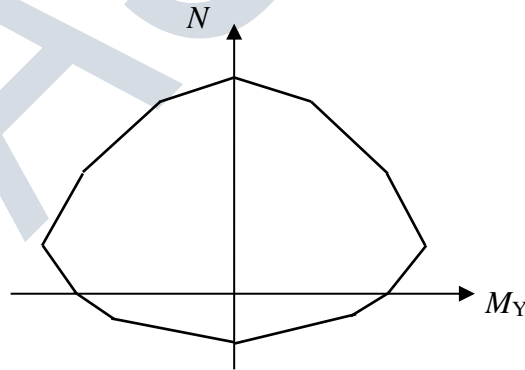


Şekil 5B.1

5B.2. ETKİN AKMA YÜZEYLERİ

5B.2.1 – Kolonlarda aksenal kuvvetlerin plastik moment kapasitelerine (etkin akma momentlerine) etkisini gözönüne almak üzere, kolon kesitleri için *etkin akma yüzeyleri* oluşturulacaktır.

5B.2.2 – YÖNTEM 2 kapsamında yapılacak itme hesaplarında kolaylık sağlamak üzere, etkin akma yüzeyi Şekil 5B.2’de gösterildiği üzere yaklaşık olarak doğrusallaştırılabilir.



Şekil 5B.2

EK 5C – ARTIMSAL MOD BİRLEŞTİRME (AMB) YÖNTEMİ İLE ÇOK MODLU İTME HESABI

5C.1. GİRİŞ

5C.1.1 – Yiğili plastik davranış (plastik mafsal) modeli çerçevesinde elasto-plastik mafsallarla modellenen yapı taşıyıcı sistemi, 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.

5C.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.

5C.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.

5C.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:

$$\Delta f_{jsn}^{(X,i)} = m_j \Phi_{jsn}^{(i)} \Gamma_n^{(X,i)} \Delta a_n^{(X,i)} \quad ; \quad \Delta u_{jsn}^{(X,i)} = \Phi_{jsn}^{(i)} \Gamma_n^{(X,i)} \Delta d_n^{(X,i)} \quad (s = x,y,z) \quad (5C.1)$$

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:

$$\Delta a_n^{(X,i)} = (\omega_n^{(i)})^2 \Delta d_n^{(X,i)} \quad (5C.2)$$

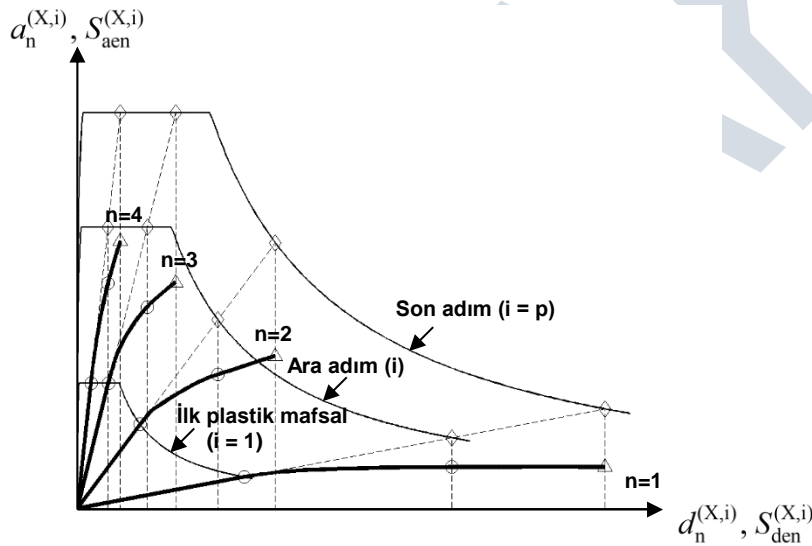
Burada $\omega_n^{(i)}$, (i)'inci itme adımındaki taşıyıcı sistemin n'inci moduna ait doğal açısal frekansı göstermektedir.

5C.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:

$$\begin{aligned} d_n^{(X,i)} &= d_n^{(X,i-1)} + \Delta d_n^{(X,i)} \\ a_n^{(X,i)} &= a_n^{(X,i-1)} + \Delta a_n^{(X,i)} \end{aligned} \quad (5C.3)$$

Artımsal Mod Birleştirme (AMB) Yöntemi'nin amacı, ardışık iki plastik mafsal oluşumu arasındaki her bir (i)'inci itme adımında ve her modda **Denk.(5C.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 5C.1**'de görülmektedir. Geleneksel itme hesabında sadece birinci mod (n=1) için hesap yapılmakta, diğer modların etkileri ihmal edilmektedir.



Şekil 5C.1

5C.4. MODAL ÖLÇEKLENDİRME

5C.4.1 – Şekil 5C.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 5C.1’de orijinden çizilen ışınların en dıştaki spektrum eğrisini kestiği noktanın koordinatlarıdır. Bu koordinatların arasındaki bağıntı:

$$S_{aen}^{(X,p)} = (\omega_n^{(1)})^2 S_{den}^{(X,p)} \quad (5C.4)$$

Burada $\omega_n^{(1)}$, henüz hiçbir mafsal oluşmamış iken i=1’inci adımda taşıyıcı sistemin n’inci modu için hesaplanan doğal açılmal frekansı göstermektedir.

5C.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.

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

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

$$S_{din}^{(X,i)} \cong S_{den}^{(X,i)} \quad (5C.6)$$

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

$$S_{den}^{(X,i)} = \tilde{F}^{(i)} S_{den}^{(X,p)} \quad (5C.7)$$

Burada $\tilde{F}^{(i)}$, her bir i’inci adımda bütün modlar için sabit olarak spektral ölçek katsayısı’nı göstermektedir. **Denk.(5C.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.(5C.6)** ve **Denk.(5C.7)**’den;

$$d_n^{(X,i)} = \tilde{F}^{(i)} S_{den}^{(X,p)} \quad (5C.8)$$

Burada $d_n^{(X,i)}$, n’inci modda tipik i’inci itme adımı sonunda erişilmesi öngörülen *doğrusal olmayan modal yerdeğiştirme*’yi göstermektedir. **Denk.(5C.6)**’daki *doğrusal olmayan (inelastik) spektral yerdeğiştirme* $S_{din}^{(X,i)}$, **Denk.(5C.8)**’deki $d_n^{(X,i)}$ ’nin maksimum değeridir. Ancak kısaltma amacı ile **Denk.(5C.8)**’de maksimum değer olduğu belirtilmemiştir.

Denk.(5C.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:

$$\Delta d_n^{(X,i)} = \Delta \tilde{F}^{(i)} S_{den}^{(X,p)} \quad (5C.9)$$

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:

$$\tilde{F}^{(i)} = \tilde{F}^{(i-1)} + \Delta \tilde{F}^{(i)} \leq 1 \quad (5C.10)$$

Denk.(5C.2) ve **Denk.(5C.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 5C.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 5C.1**'de gösterilmiştir.

5C.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:

5C.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.

5C.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.

5C.5.3 – Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi'nde *ikinci merteye etkileri* doğrudan dikkate alınabilmektedir. Bu amaçla serbest titreşim hesabında eksenel kuvvete maruz elemanların *ikinci merteye eleman rijitlik matrisleri* gözönüne alınmalıdır. Plastik şekildeğiştirmelerin yaygınlaşması sonucunda, serbest titreşim hesabında ikinci merteye 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.

5C.5.4 – Denk.(5C.9) gözönüne alınarak n'inci mod için **Denk.(5C.1)**'de verilen tipik modal yerdeğiştirme artımı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir

$$\Delta u_{jsn}^{(X,i)} = \tilde{u}_{jsn}^{(X,i)} \Delta \tilde{F}^{(j)} \quad ; \quad \tilde{u}_{jsn}^{(X,i)} = \Phi_{jsn}^{(i)} \Gamma_n^{(X,j)} S_{den}^{(X,p)} \quad (s = x,y,z) \quad (5C.11)$$

Denk.(5C.1) ve **Denk.(5C.2)** gözönüne alınarak n'inci modda **Denk.(5C.11)**'deki modal yerdeğiştirme artımına karşı gelen tipik modal deprem yükü aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\Delta f_{jsn}^{(X,i)} = \tilde{f}_{jsn}^{(X,i)} \Delta \tilde{F}^{(j)} \quad ; \quad \tilde{f}_{jsn}^{(X,i)} = m_j (\omega_n^{(i)})^2 \tilde{u}_{jsn}^{(X,i)} \quad (s = x,y,z) \quad (5C.12)$$

Tipik değerleri **Denk.(5C.11)**'de verilen modal yerdeğiştirme artımlarının *yerdeğiştirme yüklemesi* olarak taşıyıcı sisteme empoze edilmesi veya tipik değerleri **Denk.(5C.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:

$$\Delta r_n^{(X,i)} = \tilde{r}_n^{(X,i)} \Delta \tilde{F}^{(i)} \quad (5C.13)$$

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.

5C.5.5 – Bütün yerdeğiştirme, şekildeğiştirme ve iç kuvvet büyüklükleri için yukarıda hesaplanan ait modal katkıların birleştirilmesi için **EK 4A**'da belirtilen *Tam Karesel Birleştirme (TKB) Kuralı* kullanılır. Bu kuralın uygulanmasında kritik sönüm oranı bütün modlarda 0.05 olarak alınabilir.

$$\Delta r^{(X,i)} = \tilde{r}^{(X,i)} \Delta \tilde{F}^{(i)} \quad ; \quad \tilde{r}^{(X,i)} = \sqrt{\sum_{m=1}^{YM} \sum_{n=1}^{YM} \tilde{r}_m^{(X,i)} \rho_{mn} \tilde{r}_n^{(X,i)}} \quad (5C.14)$$

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.

5C.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:

$$r_j^{(X,i)} = r_j^{(X,i-1)} + \Delta r_j^{(X,i)} \quad ; \quad \tilde{r}_j^{(X,i)} = \tilde{r}_j^{(X,i-1)} + \tilde{r}_j^{(X,i)} \Delta \tilde{F}^{(i)} \quad (5C.15)$$

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.

5C.5.7 – Her bir itme adımı sonunda taşıyıcı sistemde oluşan plastik mafsalın ve buna bağlı olarak o adıma ait artımsal spektral ölçek katsayısının belirlenmesi için **Denk.(5C.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.(5C.15)** aşağıdaki şekilde yazılabilir:

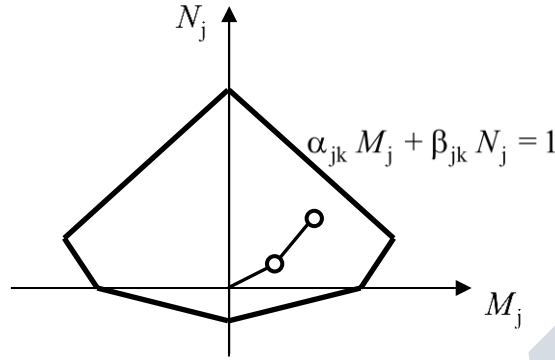
$$\begin{aligned} M_j^{(X,i)} &= M_j^{(X,i-1)} + \tilde{M}_j^{(X,i)} \Delta \tilde{F}^{(i)} \\ N_j^{(X,i)} &= N_j^{(X,i-1)} + \tilde{N}_j^{(X,i)} \Delta \tilde{F}^{(i)} \end{aligned} \quad (5C.16)$$

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 5C.2**'ye göre doğrusallaştırılan akma çizgilerinden herhangi birine karşı gelen (k)'ıncı doğru parçasının analitik ifadesi aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\alpha_{jk} M_j + \beta_{jk} N_j = 1 \quad (5C.17)$$

Denk.(5C.16)'daki büyüklüklerin **Denk.(5C.17)**'de yerine konulması ile (i)'nci adıma ait artımsal ölçek katsayısı aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$(\Delta \tilde{F}^{(i)})_{jk} = \frac{1 - \alpha_{jk} M_j^{(X,i-1)} - \beta_{jk} N_j^{(X,i-1)}}{\alpha_{jk} \tilde{M}_j^{(i)} + \beta_{jk} \tilde{N}_j^{(i)}} \quad (5C.18)$$



Şekil 5C.2

Herhangi bir (j) potansiyel plastik kesitte, 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.

