

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAT DÖŞEMELERİ KOMPOZİT, B3 SÜREKSİZLİĞİNE SAHİP, KARMA
YÜKSEK YAPININ DEPREM ETKİSİNDE TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serpil BOZKURT

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAT DÖŞEMELERİ KOMPOZİT, B3 SÜREKSİZLİĞİNE SAHİP, KARMA
YÜKSEK YAPININ DEPREM ETKİSİNDE TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Serpil BOZKURT
(501091275)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zeki HASGÜR

HAZİRAN 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501091275 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Serpil BOZKURT**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**KAT DÖŞEMELERİ KOMPOZİT, B3 SÜREKSİZLİĞİNE SAHİP, KARMA YÜKSEK YAPININ DEPREM ETKİSİNDE TASARIMI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Zeki HASGÜR**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Feridun ÇILI**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Güliz BAYRAMOĞLU

İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **03 Mayıs 2013**
Savunma Tarihi : **05 Haziran 2013**

Aileme,

ÖNSÖZ

İstanbul Teknik Üniversitesi, Deprem Mühendisliği programı çerçevesinde hazırlamış olduğum, ‘Kat Döşemeleri Kompozit, B3 Süreksizliğine Sahip, Karma Yüksek Yapının Deprem Etkisinde Tasarımı’ adlı çalışmayı içeren yüksek lisans tezimi hazırlamam sırasında bilgi, hoşgörü ve yardımlarını esirgemeyip bana yol gösteren, çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Zeki HASGÜR’e içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Öğrenim hayatıma başladığım günden itibaren üzerimde emeği geçen, bilgi ve tecrübeleri ile beni donatan bütün hocalarıma da gönülden teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca olduğu gibi, yüksek lisans tezi çalışmam sırasında da benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan annem, babam, kardeşlerim ve eşim İsmail BOZKURT’a da teşekkürlerimi sunuyorum.

Haziran 2013

Serpil BOZKURT
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY.....	xxi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı.....	2
2. ÇOK KATLI YÜKSEK YAPILAR.....	3
2.1 Giriş.....	3
2.2 Yüksek Binaların Tarihsel Gelişimi.....	6
2.3 Türkiye’ de Yüksek Yapılar.....	8
2.4 Kullanılan Malzemeye Göre Çok Katlı Yüksek Yapılar.....	9
2.4.1 Betonarme yüksek yapılar.....	9
2.4.2 Çelik yüksek yapılar.....	9
2.4.3 Kompozit (Karma) yüksek yapılar.....	9
2.5 Yüksek Yapılarda Kullanılan Taşıyıcı Sistemler.....	10
2.5.1 Çerçeve sistem.....	10
2.5.2 Perde duvarlı sistem.....	11
2.5.3 Çerçeve ve perde duvarlı sistem.....	12
2.5.4 Çekirdek sistem.....	13
2.5.5 Tüp sistem.....	15
2.5.6 Taşıyıcı sistem seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar.....	17
2.6 Çok Katlı Yapılarda Taşıyıcı Sistem Tasarımı.....	17
3. YÜKSEK YAPILARA ETKİYEN YÜKLER.....	21
3.1 Genel Bilgiler.....	21
3.2 Düşey Yükler.....	21
3.2.1 Sabit yükler.....	22
3.2.2 Hareketli yükler.....	22
3.3 Konstruksiyon Yükleri.....	22
3.4 Kar ve Buz Yükleri.....	22
3.5 Rüzgar Yükleri.....	23
3.5.1 İstanbul yüksek yapılar rüzgar yönetmeliği.....	24
3.5.1.1 Genel hükümler.....	24
3.5.1.2 Rüzgar hızı.....	24
3.5.1.3 Yüzey pürüzlülük katsayısı.....	25
3.5.1.4 Ct Topoğrafya katsayıları.....	25
3.5.1.5 Çevredeki yapıların ortalama rüzgar hızı profiline etkisi.....	25
3.5.1.6 Dinamik rüzgar hızı.....	26
3.5.1.7 Türbülans şiddeti.....	26

3.6 Sismik Yükler	27
3.7 Su ve Toprak Basıncı Yükleri	28
3.8 Çarpma ve Dinamik Yükler.....	28
3.9 Patlama Yükleri	29
3.10 Yüklerin Birlikte Değerlendirilmesi	29
4. DOĞRUSAL ELASTİK HESAP YÖNTEMLERİ.....	31
4.1 Hesap Yönteminin Seçilmesi.....	31
4.2 Yerdeğiştirme Bileşenleri ve Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları.....	32
4.3 Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi	33
4.4 Mod Birleştirme Yöntemi	34
4.5 Yapının Mod Birleştirme Yöntemi İle Analizi.....	34
4.6 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi.....	36
4.6.1 Yapay deprem yer hareketleri.....	36
4.6.2 Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri	37
4.6.3 Zaman tanım alanında hesap	37
4.7 Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması	37
4.8 İkinci Mertebe Etkileri	38
4.9 Deprem Derzleri	38
4.10 Yapısal Çıkıntılara, Mimari Elemanlara, Mekanik ve Elektrik Donanımına Etkiyen Deprem Yükleri	39
4.11 Yapıların Performans Değerlendirilmesinde Uygulanacak Hesap Kuralları .	40
4.11.1 Binalardan bilgi toplanması.....	40
4.11.2 Bilgi düzeyleri.....	40
4.11.2.1 Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi	40
4.11.2.2 Betonarme binalarda orta bilgi düzeyi	41
4.11.2.3 Betonarme binalarda kapsamlı bilgi düzeyi.....	43
4.11.2.4 Çelik binalarda sınırlı bilgi düzeyi.....	44
4.11.2.5 Çelik binalarda orta bilgi düzeyi	44
4.11.2.6 Çelik binalarda kapsamlı bilgi düzeyi	45
4.11.3 Yapı elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri	45
4.11.4 Deprem hesabına ilişkin genel ilke ve kurallar.....	46
4.11.5 Bina deprem performansının belirlenmesi	47
4.11.5.1 Hemen kullanım performans düzeyi	47
4.11.5.2 Can güvenliği performans düzeyi	47
4.11.5.3 Göçme öncesi performans düzeyi	47
4.11.5.4 Göçme durumu.....	48
4.11.5.5 Binalar için hedeflenen performans düzeyleri	48
5. İSTANBUL YÜKSEK BİNALAR DEPREM YÖNETMELİĞİ'NE GÖRE YAPI TASARIMI.....	51
5.1 Giriş.....	51
5.2 Yönetmeliğin Amacı ve Kapsamı.....	51
5.3 Yönetmeliğin Genel Yaklaşımı	52
5.4 Deprem Düzeyleri.....	52
5.5 Deprem Tasarım Spektrumları	53
5.6 Zaman Tanım Alanında Deprem Etkisi	54
5.7 Yüksek Binalar İçin Tanımlanan Performans Düzeyleri, Performans Bölgeleri ve Performans Hedefleri	56
5.7.1 Minimum hasar / kesintisiz kullanım performans düzeyi (MH / KK)....	56
5.7.2 Kontrollü hasar / can güvenliği performans düzeyi (KH / CG).....	56
5.7.3 İleri hasar / göçmeme güvenliği performans düzeyi (İH / GG).....	56

5.8 Performans Bölgeleri.....	57
5.9 Yüksek Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri.....	57
5.10 Yüksek Binalar İçin Analiz ve Tasarım Yöntemleri.....	58
5.10.1 Yüksek binalar için analiz yöntemleri.....	58
5.10.2 Analiz modellerine ilişkin kural ve koşullar.....	59
5.11 Yüksek Binalarda Performansa Göre Deprem Tasarımının Aşamaları.....	61
5.12 Yapı Sağlığı İzleme Sistemleri.....	62
6. ÖRNEK ÇOK KATLI KARMA TAŞIYICI SİSTEMLİ BİR YAPININ	
SAYISAL ANALİZİ.....	65
6.1 Genel Bina Bilgileri.....	65
6.2 Taşıyıcı Sistem Bilgileri.....	67
6.3 Malzeme Bilgileri.....	69
6.4 Yük Bilgileri.....	71
6.5 Yük Kombinasyon Bilgileri.....	71
6.6 Türk Deprem Yönetmeliği-2007'ye Göre Tasarımı.....	73
6.6.1 Tasarım için genel ilke ve kurallar.....	73
6.6.2 Düzensiz binaların incelenmesi.....	73
6.6.3 Hesap yönteminin seçilmesi.....	76
6.7 Yapının Mod Birleştirme Yöntemiyle Analizi.....	76
6.7.1 Yapının mod birleştirme yöntemiyle analizi.....	78
6.7.2 Hesap sonuçları.....	80
6.7.2.1 Mod değerleri ve taban kesme kuvveti.....	80
6.7.3 Düzensizlik kontrolleri.....	83
6.7.3.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü.....	83
6.7.3.2 Deplasman ve görel kat ötelemeleri kontrolü.....	86
6.7.3.3 A3 Planda çıkıntılar bulunması kontrolü.....	89
6.7.3.4 B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	90
6.7.3.5 İkinci merteye etkileri kontrolü.....	92
6.8 Yapı Elemanlarında Kesit Kontrolleri.....	94
6.8.1 Kolonların enkesit koşulları sınır kontrolleri.....	95
6.8.2 Kirişlerin enkesit koşulları sınır kontrolleri.....	99
6.8.3 Güçlü kolon zayıf kiriş kontrolü.....	100
6.8.4 Kompozit döşeme kesit hesapları.....	103
6.8.4.1 Malzeme özellikleri.....	103
6.8.4.2 Enkesit koşulları.....	104
6.8.4.3 Yüklerin belirlenmesi.....	104
6.8.4.4 Karma plakta taşıma gücü kontrolleri.....	105
6.8.5 Kompozit döşeme kirişlerinin boyutlandırılması.....	106
6.8.5.1 Malzeme ve kesit özellikleri.....	106
6.8.5.2 Kompozit kesit pozitif moment taşıma kapasitesi.....	107
6.8.6 Kat kirişlerinin boyutlandırılması.....	1069
6.8.6.1 Kesit Özellikleri.....	1109
6.8.6.2 G+Q yüklemesi için kesit hesabı.....	1109
6.8.6.3 G+Q+E _{mak} yüklemesi için kesit hesabı.....	110
6.8.6.4 Kesme kapasitesi kontrolü.....	110
6.8.7 Kolonların boyutlandırılması.....	110
6.8.7.1 Kesit özellikleri.....	110
6.8.7.2 G+Q yükü için kesit hesabı.....	112
6.8.7.3 G+Q+ E _{mak} yüklemesi için kesit hesabı.....	115
6.8.7.4 Kesme kapasitesi kontrolü.....	117

6.8.8 Perdelerin betonarme hesapları.....	118
6.8.8.1 Enkesit koşulları.....	118
6.8.8.2 Perde uç bölgeleri ve kritik perde yüksekliği	119
6.8.8.3 Gövde donatısı koşulları	120
6.8.8.4 U Perde Uç Bölgesi Sarılma Donatısının Belirlenmesi.....	122
6.8.8.5 U perde kesme güvenliği kontrolü	123
6.8.9 Yapı elemanlarının birleşim hesapları (TS 3357).....	126
6.8.9.1 Kompozit döşeme kirişleri için hesaplar	126
6.8.9.1.1 Malzeme özellikleri	126
6.8.9.1.2 Betonarmeye bağlantı hesapları	126
6.8.9.1.3 Bağlantı levhası kaynak hesabı	127
6.8.9.1.4 Gövde bulonları hesabı	127
6.8.9.2 Kirişlerin ek hesabı.....	128
6.8.9.2.1 Kirişlerin enkesit koşulları ve sınır kontrolleri	128
6.8.9.3 Kolon kayma bölgesi kalınlığı kontrolü	130
6.9 Temel Hesabı.....	131
6.9.1 Radyetemelin boyutlandırılması	131
6.9.2 Zemin emniyet gerilmesi kontrolü.....	134
6.9.3 Kazık boyu hesap sonuçları	134
6.9.4 Kazık taşıma gücünün hesaplanması	138
6.9.5 Radyetemel zımbalama kontrolü	140
6.9.6 Donatı hesabı	141
6.10 Zaman tanım alanında hesap yöntemiyle analiz.....	142
6.10.1 Hesap sonuçlarının değerlendirilmesi	147
6.10.2 Deplasman ve görel kat ötelemeleri kontrolü.....	150
6.10.3 B2 Komşu katlararası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	153
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	157
KAYNAKLAR.....	159
ÖZGEÇMİŞ.....	165

KISALTMALAR

ABYBHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
BS	: Beton Sınıfı
BÇ	: Betonarme Çeliği
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
ETABS	: Extended 3D Analysis of Building Systems
EX	: X Doğrultusunda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 Olan Deprem
EY	: Y Doğrultusunda 50 Yılda Aşılma Olasılığı % 10 Olan Deprem
G	: Ölü Yükler
İYBDY	: İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği
TDY-2007	: Türk Deprem Yönetmeliği-2007
TS 500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
TS 498	: Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
XTRACK	: Cross Sectional Structural Analysis Program for Structural Engineers

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : Bilgi düzeyi katsayıları	45
Çizelge 4.2 : Binalar için öngörülen minimum performans hedefleri.....	49
Çizelge 5.1 : Kısa periyot zemin katsayısı F_a	54
Çizelge 5.2 : 1.0 Periyodu zemin katsayısı F_v	54
Çizelge 5.3 : Yüksek binalar için performansa göre tasarım aşamaları	62
Çizelge 6.1 : Kolon ve kirişlerde kullanılan profil bilgileri.....	68
Çizelge 6.2 : Yük kombinasyonları tablosu.....	72
Çizelge 6.3 : Azaltılmış ivme spektrumu fonksiyonları.....	78
Çizelge 6.4 : Mod değerleri ve kütle katılım oranları	80
Çizelge 6.5 : X-X yönü burulma düzensizliği kontrolü	83
Çizelge 6.6 : Y-Y yönü burulma düzensizliği kontrolü	85
Çizelge 6.7 : X-X yönü görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	86
Çizelge 6.8 : Y-Y yönü görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	88
Çizelge 6.9 : A3 türü düzensizlik kontrolü.....	89
Çizelge 6.10 : X-X yönü komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	90
Çizelge 6.11 : Y-Y yönü komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	91
Çizelge 6.12 : X-X yönü ikinci mertebeye etkileri kontrolü	92
Çizelge 6.13 : Y-Y yönü ikinci mertebeye etkileri kontrolü	93
Çizelge 6.14 : Enkesit koşulları tablosu	95
Çizelge 6.15 : Güçlü kolon-zayıf kiriş kontrolü	102
Çizelge 6.16 : HE900 A kesit bilgileri	109
Çizelge 6.17 : HD400x1086 kolonu kesit bilgileri	110
Çizelge 6.18 : P1 perdesi kesit bilgileri.....	119
Çizelge 6.19 : HE900 A kirişleri kesit bilgileri	128
Çizelge 6.20 : Deprem düzeyleri için spektral ivme değerleri.....	142
Çizelge 6.21 : Analiz için kullanılacak gerçek depremlere ait bilgiler	143
Çizelge 6.22 : Deprem düzeyleri için spektral ivme değerleri.....	143
Çizelge 6.23 : X-X yönü burulma düzensizliği kontrolü	148
Çizelge 6.24 : Y-Y yönü burulma düzensizliği kontrolü	149
Çizelge 6.25 : X-X yönü görelî kat ötelemeleri kontrolü	150
Çizelge 6.26 : Y-Y Yönü görelî kat ötelemeleri kontrolü	151
Çizelge 6.27 : X-X yönü komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	153
Çizelge 6.28 : Y-Y yönü komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	154

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Dünyadaki en yüksek yapılar (2013).....	7
Şekil 2.2 : Burj Dubai (828m-160 Katlı) ve Taipei 101 (509m-101 Katlı).....	8
Şekil 2.3 : Türkiye'deki en yüksek yapılar (2013).....	8
Şekil 2.4 : Yüksek yapılarda kullanılan malzeme oranları.....	10
Şekil 2.5 : Çerçeve sistem	11
Şekil 2.6 : Perde duvarlı sistem yapı örnekleri.....	12
Şekil 2.7 : Çerçeve ve perde duvarlı sistem yapı örnekleri	13
Şekil 2.8 : Çekirdekli sistem yapı örnekleri.....	14
Şekil 2.9 : Çekirdek sistem yapı örnekleri.....	15
Şekil 2.10 : Tüp sistem yapı örnekleri.....	16
Şekil 2.11 : Demet tüp sistem.	16
Şekil 2.12 : Yüksek binaların taşıyıcı sistemlerinin sınıflandırılması.....	18
Şekil 2.13 : Yatay kuvvetlerin yüksekliğe oranla artışı.....	19
Şekil 2.14 : Binaların yatay kuvvetler karşısında davranışı.	19
Şekil 3.1 : Zati karyükü (Pko) değerleri kN/m ²	23
Şekil 3.2 : Pürüzlülük katsayıları.	25
Şekil 3.3 : Çevredeki yapıların ortalama rüzgar hızı profiline etkisi.	26
Şekil 4.1 : Normal ve bodrum katlara etkileyen eşdeğer deprem kuvvetleri	32
Şekil 4.2 : Dış mekezlilik uygulama noktaları.....	33
Şekil 4.3 : Dış merkezlik	33
Şekil 4.4 : Katlara etkileyen fiktif yük	34
Şekil 4.5 : Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri.....	46
Şekil 5.1 : Tasarım spektrumu	54
Şekil 5.2 : Deprem mesafeleri.....	55
Şekil 5.3 : Performans bölgeleri.....	57
Şekil 5.4 : Betonarme kesitin eğilme momenti-eğrilik bağıntısı	60
Şekil 5.5 : Yapı sağlığı izleme sistemleri	63
Şekil 6.1 : Kat planı.....	66
Şekil 6.2 : 3D model.....	67
Şekil 6.3 : A1 türü düzensizlik.....	74
Şekil 6.4 : A2 türü düzensizlik.....	75
Şekil 6.5 : A3 türü düzensizlik.....	75
Şekil 6.6 : B3 türü düzensizlik	76
Şekil 6.7 : Z2 zemin sınıfı için spektrum eğrileri.....	78
Şekil 6.8 : Azaltılmış ivme spektrumu grafiği.	79
Şekil 6.9 : Yapının 1. Mod görünümü.....	81
Şekil 6.10 : I Kolon kesit boyutları	96
Şekil 6.11 : Güçlü kolon zayıf giriş kontrolü serbest cisim diyagramı	100
Şekil 6.12 : Kompozit döşemede beton, trapez sac ve kayma kamaları	103
Şekil 6.13 : Kompozit döşeme boyutları	104
Şekil 6.14 : Kesit geometrik özellikleri, gerilme diyagramları ve iç kuvvetler.....	107

Şekil 6.15 : I Kiriş kesit boyutları.....	109
Şekil 6.16 : Çekirdek perde yerleşimi.....	118
Şekil 6.17 : Perde uç bölgeleri koşulları	119
Şekil 6.18 : U perde ölçü detayları	120
Şekil 6.19 : Perde donatı koşulları	121
Şekil 6.20 : U perde donatı detayları	121
Şekil 6.21 : P2 perde kesit.....	125
Şekil 6.22 : P-Mx-My etkileşim diyagramı.....	125
Şekil 6.23 : Moment-eğrilik diyagramı.....	126
Şekil 6.24 : HE450 A kirişleri birleşim detayı	127
Şekil 6.25 : Radyetemel 3D modeli	132
Şekil 6.26 : Kazık numaraları.....	136
Şekil 6.27 : Kazık yerleşim planı.....	137
Şekil 6.28 : Düşey yük etkisinde kazık davranışı.....	138
Şekil 6.29 : D2 Deprem düzeyi için tasarım spektrumu	143
Şekil 6.30 : Düzce depremi E-W bileşeni ivme kaydı	144
Şekil 6.31 : Kocaeli depremi E-W bileşeni ivme kaydı.....	144
Şekil 6.32 : Landers depremi E-W bileşeni ivme kaydı.....	144
Şekil 6.33 : C1 yapay depremi ivme kaydı	145
Şekil 6.34 : C2 yapay depremi ivme kaydı	145
Şekil 6.35 : E1 yapay depremi ivme kaydı.....	145
Şekil 6.36 : E2 yapay depremi ivme kaydı.....	146
Şekil 6.37 : D2 Deprem spektrumuna karşı ölçeklenmiş ivme kaydı.....	146
Şekil 6.38 : Düzce E-W hedef spektrumu	146
Şekil 6.39 : Ölçeklenmiş Düzce depremi kaydının ETABS'a tanıtılması	147
Şekil 6.40 : İki deprem hesap yöntemi için X yönü kat deplasmanları grafiği.	155
Şekil 6.41 : İki deprem hesap yöntemi için Y yönü kat deplasmanları grafiği	155
Şekil A.1 : Kocaeli E-W kaydı hedef spektrumu.....	161
Şekil A.2 : Landers-CLW-TR kaydı hedef spektrumu.	161
Şekil A.3 : C1 Yapay kaydı hedef spektrumu.	162
Şekil A.4 : C2 Yapay kaydı hedef spektrumu.	162
Şekil A.5 : E1 Yapay kaydı hedef spektrumu.	162
Şekil A.6 : D2 deprem spektrumuna göre ölçeklenmiş ivme kaydı (Kocaeli).....	163
Şekil A.7 : D2 deprem spektrumuna göre ölçeklenmiş ivme kaydı (Landers).	163
Şekil A.8 : D2 deprem spektrumuna göre ölçeklenmiş ivme kaydı (C1)	163
Şekil A.9 : D2 deprem spektrumuna göre ölçeklenmiş ivme kaydı (C2)	164
Şekil A.10 : D2 deprem spektrumuna göre ölçeklenmiş ivme kaydı (E1).....	164
Şekil A.11 : D2 deprem spektrumuna göre ölçeklenmiş ivme kaydı (E2).....	164

KAT DÖŞEMELERİ KOMPOZİT, B3 SÜREKSİZLİĞİNE SAHİP, KARMA YÜKSEK YAPININ DEPREM ETKİSİNDE TASARIMI

ÖZET

Bu tez kapsamında, çok katlı yüksek yapıların deprem etkisi karşısında davranışını incelemek üzere, betonarme çekirdek perde ile kolon ve kirişleri çelik, döşemesi kompozit olan taşıyıcı sisteme sahip 41 Katlı karma bir yapının yönetmelik ışığında, doğrusal analizi yapılmıştır.

Birinci bölümde ülkemizdeki deprem tehlikesi vurgulanarak, yapıların depreme dayanıklı tasarımı için gerekli olan koşulları içeren yönetmelikler tanıtılmış ve tezin vurguladığı amaç açıklanmıştır.

İkinci bölümde çok katlı yüksek yapıların açıklaması yapılarak, çeşitli kaynaklar arasındaki yüksek yapı tanım farkı dile getirilmiştir. Yüksek yapıların tarihsel gelişimi anlatılarak, dünyadan ve Türkiye’ den yüksek yapı örnekleri verilmiştir. Kullanılan yapı malzemesine göre yüksek yapı çeşitleri betonarme, çelik ve kompozit yüksek yapılar olarak sınıflandırılmış ve açıklanmıştır. Yüksek yapılarda kullanılan taşıyıcı sistemler; çerçeve sistem, perde duvarlı sistem, çerçeve ve perde duvarlı sistem, çekirdek sistem ve tüp sistem olmak üzere açıklanmış ve detayları verilmiştir. Taşıyıcı sistem seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlarda irdelenmiştir.

Üçüncü bölümde yüksek yapılara etkiyen statik ve dinamik yükler (düşey yükler, konstruksiyon yükleri, kar ve buz yükleri, rüzgar yükleri, sismik yükler, su ve toprak basıncı yükleri, çarpma ve dinamik yükler, patlama yükleri) sıralanmıştır. Bu yüklerin yapılarda meydana getirdiği etki ve deformasyonlar açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde TDY-2007’ de yer alan doğrusal elastik hesap yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemiyle ilgili uygulama koşulları, yapının birinci doğal titreşim periyodunun belirlenmesi gibi başlıklar irdelenmiştir. Ayrıca yönetmeliğe göre, yapıların deprem davranışının belirlenmesinde kontrol edilmesi gereken görelî kat ötelemeleri, ikinci mertbe etkileri, deprem derzleri ile ilgili hesap adımları konusu da bu bölümde incelenmiştir. Yapıların performans değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları, binalardan bilgi toplanması, bilgi düzeyleri, yapı elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri, bina deprem performansının belirlenmesi gibi başlıklar altında incelenmiştir.

Beşinci bölümde İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği-2008 yılı son taslağı irdelenmiştir. Yönetmeliğin amaç ve kapsamı, deprem tasarım spektrumları, yüksek binalar için performans düzeyleri ve hedefleri ile tasarım aşamaları hakkında bilgi verilmiştir.

Altıncı bölümde daha önceki bölümlerde verilen bilgiler ışığında örnek bir uygulama olması açısından kat döşemeleri kompozit, B3 süreksizliğine sahip, karma yüksek yapının deprem etkisinde tasarımı yapılmıştır. Öncelikle yapının taşıyıcı sistem,

malzeme, yük ve yük kombinasyon bilgileri verilmiştir. Yapının kolon, kiriş, güçlü kolon-zayıf kiriş, kompozit döşeme gibi kesit hesapları TDY-2007' ye göre mod birleştirme yöntemiyle yapılmıştır. Düzensizlik kontrollerinde ise İYBDY-2008 taslağına göre zaman tanım alanında doğrusal analizi yapılan yapıdan elde edilen sonuçlar ile TDY-2007 sonuçları karşılaştırılmış ve grafiksel değerlendirmeler yapılmıştır. Betonarme perdelerin, birleşim bölgelerinin ve radyetemel in hesapları da yapılarak binanın deprem dayanımı belirlenmiştir.

Yedinci bölümde hem tez konusu örnek yapının hem de genel anlamda yüksek yapıların deprem etkisi altındaki davranışlarının değerlendirilmesi yapılarak sonuçları açıklanmıştır.

UNDER OF EARTHQUAKE EFFECT, DESIGN OF COMPOSITE HIGH BUILDING THAT'S STORY FLOORS ARE COMPOSITE, HAS B3 DISCONTINUITY

SUMMARY

In this thesis, to examine the effect of earthquake behavior in the face of multi-storey buildings, in the light of seismic code, linear analysis was made of a 41 storey mixed structure that has reinforced concrete core curtain, steel columns and beams, also has composite flooring structural system.

In the first chapter, the threat of earthquakes in Turkey was discussed, seismic codes that is including the requirements for earthquake-resistant design were introduced and explained the purpose of the thesis emphasized. Since 1940' s years, the earthquake codes was opened discussion after large earthquakes and new codes came into force. In this regard, August 17, 1999 Kocaeli earthquake is considered a turning point for our country as a structuring perspective. After the great earthquake, ABYBHY-1998 began to be questioned shortcomings. After 8 years of the earthquake "DBYBHY-2007" came into force. According to TDY-2007, for this study were used linear elastic analysis methods. 41-storey composite building static and dynamic loads and the corresponding regulation evaluation of eligibility criteria were sizing. Earthquake resistant design criteria necessary for the analysis was carried out with reference to the structure. The expected performance of the system, the goal is to provide safety in severe earthquakes. In addition to the thesis structure, in addition to the multi-storey building comparisons. Linear time history analysis made of composite multi-storey structure according to Istanbul High Rise Buildings Codes directive to the solution results to be obtained from the appropriate earthquake records, TDY-2007 compared with the results of analysis.

Description of multi-storey buildings were made in the second part, the difference in definition of high rise building from a variety of sources have been expressed. The historical developments of high-rise buildings were explained and tallest buildings models were given in the world and Turkey. Types of construction materials used are classified and explained by the high rise building. Details of the kinds of structural systems used in high-rise buildings are being introduced. Nowadays, increasingly rapid population growth to the appreciation of the costs of land, the conveniences provided by technology, various corporate companies and wants to gain prestige races metropolitan areas such as architecture, rapid increase in high-rise buildings has led to many reasons. This unique delivery system with an increase in high buildings, equipment, safety and aesthetic concepts and solutions for open discussion were produced. Authorities before making inferences about the high buildings there was a need to make a definition about it. The concept of multi-storey structure is discussed in terms of definition so far. Number of floors of the building that is more considered as a high rise building. "High-build definition in the world, first of all it depends on the type of building being constructed. The building was constructed in the region to have a markedly higher compared to the other structures of a building is

considered to be a relatively high can cause it. Divided into three groups according to the material used in high-rise construction; reinforced concrete, steel and composite. High-rise buildings structural system, material, structure, height, number of floors vary according to function and structure. Horizontal and vertical forces acting on high rise buildings types of structural system for delivery of the system frame can be classified as curtain wall system, the frame and curtain wall systems, core system, the tube system.

Static and dynamic loads acting on structures are listed in the third section. Impact and deformations in structures are described caused by that loads. There are mainly two sources of construction loads; nature and human beings. Geophysical forces are a result of the in nature changes. Gravity can be divided into meteorological and seismological forces. Self-weight of the whole structure of the building will remain constant throughout the life force of a weight. Operation of the loads on the structure in time creates the gravity loads. Changing the time and place of the meteorological wind loads, temperature loads occurring in the form of snow and ice. Seismological forces generated by earthquakes that occurred from time to time in areas with active seismicity. A high structure's mass, format, and building material used in geophysical loads, affects the earthquake behavior.

In the fourth chapter, the methods of the linear elastic analysis in TDY-2007, were provided information. Equivalent seismic load method, mode superposition method and time history analysis method were discussed such as application conditions and the determination of the structure of the first natural vibration period. Also according to the seismic code, accounting rules were determining the performance of buildings in earthquakes analyzed, in this section. Determining the capacity of the existing buildings and earthquake resistance of structural elements used to evaluate the details and sizes of elements, structural information on the geometry and material properties, buildings, projects and reports, observations and measurements made in the building, the building materials to be applied to instances of the experiments will be obtained. The level of information are classified as limited, medium and comprehensive. The level of information obtained will be used to calculate the capacity of the carrier element. There is limited information on projects at the level of the structural system of the building. Carrier system properties are determined by measurements made in the building. Central information system projects at the level of the carrier if the building is not available, limited information is measured by the level of more. If present limited level of information specified measurements made project information is verified. Level, the structural system of the building projects, comprehensive information available. Measurements are performed in order to verify an adequate level of project information.

In the fifth chapter, the final draft of the Istanbul High Rise Buildings Earthquake Codes is examined in 2008. Purpose and scope of the regulation, the earthquake design spectra for the performance levels of high-rise buildings, and about the objectives with design stages were informed. Istanbul is a marked increase in the construction of high rise building. As a result, the high-rise buildings in the city, Istanbul Metropolitan Municipality has issued Earthquake Codes of High-Rise Buildings. Have been major changes in the design of high-rise buildings. Many design office use traditional force-based design are implementing DBYBHY. However, very few structures in addition to the traditional design is evaluated based on performance-based İYBDY 2008. Argued that the idea of performance design of this regulation. Although they contain these two regulations, the requirements of the

modern earthquake engineering, has some shortcomings. Performance-based methods that can help the designer in evaluating the behavior of the building in the earthquake. Regulation to be held within the boundaries of the Istanbul Metropolitan Municipality, underground and completely surrounding the building basements with high horizontal curtains stiffness environment, with the exception of the low height of at least 60 meters from ground level buildings. The Regulation is based on performance-based design. Earthquake damage that can arise in the movement of elements is determined numerically. This value is within the limits limit the damage as a result of whether the number of structural elements are checked. Damage to acceptable limits for the various earthquake levels, the structure is defined to be compatible with the specified performance targets. Provided for the calculation of the element at the level of earthquake damage, severe earthquakes occur in the general nonlinear deformations beyond the elastic limits of the linear approach to design according to the performance came against, according to the nonlinear analysis methods, and deformation is directly related to the design concept. Regulation, provided the damage is limited to the performance objectives, the design principle based on the traditional resistance to the use of linear analysis methods are allowed.

In the sixth chapter is a sample application in the light of the information provided in the previous sections, mixed high structure that has composite floors, with a discontinuity in B3, was designed under the influence of an earthquake. Structure of the cross-section calculations were made according to TDY-2007, the mode superposition method is used. Irregularity control were compared İYBDY-2008 linear time history analysis results with TDY-2007 results and it were evaluated graphically. Sample building was designed steel, as well as reinforced concrete core pitch of the account. The ground floor of the building where safety tension $80\text{kn} / \text{m}^2$ was due to the improvement of the ground. Surface 80cm wide, 30m deep bored piles were applied. Radial foundation of the building was designed to be 3.5 m in height. For the analysis of static and dynamic loads of the upper structure DBYBHY-2007 is based on the bottom. Structure has been analyzed by the method of the mode combination. Torsional irregularity structure structure for the prevention and limitation of storey drifts attempted to establish a symmetrical arrangement of the structural system. As a result, A3 and B3 type of construction except for irregularities in vertical or no irregularities. Steel columns and beams cross-section calculations, calculations are made of composite flooring. Sectional capabilities, strong column-weak beam strength is tested by checking the structure. Seven earthquakes recorded in the time domain is used for linear analysis. Max results obtained from them are given in the table. Mode superposition method of calculation method in the time domain were obtained from the comparison of the displacement values.

In the seventh chapter, the sample structure of the thesis subject and as well as the common high buildings were evaluated of the behavior of under earthquake loading and the results were explained. Today, because of the population growth, expensive land prices, construction, technology developments and advances in building materials high number of structures have increased. Topic of the thesis, there is a description of multi-storey buildings in general, the concept of building height may vary by region is understood to have been built. Multi-storey high-rise buildings as well as the most important factors in designing other structures, lateral loads are caused by the earthquake. Remarkable horizontal forces, increasing rapidly with increasing altitude. Therefore, the higher structure stiffness and strength as well as

the criteria should be more attention. Some measures will be important in terms of earthquake behavior of the structure. Delicate buildings should be avoided, sudden stiffness variations should be avoided during the height of construction, building, weight increase, taking into account the slight increase in the force of the earthquake face should be preferred building materials, the building should be fitting of the center of gravity and the center of rigidity, and the underlying symmetry of the vertical continuity of the carriers should be given importance, architectural perspective more simple forms should be preferred, as they prefer, and some of the design and performance measures for earthquake resistance of the structure is an advantage. As a result, the system according to the principles Turkish Earthquake Building Code-2007 can detect safe.

1. GİRİŞ

Depremler doğa, insan, yaşam alanı ve ekonomi gözönüne alındığında diğer doğal afetlere göre çok daha yıkıcı etkiler yaratmaktadır. Bu yıkıcı etkinin başlıca sebeplerinden biri depremin ne zaman meydana geleceği sorusuna günümüz teknolojisiyle yanıt bulamamamızdan kaynaklanmaktadır. Üstelik bu ani afetin yıkıcı etkisi mühendislik hizmeti görmemiş yapıların sayısı oranında artmaktadır. Can kaybı ve maddi hasar olarak büyük kayıplara neden olan depremler, bulunduğumuz konum itibarıyla ülkemiz için de büyük bir risk teşkil etmektedir. “Türkiye’de şu anda yürürlükte bulunan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik’e göre topraklarımızın %66’sı, nüfusumuzun %71’i, toplam belediyelerin %68’i (1900 adedi) 1. ve 2. derece deprem bölgeleri içinde yer almaktadır. 3. ve 4. derece deprem bölgelerini de dikkate aldığımızda topraklarımızın yaklaşık %92’si deprem tehlikesi altında bulunmaktadır” [28]. Bundan dolayı, depreme dayanıklı olmayan yapı stoğunun fazlalığını gözönüne alırsak, can ve mal kayıplarının ne derece ürkütücü olacağı aşikardır. Ayrıca ülkenin geleceğinin de sosyal ve ekonomik olarak büyük ölçüde etkileneceğini de hesaba katmak gerekmektedir. Bu nedenle zamanını önceden tahmin edemediğimiz bu yıkıcı doğal afete karşı, disiplin içerisinde hem yetkililer hem de halk tarafından tüm önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu amaçla Türk Deprem Yönetmeliği-2007 depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda mühendislere yol göstermekte ve gerek can güvenliği gerekse yapının hemen kullanılmasını gerektiren durumlar için çözüm sunmaktadır.

Türkiye’de deprem denildiğinde akla ilk olarak İstanbul ili gelmektedir. Nüfus yoğunluğu, iktisadi potansiyeli, kültürel olarak sahip olduğu değeriyle ülkemizin en önemli kenti şüphesiz İstanbul’dur. Buna karşılık geçmişten günümüze şehrin yapılaşması oldukça kontrolsüz ve denetimsiz ilerlemiştir. Böyle yoğun bir nüfusun bulunduğu şehrin yapılaşmasının kötü olması ve deprem nedeniyle hasara uğraması ise sadece şehri değil, ülke ekonomisini de büyük ölçüde sarsacak ve olası can kayıpları sosyal açıdan büyük bir travmaya sebep olacaktır. “Türkiye deprem kuşağı

haritasına göre İstanbul'un yüzölçümünün yaklaşık yarısı 1. ve 2. derece; diğer yarısı da 3. ve 4. derece deprem kuşağında yer almaktadır" [28]. Denetimsiz ve mühendislik hizmeti almamış yapıların sayısını düşünülürse şehrin ne derece hasar göreceği konusunun cevabı maalesef hiç iç açıcı değildir. Buna karşılık 1999 Kocaeli Depremi'nden sonra hem toplumda hem de idari birimlerde deprem bilinci yavaş yavaş gelişmeye başlamıştır. Bugün kentsel dönüşüm çalışmalarının yanı sıra yönetmeliklerle ilgili çalışmalarda yapılmaktadır. Nüfusun giderek artması, arsa maliyetleri, otopark sorunu vs. problemler yapılaşmanın giderek dikey yönde çok katlı olarak şekil almasına neden olmuştur. Bunun sonucu olarak binaların, depreme karşı tasarımı için uygulanmak üzere 2008 yılında "İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği" son taslağı yayınlanmıştır. Yönetmelik henüz yürürlüğe girmemiştir. Ancak bazı mühendisler tarafından ek bir kaynak olarak kullanılmaktadır.

1.1 Çalışmanın Amacı

1940' lı yıllardan bu yana deprem yönetmelikleri, her büyük depremin ardından tartışmaya açılmış ve yapılan düzenlemelerle yeni yönetmelikler yürürlüğe girmiştir. Bu bakımdan 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi yapılaşmaya bakış açısı olarak ülkemiz için bir milat sayılabilir. Bu büyük depremin ardından ABYBHY 1998'in eksikleri sorgulanarak yeni yönetmelik çalışmalarına başlanmış ve depremden 8 yıl sonra "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik-2007" yürürlüğe girmiştir.

Bu çalışmanın amacı, şu anda yürürlükte olan 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre doğrusal elastik analiz yöntemlerini kullanarak, 41 katlı kompozit bir yapının gerek statik, gerekse dinamik yüklere göre yönetmeliğe uygunluk kriterlerinin değerlendirilmesi ve buna uygun boyutlandırmasının yapılmasıdır. Depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından gerekli kriterlere değinilerek yapının analizi yapılacaktır. Sistemden beklenen performans hedefi yönetmelikte belirtildiği üzere şiddetli depremlerde can güvenliğinin sağlanmasıdır. Ayrıca tez konusu yapı, çok katlı yüksek binalar kapsamına girdiği için ek karşılaştırmalar yapılacaktır. Bu çok katlı kompozit yapının zaman tanım alanında doğrusal analizi de yapılarak, İstanbul Yüksek Yapılar Yönetmeliği'ne uygun deprem kayıtlarından elde edilecek çözüm sonuçları, TDY-2007 analiz sonuçlarıyla karşılaştırılacaktır.

2. ÇOK KATLI YÜKSEK YAPILAR

2.1 Giriş

Günümüzde hızlı nüfus artışına karşılık arsa bedellerinin giderek değer kazanması, teknolojinin sunduğu kolaylıklar, çeşitli kurumsal firmaların prestij kazanmak istemesi ve metropollerin mimari alandaki yarışları gibi pek çok sebep yüksek binaların süratle artmasına sebep olmuştur. Bu artışla birlikte yüksek yapılara has taşıyıcı sistem, donanım, güvenlik, estetik gibi kavramlar tartışmaya açılmış ve çözümler üretilmeye çalışılmıştır. Yüksek yapılarla ilgili çıkarımlar yapmadan önce otoritelerin bu konuda bir tanım yapması ihtiyacı doğmuştur. Çok katlı yüksek yapı kavramı tanım açısından bugüne kadar çok tartışılmıştır. Kat adedi fazla olan her bina yüksek yapı olarak değerlendirilemez. “Yüksek yapı tanımı, dünyada her şeyden önce o binanın nereye inşa edildiğine göre değişir. Depremselliği yüksek olan Japonya’da 45m.lik yüksekliği geçen yapılar yüksek yapı sınıfına alınıp dinamik hesapla birlikte özel tasarım önlemleri alınırken depremselliği farklı başka ülkelerde bu değer yükselmektedir. 20 katlı bir yapı ABD’de Illinois’de Evanston’da inşa edildiğinde yüksek olarak düşünülürken New York’ta yüksek yapı olarak algılanmaz [5].” Yapının, inşaa edildiği bölgedeki diğer yapılara kıyasla belirgin bir şekilde yüksek olması göreceli olarak onun yüksek bir yapı olarak kabul edilmesine neden olabilir.

Yüksek yapılarla ilgili bazı tanımlar ve koşullar ise şu şekildedir;

- “Yüksek yapı; genel olarak yakın ve uzak çevresini, fiziksel çevre, siluet, kent dokusu ve her türlü kentsel alt yapı yönünden etkileyen bir yapı türüdür. Binanın herhangi bir cephesinden görünen en düşük kottaki bina yüksekliği en az (60.50) m. olan yapılar, yüksek yapılar olarak kabul edilir” [8].
- “Yüksek yapılar; Son kat tavan döşeme kotu 30.80 metreyi ve/veya bodrum kat dahil olmak üzere toplam kat adedi 13’ü aşan (13 kat hariç) yapılar yüksek Yapı olarak kabul edilir” [9].

- “Yüksek Bina; Yüksekliği (21,50) metreden veya yapı yüksekliği (30,50) metreden fazla olan binalar yüksek yapı olarak kabul edilir” [10].
- “Yüksek Yapı: Yüksek yapı, genel olarak yakın ve uzak çevresini, fiziksel çevre, siluet, kent dokusu ve her türlü kentsel alt yapı yönünden etkileyen bir yapı türüdür. Binanın herhangi bir cephesinden görünen en düşük kottaki bina yüksekliği en az (42.50) mt olan yapılar yüksek yapı olarak kabul edilir.” [11].
- “Betonarme yüksek binalar, inşaat mühendisliği yönünden en üst kat döşemesinin, binanın oturduğu yer yüzünden yüksekliği 22m ve daha fazla olan binalardır [7].
- “Yüksek bir yapı yüksekliği ile çevresindeki binalardan farklı bir tasarım, konstrüksiyon ve kullanım koşulları oluşturan binadır” [12].
- Binaları yükseklik bakımından dörde ayırmak uygun olmaktadır. 10-12 kata kadar yükselen binalar, yaygın ve alışılması teknoloji içinde tasarlanıp inşa edilebilmektedir. Taşıyıcı sistem, tesisat ve asansör problemleri genellikle basittir ve işletme aşamasında da büyük problemler ortaya çıkmaz. Ancak, bu sınır içinde bile, bazı hallerde önemli güçlükler ve riskler söz konusu olabilmektedir. 20-25 kata kadar yükselen binalar bir üst kategori oluşturur. Bunlarda sistem ve tesisat problemleri daha karmaşıktır. Düşey ulaşım ve taşıma analizleri yapılması, yapının hafifleştirilmesi için çaba harcanması da gereklidir. Türkiye’de bu kategorideki binalar oldukça hızla artmakta ve ülkenin birçok şehrine yayılmakta ise de, bunların hepsinde uygun teknolojinin kullanıldığını söylemek mümkün değildir. Üçüncü kategori, ülkemizde henüz bir tek örneği bulunan 55-60 kata kadar yükselen binaları kapsar [13].

İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği’ nde verilen statik ve betonarmeye ilişkin bazı koşullar şunlardır;

- Her yüksek yapı için proje onayından önce hesaplara esas olmak üzere arazide ve araziden alınmış numuneler üzerinde jeolojik, jeofizik, jeoteknik ve sismolojik çalışmalar yapılacaktır. Bu çalışma, bu işlerde uzmanlaşmış kişi ve kuruluşlar tarafından yapılacaktır.

- Zemin raporunda binanın yapılacağı araziye ilişkin şu bilgiler bulunacaktır;
- A.** Jeolojik yapı.
- B.** Zemin özellikleri (yeraltı, su seviyesi ve kimyasal yapısı)
- C.** Temel sistemi konusunda öneriler.
- D.** Gerekliyse istenen sıkıştırma veya ıslah yöntem önerileri.
- E.** Temel kazısı sırasında alınması gereken önlemler ve iksa yöntemine ilişkin öneriler.
- F.** Temelin çevre yapılara etkisi.
- G.** Zemin emniyet gerilmesi
- H.** Temelin altında oluşacak oturma miktarı
- I.** Zemin yatak katsayısı
- K.** Zemin periyotları: TA-TB
- L.** Zeminin sıvılaşma potansiyeli
- M.** Kazıklı temel gerektiği takdirde kazık taşıma kapasiteleri
- Sondaj yerleri ve derinliği arazi konusunda bilgi verecek yeterli sayıda ve derinlikte seçilecektir. Belediyesi gerekli görürse daha fazla sondaj isteyebilir.
 - Yüksek yapılarda BS 25'den daha düşük kalitede beton kullanılamaz donatı cinsi olarak, minimum kopma uzaması %10'un altında olan BÇ III. kullanılmamalıdır.
 - Yüksek yapılarda, tekil temel sistemi uygulanmaz.
 - Yüksek yapı temellerinin tasarımında, özellikle yumuşak ve bozuk zeminlerde zemin-yapı etkileşimi hesapta dikkate alınacaktır.
 - Kazıklı temel sistemi seçildiğinde kazıklar arasındaki uzaklık kazık çapının 3 katından daha az olamaz. Kazık başlık kirişlerinin boyutu en az 0.30x0.70m olmalıdır.
 - Kaya zemine oturan yüksek yapılarda devrilme tahkiki yapılacaktır.

- Temel projelerinde alt yapıya ilişkin imalatların yeri gösterilecek ve özellikle depremde oluşabilecek yer değiştirmelerde veya farklı oturmalarda nasıl önlem alındığı belirtilecektir.
- Yüksek yapılarda zemin katta yumuşak kat oluşumuna neden olacak mimari ve statik çözümlere izin vermeyecek önlemler alınmalıdır.
- Yangın merdivenlerinde, yangına karşı korunmuş mahallerde pas payı 4cm'den az olamaz. Taşıyıcı sistemlerin pas payları için TS.1263'teki yanmaya dayanıklılık sınıflarına uygun olarak TS.4065'deki çizelgelerde verilen değerler kullanılacaktır.
- Çelik taşıyıcılı binalarda, çelik elemanlar, sıvama, betonla sarma vb. yöntemlerle yangına karşı korunacaktır.

Bu yönetmelik kapsamında yapılacak yapıların inşasında “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” hükümlerine uyulması zorunludur.

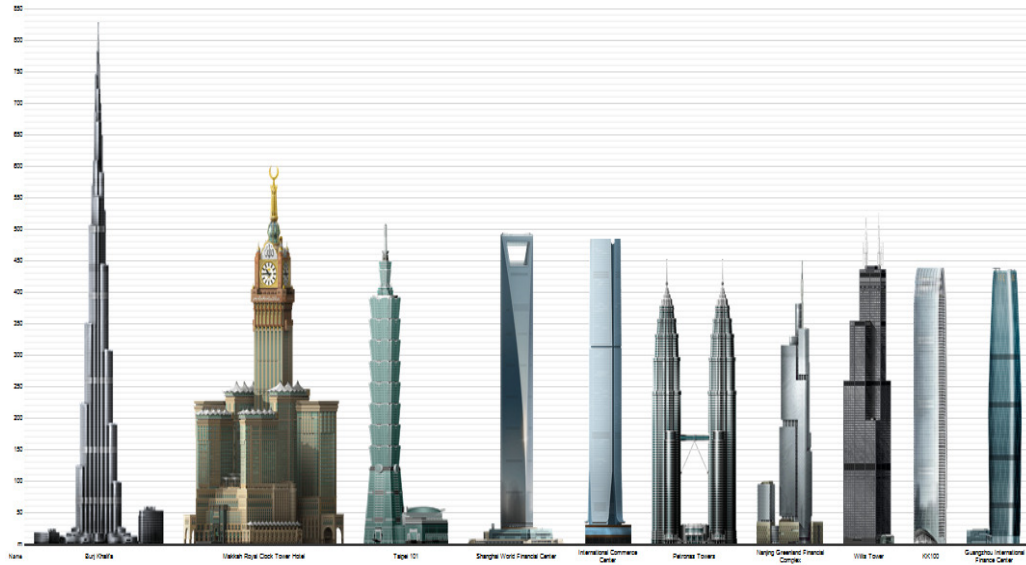
2.2 Yüksek Binaların Tarihsel Gelişimi

Yüksek yapıların tarihe çıkış sahnesi daha çok dini inanışlara dayanan mabet tipi veya korunma amaçlı kule tipi yapılardır. Piramitler, kuleler, tapınaklar, kliseler ve heykeller gibi yüksek yapılar tarihte anıtsal değer taşımaktadırlar. Ancak yüksek yapı-yüksek bina kavramlarını ayıracak olursak “bina içinde insanların yaşaması ve faaliyet göstermesi için en uygun şartların sağlandığı genellikle katlardan oluşan yapıları anlatan bir terimdir” [13]. Dolayısıyla yüksek yapıların inşası çok eskilere dayanmasına rağmen gökdelen de denilen yüksek binaların tarihe çıkışı gerçek anlamda 19. Yüzyılın sonlarında gerçekleşmiştir diyebiliriz.

Gökdelen deyimi de, yüksek bina anlamında sık sık kullanılmaktadır. 19. yüzyılın sonlarında ABD'de yapılmaya başlanan ve çevresindekilere göre önemli ölçüde yüksek binalar, skyscraper diye adlandırılmış, Fransızca'ya gratteciel, Almanca'ya Wolkenkratzer olarak geçmiştir. Türkçe ansiklopedi çevirilerinde de benzer deyimler ortaya konmuştur. Ancak bunlar, doğaya aykırılık çağrışımı yaptıklarından, teknolojiye artık beğenilmemektedir. Olayı daha tarafsız anlatan, İngilizce'de High-Rise Building ve Tall Building, Almanca'da Hochhouse bilimsel ve teknik terimler haline getirilmiştir. Bu tip binalar, 1880'lerde Chicago ve New-York'ta ortaya çıkmıştır. Belirleyici özellikler sayılan yükseklik, çelik çerçeve ve asansörün birlikte

kullanıldığı, 1883-1886 arasında Chicago'da inşa edilen "Home Insurance Company", bu konuda çalışan bir araştırma ve yayın kuruluşu olan "Council on Tall Buildings and Urban Habitat" tarafından, dünyanın ilk gökdeleni kabul edilmektedir. ABD'de 1890-1900 döneminde bu tip binaların sayısı ve yükseklikleri hızla artmış, kule tipi narin binalar tercih edilmeye başlanmış, 19. yüzyıl 40 katlı "Prudential Life Insurance Tower" ile kapanmıştır. 1900- 1914 döneminde Chicago bu konuda geri kalmış, New-York'ta ise yükseklik rekoru için yarışma şiddetle sürmüş, gotik benzeri detayları ile hayranlık uyandıran (55 kat 229 m) "Woolworth Building" 1913 yılında hizmete açılmıştır. 1915'ten itibaren, Birinci Dünya Savaşı ve bunu izleyen ekonomik kriz yüzünden bir duraklama olmuş, ancak 1920'lerin ikinci yarısında yarış yeniden başlamıştır [13]. Bu dönemde Chrysler Building (77 Katlı 319m) ve Empire State Building (102 Katlı 381m) binaları inşa edilmiştir [14].

- 1885 – 1930 arası; İşhanı, büro binaları (kagir – demir - çelik).
- 1930 – 1960 arası; Büro binaları, toplu konutlar (kagir – betonarme - çelik).
- 1960 sonrası; İdare binaları, bankalar (çelik – betonarme – hafif beton).



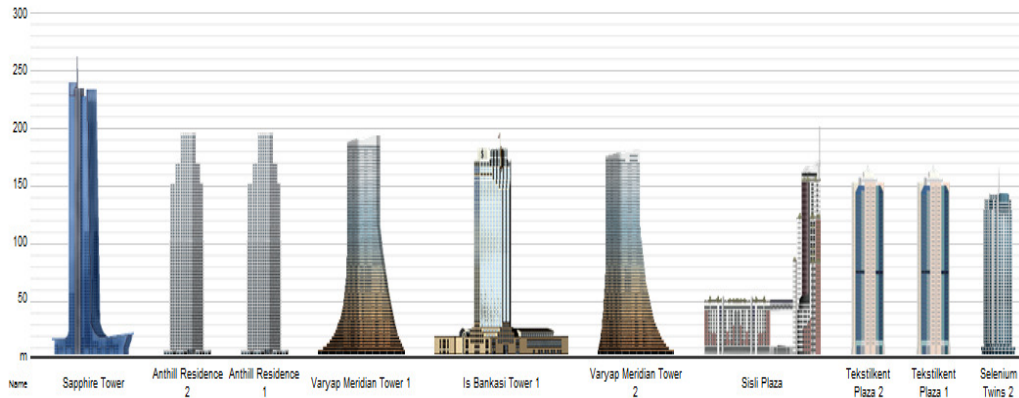
Şekil 2.1 : Dünyadaki en yüksek yapılar (2013).



