

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KATLI ÇELİK YAPILARDA ÇAPRAZLI  
ÇERÇEVE SİSTEMLERİN DBYBHY 2007'YE GÖRE  
TASARIMI VE SÜNEKLİK DÜZEYLERİNİN  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş.Müh. Emre ÇİLELİ**

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**  
**Enstitü Bilim Dalı : YAPI**  
**Tez Danışmanı : Prof. Salih Zeki BULUT**

**Mayıs 2008**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇOK KATLI ÇELİK YAPILARDA ÇAPRAZLI ÇERÇEVE  
SİSTEMLERİN DBYBHY 2007'YE GÖRE TASARIMI VE  
SÜNEKLİK DÜZEYLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

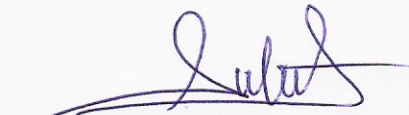
YÜKSEK LİSANS TEZİ


İnş.Müh. Emre ÇİLELİ

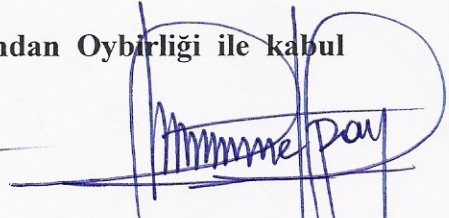
Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez 28/ 05 /2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirligi ile kabul edilmiştir.

  
Prof. Salih Zeki BULUT  
Jüri Başkanı

  
Doç.Dr. Ahmet Necati YELGİN  
Üye

  
Prof. Dr. Ahmet APAY  
Üye

## TEŞEKKÜR

Merkezi ve dışmerkez çapraz sistemli çelik yapıların genel davranış özelliklerini incelediğim bu çalışmada, beni bu konuya yönlendiren, bitmeyen enerjisi ve engin tecrübesi ile her zaman yanımda olan öğrencisi olmaktan gurur duyduğum değerli hocam sayın Prof. Salih Zeki Bulut' a teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm eğitim hayatım boyunca, sağladıkları bilgi birikimi ile kazandırdıkları kişilik ve ahlak değerlerinden ötürü tüm hocalarıma şükranlarımı sunarım

Çalışmam süresince maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ailem ve arkadaşlarıma, bana sabırla katlandıkları için teşekkür ederim.

Çelik yapılara ilgi duyan herkese faydalı olabileceğine inandığım bu çalışma, her şeyimi borçlu olduğum annem Hale ÇİLELİ ve babam Sinan ÇİLELİ' ye ithaf edilmiştir.

Emre ÇİLELİ

Nisan 2008

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiv
SUMMARY.....	xiv

## BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
1.1. Konunun Genel Tanımı.....	1
1.2. Çalışmanın Konusu ve Amacı.....	2

## BÖLÜM 2.

ÇELİK YAPILARIN DEPREME DAYANIKLI TASARIMI	3
2.1. Çelik Yapıların Avantajları.....	3
2.2. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımına Genel Bir Bakış.....	3
2.3. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Sınır Durumlar.....	4
2.4. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Dikkat Edilecek Hususlar.....	5
2.4.1.Yapı geometrisi.....	5
2.4.2. Süreklilik.....	6
2.4.3. Rijitlik ve dayanım.....	6
2.4.4. Göçme modu.....	6
2.4.5. Süneklik.....	6
2.5. Çelik Yapılarda Merkezi Ve Dışmerkez Çaprazlı Çerçevesler	7
2.5.1 Merkezi çaprazlı çerçevesler.....	7

2.5.2 Merkezi çaprazlı elemanın davranışI.....	9
2.5.3 Dışmerkez çaprazlı çerçeveler.....	11
2.6. DBYBHY 2007'ye Göre Merkezi Ve Dışmerkez Çerçevelerin Tasarım Kuralları.....	14
2.6.1 Giriş.....	14
2.6.2 Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdeler.....	14
2.6.3 Süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdeler.....	19
2.6.4 Süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çelik çaprazlı perdeler.....	21
2.7. Moment Aktaran Çerçeveler ve DBYBHY 2007' ye Göre Tasarım Kuralları.....	28

### BÖLÜM 3.

ÇOK KATLI ÇELİK KONSTRÜKSİYON OFİS YAPISININ DEĞİŞİK ÇAPRAZ DÜZENLERİ İLE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ.....	35
3.1. Analizi Yapılacak Binanın Genel Özellikleri.....	35
3.2. Tasarımda Kullanılan Sistem Kesitleri.....	36
3.3. Tasarımdaki Yük Kabulleri.....	38
3.4. SAP 2000 Programında Sistemin Analizi.....	40
3.4.1. Programa giriş ve koordinatların düzenlenmesi.....	40
3.4.2. Malzeme özellikleri ve kesitlerin belirlenmesi.....	43
3.4.3. Modellemenin yapılması.....	44
3.4.4. Yüklerin girilmesi.....	45
3.4.5. Deprem kuvvetinin sap 2000' e girilmesi ve modal analiz.....	48
3.4.6 Kütlev kaynağının belirlenmesi ve rijit düğüm noktası atama	57
3.4.7. Yük kombinasyonlarının oluşturulması ve analizin başlatılması.....	59
3.5. Yapılarda Süneklik.....	63
3.6. Eurocode' a Göre Yük Kombinasyonları.....	64
3.7. SAP 2000' de Doğrusal Olmayan Analiz.....	65
3.8. Moment Aktaran Çerçeve Analizi.....	67

## BÖLÜM 4.

SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI	69
4.1. Analiz Sonuçlarına Ait Genel Tablo.....	69
4.2. Düzensizliklerin Kontrolü.....	71
4.3. Dışmerkez Çaprazlarda Bağ Kirişi Boyu Kontrolü.....	76
4.4. Bağ Kirişi Dönme Açıları Kontrolü.....	75
4.5. Sonuçların İrdelenmesi.....	76
4.1.1 Merkezi çaprazlı sistemler.....	76
4.1.2 Dışmerkez çaprazlı sistemler.....	78
4.1.3 Moment aktaran çerçeve.....	79
4.1.4 Sonuç.....	81
KAYNAKLAR.....	83
EK.....	84
ÖZGEÇMİŞ.....	100

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Enkesit alanı
$A_k$	: Kesme alanı
$A_n$	: Faydalı enkesit alanı
b	: Genişlik
A(T)	: Spektral İvme Katsayısı
$A_o$	: Etkin Yer İvmesi Katsayısı
b	: Genişlik
D	: Dairesel halka kesitlerde dış çap
$D_a$	: Akma gerilmesi arttırma katsayısı
$d_b$	: Kiriş enkesit yüksekliği
$d_c$	: Kolon enkesit yüksekliği
E	: Deprem yükü simgesi
$E_s$	: Yapı çeliği elastisite modülü
e	: Bağ kirişi boyu
G	: Sabit yük simgesi
g	: Yer çekimi ivmesi (9.81 m/s <sup>2</sup> )
$g_i$	: Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
$H_{ort}$	: Düğüm noktasının üstündeki ve altındaki kat yüksekliklerinin ortalaması
h	: Gövde levhası yüksekliği
$H_i$	: Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği)
$H_N$	: Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen toplam yükseklik)
$h_i$	: Binanın i'inci katının kat yüksekliği

$I$	: Bina Önem Katsayısı
$I_x$	: Kesit X eksenine Atalet Momenti
$I_y$	: Kesit Y eksenine Atalet Momenti
$l_b$	: Kirişin yanal doğrultuda mesnetlendiği noktalar arasındaki uzaklık
$l_n$	: Kiriş uçlarındaki olası plastik mafsal noktaları arasındaki uzaklık
$L$	: Kiriş Açıklığı
$M_p$	: Eğilme momenti kapasitesi
$m_i$	: Binanın $i$ 'inci katının kütlesi ( $m_i = w_i / g$ )
$N_{bp}$	: Eksenel basınç kapasitesi
$N_p$	: Eksenel çekme kapasitesi
$N_d$	: Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet
$R$	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$r_y$	: Kiriş başlığının ve gövdenin basınç gerilmeleri etkisindeki bölümünün $1/3$ 'ünün yanal doğrultudaki atalet yarıçapı
$Q$	: Hareketli yük simgesi
$q_i$	: Binanın $i$ 'inci katındaki toplam hareketli yük
$R$	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
$R_a(T)$	: Deprem Yük. Azaltma Katsayısı
$S(T)$	: Spektrum Katsayısı
$S_{ae}(T)$	: Elastik spektral ivme [ $m / s^2$ ]
$S_{aR}(T_r)$	: $r$ 'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme [ $m / s^2$ ]
$T$	: Bina doğal titreşim periyodu [s]
$T_1$	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
$T_A, T_B$	: Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
$T_m, T_n$	: Binanın $m$ 'inci ve $n$ 'inci doğal titreşim periyotları [s]
$t$	: Kalınlık
$t_f$	: I profil başlık kalınlığı
$t_w$	: I profil gövde kalınlığı
$t_p$	: Takviye levhaları dahil olmak üzere, kayma bölgesindeki toplam levha kalınlığı
$t_t$	: Takviye levhası kalınlığı
$t_{bf}$	: Kiriş kesitinin başlık kalınlığı



$t_{cf}$	: Kolon kesitinin başlık kalınlığı
$V_{tB}$	: Mod Birleştirme Yöntemi'nde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
$V_e$	: Kolon-kiriş birleşim bölgesinin gerekli kesme dayanımı
$V_{ke}$	: Kayma bölgesinin gerekli kesme dayanımı
$V_p$	: Kesme kuvveti kapasitesi
$W_{el}$	: Elastik mukavemet momenti
$W_{pl}$	: Plastik mukavemet momenti
$W$	: Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
$\Delta_i$	: Binanın i'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$	: Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi
$\Delta F_N$	: Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
$\delta_i$	: Binanın i'inci katındaki etkin görelî kat ötelemesi
$(\delta_i)_{max}$	: Binanın i'inci katındaki maksimum etkin görelî kat ötelemesi
$\eta_{bi}$	: i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
$\eta_{ci}$	: i'inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı
$\eta_{ki}$	: i'inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı
$\theta_i$	: i'inci katta tanımlanan İkinci Mertebe Gösterge Değeri
$Q$	: Hareketli yük simgesi
$R$	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$r_y$	: Kiriş başlığının ve gövdenin basınç gerilmeleri etkisindeki bölümünün 1/3'ünün yanal doğrultudaki atalet yarıçapı
$\alpha_i$	: Herhangi bir i'inci katta hesaplanan $V_{is} / V_{ik}$ oranı
$\gamma_p$	: Bağ kirişi dönme açısı
$\Omega_o$	: Büyütme katsayısı
$\sigma_a$	: Yapı çeliğinin akma gerilmesi
$\sigma_{bem}$	: Elemanın narinliğine bağlı olarak, TS-648'e göre hesaplanan basınç emniyet gerilmesi
$\sigma_{em}$	: Emniyet gerilmesi
$\theta_p$	: Görelî kat ötelemesi açısı

DBYBHY : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. DBYBHY 2007' ye Göre Merkezi Çaprazlı Sistemler.....	8
Şekil 2.2. Merkezi Çaprazlı Elemanın Plastik Davranışı.....	9
Şekil 2.3. Merkezi Çaprazlı Elemanın Tekrarlı Yükler Altındaki Deformasyonu.....	9
Şekil 2.4. DBYBHY 2007' ye Göre Dışmerkez Çaprazlı Sistemler.....	11
Şekil 2.5. Dışmerkez Çerçeve Deformasyonları.....	12
Şekil 2.6. Dışmerkez Plastik Deformasyon Grafikleri.....	13
Şekil 2.7. DBYBHY 2007 Bölüm 4, Tablo 4.3' deki Enkesit Koşulları.....	15
Şekil 2.8. Dışmerkez Çaprazların Dönme Açıları.....	24
Şekil 2.9. DBYBHY 2007' de Tipik Dışmerkez Çapraz Orta Bağlantı Düzeni...	25
Şekil 2.10.DBYBHY 2007' de Tipik Dışmerkez Çapraz Kenar Birleşimi.....	27
Şekil 2.11. Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu.....	29
Şekil 2.12. DBYBHY 2007' de Yer Alan Bazı Birleşim Detayları (Ek4A).....	31
Şekil 2.13. Panel Bölgesi.....	32
Şekil 2.14. Moment Aktaran Çerçeve Analiz Sonuçları.....	33
Şekil 2.15. DBYBHY 2007' de Kayma Bölgesi.....	34
Şekil 3.1. Tipik Bina Kat Planı.....	35
Şekil 3.2. Programın Açılması ve Model Seçimi.....	42
Şekil 3.3. Çalışma Sayfasının Açılması.....	43
Şekil 3.4. Sistem Koordinatlarının Girilmesi.....	44
Şekil 3.5. Malzeme Özelliklerinin Programa Tanıtılması.....	45
Şekil 3.6. Sistemin Modellenmesi.....	46
Şekil 3.7. Sistem Yüklerinin Tanımlanması.....	47
Şekil 3.8. Yükleme Yapılacak Elemanların Seçilmesi.....	48
Şekil 3.9. Yüklerin Sisteme Girilmesi.....	48
Şekil 3.10.Tasarım İvme Spektrumu Menüsüne Giriş.....	51

Şekil 3.11.Tasarım İvme Spektrumunu Programda Tanımlama.....	51
Şekil 3.12.Yükleme Durumları Menüsü.....	52
Şekil 3.13.Response Spectrum Menüsü.....	53
Şekil 3.14.Her İki Doğrultuda da Yüklem Durumunun Girilmiş Listesi.....	57
Şekil 3.15.Mod Sayısının Değiştirilmesi.....	57
Şekil 3.16.Kütle Kaynağının Belirlenmesi.....	58
Şekil 3.17.Sistem Düğüm Noktalarına Rijit Diyafram Atanması.....	59
Şekil 3.18.SAP 2000' de Yük Kombinasyonlarının Tanımlanması.....	62
Şekil 3.19.Sünek Çelik Yapılarda Düğüm Noktası Detayı Örneği (Zayıflatılmış Kiriş En kesitli Birleşim).....	63
Şekil 3.20. Sünek Yapılarda Yük – Şekil Değiştirme Eğrisi Örneği.....	64
Şekil 3.21. SAP 2000' de Doğrusal Olmayan Analiz Yük Durumu.....	66
Şekil 3.22. Moment Aktaran Çerçeve Yapı Modeli.....	68

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. Sistemde Kullanılan Kesitler ve Özellikleri.....	37
Tablo 3.2. Tasarımda Kabul Edilen Sabit ve Hareketli Yükler.....	40
Tablo 3.3. Kar Yükü Değeri.....	40
Tablo 3.4. Rüzgar Yükü Değeri.....	41
Tablo 3.5. EDY' nin Uygulama Sınırları (DBYBHY 2007 Tablo 2.6).....	49
Tablo 3.6. Tasarım İvme Spektrumu Parametreleri.....	50
Tablo 3.7. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları (DBYBHY 2007).....	55
Tablo 3.8. Etkin Yer İvmesi Katsayıları (DBYBHY 2007).....	56
Tablo 3.9. Bina Önem Katsayıları (DBYBHY 2007).....	56
Tablo 3.10.Hesapta Kullanılan Yük Kombinasyonları.....	61
Tablo 3.11.Eurocode' a Göre Yük Kombinasyonları.....	67
Tablo 4.1. Merkezi Çaprazlı Sistemler Analiz Raporu.....	70
Tablo 4.2. Dışmerkez Çaprazlı Sistemler Analiz Raporu.....	71
Tablo 4.3. Moment Aktaran Çerçeve Analiz Raporu.....	71
Tablo 4.4. B2 Düzensizlik Kontrolü.....	73
Tablo 4.5. Bağ Kirişi Boyu Kontrolü (A-A ve D-D Çerçeveleri).....	75
Tablo 4.6. Bağ Kirişi Boyu Kontrolü (1-1 ve 6-6 Çerçeveleri).....	75
Tablo 4.7. Bağ Kirişi Boyu Kontrolü (3-3 ve 4-4 Çerçeveleri).....	76
Tablo 4.8. Bağ Kirişi Dönme Açılımları Kontrolü.....	77
Tablo 4.9. Merkezi Çapraz Sistemli Binalarda Dönmeden Kaynaklanan Tepe Noktası Deplasmanları.....	79
Tablo 4.10.Merkezi Çapraz Sistemli Binalarda Dönmeden Kaynaklanan Tepe Noktası Deplasmanları.....	80
Tablo 4.11. Merkezi Çapraz Sistemli Binalarda Dönmeden Kaynaklanan Tepe Noktası Deplasmanları.....	81
Tablo 4.12. Çaprazlı Sistemler ve Moment Çerçevesi Karşılaştırması	82

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Merkezi çapraz, dışmerkez çapraz, moment çerçevesi, çelik yapılar, süneklik, rijitlik, yapı davranışı,

Bu çalışmada, 20 katlı (zemin kat + 19 normal kat) bir çelik yapının DBYBHY 2007 (Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007) nin ön gördüğü değişik merkezi çapraz düzenleri, dışmerkez çapraz düzenleri ve moment aktaran çerçeve düzeni ile çözümlenerek yapı genel davranışlarına ait sonuçlar irdelenmiştir. Yapılan bina çözümlerinde SAP 2000 programı kullanılmıştır.

Birinci bölümde çalışmaya ait genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde, çelik yapılara ait genel bilgiler, çaprazlı sistemlere ait genel bilgiler ve çaprazlı sistemlere ait Deprem Yönetmeliği' nde verilen bilgiler aktarılmıştır. Üçüncü bölümde, yapının değişik çapraz düzenli olmak kaydıyla analiz adımları bulunmaktadır. Dördüncü bölümde ise analiz sonuçları irdelenmiş ve yorumlanmıştır. İrdeleme ve yorumlar, yapı ağırlığı, yapıya her iki doğrultuda etkiyen deprem kuvvetleri, elastik ve plastik deplasmanlar ve süneklik oranları parametreleri çerçevesinde yapılmıştır.

# **DESIGN OF BRACED FRAME SYSTEMS ON MULTI STOREY BUILDINGS ACCORDING TO DBYBHY 2007 AND COMPARISON OF THEIR DUCTILITIES**

## **SUMMARY**

Keywords: concentrically braces, eccentrically braces, moment frames, steel structures, ductility, stiffness, structure behavior

In this study, a 20 storeyed (ground floor + 19 normal floor) steel building was analysed and scrutinized according to DBYBHY 2007 (Turkish Code about Buildings That Are Constructed on Seismic Regions 2007) with different concentrically and eccentrically braced members and also moment frames. In study, SAP 2000 program used for analysis

On first chapter, general information was given about the study. On second chapter, the informations about steel structures, concentrically and eccentrically braces and also about the steel structures which have braced members, according to Turkish Earthquake Code 2007. Third chapter is about analyse steps for different braced structures that are subject of this study. Fourth chapter is the final one, which includes analysis results and comments. Analysis and comments of the study have been made according to about, weight of the buildings, the earthquake forces from two direction both, displacements of elastic and plastic analyze, and the ductility ratios.

# **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

## **1.1. Konunun Genel Tanımı**

Çeliğin yapısal bir malzeme olarak inşaat sektöründe kullanılmaya başlamasıyla başta Amerika ve Avrupa olmak üzere dünyanın bir çok yerinde çelik konstrüksiyon yapılar inşa edilmiş, bunlardan bazıları önemli mühendislik yapıları olarak inşaat literatüründe yerini almıştır. Depreme dayanıklı olması, büyük açıklıkları yapılarda pratik ve güvenli bir çözüm olması ve malzeme biliminin gelişmesiyle bu özelliklerini daha üst seviyeye taşıması nedeniyle çelik yapılar inşaat dünyasındaki yerini her geçen gün daha da genişletmektedir.

17 Ağustos 1999 depremine kadar ülkemizde az tercih edilen bir yapı sistemi olan çelik yapılar, büyük afetten sonra özellikle sanayi yapılarında yoğun bir biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Fakat yine de çelik yapılar Türkiye’ de olması gereken seviyeye gelememiştir. Üniversitelerin çalışma laboratuvarlarında önemli bir takım araştırmalar yapılsa da teori ile pratik birleştirilmediğinden ve buna bağlı olarak kaliteli teknik eleman yetersizliğinden dolayı çeliğin inşaat piyasasındaki payı oldukça düşüktür. Özellikle çok katlı çelik yapılar, daha emekleme devresindedir. Ülkemizin deprem kuşağında yer alması göz önüne alındığında, çok katlı çelik yapılar geleceğin yaşam alanları olarak düşünülmelidir. Tabii ki bu sadece düşünce olarak kalmamalı ve temelleri bilimsel çalışmalara dayanan geniş çaplı bir planlamayla hayata geçirilmelidir.

## **1.2. Çalışmanın Konusu ve Amacı**

Bu çalışmanın konusu, 20 katlı çelik konstrüksiyon bir ofis yapısının DBYBHY 2007’ nin öngördüğü değişik çapraz düzenleri ve moment aktaran çerçeve düzeni ile çözümlenerek, genel sistem karşılaştırmalarının yapılmasıdır. Buradaki amaç, çok



katlı elik yapılarda ana taşıyıcı sistemin özellikle dinamik yüklere karşı tepkisini deplasman, periyot, tabana gelen deprem yükü, süneklik gibi parametreler çerçevesinde, yapı güvenliği ve ekonomiklik karşılaştırmalarının yapılmasıyla, ideal bir çok katlı elik yapının genel hatlarını izah etmek ve uygulamaya yön vermektir.

Yapılan çalışmada, analiz kolaylığı açısından SAP2000 V.9 programı ile çalışılmıştır. Analiz sonuçları ve karşılaştırmalar tablolar halinde verilmiştir. İncelenen bina tipleri ile ilgili bilgiler Bölüm 3' de verilmiştir.

## **BÖLÜM 2. ÇELİK YAPILARIN DEPREME DAYANIKLI TASARIMI**

### **2.1.Çelik Yapıların Avantajları**

Yukarıda belirtildiği gibi dünyada önemli bir yere sahip olan ve ülkemizde de her geçen gün kullanım alanı genişleyen çelik yapıların tercih edilmesinde rol oynayan avantajları geneli itibariyle incelemek, bu çalışmanın amacına yönelik bir alt yapı oluşturmak için önemlidir.

Yüksek mukavemetli bir malzeme olan çelik, beton, betonarme ve türevi sistemlere oranla daha küçük birim hacim ağırlığına sahiptir. Böylece birim alana gelen taşıyıcı sistem ağırlığı, çelik yapılarda diğerlerine nazaran daha azdır. Bu da yapı maliyetinin azalmasını sağlamaktadır. Sünek bir malzeme olan çeliğin, basınç ve çekme mukavemetleri eşittir. Bu özellik yapılarda esneklik ve enerji yutma kapasitesini arttırmaktadır. Çeliğin hafif bir malzeme olması, deprem kuvvetinden de daha az etkilenmesi demektir. Bilindiği gibi yapılar deprem kuvvetinden ağırlıkları oranında etkilenirler. Bu durum, özellikle geniş açıklıklı ve standart dışı geometriye sahip yapılarda hem hesap kolaylığı sağlamakta, hem de birim m<sup>2</sup> maliyetini önemli ölçüde azaltmaktadır. Ayrıca çelik taşıyıcı sistem elemanları, belirli bir düzen içerisinde parça parça imal edildiğinden çelik yapıların montajı pratik ve kısa sürelidir. Kaynaklı birleşimler haricinde çalışmaya müsait her türlü hava şartında montaj uygulamaları yapılabilir. Bütün bunlar, çelik yapıların tercih edilmesinde önemli etkenlerdir.

### **2.2. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımına Genel Bir Bakış**

Mühendislik hesaplarında yapıların tasarımı yapıya etkiyen yüklere göre yapılır. Yapı güvenliğinin sağlanması için de taşıyıcı sistemin, söz konusu yüklerin üzerinde

bir kapasiteyle çalışması durumu dikkate alınır. Bu noktada yapı maliyetinin ekonomiklik özelliği ortaya çıkar. Yapının güvenli ve ekonomik olarak tasarlanması için belirli analizlerin yapılması, binanın kullanım özelliğine göre sonuçların tahlil edilmesi gerekir. Burada da yapılan analizlerin sağlam temellere oturması gerekmektedir. Sektördeki teknik eleman sayısı göz önünde bulundurulduğunda yapılan analizler, bunlara dayalı yapılan tasarımlar ve sonuçlarının bir bütünlük arz etmesi önemlidir. Aksi takdirde kontrol mekanizmasının işletmek zorlaşacaktır. İşte standartlar, bu noktada yapılan çalışmaları bir düzene sokmak ve kontrol mekanizmalarını işletmek için bilimsel temellere dayandırılarak hazırlanırlar. Bu standartlar, yapının inşa edileceği yerin coğrafi özelliklerine, zemin özelliklerine, jeolojik özelliklerine, binanın kullanım amacı ve diğer bir çok özelliğe göre mühendisler tarafından hangi sınırlar içinde kalacaklarına dair yön verirler. Standartlar her ne kadar yönlendirici olsalar da bir yapının tasarımı ve uygulanması ile ilgili gerçek dayanak mühendislik bilgisi ve tecrübesindedir. Bunun farkında olarak projeler üretmek, teknik elemanı doğru sonuca götürür.

### **2.3. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Sınır Durumlar**

Yapılar genel anlamda başta kendi ağırlıkları olmak üzere diğer statik ve dinamik yükleri de taşıyabilecek nitelikte dizayn edilirler. Burada tasarımda dikkat edilecek en önemli unsur deprem yüküdür. Deprem yükü yapılara diğer yüklere göre çok daha seyrek etkimesine rağmen kısa sürede yapıya büyük bir itme kuvveti uyguladığından yapı güvenliği için belirleyici ve bağlayıcı bir unsur olmaktadır. Deprem kuvvetinin tayin edilmesinden önemli dezavantaj, test edilmesi güç jeolojik hareketlerin bir yansıması olduğundan deprem büyüklüğü ve buna bağlı kuvvetlerin hesapların ötesinde etkimesi durumudur.yine de belli istatistik veriler ve buna bağlı olarak hesaplanan deprem kuvvetleri yapıların tasarımında kullanılmakta, taşıyıcı sistem davranışları buna göre incelenerek bina ekonomik ömrü boyunca rastlanması ender olan doğal afete karşı önlem alınmaktadır. Depreme dayanıklı yapı tasarımında tüm dünyada uygulanan ilke, yapının sık ve küçük şiddetteki depremleri elastik sınırlar içinde kalarak, orta şiddetteki depremleri elastik sınırları ötesinde fakat taşıyıcı sistemde onarılabilecek hasarlarla, şiddetli depremleri ise büyük hasarlarla fakat taşıyıcı sistem göçmeden, can kaybı olmaksızın karşılayabilmesidir. Yapı tasarımını

etkileyen bu sınır durumlar, ülkemizde uygulanan DBYBHY' te de belirtilmiştir. Buna göre sınır durumlar aşağıdaki gibi tarif edilebilir.

**Kullanılabilirlik Sınır Durumu :** Yapının bulunduğu bölgede meydana gelebilecek sık ve küçük şiddetli depremlere karşı yapının onarım gerektirecek kadar büyük bir hasara uğramaması, yapının deprem kuvvetinden dolayı oluşacak kuvvete elastik sınırlar içersinde mukabele etmesi ve zorlanmaların kesit içinde sönümlenmesi durumudur.

**Hasar Kontrolü Sınır Durumu :** Bu durumda yapıda onarılabilir nitelikte hasarlar meydana gelmesi, buna karşın sistemin taşıyıcılık özelliğini kaybetmemesi beklenir. Hasar kontrolü sınır durumuna esas alınan depremlerin oluşma periyodu daha seyreklerdir. Bu tür depremlerin meydana getireceği hasarlar ekonomik sınırlar içerisinde kalınarak onarılabilir.

**Göçme Kontrolü Sınır Durumu :** Oluşma ihtimali çok düşük, fakat meydana geldiği zaman da büyük hasarlara yol açan, afet niteliğinde depremler bu sınır durumunun kapsamına girer. Burada yapının taşıyıcı sistemde kalıcı ve onarılamaz hasarlar görmesi beklenir fakat esas olan, yapının büyük şekil değiştirmeler yapsa bile göçmeden can kaybını önleyecek şekilde ayakta kalması beklenir. Süneklik kavramı en çok hasar kontrolü sınır durumunda ön plana çıkar. Yapının plastik şekil değiştirmelerle enerjiyi yutması ve göçmeden ayakta kalması gerekmektedir.

## **2.4. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Dikkat Edilecek Hususlar**

### **2.4.1. Yapı geometrisi**

Yapı geometrisi genelde mimari istekler göz önünde bulundurularak şekillendirilir. Yapının estetik olması göz önünde bulundurularak mimari çoğu zaman asimetriktir. Mühendislik açısından yapı geometrisinin mümkün olabildiğince basit ve simetrik olması istenir. Bunun nedeni asimetrik binalarda sıklıkla görülen düzensizlik problemleri ve burulmaları önlemektir. Ayrıca düzgün geometriye sahip bir yapının inşası daha pratiktir ve hata yapma oranı daha azdır.

### **2.4.2. Süreklilik**

Taşıyıcı sistem elemanlarının yatayda ve düşeyde süreklilik arz etmesi dayanım açısından çok önemlidir. Özellikle düğüm noktalarında dış merkezlik durumu olmasından kaçınılmalı, elemanlar aynı ekseninde devam etmelidir. Bu, taşıma kapasitesinin artmasında ve istenilen düzeyde sünekliğin sağlanmasında önemli bir durumdur.

### **2.4.3. Rijitlik ve dayanım**

Taşıyıcı sistemin sürekliliği kadar rijitliği de önemlidir. Yapının rijitliğinin artması demek, dayanımının da artması anlamına gelir. Bu duruma en iyi örnek, yumuşak kat düzensizliğidir. Genelde zemin katlar, normal katlara nazaran daha yüksek tutulurlar. dolayısıyla normal kattaki taşıyıcı kesitleriyle aynı boyutta taşıyıcı kesitlere sahip zemin katların rijitliği düşük olmakta, yapının rijitliği düşük bölgeleri zorlandığında, göçmeye varan hasarlar meydana gelebilmektedir.

### **2.4.4. Göçme modu**

Depreme dayanıklı yapı tasarımında kesitler boyutlandırılırken özellikle düşey taşıyıcıların dayanımlarını kaybederek tüm sistemin göçmesinden veya burkulma gibi problemlerden uzak tutulmak istenir. Sünekliği az olan sistemlerde deprem kuvveti artırılarak sistemin göçme durumları için önlem alınabilir. Bir başka çözüm de yapılarda kuvvetli kolon – zayıf kiriş prensibi uygulanarak plastik mafsallın önce kiriş bölgelerinde oluşması istenir ve göçmeye karşı önlem alınır.

### **2.4.5. Süneklik**

Süneklik, yapının enerji yutma kapasitesi anlamındadır. Yapının maruz kaldığı deprem kuvveti etkisini elastik davranış üzeri şekil değiştirmelerle karşılaması ön görülür. Taşıyıcı sistemin sünek olması için kullanılan malzemenin de sünek olması gerekir.

## 2.5. Çelik Yapılarda Merkezi Ve Dışmerkez Çaprazlı Çerçevesler

### 2.5.1. Merkezi çaprazlı çerçevesler

Çelik yapılarda çaprazlar, yatay yüklerden dolayı meydana gelecek kuvvetlere karşı dayanımı ve rijitliği sağlamak için dizayn edilirler. Merkezi çaprazlı sistemler, çapraz elemanın merkez çizgileri ana çerçevenin birleşim noktalarıyla birleşerek taşıyıcı sistemde düşey bir kafes sistem görevi görürler. Çapraz elemanlar genellikle eksenel yük etkisindedir. Merkezi çaprazlı çerçeve sistemlerinde çapraz elemanları basınç kuvveti etkisinde burkularak akmaya, çekme kuvvetinde ise akmaya erişerek enerjiyi tüketmeye çalışırlar. Merkezi çaprazlı sistemler genellikle rüzgar yüklerini karşılayabilmek için kullanılırlar. Çapraz elemanları bu kuvveti taşıyıcı sistem hasar görmeyecek şekilde, elastik sınırlar içersinde kalarak boyutlandırılır.

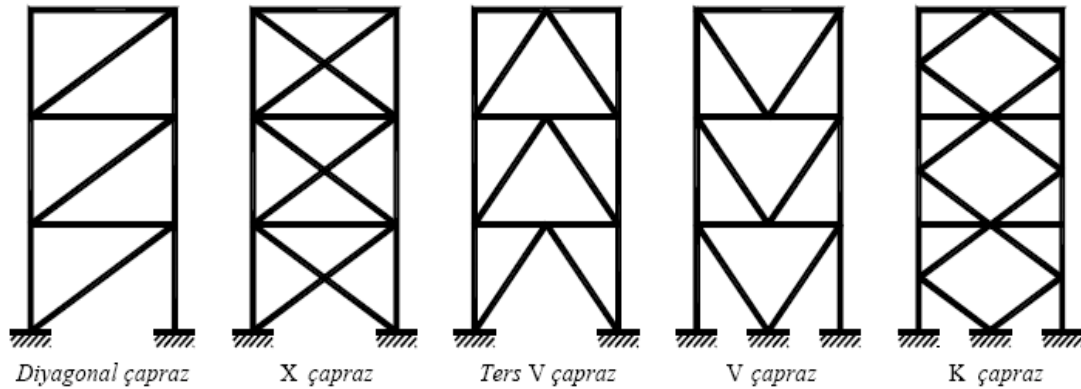
Çaprazlı sistemlerde, sistemin üzerine gelen yatay yükleri karşılamasında ve istenilen elastik (bazı hesap yöntemleri ve yönetmeliklerde plastik) sınırlar içinde kalmasını sağlayan ana unsurlardan biri de narinliktir. ( $\lambda=KL/r$ ). Çapraz elemanları genellikle korniyer, boru kesitli profil veya çelik lamalardan teşkil edilirler. Bunlar narinliği yüksek malzemelerdir. Basınç veya çekme kuvveti altında bir çapraz elemanın enerji yutma kapasitesi, narinliğiyle ters orantılıdır. Narinlik azaldığında enerji yutma kapasitesi artar, narinlik arttığında ise enerji yutma kapasitesi azalır. Bunun için yönetmeliklerde çapraz elemanlar için narinlik sınırı getirilmiştir. DBYBHY 2007' de çapraz elemanların narinliği  $4\sqrt{E_s/\sigma_a}$  sınırını aşmama şartı getirilmiştir.