5C.5.8 – (i)'inci itme adımında $\Delta \tilde{F}^{(i)}$ elde edildikten sonra;

(a) Birikimli spektral ölçek katsayısı, $\tilde{F}^{(i)}$, **Denk.(5C.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. (5C.15)**'e göre elde edilir.

(c) Gözönüne alınan tüm modlara ait modal yerdeğiştirme artımları **Denk.(5C.9)**'dan, bunlara bağlı olarak modal sözde-ivme artımları **Denk.(5C.2)**'den hesaplanır. (i)'inci itme adımının sonundaki birikimli modal yerdeğiştirmeler ve sözde-ivmeler ise **Denk.(5C.3)**'ten elde edilir.

5C.5.9 – Her bir itme adımının tamamlanmasından sonra, o adım sonunda oluşan plastik mafsallarda 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.

5C.5.10 – Yatay ekseninde modal yerdeğiştirmelerin, düşey ekseninde ise modal ivmelerin temsil edildiği tipik *modal kapasite diyagramları* **Şekil 5C.1**'de gösterilmiştir. Tanım olarak, n'inci moda ait tipik kapasite diyagramında ardışık iki plastik kesit oluşumu arasındaki doğru parçasının eğimi, **Denk.(5C.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 mertebeye 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.

5C.6. MAKSİMUM DAVRANIŞ BÜYÜKLÜKLERİNİN BELİRLENMESİ

5C.6.1 – Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi’nde modal yerdeğiştirmeler maksimum değerlerine bütün modlarda birlikte ulaşırlar. Her itme adımı sonunda **Denk.(5C.10)** ile hesaplanan birikimli spektral ölçek katsayısının, maksimum değer olan birim değeri aşıp aşmadığı kontrol edilir. Aşmaması durumunda, hesaba **5C.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.(5C.10)**’dan hesaplanır:

$$\Delta \tilde{F}^{(p)} = 1 - \tilde{F}^{(p-1)} \quad (5C.19)$$

(b) **Denk.(5C.9)** ile tanımlanan n’inci moddaki modal yerdeğiştirmenin, son itme adımında aşağıdaki şekilde yeniden tanımlanması gereklidir:

$$\Delta d_n^{(X,p)} = C_{Rn} S_{den}^{(X,p)} \Delta \tilde{F}^{(p)} \quad (5C.20)$$

Herhangi bir modda *spektral yerdeğiştirme oranı* C_{Rn} ’nin **5C.6.2**’ye göre $C_{Rn} > 1$ olması durumunda, deprem verisi olarak sadece $i = p$ adımı için **5C.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.(5C.15)**’e göre elde edilir:

$$r_j^{(X,p)} = r_j^{(X,p-1)} + \tilde{r}_j^{(X,p)} \Delta \tilde{F}^{(p)} \quad (5C.21)$$

5C.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:

$$C_{Rn} = \frac{1 + (R_{yn} - 1) T_B / T_n^{(1)}}{R_{yn}} \geq 1 \quad \left(\frac{(\omega_n^{(p)})^2}{(\omega_n^{(1)})^2} \leq 0.10 \right) \quad (5C.22)$$
$$C_{Rn} = 1 \quad \left(\frac{(\omega_n^{(p)})^2}{(\omega_n^{(1)})^2} > 0.10 \right)$$

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

$$R_{yn} = \frac{S_{aen}^{(X,p)}}{a_{yn}} \quad (5C.23)$$

5C.7. ÖZEL DURUMLAR

5C.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.

5C.7.2 – Taşıyıcı sistem davranışının doğrusal elastik olması durumunda Artımsal Mod Birleştirme (AMB) Yöntemi, doğrusal Mod Birleştirme Yöntemi'ne indirgenir. Kesitlerin akma yüzeylerinin fiktif olarak büyütülmesi ile, hiçbir kesitte plastik şekil değiştirme meydana gelmeden modal yer değiştirme istemine ulaşılabacağından, bu durumda itme analizi sadece tek bir adımda sonuçlanacak ve **Şekil 5C.1**'deki modal kapasite diyagramları birer doğru parçasından ibaret olacaktır.

5C.8. REFERANSLAR

- [1] Aydınoglu, MN (2003). An incremental response spectrum analysis based on inelastic spectral displacements for multi-mode seismic performance evaluation. *Bulletin of Earthquake Engineering*; **1**(1): 3-36.
- [2] Aydınoglu, MN (2004). An improved pushover procedure for engineering practice: Incremental Response Spectrum Analysis (IRSA). *International Workshop on Performance-based Seismic Design: Concepts and Implementation*, 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] Aydınoglu, 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, Aydınoglu, 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 6 – ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN VE DEPREM ETKİSİ ALTINDA ZEMİN DAVRANIŞININ BELİRLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR

6.1. KAPSAM

Deprem etkisi altında tasarımı yapılacak yeni hava meydanı yapıları ile deprem performansı değerlendirilecek veya güçlendirilecek mevcut hava meydanı 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.

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

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

6.2.1. Zemin Araştırmaları

6.2.1.1 – 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.

6.2.1.2 – Zemin araştırmaları **EK 6A**'da tanımlanan kurallara göre yapılacaktır.

6.2.2. 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.

6.2.2.1 – *Veri Raporu*, arazi ve laboratuvarında 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.

6.2.2.2 – *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, düşey yükler ve deprem etkisi altında zemin tabakalarının davranışı irdelenecek, yapının ve temellerinin tasarımına ilişkin geoteknik tasarım parametreleri verilecektir.

(b) Yapının 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.

6.3. 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.

6.3.1 – Değerlendirmelerde yükleme hızı ve saha zeminlerinin geçirimsizlik koşullarına göre belirlenecek drenajlı veya drenajsız koşullarla uyumlu mukavemet parametreleri kullanılacaktır.

6.3.2 – Kohezyonlu zeminlerde, deprem etkisinde oluşabilecek mukavemet kayıpları / yumuşama gözönüne alınarak, toplam gerilme analizlerinde drenajsız kayma mukavemeti (c_u) değeri kullanılacaktır.

6.3.3 – 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.

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

6.3.5 – 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.

6.3.6 – Analizlerde kullanılacak maksimum kayma modülü, G_{max} Denk.(6.1)'den elde edilecektir.

$$G_{max} = \rho V_S^2 \quad (6.1)$$

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.

6.3.7 – 6.4’e göre yerel zemin sınıflarının belirlenmesinde kayma dalgası hızı V_S , SPT darbe sayısı N ve kohezyonlu zeminler için c_u değeri kullanılabilir.

6.3.8 – 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.6.5.2).

6.4. YEREL ZEMİN SINIFLARININ BELİRLENMESİ

6.4.1 – 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 6.1**’de verilmiştir.

(b) Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler, ZF sınıfı zeminler olarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıftaki zeminlere ilişkin tanımlar **Tablo 6.1**’in son satırında verilmiştir.

Tablo 6.1 – 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 ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, 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.			

6.4.2 – **Tablo 6.1**’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.(6.2)** ile hesaplanacaktır:

$$(V_S)_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{h_i}{V_{S,i}} \right)} ; (N_{60})_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{h_i}{N_{60,i}} \right)} ; (c_u)_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{h_i}{c_{u,i}} \right)} \quad (6.2)$$

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.

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

6.5. ZEMİN ORTAMININ DOĞRUSAL OLMAYAN DİNAMİK MODELLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR

6.5.1 – 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 **6.6**’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.

6.5.2 – 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.

6.5.3 – Toplam gerilme analizinde mukavemet, kohezyonlu zeminlerde drenajsız kayma mukavemeti (c_u) ile ifade edilebilecektir. **6.6**’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. **6.7**’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.

6.5.4 – 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.

6.5.5 – Zemin profili modeli boyunca, her bir tabakada kullanılan *maksimum kayma modülü* (veya **Denk.(6.1)** ile hesaplanan kayma dalgası hızı) ve zemin mukavemetlerinin derinlik ile

değişimi, ilgili hesap raporunda sunulacak ve geoteknik raporda sunulan mukavemet parametreleri ile uyumluluğu gösterilecektir.

6.5.6 – 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.

6.5.7 – 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.

6.5.8 – Taban kayasının **6.5.7**'de verilen alt sınıra oranla çok daha derinlerde olması durumunda tabakalı zemin modeli, **Tablo 6.1**'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.

6.5.9 – **6.5.7** veya **6.5.8**'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.

6.5.10 – 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:

$$h_{\max} = \frac{\lambda_{\min}}{10} \quad (6.3)$$

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:

$$\lambda_{\min} = \frac{V_s}{f_{\max}} \quad (6.4)$$

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:

$$\Delta t_{\max} = \frac{1}{10f_{\max}} \leq 0.01 \text{ s} \quad (6.3)$$

6.6. ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN SERBEST ZEMİN DAVRANIŞ HESABI

6.6.1 – *Zemin davranış hesabı*, taban kayasında tanımlanan deprem yer hareketinin zemin tabakaları boyunca değişimini ve zemin yüzeyindeki deprem yer hareketini belirlemek üzere yapılır.

6.6.2 – 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.

6.6.3 – Zemin tabakalarının ve/veya taban kayasının yatay olmadığı durumlarda iki veya üç boyutlu zemin modelleri kullanılacaktır.

6.6.4 – **6.6.2** ve **6.6.3**'te belirtilen hesaplarda deprem yer hareketi, taban kayasından düşey doğrultuda ilerleyen *SV* veya *SH* dalgası olarak gözönüne alınacaktır.

6.6.5 – **6.5.7**'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.

6.6.6 – 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.

6.6.7 – Yerel zemin sınıfı ZF dışındaki zeminlerde, zemin yüzeyinde **6.6.6**'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.

6.6.8 – Sahaya özel *serbest zemin hesabı*'nin sonuçları, kazıklı temeller için **Bölüm 7**'de açıklanan *yapı-kazık-zemin etkileşim hesapları*'nda deprem verisi olarak kullanılacaktır.

6.7. DEPREM ETKİSİ ALTINDA ZEMİN SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

6.7.1 – **Bölüm 3**'e göre *Deprem Tasarım Sınıfı* DTS=1 ve DTS=2 olan hava meydanı yapıları için, **6.7.6**'da tanımlanan durumlar hariç olmak üzere, **Tablo 6.1**'de ZD, ZE veya ZF grubuna giren, sürekli bir tabaka veya kalın mercekler 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.

6.7.2 – Zemin sivilaşması, yeraltı 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.

6.7.3 – 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.

6.7.4 – Potansiyel olarak sıvılaşabilir zeminler, yeraltı su tablasının altında yer alan kum, çakıllı kum, siltli killi kum, plastik olmayan silt ve silt-kum karışımları olarak tanımlanacaktır.

6.7.5 – 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.

6.7.6 – 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 $N_{1,60}$ 'ın 20 vuruş / 30 cm'den yüksek olduğu kumlu zeminlerde.

6.7.7 – Zemin sıvılaşma değerlendirmesinin SPT deney sonuçları kullanılarak yapılmasına dayanan yöntem **EK 6B**'de verilmiştir. Değerlendirmenin CPT veya kayma dalgası hızına göre yapılması durumunda uygulamada genel kabul gören yöntemler kullanılabilir.

6.7.8 – Sıvılaşmaya karşı güvenlik koşulu **Denk.(6.4)**'te tanımlanmıştır.

$$\frac{\tau_R}{\tau_{\text{deprem}}} \geq 1.10 \quad (6.4)$$

Burada τ_R ve τ_{deprem} , sırası ile, sıvılaşma direncini ve zeminde depremden oluşan ortalama tekrarlı kayma gerilmesini ifade etmektedir. **Denk.(6.4)**'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.

6.7.9 – Belirlenen sıvılaşma sonrası yerdeğiştirmelerinin yapı davranışına etkileri değerlendirilecek ve gereği halinde zemin iyileştirmesi uygulanacaktır.