Şekil 2.2 : Burj Dubai (828m-160 Katlı) ve Taipei 101 (509m-101 Katlı).

2.3 Türkiye' de Yüksek Yapılar

Ülkemizde gökdelen sayılabilecek ilk yüksek yapı Ankara'da Kızılay Meydanı'nda yapılmış olan Kızılay Emek İşhanı'dır. 1959-65 arasında Mimar Enver Tokay tarafından tasarlanan yapı 24 katlı ve 76 m. yüksekliğindeydi. Sonraki örnek İstanbul'daki Odakule oldu. Bu yapılar denedikleri tarihte, Türkiye'de henüz yüksek yapılara uygun teknoloji ve malzeme yoktu. Örneğin, sağlıklı bir giydirme cephe, doğru çözülmüş iklimlendirme sistemleri, vb. Bu ilk denemeleri Mersin Metropol, Sabancı Kuleleri, İş Kuleleri izledi ve bugünlere Dubai Kulelerine kadar gelindi [29].



Şekil 2.3 : Türkiye'deki en yüksek yapılar (2013).

2.4 Kullanılan Malzemeye Göre Çok Katlı Yüksek Yapılar

2.4.1 Betonarme yüksek yapılar

Taşıyıcı sistem seçiminde genel amaçlardan biri malzeme miktarını en aza indirmektir. Beton, ekonomi, fonksiyon, şekil verme özellikleri ve zamanla ortaya çıkacak arızalara karşı dirençli olması gibi birçok yönden uygun malzeme olması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Çelik veya kompozit yüksek yapılarla karşılaştırıldıklarında, beton yüksek yapılarda yapı sistemi geliştirebilmek daha uygundur. Kayan kalıplar, tünel kalıplar ve tırmanan kalıplar gibi beton yerleştirme tekniklerindeki yeni gelişmeler, beton pompaları gibi daha hızlı beton dökme ekipmanlarının kullanımı, yüksek kaliteli kalıp ve beton birleşimi sonucu iç hacimlerin verimli olmasını sağlayan küçük boyutlu ve daha az sayıda kolonun kullanılması, süper akışkanların gelişmesiyle betonun dayanımının ve işlenebilirlik özelliğinin artması, dış cephedeki perde, kolon ve yüksek kirişlerin ek önlemler gerektirmeksizin mimari amaçlara uygunluk göstermesi gibi özellikleri beton malzemeye uygun bir yapı sistemi geliştirilmesine yardımcı olur [20].

2.4.2 Çelik yüksek yapılar

Mimari açıdan çelik yapı tasarımı estetik ve yaratıcılığa açıktır. Kolon sayısı en aza indirilebilir; kiriş boyutları betonarmeye göre düşük olduğundan, geniş açıklıklara karşın döşemeler incedir. Aynı yapı yüksekliği için daha fazla kat yapılabileceği gibi, temiz kat yüksekliği de daha fazladır. Döşeme iç hacimleri boş olduğundan bu boşluk, tüm tesisatı geçirmek için kullanılır ve böylece kullanılabilir kat yüksekliğinden kayıp olmaz [6].

2.4.3 Kompozit (Karma) yüksek yapılar

Beton ve çelik malzemenin birarada kullanıldığı yüksek yapılar, kompozit (karma) yapılardır. Çeliğin hızlı yapım süreci ve mukavemeti, betonun ekonomik oluşu ve yangına karşı direnci dolayısıyla kompozit yapılar son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Dünyanın en yüksek 200 yapısında kullanılan malzemelerin oranı Şekil 2.4’de sunulmaktadır [21].



Şekil 2.4 : Yüksek yapılarda kullanılan malzeme oranları [21].

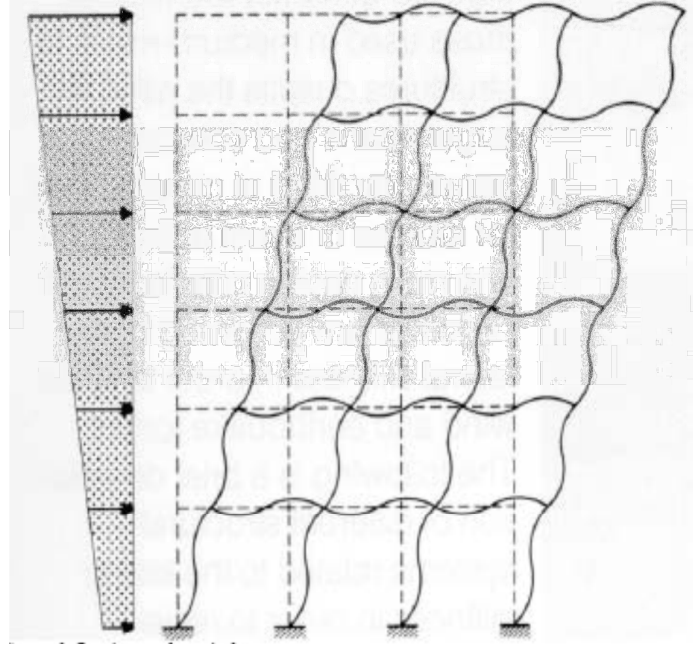
2.5 Yüksek Yapılarda Kullanılan Taşıyıcı Sistemler

Yüksek yapılarda taşıyıcı sistemler kullanılan malzeme, yapı yüksekliği, kat adedi ve yapının işlevine göre çeşitlilik gösterir. Yüksek yapılara etki eden yatay ve düşey kuvvetlerin aktarılmasında kullanılan taşıyıcı sistem tipleri çerçeve sistem, perde duvarlı sistem, çerçeve ve perde duvarlı sistem, çekirdekli sistem, tüp sistem olarak sınıflandırılabilir [22].

2.5.1 Çerçeve sistem

Çerçeve sistemli yapılar deprem etkisinde kaldıkları zaman yatay yükleri düğüm noktalarına birleşen elemanların rijitlikleri ile karşılamaktadır. Bu sisteme sahip yapıların depremde enerji tüketme güçleri diğer sistemlere göre azdır. Deprem yönetmeliğinde bu sistemlerin enerji tüketme güçlerini artırabilmek için kolon ve kiriş boyutlarına, donatılarına ve etkisinde kaldıkları yük etkilerine birçok sınırlama getirilmiştir[24].

Çerçeve sistemlerindeki kolon ve kirişler taşıyıcı eleman fonksiyonunu üstlenirler. Kiriş ve kolonlar aralarında rijit olarak birleşir ve sonuçta her iki doğrultuda düzlem çerçevelerden oluşan uzay sistem meydana gelir. Çerçeveler binaya etkileyen tüm düşey ve yatay yükleri üzerine alarak bunları temele aktarırlar .



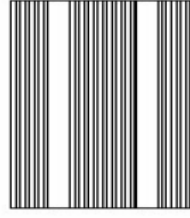
Şekil 2.5 : Çerçeve sistem [21].

2.5.2 Perde duvarlı sistem

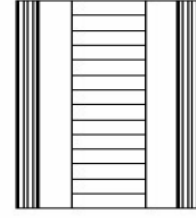
Tarihte taşıyıcı duvarlı sistemler, ağır ve kalın kâgir duvarlar şeklinde başlamıştır. Yapıların kat adetleri çoğaldıkça duvar kalınlıklarının artması, bu sistemlerin kullanılabilirliğini ortadan kaldırmaktadır. Ancak çağdaş yapı malzemelerinin ve yapım yöntemlerinin gelişmesi, taşıyıcı duvarlı sistemleri tekrar ön plana çıkarmaktadır. Belirli bir yapı yüksekliğinden sonra (8–10 kat), çerçeve sistemler yatay yüklerin taşınmasında yetersiz kalır. Bu durumda, yapı içinde yapılacak sabit bölmeler düşey ve yatay yüklere karşı koyacak şekilde düzenlenerek “perde duvarlar” oluşturulur. Perdeler düzlem duvar, kafes kiriş şeklinde oluşturulan duvar, asansör, merdiven ve iç çekirdek çevre duvarlarını kapsar. Genellikle yüzey alanının boş yüzey alanına oranla kısıtlı olduğu düşey sistemlerdir. Bu sistemlerde boş yüzey alanının tüm yüzey alanına oranı % 60' in altında olamaz. Bu oranın düşmesi durumunda, perde duvarı sistem çerçeve veya tüp çerçeve sistemlere benzer davranmaya başlar. Perde duvarlı sistemler, kendi ağırlığını ve yatay kuvvetleri karşılayabilen düşey düzlem elemanlarla oluşturulur ve genellikle büyük serbest mekânların gerekmediği konut, yurt, otel gibi yapılarda kullanılır.



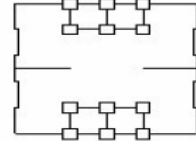
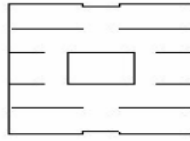
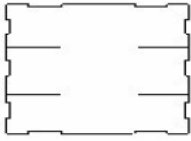
Perde



Perde ve çekirdek



Perde ve rijit çerçeve



Perdeli Sistemler

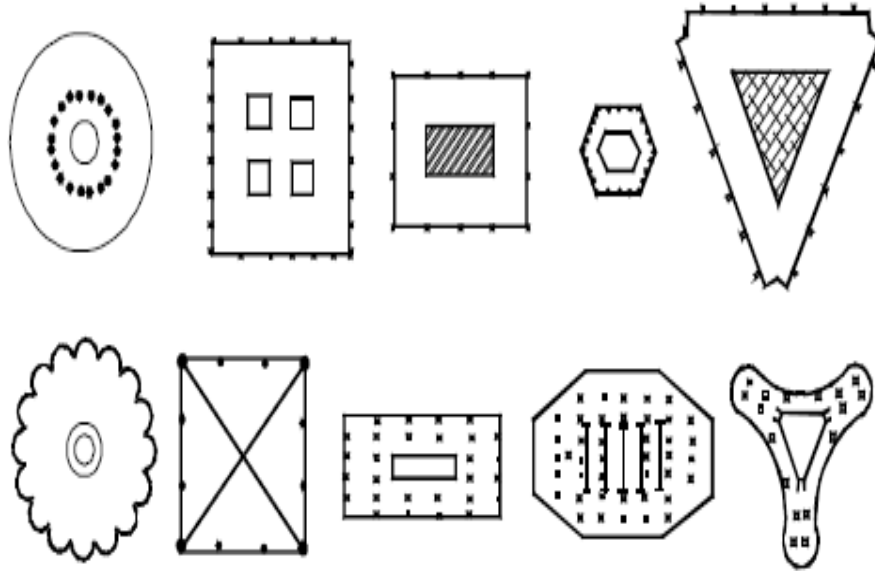
Şekil 2.6 : Perde duvarlı sistem yapı örnekleri [21].

2.5.3 Çerçeve ve perde duvarlı sistem

Kat sayısı arttıkça yatay yer değiştirmelerin de buna bağlı olarak artması, yüksek yapılarda gerekli yatay rijitliği sağlayacak eleman kullanımını gerektirir. Bu bağlamda perdeler, çerçeve sistemlerin yatay yüklere karşı rijitliklerini gerekli değerlere çekebilmek açısından, yapı tasarımında oldukça sık kullanılan eleman olma özelliğini taşımaktadırlar. Çok katlı yapı tasarımının temel elemanlarından olan perdeler, gerek mimari gerekse statik açıdan tercih edilmektedir. Bilindiği gibi depreme dayanıklı yapı tasarımında taşıyıcı sistemin göçmeyecek şekilde ayakta kalması temel koşuldur. Bu da, sistemde önemli ölçüde enerji yutulması gerekliliğini beraber getirir. Betonarme perde ve çelik çerçevelerden oluşan sistemler, uygun biçimde tasarlandıklarında, diğer sistemlere oranla çok daha fazla enerji yutabilirler; bir başka deyimle yeterince sünek davranabilirler. Son zamanlarda yapılan teorik ve deneysel çalışmalar, bunun için kuvvetli kolon-zayıf kiriş prensibinin sağlanmasının çoğunlukla yeterli olduğunu göstermektedir.

Her perde ve çerçeve, bina yüksekliği boyunca sabit rijitlik özelliklerine sahip olmalıdır. Ancak mimari ve diğer fonksiyonel sebepler perde ve çerçevenin biçimini etkiler. Modern bir çok katlı yapıda perde ve çerçevelerin geometrisi bina boyunca değişkenlik gösterebilir. Perde duvarlı sisteme sahip yapılar tüm deprem bölgeleri









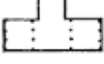

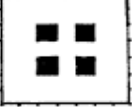





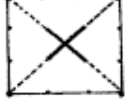

için önerilir, deprem tehlikesi olan bölgelerde özellikle 5 katı geçen betonarme yapıların perde duvarlı sistemle yapılması gerekir. Yeni yönetmelik ile getirilen bazı kurallar perdelerin kullanılması zorunlu hale getirmiştir. Yatay yük olarak sadece rüzgâr etkisi altında, 30 katın üzerindeki yapılarda rijit çerçeve sistemlerin tek başına kullanılması uygun olmaz. Deprem etkisi söz konusu olduğunda bu kat sayıları daha da azalmaktadır. Bu durumda yapı içinde yatay yükleri karşılayacak perde duvarlar (taşıyıcı duvarlar) düzenlenir. Çerçeve ve perde duvarlı sistemler genellikle 40–60 kat yükseklikler için uygundur, ancak deprem etkisi altındaki bölgelerde bu kat adetleri çok daha düşüktür. Yurdumuzda ve dünyada, çok katlı yüksek yapı tasarımında en çok kullanılan taşıyıcı sistem perde ve çerçevelerden oluşan sistemlerdir. Çerçeve sistemler Şekil 2.7’de şematik olarak ifade edilmektedir [22].



Şekil 2.7 : Çerçeve ve perde duvarlı sistem yapı örnekleri [22].

2.5.4 Çekirdek sistem

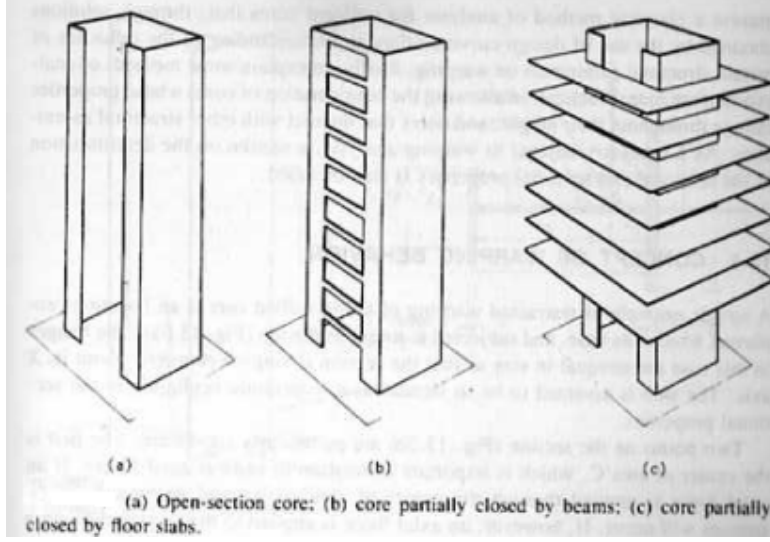
Bunlar genel olarak binadaki asansör veya merdiven boşluklarının etrafı çevrilerek elde edilen kesitleri ince cidarlı profil çelik çubuklara benzer düşey eksenli elementlerdir [7].

 <p>(a) Kapalı merkezi çekirdek asma döşemeler (Churchill Academic Tower, 11 kat)</p>	 <p>(b) Kapalı merkezi çekirdek, konsol döşemeler, (Johnson Wax Lab. Binası, 16 kat)</p>	 <p>(c) Merkez dışında kapalı çekirdekler, dışta çerçeve (Highfield House, 13 kat)</p>
 <p>(d) Merkez dışında kapalı çekirdek içte çekirdek (Nibelungen Binası, 120 m)</p>	 <p>(e) Açık bir çekirdek oluşturan radyal kesme duvarları (Portland Plaza Condominium, 25 kat)</p>	 <p>(f) Kapalı merkezi çekirdek dışta çerçeve (Building B, 24 kat)</p>
 <p>(g) Kapalı merkezi çekirdek köşe kolonlar (Televizyon Kulesi, Çekoslovakya)</p>	 <p>(h) Açık merkezi çekirdek, dışta çerçeve (Tower 22, 22 kat)</p>	 <p>(i) Açık dış çekirdek dışta çerçeve (Münih'te büro binası)</p>
 <p>(j) Kapalı köşe çekirdekler içte çerçeve (Köln'de büro binası)</p>	 <p>(k) Kapalı merkezi çekirdek dışta çerçeve (Australia Square, 45 kat)</p>	 <p>(l) Merkez dışında kapalı çekirdek, dışta çerçeve (Yenesse Binası, 33 kat)</p>
 <p>(m) Kapalı merkezi çekirdek dışta çerçeve (Continental Company, 23 kat)</p>	 <p>(n) Kapalı merkezi çekirdek dışta çerçeve (Point Royal, 19 kat)</p>	 <p>(o) Kapalı merkezi çekirdek içte çerçeve (Marina City Towers, 60 kat)</p>
 <p>(p) Kapalı merkezi çekirdek dışta çerçeve (US Steel Binası)</p>	 <p>(r) Açık merkezi çekirdek içte çerçeve (Place Victoria, 47 kat)</p>	 <p>(t) Kapalı merkezi çekirdek içte çerçeve (Lake Point Tower, 70 kat)</p>

Şekil 2.8 : Çekirdekli sistem yapı örnekleri.

Çekirdekler perde duvarların kutu formlar oluşturacak şekilde birleşmesiyle oluşan yatay yüke dayanıklı düşey taşıyıcı elemanlardır [27].

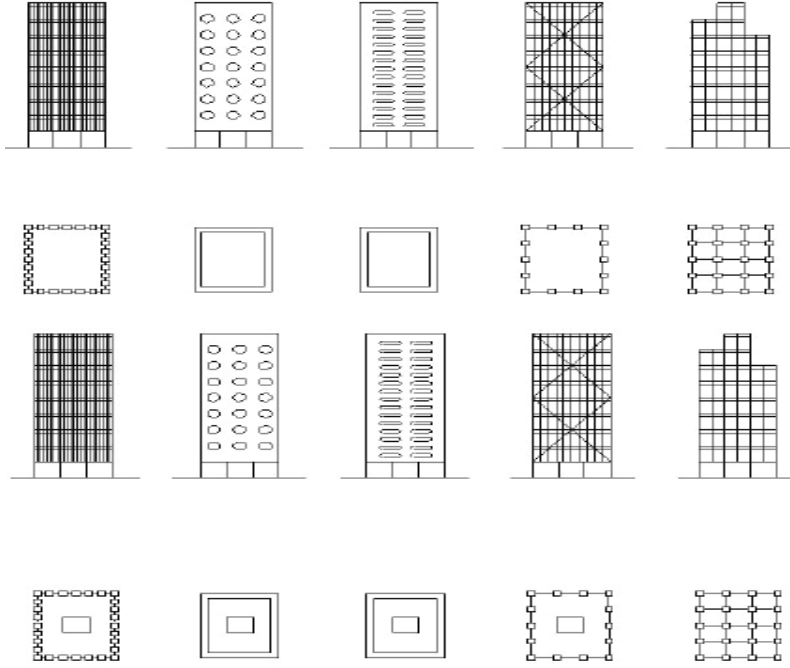
Çekirdekteki eğilme ve kayma gerilmeleri kesitte burulma olmayacağı varsayımı ile kutu kesitli bir kirişinkine benzer. Bu sistem aynı zamanda düşey yükleri de taşıdığından, üzerine etkiyen basınç kuvvetleri öngerme etkisi yapar. Böylece yatay kuvvetlerle oluşan eğilmeye basınç çekme gerilmeleri için ayrıca bir sistem tasarlanmasına gerek kalmaz. Bu durum özellikle ağır beton çekirdekler için geçerlidir ve normal gerilmeler çekirdek malzemesinin kayma dayanımını artırır.



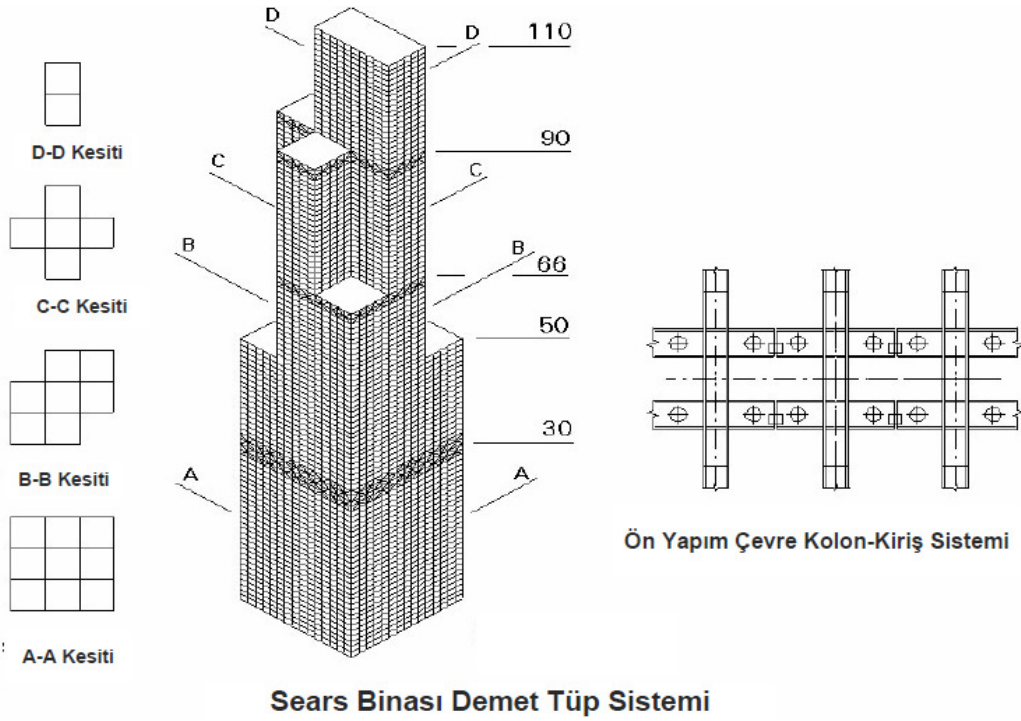
Şekil 2.9 : Çekirdek sistem yapı örnekleri.

2.5.5 Tüp sistem

Tüp sistem yüksek binalar için oldukça etkin bir çerçeve sistemidir. Bu sistem için ekonomik olan kat adedi, kolonlar arasındaki açıklık, kolon boyutları, parapet kirişlerinin yüksekliği ve plan boyutları gibi faktörlere bağlıdır. Özellikle 40 kattan yüksek binaların tasarımında bu sistem mutlaka gözönünde bulundurulmalıdır [27]. Tüp sistem tasarımda, cephe elemanının yerden konsol çıkan kapak boş bir kutu giriş gibi yatay yüklere karşı koyduğu varsayılır. Dış duvarlar rüzgâr yükünün tümünü ya da çoğunu karşıladığı için yapı içindeki diyagonal çaprazlamalara ve kesme duvarlarına gerek kalmaz. Tüp, yapı çevresinde sık aralıklı kolonlarla oluşturulur. Bu cephe strüktürü delikli bir duvar görünümündedir. Tübün rijitliği çok fazladır ve konsol kirişe benzer bir şekilde yatay yüklere karşı koyar. Dış duvarlar rüzgâr ve deprem yüklerinin tümünü veya büyük bir kısmını karşıladığı için yapı içindeki diyagonal çaprazlamalara ve perde duvarlarına gerek kalmaz. Tüp sistemler betonarme, çelik ve her ikisinin beraber kullanımından oluşan kompozit malzemeler ile inşa edilebilir. Tüp taşıyıcı sistemlerde, dış cephe duvarları yatay yüklerin çoğunu ya da tümünü karşıladığından, içteki rüzgâr bağlantısı ve perdeler gerek kalmamaktadır. Bununla birlikte yapı yüksekliği ya da yatay yükler arttığında iç tüplerden ya da çekirdekten yararlanılabilir. Dünyadaki en yüksek yapılar tüp sistemle oluşturulabilir. Tüp sistemlerin etkinliği, metrekareye düşen taşıyıcı sistem malzeme miktarının, pek çok durumlarda geleneksel çerçeve yapılarıdakinin yarısına eşdeğer olmasıyla belirginleşmektedir [22].



Şekil 2.10 : Tüp sistem yapı örnekleri [21].



Şekil 2.11 : Demet tüp sistem.

2.5.6 Taşıyıcı sistem seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar

- Düşey taşıyıcı elemanların eksenleri mümkün olduğu kadar intibak etmelidir.
- Düşey yükler mümkün olan en kısa yoldan temele intikal etmelidir. Büyük konsollar, büyük taşıyıcı aktarma kirişleri, asma sistemler ancak önemli fayda ve zaruretler halinde kullanılmalıdır.
- Daimi düşey yükler yatay yüklerin taşınmasında faydalı faktör olarak kullanılmalıdır. Gerek perde ve gerekse çekirdeklere büyük düşey yük alanları temine çalışarak bunların üzerindeki basınç kuvveti artırılmalıdır. Bu şekilde bunların moment taşıma kapasitelerinin artırılmış olacağı aşıkardır.
- Çekirdekler ve tüpler dışındaki yatay yük taşıyan elemanlar mümkün olduğu kadar binanın dış çevresine yakın ve bina kenarlarına paralel olarak konmalıdır. (Kararlı Yapı)
- Çekirdeklerin esas taşıyıcı olduğu durumlarda deprem bölgelerinde mümkün olduğu kadar yapının ortalama kütle merkezine, rüzgarın hakim olduğu yerlerde cephe eksenlerinin kesişme noktasına yakın olmasına gayret edilmelidir.
- Çekirdeğin esas taşıyıcı olduğu durumlarda, çekirdeği büyük burulma momentleri etkisinden kurtarmak için kenarlarda birbirine paralel en az iki yatay yük alacak perde veya çerçeve teşkil edilmelidir.
- Taşıyıcı sistem tesisatın dağıtımına müsait olmalıdır.
- İnşaat süresinin kısaltılması ekonomik açıdan önemlidir. Taşıyıcı sistem seçerken bu hususa dikkat edilmelidir.
- Binanın ekonomik olmasının temininde, taşıyıcı sistemin biraz pahalı olmasına karşı kat adedini artırabilme gibi imkanları veren taşıyıcı sistemler sonuçta daha ekonomik kalabilirler. [7]

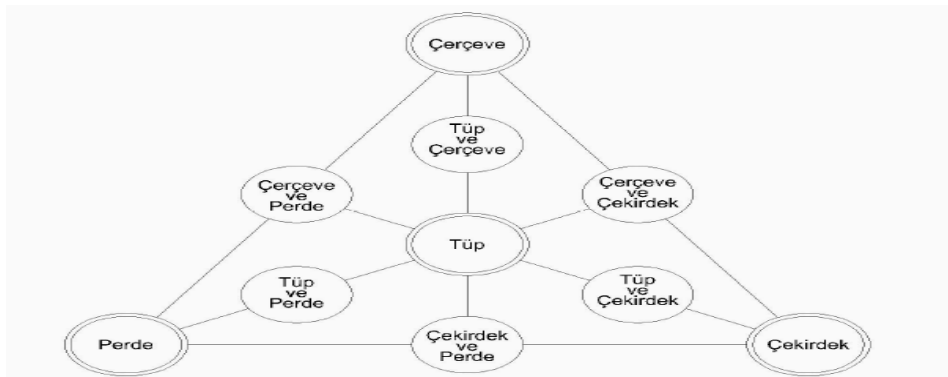
2.6 Çok Katlı Yapılarda Taşıyıcı Sistem Tasarımı

Büyük ağırlıkların söz konusu olduğu yüksek binalar, depremlerden büyüklükleri, yükseklikleri ve ağırlıkları oranında çok daha fazla etkilenmektedirler. Sarsıntıya dayanabilecek sistemin inşa edilmesi tam kapsamlı sismik tasarımlarla mümkün olabilmekte; bu da disiplinler arası bir çalışmayı zorunlu kılmaktadır. Büyük bir

deprem sırasında dahi depremin büyüklüğü ne olursa olsun bir yüksek binanın çökmemesi hedeflenmektedir. Yüksek binaların deprem karşısındaki davranışları, zemin özelliklerinden taşıyıcı sistemlerine ve dolgu duvarlarına varıncaya kadar pek çok etkene bağlı olarak değişimler gösterirken; alçak, orta ve yüksek binaların aynı deprem etkisinde gösterdikleri salınımlar da birbirlerine göre değişik olmaktadır. Yüksek binalarda yapı ömrünün öngörülen sürenin altına düşmemesi için, birçok tasarım ilkesinin göz önünde tutulması gerekmektedir. Bina yapılacak yerin sismisitesi, zeminin özellikleri ve taşıyıcı sistem kararlarından gelen pek çok etken bu konuda yönlendirici ve zorlayıcı rol oynamaktadır.

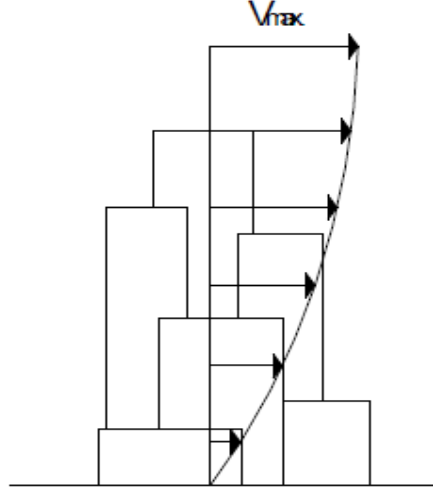
Sismik tasarımın hızla ilerlediği günümüzde, depreme karşı tam dayanım gösterebilecek binaların tasarım yöntemleri büyük gelişmeler göstermektedir. Yüksek binaların yapılacağı zeminin özellikleri de deprem için alınacak önlemlerde birincil derecede rol oynamaktadır. Her zeminin koşulu için farklı önlemler ve sistemler oluşturulması gerekmektedir. Deprem sonrasında meydana gelen hasarların oluşma biçimleri de farklılıklar göstermekte; depremle birlikte oluşan gerilimin düzenli dağılımı, simetri ve basit formlar ile daha kolay bir şekilde kontrol edilmektedir.

Deprem sırasında yüksek binalardan daha fazla dayanım beklentisinin arkasında yüksek binaların otodenetim sistemlerine olan güven yatmaktadır. Bir yüksek binanın yapımının söz konusu olduğu andan itibaren pek çok disiplinin ortak çalışmasının gerçekleştiği ve bu çalışmaların belirli nitelikte olduğunun bilinmesi, böyle bir güveni ortaya çıkarmaktadır [23].



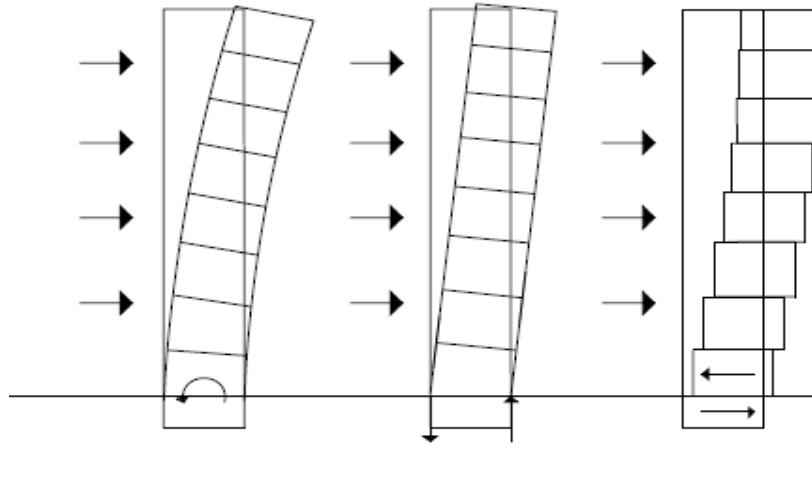
Şekil 2.12 : Yüksek binaların taşıyıcı sistemlerinin sınıflandırılması [21].

Çok katlı yapı düşey yüklerin yanısıra, rüzgar ve depremden oluşan yatay yükleri de taşırlar. Ancak yatay kuvvetler, yüksekliğe göre daha hızlı artarlar (Şekil 2.13). Böylece taşıyıcı sistemde yatay yer değiştirmeler oluşmaktadır. Bu nedenle belirli bir yükseklikten sonra, yapı mukavemetinin yanısıra, yatay yüklere karşı yeterli rijitlik de sağlanmalıdır.



Şekil 2.13 : Yatay kuvvetlerin yüksekliğe oranla artışı.

Çok katlı yapılarda taşıyıcı sistem, tüm olarak düşey kuvvetlerin oluşturduğu basınç ve yatay kuvvetlerin doğurduğu eğilme etkisinde, zeminden ankastre bir konsol kirişe benzetilebilir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 : Binaların yatay kuvvetler karşısında davranışı.

Yapılarda dūşey yūkselme, adı geçen konsola ilřkin eēilme teorisinin ortaya konuřu ve sonraki arařtırmalar sonucu mūmkūn olmuřtur. Binalarda kullanım alanları saēlanması için bu dūşey konsolun iinin katlarla bōlūnmesi gereēi ortaya çıkmıřtır. Bōylece çok katlı yapı tařıyıcı sistemi, yatay kullanım alanlarını içeren dōřeme sistemleri ile bunları tařıyan ve yapıyı saran dūşey tařıyıcı kolon ya da duvar sistemlerinden oluřmaktadır [27].

3. YÜKSEK YAPILARA ETKİYEN YÜKLER

3.1 Genel Bilgiler

Taşıyıcı sistem mukavemetinin kontrolünü basitleştirmek için, uygulamada en çok karşılaşılan yükler durumlarına göre değerlendirilemez, yönetmeliklerde yer alan hüküm ve kurallarla tasarımcıya önerilir, hatta dikte edilir. Bir tasarımcının yalnızca yönetmelik yüklerini gözönüne alması her zaman yeterli olmayabilir. Çünkü tasarımın sorumluluğu yönetmeliği hazırlayan yetkililere değil kendisine aittir. Bir yapıya etkiyen yükler ya doğrudan doğruya doğa kuvvetleri ile ya da insanın kendisi tarafından oluşturulur. Yapı yükleri olarak başlıca iki kaynak vardır. Doğa ve insan [27].

Jeofiziksel kuvvetler doğadaki değişimlerin bir sonucu olup, yerçekimi, meteorolojik ve sismolojik kuvvetler olarak ayrılabilir. Bütün yapı ömrü boyunca sabit kalacak binanın öz ağırlığı bir ağırlık kuvveti olurken, zaman içerisinde yapının işletilmesi ile ilgili yükler de ağırlık yüklerini oluşturur. Meteorolojik yükler zaman ve yer olarak değişen rüzgâr, sıcaklık kar ve buz biçiminde ortaya çıkan yüklerdir. Sismolojik kuvvetler ise depremselliği aktif olan bölgelerde zaman zaman oluşan depremler tarafından oluşturulur. Bir yüksek yapının kütlesi, biçimi ve kullanılan yapı malzemesi jeofiziksel yüklerle, depreme karşı davranışını etkiler [5].

3.2 Düşey Yükler

Bu yükler yapının sabit ağırlığını oluşturan kuvvetler olduğu gibi işletme sırasındaki kısmen geçici de olabilecek kullanım yükleridir. Ülkemizde TS 498 bu yüklerin alımında yardımcı olmakla birlikte, tasarım öncesinde seçilecek yapı malzemesinin ağırlıklarını uygun şekilde kestirmek, hesapların doğruluğunu etkileyecektir. Yapısal olmayan özel elemanlar olarak seçilen malzemeler, prefabrikte cephe panelleri, tavan sistemleri, hafif tesisat, borular, hava veya gaz kanalları bunlara dahil edilmelidir [5].

3.2.1 Sabit yükler

Yapının kiriş, kolon, döşeme, çatı gibi taşıyıcı elemanları ve bunların sıva, kaplama gibi tamamlayıcı kısımları, sabit bölücü duvarlar, cephe kaplamaları, depolama tankları, mekanik dağıtım sistemleri vb. elemanların toplam ağırlıkları yapının öz ağırlığını oluşturur.

3.2.2 Hareketli yükler

Yapı içindeki ya da üzerindeki insan, mobilya, hareketli bölmeler, kitaplar, mekanik aletler, arabalar gibi yapıya etkiyen fakat taşıyıcı sistemin parçası olmayıp öz ağırlık sayılmayan tüm diğer yükler kullanım yükleridir. Bu yükler yapı üzerinde sürekli bulunmazlar. Bunlara hareketli yükler de denir [27].

Hareketli yüklerde TS498 de de belirtildiği şekilde yapının tüm katlarını kapsayacak şekilde azaltma yapılması yüksek katlı yapılarda önemli olabilir. Aynı anda bir kat döşemesinin her metrekaresinin tam olarak işgal edilmesi zayıf olduğundan pek çok yönetmelik bu tip azaltmaya gitmiştir [5].

3.3 Konstruksiyon Yükleri

Taşıyıcı elemanlar, genellikle sabit ve hareketli yüklere göre tasarlanmakla birlikte yapının inşaatı sırasında tasarım yüklerinin çok üstünde yük etkisinde de kalabilir. Konstrüksiyon (yapım) yükleri denilen bu yükler taşıyıcı elemanların tasarımında önemlidir. Uygulamada yapının küçük bir bölgesinde malzeme yığılması ya da iskele ve kalıp sökme zamanındaki hatalar şartnamelerce tanımlanan hareketli yüklerden daha büyük yükler oluşturabilir.

3.4 Kar ve Buz Yükleri

Kar kalınlığı ve yoğunluğunun uzun yıllar araştırılması sonucu maksimum kar yükleri için uygun değerler saptanmıştır. 2,5cm kalınlığında kar ağırlığı, yoğunluğuna bağlı olarak 2,5 - 3,5 kg/m² arasındadır. Bazı bölgelerin kar yükü değerleri için yerel şartnamelere bakmak gerekir. Kar yükleri yalnızca çatılarda ve yükseltilmiş avlu, balkon ve güneşlenme terası gibi kar yığılması olabilecek yapının diğer yerlerinde dikkate alınır. Şartnamelerce belirlenen kar yükleri zemindeki maksimum kar kalınlığına dayanır. Genelde bu yükler çatıya etkiyen kar yüklerinden daha fazladır.

Çünkü rüzgâr etkisi karda azalma yapar ya da çatı yüzeyindeki ısı kaybı nedeniyle erime olur. Şartnameler, dik çatılarda kar kolaylıkla kayabileceğinden yük değerinde belirli yüzdelerde azaltmaya izin verir. Bu arada bazı çatılar rüzgâr davranışını etkileyerek çatıda bölgesel kar yığılmalarına neden olur. Su hareketli yük hesabında dikkate alınmasa da tasarımda akılda bulundurulmalıdır. Genellikle yağmur yükleri kar yüklerinden azdır, fakat 1000 kg/m³ ağırlığı ile suyun kara oranla çok daha yoğun olduğu hatırlanırsa, su birikintisinin yapıda oldukça fazla bir yük oluşturacağı açıktır [15].

	1	2	3	4	5
1	Yapı yerinin denizden yüksekliği	BÖLGELER			
	m	I	II	III	IV
	≤ 200	0,75	0,75	0,75	0,75
2	300	0,75	0,75	0,75	0,75
	400	0,75	0,75	0,75	0,80
	500	0,75	0,75	0,75	0,85
3	600	0,75	0,75	0,80	0,90
	700	0,75	0,75	0,85	0,95
	800	0,80	0,85	1,00	1,10
4	900	0,85	0,90	1,10	1,20
	1000	0,90	1,00	1,20	1,30
5	> 1000	1000 m'ye tekabül eden değerler, 1500 m'ye kadar %10, 1500 m'den yukarı yüksekliklerde %15 artırılır.			

Şekil 3.1 : Zati karyükü (Pko) değerleri kN/m².

3.5 Rüzgar Yükleri

Yüksek yapılardaki rüzgâr etkisini anlamak için araştırmalar devam etmektedir. Yapı şartnameleri rüzgârın dinamik davranışını statik açıdan yorumlamaktadırlar. Rüzgâr basınç değerleri saatte mil olarak yerden 9 m. yukarıda 50 yıllık bir aralık için maksimum yıllık hafif rüzgâr hızının bir fonksiyonu olarak verilir. Hafif rüzgâr hızı genellikle yüksekliğe bağlı olarak artar. Bu hızdaki artış oranı pürüzlülüğünün bir fonksiyonudur. Çünkü rüzgâr zemine yakın yerlerde sürtünme ile azalır. Çevredeki nesnelerin (örneğin; ağaçlar, arazi şekli, yapılar) etkisi ne kadar fazla ise maksimum rüzgâr hızı V_{max} değeri o kadar yüksek olur. Rüzgâr yükünün yüksekliğe göre değişimi rüzgâr davranışının karmaşıklığı yeni yeni araştırılmaya başlanmıştır. Şimdi karşılaşılan problemlere kabul edilebilecek cevapların bulunabilmesi ve mevcut sınırlamaların aşılabilmesi için tasarımcılar aşağıdaki araştırmaları yapmalıdırlar.

- Rüzgâr davranışı ve rüzgâr yükü hakkında bilgi bankası oluşturacak verilerin toplanması için ayrıntılı modeller kullanacak rüzgâr tüneli çalışmaları yapma,
- Rüzgâr tüneli verileri ile denenmiş teorik modeller ve bilimsel formülleri çıkarma,
- Malzeme ya da yapısal sönümleme, eğilme kontrolü, cephe düzeni ve yapı şekli gibi mevcut yapı kavramlarını geliştirme. Girdap (vortex) ve anafolar (eddy) türbülans rüzgarların alçak basınç bölgelerinde oluşturduğu dairesel hava akımlarıdır. Rüzgâr yönündeki kırık köşeler rüzgârın daha kolay geçmesini sağlar. Girdaplar, yapı yanlarında yukarı doğru dairesel hareket ve emme oluşturan yüksek hızlı hava akımlarıdır. Bunların periyot sıklığı yapının doğal frekansına yaklaşırsa yapıda salınım olur. Bundan doğacak hareket genellikle rüzgâr doğrultusuna diktir.

3.5.1 İstanbul yüksek yapılar rüzgar yönetmeliği

3.5.1.1 Genel hükümler

Rüzgar yükleri statik ve dinamik olmak üzere iki kısımdan oluşur. Bu yönetmelikte verilen rüzgar yükleri, binanın rüzgar altında yaptığı statik ve maksimum dinamik yerdeğiştirmelerin toplamına eşit statik yerdeğiştirmeye karşı gelen eşdeğer statik yükler olarak ifade edilmiştir. Binanın ana taşıyıcı sistemine gelen toplam rüzgar yükü, binanın tüm yüzeylerine gelen rüzgar yüklerinin vektörel toplamından oluşur. Binanın ana taşıyıcı sistemine, dış cephe kaplamalarına ve rüzgara maruz yapısal ve yapısal olmayan diğer elemanlara gelen rüzgar yükleri 0.5 kN/m² den daha az olamaz.

3.5.1.2 Rüzgar hızı

Binaya etkiyen rüzgar hızı genel olarak,

$$V(z,t) = V_m(z) + w(z,t) \quad (3.1)$$

ile tanımlanır.

Bu bağıntıda $V(z,t)$, hem zemin yüzeyinden ölçülen yükseklik z 'ye, hem de zamana (t) bağlı olarak tanımlanan toplam rüzgar hızı'nı göstermektedir. Ortalama rüzgar hızı $V_m(z)$, rüzgarın statik bileşeni olarak adlandırılır ve binaya etki eden rüzgar hızlarının seçilen bir zaman aralığındaki ortalamasına karşı gelir. $w(z,t)$ ise ortalama değerler etrafındaki hız değişimlerini (türbülans) ifade eden dinamik rüzgar hızıdır.

3.5.1.3 Yüzey pürüzlülük katsayısı

Yüzey pürüzlülük katsayısı, rüzgarın geldiği doğrultudaki yüzey pürüzlüğünün ortalama rüzgar hızına ve hızın yükseklikle değişimine yaptığı etkileri tanımlayan bir katsayıdır.

Arazi Tip No	Arazi Tipi	Z_0 (m)	Z_{min} (m)
0	Denize açık kıyı şeritleri	0.003	1
I	Göl çevreleri veya engebesiz düz ve geniş alanlar	0.01	1
II	Şeyrek ağaçların ve yapıların olduğu ova, çayır tipi alanlar (engebe aralıkları ortalama engebe yüksekliğinin 20 katından fazla)	0.05	2
III	Köyler, banliyöler, ormanlık alanlar (engebe aralıkları ortalama engebe yüksekliğinin 20 katından az)	0.3	5
IV	Şehir merkezleri ve benzeri en az %15 oranında ortalama yüksekliği 15m ve üzeri yapılarla kaplı alanlar.	1.0	10

Şekil 3.2 : Pürüzlülük katsayıları.

3.5.1.4 Ct Topoğrafya katsayıları

İstanbul'daki bütün bölgeler için topoğrafya katsayısı aşağıdaki gibi alınacaktır:

$$C_t = 1.0 + 0.001\Delta$$

Bu bağıntıda Δ yapının bulunduğu yerin m cinsinden deniz seviyesinden olan yüksekliğini gösterir.

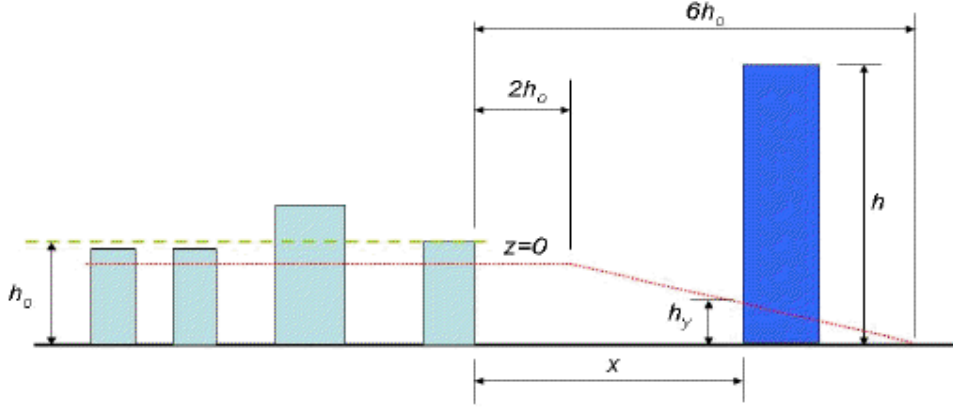
3.5.1.5 Çevredeki yapıların ortalama rüzgar hızı profiline etkisi

Şehir merkezlerinde (Arazi tipi IV) etrafı daha alçak yapılarla çevrili yüksek bir yapıya gelen rüzgar yüklerinin hesabında, rüzgarın alçak yapılar tarafından bloke edilmesinin etkisi, zemin seviyesini fiktif olarak yükselterek gözönüne alınır. Yükseltme ile ilgili kurallar Şekil 3.3'de verilmiştir. Yüksek yapının rüzgar hesabı normal koşullarda yapıya etkiyen rüzgar profili ve yüklerini düşey yönde h_y kadar öteleyerek yapılır.

$$x \leq 2h_o \text{ ise } h_y = \min [0.8h_o, 0.6h] \quad (3.2)$$

$$2h_o < x < 6h_o \text{ ise } h_y = \min [1.2h_o - 0.2x, 0.6h] \quad (3.3)$$

$$x \geq 6h_o \text{ ise } h_y = 0 \quad (3.4)$$



Şekil 3.3 : Çevredeki yapıların ortalama rüzgar hızı profiline etkisi.

3.5.1.6 Dinamik rüzgar hızı

Dinamik rüzgar hızı rüzgar türbülansı olarak adlandırılır. Rüzgar türbülansı, ortalama değeri sıfır olan normal dağılımlı rastgele (random) süreç olarak modellenir ve türbülansın standart sapması σ_w cinsinden aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$\sigma_w = k_I V_b \quad (3.5)$$

Binalara etkisi açısından, ortalama maksimum türbülans rüzgar hızı, w_{max} , standart sapmanın 3.5 katı olarak alınır.

$$\bar{w}_{max} = 3.5\sigma_w \quad (3.6)$$

3.5.1.7 Türbülans şiddeti

Türbülansın ortalama rüzgar hızına göre relatif genliği, aşağıda tanımlanan ve yükseklikle değişen türbülans şiddeti $I_w(z)$ cinsinden belirlenir.

$$z > z_{min} \text{ için } I_w(z) = \frac{\sigma_w}{V_m(z)} = \frac{1}{C_t \ln(z/z_0)} \quad (3.7)$$

$$z \leq z_{min} \text{ için } I_w(z) = I_w(z_{min}) \quad (3.8)$$

3.6 Sismik Yükler

50 metreden yüksek yapılarda betonarme çerçeveler özel şartname maddelerine uymalıdır. Bunlar;

- Sismik ya da rüzgâr kuvvetleri nedeniyle oluşacak yer değiştirmelerde taşıyıcı sistem birbirine çarpmayacak yeterli aralıkta bölümlere ayrılmadığı zaman, yapının tüm elemanları yatay kuvvetlere karşı bir bütün olarak davranacak şekilde tasarlanmalı ve yapılmalıdır.
- Sismik kuvvetlere dayanacak kâgir ya da beton elemanlar donatılı olmalıdır.
- Düşey yüklerle birlikte sismik kuvvetlerin etkisi göz önüne alındığında yalnızca çatıdaki hareketli yük ihmal edilebilir.
- Döşemeler ve çatı beton ya da kâgir duvarlara bağlanmalı ve minimum 290 kg/m ağırlığındaki duvarı taşıyabilecek şekilde tasarlanmalıdır.
- İ bölmeler, üzerlerine dik etkiyen minimum 48 kg/m² kuvvete göre tasarlanmalıdır. Aşağıdaki noktalar, özetlenen genel yapı şartname esaslarına eklenebilir.
- Dktil ya da elastik olmayan deformasyon yapacak şekilde tasarlanmış yapılarda sismik dayanım artar.
- Deprem, yapı elemanlarında hızlı gerilme değişimleri oluşturduğu için yapı bu yorulma etkilerine dayanmalıdır.
- Herhangi bir elemanın hasara uğraması durumunda yapı taşıyıcı sistemi sürekliliğini korumalıdır.
- Özel sönümleyicilerin kullanımı dikkate alınmalıdır.
- Yapı kütlesi düzgün olmalı, herhangi bir süreksizlik önlenmelidir. Yapı planları, farklı yapı kısımlarının birleşim noktalarında karmaşık burulma kuvvetleri ve gerilme yığılmalarını engelleyecek şekilde basit olmalıdır.
- Belirli esnekliği olan yapılarda titreşim rijit yapılara göre daha uzun süreli olduğu için bu yapılar daha az kuvvet etkisinde kalabilir. Buna karşılık çok esnek bir yapıda rüzgâr ya da hafif bir deprem etkisi ile oluşun salınımlar strüktürel olmayan hasarlara ve kullanıcılarda psikolojik rahatsızlıklara neden olabilir [15].

3.7 Su ve Toprak Basıncı Yükleri

Zemin altındaki yapı zemin üstündeki yapıdan daha değişik yükler etkisi altındadır. Zemin altındaki yapı, toprak ve zemin suyunun yatay basıncını karşılamak zorundadır. Bu kuvvetler alt yapı duvar ve döşemelerine dik etkir.

3.8 Çarpma ve Dinamik Yükler

Bir yapı statik olmayan değişik yük etkileri altındadır. Gerçekte sabit yükler dışında tüm yükler değişkendir. Sorun dinamik yükün şiddetinin değişim hızı değil, yapının serbest titreşim periyodunu tamamlama süresidir. Bir yük eğer yapının doğal periyoduna oranla yavaş değişiyorsa statik yük olarak değerlendirilebilir. Bazı yapı yükleri tipik yapıların doğal periyoduna göre dinamik yük olarak da alınmalıdır. Bu dinamik yükler yapı içinden ya da dışından kaynaklanabilir. İç kaynaklar: asansörler, merdivenler, titreşimli makineler, mekanik aletler, arabalar ve kreynlerdir. Bu kuvvetler periyodik olmayabilir, fakat araba ya da asansörlerin ani ivmeleri gibi yapıya önemli ölçüde çarpma kuvvetleri verebilir. Yapıda titreşim yaratan dış kaynaklar rüzgâr ve deprem hareketleri, gürültü ve çevredeki trafik sistemi olabilir. Tasarımcılar yapının hafif olmasını istedikleri için bu günün gökdelenleri bu yüklerden çok etkilenir. Ağırlık ve rijitlikteki azalma sonucunda yapının doğal periyodu artar. Doğal periyot yük kaynağının periyoduna yakın ise kuvvetler sonsuz büyür ve rezonans olur. Dinamik analiz, statik olarak ele alınan elemanlarda dinamik etkilerin de dikkate alınmasıdır. Dinamik analiz, esas olarak zamana bağlı yer değiştirmenin bulunmasıdır ve doğrudan gerilmelerle ilişkilidir. Uygulamada tam bir dinamik analiz yapmak yerine çarpma yüklerinin beklenildiği bölgelerde hareketli yüklerin artırılması yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Yapı tasarımcısı, yapının yalnızca gerekli rijitliğini sağlayarak değil aynı zamanda yük kaynağını izole ederek ya da hareketi sönümleyerek titreşim yapan kuvvetleri kontrol altına almalıdır. Titreşim kaynağı, kaynağı yapıdan ayırarak izole edilebilir. Titreşim hareketi, titreşimin bir elemandan bir elemana geçişi kontrol edilerek sönümlendirilebilir. Esnek izolatörler kullanarak elemanların sürekliliği bozulabilir.

