

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME PERDELİ ve ÇELİK ÇERÇEVELİ BİR YAPININ DBYBHY 2007
YÖNETMELİĞİNE GÖRE TASARIMI VE DEPREM ETKİLERİ BAKIMINDAN
IBC2006 YÖNETMELİĞİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özgür KURUOĞLU

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Programı: Yapı Mühendisliği Programı

EYLÜL 2009

**BETONARME PERDELİ ve ÇELİK ÇERÇEVELİ BİR YAPININ DBYBHY
2007 YÖNETMELİĞİNE GÖRE TASARIMI VE DEPREM ETKİLERİ
BAKIMINDAN IBC2006 YÖNETMELİĞİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özgür KURUOĞLU

(501061105)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27 Ağustos 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 03 Eylül 2009

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Kutlu DARILMAZ (İTÜ)

Diğer Jüri Üyeleri : Doç Dr. Turgut ÖZTÜRK (İTÜ)

Diğer Jüri Üyeleri : Yar. Doç. Dr. Canan GİRGİN (YTÜ)

EYLÜL 2009

ÖNSÖZ

Ülkemizin önemli bir bölümü deprem kuşağında yer almaktadır. Yapıların depreme dayanıklı olması ve deprem hasarlarının en aza indirilmesi için gerekli yapım kuralları, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından yayınlanan “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” ile belirlenmiştir. En son 2007 yılında büyük ölçüde değişikliğe uğrayan yönetmeliğin bundan önceki versiyonu 1998 yılında yapılmış ve 9 yıl boyunca yürürlükte kalmıştır. 2007 yönetmeliği depreme dayanıklı yapım kuralları konusunda, diğer ülkelerde kullanılan çağdaş deprem yönetmelikleri ile uyumlu olarak pek çok yeni hüküm getirmektedir.

Hazırlamış olduğum bu yüksek lisans tezinde, ülkemizde örneği yaygın olarak görülemeyen taşıyıcı sisteme sahip betonarme çekirdekli çelik konstrüksiyon bir binanın DBYBHY 2007 ile yönetmeliğine göre tasarımı yapılmıştır. Daha sonra, IBC 2006 yönetmeliğine göre yükleri tanımlanmış ve deprem kuvvetleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak her iki yönetmeliğin yapılan işlemler için benzerlileri ve farklılıkları irdelenmiştir.

İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Yapı Mühendisliği Anabilim Dalı yüksek lisans öğrenimim boyunca, değerli fikirlerinden ve tecrübelerinden yararlandığım, yaptığım çalışmada beni sabır ve hoşgörü ile yönlendiren tez danışmanım değerli hocam Sayın Doç. Dr. Kutlu DARILMAZ’ a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca fikir alışverişinde bulunduğum sevgili arkadaşım İnş. Müh. Faruk Gökçe Başaran’ a ve son olarak hiçbir zaman desteğini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi saygı ve sevgilerimle sunarım.

Eylül 2009

İnş. Müh. Özgür Kuruoğlu

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
KISALTMALAR.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ	xi
SEMBOL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET	xvii
SUMMARY.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı	1
2. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI.....	3
2.1 Depreme Karşı Güvenlik	3
3. SEKİZ KATLI ÇELİK YAPININ PROJELENDİRİLMESİNE AİT	
ÖZELLİKLER.....	9
3.1 Binanın Tanımı.....	9
3.1.1 Normal kat planı	10
3.1.2 Çerçeve ve birleşimler	15
3.1.3 Çerçeveler ve çekirdek bölgesi	15
3.2 Malzeme Tanımı	15
3.3 Diğer Özellikler.....	16
4. YÜK ANALİZİ ve KOMPOZİT DÖŞEME TASARIMI	17
4.1 Düşey Yük Analizi	17
4.2 Kompozit Döşeme	18
4.3 Kompozit Döşeme Hesabı	19
5. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA	
YÖNETMELİK 2007'ye GÖRE TASARIM	25
5.1 Deprem Karakteristikleri	25
5.2 Düzensizliklerin Kontrolleri	25
5.3 Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Bulunması	26
5.4 Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Hesabı	28
5.5 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Bulunması.....	29
5.6 Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları	30
5.7 Rüzgar Yükleri	30
5.8 Yük Birleşimleri.....	31
6. SİSTEM ANALİZLERİ ve KESİTLERİN BOYUTLANDIRILMASI	33
6.1 Göreli Kat Ötelenmelerinin Kontrolü.....	33
6.2 İkinci Mertebe Etkileri.....	35
6.3 Tali Kirişlerin Boyutlandırılması	36
6.4 Ana Çerçeve Kirişlerinin Boyutlandırılması	38

6.5	Kolonların Boyutlandırılması	40
6.6	Süneklik Düzeyi Yüksek Çerçevelerde Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Kontrolleri.....	48
6.7	Perde, Temel ve Örnek Birleşim Hesapları	50
6.7.1	Perde hesabı	50
6.7.1.1	Gövde donatısı koşulları	52
6.7.1.2	Gövde donatılarının düzenlenmesi.....	53
6.7.1.3	Perde uç bölgelerinde donatı koşulları	53
6.7.1.4	Tasarım eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri	54
6.7.1.5	Perdelerin kesme güvenliği.....	55
6.7.1.6	Bağ kirişli (boşluklu) perdelerle ilişkin kurallar	55
6.7.2	Temel hesabı	64
6.7.3	Birleşim hesapları	68
6.7.3.1	Tali kiriş-kiriş birleşimi	68
6.7.3.2	Kolon-kiriş çerçeve köşesi detayı	70
6.7.3.3	Kolon ayağı hesabı	76
7.	IBC 2006 YÖNETMELİĞİNE GÖRE ANALİZ.....	81
7.1	Kullanım Sıklığına ve Türüne Göre Bina Türleri.....	81
7.2	Yapısal Tasarım	82
7.2.1	Yükler.....	82
7.2.2	Genel tasarım ilkeleri	83
7.2.2.1	Dayanım.....	83
7.2.2.2	Kullanılabilirlik	83
7.2.2.3	Analiz.....	84
7.2.2.4	Kullanım sıklığı sınıfı	84
7.2.3	Yük kombinasyonları	84
7.2.4	Yük sınıfları.....	85
7.2.4.1	Ölü yükler	85
7.2.4.2	Hareketli yükler	85
7.2.4.3	Kar yükleri	86
7.2.4.4	Rüzgar yükleri	86
7.2.4.5	Yatay toprak itkileri.....	88
7.2.4.6	Yağmur yükleri	88
7.2.4.7	Taşkın yükleri.....	89
7.2.4.8	Deprem yükleri.....	89
8.	SONUÇLAR.....	101
	KAYNAKLAR.....	103
	EKLER	105
A.	ÇİZELGELER.....	105
B.	ŞEKİLLER	117
	ÖZGEÇMİŞ.....	129

KISALTMALAR

DBYBHY'07	:Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
IBC 2006	:International Building Code 2006
ASCE 07	:Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures
AISC 360	:Specification for Structural Steel Building
ACI 318	:Building Code Requirements for Structural Concrete
ASD	:Allowable Stress Design
LRFD	:Load and Resistance Factor Design

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 5.1: Kat ağırlıkları ve kat kütleleri	27
Çizelge 5.2: (x) ve (y) doğrultuları için katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri	30
Çizelge 6.1: (x) doğrultusunda görelî kat ötelemelerinin kontrolü	34
Çizelge 6.2: (y) doğrultusunda görelî kat ötelemelerinin kontrolü	34
Çizelge 7.1: IBC2006 yönetmeliğine göre yapılmış yüklemeler sonucunda elde edilen kat ağırlıkları	94
Çizelge 7.2: Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri.....	96
Çizelge 8.1: DBYHY'07 ve IBC2006'ya göre elde edilen veriler	102
Çizelge A.1: DBYBHY'07 Çizelge 2.1 Düzensiz binalar.....	106
Çizelge A.2: DBYBHY'07 Çizelge 2.2 Etkin yer ivmesi katsayısı.....	107
Çizelge A.3: DBYBHY'07 Çizelge 2.3 Bina önem katsayısı	107
Çizelge A.4: DBYBHY'07 Çizelge 2.4 Spektrum karakteristik periyotları	107
Çizelge A.5: DBYBHY'07 Çizelge 2.5 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı	108
Çizelge A.6: DBYBHY'07 Çizelge 2.6 Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar	109
Çizelge A.7: DBYBHY'07 Çizelge 2.7 Hareketli yük katılım katsayısı	109
Çizelge A.8: DBYBHY'07 Çizelge 4.1 D_a Arttırma katsayıları	109
Çizelge A.9: DBYBHY'07 Çizelge 4.2 Büyütme katsayıları	109
Çizelge A.10: IBC2006 Çizelge 1607.1 Minimum hareketli yükler.....	110
Çizelge A.11: IBC2006 Çizelge 1613.5.2 Zemin sınıfı tanımları	111
Çizelge A.12: IBC2006 Çizelge 1613.5.3(1) Zemin sınıfları için F_a çarpanı değerleri	111
Çizelge A.13: IBC2006 Çizelge 1613.5.3 (2) Zemin sınıfları için F_v çarpanı değerleri	111
Çizelge A.14: IBC2006 Çizelge 1613.5.5 Zemin sınıflandırması	112
Çizelge A.15: IBC2006 Çizelge 1613.5.6(1) Kısa periyod davranış ivmesine bağlı sismik tasarım sınıfları.....	112
Çizelge A.16: IBC2006 Çizelge 1613.5.6 1saniye periyod davranış ivmesine bağlı sismik tasarım sınıfları.....	113
Çizelge A.17: ASCE7-05 Çizelge 12.2-1 Taşıyıcı sistem tasarım katsayılar ve çarpanları.....	114
Çizelge A.18: ASCE7-05 Çizelge 12.6-1 Kullanılabilir hesap yöntemleri.....	115
Çizelge A.19: ASCE7-05 Çizelge 12.8-1 Hesaplanan yapı periyodunun üst limiti için katsayı	115
Çizelge A.20: ASCE7-05 Çizelge 12.8-2 Yaklaşık yapı periyodunun C_t ve x parametreleri değerleri	116

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Elasto-plastik gerilme-şekil değiştirme bağıntısı	6
Şekil 2.2: Sünek ve sünek olmayan gerilme-şekil değiştirme bağıntısı	7
Şekil 3.1: Binanın üç boyutlu görünümü	9
Şekil 3.2: Zemin kat planı	11
Şekil 3.3: Normal kat planı	12
Şekil 3.4: Tipik sistem en kesiti	13
Şekil 3.5: Sistem yan görünüş	14
Şekil 4.1: Kompozit döşeme sacı enkesiti	19
Şekil 4.2: Kompozit döşeme detayı	19
Şekil 4.3: Kompozit döşeme detayı	20
Şekil 4.4: Çelik sacın statik sistemi ve yükleme durumları	21
Şekil 5.1: x yönü mod şekli	26
Şekil 5.2: y yönü mod şekli	27
Şekil 5.3: Davranış spektrum eğrisi	28
Şekil 6.1: IPE profil kesit özellikleri	36
Şekil 6.2: IPE profil kesit özellikleri	38
Şekil 6.3: HAC kolon profil kesit özellikleri	40
Şekil 6.4: TS648- Öteleme önlenmiş basınç çubuklarında burkulma boyunun hesabında kullanılan k değeri için nomogram	41
Şekil 6.5: TS648- öteleme önlenmemiş basınç çubuklarında burkulma boyunun kullanılan k değeri için nomogram	42
Şekil 6.6: DBYBHY'07 perdeler için konstrüktif kurallar	51
Şekil 6.7: DBYBHY'07 tasarım eğilme momentleri	54
Şekil 6.8: Bağ kirişli perdeler	56
Şekil 6.9: Bağ kirişli perdelerde bağ kirişinde çapraz donatı demeti	57
Şekil 6.10: Çekirdek bölgesi perde sistemi	58
Şekil 6.11: A perdesi için karşılıklı etki diyagramı	60
Şekil 6.12: B-C-D-E-G-H perdeleri için karşılıklı etki diyagramı	61
Şekil 6.13: F perdesi için karşılıklı etki diyagramı	62
Şekil 6.14: Perde donatı planı	63
Şekil 6.15: Radye temel planı	64
Şekil 6.16: Tasarım kesme kuvveti dağılımı	66
Şekil 6.17: Ana kiriş tali kiriş birleşim detayı	68
Şekil 6.18: Kolon-kiriş çerçeve köşesi birleşim detayı	70
Şekil 6.19: İki kenarından tutulu plak	72
Şekil 6.20: Perde çerçeve kirişi bağlantısı	73
Şekil 6.21: Perde-tali kiriş bağlantısı	74
Şekil 6.22: Kolonun zayıf eksenine bağlanan çerçeve kirişi bağlantısı	75
Şekil 6.23: Kolon taban levhası	76

Şekil 6.24: Kolon taban levhasına etki eden kuvvetler	76
Şekil 6.25: Üç kenarından tutulu plak.....	77
Şekil 6.26: İki kenarından tutulu plak.....	78
Şekil 6.27: Kolon ayağı.....	79
Şekil 7.1: ASCE7 (Şekil 11.4.1) Tasarım davranış spektrumu	89
Şekil 7.2: Bölge-3 için 0.2 saniye periyotla maksimum davranış spektrum ivmesi (%5 kritik sönümle).....	91
Şekil 7.3: Bölge-3 için 1 saniye periyotla maksimum davranış spektrum ivmesi (%5 kritik sönümle).....	92
Şekil 7.4: Hesaplanan değerlerle elde edilen davranış spektrum eğrisi	93
Şekil 7.5: Burkulma büyütme katsayısı	97
Şekil 7.6: Göreli kat ötelenmelerinin hesaplanması	98
Şekil 8.1: DBYBHY'07 ve IBC2006 davranış spektrum eğrileri.....	102
Şekil B.1: Zemin kat döşeme planı	119
Şekil B.2: Normal kat döşeme planı.....	120
Şekil B.3: Sistem A aksı görünümü	121
Şekil B.4: Sistem B aksı görünümü	122
Şekil B.5: Sistem 1 aksı görünümü	123
Şekil B.6: Sistem 4 aksı görünümü	124
Şekil B.7: Temel planı.....	125
Şekil B.8: Betonarme çekirdek perde detayları	126
Şekil B.9: Birleşim detayları.....	127

SEMBOL LİSTESİ

C_d	: Yer değıştirme arttırma katsayısı
V_x	: x ve x-1 katları arasında etkiyen depremden oluşan kesme kuvveti
c_f	: Aerodinamik yük katsayısı
I_{xx}	: Atalet momenti
γ_c	: Beton güvenlik katsayısı
Δ_i	: Binanın i'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelenmesi
w_j	: Binanın i'inci katının ağırlığı
h_i	: Binanın i'inci katının kat yüksekliğı
$\square F_N$	: Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen eşdeğer deprem yükü
W	: Binanın toplam ağırlığı
W_i	: Binanın toplam ağırlığı
s_k	: Burkulma boyu
Ω_0	: Büyütme katsayısı
g_{ap}	: Çelik sac ağırlığı
A_p	: Çelik sac alanı
$M_{p.ap}^+$	: Çelik sac plastik moment dayanımı
γ_s	: Donatı güvenlik katsayısı
ρ_0	: Donatı oranı
C_{vx}	: Düşey dağıtma katsayısı
V_f	: Esdeger deprem yükü yönteminde göz önüne alınan deprem doğrultusunda binaya etki eden toplam esdeger deprem yükü (kN)
g_a	: Göllelenme etkisi
δ_i	: Görelî kat ötelenmesi
γ_Q	: Hareketli yük katsayısı
g_c	: Islak beton ağırlığı
V_i	: i'inci kata etki eden kat kesme kuvveti
θ_i	: i'inci katta tanımlanan ikinci mertebe gösterge değeri
L_e	: Kompozit döşeme açıklığı
γ_M	: Malzeme güvenlik katsayısı
f_y	: Malzemenin akma gerilmesi

γ_G	: Sabit yük katsayısı
δ_{ser}	: Sehim
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
M_{sd}^+	: Tasarım momenti
P_{sd}	: Tasarım yükü
Δ	: V_x ile birlikte oluşan tasarım kat ötelenmeleri (mm)
P_x	: x katı üzerinde toplam düşey tasarım yükü (kN)
h_{sx}	: x katı yüksekliği (mm)
δ_{max}	: x katında $A_x=1.0$ durumu için maksimum yer değiştirme (mm)
δ_{avg}	: x katında ortalama yer değiştirmeler yapının uç noktalarında
σ_{zem}	: Zemin emniyet gerilmesi
F_{ix}, F_{iy}	: i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
q_{m1}, q_{m2}	: Konstrüksiyon yükü
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
A_0	: Etkin yer ivme katsayısı
C_e	: Kar etkime katsayısı
C_p	: Dış basınç çarpanı
C_s	: Deprem davranış katsayısı
C_s	: Sismik davranış katsayısı
C_t	: Termal katsayı
D	: Ölü yükler
d_h	: İkincil drenaj sistemi girişi üzerinde biriken ilave su derinliği mm
d_i ve d_{i-1}	: Kolon uçlarındaki en büyük yer değiştirmeler
d_s	: Birincil drenaj sisteminin bloke olması durumunda ikincil drenaj sistemi girişine kadar olan su derinliği mm
E	: Deprem yüklerinin yatay ve düşey etkilerinin kombine etkileri
E_x, E_y	: Deprem yükü
F	: Sıvıların oluşturduğu basıncın sebep olduğu yükler
F_a	: Su taşkın yükleri
G	: Fırtına etkisi
G	: Sabit yük
g	: Yer çekimi ivmesi
H	: Yatay toprak itkilerinden, yer altı suyu basıncından oluşan yükler
I	: Bina önem katsayısı
I	: Kullanım sıklığı önem katsayısı
I	: Önem katsayısı
K	: Yapının periyodu ile ilintili bir katsayı
K_d	: Rüzgar yönü çarpanı
K_z	: Hız basınç etki yüzeyi çarpanı
K_{zt}	: Topografya faktörü
L	: Hareketli yükler
L_r	: Çatı hareketli yükleri (izin verilen azaltma katsayıları uygulanmış)
m, k	: Kompozit döşeme sacı için deneysel olarak belirlenmiş faktör
m_i	: Binanın i'inci katındaki kütlesi
n	: Hareketli yük katılım katsayısı

P_f	: Düz çatı kar yükü
q	: Hareketli yük
Q	: Hareketli yük
q	: Nominal rüzgar basıncı
q, q_h	: Rüzgar etkiyen yüzeyin arkasındaki cephenin zeminden h yüksekliğinde hesaplanan rüzgar basıncı
q, q_z	: Rüzgar etkiyen yüzey için zeminden z yüksekliğinde hesaplanan rüzgar basıncı
q_h	: h çatı yüksekliği için hesaplanan rüzgar hızı basıncıdır.
R	: Davranış düzeltme katsayısı
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R	: Yağmur yükleri
R	: Yağmur yükü (kN/m^2)
R	: Yapı davranış katsayısı
S	: Kar yükleri
S_{DS} ve S_{D1}	: Davranış spektrum katsayıları
S_{DS}	: Tasarım spektral davranış ivme parametresi
S_s ve S_1	: Spektral ivmeler
t	: Kalınlık
T	: Sıcaklık değişimlerinden oluşan termal etkiler
T_{1x}	: Bina doğal titreşim periyodu
T_{1y}	: Bina doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
V	: Yapının hesaplanan toplan taban kesme kuvveti
h_i ve h_x	: i ve x katlarının zeminden olan yüksekliği
w_i ve w_x	: Yapının toplam efektif sismik ağırlığının x ve i katlarındaki miktarı
W	: Rüzgar yükleri
w_i	: Binanın i 'inci katındaki ağırlığı
W_x, W_y	: Rüzgar yükü
σ_a	: Yapı çeliğinin akma gerilmesi
σ_{em}	: Emniyet gerilmesi
τ_{em}	: Kayma emniyet gerilmesi

BETONARME PERDELİ ve ÇELİK ÇERÇEVELİ BİR YAPININ DBYBHY 2007 YÖNETMELİĞİNE GÖRE TASARIMI VE DEPREM ETKİLERİ BAKIMINDAN IBC2006 YÖNETMELİĞİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmanın temel amacı, DBYBHY'07 yönetmeliğinin çelik yapıların tasarımında uyguladığı kriterleri ortaya koyarak, deprem yüklerinin hesabında IBC 2006 yönetmeliği ile karşılaştırılmasıdır.

İlk bölümde konu, kapsam ve amaç açıklanmaktadır.

İkinci bölümde, depreme dayanıklı yapı tasarımı genel olarak açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde, teze konu olan sekiz katlı, betonarme çekirdekli çelik binaya ait geometrik özellikler, kullanılan malzemelere ait parametreler ve binanın yapıldığı bölgeye ait özellikler tanımlanmıştır.

Dördüncü bölümde, binaya etkiyen düşey yükler açıklanmış ve kompozit döşeme çözümü yapılmıştır.

Beşinci bölümde, binanın DBYBHY'07'e göre tasarım ilkeleri ve deprem yükü analizi için kullanılacak olan eşdeğer deprem yükü yöntemi anlatılmıştır. Yapısal analizde uygulanacak yük birleşimleri tanımlanmıştır.

Altıncı bölümde, bir önceki bölümde anlatılan ilkelere göre yapılan binanın yapısal analizi sonuçları açıklanıp tipik kesit kontrolleri ve birleşim hesapları yapılmıştır.

Yedinci bölümde, IBC 06 yönetmeliğinin genel tasarım ilkeleri, kullanılacak hesap yöntemleri, yapısal analizde kullanılacak yük birleşimleri genel hatları ile anlatılmış deprem yükleri hesaplanmıştır.

Son olarak sekizinci bölümde ise bu tez vasıtasıyla elde ettiğimiz veriler ışığında IBC2006 ve DBYBH2007 yönetmelik asarındaki benzerlikler ve farklılıklar irdelenmiştir.

DESIGNING A STEEL MOMENT FRAME BUILDING WITH REINFORCED CONCRETE CORE ACCORDING TO DBYBHY 2007 AND IBC2006 AND COMPARE THE CODES DUE TO EARTHQUAKE EFFECTS

SUMMARY

The main purpose of this study is to define the design rules of steel structures according to DBYBHY'07, to check the connections and structural members and to compare the seismic loads calculations with IBC 2006.

In the first chapter, the aim and the scope are covered.

The second chapter is devoted to the explanation of earthquake resistant design.

In chapter three, geometrical properties, parameters of the materials used and the regional characteristics of an eight-storey steel framed building are defined.

In forth chapter, the vertical loads acting on the building is determined and composite slab is designed due to these loads.

The fifth chapter explains the design rules of the building according to DBYBHY 2007 and the equivalent earthquake load method. The load combinations used in structural analysis is defined.

Sixth chapter is devoted to the results of structural analysis of the building and the section controls of the structural members.

In the seventh chapter, the loads and load combinations which are used for the design of a building according to IBC2006 are determined. For seismic forces the equivalent earthquake load method is explained.

Finally, similarities and differences between DBYBHY'07 and IBC2006 are determined. Values which are calculated according to both DBYBHY'07 and IBC2006 is compared.

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

Deprem Bölgeleri Haritası'na göre, Türkiye'nin %92'sinin deprem bölgeleri içerisinde olduğu, nüfusumuzun %95'inin deprem tehlikesi altında yaşadığı ve ayrıca büyük sanayi merkezlerinin %98'i ve barajlarımızın %93'ünün deprem bölgesinde bulunduğu bilinmektedir.

Son 58 yıl içerisinde depremlerden, 58.202 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, 122.096 kişi yaralanmış ve yaklaşık olarak 411.465 bina yıkılmış veya ağır hasar görmüştür. Sonuç olarak denilebilir ki, depremlerden her yıl ortalama 1.003 vatandaşımız ölmekte ve 7.094 bina yıkılmaktadır (Url-1, 2009).

Deprem riski altında yaşayan ülkelerde depreme dayanıklı yapı inşası ve bu inşaatın nasıl yapılacağını tanımlayan yönetmeliklerin hazırlanması ve uygulanması çok önemli bir çalışma alanıdır.

Tüm dünyada sürekli gelişmekte olan inşaat sektöründe zamanla artan gereksinimlere karşılık verebilmek amacıyla her geçen gün yeni yapım yöntemleri araştırılmaktadır. Ülkemizde de bu araştırmaların yakından takip edilerek katkıda bulunulması ayrı bir öneme sahiptir.

Her ülkenin kendi bölgesel şartlarına göre ve ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde inşaat yapım yönetmelikleri vardır. Türkiye'de de yapı inşası, ilgili standart ve yönetmeliklerle kurallara bağlanmıştır. Zaman içerisinde geliştirilen yeni analiz ve hesap yöntemlerini uygulayabilmek amacıyla bu standart ve yönetmeliklerinde güncellenip ihtiyaçlara cevap verir niteliğe kavuşturulması gerekmektedir.

1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik son yıllarda ihtiyaçlara tam anlamıyla karşılayamamaktaydı. Gelişen yöntemlerin gerisinde kalmıştı. Sektörde çalışan birçok yapı mühendisi diğer ülkelere ait standart ve şartnamelerden faydalanmaktaydı. Bu nedenle, detaylı çalışmalar sonucunda 2007

yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik ortaya çıkmıştır. Yöntemlerin zamanın gerisinde kalmaması için veya daha pratik hesap yöntemlerinin uygulanabilmesi için şartnameleri düzenleme ve güncelleme çalışmaları devam edecektir. Ayrıca sektörde bu konu ile ilgili çalışan yapı mühendisleri de ilgili gelişmeler hakkında bilgilendirilip gelişime katkıda bulunmaları sağlanacaktır.

Son yıllarda ülkemizde çelik yapılar daha fazla uygulama alanı bulmaya başlamıştır. Özellikle geniş açıklıklara ihtiyaç duyulan sanayi yapılarında çok önemli bir tercih nedeni olmuştur. Bunun yanı sıra yüksek katlı binalarda da çelik yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamıştır. Çeliğin beton ile beraber kullanıldığı kompozit yapı elemanları da her geçen gün geliştirilmektedir. Çelik ve betonun ayrı ayrı birbirinden üstün özellikleri vardır. İkisi arasında tercih yapmak yerine her ikisinin de beraber kullanıldığı kompozit yapı elemanları bu nedenle ayrı bir öneme sahiptir.

Bu çalışmada çelik çerçevelerden oluşan ve betonarme perdeye sahip örnek bir bina incelenecektir. Türkiye’de de bu yapıların örneklerine, nadir de olsa, rastlamak mümkündür. Bu tip binaların tasarımı aşamasında izlenecek yol DBYBHY’07’e göre adım adım açıklanacak, IBC 2006 Yönetmeliği’ne göre yükleri hesaplanacak ve sonuç olarak her iki yönetmelik karşılaştırılıp aralarındaki benzerlikler ve farklılıklar incelenecektir.

2. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI

2.1 Depreme Karşı Güvenlik

Bir yapının tasarımı ve boyutlandırılması genel olarak göçme durumunda yeterli güvenliğin sağlanması ve kullanma durumunda kararlılık, çatlama ve yer değiştirme gibi koşulların yerine getirilmesi olarak tanımlanabilir. Tasarımda yeterli güvenliğin sağlanması için yapının taşıyabileceği yükün taşınması beklenenden büyük olması sağlanmalıdır. Güvenliğin sağlanmasında yapının bütünlüğüne veya kararlılığına olumsuz yönde etki edecek göçme biçimlerinin ortaya çıkmaması için önlem alınır. Ancak depreme dayanıklı tasarım ve boyutlandırmada etkimesi beklenen düşey yükler altındakinden daha büyük belirsizlikler, yapı elemanlarının ve birleşim yerlerinin sünekliğini büyük ölçüde etkileyen yatay yükler altında ortaya çıkar. Taşıyıcı sistem inşa edilirken başlangıçtan itibaren kendi ağırlığını taşımaya başlar. Sabit yüklerin üstüne gelen düşey yüklerde benzer türden özelliğe sahiptir. Hareketli yükün taşıyıcı sisteme etkimesi, ani değil belirli bir süre içinde gerçekleşir. Rüzgar ve özellikle deprem yükleri ise çok kısa bir zamanda ortaya çıkarlar ve dinamik özellik gösterirler. Daha önce herhangi bir yatay yükleme altında kalmayan taşıyıcı sistem kısa bir zamanda önemli bir yatay etki ile zorlanır. Taşıyıcı sistemdeki kusurlar çok kısa bir zamanda ortaya çıktığı için herhangi bir tedbir almak veya yüklemeye etkili olmak mümkün olmaz (Celep ve Kumbasar, 1992). Bu nedenle yapının ömrü boyunca etki altında kalması söz konusu olabilecek deprem yüklerine güvenlikle karşı koyabilmesi, sağlamlığı kesin olarak belirlenebilecek bir özellik değildir. Yükler ve dayanım özellikleri istatistiksel değerlere bağlı olarak belirlenebilir.

Bir yapının sabit yük, faydalı yük, sıcaklık etkisi gibi etkilere maruz kalma sıklığı ile karşılaştırıldığı zaman depremin çok daha seyrek olduğu görülür. Depreme dayanıklı yapı tasarımında tüm dünyada uygulanan ilke, yapının sık ve küçük şiddetteki depremleri elastik sınırlar içinde kalarak; orta şiddetteki depremleri elastik sınırların

ötesinde, fakat taşıyıcı sistemde kolayca onarılabilecek önemsiz hasarlarla; çok seyrek şiddetli depremleri ise büyük hasarlarla fakat taşıyıcı sistemi tamamen göçmeden, can kaybı olmaksızın karşılayabilmesidir. Bu anlayışla boyutlandırılan yapılarda deprem ivmesi, şiddetli bir depremde yapıya etki edebilecek değerin oldukça altında bir değer olarak kullanılır.

Depreme karşı güvenliğin sağlanmasında önce taşıyıcı sistemin tasarımının özenli yapılması önemlidir. İyi bir tasarımda taşıyıcı sistemin çözümlemede göz önüne alınan davranış şekli ile deprem altındaki birbirine yakın olur. Bu amaçla tasarımda aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi uygundur (Celep ve Kumbasar, 1992):

1) Geometri:

Yapılan yapı ne kadar basit düzenlenmiş ise, depreme dayanıklılığının o derece yüksek olduğu belirlenmiştir. Basit ve düzenli yapıların yapımı da kolaydır ve yapımında hata yapma olasılığı daha azdır. Bu tür yapıların davranışını tahmin etmek ve buna göre çözümleme yapmak daha kolaydır. Karmaşık ve düzensiz yapıları modellemek ve ilave olarak burulma etkisini göz önüne almak daha uzun işlemler gerektirir. Bu nedenlerle yapının iki doğrultuda da simetriye sahip olması istenir.

Teze konu olan binada simetriklik sağlanmaya çalışılmıştır.

2) Süreklilik:

Taşıyıcı sistemde plan ve düşeyde bulunan elemanların düzgün ve sürekli olarak düzenlenmesi önemlidir. Kolon ve kirişlerin planda düzgün dağılması, sistemin belirli bölgelerinin aşırı biçimde zorlanmasını önler. Bütün kolon ve ona mesnetlenen kirişlerin eksenleri arasındaki dış merkezlikten kaçınılmalıdır. Taşıyıcı sistemde süreklilik ile elemanların birbirine yardım etmesi sağlanırken, elastik davranışın ötesindeki taşıma kapasitesi artırılmış olur. Teze konu olan binada süreksizliklerden kaçınılmıştır.