6.8. DEPREM ETKİSİ ALTINDA YANAL YAYILMA ETKİLERİ

6.8.1 – Yanal yayılma etkileri, sıvılaşma potansiyeli olan zeminlerin ve deprem etkisi altında mukavemet kaybı olabilecek kohezyonlu zeminlerin bulunduğu eğimli arazilerde ve/veya arazide yapının konumuna yakın serbest düşülerin bulunması durumunda gözönüne alınacaktır.

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

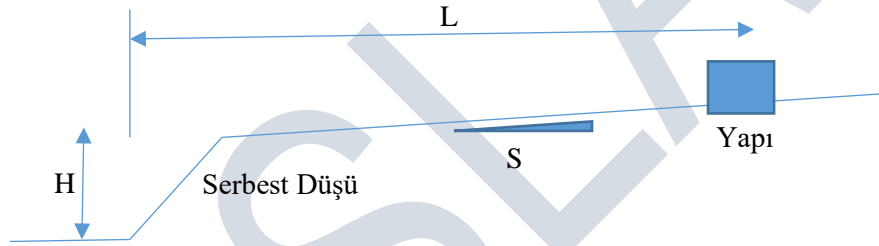
6.8.2.1 – Yanal yayılma yerdeğiştirmeleri, sıvılaşan zemine olan derinliğin 15 m’den daha az olması kaydı ile, aşağıda verilen ampirik bağıntılar kullanılarak hesaplanabilir (**Şekil 6.1**):

(a) Yapının yakınında serbest düşü bulunması durumunda yanar yayılma yerdeğiştirmeleri D_H [m] biriminde aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir. Yapının serbest düşüye olan yatay uzaklığı ile serbest düşünün yüksekliği arasındaki oranın 5’ten büyük olması durumunda ($H/L > 5$) yanar yayılma etkileri ihmal edilebilir.

$$\log D_H = -16.213 + 1.532M_w - 1.406(R + 10^{(0.89M_w - 5.64)}) - 0.012R + 0.592 \log W + 0.54 \log T_{15} + 3.413 \log(100 - F_{15}) - 0.795[(D_{50})_{15} + 0.1mm] \quad (6.5)$$

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

$$\log D_H = -16.213 + 1.532M_w - 1.406(R + 10^{(0.89M_w - 5.64)}) - 0.012R + 0.338 \log S + 0.54 \log T_{15} + 3.413 \log(100 - F_{15}) - 0.795[(D_{50})_{15} + 0.1mm] \quad (6.6)$$



Şekil 6.1

Yukarıdaki ampirik bağıntılarda L serbest düşünün 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 doğgun ve $(N_1)_{60} < 15$ olan kaba daneli zemin tabakalarının toplam kalınlığı [$0.3m < T_{15} < 12m$], F_{15} değerı T_{15} kalınlığı içindeki kaba daneli zeminlerin ortalama ince dane oranı [$\%0 < F_{15} < \%50$], $(D_{50})_{15}$ değerı 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.

6.8.2.2 – Eğimli arazilerde ve şevlerde, yanar yayılma nedeni oluşan zemin yerdeğiştirmeleri, sıvılaşma potansiyeli olan zeminler ve deprem etkileri altında mukavemet kaybı olabilecek kohezyonlu zeminlerde, rezidüel mukavemet parametreleri kullanılarak **6.11.3**'te açıklanan *Newmark Kayan Blok Yöntemi* ile hesaplanabilir. Ancak *Newmark Kayan Blok Yöntemi*, rezidüel mukavemetin başlangıç mukavemetinin $\%50$ 'sinden büyük olduğu zeminlerde kullanılabilir.

6.8.2.3 – Yanar 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.

6.8.3 – 6.8.2’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 doygun 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. **6.9.1**).

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

6.9.1. Kazık–zemin etkileşiminin modellenmesi amacı ile yanal davranış için doğrusal olmayan p–y yayları, eksenel davranış (çevre sürtünmesi) için t–z yayları ve eksenel kazık uç davranışı için Q–Z yayları kullanılacaktır.

(a) p–y yayları kapsamında yumuşak kil ($s_u < 50$ kPa) için Matlock (1970), su seviyesi altındaki katı kil için Reese ve diğeri (1975), su seviyesi üstündeki katı kil için Welch and Reese (1972), kum için Reese ve diğeri (1974) tarafından statik ve tekrarlı yüklemeler için geliştirilen doğrusal olmayan bağıntılar kullanılabilir. Sıvılaşma oluşan zeminlerde p-y yayları için Rollins ve diğeri (2005) veya Franke ve Rollins (2013) tarafından önerilen doğrusal olmayan bağıntılar kullanılabilir.

(b) t–z ve Q–Z yayları için American Petroleum Institute API WSD RP-2A (2000)’de tanımlanan nonlinear bağıntılar kullanılabilir.

(c) Yukarıda belirtilen yayınlarnın listesi **EK 6C**’de verilmiştir.

6.9.2. 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.

6.9.3. 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.

6.10. DEPREM ETKİSİ ALTINDA STATİK-EŞDEĞER ZEMİN VE SU BASINÇLARI

6.10.1. Zemin Basınçları

6.10.1.1 – Zemin basınçlarının hesabında kullanılacak yatay ve düşey *statik-eşdeğer deprem katsayıları* **Denk.(6.7)**’de tanımlanmıştır:

$$k_h = \frac{0.4S_{DS}}{r} \quad ; \quad k_v = 0.5k_h \quad (6.7)$$

Birinci aşamada $r = 1$, ikinci aşamada ise $r = 2$ alınabilir. Yüksek boşluk suyu basıncı artışları meydana gelebilecek doygun zeminlerde daima $r = 1$ alınacaktır.

6.10.1.3 – Toplam (statik ve dinamik) toprak basıncının bileşkesi **Denk.(6.8)** ile hesaplanacaktır:

$$P_t = \frac{1}{2} K(1 \mp k_v)(\gamma^*H^2 + qH) + P_{su} + \Delta P_{su} \quad (6.8)$$

Burada H duvar yüksekliğini, γ^* zemin birim hacim ağırlığını, q ek yükü (sürşarj), K toplam (statik+dinamik) aktif (K_a) veya pasif (K_p) zemin basıncı katsayısını, k_v düşey statik-eşdeğer deprem katsayısını, P_{su} ve ΔP_{su} ise bileşke statik ve dinamik su basınçlarını göstermektedir.

6.10.1.4 – Toplam aktif basınç katsayısı **Denk.(6.9)** ile hesaplanacaktır:

(a) $\beta \leq \phi'_d - \theta$ olması durumunda:

$$K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta_d) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi'_d + \delta_d) \sin(\phi'_d - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta_d) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2} \quad (6.9a)$$

(b) $\beta > \phi'_d - \theta$ olması durumunda:

$$K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta_d)} \quad (6.9b)$$

6.10.1.5 – Toplam pasif basınç katsayısı, zemin ile duvar arasında sürtünme olmadığı varsayılarak, **Denk.(6.10)** ile hesaplanacaktır:

$$K_p = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi + \theta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin \phi'_d \sin(\phi'_d + \beta - \theta)}{\sin(\psi + \theta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2} \quad (6.10)$$

6.10.1.6 – **Denk.(6.9)** ve **Denk.(6.10)**'da ϕ'_d zeminin tasarım kayma direnci açısını, δ_d zemin ile duvar arasındaki sürtünme açısını, β duvar arkası zemin yüzeyinin yataya göre eğim açısını, ψ ise duvarın yataya göre (duvar önündeki yataydan duvar arkasına doğru) ölçülen açısını göstermektedir. Statik-eşdeğer deprem katsayısına bağlı θ açısı ve **Denk.(6.8)**'de yer alan zemin birim hacim ağırlığı γ^* 'ın değerleri, duvarın arkasında su olup olmamasına bağlı olarak **6.10.3**'te verilmiştir.

6.10.1.7 – Statik durumda **Denk.(6.9)** ve **Denk.(6.10)** ile verilen bağıntılarda $\theta = 0$ alınacaktır. Dinamik zemin basınç katsayısı, toplam basınç katsayısından statik basınç katsayısının çıkarılması ile elde edilecektir.

6.10.1.8 – Dinamik zemin basınçlarına ilişkin bileşke kuvvetin etkime noktası, duvar yüksekliğinin orta noktası olarak alınacaktır.

6.10.1.9 – Statik ve dinamik zemin basınçlarının, duvar arkasının normaline göre, aktif basınç durumunda en fazla $(2/3)\phi'$ açısı ile, pasif durumda ise sıfır eğimle etkidiği kabul edilecektir.

6.10.2. Duvar Arkası Su Seviyesinin Zemin Basıncına Etkisi

6.10.2.1 – Duvarla tutulan zemin kütesinin drenaj önlemleri ile su tablası altında kalmamasının sağlanması esastır. Bu bağlamda, drenaj sistemi, depremin yol açacağı geçici ve kalıcı yerdeğiştirmelere, işlevine zarar vermeyecek şekilde uyum sağlayacak şekilde düzenlenmelidir.

6.10.2.2 – Duvarın arkasında su olup olmamasına bağlı olarak, θ açısı ve **Denk.(6.8)**'de yer alan zemin birim hacim ağırlığı γ^* 'ın değerleri aşağıda tanımlanmıştır.

(a) Su seviyesinin temel taban seviyesi altında olması durumunda ($P_{su} = \Delta P_{su} = 0$);

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{k_h}{1 \mp k_v} \right] \quad ; \quad \gamma^* = \gamma_k \quad (6.11a)$$

Burada γ_k kuruda zemin birim hacim ağırlığını göstermektedir.

(b) Su seviyesinin temel taban seviyesi üstünde olması ve zeminin dinamik olarak geçirimsiz olması durumunda (permeabilite katsayısının 5×10^{-4} m/s'den küçük olduğu zeminlerde):

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{\gamma}{\gamma - \gamma_{su}} \frac{k_h}{1 \mp k_v} \right] \quad ; \quad \gamma^* = \gamma - \gamma_{su} \quad (6.11b)$$

Burada γ suya doymun zemin birim hacim ağırlığını göstermektedir. $\Delta P_{su} = 0$ alınacaktır.

(c) Su seviyesinin temel taban seviyesi üstünde olması ve zeminin dinamik olarak geçirimli olması durumunda:

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{\gamma_k}{\gamma - \gamma_{su}} \frac{k_h}{1 \mp k_v} \right] \quad ; \quad \gamma^* = \gamma - \gamma_{su} \quad (6.11c)$$

Bu durumda bileşke statik-eşdeğer ek dinamik su kuvveti ΔP_{su} ve bileşkenin su yüzeyinden itibaren derinliği **Denk.(6.13)** ile hesaplanacaktır.

6.10.3. Su Basınçları

6.10.3.1 – Kohezyonsuz zeminlerde, duvar arka zemininin kısmen kuruda ya da tamamen ıslak olması durumunda, su seviyesi ile temel tabanı arasında gözönüne alınacak statik-eşdeğer dinamik su basıncının su derinliği boyunca değişimi, $\Delta p_{su}(z)$, **Denk.(6.12)** ile belirlenecektir:

$$\Delta p_{su}(z) = \frac{7}{8} (0.4 S_{DS}) \gamma_{su} \sqrt{z d_{su}} \quad (6.12)$$

Burada S_{DS} zemin yüzeyinde tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını, d_{su} ise su altındaki duvar yüksekliğini göstermektedir.

6.10.3.2 – **Denk.(6.12)**'nin su derinliğince entegre edilmesi ile, bileşke statik-eşdeğer ek dinamik su kuvveti ve bileşkenin su yüzeyinden itibaren derinliği **Denk.(6.13)** ile elde edilir:

$$\Delta P_{su} = \frac{7}{12} (0.4 S_{DS}) \gamma_{su} d_{su}^2 \quad ; \quad \bar{z} = 0.6 d_{su} \quad (6.13)$$

6.10.4. Bodrum Perdelerine Etkiyen Statik ve Dinamik Zemin Basınçları

Zeminin doğrusal olmayan biçimde idealleştirildiği, aşırı boşluk suyu basınçlarının dikkate alındığı ve çevre bodrum perdelerini oluşturan yapısal elemanları içeren duvar-zemin etkileşim modelleri ile hesap yapılmadığı durumlarda, binaların rijit bodrum çevre perdelerine etkileyen zemin basınçları aşağıda verildiği şekilde hesaplanabilir.