3.9 Patlama Yükleri

Bir yapı, patlamanın yarattığı yalnızca dış kuvvetlere değil iç kuvvet basınçlarına da dayanmak zorunda kalabilir. 1968'de İngiltere'de, Londra'daki bir apartmanda gaz patlaması nedeniyle olan bölgesel yıkılma dikkatleri bu tür yükler üzerine çekmiştir. Birçok yapı böyle kuvvetlerle hiçbir zaman karşılaşmaz, fakat sabotaja bağlı patlamalar ya da sızıntı nedeniyle yanıcı gazların patlaması ya da yangın her zaman olabilecek durumlardır. Patlama, patlama bölgesinde yüksek basınç oluşturur. Bunun sonucu yapı elemanlarına etkileyen büyük ek yükler pencereleri, duvarları ve döşemeleri patlatır. Bu iç basınç bölgesel olarak karşılanmalı ve yapının çökmesine yol açmamalıdır. İç basınç yükleri, ses bombalarından nükleer patlamalara kadar değişen nedenlerle oluşabilir. Ses bombalarının oluşturduğu hasarlar nispeten daha azdır. Yapıların nükleer bombalara dayanması için taşıyıcı sistem elemanları üzerinde araştırmalar devam etmektedir.

3.10 Yüklerin Birlikte Değerlendirilmesi

Yüksek yapılar ömürleri boyunca birçok yük etkisindedir ve bu yüklerin birçoğu kendinden kaynaklanır. Yükler eğer aynı doğrultuda etkiliyor ve ek zorlanma getiriyorsa birleştirilmelidir. Bu durum yapı tasarımında, birçok yükün birlikle ele alınmasını gerektirir. Birleşik yük olasılığı istatistik olarak değerlendirilmeli ve etkisi tahmin edilmelidir. Yük davranışının doğru belirlenmesi, bilinmeyenler için saptanan emniyet faktörlerini azaltır. Yük birleşik etkileri şartnamelerde belirlenmiştir [15].

4. DOĞRUSAL ELASTİK HESAP YÖNTEMLERİ

4.1 Hesap Yönteminin Seçilmesi

Binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemleri kullanılmaktadır.

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen toplam Eşdeğer Deprem Yükü (taban kesme kuvveti), V_t ;

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (4.1)$$

ile hesaplanır.

Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N ;

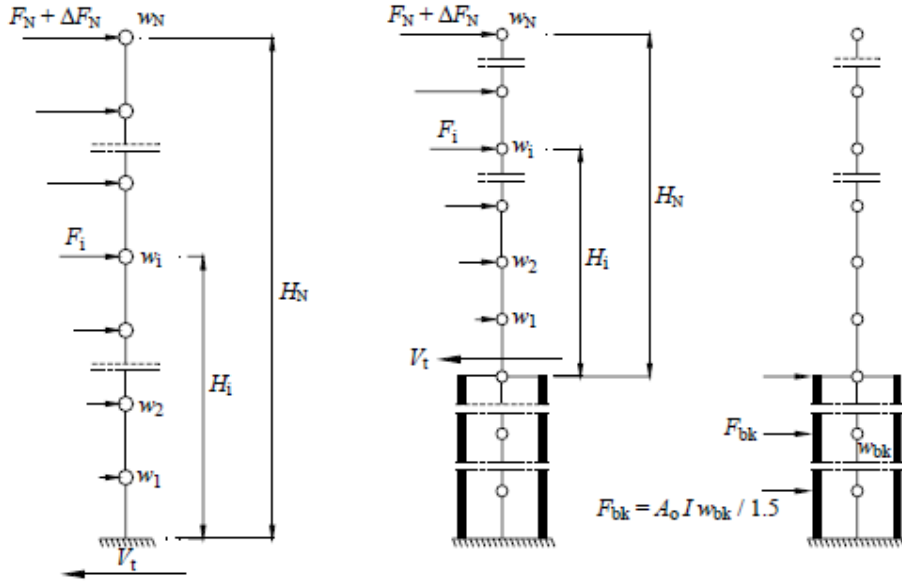
$\Delta F_N = 0.0075 \cdot N \cdot V_t$ ile hesaplanır.

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına,

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i \cdot H_i}{\sum_{j=i}^N w_j \cdot H_j} \quad (4.2)$$

formülüyle dağıtılacaktır.

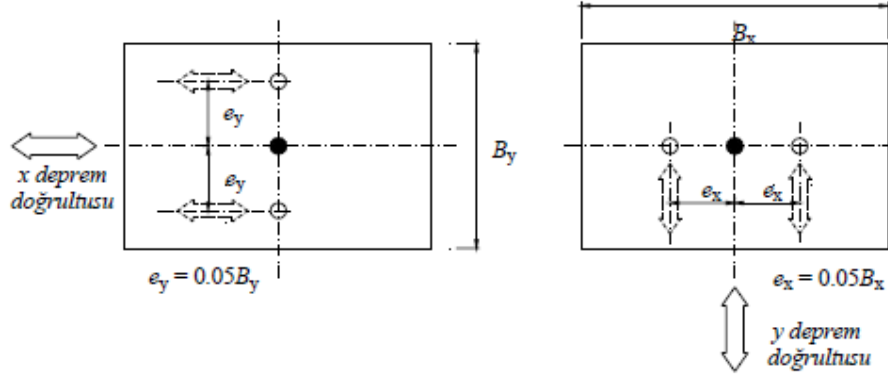
Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, bodrum katlarına ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri, aşağıda belirtildiği üzere, ayrı ayrı hesaplanacaktır. Bu yükler, üst ve alt katların birleşiminden oluşan taşıyıcı sisteme birlikte uygulanacaktır.



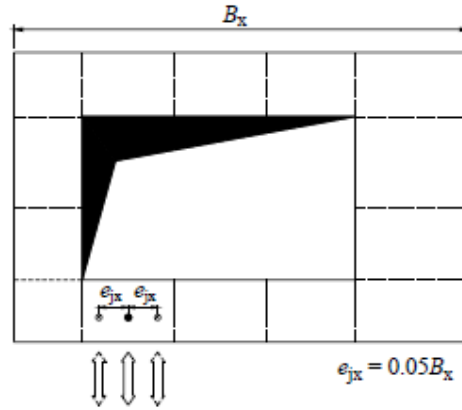
Şekil 4.1 : Normal ve bodrum katlara etkiyen eşdeğer deprem kuvvetleri.

4.2 Yerdeğiştirme Bileşenleri ve Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme bileşeni ile düşey eksen etrafındaki dönme, bağımsız yerdeğiştirme bileşenleri olarak gözönüne alınacaktır. Her katta belirlenen eşdeğer deprem yükleri, ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile, gözönüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun $+5\%$ 'i ve -5% 'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ayrıca kat kütle merkezine uygulanacaktır. A2 türü düzensizliğin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin yatay düzlemdeki şekildeğiştirmelerinin gözönüne alınmasını sağlayacak yeterlikte bağımsız statik yerdeğiştirme bileşeni hesapta gözönüne alınacaktır. Ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelere etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun $+5\%$ 'i ve -5% 'i kadar kaydırılacaktır. Binanın herhangi bir i 'inci katında A1 türü düzensizliğin bulunması durumunda, $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ olmak koşulu ile, bu katta uygulanan $\pm 5\%$ ek dışmerkezlik, her iki deprem doğrultusu için D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.



Şekil 4.2 : Dış mekezlilik uygulama noktaları.



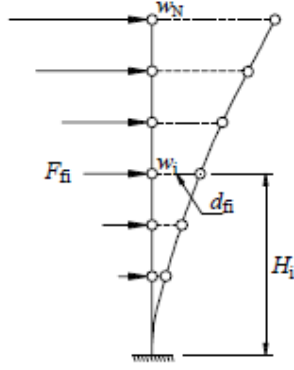
Şekil 4.3 : Dış merkezlik.

4.3 Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulanması durumunda, binanın deprem doğrultusundaki hakim doğal periyodu denklemden verilen değerden daha büyük alınmayacaktır.

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i \cdot d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} \cdot d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (4.3)$$

i 'inci kata etkiyen fiktif yükü gösteren F_{fi} , $(Vt - \Delta FN)$ yerine herhangi bir değer (örneğin birim değer) konularak elde edilecektir. Denklemden hesaplanan değerden bağımsız olarak, bodrum kat(lar) hariç kat sayısı $N > 13$ olan binalarda doğal periyod, $0.1N$ 'den daha büyük alınmayacaktır.



$$F_i = \frac{w_i \cdot H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j}$$

Şekil 4.4 : Katlara etkiyen fiktif yük.

4.4 Mod Birleştirme Yöntemi

Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir.

İvme spektrumunun ordinatı;

$$S_{aR}(T_a) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (4.4)$$

denklemleriyle hesaplanır.

4.5 Yapının Mod Birleştirme Yöntemi İle Analizi

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y, gözönüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütle'lerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütesinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir.

$$\sum_{n=1}^Y M_{Xn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{Xn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (4.5)$$

$$\sum_{n=1}^Y M_{Yn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{Yn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (4.6)$$

L_{xn} ve L_{yn} ile modal kütle M_n 'nin ifadeleri, kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda,

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^N m_i \phi_{xin} ; L_{yn} = \sum_{i=1}^N m_i \phi_{yin} \quad (4.7)$$

$$M_n = \sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{xin}^2 + m_i \Phi_{yin}^2 + m_{\phi_i} \Phi_{\phi in}^2) \quad (4.8)$$

ile hesaplanır.

Binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yerdeğiştirme ve görelî kat ötelemesi gibi büyüklüklerin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için uygulanacak kurallar şöyledir; $T_m < T_n$ olmak üzere, gözönüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_m / T_n < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı uygulanabilir. Yukarıda belirtilen koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanacaktır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayıları'nın hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınacaktır.

$$A(T) = A_0 x I x S(T) \quad (4.9)$$

$$S_{ae}(T) = A(T) x g \quad (4.10)$$

$$S(T) = 1 + 1.5x \left(\frac{T}{T_A} \right) \quad 0 \leq T \leq T_A \quad (4.11)$$

$$S(T) = 2.5 \quad T_A < T \leq T_B \quad (4.12)$$

$$S(T) = 2.5x \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad T < T_B \quad (4.13)$$

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda elde edilen bina toplam deprem yükü V_{iB} 'nin, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t 'ye oranının aşağıda tanımlanan β değerinden küçük olması durumunda ($V_{iB} < \beta V_t$), Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri $B_D = \frac{\beta V_t}{V_{iB}} B_B$ ile büyütülecektir.

4.6 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için, yapay yollarla üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılabilir.

4.6.1 Yapay deprem yer hareketleri

Yapay yer hareketlerinin kullanılması durumunda, aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç deprem yer hareketi üretilecektir.

- Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.
- Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması $A_0 g$ 'den daha küçük olmayacaktır.
- Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, gözönüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyod T_1 'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyodlar için, $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmayacaktır. Zaman tanım alanında doğrusal elastik analiz yapılması durumunda, azaltılmış deprem yer hareketinin elde edilmesi için esas alınacak spektral ivme değerleri,

$$S_{aR}(T_a) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (4.14)$$

ile hesaplanacaktır.

4.6.2 Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabı için kaydedilmiş depremler veya kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılabilir. Bu tür yer hareketleri üretilirken yerel zemin koşulları da uygun biçimde gözönüne alınmalıdır. Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketlerinin kullanılması durumunda en az üç deprem yer hareketi üretilecektir.

4.6.3 Zaman tanım alanında hesap

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yapılması durumunda, taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki dinamik davranışını temsil eden iç kuvvetşekildeğiştirme bağıntıları, teorik ve deneysel geçerlilikleri kanıtlanmış olmak kaydı ile ilgili literatürden yararlanılarak tanımlanacaktır. Doğrusal veya doğrusal olmayan hesapta, üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarım için esas alınacaktır.

4.7 Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

Azaltılmış göreli kat ötelemesi Δ_i , herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade etmektedir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (4.15)$$

d_i ve d_{i-1} her bir deprem doğrultusu için binanın i 'inci ve $(i-1)$ 'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yerdeğiştirmeleri göstermektedir.

Etkin göreli kat ötelemesi δ_i , her bir deprem doğrultusu için, binanın i 'inci katındaki kolon veya perdeler için,

$$\delta_i = R \Delta_i \quad (4.16)$$

ile hesaplanır.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i 'inci katındaki kolon veya perdelerde, hesaplanan δ_i etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{\max}$,

$$\frac{(\delta_i)_{\max}}{h_i} \leq 0.02 \quad (4.17)$$

koşulunu sağlamalıdır.

Deprem yüklerinin tamamının bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çelik çerçevelerle taşındığı tek katlı binalarda bu sınır en çok %50 artırılabilir. Bu koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır. Ancak verilen koşul sağlansa bile, yapısal olmayan gevrek elemanların (cephe elemanları vb) etkin görelî kat ötelemeleri altında kullanılabilirliği hesapla doğrulanacaktır.

4.8 İkinci Mertebe Etkileri

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci mertebe etkileri yaklaşık olarak şu şekilde hesaplanabilir;

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \sum_{j=i}^N w_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \quad (4.18)$$

Burada $(\Delta_i)_{\text{ort}}$, i'inci kattaki kolon ve perdelerde hesaplanan azaltılmış görelî kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değeri olarak $\Delta_i = d_i - d_{i-1}$ 'e göre bulunacaktır. Denklemdaki koşulun herhangi bir katta sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği yeterli ölçüde artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

4.9 Deprem Derzleri

Farklı zemin oturmalarına bağlı temel öteleme ve dönmeleri ile sıcaklık etkisi dışında, bina blokları veya mevcut eski binalarla yeni yapılacak binalar arasında, sadece deprem etkisi için bırakılacak derz boşluklarına ilişkin koşullar aşağıda belirtilmiştir:

- Derz boşlukları, her bir kat için komşu blok veya binalarda elde edilen yerdeğıştirmelerin karelerinin toplamının karekökü ile aşağıda tanımlanan α katsayısının çarpımı sonucunda bulunan değerden az olmayacaktır.

- Gözönüne alınacak kat yerdeğiştirmeleri, kolon veya perdelerin bağlandığı düğüm noktalarında hesaplanan azaltılmış di yerdeğiştirmelerinin kat içindeki ortalamaları olacaktır. Mevcut eski bina için hesap yapılmasının mümkün olmaması durumunda eski binanın yerdeğiştirmeleri, yeni bina için aynı katlarda hesaplanan değerlerden daha küçük alınmayacaktır.
- Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin bütün katlarda aynı seviyede olmaları durumunda $\alpha = R / 4$ alınacaktır.
- Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin, bazı katlarda olsa bile, farklı seviyelerde olmaları durumunda, tüm bina için $\alpha = R / 2$ alınacaktır.
- Bırakılacak minimum derz boşluğu, 6 m yüksekliğe kadar en az 30 mm olacak ve bu değere 6 m'den sonraki her 3 m'lik yükseklik için en az 10 mm eklenecektir.
- Bina blokları arasındaki derzler, depremde blokların bütün doğrultularda birbirlerinden bağımsız olarak çalışmasına olanak verecek şekilde düzenlenecektir.

4.10 Yapısal ıkıntılara, Mimari Elemanlara, Mekanik ve Elektrik Donanıma Etkiyen Deprem Yükları

Binalarda balkon, parapet, baca, vb. konsol olarak binanın taşıyıcı sistemine bağlı, ancak bağımsız çalışan yapısal çıkıntılar ile cephe, ara bölme panoları, vb yapısal olmayan tüm mimari elemanlara uygulanacak; mekanik ve elektrik donanımları ile bunların bina taşıyıcı sistem elemanlarına bağlantılarının hesabında kullanılacak eşdeğer deprem yükleri denkleminde verilmiştir.

$$f_e = 0.5A_o I w_e \left(1 + 2 \frac{H_i}{H_N} \right) \quad (4.19)$$

Hesaplanan deprem yükü, yatay doğrultuda en elverişsiz iç kuvvetleri verecek yönde ilgili elemanın ağırlık merkezine etki ettirilecektir. Düşey konumda olmayan elemanlara, denkleminde hesaplanan eşdeğer deprem yükünün yarısı düşey doğrultuda etki ettirilecektir.

4.11 Yapıların Performans Değerlendirilmesinde Uygulanacak Hesap Kuralları

Bu kısımda verilen hesap yöntemleri ve değerlendirme esasları çelik ve yığma yapılar için geçerli değildir. Ancak mevcut çelik ve yığma binaların bilgileri bu bölüme göre toplanacaktır. Mevcut ve güçlendirilen çelik binaların hesabı ve değerlendirilmesi TDY-2007 Bölüm 2 ve Bölüm 4'de yeni yapılacak yapılar için tanımlanan esaslar çerçevesinde yapılacaktır. Bu bölümde verilen kurallar bina türünde olmayan yapılar için geçerli değildir. Ayrıca tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapıların ve anıtların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi yönetmelik kapsamı dışındadır. Binada hasara neden olan bir deprem sonrasında hasarlı binanın deprem performansı bu bölümde verilen yöntemlerle belirlenemez.

4.11.1 Binalardan bilgi toplanması

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilecektir.

4.11.2 Bilgi düzeyleri

Bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı, orta ve kapsamlı olarak sınıflandırılacak ve elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacaktır.

- ❖ Sınırlı bilgi düzeyi'nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir.
- ❖ Orta bilgi düzeyi'nde eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Eğer mevcut ise sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri doğrulanır.
- ❖ Kapsamlı bilgi düzeyi'nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla yeterli düzeyde ölçümler yapılır.

4.11.2.1 Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi

- Saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem plan rölevesi çıkarılacaktır. Mimari projeler mevcut ise, röleve çalışmalarına yardımcı olarak kullanılır. Elde

edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, eksen açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir.

- Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi belirlenecektir.
- Betonarme projeler veya uygulama çizimleri mevcut değildir. Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı varsayılır. Bu varsayımın doğrulanması veya hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için her katta en az birer adet olmak üzere perde ve kolonların %10'unun ve kirişlerin %5'inin pas payları sıyrılarak donatı ve donatı bindirme boyu tespiti yapılacaktır. Sıyırma işlemi kolonların ve kirişlerin uzunluğunun açıklık ortasındaki üçte birlik bölümde yapılmalı, ancak donatı bindirme boyunun tespiti amacıyla en az üç kolonda bindirme bölgelerinde yapılmalıdır. Sıyrılan yüzeyler daha sonra yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir.
- Donatı tespiti yapılan betonarme kolon ve kirişlerde bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.
- Her katta kolonlardan veya perdelerden TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde en az iki adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılacak ve örneklerden elde edilen en düşük basınç dayanımı mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır.

4.11.2.2 Betonarme binalarda orta bilgi düzeyi

- Binanın betonarme projeleri mevcut ise, binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projesine uygunluğu kontrol edilir. Proje yoksa saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem rölevesi çıkarılacaktır. Elde edilen bilgiler tüm

betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir.

- Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi belirlenecektir.
- Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir. Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değil ise sınırlı bilgi düzeyindeki koşullar geçerlidir, ancak pas payları sıyrılarak donatı kontrolü yapılacak perde, kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az ikişer adet olmak üzere o kattaki toplam kolon sayısının %20'sinden ve kiriş sayısının %10'undan az olmayacaktır.
- Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut ise donatı kontrolü için sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir.
- Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.
- Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 400 m²'den bir adet beton örneği (karot) TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır.
- Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik dayanımı eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı

olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

4.11.2.3 Betonarme binalarda kapsamlı bilgi düzeyi

- Binanın betonarme projeleri mevcuttur. Binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projelere uygunluğu kontrol edilir. Projeler ölçümler ile önemli farklılıklar gösteriyor ise proje yok sayılacak ve bina orta bilgi düzeyine uygun olarak incelenecektir.
- Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Komşu binalarla ilişkisi belirlenecektir.
- Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir.
- Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir. Binanın betonarme detay projeleri mevcuttur. Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için orta bilgi düzeyinde belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir.
- Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleştirme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir.
- Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir. Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 200 m²'den bir adet beton örneği (karot) TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında, örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir.

- Donatı sınıfı, yukarıda açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan inceleme ile tespit edilecek, her sınıftaki çelik için (S220, S420, vb.) birer adet örnek alınarak deney yapılacak, çeliğin akma ve kopma dayanımları ve şekildeğiştirme özellikleri belirlenerek projeye uygunluğu saptanacaktır. Projesine uygun ise, eleman kapasite hesaplarında projede kullanılan çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Uygun değil ise, en az üç adet örnek daha alınarak deney yapılacak, elde edilen en elverişsiz değer eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır.

4.11.2.4 Çelik binalarda sınırlı bilgi düzeyi

Çelik binalarda sınırlı bilgi düzeyi geçerli değildir.

4.11.2.5 Çelik binalarda orta bilgi düzeyi

- Bina Geometrisi için betonarme binalarda orta bilgi düzeyinde verilen koşullar aynen geçerlidir. Sadece betonarme'nin yerini çelik alacaktır.
- Eleman Detaylarının belirlenmesinde çelik projeleri veya imalat çizimleri mevcut değil ise, her kattaki çelik veya diğer tür elemanların (kolon, kiriş, birleşim, çapraz, döşeme) tümünün boyut kontrolü yapılacak, kaynak özellikleri ve birleşim detayları ayrıntılı olarak çıkartılacaktır. Uygulama projeleri veya imalat çizimleri mevcut ise, yukarıda belirtilen elemanların %20'sinin hassas boyut kontrolü yapılacaktır.
- Malzeme Özelliklerinin belirlenmesinde çelik projeleri mevcut değil ise, her çelik yapı elemanı türünden bir örnek kesilerek deney yapılacak, dayanım ve şekildeğiştirme özellikleri belirlenecektir. Aynı şekilde binadan bir kaynak örneği kesilerek çıkartılacak ve deney yapılacaktır. Çıkartılan örneklerin yerleri doldurularak onarılacaktır. Bulonlu birleşimler için ise bir civata örneği alınarak deney yapılacaktır.
- Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında, deneylerden elde edilen ortalama dayanımlar mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Çelik projeleri mevcut ise, projede öngörülen karakteristik dayanımlar mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır.

4.11.2.6 Çelik binalarda kapsamlı bilgi düzeyi

- Bina Geometrisi için betonarme binalardaki kapsamlı bilgi düzeyi için verilen koşullar aynen geçerlidir.
- Eleman Detaylarının belirlenmesinde binanın çelik detay projeleri mevcuttur. Projelerde belirtilen eleman boyutları ve birleşim detayları, binadaki her eleman ve birleşim türünün toplam sayısının en az %20'sinde kontrol edilerek doğrulanacaktır.
- Malzeme Özelliklerinin tespitinde projede belirtilen çelik sınıfı, en az bir çelik elemandan örnek kesilerek ve deney yapılarak kontrol edilecektir. Aynı şekilde projede bulunan bir kaynaklı birleşimden örnek kesilerek çıkartılacak ve deney yapılarak dayanımının projeye uygunluğu kontrol edilecektir. Çıkartılan örneklerin yerleri doldurularak onarılacaktır. Bulonlu birleşimler için ise bir civata örneği alınarak deney yapılacaktır. Eğer proje ile uygunluk doğrulanırsa, eleman kapasitelerinin hesaplanmasında projede öngörülen karakteristik dayanımlar mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Eğer proje ile uygunluk sağlanamazsa, en az üçer adet örnek ve kaynak örneği alınarak deney yapılacaktır, elde edilen en elverişsiz değerler eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır.

Çizelge 4.1 : Bilgi düzeyi katsayıları.

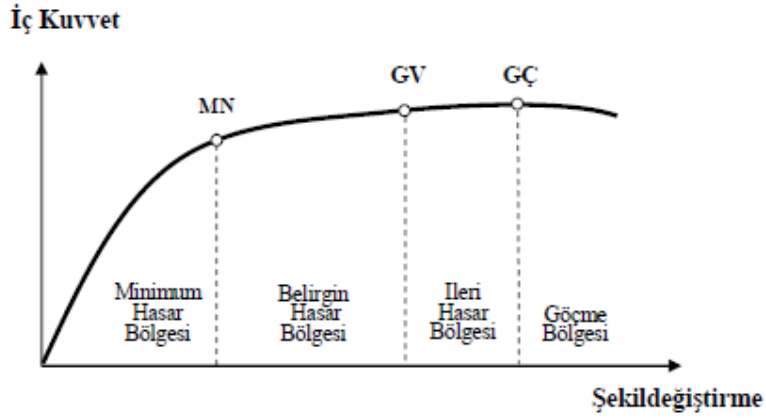
Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

4.11.3 Yapı elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir.

Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ

arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar.



Şekil 4.5 : Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri.

4.11.4 Deprem hesabına ilişkin genel ilke ve kurallar

Performansa dayalı deprem hesabının amacı, mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlemektir. Bu amaçla doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri kullanılabilir. Ancak, teorik olarak farklı yaklaşımları esas alan bu yöntemlerle yapılacak performans değerlendirmelerinin birbirine aynı sonucu vermesi beklenmemelidir. Deprem etkisinin tanımında, elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacaktır. Deprem hesabında bina önem katsayısı uygulanmayacaktır ($I = 1.0$). Hareketli düşey yükler, deprem hesabında gözönüne alınan kütleler ile uyumlu olacak şekilde tanımlanacaktır. Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir. Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanacaktır. Deprem hesabında göz önüne alınacak kat ağırlıkları hesaplanacak, kat kütleleri kat ağırlıkları ile uyumlu olarak tanımlanacaktır. Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri gözönüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dışmerkezlik uygulanmayacaktır. Kısa kolon olarak tanımlanan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.

4.11.5 Bina deprem performansının belirlenmesi

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır. Doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir.

4.11.5.1 Hemen kullanım performans düzeyi

Uygulanan her bir deprem doğrultusu için herhangi bir katta yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir, diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Minimum Hasar Bölgesi'ndedir. Gevrek olarak hasar gören elemanlar varsa güçlendirilmeleri koşuluyla bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir.

4.11.5.2 Can güvenliği performans düzeyi

Can güvenliği performans düzeyi koşulları şu şekildedir,

- ✚ Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.
- ✚ İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.
- ✚ Herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması koşuluyla diğer tüm taşıyıcı elemanlar Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir.

4.11.5.3 Göçme öncesi performans düzeyi

Göçme Öncesi Performans Düzeyi koşulları şu şekildedir,

- ✚ Uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.

- ✚ Herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması koşuluyla diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir.
- ✚ Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

4.11.5.4 Göçme durumu

Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın güçlendirme uygulamaksızın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır. Ayrıca güçlendirme yapılması ekonomik olmayabileceğinden değerlendirilmelidir.

4.11.5.5 Binalar için hedeflenen performans düzeyleri

Yeni yapılacak binalar için yönetmelikte verilen ivme spektrumu 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremi esas almaktadır. Bu deprem düzeyine ek olarak, mevcut binaların değerlendirilmesinde ve güçlendirme tasarımında kullanılmak üzere ayrıca aşağıda belirtilen iki farklı deprem düzeyi tanımlanmıştır:

- (a) 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları, yönetmelikte tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak alınacaktır.
- (b) 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları ise yönetmelikte tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık 1.5 katı olarak kabul edilmiştir. Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri **Çizelge 4.2' de** verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Binalar için öngörülen minimum performans hedefleri.

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem sonrası kullanımı gereken binalar; Hastaneler, Sağlık Tesisleri, İtfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, Ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar; Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-	HK	CG
İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar; Sinema, Tiyatro, Konser salonları, Kültür merkezleri, Spor tesisleri	HK	CG	-
Tehlikeli Madde içeren Binalar; Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar.	-	HK	GÖ
Diğer Binalar; Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları vb.	-	CG	-

5. İSTANBUL YÜKSEK BİNALAR DEPREM YÖNETMELİĞİ'NE GÖRE YAPI TASARIMI

5.1 Giriş

Deprem tehlikesi bulunan bölgelerdeki binalar, ilgili tasarım şartlarına ek olarak Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik'e (DBYBHY 2007) uygun olarak tasarlanmak zorundadır. İstanbul'da yüksek yapı inşaatında belirgin bir artış mevcuttur. Bunun sonucu olarak, İstanbul Büyükşehir Belediyesi kısa süre önce, İstanbul'da inşa edilecek yüksek katlı binalar için İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği'ni (İYBDY 2008) yayınladı. Yüksek yapıların tasarımında büyük değişiklikler olmuştur. Birçok tasarım ofisi, geleneksel tasarım yöntemi ve deprem yükü azaltma katsayısına dayanan kuvvet esaslı tasarımı DBYBHY kurallarına uygun uygulamaktadırlar. Bununla birlikte, çok az sayıda yapı geleneksel kuvvet esaslı tasarıma ek olarak performans esaslı İYBDY 2008'e göre değerlendirilmektedir. Bu yönetmelik performans tasarımı fikrini ileri sürmüştür. Bu iki yönetmelik de deprem mühendisliğinin modern gerekliliklerini içermelerine rağmen, bazı eksiklikler içerir. Bu yönetmeliklerdeki standart tasarım prosedürlerinin doğrudan uygulanması yetersiz yapısal taşıyıcılara veya ekonomik olmayan çözümlere sebebiyet verebilir. Performans esaslı yöntemler tasarımcıya güvenli tasarımlar yapması için, binanın depremde nasıl davranacağı değerlendirmesi konusunda yardımcı olur. Bununla beraber, yapısal bir sistemin performans değerlendirmesi, başlangıç kabullerindeki küçük değişikliklerin sistemin kararlılığını bozabilecek, doğrusal olmayan analizler gerektirir.

5.2 Yönetmeliğin Amacı ve Kapsamı

Yönetmelik, İstanbul Büyükşehir Belediyesi sınırları içinde yapılacak, tamamı yer altında ve binayı tamamen kuşatan yüksek yatay rijitlikli çevre perdelerine sahip bodrum katları hariç olmak üzere, en düşük yer seviyesinden itibaren yüksekliği en az 60 metre olan binaları kapsamaktadır.

5.3 Yönetmeliğin Genel Yaklaşımı

Yönetmelik performansa dayalı tasarımı esas almaktadır. Deprem yer hareketlerinin elemanlarda meydana getirebileceği hasar sayısal olarak tespit edilir ve bu değer neticesinde yapısal elemanlarda oluşan hasarın limit sınırlar içerisinde kalıp kalmadığı kontrol edilir. Kabul edilebilir hasar limitleri, çeşitli deprem düzeylerinde yapı için öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olacak şekilde tanımlanır. Eleman düzeyinde hesaplanması öngörülen deprem hasarı, şiddetli depremlerde genel olarak doğrusal elastik sınırlar ötesinde meydana nonlinear deformasyonlara karşı geldiğinden performansa göre tasarım yaklaşımı, nonlinear analiz yöntemleri ve şekildeğiştirmeye göre tasarım kavramı ile doğrudan ilişkilidir. Yönetmelikte, hasarın sınırlı olmasının öngörüldüğü performans hedefleri için, geleneksel dayanıma göre tasarım ilkesi çerçevesinde doğrusal (lineer) analiz yöntemlerinin kullanılmasına da izin verilmektedir.

5.4 Deprem Düzeyleri

➤ (D1) Deprem Düzeyi

Yüksek binaların servis ömrü boyunca meydana gelme olasılığı fazla, sık ama şiddeti düşük sayılabilecek depremleri ifade eden D1 düzeyindeki depremin 50 yılda aşılma olasılığı %50, dönüş periyodu ise 72 yıldır.

➤ (D2) Deprem Düzeyi

Yüksek binaların servis ömrü boyunca meydana gelme olasılığı çok fazla olmayan, seyrek ama şiddetli depremleri ifade eden D2 düzeyindeki depremin 50 yılda aşılma olasılığı %10, dönüş periyodu ise 475 yıldır.

➤ (D3) Deprem Düzeyi

Yüksek binaların servis ömrü boyunca maruz kalabileceği çok seyrek ancak en şiddetli depremi ifade eden, D3 düzeyindeki depremin 50 yılda aşılma olasılığı %2, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 2475 yıldır.

5.5 Deprem Tasarım Spektrumları

(D1), (D2) ve (D3) Deprem düzeyleri için kısa doğal titreşim periyodu (0.2 saniye) ve 1.0 saniyelik doğal titreşim periyoduna karşı gelen yatay deprem spektral ivme değerleri sırasıyla S_s ve S_1 spektral ivme değerleri denklemde verilmiştir.

$$S_{MS} = F_a \cdot x S_s \quad (5.1)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot x S_1 \quad (5.2)$$

Yatay deprem için tasarım spektrumları aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır;

$$S_{ae}(T) = 0.4S_{MS} + 0.6 \frac{S_{MS}}{T_0} T \quad T_0 \leq T \quad (5.3)$$

$$S_{ae}(T) = 0.4S_{MS} + 0.6 \frac{S_{MS}}{T_0} T \quad T_0 \leq T \quad (5.4)$$

$$S_{ae}(T) = S_{MS} \quad T_0 \leq T \leq T_s \quad (5.5)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{M1}}{T} \quad T_s \leq T \leq T_L \quad (5.6)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{M1} T_L}{T^2} \quad T_L \leq T \quad (5.7)$$

$$T_s = \frac{S_{M1}}{S_{MS}} \quad ; \quad T_0 = 0.2T_s \quad (5.8)$$

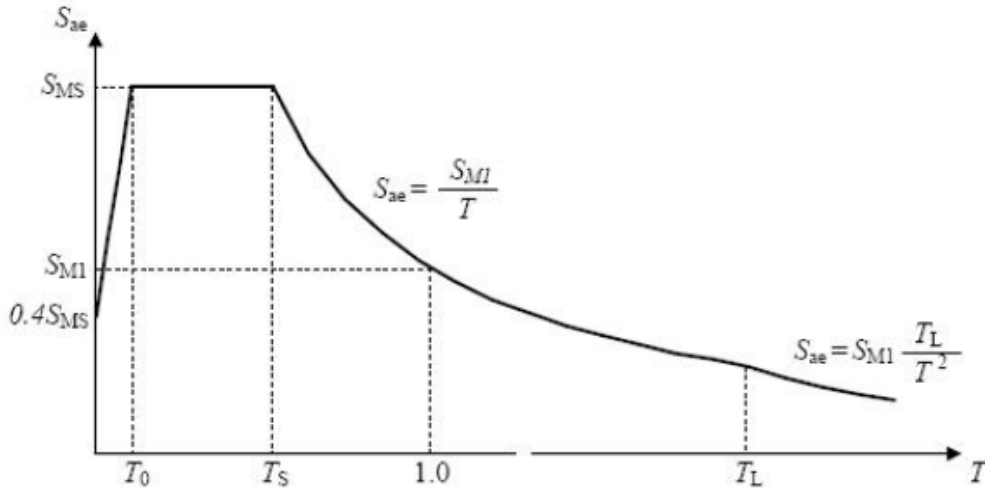
denklemleriyle hesaplanır.

Çizelge 5.1 : Kısa periyot zemin katsayısı Fa.

Zemin Sınıfı*	Kısa Periyot Spektral İvmesi (g) ^a				
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.0$	$S_S \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b

Çizelge 5.2 : 1.0 Periyodu zemin katsayısı Fv.

Zemin Sınıfı*	1.0 sn periyodunda Spektral İvme (g) ^a				
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b

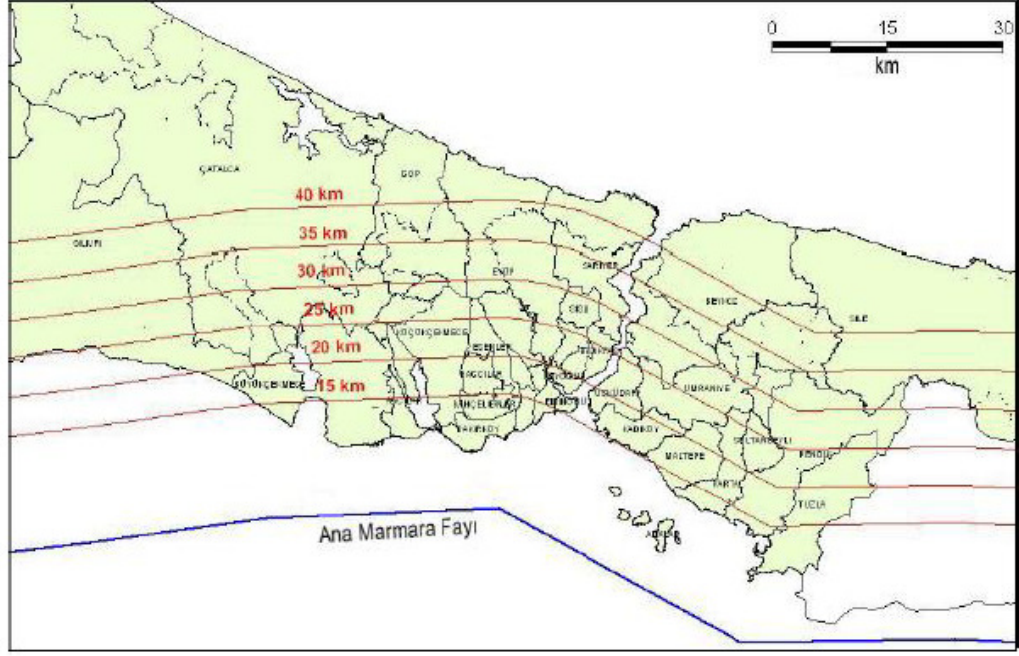


Şekil 5.1 : Tasarım spektrumu.

5.6 Zaman Tanım Alanında Deprem Etkisi

Zaman tanım alanında yapılacak analizler için, aşağıda verilen özelliklere sahip en az yedi deprem yer hareketi takımı (yatay doğrultuda birbirine dik iki yatay bileşen için ivme kayıtları) seçilecektir. Her bir deprem yer hareketi takımı için senaryo depremi parametreleri ile uyumlu gerçek deprem ivme kayıtları kullanılacaktır. İstanbul ili için bu ivme kayıtlarının seçiminde, yanal atımlı deprem kaynak mekanizması, $7.0 < M_w < 7.5$ deprem moment büyüklüğü ve B veya C zemin sınıfı esas alınacaktır.

Deprem mesafesi olarak ise, bina ile Ana Marmara Fay Hattı arasındaki en kısa uzaklık alınacaktır.



Şekil 5.2 : Deprem mesafeleri.

Direktivite etkilerinin gözönüne alınması amacı ile, bina konumu ile Ana Marmara Fay Hattı arasındaki en kısa mesafenin 15 km'den daha az olduğu durumlarda az üç deprem yer hareketi takımı simülasyona dayalı olarak belirlenecektir. Spektrum uyumlu olarak üretilmiş yapay deprem yer hareketlerinin faz spektrumunun senaryo depremi parametreleri ile uyumlu gerçek deprem ivme kayıtlarının faz spektrumuna benzemesi gereklidir. Her bir deprem yer hareketi takımından hesaplanan 0 saniye periyodundaki %5 sönüm oranlı spektral genliklerin ortalaması tasarım spektrumunun 0 saniye periyodundaki spektral genliğinden (0.4 SMS) daha düşük olmamalıdır. Her bir deprem yer hareketi kaydı ivme genliğinin $\pm 0.05g$ sınır değerinin ilk ve son olarak aştığı iki nokta arasında kalan süre, binanın doğal titreşim periyodunun 5 katından veya 15 saniyeden daha kısa olmamalıdır. Her bir deprem yer hareketi takımının iki bileşenine ait %5 sönüm oranlı spektrumların kareleri toplamının karekökü alınarak bileşke spektrum elde edilecektir. Bütün kayıtlara ait bileşke spektrumların ortalamasının 0.2T ve 1.2T (T : Binanın hakim doğal titreşim periyodu) periyotları arasındaki genliklerinin 1.3 katından daha az olmaması kuralına

göre, deprem yer hareketi bileşenlerinin genlikleri ölçeklendirilecektir. Her iki bileşenin ölçeklendirilmesi aynı oranlarda yapılacaktır.

5.7 Yüksek Binalar İçin Tanımlanan Performans Düzeyleri, Performans Bölgeleri ve Performans Hedefleri

Yüksek binaların performans düzeyleri, deprem etkisi altında meydana gelmesi beklenen hasarlara bağlı olarak aşağıda tanımlanmıştır. Bu performans düzeyleri için kabul edilebilir hasar limitleri, her bir yapı tipi veya eleman için ayrı ayrı ve sayısal olarak tanımlanacaktır.

5.7.1 Minimum hasar / kesintisiz kullanım performans düzeyi (MH / KK)

Minimum Hasar (Kesintisiz Kullanım) Performans Düzeyi, yüksek binalarda ve bunları oluşturan elemanlarda deprem etkisi altında yapısal ve yapısal olmayan hasar meydana gelmemesi veya meydana gelecek hasarın çok sınırlı düzeyde olması durumunu tanımlayan performans düzeyidir. Bu durumda, yüksek bina kesintisiz olarak kullanılmaya devam eder veya meydana gelebilecek aksamalar birkaç gün içinde kolaylıkla giderilebilecek düzeyde kalır.

5.7.2 Kontrollü hasar / can güvenliği performans düzeyi (KH / CG)

Kontrollü Hasar (Can Güvenliği) Performans Düzeyi, yüksek binalarda ve bunları oluşturan elemanlarda deprem etkisi altında sınırlı ve onarılabilir düzeyde yapısal ve yapısal olmayan hasarın meydana gelmesine izin verilen performans düzeyi olarak tanımlanır. Bu durumda, yüksek binanın kullanımında nisbeten kısa süreli (birkaç hafta veya ay) aksamaların meydana gelmesi doğaldır.

5.7.3 İleri hasar / göçmeme güvenliği performans düzeyi (İH / GG)

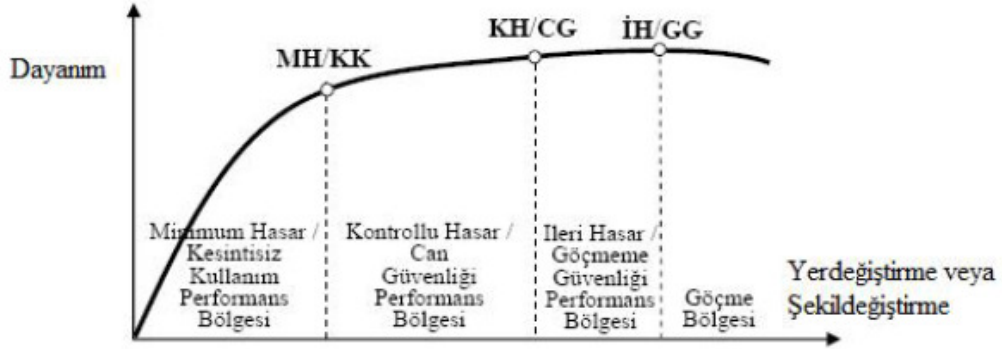
İleri Hasar (Göçmeme Güvenliği) Performans Düzeyi, yüksek binalarda ve bunları oluşturan elemanlarda deprem etkisi altında göçme öncesinde meydana gelen ileri derecedeki yaygın hasarı temsil etmektedir. Bu durumda, yüksek binanın kullanımında uzun süreli aksamaların meydana gelmesi, hatta binanın kullanımına son verilmesi mümkündür.

5.8 Performans Bölgeleri

Yukarıda tanımlanan performans düzeyleri arasında kalan bölgeler performans bölgeleri tanımlanır. (MH/KK) performans düzeyinin altında kalan bölge Minimum Hasar / Kesintisiz Kullanım Performans Bölgesi, (MH/KK) performans düzeyi ile (KH/CG) performans düzeyi arasında kalan bölge Kontrollü Hasar / Can Güvenliği Performans Bölgesi, (KH/CG) performans düzeyi ile (İH/GG) performans düzeyi arasında kalan bölge İleri Hasar / Göçme Güvenliği Performans Bölgesi, ve (İH/GG) performans düzeyinin üstündeki bölge Göçme Bölgesi olarak tanımlanır.

5.9 Yüksek Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri

Yüksek binalar için öngörülen minimum performans hedefleri, yukarıda tanımlanan deprem düzeylerine bağlı olarak aşağıda verilmiştir. Kullanım bakımından Normal Sınıf' a giren yüksek binaların (konut, otel, ofis binaları, vb) performanslarının (D1) depremi altında Minimum Hasar / Kesintisiz Kullanım Performans Bölgesi' nde, (D2) depremi altında Kontrollü Hasar / Can Güvenliği Performans Bölgesi' nde ve (D3) depremi altında İleri Hasar / Göçme Güvenliği Performans Bölgesi' nde olması öngörülmektedir.



Şekil 5.3 : Performans bölgeleri.

Kullanım bakımından Özel Sınıf' a giren yüksek binaların (sağlık, eğitim, kamu yönetim binaları, vb) performanslarının ise, (D2) depremi altında Minimum Hasar / Kesintisiz Kullanım Performans Bölgesi' nde ve (D3) depremi altında Kontrollü Hasar / Can Güvenliği Performans Bölgesi' nde olması öngörülmektedir. Kullanım

bakımından normal sınıfa giren yüksek binaların (konut, otel, ofis binaları, vb.) performansları için, bina sahibinin tercihi doğrultusunda, yukarıda tanımlanandan daha üst seviyede performans bölgeleri de hedeflenebilir.

5.10 Yüksek Binalar İçin Analiz Ve Tasarım Yöntemleri

5.10.1 Yüksek binalar için analiz yöntemleri

Yüksek binalar için aşağıdaki bölümlerde tanımlanan tasarım aşamalarında yapılması öngörülen doğrusal elastik analizlerde spektral Mod Birleştirme Yöntemi kullanılacaktır. Her bir davranış büyüklüğüne ilişkin mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme Kuralı uygulanacaktır. Mod birleştirme yönteminde hesaba katılacak yeterli mod sayısı, her doğrultuda ve her bir kat için aşağıdaki şekilde hesaplanacak modal kat kesme kuvvetine göre belirlenecektir.

$$V_{xin} = M_{xin} S_{aen} \quad (5.9)$$

$$M_{xin} = \Gamma_{xn} \sum_{j=1}^N m_j \phi_{xjn} \quad (5.10)$$

Burada Saen n' inci moda ait spektral ivme, M_{xin} ise gözönüne alınan x doğrultusundaki depremde n' inci modda i' inci katta aynı doğrultuda meydana gelen kat kesme kuvvetine ilişkin etkin küttedir. m_j , j' inci katın küttlesini, Φ_{xjn} n' inci modda j' inci katın kütle merkezinin x doğrultusundaki mod şekli genliğini, N toplam kat sayısını, Γ_{xn} ise x doğrultusundaki deprem için n' inci moda ait modal katkı çarpanını göstermektedir.

$$\Gamma_{xn} = \frac{\sum_{j=1}^N m_j \Phi_{xjn}}{\sum_{j=1}^N m_j \Phi_{xjn}^2 + m_j \Phi_{yjn}^2 + m_{\theta j} \Phi_{\theta jn}^2} \quad (5.11)$$

Yukarıda verilen bağıntılar, bina kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde sonsuz rijit olarak davrandıkları varsayımına dayanmaktadır. Yüksek binalar için aşağıda

tanımlanan tasarım aşamalarında yapılması öngörülen doğrusal olmayan analizlerde, Zaman Tanım Alanında Doğrudan Entegrasyon Yöntemi kullanılacaktır. Doğrusal olmayan analizlerde en az yedi deprem yer hareketi takımı kullanılacak, birbirine dik iki doğrultudaki ivme kayıtları taşıyıcı sistemin asal eksenleri doğrultusunda aynı anda etki ettirilecektir. Daha sonra ivme kayıtlarının eksenleri 900 döndürülerek analiz tekrarlanacaktır. Tasarıma esas deprem istemleri, bu analizlerden (en az $2 \times 7 = 14$ analiz) elde edilen sonuçların ortalaması alınarak hesaplanacaktır. Yüksek binaların doğrusal (lineer) veya doğrusal olmayan (nonlinear) analizlerinde sönüm oranı en fazla $\xi = 0.05$ olarak alınacaktır. Analizlerde ikinci merteye (P – Δ) etkilerinin gözönüne alınması zorunludur. Yüksek binaların doğrusal veya doğrusal olmayan dinamik analizlerinde kat kütlelerinin hesabı için DBYBHY (2007) Denk.(2.6) da yer alan Hareketli Yük Katılım Katsayısı, n, DBYBHY (2007) Çizelge 2.7 deki 3. satıra karşı gelen durum için aşağıdaki şekilde tanımlanacak, ancak 0.30'dan daha büyük alınmayacaktır.

$$n=0.01(50-N) \quad N \leq 40 \quad (5.12)$$

$$n=0.10 \quad N > 40 \quad (5.13)$$

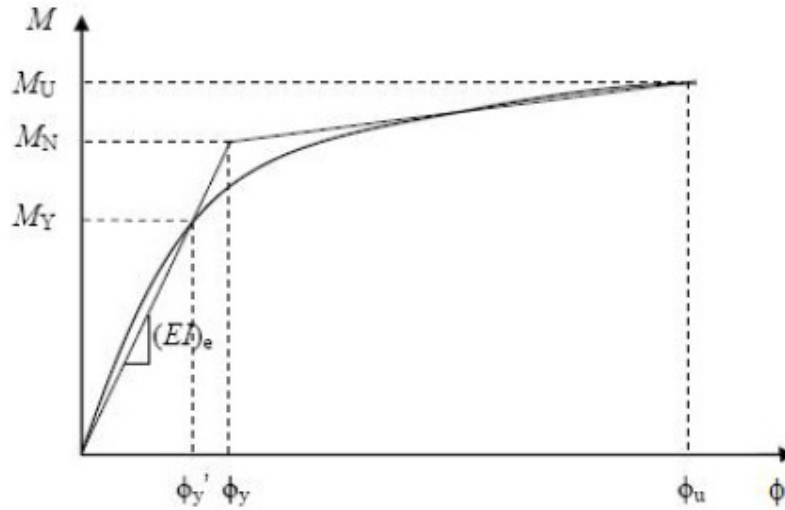
Taşıyıcı sistemin özelliklerine bağlı olarak, Bağımsız Kontrol Kurulu tarafından gerekli görülen durumlarda düşey doğrultudaki deprem etkisi de gözönüne alınabilir.

5.10.2 Analiz modellerine ilişkin kural ve koşullar

Çerçeve elemanlarının modellenmesi, doğrusal (lineer) analizde çubuk sonlu elemanlar ile yapılacaktır. Doğrusal olmayan analizde ise yığılı plastisite yaklaşımı çerçevesinde plastik kesitler'in (plastik mafsallar) tanımlandığı çubuk sonlu elemanlar veya yayılı plastisite yaklaşımı çerçevesinde lif (fiber) elemanlar kullanılabilir. Plastik mafsallı boyu için ilgili literatürden seçilecek ve Bağımsız Kontrol Kurulunca uygun görülecek bir amprik bağıntıdan yararlanılabilir. Doğrusal olmayan analizde, Bağımsız Kontrol Kurulu' nun onayı ile alternatif modelleme yaklaşımları da kullanılabilir. Çelik çerçevelerin doğrusal ve doğrusal olmayan modellerinde, kolon-kiriş birleşim bölgelerindeki kayma şekildeğiştirmeleri de uygun biçimde gözönüne alınmalıdır. Betonarme perdelerin ve perde elemanlarının modellenmesi, doğrusal analizde kabuk (shell) sonlu elemanlar ile yapılacaktır.

Çubuk elemanlardaki çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri ile uyumlu olması amacı ile, DBYBHY (2007) Madde 7.4.13 de verilen amprik bağıntılar kabuk sonlu elemanların elastisite modülü E' nin azaltılması için de kullanılabilir. Doğrusal olmayan analizde betonarme perdelerin ve perde elemanlarının modellenmesi için yayılı plastisite yaklaşımı çerçevesinde lif (fiber) elemanları veya Bağımsız Kontrol Kurulu' nun onayı ile alternatif modelleme yaklaşımları kullanılabilir. DBYBHY (2007) Madde 3.6.1 de tanımlanan enkesit koşulları, yüksekliği 75 m'den fazla olan binaların betonarme perdeleri için uygulanmayabilir. Betonarme perdelerin kayma rijitlikleri uygun biçimde gözönüne alınmalıdır. Betonarme çubuk olarak idealleştirilen çerçeve elemanlarında, çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri kullanılacaktır. Ön boyutlama aşamasında, bu amaçla DBYBHY (2007) Madde 7.4.13 de verilen amprik bağıntılardan yararlanılabilir.

