

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KATLI BİR YAPININ DBYBHY 2007'YE GÖRE TASARIMI VE
DBYBHY 2007 İLE IBC'UN TEORİK OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Hakan PAKOĞLU**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı Mühendisliği

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Kutlu DARILMAZ

OCAK 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KATLI BİR YAPININ DBYBHY 2007'YE GÖRE TASARIMI VE
DBYBHY 2007 İLE IBC'UN TEORİK OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Hakan PAKOĞLU
(501051141)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Aralık 2008

Tezin Savunulduğu Tarih : 20 Ocak 2009

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Kutlu DARILMAZ (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Kadir GÜLER (İTÜ)
Yrd. Doç. Dr. Z. Canan GİRGİN (YTÜ)**

OCAK 2009

ÖNSÖZ

Yapıların depreme dayanıklı olması ve depremlerin yapılarda yarattığı zararların en aza indirilmesi için gerekli tasarım ve yapım kurallarını belirleyen “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” Bayındırlık ve İskan Bakanlığı emrine yenilenerek 2007 yılında Resmi Gazete’de yayımlanmış ve yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğin büyük bir bölümünü, yapılar için gerekli olan, ülkemizde etkin ve sıklıkla görülen deprem hareketine karşı can kaybını önleyecek ve mal kaybını en aza indirecek tasarım ve hesap kuralları oluşturmaktadır.

İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Mühendisliği yüksek lisans programı çerçevesinde gerçekleştirilen bu yüksek lisans çalışmasında, çok katlı bir yapının Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğe göre tasarımı ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik ile IBC(International Building Code)’un teorik olarak karşılaştırılması yapılacaktır.

Çalışmalarım sırasında yol gösterici ve hoşgörülü yaklaşımı ile tezimin gelişmesindeki büyük katkıları için sayın hocam Doç.Dr. Kutlu DARILMAZ’a, varlıklarıyla bana destek olan ve güç veren aileme ve dostlarıma ve hayatım boyunca örnek aldığım, 2006 yılında kaybettiğim ve bu tez çalışmamı ithaf ettiğim merhum amcam Daniş PAKOĞLU’na teşekkür ederim.

Eylül 2008

Hakan PAKOĞLU

İnş. Müh.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
SEMBOL LİSTESİ	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
2. BETONARME YÜKSEK YAPILARIN TASARIMI	3
2.1 Yüksek Yapıların Tasarımı Hakkında Genel Bilgi	3
2.2 Betonarme Yüksek Yapılarda Kullanılan Sistemleri	6
3. YAPI ELEMANLARININ ÖN BOYUTLANDIRILMASI	9
3.1 Döşemelerin Boyutlandırılması.....	9
3.2 Döşemelerde Yük Analizi	11
3.2.1 Zemin kat ve normal katlar için	11
3.2.2 Çatı katı tavan döşemesi için	11
3.3 Kiriş Boyutlarının Belirlenmesi	12
3.4 Kolonların Boyutlandırılması.....	13
3.5 Perde Boyutlarının Belirlenmesi	18
4. STATİK VE DİNAMİK ANALİZ.....	19
4.1 Bina Ağırlığının Hesabı	19
4.1.1 Normal kat ağırlığı (1. ile 14. katlar arasındaki katlar için).....	19
4.1.2 Zemin kat ağırlığı	20
4.1.3 Normal kat ağırlığı (15. ile 31. katlar arasındaki katlar için	21
4.1.4 Çatı katı tavan döşemesi ağırlığı.....	21
4.1.5 Bina toplam ağırlığı	22
4.2 Yapı Sisteminin Bilgisayar Programı Kullanılarak Modellenmesi.....	22
4.3 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle Hesap	23
4.4 Mod Birleştirme Yöntemi İle Dinamik Hesabın Yapılması.....	28
4.5 Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü	30
5. BETONARME HESAPLAR.....	33
5.1 Döşeme Hesabı.....	33
5.2 Kirişlerin Betonarme Hesabı	41
5.2.1 Kirişlerin etkili tabla genişliklerinin belirlenmesi	41
5.2.2 Kirişlerde eğilme donatısı hesabı	42
5.2.3 Kirişlerde kesme donatısı hesabı.....	43
5.2.4 Yüksek kiriş betonarme hesabı	44
5.3 Kolonların Betonarme Hesabı.....	46
5.3.1 Kolonlarda boyuna donatı hesabı.....	46
5.3.2 Kolonların kirişlerdendaha güçlü olması koşulunun kontrolü	48

5.3.3 Kolonlarda kesme donatısı hesabı.....	49
5.3.4 Kolonlarda narinlik kontrolü.....	53
5.3.5 L kolon ve perde duvarların betonarme hesabı.....	54
5.3.5.1 L kolonun betonarme hesabı.....	55
5.3.5.2 Perde duvarların betonarme hesabı.....	57
5.4 Temel Betonarme Hesabı.....	60
6. DBYBHY 2007 İLE IBC'UN KARŞILAŞTIRILMASI	65
6.1 Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı İçin Temel İlkeler.....	65
6.1.1 DBYBHY'nin temel ilkeleri	65
6.1.2 IBC'un temel ilkeleri	65
6.2 Deprem Yüklerinin Belirlenmesi	65
6.2.1 DBYBHY'e göre deprem yüklerinin belirlenmesi	65
6.2.2 IBC'a göre deprem yüklerinin belirlenmesi.....	67
6.3 Deprem Yükünün Diğer Yüklerle Kombinasyonu.....	71
6.3.1 DBYBHY'e göre deprem yüklerinin diğer yüklerle kombinasyonu	71
6.3.2 IBC'a göre deprem yüklerinin diğer yüklerle kombinasyonu	72
6.4 Zemin Koşulları.....	73
6.4.1 DBYBHY'e göre zemin koşulları.....	73
6.4.2 IBC'a göre zemin koşulları	74
6.5 Bina Düzensizlikleri.....	76
6.5.1 DBYBHY'e göre düzensiz binalar	76
6.5.2 IBC'a göre düzensiz binalar.....	78
6.6 Analiz Yöntemleri	81
6.6.1 DBYBHY'de belirtilen analiz yöntemleri	81
6.6.1.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	82
6.6.1.2 Mod Birleştirme yöntemi	84
6.6.1.3 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntem	85
6.6.2 IBC'da belirtilen analiz yöntemleri.....	86
6.6.2.1 İndeks Kuvvet Analiz Yöntemi	86
6.6.2.2 Basitleştirilmiş Analiz Yöntemi	88
6.6.2.3 Eşdeğer Kuvvet Yöntemi	88
6.6.2.4 Modal Analiz Yöntemi	91
6.6.2.5 Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemi	93
6.7 Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı.....	95
6.7.1 Süneklik	95
6.7.2 DBYBHY'e göre elastik deprem yüklerinin azaltılması	95
6.7.3 IBC'a göre deprem yüklerinin azaltılması	96
6.8 Kat ötelemelerinin Sınırlandırılması, İkinci Mertebe Etkileri ve Deprem Derzleri.....	96
6.8.1 DBYBHY'e göre kat ötelemelerinin sınırlandırılması, ikinci mertebe etkileri ve deprem derzleri	96
6.8.2 IBC'a göre kat ötelemelerinin sınırlandırılması, ikinci mertebe etkileri ve deprem derzleri.....	97
6.9 IBC'a Göre Yapının Toplam Deprem Yüklerinin Bulunması	99
6.10 Genel Karşılaştırma.....	100
7. SONUÇLAR.....	103
7.1 Çok Katlı Yapı Tasarımı	103
7.2 DBYBHY 2007 ile IBC'un Karşılaştırılması.....	104

KAYNAKLAR	107
EKLER.....	109
ÖZGEÇMİŞ.....	123

KISALTMALAR

ASCE	: American Society of Civil Engineers
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
IBC	: International Building Code
TEC	: Turkish Earthquake Code
TS	: Türk Standardı

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 : Zemin Kat Kolonlarının Eksenel Kuvvetleri.....	18
Çizelge 4.1 : Eşdeğer Deprem Yükünün Uygulanabileceği Yerler.....	25
Çizelge 4.2 : Deprem Bölgelerine Göre Etkin Yer İvmesi Katsayısı.....	26
Çizelge 4.3 : Yerel Zemin Sınıflarına Göre Spektrum Karakteristik Periyotları.....	26
Çizelge 4.4 : X Yönünde Görelî Kat Ötelemeleri.....	31
Çizelge 4.5 : Y Yönünde Görelî Kat Ötelemeleri.....	32
Çizelge 5.1 : Yük Birleşimleri.....	35
Çizelge 5.2 : S101 Kolonunun Karşılıklı Etkileşim Çizelgesi.....	55
Çizelge 5.3 : S101 Kolonunun SAP 2000 İle Hesaplanan İç Kuvvetleri.....	56
Çizelge 5.4 : Perde Grubunun Karşılıklı Etkileşim Çizelgesi.....	59
Çizelge 5.5 : Perde Grubunun SAP 2000 İle Hesaplanan İç Kuvvetleri.....	59
Çizelge 6.1 : Bina Önem Katsayısı.....	66
Çizelge 6.2 : Bina Önem Faktörü (IBC).....	68
Çizelge 6.3 : Kısa Periyoda Karşı Gelen Tepki İvmesine Göre Sismik Tasarım Kategorisinin Belirlenmesi.....	68
Çizelge 6.4 : 1 Saniyelik Periyoda Karşı Gelen Tepki İvmesine Göre Sismik Tasarım Kategorisinin Belirlenmesi.....	69
Çizelge 6.5 : Zemin Sabiti F_a 'nın Haritalandırılmış Kısa Periyoda Karşı Gelen Spektral Tepki İvmesine Göre Belirlenmesi.....	70
Çizelge 6.6 : Zemin Sabiti F_v 'nin Haritalandırılmış 1 Saniyelik Periyoda Karşı Gelen Spektra Tepki İvmesine Göre Belirlenmesi.....	70
Çizelge 6.7 : Hareketli Yük Katılım Katsayısı.....	72
Çizelge 6.8 : Yerel Zemin Sınıfları.....	74
Çizelge 6.9 : Zemin Grupları.....	75
Çizelge 6.10 : Zemin Sınıflarının Belirlenmesi.....	76
Çizelge 6.11 : Statik Analiz Yöntemlerinin Uygulanabileceği Binalar.....	87
Çizelge 6.12 : Yaklaşık Periyodun Hesaplanmasında Kullanılan Sabitlerin Değerleri.....	90
Çizelge 6.13 : Periyot Üst sınırının Belirlenmesinde Kullanılacak Sabit, C_u	90
Çizelge 6.14 : İzin Verilen Kat Ötelemeleri.....	98

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1 : Kaset Döşeme.....	10
Şekil 4.1 : Yapının üç boyutlu hesap modeli.....	24
Şekil 4.2 : Spektrum Diyagramı.....	29
Şekil 5.1 : Döşeme Plağının M11 Moment Dağılımı.....	39
Şekil 5.2 : Döşeme Plağının M22 Moment Dağılımı.....	40
Şekil 5.3 : Temel Plağının M11 Moment Dağılımı.....	61
Şekil 5.4 : Temel Plağının M22 Moment Dağılımı.....	62
Şekil 6.1 : Tasarım İvme Spektrumu.....	67
Şekil 6.2 : Tasarım Tepki Spektrum Diyagramı.....	71
Şekil 6.3 : Yapının Deprem Yüklerinin Belirlenmesinde Kullanılacak Tepki Spektrum Diyagramı.....	100

SEMBOL LİSTESİ

$A(T)$	: Spektral İvme Katsayısı
A_c	: Brüt beton alanı
A_i	: i'inci katın alanı
A_0	: Etkin Yer İvmesi Katsayısı
A_s	: Çekme donatısı alanı
A_{sw}	: Kesme donatısı toplam kesit alanı
A_v	: Yüksek kirişte, çekme donatısına dik olan kesme donatısı kesit alanı
a	: Kesitte dikdörtgene dönüştürülmüş basınç gerilmeleri bloğunun derinliği
B_B	: Mod Birleştirme Yöntemi'nde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük
B_D	: B_B büyüklüğüne ait büyütülmüş değer
b	: Tablalı kesitte etkili tabla genişliği, kolon en kesit genişliği
b_w	: Dişli döşemede diş genişliği, kiriş gövde genişliği
C_d	: Yer değiştirme arttırma faktörünü
C_s	: Deprem yükü katsayısı
C_{sm}	: Modal sismik tasarım sabitini,
C_{vx}	: Düşey dağıtma katsayısı
C_u	: Üst limit katsayısı
d	: Kirişte faydalı yükseklik
d'	: Pas payı
F_a, F_v	: Zemin sabitleri
F_c	: Beton basınç kuvveti
F_i	: Eşdeğer Değer Deprem Yüğü Yöntemi'nde i'inci kata etkiyen fiktif yük
F_s	: Donatının çekme kuvveti
F_x	: x'inci kata gelen yanal kuvveti
f_{cd}	: Beton tasarım basınç dayanımı
f_{ctd}	: Beton tasarım eksenel çekme dayanımı
f_{yd}	: Boyuna donatı tasarım akma dayanımı
f_{ywd}	: Enine donatı tasarım akma dayanımı
g	: Ölü yük, yerçekimi ivmesi ($9.81 \text{ m}^2/\text{s}$)
H_{cr}	: Kritik perde yüksekliği
H_i	: Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği
H_N	: Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği
h	: Kesit yüksekliği
h_f	: Tabla kalınlığı

I	: Bina Önem Katsayısı, eylemsizlik momenti
I_E	: Sismik faktör
i	: Eylemsizlik yarıçapı
l_p	: Kiriş moment sıfır noktaları arası uzaklık
l_{sn}	: Döşemenin kısa doğrultudaki serbest açıklığı
l_x, l_y	: Döşemenin kenar uzunlukları
l	: Kısa doğrultudaki döşeme hesap açıklığı, kolon boyu (eksenden eksene ölçülen,), kiriş uzunluğu (eksenden eksene ölçülen,)
l_k	: Kolon etkili (burkulma) boyu
l_n	: Serbest açıklık
k	: Kolon etkili boyu katsayısı
M_a	: Açıklıkta eğilme momenti, kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment
M_d	: Tasarım eğilme momenti
M_m	: Mesnette eğilme momenti
M_{pi}	: Kirişin sol ucu i'deki kolon yüzünde f_{ck} , f_{yk} ve çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan pozitif veya negatif moment kapasitesi
M_{pj}	: Kirişin sağ ucu j'deki kolon yüzünde f_{ck} , f_{yk} ve çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan pozitif veya negatif moment kapasitesi
M_{ri}	: Kirişin sol ucu i'deki kolon veya perde yüzünde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momenti
M_{rj}	: Kirişin sağ ucu j'deki kolon veya perde yüzünde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momenti
M_{ta}	: Burulma büyütme çarpanı
M_ü	: Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment
M_{xn}	: Göz önüne alınan x deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
M_{yn}	: Göz önüne alınan y deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
m_i	: Binanın i'inci katının kütlesi
m_{0i}	: Kütle eylemsizlik momenti
N	: Eksenel kuvvet, bina kat adedi
N	: Standart penetrasyon dayanımı
N_d	: Tasarım eksenel kuvveti
P_d	: Tasarım yükü
q	: Hareketli yük
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_a(T)	: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
r_{maxi}	: i'inci katta en büyük kesme kuvvetini taşıyan elemana gelen kesme kuvvetinin o kata gelen kesme kuvvetine oranı
S(T)	: Spektrum Katsayısı

S_{ae}	: Elastik Spektral İvme
S_{DS}	: Kısa periyoda karşı gelen tasarım spektral tepki ivmesi
S_{D1}	: Bir saniyelik periyoda karşı gelen tasarım spektral tepki ivmesi
S_s	: Kısa periyoda karşı gelen spektral tepki ivmesi
S_1	: Bir saniyelik periyoda karşı gelen spektral tepki ivmesi
s	: Donatı aralığı
s_d	: Düz donatı aralığı
s_h	: Yüksek kirişte, çekme donatısına paralel kesme donatısı aralığı
s_p	: Pilye donatı aralığı
s_u	: Serbest Basınç Daynımı
T	: Bina doğal titreşim periyodu (s)
T_A, T_B	: Spektrum Karakteristik Periyotları (s)
T_m, T_n	: Binanın m'inci ve n'inci doğal titreşim periyotları (s)
T_1	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu (s)
t	: Dişli döşeme plak kalınlığı
u_p	: Zımbalama çevresi (yüklenen alana d/2 uzaklıkta)
V	: Kesme kuvveti
V_c	: Beton kesitinin kesme kuvveti dayanımına katkısı
V_{cr}	: Eğik çatlamayı oluşturan kesme kuvveti
V_d	: Tasarım kesme kuvveti
V_{dy}	: Kirişin herhangi bir kesitinde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti
V_{dy}	: Kolon, kiriş ve perdede enine donatı alanı
V_{pr}	: Zımbalama taşıma gücü
V_r	: Kesme dayanımı
V_w	: Kesme dayanımına kesme donatısı katkısı
V_t	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak bulunan bina toplam deprem yükü
V_{tB}	: Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak bulunan bina toplam deprem yükü
v_s	: Kayma dalgası hızı
W	: Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
z	: Kuvvet kolu
α_m	: α_1, α_2 oranları ortalaması
α_s	: Döşeme sürekli kenar uzunlukları toplamının kenar uzunlukları toplamına oranı
α_1, α_2	: Kolon ucu dönmesi engelleme katsayıları ($\alpha_1 \leq \alpha_2$)
β	: Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı
ΔF_N	: Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
Δ_i	: Binanın i'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi
δ	: Yer değiştirme

ρ	: Çekme donatısı oranı
ρ_i	: i'inci katın fazlalık faktörü
ϕ	: Donatı çapı
Φ_{im}	: m'ninci moda ait modal şekil değiştirme vektörünün i'ninci kata ait Bileşenini
Φ_{xin}	: Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta x eksenini doğrultusundaki yatay bileşeni
Φ_{yin}	: Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta y eksenini doğrultusundaki yatay bileşeni
$\Phi_{\theta in}$	: Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta düşey eksen etrafındaki dönme bileşeni
η_{bi}	: i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
η_{ci}	: Dayanım düzensizliği katsayısı
σ_z	: Zemin gerilmesi
Ω_0	: Aşırı dayanım faktörü

ÇOK KATLI BİR YAPININ DBYBHY 2007'YE GÖRE TASARIMI VE DBYBHY 2007 İLE IBC'UN TEORİK OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Betonarme yapılar ekonomik olması ve çeşitli amaçlara uygulanma alanının fazla oluşu nedeniyle özellikle de ülkemizde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tür yapıların düzenlenmesinde izlenecek adımlar, taşıyıcı sistemin oluşturulması, bir çözümleme sistemi kullanılarak sistem kesitlerinde meydana gelen etkilerin bulunması, boyutlandırmanın ve imalata ilişkin çizimlerin yapılmasıdır.

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada, çok katlı betonarme bir yapının yatay ve düşey yükler etkisindeki davranışı ve tasarımı irdelenmiştir. Ayrıca bu çalışmada DBYBHY 2007 ile IBC teorik olarak karşılaştırılıp, söz konusu yönetmelikler arasındaki benzerlik ve farklılıklar belirlenmiştir.

Söz konusu yapı 1. deprem bölgesinde olup, 1 zemin kat ve 32 normal kattan oluşmakta ve iş merkezi olarak kullanılması amaçlanmaktadır. Zemin katın yüksekliği 4 m, normal katların yüksekliği 3 m dir. Taşıyıcı sistem tüp çerçeve ve perdelerden oluşmaktadır.

Uygulanan yükler altında kesit etkilerinin saptanmasında, bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak ve sonlu elemanlarla çözüm yapan SAP 2000 yapısal analiz programı kullanılmıştır.

Yedi bölümden oluşan çalışmanın ilk bölümü konu, amaç ve sınırların tarifini kapsamaktadır.

İkinci bölümde, betonarme yüksek bir yapının tasarımı hakkında genel bilgiler verilmiş ve betonarme yüksek yapılarda kullanılan taşıyıcı sistemler anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, söz konusu yapıya ait elemanların ön boyutlandırılması, dördüncü bölümde ise yapının statik ve dinamik analizi yapılmıştır. Tasarımı yapılan yapının elemanlarının betonarme hesabı ise beşinci bölümde verilmiştir.

Altıncı bölüm de DBYBHY 2007 ile IBC'un karşılaştırılmasına ayrılmıştır. Teorik bakımdan karşılaştırma yapılırken her iki deprem yönetmeliği temel ilkeleri, deprem yüklerinin belirlenmesi, zemin koşulları, bina düzensizlikleri, analiz yöntemleri ve ikinci mertebe etkileri bakımından karşılaştırılmıştır.

Son bölümde, çalışmanın ana özellikleri ve sayısal sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır.

DESIGN OF A MULTISTORY BUILDING ACCORDING TO TEC 2007 AND THEORETICALLY COMPARISON OF DBYBHY 2007 WITH IBC

SUMMARY

Reinforced concrete buildings being economical and having widespread implementation areas have made them common practice in our country. The ways necessary to arrange these buildings are, creation of the column support systems, utilizing a solution system on the sections of the support system to discover the arising effects, dimensional realization and completion of the respective sketches.

In this Master's Thesis, the behavior and design of a multistory reinforced concrete building under lateral and vertical loads are examined. In this study, Turkish Earthquake Code (TEC 2007) is also theoretically compared with IBC and the similar and different aspects of these codes are given.

The building under consideration is located in first degree seismic zone which consist of a ground floor and 32 official stories. It is designed as a business center. The ground floor is 4 m and official stories are 3 m in height. Structural system consist of exterior tube with closely spaced columns and core shear walls.

Three dimensional modeling of the building is analyzed using SAP 2000 structural analysis programme, that works with Finite Element Method, to determine the section effects under loads.

The thesis is divided into seven chapters and Chapter 1 includes introduction, objectives and scopes of the study.

Chapter 2 provides background information about the design of multistory reinforced concrete buildings and presents current structural systems used in multistory reinforced concrete buildings.

In Chapter 3, the preliminary design of the structural elements of the building is presented and in Chapter 4, the static and dynamic analyses of the structure are performed. The reinforcement calculations of the structural components of the building is given in Chapter 5.

Chapter 6 compares TEC 2007 with IBC. In this theoretical comparison, both seismic provisions are investigated for fundamental approaches, the determination of seismic loads, soil conditions, structural irregularities, analysis methods and secondary effects.

In the final chapter, the fundamental aspects and numerical results of the study are evaluated.

1. GİRİŞ

Çok katlı binalar, günümüzde artan nüfus yoğunluğu ve hızlı kentleşmenin olduğu bölgelerde giderek yaygınlaşan ve önem kazanan bir yapı türü haline gelmiştir. Yapı yüksekliği arttıkça, düşey yüklere nazaran yatay yüklerin yapı davranışında daha etkili olduğu belirlenmiştir ve bu tür yapılar tasarlanırken deprem türü dinamik yüklerin etkisi önem kazanmıştır.

Yer kabuğu içindeki kırılmalar sonucu beklenmedik bir anda ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri bölgeleri ve yer yüzeyini sarsma olayı deprem olarak adlandırılır. Doğal afetlerin en önemlilerinden biri olan deprem, önceden bir uyarı olmadan meydana gelir ve yapıların mesnetlerinde zamana bağlı bir yer değiştirme hareketi doğurarak dinamik bir etki oluşturur. Depreme dayanıklı olarak tasarlanacak yapı iyi düzenlenmelidir ve bu yapıda depremin oluşturması beklenen kesit zorları yeterli yaklaşıklıkla belirlenmeli ve karşılanmalıdır.

Geçmişte yüksek yapı davranışı ve analizi ile ilgili yeterli ve güvenilir yöntemler olmaması ve bu tür yapıların hesabında yaklaşık yöntemlerin kullanılması çok katlı yapı tasarımına engel olurken, günümüzde gelişen teknoloji sayesinde uygun hesap programlarıyla artık yapılar 3 boyutlu modellenilebilmekte ve her türlü yük etkisi altında hızlı ve güvenli şekilde analiz edilebilmektedir.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu tez çalışmasının amacı 33 katlı bir yapının SAP 2000 (Structural Analysis Programme 2000) hesap programı yardımı ile yeni deprem yönetmeliği DBYBHY 2007(Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007)'ye göre projelendirilmesi ve DBYBHY 2007'de kullanılan hesap yöntemleri ile IBC (International Building Code)'da kullanılan hesap yöntemlerinin karşılaştırılmasıdır.

Bu çalışmada kullanılan SAP 2000 yapısal analiz programı, etkili bir hesap metodu olan Sonlu Elemanlar Metodunu esas alır. Modelleme görsel olarak yapıldığından karmaşık ve büyük yapıların modellenmesi kolaylaşır. Ayrıca Sap 2000 programı

yardımla hem DBYBHY 2007’de hem de IBC’da, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’nin uygulanamadığı durumlarda yapılması zorunlu olan dinamik hesaplar da Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak yapılmaktadır.

Söz konusu yapı 1. Deprem bölgesinde olup, 1 zemin ve 32 normal kattan oluşmakta ve yapının iş merkezi olarak kullanılması amaçlanmaktadır. Ayrıca yapının inşa edileceğı zemin Z1 zemin sınıfındadır. Yapının taşıyıcı sistemi tğp içinde tğp sistemidir. Bu yapıda çekirdeğın dışında kaset döşeme(iki doğrultuda çalışan dışlı döşeme), çekirdeğın içinde ise tek doğrultuda ve çift doğrultuda çalışan döşemeler kullanılmıştır. Yapı $27.30 \times 27.30 \text{ m}^2$ alana sahip ve kat yükseklikleri zemin katta 4 m, diğer tüm katlarda 3 m’dir. Yapıda kullanılan malzeme olarak beton için C35 ($f_{cd} = 23 \text{ MPa}$) ve donatı için ise S420 ($f_{yd} = 365 \text{ MPa}$) öngörölmüşür.

Yapının projelendirilmesinde hesaba alınacak yükler TS 498’den alınmış, yapının statik ve betonarme hesaplarında TS 500 dikkate alınmış ve yapının deprem kuvvetleri etkisi altındaki davranışı incelemek amacıyla da DBYBHY esas alınmıştır.

2. BETONARME YÜKSEK YAPILARIN TASARIMI

2.1 Yüksek Yapıların Tasarımı Hakkında Genel Bilgi

Yüksek yapılarda yanal yüklerin etkisi düşey yüklere göre daha önemli olduğu için, tasarımlarında kuvvetlerin etkisi incelenirken deprem türü dinamik kuvvetlerin hesabında daha titiz davranılmalıdır.

Deprem kuvvetleri binanın depreme karşı direnç göstermesi neticesinde oluşan atalet kuvvetleridir. Deprem sonrası yapıda oluşacak kuvvetin büyüklüğü binanın özelliğine, binanın temelinin özelliğine ve yer hareketinin karakterine bağlıdır. Yani belirli bir şiddetteki depremin yapı üzerindeki etkisini belirleyen faktörlerin başında yapının ağırlığı ve zemin-yapı etkileşimi gelir. Yapı yüksekliğinin artmasıyla doğru orantılı olarak yapının da kütlesi artacağından, yapıda oluşacak atalet kuvvetleri de büyüyecektir.

Yapının kullanım amacı tasarımında önemli rol oynar; konut, iş merkezi gibi yapılar tasarım depremi sonrasında çökmeyecek şekilde tasarlanırken, hastane, itfaiye gibi yapılar tasarım depremi sonrasında kullanılabilecek durumda olmalıdır. Tasarım depremi 50 yıllık bir süre içinde aşılma olasılığı % 10 olan şiddetli depremdir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı yaparken esas alınması gereken ilke, hafif şiddetli depremlerde yapının yapısal ve yapısal olmayan elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetli depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabılır düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır.

Yüksek yapılarda deprem davranışında yapı geometrisinin, dolayısıyla mimarinin etkisi büyük olduğu için mimari tasarımda deprem etkisi göz önünde bulundurulmalıdır. Yapı geometrisinin etkisi, her ne kadar tüm yapılar için geçerli olsa da, yüksek yapılarda üzerinde hassasiyetle durulması gereken bir konudur. Bir başka deyişle yapı tasarım aşamasındayken yapıda bulunan düzensizlikler deprem

yönetmeliğinde belirtilen sınırlamalar içinde olmalıdır. Yapıdaki düzensizlikler planda ve düşey doğrultuda olmak üzere iki şekilde ortaya çıkar.

Planda oluşan düzensizlikleri engellemek amacıyla yapı planda olabildiğince simetrik olmalıdır. Eğer binanın plandaki şekli “L,T,H,X” veya bunlarını birleşimi şeklinde ise yapının farklı kanatlarında farklı titreşimlerin oluşmasıyla köşelerdeki gerilmeler artar. Ayrıca rijitlik merkezi ve kütle merkezinin farklı yerlerde bulunması, yapıda burulma etkisinin oluşmasına neden olur. Eğer yapıdaki büyük çıkıntılar kaçınılmaz oluyorsa, kanatların deprem derziyle ana yapıdan ayrılarak birbirinden bağımsız birimler şeklinde hareket etmesi sağlanmalı ve yapıda gerilmelerin fazla olduğu yerlere perde duvarlar konularak bu bölgede oluşacak zorlamalar bu elemanların yardımıyla karşılanmalıdır.

Planda oluşabilecek diğer bir düzensizlik ise diyafram hareketini engelleyebilecek döşeme süreksizlikleridir. Yapıdaki diyaframların eğilme ve kesme gerilmelerini düşey elemanlara güvenli şekilde taşıyacak bir hareket sergilemesi gerektiğinden, diyafram içinde bulunan merdiven boşluğu, asansör boşluğu ve diğer boşluklar döşemenin düzlem içi rijitliğini ve dayanımını azaltmayacak şekilde sınırlandırılmalıdır.

Deprem hareketine karşı davranışta, binanın yüksekliği boyunca düşey eksene göre simetrik olması düşey doğrultudaki düzensizliği engellemek için önemlidir. Yapı yüksekliği boyunca ani rijitlik ve kütle değişimlerinden kaçınılmalıdır ve düşey taşıyıcıların sürekli olmalarını sağlayacak düzenlemeler yapılmalıdır. Ayrıca yapının kat alanının, yükseklik arttıkça büyümesi kütle merkezinin yerden uzaklaşmasına neden olacağı için bu uygulamalar tercih edilmemelidir.

Yüksek yapı tasarımında diğer önemli faktör ise, yapıda kullanılan malzemenin yeterli derecede sistemin veya yapının enerjiyi absorbe edebilecek kapasiteye sahip olmasıdır. Yani sistemin sünek davranış göstermesi gerekir. Bu yüzden kırılğan bir malzeme olan beton, çelik ile donatılarak sismik kuvvetlere karşı gerekli süneklik özelliği gösterebilecek bir yapıya kavuşturulmalıdır. Fakat bu yapılırken beton içine konulan donatının oranı iyi ayarlanarak haberli güç tükenmesi sağlanmalıdır. Haberli güç tükenmesinde, beton en büyük kısılmasını yapıp güç tükenmesine gelmeden önce çeliğin akmış durumda olması gerekir. Aksi halde, yani habersiz güç tükenmesi durumunda çelik akmaya başlamadan beton en büyük

kısalmasını yapmış ise gevrek kırılma ile karşılaşılabilir. Bu yüzden denge altı donatı kullanılmalıdır.

Yapılar tasarlanırken yükün izlediği yol iyi irdelenmeli ve yapının elemanlarının seçimi ve boyutlandırılması bu doğrultuda yapılmalıdır. Düşey yükler çerçeve ve perdelerle, yatay yükler ise diyafram ve düşey taşıyıcı elemanlarla temele aktarılırlar. Bina elemanlarının kütleleriyle orantılı olan sismik yükler kütlece ağır olan diyaframların kütle merkezlerine etki ederler ve bu yükler diyafram ve düşey taşıyıcı elemanlar vasıtasıyla temele, oradan da zemine aktarılırlar. Bu sebeple temelden beklenen davranış deprem yüklerinin temele emniyetle aktarılmasını sağlamaktır. Yapı-zemin etkileşiminin sağlıklı olabilmesi için temel yapısı, yapıyı etkileyebilecek statik ve dinamik kuvvetler altında göçme, farklı oturma ve sıvılaşma olmayacak şekilde tasarlanıp inşa edilmelidir. Yapılan zemin etüdüne göre yapı için uygun temel sistemi belirlenmelidir. Yüksek yapılarda genel olarak sürekli ve radye tipi yüzeysel temel sistemleri kullanılır fakat radyenin yetersiz kaldığı zeminlerde kazıklı temel yapılması yerinde olur.

Yüksek yapılar tasarlanırken dikkat edilmesi gereken diğer bir husus ise, yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek aşırı gerilmeleri engellemek için deprem sırasında oluşması beklenen yatay deformasyonları belli sınırlar içinde tutmaktır. Yapıda oluşacak deformasyonlara neden olan zemin hareketi yer değiştirme, hız ve ivmeyle ifade edilir. Bu değerler yön, büyüklük, zaman ve sıra bakımından düzensizlik gösterirler. Deprem yükleri binanın kütlesi, rijitliği ve enerji sönümüyle alakalı atalet kuvvetleridir. Sönüm yapı malzemesine, birleşimlerin yapısına, yapısal olmayan elemanların rijitlik üzerindeki etkisine bağlıdır. Sönüm, salınımı engelleyecek en küçük sönüm olan kritik sönümün yüzdesi olarak tanımlanır.

Binaların atalet direnci ve esnek yapılarından dolayı üst katlar temel hareket etmeye başladıktan daha sonra hareket etmeye başlarlar. Yüksek yapı tasarımında yatay yüklerin etkisi düşey yüklerin etkisine göre daha baskındır.

Yüksek binalar, alçak binalara göre daha esnek bir yapıya sahiptir ve ivmeler daha küçüktür. Eğer binanın periyodu ile dalga periyodu birbirine çok yakınsa, yapıya etkiyen kuvvetler çok büyük olur. Yani yer hareketi sonucu oluşacak kuvvet yer ivmesinin yanı sıra yapının kendisine ve temeline bağlıdır. Binanın hareketi ve zemin hareketi arasındaki bağıntı spektrum eğrisi ile ifade edilir.

Yapıların deprem hesabında Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi veya Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi kullanılır. Deprem neticesinde oluşan kuvvetler kısa bir zaman içerisinde, hızlı değışiklik gösteren dinamik etkilerdir. Bu yüzden yüksek yapıların deprem hesabını yaparken Eşdeğer Deprem Yöntemi'nin yerine Mod birleştirme Yöntemi veya Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi'nin kullanılması daha sağlıklı olur.

2.2 Betonarme Yüksek Yapılarda Kullanılan Sistemler

Çok katlı yapılarda kullanılan ve yatay yük etkisine maruz kalan elemanlar, çerçeveler, perdeler ve tüpler olarak üçe ayrılabilir. Yatay yük etkisi altındaki yüksek yapılarda kullanılan sistemler bunların sadece birinden oluşabileceğı gibi, bu elemanların farklı birleşimleriyle de oluşturulabilir.

Söz konusu sınıflandırma, belirtilen elemanların yatay yük etkisi altındaki şekil değıştirme biçimlerine göre yapılmıştır. Çerçevelerdeki şekil değıştirme katların yanal ötelenmesi şeklinde olurken, perdelerde oluşan şekil değıştirme eğilme biçiminde olur. Tüpler yanal yüklerin etkisi altında boşluklu değilseler perde gibi davranırlar. Tüplerin içinde genelde boşluklar vardır ve çerçeve ile perde tipi davranışların arasında bir şekil değıştirme biçimi sergilerler.

Yapı yüksekliğı artıkça yapı elemanlarının seçimi ve boyutlandırılmasında yapının dayanımı yanı sıra yatay yükler altındaki yer değıştirmelerin de sınırlandırılması gereğı belirleyici bir etkindir.

Betonarme yüksek yapılarda çerçeve tipi taşıyıcı sistem kullanılıyorsa kolonların en az iki doğrultuda kirişlerle bir çerçeve oluşturarak bağlanması gerekir. Aksi durumda kolonun bağlanmadığı doğrultuda yeterli rijitlik sağlanamaz. Ayrıca sistem seçimi sırasında katlardaki kolon eksenlerinin üst üste düşmesi sağlanmalıdır. Düzlem çerçeve tipi sistemler 60 kata kadar etkili olmasına rağmen ekonomik etkenler göz önünde tutulduğunda 15 ila 20 kata kadar olan yapı yüksekliğinde uygulanması uygun olur.

Perdeler yatay yüklerinin taşınmasında etkili olarak kullanılabilecek elemanlardır. Bir taşıyıcı sistemde çerçeve sistemi ile kullanılabileceğı gibi, düşey taşıyıcı sistem olarak tek başlarına da kullanılabilirler. Sadece perdelerden oluşan sistemleri çeşitli doğrultularda birbirine paralel, yatay rijitlik sağlayan ve aynı zamanda düşey yükleri

de karşılayabilen perdeler oluşturur. Kendi düzlemleri içindeki stabiliteyi asansör veya merdiven boşlukları çevresindeki çekirdekler veya diğer perdeler sağlar.

Çerçeve ile beraber olduğu durumda da, perdelerin rijitlikleri fazla olduğu için yatay yüklerin tamamına yakın miktarını karşılarlar. Yüksek yapılarda yatay yüklerin karşılanmasında perdeler önemli bir eleman olarak ortaya çıkar. Perde ve çerçevelerin yatay yükler altındaki davranışlarının farklı olması, bu elemanlar arasında düzgün olmayan yan etkileşim kuvvetleri doğmasına neden olur. Bu yüzden hesaplarda, çerçevelerin yanal yük almadığını düşünmek yanlış olacağından yatay yüklerin bir kısmının karşılanmasının çerçeveler tarafından sağlandığı göz ardı edilmemelidir.