6.10.4.1 – Statik durumda düzgün yayılı olarak uygulanacak zemin basınçları (p) **Tablo 6.2**'de tanımlanmıştır.

Burada H_b bodrum perdesinin toplam yüksekliğini, γ_k zeminin kurudaki birim hacim ağırlığını, γ suya doygun birim hacim ağırlığını, q ek yükü (sürşarj), z su yüzeyinden aşağıya doğru ölçülen yüksekliğini göstermektedir. İkinci satırdaki statik su basıncı ($p_{su} = \gamma_{su} z$) dışında, **Tablo 6.2**'de verilen basınçlar düzgün yayılı olarak etki ettirilecektir.

Tablo 6.2. Bodrum Perdelerine Etkiyen Statik Zemin Basınçları

Bodrum Perdesinin Dışındaki Zeminin Cinsi	Basıncın Etkidiği Yükseklik	Zemin Basıncı (p)
Kohezyonsuz zemin (bodrum tamamen kuruda)	Tüm yükseklik boyunca	$0.2(\gamma_k H_b + q)$
Kohezyonsuz zemin (bodrum kısmen kuruda)	Kurudaki yükseklik boyunca Su altındaki yükseklik boyunca	$0.2(\gamma_k H_b + q)$ $0.2[(\gamma - \gamma_{su}) H_b + q] + \gamma_{su} z$
Yumuşak – orta katı kohezyonlu zemin	Üst %20 boyunca Alt %80 boyunca	$0.2(\gamma H_b + q)$ $0.3(\gamma H_b + q)$
Katı – sert kohezyonlu zemin	Tüm yükseklik boyunca	$0.3(\gamma H_b + q)$

6.1.4.2 – Deprem etkisi altında ek zemin basınçları (Δp) **Denk.(6.14)** ile hesaplanacaktır:

$$\Delta p = 0.4 S_{DS} \gamma_k H_b \quad (6.14)$$

Bu basınç duvar yüksekliği boyunca düzgün yayılı olarak etki ettirilecektir.

6.10.4.3 – Kohezyonsuz zeminlerde, bodrumun kısmen kuruda olması durumunda, su seviyesi ile bodrum tabanı arasında, **Tablo 6.2**'nin ikinci satırındaki statik su basıncına ek olarak gözönüne alınacak statik-eşdeğer dinamik su basıncının su derinliği boyunca değişimi, $\Delta p_{su}(z)$, **Denk.(6.15)** ile belirlenecektir:

$$\Delta p_{su}(z) = \frac{7}{8} (0.4 S_{DS}) \gamma_{su} \sqrt{z d_{su}} \quad (6.15)$$

Burada S_{DS} zemin yüzeyinde tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını, d_{su} ise su altındaki duvar yüksekliğini göstermektedir. **Denk.(6.15)**'in su derinliğince entegre edilmesi ile, bileşke statik-eşdeğer ek dinamik su kuvveti ve bileşkenin su yüzeyinden itibaren derinliği **Denk.(6.16)** ile elde edilir:

$$\Delta P_{su} = \frac{7}{12} (0.4 S_{DS}) \gamma_{su} d_{su}^2 \quad ; \quad \bar{z} = 0.6 d_{su} \quad (6.16)$$

6.11. DEPREM ETKİSİ ALTINDA ŞEVLERİN VE DAYANMA YAPILARININ TOPTAN GÖÇMEYE KARŞI DURAYLILIĞI

6.11.1. Genel

Deprem etkisi altında şevlerin ve dayanma yapısını da içine alan toptan göçme mekanizması duraylılığının incelenmesi amacı ile kullanılacak hesap yöntemleri ve ilgili koşullar bu bölümde verilmektedir. *Deprem Tasarım Sınıfı* DTS = 4 olan yapılar için deprem etkisinde duraylılık analizi yapılmayabilir.

6.11.1.2 – Deprem etkisinde duraylılık değerlendirmesi Birinci Aşama’da **6.11.2**’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.

6.11.1.3 – Deprem etkisinde duraylılık değerlendirmesi İkinci Aşama’da **6.11.3**’e göre *Newmark Kayan Blok Hesabı* yöntemi veya zaman tanım alanında sonlu elemanlar (farklar) yöntemine dayalı dinamik hesap yöntemi ile yapılacaktır.

6.11.1.4 – 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.

6.11.1.5 – Depremlerle yeniden tetiklenme riski olan eski heyelan bölgelerinde, zemin mukavemet parametreleri olarak büyük şekilde değişimlerine karşılık gelen değerler kullanılmalıdır. Çevrimsel boşluk suyu basıncı artışına maruz kalabilecek gevşek-orta sıkı kohezyonsuz zeminlerde, oluşması beklenilebilecek maksimum boşluk suyu basıncı dikkate alınmalıdır.

6.11.1.6 – Şev üzerinde ve şev yakınında inşa edilecek, *Deprem Tasarım Sınıfı* DTS = 1 ve DTS = 2 olan yapılar için deprem etkisi altında yapılacak şev duraylılık analizlerinde, topoğrafik büyütme etkisi gözönüne alınacaktır. Topoğrafik büyütme faktörü (S_T) iki boyutlu topoğrafik düzensizliklerin bulunduğu şevlerde (örneğin, uzun vadelerde, yüksekliği 30 m’den yüksek olan tepelerde) ve olası göçme yüzeyinin şev tepesine yakın olarak geçtiği durumlarda kullanılacaktır. Topoğrafik büyütme etkisi, şev açısı $\beta \leq 15^\circ$ olan şevlerde ihmal edilebilir. Taç (tepe) genişliği taban genişliğinden daha küçük olan sırtlarda şev açısı $\beta \geq 30^\circ$ olan şevlerde $S_T \geq 1.4$, daha küçük şev açılarında ise $S_T \geq 1.2$ olarak kullanılacaktır. Olası göçme yüzeyinin tabana yakın olarak geçtiği potansiyel heyelan bölgelerinde ise ihmal edilebilir.

6.11.2. Eşdeğer-Statik Limit Denge Hesabı Yöntemi

6.11.2.1 – 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.

6.11.2.2 – Eşdeğer statik-eşdeğer limit denge analizinde kullanılmak üzere, zemin kütlesi üzerinde mevcut kuvvetlere yatay ve düşey eylemsizlik kuvvetlerinin etkisi **Denk.(6.17)** ile verilen yatay (k_h) ve düşey (k_v) *statik-eşdeğer deprem katsayıları* ile dikkate alınacaktır.

$$k_h = \frac{0.4 S_{DS} S_T}{r} \quad ; \quad k_v = \pm 0.5 k_H \quad (6.17)$$

Burada, S_{DS} kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını, S_T ise **6.11.1.6**'da tanımlanan topoğrafik büyütme katsayısını göstermektedir. r katsayısı **6.10.1.1**'de tanımlandığı gibi alınacaktır.

6.11.2.3 – Sıvılaştıran kohezyonlu zeminlerde, sıvılaşma sonrası rezidüel kayma dayanımı parametreleri kullanılarak statik limit denge analizi yapılacaktır. ($k_h = k_v = 0$).

6.11.2.4 – Bir şev in toptan göçmeye karşı güvenli olması için **Denk.(6.18)**'de verilen koşul sağlanacaktır:

$$E_t \leq \frac{R_t}{\gamma_{Rk}} \quad (6.18)$$

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.

6.11.3. Newmark Kayan Blok Yöntemi

6.11.3.1 – İkinci Aşama'da kullanılacak olan *Newmark Kayan Blok Yöntemi*, sayısal geoteknik uygulamalarda yaygın olarak kullanılan pratik, basitleştirilmiş bir zaman tanım alanı hesap yöntemidir.

6.11.3.2 – Yöntemin uygulamasında artan şekildeğıştirmeler ile oluşacak olan malzeme pekleşme veya yumuşama davranışı ve boşluk suyu basıncı artışının olası etkileri dikkate alınmalıdır. Deprem hareketi, kayan bloğun alt sınırı ve altındaki zemin koşullarına uygun şekilde tanımlanacaktır.

6.11.3.3 – *Newmark Kayan Blok Yöntemi*'nde ilk adım olarak klasik limit denge analiz modeli kullanılarak şev in dairesel ve poligonal toptan göçme mekanizmalarına karşılık gelen ve her bir göçme mekanizması için güvenlik sayısı 1.0 değerini 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 ivmesidir.

6.11.3.4 – Hesabın ikinci adımında, kayan blok yerdeğıştirmelerinin hesaplanacağı DD-1 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.

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



6.11.3.6 – *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 yerdeğiştirmesi 10 cm’i aşmayacaktır.

TASLAK

EK 6A – ZEMİN ARAŞTIRMALARI İÇİN GENEL KURALLAR

Zemin araştırmaları aşağıda tanımlanan genel kurallara göre yapılacaktır.

6A.1. ZEMİN ARAŞTIRMA SONDAJLARI

6A.1.1 – *Sondaj kuyuları*, zeminlerde burgu, kum veya kil kovası ile darbeli veya dönel (rotary) sistemlerle, kayada ise kaya yüzeyinden itibaren sürekli karot alınarak ilerlenen dönel sistemlerle açılacaktır.

6A.1.2 – *Sondaj Sayıları*: Zemin koşullarının değişkenliği, yapının taban alanı ve aktardığı yükler ile çevresindeki koşullar dikkate alınarak her 300 m²'lik taban alanı için en az bir adet olmak üzere belirlenecektir. Ancak hava trafik kontrol yapısının inşa edileceği alanda sondaj sayısı üçten az olmayacaktır. Sondaj sayısı, taban alanı 1000 m²'yi geçen yapılarda birer adet yapı köşelerinde ve bir adet ortada olmak üzere en az beş adet olacak şekilde planlanacaktır.

16A.1.3 – *Sondaj Yerleri*: Topoğrafik ve jeomorfolojik koşullar özel yerlere işaret etmiyorsa, en az yapı planının köşeleri ve ortasında sondaj yerleri seçilecektir. Geniş alanlarda yapı tipleri ve yerleri belirli ise, yapı yerleşimine uygun olarak sondaj noktaları seçilecektir. Yerleşimi belirsiz proje sahalarında, bir karelej (grid) üzerinden sondaj yerleri planlanacaktır. Şev duraysızlığı potansiyeli olan eğimli arazilerde, sondaj yerleri yamaç duraylılık (stabilite) analizine veri sağlayacak hatlar boyunca planlanacak, yapı alanı dışında da sondaj yerleri seçilecektir.

16A.1.4 – *Sondaj Derinlikleri*: Sondaj derinliği, bina temelleri için temel tabanından başlayarak yapı genişliğinin en az 1.5 katı veya net temel taban basıncından kaynaklanan zemindeki gerilme artışının ($\Delta\sigma$) zeminin kendi ağırlığından kaynaklanan efektif gerilmenin (σ'_{vo}) % 10'una eşit olduğu derinlikten ($\Delta\sigma=0.10\sigma'_{vo}$) daha elverişsiz olacak şekilde seçilecektir.

(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, DTS=1a, DTS=2 ve DTS=1a olan bölgelerde, yeraltı suyu düzeyi 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.

6A.2. ARAZİ DENEYLERİ

6A.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.

6A.2.2 – Örnek Alma: Sondaj kuyularında zemin koşulları ile uyumlu ve proje gereksinimlerini karşılayacak şekilde uygun aralıklarla örselenmiş ve örselenmemiş zemin/kaya örnekleri alınacaktır.

6A.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.

6A.2.4 – Örselenmemiş Örnekler: Sondaj kuyularında, kohezyonlu zeminlerden, **6A.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.

6A.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.

