

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KATLI BİR BETONARME YAPININ FARKLI ÜLKE
YÖNETMELİKLERİNE GÖRE TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuna TAŞKIN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KATLI BİR BETONARME YAPININ FARKLI ÜLKE
YÖNETMELİKLERİNE GÖRE TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Tuna TAŞKIN
501091194**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL

HAZİRAN 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501091194 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Tuna TAŞKIN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ÇOK KATLI BİR BETONARME YAPININ FARKLI ÜLKE YÖNETMELİKLERİNE GÖRE TASARIMI** ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Mustafa GENÇOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. İrfan COŞKUN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **02 Mayıs 2012**
Savunma Tarihi : **04 Haziran 2012**

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde, özellikle tezi, yazım kılavuzuna uygun olarak yazmaya başladığım dönemde hep önsözü yazacağım anı merak ettim. Hesapladım ki İTÜ'ye kayıt olduğum günden şu ana 814 gün olmuş.

Hem İTÜ'de geçirdiğim dönemde, hem daha önceki yıllarda; özetle doğduğum günden bu günlerime, her insan gibi zor zamanlar geçirdiğim oldu. Annem ve babam her zaman yanımda oldular. Açıkçası onların desteği olmasaydı benim değil lisansüstü eğitim yapmak, inşaat mühendisliğinde lisans derecesi almam bile mümkün olmazdı. Bunun farkında olarak, anneme, babama, tüm aileme ve ülkeme daha çok faydalı olacağım günlerin ümidiyle geleceğe bakıyorum.

Bu çalışmada bana yol gösteren, bir süre işte çalıştığım ve tezden uzaklaştığım dönemde desteği ve hoşgörüsüyle moralimi yüksek tutmamı sağlayan, gerektiğinde en temel konuları bile öğretmekten çekinmeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL'a teşekkür ederim. Ayrıca bugüne dek üzerimde emeği olan tüm hocalarımı saygıyla hatırlarım.

Mayıs 2012

Tuna TAŞKIN
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
SEMBOL LİSTESİ	xvii
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
2. TÜRK, EUROCODE VE AMERİKAN YÖNETMELİKLERİ'NDE	
TASARIM AŞAMALARI	3
2.1 Türk Yönetmelikleri'ne Göre Tasarım Aşamaları	3
2.1.1 Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelikte eşdeğer	
deprem yükü yöntemi.....	3
2.1.2 DBYBHY'de mod birleştirme yöntemi	9
2.1.3 DBYBHY'de yapı düzensizlikleri	10
2.1.3.1 Planda düzensizlik durumları	10
2.1.3.2 Düşey doğrultuda düzensizlik durumları	12
2.1.4 TS-500'de taşıma gücü limit durumuna göre hesap ilkeleri	15
2.2 Eurocode Yönetmelikleri'ne Göre Tasarım Aşamaları.....	16
2.2.1 Eurocode 8'de eşdeğer deprem yükü yöntemi	16
2.2.2 Eurocode 8'de mod birleştirme yöntemi.....	20
2.2.3 Eurocode 8'de yapı düzensizlikleri.....	20
2.2.3.1 Planda düzensizlik durumları	20
2.2.3.2 Düşey doğrultuda düzensizlik durumları	21
2.2.4 Eurocode 2'de taşıma gücü limit durumuna göre hesap ilkeleri.....	23
2.3 Amerikan Yönetmelikleri'ne Göre Tasarım Aşamaları	23
2.3.1 ASCE/SEI 7'de eşdeğer deprem yükü yöntemi	23
2.3.2 ASCE/SEI 7'de mod birleştirme yöntemi.....	27
2.3.3 ASCE/SEI 7'de yapı düzensizlikleri.....	28
2.3.3.1 Planda düzensizlik durumları	28
2.3.3.2 Düşey doğrultuda düzensizlik durumları	30
2.3.4 ACI 318'de taşıma gücü limit durumuna göre hesap ilkeleri	32
3. BETONARME BİR YAPININ TASARIMI.....	35
3.1 Döşemelerin Tasarımı	36
3.2 Kiriş ve Kolon Boyutlarının Belirlenmesi	40
3.3 Bina Modelinin Oluşturulması	44
3.4 Modal Analiz.....	46
4. ANALİZ VE TASARIMLARIN YAPILMASI.....	51
4.1 Türk Yönetmelikleri'ne Göre Hesap	51
4.1.1 Deprem hesabı.....	51

4.1.1.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi hesapları	51
4.1.1.2 Düzensizliklerin kontrolü	53
4.1.1.3 Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü	57
4.1.1.4 İkinci mertebe etkilerin kontrolü	57
4.1.1.5 Mod birleştirme yöntemi hesapları	59
4.1.2 Tasarımda kullanılan yük birleşimleri	61
4.1.3 Kesit tasarımlarının yapılması	62
4.1.3.1 Kiriş kesitlerinin tasarımı	62
4.1.3.2 Kolon kesitlerinin tasarımı	65
4.1.3.3 Perde kesitlerinin tasarımı	65
4.1.4 Kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulunun kontrolü	66
4.1.5 Donatı metraj ve maliyeti	67
4.2 Eurocode Yönetmelikleri'ne Göre Hesap	67
4.2.1 Deprem hesabı	67
4.2.1.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi hesapları	67
4.2.1.2 Düzensizliklerin kontrolü	69
4.2.1.3 Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü	69
4.2.1.4 İkinci mertebe etkilerin kontrolü	70
4.2.1.5 Mod birleştirme yöntemi hesapları	71
4.2.2 Tasarımda kullanılan yük birleşimleri	73
4.2.3 Kesit tasarımlarının yapılması	73
4.2.3.1 Kiriş kesitlerinin tasarımı	73
4.2.3.2 Kolon kesitlerinin tasarımı	76
4.2.3.3 Perde kesitlerinin tasarımı	76
4.2.4 Donatı metraj ve maliyeti	77
4.3 Amerikan Yönetmelikleri'ne Göre Hesap	77
4.3.1 Deprem hesabı	77
4.3.1.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi hesapları	77
4.3.1.2 Düzensizliklerin kontrolü	78
4.3.1.3 Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü	80
4.3.1.4 İkinci mertebe etkilerin kontrolü	81
4.3.1.5 Mod birleştirme yöntemi hesapları	83
4.3.2 Tasarımda kullanılan yük birleşimleri	84
4.3.3 Kesit tasarımlarının yapılması	85
4.3.3.1 Kiriş kesitlerinin tasarımı	85
4.3.3.2 Kolon kesitlerinin tasarımı	85
4.3.3.3 Perde kesitlerinin tasarımı	88
4.3.4 Donatı metraj ve maliyeti	88
5. HESAP SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	89
5.1 Yapı Periyotlarının Karşılaştırılması	89
5.2 Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	89
5.3 Katların Maksimum Yer Değiştirme ve Görelî Öteleme Değerlerinin Karşılaştırılması	92
5.4 Etkin Görelî Kat Öteleme Oranlarının Karşılaştırılması	96
5.5 İkinci Mertebe Etkilerin Karşılaştırılması	98
5.6 Eleman İç Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	99
5.7 Donatı Metraj ve Maliyetinin Karşılaştırılması	102
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	105
KAYNAKLAR	109
EKLER	111

ÖZGEÇMİŞ.....	115
----------------------	------------

KISALTMALAR

ACI	: American Concrete Institute
ASCE/SEI	: Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers
CQC	: Complete Quadratic Combination
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
EN	: European Norm
IBC	: International Building Code
SAP	: Structural Analysis Program
SRSS	: Square Root of the Sum of the Squares
TS	: Türk Standardı
USGS	: United States Geological Survey

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Bina önem katsayısı (I).....	4
Çizelge 2.2 : Etkin yer ivmesi katsayısı (A_o).....	5
Çizelge 2.3 : Spektrum karakteristik periyotları (T_A, T_B).....	6
Çizelge 2.4 : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R).....	7
Çizelge 2.5 : Hareketli yük katılım katsayısı (n).....	8
Çizelge 2.6 : Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar	9
Çizelge 2.7 : Yüksek sismisite için önerilen spektrum parametreleri	17
Çizelge 2.8 : Eurocode 8 bina önem katsayıları	18
Çizelge 2.9 : Eurocode 8 esas davranış katsayıları.....	19
Çizelge 2.10 : ASCE/SEI 7 yaklaşık periyot parametreleri.....	24
Çizelge 2.11 : ASCE/SEI 7 bina önem katsayıları	26
Çizelge 2.12 : ASCE/SEI 7 yapı davranış katsayısı	27
Çizelge 2.13 : ACI 318 taşıma gücü azaltma katsayıları.....	32
Çizelge 2.14 : ACI-318, Eurocode 2 ve TS 500 betonarme hesap kabullerinin karşılaştırılması	33
Çizelge 3.1 : Bina genel bilgileri	36
Çizelge 3.2 : Döşeme açıklık ve mesnet momentleri	38
Çizelge 3.3 : Döşeme donatı hesabı sonuçları.....	39
Çizelge 3.4 : Kolon boyutlarının belirlenmesi.....	40
Çizelge 3.5 : Etkili tabla genişlikleri	44
Çizelge 3.6 : Kat kütleleri ve yapı ağırlığı.....	46
Çizelge 3.7 : Etkin kütlelerin toplamı.....	49
Çizelge 3.8 : Modların periyot, frekans ve açısal frekans değerleri	50
Çizelge 4.1 : Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesap.....	51
Çizelge 4.2 : Eşdeğer deprem yüklerinin katlara dağıtılması.....	52
Çizelge 4.3 : A1 burulma düzensizliğinin kontrolü.....	53
Çizelge 4.4 : Ek dış merkezlik etkilerinin büyütülmesi.....	54
Çizelge 4.5 : B1 zayıf kat düzensizliğinin kontrolü	55
Çizelge 4.6 : B2 yumuşak kat düzensizliğinin kontrolü.....	56
Çizelge 4.7 : Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü	58
Çizelge 4.8 : İkinci mertebe etkilerin kontrolü.....	59
Çizelge 4.9 : X doğrultusu kiriş boyuna donatıları.....	63
Çizelge 4.10 : Y doğrultusu kiriş boyuna donatıları.....	64
Çizelge 4.11 : Zemin ve normal katta kolon boyuna donatıları	65
Çizelge 4.12 : Zemin ve normal katta perde boyuna donatıları.....	66
Çizelge 4.13 : Güçlü kolon-zayıf kiriş kontrolü	67
Çizelge 4.14 : Zemin katta donatı metraj ve maliyeti.....	67
Çizelge 4.15 : Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesap.....	68
Çizelge 4.16 : Eşdeğer deprem yükünün katlara dağıtılması	68
Çizelge 4.17 : Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü	70

Çizelge 4.18 : İkinci mertebe etkilerin kontrolü.....	71
Çizelge 4.19 : X doğrultusu kiriş boyuna donatıları.....	74
Çizelge 4.20 : Y doğrultusu kiriş boyuna donatıları.....	75
Çizelge 4.21 : Zemin ve normal katta perde boyuna donatıları.....	76
Çizelge 4.22 : Zemin katta donatı metraj ve maliyeti.....	77
Çizelge 4.23 : Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesap.....	77
Çizelge 4.24 : Eşdeğer deprem yükünün katlara dağıtılması.....	78
Çizelge 4.25 : Burulma düzensizliğinin kontrolü.....	79
Çizelge 4.26 : Ek dış merkezlik etkilerinin büyütülmesi.....	80
Çizelge 4.27 : Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü.....	81
Çizelge 4.28 : İkinci mertebe etkilerin kontrolü.....	82
Çizelge 4.29 : X doğrultusu kiriş boyuna donatıları.....	86
Çizelge 4.30 : Y doğrultusu kiriş boyuna donatıları.....	87
Çizelge 4.31 : Zemin ve normal katta perde boyuna donatıları.....	88
Çizelge 4.32 : Zemin katta donatı metraj ve maliyeti.....	88
Çizelge 5.1 : Yapı periyotlarının karşılaştırılması.....	89
Çizelge 5.2 : Kiriş iç kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	100
Çizelge 5.3 : Kolon iç kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	101
Çizelge 5.4 : Perde iç kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	101
Çizelge A.1 : DBYBHY zemin grupları.....	112
Çizelge A.2 : DBYBHY zemin sınıfları.....	112
Çizelge A.3 : Eurocode 8 zemin grupları.....	113
Çizelge A.4 : IBC zemin sınıfları.....	114

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: DBYBHY tasarım spektrumu	5
Şekil 2.2	: Göreli kat ötelemelerinin elde edilmesi.....	11
Şekil 2.3	: A2 düzensizlik durumu I	11
Şekil 2.4	: A2 düzensizlik durumu II ve III	12
Şekil 2.5	: A3 düzensizlik durumu	12
Şekil 2.6	: B3 düzensizlik durumu (a)	13
Şekil 2.7	: B3 düzensizlik durumu (b).....	14
Şekil 2.8	: B3 düzensizlik durumu (c)	14
Şekil 2.9	: B3 düzensizlik durumu (d)	14
Şekil 2.10	: Eurocode 8 elastik davranış spektrumu.....	17
Şekil 2.11	: Eurocode 8’de planda girinti yapan kısımlarla ilgili koşul	20
Şekil 2.12	: Eurocode 8 geri çekme koşulu (a).....	21
Şekil 2.13	: Eurocode 8 geri çekme koşulu (b).....	22
Şekil 2.14	: Eurocode 8 geri çekme koşulu (c).....	22
Şekil 2.15	: Eurocode 8 geri çekme koşulu (d).....	23
Şekil 2.16	: ASCE/SEI 7 tasarım spektrumu	25
Şekil 2.17	: 1a ve 1b burulma düzensizliği.....	28
Şekil 2.18	: Girintili köşe düzensizliği	29
Şekil 2.19	: Düşey elemanların akstan sapma düzensizliği	29
Şekil 2.20	: Yumuşak kat düzensizliği	30
Şekil 2.21	: Kütle dağılım düzensizliği	30
Şekil 2.22	: Düşey geometri düzensizliği	31
Şekil 2.23	: Düşey elemanların süreksizlik düzensizliği	31
Şekil 2.24	: Zayıf kat düzensizliği	32
Şekil 3.1	: Zemin kat ve normal kat kalıp planı.....	37
Şekil 3.2	: Binanın üç boyutlu modeli	45
Şekil 3.3	: Yapının birinci mod şekli	47
Şekil 3.4	: Yapının ikinci mod şekli	48
Şekil 4.1	: X doğrultusu için azaltılmış ivme spektrumu.....	60
Şekil 4.2	: Y doğrultusu için azaltılmış ivme spektrumu.....	60
Şekil 4.3	: Azaltılmış ivme spektrumu	72
Şekil 4.4	: Azaltılmış ivme spektrumu	83
Şekil 5.1	: Eşdeğer deprem yükü yöntemi taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	90
Şekil 5.2	: Modal analizle bulunan periyotlara göre hesaplanan toplam eşdeğer deprem yüklerinin karşılaştırılması.....	91
Şekil 5.3	: Mod birleştirme yöntemi taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması...	92
Şekil 5.4	: X doğrultusunda maksimum yer değiştirmelerin karşılaştırılması.....	93
Şekil 5.5	: Y doğrultusunda maksimum yer değiştirmelerin karşılaştırılması.....	93
Şekil 5.6	: X doğrultusunda maksimum göreli ötelemelerin karşılaştırılması.....	94
Şekil 5.7	: Y doğrultusunda maksimum göreli ötelemelerin karşılaştırılması.....	95

Şekil 5.8 : X doğrultusunda etkin görelî kat öteleme oranlarının karşılaştırılması..	95
Şekil 5.9 : Y doğrultusunda etkin görelî kat öteleme oranlarının karşılaştırılması..	95
Şekil 5.10 : X doğrultusunda ikinci mertebe etkilerin karşılaştırılması	96
Şekil 5.11 : Y doğrultusunda ikinci mertebe etkilerin karşılaştırılması	97
Şekil 5.12 : Boyuna donatı miktarlarının karşılaştırılması	102
Şekil 5.13 : Boyuna donatı maliyetlerinin karşılaştırılması.....	103

SEMBOL LİSTESİ

A_c	: Kolon enkesit alanı
A_o	: Etkin yer ivmesi katsayısı
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
a_g	: A tipi zemin için tasarım yer ivmesi
C_d	: Deplasman büyütme katsayısı
C_s	: Sismik katsayı
d_{fi}	: Binanın i'inci katında fiktif yüklere göre hesaplanan yer değiştirme
d_r	: Etkin ortalama görelî öteleme
E_s	: Donatı elastisite modülü
e_o	: Kütle ve rijitlik merkezleri arasındaki mesafe
F_a	: Kısa periyot zemin katsayısı
F_b	: Eşdeğer deprem yükü yöntemi taban kesme kuvveti
F_{bk}	: Rijit bodrum katına etkiyen eşdeğer deprem yükü
F_d	: Tasarım kuvveti
F_{fi}	: i'inci kata etkiyen fiktif yük
F_i	: i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
F_v	: Uzun periyot zemin katsayısı
f_{ck}	: Beton karakteristik basınç dayanımı
H	: Temelden itibaren veya rijit bodrum varsa zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen bina yüksekliği
H_i	: Binanın i'inci katının temel üstünden veya rijit bodrum varsa zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen yüksekliği
h	: Kat yüksekliği
h_i	: Binanın i'inci katının kat yüksekliği
h_n	: Bina tabanından itibaren ölçülen bina yüksekliği
h_{sx}	: Kat yüksekliği
h_x	: Binanın x seviyesindeki katının bina tabanından ölçülen yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
l_s	: Kat dönme yarıçapı
m	: Binanın temel üstünden veya rijit bodrum varsa zemin kat döşemesinden itibaren hesaplanan toplam kütlesi
m_i	: Binanın i'inci katının kütlesi
N	: Binanın temel üstünden veya rijit bodrum varsa zemin kat döşemesinden itibaren sahip olduğu kat sayısı
N_d	: Hesap normal kuvveti
n	: Hareketli yük katılım katsayısı

P_{tot}	: İlgili kat seviyesinin üzerindeki toplam bina yükü
P_x	: Binanın x seviyesindeki toplam düşey yük
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
R_d	: Tasarım dayanımı
r	: Kat burulma yarıçapı
S	: Zemin katsayısı
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivmesi
S_{D1}	: 1 saniye periyodu tasarım spektral ivmesi
S_{MS}	: Zemin katsayısıyla çarpılmış kısa periyot tasarım spektral ivmesi
S_{M1}	: Zemin katsayısıyla çarpılmış 1 saniye periyodu tasarım spektral ivmesi
S_s	: Kısa periyot için spektral ivme
S_1	: 1 saniye periyot için spektral ivme
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
T	: Bina doğal titreşim periyodu
T_a	: Bina yaklaşık periyodu
T_L	: Uzun periyot bölgesine geçiş periyodu
V	: Eşdeğer deprem yükü yöntemi taban kesme kuvveti
V_i	: Binanın i'inci katına etki eden kat kesme kuvveti
V_t	: Eşdeğer deprem yükü yöntemi taban kesme kuvveti
V_{tB}	: Mod birleştirme yöntemi taban kesme kuvveti
V_{tot}	: İlgili kat seviyesindeki toplam kat kesme kuvveti
V_x	: Binanın x seviyesindeki toplam kat kesme kuvveti
z_i	: Binanın i'inci katının temel üstünden veya rijit bodrum varsa zemin kat döşemesinden itibaren yüksekliği
q	: Yapı davranış katsayısı
W	: Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan toplam ağırlığı
w_{bk}	: Rijit bodrum katın ağırlığı
w_i	: Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
α_s	: Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı
γ_I	: Bina önem katsayısı
γ_{mc}	: Beton için malzeme katsayısı
γ_{ms}	: Donatı için malzeme katsayısı
ΔF_N	: Binanın çatı katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
Δ_i	: Binanın i'inci katındaki azaltılmış öteleme
δ_i	: Binanın i'inci katındaki etkin göreceli öteleme

δ_x	: Binanın x seviyesindeki etkin yer değiştirme
δ_{xe}	: Binanın x seviyesinde elastik hesap sonucu elde edilen yer değiştirme
ϵ_{cu}	: Beton ezilme birim kısalması
η_{bi}	: İ'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
η_{ci}	: İ'inci katta tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı
η_{ki}	: İ'inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı
θ_i	: İ'inci kat için ikinci mertebe gösterge değeri
λ	: Eşdeğer deprem yükü düzeltme katsayısı
v	: 95 yıl periyotlu depremi göz önüne alan düzeltme katsayısı
ϕ	: Taşıma gücü azaltma katsayısı

ÇOK KATLI BİR BETONARME YAPININ FARKLI ÜLKE YÖNETMELİKLERİNE GÖRE TASARIMI

ÖZET

Yapıların analiz ve tasarımında, yapının inşa edileceği ülkede kabul edilmiş yönetmeliklerden faydalanılır. Yapıların hesap ve yapım kurallarını içeren yönetmeliklerin yanında, depreme dayanıklı yapı tasarımını sağlamayı hedefleyen yönetmeliklerin kullanılması büyük önem oluşturmaktadır. Özellikle betonarme yapıların gerçek sınavlarını depremlerde verdikleri bilinmektedir. Bu yüzden deprem etkisini göz önüne almayan tasarımlar yetersizdir ve çoğu durum için yasaklanmıştır.

Bu tez çalışmasında amacımız çok katlı bir betonarme yapının farklı ülke yönetmeliklerine göre tasarımını; tüm analiz ve tasarım aşamalarını lineer elastik davranış kabulüyle aynı sistem modelinde uygulayarak gerçekleştirmek ve elde edilen sonuçları karşılaştırmaktır. Çalışmaya esas alınan ülkeler Türkiye, Avrupa Birliği Ülkeleri ve Amerika Birleşik Devletleri'dir.

Ülkemizde, betonarme yapıların hesap ve yapım kurallarını TS 500, depreme dayanıklı yapı tasarımını ise Türk Deprem Yönetmeliği; Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) düzenlemektedir.

Avrupa Birliği ülkelerinde, Avrupa Birliği ortak yönetmeliği diyebileceğimiz Eurocode setleri kullanılmaktadır. Bu setler arasında betonarme yapıların tasarımını Eurocode 2, depreme dayanıklı yapı tasarımını Eurocode 8 düzenlemektedir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde ise betonarme yapı tasarımını ACI 318 düzenlemekte, depreme dayanıklı yapı tasarımında IBC ve ASCE/SEI 7 hükümleri geçerli olmaktadır.

Tasarımda işletme yükleri ile beraber deprem etkilerinin göz önünde bulundurulduğu durumlar birçok durumda en elverişsiz koşulları verir ve tasarımı deprem etkileri yönlendirir. Bu sebeple deprem hesap yönteminin seçimi ve deprem kuvvetinin doğru hesaplanması depreme dayanıklı yapılar tasarlayabilmek için şarttır.

Aynı zamanda farklı ülke yönetmelikleri arasında hesap sonuçlarını etkileyecek en önemli hükümlerin deprem yönetmeliği koşulları olacağı da söylenebilir. Bu yüzden bu çalışmada öncelikle ilgili bölümler altında deprem analiz aşamaları sunulmuştur.

Hem uygulamada yaygın olarak kullanılan hem de çalışmada göz önüne alınan üç farklı yönetmelikte de ilk sırada yer bulan iki yöntem "Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi" ve "Mod Birleştirme Yöntemi" dir. Bu iki yöntemin uygulama kuralları verilmiştir.

Üç sismik tasarım yönetmeliği için de yapı düzensizlikleri ile ilgili koşullar verilmiştir. Yapı düzensizlikleri deprem hesap yönteminin seçimine etki eder ve sismik tasarım yönetmelikleri düzensiz yapılara ceza uygular.

Yapı düzensizliklerinin açıklanmasıyla genel analiz ve tasarım prosedürünün depremle ilgili kısmı tamamlanmıştır.

Betonarme kesitlerin taşıma gücü limit durumlarına göre tasarımında geçerli kurallar ve hesap kabulleri sırasıyla TS 500, Eurocode 2 ve ACI 318 için ilgili bölümlerde verilmiştir.

Çalışmaya konu olan bina yapısı ayrı bir bölümde tanıtılmıştır. Yapı; çok katlı perdeli ve çerçevesel betonarme bir konut yapısıdır. Bir rijit bodrum katından, bir adet zemin kattan ve 12 normal kattan oluşmaktadır. Tüm katların yüksekliği 3 metredir. Bina her üç yönetmeliğe göre de deprem etkilerinin yıkıcı olduğu bölgede konumlanmaktadır.

Yapının 3 boyutlu olarak modellenmesinde ve çözümlemesinin yapılmasında SAP2000 v15 kullanılmıştır. Yapının üç boyutlu modelinin oluşturulmasında kirişler ve kolonlar çubuk eleman, perdeler ise kabuk eleman olarak tanımlanmıştır. Döşemeler modelde tanımlanmamıştır. Döşemelerden kirişlere etki eden yükler, programa elle girilmiştir. Döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilerek, kat seviyelerindeki düğüm noktalarına rijit diyaframlar atanmıştır. Etkili tabla genişlikleri TS 500'e göre belirlenerek kiriş kesit özellikleri modelde tanımlanmıştır.

Deprem hesaplarının sunulmasında eşdeğer deprem yükü yöntemi hesapları ve mod birleştirme yöntemi hesapları ilgili bölümler altında ayrı olarak sunulmuştur.

Zemin kat tavanı için kirişlerin ve zemin kat ile birinci kat kolon ve perdelerinin eğilme donatıları hesaplanmıştır. Donatı hesapları tasarım yardımcısı tablo veya abaklar kullanılarak yapılmıştır. Zemin kat için donatı metraj ve maliyeti hesaplanmıştır.

Üç farklı ülke yönetmeliğine göre elde edilen tasarım sonuçları karşılaştırılmıştır. Eurocode 8, hem eşdeğer deprem yükü yönteminde hem de mod birleştirme yönteminde en elverişsiz deprem etkilerini vermiştir. Bununla beraber, Amerikan ve Eurocode Tasarımları'ndan elde edilen iç kuvvetler, ilgili yönetmeliklerde verilen yük birleşimleri nedeniyle birbirine yakın çıkmıştır. Türk Yönetmelikleri'ne göre tasarım sonuçları hem deprem etkileri bakımından hem de eğilme tasarımları bakımından en düşük değerleri vermiştir.

DESIGN OF A MULTISTORY REINFORCED CONCRETE BUILDING ACCORDING TO DIFFERENT COUNTRIES' REGULATIONS

SUMMARY

In analysis and design of structures, design regulations, which are also called design codes, adopted in the country in which the structure will be built are used.

Using the building regulations for structural requirements and the regulations for the seismic design together, holds a significant role. Due to the fact that structures, particularly reinforced concrete structures give their exams during the earthquakes, designs which do not consider the earthquake effects are inadequate and prohibited in most cases.

In this dissertation, our aim is to carry out the design of a multistory reinforced concrete building as per different countries' regulations; performing all analysis and design steps on same structural model with linear elastic behavior assumption and compare the results obtained. The countries considered in the study are Turkey, European Union Countries and the United States.

In Turkey, Turkish Standard TS 500 regulates the design and construction of the reinforced concrete structures. Design of earthquake resistant structures is being regulated by the Turkish Seismic Design Code; Regulation for the Buildings to be Built in Earthquake Zones (DBYBHY).

In European Union Countries, the Eurocode Regulations, which could be named as the European Union mutual regulations are used. Among the Eurocode Sets, Eurocode 2 (EN-1992) regulates the design of concrete structures and Eurocode 8 (EN-1998) regulates the design of concrete structures for earthquake resistance.

In the United States, ACI 318 design code regulates the requirements for structural concrete. Provisions of International Building Code (IBC) and the ASCE/SEI 7 are being used together for the design of earthquake resistant structures.

The situation in which the effects of earthquake loading considered with service loads would give the most adverse element forces and govern the design most of the time. Hence, selection of the earthquake analysis procedure and the accurate calculation of the seismic loading is essential to design earthquake resistant structures.

It would also be said that the earthquake analysis provisions of the different countries' regulations will mainly affect the analysis results when compared to the other structural provisions. Therefore, in this study, earthquake analysis steps are presented first under relevant chapters.

The most common methods used in earthquake analysis are the "Equivalent Seismic Load Method" and the "Mode Superposition Method". Both of these methods have a widespread application in design and introduced primarily in each of the three

seismic design codes. The application rules of these two earthquake analysis procedures are presented.

For each of the three seismic design codes, structural irregularities are covered. Structural irregularities have an effect on the selection of the earthquake analysis method and also irregular structures are being penalized by the seismic design codes. By presenting the structural irregularities, the seismic analysis part of the analysis&design procedure is completed. Design rules and assumptions for the reinforced concrete sections according to ultimate limit states are given next for TS 500, Eurocode 2 and ACI-318 respectively under relevant chapters.

Introduction of the building considered in the study is presented in a separate chapter. The building considered in analysis is a multistory reinforced concrete residential building which consists of rigid frames and shear walls. Building has one rigid basement, one ground floor and 12 typical floors. All stories have three meters of height. Building is assumed to be constructed in a high seismicity region for the three considered regulations in which the building is expected to experience destructive ground shaking.

Slab system of the structure is a two-way, beam-supported system. Design of this slab system is only made according to TS 500 code. Turkish Regulations are taken into consideration for calculating service loads, determining column sizes and the estimation of the weight of the structure in the analysis.

Structural analysis program SAP2000 v15 is used for 3D structural modelling and analysis. In creating the three dimensional model of the building, beams and columns are defined as frame elements while shear walls are defined as shell elements. Slabs are not included in model. Slab loads acting on beams are assigned manually. With the assumption of floor diaphragms are fully rigid, rigid diaphragms are assigned to the joints at each floor level. Effective beam widths are calculated as per TS 500 code and beam section properties are defined manually.

After the structural model is properly created, modal analysis is performed. In modal analysis, considering two translational and one rotational masses for each floor, 42 modes selected for the building which has a total number of 14 floors. Mode shapes of the first two free vibration modes are presented. Verification of the condition for effective masses participating in the modal analysis has been made. Periods, frequencies and angular frequencies for all modes are given.

In analysis&design chapters according to the regulations considered, the calculations of the equivalent seismic load method and the mode superposition method are presented separately. Structural irregularity checks which require the calculation of story drifts are performed under the equivalent seismic load method acting with 5% accidental eccentricity for Turkish and United States seismic codes. Eurocode 8 does not contain such dynamic checks. Torsional irregularity in x direction has been found for both Turkish and United States seismic codes. Building has no irregularity according to Eurocode 8.

The amplified story drifts and the second order effects are checked for each of the three regulations under the equivalent seismic load acting with accidental eccentricity. No violations have been encountered during the checks.

The reduced acceleration spectrums are presented in modal response spectrum analysis. The forces of the mode superposition method analysis are scaled considering the total equivalent seismic load for Turkish and United States design.

Eurocode 8 does not have a scaling provision for the modal response spectrum analysis results.

The longitudinal reinforcement for the beams of ground floor ceiling, and for the columns and walls of the ground floor and the first typical floor is calculated. The calculations are made by hand using design aids such as design tables and charts. The amount of total reinforcement and the reinforcement cost of the ground floor have been calculated.

Results obtained from analysis according to three different countries' codes are compared. The Eurocode Design has yielded the most adverse earthquake effects in both of the Equivalent Seismic Load Method and Mode Superposition Method. However, element internal force results have been close for United States and Eurocode Design because of the load combinations given in relevant regulations. Turkish Design has given the least conservative results for both earthquake analysis and flexural design.

1. GİRİŞ

Yapıların analiz ve tasarımında, yapının inşa edileceği ülkede kabul edilmiş yönetmeliklerden faydalanılır. Yapıların hesap ve yapım kurallarını içeren yönetmeliklerin yanında, depreme dayanıklı yapı tasarımını sağlamayı hedefleyen yönetmeliklerin kullanılması büyük önem oluşturmaktadır. Zira özellikle betonarme yapıların esas sınavlarını depremlerde verdiği bilinmektedir.

Bu doğrultuda ülkemizde kullanılan yönetmelikler; “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları TS 500” [1] ile “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, kısaca DBYBHY’dir. [2]

Bu çalışmada; Türk Yönetmelikleri’nin yanında, Avrupa Birliği Yönetmeliği diyebileceğimiz Eurocode Yönetmelikleri ve Amerika Birleşik Devletleri Yönetmelikleri kullanılarak, aynı sistem modeli için üç adet tasarımın yapılması ve elde edilen sonuçların karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Eurocode Yönetmelikleri arasında; betonarme yapıların tasarımını Eurocode 2 [3], depreme dayanıklı yapıların tasarımını Eurocode 8 [4] düzenlemektedir.

Amerika Birleşik Devletleri’nde ise betonarme yapıların tasarımında “American Concrete Institute” (ACI) 318 [5] kullanılmakta, depreme dayanıklı yapıların tasarımında “International Building Code” (IBC) [6] ve “Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers” (ASCE/SEI) 7 [7] yönetmeliklerinden faydalanılmaktadır.

Bu çalışmanın içeriğinde öncelikle üç farklı deprem yönetmeliğinde de ilk sırada yer bulan ve uygulamada yaygın olarak kullanılan eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yönteminin uygulanmasıyla ilgili kurallar verilmiştir.

Deprem hesabını etkileyen önemli etkenlerden olan yapı düzensizlikleri ile ilgili koşullar her bir yönetmelik için ayrı ayrı verilmiştir.

Betonarme elemanların taşıma gücü limit durumuna göre hesap ilkeleri ve yapılan kabuller hakkında açıklamalar yapılmıştır.

Çalışmaya konu olan yapı; çok katlı, perdeli ve çerçeve betonarme bir konut yapısıdır. Yapının üç boyutlu modeli SAP2000 v15 ile oluşturulmuştur. Yapının modellenmesinde kullanılan eleman bilgileri ve boyutlandırma hesapları, modal analiz sonuçlarıyla beraber aynı bölüm altında sunulmuştur.

Yapı sisteminin; doğrusal elastik davranış kabulüyle, işletme ve deprem yükleri altında çözümlemesi yapılmıştır. Eşdeğer deprem yükü yöntemi sonuçları ve mod birleştirme yöntemi sonuçları ayrı ayrı verilmiştir. Yapı düzensizlikleri, kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri kontrol edilmiştir. Üç farklı yönetmeliğe göre tasarımda kullanılan yük birleşimleri verilmiştir.

Analizden elde edilen tesirler doğrultusunda taşıma gücü limit durumuna göre kesitlerin boyuna donatıları hesaplanmıştır. Donatı hesapları tasarım yardımcısı tablo veya abaklar kullanılarak yapılmıştır.

Üç ayrı yönetmeliğe göre bulunan hesap sonuçlarının karşılaştırması yapılmış, elde edilen sonuçlara yorumlar getirilmiştir.

Çalışmada baz alınan Eurocode Yönetmelikleri; Türk Standartları Enstitüsü tarafından 2011 yılı öncesinde kabul edilmiş olan TS-EN 1992-1-1 ve TS-EN 1998-1 yönetmelikleridir.

Amerikan Yönetmelikleri'nde ise; IBC-2009, ASCE/SEI 7-2005 ve ACI-318-2008 versiyonları esas alınmıştır.

2. TÜRK, EUROCODE VE AMERİKAN YÖNETMELİKLERİ'NDE TASARIM AŞAMALARI

Farklı ülke yönetmelikleri arasında tasarım sonucunu değiştirecek en önemli etki olarak deprem yükleri öne çıkar. Bu durumda; yapı sisteminin analizinde, deprem hesap sonuçları büyük önem taşır. Bu bölümde, ilgili yönetmeliklerdeki tasarım aşamaları olarak, öncelikle deprem yönetmeliklerindeki koşullara yer verilmiştir.

Deprem hesap yöntemleri tanıtılırken; hem yönetmeliklerde öncelikle yer bulan hem de uygulamada sıklıkla kullanılan “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” ve “Mod Birleştirme Yöntemi” uygulamalarının koşulları verilmiştir.

Her bir yönetmelik için; yapı düzensizlikleri açıklanmış, betonarme kesitlerin taşıma gücü limit durumuna göre hesap ilkeleri verilmiştir.

2.1 Türk Yönetmelikleri'ne Göre Tasarım Aşamaları

2.1.1 Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelikte eşdeğer deprem yükü yöntemi

Eşdeğer deprem yükü yönteminde binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (eşdeğer deprem yükü yöntemi taban kesme kuvveti) (2.1) denklemi ile bulunur.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10A_0IW \quad (2.1)$$

(2.1) denkleminde W; binanın hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığını, T_1 ; binanın birinci doğal titreşim periyodunu, $A(T_1)$; binanın birinci doğal titreşim periyoduna karşılık gelen spektral ivme katsayısını, $R_a(T_1)$; binanın birinci doğal titreşim periyoduna karşılık gelen deprem yükü azaltma katsayısını, A_0 ; etkin yer ivmesi katsayısını, I; bina önem katsayısını, V_t ; toplam eşdeğer deprem yükünü göstermektedir.

Binanın birinci doğal titreşim periyodunun Rayleigh Oranı olarak bilinen (2.2) denklemi ile hesaplanması ya da başka bir yöntem kullanılacaksa, elde edilen değerin, denklemden ulaşılan değeri aşmaması gerekir.

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (2.2)$$

(2.2) denkleminde m_i ; binanın i 'inci katının kütlesini, F_{fi} ; i 'inci kata etkiyen fiktif yükü, d_{fi} ; i 'inci kattaki fiktif yer değiştirmeyi göstermektedir.

(2.2) denkleminde bağımsız olarak, bodrum katları hariç kat sayısı $N > 13$ olan binalarda doğal periyot $0.1N$ 'den büyük alınmaz.

Spektral ivme katsayısı $A(T)$, (2.3) denklemi ile hesaplanır.

$$A(T) = A_0 IS(T) \quad (2.3)$$

(2.3) denkleminde $S(T)$; spektrum katsayısını göstermektedir.

Bina önem katsayısı I ; Çizelge 2.1'e göre belirlenir.

Çizelge 2.1 : Bina önem katsayısı (I).

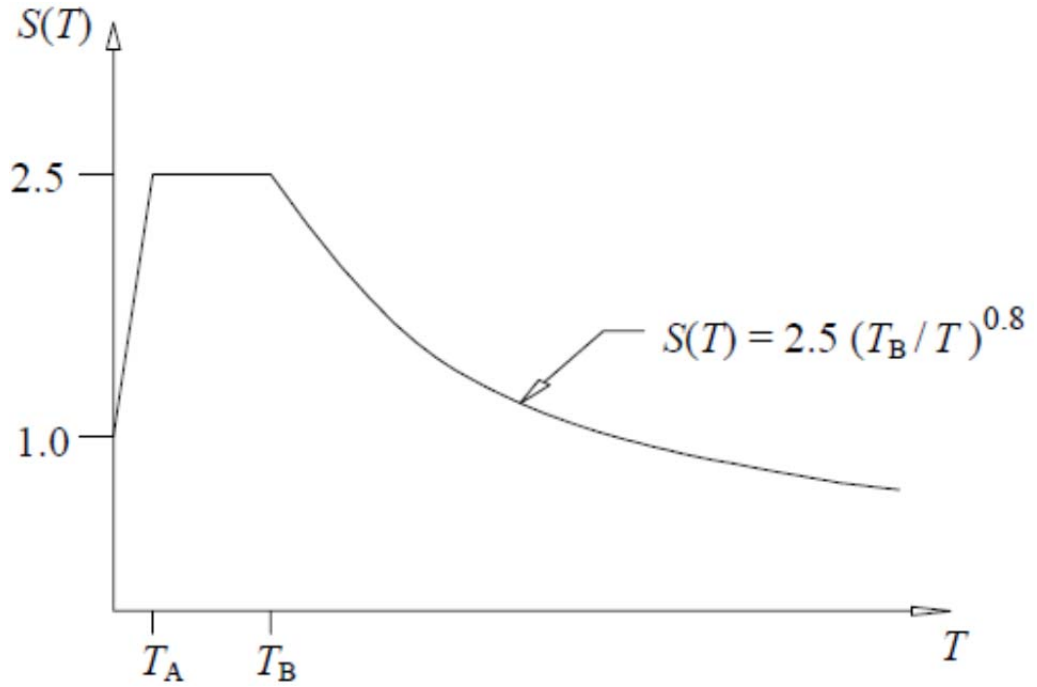
Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar.	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

Etkin yer ivmesi katsayısı A_o , Çizelge 2.2'ye göre belirlenir.

Çizelge 2.2 : Etkin yer ivmesi katsayısı (A_o).

Deprem bölgesi	A_o
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Spektrum katsayısı $S(T)$, Şekil 2.1'de verilen DBYBHY tasarım spektrumuna göre belirlenir.



Şekil 2.1 : DBYBHY tasarım spektrumu.