Yükseklikleri 20 ila 40 katın üzerindeki yapılarda, taşıyıcı sistem olarak tüpler yaygın olarak kullanılmaktadır. Daha yüksek yapılarda çerçeve tüpe ek olarak yapı içinde perdeler ve çekirdekler oluşturmak daha ekonomik sonuçlar vermektedir.

İç içe tüp sistemler perde sistemlerin avantajlarını birleştirir. İçerdeki perdelerden oluşan tüp, dışarıdaki çerçeve tüp kolonlarının enine yer değiştirmelerini önemli ölçüde azaltarak bu tüpün yapısal özelliklerini önemli ölçüde iyileştirir.

İki veya daha fazla tüp taşıyıcı sistemi birleştirilerek demet tüp taşıyıcı sistemler de oluşturulabilir. Bu şekilde konsol giriş gövdesi gibi hareket eden yapıda eksenel gerilmeler düşey diyaframlar vasıtasıyla eşit olarak dağıtılarak yapıya gelen kesme kuvvetinin yapı elemanları üzerindeki etkisi hafifletilir.

3. YAPI ELEMANLARININ ÖN BOYUTLANDIRILMASI

Projelendirilmesi yapılacak, 1 zemin ve 32 normal kattan oluşan çok katlı yapı 1. Deprem bölgesinde inşa edilecektir ve söz konusu yapının iş merkezi olarak kullanılması amaçlanmaktadır. Yapının inşa edileceği zemin Z1 zemin sınıfındadır ve zemin emniyet gerilmesi 1200 kN/m^2 'dir. Yapıda kullanılacak taşıyıcı sistem tüp içinde tüp sistemidir. Bu yapıda çekirdeğin dışında kaset döşeme, çekirdeğin içinde ise tek doğrultuda ve çift doğrultuda çalışan döşemeler kullanılmıştır. Yapı $27.30 \times 27.30 \text{ m}^2$ alana sahip ve kat yükseklikleri zemin katta 4 m, diğer tüm katlarda 3 m'dir. Ayrıca yapıya ait genel kat planı Şekil D.1'de verilmiştir. Yapıda kullanılan malzeme olarak beton için C35 ($f_{cd} = 23 \text{ MPa}$) ve donatı için ise S420 ($f_{yd} = 365 \text{ MPa}$) öngörülmüştür.

Söz konusu yapının tasarımında, hesap yüklerinin belirlenebilmesi için TS 498, statik ve betonarme hesaplar için TS 500 ve yapıda deprem sonucu oluşabilecek etkilerin irdelenebilmesi için DBYBHY kullanılmıştır.

3.1 Döşemelerin Boyutlandırılması

Açıklıkların çok fazla olması ve döşemelerin üzerine gelen yüklerin büyük olması nedeniyle çekirdek çevresinde kaset döşeme(iki doğrultuda çalışan dişli döşeme) kullanılmıştır. Kaset döşemelerde yük iki doğrultudaki dişlerle paylaşılarak taşınır.

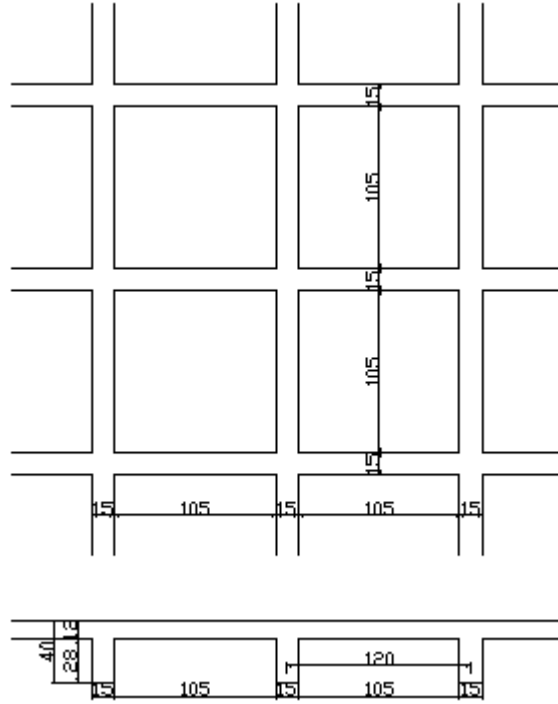
Dişler arası serbest açıklık = 105 cm seçildi,

Tabla kalınlığı, $t \geq 105/10 = 10.5 \text{ cm}$, 12 cm seçildi,

Dişin gövde genişliği $b_w \geq 10 \text{ cm}$, 15 cm seçildi,

Dişin toplam yüksekliği $h = 40 \text{ cm}$ seçildi,

Diş merkezleri arası uzaklık, $105 + 15 = 120 \text{ cm}$



Şekil 3.1 : Kaset Döşeme

-D102 döşemesinin hesabı

$$\frac{l_x}{l_y} = \frac{9.4}{2.44} = 3.85 > 2 \text{ tek doğrultuda çalışan döşeme}$$

$$h_f \geq \frac{l_p}{35}, \quad l_p = 0.6 \times 2.44 = 1.464 \text{ m}$$

$$h_f \geq \frac{1.464}{35} = 0.042 \text{ cm} = 4.2 \text{ cm}$$

Yatay yük hesabında yatay yükün güvenle aktarılabilmesi amacıyla döşeme kalınlığı 20 cm seçilmiştir.

- D101 döşemesinin hesabı

$$\frac{l_x}{l_y} = \frac{2.3}{2.3} = 1 < 2 \text{ iki doğrultuda çalışan döşeme}$$

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} (1 - 0.25 \times \alpha_s)$$

$$\geq \frac{2.1}{15 + \frac{20}{1}} (1 - 0.25 \times 0.25) = 0.056 \text{ m} = 5.6 \text{ cm}$$

Yatay yük hesabında yatay yükün aktarılabilmesi için döşeme kalınlığı 20 cm seçilmiştir.

3.2 Döşemelerde Yük Analizi

3.2.1 Zemin kat ve normal katlar için

- Çekirdek bölgesi dışında,

Betonarme döşeme $0.12 \times 25 = 3 \text{ kN/m}^2$

Sıva, mozaik, karo, tesviye betonu 1.2 kN/m^2

Sabit yük, $g = 4.2 \text{ kN/m}^2$

Döşeme üzerinde bölme duvarlar olması nedeniyle hareketli yük, $q = 6.5 \text{ kN/m}^2$ olarak alınmıştır.

$$P_d = 1.4g + 1.6q = 1.4 \times 4.2 + 1.6 \times 6.5 = 16.28 \text{ kN/m}^2$$

- Çekirdek bölgesi içinde,

Betonarme döşeme $0.20 \times 25 = 5.0 \text{ kN/m}^2$

Sıva, mozaik, karo, tesviye betonu 1.2 kN/m^2

Sabit yük, $g = 6.2 \text{ kN/m}^2$

Hareketli yük, $q = 5.0 \text{ kN/m}^2$

$$P_d = 1.4g + 1.6q = 1.4 \times 6.2 + 1.6 \times 5 = 16.68 \text{ kN/m}^2$$

3.2.2 Çatı katı tavan döşemesi için

- Çekirdek bölgesi dışında,

Betonarme döşeme $0.12 \times 25 = 3 \text{ kN/m}^2$

Sıva, şap, tesviye betonu 1.2 kN/m^2

Sabit yük, $g = 4.2 \text{ kN/m}^2$

Hareketli yük 5.0 kN/m^2

Kar yükü 0.75 kN/m^2

Toplam hareketli yük, $q = 5.75 \text{ kN/m}^2$

$$P_d = 1.4g + 1.6q = 1.4 \times 4.2 + 1.6 \times 5.75 = 15.08 \text{ kN/m}^2$$

- Çekirdek bölgesi içinde,

Betonarme döşeme $0.20 \times 25 = 5.0 \text{ kN/m}^2$

Sıva, şap, tesviye betonu 1.2 kN/m^2

Sabit yük, $g = 6.2 \text{ kN/m}^2$

Hareketli yük 5.0 kN/m^2

Kar yükü 0.75 kN/m^2

Toplam hareketli yük, $q = 5.75 \text{ kN/m}^2$

$$P_d = 1.4g + 1.6q = 1.4 \times 5 + 1.6 \times 5.75 = 16.2 \text{ kN/m}^2$$

3.3 Kiriş Boyutlarının Belirlenmesi

DBYBHY'e göre, kolonları birbirine bağlayan kiriş boyutlarının belirlenmesinde aşağıdaki koşulların sağlanması gerekmektedir.

$$\left. \begin{array}{l} h_{\text{kiriş}} > 3 \times h_{\text{döşeme}} \\ h_{\text{kiriş}} > 300 \text{ mm} \\ h_{\text{kiriş}} < 3.5 \times b_w \end{array} \right\} \text{Döşemelere mesnetlik yapabilmek için gerekli olan koşullar}$$
$$b_w > 250 \text{ mm}$$
$$b_w < h_{\text{kiriş}} + b_{\text{kolon}}$$

Buna göre $b_w = 40 \text{ cm}$ ve $h = 80 \text{ cm}$ seçilmiştir.

Çekirdek içerisinde 20 cm 'lik perde duvarları bağlayan kirişlerin boyutları $b_w = 20 \text{ cm}$ ve $h = 140 \text{ cm}$ seçilmiştir (Perdelerin boyutlandırılması 3.5'de verilmiştir).

Ayrıca yukarıda belirtilen $b_w > 250 \text{ mm}$ koşulunun sağlanmadığı görülmektedir.

Ancak DBYBHY'nin 3.4.1.1 maddesinde kiriş genişliği ve yüksekliği ile ilgili yukarıda belirtilen sınırlamaların, bağ kirişli perdelerin bağ kirişleri için geçerli olmadığı belirtilmiştir.).

Çekirdek içerisindeki uzun döşemenin oturduğu kirişlerin boyutları $b_w = 20 \text{ cm}$ ve $h = 80 \text{ cm}$ seçilmiştir.

3.4 Kolonların Boyutlandırılması

Kolonlara gelen yük hesabında, kolonların etkili yük alanlarındaki yüklerin toplamı ve kolonun kendi ağırlığı hesaba katılmalıdır. Seçilen kolon boyutu 50cm x 150 cm'dir.

$$\text{Kolon ağırlığı} = 0.5\text{m} \times 1.5\text{m} \times 2.2\text{m} \times 25\text{kN/m}^3 = 41.25\text{kN} \cong 40\text{kN}$$

S101 Kolonuna Gelen Yükler

Döşeme ağırlığı	: $2.1 \times 2.1 \times 0.12 \times 25 = 13.2 \text{ kN}$
Duvar yükü	: $6 \times 4.85 = 29.1 \text{ kN}$
Sıva, mozaik, karo, tesviye betonu ağırlığı	: $2.61 \times 2.61 \times 1.2 = 8.1 \text{ kN}$
Dişli döşeme diş ağırlığı	: $0.28 \times 25 \times 4.41 \times 0.15 = 4.6 \text{ kN}$
Kiriş ağırlığı	: $0.725 \times 0.4 + 0.4 \times 0.4 \times 5.25 = 12.4 \text{ kN}$
Kolonun kendi ağırlığı	: 40 kN
Toplam yük =	107.5 kN
Hareketli yük	: $2.225 \times 2.225 \times 6.5 = 32.2 \text{ kN}$

$$N_d = 1.4 \times 107.5 + 1.6 \times 32.2 = 202 \text{ kN}$$

S102 Kolonuna Gelen Yükler

Döşeme ağırlığı	: $4.425 \times 3.15 \times 0.12 \times 25 = 41.8 \text{ kN}$
Duvar yükü	: $6 \times 4.425 = 26.6 \text{ kN}$
Sıva, mozaik, karo, tesviye betonu ağırlığı	: $4.425 \times 3.475 \times 1.2 = 18.5 \text{ kN}$
Dişli döşeme diş ağırlığı	: $20.25 \times 0.28 \times 0.15 \times 25 = 21.3 \text{ kN}$
Kiriş ağırlığı	: $0.725 \times 0.4 + 0.4^2 \times 4.425 \times 25 = 49.8 \text{ kN}$
Kolonun kendi ağırlığı	: 40 kN
Toplam yük =	197.9 kN
Hareketli yük	: $4.425 \times 3.475 \times 6.5 = 100 \text{ kN}$

$$N_d = 1.4 \times 197.9 + 1.6 \times 100 = 436.9 \text{ kN}$$

S103 Kolonuna Gelen Yükler

Döşeme ağırlığı	: $3.6 \times 3.15 \times 0.12 \times 25 = 34.0 \text{ kN}$
Duvar yk	: $6 \times 3.6 = 21.6 \text{ kN}$
Sıva, mozaik, karo, tesviye betonu ağırlığı	: $3.6 \times 3.475 \times 1.2 = 15.0 \text{ kN}$
Dişli dşeme diş ağırlığı	: $15.75 \times 0.28 \times 0.15 \times 25 = 16.5 \text{ kN}$
Kiriş ağırlığı	: $0.725 \times 0.4 + 0.4^2 \times 3.6 \times 25 = 40.5 \text{ kN}$
Kolonun kendi ağırlığı	: 40 kN
Toplam yk =	167.7 kN
Hareketli yk	: $3.6 \times 3.475 \times 6.5 = 81.3 \text{ kN}$

$$N_d = 1.4 \times 167.7 \times +1.6 \times 81.3 = 364.8 \text{ kN}$$

S104 Kolona Gelen Yükler

Dşeme ağırlığı	: $3.0 \times 3.15 \times 0.12 \times 25 = 28.4 \text{ kN}$
Duvar yk	: $6 \times 3.0 = 18.0 \text{ kN}$
Sıva, mozaik, karo, tesviye betonu ağırlığı	: $3.0 \times 3.475 \times 1.2 = 12.5 \text{ kN}$
Dişli dşeme diş ağırlığı	: $13.125 \times 0.28 \times 0.15 \times 25 = 13.8 \text{ kN}$
Kiriş ağırlığı	: $0.725 \times 0.4 + 0.4^2 \times 3.0 \times 25 = 33.8 \text{ kN}$
Kolonun kendi ağırlığı	: 40 kN
Toplam yk =	146.4 kN
Hareketli yk	: $3.0 \times 3.475 \times 6.5 = 67.8 \text{ kN}$

$$N_d = 1.4 \times 146.4 \times +1.6 \times 67.8 = 313.4 \text{ kN}$$

S105 Kolonuna Gelen Yükler

Dşeme ağırlığı	: $4.425 \times 3.70 \times 0.12 \times 25 = 49.1 \text{ kN}$
Duvar yk	: $6 \times 4.425 = 26.6 \text{ kN}$
Sıva, mozaik, karo, tesviye betonu ağırlığı	: $4.425 \times 4.025 \times 1.2 = 21.4 \text{ kN}$
Dişli dşeme diş ağırlığı	: $26.275 \times 0.28 \times 0.15 \times 25 = 27.6 \text{ kN}$
Kiriş ağırlığı	:
	$0.725 \times 0.4 + 0.4 \times 0.4 \times 4.425 \times 25 = 49.781 \text{ kN}$
Kolonun kendi ağırlığı	: 40 kN
Toplam yük =	214.411 kN
Hareketli yük	: $4.425 \times 4.025 \times 6.5 = 115.8 \text{ kN}$

$$N_d = 1.4 \times 214.4 \times +1.6 \times 115.8 = 485.4 \text{ kN}$$

S106 Kolonuna Gelen Yükle

Döşeme ağırlığı	: $3.6 \times 3.70 \times 0.12 \times 25 = 40.0 \text{ kN}$
Duvar yükü	: $6 \times 3.6 = 21.6 \text{ kN}$
Sıva, mozaik, karo, tesviye betonu ağırlığı	: $3.6 \times 4.025 \times 1.2 = 17.4 \text{ kN}$
Dişli döşeme diş ağırlığı	: $20.55 \times 0.28 \times 0.15 \times 25 = 21.6 \text{ kN}$
Kiriş ağırlığı	: $20.55 \times 0.28 \times 0.15 \times 25 = 21.6 \text{ kN}$
Kolonun kendi ağırlığı	: 40 kN
Toplam yük = 181.0 kN	
Hareketli yük	: $3.6 \times 4.025 \times 6.5 = 94.2 \text{ kN}$

$$N_d = 1.4 \times 181.0 \times +1.6 \times 94.2 = 404.1 \text{ kN}$$

S107 Kolona Gelen Yükle

Döşeme ağırlığı	: $3.0 \times 3.70 \times 0.12 \times 25 = 33.3 \text{ kN}$
Duvar yükü	: $6 \times 3.0 = 18.0 \text{ kN}$
Sıva, mozaik, karo, tesviye betonu ağırlığı	: $3.0 \times 4.025 \times 1.2 = 14.5 \text{ kN}$
Dişli döşeme diş ağırlığı	: $17.125 \times 0.28 \times 0.15 \times 25 = 18.0 \text{ kN}$
Kiriş ağırlığı	: $0.725 \times 0.4 + 0.4^2 \times 3.0 \times 25 = 49.8 \text{ kN}$
Kolonun kendi ağırlığı	: 40 kN
Toplam yük = 157.5 kN	
Hareketli yük	: $3.0 \times 4.025 \times 6.5 = 78.5 \text{ kN}$

$$N_d = 1.4 \times 157.5 \times +1.6 \times 78.5 = 346.1 \text{ kN}$$

Çatı katı tavan döşemesinde diğer yüklere ek olarak kar yükü vardır. Ayrıca söz konusu döşeme üzerinde hareketli duvarlar bulunmayacağından hareketli yük hesap değeri 5 kN/m^2 olacaktır.

S101 Kolonuna Gelen Yükle

Sabit yük, g = 107.5 kN	
Hareketli yük	: $5 \times 2.225 \times 2.225 = 24.8 \text{ kN}$
Kar yükü	: $0.75 \times 2.225 \times 2.225 = 3.7 \text{ kN}$
Toplam hareketli yük, q=28.5kN	

$$N_d = 1.4 \times 107.5 \times +1.6 \times 28.5 = 196.0 \text{ kN}$$

S102 Kolonuna Gelen Yükler

Sabit yük, $g = 197.9 \text{ kN}$

Hareketli yük : $5 \times 4.425 \times 3.475 = 76.9 \text{ kN}$

Kar yükü : $0.75 \times 4.425 \times 3.475 = 11.5 \text{ kN}$

Toplam hareketli yük, $q = 88.4 \text{ kN}$

$$N_d = 1.4 \times 197.9 \times +1.6 \times 88.4 = 418.5 \text{ kN}$$

S103 Kolonuna Gelen Yükler

Sabit yük, $g = 167.7 \text{ kN}$

Hareketli yük : $5 \times 3.6 \times 3.475 = 62.6 \text{ kN}$

Kar yükü : $0.75 \times 3.6 \times 3.475 = 9.4 \text{ kN}$

Toplam hareketli yük, $q = 71.9 \text{ kN}$

$$N_d = 1.4 \times 167.7 \times +1.6 \times 71.9 = 349.8 \text{ kN}$$

S104 Kolonuna Gelen Yükler

Sabit yük, $g = 146.4 \text{ kN}$

Hareketli yük : $5 \times 3.0 \times 3.475 = 52.1 \text{ kN}$

Kar yükü : $0.75 \times 3.0 \times 3.475 = 7.8 \text{ kN}$

Toplam hareketli yük, $q = 59.9 \text{ kN}$

$$N_d = 1.4 \times 146.4 \times +1.6 \times 59.9 = 300.9 \text{ kN}$$

S105 Kolonuna Gelen Yükler

Sabit yük, $g = 214.4 \text{ kN}$

Hareketli yük : $5 \times 4.425 \times 4.025 = 89.0 \text{ kN}$

Kar yükü : $0.75 \times 4.425 \times 4.025 = 13.4 \text{ kN}$

Toplam hareketli yük, $q = 102.4 \text{ kN}$

$$N_d = 1.4 \times 214.4 \times +1.6 \times 102.4 = 464.0 \text{ kN}$$

S106 Kolonuna Gelen Yükler

Sabit yük, $g = 181.1 \text{ kN}$

Hareketli yük : $5 \times 3.6 \times 4.025 = 72.5 \text{ kN}$

Kar yükü : $0.75 \times 3.6 \times 4.025 = 10.9 \text{ kN}$

Toplam hareketli yük, $q = 83.3 \text{ kN}$

$$N_d = 1.4 \times 181.0 \times + 1.6 \times 83.3 = 386.8 \text{ kN}$$

S107 Kolonuna Gelen Yükler

Sabit yük, $g = 157.5 \text{ kN}$

Hareketli yük : $5 \times 3.0 \times 4.025 = 60.4 \text{ kN}$

Kar yükü : $0.75 \times 3.0 \times 4.025 = 9.1 \text{ kN}$

Toplam hareketli yük, $q = 69.4 \text{ kN}$

$$N_d = 1.4 \times 157.2 \times + 1.6 \times 69.4 = 331.6 \text{ kN}$$

Zemin kattaki kolonlara gelen yükler;

S101 kolonuna gelen yük : $N_{d \text{ zemin}} = 196.0 + 32 \times 202.0 = 6658.6 \text{ kN}$

S102 kolonuna gelen yük : $N_{d \text{ zemin}} = 418.5 + 32 \times 436.9 = 14400.1 \text{ kN}$

S103 kolonuna gelen yük : $N_{d \text{ zemin}} = 349.8 + 32 \times 364.8 = 12024.8 \text{ kN}$

S104 kolonuna gelen yük : $N_{d \text{ zemin}} = 300.9 + 32 \times 146.4 = 12024.8 \text{ kN}$

S105 kolonuna gelen yük : $N_{d \text{ zemin}} = 464.0 + 32 \times 485.4 = 15997.0 \text{ kN}$

S106 kolonuna gelen yük : $N_{d \text{ zemin}} = 386.8 + 32 \times 404.1 = 13319.0 \text{ kN}$

S107 kolonuna gelen yük : $N_{d \text{ zemin}} = 331.6 + 32 \times 346.1 = 11407.1 \text{ kN}$

Buna göre köşelerde $185\text{cm} \times 50\text{cm} / 235\text{cm} \times 50\text{cm}$ boyutunda “L” kolonlar, x doğrultusunda $150\text{cm} \times 50\text{cm}$ boyutunda dikdörtgen kolonlar ve y doğrultusunda ise $50\text{cm} \times 150\text{cm}$ boyutunda dikdörtgen kolonlar kullanılmıştır.

DBYBHY’de “ $N_d \leq 0.75 \times f_{cd} \times A_c$ olmalıdır” koşulunun S105 kolonunda yukarıda belirtilen boyutlar kullanıldığında sağlanmadığı görülür. Aynı boyutlar kullanılarak yapı SAP 2000’de modellendiğinde zemin katta S105 kolonuna gelen eksenel kuvvetin 11142 kN olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu değer S105 kolonunun boyutlarının yeterli olduğunu göstermektedir. Bu yüzden yapının elemanlarının boyutlandırılması, kullanılan idealleştirme yöntemi neticesinde elde edilen boyutlar, SAP 2000 ile bulunan değerlerle karşılaştırılarak yapılmıştır. Çizelge 3.1’de bilgisayar programıyla hesaplanan zemin kat kolonlarına gelen eksenel kuvvetler ve

belirlenen kesit boyutlarının taşıyabileceği kuvvetler verilmiştir. Çizelge 3.1’de verilen kesitin taşıyabileceği eksenel kuvvet Denk. 3.1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$A_c \times 0.5 \times f_{ck} \geq N_{dm} \quad (3.1)$$

Kolon boyutları 15. kata kadar değiştirilmemiş, 16. ve 16. katın üstündeki katlarda, köşelerde 195cm×40cm/235cm×40cm boyutunda “L” kolonlar, x doğrultusunda 100cm×50cm boyutunda dikdörtgen kolonlar ve y doğrultusunda 40cm×100cm dikdörtgen kolonlar kullanılmıştır.

Çizelge 3.1 : Zemin Kat Kolonlarının Eksenel Kuvvetleri

Kolon	SAP 2000 ile Bulunan Eksenel Kuvvet (kN)	Kesit Alanı (m²)	Kesitin Taşıyabileceği Eksenel Kuvvet (kN)	Kesit
S101	24242.5	2.10	36750	Yeterli
S102	11123.9	0.75	13125	Yeterli
S103	11044.8	0.75	13125	Yeterli
S104	10565.3	0.75	13125	Yeterli
S105	11562.0	0.75	13125	Yeterli
S106	11737.1	0.75	13125	Yeterli
S107	11399.4	0.75	13125	Yeterli

3.5 Perde Boyutlarının Belirlenmesi

DBYBHY’de perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanları olarak tanımlanmıştır. Perdelerin gövde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/20’sinden ve 200 mm’den az olmamalıdır. Perdelerin uç bölgelerinde ise kalınlıkları kat yüksekliğinin 1/15’inden ve 200 mm’den az olmamalıdır. Buna göre yapının çekirdek bölgesinde kullanılan perdelerde, dışta bulunan perdelerin kalınlığı 40 cm, çekirdeğin iç kısmında kullanılan perdelerin kalınlığı ise 20 cm öngörülmüştür. Kaset döşemelerin çekirdeğe bağlanması çekirdeğin dış kısmını saran 40 cm yüksekliğe ve 117.5 cm genişliğe sahip düzlem içinde rijit plak döşemelerle sağlanmıştır.

Bu yapıda asansör ve merdiven boşluklarını içeren bir çekirdek mevcuttur. Bu çekirdek alanının çevresi perde duvarlarla kapatılmış ve perde duvarlar yapı yüksekliği boyunca devam ettirilerek bir çekirdek perde sistemi oluşturulmuştur.

4. STATİK VE DİNAMİK ANALİZ

4.1 Bina Ağırlığının Hesabı

4.1.1 Normal kat ağırlığı (1. ile 14. katlar arasındaki katlar için)

Kaset döşemenin ağırlığını belirlenmesi

Kaset ara kiriş kesitleri 15cm×40cm olarak belirlenmişti, y doğrultusunda toplam boyu 25.85 m olan 10 adet, toplam boyu 5.725 m olan 22 adet diş, x doğrultusunda ise toplam boyu 25.85 m olan 8 adet, toplam boyu 6.925 m olan 26 adet diş mevcuttur. Ortak mesafe(ortak mesafe kirişlerin ortak olarak kesiştikleri bölüm) 15cm/birleşimdir. Toplam 298 adet birleşim mevcuttur.

$$10 \times 25.85 = 258.5 \text{ m}$$

$$22 \times 5.725 = 125.95 \text{ m}$$

$$8 \times 25.85 = 206.80 \text{ m}$$

$$26 \times 6.925 = 180.05 \text{ m}$$

$$\text{Toplam diş uzunluğu} = 771.30 - 298 \times 0.15 = 726.60 \text{ m}$$

Yapı planında döşemenin kapladığı toplan alan,

$$A = 25.85 \times 25.85 - 12 \times 14.4 = 495.423 \text{ m}^2$$

$$\text{Birime düşen kalınlık} = \frac{726.60 \times 0.15 \times 0.28}{495.423} = 0.062 \text{ m ve tabla kalınlığı} = 12 \text{ cm ise}$$

$$\text{Kaset döşemenin birime düşen kalınlığı} = 0.062 + 12 = 0.192 \text{ m} = 19.2 \text{ cm}$$

$$\text{-Kaset döşeme ağırlığı} = 0.192 \times 495.423 \times 25 = 2378.0 \text{ kN}$$

$$\text{-Çekirdek bölgesindeki} = 9.4 \times 2.44 + 2 \times 2.3 \times 2.3 \times 0.20 \times 25 = 167.6 \text{ kN}$$

döşeme ağırlığı

$$\text{-Çekirdekbölgesindeki} = 2 \times 12 \times 1.175 + 2 \times 12.6 \times 1.175 \times 0.4 \times 25 = 578.1 \text{ kN}$$

rijit plak ağırlığı

$$\text{-Kolonları birbirine bağlayan} = 27.30 \times 4 \times (0.4 \times 0.725 + 0.4 \times 0.4) \times 25 = 1228.5 \text{ kN}$$

Kiriş ağırlıkları

$$\begin{aligned}
-40/80 \text{ kiriş ağırlıkları} &= 2 \times 9.4 + 2 \times 6 \times 0.4 \times 0.8 \times 25 = 246.4 \text{ kN} \\
-20/140 \text{ kiriş ağırlıkları} &= 2 \times 1.0 \times 0.2 \times 1.4 \times 25 = 14 \text{ kN} \\
-L \text{ kolon ağırlıkları} &= 4 \times 2.35 \times 0.5 + 1.85 \times 0.5 \times 3.0 \times 25 = 630 \text{ kN} \\
-50/150 \text{ kolon ağırlıkları} &= 24 \times 0.5 \times 1.5 \times 3.0 \times 25 = 1350 \text{ kN} \\
-Duvar ağırlıkları &= 4 \times 27.3 \times 6 = 655.2 \text{ kN} \\
-40 \text{ cm'lik perde duvar ağırlıkları} &= 2 \times 9.4 + 4 \times 5.1 \times 3 \times 0.4 \times 25 = 1176 \text{ kN} \\
-20 \text{ cm'lik perde duvar ağırlıkları} &= 2 \times 3.1 \times 4 \times 2.3 + 2 \times 5.3 \times 0.2 \times 25 = 130 \text{ kN} \\
-Karo,sıva,tesviye beton ağırlıkları &= \\
495.423 + 9.4 \times 2.44 + 2 \times 2.3 \times 2.3 + 2 \times 12 \times 1.175 + 2 \times 12.6 \times 1.175 \times 1.2 &= 704.1 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\sum g_{\text{normal kat}} = 9257.9 \text{ kN}, \quad \sum q_{\text{normal kat}} = 6.5 \times 27.3 \times 27.3 = 4844.4 \text{ kN}$$

$$\text{Toplam kat ağırlığı} = \sum g + 0.3 \times \sum q = 9257.9 + 0.3 \times 4844.4 = 10711.2 \text{ kN}$$

4.1.2 Zemin kat ağırlığı

$$\begin{aligned}
-Kaset döşeme ağırlığı &= 0.192 \times 495.423 \times 25 = 2378.0 \text{ kN} \\
-Çekirdek bölgesindeki döşeme ağırlığı &= 9.4 \times 2.44 + 2 \times 2.3 \times 2.3 \times 0.20 \times 25 = 167.6 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$-Çekirdek bölgesindeki rijit plak ağırlığı = 2 \times 12 \times 1.175 + 2 \times 12.6 \times 1.175 \times 0.4 \times 25 = 578.1 \text{ kN}$$

$$-Kolonları birbirine bağlayan = 27.30 \times 4 \times (0.4 \times 0.725 + 0.4 \times 0.4) \times 25 = 1228.5 \text{ kN}$$

Kiriş ağırlıkları

$$\begin{aligned}
-40/80 \text{ kiriş ağırlıkları} &= 2 \times 9.4 + 2 \times 6 \times 0.4 \times 0.8 \times 25 = 246.4 \text{ kN} \\
-20/140 \text{ kiriş ağırlıkları} &= 2 \times 1.0 \times 0.2 \times 1.4 \times 25 = 14 \text{ kN} \\
-L \text{ kolon ağırlıkları} &= 4 \times 2.35 \times 0.5 + 1.85 \times 0.5 \times 4.0 \times 25 = 840 \text{ kN} \\
-50/150 \text{ kolon ağırlıkları} &= 24 \times 0.5 \times 1.5 \times 4.0 \times 25 = 1800 \text{ kN} \\
-Duvar ağırlıkları &= 4 \times 27.3 \times 6 = 655.2 \text{ kN} \\
-40 \text{ cm'lik perde duvar ağırlıkları} &= 2 \times 9.4 + 4 \times 5.1 \times 3 \times 0.4 \times 25 = 1176 \text{ kN} \\
-20 \text{ cm'lik perde duvar ağırlıkları} &= 2 \times 3.1 \times 4 \times 2.3 + 2 \times 5.3 \times 0.2 \times 25 = 130 \text{ kN} \\
-Karo,sıva,tesviye beton ağırlıkları &= \\
495.423 + 9.4 \times 2.44 + 2 \times 2.3 \times 2.3 + 2 \times 12 \times 1.175 + 2 \times 12.6 \times 1.175 \times 1.2 &= 704.1 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\sum g_{\text{zemin kat}} = 9917.9 \text{ kN}, \quad \sum q_{\text{zemin kat}} = 6.5 \times 27.3 \times 27.3 = 4844.4 \text{ kN}$$

$$\text{Toplam kat ağırlığı} = \sum g + 0.3 \times \sum q = 9917.9 + 0.3 \times 4844.4 = 11371.2 \text{ kN}$$

4.1.3 Normal kat ağırlığı (15. ile 31. katlar arasındaki katlar için)

$$\text{-Kaset döşeme ağırlığı} = 0.192 \times 495.423 \times 25 = 2378.0 \text{ kN}$$

$$\text{-Çekirdek bölgesindeki döşeme ağırlığı} = 9.4 \times 2.44 + 2 \times 2.3 \times 2.3 \times 0.20 \times 25 = 167.6 \text{ kN}$$

$$\text{-Çekirdek bölgesindeki rijit plak ağırlığı} = 2 \times 12 \times 1.175 + 2 \times 12.6 \times 1.175 \times 0.4 \times 25 = 578.1 \text{ kN}$$

$$\text{-Kolonları birbirine bağlayan Kiriş ağırlıkları} = 27.30 \times 4 \times (0.4 \times 0.725 + 0.4 \times 0.4) \times 25 = 1228.5 \text{ kN}$$

$$\text{-40/80 kiriş ağırlıkları} = 2 \times 9.4 + 2 \times 6 \times 0.4 \times 0.8 \times 25 = 246.4 \text{ kN}$$

$$\text{-20/140 kiriş ağırlıkları} = 2 \times 1.0 \times 0.2 \times 1.4 \times 25 = 14 \text{ kN}$$

$$\text{-L kolon ağırlıkları} = 4 \times 2.35 \times 0.4 + 1.95 \times 0.4 \times 3.0 \times 25 = 516 \text{ kN}$$

$$\text{-50/150 kolon ağırlıkları} = 24 \times 0.4 \times 1.0 \times 3.0 \times 25 = 720 \text{ kN}$$

$$\text{-Duvar ağırlıkları} = 4 \times 27.3 \times 6 = 655.2 \text{ kN}$$

$$\text{-40 cm'lik perde duvar ağırlıkları} = 2 \times 9.4 + 4 \times 5.1 \times 3 \times 0.4 \times 25 = 1176 \text{ kN}$$

$$\text{-20 cm'lik perde duvar ağırlıkları} = 2 \times 3.1 \times 4 \times 2.3 + 2 \times 5.3 \times 0.2 \times 25 = 130 \text{ kN}$$

$$\text{-Karo,sıva,tesviye beton ağırlıkları} =$$

$$495.423 + 9.4 \times 2.44 + 2 \times 2.3 \times 2.3 + 2 \times 12 \times 1.175 + 2 \times 12.6 \times 1.175 \times 1.2 = 704.1 \text{ kN}$$

$$\sum g_{\text{zemin kat}} = 9173.9 \text{ kN}, \quad \sum q_{\text{zemin kat}} = 6.5 \times 27.3 \times 27.3 = 4844.4 \text{ kN}$$

$$\text{Toplam kat ağırlığı} = \sum g + 0.3 \times \sum q = 9173.9 + 0.3 \times 4844.4 = 10627.2 \text{ kN}$$

4.1.4 Çatı katı tavan döşemesi ağırlığı

$$\sum g_{\text{çatı katı}} = \sum g_{\text{normal kat}} + g_{\text{asansör}} - g_{\text{duvar}}$$

$$\sum g_{\text{çatı katı}} = 9173.9 + 16 \times 9.81 \times 10 - 655.2 = 10088.3 \text{ kN}$$

$$\sum q_{\text{çatı katı}} = \text{hareketli yük} + \text{kar yükü}$$

$$\sum q_{\text{çatı katı}} = 5 \times 27.3 \times 27.3 + 0.75 \times 27.3 \times 27.3 = 4285.4$$

$$\text{Toplam kat ağırlığı} = \sum g + 0.3 \times \sum q = 10088.31 + 0.3 \times 4285.418 = 11373.9 \text{ kN}$$

4.1.5 Bina toplam ağırlığı

$$\text{Zemin Kat Toplam Ağırlığı} = 11371.2 \text{ kN}$$

$$\text{1. ve 14. Katların Arasındaki Katların Toplam Ağırlığı} = 14 \times 10711.224 = 149957.1 \text{ kN}$$

$$\text{15. ve 31. Katların Arasındaki Katların Toplam Ağırlığı} = 17 \times 10627.22 = 180662.7 \text{ kN}$$

$$\text{Çatı Katı Toplam Ağırlığı} = 11373.9 \text{ kN}$$

$$\text{Bina Toplam Ağırlığı} = 353365.0 \text{ kN}$$

4.2 Yapı Sisteminin Bilgisayar Programı Kullanılarak Modellenmesi

Bu çalışmada sistemin modellenmesi SAP 2000 programı kullanılarak yapılmıştır. SAP 2000 programı, genel amaçlı bir yapı analiz programıdır. Kullanılan bilgisayar programında, modellemenin görsel olarak yapılabilmesi, karmaşık ve büyük olan bu yapının modellenmesinde büyük kolaylık sağlamıştır. Sistem üç boyutlu olarak modellendikten sonra sabit ve hareketli yükler sisteme etkilmiştir. Yapının üç boyutlu hesap modeli Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.

Deprem yüklerinin belirlenebilmesinde kullanılacak toplam kütlenin birleşenleri, sabit yükün % 100'ü, hareketli yükün % 30'u ve kar yükünün % 30'u olarak tanımlanmıştır. Ayrıca her kat döşemesinin, yatay deprem yükleri etkisi altında, kendi düzlemleri içinde, rijit cisim hareketi yaptığını belirtmek için her katta ayrı ayrı rijit diyaframlar tanımlanmıştır. Fakat bilgisayar programıyla rijit diyafram tanımlarken döşemelerin sürekliliğine dikkat edilmelidir. Döşeme içindeki mevcut olan büyük boşluklar, döşemenin rijit diyafram hareketi yapmasını engelleyebilir.