Çaprazlı sistemler, rüzgar ve deprem kuvvetlerine göre yapının stabilitesini korumak için tasarlanmakta olsa da merkezi çaprazlı sistemlerin seyrek görülen yıkıcı depremlere karşı beklenen performansı gösteremedikleri deneylerle ortaya konulmuştur. Tersinir yükler söz konusu olduğunda ve tekrarlı yüklemelerde merkezi çaprazlı sistemlerin dayanımlarının hızlı bir şekilde azaldığı görülmüştür. Ayrıca çaprazlarda çekme kuvveti altında enerji tüketiminin basınç altında enerji tüketimine göre daha güvenli olduğu fikri mevcuttur. Bunun nedeni basınç kuvveti altında burkulmaların meydana gelmesidir. Deprem kuvvetinin çift yönlü etkimesi göz önüne alındığında, çelik çaprazların bir tarafının basınca, diğer tarafının çekmeye

çalıştırılması tavsiye edilmektedir. Bu noktada çaprazlardaki birleşim noktaları da ayrı bir önem arz etmektedir. Birleşim noktaları, elemanın burkulmasına neden olacak kuvvetleri karşılayabilecek şekilde tasarlanmalı ve boyutlandırılmalıdır. Burkularak akma (basınç kuvveti) veya akma (çekme kuvveti) durumunda birleşim noktaları söz konusu kuvvetleri karşılayarak taşıyıcı sistemin zarar görmesini mümkün mertebe engellemelidir.

Yukarıda söz edilen durumlara binaen DBYBHY 2007’de; “Binanın bir aksı üzerindeki düşey merkezi çapraz elemanlar, o aks doğrultusundaki depremde ve her bir deprem yönünde etkiyen yatay kuvvetlerin en az %30’u ve en çok %70’i basınca çalışan çaprazlar tarafından karşılanacak şekilde düzenlenecektir.” ibaresi bulunmaktadır.

Merkezi çaprazlı çelik çerçeve çeşitleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.1. DBYBHY 2007'ye Göre Merkezi Çaprazlı Sistemler

Diagonal çaprazlar, hem basınç, hem de çekme kuvvetini karşılayacak şekilde tasarlanırlar. Fakat bu durumda hem eleman kesiti artacağından hem de sistemde asimetric davranışlar ortaya çıkacağından diagonal çapraz yerin çift çaprazlı sistem kullanmak daha avantajlıdır. X çaprazlarda elemanlardan biri basınca, diğeri çekmeye çalışmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi deprem kuvvetlerini çekmeye çalışan çapraz elemanın karşılaması talebiyle düzenleme yapılır. V ve ters V çaprazlar da X çaprazları gibi bir elemanı basınca, bir elemanı da çekmeye çalışan





Yukarıdaki şekilde aksel kuvvete maruz kalan bir tekil çapraz elemanın davranışını göstermektedir. Şekilde P, eleman üzerine gelen kuvveti,  $\delta$  boy kısalmasını,  $\Delta$  ise elemanın orta noktasının eksene dik yer değiştirmesidir. Buna göre;

O noktasında yüksüz olan çapraz elemanı, yük almaya başladıktan itibaren elastik sınırlar içerisinde kısalarak A noktasına ulaşır. A noktasında burkulma olur.

Çaprazın burkulması kısalmasına ve yanal deplasman yapmasına neden olur. Aksel kuvvetten dolayı plastik yük taşıma kapasitesi azalır. BA çizgisi üzerinde eleman hala elastik sınırlar içindedir. Eğer burada yük boşaltılırsa eleman BAO çizgisini izleyerek geri dönüş yapar. Yük halindeyken B noktasına gelindiğinde plastik mafsallaşma başlar.

BC noktasında kesit orta bölgesindeki plastik mafsallaşma artar. Kesitte yanal şekil değiştirmeler artarken aksel rijitlik azalmaya başlar ve C noktasına erişilir. Sistem bu haldeyken yük boşaltması yapılırsa, C noktasından sonraki geri dönüşüm elastik olur. Yük sıfırlandığında yanal ve aksel deformasyonlar kalıcı olur.

D noktasına doğru tekrar yükleme yapılırsa uygulanan kuvvet çekme kuvvetine dönüşür ve davranış D noktasına kadar elastiktir. D noktasından itibaren yine plastik mafsalaşmaya başlar.

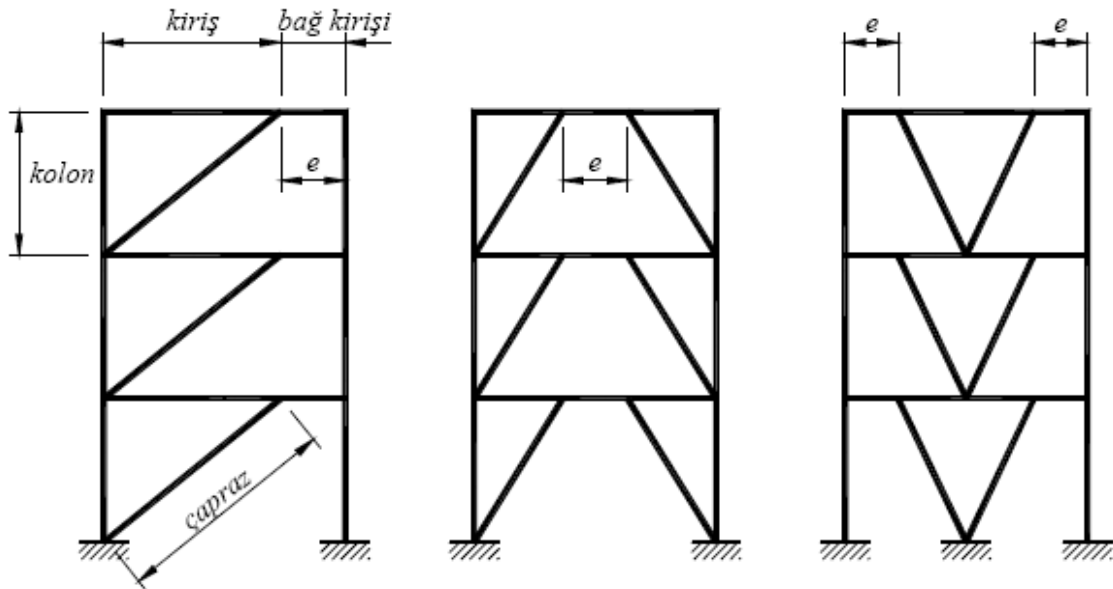
Çekme kuvvetinin artmasıyla çaprazda aksel plastik şekil değiştirmeler meydana gelir ve EF eğri parçasında oluşan plastik mafsalaşma dönmesi, BC eğri parçasındaki ters yönünde olur. Bu sırada  $\Delta$  enine deplasmanı azalır.

FG bölgesinde çekme yükü boşaltılıp tekrar basınç kuvveti uygulanarak yük çevrimi devam ettiğinde, çaprazda meydana gelen plastik dönmelerden meydana gelen kalıcı şekil değiştirmelerden dolayı burkulma yükü küçülür. Buradan sonra yük çevrimi devam ederse, elemanın göstereceği davranış narinliğine bağlı olacaktır. Bu grafiğe ait davranış, orta narinlikte çapraz elemanlarda oluşur. Çaprazın narinliği küçükse burkulmaya pek mahal verilmez ve eleman aksel kuvvete göre akma durumuna

geçerek enerji yutar. Eğer narinlik büyükse eleman plastik davranış göstereceği için enerji yutması söz konusu olmaz.

### 2.5.3. Dışmerkez çaprazlı çerçeveler

Dışmerkez çaprazlı çerçeveler, çapraz elemanların yataydaki çerçeve elemanına birleştikleri noktada belli bir “e” mesafesi oluşturarak bağlanmasıyla teşkil edilen sistemlerdir. Bu “e” mesafesine bağlantı kirişi denir. Dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelerin geometrik formları DBYBHY 2007’de de belirtildiği şekilde aşağıdaki gibidir.



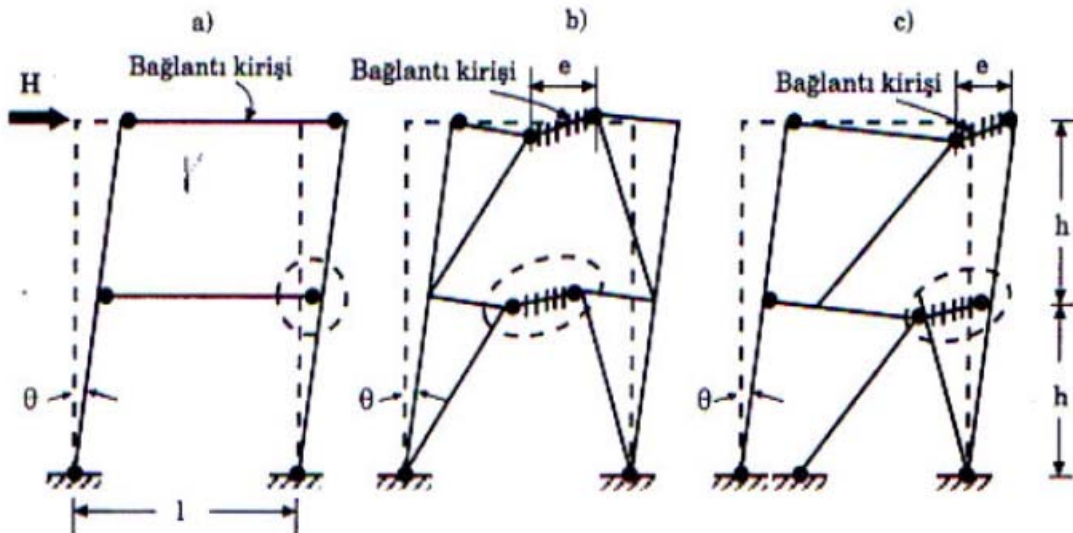
Şekil 2.4. DBYBHY 2007' ye Göre Dışmerkez Çaprazlı Sistemler

Dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelerin karakteristik özellikleri; yüksek elastik rijitliğe sahip olmaları, çevrimsel yükler altında yüksek süneklik ve enerji yutma kapasiteleridir. Merkezi çaprazlı çerçevelerin aksine yanal rijitlik kapasitesi, süneklik ve enerji yutma kapasitesi yüksek olan dışmerkez çaprazlı sistemler, yıkıcı deprem etkileri görülen bölgelerde tercih edilen sistemlerdir.

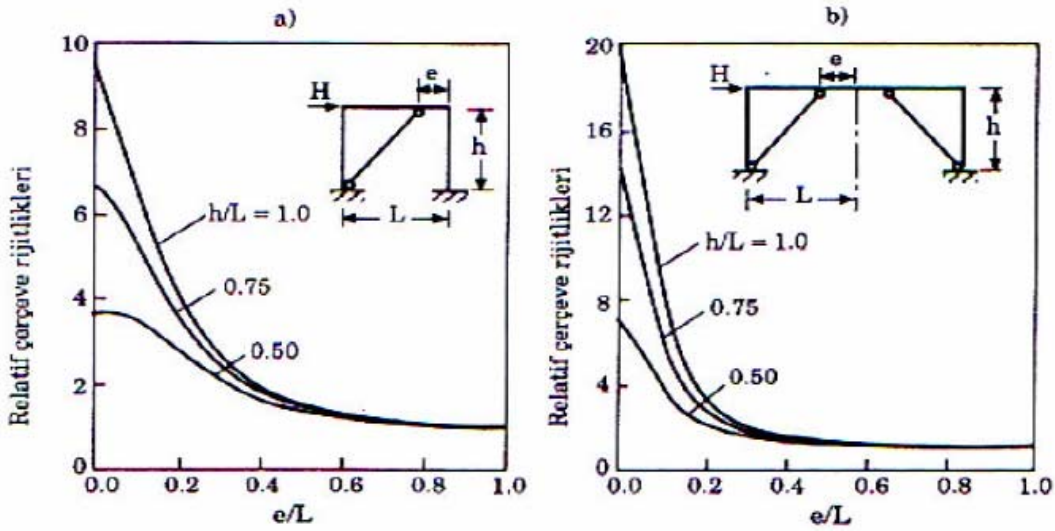
Dışmerkez çaprazlı sistemler, yapısal davranış olarak moment aktaran çerçevelere benzerler. Moment aktaran çerçeve sistemleri, yanal kuvvete karşı sünek bir davranış gösterirler. Fakat bu noktada özellikle çok katlı binalarda ortaya çıkan kat

ötelenmelerinin sınırlandırılması durumunu göz önüne almak gerekir. Dışmerkez çaprazlı sistemler kat ötelenmelerini sınırlandırmada önemli rol oynarlar. Dışmerkez çaprazlı sistemlerde sünek davranışı bağlantı kirişinin sağladığı kabul edilir. Çapraz elemanların çerçeve kirişi üzerinde “e” kadar bir uzunlukta dışmerkez bir noktaya bağlanmasıyla, yatay yükler altında meydana gelecek plastik deformasyonlar ve enerjinin yutulması ile ilgili durumlar, bu dışmerkez nokta yani bağlantı kirişi tarafından gerçekleştirilecektir. Bu kabulün amacı, tasarım üzeri yanal sismik etkiler ile karşı karşıya kalındığında çapraz elemanların burkulmasına yer vermemektir. Bu ifadelerden hareketle, bağlantı kirişinin özenle dizayn edilmesi gerektiği görülmektedir. Uygun bir şekilde dizayn edilen ve detaylandırılan bağlantı kirişleri, yük çevrimlerinde ve tersinir yükler altında uzun süre büyük şekil değiştirmelerle büyük miktarda enerjiyi tüketebildikleri ifade edilmektedir. Bağlantı kirişinin boyunun azaltılmasıyla çerçeve rijitliği artırılabilir. Buna rağmen bağlantı kirişinin boyu azaltıldığında çerçevenin süneklik kapasiteleri azalacaktır. Ayrıca deprem yükü altında gövde buruşmasından kaynaklanan dayanım azalma tehlikesine karşın bağlantı kirişinin berkitme levhalarıyla güçlendirilmesi gerekmektedir.

Dışmerkez çaprazlı sistemler ile merkezi çaprazlı sistemler arasındaki yanal rijitlik farkı aşağıda verilen şekil diyagramları yardımıyla açıklanabilir.



Şekil 2.5. Dışmerkez Çerçeve Deformasyonları



Şekil 2.6. Dışmerkez Plastik Deformasyon Grafikleri

$e/L = 0$  eşitliği moment aktaran çerçeveye,  $e/L = 1$  eşitliği ise merkezi çaprazlı çerçeveye tekabül eder. Rölatif çerçeve rijitliği ile dışmerkez çaprazlı çerçeveler ile moment aktaran çerçeveler arasındaki oranı göstermek için kullanılır. Diyagramlarda da görüldüğü üzere,  $e/L = 1$  durumuna karşılık gelen moment aktaran çerçeve sisteminde yanal rijitlik çaprazlı sistemlere göre minimum seviyeye düşmektedir. Moment aktaran çerçevelerle dışmerkez çaprazlı çerçeveler karşılaştırıldığında, aynı yanal açısal sapma ( $\theta$ ) için farklı sünek davranış göstermektedir. Ayrıca dışmerkez sistemlerde bağlantı kirişindeki plastik dönmeler meydana gelmesine karşın, çaprazlanmamış sistemde sünek davranış diğerlerine oranla en düşüktür. Bunun nedeni moment aktaran rijit çerçeve sistemindeki plastik mafsalların da  $\theta$  kadar plastik dönme yapmış olmalarıdır.

Burada da görülüyor ki, dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelerdeki bağlantı kirişleri sistemin can damarını oluşturmaktadır. Bu yüzden dışmerkez çaprazlı bir sistem çözüldüğünde, bağlantı kirişi boyutlandırılması öncelikli olmalı ve çerçeve sistemi bağlantı kirişine gelen maksimum kuvvetlere göre boyutlandırılmalıdır.

## **2.6. DBYBHY 2007'ye Göre Merkezi Ve Dışmerkez Çerçevelerin Tasarım Kuralları**

### **2.6.1. Giriş**

Merkezi ve dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelerin tasarımı, bu çalışmanın amacına uygun olarak “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” te belirtilen esaslara göre yapılacaktır. Yönetmelikte çaprazlı sistemler;

- Süneklik Düzeyi Yüksek Merkezi Çelik Çaprazlı Perdeler
- Süneklik Düzeyi Normal Merkezi Çelik Çaprazlı Perdeler
- Süneklik Düzeyi Yüksek Dışmerkez Çelik Çaprazlı Perdeler

olarak üç ana başlık altında incelenmektedir.

### **2.6.2. Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdeler**

Enkesit Koşulları

(Md.4.6.1.1) Süneklik düzeyleri yüksek merkezi çelik çaprazlı perdelerin kiriş, kolon ve çaprazlarında başlık genişliği/kalınlığı, gövde yüksekliği/kalınlığı ve çap/kalınlık oranlarına ilişkin koşullar aşağıdaki tabloda verilmiştir (Bölüm 4, Tablo 4.3).

Eleman Tanımı	Narinlik Oranları	Sınır Değerler	
		Süneklik Düzeyi Yüksek Sistem	Süneklik Düzeyi Normal Sistem
Eğilme ve Eksenel basınç etkisindeki I Kesitlerinde U Kesitlerinde	$b/2t$ $b/t$	$0.3\sqrt{E_s/\sigma_s}$	$0.5\sqrt{E_s/\sigma_s}$
Eğilme etkisindeki I Kesitleri U Kesitleri	$h/t_w$	$3.2\sqrt{E_s/\sigma_s}$	$5.0\sqrt{E_s/\sigma_s}$
Basınç etkisindeki T Kesitleri L Kesitleri	$h/t_w$	$0.3\sqrt{E_s/\sigma_s}$	$0.5\sqrt{E_s/\sigma_s}$
Eğilme ve eksenel basınç etkisindeki I Kesitleri U Kesitleri	$h/t_w$	$ N_d/\sigma_s A  \leq 0.10$ için $3.2\sqrt{E_s/\sigma_s} \left(1 - 1.7 \left  \frac{N_d}{\sigma_s A} \right  \right)$	$ N_d/\sigma_s A  \leq 0.10$ için $5.0\sqrt{E_s/\sigma_s} \left(1 - 1.7 \left  \frac{N_d}{\sigma_s A} \right  \right)$
		$ N_d/\sigma_s A  > 0.10$ için $1.33\sqrt{E_s/\sigma_s} \left(2.1 - \left  \frac{N_d}{\sigma_s A} \right  \right)$	$ N_d/\sigma_s A  > 0.10$ için $2.08\sqrt{E_s/\sigma_s} \left(2.1 - \left  \frac{N_d}{\sigma_s A} \right  \right)$
Eğilme veya eksenel basınç etkisindeki dairesel halka kesitler (borular)	$D/t$	$0.05 \frac{E_s}{\sigma_s}$	$0.08 \frac{E_s}{\sigma_s}$
Eğilme veya eksenel basınç etkisindeki dikdörtgen kutu kesitler	$b/t$ veya $h/t_w$	$0.7\sqrt{E_s/\sigma_s}$	$1.2\sqrt{E_s/\sigma_s}$
<p><b>Tanımlar</b></p> <p><math>b</math> : I , U kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde başlık genişliği</p> <p><math>h</math> : I , U , T kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde gövde yüksekliği L kesitlerinde büyük kenar uzunluğu</p> <p><math>D</math> : dairesel halka kesitlerde (borularda) dış çap</p> <p><math>t</math> : I , U , T kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde başlık kalınlığı halka kesitlerde (borularda) kalınlık</p> <p><math>t_w</math> : I , U , T , L kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde gövde kalınlığı</p>			

Şekil 2.7. DBYBHY 2007 Bölüm 4, Tablo 4.3' deki Enkesit Koşulları

(Md.4.6.1.2) Çatı ve düşey çapraz sistemlerinin tüm basınç elemanlarında narinlik oranı (çubuk burkulma boyu/atalet yarıçapı)  $4\sqrt{E_s/\sigma_c}$  sınır değerini aşmayacaktır.

(Md.4.6.1.3) Çok parçalı çaprazlarda bağ levhalarının aralıkları, ardışık iki bağ levhası arasındaki tek elemanın narinlik oranı tüm çubuğun narinlik oranının 0.40 katını aşmayacak şekilde belirlenecektir. Çok parçalı çaprazın burkulmasının bağ levhasında kesme etkisi oluşturmadığının gösterilmesi halinde, bağ levhalarının aralıkları, iki bağ levhası arasındaki tek çubuğun narinlik oranı çok parçalı çubuğun etkin narinlik oranının 0.75 katını aşmayacak şekilde belirlenebilir. Bağ levhalarının toplam kesme kuvveti kapasitesi, her bir çubuk elemanının aksel çekme kapasitesinden daha az olmayacaktır. Her çubukta en az iki bağ levhası kullanılacak ve bağ levhaları eşit aralıklı olarak yerleştirilecektir. Bulonlu bağ levhalarının, çubuğun temiz açıklığının orta dörtte birine yerleştirilmesine izin verilmez.

#### Yatay Yüklerin Dağılımı

Binanın bir aksı üzerindeki düşey merkezi çapraz elemanlar, o aks doğrultusundaki depremde ve her bir deprem yönünde etkiyen yatay kuvvetlerin en az %30'u ve en çok %70'i basınca çalışan çaprazlar tarafından karşılanacak şekilde düzenlenecektir.

#### Çaprazların Birleşimleri

(Md.4.6.3.1) Çaprazların birleşim detaylarında, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan iç kuvvetler altında gerekli gerilme kontrolleri yapılacaktır. Ayrıca, birleşimin taşıma kapasitesi aşağıda tanımlanan iç kuvvetlerden küçük olanını da sağlayacaktır:

(a) Çaprazın aksel kuvvet (çekme veya basınç) kapasitesi.

(b) Düğüm noktasına birleşen diğer elemanların kapasitelerine bağlı olarak, söz konusu çaprazla aktarılabilecek en büyük aksel kuvvet.

$$c) 1.0 G + 1.0 Q \pm \Omega_0 E \quad (\text{Denk.4.1a}) \text{ ve}$$

$$0.9 G \pm \Omega_0 E \quad (\text{Denk.4.1b})$$

denklemlerinde verilen arttırılmış yükleme durumlarından meydana gelen çapraz aksel kuvveti.

(Md.4.6.3.2) Birleşimin taşıma kapasitesinin hesabında, aşağıda verilen gerilme sınır değerleri kullanılacaktır. (Bölüm 4.2.5)

Yapı elemanlarının iç kuvvet kapasiteleri:

$$\text{Eğilme momenti kapasitesi :} \quad M_p = W_p \sigma_a$$

$$\text{Kesme kuvveti kapasitesi :} \quad V_p = 0.60 \sigma_a A_k$$

$$\text{Eksenel basınç kapasitesi :} \quad N_{b_p} = 1.7 \sigma_{bem} A$$

$$\text{Eksenel çekme kapasitesi :} \quad N_{ç_p} = \sigma_a A_n$$

(Md.4.6.3.3) Çaprazları kolonlara ve/veya kirişlere bağlayan düğüm noktası levhaları aşağıdaki iki koşulu da sağlayacaklardır:

(a) Düğüm noktası levhasının düzlemi içindeki eğilme kapasitesi, düğüm noktasına birleşen çaprazın eğilme kapasitesinden daha az olmayacaktır.

(b) Düğüm noktası levhasının düzlem dışına burkulmasının önlenmesi amacıyla, çaprazın ucunun kiriş veya kolon yüzüne uzaklığı düğüm levhası kalınlığının iki katından daha fazla olmayacaktır. Buna uyulamadığı durumlarda, ilave berkitme levhaları kullanarak, düğüm levhasının düzlem dışına burkulması önlenecektir.

Özel Çapraz Düzenleri İçin Ek Koşullar

(Md.4.6.4.1) V veya ters V şeklindeki çapraz sistemlerinin sağlaması gereken ek koşullar aşağıda verilmiştir:

(a) Çaprazların bağlandığı kirişler sürekli olacaktır.



(b) Çaprazlar düşey yüklerin ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında boyutlandırılacaktır. Ancak çaprazların bağlandığı kirişler ve uç bağlantıları, çaprazların yok sayılması durumunda, kendi üzerindeki düşey yükleri güvenle taşıyacak şekilde boyutlandırılacaktır.

(c) Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin kirişleri için Bölüm 4.3.6'da verilen koşullar çaprazların bağlandığı kirişler için de aynen geçerlidir. Bu koşullar;

Kirişlerin üst ve alt başlıkları yanal doğrultuda mesnetlenecektir. Kirişlerin yanal doğrultuda mesnetlendiği noktalar arasındaki  $\ell_b$  uzaklığı;

$$\ell_b \leq 0.086 \frac{r_y E_s}{\sigma_a}$$

koşulunu sağlayacaktır. Ayrıca, tekil yüklerin etkidiği noktalar, kiriş enkesitinin ani olarak değiştiği noktalar ve sistemin doğrusal olmayan şekil değiştirmesi sırasında plastik mafsalları oluşabilecek noktalar da yanal doğrultuda mesnetlenecektir.

Yanal doğrultudaki mesnetlerin gerekli basınç ve çekme dayanımı, kiriş başlığının aksenal çekme kapasitesinin 0.02'sinden daha az olmayacaktır.

Betonarme döşemelerin çelik kirişler ile kompozit olarak çalıştığı çelik taşıyıcı sistemlerde, kirişlerin betonarme döşemeye bağlanan başlıklarında, yukarıdaki koşullara uyulması zorunlu değildir.

(Md.4.6.4.2) Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdelerde K şeklindeki çapraz düzenine izin verilemez.

#### Kolon Ekleri

(Md.4.6.5.1) Kolon ekleri kolon serbest yüksekliğinin ortadaki 1/3'lük bölgesinde yapılacaktır.

(Md.4.6.5.2) Kolon eklerinin eğilme dayanımı eklenen elemanlardan küçüğünün eğilme kapasitesinin %50'sinden, kesme kuvveti dayanımı ise eklenen elemanlardan küçüğünün kesme kapasitesinden daha az olmayacaktır. Ayrıca, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kolon eklerinin aksenal kuvvet taşıma güçleri Denk.(4.1a) ve Denk.(4.1b)'de verilen arttırılmış deprem yüklemelerinden oluşan basınç ve çekme kuvvetleri altında da (eğilme momentleri gözönüne alınmaksızın) yeterli olacaktır. Ek elemanlarının hesabında, 4.2.5'te verilen kaynak ve bulon gerilme kapasiteleri kullanılacaktır. 4.2.5' deki ilgili koşullar ise şöyledir.

Birleşim elemanlarının gerilme sınır değerleri:

Tam penetrasyonlu kaynak :  $\sigma_a$

Kısmi penetrasyonlu küt kaynak

veya köşe kaynağı :  $1.7 \sigma_{em}$

Bulonlu birleşimler :  $1.7 \sigma_{em}$

### 2.6.3 Süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdeler

Enkesit Koşulları

(Md.4.7.1.1) Süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdelerin kiriş, kolon ve çaprazlarında, başlık genişliği/kalınlığı, gövde yüksekliği/kalınlığı ve çap/kalınlık oranlarına ilişkin koşullar Tablo 4.3'te verilmiştir. Ancak en çok iki katlı binalarda, gerekli yerel burkulma kontrollerinin yapılması koşulu ile, bu sınırların aşılmasına izin verilebilir.

(Md.4.7.1.2) Çatı ve düşey düzlem çapraz sistemlerinin tüm basınç elemanlarında narinlik oranı (çubuk burkulma boyu/atalet yarıçapı)  $4.0 E_s / \sigma$  a sınır değerini aşmayacaktır.

(Md.4.7.1.3) Çok parçalı çaprazlarda, TS648'in bağ levhalarına ilişkin kuralları geçerlidir. Her çubukta en az iki bağ levhası kullanılacaktır.

(Md.4.7.1.4) Sadece çekme kuvveti taşıyacak şekilde hesaplanan çaprazlarda narinlik oranı 250'yi aşmayacaktır. Ancak en çok iki katlı binalardaki çapraz elemanların Bölüm 2'ye göre hesaplanan çekme kuvvetinin Tablo 4.2'deki  $\Omega_0$  katsayısı ile çarpımını taşıyacak şekilde boyutlandırılmaları halinde bu kural uygulanmayabilir.

#### Çaprazların Birleşimleri

(Md.4.7.2.1) Çaprazların birleşim detaylarında, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan iç kuvvetler altında gerekli gerilme kontrolleri yapılacaktır. Ayrıca, birleşimin taşıma kapasitesi aşağıda tanımlanan iç kuvvetlerden küçük olanını da sağlayacaktır:

(a) Çaprazın aksenal kuvvet (çekme veya basınç) kapasitesi.

(b) Denk.(4.1a) ve Denk.(4.1b)'de verilen arttırılmış yüklemelerden meydana gelen çapraz aksenal kuvveti.

(c) Düğüm noktasına birleşen diğer elemanlar tarafından söz konusu çapraza aktarılabilecek en büyük kuvvet.

(Md.4.7.2.2) Birleşimin taşıma kapasitesinin hesabında, 4.2.5'te verilen gerilme sınır değerleri kullanılacaktır.

(Md.4.7.2.3 ) Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdeler için 4.6.3.3' te verilen koşullar süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdeler için de geçerlidir.

#### Özel Çapraz Düzenleri İçin Ek Koşullar

(Md.4.7.3.1) Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdeler için 4.6.4.1(a) ve 4.6.4.1(b)' de verilen koşullar süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdeler için de geçerlidir.

(Md.4.7.3.2) Süneklik düzeyi normal çerçevelerin kirişleri için 4.4.4’de verilen koşullar çaprazların bağlandığı kirişler için de aynen geçerlidir.

#### 2.6.4 Süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çelik çaprazlı perdeler

##### Enkesit Koşulları

(Md.4.8.1.1) Süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çelik çaprazlı perdelerin bağ kirişleri, diğer kirişleri, kolon ve çaprazlarında *başlık genişliği/kalınlığı*, *gövde yüksekliği/kalınlığı* ve *çap/kalınlık oranlarında* Tablo 4.3’teki koşullara uyulacaktır. Bağ kirişlerine ilişkin ek koşullar, 4.8.2’de verilmiştir.

(Md.4.8.1.2) Çaprazların narinlik oranı (çubuk burkulma boyu/atalet yarı.apı)  $4.0 E_s / \sigma_a$  sınır değerini aşmayacaktır.

(Md.4.8.1.3) Çok parçalı çaprazlar için 4.6.1.3’te verilen koşullar dışmerkez çelik çaprazlı perdeler için de aynen geçerlidir.

##### Bağ Kirişleri

(Md.4.8.2.1) Süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çelik çaprazlı perdelerde, her çapraz elemanın en az bir ucunda bağ kirişi bulunacaktır.

(Md.4.8.2.2) Bağ kirişinin boyu, 4.8.8.1’deki özel durumun dışında, aşağıdaki şekilde belirlenebilir.

$$1.0M_p / V_p \leq e \leq 5.0M_p / V_p$$

Bu bağıntıdaki  $M_p$  eğilme momenti ve  $V_p$  kesme kuvveti kapasiteleri Denk.(4.2a) ve Denk.(4.2b) ile hesaplanacaktır.

$$\text{Eğilme momenti kapasitesi : } M_p = W_p \sigma_a \quad (4.2a)$$

$$\text{Kesme kuvveti kapasitesi : } V_p = 0.60 \sigma_a A_k \quad (4.2b)$$

(Md.4.8.2.3) Baę kiriřleri, dūřey yūklere ve Bōlüm 2'ye gōre hesaplanan deprem etkilerinden oluřan tasarım iē kuvvetleri (kesme kuvveti, eęilme momenti ve aksenal kuvvet) altında boyutlandırılacaktır.

(Md.4.8.2.4) Bağ kirişinin  $V_d$  tasarım kesme kuvveti, aşağıdaki koşulların her ikisini de sağlayacaktır.

$$V_d \leq V_p \quad \text{Denk.(4.14)}$$

$$V_d \leq 2M_p / e \quad \text{Denk.(4.15)}$$

(Md.4.8.2.5) Bağ kirişi tasarım aksenal kuvvetinin  $N_d / \sigma_a A \geq 0.15$  olması halinde, Denk.(4.14) ve Denk.(4.15)'te  $M_p$  ve  $V_p$  yerine;

$$M_{pn} = 1.18 M_p \left[ 1 - \frac{N_d}{\sigma_a A} \right]$$

$$V_{pn} = V_p \sqrt{1 - (N_d / \sigma_a A)^2} \quad \text{değerleri kullanılacaktır.}$$

(Md.4.8.2.6) Baę kirişinin gōvde levhası tek parēa olacak, gōvde dūzlemi iēinde takviye levhaları bulunmayacaktır. Gōvde levhasında boşluk aēılmayacaktır.

#### Bağ Kirişinin Yanal Doğrultuda Mesnetlenmesi

(Md.4.8.3.1) Baę kirişinin ūst ve alt başlıkları kirişin iki ucunda, kolon kenarında dūzenlenen baę kirişlerinde ise kirişin bir ucunda, yanal doğrultuda mesnetlenecektir. Yanal doğrultudaki mesnetlerin gerekli dayanımı, kiriş başlığının aksenal ēekme kapasitesinin 0.06'sından daha az olmayacaktır.

(Md.4.8.3.2) Ayrıca, bağ kirişi dışında kalan kiriş bōlümü de,  $0.45b_{or} \sqrt{E_s / \sigma_a}$  aralıklarla yanal doğrultuda mesnetlenecektir. Bu mesnetlerin gerekli dayanımı, kiriş başlığının aksenal ēekme kapasitesinin 0.01'inden daha az olmayacaktır.

(Md.4.8.3.3) Betonarme döşemelerin çelik kirişler ile kompozit olarak çalıştığı çelik taşıyıcı sistemlerde yukarıdaki koşullara uyulması zorunlu değildir.