6A.2.6 – Yeraltı Su Düzeyinin Ölçülmesi: Sondaj kuyusu içinde yapılacak ölçümlerle yeraltı su seviyesi belirlenecektir. Etüt derinliği içinde kohezyonlu ve kohezyonsuz birden fazla tabaka ve/veya su taşır katman (akifer) seviyenin 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.

6A.3. LABORATUVAR DENEYLERİ

6A.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.

6A.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.

6A.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 odometre-konsolidasyon deneyleri yapılacaktır.

EK 6B – BASİTLEŞTİRİLMİŞ ZEMİN SIVILAŞMA DEĞERLENDİRMESİ

6B.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 **6B.3**'te verilmiştir. Deprem sırasında gelişen kayma gerilmeleri, τ_{deprem} , basitleştirilmiş yöntem kullanılarak hesaplanacaktır.

6B.2. SPT VERİLERİNİN DÜZELTİLMESİ

6B.2.1. Ham SPT Verilerinin Düzeltilmesi

6B.2.1.1 – Araziden elde edilmiş ham SPT verileri, N , **Denk.(6B.1)** kullanılarak $N_{1,60}$ değerine düzeltilecektir.

$$N_{1,60} = N C_N C_R C_S C_B C_E \quad (6B.1)$$

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.

6B.2.1.2 – Derinlik düzeltme katsayısı C_N **Denk.(6B.2)**'de verilen bağıntı ile hesaplanacaktır.

$$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma'_{vo}}} \leq 1.70 \quad (6B.2)$$

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.

6B.2.1.3 – **Denk.(6B.1)**'de yer alan diğer düzeltme katsayıları **Tablo 6B.1**'de verilmiştir.

6B.2.2. SPT Verilerinin İnce Dane İçeriğine Göre Düzeltilmesi

İnce dane içeriğine (IDI) göre düzeltilmiş darbe sayıları $N_{1,60f}$ **Denk.(6B.3a)** ile hesaplanacaktır:

$$N_{1,60f} = \alpha + \beta N_{1,60} \quad (6B.3a)$$

Buradaki α ve β katsayıları **Denk.(6B.3b)**'de verilmiştir:

$$\begin{aligned} \alpha = 0 \quad ; \quad \beta = 1.0 & \quad (IDI \leq \%5) \\ \alpha = \exp[1.76 - (190 / IDI^2)] \quad ; \quad \beta = 0.99 + IDI^{1.5} / 1000 & \quad (\%5 < IDI \leq \%35) \quad (6B.3b) \\ \alpha = 5.0 \quad ; \quad \beta = 1.2 & \quad (IDI \geq \%35) \end{aligned}$$

Tablo 16B.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

6B.3. SIVILAŞMA DİRENCİNİN HESAPLANMASI

6B.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.

$$\tau_R = CRR_{M7.5} C_M \sigma'_{vo} \quad (6B.4a)$$

6B.3.2 – Çevrimsel dayanım oranı **Denk.(6B.4b)**'de verilen bağıntı ile hesaplanacaktır:

$$CRR_{M7.5} = \frac{1}{34 - N_{1,60f}} + \frac{N_{1,60f}}{135} + \frac{50}{[10N_{1,60f} + 45]^2} - \frac{1}{200} \quad (6B.4b)$$

Deprem büyüklüğü düzeltme katsayısı (C_M), tasarım depremi büyüklüğüne (M_w) bağlı olarak **Denk.(6B.4c)**'deki bağıntı ile hesaplanacaktır.

$$C_M = \frac{10^{2.24}}{M_w^{2.56}} \quad (6B.4c)$$

6B.4. DEPREMDE OLUŞAN KAYMA GERİLMESİNİN HESAPLANMASI

6B.4.1 – Zeminde oluşan kayma gerilmesi **Denk.(6B.5)**'deki ilişki ile hesaplanacaktır.

$$\tau_{deprem} = 0.65 \sigma_{vo} (0.4S_{DS}) r_d \quad (6B.5)$$

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.

6B.4.2 – Gerilme azaltma katsayısı, r_d incelenen derinliğe (z) bağılı olarak **Denk.(6B.6)**'ya göre elde edilecektir.

$$\begin{aligned} r_d &= 1.0 - 0.00765z & z \leq 9.15\text{m} \\ r_d &= 1.174 - 0.0267z & 9.15\text{m} < z \leq 23\text{m} \\ r_d &= 0.744 - 0.008z & 23\text{m} < z \leq 30\text{m} \\ r_d &= 0.50 & z > 30\text{m} \end{aligned} \quad (6B.6)$$

EK 6C – p-y, t-z ve Q-Z YAYLARI İÇİN KAYNAKLAR

6C.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.

6C.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.

6C.3. t-z VE Q-Z YAYLARI İÇİN KAYNAK

API WSD RP-2A (2000). Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms, American Petroleum Institute.

BÖLÜM 7 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA HAVA MEYDANI YAPILARINDA YAPI – KAZIK – ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN HESAP KURALLARI

7.1. KAPSAM

7.1.1 – 3.9.1’e göre HMÖS = 1,2 ve DTS = 1,2,3 için yerel zemin sınıfı ZE ve/veya ZF olan zeminlerde zorunlu olarak, yerel zemin sınıfı ZD olan zeminlerde de gereği halinde yapılan kazıklı hava meydanı yapılarında “*yapı – kazık – zemin etkileşimi*” hesapları bu bölümde tanımlanan YZE-A, YZE-B veya YZE-C Yöntemlerine göre yapılacaktır.

7.1.2 – Birinci aşamada YÖNTEM 1 kapsamında kullanılan YZE-A Yöntemi’nde ve ikinci aşamada YÖNTEM 2 kapsamında kullanılan YZE-B Yöntemi’nde yapı-kazık-zemin etkileşimi *kinematik etkileşim* ve *eylemsizlik etkileşimi* olmak üzere iki kısımda ele alınacaktır:

(a) *Kinematik etkileşim* hesabının amacı, kaynaktan gelen deprem dalgalarının zemin ortamında yayılımı sonucunda kazıklarda oluşan iç kuvvet ve şekildeğiştirmelerin hesaplanması, ayrıca daha sonra eylemsizlik etkileşiminde yapı taşıyıcı sistemine kinematik olarak aktarılmak üzere temelde (kazık başlığında) tanımlanan *etkin temel hareketi*’nin belirlenmesidir. Rijit kazık başlığı varsayımı ile *kinematik etkileşim* hesabı, yapı taşıyıcı sisteminden bağımsız olarak sadece zemin-kazık-kazık başlığı altsisteminde yapılan bir hesaptır (Bkz. 7.3.1 ve 7.4.1).

(b) *Eylemsizlik etkileşimi*, yapı taşıyıcı sisteminin deprem hesabında zemin-kazık altsisteminin rijitliğinin gözönüne alınmasına karşı gelmektedir (Bkz. 7.3.2 ve 7.4.2). Bu kapsamda yapı taşıyıcı sistemine kinematik olarak aktarılan *etkin temel hareketi*’nin, yapıda meydana getirdiği eylemsizlik kuvvetlerinin (deprem yüklerinin) etkisi ile hem yapıda, hem de geriye dönüşle kazıklarda meydana gelen iç kuvvetler ve şekildeğiştirmeler belirlenir.

7.1.3 – İkinci aşamada YÖNTEM 3 kapsamında kullanılan YZE-C Yöntemi’nde yapı, kazık ve zemin ortamının birlikte tek bir taşıyıcı sistem olarak modellendiği *ortak sistem yaklaşımı* uygulanacaktır (Bkz. 7.5).

7.1.4 – Kazık kullanılmayan yüzeysel veya gömülü temel durumunda, tüm hesap yöntemlerinde yapı-zemin etkileşimi kapsamında sadece *eylemsizlik etkileşimi* hesabı yapılacaktır. Bu bağlamda yüzeysel ve zemine gömülü rijit dikdörtgen temellerin yay rijitlik katsayıları 7.6’da verilmiştir.

7.2. ZEMİN DEPREM DAVRANIŞININ VE KAZIK – ZEMİN ETKİLEŞİMİNİN MODELLENMESİ

7.2.1. Genel Modelleme Yaklaşımı

7.2.1.1 – Bu Yönetmelik’te genel olarak kullanılması öngörülen yapı-kazık-zemin etkileşimi hesap yöntemlerinde, kazık-zemin altsisteminde zemin ortamının ve kazıkların aynı hesap modeli içinde sonlu elemanlarla (veya sonlu farklarla) modellenmesi gerekmemektedir. 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) uygulanacaktır. Uygulamada bu şekilde yapılan yüklemeye *yerdeğiştirme yüklemesi* adı verilmektedir.

7.2.1.2 – Bu Yönetmelik’te kullanılması öngörülen ve **7.2.1.1**’de açıklanan modelleme yaklaşımına alternatif olarak, sadece ikinci aşamadaki YÖNTEM 3 kapsamında yapılacak *ortak sistem etkileşim hesabı*’nda uygulanmak üzere, zemin ortamının sonlu elemanlarla (veya sonlu farklarla) modellenmesini içeren yaklaşıma ilişkin kurallar **7.5.5**’te verilmiştir.

7.2.2. Serbest Zemin Davranış Hesabı

7.2.2.1 – Deprem etkisi altında zamana bağlı serbest zemin yerdeğiştirmeleri, kazıkların varlığından bağımsız olarak, **6.5**’te verilen modelleme kuralları gözönüne alınarak taban kayasında tanımlanan deprem yer hareketi etkisi altında **6.6**’ya göre yapılacak bir, iki veya üç boyutlu *doğrusal olmayan serbest zemin davranış hesabı* ile belirlenecektir.

7.2.2.2 – 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.

7.2.3. Kazık – Zemin Etkileşiminin Modellenmesi

7.2.3.1 – Kazık boyunca düğüm noktaları, serbest zemin davranış hesabında kullanılan zemin alt-tabakaları ile uyumlu olarak belirlenecektir.

7.2.3.2 – Her bir kazık düğüm noktasında kazık ile zemin ortamı arasındaki görelî kuvvet-yerdeğiştirme ilişkisi **6.9**’a göre belirlenen p-y, t-z yayları ile, kazık ucunda ise Q-Z yayı ile modellenecektir.

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

7.2.3.3 – Deprem hesabından önce t-z ve Q-Z yayları kullanılarak düşey yüklerden kazıklarda oluşan eksenel kuvvetler hesaplanacaktır. t-z ve Q-Z yayları **7.2.3.2(a)** ve **(b)**’de belirtilen etkileşim hesaplarında da gözönüne alınacaktır.

7.2.3.4 – Kazıklarda yatay deprem etkisi altında *grup etkisi*’nin yaklaşık olarak gözönüne alınması için **Denk.(7.1)**’de verilen ampirik bağıntı ile hesaplanan azaltma katsayıları β_G , p-y yayları için tanımlanan kuvvet-yerdeğiştirme eğrilerinin kuvvet (p) eksenine uygulanacaktır:

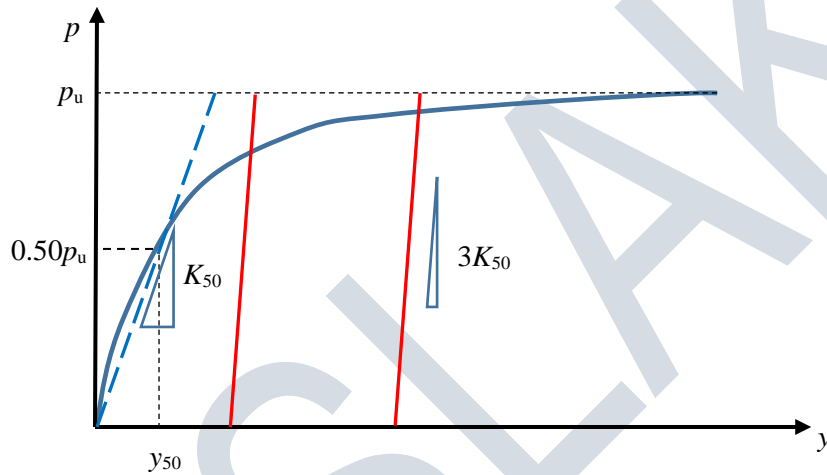
$$\beta_G = 0.2 [(1 - \beta_{G1})s - (1 - 6\beta_{G1})] \quad (7.1)$$

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.(7.1)**'de verilen bağıntı $s \leq 6$ için kullanılacak, $s > 6$ için $\beta_G = 1$ alınacaktır.