Rijit diyafram hareketi yaptığı düşünülen bir kat döşemesi, zemine paralel düzlem içinde iki doğrultuda öteleme ve yükseklik boyunca uzanan eksen etrafında dönme olmak üzere toplam 3 tane serbestlik derecesine sahiptir. Rijit diyafram hareketi sonucu, bir döşeme içindeki bir noktada yer değiştirme ve dönme değerleri bilinirse, döşeme içindeki diğer tüm noktalarda bu değerler de belirlenebilir.

Söz konusu yapı, 33 adet kata sahip olduğundan, her katta 3(Rijit diyafram hareketi sonucu) tane olmak üzere toplamda 99 tane serbestlik derecesine sahiptir. Bu yüzden

doğal titreşim periyotlarının belirlenmesinde, program yardımıyla, yapıya ait ilk 99 doğal titreşim modu bulunmuştur. Çizelge A.1’de, bulunan modların periyotları ve yer değiştirmeler doğrultusundaki kütle katılım oranları verilmiştir.

DBYBHY’nin 2.8.3.1. maddesinde, hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, göz önüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının, hiç bir zaman bina toplam kütlelerinin %90’ından daha az olmaması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkin kütlesi, bina toplam kütlelerinin %5’inden büyük olan bütün titreşim modlarının da göz önüne alınması gerekmektedir.

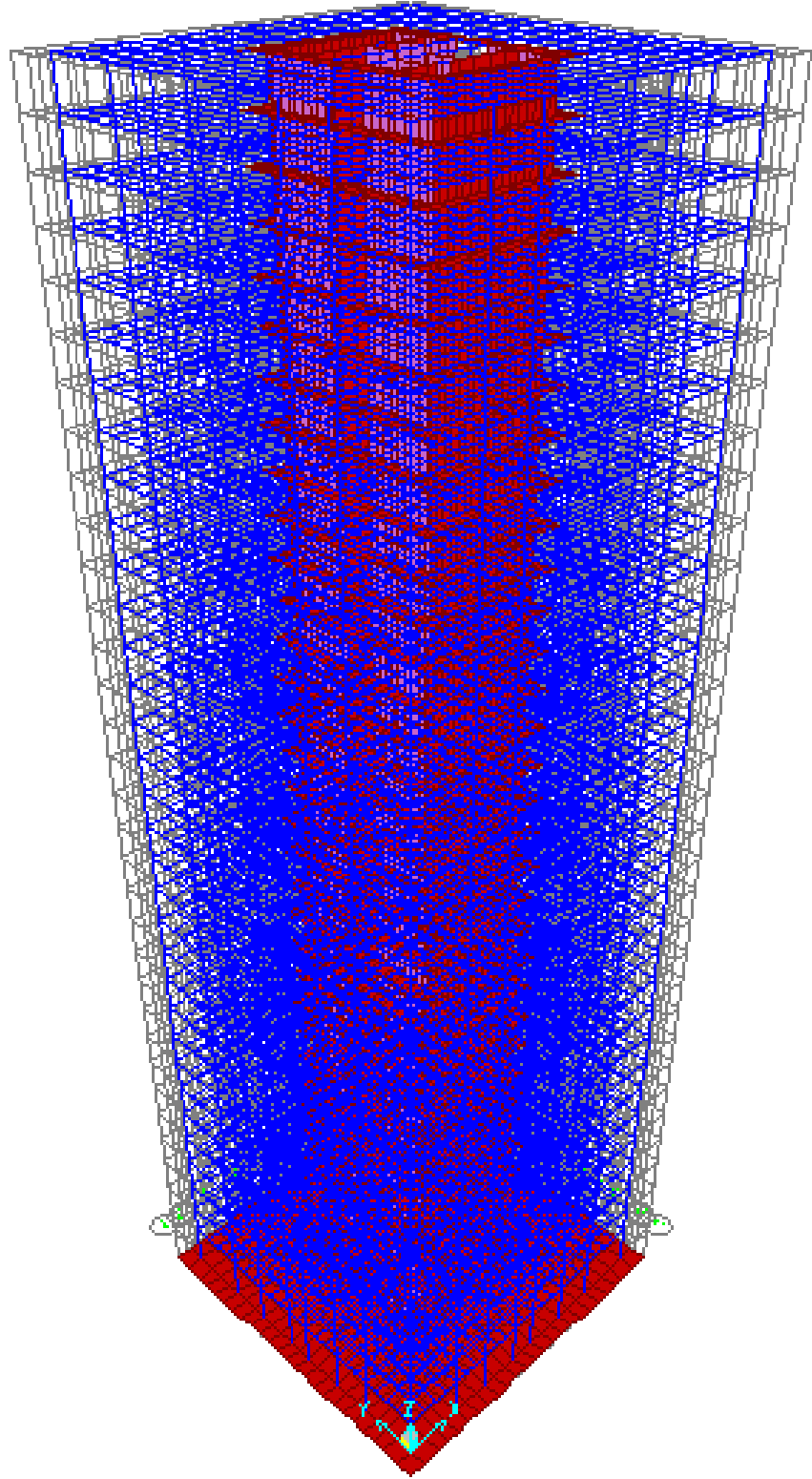
Yukarda belirtilen hükümlere göre, Çizelge A.1 incelendiğinde x doğrultusunda hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısının en az 10, y doğrultusunda ise en az 7 olması gerekmektedir.

Bütün modların hesaba katılması, tasarımın ve analizin bilgisayar tarafından yapılmasına rağmen hesap için gerekli süreyi çok uzatması sebebiyle tercih edilmemiştir. Bu yüzden analiz ve tasarım için yukarıda belirtilen yeterli titreşim mod sayıları kullanılmıştır.

4.3 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle Hesap

Yapının deprem hesabı, yapı DBYBHY’de Çizelge 2.6.(aşağıda Çizelge 4.1 olarak verilmiştir)’da belirtilen Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’nin uygulanabileceği binaların dışında kaldığı için deprem hesabı Mod Birleştirme veya Zaman Tanım Alanında Hesap yöntemlerinden biri kullanılarak yapılmalıdır. Bu çalışmada Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmıştır. Fakat DBYBHY’nin 2.8.5. maddesinde, Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak bulunan bina toplam deprem yükünün, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile bulunan bina toplam deprem yüküne oranının bir alt sınırı bulunmaktadır. Düzensizlik bulunmayan yapılarda bu alt sınır 0.80, A1, B2 veya B3 düzensizliklerinden en az birinin bulunması durumunda 0.9 değerini almaktadır. Bu alt sınırın aşılması durumunda Mod Birleştirme Yöntemi ile bulunan tüm iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklüklerinin aşağıdaki gibi büyütülmesinin gerektiği belirtilmiştir.

$$B_D = \frac{\beta \times V_t}{V_{tB}} B_B \quad (4.1)$$



Şekil 4.1 : Yapının üç boyutlu hesap mode

B_D : B_B büyüklüğüne ait büyütülmüş değer

B_B : Mod Birleştirme Yöntemi'nde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük

V_t : Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak bulunan bina toplam deprem yükü

V_{tb} : Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak bulunan bina toplam deprem yükü

Çizelge 4.1 : Eşdeğer Deprem Yüğü'nün Uygulanabileceği Yerler

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

Deprem yüklerinin belirlenmesi için kullanılan Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$, aşağıda Denk.(4.2.)(DBYBHY'de Denk.(2.1.)) ile verilmiştir. Spektral ivme katsayısı ile yerçekimi ivmesi, g çarpılarak elde edilen Elastik Spektral İvme, S_{ae} , %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumu'nun ordinatıdır.

$$A(T)=A_0 \times I \times S(T)$$

$$S_{ae}(T)=A(T) \times g$$

(4.2)

$A(T)$: Spektral İvme Katsayısı

A_0 : Etkin Yer ivmesi katsayısı

I : Bina Önem Katsayısı

$S(T)$: Spektrum Katsayısı

g : Yerçekimi İvmesi

S_{ae} : Elastik Spektral İvme

Yapı 1. deprem bölgesindedir. Etkin Yer İvmesi Katsayısı, A_0 , DBYBHY Çizelge 2.2(Aşağıda Çizelge 4.2 olarak verilmiştir)'ye göre 0.40 olmalıdır.

Çizelge 4.2 : Deprem Bölgelerine Göre Etkin Yer İvmesi Katsayısı

<i>Deprem Bölgesi</i>	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

SAP 2000 kullanılarak, binanın x yönündeki 1. doğal titreşim periyodu $T_{1x} = 2.81$ s, y yönündeki 1. doğal titreşim periyodu ise $T_{1y} = 2.86$ s bulunmuştur.

Yapının inşa edileceği zemin Z1 zemin sınıfındadır. DBYBHY'deki Çizelge 2.4.(aşağıda Çizelge 4.3 olarak verilmiştir)'e göre Spektrum Karakteristik Periyotları Z1 sınıfı için şöyle olmalıdır;

$$T_A = 0.10 \text{ s}$$

$$T_B = 0.30 \text{ s}$$

Çizelge 4.3 : Yerel Zemin Sınıflarına Göre Spektrum Karakteristik Periyotları

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

Bina önem katsayısı, I , binanın kullanım amacı ve türüne göre değişmektedir. DBYBHY Çizelge 2.3.'e göre konut, işyeri, bina türü endüstri yapılar için Bina Önem Katsayısı, $I=1.0$ olmalıdır.

Spektrum Katsayısı, $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanmalıdır.

$$\begin{aligned} S(T) &= 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} & (0 \leq T \leq T_A) \\ S(T) &= 2.5 & (T_A < T \leq T_B) \\ S(T) &= 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} & (T_B < T) \end{aligned} \quad (4.3)$$

Buna göre;

$$T_{1x} = 2.81 \text{ s} > T_B = 0.30 \text{ s} \Rightarrow S(T_{1x}) = 2.5 \left(\frac{0.3}{2.81} \right)^{0.8} = 0.418$$

$$T_{1Y} = 2.86 \text{ s} > T_B = 0.30 \text{ s} \Rightarrow S(T_{1Y}) = 2.5 \left(\frac{0.3}{2.86} \right)^{0.8} = 0.412$$

Yapı sistemleri elastoplastik davranış gösterdiğinden, taşıyıcı sistemin sadece elastik davranışı esas alınarak bulunan elastik deprem yüklerine göre tasarım yapmak, ekonomik olmayan büyük boyutların ortaya çıkmasına neden olur. Gerçekte de, yapının kullanma ömrü boyunca meydana gelme olasılığı düşük olan bir etkinin de sürekli taşınan yükler gibi göz önüne alınması anlamlı değildir. Deprem yönetmeliği meydana gelme olasılığı düşük olan bu deprem etkinsinin taşıyıcı sistemin elastik ötesi kapasitesinin de göz önüne alınarak taşınmasına izin verir. Taşıyıcı sistemin elastik ötesi davranışına dayanan kapasitenin belirlenmesi doğrusal olmayan çözümlemeyi gerektirdiği için lineer teori ile elde edilen değerler süneklik oranına bağlı bir katsayı ile azaltılır. Bu katsayı DBYBHY’de Deprem Yüğü Azaltma katsayısı olarak geçer. Deprem Yüğü Azaltma katsayısı, DBYBHY Çizelge 2.5.’de, çeşitli taşıyıcı sistemler için tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R’ye ve doğal titreşim periyodu, T’ye bağlı olarak aşağıda verilen Denk. 4.4 ile hesaplanır.

$$\begin{aligned} R_A(T) &= 1.5 + (R-1.5) \frac{T}{T_A} & (0 \leq T \leq T_A) \\ R_A(T) &= R & (T_A < T) \end{aligned} \quad (4.4)$$

DBYBHY Çizelge 2.5’te deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşınan ve süneklik düzeyi yüksek sistemlere sahip yapılarda taşıyıcı sistem davranış katsayısının üst sınırının 7 alınması gerektiği belirtilmiştir. Buna göre bu yapının taşıyıcı sistem davranış katsayısı, R= 6 olarak belirlenmiştir.

Buna göre;

$$T_{1x} = 2.81 \text{ s} > T_A = 0.10 \text{ s} \Rightarrow R_a(T_{1x}) = R = 6$$

$$T_{1Y} = 2.86 \text{ s} > T_A = 0.10 \text{ s} \Rightarrow R_a(T_{1Y}) = R = 6$$

x ve y yönünde binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükleri, aşağıda verilen Denk. 4.5 kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$V_t = \frac{W \times A(T_1)}{R_a(T_1)} \quad (4.5)$$

$$A(T_1) = A_0 \times I \times S(T_1) \Rightarrow$$

$$A(T_{1x}) = 0.40 \times 1.0 \times 0.418 = 0.167 \quad V_{tx} = \frac{353365.0 \times 0.167}{6.0} = 9835.3 \text{ kN}$$

$$A(T_{1y}) = 0.40 \times 1.0 \times 0.412 = 0.165 \quad V_{ty} = \frac{353365.0 \times 0.165}{6.0} = 9717.5 \text{ kN}$$

4.4 Mod Birleştirme Yöntemi İle Dinamik Hesabın Yapılması

Mod birleştirme yöntemi ile en büyük iç kuvvetler ve yer değiştirmeler, yapıda yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi sonucu elde edilir. Bu yöntemi, el ile hesap yaparken kullanmak sadece küçük ve basit yapılar için mümkün olabilir.

SAP 2000 bilgisayar programı ile üç boyutlu olarak modellenmiş yapının dinamik hesabı, aşağıda Şekil 4.2 ile verilen spektrum diyagramı kullanılarak, mod birleştirme yöntemi ile yapılmıştır.

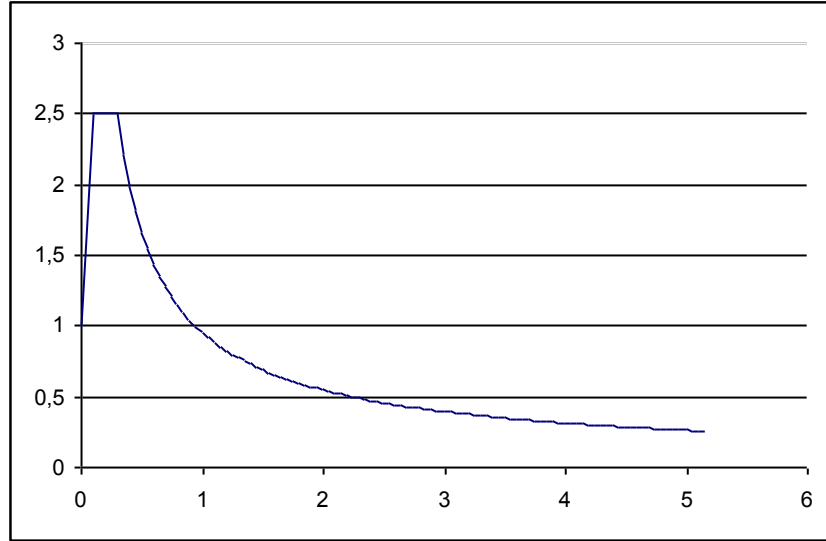
DBYBHY’de, maksimum mod katkılarının birleştirilmesinde göz önüne alınması gereken kistas, T_m/T_n oranıdır. T_m ve T_n , $T_m < T_n$ olmak üzere herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotlardır. Maksimum mod katkıları, $T_m / T_n < 0.80$ ise Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı uygulanarak, eğer bu koşul sağlanmıyorsa Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanarak birleştirilir.

Yapının ilk iki modu göz önüne alındığında,

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{2.81}{2.86} = 0.98 > 0.80 \quad \text{olduğu görülmüştür. Bu yüzden mod katkılarının}$$

birleştirilmesi, Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı’na göre yapılmıştır.

Bilgisayar programı kullanılarak yapılan dinamik hesapta, Spektrum Ölçek Katsayısı ve Yük Birleşimi Ölçek Katsayısı Denk. (4.6) ve (4.7)’da verilmiştir.



Şekil 4.2 : Spektrum Diyagramı

$$\text{Spektrum Ölçek Katsayısı} = A_0 \times g \quad (4.6)$$

$$\text{Yük Birleşimi Ölçek Katsayısı} = 1/R \quad (4.7)$$

Etkin Yer İvme Katsayısı, $A_0 = 0.40$ ve Taşıyıcı Sistem Katsayısı, $R = 6$ olduğuna göre dinamik hesapta kullanılacak parametreler;

$$\text{Spektrum Ölçek Katsayısı} = 0.40 \times 9.81 = 3.924$$

$$\text{Yük Birleşimi Ölçek Katsayısı} = 1/6 = 0.167 \text{ olmaktadır.}$$

Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak, SAP 2000 ile bulunan, x ve y yönlerindeki bina toplam deprem yükleri, V_{tBx} , V_{tBy} ve bu yüklerin Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanan, x ve y yönlerindeki bina toplam deprem yükleri V_{tx} ve V_{ty} 'ye oranı aşağıda verilmiştir.

$$V_{tBx} = 11032.2 \text{ kN} \quad V_{tx} = 9835.3 \text{ kN} \Rightarrow \frac{V_{tBx}}{V_{tx}} = \frac{11031.2}{9835.3} = 1.12 > 0.80$$

$$V_{tBy} = 10537.0 \text{ kN} \quad V_{ty} = 9717.5 \text{ kN} \Rightarrow \frac{V_{tBy}}{V_{ty}} = \frac{10537.0}{9717.5} = 1.08 > 0.80$$

Buna göre, Denk. 4.1'in kullanılmasına gerek yoktur ve bundan sonra yapılan hesaplama ve kontrollerde Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak bulunan yer değiştirme ve iç kuvvet büyüklükleri kullanılmıştır.

4.5 Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü

DBYBHY’de, yapı içerisindeki mevcut kolon veya perdelerin herhangi biri için, aşağıda Denk. (4.8)(DBYBHY’de Denk.(2.17)) ile verilmiş, azaltılmış görelî kat ötelemesi, Δ_i , iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eder. Denklem’in içerisindeki d_i ve d_{i-1} , yapıda bulunan herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yükleri sonucu oluşan yer değiştirmeleri ifade etmektedir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (4.8)$$

Denk. 4.10(DBYBHY’de Denk. (2.18)) ile bulunan azaltılmış görelî kat ötelemesi, Δ_i , ile taşıyıcı sistem davranış katsayısı çarpılarak etkin görelî kat ötelemesi, δ_i , elde edilir(Denk. 4.9).

$$\delta_i = R \times \Delta_i \quad (4.9)$$

Yapının herhangi bir katında mevcut olan kolon veya perdelerde, her bir deprem doğrultusu için, yukarda Denk. (4.9) ile hesaplanan etkin görelî kat ötelemesinin en büyüğü olan $\delta_{i \max}$ ’ın aşağıda Denk. (4.12)(DBYBHY’de Denk. (2.19)) ile verilmiş koşulu sağlaması gerekir. Bu koşulun herhangi bir katta sağlanamaması durumunda taşıyıcı sistemin rijitliği arttırılarak deprem hesabının yeniden yapılmasının gerektiği, DBYBHY’nin 2.10.1.4 maddesinde belirtilmiştir

$$\frac{\delta_{i \max}}{h_i} \leq 0.02 \quad (4.10)$$

Söz konusu yapıya ait x ve y yönlerindeki azaltılmış etkin görelî kat ötelemeleri ve etkin görelî kat ötelemeleri Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’da verilmiştir. Her bir deprem doğrultusu için Denk. (4.10) ile verilen koşulun, yapının her katında sağlandığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.4 : X Yönünde Görelî Kat Ötelemeleri

Katlar (i)	d _i (m)	h _i (m)	Δ _i (m)	δ _i = R × Δ _i (m)	δ _i / h _i
Çatı katı	-0.0618	3	0.0021	0.0126	0.0042
31	-0.0597	3	0.0019	0.0114	0.0038
30	-0.0578	3	0.0020	0.0120	0.0040
29	-0.0558	3	0.0020	0.0120	0.0040
28	-0.0538	3	0.0020	0.0120	0.0040
27	-0.0518	3	0.0021	0.0126	0.0042
26	-0.0497	3	0.0021	0.0126	0.0042
25	-0.0476	3	0.0021	0.0126	0.0042
24	-0.0455	3	0.0021	0.0126	0.0042
23	-0.0434	3	0.0021	0.0126	0.0042
22	-0.0413	3	0.0022	0.0132	0.0044
21	-0.0391	3	0.0020	0.0120	0.0040
20	-0.0371	3	0.0023	0.0138	0.0046
19	-0.0348	3	0.0022	0.0132	0.0044
18	-0.0326	3	0.0021	0.0126	0.0042
17	-0.0305	3	0.0022	0.0132	0.0044
16	-0.0283	3	0.0021	0.0126	0.0042
15	-0.0262	3	0.0022	0.0132	0.0044
14	-0.0240	3	0.0020	0.0120	0.0040
13	-0.0220	3	0.0021	0.0126	0.0042
12	-0.0199	3	0.0020	0.0120	0.0040
11	-0.0179	3	0.0020	0.0120	0.0040
10	-0.0159	3	0.0019	0.0114	0.0038
9	-0.0140	3	0.0018	0.0108	0.0036
8	-0.0122	3	0.0018	0.0108	0.0036
7	-0.0104	3	0.0018	0.0108	0.0036
6	-0.0086	3	0.0016	0.0096	0.0032
5	-0.0070	3	0.0015	0.0090	0.0030
4	-0.0055	3	0.0011	0.0066	0.0022
3	-0.0044	3	0.0072	0.0432	0.0144
2	0.0028	3	0.0011	0.0066	0.0022
1	0.0017	3	0.0009	0.0054	0.0018
Zemin	0.0008	4	0.0008	0.0048	0.0012

$$\left(\frac{\delta_i}{h_i} \right)_{\max} = 0.0114 < 0.02$$

X yönünde her katta $\frac{\delta_i}{h_i} \leq 0.02$ koşulu sağlanmaktadır.

Çizelge 4.5 : Y Yönünde Görelî Kat Ötelemeleri

Katlar (i)	d _i (m)	h _i (m)	Δ _i (m)	δ _i = R × Δ _i (m)	δ _i / h _i
Çatı katı	0.0594	3	0.0015	0.0090	0.0030
31	0.0579	3	0.0014	0.0084	0.0028
30	0.0565	3	0.0015	0.0090	0.0030
29	0.0550	3	0.0016	0.0096	0.0032
28	0.0534	3	0.0016	0.0096	0.0032
27	0.0518	3	0.0017	0.0102	0.0034
26	0.0501	3	0.0017	0.0102	0.0034
25	0.0484	3	0.0018	0.0108	0.0036
24	0.0466	3	0.0017	0.0102	0.0034
23	0.0449	3	0.0021	0.0126	0.0042
22	0.0428	3	0.0019	0.0114	0.0038
21	0.0409	3	0.0020	0.0120	0.0040
20	0.0389	3	0.0020	0.0120	0.0040
19	0.0369	3	0.0020	0.0120	0.0040
18	0.0349	3	0.0021	0.0126	0.0042
17	0.0328	3	0.0021	0.0126	0.0042
16	0.0307	3	0.0021	0.0126	0.0042
15	0.0286	3	0.0021	0.0126	0.0042
14	0.0265	3	0.0020	0.0120	0.0040
13	0.0245	3	0.0021	0.0126	0.0042
12	0.0224	3	0.0020	0.0120	0.0040
11	0.0204	3	0.0021	0.0126	0.0042
10	0.0183	3	0.0020	0.0120	0.0040
9	0.0163	3	0.0020	0.0120	0.0040
8	0.0143	3	0.0020	0.0120	0.0040
7	0.0123	3	0.0019	0.0114	0.0038
6	0.0104	3	0.0019	0.0114	0.0038
5	0.0085	3	0.0018	0.0108	0.0036
4	0.0067	3	0.0017	0.0102	0.0034
3	0.0050	3	0.0084	0.0504	0.0168
2	-0.0034	3	0.0054	0.0324	0.0108
1	0.0020	3	0.0011	0.0066	0.0022
Zemin	0.0009	4	0.0009	0.0054	0.0014

$$\left(\frac{\delta_i}{h_i} \right)_{\max} = 0.0168 < 0.02$$

Y yönünde her katta $\frac{\delta_i}{h_i} \leq 0.02$ koşulu sağlanmaktadır.

5. BETONARME HESAPLAR

Basınç dayanımı yüksek olmasına rağmen beton düşük çekme dayanımına sahiptir. Bu yüzden beton, çekme dayanımı yüksek çelikle donatılarak betonarme yapı malzemesi oluşturulur.

Burada dikkat edilmesi gereken husus konulan donatının oranıdır. Dış etkiler altında eğilmeye zorlanan bir kesitte, basınca maruz kalan betonun en büyük kışalmasını yapmadan önce çekme gerilmesini karşılayan çelik donatının akması gerekir. Bunun nedeni betonarme kesitin sünek bir davranış sergilemesini sağlamaktır. Bu yüzden betonarme kesitlere, gevrek kırılmayı önlemek için, denge altı donatı konulmalıdır. Dengeli donatı durumunda beton en büyük kışalmasını yaptığı anda çelikte akmaya başlamıştır.

Kesitlerin betonarme hesapları yapılırken, TS 500'e göre belirlenen ve Çizelge 5.1'de verilen yük birleşimleri kullanılarak elde edilen en elverişsiz durum göz önüne alınmıştır.

SAP 2000 bilgisayar programı ile modellenen yapıya Çizelge 5.1'de verilen yük birleşimleri etki ettirilerek, yapının elemanlarının hesabı söz konusu programın yardımıyla elde edilen iç kuvvetler kullanılarak yapılmıştır.

5.1 Döşeme Hesabı

D102 döşemesinin hesabı:

Daha önceki bölümlerde, $h_f = 20$ cm ve $P_d = 16.68$ kN/m² olarak belirlenmişti.

Bu döşemenin bir kısmı sürekli bir kısmı ise süreksizdir. Bu yüzden tasarım kuvvetlerini belirlerken TS 500'de bir doğrultuda çalışan plak döşemeler için verilen moment katsayılarının açıklık ve mesnet momentleri için en elverişsiz sonuçları verenleri kullanılmıştır. Buna göre döşemenin açıklık momenti Denk. 5.1, mesnet momenti ise Denk. 5.2 kullanılarak bulunmuştur.

$$M_d = \frac{P_d \times l^2}{11} \quad (5.1)$$

$$M_d = -\frac{P_d \times l^2}{8} \quad (5.2)$$

Buna göre,

$$M_a = \frac{16.68 \times (2.4)^2}{11} = 8.734 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$M_m = -\frac{16.68 \times (2.4)^2}{8} = -12.01 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Açıklıkta donatı hesabı:

$$K = \frac{b_w \times d^2}{M_{sd}} = \frac{1.00 \times (0.175)^2}{8.734} = 0.00351 \Rightarrow k_s = 2.789$$

$$\Rightarrow A_s = \frac{2.789 \times 8.734}{0.175} = 139.195 \text{ mm}^2/\text{m} = 1.39 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s \min} = 0.002 \times 100 \times 17.5 = 3.5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$A_{s \min} > A_s$ olduğundan $A_s = 3.5 \text{ cm}^2/\text{m}$ olacak şekilde donatı konulacaktır.

Donatı olarak $\phi 8$ seçilirse, $A_{od} + A_{op} = 1.0 \text{ cm}^2$

Düz donatı ve pilye donatı aralığı,

$$s_p = s_d = \frac{1.0 \times 100}{3.5} = 28.57 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm} \text{ olarak belirlenmiştir.}$$

TS 500'e göre döşeme açıklığında donatı aralığı döşeme yüksekliğinin 1.5 katından ve 20 cm'den küçük olmalıdır.

$$s = \frac{30}{2} = 15 \text{ cm} \Rightarrow s = 15 \text{ cm} < 1.5 \times 20 = 30 \text{ cm} \text{ ve } s = 15 \text{ cm} < 20 \text{ cm}$$

Buna göre açıklıkta donatı olarak $\phi 8/30$ düz ve $\phi 8/30$ pilye seçilmiştir. Seçilen donatı alanı 3.35 cm^2 'dir.

Mesnette donatı hesabı:

$$K = \frac{b_w \times d^2}{M_{sd}} = \frac{1.00 \times (0.175)^2}{12.01} = 0.00255 \Rightarrow k_s = 2.801$$

$$\Rightarrow A_s = \frac{k_s \times M_{ds}}{d} = \frac{2.801 \times 12.01}{0.175} = 192.229 \text{ mm}^2/\text{m} = 1.92 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Mevcut donatı, $\phi 8/30$ (1.675 cm^2) yeterlidir, ilave donatıya gerek yoktur.

Çizelge 5.1 : Yük Birleşimleri

Yük Birleşimi	Yük Birleşimi Adı	Yükleme
1	DUSEY1	1.4G+1.6Q
2	R1XP	1.0G+1.3Q+1.3WXP
3	R1XN	1.0G+1.3Q+1.3WXN
4	R1YP	1.0G+1.3Q+1.3WYP
5	R1YN	1.0G+1.3Q+1.3WYN
6	R2XP	0.9G+1.3WXP
7	R2XN	0.9G+1.3WXN
8	R2YP	0.9G+1.3WYP
9	R2YN	0.9G+1.3WYN
10	D1X1	1.0G+1.0Q+1.0EXP+0.3EY
11	D1X2	1.0G+1.0Q+1.0EXP-0.3EY
12	D1X3	1.0G+1.0Q-1.0EXP+0.3EY
13	D1X4	1.0G+1.0Q-1.0EXP-0.3EY
14	D1X5	1.0G+1.0Q+1.0EXN+0.3EY
15	D1X6	1.0G+1.0Q+1.0EXN-0.3EY
16	D1X7	1.0G+1.0Q-1.0EXN+0.3EY
17	D1X8	1.0G+1.0Q-1.0EXN-0.3EY
18	D1Y1	1.0G+1.0Q+1.0EYP+0.3EX
19	D1Y2	1.0G+1.0Q+1.0EYP-0.3EX
20	D1Y3	1.0G+1.0Q-1.0EYP+0.3EX
21	D1Y4	1.0G+1.0Q-1.0EYP-0.3EX
22	D1Y5	1.0G+1.0Q+1.0EYN+0.3EX
23	D1Y6	1.0G+1.0Q+1.0EYN-0.3EX
24	D1Y7	1.0G+1.0Q-1.0EYN+0.3EX
25	D1Y8	1.0G+1.0Q-1.0EYN-0.3EX
26	D2X1	0.9G+1.0EXP+0.3EY
27	D2X2	0.9G+1.0EXP-0.3EY
28	D2X3	0.9G-1.0EXP+0.3EY
29	D2X4	0.9G-1.0EXP-0.3EY
30	D2X5	0.9G+1.0EXN+0.3EY
31	D2X6	0.9G+1.0EXN-0.3EY
32	D2X7	0.9G-1.0EXN+0.3EY
33	D2X8	0.9G-1.0EXN-0.3EY
34	D2Y1	0.9G+1.0EYP+0.3EX
35	D2Y2	0.9G+1.0EYP-0.3EX
36	D2Y3	0.9G-1.0EYP+0.3EX
37	D2Y4	0.9G-1.0EYP-0.3EX
38	D2Y5	0.9G+1.0EYN+0.3EX
39	D2Y6	0.9G+1.0EYN-0.3EX
40	D2Y7	0.9G-1.0EYN+0.3EX
41	D2Y8	0.9G-1.0EYN-0.3EX

Kısa mesnet donatısı:

$$A_{s \text{ menet}} = 0.6 \times A_{s \text{ açıklık}} = 0.6 \times 3.35 = 2.01 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen donatı $\phi 8/20 (2.51 \text{ cm}^2)$

S101 Döşemesinin hesabı:

Daha önceki bölümlerde,

$h_f = 20 \text{ cm}$ ve $P_d = 16.68 \text{ kN/m}^2$ olarak belirlenmişti.

İki doğrultuda çalışan döşemeler için tasarım kuvveti Denk. 5.3 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$M_d = \alpha \times P_d (l_{sn})^2 \quad (5.3)$$

Döşemenin bir ucu sürekli diğer iki ucu perde duvarlara bağlı olduğu için üç kenarı sürekli döşeme için belirlenen α değerleri kullanılmıştır.

$$m = \frac{l_l}{l_s} = \frac{2.3}{2.3} = 1.0 \Rightarrow \alpha_m = -0.042$$

$$\alpha_a = 0.031$$

$$M_m = -0.042 \times 16.68 \times (2.1)^2 = -3.090 \text{ kNm/m}$$

$$M_a = 0.031 \times 16.68 \times (2.1)^2 = 2.280 \text{ kNm/m}$$

Açıklıkta donatı hesabı:

$$K = \frac{b_w \times d^2}{M_{sd}} = \frac{1.0 \times (0.175)^2}{2.280} = 0.0134 \Rightarrow k_s = 2.769$$

$$\Rightarrow A_s = \frac{k_s \times M_{sd}}{d} = \frac{2.769 \times 2.280}{0.175} = 36.076 \text{ mm}^2/\text{m} = 0.36 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\min(\rho_x + \rho_y) = 0.0035 \Rightarrow A_{s_{x+y}} = 0.0035 \times 17.5 \times 100 = 6.125 \text{ cm}^2$$

$$\text{Buna göre açıklıkta x ve y doğrultusunda } A_{s_{\min}} = \frac{6.125}{2} = 3.063 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_s < A_{s_{\min}} \Rightarrow \text{seçilen donatı } \phi 8/15 (3.35 \text{ cm}^2)$$

$$s = 15 \text{ cm} < 1.5 \times 20 = 30 \text{ ve } s = 20 \text{ cm}$$

TS 500'de belirtilen minimum donatı açıklığı sağlanmıştır ve açıklıkta donatı olarak $\phi 8/30$ düz donatı ve $\phi 8/30$ pilye donatı seçilmiştir.

Mesnette donatı hesabı:

$$K = \frac{b_w \times d}{M_{sd}} = \frac{1.0 \times (0.175)^2}{3.090} = 0.00991 \Rightarrow k_s = 2.775$$

$$A_s = \frac{k_s \times M_{sd}}{d} = \frac{2.775 \times 3.090}{0.175} = 36.154 \text{ mm}^2/\text{m} = 0.36 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Mevcut donatı, $\phi 8/30(1.68 \text{ cm}^2)$ yeterlidir ilave donatıya gerek yoktur.

Kaset döşemenin hesabı:

SAP 2000 ile kaset döşemenin dışlarının maruz kalabileceği en büyük pozitif eğilme momenti, $+M_d = 74.474 \text{ kNm}$ olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu tasarım kuvvetine göre konulması gereken alt donatının hesabı şöyledir;

$$K = \frac{b_w \times d^2}{M_{sd}} = \frac{0.15 \times (0.365)^2}{74.474} = 0.000263 \Rightarrow k_s = 2.569$$

$$\Rightarrow A_s = \frac{k_s \times M_{sd}}{d} = \frac{2.569 \times 74.474}{0.365} = 524.18 \text{ mm}^2 = 5.24 \text{ cm}^2$$

Seçilen donatı $2\phi 20(6.28 \text{ cm}^2)$

SAP 2000 ile kaset döşemenin dışlarının maruz kalabileceği en büyük negatif eğilme momenti, $-M_d = 128.3 \text{ kNm}$ olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu tasarım kuvvetine göre konulması gereken üst donatının hesabı şöyledir;

$$K = \frac{b_w \times d^2}{M_{sd}} = \frac{0.15 \times (0.365)^2}{128.3} = 0.000156 \Rightarrow k_s = 3.43$$

$$\Rightarrow A_s = \frac{k_s \times M_{sd}}{d} = \frac{3.43 \times 128.3}{0.365} = 1205.67 \text{ mm}^2 = 12.06 \text{ cm}^2$$

Montaj donatısı $2\phi 12 \quad 2.2 \text{ cm}^2$

Seçilen donatı $3\phi 20 \quad \underline{9.43 \text{ cm}^2}$

Toplam 11.63 cm^2

TS 500'de yüksek asal basınç gerilmeleri nedeni ile gövde betonunun ezilmesini önlemek için tasarım kesme kuvvetini Denk. 5.4 ile sınırlandırılmıştır. Eğer bu değer aşılsa kesit boyutları büyütülmelidir.

$$V_d \leq 0.22 \times f_{cd} \times b_w \times d \quad (5.4)$$

SAP 2000 ile dişlerin maruz kalabileceği en büyük kesme kuvveti, $V_d = 94.1 \text{ kN}$ olarak belirlenmiştir.

$$V_d = 94.1 \text{ kN} < 0.22 \times 23 \times 10^{-3} \times 150 \times 365 = 277.0 \text{ kN}$$

Kesit boyutları yeterlidir.

Tasarım kesme kuvveti, Denk. 5.5 ile verilen eğik çatlama dayanımına eşit veya ondan kkse minimum etriye yeterlidir. Eğer büyükse kesme donatısı hesabı yapılmalıdır.

$$V_{cr} = 0.65 \times f_{ctd} \times b_w \times d \quad (5.5)$$

$$V_r = 0.8 \times 94.086 + 108.131 = 183.4$$

$$V_{cr} = 0.65 \times 1.35 \times 10^{-3} \times 150 \times 365 = 48.0 \text{ kN} < V_d = 94.1 \text{ kN}$$

$V_{cr} < V_d < V_{r \max}$ kesme güvenliği sağlanmıştir fakat minimum etriye yeterli değildir.

Bu yüzden kesme donatısı hesabı yapılacaktır.

Kesme kuvvetinin bir kısmı beton, bir kısmı ise kesme donatısı tarafından karşılanır.