Yüksek binalarda C50'den daha yüksek dayanımı olan betonların kullanılması için Bağımsız Kontrol Kurulunun onayı gereklidir.



Şekil 5.4 : Betonarme kesitin eğilme momenti-eğrilik bağıntısı.

Aşağıdaki bölümlerde açıklanan ön boyutlama aşamasında, beton, donatı çeliği ve yapı çeliği için tasarım dayanımları (f_d), ilgili karakteristik dayanımların (f_k) malzeme güvenlik katsayılarına bölünmesi ile tanımlanır. Buna karşılık, ilerleyen bölümlerde tanımlanan diğer gerçekleştirme aşamalarında ise, tasarım dayanımı olarak “ortalama dayanım (expected strength) – (f_e)” değerleri kullanılacak, malzeme

güvenlik katsayıları gözönüne alınmayacaktır. Ortalama dayanım değerleri ile karakteristik dayanım değerleri arasında aşağıdaki ilişkiler dikkate alınabilir:

$$\text{Beton için} \quad f_{ce} = 1.3f_{ck} \quad (5.14)$$

$$\text{Donatı çeliği için} \quad f_{ye} = 1.17f_{yk} \quad (5.15)$$

Çubuk elemanlarda plastik kesitlerin (plastik mafsalların) doğrusal olmayan histeretik bağıntılarında iskelet eğrileri iki doğrulu (bi-lineer) olarak alınabilir. Histeretik davranışta rijitlik azalması ve dayanım azalması etkileri, yeni yapılan yüksek binalarda ihmal edilebilir. Düşey taşıyıcı sistem elemanlarının yatay rijitliklerinde ani değişimlerin (özellikle aşağıya doğru ani artışların) bulunduğu kat yatay düzlemlerinde, yeterli düzlem içi rijitliğe ve dayanıma sahip olan “aktarma (transfer) katları”nın oluşturulmasına özen gösterilecektir. Temel ve bodrum çevresindeki zemin ortamının rijitliği, Bağımsız Kontrol Kurulu tarafından uygun görülen idealleştirme yöntemleri ile gözönüne alınacaktır. Gerekli olması durumunda, diğer tasarım aşamalarında zemin-temel sisteminin doğrusal olmayan davranışı gözönüne alınabilir.

5.11 Yüksek Binalarda Performansa Göre Deprem Tasarımının Aşamaları

Tasarım Aşaması I-A'ya göre, D2 deprem düzeyine göre ön boyutlandırılması yapılmış yüksek yapının, Tasarım Aşaması I-B'de yine D2 deprem düzeyinde hedeflenen deprem performansını sağlayıp sağlamadığı değerlendirilir. Bu aşamada yapılan doğrusal olmayan analizler sonucu elde edilen birim şekildeğiştirmeler, ilgili performans seviyesi için yönetmelikte belirtilen birim şekildeğiştirme sınırları ile karşılaştırılır. Tasarım Aşaması II'de aynı yapı D1 deprem düzeyine göre hedeflenen deprem performansını sağlayıp sağlamadığı değerlendirilir. Bu aşamada yapılan doğrusal analizler sonucu elde edilen kesit zorları ortalama dayanıma göre bulunan kesit kapasiteleri ile karşılaştırılır. Burada normal sınıf yapı için aranan koşul, D1 depremi (50 yılda aşılma olasılığı %50 olan deprem) altında sistemin neredeyse elastik çalışmasının beklenmesidir. Tasarım Aşaması III'de aynı yapı D3 depremi düzeyine göre hedeflenen deprem performansını sağlayıp sağlamadığı değerlendirilir. Bu aşamada yapılan doğrusal olmayan analizler sonucu elde edilen

birim şekildeğıştirmeler, ilgili performans seviyesi için yönetmelikte belirtilen birim şekildeğıştirme sınırları ile karşılaştırılır [31].

Çizelge 5.3 : Yüksek binalar için performansa göre tasarım aşamaları.

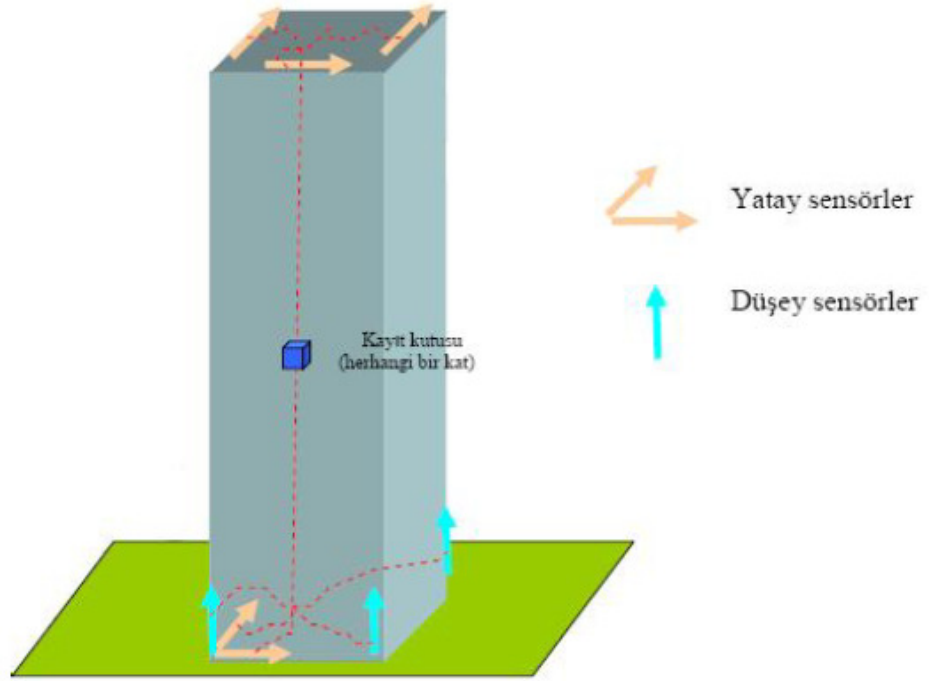
<i>Tasarım Aşaması</i>	<i>Tasarım Aşaması I - A</i>	<i>Tasarım Aşaması I - B</i>	<i>Tasarım Aşaması II</i>	<i>Tasarım Aşaması III</i>
<i>Tasarım Türü</i>	Ön Tasarım (Boyutlama)	Tasarım	Gerçelleme*	Gerçelleme
<i>Deprem Düzeyi</i>	Normal Sınıf Binalarda (D2) Depremi	Normal Sınıf Binalarda (D2) Depremi	Normal Sınıf Binalarda (D1) Depremi	Normal Sınıf Binalarda (D3) Depremi
	Özel Sınıf Binalarda (D3) Depremi	Özel Sınıf Binalarda (D3) Depremi	Özel Sınıf Binalarda (D2) Depremi	
<i>Hedef Performans</i>	Can Güvenliği	Can Güvenliği	Kesintisiz Kullanım	Göçmeme Güvenliği
<i>Analiz Türü</i>	Mod Birleştirme Yöntemi ile Lineer Üç Boyutlu Analiz	Zaman Tanım Alanında Nonlineer Üç Boyutlu Analiz (2*7 çözüm ort.)	Mod Birleştirme Yöntemi ile Lineer Üç Boyutlu Analiz	Zaman Tanım Alanında Nonlineer Üç Boyutlu Analiz (2*7 çözüm ort.)
<i>Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)</i>	R≤7	-	R=1.5	-
<i>Görelî Kat Ötelemesi Oranı Limiti</i>	%2	%2.5	%1	%3.5
<i>Çubuk Elemanlarda Kesit Rijitliği</i>	Etkin rijitlik (DBYBHY 2007'den)	Etkin rijitlik (moment-eğrilik eğrisinden)	Etkin rijitlik (moment-eğrilik eğrisinden)	Etkin rijitlik (moment-eğrilik eğrisinden)
<i>Dayanım Parametresi</i>	Karakteristik Dayanım	Ortalama (Expected) Dayanım	Ortalama (Expected) Dayanım	Ortalama (Expected) Dayanım
<i>Kabul Kriteri</i>	Dayanım-Görelî kat ötelemesi oranı	Birim şekildeğıştirme-Görelî kat ötelemesi oranı	Dayanım-Görelî kat ötelemesi oranı	Birim şekildeğıştirme-Görelî kat ötelemesi oranı

5.12 Yapı Sağlığı İzleme Sistemleri

Yüksek binaların gerçek davranışlarını izlemek, mevcut yönetmelikleri iyileştirmek ve büyük bir deprem sonrasında yapıda oluşan hasarı kısa sürede tahmin edebilmek amacıyla, binalarda en az 8 ivme ölçerden oluşan ve bina üzerine yerleştirilen yapı sağlığı izleme sistemleri kurulacaktır.

a) İvme ölçerler senkronize olarak en az 20-bit duyarlılığında ve GPS zaman karthı dijital bir kayıt sistemine bağlanacaktır. Kayıt sistemi bina titreşimlerini sürekli olarak kaydedecek ve verileri belirlenen merkezlere internet, modem veya benzeri kanallardan, gerçek zamanlı olarak transfer edebilecektir. Sistem, elektrik veya iletişimin kesilmesi durumunda en az bir hafta süreyle çalışabilecek ve veriyi kendi içinde saklayabilecek batarya ve disk kapasitesine sahip olacaktır.

- b) İzleme sisteminde kullanılacak sensör ve kayıt sistemlerinin teknik şartnamesi İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından ayrıca hazırlanacaktır.
- c) Titreşim kayıtları gerçek zamanlı olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi' nde kurulacak Yapı Sağlığı İzleme Merkezi' ne gönderilecek ve kayıtlar hem bina sahibi hem de bu merkez tarafından saklanacaktır.
- d) Bina sahipleri bu sistemin bakımından ve korunmasından sorumlu olacaktır.



Şekil 5.5 : Yapı sağlığı izleme sistemleri.

6. ÖRNEK ÇOK KATLI KARMA TAŞIYICI SİSTEMLİ BİR YAPININ SAYISAL ANALİZİ

Bu bölümde daha önce işlenen konu ve kavramlar ışığında 41 katlı karma taşıyıcı sisteme sahip yüksek bir yapının modellenmesi yapılarak statik ve dinamik yükler altında doğrusal analizi gerçekleştirilecektir. Analiz sonuçları Türk Deprem Yönetmeliği 2007 kriterlerine göre değerlendirilecek ve gerekli kontrol aşamaları doğrultusunda yapının depreme karşı dayanıklılığı test edilecektir. Yapının boyutlandırılmasında yönetmeliğin 2. bölümündeki hesap yöntemlerinden mod birleştirme yöntemi kullanılacaktır. İncelenen yapı yüksek bina sınıfına girdiği için ayrıca İstanbul İli Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği-2008 son taslağına göre zaman tanım alanında doğrusal analizi de gerçekleştirilecek ve böylece oluşturulan modelin deprem güvenliği, iki hesap yöntemi ve iki ayrı yönetmelik esaslarına göre ortaya konulacaktır.

6.1 Genel Bina Bilgileri

Kat adedi.....	41
Kat Yüksekliği (1. Ve 2. Kat).....	3.80m
Kat Yüksekliği (3. Ve 4. Kat).....	6.85m
Kat Yüksekliği (5-41. Katlar).....	4.50m
Toplam bina yüksekliği.....	187.60m
Bina oturma alanı.....	1470.95m ²
Kullanım amacı.....	Ofis
Malzeme bilgileri:	
Beton	
Döşeme ve Kirişler.....	C30 ($f_{ck} = 30\text{Mpa}$)
Perdeler (1-10).....	C50 ($f_{ck} = 50\text{Mpa}$)

Perdeler (11-41)..... C40 ($f_{ck} = 40\text{Mpa}$)

Donatı çeliği.....S420 ($f_{yk} = 420\text{Mpa}$)

Yapı Çeliği.....St52

Deprem Parametreleri :

Deprem Bölgesi:.....2. Derece

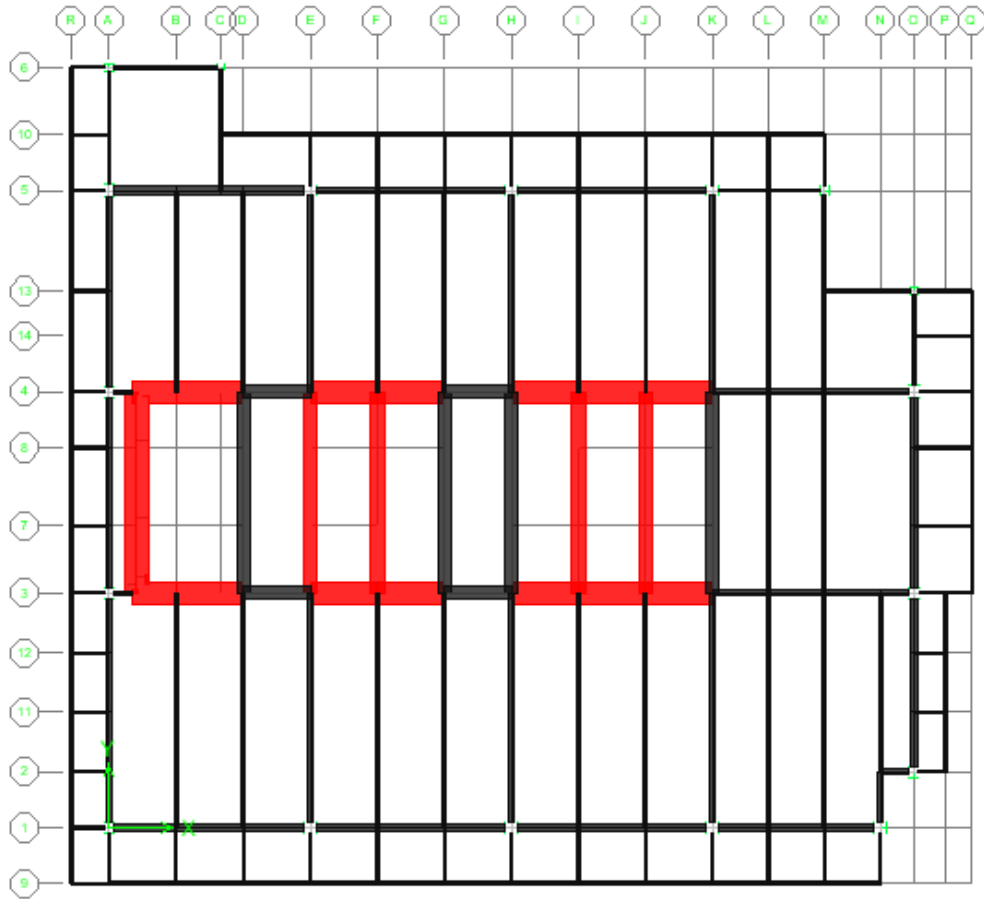
Deprem Bölge Katsayısı: (A_0).....0.30

Bina Önem Katsayısı : (I).....1.00

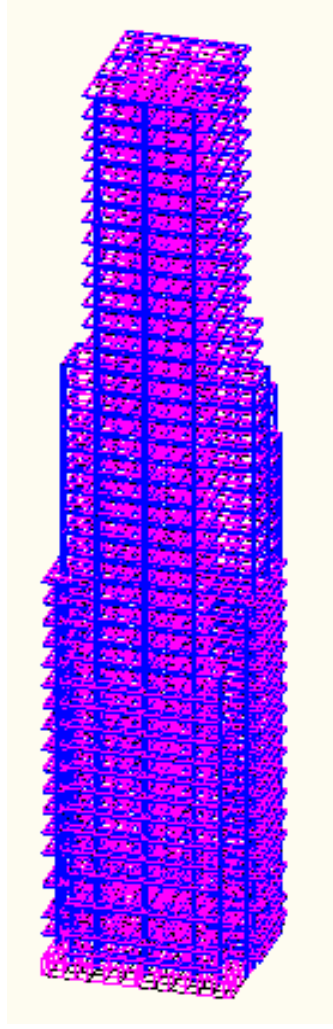
Hareketli Yük Katsayısı : (n).....0.30

Yerel Zemin Sınıfı : (Z_n).....Z2

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı: (R).....7.0



Şekil 6.1 : Kat planı.



Şekil 6.2 : 3D model.

6.2 Taşıyıcı Sistem Bilgileri

Taşıyıcı sistem, orta kısımda birbirine betonarme bağ kirişleriyle bağlı çekirdek perdeler olmak üzere çelik kolonlar, çelik kirişler ve kompozit döşemelerden meydana gelmektedir. 17. Kata kadar orta kısımda çekirdek perdeler teşkil edilmiş olup, bir bölümü bu kattan sonra devam etmemektedir.. Döşemeler kompozit olup 15cm kalınlığındadır. Modelleme için kullanılan kolon ve kiriş profilleri aşağıda tablo olarak verilmiştir.

Çizelge 6.1 : Kolon ve kirişlerde kullanılan profil bilgileri.

Kolon No	Profil Bilgileri
C1	HD 400x1086
C2	HD 400x1086
C3	HD 400x1086
C4	HD400x990
C5	HD400x900
C6	HD400x744
C7	HD400x818
C8	HD400x900
C9	HD400x818
C10	HD400x900
C11	HD400x900
C12	HD400x990
C13	HD400x1086
C14	HD400x1086
C15	HD400x1086
C16	HD400x744
C17	HD400x818
C18	HD400x744

Kiriş Profilleri
HE900 A
HE450 A
HE400 A
HE600 A
HE800 A
HE650 A
HE800 B
HE300 A
HE400 B
HE450 B
HE200 A

6.3 Malzeme Bilgileri

Beton sınıfı olarak döşeme ve kirişlerde C30, perdelerde 10. Kata kadar C50, diğer katlarda C40 sınıfında beton kullanılmıştır.

C50;

Betonun karakteristik basınç dayanımı;

$$f_{ck} = 50 \text{ MPa}$$

Betonun karakteristik çekme dayanımı;

$$f_{ctk} = 0.35 \sqrt{f_{ck}} = 0.35 \sqrt{50} = 2.5 \text{ MPa} \quad (6.1)$$

Elastisite Modülü;

$$E_c = 3250 \sqrt{f_{ck}} + 14000 = 36980.97 \text{ MPa} \quad (6.2)$$

Beton Poisson oranı;

$$\mu_c = 0.20$$

Beton güvenlik katsayısı,

$$\gamma_{mc} = 1.5$$

$$f_{cd} = \frac{50}{1.5} = 33.3 \text{ MPa}$$

C40;

Betonun karakteristik basınç dayanımı;

$$f_{ck}=40 \text{ MPa}$$

Betonun karakteristik çekme dayanımı;

$$f_{ctk} = 0.35 \sqrt{f_{ck}} = 0.35 \sqrt{40} = 2.214 \text{ MPa} \quad (6.3)$$

Elastisite Modülü;

$$E_c = 3250 \sqrt{f_{ck}} + 14000 = 34554.80 \text{ MPa} \quad (6.4)$$

Beton güvenlik katsayısı,

$$\gamma_{mc} = 1.5$$

$$f_{cd} = \frac{40}{1.5} = 26.67 \text{ MPa}$$

C30;

Betonun karakteristik basınç dayanımı;

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Betonun karakteristik çekme dayanımı;

$$f_{ctk} = 0.35 \sqrt{f_{ck}} = 0.35 \sqrt{30} = 1.917 \text{ MPa} \quad (6.5)$$

Elastisite Modülü;

$$E_c = 3250 \sqrt{f_{ck}} + 14000 = 31800.98 \text{ MPa} \quad (6.6)$$

Beton güvenlik katsayısı,

$$\gamma_{mc} = 1.5$$

$$f_{cd} = \frac{30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

Donatı çeliği minimum akma dayanımı 420 MPa, minimum kopma dayanımı 550 MPa ve minimum kopma uzaması %10 olan S420'dir.

Elastisite Modülü;

$$200000 \text{ MPa}$$

6.4 Yük Bilgileri

Sabit Yükler;

Beton birim hacim ağırlığı.....25.00 kN/m³

Kaplama+sıva (Döşemede).....1.5 kN/m²

Cam Kaplama (Kirişte).....0.5 kN/m²

Hareketli Yükler;

Döşeme yükü(1-3.katlar).....5.0 kN/ m²

Döşeme yükü(4-40.katlar).....3.50 kN/ m²

Döşeme yükü(çatı katı).....2.0 kN/ m²

Kar Yükü;

Çatı döşemesi.....0.8 kN/ m²

6.5 Yük Kombinasyon Bilgileri

G : Yapının l Yükü + Kaplama+sıva+cam yükü

Q : Hareketli yükler

S : Kar Yükü

EQX : X doğrultusunda deprem yüklemesi

EQY : Y doğrultusunda deprem yüklemesi

- Deprem yükünün yer aldığı kombinasyonlarda depremin X ve Y doğrultuları aynı anda etki eder. Ancak bir doğrultuda bu etki %100 iken diğer doğrultunun %30' u hesaba katılır.
- Tüm kombinasyonlarda dışmerkezlilik (+)%5 ve (-)%5 olmak kaydıyla yer almaktadır. Kombinasyonlarda kaplama, sıva, cam gibi sabit yükler yapının l yüküne dahil edilmiştir.

Çizelge 6.2 : Yük kombinasyonları tablosu.

G + Q
G + Q + S
1.4(G) + 1.6Q
G + Q + EQX + 0.3EQY (+%5 ek dış merkezlik)
G + Q + EQX + 0.3EQY (- %5 ek dış merkezlik)
G + Q + EQX - 0.3EQY (+%5 ek dış merkezlik)
G + Q + EQX - 0.3EQY (- %5 ek dış merkezlik)
G + Q - EQX + 0.3EQY (+%5 ek dış merkezlik)
G + Q - EQX + 0.3EQY (- %5 ek dış merkezlik)
G + Q - EQX - 0.3EQY (+%5 ek dış merkezlik)
G + Q - EQX - 0.3EQY (- %5 ek dış merkezlik)
G + Q + EQY + 0.3EQX (+%5 ek dış merkezlik)
G + Q + EQY + 0.3EQX (- %5 ek dış merkezlik)
G + Q + EQY - 0.3EQX (+%5 ek dış merkezlik)
G + Q + EQY - 0.3EQX (- %5 ek dış merkezlik)
G + Q - EQY + 0.3EQX (+%5 ek dış merkezlik)
G + Q - EQY + 0.3EQX (- %5 ek dış merkezlik)
G + Q - EQY - 0.3EQX (+%5 ek dış merkezlik)
G + Q - EQY - 0.3EQX (- %5 ek dış merkezlik)
0.9G + EQX + 0.3EQY (+%5 ek dış merkezlik)
0.9G + EQX + 0.3EQY (- %5 ek dış merkezlik)
0.9G + EQX - 0.3EQY (+%5 ek dış merkezlik)
0.9G + EQX - 0.3EQY (- %5 ek dış merkezlik)
0.9G - EQX + 0.3EQY (+%5 ek dış merkezlik)
0.9G - EQX + 0.3EQY (- %5 ek dış merkezlik)
0.9G - EQX - 0.3EQY (+%5 ek dış merkezlik)
0.9G - EQX - 0.3EQY (- %5 ek dış merkezlik)
0.9G + EQY + 0.3EQX (+%5 ek dış merkezlik)
0.9G + EQY + 0.3EQX (- %5 ek dış merkezlik)
0.9G + EQY - 0.3EQX (+%5 ek dış merkezlik)
0.9G + EQY - 0.3EQX (- %5 ek dış merkezlik)
0.9G - EQY + 0.3EQX (+%5 ek dış merkezlik)
0.9G - EQY + 0.3EQX (- %5 ek dış merkezlik)
0.9G - EQY - 0.3EQX (+%5 ek dış merkezlik)
0.9G - EQY - 0.3EQX (- %5 ek dış merkezlik)

6.6 Türk Deprem Yönetmeliği-2007'ye Göre Tasarımı

6.6.1 Tasarım için genel ilke ve kurallar

Bir bütün olarak deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sisteminde ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunmalıdır. Döşeme sistemleri, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarılmasını sağlayacak düzeyde rijitlik ve dayanıma sahip olmalıdır. Yeterli olmayan durumlarda, döşemelerde uygun aktarma elemanları düzenlenmelidir. Binaya aktarılan deprem enerjisinin önemli bir bölümünün taşıyıcı sistemin sünek davranışı ile tüketilmesi için, yönetmelikte belirtilen sünek tasarım ilkelerine titizlikle uyulmalıdır.

Düzensiz binaların tasarımından ve yapımından kaçınılmalıdır. Taşıyıcı sistem planında simetrik veya simetriğe yakın düzenlenmeli ve A1 burulma düzensizliğine olabildiğince yer verilmemelidir. Bu bağlamda, perde vb rijit taşıyıcı sistem elemanlarının binanın burulma rijitliğini arttıracak biçimde yerleştirilmesine özen gösterilmelidir. Düşey doğrultuda ise özellikle B1 ve B2 başlıkları ile tanımlanan ve herhangi bir katta zayıf kat veya yumuşak kat durumu oluşturan düzensizliklerden kaçınılmalıdır. (C) ve (D) gruplarına giren zeminlere oturan kolon ve özellikle perde temellerindeki dönmelerin taşıyıcı sistem hesabına etkileri, uygun idealleştirme yöntemleri ile gözönüne alınmalıdır.

6.6.2 Düzensiz binaların incelenmesi

A1 ve B2 türü düzensizlikler, deprem hesap yönteminin seçiminde etken olan düzensizliklerdir.

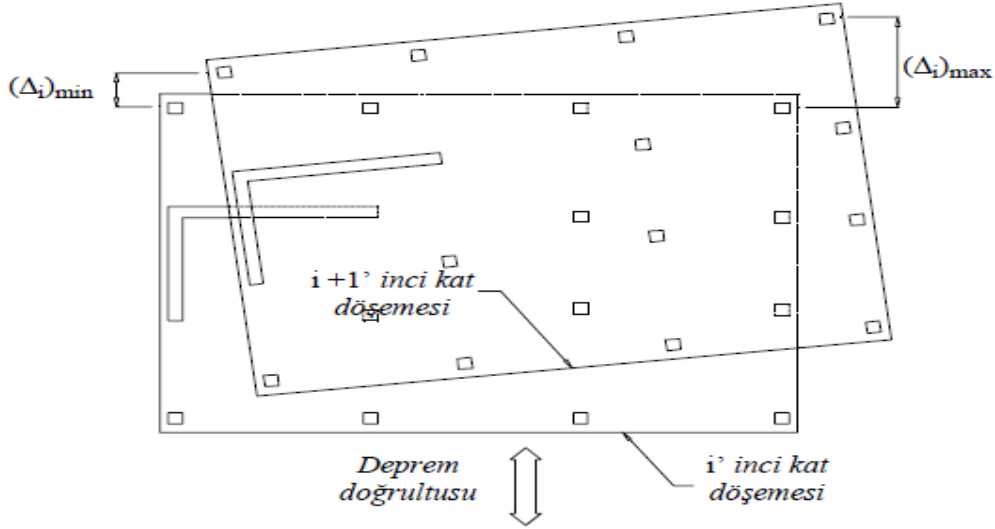
A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiği hesapla doğrulanacaktır.

B1 türü düzensizliğinin bulunduğu binalarda, gözönüne alınan i'inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, η_{ci} 'nin hesabında dolgu duvarları gözönüne alınmayacaktır. $0.60 \leq (\eta_{ci})_{min} < 0.80$ aralığında taşıyıcı sistem davranış katsayısı, $1.25 (\eta_{ci})_{min}$ değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanacaktır. Ancak hiçbir zaman $\eta_{ci} < 0.60$ olmayacaktır.

Aksi durumda, zayıf katın dayanımı ve rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

B3 türü düzensizliğin bulunduğu binalara ilişkin koşullar, bütün deprem bölgelerinde uygulanmak üzere, aşağıda belirtilmiştir:

- (a) Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan güselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.
- (b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılacaktır.
- (c) Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.
- (d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

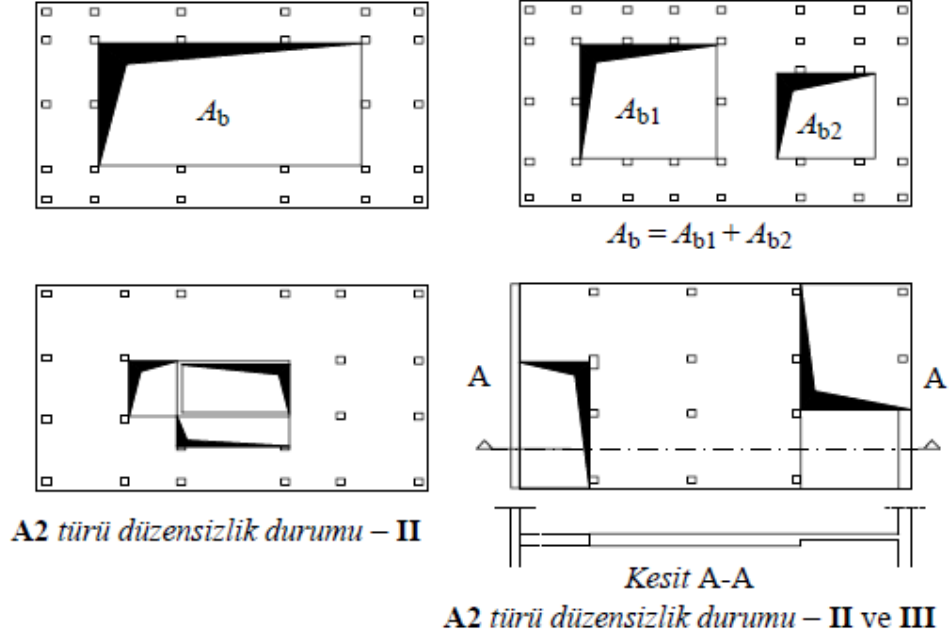


Şekil 6.3 : A1 türü düzensizlik.

$$(\Delta i)_{ort} = 1/2 [(\Delta i)_{max} + (\Delta i)_{min}]$$

$$\text{Burulma düzensizliği katsayısı; } \eta_{bi} = (\Delta i)_{max} / (\Delta i)_{ort}$$

Burulma düzensizliği durumu : $\eta_{bi} > 1.2$

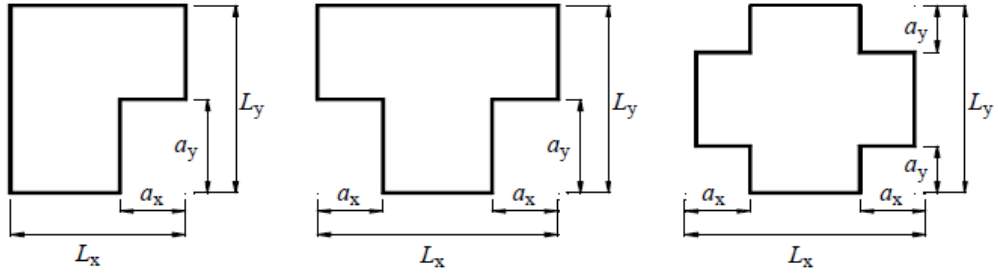


Şekil 6.4 : A2 türü düzensizlik.

$$A_b / A > 1/3$$

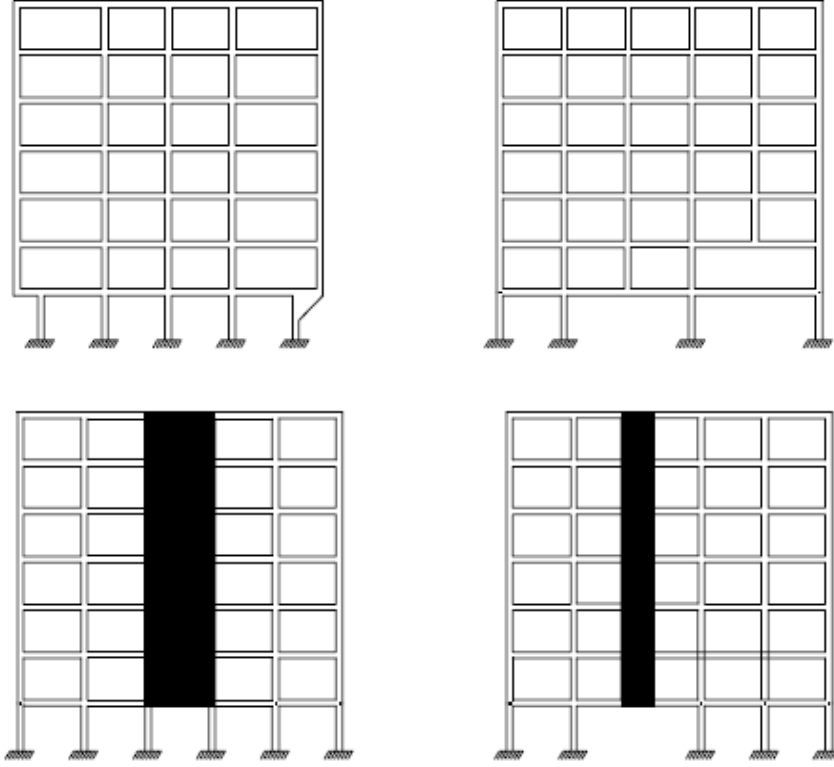
A_b : Boşluk alanları toplamı

A : Brüt kat alanı



$$a_x > 0.2 L_x \text{ ve aynı zamanda } a_y > 0.2 L_y$$

Şekil 6.5 : A3 türü düzensizlik.



Şekil 6.6 : B3 türü düzensizlik.

6.6.3 Hesap yönteminin seçilmesi

İlk olarak yapının lineer analizi, maksimum iç kuvvetlerin ve yerdeğıştirmelerin, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edildiği Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılmıştır. Yapı yüksekliği 40m'den fazla olduğu için eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılamamaktadır. Daha sonra İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği-2008 son taslağında yer alan tasarım ivme spektrumu kullanılarak zaman tanım alanında lineer analiz yapılacaktır. Kesit hesapları mod birleştirme yönteminden elde edilen analiz değerlerine göre yapılmıştır.

6.7 Yapının Mod Birleştirme Yöntemiyle Analizi

Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yerdeğıştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir. Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y , gözönüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her

birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütle'lerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir.

$$\sum_{n=1}^Y M_{Xn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{Xn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (6.7)$$

$$\sum_{n=1}^Y M_{Yn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{Yn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (6.8)$$

Binaya etkileyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yerdeğiştirme ve görelî kat ötelemesi gibi büyüklüklerin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için uygulanacak kurallar şöyledir; $T_m < T_n$ olmak üzere, gözönüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_m / T_n < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı uygulanabilir. Yukarıda belirtilen koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanacaktır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayıları'nın hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınacaktır.

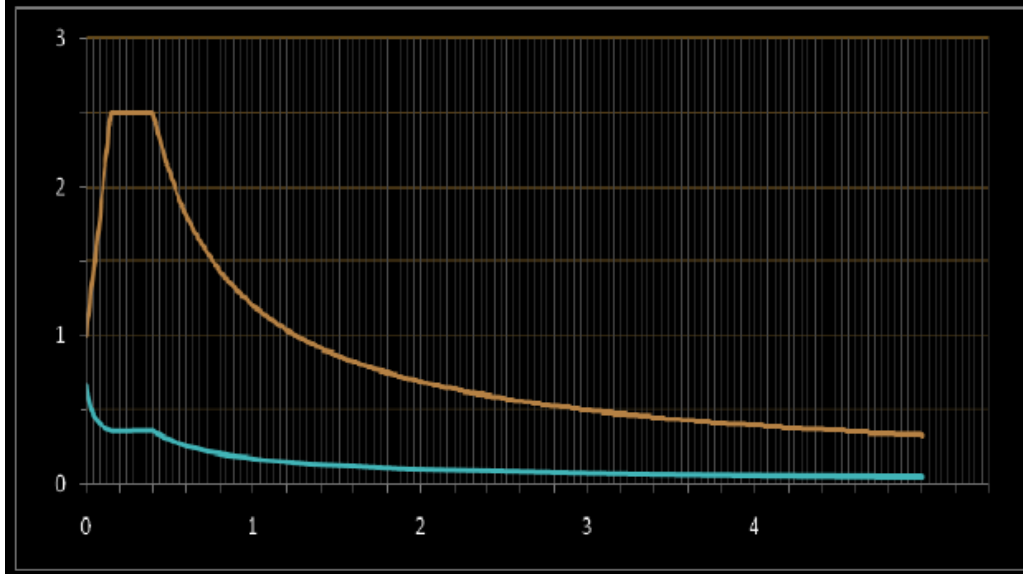
$$A(T) = A_0 \cdot I_x \cdot S(T) \quad (6.8)$$

$$S_{ae}(T) = A(T) \cdot g \quad (6.9)$$

$$S(T) = 1 + 1.5x \left(\frac{T}{T_A} \right) \quad 0 \leq T \leq T_A \quad (6.10)$$

$$S(T) = 2.5 \quad T_A < T \leq T_B \quad (6.11)$$

$$S(T) = 2.5x \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad T > T_B \quad (6.12)$$



Şekil 6.7 : Z2 zemin sınıfı için spektrum eğrileri.

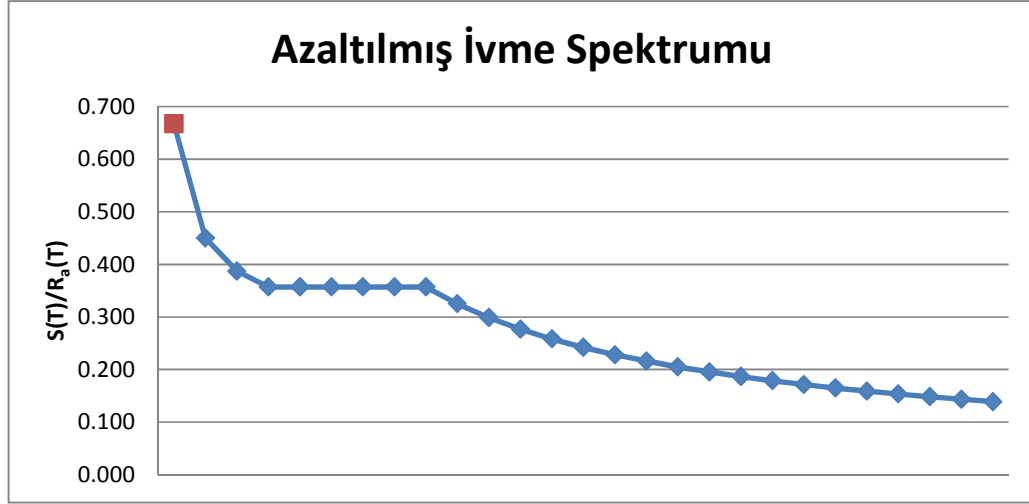
6.7.1 Yapının mod birleştirme yöntemiyle analizi

Eşdeğer deprem yükü yönteminde $S(T)$ ve $R_a(T)$ ilgili doğrultudaki 1. Periyotlara göre hesaplanır ancak Mod Birleştirme yönteminde bunlar fonksiyon halindedir. Bu fonksiyonlar kullanılarak azaltılmış ivme spektrumu fonksiyonu tanımlanır. Yapının modellenmesi, yüklemeler, yük kombinasyonları, spektrum tanımları, rijit diyafram atamaları gibi işlemlerden sonra yapı, program aracılığıyla analize hazır hale gelmiştir.

Çizelge 6.3 : Azaltılmış ivme spektrumu fonksiyonları.

T (sn)	$R_a(T)$	S(T)	$S(T)/R_a(T)$	$A_0 \cdot 1 \cdot g$
0.00	1.50	1.00	0.667	3.924
0.05	3.33	1.50	0.450	3.924
0.10	5.17	2.00	0.387	3.924
0.15	7.00	2.50	0.357	3.924
0.20	7.00	2.50	0.357	3.924
0.25	7.00	2.50	0.357	3.924
0.30	7.00	2.50	0.357	3.924
0.35	7.00	2.50	0.357	3.924
0.40	7.00	2.50	0.357	3.924
0.45	7.00	2.28	0.325	3.924
0.50	7.00	2.09	0.299	3.924
0.55	7.00	1.94	0.277	3.924
0.60	7.00	1.81	0.258	3.924

0.65	7.00	1.70	0.242	3.924
0.70	7.00	1.60	0.228	3.924
0.75	7.00	1.51	0.216	3.924
0.80	7.00	1.44	0.205	3.924
0.85	7.00	1.37	0.195	3.924
0.90	7.00	1.31	0.187	3.924
0.95	7.00	1.25	0.179	3.924
1.00	7.00	1.20	0.172	3.924
1.05	7.00	1.16	0.165	3.924
1.10	7.00	1.11	0.159	3.924
1.15	7.00	1.07	0.153	3.924
1.20	7.00	1.04	0.148	3.924
1.25	7.00	1.00	0.144	3.924
1.30	7.00	0.97	0.139	3.924
1.35	7.00	0.94	0.135	3.924
1.40	7.00	0.92	0.131	3.924
1.45	7.00	0.89	0.127	3.924
1.50	7.00	0.87	0.124	3.924
1.55	7.00	0.85	0.121	3.924
1.60	7.00	0.82	0.118	3.924
1.65	7.00	0.80	0.115	3.924
1.70	7.00	0.79	0.112	3.924



Şekil 6.8 : Azaltılmış ivme spektrumu grafiği.

Sönüm oranı betonarme sistemlerde %5-%7, çelik yapılarda %2-%3, yaygın olarak her ikisi için sönüm oranı %5 (0.05) olarak kullanılır. Diyafram ekzantrisite değerinin kullanılabilmesi için programa rijit diyafram tanımı yapılmış olmalıdır.

6.7.2 Hesap sonuçları

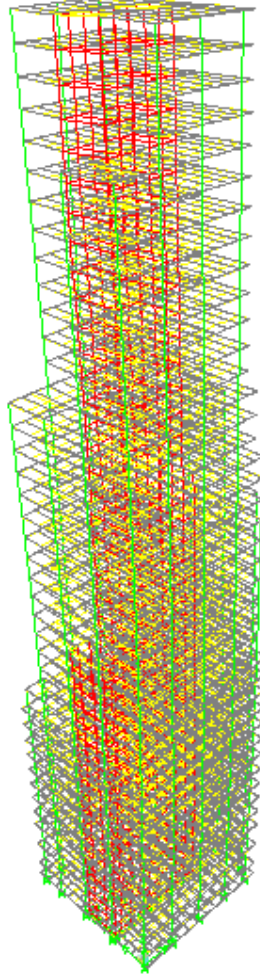
6.7.2.1 Mod değerleri ve taban kesme kuvveti

Çizelge 6.4 : Mod değerleri ve kütle katılım oranları.

MOD	PERİYOT	UX	UY	$\sum UX$	$\sum UY$
1	4.714	0.004	53.124	0.004	53.124
2	3.844	58.228	0.002	58.232	53.127
3	1.996	0.020	0.101	58.253	53.228
4	1.270	20.208	0.026	78.461	53.254
5	1.168	0.014	22.197	78.474	75.450
6	0.771	0.011	0.372	78.485	75.823
7	0.609	6.679	0.001	85.164	75.824
8	0.503	0.004	7.684	85.169	83.507
9	0.405	0.006	1.552	85.174	85.059
10	0.352	3.444	0.001	88.619	85.060
11	0.290	0.014	1.625	88.632	86.686
12	0.240	0.013	2.916	88.645	89.602
13	0.239	2.168	0.045	90.813	89.647
14	0.203	0.019	0.519	90.831	90.166
15	0.169	1.307	0.331	92.139	90.497
16	0.167	0.196	1.979	92.335	92.477
17	0.151	0.038	0.032	92.373	92.508
18	0.130	0.841	0.152	93.214	92.660
19	0.124	0.234	0.778	93.447	93.438
20	0.115	0.008	0.443	93.456	93.881
21	0.103	0.424	0.313	93.879	94.193
22	0.098	0.358	0.542	94.238	94.735
23	0.091	0.020	0.553	94.258	95.289
24	0.087	0.122	0.249	94.380	95.538
25	0.081	0.540	0.124	94.920	95.662
26	0.075	0.106	0.032	95.027	95.694

Yukarıdaki tablodan da anlaşılacağı gibi hesaplarda 26 mod dikkate alınmıştır ve sonuçta dinamik hesap her iki yönde %95 kütle katılım oranıyla tamamlanmıştır. Bu %95 lik oran, DBYBHY-2007 madde 2.8.3.1'de belirtilen %90 lık alt sınırı sağlamaktadır. Yapının ilk periyodu Y yönündedir ve %53.124 kütle katılımı sağlanmaktadır, ikinci periyodu ise X yönündedir ve %58.228 kütle katılımı sağlanmaktadır. ETABS bilgisayar programı ile yapılan mod birleştirme hesabı sonucu bulunan taban kesme kuvvetleri X yönü için $F_x-m = 17857kN$, Y yönü için

$F_y \cdot m = 17472 \text{ kN}$ dur. Aşağıda ise eşdeğer deprem yükü yöntemine göre binaya etkiyen deprem kuvvetleri hesaplanmıştır.



Şekil 6.9 : Yapının 1. Mod görünümü.

$$T_1 = T_y = 4.714 \text{ sn}$$

$$T_2 = T_x = 3.844 \text{ sn}$$

Spektrum Katsayısı;

$$S(T) = 2.5 \times \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} = 0.347 \quad (6.13)$$

$$S(T)_x = 2.5 \times \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} = 0.409 \quad (6.14)$$

Spektral İvme Katsayısı;

$$A(T_y) = A_0 \cdot I \cdot S(T)_y = 0.3 \times 1 \times 0.347 = 0.1041 \quad (6.15)$$

$$A(T_x) = A_0 \cdot I \cdot S(T)_x = 0.3 \times 1 \times 0.409 = 0.1227 \quad (6.16)$$

$$c = \frac{A_0 \cdot I \cdot S_T}{R} \quad c_{\min} = 0.10 \times A_0 \quad (6.17)$$

Depremde Etkin Bina Ağırlığı;

$$W = 572114.06 \text{ kN}$$

Taban kesme kuvveti = F

$$F = c \times W \quad (6.18)$$

Y yönü taban kesme kuvveti hesabı;

$$c = A(T_y) / R \quad (6.19)$$

$$c = 0.1041 / 7 = 0.0148$$

$$c_{\min} = 0.10 \times A_0 \quad (6.20)$$

$$c_{\min} = 0.10 \times 0.3 = 0.03$$

$$c_y = 0.03$$

$$F_y = c_y \times W \quad (6.21)$$

$$F_y = 0.03 \times 572114.06 = 17163.42 \text{ kN}$$

X yönü taban kesme kuvveti hesabı;

$$c = A(T_x) / R \quad (6.22)$$

$$c = 0.1227/7 = 0.0175$$

$$c_{\min} = 0.10 \times 0.3 = 0.03$$

$$c_x = 0.03$$

$$F_x = c_x \times W \quad (6.23)$$

$$F_x = 0.03 \times 572114.06 = 17163.42 \text{ kN}$$

DBYBHY-2007 madde 2.8.5'e göre; mod birleştirme yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetinin eşdeğer deprem yükü yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetinden daha az olması durumunda, bulunan taban kesme kuvveti eşdeğer yöntem ile bulunan kuvvetin bir $\beta=0.8\text{--}0.9$ katına kadar artırılmalıdır. β katsayısı azaltıcı bir katsayıdır ve binanın düzensizliklerine bağlıdır. Yapının her iki yöndeki taban kesme kuvveti değeri için de mod birleştirme yöntemi sonuçları daha fazla olduğu için *β katsayısıyla hesaba gerek yoktur.*

6.7.3 Düzensizlik kontrolleri

6.7.3.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü

Çizelge 6.5 : X-X yönü burulma düzensizliği kontrolü.

Kat Deplasmanları			Görelî Kat Ötelemeleri			η_{bi}	Kontrol
(di)max	(di)ort	(di)min	(Δi)max	(Δi)ort	(Δi)min		
0,32258	0,30808	0,29358	0,00863	0,00813	0,00763	1,06154	< 1.2
0,31395	0,29995	0,28595	0,00862	0,00812	0,00762	1,06154	< 1.2
0,30533	0,29183	0,27833	0,00874	0,00774	0,00674	1,1292	< 1.2
0,29659	0,28409	0,27159	0,00701	0,00651	0,00601	1,07675	< 1.2
0,28957	0,27757	0,26557	0,00897	0,00797	0,00697	1,12547	< 1.2
0,28060	0,2696	0,2586	0,0092	0,0087	0,0082	1,05747	< 1.2
0,27147	0,2609	0,2504	0,00931	0,00881	0,00831	1,05672	< 1.2
0,26209	0,25209	0,24209	0,00955	0,00905	0,00855	1,05528	< 1.2
0,25254	0,24304	0,23354	0,00977	0,00877	0,00778	1,11396	< 1.2
0,24277	0,23427	0,22577	0,00978	0,00927	0,00877	1,053908	< 1.2
0,23299	0,22499	0,21699	0,00889	0,00839	0,00789	1,05959	< 1.2
0,22413	0,2166	0,2091	0,01101	0,01051	0,01001	1,047596	< 1.2

0,21312	0,2061	0,1991	0,01286	0,01086	0,00885	1,184247	< 1.2
0,20024	0,19524	0,19024	0,00942	0,00852	0,00762	1,10563	< 1.2
0,19082	0,18672	0,18262	0,00912	0,00902	0,00892	1,01109	< 1.2
0,1817	0,1777	0,1737	0,00955	0,00945	0,00934	1,01059	< 1.2
0,17216	0,16826	0,16436	0,00989	0,00974	0,00959	1,0154	< 1.2
0,16227	0,15852	0,15477	0,00966	0,00946	0,00926	1,021142	< 1.2
0,15261	0,14906	0,14551	0,00955	0,00945	0,00935	1,01059	< 1.2
0,14306	0,13961	0,13616	0,00955	0,0094	0,00925	1,01597	< 1.2
0,13352	0,13022	0,12692	0,00931	0,00927	0,00922	1,0054	< 1.2
0,12422	0,12095	0,1177	0,00909	0,00899	0,00889	1,01113	< 1.2
0,11512	0,11197	0,10882	0,00897	0,00882	0,00867	1,01701	< 1.2
0,10615	0,10315	0,10015	0,00874	0,00864	0,00854	1,01157	< 1.2
0,09741	0,09451	0,09161	0,00816	0,00796	0,00776	1,02511	< 1.2
0,08924	0,08654	0,08384	0,00725	0,0071	0,00695	1,021142	< 1.2
0,08232	0,07945	0,0769	0,00782	0,00762	0,00742	1,02625	< 1.2
0,07418	0,07183	0,06948	0,00817	0,00812	0,00807	1,00616	< 1.2
0,06601	0,06371	0,06141	0,00725	0,0072	0,00715	1,006949	< 1.2
0,05877	0,05652	0,05427	0,0069	0,0068	0,0067	1,01471	< 1.2
0,05187	0,04972	0,04757	0,00679	0,00639	0,00599	1,06265	< 1.2
0,04508	0,04333	0,04158	0,00644	0,00619	0,00594	1,04039	< 1.2
0,03864	0,03714	0,03564	0,0061	0,00605	0,006	1,00827	< 1.2
0,03255	0,0311	0,02965	0,00587	0,00582	0,00577	1,0086	< 1.2
0,02668	0,02528	0,02388	0,00541	0,00526	0,00511	1,02854	< 1.2
0,02128	0,02003	0,01878	0,00506	0,00486	0,00466	1,04115	< 1.2
0,01622	0,01517	0,01412	0,0046	0,00445	0,0043	1,03371	< 1.2
0,01162	0,01072	0,00982	0,00575	0,00505	0,00435	1,13861	< 1.2
0,00587	0,00567	0,00547	0,00403	0,00384	0,00366	1,04818	< 1.2
0,00184	0,00183	0,00181	0,00127	0,00129	0,00132	0,97872	< 1.2
0,00058	0,00053	0,00049	0,00058	0,00053	0,00049	1,07981	< 1.2

Binanın herhangi bir i'inci katında **A1** türü düzensizliğin bulunması durumunda, $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ olmak koşulu ile, bu katta uygulanan $\pm\%5$ ek dışmerkezlik, her iki deprem doğrultusu için D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

$$D_i = \left(\frac{n_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (6.24)$$

Çizelge 6.6 : Y-Y yönü burulma düzensizliği kontrolü.