DBYBHY tasarım spektrumu %5 sönüm oranına göre tanımlanmıştır ve tasarım depreminin, $I=1.0$ olan binalar için 50 yıllık bir süre içinde aşılma olasılığı %10'dur. Spektrum katsayısının hesabı (2.4) denkleminde verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 (0 \leq T \leq T_A) &\rightarrow S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \\
 (T_A \leq T \leq T_B) &\rightarrow S(T) = 2.5 \\
 (T_B < T) &\rightarrow S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8}
 \end{aligned} \tag{2.4}$$

(2.4) denkleminde T ; bina doğal titreşim periyodunu, T_A, T_B ; spektrum karakteristik periyotlarını göstermektedir. Spektrum karakteristik periyotları Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3 : Spektrum karakteristik periyotları (T_A, T_B).

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (s)	T_B (s)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Yapının doğrusal elastik olmayan davranışını hesaba katmak amacıyla kullanılan ; $R_a(T)$ deprem yükü azaltma katsayısı, (2.5) denklemine göre hesaplanır.

$$\begin{aligned} (0 \leq T \leq T_A) &\rightarrow R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) \frac{T}{T_A} \\ (T_A < T) &\rightarrow R_a(T) = R \end{aligned} \quad (2.5)$$

(2.5) denkleminde R ; taşıyıcı sistem davranış katsayısını göstermektedir. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Yapının deprem hesabında kullanılacak ağırlığı (2.6) denklemi ile belirlenir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (2.6)$$

(2.6) denkleminde w_i ; binanın i 'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığını göstermektedir. Kat ağırlıklarının hesabı (2.7) denklemi ile yapılır.

$$w_i = g_i + nq_i \quad (2.7)$$

(2.7) denkleminde g_i ; binanın i 'inci katındaki toplam sabit yükü, q_i ; binanın i 'inci katındaki toplam hareketli yükü, n ; hareketli yük katılım katsayısını göstermektedir. Hareketli yük katılım katsayıları Çizelge 2.5'te verilmiştir.

Çizelge 2.4 : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R).

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
(1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	4	7
(1.3) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6
(1.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	4	7
(2) PREFABRİKE BETONARME BİNALAR		
(2.1) Deprem yüklerinin tamamının bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çerçevelerle taşındığı binalar	3	7
(2.2) Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar	—	3
(2.3) Deprem yüklerinin tamamının prefabrike veya yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı, çerçeve bağlantıları mafsallı olan prefabrike binalar	—	5
(2.4) Deprem yüklerinin, bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen prefabrike çerçeveler ile yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	3	6
(3) ÇELİK BİNALAR		
(3.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	5	8
(3.2) Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar	—	4
(3.3) Deprem yüklerinin tamamının çaprazlı perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından taşındığı binalar		
a) Çaprazların merkezi olması durumu	4	5
b) Çaprazların dışmerkez olması durumu	—	7
c) Betonarme perdelerin kullanılması durumu	4	6
(3.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile birlikte çaprazlı çelik perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar		
a) Çaprazların merkezi olması durumu	5	6
b) Çaprazların dışmerkez olması durumu	—	8
c) Betonarme perdelerin kullanılması durumu	4	7

Çizelge 2.5 : Hareketli yük katılım katsayısı (n).

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane vb.	0.30

Toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak **(2.8)** denkleminde verilmiştir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (2.8)$$

(2.8) denkleminde ΔF_N ; bina çatı katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükünü, F_i ; i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükünü göstermektedir.

ΔF_N ; **(2.9)** denklemi ile belirlenir.

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t \quad (2.9)$$

(2.9) denkleminde N; binanın temel üstünden itibaren veya rijit bodrum varsa zemin kat döşemesinden itibaren toplam kat sayısını göstermektedir.

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışındaki kısmı N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına **(2.10)** denkleminde göre dağıtılır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (2.10)$$

(2.10) denkleminde H_i ; binanın i'inci katının temel üstünden veya rijit bodrum varsa zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen yüksekliğini göstermektedir.

Rijit bodrum katına sahip ve bodrum kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda; bodrum katlarına ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ayrı ayrı hesaplanır.

Üstteki katlara etkiyen toplam eşdeğer deprem yükünün ve eşdeğer kat deprem yüklerinin belirlenmesinde rijit bodrum katları göz önüne alınmaz. Bina tabanı olarak zemin kat döşemesi kotu kabul edilir.

Rijit bodrum katlarına etki eden deprem yükleri ise (2.11) denkleminde göre hesaplanır.

$$F_{bk} = A_o I w_{bk} / 1.5 \quad (2.11)$$

(2.11) denkleminde F_{bk} ; rijit bodrum katına etkiyen eşdeğer deprem yükünü, w_{bk} ; rijit bodrum katının ağırlığını göstermektedir.

Eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanımı sınırlandırılmıştır. Bu sınırlandırmada yapı düzensizlikleri ve toplam bina yüksekliği etkili olur. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar Çizelge 2.6 ‘da verilmiştir.

Çizelge 2.6 : Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar.

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25m$
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğin olmadığı binalar	$H_N \leq 40m$
3,4	Tüm binalar	$H_N \leq 40m$

2.1.2 DBYBHY’de mod birleştirme yöntemi

Mod birleştirme yöntemi sınırlama olmaksızın yönetmelik kapsamındaki tüm binalarda uygulanabilmektedir.

Bu yöntem kullanıldığında, hesaba katılan mod sayısının yeterliliğinin kontrol edilmesi gerekir. Göz önüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamı, bina toplam kütlelerinin %90’ından daha az olmamalıdır.

$T_m < T_n$ olmak üzere, herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_m / T_n < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesinde “Karelerin Toplamının Karekökü (SRSS)” kuralı uygulanabilir.

Aksi durumda “Tam Karesel Birleştirme (CQC)” kuralı uygulanmalıdır. Diğer yandan, her durumda CQC kuralının uygulanması pek çok kaynak tarafından önerilmektedir.

Mod birleştirme yöntemi sonuçlarının, eşdeğer deprem yükü yöntemi sonuçları ile birlikte değerlendirilmesi gerekir. Mod birleştirme yönteminden elde edilen bina toplam deprem yükü V_{tb} ‘nin, eşdeğer deprem yükü yönteminde hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t ‘ye oranı β değerinden küçükse, mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan tüm iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri $\beta V_t/V_{tb}$ ile çarpılarak büyütülür. Binada A1, B2 veya B3 düzensizliklerinden en az birinin bulunması durumunda $\beta=0.90$, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta=0.80$ alınır.

2.1.3 DBYBHY’de yapı düzensizlikleri

2.1.3.1 Planda düzensizlik durumları

A1 burulma düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesi $(\Delta_i)_{maks}$ ‘ın, o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî öteleme $(\Delta_i)_{ort}$ ‘a oranını ifade eden burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} ‘nin 1.2’den büyük olması durumudur. Bu koşul (2.12) denkleminde verilmiştir.

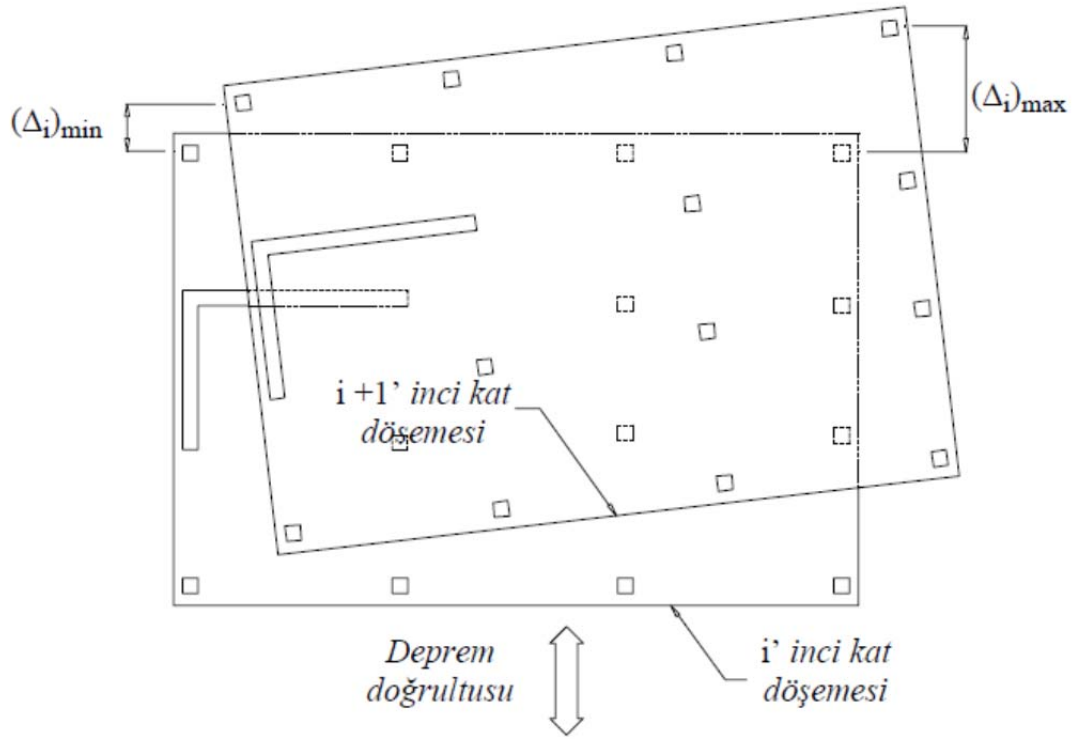
$$\eta_{bi}=(\Delta_i)_{maks}/(\Delta_i)_{ort}>1.2 \quad (2.12)$$

Görelî kat ötelemelerinin hesabı $\pm\%5$ ek dış merkezlik etkileri de göz önüne alınarak, eşdeğer deprem yüklerine göre yapılır.

Ortalama görelî kat ötelemesi (2.13) denkleminde göre hesaplanır.

$$(\Delta_i)_{ort}=\frac{1}{2}[(\Delta_i)_{maks}+(\Delta_i)_{min}] \quad (2.13)$$

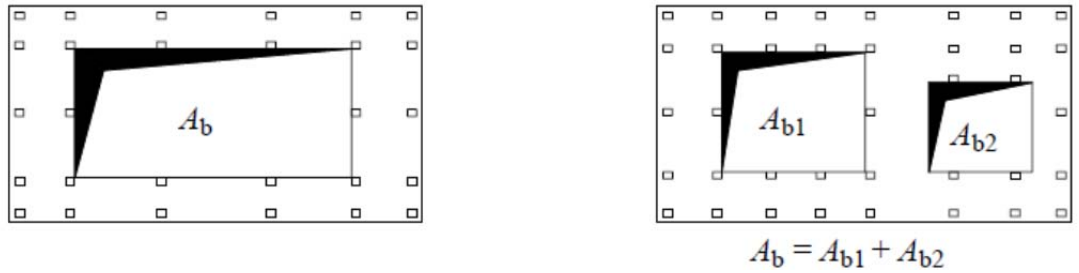
Minimum ve maksimum görelî kat ötelemelerinin elde edilmesi Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.2 : Görelî kat ötelemelerinin elde edilmesi.

A2 döşeme süreksizliği düzensizlikleri

Bu kısımda verilen I no'lu düzensizlik; kat brüt alanı; A , merdiven ve asansör boşlukları dahil boşluk alanları toplamı; A_b olmak üzere, $A_b/A > 1/3$ olması durumudur. Bu düzensizlik durumu Şekil 2.3'te verilmiştir.

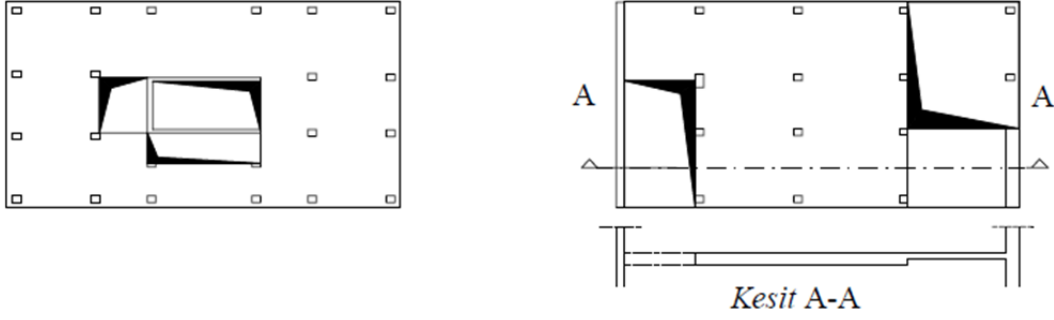


Şekil 2.3 : A2 düzensizlik durumu I.

II no'lu düzensizlik; deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumudur.

III no'lu düzensizlik ise döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumudur.

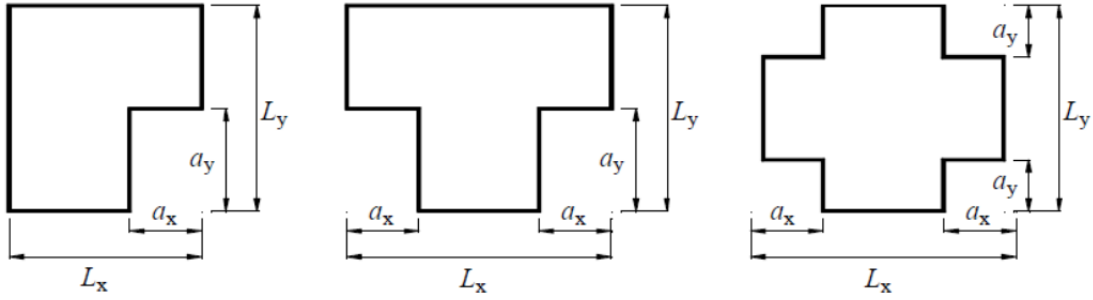
II ve III no'lu düzensizlik durumları Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4 : A2 düzensizlik durumu II ve III.

A3 planda çıkıntılar bulunması düzensizliği

Bina kat planında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutları a_x ve a_y , aynı katta yine bu doğrultulardaki toplam plan boyutları L_x ve L_y olmak üzere $a_x > 0.2L_x$ ve $a_y > 0.2L_y$ olması durumudur. Bu düzensizlik durumu Şekil 2.5’te verilmiştir.



Şekil 2.5 : A3 düzensizlik durumu.

2.1.3.2 Düşey doğrultuda düzensizlik durumları

B1 komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı η_{ci} ’nin 0.80’den küçük olması durumudur. η_{ci} , (2.14) denkleminde göre bulunur.

$$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80 \quad (2.14)$$

(2.14) denkleminde ΣA_e ; herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusundaki etkili kesme alanını ifade eder ve (2.15) denklemiyle hesaplanır.

$$\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15 \Sigma A_k \quad (2.15)$$

(2.15) denkleminde ΣA_w ; herhangi bir katta kolon enkesiti etkin gövde alanları toplamını, ΣA_g ; herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamını, ΣA_k ; herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının kapı ve pencere boşlukları hariç toplamını göstermektedir.

B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı η_{ki} 'nin 2'den fazla olması durumudur. Bu koşul (2.16) denkleminde verilmiştir.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} > 2$$

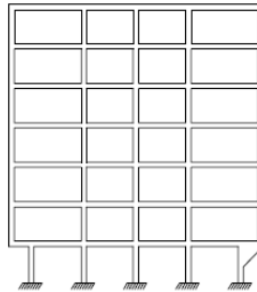
veya

$$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} > 2 \quad (2.16)$$

B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizlik düzensizlikleri

B3 türü düzensizlikle ilgili koşullar dört adettir:

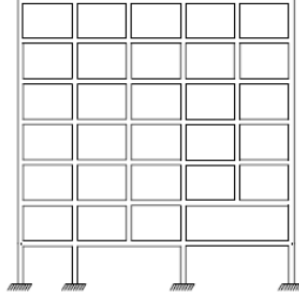
(a) Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez. Bu durum Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6 : B3 düzensizlik durumu (a).

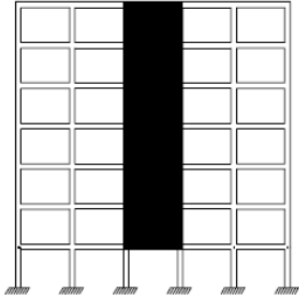
(b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı

düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında artırılacaktır. Bu düzensizlik durumu Şekil 2.7’de verilmiştir.



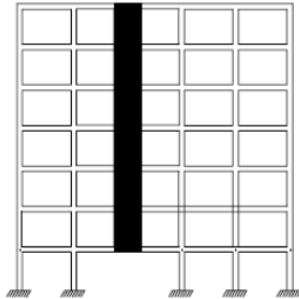
Şekil 2.7: B3 düzensizlik durumu (b).

(c) Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez. Bu durum Şekil 2.8’de verilmiştir.



Şekil 2.8 : B3 düzensizlik durumu (c).

(d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez. Bu durum Şekil 2.9’da verilmiştir.



Şekil 2.9 : B3 düzensizlik durumu (d).

2.1.4 TS-500'de taşıma gücü limit durumuna göre hesap ilkeleri

Betonarme kesitlerin taşıma gücü limit durumuna göre hesabında TS-500'de verilen malzeme katsayıları; yerinde dökme betonarme yapılar için $\gamma_{mc} = 1.5$, her türlü donatı çeliği için $\gamma_{ms} = 1.15$ 'tir.

Tasarımda kullanılan yük birleşimleri şu şekilde verilmiştir:

a. Yalnız düşey yükler için;

$$1.4G+1.6Q$$

$$G+1.2Q+1.2T$$

Burada G; sabit yük etkisini, Q; hareketli yük etkisini, T; sıcaklık değişimi, büzülme, farklı oturma, vb. nedeniyle oluşan yük etkisini göstermektedir.

b. Rüzgar yükünün söz konusu olduğu durumlarda, düşey yük birleşimleriyle birlikte;

$$G+1.3Q+1.3W$$

$$0.9G+1.3W$$

Burada W; rüzgar etkisini göstermektedir.

c. Depremın söz konusu olduğu durumlarda, düşey yük birleşimleriyle birlikte;

$$G+Q+E$$

$$0.9G+E$$

Burada E; deprem etkisini göstermektedir.

d. Yanal toprak itkisi bulunan durumlarda, düşey yük birleşimleriyle birlikte;

$$1.4G+1.6Q+1.6H$$

$$0.9G+1.6H$$

Akışkan basıncı bulunan durumlarda, bu basınç 1.4 katsayısıyla çarpılarak içinde hareketli yük bulunan tüm yük birleşimlerine eklenir.

Kesit hesaplarında betonun çekme dayanımı ihmal edilir. Donatı çubuğu ile çevresini saran beton arasında tam aderans bulunduğu kabul edilir. Bu durumda donatı birim şekil değiştirmesi ile aynı düzeydeki beton lifi birim şekil değiştirmesi eşit olur.

Bernoulli-Navier hipotezi geçerlidir, yani düzlem kesitler şekil değiştirmeden sonra da düzlem kalır. Bu durumda beton ve donatı deformasyonlarının, tarafsız eksenden olan uzaklıkla orantılı olduğu kabul edilir.

Taşıma gücüne ulaşıldığında, tarafsız eksene en uzak beton basınç lifindeki birim kısalma $\epsilon_{cu}=0.003$ olarak alınır.

Donatı çeliğinin elasto-plastik davrandığı kabul edilir. Bu durumda donatıdaki gerilme, donatı çeliğinin hesap dayanımından büyük olamaz.

Donatı çeliğinin elastisite modülü tüm donatı çelikleri için $E_s=2 \times 10^5 \text{ MPa}$ alınır.

2.2 Eurocode Yönetmelikleri'ne Göre Tasarım Aşamaları

2.2.1 Eurocode 8'de eşdeğer deprem yükü yöntemi

Eşdeğer deprem yükü yönteminde, taban kesme kuvveti (2.17) denklemiyle hesaplanır.

$$F_b = S_d(T_1) m \lambda \quad (2.17)$$

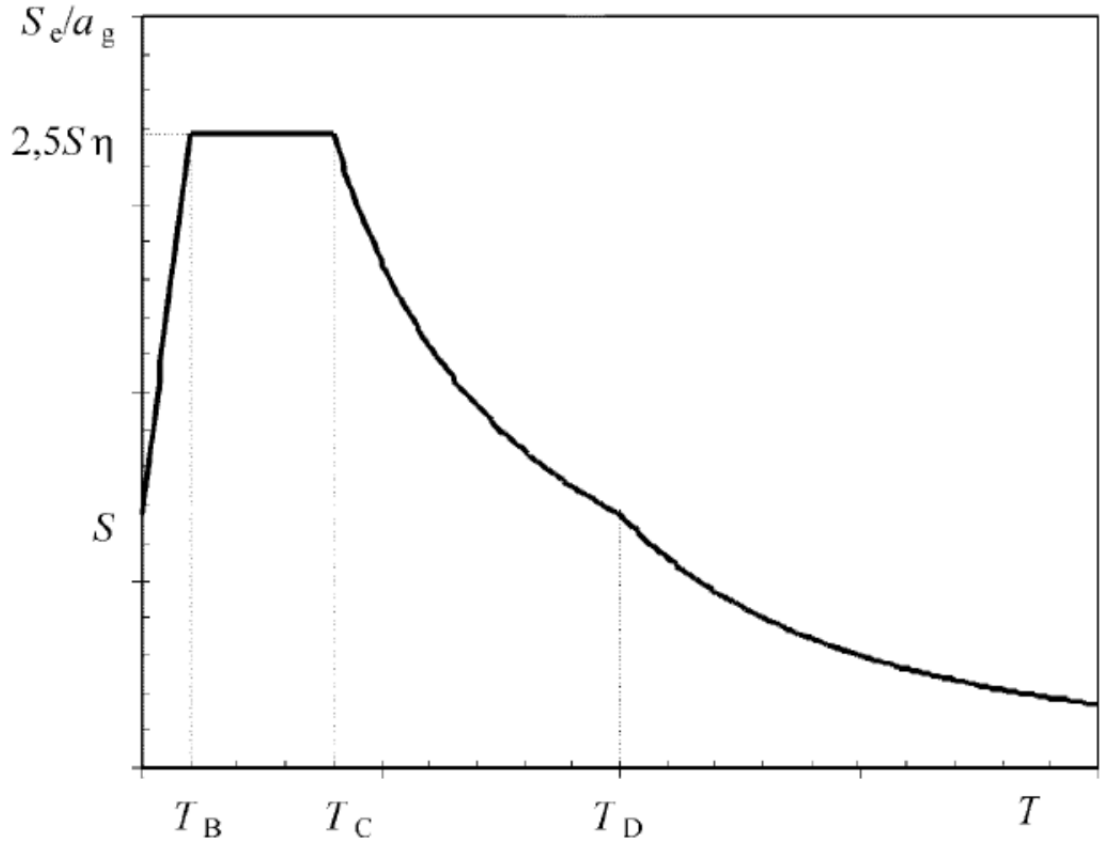
(2.17) denkleminde F_b ; taban kesme kuvvetini, m ; temel üstünden veya rijit bodrum mevcutsa zemin kat döşemesinden itibaren bina toplam kütesini gösterir. λ ise düzeltme katsayısı olup, bina iki kattan fazla kata sahipse ve $T_1 \leq 2T_c$ ise 0.85, diğer durumlarda 1 alınır.

Yüksekliği 40 m'yi aşmayan binalar için birinci doğal periyot (2.18) denklemiyle hesaplanabilir.

$$T_1 = C_t H^{3/4} \quad (2.18)$$

Burada C_t , çelik çerçeveler için 0.085, betonarme çerçeveler ve dış merkez çaprazlı çelik çerçeveler için 0.075, diğer tüm yapılar için 0.050 alınır. H ; temelden itibaren veya rijit bodrum varsa zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen bina yüksekliğidir.

Deprem hesabında kullanılacak elastik davranış spektrumu Şekil 2.10'da verilmiştir.



Şekil 2.10 : Eurocode 8 elastik davranış spektrumu.

Spektrum düşey eksenindeki S katsayısı zemin tipiyle ilgili bir katsayıdır. η değeri ise %5 sönüm oranı için 1 olarak alınır. Yüksek sismisite için önerilen spektrum parametreleri Çizelge 2.7’de verilmiştir.

Çizelge 2.7 : Yüksek sismisite için önerilen spektrum parametreleri.

Zemin tipi	S	T_B	T_C	T_D
A	1.0	0.15	0.4	2.0
B	1.2	0.15	0.5	2.0
C	1.15	0.20	0.6	2.0
D	1.35	0.20	0.8	2.0
E	1.4	0.15	0.5	2.0

Çizelge 2.7’de T_B ; maksimum spektral ivme bölgesinin başlangıç periyodunu, T_C ; maksimum spektral ivme bölgesinin bitiş periyodunu, T_D ; spektrum sabit yer değiştirme davranışı bölgesine geçiş periyodunu göstermektedir.

Tasarım depreminin $\gamma_1 = 1$ olan binalar için 50 yıllık bir süre içinde aşılma olasılığı %10’dur.

Tasarım spektrumu (2.19) denkleminde göre uygulanır.

$$\begin{aligned}
 (0 \leq T \leq T_B) &\rightarrow S_d(T) = a_g S \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left(\frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \\
 (T_B \leq T \leq T_C) &\rightarrow S_d(T) = a_g S \frac{2.5}{q} \\
 (T_C \leq T \leq T_D) &\rightarrow S_d(T) = a_g S \frac{2.5}{q} \left[\frac{T_C}{T} \right] \geq 0.2a_g \\
 (T_D \leq T) &\rightarrow S_d(T) = a_g S \frac{2.5}{q} \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right] \geq 0.2a_g
 \end{aligned} \tag{2.19}$$

(2.19) denkleminde a_g ; A tipi zemin için tasarım yer ivmesini, q ; yapı davranış katsayısını göstermektedir.

Tasarım yer ivmesi (2.20) denkleminde göre hesaplanır.

$$a_g = \gamma_I a_{gR} \tag{2.20}$$

(2.20) denkleminde γ_I ; bina önem katsayısını, a_{gR} ; A tipi zemin için pik yer ivmesini göstermektedir.

Bina önem katsayıları Çizelge 2.8’de verilmiştir.

Çizelge 2.8 : Eurocode 8 bina önem katsayıları.

Bina Türü	γ_I
Kamu güvenliği için düşük öneme sahip binalar; tarım yapıları vb.	0.8
Yıkılması durumunda doğuracağı sonuçlar nedeniyle sismik dayanımı önem taşıyan binalar; okullar, toplantı salonları vb.	1.2
Deprem durumunda kullanılabilirliği hayati önem taşıyan binalar; hastaneler, itfaiye istasyonları vb.	1.4
Diğer normal binalar	1

Yapı davranış katsayısı q , (2.21) denkleminde hesaplanır.

$$q = q_0 k_w \geq 1.5 \tag{2.21}$$

(2.21) denkleminde q_0 ; esas davranış katsayısını, k_w ; perdeli yapılarda hakim göçme modunu dikkate alan azaltma katsayısını göstermektedir. “ k_w ” değeri çoğu durumda 1 olarak alınmakta ve sonucu etkilememektedir.

Esas davranış katsayıları Çizelge 2.9’da verilmiştir.

Çizelge 2.9 : Eurocode 8 esas davranış katsayıları.

Bina Tipi	Normal Sünek Yapı	Yüksek Sünek Yapı
Çerçeveler, perdeli çerçeveli sistemler, boşluklu perdeli sistemler	$3\alpha_u/\alpha_1$	$4.5\alpha_u/\alpha_1$
Boşluksuz perdeli sistemler	3.0	$4\alpha_u/\alpha_1$
Burulma rijitliği zayıf sistemler	2.0	3.0
Ters sarkaç sistemler	1.5	2.0

Çizelge 2.9’daki α_u/α_1 oranları, yapıdaki elemanların eğilme kapasitesine ve göçme durumuna ulaşmasıyla ilgili ayrıntılı hesap gerektirdiğinden Eurocode 8 aşağıdaki değerlerin doğrudan kullanılmasına izin vermektedir:

Tek katlı çerçevelerde: $\alpha_u/\alpha_1=1.1$

Çok katlı, tek açıklıklı çerçevelerde: $\alpha_u/\alpha_1=1.2$

Çok katlı, çok açıklıklı çerçevelerde ve çerçeveli eşdeğeri ikili sistemlerde: $\alpha_u/\alpha_1=1.3$

Her iki yatay doğrultuda yalnız ikişer adet ayrık perdesi bulunan yapılarda: $\alpha_u/\alpha_1=1$

Diğer perdeli sistemlerde: $\alpha_u/\alpha_1=1.1$

Perdeli eşdeğeri ikili sistemler ve boşluklu perdeli sistemlerde: $\alpha_u/\alpha_1=1.2$

Eşdeğer deprem yükleri (2.22) denklemiyle kat seviyelerine dağıtılır.

$$F_i = F_b \frac{z_i m_i}{\sum z_j m_j} \quad (2.22)$$

(2.22) denkleminde F_i ; i’inci kata etkiyen yükü, z_i ; i’inci katın temel üstünden veya rijit bodrum varsa zemin kat döşemesinden itibaren yüksekliğini, m_i ; i’inci katın deprem hesabında göz önüne alınan kütleini göstermektedir.

Eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılabilmesi için $T_1 \leq 4T_c$ ve $T_1 \leq 2.0$ koşulları sağlanmalı ve binada düşey doğrultuda düzensizlik bulunmamalıdır.

2.2.2 Eurocode 8’de mod birleştirme yöntemi

Mod birleştirme yöntemi sınırlama olmaksızın tüm binalar için uygulanabilmektedir.

Yöntemde kullanılan etkin kütlelerin toplamı, bina toplam kütlelerinin %90’ından az olmayacak şekilde, hesaba katılacak mod sayısı belirlenmelidir. Bu şart sağlanmazsa; her bir modun etkin kütlelerinin, toplam bina kütlelerinin %5’inden fazla olduğu gösterilmelidir.

$T_j < T_i$ olmak üzere, herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_j/T_i \leq 0.90$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesinde “Karelerin Toplamının Karekökü (SRSS)” kuralı uygulanabilir. Aksi durumda “Tam Karesel Birleştirme (CQC)” kuralı uygulanmalıdır.

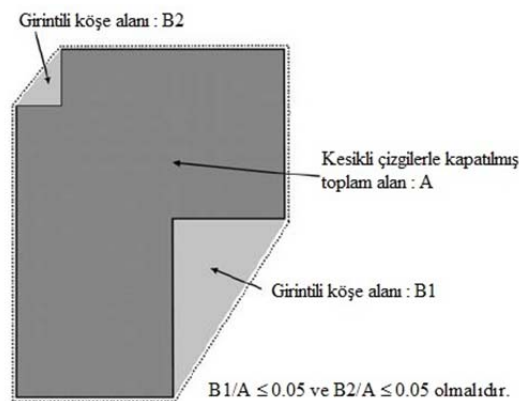
Mod birleştirme yöntemi sonuçlarının, eşdeğer deprem yükü yöntemi sonuçlarına göre büyütülmesine ilişkin bir koşul bulunmamaktadır. Tam aksine Eurocode 8, eşdeğer deprem yükü taban kesme kuvveti formülündeki λ katsayısıyla, toplam eşdeğer deprem yükünü azaltmaya çalışmaktadır.

2.2.3 Eurocode 8’de yapı düzensizlikleri

2.2.3.1 Planda düzensizlik durumları

Planda düzensizlik durumlarıyla ilgili kurallar maddeler halinde verilmiştir.

- i) Yapıda x ve y doğrultularının her biri için, kütle ve rijitlik olabildiğince simetrik dağıtılmış olmalıdır.
- ii) Planda girinti yapan bölümlerin her birinin alanı, toplam kapalı plan alanının %5’ini geçmemelidir. Bu durumun açıklaması Şekil 2.11’de verilmiştir.



Şekil 2.11 : Eurocode 8’de planda girinti yapan kısımlarla ilgili koşul.

- iii) L,C, H, I, X gibi karmaşık plan şekilli yapılarda, kat diyaframlarının düzlem içi rijitliği ayrıntılı irdelenmelidir.
- iv) Binanın plandaki uzun boyutunun kısa boyutuna oranı 4'ü geçmemelidir.
- v) (2.23) denkleminde verilen koşullar sağlanmalıdır.

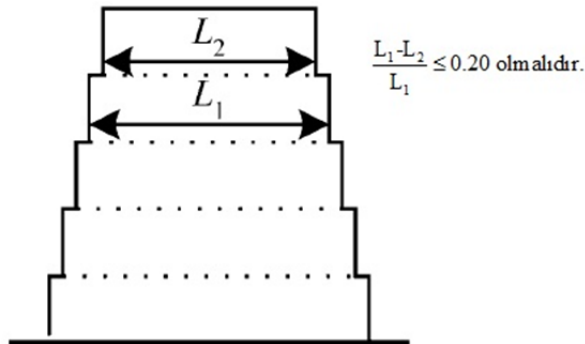
$$\begin{aligned} e_o &\leq 0.30r \\ r &\geq l_s \end{aligned} \quad (2.23)$$

Burada e_o ; kütle ve rijitlik merkezleri arasındaki mesafeyi, r ; kat burulma yarıçapını, l_s ; kat dönme yarıçapını ifade eder. Bu koşul x ve y doğrultularının her ikisi için de kontrol edilmelidir. Koşul herhangi bir doğrultuda ya da her iki doğrultu için de sağlanmıyorsa sistem, “burulma rijitliği zayıf sistem” olarak nitelendirilir.

2.2.3.2 Düşey doğrultuda düzensizlik durumları

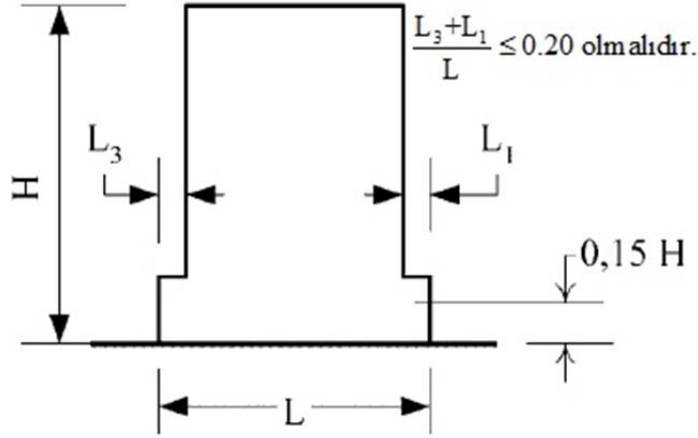
Düşey doğrultuda düzensizlik durumlarıyla ilgili kurallar maddeler halinde verilmiştir.

- i) Tüm düşey taşıyıcı elemanlar bina temelinden çatı seviyesine kadar veya geri çekme uygulanıyorsa ilgili kat seviyesine kadar devam etmelidir.
- ii) Bina temelinden itibaren yukarıya çıkıldıkça kat kütle ve rijitliklerindeki azalmalar az miktarda olmalı, ani değişimlerden kaçınılmalıdır.
- iii) Çerçeve sistemlerde, komşu katların dayanımları birbirine yakın olmalıdır.
- iv) Geri çekme uygulamalarında şu koşullar geçerlidir:
 - a) Kademeli ve simetrik geri çekmelerde, toplam daralma bir önceki plan boyutunun %20'sini geçmemelidir. Bu durumun açıklaması Şekil 2.12'de verilmiştir.



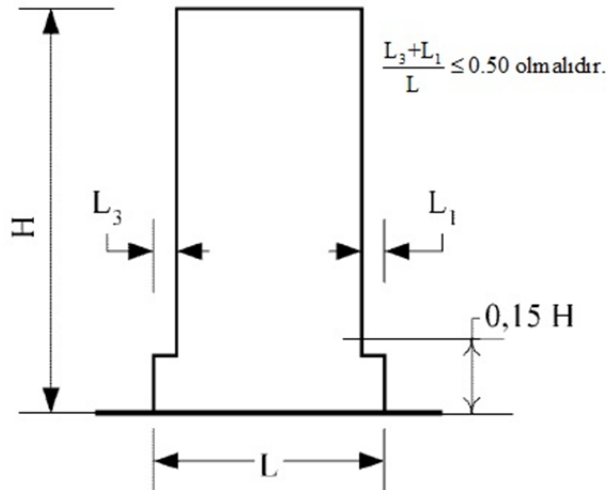
Şekil 2.12 : Eurocode 8 geri çekme koşulu (a).

b) Bina yüksekliğinin temelden itibaren %15'inin üzerinde sabit bir geri çekme uygulanacaksa, daralma miktarı önceki plan boyutunun %20'sini geçmemelidir. Bu durumun açıklaması Şekil 2.13'te verilmiştir.



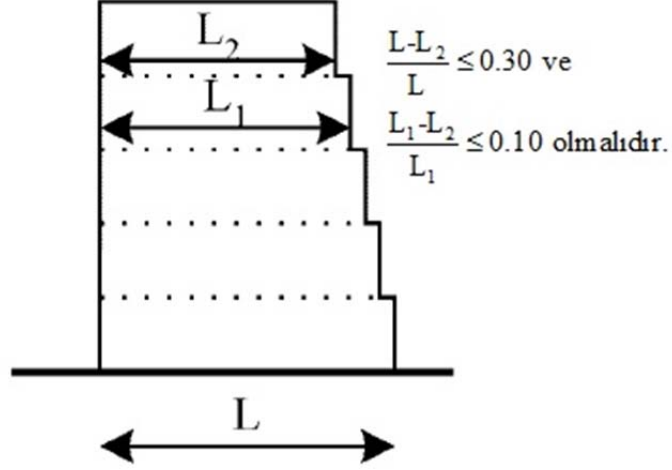
Şekil 2.13 : Eurocode 8 geri çekme koşulu (b).

c) Bina yüksekliğinin temelden itibaren %15'inin aşağısında sabit bir geri çekme uygulanacaksa, daralma miktarı önceki plan boyutunun %50'sini geçmemelidir. Bu durumun açıklaması Şekil 2.14'te verilmiştir.



Şekil 2.14 : Eurocode 8 geri çekme koşulu (c).

d) Simetrik olmayan kat daralması uygulanacaksa; hesaplanan en büyük daralma, zemin kat seviyesindeki plan boyutunun %30'unu geçmemelidir. Herhangi iki kat arasındaki daralma miktarı, alt kattaki boyutun %10'unu aşmamalıdır. Bu durumun açıklaması Şekil 2.15'te verilmiştir.



Şekil 2.15 : Eurocode 8 geri çekme koşulu (d).

2.2.4 Eurocode 2’de taşıma gücü limit durumuna göre hesap ilkeleri

Eurocode 2’de kullanılan malzeme katsayıları, TS-500 ile aynıdır. Diğer yandan Eurocode 2’de yük birleşimleri bulunmaz. Yapılacak yüklemeler EN 1990’a göre belirlenir. EN 1990’da yapıların tasarımı için yük birleşim kuralları detaylı biçimde verilmiştir.

Uygulamada ise işletme ve deprem yükleri altında çözüm yapıldığında şu yüklemeler kullanılmaktadır:

$$1.35G+1.5Q$$

$$G+\psi Q+E$$

Burada ψ katsayısı ile hareketli yük etkisi azaltılmaktadır. Konut tipi yapılar için $\psi=0.3$ alınmaktadır. [8]

Betonarme kesit hesaplarında Eurocode 2 ile TS-500 arasındaki tek fark; beton ezilme birim kısalmasının Eurocode 2’de 0.0035 alınmasıdır. Taşıma gücü limit durumu için Eurocode 2’de yapılmış diğer tüm kabuller, TS-500 ile uyum göstermektedir.

2.3 Amerikan Yönetmelikleri’ne Göre Tasarım Aşamaları

2.3.1 ASCE/SEI 7’de eşdeğer deprem yükü yöntemi

Amerikan Yönetmelikleri’ne göre deprem hesabında, Türk ve Eurocode Yönetmelikleri’nden farklı olarak, sismik tasarım sınıfları bulunur. Sismik tasarım

sınıfları; A,B ve C ile D,E,F olmak üzere altı tanedir. A ve B sismik tasarım sınıfları yıkıcı etkisi düşük yer hareketine, C tasarım sınıfı orta şiddette yıkıcı yer hareketine, D,E ve F tasarım sınıfları ise yıkıcı etkisi yüksek yer hareketlerine karşılık gelir.

Eşdeğer deprem yükü yöntemi ve diğer deprem hesap yöntemleriyle ilgili geniş açıklamalar ASCE/SEI 7’de bulunmaktadır. IBC; genel hükümler içermektedir.

Eşdeğer deprem yükü yönteminde periyot hesabı için önerilen bağıntı (2.24) denkleminde verilmiştir.

$$T_a = C_t h_n^x \quad (2.24)$$

(2.24) denkleminde T_a ; bina yaklaşık birinci periyodunu, h_n ; tabandan itibaren ölçülen bina yüksekliğini göstermektedir. C_t ve x parametreleri Çizelge 2.4’te verilmiştir.

Çizelge 2.10 : ASCE/SEI 7 yaklaşık periyot parametreleri.