Kesme dayanımı, V_r Denk. 5.6, kesme dayanımına betonun katkısı, V_c Denk. 5.7, kesme dayanımına kesme donatısının katkısı ise Denk. 5.8 ile hesaplanır.

$$V_r = V_c + V_w \quad (5.6)$$

$$V_c = 0.8 \times V_{cr} \quad (5.7)$$

$$V_w = \frac{A_{sw} \times f_{ywd} \times d}{s} \quad (5.8)$$

Etriye olarak $\phi 10/20 \text{ cm}$ seçilerek kesme donatısının katkısı hesaplanırsa;

$$V_w = \frac{2 \times 0.79 \times 37.5 \times 36.5}{20} = 108.1 \text{ kN}$$

Bu donatı ve belirlenen boyutlara sahip kesitin kesme dayanımı;

$$V_r = 0.8 \times 49.359 + 108.131 = 147.6 \text{ kN} > V_d = 94.1 \text{ kN}$$

Buna göre seçilen etriye yeterlidir.

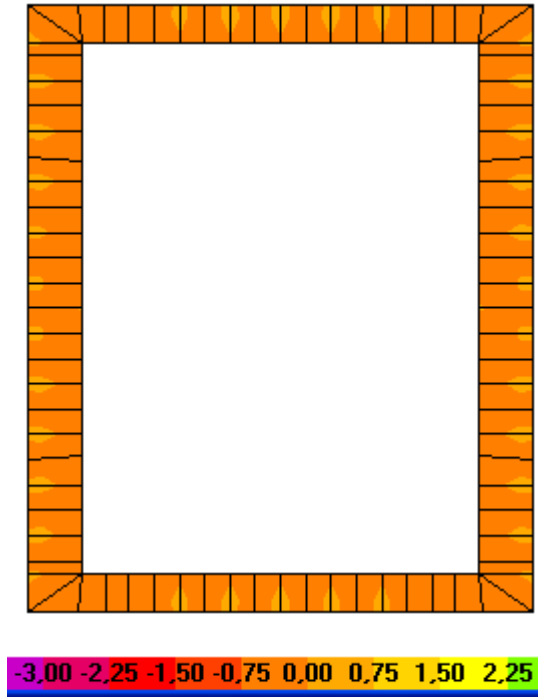
Dişlerin üstündeki plakta her iki doğrultuda dağıtma donatısı bulundurulmalıdır. Bu donatı her bir doğrultuda plak tüm kesit alanının 0.0015’den az, donatı aralığı ise 250 mm’den fazla olmamalıdır.

$$\text{Dağıtma donatısı} = 0.0015 \times 105 \times 12 = 1.89 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Herbir doğrultuda dağıtma donatısı için seçilen donatı $\phi 8/25 \text{ cm}(2.01 \text{ cm}^2/\text{m})$.

Çekirdeğin etrafındaki döşemede donatı hesabı:

Döşeme plağında oluşan eğilme momenti etkileri göz önüne alınarak betonarme hesabı yapılmıştır. SAP 2000 programı ile elde edilmiş olan döşeme plağının M11 ve M22 moment dağılımı Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de verilmiştir.



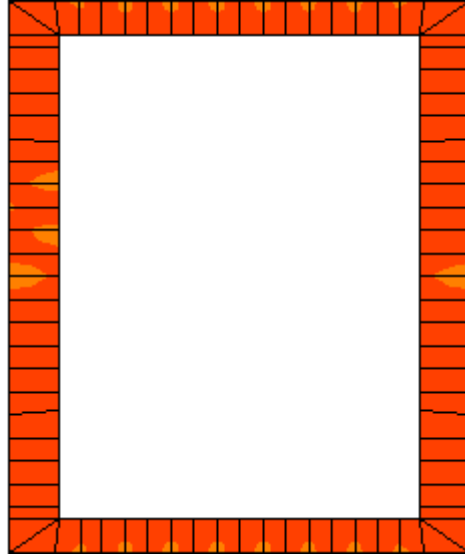
Şekil 5.1 : Döşeme Plağının M11 Moment Dağılımı

Döşeme plağı boyunca üst donatı olarak her iki yönde, TS 500’de döşemeler için konulması gereken minimum donatı yerleştirilmiştir.

$$A_{s \min} = 0.0015 \times 40 \times 100 = 6.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen donatı $\phi 14/20 \text{ cm}(7.70 \text{ cm}^2/\text{m})$

Döşemenin perdelerle birleştiği köşe birleşimlerde y eksenli doğrultusunda 360kNm’lik momente göre ilave donatı yerleştirilmiştir. Bu donatılar döşemenin dıştaki köşelerinden birbirine doğru 2.40 m uzatılmıştır. Arada kalan bölgeye ise 240kNm’lik momente göre yine y eksenli doğrultusunda ilave donatı yerleştirilmiştir



Şekil 5.2 : Döşeme Plağının M22 Moment Dağılımı

Köşe birleşimlerde:

$$K = \frac{b_w \times d^2}{M_{sd}} = \frac{1.0 \times (0.375)^2}{360} = 0.00039 \Rightarrow k_s = 2.963$$

$$\Rightarrow A_s = \frac{2.963 \times 360}{0.375} = 2847.65 \text{ mm}^2/\text{m} = 28.48 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Mevcut donatı	$\phi 14/20 \text{ cm}$	7.7 cm ²
İlave donatı	$\phi 18/12 \text{ cm}$	<u>21.21 cm²</u>
Toplam		28.91 cm ²

Ara bölgelerde:

$$K = \frac{b_w \times d^2}{M_{sd}} = \frac{1.0 \times (0.375)^2}{240} = 0.00059 \Rightarrow k_s = 2.895$$

$$\Rightarrow A_s = \frac{2.895 \times 360}{0.375} = 2752.80 \text{ mm}^2/\text{m} = 27.53 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Mevcut donatı	$\phi 14/20 \text{ cm}$	7.7 cm ²
İlave donatı	$\phi 12/10 \text{ cm}$	<u>11.31 cm²</u>
Toplam		19.01 cm ²

Döşemenin perdelerle birleştiği köşe birleşimlerde x eksenı doğrultusunda 290 kN'lık momente göre ilave donatı yerleştirilmiştir. Bu donatılar döşemenin dıştaki

köşelerinden birbirine doğru 2.40 m uzatılmıştır. Arada kalan bölgeye ise 140 kN'lık momente göre yine x eksenini doğrultusunda ilave donatı yerleştirilmiştir.

Köşe birleşimlerde:

$$K = \frac{b_w \times d^2}{M_{sd}} = \frac{1.0 \times (0.375)^2}{290} = 0.00049 \Rightarrow k_s = 2.922$$

$$\Rightarrow A_s = \frac{2.963 \times 290}{0.375} = 2259.68 \text{ mm}^2/\text{m} = 22.60 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Mevcut donatı	$\phi 14/20 \text{ cm}$	7.7 cm^2
İlave donatı	$\phi 14/10 \text{ cm}$	<u>15.39 cm^2</u>
Toplam		23.09 cm^2

Ara bölgelerde:

$$K = \frac{b_w \times d^2}{M_{sd}} = \frac{1.0 \times (0.375)^2}{140} = 0.001 \Rightarrow k_s = 2.852$$

$$\Rightarrow A_s = \frac{2.963 \times 140}{0.375} = 1064.75 \text{ mm}^2/\text{m} = 10.65 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Mevcut donatı	$\phi 14/20 \text{ cm}$	7.7 cm^2
İlave donatı	$\phi 10/20 \text{ cm}$	<u>3.93 cm^2</u>
Toplam		11.63 cm^2

5.2 Kirişlerin Betonarme Hesabı

5.2.1 Kirişlerin etkili tabla genişliklerinin belirlenmesi

Kirişlerin betonarme hesabı için gerekli etkili tabla genişlikleri Denk. 5.9 kullanılarak belirlenmiştir. Denk. 5.9'da kullanılan l_p , kirişin iki moment sıfır arasındaki uzunluğudur ve Denk. 5.10 kullanılarak belirlenmiştir.

$$b = b_w + 0.1 \times l_p \quad (5.9)$$

$$l_p = 0.8 \times l \quad (5.10)$$

TS 500'de gövde dışına taşan tabla genişliğinin, her bir yanda, tabla kalınlığının altı katından ve komşu kiriş gövde yüzüne olan uzaklığın yarısından fazla olamayacağı belirtilmiştir.

Kaset döşemenin birime düşen kalınlığı 4.1.1'de 19.2 cm olarak belirlenmişti. Buna göre kirişlerin etkili tabla genişlikleri hesaplanırsa;

K106, K107, K108 Kirişleri için etkili tabla genişliği:

$$0.1 \times 0.8 \times 8.95 = 0.716 \text{ m} < 6 \times 0.192 = 1.152 \text{ m ve } 0.716 \text{ m} < \frac{8.95}{2} = 4.475 \text{ m}$$
$$\Rightarrow b = 0.4 + 0.716 = 1.116 \text{ m}$$

K101, K105 Kirişleri için etkili tabla genişliği:

$$0.1 \times 0.8 \times 27.30 = 2.184 \text{ m} > 6 \times 0.192 = 1.152 \text{ m ve } 2.184 \text{ m} < \frac{27.3}{2} = 13.65 \text{ m}$$
$$\Rightarrow b = 0.4 + 1.152 = 1.552 \text{ m}$$

K102, K103, K104 Kirişleri için etkili tabla genişliği:

$$0.1 \times 0.8 \times 7.35 = 0.588 \text{ m} < 6 \times 0.192 = 1.152 \text{ m ve } 0.588 \text{ m} < \frac{7.35}{2} = 3.675 \text{ m}$$
$$\Rightarrow b = 0.4 + 0.588 = 0.988 \text{ m}$$

K110, K112 Kirişleri için etkili tabla genişliği:

$$0.1 \times 0.8 \times 2.4 = 0.192 \text{ m} < 6 \times 0.192 = 1.152 \text{ m ve } 0.192 \text{ m} < \frac{2.4}{2} = 1.2 \text{ m}$$
$$\Rightarrow b = 0.4 + 0.192 = 0.592 \text{ m}$$

K111 Kirişi için etkili tabla genişliği:

$$0.1 \times 0.6 \times 2.3 + 0.1 \times 0.6 \times 2.4 = 0.282 \text{ m} < 6 \times 0.192 = 1.152 \text{ m ve } 0.282 \text{ m} < \frac{2.3}{2} + \frac{2.4}{2} = 2.35 \text{ m}$$
$$\Rightarrow b = 0.4 + 0.282 = 0.682 \text{ m}$$

K113 Kirişi için etkili tabla genişliği:

$$0.1 \times 0.6 \times 9.4 = 0.564 \text{ m} < 6 \times 0.192 = 1.152 \text{ m ve } 0.564 \text{ m} < \frac{9.4}{2} = 4.7 \text{ m}$$
$$\Rightarrow b = 0.4 + 0.564 = 0.964 \text{ m}$$

5.2.2 Kirişlerde eğilme donatısı hesabı

DBYBHY'de kiriş mesnetlerinde çekme donatılarının minimum oranının belirlenmesi için Denk. 5.11'in kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Kiriş açıklıklarında da aynı minimum donatı oranına göre çekme donatısı konulmuştur.

$$\rho_{\min} = 0.8 \times \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} \quad (5.11)$$

Açıklıkta ve mesnette minimum donatı oranı, $\rho_{\min} = 0.8 \times \frac{1.35}{365} = 0.00296$

K101, K102, K103, K104, K105, K106, K107, K108, K110, K111, K112, K113 Kirişlerinde açıklıkta ve mesnette kullanılacak minimum donatı alanı,

$$A_{s\min} = \rho_{\min} \times b_w \times d = 0.00296 \times 40 \times 77.5 = 9.176 \text{ cm}^2$$

Seçilen donatı 6 ϕ 14(9.24 cm²)

Kirişlerde oluşan eğilme etkileri değerlendirilerek donatı hesabı yapılmıştır ve bu hesaplar Çizelge B.1’de verilmiştir. Çizelge B.1’de mevcut olan ve tasarım için kullanılan iç kuvvetler SAP 2000 programı ile elde edilmiştir.

5.2.3 Kirişlerde kesme donatısı hesabı

Kirişlerde de, diğer betonarme elemanlarda olduğu gibi eğilme momenti ile birlikte etkiyen kesme kuvvetlerinin oluşturduğu asal çekme gerilmeleri, beton ve uygun kesme donatısı ile karşılanır. Kesit boyutları, asal basınç gerilmeleri sonucu gövdede oluşabilecek ezilmeyi önleyecek büyüklükte tasarlanmalıdır.

Betonun kesme dayanımına katkısı Denk. 5.7, donatının kesme dayanımına etkisi Denk. 5.8, kesitin kesme dayanımı ise Denk. 5.6 ile hesaplanacaktır. Fakat DBYBHY’de, sadece deprem yüklerinden oluşan kesme kuvvetinin depremli durumdaki toplam kesme kuvvetinin yarısından daha büyük olması durumunda, betonun kesme dayanımına olan etkisinin ihmal edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Eğer tasarım kesme kuvveti Denk. 5.6 ile hesaplanan değerden daha büyük ise kesit boyutları gereği kadar büyütülmeli ve deprem hesabı tekrar yapılmalıdır.

Tasarım kesme kuvveti, Denk. 5.5 ile verilen eğik çatlama dayanımına eşit veya ondan küçükse kesme donatısı hesabına gerek yoktur. Ancak bu durumda minimum etriye kullanılmalıdır.

Kirişlerin enine donatı hesabında alınacak tasarım kesme kuvveti, V_e , Denk. 5.12 kullanılarak bulunacaktır. Kiriş uçlarındaki moment kapasiteleri çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak yüzde kırk oranında arttırılmıştır ($M_{pi} \cong 1.4 \times M_{ni}$, $M_{pj} \cong 1.4 \times M_{nj}$). Kiriş uçlarındaki moment kapasiteleri ise Denk. 5.13’de verilen yaklaşık bağıntı kullanılarak bulunmuştur.

$$V_e = V_{dy} \pm \frac{(M_{pi} + M_{pj})}{l_n} \quad (5.12)$$

$$M_r = 0.9 \times d \times f_{yd} \times A_s \quad (5.13)$$

DBYBHY’de, sarılma bölgesinde, etriye aralıklarının kiriş yüksekliğinin 0.25’ini, 150 mm’yi ve en küçük donatı çapının 8 katını aşmayacak şekilde düzenlemesi gerektiği belirtilmiştir. Sarılma bölgesinin dışında, etriye aralığı kiriş yüksekliğinin yarsısından büyük olamaz ve konulan kesme donatısı Denk. 5.14 ile verilen koşulu sağlamalıdır. Ancak $V_e > 3 \times V_{cr}$ ise etriye aralığı kiriş yüksekliğinin 0.25’ini aşmamalıdır.

$$\frac{A_{sw}}{s} \geq 0.3 \times \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} \times b_w \quad (5.14)$$

K101, K102, K103, K104, K105, K106, K107, K108, K110, K111, K112, K113 Kirişlerinde açıklıkta kullanılacak minimum kesme donatısı,

$$\frac{A_{sw}}{s} \geq 0.3 \times \frac{1.35}{365} \times 40 = 0.044 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

Seçilen $\phi 10/15 \text{ cm}(0.053 \text{ cm}^2/\text{cm})$

SAP 2000 programı ile elde edilen tasarım kesme kuvvetleri kullanılarak kesme donatısı hesabı yapılmıştır ve bu hesaplar Çizelge B.2’de verilmiştir.

5.2.4 Yüksek kiriş betonarme hesabı

TS 500’de net açıklığı, toplam yüksekliğinin 1.5 katından küçük olan kirişlerin yüksek kiriş olarak değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu tür kirişlerin tasarımı, doğrusal olmayan birim şekil değiştirme ve dağılımı göz önüne alınarak yapılmalıdır.

K109 kirişinin betonarme hesabı:

$$l = 1.0 \text{ m} \quad h = 1.4 \text{ m} \Rightarrow \frac{l}{h} = \frac{1.0}{1.4} = 0.71 < 1.5 \Rightarrow \text{yüksek kiriş}$$

Bu kiriş için açıklıkta ve mesnette kullanılacak donatı hesabı için göz önüne alınacak tasarım eğilme momentleri, $+M_d = 42.219 \text{ kNm}$ ve $-M_d = 45.392 \text{ kNm}$ 'dir.

Eğilme donatısı hesabı Denk. 5.15 ile yapılacaktır. Denk. 5.15'de kullanılan z kuvvet kolu mesafesini ifade etmektedir. Yüksek kirişlerde $l/h < 1$ için $z = 0.6 \times l$ alınabilir.

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \times z} \quad (5.15)$$

Açıklıkta eğilme donatısı hesabı:

$$A_s = \frac{+M_d}{f_{yd} \times z} = \frac{42.219 \times 10^6}{365 \times 0.6 \times 1000} = 192.78 \text{ mm}^2 = 1.93 \text{ cm}^2$$

Seçilen donatı $2\phi 12 (2.26 \text{ cm}^2)$

Hesaplanan açıklık donatısının yerleştirileceği genişlik:

$$0.2 \times l = 0.2 \times 1.0 = 0.2 \text{ m}$$

Mesnette eğilme donatısı hesabı:

$$A_s = \frac{-M_d}{f_{yd} \times z} = \frac{45.392 \times 10^6}{365 \times 0.6 \times 1000} = 207.28 \text{ mm}^2 = 2.07 \text{ cm}^2$$

Seçilen donatı $2\phi 12 (2.26 \text{ cm}^2)$

Hesaplanan mesnet donatısının orta şeritte yerleştirileceği genişlik:

$$0.6 \times l = 0.6 \times 1.0 = 0.6 \text{ m}$$

Gövde donatısının hesabı:

$$A_h \geq 0.8 \times \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} \times s_h \times b_w = 0.8 \times \frac{1.35}{365} \times 200 \times 200 = 118.36 \text{ mm}^2 = 1.18 \text{ cm}^2$$

Seçilen donatı $2\phi 10 / 200 \text{ mm}$

Yüksek kirişin yanal burkulma güvenliği:

$$l/b_w = 1.0/0.2 = 5 < 20 \Rightarrow \text{herhangi bir önleme ihtiyaç yoktur.}$$

Kesme donatısı hesabı:

Bilgisayar programı ile tasarım kesme kuvveti, V_d , 37.9 kN bulunmuştur.

$$d \approx 0.9 \times h = 0.9 \times 1.4 = 1.26 \text{ m}$$

$$V_{r \max} = 0.2 \times f_{cd} \times b_w \times d = 0.2 \times 23 \times 200 \times 1260 \times 10^{-3} = 11592 \text{ kN} > V_d = 37.9 \text{ kN}$$

Kesit yeterlidir.

$$V_{cr} = 0.65 \times f_{ctd} \times b_w \times d = 0.65 \times 1.35 \times 200 \times 1260 \times 10^{-3} = 221.1 \text{ kN} > V_d = 37.9 \text{ kN}$$

Minimum kesme donatısı yeterlidir.

$$A_v = 0.8 \times \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} \times s_v \times b_w = 0.8 \times \frac{1.35}{365} \times 200 \times 200 = 118.36 \text{ mm}^2 = 1.18 \text{ cm}^2$$

Seçilen donatı $2\phi 10/200 \text{ mm}$

5.3 Kolonların Betonarme Hesabı

5.3.1 Kolonlarda boyuna donatı hesabı

DBYBHY’de kolonlarda boyuna donatının brüt alanının kesitin %1’den az, %4’ünden fazla olmaması gerektiği belirtilmiştir. Kolonlarda donatı hesabı yapılırken iki yönlü eğilme ve eksenel kuvvetin etkisi göz önünde bulundurulmuştur. S103, S104, S105, S106 ve S107 kolonları için minimum boyuna donatı alanı;

$$A_{s \min} = 0.01 \times b \times h = 0.01 \times 50 \times 150 = 75.0 \text{ cm}^2$$

$$A_s = w \frac{b \times h}{f_{yd}/f_{cd}} \Rightarrow w_{\min} = \frac{A_{s \min} \times f_{yd}/f_{cd}}{b \times h} = \frac{75 \times 15.9}{50 \times 150} = 0.159$$

S103 kolonunda boyuna donatı hesabı:

$$N_d = 5632.5 \text{ kN} \Rightarrow n = \frac{5632.5 \times 10^3}{1500 \times 500 \times 23} = 0.33$$

$$M_y = 30.31 \text{ kNm} \Rightarrow m_y = \frac{30.31 \times 10^3 \times 10^3}{1500 \times 500^2 \times 23} = 0.0035$$

$$M_z = 538.65 \text{ kNm} \Rightarrow m_z = \frac{538.65 \times 10^3 \times 10^3}{1500^2 \times 500 \times 23} = 0.021$$

$$w < w_{\min} \Rightarrow A_{s \min} = 75.0 \text{ cm}^2 \text{ Seçilen donatı } 24\phi 20 (75.36 \text{ cm}^2)$$

S104 kolonunda boyuna donatı hesabı:

$$N_d = 5160.01 \text{ kN} \Rightarrow n = \frac{5160.01 \times 10^3}{1500 \times 500 \times 23} = 0.30$$

$$M_y = 31.16 \text{ kNm} \Rightarrow m_y = \frac{31.16 \times 10^3 \times 10^3}{1500 \times 500^2 \times 23} = 0.0036$$

$$M_z = 516.61 \text{ kNm} \Rightarrow m_z = \frac{516.61 \times 10^3 \times 10^3}{1500^2 \times 500 \times 23} = 0.02$$

$$w < w_{\min} \Rightarrow A_{s \min} = 75.0 \text{ cm}^2 \text{ Seçilen donatı } 24\phi 20(75.36 \text{ cm}^2)$$

S105 kolonunda boyuna donatı hesabı:

$$N_d = 6214.46 \text{ kN} \Rightarrow n = \frac{6214.46 \times 10^3}{1500 \times 500 \times 23} = 0.36$$

$$M_y = 389.87 \text{ kNm} \Rightarrow m_y = \frac{389.87 \times 10^3 \times 10^3}{1500 \times 500^2 \times 23} = 0.045$$

$$M_z = 77.46 \text{ kNm} \Rightarrow m_z = \frac{77.46 \times 10^3 \times 10^3}{1500^2 \times 500 \times 23} = 0.003$$

$$w < w_{\min} \Rightarrow A_{s \min} = 75.0 \text{ cm}^2 \text{ Seçilen donatı } 24\phi 20(75.36 \text{ cm}^2)$$

S106 kolonunda boyuna donatı hesabı:

$$N_d = 5932.34 \text{ kN} \Rightarrow n = \frac{5932.34 \times 10^3}{1500 \times 500 \times 23} = 0.34$$

$$M_y = 257.84 \text{ kNm} \Rightarrow m_y = \frac{257.84 \times 10^3 \times 10^3}{1500 \times 500^2 \times 23} = 0.03$$

$$M_z = 80.7 \text{ kNm} \Rightarrow m_z = \frac{80.7 \times 10^3 \times 10^3}{1500^2 \times 500 \times 23} = 0.003$$

$$w < w_{\min} \Rightarrow A_{s \min} = 75.0 \text{ cm}^2 \text{ Seçilen donatı } 24\phi 20(75.36 \text{ cm}^2)$$

S107 kolonunda boyuna donatı hesabı:

$$N_d = 5665.0 \text{ kN} \Rightarrow n = \frac{5665.0 \times 10^3}{1500 \times 500 \times 23} = 0.33$$

$$M_y = 196.79 \text{ kNm} \Rightarrow m_y = \frac{196.79 \times 10^3 \times 10^3}{1500 \times 500^2 \times 23} = 0.023$$

$$M_z = 86.3 \text{ kNm} \Rightarrow m_z = \frac{86.3 \times 10^3 \times 10^3}{1500^2 \times 500 \times 23} = 0.003$$

$$w < w_{\min} \Rightarrow A_{s \min} = 75.0 \text{ cm}^2 \text{ Seçilen donatı } 24\phi 20(75.36 \text{ cm}^2)$$

5.3.2 Kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulunun kontrolü

Yapıların büyük bir depreme maruz kalmaları durumunda, birleşim bölgesindeki kolon uç kesitlerinin kapasitelerine erişerek güç tükenmesinin meydana gelmesi, taşıyıcı sistemin göçmesine neden olur. Bu nedenle, yapıda aşırı zorlanma sonucu güç tükenmesinin kiriş uçlarında meydana gelmesini sağlayarak yapının toptan göçmesi engellenebilir. DBYBHY’de, bu amaçla kolonların kirişlerden daha güçlü olmasını sağlayarak plastik mafsal bölgelerinin kirişlerde oluşması için, her bir kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamının, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki kesitlerindeki taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olması gerektiği belirtilmiştir(Denk.5.16).

$$(M_{ra} + M_{r\bar{u}}) \geq 1.2 \times (M_{ri} + M_{rj}) \quad (5.16)$$

Zemin kat S102 kolonu ile K101 ve K102 kirişlerinin birleştiği düğüm noktasında kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulunun kontrolü:

Kirişlerin eğilme momenti kapasitesi:

K101 Kirişinde	Üst donatı	$6\phi 14 + 2\phi 16$ (13.26 cm ²)
	Alt donatı	$6\phi 14$ (9.24 cm ²)
K102 Kirişinde	Üst donatı	$6\phi 14 + 2\phi 16$ (13.26 cm ²)
	Alt donatı	$6\phi 14$ (9.24 cm ²)

$$M_{ri} = 0.9 \times 0.760 \times 365 \times 10^3 \times 1326 \times 10^{-6} = 331.05 \text{ kNm}$$

$$M_{rj} = 0.9 \times 0.760 \times 365 \times 10^3 \times 1326 \times 10^{-6} = 331.05 \text{ kNm}$$

M_{ra} , alt kolon kesiti eğilme momenti kapasitesi:

Düşey yükleme durumunda $N=11123.9 \text{ kN}$

$$n = \frac{N}{f_{cd} \times b \times h} = \frac{11123.922 \times 10^3}{23 \times 1500 \times 500} = 0.65$$

$$w = \frac{A_s \times f_{yd}}{b \times h \times f_{cd}} = \frac{75.36 \times 365}{1500 \times 500 \times 23} = 0.16 \Rightarrow \text{abaklardan, } m_{ra} = 0.18$$

$$M_{r_{alt}} = m_{ra} \times f_{cd} \times b \times h^2 = 0.18 \times 23 \times 10^3 \times 0.5 \times 1.5^2 = 4657.5 \text{ kNm}$$

$M_{r\ddot{u}}$, üst kolon kesiti eğilme momenti kapasitesi:

Düşey yükleme durumunda $N=10620.33$ kN

$$n = \frac{N}{f_{cd} \times b \times h} = \frac{10620.331 \times 10^3}{23 \times 1500 \times 500} = 0.62$$

$$w = \frac{A_s \times f_{yd}}{b \times h \times f_{cd}} = \frac{75.36 \times 365}{1500 \times 500 \times 23} = 0.16 \Rightarrow \text{abaklardan, } m_{r\ddot{u}} = 0.185$$

$$M_{r\ddot{u}st} = m_{ra} \times f_{cd} \times b \times h^2 = 0.185 \times 23 \times 10^3 \times 0.5 \times 1.5^2 = 4786.88 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ra} + M_{r\ddot{u}}}{M_{ri} + M_{rj}} = \frac{4657.5 + 4786.88}{331.05 + 331.05} = 14.3 > 1.2$$

Buna göre kolonların kirişlerden daha güçlü olduğu belirlenmiştir.

5.3.3 Kolonlarda kesme donatısı hesabı

Kolonların kirişlerden güçlü olma koşulu sağlandığı için, kiriş kesitlerinin eğilme momenti kapasitelerinin oluşturduğu ve Denk. 5.17 ile hesaplanan momentlerden bulunacak kolon uç momentleri esas alınacaktır.

$$M_a = M_{\ddot{u}} = 1.4 \frac{M_{ri} + M_{rj}}{2} \quad (5.17)$$

DBYBHY’de kolonlarda enine donatı hesabı için esas alınacak kesme kuvveti, V_e ’nin Denk. 5.18 ile hesaplanması gerektiği belirtilmiştir.

$$V_e = \frac{M_a + M_{\ddot{u}}}{l_n} \quad (5.18)$$

Denk. 5.18 ile hesaplanan kesme kuvveti , V_e , yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti, V_d ’den daha küçük olmayacak ve ayrıca Denk. 5.19 ile verilen koşulun sağlanamaması durumunda, kesit boyutları gereği kadar büyütülerek deprem hesabı tekrar yapılacaktır.

$$V_e \leq 0.22 \times A_w \times f_{cd} \quad (5.19)$$

Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde kesme güvenliği kontrol edilmelidir. Kolon kiriş bölgelerinde kesme kuvveti Denk. 5.20 ile hesaplanacaktır. Kolonlar dört taraftan

kirişlerle kuşatılmadığı için birleşimler kuşatılmamış birleşim olarak kabul edilmiştir ve hesaplanan kesme kuvveti DBYBHY’de kuşatılmamış birleşimler için belirtilen ve aşağıda Denk. 5.21 ile verilen koşulu sağlamalıdır. Eğer bu koşul sağlanamazsa kesitler gereği kadar büyütülmeli ve deprem hesabı tekrar yapılmalıdır.

$$V_e = 1.25 \times f_{yk} \times (A_{s1} + A_{s2}) - V_{kol} \quad (5.20)$$

$$V_e \leq 0.45 \times b_j \times h \times f_{cd} \quad (5.21)$$

S102 kolonu için kesme donatısı hesabı:

K101 Kirişinde Üst donatı $6\phi14 + 2\phi16$ (13.26 cm²)

Alt donatı $6\phi14$ (9.24 cm²)

K102 Kirişinde Üst donatı $7\phi14$ (10.78 cm²)

Alt donatı $6\phi14$ (9.24 cm²)

$$M_{rj} = 0.9 \times f_{yd} \times A_s \times d = 0.9 \times 365 \times 10^3 \times 1326 \times 10^{-6} \times 0.76 = 331.05 \text{ kNm}$$

$$M_{ri} = 0.9 \times f_{yd} \times A_s \times d = 0.9 \times 365 \times 10^3 \times 1078 \times 10^{-6} \times 0.76 = 269.13 \text{ kNm}$$

$$M_a = M_{\bar{u}} = 1.4 \frac{331.05 + 269.13}{2} = 420.13 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{420.13 + 420.13}{3.2} = 262.6 \text{ kN} \rangle V_d = 225.8 \text{ kN}$$

$$0.22 \times A_w \times f_{cd} = 0.22 \times 0.4 \times 1.5 \times 23 \times 10^3 = 3036 \text{ kN} \rangle V_e$$

Etriye olarak $\phi12/200$ mm seçilirse,

$$V_w = \frac{A_{sw} \times d \times f_{ywd}}{s} = \frac{2 \times 226 \times 1470 \times 365 \times 10^{-3}}{200} = 1212.6 \text{ kN} \rangle V_e$$

kesme kuvveti karşılanmıştır.

Kolon-kiriş birleşimlerinde kesme kuvveti hesabı,

$$V_e = 1.25 \times 365 \times 10^{-3} \times (1326 + 1078) - 174.223 = 922.6 \text{ kN}$$

$$0.45 \times 0.5 \times 1.5 \times 23 \times 10^3 = 7762.5 \text{ kN} \rangle V_e \text{ kesit boyutları yeterlidir.}$$

S103 kolonu için kesme donatısı hesabı:

K102 Kirişinde Üst donatı $7\phi14$ (10.78 cm²)

Alt donatı $6\phi14$ (9.24 cm²)

K103 Kirişinde Üst donatı $7\phi14$ (10.78 cm²)

Alt donatı $6\phi14$ (9.24 cm²)

$$M_{ij} = 0.9 \times f_{yd} \times A_s \times d = 0.9 \times 365 \times 10^3 \times 1078 \times 10^{-6} \times 0.76 = 269.13 \text{ kNm}$$

$$M_{ri} = 0.9 \times f_{yd} \times A_s \times d = 0.9 \times 365 \times 10^3 \times 1078 \times 10^{-6} \times 0.76 = 269.13 \text{ kNm}$$

$$M_a = M_{\bar{u}} = 1.4 \frac{269.13 + 269.13}{2} = 376.78 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{376.78 + 376.78}{3.2} = 235.5 \text{ kN} \rangle V_d = 161.4 \text{ kN}$$

$$0.22 \times A_w \times f_{cd} = 0.22 \times 0.4 \times 1.5 \times 23 \times 10^3 = 3036 \text{ kN} \rangle V_e$$

Etriye olarak $\phi 12/200$ mm seçilirse,

$$V_w = \frac{A_{sw} \times d \times f_{ywd}}{s} = \frac{2 \times 226 \times 1470 \times 365 \times 10^{-3}}{200} = 1212.6 \text{ kN} \rangle V_e$$

kesme kuvveti karşılanmıştır.

Kolon-kiriş birleşimlerinde kesme kuvveti hesabı,

$$V_e = 1.25 \times 365 \times 10^{-3} \times (1078 + 1078) - 175.516 = 809.2 \text{ kN}$$

$$0.45 \times 0.5 \times 1.5 \times 23 \times 10^3 = 7762.5 \text{ kN} \rangle V_e \text{ kesit boyutları yeterlidir.}$$

S104 kolonu için kesme donatısı hesabı:

K103 Kirişinde Üst donatı 7 $\phi 14$ (10.78 cm²)

Alt donatı 6 $\phi 14$ (9.24 cm²)

K104 Kirişinde Üst donatı 6 $\phi 14$ (9.24 cm²)

Alt donatı 6 $\phi 14$ (9.24 cm²)

$$M_{ij} = 0.9 \times f_{yd} \times A_s \times d = 0.9 \times 365 \times 10^3 \times 1078 \times 10^{-6} \times 0.76 = 269.13 \text{ kNm}$$

$$M_{ri} = 0.9 \times f_{yd} \times A_s \times d = 0.9 \times 365 \times 10^3 \times 924 \times 10^{-6} \times 0.76 = 230.69 \text{ kNm}$$

$$M_a = M_{\bar{u}} = 1.4 \frac{269.13 + 230.69}{2} = 349.87 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{349.87 + 349.87}{3.2} = 218.7 \text{ kN} \rangle V_d = 150.7 \text{ kN}$$

$$0.22 \times A_w \times f_{cd} = 0.22 \times 0.4 \times 1.5 \times 23 \times 10^3 = 3036 \text{ kN} \rangle V_e$$

Etriye olarak $\phi 12/200$ mm seçilirse,

$$V_w = \frac{A_{sw} \times d \times f_{ywd}}{s} = \frac{2 \times 226 \times 1470 \times 365 \times 10^{-3}}{200} = 1212.6 \text{ kN} \rangle V_e$$

kesme kuvveti karşılanmıştır.

Kolon-kiriş birleşimlerinde kesme kuvveti hesabı,

$$V_e = 1.25 \times 365 \times 10^{-3} \times (1078 + 924) - 150.708 = 762.7 \text{ kN}$$

$$0.45 \times 0.5 \times 1.5 \times 23 \times 10^3 = 7762.5 \text{ kN} > V_e \text{ kesit boyutları yeterlidir.}$$

S105 kolonu için kesme donatısı hesabı:

$$\text{K105 Kirişinde} \quad \text{Üst donatı} \quad 7\phi 14 \quad (10.78 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Alt donatı} \quad 6\phi 14 \quad (9.24 \text{ cm}^2)$$

$$\text{K106 Kirişinde} \quad \text{Üst donatı} \quad 6\phi 14 \quad (9.24 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Alt donatı} \quad 6\phi 14 \quad (9.24 \text{ cm}^2)$$

$$M_{rj} = 0.9 \times f_{yd} \times A_s \times d = 0.9 \times 365 \times 10^3 \times 1078 \times 10^{-6} \times 0.76 = 269.13 \text{ kNm}$$

$$M_{ri} = 0.9 \times f_{yd} \times A_s \times d = 0.9 \times 365 \times 10^3 \times 924 \times 10^{-6} \times 0.76 = 230.69 \text{ kNm}$$

$$M_a = M_{\bar{u}} = 1.4 \frac{269.13 + 230.69}{2} = 349.87 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{349.87 + 349.87}{3.2} = 218.7 \text{ kN} < V_d = 244 \text{ kN} \Rightarrow V_e = V_d = 244 \text{ kN alınacaktır}$$

$$0.22 \times A_w \times f_{cd} = 0.22 \times 0.4 \times 1.5 \times 23 \times 10^3 = 3036 \text{ kN} > V_e$$

Etriye olarak $\phi 12/200$ mm seçilirse,

$$V_w = \frac{A_{sw} \times d \times f_{ywd}}{s} = \frac{2 \times 226 \times 1470 \times 365 \times 10^{-3}}{200} = 1212.60 \text{ kN} > V_e$$

kesme kuvveti karşılanmıştır.

Kolon-kiriş birleşimlerinde kesme kuvveti hesabı,

$$V_e = 1.25 \times 365 \times 10^{-3} \times (1078 + 924) - 222.389 = 691.0 \text{ kN}$$

$$0.43 \times 0.5 \times 1.5 \times 23 \times 10^3 = 7417.5 \text{ kN} > V_e \text{ kesit boyutları yeterlidir.}$$

S106 kolonu için kesme donatısı hesabı:

$$\text{K106 kirişinde} \quad \text{Üst donatı} \quad 6\phi 14 \quad (9.24 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Alt donatı} \quad 6\phi 14 \quad (9.24 \text{ cm}^2)$$

$$\text{K107 kirişinde} \quad \text{Üst donatı} \quad 6\phi 14 + 2\phi 16 \quad (13.26 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Alt donatı} \quad 6\phi 14 \quad (9.24 \text{ cm}^2)$$

$$M_{rj} = 0.9 \times f_{yd} \times A_s \times d = 0.9 \times 365 \times 10^3 \times 924 \times 10^{-6} \times 0.76 = 230.69 \text{ kNm}$$

$$M_{ri} = 0.9 \times f_{yd} \times A_s \times d = 0.9 \times 365 \times 10^3 \times 1326 \times 10^{-6} \times 0.76 = 331.05 \text{ kNm}$$

$$M_a = M_{\bar{u}} = 1.4 \frac{230.69 + 331.05}{2} = 393.22 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{393.22 + 393.22}{3.2} = 245.8 \text{ kN} > V_d = 197 \text{ kN}$$

$$0.22 \times A_w \times f_{cd} = 0.22 \times 0.4 \times 1.5 \times 23 \times 10^3 = 3036 \text{ kN} > V_e$$

Etriye olarak $\phi 12/200$ mm seçilirse,

$$V_w = \frac{A_{sw} \times d \times f_{ywd}}{s} = \frac{2 \times 226 \times 1470 \times 365 \times 10^{-3}}{200} = 1212.6 \text{ kN} > V_e$$

kesme kuvveti karşılanmıştır.

