

160467

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TAŞIYICI SİSTEMDE BURULMA DÜZENSİZLİKLERİ VE TİMARİ TASARIMDA YAPILAN HATALARIN İNCELENMESİ

İnş. Müh. Elif İtir PALAOĞLU KIZILCIKLI

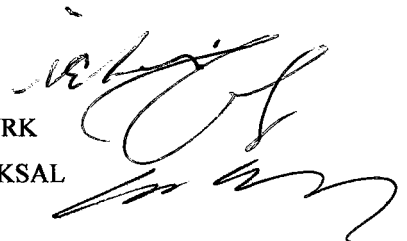
**F.B.E İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. İbrahim EKİZ

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK

Jüri Üyesi : Y. Doç. Dr. Örhun KÖKSAL



İSTANBUL, 2005

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	v
KISALTMA LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ÖNSÖZ.....	xvi
ÖZET.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. DEPREME DAYANIKLILIK YÖNÜNDEN BETONARME TAŞIYICI SİSTEM TASARIMI.....	3
2.1 Bina Taşıyıcı Sistemlerine İlişkin Genel İlkeler.....	4
2.2 Çerçevesel Betonarme Yapılar.....	6
2.3 Çerçevesel Taşıyıcı Sistemlerin Planda Uygun Biçimde Tasarlanması.....	8
2.3.1 Kiriş Açıklıklarının Etkisi.....	8
2.3.2 Kolonların Yerleştirme Biçiminin Etkisi.....	10
2.3.3 Şaşırtmalı Kolon ve Kiriş Aksları.....	12
2.3.4 Döşeme Delikleri ve Kirişlerle Bağlanmamış Kolonlar.....	12
2.4 Çerçeve Sistemin Yükseklik Boyunca Düzenlenmesi.....	14
2.4.1 Düşey Yönde Düzenli Çerçeve Koşulları.....	14
2.4.1.1 Esnek Zemin Katlı Yapılar.....	15
2.4.1.2 Çerçeve Açıklıklarının, Deprem Yatay Yüklerinin Oluşturduğu Düşey Yükler Üzerindeki Etkisi.....	16
2.4.1.3 Taşıyıcı Sistem Düzensizliği.....	19
2.4.1.4 Kiriş Kolon Rijitlik Oranının Etkisi.....	22
2.4.1.5 Çerçevesel Taşıyıcı Sistem Temelleri.....	23
3. DEPREME DAYANIKLI MİMARİ TASARIM, MİMARİ TASARIMDA YAPILAN HATALAR.....	25
3.1 Mimari Tasarımda Yapı Boyutlarından Kaynaklanan Sorunlar.....	26
3.2 Mimari Tasarımın Planda İncelenmesi.....	27
3.2.1 Plan Geometrisi.....	27
3.2.2 Kütle ve Rijitlik Düzensizliği.....	33
3.2.3 Taşıyıcı Sistemin Ortogonal Olmama Düzensizliği.....	37
3.2.4 Döşeme Boşlukları Düzensizliği.....	38
3.2.5 Planda Çıkıntılar Bulunması Düzensizliği.....	40
3.3 Mimari Tasarımın 3. Boyutta İncelenmesi (Düşey Doğrultuda İnceleme).....	41
3.3.1 Yükseklik Boyunca Geometri.....	41
3.3.2 Kat Yüksekliği Düzensizliği.....	44

3.3.3	Kütle ve Rijitlik Düzensizliği.....	44
3.3.4	Kesilen Perde ve Kolon Düzensizliği.....	45
3.3.5	Yumuşak ve Zayıf Kat Oluşumu.....	47
3.3.6	Kısa Kolon Oluşumu.....	51
3.3.7	Bitişik Binaların Durumundan Kaynaklanan Sorunlar.....	52
3.4	Deprem Açısından Sakıncalı Mimari Ayrıntılar.....	53
3.4.1	Döşemeler.....	53
3.4.2	Bant Pencereleler.....	54
3.4.3	Merdivenler.....	56
4.	ÇEŞİTLİ ÜLKE YÖNETMELİKLERİNDE DÜZENSİZLİK KONUSUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ	59
4.1	Çeşitli Ülkelerin Deprem Yönetmelikleri.....	59
4.2	California Deprem Yönetmeliği.....	60
4.2.1	Düzenli ve Düzensiz Yapılar.....	60
4.2.2	Düşeyde Yapısal Düzensizlikler.....	61
4.2.2.1	Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat).....	61
4.2.2.2	Kütle Düzensizliği.....	61
4.2.2.3	Düşey Geometri Düzensizliği.....	61
4.2.2.4	Düşey Taşıyıcı Sistemde Düzlemsel Süreksizlik.....	61
4.2.2.5	Kapasitede Süreksizlik (Zayıf Kat).....	61
4.2.3	Planda Yapısal Düzensizlikler.....	62
4.2.3.1	Burulma Düzensizliği.....	62
4.2.3.2	Çıkıntılı Köşeler.....	62
4.2.3.3	Döşeme Süreksizlikleri.....	62
4.2.3.4	Planların Çakışmaması.....	62
4.2.3.5	Paralel Olmayan Sistemler.....	62
4.2.4	Düzensizlik Tipleri.....	62
4.3	Eurocode8.....	66
4.3.1	Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımının Özellikleri.....	66
4.3.2	Hesap Yöntemleri.....	66
4.3.3	Planda Düzensizlik Kriterleri.....	66
4.3.4	Düşeyde Düzensizlik Kriterleri.....	67
4.4	ISO 3010.....	68
4.4.1	Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımının Amacı.....	68
4.4.2	Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı İlkeleri.....	69
4.5	Avusturya Deprem Yönetmeliği.....	70
4.6	Çin Deprem Yönetmeliği.....	71
4.7	Endonezya Deprem Yönetmeliği.....	71
4.8	İran Deprem Yönetmeliği.....	72
4.8.1	Planda Düzensizlik Şartları.....	72
4.8.2	Düşeyde Düzenlilik Şartları.....	72
4.8.3	Tasarım İçin Öneriler.....	72
4.8.4	Hesap Yöntemleri.....	73
4.9	Kolombiya Deprem Yönetmeliği.....	73
4.9.1	Planda Düzensizlik Durumları.....	74
4.9.2	Düşeyde Düzensizlik Durumları.....	74
4.10	Meksika Deprem Yönetmeliği.....	74
4.11	Venezuela Deprem Yönetmeliği.....	75

4.11.1	Hesap Yöntemleri.....	75
4.12	Yeni Zelanda Deprem Yönetmeliği.....	75
4.13	Deprem Yükleri Altında Çözümleme Modal Spektral Hesap.....	76
4.13.1	Deprem Yükleri Altında Çözümleme.....	76
4.13.2	Yaygın Kullanılan Çözüm Yöntemleri.....	77
4.13.3	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi.....	78
4.13.4	Mod Birleştirme Yöntemi.....	78
4.13.5	Zaman Tanım Alanında Çözüm Yöntemleri.....	79
4.13.6	Çok Serbestlik Dereceli Sistemlerin (ÇSDS) Doğrusal Elastik Titreşimi.....	80
4.13.6.1	Elastik Titreşim Parametreleri.....	80
4.13.6.2	Çok Serbestlik Dereceli Sistemin Hareket Denklemi.....	80
4.13.6.3	Modların Ortogonallığı, Modal Tepkiler ve Modların Süperpozisyonu.....	82
4.13.6.4	Dinamik Hesap Yöntemleri ve Modal Spektral Hesap.....	85
4.13.6.5	Modal Spektral Tepkilerin Hesabı.....	85
4.13.6.6	Modal Spektral İvmeler.....	86
4.13.6.7	Modal Spektral Deplasmanlar.....	86
4.13.7	Modal Spektral Tepkilerin Toplama Teknikleri.....	86
4.13.7.1	Karelerin Toplamının Karekökü.....	87
5.	YAPI SİSTEMLERİNİN ANALİZİ VE SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	77
5.1	A2 Türü Burulma Düzensizliğine Sahip Yapı Sisteminin Analizi (Örnek 1).....	88
5.2	Örnek 1'e Ait Analiz Sonuçları.....	93
5.3	A2 Türü Burulma Düzensizliğine Sahip Yapı Sisteminin Analizi (Örnek 2).....	105
5.4	Örnek 2'ye Ait Analiz Sonuçları.....	110
5.5	A2 Türü Burulma Düzensizliği İçermeyen Yapı Sisteminin Analizi (Örnek 3).....	119
5.6	Örnek 3'e Ait Analiz Sonuçları.....	124
5.7	Örnek 4'e Ait Analiz Sonuçları.....	133
5.8	Örnek 5'e Ait Analiz Sonuçları.....	141
5.9	Örnek 6'ya Ait Analiz Sonuçları.....	149
5.10	Örnek 7'ye Ait Analiz Sonuçları.....	157
5.11	Örnek 8'e Ait Analiz Sonuçları.....	164
5.12	Örnek 9'a Ait Analiz Sonuçları.....	171
5.13	A3 Türü Burulma Düzensizliğine Sahip Yapı Sisteminin Analizi.....	178
6.	SONUÇLAR.....	181
	KAYNAKLAR.....	200
	ÖZGEÇMİŞ.....	201

SİMGE LİSTESİ

A	Brüt kat alanı
A_b	Boşluk alanları toplamı
$A(T)$	Spektral ivme katsayısı
A_e	Herhangi bir kattaki etkili kesme alanı
A_g	Göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda çalışan perdelerin en kesit alanı
A_k	Göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda kargir dolgu duvarları alanı
A_o	Etkin yer ivmesi katsayısı
A_s	Donatı alanı (cm^2)
A_w	Göz önüne alınan deprem doğrultusunda kolon en kesiti etkili gövde alanı
a_x	Planda x yönündeki çıkıntı uzunluğu
a_y	Planda y yönündeki çıkıntı uzunluğu
B_a	Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksen doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü
B_{ax}	Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksen doğrultusunda, x doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
B_{ay}	Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksen doğrultusunda, x' e dik y doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
b_w	Kiriş genişliği
D_i	Eşdeğer deprem yükü yönteminde burulma düzensizliği olan binalar için i'inci katta $\pm$ %5 ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısı
d	Betonarme kesit hesabında esas alınan faydalı yükseklik
d'	Donatı merkezinden ölçülen beton örtüsü (paspayı)
d_i	Binanın i'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
F_{ix}	Eşdeğer deprem yükü yönteminde i'inci kata x yönünde etkiyen eşdeğer deprem yükü
F_{iy}	Eşdeğer deprem yükü yönteminde i'inci kata y yönünde etkiyen eşdeğer deprem yükü
f_{cd}	Beton tasarım basınç dayanımı
f_{ctd}	Beton tasarım eksenel çekme dayanımı
f_e	Kütle merkezine etkiyen eşdeğer deprem yükü donatı tasarım akma dayanımı
g	Yerçekimi ivmesi (9.81 m/sn^2)
g_i	Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
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) [m]
H_N	Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen toplam yükseklik) [m]
h_f	Döşeme kalınlığı [cm]
h_i	Binanın i'inci katının kat yüksekliği
I	Bina önem katsayısı
M_r	Moment taşıma kapasitesi [tm]
M_x	X yönü kolon momenti [tm]
M_y	Y yönü kolon momenti [tm]
m_i	Binanın i'inci katının kütlesi ($m_i = w_i / g$)
N	Kolona gelen normal kuvvet [ton]

n	Hareketli yük katılım katsayısı
q_i	Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T)$	Deprem yükü azaltma katsayısı
$S(T)$	Spektrum katsayısı
T	Bina doğal titreşim periyodu [s]
T_A, T_B	Spektrum karakteristik periyotları [s]
T_1	Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
V_{cr}	Kesitin kesmede çatlama dayanımı
V_i	Göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'inci katına etki eden kat kesme kuvveti
V_t	Eşdeğer deprem yükü yönteminde göz önüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
W	Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
W_g	Zati yüklerin ağırlığı
W_q	Hareketli yüklerin ağırlığı
w_i	Binanın finci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
β	Mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı
Δ_i	Binanın i'inci katındaki görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{max}$	Binanın i'inci katındaki maksimum görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{min}$	Binanın i'inci katındaki minimum görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$	Binanın i'inci katındaki ortalama görelî kat ötelemesi
η_{bi}	i'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
η_{ci}	i'inci katta tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı
η_{ki}	i'inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı
ρ	Donatı yüzdesi

KISALTMA LİSTESİ

A.B.Y.Y.H.Y Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Betonarme taşıyıcı sistemlerin yatay yükler altındaki idealleştirilmiş davranışları	5
Şekil 2.2	Çerçeve sistemde kolonlara gelen eğilme momentinin yükseklik boyunca değişimi.....	7
Şekil 2.3	Planlı ve taşıyıcı sistemi düzensiz yapılarda burulma etkisi.....	9
Şekil 2.4	(a) Deprem yükü ve kat sayısı az yapılar için uygulanabilir sistem.....	9
Şekil 2.4	(b) Kısa kiriş deprem yükünü azaltmak için sığ yapılmalıdır.....	9
Şekil 2.4	(c) Deprem yükü büyük ve kat sayısı çok olan yapı için uygun.....	10
Şekil 2.5	Açıklıkları farklı çerçeveler için değişik çözümler.....	11
Şekil 2.6	Dış cephedeki açıklıkların geniş kolonlarla küçültülmemeye kaygısı sonucu bir yönü rijit diğer yönü esnek yapı.....	11
Şekil 2.7	Deprem açısından uygun kolon yerleştirme biçimi.....	11
Şekil 2.8	Kiriş akslarının şaşırtmalı olması kolonların gereğinden büyük yapılması.....	12
Şekil 2.9	Çerçeve sistemin düzensizliğini arttıran, döşeme plağının görevini önleyen ayrıntılar.....	13
Şekil 2.10	Bir yönde kirişlerle bağlanmayan kolonların bulunduğu bir yapı.....	14
Şekil 2.11	Kirişlerle bağlanmamış köşe kolonu.....	14
Şekil 2.12	Çerçeve sistemi düzensiz yapılar.....	15
Şekil 2.12	(a) Deprem açısından iyi düzenlenmiş taşıyıcı sistem.....	16
Şekil 2.12	(b) Deprem açısından kötü düzenlenmiş taşıyıcı sistem.....	16
Şekil 2.13	Çerçeve açıklıkları eşit yapılarda dış aks kolonlarına gelen eksenel yükler.....	17
Şekil 2.14	Çok katlı ve ortasında kısa açıklık bulunan yapıda kolonlara gelen eksenel yükler.....	17
Şekil 2.15	Çerçeve açıklıkları eşit olan alçak yapılarda dış aks kolonlarına gelen eksenel yükler.....	18
Şekil 2.16	Ortasında kısa bir açıklık bulunan yapıda kolonlara gelen eksenel yükler.....	18
Şekil 2.17	Çerçeve açıklıklarının yatay deprem yüklerinden gelen kolon düşey yükleri üzerindeki etkisi.....	19
Şekil 2.18	Eşit açıklıklı çerçevenin orta aksında derin kiriş oluşumu.....	19
Şekil 2.19	Burulma yaratan farklı rijitlikte kolonlar.....	20
Şekil 2.20	Kısa kolon kırılması tehlikesi.....	20
Şekil 2.21	Basamaklı bir çerçeve sistemde kısa kolon kırılma tehlikesi.....	21
Şekil 2.22	Farklı kolon boyları burulma tehlikesi.....	21
Şekil 2.23	Kirişlerin kolonlardan rijit olduğu çerçeve yapılarında yatay yüklerden oluşan moment ve ötelenmelerin dağılımı.....	22
Şekil 2.24	Kolonların kirişlerden rijit olduğu çerçeve yapılarında yatay yüklerden oluşan momentlerin dağılımı.....	23
Şekil 2.25	Bağ kirişlerinin yerleştirme şekilleri.....	24
Şekil 2.26	Yapı temellerinin farklı kotlara yerleştirilmesi.....	24
Şekil 3.1	Yapı boyutlarından kaynaklanan sorun tipleri.....	26
Şekil 3.2	Deprem açısından uygun ve uygun olmayan plan tipleri.....	28
Şekil 3.3	Planlı ve ayrılmış binalarda yer hareketinin etkileri.....	29
Şekil 3.4	Plan geometrisi düzensiz yapılar.....	30
Şekil 3.5	Plan Simetrisi.....	30
Şekil 3.6	Plandaki çıkıntılar.....	31
Şekil 3.7	Uzun çıkıntılı (kanatlı) yapılar için çözümler.....	32
Şekil 3.8	Zayıf olan köşe noktasına merdiven boşluğunun koyulduğu hatalı bir mimari tasarım.....	32

Şekil 3.9	Eksantriste nedeniyle yapıda burulma etkilerinin oluşması.....	33
Şekil 3.10	Yapıda simetrinin bozulması.....	33
Şekil 3.11	Yapı çevresinin farklı rijitliklerde tasarlanmasıyla oluşan burulma etkisi.....	34
Şekil 3.12	Kütlenin eksantrik dağılımı.....	34
Şekil 3.13	A1 burulma düzensizliği.....	35
Şekil 3.14	(a) Ortogonal olmama düzensizliği.....	37
Şekil 3.14	(b) Ortogonal olmama durumuna bir örnek.....	38
Şekil 3.15	Döşeme süreksizlikleri.....	39
Şekil 3.16	Planda çıkıntılar bulunması.....	41
Şekil 3.17	Deprem açısından uygun ve uygun olmayan bina geometrileri.....	42
Şekil 3.18	Yapı yüksekliğindeki girinti ve çıkıntıların yapı boyuna oranı.....	42
Şekil 3.19	Kat alanlarında ani değişme.....	43
Şekil 3.20	Kat yüksekliği düzensizliği.....	44
Şekil 3.21	Kütle düzensizlikleri.....	45
Şekil 3.22	Rijitlik düzensizlikleri.....	45
Şekil 3.23	Kesilen perde veya kolon düzensizliği.....	46
Şekil 3.24	Kesilen perde ve kolon düzensizliği.....	47
Şekil 3.25	Yumuşak kat oluşum tipleri.....	48
Şekil 3.26	Yumuşak ve zayıf kat deplasmanı.....	48
Şekil 3.27	Komşu katlar arası dayanım düzensizliği.....	50
Şekil 3.28	Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği.....	51
Şekil 3.29	Kısa kolon türleri.....	52
Şekil 3.30	Kat döşemeleri aynı hizada olmayan komşu yapılarda çarpışma ile kolon kırılması.....	53
Şekil 3.31	Döşeme sistemleri.....	54
Şekil 3.32	Bant pencereler.....	55
Şekil 3.33	Kısa kolon kırılmasının önlenmesi için tasarlanmış perde duvar – kolon bağlantısı detayları.....	56
Şekil 3.34	Merdiven ve sahanlık kirişlerinin yarattığı kısa kolonlar.....	57
Şekil 3.35	Merdiven hasarını önleyecek ayrıntılar.....	58
Şekil 4.1	Düşeyde düzensizlik durumları (California, 1990).....	63
Şekil 4.2	Planda düzensizlik durumları (California, 1990).....	64
Şekil 4.3	Taşıyıcı elemanların süreksizliği durumu (California, 1990).....	65
Şekil 4.4	Çekme katların bulunması durumu (A World List, 1996).....	68
Şekil 4.5	Planda düzensizlik durumu (A World List, 1996).....	71
Şekil 5.1	A2 türü düzensizlik içeren 8 katlı bir yapının zemin + 1. normal kat kalıp planı (Örnek 1).....	89
Şekil 5.2	A2 türü düzensizlik durumu içeren yapının normal kat planı.....	90
Şekil 5.3	A2 türü düzensizlik durumu içeren yapının A-A kesiti.....	91
Şekil 5.4	A2 türü düzensizlik durumu içeren yapının B-B kesiti.....	91
Şekil 5.5	A2 türü düzensizlik içeren 8 katlı bir yapının zemin + 1. normal kat kalıp planı (Örnek 2).....	106
Şekil 5.6	A2 türü düzensizlik durumu içeren yapının normal kat planı.....	107
Şekil 5.7	A2 türü düzensizlik durumu içeren yapının A-A kesiti.....	108
Şekil 5.8	A2 türü düzensizlik durumu içeren yapının B-B kesiti.....	109
Şekil 5.9	A2 türü düzensizlik durumu içermeyen 8 katlı bir yapının zemin + 1. normal kat kalıp planı (Örnek 3).....	120
Şekil 5.10	A2 türü düzensizlik durumu içermeyen yapının normal kat planı.....	121
Şekil 5.11	A2 türü düzensizlik durumu içermeyen yapının A-A kesiti.....	122
Şekil 5.12	A2 türü düzensizlik durumu içermeyen yapının B-B kesiti.....	122
Şekil 5.13	A3 türü düzensizlik durumu içeren yapının kat planı.....	179

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 4.1 Eurocode8 hesap yöntemleri.....	67
Çizelge 5.1 A2 türü düzensizlik durumu içeren yapıda kolon boyutları (Örnek 1).....	88
Çizelge 5.2 Kat eşdeğer yatay kuvvetleri ve genel bilgileri (Örnek 1).....	93
Çizelge 5.3 X yönü hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlilik kontrolü (Örnek 1).....	94
Çizelge 5.4 X yönü w , Tr , $S(Tr)$, $A(Tr)$, $Ra(Tr)$, $Spa(Tr)$, Mr , C ve katkı çarpanı değerleri (Örnek 1).....	95
Çizelge 5.5 X yönü yapı kat tasarım deprem yükleri (Örnek 1).....	96
Çizelge 5.6 X yönü yapı kat maksimum yükleri (Örnek 1).....	96
Çizelge 5.7 Y yönü w , Tr , $S(Tr)$, $A(Tr)$, $Ra(Tr)$, $Spa(Tr)$, Mr , C ve katkı çarpanı değerleri (Örnek 1).....	96
Çizelge 5.8 Y yönü hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlilik kontrolü (Örnek 1).....	97
Çizelge 5.9 Y yönü yapı kat tasarım deprem yükleri (Örnek 1).....	97
Çizelge 5.10 Y yönü yapı kat maksimum yükleri (Örnek 1).....	97
Çizelge 5.11 Yükleme 1 (X yönü + 0,05) E1 deprem (Örnek 1).....	98
Çizelge 5.12 Yükleme 2 (X yönü - 0,05) E2 deprem (Örnek 1).....	98
Çizelge 5.13 Yükleme 3 (Y yönü + 0,05) E3 deprem (Örnek 1).....	98
Çizelge 5.14 Yükleme 4 (Y yönü - 0,05) E4 deprem (Örnek 1).....	99
Çizelge 5.15 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 1. Deprem Yükleme.....	99
Çizelge 5.16 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 2. Deprem Yükleme.....	99
Çizelge 5.17 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 3. Deprem Yükleme.....	100
Çizelge 5.18 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 4. Deprem Yükleme.....	100
Çizelge 5.19 2. Mertebe Etkileri – 1. Deprem Yükleme (Örnek 1).....	101
Çizelge 5.20 2. Mertebe Etkileri – 2. Deprem Yükleme (Örnek 1).....	101
Çizelge 5.21 2. Mertebe Etkileri – 3. Deprem Yükleme (Örnek 1).....	102
Çizelge 5.22 2. Mertebe Etkileri – 4. Deprem Yükleme (Örnek 1).....	102
Çizelge 5.23 Planda düzensizlik durumları – A1 Burulma Düzensizliği (Örnek 1).....	103
Çizelge 5.24 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) (Örnek 1).....	103
Çizelge 5.25 S109 – S133 – S142 kolonlarının statik değerleri.....	104
Çizelge 5.26 A2 türü düzensizlik durumu içeren yapıda kolon boyutları (Örnek 2).....	105
Çizelge 5.27 Kat eşdeğer yatay kuvvetleri ve genel bilgileri (Örnek 2).....	110
Çizelge 5.28 X yönü hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlilik kontrolü (Örnek 2).....	111
Çizelge 5.29 X yönü w , Tr , $S(Tr)$, $A(Tr)$, $Ra(Tr)$, $Spa(Tr)$, Mr , C ve katkı çarpanı değerleri (Örnek 2).....	111
Çizelge 5.30 X yönü yapı kat tasarım deprem yükleri (Örnek 2).....	111
Çizelge 5.31 X yönü yapı kat maksimum yükleri (Örnek 2).....	111
Çizelge 5.32 Y yönü w , Tr , $S(Tr)$, $A(Tr)$, $Ra(Tr)$, $Spa(Tr)$, Mr , C ve katkı çarpanı değerleri (Örnek 2).....	112
Çizelge 5.33 Y yönü hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlilik kontrolü (Örnek 2).....	112
Çizelge 5.34 Y yönü yapı kat tasarım deprem yükleri (Örnek 2).....	112
Çizelge 5.35 Y yönü yapı kat maksimum yükleri (Örnek 2).....	112
Çizelge 5.36 Yükleme 1 (X yönü + 0,05) E1 deprem (Örnek 2).....	113
Çizelge 5.37 Yükleme 2 (X yönü - 0,05) E2 deprem (Örnek 2).....	113
Çizelge 5.38 Yükleme 3 (Y yönü + 0,05) E3 deprem (Örnek 2).....	113
Çizelge 5.39 Yükleme 4 (Y yönü - 0,05) E4 deprem (Örnek 2).....	114
Çizelge 5.40 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 1. Deprem Yükleme.....	114
Çizelge 5.41 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 2. Deprem Yükleme.....	114
Çizelge 5.42 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 3. Deprem Yükleme.....	115
Çizelge 5.43 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 4. Deprem Yükleme.....	115

Çizelge 5.44	2. Mertebe Etkileri – 1. Deprem Yükleme (Örnek 2).....	115
Çizelge 5.45	2. Mertebe Etkileri – 2. Deprem Yükleme (Örnek 2).....	116
Çizelge 5.46	2. Mertebe Etkileri – 3. Deprem Yükleme (Örnek 2).....	116
Çizelge 5.47	2. Mertebe Etkileri – 4. Deprem Yükleme (Örnek 2).....	116
Çizelge 5.48	Planda düzensizlik durumları – A1 Burulma Düzensizliği (Örnek 2).....	117
Çizelge 5.49	B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) (Örnek 2).....	117
Çizelge 5.50	S109 – S133 – S142 kolonlarının statik değerleri.....	118
Çizelge 5.51	A2 türü düzensizlik durumu içermeyen yapıda kolon boyutları (Örnek 3)....	119
Çizelge 5.52	Kat eşdeğer yatay kuvvetleri ve genel bilgileri (Örnek 3).....	124
Çizelge 5.53	X yönü hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlilik kontrolü (Örnek 3)....	125
Çizelge 5.54	X yönü w , T_r , $S(T_r)$, $A(T_r)$, $R_a(T_r)$, $S_p a(T_r)$, M_r , C ve katkı çarpanı değerleri (Örnek 3).....	125
Çizelge 5.55	X yönü yapı kat tasarım deprem yükleri (Örnek 3).....	125
Çizelge 5.56	X yönü yapı kat maksimum yükleri (Örnek 3).....	125
Çizelge 5.57	Y yönü w , T_r , $S(T_r)$, $A(T_r)$, $R_a(T_r)$, $S_p a(T_r)$, M_r , C ve katkı çarpanı değerleri (Örnek 3).....	126
Çizelge 5.58	Y yönü hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlilik kontrolü (Örnek 3)....	126
Çizelge 5.59	Y yönü yapı kat tasarım deprem yükleri (Örnek 3).....	126
Çizelge 5.60	Y yönü yapı kat maksimum yükleri (Örnek 3).....	126
Çizelge 5.61	Yükleme 1 (X yönü + 0,05) E1 deprem (Örnek 3).....	127
Çizelge 5.62	Yükleme 2 (X yönü - 0,05) E2 deprem (Örnek 3).....	127
Çizelge 5.63	Yükleme 3 (Y yönü + 0,05) E3 deprem (Örnek 3).....	127
Çizelge 5.64	Yükleme 4 (Y yönü - 0,05) E4 deprem (Örnek 3).....	128
Çizelge 5.65	Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 1. Deprem Yükleme.....	128
Çizelge 5.66	Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 2. Deprem Yükleme.....	128
Çizelge 5.67	Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 3. Deprem Yükleme.....	129
Çizelge 5.68	Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 4. Deprem Yükleme.....	129
Çizelge 5.69	2. Mertebe Etkileri – 1. Deprem Yükleme (Örnek 3).....	129
Çizelge 5.70	2. Mertebe Etkileri – 2. Deprem Yükleme (Örnek 3).....	130
Çizelge 5.71	2. Mertebe Etkileri – 3. Deprem Yükleme (Örnek 3).....	130
Çizelge 5.72	2. Mertebe Etkileri – 4. Deprem Yükleme (Örnek 3).....	130
Çizelge 5.73	Planda düzensizlik durumları – A1 Burulma Düzensizliği (Örnek 3).....	131
Çizelge 5.74	B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) (Örnek 3).....	131
Çizelge 5.75	S109 – S133 – S142 kolonlarının statik değerleri.....	132
Çizelge 5.76	Kat eşdeğer yatay kuvvetleri ve genel bilgileri (Örnek 4).....	133
Çizelge 5.77	X yönü hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlilik kontrolü (Örnek 4)....	134
Çizelge 5.78	X yönü w , T_r , $S(T_r)$, $A(T_r)$, $R_a(T_r)$, $S_p a(T_r)$, M_r , C ve katkı çarpanı değerleri (Örnek 4).....	134
Çizelge 5.79	X yönü yapı kat tasarım deprem yükleri (Örnek 4).....	134
Çizelge 5.80	X yönü yapı kat maksimum yükleri (Örnek 4).....	134
Çizelge 5.81	Y yönü w , T_r , $S(T_r)$, $A(T_r)$, $R_a(T_r)$, $S_p a(T_r)$, M_r , C ve katkı çarpanı değerleri (Örnek 4).....	135
Çizelge 5.82	Y yönü hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlilik kontrolü (Örnek 4)....	135
Çizelge 5.83	Y yönü yapı kat tasarım deprem yükleri (Örnek 4).....	135
Çizelge 5.84	Y yönü yapı kat maksimum yükleri (Örnek 4).....	135
Çizelge 5.85	Yükleme 1 (X yönü + 0,05) E1 deprem (Örnek 4).....	136
Çizelge 5.86	Yükleme 2 (X yönü - 0,05) E2 deprem (Örnek 4).....	136
Çizelge 5.87	Yükleme 3 (Y yönü + 0,05) E3 deprem (Örnek 4).....	136
Çizelge 5.88	Yükleme 4 (Y yönü - 0,05) E4 deprem (Örnek 4).....	136
Çizelge 5.89	Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 1. Deprem Yükleme.....	137
Çizelge 5.90	Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 2. Deprem Yükleme.....	137