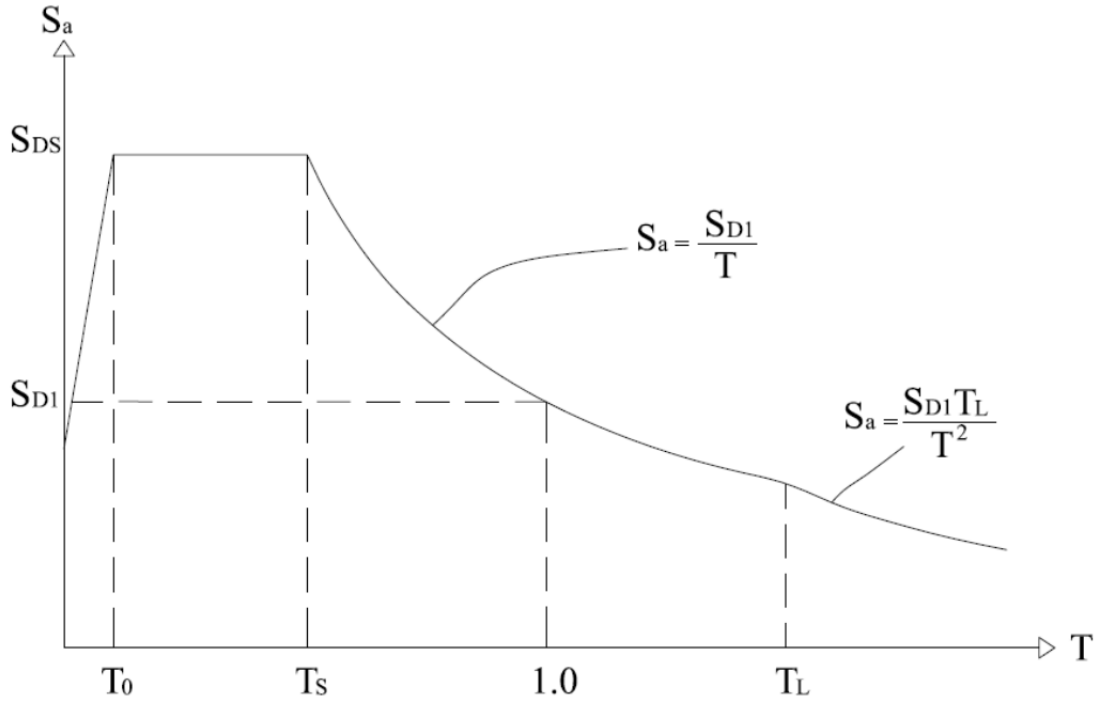
Yapı tipi	C_t	x
Çelik çerçeve sistemler	0.0724	0.8
Betonarme çerçeve sistemler	0.0466	0.9
Dış merkez çaprazlı çelik çerçeve sistemler	0.0731	0.75
Diğer tüm sistemler	0.0488	0.75

Hesap yapılacak bölgenin kısa periyot ve 1 saniye periyodu spektral ivmeleri belirlenmelidir. Bu ivmeler, Birleşik Devletler Jeolojik Araştırmalar (USGS) internet sitesinde verilen programdan alınabilmektedir. [9] Spektral ivmeler, 50 yıl içerisinde aşılma olasılığı %2 olan depreme göre verilmektedir. Belirlenen spektral ivmeler zemin katsayısıyla çarpılır ve sonuç üçte biri oranında azaltılırsa tasarım spektral ivmeleri elde edilmiş olur. Bu prosedür (2.25) denkleminde verilmiştir.

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a S_s \rightarrow S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \\ S_{M1} &= F_v S_1 \rightarrow S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \end{aligned} \quad (2.25)$$

(2.25) denkleminde S_s ; kısa periyot için spektral ivmeyi, S_1 ; 1 saniye periyot için spektral ivmeyi, F_a ; kısa periyot zemin katsayısını, F_v ; uzun periyot zemin katsayısını, S_{MS} ; zemin katsayısıyla çarpılmış kısa periyot spektral ivme değerini, S_{M1} ; zemin katsayısıyla çarpılmış 1s periyot spektral ivme değerini, S_{DS} ; kısa periyot tasarım spektral ivmesini, S_{D1} ; 1s periyot tasarım spektral ivmesini ifade etmektedir.

%5 sönüm oranı için tanımlanan tasarım spektrumu Şekil 2.16'da verilmiştir.



Şekil 2.16: ASCE/SEI 7 tasarım spektrumu.

T_0 ve T_s periyotları (2.26) denklemi ile hesaplanır.

$$\begin{aligned} T_0 &= 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \end{aligned} \quad (2.26)$$

T_L ; uzun periyot bölgesine geçiş periyodu olup, ASCE/SEI 7'de, haritalardan alınmaktadır.

Eşdeğer deprem yükü (2.27) denklemi ile belirlenir.

$$V=C_s W \quad (2.27)$$

(2.27) denkleminde V; eşdeğer deprem yükü yöntemi taban kesme kuvvetini, C_s ; sismik katsayıyı, W; yapı ağırlığını göstermektedir.

C_s , (2.28) denkleminde göre belirlenir.

$$\begin{aligned} T \leq T_L &\rightarrow C_s = \frac{S_{D1}}{T(R/I)} \\ T > T_L &\rightarrow C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 (R/I)} \end{aligned} \quad (2.28)$$

R ve I sembollerinin anlamı DBYBHY ile aynıdır. Bina önem katsayısı, bina kullanım kategorilerine göre belirlenir. Bina önem katsayıları Çizelge 2.11’de verilmiştir.

Çizelge 2.11 : ASCE/SEI 7 bina önem katsayıları.

Kullanım kategorisi	I
I veya II	1.0
III	1.25
IV	1.5

Yıkılması durumunda insan hayatını riske sokmayacak binalar Kategori I’e, yıkılması durumunda çok sayıda insan hayatını riske sokacak binalar Kategori III’e, deprem sonrasında hizmet vermesi hayati önem taşıyan binalar Kategori IV’e, diğer binalar Kategori II’ye girmektedir.

ASCE/SEI 7’de betonarme yapıların tasarımında kullanılmak üzere belirtilen yapı davranış katsayıları Çizelge 2.12’ verilmiştir.

C_s için (2.29) denkleminde verilen koşullar sağlanmalıdır.

$$\begin{aligned} \max(0.044 S_{DS} I ; 0.01) &\leq C_s \leq \frac{S_{DS}}{(R/I)} \\ S_1 \geq 0.6 &\rightarrow C_s \geq \frac{0.5 S_1}{(R/I)} \end{aligned} \quad (2.29)$$

Çizelge 2.12 : ASCE/SEI 7 yapı davranış katsayısı.

Bina Tipi	R	C _d	Sismik Tasarım Sınıfına Göre Taşıyıcı Sistem ve Bina Yüksekliği Kısıtlamaları				
			A veya B	C	D	E	F
Perdeli Sistemler							
Özel perdeli	5	5	Limit yok	Limit yok	48.77 m	48.77 m	30.48 m
Normal perdeli	4	4	Limit yok	Limit yok	İzin verilmez	İzin verilmez	İzin verilmez
Deprem Yüklerinin Tamamını Perdelerin Taşıdığı Perdeli Çerçevesi Sistemler							
Özel perdeli	6	5	Limit yok	Limit yok	48.77 m	48.77 m	30.48 m
Normal perdeli	5	4.5	Limit yok	Limit yok	İzin verilmez	İzin verilmez	İzin verilmez
Çerçeve Sistemler							
Özel çerçevesi	8	5.5	Limit yok	Limit yok	Limit yok	Limit yok	Limit yok
Orta sınıf çerçevesi	5	4.5	Limit yok	Limit yok	İzin verilmez	İzin verilmez	İzin verilmez
Normal çerçevesi	3	2.5	Limit yok	İzin verilmez	İzin verilmez	İzin verilmez	İzin verilmez
Özel Çerçevesi-Perdeli Çerçevesi Sistemler							
Özel perdeli	7	5.5	Limit yok	Limit yok	Limit yok	Limit yok	Limit yok
Normal perdeli	6	5	Limit yok	Limit yok	İzin verilmez	İzin verilmez	İzin verilmez
Orta Sınıf Çerçevesi-Perdeli Çerçevesi Sistemler							
Özel perdeli	6.5	5	Limit yok	Limit yok	48.77 m	30.48 m	30.48 m
Normal perdeli	5.5	4.5	Limit yok	Limit yok	İzin verilmez	İzin verilmez	İzin verilmez

Çizelge 2.12'deki C_d ise deplasman büyütme katsayısını ifade etmektedir.

Eşdeğer deprem yükü (2.30) denklemi ile katlara dağıtılır.

$$F_x = V \frac{w_x h_x^k}{\sum w_i h_i^k} \quad (2.30)$$

(2.29) denkleminde w_i ; i'inci katın ağırlığını, h_i ise; i'inci katın bina tabanından ölçülen yüksekliğini göstermektedir. T ≤ 0.5 ise k=1, T ≥ 2.5 ise k=2 alınır. 0.5 < T < 2.5 ise k; 1 ve 2 arasında lineer interpolasyonla bulunur ya da doğrudan 2 alınabilir.

Eşdeğer deprem yükü yönteminin; D,E ve F sismik tasarım sınıflarında kullanımı sınırlandırılmıştır. Kat sayısı ikiyi geçmeyen ve kullanım kategorisi I veya II olan yapılar ile, T < 3.5T_s olan ve burulma düzensizliği, yumuşak kat düzensizliği, kütle dağılım düzensizliği ve düşey geometri düzensizliği bulunmayan yapılar dışında; D, E ve F sismik tasarım sınıflarında bu yöntem uygulanamaz.

2.3.2 ASCE/SEI 7'de mod birleştirme yöntemi

Mod birleştirme yöntemi, sınırlama olmaksızın tüm bina ve sismik tasarım sınıflarına uygulanabilir.

Hesaba katılan modların etkin kütlelerinin toplamı, yapı kütlelerinin %90'ından az olmamalıdır.

Mod katkılarının birleştirilmesinde SRSS veya CQC yöntemi kullanılır. Modların birbirinden ayrık olmaması durumunda CQC kuralının kullanılması önerilir.

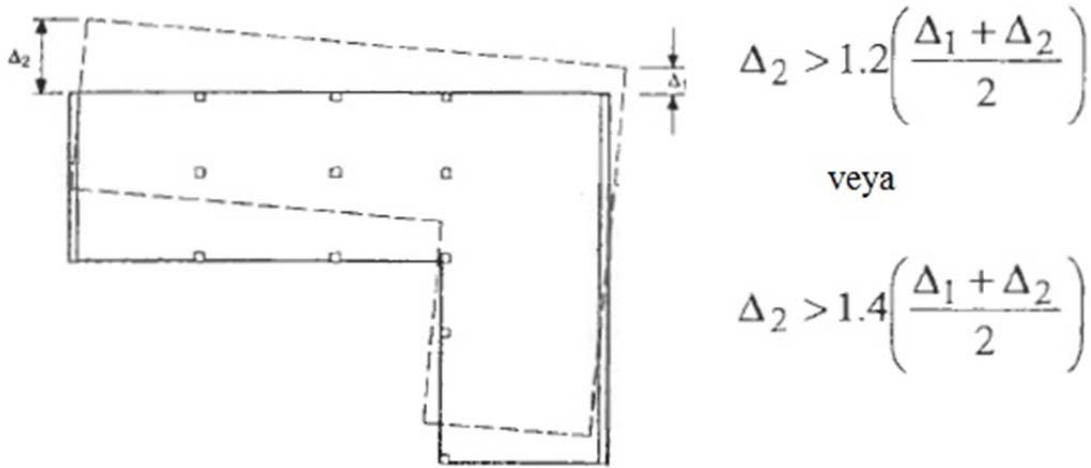
V_t ; mod birleştirme yönteminden elde edilen taban kesme kuvveti olmak üzere, $V_t < 0.85V$ durumunda, yalnızca iç kuvvetler $0.85(V/V_t)$ ile çarpılarak büyütülür, yer değiştirme sonuçları değiştirilmez.

2.3.3 ASCE/SEI 7'de yapı düzensizlikleri

2.3.3.1 Planda düzensizlik durumları

1a- Burulma düzensizliği & 1b- ileri derecede burulma düzensizliği

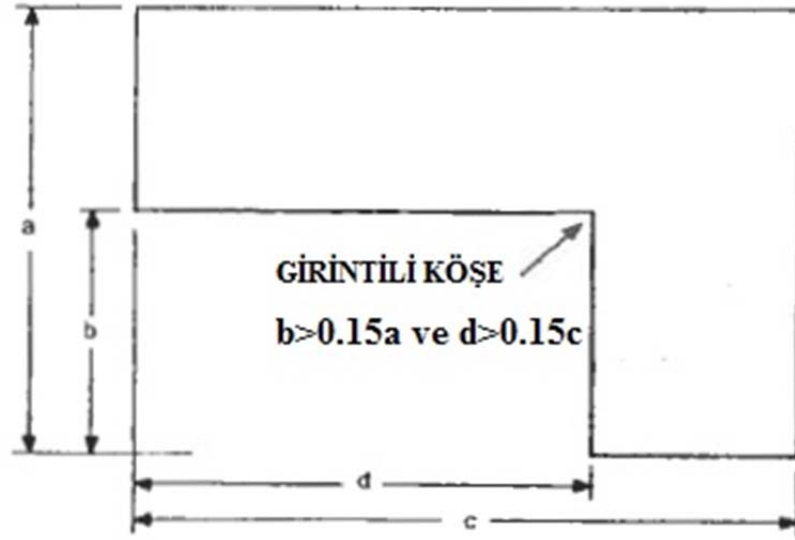
Ek dış merkezlik etkileri gözönüne alınarak hesaplanan maksimum göreceli kat ötelemesinin, ortalama göreceli kat ötelemesinin 1.2 katından büyük olduğu durumda yapıda burulma düzensizliği olduğu kabul edilir. Eğer maksimum kat ötelemesinin değeri, ortalama göreceli kat ötelemesinin 1.4 katından da büyük olursa bu durumda ileri derecede burulma düzensizliği mevcuttur. İlgili koşullar Şekil 2.17'de verilmiştir.



Şekil 2.17 : 1a ve 1b burulma düzensizliği.

2- Girintili köşe düzensizliği

Girintili köşe boyutlarının her ikisinin de karşılık gelen plan boyutunun %15'inden büyük olması durumudur. Bu durum Şekil 2.18'de verilmiştir.



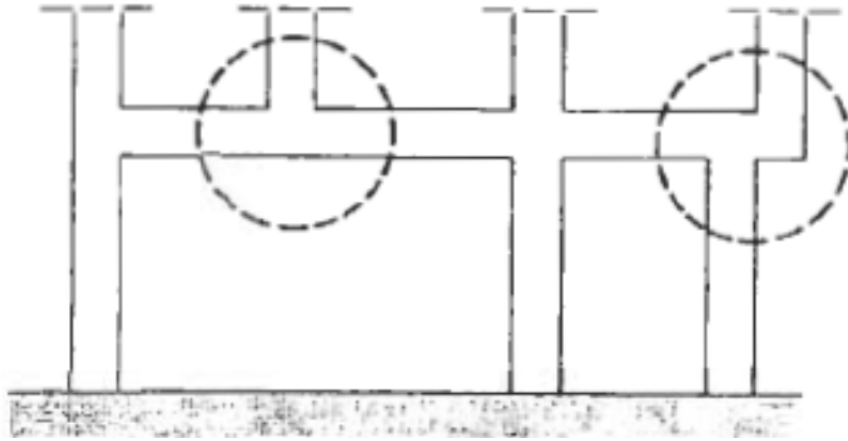
Şekil 2.18 : Girintili köşe düzensizliği.

3- Döşeme süreksizlik düzensizliği

Kat döşemesinin brüt alanının %50'sinden fazlasının boşluk olduğu ya da bir kattan diğerine geçişte diyafram rijitliğinin %50'den fazla azaldığı düzensizlik durumudur.

4- Düşey elemanların akstan sapma düzensizliği

Yatay kuvvet taşıyan elemanlarda akstan sapma olmasıdır. Bu durum Şekil 2.19'da verilmiştir.



Şekil 2.19 : Düşey elemanların akstan sapma düzensizliği.

5- Paralel olmayan sistem düzensizliği

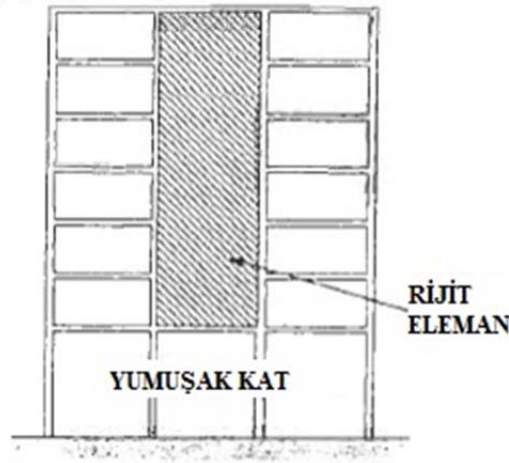
Düşey elemanların x ve y doğrultularına göre paralel ve simetrik olmaması durumudur.

2.3.3.2 Düşey doğrultuda düzensizlik durumları

1a- Yumuşak kat düzensizliği & 1b- ileri derecede yumuşak kat düzensizliği

Herhangi bir katın rijitliğinin, üstündeki kat rijitliğinin %70'inden veya üstündeki üç katın ortalama rijitliğinin %80'inden az olması durumu, yumuşak kat düzensizliği olarak tanımlanmıştır.

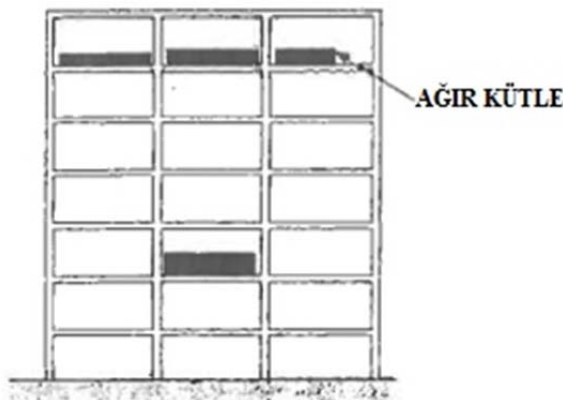
Herhangi bir katın rijitliği, üstündeki kat rijitliğinin %60'ından veya üstündeki üç katın ortalama rijitliğinin %70'inden az olarak hesaplanırsa yapıda ileri derecede yumuşak kat düzensizliği mevcuttur. Yumuşak kat düzensizliği Şekil 2.20'de verilmiştir.



Şekil 2.20 : Yumuşak kat düzensizliği.

2- Kütle dağılım düzensizliği

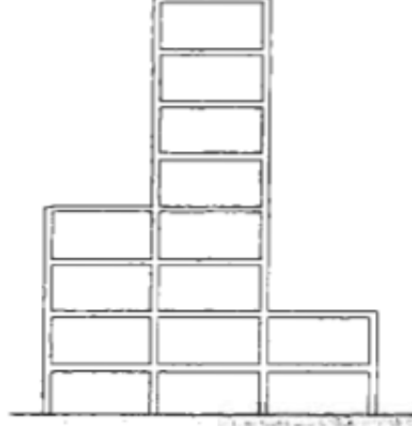
Herhangi bir kat kütesinin, komşu kat kütesinin 1.5 katından fazla olması durumudur. Alttaki kata göre hafif kalan çatı katları için bu koşul uygulanmaz. Bu düzensizlik Şekil 2.21'de verilmiştir.



Şekil 2.21 : Kütle dağılım düzensizliği.

3- Düşey geometri düzensizliği

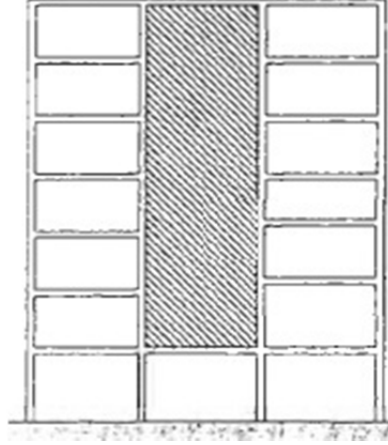
Herhangi bir katta sismik kuvvete karşı koyan elemanların plan boyutunun, komşu katta sismik kuvvete karşı koyan elemanların plan boyutunun 1.3 katından fazla olması durumudur. İlgili durum Şekil 2.22’de verilmiştir.



Şekil 2.22 : Düşey geometri düzensizliği.

4- Düşey elemanların süreksizlik düzensizliği

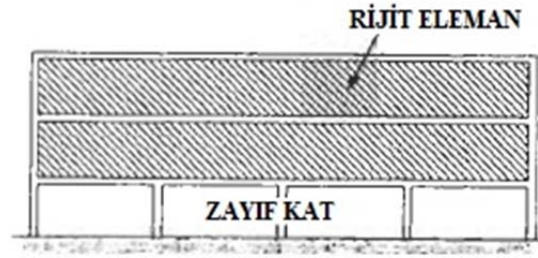
Sismik kuvvete karşı koyan elemanların alt katlarda kesintiye uğraması sonucunda ortaya çıkan düzensizliktir. Şekil 2.23’te verilmiştir.



Şekil 2.23 : Düşey elemanların süreksizlik düzensizliği.

5a- Zayıf kat & 5b- aşırı zayıf kat düzensizliği

Herhangi bir katın deprem kuvveti dayanımının, üst katın dayanımının %80’inden az olması durumu zayıf kat düzensizliği olarak tanımlanmıştır. Eğer herhangi bir katın dayanımı, üstteki katın dayanımının %65’inin altında kalırsa, aşırı zayıf kat düzensizliği mevcuttur. Zayıf kat düzensizliği Şekil 2.24’te verilmiştir.



Şekil 2.24 : Zayıf kat düzensizliği.

2.3.4 ACI 318’de taşıma gücü limit durumuna göre hesap ilkeleri

ACI 318’e göre hesapta farklılık gösteren konu malzeme katsayılarının kullanılmamasıdır. Hesapta malzemelerin karakteristik dayanımları kullanılır. Bunun yanında kesitlerin taşıma gücü, taşıma gücü azaltma katsayısıyla çarpılarak azaltılır. Taşıma gücü azaltma katsayısı ϕ ile gösterilir.

Bu durumda kesitin tasarım dayanımı R_d ile kesitteki tasarım tesiri F_d arasında $\phi R_d \geq F_d$ koşulunun sağlanması gerekir. Analizden elde edilen tesirler ϕ katsayısına bölünerek bu koşul kolayca uygulanır. ACI-318’de kullanılan taşıma gücü azaltma katsayıları Çizelge 2.13’te verilmiştir.

Çizelge 2.13 : ACI 318 taşıma gücü azaltma katsayıları.

Hesap tipi	Açıklama	ϕ
Çekme kontrolündeki kesit		0.9
Basınç kontrolündeki kesit	Spiral donatılı elemanlarda	0.75
	Diğer donatılı elemanlarda	0.65
Kesme ve burulma		0.75

ACI 318, kullanılacak yük birleşimlerini açıkça şu şekilde vermiştir:

1- $1.4D+1.6F$

2- $1.2(D+F+T)+1.6(L+H)+0.5(L_r \text{ veya } S \text{ veya } R)$

3- $1.2D+1.6(L_r \text{ veya } S \text{ veya } R)+(L \text{ veya } 0.8W)$

4- $1.2D+1.6W+L+0.5(L_r \text{ veya } S \text{ veya } R)$

5- $1.2D+E+L+0.2S$

6- 0.9D+1.6W+1.6H

7- 0.9D+E+1.6H

Bu yük birleşimlerinde D; sabit yükü, F; akışkan yükünü, T; sıcaklık-sünme-rötre-farklı oturma etkilerini, L; hareketli yükü, H; toprak etkisini, L_r ; çatı hareketli yükünü, S; kar yükünü, R; yağmur yükünü, W; rüzgar yükünü, E; deprem yükünü ifade etmektedir.

3, 4 ve 5 no'lu yük birleşimlerinde, hareketli yük katsayısı; garajlar, halkın kullanımına açık alanlar ve hareketli yükün 4.8 kN/m^2 'den büyük olduğu alanlar dışında 0.5 olarak alınabilir.

Betonarme kesit hesabında yapılan kabuller TS 500 ile tamamen aynıdır. Tüm tasarım kabulleri; Eurocode 2 ve TS-500 ile karşılaştırmalı olarak Çizelge 2.14'te verilmiştir.

Çizelge 2.14 : ACI-318, Eurocode 2 ve TS 500 betonarme hesap kabullerinin karşılaştırılması.

Hesap Kabulü	ACI-318	EUROCODE 2	TS-500
Beton çekme dayanımının ihmal edilmesi	✓	✓	✓
Donatı çubuğu ile çevresini saran beton arasında tam aderans bulunması	✓	✓	✓
Düzlem kesitlerin düzlem kalması	✓	✓	✓
Donatı çeliğinin elasto-plastik davranması	✓	✓	✓
Beton ezilme birim kısalmasının değeri	0.003	0.0035	0.003
Donatı çeliğinin elastisite modülü (MPa)	2×10^5	2×10^5	2×10^5
Eş değer dikdörtgen gerilme bloğunun kullanılabilmesi	✓	✓	✓

3. BETONARME BİR YAPININ TASARIMI

Bu çalışmanın amacı, önceden belirtildiği üzere, Türk, Eurocode ve Amerikan Yönetmelikleri'ne göre, aynı sistem modeli kullanılarak tasarım yapılması ve elde edilen sonuçların karşılaştırılmasıdır.

Bu bölümde karşılaştırmalı çözümlemesi yapılacak olan yapının tasarım bilgilerinin açıklanması amaçlanmıştır. Her üç yönetmeliğe göre karşılaştırmalı olarak bina genel bilgileri verilmiştir. TS 500'e göre döşeme donatılarının hesabı yapılmıştır. Kiriş ve kolonların boyutlandırılması verilmiştir. Sistemin üç boyutlu modeli ve her iki doğrultudaki 1. mod şekilleri sunulmuştur.

Üzerinde çalışılan yapı sistemi; bir bodrum, bir zemin ve 12 normal kattan oluşan perdeli ve çerçevesel bir sistemdir. Bodrum katın rijit bodrum perdeleriyle çevrili olduğu düşünülecektir. Her bir katın yüksekliği 3.00 m, zemin kat döşemesinden itibaren bina toplam yüksekliği 39.00 m'dir. Yapı, konut olarak kullanılacaktır. Binanın oturma alanı 290 m^2 'dir.

Yapı, planda y doğrultusuna göre simetriktir. Bu durumda 11 adet döşeme, 26 adet kiriş, 11 adet kolon ve 6 adet perde göz önüne alınmaktadır.

Kirişlerin tamamı $30^{\text{cm}} \times 60^{\text{cm}}$ olarak seçilmiştir. Hesap ile belirlenen kolon boyutları, üst katlara çıkıldıkça kademeli olarak azaltılmıştır.

Yapıda tüm betonarme elemanlarda C30 betonu ve S420 donatı çeliği kullanıldığı varsayılmıştır. Betonun elastisite modülü 32000 MPa alınmıştır.

Üç yönetmeliği de içeren bina genel bilgileri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Çizelge 3.1'de görüldüğü üzere, konut tipi yapılar için bina önem katsayısı üç yönetmelikte de aynı alınmaktadır.

Spektrum başlangıç ve tepe ivmelerinin ise karşılaştırmalı tasarım için uyumlu olduğu görülmektedir. Bu durumda Amerikan Yönetmelikleri'ne göre tasarımda, Sismik Tasarım Sınıfı; D olmaktadır. Eurocode 8 spektrum başlangıç ivmesinin

0.48g olmasının nedeni zemin grubuna bağılı S katsayısıdır. Zemin gruplarının belirlenmesiyle ilgili çizelgeler EK A’da verilmiştir.

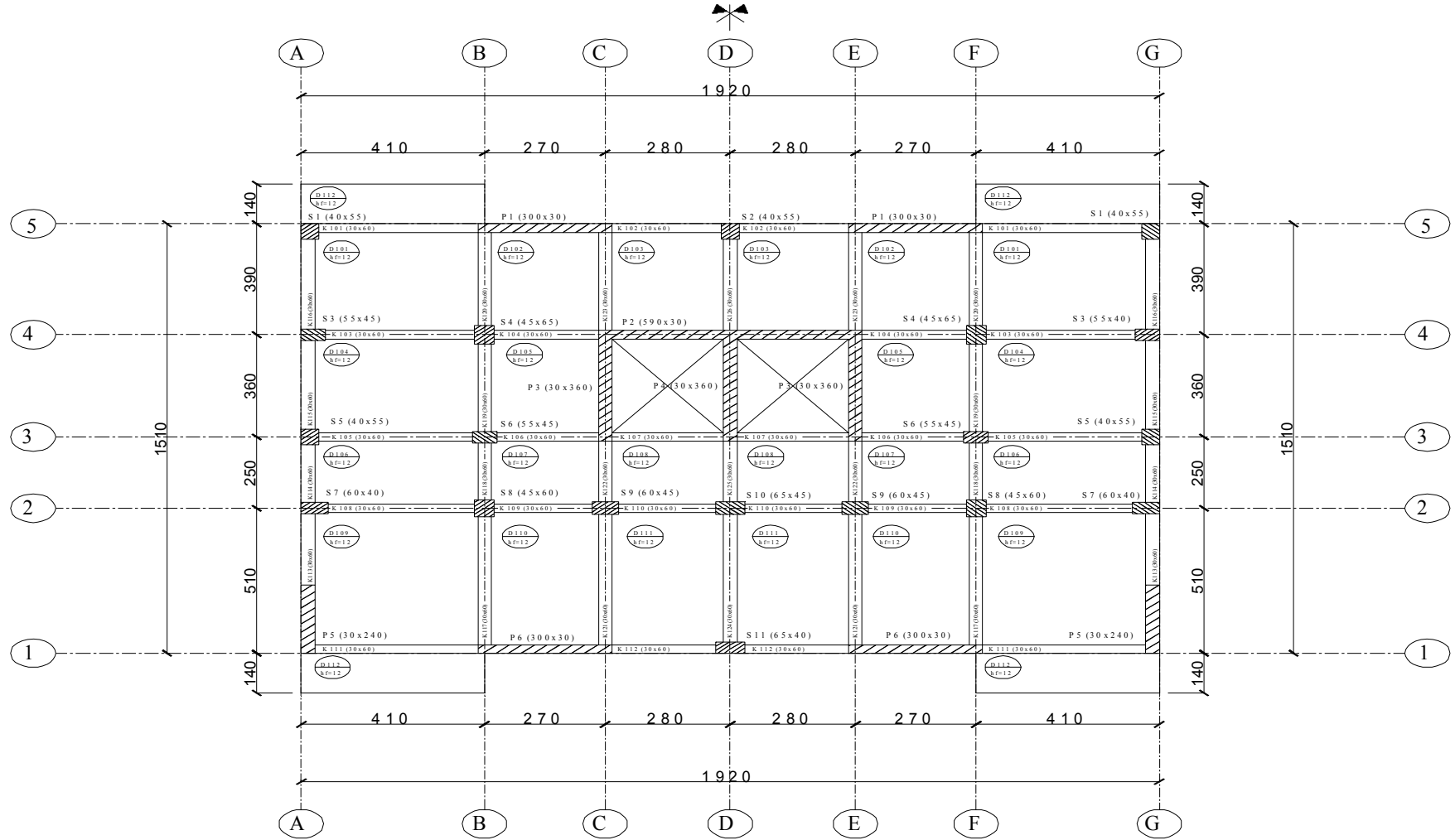
Çizelge 3.1 : Bina genel bilgileri.

Açıklama	TÜRK YÖNETMELİKLERİ'NE GÖRE TASARIM	EUROCODE YÖNETMELİKLERİ'NE GÖRE TASARIM	AMERİKAN YÖNETMELİKLERİ'NE GÖRE TASARIM
Kat Özellikleri	Bodrum + Zemin + 12 normal kat		
Bina Kullanım Amacı	Konut		
Bina Taşıyıcı Sistemi	Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz perdeler tarafından birlikte taşındığı bina		
Süneklik Düzeyi	Yüksek		
Bina Önem Katsayısı	1		
Yapı Davranış Katsayısı	7	5.4	7
Zemin Sınıfı	Z2	-	-
Zemin Grubu	B	B	D
Deprem Bölgesi	1	Yüksek Sismisite Bölgesi	Sismik Tasarım Sınıfı D
Spektrum başlangıç ivmesi	0.4g	0.48g	0.4g
Spektrum maksimum ivmesi	1.0g	1.2g	1.0g
Spektrum köşe periyotları	0.15 s - 0.40 s	0.15 s - 0.50 s	0.12 s - 0.61 s
Malzeme	C30/S420		
Beton Elastisite Modülü	32000 MPa		
Kat Yüksekliği	Tüm katlar için 3.0 m		
Bina Yüksekliği (Zemin kat döşemesinden itibaren)	39 m		

Binanın zemin kat ve normal kat kalıp planı Şekil 3.1’de verilmiştir.

3.1 Döşemelerin Tasarımı

Döşemelerin donatı hesabı yalnızca TS 500’e göre yapılmıştır. Tüm döşemelerin kalınlığı TS 500’e uygun olarak 12 cm seçilmiştir.



Şekil 3.1 : Zemin kat ve normal kat kalıp planı.

Döşeme sabit yükü, D101 – D104 – D109 – D110 – D111 için 4.15 kN/m^2 , diğer döşemeler için 4.5 kN/m^2 hesaplanmıştır.

Döşeme hareketli yükü; odalarda 2 kN/m^2 , sahanlıklarda 3.5 kN/m^2 , balkonlarda 5 kN/m^2 alınmıştır. [10]

Binada balkonlar dışındaki tüm döşemeler iki doğrultuda çalışan kirişli döşemedir. Bu döşemeler için TS 500’de verilmiş yaklaşık yöntem kullanılarak döşeme ve açıklık momentleri hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 : Döşeme açıklık ve mesnet momentleri.

Döşeme	Sınır Koşulları	$m = l_x / l_y$	$l_x \text{ (m)}$	$M_x \text{ (kNm/m)}$	$X \text{ (kNm/m)}$	$M_y \text{ (kNm/m)}$	$Y \text{ (kNm/m)}$
D101		1.05	3.45	3.32	4.39	3.53	4.82
D102		1.39	2.40	2.51	3.32	1.69	2.23
D103		1.34	2.50	3.07	4.14	2.60	-
D104		1.10	3.30	3.03	4.01	3.43	4.60
D105		1.33	2.40	2.40	3.16	1.69	2.23
D106		1.58	2.20	1.42	1.88	2.34	3.11
D107		1.08	2.20	1.14	1.51	1.15	1.79
D108		1.12	2.20	1.78	2.35	2.07	2.76
D109		1.25	3.65	5.03	6.59	3.71	4.91
D110		1.83	2.40	3.06	4.04	1.61	2.12
D111		1.77	2.50	3.20	4.27	1.74	2.30

Çizelge 3.2’de m ; döşeme uzun kenarının kısa kenarına oranını, l_{sn} ; döşemenin kısa doğrultudaki temiz açıklığını, M_x ; x doğrultusu açıklık momentini, M_y ; y doğrultusu açıklık momentini, X ; x doğrultusu mesnet momentini, Y ; y doğrultusu mesnet momentini göstermektedir.

Elde edilen moment değerlerine karşılık gelen donatılar, betonarme hesap tablosu [11] yardımıyla bulunmuştur. Moment tesirlerinden de anlaşılacağı üzere, hesaplanan donatı alanları küçük değerler çıkmıştır. TS 500’de verilen minimum koşullar göz önünde bulundurularak tüm döşemeler için 279 mm^2 ($\Phi 8/36$ düz, $\Phi 8/36$ pliye) seçilmiştir. Sonuçlar Çizelge 3.3’te verilmiştir.

Çizelge 3.3 : Döşeme donatı hesabı sonuçları.

X doğrultusu için					
Döşeme	M_d (kNm/m)	A_s (mm^2 / m)	Seçilen (mm^2 / m)	Mevcut (mm^2 / m)	Ek donatı
D101	3.32	101.40	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D102	2.51	70.03	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D103	3.07	85.96	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D104	3.03	92.22	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D105	2.40	66.96	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D106	1.42	42.91	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D107	1.14	34.45	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D108	1.78	53.79	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D109	5.03	141.85	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D110	3.06	85.68	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D111	3.20	89.60	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D101/D102 mesnet	4.10	115.21		279 ($\Phi 8/18$)	Gerekli değil.
D102/D103 mesnet	4.14	116.33		279 ($\Phi 8/18$)	Gerekli değil.
D103/D103 mesnet	4.14	116.33		279 ($\Phi 8/18$)	Gerekli değil.
D104/D105 mesnet	3.79	114.80		279 ($\Phi 8/18$)	Gerekli değil.
D106/D107 mesnet	1.81	50.32		279 ($\Phi 8/18$)	Gerekli değil.
D107/D108 mesnet	2.08	57.82		279 ($\Phi 8/18$)	Gerekli değil.
D108/D108 mesnet	2.35	65.57		279 ($\Phi 8/18$)	Gerekli değil.
D109/D110 mesnet	5.90	166.97		279 ($\Phi 8/18$)	Gerekli değil.
D110/D111 mesnet	4.27	119.99		279 ($\Phi 8/18$)	Gerekli değil.
D111/D111 mesnet	4.27	119.99		279 ($\Phi 8/18$)	Gerekli değil.
Y doğrultusu için					
Döşeme	M_d (kNm/m)	A_s (mm^2 / m)	Seçilen (mm^2 / m)	Mevcut (mm^2 / m)	Ek donatı
D101	3.53	98.84	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D102	1.69	51.07	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D103	2.60	79.13	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D104	3.43	96.04	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D105	1.69	51.07	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D106	2.34	65.29	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D107	1.15	31.97	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D108	2.07	57.55	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D109	3.71	113.32	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D110	1.61	48.65	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D111	1.74	52.58	279 ($\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pliye)		
D101/D104 mesnet	4.82	135.44		279 ($\Phi 8/18$)	Gerekli değil.
D104/D106 mesnet	4.19	117.74		279 ($\Phi 8/18$)	Gerekli değil.
D106/D109 mesnet	4.51	126.73		279 ($\Phi 8/18$)	Gerekli değil.
D102/D105 mesnet	2.23	62.22		279 ($\Phi 8/18$)	Gerekli değil.
D105/D107 mesnet	2.23	62.22		279 ($\Phi 8/18$)	Gerekli değil.
D107/D110 mesnet	2.12	58.94		279 ($\Phi 8/18$)	Gerekli değil.
D108/D111 mesnet	2.76	77.00		279 ($\Phi 8/18$)	Gerekli değil.

Çizelge 3.3'te M_d ; tasarım momentini, A_s ; gerekli donatı alanını göstermektedir.

3.2 Kiriş ve Kolon Boyutlarının Belirlenmesi

Kiriş boyutları; yapı sistemi göz önünde bulundurularak, daha önce belirtildiği üzere $30^{cm} \times 60^{cm}$ seçilmiştir.

Kolon boyutlarının belirlenmesi için her kolona etki eden hesap kuvvetleri bulunmuş ve $A_c \geq N_d / (0.5f_{ck})$ koşulunu sağlayacak şekilde boyutlar seçilmiştir. A_c ; kolon enkesit alanını, N_d ; kolona etki eden hesap normal kuvvetini, f_{ck} ; beton karakteristik basınç dayanımını göstermektedir. Hesaplanan tüm A_c değerleri 1.30 ile çarpılarak büyütülmüştür. Kolon boyutları; bodrum kattan itibaren önce iki defa dört katta bir, sonra da iki defa üç katta bir olmak üzere kademeli olarak azaltılmıştır. Sonuçlar

Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4 : Kolon boyutlarının belirlenmesi.

Kat	Kolon Adı	N_d (kN)	A_c (cm ²)	$1.3A_c$ (cm ²)	Seçilen		
					x (cm)	y (cm)	A_c (cm ²)
12	S1	120.40	80.26	104.34	35.00	45.00	1575.00
	S2	105.83	70.55	91.72	35.00	45.00	1575.00
	S3	128.64	85.76	111.49	45.00	40.00	1800.00
	S4	183.34	122.22	158.89	40.00	55.00	2200.00
	S5	113.38	75.59	98.26	35.00	45.00	1575.00
	S6	159.13	106.09	137.91	45.00	40.00	1800.00
	S7	130.99	87.33	113.53	45.00	40.00	1800.00
	S8	184.74	123.16	160.10	40.00	50.00	2000.00
	S9	171.64	114.43	148.75	50.00	40.00	2000.00
	S10	154.76	103.17	134.12	55.00	40.00	2200.00
	S11	141.88	94.58	122.96	50.00	40.00	2000.00
11	S1	297.24	198.16	257.61	35.00	45.00	1575.00
	S2	278.68	185.79	241.53	35.00	45.00	1575.00
	S3	327.42	218.28	283.77	45.00	40.00	1800.00
	S4	415.39	276.93	360.01	40.00	55.00	2200.00
	S5	287.02	191.35	248.75	35.00	45.00	1575.00
	S6	361.10	240.73	312.95	45.00	40.00	1800.00
	S7	332.83	221.89	288.45	45.00	40.00	1800.00
	S8	408.53	272.35	354.06	40.00	50.00	2000.00
	S9	392.01	261.34	339.74	50.00	40.00	2000.00
	S10	385.01	256.68	333.68	55.00	40.00	2200.00
	S11	359.25	239.50	311.35	50.00	40.00	2000.00

Çizelge 3.4 (devam) : Kolon boyutlarının belirlenmesi.