7.2.3.5 – Zaman tanım alanında yapılacak hesaplarda p–y yaylarının çok-doğrulu çevrimsel özelliklerinin tanımlanması bağlamında, ilk yüklemekten sonra yük boşaltma – tekrar yükleme durumundaki rijitlik, arazi deneylerine veya benzer zemin koşulları için literatürde yer alan bilgilere dayandırılmadığı sürece, iskelet eğrisinden hesaplanan dayanımın (p_u) %50'sine karşılık gelen yerdeğiştirmeden (y_{50}) geçen sekant rijitliğinin (K_{50}) üç katına eşit alınabilir (**Şekil 7.1**).

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



Şekil 7.1

7.2.4. Kazıkların ve Kazık Başlığının Modellenmesi

7.2.4.1 – YZE-A yönteminde kazıkların davranışı doğrusal olarak gözönüne alınacaktır. YZE-B ve YZE-C yöntemlerinde ise kazıklardan ve sonsuz rijit olduğu varsayılan kazık başlığından oluşan altsistemde kazıklar, **7.2.4.2** ve **7.2.4.3**'e göre tanımlanan plastik mafsalların kazık başlığının hemen altında ve ayrıca zemin içinde derinlik boyunca uygun aralıklarla yerleştirildiği çubuk elemanlar olarak modellenecektir. Betonarme kazıkların etkin akma momentleri **EK 5B**'ye göre hesaplanacaktır.

7.2.4.2 – Betonarme kazıkların kazık başlığı ile monolitik bağlantısında kazık başlığının hemen altındaki plastik mafsalın *plastik mafsal boyu* yarısı kazık içinde, diğer yarısı ise kazık başlığı içinde olmak üzere, $L_p = 0.044 f_{ye} d_b$ [mm] bağıntısı ile hesaplanacaktır. Burada f_{ye} ve d_b , sırası ile, bağlantıdaki boyuna donatı çeliğinin ortalama (beklenen) akma dayanımını [MPa] ve çapını [mm] göstermektedir. Çelik boru kazıkların kazık başlığı ile monolitik bağlantıları, kazıkların tepesinde en az iki kazık çapı derinliğinde düzenlenecek betonarme tıplar ile yapılacaktır. Bu tür kazıkların kazık başlığı ile monolitik bağlantısında da tıpanın üst kısmındaki plastik mafsal boyu betonarme kazıklarda olduğu gibi tanımlanacaktır.

7.2.4.3 – Zemin içinde oluşacak plastik mafsallarda *plastik mafsal boyu* kazığın çalışan doğrultudaki kesit boyutuna eşit alınacaktır.

7.2.4.4 – Bütün etkileşim yöntemlerinde betonarme kazıkların eğilme etkisinde etkin kesit rijitliği, brüt rijitliğin %50'si olarak alınacaktır. Kesme ve eksenel kesit rijitliklerinde herhangi bir azaltma yapılmayacaktır.

7.3. YAPI-KAZIK-ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN YZE-A YÖNTEMİ

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

7.3.1. YZE-A Yöntemi ile Kinematik Etkileşim Hesabı

7.3.1.1 – YZE-A Yöntemi ile Kinematik Etkileşim Hesabı'nın ilk adımında **7.2.2**'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 elde edilen toplam yerdeğiştirmelerinin zamana göre maksimum değerleri hesaplanacaktır. Daha sonra bu maksimumların 7 deprem için ortalamaları alınarak, kazık boyunca *toplam deprem yerdeğiştirme profili* elde edilecektir.

7.3.1.2 – Yapılan serbest zemin davranış hesabından yararlanılarak **6.6**'ya göre zemin yüzeyindeki *sahaya özel deprem spektrumu* elde edilecek ve kazık başlığı altında *etkin temel tasarım ivme spektrumu* olarak kullanılacaktır.

7.3.1.3 – **7.3.1.1**'de elde edilen toplam deprem yerdeğiştirme profili, **7.2.4.1**'e göre tanımlanan kazık-kazık başlığı altsistemi modelinde sıfırdan başlayarak *artımsal statik yerdeğiştirme yüklemesi* olarak **7.2.3.2** uyarınca kazıkların sadece basınç alan *aktif* p-y yaylarının zemin uçlarına adım-adım uygulanacaktır. Kazıklarda doğrusal davranış ile birlikte **7.2.3.4**'e göre grup etkisi gözönüne alınacaktır.

7.3.1.4 – 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.

7.3.2. YZE-A Yöntemi ile Eylemsizlik Etkileşiminin Gözönüne Alınması

7.3.2.1 – YZE-A Yöntemi ile Eylemsizlik Etkileşimi'nde kazıklar ve kazık başlığından oluşan altsistemin, YÖNTEM 1 kapsamında yapı taşıyıcı sistemi ile birleştirilmesi ile elde edilen birleşik taşıyıcı sistem modeli ile hesap yapılacaktır. Bu sistemde kazık başlığının kütlesi de gözönüne alınacak, kazıkların kütleleri ise hesaba katılmayacaktır. Kazıklarda doğrusal elastik davranış gözönüne alınacaktır.

7.3.2.2 – Hesapta *etkin temel tasarım ivme spektrumu* olarak **7.3.1.2**'ye göre elde edilen *sahaya özel deprem spektrumu* kullanılacaktır.

7.3.2.3 – Kazıklar boyunca **7.2.3.2(b)**'ye göre eşdeğer-doğrusal p-y yayları kullanılacaktır. Her bir yayın *eşdeğer-doğrusal rijitlik katsayısı*, **7.3.1.3**'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.

7.3.2.4 – Eylemsizlik etkileşimi hesabının çıktıları olarak YÖNTEM 1 kapsamında yapı taşıyıcı sisteminde ve kazıklarda oluşan yerdeğiştirmeler ve iç kuvvetler elde edilecektir.

7.3.3. Kinematik ve Eylemsizlik Etkileşimi Sonuçlarının Birleştirilmesi

Kazıklardaki 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.

7.4. YAPI-KAZIK-ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN YZE-B YÖNTEMİ

Yapı-kazık-zemin etkileşimi için YZE-B Yöntemi, ikinci aşama hesapta YÖNTEM 2 kapsamında kullanılacaktır.

7.4.1. YZE-B Yöntemi ile Kinematik Etkileşim Hesabı

7.4.1.1 – YZE-B Yöntemi ile Kinematik Etkileşim Hesabı'nın ilk adımında **7.2.2'**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 değışimleri elde edilecektir.

7.4.1.2 – 7.4.1.1'de kazıklar boyunca zaman tanım alanında her bir deprem kaydı için elde edilen toplam deprem yerdeğiştirmeleri, **7.2.4.1'e** göre tanımlanan kazık-kazık başlığı altsistemi modelinde *dinamik yerdeğiştirme yüklemesi* olarak **7.2.3.2** 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 **7.2.3.4'e** göre gözönüne alınacaktır.

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

(a) Her bir deprem kaydı için kazık başlığının altında elde edilen toplam yerdeğiştirmeden yararlanılarak *etkin temel hareketi ivme spektrumu* hesaplanacaktır. Hesaplanan 7 spektrumda her bir periyot için spektral ivmelerin ortalamaları alınarak, eylemsizlik etkileşimi hesabında kullanılmak üzere *etkin temel 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 değışimleri ve bunların maksimum değerleri elde edilecektir.

7.4.2. YZE-B Yöntemi ile Eylemsizlik Etkileşiminin Gözönüne Alınması

7.4.2.1 – YZE-B Yöntemi ile Eylemsizlik Etkileşimi'nde, kazıklar ve kazık başlığından oluşan altsistem yapı taşıyıcı sistemi ile birleştirilerek elde edilen birleşik taşıyıcı sistem modeli ile hesap yapılacaktır. Bu sistemde kazık başlığının kütlesi de gözönüne alınacak, kazıkların kütleleri ise hesaba katılmayacaktır.

7.4.2.2 – Hesapta deprem verisi olarak **7.4.1.3(a)**'ya göre elde edilen *etkin temel tasarım ivme spektrumu* kullanılacaktır.

7.4.2.3 – Kazıklar boyunca **7.2.3.2(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 **7.4.1.3(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.

7.4.2.4 – Eylemsizlik etkileşimi hesabının çıktıları olarak YÖNTEM 2 kapsamında yapı taşıyıcı sisteminde ve kazıklarda oluşan yerdeğiştirmeler ve iç kuvvetler ile kazıklarda oluşabilecek plastik mafsalların dönmeleri hesaplanacaktır.

7.4.3. Kinematik ve Eylemsizlik Etkileşimi Sonuçlarının Birleştirilmesi

Kazıklardaki yerdeğiştirmeler ve iç kuvvetler bakımından kinematik ve eylemsizlik etkileşimi etkileri **7.3.3**'e göre birleştirileceklerdir.

7.5. YAPI-KAZIK-ZEMİN ETKİLEŞİMİ İÇİN YZE-C YÖNTEMİ

7.5.1 – Yapı-kazık-zemin etkileşimi için YZE-C Yöntemi, ikinci aşama hesapta YÖNTEM 3 kapsamında kullanılacaktır. YZE-C Yöntemi'nde yapı, kazık ve zemin ortamının birlikte tek bir taşıyıcı sistem olarak modellendiği *ortak sistem yaklaşımı* uygulanacaktır. Ortak sistemde kazıklar ve kazık başlığından oluşturulan altsistem **7.2.3** ve **7.2.4**'e göre, yapı taşıyıcı sistemi ise **[TBDY (2018) 5.4]**'e göre modellenecektir.

7.5.2 – YZE-C Yöntemi ile *Ortak Sistem Etkileşim Hesabı*'nın ilk adımında **7.2.1**'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.

7.5.3 – **7.5.2**'de kazıklar boyunca zaman tanım alanında her bir deprem kaydı için elde edilen toplam deprem yerdeğiştirmeleri, **7.5.1**'de tanımlanan ortak sistem modelinde *dinamik yerdeğiştirme yüklemesi* olarak **7.2.3.2** 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 **7.2.3.4**'e göre gözönüne alınacaktır.

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

7.5.5 – Bu Yönetmelik'te kullanılması öngörülen ve yukarıda açıklanan etkileşim hesabına alternatif olarak, sadece ikinci aşamada YÖNTEM 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 üç boyutlu yapı ile birlikte gözönüne alınması gereken kazıkların ve zemin ortamının düzlem şekil değiştirme 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 yapıya yatay uzaklığı, her iki doğrultuda ve her iki tarafta ayrı ayrı olmak üzere, en az yapı toplam uzunluğu kadar olacaktır.

(c) Zemin ortamının üç boyutlu *doğrusal olmayan* davranışı, deneysel verilerle uyumlu modeller kullanılarak gözönüne alınacaktır. Modellemede **6.5.3**, **6.5.4**, **6.5.5** ve **6.5.10**'da verilen kurallara uyulacaktır.

(d) *Kazıklar*, **7.2.4.2** ve **7.2.4.3**'e göre 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 ettirecektir.

7.6. YÜZEYSEL VE ZEMİNE KISMEN GÖMÜLÜ TEMELLER İÇİN YAPI-ZEMİN EYLEMSİZLİK ETKİLEŞİMİ

7.6.1 – Yapı temellerinin kazıklı temeller olarak düzenlenmediği durumlarda yapı-zemin eylemsizlik etkileşimi için, yarı sonsuz elastik zemin ortamının üstüne oturan yüzeysel rijit temeller ve zemin ortamına kısmen gömülü rijit temeller elde edilmiş bulunan statik yay rijitlik katsayıları kullanılabilir.