Çizelge 5.91	Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 3. Deprem Yükleme...	137
Çizelge 5.92	Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 4. Deprem Yükleme...	137
Çizelge 5.93	2. Mertebe Etkileri – 1. Deprem Yükleme (Örnek 4)...	138
Çizelge 5.94	2. Mertebe Etkileri – 2. Deprem Yükleme (Örnek 4)...	138
Çizelge 5.95	2. Mertebe Etkileri – 3. Deprem Yükleme (Örnek 4)...	138
Çizelge 5.96	2. Mertebe Etkileri – 4. Deprem Yükleme (Örnek 4)...	138
Çizelge 5.97	Planda düzensizlik durumları – A1 Burulma Düzensizliği (Örnek 4)...	139
Çizelge 5.98	B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) (Örnek 4)...	139
Çizelge 5.99	S109 – S133 – S142 kolonlarının statik değerleri...	140
Çizelge 5.100	Kat eşdeğer yatay kuvvetleri ve genel bilgileri (Örnek 5)...	141
Çizelge 5.101	X yönü hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlilik kontrolü (Örnek 5)...	142
Çizelge 5.102	X yönü w , Tr , $S(Tr)$, $A(Tr)$, $Ra(Tr)$, $Spa(Tr)$, Mr , C ve katkı çarpanı değerleri (Örnek 5)...	142
Çizelge 5.103	X yönü yapı kat tasarım deprem yükleri (Örnek 5)...	142
Çizelge 5.104	X yönü yapı kat maksimum yükleri (Örnek 5)...	142
Çizelge 5.105	Y yönü w , Tr , $S(Tr)$, $A(Tr)$, $Ra(Tr)$, $Spa(Tr)$, Mr , C ve katkı çarpanı değerleri (Örnek 5)...	143
Çizelge 5.106	Y yönü hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlilik kontrolü (Örnek 5)...	143
Çizelge 5.107	Y yönü yapı kat tasarım deprem yükleri (Örnek 5)...	143
Çizelge 5.108	Y yönü yapı kat maksimum yükleri (Örnek 5)...	143
Çizelge 5.109	Yükleme 1 (X yönü + 0,05) E1 deprem (Örnek 5)...	144
Çizelge 5.110	Yükleme 2 (X yönü - 0,05) E2 deprem (Örnek 5)...	144
Çizelge 5.111	Yükleme 3 (Y yönü + 0,05) E3 deprem (Örnek 5)...	144
Çizelge 5.112	Yükleme 4 (Y yönü - 0,05) E4 deprem (Örnek 5)...	144
Çizelge 5.113	Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 1. Deprem Yükleme...	145
Çizelge 5.114	Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 2. Deprem Yükleme...	145
Çizelge 5.115	Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 3. Deprem Yükleme...	145
Çizelge 5.116	Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 4. Deprem Yükleme...	145
Çizelge 5.117	2. Mertebe Etkileri – 1. Deprem Yükleme (Örnek 5)...	146
Çizelge 5.118	2. Mertebe Etkileri – 2. Deprem Yükleme (Örnek 5)...	146
Çizelge 5.119	2. Mertebe Etkileri – 3. Deprem Yükleme (Örnek 5)...	146
Çizelge 5.120	2. Mertebe Etkileri – 4. Deprem Yükleme (Örnek 5)...	146
Çizelge 5.121	Planda düzensizlik durumları – A1 Burulma Düzensizliği (Örnek 5)...	147
Çizelge 5.122	B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) (Örnek 5)...	147
Çizelge 5.123	S109 – S133 – S142 kolonlarının statik değerleri...	148
Çizelge 5.124	Kat eşdeğer yatay kuvvetleri ve genel bilgileri (Örnek 6)...	149
Çizelge 5.125	X yönü hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlilik kontrolü (Örnek 6)...	150
Çizelge 5.126	X yönü w , Tr , $S(Tr)$, $A(Tr)$, $Ra(Tr)$, $Spa(Tr)$, Mr , C ve katkı çarpanı değerleri (Örnek 6)...	150
Çizelge 5.127	X yönü yapı kat tasarım deprem yükleri (Örnek 6)...	150
Çizelge 5.128	X yönü yapı kat maksimum yükleri (Örnek 6)...	150
Çizelge 5.129	Y yönü w , Tr , $S(Tr)$, $A(Tr)$, $Ra(Tr)$, $Spa(Tr)$, Mr , C ve katkı çarpanı değerleri (Örnek 6)...	151
Çizelge 5.130	Y yönü hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlilik kontrolü (Örnek 6)...	151
Çizelge 5.131	Y yönü yapı kat tasarım deprem yükleri (Örnek 6)...	151
Çizelge 5.132	Y yönü yapı kat maksimum yükleri (Örnek 6)...	151
Çizelge 5.133	Yükleme 1 (X yönü + 0,05) E1 deprem (Örnek 6)...	152
Çizelge 5.134	Yükleme 2 (X yönü - 0,05) E2 deprem (Örnek 6)...	152
Çizelge 5.135	Yükleme 3 (Y yönü + 0,05) E3 deprem (Örnek 6)...	152
Çizelge 5.136	Yükleme 4 (Y yönü - 0,05) E4 deprem (Örnek 6)...	152
Çizelge 5.137	Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 1. Deprem Yükleme...	153

Çizelge 5.138 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 2. Deprem Yüklemeesi.....	153
Çizelge 5.139 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 3. Deprem Yüklemeesi.....	153
Çizelge 5.140 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 4. Deprem Yüklemeesi.....	153
Çizelge 5.141 2. Mertebe Etkileri – 1. Deprem Yüklemeesi (Örnek 6).....	154
Çizelge 5.142 2. Mertebe Etkileri – 2. Deprem Yüklemeesi (Örnek 6).....	154
Çizelge 5.143 2. Mertebe Etkileri – 3. Deprem Yüklemeesi (Örnek 6).....	154
Çizelge 5.144 2. Mertebe Etkileri – 4. Deprem Yüklemeesi (Örnek 6).....	154
Çizelge 5.145 Planda düzensizlik durumları – A1 Burulma Düzensizliğı (Örnek 6).....	155
Çizelge 5.146 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliğı (yumuşak kat) (Örnek 6).....	155
Çizelge 5.147 S109 – S133 – S142 kolonlarının statik değeri.....	156
Çizelge 5.148 Kat eşdeğer yatay kuvvetleri ve genel bilgileri (Örnek 7).....	157
Çizelge 5.149 X yönü hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlilik kontrolü (Örnek 7)....	158
Çizelge 5.150 X yönü w, Tr, S(Tr), A(Tr), Ra(Tr), Spa(TR), Mr, C ve katkı çarpanı değeri (Örnek 7).....	158
Çizelge 5.151 X yönü yapı kat tasarım deprem yükleri (Örnek 7).....	158
Çizelge 5.152 X yönü yapı kat maksimum yükleri (Örnek 7).....	158
Çizelge 5.153 Y yönü w, Tr, S(Tr), A(Tr), Ra(Tr), Spa(TR), Mr, C ve katkı çarpanı değeri (Örnek 7).....	159
Çizelge 5.154 Y yönü hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlilik kontrolü (Örnek 7)....	159
Çizelge 5.155 Y yönü yapı kat tasarım deprem yükleri (Örnek 7).....	159
Çizelge 5.156 Y yönü yapı kat maksimum yükleri (Örnek 7).....	159
Çizelge 5.157 Yükleme 1 (X yönü + 0,05) E1 deprem (Örnek 7).....	160
Çizelge 5.158 Yükleme 2 (X yönü - 0,05) E2 deprem (Örnek 7).....	160
Çizelge 5.159 Yükleme 3 (Y yönü + 0,05) E3 deprem (Örnek 7).....	160
Çizelge 5.160 Yükleme 4 (Y yönü - 0,05) E4 deprem (Örnek 7).....	160
Çizelge 5.161 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 1. Deprem Yüklemeesi.....	160
Çizelge 5.162 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 2. Deprem Yüklemeesi.....	161
Çizelge 5.163 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 3. Deprem Yüklemeesi.....	161
Çizelge 5.164 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 4. Deprem Yüklemeesi.....	161
Çizelge 5.165 2. Mertebe Etkileri – 1. Deprem Yüklemeesi (Örnek 7).....	161
Çizelge 5.166 2. Mertebe Etkileri – 2. Deprem Yüklemeesi (Örnek 7).....	161
Çizelge 5.167 2. Mertebe Etkileri – 3. Deprem Yüklemeesi (Örnek 7).....	162
Çizelge 5.168 2. Mertebe Etkileri – 4. Deprem Yüklemeesi (Örnek 7).....	162
Çizelge 5.169 Planda düzensizlik durumları – A1 Burulma Düzensizliğı (Örnek 7).....	162
Çizelge 5.170 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliğı (yumuşak kat) (Örnek 7).....	162
Çizelge 5.171 S109 – S133 – S142 kolonlarının statik değeri.....	163
Çizelge 5.172 Kat eşdeğer yatay kuvvetleri ve genel bilgileri (Örnek 8).....	164
Çizelge 5.173 X yönü hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlilik kontrolü (Örnek 8)....	165
Çizelge 5.174 X yönü w, Tr, S(Tr), A(Tr), Ra(Tr), Spa(TR), Mr, C ve katkı çarpanı değeri (Örnek 8).....	165
Çizelge 5.175 X yönü yapı kat tasarım deprem yükleri (Örnek 8).....	165
Çizelge 5.176 X yönü yapı kat maksimum yükleri (Örnek 8).....	165
Çizelge 5.177 Y yönü w, Tr, S(Tr), A(Tr), Ra(Tr), Spa(TR), Mr, C ve katkı çarpanı değeri (Örnek 8).....	166
Çizelge 5.178 Y yönü hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlilik kontrolü (Örnek 8)....	166
Çizelge 5.179 Y yönü yapı kat tasarım deprem yükleri (Örnek 8).....	166
Çizelge 5.180 Y yönü yapı kat maksimum yükleri (Örnek 8).....	166
Çizelge 5.181 Yükleme 1 (X yönü + 0,05) E1 deprem (Örnek 8).....	167
Çizelge 5.182 Yükleme 2 (X yönü - 0,05) E2 deprem (Örnek 8).....	167
Çizelge 5.183 Yükleme 3 (Y yönü + 0,05) E3 deprem (Örnek 8).....	167
Çizelge 5.184 Yükleme 4 (Y yönü - 0,05) E4 deprem (Örnek 8).....	167

Çizelge 5.185 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 1. Deprem Yüklemeesi.....	167
Çizelge 5.186 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 2. Deprem Yüklemeesi.....	168
Çizelge 5.187 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 3. Deprem Yüklemeesi.....	168
Çizelge 5.188 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 4. Deprem Yüklemeesi.....	168
Çizelge 5.189 2. Mertebe Etkileri – 1. Deprem Yüklemeesi (Örnek 8).....	168
Çizelge 5.190 2. Mertebe Etkileri – 2. Deprem Yüklemeesi (Örnek 8).....	168
Çizelge 5.191 2. Mertebe Etkileri – 3. Deprem Yüklemeesi (Örnek 8).....	169
Çizelge 5.192 2. Mertebe Etkileri – 4. Deprem Yüklemeesi (Örnek 8).....	169
Çizelge 5.193 Planda düzensizlik durumları – A1 Burulma Düzensizliğı (Örnek 8).....	169
Çizelge 5.194 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliğı (yumuşak kat) (Örnek 8).....	169
Çizelge 5.195 S109 – S133 – S142 kolonlarının statik değeri.....	170
Çizelge 5.196 Kat eşdeğer yatay kuvvetleri ve genel bilgileri (Örnek 9).....	171
Çizelge 5.197 X yönü hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlilik kontrolü (Örnek 9)....	172
Çizelge 5.198 X yönü w, Tr, S(Tr), A(Tr), Ra(Tr), Spa(TR), Mr, C ve katkı çarpanı değeri (Örnek 9).....	172
Çizelge 5.199 X yönü yapı kat tasarım deprem yükleri (Örnek 9).....	172
Çizelge 5.200 X yönü yapı kat maksimum yükleri (Örnek 9).....	172
Çizelge 5.201 Y yönü w, Tr, S(Tr), A(Tr), Ra(Tr), Spa(TR), Mr, C ve katkı çarpanı değeri (Örnek 9).....	173
Çizelge 5.202 Y yönü hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlilik kontrolü (Örnek 9)....	173
Çizelge 5.203 Y yönü yapı kat tasarım deprem yükleri (Örnek 9).....	173
Çizelge 5.204 Y yönü yapı kat maksimum yükleri (Örnek 9).....	173
Çizelge 5.205 Yükleme 1 (X yönü + 0,05) E1 deprem (Örnek 9).....	174
Çizelge 5.206 Yükleme 2 (X yönü - 0,05) E2 deprem (Örnek 9).....	174
Çizelge 5.207 Yükleme 3 (Y yönü + 0,05) E3 deprem (Örnek 9).....	174
Çizelge 5.208 Yükleme 4 (Y yönü - 0,05) E4 deprem (Örnek 9).....	174
Çizelge 5.209 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 1. Deprem Yüklemeesi.....	174
Çizelge 5.210 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 2. Deprem Yüklemeesi.....	175
Çizelge 5.211 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 3. Deprem Yüklemeesi.....	175
Çizelge 5.212 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması – 4. Deprem Yüklemeesi.....	175
Çizelge 5.213 2. Mertebe Etkileri – 1. Deprem Yüklemeesi (Örnek 9).....	175
Çizelge 5.214 2. Mertebe Etkileri – 2. Deprem Yüklemeesi (Örnek 9).....	175
Çizelge 5.215 2. Mertebe Etkileri – 3. Deprem Yüklemeesi (Örnek 9).....	176
Çizelge 5.216 2. Mertebe Etkileri – 4. Deprem Yüklemeesi (Örnek 9).....	176
Çizelge 5.217 Planda düzensizlik durumları – A1 Burulma Düzensizliğı (Örnek 9).....	176
Çizelge 5.218 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliğı (yumuşak kat) (Örnek 9).....	176
Çizelge 5.219 S109 – S133 – S142 kolonlarının statik değeri.....	177
Çizelge 5.220 A3 türü düzensizlik durumu içeren yapıda kolon boyutları.....	178
Çizelge 5.221 Maksimum görelî kat ötelemelerinin karşılaştırılması.....	184
Çizelge 5.222 Ortalama görelî kat ötelemelerinin karşılaştırılması.....	185
Çizelge 5.223 A1 burulma düzensizliğı katsayılarının karşılaştırılması.....	186
Çizelge 5.224 B2 yumuşak kat düzensizliğı katsayılarının karşılaştırılması.....	187
Çizelge 5.225 X yönünde katlara etkiyen toplam eşdeğer deprem yüklerinin karşılaştırılması.....	188
Çizelge 5.226 X Yönünde katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin karşılaştırılması.....	189
Çizelge 5.227 X Yönü yapı kat maksimum dinamik yüklerinin karşılaştırılması.....	190
Çizelge 5.228 Y yönünde katlara etkiyen toplam eşdeğer deprem yüklerinin karşılaştırılması.....	191
Çizelge 5.229 Y Yönünde katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin karşılaştırılması.....	192
Çizelge 5.230 Y Yönü yapı kat maksimum dinamik yüklerinin karşılaştırılması.....	193
Çizelge 5.231 En elverişsiz yükleme durumunda S109 kolonuna etkiyen Mx momentleri...194	

Çizelge 5.232 En elverişsiz yükleme durumunda S109 kolonuna etkiyen My momentleri...	195
Çizelge 5.233 En elverişsiz yükleme durumunda S133 kolonuna etkiyen Mx momentleri...	196
Çizelge 5.234 En elverişsiz yükleme durumunda S133 kolonuna etkiyen My momentleri...	197
Çizelge 5.235 En elverişsiz yükleme durumunda S142 kolonuna etkiyen Mx momentleri...	198
Çizelge 5.236 En elverişsiz yükleme durumunda S142 kolonuna etkiyen My momentleri...	199



ÖNSÖZ

Bu çalışmada taşıyıcı sistem düzensizlikleri ve mimari tasarımda yapılan hatalar incelenmiştir.

Çalışmalarım sırasında bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım Prof. İbrahim EKİZ'e ve Prof. Dr. Zekeriya POLAT'a, maddi – manevi yardımlarını esirgemeyen değerli aileme ayrıca anlayış ve desteği ile her zaman yanımda olan sevgili eşim İnş. Müh. Aksel KIZILCIKLI'ya teşekkür ederim.

Şubat 2005

Elif İtir PALAOĞLU KIZILCIKLI
İnş. Müh.



ÖZET

Yapılan incelemelerde depremler sırasında, daha yapısal tasarım sürecinin başında mimari tasarımda yapılan hatalar, yanlış geometri seçimleri, estetik ve görünüş kaygıları nedeniyle yapılan hatalı düzenlemeler sonucu oluşan taşıyıcı sistem düzensizliklerinden dolayı pek çok hasarın meydana geldiği görülmüştür. Bu amaçla deprem riski olan ülkelerin deprem yönetmeliklerinde düzensiz yapılar için özel şartlar getirilmiştir.

Bu çalışmada, deprem yüklerinin yapılar üzerindeki etkisi hakkında bilgiler verilmiş, depreme dayanıklı yapı tasarımı, mimari ve taşıyıcı sistem düzenlemesi başlıkları altında açıklanmıştır. Yapılarda düzensizlik oluşturan durumlar ve bunların yapı davranışı üzerindeki etkileri açıklanmıştır. Çeşitli ülkelerin deprem yönetmelikleri incelenmiş ve bu ülkelerin taşıyıcı sistem düzensizliklerine bakışı ve düzensiz yapılara karşı aldığı önlemler incelenmiştir.

A2 ve A3 türü düzensizlik durumu içeren, boşluk alanları toplamının kat brüt alanına oranı 0,18 – 0,374 – 0,545 olan 8 katlı üç farklı yapının Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre analizleri yapılmış ve yapıların döşemelerinin kendi düzlemleri içinde üzerlerine gelen deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı elemanlara güvenle aktarabildiği görülmüştür. Ancak üç sistemde de, idestatik 99 programıyla yapılan analizler sonucu, bina üst katlarındaki yük oluşturan elemanlar zemin katta geniş açıklıklar oluşturabilmek amacıyla devam ettirilmediği için B2 türü (Yumuşak – zayıf kat) düzensizlik durumu ayrıca boşluk oranı diğer örneklere göre fazla olan yapıda A1 türü (Burulma düzensizliği) düzensizlik durumu tespit edilmiştir. Daha sonra yapılan örneklerde ilk üç örnekteki yapı sistemleri aynen alınarak analizler 6 ve 4 katlı yapılar için tekrarlanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Düzensiz yapılar, mimari tasarım, taşıyıcı sistem seçimi, döşeme süreksizlikleri, planda çıkıntılar, eksantrisite.

ABSTRACT

In the research realized during the major earthquake, it has been seen that numerous damages have occurred because of the load resisting system irregularities which are the results of the wrong architectural design, faulty geometry selection and the reasons of the aesthetic and appearance anxiety that have been made in the first part of structure design. For this purpose, special conditions for irregular structures in earthquake regulations have been put into use for those countries in which there is earthquake risk.

In this study, the effects of lateral forces on structures are resumed, it is explained by the headlines of seismic resisting structure design, architectural and lateral force resisting system regulation. The situations causing structural irregularities in structures and their effects on structure behaviour are explained. The Earthquake Code of Turkey 1997 and the earthquake regulations of world countries are studied from the point of view on load resisting system irregularities of these countries, and their regulations against irregular structures are resumed.

In order to investigate the effects of torsion on structure behaviour, different typed irregular structural systems -they are typical 8-storey and ratios of total blank areas in their slabs to total flat areas: 0,18 – 0,374 – 0,545- are statically and dynamically analysed by using same data and the results are evaluated. Additionally, stresses that occur in the diaphragm because of the earthquake forces are checked. In this thesis , İdestatic 99 –one of the Civil Engineering software in Türkiye- is used to analyse irregular structural systems. It is seen that blank areas which are on the downstairs of buildings for create large distances caused to the type of irregularity B2. Analysis of systems are repeated for typical 6 and 4 storey buildings by using same data and results are checked.

Keywords : Irregular structures, architectural design, selection of lateral force resisting system, slab discontinuities, protections in plan, eccentricity.

1. GİRİŞ

Depreme dayanıklı yapı tasarlamasının amacı, yapının taşıyıcı sisteminin küçük şiddetteki depremleri hasarsız, büyük şiddetli depremleri ise az hasarla atlatabilmesini sağlayarak enerjisini sönmülemektir.

Deprem hareketinin doğasında bulunan büyük belirsizliklerden dolayı, bütün hesap kurallarına uyularak hesaplanmış bir yapının deprem esnasındaki davranışının iyi olacağını söylemek oldukça zordur. İyi bir hesabın yanı sıra, mimari ve taşıyıcı sistemin düzgün seçilmiş ve oluşturulmuş olması en az ileri seviyedeki yapısal çözümler kadar önemlidir.

Yalnız başına mimari tasarım ile yalnız başına taşıyıcı sistem tasarımı amaca ulaşması oldukça zordur. Ülkemizdeki deprem tehlikesi göz önüne alındığında mimari tasarımda depreme karşı koyacak yapının omurgasını teşkil eden doğru bir taşıyıcı sistem seçiminin önemi bir kat daha artmaktadır.

Günümüzde insanlar yaşadıkları mekanların estetik, ekonomik ve çok fonksiyonlu olmasını istemektedir. Sonuç olarak da simetrik olmayan, geometrisi düzensiz, rijit olmayan, farklı kesite sahip elemanlardan oluşan yapı tipleri ortaya çıkmaktadır.

Daha başlangıçta mimari tasarımda yapılan hatalar, yanlış geometri seçimleri, estetik ve görünüş kaygıları nedeniyle yapılan hatalı düzenlemeler, yapıyı deprem karşısında önemli ölçüde riske sokmaktadır. Gerek Türkiye’de gerekse dünyada depremlerden edinilen deneyimler, depreme dayanıklı yapı tasarımının daha mimari tasarım sırasında başlaması gerektiğini ortaya koymaktadır. Depremlerde hasar gören yapıların hasar nedenleri bazen doğrudan doğruya mimari tasarım ile bağlantılı olmaktadır. Mimari tasarımda olabildiğince özgür davranmak, normal koşullarda bile taşıyıcı sistem tasarımında güvenli bir çözümü güçleştiren deprem etkileri altında taşıyıcı sistem tasarımında çok daha önemli problemler yaratabilmektedir.

Depreme karşı davranışındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken binalar düzensiz binalar olarak tanımlanır.Yapılarda düzensizlikler planda ve düşey doğrultuda olmak üzere iki ana başlık altında incelenmektedir. (A.B.Y.Y.H.Y., 1998)

Düzensiz binalar deprem esnasında yatayda ve düşeyde süreksizlik göstermeleri, ani rijitlik değişimleri ile kütle farklılıkları içermeleri gibi olumsuzluklara sahiptirler.

Düzensiz yapılarda taşıyıcı sistemin davranış şeklinin belirlenmesi güç olduğundan daha fazla basitleştirici kabulün yapılması gerekmektedir. Bu nedenle düzenli yapıların deprem

analizlerinde kullanılan doğrusal hesap yöntemlerinin düzensiz binalara uygulandığında ortaya çıkacak sonuçların güvenilirliği düşük olacaktır. Yapının taşıyıcı sisteminin modellenmesi pek çok kabul içerdiğinden çözüm sonuçlarının güvenilir olabilmesi için taşıyıcı sistemin olabildiğince basit olması tercih edilmelidir. Düzensiz yapılarda statik ve dinamik çözümler elde edilebilirse de kabullerin fazlalığı nedeniyle güvenilirlikleri azalır.

Yapı geometrisi bakımından basit olarak düzenlenen taşıyıcı sistem, hem davranışının belirlenmesindeki kolaylık, hem de taşıyıcı sistem elemanlarının daha az zorlanması bakımından daima tercih edilmelidir.

Basit, düzenli ve olabildiğince simetrik plan geometrileri tercih edilmelidir.

Yatay kuvvetlere karşı koyan çerçeveler ve perdeler ötelenme rijitliği simetrik olacak şekilde yerleştirilmelidir, yatay ötelenme rijitliği yükseklik boyunca ani değişiklikler göstermemelidir.

Günümüzde yapı sistemlerinin analizlerinde bilgisayar programları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun doğal sonucu olarak da bilgisayarda yapılan analiz sonucu ortaya çıkan veriler gereği gibi değerlendirilmemektedir. Yaygın olarak kullanılan ve sonuçlarına güvenilen yazılımlar olmasına rağmen bazı yazılımlar Türk Deprem Yönetmeliğine ve ilgili Türk Standartlarına uygun olmamaktadır. Ancak gün geçtikçe pek çok yazılım olgunlaşmakta ve elde edilen sonuçlardaki hassasiyet artmaktadır. Bu çalışmada günümüzde yaygın olarak kullanılmakta olan idestatik 99 paket programı kullanılarak A2 – A3 türü düzensizlik durumları içeren ve boşluk oranları birbirinden farklı 8 katlı üç tip yapının analizleri yapılmış, yapıların döşemelerinin kendi düzlemleri içinde üzerlerine gelen deprem yüklerinin düşey taşıyıcı elemanlara güvenle aktarabildiği doğrulanmıştır. Ele alınan üç farklı sistemde bina üst katlarında yük oluşturan elemanlar zemin katta geniş açıklıklar oluşturabilmek amacıyla devam ettirilmediği için B2 türü (Yumuşak – zayıf kat) düzensizlik durumu oluşup oluşmayacağı ayrıca boşluk oranlarının farklı oluşunun yapıyı ne şekilde etkileyeceği, yapılarda A1 türü (Burulma düzensizliği) düzensizlik durumu oluşup oluşmayacağı kontrol edilmiştir. Daha sonra yapılan örneklerde ilk üç örnekteki yapı sistemleri aynen alınarak analizler 6 ve 4 katlı yapılar için tekrarlanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2. DEPREME DAYANIKLILIK YÖNÜNDEN BETONARME TAŞIYICI SİSTEM TASARIMI

Depreme dayanıklı bina tasarımında yapının işlevsel ve fiziksel biçimlenmesinin yanı sıra, diğer bir önemli yaklaşım da; mimari tasarım ve işlevsel biçime uygun taşıyıcı sistemin seçimidir. Uygun tasarlanmış bir taşıyıcı sistemin deprem hasarını büyük ölçüde azalttığı gözlenmiştir.

Depreme dayanıklı betonarme yapı tasarımında yapıyı oluşturan taşıyıcı elemanların iki türlü işlevi vardır:

- a) Yapı elemanının kendi yükünü yeterli bir güvenlikle taşıması
- b) Yapı elemanının mesnetleri ile taşıdığı yükü diğer elemanlara yeterli bir güvenlikle aktarması

Depreme dayanıklı yapı tasarımında bir yapı elemanından diğer bir yapı elemanına kuvvet aktarımı büyük önem taşımaktadır. Yapıda deprem yüklerini taşıyan elemanların, diğer yapı bölümlerinde oluşan deprem yüklerini de taşımaları için yeterli dayanımda olmaları yanında; bu kuvvetlerin kendilerine aktarılması gerekmektedir. Aktarmanın doğru yapılması için yapı elemanlarının kat planında ve düşeyde katlar arasında sürekliliğin sağlanması ve uygun boyutlarda olması gerekmektedir. Örneğin; perde duvara, döşeme, kirişler yardımıyla bağlanmalı, döşemeden perdeye kuvvet aktarmak için yeterli enkesit bulunmalı, kolonlar ya da perdeler yapı yüksekliği boyunca sürekli olmalıdır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında bir başka önemli nokta da yatay yük taşıyan elemanların yapacakları yatay ötelenmelerin, bu yükleri taşımayacağı varsayılan elemanlar üzerindeki etkileridir. Binada taşıyıcı olmayan elemanlar taşıyıcı elemanlara göre daha az elastiktir ve gevrek bir davranış gösterirler. Rijitliğin artırılması ile katların birbirine göre olan rölatif yatay ötelenmesi sınırlandırılarak özellikle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelebilecek hasarı kontrol altına almak mümkündür.

Günümüzde depreme dayanıklı yapı tasarımındaki temel yaklaşım kapasite yöntemidir. (Paulay Piestly). Bu yöntemde elemanların güç tükenmesi anındaki nihai davranışları ve kapasiteleri temel alınır. Bu ise kirişlerde plastik mafsall oluşması ve pekleşme sonucu oluşacak moment taşıma gücüne karşılık gelmektedir.

Bir sistemin süneklik düzeyinin yüksek olabilmesi için özellikle aşağıdaki hususların sağlanması gerekir.

1- Kiriş ve kolonlarda sık etriye düzeni kullanılarak betonun hem dayanımı hem de sünekliği arttırılmalıdır. Örneğin depremde en çok zorlanması beklenen kolon-kiriş birleşim bölgelerine yakın kiriş ve kolon kesitlerinde etriye sıklaştırılmasının yapılması gibi.

2- Betonarme elemanlarda sünek güç tükenmesinin gevrek olandan daha önce ortaya çıkması sağlanmalıdır. Örneğin kiriş ve kolon gibi elemanlarda ve birleşim bölgelerinde gevrek güç tükenmesi ortaya çıkaran kesme kuvveti kapasitesinin süneklik güç tükenmesi ortaya çıkaran eğilme momenti kapasitesinden daha yüksek tutulması gibi. (Özden ve Kumbasar, 1993)

Taşıyıcı sistemi oluştururken binanın yük analizinin yapılması da önemli bir faktördür. Bina deprem sırasında üzerine alacağı yükler, binanın cephe düzenlemeleri, döşeme tipi seçimi gibi özelliklerine göre değişmektedir. Örneğin tek katlı bir sanayi yapısının cephe kaplamalarının hafif alüminyum paneller yerine ağır betonarme panellerle inşa edilmesi binanın depremden dolayı maruz kalacağı atalet kuvvetlerini arttırmaktadır.

2.1 Bina Taşıyıcı Sistemlerine İlişkin Genel İlkeler

a) Bir bütün olarak deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sisteminde ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik ve dayanım bulunmalıdır. Bu bağlamda kat kütlelerinin toplandığı varsayılan döşeme sistemleri, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenli aktarılmasını sağlayacak düzeyde rijitlik ve dayanıma sahip olmalıdır.

b) Binaya aktarılan deprem enerjisinin önemli bir bölümünün taşıyıcı sistemin sünek davranışı ile tüketilmesi için, yönetmelikte belirtilen sünek tasarım ilkelerine titizlikle uyulmalıdır.

c) Düzensiz binaların tasarımından ve yapımından kaçınılmalıdır. Taşıyıcı sistem planda simetrik veya simetriğe yakın düzenlenmeli ve A1 başlığı ile tanımlanan burulma düzensizliğine olabildiğince yer verilmemelidir. Bu bağlamda, perde vb. rijit taşıyıcı sistem elemanlarının binanın burulma rijitliğini arttıracak biçimde yerleştirilmesine özen gösterilmelidir. Düşey doğrultuda ise özellikle B1 ve B2 başlıkları ile tanımlanan ve herhangi bir katta zayıf kat veya yumuşak kat durumu oluşturan düzensizliklerden kaçınılmalıdır. Bu bağlamda, taşıyıcı sistem hesabında göz önüne alınmayan, ancak kendi düzlemlerinde önemli derecede rijitliğe sahip olabilen dolgu duvarlarının bazı katlarda ve özellikle binaların giriş katlarında kaldırılması ile oluşan ani rijitlik ve dayanım azalmalarının olumsuz etkilerini gidermek için bina taşıyıcı sisteminde gerekli önlemler alınmalıdır.

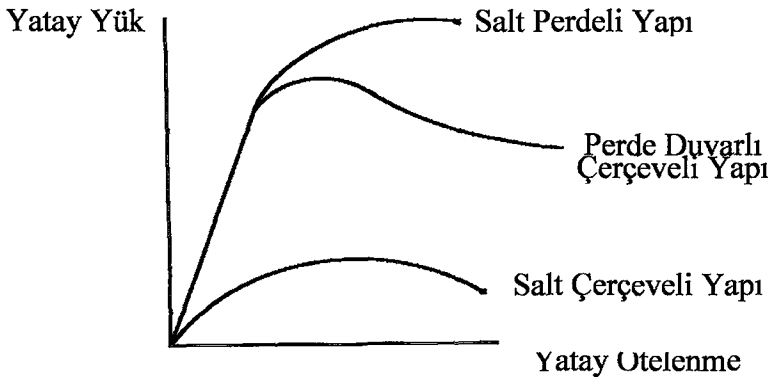
Yerinde dökme betonarme taşıyıcı sistemler üç tipte incelenmektedir:

- Çerçevesel taşıyıcı sistemler
- Perde duvarlı taşıyıcı sistemler
- Perde duvarlı – çerçevesel taşıyıcı sistemler

Salt perde duvarlı taşıyıcı sistemi olan yapılar olduğu gibi, hem perde duvarlı hem de çerçevesel taşıyıcı sistemi olan yapılar da mevcuttur. Perde duvarlı yapılar çerçevesel yapılara göre çok daha rijittirler, yatay ötelenmeleri azdır ve çok daha büyük deprem kuvvetlerine karşı elastik olarak karşı koyabilirler. Perdeli yapıların taşıyıcı sistemlerinin oluşturulmasında perdelerin yapıda burulma etkisi oluşturmayacak şekilde yerleştirilmeleri önemlidir. Örneğin yapılarda perdeler çoğunlukla asansör boşlukları ya da merdiven boşlukları çevresine yerleştirilmektedir. Eğer bu boşluklar yapıda simetriyi bozacak şekilde yerleştirilmişlerse, kütle ve rijitlik merkezleri arasında önemli mesafeler olacak ve deprem sırasında yapıda burulma etkileri ortaya çıkacaktır.

Perdeler yapının temelinden başlayarak en üst kata kadar sürekli olarak yapılmalıdır. Çeşitli nedenlerle zemin katta hiç yapılmaması ya da en üst kata kadar uzatılmayıp ara bir yerde kesilmesi deprem açısından çok sakıncalıdır ve kesildiği katta yumuşak kat davranışı görülme olasılığını arttırmaktadır.

Yapının taşıyıcı sistemi seçilirken bu üç taşıyıcı sistemin yatay yükler altındaki davranışlarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Her üç tip taşıyıcı sistemin idealleştirilmiş yatay yük – ötelenme eğrileri Şekil 2.1’de gösterilmektedir. Salt çerçevesel yapılar perdeli ve perdeli – çerçevesel yapılara göre daha düşük deprem dayanımına sahiptirler.