Kat	Kolon Adı	N _d (kN)	A _c (cm ²)	1.3A _c (cm ²)	Seçilen		
					x (cm)	y (cm)	A _c (cm ²)
10	S1	474.08	316.06	410.87	35.00	45.00	1575.00
	S2	451.54	301.03	391.34	35.00	45.00	1575.00
	S3	526.21	350.80	456.05	45.00	40.00	1800.00
	S4	647.45	431.63	561.12	40.00	55.00	2200.00
	S5	460.66	307.11	399.24	35.00	45.00	1575.00
	S6	563.07	375.38	487.99	45.00	40.00	1800.00
	S7	534.66	356.44	463.37	45.00	40.00	1800.00
	S8	632.33	421.55	548.02	40.00	50.00	2000.00
	S9	612.38	408.25	530.73	50.00	40.00	2000.00
	S10	615.27	410.18	533.24	55.00	40.00	2200.00
	S11	576.63	384.42	499.75	50.00	40.00	2000.00
9	S1	650.93	433.95	564.14	40.00	45.00	1800.00
	S2	624.40	416.27	541.15	40.00	45.00	1800.00
	S3	724.99	483.33	628.32	50.00	40.00	2000.00
	S4	879.50	586.34	762.24	40.00	60.00	2400.00
	S5	634.30	422.86	549.72	40.00	45.00	1800.00
	S6	765.04	510.03	663.03	50.00	40.00	2000.00
	S7	736.50	491.00	638.30	50.00	40.00	2000.00
	S8	856.12	570.75	741.97	45.00	50.00	2250.00
	S9	832.75	555.17	721.72	55.00	40.00	2200.00
	S10	845.53	563.69	732.79	60.00	40.00	2400.00
	S11	794.01	529.34	688.14	55.00	40.00	2200.00
8	S1	827.77	551.85	717.40	40.00	45.00	1800.00
	S2	797.26	531.51	690.96	40.00	45.00	1800.00
	S3	923.77	615.85	800.60	50.00	40.00	2000.00
	S4	1111.56	741.04	963.35	40.00	60.00	2400.00
	S5	807.93	538.62	700.21	40.00	45.00	1800.00
	S6	967.01	644.67	838.08	50.00	40.00	2000.00
	S7	938.33	625.55	813.22	50.00	40.00	2000.00
	S8	1079.92	719.95	935.93	45.00	50.00	2250.00
	S9	1053.13	702.08	912.71	55.00	40.00	2200.00
	S10	1075.79	717.19	932.35	60.00	40.00	2400.00
	S11	1011.39	674.26	876.54	55.00	40.00	2200.00
7	S1	1004.62	669.74	870.67	40.00	45.00	1800.00
	S2	970.12	646.74	840.77	40.00	45.00	1800.00
	S3	1122.55	748.37	972.88	50.00	40.00	2000.00
	S4	1343.62	895.74	1164.47	40.00	60.00	2400.00
	S5	981.57	654.38	850.70	40.00	45.00	1800.00
	S6	1168.98	779.32	1013.12	50.00	40.00	2000.00
	S7	1140.16	760.11	988.14	50.00	40.00	2000.00
	S8	1303.72	869.14	1129.89	45.00	50.00	2250.00
	S9	1273.50	849.00	1103.70	55.00	40.00	2200.00
	S10	1306.05	870.70	1131.91	60.00	40.00	2400.00
	S11	1228.77	819.18	1064.93	55.00	40.00	2200.00

Çizelge 3.4 (devam) : Kolon boyutlarının belirlenmesi.

Kat	Kolon Adı	$N_d(kN)$	$A_c(cm^2)$	$1.3A_c(cm^2)$	Seçilen		
					x (cm)	y (cm)	$A_c(cm^2)$
6	S1	1181.46	787.64	1023.93	40.00	50.00	2000.00
	S2	1142.97	761.98	990.58	40.00	50.00	2000.00
	S3	1321.33	880.89	1145.16	55.00	40.00	2200.00
	S4	1575.67	1050.45	1365.58	45.00	60.00	2700.00
	S5	1155.21	770.14	1001.18	40.00	50.00	2000.00
	S6	1370.95	913.97	1188.16	55.00	40.00	2200.00
	S7	1342.00	894.67	1163.06	55.00	40.00	2200.00
	S8	1527.51	1018.34	1323.84	45.00	55.00	2475.00
	S9	1493.87	995.91	1294.69	60.00	40.00	2400.00
	S10	1536.30	1024.20	1331.46	65.00	40.00	2600.00
	S11	1446.14	964.10	1253.32	60.00	40.00	2400.00
5	S1	1358.30	905.54	1177.20	40.00	50.00	2000.00
	S2	1315.83	877.22	1140.39	40.00	50.00	2000.00
	S3	1520.12	1013.41	1317.43	55.00	40.00	2200.00
	S4	1807.73	1205.15	1566.70	45.00	60.00	2700.00
	S5	1328.85	885.90	1151.67	40.00	50.00	2000.00
	S6	1572.92	1048.61	1363.20	55.00	40.00	2200.00
	S7	1543.83	1029.22	1337.99	55.00	40.00	2200.00
	S8	1751.31	1167.54	1517.80	45.00	55.00	2475.00
	S9	1714.24	1142.83	1485.68	60.00	40.00	2400.00
	S10	1766.56	1177.71	1531.02	65.00	40.00	2600.00
	S11	1663.52	1109.01	1441.72	60.00	40.00	2400.00
4	S1	1535.15	1023.43	1330.46	40.00	50.00	2000.00
	S2	1488.69	992.46	1290.20	40.00	50.00	2000.00
	S3	1718.90	1145.93	1489.71	55.00	40.00	2200.00
	S4	2039.78	1359.86	1767.81	45.00	60.00	2700.00
	S5	1502.49	1001.66	1302.15	40.00	50.00	2000.00
	S6	1774.89	1183.26	1538.24	55.00	40.00	2200.00
	S7	1745.67	1163.78	1512.91	55.00	40.00	2200.00
	S8	1975.10	1316.74	1711.76	45.00	55.00	2475.00
	S9	1934.61	1289.74	1676.67	60.00	40.00	2400.00
	S10	1996.82	1331.21	1730.58	65.00	40.00	2600.00
	S11	1880.90	1253.93	1630.11	60.00	40.00	2400.00
3	S1	1711.99	1141.33	1483.73	40.00	50.00	2000.00
	S2	1661.55	1107.70	1440.01	40.00	50.00	2000.00
	S3	1917.68	1278.45	1661.99	55.00	40.00	2200.00
	S4	2271.84	1514.56	1968.93	45.00	60.00	2700.00
	S5	1676.12	1117.42	1452.64	40.00	50.00	2000.00
	S6	1976.86	1317.91	1713.28	55.00	40.00	2200.00
	S7	1947.50	1298.33	1687.83	55.00	40.00	2200.00
	S8	2198.90	1465.93	1905.71	45.00	55.00	2475.00
	S9	2154.99	1436.66	1867.65	60.00	40.00	2400.00
	S10	2227.08	1484.72	1930.13	65.00	40.00	2600.00
	S11	2098.28	1398.85	1818.51	60.00	40.00	2400.00

Çizelge 3.4 (devam) : Kolon boyutlarının belirlenmesi.

Kat	Kolon Adı	N _d (kN)	A _c (cm ²)	1.3A _c (cm ²)	Seçilen		
					x (cm)	y (cm)	A _c (cm ²)
2	S1	1888.84	1259.22	1636.99	40.00	55.00	2200.00
	S2	1834.41	1222.94	1589.82	40.00	55.00	2200.00
	S3	2116.46	1410.97	1834.27	55.00	45.00	2475.00
	S4	2503.90	1669.26	2170.04	45.00	65.00	2925.00
	S5	1849.76	1233.17	1603.13	40.00	55.00	2200.00
	S6	2178.83	1452.55	1888.32	55.00	45.00	2475.00
	S7	2149.33	1432.89	1862.76	60.00	40.00	2400.00
	S8	2422.70	1615.13	2099.67	45.00	60.00	2700.00
	S9	2375.36	1583.57	2058.64	60.00	45.00	2700.00
	S10	2457.34	1638.22	2129.69	65.00	45.00	2925.00
	S11	2315.66	1543.77	2006.90	65.00	40.00	2600.00
1	S1	2065.68	1377.12	1790.26	40.00	55.00	2200.00
	S2	2007.26	1338.18	1739.63	40.00	55.00	2200.00
	S3	2315.24	1543.50	2006.54	55.00	45.00	2475.00
	S4	2735.95	1823.97	2371.16	45.00	65.00	2925.00
	S5	2023.40	1348.93	1753.61	40.00	55.00	2200.00
	S6	2380.80	1587.20	2063.36	55.00	45.00	2475.00
	S7	2351.17	1567.45	2037.68	60.00	40.00	2400.00
	S8	2646.49	1764.33	2293.63	45.00	60.00	2700.00
	S9	2595.73	1730.49	2249.63	60.00	45.00	2700.00
	S10	2687.59	1791.73	2329.25	65.00	45.00	2925.00
	S11	2533.03	1688.69	2195.30	65.00	40.00	2600.00
Z	S1	2242.52	1495.02	1943.52	40.00	55.00	2200.00
	S2	2180.12	1453.41	1889.44	40.00	55.00	2200.00
	S3	2514.03	1676.02	2178.82	55.00	45.00	2475.00
	S4	2968.01	1978.67	2572.27	45.00	65.00	2925.00
	S5	2197.04	1464.69	1904.10	40.00	55.00	2200.00
	S6	2582.77	1721.85	2238.40	55.00	45.00	2475.00
	S7	2553.00	1702.00	2212.60	60.00	40.00	2400.00
	S8	2870.29	1913.53	2487.58	45.00	60.00	2700.00
	S9	2816.10	1877.40	2440.62	60.00	45.00	2700.00
	S10	2917.85	1945.23	2528.81	65.00	45.00	2925.00
	S11	2750.41	1833.61	2383.69	65.00	40.00	2600.00
B	S1	2419.37	1612.91	2096.79	40.00	55.00	2200.00
	S2	2352.98	1568.65	2039.25	40.00	55.00	2200.00
	S3	2712.81	1808.54	2351.10	55.00	45.00	2475.00
	S4	3200.06	2133.38	2773.39	45.00	65.00	2925.00
	S5	2370.68	1580.45	2054.59	40.00	55.00	2200.00
	S6	2784.74	1856.49	2413.44	55.00	45.00	2475.00
	S7	2754.84	1836.56	2387.52	60.00	40.00	2400.00
	S8	3094.08	2062.72	2681.54	45.00	60.00	2700.00
	S9	3036.47	2024.32	2631.61	60.00	45.00	2700.00
	S10	3148.11	2098.74	2728.36	65.00	45.00	2925.00
	S11	2967.79	1978.53	2572.08	65.00	40.00	2600.00

3.3 Bina Modelinin Oluşturulması

Bina modelinin oluşturulmasında ve daha sonra analizlerin yapılmasında SAP2000 v15 kullanılmıştır.

Yapının üç boyutlu modelinin oluşturulmasında kirişler ve kolonlar çubuk eleman, perdeler ise kabuk eleman olarak tanımlanmıştır. Döşemeler modelde tanımlanmamıştır. Döşemelerden kirişlere etki eden yükler, programa elle girilmiştir. Döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilerek, kat seviyelerindeki düğüm noktalarına rijit diyaframlar atanmıştır.

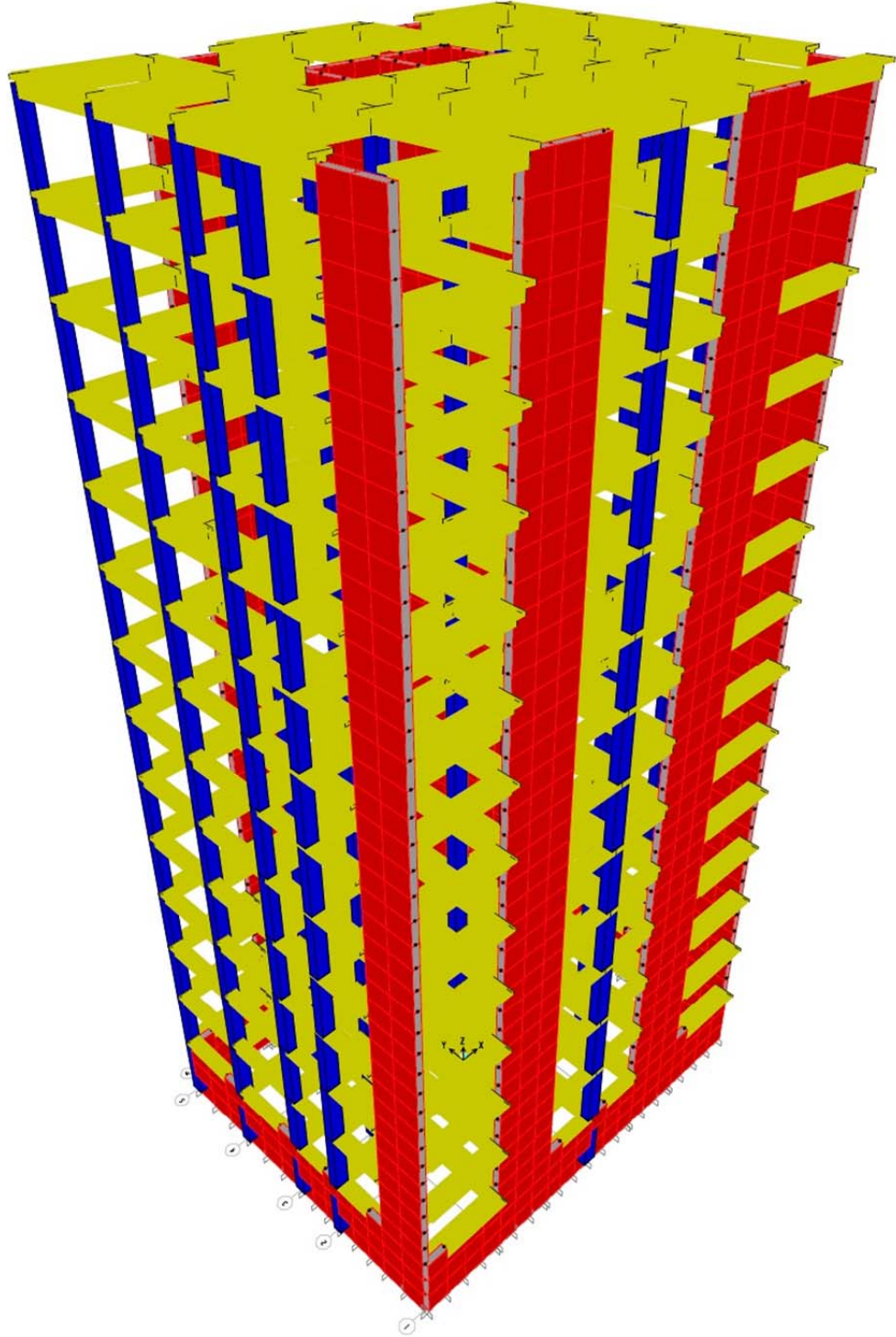
Kirişler için etkili tabla genişlikleri TS 500'e göre belirlenerek SAP2000'de tanımlanmıştır. Etkili tabla genişlikleri Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5 : Etkili tabla genişlikleri.

Kiriş Adı	Kesit	l (m)	α	l _p (m)	b (m)
K101	T	3.95	0.80	3.16	0.932
K102	I	2.80	0.60	1.68	0.468
K103	T	3.95	0.80	3.16	0.932
K104	T	2.70	0.60	1.62	0.624
K105	T	3.95	0.80	3.16	0.932
K106	T	2.70	0.60	1.62	0.624
K107	I	2.80	0.60	1.68	0.468
K108	T	3.95	0.80	3.16	0.932
K109	T	2.70	0.60	1.62	0.624
K110	T	2.80	0.60	1.68	0.636
K111	T	3.95	0.80	3.16	0.932
K112	I	2.80	0.60	1.68	0.468
K113	I	2.70	0.80	2.16	0.516
K114	I	2.50	0.60	1.50	0.450
K115	I	3.60	0.60	2.16	0.516
K116	I	3.75	0.80	3.00	0.600
K117	T	4.95	0.80	3.96	1.092
K118	T	2.50	0.60	1.50	0.600
K119	T	3.60	0.60	2.16	0.732
K120	T	3.75	0.80	3.00	0.900
K121	T	4.95	0.80	3.96	1.092
K122	T	2.50	0.60	1.50	0.600
K123	T	3.75	0.80	3.00	0.900
K124	T	4.95	0.80	3.96	1.092
K125	T	2.50	0.60	1.50	0.600
K126	T	3.75	0.80	3.00	0.900

Çizelge 3.5'te l ; hesap açıklığını, α ; kiriş tipine bağlı bir katsayıyı, I_p ; kirişin iki moment sıfır noktası arasındaki uzunluğunu, b ; etkili tabla genişliğini göstermektedir.

Binanın üç boyutlu modeli Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2 : Binaın üç boyutlu modeli.

DBYBHY'ye göre hareketli yük katılım katsayısı $n=0.3$ alınarak yapının deprem hesabında göz önüne alınacak ağırlığı hesaplanmıştır. Kat kütleleri ve yapı ağırlığı Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6 : Kat kütleleri ve yapı ağırlığı.

Kat	Ağırlık (kN)	Kütle (kNs^2 / m)
B	4868.99	496.33
Z	4279.49	436.24
1	4279.49	436.24
2	4252.34	433.47
3	4252.34	433.47
4	4252.34	433.47
5	4252.34	433.47
6	4228.04	430.99
7	4228.04	430.99
8	4228.04	430.99
9	4203.89	428.53
10	4203.89	428.53
11	4203.89	428.53
12	3057.70	311.69
Σ	58790.82	-

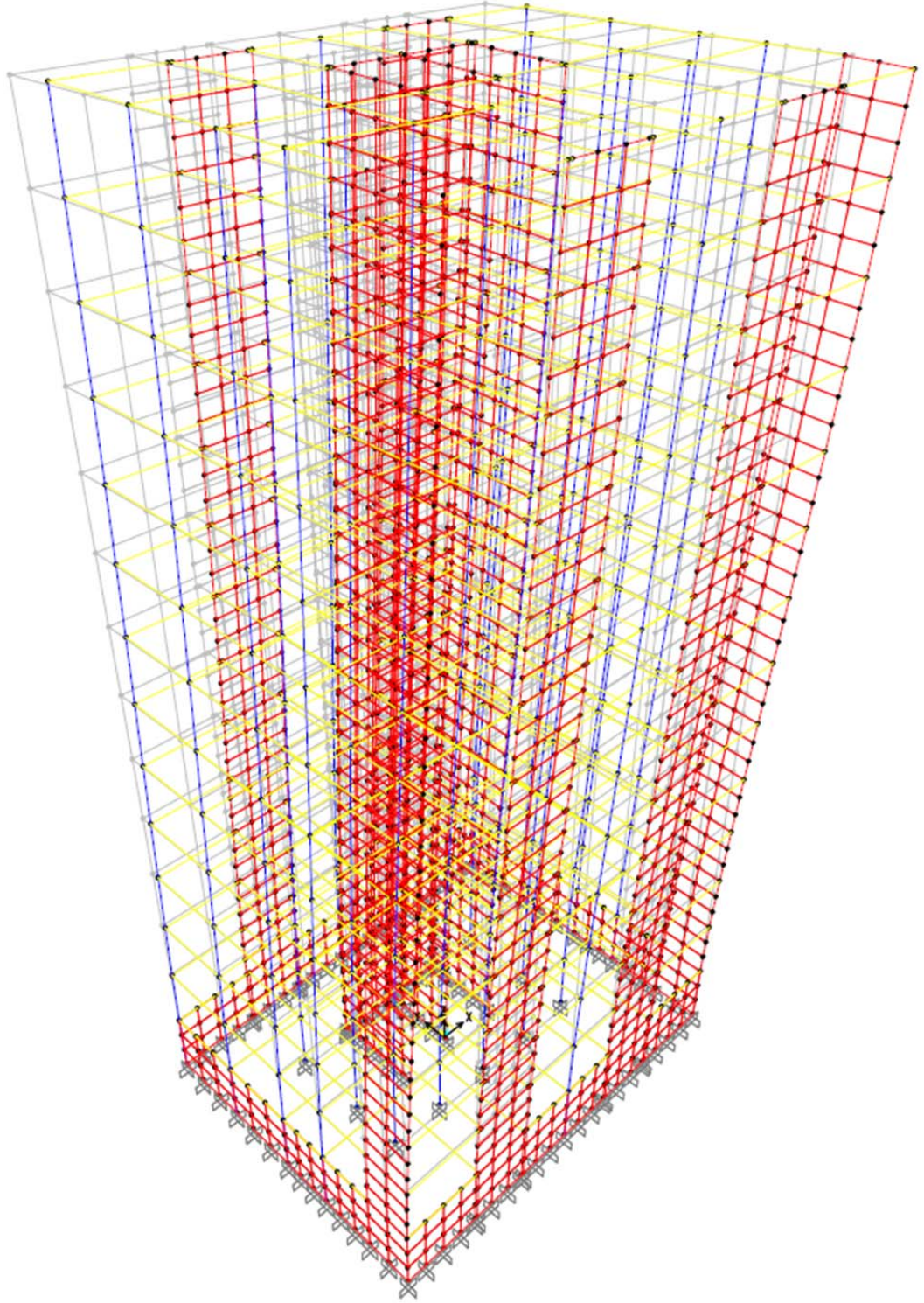
3.4 Modal Analiz

Her katta bulunan 2 adet öteleme ve 1 adet dönme atalet kütlesi için, 14 katlı yapıda 42 adet mod tanımlanarak modal analiz yapılmıştır.

Modal analiz sonucunda yapının 1. mod şekli y doğrultusunda oluşmuş, birinci doğal periyodu 0.872 s hesaplanmıştır.

Yapının 2. Mod şekli x doğrultusunda olup, ikinci doğal periyot 0.811 s hesaplanmıştır.

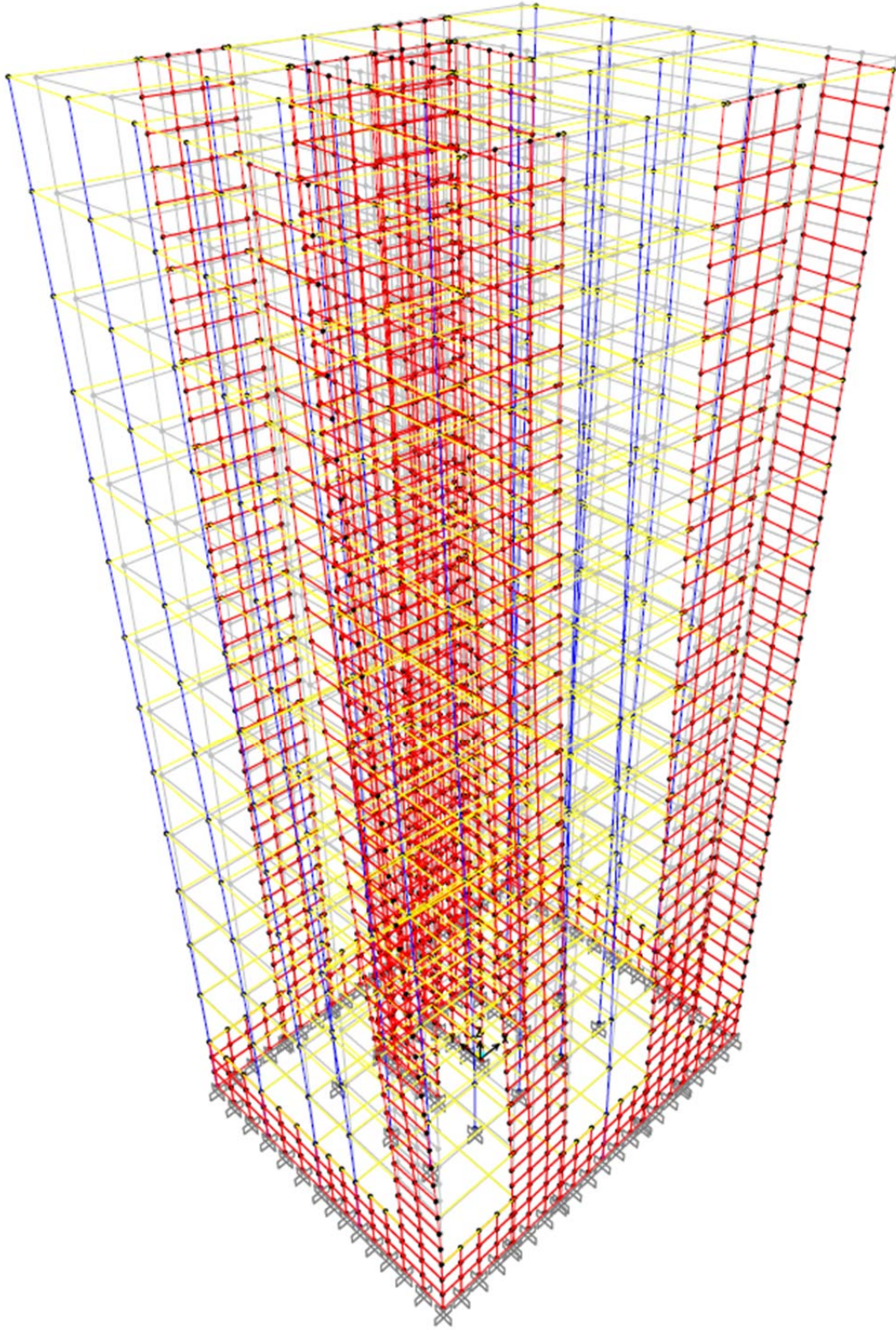
Yapının birinci mod şekli Şekil 3.3'te, ikinci mod şekli Şekil 3.4'te verilmiştir.



1. mod şekli

$$T_{1y} = 0.872 \text{ s}$$

Şekil 3.3 : Yapının birinci mod şekli (y doğrultusunda).



2. mod şekli

$$T_{1x} = 0.810 \text{ s}$$

Şekil 3.4 : Yapının ikinci mod şekli (x doğrultusunda).

Modların etkin kütleleri toplamının, her iki deprem doğrultusu için toplam bina kütlelerinin %90'ından fazla olması koşulu 12. modda sağlanmıştır. Bu durum Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7 : Etkin kütlelerin toplamı.

Mod	X (%)	Y (%)	ΣX (%)	ΣY (%)
1	0.000E+00	6.850E+01	0.00	68.50
2	4.640E+01	0.000E+00	46.40	68.50
3	2.224E+01	0.000E+00	68.65	68.50
4	7.217E+00	4.166E-18	75.87	68.50
5	4.903E-18	1.379E+01	75.87	82.29
6	6.858E+00	2.556E-15	82.72	82.29
7	2.289E+00	3.813E-17	85.01	82.29
8	4.210E-16	5.249E+00	85.01	87.54
9	2.974E+00	5.018E-14	87.99	87.54
10	1.030E+00	2.690E-14	89.02	87.54
11	1.261E-16	2.859E+00	89.02	90.40
12	2.164E+00	1.428E-12	91.18	90.40
13	2.510E-01	5.563E-14	91.43	90.40
14	5.286E-15	1.790E+00	91.43	92.19
15	1.680E+00	8.180E-12	93.11	92.19
16	2.900E-02	4.016E-12	93.14	92.19
17	1.526E-12	1.291E+00	93.14	93.48
18	1.208E+00	3.706E-13	94.35	93.48
19	1.650E-01	5.473E-18	94.51	93.48
20	1.008E-15	1.020E+00	94.51	94.50
21	9.320E-01	1.114E-16	95.44	94.50
22	6.375E-14	8.500E-01	95.44	95.35
23	2.720E-01	3.570E-16	95.72	95.35
24	7.450E-01	0.000E+00	96.46	95.35
25	2.474E-13	7.370E-01	96.46	96.09
26	4.250E-01	2.226E-14	96.89	96.09
27	2.088E-12	6.680E-01	96.89	96.76
28	5.020E-01	2.360E-14	97.39	96.76
29	8.540E-01	2.293E-16	98.24	96.76
30	1.592E-12	6.410E-01	98.24	97.40
31	3.300E-02	1.845E-14	98.28	97.40
32	4.299E-12	5.780E-01	98.28	97.97
33	7.020E-01	6.498E-13	98.98	97.97
34	4.380E-01	3.975E-14	99.42	97.97
35	4.281E-12	4.470E-01	99.42	98.42
36	6.209E-05	5.325E-14	99.42	98.42
37	2.511E-14	1.579E+00	99.42	100.00
38	5.250E-01	6.698E-13	99.94	100.00
39	2.800E-02	1.032E-13	99.97	100.00
40	1.969E-03	4.933E-13	99.97	100.00
41	7.736E-05	1.258E-13	99.97	100.00
42	3.000E-02	1.409E-13	100.00	100.00

Tüm modlar için hesaplanmış periyot, frekans ve açısal frekanslar Çizelge 3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.8 : Modların periyot, frekans ve açısal frekans değerleri.

Mod	Periyot (s)	Frekans (1/s)	Açısal Frekans (rad/s)
1	0.87	1.15	7.21
2	0.81	1.23	7.75
3	0.59	1.68	10.58
4	0.25	4.07	25.56
5	0.24	4.10	25.78
6	0.17	5.84	36.71
7	0.13	7.94	49.90
8	0.12	8.59	53.98
9	0.09	11.69	73.45
10	0.08	12.90	81.04
11	0.07	14.08	88.44
12	0.05	18.20	114.36
13	0.05	18.94	119.01
14	0.05	20.30	127.56
15	0.04	25.14	157.97
16	0.04	25.91	162.78
17	0.04	26.87	168.83
18	0.03	32.19	202.28
19	0.03	33.51	210.55
20	0.03	33.56	210.86
21	0.03	39.17	246.11
22	0.02	40.08	251.85
23	0.02	41.38	259.99
24	0.02	45.83	287.98
25	0.02	46.27	290.73
26	0.02	49.10	308.52
27	0.02	51.86	325.83
28	0.02	51.92	326.19
29	0.02	55.95	351.52
30	0.02	56.65	355.97
31	0.02	57.65	362.22
32	0.02	60.43	379.70
33	0.02	60.69	381.32
34	0.02	62.82	394.72
35	0.02	63.06	396.23
36	0.02	64.40	404.61
37	0.02	64.90	407.81
38	0.02	65.59	412.10
39	0.01	70.61	443.67
40	0.01	75.15	472.20
41	0.01	78.15	491.04
42	0.01	89.06	559.58

4. ANALİZ VE TASARIMLARIN YAPILMASI

4.1 Türk Yönetmelikleri'ne Göre Hesap

4.1.1 Deprem hesabı

4.1.1.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi hesapları

Binanın x ve y doğrultularındaki doğal periyotları, binanın taban seviyesi zemin kat döşemesi olarak alınarak Rayleigh Oranı ile hesaplanmıştır. Hesapta kullanılan parametreler ve sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesap.

Deprem bölgesi	1 ($A_0=0.40$)
Zemin sınıfı	Z2 ($T_A=0.15s$, $T_B=0.40s$)
Bina önem katsayısı	$I=1$
T_{1x}	0.746 s
T_{1y}	0.872 s
$S(T_{1x})$	$2.5(0.40/0.746)^{0.8}=1.52$
$A(T_{1x})$	$0.40 \times 1 \times 1.52=0.608$
$S(T_{1y})$	$2.5(0.40/0.872)^{0.8}=1.34$
$A(T_{1y})$	$0.40 \times 1 \times 1.34=0.536$
$R_a(T_{1x})$	$T_{1x} > T_A \rightarrow R=7$
$R_a(T_{1y})$	$T_{1y} > T_A \rightarrow R=7$
W	53921.83 kN
V_{tx}	$\frac{53921.83 \times 0.608}{7}=4683.50$ kN
V_{ty}	$\frac{53921.83 \times 0.536}{7}=4128.87$ kN
$0.10A_0IW$	2156.87 kN
ΔF_{nx}	456.64 kN
ΔF_{ny}	402.56 kN
F_{bk}	1298.40 kN

Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı olan α_s katsayısı; x doğrultusu için 0.83, y doğrultusu için 0.76 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler 0.75'ten büyük olduğundan, R katsayısı, (4.1) denklemi ile her iki doğrultu için azaltılmıştır.

$$R=10-4\alpha_s \quad (4.1)$$

Bu durumda toplam eşdeğer deprem yüklerinin son değerleri şu şekilde hesaplanmıştır:

$$R_x=10-4\alpha_{sx}=10-4\times 0.83=6.68$$

$$V_{tx}=(53921.83\times 0.608)/6.68=4907.86 \text{ kN}$$

$$R_y=10-4\alpha_{sy}=10-4\times 0.76=6.96$$

$$V_{ty}=(53921.83\times 0.536)/6.96=4152.60 \text{ kN}$$

Eşdeğer deprem yüklerinin $\pm$ %5 dış merkezlik etkisiyle birlikte katlara dağıtılması Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Eşdeğer deprem yüklerinin katlara dağıtılması.

Kat	h_i (m)	H_i (m)	w_i (m)	$w_i \times H_i$	Oran	F_x (kN)	M_x (kNm)	F_y (kN)	M_y (kNm)
12	3.00	39.00	3057.70	119250.30	0.11	955.24	706.88	808.24	767.82
11	3.00	36.00	4203.89	151340.04	0.14	605.00	447.70	511.90	486.30
10	3.00	33.00	4203.89	138728.37	0.13	554.58	410.39	469.24	445.78
9	3.00	30.00	4203.89	126116.70	0.11	504.17	373.08	426.58	405.25
8	3.00	27.00	4228.04	114157.08	0.10	456.36	337.70	386.13	366.82
7	3.00	24.00	4228.04	101472.96	0.09	405.65	300.18	343.23	326.06
6	3.00	21.00	4228.04	88788.84	0.08	354.94	262.66	300.32	285.31
5	3.00	18.00	4252.34	76542.12	0.07	305.99	226.43	258.90	245.95
4	3.00	15.00	4252.34	63785.10	0.06	254.99	188.69	215.75	204.96
3	3.00	12.00	4252.34	51028.08	0.05	203.99	150.95	172.60	163.97
2	3.00	9.00	4252.34	38271.06	0.03	152.99	113.21	129.45	122.98
1	3.00	6.00	4279.49	25676.94	0.02	102.65	75.96	86.85	82.51
Z	3.00	3.00	4279.49	12838.47	0.01	51.32	37.98	43.43	41.25
Toplam			53921.83	1107996.06		4907.86		4152.60	

4.1.1.2 Düzensizliklerin kontrolü

İlk olarak; ek dış merkezlik etkisiyle birlikte uygulanan eşdeğer deprem yükleri altında A1 burulma düzensizliği kontrol edilmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3 : A1 burulma düzensizliğinin kontrolü.

X doğrultusu						
Kat	d_{i-min} (m)	d_{i-maks} (m)	Δ_{i-maks} (m)	Δ_{i-ort} (m)	η_{bi}	Düzensizlik
12	1.691E-02	3.399E-02	1.930E-03	1.615E-03	1.195	YOK
11	1.561E-02	3.206E-02	2.120E-03	1.740E-03	1.218	VAR
10	1.425E-02	2.994E-02	2.360E-03	1.880E-03	1.255	VAR
9	1.285E-02	2.758E-02	2.570E-03	2.005E-03	1.282	VAR
8	1.141E-02	2.501E-02	2.800E-03	2.135E-03	1.311	VAR
7	9.940E-03	2.221E-02	2.980E-03	2.230E-03	1.336	VAR
6	8.460E-03	1.923E-02	3.100E-03	2.280E-03	1.360	VAR
5	7.000E-03	1.613E-02	3.170E-03	2.295E-03	1.381	VAR
4	5.580E-03	1.296E-02	3.190E-03	2.280E-03	1.399	VAR
3	4.210E-03	9.770E-03	3.070E-03	2.170E-03	1.415	VAR
2	2.940E-03	6.700E-03	2.800E-03	1.970E-03	1.421	VAR
1	1.800E-03	3.900E-03	2.300E-03	1.630E-03	1.411	VAR
Z	8.400E-04	1.600E-03	1.600E-03	1.220E-03	1.311	VAR
Y doğrultusu						
Kat	d_{i-min} (m)	d_{i-maks} (m)	Δ_{i-maks} (m)	Δ_{i-ort} (m)	η_{bi}	Düzensizlik
12	2.561E-02	3.226E-02	2.110E-03	1.955E-03	1.079	YOK
11	2.381E-02	3.015E-02	2.230E-03	2.060E-03	1.083	YOK
10	2.192E-02	2.792E-02	2.400E-03	2.195E-03	1.093	YOK
9	1.993E-02	2.552E-02	2.570E-03	2.340E-03	1.098	YOK
8	1.782E-02	2.295E-02	2.710E-03	2.450E-03	1.106	YOK
7	1.563E-02	2.024E-02	2.840E-03	2.550E-03	1.114	YOK
6	1.337E-02	1.740E-02	2.900E-03	2.590E-03	1.120	YOK
5	1.109E-02	1.450E-02	2.910E-03	2.590E-03	1.124	YOK
4	8.820E-03	1.159E-02	2.870E-03	2.535E-03	1.132	YOK
3	6.620E-03	8.720E-03	2.720E-03	2.390E-03	1.138	YOK
2	4.560E-03	6.000E-03	2.440E-03	2.135E-03	1.143	YOK
1	2.730E-03	3.560E-03	2.020E-03	1.770E-03	1.141	YOK
Z	1.210E-03	1.540E-03	1.540E-03	1.375E-03	1.120	YOK

Çizelge 4.3'te görüldüğü üzere binada x doğrultusunda burulma düzensizliği bulunmaktadır.

Binada, A1 burulma düzensizliği dışındaki düzensizliklerin bulunmayacağı bina genel bilgilerinden anlaşılmaktadır. Yine de B1 zayıf kat düzensizliği ve B2 yumuşak kat düzensizliklerinin kontrolleri yapılmıştır.

Bu kontroller yapılmadan önce; binada A1 burulma düzensizliği tespit edildiğinden, yönetmelik koşullarına tam olarak uymak amacıyla ek dış merkezlik etkileri (4.2) denkleminde verilen D_i katsayısı ile her iki doğrultu için büyütülmüştür.

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (4.2)$$

(4.2) denkleminde D_i ; burulma düzensizliği olan binalar için i'inci katta ek dış merkezlik büyütme katsayısıdır. Büyütme işlemi Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4 : Ek dış merkezlik etkilerinin büyütülmesi.

Kat	η_{bi}	D_i	$D_i * e_x$	$D_i * e_y$
12	1.195	1.000	0.74	0.95
11	1.218	1.031	0.76	0.98
10	1.255	1.094	0.81	1.04
9	1.282	1.141	0.84	1.08
8	1.311	1.194	0.88	1.13
7	1.336	1.240	0.92	1.18
6	1.360	1.284	0.95	1.22
5	1.381	1.325	0.98	1.26
4	1.399	1.359	1.01	1.29
3	1.415	1.390	1.03	1.32
2	1.421	1.403	1.04	1.33
1	1.411	1.383	1.02	1.31
Z	1.311	1.194	0.88	1.13

B1 zayıf kat düzensizliğinin kontrolü Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5 : B1 zayıf kat düzensizliğinin kontrolü.