Kolon-kiriş birleşimlerinde kesme kuvveti hesabı,

$$V_e = 1.25 \times 365 \times 10^{-3} \times (924 + 1326) - 237.073 = 789.5 \text{ kN}$$

$$0.45 \times 0.5 \times 1.5 \times 23 \times 10^3 = 7762.5 \text{ kN} > V_e \text{ kesit boyutları yeterlidir.}$$

S107 kolonu için kesme donatısı hesabı:

K107 Kirişinde Üst donatı $6\phi 14 + 2\phi 16$ (13.26 cm²)

Alt donatı $6\phi 14$ (9.24 cm²)

K108 Kirişinde Üst donatı $7\phi 14$ (10.78 cm²)

Alt donatı $6\phi 14$ (9.24 cm²)

$$M_{rj} = 0.9 \times f_{yd} \times A_s \times d = 0.9 \times 365 \times 10^3 \times 1326 \times 10^{-6} \times 0.76 = 331.05 \text{ kNm}$$

$$M_{ri} = 0.9 \times f_{yd} \times A_s \times d = 0.9 \times 365 \times 10^3 \times 1078 \times 10^{-6} \times 0.76 = 269.13 \text{ kNm}$$

$$M_a = M_{\bar{u}} = 1.4 \frac{331.05 + 269.13}{2} = 420.13 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{420.13 + 420.13}{3.2} = 262.6 \text{ kN} > V_d = 175.4 \text{ kN}$$

$$0.22 \times A_w \times f_{cd} = 0.22 \times 0.4 \times 1.5 \times 23 \times 10^3 = 3036 \text{ kN} > V_e$$

Etriye olarak $\phi 12/200$ mm seçilirse,

$$V_w = \frac{A_{sw} \times d \times f_{ywd}}{s} = \frac{2 \times 226 \times 1470 \times 365 \times 10^{-3}}{200} = 1212.6 \text{ kN} > V_e$$

kesme kuvveti karşılanmıştır.

Kolon-kiriş birleşimlerinde kesme kuvveti hesabı,

$$V_e = 1.25 \times 365 \times 10^{-3} \times (1326 + 1078) - 241.723 = 855.1 \text{ kN}$$

$$0.45 \times 0.5 \times 1.5 \times 23 \times 10^3 = 7762.5 \text{ kN} > V_e \text{ kesit boyutları yeterlidir.}$$

5.3.4 Kolonlarda narinlik kontrolü

Eğilme rijitliği azalan bir kolonda, yatay yer değiştirmelerin artması, ikinci mertebe etkilerin kolon tasarımında ve çözümlenmesinde göz önüne alınmasını gerektirebilir.

Narinlik etkisi, bu ikinci mertebe etkilerinin kolon dayanımında ihmal edilecek kadar az veya göz önüne alınmasını gerektirecek düzeyde fazla olması kararını belirleyen

ölçüttür. Bir kolonun narinliği, o kolonun kesit boyutlarına, boyuna ve iki ucundan mesnetlenme durumuna bağlıdır.

Bir kolonun narinlik oranı eşdeğer burkulma boyunun atalet yarıçapına oranıdır. Eşdeğer kolon boyunun belirlenmesinde kolonun iki ucunun birbirine göre yatay yer değiştirme yapıp yapmayacağı önemli olur. Kolon alt ve üst uçlarının birbirine göre relatif hareket yapmadığı durumlarda kolonun yanal ötelenmesi engellenmiştir. Eğer, kolon alt ve üst serbestliği varsa kolonun yatay ötelenmesi engellenmemiştir. Etkili boy katsayısı, k , yanal ötelenmesi engellenmiş kolonlarda, 1'e eşit veya 1'den küçük, yatay ötelenmesi engellenmemiş kolonlarda ise 1'e eşit veya 1'den büyüktür. Aşağıda narinlik oranı Denk. 5.22, atalet yarıçapı ise Denk. 5.23 ile verilmiştir.

$$l_k/i = (k \times l_n)/i \quad (5.22)$$

$$i = \sqrt{I/A} \quad (5.23)$$

TS 500'de, yapı sisteminin içinde yatay kuvvetlere karşı yeterli rijitlik sağlayan perde duvar veya benzeri eleman varsa yatay ötelemenin önlenmiş kabul edilebileceği belirtilmiştir. Fakat perdenin yüksekliğinin büyük olması ve yapıdaki düşey yüklerin fazla olması, perdenin yatay yer değiştirmeleri sınırlı tutma etkisini zayıflatır. Bu yüzden kolonların davranışında yer değiştirmenin etkisi göz önüne alınmıştır.

1. kat S103 kolonunun x yönünde narinlik kontrolü:

$$i = \sqrt{I/A} \approx 0.3 \times h = 0.3 \times 1.5 = 0.45$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{\sum \left(\frac{I}{l} \right)_{\text{kolon}}}{\sum \left(\frac{I}{l} \right)_{\text{kiriş}}} = \frac{\frac{2 \times 0.1406}{3}}{\frac{0.0254}{2.6}} = 9.6 \Rightarrow \alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = \frac{9.6 + 9.6}{2} = 9.6$$

$$\alpha_m = 9.6 > 2 \Rightarrow k = 0.9 \times \sqrt{1 + \alpha_m} = 0.9 \times \sqrt{1 + 9.6} = 2.93$$

$$\frac{k \times l}{i} = \frac{2.93 \times 3}{0.45} = 19.53 < 22 \Rightarrow \text{narinlik etkisinin göz önüne alınmasına gerek yoktur.}$$

5.3.5 L kolon ve perde duvarların betonarme hesabı:

Bileşik eğilme etkisi altındaki kesitlerin taşıma güçlerinin bulunmasında veya verilen bir kesitin kontrolünün yapılmasında en etkili inceleme karşılıklı etki

diyagramlarının yardımıyla yapılır. Karşılıklı etki diyagramı bir kesitteki eğilme momenti ve normal kuvvet kombinezonlarını veren eğridir. Karşılıklı etki diyagramının içine düşen her hangi normal kuvvet ve eğilme moment kombinezonu kesit tarafından taşınabilecek demektir.

5.3.5.1 L kolonun betonarme hesabı

Minimum donatı oranı kullanılarak SAP 2000 programı ile S101 kolonunun karşılıklı etki diyagramı elde edilmiştir. Çizelge 5.2’de verilen normal kuvvetlerin bu donatı oranıyla taşıyabileceği maksimum normal kuvvet ve maksimum eğilme momentleri verilmiştir. Çizelge 5.3’te ise S101 kolonunun verilen yükleme durumlarında karşılaması gereken en elverişsiz iç kuvvetler verilmiştir.

$$A_{s\min} = \rho_{\min} \times A_c = 0.01 \times (235 \times 50 + 185 \times 50) = 210 \text{ cm}^2$$

Seçilen donatı 68 ϕ 20(213.52 cm²)

Çizelge 5.2 ile Çizelge 5.3 karşılaştırıldığında, Çizelge 5.3’deki değerlerin Çizelge 5.2’de S101 kolonu için belirlenen sınırları aşmadığı ve konulan minimum donatı alanının yeterli olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.2 : S101 Kolonunun Karşılıklı Etkileşim Çizelgesi

N (kN)	M ₂ (kNm)	M ₃ (kNm)
-39173	339.4	-339.4
-39173	2664.9	4276.5
-39173	5272.3	9732.2
-34624	7968.2	13286
-29075	10770	14933
-23075	13740	14746
-16373	16070	12695
-9680.6	15773	9696.4
-2988.2	12357	6259.7
3724	5384.8	2792.1
7798	-358.9	-358.9

Çizelge 5.3 : S101 Kolonunun SAP 2000 İle Hesaplanan İç Kuvvetleri

Yükleme durumu	N (kN)	M ₂ (kNm)	M ₃ (kNm)
DUSEY	-24242.5	1304.1	1354.3
D1X1	-20860.2	3736.4	2036.8
D1YN1	-20872.0	1959.4	4029.9
D2Y1	-15098	1608.9	3734
D2X1	-15086	3385.9	1740.1

Kesme donatısı hesabı:

X yönündeki kanatta kesme donatısı hesabı:

K101 girişinde	Üst donatı	$6\phi 14 + 2\phi 16$ (13.26 cm ²)
	Alt donatı	$6\phi 14$ (9.24 cm ²)

$$M_{rj} = 0.9 \times f_{yd} \times A_s \times d = 0.9 \times 365 \times 10^3 \times 1326 \times 10^{-6} \times 0.76 = 331.05 \text{ kNm}$$

$$M_a = M_{\ddot{u}} = 1.4 \frac{0 + 331.05}{2} = 231.74 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{231.74 + 231.74}{3.2} = 144.8 \text{ kN} \quad \langle \quad V_d = 742.4 \text{ kN} \Rightarrow V_e = V_d = 742.4 \text{ kN}$$

$$0.22 \times A_w \times f_{cd} = 0.22 \times 0.4 \times 2.35 \times 23 \times 10^3 = 21620 \text{ kN} > V_e$$

Etriye olarak $\phi 12/200$ mm seçilirse,

$$V_w = \frac{A_{sw} \times d \times f_{ywd}}{s} = \frac{2 \times 226 \times 2320 \times 365 \times 10^{-3}}{200} = 1913.8 \text{ kN} > V_e$$

kesme kuvveti karşılanmıştır.

Y yönündeki kanatta kesme donatısı hesabı:

K105 girişinde	Üst donatı	7 ϕ 14	(10.78 cm ²)
	Alt donatı	6 ϕ 14	(9.24 cm ²)

$$M_{ri} = 0.9 \times f_{vd} \times A_s \times d = 0.9 \times 365 \times 10^3 \times 1078 \times 10^{-6} \times 0.76 = 269.13 \text{ kNm}$$

$$M_a = M_{\ddot{u}} = 1.4 \frac{269.13 + 0}{2} = 188.39 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{188.39 + 188.39}{3.2} = 117.7 \text{ kN} \quad \langle \quad V_d = 713.8 \text{ kN} \Rightarrow V_e = V_d = 713.8 \text{ kN}$$

$$0.22 \times A_w \times f_{cd} = 0.22 \times 0.4 \times 2.35 \times 23 \times 10^3 = 21620 \text{ kN} > V_e$$

Etriye olarak $\phi 12/200$ mm seçilirse,

$$V_w = \frac{A_{sw} \times d \times f_{ywd}}{s} = \frac{2 \times 226 \times 2320 \times 365 \times 10^{-3}}{200} = 1913.8 \text{ kN} > V_e$$

kesme kuvveti karşılanmıştır.

5.3.5.2 Perde duvarların betonarme hesabı

DBYBHY’de, perdenin iki yüzüne konulan toplam minimum düşey ve yatay gövde donatı alanlarının, perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi brüt enkesit alanının 0.0025’i kadar olması gerektiği belirtilmiştir. Perde uç bölgelerine konulacak minimum düşey donatı kritik perde yüksekliği boyunca perde brüt enkesit alanının 0.001’i kadar olmalıdır.

P101 perdesi için konulması gereken minimum düşey donatı alanı:

Kritik perde yüksekliği:

$$H_{cr} \geq 9.8 \text{ m ve } H_{cr} \geq 100/6 = 16.67 \text{ m} < 2 \times 9.8 = 19.6 \text{ m} \Rightarrow H_{cr} = 16.67 \text{ m}$$

Perde uç bölgelerinin uzunluğu:

$$l_u = 0.2 \times 9.8 = 1.96 \text{ m} > 2 \times 0.4 = 0.8 \Rightarrow l_u = 1.96 \text{ m}$$

$$A_{s \text{ gövde}} = 0.0025 \times (980 - 2 \times 196) \times 40 = 58.8 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{Seçilen donatı } 46\phi 14 (70.84 \text{ cm}^2)$$

$$A_{s \text{ uç}} = 0.002 \times 980 \times 40 = 78.4 \text{ cm}^2 \text{ Seçilen donatı } 26\phi 20 (81.64 \text{ cm}^2)$$

P102 perdesi için konulması gereken minimum düşey donatı alanı:

Kritik perde yüksekliği:

$$H_{cr} \geq 5.3 \text{ m ve } H_{cr} \geq 100/6 = 16.67 \text{ m} > 2 \times 5.3 = 10.6 \text{ m} \Rightarrow H_{cr} = 10.6 \text{ m}$$

Perde uç bölgelerinin uzunluğu:

$$l_u = 0.2 \times 5.3 = 1.06 \text{ m} > 2 \times 0.4 = 0.8 \Rightarrow l_u = 1.06 \text{ m}$$

$$A_{s \text{ gövde}} = 0.0025 \times (530 - 2 \times 106) \times 40 = 31.8 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{Seçilen donatı } 24\phi 14 (36.96 \text{ cm}^2)$$

$$A_{s \text{ uç}} = 0.002 \times 530 \times 40 = 42.4 \text{ cm}^2 \text{ Seçilen donatı } 16\phi 20 (50.24 \text{ cm}^2)$$

P103 perdesi için konulması gereken minimum düşey donatı alanı:

Kritik perde yüksekliği:

$$H_{cr} \geq 3.3 \text{ m ve } H_{cr} \geq 100/6 = 16.67 \text{ m} > 2 \times 3.3 = 6.6 \text{ m} \Rightarrow H_{cr} = 6.6 \text{ m}$$

Perde uç bölgelerinin uzunluğu:

$$l_u = 0.2 \times 3.3 = 0.66 \text{ m} > 2 \times 0.2 = 0.4 \Rightarrow l_u = 0.66 \text{ m}$$

$$A_{s \text{ gövde}} = 0.0025 \times (330 - 2 \times 66) \times 20 = 19.9 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{Seçilen donatı } 14\phi 14 (21.56 \text{ cm}^2)$$

$$A_{s \text{ uç}} = 0.002 \times 330 \times 20 = 13.2 \text{ cm}^2 \text{ Seçilen donatı } 8\phi 16 (16.08 \text{ cm}^2)$$

P104 perdesi için konulması gereken minimum düşey donatı alanı:

Kritik perde yüksekliği:

$$H_{cr} \geq 5.5 \text{ m ve } H_{cr} \geq 100/6 = 16.67 \text{ m} \rangle 2 \times 5.5 = 11.0 \text{ m} \Rightarrow H_{cr} = 11.0 \text{ m}$$

Perde uç bölgelerinin uzunluğu:

$$l_u = 0.2 \times 5.5 = 1.1 \text{ m} \rangle 2 \times 0.2 = 0.4 \Rightarrow l_u = 1.1 \text{ m}$$

$$A_{s \text{ gövde}} = 0.0025 \times (550 - 2 \times 110) \times 20 = 16.5 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{Seçilen donatı } 26\phi 10 (20.54 \text{ cm}^2)$$

$$A_{s \text{ uç}} = 0.002 \times 550 \times 20 = 22.0 \text{ cm}^2 \text{ Seçilen donatı } 16\phi 14 (24.64 \text{ cm}^2)$$

P105 perdesi için konulması gereken minimum düşey donatı alanı:

Kritik perde yüksekliği:

$$H_{cr} \geq 2.4 \text{ m ve } H_{cr} \geq 100/6 = 16.67 \text{ m} \rangle 2 \times 2.4 = 4.8 \text{ m} \Rightarrow H_{cr} = 4.8 \text{ m}$$

Perde uç bölgelerinin uzunluğu:

$$l_u = 0.2 \times 2.4 = 0.48 \text{ m} \rangle 2 \times 0.2 = 0.4 \Rightarrow l_u = 0.48 \text{ m}$$

$$A_{s \text{ gövde}} = 0.0025 \times (240 - 2 \times 48) \times 20 = 7.2 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{Seçilen donatı } 10\phi 10 (7.9 \text{ cm}^2)$$

$$A_{s \text{ uç}} = 0.002 \times 240 \times 20 = 9.6 \text{ cm}^2 \text{ Seçilen donatı } 8\phi 14 (12.32 \text{ cm}^2)$$

Perde duvarlar için hesaplanan minimum donatı alanları kullanılarak SAP 2000 programı ile perde duvarların oluşturduğu grubun karşılıklı etki diyagramı elde edilmiştir. Çizelge 5.4’de verilen normal kuvvetlerin bu donatıyla taşıyabileceği maksimum normal kuvvet ve maksimum eğilme momentleri verilmiştir. Çizelge 5.5’te ise perde duvarların verilen yükleme durumlarında karşılaması gereken en elverişsiz iç kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 5.4 ile Çizelge 5.5 karşılaştırıldığında, Çizelge 5.5’teki değerlerin Çizelge 5.4’deki perde grubu için belirlenen sınırları aşmadığı ve konulan minimum donatı alanlarının yeterli olduğu görölmüştür.

P101 ve P102 perdelerine konulması gereken minimum yatay donatı alanı:

$$A_{s \text{ gövde}} = 0.0025 \times 10000 \times 40 = 1000 \text{ cm}^2 \text{ Seçilen donatı } 886\phi 12 (1001.18 \text{ cm}^2)$$

Çizelge 5.4 : Perde Grubunun Karşılıklı Etkileşim Çizelgesi

N (kN)	M ₂ (kNm)	M ₃ (kNm)
-182667	-1439	851.5
-182667	95920	30119
-179751	186426	51345
-150641	275974	53133
-120147	343750	43474
-95514	354907	52983
-64768	330812	56322
-33700	259726	55029
-8238	159281	56258
10337	73217	38127
25319	1521.3	-900.3

Çizelge 5.5 : Perde Grubunun SAP 2000 İle Hesaplanan İç Kuvvetleri

Yükleme Durumu	N (kN)	M ₂ (kNm)	M ₃ (kNm)
DUSEY	-123082.9	-43489.1	-8880.2
D1X1	-89705.2	-12039.3	113678.2
D1YN1	-100019.1	23578.9	32398.9
D2Y1	-71363.9	33667.9	34556.1
D2X1	-61050	-1950.3	115835.4
D2X2	-51064.7	-37746.6	-123715.8
D2YN1	-40750.8	-73364.8	-42436.5

P103, P104 ve P105 perdelerine konulması gereken minimum yatay donatı alanı:

$$A_{s \text{ gövde}} = 0.0025 \times 10000 \times 20 = 500 \text{ cm}^2 \text{ Seçilen donatı } 886\phi 10 (699.94 \text{ cm}^2)$$

Perde uç bölgelerinde etriye olarak $\phi 8/25 \text{ cm}$ kullanılmıştır.

P105 perdesinin kesme güvenliğinin kontrolü:

$$V_d = 603 \text{ kN}, M_d = 1785 \text{ kNm}, M_p = 1.4 \times 3114 = 4360 \text{ kNm}$$

$$V_e = \beta_v \times \frac{M_p}{M_d} \times V_d = 1.5 \times \frac{4360}{1785} \times 603 = 2209 \text{ kN}$$

$$0.22 \times 2.4 \times 0.2 \times 23 \times 1000 = 2428 \text{ kN}$$

$$V_r = A_{ch} \times (0.65 \times f_{ctd} + \rho_{sh} \times f_{ywd})$$

$$= 2.4 \times 0.2 \times (0.65 \times 1.35 \times 10^3 + 0.0025 \times 365 \times 1000) = 859 \text{ kN}$$

$V_r < V_e < 2428 \Rightarrow$ kesit boyutları yeterli fakat perde enine donatısı yetersiz

$$\rho_{sh} = \left(\frac{2209}{2.4 \times 0.2} - 0.65 \times 1.35 \times 1000 \right) \times \frac{1}{365 \times 1000} = 0.01$$

Seçilen donatı 3544 ϕ 10(2800 cm²)

5.4 Temel Betonarme Hesabı

Temeller, taşıyıcı sistemden gelen yükleri zemine aktaran yapı elemanlarıdır. Yapının ağırlığı ve zemin özellikleri yapı için uygun temel sisteminin belirlenmesini sağlarlar. Temeller, statik ve dinamik kuvvetler altında göçme, farklı oturma ve sıvılaşma olmayacak şekilde boyutlandırılmalıdır.

Yapının inşa edileceği zemin Z1 zemin sınıfındadır. Zemin iyileştirilmesi yapılarak zemin emniyet gerilmesi, $\sigma_{z,em}$, 1200 kN/m² 'ye ulaştırılabilirse kazıklı temel sistemine ihtiyaç yoktur. Aksi durumda kazıklı temel sistemi kullanılmalıdır.

Yapıda ağırlığın fazla olması sebebiyle temel sistemi olarak kirişsiz radye temel seçilmiştir. Kirişsiz radye temel sisteminde yapı tek bir plak temel üzerine inşa edilir ve kolonlar doğrudan düz plak temel üzerine mesnetlenir.

Ağır yüklere maruz kalan temelin plak kalınlığı, yeterli rijitliği ve zımbalama güvenliğini sağlayabilmek için 300 cm seçilmiştir. Ayrıca temel altında oluşan gerilmeleri azaltmak için tüm bina çevresinden dışa doğru 150 cm ampatman oluşturulması tasarlanmıştır.

30.3×30.3 m² alana sahip ve 3.0 m derinlikli kirişsiz radye temel SAP 2000 programı ile modellenmiştir. Temel plağı küçük sonlu elemanlara bölünmüştür ve kaya tipi zemin olduğu için radye plağa zemin yatak katsayısı olarak 300000 kN/m³ atanmıştır.

Hesaplama işlemi bittikten sonra elde edilen çökmelerle yatak katsayıları çarpılarak zeminde oluşan gerilmeler hesaplanmıştır. Zeminde oluşan en büyük gerilme, en büyük çökme değeri ile zemin yatak katsayısı çarpılarak elde edilmiştir. Bulunan bu değer zemin emniyet gerilmesini aşıp aşmadığı ve zeminde çekme gerilmesinin ortaya çıkıp çıkmadığı da kontrol edilmiştir. DBYBHY'de depremli durumda zemin

emniyet gerilmesinin aşılp aşılmadığı kontrol edilirken zemin emniyet gerilmesinin %50 arttırılabileceği öngörülmüştür.

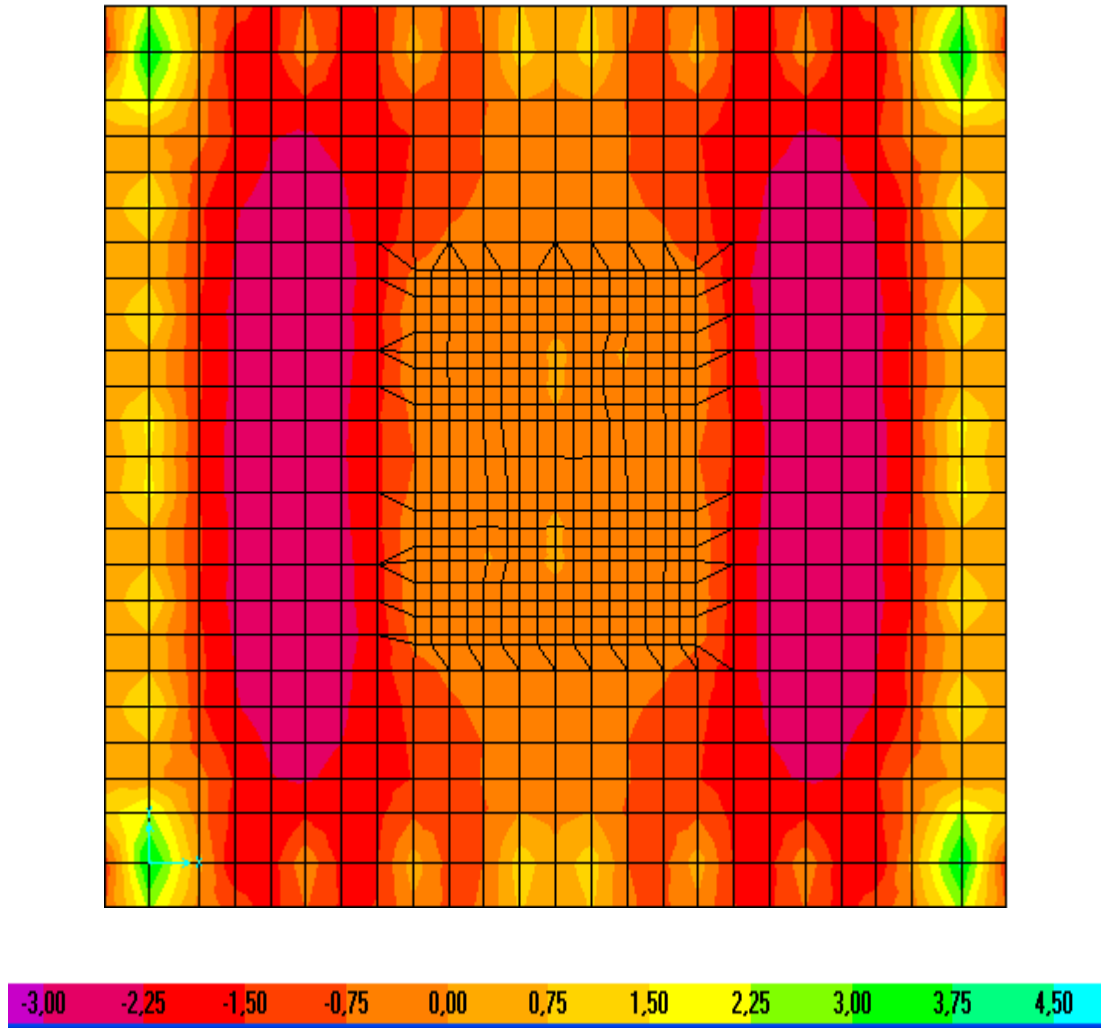
Temel plağında oluşan eğilme momenti etkileri göz önüne alınarak betonarme hesabı yapılmıştır. SAP 2000 programı ile elde edilmiş olan temel plağının M11 ve M22 moment dağılımı Şekil 5.3 ve Şekil 5.4’de verilmiştir.

S102 kolonu için zımbalama kontrolü:

TS 500’de, kolonlar tarafından yerel olarak yüklenen plakların zımbalama dayanımının tasarım zımbalama dayanımından daha büyük olması gerektiği belirtilmiştir(Denk. 5.24).

$$V_{pr} \geq V_{pd} \quad (5.24)$$

$$V_{pd} = N_1 - F_a \quad (5.25)$$



Şekil 5.3 : Temel Plağının M11 Moment Dağılımı

Daha güvenli tarafta kalmak için Denk. 5.25'te yer alan zımbalama çevresinin(u_p) içinde kalan plak yüklerinin toplamı, F_a sıfır alınmıştır.

$$N_{1.4G+1.6Q} = 11123.9 \text{ kN}, N_{G+Q+E} = 9154 \text{ kN}$$

$$d = 295 \text{ cm} \quad d' = 5 \text{ cm} \quad h = 300 \text{ cm}$$

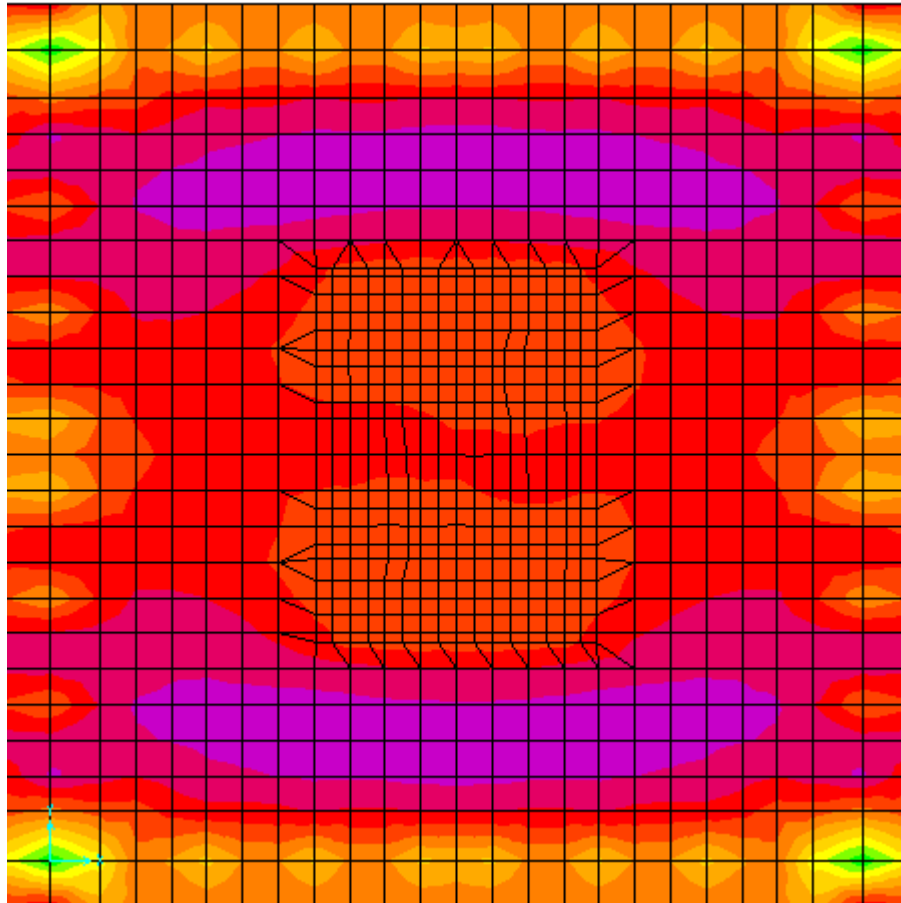
$$U_p = (50 + 150 + 2d) \times 2 = 400 + 4 \times 295 = 1580 \text{ cm}$$

$$V_{pr} = f_{ctd} \times u_p \times d = 1.35 \times 15800 \times 2950 \times 10^{-3} = 62923.5 \text{ kN}$$

$$V_{pr} > N_{1.4G+1.6Q}, \quad V_{pr} > N_{G+Q+E} \Rightarrow \text{zımbalama güvenliği sağlanmaktadır.}$$

Zemin emniyet gerilmesinin aşılp aşılmadığının kontrolü:

$$\sigma'_{z,em} = 1.5 \times \sigma_{z,em} = 1.5 \times 1200 = 1800 \text{ kN/m}^2$$



Şekil 5.4 : Temel Plağının M22 Moment Dağılımı

Düşey yükleme durumu için;

$$\delta_{\max} = 0.0037 \text{ m} \Rightarrow \sigma_{\max} = 0.0037 \times 300000 = 1110 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{z,\text{em}} = 1200 \text{ kN/m}^2$$
$$\delta_{\min} = 0.0027 \text{ m} \Rightarrow \sigma_{\min} = 0.0027 \times 300000 = 810 \text{ kN/m}^2 > 0$$

G+Q+E yükleme durumu için;

$$\delta_{\max} = 0.0031 \text{ m} \Rightarrow \sigma_{\max} = 0.0031 \times 300000 = 930 \text{ kN/m}^2 < \sigma'_{z,\text{em}} = 1800 \text{ kN/m}^2$$
$$\delta_{\min} = 0.0021 \text{ m} \Rightarrow \sigma_{\min} = 0.0021 \times 300000 = 630 \text{ kN/m}^2 > 0$$

Depremlı ve depremsiz durumlarda emniyet gerilmeleri aşılmamıştır ve zeminde çekme gerilmesi oluşmamıştır.

Temel donatı hesabı:

Temel plağı boyunca alt ve üst donatı olarak her iki yönde minimum donatı yerleştirilmiştir.

$$A_{s\min} = 0.00175 \times b \times d = 0.00175 \times 100 \times 292 = 51.1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen donatı $\phi 28/10 \text{ cm}$ (61.60 cm²/m)

Bu donatının karşılayabileceği moment değeri;

$$F_c = F_s \Rightarrow A_s \times f_{yd} = 0.85 \times f_{cd} \times b_w \times a$$

$$6160 \times 365 = 0.85 \times 23 \times 1000 \times a \Rightarrow a = 115.01 \text{ mm}$$

$$M = F_s \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 6160 \times 365 \times 10^{-3} \left(2920 - \frac{115.01}{2} \right) \times 10^{-3} = 6436.03 \text{ kNm}$$

Minimum donatı alanının temel içinde yeterli olduğu belirlenmiştir, bu yüzden ilave donatıya gerek yoktur.

6. DBYBHY 2007 İLE IBC 2003'ÜN KARŞILAŞTIRILMASI

6.1 Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı İçin Temel İlkeler

6.1.1 DBYBHY'nin temel ilkeleri

Yönetmeliğe göre depreme dayanıklı yapı tasarımının ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır. Yönetmeliğe göre esas alınması gereken tasarım depreminin, bina önem katsayısı $I=1$ olan binalar için 50 yıllık bir süre içinde aşılma olasılığı %10'dur.

6.1.2 IBC'un temel ilkeleri

Yönetmelikte depreme dayanıklı yapı tasarımıyla ilgili genel bir ilke belirtilmemiş, yapıya etkilmesi gereken deprem yüklerine ilişkin genel hükümler vurgulanmıştır. Yönetmeliğe göre; bölgesel sismikliğine ve kullanım amacına göre sismik tasarım kategorisi belirlenen yapı ve bu yapının elemanları, deprem etkisi altında oluşacak kuvvetleri karşılayacak yeterli dayanıma, rijitliğe ve enerji sönümüne sahip olmalıdır. Ayrıca yönetmeliğin 1615.2.1. maddesine göre, göz önüne alınacak en büyük depreminin 50 yıllık süre içerisinde aşılma olasılığı %2'dir.

6.2. Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

6.2.1 DBYBHY'e göre deprem yüklerinin belirlenmesi

Binalara etkiyen deprem yüklerinin belirlenmesi için kullanılan Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$, daha önceki bölümlerde Denk. 4.2. ile ve deprem bölgelerini hesaba katmak için kullanılan parametre, Etkin Yer İvme Katsayısı, A_0 , Çizelge 4.2'de verilmiştir. %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumu'nun ordinatı olan Elastik Spektral İvme, S_{ae} , Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi g 'nin çarpımına eşittir.

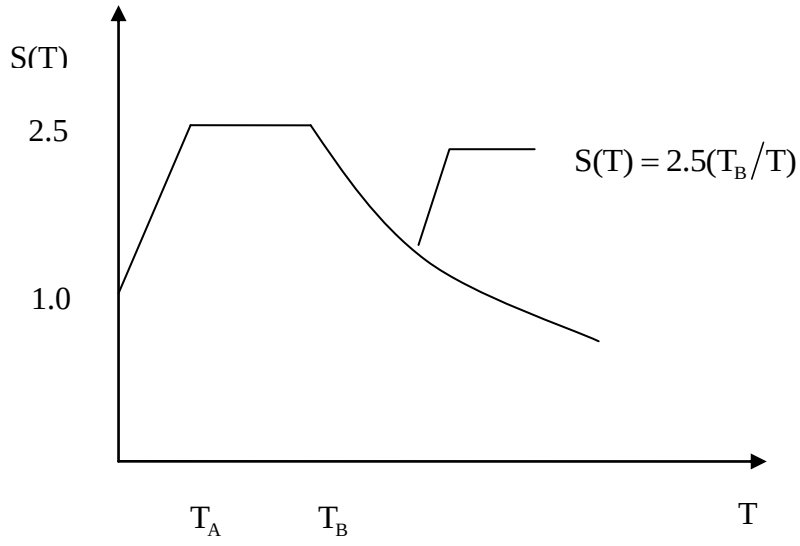
Spektral ivme katsayısının belirlenmesinde kullanılan bina önem katsayısı, binanın kullanım amacı ve türüne göre Çizelge 6.1’den belirlenebilir.

Çizelge 6.1 : Bina Önem Katsayısı

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; 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 Yukarda tanımlananlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapılar, vb)	1.0

Spektral İvme katsayısının belirlenmesinde etkili olan diğer bir parametre yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak hesaplanan spektrum katsayısıdır. Yerel zemin sınıflarına göre spektrum karakteristik periyotları Çizelge 4.3'e göre bulunabilir. Spektrum katsayısı Denk. 4.3 ile belirlenebilir. Tasarımda kullanılması gereken tasarım ivme spektrumu Şekil 6.1 ile verilmiştir.

Bazı durumlarda elastik tasarım ivme spektrumunun, yerel deprem ve zemin koşulları göz önüne alınarak yapılacak araştırmalarla belirlenmesi gerekebilir. Fakat bu şekilde bulunacak ivme spektrumu ordinatlarına karşı gelen spektral ivme katsayıları, tüm periyotlar için yukarıda hesaplanan spektral ivme katsayıları için bulunacak değerlerden daha küçük olmayacaktır.



Şekil 6.1 : Tasarım İvme Spektrumu

6.2.2 IBC'a göre deprem yüklerinin belirlenmesi

Yönetmelikte binalar bulundukları bölgenin depremselliğine ve ait oldukları sismik kullanım gruplarına göre sismik tasarım kategorilerine ayrılırlar. Yapıların sismik kullanım grupları Çizelge 6.2(IBC Çizelge 1604.5)'ye göre belirtilen kullanım amaçları doğrultusunda belirlenir. Yönetmeliğin 1616.3. maddesinde, binaların sismik tasarım kategorilerinin Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4'e göre belirlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Sismik tasarım kategorisi herhangi bir bina için izin verilen yapı sisteminin, yükseklik limitinin ve düzensizliklerin belirlenmesini sağlayan parametredir.

$S_1 \geq 0.75g$ olan bölgelere inşa edilecek yapılar, sismik kullanım grubu I ve II ise sismik tasarım kategorisi E'ye, eğer sismik kullanım grubu III ise sismik tasarım kategorisi F'ye göre tasarlanmalıdır.