7.6.2 – **Tablo 7.2**'de verilen statik yay rijitlik katsayılarına ilişkin bağıntılarda yer alan *zemin etkin kayma modülü* G , **Bölüm 6**'da **Denk.(6.2)**'ye göre zeminin en üst 30 m'si için bulunan ortalama kayma dalgası hızı esas alınarak **Denk.(6.1)**'den bulunan maksimum kayma modülü G_{max} cinsinden aşağıdaki şekilde elde edilecektir.

$$G = \lambda_G G_{max} \quad (7.2)$$

Burada λ_G *etkin kayma modülü azaltma katsayısı*'nı göstermektedir. Bu katsayı, yerel zemin sınıflarına ve kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına bağlı olarak **Tablo 7.1**'de verilmiştir.

7.6.3 – **Tablo 7.2**'deki yay katsayılarında yer alan Poisson oranı kohezyonsuz zeminlerde $\nu = 0.25$, kohezyonlu zeminlerde ise $\nu = 0.45$ olarak alınabilir.

7.6.4 – **Tablo 7.2**'den görüldüğü üzere zemine gömülü rijit temeller ait rijitlik yay katsayıları, yüzeysel temellere ait katsayıların belirli çarpanlarla çarpılması ile elde edilmektedir. Tabloda verilen katsayılarla 6x6 boyutunda bir *temel rijitlik matrisi* oluşturulabilir. Yüzeysel temellerde bu matrisin sadece ana diyagonal üzerindeki terimleri sıfırdan farklıdır. Zemine gömülü temellerde ise diyagonal-dışı terimler bağlamında yatay yerdeğiştirme bileşenleri ile dönmeler arasındaki bağlantılar tablonun son satırında verilmiştir.

7.6.5 – Düşey doğrultuda ilerleyen kayma dalgalarının etkisi altında yüzeysel temelerde mevcut olmayan temel-zemin kinematik etkileşimi, zemine gömülü temeller için de yaklaşık olarak ihmal edilmiştir.

Tablo 7.1. Zemin Etkin Kayma Modülü Azaltma Katsayısı

Yerel Zemin Sınıfı ^(**)	Etkin Kayma Modülü Azaltma Katsayısı – $\lambda_G^{(*)}$			
	$S_{DS} = 0^{(***)}$	$S_{DS} = 0.25$	$S_{DS} = 1.00$	$S_{DS} \geq 2.00$
ZA	1.00	1.00	1.00	1.00
ZB	1.00	1.00	0.95	0.90
ZC	1.00	0.95	0.75	0.60
ZD	1.00	0.90	0.50	0.10

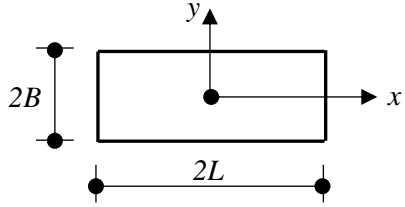
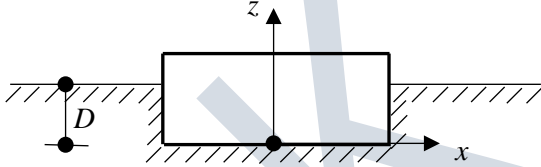
(*) S_{DS} 'in ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

(**) Yerel zemin sınıfı ZE ve ZF olan zeminlerde kazıklı temel yapılması zorunludur (Bkz.3.9.1).

(***) Bu kolon $S_{DS} < 0.25$ için doğrusal enterpolasyon yapılması amacı ile eklenmiştir.

7.6.6 – Birinci ve ikinci aşamada kullanılan tüm yöntemlerde yapı-zemin eylemsizlik etkileşiminin gözönüne alınması için **Tablo 7.2**'ye göre oluşturulacak temel rijitlik matrisi tek bir bağ (link) elemanı olarak veya matrisin diyagonal üzerindeki elemanları ayrı ayrı yaylar olarak rijit temelin altındaki merkez noktasına bağlanacaktır. Temel altı merkez noktası ile temelin üstündeki ayak bağlantı noktası arasında rijitliği çok yüksek fiktif elemanlar düzenlenmelidir.

Tablo 7.2. Planda Dikdörtgen Rijit Yüzeysel Temeller ve Zemine Gömülü Temeller İçin Yay Rijitlik Katsayıları

YÜZEYSEL TEMEL	ZEMİNE GÖMÜLÜ TEMEL
 $\kappa = \frac{B}{L} \leq 1$	 $L \geq B \quad \eta = \frac{D}{B}$
$(K_{z,z})_Y = \frac{2GL}{1-\nu} (0.73 + 1.54\kappa^{0.75})$	$(K_{z,z})_G = (K_{z,z})_Y \left[1 + \frac{\eta}{21} (1 + 1.3\kappa) \right] \left[1 + 0.2\eta (1 + \kappa)^{2/3} \right]$
$(K_{y,y})_Y = \frac{2GL}{2-\nu} (2 + 2.5\kappa^{0.85})$	$(K_{y,y})_G = (K_{y,y})_Y (1 + 0.15\sqrt{\eta}) \left[1 + 0.52(\kappa\eta)^{0.8} \left(2 + \frac{2}{\kappa} \right)^{0.4} \right]$
$(K_{x,x})_Y = (K_{y,y})_Y - \frac{0.2GL}{0.75-\nu} (1 - \kappa)$	$(K_{x,x})_G = (K_{x,x})_Y (1 + 0.15\sqrt{\eta}) \left[1 + 0.52(\kappa\eta)^{0.8} \left(2 + \frac{2}{\kappa} \right)^{0.4} \right]$
$(K_{\theta_x, \theta_x})_Y = \frac{1.24GL^3}{1-\nu} \kappa^2 (2.4 + 0.5\kappa)$	$(K_{\theta_x, \theta_x})_G = (K_{\theta_x, \theta_x})_Y \left[1 + 1.26\eta (1 + \eta\sqrt{\kappa}) \right]$
$(K_{\theta_y, \theta_y})_Y = \frac{3.72GL^3}{1-\nu} \kappa^{0.6}$	$(K_{\theta_y, \theta_y})_G = (K_{\theta_y, \theta_y})_Y \left[1 + 0.92\eta^{0.6} (1.5 + \kappa^{-0.6}) \right]$
$(K_{\theta_z, \theta_z})_Y = 1.24GL^3 (\kappa + \kappa^3)^{0.75} \left[4 + 11(1 - \kappa)^{10} \right]$	$(K_{\theta_z, \theta_z})_G = (K_{\theta_z, \theta_z})_Y \left[1 + 1.4(1 + \kappa)\eta^{0.9} \right]$
—	$(K_{x,\theta_y})_G = (K_{\theta_y,x})_G \cong \frac{D}{3} (K_{x,x})_G ; (K_{y,\theta_x})_G = (K_{\theta_x,y})_G \cong \frac{D}{3} (K_{y,y})_G$

BÖLÜM 8 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA HAVA MEYDANI YAPILARI TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ TASARIMINA İLİŞKİN KURALLAR

8.1. KESİT HESAPLARINA İLİŞKİN GENEL KURALLAR

8.1.1 – Birinci aşama tasarımda kesit hesapları, *tasarım dayanımları* esas alınarak, betonarme taşıyıcı sistem elemanları için TS 500'e göre, çelik taşıyıcı sistem elemanları için ise Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları (2018)'e göre *Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) Yöntemi* ile yapılacaktır.

8.1.2 – İkinci aşama tasarımda eğilme + aksel kuvvet durumu için [**TBDY (2018) 5.4.1.5**]’te tanımlanan *ortalama (beklenen) dayanımlar*, kesme kuvveti için **8.1.1**'e göre *tasarım dayanımları* kullanılacaktır.

8.1.3 – Mevcut yapıların birinci ve ikinci aşama performans değerlendirmelerinde [**TBDY (2018) Bölüm 15**]’te tanımlanan *mevcut dayanımlar* kullanılacaktır.

8.2. BETONARME VE ÇELİK TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ TASARIMINA İLİŞKİN KURALLAR

Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımı [**TBDY (2018) Bölüm 7**]’ye göre, çelik taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımı ise *Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) Yöntemi* ile [**TBDY (2018) Bölüm 9**]’a göre yapılacaktır.

8.3. TEMELLERİN TASARIMINA İLİŞKİN KURALLAR

Temellerin tasarımı için aşağıda verilen kurallar hem birinci aşamada, hem de ikinci aşamada aynen uygulanacak ve elverişsiz olan tasarım esas alınacaktır.

8.3.1. Temel Tasarımında Esas Alınacak Kuvvetler

8.3.1.1 – Birinci aşamada temel tasarımı esas alınacak kuvvetler, **4.5.4**'e göre **Denk(4.8)**'de verilen değerlendirme kriterini sağlayan kuvvetlerdir.

8.3.1.2 – İkinci aşamada temel tasarımı esas alınacak kuvvetler, **Bölüm 5**'e göre yapılan doğrusal olmayan değerlendirme kapsamında plastik şekil değiştirmelerle uyumlu olarak temele aktarılan kuvvetlerdir.

8.3.2. Temellerin Geoteknik Tasarımına İlişkin Kurallar

Temellerin *taşıma gücü ilkesi*'ne göre geoteknik tasarımı [**TBDY (2018) 16.7, 16.8, 16.9**]’a göre yapılacaktır.

8.3.3. Kazıkların Yapısal Tasarımına İlişkin Koşullar

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

8.3.3.2 – Çelik boru kazıkların et kalınlıkları **Denk.(8.1)**'deki koşulu sağlayacaktır:

$$\begin{aligned} \text{DTS}=1, 1a, 2, 2a \text{ olan yapılarda: } & \frac{D}{t} \leq 60 \\ \text{DTS}=3, 3a, 4, 4a \text{ olan yapılarda: } & \frac{D}{t} \leq 80 \end{aligned} \quad (8.1)$$

8.3.3.3 – 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 **8.3.3.5**'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.

8.3.3.4 – Betonarme kazıklarda boyuna donatı kazık boyunca devam ettirilecektir. Kazık başlığının altındaki kazık boyunun üstten 2/3'ünde boyuna donatı oranı $DTS = 1,2$ olan yapılarda 0.01'den, $DTS = 3,4$ olan yapılarda ise 0.008'den az olmayacaktır.

8.3.3.5 – 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.

(a) $HMÖS = 1,2$ ve $DTS = 1,2$ olan yapılarda plastik mafsal etki bölgesi boyunca kullanılacak minimum enine donatı hacimsel oranı aşağıda verilmiştir:

$$\rho_s = \frac{4A_{sp}}{D_o s} \geq 0.12 \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \quad (8.2)$$

(b) $HMÖS = 1,2$ ve $DTS = 3$ olan yapılarda plastik mafsal etki bölgesi boyunca kullanılacak minimum enine donatı miktarı (a)'da verilenlerin 2/3'ü kadar olacaktır.

(c) $HMÖS = 1,2$ ve $DTS = 1,2,3$ olan yapılarda plastik mafsal etki bölgesi dışında kullanılacak minimum enine donatı miktarı, plastik mafsal etki bölgesi boyunca kullanılacak minimum enine donatının yarısı kadar olacaktır.

(d) $HMÖS = 3$ olan tüm yapılar ile $HMÖS = 1,2$ ve $DTS = 4$ olan yapılarda tüm kolon boyunca kullanılacak minimum enine donatı miktarı (a)'da verilenlerin 1/3'ü kadar olacaktır.

(e) 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.

(f) Plastik mafsal etki bölgesi dışında enine donatı aralıkları, boyuna donatı çapının 6 katından ve 15 cm'den fazla olmayacaktır.

BÖLÜM 9 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA MEVCUT HAVA MEYDANI YAPILARININ PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ VE GÜÇLENDİRME TASARIMINA İLİŞKİN GENEL KURALLAR

Mevcut hava meydanı yapılarının deprem etkisi altında performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirme tasarımına ilişkin genel kurallar bu bölümde verilmiştir. Mevcut yapılar için de, yeni yapılacak yapılarda olduğu gibi, iki aşamalı değerlendirme ve tasarım yaklaşımı esas alınacaktır.