Şekil 2.1 Betonarme taşıyıcı sistemlerin yatay yükler altındaki idealleştirilmiş davranışları

Genellikle ülkemizde az / orta katlı konut türü binalarda çerçeve, yüksek katlı konut türü binalarda ise perdeli ve perdeli – çerçeve taşıyıcı sistemler kullanılmaktadır. Hangi taşıyıcı sistem türü seçilmiş olursa olsun süneklik düzeyi yüksek veya süneklik düzeyi normal sınıfına giren bir taşıyıcı sistemin düzenlenmesi gerekmektedir.(A.B.Y.Y.H.Y., 1998)

Taşıyıcı Sistem Seçiminde;

- 1) Elemanların plastik davranış gösterebilme yeteneğine sahip olmasına dikkat edilmelidir.
- 2) Plastik şekil değiştirmelerin ve plastik mafsalların oluşabileceği uygun bölgeler seçilmeli ve bu bölgelerde donatı şartnameye göre detaylandırılmalıdır.
- 3) Plastik deformasyonlar, sakıncalı bölgelerde daha rijit bir davranış sağlanarak önlenmeli ve taşıyıcı sistemde tehlikeli göçme mekanizmaların oluşmaması temin edilmelidir. En tehlikeli durum, yumuşak kat davranışı denilen yalnız bir katın kolonlarında plastik mafsall oluşmasıdır. Bu halde istenilen düktiliteyi temin için bu kesitlerde aşırı dönmeler olabilmektedir. Bu ise üst katların alt kısma nazaran aşırı derecede deplasman yapmasına ve yapıda çok önemli ilave tesirler doğmasına sebep olur. Bu duruma izin verilmemelidir.
- 4) Gevrek bölgeler elastik kalacak şekilde tasarlanmalıdır.

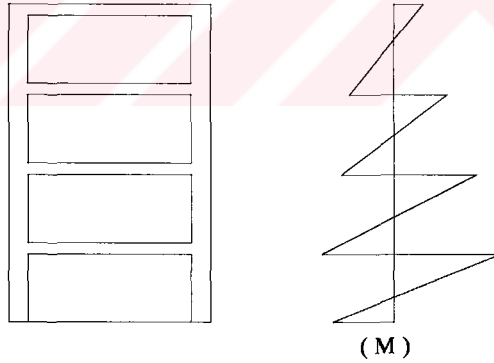
2.2 Çerçeve Betonarme Yapılar

- Deprem enerjisinin kalıcı deformasyonlarla tüketilmesi yaklaşımı ile tasarlanırlar.
- Elastik enerji tüketme güçleri azdır. Yüksek miktarda plastik enerji tüketme gücünde olabilmeleri için donatı, eksenel yük ve boyut ayrıntılarına hem proje tasarımında hem de yapım sırasında özen göstermek gerekir.
- Elastik olarak dayandıkları yatay yük düzeyi ve ilk yapım bedelleri düşüktür.
- Hafif ve orta şiddetli depremlerde yatay ötelenmeleri büyüktür. Ekonomik ömürleri içinde beklenen en şiddetli depremlerde yıkılma olasılıkları azdır; ancak ekonomik olarak onarılamaz düzeyde hasar görebilirler. Yalnızca düşey yüklere göre tasarlanmış ve donatısı konmuş çerçeve bir yapının elastik olarak karşı koyabileceği, emniyet gerilmelerinin %33 kadar da arttırıldığı durumlarda eşdeğer statik yük katsayısı 0,04 – 0,05 kadardır. Deprem yükleri dikkate alınır ve ekonomik boyutlarda eleman ve donatı yerleştirilirse; eşdeğer statik yatay yük katsayısı 0,08 – 0,10 kadar olabilir.

- Betonarme çerçevesel yapılar deprem tehlikesinin az olduğu bölgelerde tercih edilmelidir. Deprem tehlikesinin biraz daha büyük olduğu bölgelerde 2 – 3 katı geçmeyen küçük yapılar da bu sistemle yapılabilir.

- Çerçevesel yapılar orta şiddetli depremlerde taşıyıcı sistemlerinde meydana gelebilecek hasar nedeni ile onarımı ve güçlendirilmesi gereken yapılardır. Betonarme çerçevesel yapılarda kiriş gibi yatay elemanların düşey elemanlardan önce mafsallaşması deprem açısından daha az sakıncalı olarak kabul edilmektedir. Çünkü bir kirişteki hasarın onarımı ve yapının tümü için oluşturacağı tehlike, bir kolondaki hasarın onarımı ve yapı için oluşturacağı tehlikeden çok daha azdır. Kirişlerde meydana gelen hasarın yapının tümü ile göçmesine yol açması ihtimali çok azdır.

- Çerçevenin yatay yer değiştirmesinde kat kesme kuvvetleri etkili olur. Üst katlarda çerçeve kat kesme kuvveti ve yatay öteleme rijitliği düşüktür. Alt katlarda ise kat kesme kuvveti büyürken, yatay öteleme rijitliği aynı oranda artmaz. Alt katlarda kat kesme kuvvetinin öteleme rijitliğine oranı üst katlardakine oranla daha büyük olduğu için alt katlarda katlar arası rölatif yatay yer değiştirme üst katlara göre daha büyük olur. Buna karşılık konsol kolon davranışı gösteren perdede yatay yer değiştirme eğimi sıfırdan başlayarak üst katlara ilerledikçe artar.



Şekil 2.2 Çerçevesel sistemde kolonlara gelen eğilme momentinin yükseklik boyunca değişimi

Kolon ve kirişlerin meydana getirdiği en basit çok serbestlik dereceli taşıyıcı sistem düzlem çerçeve olarak da görülebilir.

Çerçeve için yapılacak en basit modelde;

- Kirişleri bağlayan kolonların kütsesiz oldukları
- Yapı kat kütlelerinin döşeme hizalarında toplandığı

- Kolonların yatay yer deęiřtirme yapabildikleri ve dūřeyde boy deęiřtirmedikleri varsayılır.
- Yapının mesnetlerinde yere rijit olarak bağlandıkları yapılan bir başka önemli kabuldür.
- Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden Δi , binanın i 'inci ve $(i-1)$ 'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında hesaptan elde edilen yatay yerdeğiştirmelerin farkı alınarak hesaplanacaktır.
- Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i 'inci katındaki kolon veya perdelerde hesaplanan görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\Delta i)_{\max}$ 'ın kat yüksekliğine oranı koşulların elverişsiz olanını sağlayacaktır. Elverişsiz koşullar : $(\Delta i)_{\max} / h_i \leq 0,0035$ ve $(\Delta i)_{\max} / h_i \leq 0,02 / R$ (A.B.Y.Y.H.Y. 1998, Madde 6.10.1.2)
- Verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

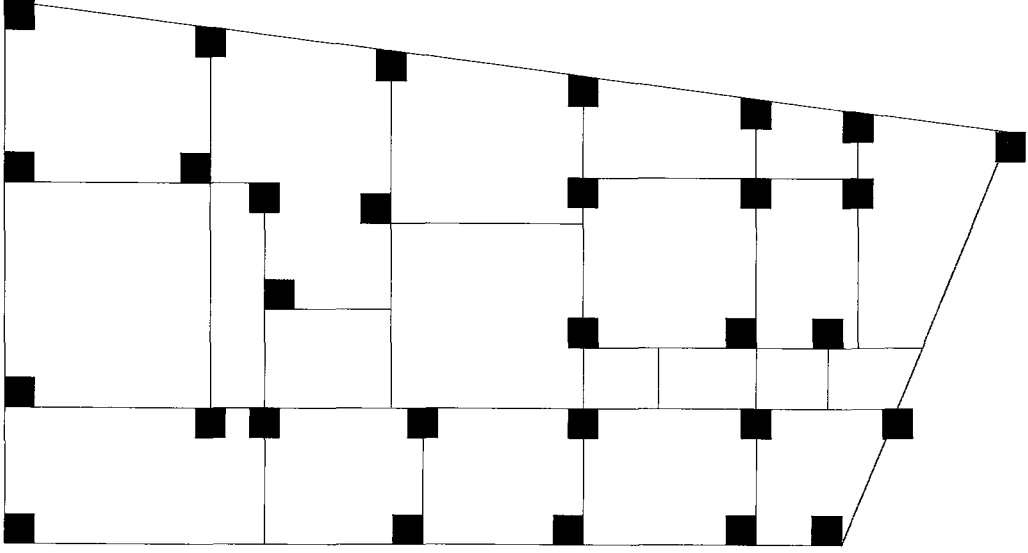
Çerçevesi sistemlerin tasarımında göz önünde bulundurulması gereken esaslar bina planı, yüksekliği ve temelleri olmak üzere üç bölümde incelenmektedir.

2.3 Çerçevesi Taşıyıcı Sistemlerin Planda Uygun Biçimde Tasarlanması

2.3.1 Kiriş Açıklıklarının Etkisi

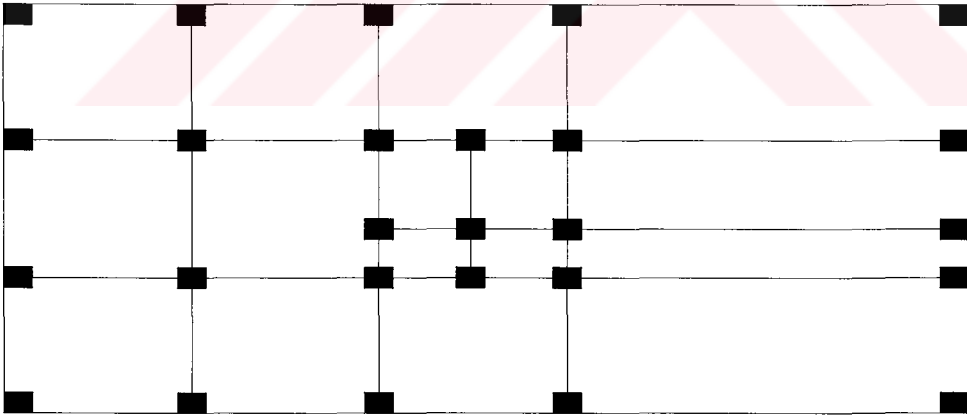
Betonarme çerçevesi bir yapının planda düzenli olması çoğu zaman üzerinde yapılacağı arsanın konumu ve mimari yaklaşımlar nedeni ile sağlanamamaktadır. şekil 2.3'de kolon ve kirişlerin dolgu duvarları içinde saklanması yaklaşımı ve de arsa durumu nedeni ile ortaya çıkmış bir betonarme yapının çerçevesi taşıyıcı planı verilmektedir. Bu sistemin hem analizi güçtür hem de depremde burulma etkileri ile zorlanma olasılığı yüksektir. Bazı kolonlar her iki yönde kirişlerle bağlanmamıştır. Çerçevesi kesintilidir. Yapıda her iki doğrultuda sürekli çerçevesi olmaması burulma etkileri oluşturmaktadır. Bu tür planı ve taşıyıcı sistemi olan yapıların kütle ve rijitlik merkezleri arasında burulma yaratacak bir moment kolu oluşacaktır.

Yapıda mimari kısıtlamalar sonucu şekil 2.4 (a)'daki gibi kiriş sistemi oluşturmanın deprem açısından getireceği problem, kısa olan ve rijitliği çok yüksek olan kirişlerde önemli boyutlarda kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri oluşacaktır. Kısa açıklıklardaki kirişler daha az yükseklikli yapılar (şekil 2.4 (b)) bu kirişlerde büyük eğilme momentlerinin oluşması önlenecaktır.

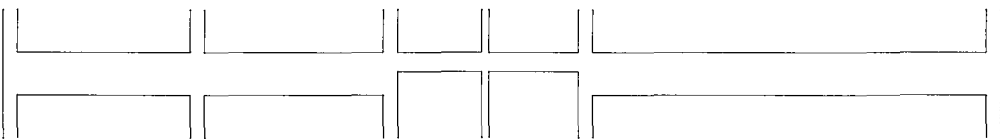


Şekil 2.3 Planlı ve taşıyıcı sistemi düzensiz yapılarda burulma etkisi

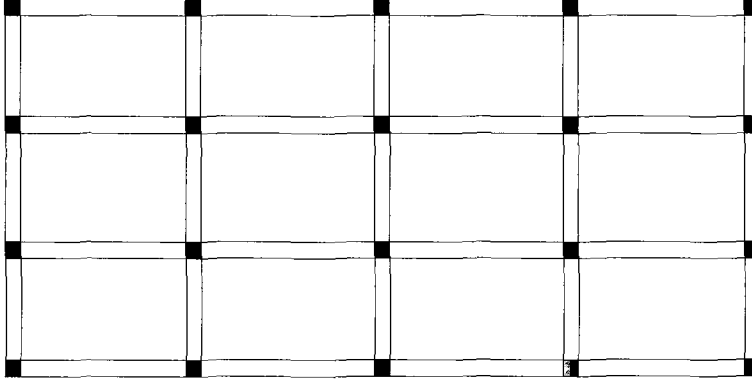
Şekil 2.4 (a)'daki gibi kiriş sistemi deprem tehlikesi az olan yerlerdeki yapılarda ya da az katlı yapılarda uygulanabilir. Yüksek yapılarda ve deprem tehlikesinin büyük olduğu yerlerde açıklıklar arasına uyumu bozan kolonlar yapılmayarak, aks aralıkları eşit ya da birbirine yakın mesafelerden oluşan daha basit çerçeve düzenleri seçilmelidir. (Şekil 2.4 (c))



Şekil 2.4 (a) Deprem yükü ve kat sayısı az yapılar için uygulanabilir sistem



Şekil 2.4 (b) Kısa kiriş deprem yükünü azaltmak için sık yapılmalıdır.



Şekil 2.4 (c) Deprem yükü büyük ve kat sayısı çok olan yapı için uygun

Şekil 2.4 Açıklıkları farklı çerçeveler için değişik çözümler

2.3.2 Kolonların Yerleştirme Biçiminin Etkisi

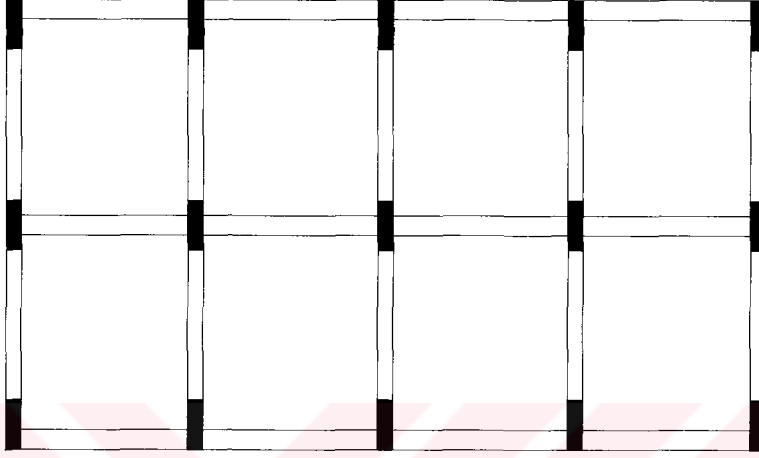
Çoğu yerde betonarme yapılarda kolonların uzun kenarı yapının kısa yönü ile çakışır biçimde yerleştirilmektedir. Şekil 2.6'da verilen kolon yerleştirme biçimi sık görülmektedir. Özellikle bitişik nizam yapılmış ve iş yeri olarak kullanılan yapılarda dış cephedeki açıklıklarda kolonlar kısa kenarları dış cepheye gelecek şekilde yerleştirilirler. (Şekil 2.6)

Yapılara depremlerle gelen yükler ise yapı ağırlığı ile de orantılıdır. Depremlerde yapılara her iki asal yönde gelen yüklerin büyüklükleri hemen hemen aynıdır. Şekil 2.5'de planı verilen yapıda her iki asal yönde rijitliklerin farklı olması nedeni ile yapının her iki yöndeki doğal titreşim periyotları da farklı olacaktır. Bu fark deprem hareketine bağlı olarak daha az ya da daha çok olabilir ve yapının dar kenarına dik yönde gelen deprem yükü diğer yönde gelen deprem yükünden de büyük olabilir.

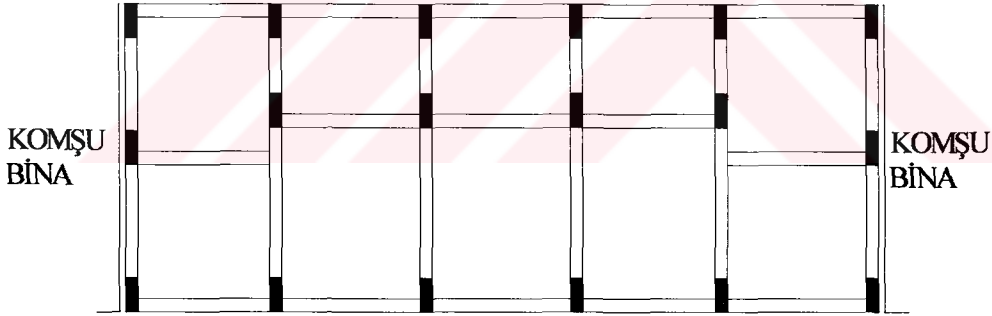
Dikdörtgen kesitli bir kolonun her iki asal yöndeki moment kapasitesi ve rijitliği farklıdır. Bir kenarı diğer kenarına göre iki kez daha büyük olan bir kolonun kısa yöndeki moment kapasitesi uzun yöndeki moment kapasitesinin yarısı kadar, kısa yöndeki rijitliği ise uzun yöndeki rijitliğinin $\frac{1}{4}$ 'ü kadardır. Eğer yapının kolonları Şekil 2.5'deki gibi yerleştirilmiş ise yapının uzun yöndeki moment kapasitesi kısa yöndekinin yarısı, rijitliği ise $\frac{1}{4}$ 'ü kadardır.

Yani yapının kolonlarının kısa doğrultusundaki yönü, deprem kuvvetlerine karşı diğer yönüne göre %50 zayıftır. Ancak her iki yönden gelebilecek deprem kuvvetleri arasında bu kadar fark olmayacaktır. Deprem açısından sakıncalı bu durumu gidermek için kolonların kare ya da dairesel kesitli olması ya da Şekil 2.7'deki gibi değişik konumlarda yerleştirilmeleri bir çözüm olabilir.

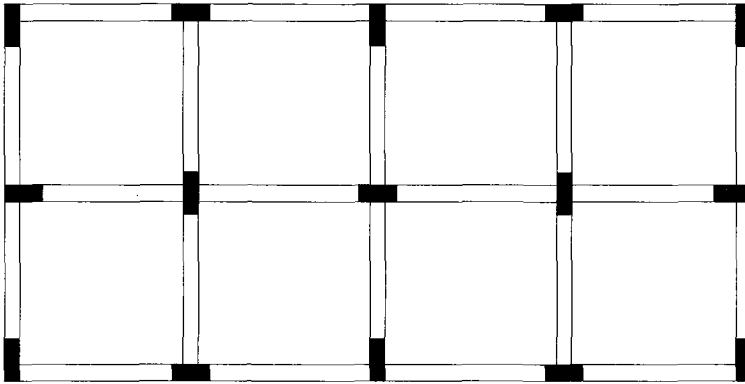
Betonarme yapılarda yatay yüklerin düşey elemanlara rijitlikleri ile orantılı olarak dağıtılmasında kiriş ve döşemelerin biçim ve boyutları çok etkili olmaktadır. Döşeme plaklar ve kirişler kendi düzlemleri içinde çok büyük rijitliğe sahiptirler ve düşey elemanlara yatay yüklerin dağıtımını yaparlar. Bunun için döşemelerin sürekli ve üniform rijitlikte olması gerekir. Bütün kolonların kirişlerle birbirine bağlanmış olması da yatay kuvvetlerin dağıtımını için gereklidir.



Şekil 2.5 Deprem açısından uygun olmayan kolon yerleştirme biçimi



Şekil 2.6 Dış cephedeki açıklıkların geniş kolonlarla küçültülmeme kaygısı sonucu bir yönü rijit diğer yönü esnek yapı

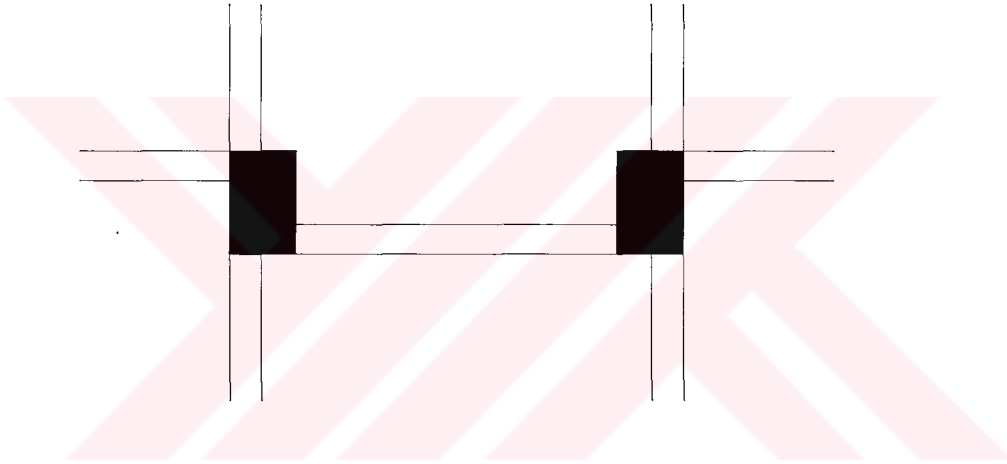


Şekil 2.7 Deprem açısından uygun kolon yerleştirme biçimi

2.3.3 Şaşırtmalı Kolon ve Kiriş Aksları

Kolon ve kirişlerin bölme duvarların içinde saklanması kolon ve kiriş akslarının şaşırtmalı ve süreksiz olmasına yol açmaktadır.

Şaşırtmalı kiriş aksları ya birbirine yakın iki küçük kolon gerektirmekte ya da iki küçük kolon yerine tek fakat gereğinden büyük kolon yapılmaktadır. (Şekil 2.8) Statikçe gerekenden büyük kesit yapılması ile rijitliği ve depremde gelen yüklerden aldığı payı artıran bir kolon oluşmaktadır. Eğer kolon bu durum göz önüne alınmadan donatılmış ise gelen deprem yükleri kolonun kapasitesinin üzerinde olacak ve kolonda hasar meydana gelecektir. Düşey yükler açısından hiç gerek olmadığı halde büyük boyutlu yapılmış bir kolona yalnızca depremde büyük yüklerle zorlanacağı için daha çok donatı konulması uygun olacaktır.



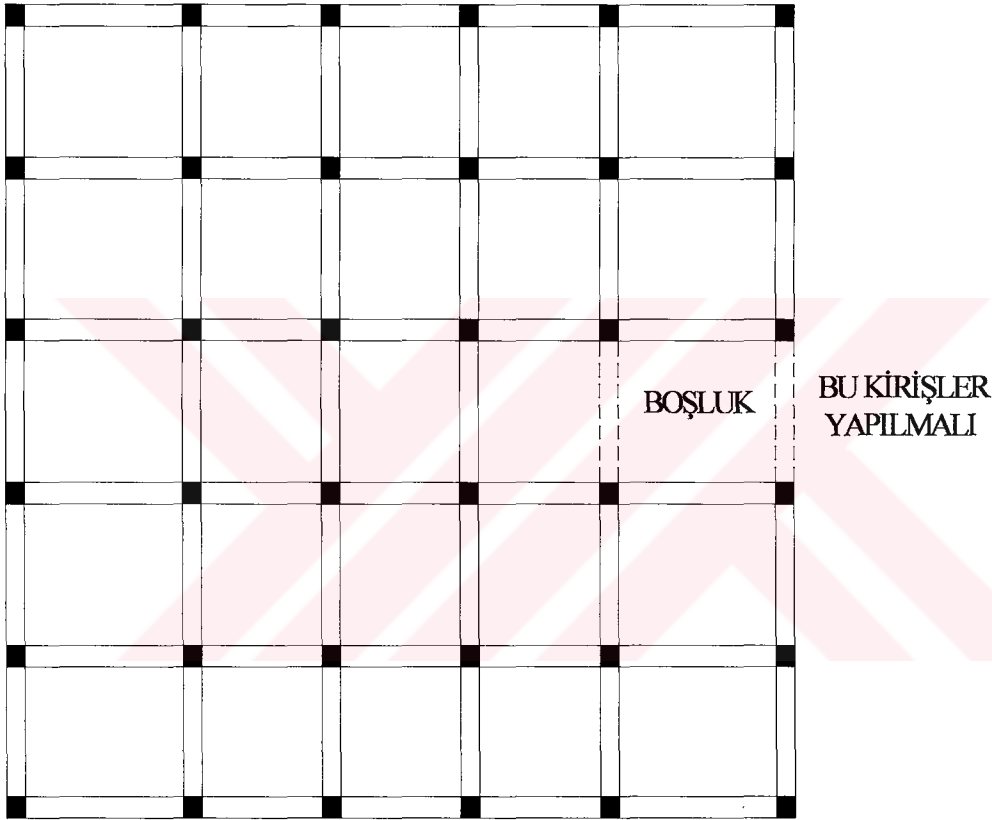
Şekil 2.8 Kiriş akslarının şaşırtmalı olması kolonların gereğinden büyük yapılması

2.3.4 Döşeme Delikleri ve Kirişlerle Bağlanmamış Kolonlar

Betonarme yapılarda yatay yüklerin düşey elemanlara rijitlikleri ile orantılı olarak dağılımı kendi düzlemi içinde son derece rijit olan döşeme plakları ile sağlanmaktadır. Bu sürekli ve eşit dağıtılmış rijitliği olan bir kat döşemesi ile sağlanabilir. Bütün kolonların kirişlerle birbirine tam olarak bağlandığı durumlarda yatay kuvvet dağılımı rijitlikle orantılı olacaktır. Şekil 2.9'da gösterilen yapı elemanlarında deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren döşeme boşluğu bulunmakta ve bazı kolonlar kirişlerle bağlanmadıkları için düzenli bir çerçeve sistemi oluşmamaktadır.

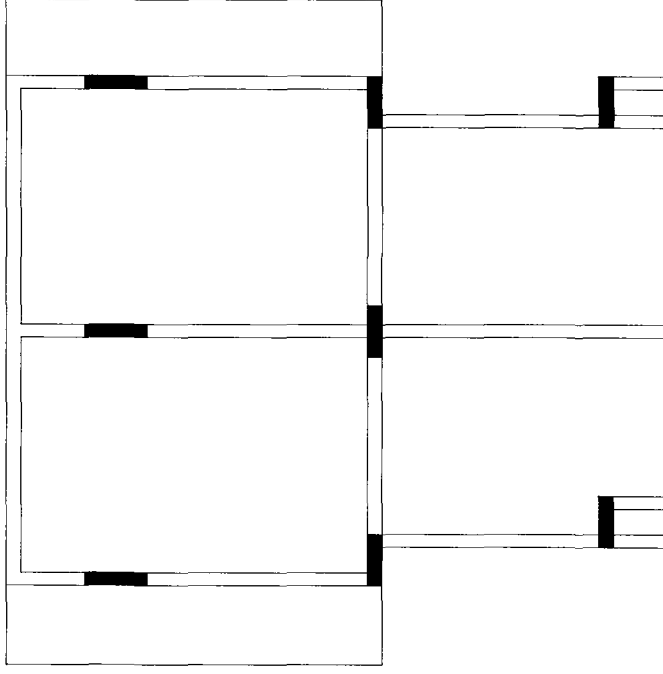
Benzer durumlar yatay yüklerin bütün kolonlara rijitlikleri ile orantılı olarak aktarılmasını güçleştirir, bazı kolonların büyük yatay kuvvetlerle zorlanması söz konusudur ve bu kolonların bu duruma göre hesaplanıp donatılmaları gerekir.

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmeliğe göre; herhangi bir kattaki döşemede, boşluk alanlarının toplamı (Merdiven ve asansör boşlukları dahil.) kat brüt alanının $\frac{1}{3}$ 'ünden fazla olması durumu (I), düşey taşıyıcı sistem elemanlarına deprem yüklerini güvenle aktarabilmesini zorlaştıran döşeme boşluklarının bulunması durumu (II), döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımda ani azalmaların olması durumu (III) gibi döşeme süreksizlikleri planda süreksizlik oluşturur ve göz önünde bulundurulması gereken hususlardan biri olarak incelenmektedir.

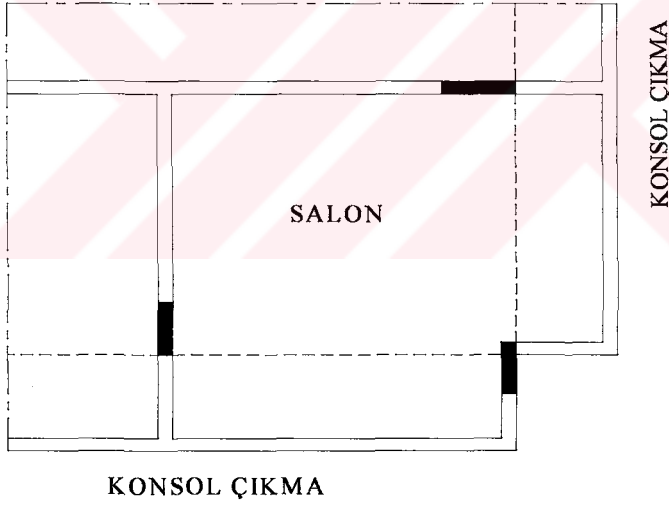


Şekil 2.9 Çerçeve sistemin düzensizliğini arttıran, döşeme plağının görevini önleyen ayrıntılar

Konsol çıkmaları olan yapılarda tavandan sarkan kirişlerin istenmemesi sonucu Şekil 2.10'daki gibi kirişsiz ya da asmolen döşemeler yapılmaktadır. Bu tip döşemeleri olan yapılar genellikle daha esnek olduklarından deprem kuvvetleri altında daha büyük yatay ötelenmeler yaparlar. İkinci mertebeden momentlerin, şiddetli depremlerde bu tür döşemeleri olan yapılarda hasarı daha da arttırmaları ve yapının yıkılmasına yol açma olasılığı yüksektir.



Şekil 2.10 Bir yönde kirişlerle bağlanmayan kolonların bulunduğu bir yapı

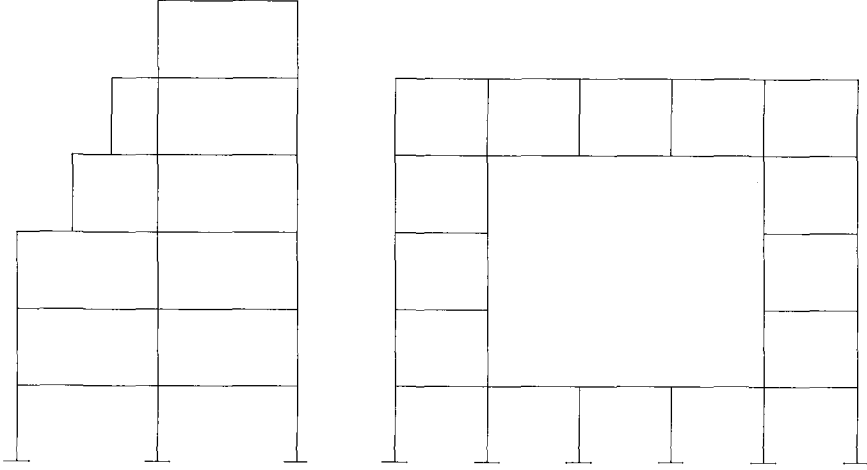


Şekil 2.11 Kirişlerle bağlanmamış köşe kolonu

2.4 Çerçeve Sistemin Yükseklik Boyunca Düzenlenmesi

2.4.1 Düşey Yönde Düzenli Çerçeve Koşulları

Düşey yönde düzenli bir çerçeve sisteminin ilk koşulu bütün kolon akslarının yapı yüksekliği boyunca sürekli olmasıdır. Alt ve üst katlardaki kolonların kısa ve uzun kenarlarının aynı yönlerde olmamaları katlar arasında eksantrik etkiler burulma oluşturabilir. Şekil 2.12’de çerçeve sistemi düzensiz yapılara bazı örnekler verilmektedir.