Kat	Kat Deplasmanları			Görelî Kat Ötelemeleri			η _{bi}	Kontrol
	(di)max	(di)ort	(di)min	(Δi)max	(Δi)ort	(Δi)min		
41	0.3201	0.3056	0.2911	0.0053	0.0048	0.0043	1.104167	< 1.2
40	0.3148	0.3008	0.2868	0.0066	0.0061	0.0056	1.081967	< 1.2
39	0.3082	0.2947	0.2812	0.0077	0.0067	0.0057	1.149254	< 1.2
38	0.3005	0.288	0.2755	0.0100	0.0095	0.009	1.052632	< 1.2
37	0.2905	0.2785	0.2665	0.0064	0.0054	0.0044	1.185185	< 1.2
36	0.2841	0.2731	0.2621	0.0047	0.0042	0.0037	1.119048	< 1.2
35	0.2794	0.2689	0.2584	0.0036	0.0031	0.0026	1.16129	< 1.2
34	0.2758	0.2658	0.2558	0.0046	0.0041	0.0036	1.121951	< 1.2
33	0.2712	0.2617	0.2522	0.0085	0.0075	0.0065	1.133333	< 1.2
32	0.2627	0.2542	0.2457	0.0075	0.007	0.0065	1.071429	< 1.2
31	0.2552	0.2472	0.2392	0.0074	0.0069	0.0064	1.072464	< 1.2
30	0.2478	0.2403	0.2328	0.0043	0.0038	0.0033	1.131579	< 1.2
29	0.2435	0.2365	0.2295	0.0122	0.0102	0.0082	1.196078	> 1.2
28	0.2313	0.2263	0.2213	0.0088	0.0079	0.007	1.113924	< 1.2
27	0.2225	0.2184	0.2143	0.0092	0.0091	0.009	1.010989	< 1.2
26	0.2133	0.2093	0.2053	0.0094	0.0093	0.0092	1.010753	< 1.2
25	0.2039	0.2000	0.1961	0.0123	0.01215	0.012	1.012346	< 1.2
24	0.1916	0.18785	0.1841	0.012	0.0118	0.0116	1.016949	< 1.2
23	0.1796	0.17605	0.1725	0.0125	0.0124	0.0123	1.008065	< 1.2
22	0.1671	0.16365	0.1602	0.0123	0.01215	0.012	1.012346	< 1.2
21	0.1548	0.1515	0.1482	0.0121	0.01205	0.012	1.004149	< 1.2
20	0.1427	0.13945	0.1362	0.0117	0.0116	0.0115	1.008621	< 1.2
19	0.131	0.12785	0.1247	0.0113	0.01115	0.011	1.013453	< 1.2
18	0.1197	0.1167	0.1137	0.0109	0.0108	0.0107	1.009259	< 1.2
17	0.1088	0.1059	0.103	0.0116	0.0114	0.0112	1.017544	< 1.2
16	0.0972	0.0945	0.0918	0.0099	0.00975	0.0096	1.015385	< 1.2
15	0.0873	0.08475	0.0822	0.0093	0.0091	0.0089	1.021978	< 1.2
14	0.078	0.07565	0.0733	0.0093	0.00925	0.0092	1.005405	< 1.2
13	0.0687	0.0664	0.0641	0.0093	0.00925	0.0092	1.005405	< 1.2
12	0.0594	0.05715	0.0549	0.008	0.0079	0.0078	1.012658	< 1.2
11	0.0514	0.04925	0.0471	0.0075	0.0071	0.0067	1.056338	< 1.2
10	0.0439	0.04215	0.0404	0.0069	0.00665	0.0064	1.037594	< 1.2
9	0.037	0.0355	0.034	0.0064	0.00635	0.0063	1.007874	< 1.2
8	0.0306	0.02915	0.0277	0.0059	0.00585	0.0058	1.008547	< 1.2
7	0.0247	0.0233	0.0219	0.0054	0.00525	0.0051	1.028571	< 1.2
6	0.0193	0.01805	0.0168	0.0048	0.0046	0.0044	1.043478	< 1.2
5	0.0145	0.01345	0.0124	0.0043	0.00415	0.004	1.036145	< 1.2
4	0.0102	0.0093	0.0084	0.0051	0.0044	0.0037	1.159091	< 1.2
3	0.0051	0.0049	0.0047	0.0034	0.00322	0.003	1.057543	< 1.2
2	0.0017	0.00169	0.0017	0.0012	0.00119	0.0012	1.008403	< 1.2
1	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	1.010101	< 1.2

6.7.3.2 Deplasman ve görel kat ötelemeleri kontrolü

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden *azaltılmış görel kat ötelemesi*, Δi ,

$$\Delta i = d_i - d_{i-1} \quad (6.25)$$

formülüyle elde edilmektedir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın i 'inci katındaki kolon veya perdeler için *etkin görel kat ötelemesi*, δ_i ,

$\delta_i = R \cdot \Delta i$ formülüyle elde edilmektedir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i 'inci katındaki kolon veya perdelerdeki δ_i etkin görel kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{\max}$,

$$(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02 \quad (6.26)$$

koşulunu sağlamalıdır.

Çizelge 6.7 : X-X yönü görel kat ötelemeleri kontrolü.

KAT	hi	di(max)	(Δi)max	(δi)max = R Δi	(δi)max / hi	Kontrol
41	4,50	0,32258	0,008625	0,060375	0,01341667	< 0.02
40	4,50	0,31395	0,008625	0,060375	0,01341667	< 0.02
39	4,50	0,30533	0,00874	0,06118	0,01359556	< 0.02
38	4,50	0,29659	0,007015	0,049105	0,01091222	< 0.02
37	4,50	0,28957	0,00897	0,06279	0,01395333	< 0.02
36	4,50	0,2806	0,0092	0,0644	0,01431111	< 0.02
35	4,50	0,2714	0,009315	0,065205	0,01449000	< 0.02
34	4,50	0,26209	0,009545	0,066815	0,01484778	< 0.02
33	4,50	0,25254	0,009775	0,068425	0,01520556	< 0.02
32	4,50	0,24277	0,009775	0,068425	0,01520556	< 0.02
31	4,50	0,23299	0,00889	0,06223	0,01382889	< 0.02
30	4,50	0,2241	0,011005	0,077035	0,01711889	< 0.02
29	4,50	0,2131	0,012855	0,089985	0,01999667	< 0.02
28	4,50	0,20024	0,00942	0,06594	0,01465333	< 0.02
27	4,50	0,19082	0,00912	0,06384	0,01418667	< 0.02
26	4,50	0,1817	0,009545	0,066815	0,01484778	< 0.02
25	4,50	0,17216	0,00989	0,06923	0,01538444	< 0.02
24	4,50	0,16227	0,00966	0,06762	0,01502667	< 0.02
23	4,50	0,15261	0,009545	0,066815	0,01484778	< 0.02

22	4,50	0,14306	0,009545	0,066815	0,01484778	< 0.02
21	4,50	0,13352	0,009315	0,065205	0,01449000	< 0.02
20	4,50	0,1242	0,009085	0,063595	0,01413222	< 0.02
19	4,50	0,11512	0,00897	0,06279	0,01395333	< 0.02
18	4,50	0,10615	0,00874	0,06118	0,01359556	< 0.02
17	4,50	0,09741	0,008165	0,057155	0,01270111	< 0.02
16	4,50	0,08924	0,007245	0,050715	0,01127000	< 0.02
15	4,50	0,082	0,00782	0,05474	0,01216444	< 0.02
14	4,50	0,07418	0,008165	0,057155	0,01270111	< 0.02
13	4,50	0,06601	0,007245	0,050715	0,01127000	< 0.02
12	4,50	0,05877	0,0069	0,0483	0,01073333	< 0.02
11	4,50	0,05187	0,006785	0,047495	0,01055444	< 0.02
10	4,50	0,04508	0,00644	0,04508	0,01001778	< 0.02
9	4,50	0,03864	0,006095	0,042665	0,00948111	< 0.02
8	4,50	0,03255	0,005865	0,041055	0,00912333	< 0.02
7	4,50	0,02668	0,005405	0,037835	0,00840778	< 0.02
6	4,50	0,02128	0,00506	0,03542	0,00787111	< 0.02
5	4,50	0,01622	0,0046	0,0322	0,00715556	< 0.02
4	6,75	0,01162	0,00575	0,04025	0,00596296	< 0.02
3	6,75	0,00587	0,004025	0,028175	0,00417407	< 0.02
2	3,80	0,00184	0,001265	0,008855	0,00233026	< 0.02
1	3,80	0,00058	0,000575	0,004025	0,00105921	< 0.02

Yukarıdaki yapının deprem kuvvetleri etkisinde yatay deplasmanları ve görelî kat ötelemeleri verilmiştir. Deprem etkisi altında en büyük deplasman 32.25 cm' dir.

$$32.25 < H / 500$$

187.6 / 500 = 0.3752m koşulunu sağlamaktadır.

En büyük görelî kat ötelemesi 0.01711' dir.

DBYBHY-2007 madde 2.10.1'de verilen koşula göre binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerdeki δ_i etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{max}$ 'ın kat yüksekliğine bölümü 0.02'den küçük olmalıdır. Bu koşul $0.01711 < 0.02$ olduğundan sağlanmaktadır.

Çizelge 6.8 : Y-Y yönü göreli kat ötelemeleri kontrolü.

KAT	hi	di(max)	(Δ i)max	(δ i)max = R Δ i	(δ i)max / hi	Kontrol
41	4.50	0.3201	0.0053	0.0371	0.0082444	< 0.02
40	4.50	0.3148	0.0066	0.0462	0.0102667	< 0.02
39	4.50	0.3082	0.0077	0.0539	0.0119778	< 0.02
38	4.50	0.3005	0.0100	0.07	0.0155556	< 0.02
37	4.50	0.2905	0.0064	0.0448	0.0099556	< 0.02
36	4.50	0.2841	0.0047	0.0329	0.0073111	< 0.02
35	4.50	0.2794	0.0036	0.0252	0.0056000	< 0.02
34	4.50	0.2758	0.0046	0.0322	0.0071556	< 0.02
33	4.50	0.2712	0.0085	0.0595	0.0132222	< 0.02
32	4.50	0.2627	0.0075	0.0525	0.0116667	< 0.02
31	4.50	0.2552	0.0074	0.0518	0.0115111	< 0.02
30	4.50	0.2478	0.0043	0.0301	0.0066889	< 0.02
29	4.50	0.2435	0.0122	0.0854	0.0189778	< 0.02
28	4.50	0.2313	0.0088	0.0616	0.0136889	< 0.02
27	4.50	0.2225	0.0092	0.0644	0.0143111	< 0.02
26	4.50	0.2133	0.0094	0.0658	0.0146222	< 0.02
25	4.50	0.2039	0.0123	0.0861	0.0191333	< 0.02
24	4.50	0.1916	0.012	0.084	0.0186667	< 0.02
23	4.50	0.1796	0.0125	0.0875	0.0194444	< 0.02
22	4.50	0.1671	0.0123	0.0861	0.0191333	< 0.02
21	4.50	0.1548	0.0121	0.0847	0.0188222	< 0.02
20	4.50	0.1427	0.0117	0.0819	0.0182000	< 0.02
19	4.50	0.131	0.0113	0.0791	0.0175778	< 0.02
18	4.50	0.1197	0.0109	0.0763	0.0169556	< 0.02
17	4.50	0.1088	0.0116	0.0812	0.0180444	< 0.02
16	4.50	0.0972	0.0099	0.0693	0.0154000	< 0.02
15	4.50	0.0873	0.0093	0.0651	0.0144667	< 0.02
14	4.50	0.078	0.0093	0.0651	0.0144667	< 0.02
13	4.50	0.0687	0.0093	0.0651	0.0144667	< 0.02
12	4.50	0.0594	0.008	0.056	0.0124444	< 0.02
11	4.50	0.0514	0.0075	0.0525	0.0116667	< 0.02
10	4.50	0.0439	0.0069	0.0483	0.0107333	< 0.02
9	4.50	0.037	0.0064	0.0448	0.0099556	< 0.02
8	4.50	0.0306	0.0059	0.0413	0.0091778	< 0.02
7	4.50	0.0247	0.0054	0.0378	0.0084000	< 0.02
6	4.50	0.0193	0.0048	0.0336	0.0074667	< 0.02
5	4.50	0.0145	0.0043	0.0301	0.0066889	< 0.02
4	6.75	0.0102	0.0051	0.0357	0.0052889	< 0.02
3	6.75	0.0051	0.0034	0.0238	0.0035259	< 0.02
2	3.80	0.0017	0.0012	0.0084	0.0022105	< 0.02
1	3.80	0.0005	0.0005	0.0035	0.0009211	< 0.02

Yukarıdaki yapının deprem kuvvetleri etkisinde yatay deplasmanları ve görelî kat ötelemeleri verilmiştir. Deprem etkisi altında en büyük deplasman 32.01 cm' dir.

$$32.01 < H / 500$$

$187.6 / 500 = 0.3752m$ koşulunu sağlamaktadır.

En büyük görelî kat ötelemesi 0.01944' dür.

DBYBHY-2007 madde 2.10.1'de verilen koşula göre binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerdeki δ_i etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri (δ_i)max'ın kat yüksekliğine bölümü 0.02'den küçük olmalıdır. Bu koşul $0.01944 < 0.02$ olduğundan sağlanmaktadır.

6.7.3.3 A3 Planda çıkıntılar bulunması kontrolü

Çizelge 6.9 : A3 türü düzensizlik kontrolü.

KAT	Lx1	ax1	Lx1/ax1	Lx2	ax2	Lx2/ax2	Ly1	ay1	Ly1/ay1	Ly2	ay2	Ly2/ay2	Kontrol
41	20.5	0	0	20.5	0	0	28.5	0	0	28.5	0	0	< 0.20
40	20.5	0	0	20.5	0	0	28.5	0	0	28.5	0	0	< 0.20
39	20.5	0	0	20.5	0	0	28.5	0	0	28.5	0	0	< 0.20
38	20.5	0	0	20.5	0	0	28.5	0	0	28.5	0	0	< 0.20
37	29.5	0	0	29.5	9	0.3051	28.5	10.5	0.3684	28.5	0	0	> 0.20
36	29.5	0	0	29.5	9	0.3051	28.5	10.5	0.3684	28.5	0	0	> 0.20
35	29.5	0	0	29.5	9	0.3051	28.5	10.5	0.3684	28.5	0	0	> 0.20
34	29.5	0	0	29.5	9	0.3051	28.5	10.5	0.3684	28.5	0	0	> 0.20
33	29.5	0	0	29.5	9	0.3051	28.5	10.5	0.3684	28.5	0	0	> 0.20
32	29.5	0	0	29.5	9	0.3051	28.5	10.5	0.3684	28.5	0	0	> 0.20
31	29.5	0	0	29.5	9	0.3051	28.5	10.5	0.3684	28.5	0	0	> 0.20
30	29.5	0	0	29.5	9	0.3051	28.5	10.5	0.3684	28.5	0	0	> 0.20
29	29.5	0	0	29.5	9	0.3051	28.5	10.5	0.3684	28.5	0	0	> 0.20
28	29.5	0	0	29.5	2.5	0.0847	28.5	0	0	28.5	9	0.3158	> 0.20
27	36	4	0.1111	36	6.5	0.1806	28.5	0	0	28.5	10.5	0.3684	> 0.20
26	36	4	0.1111	36	6.5	0.1806	28.5	0	0	28.5	10.5	0.3684	> 0.20
25	36	4	0.1111	36	6.5	0.1806	28.5	0	0	28.5	10.5	0.3684	> 0.20
24	36	4	0.1111	36	6.5	0.1806	28.5	0	0	28.5	10.5	0.3684	> 0.20
23	36	4	0.1111	36	6.5	0.1806	28.5	0	0	28.5	10.5	0.3684	> 0.20
22	36	4	0.1111	36	6.5	0.1806	28.5	0	0	28.5	10.5	0.3684	> 0.20
21	36	4	0.1111	36	6.5	0.1806	28.5	0	0	28.5	10.5	0.3684	> 0.20
20	36	4	0.1111	36	6.5	0.1806	28.5	0	0	28.5	10.5	0.3684	> 0.20
19	36	4	0.1111	36	6.5	0.1806	28.5	0	0	28.5	10.5	0.3684	> 0.20
18	36	4	0.1111	36	6.5	0.1806	28.5	0	0	28.5	10.5	0.3684	> 0.20
17	36	0	0	36	6.5	0.1806	28.5	0	0	28.5	4.5	0.1579	< 0.20
16	36	0	0	36	6.5	0.1806	28.5	0	0	28.5	4.5	0.1579	< 0.20
15	36	0	0	36	6.5	0.1806	28.5	0	0	28.5	4.5	0.1579	< 0.20

14	36	0	0	36	6.5	0.1806	28.5	0	0	28.5	4.5	0.1579	< 0.20
13	36	0	0	36	6.5	0.1806	28.5	0	0	28.5	4.5	0.1579	< 0.20
12	36	0	0	36	6.5	0.1806	28.5	0	0	28.5	4.5	0.1579	< 0.20
11	36.2	2.9	0.0801	40.3	6.6	0.1638	36.5	0	0	36.5	7	0.1918	< 0.20
10	36.2	2.9	0.0801	40.3	6.6	0.1638	36.5	0	0	36.5	7	0.1918	< 0.20
9	36.2	2.9	0.0801	40.3	6.6	0.1638	36.5	0	0	36.5	7	0.1918	< 0.20
8	36.2	2.9	0.0801	40.3	6.6	0.1638	36.5	0	0	36.5	7	0.1918	< 0.20
7	36.2	2.9	0.0801	40.3	6.6	0.1638	36.5	0	0	36.5	7	0.1918	< 0.20
6	36.2	2.9	0.0801	40.3	6.6	0.1638	36.5	0	0	36.5	7	0.1918	< 0.20
5	36.2	2.9	0.0801	40.3	6.6	0.1638	36.5	0	0	36.5	7	0.1918	< 0.20
4	36.2	2.9	0.0801	40.3	6.6	0.1638	36.5	0	0	36.5	7	0.1918	< 0.20
3	36.2	2.9	0.0801	40.3	6.6	0.1638	36.5	0	0	36.5	7	0.1918	< 0.20
2	36.2	2.9	0.0801	40.3	6.6	0.1638	36.5	0	0	36.5	7	0.1918	< 0.20
1	36.2	2.9	0.0801	40.3	6.6	0.1638	36.5	0	0	36.5	7	0.1918	< 0.20

6.7.3.4 B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Çizelge 6.10 : X-X yönü komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.

Kat	Ortalama Göreli Kat Ötelemeleri			$\eta_k(i/i-1)$	$\eta_k(i/i+1)$	Kontrol
	$(\Delta i)_{max}/h_i$	$(\Delta i)_{ort}/h_i$	$(\Delta i)_{min}/h_i$			
41	0,0019	0,0018	0,0017	1,0000		< 2.00
40	0,0019	0,0018	0,0017	1,0497	1,0000	< 2.00
39	0,0019	0,0017	0,0015	1,1880	0,9526	< 2.00
38	0,0016	0,0014	0,0013	0,8174	0,8417	< 2.00
37	0,0020	0,0018	0,0015	0,9161	1,2233	< 2.00
36	0,0020	0,0019	0,0018	0,9870	1,0916	< 2.00
35	0,0021	0,0020	0,0018	0,9746	1,0132	< 2.00
34	0,0021	0,0020	0,0019	1,0308	1,0261	< 2.00
33	0,0022	0,0019	0,0017	0,9461	0,9701	< 2.00
32	0,0022	0,0021	0,0019	1,1055	1,0570	< 2.00
31	0,0020	0,0019	0,0018	0,7987	0,9046	< 2.00
30	0,0024	0,0023	0,0022	0,9678	1,2521	< 2.00
29	0,0029	0,0024	0,0020	1,2741	1,0333	< 2.00
28	0,0021	0,0019	0,0017	0,9446	0,7849	< 2.00
27	0,0020	0,0020	0,0020	0,9550	1,0587	< 2.00
26	0,0021	0,0021	0,0021	0,9697	1,0471	< 2.00
25	0,0022	0,0022	0,0021	1,0296	1,0312	< 2.00
24	0,0021	0,0021	0,0021	1,0016	0,9713	< 2.00
23	0,0021	0,0021	0,0021	1,0053	0,9984	< 2.00
22	0,0021	0,0021	0,0021	1,0140	0,9947	< 2.00
21	0,0021	0,0021	0,0020	1,0312	0,9862	< 2.00
20	0,0020	0,0020	0,0020	1,0187	0,9698	< 2.00
19	0,0020	0,0020	0,0019	1,0208	0,9816	< 2.00
18	0,0019	0,0019	0,0019	1,0847	0,9796	< 2.00
17	0,0018	0,0018	0,0017	1,1226	0,9219	< 2.00
16	0,0016	0,0016	0,0015	0,9311	0,8908	< 2.00
15	0,0017	0,0017	0,0016	0,9390	1,0740	< 2.00
14	0,0018	0,0018	0,0018	1,1279	1,0650	< 2.00

13	0,0016	0,0016	0,0016	1,0581	0,8866	< 2.00
12	0,0015	0,0015	0,0015	1,0650	0,9451	< 2.00
11	0,0015	0,0014	0,0013	1,0315	0,9390	< 2.00
10	0,0014	0,0014	0,0013	1,0240	0,9695	< 2.00
9	0,0014	0,0013	0,0013	1,0396	0,9766	< 2.00
8	0,0013	0,0013	0,0013	1,1066	0,9620	< 2.00
7	0,0012	0,0012	0,0011	1,0813	0,9037	< 2.00
6	0,0011	0,0011	0,0010	1,0921	0,9248	< 2.00
5	0,0010	0,0010	0,0010	1,3218	0,9156	< 2.00
4	0,0009	0,0007	0,0006	1,3151	0,7566	< 2.00
3	0,0006	0,0006	0,0005	1,6726	0,7604	< 2.00
2	0,0003	0,0003	0,0003	1,8223	0,5979	< 2.00
1	0,0002	0,0001	0,0001		0,4120	< 2.00

Çizelge 6.11 : Y-Y yönü komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.

Kat	Ortalama Göreli Kat Ötelemeleri			$\eta_k(i/i-1)$	$\eta_k(i/i+1)$	Kontrol
	$(\Delta i)_{\max}/h_i$	$(\Delta i)_{\text{ort}}/h_i$	$(\Delta i)_{\min}/h_i$			
41	0.0012	0.0011	0.0010	0.7869	-	< 2.00
40	0.0015	0.0014	0.0012	0.9104	1.2708	< 2.00
39	0.0017	0.0015	0.0013	0.7053	1.0984	< 2.00
38	0.0022	0.0021	0.0020	1.7593	1.4179	< 2.00
37	0.0014	0.0012	0.0010	1.2857	0.5684	< 2.00
36	0.0010	0.0009	0.0008	1.3548	0.7778	< 2.00
35	0.0008	0.0007	0.0006	0.7561	0.7381	< 2.00
34	0.0010	0.0009	0.0008	0.5467	1.3226	< 2.00
33	0.0019	0.0017	0.0014	1.0714	1.8293	< 2.00
32	0.0017	0.0016	0.0014	1.0145	0.9333	< 2.00
31	0.0016	0.0015	0.0014	0.8313	0.9857	< 2.00
30	0.0010	0.0018	0.0007	0.8137	1.2029	< 2.00
29	0.0027	0.0023	0.0018	1.1591	1.2289	< 2.00
28	0.0020	0.0020	0.0016	0.9670	0.8627	< 2.00
27	0.0020	0.0020	0.0020	0.9785	1.0341	< 2.00
26	0.0021	0.0021	0.0020	0.7654	1.0220	< 2.00
25	0.0027	0.0027	0.0027	1.0297	1.3065	< 2.00
24	0.0027	0.0026	0.0026	0.9516	0.9712	< 2.00
23	0.0028	0.0028	0.0027	1.0206	1.0508	< 2.00
22	0.0027	0.0027	0.0027	1.0083	0.9798	< 2.00
21	0.0027	0.0027	0.0027	1.0388	0.9918	< 2.00
20	0.0026	0.0026	0.0026	1.0404	0.9627	< 2.00
19	0.0025	0.0025	0.0024	1.0324	0.9612	< 2.00
18	0.0024	0.0024	0.0024	0.9474	0.9686	< 2.00
17	0.0026	0.0025	0.0025	1.1692	1.0556	< 2.00
16	0.0022	0.0022	0.0021	1.0714	0.8553	< 2.00
15	0.0021	0.0020	0.0020	0.9838	0.9333	< 2.00
14	0.0021	0.0021	0.0020	1.0000	1.0165	< 2.00

13	0.0021	0.0021	0.0020	1.1709	1.0000	< 2.00
12	0.0018	0.0018	0.0017	1.1127	0.8541	< 2.00
11	0.0017	0.0016	0.0015	1.0677	0.8987	< 2.00
10	0.0015	0.0015	0.0014	1.0472	0.9366	< 2.00
9	0.0014	0.0014	0.0014	1.0855	0.9549	< 2.00
8	0.0013	0.0013	0.0013	1.1143	0.9213	< 2.00
7	0.0012	0.0012	0.0011	1.1413	0.8974	< 2.00
6	0.0011	0.0010	0.0010	1.1084	0.8762	< 2.00
5	0.0010	0.0009	0.0009	1.4148	0.9022	< 2.00
4	0.0008	0.0007	0.0005	1.3686	0.7068	< 2.00
3	0.0005	0.0005	0.0004	1.5209	0.7307	< 2.00
2	0.0003	0.0003	0.0003	1.9540	0.6575	< 2.00
1	0.0001	0.0002	0.0001	-	0.5118	< 2.00

6.7.3.5 İkinci mertebe etkileri kontrolü

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci mertebe etkileri yaklaşık olarak denklemde verilen şekilde gözönüne alınabilir. Gözönüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, İkinci Mertebe Gösterge Değeri, θ_i 'nin verilen koşulu sağlaması durumunda, ikinci mertebe etkileri yürürlükteki betonarme ve çelik yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilecektir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=i}^N w_j}{V_j h_i} \leq 0.12 \quad (6.27)$$

Çizelge 6.12 : X-X yönü ikinci mertebe etkileri kontrolü.

Kat	$(\Delta_i)_{ort}$	$\sum w_j$	V_i	h_i	Φ_i	Kontrol
41	0,008125	7767,32	1025,21	4,50	0,0137	< 0.12
40	0,008125	16438,97	1983,08	4,50	0,0150	< 0.12
39	0,00774	25110,62	2806,97	4,50	0,0154	< 0.12
38	0,006515	33782,26	3529,56	4,50	0,0139	< 0.12
37	0,00797	43455,17	4247,88	4,50	0,0181	< 0.12
36	0,0087	53170,75	4895,52	4,50	0,0210	< 0.12
35	0,008815	62886,33	5485,22	4,50	0,0225	< 0.12
34	0,009045	72601,91	6029,35	4,50	0,0242	< 0.12
33	0,008775	82317,49	6537,28	4,50	0,0246	< 0.12
32	0,009275	92033,07	7015,92	4,50	0,0270	< 0.12
31	0,00839	101748,65	7470,21	4,50	0,0254	< 0.12

30	0,010505	111464,23	7903,86	4,50	0,0329	< 0.12
29	0,010855	121179,81	8319,21	4,50	0,0351	< 0.12
28	0,00852	132614,74	8790,95	4,50	0,0286	< 0.12
27	0,00902	144475,18	9267,8	4,50	0,0312	< 0.12
26	0,009445	156360,22	9731,6	4,50	0,0337	< 0.12
25	0,00974	168517,14	10190,42	4,50	0,0358	< 0.12
24	0,00946	180631,85	10629,26	4,50	0,0357	< 0.12
23	0,009445	193418,17	11070,11	4,50	0,0367	< 0.12
22	0,009395	206548,38	11499,55	4,50	0,0375	< 0.12
21	0,009265	219678,58	11904,22	4,50	0,0380	< 0.12
20	0,008985	232806,78	12283,53	4,50	0,0378	< 0.12
19	0,00882	245936,99	12637,86	4,50	0,0381	< 0.12
18	0,00864	259051,19	12967,85	4,50	0,0384	< 0.12
17	0,007965	273681,22	13313,63	4,50	0,0364	< 0.12
16	0,007095	289016,44	13657,1	4,50	0,0334	< 0.12
15	0,00762	305179,83	14003,55	4,50	0,0369	< 0.12
14	0,008115	321452,69	14338,28	4,50	0,0404	< 0.12
13	0,007195	338641,60	14678,67	4,50	0,0369	< 0.12
12	0,0068	356447,71	15021,74	4,50	0,0359	< 0.12
11	0,006385	374271,57	15355,79	4,50	0,0346	< 0.12
10	0,00619	392545,59	15687,44	4,50	0,0344	< 0.12
9	0,006045	411269,75	16016,92	4,50	0,0345	< 0.12
8	0,005815	430011,10	16333,27	4,50	0,0340	< 0.12
7	0,005255	448769,93	16633,04	4,50	0,0315	< 0.12
6	0,00486	467528,76	16909,62	4,50	0,0299	< 0.12
5	0,00445	486287,58	17156,42	4,50	0,0280	< 0.12
4	0,00505	506884,11	17391,32	6,75	0,0218	< 0.12
3	0,00384	529827,55	17568,3	6,75	0,0172	< 0.12
2	0,001293	550389,22	17667,09	3,80	0,0106	< 0.12
1	0,000533	572114,00	17857,00	3,80	0,0045	< 0.12

Çizelge 6.13 : Y-Y yönü ikinci mertebe etkileri kontrolü.

Kat	(Δi) _{ort}	$\sum w_j$	V_i	h_i	Φ_i	Kontrol
41	0,0048	7767,32	1025,56	4,50	0,0081	< 0.12
40	0,0061	16438,97	2014,44	4,50	0,0111	< 0.12
39	0,0067	25110,62	2867,76	4,50	0,0130	< 0.12
38	0,0095	33782,26	3610,26	4,50	0,0198	< 0.12
37	0,0054	43455,17	4321,86	4,50	0,0121	< 0.12
36	0,0042	53170,75	4951,24	4,50	0,0100	< 0.12
35	0,0031	62886,33	5511,26	4,50	0,0079	< 0.12
34	0,0041	72601,91	6018,03	4,50	0,0110	< 0.12
33	0,0075	82317,49	6485,09	4,50	0,0212	< 0.12
32	0,007	92033,07	6921,64	4,50	0,0207	< 0.12

31	0,0069	101748,65	7333,71	4,50	0,0213	< 0.12
30	0,0038	111464,23	7725,31	4,50	0,0122	< 0.12
29	0,0102	121179,81	8098,84	4,50	0,0339	< 0.12
28	0,0079	132614,74	8519,41	4,50	0,0273	< 0.12
27	0,0091	144475,18	8947,05	4,50	0,0327	< 0.12
26	0,0093	156360,22	9363,66	4,50	0,0345	< 0.12
25	0,01215	168517,14	9778,81	4,50	0,0465	< 0.12
24	0,0118	180631,85	10177,97	4,50	0,0465	< 0.12
23	0,0124	193418,17	10585,74	4,50	0,0503	< 0.12
22	0,01215	206548,38	10987,25	4,50	0,0508	< 0.12
21	0,01205	219678,58	11368,74	4,50	0,0517	< 0.12
20	0,0116	232806,78	11728,18	4,50	0,0512	< 0.12
19	0,01115	245936,99	12065,41	4,50	0,0505	< 0.12
18	0,0108	259051,19	12381,16	4,50	0,0502	< 0.12
17	0,0114	273681,22	12714,87	4,50	0,0545	< 0.12
16	0,00975	289016,44	13048,70	4,50	0,0480	< 0.12
15	0,0091	305179,83	13389,47	4,50	0,0461	< 0.12
14	0,00925	321452,69	13725,03	4,50	0,0481	< 0.12
13	0,00925	338641,60	14073,45	4,50	0,0495	< 0.12
12	0,0079	356447,71	14426,18	4,50	0,0434	< 0.12
11	0,0071	374271,57	14773,55	4,50	0,0400	< 0.12
10	0,00665	392545,59	15122,33	4,50	0,0384	< 0.12
9	0,00635	411269,75	15470,31	4,50	0,0375	< 0.12
8	0,00585	430011,10	15805,27	4,50	0,0354	< 0.12
7	0,00525	448769,93	16122,49	4,50	0,0325	< 0.12
6	0,0046	467528,76	16416,57	4,50	0,0291	< 0.12
5	0,00415	486287,58	16682,68	4,50	0,0269	< 0.12
4	0,0044	506884,11	16941,78	6,75	0,0195	< 0.12
3	0,003215	529827,55	17151,60	6,75	0,0147	< 0.12
2	0,00119	550389,22	17277,71	3,80	0,0100	< 0.12
1	0,000495	572114,00	17472,00	3,80	0,0043	< 0.12

❖ Yapıda P1 Çekirdek perdesi 17. Kattan sonra devam etmemektedir. Dolayısıyla yapıda **B3 türü** düzensizlik bulunmaktadır. Ayrıca planda çıkıntılar bulunması nedeniyle **A3 türü** düzensizlik de bulunmaktadır.

6.8 Yapı Elemanlarında Kesit Kontrolleri

Yapıdaki elemanlar orta kısımda çekirdek perde, çelik kolonlar, kompozit döşeme kirişleri, çelik kat kirişleri ve kompozit döşemeden oluşmaktadır. Kontrol olarak

örnek olması açısından ilk kattaki bazı kolon, kiriş ve kompozit döşemeler için hesap işlem adımları verilmiştir.

6.8.1 Kolonların enkesit koşulları sınır kontrolleri

Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin kiriş ve kolonlarında, başlık genişliği/kalınlığı ve gövde yüksekliği/kalınlığı oranlarına ilişkin koşullar **Çizelge 6.14'** de verilmiştir.

Çizelge 6.14 : Enkesit koşulları tablosu.

Eleman Tanımı	Narinlik Oranları	Sınır Değerler	
		Süneklik Düzeyi Yüksek Sistem	Süneklik Düzeyi Normal Sistem
Eğilme ve Eksenel basınç etkisindeki I Kesitlerinde U Kesitlerinde	$b/2t$ b/t	$0.3\sqrt{E_s/\sigma_a}$	$0.5\sqrt{E_s/\sigma_a}$
Eğilme etkisindeki I Kesitlerinde U Kesitlerinde	h/tw	$32\sqrt{E_s/\sigma_a}$	$50\sqrt{E_s/\sigma_a}$
Basınç etkisindeki T Kesitleri I Kesitleri	h/tw	$0.3\sqrt{E_s/\sigma_a}$	$0.5\sqrt{E_s/\sigma_a}$
Eğilme ve Eksenel basınç etkisindeki I Kesitleri U Kesitleri	h/tw	$ N_d/\sigma_a A \leq 0.10$	$ N_d/\sigma_a A \leq 0.10$
		$32\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(1 - 1.7 \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$	$50\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(1 - 1.7 \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$
		$ N_d/\sigma_a A > 0.10$	$ N_d/\sigma_a A > 0.10$
		$1.33\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(2.1 \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$	$2.08\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(2.1 \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$
Eğilme veya eksenel basınç etkisindeki dairesel halka kesitler (borular)	D/t	$0.05 \frac{E_s}{\sigma_a}$	$0.08 \frac{E_s}{\sigma_a}$
Eğilme veya eksenel basınç etkisindeki dikdörtgen kutu kesitler	b/t veya h/tw	$0.7\sqrt{E_s/\sigma_a}$	$1.2\sqrt{E_s/\sigma_a}$

Tanımlar;

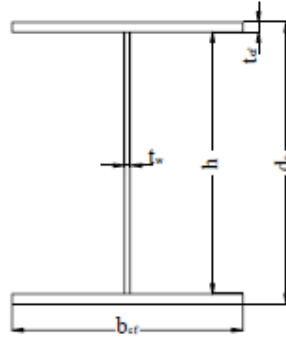
b : I, U kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde başlık genişliği

h : I , U , T kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde gövde yüksekliği L kesitlerinde büyük kenar uzunluğu

D : dairesel halka kesitlerde (borularda) dış çap

t : I , U , T kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde başlık kalınlığı halka kesitlerde (borularda) kalınlık

t_w : I , U , T, L kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde gövde kalınlığı



Şekil 6.10 : I Kolon kesit boyutları.

1.katta bulunan 1-A aksları arasındaki C1 kolonu için en elverişsiz olan düşey yükler+deprem yüklemesi için gerilme ve sehim kontrolleri yapılacaktır. Bunun için düşey sabit ve hareketli yükler ile deprem etkilerinden dolayı kolonun alt ucunda oluşan iç kuvvetler (kesit zorları) ve toplam iç kuvvetler analiz sonuçlarından alınmalıdır.

Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin kolonları için Yönetmelik 4.3.1’de verilen enkesit koşulları uyarınca, kolon enkesitinin başlık genişliği/kalınlığı ve gövde yüksekliği/kalınlığı oranlarının Yönetmelik Tablo 4.3’te verilen koşulları sağlaması gerekmektedir [29]. Bu koşullar kolon enkesitinde yerel burkulmanın önlenmesini amaçlamaktadır.

KESİT 1: HD 400x1086 (C1) için enkesit boyutları;

Başlık Genişliği: $b_{cf} = 454$ mm

Başlık kalınlığı: $t_{cf} = 125$ mm

Enkesit Yüksekliği: $d_c = 569$ mm

Gövde Kalınlığı: $t_w = 78$ mm

Gövde Yüksekliği: $h = 319$ mm

Başlık Alanı: $A = 1386$ cm²

$$N_{d \max} = 18394 \text{ kN}$$

$$\sigma_a = 36 \text{ kN/cm}^2$$

$$b_{cf} / 2t_{cf} \leq 0.3 \sqrt{E_s / \sigma_a} \Rightarrow 1.816 < 7.246$$

$$h / t_w \leq 1.33 \sqrt{E_s / \sigma_a} (2.1 - I N d / \sigma_a \cdot A) \Rightarrow 4.09 < 55.65 \text{ (Kesit Kompakt)}$$

KESİT 2: HD 400x1086 (C2) için enkesit boyutları;

Başlık Genişliği: $b_{cf} = 454$ mm

Başlık kalınlığı: $t_{cf} = 125$ mm

Enkesit Yüksekliği: $d_c = 569$ mm

Gövde Kalınlığı: $t_w = 78$ mm

Gövde Yüksekliği: $h = 319$ mm

Başlık Alanı: $A = 1386$ cm²

$$N_{d \max} = 17658 \text{ kN}$$

$$\sigma_a = 36 \text{ kN/cm}^2$$

$$b_{cf} / 2t_{cf} \leq 0.3 \sqrt{E_s / \sigma_a} \Rightarrow 1.816 < 7.246$$

$$h / t_w \leq 1.33 \sqrt{E_s / \sigma_a} (2.1 - I N d / \sigma_a \cdot A) \Rightarrow 4.09 < 55.90 \text{ (Kesit Kompakt)}$$

KESİT 3: HD 400x1086 (C3) için enkesit boyutları;

Başlık Genişliği: $b_{cf} = 454$ mm

Başlık kalınlığı: $t_{cf} = 125$ mm

Enkesit Yüksekliği: $d_c = 569$ mm

Gövde Kalınlığı: $t_w = 78$ mm

Gövde Yüksekliği: $h = 319$ mm

Başlık Alanı: $A = 1386$ cm²

$$N_{d \max} = 19199 \text{ kN}$$

$$\sigma_a = 36 \text{ kN/cm}^2$$

$$b_{cf} / 2t_{cf} \leq 0.3 \sqrt{E_s / \sigma_a} \Rightarrow 1.816 < 7.246$$

$$h / t_w \leq 1.33 \sqrt{E_s / \sigma_a} (2.1 - I N d / \sigma_a \cdot A) \Rightarrow 4.09 < 55.06 \text{ (Kesit Kompakt)}$$

KESİT 4: HD 400x990 (C4) için enkesit boyutları;

Başlık Genişliği: $b_{cf} = 448$ mm

Başlık kalınlığı: $t_{cf} = 115$ mm

Enkesit Yüksekliği: $d_c = 550$ mm

Gövde Kalınlığı: $t_w = 71.9$ mm

Gövde Yüksekliği: $h = 320$ mm

Başlık Alanı: $A = 1262$ cm²

$N_{d\max} = 20104$ kN

$\sigma_a = 36$ kN/cm²

$$b_{cf}/2t_{cf} \leq 0.3 \sqrt{E_s / \sigma_a} \Rightarrow 1.816 < 7.246$$

$$h/t_w \leq 1.33 \sqrt{E_s / \sigma_a} (2.1 - I N d / \sigma_a \cdot A) \Rightarrow 4.09 < 53.23 \text{ (Kesit Kompakt)}$$

KESİT 5: HD 400x900 (C5) için enkesit boyutları;

Başlık Genişliği: $b_{cf} = 442$ mm

Başlık kalınlığı: $t_{cf} = 106$ mm

Enkesit Yüksekliği: $d_c = 531$ mm

Gövde Kalınlığı: $t_w = 65.9$ mm

Gövde Yüksekliği: $h = 319$ mm

Başlık Alanı: $A = 1149$ cm²

$N_{d\max} = 10254$ kN

$\sigma_a = 36$ kN/cm²

$$b_{cf}/2t_{cf} \leq 0.3 \sqrt{E_s / \sigma_a} \Rightarrow 1.816 < 7.246$$

$$h/t_w \leq 1.33 \sqrt{E_s / \sigma_a} (2.1 - I N d / \sigma_a \cdot A) \Rightarrow 4.09 < 59.48 \text{ (Kesit Kompakt)}$$

KESİT 6: HD 400x744 (C6) için enkesit boyutları;

Başlık Genişliği: $b_{cf} = 432$ mm

Başlık kalınlığı: $t_{cf} = 88.9$ mm

Enkesit Yüksekliği: $d_c = 498$ mm

Gövde Kalınlığı: $t_w = 55.6$ mm

Gövde Yüksekliği: $h = 320.2$ mm

Başlık Alanı: $A = 948.1$ cm²

$N_{d\max} = 11277$ kN

$\sigma_a = 36$ kN/cm²

$$b_{cf}/2t_{cf} \leq 0.3 \sqrt{E_s / \sigma_a} \Rightarrow 1.816 < 7.246$$

$$h/t_w \leq 1.33 \sqrt{E_s / \sigma_a} (2.1 - I N d / \sigma_a \cdot A) \Rightarrow 4.09 < 56.84 \text{ (Kesit Kompakt)}$$

6.8.2 Kirişlerin enkesit koşulları sınırları

KESİT 1: HE900 A için enkesit boyutları;

Başlık Genişliği: $b_{cf} = 300$ mm

Başlık kalınlığı: $t_{cf} = 30$ mm

Enkesit Yüksekliği: $d_c = 890$ mm

Gövde Kalınlığı: $t_w = 16$ mm

Gövde Yüksekliği: $h = 830$ mm

$$h/t_w \leq 3.2\sqrt{E_s/\sigma_a} \Rightarrow 51.87 < 77.29 \text{ (Kesit Kompakt)}$$

KESİT 2: HE450 A için enkesit boyutları;

Başlık Genişliği: $b_{cf} = 300$ mm

Başlık kalınlığı: $t_{cf} = 21$ mm

Enkesit Yüksekliği: $d_c = 440$ mm

Gövde Kalınlığı: $t_w = 11.5$ mm

Gövde Yüksekliği: $h = 398$ mm

$$h/t_w \leq 3.2\sqrt{E_s/\sigma_a} \Rightarrow 34.6 < 77.29 \text{ (Kesit Kompakt)}$$

KESİT 3: HE400 A için enkesit boyutları;

Başlık Genişliği: $b_{cf} = 300$ mm

Başlık kalınlığı: $t_{cf} = 19$ mm

Enkesit Yüksekliği: $d_c = 352$ mm

Gövde Kalınlığı: $t_w = 11$ mm

Gövde Yüksekliği: $h = 352$ mm

$$h/t_w \leq 3.2\sqrt{E_s/\sigma_a} \Rightarrow 32 < 77.29 \text{ (Kesit Kompakt)}$$

KESİT 4: HE600 A için enkesit boyutları;

Başlık Genişliği: $b_{cf} = 300$ mm

Başlık kalınlığı: $t_{cf} = 25$ mm

Enkesit Yüksekliği: $d_c = 590$ mm

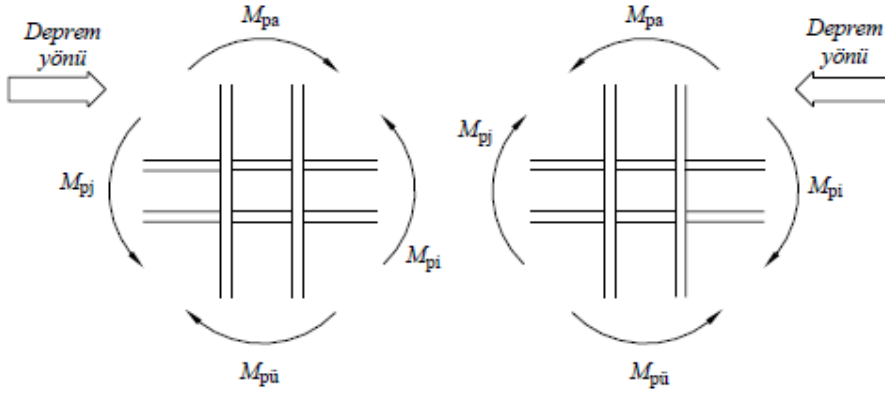
Gövde Kalınlığı: $t_w = 13$ mm

Gövde Yüksekliği: $h = 540$ mm

$$h/t_w \leq 3.2\sqrt{E_s/\sigma_a} \Rightarrow 41.54 < 77.29 \text{ (Kesit Kompakt)}$$

6.8.3 Güçlü kolon zayıf kiriş kontrolü

Sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon - kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki kesitlerindeki taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olacaktır. Kolon taşıma gücü momentlerinin hesabında, depremin yönü ile uyumlu olarak bu momentleri *en küçük yapan* N_d eksenel kuvvetleri gözönüne alınacaktır.



Şekil 6.11 : Güçlü kolon zayıf kiriş kontrolü serbest cisim diyagramı.

Bu koşul, incelenen sistemde olduğu gibi, zayıflatılmış kiriş enkesitleri kullanılmaması ve kiriş uçlarında guseler oluşturulmaması nedeniyle, kiriş plastik momentlerinin kolon yüzündeki kesitlerde meydana gelmesi durumunda,

$$(M_{pa} + M_{pü}) \geq 1.1 D_a (M_{pi} + M_{vi} + M_{vj} + M_{pj}) \quad (6.28)$$

bağıntısıyla ifade edilir.

$$D_a = 1.1 \text{ (St52 için)}$$

$$1.1 D_a = 1.21 \quad (6.29)$$

$$\text{Statik moment} = S_x$$

$$\text{Plastik mukavemet momenti} = W_{px} = 2 S_x$$

M_{pi} , M_{pj} : Düğüm noktasında birleşen kirişlerin eğilme momenti kapasiteleri

Eğilme momenti kapasitesi = $M_{px} = W_{px} \sigma_a$

(W_{px} :Plastik mukavemet momenti)

$M_{pa}, M_{pü}$:Düğüm noktasında birleşen kolonların, N tasarım aksenal kuvveti altında, güvenli yönde kalmak üzere eğilme momenti kapasiteleridir.

$$M_{px} \cong W_{px} \left(\sigma_a - \frac{N}{A} \right) \quad (6.29)$$

Çizelge 6.15 : Güçlü kolon-zayıf kiriş kontrolü.

KOLON	AKS	Wpx (cm³)	A (cm²)	$\sigma_a - \frac{N}{A}$		Mpx (kNcm)		$\sum M_{pkkolon}$	Kiriş Kesiti (Sol)	Wpx (cm³)	Mpx (kNcm)	Kiriş Kesiti (Sağ)	Wpx (cm³)	Mpx (kNcm)	$\sum M_{pkkiriş}$	$\frac{\sum M_{pkkolon}}{\sum M_{pkkiriş}}$	SONUÇ
				Üst	Alt	Üst	Alt										
HD400X1086 (C1)	A-1	27210	1386	28,39	13,08	772590	355974	1128564	HE900 A	10810	389160	HE900 A	10810	389160	778320	1,45	>1.21
HD400X1086 (C2)	E-1	27210	1386	22,83	16,40	621247	446285	1067532	HE900 A	10810	389160	HE800 A	8699	313164	702324	1,52	>1.21
HD400X1086 (C3)	H-1	27210	1386	21,26	17,20	578547	467916	1046463	HE800 A	8699	313164	HE900 A	10810	389160	702324	1,49	>1.21
HD400X990 (C4)	K-1	24280	1262	21,92	21,04	532119	510830	1042949	HE900 A	10810	389160	HE900 A	10810	389160	778320	1,34	>1.21
HD400X900 (C5)	M-1	21620	1149	23,07	15,87	498852	343025	841877	HE650 A	6136	220896	HE900 A	10810	389160	610056	1,38	>1.21
HD400X744 (C6)	N-2	17170	948,1	25,77	18,08	442514	310511	753025	HE650 A	6136	220896	HE800 A	8699	313164	534060	1,41	>1.21
HD400X818 (C7)	A-3	19260	1043	34,27	25,13	660074	484056	1144130	HE900 A	10810	389160	HE900 A	10810	389160	778320	1,47	>1.21
HD400X900 (C8)	N-3	21620	1149	23,25	12,81	502578	276980	779558	HE600 A	5350	192600	HE900 A	10810	389160	581760	1,34	>1.21
HD400X818 (C9)	A-4	19260	1043	33,75	27,68	650014	533032	1183046	HE900 A	10810	389160	HE900 A	10810	389160	778320	1,52	>1.21
HD400X900 (C10)	N-4	21620	1149	30,33	16,45	655727	355620	1011347	HE800 A	8699	313164	HE900 A	10810	389160	702324	1,44	>1.21
HD400X900 (C11)	A-5	21620	1150	27,82	20,78	601429	449303	1050732	HE900 A	10810	389160	HE900 A	10810	389160	778320	1,35	>1.21
HD400X990 (C12)	E-5	24280	1260	21,18	17,29	514332	419759	934091	HE900 A	10810	389160	HE800 A	8699	313164	702324	1,33	>1.21
HD400X1086 (C13)	H-5	27210	1386	22,92	15,28	623547	415893	1039440	HE800 A	8699	313164	HE900 A	10810	389160	702324	1,48	>1.21
HD400X1086 (C14)	K-5	27210	1386	25,81	14,81	702265	402949	1105214	HE900 A	10810	389160	HE900 A	10810	389160	778320	1,42	>1.21
HD400X1086 (C15)	M-5	27210	1386	23,53	7,64	640158	207820	847978	HE650 A	6136	220896	HE900 A	10810	389160	610056	1,39	>1.21
HD400X744 (C16)	O-13	17170	948,1	26,15	18,02	448975	309390	758365	HE650 A	6136	220896	HE800 A	8699	313164	534060	1,42	>1.21
HD400X818 (C17)	A-6	19260	1043	20,19	14,44	388941	278165	667106	HE650 A	6136	220896	HE650 A	6136	220896	441792	1,51	>1.21

6.8.4 Kompozit döşeme kesit hesapları

Atölye ortamında hazırlanan kolon ve kirişlerle oluşturulan çerçeve sistemin yanında kalıp yapılarak teşkil edilen betonarme döşemeler dezavantaj oluşturmakta ve sıkıntılı olmaktadır. Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak üzere hem kalıp olarak kullanılabilen, hem betonarme döşemenin donatısı görevini üstlenecek, hem de kalıp iskelesi yapmaksızın uygun açıklıklarda taze betonun yükünü ve çalışma yükünü taşıyabilecek şekilde tasarlanan döşeme sistemlerine kompozit döşemeler denilmektedir[33]. Yapının döşemeleri trapez kesitli sac ile betonun birlikte çalıştırılmasından oluşan kompozit döşeme olarak tasarlanmıştır. Trapez sac ile beton arasında yeterli aderans yoktur. Gerekli aderansın sağlanabilmesi için çelik kayma kamaları kullanılmıştır. Bu şekilde oluşturulan trapez panel kompozit döşemede hasır donatı kullanılarak yükün homojen dağılımı sağlanmıştır.



Şekil 6.12 : Kompozit döşemede beton, trapez sac ve kayma kamaları.