X doğrultusunda						
Kat	$A_{\text{kolon}} (m^2)$ ΣA_w	$A_{\text{perde}} (m^2)$ ΣA_g	$A_{\text{duvar}} (m^2)$ ΣA_k	Etkili kesme alanı (m^2) $\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15 \Sigma A_k$	η_{ci} $(\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1}$	Düzensizlik
12	3.53	5.37	8.87	10.23	-	YOK
11	3.53	5.37	8.87	10.23	1.00	YOK
10	3.53	5.37	8.87	10.23	1.00	YOK
9	3.93	5.37	8.87	10.63	1.04	YOK
8	3.93	5.37	8.87	10.63	1.00	YOK
7	3.93	5.37	8.87	10.63	1.00	YOK
6	4.34	5.37	8.87	11.04	1.04	YOK
5	4.34	5.37	8.87	11.04	1.00	YOK
4	4.34	5.37	8.87	11.04	1.00	YOK
3	4.34	5.37	8.87	11.04	1.00	YOK
2	4.79	5.37	8.87	11.49	1.04	YOK
1	4.79	5.37	8.87	11.49	1.00	YOK
Z	4.79	5.37	7.19	11.24	0.98	YOK
Y doğrultusunda						
Kat	$A_{\text{kolon}} (m^2)$ ΣA_w	$A_{\text{perde}} (m^2)$ ΣA_g	$A_{\text{duvar}} (m^2)$ ΣA_k	Etkili kesme alanı (m^2) $\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15 \Sigma A_k$	η_{ci} $(\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1}$	Düzensizlik
12	3.53	4.68	9.11	9.58	-	YOK
11	3.53	4.68	9.11	9.58	1.00	YOK
10	3.53	4.68	9.11	9.58	1.00	YOK
9	3.93	4.68	9.11	9.98	1.04	YOK
8	3.93	4.68	9.11	9.98	1.00	YOK
7	3.93	4.68	9.11	9.98	1.00	YOK
6	4.34	4.68	9.11	10.39	1.04	YOK
5	4.34	4.68	9.11	10.39	1.00	YOK
4	4.34	4.68	9.11	10.39	1.00	YOK
3	4.34	4.68	9.11	10.39	1.00	YOK
2	4.79	4.68	9.11	10.84	1.04	YOK
1	4.79	4.68	9.11	10.84	1.00	YOK
Z	4.79	4.68	10.60	11.06	1.02	YOK

Çizelge 4.5'te görüldüğü üzere binada B1 zayıf kat düzensizliği bulunmamaktadır.

B2 yumuşak kat düzensizliğinin kontrolü, büyütülmüş ek dış merkezlik etkilerine göre yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6 : B2 yumuşak kat düzensizliğinin kontrolü.

X doğrultusu							
Kat	h_i (m)	d_{i-ort} (m)	Δ_{i-ort} (m)	$(\Delta_i / h_i)_{ort}$	η_{ki}		Düzensizlik
					$(\Delta_i / h_i)_{ort} /$ $(\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort}$	$(\Delta_i / h_i)_{ort} /$ $(\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort}$	
12	3.00	2.546E-02	1.620E-03	5.400E-04	-	0.93	YOK
11	3.00	2.384E-02	1.735E-03	5.783E-04	1.07	0.92	YOK
10	3.00	2.211E-02	1.885E-03	6.283E-04	1.09	0.94	YOK
9	3.00	2.022E-02	2.010E-03	6.700E-04	1.07	0.95	YOK
8	3.00	1.821E-02	2.125E-03	7.083E-04	1.06	0.95	YOK
7	3.00	1.609E-02	2.235E-03	7.450E-04	1.05	0.98	YOK
6	3.00	1.385E-02	2.280E-03	7.600E-04	1.02	0.99	YOK
5	3.00	1.157E-02	2.300E-03	7.667E-04	1.01	1.01	YOK
4	3.00	9.270E-03	2.270E-03	7.567E-04	0.99	1.04	YOK
3	3.00	7.000E-03	2.175E-03	7.250E-04	0.96	1.10	YOK
2	3.00	4.825E-03	1.970E-03	6.567E-04	0.91	1.20	YOK
1	3.00	2.855E-03	1.635E-03	5.451E-04	0.83	1.34	YOK
Z	3.00	1.220E-03	1.220E-03	4.066E-04	0.75	-	YOK
Y doğrultusu							
Kat	h_i (m)	d_{i-ort} (m)	Δ_{i-ort} (m)	$(\Delta_i / h_i)_{ort}$	η_{ki}		Düzensizlik
					$(\Delta_i / h_i)_{ort} /$ $(\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort}$	$(\Delta_i / h_i)_{ort} /$ $(\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort}$	
12	3.00	2.893E-02	1.945E-03	6.483E-04	-	0.94	YOK
11	3.00	2.699E-02	2.065E-03	6.883E-04	1.06	0.94	YOK
10	3.00	2.492E-02	2.200E-03	7.333E-04	1.07	0.94	YOK
9	3.00	2.272E-02	2.330E-03	7.767E-04	1.06	0.95	YOK
8	3.00	2.039E-02	2.455E-03	8.183E-04	1.05	0.96	YOK
7	3.00	1.794E-02	2.550E-03	8.500E-04	1.04	0.98	YOK
6	3.00	1.539E-02	2.590E-03	8.633E-04	1.02	1.00	YOK
5	3.00	1.280E-02	2.595E-03	8.650E-04	1.00	1.03	YOK
4	3.00	1.020E-02	2.530E-03	8.433E-04	0.97	1.06	YOK
3	3.00	7.670E-03	2.390E-03	7.967E-04	0.94	1.12	YOK
2	3.00	5.280E-03	2.135E-03	7.117E-04	0.89	1.21	YOK
1	3.00	3.145E-03	1.770E-03	5.900E-04	0.83	1.29	YOK
Z	3.00	1.375E-03	1.375E-03	4.583E-04	0.78	-	YOK

Çizelge 4.6’da görüldüğü üzere binada B2 yumuşak kat düzensizliği bulunmamaktadır. DBYBHY’de verilen; döşeme süreksizlik düzensizliği, planda çıkıntılar bulunması düzensizliği ve taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizlik düzensizliği binada bulunmamaktadır.

4.1.1.3 Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü

DBYBHY’de δ_i ; i’inci kattaki etkin görelî ötelemeyi gösterir ve (4.3) denklemiyle hesaplanır.

$$\delta_i = R\Delta_i \quad (4.3)$$

Etkin görelî kat ötelemeleri için (4.4) denkleminde verilen koşulun sağlanması gerekir.

$$\frac{(\delta_i)_{\max}}{h_i} \leq 0.02 \quad (4.4)$$

Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü eşdeğer deprem yükleri altında, ek dış merkezlik etkileri göz önüne alınarak yapılmıştır. Yönetmelikte verilen $(\delta_i)_{\max}/h_i \leq 0.02$ koşulu sağlanmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.7’de verilmiştir.

4.1.1.4 İkinci mertebe etkilerin kontrolü

İkinci mertebe etkilerinin kontrolü (4.5) denkleminde verilen şekilde yapılır.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \sum_{j=1}^N w_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \quad (4.5)$$

(4.5) denkleminde θ_i ; i’inci kat için ikinci mertebe gösterge değerini, V_i ; göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın i’inci katına etki eden kat kesme kuvvetini göstermektedir.

İkinci mertebe etkilerinin kontrolü eşdeğer deprem yükleri altında, ek dış merkezlik etkileri göz önüne alınarak yapılmıştır. Yönetmelikte verilen $\theta_i \leq 0.12$ koşulu sağlanmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.7 : Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü.

X doğrultusu					
Kat	h_i (m)	d_{i-maks} (m)	Δ_{i-maks} (m)	$\delta_{i-maks} = R\Delta_{i-maks}$	δ_{i-maks} / h_i
12	3.00	3.403E-02	1.940E-03	1.296E-02	0.0043
11	3.00	3.209E-02	2.120E-03	1.416E-02	0.0047
10	3.00	2.997E-02	2.360E-03	1.576E-02	0.0053
9	3.00	2.761E-02	2.580E-03	1.723E-02	0.0057
8	3.00	2.503E-02	2.790E-03	1.864E-02	0.0062
7	3.00	2.224E-02	2.990E-03	1.997E-02	0.0067
6	3.00	1.925E-02	3.100E-03	2.071E-02	0.0069
5	3.00	1.615E-02	3.180E-03	2.124E-02	0.0071
4	3.00	1.297E-02	3.180E-03	2.124E-02	0.0071
3	3.00	9.790E-03	3.080E-03	2.057E-02	0.0069
2	3.00	6.710E-03	2.800E-03	1.870E-02	0.0062
1	3.00	3.910E-03	2.310E-03	1.543E-02	0.0051
Z	3.00	1.600E-03	1.600E-03	1.069E-02	0.0036
Y doğrultusu					
Kat	h_i (m)	d_{i-maks} (m)	Δ_{i-maks} (m)	$\delta_{i-maks} = R\Delta_{i-maks}$	δ_{i-maks} / h_i
12	3.00	3.229E-02	2.100E-03	1.462E-02	0.0049
11	3.00	3.019E-02	2.240E-03	1.559E-02	0.0052
10	3.00	2.795E-02	2.410E-03	1.677E-02	0.0056
9	3.00	2.554E-02	2.560E-03	1.782E-02	0.0059
8	3.00	2.298E-02	2.720E-03	1.893E-02	0.0063
7	3.00	2.026E-02	2.840E-03	1.977E-02	0.0066
6	3.00	1.742E-02	2.900E-03	2.018E-02	0.0067
5	3.00	1.452E-02	2.920E-03	2.032E-02	0.0068
4	3.00	1.160E-02	2.870E-03	1.998E-02	0.0067
3	3.00	8.730E-03	2.720E-03	1.893E-02	0.0063
2	3.00	6.010E-03	2.440E-03	1.698E-02	0.0057
1	3.00	3.570E-03	2.030E-03	1.413E-02	0.0047
Z	3.00	1.540E-03	1.540E-03	1.072E-02	0.0036

Çizelge 4.8 : İkinci mertebe etkilerin kontrolü.

X doğrultusu							
Kat	h_i (m)	Δ_{i-ort} (m)	w_j (kN)	Σw_j (kN)	F_{xi} (kN)	V_i (kN)	θ_i
12	3.00	1.620E-03	3057.70	3057.70	955.24	955.24	0.0017
11	3.00	1.735E-03	4203.89	7261.59	605.00	1560.24	0.0027
10	3.00	1.885E-03	4203.89	11465.48	554.58	2114.82	0.0034
9	3.00	2.010E-03	4203.89	15669.37	504.17	2618.98	0.0040
8	3.00	2.125E-03	4228.04	19897.41	456.36	3075.34	0.0046
7	3.00	2.235E-03	4228.04	24125.45	405.65	3480.99	0.0052
6	3.00	2.280E-03	4228.04	28353.49	354.94	3835.93	0.0056
5	3.00	2.300E-03	4252.34	32605.83	305.99	4141.92	0.0060
4	3.00	2.270E-03	4252.34	36858.17	254.99	4396.91	0.0063
3	3.00	2.175E-03	4252.34	41110.51	203.99	4600.90	0.0065
2	3.00	1.970E-03	4252.34	45362.85	152.99	4753.89	0.0063
1	3.00	1.635E-03	4279.49	49642.34	102.65	4856.54	0.0056
Z	3.00	1.220E-03	4279.49	53921.83	51.32	4907.86	0.0045
Y doğrultusu							
Kat	h_i (m)	Δ_{i-ort} (m)	w_j (kN)	Σw_j (kN)	F_{yi} (kN)	V_i (kN)	θ_i
12	3.00	1.945E-03	3057.70	3057.70	808.24	808.24	0.0025
11	3.00	2.065E-03	4203.89	7261.59	511.90	1320.13	0.0038
10	3.00	2.200E-03	4203.89	11465.48	469.24	1789.37	0.0047
9	3.00	2.330E-03	4203.89	15669.37	426.58	2215.95	0.0055
8	3.00	2.455E-03	4228.04	19897.41	386.13	2602.08	0.0063
7	3.00	2.550E-03	4228.04	24125.45	343.23	2945.31	0.0070
6	3.00	2.590E-03	4228.04	28353.49	300.32	3245.63	0.0075
5	3.00	2.595E-03	4252.34	32605.83	258.90	3504.53	0.0080
4	3.00	2.530E-03	4252.34	36858.17	215.75	3720.28	0.0084
3	3.00	2.390E-03	4252.34	41110.51	172.60	3892.88	0.0084
2	3.00	2.135E-03	4252.34	45362.85	129.45	4022.32	0.0080
1	3.00	1.770E-03	4279.49	49642.34	86.85	4109.17	0.0071
Z	3.00	1.375E-03	4279.49	53921.83	43.43	4152.60	0.0060

4.1.1.5 Mod birleştirme yöntemi hesapları

Mod birleştirme yöntemi ile yapılan analizde kullanılan parametreler şu şekilde verilmiştir:

Deprem bölgesi: 1 ($A_o = 0.40$)

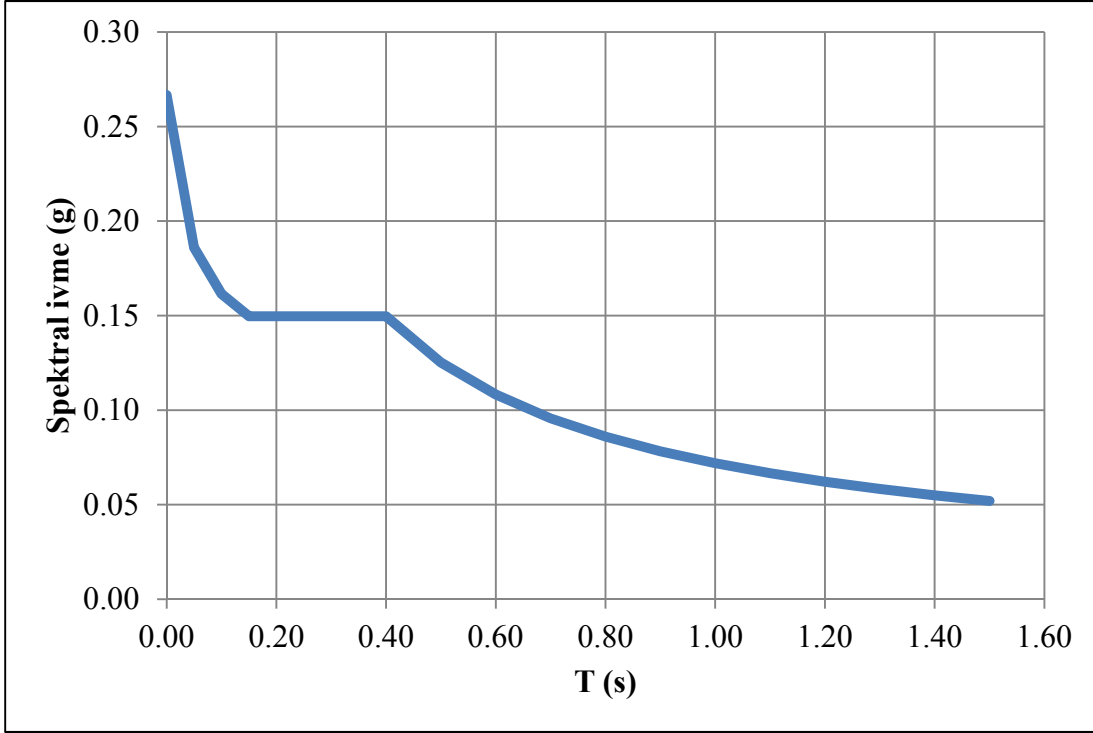
Zemin sınıfı: Z2 ($T_A=0.15s$, $T_B=0.40s$)

Bina önem katsayısı: $I=1$

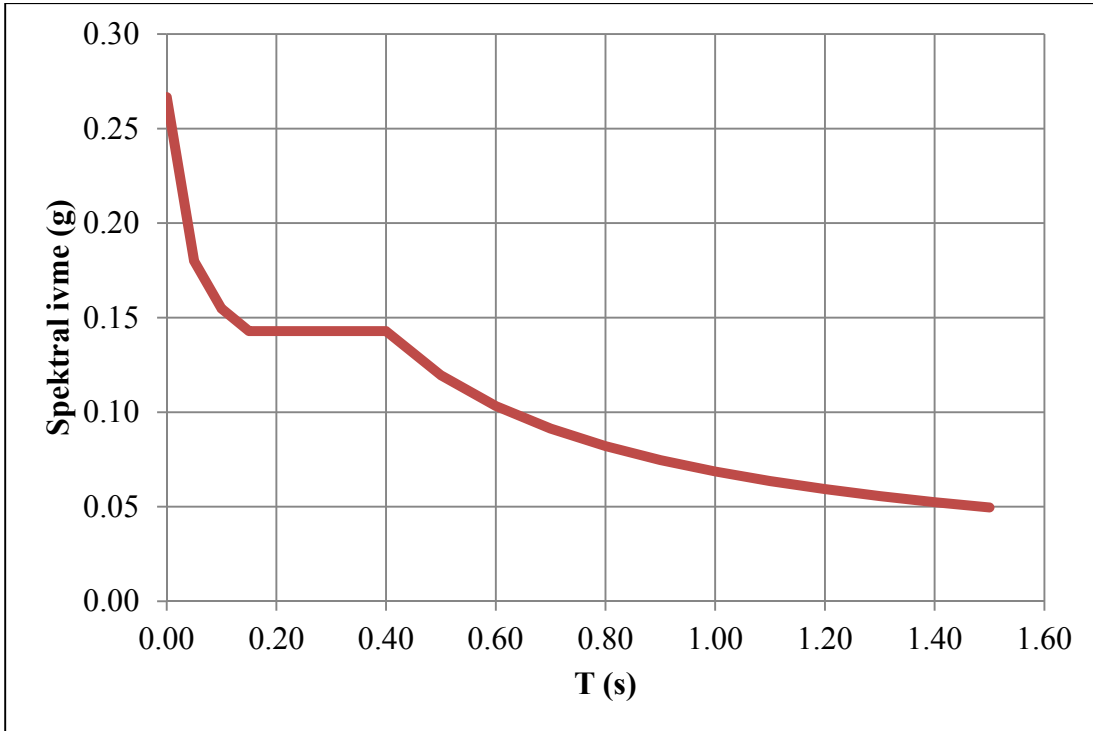
X doğrultusunda taşıyıcı sistem davranış katsayısı: $R_x=6.68$

Y doğrultusunda taşıyıcı sistem davranış katsayısı: $R_y=6.96$

Bu bilgiler doğrultusunda x ve y doğrultuları için oluşturulmuş azaltılmış ivme spektrumları sırasıyla Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.1 : X doğrultusu için azaltılmış ivme spektrumu.



Şekil 4.2 : Y doğrultusu için azaltılmış ivme spektrumu.

Mod birleştirme yöntemi ile yapılan analizde ek dış merkezlik etkileri, mod birleştirme yönteminden elde edilen kat kesme kuvvetlerinin kat seviyelerine $\pm \%5$ dış merkezlikle etki ettirilmesi ile hesaba katılmıştır. Mod katkılarının birleştirilmesinde CQC kuralı uygulanmıştır.

Zemin katta elde edilen toplam taban kesme kuvvetleri şu şekildedir:

X doğrultusu toplam taban kesme kuvveti: $(V_{tb})_x = 2947.60 \text{ kN}$

Y doğrultusu toplam taban kesme kuvveti: $(V_{tb})_y = 3415.96 \text{ kN}$

Eşdeğer deprem yükü yönteminde x doğrultusunda bulunan taban kesme kuvvetinin, mod birleştirme yönteminde bulunan değere oranı $4907.86 / 2947.90 = 1.66$ olmaktadır. Bu değer $\beta=0.90$ ile çarpılırsa mod birleştirme yönteminden elde edilecek tüm iç kuvvet ve yer değiştirme sonuçlarının 1.49 ile büyütüleceği hesaplanır. Aynı şekilde y doğrultusunda eşdeğer deprem yükü yönteminde bulunan taban kesme kuvvetinin, mod birleştirme yönteminde bulunan değere oranı $4152.60 / 3415.96 = 1.22$ olmaktadır. Bu değer de $\beta=0.90$ ile çarpıldığında mod birleştirme yönteminden elde edilecek tüm iç kuvvet ve yer değiştirme sonuçlarının 1.10 ile büyütüleceği hesaplanmış olur.

Kesit tasarımların yapılmasında mod birleştirme yönteminin bu ölçeklendirilmiş değerleri kullanılmıştır.

4.1.2 Tasarımda kullanılan yük birleşimleri

Tasarımda kullanılan yük birleşimleri şunlardır:

$1.4G+1.6Q$

$G+Q\pm EXP\pm 0.3EYP$

$G+Q\pm EXP\pm 0.3EYN$

$G+Q\pm EXN\pm 0.3EYP$

$G+Q\pm EXN\pm 0.3EYN$

$G+Q\pm EYP\pm 0.3EXP$

$G+Q\pm EYP\pm 0.3EXN$

$G+Q\pm EYN\pm 0.3EXP$

$$G+Q\pm EYN\pm 0.3EXN$$

$$0.9G\pm EXP\pm 0.3EYP$$

$$0.9G\pm EXP\pm 0.3EYN$$

$$0.9G\pm EXN\pm 0.3EYP$$

$$0.9G\pm EXN\pm 0.3EYN$$

$$0.9G\pm EYP\pm 0.3EXP$$

$$0.9G\pm EYP\pm 0.3EXN$$

$$0.9G\pm EYN\pm 0.3EXP$$

$$0.9G\pm EYN\pm 0.3EXN$$

Burada G; sabit yükü, Q; hareketli yükü, EXP; x doğrultusunda pozitif ek dış merkezliğin hesaba katıldığı deprem etkisini, EXN; x doğrultusunda negatif ek dış merkezliğin hesaba katıldığı deprem etkisini, EYP; y doğrultusunda pozitif ek dış merkezliğin hesaba katıldığı deprem etkisini, EYN; y doğrultusunda negatif ek dış merkezliğin hesaba katıldığı deprem etkisini göstermektedir.

4.1.3 Kesit tasarımlarının yapılması

Kesit tasarımları kapsamında, zemin kat tavanı kirişleri ile zemin ve normal kattaki kolon ve perdeler için eğilme tasarımları yapılmıştır.

4.1.3.1 Kiriş kesitlerinin tasarımı

Zemin kat tavanı için kirişlerin eğilme tasarımı yapılmıştır. Tasarım, hesap tablosu [11] kullanılarak yapılmıştır. Donatılarda pliye uygulanmamıştır. Pas payı 50 mm olarak alınmıştır. Minimum ve maksimum boyuna donatı oranları şu şekilde alınmıştır:

$$\text{Minimum donatı oranı: } 0.8(f_{ctd}/f_{yd})$$

$$\text{Maksimum donatı oranı: } \min(0.85\rho_b; 0.02)$$

Sonuçlar x doğrultusu için Çizelge 4.9’da, y doğrultusu için Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 : X doğrultusu kiriş boyuna donatıları.

Kesit	$A_{s,hesap} (mm^2)$	Sonuç donatısı
K101 sol üst mesnet	531.08	2Φ14+2Φ14 (616 mm ²)
K101 sol alt mesnet	365.64	3Φ14 (462 mm ²)
K101 açıklık	265.35	3Φ14 (462 mm ²)
K101 sağ üst mesnet	570.07	2Φ14+2Φ14 (616 mm ²)
K101 sağ alt mesnet	297.46	3Φ14 (462 mm ²)
K102 sol üst mesnet	476.73	2Φ14+2Φ14 (616 mm ²)
K102 sol alt mesnet	426.50	3Φ14 (462 mm ²)
K102 açıklık	137.71	3Φ14 (462 mm ²)
K102 sağ üst mesnet	440.97	2Φ14+1Φ14 (462 mm ²)
K102 sağ alt mesnet	309.34	3Φ14 (462 mm ²)
K103 sol üst mesnet	582.18	2Φ14+2Φ14 (616 mm ²)
K103 sol alt mesnet	286.09	3Φ14 (462 mm ²)
K103 açıklık	192.88	3Φ14 (462 mm ²)
K103-K104 üst	468.58	2Φ14+2Φ14 (616 mm ²)
K103-K104 alt	722.36	3Φ14+2Φ14 (770 mm ²)
K104 açıklık	116.67	3Φ14 (462 mm ²)
K104 sağ üst mesnet	820.23	2Φ14+4Φ14 (924 mm ²)
K104 sağ alt mesnet	490.93	3Φ14+1Φ14 (616 mm ²)
K105 sol üst mesnet	534.90	2Φ14+2Φ14 (616 mm ²)
K105 sol alt mesnet	276.72	3Φ14 (462 mm ²)
K105 açıklık	190.05	3Φ14 (462 mm ²)
K105-K106 üst	454.67	2Φ14+1Φ14 (462 mm ²)
K105-K106 alt	614.33	3Φ14+3Φ14 (924 mm ²)
K106 açıklık	131.43	3Φ14 (462 mm ²)
K106-K107 üst	548.67	2Φ14+2Φ14 (616 mm ²)
K106-K107 alt	259.85	3Φ14 (462 mm ²)
K107 açıklık	99.34	3Φ14 (462 mm ²)
K107 sağ üst mesnet	117.21	2Φ14 (308 mm ²)
K107 sağ alt mesnet	105.82	3Φ14 (462 mm ²)
K108 sol üst mesnet	826.82	2Φ14+4Φ14 (924 mm ²)
K108 sol alt mesnet	427.23	3Φ14 (462 mm ²)
K108 açıklık	177.47	3Φ14 (462 mm ²)
K108-K109 üst	481.65	2Φ14+2Φ14 (616 mm ²)
K108-K109 alt	437.89	3Φ14 (462 mm ²)
K109 açıklık	101.44	3Φ14 (462 mm ²)
K109-K110 üst	719.50	2Φ14+3Φ14 (770 mm ²)
K109-K110 alt	551.86	3Φ14+3Φ14 (924 mm ²)
K110 açıklık	108.82	3Φ14 (462 mm ²)
K110 sağ üst mesnet	710.10	2Φ14+3Φ14 (770 mm ²)
K110 sağ alt mesnet	588.67	3Φ14+1Φ14 (616 mm ²)
K111 sol üst mesnet	749.23	3Φ14+2Φ14 (770 mm ²)
K111 sol alt mesnet	602.34	3Φ14+1Φ14 (616 mm ²)
K111 açıklık	362.14	3Φ14 (462 mm ²)
K111 sağ üst mesnet	1063.04	3Φ14+3Φ16 (1065 mm ²)
K111 sağ alt mesnet	860.55	3Φ14+3Φ14 (924 mm ²)
K112 sol üst mesnet	1047.55	3Φ14+3Φ16 (1065 mm ²)
K112 sol alt mesnet	979.07	3Φ14+3Φ16 (1065 mm ²)
K112 açıklık	129.55	3Φ14 (462 mm ²)
K112 sağ üst mesnet	1244.90	3Φ14+3Φ20 (1404 mm ²)
K112 sağ alt mesnet	1187.77	3Φ14+3Φ18(1225 mm ²)

Çizelge 4.10 : Y doğrultusu kiriş boyuna donatıları.

Kesit	$A_{s,hesap} (mm^2)$	Sonuç donatısı
K113 sol üst mesnet	659.44	2Φ14+3Φ14 (770 mm ²)
K113 sol alt mesnet	683.41	3Φ14+2Φ14 (770 mm ²)
K113 açıklık	104.98	3Φ14 (462 mm ²)
K113-K114 üst	834.23	2Φ14+4Φ14 (924 mm ²)
K113-K114 alt	651.51	3Φ14+2Φ14 (770 mm ²)
K114 açıklık	118.70	3Φ14 (462 mm ²)
K114-K115 üst	672.55	2Φ14+3Φ14 (770 mm ²)
K114-K115 alt	551.76	3Φ14+3Φ14 (924 mm ²)
K115 açıklık	102.05	3Φ14 (462 mm ²)
K115-K116 üst	620.28	2Φ14+3Φ14 (770 mm ²)
K115-K116 alt	435.60	3Φ14 (462 mm ²)
K116 açıklık	103.26	3Φ14 (462 mm ²)
K116 sağ üst mesnet	700.24	2Φ14+3Φ14 (770 mm ²)
K116 sağ alt mesnet	554.22	3Φ14+1Φ14 (616 mm ²)
K117 sol üst mesnet	419.06	2Φ14+1Φ14 (462 mm ²)
K117 sol alt mesnet	228.11	3Φ14 (462 mm ²)
K117 açıklık	291.57	3Φ14 (462 mm ²)
K117-K118 üst	671.03	2Φ14+3Φ14 (770 mm ²)
K117-K118 alt	506.06	3Φ14+1Φ14 (616 mm ²)
K118 açıklık	108.17	3Φ14 (462 mm ²)
K118-K119 üst	525.90	2Φ14+2Φ14 (616 mm ²)
K118-K119 alt	419.26	3Φ14+3Φ14 (924 mm ²)
K119 açıklık	132.85	3Φ14 (462 mm ²)
K119-K120 üst	657.47	2Φ14+3Φ14 (770 mm ²)
K119-K120 alt	461.19	3Φ14 (462 mm ²)
K120 açıklık	255.20	3Φ14 (462 mm ²)
K120 sağ üst mesnet	340.23	2Φ14+1Φ14 (462 mm ²)
K120 sağ alt mesnet	227.29	3Φ14 (462 mm ²)
K121 sol üst mesnet	312.83	2Φ14+1Φ14 (462 mm ²)
K121 sol alt mesnet	141.88	3Φ14 (462 mm ²)
K121 açıklık	266.22	3Φ14 (462 mm ²)
K121-K122 üst	746.65	2Φ14+3Φ14 (770 mm ²)
K121-K122 alt	861.03	3Φ14+3Φ14 (924 mm ²)
K122 açıklık	175.14	3Φ14 (462 mm ²)
K122 sağ üst mesnet	809.35	2Φ14+4Φ14 (924 mm ²)
K122 sağ alt mesnet	579.14	3Φ14+1Φ14 (616 mm ²)
K123 sol üst mesnet	710.28	2Φ14+3Φ14 (770 mm ²)
K123 sol alt mesnet	469.20	3Φ14 (462 mm ²)
K123 açıklık	256.27	3Φ14 (462 mm ²)
K123 sağ üst mesnet	314.51	2Φ14+1Φ14 (462 mm ²)
K123 sağ alt mesnet	281.20	3Φ14 (462 mm ²)
K124 sol üst mesnet	711.34	2Φ14+3Φ14 (770 mm ²)
K124 sol alt mesnet	199.05	3Φ14 (462 mm ²)
K124 açıklık	316.36	3Φ14 (462 mm ²)
K124-K125 üst	608.19	2Φ14+2Φ14 (616 mm ²)
K124-K125 alt	742.24	3Φ14+2Φ14 (770 mm ²)
K125 açıklık	145.22	3Φ14 (462 mm ²)
K125 sağ üst mesnet	683.72	2Φ14+3Φ14 (770 mm ²)
K125 sağ alt mesnet	467.48	3Φ14+1Φ14 (616 mm ²)
K126 sol üst mesnet	824.20	2Φ14+4Φ14 (924 mm ²)
K126 sol alt mesnet	520.41	3Φ14+1Φ14 (616 mm ²)
K126 açıklık	166.65	3Φ14 (462 mm ²)
K126 sağ üst mesnet	698.85	2Φ14+3Φ14 (770 mm ²)
K126 sağ alt mesnet	598.62	3Φ14+1Φ14 (616 mm ²)

4.1.3.2 Kolon kesitlerinin tasarımı

Zemin ve 1. kat kolonlarının eğilme tasarımı yapılmıştır. Tasarım abak [11] yardımıyla yapılmıştır. İki eksenli eğilme durumları, yaklaşık yöntemle tek eksenli eğilme durumuna dönüştürülmüştür. [12] Pas payı 50 mm olarak alınmıştır.

Minimum ve maksimum boyuna donatı koşulları şu şekilde alınmıştır:

Minimum donatı : $0.01A_c$

Maksimum donatı : $0.04A_c$

Hesaplar sonucunda tüm kolonlarda minimum donatının yeterli olacağı görülmüştür. Sonuçlar Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11 : Zemin ve normal katta kolon boyuna donatıları.

Kolon	Boyut (cm x cm)	Gerekli donatı (mm ²)	Seçilen donatı
S1-Z / S1-1	40x55	2200	8Φ20 (2513 mm ²)
S2-Z / S2-1	40x55	2200	8Φ20 (2513 mm ²)
S3-Z / S3-1	55x45	2475	8Φ20 (2513 mm ²)
S4-Z / S4-1	45x65	2925	8Φ22 (3041 mm ²)
S5-Z / S5-1	40x55	2200	8Φ20 (2513 mm ²)
S6-Z / S6-1	55x45	2475	8Φ20 (2513 mm ²)
S7-Z / S7-1	60x40	2400	8Φ20 (2513 mm ²)
S8-Z / S8-1	45x60	2700	8Φ22 (3041 mm ²)
S9-Z / S9-1	60x45	2700	8Φ22 (3041 mm ²)
S10-Z / S10-1	65x45	2925	8Φ22 (3041 mm ²)
S11-Z / S11-1	65x40	2600	8Φ22 (3041 mm ²)

4.1.3.3 Perde kesitlerinin tasarımı

Perde kesitlerinin tasarımı, perdelerin tabanında elde edilen en elverişsiz moment tesirine göre, abak [11] yardımıyla yapılmıştır. Hesaplarda boyutsuz moment değerleri oldukça düşük çıkmış, bu nedenle perde uç bölgeleri minimum donatılı olarak tasarlanmıştır. Perde uç bölgelerinin hesabında kritik perde yüksekliği boyunca uyulması gereken $l_u \geq \max(2b_w; 0.2l_w)$ koşulu gözetilmiştir.

Perde uç bölgelerinde minimum donatı $0.002 A_{perde}$ olarak alınmıştır. Gövde donatıları; perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi brüt enkesit alanının 0.0025'i olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12 : Zemin ve normal katta perde boyuna donatıları.

Perde	Boyut (cm x cm)	Gerekli minimum donatı (mm ²)			Seçilen donatı
		Perde Uç Bölgesi Toplamı	Perde Gövdesi	Toplam	
P1	300x30	3600	1350	4950	16Φ20 (5027 mm ²)
P2	590x30	7080	2625	9705	32Φ20 (10053 mm ²)
P3	30x360	4320	1650	5970	16Φ22 (6082 mm ²)
P4	30x360	4320	1650	5970	16Φ22 (6082 mm ²)
P5	30x240	2880	900	3780	14Φ20 (4398 mm ²)
P6	300x30	3600	1350	4950	16Φ20 (5027 mm ²)

4.1.4 Kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulunun kontrolü

Çerçeve sistemlerde veya perdeli çerçeveli sistemlerde; her bir kolon – kiriş düğüm noktasında (4.6) denkleminin sağlanması gerekir.

$$(M_{ra} + M_{ru}) \geq 1.2(M_{ri} + M_{rj}) \quad (4.6)$$

(4.6) denkleminde M_{ra} ; kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda hesaplanan moment taşıma gücünü, M_{ru} ; kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda hesaplanan moment taşıma gücünü, M_{ri} ; kirişin sol ucunda kolon yüzünde hesaplanan pozitif ya da negatif taşıma gücü momentini, M_{rj} ; kirişin sağ ucunda kolon yüzünde hesaplanan pozitif ya da negatif taşıma gücü momentini göstermektedir.

Bu koşul Eurocode 8’de; 1.2 katsayısı yerine 1.3 katsayısı olacak şekilde verilmiştir fakat yalnızca çerçeve veya çerçeve eşdeğeri sistemlerde sağlanması istenmiştir.

ACI-318’deki koşul ise DBYBHY ile aynıdır.

Güçlü kolon – zayıf kiriş kontrolü yalnızca Türk Yönetmelikleri’ne göre tasarımda kontrol edilmiştir.

Deprem her bir doğrultusunda ve pozitif veya negatif etki etmesi durumunda en elverişsiz sonuçlar araştırılmış, kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulunun oldukça güvenli olarak sağlandığı doğrulanmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.13’te verilmiştir.

Çizelge 4.13: Güçlü kolon-zayıf kiriş kontrolü.

Düğüm Noktası	X doğrultusu	Y doğrultusu
	$(M_{ra}+M_{ru}) / (M_{ri}+M_{rj})$	$(M_{ra}+M_{ru}) / (M_{ri}+M_{rj})$
Zemin kat tavanı 5A	4.54	3.63
Zemin kat tavanı 5D	2.63	3.68
Zemin kat tavanı 4A	7.02	3.51
Zemin kat tavanı 4B	3.02	3.40
Zemin kat tavanı 3A	4.60	1.67
Zemin kat tavanı 3B	3.06	2.75
Zemin kat tavanı 2A	4.78	2.61
Zemin kat tavanı 2B	3.46	2.69
Zemin kat tavanı 2C	2.98	2.98
Zemin kat tavanı 2D	4.42	4.42
Zemin kat tavanı 1D	2.14	6.86

4.1.5 Donatı metraj ve maliyeti

Zemin kat kolon ve perdeleri ile zemin kat tavanı kirişleri için hesaplanan donatıların metrajı yapılarak yapının bir katı için donatı maliyeti hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.14’te verilmiştir.

Çizelge 4.14 : Zemin katta donatı metraj ve maliyeti.

Yapı Elemanı	Donatı Miktarı (ton)	Birim Fiyat (TL/ton)	Maliyet (TL)
Kiriş	1.78	1450.00	2581.00
Kolon	1.82		2639.00
Perde	1.89		2740.50
Toplam	5.49		7960.50

4.2 Eurocode Yönetmelikleri’ne Göre Hesap

4.2.1 Deprem hesabı

Eurocode 8’e göre deprem hesabında, kesitlerin çatlamış kesit atalet momentlerinin kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada aynı sistem özellikleri kullanılarak karşılaştırma amaçlandığından bu koşula uyulmamıştır.

4.2.1.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi hesapları

Binanın x ve y doğrultularındaki doğal periyotları, binanın taban seviyesi zemin kat döşemesi olarak alınarak yaklaşık formül ile hesaplanmıştır.

Hesapta kullanılan parametreler ve sonuçlar Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15 : Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesap.

Deprem bölgesi	Yüksek sismisite bölgesi
Zemin grubu	B ($T_B=0.15s$, $T_C=0.50s$)
Bina önem katsayısı	$I=1$
Yapı davranış katsayısı	$q=5.4$
T_{1x}	$0.05(39)^{3/4}=0.78 s$
T_{1y}	$0.05(39)^{3/4}=0.78 s$
$S(T_{1x})$	$0.4 \times 9.81 \times 1.2 \times \frac{2.5}{5.4} \left(\frac{0.5}{0.78} \right) = 1.397$
$S(T_{1y})$	$0.4 \times 9.81 \times 1.2 \times \frac{2.5}{5.4} \left(\frac{0.5}{0.78} \right) = 1.397$
λ	0.85
m	5496.62 kNs ² /m
F_{bx}	$1.397 \times 5496.62 \times 0.85 = 6527kN$
F_{by}	$1.397 \times 5496.62 \times 0.85 = 6527kN$

Eşdeğer deprem yüklerinin $\pm$ %5 dış merkezlik etkisiyle birlikte katlara dağıtılması Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16 : Eşdeğer deprem yükünün katlara dağıtılması.

Kat	$h_i(m)$	$H_i(m)$	$w_i(m)$	$w_i \times H_i$	Oran	$F_x(kN)$	$M_x(kNm)$	$F_y(kN)$	$M_y(kNm)$
12	3.00	39.00	3057.70	119250.30	0.11	702.48	519.84	702.48	667.36
11	3.00	36.00	4203.89	151340.04	0.14	891.52	659.72	891.52	846.94
10	3.00	33.00	4203.89	138728.37	0.13	817.22	604.75	817.22	776.36
9	3.00	30.00	4203.89	126116.70	0.11	742.93	549.77	742.93	705.78
8	3.00	27.00	4228.04	114157.08	0.10	672.48	497.63	672.48	638.85
7	3.00	24.00	4228.04	101472.96	0.09	597.76	442.34	597.76	567.87
6	3.00	21.00	4228.04	88788.84	0.08	523.04	387.05	523.04	496.89
5	3.00	18.00	4252.34	76542.12	0.07	450.90	333.66	450.90	428.35
4	3.00	15.00	4252.34	63785.10	0.06	375.75	278.05	375.75	356.96
3	3.00	12.00	4252.34	51028.08	0.05	300.60	222.44	300.60	285.57
2	3.00	9.00	4252.34	38271.06	0.03	225.45	166.83	225.45	214.18
1	3.00	6.00	4279.49	25676.94	0.02	151.26	111.93	151.26	143.70
Z	3.00	3.00	4279.49	12838.47	0.01	75.63	55.97	75.63	71.85
Toplam			53921.83	1107996.06		6527.00		6527.00	

4.2.1.2 Düzensizliklerin kontrolü

Yapının “burulma rijitliği zayıf sistem” olarak değerlendirilip değerlendirilmeyeceği, Denklem 2.23’te verilmiş olan koşula göre kontrol edilmiştir. Kontrol sonucunda x doğrultusu için $e_{ox}=0 \leq 0.30r_x=3.53$ m ve $r_x=11.75$ m $> l_s=6.93$ m ile birlikte y doğrultusu için $e_{oy}=0.40 \leq 0.30r_y=4.78$ m ve $r_y=15.94$ m $> l_s=6.93$ m sonuçları elde edilmiş, böylece yapının “burulma rijitliği zayıf sistem” olarak nitelendirilmeyeceği anlaşılmıştır.

Binanın genel bilgilerinden anlaşılabacağı üzere, diğer düzensizlikler de bulunmamaktadır. Bu durumda DBYBHY’ye göre bir tane düzensizliği (A1 burulma düzensizliği) bulunan bina, Eurocode 8’e göre tamamen düzenli olmaktadır.

4.2.1.3 Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü.

Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü (4.7) denklemi ile yapılır.

$$d_r v \leq 0.005h \quad (4.7)$$

Bu koşul, yapısal olmayan elemanların gevrek olarak düşünüldüğü en elverişsiz koşuldur. Yapısal olmayan elemanların sünek olması veya bina deformasyonu ile etkileşiminin olmaması durumlarında, denklemde kat yüksekliğini ifade eden h değerinin katsayısı artırılır. Yapısal olmayan elemanların sünek olması durumunda üst sınır olarak 0.0075h alınması gerekmektedir. Yapısal olmayan elemanların bina deformasyonu ile etkileşimi yoksa veya binada yapısal olmayan eleman bulunmuyorsa üst sınır olarak 0.010h alınmaktadır.

(4.7) denkleminde d_r ; etkin ortalama görelî kat ötelemesini, v; daha sık periyotlu bir tasarım depreminin etkisini göz önüne alan azaltma katsayısını göstermektedir. Bina önem katsayısı 1 olan yapılar için $v=0.5$ alınır.

Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü eşdeğer deprem yükleri altında, ek dış merkezlik etkileri göz önüne alınarak yapılmıştır.

Kontrol sonucunda $d_r v \leq 0.005h$ koşulunun sağlandığı görülmüştür. Sonuçlar Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17 : Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü.

X doğrultusu					
Kat	h (m)	d_{i-ort} (m)	Δ_{i-ort} (m)	d_r (m)	vd_r / h
12	3.00	3.185E-02	1.850E-03	9.990E-03	0.0017
11	3.00	3.000E-02	2.030E-03	1.096E-02	0.0018
10	3.00	2.797E-02	2.240E-03	1.210E-02	0.0020
9	3.00	2.573E-02	2.435E-03	1.315E-02	0.0022
8	3.00	2.330E-02	2.640E-03	1.426E-02	0.0024
7	3.00	2.066E-02	2.795E-03	1.509E-02	0.0025
6	3.00	1.786E-02	2.890E-03	1.561E-02	0.0026
5	3.00	1.497E-02	2.940E-03	1.588E-02	0.0026
4	3.00	1.203E-02	2.925E-03	1.580E-02	0.0026
3	3.00	9.105E-03	2.815E-03	1.520E-02	0.0025
2	3.00	6.290E-03	2.565E-03	1.385E-02	0.0023
1	3.00	3.725E-03	2.135E-03	1.153E-02	0.0019
Z	3.00	1.590E-03	1.590E-03	8.586E-03	0.0014
Y doğrultusu					
Kat	h (m)	d_{i-ort} (m)	Δ_{i-ort} (m)	d_r (m)	vd_r / h
12	3.00	4.287E-02	2.675E-03	1.445E-02	0.0024
11	3.00	4.019E-02	2.870E-03	1.550E-02	0.0026
10	3.00	3.732E-02	3.115E-03	1.682E-02	0.0028
9	3.00	3.421E-02	3.360E-03	1.814E-02	0.0030
8	3.00	3.085E-02	3.590E-03	1.939E-02	0.0032
7	3.00	2.726E-02	3.780E-03	2.041E-02	0.0034
6	3.00	2.348E-02	3.885E-03	2.098E-02	0.0035
5	3.00	1.959E-02	3.920E-03	2.117E-02	0.0035
4	3.00	1.567E-02	3.860E-03	2.084E-02	0.0035
3	3.00	1.181E-02	3.665E-03	1.979E-02	0.0033
2	3.00	8.145E-03	3.290E-03	1.777E-02	0.0030
1	3.00	4.855E-03	2.735E-03	1.477E-02	0.0025
Z	3.00	2.120E-03	2.120E-03	1.145E-02	0.0019

4.2.1.4 İkinci mertebe etkilerin kontrolü

İkinci mertebe etkilerin kontrolü (4.8) denklemi ile yapılır.

$$\theta = \frac{P_{\text{tot}} d_r}{V_{\text{tot}} h} \leq 0.10 \quad (4.8)$$

Burada θ ; görelî kat ötelemesine duyarlılık katsayısını, P_{tot} ; ilgili kat seviyesinin üzerindeki toplam bina yükünü, V_{tot} ; ilgili kat seviyesindeki toplam kat kesme kuvvetini göstermektedir.

İkinci merteye etkilerinin kontrolü eşdeğer deprem yükleri altında, ek dış merkezlik etkileri göz önüne alınarak yapılmıştır. Kontroller sonucunda $\theta \leq 0.10$ koşulunun sağlandığı görülmüştür.

Sonuçlar Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18 : İkinci merteye etkilerin kontrolü.

X doğrultusu					
Kat	h (m)	d_r (m)	P_{tot} (kN)	V_{tot} (kN)	θ
12	3.00	9.990E-03	3057.70	702.70	0.0145
11	3.00	1.096E-02	7261.59	1594.49	0.0166
10	3.00	1.210E-02	11465.48	2411.96	0.0192
9	3.00	1.315E-02	15669.37	3155.12	0.0218
8	3.00	1.426E-02	19897.41	3827.80	0.0247
7	3.00	1.509E-02	24125.45	4425.74	0.0274
6	3.00	1.561E-02	28353.49	4948.94	0.0298
5	3.00	1.588E-02	32605.83	5399.98	0.0320
4	3.00	1.580E-02	36858.17	5775.84	0.0336
3	3.00	1.520E-02	41110.51	6076.53	0.0343
2	3.00	1.385E-02	45362.85	6302.04	0.0332
1	3.00	1.153E-02	49642.34	6453.35	0.0296
Z	3.00	8.586E-03	53921.83	6529.00	0.0236
Y doğrultusu					
Kat	h (m)	d_r (m)	P_{tot} (kN)	V_{tot} (kN)	θ
12	3.00	1.445E-02	3057.70	702.70	0.0210
11	3.00	1.550E-02	7261.59	1594.49	0.0235
10	3.00	1.682E-02	11465.48	2411.96	0.0267
9	3.00	1.814E-02	15669.37	3155.12	0.0300
8	3.00	1.939E-02	19897.41	3827.80	0.0336
7	3.00	2.041E-02	24125.45	4425.74	0.0371
6	3.00	2.098E-02	28353.49	4948.94	0.0401
5	3.00	2.117E-02	32605.83	5399.98	0.0426
4	3.00	2.084E-02	36858.17	5775.84	0.0443
3	3.00	1.979E-02	41110.51	6076.53	0.0446
2	3.00	1.777E-02	45362.85	6302.04	0.0426
1	3.00	1.477E-02	49642.34	6453.35	0.0379
Z	3.00	1.145E-02	53921.83	6529.00	0.0315

4.2.1.5 Mod birleştirme yöntemi hesapları

Mod birleştirme yöntemi ile yapılan analizde kullanılan parametreler şu şekilde verilmiştir:

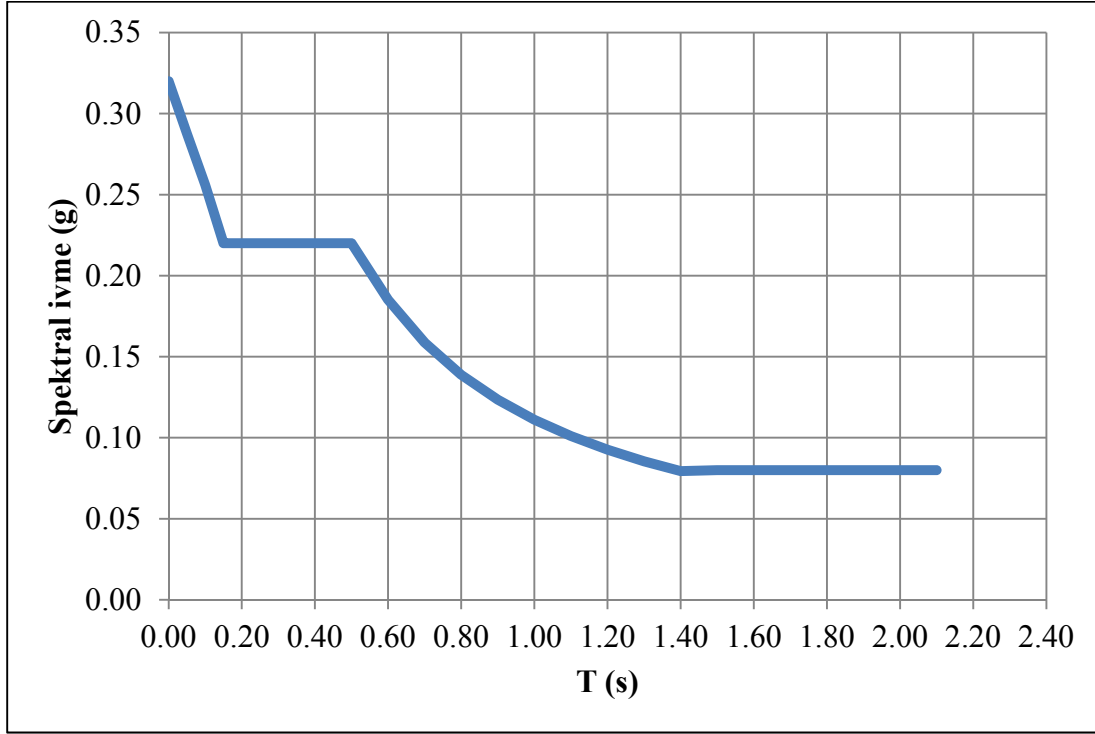
Deprem bölgesi: Yüksek sismisite bölgesi

Zemin grubu: B ($T_A=0.15s$, $T_B=0.50s$)

Bina önem katsayısı: $I=1$

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı: $q=5.4$

Bu bilgiler doğrultusunda hazırlanmış azaltılmış ivme spektrumu Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3 : Azaltılmış ivme spektrumu.

Mod birleştirme yöntemi ile yapılan analizde ek dış merkezlik etkileri, mod birleştirme yönteminden elde edilen kat kesme kuvvetlerinin kat seviyelerine $\pm \%5$ dış merkezlikle etki ettirilmesi ile hesaba katılmıştır. Mod katkılarının birleştirilmesinde CQC kuralı uygulanmıştır.

Zemin katta elde edilen toplam taban kesme kuvvetleri şu şekildedir:

X doğrultusu toplam taban kesme kuvveti: $(F_{bMB})_x=4952.10$ kN

Y doğrultusu toplam taban kesme kuvveti: $(F_{bMB})_y=5569.26$ kN

Kesit tasarımlarının yapılmasında mod birleştirme yönteminden elde edilen tesirler kullanılmıştır.

Daha önce belirtildiği üzere, mod birleştirme yöntemi sonuçlarının, eşdeğer deprem yükü yöntemi sonuçlarına göre büyütülmesi koşulu bulunmamaktadır. Bu nedenle mod birleştirme yönteminden elde edilen iç kuvvetlerde ve/veya yer değiştirmelerde ölçeklendirme yapılmamıştır.

4.2.2 Tasarımda kullanılan yük birleşimleri

Tasarımda kullanılan yük birleşimleri şunlardır:

$$1.35G+1.5Q$$

$$G+0.3Q\pm EXP\pm 0.3EYP$$

$$G+0.3Q\pm EXP\pm 0.3EYN$$

$$G+0.3Q\pm EXN\pm 0.3EYP$$

$$G+0.3Q\pm EXN\pm 0.3EYN$$

$$G+0.3Q\pm EYP\pm 0.3EXP$$

$$G+0.3Q\pm EYP\pm 0.3EXN$$

$$G+0.3Q\pm EYN\pm 0.3EXP$$

$$G+0.3Q\pm EYN\pm 0.3EXN$$

4.2.3 Kesit tasarımlarının yapılması

Kesit tasarımları kapsamında, zemin kat tavanı kirişleri ile zemin ve normal kattaki kolon ve perdeler için eğilme tasarımları yapılmıştır.

4.2.3.1 Kiriş kesitlerinin tasarımı

Zemin kat tavanı için kirişlerin eğilme tasarımı yapılmıştır. Tasarım, hesap tablosu [12] kullanılarak yapılmıştır. Donatılarda pliye uygulanmamıştır. Pas payı 50 mm olarak alınmıştır. Minimum ve maksimum boyuna donatı oranları şu şekilde alınmıştır:

$$\text{Minimum donatı oranı: } 0.5(0.3f_{ck}^{2/3}/f_{yk})$$

$$\text{Maksimum donatı oranı: } 0.04$$

Sonuçlar x doğrultusu için Çizelge 4.19'da, y doğrultusu için Çizelge 4.20'da verilmiştir.

Çizelge 4.19 : X doğrultusu kiriş boyuna donatıları.

Kesit	$A_{s,hesap} (mm^2)$	Sonuç donatısı
K101 sol üst mesnet	596.86	2Φ14+2Φ14 (616 mm ²)
K101 sol alt mesnet	430.36	4Φ14 (616 mm ²)
K101 açıklık	238.60	4Φ14 (616 mm ²)
K101 sağ üst mesnet	620.74	2Φ14+3Φ14 (770 mm ²)
K101 sağ alt mesnet	345.82	4Φ14 (616 mm ²)
K102 sol üst mesnet	539.48	2Φ14+2Φ14 (616 mm ²)
K102 sol alt mesnet	491.84	4Φ14 (616 mm ²)
K102 açıklık	150.99	4Φ14 (616 mm ²)
K102 sağ üst mesnet	491.53	2Φ14+2Φ14 (616 mm ²)
K102 sağ alt mesnet	563.46	4Φ14 (616 mm ²)
K103 sol üst mesnet	596.86	2Φ14+2Φ14 (616 mm ²)
K103 sol alt mesnet	315.08	4Φ14 (616 mm ²)
K103 açıklık	184.44	4Φ14 (616 mm ²)
K103-K104 üst	527.49	2Φ14+2Φ14 (616 mm ²)
K103-K104 alt	829.97	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K104 açıklık	135.91	4Φ14 (616 mm ²)
K104 sağ üst mesnet	863.17	2Φ14+4Φ14 (924 mm ²)
K104 sağ alt mesnet	545.63	4Φ14 (616 mm ²)
K105 sol üst mesnet	549.11	2Φ14+2Φ14 (616 mm ²)
K105 sol alt mesnet	299.71	4Φ14 (616 mm ²)
K105 açıklık	176.75	4Φ14 (616 mm ²)
K105-K106 üst	543.48	2Φ14+2Φ14 (616 mm ²)
K105-K106 alt	768.49	4Φ14+4Φ14 (1232 mm ²)
K106 açıklık	138.33	4Φ14 (616 mm ²)
K106-K107 üst	655.37	2Φ14+3Φ14 (770 mm ²)
K106-K107 alt	376.56	4Φ14 (616 mm ²)
K107 açıklık	125.85	4Φ14 (616 mm ²)
K107 sağ üst mesnet	131.87	2Φ14 (308 mm ²)
K107 sağ alt mesnet	122.96	4Φ14 (616 mm ²)
K108 sol üst mesnet	835.61	2Φ14+4Φ14 (924 mm ²)
K108 sol alt mesnet	468.78	4Φ14 (616 mm ²)
K108 açıklık	169.07	4Φ14 (616 mm ²)
K108-K109 üst	525.24	2Φ14+2Φ14 (616 mm ²)
K108-K109 alt	476.47	4Φ14 (616 mm ²)
K109 açıklık	110.02	4Φ14 (616 mm ²)
K109-K110 üst	782.02	2Φ14+4Φ14 (924 mm ²)
K109-K110 alt	614.79	4Φ14+4Φ14 (1232 mm ²)
K110 açıklık	110.42	4Φ14 (616 mm ²)
K110 sağ üst mesnet	749.43	2Φ14+3Φ14 (770 mm ²)
K110 sağ alt mesnet	622.48	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K111 sol üst mesnet	787.86	3Φ14+2Φ14 (770 mm ²)
K111 sol alt mesnet	653.22	3Φ16+1Φ14 (757 mm ²)
K111 açıklık	345.90	3Φ16 (603 mm ²)
K111 sağ üst mesnet	1145.98	3Φ14+3Φ18 (1225 mm ²)
K111 sağ alt mesnet	991.36	3Φ16+3Φ14 (1065 mm ²)
K112 sol üst mesnet	1114.93	3Φ14+3Φ18 (1225 mm ²)
K112 sol alt mesnet	1083.58	3Φ16+3Φ16 (1206 mm ²)
K112 açıklık	136.51	3Φ16 (603 mm ²)
K112 sağ üst mesnet	1330.72	3Φ14+3Φ20 (1404.29 mm ²)
K112 sağ alt mesnet	1375.60	3Φ16+3Φ20 (1545.97 mm ²)

Çizelge 4.20 : Y doğrultusu kiriş boyuna donatıları.

Kesit	$A_{s, hesap} (mm^2)$	Sonuç donatısı
K113 sol üst mesnet	898.83	3Φ14+3Φ14 (924 mm ²)
K113 sol alt mesnet	983.67	4Φ14+2Φ16 (1018 mm ²)
K113 açıklık	114.25	4Φ14 (616 mm ²)
K113-K114 üst	1070.66	3Φ14+3Φ18 (1225 mm ²)
K113-K114 alt	883.77	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K114 açıklık	153.70	4Φ14 (616 mm ²)
K114-K115 üst	832.74	2Φ14+4Φ14 (924 mm ²)
K114-K115 alt	722.38	4Φ14+4Φ14 (1232 mm ²)
K115 açıklık	101.31	4Φ14 (616 mm ²)
K115-K116 üst	753.43	2Φ14+3Φ14 (770 mm ²)
K115-K116 alt	591.74	4Φ14 (616 mm ²)
K116 açıklık	245.53	4Φ14 (616 mm ²)
K116 sağ üst mesnet	876.08	2Φ14+4Φ14 (924 mm ²)
K116 sağ alt mesnet	783.86	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K117 sol üst mesnet	503.52	2Φ14+2Φ14 (616 mm ²)
K117 sol alt mesnet	322.77	4Φ14 (616 mm ²)
K117 açıklık	292.03	4Φ14 (616 mm ²)
K117-K118 üst	829.97	2Φ14+4Φ14 (924 mm ²)
K117-K118 alt	745.44	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K118 açıklık	146.01	4Φ14 (616 mm ²)
K118-K119 üst	691.64	2Φ14+3Φ14 (770 mm ²)
K118-K119 alt	591.74	4Φ14+4Φ14 (1232 mm ²)
K119 açıklık	146.01	4Φ14 (616 mm ²)
K119-K120 üst	853.03	2Φ14+4Φ14 (924 mm ²)
K119-K120 alt	660.90	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K120 açıklık	292.03	4Φ14 (616 mm ²)
K120 sağ üst mesnet	438.04	2Φ14+1Φ14 (462 mm ²)
K120 sağ alt mesnet	322.77	4Φ14 (616 mm ²)
K121 sol üst mesnet	391.62	3Φ14 (462 mm ²)
K121 sol alt mesnet	222.86	4Φ14 (616 mm ²)
K121 açıklık	253.60	4Φ14 (616 mm ²)
K121-K122 üst	1091.16	3Φ14+3Φ18 (1225 mm ²)
K121-K122 alt	1168.11	4Φ14+2Φ20 (1244 mm ²)
K122 açıklık	230.55	4Φ14 (616 mm ²)
K122 sağ üst mesnet	1122.00	3Φ14+3Φ18 (1225 mm ²)
K122 sağ alt mesnet	822.29	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K123 sol üst mesnet	922.19	2Φ14+4Φ14 (924 mm ²)
K123 sol alt mesnet	722.38	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K123 açıklık	299.71	4Φ14 (616 mm ²)
K123 sağ üst mesnet	438.04	2Φ14+1Φ14 (462 mm ²)
K123 sağ alt mesnet	422.67	4Φ14 (616 mm ²)
K124 sol üst mesnet	867.17	2Φ14+4Φ14 (924 mm ²)
K124 sol alt mesnet	361.19	4Φ14 (616 mm ²)
K124 açıklık	299.71	4Φ14 (616 mm ²)
K124-K125 üst	922.19	2Φ14+4Φ14 (924 mm ²)
K124-K125 alt	1083.58	4Φ14+2Φ18 (1125 mm ²)
K125 açıklık	192.12	4Φ14 (616 mm ²)
K125 sağ üst mesnet	922.19	2Φ14+4Φ14 (924 mm ²)
K125 sağ alt mesnet	730.07	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K126 sol üst mesnet	1083.58	3Φ14+3Φ18 (1225 mm ²)
K126 sol alt mesnet	783.86	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K126 açıklık	161.38	4Φ14 (616 mm ²)
K126 sağ üst mesnet	968.30	3Φ14+3Φ14 (924 mm ²)
K126 sağ alt mesnet	899.14	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)

4.2.3.2 Kolon kesitlerinin tasarımı

Zemin ve 1. kat kolonlarının eğilme tasarımı yapılmıştır. Tasarım abak yardımıyla [12] yapılmıştır. İki eksenli eğilme durumları, yaklaşık yöntemle tek eksenli eğilme durumuna dönüştürülmüştür. [12] Pas payı 50 mm olarak alınmıştır.

Minimum ve maksimum boyuna donatı koşulları şu şekilde alınmıştır:

Minimum donatı : $0.01A_c$

Maksimum donatı : $0.04A_c$

Hesaplar sonucunda tüm kolonlarda minimum donatının yeterli olacağı görülmüştür. Minimum donatı oranı DBYBHY ile aynı olduğundan kolon donatıları Türk Yönetmelikleri'ne göre tasarımla aynı seçilmiştir.

4.2.3.3 Perde kesitlerinin tasarımı

Perde kesitlerinin tasarımı, perdelerin tabanında elde edilen en elverişsiz moment tesirine göre, abak yardımıyla yapılmıştır. [12] Hesaplarda boyutsuz moment değerleri oldukça düşük çıkmış, bu nedenle perde uç bölgeleri minimum donatılı olarak tasarlanmıştır. Perde gövdesi için de minimum donatı kullanılmıştır. Göz önüne alınan minimum donatılar şu şekildedir:

Perde uç bölgesinde minimum donatı : $0.0025 A_{\text{perde}}$

Perde gövdesinde minimum donatı : $0.002 A_{\text{perde}}$

Sonuçlar Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.21 : Zemin ve normal katta perde boyuna donatıları.

Perde	Boyut (cm x cm)	Gerekli minimum donatı (mm^2)			Seçilen donatı
		Perde Uç Bölgesi Toplamı	Perde Gövdesi	Toplam	
P1	300x30	4500	1800	6300	22Φ20 (6912 mm^2)
P2	590x30	8850	3540	12390	34Φ22 (12925 mm^2)
P3	30x360	5400	2160	7560	20Φ22 (7603 mm^2)
P4	30x360	5400	2160	7560	20Φ22 (7603 mm^2)
P5	30x240	3600	1440	5040	18Φ20 (5655 mm^2)
P6	300x30	4500	1800	6300	22Φ20 (6912 mm^2)

4.2.4 Donatı metraj ve maliyeti

Zemin kat kolon ve perdeleri ile zemin kat tavanı kirişleri için hesaplanan donatıların metrajı yapılarak yapının bir katı için donatı maliyeti hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22 : Zemin katta donatı metraj ve maliyeti.

Yapı Elemanı	Donatı Miktarı (ton)	Birim Fiyat (TL/ton)	Maliyet (TL)
Kiriş	2.07	1450.00	3001.50
Kolon	1.82		2639.00
Perde	2.46		3567.00
Toplam	6.35		9207.50

4.3 Amerikan Yönetmelikleri’ne Göre Hesap

4.3.1 Deprem hesabı

ACI 318’e göre yapı tasarımında, kesitlerin çatlamış kesit atalet momentlerinin kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada aynı sistem özellikleri kullanılarak karşılaştırma amaçlandığından bu koşula uyulmamıştır.

4.3.1.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi hesapları

Hesapta kullanılan parametreler ve hesap sonuçları Çizelge 4.23’te verilmiştir.

Çizelge 4.23 : Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesap.

Sismik tasarım sınıfı	D
S_{DS}, S_{D1}	1.00 - 0.61
Bina önem katsayısı	I=1
Yapı davranış katsayısı	R=7
T_{1x}	$0.0488(39)^{3/4}=0.76$ s
T_{1y}	$0.0488(39)^{3/4}=0.76$ s
C_{sx}	$\frac{0.61}{0.76(7/1)}=0.1147$
C_{sy}	$\frac{0.61}{0.76(7/1)}=0.1147$
W	53921.83 kN
V_x	$0.1147 \times 53921.83=6182.77$ kN
V_y	$0.1147 \times 53921.83=6182.77$ kN

Eşdeğer deprem yükünün hesabında, binanın x ve y doğrultularındaki doğal periyotları, binanın taban seviyesi zemin kat döşemesi olarak alınarak yaklaşık formül ile hesaplanmıştır.

Eşdeğer deprem yükünün $\pm$ %5 dış merkezlik etkisiyle birlikte katlara dağıtılması Çizelge 4.24'te verilmiştir.

Çizelge 4.24 : Eşdeğer deprem yükünün katlara dağıtılması.

Kat	h_i (m)	H_i (m)	w_i (m)	$w_i \times H_i^k$	Oran	F_x (kN)	M_x (kNm)	F_y (kN)	M_y (kNm)
12	3.00	39.00	3057.70	338501.67	0.10	640.87	474.24	640.87	608.83
11	3.00	36.00	4203.89	447742.71	0.14	847.69	627.29	847.69	805.31
10	3.00	33.00	4203.89	410430.81	0.13	777.05	575.02	777.05	738.20
9	3.00	30.00	4203.89	373118.92	0.11	706.41	522.74	706.41	671.09
8	3.00	27.00	4228.04	337987.73	0.10	639.90	473.52	639.90	607.90
7	3.00	24.00	4228.04	300433.54	0.09	568.80	420.91	568.80	540.36
6	3.00	21.00	4228.04	262879.34	0.08	497.70	368.30	497.70	472.81
5	3.00	18.00	4252.34	226789.07	0.07	429.37	317.73	429.37	407.90
4	3.00	15.00	4252.34	188990.89	0.06	357.81	264.78	357.81	339.92
3	3.00	12.00	4252.34	151192.71	0.05	286.25	211.82	286.25	271.93
2	3.00	9.00	4252.34	113394.54	0.03	214.69	158.87	214.69	203.95
1	3.00	6.00	4279.49	76141.99	0.02	144.16	106.68	144.16	136.95
Z	3.00	3.00	4279.49	38071.00	0.01	72.08	53.34	72.08	68.47
Toplam			53921.83	3265674.92		6182.77		6182.77	

4.3.1.2 Düzensizliklerin kontrolü

DBYBHY sonuçlarına ve bina genel bilgilerine bakılarak binada yalnızca burulma düzensizliği bulunacağı anlaşılmaktadır.

Burulma düzensizliğinin kontrolü, ek dış merkezlik etkileriyle birlikte uygulanan eşdeğer deprem yükleri altında yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.25'te verilmiştir.

Çizelge 4.25 : Burulma düzensizliğinin kontrolü.

X doğrultusu						
Kat	d_{i-min} (m)	d_{i-maks} (m)	Δ_{i-maks} (m)	Δ_{i-ort} (m)	Δ_{i-maks} / Δ_{i-ort}	Düzensizlik
12	2.016E-02	3.999E-02	2.030E-03	1.740E-03	1.167	YOK
11	1.871E-02	3.796E-02	2.280E-03	1.910E-03	1.194	YOK
10	1.717E-02	3.568E-02	2.610E-03	2.110E-03	1.237	VAR
9	1.556E-02	3.307E-02	2.920E-03	2.295E-03	1.272	VAR
8	1.389E-02	3.015E-02	3.250E-03	2.490E-03	1.305	VAR
7	1.216E-02	2.690E-02	3.520E-03	2.640E-03	1.333	VAR
6	1.040E-02	2.338E-02	3.700E-03	2.725E-03	1.358	VAR
5	8.650E-03	1.968E-02	3.830E-03	2.780E-03	1.378	VAR
4	6.920E-03	1.585E-02	3.860E-03	2.765E-03	1.396	VAR
3	5.250E-03	1.199E-02	3.760E-03	2.665E-03	1.411	VAR
2	3.680E-03	8.230E-03	3.430E-03	2.430E-03	1.412	VAR
1	2.250E-03	4.800E-03	2.840E-03	2.020E-03	1.406	VAR
Z	1.050E-03	1.960E-03	1.960E-03	1.505E-03	1.302	VAR
Y doğrultusu						
Kat	d_{i-min} (m)	d_{i-maks} (m)	Δ_{i-maks} (m)	Δ_{i-ort} (m)	Δ_{i-maks} / Δ_{i-ort}	Düzensizlik
12	3.617E-02	4.466E-02	2.690E-03	2.515E-03	1.070	YOK
11	3.383E-02	4.197E-02	2.910E-03	2.700E-03	1.078	YOK
10	3.134E-02	3.906E-02	3.180E-03	2.930E-03	1.085	YOK
9	2.866E-02	3.588E-02	3.460E-03	3.170E-03	1.091	YOK
8	2.578E-02	3.242E-02	3.720E-03	3.385E-03	1.099	YOK
7	2.273E-02	2.870E-02	3.940E-03	3.565E-03	1.105	YOK
6	1.954E-02	2.476E-02	4.070E-03	3.670E-03	1.109	YOK
5	1.627E-02	2.069E-02	4.120E-03	3.700E-03	1.114	YOK
4	1.299E-02	1.657E-02	4.080E-03	3.650E-03	1.118	YOK
3	9.770E-03	1.249E-02	3.900E-03	3.470E-03	1.124	YOK
2	6.730E-03	8.590E-03	3.500E-03	3.105E-03	1.127	YOK
1	4.020E-03	5.090E-03	2.910E-03	2.585E-03	1.126	YOK
Z	1.760E-03	2.180E-03	2.180E-03	1.970E-03	1.107	YOK

Çizelge 4.25'te görüldüğü üzere binada x doğrultusunda ASCE/SEI 7'de tanımlanan ileri derecede burulma düzensizliği bulunmaktadır.

Burulma düzensizliği tespit edildiğinden, ek dış merkezlik etkileri (4.9) denklemi ile verilen A_x katsayısıyla her iki doğrultu için büyütülmüştür.

$$A_x = \left(\frac{\Delta_{i-maks}}{1.2\Delta_{i-ort}} \right)^2 \quad (4.9)$$

Ek dış merkezlik etkilerinin büyütülmesi Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.26 : Ek dış merkezlik etkilerinin büyütülmesi.

Kat	$\Delta_{i-maks} / \Delta_{i-ort}$	A_x	$A_x * e_x$	$A_x * e_y$
12	1.167	1.000	0.74	0.95
11	1.194	1.000	0.74	0.95
10	1.237	1.063	0.79	1.01
9	1.272	1.124	0.83	1.07
8	1.305	1.183	0.88	1.12
7	1.333	1.235	0.91	1.17
6	1.358	1.280	0.95	1.22
5	1.378	1.318	0.98	1.25
4	1.396	1.353	1.00	1.29
3	1.411	1.382	1.02	1.31
2	1.412	1.384	1.02	1.31
1	1.406	1.373	1.02	1.30
Z	1.302	1.178	0.87	1.12

Binada diğer yapı düzensizlikleri bulunmamaktadır.

4.3.1.3 Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü

Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü (4.10) denklemine göre yapılmaktadır.

$$\Delta_{maks} \leq 0.02h_{sx} \quad (4.10)$$

(4.10) denkleminde h_{sx} ; binanın x seviyesindeki katın yüksekliğini göstermektedir.

Etkin yer değıştirmelerin hesabı ise (4.11) denklemiyle yapılır.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I} \quad (4.11)$$

(4.11) denkleminde δ_x ; x seviyesindeki etkin yer değıştirmeyi, C_d ; deplasman büyütme katsayısını, δ_{xe} ; x seviyesinde elastik hesap sonucu elde edilmiş yer değıştirmeyi göstermektedir.

Bu çalışmaya esas olan bina için C_d değeri 5.5 olmaktadır.

Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü eşdeğer deprem yükleri altında, ek dış merkezlik etkileri göz önüne alınarak yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.27’de verilmiştir. Yönetmelik koşulu $\Delta_{maks} \leq 0.02h_{sx}$ sağlanmıştır.

Çizelge 4.27 : Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü.

X doğrultusu					
Kat	h (m)	$\delta_{xe-maks}$ (m)	$\delta_{x-maks} = C_d \delta_{xe} / I$ (m)	Δ_{maks} (m)	Δ_{maks} / h
12	3.00	4.037E-02	2.220E-01	1.117E-02	0.0037
11	3.00	3.834E-02	2.109E-01	1.260E-02	0.0042
10	3.00	3.605E-02	1.983E-01	1.436E-02	0.0048
9	3.00	3.344E-02	1.839E-01	1.623E-02	0.0054
8	3.00	3.049E-02	1.677E-01	1.793E-02	0.0060
7	3.00	2.723E-02	1.498E-01	1.953E-02	0.0065
6	3.00	2.368E-02	1.302E-01	2.057E-02	0.0069
5	3.00	1.994E-02	1.097E-01	2.129E-02	0.0071
4	3.00	1.607E-02	8.839E-02	2.151E-02	0.0072
3	3.00	1.216E-02	6.688E-02	2.096E-02	0.0070
2	3.00	8.350E-03	4.593E-02	1.914E-02	0.0064
1	3.00	4.870E-03	2.679E-02	1.584E-02	0.0053
Z	3.00	1.990E-03	1.095E-02	1.095E-02	0.0036
Y doğrultusu					
Kat	h (m)	$\delta_{xe-maks}$ (m)	$\delta_{x-maks} = C_d \delta_{xe} / I$ (m)	Δ_{maks} (m)	Δ_{maks} / h
12	3.00	4.520E-02	2.486E-01	1.480E-02	0.0049
11	3.00	4.251E-02	2.338E-01	1.606E-02	0.0054
10	3.00	3.959E-02	2.177E-01	1.760E-02	0.0059
9	3.00	3.639E-02	2.001E-01	1.914E-02	0.0064
8	3.00	3.291E-02	1.810E-01	2.063E-02	0.0069
7	3.00	2.916E-02	1.604E-01	2.189E-02	0.0073
6	3.00	2.518E-02	1.385E-01	2.261E-02	0.0075
5	3.00	2.107E-02	1.159E-01	2.299E-02	0.0077
4	3.00	1.689E-02	9.290E-02	2.277E-02	0.0076
3	3.00	1.275E-02	7.013E-02	2.178E-02	0.0073
2	3.00	8.790E-03	4.835E-02	1.964E-02	0.0065
1	3.00	5.220E-03	2.871E-02	1.634E-02	0.0054
Z	3.00	2.250E-03	1.238E-02	1.238E-02	0.0041

4.3.1.4 İkinci mertebe etkilerin kontrolü

İkinci mertebe etkilerin kontrolü (4.12) denklemi ile yapılır.

$$\theta = \frac{P_x \Delta}{V_x h_{sx} C_d} \leq \min \left(\frac{0.5}{\beta C_d}; 0.25 \right) \quad (4.12)$$

(4.12) denkleminde P_x ; binanın x seviyesindeki toplam düşey yükü, V_x ; binanın x seviyesindeki toplam kat kesme kuvvetini göstermektedir. β ; ilgili katta kat kesme kuvvetinin, kat kesme kapasitesine oranı olup, güvenli tarafta olarak 1 alınabilir.

Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü eşdeğer deprem yükleri altında, ek dış merkezlik etkileri göz önüne alınarak yapılmıştır. Üst sınır olarak $0.5/\beta C_d=0.09$ alınmıştır. Çizelge 4.28’de verildiği üzere yönetmelik koşulu sağlanmıştır.

Çizelge 4.28 : İkinci mertebe etkilerin kontrolü.

X doğrultusu					
Kat	h	Δ_{maks} / C_d (m)	P_x (kN)	V_x (kN)	θ
12	3.00	2.030E-03	3057.70	640.87	0.00323
11	3.00	2.290E-03	7261.59	1488.56	0.00372
10	3.00	2.610E-03	11465.48	2265.62	0.00440
9	3.00	2.950E-03	15669.37	2972.03	0.00518
8	3.00	3.260E-03	19897.41	3611.93	0.00599
7	3.00	3.550E-03	24125.45	4180.72	0.00683
6	3.00	3.740E-03	28353.49	4678.42	0.00756
5	3.00	3.870E-03	32605.83	5107.79	0.00823
4	3.00	3.910E-03	36858.17	5465.60	0.00879
3	3.00	3.810E-03	41110.51	5751.85	0.00908
2	3.00	3.480E-03	45362.85	5966.54	0.00882
1	3.00	2.880E-03	49642.34	6110.69	0.00780
Z	3.00	1.990E-03	53921.83	6182.77	0.00579
Y doğrultusu					
Kat	h	Δ_{maks} / C_d (m)	P_x (kN)	V_x (kN)	θ
12	3.00	2.690E-03	3057.70	640.87	0.00428
11	3.00	2.920E-03	7261.59	1488.56	0.00475
10	3.00	3.200E-03	11465.48	2265.62	0.00540
9	3.00	3.480E-03	15669.37	2972.03	0.00612
8	3.00	3.750E-03	19897.41	3611.93	0.00689
7	3.00	3.980E-03	24125.45	4180.72	0.00766
6	3.00	4.110E-03	28353.49	4678.42	0.00830
5	3.00	4.180E-03	32605.83	5107.79	0.00889
4	3.00	4.140E-03	36858.17	5465.60	0.00931
3	3.00	3.960E-03	41110.51	5751.85	0.00943
2	3.00	3.570E-03	45362.85	5966.54	0.00905
1	3.00	2.970E-03	49642.34	6110.69	0.00804
Z	3.00	2.250E-03	53921.83	6182.77	0.00654

4.3.1.5 Mod birleştirme yöntemi hesapları

Mod birleştirme yöntemi ile yapılan analizde kullanılan parametreler şu şekilde verilmiştir:

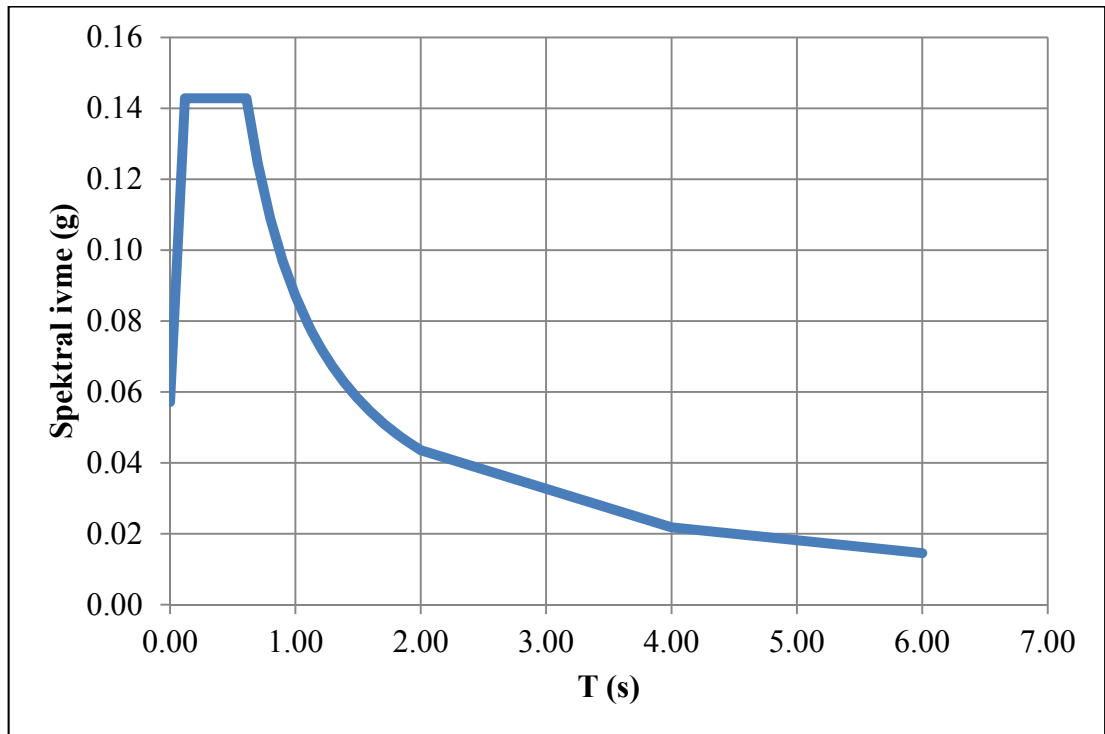
Sismik tasarım sınıfı: D ($S_{DS}=1.00$, $S_{D1}=0.61$)

Spektrum köşe periyotları: $T_0=0.12$ s, $T_s=0.61$ s

Bina önem katsayısı: $I=1$

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı: $R=7$

Bu bilgiler doğrultusunda hazırlanmış azaltılmış ivme spektrumu Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4 : Azaltılmış ivme spektrumu.

Mod birleştirme yöntemi ile yapılan analizde ek dış merkezlik etkileri, mod birleştirme yönteminden elde edilen kat kesme kuvvetlerinin kat seviyelerine $\pm$ %5 dış merkezlikle etki ettirilmesi ile hesaba katılmıştır. Mod katkılarının birleştirilmesinde CQC kuralı uygulanmıştır.