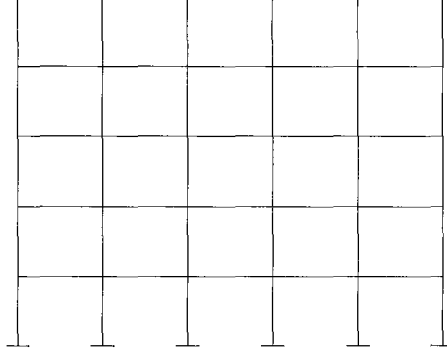
Şekil 2.12 Çerçeve sistemi düzensiz yapılar

2.4.1.1 Esnek Zemin Katlı Yapılar

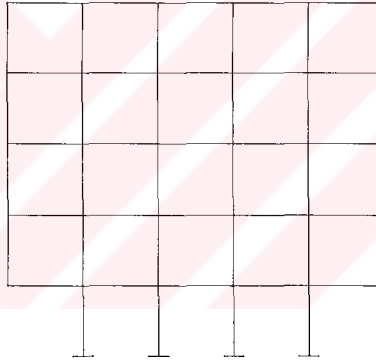
Depremde en çok rastlanan taşıyıcı sistem düzensizliği, zemin katı esnek yapılardır. Şekil 2.12'de kolonları zemin kattan çatıya kadar sürekli olmayan çerçeveli taşıyıcı sistem gösterilmektedir. Şekil 2.12 (a)'da ise taşıyıcı sistemin kolonları ve dolayısı ile rijitliği yapı yüksekliği boyunca sürekli ve ani değişimler yoktur. Şekil 2.12 (b)'de büyük konsol çıkmaları olan bir taşıyıcı sistem görülmektedir. Büyük konsol çıkmaları olan yapılar deprem açısından uygun değildir. Konsol çıkmaların bir alt katında hiperstatiklik derecesi azalmaktadır. Rijit birleşim yerleri en kritik olan alt katlarda en düşüktür. Yapıda zemin katın rijitliğinin birinci kata göre az oluşu özellikle zemin katın deprem esnasında büyük ötelemeler yapmasına ve zemin katta ikinci mertebeli momentlerin önem kazanmasına yol açar. Bu düzensizliklerin doğuracağı gerilme birikimleri, burulma etkileri, ikinci mertebeli momentler vb. gibi etkiler hesaplarda dikkate alınmamış ise depremde kritik hasar beklenmelidir.

Zemin katlarda betonarme çerçeveler arasına taşıyıcı olmayan tuğla dolgu duvarların yapılmamış olması, dolgu duvarların bir üst kattan itibaren yapılması ki bu zemin katın otopark, dükkan vb. olarak kullanılması amacı ile sık yapılan bir uygulamadır esnek zemin kat davranışına neden olabilir. Bu tür yapılarda zemin katlarda çok büyük momentler ve ötelemeler oluşmaktadır. Büyük yatay ötelemeler ve düşey yüklerin birlikte etkimesi ile

zemin kat kolonlarında ikinci mertebeden momentler oluşmakta ve zemin kat kolonları kolayca yıkılabilmektedir. Bu nedenle bu tip yapılardan kaçınmak gerekir.



Şekil 2.12 (a) Deprem açısından iyi düzenlenmiş taşıyıcı sistem
Üniform kütle dağılımı

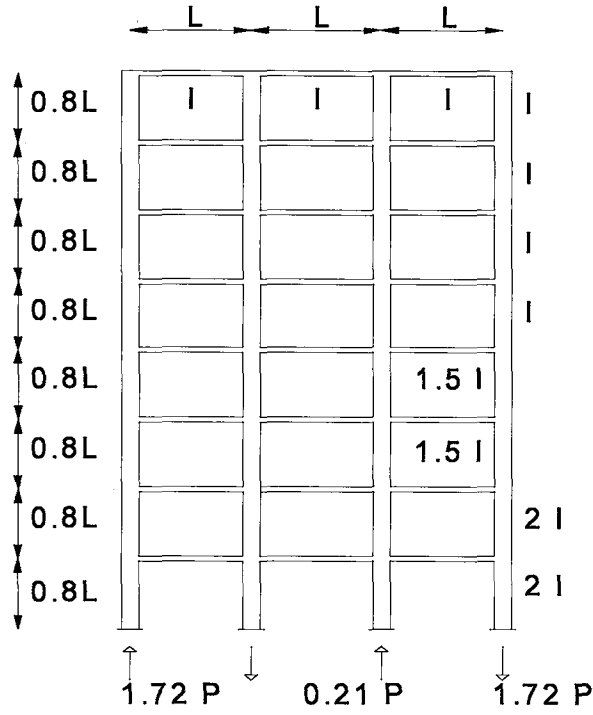


Şekil 2.12 (b) Deprem açısından kötü düzenlenmiş taşıyıcı sistem
Esnek zemin katı

2.4.1.2 Çerçeve Açıklıklarının, Deprem Yatay Yüklerinin Oluşturduğu Düşey Yükler Üzerindeki Etkisi

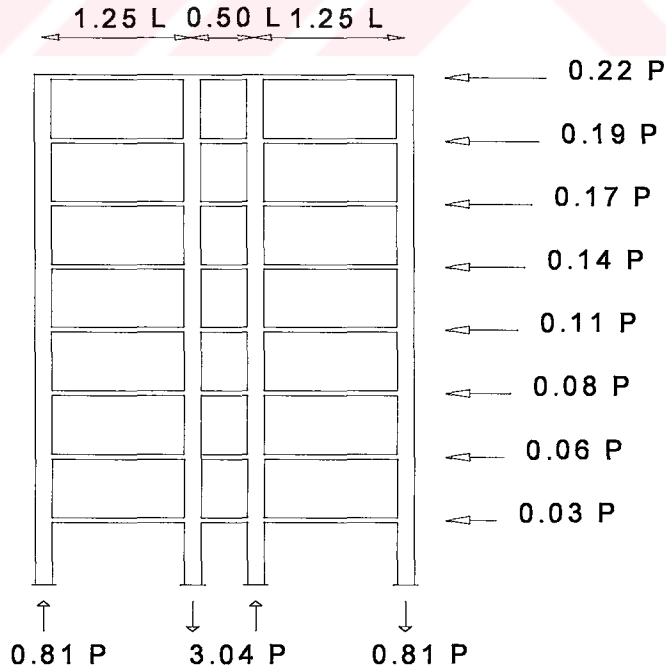
Çerçevelerin yükseklik boyunca tasarımında çerçevelerin açıklıklarına göre kolon ve kirişlere gelen deprem yüklerinin miktarları değişebilmektedir.

Çerçeve açıklıkları eşit olan alçak ve yüksek yapılarda dış aks kolonlarına depremde gelen eksenel yükler çok daha büyük olmaktadır. (Şekil 2.13)

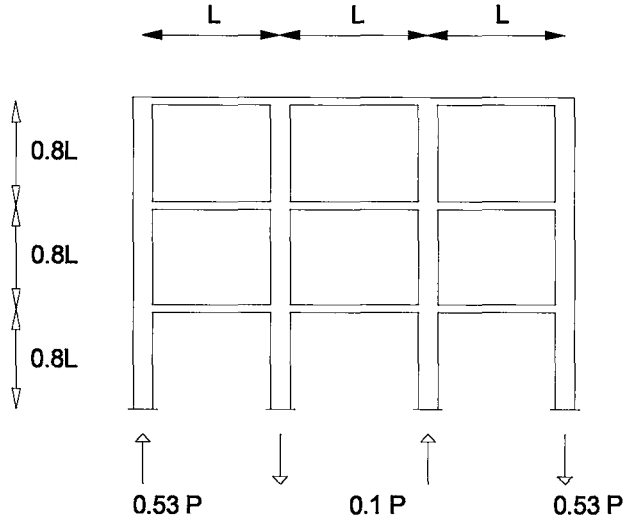


Şekil 2.13 Çerçeve açıklıkları eşit yapılarda dış aks kolonlarına gelen eksenel yükler

Çok katlı ve ortasında küçük bir açıklık olan okul, kışla ve yatakhane gibi yapılarda ise orta aks kolonlarına büyük eksenel yükler gelmektedir. (Şekil 2.14)

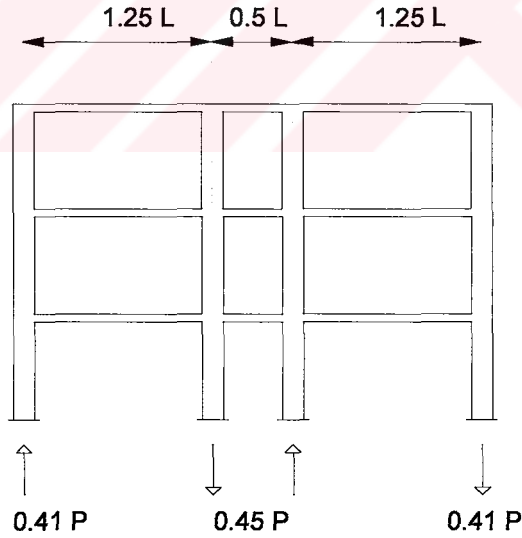


Şekil 2.14 Çok katlı ve ortasında kısa açıklık bulunan yapıda kolonlara gelen eksenel yükler



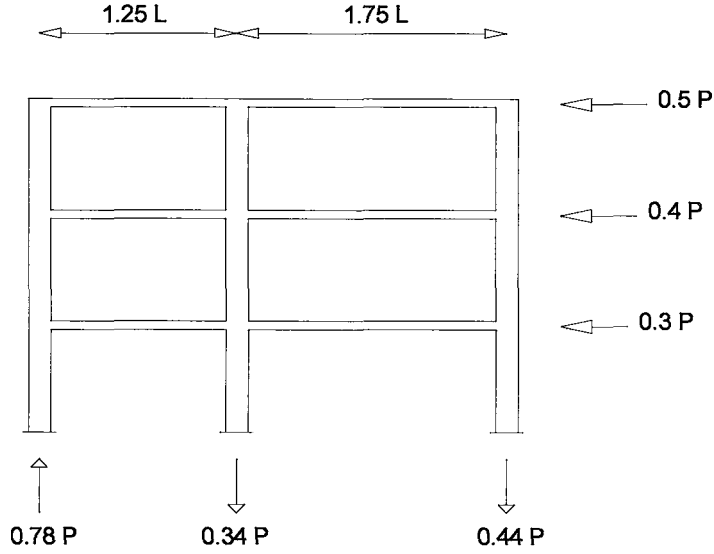
Şekil 2.15 Çerçeve açıklıkları eşit olan alçak yapılarda dış aks kolonlarına gelen eksenel yükler

Ortasında kısa bir açıklık olan alçak yapılarda ise; kolonlara gelen eksenel yükler birbirine yakın olmaktadır. Genellikle kısa açıklıkların kenarlarındaki kolonların depremde gelen eksenel yükleri daha büyük olmaktadır.



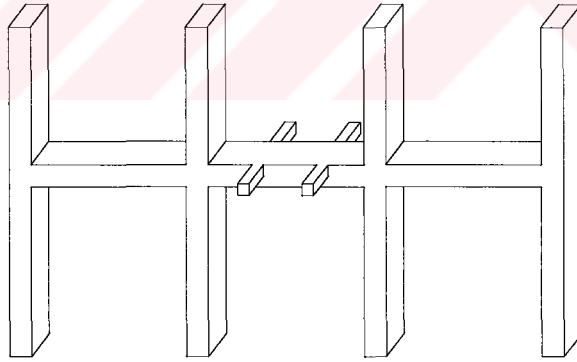
Şekil 2.16 Ortasında kısa bir açıklık bulunan yapıda kolonlara gelen eksenel yükler

Orta aksında derin ikincil kirişlerin olduğu bir çerçevede rijit orta aksın kenarında yer alan kolonlar son derece rijit olmakta ve depremde gelen yatay yüklerden büyük pay alarak zorlandıkları gibi düşey yükleri büyük olmaktadır



Şekil 2.17 Çerçeve açıklıklarının yatay deprem yüklerinden gelen kolon düşey yükleri üzerindeki etkisi

Ortasında derin ikincil kirişlerin bulunduğu bir çerçevede rijit orta aksın kenarında yer alan kolonlar çok fazla rijit olmakta; bu sebeple de depremde gelen yatay yüklerden büyük pay alarak aşırı miktarda zorlanmaktadır.

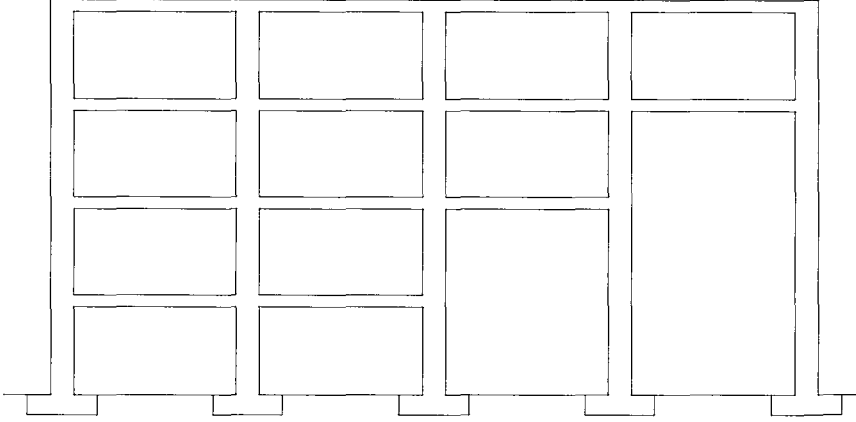


Şekil 2.18 Eşit açıklıklı çerçevenin orta aksında derin kiriş oluşumu

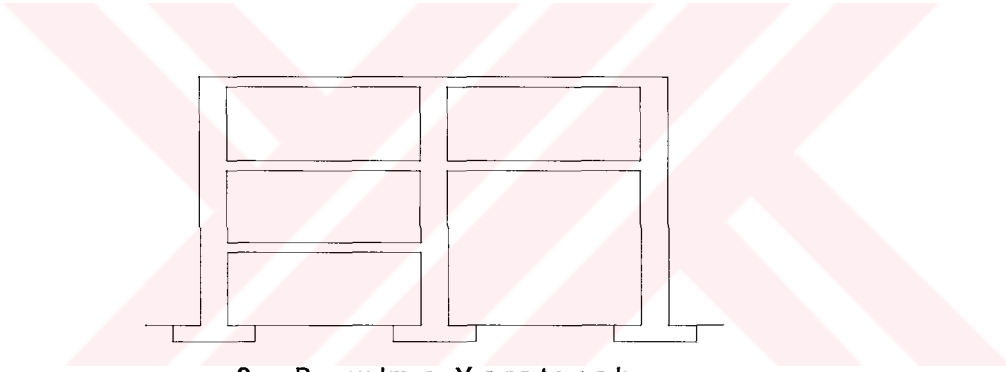
2.4.1.3 Taşıyıcı Sistem Düzensizliği

Taşıyıcı sistem düzensizliklerinden biri farklı boylu kolonların aynı katta bulunması nedeni ile ortaya çıkan rijitlik düzensizlikleridir. (Şekil 2.19) Kendisine yük aktaran kirişlerden daha zayıf kolonların tasarımı veya aynı katta diğer kolonlara göre daha kısa kolonların bulunması yapısal düzensizlik oluşturmaktadır. Deprem kuvvetleri genellikle rijitliklerle orantılı olarak taşıyıcı elemanlara dağıtılmaktadır. Taşıyıcı elemanlar arasında rijitlik farklarının bulunması

durumunda en rijit olan kolonlar (genellikle kısa olanlar) daha fazla deprem kuvvetini bünyesine çekecektir. Rijitliğin dolayısıyla gelecek olan deprem kuvvetinin yaklaşık olarak kolon uzunluğunun kübüyle orantılı olduğu unutulmamalıdır.

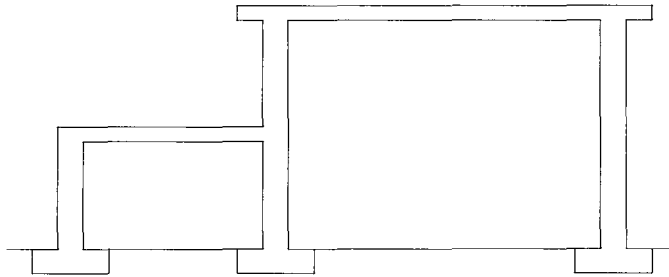


1- Farklı Rijitlikte Kolonlar

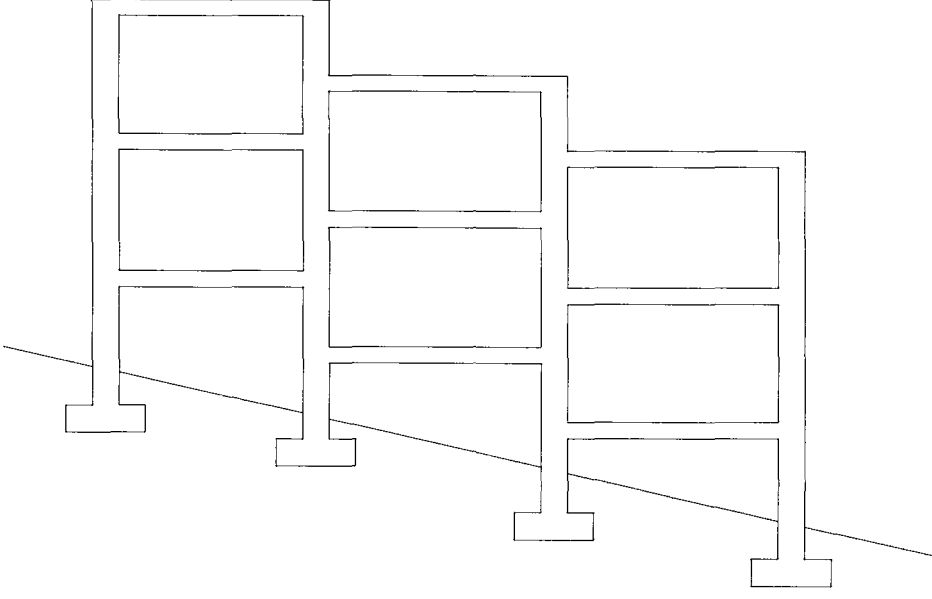


2 - Burulma Yaratacak
Farklı Rijitlikte Kolonlar

Şekil 2.19 Burulma yaratan farklı rijitlikte kolonlar

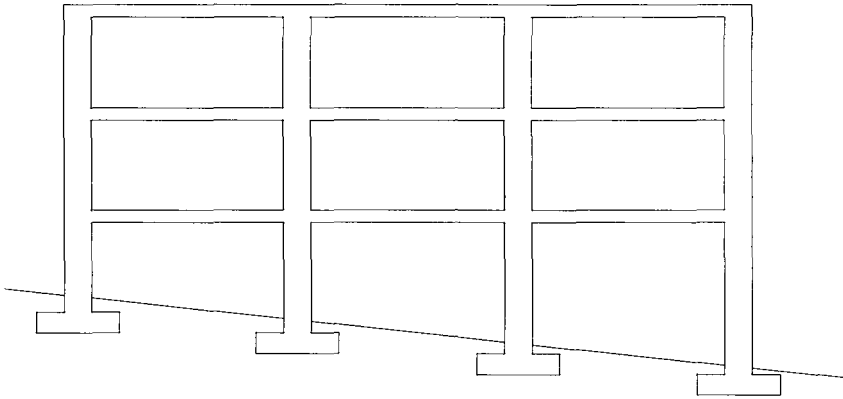


Şekil 2.20 Kısa kolon oluşumu



Şekil 2.21 Basamaklı bir çerçeveli sistemde kısa kolon kırılma tehlikesi

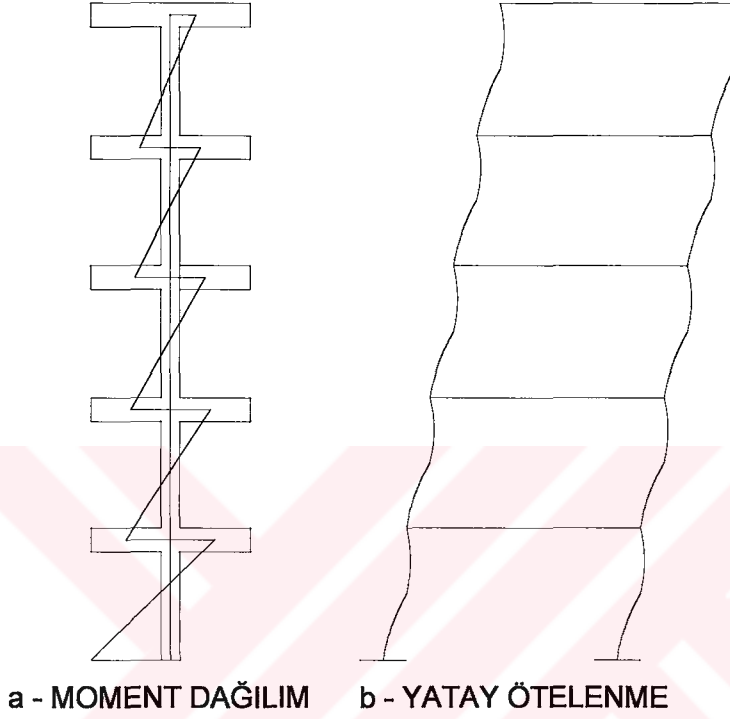
Kat düzeyleri farklı olan bitişik nizam yapılarda deprem sırasında çarpışma olasılığı yüksektir. Kat düzeylerinin farklı oluşu iki yapının aynı düzeylerde farklı yatay ötelemeler yapmasına neden olur. Eğer bu iki bitişik yapının dinamik özellikleri de farklı ise yapıların birbirine çarparak hasar yapmaları beklenmelidir.



Şekil 2.22 Farklı kolon boyları burulma tehlikesi

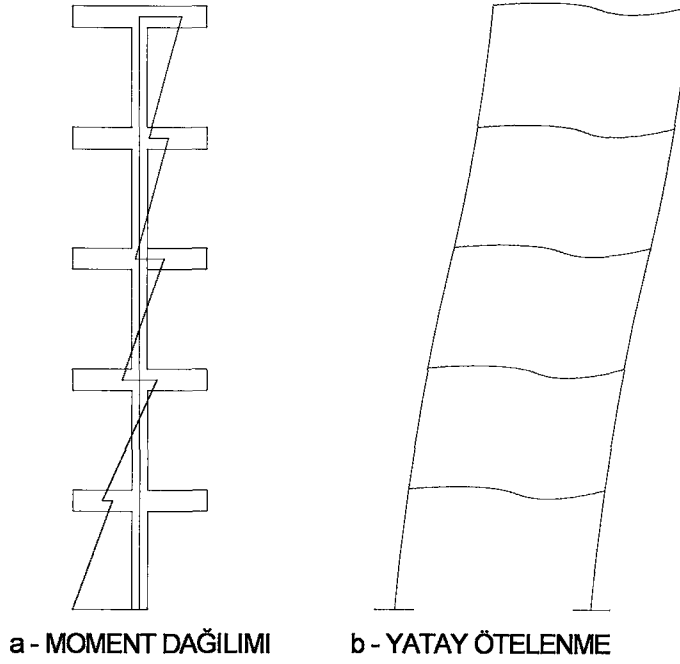
2.4.1.4 Kiriş Kolon Rijitlik Oranının Etkisi

Çerçeveli yapılarda kirişlerin rijitlikleri bağlı oldukları kolonlardan büyük olabilir. Bu durumda kolonlarda yatay kuvvetlerden oluşan moment ve yatay ötelenmeler şekildeki gibidir. Bu tür yapılar "kesme tipi" yapı olarak tanımlanır.



Şekil 2.23 Kirişlerin kolonlardan rijit olduğu çerçeveli yapılarda yatay yüklerden oluşan moment ve ötelenmelerin dağılımı

Kolonların rijitlikleri kirişlerden büyükse; kolonların yatay yükler altındaki moment ve yatay ötelenmeleri şekildeki gibidir. Bu tür yapılar "eğilme tipi" yapılardır. Davranışları daha çok perdeli yapılara benzer. Betonarme çerçeveli bir yapıda kolonlar kirişlerden daha büyük moment ve kesme kuvveti taşıyabilecek güçte yapılmış ise depremde gelen yükler altında mafsallaşma kirişlerin uçlarında oluşmaya başlayacaktır. Kirişlerdeki kırılma yapı güvenliği için daha az sakıncalı olduğu için kolonlar kirişlerden daha güçlü olmalıdır. Bu durum Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelikte de dikkate alınarak, kolonların moment kapasitelerinin kendilerine saplanan aynı doğrultudaki kirişlerin moment kapasitelerinin toplamından daha büyük olması (en az 1.2 katı kadar) koşulu getirilmiştir.



Şekil 2.24 Kolonların kirişlerden rijit olduğu çerçeveli yapılarda yatay yüklerden oluşan momentlerin dağılımı

Betonarme çerçeveli yapılarda yatay elemanların (kirişler) düşey elemanlardan önce mafsallaşması deprem açısından daha az sakıncalıdır. Kiriş hasarı yapının tümünü yıkmaz. Kolon hasarı ise yıkabilir. Kirişlerin kalıcı deformasyon, hasar görerek mafsallaşma ile tüketeceği enerji kolonlara göre çok daha büyüktür.

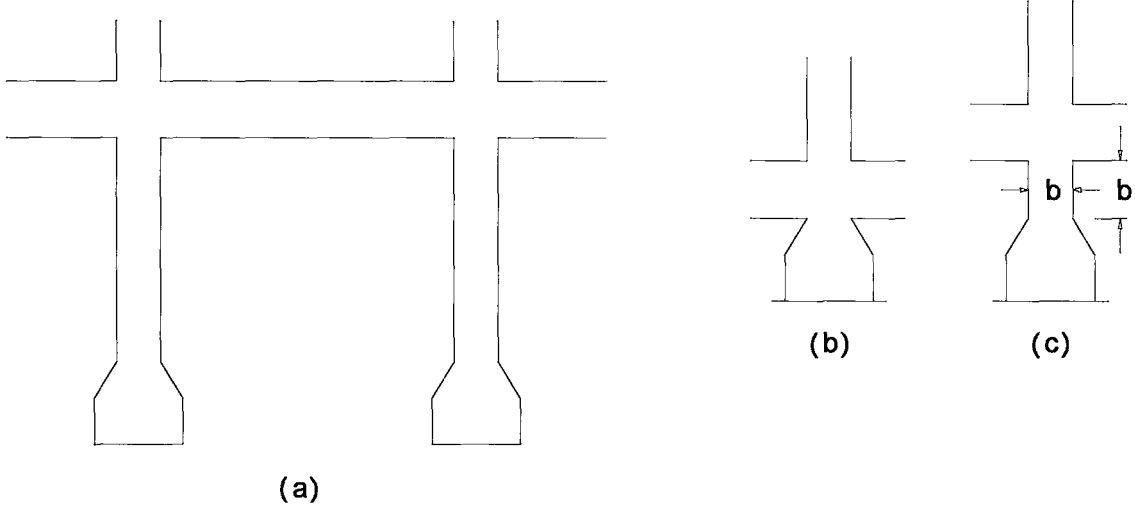
Kırılmanın kirişlerde olması için bir kolon kiriş birleşim yerinde kolonların moment kapasitelerinin toplamının kirişlerin moment kapasitelerinin toplamından büyük olması gerekir.

Eğer yapıda herhangi bir katta bir düğüm noktasındaki kolonların moment taşıma güçleri, kirişlerin moment güçlerinin toplamından %20 ve daha büyük miktarda fazla değilse yapı “ sünek “ kabul edilmemektedir.

2.4.1.5 Çerçeveli Taşıyıcı Sistem Temelleri

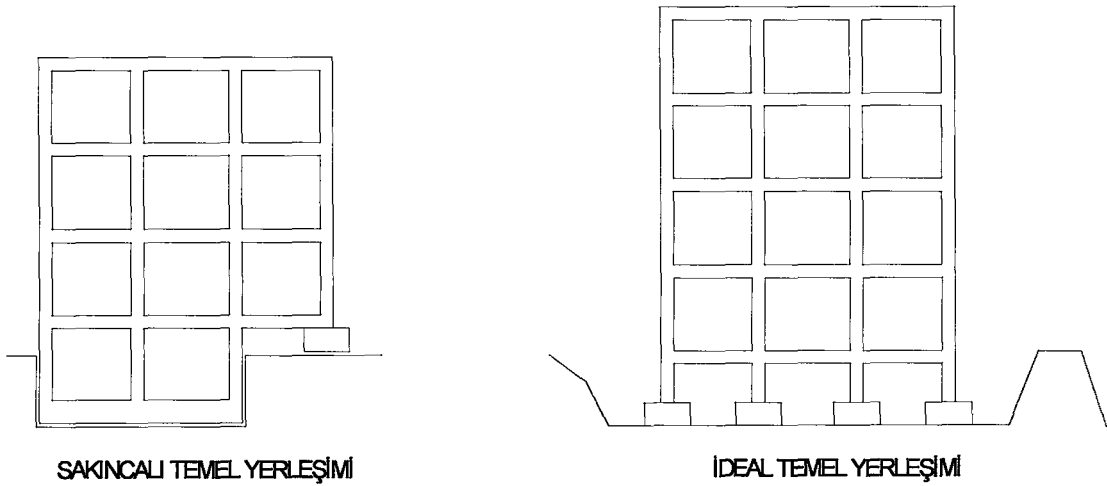
Çerçeveli taşıyıcı sistemlerde tekil ya da sürekli temellerin bağ kirişleri ile birbirine bağlanması gerekmektedir. Bağ kirişlerinin temellerin hemen üstünde ya da kolonların küçük kenar boyutu (b) kadar üstünde yapılması uygun olmaktadır. Bağ kirişlerini temellerin çok üzerinden bağlamak “ kısa kolon “ tehlikesi yaratacağı için uygun olmamaktadır.

Farklı kotlardaki temeller; deprem hareketini yapıya farklı zamanlarda iletecekleri için, yapıda oluşan farklı zamanlı titreşimlerle hasara yol açmaktadırlar.



Şekil 2.25 Bağ kirişlerinin yerleştirme şekilleri

Temelleri farklı kotlarda olan yapıların temellerinin aynı kota gelecek şekilde yerleştirilmesi gerekmektedir. Temelde kot farkı yapılması gerektiği durumlarda ise; bodrum katın çevresine perde duvar yapılarak, kot farkından oluşan farklı titreşimlerin kutu şeklinde oluşan perde duvar içinde sönümlenmesi ve yapının üst kısımlarının bu titreşimlerden etkilenmemesinin sağlanması olumsuzluğu azaltmaktadır.



Şekil 2.26 Yapı temellerinin farklı kotlara yerleştirilmesi

3 DEPREME DAYANIKLI MİMARİ TASARIM, MİMARİ TASARIMDA YAPILAN HATALAR

Bütün hesap kurallarına uyularak hesaplanmış bir yapının deprem esnasındaki davranışının iyi olacağını söylemek oldukça zordur. İyi bir hesabın yanı sıra, mimari ve taşıyıcı sistemin düzgün seçilmiş ve oluşturulmuş olması gerekmektedir.

Daha başlangıçta mimari tasarımda yapılan hatalar, yanlış geometri seçimleri, estetik ve görünüş kaygıları nedeniyle yapılan hatalı şekiller, yapıyı önemli ölçüde riske sokmaktadır. Oluşan bu riski taşıyıcı sistem elemanlarıyla gidermek de mümkün olmaktadır. Bu nedenle tasarım aşamasında bazı ilkelere uyulması gerekmektedir.

Yapı tasarımından başlayıp, üretim aşamasına kadar, estetik ve görünüş ile ekonomik olguların yanı sıra sağlamlık ve dayanıklılık da ön plana çıkartılmalıdır. Amaç nitelikli ve çağdaş yapı üretimi olup, yapı üretiminden amaçlanan yalnızca insanın yaşayacağı bir mekan olarak ele alınmamalıdır. Çağdaş nitelikli yapıdan kasıt, simetrik, çevreyle uyumlu, estetik, amacına uygun, kullanışlı, yangın güvenliği olan, su ve ses yalıtımına sahip, mimari ve taşıyıcı sistemi iyi seçilmiş yapılardır. Böyle bir yapının oluşumunda bütün mesleki disiplinlere önemli görev ve sorumluluklar düşmektedir.

Yapı tasarımı, mimari ve taşıyıcı sistem tasarımı olarak iki ayrı evreden oluşmaktadır. Mimari tasarımda etkili olan faktörler, yapının kullanım amacı ve mimari sanat anlayışı olarak nitelendirilebilir. Taşıyıcı sistem tasarımında etkili olan faktörler ise, yapı malzemesinin nitelikleri ve yapıya gelen dış kuvvetler yanında mimari tasarımıdır. Yapı tasarımında mimari tasarım ile taşıyıcı sistem tasarımı arasında karşılıklı bir etkileşim bulunmaktadır. Türkiye'de yapım uygulamasında mimari tasarımın mimarların, taşıyıcı sistem tasarımının da inşaat mühendisliğinin ilgi alanı olması kabul edilmiştir. Ancak bu iki meslek disiplini arasındaki, mimari tasarım aşamasında karşılıklı danışma çok sınırlı kalmaktadır. Çeşitli nedenlerle genel olarak mimarlar yapıların taşıyıcı sistem tasarımı üzerinde durmamakta; inşaat mühendislerinin taşıyıcı sistemin bütün sorunlarını nasıl olsa çözecekleri ve işin bu yapının yalnızca inşaat mühendislerini ilgilendiren bir konu olduğu yaklaşımından giderek mimari tasarımlarında olabildiğince özgür davranmaktadır.

Eğer depreme dayanıklı yapı tasarımı, yalnızca taşıyıcı sistemin deprem etkilerinin de dikkate alınması ile inşaat mühendislerine kalmış bir işlem olsaydı, mimari tasarım sırasında mimarların olaya deprem açısından yaklaşmalarının gerektiği ileri sürülmeyecekti.