#### Bağ Kirişinin Dönme Açısı

Bağ kirişinin bulunduğu  $i'$  inci katın Bölüm2 de tanımlanan  $\Delta_i$  görelî kat ötelemesine bağlı olarak

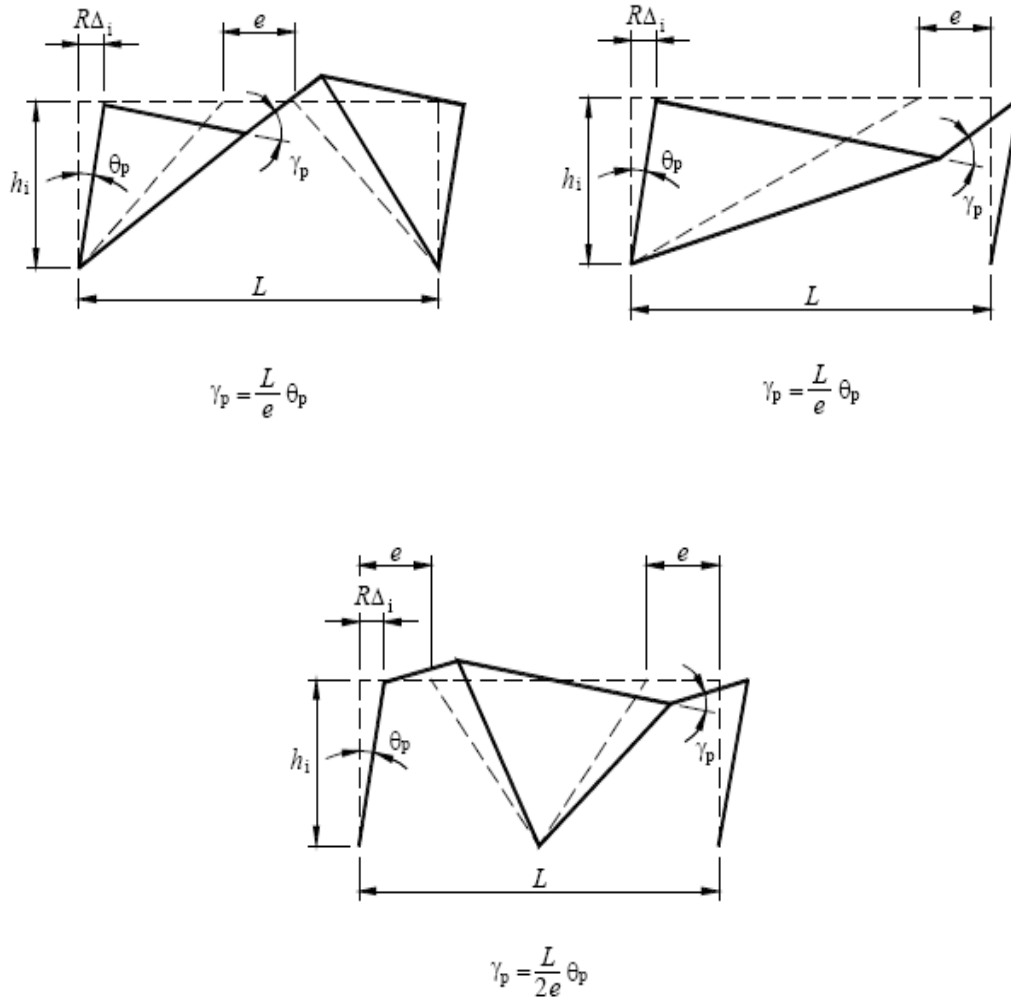
$$\theta_p = R \frac{\Delta_i}{h_i}$$

denklemi ile bulunan görelî kat ötelemesi açısından dolayı, bağ kirişî ile bu kirişin uzantısındaki kat kirişî arasında meydana gelen  $\gamma_p$  bağ kirişî dönme açısı aşağıda verilen sınır değerleri aşmayacaktır.

(a) Bağ kirişî uzunluğunun  $1.6M_p/V_p$  'ye eşit veya daha küçük olması halinde 0.10 radyan.

(b) Bağ kirişî uzunluğunun  $2.6M_p/V_p$  'ye eşit veya daha büyük olması halinde 0.03 radyan.

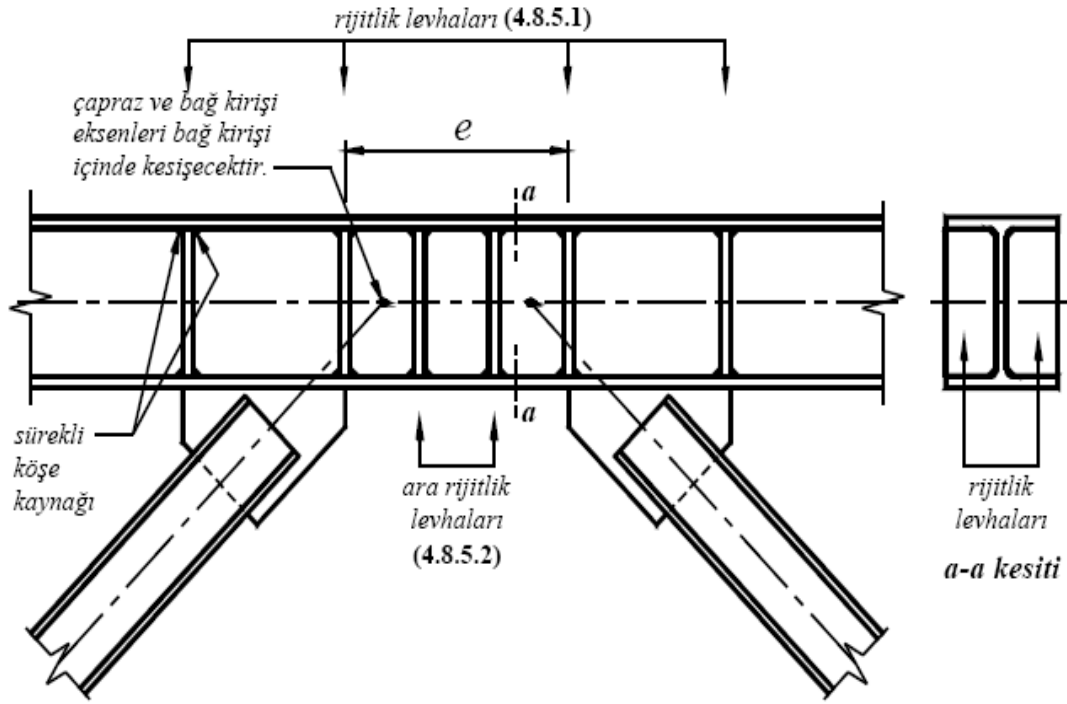
Bağ kirişî uzunluğunun bu iki sınır değer arasında olması halinde doğrusal interpolasyon yapılacaktır.



Şekil 2.8. Dışmerkez Çaprazların Dönme Açıları

### Rijitlik (Berkitme) Levhaları

(Md.4.8.5.1) Çapraz elemanların bağ kirişine ve uzantılarına doğrudan yük aktardığı uçlarında rijitlik levhaları düzenlenecektir. Rijitlik levhaları, aksi belirtilmedikçe, bağ kirişi gövde levhasının her iki tarafına konulacak, gövde levhası yüksekliğinde ve  $(b_{bf} \sim t_w) / 2$  genişliğinde olacaktır. rijitlik levhalarının kalınlığı, gövde levhası kalınlığının 0.75'inden ve 10 mm'den az olmayacaktır. Rijitlik levhalarını bağ kirişinin gövdesine bağlayan sürekli köşe kaynakları, rijitlik levhasının enkesit alanı ile malzeme akma gerilmesinin çarpımından oluşan kuvvetleri aktaracak kapasitede olacaktır.



Şekil 2.9. DBYBHY 2007' de Tipik Dışmerkez Çapraz Orta Bağlantı Düzeni

(Md.4.8.5.2) Bağlantı kirişi uçlarındaki rijitlik levhalarına ek olarak, aşağıda tanımlanan ara rijitlik levhaları konulacaktır:

(a) Boyu  $1.6M_p / V_p$  'den daha kısa olan bağ kirişlerinde ara rijitlik levhalarının ara uzaklıkları, bağ kirişi dönme açısının  $0.10$  radyan olması halinde  $(30t_w - d_b/5)$ 'den, bağ kirişi dönme açısının  $0.03$  radyandan daha küçük olması halinde ise  $(52 t_w - d_b/5)$ 'den daha fazla olmayacaktır. Dönme açısının ara değerleri için doğrusal interpolasyon yapılacaktır.

(b) Boyu  $2.6M_p / V_p$  'den büyük ve  $5M_p / V_p$  'den küçük olan bağ kirişlerinde, bağ kirişi uçlarından  $1.5b_{bf}$  uzaklıkta birer rijitlik levhaları konulacaktır.

(c) Boyu  $1.6M_p / V_p$  ve  $2.6M_p / V_p$  arasında olan bağ kirişlerinde, (a) ve (b)'de belirtilen ara rijitlik levhaları birlikte kullanılacaktır.



Çaprazlar, kat kirişleri ve kolonlar

(Md.4.8.6.1) Bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yükleme, Bölüm 2'ye göre hesaplanan deprem etkilerinden oluşan iç kuvvetlerin, bağ kirişinde kesit sehimi sonucunda hesaplanan  $M_p/M_d$  ve  $V_p/V_d$  *Tasarım Büyütme Katsayıları*'nın küçüğü ile uyumlu olacak şekilde artırılması suretiyle belirlenecektir.

(Md.4.8.6.2) Çaprazlar, bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yüklemenin  $1.25D_a$  katından oluşan iç kuvvetlere göre boyutlandırılacaktır.

(Md.4.8.6.3) Kat kirişinin bağ kirişi dışında kalan bölümü, bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yüklemenin  $1.1D_a$  katından oluşan iç kuvvetlere göre boyutlandırılacaktır.

(Md.4.8.6.4) Kolonlarda, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan iç kuvvetler altında gerekli gerilme kontrolleri yapılacaktır. Ayrıca, kolonun taşıma kapasitesi aşağıda tanımlanan iç kuvvetlerden küçük olanlarını da sağlayacaktır:

(a) Bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yüklemenin  $1.1D_a$  katından oluşan iç kuvvetler.

(b) Denk.(4.1a) ve Denk.(4.1b)'de verilen arttırılmış yüklemelerden meydana gelen iç kuvvetler.

(Md.4.8.6.5) Çapraz, kat kirişi ve kolon en kesitlerinin iç kuvvet kapasiteleri Denk.(4.2)'de verilen bağıntılar ile hesaplanacaktır.

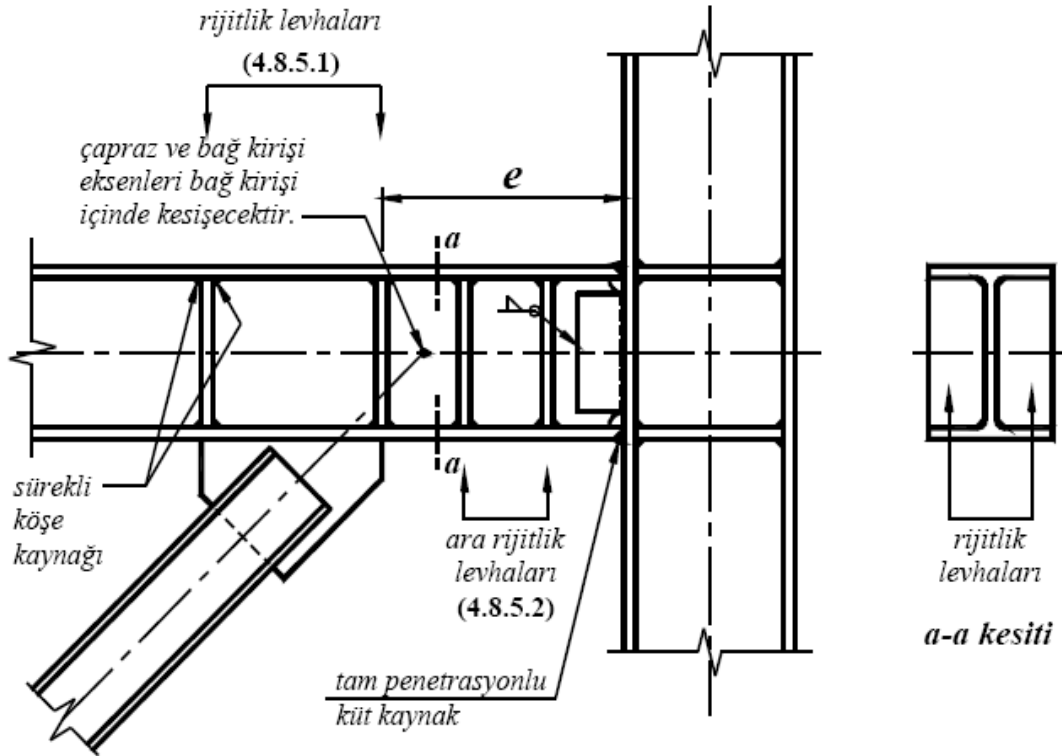
Çapraz – Bağ Kirişi Birleşimi

Çaprazların bağ kirişi ile birleşim detayı 4.8.6.2'de belirtilen şekilde hesaplanan arttırılmış iç kuvvetlere göre boyutlandırılacaktır.

### Bağ kirişi – kolon birleşimi

(Md.4.8.8.1) Kolona birleşen bağ kirişinin boyu  $e < 1.6M_p / V_p$  koşulunu sağlayacaktır.

(Md.4.8.8.2) Birleşimin kolon yüzündeki gerekli eğilme ve kesme dayanımları, sırasıyla bağ kirişinin  $M_p$  eğilme momenti kapasitesinden ve  $V_p$  kesme kuvveti kapasitesinden daha az olmayacaktır. Bağ kirişi başlıklarının kolona bağlantısı için tam penetrasyonlu küt kaynak uygulanacaktır



Şekil 2.10. DBYBHY 2007’de Tipik Dışmerkez Çapraz Kenar Birleşimi

### Kiriş – kolon birleşimi

Kat kirişinin bağ kirişi dışında kalan bölümünün kolon ile birleşim detayı kiriş gövde düzlemi içinde mafsallı olarak yapılabilir. Ancak bu bağlantı, kiriş başlıklarının aksenal çekme kapasitesinin 0.01’ine eşit, enine doğrultuda ve ters yönlü kuvvetlerin oluşturduğu burulma momentine göre boyutlandırılacaktır.

## 2.7 Moment Aktaran Çerçeveler Ve DBYBHY 2007' ye Göre Tasarım Kuralları

Çelik yapılar, çaprazlı birleşimlerin dışında moment aktaran çerçeveler adı altında da sınıflandırılmaktadırlar. Genellikle sismik hareketliliği düşük olan bölgelerde veya yapının kullanım amacı ve mimari taleplere istinaden inşa edilen moment aktaran çerçeveli sistemler, tamamıyla ana taşıyıcı elemanların çalışmasına bağlı olarak hesap edilirler. Bu bölümde, söz konusu yapı modelini, moment aktaran çerçeve olarak çözümlenerek meydana gelebilecek durumlar, çaprazlı sistemlerdeki parametreler doğrultusunda (deprem kuvveti, deplasman vb.) irdelenecektir. Aşağıda, moment aktaran çerçeveler ile ilgili genel bilgiler ve DBYBHY 2007' de moment aktaran çerçeveler için belirtilen prensipler verilecektir.

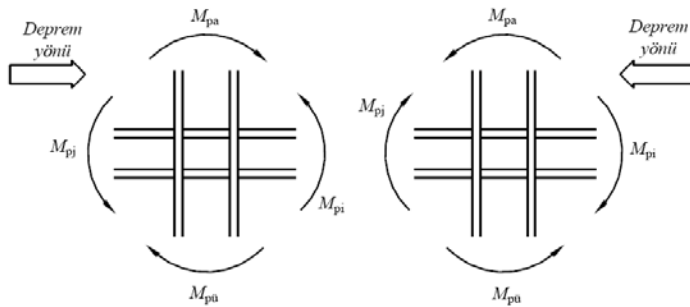
Moment aktaran çelik çerçeveler, kolon ve kirişlerin birbirleri ile dik olarak birleştirilmesinden meydana gelirler. Bu sistemle oluşturulan binalar, iç mahal ve cephelerde herhangi bir perde veya çapraz olmaması nedeniyle mimari ve açıdan tercih edilebilen sistemlerdir. Kaynaklı veya bulonlu birleşimlere sahip olan sistemin birleşim noktalarında meydana gelen davranışlar göz nüne alındığında çerçeve kesitleri ve bununla birlikte yapı ağırlığı düşünüldüğünde ekonomik açıdan dezavantajlı bir sistem olduğu göze çarpmaktadır. Yine yapı ağırlığı göz önüne alındığında, bir yapının deprem kuvvetinden ağırlığı oranında etkilenmesi durumundan hareketle, hafif yapı sistemi olmasıyla bilinen çelik yapıların bu durumda da bir avantaj kaybına uğrayacağı düşünülebilir.

DBYBHY 2007' de moment aktaran çerçeveler, süneklik düzeyi yüksek ve süneklik düzeyi normal çerçeveler adı altında ikiye ayrılır. Çerçeveye gelen yükler ve yapı davranışı ve ülkemizin deprem kuşağında olmasına binaen süneklik düzeyi yüksek çerçeve sistemleri tercih edilmektedir. Bununla beraber şu da belirtilmelidir ki; büyük sismik hareketlerin yaşandığı bölgelerde çerçeve sistemlerden ziyade çaprazlı sistemler, hem güvenlik hem de ekonomik açıdan daha çok kullanılırlar. Moment aktaran çelik çerçeveler, yatay kuvvetlere karşı kiriş ve kolonlarda oluşan kesme kuvveti ve eğilme momentiyle cevap verirler. Yatay yükler öncelikler kolon kiriş birleşimleriyle taşınır. Sistemin çalışma prensibi, çerçevenin taşıma sınır durumundan önce deprem enerjisini yutacak şekilde deformasyona uğramasıdır.

Depremi binaya aktardığı enerjinin kolonlardan ziyade kirişlerde tüketilmesi durumunda yapı daha sünek bir davranış göstermektedir.

DBYBHY 2007’ de süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çerçeveler ile ilgili “Kolonlar, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan aksel kuvvet ve eğilme momentleri altında gerekli gerilme kontrollerini sağlamaları yanında, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde arttırılmış yükleme durumlarından oluşan aksel basınç ve çekme kuvvetleri altında da (eğilme momentleri göz önüne alınmaksızın) yeterli dayanım kapasitesine sahip olacaktır.” ifadesi kullanılmaktadır.

Kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulunda ise, “Çerçeve türü sistemlerde veya perdeli-çerçevesel sistemlerin çerçevelerinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir kolon - kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların eğilme momenti kapasitelerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki eğilme momenti kapasiteleri toplamının 1.1Da katından daha büyük olacaktır.” İfadesi yer almaktadır.



Şekil 2.11 Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu

### Birleşim bölgeleri

Yukarıda verilen bilgiler çerçevesinde rahatlıkla söylenebilir ki; moment aktaran çelik çerçevelerin birleşim detaylarının özenle hesaplanması ve dizayn edilmesi gerekmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi, çerçeve sisteminin taşıma sınır durumundan önce deprem enerjisini yutacak şekilde deformasyona uğraması gerekir. Bu durumda deformasyonların emniyetli sınırlar içinde olabilmesi öncelikle birleşim bölgesindeki sünekliğe bağlıdır. Birleşim elemanlarının boyutlandırılmasında,

birleşim elemanı akma dayanımının en az eklenen elemanlar düzeyinde olması esas alınır.

DBYBHY 2007' de moment aktaran çelik çerçevelerin kolon – kiriş birleşim bölgelerinde şu üç koşulun sağlanması istenmektedir.

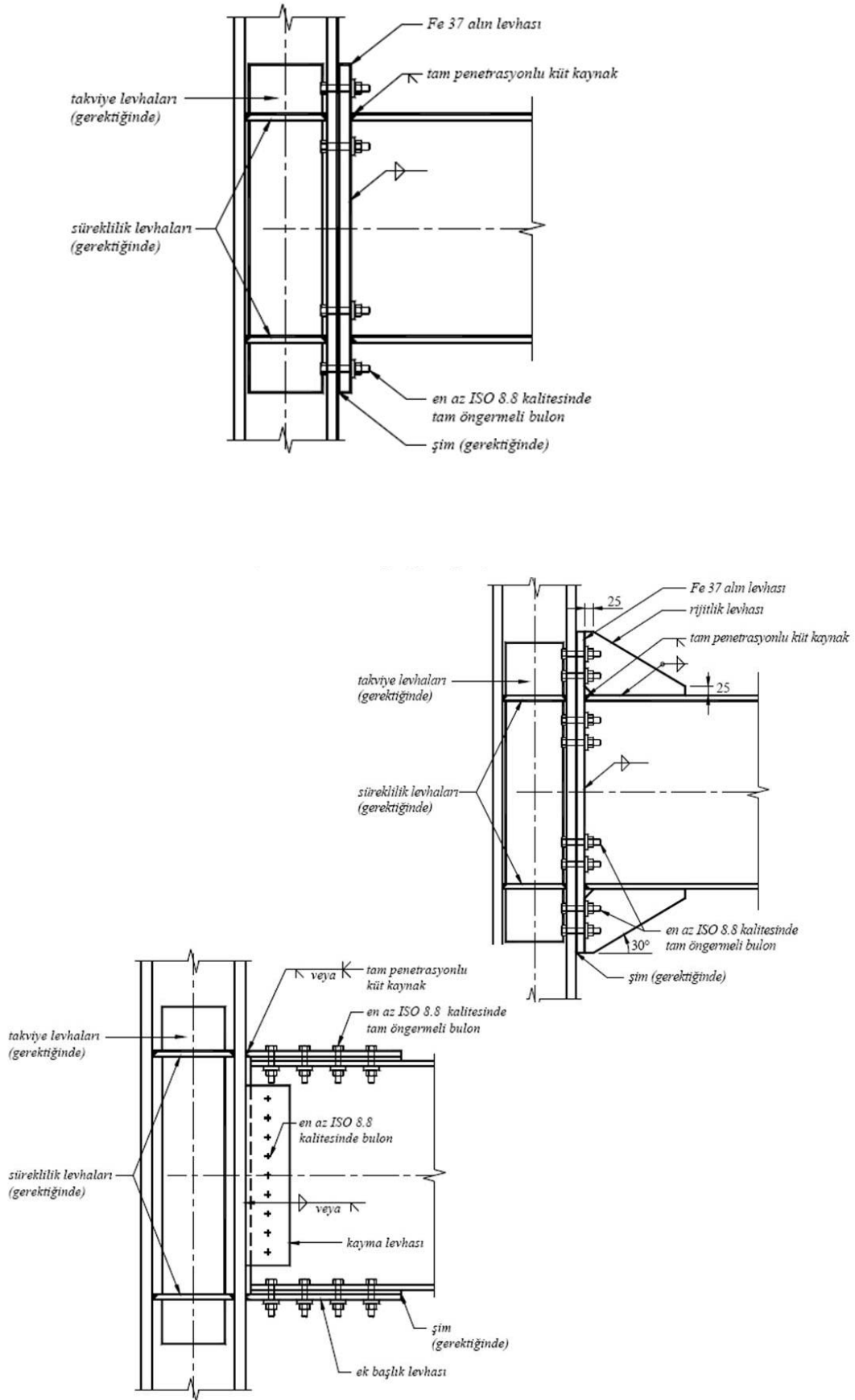
— Birleşim en az 0.04 radyan Göreli Kat ötelemesi Açısı'nı (görelî kat ötelemesi/kat yüksekliği) sağlayabilecek kapasitede olacaktır. Bunun için, deneysel ve/veya analitik yöntemlerle geçerliliği kanıtlanmış olan detaylar kullanılacaktır.

— Birleşimin kolon yüzündeki gerekli eğilme dayanımı, birleşen kirişin kolon yüzündeki eğilme momenti kapasitesinin  $0.80 \times 1.1D_a$  katından daha az olmayacaktır. Ancak bu dayanımın üst limiti, düğüm noktasına birleşen kolonlar tarafından birleşime aktarılan en büyük eğilme momenti ile uyumlu olacaktır. Ayrıca düşey yükler ve deprem yükü azaltma katsayısının  $R = 1.5$  değeri için hesaplanan deprem yüklerinin ortak etkisi altında meydana gelen eğilme momentini aşmayacaktır. Zayıflatılmış kirişenkesitleri kullanılması veya kiriş uçlarında guseler oluşturulması halinde, kolon yüzündeki eğilme momenti kapasitesi, kiriş plastik momenti ile kiriş ucundaki olası plastik mafsaldaki kesme kuvvetinden dolayı kolon yüzünde meydana gelen ek eğilme momenti toplanarak hesaplanacaktır.

— Birleşimin boyutlandırılmasında esas alınacak  $V_e$  kesme kuvveti;  $V_{dy}$ , Kirişin kolona birleşen yüzünde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti,  $M_{pi}$  ve  $M_{pj}$  kiriş uçlarındaki pozitif veya negatif moment kapasitesi ve  $l_n =$  Kiriş uçlarındaki olası plastik mafsal noktaları arasındaki uzaklık olmak üzere

$$V_p = 0.6 \sigma_a d_c t_p \left[ 1 + \frac{3b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_p} \right]$$

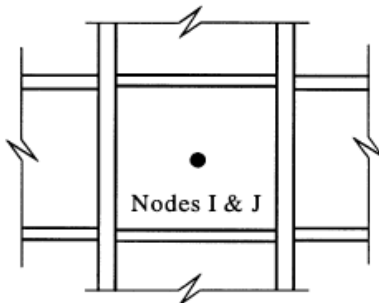
formülü ile hesaplanacaktır.



Şekil 2.12 DBYBHY 2007' de Yer Alan Bazı Birleşim Detayları (Ek4A)

## Panel bölgeleri

Çerçevelerde, kiriş başlıkları ile üstten ve alttan sınırlı olan kolon gövdesi, panel bölgesi olarak isimlendirilir. Panel bölgesi, kolon ve kiriş birleşimlerinde önemli bir bölgedir. Bir moment çerçevesi yatay yükle karşılaştığında, panel bölgesinde büyük kesme kuvvetleri meydana gelir. Panel bölgesinin deformasyonu sonucu, çerçeve davranışında elastik ve inelastik tepkiler meydana gelecek şekilde sistemi etkileyebilirler.

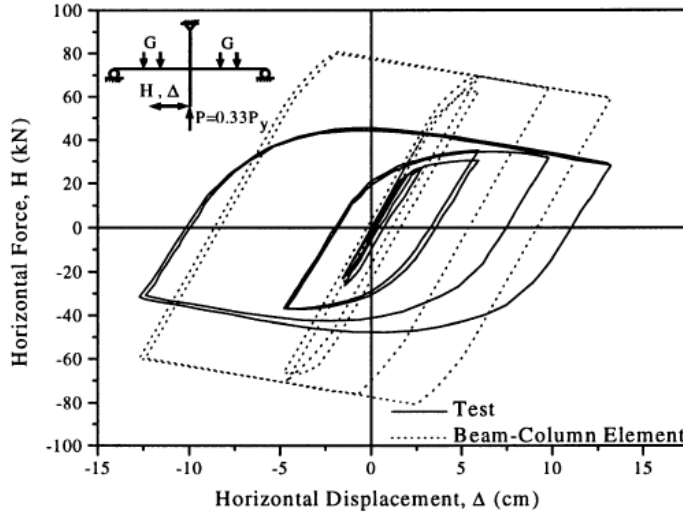


Şekil 2.13 Panel Bölgesi

Panel bölgesinin yük – deformasyon davranışları, bazı testlerle araştırılmıştır. Bu testlerden elde edilen bazı sonuçlar, aşağıdaki gibidir.

- Birleşim panel bölgeleri, statik kurallara uygun düzenlendiği zaman, malzemenin elastik sınırlar içerisindeki akma mukavemetinden çok daha fazla bir mukavemet gösterirler.
- Panel bölgesi deformasyonları, hem elastik hem de inelastik davranış çerçevesinde tüm çerçeve deformasyonlarını etkileyebilirler.
- Panel bölgesinin riitliği takviye levhalarıyla arttırılabilir.
- İnelastik bölgede panel bölgeleri tekil (monotonik) ve tekrarlı yüklemelerde sünek bir davranış gösterebilirler.

— Büyük inelastik panel bölgesi deformasyonları kolon – kiriş birleşimlerindeki kaynakların kırılma ihtimalini artırabilir. Bu etki, kolon flanşlarında lokal deformasyonlara ve buruşmalara neden olur.



Comparison of test results [4] and analytical results obtained by using center-to-center line dimension modeling.

Şekil 2.14 Moment Aktaran Çerçeve Analiz Sonuçları

Panel Bölgesi elemanı, esasen düğüm noktalarında kolon ve kiriş arasında moment aktaran dönel bir yay elemanıdır. Panel elemanın bir ölçüsü yoktur ve iki düğümü aynı noktada birbirine bağlar. Bu düğümlerden biri kolonu, diğeri kirişi temsil eder. Panel elemanı tarafından aktarılan moment, düğüm noktası oluşturan kolon ve kirişin rölatif dönmeleriyle ilişkilidir. İki düğümün yatay ve düşey çevrimleri özdeş olarak sınırlandırılır. Bu nedenle bir yatay ve bir düşey olmak üzere her düğüm noktasında iki serbestlik derecesi vardır.

Panel elemanlarının güçlendirilmesi ve düğüm noktalarında yapı sürekliliğinin sağlanması açısından panel bölgesinin takviye levhalarıyla desteklenebileceği ifade edilmişti. DBYBHY 2007’ de “kayma bölgesi” adı altında ifade edilen panel bölgesinin boyutlandırılması ile ilgili aşağıdaki ifadeler kullanılmaktadır.

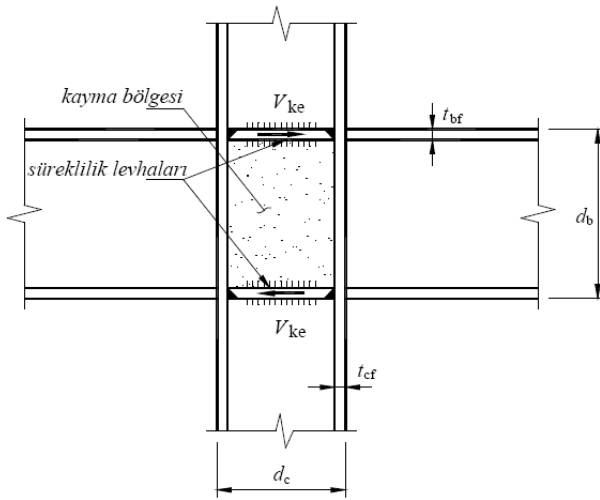
— Kayma bölgesinin gerekli kesme kuvveti dayanımı, düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki eğilme momenti kapasiteleri toplamının 0.80 katından meydana gelen kesme kuvvetine eşit alınacaktır.



— Kayma bölgesinin yeterli kesme dayanımına sahip olması için kesme kuvveti kapasitesinin kesme kuvveti dayanımından büyük veya eşit olması gerekmektedir. Bu koşulun sağlanmaması halinde, gerekli miktarda takviye levhası kullanılacak veya kayma Bölgesine köşegen doğrultusunda berkitme levhaları eklenecektir.

— Kolon gövde levhasının ve eğer kullanılmış ise takviye levhalarının her birinin en küçük kalınlığı,  $t_{min}$ ,  $t_{min} = u / 180$  koşulunu sağlayacaktır. Burada  $u$ , kayma bölgesi çevresinin uzunluğunu ifade etmektedir. Bu koşulun sağlanmadığı durumlarda takviye levhaları ve kolon gövde levhası birbirlerine kaynakla bağlanarak birlikte çalışmaları sağlanacak ve levha kalınlıkları toplamının yukarıdaki ifadeyi sağlayıp sağlamadığı kontrol edilecektir.

— Kayma bölgesinde takviye levhaları kullanılması halinde, bu levhaların kolon başlık levhalarına bağlanması için tam penetrasyonlu küt kaynak veya köşe kaynağı kullanılacaktır. Bu kaynaklar, takviye levhası tarafından karşılanan kesme kuvvetini güvenle aktaracak şekilde kontrol edilecektir.

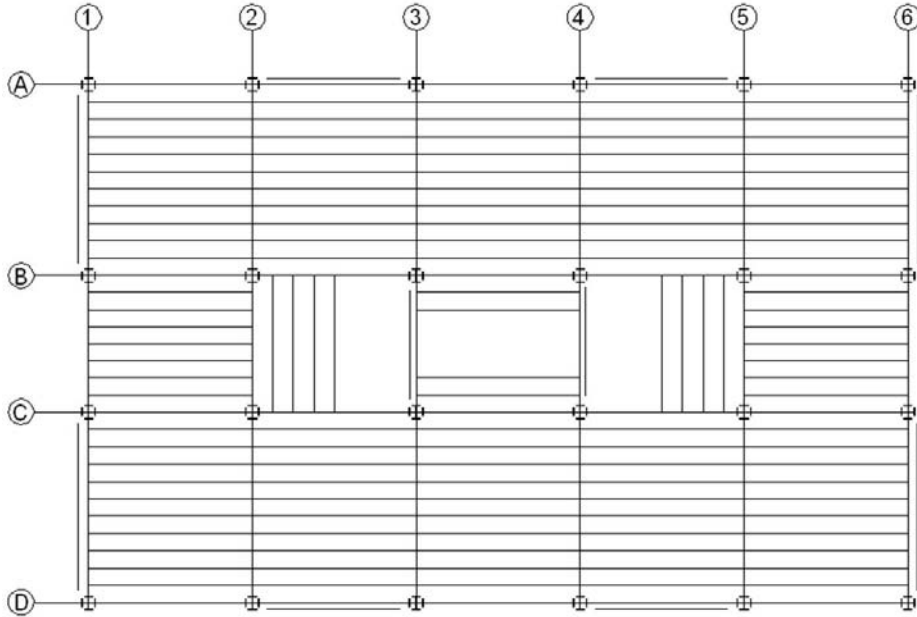


Şekil 2.15 DBYBHY 2007' de Kayma Bölgesi

# BÖLÜM 3. ÇOK KATLI ÇELİK KONSTRÜKSİYON OFİS YAPISININ DEĞİŞİK ÇAPRAZ DÜZENLERİ İLE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

## 3.1. Analizi Yapılacak Binanın Genel Özellikleri

Analizi yapılacak bina, 20 katlı(zemin kat + 19 kat) çelik konstrüksiyon bir ofis yapısıdır. Ana taşıyıcı sistem elemanları bazında aynı özelliklere sahip olan bina, DBYBHY 2007' nin öngördüğü şekilde merkezi ve dışmerkez çaprazlar ile donatılarak ayrı ayrı çözümler yapılacaktır. Bina X doğrultusunda 30 m eninde, Y doğrultusunda 19 m boyundadır. Bina kat yükseklikleri ise zemin katta 4,5 m, diğer katlarda 3,5 m' dir. Bina toplam yüksekliği ise 71 m' dir. Söz konusu binaya ait kat planı aşağıdaki gibidir. Binaya ait çerçeve görünüşleri, farklı çapraz düzenleriyle düzenlenmiş şekliyle EK A' da verilmiştir.