Bölgesel sismik tehlikelere göre USGS (U.S. Geological Survey) tarafından sismik tepki spektrumlarının belirlenebilmesi için bölgelere has sismik tasarım haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar yönetmelikte Şekil 1615 olarak verilmiştir. Bölgesel sismik tehlikeler ise bölgesel sismikliğe, jeolojik yapıya, fay üzerinde daha önce gerçekleşmiş veya gerçekleşmesi muhtemel jeolojik oluşuma ve bölgenin fay hattına olan uzaklığına bağlıdır.

Çizelge 6.2 : Bina Önem Faktörü (IBC)

Sismik Kullanım Grubu	Binanın Kullanım Amacı	Sismik Faktör (I_E)
I	- Yıkılması durumunda halk güvenliği açısından fazla önemli olmayan yapılar -Tarımsal faaliyetlerde kullanılan yapılar -Geçici yapılar,küçük Depolar -Diğer gruplara girmeyen sıradan yapılar	1.0
II	-Yıkılması durumunda halk güvenliği açısından çok olumsuz sonuçlara neden olabilecek yapılar -Bir alanda 300'den fazla insanın toplanabileceği yapılar -Okullar, hapishaneler, toplantı salonları, sinemalar, kültürel kurumlar	1.25
III	-Herhangi bir afet sonrası kullanımı gereken yapılar -Hastaneler ve sağlık merkezleri -İtfaiye, kurtarma ve polis merkezleri ve bu kuruluşların araçlarının bulundurulduğu garajlar -Enerji santralleri, toksik ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulundurulduğu yapılar -Su arıtma tesisleri -Sivil savunma açısından önemli olan yapılar	1.5

Çizelge 6.3 : Kısa Periyoda Karşı Gelen Tepki İvmesine Göre Sismik Tasarım Kategorisinin Belirlenmesi

S_{DS}	Sismik Kullanım Grubu		
	I	II	III
$S_{DS} < 0.167g$	A	A	A
$0.167g \leq S_{DS} < 0.33g$	B	B	C
$0.33g \leq S_{DS} < 0.50g$	C	C	D
$0.5g \leq S_{DS}$	D	D	D

Çizelge 6.4 : 1 Saniyelik Periyoda Karşı Gelen Tepki İvmesine Göre Sismik Tasarım Kategorisinin Belirlenmesi

S_{D1}	Sismik Kullanım Grubu		
	I	II	III
$S_{D1} < 0.067g$	A	A	A
$0.067g \leq S_{D1} < 0.133g$	B	B	C
$0.133g \leq S_{D1} < 0.20g$	C	C	D
$0.2g \leq S_{D1}$	D	D	D

Yönetmelikte Şekil 1615’de verilen haritalarda, her bölge için sabit bir zemin tipine (B zemin sınıfı, yumuşak kaya) göre ayrı ayrı kısa periyot ve 1 saniyelik periyoda karşı gelen spektral tepki ivmeleri, S_s ve S_1 , verilmiştir. Belirlenen bu ivmelerin Çizelge 6.5(Yönetmelikte Çizelge 1615.1.2(1)) ve Çizelge 6.6(Yönetmelikte Çizelge 1615.1.2(2))’da verilen zemin sabitleriyle çarpılmasıyla göz önüne alınacak en büyük spektral tepki ivmeleri, S_{MS} ve S_{M1} , elde edilir(Denk. 6.1 ve Denk. 6.2). Elde edilen bu değerler göz önüne alınacak en büyük depreme aittir ve bu depremin 50 yıllık bir süre içinde meydana gelme olasılığı %2’dir.Tasarımda kullanılacak spektral tepki ivmeleri, S_{DS} ve S_{D1} , Denk. 6.3 ve Denk. 6.4 İle belirlenir.

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (6.1)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (6.2)$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} \quad (6.3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} \quad (6.4)$$

Yukarıda belirtilen şekilde bulunan tasarım spektral tepki ivmeleri kullanılarak tasarım tepki spektrum diyagramı oluşturulur(Şekil 6.2). Diyagramda gösterilen T_0 ve T_s değerleri ise Denk 6.5 ve Denk. 6.6 ile hesaplanır.

$$T_0 = 0.2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (6.5)$$

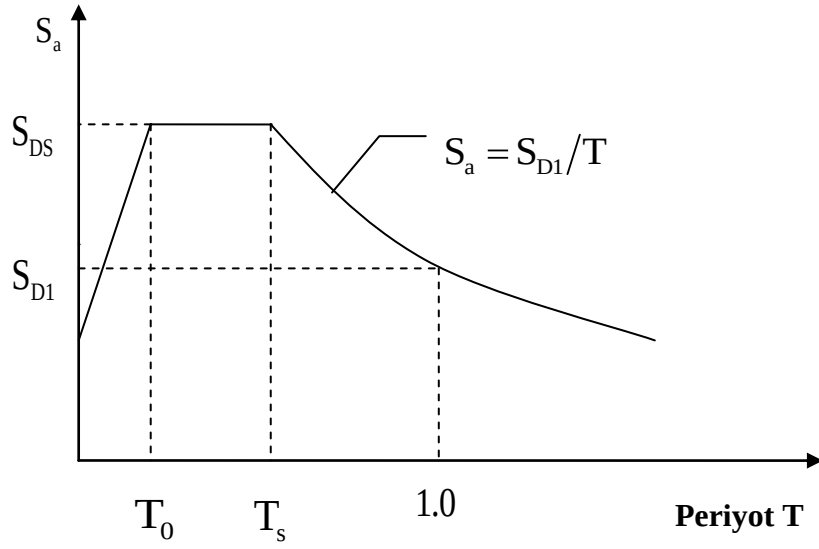
$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (6.6)$$

Çizelge 6.5 : Zemin Sabiti F_a 'nın Haritalandırılmış Kısa Periyoda Karşı Gelen Spektral Tepki İvmesine Göre Belirlenmesi

Zemin Sınıfı	Haritalandırılmış Kısa Periyoda Karşı Gelen Spektral Tepki İvmesi				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9

Çizelge 6.6 : Zemin Sabiti F_v 'nin Haritalandırılmış 1 Saniyelik Periyoda Karşı Gelen Spektral Tepki İvmesine Göre Belirlenmesi

Zemin Sınıfı	Haritalandırılmış 1 Saniyelik Periyoda Karşı Gelen Spektral Tepki İvmesi				
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4



Şekil 6.2 : Tasarım Tepki Spektrum Diyagramı

Şekil 6.2’de geçen spektrum tepki ivmesi, S_a , Denk. 6.7’ye göre hesaplanmalıdır.

$$\begin{aligned}
 S_a &= 0.6 \times \frac{S_{DS}}{T_0} \times T + 0.4 \times S_{DS} & (T \leq T_0) \\
 S_a &= S_{DS} & (T_0 \leq T \leq T_s) \\
 S_a &= \frac{S_{D1}}{T} & (T_s \leq T)
 \end{aligned} \tag{6.7}$$

6.3 Deprem Yükünün Diğer Yüklerle Kombinasyonu

6.3.1 DBYBHY’e göre deprem yüklerinin diğer yüklerle kombinasyonu

Yönetmeliğe göre kesit hesapları için deprem yükleri ile diğer yüklerin ortak etkisi altında, binanın taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak iç kuvvetlerin belirlenmesinde kullanılacak yükleme durumları Denk. 6.8 ve 6.9 ile verilmiştir. Denk 6.8 ve 6.9’da geçen G ölü yükü, Q hareketli yükü, E ise deprem yükünü ifade etmektedir.

$$1.0 \times G + 1.0 \times Q + 1.0 \times E \tag{6.8}$$

$$0.9 \times G + 1.0 \times E \tag{6.9}$$

Binanın deprem yüklerinin hesabında kullanılacak toplam ağırlığı, W , Denk. 6.10 ile, kat ağırlıkları, w_i , ise Denk. 6.11 ile belirlenecektir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (6.10)$$

$$w_i = g_i + n \times q_i \quad (6.11)$$

Denk. 6.11’de yer alan Hareketli Yük Katılım Katsayısı, n , Çizelge 6.7’ye göre belirlenmelidir. Endüstri binalarında sabit ekipman ağırlıkları için $n=1$ alınacak, ancak vinç kaldırma yükleri kat ağırlıklarının hesabında göz önüne alınmayacaktır. Deprem yüklerinin belirlenmesinde çatı katı ağırlığının hesabında kar yüklerinin %30’u hesaba katılacaktır.

Çizelge 6.7 : Hareketli Yük Katılım Katsayısı

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

6.3.2 IBC’a göre deprem yüklerinin diğer yüklerle kombinasyonu

Taşıma gücü yöntemine göre yapılan kesit hesaplarında, deprem etkisini içeren başlıca yükleme durumları Denk. 6.12(Yönetmelikte Denk. 16.5) ve Denk. 6.13(Yönetmelikte Denk. 16.6)’de verilmiştir.

$$1.2 \times D + 1.0 \times E + f_1 \times L + f_2 \times S \quad (6.12)$$

$$0.9 \times D + 1.0 \times E \quad (6.13)$$

Denk. 6.12 ve Denk. 6.13’de geçen D ölü yükü, E deprem yükünü ifade etmektedir. f_1 , garaj ve 4.79 kN/m^2 ’den büyük olan hareketli yük için 1.0, geri kalan bütün hareketli yükler için 0.5 alınmalıdır. f_2 , kar yükünün çatı üzerinde uzun süre kalmasına neden olacak yapıdaki çatılara sahip binalarda 0.7, diğer binalarda ise 0.2 alınır.

Binaya etkitilecek deprem yükü Denk. 6.14(Yönetmelikte Denk. 16.50) ile belirlenmelidir.

$$E = \rho \times Q_E + 0.2 \times S_{DS} \times D \quad (6.14)$$

Denkleimde kullanılan ilk terim, $\rho \times Q_E$, deprem hareketi sonucu oluşacak yanal etkiyi, ikinci terim, $0.2 \times S_{DS} \times D$, ise düşey bileşeni ifade etmektedir.

İlk terime bakıldığında toplam taban kesme kuvveti, Q_E , fazlalık faktörü, ρ , ile çarpıldığı görülmektedir. Bunun nedeni sünek olmayan yapılarda tepki düzeltme faktörü, R 'nin etkisini azaltılarak sismik kuvvetin arttırılmasını sağlamaktır. ρ hesaplanırken binanın plandaki alanı, yanal yükü karşılayan sistemler ve bu sistemlerin karşıladığı yükler göz önüne alınmalıdır. Yönetmeliğe göre ρ Denk. 6.15 ile hesaplanmalıdır.

$$\rho_i = 2 - \frac{6.1}{r_{\max_i} \times \sqrt{A_i}} \quad (6.15)$$

ρ_i : i'inci katın fazlalık faktörü.

A_i : i'inci katın alanı.

$r_{\max_i}$: i'inci katta en büyük kesme kuvvetini taşıyan elemana gelen kesme kuvvetinin o kata gelen kesme kuvvetine olan oranı.

Her kat için bulunan ρ_i değerlerinin en büyüğü bütün bina için geçerli olan bina fazlalık faktörüdür. Hesaplanan ρ değerinin 1.0'dan küçük ve 1.5'den büyük olmaması gerekir.

Yönetmelikte deprem etkilerine göre tasarım yapılırken süreksiz sistemleri destekleyen elemanların ve diyaframların kesit hesaplarının daha hassas yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Bu elemanların tasarımı Denk. 6.16 ile verilen en büyük sismik kuvvete göre yapılmalıdır. Denk. 6.16'da geçen büyütme katsayısı, Ω_0 aşırı dayanım faktörüdür ve IBC Çizelge 1617.6.2'de verilmiştir.

$$E = \Omega_0 \times Q_E + 0.2 \times S_{DS} \times D \quad (6.16)$$

6.4 Zemin Koşulları

6.4.1 DBYBHY'e göre zemin koşulları

Deprem tasarım ivme spektrumunun belirlenmesinde kullanılan spektrum karakteristik periyotları Çizelge 6.8'de tanımlanan yerel zemin sınıfları kullanılarak

bulunurlar. Yerel zemin sınıflarının tanımlanması için gerekli zemin grupları ise Çizelge 6.9’da, zemin parametreleri için verilen standart değerler kullanılarak bulunur.

Çizelge 6.8 : Yerel Zemin Sınıfları

Yerel zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakasının 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	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ 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

Birinci ve ikinci deprem bölgelerinde, (C) ve (D) gruplarına giren zeminlere oturan kolon ve perde temellerindeki dönmelerin taşıyıcı sistem hesabına etkileri, uygun idealleştirme yöntemleri ile göz önüne alınmalıdır.

Bütün deprem bölgelerinde, su seviyesinin zemin yüzeyinden itibaren 10 m içinde olduğu durumlarda (D) grubuna giren zeminlerde sıvılaşma potansiyelinin bulunup bulunmadığının kontrol edilmesi gerekir. Eğer sıvılaşma durumu söz konusu ise uygun analiz yöntemi kullanılmalı ve söz konusu durum için gerekli önlemler alınmalıdır.

6.4.2 IBC’a göre zemin koşulları

En büyük spektral tepki ivmelerinin hesaplanması için gerekli zemin katsayılarının belirlenmesinde kullanılan zemin gruplarının yönetmeliğin 1615.1.1. maddesine Çizelge 6.10’da belirtilen parametrelere bakılarak bulunması gerektiği belirtilmiştir. Eğer zemin gruplarının belirlenmesi için gerekli bilgi yoksa ve yapının yapılacağı bölgede E ve F zemin sınıfına giren zemin bulunmuyorsa zemin sınıfının D olduğu kabul edilir.

Çizelge 6.9 : Zemin Grupları

Zemin grubu	Zemin Grubu Tanımı	Standart Penetrasyon (N/30)	Relatif Sıklık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
A	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metanorfik 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 katlı 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	500-700
	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. Çok sıkı kum, çakıl	< 10	< 35	---	< 200
	3. Sert kil ve siltli kil	< 8	---	< 100	< 200

Çizelge 6.5 ve Çizelge 6.6 incelendiğinde F zemin sınıfı için zemin sabitlerinin verilmediği görülür. Bu zemin sınıfının bulunduğu yerlerde bölgeye has yer ivmelerinin bulunması gerekir. Bölgeye has yer ivmesi bulunurken bölgesel depremsellik, jeolojik yapı, bölgeye yakın faylarda meydana gelmiş veya gelebilecek sismik olayın büyüklüğü ve bu olayın tekrarlanma aralığı ve bölgenin fay hattına olan uzaklığı göz önüne alınmalıdır.

Çizelge 6.10 : Zemin Sınıflarının Belirlenmesi

Zemin Sınıfı	Zemin Profilinin İsmi	Üstteki 30 m Derinliğindeki Zeminin Yapısı		
		Kayma Dalgası hızı, $\bar{v}_s$ (m/s)	Standart Penetrasyon Dayanımı, $\bar{N}$	Serbest Basınç Dayanımı, $\bar{s}_u$ (kPa)
A	Sert kaya	$\bar{v}_s > 1524$	Uygulanamaz	Uygulanamaz
B	kaya	$762 < \bar{v}_s \leq 1524$	Uygulanamaz	Uygulanamaz
C	Sıkı zemin ve yumuşak kaya	$365 < \bar{v}_s \leq 762$	$\bar{N} > 50$	$\bar{s}_u \geq 96$
D	Orta sıklıkta zemin	$183 < \bar{v}_s \leq 365$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$48 \leq \bar{s}_u \leq 96$
E	Yumuşak zemin	$\bar{v}_s < 183$	$\bar{N} < 15$	$\bar{s}_u < 48$
E	---	Zemin profili içinde 3 m'den daha kalın bir tabakada aşağıdaki özelliklere sahip bir zemin tipi varsa; 1. Plastiklik içeriği, $PI > 20$ 2. Nem oranı, $w \geq 40\%$ 3. Serbest basınç dayanımı, $\bar{s}_u < 24$		
F	---	Zemin profili içinde aşağıda belirtilen özelliklere sahip bir veya daha fazla zemin tipi varsa; 1. Sismik yükleme sonucu sıvılaşmanın görülebileceği zemin, gevşek kum, yumuşak kil, 2. Organik kil kalınlığı 10 m'den fazla ise, 3. $PI > 75$ olan zeminin kalınlığı 7.5 m'den fazla ise 4. Orta sıkı veya gevşek kil tabakasının kalınlığı 35 m'den fazla ise		

6.5 Bina Düzensizlikleri

6.5.1 DBYBHY'e göre düzensiz binalar

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzlukları nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binaların tanımlanması ile ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar aşağıda belirtilmiştir. A, planda olan düzensizlikleri, B ise düşey doğrultuda olan düzensizlikleri ifade etmektedir.

A1-Burulma Düzensizliği:

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî kat

ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumunda burulma düzensizliği vardır.

A2-Döşeme Süreksizlikleri:

Herhangi bir kattaki döşemede aşağıda belirtilen,

I- Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu,

II-Deprem yüklerinin taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,

III-Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumunda döşeme süreksizliklerinin olduğu kabul edilir.

A3-Planda Çıkıntıların Bulunması:

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu A3 düzensizliğidir.

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 0.8'den küçük olması durumunda bu kat zayıf kat olarak adlandırılır.

B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat):

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranına bölünmesiyle tanımlanan Rijitlik Düzensizlik Katsayısı η_{ki} 'nin 2.0'dan fazla olması durumunda bu kat yumuşak kat olarak adlandırılır.

B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği:

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kırşlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumunda B3 düzensizliği söz konusudur.

Yönetmeliğe göre A1 ve B2 düzensizlikleri deprem hesap yönteminin seçiminde etkili olan düzensizliklerdir.

Birinci ve ikinci deprem bölgelerinde, A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunması durumunda, binaların kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiği hesapla doğrulanmalıdır.

B1 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda, göz önüne alınan i'inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, η_{ci} 'nin hesabında dolgu duvarları göz önüne alınmayacaktır. Hiçbir zaman $\eta_{ci} < 0.6$ olmayacaktır. Aksi halde, zayıf katın dayanımı ve rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır. $0.6 < \eta_{ci} < 0.8$ olduğu durumlarda taşıyıcı sistem davranış katsayısı 1.25 ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanacaktır.

B3 türü düzensizliğin bulunduğu durumlarda bütün deprem bölgelerindeki binalarda aşağıda belirtilen koşullara uyulması gerekir:

- a) Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulamaz.
- 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 artırılmalıdır.
- c) Üst katlardaki perdeler alttaki kolonlara oturtulamaz.
- d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde olan kirişlerin üstündeki açıklık ortasına oturtulamaz.

6.5.2 IBC'a göre düzensiz binalar

Yönetmelikte binaların aşağıda verilen kriterlere göre planda ve düşey doğrultuda olmak üzere düzenli ve düzensiz olarak sınıflandırılması gerektiği ifade edilmiştir. Bu düzensizlikler yönetmelikte Çizelge 1615.5.1.1 ve Çizelge 1615.5.1.2 ile verilmiştir. Düzensiz binalar hem yatayda hem de düşey doğrultuda bir veya birden

fazla düzensizliğe sahip olabilirler. Düzensiz oldukları belirlenen binalar aşağıda belirtilen limitleri aşmamalıdır.

Yönetmelikte planda düzensizlik durumları şöyle sıralanmıştır:

1a-Burulma düzensizliği:

Bir uçta belirlenen en büyük kat ötelemesi, iki uçta belirlenen aynı yöndeki kat ötelemelerinin ortalamasının 1.2 katından büyük olması durumunda 1a düzensizliği vardır.

1b-Aşırı burulma düzensizliği:

Bir uçta belirlenen en büyük kat ötelemesi, iki uçta belirlenen aynı yöndeki kat ötelemelerinin ortalamasının 1.4 katından büyük olması durumunda 1b düzensizliği vardır.

2-Planda çıkıntıların bulunması durumu:

Bina kat planlarında çıkıntı oluşturan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %15'inden daha büyük olması durumu 2 düzensizliğidir.

3-Diyafram (döşeme) süreksizlikleri:

Diyafram içindeki rijitliği ve sürekliliği azaltan boşlukların alanlarının toplamı kat brüt alanının %50'sinden fazla olması veya kat içinde rijitliğin %50'den fazla azalması durumunda döşemelerde süresizlikler meydana gelir.

4-Planda yanal yük karşılayan elemanlarda süreksizlik:

Yanal yükün karşılanmasını sağlayan sistemde süreksizliğin olması halinde düşey yükü karşılayan elemanlara yükün aktarılması sağlanamaz ve 4 türü düzensizlik durumu ortaya çıkar.

5-Paralel olmayan sistemler:

Düşey taşıyıcı elemanların birbirine paralel olmaması veya bu elemanların birbirine dik eksenlere göre simetrik olmaması durumu 5 türü düzensizliğin ortaya çıkmasına neden olur.

Yönetmelikte düşey doğrultuda düzensizlik durumları şöyle sıralanmıştır:

1a-Rijitlik düzensizliği (Yumuşak Kat):

Yanal rijitliği üsteki katın yanal rijitliğinin %70'inden veya üstündeki üç katın rijitliklerinin ortalamasının %80'inden az olan kat yumuşak kat olarak değerlendirilir.

1b-Rijitlik düzensizliği (Aşırı Yumuşak Kat):

Yanal rijitliği üsteki katın yanal rijitliğinin %60'ından veya üstündeki üç katın rijitliklerinin ortalamasının %70'inden az olan kat aşırı yumuşak kat olarak değerlendirilir.

2-Kütle düzensizliği:

Bir katın etkin kütlesi o katın altındaki veya üstündeki katların etkin kütlelerinin %150'sinden daha fazla olması durumunda kütle düzensizliği ortaya çıkar. Kütle düzensizliği kontrol edilirken altlarındaki katlar daha hafif olan çatı katları göz önüne alınmaz.

3-Düşey geometri düzensizliği:

Herhangi bir katta yanal yük taşıyan sistemin plandaki uzunluğu altındaki veya üstündeki katların yanal yük taşıyan sistemlerinin plandaki uzunluklarının %130'unda fazla olması durumunda düşey geometri düzensizliği ortaya çıkar.

4- Yanal yük karşılayan elemanlarda düzlem süreksizliği:

Yanal yük karşılayan bir elemanın plandaki uzunluğunun alt kattaki aynı düzlemde bulunan ve yanal yük karşılayan elemandan daha uzun olması durumunda 4 türü düzensizlik ortaya çıkar.

5-Kapasite (dayanım) düzensizliği (Zayıf Kat):

Eğer bir katın yatay dayanımı üstündeki katın yatay dayanımının %80'inden daha az ise bu kat zayıf kat olarak değerlendirilir. Kat rijitliği göz önüne alınan yönde kata gelen kesme kuvvetini karşılayan elemanların rijitliklerinin toplamına eşittir.

Eğer planda 1a ve 1b türü düzensizlikler varsa, C, D, E ve F tasarım kategorilerine giren binalarda $\mp$ %5 ek dış merkezlikten kaynaklanan burulma momenti M_{ta} 'nın burulma büyütme çarpanı A_x ile çarpılarak arttırılması gerekmektedir. Burulma büyütme çarpanı Denk. 6.17 ile hesaplanacaktır. Denk. 6.17'de mevcut olan δ_{max}

x'inci kattaki en büyük yer değiştirmeyi, δ_{avg} ise x'inci kattaki aynı yönde oluşan ortalama yer değiştirmeyi ifade etmektedir.

$$A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{\delta_{avg}} \right)^2 \quad (6.17)$$

Planda 1a, 1b ve 4 ve düşey doğrultuda 1a, 1b, 2, 3, 4 ve 5 türü düzensizlikler D, E ve F tasarım kategorilerine giren binaların deprem hesap yönteminin belirlenmesinde etken olan düzensizliklerdir.

D, E ve F tasarım kategorilerine giren binalarda 1a, 1b, 2, 3 ve düşey doğrultuda 4 türü düzensizliklerden en az biri varsa diyaframlarla düşey taşıyıcı elemanların birleşim bölgelerindeki tasarım kuvveti %25 artırılmalıdır.

C, D, E ve F tasarım kategorilerine giren binalarda planda 1a ve 1b türü düzensizlikler varsa tasarım kat ötelemesi olarak o kattaki en büyük yanal öteleme göz önüne alınır.

E ve F tasarım kategorilerine giren binalarda planda 1b ve düşey doğrultuda 1b ve 5 türü düzensizliklere izin verilmez.

B, C, D, E ve F tasarım kategorilerine giren ve düşeyde 5 türü düzensizliğe sahip binalardaki mevcut zayıf katın yanal dayanımının üstündeki katın yanal dayanımının %65'den daha az olması durumunda bina yüksekliği 9 m'den ve kat sayısı da 2'den fazla olmamalıdır.

Binalarda planda 1a, 1b ve düşeyde 5 türü düzensizliklerin bulunması durumunda binaların yapısal elemanlarının tasarımında kullanılacak kuvvetler birbirine dik iki eksen doğrultusundaki deprem kuvvetlerinin aynı anda yapıya etkilmesi sonucu oluşan iç kuvvetlerdir. İki eksen doğrultusunda deprem kuvvetleri yapıya etkililirken bir doğrultudaki yükün tamamı diğer doğrultudaki yükün ise %30'u kullanılmalıdır.

6.6 Analiz Yöntemleri

6.6.1 DBYBHY'de belirtilen analiz yöntemleri

Yönetmelikte, binalar ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılabilecek yöntemler Eşdeğer Deprem Yüğü, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri olarak belirtilmiştir. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

diğer yöntemlerle kıyaslandığında, uygulanması diğer yöntemlere göre daha kolay olduğu için tasarımcılar tarafından sıkça tercih edilir. Ancak Eşdeğer Deprem Yönteminin uygulanabileceği binalar sınırlıdır ve bu yöntemin kullanılabileceği binalar önceki bölümlerde Çizelge 4.1’de verilmişti.

6.6.1.1 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Bu yöntemde yapının birinci modu esas alınır ve katlara etkiyen deprem kuvvetlerinin kat kütlesi ve katın temelden yüksekliği ile orantılı olduğu kabul edilir. Bu yöntemde deprem yükleri binaya binanın yüksekliği boyunca kat kütlelerine etkiyen statik yükler olarak dağıtılır. Denk. 4.5 kullanılarak hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak Denk 6.18 ile ifade edilir. Binanın en üst katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü, ΔF_N , Denk.6.19 kullanılarak hesaplanacaktır. Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında kalan kısmı, en üst kat dahil olmak üzere, bina katlarına Denk. 6.20 ile dağıtılacaktır.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (6.18)$$

$$\Delta F_N = 0.0075 \times N \times V_t \quad (6.19)$$

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i \times H_i}{\sum_{j=1}^N w_j \times H_j} \quad (6.20)$$

Bodrum katlarında betonarme çevre perdeleri bulunan yapılarda bodrum katlarına ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri aşağıda belirtildiği gibi üç aşamada bulunmalıdır.

1. Öncelikle sadece üstteki katlara eşdeğer deprem yükleri uygulanır. Bodrum katlar hesaba katılmadan yukarıda anlatıldığı gibi eşdeğer kat yükleri yapıya etkililerek iç kuvvetler bulunacaktır.
2. Daha sonra sadece rijit bodrum katlarına eşdeğer deprem yükleri uygulanır. Doğal titreşim periyodunu hesaplamaksızın spektrum katsayısı olarak $S(T) = 1.0$ alınacaktır. Her bir bodrum katına etkiyen etkiyen eşdeğer deprem yükünün

hesabında, spektral ivme değeri ile bu katın ağırlığı çarpılacak ve elde edilen elastik yükler, $R_a(T) = 1.5$ katsayısına bölünerek azaltılacaktır.

3. Üsteki katlardan bodrum katlarına geçişte yer alan ve çok rijit bodrum perdeleriyle çevrelenen zemin kat döşeme sisteminin kendi düzlemi içindeki dayanımı, bu hesapta elde edilen iç kuvvetlere göre kontrol edilecektir.

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram hareketi yaptığı binalarda, her kat döşemesinin zemine paralel düzlem içinde iki doğrultuda öteleme ve yükseklik boyunca uzanan eksen etrafındaki dönmesi göz önüne alınacak yer değiştirme bileşenleridir.

Her katta yukarıda belirtilen şekilde bulunacak eşdeğer deprem yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca ek dışmerkezlilik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile, kaydırılmış kütle merkezlerine tekil yatay yükler olarak uygulanacaktır. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun $+5\%$ 'i ve -5% 'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalardır.

Eğer binalarda A2 türü düzensizlik bulunuyorsa veya döşemeler rijit diyafram olarak çalışmıyorsa, döşemelerin yatay düzlemdeki şekli değiştirmelerinin göz önüne alınmasını sağlayacak yeterlilikte bağımsız statik yer değiştirme bileşeni hesapta göz önüne alınacaktır. Ayrıca yukarıda da belirtildiği üzere ek dışmerkezliliklerin hesaba katılabilmesi için her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil noktaların kütle merkezlerinin yanı sıra $\mp 5\%$ kaydırılmış kütle merkezlerine de eş değer deprem yükleri uygulanmalıdır.

Binanın herhangi bir katında A1 türü düzensizliğin bulunması durumunda, $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ olmak koşulu ile yukarıda verilen $\mp 5\%$ dışmerkezlilikler Denk. 6.21 ile elde edilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (6.21)$$

Yapıya gelen toplam eşdeğer deprem yükünün bulunabilmesi için gerekli olan yapının 1. doğal titreşim periyodu DBYBHY'de Denk. 2.11 ile hesaplanan değerden daha büyük olmayacaktır. Denk. 6.20'de kullanılan i'inci kata etkiyen fiktif yükü

gösteren F_{fi} yerine herhangi bir değer konulabilir. Ayrıca Denk. 6.21 ile elde edilen değerlerin bodrum katlar hariç kat sayısı $N > 13$ olan binalarda doğal periyot, $0.1 \times N$ 'den büyük olmayacaktır.

6.6.1.2 Mod Birleştirme Yöntemi

Mod Birleştirme Yöntemi'nde toplam deprem kuvvetinin bulunmasında diğer titreşim periyotları ve mod şekilleri hesaba katılır ve bu toplam kuvvetin katlara dağıtılmasında ilgili mod şekilleri esas alınır. Bu yöntem çok serbestlik dereceli sistemlerin davranışını veren ifadelerin her mod şekli için ayrı ayrı değerlendirilmesi olarak da görülebilir.

Herhangi bir n 'inci titreşim modunda göz önüne alınacak azaltılmış ivme spektrumunun ordinatı Denk. 6.22 ile belirlenecektir.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (6.22)$$

Eşdeğer Değer Deprem Yüğü Yöntemi'nde olduğu gibi bu yöntemde de döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi göz önüne alınacaktır. Kat kütleleri, her katın kütle merkezinde ve ayrıca ek dışmerkezlik etkilerinin hesaba katılabilmesi amacı ile, kaydırılmış kütle merkezlerinde tanımlanacaktır. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun $+5\%$ 'i ve -5% 'ikadar kaydırılması ile belirlenen noktalardır.

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y , göz önüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının, Denk. 6.23'de belirtildiği üzere, hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin 90% 'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir.

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^Y M_{xn} &= \sum_{n=1}^Y \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0.9 \times \sum_{i=1}^N m_i \\ \sum_{n=1}^Y M_{yn} &= \sum_{n=1}^Y \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0.9 \times \sum_{i=1}^N m_i \end{aligned} \quad (6.23)$$

Yukarda Denk. 6.23’de yer alan L_{xn} ve L_{yn} ile modal kütle M_n ’nin ifadeleri aşağıda Denk. 6.24 ile verilmiştir.

$$\begin{aligned} L_{xn} &= \sum_{i=1}^N m_i \times \Phi_{xin} \quad ; \quad L_{yn} = \sum_{i=1}^N m_i \times \Phi_{yin} \\ M_n &= \sum_{i=1}^N m_i \times \Phi_{xin}^2 + m_i \times \Phi_{yin}^2 + m_{\theta i} \times \Phi_{\theta in}^2 \end{aligned} \quad (6.24)$$

Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerin bulunduğu ve betonarme kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram hareketi yaptığı binaların hesabında, sadece bodrum katların üstünde etkin olan titreşim modlarının göz önüne alınması yeterlidir. Bu yöntem kullanılarak yapılacak hesapta, bodrumdaki rijit perdeler göze alınmaksızın seçilecek davranış katsayısı, R kullanılır ve sadece üsteki katların kütleleri göz önüne alınır. Rijit bodrum katlarına gelen deprem yükleri ise eşdeğer deprem yükü yönteminde belirtildiği gibi hesaplanır.

Maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için, $T_m < T_n$ olmak üzere, göz önüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_m / T_n < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı uygulanabilir. Bu koşulun sağlanamaması durumunda Tam Karesel Birleştirme kuralı uygulanacaktır.

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak bulunan toplam deprem yükü V_{tb} ’nin, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanılarak bulunan bina toplam deprem yükü V_t ’ye oranının, A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az biri varsa 0.9’dan, eğer bu düzensizliklerden hiç biri yoksa 0.8’den büyük olmalıdır. Eğer bu koşul sağlanamıyorsa Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak bulunan tüm iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri Denk. 4.1’e göre büyütülecektir.

6.6.1.3 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

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

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabında, aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç kaydedilmiş veya benzeştirilmiş ivme kaydı kullanılacaktır.

1. İvme kayıtlarındaki kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, yapının birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.
2. Oluşturulan deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması $A_0 \times g$ 'den daha küçük olmayacaktır.
3. Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci periyot T_1 'e göre $0.2 \times T_1$ ile $2 \times T_1$ arasındaki periyotlar için elastik spektral ivmelerin %90'ından az olmayacaktır.

Bu yöntem kullanılarak yapılacak hesapta, üç yer hareketi kullanılmış ise sonuçların en büyüğü, en az yedi yer hareketi kullanılmış ise sonuçların ortalaması tasarım için kullanılacaktır.

6.6.2 IBC'da belirtilen analiz yöntemleri

Yönetmeliğin 1617. bölümünde, binalar ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılabilecek dinamik yöntemlerin yanında statik analiz yöntemleri de belirtilmiştir. Statik analiz yöntemleri Kuvvet İndeks Yöntemi, Basitleştirilmiş Analiz Yöntemi ve Eşdeğer Kuvvet Yöntemi'dir. Dinamik analiz yöntemleri ise Modal Analiz Yöntemi, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Hesap Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi'dir. Yönetmelikte belirtilen statik yöntemlerin uygulanabilme sınırları için ASCE 7'ye atıfta bulunulmuştur ve bu sınırlar Çizelge 6.11(ASCE 7 Çizelge 9.5.2.5.1)'de belirtilmiştir. Çizelge 6.11'e bakıldığında sismik tasarım kategorisinin, bina düzensizliklerinin, yapı sisteminin ve bina yüksekliğinin yöntem seçiminde etkili olan faktörler olduğu görülür. Yönetmelikte belirtilen bütün dinamik analiz yöntemleri tüm binaların analizinde kullanılabilir. Yukarıda verilen analiz yöntemleri ile ilgili bilgiler için yönetmelik, ASCE 7 bölüm 9.5'e atıfta bulunulmuştur.

6.6.2.1 İndeks Kuvvet Analiz Yöntemi

Bu yöntemde Denk. 6.25 ile bulunan statik yanal kuvvetler birbirine dik iki yönde bağımsız olarak yapıya etkilir. Bu yöntemde binanın oturduğu zemine sabitlendiği

düşünülerek her kat için bir yönde hesaplanan yanal kuvvetler aynı anda yapıya etkitilir.

$$F_x = 0.01 \times w_x \quad (6.25)$$

Çizelge 6.11 : Statik Analiz Yöntemlerinin Uygulanabileceği Binalar

Sismik Tasarım Kategorisi	Yapısal Özellikler	İndeks Kuvvet Analiz Yöntemi	Basitleştirilmiş Analiz Yöntemi	Eşdeğer Kuvvet Yöntemi
A	Bütün binalar	Uygulanabilir	Uygulanabilir	Uygulanabilir
B, C	S.K.G-1 ve hafif çerçeve üç kata kadar olan yapılar	İzin verilmez	Uygulanabilir	Uygulanabilir
	S.K.G-1 diğer iki kata kadar olan yapılar	İzin verilmez	Uygulanabilir	Uygulanabilir
	Diğer bütün binalar	İzin verilmez	İzin verilmez	Uygulanabilir
D, E, F	S.K.G-1 ve hafif çerçeve üç kata kadar olan yapılar	İzin verilmez	Uygulanabilir	Uygulanabilir
	S.K.G-1 diğer iki kata kadar olan yapılar	İzin verilmez	Uygulanabilir	Uygulanabilir
	$T < 3.5T_s$ olan düzenli yapılar ve bütün hafif çerçeve yapılar	İzin verilmez	İzin verilmez	Uygulanabilir
	$T < 3.5T_s$ olan planda 2, 3, 4 veya 5 veya düşey doğrultuda 4 veya 5 türü düzensizliklerin olduğu düzensiz yapılar	İzin verilmez	İzin verilmez	Uygulanabilir
	Diğer bütün yapılar	İzin verilmez	İzin verilmez	İzin verilmez

S.K.G: Sismik Kullanım Grubu

Burada;

F_x : x'inci kata gelen yanal kuvveti,

w_x : Yapının deprem yüklerinin bulunmasında kullanılacak x'inci kata ait ağırlığını,

W: Yapının deprem yüklerinin bulunmasında kullanılacak ağırlığı ifade etmektedir.

Deprem yüklerinin bulunmasında kullanılacak yapı ağırlığı şu yükleri içermelidir:

1. Depo olarak kullanılacak alanlarda toplam hareketli yükün en az %25'ini,
2. Kalıcı gereçlerin toplam ağırlığını,
3. Kar yükünün, 1.44 kN/m^2 'den fazla olduğu yerlerde kar yükünün %20'sini içermelidir.
4. Ölü yük olarak katlarda en az 0.48 kN/m^2 alınacaktır.