Zemin katta elde edilen toplam taban kesme kuvvetleri şu şekildedir:

X doğrultusu toplam taban kesme kuvveti: $(V_t)_x=3747.01$ kN

Y doğrultusu toplam taban kesme kuvveti: $(V_t)_y = 4225.82 \text{ kN}$

Mod birleştirme yönteminde x doğrultusunda zemin kat tabanında bulunan kesme kuvvetinin, eşdeğer deprem yükü yönteminde bulunan sonuca oranı $3747.01/6182.77=0.61$ olmaktadır. Bu değer 0.85'ten küçük olduğundan, mod birleştirme yönteminde x doğrultusunda bulunan iç kuvvetlerin $0.85*(6182.77/3647.01)=1.40$ ile büyütüleceği hesaplanır. Benzer şekilde, y doğrultusunda zemin kat tabanında bulunan kesme kuvvetinin, eşdeğer deprem yükü yönteminde bulunan sonuca oranı $4225.82/6182.77=0.68$ olmaktadır. Bu değer 0.85'ten küçük olduğundan, mod birleştirme yönteminde x doğrultusunda bulunan iç kuvvetlerin $0.85*(6182.77/4225.82)=1.24$ ile büyütüleceği hesaplanır.

Kesit tasarımların yapılmasında mod birleştirme yönteminin bu ölçeklendirilmiş değerleri kullanılmıştır.

4.3.2 Tasarımda kullanılan yük birleşimleri

Tasarımda kullanılan yük birleşimleri şunlardır:

$$1.2G+1.6Q$$

$$1.2G+0.5Q\pm EXP\pm 0.3EYP$$

$$1.2G+0.5Q\pm EXP\pm 0.3EYN$$

$$1.2G+0.5Q\pm EXN\pm 0.3EYP$$

$$1.2G+0.5Q\pm EXN\pm 0.3EYN$$

$$1.2G+0.5Q\pm EYP\pm 0.3EXP$$

$$1.2G+0.5Q\pm EYP\pm 0.3EXN$$

$$1.2G+0.5Q\pm EYN\pm 0.3EXP$$

$$1.2G+0.5Q\pm EYN\pm 0.3EXN$$

$$0.9G\pm EXP\pm 0.3EYP$$

$$0.9G\pm EXP\pm 0.3EYN$$

$$0.9G\pm EXN\pm 0.3EYP$$

$$0.9G\pm EXN\pm 0.3EYN$$

$$0.9G\pm EYP\pm 0.3EXP$$

$$0.9G \pm EYP \pm 0.3EXN$$

$$0.9G \pm EYN \pm 0.3EXP$$

$$0.9G \pm EYN \pm 0.3EXN$$

4.3.3 Kesit tasarımlarının yapılması

Kesit tasarımları kapsamında, zemin kat tavanı kirişleri ile zemin ve normal kattaki kolon ve perdeler için eğilme tasarımları yapılmıştır. Kirişler için taşıma gücü azaltma katsayısı $\phi=0.9$, kolon ve perdeler için $\phi=0.65$ alınmıştır.

4.3.3.1 Kiriş kesitlerinin tasarımı

Zemin kat tavanı için kirişlerin eğilme tasarımı yapılmıştır. Tasarım, eşdeğer dikdörtgen gerilme bloğu kullanılarak elle yapılmıştır.

Donatılarda pliye uygulanmamıştır. Pas payı 50 mm olarak alınmıştır. Minimum ve maksimum boyuna donatı oranları şu şekilde alınmıştır:

$$\text{Minimum donatı oranı: } 0.25\sqrt{f_{ck}}/f_{yk} \geq 1.4/f_{yk} \text{ (Kirişin hem altı hem üstü için geçerli)}$$

$$\text{Maksimum donatı oranı: } 0.025$$

Sonuçlar x doğrultusu için Çizelge 4.29'da, y doğrultusu için Çizelge 4.30'da verilmiştir.

4.3.3.2 Kolon kesitlerinin tasarımı

Zemin ve 1. kat kolonlarının eğilme tasarımı yapılmıştır. Tasarım abak yardımıyla yapılmıştır. [13] İki eksenli eğilme durumları, yaklaşık yöntemle tek eksenli eğilme durumuna dönüştürülmüştür. [12] Pas payı 50 mm olarak alınmıştır.

Minimum ve maksimum boyuna donatı koşulları şu şekilde alınmıştır:

$$\text{Minimum donatı : } 0.01A_c$$

$$\text{Maksimum donatı : } 0.06A_c$$

Hesaplar sonucunda tüm kolonlarda minimum donatının yeterli olacağı görülmüştür. Minimum donatı oranı DBYBHY ile aynı olduğundan kolon donatıları Türk Yönetmelikleri'ne göre tasarımla aynı seçilmiştir.

Çizelge 4.29 : X doğrultusu kiriş boyuna donatıları.

Kesit	A_{s,hesap} (mm²)	Sonuç donatısı
K101 sol üst mesnet	613.96	4Φ14 (616 mm ²)
K101 sol alt mesnet	537.50	4Φ14 (616 mm ²)
K101 açıklık	224.40	4Φ14 (616 mm ²)
K101 sağ üst mesnet	650.17	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K101 sağ alt mesnet	385.41	4Φ14 (616 mm ²)
K102 sol üst mesnet	571.70	4Φ14 (616 mm ²)
K102 sol alt mesnet	517.29	4Φ14 (616 mm ²)
K102 açıklık	159.69	4Φ14 (616 mm ²)
K102 sağ üst mesnet	515.72	4Φ14 (616 mm ²)
K102 sağ alt mesnet	386.33	4Φ14 (616 mm ²)
K103 sol üst mesnet	654.13	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K103 sol alt mesnet	365.38	4Φ14 (616 mm ²)
K103 açıklık	206.73	4Φ14 (616 mm ²)
K103-K104 üst	576.24	4Φ14 (616 mm ²)
K103-K104 alt	833.67	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K104 açıklık	137.90	4Φ14 (616 mm ²)
K104 sağ üst mesnet	927.44	4Φ14+2Φ16 (1018 mm ²)
K104 sağ alt mesnet	607.63	4Φ14 (616 mm ²)
K105 sol üst mesnet	596.98	4Φ14 (616 mm ²)
K105 sol alt mesnet	343.16	4Φ14 (616 mm ²)
K105 açıklık	175.04	4Φ14 (616 mm ²)
K105-K106 üst	536.46	4Φ14 (616 mm ²)
K105-K106 alt	745.33	4Φ14+4Φ14 (1232 mm ²)
K106 açıklık	147.54	4Φ14 (616 mm ²)
K106-K107 üst	664.14	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K106-K107 alt	378.13	4Φ14 (616 mm ²)
K107 açıklık	128.41	4Φ14 (616 mm ²)
K107 sağ üst mesnet	134.68	4Φ14 (616 mm ²)
K107 sağ alt mesnet	125.86	4Φ14 (616 mm ²)
K108 sol üst mesnet	917.82	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K108 sol alt mesnet	530.04	4Φ14 (616 mm ²)
K108 açıklık	190.89	4Φ14 (616 mm ²)
K108-K109 üst	559.63	4Φ14 (616 mm ²)
K108-K109 alt	505.26	4Φ14 (616 mm ²)
K109 açıklık	115.55	4Φ14 (616 mm ²)
K109-K110 üst	815.92	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K109-K110 alt	648.79	4Φ14+4Φ14 (1232 mm ²)
K110 açıklık	115.46	4Φ14 (616 mm ²)
K110 sağ üst mesnet	800.86	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K110 sağ alt mesnet	686.31	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K111 sol üst mesnet	848.79	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K111 sol alt mesnet	712.54	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K111 açıklık	386.48	4Φ14 (616 mm ²)
K111 sağ üst mesnet	1206.41	4Φ14+2Φ20 (1244 mm ²)
K111 sağ alt mesnet	1020.36	4Φ14+2Φ18 (1125 mm ²)
K112 sol üst mesnet	1205.05	4Φ16+2Φ16 (1206 mm ²)
K112 sol alt mesnet	1137.12	4Φ16+2Φ16 (1206 mm ²)
K112 açıklık	147.90	4Φ16 (804 mm ²)
K112 sağ üst mesnet	1425.26	4Φ16+2Φ20 (1433 mm ²)
K112 sağ alt mesnet	1128.38	4Φ16+2Φ16 (1206 mm ²)

Çizelge 4.30 : Y doğrultusu giriş boyuna donatıları.

Kesit	A _{s,hesap} (mm ²)	Sonuç donatısı
K113 sol üst mesnet	856.21	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K113 sol alt mesnet	886.49	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K113 açıklık	121.24	4Φ14 (616 mm ²)
K113-K114 üst	1043.55	4Φ14+2Φ18 (1125 mm ²)
K113-K114 alt	867.55	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K114 açıklık	146.99	4Φ14 (616 mm ²)
K114-K115 üst	823.63	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K114-K115 alt	703.98	4Φ14+4Φ14 (1232 mm ²)
K115 açıklık	103.70	4Φ14 (616 mm ²)
K115-K116 üst	753.77	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K115-K116 alt	579.94	4Φ14 (616 mm ²)
K116 açıklık	250.63	4Φ14 (616 mm ²)
K116 sağ üst mesnet	864.81	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K116 sağ alt mesnet	714.55	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K117 sol üst mesnet	512.50	4Φ14 (616 mm ²)
K117 sol alt mesnet	328.22	4Φ14 (616 mm ²)
K117 açıklık	317.84	4Φ14 (616 mm ²)
K117-K118 üst	817.48	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K117-K118 alt	691.23	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K118 açıklık	142.80	4Φ14 (616 mm ²)
K118-K119 üst	675.39	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K118-K119 alt	572.84	4Φ14+4Φ14 (1232 mm ²)
K119 açıklık	152.27	4Φ14 (616 mm ²)
K119-K120 üst	829.48	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K119-K120 alt	642.78	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K120 açıklık	303.09	4Φ14 (616 mm ²)
K120 sağ üst mesnet	431.13	4Φ14 (616 mm ²)
K120 sağ alt mesnet	318.57	4Φ14 (616 mm ²)
K121 sol üst mesnet	385.20	4Φ14 (616 mm ²)
K121 sol alt mesnet	219.85	4Φ14 (616 mm ²)
K121 açıklık	229.86	4Φ14 (616 mm ²)
K121-K122 üst	1006.89	4Φ14+2Φ16 (1018 mm ²)
K121-K122 alt	1140.21	4Φ14+2Φ20 (1244 mm ²)
K122 açıklık	225.68	4Φ14 (616 mm ²)
K122 sağ üst mesnet	1036.03	4Φ14+2Φ18 (1125 mm ²)
K122 sağ alt mesnet	813.81	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K123 sol üst mesnet	901.61	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K123 sol alt mesnet	669.38	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K123 açıklık	308.55	4Φ14 (616 mm ²)
K123 sağ üst mesnet	413.65	4Φ14 (616 mm ²)
K123 sağ alt mesnet	380.86	4Φ14 (616 mm ²)
K124 sol üst mesnet	867.87	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K124 sol alt mesnet	362.65	4Φ14 (616 mm ²)
K124 açıklık	283.60	4Φ14 (616 mm ²)
K124-K125 üst	842.23	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K124-K125 alt	990.49	4Φ14+2Φ16 (1018 mm ²)
K125 açıklık	185.42	4Φ14 (616 mm ²)
K125 sağ üst mesnet	880.11	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)
K125 sağ alt mesnet	671.20	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K126 sol üst mesnet	1057.89	4Φ14+2Φ18 (1125 mm ²)
K126 sol alt mesnet	763.00	4Φ14+1Φ14 (770 mm ²)
K126 açıklık	141.16	4Φ14 (616 mm ²)
K126 sağ üst mesnet	927.29	4Φ14+2Φ16 (1018 mm ²)
K126 sağ alt mesnet	836.58	4Φ14+2Φ14 (924 mm ²)

4.3.3.3 Perde kesitlerinin tasarımı

Perde kesitlerinin tasarımı, perdelerin tabanında elde edilen en elverişsiz moment tesirine göre, abak yardımıyla yapılmıştır. [13] Hesaplarda boyutsuz moment değerleri oldukça düşük çıkmış, bu nedenle perde uç bölgeleri minimum donatılı olarak tasarlanmıştır. Perde gövdesi için de minimum donatı kullanılmıştır. Göz önüne alınan minimum donatılar şu şekildedir:

Perde uç bölgesinde minimum donatı : $0.0025 A_{\text{perde}}$

Perde gövdesinde minimum donatı : $0.0025 A_{\text{perde}}$

Sonuçlar Çizelge 4.31’de verilmiştir.

Çizelge 4.31 : Zemin ve normal katta perde boyuna donatıları.

Perde	Boyut (cm x cm)	Gerekli minimum donatı (mm ²)			Seçilen donatı
		Perde Uç Bölgesi Toplamı	Perde Gövdesi	Toplam	
P1	300x30	4500	2250	6750	22Φ20 (6912 mm ²)
P2	590x30	8850	4425	13275	36Φ22 (13685 mm ²)
P3	30x360	5400	2700	8100	22Φ22 (8363 mm ²)
P4	30x360	5400	2700	8100	22Φ22 (8363 mm ²)
P5	30x240	3600	1800	5400	18Φ20 (5655 mm ²)
P6	300x30	4500	2250	6750	22Φ20 (6912 mm ²)

4.3.4 Donatı metraj ve maliyeti

Zemin kat kolon ve perdeleri ile zemin kat tavanı kirişleri için hesaplanan donatıların metrajı yapılarak yapının bir katı için donatı maliyeti hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.32’de verilmiştir.

Çizelge 4.32 : Zemin katta donatı metraj ve maliyeti.

Yapı Elemanı	Donatı Miktarı (ton)	Birim Fiyat (TL/ton)	Maliyet (TL)
Kiriş	2.25	1450.00	3262.50
Kolon	1.82		2639.00
Perde	2.56		3712.00
Toplam	6.63		9613.50

5. HESAP SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde; aynı sistem modelinin üç ayrı yönetmeliğe göre hesabından elde edilen sonuçların karşılaştırması yapılmıştır.

5.1 Yapı Periyotlarının Karşılaştırılması

Çalışmaya konu olan yapının, eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanırken yönetmeliklerde verilen yaklaşımlara göre hesaplanan periyot değerlerinin ve modal analiz periyotlarının karşılaştırılması Çizelge 5.1’de verilmiştir. Bu çizelgede DBYBHY, Eurocode 8 ve ASCE/SEI 7 için verilen periyotlar bina tabanının zemin kat döşemesi olduğu durum için hesaplanmıştır. Modal analiz periyotları ise rijit bodrum kat göz önüne alınarak hesaplanan değerlerdir.

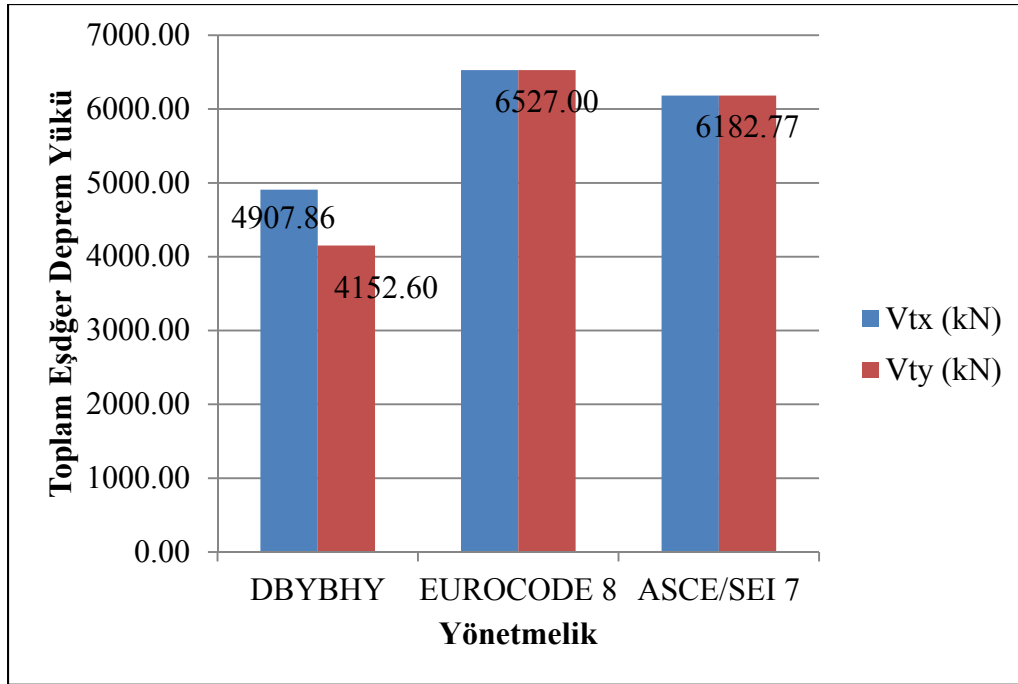
Çizelge 5.1 : Yapı periyotlarının karşılaştırılması.

	DBYBHY (Rayleigh Oranı)	EUROCODE 8 (Yaklaşık Formül)	ASCE/SEI 7 (Yaklaşık Formül)	MODAL ANALİZ
$T_{ix}(s)$	0.75	0.78	0.76	0.81
$T_{iy}(s)$	0.87	0.78	0.76	0.87

Karşılaştırma sonuçlarına bakılarak; Rayleigh Oranı ile edilen periyot değerleri ile Eurocode 8 ve ASCE/SEI 7’de verilmiş olan yaklaşık formüllerle elde edilen periyot değerlerinin uyum içinde olduğu söylenebilir. Aynı zamanda modal analiz periyotlarına bakılarak rijit bodrum katın göz önüne alınmasının periyot sonucunu yalnızca x doğrultusu için az oranda değiştirdiği görülmektedir.

5.2 Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan hesapta üç yönetmeliğe göre her iki doğrultuda elde edilen taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması Şekil 5.1’de verilmiştir.

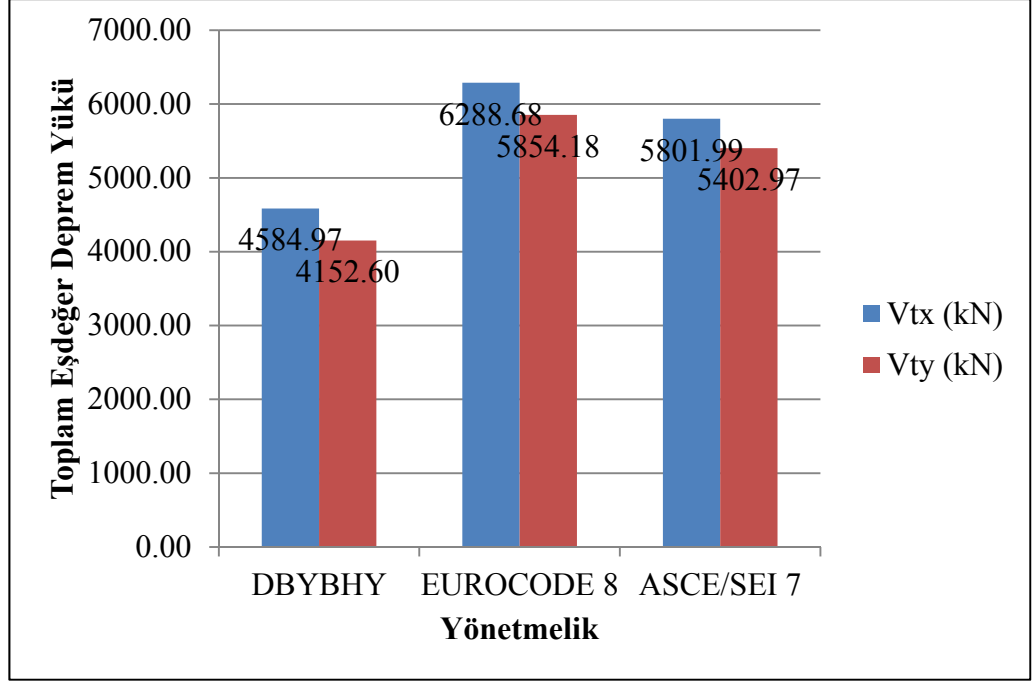


Şekil 5.1 : Eşdeğer deprem yükü yöntemi taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.

Yapıda eşdeğer deprem yükü yöntemine göre her iki doğrultu için de hesaplanan en büyük taban kesme kuvvetinin Eurocode 8'e göre tasarımda oluştuğu görülmektedir. Eurocode 8'e göre her iki doğrultu için hesaplanan 6527 kN değeri ile ASCE/SEI 7'ye yine her iki doğrultuya göre hesaplanan 6182.77 kN değeri birbirine yakındır. Eurocode 8' göre hesaplanan değer, ASCE/SEI 7'ye göre hesaplanan değerden yalnızca 1.06 katıdır. Büyük farklılık bu iki yönetmelik sonuçları ile DBYBHY sonuçları arasında görülmektedir. Eurocode 8 için hesaplanan 6527 kN değeri, x doğrultusunda DBYBHY için bulunan 4907.86 kN değerinin 1.33 katıdır. Bu oran y doğrultusunda $6527/4152.60=1.57$ olmaktadır.

ASCE/SEI 7 için hesaplanan 6182.77 kN değeri, x doğrultusunda DBYBHY için hesaplanan 4907.86 değerinin 1.26 katıdır. Bu oran y doğrultusu için $6182.77/4152.60=1.49$ olmaktadır.

Bu karşılaştırmayı daha iyi yapabilmek amacıyla; bir de modal analizden elde edilen periyot sonuçlarına göre eşdeğer deprem yükü toplam taban kesme kuvvetleri hesaplanmıştır. Daha önce belirtildiği üzere rijit bodrum katın göz önüne alınmasının periyot sonuçlarını kayda değer biçimde etkilemediği görülmektedir. Bu nedenle bu karşılaştırmada binanın taban seviyesi zemin kat döşemesi olarak alınmıştır. Sonuçlar Şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.2 : Modal analizle bulunan periyotlara göre hesaplanan toplam eşdeğer deprem yüklerinin karşılaştırılması.

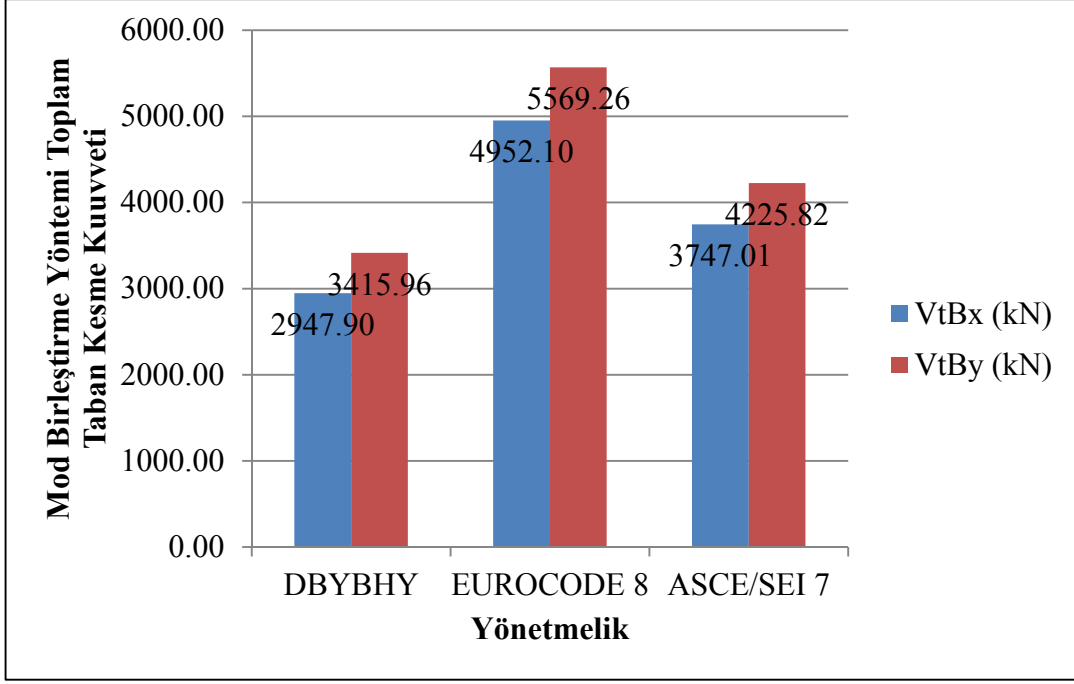
Bu durumda Eurocode 8 taban kesme kuvvetinin, DBYBHY taban kesme kuvvetine oranı; x doğrultusu için 1.37, y doğrultusu için 1.41 olmaktadır.

ASCE/SEI 7 taban kesme kuvvetinin, DBYBHY taban kesme kuvvetine oranı ise; x doğrultusu için 1.27, y doğrultusu için 1.30 olmaktadır.

Eurocode 8 ve ASCE/SEI 7'ye göre hesaplanan değerler her iki doğrultu için de birbirine yakın olmaktadır. X doğrultusunda Eurocode 8'den elde edilen değer, ASCE/SEI 7 değerine oranı 1.08 hesaplanmaktadır. Y doğrultusu için de 1.08 değeri bulunmaktadır.

Karşılaştırmalardan anlaşılacağı üzere, Eurocode 8 ve ASCE/SEI 7 sonuçları güvenli tarafta kalma açısından benzerlik göstermekte fakat DBYBHY, Eurocode 8'e göre x doğrultusunda ortalama 1.35 kat, y doğrultusunda ortalama 1.49 kat daha az güvenli sonuç vermektedir. Benzer şekilde ASCE/SEI 7'ye göre bu oranlar x ve y doğrultuları için sırasıyla 1.27 ve 1.4 olmaktadır.

Yapının üç farklı yönetmeliğe göre tasarımında, mod birleştirme yöntemiyle yapılan hesaplarda elde edilen taban kesme kuvvetleri de karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma grafiği Şekil 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.3 : Mod birleştirme yöntemi taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.

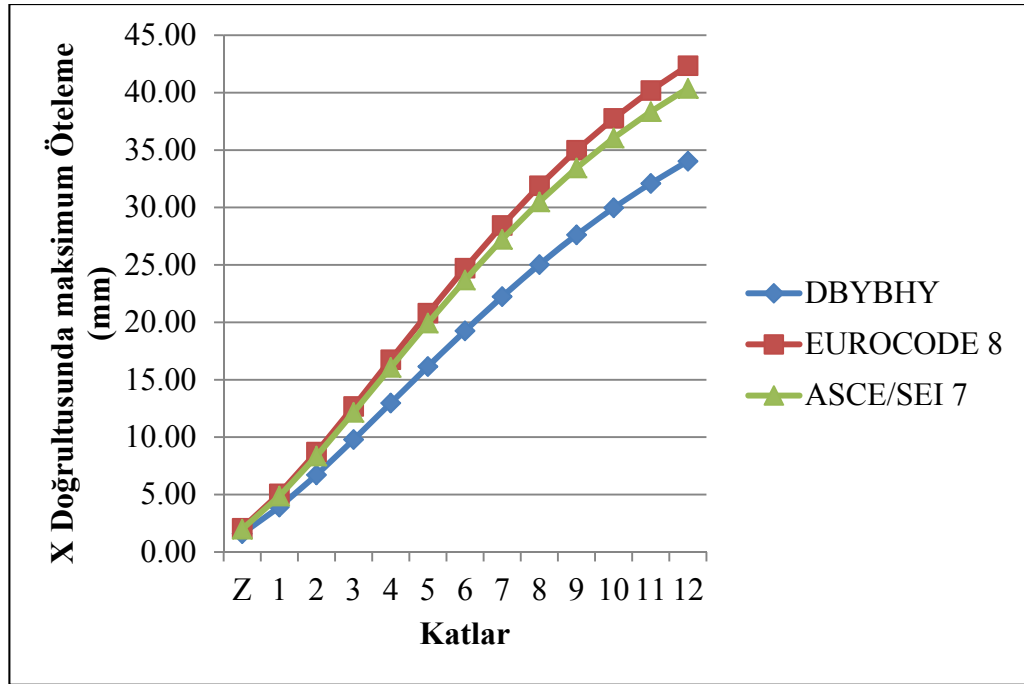
Şekil 5.3'ten görüldüğü üzere Eurocode 8 sonuçları, ASCE/SEI 7 sonuçlarına göre güvenli tarafta kalma oranını daha da artırmaktadır. Buradan, Eurocode 8'de mod birleştirme yöntemi sonuçlarının, eşdeğer deprem yükü yöntemi sonuçlarına göre neden büyütülmediği anlaşılmaktadır. Diğer yandan Eurocode 8'in aşırı güvenli tasarımlara yol açıp, ekonomik tasarımdan uzaklaşmaya sebep olabileceği de düşünülebilir.

5.3 Katların Maksimum Yer Değiştirme ve Görelî Öteleme Değerlerinin Karşılaştırılması

Her üç yönetmeliğe göre, ek dış merkezlik etkisi ile uygulanan eşdeğer deprem yükleri altında elde edilen maksimum yer değiştirme ve ötelemeler karşılaştırılmıştır.

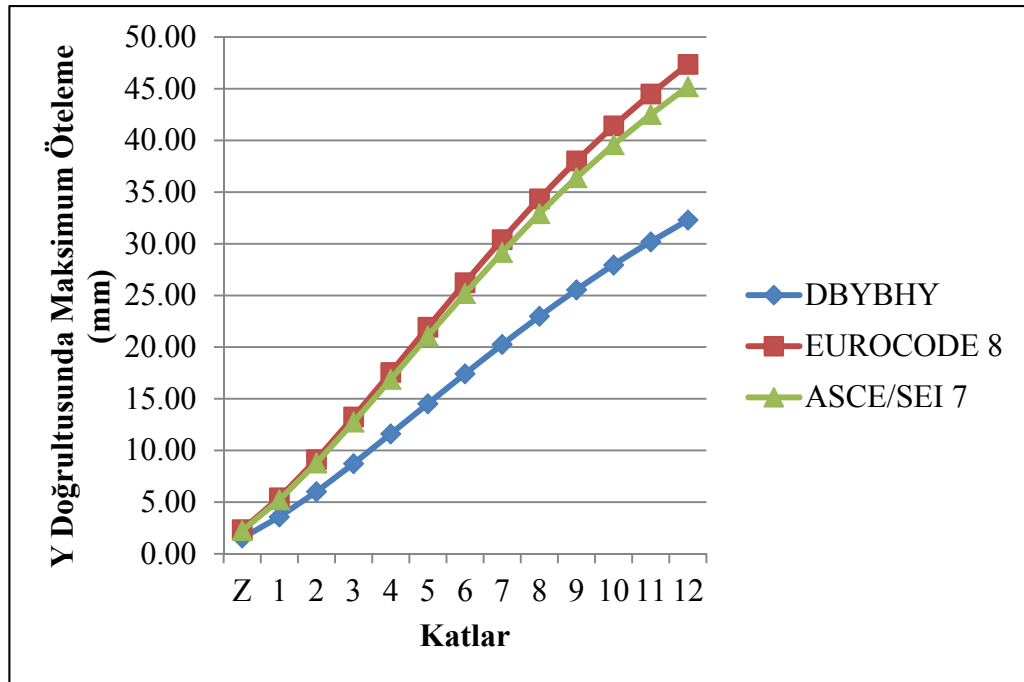
Toplam eşdeğer deprem yükü sonuçlarından anlaşılabileceği üzere, maksimum yer değiştirme ve öteleme sonuçlarının en büyük değerlerinin Eurocode 8'e göre elde edileceği açık bir sonuçtur.

Binada x doğrultusunda elde edilen maksimum yer değiştirme sonuçlarının karşılaştırılması Şekil 5.4'te verilmiştir.



Şekil 5.4 : X doğrultusunda maksimum yer değiştirmelerin karşılaştırılması.

Aynı karşılaştırma y doğrultusu için Şekil 5.5'te verilmiştir.



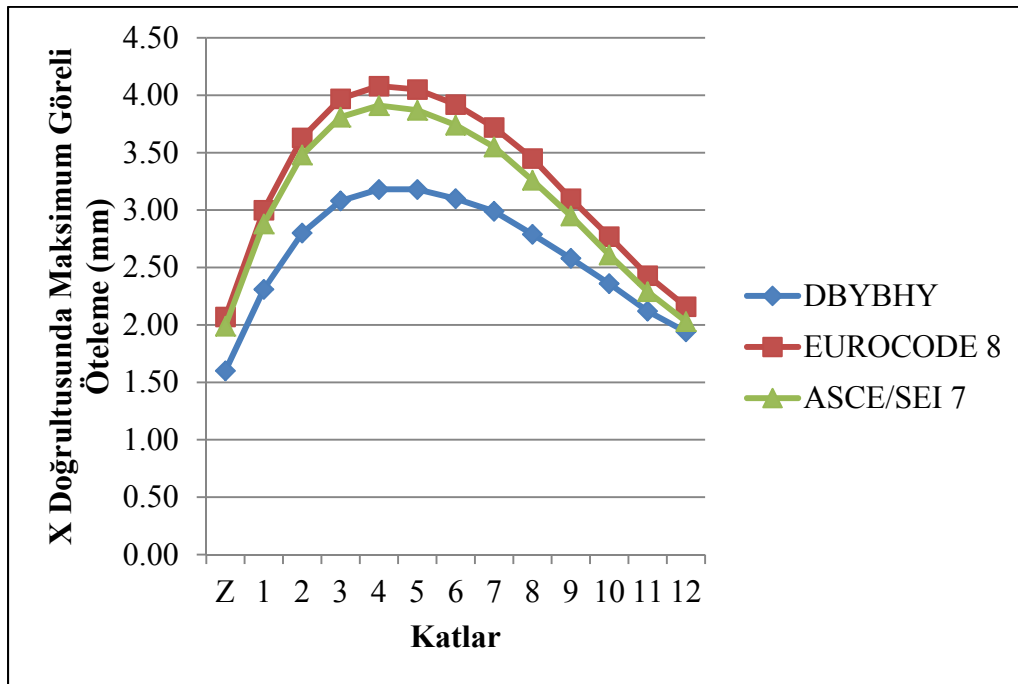
Şekil 5.5 : Y doğrultusunda maksimum yer değiştirmelerin karşılaştırılması.

Şekil 5.4'te verilmiş olan, x doğrultusunda 12. katta elde edilen maksimum yer değiştirme değerleri; Eurocode 8'e göre 42.35 mm, ASCE/SEI 7'ye göre 40.37 mm,

DBYBHY'ye göre 34.03 mm'dir. Eurocode 8 sonucu, ASCE/SEI 7 sonucundan %4.9, DBYBHY sonucundan %24.45 daha fazladır.

Şekil 5.5'te verilmiş olan, y doğrultusunda 12. katta elde edilen maksimum yer değiştirme değerleri ise; Eurocode 8'e göre 47.36 mm, ASCE/SEI 7'ye göre 45.20 mm, DBYBHY'ye göre 32.29 mm'dir. Eurocode 8 sonucu, ASCE/SEI 7 sonucundan %4.78, DBYBHY sonucundan %46.67 daha fazladır.

X doğrultusunda maksimum görelî ötelemelerin karşılaştırılması Şekil 5.6'da verilmiştir.



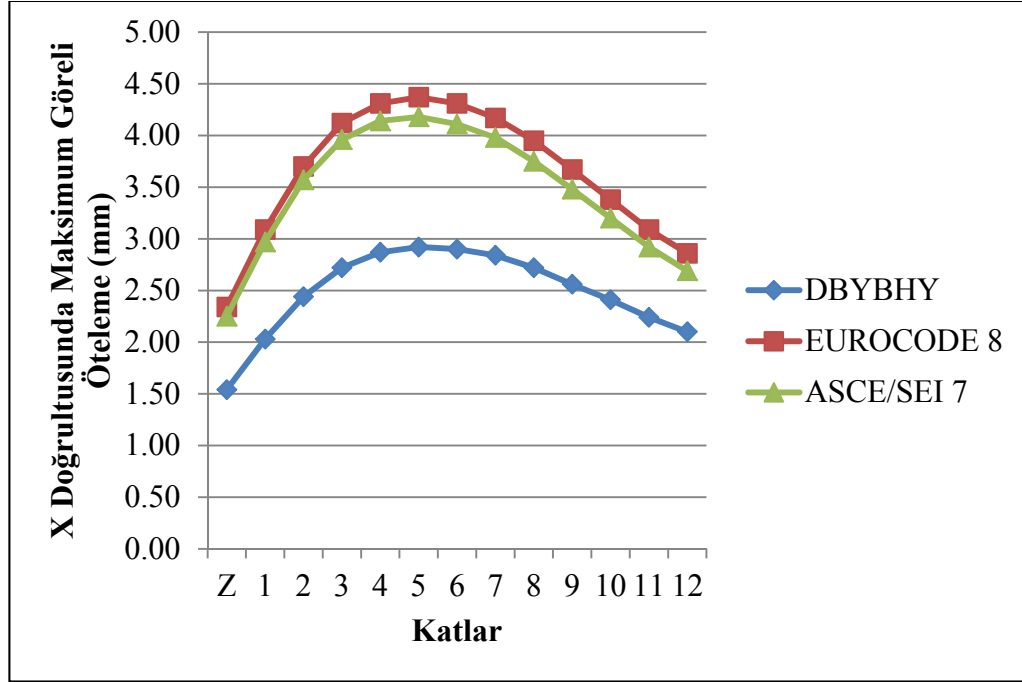
Şekil 5.6 : X doğrultusunda maksimum görelî ötelemelerin karşılaştırılması.

Şekil 5.6'da verildiği üzere; x doğrultusunda maksimum görelî ötelemelerin en büyük değerleri 4. katta oluşmaktadır. Bu değerler Eurocode 8'e göre 4.08 mm, ASCE/SEI 7'ye göre 3.91 mm, DBYBHY'ye göre 3.18 mm bulunmuştur. Eurocode 8 sonucu, ASCE/SEI 7 sonucundan %4.35, DBYBHY sonucundan %28.30 daha fazladır.

Maksimum görelî ötelemelerin en küçük değerleri ise zemin katta elde edilmiştir. Maksimum görelî ötelemelerin en küçük değerleri Eurocode 8'e göre 2.07 mm, ASCE/SEI 7'ye göre 1.99 mm, DBYBHY'ye göre 1.60 mm'dir. Eurocode 8 sonucu, ASCE/SEI 7 sonucundan %4.02, DBYBHY sonucundan %29.38 daha fazladır.

X doğrultusundaki maksimum görelî kat ötelemelerinin, 4. kata kadar artmakta olduğu, 4. kattan sonra ise çatı seviyesine kadar azalışa geçtiği görölmektedir.

Y doğrultusundaki maksimum görelî ötelemelerin karşılaştırılması Şekil 5.7’de verilmiştir.



Şekil 5.7 : Y doğrultusunda maksimum görelî ötelemelerin karşılaştırılması.

Şekil 5.7’den görüldüğü üzere; maksimum görelî ötelemelerin en büyük değeri 5. katta oluşmaktadır. Bu değeri Eurocode 8’e göre 4.37 mm, ASCE/SEI 7’ye göre 4.18 mm, DBYBHY’ye göre 2.92 mm bulunmuştur. Eurocode 8 sonucu, ASCE/SEI 7 sonucundan %4.55, DBYBHY sonucundan %49.66 daha fazladır.

Maksimum görelî ötelemelerin en küçük değeri ise zemin katta elde edilmiştir. Maksimum görelî ötelemelerin en küçük değeri Eurocode 8’e göre 2.34 mm, ASCE/SEI 7’ye göre 2.25 mm, DBYBHY’ye göre 1.54 mm’dir. Eurocode 8 sonucu, ASCE/SEI 7 sonucundan %4.0, DBYBHY sonucundan %51.95 daha fazladır.