Şekil 3.1. Tipik Bina Kat Planı

Şekil 3.1’ de de görüldüğü gibi bina sistemi, artı kesitli kolonlara oturtulmuştur. Aks doğrultularından kirişler geçmekte, ara açıklıklar bina X – X doğrultusunda kat ızgaraları ile geçilmiştir. 2-3 ve 4-5 aksları arasında merdiven boşlukları yer almaktadır. 3-4 aksları arasında ise asansör boşluğu bulunmaktadır. Bina boşluklarının yerleri simetrik olarak ayarlanmıştır. Böylece olası burulma düzensizliklerinin önüne geçilmiştir.

### **3.2.Tasarımda Kullanılan Sistem Kesitleri**

Tüm sistemde st52 sınıfı çelik malzeme kullanılmıştır. Kesitler, geniş başlıklı Avrupa H profil sınıfındadır. Kolonlar, HEB 600 ve HEB 500’ den meydana getirilmiş artı kesit, kirişler HEA 360, kat ızgaraları HEA 160 ve çapraz elemanları HEA 240 hadde profilinden seçilmiştir. Tasarımda kullanılan sistem elemanlarının özellikleri, aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 3.1. Sistemde Kullanılan Kesitler ve Özellikleri

SİSTEMDE KULLANILAN KESİTLER VE ÖZELLİKLERİ		
KOLONLAR (Artı Kesit HEB 600 - HEB 500)		
	G (kg/m)	399
	A (cm <sup>2</sup> )	508,6
	h <sub>x</sub> (mm)	500
	h <sub>y</sub> (mm)	600
	b <sub>x</sub> (mm)	300
	b <sub>y</sub> (mm)	300
	t <sub>wx</sub> (mm)	14,5
	t <sub>wy</sub> (mm)	15,5
	t <sub>fx</sub> (mm)	28
	t <sub>fy</sub> (mm)	30
	I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	107200
	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	171000
	W <sub>xel</sub> (cm <sup>3</sup> )	4287
	W <sub>xpl</sub> (cm <sup>3</sup> )	4815
W <sub>yel</sub> (cm <sup>3</sup> )	5701	
W <sub>ypl</sub> (cm <sup>3</sup> )	6425	

Tablo 3.1. Devamı

SİSTEMDE KULLANILAN KESİTLER VE ÖZELLİKLERİ		
<b>KİRİŞLER (HEA 360)</b>		
	G (kg/m)	112
	A (cm <sup>2</sup> )	106,6
	h(mm)	350
	b (mm)	300
	t <sub>w</sub> (mm)	10
	t <sub>f</sub> (mm)	17,5
	I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	33090
	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	7887
	W <sub>xel</sub> (cm <sup>3</sup> )	1891
	W <sub>xpl</sub> (cm <sup>3</sup> )	2088
	W <sub>yel</sub> (cm <sup>3</sup> )	525,8
	W <sub>ypl</sub> (cm <sup>3</sup> )	802,3
<b>KAT IZGARALARI (HEA 160)</b>		
	G (kg/m)	30,4
	A (cm <sup>2</sup> )	38,77
	h(mm)	152
	b (mm)	160
	t <sub>w</sub> (mm)	6
	t <sub>f</sub> (mm)	9
	I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	1673
	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	615,6
	W <sub>xel</sub> (cm <sup>3</sup> )	220,1
	W <sub>xpl</sub> (cm <sup>3</sup> )	245,1
	W <sub>yel</sub> (cm <sup>3</sup> )	76,95
W <sub>ypl</sub> (cm <sup>3</sup> )	117,6	

Tablo 3.1. Devamı

ÇAPRAZLAR (HEA 240)		
	G (kg/m)	60,3
	A (cm <sup>2</sup> )	60,38
	h(mm)	230
	b (mm)	240
	t <sub>w</sub> (mm)	7,5
	t <sub>f</sub> (mm)	12
	I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	7763
	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	2769
	W <sub>xel</sub> (cm <sup>3</sup> )	675,1
	W <sub>xpl</sub> (cm <sup>3</sup> )	744,6
	W <sub>yel</sub> (cm <sup>3</sup> )	230,7
	W <sub>ypl</sub> (cm <sup>3</sup> )	351,7

### 3.3. Tasarımdaki Yük Kabulleri

Bilindiği gibi bir yapıya kendi ağırlığı dışında; kat betonu, yalıtım, kaplama, şap, duvar ve tesisat yükleri sabit yük olarak etkir. Bunların dışında hareketli yükler de yapı çözümlemesinde hesaba katılır. Bu yükler, binanın kullanım amacına yönelik standartların belirlediği hareketli yükler, kar yükü, rüzgar yükü ve deprem yüküdür. Bu kısımda, tasarım için kabul edilen sabit yükler, hareketli yükler, kar ve rüzgar yükleri açıklanacaktır. Deprem yükünün hesabı SAP 2000 programında modal analizle yapılacaktır. Deprem yükü ile ilgili bilgiler Bölüm 3.4.5' te belirtilecektir.

Yapının hesabında kabul edilen sabit ve hareketli yükler aşağıda Tablo 3.2' de verilmiştir.

Tablo 3.2. Tasarımda Kabul Edilen Sabit ve Hareketli Yükler

<b>TASARIM YÜKLERİ</b>		
<b>SABİT YÜKLER</b>		
<b>YÜK CİNSİ</b>	<b>ETKİDİĞİ YER</b>	<b>MİKTAR (kg/m<sup>2</sup>)</b>
Döşeme Betonu (8 cm)	Çatı Katı	192
Eğim Şapı (3 cm)	Çatı Katı	60
Yalıtım Malzemesi	Çatı Katı	17
Döşeme Betonu (10 cm)	Normal Kat	240
Şap (3 cm)	Normal Kat	60
Bölme Duvar Yüğü	Normal kat	50
Döşeme Kaplaması	Tüm Katlar	25
Asma Tavan	Tüm Katlar	15
Tesisat Yüğü	Tüm Katlar	25
<b>KATLARA ETKİYEN TOPLAM SABİT YÜKLER</b>		
<b>Çatı Katı (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Normal Kat (kg/m<sup>2</sup>)</b>	
334	415	
<b>HAREKETLİ YÜKLER</b>		
Hareketli Yüğü	Normal Kat	350
Hareketli Yüğü	Çatı Katı	100

Kar yüğü değeri I. kar bölgesi kabulüne göre aşağıdaki gibi alınmıştır.

Tablo 3.3. Kar Yüğü Değeri

<b>KAR YÜKÜ (I. Kar Bölgesi İçin)</b>	
Yapının Denizden Yüksekliği (m)	65
P <sub>k0</sub> Zati Kar Yüğü Değeri (kg/m <sup>2</sup> )	75

Rüzgar yüğü değeri ise, TS 498 Çizelge 5 ve Çizelge 6' ya göre alınmıştır. Binanın çatısı teras çatı olduğu için çatının herhangi bir rüzgar yüküne maruz kalmadığı kabulü yapılmıştır. Toplam 71 m yüksekliğe sahip binanın, kat seviyelerine göre cephelerine gelen rüzgar yükleri aşağıda belirtilmiştir.

Tablo 3.4. Rüzgar Yüğü Değerleri

<b>RÜZGAR YÜKLERİ</b>			
<b>h (m)</b>	<b>C Katsayısı</b>	<b>q (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cxq (kN/m<sup>2</sup>)</b>
0 - 8	1,2	0,5	0,6
8 - 18,5	1,2	0,8	0,96
18,5 - 71	1,2	1,1	1,32

### 3.4. SAP 2000 Programında Sistemin Analizi

Söz konusu yapının çözümlenmesi SAP 2000 bilgisayar programı ile yapılacaktır. SAP 2000 programı, sonlu elemanlar yöntemini kullanarak üç boyutlu yapı çözümlenmelerine imkân vermektedir. Bu çalışmada söz konusu programın 9. sürümü ile çalışılacaktır. Aşağıda SAP 2000 programı ile yapılan çözümlenmenin adımları anlatılacaktır.

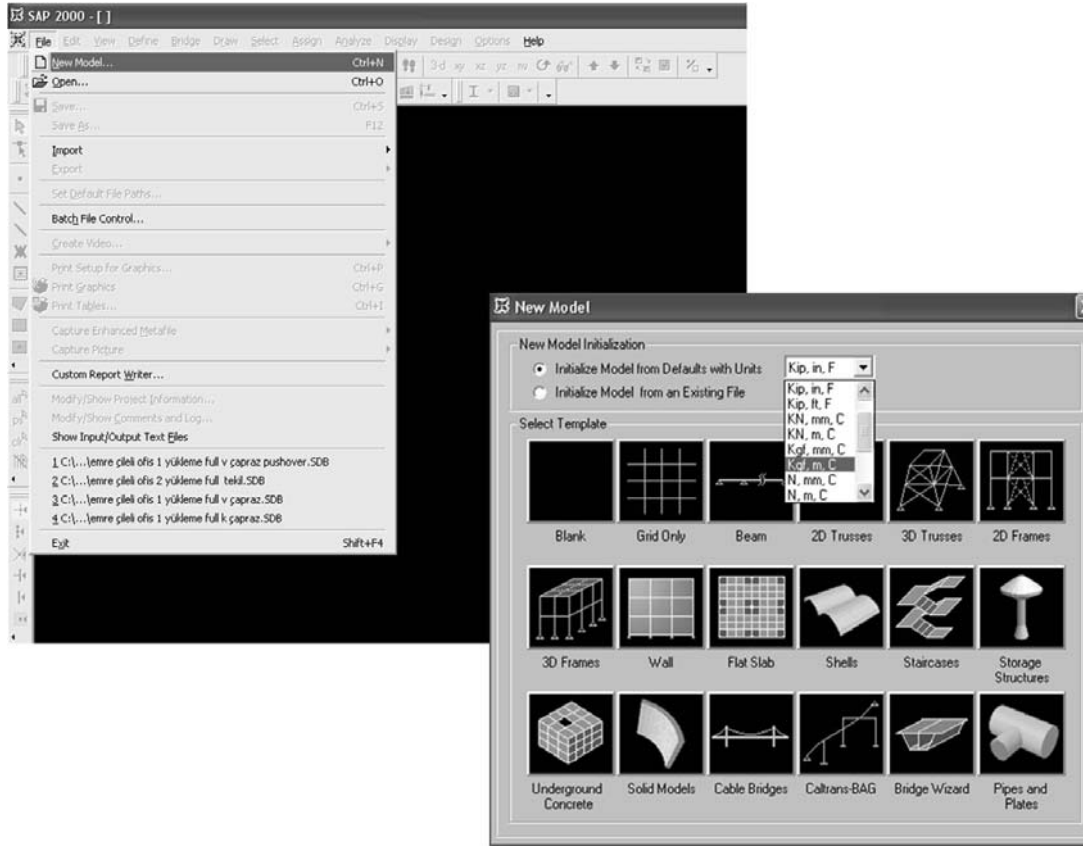
#### 3.4.1. Programa giriş ve koordinatların düzenlenmesi

Program simgesine çift tıklanarak program çalıştırılır. Çıkan ekranda File menüsünden New Model seçeneği tıklanır. Çıkan pencerede, ilk önce çalışılacak birim sistemi seçilir. Daha sonra Grid Only seçeneği tıklanarak çalışma düzlemine geçilir. Çıkan listede OK tıklanır ve ekrana gelen iki pencereden biri kapatılarak ekranda rahat bir çalışma alanı sağlanır.

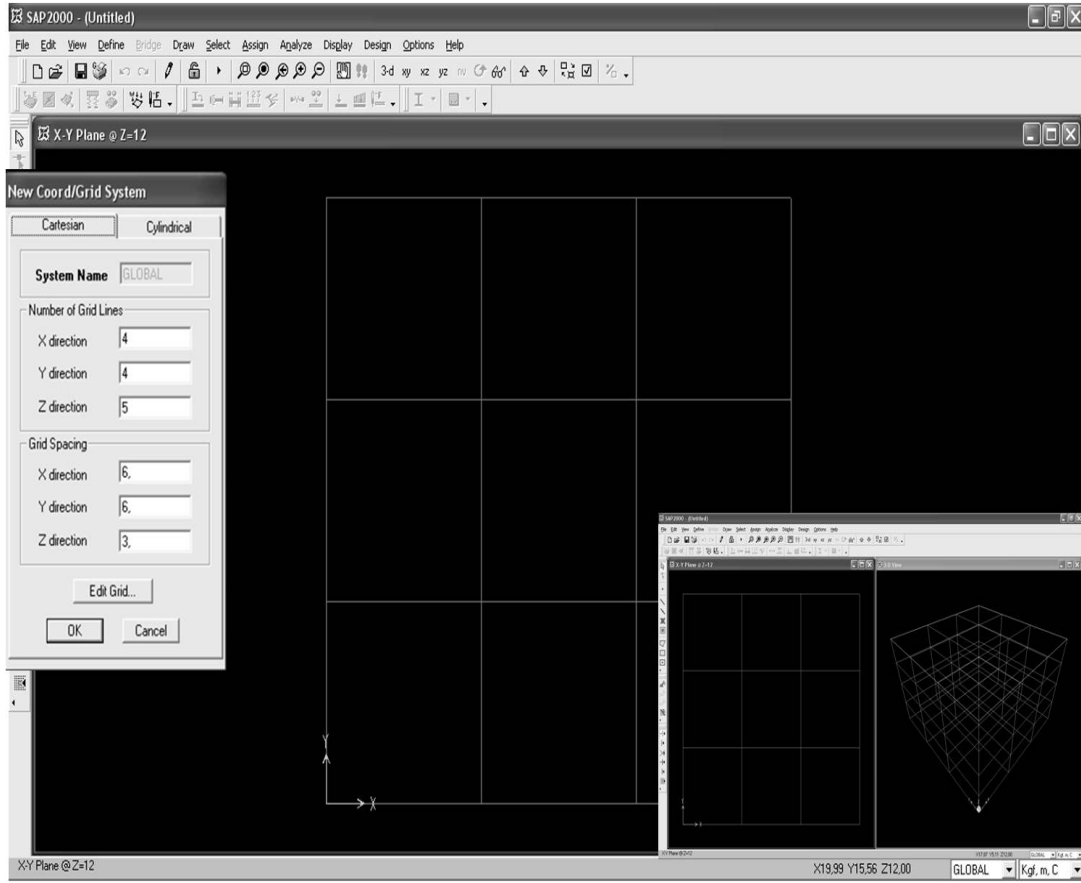
Ekrandaki aksların (grid) üzerine çift tıklanarak aks düzenleme menüsü açılır. Buradan X, Y ve Z bina koordinatları girilir. Bunu yapmanın iki yolu vardır. “Define Grid” menüsünde “Display Grids as Ordinates” seçilirse, ekranında her aks mesafesi, bir önceki aks mesafesine eklenerek koordinatlar oluşturulur. Örneğin bu çalışmada ele alınan yapıda X doğrultusundaki aks aralıkları 6m’ dir. Buna göre X doğrultusunda sıfır noktası ilk koordinat olarak kabul edilirse, ikinci koordinat 6, üçüncü koordinat 12... gibi yığışımli olarak koordinatlar girilir. Aynı işlem Y ve Z



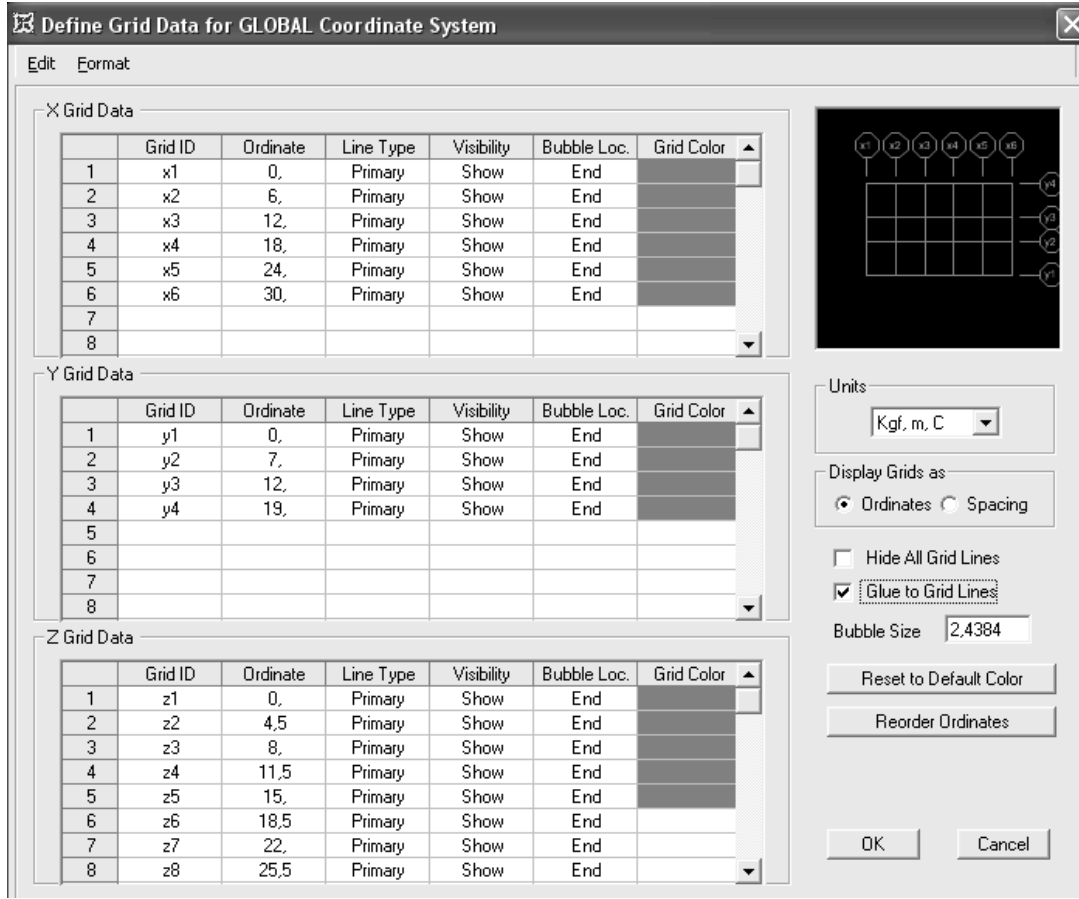
koordinatları için de yapılır. Diğer bir seçenek ise “Display Grids as Ordinates as Spacing” seçilirse, bu sefer sadece aks arası mesafeleri girmek yeterlidir.



Şekil 3.2. Programın Açılması ve Model Seçimi



Şekil 3.3. Çalışma Sayfasının Açılması



Şekil 3.4. Sistem Koordinatlarının Girilmesi

### 3.4.2. Malzeme özellikleri ve kesitlerin belirlenmesi

Yapılacak sistem çözümlemesi, malzeme özellikleri ile alakalı olduğundan, seçilen malzeme sınıfına göre malzeme özelliklerini SAP 2000' de tanımlamak gerekir. Çalışmada kullanılan çelik malzemesi sınıfı akma gerilmesi  $3600\text{kg/cm}^2$  olan st52' dir. Çeliğin elastisite modülü, birim hacim kütlesi, birim hacim ağırlığı ve poisson oranı gibi özellikleri, programın ilgili modülünde otomatik (default) olarak bulunmaktadır.

**Material Property Data**

**Material Name**

**Type of Material**  
 Isotropic  Orthotropic  Anisotropic

**Analysis Property Data**  
 Mass per unit Volume   
 Weight per unit Volume   
 Modulus of Elasticity   
 Poisson's Ratio   
 Coeff of Thermal Expansion   
 Shear Modulus

**Design Property Data (EUROCODE 3-1993)**  
 Minimum Yield Stress, Fy   
 Minimum Tensile Stress, Fu

**Advanced Material Property Data**

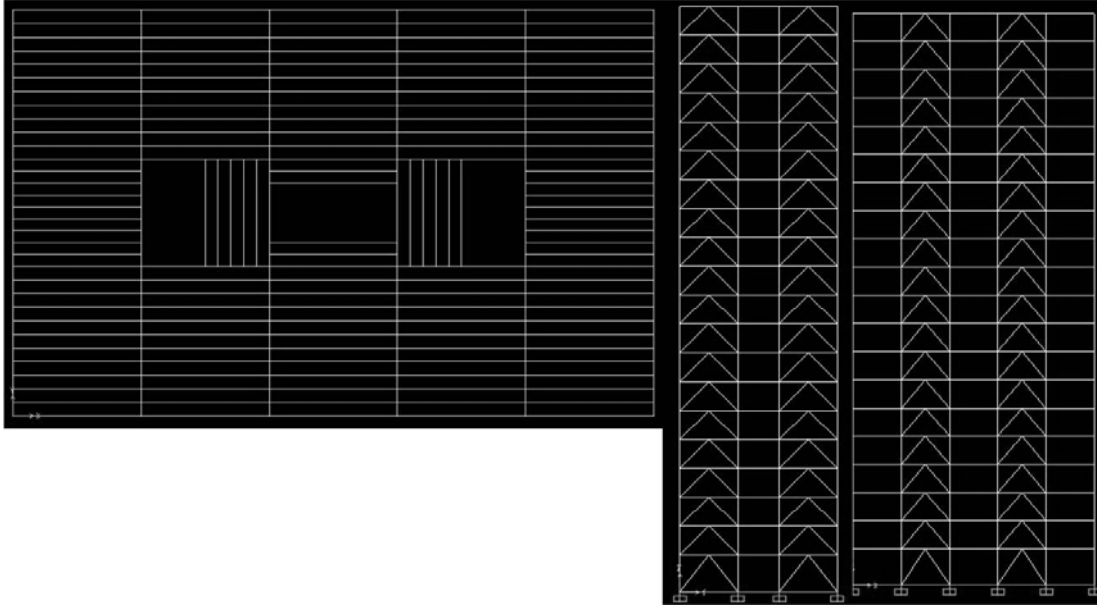
**Display Color**  
 Color

**Type of Design**  
 Design

Şekil 3.5. Malzeme Özelliklerinin Programa Tanıtılması

### 3.4.3. Modellemenin yapılması

Sistem koordinatları ve malzeme özellikleri tanımlanan binanın modellemesi SAP2000 çizim editörleri ile yapılır. Burada dikkat edilmesi gereken tüm çubuk birleşimlerinde düğüm noktası (joint) oluşması gerekliliğidir. Örneğin kirişlerin aralarına kat ızgaraları yerleştirirken, kat ızgarası adedince kiriş bölünmeli ve elemanlar çizilmelidir. Aksi takdirde hesaplama ve sonrasında sistemde problemler yaşanmaktadır. Çözülecek tüm bina türleri, EK A' da verilen planlara uygun olacak şekilde ve program kullanım kurallarına uygun olacak şekilde çizilmiştir.



Şekil 3.6. Sistemin Modellenmesi

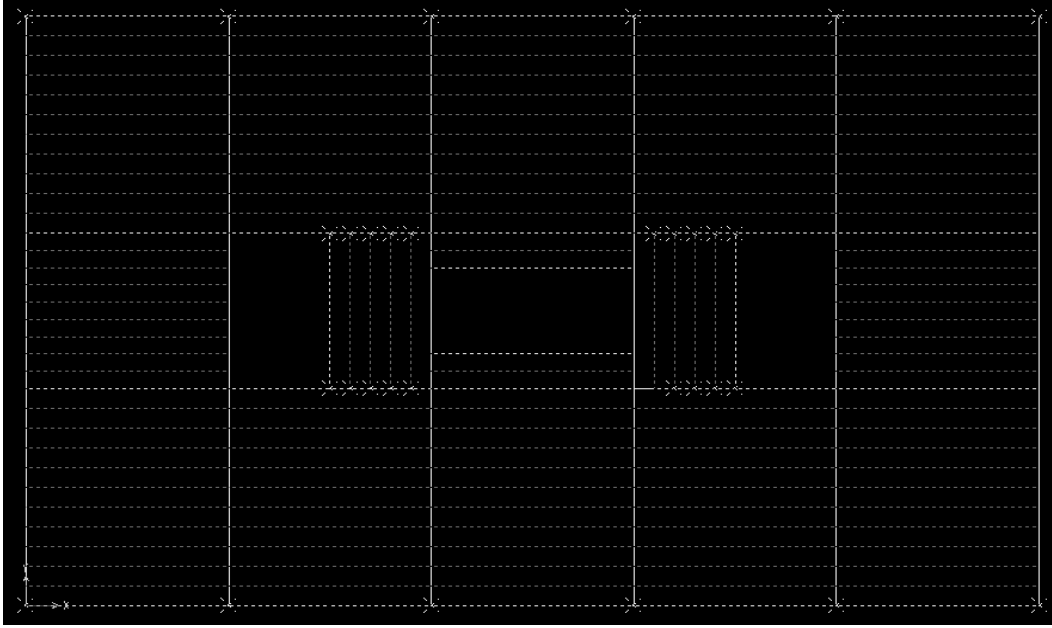
#### 3.4.4. Yüklerin girilmesi

SAP 2000’ de modellemesi tanımlanan binaya etkiyecek yükler programa tanıtılır. Bölüm 3.3’ de sisteme etkiyen yükler belirtilmişti. Yükleri tanımlamak için “Define” menüsünden “Load Cases” seçeneği tıklanarak çıkan pencerede yük çeşitleri tanımlanır. Tablo 3.2, 3.3 ve 3.4’ de belirtilen sabit yük, hareketli yük, kar ve rüzgar yükleri ilgili pencerelerden seçilerek listeye alınır. Burada binaya etkiyen beton, tesisat... gibi yüklerin toplamı sabit yük olarak kabul edilmiştir. Ayrıca rüzgar yükleri, X ve Y doğrultuları göz önüne alınarak girilmiştir. Burada dikkat edilecek husus, zati ağırlık çarpanıdır. (Self Weight Multiplier). Sistemin malzeme ağırlığı ölü yük (dead) olarak programın kendi (default) ayarlarında bulunmaktadır. Burada program, zati ağırlık çarpanını otomatik olarak “1” alınacak şekilde kullanıcıya sunar. Bu ayarı kullanıcı istediği taktirde değiştirebilir. Bina zati ağırlığı haricinde girilen diğer yüklerde zati ağırlık çarpanı “0” alınmalıdır.

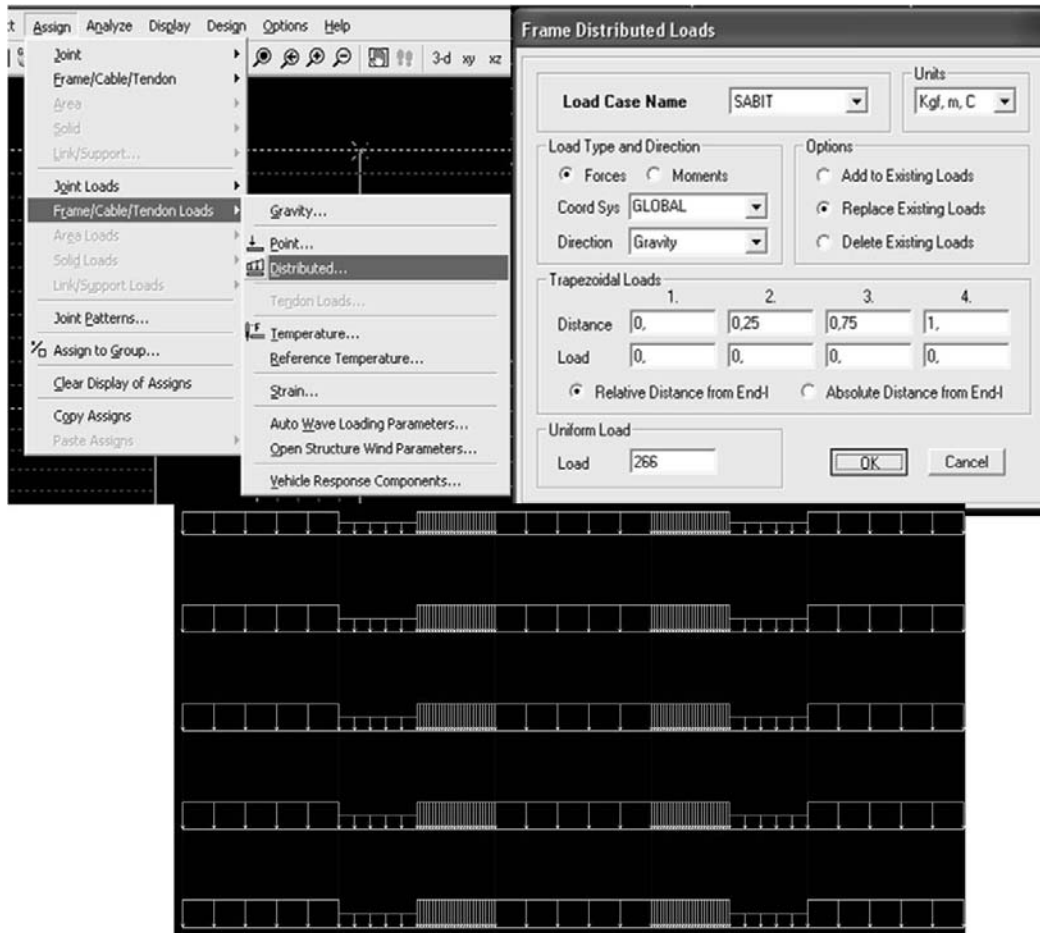


Şekil 3.7. Sistem Yüklerinin Tanımlanması

Sistem yüklerinin tanımlanmasının ardından, Tablo 3.3’ de  $\text{kg/m}^2$  cinsinden verilen yükler, sistem elemanlarına etkililir. Bu çalışmada yapılan modellemeye göre, yükler kat ızgaralarına etkiyecek, oradan sırasıyla kirişlere ve kolonlara aktarılacaktır. Rüzgâr yükleri ise, kolonlara X ve Y doğrultusunda, aks aralıkları baz alınarak girilecektir. Bunun için bilindiği üzere, aşığın üzerine  $\text{kg/m}^2$  olan alan yükü, aşık ara mesafesi ile çarpılarak yayılı yük haline getirilir ve kat ızgarası üzerine tanımlanır. Programda yükler girilirken, yükün etkitileceği elemanlar seçilir ve “Assign” menüsünden “Frame/Tendon/Cable Loads” bölümünden “Distributed” seçeneği tıklanır. Çıkan pencerede “Load Case Name” sekmesinden tanımlanmak istenen yük çeşidi seçilir. “Coord Sys” ve “Direction” bölümünden ise yükün etkiyeceği yön tayin edilir ve son olarak en altta yer alan “Uniform Load” kutucuğuna girilecek yük değeri yazılır ve OK seçeneği tıklanarak istenilen yük çeşidi girilmiş olur. Aynı işlemler diğer yükler için de yapılacaktır.



Şekil 3.8. Yükleme Yapılacak Elemanların Seçilmesi+



Şekil 3.9. Yüklere Sisteme Girilmesi

### 3.4.5. Deprem kuvvetinin SAP 2000' e girilmesi ve modal analiz

Bilindiği gibi bir yapıya statik yüklerle birlikte dinamik yükler de etki eder ve bir yapıya etkiyen en önemli dinamik yük, deprem yüküdür. Deprem yükü, yapı ağırlığı, zeminin yapısı, yapının inşa edileceği bölgenin depremselliği gibi parametrelere göre değişik büyüklük ve ivmelerle yapıya etkir. Tüm dünyada yapıların hesabında depremin etkisini belirleyen şartnameler kullanılmaktadır. Bu çalışmada da DBYBHY 2007 kuralları çerçevesinde deprem hesapları yapılacaktır.

DBYBHY 2007' de üç farklı hesap yöntemi mühendislere sunulmuştur. Bunlar, "Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi", "Mod Birleştirme Yöntemi (Modal Analiz)" ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi" dir. Bu üç hesap yönteminin en yaygın kullanılanı "Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi" dir. Yönetmelik, eşdeğer deprem yükünün uygulanabilirlik sınırlarını bölüm 2, tablo 2.6' da belirtmiştir.

Tablo 3.5. EDY' nin Uygulama Sınırları (DBYBHY 2007 Tablo 2.6)

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

Tablo 3.5' te de görüldüğü gibi bu çalışmanın konusunu teşkil eden yapı yüksekliği ( $H = 71$  m) EDY' nin uygulama sınırlarının dışındadır. Geriye modal analiz veya zaman tanım alanında hesap yöntemleri kalmaktadır. Burada, modal analiz yöntemi kullanılacaktır. Modal analiz yöntemi, EDY' den sonra en fazla kullanılan deprem yükü hesap yöntemidir.

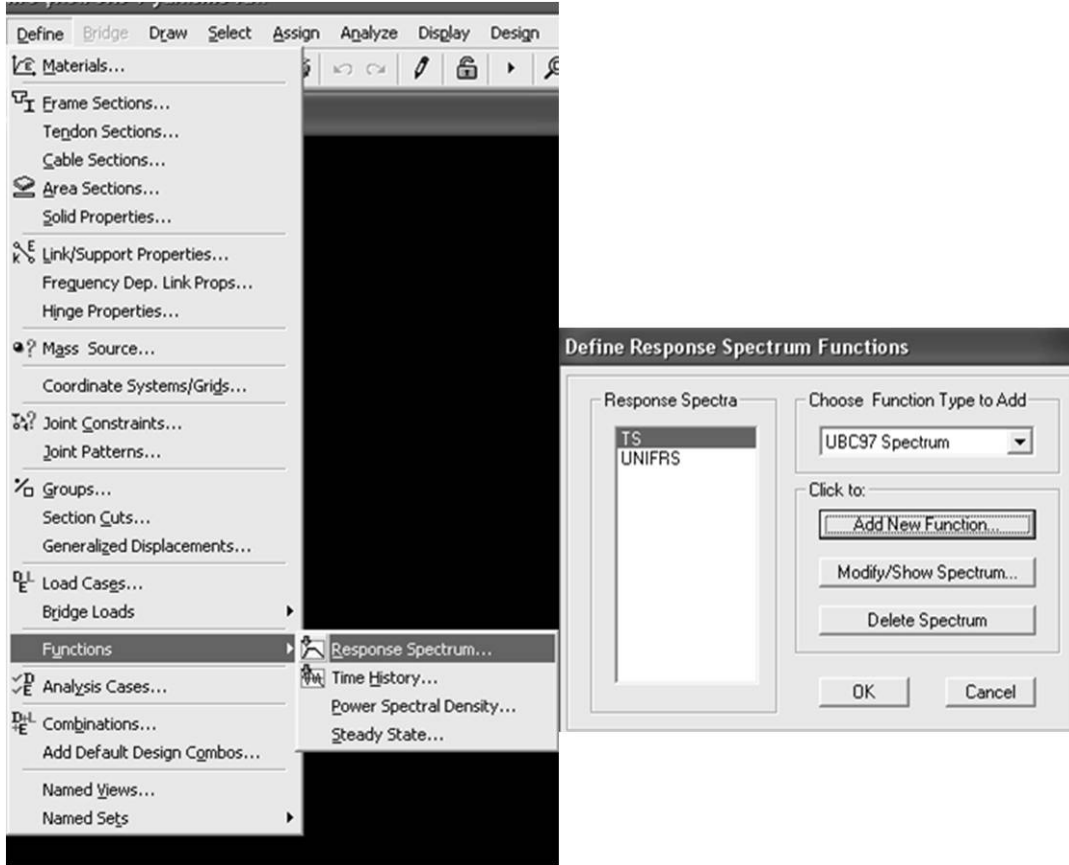


Fakat bu yöntemin de kendi içinde karmaşık bir algoritması bulunmaktadır. Modal analiz ile ilgili yöntemlerde, en basit anlamda matris çözümleri yapılması gerekmektedir. Söz konusu binanın 20 katlı olduğu göz önüne alındığında ve her kat için bir serbestlik derecesi düşünülüğünde 20x20 matris çözümleri yapılacağı açıktır. SAP 2000 programı bu noktada mühendise kolaylık sağlamaktadır. bu bölümde, SAP 2000 programında deprem yükünün yapının analizine katılması işlenecektir.