6.6.2.2 Basitleştirilmiş Analiz Yöntemi

Yönetmeliğin 1617.5. maddesinde, bu yöntem kullanılarak bulunacak taban kesme kuvvetinin Denk. 6.26 ile, katlara gelen kesme kuvvetlerinin ise Denk. 6.27 ile hesaplanması gerektiği belirtilmiştir.

$$V = \frac{1.2 \times S_{DS}}{R} \times W \quad (6.26)$$

$$F_x = \frac{1.2 \times S_{DS}}{R} \times w_x \quad (6.27)$$

6.6.2.3 Eşdeğer Kuvvet Yöntemi

Zemine sabit olduğu düşünülen yapıya eşdeğer statik yanal kuvvetler birbirine dik iki yönde bağımsız olarak etkitilir. Bu yöntemde yapıya gelen taban kesme kuvveti, V , Denk. 6.28 ile hesaplanır.

$$V = C_s \times W \quad (6.28)$$

Denk 6.28'de kullanılan deprem yükü katsayısı, C_s , Denk. 6.29 ile hesaplanacaktır. Yapıya gelen deprem yüklerinin bulunmasında kullanılacak toplam yapı ağırlığı, W , Bölüm 6.6.2.1'de belirtilen şekilde bulunacaktır.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I} \quad (6.29)$$

Denk. 6.29 ile bulunan sismik tepki sabiti, $0.044 \times S_{DS} \times I \leq C_s \leq \frac{S_{DI}}{T \times R/I}$ koşulunu

sağlamalıdır. Ayrıca E ve F sismik tasarım kategorilerine giren yapılarda

$$C_s \leq \frac{0.5 \times S_1}{R/I} \text{ olmalıdır.}$$

Beş kata kadar olan düzenli yapılarda, $T \leq 0.5 \text{ sec}$ ise C_s 'i hesaplamak için $S_s = 1.5g$ ve $S_1 = 0.6g$ alınabilir.

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, yapının doğal titreşim periyodu, T , yapı özellikleri ve destekleyici elemanların yer değiştirme özellikleri kullanılarak bulunur. Yapının gerçek periyodu yerine aşağıda belirtilen iki şekilde yaklaşık periyodu, T_a , bulunabilir.

1. Eğer yapının kat sayısı, N , en az 12 ise ve kat yükseklikleri en az 3 m ise yaklaşık periyot Denk. 6.30 ile hesaplanabilir.

$$T_a = 0.1 \times N \quad (6.30)$$

2. Yapının yaklaşık periyodu, T_a , Denk. 6.31 ile de bulunabilir.

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (6.31)$$

Denk. 6.31'de yer alan h_n yapının temelden en üst noktasına kadar olan yüksekliğini ifade etmektedir. Denklemden kullanılan diğer iki sabit, x ve C_t Çizelge 6.12'den bulunacaktır.

Yapının doğal titreşim periyodu T 'nin, Denk. 6.31 ile bulunan değer üst limit sabiti ile çarpılmasıyla elde edilen değerden ve Denk. 6.30 ile bulunan değerden daha küçük olması gerekir. Hesaplanan periyodun üst limitinin belirlenmesinde kullanılacak olan sabit, C_u , Çizelge 6.13'den belirlenecektir.

Yanal kuvvet dikeyde Denk. 6.32 kullanılarak dağıtılır. Denk. 6.32'de yer alan düşey dağıtım katsayısı, C_{vx} Denk. 6.33 ile hesaplanacaktır.

$$F_x = C_{vx} \times V \quad (6.32)$$

Çizelge 6.12 : Yaklaşık Periyodun Hesaplanmasında Kullanılan Sabitlerin Değerleri

Yapı Tipi	C_t	α
Deprem yükünün tamamının çelik çerçevelerle taşındığı sistemlerin sismik kuvvetlere maruz kalması sonucunda bu çerçevelerin etrafında bu çerçevelerde oluşacak yer değiştirmeleri engelleyecek daha rijit bileşenler yoksa	0.068	0.8
Deprem yükünün tamamının betonarme çerçevelerle taşındığı sistemlerin sismik kuvvetlere maruz kalması sonucunda bu çerçevelerin etrafında bu çerçevelerde oluşacak yer değiştirmeleri engelleyecek daha rijit bileşenler yoksa	0.044	0.9
Çelik Çerçeve ve dış merkezli desteklenen yapılar	0.07	0.75
Diğer bütün yapılar	0.055	0.75

Çizelge 6.13 : Periyot Üst sınırının Belirlenmesinde Kullanılacak Sabit, C_u

1 Saniyelik Periyoda Karşı Gelen Tasarım Tepki Spektrum İvmesi, S_{D1}	Üst Limit Sabiti, C_u
≥ 0.4	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
0.1	1.7
≤ 0.05	1.7

$$C_{vx} = \frac{w_x \times h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \times h_i^k} \quad (6.33)$$

Burada;

k : Yapı periyodunu bağlı üsdür ve belirlenen periyoda göre şu değerleri alır;

$$T \leq 0.5 \text{ s} \quad \Rightarrow \quad k = 1.0$$

$$T \geq 2.5 \text{ s} \quad \Rightarrow \quad k = 2.0$$

$$0.5 < T < 2.5 \Rightarrow k \text{ için interpolasyon yapılmalıdır.}$$

Her kata gelen kesme kuvveti o katın üstünde bulunan katlara gelen kesme kuvvetlerinin toplamına eşittir(Denk. 6.34). Herhangi bir katta, o kata gelen kesme kuvveti elemanlar arasında kesme kuvveti doğrultusundaki rijitlikleriyle doğru orantılı olarak paylaşılır.

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (6.34)$$

Yapılar sismik kuvvetlerden kaynaklanan devrilme momentlerini karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır. Herhangi bir katta, deprem yükleri neticesinde oluşan devrilme momenti, M_x , Denk. 6.35 ile hesaplanacaktır.

$$M_x = \sum_{i=x}^n F_i \times (h_i - h_x) \quad (6.35)$$

Kat ötelemesi, Δ , göz önüne alınan katın, göz önüne alınan deprem doğrultusunda alt kısmının üst kısmına göre göreceli yer değiştirmesidir. x'inci katın kütle merkezinin yer değiştirmesi Denk.6.36 kullanılarak hesaplanacaktır.

$$\delta_e = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I} \quad (6.36)$$

Burada,

C_d : Yer değiştirme arttırma faktörünü,

δ_{xe} : Elastik analiz ile elde edilen yer değiştirmeyi ifade etmektedir.

Sismik tasarım kategorisi C, D, E ve F'ye giren yapılarda tasarım kat ötelemesi için o katta oluşan en büyük göreceli yer değiştirme, D , göz önüne alınır.

6.6.2.4 Modal Analiz Yöntemi

Yapının kütle ve rijitlik dağılımını ifade eden üç boyutlu matematik modeli oluşturulur. Düzenli yapılarda birbirinden bağımsız dik kuvveti karşılayan sistemler varsa iki boyutlu sistemler de oluşturulabilir. Düzensiz ve birbirine bağımlı dik kuvvetleri karşılayan sistemlerde ise model en az üç serbestliğe sahip olacak şekilde olmalıdır. Diyafram rijit değilse hesaplarda ek serbestlik dereceleri de göz önüne alınmalıdır.

Yapının doğal titreşim periyotları bulunurken, aynı zamanda her periyoda ait modun modal şekil değiştirme vektörü, mod katkı faktörü ve modal kütlesi de belirlenmelidir.

Hesapta kullanılacak yeterli mod sayısı, göz önüne alınacak birbirine dik her iki yönde, birleştirilen modların etkin kütlelerinin toplamının binanın gerçek ağırlığının en az %90'nını sağlayacak şekilde belirlenecektir.

m'ninci modun toplam taban kesme kuvvetine olan katkısı Denk. 6.37 ile hesaplanacaktır. Denk.6.37'de yer alan m'ninci moda ait etkin modal kütle, W_m , Denk. 6.38 ile bulunacaktır.

$$V_m = C_{sm} \times W_m \quad (6.37)$$

$$W_m = \frac{\left(\sum_{i=1}^n w_i \times \Phi_{im} \right)^2}{\sum_{i=1}^n w_i \times \Phi_{im}^2} \quad (6.38)$$

$$C_{sm} = \frac{S_{am}}{R/I} \quad (6.39)$$

Burada;

C_{sm} : Denk. 6.39 ile hesaplanan modal sismik tasarım sabitini,

Φ_{im} : m'ninci moda ait modal şekil değiştirme vektörünün i'ninci kata ait bileşenini,

S_{am} : m'ninci modun periyoduna karşı gelen tasarım tepki spektrum ivmesini ifade etmektedir.

Eğer yapıya ait herhangi bir mod, T_m , 4 saniyeden daha büyükse modal sismik tasarım sabiti, C_{sm} , Denk. 6.40 ile hesaplanacaktır.

$$C_{sm} = \frac{4 \times S_{D1}}{R/I \times T_m^2} \quad (6.40)$$

Herhangi bir kata gelen modal kuvvet Denk. 6.41 ile hesaplanır ve Denk.6.41'de yer alan m'inci moda ait dikey dağıtma faktörü Denk. 6.42 ile bulunacaktır.

$$F_{xm} = C_{vxm} \times V_m \quad (6.41)$$

$$C_{vxm} = \frac{w_x \times \Phi_{xm}}{\sum_{i=1}^n w_i \times \Phi_{im}} \quad (6.42)$$

Herhangi bir kattaki modal yer değiştirme Denk. 6.43 ile hesaplanacaktır ve Denk. 6.43’de yer alan x’inci katın kütle merkezinin m’inci modtaki yer değiştirme miktarı, δ_{xm} , Denk. 6.44 ile hesaplanacaktır.

$$\delta_{xm} = \frac{C_d \times \delta_{xm}}{I} \quad (6.43)$$

$$\delta_{xm} = \left(\frac{g}{4 \times \pi^2} \right) \times \left(\frac{T_m^2 \times F_{xm}}{w_x} \right) \quad (6.44)$$

Bu yöntem ile tasarlanacak yapılarda kullanılacak taban kesme kuvveti, her kata gelen kesme kuvveti, kat ötelemeleri ve moment değerleri mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunacaktır. Mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı veya Tam Karesel Birleştirme Kuralı uygulanacaktır. Bu yöntem kullanılarak bulunan tasarım taban kesme kuvveti V_t ’nin Eşdeğer Kuvvet Yöntemi kullanılarak bulunacak taban kesme kuvveti V’ye oranının 0.85’ten büyük olması gerekir. Aksi halde Modal Analiz Yöntemi kullanılarak bulunacak bütün tasarım değerleri Denk. 6.45 ile büyütülecektir. Ayrıca Modal Analiz Yöntemi Kullanılarak bulunacak yapıya ait birinci doğal titreşim periyodu T’nin, Denk. 6.30 ile bulunan yaklaşık periyodu T_a ’nın Çizelge 6.13’e göre belirlenen üst limit katsayısı C_u ile çarpımından küçük olmalıdır(Denk. 6.46).

$$0.85 \times \frac{V}{V_t} \quad (6.45)$$

$$T \leq T_a \times C_u \quad (6.46)$$

6.6.2.5 Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemi

Bu yöntemde, yapının inşa edileceği bölgenin tasarım tepki spektrumuna uygun bir deprem hareketi neticesi yapıda ve yapının bileşenlerinde oluşacak anlık yer değiştirme, hız ve ivme büyüklükleri sayısal integrasyon kullanılarak hesaplanır. Bu analiz yönteminin kullanım amacı doğrultusunda binanın temele sabitlendiği düşünülebilir veya temelin rijitliğine bağlı gerçek kabullerin yapılması da mümkündür.

Bu yöntem kullanılacaksa en az üç uygun yer hareketi göz önüne alınmalıdır ve bu yer hareketleri aşağıda belirtilen kriterlere uymalıdır.

Eğer iki boyutlu analiz yapılacaksa kullanılacak her yer hareketinin yatay doğrultudaki ivmesi gerçek bir deprem kaydından alınmalıdır ve kullanılacak kayıtlar göz önüne alınacak en büyük depremle tutarlı olmalıdır. Uygun yer hareketlerine ait kayıt sayısı yetersiz ise gerçeğe yakın yer hareketleri oluşturulur. Oluşturulacak yapay yer hareketlerinin %5 sönüm oranına sahip tepki spektrum ivmelerinin ortalaması, tasarım tepki spektrumunun $0.2 \times T$ ile $1.5 \times T$ saniyeleri arasındaki spektrum ivmelerinin ortalamasından büyük olacaktır. T yapının doğal titreşim periyodudur.

Eğer üç boyutlu analiz yapılacaksa her yer hareketi birbirine dik doğrultudaki uygun yatay yer hareketi çiftlerinden oluşacaktır. Kullanılacak yer hareket çiftlerinin bileşenleri gerçek deprem kayıtlarından alınmalıdır ve kullanılacak kayıtlar göz önüne alınacak en büyük depremle tutarlı olmalıdır. Uygun yer hareket çiftlerini oluşturmak için yeterli kayıt sayısı yoksa gerçeğe yakın yer hareket çiftleri oluşturulacaktır. %5 sönüm oranına sahip çiftlerin bileşenleri Tam Karesel Birleştirme Kuralı uygulanarak birleştirilecektir. Her bileşene ait tepki spektrum ivmelerinin ortalaması, tasarım tepki spektrumunun $0.2 \times T$ ile $1.5 \times T$ saniyeleri arasındaki spektrum ivmelerinin ortalamasının 1.3 katından büyük olacaktır.

Analizde kullanılan her yer hareketi neticesinde elde edilen iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri I/R ile çarpılacaktır. Burada I yapının önem faktörünü, R ise tepki düzeltme sabitini ifade etmektedir. Bu yöntem kullanılarak bulunan taban kesme kuvveti, V_i , eşdeğer kuvvet yöntemi kullanılarak bulunan taban kesme kuvveti V 'den büyük olmalıdır. Aksi halde bulunan bütün büyüklükler V/V_i oranında büyütülmelidir.

Analizde en az yedi yer hareketi kullanılmış ise, tasarımda bu analizler neticesinde elde edilen iç kuvvet ve yer değiştirme değerlerinin ortalaması kullanılır. Eğer analizde yediden az yer hareketi kullanılmış ise, tasarımda analizler neticesinde elde edilen en büyük iç kuvvet ve yer değiştirme değerleri kullanılır.

6.7 Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

6.7.1 Süneklik

Süneklik, bir kesitin, bir elemanın veya bir taşıyıcı sistemin, dış yükte büyük ve önemli bir değışme olmaksızın, elastik sınırın ötesinde şekil değıştirme, dolayısıyla yer değıştirme yapma özelliğinin ölçüsü olarak tanımlanır. Sayısal tanımı, güç tükenme durumu ile elastik sınır göz önüne alınarak Denk. 6.47’de verilen şekilde yapılabilir.

$$\mu = \frac{\delta_{\max}}{\delta_{\text{elastik}}} \quad (6.47)$$

Yapıların doğrusal elastik kabul edilerek hesaplanması daha kolay olduğu için doğrusal olmayan deprem hesabının, doğrusal elastik hesap yapılarak bulunan etkilerin süneklik oranında azaltılmasıyla elde edilen değerlere göre elemanların boyutlandırılmasıyla yaklaşık olarak gerçekleştirilmesi tercih edilir.

Yapılarda doğrusal olmayan deprem hesabının yapılma gereksinimi, çok seyrek meydana gelecek şiddetli deprem etkisinin, yapının elastik davranışının üzerinde şekil değıştirerek karşılaması beklentisinden ortaya çıkar. Yapının elastik sınırı geçip, sünek davranış göstererek kesit zorlarında önemli artmalar olmadan şekil değıştirmesi arzu edilir. Böylece depremin dinamik etkisi elastik ve geri dönüşümlü olmayan enerji türüne dönüşerek yutulmakta ve sönümlenmektedir.

6.7.2 DBYBHY’e göre elastik deprem yüklerinin azaltılması

Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını göz önüne almak üzere, spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, Denk. 4.4 ile hesaplanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayı’na bölünecektir. Bu katsayı Taşıyıcı Sistem Katsayısı, R’ye ve doğal titreşim periyodu, T’ye bağlıdır.

Yönetmelikte, yapılar Süneklik Düzeyi Normal Sistemler ve Süneklik Düzeyi Yüksek sistemler olarak ikiye ayrılmıştır. Süneklik Düzeyi Yüksek olan sistemlerde, süneklik düzeyinin yüksek olmasından dolayı elastik deprem yüklerinin daha büyük bir sayı ile azaltılması öngörülmüştür.

Taşıyıcı sistemin, süneklik düzeyi yüksek olarak göz önüne alınabilmesi için her iki yatay deprem doğrultusunda da süneklik düzeyinin yüksek olması gereklidir. Eğer

birbirine dik iki doğrultudan birinde süneklik düzeyi normal sistem kullanılmış ise, her iki deprem doğrultusunda yapının sünekliği normal kabul edilecektir.

Süneklik düzeyleri her iki doğrultuda aynı olan veya bir doğrultuda yüksek, diğer doğrultuda karma olan sistemlerde, farklı doğrultuda birbirinden farklı R katsayıları kullanılabilir.

6.7.3 IBC'a göre deprem yüklerinin azaltılması

Taşıyıcı sisteme ait doğrusal elastik olmayan davranışın hesaba katılabilmesi için doğrusal elastik hesap yapılarak bulunan deprem yükleri tepki düzeltme faktörü, R 'ye bölünerek azaltılır.

Yönetmeliğin 1617.6.2 maddesine göre, aynı yönde, sismik kuvveti karşılamada kullanılan sistemler farklı süneklik özelliğine sahip ise o yönde kullanılacak deprem yükü azaltma katsayısı en küçük değerden daha büyük olmamalıdır ve aynı yöndeki sistemlerde aynı R sabiti kullanılmalıdır.

Sismik kullanım grubu I'e giren ve kat sayısı ikiden fazla olmayan hafif çerçeveli binalarda farklı yönlerde farklı R sabitleri kullanılabilir. Fakat bunların dışında kalan binalarda her yönde aynı R sabiti kullanılmalıdır.

Aynı yönde bütün katlarda kullanılan R sabiti en küçük değerden daha büyük olmamalıdır ve her katta aynı yönde kullanılacak R sabiti değişmemelidir.

D, E veya F tasarım kategorisine giren binalarda deprem yükünü azaltmakta kullanılan R sabiti her hangi bir yönde 5'ten küçük ise bütün bina için bu sabit kullanılmalıdır.

6.8 Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması, İkinci Mertebe Etkileri ve Deprem Derzleri

6.8.1 DBYBHY'e göre kat ötelemelerinin sınırlandırılması, ikinci mertebe etkileri ve deprem derzleri

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesi, Denk. 4.10 ile elde edilecektir. Her bir deprem doğrultusundaki için, binanın i 'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görelî kat ötelemesi Denk. 4.11 ile elde edilecektir ve elde edilen bu değerlerin kat içindeki en büyük değeri Denk. 4.12 ile verilen koşulu sağlayacaktır. Bu koşulun

herhangi bir katta sağlanamaması halinde, taşıyıcı sistemin rijitliği arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

Yönetmelikte, göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, İkinci mertebe Gösterge Değeri, θ_i 'nin aşağıda Denk. 6.48 ile verilen koşulu sağlaması halinde, ikinci mertebe etkilerinin yürürlükteki betonarme ve çelik yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu koşulun herhangi bir katta sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \times \sum_{j=1}^N w_j}{V_i \times h_i} \leq 0.12 \quad (6.48)$$

Binalar arasında deprem etkisi için bırakılması gereken derz boşlukları, her bir kat için komşu blok veya binalarda elde edilen yer değiştirmelerin karelerinin toplamının karekökü ile α 'nın çarpımı sonucu elde edilen değerden küçük olmayacaktır. Ayrıca bina blokları arasındaki minimum derz boşluğu 6 m yüksekliğe kadar ola binalarda en az 30 mm olacak ve bu değere 6 m'den sonraki her 3 m'lik yükseklik için en az 10 mm eklenecektir.

Derz boşluklarının hesaplanmasında kullanılacak kat yer değiştirmeleri, kolon veya perdelerin bağlandığı düğüm noktalarında hesaplanan azaltılmış d_i yer değiştirmelerinin ortalamaları alınacaktır. Eğer komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemeleri bütün katlarda aynı seviyede ise tüm bina için α değeri bina davranış katsayısı, R 'nin 0.25 katı olacaktır. Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin, bazı katlarda olsa bile, farklı seviyelerde olmaları durumunda, tüm bina için α değeri R 'nin 0.5 katı olacaktır.

6.8.2 IBC'a göre kat ötelemelerinin sınırlandırılması, ikinci mertebe etkileri ve deprem derzleri

Yönetmeliğin 1617.3. maddesine göre yapıların tasarım kat ötelemeleri, Δ_i Çizelge 6.14(IBC Çizelge 1617.3.1)'de verilen sınırları aşmamalıdır. Büyük burulma etkilerinin bulunduğu binalarda, tasarım kat ötelemeleri belirlenmesinde burulmadan kaynaklanan yer değiştirmeler de göz önüne alınmalıdır. Herhangi bir kata ait

tasarım kat ötelemesi, Δ_i , o katın altında ki kata göre göz önüne alınan yöndeki rölatif yer değiştirmesidir. Çizelge 6.14’de yer alan h_{sx} katın zeminden olan yüksekliğini ifade etmektedir.

Eğer Denk. 6.49 ile verilen stabilite sabiti, θ ’nin her katta 0.1’den küçük olması durumunda, iç kuvvet ve kat ötelemelerinde büyük yer değiştirmelerden kaynaklanan ikinci mertebe etkileri ihmal edilecektir. Stabilite sabitinin 0.25 büyük olması durumunda taşıyıcı sistemin rijitliği artırılmalı ve deprem hesabı tekrar yapılmalıdır. $0.1 \leq \theta \leq 0.25$ olması durumunda, hesaplarda ikinci mertebe etkileri göz önüne alınacaktır. Denk. 6.49’da yer alan P_x x’inci katın üstündeki toplam tasarım kesme kuvvetini ifade etmektedir.

$$\theta = \frac{P_x \times \Delta}{V_x \times h_{sx} \times C_d} \quad (6.49)$$

Çizelge 6.14 : İzin Verilen Kat Ötelemeleri

Yapı	Sismik Kullanım Grubu		
	I	II	III
Yığma perde duvarlı veya yığma duvar çerçevesi olmayan dört kata kadar olan yapılar	$0.025 \times h_{sx}$	$0.020 \times h_{sx}$	$0.015 \times h_{sx}$
Konsol yığma perde duvar yapılar	$0.010 \times h_{sx}$	$0.010 \times h_{sx}$	$0.010 \times h_{sx}$
Diğer yığma perde duvarlı yapılar	$0.007 \times h_{sx}$	$0.007 \times h_{sx}$	$0.007 \times h_{sx}$
Yığma duvar çerçevesi yapılar	$0.013 \times h_{sx}$	$0.013 \times h_{sx}$	$0.010 \times h_{sx}$
Diğer bütün yapılar	$0.020 \times h_{sx}$	$0.015 \times h_{sx}$	$0.010 \times h_{sx}$

Bütün yapılar kendilerine bitişik yapılardan en az Denk. 6.50 ile hesaplanan ayrılma uzaklığı, δ_{MT} kadar mesafede inşa edilmelidir. Denk 6.50’de yer alan δ_{M1} ve δ_{M2} birbirine bitişik binaların yer değiştirmelerini ifade etmektedir.

$$\delta_{MT} = \sqrt{\delta_{M1}^2 + \delta_{M2}^2} \quad (6.50)$$

6.9 IBC'a Göre Yapının Toplam Deprem Yüklerinin Bulunması

Yapının deprem yüklerinin belirlenmesi için öncelikle yapının sismik tasarım kategorisinin belirlenmesi gerekmektedir. Sismik tasarım kategorisi, bölgesel depremsellik ve sismik kullanım grubu olmak üzere iki parametre kullanılarak Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4'e göre belirlenir. Yapının sismik kullanım grubu Çizelge 6.2'ye göre II olarak belirlenmiştir.

Daha önceki bölümlerde sismik tepki spektrumlarının belirlenebilmesi için sismik tasarım haritalarının kullanılması gerektiği ve bu haritaların yönetmelikte Şekil 1615 olarak verildiği belirtilmişti. Buna göre yapının depremselliği yüksek bir bölgede inşa edilmesi durumunda Şekil 1615(8)' e göre kısa periyot ve 1 saniyelik periyoda karşı gelen spektral tepki ivmeleri şöyle bulunmuştur;

$$S_s = 267\% g = 2.67 g$$

$$S_1 = 123\% g = 1.23 g$$

Buna göre yapının sismik tasarım kategorisi D olarak belirlenmiştir.

Yapının inşa edileceği zemin sınıfının A olması durumunda zemin sabitleri Çizelge 6.5 ve Çizelge 6.6'ya göre $F_a = 0.8$ ve $F_v = 0.8$ olarak bulunmuştur. En büyük spektral tepki ivmeleri, Denk. 6.1 ve Denk. 6.2 kullanılarak şöyle bulunmuştur;

$$S_{MS} = 0.8 \times 2.67 = 2.136$$

$$S_{M1} = 0.8 \times 1.23 = 0.984$$

Tasarım spektral tepki ivmeleri ise Denk. 6.3 ve Denk. 6.4 kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times 2.136 = 1.424$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times 0.984 = 0.656$$

Tasarım tepki spektrum diyagramının belirlenmesinde kullanılan T_0 ve T_s büyüklükleri ise Denk. 6.5 ve Denk. 6.6 kullanılarak,

$$T_0 = 0.2 \times \frac{0.656}{1.424} = 0.092 s$$

$$T_s = \frac{0.656}{1.424} = 0.46 \text{ s olarak bulunmuştur.}$$

SAP 2000 bilgisayar programı ile üç boyutlu olarak modellenmiş yapının dinamik hesabı, aşağıda Şekil 6.3 ile verilen tepki spektrum diyagramı kullanılarak, modal analiz yöntemi ile yapılmıştır.

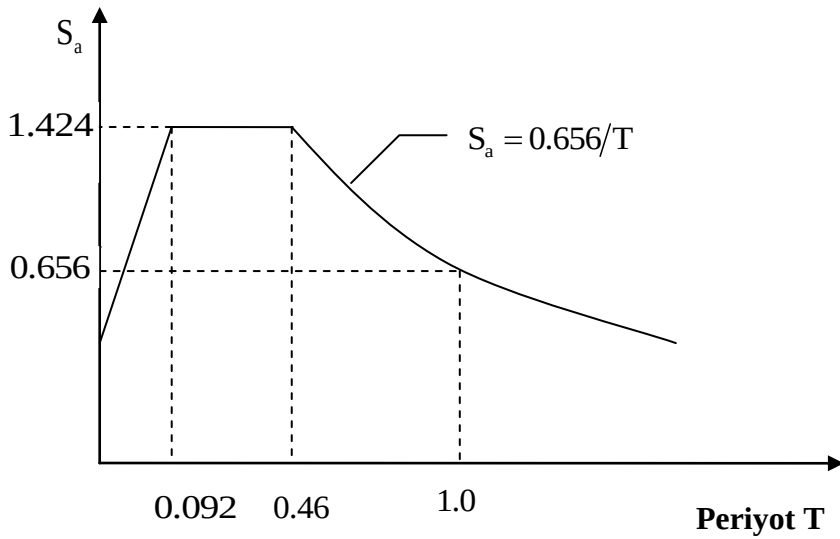
IBC Çizelge 1617.6.2'ye göre tepki düzeltme faktörünün 5.5 olduğu belirlenmiştir. Buna göre Denk. 4.9 kullanılarak,

Yük Birleşimi Katsayısı = $1/5.5 = 0.182$ hesaplanmıştır.

Modal analiz yöntemi kullanılarak, SAP 2000 ile bulunan, x ve y yönlerindeki bina toplam deprem yükleri;

$$V_{tBx} = 19890.1 \text{ kN}$$

$$V_{tBy} = 18086,3 \text{ kN olarak hesaplanmıştır.}$$



Şekil 6.3 : Yapının Deprem Yüklerinin Belirlenmesinde Kullanılacak Tepki Spektrum Diyagramı

6.10 Genel Karşılaştırma

DBYBHY'de depreme dayanıklı yapı tasarımı ile ilgili genel ilkelerden bahsedilmesine rağmen IBC'da bu ilkeler açık olarak belirtilmemiştir. Her iki

yönetmelikte yapıların depreme dayanıklı tasarımında göçmeye karşı dayanım ve hasarın sınırlandırılması olmak üzere iki temel amaç benimsenmiştir.

Her iki yönetmelikte de deprem yükü, belirlenen bir elastik ivme spektrumu kullanılarak tespit edilir. Her iki yönetmelikte de tasarım ivme spektrumu, bölgesel sismikliğe ve zemin özelliklerine bağlı olarak belirlenir ve yapının %5 sönüm ile titreştiği kabul edilir. Ancak İBC’da yapının inşa edileceği yerin fay hattına olan uzaklığının da spektrum eğrisinin belirlenmesinde etkin diğer bir parametre olmasına rağmen DBYBHY’de bu özellik göz önüne alınmamıştır.

Zemin tipleri IBC’da A, B, C, D, E ve F olmak üzere altıya, DBYBHY’de ise A, B, C ve D olmak üzere dörde ayrılmıştır. IBC, DBYBHY’de A zemin grubuna giren zeminleri A ve B zemin sınıfları olmak üzere ikiye ayırmıştır. DBYBHY’de geçen B ve C zemin grupları IBC’da sırasıyla C ve D zemin sınıfları ile ifade edilmektedir. DBYBHY’de geçen D zemin grubu ise IBC’da E ve F zemin grupları olarak ikiye ayrılmıştır.

Deprem yüklerinin diğer yüklerle birleştirilirken IBC’da yer hareketi neticesinde oluşacak etkinin dikey bileşenin hesaba katılması gerektiği vurgulanmıştır ancak DBYBHY’de bu bileşen göz önüne alınmamıştır. Her iki yönetmelikte yapı elemanlarının tasarlanmasında kullanılan yük birleşimleri aynıdır. IBC’da diyafram elemanların tasarımında özel sismik kuvvetlerin kullanılmasının öngörülmesine rağmen DBYBHY’de böyle bir yüklemeye gerek duyulmamıştır.

Söz konusu yönetmeliklerin her ikisinde de, hesap yönteminin belirlenmesindeki en önemli parametreler bina düzensizlikleridir. IBC’da, DBYBHY’de yer alan dayanım düzensizliği ve burulma düzensizliğinin yanı sıra aşırı yumuşak kat ve aşırı burulma düzensizlikleri de ayrı düzensizlikler olarak tanımlanmıştır. Ayrıca IBC’da yer alan kütle düzensizliğine ve paralel olmayan sistemlere DBYBHY’de değinilmemiştir.

Her iki yönetmelikte, yapıya etkiyen deprem yüklerinin belirlenmesi ve yapı analizinin yapılması için benzer statik ve dinamik yöntemler öngörülmüştür. Ancak bu yöntemlerin kullanım limitleri ve hesap adımı detaylarında farklılıklar bulunmaktadır. Ayrıca DBYBHY’de deprem hesabında kullanılan eşdeğer deprem yükü yöntemine ek olarak IBC’da indeks kuvvet analiz yöntemi ve basitleştirilmiş analiz yöntemi olmak üzere iki statik yöntemin de kullanılmasına izin verilmiştir.

Söz konusu yönetmeliklerde, yapılan analizler neticesinde elde edilen yer değiştirmelerin belirlenen sınırlar içinde olup olmadığı kontrol edilerek yapının belirlenen yatay yükler altında yeterli dayanımı sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. IBC’da ikinci mertebe etkilerinin hesaba katılıp katılmamasına ilişkin kesin bir hüküm olmasına rağmen DBYBHY’de bu durum açık olarak belirtilmemiştir.

Taşıyıcı sistemin malzeme özelliklerinden kaynaklanan doğrusal olmayan şekil değiştirme özelliğinden, şiddetli deprem neticesinde ortaya çıkacak enerjinin sönmelenmesini sağlayacak şekilde yararlanılır. Her iki yönetmelikte sistemin sünekliğini kullanarak enerji sönmünü sağlaması için, elastik hesap ile elde edilen sonuçlar sistemin süneklik özelliğine bağlı bir sayıya bölünerek azaltılır. Ancak DBYBHY’de bu azaltma katsayılarının belirlenmesi için yapılar Süneklik Düzeyi Normal Sistemler ve Süneklik Düzeyi Yüksek sistemler olarak ikiye ayrılmasına rağmen IBC’da böyle bir sınıflandırılma yapılmamıştır.

7. SONUÇLAR

7.1 Çok Katlı Yapı Tasarımı

Yapı tasarımında etkili olan sabit ve hareketli düşey yüklerin yanı sıra çok katlı yapılarda deprem türü yatay yüklerin büyük önem kazandığı belirlenmiştir. Yapı elemanlarının tasarımında göz önüne alınan en elverişsiz yük birleşimlerinin büyük bir çoğunluğunda deprem yüklerinin etkili olduğu görülmüştür.

Tez konusu olan yapının taşıyıcı sistemi perde ve tüp sistem çerçeveden oluşmaktadır. Kullanılan bu taşıyıcı sistemin, yatay yükler bakımından ele alındığında uygun bir sistem olduğu belirlenmiştir. Perdeler, yeterli rijitliğe sahip oldukları için, yatay deprem yükleri altında yapıda oluşan toplam kesme kuvvetinin % 60'ından daha fazlasını karşılamaktadır. Bu da kolonların çok fazla deprem momenti almaması ve neredeyse sadece düşey yüklere maruz kalması anlamına gelip, ekonomik olarak boyutlandırılabilmesi olanağını sağlar.

Söz konusu yapı, planda her iki yönde simetrik olarak tasarlandığından, ağırlık merkezi ile düşey taşıyıcıların rijitlik merkezi birbirine çok yakın oluşturulmuştur. Böylece yapıda oluşabilecek burulma etkileri azaltılmıştır. Ayrıca yapıda mevcut olan perdeler sayesinde yeterli yanal rijitlik sağlanarak kat yer değiştirmeleri sınırlandırılmıştır ve ikinci mertebe etkilerinin oluşması engellenmiştir.

Elde edilen sonuçların tümü göz önüne alındığında, depreme dayanıklı çok katlı yapı tasarımı için şu değerlendirmeler yapılabilir:

- 1) Uygun malzeme seçimi yapılmalıdır.
- 2) Taşıyıcı sistem planda simetrik olarak tasarlanarak, deprem durumunda oluşan etkilerin artması engellenmelidir.
- 3) Burulma etkilerini azaltmak için yapı ağırlık merkezi ile düşey taşıyıcıların rijitlik merkezi birbirine yakın tasarlanmalıdır.
- 4) Yeterli yatay rijitliği sağlayabilmek için taşıyıcı sistemin tasarımında perde kullanımına önem verilmelidir.

5) Deprem hareketine karşı davranışta, yapının yüksekliği boyunca düşey eksene göre simetrik olması sağlanarak düşey doğrultuda oluşabilecek düzensizlikler engellenmelidir.

6) Planda ve düşey doğrultuda ani rijitlik ve kütle değişimlerinden kaçınılmalıdır.

7) Deprem hareketi neticesinde en elverişsiz kesit etkilerinin olduğu birleşim bölgelerinde, boyuna donatıların ve etriyelerin yerleştirilmesine ve bu donatıların kenetlenmesine önem verilmelidir.

8) Deprem yüklerini taşıyan sistemi oluşturan elemanların her biri, deprem yüklerini temelin oturduğu zemine kadar sürekli ve güvenli bir şekilde aktarabilecek yeterlilikte rijitliğe, kararlılığa ve dayanıma sahip olmalıdır.

7.2 DBYBHY 2007 ile IBC'un Karşılaştırılması

DBYBHY ve IBC'da, depreme dayanıklı yapı tasarımı için göçmeye karşı dayanım ve hasarın sınırlandırılması amaçlanmıştır.

Söz konusu yönetmeliklerin her ikisinde de deprem yükü, belirlenen bir elastik ivme spektrumu kullanılarak belirlenir. Ancak IBC'de, DBYBHY'de tasarım ivme spektrumunu belirlemekte kullanılan bölgesel sismiklik ve zemin özelliklerini yanı sıra yapının inşa edileceği yerin fay hattına uzaklığı da göz önüne alınır.

Karşılaştırılması yapılan yönetmeliklere bakıldığında, zemin tiplerinin belirlenmesi konusunda farklılıklar olduğu görülmüştür. IBC'da zemin tipleri altıya, DBYBHY'de ise dörde ayrılmıştır. IBC, DBYBHY'de A zemin grubuna giren zeminleri A ve B zemin sınıfları olmak üzere ikiye ayırmıştır. DBYBHY'de geçen B ve C zemin grupları IBC'da sırasıyla C ve D zemin sınıfları ile ifade edilmektedir. DBYBHY'de geçen D zemin grubu ise IBC'da E ve F zemin grupları olarak ikiye ayrılmıştır.

IBC'da göz önüne alınan deprem yükünün düşey bileşeni DBYBHY'de hesaba katılmamaktadır. Ayrıca IBC'da diyafram elemanlarının tasarımında kullanılan özel sismik kuvvetler DBYBHY'de mevcut değildir.

Bina düzensizlikleri, her iki yönetmelikte de, deprem yüklerinin bulunmasında kullanılacak hesap yönteminin belirlenmesini sağlayan parametrelerdir. Ancak yönetmeliklerde belirtilen düzensizliklerde bazı farklılıklar vardır. IBC'da geçen

pararel olmayan sistemler, aşırı yumuşak kat düzensizliği, aşırı burulma düzensizliği ve kütle düzensizliği DBYBHY’de mevcut değildir.