9.1. MEVCUT HAVA MEYDANI YAPILARININ DEPREM ETKİSİ ALTINDA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİNE İLİŞKİN GENEL KURALLAR

9.1.1. Mevcut Yapılardan Bilgi Toplanması

Performanslarının değerlendirilmesi öngörülen mevcut hava meydanı yapılarından bilgi toplanması işlemleri [TBDY (2018) 15.2]'ye göre yapılacaktır.

9.1.2. Deprem Etkisi Altında Mevcut Hava Meydanı Yapıları İçin Birinci Aşama Performans Değerlendirmesi

9.1.2.1 – Mevcut hava meydanı yapılarının birinci aşama performans değerlendirilmesi ve gereği durumunda güçlendirme tasarımı, yeni yapılacak yapılardan farklı olarak **Bölüm 5**'te tanımlanan *şekildeğiştirmeye göre değerlendirme* yaklaşımı ile yapılacaktır.

9.1.2.2 – Mevcut hava meydanı yapılarının birinci aşama performans değerlendirmesinde ve gereği durumunda güçlendirme tasarımında, **Bölüm 3**'te birinci aşama için tanımlanan DD-2a ve DD-3 deprem düzeyleri aynen uygulanacak, ancak performans hedefi olarak yeni yapılacak yapılar için kullanılan *Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Hedefi* yerine *Sınırlı Hasar (SH) Performans Hedefi* esas alınacaktır.

9.1.2.3 – Mevcut yapıların birinci aşama performans değerlendirmesinde;

(a) **Bölüm 5**'te tanımlanan modelleme kuralları ile hesap yöntemleri aynen uygulanacaktır.

(b) Yeni yapılacak hava meydanı yapıları için [TBDY (2018) 5.4.1.5]'te tanımlanan *beklenen (ortalama)* malzeme dayanımları yerine mevcut yapılar için **9.1.1**'de tanımlanan *mevcut dayanımlar* kullanılacaktır.

(c) Yeni yapılacak hava meydanı yapıları için **5.6.1**'de tanımlanan birim *şekildeğiştirme kapasiteleri* yerine birinci aşamada mevcut yapılarda *Sınırlı Hasar (SH) Performans Hedefi* için aşağıda verilen beton ve donatı çeliği birim *şekildeğiştirme kapasiteleri* kullanılacaktır.

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0.004 \quad ; \quad \varepsilon_s^{(SH)} = 0.015 \quad (9.1)$$

(d) Yeni yapılacak hava meydanı yapıları için **5.6.2**'de tanımlanan plastik dönme kapasiteleri yerine birinci aşamada mevcut yapılarda *Sınırlı Hasar (SH) Performans Hedefi* için plastik dönme kapasitesi aşağıdaki şekilde tanımlanacaktır.

$$\theta_p^{(SH)} = (\phi^{(SH)} - \phi_Y) L_p \quad (9.2)$$

Burada $\phi^{(SH)}$, mevcut boyuna ve enine donatı miktarları ve mevcut dayanımlar ile **Denk.(9.1)**'de verilen birim *şekildeğiştirme kapasiteleri* esas alınarak hesaplanan eğriliği

göstermektedir. 5.6.3'te tanımlanan plastik dönme – aksenal kuvvet diyagramları da Denk.(9.2)'ye göre düzenlenecektir.

(e) Yeni yapılacak hava meydanı yapıları için 5.6.4'te tanımlanan kurallar birinci aşamada mevcut hava meydanı yapıları için uygulanmayacaktır.

(f) Yeni yapılacak hava meydanı yapıları için 5.6.5'te tanımlanan kesme kuvveti kapasiteleri, mevcut boyuna ve enine donatı miktarları ve mevcut dayanımlar gözönüne alınarak hesaplanacaktır.

(g) Zemin basınçları için 6.10.1.1 ve 6.11.2.2'de tanımlanan r katsayısı ve 6.11.2.3'te tanımlanan toptan göçmeye karşı güvenlik katsayısı ile 6.11.3.5 ve 6.11.3.6'da tanımlanan kalıcı şev yerdeğiştirilmesi %50 arttırılabilir.

9.1.3. Deprem Etkisi Altında Mevcut Hava Meydanı Yapıları İçin İkinci Aşama Performans Değerlendirmesi

9.1.3.1 – Yeni yapılacak hava meydanı yapıları için Bölüm 5'te tanımlanan ikinci aşama deprem düzeyleri, modelleme kuralları, hesap yöntemleri ve performans değerlendirme kriterleri mevcut hava meydanı yapıları için de aynen geçerlidir.

9.1.3.2 – Bölüm 3'te 3.6.2'ye göre HMÖS = 2 olan hava meydanı yapıları için kullanılması öngörülen *Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Hedefi*, İdare'nin onayı ile, ikinci aşamada HMÖS = 1 olan mevcut hava meydanı yapıları için de kullanılabilir.

9.1.3.3 – 5.6'da tanımlanan beton birim şekildeğiştirme kapasitesinin kullanılabilmesi için 5.6.1(c)'de belirtilen koşulun sağlanması zorunludur. Aksi durumda, gerek kontrollü hasar, gerekse göçmenin önlenmesi performans hedefleri için beton birim şekildeğiştirme kapasitesi $\epsilon_c^{(KH)} = \epsilon_c^{(GÖ)} = 0.005$ alınacaktır.

9.1.3.4 – Birinci aşama performans değerlendirmesi için 9.1.2.3(g)'de verilen kural ikinci aşama için de geçerlidir.

9.2. MEVCUT HAVA MEYDANI YAPILARININ DEPREM ETKİSİ ALTINDA GÜÇLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN GENEL KURALLAR

Mevcut hava meydanı yapılarının güçlendirilmesi için uygulanan güçlendirme yöntemleri [TBDY (2018) Bölüm 15]'te verilmiştir. Bu bağlamda en yaygın güçlendirme yöntemlerinden biri olan kolon mantolaması için ek bilgiler aşağıda verilmiştir.

9.2.1. Sargı Mantosu

Mantolama yöntemi *sargı mantosu* ve *dayanım arttırma mantosu* olarak iki farklı amaçla kullanılır.

9.2.1.1 – Sargı mantosunda amaç, plastik mafsallardaki sünekliğin arttırılmasıdır. Sargı mantoları, çelik sargı mantosu, betonarme sargı mantosu ve lifli polimer sargı mantosu olarak yapılabilir. Aşağıda çelik ve betonarme sargı mantolarına ilişkin kurallar verilmiştir. Lifli polimer sargı mantosu uygulamasına ilişkin kurallar [TBDY (2018) EK 15B]'de verilmiştir.

9.2.1.2 – Çelik ve betonarme sargı mantosunda mevcut plastik mafsalların komşu olduğu elemanlarla (üstte başlık kirişi, altta temel) mantonun üstteki ve/veya alttaki uçları arasında yaklaşık olarak $b_m = 50$ mm'lik bir boşluk bırakılarak plastik mafsal momentinin aşırı arttırılmaması ve prensip olarak sadece sünekliğin ve kesme kuvveti kapasitesinin arttırılması amacı sağlanır.

9.2.1.3 – Çelik sargı mantosu:

(a) Çelik sargı mantosunun en etkin olduğu kolon, betonarme dairesel kesitli kolondur. Mevcut dikdörtgen kesitli betonarme kolonda çelik manto kesiti eliptik veya dairesel olmalıdır.

(b) Dairesel çelik sargı mantosunda, mevcut betonarme dairesel kolonla arasında yaklaşık olarak 25 mm boşluk bırakılarak manto yapılır, boşluk yıkanarak temizlendikten sonra çimento şerbeti enjekte edilerek doldurulur.

9.2.1.4 – Dairesel kesitli kolonda sargı mantosu et kalınlığının belirlenmesi:

(a) Gözönüne alınan bir kolon için belirli bir manto et kalınlığı (t_m) seçilerek **EK 5B**'ye göre moment-eğrilik analizi yapılır. Bu analizde manto, hacimsel donatı oranı $\rho_s = 4 t_m / D$ olan sürekli bir enine sargı donatısı olarak gözönüne alınır. Etkin akma momenti ve etkin eğrilik rijitliği bu analizden elde edilir.

(b) Deprem hesabı sonucunda ilgili orta ayağın taban kesitindeki plastik dönme talebi θ_{pm} hesaplanır ve daha sonra *mantolu kesitin plastik mafsal boyu* L_{pm} 'ye bölünerek plastik eğrilik talebi ϕ_{pm} elde edilir:

$$\phi_{pm} = \frac{\theta_{pm}}{L_{pm}} \quad ; \quad L_{pm} = b_m + 0.044 f_{ye} d_{bl} \quad (9.3)$$

(c) Plastik eğrilik talebi ϕ_{pm} 'e **EK 5B**'ye göre hesaplanan etkin akma eğriliği ϕ_y eklenerek toplam eğrilik talebi ϕ_{tm} hesaplanır. Tekrar moment-eğrilik analizine dönülerek toplam eğrilik talebi ϕ_{tm} 'e karşı gelen beton birim şekildeğiştirme talebi ϵ_{cm} elde edilir.

(d) Beton birim şekildeğiştirme talebi ϵ_{cm} , **5.6.1.1**'de dairesel kesit için **Denk.(5.1b)** ile verilen birim şekildeğiştirme kapasitesi ϵ_{cu} 'ya eşitlenerek ve **Denk.(5.5)**'den yararlanılarak *gerekli hacimsel enine donatı oranı* ρ_s aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$\rho_s = \frac{f_{ce}}{k_e f_{ywe}} \left(\frac{\epsilon_{cm} - 0.0035}{0.07} \right)^2 \quad (9.4)$$

Buradan $t_m = \rho_s D / 4$ olarak hesaplanan gerekli manto et kalınlığı başlangıçta seçilen kalınlıktan daha küçük ise hesap sonlandırılır, aksi durumda yeni bir kalınlık seçilerek tekrarlanır.

9.2.1.5 – Dikdörtgen kesitli kolonda betonarme sargı mantosu:

Betonarme sargı mantosu mevcut kolonun yüzeyleri pürüzlendirilerek uygulanacaktır. Betonarme sargı kalınlığı en az 200 mm olmalıdır. Mantoda boyuna donatı oranı manto kesidinin %1'i olarak alınacaktır. Enine sargı donatısı miktarının hesabı, çelik sargı için **9.2.1.4**'te verilen hesaba benzer şekilde yapılabilir. Bu durumda **5.6.1.1**'de dikdörtgen kesitler için verilen **Denk.(5.1a)** ve **Denk.(5.3)**'ten yararlanılacaktır. Ancak dikdörtgen mantonun köşeleri dışındaki bölgelerinde boyuna donatılar enine donatılar tarafından mesnetlenemeyeceğinden, burkulmalarının önlenmesi için çiroz görevini yapmak üzere beton ankrajlarının yapılması ve 135 derece kanca ile boyuna ve enine donatılara bağlanması gereklidir.

9.2.2. Dayanım Arttırma Mantosu

9.2.2.1 – Dayanım arttırma mantosu, kolonun eğilme momenti, kesme kuvveti ve eksenel kuvvet kapasitesinin arttırılması, aynı zamanda sargılanması amacı ile yapılır. Bu durumda manto betonu ve boyuna donatısı komşu elemanlarla (temel veya başlık kirişi) monolitik çalışma sağlayacak şekilde birleştirilir.

9.2.2.2 – Dayanım mantosu genellikle betonarme manto olarak düzenlenir. Mevcut betonla manto betonunun birlikte çalışabilmesini sağlamak üzere, mevcut kolonun yüzeyleri pürüzlendirilir ve arayüz kesmesini karşılamak üzere *kesme bağlantıları* beton ankrajları olarak yapılır. Dikdörtgen kesitli dayanım arttırma mantosunda, sargı mantosu için belirtildiği üzere, bu ankrajların 135 derece kanca ile boyuna ve enine donatılara bağlanması gereklidir. Kesme bağlantısı ankrajlar için yapılacak sürtünme kesmesi hesabında sürtünme katsayısı $\mu = 1$ alınacaktır.