3) Rijitlik ve dayanım

Yatay kuvvetler altında yapıdaki yer değiştirmelerin hesabı yanal rijitliğin belirlenmesine bağlıdır. Yapı elemanlarının rijitliğini uygun seçerek; titreşim

periyodunu belirli bir aralığa getirerek deprem etkilerini küçültmek mümkündür. Ancak yapının titreşim periyodu için hedeflenen bir değer yoktur. Bunun için spektrum eğrisinde bölgenin hakim periyodu ile yapınınkini uzak tutarak rezonans olayı önlenmelidir. Binada taşıyıcı olmayan elemanlar, taşıyıcı olanlara göre daha gevrek bir davranış gösterirler. Rijitliğin arttırılması ile katların birbirine göre olan göreceli yatay ötelenmesi sınırlandırılarak özellikle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelecek hasarı kontrol altına almak mümkündür. Dolayısıyla, öncelikli amaç, periyodu belirli aralığa düşürmek değil, rijitliği uygun olarak belirlemektir. Bu da dolaylı olarak periyodun değişmesine sebep olacaktır.

Bunun yanında özellikle yüksek yapılarda deprem sırasında düşey yüklerin ikinci mertebe etkilerini sınırlı tutmak için yer değiştirmelerin sınırlandırılması amacıyla rijitliğin arttırılması gerekli olur.

4) Göçme modu

Deprem etkisine karşı tasarımda kesitler öngörülen etkilere karşı koyacak şekilde boyutlandırılırken, özellikle düşey taşıyıcıların dayanımlarını kaybederek tüm sistemin göçmesinden veya burkulma gibi ani göçmeden uzak kalınması istenir. Genel olarak kolon yerine kirişlerde plastik mafsallara oluşarak göçmenin ortaya çıkması tercih edilir.

Yönetmelikte öngörülen kuvvetlerden çok daha büyük etkiler oluşturabilecek bir depremin meydana gelme olasılığı düşüktür. Böyle bir depremin, sıradan bir yapıda, sınırlı bir hasarla karşılaşması ekonomik olmaz. Ancak, böyle bir durumda göçme mekanizmasının kontrol edilerek, yapının içindekilerin hayatının korunması amaçlanır. Büyük depremlerde yapı dayanım sınırı aşılabacağı için, yatay taşıyıcılıkta önemli kayıplar olmadan ve tamamen göçme meydana gelmeden, büyük plastik şekil ve yer değiştirmeler oluşabilecek şekilde boyutlamanın yapılması bu kontrolün esasını teşkil eder.

Yapıda kolonların kirişlerden daha güçlü olması istenir. Çünkü kolonda oluşabilecek bir hasar yapının tamamen göçmesine neden olabilir. Kirişte meydana gelecek bir hasarda ise kısmi göçme oluşur ve yapı içindekilerin hayatı korunur. Kuvvetli kolon

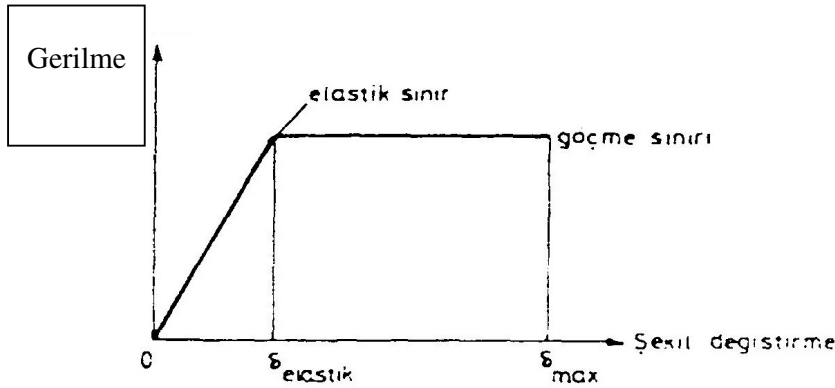
zayıf kiriş sisteminde, birleşimde oluşan zorlanmadan meydana gelecek plastik mafsallık kiriş üzerinde oluşacaktır.

5) Süneklik:

Süneklik bir elemanın veya yapının, elastik sınırın ötesinde şekil değiştirme dolayısıyla yer değiştirme yapma özelliğinin ölçüsü olarak tanımlanabilir. Yapıda büyük hasarların ve tümenden göçmenin önlenmesi süneklik ile mümkündür.

Taşıyıcı sistemin veya elemanların sünekliği, işaret değiştiren ve sistemin elastik sınırın ötesinde zorlayan etkiler altında enerji yutma sonucunu doğurduğundan, sadece dinamik yükler etkisinde önem kazanır.

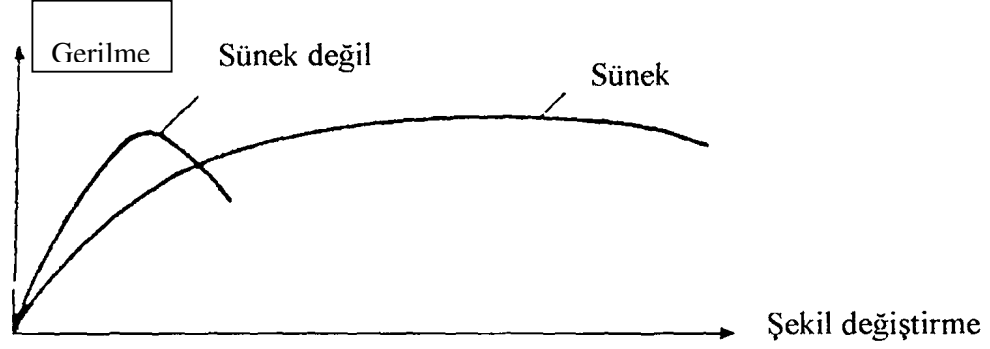
Taşıyıcı sistemin ve elemanlarının veya kullanılan malzemenin elastik ötesi davranışta da, şekil ve yer değiştirmeler artarken, dayanımının önemli bir kısmını sürdürür. Sünek kavramı aynı zamanda büyük şekil ve yer değiştirme yapabilme, tekrarlı yüklemelerde enerji sönmülenebilme özelliğini de içerir. (Şekil 2.1) de ideal elastoplastik davranışa ait grafikte doğrunun yatay olarak devam etmesi durumunda göçme olmadan yapı yük taşımaya devam edecektir. Bu durumda sisteme giren enerjinin bir kısmı doğrusal olmayan davranış sebebiyle sönmülenirken, büyük şekil değiştirmeler elemanlar arası yardımlaşmaya imkan verecek ve taşıma kapasiteleri olan elemanların devreye girmesi sağlanacaktır.



Şekil 2.1: Elasto-plastik gerilme-şekil değiştirme bağıntısı

Gerçek malzemenin davranışı, Şekil 2.1’de verilen ideal elastoplastik davranıştan daha çok (Şekil 2.2)’de verilen iki eğri arasındaki davranışa daha çok

benzemektedir. Süneklik sayesinde, yüklemenin aşırı artmasında akmaya ulaşan kesitlerde plastik şekil değiştirmelerle enerji yutulurken, iç kuvvetlerin daha az zorlanan kesitlere dağılması sağlanır. İyi düzenlenmiş sünek bir taşıyıcı sistemde deprem enerjisi, kontrollü hasarla, göçmeden uzak kalınarak karşılanmış olur.



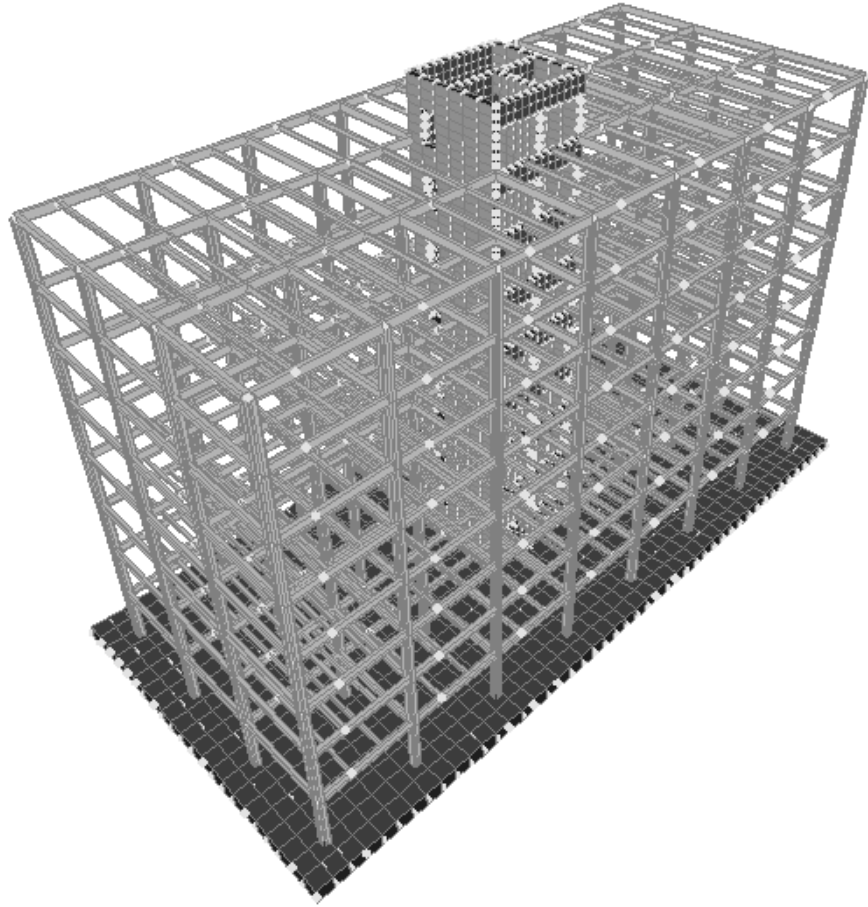
Şekil 2.2: Sünek ve sünek olmayan gerilme-şekil değiştirme bağıntısı

Depremde en büyük hasar nedeni sünekliğin sağlanamaması olarak gözlemlenmiştir (Celep ve Kumbasar, 2001).

3. SEKİZ KATLI ÇELİK YAPININ PROJELENDİRİLMESİNE AİT ÖZELLİKLER

3.1 Binanın Tanımı

Bina iş merkezi olarak tasarlanmıştır. Binanın 3 boyutlu görünüşü (Şekil 3.1)'de gösterilmiştir.



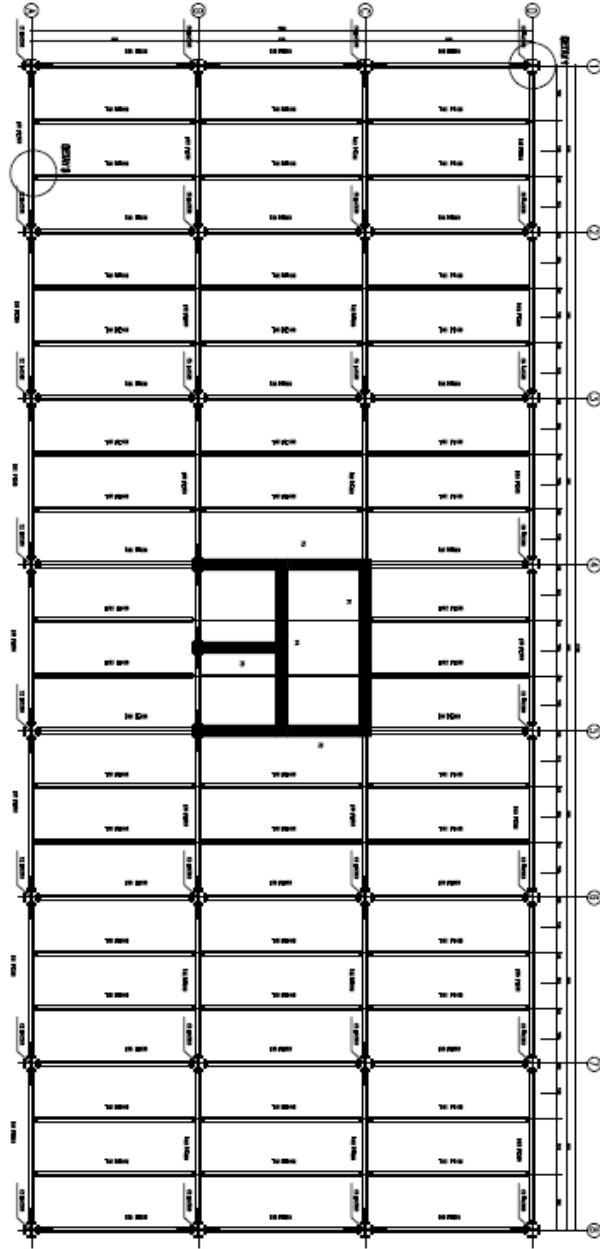
Şekil 3.1:Binanın üç boyutlu görünümü

3.1.1 Normal kat planı

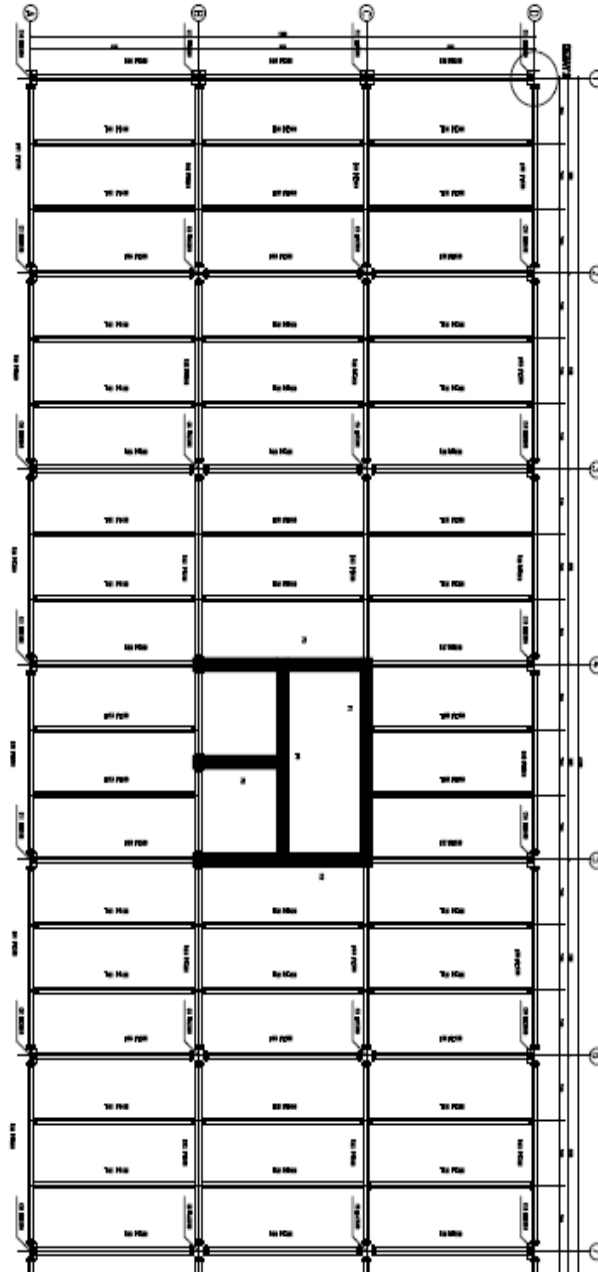
Yapı sekiz katlı olup, kat yüksekliği 3.50m olarak alınmıştır. Taşıyıcı sistemi oluşturan çelik elemanlarda hadde ürünü profiller ve bunlardan imal edilen yapma çelik kesitler kullanılmıştır. Yapma çelik kesitler, 1.kat kolonları ve diğer katlardaki kolonların bazılarında kullanılmıştır. HAC500 olarak adlandırılan bu kesit, iki adet HEB500 kesitli hadde ürünü profilden birinin gövdesinin ortasından kesilip diğerinin gövdesine tam penetrasyonlu küt kaynak ile kaynatılması ile elde edilir. Binanın ana çerçeve kirişleri IPE500, tali kirişleri IPE400, HAC500 dışındaki diğer kolonların kesitleri ise HEB500 profillerden oluşmaktadır.

Binanın ortasında bulunan perdenin kalınlığı 40 cm olarak belirlenmiştir. Binanın temeli 150cm kalınlığında radye temel olarak yapılmıştır.

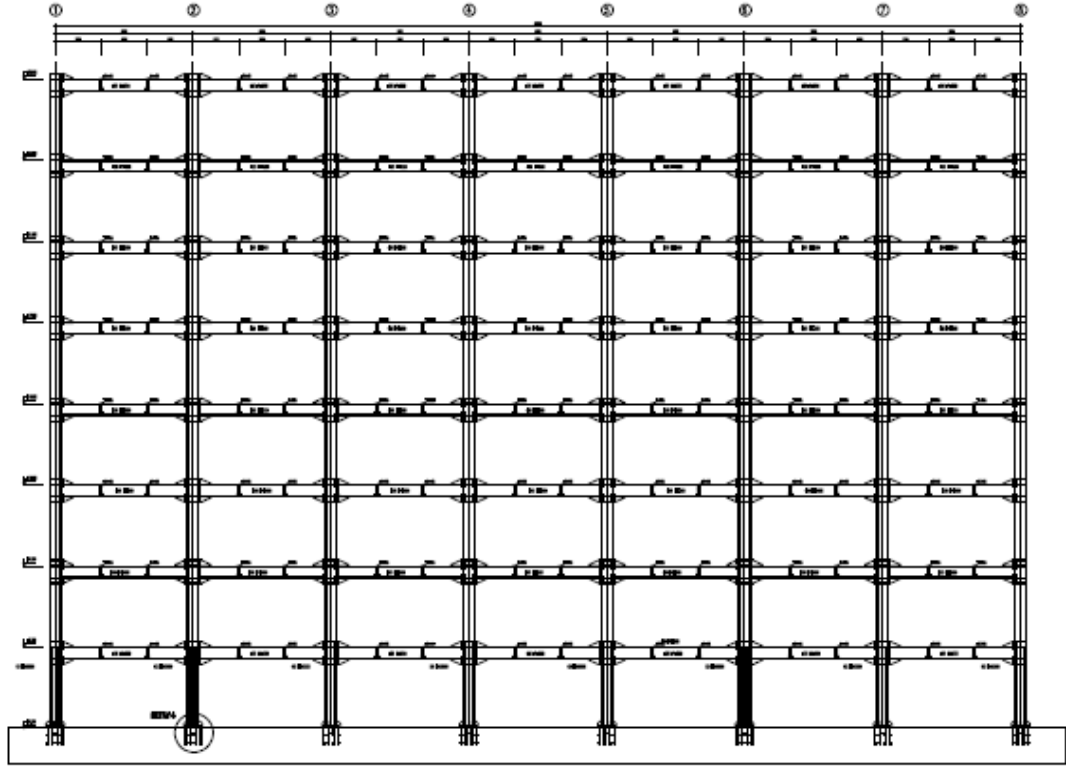
Kat döşemeleri, çelik kirişlere mesnetlenen ve trapez profil sac levhalar üzerinde, yerinde dökme betonarme olarak inşa edilen kompozit döşeme sisteminden meydana gelmektedir. Merdiven ve basamaklar çelik profiller ve saclardan teşkil edilmiş ve granit ile kaplanmıştır. Dış cephe kaplaması olarak alüminyum taşıyıcı sistemden oluşan giydirme cephe tercih edilmiştir.



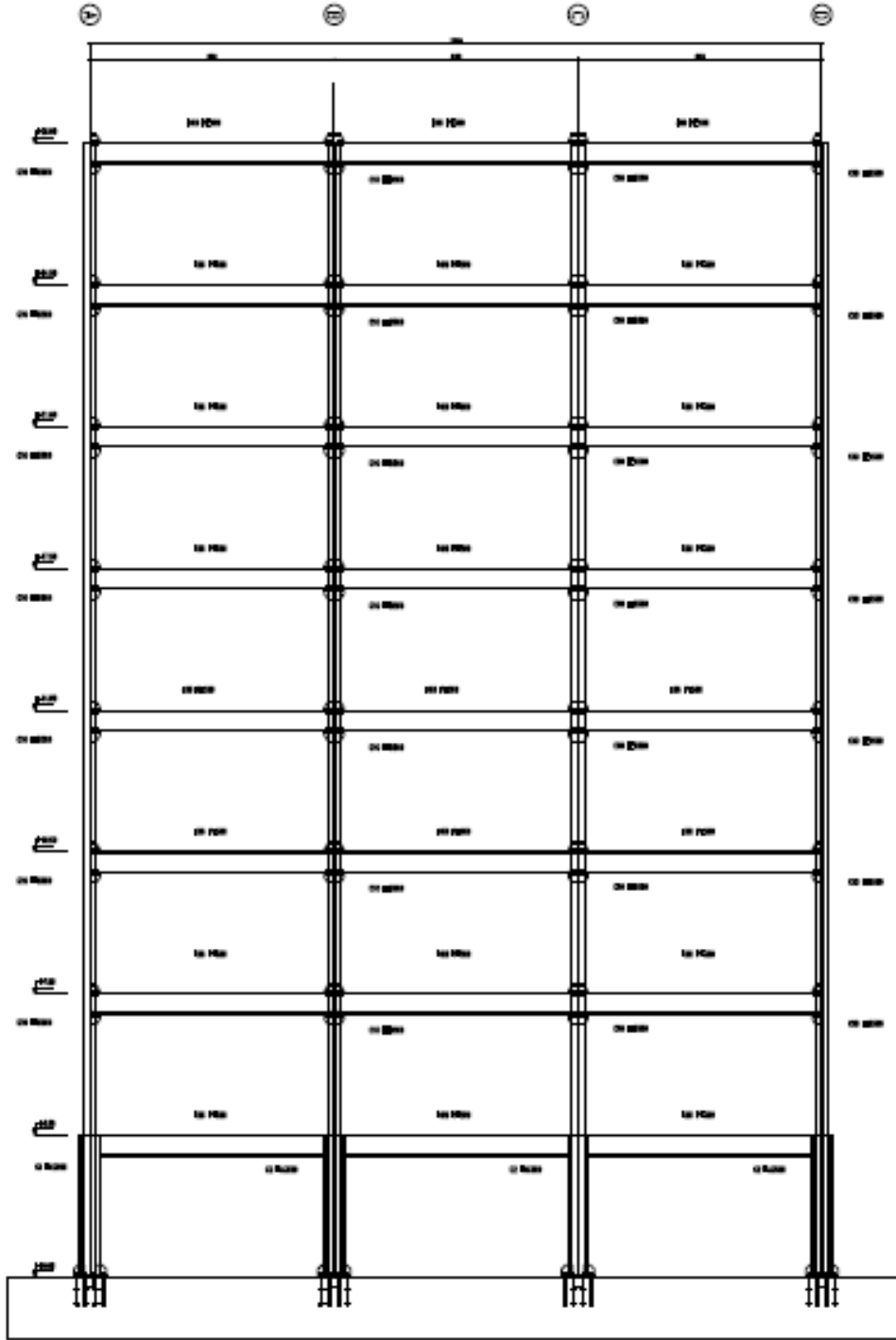
Şekil 3.2: Zemin kat planı



Şekil 3.3: Normal kat planı



Şekil 3.4: Tipik sistem en kesiti



Şekil 3.5: Sistem yan görünüş

3.1.2 Çerçeve ve birleşimler

Deprem yüklerinin yapı tasarımını büyük ölçüde etkilediği düşünülürse, depreme dayanıklı yapı tasarımı için, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007’de üzerinde durulan tasarım ve hesap kurallarına uyulmasının zorunluluğu ortaya çıkar.

Bu özelliklerden yola çıkarak, x-x, y-y doğrultularının her ikisi içinde yatay yükün kolon ve kirişlerden oluşan çerçeveler ve binanın merkezinde bulunan betonarme çekirdek bölgesinin beraber çalışmasını sağlayacak şekilde bir tasarım yapılmaya çalışılmıştır. Birleşimlerinde bu özelliği taşımasına dikkat edilmiştir.

Yapının çelik bölümü kesit hesaplarında elastik hesap kuralları esas alınmıştır. Yapılan kontrollerde elastik hesapta önerilen sınırlayıcı katsayılar ve değerler kullanılmıştır. Tüm yapıda kolonlar temelde ankastre bağlı olarak kabul edilmiştir.

3.1.3 Çerçeveler ve çekirdek bölgesi

Merdivenler, asansör boşlukları, tesisat bacaları çevrelerinde toplanan ayrı düzlemlerdeki perdelerin birleşmesinden oluşan taşıyıcı sistemlere çekirdek adı verilmektedir.

Yatay deprem yüklerini taşıyacak olan betonarme perde binanın ortasında bulunan asansör ve merdiven kovanı bölümüne yerleştirilmiştir. Kolon ve kirişlerden oluşan çerçevelerin çekirdek yapı ile beraber çalışması sağlanmıştır.

Sistem (Şekil 3.2)’deki gibi düzenlenerek yapıya gelen yatay etkilerin çoğunun çekirdekçe aktarılmasına çalışılmıştır. Böylece elde edilebilen narin kolonlarla güncel mimari ve dış görünüş anlayışına uygun hafif cepheler ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

3.2 Malzeme Tanımı

Sistemin tasarımında Fe44 yapı çeliği (akma gerilmesi $\sigma_a=275 \text{ N/mm}^2$) kullanılması ön görülmektedir. Çelik yapı malzemesinin özellikleri olarak DBYBHY’07 Madde 4.2.3.1 geçerlidir.

Fe44 yapı çeliğinin emniyet gerilmeleri TS648 Çelik Yapılar Standardına göre normal gerilme için $\sigma_{em}=141 \text{ N/mm}^2$, kayma gerilmesi için $\tau_{em}=82 \text{ N/mm}^2$ değerlerini almaktadır.

DBYBHY'07 Madde 4.2.3.2'ye uygun olarak deprem yükleri etkisindeki elemanların birleşimi ve eklerinde ISO 8.8 kalitesinde (akma gerilmesi $\sigma_a=640 \text{ N/mm}^2$), deprem yükleri etkisinde olmayan elemanların birleşim ve ekleri ile kolon ankrajlarında ise ISO 5.6 kalitesinde (akma gerilmesi $\sigma_a=300 \text{ N/mm}^2$) bulun kullanılacaktır. Kaynaklı birleşimler ve kaynak malzemesi ile ilgili olarak Madde4.2.3.3 ve Madde4.2.3.4 geçerlidir.

Bina temelinde ve döşemelerinde C30 sınıfı beton ve S420 sınıfı donatı çeliği kullanılacaktır.

3.3 Diğer Özellikler

Binanın bulunduğu bölge 2. Derece deprem bölgesi olup Zemin grubu Z2, çok sıkı çakıl ve kum olup yatak katsayısı 120000 kN/m^3 olarak $\sigma_{zem}=350 \text{ kN/m}^2$ olarak belirlenmiştir.

4. YÜK ANALİZİ ve KOMPOZİT DÖŞEME TASARIMI

Bu bölümde, karşılaştırmaya esas olan binanın düşey ve yatay yük analizleri yapılmıştır.

4.1 Düşey Yük Analizi

Yapıda kullanılan malzemeler ve birim ağırlıkları aşağıda verilmiştir:

Çatı döşemesi

12cm yüksekliğinde kompozit döşeme : 2.12 kN/m²

İzolasyon+koruma betonu (7cm) : 0.20+1.25=1.45 kN/m²

Asma tavan + tesisat : 0.50 kN/m²

$g = 4.07 \text{ kN/m}^2$

$q = 1.0 \text{ kN/m}^2$

Normal Katlar

12cm yüksekliğinde kompozit döşeme : 2.12 kN/ m²

Döşeme kaplama : 0.80 kN/m²

Asma Tavan + tesisat : 0.50 kN/m²

$g = 3.42 \text{ kN/m}^2$

$q = 2.00 \text{ kN/m}^2$

Dış cephe giydirme : 1.80 kN/m

Hareketli yükler

Normal Kat : 2.00 kN/m²

Çatı Katı : 1.00 kN/m²

Merdivenler : 3.50 kN/m²

4.2 Kompozit Döşeme

Yapıdaki ana taşıyıcı sistemin çelik olması ve kompozit döşemenin sağladığı avantajlar nedeniyle binanın döşeme sisteminin kompozit döşeme olarak yapılmasına karar verilmiştir.

Profillenmiş çelik sac, beton ve donatı kombinasyonu ile oluşturulan kompozit döşemeler geleneksel döşemelere göre birçok yapısal ve ekonomik avantajlara sahiptir. Genellikle çelik döşeme kirişleri üzerine mesnetlenen profillenmiş çelik sac, inşaat süresince işçiler ve malzeme için platform, ıslak beton için kalıp görevlerini üstlenir. Daha sonra beton sertleşip yeterli dayanımı kazandığında eğilmenin çekme bileşeninin tamamını veya bir kısmını taşır. Kompozit döşemeyi oluşturan diğer eleman olan beton ise eğilmenin basınç bileşeni ve kayma kuvvetlerini taşır. İlave olarak yangın dayanımı ve ses izolasyonu sağlar. Beton ve çelik sac arasındaki kompozit etkiyi oluşturmak için beton ve çelik sac arasındaki yüzeyde oluşacak yatay kayma kuvvetlerini karşılayabilecek şekilde profillenmiş çelik sacın yüzeyi ve en kesit şekli biçimlendirilir. Kompozit döşemelerde çok çeşitli şekillerde profillenmiş çelik sac en kesit tipleri kullanılmaktadır.

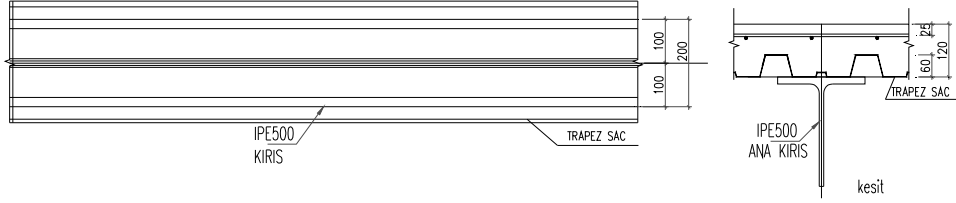
Günümüzde, kompozit döşemeler değişik uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yönetim binaları ve ofisler için geniş hacimler sağlayan kompozit döşemeli büyük açıklıklı çelik yapılar modern inşaatlarda tercih edilmektedir. Eski binaların yenilenmesinde ekonomik olması sebebiyle okul, ev, ofis ve hastane inşaatlarında yangın dayanımı ve ısı izolasyonu gibi öne çıkan özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir.

Büyük açıklıklarda büyük dayanım kapasitesi elde edilebilmesi ile yapım hızı ve kolaylığı, otoparklarda da kompozit döşemelerin kullanımını yaygınlaştırmıştır.

Kompozit döşemelerde kullanılan profillenmiş çelik sacın sağladığı avantajlar aşağıdaki sıralanmıştır.

- 1) İnşaat sırasında beton dökümünden önce yapım süresini hızlandıran, emniyetli bir platform oluşturur. Beton için ayrıca bir kalıba veya desteğe ihtiyaç kalmaz.