Gerek Türkiye'de gerekse dünyada depremlerden edinilen deneyimler, depreme dayanıklı yapı tasarımının daha mimari tasarım sırasında başlaması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Depremlerde hasar gören yapıların hasar nedenleri bazen doğrudan doğruya mimari tasarım ile bağlantılı olmaktadır. Mimari tasarımda olabildiğince özgür davranmak normal koşullarda bile taşıyıcı sistem tasarımında güvenli bir çözüme ulaşılmasını güçleştiren, deprem etkileri altında taşıyıcı sistem tasarımında çok daha önemli problemler yaratabilmektedir.

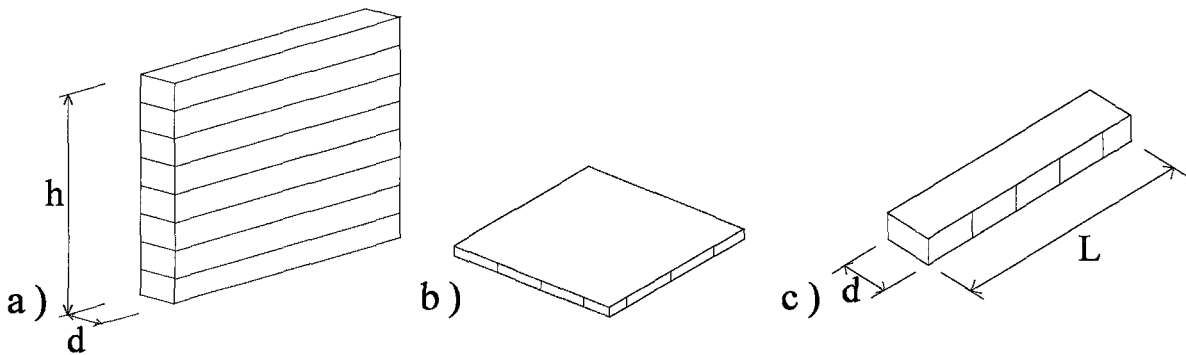
Düzenli taşıyıcı sistem seçimi, öncelikle mimari tasarım ile ilgilidir. Gerek planda ve gerekse düşey doğrultuda, mimari tasarımın olabildiğince karmaşıklıktan uzak, basit ve sürekli taşıyıcı sistemlerin kullanılabilmesine olanak verecek biçimde düzenlenmesi depreme karşı başarılı bir yapısal tasarımın ilk koşuludur. Bu noktada depreme dayanıklı yapı tasarımının sadece yapı mühendisi tarafından değil; mimar ile yapı mühendisinin hatta diğer meslek disiplinlerinin de ortak çabası ile gerçekleştirilebileceğini söylemek yerindedir.

Deprem etkileri göz önüne alındığında mimari tasarımın birkaç aşamadan meydana geldiği görülür. İlk aşama olarak yapının dış biçimi, planda ve yapı yüksekliği boyunca irdelenmelidir. Bunu takriben ikinci aşama olarak yapının iç planı, yapı içindeki ağırlık ve rijitlik sağlayan elemanların dağılım bakımından irdelenmesi gelmektedir. Son aşama ise yapı içindeki taşıyıcı olmayan elemanların ve çeşitli ayrıntıların da dikkate alınmasıdır.

3.1 Mimari Tasarımda Yapı Boyutlarından Kaynaklanan Sorunlar

Depreme dayanıklı bina tasarımında bina boyutları önem taşımaktadır. Binanın yükseklikleri oranı, uzunlukları oranı ve plan alanının büyük olması depreme dayanıklılık açısından sakıncalı durumlar yaratmaktadır.

Şekil 3.1 (a)'da yükseklik / derinlik oranının büyük olması, (b)'de plan alanının büyük olması (c)'de ise uzunluk / derinlik oranının büyük olması durumları gösterilmektedir.



Şekil 3.1 Yapı boyutlarından kaynaklanan sorun tipleri

Yapılan çalışmalara göre, taşıyıcı sistemin güvenli tasarımının gerçekleşmesi için binanın yükseklik / derinlik oranı olarak tanımlanan narinliğinin, 3-4 olması gerekmektedir. Narinlik oranı bu sınırı aştığında, dış aks kolonlarında deprem yüklerinden dolayı büyük ek yükler ve büyük devrilme momentleri oluşmaktadır.

Kent alanları pahalı bir hale geldikçe narin yapılaşmaya eğilim artmaktadır. Özellikle Tokyo'nun şehir merkezinde, 4.5 - 6.0 metre genişliğindeki alanlar üzerine kurulabilen çok katlı narin yapı örneklerine sıkça rastlanmaktadır. Gerekli önlem alınmadan tasarlanan bu tür yapılar depremlerde büyük hasar görmektedir.

Binanın planının aşırı derecede geniş olması, plan basit ve simetrik bir şekilde de olsa, sorun yaratmaktadır. Bu durumda bina, yer hareketine karşı tek bir birim gibi tepki vermekte zorlanmaktadır. Binada yanal direnç elemanları çok sayıda değilse mevcut yanal direnç elemanlarına büyük kuvvetler gelmektedir. Bunun çözümü bina içi kullanımında sorunlar çıkardıkları bilinse de binaya perde duvar veya çerçeve eklemektir. Bir başka çözüm de binayı parçalara ayırarak tasarlamaktır. Bu soruna Frank Lloyd Wright (1920) tarafından tasarlanan Tokyo Imperial Hotel'de doğru ve sezgisel bir çözüm getirilmiştir. Wright (1920), bu geniş kompleks binayı, uzun kanatları birçok girintili köşe ile her biri 10,65 m'ye 18,30 m olan küçük düzenli parçalara bölmüştür. Bunu tasarlarken, bina alanı üzerinde dolaşan yüzey dalgası tarafından oluşturulacak farklı salınım olasılığından kaygı duyduğu anlaşılmaktadır. Binanın 1923 Kanto depreminde yıkılmamasının sebebi bu fikrin bina tasarımında kullanılması olarak açıklanmaktadır.

Binanın uzunluk / derinlik oranının fazla olması da sakıncalar yaratmaktadır. Binanın iki doğrultusu arasında büyük dayanım farklılıkları oluşmakta ve bina farklı yanal kuvvetlere maruz kalmaktadır. Bu olumsuz etkileri azaltmak için binayı uygun noktalardan bölümlere ayırmak gerekmektedir.

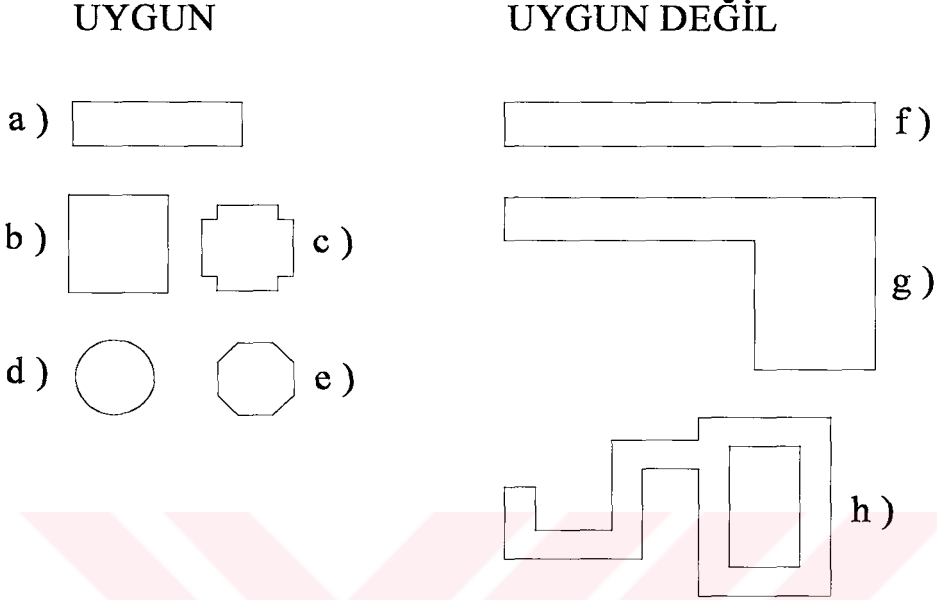
3.2 Mimari Tasarımın Planda İncelenmesi

Mimari tasarım planda; plan geometrisi, kütle ve rijitlik dağılımı, taşıyıcı sistemin ortogonal olmaması ve döşeme boşlukları olmak üzere dört grupta incelenmektedir.

3.2.1 Plan Geometrisi

Depreme dayanıklı bina tasarımında basitlik ve simetri temel ilkelerdir. Bu tür yapıların deprem davranışı kolay anlaşılabilen ve depreme dayanıklılık için gerekli ayrıntıların hesaplanması da daha kolay olmaktadır. Basit ve simetrik olmayan yapıların analizlerinin güç

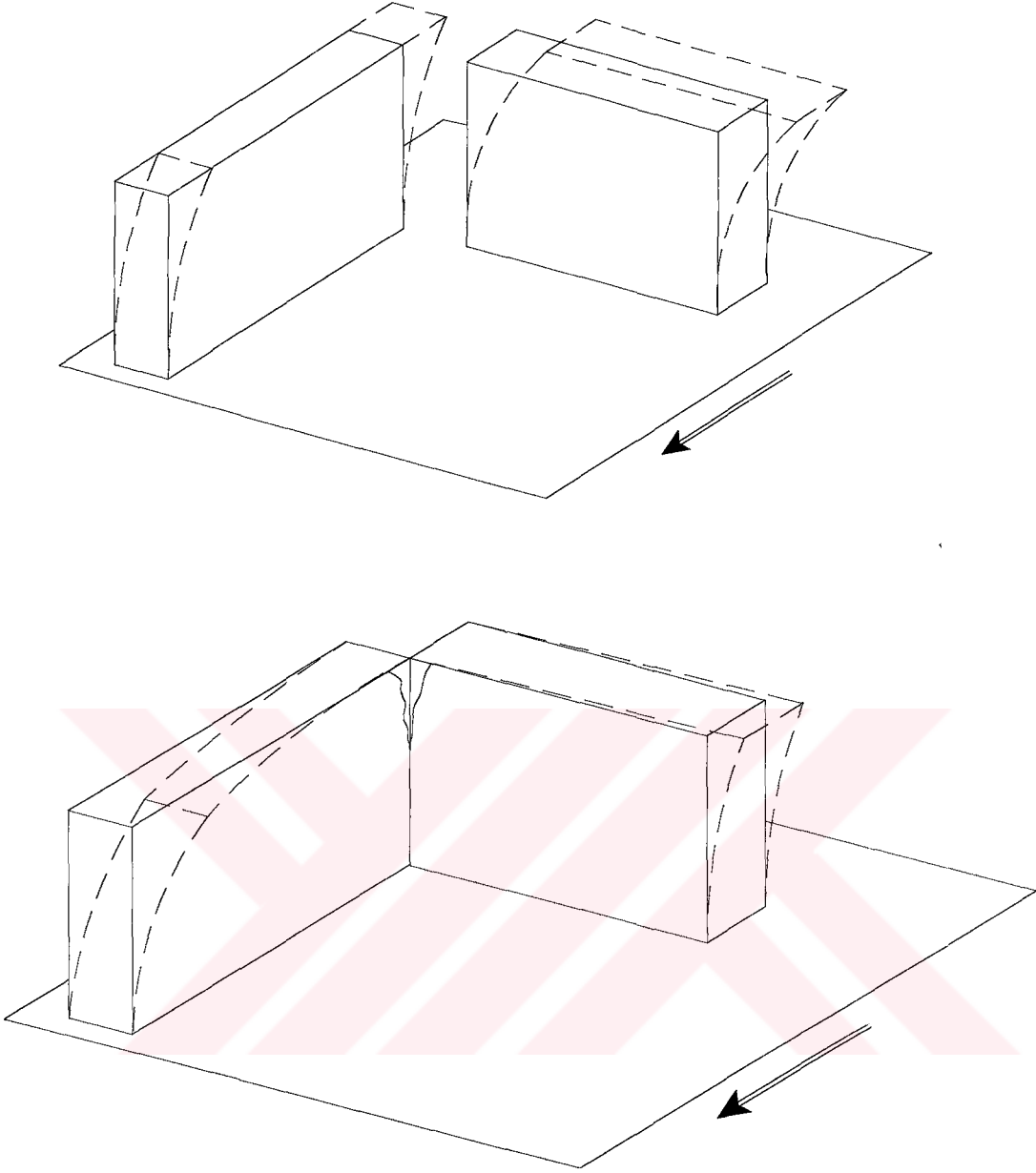
olması sonucu statik ve dinamik çözümler çoğunlukla yaklaşık bir biçimde yapılabilmekte, bunun yanı sıra bu tip yapılarda deprem sırasında kritik burulma etkileri de ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple binanın planda olabildiğince basit geometrik şekillerde tasarlanması hemen hemen tüm dünya yönetmeliklerinde yer alan bir belirlemedir.



Şekil 3.2 Deprem açısından uygun ve uygun olmayan plan tipleri

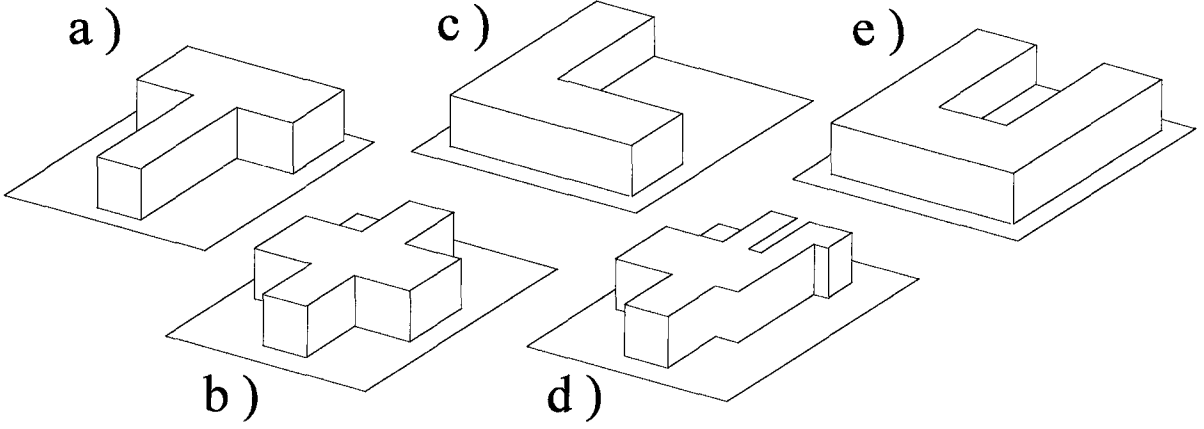
Deprem açısından en uygun yapı plan biçimi, basit ve simetrik oldukları için kare ve dairedir. Dairesel yapı planı ideal olmakla birlikte; analiz, uygulama ve mimari kullanım açısından güçlükler çıkardığı için uygun olmamakta, fazla uzun olmama koşulu ile dikdörtgen yapı, basitlik ve simetri bakımından daha uygun olmaktadır.

Plan geometrisi düzensiz yapılarda, farklı rijitlikli bloklar birleştirildiğinden blokların farklı hareket etmek istemesi sonucu sistemin köşelerinde gerilme yoğunlaşması olmaktadır. Şekil 3.3' deki sistemde yer hareketi bir doğrultuda etkidiğinde, buna dik doğrultuda yerleştirilmiş kanat daha rijit davranmaktadır. L planlı bu sistemde bir doğrultuda yerleştirilmiş kanat, buna dik doğrultuda yerleştirilmiş olan kanattan daha az bir yer değiştirme yapmakta ve birleşim yerinde birbirlerini zorlamaktadır. Bu zorlama neticesinde döşemelerin birleşim bölgesindeki gerilme birikimi ilave hasarlara neden olmaktadır. Ayrıca bu tip sistemlerde kütle ve rijitlik merkezleri geometrik olarak çakışmadığı için burulma meydana gelmekte bunun sonucunda da planda dış çevrede bulunan kolonlar çok zorlanmaktadır.



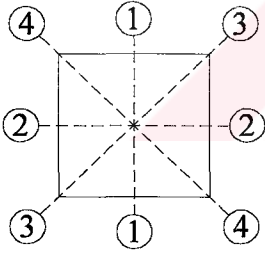
Şekil 3.3 Planlı ve ayrılmış binalarda yer hareketinin etkileri

Plan geometrisi, T, L, U, + ve bunların değişik şekillerde düzenlenmesiyle oluşturulmuş olan binalar, yapı kanatlarının bulunduğu bölümlerde, yukarıda bahsedilmekte olan olumsuz etkilere maruz kaldıkları için genel olarak düzensiz bina biçimleri olarak adlandırılmaktadır. Şekil 3.4'te gösterilmekte olan bina geometrilerinden özellikle + tipi binada kütle merkezi ile rijitlik merkezi üst üste gelmesine rağmen farklı rijitlikteki parçaların birleşmesi nedeniyle binanın dinamik davranışları düzenli binalardaki gibi olmamakta ve ilave zorlamalar meydana gelmektedir .

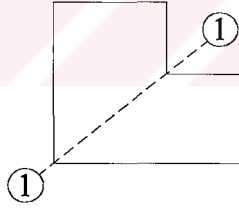


Şekil 3.4 Plan geometrisi düzensiz yapılar

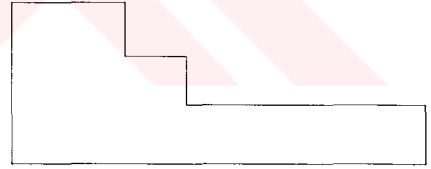
Planda simetrik olmayan yapılar genelde düzensiz olarak kabul edilmektedirler. Şekil 3.5'te (a) çok eksenli simetri, (b) tek eksenli simetri ve (c) simetri olmayan durum gösterilmektedir. 1998 Deprem Yönetmeliği'ne göre (b) ve (c) düzensiz yapılar olarak tanımlanmaktadır. Ancak (b)'deki çıkıntılar çok küçük olduğu takdirde bu düzensizlik ihmal edilebilmektedir.



(a) Çok eksenli simetri



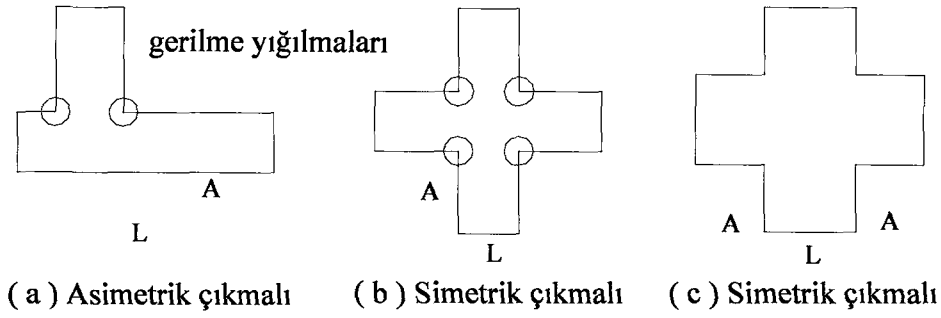
(b) Tek eksenli simetri



(c) Simetri yok

Şekil 3.5 Plan Simetrisi

Planda simetrik olan yapılar da yönetmeliğe göre düzensiz olabilmektedirler. Şekil 3.6 (b) ve (c)'de gösterilen binalar planları simetrik olmasına rağmen düzensizdirler. Depremde plandaki çıkıntılar binanın tümünden ayrı hareket ederek, daire içine alınan köşelerde gerilme yığılmalarına, dolayısıyla hasara neden olmaktadır. Çıkıntı boyunun bina boyuna oranı azaldıkça bu etki azalmaktadır. Örneğin Şekil 3.6 (c)'deki yapı (b)'dekine oranla daha az tehlike taşımaktadır.

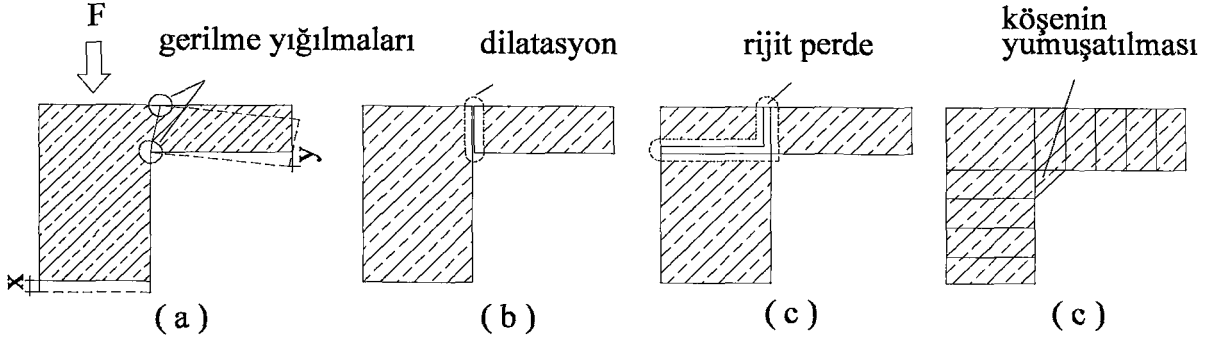


Şekil 3.6 Plandaki çıkıntılar

1998 Deprem Yönetmeliğine göre bir kat planındaki girinti veya çıkıntının birbirine dik iki yöndeki boyutlarının her biri, o yöndeki brüt plan boyutunun % 20' sini geçerse sistemde plan geometrisi düzensizliği olduğu kabul edilmektedir. (A3 türü düzensizlik). Bu durumda yapının düzensiz olmaması için $A/L \leq 0.2$ olacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Mimari tasarımda $A/L \leq 0.2$ koşulunun sağlanamadığı durumlarda, Şekil 3.7 (b), (c) ve (d)'de gösterilen çözümlerden biri uygulanmalıdır ya da birinci ve ikinci deprem bölgesinde bulunan bu tip yapıların kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı elemanları arasında güvenle aktarabildiği hesapla doğrulanmalıdır (Deprem yönetmeliği madde 6.3.2.2)

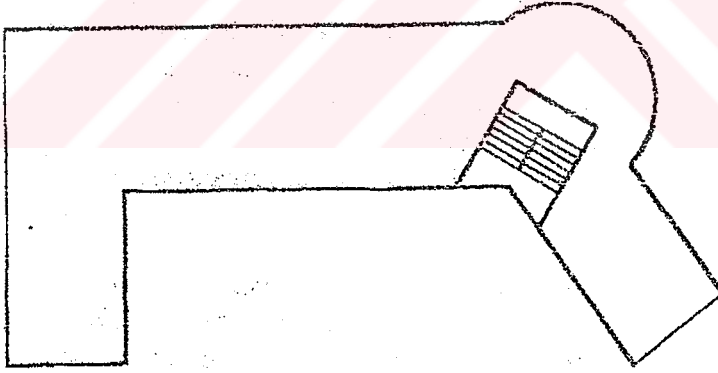
Şekil 3.7 (b)'de bina derzle ikiye ayrılarak iki parçanın depremde birbirine çarpması önlenmektedir. Derz aralığı depremde derzle ayrılan bölümlerin birbirine vurmasını önleyecek biçimde olmalıdır. Birbirinden derz ile ayrılan iki birimin maksimum sapması yapı danışmanı tarafından hesaplanmalıdır. En kötü durum iki birimden birinin diğerine aniden yaslanmasıdır. Bu sebeple ayırma boşluğunun boyutlarının deformasyonların toplamına müsaade edecek şekilde tasarlanması gerekmektedir. Derz, özellikle yüksek katlı binalarda, yükseklik arttıkça çarpmayı önleyecek derz aralığı da arttığı için sorun yaratabilmektedir. Ayrıca derzlerde yangın dumanı yayılmasına karşı önlem alınmalıdır. Las Vegas'daki MGM Grand Hotel sismik bağlantı derzleri yaklaşık olarak 30 cm ebatlarında olan T planlı bir bina olup 1983 yılındaki yangında bu derzler dumanın üst katlara çıkmasına imkan verdiği için çok sayıda insanın ölümüne yol açmıştır. Şekil 3.7 (c)'deki çözümde ise gerilme yığılmasının olduğu köşe doğrudan yük iletimini sağlayacak perdelerle rijitleştirilip güçlendirilmektedir. Şekil 3.7 (d)'de gerilme yoğunlaşması beklenen köşelerde dik açılı köşeler yerine yuvarlatılmış köşelerin kullanılması ile yoğunlaşma azaltılmaktadır. Bu yaklaşım Şekil 3.8'deki çelik profillerindeki dikdörtgen delik yerine, yuvarlatılmış bir delik açılmasının daha

az gerilme yoğunlaşması oluşturmaya benzetilmektedir. Binaların uzun kenarlı yapılması gerektiği durumlarda bu üç çözümden biri uygulanarak önlem alınması gerekmektedir.



Şekil 3.7 Uzun çıkıntılı (kanatlı) yapılar için çözümler

Mimari tasarım aşamasında köşelerde gerilme yığılması olacağı düşünülerek bu noktaları daha da zayıflatacak mimari düzenlemelerden kaçınılması gerekmektedir. Şekil 3.8' de gösterildiği gibi, bu kritik noktada düzenlenen bir merdiven boşluğu sorunu çok daha büyütmeştir.

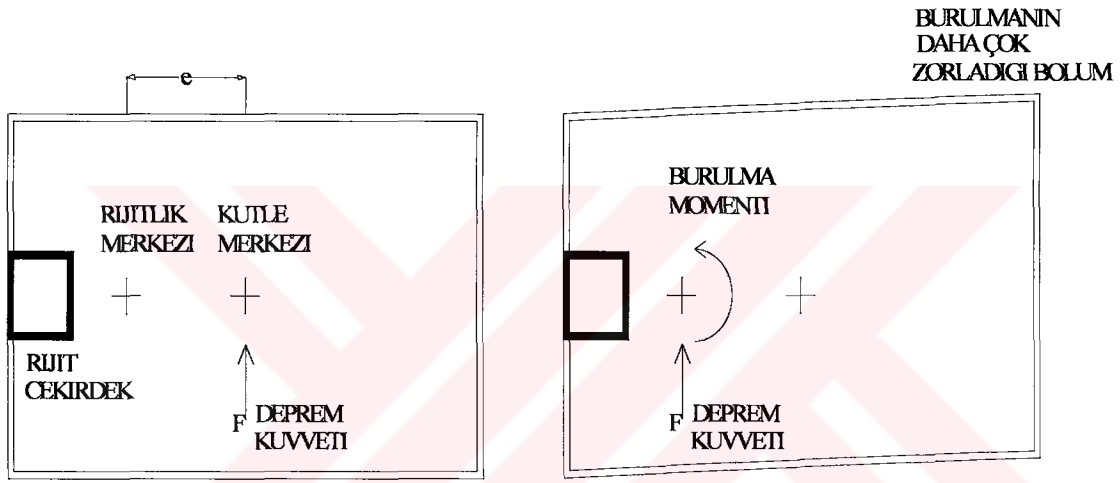


Şekil 3.8 Zayıf olan köşe noktasına merdiven boşluğunun koyulduğu hatalı bir mimari tasarım

Planda girintili şekiller geniş plan alanlarının kompakt şekilde oluşturulmasını sağlarken birimlerin büyük bir kısmının ışık ve havaya erişebilmesine de imkan vermektedir. Bu yüzden bu tip konfigürasyonlar yoğunluğun çok olduğu konutlarda ve otel projelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sıkışık kent alanlarında oteller için en uygun şekil olan avlulu plan, avlunun camla kapalı atrium haline getirilmesiyle çağdaş bir görüntü kazandırılarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu tip geometrilerle şekillenmesi istenen binalarda uygun tasarım yöntemleri kullanılarak binanın depreme dayanımının sağlanması gerekmektedir.

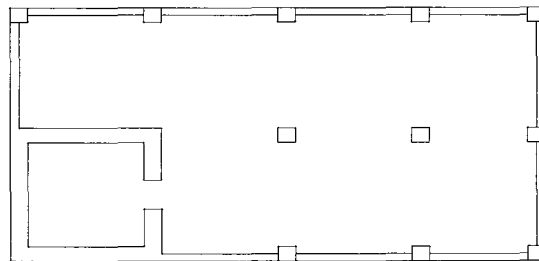
3.2.2 Kütle ve Rijitlik Düzensizliği

Planda basitlik ve düzen sağlanmamış olmasının depremde yarattığı burulma etkisi önemli boyutlara ulaşabilmektedir. Depremde yapıya gelen kuvvetler yapının kütle merkezine etmektedir. Kütle merkezi birçok yapıda yapının geometrik merkezi olarak alınabilmektedir. Rijitlik merkezi ise yapıdaki kolon ve perde duvar gibi düşey taşıyıcı elemanların ağırlık merkezidir. Bu iki merkez arasındaki farklılık yapıya gelen deprem kuvvetlerinin yapıyı rijitlik merkezinden geçen bir düşey eksen çevresinde döndürmesine yol açmaktadır. Şekil 3.9' da rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki eksantrisite (e) nedeniyle yapıda burulma etkilerinin oluşması gösterilmektedir.



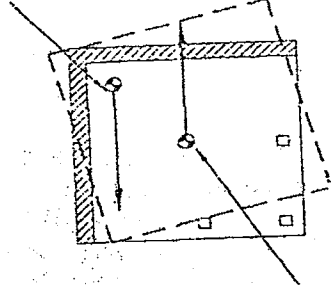
Şekil 3.9 Eksantrisite nedeniyle yapıda burulma etkilerinin oluşması

Perde duvar gibi rijitliği fazla olan elemanların kütle merkezinden çok uzağa yerleştirilmesi; geometrik olarak simetrik olan binanın rijitlik merkezini bozduğu için binayı burulma etkilerine maruz bırakmaktadır. Şekil 3.10'da gösterilmekte olan simetrik bina, kütle merkezine uzak bir yere yerleştirilen asansör perdesi sebebiyle, rijitlik simetrisini kaybederek burulmaktadır.



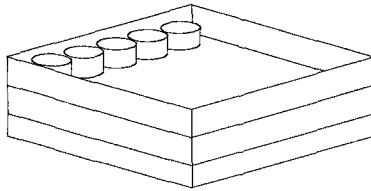
Şekil 3.10 Yapıda simetrinin bozulması

Yaşanan çok sayıda depremde, binalarda kütle ve rijitlik merkezinin çakışmaması sebebiyle büyük hasarlar olduğu gözlenmiştir. Plan çevresinde rijitlik farklılıkları da yapılar için önemli boyutlara varabilen tehlikeler oluşturmaktadır. Bina programındaki ihtiyaç sebebiyle, yangın istasyonlarında ekipmanların taşınması için gerekli büyük kapılarda olduğu gibi, planda büyük boşluklar bırakılması gerekebilmektedir. Bina cephelerindeki bu rijitlik ve mukavemet farklılıklarından dolayı burulma ortaya çıkmaktadır. Şekil 3.11'de bina cephesindeki rijitlik ve kütle merkezlerinin farklılığından oluşan burulma hareketi gösterilmektedir.