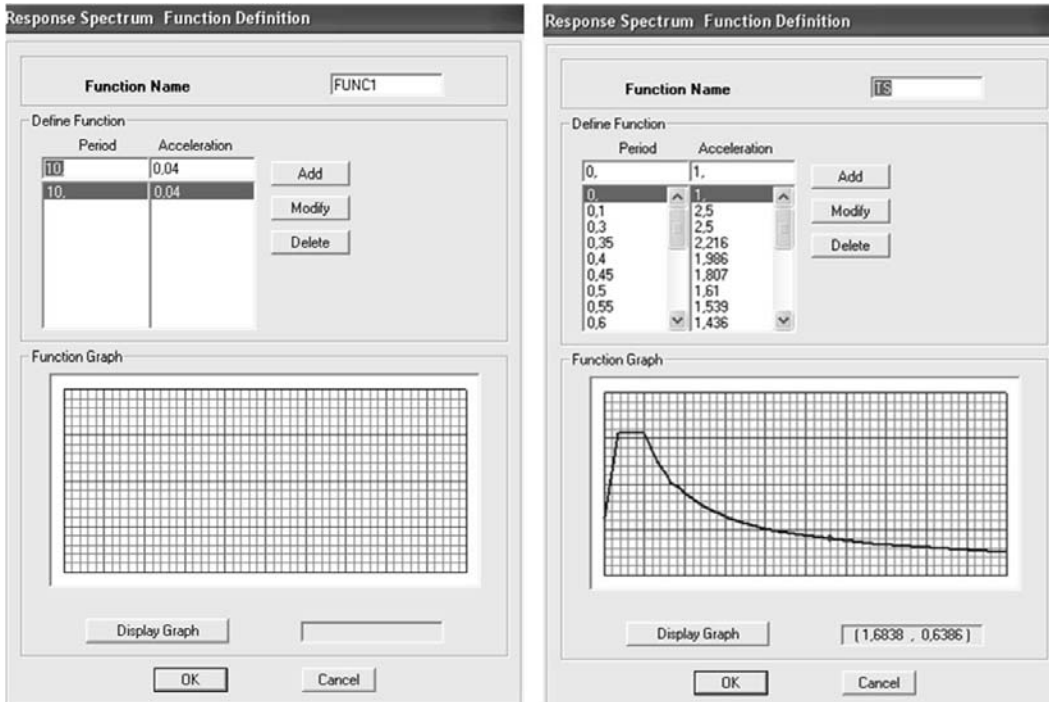
SAP 2000’ de modal analiz yapabilmek için ilk önce programa malzeme özelliklerinin tanıtılması, modellemenin yapılması ve statik yüklerin girilmesi gerekmektedir. Bundan sonra modal analiz adımlarına geçilir. Deprem yükünün analize katılabilmesi için öncelikle tasarım ivme spektrumunun girilmesi gerekir. Bunun için programın “Define” menüsünden “Functions” bölümüne girilerek, buradan “Response Spektrum” seçeneği tıklanır. Çıkan menüde, “Add New Function” sekmesi seçilerek çıkan pencereye Tablo 3.6’ da verilen Z1 zemin sınıfına göre ( $T_A = 0,1$ ,  $T_B = 0,3$ ) spektrum eğrisi değerleri girilir.

Tablo 3.6. Tasarım İvme Spektrumu Parametreleri,

<b>TASARIM İVME SPEKTRUMU</b>			
T	S(T)	T	S(T)
0	1,0	0,75	1,201
0,1	2,5	0,8	1,141
0,3	2,5	0,85	1,087
0,35	2,216	0,9	1,038
0,4	1,986	0,95	0,994
0,45	1,807	1	0,954
0,5	1,610	1,2	0,825
0,55	1,539	1,3	0,774
0,6	1,436	1,48	0,697
0,65	1,347	2	0,548
0,7	1,269	3	0,396



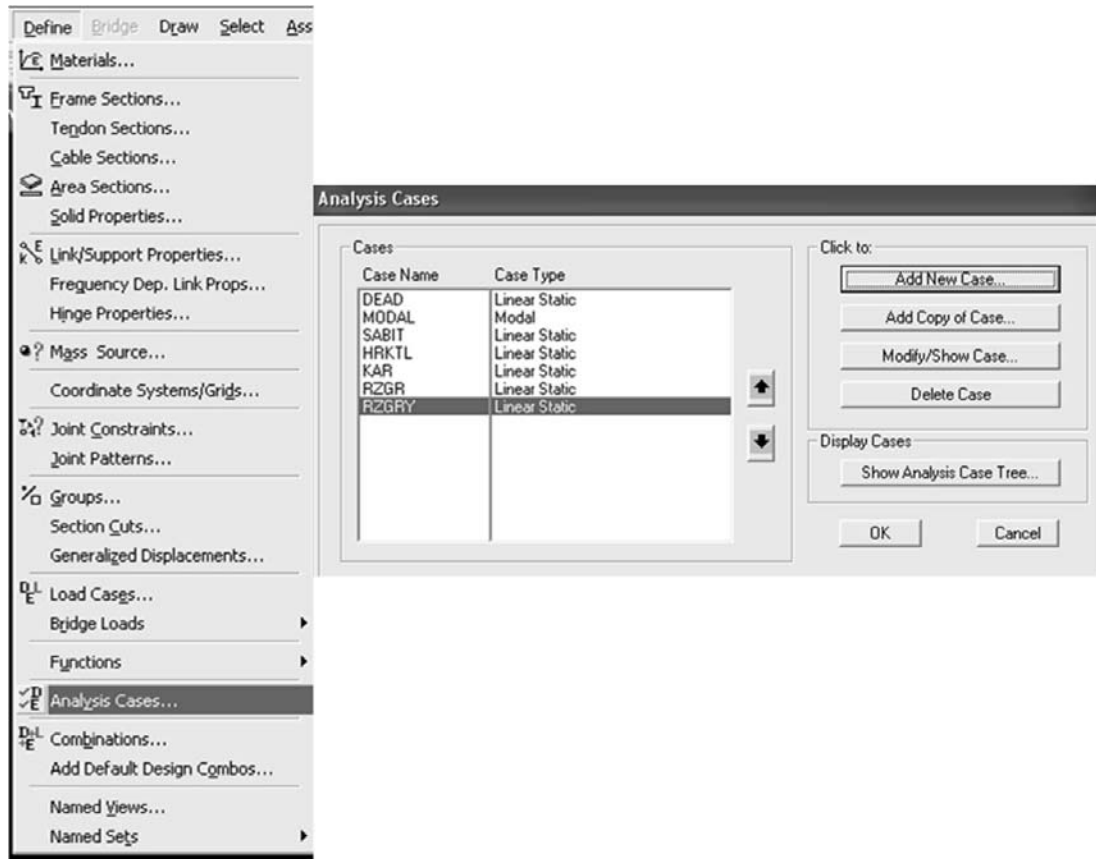
Şekil 3.10. Tasarım İvme Spektrumu Menüüne Giriş



Şekil 3.11. Tasarım İvme Spektrumunu Programda Tanımlama

Tasarım ivme spektrumunun tanımlanmasının ardından tanımlanan spektruma bağlı olarak deprem kuvvetleri ile ilgili ( her iki doğrultu için) yükleme durumu (Analysis Case) tanımlamak gerekir. SAP 2000 içerisinde her yük, bir yükleme durumu ile tanımlanır. Program girilen statik yükleri otomatik olarak analysis case olarak alır. Deprem yükü veya tanımlanacak herhangi bir farklı yükleme durumu kullanıcı tarafından tanımlanır.

Deprem yüklerini tanımlamak için “Define” menüsünden “Analysis Case” bölümü seçilir. Çıkan pencerede “Add New Case” seçeneği tıklanır. Şekil 3.11’ de de görüldü gibi yapının statik analizi ile ilgili yükleme durumları programdaki ”Analysis Cases” listesinde otomatik olarak yer almaktadır.



Şekil 3.12. Yükleme Durumları Menüsü

“Add New Case” seçeneği tıklandığında çıkan menüde sol üst köşedeki “Yükleme Durumu Adı (Analysis Case Name)” kısmına bir isim yazılır (Ex, Ey gibi). Sağ üst

köşedeki “Analysis Case Type” sekmesinden “Response Spectrum” seçilir. Response spectrum seçildiğinde pencere içeriği değişecektir.

**Analysis Case Data - Response Spectrum**

**Analysis Case Name** EX

**Analysis Case Type** Response Spectrum

**Modal Combination**  
 CQC  SRSS  ABS  GMC  10 Pct  Dbl Sum  
 GMC f1  GMC f2

**Directional Combination**  
 SRSS  ABS  
 ABS Scale Factor

**Modal Analysis Case**  
 Use Modes from this Modal Analysis Case MODAL

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	TS	0,654
Accel	U1	TS	0,654

Show Advanced Load Parameters

**Other Parameters**  
 Modal Damping Constant at 0,05

Şekil 3.13. Response Spectrum Menüü

Titreşim modlarının belirlenmesinde tam karesel birleştirme (CQC) kullanılacaktır. Bununla ilgili olarak DBYBHY 2007’ de göz önüne alınan herhangi iki titreşim modunun birbirine oranı daima  $T_m / T_n < 0,80$  koşulunu sağlaması durumunda “Karelerinin Toplamının Kare Kökü (SRSS)” kullanılabileceği, sağlamaması durumunda ise “Tam Karesel Birleştirme (CQC)” kullanılması gerektiği belirtilmektedir. Her iki durumda da (CQC) formülünün kullanılmasında bir sakınca olmadığı için bu noktada modların birleştirilmesinde (CQC) formülü kullanılacaktır. Modal Sönüm (Modal Damping) de 0,05 olarak kalacaktır.

Modal birleştirmenin sağ tarafındaki “Directional Combination” seçeneği de SRSS olarak işaretlenir. “Modal Analysis Case” seçeneği ise “Modal” olarak işaretlenir. Buradan “Loads Applied” kısmına geçilir. “Loads Applied” kısmında, “Load Type”, “Load Name”, “Function” ve “Scale Factor” adları altında 4 adet sekme

bulunmaktadır. “Loads Applied” sekmesinde “Accel” seçeneği otomatik olarak bulunmaktadır. “Load Name” sekmesinde, X,Y,Z doğrultuları için U1, U2, U3 seçenekleri bulunmaktadır. X,Y,Z doğrultularındaki dönmeler içinse R1, R2, R3 seçenekleri bulunmaktadır. Burada, X ve Y doğrultularında etkiyecek deprem kuvvetleri için U1 ve U2 seçenekleri işaretlenecektir. “Function” kısmında ise, yukarıda tanımlanan tasarım ivme spektrumu (TS) seçilir. Program dinamik analizi yaparken, TS spektrumundaki değerleri kullanacaktır. “Scale Factor” kısmındaki değer, DBYBHY 2007’ ye göre hesaplanacaktır.

“Scale Faktor” değeri “ $\mu$ ” kabul edilirse;

$$\mu_f = A_0 I_g / R \quad \text{olarak ifade edilebilir.}$$

Bilindiği gibi “ $A_0$ ”, etkin yer ivmesi katsayısıdır. Burada etkin yer ivmesi katsayısı çalışmaya konu olan yapının 1. Derece deprem bölgesinde inşa edileceği kabulü ile 0,40 alınmıştır. Denklem içinde yer alan “I”, bina önem katsayısını ifade eder. Burada bina önem katsayısı, DBYBHY 2007 tablo 2.3’den “1” alınmıştır. Yerçekimi ivmesi anlamına gelen g, 9,81 m/s<sup>2</sup> dir. “R” ise taşıyıcı sistem süneklik katsayısıdır. R katsayısı, merkezi çaprazlı sistemler için 6, dışmerkez çaprazlı sistemler için 8 alınmıştır. Buna göre merkezi ve dışmerkez çaprazlı sistemler için hesaplanan  $\mu$  sayıları aşağıdaki gibidir.

$$\mu_{\text{merkezi}} = A_0 I_g / R = 0,40 \times 1 \times 9,81 / 6 = 0,654$$

$$\mu_{\text{dışmerkez}} = A_0 I_g / R = 0,40 \times 1 \times 9,81 / 8 = 0,491$$

Tablo 3.7. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları (DBYBHY 2007)

<b>BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ</b>	<b>Süneklik Düzeyi Normal Sistemler</b>	<b>Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler</b>
<b>(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR</b>		
(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
<b>(2) PREFABRİKE BETONARME BİNALAR</b>		
(2.1) Deprem yüklerinin tamamının bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çerçevelerle taşındığı binalar .....	3	7
(2.2) Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar.....	—	3
(2.3) Deprem yüklerinin tamamının prefabrike veya yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı, çerçeve bağlantıları mafsallı olan prefabrike binalar.....	—	5
(2.4) Deprem yüklerinin, bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen prefabrike çerçeveler ile yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar.....	3	6
<b>(3) ÇELİK BİNALAR</b>		
(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

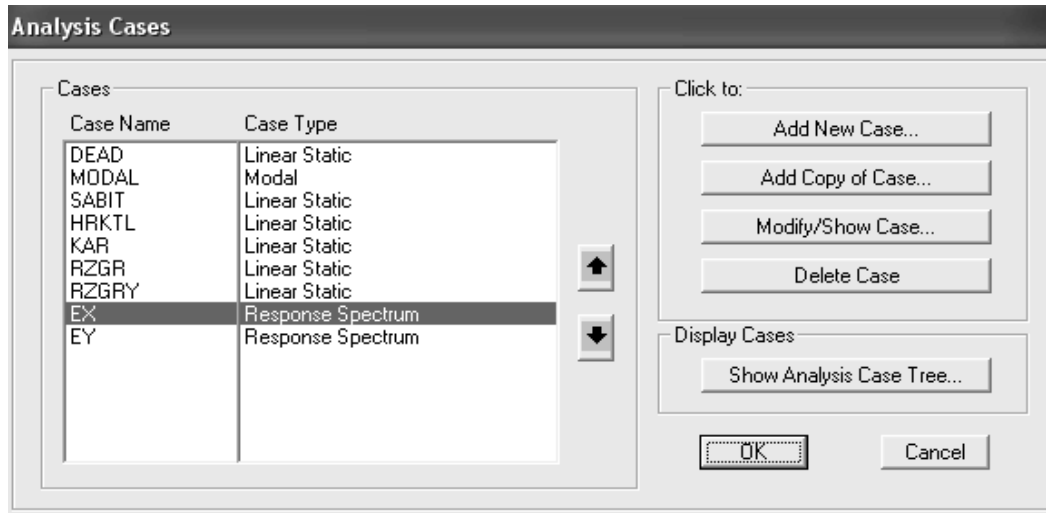
Tablo3.8. Etkin Yer İvmesi Katsayıları (DBYBHY 2007)

Deprem Bölgesi	$A_0$
1	0,40
2	0,30
3	0,20
4	0,10

Tablo 3.9. Bina Önem Katsayıları (DBYBHY 2007)

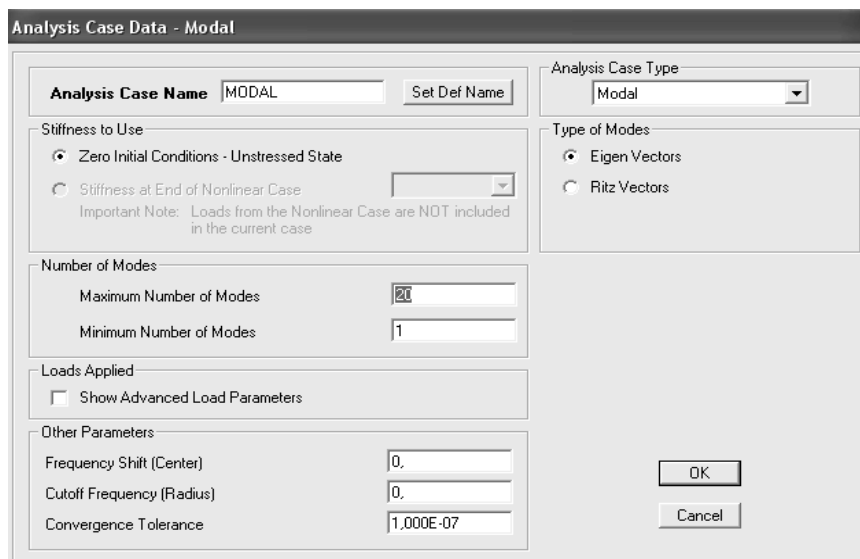
Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
<p><b>1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</b></p> <p><b>a)</b> Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları).</p> <p><b>b)</b> Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar.</p>	1,5
<p><b>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</b></p> <p><b>a)</b> Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kıışlalar, cezaevleri, vb.</p> <p><b>b)</b> Müzeler</p>	1,4
<p><b>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</b></p> <p>Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.</p>	1,2
<p><b>4. Diğer binalar</b></p> <p>Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)</p>	1,0

Tüm bu ayarlar ve düzenlemeler yapıldıktan sonra OK tıklandığında yükleme durumlarına Ex ve Ey deprem yüklemelerinin de katıldığı görülmektedir. Yukarıda açıklanan adımların hepsi depremin her iki doğrultusu için de yapılacaktır.



### 3.14. Her İki Doğrultuda da Yükleme Durumunun Girilmiş Listesi

Aynı menüden modal yükleme durumuna girilerek 12 olan mod sayısını bina 20 katlı olduğundan her bir kat için ayrı bir mod düşünülürse mod sayısının 20'ye çıkarılması gerekmektedir.



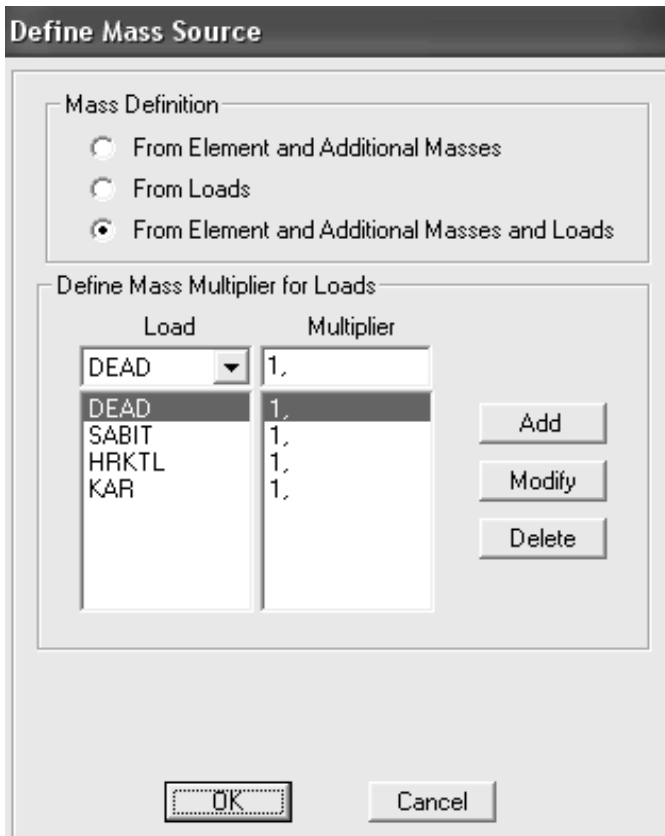
Şekil 3.15 Mod Sayısının Değiştirilmesi



### 3.4.6. Kütle kaynağının belirlenmesi ve rijit düğüm noktası atama

Bilindiği gibi dinamik analizin (modal analiz) çıkış noktası, Newton' un 2. Kanunu olan  $F = m \cdot a$  denklemdir. Bunun için programda da kütle kaynağı (Mass Source) belirlenmelidir. Çünkü program, modal analiz yaparken yapı ağırlığı ve üzerine gelen yüklerden gelen kütleyi hesaba dahil edecektir.

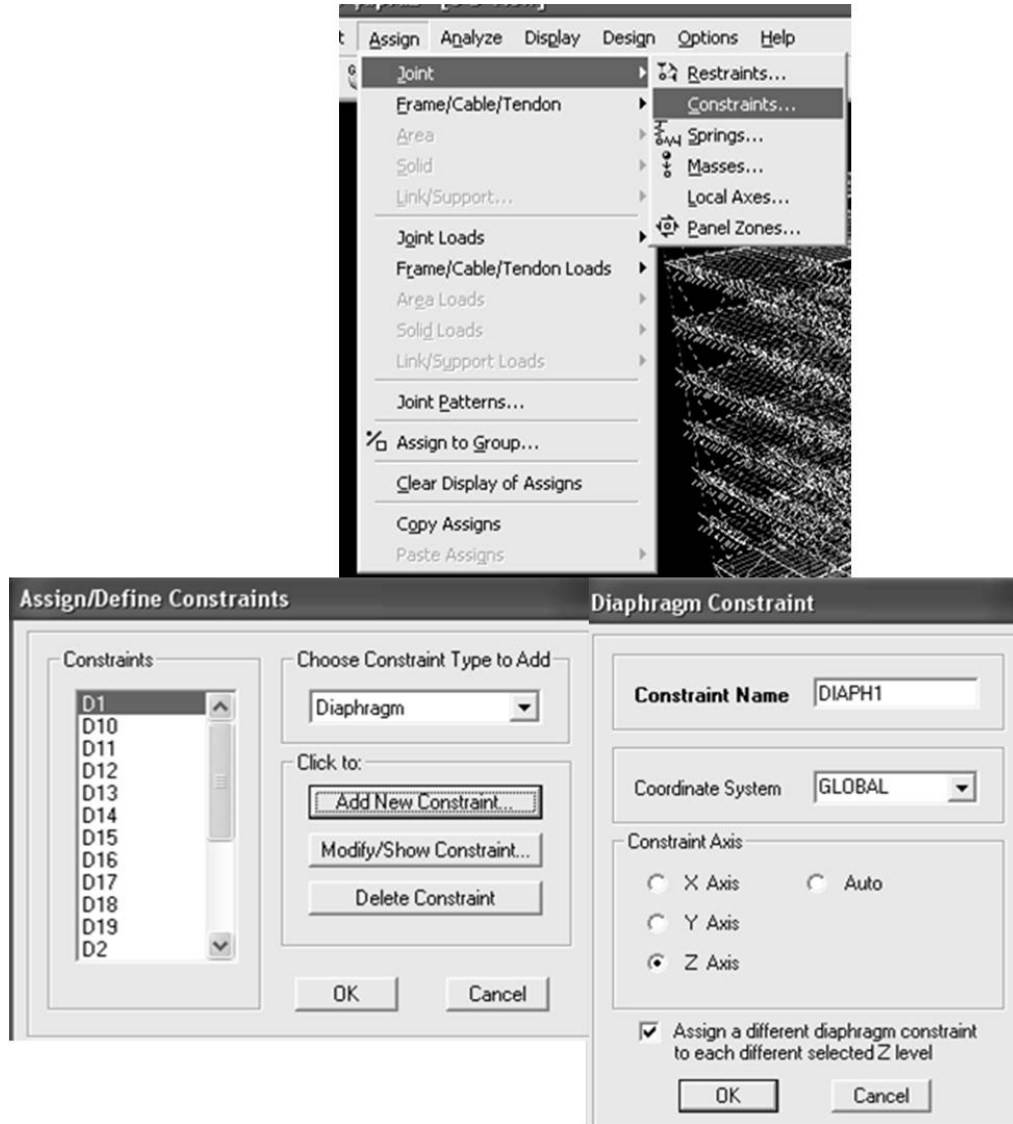
Bunun için programın “Define” menüsünden “Mass Source” seçeneği tıklanır. Çıkan pencerede “Mass Definition” bölümünde “From Element and Additional Masses and Loads” seçeneği işaretlenir. Alttaki çekme listeden, yapıya düşey olarak gelen yükler v yapı ağırlığı seçilir. OK butonu tıklanarak Kütle kaynağı belirlenmiş olur.



Şekil 3.16. Kütle Kaynağının Belirlenmesi

Kütle kaynağının belirlenmesinin ardından tüm düğüm noktalarına rijitlik ataması yapılacaktır. Bunun nedeni, özellikle kat döşemelerinin yatayda rijit diyafram olarak çalıştırılmasıdır. Program üst kısa yol menülerinden 3-D seçilerek tüm sistem işaretlenir. Daha sonra “Assign” menüsünden “Joint” bölümü, oradan da

“Constraints” seçeneği tıklanır. Çıkan pencerede sağ taraftaki çekme listeden “Diaphragm” işaretlenir ve “Add New Constraint” düğmesi tıklanır. Çıkan menüde “Constraint Name” kısmına D1 yazılır. “Constraint Axis” kısmında “ZAxis” seçeneği işaretlenir. En altta yer alan “Add a different diaphragm constraint to each different selected Z level” kutucuğu işaretlendiğinde her kat seviyesindeki düğüm noktalarına farklı bir constraint tanımlanmış olur.



Şekil 3.17. Sistem düğüm Noktalarına Rijit Diyafram Atanması

### 3.4.7. Yük kombinasyonlarının oluşturulması ve analizin başlatılması

Analizde yük durumlarını da tanımladıktan sonra yönetmeliklerin öngördüğü şekilde yük kombinasyonlarını oluşturmak gerekmektedir. Buradaki bağlayıcı yönetmelikler, TS 648 Çelik Yapılar Yönetmeliği ile DBYBHY 2007' deki yük kombinasyonlarıdır. TS 648, elastik hesap teorisine göre düzenlendiğinden dolayı yük kombinasyonları;  $1.0 G + 1.0 Q + 1.0E$  şeklindedir.

DBYBHY 2007 de ise, yük kombinasyonlarını oluştururken rüzgâr yükü ile deprem yükünün aynı kombinasyon içerisinde yer almayacağı kuralı söz konusudur. Deprem yönetmeliğinde ayrıca, olası bir dışmerkezlik durumundan ötürü, herhangi bir deprem doğrultusu ile beraber diğer deprem doğrultusunun da % 30' luk bir etki yapmasına bağlı olarak aşağıdaki şekilde kombinasyonların alınması önerilmiştir. Denklemlerdeki eksi değerler, deprem yönü ile ilgilidir.

$$Ex + G + Q + 0,30 Ey$$

$$-Ex + G + Q - 0,30 Ey$$

$$Ey + G + Q + 0,30 Ex$$

$$-Ey + G + Q - 0,30 Ex$$

Bu çalışmada, yukarıdaki kombinasyonlardan eksi işaretli olanlar, söz konusu bina simetrik olduğu için kombinasyonlara dahil edilmemiştir. Hesaba dahil olan kombinasyonlar, aşağıda tablo halinde verilmiştir. Yük kombinasyonları içerisinde yer alan “Dead” yapının kendi ağırlığıdır.

Tablo 3.10 Hesapta Kullanılan Yük Kombinasyonları

<b>YÜK KOMBİNASYONLARI</b>							
<b>K1</b>		<b>K2</b>		<b>K3</b>		<b>K4</b>	
<b>YÜK</b>	<b>KATSAYI</b>	<b>YÜK</b>	<b>KATSAYI</b>	<b>YÜK</b>	<b>KATSAYI</b>	<b>YÜK</b>	<b>KATSAYI</b>
Dead	1	Dead	1	Dead	1	Dead	1
Sabit	1	Sabit	1	Sabit	1	Sabit	1
Hareketli	1	Hareketli	1	Hareketli	1	Hareketli	1
Kar	1	Kar	1	Kar	1	Kar	1
Rüzgâr X	1	Rüzgâr Y	1	Ex	1	Ey	1
<b>K5</b>		<b>K6</b>		<b>K7</b>		<b>K8</b>	
<b>YÜK</b>	<b>KATSAYI</b>	<b>YÜK</b>	<b>KATSAYI</b>	<b>YÜK</b>	<b>KATSAYI</b>	<b>YÜK</b>	<b>KATSAYI</b>
Dead	1	Dead	1	Dead	1	Dead	1
Sabit	1	Sabit	1	Sabit	1	Sabit	1
Hareketli	1	Hareketli	1	Hareketli	1	Hareketli	1
Ex	1	Ey	1	Ex	1	Ey	1
				Ey	0,3	Ex	0,3

SAP 2000’ de yük kombinasyonlarının hesaba katılması için “Define” menüsünden “Combinations” bölümü tıklanır. Çıkan pencerede “Add New Combo” sekmesi tıklanır. Çıkan pencerede, daha önceden programa tanıtılmış yük çeşitleri sol çekme menüde yer alır. Buradan kombinasyona dahil edilmek istenilen yükler seçilir. Sağ taraftaki “Scale Factor” kısmına da kullanılan hesap teorisine uygun olarak yük katılım katsayısı yazılır ve “Add” butonuna basılır. En son OK düğmesi tıklanarak kombinasyon kaydedilmiş olur.

Yük kombinasyonları da tamamlandıktan sonra “Analyze” menüsünden “Run Analysis” seçeneği tıklanarak veya klavyeden F5 tuşuna basılarak analiz başlatılır. Analiz sonunda çıkan ekranda eğer datalar doğru olarak tanımlandı ise “Analysis Complete” yazısı çıkar ve çıkan sonuçlar, analizin amacına yönelik olarak değerlendirilir.

**Define Response Combinations**

Combinations

Click to:

Add New Combo...

Modify/Show Combo...

Delete Combo

OK

Cancel

---

**Response Combination Data**

Response Combination Name: COMB8

Combination Type: Linear Add

Define Combination of Case Results

Case Name	Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	1.
DEAD	Linear Static	1.
SABIT	Linear Static	1.
HRKTL	Linear Static	1.
KAR	Linear Static	1.
EY	Response Spectrum	0,3
EX	Response Spectrum	1.

Add

Modify

Delete

OK

Cancel

---

**Define Response Combinations**

Combinations

Click to:

Add New Combo...

Modify/Show Combo...

Delete Combo

OK

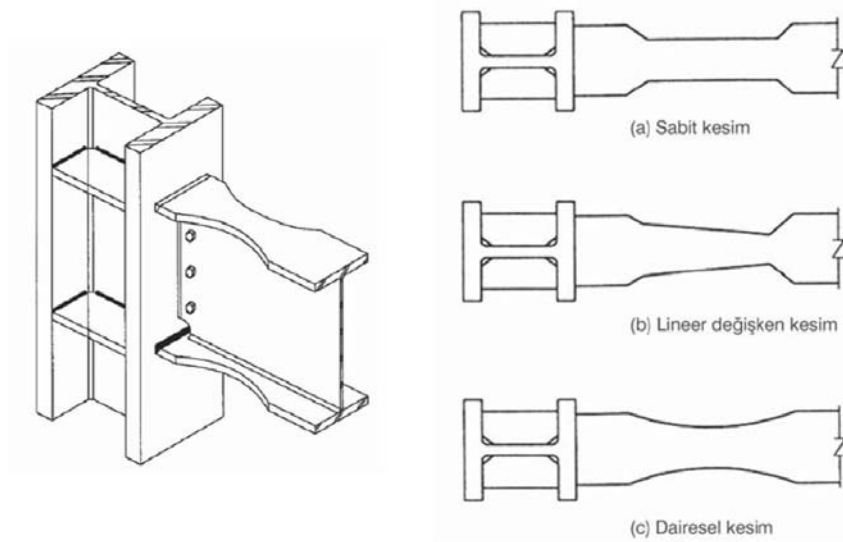
Cancel

Şekil 3.18. SAP 2000' de Yük Kombinasyonlarının Tanımlanması

### 3.5. Yapılarda Süneklik

Süneklik, en genel anlamda yapının enerji sönümleyebilme (yutabilme) özelliği olarak tanımlanabilir. Son yıllarda yapı tasarımlarında süneklik kavramı ön planda tutulmaktadır. Dünyada ardı ardına yaşanan büyük çapta depremler ki 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi de buna dahildir, talep ötesi kuvvetlerin yapılara etkimesinde yaşanan en büyük problemlerden biri, çok rijit yapıların enerjii sönümleyemediği göçme konumuna geçmesinden kaynaklanmaktadır. İşte bu yüzden, başta malzeme olmak üzere yapıların tümünde süneklik aranan bir özellik haline gelmiştir.

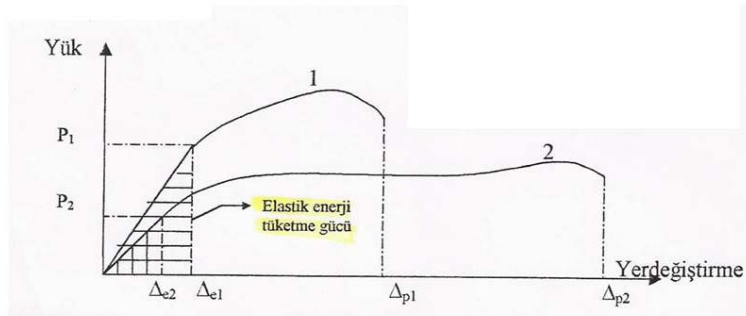
Süneklik düzeyi yüksek yapılar, rijit düğüm noktalarına sahiptirler. Bunun nedeni, enerjii taşıyıcı elemanın zorlanmasını mümkün olduğunca engelleyerek düğüm noktalarında sönümlemektir. Çelik yapılarda bu prensip, kolon ve kirişlerin kolon ekseninden belli bir mesafe ötede birleştirilmesiyle veya zayıflatılmış kiriş en kesitli bağlantılarla sağlanmaktadır.