- 19



Şekil 4.3: Kompozit döşeme detayı

Kompozit döşemede seçilen profillemiş çelik sac Corus firmasının ürettiği kalınlığı 1mm olan ComFlor60 isimli sacdır.

$$t=1.0\text{mm}$$

$$f_y = 350 \text{ N / mm}^2$$

$$I_{xx} = 1.06 \times 10^6 \text{ mm}^4 / m$$

$$A_p = 1424 \text{ mm}^2 / m$$

$$I_{yy} = 0.97 \times 10^6 \text{ mm}^4 / m$$

$$m=157.24$$

$$k=0.123238$$

$$M_{p.ap}^+ = 11.27 \text{ kNm / m}$$

$$M_{p.ap}^- = 9.36 \text{ kNm / m}$$

$$R_{p.ap} = 69.59 \text{ kN / m}$$

$$\gamma_G = 1.35$$

$$\gamma_{GA} = 1.05$$

$$\gamma_Q = 1.50$$

$$\gamma_M = 1.05$$

$$\gamma_c = 1.50$$

$$\gamma_s = 1.15$$

Efektif döşeme açıklıklığı:

$$L_e = 2.00 + 60.0 / 1000 = 2.06 \text{ m}$$

Profillemiş çelik sac ve kompozit döşemede taşıma sınır durumunda gerekli kontrollerin yapılması

İnşaat sürecinde profillemiş çelik sacın kontrolü

Yükler:

$$\text{Çelik sac ağırlığı: } g_{ap} = 0.11 \text{ kN / m}^2$$

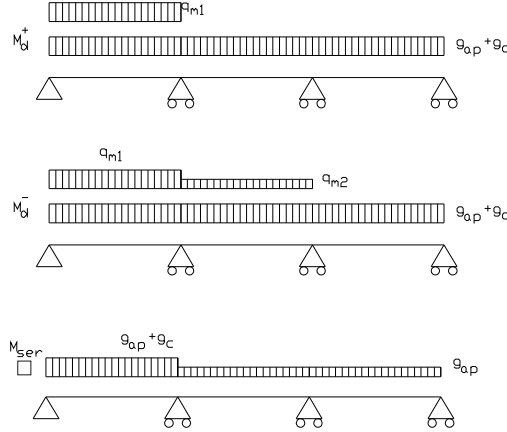
$$\text{Islak beton ağırlığı } g_c = 2.06 \text{ kN / m}^2$$

$$\text{Göllenme etkisi } g_a = 0.02 \text{ kN / m}^2$$

Konstrüksiyon yükü $q_{m1}=1.50 \text{ kN} / \text{m}^2$

$q_{m2}=0.75 \text{ kN} / \text{m}^2$

Taşıma sınır durumu için hesap



Şekil 4.4: Çelik sacın statik sistemi ve yükleme durumları

Elastik analiz ile maksimum pozitif moment (3.yüklem)

$$= \left[0.08(1.35xg_{ap}) + 0.094x1.50x(q_{m1}+q_{m2}) + 0.094x(1.35xg_c + g_a) \right] xL_e^2$$

$$= 2.05 \text{ kNm/m}$$

$$M_{p.ap}^+ = 11.27 \text{ kNm} / \text{m} > 2.05 \text{ kNm} / \text{m} \quad M_{sd}^+ / M_{p.ap}^+ = 0.18$$

Maksimum negatif moment (2.yüklem)

$$= \left[0.100 * \gamma_G * g_{ap} + 0.117 * (\gamma_G * g_c + g_a) + 0.250 * \gamma_Q (q_{m1} + q_{m2}) / 3 \right] * L_e^2$$

$$= 1.29 \text{ kNm/m}$$

$$M_{p.ap}^- = 9.36 \text{ kNm} / \text{m} > 1.29 \text{ kNm} / \text{m} \quad M_{sd}^- / M_{p.ap}^- = 0.14$$

kesme kuvveti dayanımı Kontrolü (2.yüklem)

$$= \left[1.10 * (\gamma_G * g_{ap}) + 1.20 * (\gamma_G * g_c + g_a) + 2.50 * \gamma_Q * (q_{m1} + q_{m2}) / 3 \right] L_e^2$$

$$= 5.88 \text{ kN/m} < 69.90 \text{ kN/m} \quad R_{sd} / R_{rd} = 0.08$$

$$0.08^2 + 0.18^2 = 0.04 < 1.25$$

sehim kontrolü

$L_e / 180 = 11.4 \text{ mm}$ veya 20.0 mm veya $d/10 = 12.0 \text{ mm}$ den en küçük olanı sehim sınırıdır.

$$\begin{aligned}\delta_{\text{ser}} &= \frac{(2.65 \cdot g_{\text{ap}} + 3.4 \cdot g_c) \cdot L_e^4}{3.84 \cdot E \cdot I_{\text{ap}}} \\ &= \frac{2.65 \cdot 0.11 + 3.4 \cdot 2.07}{3.84 \cdot 21000 \cdot 1.06 \cdot 10^6} \cdot 1830^4 \\ &= 9.62 \text{ mm} < 11.4 \text{ mm}\end{aligned}\quad (4.1)$$

Kompozit çalışma sürecinde döşemenin kontrolü

Çelik sac ağırlığı:	$g_{\text{ap}} = 0.11 \text{ kN} / \text{m}^2$
Kuru beton ağırlığı	$g_c = 2.01 \text{ kN} / \text{m}^2$
Kaplama+asma tavan+tesisat	$g_2 = 1.30 \text{ kN} / \text{m}^2$
Hareketli yük	$q = 5.00 \text{ kN} / \text{m}^2$

Efektif döşeme açıklığı:

$$L_e = 2.00 + 120.0 / 1000 = 2.12 \text{ m}$$

Taşıma sınır durumu: Birim genişlik için tasarım yükü:

$$\begin{aligned}P_{\text{sd}} &= \left[\gamma_G (g_{\text{ap}} + g_c + g_2) + \gamma_Q \cdot q \right] \cdot b \\ &= \left[1.35 \cdot (0.11 + 2.01 + 1.30) + 1.50 \cdot 5.00 \right] \cdot 1.00 \\ &= 12.12 \text{ kN/m}\end{aligned}\quad (4.2)$$

Eğilme Dayanımı: Tasarım eğilme momenti;

$$\begin{aligned}M_{\text{Sd}} &= \frac{P_{\text{Sd}} \cdot L_e^2}{8} \\ &= \frac{12.12 \cdot 2.12^2}{8} = 6.80 \text{ kNm/m}\end{aligned}\quad (4.3)$$

Tarafsız eksenin yeri ve tasarım eğilme dayanımı

$$\begin{aligned}x &= \frac{A_{\text{ap}} \cdot f_{\text{yp}} / \gamma_{\text{ap}}}{b \cdot 0.85 \cdot f_{\text{ck}} / \gamma_c} \\ &= \frac{1424 \cdot 350 / 1.10}{1000 \cdot 0.85 \cdot 30 / 1.92} = 34.12 \text{ mm}\end{aligned}\quad (4.4)$$

$$M_{p,Rd}^+ = A_{ap} * f_{yp} * \left(d_s - \frac{x}{2} \right) / \gamma_{ap} \quad (4.5)$$

$$M_{p,Rd}^+ = 1424 * 350 * (120 - 27.5 - 17.06) / 1.1 = 37.6 \text{ kNm/m}$$

$M_{Sd}^+ \leq M_{p,Rd}^+$ olduğundan eğilme dayanımı yeterlidir.

Kesme kuvveti dayanımı: tasarım kesme kuvveti,

$$V_{sd} = \frac{p_{sd} L}{2} = \frac{12.12 * 2.12}{2} = 12.84 \text{ kN} \quad (4.6)$$

$$\tau_c = \tau_{Rd} * k_1 * k_2 \quad (4.7)$$

$$\begin{aligned} \tau_{Rd} &= 0.25 * f_{ctk0.05} / \gamma_c \\ &= 0.025 * 2.0 / 1.25 = 0.33 \text{ N/mm}^2 \end{aligned} \quad (4.8)$$

$$k_1 = 1.6 - d_p = 1.6 - 0.0925 = 1.51$$

$$\rho_0 = \frac{A_s}{b_0 * d_p} = \frac{188}{500 * 92.5} = 0.004 \quad (4.9)$$

$$k_2 = 1.2 + 40\rho_0 = 1.36$$

$$\tau_c = 0.70 \text{ N/mm}^2$$

Tasarım kesme kuvveti dayanımı

$$V_{v,Rd} = b_0 * d_p * \tau_c = 32.3 \text{ kN} \quad (4.10)$$

Kesme kuvveti dayanımı yeterlidir.

Boyuna kayma dayanımı:

m&k yöntemi ile boyuna kayma dayanımı; $m=157,24$ $k=0,123238$

tasarım boyuna kayma dayanımı:

$$V_{l,Rd} = b * d_p \left[m \frac{A_{ap}}{b * L_s} + k \right] / \gamma_{vs} \quad (4.11)$$

$$V_{l,Rd} = 1000 * 92.5 \left[157 \frac{1424}{1000 * 2120 / 4} + 0.123 \right] / 1.25 = 40.3 \text{ kN/m}$$

Boyuna kayma dayanımı yeterlidir.

5. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK 2007'ye GÖRE TASARIM

Bu bölümde binanın DBYBHY'07'ye göre yükleri hesaplanıp SAP2000 programında modeli oluşturulduktan sonra analizi yapılacaktır. Statik analiz sonucunda elde edilen verilere göre yapısal elemanlar boyutlandırılacaktır.

5.1 Deprem Karakteristikleri

Tasarımı yapılan 8 katlı çelik bina ikinci derece deprem bölgesinde ve Z2 yerel zemin sınıfı olan bir alan üzerinde inşa edilecektir ve işyeri olarak kullanılacaktır. Yapı taşıyıcı sisteminin her iki doğrultuda süneklik düzeyi yüksek çerçeveler ve yerinde dökme betonarme perdelerden oluşturulması ön görülmektedir. Bu parametreler esas alınarak belirlenen deprem karakteristikleri ve ilgili yönetmelik maddeleri aşağıda verilmiştir.

Etkin yer ivmesi katsayısı	: $A_0 = 0.30$ (Madde2.4.1)
Bina önem katsayısı	: $I = 1.00$ (Madde2.4.2)
Spektrum karakteristik periyotları	: $T_A = 0.15s$, $T_B = 0.40s$ (Tablo2.4)
Yapı Davranış Katsayısı	: $R = 7$
Hareketli yük katılım katsayısı	: $n = 0.30$ (Tablo 2.7)

5.2 Düzensizliklerin Kontrolleri

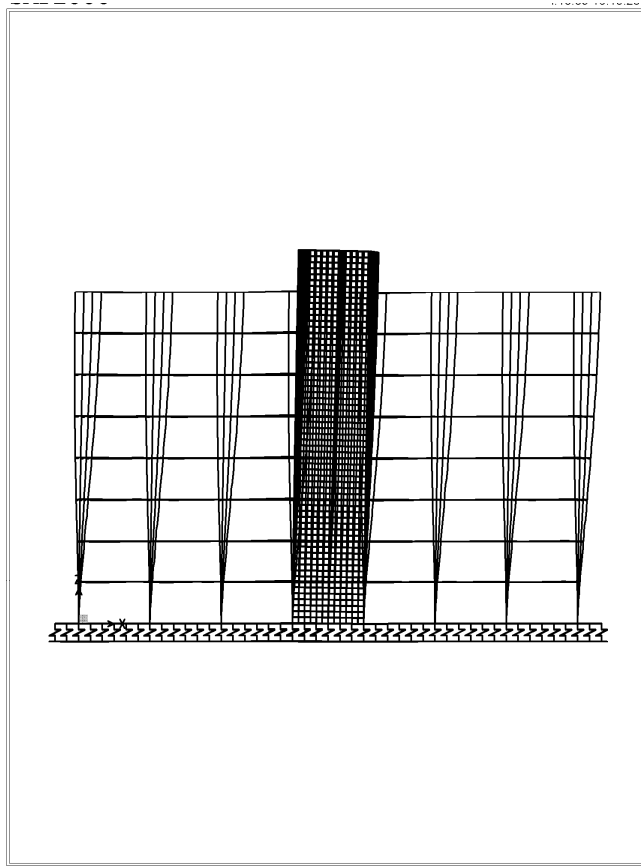
DBYBHY'07 Madde2.3 uyarınca düzensizlik kontrolleri yapılacaktır. Bina kat planlarında çıkıntıların olmaması, döşeme süreksizliklerinin ve döşemelerde büyük boşlukların bulunmaması yatay yük taşıyıcı sistemlerin planda düzenli olarak yerleşmesi nedeniyle planda düzensizlik durumları mevcut değildir.

Benzer şekilde, taşıyıcı sistemin düşey elemanlarında süreksizliklerin ve ani rijitlik değişimlerinin olmaması ve kat kütlelerinin yapı yüksekliği boyunca değişiklik göstermemesi nedeniyle düşey doğrultuda düzensizlik durumları mevcut değildir.

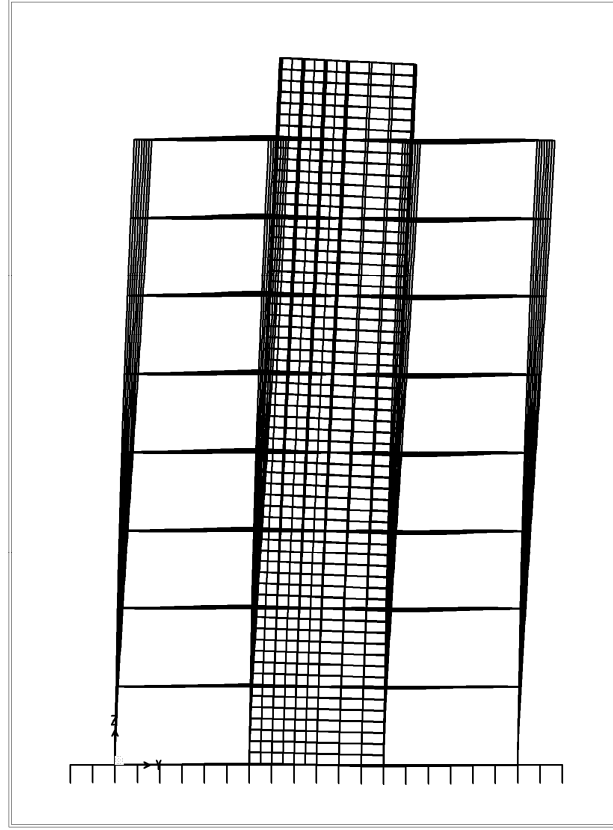
5.3 Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Bulunması

SAP2000 programında oluşturulan modelin modal analizi sonucunda elde edilen birinci titreşim modu ve ikinci titreşim modu binanın sırasıyla x ve y doğrultularındaki doğal titreşim periyoduna eşittir. Buna göre;

$T_{1x}=0.62s$; $T_{1y}=0.71s$ olur.



Şekil 5.1: x yönü mod şekli



Şekil 5.2: y yönü mod şekli

Çizelge 5.1: Kat ağırlıkları ve kat kütleleri

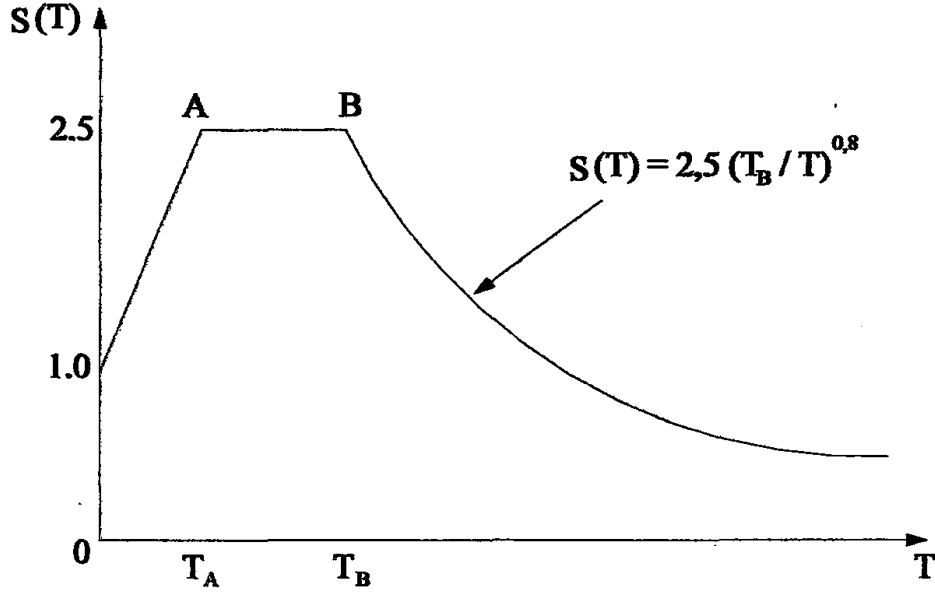
Kat	w_i (kN)	m_i (kN.s ² /m)
çatı	5096	519
7	5246	535
6	5246	535
5	5246	535
4	5246	535
3	5246	535
2	5246	535
1	5283	538
Σ	41855	4267

5.4 Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Hesabı

Deprem etkileri altında uygulanacak hesap yöntemlerinin seçimine ilişkin olarak, DBYBHY'07 Madde 2.6.2' ye göre, bina yüksekliğinin $H_N=28\text{m}<40\text{m}$ olması ve taşıyıcı sistemde burulma ve yumuşak kat düzensizliklerinin bulunmaması nedeniyle eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanacaktır.

DBYBHY'07 Madde 2.7.1'e göre göz önüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti), V_f , DBYBHY'07 2.4 bağıntısı ile belirlenecektir.

$$V_f = \frac{W \cdot A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 \cdot I \cdot W \quad (5.1)$$



Şekil 5.3: Davranış spektrum eğrisi

Yapının (x) doğrultusundaki periyodu

$$T_{1x} = 0.62\text{s} > 0.40\text{s} = T_B$$

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} = 1.76 \quad (5.2)$$

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (5.3)$$

$$A(T)=0.5282$$

$$R_a(T_1)=R=7 \quad (T_A < T)$$

Yukarıdaki değerleri DBYBHY'07 2.4 bağıntısında yerine koyarak (x) doğrultusundaki taban kesme kuvveti;

$$V_{tx} = 3158 \text{ kN}$$

şeklinde hesaplanır. Benzer şekilde (y) doğrultusundaki taban kesme kuvveti;

$$T_{1y}=0.71\text{s}>0.40\text{s}=T_B$$

$$S(T) = 2.5\left(\frac{T_B}{T}\right)^{0.8} = 1.58$$

$$A(T)=A_0.I.S(T)$$

$$A(T)=0.4739$$

$$R_a(T_1)=R=7 \quad (T_A < T)$$

$$V_{ty} = 2833 \text{ kN}$$

olarak bulunur.

5.5 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Bulunması

DBYBHY'07 Madde2.7.2'ye göre toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak ifade edilir.Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N (x) ve (y) doğrultuları için

$$\Delta F_{Nx} = 0.0075 N V_{tx} = 0.0075 * 8 * 2809 = 189.48 \text{ kN} \quad (5.4)$$

$$\Delta F_{Ny} = 0.0075 N V_{ty} = 0.0075 * 8 * 2846 = 169.98 \text{ kN}$$

Şeklinde hesaplanır

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N tepe kuvveti dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, binanın katlarına Denklem 2.9 ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i \cdot H_i}{\sum_{j=1}^N w_j \cdot H_j} \quad (5.5)$$

Çizelge 5.2: (x) ve (y) doğrultuları için katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri

Kat	w _i	h _i	w _i h _i	w _i h _i / Σw _i h _i	Fix(kN)	F _{iy} (kN)
çatı	5096.00	28.00	142688.00	0.22	685.94	615.34
7	5246.00	24.50	128527.00	0.20	617.86	554.27
6	5246.00	21.00	110166.00	0.17	529.59	475.09
5	5246.00	17.50	91805.00	0.14	441.33	395.91
4	5246.00	14.00	73444.00	0.11	353.06	316.73
3	5246.00	10.50	55083.00	0.08	264.80	237.55
2	5246.00	7.00	36722.00	0.06	176.53	158.36
1	5283.00	3.50	18490.50	0.03	88.89	79.74
Σ			656925.50	1.00	3158.00	2833.00

denklemleri ile hesaplanan F_{ix} ve F_{iy} eşdeğer deprem yükleri (**Çizelge 5.2**)’de topluca verilmiştir. En üst kat döşemesine etkiyen eşdeğer deprem yükleri, ΔF_N tepe kuvvetlerini de içermektedir.

5.6 Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları

Kat döşemelerinin düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışması ve her iki doğrultuda da simetrik olan sistemde A1 türü burulma düzensizliğinin bulunmaması nedeniyle katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri, DBYBHY’07 Madde2.7.3.1’e göre, kat kütle merkezine ve ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacıyla göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5’i ve -%5’i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara uygulanacaktır.

5.7 Rüzgar Yükleri

Yapı sistemine etkiyen rüzgar yükleri TS498 Yük Standardına göre belirlenecektir. (Rüzgar doğrultusuna dik olan yüzeye yayılı olarak etkiyen rüzgar yükleri, kat döşemelerinin ağırlık merkezlerine etkiyen statikçe eşdeğer tekil kuvvetlere dönüştürülerek hesap yapılacaktır.

Bir kat döşemesine etkiyen W_i eşdeğer rüzgar kuvveti

$$W_i = c_f \cdot q \cdot A_i \quad (5.6)$$

denklemleri ile hesaplanır.

c_f : Aerodinamik yük katsayısıdır. Plandaki izdüşümü dikdörtgen olan ve yükseklik/genişlik oranı 5'i aşmayan bina türü yapılarda $c_f=1.2$ değerini alır.

q : Nominal rüzgar basıncıdır. Bina yüksekliğine bağlı olarak

$$0 \leq H \leq 8.0m \quad \text{için } q=0.5 \text{ kN/m}^2$$

$$8.0m \leq H \leq 20.0m \quad \text{için } q=0.8 \text{ kN/m}^2$$

$$20.0m \leq H \leq 100.0m \quad \text{için } q=1.1 \text{ kN/m}^2 \text{ değerlerini alır.}$$

5.8 Yük Birleşimleri

Yapı sisteminin düşey yükler ile yatay deprem ve rüzgar yükleri altında analizi ile elde edilen iç kuvvetler, DBYBHY'07 Madde2.7.5'e ve TS648 Çelik Yapılar Standardına uygun olarak aşağıdaki şekilde birleştirilecektir.

a) Düşey yük birleşimleri

$$G+Q$$

b) Düşey yük + deprem birleşimleri

$$G + Q \pm E_x \pm 0.3E_y$$

$$G + Q \pm E_{x1} \pm 0.3E_y$$

$$G + Q \pm E_{x2} \pm 0.3E_y$$

$$G + Q \pm 0.3E_x \pm E_y$$

$$G + Q \pm 0.3E_x \pm E_{y1}$$

$$G + Q \pm 0.3E_x \pm E_{y2}$$

$$0.9G \pm E_x \pm 0.3E_y$$

$$0.9G \pm E_{x1} \pm 0.3E_y$$

$$0.9G \pm E_{x2} \pm 0.3E_y$$

$$0.9G \pm 0.3E_x \pm E_y$$

$$0.9G \pm 0.3E_x \pm E_{y1}$$

$$0.9G \pm 0.3E_x \pm E_{y2}$$

c) Düşey yük + Rüzgar

$$G + Q \pm W_x$$

$$G + Q \pm W_y$$

$$0.9G \pm W_x$$

$$0.9G \pm W_y$$

Burada

G : sabit yüklerden oluşan iç kuvvetler

Q : hareketli yüklerden oluşan iç kuvvetler

E_x, E_{x1}, E_{x2} : (x) doğrultusunda, sırasıyla kat kütle merkezine ve göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun + %5'i ve - %5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara uygulanan deprem yüklerinden oluşan iç kuvvetler

E_y, E_{y1}, E_{y2} : (y) doğrultusunda, sırasıyla kat kütle merkezine ve göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun + %5'i ve - %5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara uygulanan deprem yüklerinden oluşan iç kuvvetler

W_x, W_y : sırasıyla (x) ve (y) doğrultusundaki rüzgar yüklerinden oluşan iç kuvvetlerdir

DBYBHY'07 Madde4.2.4'e göre, yönetmeliğin gerekli gördüğü durumlarda arttırılmış deprem yüklemesi göz önüne alınacaktır. Arttırılmış deprem yüklemelerinde, deprem etkilerinden oluşan iç kuvvetler Ω_0 büyütme katsayıları ile çarpılarak arttırılacaktır.

TS 648 Çelik Yapılar Standardı ve DBYBHY'07 Madde4.2.3.5'e göre emniyet gerilmeleri yöntemine göre yapılan kesit hesaplarında birleşim ve ekler dışında, emniyet gerilmeleri düşey yük + rüzgar birleşimleri için %15, düşey yük + deprem birleşimleri için %33 arttırılacaktır.

6. SİSTEM ANALİZLERİ ve KESİTLERİN BOYUTLANDIRILMASI

Yukarıda tanımlanan ve ön boyutlandırma sonucunda en kesit profilleri belirlenen yapı sisteminin, yukarıdaki bölümlerde hesaplanan düşey yükler ile deprem ve rüzgar etkileri altında analizi yapılmış ve yukarıda belirtilen yük birleşimleri altında eleman iç kuvvetleri elde edilmiştir.

Sistem analizleri için SAP2000 V11.0 bilgisayar programından faydalanılmıştır.

Aşağıdaki bölümlerde, analiz sonuçları değerlendirilerek görelî kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri kontrolleri, kolonların kirişlerden daha güçlü olması kontrolleri ile tipik elemanlara ait kesit ve detay hesapları açıklanacaktır.

6.1 Görelî Kat Ötelenmelerinin Kontrolü

Görelî kat ötelenmelerinin kontrolü, DBYBHY'07 Madde 2.10.1'e göre yapılacaktır.

Herhangi bir kolon için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesi, Δ_i

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (6.1)$$

Denklemleri ile hesaplanır. Bu denklemde d_i ve d_{i-1} , her bir deprem doğrultusu için binanın ardışık iki katında, herhangi bir kolonun uçlarında azaltılmış deprem yüklerinden meydana gelen en büyük yer değiştirmeleri göstermektedir. Her bir deprem doğrultusu için, binanın i 'inci katındaki kolonlar için etki görelî kat ötelemesi, δ_i

$$\delta_i = R \cdot \Delta_i \quad (6.2)$$

Denklemleri ile hesaplanacaktır.

(x) ve (y) doğrultularında %5 ek dış merkezlikle uygulanan azaltılmış E_{x1} ve E_{y1} deprem yükleri altında, yapı sisteminin analizi ile elde edilen d_{ix} ve d_{iy} yatay yer değiştirmelerinin her katta aldığı değerler Tablo-6.1 ve Tablo-6.2'nin üçüncü kolonunda, ardışık katlar arasındaki azaltılmış görel kat ötelemeleri ise tabloların dördüncü kolonunda verilmiştir. Hesaplarda, ana deprem doğrultusundaki deprem yüklerinden dolayı, bu doğrultuya dik doğrultudaki yer değiştirmelerin bileşke yer değiştirmeye etkisi terk edilmiştir. Her iki doğrultudaki simetri nedeniyle burulma düzensizliği bulunmayan bu binada, söz konusu varsayımın yer değiştirmelere etkisi %1'den daha küçük olmaktadır.

Çizelge 6.1: (x) doğrultusunda görel kat ötelemelerinin kontrolü

Kat	h_i (cm)	d_{ix} (cm)	Δ_{ix} (cm)	$_{ix}=R.\Delta_{ix}$ (cm)	δ_{ix}/h_i
çatı	350	2.3782	0.2940	2.058	0.00588
7	350	2.0842	0.3086	2.1602	0.006172
6	350	1.7756	0.3182	2.2274	0.006364
5	350	1.4574	0.3223	2.2561	0.006446
4	350	1.1351	0.3189	2.2323	0.006378
3	350	0.8162	0.3062	2.1434	0.006124
2	350	0.5100	0.2847	1.9929	0.005694
1	350	0.2253	0.2253	1.5771	0.004506

Çizelge 6.2: (y) doğrultusunda görel kat ötelemelerinin kontrolü

Kat	h_i (cm)	d_{iy} (cm)	Δ_{iy} (cm)	$_{iy}=R.\Delta_{iy}$ (cm)	δ_{iy}/h_i
çatı	350	2.9527	0.3684	2.5788	0.0074
7	350	2.5843	0.3882	2.7174	0.0078
6	350	2.1961	0.4024	2.8168	0.0080
5	350	1.7937	0.4080	2.8560	0.0082
4	350	1.3857	0.4022	2.8154	0.0080
3	350	0.9835	0.3826	2.6782	0.0077
2	350	0.6009	0.3469	2.4283	0.0069
1	350	0.254	0.2540	1.7780	0.0051

Her bir deprem doğrultusu için, binanın her katındaki azaltılmış görel kat ötelemeleri söz konusu deprem doğrultusundaki deprem yükü azaltma katsayısı, R ile çarpılarak etki görel kat ötelemeleri hesaplanmış ve tabloların beşinci kolonuna

yazılmıştır. Bu değerlerin kat yüksekliklerine oranları ise tabloların son kolonunda yer almaktadır.

$$(\delta_{ix} / h_i)_{\text{maks}} = 0.0065 \quad \text{ve} \quad (\delta_{iy} / h_i)_{\text{maks}} = 0.0082$$

Olmakta ve DBYBHY'07 Madde 2.10.1.3'te öngörülen

$$(\delta_i / h_i)_{\text{maks}} = 0.0082 \leq 0.02 \text{ koşulu sağlanmaktadır.}$$

6.2 İkinci Mertebe Etkileri

DBYBHY'07 Madde 2.10.2 uyarınca, göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, ikinci mertebe etkilerini temsil eden ikinci mertebe gösterge değeri θ_i hesaplanarak

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \sum_{j=1}^N w_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \quad (6.3)$$

Koşulu kontrol edilecektir. Bu eşitsizlikte;

$(\Delta_i)_{\text{ort}}$: i'inci kat için yukarıdaki bölümde tanımlanan azaltılmış görelî kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değerini

V_i : göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'inci katına etkiye kat kesme kuvvetini

h_i : binanın i'inci katının kat yüksekliğini

w_j : binanın j'inci katının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığını göstermektedir.

Planda her iki doğrultuda simetrik olan bu binada, E_x ve E_y yüklemelerinden dolayı kat kütle merkezinde meydana gelen azaltılmış görelî kat ötelemeleri $(\Delta_i)_{\text{ort}}$ olarak alınabilmektedir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \sum_{j=1}^N w_j}{V_i h_i} = \frac{0.3691 * 41855}{(2833 - 441.3) * 350} = 0.018 \leq 0.12$$

Her iki deprem doğrultusu için, bütün katlarda Denklem (2.20) koşulu sağlandığı için ikinci mertebe etkileri TS 648 Standardına uygun olarak değerlendirilecektir.

Bu koşulun herhangi bir katta sağlanmaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği yeterli ölçüde arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

6.3 Tali Kirişlerin Boyutlandırılması

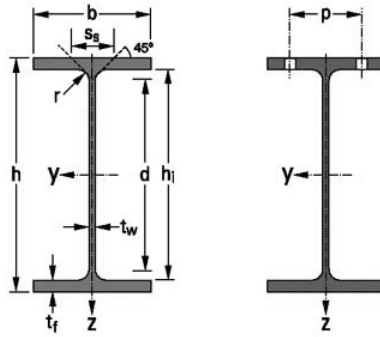
Ana çerçeve kirişlerine mafsallı olarak mesnetlenen ve deprem yükleri etkisinde olmayan normal kat ikincil döşeme kirişlerinin düşey yükler (G+Q yüklemesi) altında gerilme ve sehim kontrolleri yapılacaktır.

Düşey sabit ve hareketli yüklerden oluşan iç kuvvetler

$$M_{\text{maks}} = 78.71 \text{ kNm}$$

$$T_{\text{maks}} = 52.47 \text{ kN}$$

değerlerini almaktadır.