Şekil 3.11 Yapı çevresinin farklı rijitliklerde tasarlanmasıyla oluşan burulma etkisi

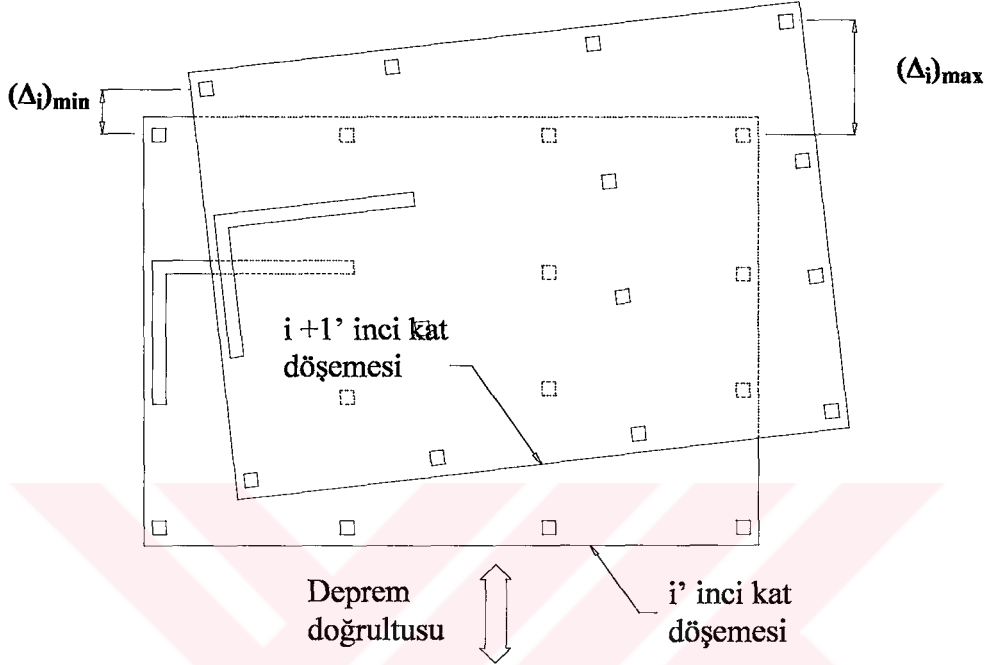
Ağır kütlelerin binada eksantrik dağılımı da burulma etkisi yaratabilmektedir. Bazı durumlarda bina programının gerektirdiği şekilde, bina planı içinde simetrik olmayan herhangi bir yere, kütüphanelerde büyük kitap raf sistemleri, yüzme havuzunun ağır sistemleri ve bazı özel ekipmanlarda olduğu gibi, ağır bir kütle yerleştirilebilmektedir. Ağır kütlelerin bulunduğu noktada burulma oluşmakta ve gerilme bu noktada toplanmaktadır. Şekil 4.17'de gösterilmekte olan bu olumsuz durumu ortadan kaldırabilmek için bina programı yeniden gözden geçirilerek ağırlığın uygun yere yerleştirilmesi ya da ağırlığın etrafına ağırlığı dengeleyecek elemanların yerleştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 3.12 Kütlelerin eksantrik dağılımı

Plandaki düzensizlik durumlarından biri olarak verilen burulma düzensizliği 1998 Deprem Yönetmeliği'nde Al türü düzensizlik olarak verilmiştir. Madde 6.3.2.1'e göre; yapının birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreceli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreceli ötelemeye oranını ifade eden burulma düzensizliği katsayısı 1,2'den büyük ise göreceli kat ötelemelerinin hesabı $\pm\%5$ ek dış

merkezlilik etkileri de gözönüne alınarak Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ne (Madde 6.7) göre hesap yapılacaktır. (Şekil 3.13)



Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

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

Burulma düzensizliği katsayısı :

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort}$$

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

Şekil 3.13 A1 burulma düzensizliği

Bu denklemde, η_{bi} binanın i'inci katında tanımlanan burulma düzensizliği katsayısını, $(\Delta_i)_{max}$ binanın i'inci katındaki maksimum görelî kat ötelemesini, $(\Delta_i)_{ort}$ binanın i'inci katındaki ortalama kat ötelemesini ifade etmektedir.

Burada kat ortalama yatay yerdeğiştirmesi bina döşemesinin rijit diyafram gibi davrandığı kabul edilerek, en küçük ve en büyük yer değıştirmelerin ortalaması olarak alınmıştır.

Şekil 3.13'den anlaşılacağı gibi, deprem kuvveti altında x ve y yönlerinde ötelenmelerin yanı sıra, düşey eksen etrafında kat burulmasından dolayı (t) kadar bir dönme de oluşmuştur. Kat

burulmasının söz konusu olduğu durumlarda, analitik yöntemlerle t dönme açısının hesaplanması son derece zordur. Bunun sonucu olarak bilgisayar yöntemleri kullanarak yapının 3 boyutlu modellenmesi zorunlu olur.

Depremde yapıya gelen kuvvetlerin yapının kütle merkezine etkidiği varsayılmaktadır. Kütle merkezinin bulunması oldukça kolaydır. Kütle merkezi bir çok yapıda, yapının geometrik merkezi olarak alınabilmektedir. Daha hassas olarak hesaplanması istenirse kat döşemesi ağırlığı, kolonların ağırlığı, bölme duvarların ve diğer sabit ağırlıkların yanı sıra kat içinde düzgün yayılı kabul edilen hareketli yük ve diğer yükler dikkate alınır. Bu yüklerin x ve y eksenleri kullanılarak ağırlık merkezi hesaplanır. Bu merkez kütle merkezi olur ve deprem kuvvetlerinin, F_{ix} ve F_{iy} , bu merkezden geçen birbirine dik iki eksen doğrultusunda etkidikleri varsayılır.

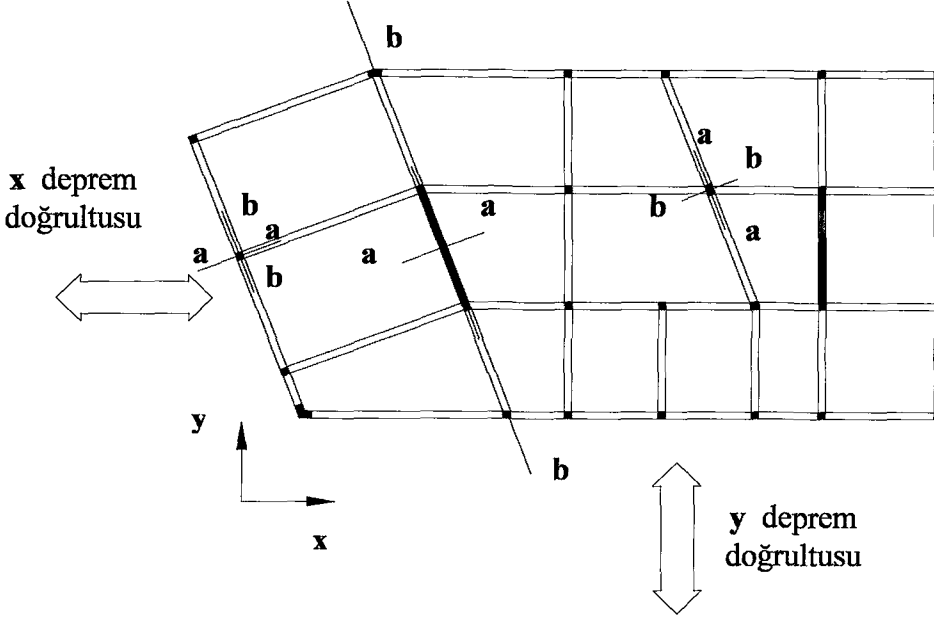
Rijitlik merkezi ise deprem kuvveti etkisi altında düşey taşıyıcılarda oluşan kesme kuvvetlerinin bileşkesinin geçtiği noktadır. Doğal olarak, deprem yükünün x yönüne paralel etkidiği durumda, düşey taşıyıcılarda oluşan kesme kuvvetlerinin bileşkesi de, deprem yüküne ters yönde ve x eksenine paralel olacaktır (x yönünde rijitlik aksı). Deprem yükünün y yönüne paralel etkidiği durumda da, y eksenine paralel bir rijitlik aksı oluşacaktır. İki rijitlik aksının kesim noktası Rijitlik Merkezi olarak tanımlanır. Yapıda kütle merkezi ile rijitlik merkezinin farklı olması burulma düzensizliğini ortaya çıkarır.

Bina tamamen simetrik olsa bile hesaplarda göz önüne alınan $\pm\%5$ dışmerkezlikten dolayı burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} > 1$ olacaktır. Yapıda ek düzensizlikler bulunması bu oranı daha da arttıracaktır. Deprem Yönetmeliği'nde dinamik hesap taşıyıcı sistem davranışının belirlenmesinde daha etkili bir yöntem kabul edildiği için $\eta_{bi} > 2.0$ olması durumunda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde dinamik hesap yapılması zorunlu kılınmıştır. Burulma düzensizliği katsayısının $1.2 < \eta_{bi} < 2.0$ olması durumunda ise, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükü için kabul edilen $\pm\%5$ dışmerkezliğin

$$D_i = (\eta_{bi} / 1.2)^2 \quad (3.1)$$

katsayısı ile arttırılması öngörülür. D_i , eşdeğer deprem yükü yönteminde burulma düzensizliği olan binalar için i 'inci katta $\pm\%5$ ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısıdır. Böylelikle yapıdaki burulma düzensizliğinin daha belirgin ortaya çıkması ve taşıyıcı sistemin daha fazla zorlanması söz konusu olurken, böyle bir taşıyıcı sistem düzenlenmesinde çözümleme zorlaştırılarak caydırma yoluna gidilmektedir. (Celep ve Kumbasar, 2000)

3.2.3 Taşıyıcı Sistemin Ortogonal Olmama Düzensizliği



Şekil 3.14 (a) Ortogonal olmama düzensizliği

Kat planlarındaki düşey taşıyıcı elemanların a-a ve b-b ile gösterilen asal eksenleri, birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularına göre eğik yerleştirilmişse, bu sistemde yönetmeliğe göre ortogonal olmama düzensizliği vardır denilmektedir. Bu durum Şekil 3.14 (a)' da gösterilmektedir.

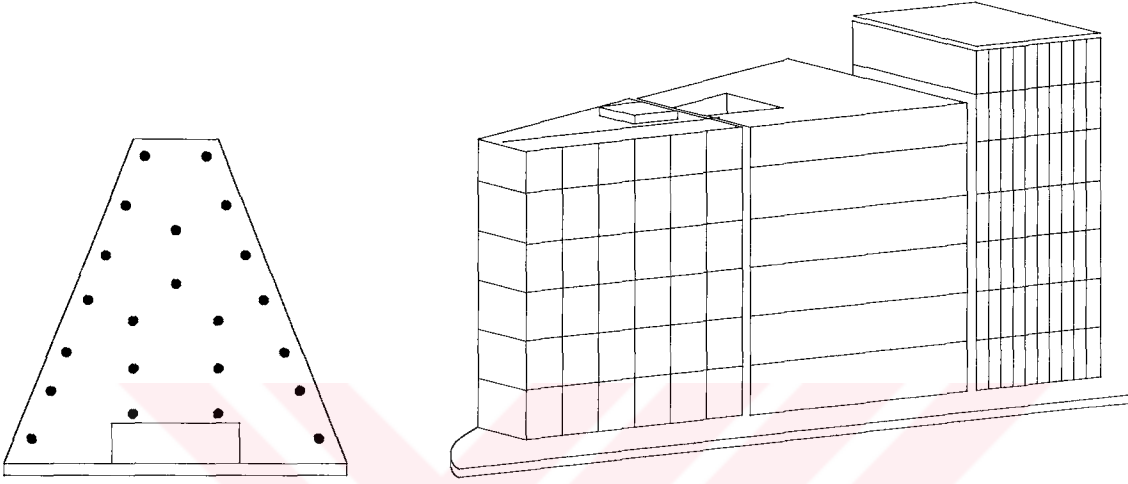
Eğik konumda olan kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı elemanların asal eksenleri boyunca meydana gelen iç kuvvetler, depremin her iki yönden etki etmesi sebebiyle istenmeyen şekilde artmaktadır. Artan bu kuvvetler yapıyı olumsuz yönde etkilemektedir .

1998 Deprem Yönetmeliğinde A4 türü düzensizlik olarak verilen (madde 6.3.2.3) ve eğik konumda olan, kolon ve perde gibi, taşıyıcı elemanların asal eksenleri boyunca meydana gelen iç kuvvetler, depremin her iki yönde birden etkimesi halinde tekabül edecek şekilde artırılır. Depremin önce X yönünde etkimesi halindeki iç kuvvet değerine, Y yönünde etkimesi halindeki iç kuvvet değerinin, Y yönünde etkiyen depremin doğuracağı iç kuvvete, X yönündeki depreme ait olan iç kuvvetin %30' u eklenir. İki ayrı kombinezondan büyük olanı, daha doğrusu en elverişsiz zorlama yaratanı tasarımda kullanılır. (A.B.Y.Y.H.Y., 1998 Madde 6.7.5)

$$B_a = \pm B_{ax} \pm 0,30 B_{ay} \text{ (A.B.Y.Y.H.Y., 1998 Madde 6.7.5)} \quad (3.2)$$

$$B_a = \pm 0,30 B_{ax} \pm B_{ay} \quad (3.3)$$

Yatay yük taşıyıcı elemanların Şekil 3.14 (b)'de gösterilen binadaki gibi ana ortogonal eksenlere paralel veya simetrik olmadığı durumlarda kütle merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmaması sebebiyle binada burulma ortaya çıkmaktadır. Meksika'nın başkenti Meksiko City'de yoğun nüfus ve şehir yerleşme planı nedeniyle bu şekilde çok sayıda bina yapılmış ve 1985 depreminde birçoğu hasar görerek yıkılmıştır.



Şekil 3.14 (b) Ortogonal olmama durumuna bir örnek

3.2.4 Döşeme Boşlukları Düzensizliği

Herhangi bir kattaki döşemede;

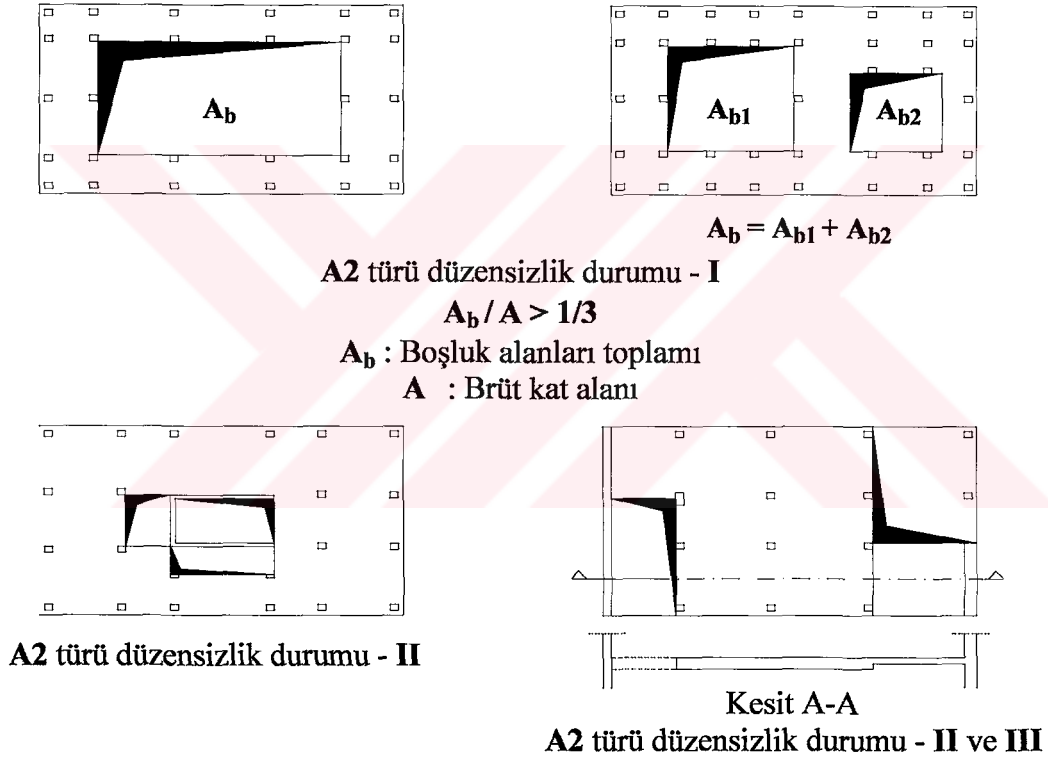
I Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, ($A_b/A > 1/3$)

II Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren boşlukların bulunması durumu,

III Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani değişikliklerin bulunması durumu döşeme süreksizlik düzensizliği olarak adlandırılmaktadır. (A.B.Y.Y.H.Y., 1998)

Binaya gelen kuvvetleri, dikey dayanım elemanlarına ileten yatay dayanım elemanlarına "diyafram" denilmektedir. Diyafram olarak nitelendirilen kat ve çatı döşemelerinin yük altındaki davranışı yatay bir kirişe benzetilmektedir. Diyafram düzensizlikleri diğer bina elemanlarındaki düzensizlikler gibi, çekme ve gerilme birikimine neden olmaktadır. Boşluğun büyüklüğü ve konumu diyaframın etkinliği için önemli olmaktadır. Bunun

sebebinin anlaşılması için diyaframın bir kiriş gibi davrandığının göz önüne alınması gerekmektedir. Kiriş açıklığının artması kirişin yük taşıyıcılığını önemli derecede azaltmaktadır. Diyaframlar, dayanım sisteminin bir kısmını oluşturduğundan rijit ya da esnek bir şekilde davranabilmektedirler. Bu diyaframın boyutuna (çevreleyici dayanım elemanları veya rijitleştirici kiriş arasındaki alan) ve malzemeye bağlıdır. Betonarme çerçeveli yapıların yerinde dökme kiriş ve plaktan oluşan döşemelerinin en / boy oranları çok küçük değilse rijit bir diyaframdır. Döşemede çok miktarda boşluk varsa ve en / boy oranı küçük olan bir döşeme ise rijit bir diyafram gibi davranmamaktadır. Bu boşluklar nedeniyle yatay deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesi güçleşmekte veya ani rijitlik azalması olabilmektedir. Şekil 3.15’de çeşitli şekillerde döşeme boşlukları düzensizliği gösterilmektedir.



Şekil 3.15 Döşeme süreksizlikleri

Diyafram depremin oluşturduğu eylemsizlik kuvvetlerini düşey taşıyıcılara dağıtmaktadır. Her düşey taşıyıcı kendi ötelenme rijitliğiyle orantılı olarak, toplam deprem kuvvetinden pay alır. Bu dağıtımda diyafram içinde önemli kesme kuvvetleri ve momentler oluşabilir. Döşemede delikler ve keskin köşeler, oluşan kesme kuvvetlerine ve momentlere karşı direnci zayıflatabilir.

Keskin köşelerde döşemede olabilecek keskin köşelerden başlayan çatlaklar, sonsuz rijit diyafram kabulünü geçersiz kılabilir. Döşemeden kuvvet aktarımı küçük bir uzunlukta oluşur.

Bu bağlantı yeterli olmazsa, perdenin yatay yük taşıma etkinliği büyük ölçüde kaybolur. Perde ancak döşeme – perde bağlantı uzunluğunun yatay yük aktarma kapasitesi kadar yük taşıyabilir.

Diyaframların döşeme boşlukları düzensizliğine yol açmaması için; bir kat döşemesindeki boşluk alanlarının toplamının o kat döşemesinin brüt alanının 1/3'ünden fazla olmayacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Aksi takdirde oluşan düzensizliğin olumsuz etkilerini azaltmak için eleman boyutlarının ve donatılarının artırılması gerekmektedir. Bu durum ise yapıda yük ve maliyet artışına sebep olmaktadır.

Diyaframlar kat ve çatı döşemeleri oldukları için sismik rollerinin yanında önemli mimari fonksiyonlara da sahiptirler. Merdivenler, asansörler ve hava kanalları gibi gereksinimler çok çeşitli diyafram boşlukları oluşturmaktadırlar. L şekilli bir binadaki asansör konumu L'nin birleşme noktasında tasarlandığında bu bölgede aynı zamanda çok büyük sismik gerilmelerin oluşacağı da göz önüne alınmalıdır. Diyaframlar içindeki boşluk tasarımında;

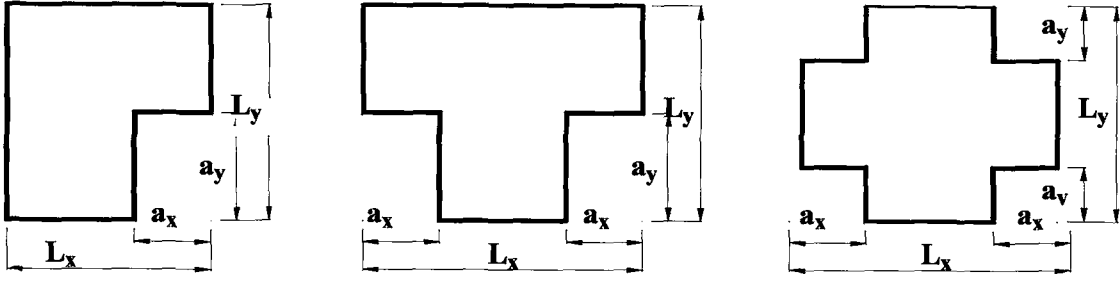
- Boşlukların diyaframın duvar veya çerçeve bağlantılarıyla çakışmamasına dikkat edilmelidir .
- Çok sayıda oluşturulacak olan boşlukların birbirinden yeterince uzağa yerleştirilmesi ve gerekli kapasiteyi sağlaması için güçlendirilmesi gerekmektedir.
- Ayrıca köşe payandalarının boşluklar ile bozulması önlenmelidir.

Bu düzensizliğin bulunduğu binalarda, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini, kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarabildiğinin gösterilmelidir. Deprem yönetmeliğinde bir hesap ayrıntısı verilmemiş olup, hesap kabulleri ve çözümleme yönteminin proje mühendisi tarafından seçilmesi gerekmektedir. Doğal olarak bu tür düzensizliğin önlenmesine gayret edilmelidir. Ancak kaçınılmaz durumlarda boşluklu döşemeyi küçük parçalara ayırarak ve rijit diyafram kabulünü terk edip, döşemelerin kendi düzlemi içinde eğilmesini de içeren bir çözüm yolu izlenebilir. Kat deprem yükünün de bu parçalara yayılı verilmesiyle, bu kolon ve perdeler iletilmesi sırasında ortaya çıkacak ek gerilmeler belirlenerek, gerektiğinde döşemede kalınlık veya donatı artırılması yönüne gidilebilir. (Celep ve Kumbasar, 2000)

3.2.5 Planda Çıkıntılar Bulunması Düzensizliği

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 planda çıkıntı düzensizliği olarak tanımlanır. (Şekil 3.16).
(A.B.Y.Y.H.Y., 1998)



A3 türü düzensizlik durumu:

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

Şekil 3.16 Planda çıkıntılar bulunması

A3 türü düzensizliğin ortaya çıkarabileceği olumsuz durumlar; burulma momentinden dolayı düşey taşıyıcılarda ek kesme kuvvetlerine yol açar. Döşeme uçlarında eğilme momenti donatısı gereklidir. Kenar kiriş içindeki düz donatı döşemenin eğilme donatısı olarak düşünülebilir.

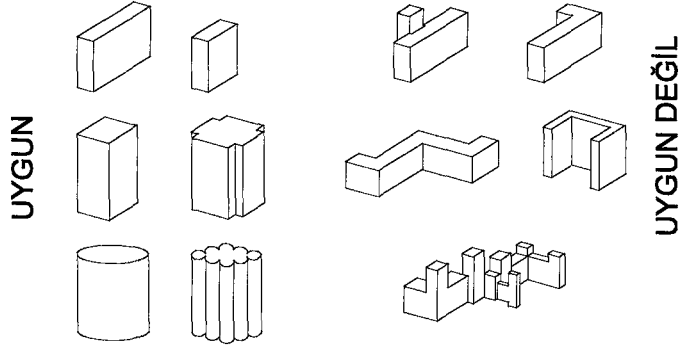
Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiği hesapla doğrulanmaktadır.
(A.B.Y.Y.H.Y.,1998)

3.3 Mimari Tasarımın 3. Boyutta İncelenmesi (Düşey Doğrultuda İnceleme)

Mimari tasarım 3. Boyutta; yükseklik boyunca geometri, kat yükseklikleri, kütle ve rijitlik dağılımı, kesilen perde duvar veya kolon, yumuşak kat, zayıf kat ve kısa kolon oluşumu olmak üzere altı başlık altında incelenmektedir.

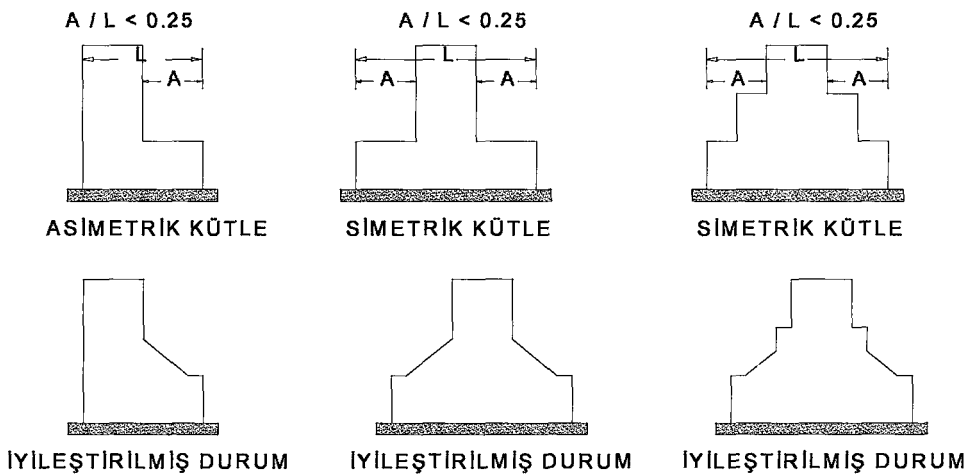
3.3.1 Yükseklik Boyunca Geometri

Depreme dayanıklı bina tasarımında plan geometrisinde olduğu gibi yükseklik geometrisinde de basitlik simetri ve süreklilik istenen özelliklerdir. Şekil 3.17’de deprem açısından uygun ve uygun olmayan bina geometrileri gösterilmektedir.



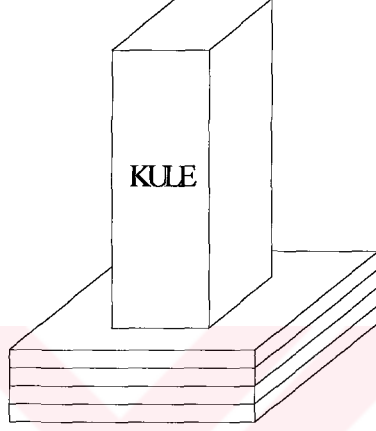
Şekil 3.17 Deprem açısından uygun ve uygun olmayan bina geometrileri

Bazı durumlarda bina yüksekliği boyunca bina geometrisi aynen devam ettirilmeyip, çeşitli şekillerde değişmektedir. Düşey düzlemde kademe oluşumu olarak bilinen bu durum; yapının bir dış duvarının düzlemindeki yatay bir sapma olarak açıklanmaktadır. Kademelenmenin yarattığı sorun, süreksizliğin genel sorunu olan mukavemetin ve rijitliğin biçimsiz değişimi olarak belirtilmektedir. Kademelenmenin etkisi, nispi oranlara ve binanın ayrı kısımlarının kesin boyutlarına bağlıdır. Kule şeklinde oluşturulan kademelenmede, taban veya her ikisinin yapı içine girmesi durumunda, analizin yapılmasında büyük karmaşıklıklar oluşmaktadır. Kademelenme konfigürasyonu aynı zamanda dikey bir girinti köşe olarak da düşünülebilmektedir. Bu durumda gerilmeler bu köşe etrafında olmaktadır. Kademelenmeyi oluşturan basamaklar veya adımlar küçüldükçe sorun da azalmaktadır. Düzgün daralan basamaklar sorunu tamamen ortadan kaldıracaktır. Yapı yüksekliği girinti ve çıkıntıların yapının rijitliğini bozmayacak nitelikte olması için Şekil 3.18’de gösterilen oranlarda olması gerekmektedir.



Şekil 3.18 Yapı yüksekliğindeki girinti ve çıkıntıların yapı boyuna oranı

Zemine kadar devam etmeyen kule kısımlarındaki perde duvarlarının deforme olmaları istenmeyen bir durumdur. Perde duvarının zemine girdiği yerdeki rijitliğin değişmesi yanında, perde duvarı tabanındaki diyaframda da sorun oluşmaktadır. Yapı yüksekliği boyunca farklı yükseklikte olan bölümler; örneğin, yapının üzerine yerleştirilmiş anten kuleleri ve su depoları gibi, depremde ana yapıdan farklı davranmakta ve zorlanmaktadırlar. Şekil 3.19'da gösterilen yapıda, planın küçüldüğü düzeyde büyük gerilme birikimi ve bu düzeydeki döşemede büyük yatay kuvvetler oluşmaktadır.



Şekil 3.19 Kat alanlarında ani değişme

Kademelenmeden kaynaklanan sorunlar, tek bir binada oluşabildiği gibi yeterli veya hiçbir sismik derze sahip olmayan farklı yüksekliklerdeki binaların birleştirilmesiyle yan yana gelen binalarda da oluşabilmektedir.

Binalarda kademelenmeli oluşum çok çeşitli sebeplerden dolayı tasarlanabilmektedir. En yaygın üç sebep aşağıda açıklanmaktadır:

- Üst katların ışık ve hava elde etmek için kademeli olmalarını gerektiren nedenler
- Üst katların daha küçük olmasını gerektiren program gereksinimleri
- Binanın şekliyle ilgili olan stil gereksinimleri.

Zonlamayla ilgili kademeler günışığının önemli bir unsur olduğu geçmiş yıllarda yaygın olarak kullanılmış ve bu durum New York şehrindeki yüksek binaların şekillerinde etkili olmuştur. Daha sonraları basit dörtgensel kütleler, suni aydınlatma ve iklimlendirme alanındaki gelişmelerin de katkısıyla, biçime hakim olmuştur. Günümüzde ise biçim kaygılarından dolayı kademeli formlara yeniden bir ilgi başlamıştır. Bu oluşumda enerji korunumu gereksinimleri ve günışığı elde etme isteği de rol oynamaktadır .

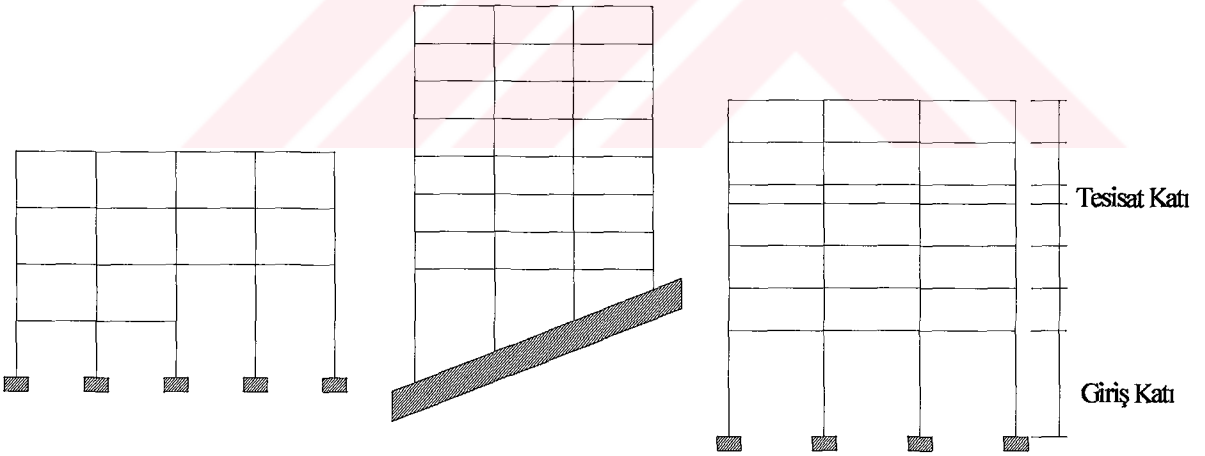
Sadece modern çerçeveli konstrüksiyon ile olası kılınan bir kademe konfigürasyon tipi de binanın yükseldikçe genişlemesi olarak açıklanan ters kademedir. Geometrik tanımı normal kademelenme ile aynıdır ancak yıkılma sorunlarından dolayı aşırı kademelendirme istenen durumlarda uygulanamamaktadır. Buna rağmen şaşırtıcı uygulamalarına rastlanmaktadır.

Genelde kademelenme sorunlarının kavramsal çözümleri girintili planlardakilere benzemektedir. Çözümün ilk şekli planda tam bir sismik ayırma oluşturarak, bu sismik ayırmayla binanın kısımlarının bağımsız olarak tepki gösterebilmesinin sağlanmasıdır.

Önemli bir kademelenmeye sahip olan herhangi bir büyük bina özel bir analize tabi tutulmalı veya en azından olası dinamik davranışı dikkatlice incelenmelidir. Sismik alanlarda aşırı bir kademelenmeden kaçınılması gerekmektedir.

3.3.2 Kat Yüksekliği Düzensizliği

Binanın kat yüksekliklerinin, bina yüksekliği boyunca birbirine eşit ve üniform olması deprem güvencesi bakımından tercih edilmektedir. Şekil 3.20’de tesisat katında, giriş katında ve eğimden dolayı zemin katta kat yüksekliklerinin diğer katlara nazaran farklı olabileceği durumlar gösterilmektedir .