6.8.4.1 Malzeme özellikleri

ÇELİK SINIFI St52 :

Elastisite Modülü = $E_s = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Akma Sınırı Mukavemeti = $\sigma_a = 36.00 \text{ kN/cm}^2$

BETON SINIFI C30 :

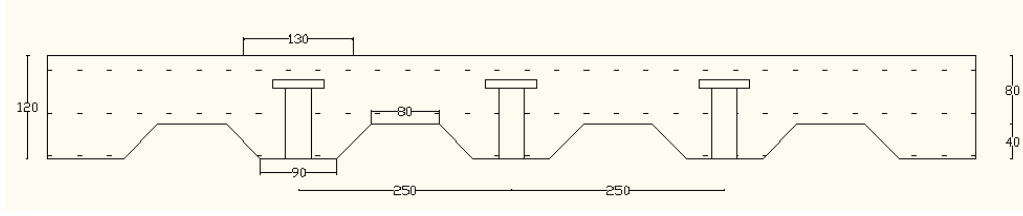
Elastisite Modülü = $E_c = 3180 \text{ kN/cm}^2$

Kayma Mukavemeti = $\tau_{br} = 3.0 \text{ N/cm}^2$

ÇELİK SAC :

Akma Sınırı Mukavemeti = $\sigma_F = 22.00 \text{ kN/cm}^2$

6.8.4.2 Enkesit koşulları



Şekil 6.13 : Kompozit döşeme boyutları.

$$b_0 = 130 \text{ mm} > \min b_0 = 50 \text{ mm}$$

$$d_0 = 80 \text{ mm} > \min d_0 = 50 \text{ mm}$$

$$d_t = 110 \text{ mm} > \min d_t = 90 \text{ mm}$$

$$d_a = 40 \text{ mm} < \text{mak } d_a = 80 \text{ mm}$$

$$t = 1.0 \text{ mm} > \min t = 0.7 \text{ mm}$$

$$d_s = d_0 + \frac{d_a}{2} = 80 + 20 = 100 \text{ mm}$$

6.8.4.3 Yüklerin belirlenmesi

İki kayma elemanı arası = 250 mm

$$\text{Kayma Elemanları Arası Çelik Sac} = 4.5 + 4\sqrt{2} + 8 + 4\sqrt{2} + 4.5 = 28.32 \text{ cm}$$

Sac kalınlığı = 0.1 cm

$$\text{Sacın alanı} = 28.32 \times 0.1 = 2.83 \text{ cm}^2$$

1 m genişlik için hesap yapılırsa,

$$\text{Sac Alanı} = A = 4 \times 2.83 = 11.32 \text{ cm}^2 / \text{m} = 0.001132 \text{ m}^2 / \text{m}$$

$$\text{Sacın Ağırlığı} = g_a = 78.5 \times 0.001132 = 0.088 \text{ kN/m}^2$$

İki kayma elemanı arası 250 mm genişlik için:

$$\text{Beton alanı} = 25 \times 12 - (8 + 16) \frac{4}{2} = 252 \text{ cm}^2$$

1 m genişlik için hesap yapılırsa:

$$\text{Beton alanı} = 4 \times 252 = 1008 \text{ cm}^2/\text{m} = 0.1008 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$\text{Beton ağırlığı} = g_b = 30 \times 0.1008 = 3.024 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{İnşaat devam ederken hareketli yük} = p_0 = 2.00 \text{ kN/m}$$

$$\text{Kalıp sürecinde toplam sabit yük} = 0.088 + 3.024 = 3.112 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kalıp sürecinde toplam hareketli yük} = 2.00 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Taşıma gücü kontrolü için toplam sabit yük} = 0.088 + 3.024 + 2.00 = 5.112 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Taşıma gücü kontrolü için toplam hareketli yük} = 5.50 \text{ kN/m}^2$$

6.8.4.4 Karma plakta taşıma gücü kontrolleri

$$q = 5.112 + 5.50 = 10.612 \text{ kN/m}$$

$$q^* = 1.7 q = 1.7 \times 10.612 = 18.04 \text{ kN/m}$$

$$\text{mak|M|} = \frac{q^* l^2}{8} = \frac{18.04 \times 3^2}{8} = 20.29 \text{ kNm} = 2029 \text{ kNcm}$$

$$\text{mak|Q|} = \frac{q^* l}{2} = \frac{18.04 \times 3}{2} = 27.06 \text{ kN}$$

$$Z = \alpha \cdot \sigma_F \cdot A = 1.00 \times 22 \times 11.32 = 249.04 \text{ kN}$$

$$y = \frac{Z}{\alpha_b \sigma_{br} 100} = \frac{249.04}{0.70 \cdot 30 \cdot 100} = 0.118 \text{ cm} \leq \begin{cases} d_0 = 8 \text{ cm} \\ d_s / 2 = 5 \text{ cm} \end{cases}$$

➤ Kesit tarafından taşınabilecek en büyük moment = Mu

$$M_u = Z \left(d_s - \frac{y}{2} \right) = 249.04 \left(10 - \frac{0.12}{2} \right) = 2475 \text{ kNcm}$$

$$\text{mak|M|} = 2029 \text{ kNcm} < 2475 \text{ kNcm} \quad \text{Kesit Güvenli}$$

➤ Kesit tarafından taşınabilecek en büyük kesme kuvveti = Qu

$$Q_u = b_0 \cdot d_s \cdot \tau_{br} + 2 \cdot t \cdot d_a \cdot 0.52 \cdot \sigma_F$$

$$Q_u = 13 \times 10 \times 0.03 + 2 \times 0.1 \times 4 \times 0.52 \times 22 = 13.05 \text{ kN/Nervür}$$

$$Q_u = \frac{100}{25} \times 13.05 = 52.20 \text{ kN}$$

$$\text{mak|Q|} = 27.06 < 57.75 \text{ kN} \quad \text{Kesit Güvenli}$$

6.8.5 Kompozit döşeme kirişlerinin boyutlandırılması

6.8.5.1 Malzeme ve kesit özellikleri

St52:

Elastisite Modülü= $E_s = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Akma Sınırı Mukavemeti= $\sigma_a = 36.00 \text{ kN/cm}^2$

Çekme Emniyet Gerilmesi (H Yükleme) = $\sigma_{\text{cem}} = 21.60 \text{ kN/cm}^2$

Kayma Emniyet Gerilmesi (H Yükleme) = $\tau_{em} = 12.47 \text{ kN/cm}$

C30:

Elastisite Modülü = $E_c = 3180 \text{ kN/cm}^2$

Basınç Mukavemeti (Silindir Numune) = $f_{ck} = 30000 \text{ kN/m}^2$

HE450 A:

Kesit Alanı = $A = 75.9 \text{ cm}^2 = 0.00759 \text{ m}^2$

Atalet Momenti = $I_x = 25500 \text{ cm}^4$

Açıklık = $L_{\text{mak}} = 900 \text{ cm} = 9 \text{ m}$

Kiriş Aralığı = $l_x = 300 \text{ cm} = 3 \text{ m}$

Yük:

Kendi ağırlığı = $A \times 78.5 = 0.00759 \times 78.5 = 0.595 \text{ kN/m}$

Kaplama Yüğü = 1.50 kN/m^2 $1.50 \times 3.0 = 4.50 \text{ kN/m}$

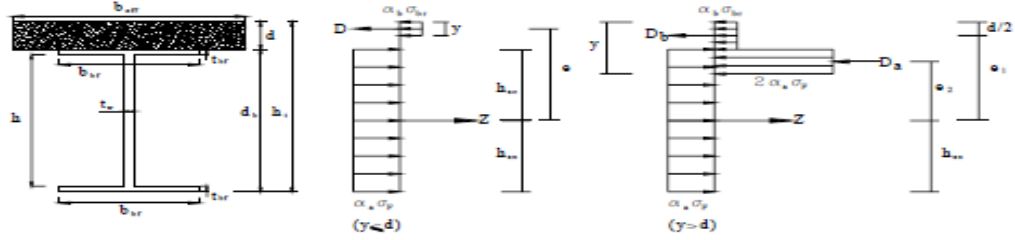
Trapez Panel = 2.50 kN/m^2 $2.50 \times 3.0 = 7.50 \text{ kN/m}$

Hareketli Yüğü = 5.00 kN/m^2 $5.00 \times 3.0 = 15.00 \text{ kN/m}$

.....

Toplam yüğü = $q = 27.595 \text{ kN/m}$

6.8.5.2 Kompozit kesit pozitif moment taşıma kapasitesi



Şekil 6.14 : Kesit geometrik özellikleri, gerilme diyagramları ve iç kuvvetler.

$$M = \frac{qxL^2}{8} = \frac{27.595x9^2}{8} = 279.40 \text{ kNm}$$

$$b_{eff} \leq \begin{cases} l_x = 300 \text{ cm} \\ L/4 = 225 \text{ cm} \\ 16xd + b_{wf} = 16 \times 15 + 15.3 = 255.3 \text{ cm} \end{cases}$$

$$b_{eff} = 225 \text{ cm}$$

Azaltıcı Katsayılar :

$$\alpha_a = 1.0$$

$$\alpha_b = 0.74$$

Güvenlik Katsayısı = $\nu = 2.00$

$$Z = \alpha_a \times \sigma_a \times A = 1.0 \times 36.00 \times 75.9 = 2732.4 \text{ kN}$$

$$D = \alpha_b \times f_{ck} \times b_{eff} \times y \quad (6.30)$$

$$y = Z / (\alpha_b \times f_{ck} \times b_{eff}) \quad (6.31)$$

$$y = 2732.4 / (0.74 \times 30000 \times 2.25) = 0.055 \text{ m}$$

$$h_{ao} = t_{wf} + (A/2 - b_{wf} \times t_{wf}) / t_w$$

$$h_{ao} = 1.33 + (75.9/2 - 15.3 \times 1.33) / 0.8 = 23.66 \text{ cm}$$

$$h_{au} = d_b - h_{ao} = 45.5 - 23.66 = 21.84 \text{ cm}$$

Tarafsız Eksen Tabla İçinde :

Kesitin Taşıyabileceği En Büyük Moment = Mu

$$Mu = Z \times e \quad (6.32)$$

$$Mu = Z \times (h_{ao} + d - y / 2) \quad (6.33)$$

$$Mu = 2732.4 \times (23.66 + 15 - 5.5 / 2)$$

$$Mu = 98120 \text{ kNcm}$$

$$M_{mak} = Mu / v = 98120 / 2.00 = 49060 \text{ kNcm}$$

Kesitteki En büyük Moment = M = 2179 kNcm

$$M_{mak} = 49060 \text{ kNcm} > 2179 \text{ kNcm} \text{ (Kesit Güvenli)}$$

Sehim Hesabı :

$$n = E_s / E_c = 21000 / 3180 = 6.60$$

$$2n = 2 \times 6.60 = 13.20 \text{ (Binalarda)}$$

$$b^* = b_{eff} / (2n) = 225 / 13.20 = 17.04 \text{ cm}$$

Ağırlık Merkezi Hesabı;

$$y_{G1} = \frac{ \left[(b_{bf} \times t_{bf}^2 / 2) + (h \times t_w (t_{bf} + h / 2)) + (b_{bf} \times t_{bf} (h + t_{bf} + t_{bf} / 2) - (b^* \times d^2 / 2)) \right] }{ A + b^* \times d }$$

$$\frac{ \left[(15.3 \times 1.33^2 / 2) + (18.90 \times 0.8 (1.33 + 18.90 / 2)) \right] }{ 75.9 + 17.04 \times 15 } + \frac{ (15.3 \times 1.33 (18.9 + 1.33 + 1.33 / 2) - (17.04 \times 15^2 / 2)) }{ 75.9 + 17.04 \times 15 }$$

$$y_{G1} = -3.96 \text{ cm}$$

Kompozit Döşeme Atalet Momenti Hesabı :

$$I_{x-k} = (b \cdot x \cdot d^3 / 12) + (b \cdot x \cdot d \cdot (d/2 + y_{G1})^2) + I_{x-kiris} + (A \cdot x \cdot (d/2 - y_{G1})^2)$$

$$I_{x-k} = (17.04 \cdot 15^3 / 12) + (17.04 \cdot 15 \cdot (15/2 - 3.9)^2) + 25500 + (75.9 \cdot (45.5/2 + 3.96)^2)$$

$$I_{x-k} = 87753 \text{ cm}^4$$

Sehim = f

$$f = \frac{5}{384} \cdot x \cdot \frac{q \cdot L^4}{E_s \cdot x I_{x-k}} = \frac{5}{384} \cdot x \cdot \frac{27.595 \cdot 9^4}{21 \cdot 10^7 \cdot 87753 \cdot 10^{-8}} = 0.0123 \text{ m}$$

$$f = 1.23 \text{ cm} \leq L/300 = 3.0 \text{ cm} \quad (\text{Kesit Güvenli})$$

6.8.6 Kat kirişlerinin boyutlandırılması

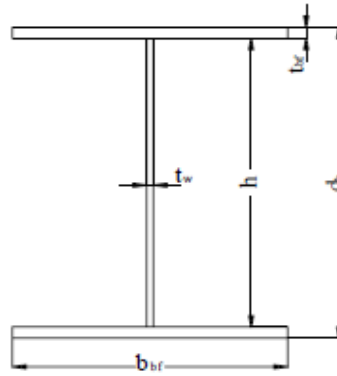
6.8.6.1 Kesit özellikleri

Çizelge 6.16 : HE900 A kesit bilgileri.

KESİT	d _c	h	t _w	W _x
	cm	cm	cm	cm ³
HE900 A	89.0	83.0	1.60	10810

6.8.6.2 G+Q yüklemesi için kesit hesabı

$$M_x = 104080 \text{ kNm}$$



Şekil 6.15 : I Kiriş kesit boyutları.

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} = \frac{104080}{10810} = 9.628 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{em} = 21.60 \text{ kN/cm}^2$$

6.8.6.3 G+Q+E_{mak} yüklemesi için kesit hesabı

$$M_x = 172434 \quad V_x = 560.19$$

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} = \frac{172434}{10810} = 15.95 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{em} = 28.73 \text{ kN/cm}^2$$

6.8.6.4 Kesme kapasitesi kontrolü

A_{kx} = x yönü kesme alanı

$$A_{kx} = d_c \times t_w = 89.0 \times 1.60 = 142.40 \text{ cm}^2$$

V_{px} = x yönü kesme kuvveti kapasitesi

$$V_{px} = 0.6 \times \sigma_a \times A_{kx} = 0.6 \times 36.00 \times 142.40 = 3075.84 \text{ kN}$$

$$V_x / V_{px} = 560.19 / 3075.84 = 0.182 \leq 1.000 \rightarrow \text{Kesit güvenli}$$

6.8.7 Kolonların boyutlandırılması

6.8.7.1 Kesit özellikleri

Çizelge 6.17 : HD400x1086 kolonu kesit bilgileri.

KESİT	d _c	h	t _w	b _{cf}	t _{cf}	W _x	W _y	I _x	I _y	A
	cm	cm	cm	cm	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ⁴	cm ²
HD400x1086 (C1)	56.9	31.9	7.8	45.5	12.5	20900	8650	596000	196000	1390

Alt birleşim noktası temele bağlantıdır ve ankastre alınacaktır. G₂ = 1.000

Üst birleşim noktası için üst kolon : HD400x1086

$$I_x = 596000 \text{ cm}^4 \quad L = 380 \text{ cm}$$

Üst birleşim noktası sol ve sağ kiriş : HE900 A

$$I_x = 422100 \text{ cm}^4 \quad L = 300 \text{ cm}$$

I_c = Kolon atalet momenti

S_c = Kolon boyu

I_g = Kiriş atalet momenti

S_g = Kiriş boyu

G_1 = Hesap yapılan kolon için üst birleşim noktası rijitliği

G_2 = Hesap yapılan kolon için alt birleşim noktası rijitliği

$$G_1 = \frac{\sum \frac{I_c}{S_c}}{\sum \frac{I_g}{S_g}} = \frac{\frac{596000}{380} + \frac{596000}{380}}{\frac{422100}{300} + \frac{422100}{300}} = 1.114 \quad (6.34)$$

K = Kolon Burkulma Boyu Katsayısı

$K = 1.35$ (TS648)

L = Kolon temiz boyu

L = Kolon boyu - Kiriş yüksekliği = $380 - 89.0 = 291$ cm

S_{kx} = Düzlem içine burkulma boyu

$S_{kx} = K \times L = 1.35 \times 291 = 392.85$ cm

S_{ky} = Düzlem dışına burkulma boyu

$S_{ky} = L = 291$ cm

λ_x = x yönü narinliği

$r_x = 20.7$ cm

$$\lambda_x = \frac{S_{kx}}{r_x} = \frac{392.85}{20.7} = 18.98 \quad (6.35)$$

λ_y = y yönü narinliği

$r_y = 11.9$ cm

$$\lambda_y = \frac{S_{ky}}{r_y} = \frac{291}{11.9} = 24.45$$

w=Burkulma Sayısı

$$w= 1.10$$

F_b = Burkulma başlığı alanı

$$F_b = b_{cf} \times t_{cf} + \frac{1}{3} \frac{h \times t_w}{2} = 45.5 \times 12.5 + \frac{1}{3} \frac{31.9 \times 7.8}{2} = 610.22 \text{ cm}^2$$

I_{yb} =Burkulma başlığı atalet momenti

$$I_{yb} = \frac{t_{cf} \times b_{cf}^3}{12} = \frac{12.5 \times 45.5^3}{12} = 98121 \text{ cm}^4 \quad (6.36)$$

$$r_{yb} = \sqrt{\frac{I_{yb}}{F_b}} = \sqrt{\frac{98121}{610.22}} = 12.68 \text{ cm}$$

$$\lambda_{yb} = S_{ky} / r_{yb} = 291 / 12.68 = 22.95$$

6.8.7.2 G+Q yükü için kesit hesabı

$$M_{x1} = 5366 \text{ kNcm}$$

$$M_{x2} = 7610 \text{ kNcm}$$

$$N = 12598 \text{ kN}$$

$$M_y = 3416 \text{ kNcm}$$

$$C_b = 1.75 - 1.05 \times \left(\frac{M_{x1}}{M_{x2}} \right) + 0.30 \times \left(\frac{M_{x1}}{M_{x2}} \right)^2 \quad (6.37)$$

$$C_b = 1.75 - 1.05 \times \left(\frac{5366}{7610} \right) + 0.30 \times \left(\frac{5366}{7610} \right)^2 = 1.16$$

$$C_{b_{mak}} = 2.30$$

$$C_m = 0.85 \quad (\text{Çubuk uçlarında yanıl deplasman sözkonusu})$$

$$\lambda_{mak} = \text{Narinlik Sınırı}$$

$$\lambda_{mak} = \sqrt{\frac{3 \times 10^8 \times C_b}{\sigma_a}} = \sqrt{\frac{3 \times 10^8 \times 1.16}{36000}} = 98.32$$

$$\sigma_a = \text{Çeliğin Akma Mukavemeti} = 36000 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_u = \text{Çeliğin Kopma Mukavemeti} = 51000 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_{bem} = \text{Basınç Emniyet Gerilmesi}$$

$$\sigma_{eb} = \frac{N}{A} = \frac{12598}{1390} = 9.06 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{em}}{w} = \frac{21.60}{1.10} = 19.64 \text{ kN/cm}^2$$

σ_{bx} ; σ_{by} (Yalnız (M_x, M_y) eğilme momentleri altında hesaplanan eğilme-basınç başlığı gerilmeleri)

$$\sigma_{bx} = \frac{M_{x2}}{W_x} = \frac{7610}{20900} = 0.36 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{by} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{3416}{8650} = 0.39 \text{ kN/cm}^2$$

σ_{Bx} ; σ_{By} (Yalnız (M_x, M_y) eğilme momentleri altında uygulanacak eğilme-basınç başlığı için emniyet gerilmeleri)

$$\sigma_{Bx}^1 = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \times \lambda_{yb}^2}{9 \times 10^8 \times C_b} \right] \times \sigma_a$$

$$\sigma_{Bx}^1 = \left[\frac{2}{3} - \frac{36000 \times 22.95^2}{9 \times 10^8 \times 1.16} \right] \times 36000 = 23355 \text{ N/cm}^2 = 23.355 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Bx}^2 = \frac{84 \times 10^4 \times C_b}{S_{ky} \frac{d_c}{F_b}} = \frac{84 \times 10^4 \times 1.16}{291 \times \frac{56.9}{610.22}} = 36171.28 \text{ N/cm}^2 = 36.17 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Bx} = \text{Mak}(\sigma_{Bx}^1; \sigma_{Bx}^2) = 36.17 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Bx} \text{ mak} = 0.6 \times \sigma_a = 0.6 \times 36.00 = 21.60 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Bx} = 21.60 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{By} = 0.6 \times \sigma_a = 0.6 \times 36.00 = 21.60 \text{ kN/cm}^2$$

σ_{ex} ; σ_{ey} ((x - x) ve (y - y) asal eksenleri etrafındaki burkulmalar için hesaplanan ve Euler gerilmelerinden türetilen gerilmeler)

$$\sigma_{ex} = \frac{829 \times 10^5}{\lambda_x^2} = \frac{829 \times 10^5}{18.98^2} = 230124 \text{ N/cm}^2 = 230.124 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{ey} = \frac{829 \times 10^5}{\lambda_y^2} = \frac{829 \times 10^5}{24.45^2} = 138674 \text{ N/cm}^2 = 138.674 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_1 / \sigma_{em} = \sigma_{eb} / \sigma_{bem} \quad (6.38)$$

$$\sigma_2 / \sigma_{em} = \frac{C_{mx} \cdot x \sigma_{bx}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ex}}\right) \sigma_{Bx}} \quad (6.39)$$

$$\sigma_3 / \sigma_{em} = \frac{C_{my} \cdot x \sigma_{by}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ey}}\right) \sigma_{By}} \quad (6.40)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_{mx} \cdot x \sigma_{bx}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ex}}\right) \sigma_{Bx}} + \frac{C_{my} \cdot x \sigma_{by}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ey}}\right) \sigma_{By}} \quad (6.41) \\ & = \frac{9.06}{15.88} + \frac{0.85 \times 0.36}{\left(1 - \frac{9.06}{230.124}\right) 21.60} + \frac{0.85 \times 0.39}{\left(1 - \frac{9.06}{138.674}\right) 21.60} \end{aligned}$$

$$0.57 + 0.0147 + 0.0205 = 0.605 \leq 1.000 \rightarrow \text{Kesit güvenli}$$

$$\begin{aligned} & \frac{\sigma_{eb}}{0.6 \times \sigma_a} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \quad (6.42) \\ & = \frac{9.06}{21.60} + \frac{0.36}{21.60} + \frac{0.39}{21.60} \end{aligned}$$

$$= 0.42 + 0.0167 + 0.018 = 0.454 \leq 1.000 \rightarrow \text{Kesit güvenli}$$

6.8.7.3 G+Q+ E_{mak} yüklemesi için kesit hesabı

$$M_{x1} = 8363 \text{ kNcm}$$

$$M_{x2} = 12601 \text{ kNcm}$$

$$N = 17061 \text{ kN}$$

$$M_y = 9556 \text{ kNcm}$$

$$V_x = 41.39 \text{ kN}$$

$$V_y = 68.82 \text{ kN}$$

$$C_b = 1.75 - 1.05x \left(\frac{M_{x1}}{M_{x2}} \right) + 0.30x \left(\frac{M_{x1}}{M_{x2}} \right)^2$$

$$C_b = 1.75 - 1.05x \left(\frac{8363}{12601} \right) + 0.30x \left(\frac{8363}{12601} \right)^2 = 1.186$$

$$C_{b_{mak}} = 2.30$$

$$C_m = 0.85 \quad (\text{Çubuk uçlarında yanal deplasman söz konusu})$$

$$\lambda_{mak} = \text{Narinlik Sınırı}$$

$$\lambda_{mak} = \sqrt{\frac{3 \times 10^8 \times C_b}{\sigma_a}} = \sqrt{\frac{3 \times 10^8 \times 1.186}{36000}} = 99.41$$

$$\sigma_a = \text{Çeliğin Akma Mukavemeti} = 36000 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_u = \text{Çeliğin Kopma Mukavemeti} = 51000 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_{bem} = \text{Basınç Emniyet Gerilmesi}$$

$$\sigma_{eb} = \frac{N}{A} = \frac{17061}{1390} = 12.27 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{em}}{w} = \frac{21.60 \times 1.33}{1.36} = 21.12 \text{ kN/cm}^2$$

$\sigma_{bx} ; \sigma_{by}$ (Yalnız (M_x, M_y) eğilme momentleri altında hesaplanan eğilme-basınç başlığı gerilmeleri)

$$\sigma_{bx} = \frac{M_{x2}}{W_x} = \frac{12601}{20900} = 0.603 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{by} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{9556}{8650} = 1.104 \text{ kN/cm}^2$$

σ_{Bx} ; σ_{By} (Yalnız (M_x, M_y) eğilme momentleri altında uygulanacak eğilme-basınç başlığı için emniyet gerilmeleri)

$$\sigma_{Bx}^1 = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a x \lambda_{yb}^2}{9x10^8 x C_b} \right] x \sigma_a$$

$$\sigma_{Bx}^1 = \left[\frac{2}{3} - \frac{36000x22.78^2}{9x10^8 x 1.186} \right] x 36000 = 23369 \text{ N/cm}^2 = 23.369 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Bx}^2 = \frac{84x10^4 x C_b}{S_{ky} \frac{d_c}{F_b}} = \frac{84x10^4 x 1.186}{291x \frac{56.9}{610.22}} = 36982.02 \text{ N/cm}^2 = 36.98 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Bx} = \text{Mak}(\sigma_{Bx}^1 ; \sigma_{Bx}^2) = 36.98 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Bx} \text{ mak} = 1.33 (0.6x \sigma_a) = 1.33x0.6x36.00 = 28.73 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Bx} = 28.73 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{By} = 1.33x(0.6x \sigma_a) = 1.33x0.6x36.00 = 28.73 \text{ kN/cm}^2$$

σ_{ex} ; σ_{ey} ((x - x) ve (y - y) asal eksenleri etrafındaki burkulmalar için hesaplanan ve Euler gerilmelerinden türetilen gerilmeler)

$$\sigma_{ex} = \frac{829x10^5}{\lambda_x^2} = \frac{829x10^5}{18.98^2} = 230124 \text{ N/cm}^2 = 230.124 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{ey} = \frac{829x10^5}{\lambda_y^2} = \frac{829x10^5}{24.45^2} = 138674 \text{ N/cm}^2 = 138.674 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_1 / \sigma_{em} = \sigma_{eb} / \sigma_{bem}$$

$$\sigma_2 / \sigma_{em} = \frac{C_{mx} x \sigma_{bx}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ex}} \right) \sigma_{Bx}}$$

$$\sigma_3 / \sigma_{em} = \frac{C_{my} x \sigma_{by}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ey}}\right) \sigma_{By}}$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_{mx} x \sigma_{bx}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ex}}\right) \sigma_{Bx}} + \frac{C_{my} x \sigma_{by}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ey}}\right) \sigma_{By}}$$

$$= \frac{12.27}{21.12} + \frac{0.85 \times 0.603}{\left(1 - \frac{12.27}{230.124}\right) 28.73} + \frac{0.85 \times 1.104}{\left(1 - \frac{12.27}{138.674}\right) 28.73}$$

$$0.58 + 0.018 + 0.0497 = 0.647 \leq 1.000 \rightarrow \text{Kesit güvenli}$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{1.33 \cdot 0.6 \times \sigma_a} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}}$$

$$= \frac{12.27}{28.73} + \frac{0.603}{28.73} + \frac{1.104}{28.73}$$

$$= 0.427 + 0.0209 + 0.038 = 0.486 \leq 1.000 \rightarrow \text{Kesit güvenli}$$

6.8.7.4 Kesme kapasitesi kontrolü

A_{kx} = x yönü kesme alanı

$$A_{kx} = d_c \times t_w = 56.9 \times 7.8 = 443.82 \text{ cm}^2$$

A_{ky} = y yönü kesme alanı

$$A_{ky} = \frac{5}{6} \times (2 \times b_{cf} \times t_{cf}) = \frac{5}{6} \times (2 \times 45.5 \times 12.5) = 947.92 \text{ cm}^2$$

V_{px} = x yönü kesme kapasitesi

$$V_{px} = 0.6 \times \sigma_a \times A_{kx} = 0.6 \times 36 \times 443.82 = 9586.51 \text{ kN}$$

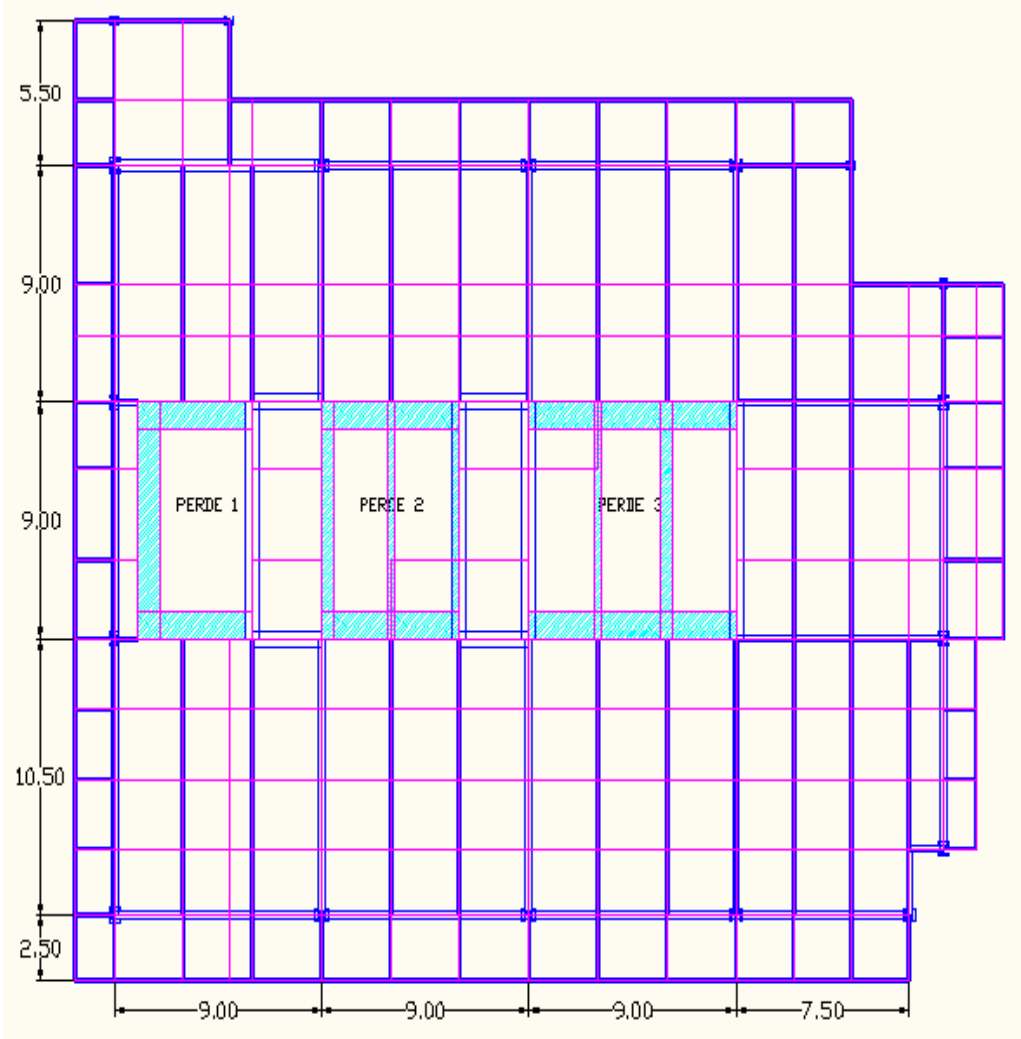
$$V_{py} = 0.6 \times \sigma_a \times A_{ky} = 0.6 \times 36 \times 947.92 = 20475.07 \text{ kN}$$

$$V_x / V_{px} = 41.39 / 9586.51 = 0.00432 \leq 1.000 \rightarrow \text{Kesit Güvenli}$$

$$V_y / V_{py} = 68.82 / 20475.07 = 0.00336 \leq 1.000 \rightarrow \text{Kesit Güvenli}$$

6.8.8 Perdelerin betonarme hesapları

Bu bölümde örnek olması açısından Şekil 7.8 de verilen birinci kattaki U şeklindeki P1 perdesinin hesap detayları verilecektir.



Şekil 6.16 : Çekirdek perde yerleşimi.

6.8.8.1 Enkesit koşulları

DBYBHY madde 3.6.1.1' e göre gövde bölgesindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/20'sinden ve 200 mm'den az olmayacaktır.

Birinci kat yüksekliği $h=380\text{cm}$

$$\frac{h}{20} = \frac{380}{20} = 19 \text{ cm}$$

$$b_w = 70 \text{ cm} > 20 \text{ cm}$$

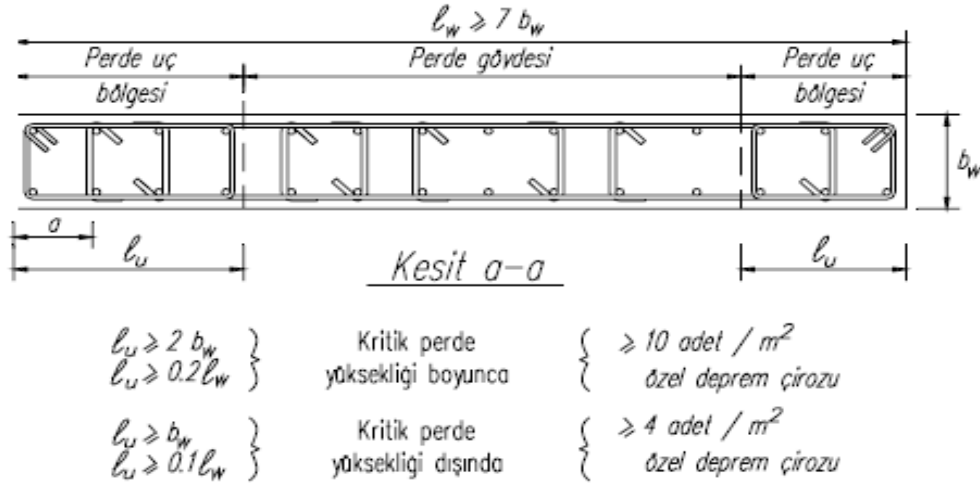
6.8.8.2 Perde uç bölgeleri ve kritik perde yüksekliği

DBYYHY madde 3.6.2.1' e göre $H_w / \ell_w > 2.0$ olan perdelerin planda her iki ucunda perde uç bölgeleri oluşturulacaktır. Perde uç bölgelerindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/15'inden ve 200 mm'den az olmayacaktır. Perde uç bölgeleri, perde uç bölgesinin kendi kalınlığı içinde oluşturulabileceği gibi, perdeye birleşen diğer bir perdenin içinde de düzenlenebilir.

Çizelge 6.18 : P1 perdesi kesit bilgileri.

PERDE	H_w (m)	ℓ_w (m)	H_w / ℓ_w	Kontrol
P1	79.6	5	15.92	> 2
	79.6	9	8.84	> 2

Dikdörtgen kesitli perdelerde, kritik perde yüksekliği boyunca uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %20'sinden ve perde kalınlığının iki katından daha az olmayacaktır. Kritik perde yüksekliğinin üstünde kalan perde kesimi boyunca ise, perde uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %10'undan ve perde kalınlığından az olmayacaktır.

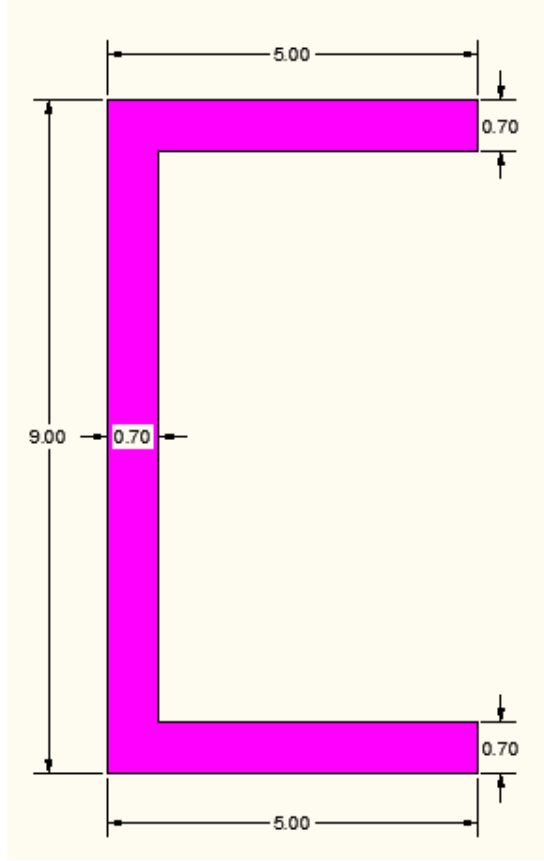


Şekil 6.17 : Perde uç bölgeleri koşulları.

Temel üstünden veya perdenin plandaki uzunluğunun %20 den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren kritik perde yüksekliği, $2\ell_w$ değerini aşmamak üzere, aşağıda verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak biçimde belirlenecektir.

$$H_{cr} \geq \ell_w$$

$$H_{cr} \geq H_w/6 \Rightarrow H_{cr} = 15\text{m seçilmiştir.}$$



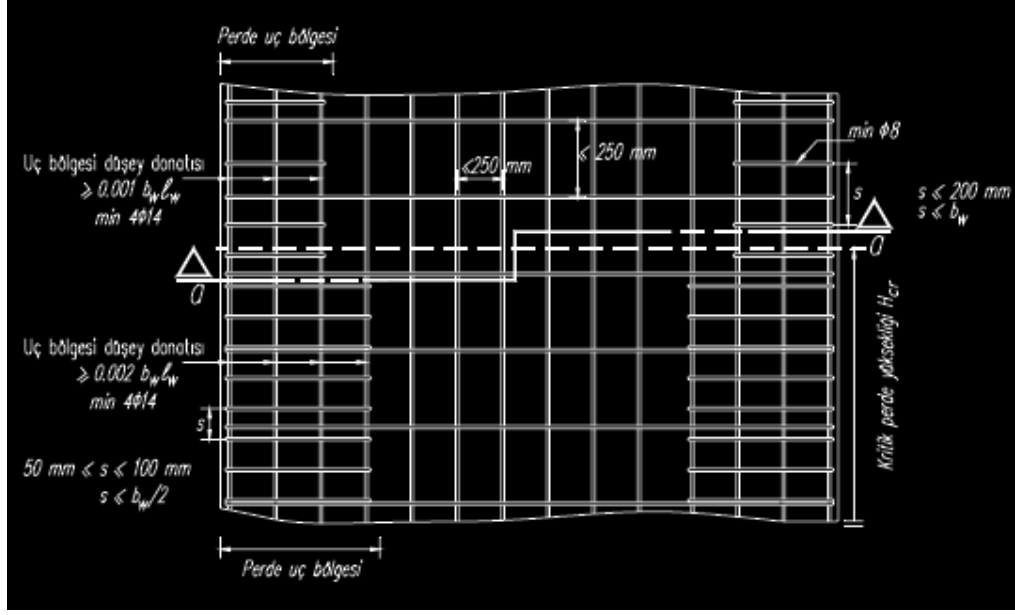
Şekil 6.18 : U perde ölçü detayları.

Yönetmelik 3.6.2.3'e göre perde uç bölgelerinin plandaki uzunluğu kritik perde yüksekliği boyunca 180cm, kritik perde yüksekliği üzerinde ise 90cm seçilmiştir.

6.8.8.3 Gövde donatısı koşulları

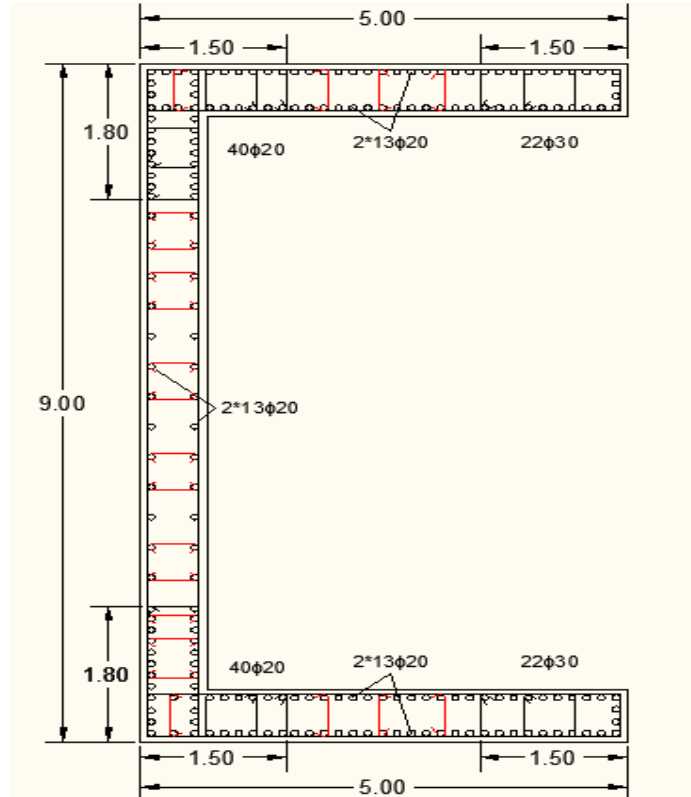
Perdenin her iki yüzündeki gövde donatılarının toplam enkesit alanı, düşey ve yatay donatıların her biri için, perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi brüt enkesit alanının 0.0025'inden az olmayacaktır.

Perde uç bölgelerinin her birinde, düşey donatı toplam alanının perde brüt enkesit alanına oranı 0.001'den az olmayacaktır. Ancak, kritik perde yüksekliği boyunca bu oran 0.002'ye çıkarılacaktır.



Şekil 6.19 : Perde donatı koşulları.

Gereken boyuna donatının bulunmasında çeşitli yük kombinasyonları için detayları burada sunulmayan deneme-yanılma işlemi ile çeşitli donatı oranları denenmiştir. Seçilen boyuna donatı miktarı Şekil 6.20’de görülmektedir.



Şekil 6.20 : U perde donatı detayları.

Alt ve Üst Perde Kesiti İçin,

Yönetmelik 3.6.5'e göre kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgesi donatı oranı $\rho=22*7.06/(500*70) = 0.0044 > 0.002$ şartını sağlamaktadır. Kritik perde yüksekliği üzerinde ise $\rho=12*7.06/(500*70) = 0.00242 > 0.001$ şartını sağlamaktadır.

Yönetmelik 3.6.3'e göre perde gövde donatısı oranı kritik perde yüksekliği boyunca $2*13*3.14/(500 - 2*150) / 70 = 0.00583 > 0.0025$ şartını sağlamaktadır. Kritik perde yüksekliği üzerinde ise $\rho= 2*17*3.14 / (500 - 2*75) / 70 = 0.00436 > 0.0025$ şartını sağlamaktadır.

Orta Perde Kesiti İçin,

Yönetmelik 3.6.5'e göre kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgesi donatı oranı $\rho=26*7.06/(900*50) = 0.00408 > 0.002$ şartını sağlamaktadır. Kritik perde yüksekliği üzerinde ise $\rho=18*7.06/(900*50) = 0.00282 > 0.001$ şartını sağlamaktadır.

Yönetmelik 3.6.3'e göre perde gövde donatısı oranı kritik perde yüksekliği boyunca $2*36*3.14/(900 - 2*180) / 50 = 0.00837 > 0.0025$ şartını sağlamaktadır. Kritik perde yüksekliği üzerinde ise $\rho= 2*18*3.14 / (900 - 2*90) / 50 = 0.00314 > 0.0025$ şartını sağlamaktadır.

6.8.8.4 U Perde Uç Bölgesi Sarılma Donatısının Belirlenmesi

Yönetmelik 3.6.5.2 (b)'e göre perde kritik yüksekliği boyunca perde uç bölgelerinde sargı donatısı aralığı 100 mm secilirse, Yönetmelik 3.3.4.1 Denk. (3.1) in 2.kosulu uyarınca;

P1-P2 Perdeleri için,

$$A_{shx} \geq (2 / 3) * 0.075 \times 100 \times 650 \times (50 / 420) = 386.90 \text{mm}^2$$

$$A_{shy} \geq (2 / 3) * 0.075 \times 100 \times 1450 \times (50 / 420) = 863.10 \text{mm}^2$$

Seçilen enine donatı $\Phi 14/10$ dikdörtgen dış sargı ve $\Phi 14/10$ dikdörtgen iç sargı

P3 Perdeleri için,

$$A_{shx} \geq (2 / 3) * 0.075 \times 100 \times 1750 \times (50 / 420) = 1041.67 \text{mm}^2$$

$$A_{shy} \geq (2 / 3) * 0.075 \times 100 \times 450 \times (50 / 420) = 267.85 \text{mm}^2$$

Seçilen enine donatı $\Phi 14/10$ dikdörtgen dış sargı ve $\Phi 14/10$ dikdörtgen iç sargı + 2 adet çiroz

6.8.8.5 U perde kesme güvenliği kontrolü

Yönetmelik 3.6.7'ye göre U perdesinin kritik perde yüksekliği içinde kesme güvenliği hesapları yapılmıştır. Yatay gövde donatısı olarak kritik perde yüksekliği içinde X ve Y doğrultusunda $\Phi 20/10$ olarak dikkate alınmıştır. Kritik perde yüksekliği üzerinde ise $\Phi 18/15$ seçilmiştir. Kritik perde yüksekliği boyunca perde gövdesine beher perde gövdesine beher metrekaare perde yüzünde 12 adet $\Phi 12$, kritik perde yüksekliği üzerinde ise 6 adet $\Phi 12$ özel deprem çirozu seçilmiştir (**Yönetmelik 3.6.3**).

Yönetmelik Denk(3.17)'ye göre perde kesitinin kesme dayanımı

$$\rho_{shx} = \frac{A_{sh}}{s.b_k} = \frac{(200/10) * 3.14 * 2}{70 * 200} = 0.00897 > 0.0025$$

$$\rho_{shy} = \frac{A_{sh}}{s.b_k} = \frac{(540/10) * 3.14 * 2}{50 * 540} = 0.01256 > 0.0025$$

$$V_{rx} = A_{ch} (0.65f_{ctd} + \rho_{shx} f_{ywd}) = 2(0.70 * 5.0)(0.65 * 1650 + 0.00897 * 365000) = 30426 \text{ kN}$$

$$V_{ry} = A_{ch} (0.65f_{ctd} + \rho_{shy} f_{ywd}) = (0.50 * 9.0)(0.65 * 1650 + 0.01256 * 365000) = 25457 \text{ kN}$$

X Deprem doğrultusu için,

$$V_{ex} = B_v \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d \quad (6.43)$$

$(M_p)_t = 91406 \text{ kNm}$ (perde tabanındaki perde moment kapasitesi)

$(M_d)_t = 32648 \text{ kNm}$ (perde tabanında düşey yükler ve deprem yüklerinin etkisi altında hesaplanan moment)

$V_d = 2590 \text{ kNm}$ (perde tabanında düşey yükler ve deprem yüklerinin etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti)

$\beta_v = 1.5$ (kesme kuvveti dinamik büyültme katsayısı)

Tasarım Kesme Kuvveti,

$$V_{ex} = 1.5 \frac{91406}{32648} 2590 = 10877 \text{ kN}$$

Yönetmelik 3.6.6.3'e göre düşey yükler ile birlikte $R_a=2$ alınarak kesme kuvveti hesaplanmış ve yukarıda hesaplanan V_e 'den küçük olup olmadığı kontrol edilmiştir.

$$V = 6591 \text{ kN (} R_a=2 \text{ için hesaplanan kesme kuvveti)}$$

$$V_{ex} = 10877 \text{ kN} > V = 6591 \text{ kN}$$

Yönetmelik 3.6.6.3'e göre hesaplarda dikkate alınacak kesme kuvveti,

$$V_e = 6591 \text{ kN}$$

Yönetmelik Denk. 3.18 ile verilen koşullar aşağıda kontrol edilmiştir.

$$V_e \leq V_r$$

$$V_e \leq 0.22 \cdot A_{ch} \cdot f_{cd}$$

$$V_e = 6591 \text{ kN} < 30426 \text{ kN}$$

$$V_e = 6591 \text{ kN} < 0.22 \cdot 2 \cdot (0.70 \cdot 5.0) \cdot \frac{50000}{1.5} = 51333 \text{ kN}$$

Y Deprem doğrultusu için,

$$(M_p)_t = 72380 \text{ kNm (perde tabanındaki perde moment kapasitesi)}$$

$(M_d)_t = 15032 \text{ kNm (perde tabanında düşey yükler ve deprem yüklerinin etkisi altında hesaplanan moment)}$

$V_d = 3912.24 \text{ kNm (perde tabanında düşey yükler ve deprem yüklerinin etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti)}$

$$\beta_v = 1.5 \text{ (kesme kuvveti dinamik büyültme katsayısı)}$$

Tasarım Kesme Kuvveti,

$$V_{ex} = 1.5 \cdot \frac{72380}{15032} \cdot 3912.24 = 28256.51 \text{ kN}$$

Yönetmelik 3.6.6.3'e göre düşey yükler ile birlikte $R_a=2$ alınarak kesme kuvveti hesaplanmış ve yukarıda hesaplanan V_e 'den küçük olup olmadığı kontrol edilmiştir.

$$V = 10606.67 \text{ kN (} R_a=2 \text{ için hesaplanan kesme kuvveti)}$$

$$V_{ex} = 28256.51 \text{ kN} > V = 10606.67 \text{ kN}$$

Yönetmelik 3.6.6.3'e göre hesaplarda dikkate alınacak kesme kuvveti,

$$V_e = 10606.67 \text{ kN}$$

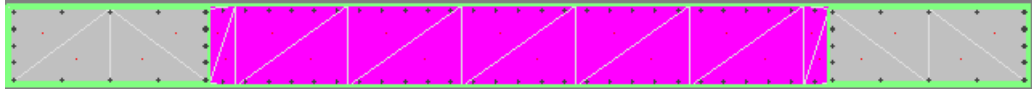
Yönetmelik Denk. 3.18 ile verilen koşullar aşağıda kontrol edilmiştir.

$$V_e \leq V_r$$

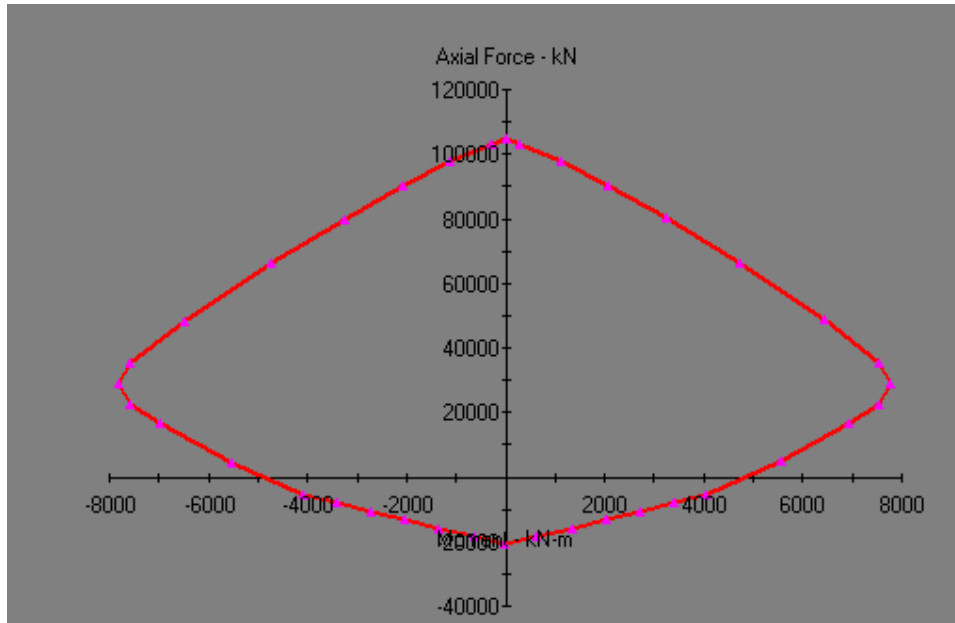
$$V_e \leq 0.22 \cdot A_{ch} \cdot f_{cd}$$

$$V_e = 10606.67 \text{ kN} < 25457 \text{ kN}$$

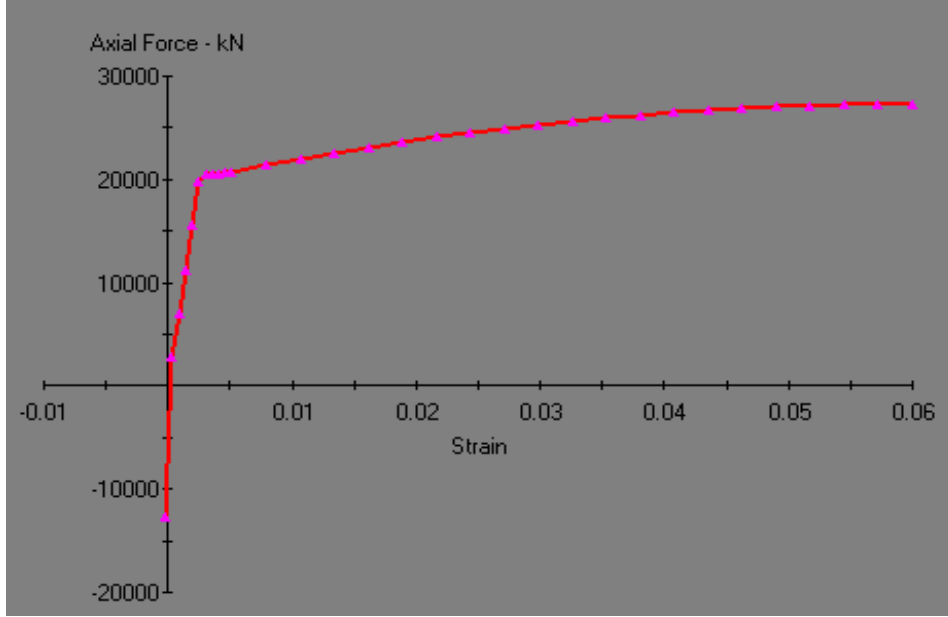
$$V_e = 10606.67 \text{ kN} < 0.22 \cdot 2 \cdot (0.70 \cdot 9.0) \cdot \frac{50000}{1.5} = 92400 \text{ kN}$$



Şekil 6.21 : P2 perde kesiti.



Şekil 6.22 : P-Mx-My etkileşim diyagramı.



Şekil 6.23 : Moment-eğrilik diyagramı.

6.8.9 Yapı elemanlarının birleşim hesapları (TS 3357)

6.8.9.1 Kompozit döşeme kirişleri için hesaplar

6.8.9.1.1 Malzeme özellikleri

HE450 A

SL Tipi 5.6 Kalitede Bulon

Ezilme Emniyet Gerilmesi = $\sigma_{lem} = 42.00 \text{ kN/cm}^2$

Makaslama Emniyet Gerilmesi = $\tau_{sem} = 24.00 \text{ kN/cm}^2$

Kaynak Emniyet Gerilmesi = $\tau_{kem} = 17.00 \text{ kN/cm}^2$

Kesme Kuvveti = $Q = q \times L / 2 = 27.595 \times 9.00 / 2 = 124.17 \text{ kN}$

6.8.9.1.2 Betonarmeye bağlantı hesapları

Ankraj Boyutları = 40 x 10 mm

Bir Ankraj Kayma Alanı = 40 x 10 = 400mm²=4.0cm²

Ankraj Adedi = 2 x 4 = 8

Toplam Kayma Alanı = 8 x 4 = 32cm²

$$\tau = Q / \Sigma \text{Fankraj} = 124.17 / 32.00 = 3.88 \text{ kN/cm}^2 \leq \tau_{em} = 12.47 \text{ kN/cm}^2$$

6.8.9.1.3 Bağlantı levhası kaynak hesabı

Levha Kalınlığı = 15 mm alındı.