Şekil 6.1: IPE profil kesit özellikleri

IPE400

$h=400\text{mm}$, $b=180\text{mm}$, $t_w=8.6\text{mm}$, $t_f=13.5\text{mm}$, $A=84.50 \text{ cm}^2$,

$I_y=23130\text{cm}^4$, $W_{ey}=1156.5 \text{ cm}^3$, $W_{py}=1307 \text{ cm}^3$, $i_y=16.54\text{cm}$,

$I_z=1318\text{cm}^4$, $W_{ez}=146.4 \text{ cm}^3$, $W_{pz}=229 \text{ cm}^3$, $i_z=3.95\text{cm}$,

Normal gerilme tahkiki:

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{M}{W} \\ &= \frac{78.71 \cdot 10^6}{1156.5 \cdot 10^3} = 68.06 \text{ N/mm}^2 < 162 \text{ N/mm}^2 = \sigma_{em}\end{aligned}\quad (6.4)$$

Kayma gerilmesi tahkiki:

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{T \cdot S_x}{I_x \cdot t_w} \\ &= \frac{52.47 \cdot 653.5 \cdot 10^6}{23130 \cdot 10^4 \cdot 8.6} = 17.24 \text{ N/mm}^2 < 94 \text{ N/mm}^2 = \tau_{em}\end{aligned}\quad (6.5)$$

$$\tau = \frac{T}{A} = \frac{52.47 \cdot 10^3}{84.50 \cdot 10^2} = 6.21 \text{ N/mm}^2 < 94 \text{ N/mm}^2 = \tau_{em}$$

Eğilmeye neden olan yükler enkesitin kayma merkezinden geçtiği için çubuk burulma yükleri etkisi altında değildir.

Sehim Tanhiki: analiz sonuçlarına göre, mesnetler arasındaki görelî düşey yer değiştirme

$$f_{maks} = 0.62\text{cm}, \quad L = 600\text{cm}$$

$$\frac{f_{maks}}{L} = \frac{0.62}{600} = 0.00103 < \frac{1}{300} = 0.0033$$

6.4 Ana Çerçeve Kirişlerinin Boyutlandırılması

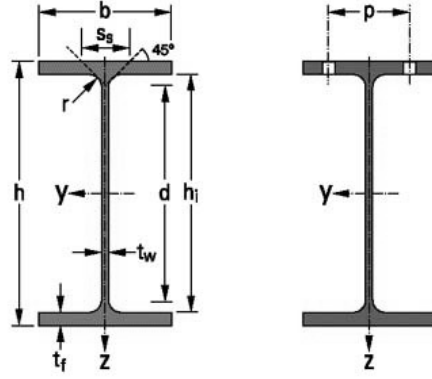
SAP2000 programında yapılan analiz ve tasarım sonucunda elde edilen oranlara göre en çok zorlanan kesit olan 7. kat, C aksı çerçevesi, 5-6 aksları arası ana çerçeve kirişinin en elverişsiz olan düşey yükler + deprem yüklemesi ($G+Q-E_x-0.30E_y$ yüklemesi) için gerilme ve sehim kontrolleri yapılacaktır.

Düşey sabit ve hareketli yükler ile deprem etkilerinden dolayı kiriş mesnedinde oluşan iç kuvvetler (kesit zorları) ile toplam iç kuvvetler

$$M_1=253.23 \text{ kNm}$$

$$M_2=20.92 \text{ kNm}$$

$$T=144.86 \text{ kN}; \quad \text{değerlerini almaktadır.}$$



Şekil 6.2: IPE profil kesit özellikleri

Seçilen kiriş kesiti (IPE500) için gerekli enkesit karakteristikleri

$$W_y=1.928 \text{ cm}^3$$

$$I_y=48.200 \text{ cm}^4$$

$$S_y=1.097 \text{ cm}^3$$

$$A=59.87 \text{ cm}^2$$

$$t_w=10.2 \text{ mm}, t_f=16.0 \text{ mm}, b=200 \text{ mm}, d=500 \text{ mm}, h=426 \text{ mm}, F_b=20 \times 1.6=32.0 \text{ cm}^2$$

DBYBHY'07 Madde 4.3.6.1 yatay yük taşıyıcı sistemin kirişlerinin üst ve alt başlıklarının yanal doğrultuda mesnetlenmesini ve mesnetlendiği noktalar arasındaki uzaklığın, süneklik düzeyi yüksek çerçevelerde

$$l_b \leq 0.086 \frac{r_y * E_s}{\sigma_a} \quad (6.6)$$

koşulunu sağlayacaktır. Betonarme döşemelerin çelik kirişler ile kompozit olarak çalıştığı çelik taşıyıcı sistemlerde, kirişlerin betonarme döşemeye bağlanan başlıklarında bu koşula uyulması zorunlu değildir.

TS648 Standardı Madde 3.3.4.2'ye göre, basınç başlığının dolu dikdörtgen kesit olması ve enkesit alanının çekme başlığı enkesit alanından daha küçük olmaması halinde, basınç emniyet gerilmesi

$$\sigma_B = \frac{840000 * C_b}{s * d / F_b} \leq 0.6 * \sigma_a \quad (6.7)$$

denklemleri ile hesaplanır. Burada

s: kirişin basınç başlığının yanal burkulmaya karşı mesnetlendiği noktalar arasındaki uzaklık, s=L=600cm

$$C_b = 1.75 + 1.05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2.3 \quad (6.8)$$

şeklinde hesaplanan bir katsayıdır.

Kirişin uç momentlerinin $M_1 / M_2 = 20.92 / 253.23$ oranı için hesaplanan

$$C_b = 1.75 + 1.05 \left(\frac{20.92}{253.23} \right) + 0.3 \left(\frac{20.92}{253.23} \right)^2 = 1.84 \leq 2.3$$

$$\sigma_B = \frac{840000 * 1.84}{600 * 50 / 32} = 1648.64 \text{ kg / cm}^2 = 164.86 \text{ N / mm}^2 \leq 0.6 * \sigma_a = 165 \text{ N / mm}^2$$

elde edilir.

Normal gerilme:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{253.23 \cdot 10^6}{1928 \cdot 10^3} = 131.34 \text{ N/mm}^2 < 1.33 \cdot 164.86 \text{ N/mm}^2 = \sigma_{em} = 219.26 \text{ N/mm}^2$$

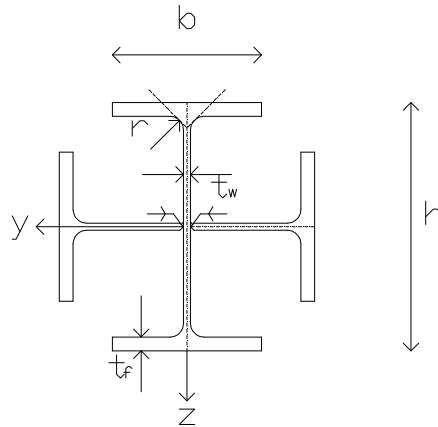
$$\text{Kayma gerilmesi: } \tau = \frac{T \cdot S_x}{I_x \cdot t_w} = \frac{144.86 \cdot 1097 \cdot 10^6}{48200 \cdot 10^4 \cdot 10.2} = 32.32 < \tau_{em} = 122 \text{ N/mm}^2$$

Sehim tahkiki: analiz sonuçlarına göre, mesnetler arasındaki görelî düşey yerdeğıştirme

$$f_{max} = 0.27 \text{ cm}, L = 600 \text{ cm}$$

$$\frac{f_{max}}{L} = \frac{0.27}{600} = \frac{0.135}{300} < \frac{1}{300}$$

6.5 Kolonların Boyutlandırılması



Şekil 6.3: HAC kolon profil kesit özellikleri

HAC 500

$$h=500 \text{ mm}, b=300 \text{ mm}, t_w=14.5 \text{ mm}, t_f=28 \text{ mm}, A=464.76 \text{ cm}^2, d=390 \text{ mm}, h_i=444 \text{ mm}$$

$$I_y=116867 \text{ cm}^4, W_{ey}=4675 \text{ cm}^3, W_{py}=5962 \text{ cm}^3, i_y=15.86 \text{ cm},$$

$$I_z=123774 \text{ cm}^4, W_{ez}=4811 \text{ cm}^3, W_{pz}=6131 \text{ cm}^3, i_z=16.32 \text{ cm},$$

1.durum (Maks. N)

$$N=2523 \text{ kN}$$

$$M_1=145 \text{ kNm}$$

$$M_2=-54.7 \text{ kNm}$$

$$Q= 57.8 \text{ kN}$$

2. durum (Maks. M)

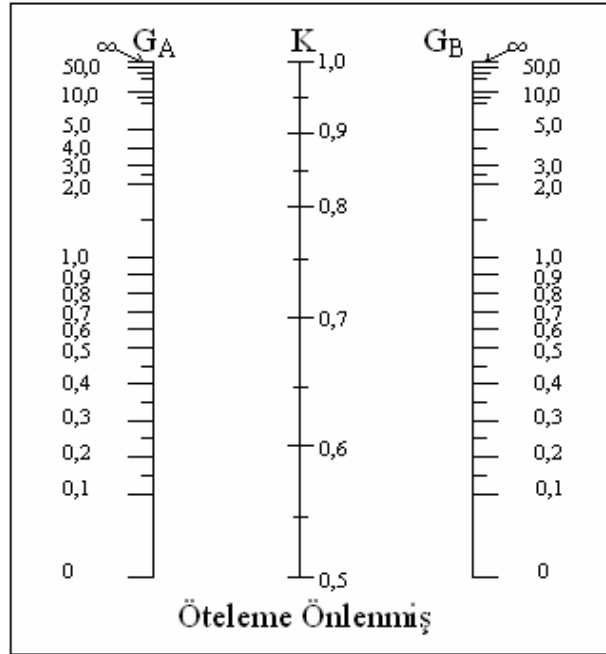
$$N=1630 \text{ kN}$$

$$M_1=178.2 \text{ kN/m}^2$$

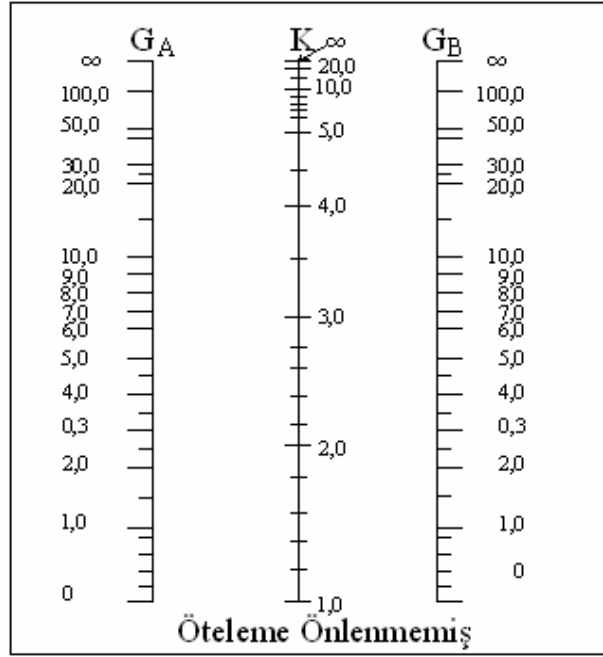
$$M_2=-78.11 \text{ kN/m}^2$$

$$Q=12.7 \text{ kN}$$

Burkulma boylarının hesaplanması:



Şekil 6.4.: TS648- Öteleme önlenmiş basınç çubuklarında burkulma boyunun hesabında kullanılan k değeri için nomogram



Şekil 6.5: TS648- öteleme önlenmemiş basınç çubuklarında burkulma boyunun kullanılan k değeri için nomogram

521 kolonunda

$$\text{A ucu için } \sum \frac{I_c}{S_c} = \frac{116867}{350} + \frac{116867}{350} = 667.81 \text{ cm}^3$$

$$\sum \frac{I_b}{S_b} = \frac{48200}{600} + \frac{48200}{600} = 160.67 \text{ cm}^3$$

$$G_A = \frac{667.81}{160.67} = 4.16$$

B ucu için; Temele rijit bağlantı $G_B=1.0$

Şekil 6.5 kullanılarak G_A doğrusu üzerindeki 4.16 noktası ile G_B doğrusu üzerindeki 1.0 noktası bir çizgi ile birleştirilir. Bu çizginin k doğrusunu kestiği noktadaki değer okunur. Bu değer $k=1.68$ 'dir. Dolayısıyla, s_k burkulma boyu

$$s_k = 1.68 * 350 = 588$$

521 kolonunda diğerk eksende

$$A \text{ ucu için } \sum \frac{I_c}{S_c} = \frac{123774}{350} + \frac{123774}{350} = 707.28 \text{cm}^3$$

$$\sum \frac{I_b}{S_b} = \frac{48200}{600} = 80.33 \text{cm}^3$$

$$G_A = \frac{707.28}{80.33} = 8.80$$

B ucu için; Temele rijit bağlantı $G_B=1.0$

Şekil 6.5 kullanılarak G_A doğrusu üzerindeki 8.80 noktası ile G_B doğrusu üzerindeki 1.0 noktası bir çizgi ile birleştirilir. Bu çizginin k doğrusunu kestiği noktadaki değerk okunur. Bu değerk $k=1.86$ 'dir. Dolayısıyla, s_k burkulma boyu

$$s_k = 1.86 * 350 = 651$$

289 kolonunda

$$\sum \frac{I_c}{S_c} = \frac{116867}{350} + \frac{116867}{350} = 667.81 \text{cm}^3$$

$$\sum \frac{I_b}{S_b} = \frac{48200}{600} + \frac{48200}{600} = 160.67 \text{cm}^3$$

$$G_A = \frac{667.81}{160.67} = 4.16$$

Şekil 6.5 kullanılarak G_A doğrusu üzerindeki 4.16 noktası ile G_B doğrusu üzerindeki 1.0 noktası bir çizgi ile birleştirilir. Bu çizginin k doğrusunu kestiği noktadaki değerk okunur. Bu değerk $k=1.68$ 'dir. Dolayısıyla, s_k burkulma boyu

$$s_k = 1.68 * 350 = 588$$

289 kolonunda diğerk eksende

$$\text{A ucu için } \sum \frac{I_c}{S_c} = \frac{123774}{350} + \frac{123774}{350} = 707.28 \text{cm}^3$$

$$\sum \frac{I_b}{S_b} = \frac{48200}{600} + \frac{48200}{600} = 160.67 \text{cm}^3$$

$$G_A = \frac{707.28}{160.67} = 4.40$$

B ucu için; Temele rijit bağlantı $G_B=1.0$

Şekil 6.5 kullanılarak G_A doğrusu üzerindeki 4.40 noktası ile G_B doğrusu üzerindeki 1.0 noktası bir çizgi ile birleştirilir. Bu çizginin k doğrusunu kestiği noktadaki değer okunur. Bu değer $k=1.69$ 'dir. Dolayısıyla, s_k burkulma boyu

$$s_k = 1.69 * 350 = 592$$

522 kolonunda

$$\sum \frac{I_c}{S_c} = \frac{123774}{350} + \frac{123774}{350} = 707.28 \text{cm}^3$$

$$\sum \frac{I_b}{S_b} = \frac{48200}{600} = 80.33 \text{cm}^3$$

$$G_A = \frac{707.28}{80.33} = 8.80$$

B ucu için;

$$\sum \frac{I_c}{S_c} = \frac{123774}{350} + \frac{123774}{350} = 707.28 \text{cm}^3$$

$$\sum \frac{I_b}{S_b} = \frac{48200}{600} = 80.33 \text{cm}^3$$

$$G_B = \frac{707.28}{80.33} = 8.80$$

Şekil 6.5 kullanılarak G_A doğrusu üzerindeki 8.80 noktası ile G_B doğrusu üzerindeki 8.80 noktası bir çizgi ile birleştirilir. Bu çizginin k doğrusunu kestiği noktadaki değer okunur. Bu değer $k=2.81$ 'dir. Dolayısıyla, s_k burkulma boyu

$$s_k = 2.81 * 350 = 984$$

522 kolonunda diğer ekseninde

$$\sum \frac{I_c}{S_c} = \frac{116867}{350} + \frac{116867}{350} = 667.81 \text{ cm}^3$$

$$\sum \frac{I_b}{S_b} = \frac{48200}{600} + \frac{48200}{600} = 160.67 \text{ cm}^3$$

$$G_A = \frac{667.81}{160.67} = 4.16$$

B ucu için;

$$\sum \frac{I_c}{S_c} = \frac{116867}{350} + \frac{116867}{350} = 667.81 \text{ cm}^3$$

$$\sum \frac{I_b}{S_b} = \frac{48200}{600} + \frac{48200}{600} = 160.67 \text{ cm}^3$$

$$G_B = \frac{667.81}{160.67} = 4.16$$

Şekil 6.5 kullanılarak G_A doğrusu üzerindeki 4.16 noktası ile G_B doğrusu üzerindeki 4.16 noktası bir çizgi ile birleştirilir. Bu çizginin k doğrusunu kestiği noktadaki değer okunur. Bu değer $k=2.08$ 'dir. Dolayısıyla, s_k burkulma boyu

$$s_k = 2.08 * 350 = 728$$

Eğilme momenti (y-y) eksenini etrafında (x-x) düzlemi içindedir. Kesit simetrik olduğu için basınç başlığı;

$$F_b = 30 \cdot 2.8 + 44.4/6 \cdot 1.45 = 89.10 \text{ cm}^2$$

$$I_{xb} = \frac{2 \cdot 30^3}{12} + \frac{7.4 \cdot 1.45^3}{12} = 4501.88 \text{ cm}^4$$

$$i_{xb} = \sqrt{\frac{I_{xb}}{F_b}} = \sqrt{\frac{4501.88}{89.10}} = 7.11 \text{ cm}$$

Burkulma boyları,

$$S_{kx} = 728 \text{ cm}, S_{ky} = 984 \text{ cm},$$

Maks. N durumu için hesap,

$$\sigma_{eb} = \frac{N}{F} = \frac{2523}{464.76} = 5.42 \text{ kN/cm}^2$$

$$\lambda = \frac{984}{16.32} = 60.3 \quad w = 1.65 \quad (\sigma_{\text{çem}} = 16.80 \text{ kN/cm}^2)$$

$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{\text{çem}}}{w} = \frac{16.80}{1.65} = 10.18 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_b = \frac{M}{W} = \frac{14500}{4675} = 3.10 \text{ kN/cm}^2$$

$$C_b = 1.75 + 1.05 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0.3 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2.30$$

$$C_b = 1.75 + 1.05 \cdot \left(\frac{145}{(57.4)} \right) + 0.3 \cdot \left(\frac{145}{(57.4)} \right)^2 = 6.32 \text{ olduğundan } C_b = 2.30 \text{ alınacaktır.}$$

$$\lambda_{xb} = \frac{S_{kx}}{i_{xb}} = \frac{350}{7.11} = 49.23 < \sqrt{\frac{3 \cdot 10^7 C_b}{\sigma_a}} = 202.66 \text{ olduğundan,}$$

$$\sigma_B = \left[\frac{2}{3} - \left(\frac{\sigma_a \cdot \lambda_{xb}^2}{9 \cdot 10^7 \cdot C_b} \right) \right] \cdot \sigma_a = 1087 < 0.6 \cdot 2800 = 1680 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_B = 1087 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_e' = \frac{829 * 10^4}{\lambda_x^2} = 2279.92 \text{ kg/cm}^2 = 22.8 \text{ kN/cm}^2$$

Çubuk uçlarında herhangi bir ötelenme olmuyor ve moment düzlemi içinde çubuğa etkiyen herhangi bir yük bulunmuyorsa,

$$C_m = 0.6 \pm 0.4 \frac{M_1}{M_2} \geq 0.4 \quad C_m = 0.40 \text{ alınacaktır.}$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_m * \sigma_b}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_e'}\right) * \sigma_B} = \frac{5.42}{10.18} + \frac{0.40 * 3.10}{\left(1 - \frac{5.42}{22.80}\right) * 10.87} = 0.68 < 1.00$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{0.6\sigma_a} + \frac{\sigma_b}{\sigma_B} = \frac{5.42}{16.80} + \frac{3.10}{10.87} = 0.61 < 1.00$$

Kontroller TS648'e göre yapılmıştır.

İkinci durum Maks. M

2. durum (Maks. M)

$$N = 1630 \text{ kN}$$

$$M_1 = 178.2 \text{ kN/m}^2$$

$$M_2 = -78.11 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{eb} = \frac{N}{F} = \frac{1630}{464.76} = 3.51 \text{ kN/cm}^2$$

$$\lambda = 60.3 \quad w = 1.65 \quad (\sigma_{\text{çem}} = 16.80 \text{ kN/cm}^2)$$

$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{\text{çem}}}{w} = \frac{16.80}{1.65} = 10.18 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_b = \frac{M}{W} = \frac{17820}{4675} = 3.81 \text{ kN / cm}^2$$

$$C_b = 1.75 + 1.05 * \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0.3 * \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 = 5.71 \text{ olduğundan } C_b = 2.30 \text{ alınacaktır.}$$

$$\lambda_{xb} = \frac{S_{kx}}{i_{xb}} = \frac{350}{7.11} = 49.23 < \sqrt{\frac{3 * 10^7 C_b}{\sigma_a}} = 202.66 \text{ olduğundan,}$$

$$\sigma_B = \left[\frac{2}{3} - \left(\frac{\sigma_a * \lambda_{xb}^2}{9 * 10^7 * C_b} \right) \right] * \sigma_a = 1087 < 0.6 * 2800 = 1680 \text{ kg / cm}^2$$

$$\sigma_B = 1087 \text{ kg / cm}^2$$

$$\sigma'_e = \frac{829 * 10^4}{\lambda_x^2} = 2279.92 \text{ kg / cm}^2 = 22.8 \text{ kN / cm}^2$$

Çubuk uçlarında herhangi bir ötelenme olmuyor ve moment düzlemi içinde çubuğa etkiyen herhangi bir yük bulunmuyorsa,

$$C_m = 0.6 \pm 0.4 \frac{M_1}{M_2} \geq 0.4 \quad C_m = 0.40 \text{ alınacaktır.}$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_m * \sigma_b}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma'_e} \right) * \sigma_B} = \frac{3.51}{10.18} + \frac{0.40 * 3.81}{\left(1 - \frac{3.51}{22.80} \right) * 10.87} = 0.51 < 1.00$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{0.6 \sigma_a} + \frac{\sigma_b}{\sigma_B} = \frac{3.51}{16.80} + \frac{3.81}{10.87} = 0.68 < 1.00$$

6.6 Süneklik Düzeyi Yüksek Çerçeveselerde Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Kontrolleri

DBYBHY'07 Madde 4.3.2 uyarınca, süneklik düzeyi yüksek sistem olarak tasarlanan B aksı çerçevesinin 3. kat, 2-B düğüm noktasında Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu kontrol edilecektir.

$$(M_{pa} + M_{pü}) \geq 1.1 D_a (M_{pi} + M_{pj}) \quad (6.9)$$

bağıntısı ile ifade edilir. Burada

St44 çeliğinden yapılan hadde profilleri için arttırma katsayısı (DBYBHY'07 Çizelge 4.1): $D_a=1.1$ M_{pi} , M_{pj} : düğüm noktasında birleşen kirişlerin

$M_p=W_p\sigma_a$ (W_p :plastik mukavemet momenti) denklemi ile hesaplanan moment kapasiteleri,

M_{pa} , $M_{pü}$: düğüm noktalarında birleşen kolonların, moment kapasiteleridir.

B aksı çerçevesi 3.kat, 2-B düğüm noktasındaki kiriş ve kolon enkesitleri ile enkesit karakteristikleri:

Üst ve alt kolon kesitleri : HAC 500

Sol ve sağ kiriş kesitleri : IPE 500

Buna göre,

$$M_{pi}=M_{pj}=2194*28.00=614.32\text{kNm}$$

$$M_{pü} = M_{pa} = W_p \sigma_a = 5962*28=1669.36\text{kNm}$$

olduğundan

$$M_{pü}+M_{pa}=3338.72 \geq 1.1(M_{pi}+ M_{pj})=1351.5 \text{ olduğundan koşulu sağlanır.}$$

6.7 Perde, Temel ve Örnek Birleşim Hesapları

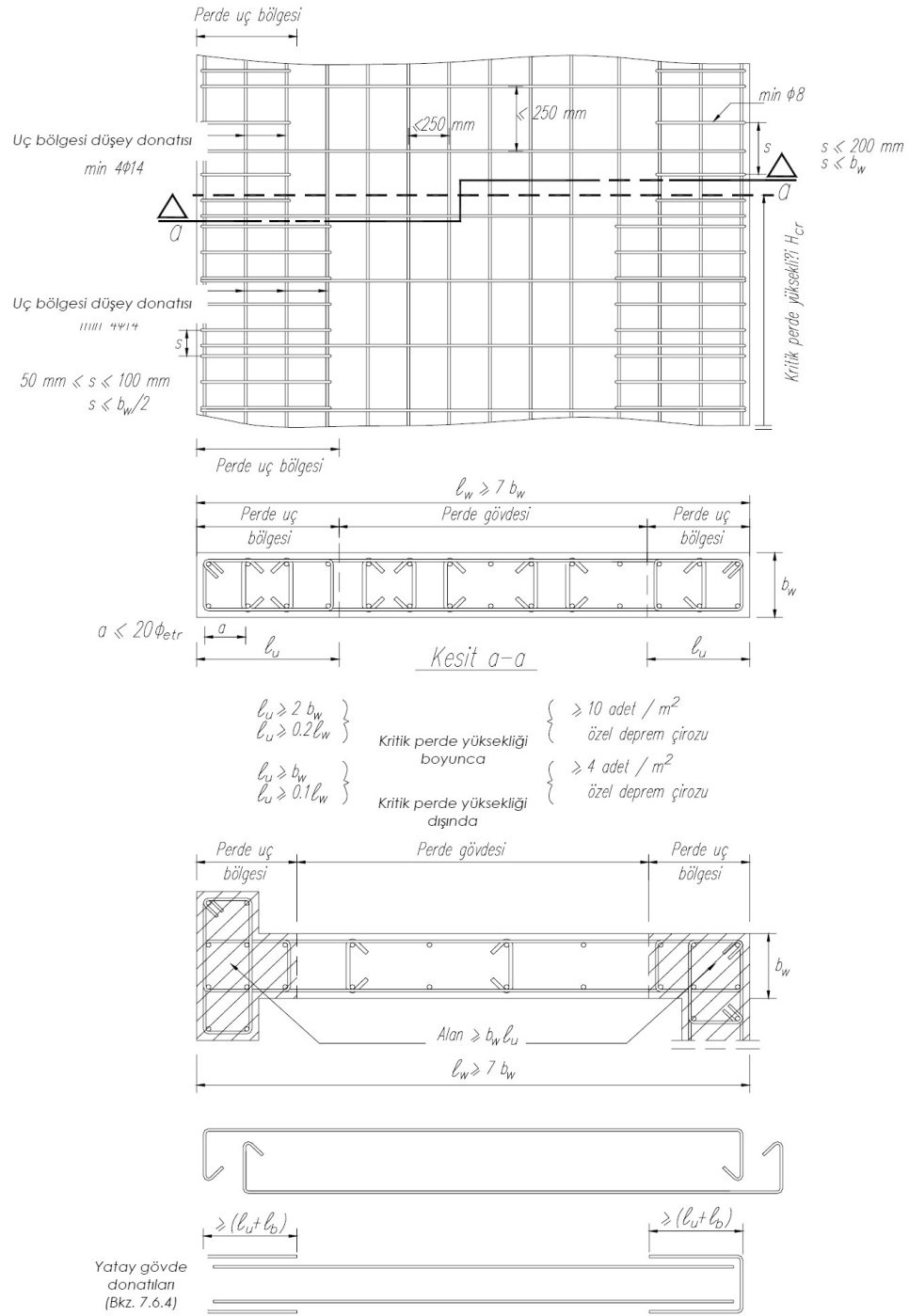
6.7.1 Perde hesabı

Perdeler planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az 7 olan düşey taşıyıcı elemanlardır. Perdeler DBYBHY'07 Madde 3.6.1.2 ve 3.6.1.3'de belirtilen özel haller dışında gövde bölgesindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/20'sinden ve 200mm den az olmayacaktır. Perdeler konsol giriş gibi davrandığı için temele birleşen bölgeleri daha çok zorlanır. Genişliği l_w ve yüksekliği H_w olan bir perdede

$H_w/l_w > 2.0$ olan perdelerin planda her iki ucunda uç bölgeleri oluşturulacaktır . Taşıyıcı sistemi yalnızca perdelerden oluşan binalar dışında, perde uç bölgelerindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/15'inden ve 200mm'den az olmayacaktır. Kat yüksekliği 6m'den daha büyük olan perdelerin uç bölgelerinin, kat yüksekliğinin en az 1/5'ine eşit uzunluktaki elemanlarla yanal doğrultuda tutulan noktalar arasındaki yatay uzunluğun en az 1/20'sine eşit olabilir. Ancak, bu kalınlık kat yüksekliğinin 1/20'sinden veya 300mm den az olamaz. Perde uç bölgeleri, perde uç bölgesinin kendi kalınlığı içinde oluşturulabileceği gibi, perdeye birleşen diğer bir perdenin içinde de düzenlenebilir. Temel üstünden veya perdenin plandaki uzunluğunun %20'den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren kritik perde yüksekliği, $2l_w$ değerini aşmamak üzere, aşağıdaki koşullardan elverişsiz olanını sağlayacak biçimde belirlenecektir.

$$2l_w \geq H_{cr} \geq \max(l_w; H_w / 6) \quad (6.10)$$

Burada H_w , temel üstünden veya perdenin plandaki uzunluğunun %20'den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren ölçülen perde yüksekliğidir. Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda H_w ve H_{cr} büyüklükleri zemin kat döşemesinden itibaren yukarıya doğru göz önüne alınacaktır. Bu tür binalarda kritik perde yüksekliği, en az zemin katın altındaki ilk bodrum katının yüksekliği boyunca aşağıya doğru ayrıca uzatılacaktır.



Şekil 6.6: DBYBHY'07 perdeler için konstrüktif kurallar

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

Perde uç bölgelerinin, perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde düzenlenmesi durumunda; her bir perde uç bölgesinin en kesit alanı, en az dikdörtgen kesitli perdeler için yukarıda tanımlanan alana eşit olacaktır.

6.7.1.1 Gövde donatısı koşulları

Perdenin her iki yüzündeki gövde donatılarının toplam enkesit alanı, düşey ve yatay donatıların her biri için, perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi brüt enkesit alanının 0.0025'inden az olmayacaktır. $H_w/l_w \leq 2.0$ olması durumunda perde gövdesi, perdenin tüm kesiti göz önüne alınacaktır. Perde gövdesinde boyuna ve enine donatı aralığı 250mm'den fazla olmayacaktır.

Taşıyıcı sistemi sadece perdelerden oluşan binalarda, aşağıdaki denklem ile verilen koşulların her ikisinin de sağlanması durumunda düşey ve yatay toplam gövde donatısı oranlarının her biri 0.0015'e indirilebilir. Ancak bu durumda donatı aralığı 300mm'yi geçmeyecektir.

$$V_t / \sum A_g \leq 0.5f_{ctd} \text{ ve} \quad (6.11)$$

$$\sum A_g / \sum A_p \geq 0.002 \quad (6.12)$$

Uç bölgeleri dışında, perde gövdelerinin her iki yüzündeki toplam donatı ağırları beher metrekare perde yüzünde en az 4 adet özel deprem çirozu ile karşılıklı bağlanacaktır. Ancak kritik perde yüksekliği boyunca, uç bölgeleri dışındaki beher metrekare perde yüzünde en az 10 adet özel deprem çirozu kullanılacaktır. Çirozların çapı, en az yatay donatının çapı kadar olacaktır.