Söz konusu yönetmeliklerde, deprem yükleri benzer statik ve dinamik yöntemler kullanılarak belirlenmektedir. Fakat bu yöntemlerin kullanım limitleri ve hesap adımı detaylarında bazı farklılıklar mevcuttur. Ayrıca IBC’da, deprem yüklerinin hesabında, eşdeğer deprem yükü yöntemine ek olarak indeks kuvvet analiz yöntemi ve basitleştirilmiş analiz yöntemi olmak üzere iki statik yöntemin daha kullanılmasına izin verilmiştir.

Her iki yönetmelikte, yapılan analizler sonucunda yer değiştirmelerin belirlenen sınırlar içinde olup olmadığı kontrol edilerek yapının belirlenen yatay yüklerin etkisi altında yeterli dayanımı sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. IBC’da ikinci mertebe etkilerinin hesaba katılıp katılamamasına ilişkin kesin bir hüküm olmasına rağmen DBYBHY’de bu durum açık olarak belirtilmemiştir. Ayrıca DBYBHY’de, yapılar, Süneklik Düzeyi Normal Sistemler ve Süneklik Düzeyi Yüksek sistemler olarak ikiye ayrılmasına rağmen IBC’da bu sınıflandırma yapılmamıştır.

KAYNAKLAR

- ASCE 7, 2002. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, *American Society of Civil Engineers*, Virginia.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N., 2001. Yapı Dinamiği, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N., 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N., 2005. Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007. Bayındırlık Bakanlığı, Ankara.
- Ersoy, U., 1995. Betonarme, Evrim Yayınevi, İstanbul.
- Ersoy, U ve Çıtıpıtıoğlu, E., 1988. Yüksek Yapıların Tasarım ve Yapımında İzlenecek Temel İlkeler, *Rapor*, Ankara.
- Hasgür, Z. ve Gündüz, A.N., 1996. Betonarme çok katlı yapılar, İ.T.Ü, İstanbul.
- International Building Code, 2003. International Code Council, U.S.A.
- Taranath, B.S., 2005. Wind and Earthquake Resistant Buildings, Marcel Dekker, New York.
- TS-498, 1997. Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS-500, 2000. Betonarme yapıların hesap ve yapım kuralları , *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

EKLER

Çizelge A.1 : Kütle Katılım Oranları

Çizelge B.1 : Kirişlerde Eğilme Donatısı Hesabı

Çizelge B.2 : Kirişlerde Kesme Donatısı Hesabı

Şekil C.1 : Tipik Kolon Detayı

Şekil C.2 : Tipik Kiriş Detayı

Şekil C.3 : Döşeme Donatı Detayı

Şekil D.1 : Kat Planı

Çizelge A.1 : Kütle Katılım Oranları

Doğal Titreşim	Periyot	UX	UY	UZ	Toplam UX	Toplam UY	Toplam UZ	RX	RY	RZ	Toplam RX	Toplam RY	Toplam RZ
Modu	T(s)	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz
1. Mod	2.860	0.002	0.715	0.000	0.002	0.715	0.000	0.934	0.002	0.227	0.934	0.002	0.227
2. Mod	2.810	0.676	0.002	0.000	0.678	0.717	0.000	0.002	0.929	0.263	0.937	0.931	0.490
3. Mod	1.839	0.000	0.000	0.000	0.678	0.717	0.000	0.000	0.000	0.232	0.937	0.931	0.721
4. Mod	0.824	0.000	0.144	0.000	0.678	0.861	0.000	0.001	0.000	0.047	0.937	0.931	0.768
5. Mod	0.702	0.169	0.000	0.000	0.847	0.862	0.000	0.000	0.006	0.064	0.937	0.937	0.832
6. Mod	0.585	0.000	0.000	0.000	0.847	0.862	0.000	0.000	0.000	0.031	0.937	0.937	0.863
7. Mod	0.407	0.000	0.048	0,000	0.847	0.909	0.000	0.003	0.000	0.016	0.940	0.937	0.878
8. Mod	0.326	0.000	0.000	0.000	0.847	0.909	0.000	0.000	0.000	0.014	0.940	0.937	0.892
9. Mod	0.319	0.000	0.000	0.712	0.847	0.909	0.712	0.035	0.036	0.000	0.975	0.973	0.892
10. Mod	0.317	0.059	0.000	0.000	0.906	0.910	0.712	0.000	0.004	0.021	0.975	0.976	0.913
11. Mod	0.275	0.003	0.000	0.000	0.909	0.910	0.712	0.000	0.005	0.001	0.975	0.981	0.914
12. Mod	0.271	0.000	0.010	0.000	0.909	0.920	0.712	0.004	0.000	0.004	0.979	0.981	0.918
13. Mod	0.250	0.000	0.017	0,000	0.909	0.937	0.712	0.003	0.000	0.005	0.982	0.981	0.923
14. Mod	0.218	0.000	0.000	0.001	0.909	0.937	0.713	0.000	0.000	0.007	0.982	0.982	0.930
15. Mod	0.217	0.000	0.000	0.059	0.909	0.937	0.771	0.003	0.003	0.000	0.985	0.984	0.930
16. Mod	0.215	0.000	0.000	0.031	0.909	0.937	0.802	0.002	0.002	0.000	0.986	0.986	0.930
17. Mod	0.205	0.000	0.000	0.000	0.909	0.937	0.802	0.000	0.000	0.000	0.986	0.986	0.930
18. Mod	0.192	0.029	0.000	0.000	0.938	0.937	0.802	0.000	0.001	0.011	0.986	0.987	0.941
19. Mod	0.180	0.000	0.015	0.000	0.938	0,952	0.802	0.000	0.000	0.005	0.986	0.987	0.946
20. Mod	0.174	0.000	0.000	0.031	0.938	0.952	0.834	0.002	0.002	0.000	0.988	0.988	0.946
21. Mod	0.172	0.000	0.001	0.000	0.938	0.953	0.834	0.000	0.000	0.000	0.988	0.988	0.946
22. Mod	0.172	0.001	0.000	0.000	0.939	0.953	0.834	0.000	0.000	0.000	0.988	0.988	0.947
23. Mod	0.170	0.000	0.000	0.000	0.939	0.953	0.834	0.000	0.000	0.000	0.988	0.988	0.947
24. Mod	0.170	0.000	0.000	0.000	0.939	0.953	0.834	0.000	0.000	0.000	0.988	0.988	0.947
25. Mod	.169	0.000	0.000	0.008	0.939	0.953	0.842	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947

Çizelge A.1 (Devam) : Kütle Katılım Oranları

Doğal Titreşim	Periyot	UX	UY	UZ	Toplam UX	Toplam UY	Toplam UZ	RX	RY	RZ	Toplam RX	Toplam RY	Toplam RZ
Modu	T(s)	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz
26. Mod	0.169	0.000	0.000	0.000	0.939	0.953	0.842	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
27. Mod	0.168	0.000	0.000	0.000	0.939	0.953	0.842	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
28. Mod	0.167	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.842	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
29. Mod	0.166	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.842	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
30. Mod	0.165	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.842	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
31. Mod	0.165	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.842	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
32. Mod	0.164	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.842	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
33. Mod	0.164	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.842	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
34. Mod	0.164	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.842	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
35. Mod	0.164	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.842	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
36. Mod	0.164	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.842	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
37. Mod	0.164	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.842	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
38. Mod	0.164	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.842	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
39. Mod	0.164	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.842	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
40. Mod	0.164	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.842	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
41. Mod	0.164	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.842	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
42. Mod	0.164	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.842	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
43. Mod	0.164	0.000	0.000	0.001	0.939	0.954	0.843	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
44. Mod	0.164	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.843	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
45. Mod	0.164	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.843	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
46. Mod	0.164	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.843	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
47. Mod	0.164	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.843	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
48. Mod	0.164	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.843	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
49. Mod	0.163	0.000	0.000	0.001	0.939	0.954	0.843	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
50. Mod	0.163	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.843	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947

Çizelge A.1 (Devam) : Kütle Katılım Oranları

Doğal Titreşim	Periyot	UX	UY	UZ	Toplam UX	Toplam UY	Toplam UZ	RX	RY	RZ	Toplam RX	Toplam RY	Toplam RZ
Modu	T(s)	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz
51. Mod	0.163	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.843	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
52. Mod	0.163	0.000	0.000	0.001	0.939	0.954	0.844	0.000	0.000	0.000	0.989	0.989	0.947
53. Mod	0.163	0.000	0.000	0.004	0.939	0.954	0.849	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.947
54. Mod	0.163	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.849	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.947
55. Mod	0.163	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.849	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.947
56. Mod	0.163	0.000	0.000	0.001	0.939	0.954	0.849	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.947
57. Mod	0.163	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.850	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.947
58. Mod	0.163	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.850	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.947
59. Mod	0.163	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.850	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.947
60. Mod	0.163	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.850	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.947
61. Mod	0.163	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.850	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.947
62. Mod	0.163	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.850	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.947
63. Mod	0.163	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.947
64. Mod	0.163	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.947
65. Mod	0.163	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.947
66. Mod	0.163	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.947
67. Mod	0.163	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.947
68. Mod	0.163	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.948
69. Mod	0.162	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.948
70. Mod	0.162	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.948
71. Mod	0.162	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.948
72. Mod	0.162	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.001	0.989	0.990	0.949
73. Mod	0.162	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.949
74. Mod	0.162	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.949
75. Mod	0.162	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.949

Çizelge A.1 (Devam) : Kütle Katılım Oranları

Doğal Titreşim	Periyot	UX	UY	UZ	Toplam UX	Toplam UY	Toplam UZ	RX	RY	RZ	Toplam RX	Toplam RY	Toplam RZ
Modu	T(s)	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz	Birimsiz
76. Mod	0.162	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.949
77. Mod	0.162	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.949
78. Mod	0.162	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.949
79. Mod	0.162	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.949
80. Mod	0.162	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.000	0.989	0.990	0.949
81. Mod	0.162	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.000	0.990	0.990	0.949
82. Mod	0.162	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.851	0.000	0.000	0.000	0.990	0.990	0.949
83. Mod	0.162	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.852	0.000	0.000	0.000	0.990	0.990	0.949
84. Mod	0.162	0.000	0.000	0.000	0.939	0.954	0.852	0.000	0.000	0.000	0.990	0.990	0.949
85. Mod	0.162	0.000	0.000	0.000	0.940	0.954	0.852	0.000	0.000	0.000	0.990	0.990	0.949
86. Mod	0.162	0.000	0.000	0.000	0.940	0.954	0.852	0.000	0.000	0.000	0.990	0.990	0.949
87. Mod	0.161	0.000	0.000	0.000	0.940	0.954	0.852	0.000	0.000	0.000	0.990	0.990	0.949
88. Mod	0.161	0.000	0.000	0.000	0.940	0.954	0.852	0.000	0.000	0.000	0.990	0.990	0.949
89. Mod	0.161	0.000	0.000	0.001	0.940	0.954	0.853	0.000	0.000	0.000	0.990	0.990	0.949
90. Mod	0.161	0.000	0.000	0.002	0.940	0.954	0.855	0.000	0.000	0.000	0.990	0.990	0.949
91. Mod	0.161	0.000	0.000	0.000	0.940	0.954	0.855	0.000	0.000	0.000	0.990	0.990	0.949
92. Mod	0.161	0.000	0.000	0.000	0.940	0.954	0.855	0.000	0.000	0.000	0.990	0.990	0.949
93. Mod	0.161	0.000	0.000	0.000	0.940	0.954	0.855	0.000	0.000	0.000	0.990	0.990	0.949
94. Mod	0.161	0.000	0.000	0.000	0.940	0.954	0.855	0.000	0.000	0.000	0.990	0.990	0.949
95. Mod	0.161	0.000	0.000	0.000	0.940	0.954	0.855	0.000	0.000	0.000	0.990	0.990	0.949
96. Mod	0.161	0.000	0.000	0.000	0.940	0.954	0.855	0.000	0.000	0.000	0.990	0.990	0.949
97. Mod	0.161	0.000	0.000	0.001	0.940	0.954	0.856	0.000	0.000	0.000	0.990	0.990	0.949
98. Mod	0.161	0.000	0.000	0.000	0.940	0.954	0.856	0.000	0.000	0.000	0.990	0.990	0.949
99. Mod	0.161	0.000	0.000	0.000	0.940	0.954	0.856	0.000	0.000	0.000	0.990	0.990	0.949

Çizelge B.1 : Kirişlerde Eğilme Donatısı Hesabı

KİRİŞ	Kesit	M_d (kNm)	b (m)	d (m)	$K \times 10^5$	k_s	A_s (mm ²)	Seçilen Donatı	Seçilen donatı alanı (mm ²)
K101	MESNET	-241.65	0.4	0.760	95.61	2.853	889.58	6 ϕ 14 + 2 ϕ 16	1326
		160.15	1.552	0.760	559.73	2.78	574.49	6 ϕ 14	924
	AÇIKLIK	135.36	1.552	0.760	662.28	2.78	485.54	6 ϕ 14	924
	MESNET	-340.66	0.4	0.760	67.82	2.88	1265.93	6 ϕ 14 + 2 ϕ 16	1326
		85.3	1.552	0.760	1050.93	2.773	305.21	6 ϕ 14	924
K102	MESNET	-257.7	0.4	0.760	89.65	2.858	950.34	7 ϕ 14	1078
		191.81	0.988	0.760	297.52	2.794	691.51	6 ϕ 14	924
	AÇIKLIK	54	0.988	0.760	1056.79	2.773	193.22	6 ϕ 14	924
	MESNET	-262.14	0.4	0.760	88.14	2.86	967.38	7 ϕ 14	1078
		161.1	0.988	0.760	354.27	2,788	579.49	6 ϕ 14	924
K103	MESNET	-253.28	0.4	0.760	91.22	2.857	933.70	7 ϕ 14	1078
		182.59	0.988	0.760	312.54	2.792	657.80	6 ϕ 14	924
	AÇIKLIK	54	0.988	0.760	1056.79	2.773	193.22	6 ϕ 14	924
	MESNET	-272.94	0.4	0.760	84.65	2.863	1008.28	7 ϕ 14	1078
		160.71	0.988	0.760	355.10	2.788	578.12	6 ϕ 14	924
K104	MESNET	-209.31	0.4	0.760	110.38	2.843	767.84	6 ϕ 14	924
		115.0	0.988	0.760	496.22	2.78	412.53	6 ϕ 14	924
	AÇIKLIK	16	0.988	0.760	3566.68	2.759	56.96	6 ϕ 14	924
	MESNET	-207.71	0.4	0.760	111.23	2.842	761.69	6 ϕ 14	924
		168.58	0.988	0.760	338.52	2.789	606.66	6 ϕ 14	924

Çizelge B.1 (Devam) : Kirişlerde Eğilme Donatısı Hesabı

KİRİŞ	Kesit	M_d (kNm)	b (m)	d (m)	$K \times 10^5$	k_s	A_s (mm ²)	Seçilen Donatı	Seçilen donatı alanı (mm ²)
K105	MESNET	-249.07	0.4	0.760	92.76	2.856	917.87	7 ϕ 14	1078
		196.82	1.552	0.760	455.47	2.78	705.99	6 ϕ 14	924
	AÇIKLIK	75	1.552	0.760	1195.25	2.77	268.06	6 ϕ 14	924
	MESNET	-284.16	0.4	0.760	81.31	2.867	1051.20	7 ϕ 14	1078
		161.73	1.552	0.760	554.28	2.78	580.14	6 ϕ 14	924
K106	MESNET	-279.96	0.4	0.760	82.53	2.863	1034.23	6 ϕ 14	924
		249.51	1.116	0.760	258.34	2.799	901.14	6 ϕ 14	924
	AÇIKLIK	65	1.116	0.760	991.69	2.774	232.66	6 ϕ 14	924
	MESNET	-357.52	0.4	0.760	64.62	2.88	1328.60	6 ϕ 14	924
		201.18	1.116	0.760	320.41	2.791	724.50	6 ϕ 14	924
K107	MESNET	-337.33	0.4	0.760	68.49	2.88	1253.56	6 ϕ 14 + 2 ϕ 16	1326
		250.15	1.116	0.760	257.69	2.799	903.44	6 ϕ 14	924
	AÇIKLIK	50	1.116	0.760	1289.20	2.769	178.65	6 ϕ 14	924
	MESNET	-351.58	0.4	0.760	65.72	2.88	1306.50	6 ϕ 14 + 2 ϕ 16	1326
		237.82	1.116	0.760	271.05	2.797	858.29	6 ϕ 14	924
K108	MESNET	-271.39	0.4	0.760	85.13	2.863	1002.57	7 ϕ 14	1078
		240.2	1.116	0.760	268.37	2.798	867.18	6 ϕ 14	924
	AÇIKLIK	19	1.116	0.760	3392.64	2.759	67.64	6 ϕ 14	924
	MESNET	-273.72	0.4	0.760	84.41	2.863	1011.16	7 ϕ 14	1078
		237.0	1.116	0.760	271.98	2.797	855.37	6 ϕ 14	924

Çizelge B.1 (Devam) : Kirişlerde Eğilme Donatısı Hesabı

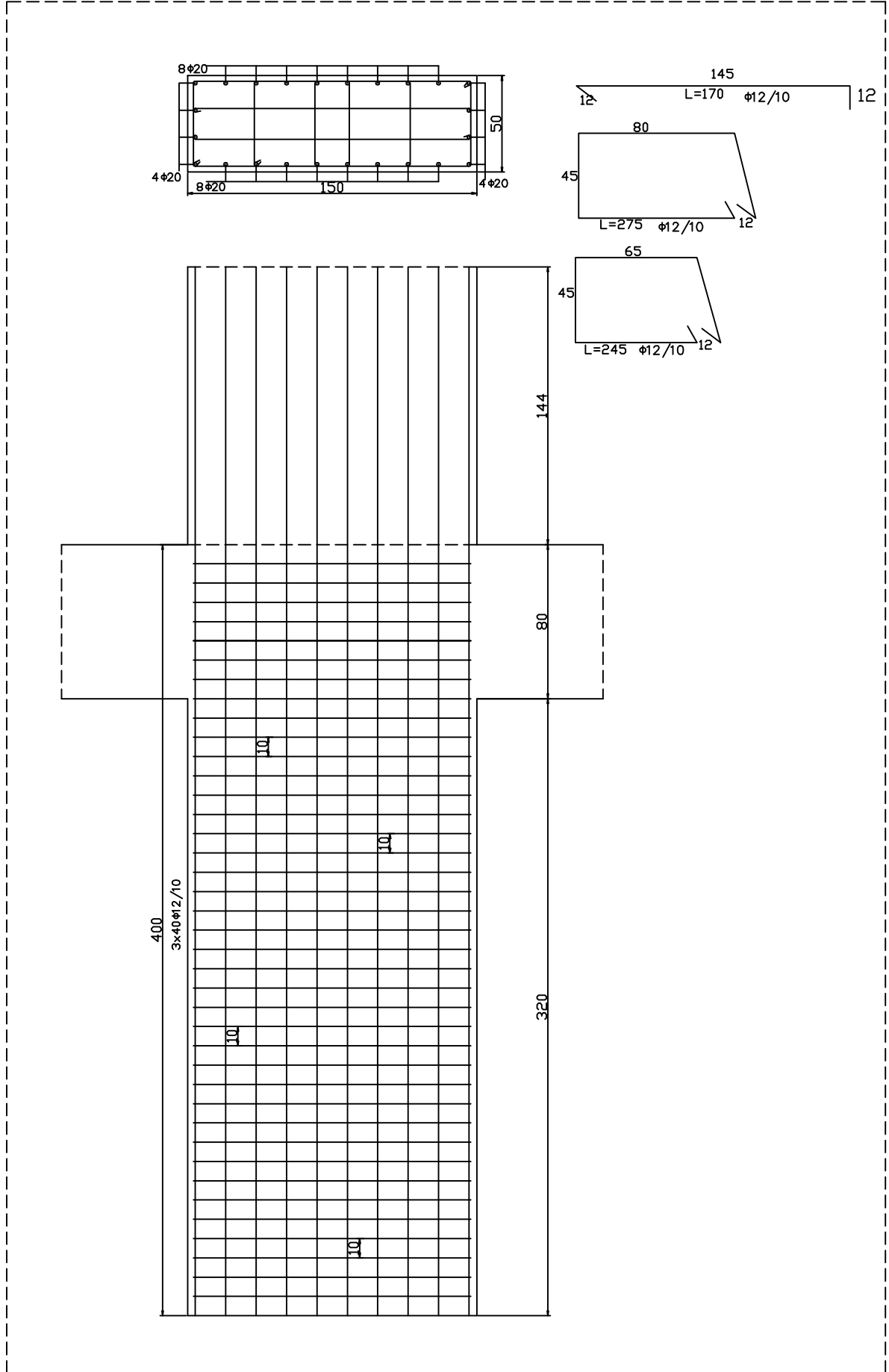
KİRİŞ	Kesit	M_d (kNm)	b (m)	d (m)	$K \times 10^5$	k_s	A_s (mm ²)	Seçilen Donatı	Seçilen donatı alanı (mm ²)
K110	MESNET	-189.49	0.4	0.760	121.93	2.836	693.42	6 ϕ 12	924
			0.592	0.760			0,00	6 ϕ 12	924
	AÇIKLIK	81	0.592	0.760	422.15	2.783	290.87	6 ϕ 12	924
	MESNET	-29.82	0.4	0.760	774.71	2.778	106.90	6 ϕ 12	924
		46.92	0.592	0.760	728.77	2.779	168.25	6 ϕ 12	924
K111	MESNET	-33.78	0.4	0.760	683.88	2.78	121.19	6 ϕ 12	924
		48.46	0.682	0.760	812.97	2.778	173.69	6 ϕ 12	924
	AÇIKLIK	28	0.682	0.760	1406.87	2.769	100.04	6 ϕ 12	924
	MESNET	-23.67	0.4	0.760	976.17	2.774	84.72	6 ϕ 12	924
		52.64	0.682	0.760	748.33	2.779	188.76	6 ϕ 12	924
K112	MESNET	-19.99	0.4	0.760	1155.96	2.771	71.46	6 ϕ 12	924
		50.19	0.592	0.760	681.33	2.78	180.02	6 ϕ 12	924
	AÇIKLIK		0.592	0.760			0.00	6 ϕ 12	924
	MESNET	-161.25	0.4	0.760	143.28	2.827	588.20	6 ϕ 12	924
			0.592	0.760			0.00	6 ϕ 12	924
K113	MESNET	-165.41	0.4	0.760	139.67	2.828	603.60	6 ϕ 12	924
		169.18	0.964	0.760	329.13	2.79	609.04	6 ϕ 12	924
	AÇIKLIK	40	0.964	0.760	1392.02	2.769	142.92	6 ϕ 12	924
	MESNET	-153.59	0.4	0.760	150.42	2.824	559.67	6 ϕ 12	924
		200.16	0.964	0.760	278.18	2.796	722.12	6 ϕ 12	924

Çizelge B.2 : Kirişlerde Kesme Donatısı Hesabı

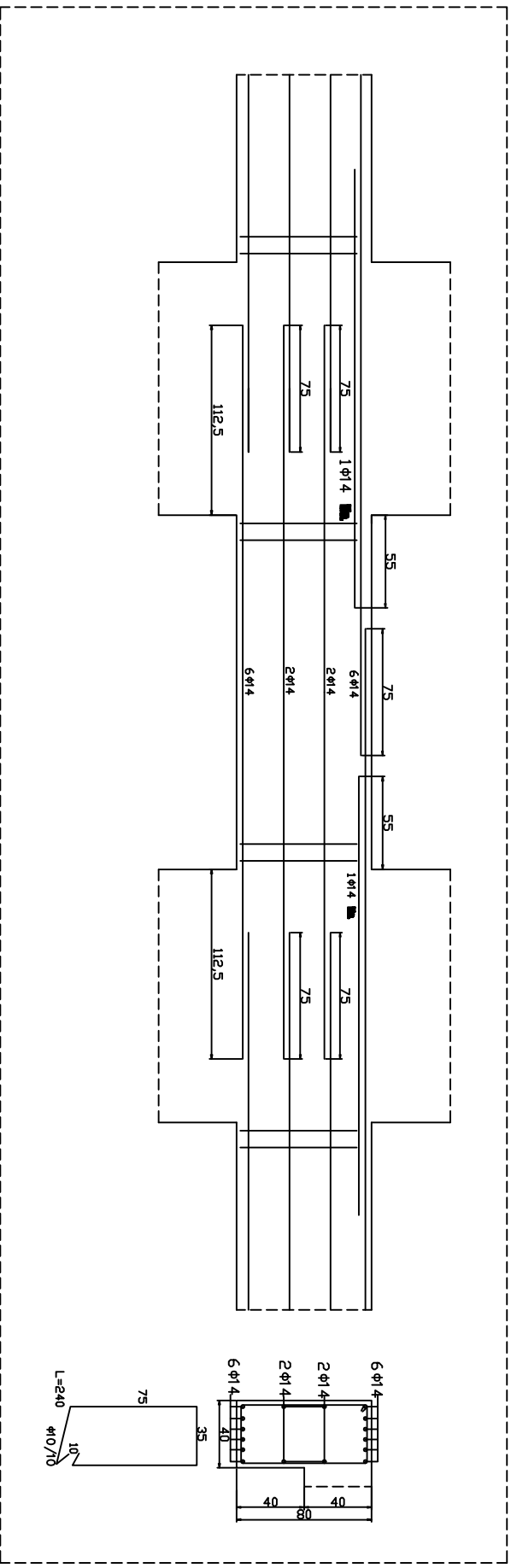
KİRİŞ	Kesit	V_{dy} (kN)	$M_{pi\ alt}$ ve $M_{pj\ alt}$ (kNm)	$M_{pi\ üst}$ ve $M_{pj\ üst}$ (kNm)	l_n (m)	$\frac{M_{pi\ alt} + M_{pj\ üst}}{l_n}$	V_e (kN)	V_c (kN)	A_{sw}/s (mm ² /mm)	Seçilen Donatı
K101	MESNET i	98.06	329.33	472.62	2.6	308.44	406.5		1.44	$\phi 10/10$
	AÇIKLIK							217.6	0.44	$\phi 10/15$
	MESNET j	73.08	329.33	472.62	2.6	308.44	381.5		1.35	$\phi 10/10$
K102	MESNET i	70.55	329.33	384.22	2.6	274.45	345.0		1.22	$\phi 10/12$
	AÇIKLIK							217.6	0.44	$\phi 10/15$
	MESNET j	63.35	329.33	384.22	2.6	274.45	337.8		1.19	$\phi 10/12$
K103	MESNET i	61.83	329.33	384.22	2.6	274.45	336.3		1.19	$\phi 10/12$
	AÇIKLIK							217.6	0.44	$\phi 10/15$
	MESNET j	64.24	329.33	384.22	2.6	274.45	338.7		1.20	$\phi 10/12$
K104	MESNET i	37.16	329.33	329.33	1.4	470.48	507.63		1.79	$\phi 10/8$
	AÇIKLIK							217.6	0.44	$\phi 10/15$
	MESNET j	36.54	329.33	329.33	1.4	470.48	507.0		1.79	$\phi 10/8$
K105	MESNET i	100.25	329.33	384.22	2.6	274.45	374.7		1.32	$\phi 10/10$
	AÇIKLIK							217.6	0.44	$\phi 10/15$
	MESNET j	72.81	329.33	384.22	2.6	274.45	347.3		1.23	$\phi 10/10$
K106	MESNET i	74.63	329.33	329.33	2.6	253.33	328.0		1.16	$\phi 10/13$
	AÇIKLIK							217.6	0.44	$\phi 10/15$
	MESNET j	65.86	329.33	329.33	2.6	253.33	319.2		1.13	$\phi 10/13$

Çizelge B.2 (Devam) : Kirişlerde Kesme Donatısı Hesabı

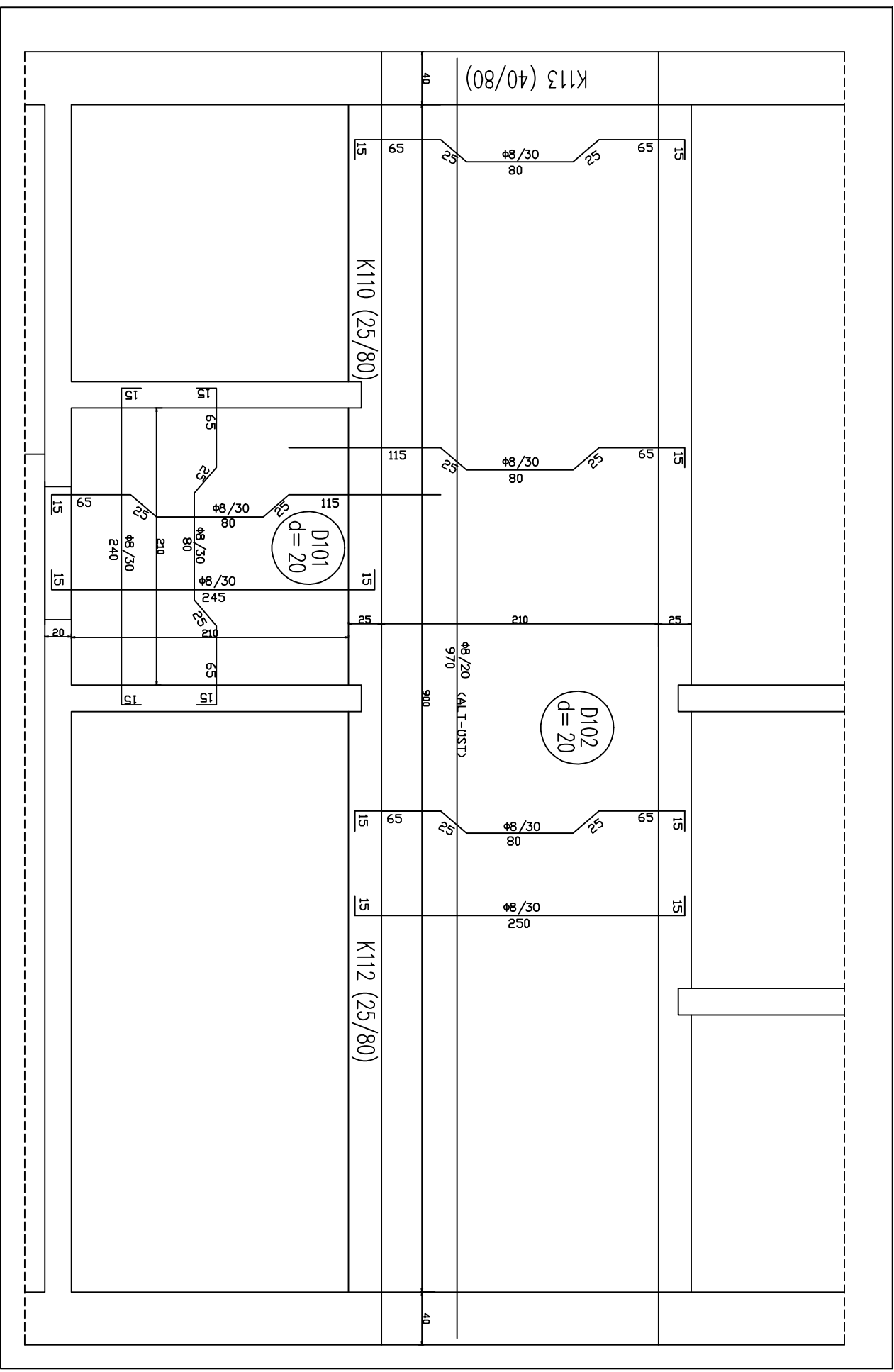
KİRİŞ	Kesit	V_{dy} (kN)	$M_{pi\ alt}$ ve $M_{pj\ alt}$ (kNm)	$M_{pi\ üst}$ ve $M_{pj\ üst}$ (kNm)	l_n (m)	$\frac{M_{pi\ alt} + M_{pj\ üst}}{l_n}$	V_e (kN)	V_c (kN)	A_{sw}/s (mm ² /mm)	Seçilen Donatı
K107	MESNET i	67.0	329.33	472.62	2.6	308.44	375.5		1.33	Ø10/10
	AÇIKLIK							217.62	0.44	Ø10/15
	MESNET j	69.8	329.33	472.62	2.6	308.44	378.2		1.34	Ø10/10
K108	MESNET i	38.3	329.33	384.22	1.4	509.68	548.0		1.94	Ø10/8
	AÇIKLIK							217.62	0.44	Ø10/15
	MESNET j	27.3	329.33	384.22	1.4	509.68	537.0		1.90	Ø10/8
K110	MESNET i	44.6	329.33	329.33	2.1	313.65	358.2		1.27	Ø10/12
	AÇIKLIK							217.62	0,44	Ø10/15
	MESNET j	25.4	329.33	329.33	2.1	313.65	339.0		1.20	Ø10/12
K111	MESNET i	9.9	329.33	329.33	2.1	313.65	323.6		1.14	Ø10/13
	AÇIKLIK							217.62	0.44	Ø10/15
	MESNET j	8.5	329.33	329.33	2.1	313.65	322.1		1.14	Ø10/13
K112	MESNET i	2.2	329.33	329.33	4.4	149.7	151.9		0.54	Ø10/8
	AÇIKLIK							217.62	0.44	Ø10/15
	MESNET j	45.4	329.33	329.33	4.4	149.7	195.1		0.69	Ø10/8
K113	MESNET i	27.9	329.33	329.33	2.1	313.65	341.5		1.21	Ø10/12
	AÇIKLIK							217.62	0.44	Ø10/15
	MESNET j	19.1	329.33	329.33	2.1	313.65	332.8		1.18	Ø10/12

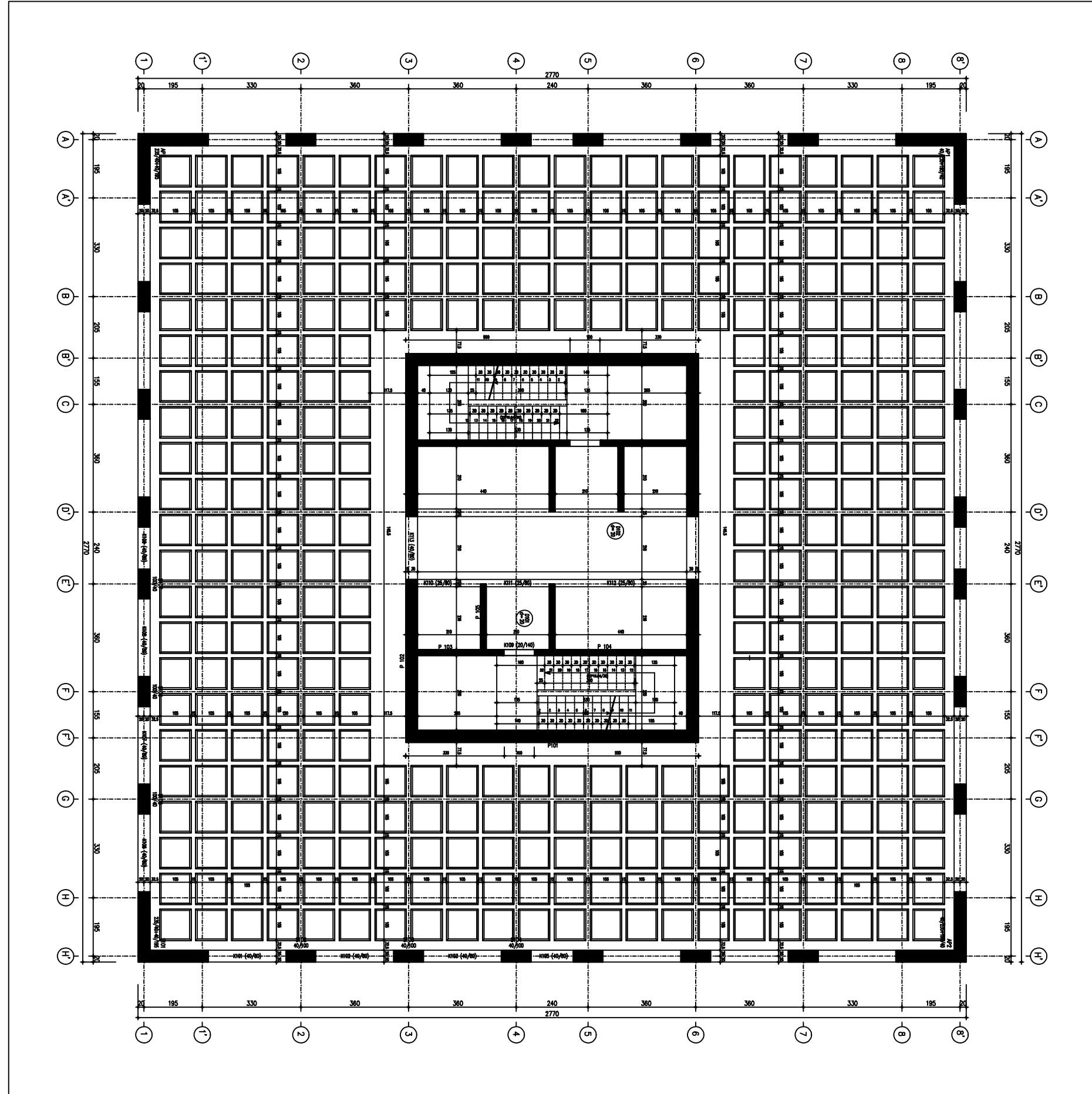


ŞEKİL C.1 TİPİK KOLON DETAYI



ŞEKLİ C.2 TİPİK KİRİŞ DETAYI





ŞEKİL D.1 KAT PLANI

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Hakan PAKOĞLU

Doğum Yeri ve Tarihi: 30/04/1982

Adres: Bahçelievler Mah. 123. Sok. 20/7 Gölbaşı/ANKARA

Lisans Üniversitesi: Doğu Akdeniz Üniversitesi