Kaynak Kalınlığı $\Rightarrow 3 \text{ mm} < a < 0.7 t_{min} = 0.7 \times 15 = 10.5 \text{ mm} \Rightarrow a = 7 \text{ mm}$ alındı.

Kaynak Uzunluğu = $L_k = 2 \times (L - 2 a) = 2 \times (40 - 2 \times 0.7) = 77.20 \text{ cm}$

Kaynak Alanı = $F_k = a \times L_k = 0.7 \times 77.20 = 54.04 \text{ cm}^2$

$$\tau = Q / F_k = 124.17 / 54.04 = 2.297 \text{ kN/cm}^2 \leq \tau_{kem} = 17.00 \text{ kN/cm}^2$$

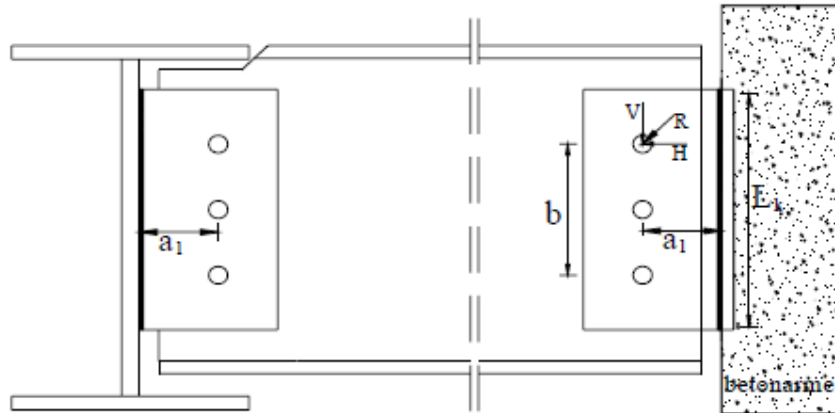
6.8.9.1.4 Gövde bulonları hesabı

Kullanılabilecek maksimum bulon çapı;

$$d = \sqrt{5xt_{min}} - 0.2$$

$$d = \sqrt{5 \times 1.5} - 0.2 = 2.54 \text{ cm}$$

$\rightarrow 3M24$ (5.6 Kalite) seçildi.



Şekil 6.24 : HE450 A kirişleri birleşim detayı.

$$a_1 = 10.0 \text{ cm}$$

$$b = 15.0 \text{ cm}$$

$$f = 1.0 \text{ (Bir sırada 3 adet bulon için)}$$

$$\mu = 0.351 \text{ (Bir sırada 3 adet bulon için)}$$

$$H = Q \times a_1 \times f / b = 124.17 \times 10.0 \times 1.0 / 15.0 = 82.78 \text{ kN}$$

$$V = Q \times \mu = 124.17 \times 0.351 = 43.58 \text{ kN}$$

$$R = (H^2 + V^2)^{0.5} = (82.78^2 + 43.58^2)^{0.5} = 93.55 \text{ kN}$$

$$N_1 = dx \times t_{\min} \times \sigma_{lem} = 2.4 \times 1.5 \times 42 = 151.20 \text{ kN}$$

$$N_{s1} = \frac{\pi \times d^2}{4} \times \tau_{sem} = \frac{\pi \times 2.4^2}{4} \times 24 = 108.50 \text{ kN}$$

$$N_{kapasite} = \min(N_1; N_{s1}) = 108.50 \text{ kN}$$

$$R = 93.55 \text{ kN} \leq N_{kapasite} = 108.5 \text{ kN} \Rightarrow 3M24 \text{ uygundur.}$$

6.8.9.2 Kirişlerin ek hesabı

6.8.9.2.1 Kirişlerin enkesit koşulları ve sınır kontrolleri

Çizelge 6.19 : HE900 A kirişleri kesit bilgileri.

KESİT	db	h	tw	b _{bf}	t _{bf}	A
	cm	cm	cm	cm	cm	cm ²
HE900 A	89.0	83.0	1.6	30.0	3.0	320.5

$$\text{Başlık alanı} = F_b = 2 \times b_{bf} \times t_{bf} = 2 \times 30 \times 3 = 180 \text{ cm}^2$$

$$\text{Gövde alanı} = F_g = A - F_b = 320.5 - 180 = 140.5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Başlık levhası alanı} = F_{b-1} = 2 \times (b_1 \times t_1 + 2 \times b_2 \times t_2)$$

$$F_{b-1} = 2 \times (30 \times 2 + 2 \times 11.2 \times 2) = 209.6 \text{ cm}^2 > 180 \text{ cm}^2$$

Gövde levhası alanı;

$$F_{g-1} = 2 \times h_{g-1} \times t_{g-1} - d \quad (6.44)$$

$$F_{g-1} = 2 \times 75 \times 1.2 - 8 \times 2.5 = 160 \text{ cm}^2 > 140.5 \text{ cm}^2$$

$$W_{px} = 10810 \text{ cm}^3$$

$$M_{mak} = 52968 \text{ kNcm}$$

Birleşimin eğilme momenti kapasitesi kirişin eğilme momenti kapasitesinin

$0.8 \times 1.1D_a = 0.968$ katından az olmayacaktır.

Kesitin plastik moment taşıma kapasitesi = M_p

$$M_p = 0.968 \times W_{px} \times \sigma_a = 0.968 \times 10810 \times 39.60 = 414378 \text{ kNcm}$$

M_{mak} ile hesapta emniyet gerilmesi $\Rightarrow \sigma_{em}$

M_p ile hesapta emniyet gerilmesi $\Rightarrow 1.7 \sigma_{em}$

$$\frac{M_p}{1.7 \sigma_{em}} \geq \frac{M_{mak}}{\sigma_{em}} \text{ olduğundan } M_p \text{ ile hesap yapılmalıdır.}$$

Kesitin kesme kuvveti kapasitesi ;

$$V_p = V_{dy} \pm 1.1 \times D_a \times \frac{M_{pi} + M_{pj}}{l_n} \quad (6.45)$$

$$V_p = 80 \pm 1.1 \times 1.1 \times \frac{414378 + 414378}{300} = 3423 \text{ kN}$$

Ekin başlık atalet momenti = I_{ek}^b

$$I_{ek}^b = 2 \times (30 \times 2.0 \times 91^2 + 2 \times 11.2 \times 2.0 \times 81^2) = 1581585.6 \text{ cm}^4$$

Ekin gövde atalet momenti = I_{ek}^g

$$I_{ek}^g = 2 \times \frac{txy^3}{12} = 2 \times \frac{1.2 \times 75^3}{12} = 84375 \text{ cm}^4$$

$$I_{ek}^{\text{toplam}} = I_{ek}^b + I_{ek}^g = 1581585.6 + 84375 = 1665960.6 \text{ cm}^4$$

$$M_{ek}^b = M_p \frac{I_{ek}^b}{I_{ek}^{\text{toplam}}} = 414378 \times \frac{1581585.6}{1665960.6} = 393391.23 \text{ kNcm}$$

$$M_{ek}^g = M_p \frac{I_{ek}^g}{I_{ek}^{\text{toplam}}} = 414378 \times \frac{84375}{1665960.6} = 20986.77 \text{ kNcm}$$

Başlık bulonları hesabı;

$$N_1 = d \times t_{\min} \times \sigma_{lem} = 2.8 \times 3.0 \times 42.0 = 352.80 \text{ kN}$$

$$N_{s2} = 2x \frac{\pi x d^2}{4} x \sigma_{sem} = 2x \frac{\pi x 2.8^2}{4} x 24 = 295.56 \text{ kN}$$

$$N_{kapasite} = \min(N_1; N_{s2}) = 295.56 \text{ kN}$$

$$V_{ek}^b = \frac{M_{ek}^b}{l_{\min}} = \frac{393391.23}{83} = 4739.65 \text{ kN}$$

$$\text{Gerekli bulon sayısı} = n_b = \frac{V_{ek}^b}{N_{kapasite}} = \frac{4739.65}{295.56} = 16.04$$

18M27 kullanılacaktır.

6.8.9.3 Kolon kayma bölgesi kalınlığı kontrolü

Kayma bölgesinin gerekli kesme kuvveti dayanımı = V_{ke}

$$V_{ke} = 0.8 x \sum M_p \left(\frac{1}{d_b} - \frac{1}{H_{ort}} \right) \quad (6.46)$$

Kayma bölgesinin kesme kuvveti kapasitesi = V_p

$$V_p = 0.6x \sigma_a x d_c x t_p \left[1 + \frac{3xb_{cf}xt_{cf}^2}{d_b xd_c xt_p} \right] \quad (6.47)$$

$$V_p \geq V_{ke}$$

$$t_{\min} = \min(t; t_t) \quad t_{\min} = u/180 \quad (6.48)$$

$$u = 2(d_c + d_b)$$

$$t_{cf} \geq 0.54 \sqrt{b_{bf} xt_{bf}} \quad (6.49)$$

$$t_{cf} \geq b_{bf} / 6$$

$$\text{HD400x1086} \Rightarrow d_c = 56.9 \text{ cm} \quad b_{cf} = 45.5 \text{ cm} \quad t_{cf} = 12.5 \text{ cm} \quad t_w = 7.8 \text{ cm}$$

$$\text{HE900 A} \Rightarrow d_b = 89.0 \text{ cm} \quad b_{bf} = 30.0 \text{ cm} \quad t_{bf} = 3.0 \text{ cm} \quad W_{px} = 10810 \text{ cm}^3$$

Birleşimlerin Hesaplarında Akma Sınırı Mukavemeti = $D_a \sigma_a = 39.60 \text{ kN/cm}^2$

$$M_p = W_{px} \times \sigma_a = 10810 \times 39.60 = 428076 \text{ kNcm}$$

$$H_{ort} = 380 \text{ cm}$$

$$V_{ke} = 0.8 \times 2 \times 428076 \times \left(\frac{1}{89} - \frac{1}{380} \right) = 5889.24 \text{ kN}$$

$$V_p = 0.6 \times 39.60 \times 56.90 \times 7.8 \left[1 + \frac{3 \times 45.5 \times 12.5^2}{89 \times 56.9 \times 7.8} \right] = 16239.05 \text{ kN}$$

$$V_p = 16239.05 \text{ kN} \geq V_{ke} = 5889.24 \text{ kN} \quad \text{koşulu sağlanmaktadır.}$$

Takviye levhasına ihtiyaç yoktur.

$$u = 2(d_c + d_b) = 2(56.9 + 89) = 291.80 \text{ cm}$$

$$t_{min} = 7.8 \text{ cm} \geq u/180 = 1.62 \text{ cm} \quad \text{koşulu sağlanmaktadır.}$$

$$t_{cf} = 12.5 \geq 0.54 \sqrt{30 \times 3.0} = 5.12 \text{ cm}$$

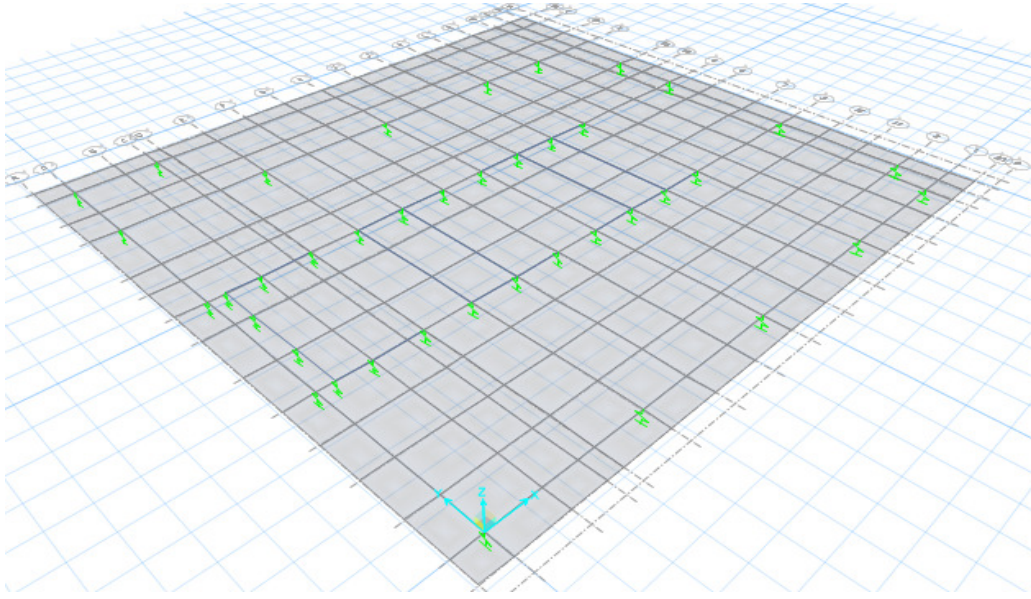
$$t_{cf} = 12.5 \geq 30/6 = 5 \text{ cm} \quad \text{koşulu sağlanmaktadır.}$$

Kullanılması gereken süreklilik levhası kalınlığı $3.0 \text{ cm} \geq t_{bf} = 3.0 \text{ cm}$

6.9 Temel Hesabı

6.9.1 Radyetemelin boyutlandırılması

Yapı temeli radye temel olarak tasarlanmıştır ve temel yüksekliği 3.5m seçilmiştir. Betonarme hesabı için TS500 dikkate alınmıştır. Temel Safe programı ile modellenmiş, en büyük zemin gerilmesinin zemin emniyet gerilmesini aşmamasına dikkat edilmiştir.



Şekil 6.25 : Radyetemel 3D modeli.

İnşaat alanı üzerinde yapılan geoteknik incelemeler sonunda hazırlanan zemin raporuna göre,

Zemin emniyet gerilmesi : $\sigma_{zem} = 80 \text{ kN/m}^2$

Temel altı zemin yoğunluğu : $\gamma_s = 19.00 \text{ kN/m}^3$

Zemin içsel sürtünme açısı : $\phi = 32^\circ$

Zemin grubu : C

Zemin yatak katsayısı : $k_v = 40000 \text{ kN/m}^3$

Zemin Sınıfı : Z2

TA : 0.10 sn

TB : 0.40 sn

değerlerini almaktadır.

BS 30 beton için $E = 31800000 \text{ kN/m}^2$

$$\sigma_z = k_v \times U_{\max} \quad (6.50)$$

$$\sigma_z \leq f_{zn} \quad (6.51)$$

$$f_{zn} = f_{zu} - 18xH \quad (6.52)$$

$$f_{zu} = 1.5x\sigma_{zem} \quad (6.53)$$

σ_z : Zeminde oluşan en büyük gerilme

k_v : Zemin düşey yatak katsayısı

U_{max} : Zeminde oluşan en büyük çökme

Zımbalama olayının ortaya çıkmaması ve bu bölgede güvenli olarak kuvvet geçişinin oluşması için kesme kuvveti kapasitesinin iletilmesi gereken kuvvetten daha büyük olması gerekir.

$$V_{pr} \geq V_{pd}$$

Zımbalama dayanımı, zımbalama yüzeyi alanının beton çekme dayanımı ile çarpılmasından bulunmuştur.

$$V_{pr} = \gamma \times f_{ctd} \times u_p \times d \quad (6.54)$$

V_{pr} :Zımbalama dayanımı

V_{pd} :Tasarım zımbalama kuvveti

γ :Egilme etkisini yansıtan katsayı

f_{ctd} :Beton hesap çekme dayanımı

U_p : Zımbalama çevresi

d : Temel faydalı yüksekliği

$$\gamma = \frac{1}{1 + 1.5x \frac{e_x + e_y}{\sqrt{b_x \cdot b_y}}} \quad (6.55)$$

e : Kolonun eğilme düzlemindeki dışmerkezliği

b : Zımbalama çevresinin boyutları

$$e=0.4x \frac{M_d}{N_d} \quad (6.56)$$

$$V_{pd} = N_d - \sigma_z \times A_p \quad (6.57)$$

A_p : Zımbalama alanı

6.9.2 Zemin emniyet gerilmesi kontrolü

Radye temelde oluşan en büyük çökme program sonuçlarından $U_{max} = 0.02468m$ olarak bulunmuştur. Zemin emniyet gerilmesi $\sigma_{zem} = 80kN/m^2$

$$\sigma_z = 40000 \times 0.02468 = 987.2kN/m^2$$

$$f_{zu} = 1.5 \times 80 = 120kN/m^2$$

$$f_{zn} = 120 - 18 \times 3.5 = 57kN/m^2$$

$\sigma_z < f_{zn}$ koşulu sağlanmadığı için zemin emniyet gerilmesini artırmak adına temel altına kazık uygulanmıştır.

Tasarımda statik analizler ETABS programı kullanılarak yapılmıştır. Yapının zeminde oluşturacağı zemin gerilmelerinin belirlenebilmesi için ETABS programında hazırlanan modelinde temel sistemi shell elemanlarla modellenerek 1m x 1m büyüklüğünde sonlu elemanlara bölünmüştür. Temeli oluşturan bu shell elemanların düğüm noktalarının her iki yatay doğrultuda (model düzlemine göre X ve Y) hareketleri önlenmiştir. Zemin yapı ilişkisi modelde temel elemanlarına düşey doğrultuda yay değerleri (Area Spring) verilerek tanımlanmıştır. Bu tanımlamadaki amaç zeminin bir yay gibi tariflenerek yapı yükleri altındaki sıkışma (deplasman) değerlerini bulmaktır. Yapı zemin ilişkisinin yay sabitleri ile modellenmesi sonucu elde edilen bu deplasman değerlerinin yay katsayılarıyla çarpılması sonucu zeminde oluşan gerilme değerlerinin elde edilmesi amaçlanmıştır.

6.9.3 Kazık boyu hesap sonuçları

İncelediğimiz yapıda zemin düşey yatak katsayı değeri 40000 KN/m^3 alınmıştır. Zemin düşey yatak katsayı değeri olan 40000 KN/m^3 temel olarak

tanımlanan shell elemanlara düşey yönde (model shell eleman düzlemine göre Local-3 ekseninde) area spring olarak tanımlanmıştır.

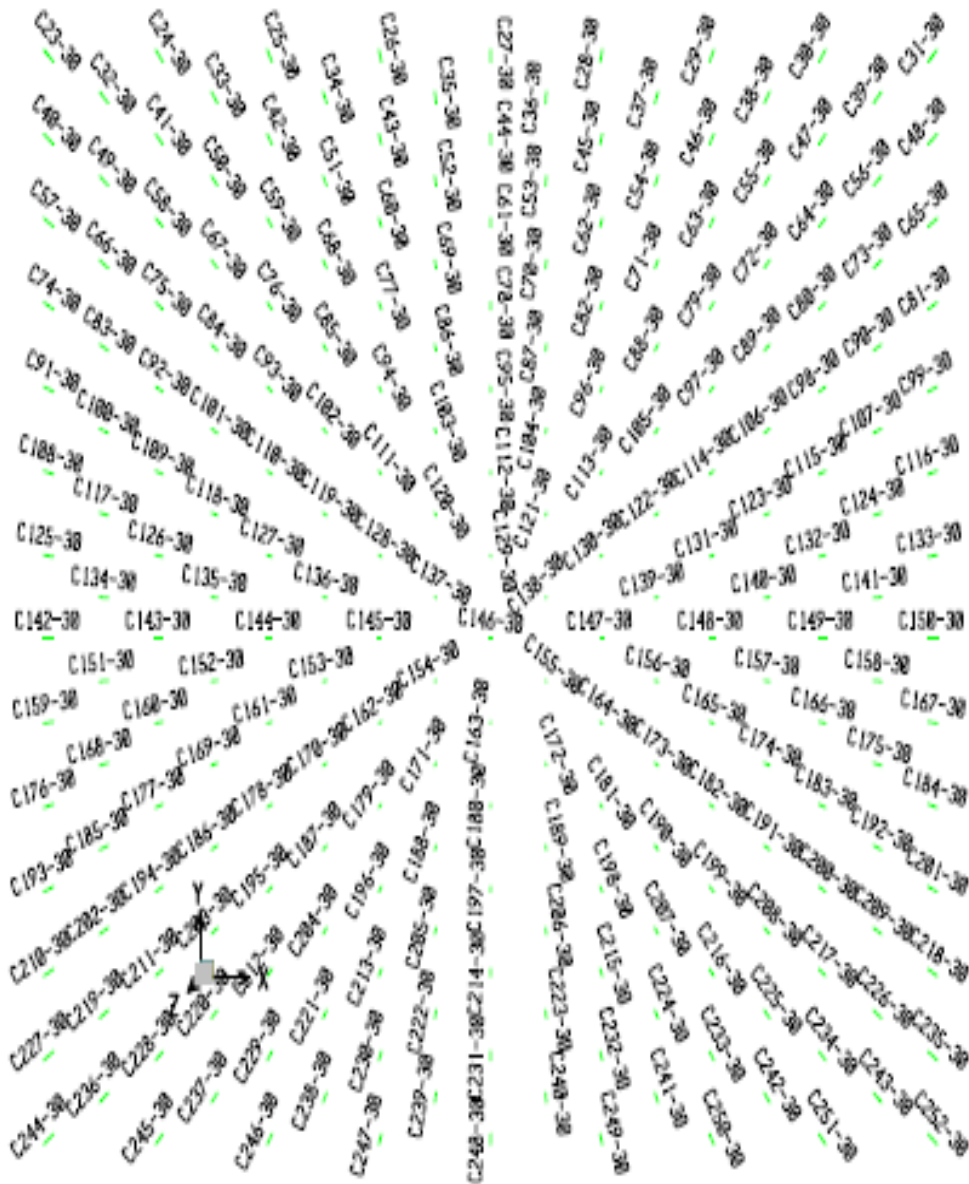
Analiz sonrasında temelde oluşan deplasmanlar okunarak EXCEL programı aracılığıyla yapı altında oluşan zemin gerilmeleri grafiksel olarak raporlanmıştır. Grafiksel rapor hazırlanırken model temelindeki düğüm noktaları baz alınarak temel geometrisi grafik üzerinde gösterilmiş ve düğüm noktalarındaki gerilme değerleri renk cetveli üzerinde belirli aralıklarla verilmiş zemin gerilme değerleriyle tanımlanmıştır.

Zemin emniyet gerilmesi 80 KN/m^2 olarak verilmiştir ve düşey yükler altında yapılan kontrol sonrasında yapının zeminde oluşturduğu gerilmelerin bu değer çok üzerinde olduğu gözükmemektedir.

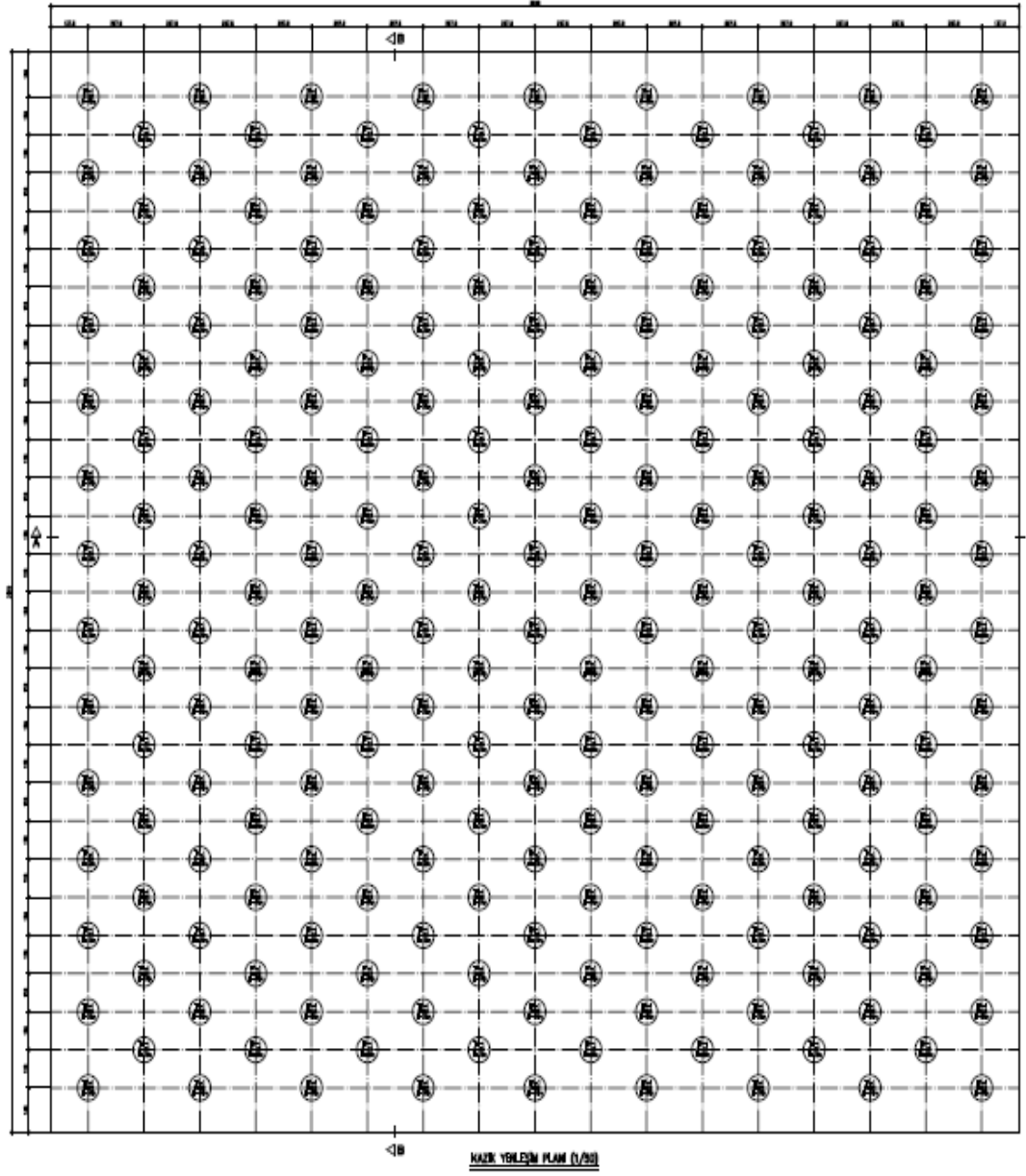
Düşey yükler altında zemin emniyet gerilmesinin aşılması sonucu deprem ve rüzgar etkileri altındaki zemin gerilme kontrollerine bakılmaksızın temel sisteminin kazıklı radye olarak tasarlanmasına karar verilmiştir.

Kazıkları temsil eden noktalara 80 cm çapındaki kazıkları temsil eden yay değerleri atanmıştır. 80 cm betonarme kazıklar için birim metre uzunlukta düşey yay katsayısı 5000 KN/m, yatay yay katsayısı için 7000 KN/m değerleri kullanılmıştır. Tasarımda kazık boyu 30 m seçilmiş olup, bu uzunluk için kazık noktalarına atanan yay değerleri (point spring) düşeyde 150000 KN, yatayda 210000 KN'dur.

Kazıklı radye temel hesaplarına başlamadan önce temel planına uygun olarak kazık yerleşimi yapılmıştır. Kazık yerleşimi için 80 cm çapında betonarme kazıklar tercih edilmiştir. Kazıklar merkezleri arasındaki mesafe $3 \times D$ (kazık çapı) olacak şekilde şaşırtmalı olarak yerleştirilmiştir. Temel planında 80 cm çapında merkezler arası mesafe 240 cm olan 230 adet kazık yerleşimi yapılmıştır.



Şekil 6.26 : Kazık numaraları.



Şekil 6.27 : Kazık yerleşim planı.

$$\sigma_{\max} = \delta_{\max} \times K_0 \leq \sigma_{zem} \text{ (Depremsiz Durumda)} \quad (6.61)$$

$$\sigma_{\max} = \delta_{\max} \times K_0 \leq 1.5 \sigma_{zem} \text{ (Depremlı Durumda)} \quad (6.62)$$

$$\sigma_{\max} = 40000 \times 0.0015 = 60 \text{ kN/m}^2 < 80 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{\max} = 40000 \times 0.0019 = 76 \text{ kN/m}^2 < 120 \text{ kN/m}^2$$

6.9.4 Kazık taşıma gücünün hesaplanması

Bir kazığın çevre zemini açısından toplam taşıma gücü uç direnci ve çevre sürtünmesi bileşenlerine bağlıdır. Uç direnci, kazık ucundaki zeminin birim taşıma kapasitesi (q_d) ve kazık en kesit alanı (A_p) kullanılarak hesaplanır.

$$Q_U = q_d \cdot A_p \quad (6.58)$$

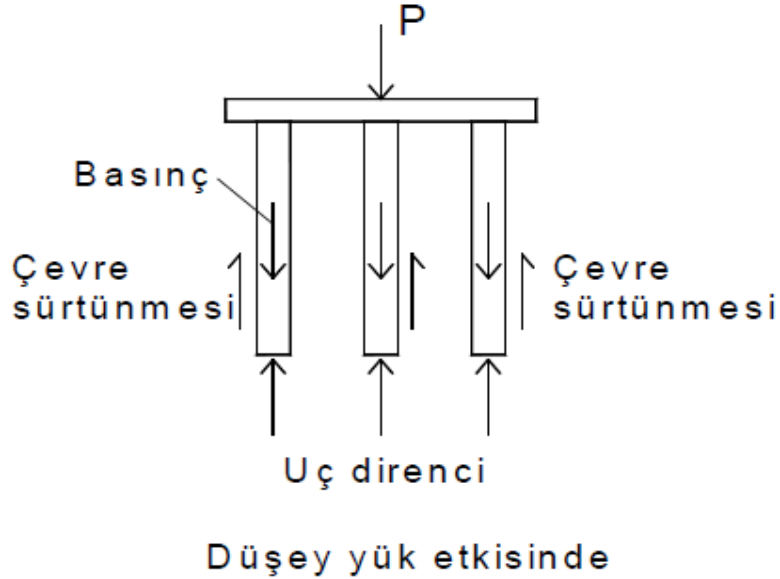
Sürtünme direnci, kazık boyunca yer alan tabakanın birim sürtünme dirençleri (f_s) ve kazığın bu tabakalardaki çevre alanları (A_s) ile hesaplanır.

$$Q_F = f_s \cdot A_s \quad (6.59)$$

Kazığın toplam taşıma kapasitesi ise;

$$Q_D = (Q_U + Q_F) / FS - W \quad (6.60)$$

ile hesaplanır ve bu değer kazıklarda oluşan en büyük normal kuvvet değerinden büyük olması gerekir.



Şekil 6.28 : Düşey yük etkisinde kazık davranışı.

Üst yapıdan önce radyetemele, oradan da kazıklara iletilen yükler sonucunda kazıklarda meydana gelen en büyük normal kuvvet değeri 4017 kN'dur.

Yapının bulunduğu zemin orta sıkı kum zemin olarak kabul edilmiş ve buna uygun parametreler seçilmiştir.

$$N_q = 28.52$$

$$N_y = 26.87$$

$$B = 0.8\text{m}$$

$$K_1 = 0.3 \text{ (Dairesel kazıklar için şekil faktörü)}$$

$$\phi = 32^\circ$$

$$c = 0^\circ$$

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$K \tan\delta = 0.2$$

$$Q_U = q_d \cdot A_p \quad (6.63)$$

$$q_d = (p_0 \cdot N_q) + (K_1 \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot B) \quad (6.64)$$

$$q_d = (19 \times 30 \times 28.52) + (0.3 \times 19 \times 26.87 \times 0.8)$$

$$q_d = 16379 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_U = 16379 \times 0.5024$$

$$Q_U = 8228.80 \text{ kN}$$

$$Q_F = f_s \cdot A_s \quad (6.65)$$

$$f_s = K \cdot p_v \cdot \tan\delta \quad (6.66)$$

$$f_s = 0.2 \times 19 \times 30$$

$$f_s = 114 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_F = 114 \times (2 \times \pi \times 0.4 \times 30)$$

$$Q_F = 8591 \text{ kN}$$

$$Q_D = (Q_U + Q_F) / \text{FS-W}$$

$$W = A_p \cdot \gamma_{beton} \cdot D_f$$

$$W = 0.5024 \times 24 \times 30$$

$$W = 361.72 \text{Kn}$$

$$Q_D = (8228.80 + 8591) / 3 - 361.72$$

$$Q_D = 5244.61 \text{kN}$$

$$P_{\max} = 4017 \text{kN} < Q_D = 5244.61 \text{kN}$$

6.9.5 Radyetemel zımbalama kontrolü

$$e = 0.4 \times \frac{M_d}{N_d} = 0.4 \times \frac{271.14}{4017} = 0.027 \text{m}$$

HD400x1086 kolonu için hesap;

$$H = 0.569 \text{m}$$

$$e_{\min} = 0.0015 + 0.03 \times 0.569 = 0.0185 \text{m} < 0.027$$

$$e = 0.027 \text{m}$$

Paspayı 5 cm kabul edilirse; $d = 3.5 - 0.05 = 3.45 \text{ m}$

Kolon altındaki taban levhaları $1.0 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$ boyutlarında seçilmiştir;

$$b_x = 1.0 + 3.45 = 4.45 \text{m}$$

$$b_y = 0.5 + 3.45 = 3.95 \text{m}$$

$$\gamma = \frac{1}{1 + 1.5 \times \frac{0.027 + 0.027}{\sqrt{4.45 \times 3.95}}} = 0.981$$

C30 için $f_{ctd} = 1280 \text{kN/m}^2$

$$U_p = 2 \times (4.45 + 3.95) = 16.8 \text{m}$$

$$V_{pr} = \gamma \times f_{ctd} \times U_p \times d \quad (6.67)$$

$$V_{pd} = N_d - \sigma_z \times A \quad (6.68)$$

$$V_{pr} = 0.981 \times 1280 \times 16.8 \times 3.45 = 72779 \text{ kN}$$

$$A_p = 4.45 \times 3.95 = 17.57 \text{ m}^2$$

$$V_{pd} = 4017 - 80 \times 17.57 = 2611 \text{ kN}$$

$V_{pr} > V_{pd}$ olduğundan uygundur.

6.9.6 Donatı hesabı

Donatı hesabı en büyük kesit tesirlerine göre yapılmıştır.

Çelik kolonlar altındaki en büyük moment = 7403 kNm

Çelik kolonlar altındaki en küçük moment = 1970 kNm

$$A_{s \min} = 0.002 \times b_w \times d \quad (6.69)$$

$$A_{s \min} = 0.002 \times 100 \times 345 = 69.0 \text{ cm}^2$$

$$s \leq 200 \text{ mm}$$

$s < 1.5 hf (= 1.5 \times 3500 = 5250 \text{ mm})$ olduğundan seçilebilecek en büyük aralık 200 mm olmaktadır.

$$\text{Alt donatı için } A_s = 0.035 \frac{M_d}{d} = 0.035 \frac{7403}{3.45} = 75.10 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Seçilen donatı :

$\Phi 32/20$ iki sıra üzerine $\Phi 26/20$ tek sıra kolon altlarına ilave

$$\text{Üst donatı için } A_s = 0.035 \frac{M_d}{d} = 0.035 \frac{1970}{3.45} = 19.98 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Seçilen donatı :

$\Phi 26/20$ tek sıra

6.10 Zaman tanım alanında hesap yöntemiyle analiz

Bu bölümde İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği taslağında yer alan deprem spektrumu kullanılarak, yapının zaman tanım alanında doğrusal analizi yapılacaktır. Yönetmelikte, daha önce değinilen koşulları özetlemek gerekirse;

- Zaman tanım alanında yapılacak analizler için yanal atımlı deprem kaynak mekanizması, $7.0 < M_w < 7.5$ deprem moment büyüklüğü ile C zemin sınıfı esas alınmıştır.
- Her bir deprem yer hareketi kaydı ivme genliğinin $\pm 0.05g$ sınır değerinin ilk ve son olarak aştığı iki nokta arasında kalan süre, binanın doğal titreşim periyodunun 5 katından veya 15 saniyeden daha kısa olmaması koşuluna dikkat edilmiştir.
- Analizde kullanılacak (D2) düzeyindeki depremin, 50 yılda aşılma olasılığı %10, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 475 yıldır.

Çizelge 6.20 : Deprem düzeyleri için spektral ivme değerleri.

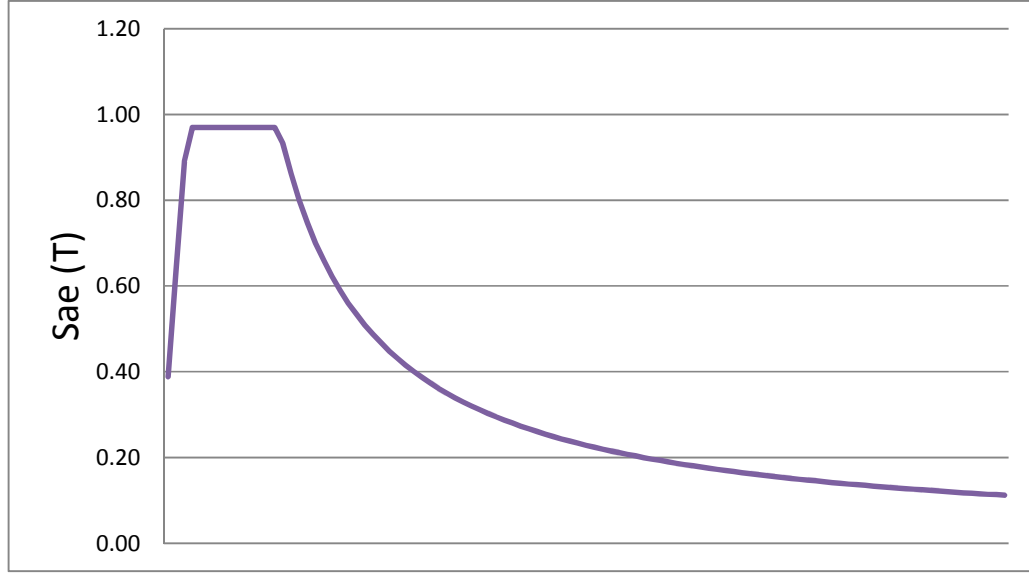
Tasarım Depremi	Ortalama Dönüş Periyodu-Aşılma Olasılığı	$S_s=0.2$ s Spektral ivme	$S_s=1.0$ s Spektral ivme
D1-Depremi	72 yıl-50 yılda %50	0.35	0.16
D2-Depremi	475yıl - 50 yılda %10	0.95	0.4
D3-Depremi	2475yıl - 50 yılda %2	1.35	0.65

Ayrıca C grubu zeminler için $S_{MS} = 0.97$ ve $S_{M1} = 0.56$ alınmaktadır.

$$T_s = \frac{S_{M1}}{S_{MS}} = \frac{0.56}{0.97} = 0.58s$$

$$T_0 = 0.2 T_s$$

$$T_0 = 0.2 \times 0.58 = 0.116s$$



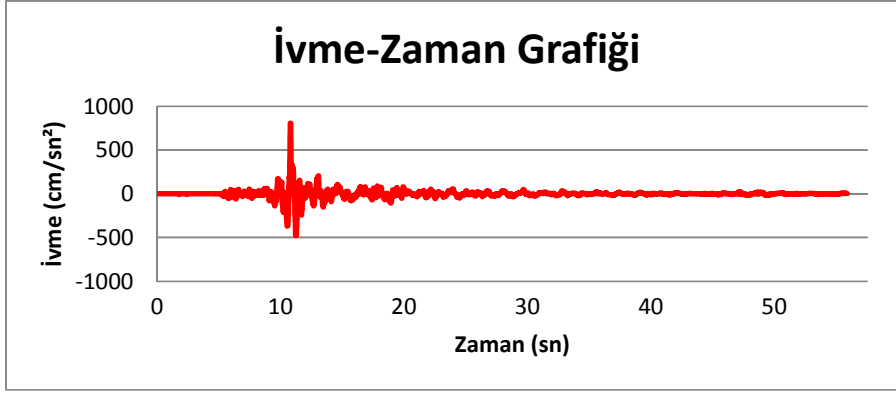
Şekil 6.29 : D2 Deprem düzeyi için tasarım spektrumu.

Çizelge 6.21 : Analiz için kullanılacak gerçek depremlere ait bilgiler.

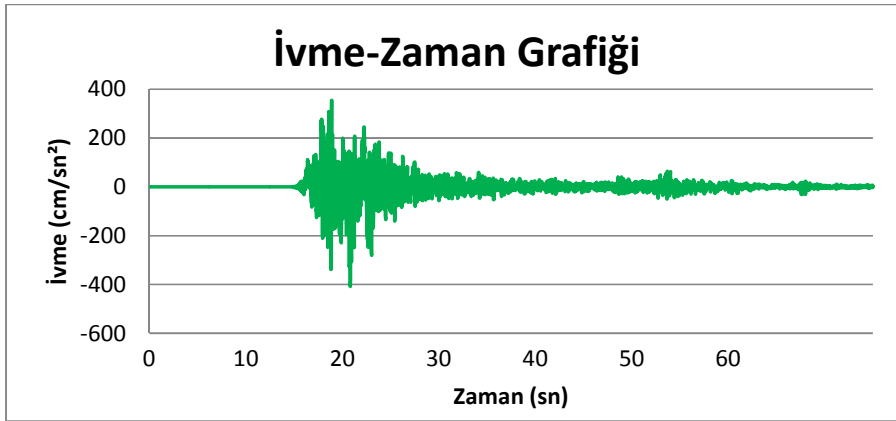
Deprem	Moment Büyüklüğü (Mw)	Fay Mekanizması	İstasyon	Bileşen (H1)	Bileşen (H2)	Epicentral Uzaklık (km)	Toplam Adım Sayısı
DÜZCE - 12.11.1999	7.2	Yanal Atımlı	Bolu	682. E-W	682.N-S	11	5590
KOCAELİ- 17.08.1999	7.4	Yanal Atımlı	Sakarya	246. E-W	246.N-S	15.9	38881
LANDERS- 28.06.1992	7.3	Yanal Atımlı	23 Coolwater	CLW-LN	CLW-TR	82.1	9625

Çizelge 6.22 : Deprem düzeyleri için spektral ivme değerleri.

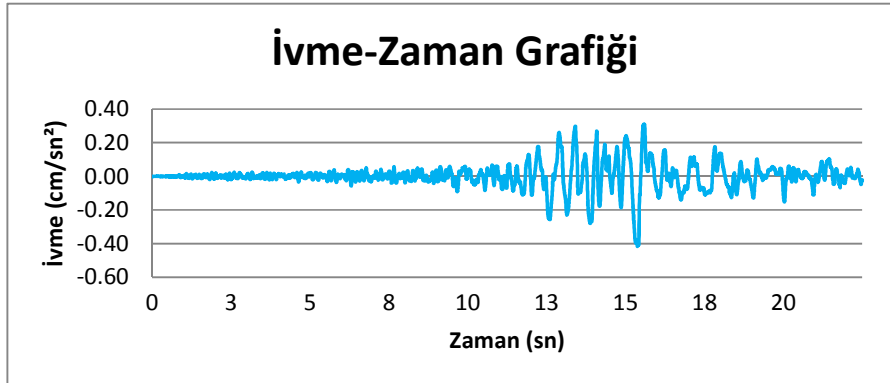
Deprem	SÜRE (sn)	Spektral İvme (cm/sn ²)
C1 Yapay Depremi	24	448
C2 Yapay Depremi	25	440
E1 Yapay Depremi	29	449
E2 Yapay Depremi	29	497



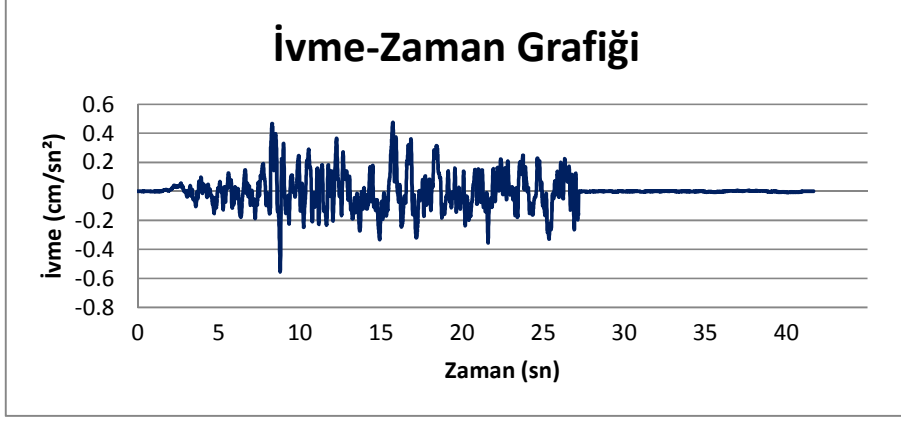
Şekil 6.30 : Düzce depremi E-W bileşeni ivme kaydı.



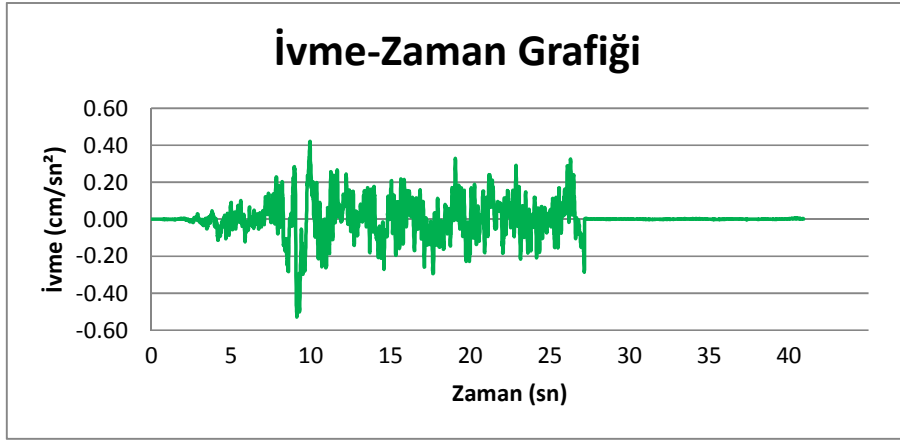
Şekil 6.31 : Kocaeli depremi E-W bileşeni ivme kaydı.



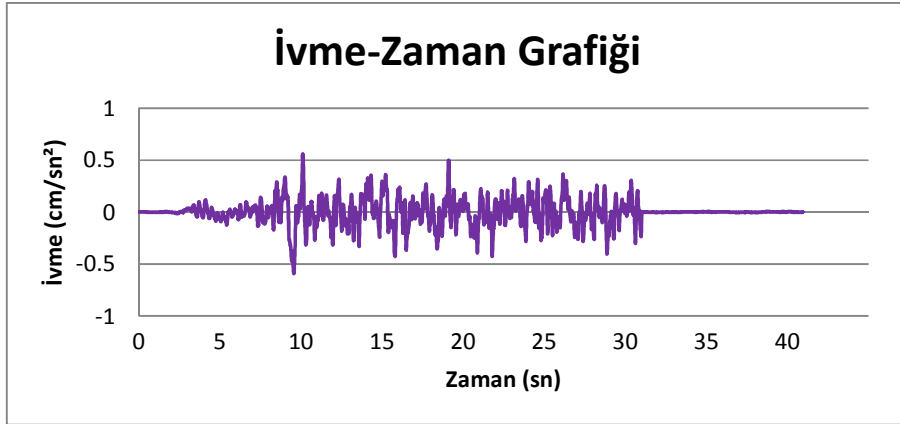
Şekil 6.32 : Landers depremi E-W bileşeni ivme kaydı.



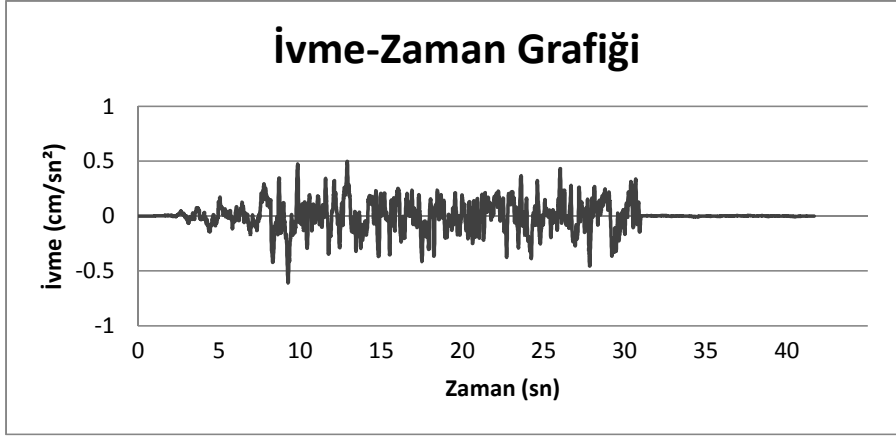
Şekil 6.33 : C1 yapay depremi ivme kaydı.



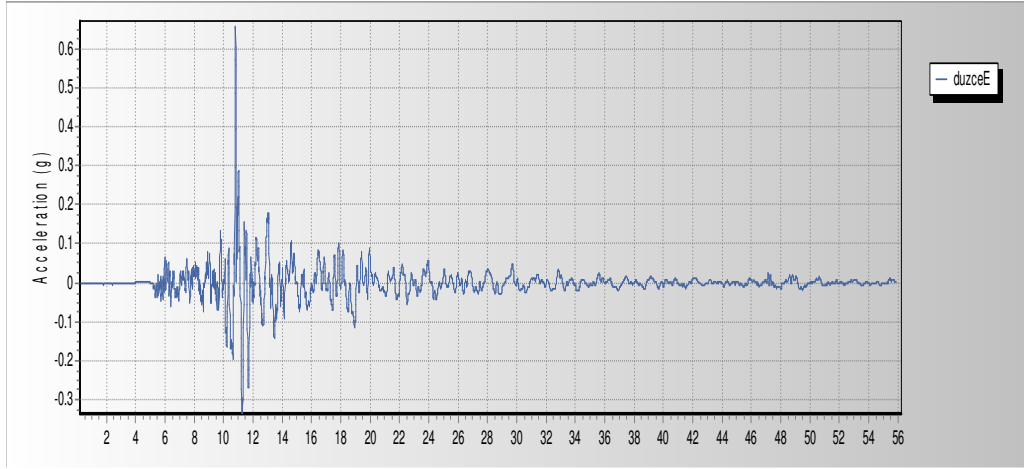
Şekil 6.34 : C2 yapay depremi ivme kaydı.



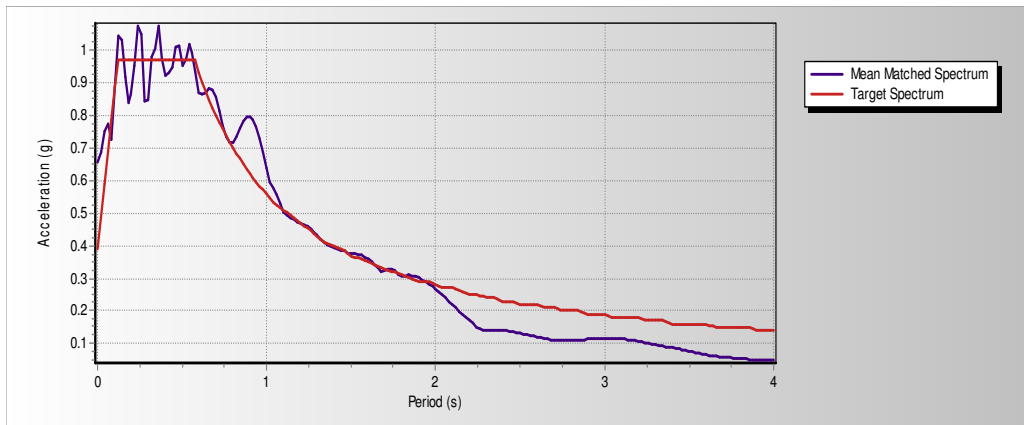
Şekil 6.35 : E1 yapay depremi ivme kaydı.



Şekil 6.36 : E2 yapay depremi ivme kaydı.



Şekil 6.37 : D2 Deprem spektrumuna karşı ölçeklenmiş ivme kaydı (Düzce E-W).



Şekil 6.38 : Düzce E-W hedef spektrumu.

6.10.1 Hesap sonuçlarının değerlendirilmesi

Zaman tanım alanında doğrusal analiz sonucunda her iki yönde üçer adet deprem kaydı için olmak üzere, toplam altı adet analiz için sonuç alınmıştır. Bu analiz sonuçlarına göre her iki yönde elde edilen sonuçların en elverişsiz olanları değerlendirilmeye alınmıştır.