6.7.1.2 Gövde donatılarının düzenlenmesi

Perdenin yatay gövde donatıları, etriyelerle sarılı perde uç bölgesinin sonunda 90 derece kıvrılarak karşı yüzde köşedeki donatıya 135 derecelik kanca ile bağlanacaktır.

Yatay gövde donatılarının perde ucunda 90 derece kıvrım yapılmadan bitirilmesi durumunda perdenin her iki ucunda gövde donatısı ile aynı çapta olan U biçiminde yatay donatılar yerleştirilecektir. Bu donatılar perde uç bölgesinin iç sınırından itibaren perde gövdesine kadar en az kenetlenme boyu kadar uzatılacaktır. Ancak, gövde donatısının kenetlenme boyunun perde uç bölgesi uzunluğundan daha küçük veya eşit olması durumunda U biçimindeki donatılar konmayabilir. Bu durumda perde uç bölgelerindeki enine donatının birim boydaki toplam alanı, perde gövdesindeki yatay donatının birim boydaki toplam alanından az olmayacaktır.

6.7.1.3 Perde uç bölgelerinde donatı koşulları

Perde uç bölgelerinin her birinde, düşey donatı toplam alanının perde brüt enkesit alanına oranı 0.001'den az olmayacaktır. Ancak kritik perde yüksekliği boyunca bu oran 0.002'ye çıkarılacaktır. Perde uç bölgelerinin her birinde düşey donatı miktarı 4Φ14'ten az olmayacaktır.

Uç bölgelerinde kullanılacak enine donatının çapı 8mm'den az olmayacaktır. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık, "a", etriye ve çiroz çapının 25 katından fazla olmayacaktır.

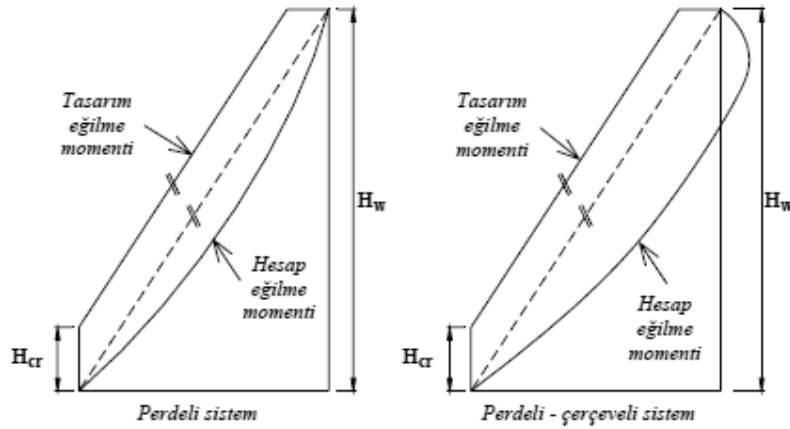
Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerine, kolonların sarılma bölgeleri için aşağıdaki denklem ile belirlenen enine donatının en az 2/3'ü konulacaktır. Düşey doğrultuda etriye ve/veya çiroz aralığı perde kalınlığının yarısından ve 100mm'den daha fazla, 50mm'den daha az olmayacaktır. Bu donatılar, temel içinde de en az perde kalınlığının iki katı kadar bir yükseklik boyunca devam ettirilecektir.

$$A_{sh} \geq 0.075 * s * b_k (f_{ck} / f_{ywk}) \quad (6.13)$$

Kritik perde yüksekliğinin dışında kalan perde uç bölgelerinde düşey doğrultudaki etriye ve/veya çiroz aralığı, perde duvar kalınlığından ve 200mm'den daha fazla olmayacaktır.

6.7.1.4 Tasarım eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri

$H_w / \ell_w > 2.0$ koşulunu sağlayan perdelerde tasarıma esas eğilme momentleri, kritik perde yüksekliği boyunca sabit bir değer olarak, perde tabanında hesaplanan eğilme momentine eşit alınacaktır. Kritik perde yüksekliğinin sona erdiği kesitin üstünde ise, perdenin tabanında ve tepesinde hesaplanan momentleri birleştiren doğruya paralel olan doğrusal moment diyagramı uygulanacaktır (Şekil 6.7). Çevresinde rijit perdeler bulunan bodrumlu binalarda sabit perde momenti, kritik perde yüksekliği boyunca gözönüne alınacaktır. $H_w / \ell_w \leq 2.0$ olan perdelerin bütün kesitlerinde tasarım eğilme momentleri perde tabanında hesaplanan eğilme momentine eşit alınacaktır.



Şekil 6.7: DBYBHY'07 tasarım eğilme momentleri

$H_w / \ell_w > 2.0$ olması durumunda, her bir katta perde kesitlerinin taşıma gücü momentlerinin, perdenin güçlü doğrultusunda kolonlar için denklem (6.14)'te verilen koşulu sağlaması zorunludur. Aksi durumda perde boyutları ve/veya donatıları artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

$$(M_{ra} + M_{ri}) \geq 1.2(M_{ri} + M_{rj}) \quad (6.14)$$

$H_w / \ell_w > 2.0$ koşulunu sağlayan perdelerde, göz önüne alınan herhangi bir kesitte enine donatı hesabında esas alınacak tasarım kesme kuvveti, V_e , denklem (6.15) ile hesaplanacaktır.

$$V_e = \beta_v \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d \quad (6.15)$$

Bu bağıntıda yer alan kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı $\beta_v=1.5$ alınacaktır. Ancak, deprem yükünün tamamının betonarme perdelerle taşındığı binalarda $\beta_v=1.0$ alınabilir. Daha kesin hesap yapılamadığı durumlarda $(M_p)_t \cong 1.25(M_r)_t$ alınabilir. Düşey yükler ile birlikte $R_a=2$ alınarak depremden oluşan kesme kuvvetinin yukarıdaki denklem ile hesaplanan V_e den küçük olması durumunda, V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır. $H_w / \ell_w \leq 2.0$ olan perdelerin bütün kesitlerinde tasarım kesme kuvvetleri, depremden oluşan kesme kuvvetlerine eşit alınacaktır.

6.7.1.5 Perdelerin kesme güvenliği

Perde kesitlerinin kesme dayanımı, V_r , denklem (6.16) ile hesaplanacaktır.

$$V_r = A_{ch} (0.65 * f_{ctd} + \rho_{sh} * f_{ywd}) \quad (6.16)$$

V_e tasarım kesme kuvveti de aşağıdaki koşulları sağlamalıdır.

$$V_e \leq V_r \quad (6.17)$$

$$V_e \leq 0.22 A_{ch} f_{cd} \quad (6.18)$$

Aksi durumda, perde enine donatısı ve/veya perde kesit boyutları bu koşullar sağlanmak üzere arttırılacaktır.

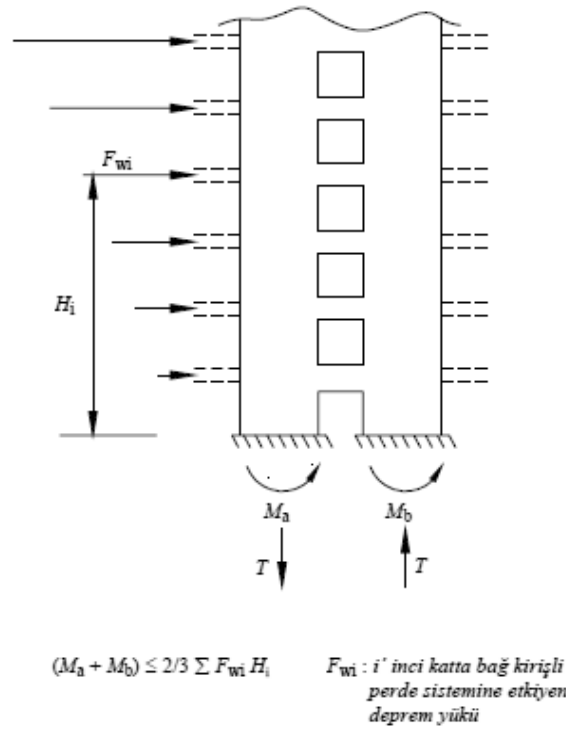
6.7.1.6 Bağ kirişli (boşluklu) perdelerle ilişkin kurallar

Perdeler için yukarıda verilen tüm kural ve koşullar, bağ kirişli perdeleri oluşturan perde parçalarının her biri için de geçerlidir.

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, herhangi bir bağ kirişli perde sistemini oluşturan perde parçalarında deprem yüklerinden oluşan taban momentlerinin toplamı, bağ kirişli perde sisteminde deprem yüklerinden oluşan toplam devrilme

momentinin 2/3'ünden fazla olmayacaktır (Şekil 6.8). Bu koşulun sağlanamaması durumunda, bağ kirişli perdeyi oluşturan perde parçalarının her biri boşluksuz perde olarak sayılacak ve R katsayısı değiştirilecektir.

Bağ kirişli perdeyi oluşturan perde parçalarının düşey donatı hesabında, düşey yükler ve depremin ortak etkisinde çekmeye çalışan perde parçasındaki eğilme momentinin en fazla %30'unun, basınca çalışan perde parçasına aktarılmasına (yeniden dağılım) izin verilir.



Şekil 6.8: Bağ kirişli perdeler

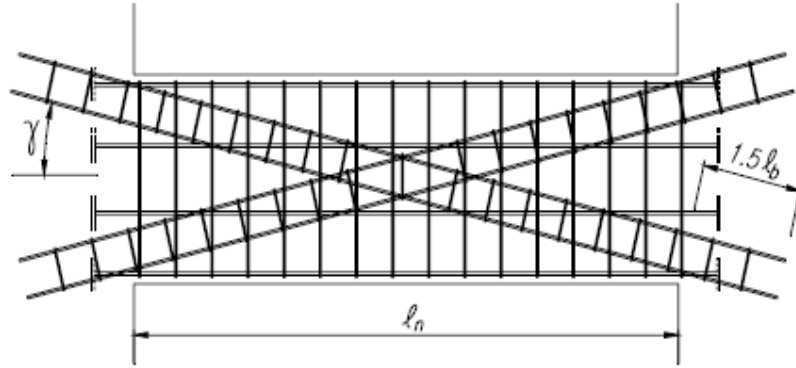
Birbirlerine bağ kirişleri ile bağlanan boşluklu perdelerin karşılıklı etkileşimi bağ kirişleri ile sağlanır. Bunlar için öngörülen koşullarla beraber çalışmanın sağlanması amaçlanır. Eğer bağ kirişleri,

$$I_n \geq 3h \quad \text{veya} \quad V_d \leq 1.5 * f_{ctd} * b_w * d \quad (6.19)$$

Koşullarından birini sağlıyorsa kiriş gibi donatılacak ve boyuna donatıların perde içine kenetlenmesine özen gösterilecektir. Ancak verilen koşullardan biri sağlanmıyorsa, kesme ve eğilme etkilerinin karşılanması için Şekil 6.9'de gösterildiği gibi

$$A_{sd} = V_d / (2f_{yd} \sin \gamma) \quad (6.20)$$

kesit alanında en az dört çapraz donatı yerleştirilmeli ve bu donatı demetleri aralıkları bu donatı çapının 6 katından ve 100mm den daha fazla olmayan etriye ile sarılmalıdır. Ayrıca, bu kirişe uygun yatay donatı ve etriye konulmalıdır. Perdenin her iki yüzdeki gövde donatılarının karşılıklı bağlanması için yatay donatı ile aynı çapta metrekarede 4 adet (kritik perde yüksekliğinde 10 adet) çiroz kullanılmalıdır. Perdelerin yatay donatıları uç elemanı içinde kıvrılarak kenetlenmelidir. Perde kesitin boyutlandırılmasında G+Q+E yüklemesi yanında, genellikle daha elverişsiz olan 0.9G+E yüklemesi de göz önüne alınmalıdır.



Şekil 6.9: Bağ kirişli perdelerde bağ kirişinde çapraz donatı demeti

DBYBHY'07 Madde 3.6.2.3'e göre perde uç bölgelerinin plandaki uzunluğu kritik perde yüksekliği boyunca perdenin plandaki toplam uzunluğunun %20'sinden ve perde kalınlığının iki katından daha az olmayacaktır. Kritik perde yüksekliğinin üzerinde ise, %10'undan az veya perde kalınlığının iki katından daha az olmayacaktır.

$$\text{Perde kalınlığı; } b_w \geq \begin{cases} h_i / 20 \\ 200\text{mm} \end{cases} \rightarrow b_w \geq \begin{cases} 350 / 20 = 175\text{mm} \\ 200\text{mm} \end{cases} \rightarrow \text{seçilen } b_w = 400\text{mm}$$

uygundur.

Yükseklik/uzunluk koşulu

$H_w/l_w = 31.50/2 = 15.75 > 2$ olduğu için perde uç bölgeleri oluşturulması gereklidir.

$H_{cr} = \max(H_w/6 = 5.25\text{m}; l_w = 5.60\text{m})$ ise $H_{cr} = 5.60\text{m}$

Uç bölgelerinin plandaki uzunluğu;

Kritik perde yüksekliği boyunca:

$$l_u \geq \begin{cases} 2b_w \\ 0.2 * l_w \end{cases}$$

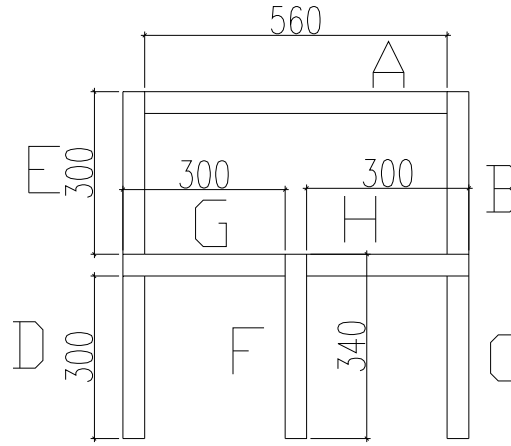
A perdesi için $l_u=120\text{cm}$

Diğer perdeler için $l_u=80\text{cm}$

Kritik perde yüksekliği dışında:

$$l_u \geq \begin{cases} b_w \\ 0.1 * l_w \end{cases}$$

Bütün perdeler için $l_u=80\text{cm}$



Şekil 6.10: Çekirdek bölgesi perde sistemi

Uç bölgesi düşey donatıları

a) Kritik perde yüksekliği boyunca

A perdesi için;

$$0.002b_w * l_w = 0.002 * 40 * 560 = 44.80\text{cm}^2 \quad 16\Phi 20$$

B-C-D-E-G-H perdeleri için;

$$0.002b_w * l_w = 0.002 * 40 * 300 = 24.00\text{cm}^2 \quad 12\Phi 16$$

F perdesi için;

$$0.002b_w * l_w = 0.002 * 40 * 340 = 27.20\text{cm}^2 \quad 12\Phi 18$$

b) Kritik perde yüksekliği dışında

A perdesi için;

$$0.001b_w * l_w = 0.001 * 40 * 560 = 22.40 \text{ cm}^2 \quad 8\Phi 20$$

B-C-D-E-G-H perdeleri için;

$$0.001b_w * l_w = 0.002 * 40 * 300 = 12.00 \text{ cm}^2 \quad 6\Phi 16$$

F perdesi için;

$$0.001b_w * l_w = 0.002 * 40 * 340 = 13.60 \text{ cm}^2 \quad 6\Phi 18$$

x yönü;

$$\frac{\sum A_g}{\sum A_p} = \frac{5.12}{756} = 0.0067 > 0.002 \text{ koşulu sağlamıyor.}$$

$$\frac{V_t}{\sum A_p} \leq 0.5f_{ctd} \rightarrow \frac{3158}{5.12} = 616.8 \text{ kN/m}^2 \leq 0.5 * 1250 = 625 \text{ kN/m}^2 \text{ koşulu da}$$

sağlanmaktadır.

y yönü;

$$\frac{\sum A_g}{\sum A_p} = \frac{6.48}{756} = 0.0086 > 0.002 \text{ koşulu sağlamıyor.}$$

$$\frac{V_t}{\sum A_p} \leq 0.5f_{ctd} \rightarrow \frac{2833}{6.48} = 437.2 \text{ kN/m}^2 \leq 0.5 * 1250 = 625 \text{ kN/m}^2 \text{ koşulu da}$$

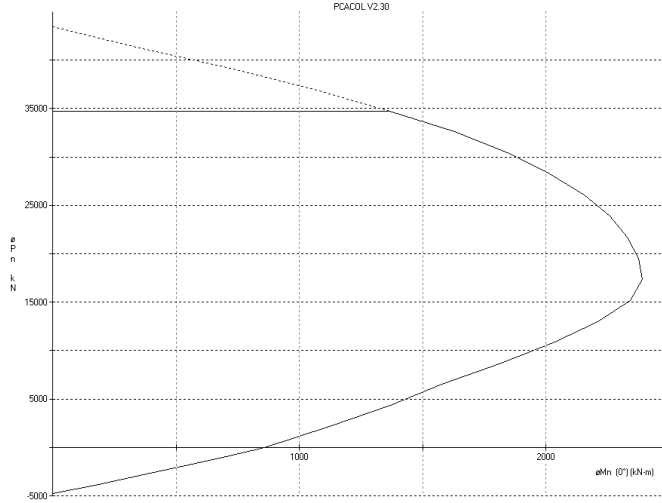
sağlanmaktadır.

A perdesi için boyuna ve enine gövde donatıları

$$A_v \leq 0.0015 * b_w * (l_w - l_{u1} - l_{u2}) = 0.0015 * 400 * 3200 = 1920 \text{ mm}^2 \quad \Phi 14/150 \text{ mm}$$

$$\text{Toplam boyuna donatı } 16\Phi 20 \text{ ve } 44\Phi 14 \quad 8408 \text{ mm}^2 = 0.0084 \text{ m}^2$$

$$\rho_t = \frac{0.0084}{0.40 * 5.6} = 0.0038 \text{ bulunur.}$$



Şekil 6.11: A perdesi için karşılıklı etki diyagramı

Perde kesitinin geometrik özellikleri beton ve donatı kalitesi ile donatı yerleşimini tanıttığımız PCACOL programı yardımı ile perdeye ait karşılıklı etki diyagramını elde ederiz. Bu diyagrama göre perdenin üzerindeki yükleri taşıyıp taşıyamayacağını görebiliriz. Eğri içerisinde kalan her nokta için kesitin eğilme momenti taşıma gücü yeterlidir.

Uç bölgesi sargı donatıları:

Kritik perde yüksekliği boyunca 100mm kritik perde yüksekliği dışında ise 200mm seçilmiştir.

Kesme güvenliği:

Her iki yüzde de $\Phi 10(79\text{mm}^2)$ için $\rho_{sh} = 2 * A_{\phi h} / (b_w * s_h) = 2 * 79 / (400 * 200) = 0.002$

$$V_r = A_{ch} (0.65 * f_{ctd} + \rho_{sh} * f_{yd}) = 400 * 5600 (0.65 * 1.25 + 0.002 * 365) = 3455 \text{ kN}$$

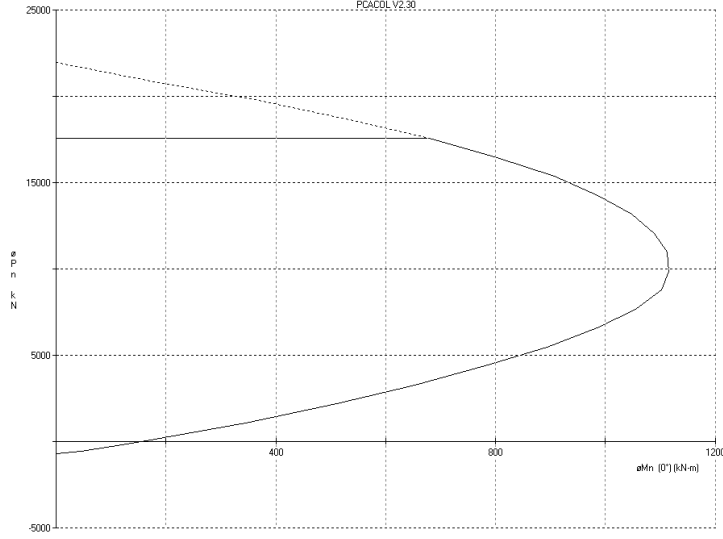
Tasarım kesme kuvveti kesme dayanımından küçük olduğu için kesitin kesme dayanımı yeterlidir.

B-C-D-E-G-H perdeleri için boyuna ve enine gövde donatıları:

$$A_v \leq 0.0015 * b_w * (l_w - l_{u1} - l_{u2}) = 0.0015 * 400 * 1400 = 840 \text{ mm}^2 \Phi 10/150 \text{ mm}$$

$$\text{Toplam boyuna donatı } 6\Phi 18 \text{ ve } 20\Phi 10 \quad 2312 \text{ mm}^2 = 0.0023 \text{ m}^2$$

$$\rho_t = \frac{0.0023}{0.40 * 3.4} = 0.002 \text{ bulunur.}$$



Şekil 6.12: B-C-D-E-G-H perdeleri için karşılıklı etki diyagramı

PCACOL programından elde ettiğimiz karşılıklı etki diyagramına göre kesitin eğilme momenti taşıma gücü yeterlidir.

Uç bölgesi sargı donatıları:

Kritik perde yüksekliği boyunca 100mm kritik perde yüksekliği dışında ise 200mm seçilmiştir.

Kesme güvenliği:

Her iki yüzde de $\Phi 10(79\text{mm}^2)$ için $\rho_{sh} = 2 * A_{\phi h} / (b_w * s_h) = 2 * 79 / (400 * 200) = 0.002$

$$V_r = A_{ch} (0.65 * f_{ctd} + \rho_{sh} * f_{yd}) = 400 * 3000 (0.65 * 1.25 + 0.002 * 365) = 1851 \text{ kN}$$

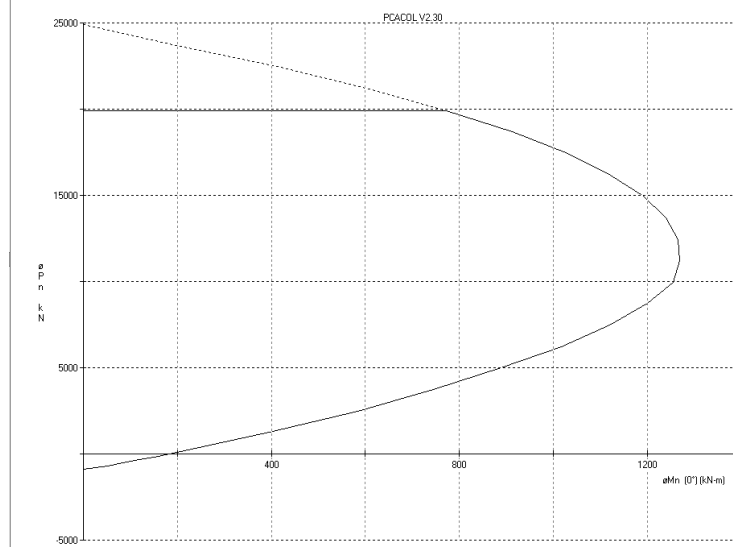
Tasarım kesme kuvveti kesme dayanımından küçük olduğu için kesitin kesme dayanımı yeterlidir.

F perdesi için boyuna ve enine gövde donatıları:

$$A_v \leq 0.0015 * b_w * (l_w - l_{u1} - l_{u2}) = 0.0015 * 400 * 1800 = 1080 \text{ mm}^2 \Phi 10/150 \text{ mm}$$

$$\text{Toplam boyuna donatı } 6\Phi 16 \text{ ve } 20\Phi 10 \quad 1991 \text{ mm}^2 = 0.00199 \text{ m}^2$$

$$\rho_t = \frac{0.00199}{0.40 * 3.0} = 0.002 \text{ bulunur.}$$



Şekil 6.13: F perdesi için karşılıklı etki diyagramı

PCACOL programından elde ettiğimiz karşılıklı etki diyagramına göre kesitin eğilme momenti taşıma gücü yeterlidir.

Uç bölgesi sargı donatıları:

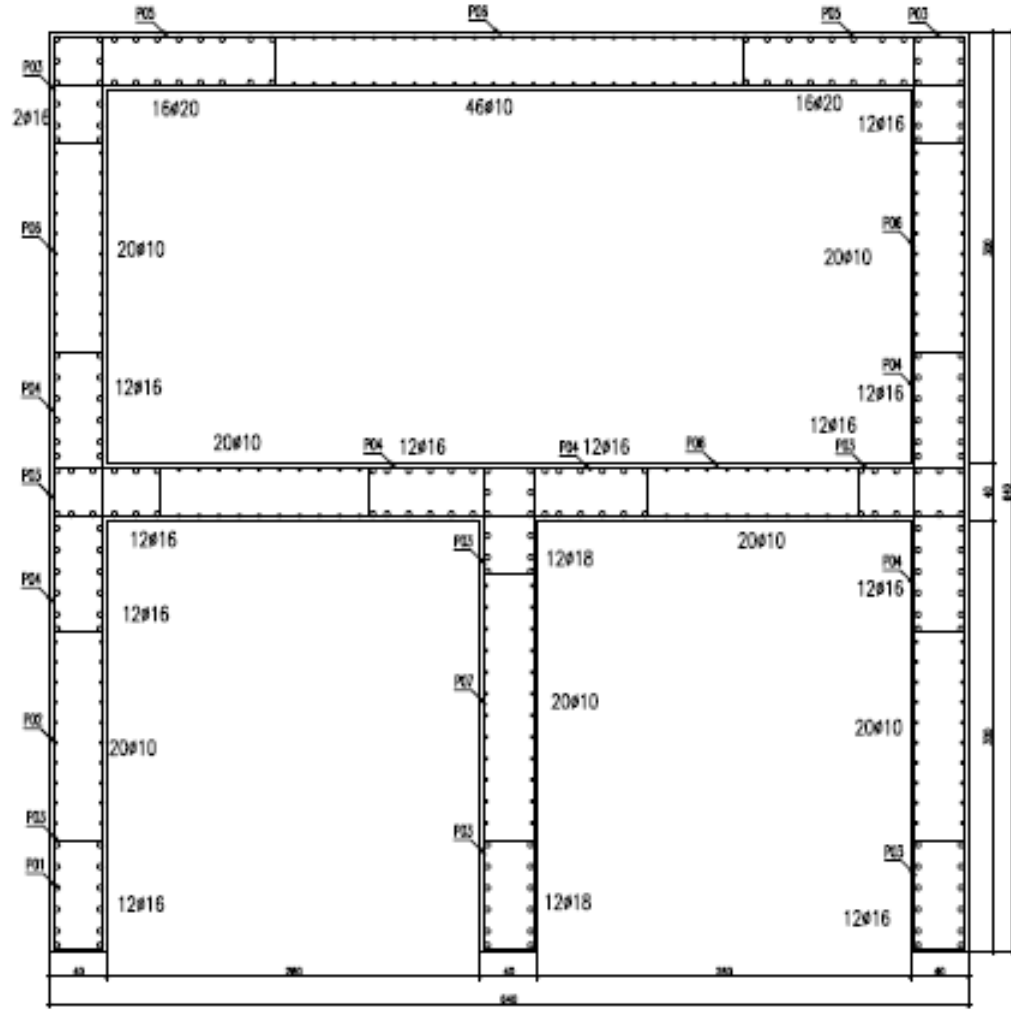
Kritik perde yüksekliği boyunca 100mm kritik perde yüksekliği dışında ise 200mm seçilmiştir.

Kesme güvenliği:

Her iki yüzde de $\Phi 10(79\text{mm}^2)$ için $\rho_{sh} = 2 * A_{\phi h} / (b_w * s_h) = 2 * 79 / (400 * 200) = 0.002$

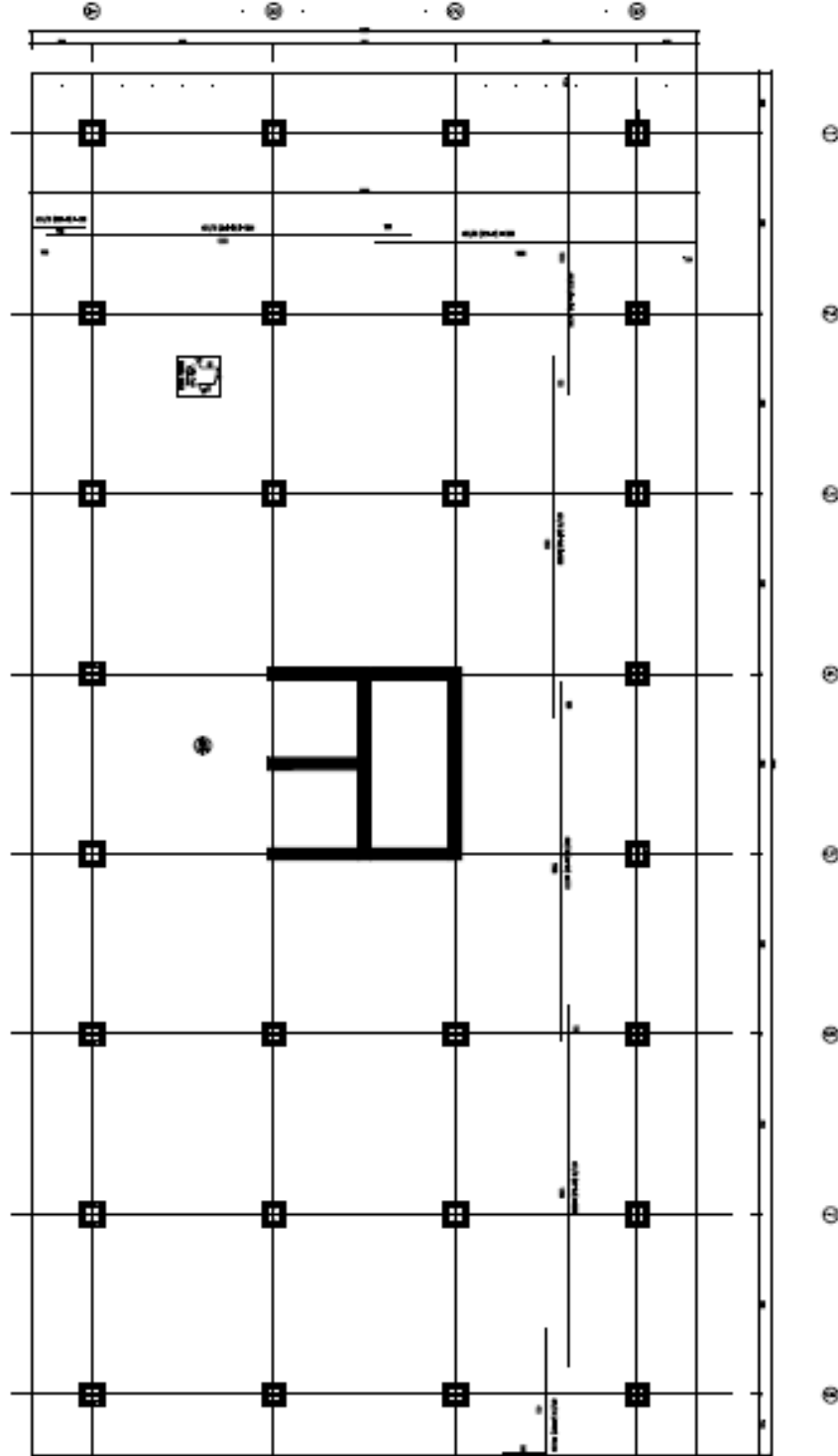
$$V_r = A_{ch} (0.65 * f_{ctd} + \rho_{sh} * f_{yd}) = 400 * 3400 (0.65 * 1.25 + 0.002 * 365) = 2098 \text{ kN}$$

Tasarım kesme kuvveti kesme dayanımından küçük olduğu için kesitin kesme dayanımı yeterlidir.