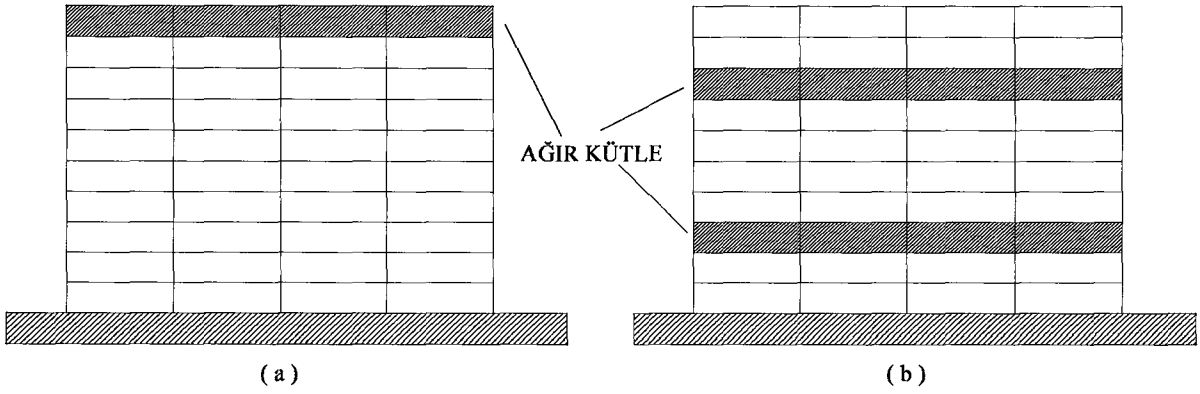
Şekil 3.20 Kat yüksekliği düzensizliği

Teknik ve mimari nedenlerle kat yüksekliği farklılığından kaçınılamaz ise farklı yükseklikteki kat kolonlarının boyutlandırılmasına dikkat edilmesi gerekmektedir.

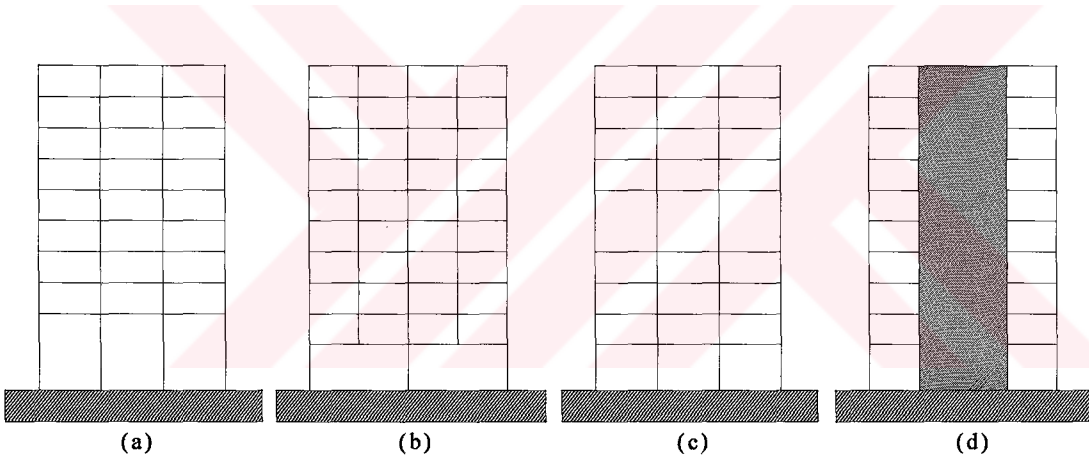
3.3.3 Kütle ve Rijitlik Düzensizliği

Kütle ve rijitlik düzensizliklerinin bulunduğu katlarda depremde büyük gerilim birikimleri olduğu için yapının yüksekliği boyunca ani rijitlik değişimleri önlenmelidir. Şekil 3.21’de

bazı katlar daha ağır kütlelerle tasarlanmıştır. Şekil 3.22’de ise katlar arası yükseklik ve perde duvar boyutundaki farklılıklardan oluşan rijitlik düzensizlikleri gösterilmektedir.



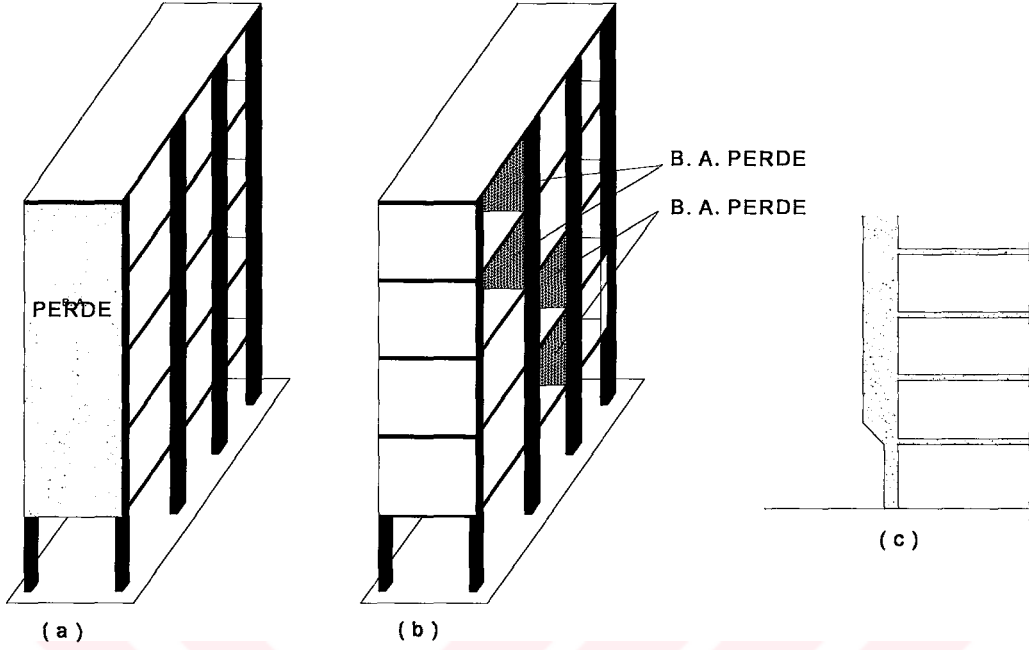
Şekil 3.21 Kütlesizlikleri



Şekil 3.22 Rijitlik düzensizlikleri

3.3.4 Kesilen Perde ve Kolon Düzensizliği

Düşey taşıyıcılarda süreksizlik olması deprem açısından istenmeyen bir durumdur. Şekil 3.23 (a) ve (b)'de gösterildiği gibi, betonarme perde duvar, bir katta kesilmekte veya yapı yüksekliği boyunca şaşırtılarak yerleştirilmektedir. Bu tip yapıların deprem karşısında ayakta kalmaları mümkün olmamaktadır. Şekil 3.23 (c)'de ise düşey taşıyıcıda süreksizlik yoktur fakat, rijitliğin belirli bir kat düzeyinde aniden değişmesi sebebiyle yapı, deprem hareketinden olumsuz etkilenmektedir.



Şekil 3.23 Kesilen perde veya kolon düzensizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon ve perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması B3 (Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarında süreksizlik) düzensizliğini oluşturur. (A.B.Y.Y.H.Y., 1998)

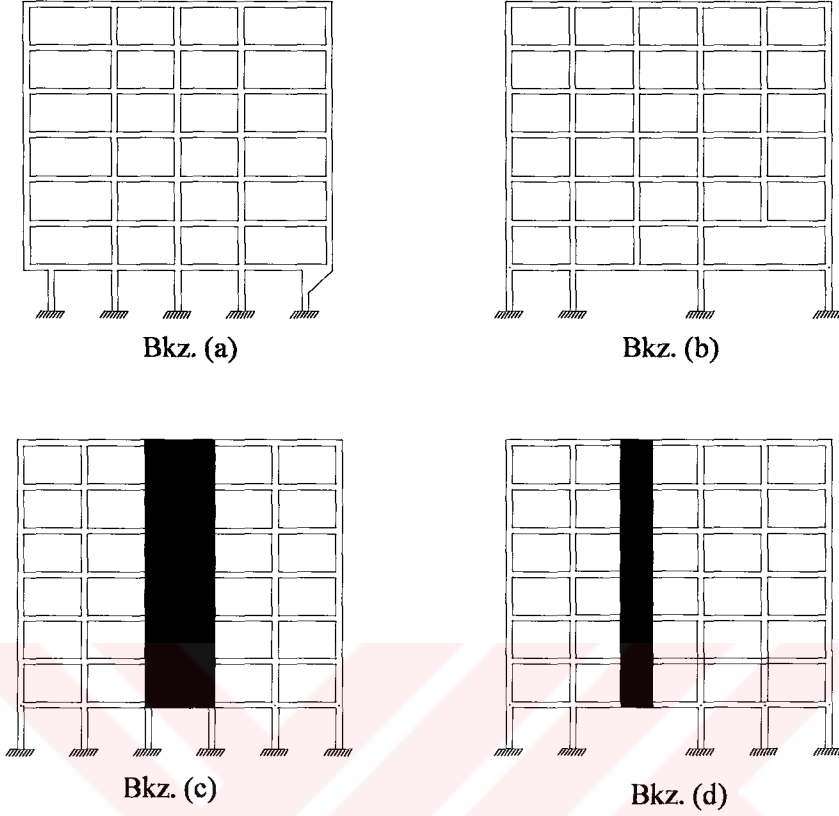
B3 türü düzensizliğin bulunduğu binalara ilişkin koşullar aşağıda belirtilmiştir:

(a) Bütün deprem bölgelerinde, kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

(b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılacaktır.

(c) Üst kattaki perdenin her iki ucundan altta kolonlara oturtulması durumunda, bu kolonlarda düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 arttırılacaktır. Bu tür düzensizliğin bulunduğu betonarme binalarda ayrıca “ kolon sarılma bölgesine konulan donatı kolon orta bölgesinde de aynen devam ettirilecektir ” uygulanacaktır.

(d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez. (A.B.Y.Y.H.Y., 1998)

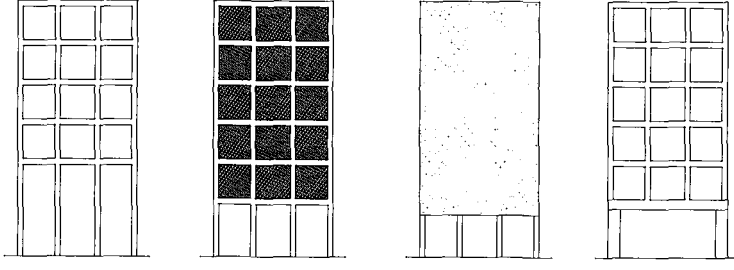


Şekil 3.24 Kesilen perde ve kolon düzensizliği

3.3.5 Yumuşak ve Zayıf Kat Oluşumu

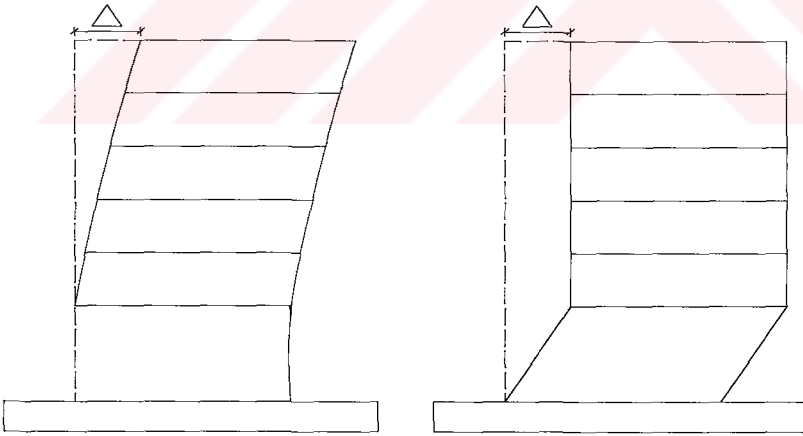
Yumuşak kat, rijitlik ve dayanımda zayıflamanın olduğu katlarda ortaya çıkmaktadır. Genellikle giriş katlarda karşılaşılmakta olan yumuşak ve zayıf kat oluşum sebepleri şu şekilde açıklanmaktadır:

- Giriş kat yüksekliğinin diğer kat yüksekliklerine göre daha fazla olması
- Kat yükseklikleri aynı olmasına rağmen, malzeme seçiminden dolayı, zemin katın üst katlara göre daha hafif malzemelerden yapılması
- Üst katlarda mevcut olan perde duvarın, zemin katta kolon olarak devam ettirilmesi
- Bina üst katlarındaki yük oluşturabilecek elemanların, zemin katta geniş açıklıklar oluşturabilmek amacıyla, devam ettirilmemesi



Şekil 3.25 Yumuşak kat oluşum tipleri

Yumuşak ve zayıf kat sebebiyle binanın hasar görmesi şu şekilde açıklanmaktadır: Deprem etkisi altında binanın tüm katlarında oluşacak kat arası rölatif deplasmanlar, yumuşak katın olmadığı bir binada bütün katlar tarafından eşit bir şekilde karşılanmaktadır. Oysa, zemin katı yumuşak kat olarak tasarlanan binalarda; yumuşak katın üstündeki tüm katlar rijit cisim gibi davranmakta ve üst katlarda kat arası deplasman hiç oluşmamaktadır. Bu durumda binanın yatay deplasmanının tümünü sadece zemin kattaki yumuşak kat karşılamaktadır. Böyle büyük bir deplasmana ayak uyduramayan yumuşak ve zayıf kat aniden tüm binanın göçmesine neden olmaktadır. (Şekil 3.26)



Şekil 3.26 Yumuşak ve zayıf kat deplasmanı

Çok sayıda depremde yumuşak ve zayıf kat oluşumu sebebiyle yapılarda ciddi boyutlarda hasar olduğu tespit edilmiştir. 1995 Dinar depreminde, zemin katında perde ya da dolgu duvarı bulunmadığı için bu kat düzeyinde kolon stabilitesini kaybeden çok sayıda yapının tümünden göçtüğü ya da zemin katının göçüp üst katarının sağlam kaldığı gözlenmiştir . 1967 Caracas depreminde güçlendirilmiş betonla yapılan binalarda oluşan hasarın yumuşak ilk

katlar sebebiyle oluştuğu anlaşılmıştır. 1985 Meksico City depreminde ciddi hasarların %8' inin yumuşak ilk katlarda olduğu ve çöküntülerin büyük çoğunluğunun bu sebeple oluştuğu açıklanmıştır

Mimari tasarım sebebiyle yüksek bir zemin kat isteniyor ise; yumuşak kat oluşumunu önlemek için;

- Kolonları süper yapı ile kıyaslanabilecek bir rijitliğe getirecek desteklerin kullanılması
- İlk kata rijitliği arttıracak kolonların eklenmesi
- Rijitliği arttırmak için ilk kattaki kolonların tasarımının değiştirilmesi

seçeneklerinden birisi uygulanmalıdır. Eğer yumuşak kat oluşturacak bir konumda geniş bir opak duvar gerekiyorsa;

- Bu tip bir duvarın yanal dayanım sisteminin bir parçası olmamasının sağlanması
- Hafif malzemeler ve boşluklu konstrüksiyon ile duvarın ağırlığının azaltılması
- Eğer ağır bir duvar gerekiyorsa; duvarın süper yapının ilk katıyla kıyaslanacak bir şekilde ayrılmasının sağlanması gerekmektedir .

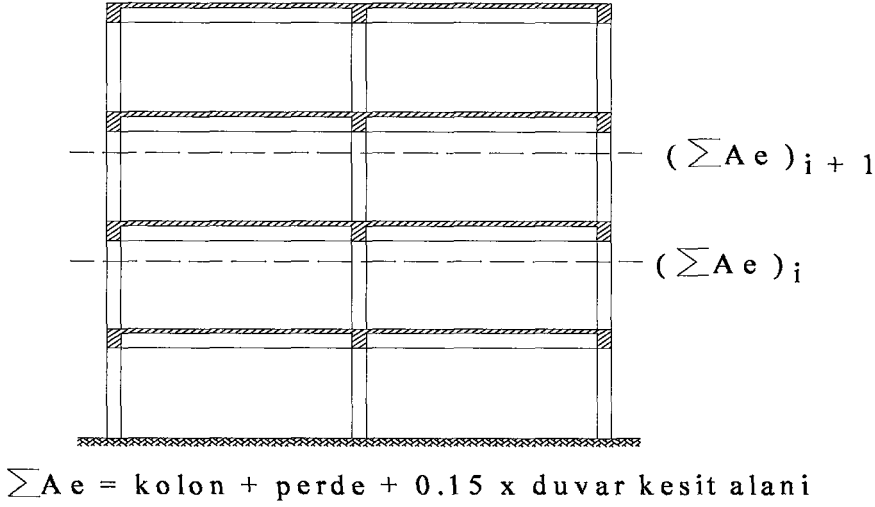
Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanı'nın, bir üst kattaki etkili kesme alanı'na oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumu Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) olarak tanımlanmıştır. (A.B.Y.Y.H.Y., 1998) (Şekil 3.27)

$$[\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80] \quad (3.4)$$

Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı :

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k \quad (3.5)$$

olarak tanımlanır. (A.B.Y.Y.H.Y., 1998) Burada, A_w göz önüne alınan deprem doğrultusundaki kolon enkesiti gövde alanı, A_g göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda çalışan perdelerin en kesit alanı, A_k göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda kargir dolgu duvarları alanıdır.



Şekil 3.27 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği

B1 türü düzensizliğinin bulunduğu binalarda, gözönüne alınan i'inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, η_{ci} 'nin hesabında dolgu duvarları gözönüne alınmayacaktır. $0.60 \leq (\eta_{ci})_{\min} < 0.80$ aralığında verilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı, $1.25 (\eta_{ci})_{\min}$ değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanacaktır. Ancak hiçbir zaman $\eta_{ci} < 0.60$ olmayacaktır. Aksi durumda, zayıf katın dayanımı ve rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır. Bu tür düzensizliği olan binalarda ayrıca “ kolon sarılma bölgesine konulan enine donatı, kolon orta bölgesinde de aynen devam ettirilecektir.” koşulu uygulanacaktır. (A.B.Y.Y.H.Y., 1998)

Herhangi bir kata etkiyen deprem kuvveti, söz konusu kattaki düşey taşıyıcılar arasında paylaştırılır ve yatay kuvvetlerin dengesi sağlanır. Betonarme binalarda düşey taşıyıcılar kolonlar ve perde duvarlardır. Dolgu duvarlar ise, salt ölü yük olarak alınır ve yatay yük taşıdığı kabul edilmez.

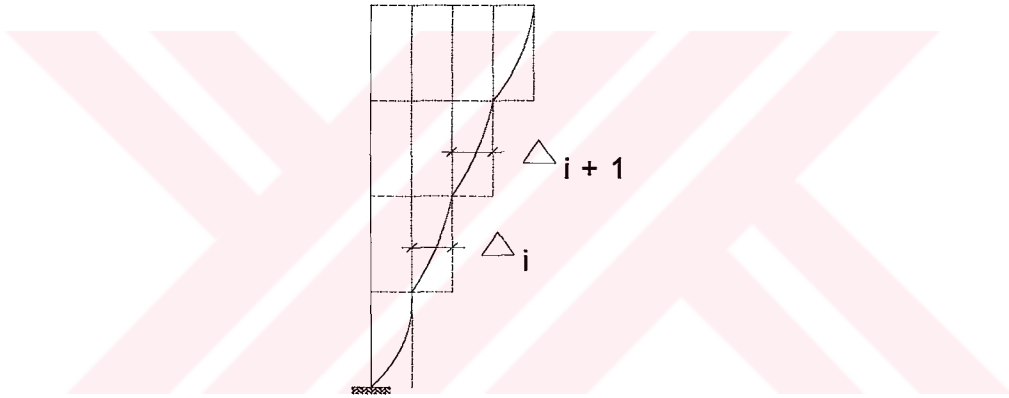
Oysa gerçek hiç öyle değildir. Çerçeve boşluklarını dolduran dolgu duvarlar, yatay deprem yükü altında şekil değiştiren çerçeveye reaksiyonlar uygulayarak, deprem yükünün karşılanmasına katkıda bulunurlar.

Ancak yatay deprem yükü altında oluşan eğik asal çekme ve eğik asal basınç kuvvetlerine karşı, dolgu duvarın dayanımı yüksek değildir. Bu gerçeği yansıtmak için dolgu duvarların etkili kesme alanının %15 etkinlikle deprem kuvvetinin taşınmasına katıldığı kabul edilmektedir. Betonarme taşıyıcı elemanların hesabında, dolgu duvarların hiç deprem kuvveti taşımadıkları kabul edilir. (Atımtay, 2000)

Betonarme yapılarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} 'nin 1.5'tan fazla olması durumu komşu katlar arası rijitlik düzensizliği olarak tanımlanır. (Şekil 3.28)

$$[\eta_{ki} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} > 1.5] \quad (3.6)$$

Görelî kat ötelemelerinin hesabında, $\pm$ %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınmalıdır. (A.B.Y.Y.H.Y., 1998) Yapılarda deprem etkileri alt katlara doğru artar. Buna uygun olarak bina yüksekliği boyunca kat yatay rijitliklerinin artması sağlanmalıdır. Bu suretle kat görelî ötelemelerinin yakın değerlerde ve alt katlarda üste göre daha büyük olması beklenir. Bu tür özelliği bulunmayan binalarda alt kat üste göre daha yumuşak, kolay yerdeğiştirebilir olup, bu durum deprem hasarının alt katlarda yoğunlaşmasına ikinci mertebe etkilerin büyümesine ve bunun sonucu olarak taşıyıcı sistemin ağır hasar görmesine sebep olur.



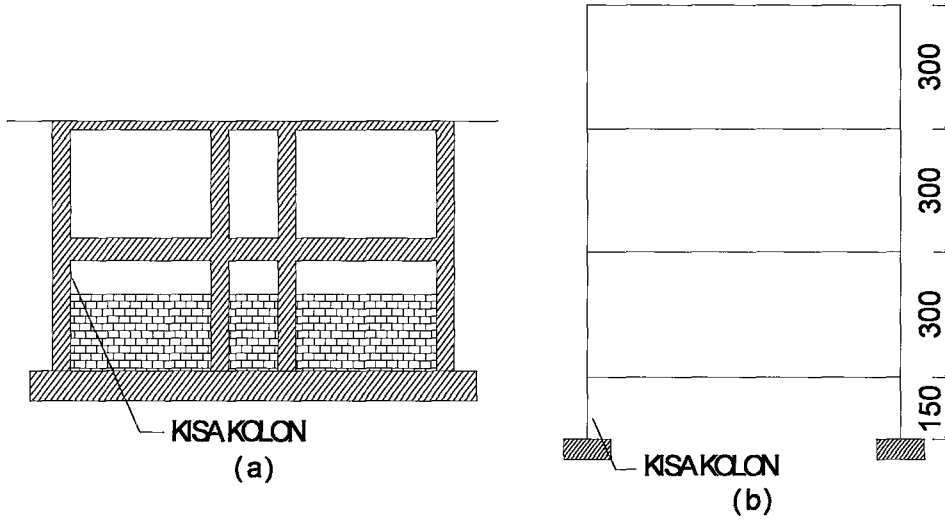
Şekil 3.28 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği

A1 ve B2 düzensizlikleri, deprem hesabında kullanılacak yöntemin seçiminde etken olan düzensizliklerdir. Deprem yönetmeliğinde dinamik hesap, taşıyıcı sistemin davranışının belirlenmesinde daha etkili bir yöntem kabul edildiği için, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde inşa edilen ve toplam yüksekliği $25\text{m} < H_N < 60\text{m}$ olan bu tür düzensizliğe sahip binalar için dinamik hesap yapılması zorunlu kılınmıştır. Bina yüksekliğinin 60m'den büyük olması durumunda ise, bu tür düzensizliğe bakılmaksızın dinamik hesap yapılması öngörülmüştür. (Celep ve Kumbasar, 2000)

3.3.6 Kısa Kolon Oluşumu

Herhangi bir katın kolonları arasında dolgu duvarları kat yüksekliği boyunca tam örülmeyip belli bir yüksekliğe kadar örüldüğünde ya da tesisat, havalandırma, ışık vb. nedenlerle bir

katın diğerine göre daha az yükseklikte tasarlanması ile yapıda kısa kolonlar oluşmaktadır. Şekil 3.29'da kısa kolon türleri gösterilmektedir.



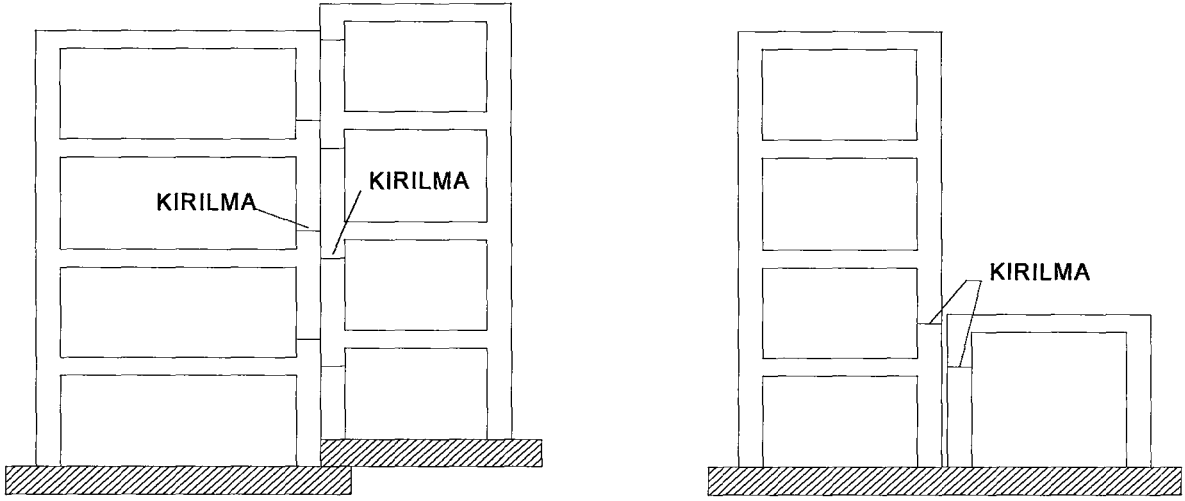
Şekil 3.29 Kısa kolon türleri

Kısa kolonlara gelen kesme kuvvetleri, depremde normal yükseklikteki katın kolonlarına gelen kesme kuvvetlerinden çok daha fazladır. Örneğin, kısa kolonun boyu normal kat yüksekliğinin yarısı kadar ise kısa kolona gelen kesme kuvveti normal yükseklikteki katta aynı kolona gelen kesme kuvvetinin 8 katıdır. Yani, normal kat kolon boyunun kısa kolon boyuna oranının küpü ile orantılı olarak kısa kolona gelen kesme kuvveti artmaktadır .

Mimari tasarımda taşıyıcı sistem nedeniyle oluşan kısa kolonlardan kaçınılması gerekmektedir. Kolondan kolona pencere yapılmamalı, bunun kaçınılmaz olduğu durumlarda, kolon ile dolgu duvar arasında bir derz bırakılmalı ve bu derz ezilebilir bir malzeme ile doldurulmalıdır.

3.3.7 Bitişik Binaların Durumundan Kaynaklanan Sorunlar

Birbirlerinden derzlerle ayrılmış fakat kat düzeyleri farklı olan bitişik nizamlı yapılarda deprem sırasında çarpışma olasılığı yüksek olmaktadır. Eğer bu iki bitişik yapının dinamik özellikleri de farklıysa, çarpışma sonucunda komşu kolonlarda hasar olabilmektedir. Bu şekilde oluşan hasar "çekiçleme" ya da "darbeleme" hasarı olarak tanımlanmaktadır. Şekil 3.30'da kat döşemeleri aynı düzeyde olmayan komşu binaların dinamik özelliklerinin de farklılığı nedeniyle oluşan çarpışma ve hasar gösterilmektedir .



Şekil 3.30 Kat döşemeleri aynı hizada olmayan komşu yapılarda çarpışma ile kolon kırılması

Binaların deprem kuvvetleri sonucu oluşacak sapma miktarının doğru bir tahmini güç olmakla birlikte, gerçeğe yakın tahminler sonucu, çekiçleme etkisini azaltmak için rijit yapılarda 3 cm, 6 metrenin üstündeki yüksekliğin her 3 metresinde 1 cm ilave edecek şekilde derz tasarlanması gerektiği sonucuna varılmaktadır .

Bitişik binaların kat döşemelerinin aynı hizada yapılmaması sebebiyle, döşemeler kolonlara çarparak, kolonlarda hasara yol açmakta ve taşıma gücü azalan ya da yok olan kolonlar yapının ağır hasarına yol açmaktadır.

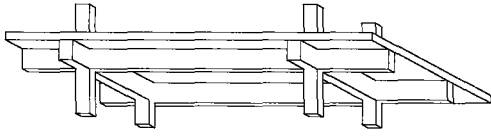
3.4 Deprem Açısından Sakıncalı Mimari Ayrıntılar

Yapılarda çeşitli mimari yaklaşımlar sonucu ortaya çıkan ayrıntılar da deprem bakımından kritik olabilmektedir. Çeşitli yapı elemanlarının mimari tasarımlarının deprem açısından değerlendirmesi yapılacaktır.

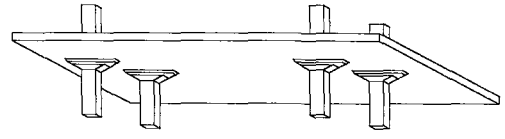
3.4.1 Döşemeler

Bölme duvarların gerektiğinde kaldırılabilir olması istendiği ya da tavandan sarkan kirişlerin görünmesinin istenmediği durumlarda kirişsiz, mantar ya da kaset döşeme yapılmaktadır. Bu döşemelerde ya kirişler hiç olmamakta ya da derinlikleri döşeme derinliği kadar olmaktadır. Şekil 3.31’de yapılarda kullanılmakta olan döşeme türleri gösterilmektedir.

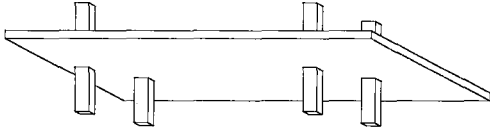
Kirişin olmaması ya da sığ olması yapıda esnek bir çerçeve sisteminin oluşmasına yol açmaktadır. Esnek çerçeve ise yatay deprem yükleri altında daha fazla ötelenmekte, bu ötelenmeler yapının yıkılmasına yol açmaktadır.



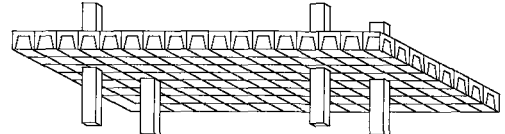
KIRIŞLI DÜZ DÖŞEME



MANTAR DÖŞEME



KIRIŞSIZ DÖŞEME



KASET DÖŞEME

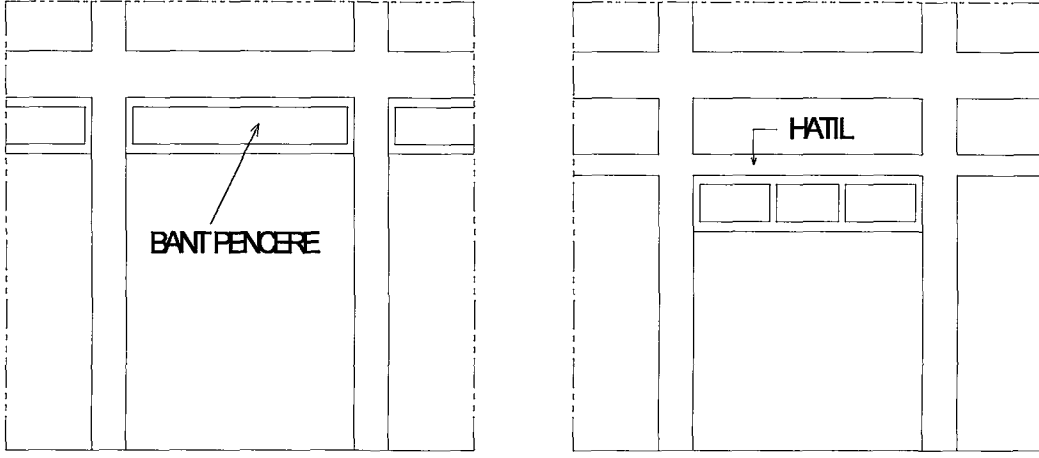
Şekil 3.31 Döşeme sistemleri

Asmolenli ya da kirişsiz döşemeli yapıların bir başka özelliği de normal kirişli plak döşemelere göre yaklaşık % 20-25 kadar daha ağır olmalarıdır. Yapılara gelen deprem yükleri, yapıların ağırlığı ile de orantılı olduğundan bu tip döşemeli yapılara çok daha fazla deprem yükü gelmektedir. Bu tür döşemelerin olduğu yapılarda mafsallaşma önce kolonlarda meydana geleceği için yapının çökmesi daha hızlı olmaktadır. Bu durum aynı zamanda kuvvetli kolon- zayıf kiriş ilkesine uymadığı için de istenmeyen bir durumdur.

Asmolenli ya da kaset döşemeli yapılarda, döşemenin üzerine depremde ağır bir cisim devrilmesi ya da düşmesi ile (baca gibi), döşemedeki tuğla, briket vb. dolgu blokları ile beton arasındaki aderansın yok olması sonucu bu bloklar tavandan sıyrılarak yapı içindeki insan ve eşyalara zarar verebilmektedir. Bu durumun önlenmesi için, dolgu elemanlarının birbirine ve döşemenin yerinde dökme beton kirişlerine bağlanması gerekmektedir.