Şekil 3.19. Sünek Çelik Yapılarda Düğüm Noktası Detayı Örneği (Zayıflatılmış Kiriş En kesitli Birleşim)

Yapılardaki sünekliğe bir başka açıdan bakıldığında, kuvvetli dinamik etkiler altında (deprem etkisi), yapıların elastik ötesi davranış göstererek büyük şekil değiştirmelerle meydana gelen enerjii elastik ve geri dönüşlü olmayan bir enerji

türü olarak sönümleyebilmesinin istenmesidir. Yapıların kullanım amacı ve hasar sınırlarını belirleyerek yer değiştirme bazında performans analizleri ile yapıların sünekliği belirlenebilir. Süneklik, yapıların aşırı yüklemelerde plastik şekil değiştirmelere akmaya ulaşan kesitlerin, kuvveti daha az zorlanan kesitlere iletmesi ve ayakta kalmasını sağlar. Fakat sünek tasarım yapılırken, yapı fonksiyonu ve enerji sönümlemenin kontrollü sınırlar içerisinde kalınması gerekmektedir. Bina fonksiyonuna ve hasar sınırlandırmalarına ters bir sünek tasarım, aksi sonuçlar doğurabilir. Örneğin yapı dinamiğinde sıkça karşılaşılan tek serbestlik dereceli sistem olarak adlandırılabilir su kuleleri, bacalar ve bunun gibi yapıların elastik ötesi şekil değiştirmesi yani süneklik kapasitelerinin yüksek olmaları istenmez.



1 - Daha büyük bir yük ile elastik bölgede kalabilen bir yapı temsil edilmektedir.

2 - Daha çok plastik enerji tüketme gücü yüksek yapı temsil edilmektedir. (kalıcı şekil değiştirmeler daha fazla)

Şekil 3.20. Sünek Yapılarda Yük – Şekil Değiştirme Eğrisi Örneği

### 3.6. Eurocode' a Göre Yük Kombinasyonları

Doğrusal olmayan analizde daha gerçekçi yaklaşımlar sağlamak için Eurocode 3' deki yük kombinasyonlarına göre işlem yapılacaktır. Eurocode, Avrupa ülkelerinde mühendislik hesaplarında uygulanan yönetmelikler bütünüdür. Eurocode' da taşıma gücü prensibine göre hesaplamalar yapılmaktadır. Eurocode' a göre tasarım, yapının belirli koşullar altında kullanılabilirlik ve taşıma güvenliğinin sağlanması kabulleri üzerine yapılır. Buna genel anlamda limit durum tasarımı denir.

Eurocode, mühendislik hesaplarında üç tasarım koşulu tanımlar. Bunlar;

- a. Yapının normal kullanım amacına göre yapılacak tasarım
- b. İmalat ya da onarım gibi kısa süreli durumları ele alan tasarım
- c. Tesadüf eseri meydana gelecek durumları kapsayan tasarım ilkeleridir.

Zeminle ilgili durumlar (oturma, sıvılaşma vs.), yük kombinasyonları, sıcaklık gibi etkiler de tasarım irdelemelerinin içerisinde yer almaktadır. Bu noktada, bir çok kontrol durumu ortaya çıktığından, bunları sistem dayanımı çerçevesinde belli bir limit içinde kalınması sağlanır. Buna göre Eurocode' a göre tasarımda ana ilkeler; yapı kullanım amacı ve buna bağlı olarak yapı davranışını etkileyecek sınır durumların belirlenmesi, daha sonra da bu sınırlar çerçevesinde tanımlanan sistemin malzeme, geometri gibi özelliklerinin bu sınır durumları aşip aşmadığının kontrolü olarak özetlenebilir.

Genel anlamda, Eurocode' daki yük kombinasyonları “1,35 G + 1,5 Q” yani sabit yüklerin 1,35 ve hareketli yüklerin 1,5 katsayısı ile büyütülmesi ile oluşturulur. Bu kombinasyonlar detaylandırıldığında, yukarıda bahsedilen normal davranış sınır durumlarından, tesadüfi durumlara kadar farklı katsayı ve işaretler olarak çeşitlenir. Deprem yükünün katılım katsayısı ise “1” dir. Çalışmada hesaba katılan kombinasyon değerleri Bölüm 3.7' de tablo halinde belirtilmiştir. Alınan kombinasyonlar, en elverişsiz durumlar için alınmıştır.

### 3.7. SAP 2000' de Doğrusal Olmayan Analiz

Bölüm 3.5' te tanımlanan süneklik düzeyinin elde edilebilmesi Eurocode katsayıları çerçevesinde doğrusal olmayan analiz yapmak gerekmektedir. Bunun için yine SAP 2000 programından yararlanılacaktır.

Bölüm 3.4' de belirtilen modelleme, yükleme, malzeme ve temel analiz özelliklerinin tanımlanması bu bölümün konusu olan doğrusal olmayan analiz için aynen geçerlidir. Bir başka deyişle, analizi yapılacak yapının geometrik eksenlerinin oluşturulması, malzeme özelliklerinin tanımlanması, modellemenin yapılması, yük verilerinin tanımlanıp yüklemelerinin yapılması, kombinasyonların tanımlanması gibi hususlar, bu analiz türü için de geçerlidir.



Yine “Define” menüsünden “Analysis Case” seçeneği tıklanarak açılan pencerede “Add New Case” sekmesi seçilir. Buradaki pencerede ise öncelikle yükleme durumunun ismi yazılır, (NL, NONL...gibi) daha sonra sağ taraftaki “Analyze Case Type” bölmesinden “Static” sekmesi işaretlenir. Sekmenin altındaki seçeneklerden nonlinear kutucuğu seçilir Bu kutucuk seçildiğinde, menü penceresinin değiştiği görülecektir. Burada da “Loads Applied” menüsünde üç farklı liste vardır. Bunlardan “Load Type kısmında “Load” sekmesi işaretlenir. “Load Name” kısmında ise daha önceden tanımlanan yükler seçilir. “Scale Factor” kısmında ise plastik hesaba göre sabit yükler için 1,35 ve hareketli yükler için 1,5 katsayıları yazılır. Bundan sonraki kombinasyon ve sonraki adımlar, lineer analiz adımları ile aynıdır. Böylece nonlinear yükleme durumu da analizin içine diğerleriyle birlikte katılmış olur.

**Analysis Case Data - Nonlinear Static**

**Analysis Case Name** NL

**Analysis Case Type** Static

**Initial Conditions**

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

**Modal Analysis Case**

All Modal Loads Applied Use Modes from Case MODAL

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load	DEAD	1,35
Load	DEAD	1,35
Load	HRKTL	1,5
Load	KAR	1,5
Load	RZGRX	1,5
Load	RZGRY	1,5
Load	SABIT	1,35

**Other Parameters**

Load Application: Full Load

Results Saved: Final State Only

Nonlinear Parameters: Default

Şekil 3.21. SAP 2000’ de Doğrusal Olmayan Analiz Yük Durumu

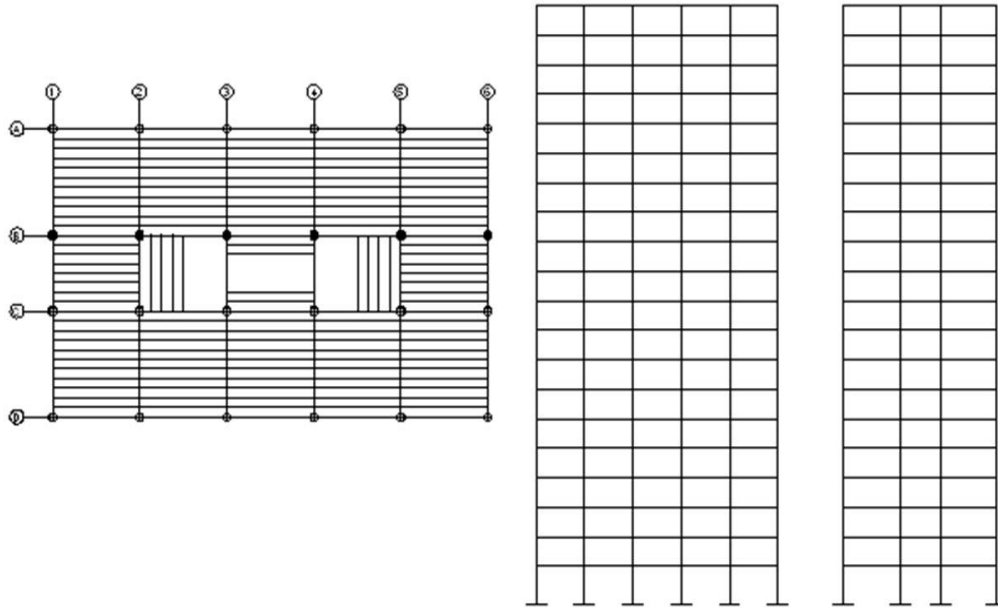
Tablo 3.11. Eurocode' a Göre Yük Kombinasyonları

<b>EUROCODE' A GÖRE YÜK KOMBİNASYONLARI</b>							
<b>K1</b>		<b>K2</b>		<b>K3</b>		<b>K4</b>	
<b>YÜK</b>	<b>KATSAYI</b>	<b>YÜK</b>	<b>KATSAYI</b>	<b>YÜK</b>	<b>KATSAYI</b>	<b>YÜK</b>	<b>KATSAYI</b>
Dead	1,35	Dead	1,35	Dead	1,35	Dead	1,35
Sabit	1,35	Sabit	1,35	Sabit	1,35	Sabit	1,35
Hareketli	1,5	Hareketli	1,5	Hareketli	1,5	Hareketli	1,5
Kar	1,5	Kar	1,5	Kar	1,5	Kar	1,5
Rüzgâr X	1,5	Rüzgâr X	-1,5	Rüzgâr Y	1,5	Rüzgâr Y	-1,5
<b>K5</b>		<b>K6</b>		<b>K7</b>		<b>K8</b>	
Dead	1,35	Dead	1,35	Dead	1,35	Dead	1,35
Sabit	1,35	Sabit	1,35	Sabit	1,35	Sabit	1,35
Hareketli	1,35	Hareketli	1,35	Hareketli	1,35	Hareketli	1,35
Kar	1,35	Kar	1,35	Kar	1,35	Kar	1,35
Rüzgâr X	1,35	Rüzgâr X	-1,35	Rüzgâr Y	1,5	Rüzgâr Y	-1,35
<b>K9</b>		<b>K10</b>		<b>K11</b>		<b>K12</b>	
<b>YÜK</b>	<b>KATSAYI</b>	<b>YÜK</b>	<b>KATSAYI</b>	<b>YÜK</b>	<b>KATSAYI</b>	<b>YÜK</b>	<b>KATSAYI</b>
Dead	1,35	Dead	1,35	Dead	1,35	Dead	1,35
Sabit	1,35	Sabit	1,35	Sabit	1,35	Sabit	1,35
Hareketli	1,5	Hareketli	1,5	Hareketli	1,5	Hareketli	1,5
Kar	1,5	Kar	1,5	Kar	1,5	Kar	1,5
Ex	1	Ex	-1	Ey	1	Ey	-1

### 3.8. Moment Aktaran Çerçeve Analizi

Bu çalışmanın konusunu teşkil eden bina modeli, moment aktaran çerçeveseli çelik yapı olarak yine SAP 2000 programında analiz edilmiştir. Bölüm 3' de belirtilen kurallar ve hesap adımları çerçevesinde çözümlene yapılmıştır. Yapının kat planı, kat yükseklikleri ve ölçüleri, eleman kesitleri değiştirilmemiştir. Yapılan doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerde aynı yük kombinasyonları kullanılmıştır. Burada,

yapıya etkiyen deprem yükleri, deplasmanlar, süneklik oranları gibi parametreler incelenecektir.



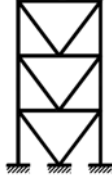
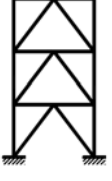
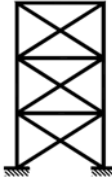
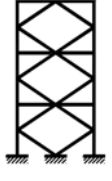
Şekil 3.22 Moment Aktaran Çerçeve Yapı Modeli

## BÖLÜM 4. SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

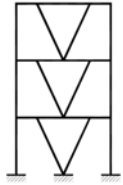
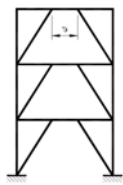
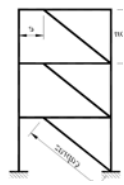
### 4.1 Analiz Sonuçlarına Ait Genel Tablo

Bölüm 3' de detaylarıyla belirtilen analizlerin sonuçları, merkezi ve dışmerkez çaprazlı sistemler için aşağıda tablo halinde belirtilmiştir. Tablolarda G, yapı çelik ağırlıklarını, EX ve EY, X ve Y doğrultularında binaya etkiyen deprem kuvvetlerini,  $T_{1,x,y}$ , yapı hakim periyodunu,  $\delta_{EX}$  ve  $\delta_{EY}$ , yapının EX ve EY deprem kuvvetlerinden meydana gelen tepe noktası yer değiştirmeyi,  $\delta_{max\ el}$ , maksimum tepe noktası elastik yer değiştirmesini,  $\delta_{max\ pl}$ , yapının tepe noktası maksimum plastik yer değiştirmesini ve  $\mu$  ise, maksimum plastik yer değiştirmenin maksimum elastik yer değiştirmeye oranı olarak formülize edilen süneklik oranını ifade etmektedir. Burada hatırlatılmalıdır ki DBYBHY 2007' de K merkezi çaprazlı sistemler, süneklik düzeyi yüksek çelik çerçeveler içerisine alınmamaktadır. Fakat bu çalışmada sistemlerin genel incelemeleri yapıldığı için yapı davranışını incelemek açısından K çaprazlı çelik çerçeve sistemi de değerlendirmeye alınmıştır.

Tablo 4.1. Merkezi Çaprazlı Sistemler Analiz Raporu

<b>MERKEZİ ÇAPRAZLI SİSTEMLER</b>				
<b>ÇAPRAZ DÜZENİNE GÖRE BİNA TİPLERİ</b>				
	<b>MERKEZİ V</b>	<b>MERKEZİ TERS V</b>	<b>MERKEZİ X</b>	<b>MERKEZİ K</b>
<b>G (kg)</b>	1820407	1820407	1919131	1919131
<b>EX (kg)</b>	299469,73	285412,9	299793,1	299762,38
<b>EY (kg)</b>	336791,44	321933,75	334331,59	334227,43
<b>T<sub>1x,y</sub> (sn)</b>	3,005048	2,856749	2,895819	2,896032
<b>δ<sub>Ex</sub> (m)</b>	0,085245	0,081398	0,082723	0,082719
<b>δ<sub>Ey</sub> (m)</b>	0,07811	0,073449	0,075587	0,075585
<b>δ<sub>max el</sub> (m)</b>	0,0852	0,0814	0,0827	0,0827
<b>δ<sub>max pl</sub> (m)</b>	0,1288	0,1323	0,1249	0,1250
<b>μ</b>	1,5112	1,6253	1,5102	1,5115

Tablo 4.2. Dışmerkez Çaprazlı Sistemler Analiz Raporu

<b>DIŞMERKEZ ÇAPRAZLI SİSTEMLER</b>			
<b>ÇAPRAZ DÜZENİNE GÖRE BİNA TİPLERİ</b>			
	<b>DIŞMERKEZ V</b>	<b>DIŞMERKEZ TERS V</b>	<b>DIŞMERKEZ TEKİL</b>
<b>G (kg)</b>	1608177	1609474	1791282
<b>EX (kg)</b>	276222,16	231628,68	299762,38
<b>EY (kg)</b>	285648,68	262376,03	334227,43
<b>T<sub>1x,y</sub> (sn)</b>	3,050271	3,128145	2,896032
<b>δ<sub>Ex</sub> (m)</b>	0,084727	0,087465	0,082719
<b>δ<sub>Ey</sub> (m)</b>	0,076481	0,074763	0,075585
<b>δ<sub>max el</sub> (m)</b>	0,0867	0,0875	0,1026
<b>δ<sub>max pl</sub> (m)</b>	0,1531	0,1795	0,1666
<b>μ</b>	1,7659	2,051	1,6238

Tablo 4.3. Moment Aktaran Çerçeve Analiz Raporu

<b>MOMENT AKTARAN ÇERÇEVE</b>								
<b>G (kg)</b>	<b>EX (kg)</b>	<b>EY (kg)</b>	<b>T<sub>1x,y</sub> (sn)</b>	<b>δ<sub>Ex</sub> (m)</b>	<b>δ<sub>Ey</sub> (m)</b>	<b>δ<sub>max el</sub> (m)</b>	<b>δ<sub>max pl</sub> (m)</b>	<b>μ</b>
1482840	255549,15	260019,37	4,956845	0,267982	0,21293	0,267982	0,33518	1,2508

#### 4.2. Düzensizliklerin Kontrolü

DBYBHY 2007' de düzensizlikler ile ilgili aşağıdaki maddeler sunulmuştur. Bu çalışmada, yapının simetrik olması nedeni ile yalnız B2 düzensizliği kontrol edilecektir.

DBYBHY 2007' de düzensizlik durumları

A1 – Burulma Düzensizliği (2.3.2.1) :

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 Burulma Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{bi}$  'nin 1.2'den büyük olması durumu [ $\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2$ ]

A2 – Döşeme Süreksizlikleri 2.3.2.2) :

Herhangi bir kattaki döşemede;

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.

A3 – Planda Çıkıntılar Bulunması (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

B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (*Zayıf Kat*) (2.3.2.3) :

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  $\eta_{ci}$  'nin 0.80'den küçük olması durumu.

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

Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:

$$\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15 \Sigma A_k$$

B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) (2.3.2.1) :

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  $\eta_{ki}$  'nin 2.0'den fazla olması durumu. [ $\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0$  veya  $\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0$ ]

(Görelî kat ötelemelerinin hesabı,  $\pm$  %5 ek dışmerkezlilik etkileri de göz önüne alınarak 2.7'ye göre yapılacaktır.)

B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği (2.3.2.4) :

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.

Tablo 4.4. B2 Düzensizlik Kontrolü

ZEMİN ve NORMAL KATLAR ARASI B2 RİJİTLİK DÜZENSİZLİĞİ KONTROLÜ								
MERKEZİ V ÇAPRAZ PERDELİ BİNA								
DEPREM YÖNÜ	$\Delta_1$ (m)	$\Delta_{1ort}$ (m)	$h_{1ort}$ (m)	$\Delta_2$ (m)	$\Delta_{2ort}$ (m)	$h_{2ort}$ (m)	$\eta_{ki}$	Limit $\eta_{ki} \leq 2.0$
EX	0,004025	0,004025	4	0,007585	0,00356	3,5	0,98929073	UYGUN
EY	0,00284	0,00284	4	0,00574	0,0029	3,5	0,85689655	UYGUN
MERKEZİ TERS V ÇAPRAZ PERDELİ BİNA								
DEPREM YÖNÜ	$\Delta_1$ (m)	$\Delta_{1ort}$ (m)	$h_{1ort}$ (m)	$\Delta_2$ (m)	$\Delta_{2ort}$ (m)	$h_{2ort}$ (m)	$\eta_{ki}$	Limit $\eta_{ki} \leq 2.0$
EX	0,003245	0,003245	4	0,006305	0,00306	3,5	0,92790033	UYGUN
EY	0,002239	0,002239	4	0,004679	0,00244	3,5	0,80292008	UYGUN



Tablo 4.4. Devamı

<b>MERKEZİ X ÇAPRAZ PERDELİ BİNA</b>								
DEPREM YÖNÜ	$\Delta_1$ (m)	$\Delta_{1ort}$ (m)	$h_{1ort}$ (m)	$\Delta_2$ (m)	$\Delta_{2ort}$ (m)	$h_{2ort}$ (m)	$\eta_{ki}$	Limit $\eta_{ki} \leq 2.0$
EX	0,002906	0,002906	4	0,006016	0,00311	3,5	0,8176045	UYGUN
EY	0,002143	0,002143	4	0,004693	0,00255	3,5	0,73534314	UYGUN
<b>MERKEZİ K ÇAPRAZ PERDELİ BİNA</b>								
DEPREM YÖNÜ	$\Delta_1$ (m)	$\Delta_{1ort}$ (m)	$h_{1ort}$ (m)	$\Delta_2$ (m)	$\Delta_{2ort}$ (m)	$h_{2ort}$ (m)	$\eta_{ki}$	Limit $\eta_{ki} \leq 2.0$
EX	0,002936	0,002936	4	0,006036	0,0031	3,5	0,82870968	UYGUN
EY	0,002142	0,002142	4	0,004672	0,00253	3,5	0,74081028	UYGUN
<b>DIŞMERKEZ V ÇAPRAZ PERDELİ BİNA</b>								
DEPREM YÖNÜ	$\Delta_1$ (m)	$\Delta_{1ort}$ (m)	$h_{1ort}$ (m)	$\Delta_2$ (m)	$\Delta_{2ort}$ (m)	$h_{2ort}$ (m)	$\eta_{ki}$	Limit $\eta_{ki} \leq 2.0$
EX	0,004019	0,004019	4	0,008479	0,00446	3,5	1,08203846	UYGUN
EY	0,00432	0,00432	4	0,00757	0,00325	3,5	0,84753363	UYGUN
<b>DIŞMERKEZ TERS V ÇAPRAZ PERDELİ BİNA</b>								
DEPREM YÖNÜ	$\Delta_1$ (m)	$\Delta_{1ort}$ (m)	$h_{1ort}$ (m)	$\Delta_2$ (m)	$\Delta_{2ort}$ (m)	$h_{2ort}$ (m)	$\eta_{ki}$	Limit $\eta_{ki} \leq 2.0$
EX	0,007928	0,007928	4	0,015518	0,00759	3,5	0,91396574	UYGUN
EY	0,004587	0,004587	4	0,009917	0,00533	3,5	0,75302533	UYGUN
<b>DIŞMERKEZ TEKİL ÇAPRAZ PERDELİ BİNA</b>								
DEPREM YÖNÜ	$\Delta_1$ (m)	$\Delta_{1ort}$ (m)	$h_{1ort}$ (m)	$\Delta_2$ (m)	$\Delta_{2ort}$ (m)	$h_{2ort}$ (m)	$\eta_{ki}$	Limit $\eta_{ki} \leq 2.0$
EX	0,006609	0,006609	4	0,012659	0,00605	3,5	0,95584711	UYGUN
EY	0,003559	0,003559	4	0,007479	0,00392	3,5	0,79441964	UYGUN
<b>MOMENT AKTARAN ÇERÇEVE</b>								
DEPREM YÖNÜ	$\Delta_1$ (m)	$\Delta_{1ort}$ (m)	$h_{1ort}$ (m)	$\Delta_2$ (m)	$\Delta_{2ort}$ (m)	$h_{2ort}$ (m)	$\eta_{ki}$	Limit $\eta_{ki} \leq 2.0$
EX	0,014	0,014	4	0,019605	0,005605	3,5	2,18554862	UYGUN DEĞİL
EY	0,009	0,009	4	0,021	0,00392	3,5	2,00892857	UYGUN DEĞİL

### 4.3. Dışmerkez Çaprazlarda Bağ Kirişi Boyu Kontrolü

Bölüm 2’de DBYBHY 2007 çerçevesinde aktarılan bağ kirişi boy kontrolüne ait tablo aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.5. Bağ Kirişi Boyu Kontrolü (A-A ve D-D Çerçevesi)

BAĞ KİRİŞİ BOYU KONTROLÜ (A-A ve D-D ÇERÇEVESİ)					
ÇAPRAZ DÜZENİNE GÖRE YAPI TİPİ	KİRİŞİ	Wp (cm <sup>3</sup> )	$\sigma_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )	d (cm)	t <sub>w</sub> (cm)
	HEA 360	802,3	3600	26,1	1
	$V_p = 0,60 \sigma_a x d x t_w$			$M_p = W_p X \sigma_a$	
	56376			2888280	
	$1 x M_p/V_p$		e (cm)	$5 x M_p/V_p$	
DIŞMERKEZ V	51,23		150	256,16	UYGUN
DIŞMERKEZ TERS V	51,23		150	256,16	UYGUN
DIŞMERKEZ TEKİL	51,23		75	256,16	UYGUN

Tablo 4.6. Bağ Kirişi Boyu Kontrolü (1-1 ve 6-6 Çerçevesi)

BAĞ KİRİŞİ BOYU KONTROLÜ (1-1 ve 6-6 ÇERÇEVESİ)					
ÇAPRAZ DÜZENİNE GÖRE YAPI TİPİ	KİRİŞİ	Wp (cm <sup>3</sup> )	$\sigma_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )	d (cm)	t <sub>w</sub> (cm)
	HEA 360	802,3	3600	26,1	1
	$V_p = 0,60 \sigma_a x d x t_w$			$M_p = W_p X \sigma_a$	
	56376			2888280	
	$1 x M_p/V_p$		e (cm)	$5 x M_p/V_p$	
DIŞMERKEZ V	51,23		128	256,16	UYGUN
DIŞMERKEZ TERS V	51,23		128	256,16	UYGUN
DIŞMERKEZ TEKİL	51,23		64	256,16	UYGUN

Tablo 4.7. Bağ Kirişi Boyu Kontrolü (3-3 ve 4-4 Çerçevesi)

<b>BAĞ KİRİŞİ BOYU KONTROLÜ (3-3 ve 4-4 ÇERÇEVESİ)</b>					
<b>ÇAPRAZ DÜZENİNE GÖRE YAPI TİPİ</b>	<b>KİRİŞ</b>	<b>Wp (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>σ<sub>a</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>d (cm)</b>	<b>t<sub>w</sub> (cm)</b>
	HEA 360	802,3	3600	26,1	1
	<b>V<sub>p</sub> = 0,60 σ<sub>a</sub> x d x t<sub>w</sub></b>			<b>M<sub>p</sub> = W<sub>p</sub> X σ<sub>a</sub></b>	
	56376			2888280	
	<b>1 x M<sub>p</sub>/V<sub>p</sub></b>		<b>e (cm)</b>	<b>5 x M<sub>p</sub>/V<sub>p</sub></b>	<b>SONUÇ</b>
<b>DIŞMERKEZ V</b>	51,23		112	256,16	UYGUN
<b>DIŞMERKEZ TERS V</b>	51,23		112	256,16	UYGUN
<b>DIŞMERKEZ TEKİL</b>	51,23		56	256,16	UYGUN

#### 4.4. Bağ Kirişi Dönme Açıları Kontrolü

Bölüm 2' de belirtilen DBYBHY 2007 Bölüm 4, Madde 4.8.3' de yer alan bağ kirişi dönme açılarının kontrolü ile ilgili tablo aşağıda verilmiştir;

Tablo 4.8. Bağ Kirişi Dönme Açılı Kontrolü

<b>BAĞ KIRIŞI DÖNME AÇILARI KONTROLÜ</b>									
<b>DIŞMERKEZ V</b>									
<b>A-A ve D-D ÇERÇEVESİ</b>					<b>e = 150 cm &gt; 2,6Mp/Vp = 133,2 cm</b>				
$\delta_i$ (m)	$\delta_{i-1}$ (m)	$\Delta_i$ (m)	R	$h_i$ (m)	$\theta_p = R\Delta_i/h_i$	L (m)	$\gamma_p = (L/2e)\theta_p$	$\gamma_{limit}$	DURUM
0,0847	0,0815	0,0032	8	3,5	0,0073143	6	0,01462857	0,03	UYGUN
<b>1-1 ve 6-6 ÇERÇEVESİ</b>					<b>1,6Mp/Vp = 81,9 cm &lt; e = 128 cm &lt; 2,6Mp/Vp = 133,2 cm</b>				
$\delta_i$ (m)	$\delta_{i-1}$ (m)	$\Delta_i$ (m)	R	$h_i$ (m)	$\theta_p = R\Delta_i/h_i$	L (m)	$\gamma_p = (L/2e)\theta_p$	$\gamma_{limit}$	DURUM
0,0865	0,0836	0,0029	8	3,5	0,0066286	7	0,018125	0,037	UYGUN
<b>3-3 ve 4-4 ÇERÇEVESİ</b>					<b>1,6Mp/Vp = 81,9 cm &lt; e = 112 cm &lt; 2,6Mp/Vp = 133,2 cm</b>				
$\delta_i$ (m)	$\delta_{i-1}$ (m)	$\Delta_i$ (m)	R	$h_i$ (m)	$\theta_p = R\Delta_i/h_i$	L (m)	$\gamma_p = (L/2e)\theta_p$	$\gamma_{limit}$	DURUM
0,0865	0,0836	0,0029	8	3,5	0,0066286	5	0,01479592	0,049	UYGUN
<b>DIŞMERKEZ TERS V</b>									
<b>A-A ve D-D ÇERÇEVESİ</b>					<b>e = 150 cm &gt; 2,6Mp/Vp = 133,2 cm</b>				
$\delta_i$ (m)	$\delta_{i-1}$ (m)	$\Delta_i$ (m)	R	$h_i$ (m)	$\theta_p = R\Delta_i/h_i$	L (m)	$\gamma_p = (L/e)\theta_p$	$\gamma_{limit}$	DURUM
0,0875	0,0857	0,0018	8	3,5	0,0041143	6	0,01645714	0,03	UYGUN
<b>1-1 ve 6-6 ÇERÇEVESİ</b>					<b>1,6Mp/Vp = 81,9 cm &lt; e = 128 cm &lt; 2,6Mp/Vp = 133,2 cm</b>				
$\delta_i$ (m)	$\delta_{i-1}$ (m)	$\Delta_i$ (m)	R	$h_i$ (m)	$\theta_p = R\Delta_i/h_i$	L (m)	$\gamma_p = (L/e)\theta_p$	$\gamma_{limit}$	DURUM
0,0747	0,0723	0,0024	8	3,5	0,0054857	7	0,03	0,037	UYGUN
<b>3-3 ve 4-4 ÇERÇEVESİ</b>					<b>1,6Mp/Vp = 81,9 cm &lt; e = 112 cm &lt; 2,6Mp/Vp = 133,2 cm</b>				
$\delta_i$ (m)	$\delta_{i-1}$ (m)	$\Delta_i$ (m)	R	$h_i$ (m)	$\theta_p = R\Delta_i/h_i$	L (m)	$\gamma_p = (L/e)\theta_p$	$\gamma_{limit}$	DURUM
0,0747	0,0723	0,0024	8	3,5	0,0054857	5	0,0244898	0,049	UYGUN
<b>DIŞMERKEZ TEKİL</b>									
<b>A-A ve D-D ÇERÇEVESİ</b>					<b>e = 75 cm &lt; 1,6Mp/Vp = 81,9 cm</b>				
$\delta_i$ (m)	$\delta_{i-1}$ (m)	$\Delta_i$ (m)	R	$h_i$ (m)	$\theta_p = R\Delta_i/h_i$	L (m)	$\gamma_p = (L/e)\theta_p$	$\gamma_{limit}$	DURUM
0,105	0,103	0,002	8	3,5	0,0045714	6	0,0244898	0,1	UYGUN
<b>1-1 ve 6-6 ÇERÇEVESİ</b>					<b>e = 64cm &lt; 1,6Mp/Vp = 81,9 cm</b>				
0,0827	0,0779	0,0048	8	3,5	0,0109714	7	0,06857143	0,1	UYGUN
<b>3-3 ve 4-4 ÇERÇEVESİ</b>					<b>e = 56cm &lt; 1,6Mp/Vp = 81,9 cm</b>				
$\delta_i$ (m)	$\delta_{i-1}$ (m)	$\Delta_i$ (m)	R	$h_i$ (m)	$\theta_p = R\Delta_i/h_i$	L (m)	$\gamma_p = (L/e)\theta_p$	$\gamma_{limit}$	DURUM
0,0823	0,0795	0,0028	8	3,5	0,0064	5	0,02857143	0,1	UYGUN

## 4.5. Sonuçların İrdelenmesi

### 5.5.1. Merkezi çaprazlı sistemler

Yapı ağırlığı olarak V ve Ters V çapraz düzenli sistemler, K ve X çaprazlı sistemlere göre daha avantajlıdır. K ve X çaprazlı yapılarda, çapraz boylarından kaynaklanan bir metraj fazlası bulunduğu açıktır. Bu durum yapı ekonomisi ve yapıların depremden etkilenme durumuna direkt olarak etki etmektedir. Çünkü bilindiği gibi, yapılar yer sarsıntısından ağırlıkları oranında etkilenirler.

Yapılara etkileyen deprem kuvvetlerine bakıldığında, binanın Y doğrultusunda meydana gelebilecek deprem taban kesme kuvveti X doğrultusuna göre daha büyüktür. Bunun nedeni, Y yönünde yapıların rijitliğinin daha az oluşudur. Yapı dinamiğinin temel formülleriyle bu durum izah edilebilir;

$$w_n = \sqrt{k/m} \quad , \quad T_n = 2\pi/w_n \quad , \quad T_n = 2\pi\sqrt{m/k}$$

Yukarıdaki formüller göz önüne alındığında, V ve Ters V düzenli yapıların ağırlıkları eşit olmasına rağmen, V çapraz perdeli binadaki deprem kuvvetlerinin daha büyük olmasının nedeni, rijitliğinin daha küçük olmasındandır. Çünkü bir yapının rijitliği azalıyorsa, periyodu artar. Periyodu artan bina, daha büyük kuvvetlere maruz kalmakta ve daha çok zorlanmaktadır. Bölüm 3' de bahsedilen sünek yapı kavramında yapıların belirli sınırlar içerisinde şekil değiştirme yapması ve daha büyük deprem kuvvetlerini karşılaması istenmesine rağmen bunu mümkün mertebe ana taşıyıcı sistem zorlanmadan gerçekleşmesi beklenir. Bu konuda X ve K çapraz düzenli binalar, birbirlerine yakın davranış göstermektedir. Deprem taban kesme kuvveti, X ve K çaprazlı binalarda V ve Ters V çaprazlı binaların arasında bir değer almaktadır.

Genel olarak yer değiştirmelerde, X yönündeki yer değiştirmelerin, Y yönündeki yer değiştirmelere nazaran daha fazla olduğu görülmektedir. Bu, binaların çapraz yerleşim düzeninden kaynaklanmaktadır (Bkz. Ek A). Binaların zayıf eksenlerinin

kuvvetli eksenlerine göre daha az yer değiştirme yapması, binalarda dengenin olduğunu gösterir. Yapı geometrisi simetrik olduğundan, binalarda dönme çok küçüktür. Tablo 4.5' te de bu, açıkça görölmektedir.