Şekil 6.14: Perde donatı planı

6.7.2 Temel hesabı



Şekil 6.15: Radye temel planı

Bina temelleri, deprem sırasında oturmadan dolayı üst yapıda hasara neden olmayacak şekilde, zemin özellikleri göz önüne alınarak düzenlenmelidir. A, B ve C gruplarına giren zeminler için belirlenen zemin taşıma gücü, depremin kısa süreli bir etki olduğu düşünülerek, %50 arttırılabilir. D grubu zeminlerde böyle bir arttırmaya izin verilmez.

Binanın temeli 1.50m radye temel olarak tasarlanmıştır. Temelde diğer yapısal elemanlar gibi SAP2000 programında modellenmiş ve analizi yapılmıştır.

Yapının oturduğu zemin özellikleri;

Zemin grubu Z2, çok sıkı çakıl ve kum olup yatak katsayısı 120000 kN/m^3 olarak $\sigma_{zem}=350 \text{ kN/m}^2$ olarak belirlenmiştir.

Yapısal analiz sonucunda kolonlardan temele iletilecek yükler her yükleme birleşimi için ayrı ayrı elde edilmiştir. Temel tabanına etkiyen eksenel kuvvet $1.4G+1.6Q$ yük birleşimine, temel ağırlığı ve temel üzerindeki hareketli yük dahil edilerek hesaplanır.

$$N_d=138948\text{kN}$$

$$\sigma_z = \frac{N}{A} \quad (6.21)$$

$$\sigma_z = \frac{138948}{46 * 22} = 137.30 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{zem} = 350 \text{ kN/m}^2$$

G+Q+E yüklemesinde temel oluşan kesit zorları

$$N=95583\text{kN}$$

$$M_x=103828 \text{ kNm}$$

$$M_y=114515 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{z_{maks,min}} = \frac{\sum N_d}{A} \pm \frac{\sum M_{dx}}{W_x} \pm \frac{\sum M_{dy}}{W_y} \quad (6.22)$$

$$\sigma_1 = \frac{95583}{46 * 22} + \frac{103828}{46 * 22^2 / 6} + \frac{114515}{22 * 46^2 / 6} = 137.19 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_3 = \frac{83660}{46 * 22} - \frac{87879,37}{46 * 22^2 / 6} - \frac{96925,77}{22 * 46^2 / 6} = 51.71 \text{ kN/m}^2 > 0$$

Zemin taşıma gücü kontrolü:

Yapılan analiz sonucunda SAP2000 programından temelin maksimum oturması 0.0025m olduğu tespit edilmiştir. Bu değer yatak katsayısı ile çarpılarak maksimum gerilme;

$$\sigma = 120000 * 0.0025 = 300 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{zem} = 350 \text{ kN/m}^2$$

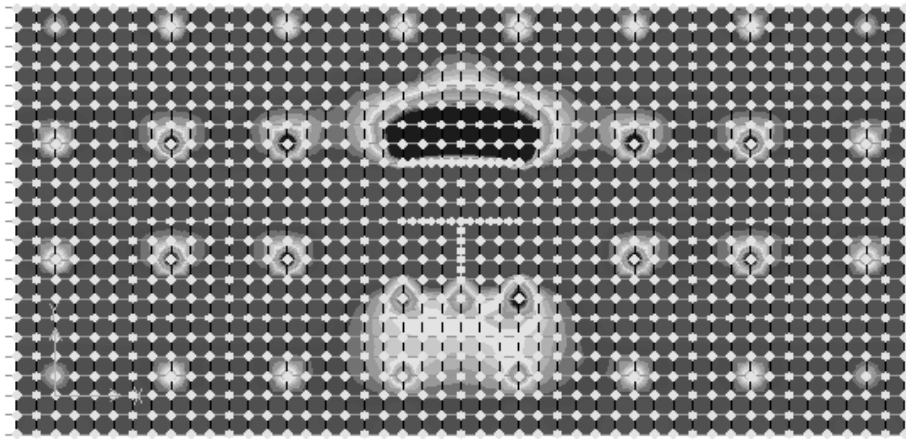
olur. Dolayısıyla zemin dayanımı aşılmamıştır.

Kesme kontrolü:

1m'lik kesit için radye plağının kesmede çatlama dayanımı:

$$V_{cr} = 0.65 * f_{ctd} * b * d = 0.65 * 1.15 * 1000 * 1450 = 1083875 \text{ N} = 1083 \text{ kN}$$

SAP2000 analiz sonuçlarından alınan değerlere göre;



Şekil 6.16: Tasarım kesme kuvveti dağılımı

$V_d = 944 \text{ kN}$ olarak bulunur.

$V_d < V_{cr}$ olduğundan kesme dayanımı yeterlidir.

Zımbalama kontrolü,

Maksimum normal kuvvet B3 kolonu 1.4G+1.6Q yüklemesinde $N_d = 3869 \text{ kN}$ olarak bulunmuştur. Bu kolon için zımbalama kontrolü aşağıda verilmiştir.

$$b_1 = 0.80 + 1.45 = 2.25 \text{ m}$$

$$b_2=0.80+1.45=2.25\text{m}$$

$$A_p= b_1*b_2=2.25*2.25=5.06\text{m}^2$$

$$u_p=2(b_1+ b_2)=9.0\text{m}$$

$$V_{pd} = N_d - A_p * \sigma_z \quad (6.23)$$

$$=3869-5.06*300=2351\text{kN}$$

$$V_{pr} = \gamma * f_{ctd} * u_p * d \quad (6.24)$$

$$= 0.65 * 1.15 * 9000 * 1450 = 9755\text{kN}$$

SAP2000 programında perde için kabuk elemanları 0.5m'lik sonlu elemanlara bölerek modelledik. Bu yüzden 0.5 m'lik bir perde elemanı zımbalama kontrolü yapılacaktır.

Perdeyi oluşturan sonlu elemanlar üzerindeki maksimum normal kuvvet 1148kN olarak tespit edilmiştir. Bu noktada çökme 0.0019m olarak bulunmuştur. Dolayısıyla, $\sigma_z = 120000*0.0019=228\text{kN}$ olarak bulunur.

$$b_1=0.40+1.45=1.85\text{m}$$

$$b_2=0.50+1.45=1.95\text{m}$$

$$A_p= b_1*b_2=1.85*1.95=3.61\text{m}^2$$

$$u_p=2(b_1+ b_2)=7.60\text{m}$$

$$V_{pd} = N_d - A_p * \sigma_z = 1148-3.61*228=325\text{kN}$$

$$V_{pr} = \gamma * f_{ctd} * u_p * d = 0.65 * 1.15 * 7600 * 1450 = 8237\text{kN}$$

$V_{pd} < V_{pr}$ olduğu için temel zımbalama yönünden emniyetlidir.

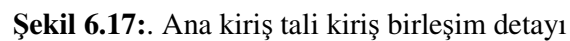
Donatı hesabı;

$$A_{smin}=0.002*B*H=0.002*1000*1450=2900\text{mm}^2$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_d}{0.85f_{cd} * B}} \rightarrow a = 1450 - \sqrt{1450^2 - \frac{2*1463*10^6}{0.85*20*1000}} = 60\text{mm}$$

(6.25)

6.7.3 Birleşim hesapları

$$V = 18.15 \times 6 / 2 = 54.5 \text{ kN}$$


Bir bulona gelen yük:

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{\left(\frac{V \cdot 18.5}{21} \cdot \frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{V}{8}\right)^2} \\ &= \sqrt{0.194 \cdot V^2 + 0.016 V^2} \\ &= \sqrt{0.21 V^2} \\ P &= 0.46 \cdot V \end{aligned} \quad (6.26)$$

$$P = 25.07 \text{ kN}$$

$$\text{M16[8.8] makaslama: } P_{\tau_s} = 17 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{1.6^2}{4} \cdot \pi = 34.2 \text{ kN} > 25.07 \text{ kN}$$

$$\text{Ezilme: } P_{\sigma_1} = 28 \text{ kN/m}^2 \cdot 1.8 \cdot 0.86 = 43.3 \text{ kN} > 25.07 \text{ kN}$$

Plakanın tahkiki;

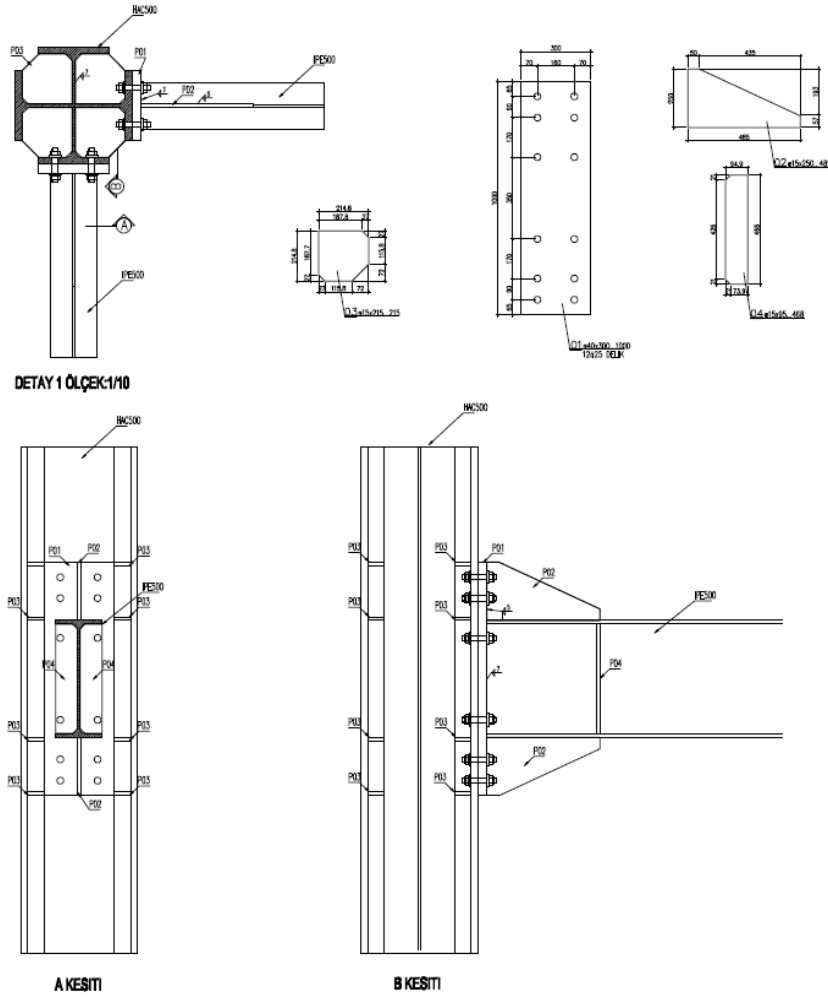
$$F = 29 \cdot 1.4 \cdot 1.8 \cdot 1 = 21.8 \text{ cm}^2$$

$$V = 54.5 \text{ kN}$$

$$\tau = \frac{54.5}{21.8} = 2.53 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{St37 için } \tau_{\text{cap}} = 8.3 \text{ kN/cm}^2$$

6.7.3.2 Kolon-kiriş çerçeve köşesi detayı



Şekil 6.18: Kolon-kiriş çerçeve köşesi birleşim detayı

$$M = 1.44 * W * 0.8 * 1.1 * D_a \quad D_a = 1.2 \text{ (DBYBHY'07 Tablo 4.1)}$$

$$14.4 * 1928 * 0.8 * 1.1 * 1.2 = 29320 \text{ kNcm}$$

SAP 2000 analizi sonuçlarından kirişler kesit zorları arasında en elverişsiz olanları aşağıda belirtilmiştir.

$$P_{\text{maks}} = 88.3 \text{ kN}$$

$$V_{\text{maks}} = 135.1 \text{ kN}$$

$$M_{\text{maks}} = 27257.8 \text{ kNcm}$$

$$V = V_{dy} \pm 1.1 * D_a * \frac{(M_{pi} + M_{pj})}{\ell_n} \quad (6.27) \text{ (DBYBHY'07 Denklem 4.5)}$$

V_{dy} : düşey yüklerden oluşan kesme kuvveti

$$V_{dy} = 54.5 \text{ kN}$$

M_{pi} : Kirişin sol ucundaki moment kapasitesi

M_{pj} : Kirişin sağ ucundaki moment kapasitesi

ℓ_n : Kiriş uçlarındaki olası plastik mafsalları arasındaki uzaklık (kiriş boyu) = 6m

$$M_{pi} = M_{pj} = 14.4 * 1928 = 27763.2 \text{ kNcm}$$

$$V = 54.5 + 1.1 * 1.2 * \frac{2 * 27763.2}{600} = 54.5 + 122.2 = 158.2 \text{ kN}$$

Sonuç olarak hesaplarda kullanılacak değerler

$$P = 88.3 \text{ kN}$$

$$V = 158.2 \text{ kN}$$

$$M = 29320 \text{ kNcm}$$

Bulon hesabı:

Bulon ağırlık merkezleri arasındaki mesafe: $h = 63.7 \text{ cm}$

Bir bulona gelen çekme yükü:

$$P = \frac{M}{63.7} * \frac{1}{6} + \frac{P}{12} = 0.0026M + 0.0083P = 76.2 + 0.7 = 76.9 \text{ kN}$$

M30[8.8] çekme ;

$$P_{\sigma_z} = 25.6 * \frac{(0.86 * 3)^2}{4} * \pi = 133.8 \text{ kN} > 76.9 \text{ kN}$$

Bir bulona gelen kesme yükü;

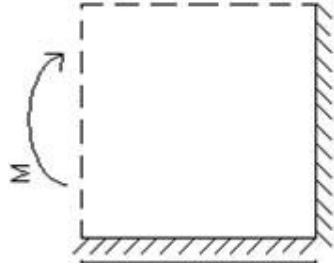
$$H = V/12 = 158.2/12 = 13.2 \text{ kN}$$

M30[8.8] makaslama;

$$P_{\tau_s} = 17 * \frac{3^2}{4} * \pi = 120.2 \text{ kN} > 13.2 \text{ kN}$$

Ezilme;

$$P_{\sigma_t} = 28 * 3.0 * 2.8 = 235.2 \text{ kN}$$



Şekil 6.19: İki kenarından tutulu plak

Plakanın köşelerinde ve açıklığında bulunan moment değerleri aşağıdaki bağıntı ile bulunacaktır (Çetmeli, 1974).

$$2M30 \quad 2 * 76.9 = 153.8 \text{ kN}$$

$$\varepsilon = \frac{142.5}{250} = 0.57 \Leftrightarrow m = 4.49$$

$$M = 153.8 / 4.49 = 34.3 \text{ kNcm/cm}$$

$$t = 40 \text{ mm} \Leftrightarrow W = 4^2 / 6 = 2.67 \text{ cm}^3 / \text{cm}$$

$$\sigma = 34.3 / 2.67 = 12.9 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 14.4 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Kaynak kontrolü:

$$F_k = 213.6 \text{ cm}^2$$

$$F_{ky} = 149.6 \text{ cm}^2$$

$$I_k = 179084 \text{ cm}^4$$

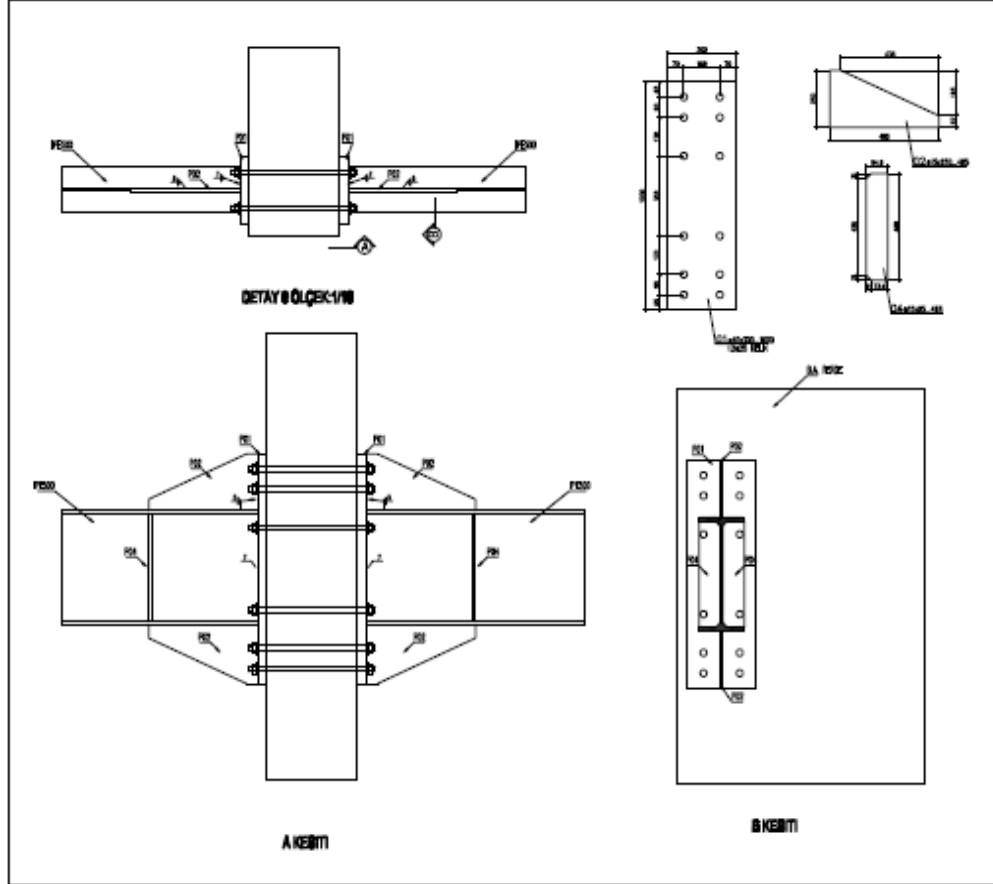
$$y_k = 49 \text{ cm}$$

$$W_k = I_k / (h/2) = 3655 \text{ cm}^3$$

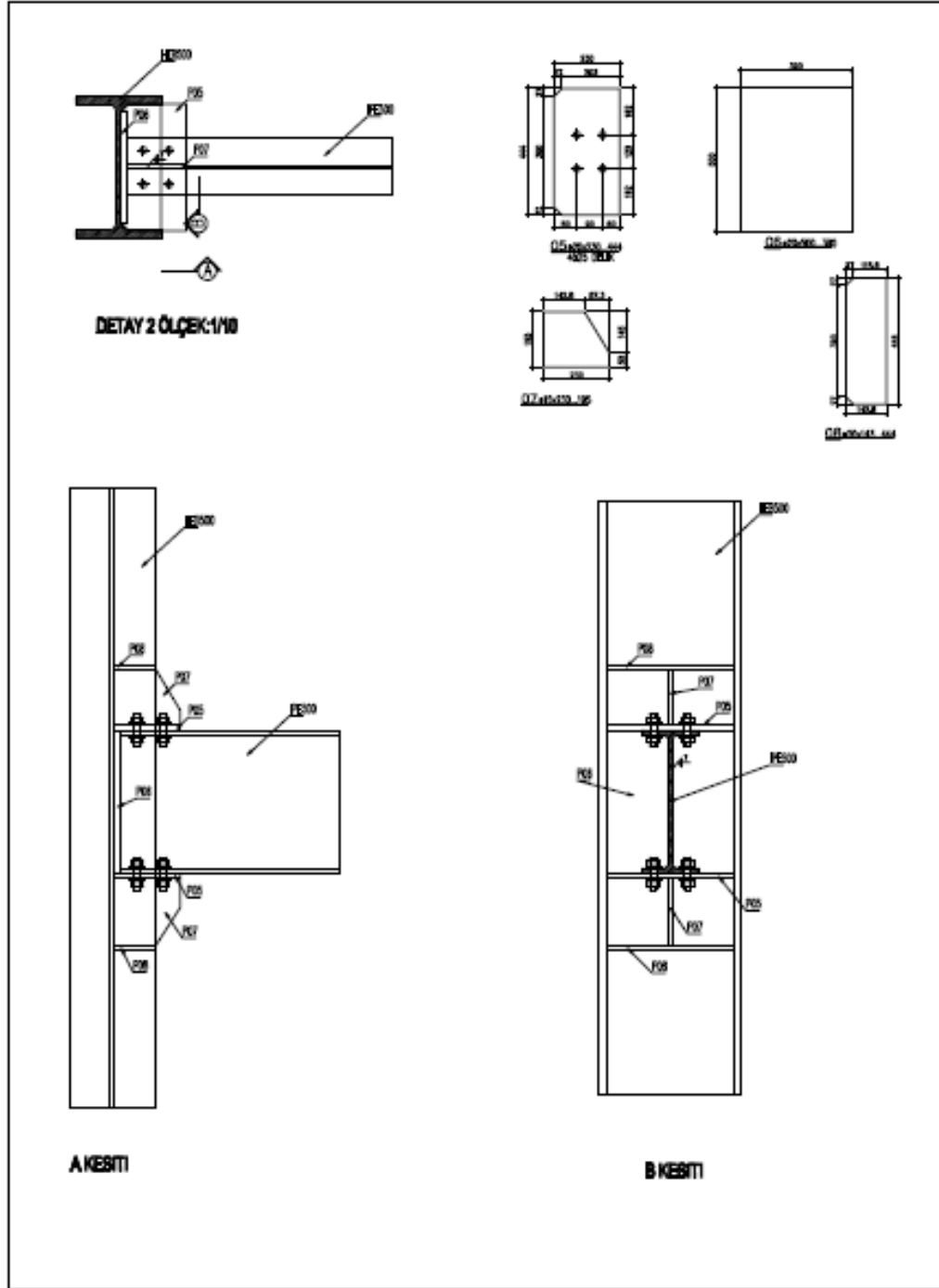
$$\sigma = \frac{M}{W_k} + \frac{P}{F_k} = \frac{29320}{3655} + \frac{88.3}{213.6} = 8.44 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 9.5 \text{ kN} / \text{cm}^2 (\text{Hz yüklemesinde})$$

$$\tau = \frac{158.2}{149.6} = 1.1 \text{ kN/cm}^2 < 9.5 \text{ kN/cm}^2$$

Aşağıdaki şekillerde sistemde kullanılacak diğer bağlantı detayları verilmiştir.

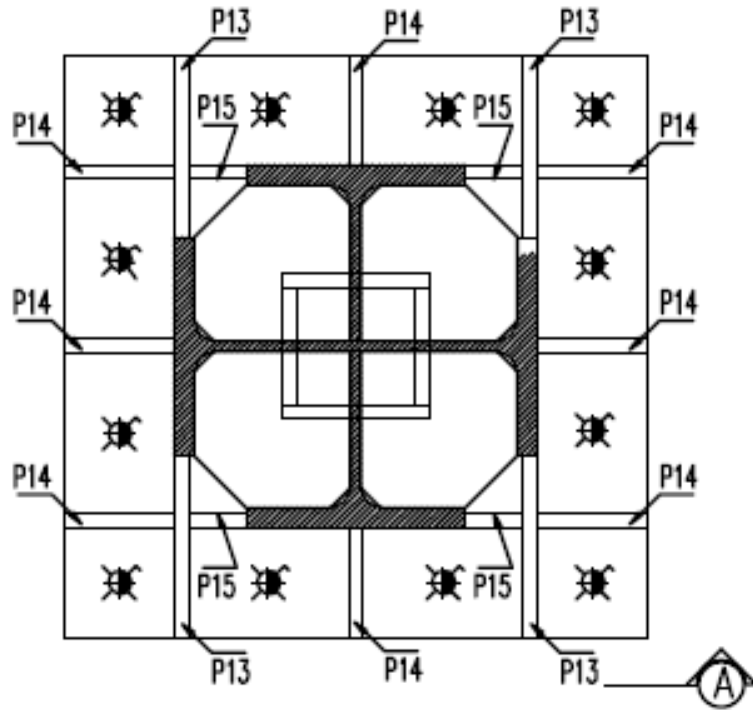


Şekil 6.20: Perde çerçeve kirişi bağlantısı



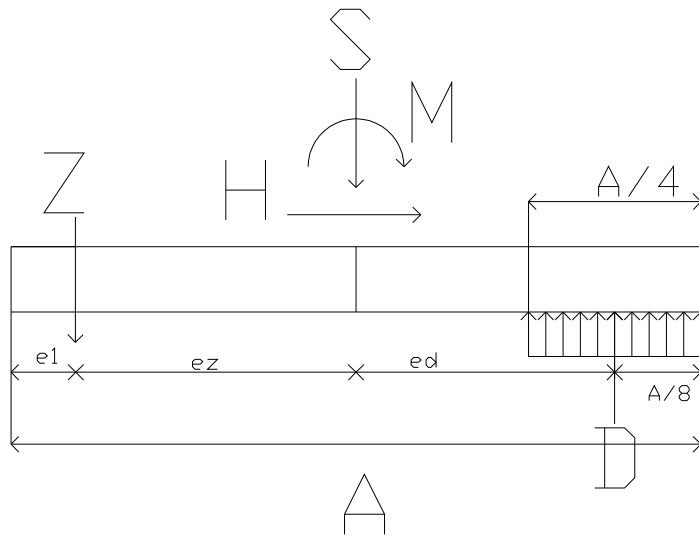
Şekil 6.22: Kolonun zayıf eksenine bağlanan çerçeve kirişi bağlantısı

6.7.3.3 Kolon ayağı hesabı



Şekil 6.23: Kolon taban levhası

Tahkikler:



Şekil 6.24: Kolon taban levhasına etki eden kuvvetler

$$D = \frac{M + S * e_z}{(e_z + e_d)} \quad (6.28)$$

$$Z = \frac{M - S * e_d}{(e_z + e_d)} \quad (6.29)$$

SAP 2000 analiz sonuçlarına maksimum D ve Z yukarıdaki denklemler ile veri tablosundan faydalanılarak hesaplanmıştır.

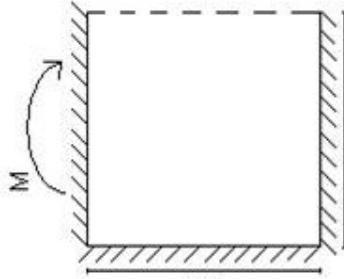
Buna göre; y yönünde D=1420kN, Z=85kN

x yönünde, D=1678kN, Z=210 kN bulunur.

Beton basınç gerilmesi kontrolü;

$$P = 1678 / (80/4 * 80) = 1.05 \text{ kN/cm}^2$$

Taban levhası hesabı:



Şekil 6.25: Üç kenarından tutulu plak

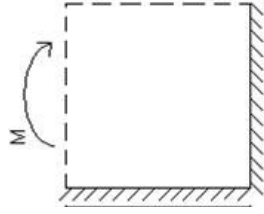
$$\varepsilon = \frac{160}{230} = 0.70 \Leftrightarrow m = 8.07$$

$$M = 16 * 23 * 1.05 / 8.07 = 47.88 \text{ kNcm/cm}$$

$$t \geq 2.45 * \sqrt{\frac{4788}{1440}} = 4.47 \text{ cm} \quad t = 50 \text{ mm plaka seçildi.}$$

$$W = 1 * 5^2 / 6 = 4.17 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{4788}{4.17} = 1148.2 \text{ kg/cm}^2 < 1440$$



Şekil 6.26: İki kenarından tutulu plak

$$\varepsilon = \frac{150}{150} = 1.0 \Leftrightarrow m = 4.25$$

$$M = 15^2 * 1.05 / 4.25 = 55.58 \text{ kNcm/cm}$$

$$\sigma = \frac{5558}{4.17} = 1333 \text{ kg/cm}^2 < 1440$$

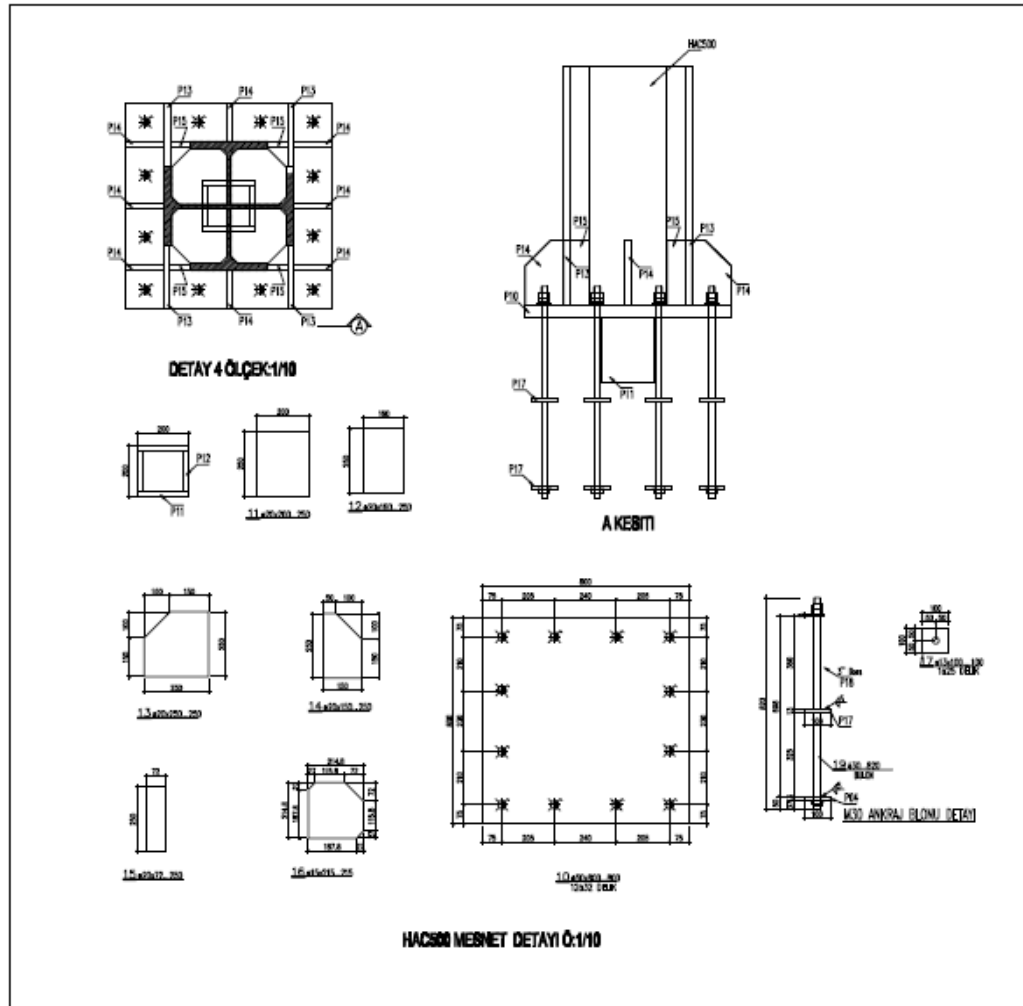
Ankraj bulonu hesabı

$$Z = 210 \text{ kN} \quad Z = 210 / 4 = 52.5 \text{ kN}$$

$$\text{M30} \quad F_z = \pi \frac{(0.86 * 3.0)^2}{4} * 25.6 = 133.8 > 52.5 \text{ kN}$$

Kayma kaması:

SAP2000 programı analizi sonuçlarına göre, $H_{\max}=105\text{kN}$ 'dur.