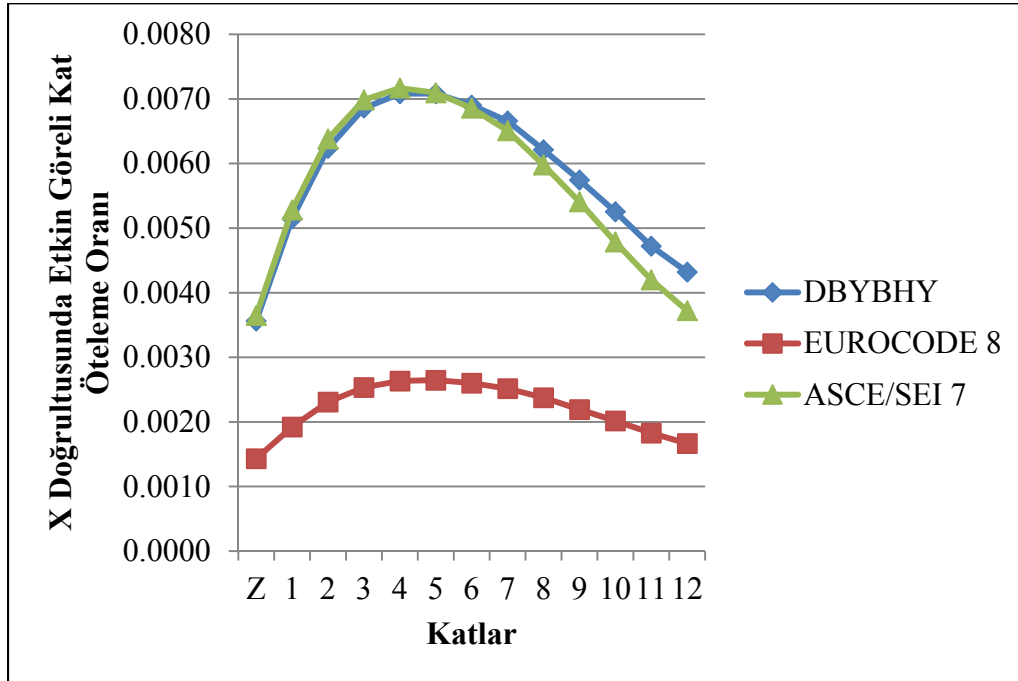
Y doğrultusundaki maksimum görelî kat ötelemelerinin, 5. kata kadar artmakta olduğu, 5. kattan sonra ise çatı seviyesine kadar azalışa geçtiği görölmektedir.

5.4 Etkin Görelî Kat Öteleme Oranlarının Karşılaştırılması

Etkin görelî kat öteleme oranlarının ($\text{Etkin görelî öteleme}/h_{\text{kat}}$) elde edilmesinde, önceden verildiği üzere yönetmelikler arasında farklılıklar bulunmaktadır. DBYBHY’de etkin ötelemeleri elde etmek için yer değiştirmeler yapı davranış katsayısıyla çarpılmaktadır. ASCE/SEI 7’de ise yer değiştirmeler yapı davranış katsayısıyla değil, ayrı olarak verilmiş deplasman büyütme katsayısıyla çarpılmaktadır. Elde edilen sonuç aynı zamanda bina önem katsayısına bölünmektedir.

Eurocode 8 ise DBYBHY ile benzer şekilde yer değiştirmeleri yapı davranış katsayısıyla çarpmakta fakat kat ötelemelerini kontrol ederken kattaki ortalama değeri dikkate almaktadır. Aynı zamanda elde edilen sonucu, daha sık periyotlu bir deprem etkisini dikkate alarak azaltmaktadır.

X doğrultusunda etkin görelî kat öteleme oranlarının karşılaştırılması Şekil 5.8’de verilmiştir.



Şekil 5.8 : X doğrultusunda etkin görelî kat öteleme oranlarının karşılaştırılması.

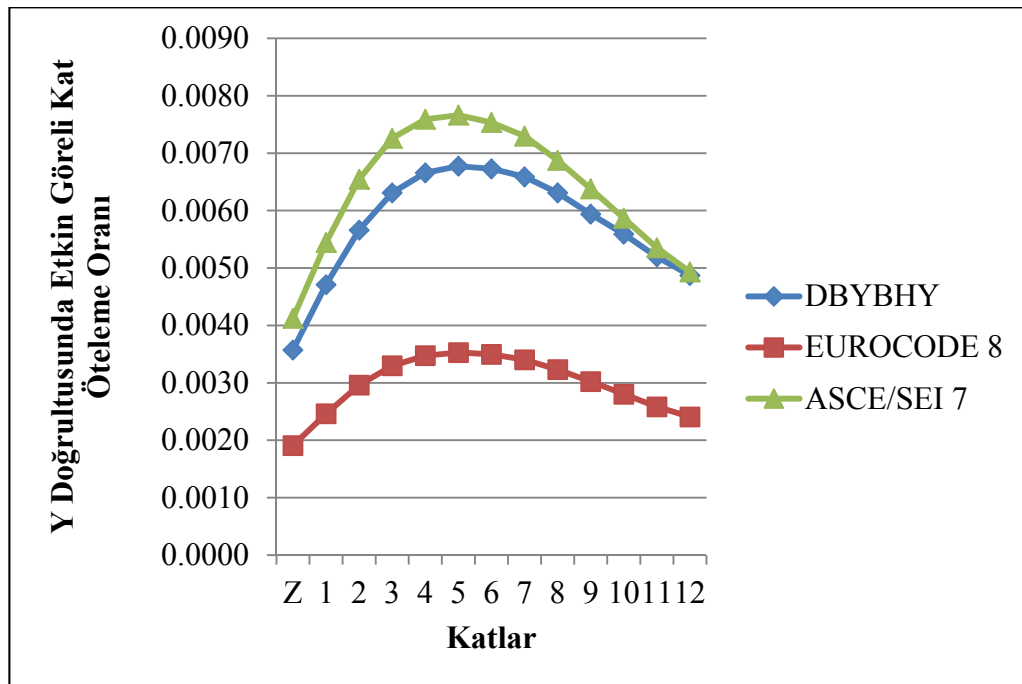
Şekil 5.8’de görüldüğü üzere , DBYBHY; yapıda en düşük yatay kuvveti oluşturan yönetmelik olmasına rağmen, yapı genelinde etkin görelî kat öteleme ötelemeleri açısından en elverişsiz sonuçları vermektedir.

En büyük oranların elde edildiği 4. katta, DBYBHY değeri 0.0071, Eurocode 8 değeri 0.0026, ASCE/SEI 7 ise 0.0072 değerini vermektedir. Bu durumda DBYBHY ve ASCE/SEI 7 değerleri, Eurocode 8 değerinin 2.77 katı olmaktadır.

Eurocode 8, yapıya en elverişsiz yatay kuvveti etki ettirmesine rağmen, etkin görelî kat ötelemelerinin hesabında diğer iki yönetmeliğe göre en küçük değerleri vermektedir. Daha önce belirtildiği üzere Eurocode 8’de etkin görelî kat ötelemeleri kontrol edilirken daha sık periyotlu (95 yıl) bir depremin etkisi göz önüne alınarak tasarım depreminin yapıda oluşturacağı etkiler azaltılmaktadır. Bu azaltma koşulunun, Eurocode 8 tasarım depremiyle yapının maruz kalacağı yatay kuvvetin oldukça güvenli tarafta hesaplanacağı düşünülerek; yapının, ötelemelerin sınırlandırılması kontrolünden geçebilmesi amacıyla getirildiği düşünülebilir.

Diğer yandan Amerikan Yönetmeliği ASCE/SEI 7’nin, önceki sonuçlar da göz önünde bulundurularak, hem güvenli hem de ekonomik tasarımı sağlamak açısından oldukça başarılı olduğu söylenebilir.

Aynı karşılaştırma, y doğrultusu için Şekil 5.9’da verilmiştir.



Şekil 5.9 : Y doğrultusunda etkin görelî kat öteleme oranlarının karşılaştırılması.

Şekil 5.9’da görüldüğü üzere y doğrultusunda ASCE/SEI 7 sonuçları, DBYBHY sonuçlarının üzerinde çıkmaktadır. Bu durumun sebebi, ASCE/SEI 7’ye göre hesapta yapının her iki doğrultusu için aynı periyot değerlerinin kullanılmasıdır.

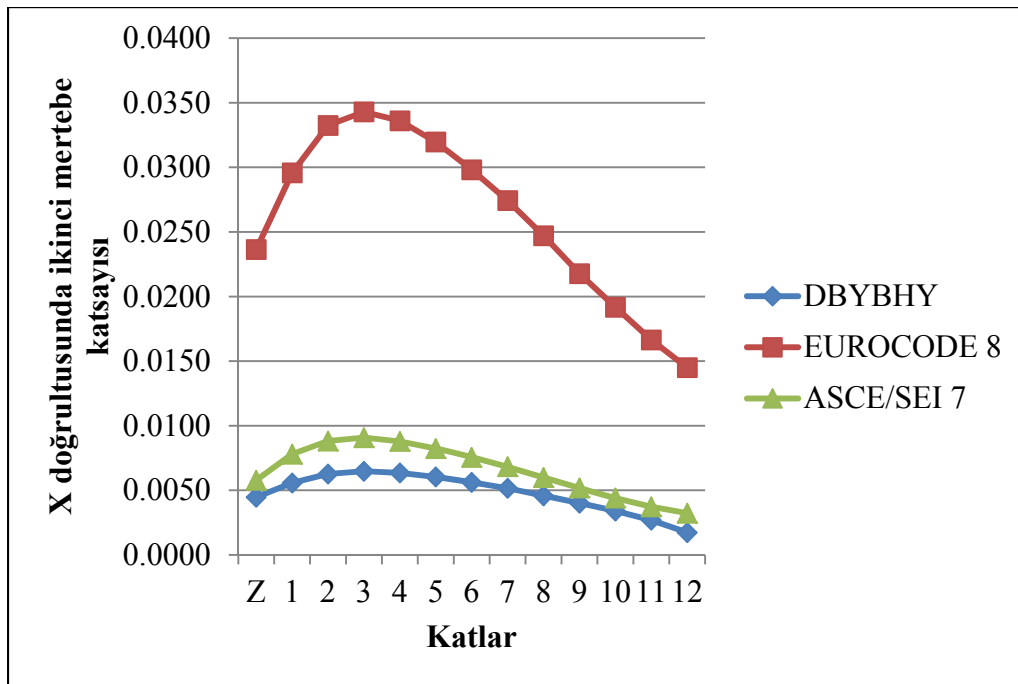
DBYBHY'ye göre hesapta Rayleigh Oranı kullanıldığından daha az rijit olan y doğrultusunun deprem yükü azalırken, diğer yönetmeliklere göre hesapta bu durum gerçekleşmediğinden x doğrultusunda birbirine yakın olan ASCE/SEI 7 ve DBYBHY sonuçları arasındaki fark, y doğrultusunda ASCE/SEI 7 sonuçları en büyük olacak şekilde çıkmıştır.

En büyük oranların elde edildiği 5. katta, DBYBHY değeri 0.0068, Eurocode 8 değeri 0.0035, ASCE/SEI 7 değeri ise 0.0077 olmaktadır. Bu durumda ASCE/SEI 7 değeri, DBYBHY değerinin 1.13 katı, Eurocode 8 değerinin 2.2 katı olmaktadır.

5.5 İkinci Mertebe Etkilerin Karşılaştırılması

İkinci mertebe etkilerinin hesabında, önceden verildiği üzere üç yönetmelik arasında farklılık mevcuttur. DBYBHY; hesapta etkin olmayan ortalama görelî ötelemeyi dikkate alırken, Eurocode 8 etkin ortalama görelî ötelemeyi, ASCE/SEI 7 ise etkin olmayan maksimum görelî ötelemeyi dikkate almaktadır.

İkinci mertebe etkilerin x doğrultusu için karşılaştırılması Şekil 5.10'da verilmiştir.

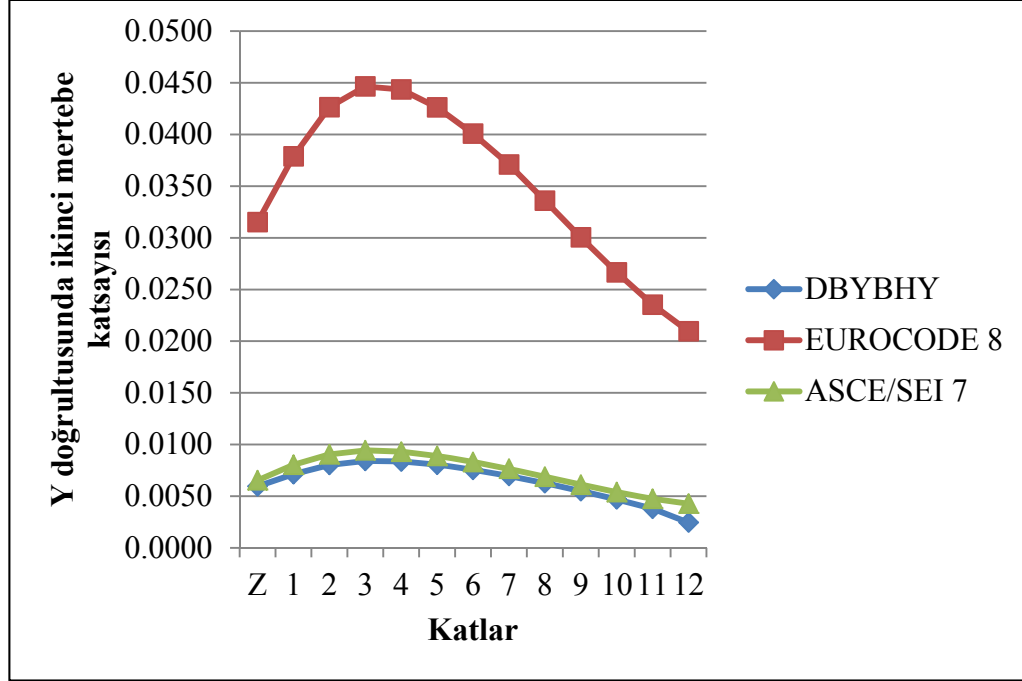


Şekil 5.10 : X doğrultusunda ikinci mertebe etkilerin karşılaştırılması.

Şekil 5.10'da görüldüğü gibi beklenildiği üzere en elverişsiz etkiler Eurocode 8'e göre tasarımda elde edilmektedir. Maksimum ikinci mertebe etkilerin hesaplandığı 3. katta Eurocode 8 değeri 0.0343, ASCE/SEI 7 değeri 0.0091, DBYBHY değeri

0.0065'tir. X doğrultusunda ASCE/SEI 7 ve DBYBHY ikinci mertebe etkileri birbirine yakın değerler almakta, Eurocode 8 sonuçları ise etkin ötelemeye göre hesaplandığından daha yüksek değerler vermektedir.

Aynı karşılaştırma Y doğrultusu için Şekil 5.11'de verilmiştir.



Şekil 5.11 : Y doğrultusunda ikinci mertebe etkilerin karşılaştırılması.

Y doğrultusunda maksimum değerler 3. katta elde edilmiştir. Eurocode 8 değeri 0.0446, ASCE/SEI 7 değeri 0.0094, DBYBHY değeri 0.0084'tür. Y doğrultusu için de ASCE/SEI 7 ve DBYBHY ikinci mertebe etkileri birbirine yakın değerler almakta, Eurocode 8 sonuçları ise etkin ötelemeye göre hesaplandığından daha yüksek değerler vermektedir.

5.6 Eleman İç Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Eleman iç kuvvetlerinin karşılaştırılmasında kirişler için zemin kat tavanında C-C aksındaki K123 ile 5-5 aksındaki K102 kirişleri, kolonlar için zemin katta S1 ile S9 kolonları, perdeler için ise P1 ve P3 perdeleri göz önüne alınmıştır.

Kiriş iç kuvvetlerinin karşılaştırılması Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2 : Kiriş iç kuvvetlerinin karşılaştırılması.

Kiriş	Kesit	TÜRK Y.		EUROCODE Y.		AMERİKAN Y.	
		M_{maks} (kNm)	V_{maks} (kN)	M_{maks} (kNm)	V_{maks} (kN)	M_{maks} (kNm)	V_{maks} (kN)
K102	Sol üst mesnet	92.65	80.97	109.49	91.76	116.70	100.17
	Sol alt mesnet	82.02		98.16		104.76	
	Açıklık	27.05	60.96	30.33	72.09	33.16	77.11
	Sağ üst mesnet	85.70	87.31	97.62	96.69	105.47	106.38
	Sağ alt mesnet	60.12		71.86		78.76	
K123	Sol üst mesnet	138.53	92.43	184.97	107.85	184.62	114.59
	Sol alt mesnet	90.23		136.59		134.52	
	Açıklık	50.70	52.84	60.06	73.09	63.15	71.92
	Sağ üst mesnet	62.00	77.59	87.27	95.21	85.41	98.99
	Sağ alt mesnet	54.65		79.82		77.67	

Çizelge 5.2’den görüldüğü üzere, Eurocode ve Amerikan Yönetmelikleri’ne göre tasarımda elde edilen iç kuvvetler, her kesit için Türk Yönetmelikleri’ne göre tasarım sonuçlarından daha elverişsiz sonuçlar vermektedir. Yönetmeliklerdeki yük birleşimleri göz önüne alındığında, buradan deprem etkilerinin tasarıma hakim olduğu sonucu çıkarılır.

Amerikan Yönetmelikleri’ne göre tasarımda elde edilen tesirler, Eurocode Yönetmelikleri’ne göre tasarım sonuçlarından ya daha elverişsiz ya da Eurocode sonuçlarına oldukça yakın değerler vermektedir. Buradan, ACI-318 yük birleşimlerinin, güvenli ve ekonomik bir tasarım gerçekleştirecek şekilde düzenlendiği görülebilir. Aynı zamanda Eurocode Yönetmelikleri’ne göre tasarımda kullanılan yük birleşimlerinin makul olduğu söylenebilir. Zira, en elverişsiz deprem kuvvetleri büyük denebilecek bir farkla Eurocode 8 sonuçlarından elde edilmesine rağmen, bu durum tasarım iç kuvvetlerine yansımamış, Amerikan Yönetmelikleri’ne göre tasarıma yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Kolon iç kuvvetlerinin karşılaştırılması Çizelge 5.3’te verilmiştir. Kolon iç kuvvetlerinin karşılaştırılmasında da, kirişlerde olduğu gibi maksimum değerler göz önüne alınmıştır. Fakat buradan kolon eğilme tasarımlarının da maksimum tesirlere göre yapıldığı düşünülmemelidir. Kolon kesitlerinin tasarımında her bir yükleme durumunda elde edilen moment ve normal kuvvetlere göre hesap yapmak ve en elverişsiz donatıyı veren moment-normal kuvvet çiftini araştırmak gerekir. Aksi durumda hatalı bir uygulama yapılmış olur.

Çizelge 5.3 : Kolon iç kuvvetlerinin karşılaştırılması.

İç Kuvvet		TÜRK Y.		EUROCODE Y.		AMERİKAN Y.	
		S1-Z	S9-Z	S1-Z	S9-Z	S1-Z	S9-Z
M_{maks} (kNm)	M_x	85.49	95.83	115.37	131.94	113.75	129.82
	M_y	39.30	102.91	43.89	115.76	47.44	124.19
V_{maks} (kN)	V_x	24.76	59.31	28.52	66.79	30.43	71.50
	V_y	40.57	62.38	56.69	85.23	55.29	84.08
N_{maks} (kN)		2242.52	2816.10	2329.49	2774.55	2536.29	2716.68

Kolon iç kuvvetlerinden de görüldüğü üzere Eurocode ve Amerikan Yönetmelikleri'ne göre tasarım sonuçları birbirine yakın olmakta, Türk Yönetmelikleri'ne göre tasarım sonuçları ise diğer iki yönetmeliğe göre daha az elverişsiz sonuçlar vermektedir. Türk Yönetmelikleri'ne göre tasarımda, diğer iki yönetmeliğe göre daha büyük değer veren tek iç kuvvet değeri zemin kat S9 kolonunda elde edilen maksimum normal kuvvet olmaktadır. Bu durumun nedeni ise TS 500'deki 1.4G+1.6Q düşey yük birleşimidir. S9 kolonu ara kolon olduğundan 1.4G+1.6Q birleşimi diğer yönetmeliklerdeki tüm yük birleşimleri arasında en elverişsiz sonucu vermiştir.

Perde iç kuvvetlerinin karşılaştırılması Çizelge 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.4 : Perde iç kuvvetlerinin karşılaştırılması.

İç Kuvvet		TÜRK Y.		EUROCODE Y.		AMERİKAN Y.	
		P1	P3	P1	P3	P1	P3
M_{maks} (kNm)	M_x	74.97	4913.17	104.14	7028.77	102.35	6825.92
	M_y	2579.33	51.37	3047.86	56.73	3233.27	61.61
V_{maks} (kN)	V_x	587.05	22.33	682.05	36.11	718.95	26.42
	V_y	38.38	879.50	52.27	1249.52	51.66	1188.21
N_{maks} (kN)		4773.16	5932.58	5158.83	6235.90	5752.09	7023.84

Çizelge 5.4'te görüldüğü üzere her iki perdenin incelenen tüm iç kuvvet değerlerinde, Eurocode ve Amerikan Yönetmelikleri'ne göre tasarım sonuçları birbirine yakın sayılabilecek şekilde oluşmakta, Türk Yönetmelikleri'ne göre tasarım sonuçları en küçük değerleri vermektedir.

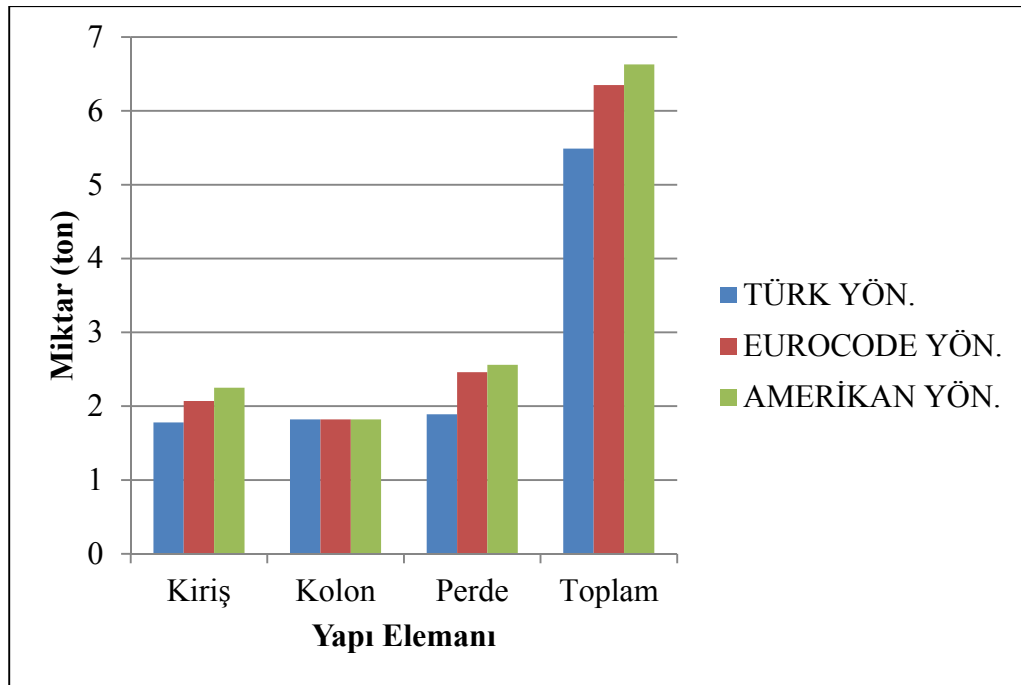
Tüm bu karşılaştırmalar yapılırken, Türk ve Amerikan Yönetmelikleri'ne göre tasarımda mod birleştirme yöntemi sonuçlarının, eşdeğer deprem yükü yöntemi

sonuçlarına göre büyütüldüğünü hatırlatmakta fayda vardır. Daha önce belirtildiği üzere Eurocode 8’de bu uygulama bulunmamaktadır. Tasarım iç kuvvetlerinin karşılaştırma sonuçlarına bakılarak, bu koşulun bulunmamasının yerinde olduğu söylenebilir.

5.7 Donatı Metraj ve Maliyetinin Karşılaştırılması

Üç farklı yönetmeliğe göre; zemin kat tavanı kirişleri ile zemin kat için kolon ve perde kesitlerinin hesaplanan boyuna donatılarının miktar ve maliyetlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Boyuna donatı miktarlarının karşılaştırılması Şekil 5.12’de verilmiştir.



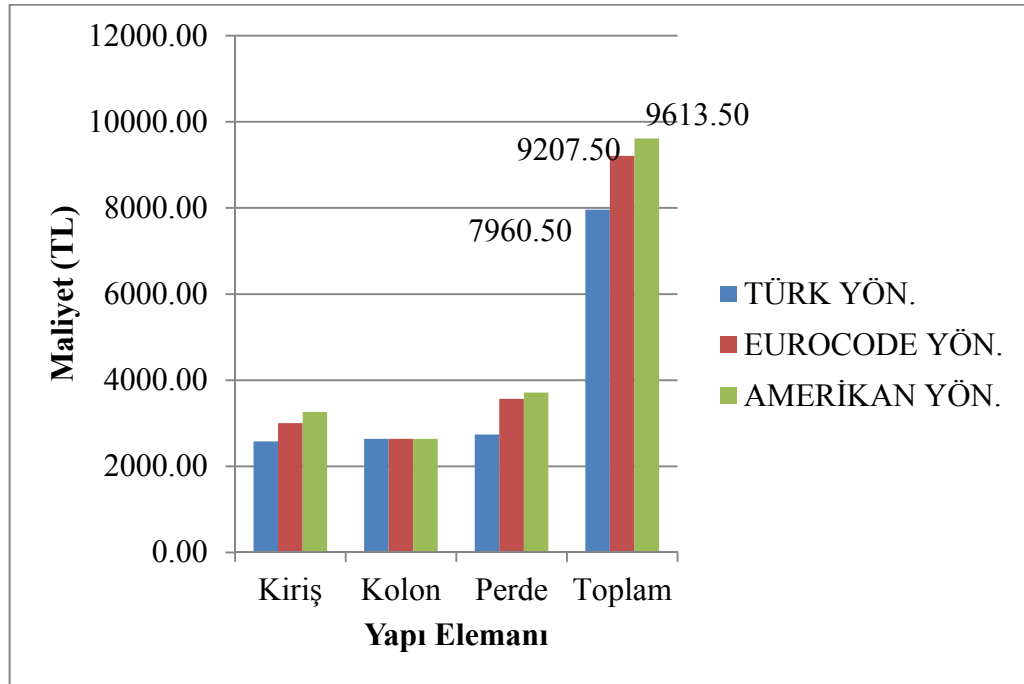
Şekil 5.12: Boyuna donatı miktarlarının karşılaştırılması.

Şekil 5.12’den görüldüğü üzere, en büyük donatı miktarı Amerikan Yönetmelikleri’ne göre hesapta elde edilmiştir. Buradan, tasarım iç kuvvetlerinin karşılaştırılmasında görülen sonuçlar da düşünülerek en elverişsiz hesap tesirlerinin her durumda Amerikan Yönetmelikleri’ne göre hesapta elde edildiği sonucu çıkarılmamalıdır. Zira kiriş donatı metrajını ele alırsak; Amerikan Yönetmelikleri’ne göre hesapta en büyük donatı miktarının elde edilmesinin sebebi, aynı minimum donatı koşulunun kirişin hem altında hem de üstünde uygulanmasıdır. Amerikan

Yönetmelikleri'ne göre tasarımda, bu koşuldan dolayı tüm kirişlerin hem alt hem de üst kısmında 4Φ14 boyuna donatı sürekli olarak bulunmaktadır.

Kolon ve perde kesitlerinin tasarımında ise, elemanların boyutları güvenli seçildiğinden, hesaptan elde edilen tesirler değil, yönetmeliklerdeki minimum donatı koşulları etkili olmuştur. Kolonlar için minimum donatı oranları her üç yönetmelik için de aynı olduğundan kolon donatıları yönetmelikler arasında değişiklik göstermemiştir.

Perdeler için de yine Amerikan Yönetmelikleri'ne göre hesapta göz önüne alınan minimum donatı oranlarının en elverişsiz sonucu vermesi nedeniyle en büyük donatı miktarı Amerikan Yönetmelikleri'ne göre tasarımda bulunmuştur. Bu durumda en fazla maliyet de Amerikan Yönetmelikleri'ne göre tasarımda çıkmaktadır. Boyuna donatı maliyetinin karşılaştırılması Şekil 5.13'te verilmiştir.



Şekil 5.13 : Boyuna donatı maliyetinin karşılaştırılması.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çok katlı bir betonarme yapının; Türk, Eurocode ve Amerikan Yönetmelikleri'ne göre tasarımının yapılması ve elde edilen sonuçların karşılaştırılmasının amaçlandığı bu çalışmada, her üç farklı yönetmeliğe göre de depremin yıkıcı etkisinin şiddetli olduğu bölgede konumlanmış, çok katlı, perdeli ve çerçeve bir konut yapısının tasarımı yapılmıştır. Tüm yönetmelikler için süneklik düzeyi yüksek olarak yapılan tasarımda eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi hesapları ayrı ayrı yapılmış, yönetmelik koşulunun gerek gördüğü durumlar için $\pm$ %5 dış merkezlik etkileri ile uygulanan eşdeğer deprem yükleri altında düzensizlik kontrolleri yapılmıştır. Her üç yönetmelik için de etkin görelî ötelemeler ve ikinci mertebe etkiler kontrol edilmiştir. Zemin kat tavanındaki kirişler ile zemin kat ve birinci normal kat kolon ve perdeleri için eğilme tasarımları yapılmıştır. Zemin katı için hesaplanan donatıların metrajı ve maliyetleri çıkarılmıştır. Elde edilen hesap sonuçları karşılaştırılmış ve yorumlar getirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar; tasarımda elde edilen sonuçlar ve hesap sonuçlarının karşılaştırılması ile elde edilmiş sonuçlar olarak ayrı ayrı ele alınmıştır.

Tasarımda elde edilen sonuçlarda; Türk Yönetmelikleri'ndeki koşullar ile Amerikan Yönetmelikleri'ndeki koşulların gösterdiği benzerlikten bahsedilebilir. Yapı davranış katsayısının ilgili bina için her iki yönetmelikte de 7 olarak verilmiş olması, düzensizlik kontrolleri arasındaki benzerlikler, dış merkezlik etkilerinin büyütülmesinin aynı şekilde yapılması, betonarme kesitlerin taşıma gücü limit durumlarına göre hesabında yapılan kabullerin aynı olması sayabileceğimiz benzerliklerdir.

Diğer önemli gözlem olarak Eurocode 8'de mod birleştirme yöntemi sonuçlarının, eşdeğer deprem yükü sonuçlarına göre büyütülmemesine dikkat çekilebilir. Bu durumun sebebine de hesap sonuçları doğrultusunda yorum getirilmiş ve ilgili koşulun yönetmelikte yer almaması makul bulunmuştur.

Eşdeğer deprem yükü yöntemi sonuçlarına göre karşılaştırmada en elverişsiz eşdeğer deprem yükünü veren Eurocode 8'in, mod birleştirme yöntemi sonuçlarında diğer yönetmeliklerle arasındaki taban kesme kuvveti farkı artmaktadır. Buradan Eurocode 8'in aşırı güvenli tarafta kaldığı ve ekonomiklikten uzaklaştığı sonucu çıkarılmıştır.

Önemli sayılabilecek diğer bir sonuç ise, DBYBHY ve ASCE/SEI 7'ye göre x doğrultusunda burulma düzensizliğine sahip binanın, Eurocode 8'e göre tamamen düzenli olmasıdır. Eurocode 8'de zayıf kat ve yumuşak kat düzensizlikleri için ayrıntılı kontrollerin verilmediği de görülmektedir. Bu durumda Eurocode 8'in diğer yönetmeliklere göre eksiklikler içerdiği söylenebilir.

Tasarımlardan elde edilen iç kuvvetler incelendiğinde hem kirişler hem de kolon ve perdeler için Eurocode ve Amerikan Yönetmelikleri'ne göre tasarım sonuçlarının birbirine yakın olduğu, Türk Yönetmelikleri'ne göre tasarım sonuçlarının ise diğer iki yönetmelik tasarımına göre daha küçük değerlerde olduğu görülmektedir. Her üç yönetmelik için kullanılan yük birleşimleri göz önüne alındığında, deprem etkilerinin tasarımlara hakim etki olduğu görülmektedir.

Amerikan Yönetmelikleri'ne göre tasarım sonuçları; hem eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi taban kesme kuvveti sonuçlarıyla hem de etkin görelî öteleme değerleri ve tasarım iç kuvvetleri açısından dengeli bir duruş sergilemektedir. Her ne kadar Eurocode 8'e göre elde edilmiş olan ve aşırı güvenli tarafta kaldığı düşünülen deprem etkisi, kullanılan yük birleşimleri sayesinde tasarıma yansımamış olsa da Eurocode 8 hükümlerinin başka yük kombinasyonlarıyla kullanılması durumunda ekonomik olmayan tasarımlara yol açılabileceği görülmektedir.

Donatı metraj ve maliyetinin en büyük değeri Amerikan Yönetmelikleri'ne göre tasarımda hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan yapıda kolon ve perde boyutları güvenli seçilmiş olduğundan, eğilme tasarımlarında boyutsuz momentler oldukça küçük çıkmış ve tasarımlar minimum donatı kurallarına göre yapılmıştır. Buradan şu genel sonucu çıkarabiliriz ki; depreme dayanıklı yapı tasarımında yanal kuvvete direnecek elemanların, yani düşey elemanların güvenli biçimde seçilmesi ve yeterli miktarda perde kullanılması büyük önem taşımaktadır. Çalışmada görüldüğü üzere üç farklı yönetmeliğe göre tasarımda da, düşey taşıyıcı elemanlarda minimum donatı yeterli olmuştur. Burada; düşey elemanlara boyut verilirken ekonomik olmaktan

biraz uzaklaşmanın, daha sonra can kaybı ve toptan göçme gibi paha biçilemeyen ağır bedeller veya onarım-güçlendirme maliyetleri ödemekten daha mantıklı ve etîge daha uygun olacağı görölmektedir.

Her üç farklı ölke yönetmeliğinde kolonlar için verilen minimum boyuna donatı koşulu aynı olduğundan kolon boyuna donatı miktarı üç farklı tasarımda da aynı olacak şekilde hesaplanmıştır.

Kiriş ve perde donatılarının en büyük miktarının Amerikan Yönetmelikleri'ne göre tasarımda bulunmasında, göz önüne alınan konstrüktif kurallar etkili olmuştur. Diğer yandan Eurocode Yönetmelikleri'ne göre bulunan sonuçlar Amerikan Yönetmeliğı sonuçlarına oldukça yakındır. Amerikan Yönetmeliğı sonuçları; Eurocode sonuçlarının kirişler için yalnızca 1.09 katı, perdeler içinse neredeyse aynı olacak şekilde yalnızca 1.04 katıdır. Özellikle Amerikan Yönetmeliğı'ne göre tasarımda kural gereğı kirişin hem altında hem de üstünde aynı minimum boyuna donatı koşulu uygulandığı düşünöldüğünde, bu koşul göz önüne alınmadığında Amerikan Yönetmelikleri'ne göre hesaplanan kiriş boyuna donatı miktarının Eurocode sonuçlarının altında kalacağı da açıktır. Türk Yönetmelikleri'ne göre hesaplanan kiriş ve perde donatıları ise Amerikan Yönetmeliğı sonuçlarından kirişler için %20.9, perdeler içinse %26.2 daha düşük sonuç vermiş ve en az maliyetli tasarım Türk Yönetmelikleri'ne göre gerçekleşmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] **TS 500** (2000). Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [2] **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY)** (2007). *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- [3] **TS EN 1992 1-1** (2009). Beton yapıların tasarımı - bölüm 1-1: genel kurallar ve binalara uygulanacak kurallar (Eurocode 2), *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [4] **TS EN 1998-1** (2005). Depreme dayanıklı yapıların tasarımı - bölüm 1: genel kurallar, sismik etkiler ve binalar için kurallar (Eurocode 8), *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [5] **ACI 318** (2008). Building code requirements for structural concrete and commentary, *American Concrete Institute*, Farmington Hills, MI.
- [6] **International Building Code (IBC)** (2009). *International Code Council*, Washington, DC.
- [7] **ASCE/SEI 7-05** (2006). Minimum design loads for buildings and other structures, *Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers*, Reston, VA.
- [8] **TS EN 1990** (2009). Yapı tasarım esasları (Eurocode), *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [9] **Url-1** <<http://earthquake.usgs.gov/hazards/designmaps/javacalc.php>>, alındığı tarih: 02.02.2012
- [10] **TS 498** (1997). Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [11] **Betonarme Tablo ve Abaklar** (2011). *İTÜ İnşaat Fakültesi Betonarme Yapılar Çalışma Grubu*, İstanbul.
- [12] **Beeby, A.W. ve Narayanan, R.S.** (2005). *Designers' guide to EN 1992-1-1 and EN 1992-1-2 Eurocode 2: Design of concrete structures; general rules and rules for buildings and structural fire design*, Thomas Telford Publishing, London.
- [13] **ACI SP-17 (09)** (2009). ACI design handbook, *American Concrete Institute*, Farmington Hills, MI.

EKLER

EK A: DBYBHY, Eurocode 8 ve IBC zemin grupları/sınıfları

EK A

Çizelge A.1 : DBYBHY zemin grupları.

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Standart Penetrasyon (N/30)	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar	—	—	>1000	>1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl	>50	85-100	—	>700
	3. Sert kil ve siltli kil	>32	—	>400	>700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar	—	—	500-1000	700-1000
	2. Sıkı kum, çakıl	30-50	65-85	—	400-700
	3. Çok katı kil ve siltli kil	16-32	—	200-400	300-700
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar	—	—	<500	400-700
	2. Orta sıkı kum, çakıl	10-30	35-65	—	200-400
	3. Katı kil ve siltli kil	8-16	—	100-200	200-300
(D)	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları	—	—	—	<200
	2. Gevşek kum	<10	<35	—	<200
	3. Yumuşak kil, siltli kil	<8	—	<100	<200

Çizelge A.2 : DBYBHY zemin sınıfları.

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} \leq h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

Çizelge A.3 : Eurocode 8 zemin grupları.

Zemin Tipi	Zemin profili açıklaması	Parametreler		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (darbe/30cm)	c_u (kPa)
A	Yüzeyde en fazla 5 m daha zayıf malzeme içeren kaya veya kaya benzeri zemin	>800	—	—
B	Mekanik özellikleri derinlik arttıkça kademeli azalan en az birkaç on metre kalınlığında çok sıkı kum veya çakıl ya da çok katı kil zemin tabakası	360-800	>50	>250
C	Birkaç on metre ile yüzlerce metreye kadar kalınlığa sahip sıkı veya orta sıkı kum veya çakıl ya da katı kil zemin tabakası	180-360	15-50	70-250
D	Gevşek-orta sıkı kohezyonsuz zemin (yumuşak kohezyonlu tabakalı veya değil) veya ağırlıklı olarak orta sertlikte kohezyonlu zemin tabakası	<180	<15	<70
E	Yüzeyi alüvyon tabakalı, 5 ile 20 m arası derinlikte C veya D tipi zemin v_s değerlerine sahip, daha derinde $v_s > 800$ m/s olan daha katı tabaka bulunan zemin			
S_1	En az 10 metre kalınlığında yüksek su muhtevalı ve yüksek plastisite indeksli ($PI > 40$) yumuşak kil/silt katmanı içeren zemin	<100	—	10-20
S_2	Sıvılaşmaya meyilli killi zeminler ya da A-E zemin tiplerine veya S_1 zemin tipine girmeyen zeminler			

Çizelge A.4 : IBC zemin sınıfları.

Zemin Sınıfı	Zemin Profili	En üst 30 metrelik tabakadaki ortalama özellikler		
		Kayma dalgası hızı, $\bar{v}_s$ (m / s)	Standart penetrasyon direnci, $\bar{N}$	Drenajsız kayma dayanımı, $\bar{s}_u$ (kPa)
A	Sert kaya	$\bar{v}_s > 1525$	—	—
B	Kaya	$760 < \bar{v}_s < 1525$	—	—
C	Çok sıkı zemin ve yumuşak kaya	$365 < \bar{v}_s < 760$	$\bar{N} > 50$	$\bar{s}_u > 100$
D	Katı zeminler	$180 < \bar{v}_s < 365$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 < \bar{s}_u < 100$
E	Yumuşak zeminler	$\bar{v}_s < 180$	$15 < \bar{N}$	$\bar{s}_u < 50$
E	—	3 metreden daha fazla derinlikte bir tabakası aşağıdaki özellikleri içeren zemin profili 1. Plastisite indeksi $PI > 20$ 2. Su muhtevası $w > \%40$ 3. Drenajsız kayma dayanımı $\bar{s}_u < 25$		
F	—	Aşağıdaki özelliklerden bir veya daha fazlasını içeren zemin profili 1. Deprem etkisi altında sıvılaşma ihtimali yüksek olan zeminler, sıvı duruma hızlı geçen ve hassaslığı yüksek kil zeminler, zayıf bağlı zeminler 2. Kalınlığı 3 metreden fazla turba zeminler veya organik içeriği yüksek kil zeminler 3. Kalınlığı 8 metreden fazla ve $PI > 75$ olan çok yüksek plastisiteli kil zeminler 4. Kalınlığı 36 metreden fazla yumuşak veya orta sert kil zeminler		

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Tuna TAŞKIN

Doğum Yeri ve Tarihi: İSTANBUL 20.12.1986

Adres: Acıbadem Mahallesi, ÜSKÜDAR/İSTANBUL

E-Posta: tunataskin@yahoo.com

Lisans: 2005 – 2010 T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü (İÖ)