Tablo 4.9. Merkezi Çapraz Sistemli Binalarda Dönmeden Kaynaklanan Tepe Noktası Deplasmanları

<b>YAPILARDA DÖNME DEN KAYNAKLANAN DEPLASMANLAR</b>					
<b>MERKEZİ V</b>			<b>MERKEZİ X</b>		
<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
<b>m</b>	<b>m</b>	<b>m</b>	<b>m</b>	<b>m</b>	<b>m</b>
2,6E-06	0,00061	2,2E-09	2,1E-06	0,00062	1,6E-10
0,00105	0,00018	8,7E-08	0,00105	0,00018	8,1E-08
<b>MERKEZİ TERS V</b>			<b>MERKEZİ K</b>		
<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
<b>m</b>	<b>m</b>	<b>m</b>	<b>m</b>	<b>m</b>	<b>m</b>
6,5E-07	0,00059	4,1E-10	1,2E-06	0,00061	2E-10
0,001	0,00017	8,2E-08	0,00106	0,00018	8,1E-08

Süneklik oranlarına bakıldığında ise, Ters V çaprazı sistemin süneklik oranı, en fazladır. Diğer sistemlerdeki süneklik oranlarının küçük olması, elastik hesap neticesindeki deplasmanların plastik hesap neticesindeki deplasmanlara yakın olmasından kaynaklanmaktadır. Çıkan sonuca bakıldığında, V, X ve K çaprazlı sistemler, elastik ötesi kuvvetlere maruz kaldıklarında, Ters V çaprazlı sisteme göre daha az plastik yer değiştirme yaparak Ters V sisteminden önce göçme konumuna geçeceklerdir. Ters V çaprazlı sistem, diğerlerine göre daha fazla ayakta kalabilecektir. şu durumda, merkezi çaprazlı sistemler içerisinde, yapı güvenliği olarak en avantajlı sistem, Ters V merkezi çaprazlı sistemlerdir.

#### 4.5.2. Dışmerkez çaprazlı sistemler

Dışmerkez çaprazlı sistemlerde de, ağırlık, rijitlik ve periyot noktaları incelendiğinde, kendi aralarında merkezi sistemlere benzer davranışlar göstermektedirler. Hatırlanacağı gibi, dışmerkez çaprazlı sistemler, davranış olarak moment aktaran çerçeveler ile merkezi çaprazlı sistemler arasında bir davranış gösterirler. Burada yapı ağırlığı olarak en ağır sistem, yine çapraz boylarına istinaden tekil dışmerkez çaprazlı sistemdir. Tekil dışmerkez sistemli yapıya etkiyen deprem kuvvetinin en büyük olması da, yapı rijitliğinin V ve Ters V dışmerkez çaprazlı sistemlere nazaran minimum seviyede olduğu da açıkça görülmektedir. Tekil çaprazlı sistem moment aktaran çerçeveye yakın bir davranış göstermektedir. Ayrıca tekil çaprazlı sistemin, çapraz elemanının narinliğinin büyük olmasından dolayı, burkulma en fazla olacak, ana taşıyıcı sistem diğerlerine nazaran daha fazla zorlanacaktır.

Yapı geometrisine bağlı olarak, dışmerkez çaprazlı sistemlerde de dönmeler minimum seviyededir.

Tablo 4.10. Merkezi Çapraz Sistemli Binalarda Dönmeden Kaynaklanan Tepe Noktası Deplasmanları

YAPILARDA DÖNMEYEN KAYNAKLANAN DEPLASMANLAR								
DIŞMERKEZİ V			DIŞMERKEZ TERS V			DIŞMERKEZ TEKİL		
R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
m	m	m	m	m	m	m	m	m
6,15E-06	0,0006	5,16E-10	1,07E-06	0,000359	1,08E-09	0,000015	0,000451	0,000097
0,000886	0,000146	1,2E-07	0,000683	0,000117	1,44E-07	0,000841	0,000145	0,000049

Buradaki en dikkat çekici nokta, Ters V dışmerkez çaprazlı sisteme gelen taban kesme kuvvetinin tüm sistemlere kıyasla en küçük değere sahip olmasına rağmen, periyot ve yer değiştirme olarak diğerlerinden daha büyük değerler almasıdır. Süneklik oranlarına da bakıldığında, en fazla süneklik oranına yine Ters V dışmerkez çaprazlı sistemli yapının sahip olduğu görülmektedir. Bunun anlamı, çalışmanın başından beri tarif edilen sünek ve dayanıklı yapı türünün Ters V dışmerkez çapraz perdeli yapıların olduğudur. Bu yapı, sismik yükler altında, daha fazla elastik

deformasyon yapacak, elastik ötesi etkiye maruz kaldığında da yine diğerlerine nazaran daha fazla plastik şekil değiştirme yaparak ayakta kalmaya devam edecektir. Yapı detaylarında düğüm noktalarının rijit olmasına ve kolon ekseninden uzakta oluşturulmasına da dikkat edildiğinde bu tip binanın maksimum performansı göstereceği aşıkardır.

#### 4.5.3. Moment aktaran çerçeve

Moment aktaran çerçeve sistemine sahip yapı, çaprazlı sistemlere göre düzenlenmiş bir yapıdan oldukça farklı davranış özellikleri göstermektedir. Yapı ağırlığı, sistem çubuk sayısının daha az olmasından dolayı daha küçük bir değerdedir. Buna bağlı olarak da yapı üzerine gelen deprem kuvvetleri daha azdır. Fakat bina X ve Y doğrultularında perde elemanlarıyla (çaprazlar) donatılmadığı için rijitliği azalmakta, periyodu büyümekte, bunlar da tepe noktası yer değiştirmesinin istenenin çok üzerinde bir değere ulaşmasına neden olmaktadır. Sistemin süneklik oranına bakıldığında, elastik davranışın plastikleşmeye yakın bir noktada olduğu göze çarpmaktadır. Bu durum, yapı üzerine gelen yatay kuvvetlerin tamamıyla kolon ve kiriş elemanlarının zorlanmasıyla sönmüldüğünü göstermektedir. Tepe Noktalarındaki dönmeden kaynaklanan yer değiştirme de bu sistemde en fazladır.

Tablo 4.11. Merkezi Çapraz Sistemli Binalarda Dönmeden Kaynaklanan Tepe Noktası Deplasmanları

YAPILARDA DÖNMEDEDEN KAYNAKLANAN DEPLASMANLAR							
MOMENT AKTARAN ÇERÇEVE							
EX	R1	R2	R3	EY	R1	R2	R3
	m	m	m		m	m	m
	8,65E-06	7,20E-04	7,34E-10		1,02E-03	3,41E-04	2.94E-07

Moment aktaran çerçeve sistemi ile çapraz düzenli sistemlerin karşılaştırma tablosu aşağıda verilmiştir.



Tablo 4.12 Çaprazlı Sistemler ve Moment Çerçevesi Karşılaştırması

KARŞILAŞTIRMA TABLOSU							
SİSTEM	G (kg)	EX (kg)	EY(kg)	T <sub>ix,y</sub> (sn)	$\delta_{max}$ el (m)	$\delta_{max}$ pl (m)	$\mu$
MERKEZİ V	1820407	299469,7	336791,4	3,0050	0,08525	0,1288	1,511
MERKEZİ TERS V	1820407	285412,9	321933,8	2,8567	0,0814	0,1323	1,625
MERKEZİ X	1919131	299793,1	334331,6	2,8958	0,0827	0,1249	1,51
MERKEZİ K	1919131	299762,4	334227,4	2,8960	0,082719	0,125	1,512
DIŞMERKEZ V	1608177	276222,2	285648,7	3,0502	0,086727	0,1531	1,766
DIŞMERKEZ TERS V	1609474	231628,7	262376	3,1281	0,07646	0,1795	2,051
DIŞMERKEZ TEKİL	1791282	299762,4	334227,4	2,8960	0,1026	0,1666	1,624
MOMENT ÇERÇEVESİ	1482840	255549,2	260019,4	4,9568	0,267982	0,33518	1,251

Tablolardan da anlaşıldığı üzere, 20 katlı 71 m yüksekliğindeki bir çelik yapının perdesiz olarak teşkil edilmesi, yapı güvenliği açısından sorunlar yaratabilecektir. Moment aktaran çerçeve sistemindeki yapıyı çelik çapraz perdeli bir yapı davranışına getirebilmek için çok büyük kesitler seçilmesi gerekmektedir. Bu da, inşaat maliyetini oldukça arttıracak ve uygulanabilirliği zorlaştıracaktır.

#### 4.5.4. Sonuç

Bu çalışmada, çok katlı bir çelik yapının değişik düzenlemeler ile genel davranış özellikleri incelenmiştir. Çelik çerçevelerde sıklıkla kullanılan çaprazlı perdelerin DBYBHY 2007 çerçevesinde genel tasarım adımları uygulanmıştır. Buradan çıkarılabilecek sonuç, gerek yapının sismik yüklere tepkisi, gerek rijitlik, periyot, deplasman, süneklik gibi parametrelere istinaden değerlendirildiğinde dışmerkezli yapıların daha avantajlı olduğu göze çarpmaktadır.

Analiz sonuçlarından da anlaşılacağı üzere, merkezi çaprazlı sistemler, ana taşıyıcı sistemi zorlayarak kuvveti iletmektedirler. Söz konusu yapının 20 katlı bir çelik yapı olduğu düşünülürse, süneklik ve dayanım özelliklerinden ötürü dışmerkez çapraz perdeli çelik çerçevelerin seçilmesi, amaca uygun bir imalatın çıkarılması açısından önemlidir. Dışmerkez çaprazlı sistemlerin içinde de en avantajlı sistem,

Ters V çaprazlı sistemlerdir. Tekil çaprazlı sistemler, deprem kuvvetinden yoğun olarak etkilendikleri için ve çapraz eleman narinliğini azaltmak için daha büyük kesitlerden seçileceği için ekonomik olarak da yoğun sismik aktiviteli bölgelerde tercih edilmeyecek bir sistemdir. Dışmerkez V çaprazlı sistemler ise Ters V sistemler kadar uygun olmasa da yine merkezi çaprazlı sistemlere nazaran sünek ve dayanıklı yapı modeline daha uygun oldukları görülmektedir. Fakat burada da mimari talepler açısından bir dezavantaj söz konusudur.

Davranışlar karşılaştırma tablosundan incelendiğinde, dışmerkez çaprazlı sistemlerin, deplasman, ağırlık, deprem kuvveti, periyot gibi parametrelerde merkezi çaprazlı sistemler ile moment aktaran çerçeve sistemi arasında bir davranış gösterdiği anlaşılmaktadır. Moment aktaran çerçevenin süneklik oranı, çaprazlı sistemlere nazaran daha küçüktür. Bu da yukarıda belirtildiği gibi, elastik yer değiştirme ve plastik yer değiştirmenin birbirine yakın olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, DBYBHY 2007' de yer alan B2 Komşu Katlar Arasında Düzensizlik Kontrolü çerçevesinde bakıldığında, zemin kat ve normal kat arasındaki görelî kat ötelemesi oranları arasında yapılan karşılaştırmada limit değerin aşıldığı, binanın düzensiz bina sınıfına girdiği görülmektedir.

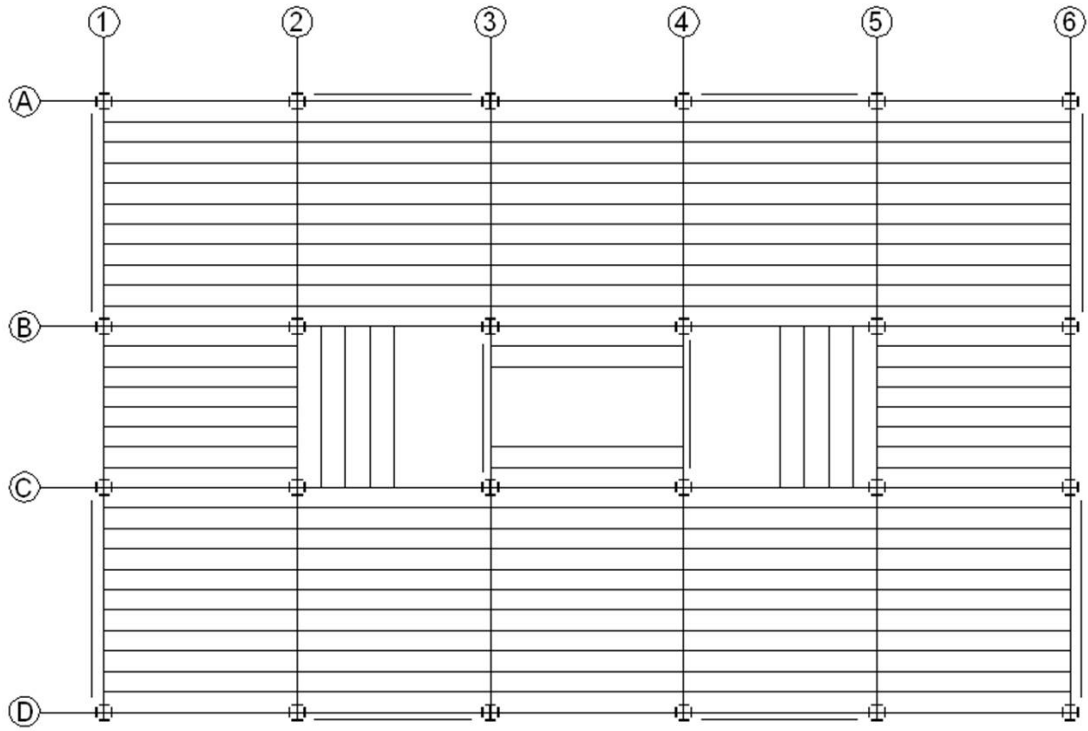
Sonuç olarak, bu çalışma içerisinde çözümlenmesi yapılan yedi adet farklı çapraz düzenli yapı içerisinde en uygun sistem, dışmerkez Ters V çaprazlı sistemlerdir. Yukarıda belirtilen parametreler doğrultusunda, yapıyı en az yorarak en çok performans gösterecek bir sistemdir.

## KAYNAKLAR

- [1] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Mart 2007
- [2] TS498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Kasım 1997
- [3] TS648 Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Aralık 1980
- [4] DEREN, H., UZGİDER, E., PİROĞLU, F., Çelik Yapılar, Çağlayan Kitabevi, 2005
- [5] ODABAŞI, Y., Ahşap ve Çelik Yapılar, Beta Kitabevi
- [6] CELEP Z., KUMBASAR, N., Deprem Mühendisliğine Giriş, Beta Dağıtım, 2006
- [7] ÖZMEN, G., İnşaat Mühendisleri İçin Excel Uygulamaları Birsen Yayınevi, 2005
- [8] DARILMAZ, K., SAP 2000 ile Yapı Sistemlerinin Analizi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Seminer Notları, Şubat 2007
- [9] UZGİDER, E., PİROĞLU, F., ÇAĞLAYAN, Ö., Süneklik Düzeyi Yüksek Çerçevelerin Tasarımı TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Antalya Şubesi Aralık 2007
- [10] ÇELİK, B., Çelik Yapılarda Çaprazlı Çerçevelerin Süneklik Düzeyini Belirleyen Tasarım Kuralları, Yüksek Lisans Tezi İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 2003
- [11] TAŞDEMİR, A., Çok Katlı Çelik Bir Hastane Binasının Eurocode' ye göre Çerçeve Kusurları Dikkate Alınarak Karşılaştıralı Boyutlandırılması Yüksek Lisans Tezi İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 2007

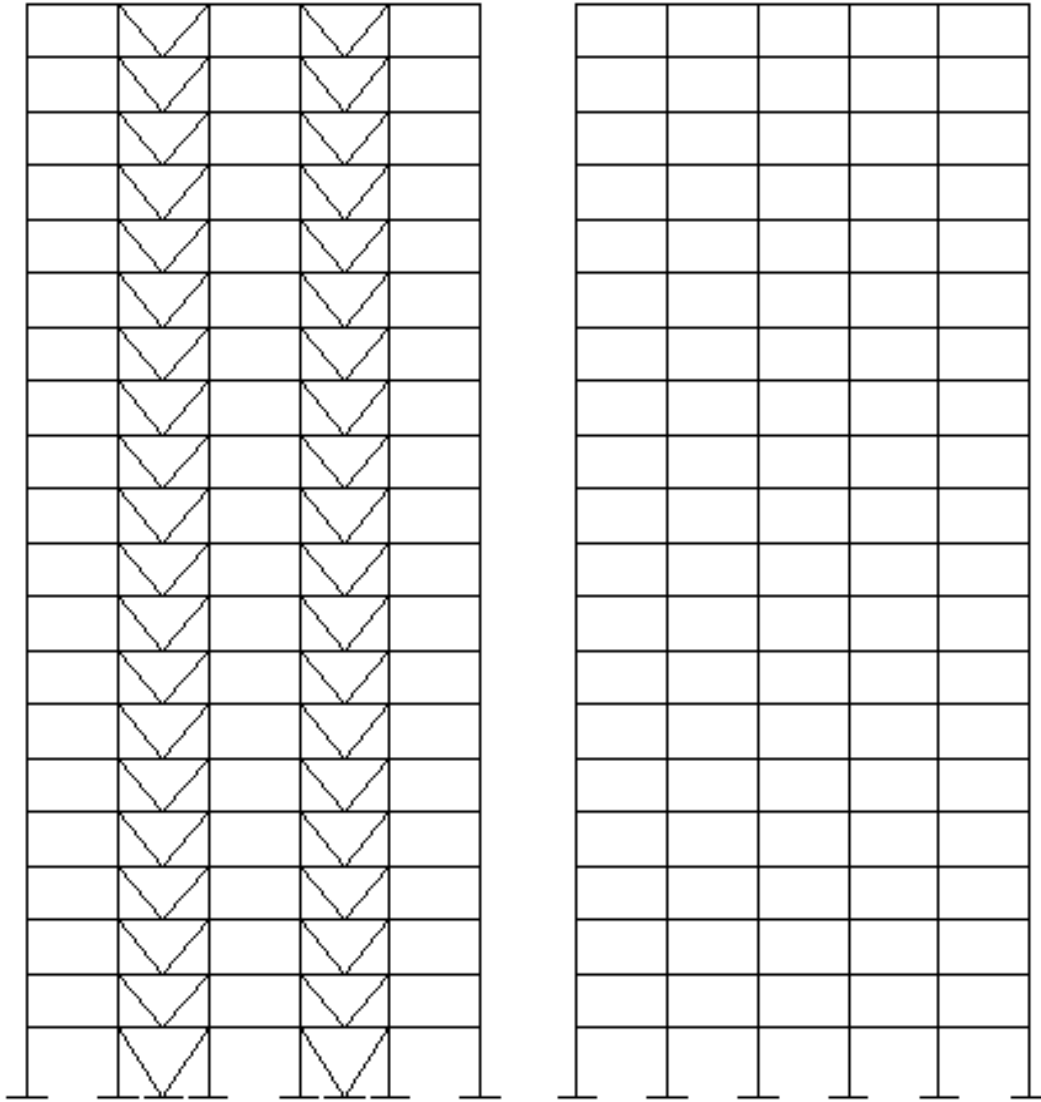
## EK

### BİNA PLAN VE GÖRÜNÜŞLERİ



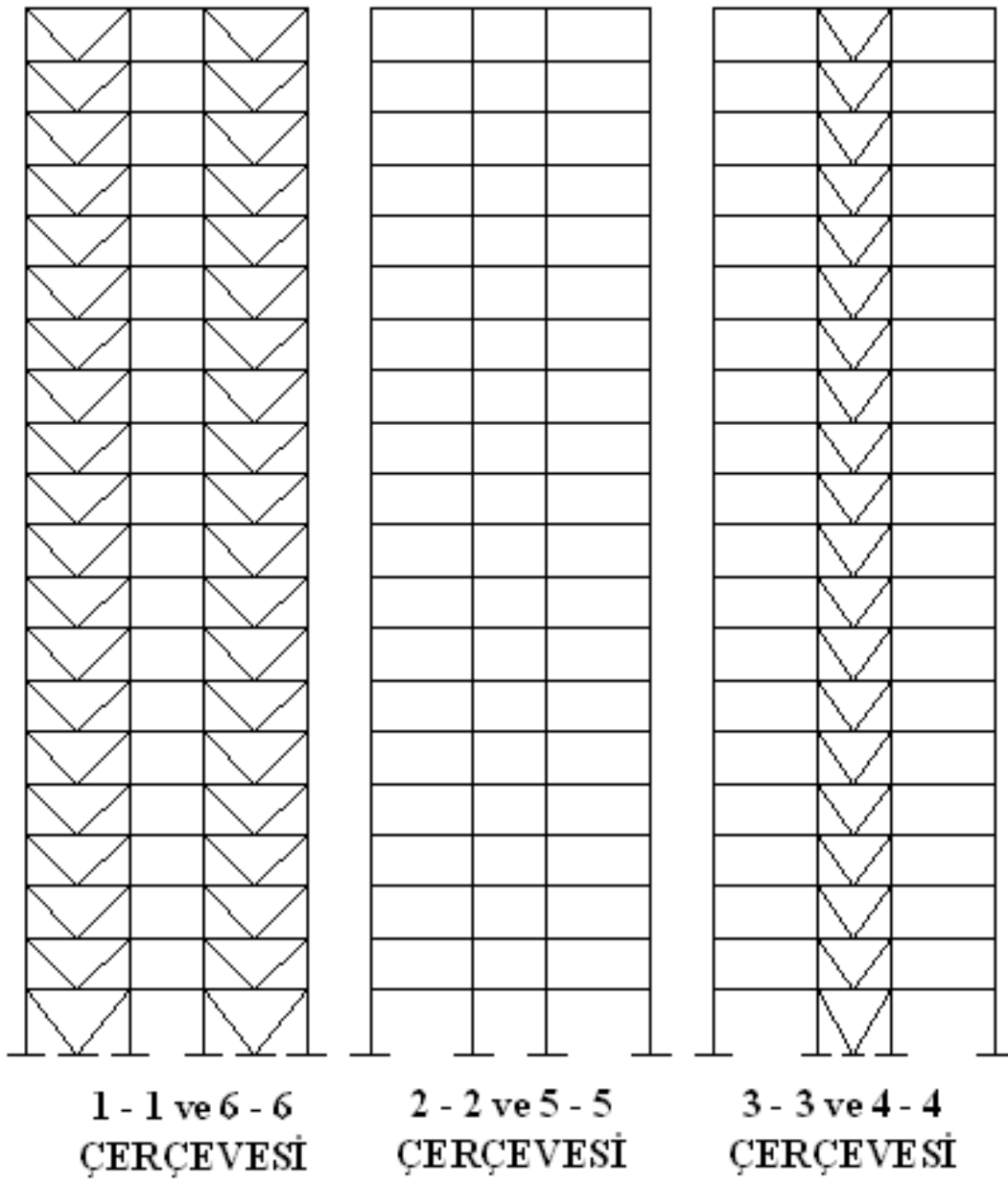
KAT PLANI

## Merkezi V Çaprazlı Sistem Çerçeve Görünüşleri

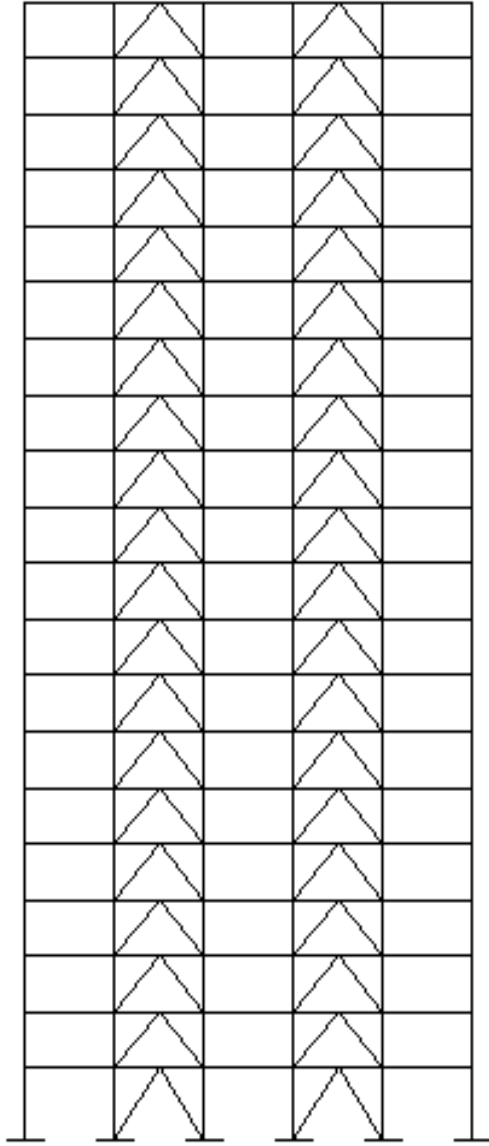


A - A ve D - D ÇERÇEVESİ

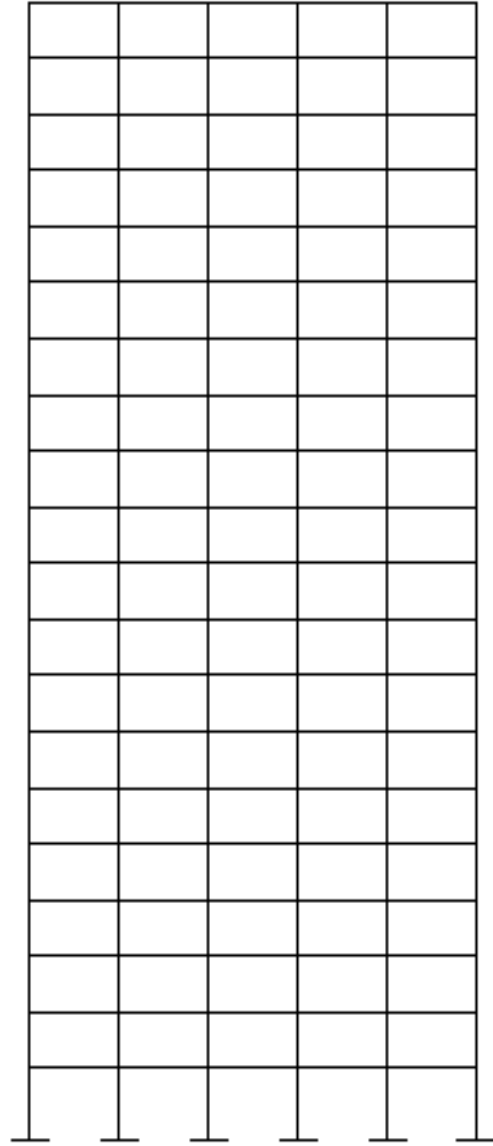
B - B ve C - C ÇERÇEVESİ



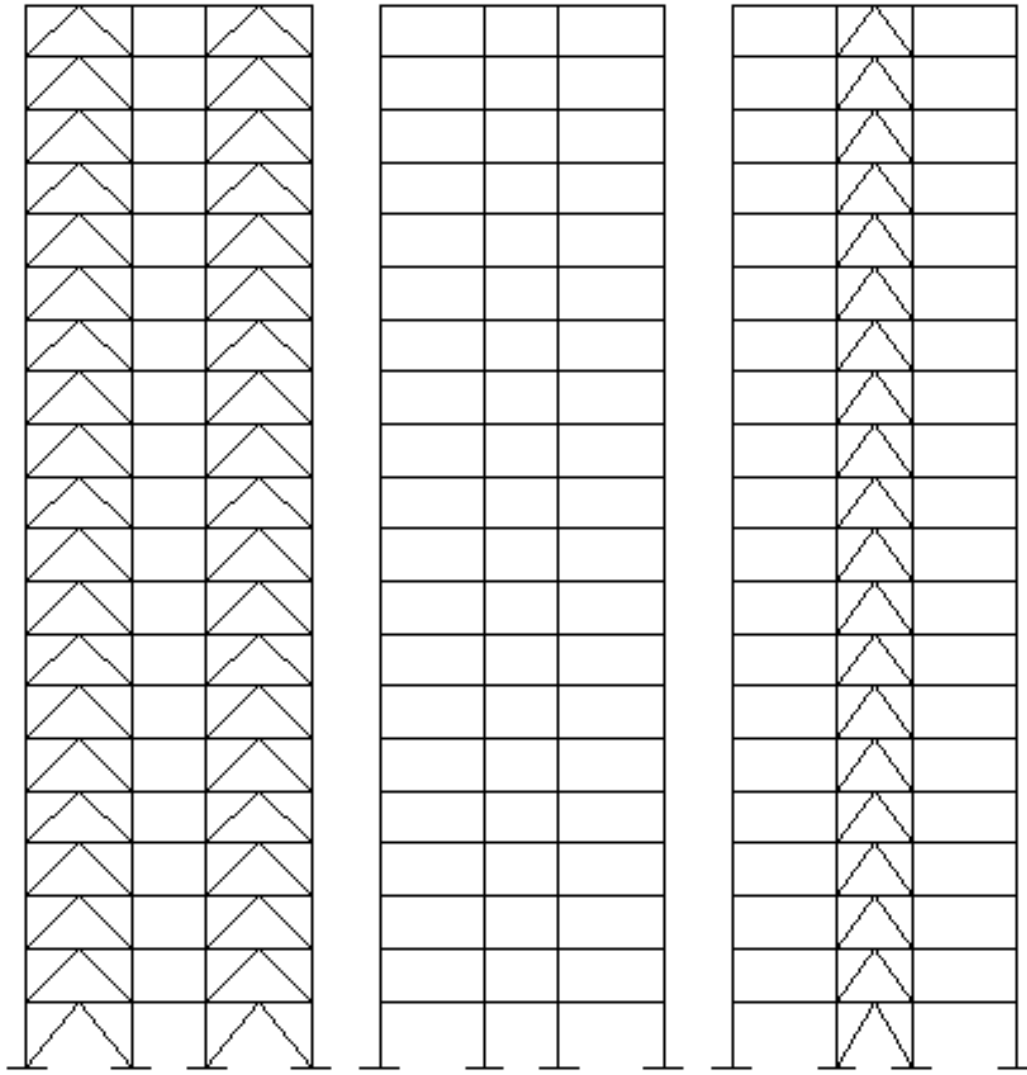
## Merkezi Ters V Çaprazlı Sistem Çerçeve Görünüşleri