Şekil 6.27: Kolon ayağı

$$P=105/20*20=0.26\text{kN/cm}^2$$

Kamayı levhaya bağlayan kaynak kontrolü:

$$I_x=3934\text{cm}^4$$

$$M_e=105*15=1575\text{kNcm}$$

$$\sigma = \frac{1575*10.7}{3934} = 4.28\text{kN/cm}^2 < 8.3\text{kN/cm}^2$$

7. IBC 2006 YÖNETMELİĞİNE GÖRE ANALİZ

Uluslar arası boyutta şartname idareleri bina sistemlerinin performansa dayalı tasarımı ve imalatına yönelik gereksinimleri karşılayacak güncel bir şartnameye ihtiyaç duymuşlardır. IBC 2006 versiyonu bu ihtiyaçları karşılamak üzere tasarlanmıştır ve ayrıca her üç yılda bir idare, sektör temsilcileri, tasarım uzmanları ve diğer ilgililerin önerileri göz önüne alınarak güncellenecektir.

7.1 Kullanım Sıklığına ve Türüne Göre Bina Türleri

Yapılar veya yapı bölümleri kullanım sıklığına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılır.

1. A grubu yapılar; insanların topluluk halinde bulunduğu yapılar, tiyatro konser salonu, restoran, müze, eğlence tesisi, vb. yapılar. Bu grubun istisnası, 50 kişiden az insanın bulunduğu veya 70 m²'den küçük yerler B grubu yapılar sınıfına girer.
2. B grubu yapılar; ticari amaçla kullanılan ofis, arşiv ve bankaların da dahil olduğu her türlü yapılardır.
3. E grubu yapılar; eğitim amaçlı kullanılan yapılardır. İlk ve orta dereceli eğitim verilen içerisinde 6 kişiden fazla insanın bulunduğu binalar ve içerisinde 2,5 yaşından büyük en az 5 çocuğun bulunduğu kreş yapıları bu gruba girer. İçinde 100 kişiden az insanın bulunduğu dini eğitim verilen binalar bölümler, dini oditoryumlar A grubu yapılar sınıfına girer
4. F grubu yapılar; fabrika binaları ve endüstriyel yapılar grubu, Grup H tehlikeli, toksik, parlayıcı patlayıcı özellikleri olan veya depolanan yapılar ve Grup S stok, depo, antrepo yapıları sınıfına girmeyen her türlü endüstriyel yapı bu sınıf içinde tanımlanır.

5. H grubu yapılar; yüksek oranda tehlikeli, zehirli, patlayıcı, parlayıcı ve yanıcı maddelerin üretildiği ve bulundurulduğu her türlü yapı bu sınıfa dahildir.
6. I grubu yapılar; kurumsal binalar ve yapılar bu sınıfa girer. Hastaneler, cezaevleri, yetimhaneler, huzurevleri gibi yapılar bu gruba dahil olan binalar için örneklerdir.
7. M grubu yapılar, alışveriş için kullanılan yapılar bu sınıfa girer. Marketler, eczaneler, akaryakıt istasyonları bu sınıf yapılar için başlıca örneklerdir.
8. R grubu yapılar, konut yapılarıdır. Konutların yanı sıra, otel, motel, yurt, manastır gibi yapılarda bu sınıfa dahildirler.
9. S grubu yapılar; depo amaçlı kullanılan tehlikeli olarak nitelendirilemeyecek, az ve orta seviyede tehlikeli maddelerin stoklanıp saklandığı her türlü yapı bu sınıfa girer.
10. U grubu yapılar; yukarıdaki yapı sınıflarından hiçbirine dahil olmayan sera, kule, tank, silo, çit, garaj gibi yapılar bu sınıf içerisinde değerlendirilecektir.

7.2 Yapısal Tasarım

IBC2006'nın 16.bölümünde binaların ve bu şartname kapsamındaki yapıların yapısal tasarımı ile ilgili kurallar açıklanmıştır.

7.2.1 Yükler

1. Normal kat hareketli yükleri
2. Çatı katı hareketli yükleri
3. Kar yükleri
 - a. Düz çatı kar yükü P_f
 - b. Kar etkiye katsayısı C_e
 - c. Kar yükü önem katsayısı I
 - d. Termal katsayı, C_t
4. Rüzgar tasarımı verisi
 - a. Rüzgar hızı

- b. Rüzgar önem katsayısı, I ve kullanım sıklığı kategorisi
- c. Rüzgar etkiye katsayısı
- d. Uygulanabilir iç basınç faktörü
- e. Elemanlar ve kaplamalar

5. Deprem tasarım verisi

- a. Sismik önem katsayısı, I , ve kullanım sıklığı kategorisi
- b. Spektral ivmeler, S_s ve S_1
- c. Zemin sınıfı
- d. Response spektrum katsayıları, S_{DS} ve S_{D1}
- e. Sismik tasarım sınıfı
- f. Deprem yükü taşıyıcı sistem veya sistemleri
- g. Tasarım kesme kuvveti
- h. Deprem davranış katsayısı C_s
- i. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı, R
- j. Kullanılan analiz adımları

7.2.2 Genel tasarım ilkeleri

Binalar ve yapı elemanları, emniyet gerilmeleri yöntemi, taşıma gücü yöntemi, gibi tasarım kurallarına göre boyutlandırılır.

7.2.2.1 Dayanım

Binalar ve diğer yapılar ile yapı elemanları, yük birleşimlerinde güvenlik katsayıları ile arttırılmış yükleri, kullanılacak malzemenin dayanımını aşmayacak şekilde tasarlanmalıdır. Diğer bir deyişle, tasarımda kullanılan nominal yükler altındaki gerilmeler, malzemenin emniyet gerilmelerini aşmamalıdır.

7.2.2.2 Kullanılabilirlik

Taşıyıcı sistem ve elemanları yatay ve düşey yer değiştirmeler limitleri aşmayacak rijitlikte tasarlanmalıdır.

Deplasmanlar Tablo 7.1de belirtilen sınırları veya betonarme yapılar için ACI318 çelik elemanlar için AISC360'da belirtilen sınırları aşmayacaktır.

7.2.2.3 Analiz

Yapı elemanları ve birleşimleri üzerindeki yük etkileri yapısal analiz yöntemi ile tanımlanır. Bu da kararlılık, stabilite, geometrik uygunluk, kısa ve uzun dönem malzeme özelliklerini hesaba katar.

7.2.2.4 Kullanım sıklığı sınıfı

Binalar Tablo 7.2 de belirtilen kullanım sıklığı sınıflarına uygun olarak tanımlanacaktır.

7.2.3 Yük kombinasyonları

Binalar ve diğer yapılar ve yapısal elemanlar aşağıda belirtilen yük birleşimlerini karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Emniyet gerilmeleri tasarım yöntemi kullanılırken aşağıdaki yük birleşimleri uygulanacaktır.

D

D+L

D+S

D+R

$D+0.75L+0.75S$

$D+0.75L+0.75S+R$

D+W

$D+0.7E$

$D+0.75W+0.75L+0.75S$

$D+0.75W+0.75L+0.75R$

$D+0.75E+0.75L+0.75S$

$D+0.75E+0.75L+0.75R$

$0.6D+W$

$0.6D+0.7E$

D: Ölü yükler

E: Deprem yüklerinin yatay ve düşey etkilerinin kombine etkileri

F: Sıvıların oluşturduğu basıncın sebep olduğu yükler

F_a: Su taşkın yükleri

H: Yatay toprak itkilerinden, yer altı suyu basıncından oluşan yükler

L: Hareketli yükler

L_r: Çatı hareketli yükleri (izin verilen azaltma katsayıları uygulanmış)

R: Yağmur yükleri

S: Kar yükleri

T: Sıcaklık değişimlerinden oluşan termal etkiler

W: Rüzgar yükleri

7.2.4 Yük sınıfları

IBC2006 standardının yüklemeler için referans olarak gösterdiği ASCE7 standardında bina, yapı veya yapı elemanlarına uygulanacak yükler aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

7.2.4.1 Ölü yükler

Ölü yükler yapıya etkiyen kalıcı yükler olarak değerlendirilebilir. Bina içerisine dahil olan tüm inşaat malzemelerinin ağırlıklarından oluşur. Ancak, duvarlar, döşemeler, çatı ve benzeri mimari ve yapısal elemanlarla sınırlı değildir. Bunların yanı sıra, sabit servis elemanlarının yükleri ölü yükler sınıfına dahildir. Sıhhi tesisat elemanları, ısıtma, havalandırma ve klima sistemlerinin ağırlıkları başlıca servis elemanı yükleridir.

7.2.4.2 Hareketli yükler

İnşaat esnasında, işçiler ve araçlar ile malzemelerden kaynaklanan, kullanım esnasında ise, insanlar ve bina içerisinde kullanılan eşyalardan ötürü oluşan ölü yükler kar, rüzgar, yağmur, gibi çevresel yüklerin dışında kalan yüklerdir. ASCE 7 Çizelge 4.1'de kullanım amaçlarına göre alınacak minimum hareketli yük miktarları gösterilmiştir.

IBC2006 tablo 1607.1'e göre teze konu olan ofis binasına ait hareketli yükler:

Birinci kat üzerindeki koridorlar : 3.83 kN/m²

Birinci kat koridorları : 4.79 kN/m²

Ofisler :2.40 kN/m²

Bu verilere göre hareketli yükler SAP2000 modeline uygulanmıştır.

7.2.4.3 Kar yükleri

Kar yükleri ASCE 7 standardında zemin kar yükleri (p_g) olarak Şekil 7.1’de Amerika Birleşik Devletleri için verilmiştir. Bu değerler 50 yıllık zaman aralığında aşma olasılığı %2 olan sınır değerler istatistiksel analiz sonucunda elde edilmiştir.

Zemin kar yükü TS 498’den alınarak devam edilecektir.

Kar yükü: 0.75kN/m²

7.2.4.3.1 Düz çatı kar yükü

5° ve daha az eğimli çatılarda aşağıdaki formüle göre hesaplanır

$$p_f = 0.7 * C_e * C_t * I * p_g \quad (7.1)$$

C_e , Etki faktörü ASCE7 çizelge 7-2den, 0.9

C_t , Isı faktörü ASCE7 çizelge 7-3’den, 1.0

I , önem katsayısı ASCE7 çizelge 7-4’den alınır. 1.0

$$P_f=0.63\text{kN/m}^2$$

7.2.4.4 Rüzgar yükleri

Rüzgar yükleri ASCE 7standardına göre belirlenecektir. Bina veya diğer yapılar Rüzgar Yüğü Ana Taşıyıcı Sistemi ve diğer yapı elemanları ile cephe kaplamaları ASCE7 bölüm 6’ya göre hesaplanan Rüzgar Yüklerini taşıyabilecek şekilde tasarlanmalıdır.

Rüzgar yükleri, basitleştirilmiş yöntem, analitik yöntem ve rüzgar tüneli yöntemi olmak üzere üç değişik yöntem ile hesaplanabilir.

Basitleştirilmiş yöntemin kullanılabilmesi için verilen şartlardan bina yüksekliği 16m'den büyük olamaz koşulu teze konu olan bina için uygun olmadığından bu yöntem kullanılamaz. Bu yüzden binaya etkiyen rüzgar yükünü bulmak için analitik yöntem kullanılacaktır.

$$p = q * GC_p - q_i (GC_{pi}) \quad (N/m^2) \quad (7.2)$$

$q=q_z$ rüzgar etkiyen yüzey için zeminden z yüksekliğinde hesaplanan rüzgar basıncı

$q=q_h$ rüzgar etkiyen yüzeyin arkasındaki cephenin zeminden h yüksekliğinde hesaplanan rüzgar basıncı

$q_i=q_h$ rüzgar cephesi duvarları, yan duvarlar, rüzgar etkiyen yüzeyin arkasındaki cepheler, kapalı binaların çatıları ve negatif iç basınç oluşturan yarı kapalı binalar için rüzgar basıncı

$$q_z = 0.613 * K_z K_{zt} K_d V^2 I \quad (N/m^2), \quad (7.3)$$

V: hız m/s (TS498'de Rüzgar hızı çizelge 5'te $21 < h < 100$ arası yükseklik için 42 m/s olarak verilmiştir.

K_d =rüzgar yönü çarpanı Tablo6.4'den alınır. (0.85)

K_z =hız basınç etki yüzeyi çarpanı tablo 6.3'den alınır. 0.99

K_{zt} =topografya faktörü

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2, \quad (7.4)$$

K_1, K_2, K_3 , ASCE7 şekil 6-4 de verilmiştir.

$$K_{zt} = (1 + 0.17 * 1.0 * 1.0)^2 = 1.37$$

$$q_z = 0.613 * 0.99 * 1.37 * 0.85 * 42^2 * 1.0 = 1247 N/m^2$$

q_h : h çatı yüksekliği için hesaplanan rüzgar hızı basıncıdır.

G= fırtına etkisi, rijit yapılar için (frekansı 1Hz'e eşit veya daha fazla olan binalar) 0.85'e eşittir.

C_p = dış basınç çarpanı ASCE7 şekil 6-6 veya 6-8'den alınır.

Uzun cephede; Rüzgar doğrultusunda 0.8; diğer cephede -0.5

Kısa cephede; Rüzgar doğrultusunda 0.8; diğer cephede:-0.3

Çatı için -0.4

$p=1247*0.85*0.8=848\text{N/m}^2$; arka cephede; $p=530\text{N/m}^2$ uzun cephede

$p=1247*0.85*0.8=848\text{N/m}^2$; arka cephede; $p=318\text{N/m}^2$ kısa cephede

çatıda, $p=424\text{N/m}^2$

7.2.4.5 Yatay toprak itkileri

Bodrum katlar, temeller ve istinat duvarları yatay toprak itkilerini karşılayacak şekilde tasarlanacaktır.

7.2.4.6 Yağmur yükleri

Yağmur suyu drenaj sisteminin çalışmaması durumunda çatıda birikecek yağmur suyunun oluşturacağı yükler bütün çatı elemanlarına etkitilecektir.

$$R = 0.0098(d_s + d_h) \quad (7.5)$$

R: yağmur yükü (kN/m^2)

d_s : birincil drenaj sisteminin bloke olması durumunda ikincil drenaj sistemi girişine kadar olan su derinliği mm

d_h : ikincil drenaj sistemi girişi üzerinde biriken ilave su derinliği mm

Yağmur suyu drenajı, sifonik yağmur suyu drenaj sistemi olarak tasarlanacaktır. Bu sistemde tıkanıklık yaşanmayacağı için yağmur yükü sıfır olarak alınacaktır.

7.2.4.7 Taşkın yükleri

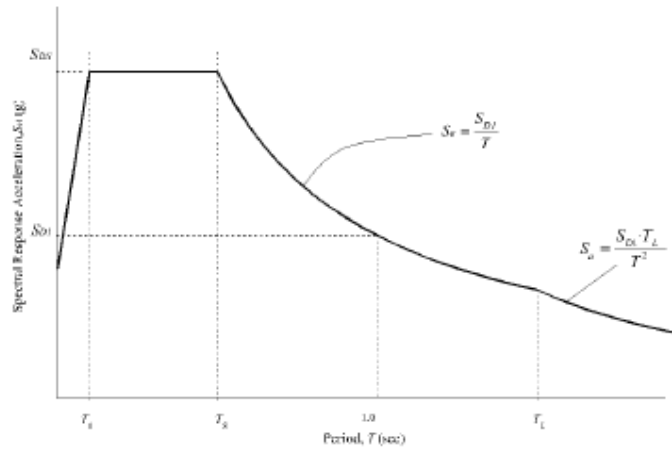
Sel tehlikesinin bulunduğu yerlerde inşa edilecek binalarda, selin oluşturacağı yükleri karşılayacak şekilde tasarım yapılmalıdır. Teze konu olan binanın yapılacağı bölgede sel riski olmadığı için taşkın yükü uygulanmayacaktır.

7.2.4.8 Deprem yükleri

Bütün yapılar ve yapı bölümleri, yapıya kalıcı olarak eklenmiş yapısal olmayan elemanlar ASCE 7 de belirtilen deprem hareketinin etkilerini karşılayacak şekilde tasarlanacaktır.

Her yapı, ve yapı bölümü, yapısal olmayan elemanlar da dahil olmak üzere bu bölümde hesaplanacak deprem hareketlerinin etkilerini karşılayacak şekilde tasarlanıp inşa edilmelidir.

7.2.4.8.1 Sismik yer hareketi değerleri



Şekil 7.1: ASCE7 (Şekil 11.4.1) Tasarım davranış spektrumu

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (7.6)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (7.7)$$

T = yapının doğal titreşim periyodu

T_L =uzun periyoda geçiş periyodu

$$T < T_0 \text{ ise } S_a = S_{DS} 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \text{ olur} \quad (7.8)$$

$$T_0 \leq T \leq T_S \text{ ise } S_a = S_{DS} \quad (7.9)$$

$$T_S < T \leq T_L \text{ ise } S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (7.10)$$

$$T > T_L \text{ ise } S_a = \frac{S_{D1} * T_L}{T^2} \text{ olur.} \quad (7.11)$$

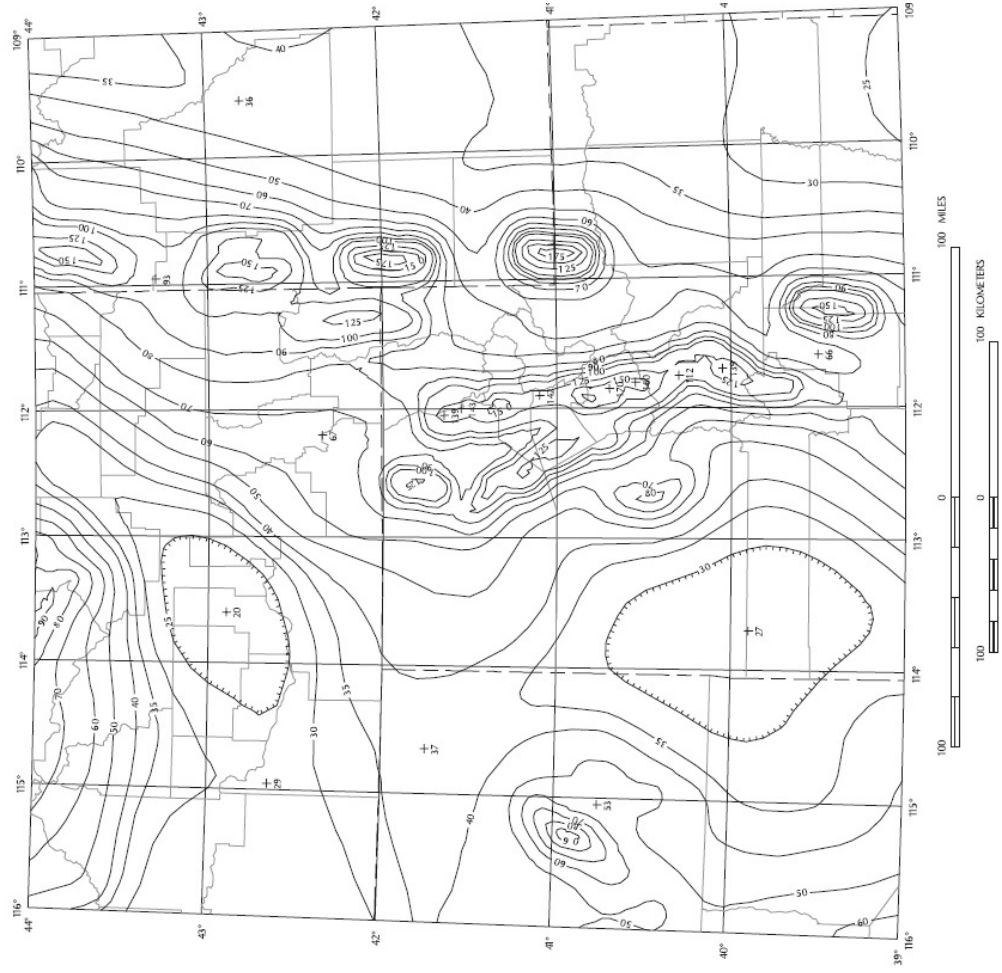
$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (7.12)$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (7.13)$$

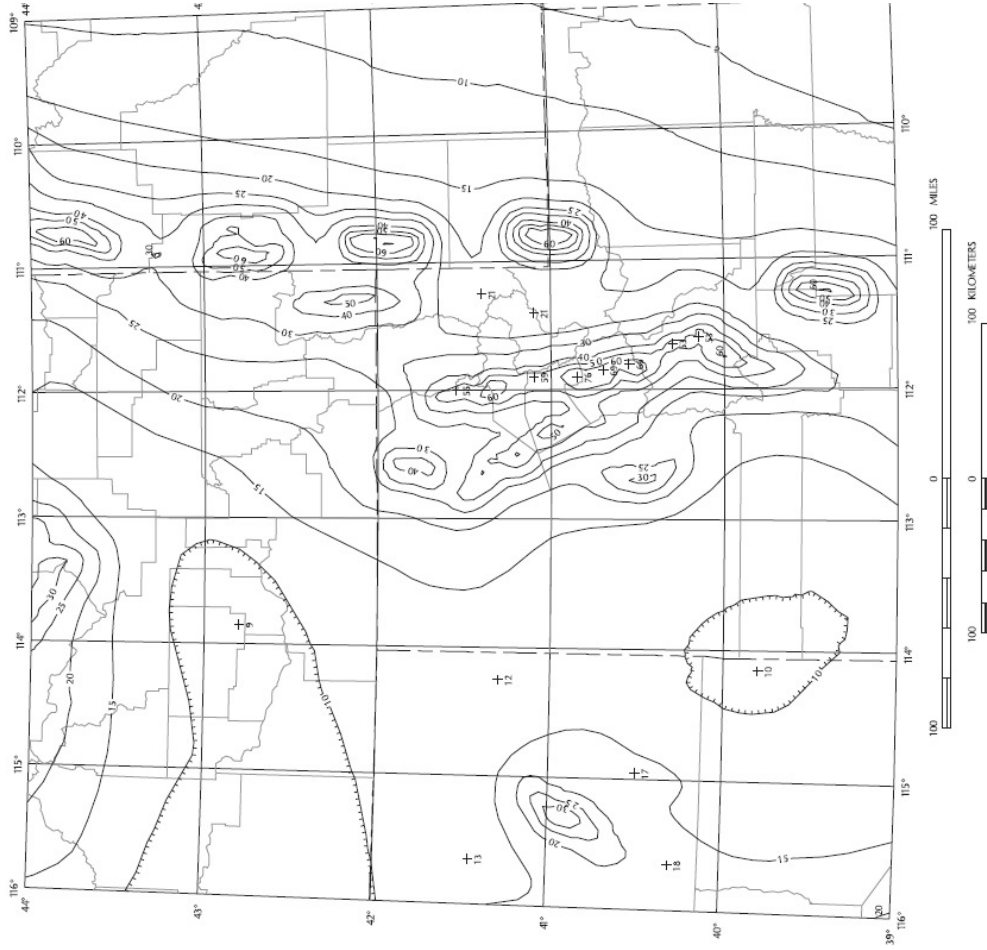
$$(S_{MS} = F_a * S_S, S_{M1} = F_v * S_1) \quad (7.14)$$

F_a ve F_v ASCE7 Tablo 11.4.1 ve 11.4.2 den zemin sınıfı ve spektral davranış ivmesine göre belirlenen katsayılardır.

S_S ve S_1 , ASCE7’de sadece Amerika Birleşik Devletleri için bölge bölge haritalar üzerinde verilmiştir. Dolayısıyla, davranış spektrum eğrisini bu değerler olmadan ülkemiz için elde edilememektedir. Hesaba, harita üzerinden binanın bulunduğu deprem bölgesine uygun bir yer seçilerek devam edilecektir.



Şekil 7.2:. Bölge-3 için 0.2 saniye periyotla maksimum davranış spektrum ivmesi
(%5 kritik sönümle)



Şekil 7.3:. Bölge-3 için 1 saniye periyotla maksimum davranış spektrum ivmesi (%5 kritik sönümle)

Haritalardan seçilen bölge için $S_S = 1g$ ve $S_1 = 0.4g$ olarak okunur. F_a ve F_v değerleri IBC06 Tablo 1613.5.3(1) ve Tablo 1613.5.3(2) den $F_a = 1.0$ ve $F_v = 1.3$ olarak elde edilir. Buna göre,

$$S_{MS} = F_a * S_S = 1.0 * 1.0 = 1.0$$

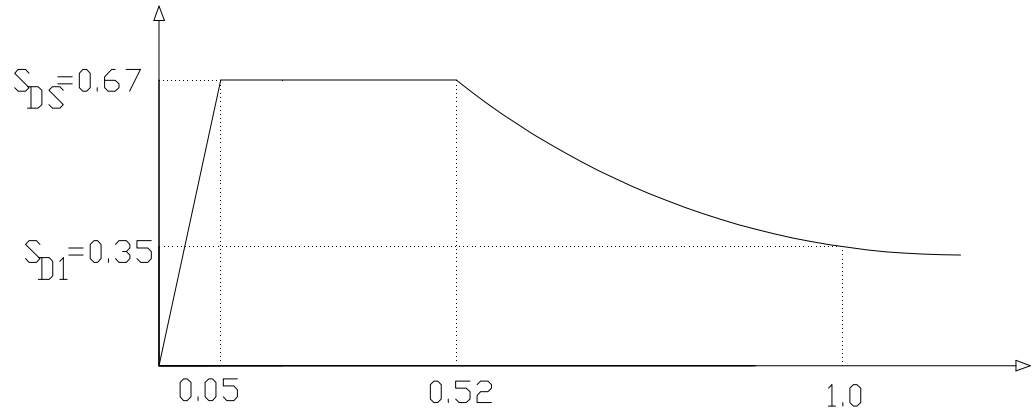
$$S_{M1} = F_v * S_1 = 1.3 * 0.4 = 0.52$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} * 1.0 = 0.67$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} * 0.52 = 0.35$$

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.2 \frac{0.35}{0.67} = 0.05$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.35}{0.67} = 0.52$$



Şekil 7.4:. Hesaplanan değerlerle elde edilen davranış spektrum eğrisi

7.2.4.8.2 Eşdeğer deprem yükü hesabı

Sismik tasarım sınıfı D olan, kullanım sıklığı sınıfı II olan teze konu olan bina için ASCE7 Tablo 12.6.1'ye göre eşdeğer deprem yükü hesap yöntemini kullanmak uygundur.

7.2.4.8.2.1 Taban Kesme Kuvveti

$$V = C_s * W \quad (7.15)$$

C_s =sismik davranış katsayısı

W =binanın deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılacak toplam ağırlık

Bina ağırlığını bulmak için SAP2000 programında yüklemeleri yapılan modelden faydalanılacaktır.

Çizelge 7.1: IBC2006 yönetmeliğine göre yapılmış yüklemeler sonucunda elde edilen kat ağırlıkları

Kat	w _i (kN)	m _i (kN.s ² /m)
çatı	5008	510,5173293
7	5255	536
6	5255	536
5	5255	536
4	5255	536
3	5255	536
2	5255	536
1	5401	551
Σ	41939	4275

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0.67}{\left(\frac{5}{1}\right)} = 0.134 \quad (7.16)$$

S_{DS}= Tasarım spektral davranış ivme parametresi

R= Davranış düzeltme katsayısı ASCE7 tablo 12.2-1

I= Kullanım sıklığı önem katsayısı ASCE7 tablo11.5.1

Hesaplanan C_s değeri

$$T < T_L \text{ için } C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I}\right)} \quad ; \quad (7.17)$$

$$T > T_L \text{ için } C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I}\right)} \quad (7.18)$$

değerlerini aşmamalıdır. Ayrıca,

C_s > 0.01 ve S₁'in 0.6g'den daha büyük olduğu yerlerde inşa edilecek yapılar için

$$C_s = \frac{0.5S_1}{\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (7.19)$$

den daha küçük olamaz

$S_1=1.0$ g olduğu için

$$C_s > \frac{0.5S_1}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0.5*0.35}{\left(\frac{5}{1}\right)} = 0.035$$

Yapının doğal titreşim periyodu: $T = C_t * h_n^x = 0.0488 * 28^{0.75} = 0.59$ s

$T < T_L$ için

$$C_s < \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0.35}{0.59 \left(\frac{5}{1.0}\right)} = 0.12$$

olmalıdır.

Dolayısıyla, $C_s=0.12$ olur.

Yapının x yönü titreşim periyodu: $T_x=0.69$ s, y yönü titreşim periyodu: $T_y=0.73$ s

X yönü için $C_s=0.10$, y yönü için, 0.09 olarak bulunur.

$$V_x = 0.10 * 41939 = 4194 \text{ kN}$$

$$V_y = 0.09 * 41939 = 3775 \text{ kN}$$

7.2.4.8.2.2 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem yüklerinin bulunması

Yukarıda hesaplanan taban kesme kuvvetinin katlara göre dağılımını hesaplamak için aşağıdaki bağıntıdan faydalanılır.

$$F_x = C_{vx} * V \quad (7.20)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x * h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i * h_i^k} \quad (7.21)$$

C_{vx} : düşey dağıtma katsayısı,

V: Yapının hesaplanan toplan taban kesme kuvveti

w_i ve w_x : yapının toplam efektif sismik ağırlığının x ve i katlarındaki miktarı

h_i ve h_x : i ve x katlarının zeminden olan yüksekliği

k: yapının periyodu ile ilintili bir katsayı

0.5s den daha küçük bir periyoda sahip yapılar için $k=1$, 2.5s den daha büyük periyoda sahip yapılar için $k=2$, 0.5s ve 2.5s arasında periyoda sahip yapılar için ise k değeri 1 ve 2 değerleri arasında lineer interpolasyon yapılarak bulunur.

(x) ve (y) doğrultuları için;

x doğrultusu için k (T=0.69) $k=1.095$ değerini alır

y doğrultusu için k (T=0.73) $k=1.115$ değerini alır.

Çizelge 7.2: Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri

Kat	$\frac{w_x * h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i * h_i^k}$	Fix(kN)	V _x (kN)	$\frac{w_y * h_y^k}{\sum_{i=1}^n w_i * h_i^k}$	Fiy(kN)	V _y (kN)
çatı	0.228	948.5	4194.0	0.226	860.9	3775.0
7	0.202	843.6	3245.5	0.201	763.6	2914.1
6	0.170	712.6	2401.8	0.170	643.0	2150.5
5	0.139	583.6	1689.2	0.139	524.7	1507.5
4	0.108	457.1	1105.6	0.109	409.2	982.8
3	0.079	333.6	648.5	0.080	296.9	573.6
2	0.050	214.0	314.9	0.051	188.9	276.7
1	0.023	100.9	100.9	0.024	87.8	87.8
Σ	1.000	4194.0		1.000	3775.0	

7.2.4.8.2.3 Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları

Esas burulma momenti

Rijit diyaframlar için, her katta yatay yüklerin dağılımı kütle merkezi ve rijitlik merkezinin farkından dolayı oluşan geçici burulma momenti (inherent torsional moment) (M_t) etkileri göz önüne alınır. Esnek diyaframlar için ise yatay yüklerin düşey elemanlara dağılımı taşıdıkları kütle oranında dağıtılır.

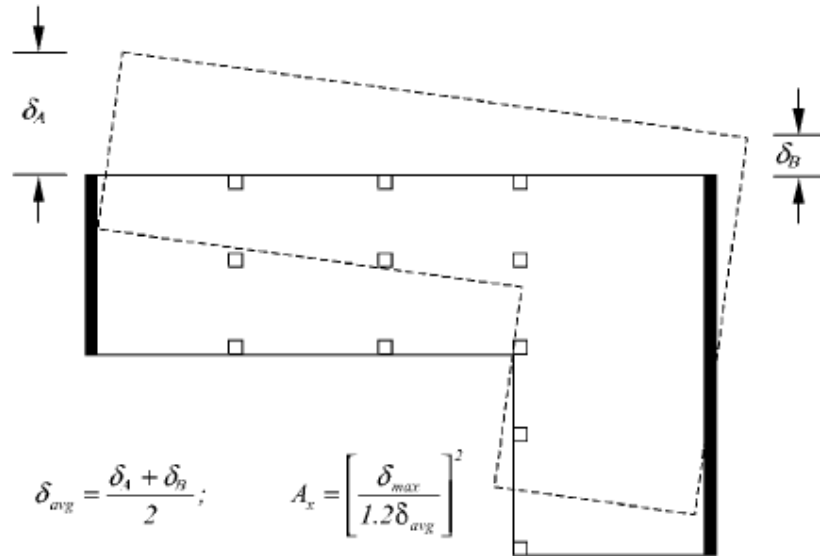
Geçici Burulma momenti

Rijit diyaframlarda tasarım yapının kütle merkezinin yerinden oluşan esas burulma momenti (M_t) ve kütle merkezinin asıl yerinden uygulanan kuvvete dik yönde %5 oranında kaydırılması ile oluşan geçici burulma momentleri de (accidental torsional moment) (M_{ta}) içermelidir.