Time History Function Definition

Function Name: DUZCEEW

Function File: File Name: Browse...
c:\users\serpil\desktop\ivme kayıtları\duzcee.w.txt

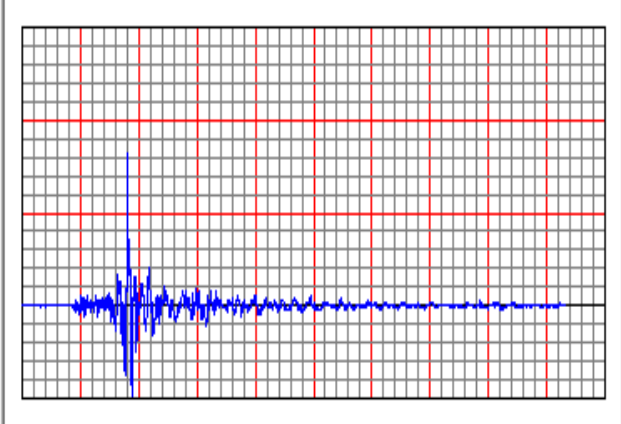
Header Lines to Skip: 0
Prefix Characters per Line to Skip: 0
Number of Points per Line: 1

Convert to User Defined View File

Values are:
 Time and Function Values
 Values at Equal Intervals of

Format Type:
 Free Format
 Fixed Format
Characters per Item

Function Graph



Display Graph

Şekil 6.39 : Ölçeklenmiş Düzce depremi kaydının ETABS programına tanıtılması.

Çizelge 6.23 : X-X yönü burulma düzensizliği kontrolü.

Kat	Kat Deplasmanları			Görel Kat Ötelemeleri			η _{bi}	Kontrol
	(di)max	(di)ort	(di)min	(Δi)max	(Δi)ort	(Δi)min		
41	0.35477	0.34027	0.32577	0.01182	0.01132	0.01082	1.04418	< 1.2
40	0.34295	0.32895	0.31495	0.01214	0.01164	0.01114	1.04296	< 1.2
39	0.33081	0.31731	0.30381	0.01035	0.00935	0.00835	1.10693	< 1.2
38	0.32046	0.30796	0.29546	0.01039	0.00989	0.00939	1.05056	< 1.2
37	0.31007	0.29807	0.28607	0.01101	0.01001	0.00901	1.0999	< 1.2
36	0.29906	0.28806	0.27706	0.01055	0.01005	0.00955	1.04975	< 1.2
35	0.28851	0.27801	0.26751	0.01056	0.01006	0.00956	1.0497	< 1.2
34	0.27795	0.26795	0.25795	0.01101	0.01051	0.01001	1.04757	< 1.2
33	0.26694	0.25744	0.24794	0.01188	0.01088	0.00988	1.09193	< 1.2
32	0.25506	0.24656	0.23806	0.01093	0.01043	0.00993	1.047934	< 1.2
31	0.24413	0.23613	0.22813	0.01092	0.01042	0.00992	1.04798	< 1.2
30	0.23321	0.22571	0.21821	0.01105	0.01055	0.01005	1.047416	< 1.2
29	0.22217	0.21517	0.20817	0.01173	0.00973	0.00773	1.205656	< 1.2
28	0.21044	0.20544	0.20044	0.01163	0.01073	0.00983	1.08388	< 1.2
27	0.19881	0.19471	0.19061	0.01164	0.01154	0.01144	1.00867	< 1.2
26	0.18717	0.18317	0.17917	0.01173	0.01163	0.01153	1.0086	< 1.2
25	0.17544	0.17154	0.16764	0.01155	0.0114	0.01125	1.01315	< 1.2
24	0.16389	0.16014	0.15639	0.01078	0.01058	0.01038	1.018907	< 1.2
23	0.15311	0.14956	0.14601	0.01025	0.01015	0.01005	1.00985	< 1.2
22	0.14286	0.13941	0.13596	0.00985	0.0097	0.00955	1.01546	< 1.2
21	0.13301	0.12971	0.12641	0.00889	0.00884	0.00879	1.00566	< 1.2
20	0.12412	0.12087	0.11762	0.0079	0.0078	0.0077	1.01283	< 1.2
19	0.11622	0.11307	0.10992	0.0083	0.00815	0.008	1.01842	< 1.2
18	0.10793	0.10493	0.10193	0.00826	0.00816	0.00806	1.01225	< 1.2
17	0.09967	0.09677	0.09387	0.00734	0.00714	0.00694	1.02803	< 1.2
16	0.09233	0.08963	0.08693	0.00741	0.00726	0.00711	1.020664	< 1.2
15	0.08492	0.08237	0.07982	0.00722	0.00702	0.00682	1.02851	< 1.2
14	0.07771	0.07536	0.07301	0.00769	0.00765	0.0076	1.00654	< 1.2
13	0.07001	0.06771	0.06541	0.00655	0.0065	0.00645	1.007698	< 1.2
12	0.06347	0.06122	0.05897	0.00684	0.00674	0.00664	1.01484	< 1.2
11	0.05663	0.05448	0.05233	0.00659	0.00619	0.00579	1.06467	< 1.2
10	0.05004	0.04829	0.04654	0.0061	0.00585	0.0056	1.04274	< 1.2
9	0.04394	0.04244	0.04094	0.00547	0.00542	0.00536	1.00923	< 1.2
8	0.03848	0.03703	0.03558	0.0054	0.00535	0.0053	1.00935	< 1.2
7	0.03308	0.03168	0.03028	0.00517	0.00502	0.00487	1.02988	< 1.2
6	0.02791	0.02666	0.02541	0.00528	0.00508	0.00488	1.03939	< 1.2
5	0.02263	0.02158	0.02053	0.00502	0.00487	0.00472	1.03079	< 1.2
4	0.01761	0.01671	0.01581	0.00755	0.00685	0.00615	1.10226	< 1.2
3	0.01007	0.00987	0.00967	0.00708	0.0069	0.00672	1.02588	< 1.2
2	0.00299	0.00297	0.00295	0.002	0.002	0.002	1.00075	< 1.2
1	0.00099	0.00097	0.00095	0.00099	0.00097	0.00095	1.02064	< 1.2

Çizelge 6.24 : Y-Y yönü burulma düzensizliği kontrolü.

Kat	Kat Deplasmanları			Görelî Kat Ötelemeleri			ηbi	Kontrol
	(di)max	(di)ort	(di)min	(Δi)max	(Δi)ort	(Δi)min		
41	0.34996	0.33546	0.321	0.01099	0.01049	0.01	1.047664	< 1.2
40	0.33897	0.32497	0.311	0.01095	0.01045	0.01	1.047847	< 1.2
39	0.32802	0.31452	0.301	0.0111	0.0101	0.0091	1.09901	< 1.2
38	0.31692	0.30442	0.2919	0.0109	0.01039	0.0099	1.048123	< 1.2
37	0.30603	0.29403	0.282	0.01094	0.00994	0.0089	1.100604	< 1.2
36	0.29509	0.28409	0.2731	0.01067	0.01017	0.0097	1.049164	< 1.2
35	0.28442	0.27392	0.2634	0.01103	0.01053	0.01	1.047483	< 1.2
34	0.27339	0.26339	0.2534	0.0112	0.0107	0.0102	1.046729	< 1.2
33	0.26219	0.25269	0.2432	0.01217	0.01117	0.0102	1.089526	< 1.2
32	0.25002	0.24152	0.233	0.01171	0.01121	0.0107	1.044603	< 1.2
31	0.23831	0.23031	0.2223	0.0121	0.0116	0.0111	1.043103	< 1.2
30	0.22621	0.21871	0.2112	0.01205	0.01155	0.0111	1.043290	< 1.2
29	0.21416	0.20716	0.2002	0.01173	0.00973	0.0077	1.205550	> 1.2
28	0.20243	0.19743	0.1924	0.01154	0.01064	0.0097	1.084586	< 1.2
27	0.19089	0.18679	0.1827	0.01094	0.01084	0.0107	1.009225	< 1.2
26	0.17995	0.17595	0.172	0.01092	0.01082	0.0107	1.009242	< 1.2
25	0.16903	0.1651	0.1612	0.00966	0.00951	0.0094	1.015773	< 1.2
24	0.15937	0.15562	0.1519	0.0098	0.0096	0.0094	1.020833	< 1.2
23	0.14957	0.14602	0.1425	0.00935	0.00925	0.0091	1.010811	< 1.2
22	0.14022	0.13677	0.1333	0.00921	0.00906	0.0089	1.016556	< 1.2
21	0.13101	0.12771	0.1244	0.00899	0.00894	0.0089	1.005593	< 1.2
20	0.12202	0.11877	0.1155	0.0082	0.0081	0.008	1.012347	< 1.2
19	0.11382	0.11067	0.1075	0.00782	0.00767	0.0075	1.019547	< 1.2
18	0.106	0.103	0.1	0.00726	0.00715	0.0071	1.013976	< 1.2
17	0.09874	0.09584	0.0929	0.00769	0.00749	0.0073	1.026717	< 1.2
16	0.09106	0.08836	0.0857	0.00736	0.0072	0.0071	1.020819	< 1.2
15	0.0837	0.08115	0.0786	0.00712	0.00692	0.0067	1.028923	< 1.2
14	0.07659	0.07424	0.0719	0.00746	0.00741	0.0074	1.006751	< 1.2
13	0.06913	0.06683	0.0645	0.00767	0.00762	0.0076	1.006566	< 1.2
12	0.06147	0.05922	0.057	0.00762	0.00752	0.0074	1.013307	< 1.2
11	0.05385	0.0517	0.0496	0.00701	0.00661	0.0062	1.060514	< 1.2
10	0.04684	0.04509	0.0433	0.00692	0.00667	0.0064	1.037481	< 1.2
9	0.03992	0.03842	0.0369	0.00637	0.00631	0.0063	1.007918	< 1.2
8	0.03356	0.03211	0.0307	0.00587	0.00582	0.0058	1.008598	< 1.2
7	0.02769	0.02629	0.0249	0.00578	0.00563	0.0055	1.026628	< 1.2
6	0.02191	0.02066	0.0194	0.00576	0.00556	0.0054	1.035992	< 1.2
5	0.01615	0.0151	0.0141	0.00483	0.00468	0.0045	1.032051	< 1.2
4	0.01132	0.01042	0.0095	0.00509	0.00439	0.0037	1.159453	< 1.2
3	0.00623	0.00603	0.0058	0.00392	0.00374	0.0036	1.047708	< 1.2
2	0.00231	0.00229	0.0023	0.00152	0.00152	0.0015	1.000988	< 1.2
1	0.00079	0.00077	0.0008	0.00079	0.00077	0.0008	1.025974	< 1.2

6.10.2 Deplasman ve görelî kat ötelemeleri kontrolü

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden *azaltılmış görelî kat ötelemesi*, Δ_i ,

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (6.70)$$

formülüyle elde edilmektedir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın *i*'inci katındaki kolon veya perdeler için *etkin görelî kat ötelemesi*, δ_i ,

$$\delta_i = R \cdot \Delta_i \quad (6.71)$$

formülüyle elde edilmektedir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir *i*'inci katındaki kolon veya perdelerdeki δ_i etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{\max}$,

$$(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02$$

koşulunu sağlamalıdır.

Çizelge 6.25 : X-X yönü görelî kat ötelemeleri kontrolü

KAT	h _i	d _i (max)	(Δ_i)max	(δ_i)max = R Δ_i	(δ_i)max / h _i	Kontrol
41	4.50	0.35477	0.011818	0.082726	0.01838356	< 0.02
40	4.50	0.34295	0.012138	0.084966	0.01888133	< 0.02
39	4.50	0.33081	0.010352	0.072464	0.01610311	< 0.02
38	4.50	0.32046	0.01039	0.07273	0.01616222	< 0.02
37	4.50	0.31007	0.01101	0.07707	0.01712667	< 0.02
36	4.50	0.29906	0.01055	0.07385	0.01641111	< 0.02
35	4.50	0.28851	0.01056	0.07392	0.01642667	< 0.02
34	4.50	0.27795	0.01101	0.07707	0.01712667	< 0.02
33	4.50	0.26694	0.011878	0.083146	0.01847689	< 0.02
32	4.50	0.25506	0.010931	0.076517	0.01700378	< 0.02
31	4.50	0.24413	0.010921	0.076447	0.01698822	< 0.02
30	4.50	0.23321	0.011045	0.077315	0.01718111	< 0.02
29	4.50	0.22217	0.011725	0.082075	0.01823889	< 0.02
28	4.50	0.21044	0.01163	0.08141	0.01809111	< 0.02
27	4.50	0.19881	0.01164	0.08148	0.01810667	< 0.02
26	4.50	0.18717	0.011729	0.082103	0.01824511	< 0.02
25	4.50	0.17544	0.011554	0.080878	0.01797289	< 0.02
24	4.50	0.16389	0.010778	0.075446	0.01676578	< 0.02

23	4.50	0.15311	0.010249	0.071743	0.01594289	< 0.02
22	4.50	0.14286	0.009851	0.068957	0.01532378	< 0.02
21	4.50	0.13301	0.008889	0.062223	0.01382733	< 0.02
20	4.50	0.12412	0.007897	0.055279	0.01228422	< 0.02
19	4.50	0.11622	0.008295	0.058065	0.01290333	< 0.02
18	4.50	0.10793	0.008263	0.057841	0.01285356	< 0.02
17	4.50	0.09967	0.007335	0.051345	0.01141	< 0.02
16	4.50	0.09233	0.007409	0.051863	0.01152511	< 0.02
15	4.50	0.08492	0.007216	0.050512	0.01122489	< 0.02
14	4.50	0.07771	0.007695	0.053865	0.01197	< 0.02
13	4.50	0.07001	0.006545	0.045815	0.01018111	< 0.02
12	4.50	0.06347	0.00684	0.04788	0.01064	< 0.02
11	4.50	0.05663	0.006585	0.046095	0.01024333	< 0.02
10	4.50	0.05004	0.0061	0.0427	0.00948889	< 0.02
9	4.50	0.04394	0.005465	0.038255	0.00850111	< 0.02
8	4.50	0.03848	0.005395	0.037765	0.00839222	< 0.02
7	4.50	0.03308	0.00517	0.0361914	0.00804253	< 0.02
6	4.50	0.02791	0.005278	0.0369446	0.00820991	< 0.02
5	4.50	0.02263	0.005022	0.035154	0.007812	< 0.02
4	6.75	0.01761	0.007545	0.052815	0.00782444	< 0.02
3	6.75	0.01007	0.007075	0.049525	0.00733704	< 0.02
2	3.80	0.00299	0.002001	0.014007	0.00368605	< 0.02
1	3.80	0.00099	0.000989	0.006923	0.00182184	< 0.02

Yukarıdaki yapının deprem kuvvetleri etkisinde yatay deplasmanları ve görelî kat ötelemeleri verilmiştir. Deprem etkisi altında en büyük deplasman 35.47 cm' dir.

$$35.47 < H / 500$$

187.6 / 500 = 0.3752 koşulu sağlanmaktadır.

En büyük görelî kat ötelemesi 0.01888' dir.

DBYBHY-2007 madde 2.10.1'de verilen koşula göre binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerdeki δ_i etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{max}$ 'ın kat yüksekliğine bölümü 0.02'den küçük olmalıdır. Bu koşul $0.01888 < 0.02$ olduğundan koşul sağlanmaktadır.

Çizelge 6.26 : Y-Y Yönü görelî kat ötelemeleri kontrolü.

KAT	hi	di(max)	(Δ_i)max	(δ_i)max = R Δ_i	(δ_i)max / hi	Kontrol
41	4.50	0.34996	0.01099	0.07693	0.0170956	< 0.02
40	4.50	0.33897	0.01095	0.07665	0.0170333	< 0.02

39	4.50	0.32802	0.0111	0.0777	0.0172667	< 0.02
38	4.50	0.31692	0.0109	0.07623	0.0169400	< 0.02
37	4.50	0.30603	0.01094	0.07658	0.0170178	< 0.02
36	4.50	0.29509	0.01067	0.07469	0.0165978	< 0.02
35	4.50	0.28442	0.01103	0.07721	0.0171578	< 0.02
34	4.50	0.27339	0.0112	0.0784	0.0174222	< 0.02
33	4.50	0.26219	0.01217	0.08519	0.0189311	< 0.02
32	4.50	0.25002	0.01171	0.08197	0.0182156	< 0.02
31	4.50	0.23831	0.0121	0.0847	0.0188222	< 0.02
30	4.50	0.22621	0.01205	0.08435	0.0187444	< 0.02
29	4.50	0.21416	0.01173	0.08211	0.0182467	< 0.02
28	4.50	0.20243	0.01154	0.08078	0.0179511	< 0.02
27	4.50	0.19089	0.01094	0.07658	0.0170178	< 0.02
26	4.50	0.17995	0.01092	0.07644	0.0169867	< 0.02
25	4.50	0.16903	0.00966	0.06762	0.0150267	< 0.02
24	4.50	0.15937	0.0098	0.0686	0.0152444	< 0.02
23	4.50	0.14957	0.00935	0.06545	0.0145444	< 0.02
22	4.50	0.14022	0.00921	0.06447	0.0143267	< 0.02
21	4.50	0.13101	0.00899	0.06293	0.0139844	< 0.02
20	4.50	0.12202	0.008199	0.057393	0.0127540	< 0.02
19	4.50	0.113821	0.007824	0.054768	0.0121707	< 0.02
18	4.50	0.105997	0.007255	0.050785	0.0112856	< 0.02
17	4.50	0.098742	0.007686	0.053802	0.0119560	< 0.02
16	4.50	0.091056	0.007355	0.051485	0.0114411	< 0.02
15	4.50	0.083701	0.007115	0.049805	0.0110678	< 0.02
14	4.50	0.076586	0.007456	0.052192	0.0115982	< 0.02
13	4.50	0.06913	0.007665	0.053655	0.0119233	< 0.02
12	4.50	0.061465	0.007615	0.053305	0.0118456	< 0.02
11	4.50	0.05385	0.00701	0.04907	0.0109044	< 0.02
10	4.50	0.04684	0.00692	0.04844	0.0107644	< 0.02
9	4.50	0.03992	0.006365	0.044555	0.0099011	< 0.02
8	4.50	0.033555	0.005865	0.041055	0.0091233	< 0.02
7	4.50	0.02769	0.005783	0.0404824	0.0089961	< 0.02
6	4.50	0.021907	0.005757	0.0402976	0.0089550	< 0.02
5	4.50	0.01615	0.00483	0.03381	0.0075133	< 0.02
4	6.75	0.01132	0.00509	0.03563	0.0052785	< 0.02
3	6.75	0.00623	0.00392	0.02744	0.0040652	< 0.02
2	3.80	0.00231	0.00152	0.01064	0.0028000	< 0.02
1	3.80	0.00079	0.00079	0.00553	0.0014553	< 0.02

Yukarıdaki yapının deprem kuvvetleri etkisinde yatay deplasmanları ve görelî kat ötelemeleri verilmiştir. Deprem etkisi altında en büyük deplasman 34.99 cm' dir.

$$34.99 < H / 500$$

$187.6 / 500 = 0.3752$ koşulunu sağlamaktadır.

En büyük görelî kat ötelemesi 0.01882' dir.

DBYBHY-2007 madde 2.10.1'de verilen koşula göre binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerdeki δ_i etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{\max}$ 'ın kat yüksekliğine bölümü 0.02'den küçük olmalıdır. Bu koşul $0.01882 < 0.02$ olduğundan sağlanmaktadır.

6.10.3 B2 Komşu katlararası rijitlik düzensizliği kontrolü

Çizelge 6.27 : X-X yönü komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.

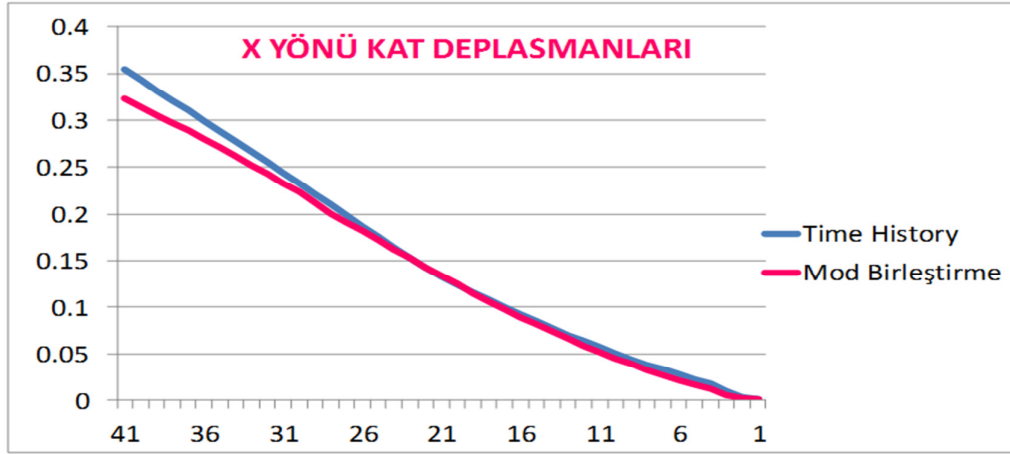
Kat	Ortalama Görelî Kat Ötelemeleri			$\eta_k(i/i-1)$	$\eta_k(i/i+1)$	Kontrol
	$(\Delta i)_{\max}/h_i$	$(\Delta i)_{\text{ort}}/h_i$	$(\Delta i)_{\min}/h_i$			
41	0.0026	0.0025	0.0024	0.9725		< 2.00
40	0.0027	0.0026	0.0025	1.2444	1.0283	< 2.00
39	0.0023	0.0021	0.0019	0.9456	0.8036	< 2.00
38	0.0023	0.0022	0.0021	0.9880	1.0575	< 2.00
37	0.0024	0.0022	0.0020	0.9960	1.0121	< 2.00
36	0.0023	0.0022	0.0021	0.9990	1.0040	< 2.00
35	0.0023	0.0022	0.0021	0.9572	1.0010	< 2.00
34	0.0024	0.0023	0.0022	0.9662	1.0447	< 2.00
33	0.0026	0.0024	0.0022	1.0429	1.0350	< 2.00
32	0.0024	0.0023	0.0022	1.0010	0.9589	< 2.00
31	0.0024	0.0023	0.0022	0.9882	0.9990	< 2.00
30	0.0025	0.0023	0.0022	1.0843	1.0119	< 2.00
29	0.0026	0.0022	0.0017	0.9063	0.9222	< 2.00
28	0.0026	0.0024	0.0022	0.9298	1.1033	< 2.00
27	0.0026	0.0026	0.0025	0.9923	1.0755	< 2.00
26	0.0026	0.0026	0.0026	1.0197	1.0077	< 2.00
25	0.0026	0.0025	0.0025	1.0781	0.9807	< 2.00
24	0.0024	0.0024	0.0023	1.0423	0.9276	< 2.00
23	0.0023	0.0023	0.0022	1.0462	0.9594	< 2.00
22	0.0022	0.0022	0.0021	1.0975	0.9559	< 2.00
21	0.0020	0.0020	0.0020	1.1336	0.9111	< 2.00
20	0.0018	0.0017	0.0017	0.9573	0.8821	< 2.00
19	0.0018	0.0018	0.0018	0.9978	1.0446	< 2.00
18	0.0018	0.0018	0.0018	1.1441	1.0022	< 2.00
17	0.0016	0.0016	0.0015	0.9829	0.8741	< 2.00
16	0.0016	0.0016	0.0016	1.0346	1.0174	< 2.00
15	0.0016	0.0016	0.0015	0.9177	0.9665	< 2.00
14	0.0017	0.0017	0.0017	1.1771	1.0897	< 2.00
13	0.0015	0.0014	0.0014	0.9636	0.8496	< 2.00
12	0.0015	0.0015	0.0015	1.0897	1.0377	< 2.00

11	0.0015	0.0014	0.0013	1.0573	0.9177	< 2.00
10	0.0014	0.0013	0.0012	1.0803	0.9458	< 2.00
9	0.0012	0.0012	0.0012	1.0131	0.9256	< 2.00
8	0.0012	0.0012	0.0012	1.0647	0.9871	< 2.00
7	0.0011	0.0011	0.0011	0.9887	0.9392	< 2.00
6	0.0012	0.0011	0.0011	1.0422	1.0115	< 2.00
5	0.0011	0.0011	0.0010	1.0676	0.9595	< 2.00
4	0.0011	0.0010	0.0009	0.9925	0.9366	< 2.00
3	0.0010	0.0010	0.0010	1.9417	1.0075	< 2.00
2	0.0005	0.0005	0.0005	1.8223	0.5150	< 2.00
1	0.0003	0.0003	0.0002		0.4846	< 2.00

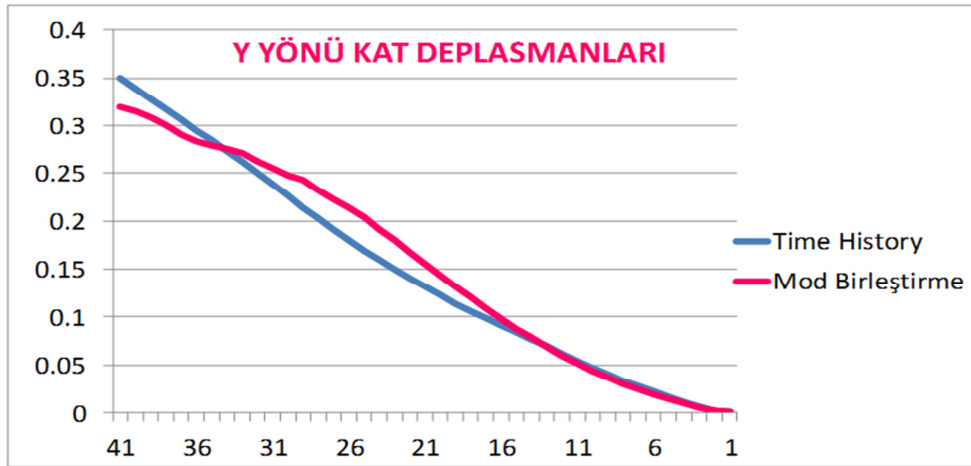
Çizelge 6.28 : Y-Y yönü komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.

Kat	Ortalama Göreli Kat Ötelemeleri			$\eta_k(i/i-1)$	$\eta_k(i/i+1)$	Kontrol
	$(\Delta i)_{max}/h_i$	$(\Delta i)_{ort}/h_i$	$(\Delta i)_{min}/h_i$			
41	0.0024	0.0023	0.0022	1.0038		< 2.00
40	0.0024	0.0023	0.0022	1.0347	0.9962	< 2.00
39	0.0025	0.0022	0.0020	0.9721	0.9665	< 2.00
38	0.0024	0.0023	0.0022	1.0453	1.0287	< 2.00
37	0.0024	0.0022	0.0020	0.9774	0.9567	< 2.00
36	0.0024	0.0023	0.0021	0.9658	1.0231	< 2.00
35	0.0025	0.0023	0.0022	0.9841	1.0354	< 2.00
34	0.0025	0.0024	0.0023	0.9579	1.0161	< 2.00
33	0.0027	0.0025	0.0023	0.9964	1.0439	< 2.00
32	0.0026	0.0025	0.0024	0.9664	1.0036	< 2.00
31	0.0027	0.0026	0.0025	1.0043	1.0348	< 2.00
30	0.0027	0.0026	0.0025	1.1871	0.9957	< 2.00
29	0.0026	0.0022	0.0017	0.9145	0.8424	< 2.00
28	0.0026	0.0024	0.0022	0.9815	1.0935	< 2.00
27	0.0024	0.0024	0.0024	1.0018	1.0188	< 2.00
26	0.0024	0.0024	0.0024	1.1377	0.9982	< 2.00
25	0.0021	0.0021	0.0021	0.9906	0.8789	< 2.00
24	0.0022	0.0021	0.0021	1.0378	1.0095	< 2.00
23	0.0021	0.0021	0.0020	1.0210	0.9635	< 2.00
22	0.0020	0.0020	0.0020	1.0134	0.9795	< 2.00
21	0.0020	0.0020	0.0020	1.1038	0.9868	< 2.00
20	0.0018	0.0018	0.0018	1.0554	0.9059	< 2.00
19	0.0017	0.0017	0.0017	1.0725	0.9475	< 2.00
18	0.0016	0.0016	0.0016	0.9558	0.9324	< 2.00
17	0.0017	0.0017	0.0016	1.0390	1.0463	< 2.00
16	0.0016	0.0016	0.0016	1.0419	0.9625	< 2.00
15	0.0016	0.0015	0.0015	0.9337	0.9598	< 2.00
14	0.0017	0.0016	0.0016	0.9726	1.0710	< 2.00

13	0.0017	0.0017	0.0017	1.0133	1.0282	< 2.00
12	0.0017	0.0017	0.0016	1.1369	0.9869	< 2.00
11	0.0016	0.0015	0.0014	0.9910	0.8796	< 2.00
10	0.0015	0.0015	0.0014	1.0562	1.0091	< 2.00
9	0.0014	0.0014	0.0014	1.0860	0.9468	< 2.00
8	0.0013	0.0013	0.0013	1.0323	0.9208	< 2.00
7	0.0013	0.0013	0.0012	1.0137	0.9687	< 2.00
6	0.0013	0.0012	0.0012	1.1874	0.9864	< 2.00
5	0.0011	0.0010	0.0010	1.5991	0.8422	< 2.00
4	0.0008	0.0007	0.0005	1.1733	0.6254	< 2.00
3	0.0006	0.0006	0.0005	1.3871	0.8523	< 2.00
2	0.0004	0.0004	0.0004	1.8223	0.7209	< 2.00
1	0.0002	0.0002	0.0002		0.5071	< 2.00



Şekil 6.40 : İki deprem hesap yöntemi için X yönü kat deplasmanları grafiği.



Şekil 6.41 : İki deprem hesap yöntemi için Y yönü kat deplasmanları grafiği.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- Günümüzde artan nüfus, pahalı arsa bedelleri, inşaat teknolojisindeki gelişmeler ve yapı malzemelerindeki ilerlemelerle birlikte yüksek yapıların sayısı giderek artmıştır. Tez konusu kapsamında, çok katlı yüksek yapıların genel anlamda bir tanımının olmadığı, yapının inşa edildiği bölgeye göre yükseklik kavramının değişebileceği anlaşılmıştır.
- Çok katlı yüksek yapıların tasarımında diğer yapılarda olduğu gibi en önemli etkenlerin başında, depremden kaynaklanan yatay yükler gelmektedir. Yatay kuvvetler yüksekliğe bağlı olarak dikkat çekici bir hızla artmaktadır. Dolayısıyla yapı yükseldikçe hem mukavemet hem de rijitlik kriterlerine daha fazla dikkat edilmelidir. Alınacak bazı önlemler yapının deprem davranışı açısından önem taşımaktadır.

- ✓ Narin binalardan kaçınılması,
- ✓ Yapı yüksekliği boyunca ani rijitlik değişimlerinden kaçınılması,
- ✓ Binanın ağırlığı arttıkça karşılaşılabilecek deprem kuvvetinin artacağı gözönüne alınarak hafif yapı malzemelerinin tercih edilmesi,
- ✓ Bina ağırlık merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmasının sağlanması,
- ✓ Düşey taşıyıcıların sürekliliğine ve plandaki simetrisine önem verilmesi,
- ✓ Mimari açıdan daha basit formların tercih edilmesi,

gibi bazı tasarım tercih ve önlemleri yapının deprem dayanımı ve performansı için avantaj sağlamaktadır.

- Tez konusu çelik ve betonarme taşıyıcı sisteme sahip yapı için hem çelik hesapları, hem de betonarme çekirdek perde hesabı yapılmıştır. Öncelikle temelden başlamak gerekirse yapının yapıldığı yerdeki zemin emniyet gerilmesinin 80kN/m^2 dolaylarında olması sebebiyle zemin iyileştirmesi

yapma ihtiyacı doğmuştur. Zemine 80 cm çapında 30m derinliğinde fore kazıklar belli aralıklarla uygulanarak zeminin taşıma kapasitesi artırılmıştır. 3.5 m yüksekliğinde bir radyetemel ile üst yapıdan gelen yük güvenle temele aktarılmıştır. Üst yapının statik ve dinamik yükler altındaki analizi için DBYBHY-2007 esas alınmıştır. Yapı mod birleştirme yöntemine göre analiz edilmiştir. Yapıdaki çekirdek perdenin bir bölümünün 17. Kattan sonra devam etmemesi dolayısıyla yapıda B3 türü düzensizlik bulunmaktadır. Yapıda burulma düzensizliğinin önlenmesi ve görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması koşulları gereğince perdenin kesildiği kattan itibaren yapıda simetrik bir taşıyıcı sistem düzenlemesi oluşturulmaya çalışılmıştır. Sonuç olarak yapıda A3 ve B3 türü düzensizlikler dışında düşeyde veya planda düzensizlik bulunmamaktadır. Çelik kolon ve kirişlerin kesit hesapları, kompozit döşeme hesapları yapılarak yapıya gelen yükler karşısında kesit yeterlilikleri, güçlü kolon-zayıf kiriş kontrolleri yapılarak yapının dayanımı test edilmiştir. Zaman tanım alanında lineer analiz için İYBDY-2008 taslağı kriterlerine uygun olarak belirlenen yedi adet deprem kaydından üç tanesi seçilmiş, bu kayıtlardan elde edilen max sonuçlar tablo olarak verilmiştir. Mod birleştirme yöntemi ile zaman tanım alanında hesap yöntemi sonucunda elde edilen deplasman değerleri kıyaslaması yapılmıştır.

- Sonuç olarak sistem Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 esaslarına göre güvenlidir tespitini yapabiliriz.

KAYNAKLAR

- [1] **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik**, 2007. Bayındırlık Bakanlığı, Ankara.
- [2] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [3] **ETABS**, Extended 3D Analysis of Building Systems, Computers and Structures Inc. 2000. Berkeley, California.
- [4] **SEISMOSIGNAL**, Seismosoft, Earthquake Engineering Software Solutions, 2010 Messina, Italy.
- [5] **Hasgür, Z. ve Gündüz, N.**,1996. Betonarme Çok Katlı Yapılar, Beta Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.
- [6] **Yardımcı, N.**,2005. Türkiye’de Çelik Yapılar, Türkiye Mühendislik Haberleri S.435 - 2005/1.
- [7] **Özden K. ve Kumbasar N.**,1993. Betonarme Yüksek Binalar, İTÜ Rektörlüğü, Sayı:1510, İstanbul.
- [8] **İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği**, 2007. İstanbul.
- [9] **İzmir Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği**, 2002. İzmir.
- [10] **Ankara Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği**, 2010. Ankara.
- [11] **Bursa Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği**, 2012. Bursa.
- [12] **Beedle, L.S., Rice, D.B.**, (1995). Structural Systems for Tall Buildings, Council onTall Buildings and Urban Habitat Committee 3, NY: McGraw-Hill, Inc.
- [13] **Öke A.**, 1991. İstanbul’un Geleceği ve Gökdelenler Paneli’nde yapılan konuşma, TMMOB, Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi, İstanbul’un Geleceği ve Gökdelenler, İstanbul,s.138.
- [14] **Kırkan, S.**, 2005. İTÜ Yüksek Lisans Tezi.
- [15] **Keldi, H.İ.**, 2005. YTÜ Yüksek Lisans Tezi.
- [16] **TS-500**, 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [17] **TS-498**, 1987. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin

Hesap Değerleri Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[18] **TS-3357**, 1979. Çelik Yapılarda Kaynaklı Birleşmelerin Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[19] **TS-648**, 1980. Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[20] **Ardıç, H.**, 1993. Betonarme yüksek yapıların taşıyıcı sistemlerinin incelenmesi ve tüp taşıyıcı sistemli yüksek yapıların dinamik hesabı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[21] **Coşkun, E.**, 2006. Yüksek binaların gelişimi ve tasarım ilkeleri, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul.

[22] **5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)**, 13-15 Mayıs 2009 Karabük, Türkiye.

[23] **Aytıs, S.**, 2005. Yüksek Binaların Depreme Dayanımında Uygulanacak Tasarım Kriterleri, Kocaeli.

[24] **Doğangün, A.**, 2002. Betonarme Yapıların hesap ve tasarımı, birsen yayınevi, İstanbul.

[25] **Hanmehmetova, Z.**, (2000). "Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarım Esasları-II", Teknik Yayınevi, Ankara.

[26] **Arda, T. S., Yardımcı N.**, 2000. Çelik Yapıda Karma Elemanları Plastik Hesabı, Birsen Yayınevi, İstanbul.

[27] **Özsen, E. G., Yamantürk E.**, 1991. Taşıyıcı Sistem Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul

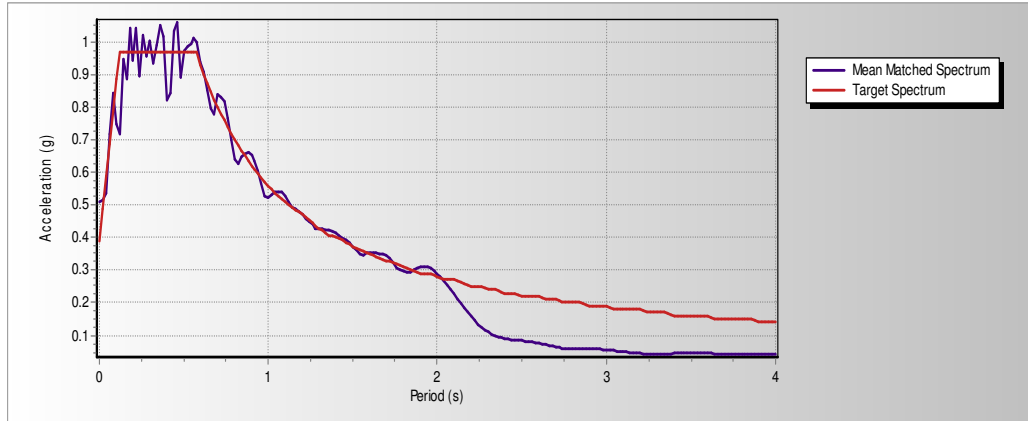
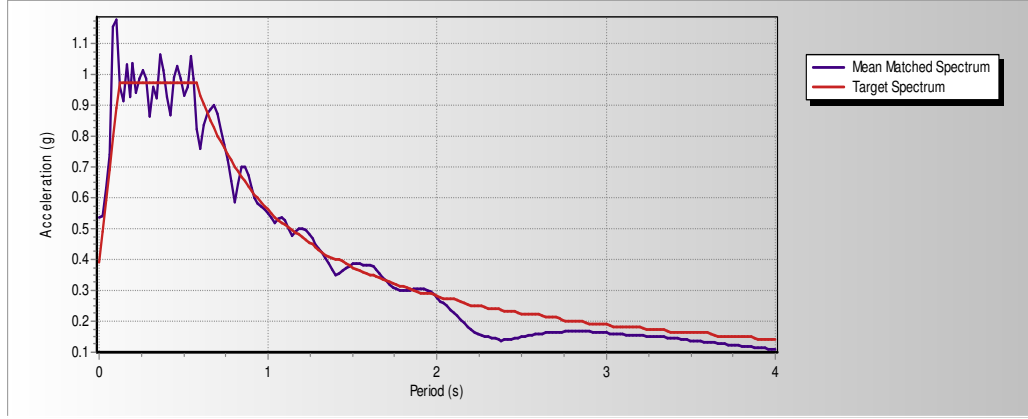
[28] **İMO.**, 2012. Basın Açıklaması, İstanbul.

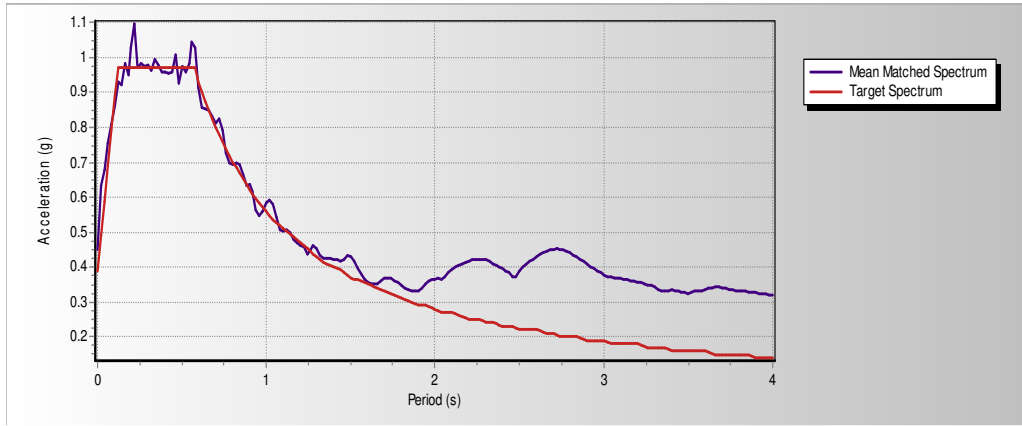
[29] **Hasol D.**, 2007. Yüksek Yapı Tutkusu. Alındığı tarih: 13.05.2013, adres: <http://www.yapidergisi.com/makaleicerik.aspx?MakaleNum=37>

[30] **Wikipedia İnternet Sitesi**

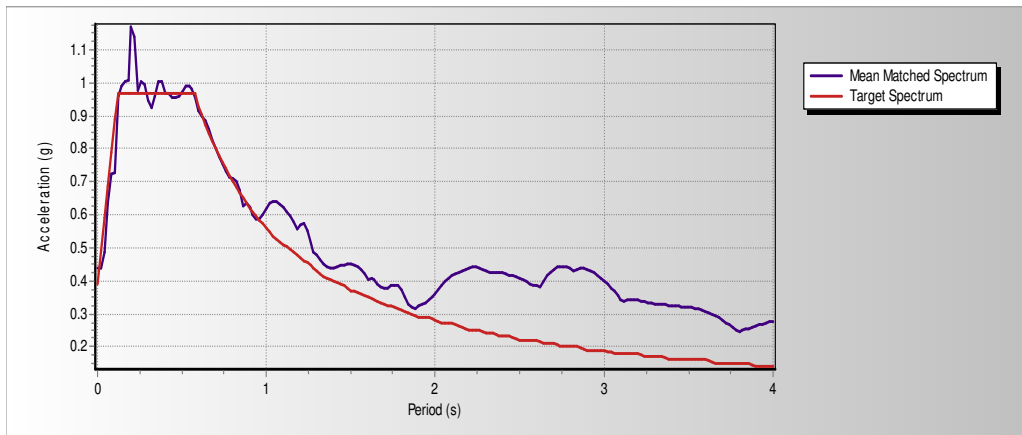
EKLER

EK A: İvme Kayıtları

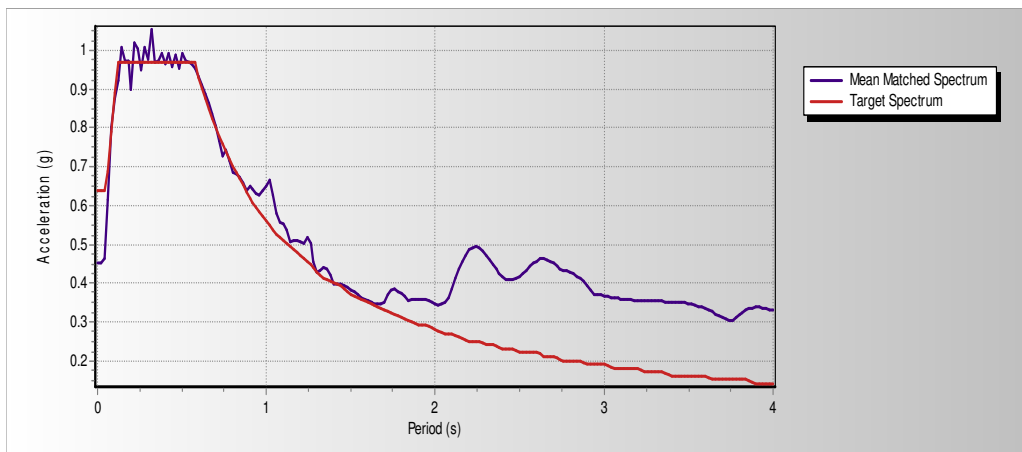




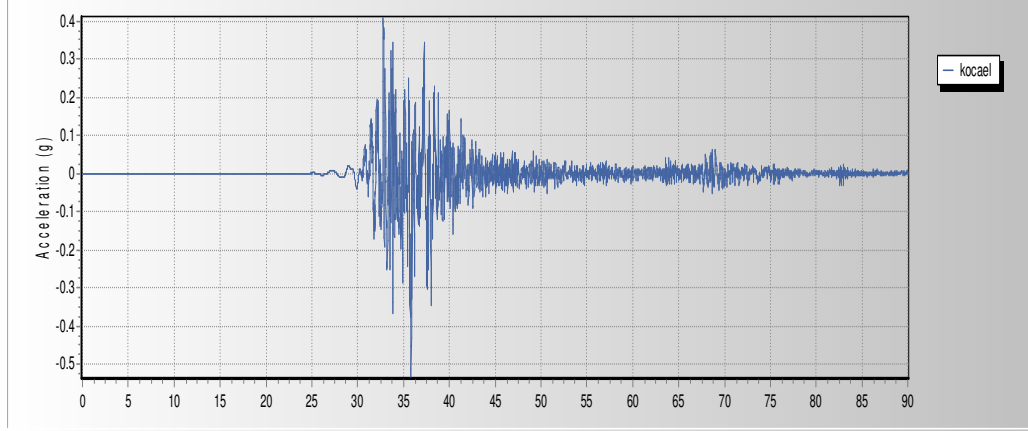
Şekil A.3 : C1 Yapay kaydı hedef spektrumu.



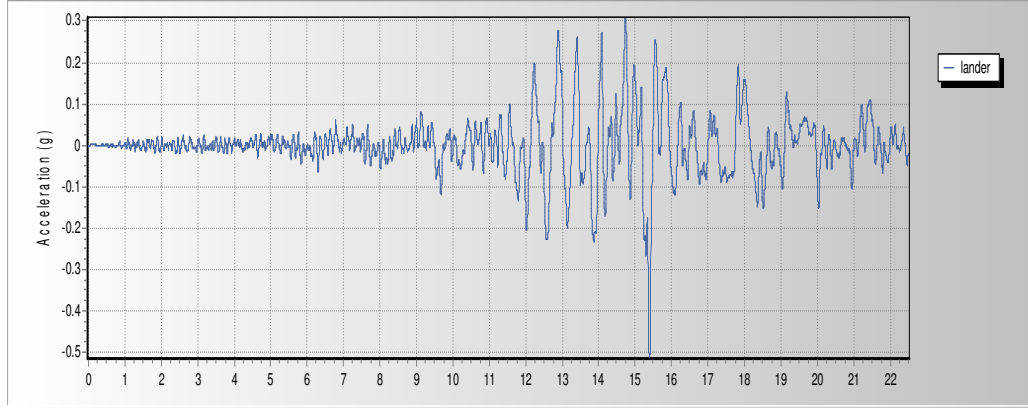
Şekil A.4 : C2 Yapay kaydı hedef spektrumu.



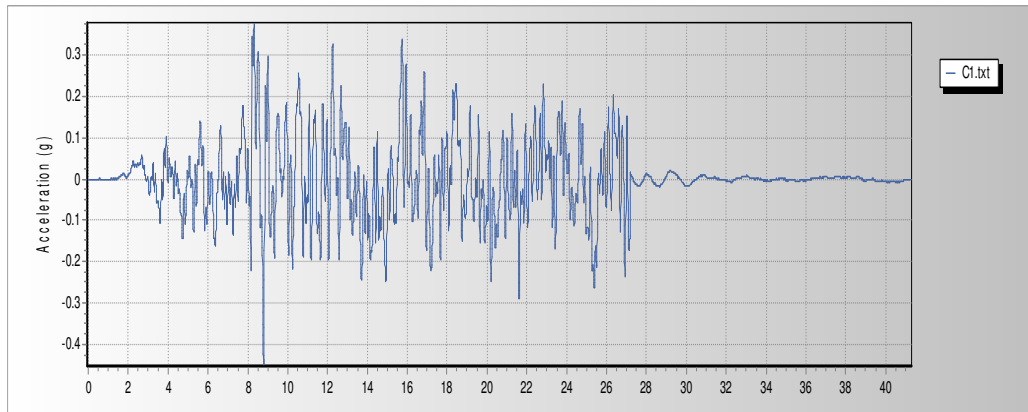
Şekil A.5 : E1 Yapay kaydı hedef spektrumu.



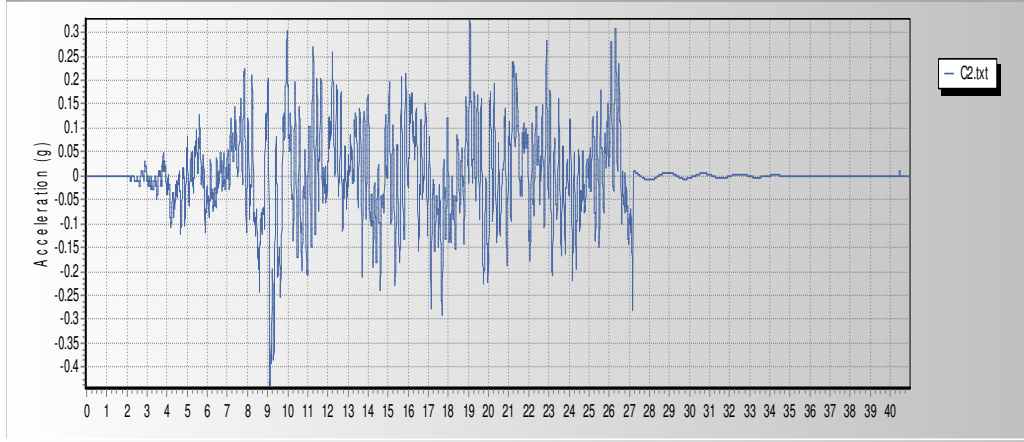
Şekil A.6 : D2 deprem spektrumuna göre ölçeklenmiş ivme kaydı (Kocaeli-EW).



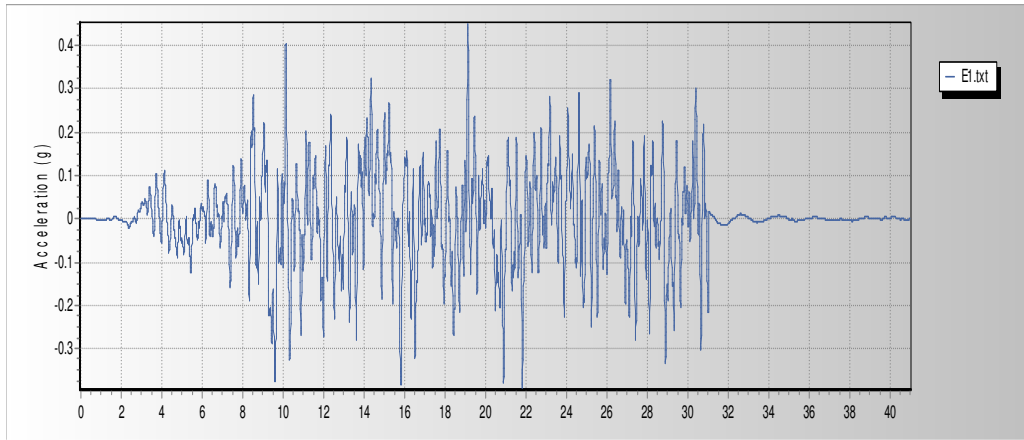
Şekil A.7 : D2 deprem spektrumuna göre ölçeklenmiş ivme kaydı (Landers-CLW).



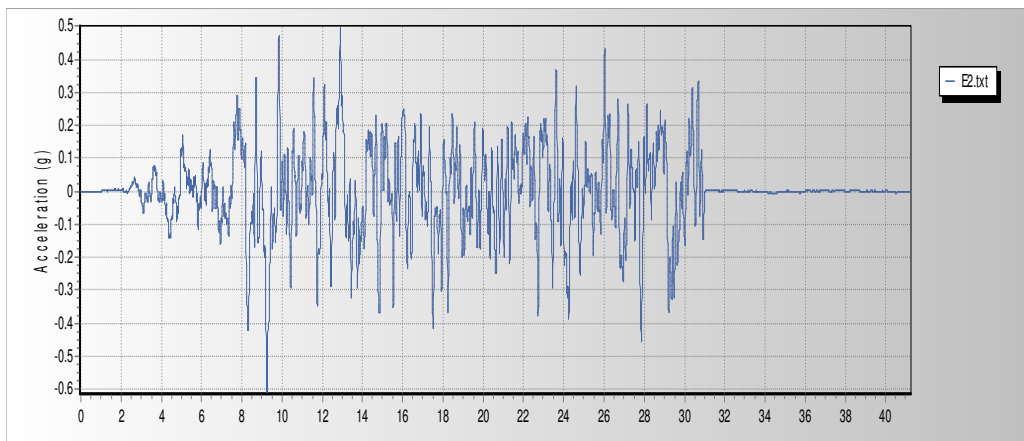
Şekil A.8 : D2 deprem spektrumuna göre ölçeklenmiş ivme kaydı (C1).



Şekil A.9 : D2 deprem spektrumuna göre ölçeklenmiş ivme kaydı (C2).



Şekil A.10 : D2 deprem spektrumuna göre ölçeklenmiş ivme kaydı (E1)



Şekil A.11 : D2 deprem spektrumuna göre ölçeklenmiş ivme kaydı (E2).

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Serpil BOZKURT

Doğum Yeri ve Tarihi: BURSA 04.02.1984

E-Posta: serpilergen@hotmail.com

Lisans: Kocaeli Üniversitesi 2009

Mesleki Deneyim ve Ödüller: 4 yıllık mesleki deneyimi bulunmaktadır.