A - A ve D - D ÇERÇEVESİ



B - B ve C - C ÇERÇEVESİ



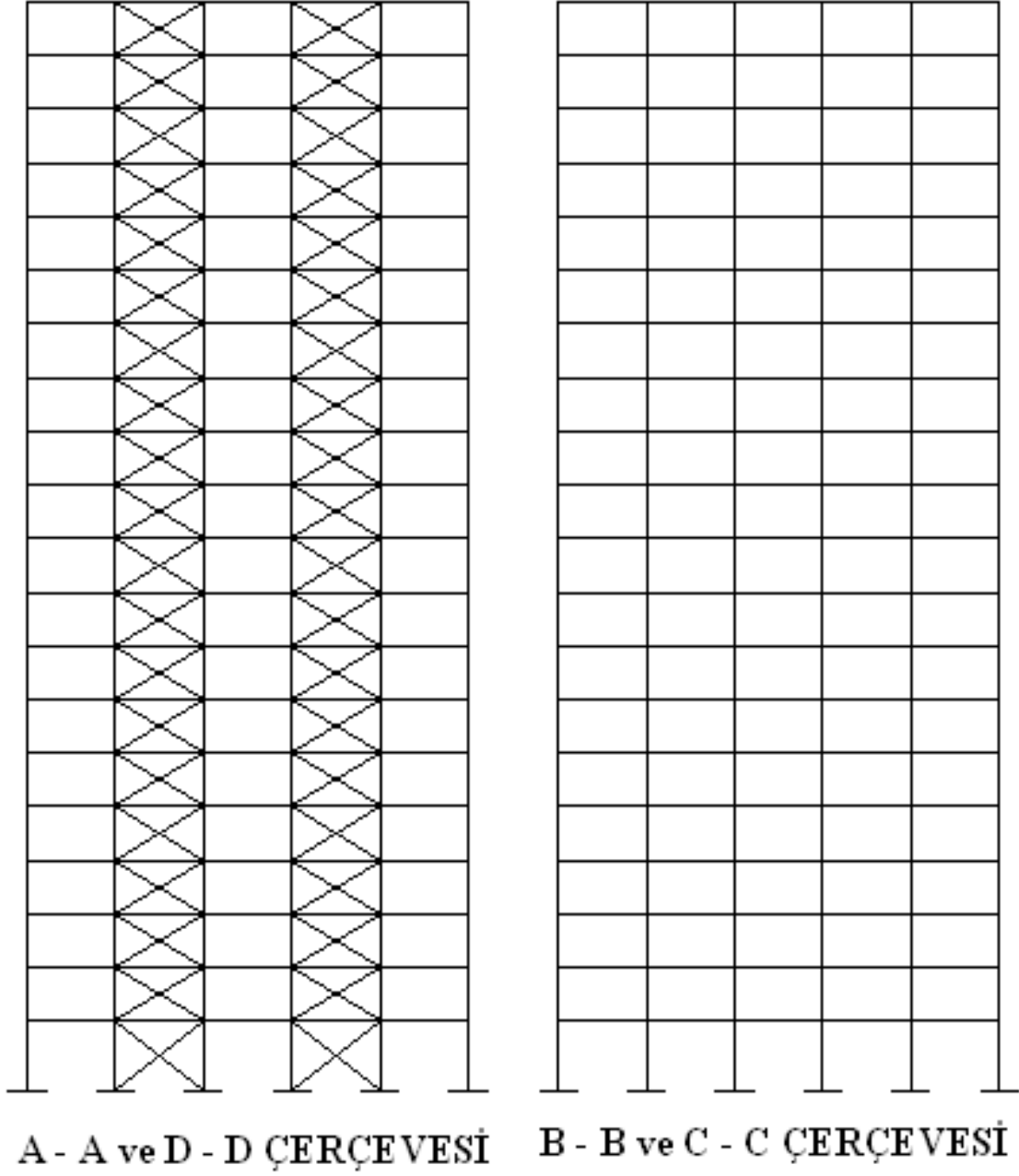
**1 - 1 ve 6 - 6  
ÇERÇEVESİ**

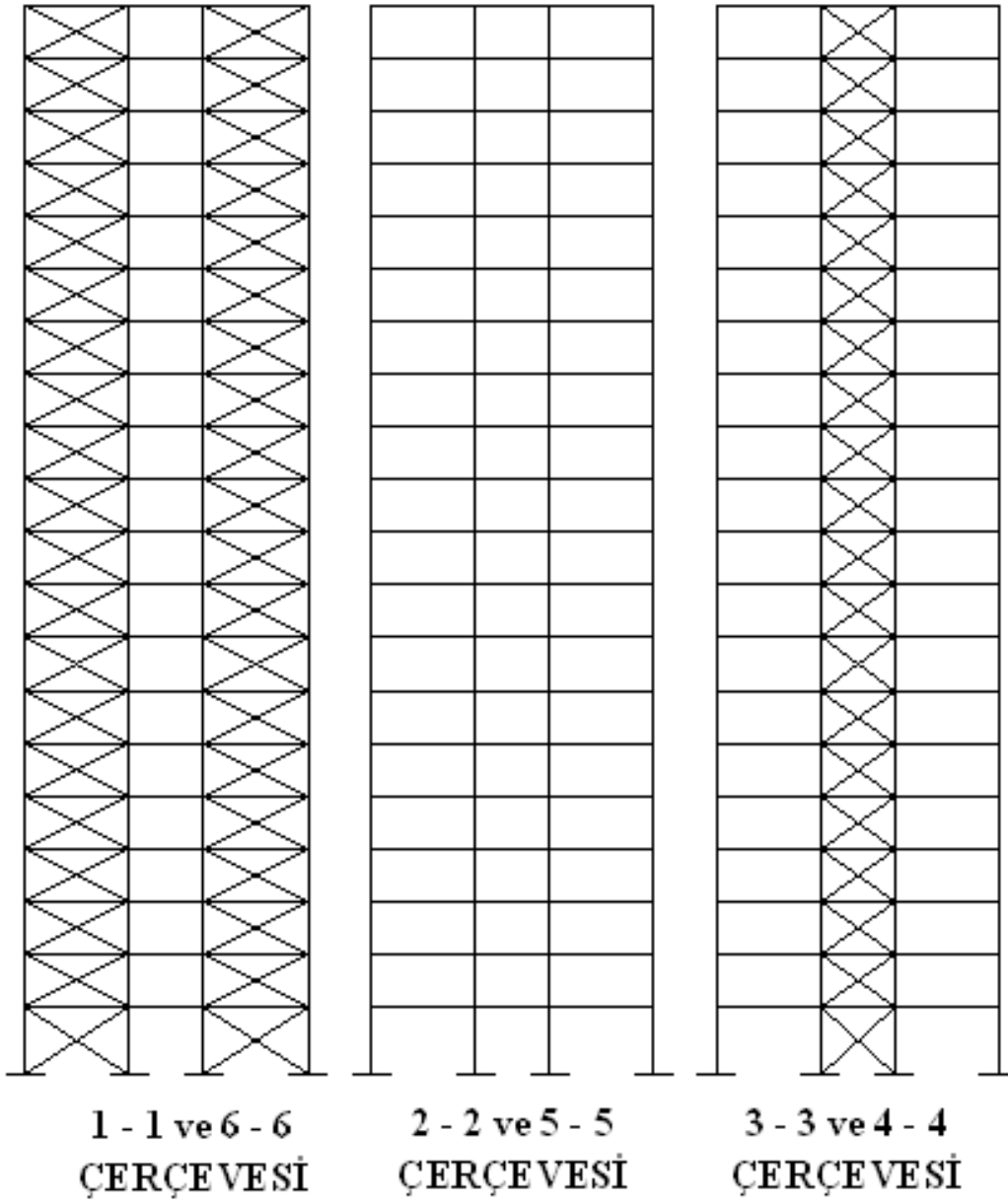
**2 - 2 ve 5 - 5  
ÇERÇEVESİ**

**3 - 3 ve 4 - 4  
ÇERÇEVESİ**

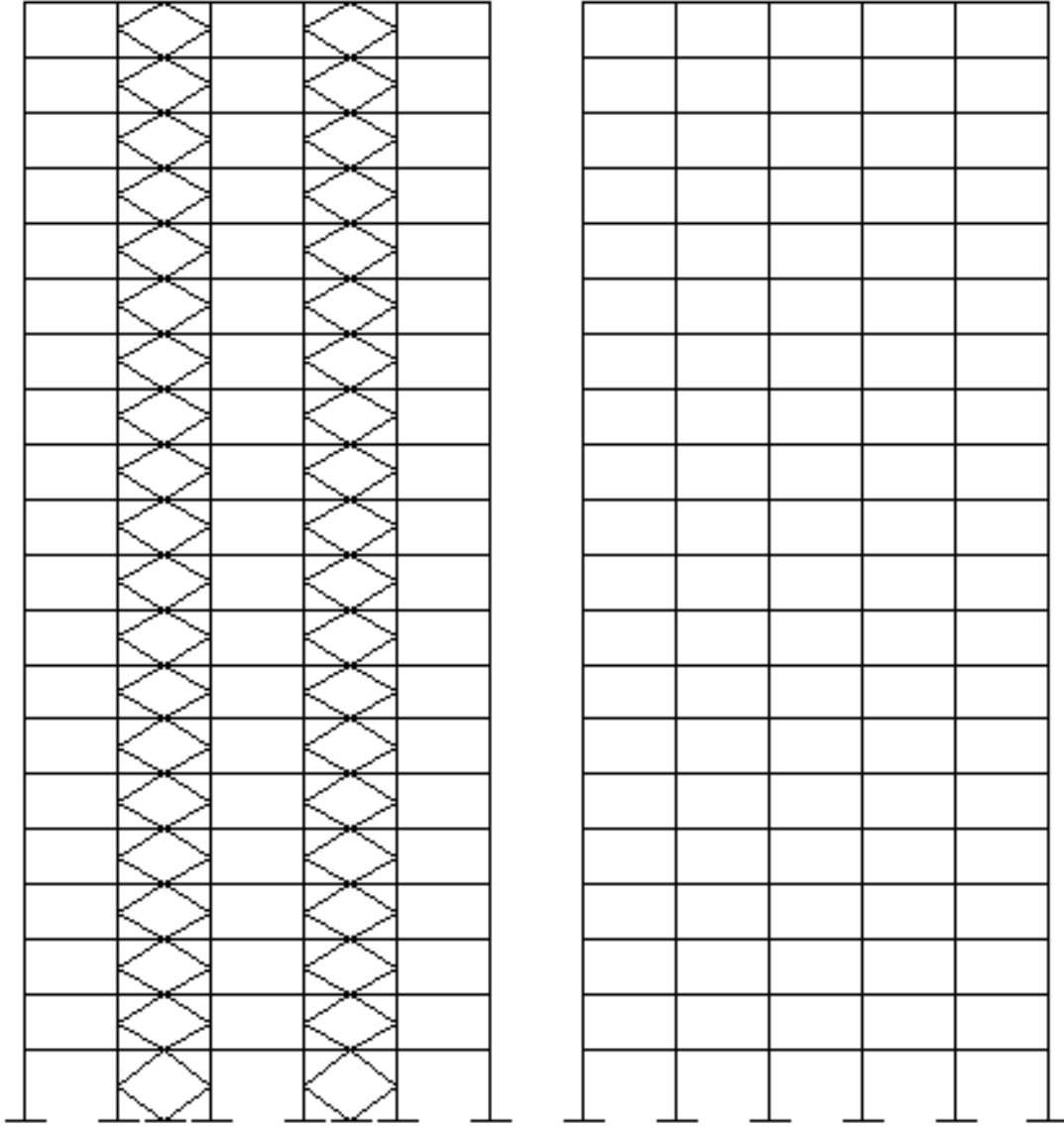


## Merkezi X Çaprazlı Sistem Çerçeve Görünüşleri



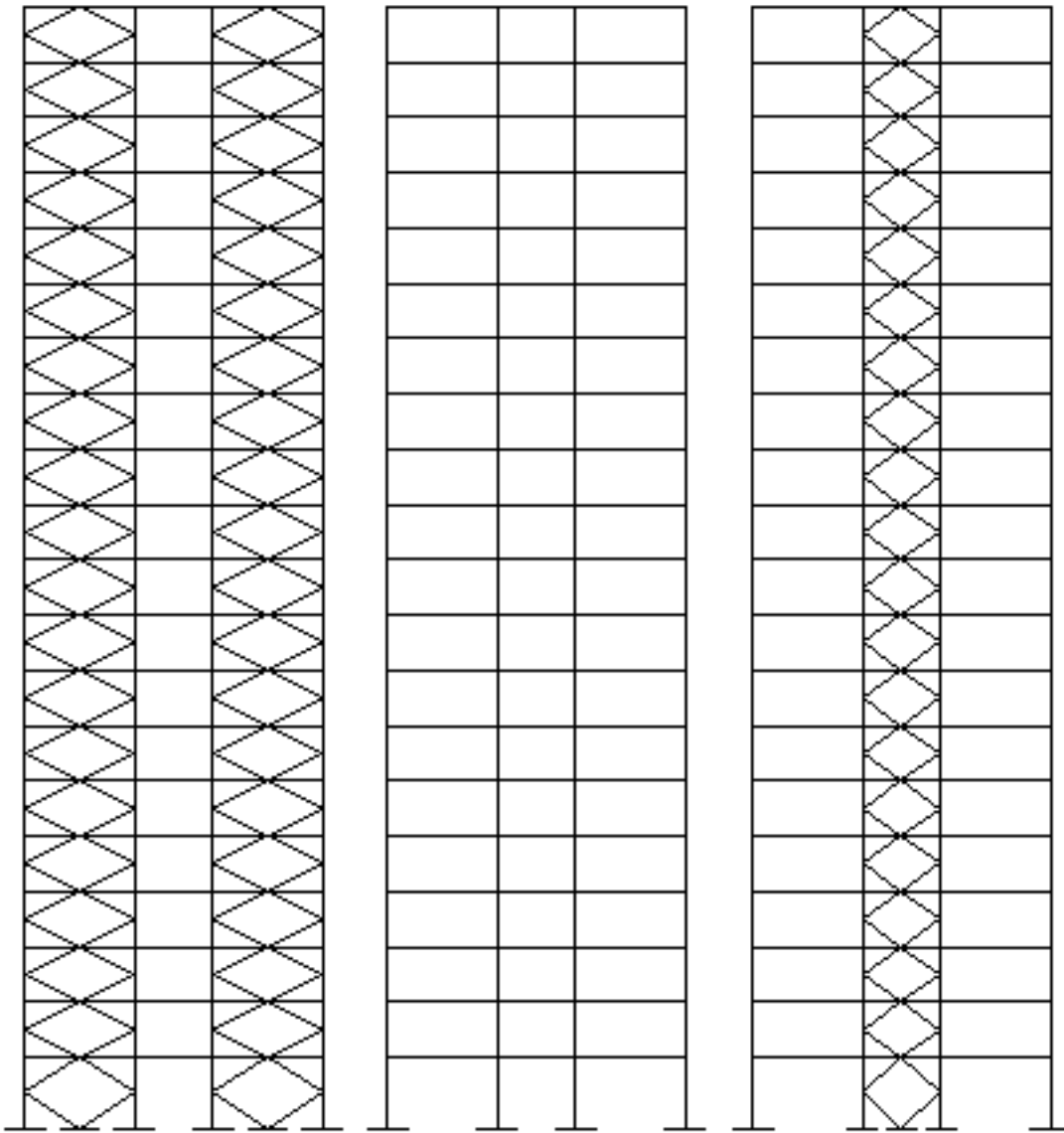


## Merkezi K Çaprazlı Sistem Çerçeve Görünüşleri



A - A ve D - D ÇERÇEVESİ

B - B ve C - C ÇERÇEVESİ

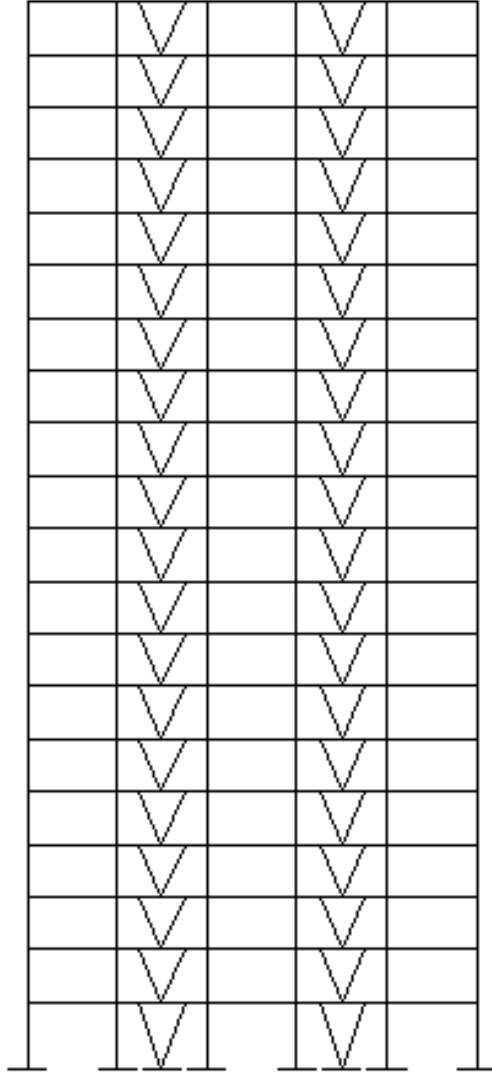
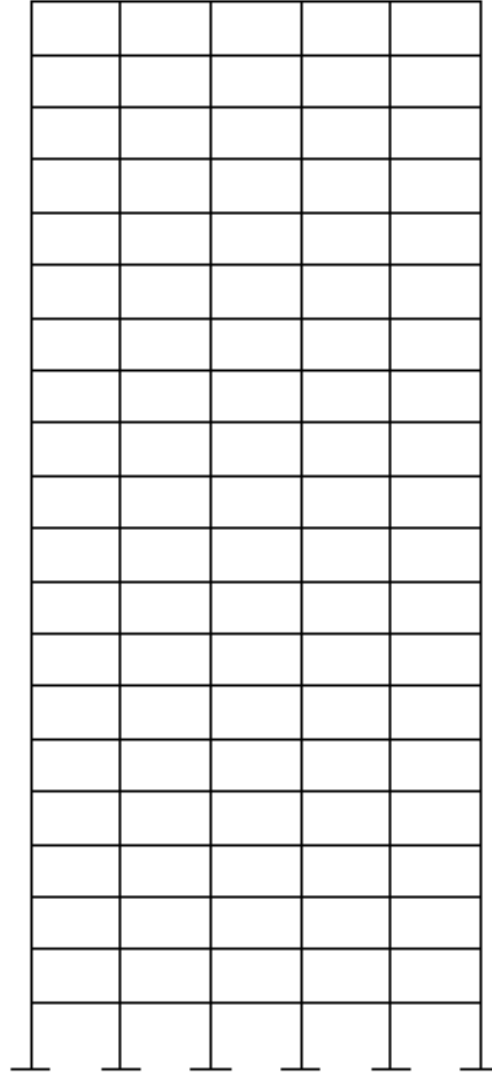


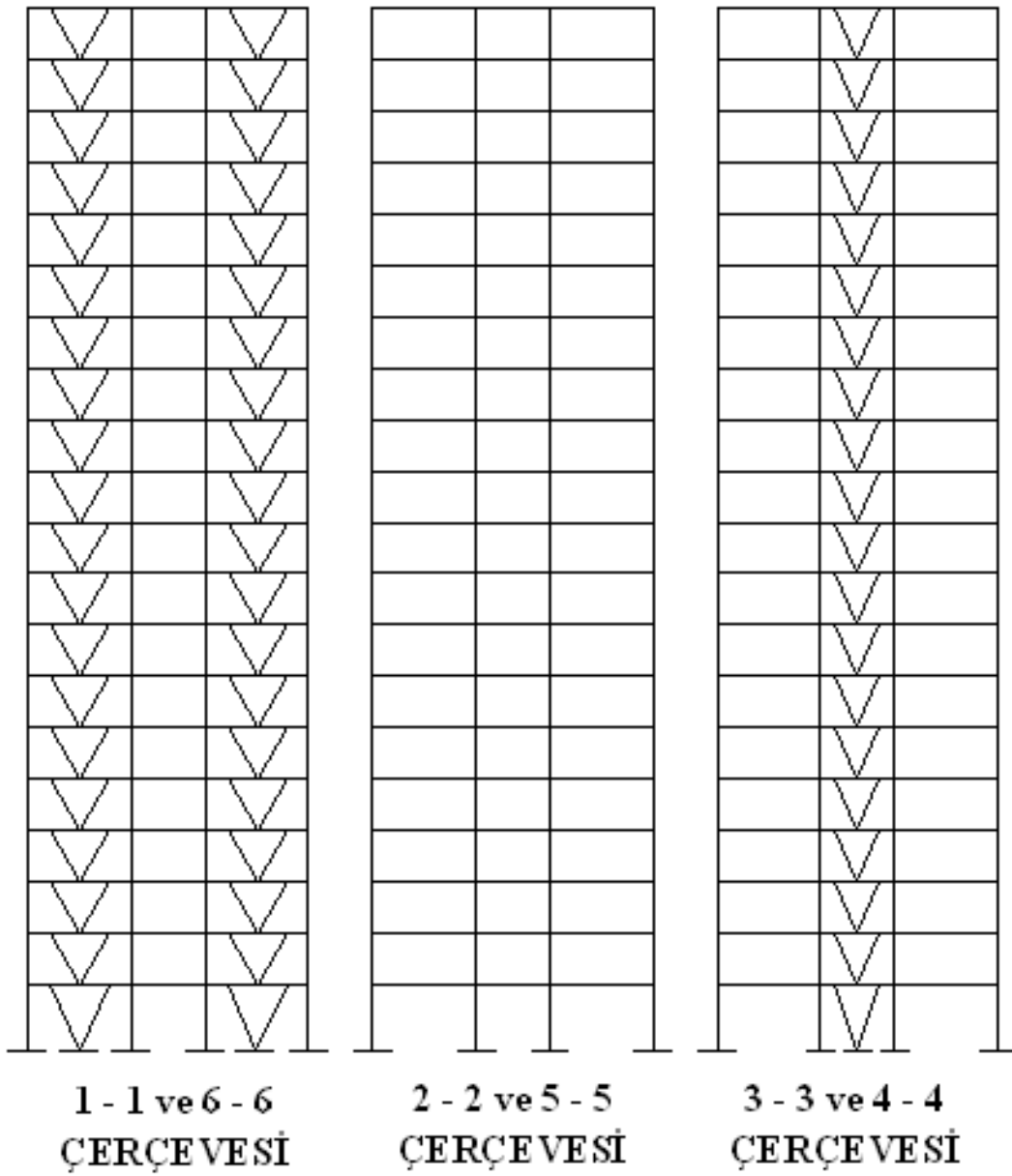
1 - 1 ve 6 - 6  
ÇERÇEVESİ

2 - 2 ve 5 - 5  
ÇERÇEVESİ

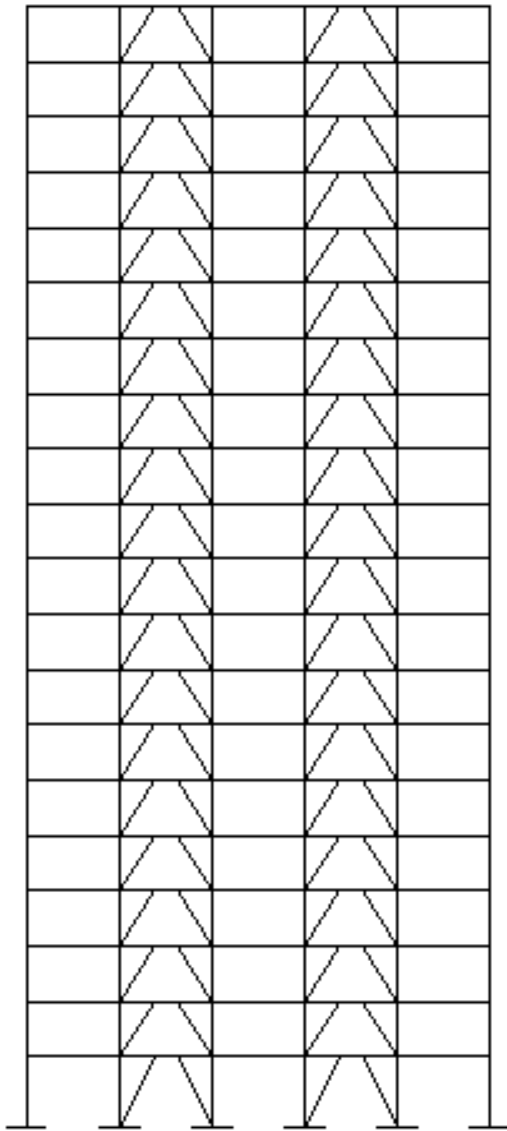
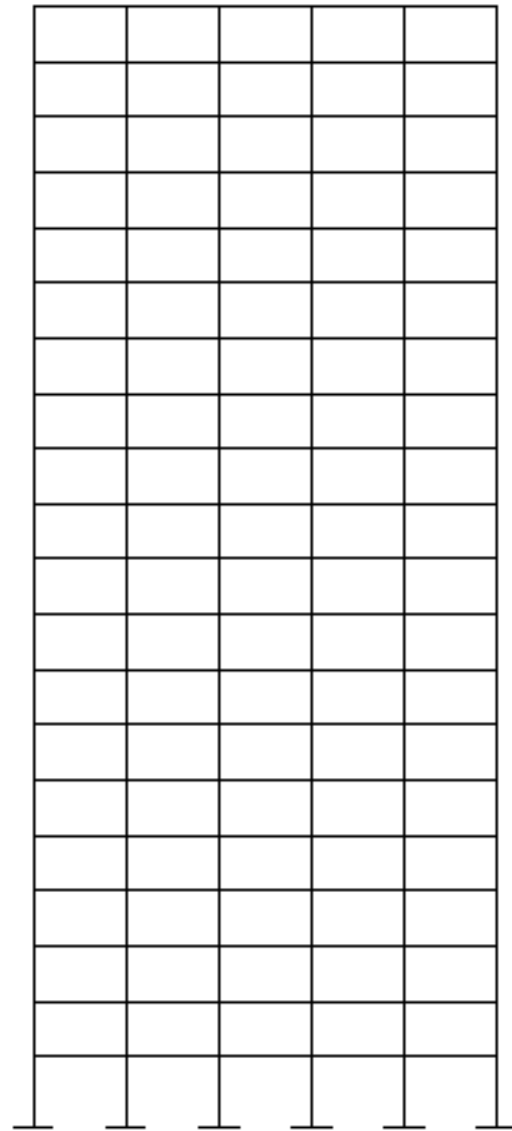
3 - 3 ve 4 - 4  
ÇERÇEVESİ

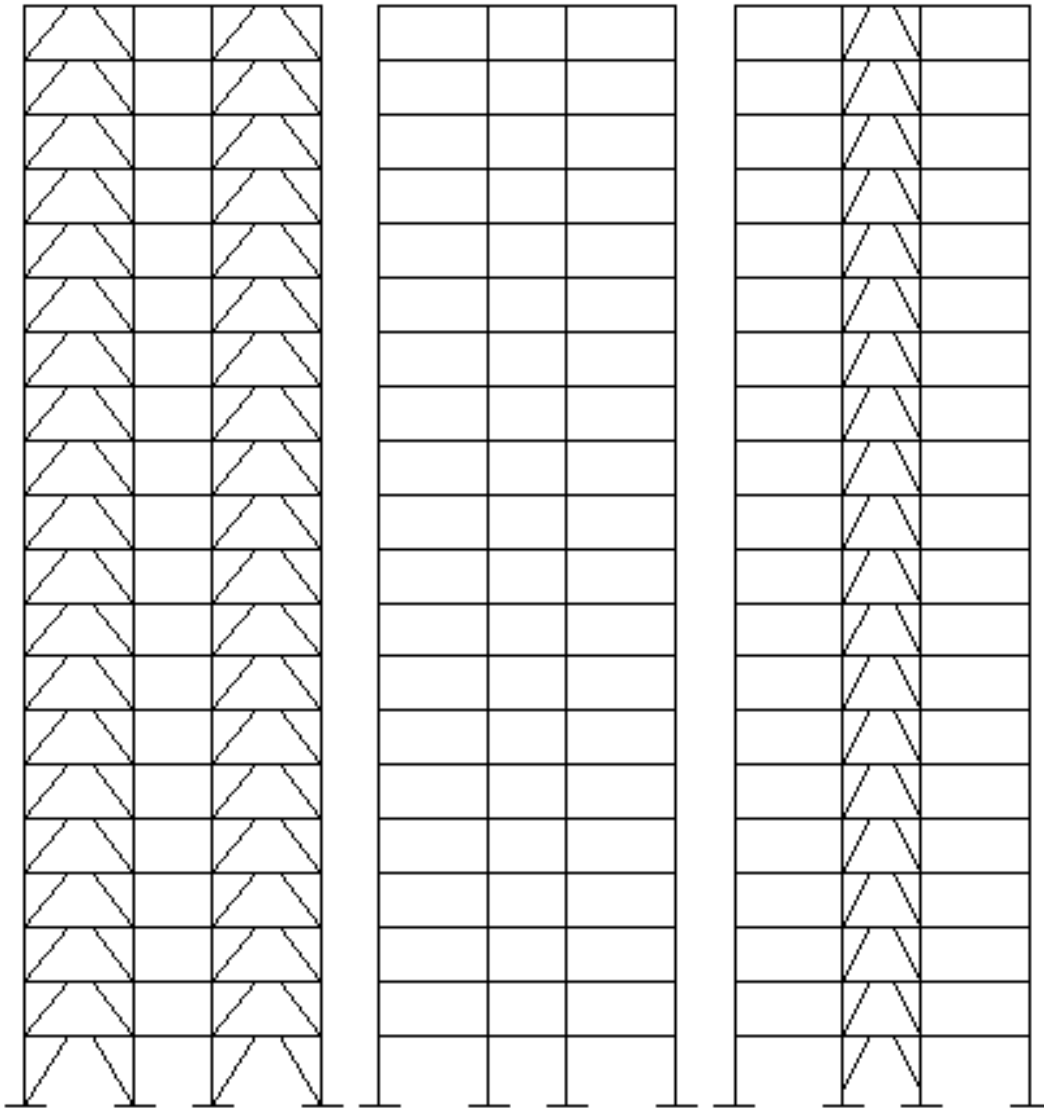
## Dışmerkez V Çaprazlı Sistem Çerçeve Görünüşleri

**A - A ve D - D ÇERÇEVESİ****B - B ve C - C ÇERÇEVESİ**



## Dışmerkez Ters V Çaprazlı Sistem Çerçeve Görünüşleri

**A - A ve D - D ÇERÇEVESİ****B - B ve C - C ÇERÇEVESİ**



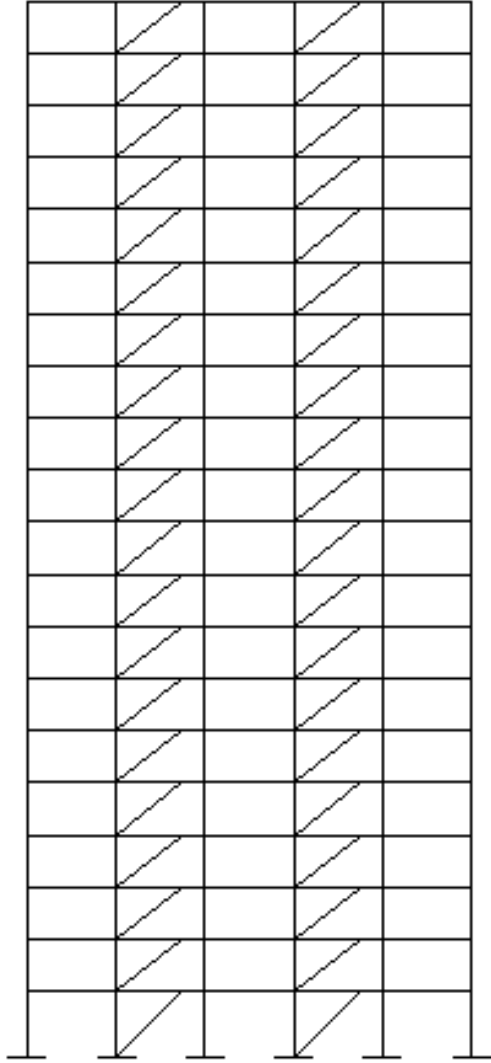
**1 - 1 ve 6 - 6  
ÇERÇEVESİ**

**2 - 2 ve 5 - 5  
ÇERÇEVESİ**

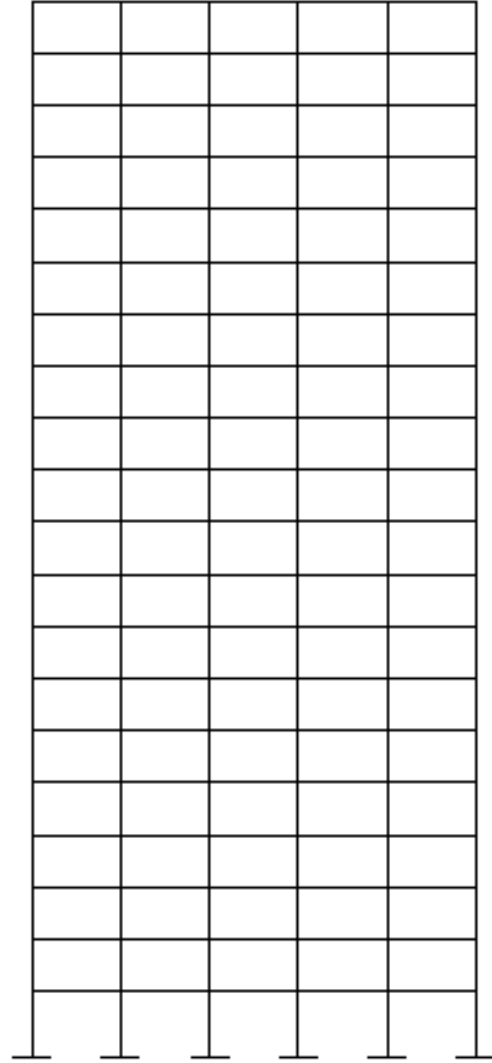
**3 - 3 ve 4 - 4  
ÇERÇEVESİ**



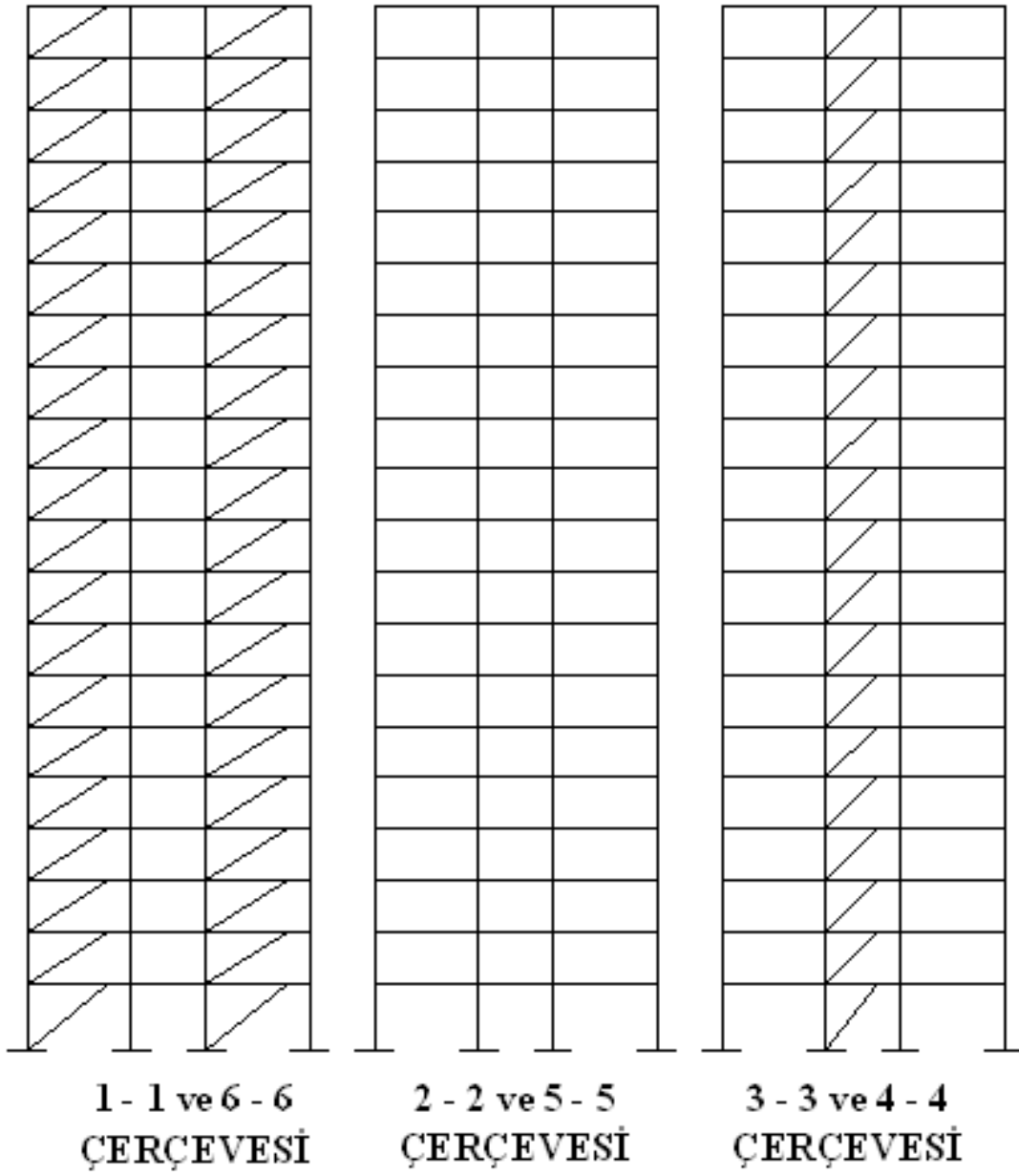
## Dışmerkez Tekil Çaprazlı Sistem Çerçeve Görünüşleri



A - A ve D - D ÇERÇEVESİ



B - B ve C - C ÇERÇEVESİ



## ÖZGEÇMİŞ

Emre ÇİLELİ 12.05.1983 tarihinde Adapazarı' nda doğdu ilk ve orta öğrenimini sırasıyla Sabihahanım İlköğretim Okulu ve Sakarya Anadolu Lisesi' nde tamamladı. 2002 yılında Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde okumaya hak kazandı. Mezun olduğu 2006 yılının Eylül döneminde yine Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Yapı Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı. Özel bir şirkette proje mühendisi olarak çalışmaktadır.