Geçici burulma momenti büyütme katsayısı

C, D, E veya F tipi sismik tasarım sınıfına giren yapılardan 1a veya 1b tipi burkulma düzensizliğine sahip yapılarda M_{ta} geçici burulma momenti (accidental torsional moment) her katta aşağıda şekilde gösterilen büyütme katsayısı A_x ile çarpılarak uygulanır.

Burkulma büyütme katsayısı 3.0'ü geçemez.



Şekil 7.5:. Burkulma büyütme katsayısı

δ_{max} : x katında $A_x=1.0$ durumu için maksimum yer değiştirme (mm)

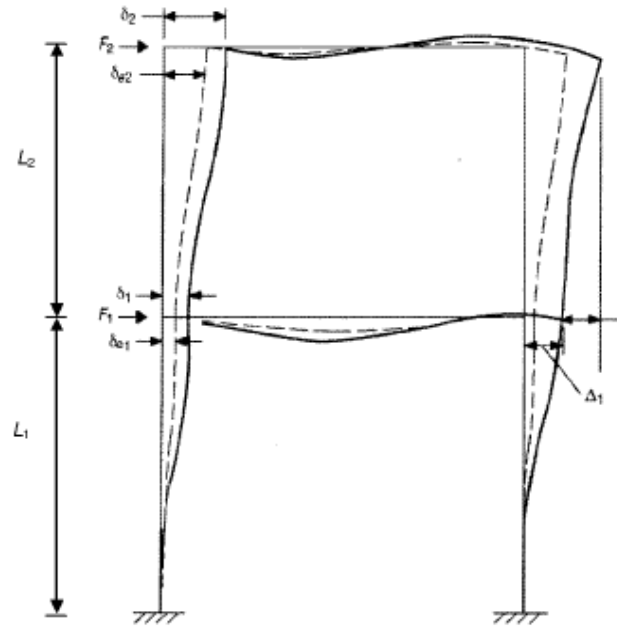
δ_{avg} : x katında ortalama yer değiştirmeler yapının uç noktalarında

Devrilme

Yapı deprem etkilerinden oluşan devrilme etkilerini karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Kat ötelenmelerinin belirlenmesi

Kat ötelemeleri (Δ) ilgili katın üst ve altındaki kütle merkezlerinin ötelenmelerinin farkı ile hesaplanır.



Şekil 7.6: Görelî kat ötelenmelerinin hesaplanması

Kat 2 için;

F_2 = 2. Kata etkiyen deprem yükü

δ_{e2} = F_2 yükü altında hesaplanan elastik yer değiştirme

$\delta_2 = C_d \delta_{e2} / I_E$ (arttırılmış yer değiştirme)

$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) C_d / I_E \leq \Delta_a$

Kat 1 için;

F_1 = 1. Kata etkiyen deprem yükü

$\delta_{el} = F_1$ yükü altında hesaplanan elastik yer değiştirme

$\delta_1 = C_d \delta_{el} / I_E$ (arttırılmış yer değiştirme)

$\Delta_1 = \delta_1 \leq \Delta_a$

Δ_i =Kat ötelenmesi

Δ_i / L_i = kat ötelenmesi oranı

δ_2 = toplam yer değiştirme

P-Delta etkileri

Kat kesme kuvvetleri ve momentleri üzerindeki P-Delta etkileri aşağıdaki denklem ile hesaplanan stabilite katsayısı (θ) 0.10'a eşit veya daha az ise yok sayılabilir.

$$\theta = \frac{P_x \Delta}{V_x h_{sx} C_d} \quad (7.22)$$

P_x : x katı üzerinde toplam düşey tasarım yükü (kN)

Δ : V_x ile birlikte oluşan tasarım kat ötelenmeleri (mm)

V_x : x ve x-1 katları arasında etkiyen depremde oluşan kesme kuvveti (kN)

h_{sx} : x katı yüksekliği (mm)

C_d : yer değiştirme arttırma katsayısı.

$$\theta_{\max} = \frac{0.5}{\beta * C_d} \leq 0.25 \quad (7.23)$$

β gerekli olan kesme taşıma gücünün x ve x-1 katları arasındaki kesme kapasite dayanımına oranıdır. Bu oranın genellikle 1.0 olarak alınmasına izin verilir.

Stabilite faktörünün (θ) 0.10'den büyük ($\theta_{\max}$)'den küçük veya eşit olduğu durumda yer değiştirmeler ve eleman kuvvetleri üzerinde P-delta etkileri ilişkili artımsal

arpım değeri rasyonel analizle belirlenir. Alternatif olarak yer değiştirmeler ve eleman kuvvetler $1.0/(1-\theta)$ ile çarpılması kabul edilebilir.

θ 'nın $\theta_{\max}$ 'tan büyük olduğu durumda yapı stabil değildir ve tekrar boyutlandırılmalıdır.

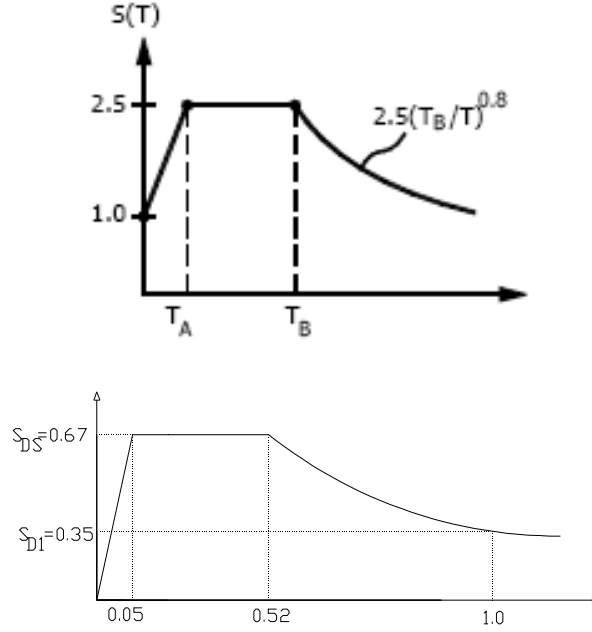
8. SONUÇLAR

Yatay yüklerin betonarme çekirdek ve çelik çerçeveler tarafından taşındığı teze konu olan sekiz katlı binanın 2007 yılında son hali yayınlanan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'e göre deprem yükleri hesaplanmıştır. Ön boyutlandırılması yapılan yapısal elemanların kesitleri bu yönetmeliğe göre kontrol edilmiştir. Deprem yükleri bir mukayese oluşturması için ayrıca IBC2006 yönetmeliğine göre de hesaplanmış ve DBYBHY'07 ile aralarındaki benzerlikler ve farklılıklar belirlenmiştir.

Genel olarak birbirine benzeyen bu iki yönetmeliğin en temel farkları kapsamlarıdır. DBYBHY'07'in kapsamı sadece deprem bölgelerinde yapılacak binalar ve mevcut yapıların sismik durum değerlendirmesi iken IBC2006 yapı ile ilgili her şeyi kapsayan genel bir standarttır. Ancak IBC2006 bu kadar kapsamlı olmasına rağmen, yapı tasarımı ile ilgili birçok konuda başka yönetmelik veya şartnameye referans vermektedir. Örnek olarak, yapının yükleri için ASCE7 yönetmeliğine bakmak gerekmektedir. Çelik yapı tasarımı için AISC360 yönetmeliğinden faydalanılmalıdır.

Yapısal analizde kullanılacak yüklerde küçük farklılıklar olmasına rağmen hesaplarda genel hatları ile DBYBHY'07 ve IBC2006 birbirine benzemektedir. Örnek olarak, rüzgar yükünün belirlenmesi için IBC2006'da her biri farklı tablodan elde edilecek birçok değişik parametre ve çarpana ihtiyaç duyulurken TS498'de daha pratik olarak hesaplanan rüzgar yükü birbirlerine çok yaklaşık olarak bulunmuştur.

Deprem yüklerinin hesabında bu tezde eşdeğer deprem yükü kullanılmıştır. DBYBHY'07 ile IBC2006 arasındaki temel fark **Şekil 8.1**'de görüldüğü gibi davranış spektrum eğrilerinin elde edilişi ve spektrum eğrisi üzerindeki değerlerdir. Bunun yanı sıra yapı sismik davranış katsayısı da teze konu olan bina için farklı çıkmıştır. Bunların dışında eşdeğer deprem yükü ile yatay deprem etkilerinin hesaplanmasında hiçbir farklılık yoktur.



Şekil 8.1. DBYBHY'07 ve IBC2006 davranış spektrum eğrileri

Çizelge 8.1: DBYHY'07 ve IBC2006'ya göre elde edilen veriler

	DBYBHY'07	IBC2006
Bina ağırlığı	41855kN	41939kN
x yönü periyodu	0,62s	0,69
y yönü periyodu	0,71s	0,73
Yapı davranış katsayısı	7	5
Taban kesme kuvveti (x yönü)	3158kN	4194kN
Taban kesme kuvveti (y yönü)	2833kN	3755kN

Çizelge 8.1'de DBYBHY'07 ve IBC2006'ya göre elde edilen temel veriler yer almaktadır. Binaya etki eden sabit yüklerde herhangi bir değişiklik olmamasına rağmen bina ağırlığında meydana gelen fark hareketli yük nedeniyle oluşmaktadır. Yukarıda belirtildiği gibi eşdeğer deprem yükü hesabında bir değişiklik yoktur. Buna rağmen, yapı davranış katsayılarındaki farklılık sebebiyle binaya etkiyen deprem yükü değerinde yaklaşık olarak %30 oranında bir fark ortaya çıkmıştır.

KAYNAKLAR

- ACI 318**, 2005. Building code requirements for structural concrete, *American Concrete Institute*, A.B.D
- AISC 360**, 2005. Specification for structural steel buildings, *American Institute of Steel Construction, Inc.*, A.B.D.
- ASCE 7**, 2005. Minimum design loads for buildings and other structures, *American Society of Civil Engineers*, A.B.D.
- Celep, Z., Kumbasar, N.**, 1992, Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı, Beta, İstanbul.
- Celep, Z., Kumbasar, N.**, 2001. Betonarme yapılar, Beta, İstanbul.
- Çetmeli, E.**, 1974. Çubuk sistemler, plaklar ve kabukların hesabı için tablolar, Pimaş, İstanbul
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik**, 2007. *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi*, İstanbul
- IBC 2006**, 2006. International building code, *International Code Council*, A.B.D.
- Odabaşı, Y.**, 2000. Ahşap ve çelik yapı elemanları, Beta, İstanbul.
- TS 498** 1997. Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara.
- TS 648**, 1980, Çelik yapıların hesap ve yapım kuralları, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara.
- TS ISO 9194**, 1997. yapıların projelendirilme esasları-taşıyıcı olan ve olmayan elemanlar depolanmış malzemeler-yoğunluk, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara.
- Url-1** <<http://www.deprem.gov.tr/deprem.htm>>, alındığı tarih 15.08.2009.
- Yorgun, C.**, 2003. Kompozit döşemeler, Türk Yapısal Çelik Derneği Yayınları, İstanbul

EKLER

A. ÇİZELGELER

Çizelge A.1: DBYBHY'07 Çizelge 2.1 Düzensiz binalar

A. PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili maddeler
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 ötelemeye oranını ifade eden <i>Burulma Düzensizliği Katsayısı</i> η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumu (Şekil 2.1). $[\eta_{bi} = (\Delta i)_{max} / (\Delta i)_{ort} > 1.2]$ Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak, 2.7'ye göre yapılacaktır.	2.3.2.1
A2 – Döşeme Süreksizlikleri : Herhangi bir kattaki döşemede (Şekil 2.2); I – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu	2.3.2.2
Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu (Şekil 2.3).	2.3.2.2
B – DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	
B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) : Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanı'nın, bir üst kattaki etkili kesme alanı'na oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumu. $[\eta_{ci} = (\Sigma Ae)_i / (\Sigma Ae)_{i+1} < 0.80]$ Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı : $\Sigma Ae = \Sigma Aw + \Sigma Ag + 0.15 \Sigma Ak$ (Simgeler için Bkz. 3.0)	2.3.2.3
B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} 'nin 1.5'tan fazla olması durumu. $[\eta_{ki} = (\Delta i / h_i)_{ort} / (\Delta i + 1 / h_i + 1)_{ort} > 1.5$ veya $\eta_{ki} = (\Delta i / h_i)_{ort} / (\Delta i + 1 / h_i + 1)_{ort} > 1.5]$ Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak 2.7'ye göre yapılacaktır.	2.3.2.1
B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği : Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu (Şekil 2.4).	2.3.2.4

Çizelge A.2: DBYBHY'07 Çizelge 2.2 Etkin yer ivmesi katsayısı

Deprem Bölgesi	A ₀
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Çizelge A.3: DBYBHY'07 Çizelge 2.3 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, ulaşım istasyonları ve terminaleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1.0

Çizelge A.4: DBYBHY'07 Çizelge 2.4 Spektrum karakteristik periyotları

Tablo 6.2'ye göre Yerel Zemin Sınıfı	T _A (saniye)	T _B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Çizelge A.5: DBYBHY'07 Çizelge 2.5 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

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

Çizelge A.6: DBYBHY'07 Çizelge 2.6 Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar

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

Çizelge A.7: DBYBHY'07 Çizelge 2.7 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

Çizelge A.8: DBYBHY'07 Çizelge 4.1 D_a Arttırma katsayıları

Yapı Çeliği Sınıfı ve Eleman Türü	D_a
Fe 37 çeliğinden imal edilen hadde profilleri	1.2
Diğer yapı çeliklerinden imal edilen hadde profilleri	1.1
Tüm Yapı çeliklerinden imal edilen levhalar	1.1

Çizelge A.9: DBYBHY'07 Çizelge 4.2 Büyütme katsayıları

TAŞIYICI SİSTEM TÜRÜ	Ω_o
Süneklik düzeyi yüksek çerçeveler	2.5
Süneklik düzeyi normal çerçeveler	2.0
Merkezi çelik çaprazlı perdeler (süneklik düzeyi yüksek veya normal)	2.0
Dışmerkez çelik çaprazlı perdeler	2.5

Çizelge A.10: IBC2006 Çizelge 1607.1 Minimum hareketli yükler

OCCUPANCY OR USE	UNIFORM (psf)	CONCENTRATED (lbs.)
1. Apartments (see residential)	—	—
2. Access floor systems		
Office use	50	2,000
Computer use	100	2,000
3. Armories and drill rooms	150	—
4. Assembly areas and theaters		
Fixed seats (fastened to floor)	60	
Follow spot, projections and control rooms	50	—
Lobbies	100	
Movable seats	100	
Stages and platforms	125	
5. Balconies	100	
On one- and two-family residences only, and not exceeding 100 sq ft	60	—
6. Bowling alleys	75	—
7. Catwalks	40	300
8. Dance halls and ballrooms	100	—
9. Decks	Same as occupancy served ^h	—
10. Dining rooms and restaurants	100	—
11. Dwellings (see residential)	—	—
12. Cornices	60	—
13. Corridors, except as otherwise indicated	100	—
14. Elevator machine room grating (on area of 4 in ²)	—	300
15. Finish light floor plate construction (on area of 1 in ²)	—	200
16. Fire escapes	100	
On single-family dwellings only	40	—
17. Garages (passenger vehicles only)	40	Note a See Section 1607.6
Trucks and buses		
18. Grandstands (see stadium and arena bleachers)	—	—
19. Gymnasiums, main floors and balconies	100	—
20. Handrails, guards and grab bars	See Section 1607.7	
21. Hospitals		
Corridors above first floor	80	1,000
Operating rooms, laboratories	60	1,000
Patient rooms	40	1,000
22. Hotels (see residential)	—	—

OCCUPANCY OR USE	UNIFORM (psf)	CONCENTRATED (lbs.)
23. Libraries		
Corridors above first floor	80	1,000
Reading rooms	60	1,000
Stack rooms	150 ^p	1,000
24. Manufacturing		
Heavy	250	3,000
Light	125	2,000
25. Marquees	75	—
26. Office buildings		
Corridors above first floor	80	2,000
File and computer rooms shall be designed for heavier loads based on anticipated occupancy	—	—
Lobbies and first-floor corridors	100	2,000
Offices	50	2,000
27. Penal institutions		
Cell blocks	40	—
Corridors	100	—
28. Residential		
One- and two-family dwellings		
Uninhabitable attics without storage ⁱ	10	
Uninhabitable attics with limited storage ^{i, j, k}	20	
Habitable attics and sleeping areas	30	
All other areas except balconies and decks	40	—
Hotels and multiple-family dwellings		
Private rooms and corridors serving them	40	
Public rooms and corridors serving them	100	
29. Reviewing stands, grandstands and bleachers	Note c	
30. Roofs		
All roof surfaces subject to maintenance workers		300
Awnings and canopies		
Fabric construction supported by a lightweight rigid skeleton structure	5	nonreduceable
All other construction	20	
Ordinary flat, pitched, and curved roofs	20	
Primary roof members, exposed to a work floor		
Single panel point of lower chord of roof trusses or any point along primary structural members supporting roofs:		
Over manufacturing, storage warehouses, and repair garages		2,000
All other occupancies		300
Roofs used for other special purposes	Note 1	Note 1
Roofs used for promenade purposes	60	
Roofs used for roof gardens or assembly purposes	100	

Çizelge A.11: IBC2006 Çizelge 1613.5.2 Zemin sınıfı tanımları

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	AVERAGE PROPERTIES IN TOP 100 feet, SEE SECTION 1613.5.5		
		Soil shear wave velocity, $\bar{v}_s$, (ft/s)	Standard penetration resistance, $\bar{N}$	Soil undrained shear strength, $\bar{s}_u$, (psf)
A	Hard rock	$\bar{v}_s > 5,000$	N/A	N/A
B	Rock	$2,500 < \bar{v}_s \leq 5,000$	N/A	N/A
C	Very dense soil and soft rock	$1,200 < \bar{v}_s \leq 2,500$	$\bar{N} > 50$	$\bar{s}_u \geq 2,000$
D	Stiff soil profile	$600 \leq \bar{v}_s \leq 1,200$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$1,000 \leq \bar{s}_u \leq 2,000$
E	Soft soil profile	$\bar{v}_s < 600$	$\bar{N} < 15$	$\bar{s}_u < 1,000$
E	—	Any profile with more than 10 feet of soil having the following characteristics: 1. Plasticity index $PI > 20$, 2. Moisture content $w \geq 40\%$, and 3. Undrained shear strength $\bar{s}_u < 500$ psf		
F	—	Any profile containing soils having one or more of the following characteristics: 1. Soils vulnerable to potential failure or collapse under seismic loading such as liquefiable soils, quick and highly sensitive clays, collapsible weakly cemented soils. 2. Peats and/or highly organic clays ($H > 10$ feet of peat and/or highly organic clay where H = thickness of soil) 3. Very high plasticity clays ($H > 25$ feet with plasticity index $PI > 75$) 4. Very thick soft/medium stiff clays ($H > 120$ feet)		

For SI: 1 foot = 304.8 mm, 1 square foot = 0.0929 m², 1 pound per square foot = 0.0479 kPa. N/A = Not applicable

Çizelge A.12: IBC2006 Çizelge 1613.5.3(1) Zemin sınıfları için F_a çarpanı değerleri

SITE CLASS	MAPPED SPECTRAL RESPONSE ACCELERATION AT SHORT PERIOD				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s \geq 1.25$
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
F	Note b	Note b	Note b	Note b	Note b

a. Use straight-line interpolation for intermediate values of mapped spectral response acceleration at short period, S_s .
b. Values shall be determined in accordance with Section 11.4.7 of ASCE 7.

Çizelge A.13: IBC2006 Çizelge 1613.5.3 (2) Zemin sınıfları için F_v çarpanı değerleri

SITE CLASS	MAPPED SPECTRAL RESPONSE ACCELERATION AT 1-SECOND PERIOD				
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
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
F	Note b	Note b	Note b	Note b	Note b

a. Use straight-line interpolation for intermediate values of mapped spectral response acceleration at 1-second period, S_1 .
b. Values shall be determined in accordance with Section 11.4.7 of ASCE 7.

Çizelge A.14: IBC2006 Çizelge 1613.5.5 Zemin sınıflandırması

SITE CLASS	$\bar{v}_s$	$\bar{N}$ or $\bar{N}_{cs}$	$\bar{\tau}_s$
E	< 600 ft/s	< 15	< 1,000 psf
D	600 to 1,200 ft/s	15 to 50	1,000 to 2,000 psf
C	1,200 to 2,500 ft/s	> 50	> 2,000

For SI: 1 foot per second = 304.8 mm per second, 1 pound per square foot = 0.0479 kN/m².

a. If the $\bar{\tau}_s$ method is used and the $\bar{N}_s$ and $\bar{\tau}_s$ criteria differ, select the category with the softer soils (for example, use Site Class E instead of D).

Çizelge A.15: IBC2006 Çizelge 1613.5.6(1) Kısa periyod davranış ivmesine bağlı sismik tasarım sınıfları

VALUE OF S_{DS}	OCCUPANCY CATEGORY		
	I or II	III	IV
$S_{DS} < 0.167g$	A	A	A
$0.167g \leq S_{DS} < 0.33g$	B	B	C
$0.33g \leq S_{DS} < 0.50g$	C	C	D
$0.50g \leq S_{DS}$	D	D	D

Çizelge A.16: IBC2006 Çizelge 1613.5.6 1saniye periyod davranış ivmesine bağlı
sismik tasarım sınıfları

VALUE OF S_{DI}	OCCUPANCY CATEGORY		
	I or II	III	IV
$S_{DI} < 0.067g$	A	A	A
$0.067g \leq S_{DI} < 0.133g$	B	B	C
$0.133g \leq S_{DI} < 0.20g$	C	C	D
$0.20g \leq S_{DI}$	D	D	D

Çizelge A.17: ASCE7-05 Çizelge 12.2-1 Taşıyıcı sistem tasarım katsayıları ve çarpanları

Seismic Force-Resisting System	ASCE 7 Section where Detailing Requirements are Specified	Response Modification Coefficient, R^a	System Overstrength Factor, Ω_o^b	Deflection Amplification Factor, C_d^b	Structural System Limitations and Building Height (ft) Limit ^c				
					Seismic Design Category				
					B	C	D ^d	E ^d	F ^e
A. BEARING WALL SYSTEMS									
1. Special reinforced concrete shear walls	14.2 and 14.2.3.6	5	2½	5	NL	NL	160	160	100
2. Ordinary reinforced concrete shear walls	14.2 and 14.2.3.4	4	2½	4	NL	NL	NP	NP	NP
3. Detailed plain concrete shear walls	14.2 and 14.2.3.2	2	2½	2	NL	NP	NP	NP	NP
4. Ordinary plain concrete shear walls	14.2 and 14.2.3.1	1½	2½	1½	NL	NP	NP	NP	NP
5. Intermediate precast shear walls	14.2 and 14.2.3.5	4	2½	4	NL	NL	40 ^k	40 ^k	40 ^k
6. Ordinary precast shear walls	14.2 and 14.2.3.3	3	2½	3	NL	NP	NP	NP	NP
7. Special reinforced masonry shear walls	14.4 and 14.4.3	5	2½	3½	NL	NL	160	160	100
8. Intermediate reinforced masonry shear walls	14.4 and 14.4.3	3½	2½	2¼	NL	NL	NP	NP	NP
9. Ordinary reinforced masonry shear walls	14.4	2	2½	1¾	NL	160	NP	NP	NP
10. Detailed plain masonry shear walls	14.4	2	2½	1¾	NL	NP	NP	NP	NP
11. Ordinary plain masonry shear walls	14.4	1½	2½	1¼	NL	NP	NP	NP	NP
12. Prestressed masonry shear walls	14.4	1½	2½	1¾	NL	NP	NP	NP	NP
13. Light-framed walls sheathed with wood structural panels rated for shear resistance or steel sheets	14.1, 14.1.4.2, and 14.5	6½	3	4	NL	NL	65	65	65
14. Light-framed walls with shear panels of all other materials	14.1, 14.1.4.2, and 14.5	2	2½	2	NL	NL	35	NP	NP
15. Light-framed wall systems using flat strap bracing	14.1, 14.1.4.2, and 14.5	4	2	3½	NL	NL	65	65	65
B. BUILDING FRAME SYSTEMS									
1. Steel eccentrically braced frames, moment resisting connections at columns away from links	14.1	8	2	4	NL	NL	160	160	100
2. Steel eccentrically braced frames, non-moment-resisting, connections at columns away from links	14.1	7	2	4	NL	NL	160	160	100
3. Special steel concentrically braced frames	14.1	6	2	5	NL	NL	160	160	100
4. Ordinary steel concentrically braced frames	14.1	3¼	2	3¼	NL	NL	35 ^l	35 ^l	NP ^l
5. Special reinforced concrete shear walls	14.2 and 14.2.3.6	6	2½	5	NL	NL	160	160	100
6. Ordinary reinforced concrete shear walls	14.2 and 14.2.3.4	5	2½	4½	NL	NL	NP	NP	NP
7. Detailed plain concrete shear walls	14.2 and 14.2.3.2	2	2½	2	NL	NP	NP	NP	NP
8. Ordinary plain concrete shear walls	14.2 and 14.2.3.1	1½	2½	1½	NL	NP	NP	NP	NP
9. Intermediate precast shear walls	14.2 and 14.2.3.5	5	2½	4½	NL	NL	40 ^k	40 ^k	40 ^k
10. Ordinary precast shear walls	14.2 and 14.2.3.3	4	2½	4	NL	NP	NP	NP	NP
11. Composite steel and concrete eccentrically braced frames	14.3	8	2	4	NL	NL	160	160	100
12. Composite steel and concrete concentrically braced frames	14.3	5	2	4½	NL	NL	160	160	100
13. Ordinary composite steel and concrete braced frames	14.3	3	2	3	NL	NL	NP	NP	NP
14. Composite steel plate shear walls	14.3	6½	2½	5½	NL	NL	160	160	100
15. Special composite reinforced concrete shear walls with steel elements	14.3	6	2½	5	NL	NL	160	160	100
16. Ordinary composite reinforced concrete shear walls with steel elements	14.3	5	2½	4½	NL	NL	NP	NP	NP
17. Special reinforced masonry shear walls	14.4	5½	2½	4	NL	NL	160	160	100
18. Intermediate reinforced masonry shear walls	14.4	4	2½	4	NL	NL	NP	NP	NP
19. Ordinary reinforced masonry shear walls	14.4	2	2½	2	NL	160	NP	NP	NP
20. Detailed plain masonry shear walls	14.4	2	2½	2	NL	NP	NP	NP	NP
21. Ordinary plain masonry shear walls	14.4	1½	2½	1¼	NL	NP	NP	NP	NP

Çizelge A.18: ASCE7-05 Çizelge 12.6-1 Kullanılabilir hesap yöntemleri

Seismic Design Category	Structural Characteristics	Equivalent Lateral Force Analysis Section 12.8	Modal Response Spectrum Analysis Section 12.9	Seismic Response History Procedures Chapter 16
B, C	Occupancy Category I or II buildings of light-framed construction not exceeding 3 stories in height	P	P	P
	Other Occupancy Category I or II buildings not exceeding 2 stories in height	P	P	P
	All other structures	P	P	P
D, E, F	Occupancy Category I or II buildings of light-framed construction not exceeding 3 stories in height	P	P	P
	Other Occupancy Category I or II buildings not exceeding 2 stories in height	P	P	P
	Regular structures with $T < 3.5T_s$ and all structures of light frame construction	P	P	P
	Irregular structures with $T < 3.5T_s$ and having only horizontal irregularities Type 2, 3, 4, or 5 of Table 12.2-1 or vertical irregularities Type 4, 5a, or 5b of Table 12.3-1	P	P	P
	All other structures	NP	P	P

NOTE: P: Permitted; NP: Not Permitted

Çizelge A.19: ASCE7-05 Çizelge 12.8-1 Hesaplanan yapı periyodunun üst limiti için katsayı

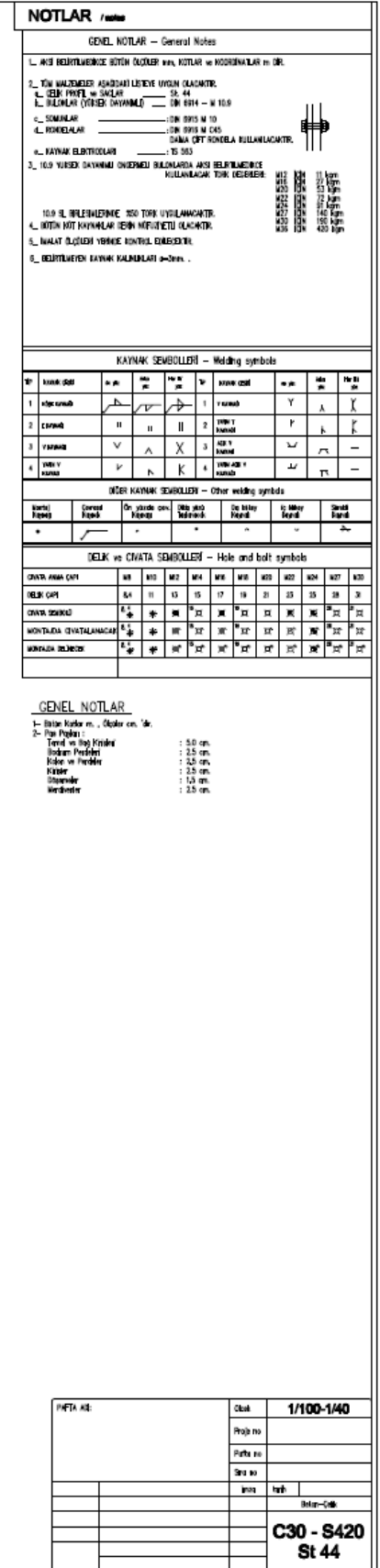
Design Spectral Response Acceleration Parameter at 1 s, S_{D1}	Coefficient C_u
≥ 0.4	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
≤ 0.1	1.7

Çizelge A.20: ASCE7-05 Çizelge 12.8-2 Yaklaşık yapı periyodunun C_t ve x parametreleri değerleri

Structure Type	C_t	x
Moment-resisting frame systems in which the frames resist 100% of the required seismic force and are not enclosed or adjoined by components that are more rigid and will prevent the frames from deflecting where subjected to seismic forces:		
Steel moment-resisting frames	0.028 (0.0724) ^a	0.8
Concrete moment-resisting frames	0.016 (0.0466) ^a	0.9
Eccentrically braced steel frames	0.03 (0.0731) ^a	0.75
All other structural systems	0.02 (0.0488) ^a	0.75

^aMetric equivalents are shown in parentheses.

B. ŞEKİLLER



124

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Özgür KURUOĞLU

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul / 30.Mart 1983

Lisans Üniversitesi: İstanbul Teknik Üniversitesi