3.4.2 Bant Pencereleler

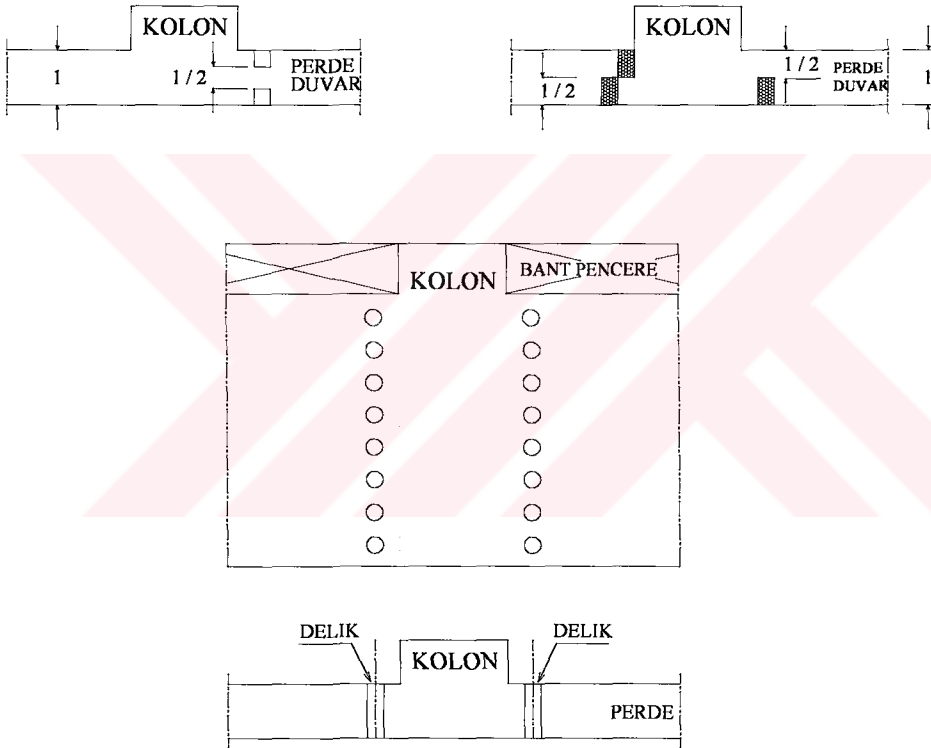
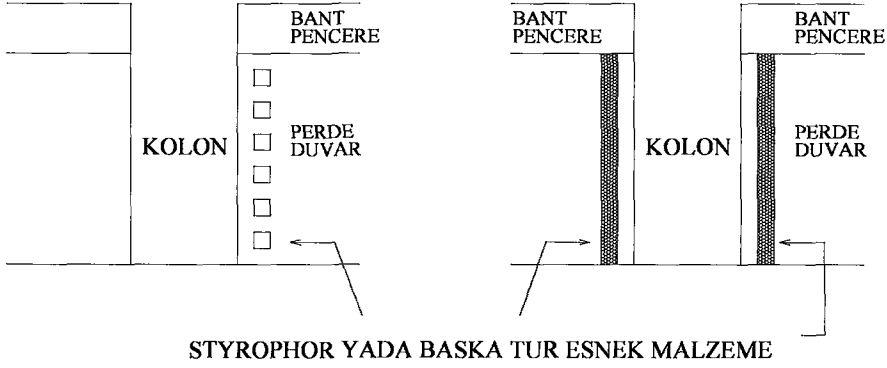
Okul, kışla ve yatakhane gibi yapılarda genellikle kat ortalarındaki koridorların ve bodrum katların aydınlatılması için çerçevelerin dolgu duvarlarının üst kısımlarına Şekil 3.32'de gösterildiği gibi bant şeklinde pencereler yapılmaktadır.



Şekil 3.32 Bant pencereler

Çerçeve kolonlarının pencere seviyesine kadar olan bölümleri duvarların bulunduğu tarafta yandan desteklenirken, pencere olan bölümde böyle bir yan destek oluşmamaktadır. Bu durumda kolonun pencere olan bölümündeki rijitliği, duvar olan bölümündekinden çok daha az olmakta ve yatay yükler altında yalnızca duvarsız bölüm öteleme yapabilmektedir. Kolonun burkulma boyu bant pencerenin yüksekliği kadar olmakta, kolon boyu kısalmakta ve boyu kısalmış kolon, tüm kat yüksekliğince yapılan kolondan çok daha yüksek bir rijitlik kazanmaktadır. Bant pencere yapılmasıyla yapı, kolon boyu kısalması ile ilgili diğer olumsuz etkilere de maruz kalmaktadır.

Bant pencere yapımıyla kısa kolon kırılmasını önlemek için, bölme duvarı ile kolonun arasına esnek malzemelerin Şekil 3.33'deki gibi yerleştirilmesi ya da özellikle betonarme bodrum kat perde duvarlarının kolonlarla birleşen bölümlerinde perde-kolon bağlantısının zayıflatılması için perde duvarda delikler açılması gerekmektedir .



Şekil 3.33 Kısa kolon kırılmasının önlenmesi için tasarlanmış perde duvar – kolon bağlantısı detayları

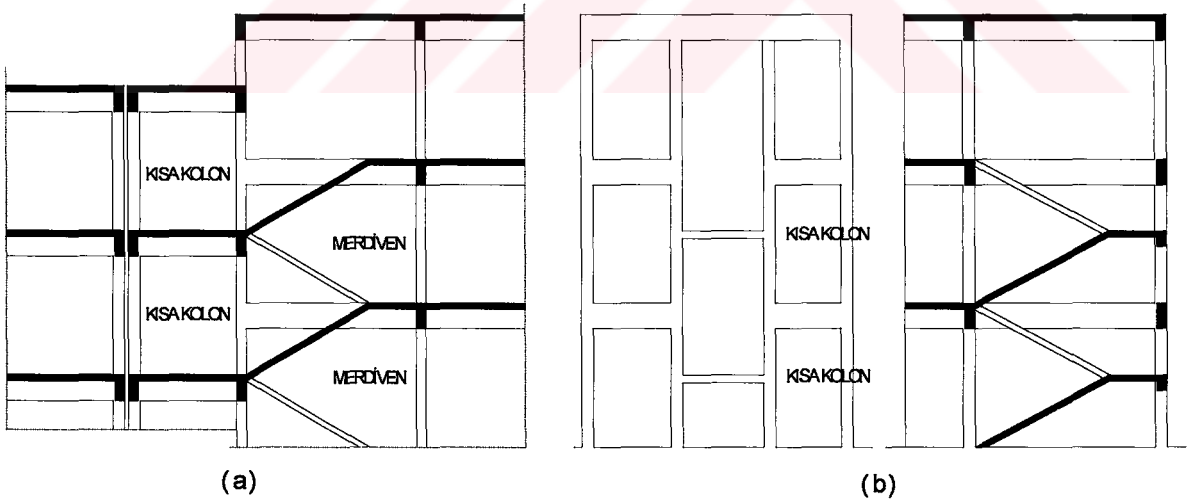
3.4.3 Merdivenler

Merdivenler, deprem sonrasında yapı içindeki insanların yapıyı güvenli olarak boşaltabilmeleri açısından önemli yapı elemanlarıdır. Betonarme yapılarda, depremin

şiddetine göre değişik ölçülerde hasar beklenildiği için, hasarlı yapının deprem sırasında ya da hemen sonrasında güvenlik içinde boşaltılabilmesi için merdivenlerin hasar görmemesi gerekmektedir.

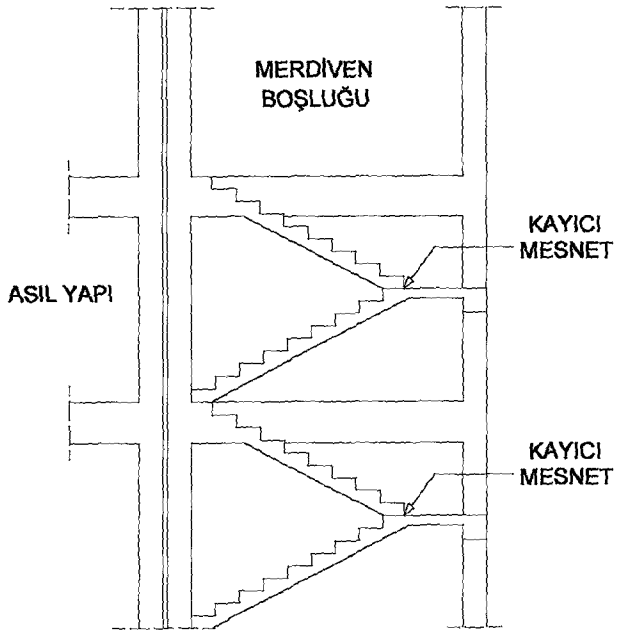
Çerçevesi yapılarında yapının en rijit aksları genellikle, merdivenlerin bulunduğu akslar olmaktadır. Merdivenli aksın diğer akslara göre daha rijit olması, bu aksın yatay yüklerden çok daha fazla pay almasına ve zorlanmasına yol açmaktadır. Merdiven plağına gelen çekme kuvvetleri çoğu zaman plağın beton kesitinin çatlamasına ve merdivenin sahanlığa yalnızca donatıları tarafından asılı kalmasına neden olmakta ve merdivenin yük taşıma gücü önemli ölçüde azalmaktadır. Ayrıca merdiven aksına gelen büyük kuvvetler sonucu merdiven boşluğu kenarındaki yüksek dolgu duvarların yıkılarak merdiven boşluğuna dökülmeleri ve merdivenlerin kullanılamaması güvenlik açısından büyük tehlikeler yaratmaktadır.

Merdivenli aksların yarattığı bir başka olumsuz durum ise kısa kolon oluşumudur. Merdiven sahanlık kirişleri saplandıkları kolonları ortadan ikiye ayırarak iki tane kısa kolon yaratmaktadırlar. Ayrıca derzlerle ayrılmış farklı kodlarda döşemeleri olan yapılar da merdiven sahanlığı kirişleri sebebiyle kısa kolon durumu ortaya çıkmaktadır. 3.34’de bu durumlara örnekler gösterilmektedir.



Şekil 3.34 Merdiven ve sahanlık kirişlerinin yarattığı kısa kolonlar

Merdivenlerin hasarını önlemek için merdivenler yapıdan derzlerle ayrılmış bloklar halinde tasarlanabilmektedirler. Bir başka çözüm ise merdiven kirişini kayıcı mesnetli olarak tasarlayarak kirişe daha az deprem yükü gelmesinin sağlanmasıdır. Böylece rijitlik azaltılarak merdivenli aksın daha az hasar görmesi sağlanmaktadır. Merdivenlerde deprem hasarını önleyecek bu detay Şekil 3.35’de gösterilmektedir.



Şekil 3.35 Merdiven hasarını önleyecek ayrıntılar

4. ÇEŞİTLİ ÜLKE YÖNETMELİKLERİNDE DÜZENSİZLİK KONUSUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Deprem bölgelerinde can ve mal kaybını önlemek için yapıların yeteri derecede güvenli olmaları gerekir. Bunun için deprem bölgelerinde yapılacak yapıların tasarlanması, projelendirilmesi ve inşa edilmesinde uygulanacak esasları veren deprem yönetmelikleri hazırlanmış ve yürürlüğe konmuştur.

Bu yönetmelikte şu kısımlar bulunur:

- 1- Deprem Bölgeleri Haritaları: Bu harita zaman zaman gözden geçirilir ve kaydedilen gelişmelere paralel olarak yeniden düzenlenir.
- 2- Deprem kuvvetlerinin büyüklüğü hakkında bilgi ve uygulanabilecek hesap metodları. Bunlarda zaman zaman gözden geçirilir ve kaydedilen gelişmelere paralel olarak yeniden düzenlenir.
- 3- Çeşitli yapı tipleri için gerekli ve uygun görülen güvenlik katsayıları.
- 4- Depreme dayanıklılık için inşaat teknikleri: Bunlar çeşitli malzeme ve inşaat metodları için verilirler.

4.1 Çeşitli Ülkelerin Deprem Yönetmelikleri

Diğer deprem yönetmeliklerinde de, düşeyde taşıyıcı sistem düzensizliği hakkında genel olarak bu tip taşıyıcı sisteme sahip yapılardan kaçınılması hususu önemle vurgulanmaktadır. Bu konuda caydırıcı kısıtlamaların getirildiği görülmektedir.

Eğer bina düşey ekseninde uyumlu geometriye sahip değil ve yatay konsollar önemli boyutlardaysa veya kütle ve rijitlik oranları bitişik katlarda önemli oranlarda değişmekteyse, düşeyde düzensiz taşıyıcı sistemi olan yapı sınıfının söz konusu olduğu belirtilmiştir. Bu türden düzensiz yapılar için yatay yük hesabında modal çözümleme periyodu 0.4s'den büyük bütün modlar veya en az ilk üç mod bina üç kattan az ise kat adedi kadar modun gözününe alınması gerektiği, düşey deprem durumu için konsolda ilave konsol kesme kuvveti hesaplanması öngörülmektedir. Düşeyde ve planda düzensiz olan yapılar için, bazı ülkelerin yönetmeliklerinde verilen koşullar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

- 1- Yapının planda mümkün olduğunca basit bir şekli olmalıdır uyarısı Avusturya, Almanya, İran ve İngiliz yönetmeliklerinde bulunmaktadır.
- 2- Deprem bölgelerinde yer alacak yapıların simetrik, kütle ve rijitlik dağılımı üniform

olacak şekilde tasarlanmalıdır tavsiyesi Arnavutluk, Bulgaristan, Çin ve Yeni Zelanda yönetmeliklerinde yer almaktadır.

3- Karmaşık ve düzensiz şekilli yapılarda ve farklı yükseklikli bölümler içeren yapılarda dilatasyon uygulaması ile farklı özellikli bölümlerin birbirinden ayrılması gerektiği önerisi Arnavutluk, Bulgaristan, Çin, Almanya, Makedonya, Meksika, Peru ve eski Yugoslavya yönetmeliklerinde bulunmaktadır.

4- Plandaki şekli uzun olan yapılarda, basitde olsa, dilatasyon uygulaması gereklidir uyarısı Arnavutluk ve Almanya yönetmeliklerinde yer almaktadır.

5- Yapının planda düzensiz binalar sınıfına dahil edilmesi için bina kat planlarının çıkıntı yapan kısımlarının, binanın o katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %25'inden daha büyük olması şartı Arnavutluk, Cezayir, Endonezya ve İran yönetmeliklerinde, %20'sinden daha büyük olma şartı Meksika yönetmeliğinde yer almaktadır. Planda düzensizlik gösteren yapıların tasarımında Arnavutluk yönetmeliğinde dilatasyon uygulaması, Cezayir, Çin, El Salvador, Etyopya, Endonezya, İran, Meksika, Yeni Zelanda ve İngiltere yönetmeliklerinde dinamik hesap yapılması gerekliliği belirtilmiştir.

6- Eşdeğer deprem yükü yöntemlerinde, her kata etkiyen eşdeğer deprem kuvvetinin o kattaki düşey taşıyıcı elemanlara rijitlikleriyle orantılı olarak dağıtıldığı kabulü vardır, yani eşdeğer deprem yükü yöntemlerinin uygulanabilmesi için döşemelerin rijit davranması gerekir. Bu koşul Bulgaristan, Çin, Kolombiya, El Salvador, Endonezya, Makedonya, Meksika, Yeni Zelanda, Nikaragua, Peru, Eski Yugoslavya, Romanya ve Venezuela yönetmeliklerinde yer almaktadır. Rijit davranmayan döşemeli sistemlerin tasarımında dinamik analiz metodları veya döşemelerin esnek davranışı gözönüne alındığı analiz metodları uygulanmalıdır.

4.2 California Deprem Yönetmeliği

4.2.1 Düzenli ve Düzensiz Yapılar

a) Düzenli Yapılar: Düzenli yapılar planda, düşeyde ya da taşıyıcı sistemlerinde önemli ölçüde süreksizlikler içermeyen yapılardır.

b) Düzensiz yapılar: Konfigürasyonlarında veya taşıyıcı sistemlerinde önemli yapısal süreksizlikler içeren yapılardır. Düzensiz yapılar aşağıda anlatılan hususları içerir:

(1) Düşey Düzensizlik: Bölüm 4.2.2'de anlatılan durumlardan bir ya da bir kaçını içeren yapılar düşeyde düzensiz yapılar olarak tanımlanır.

(2) Planda Düzensizlik: Bölüm 4.2.3'de açıklanan durumlardan bazılarını içeren yapılar planda düzensiz yapılar olarak tanımlanır.

4.2.2 Düşeyde Yapısal Düzensizlikler

4.2.2.1 Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Yatay rijitliği bir üst katın rijitliğinin %70'inden, diğer üstteki üç katın toplam rijitliğinin %40'ından az olan kattır.

4.2.2.2 Kütle Düzensizliği

Kütle düzensizliği, herhangi bir katın etkili kütlesi bitişik katın etkili kütlelerinin %50'sinden fazla olması şeklindedir. Altındaki kattan daha hafif olan bir çatı katı kütle düzensizliği olarak düşünülmeyecektir.

4.2.2.3 Düşey Geometri Düzensizliği

Düşey geometri düzensizliği, herhangi bir katta yatay kuvvet direnç sisteminin yatay boyutu bir komşu katının %130'undan fazla olması şeklinde düşünülecektir. Çatı katı bu şekilde düşünülmeyecektir.

4.2.2.4 Düşey Taşıyıcı Sistemde Düzlemsel Süreksizlik

Düşey taşıyıcı elemanların düzlemlerindeki ötelemesi o elemanların boylarından büyük olduğu durum.

4.2.2.5 Kapasitede Süreksizlik (Zayıf Kat)

Zayıf kat, mukavemeti bir üst veya alt katın mukavemetinin %80'ninden küçük olan kattır. Bir katın mukavemeti, gözönüne alınan yön için kat kesme kuvvetine iştirak eden, depreme karşı koyan tüm elemanların toplam mukavemetidir.

4.2.3 Planda Yapısal Düzensizlikler

4.2.3.1 Burulma Düzensizliği

Döşemeler esnek olmadığı zaman gözönüne alınacaktır. İkincil burulmalar dahil hesaplanan maksimum kat ötelemesi, ortalama kat ötelemesinin 1.2 katından büyük olduğu durumdur.

4.2.3.2 Çıkıntılı Köşeler

Bir yapı plan konfigürasyonunda ve düşey taşıyıcı sisteminde çıkıntılar içerebilir, çıkıntılı köşe doğrultusundaki bu iki çıkıntı yapının planda verilen doğrultudaki boyutunun %50'sinden büyük olduğu durum.

4.2.3.3 Döşeme Süreksizlikleri

Döşemenin yerel boşluklar içermesi ve rijitliğinde farklılıklar göstermesi durumu. Bu boşluklar ve açık alanların toplamının döşemenin brüt alanının %50'sinden fazla olduğu durumda bu düzensizlik ortaya çıkar.

4.2.3.4 Planların Çakışmaması

Düşey elemanların eksenlerinin çakışmaması gibi katlar arası süreksizliğin olması durumu.

4.2.3.5 Paralel Olmayan Sistemler

Taşıyıcı sistemin yatay elemanlarının birbirine dik deprem doğrultularına paralel olmaması durumu.

4.2.4 Düzensizlik Tipleri

Şekil 4.1' de gösterilen düşeyde düzensiz yapılardan bazıları (örneğin, Şekil 4.1 a) irdeleme sonucu aşıkardır fakat bunların elastik ve inelastik aralıklarda sismik mukabele üzerinde önemli etkileri olmayabilir. Diğer düzensizliklerin ön tasarımda farkedilmesi zor olabilir fakat bu düzensizlikler ilk katın üstüne taşıyıcı olmayan ama rijit duvarların ilavesiyle yaratılırlar.

Şekil 4.1' de gösterilen düzensizliklerin tespit edilmesi her katın rijitliğinin hesaplanması veya tüm yapının deformasyon analizi ile mümkün kılınabilir. Böyle bir analiz Şekil 4.1 a' dan

Şekil 4.1f 'e kadar- belki Şekil 4.1 g' de olabilir- gösterilen düzensizlikleri tanımlayabilir ama diğer düzensizlikleri açıklayamaz. Şekil 4.1h' de gösterilen düzensizliğin titreşim modları ve eşdeğer yatay kuvvetlerin dağılımı üzerinde etkisi vardır.

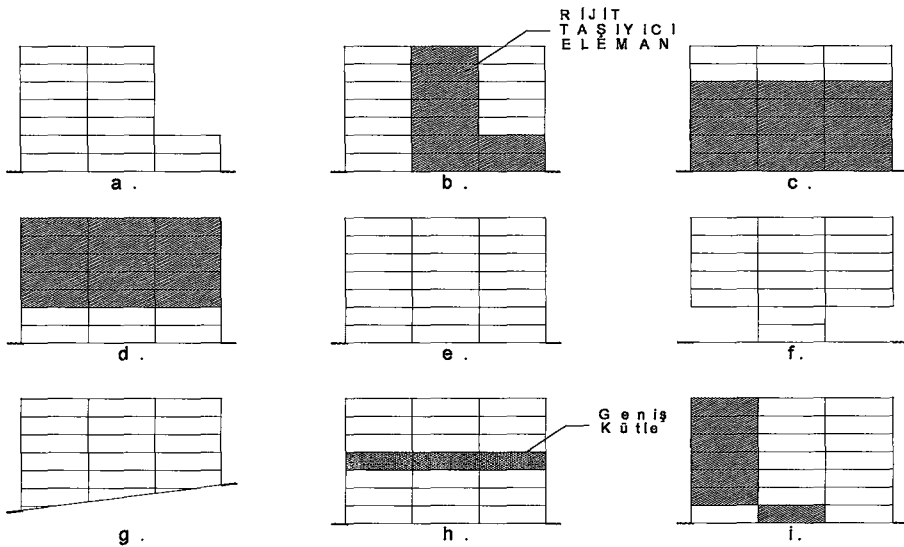
Şekil 4.1i'de, rijitlik ve deformasyon analizi ile tanımlanamayan kuvvet transferindeki şiddetli düzensizliği göstermektedir. Şiddetli depremin sebep olduğu deformasyon mukabelesi altında, dıştaki kolonlar üzerine gelen eksenel yük analiz sonucu bulunan tasarım yükünden fazla olabilir ve bu durum ilave önlemleri gerektirmektedir.

Şekil 4.2'de gösterilen düzensizlikler, yapının planda asimetrik olması, simetrik ama çıkıntılar içermesi, yatay rijitliğin asimetrik dağılması, kütle dağılımının düzensiz dağılması ve bunların kombinasyonlarını içeren durumların olmasından kaynaklanır. Şekil 4.2a'dan Şekil 4.2d'ye kadar olan düzensizlikler temel olarak planda çıkıntılı kenarların varlığından kaynaklanır. Bu durum döşemelerin çıkıntılı köşelerinde büyük gerilmeler oluşturur.

Şekil 4.2'de a, b, c şıklarındaki geometrik düzensizlikler, rijit elemanların planda uygun dağılımı ile düzenli deformasyon davranışı gösterebilir.

Eğer yapı sadece planda düzensiz ise, ikincil eksantrisiteyi içeren "Eşdeğer Statik Kuvvet" metodu kuvvet dağılımı ve burulmadan kaynaklanan deformasyonların dağılımı üzerinde uygun bir üst sınır sağlayabilir. Ancak çok farklı bir durumda yapının üç boyutlu modeli üzerinde dinamik analiz yapılması tavsiye edilir.

Yapı hem planda hem de düşeyde düzensiz ise, deformasyon ve kuvvet dağılımının en iyi şekilde hesabı için dinamik analiz için üç boyutlu model gereklidir.

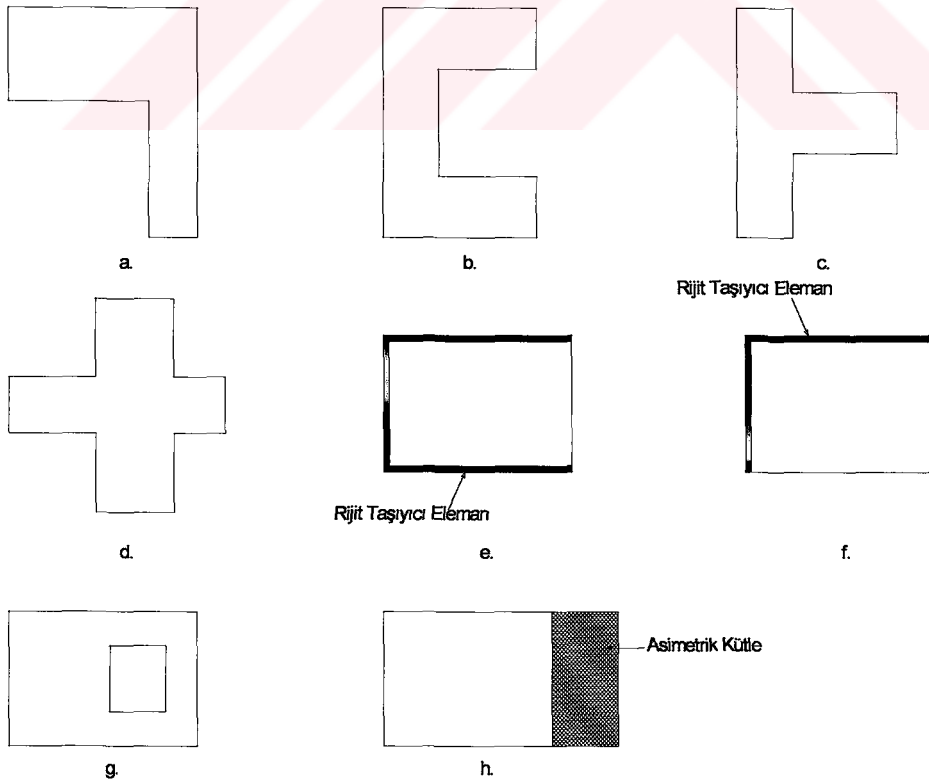


Şekil 4.1 Düşeyde düzensizlik durumları (California, 1990)

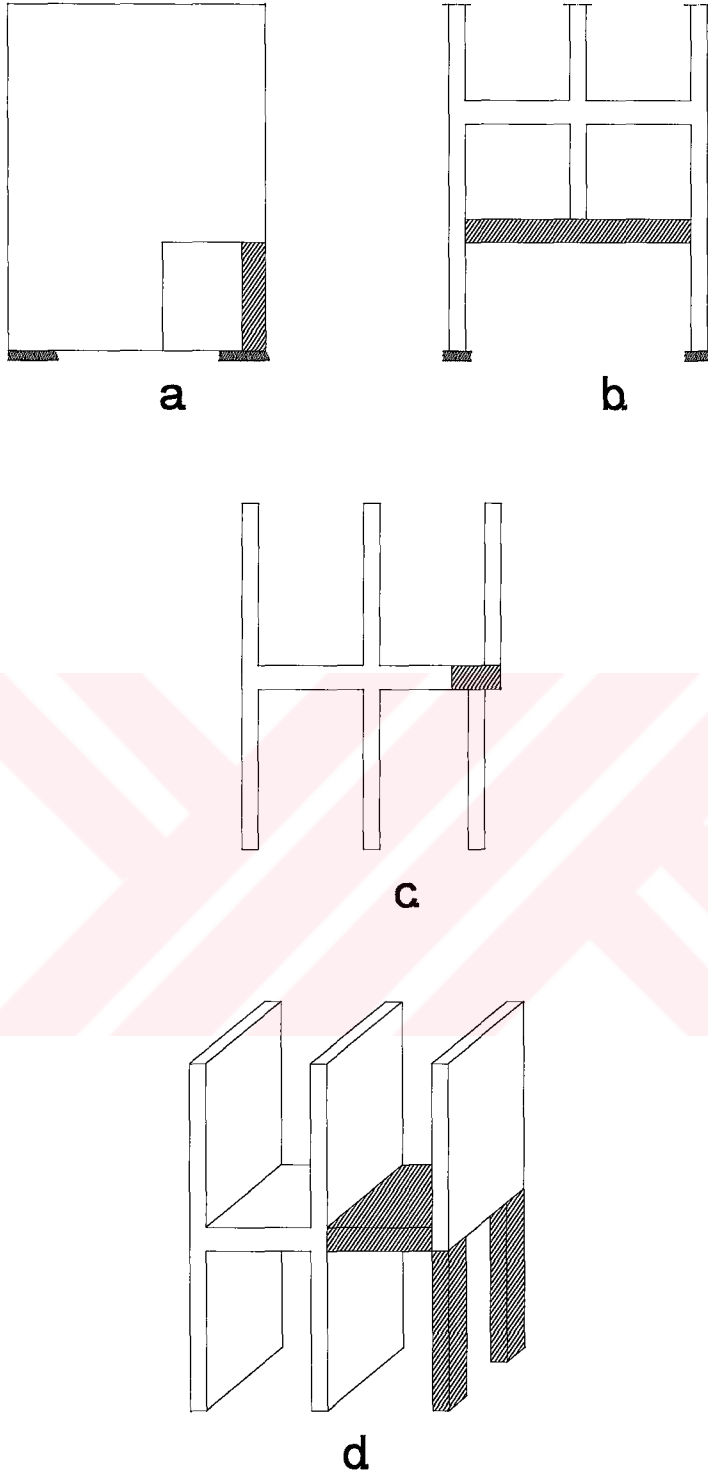
Herhangi bir kattaki kolonların, perde duvarların, kirişlerin süreksizliği veya çakışmaması, zayıf katların olması ve taşıyıcı olmayan rijit elemanların neden olduğu güç aktarımını engelleyen düzensizlikler Şekil 4.3' de gösterilmiştir. Bu durum elastik olmayan yıkıcı gerilme birikimlerine neden olur. Verilen yapısal sistem için R_w (deprem azaltma) katsayısının kullanımı, elastik olmayan davranışın tüm yapı boyunca düzenli dağıldığı kabul edilir.

Böylece, bu davranışı düzensizlikler veya süreksizlikler oluşturuyorsa bu olumsuz durumlar giderilmeli veya R_w katsayısı azaltılmalıdır.

Kapasitesinde süreksizlik olan kat zayıf kat olarak tanımlanmıştır. Bu elastik olmayan davranışın o katta toplanmasına ve düşey taşıyıcı elemanların şiddetli bir depremde göçmesine neden olur. Örneğin; zayıf kolon - kuvvetli kiriş şartına sahip olan kat ile güçlü taşıyıcı elemanlara sahip bir üst kat, çok boşluklu taşıyıcı duvara sahip zayıf kat ile az boşluklu bir üst kat. Birinci örnekte zayıf katta göçme mekanizması oluşacak ve yine oluşacak P-Delta etkileri göçmeye sebebiyet verecektir. İkinci örnekte ise, perde duvarlar yatay kuvvetlerden zarar görerek yük taşıma.kapasitesini kaybedecektir.



Şekil 4.2 Planda düzensizlik durumları (California, 1990)



Şekil 4.3 Taşıyıcı elemanların süreksizliği durumu (California, 1990)

4.3 Eurocode8

4.3.1 Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımının Özellikleri

Deprem hasarları daha bina tasarım aşamasındayken dikkate alınmalıdır. Deprem hasarlarını azaltıcı kavramsal dizayna etki eden yol gösterici prensipler şunlardır:

- a) Yapısal basitlik, sadelik
- b) Üniformluk ve simetri
- c) İki doğrultuda dayanım ve mukavemet
- d) Burulma dayanım ve mukavemeti
- e) Kat seviyelerinde diyafram davranış
- f) Aşırı gösterişli dizayndan kaçınma
- e) Gerekli inşa

4.3.2 Hesap Yöntemleri

Sismik tasarım amacına yönelik olarak yapılar düzenli veya düzensiz yapılar olarak ikiye ayrılır. Bu sınıflama sismik dizaynın şu yönlerini içerir:

- a) Yapı modeli ya basitleştirilmiş düzlemsel ya da uzaysal bir modeldir.
- b) Analiz metodu ya basitleştirilmiş modal ya da çok modludur.
- c) Davranış katsayısı değeri "q", yapının düşeyde düzensizliğine bağlı olarak azaltılabilir.

Örneğin düşeyde düzensizlik şartlarından üçüncü ve dördüncü maddelere tabi olan yapılar gibi.

Yapıların planda ve düşeyde düzensizlik durumlarına göre hesap metodları Çizelge 5.1' de özetlenmiştir.

4.3.3 Planda Düzensizlik Kriterleri

1- Yapı, yatay rijitliği ve kütle dağılımı yönünden birbirine dik iki doğrultuda planda simetrik ya da simetriğe yakın olmalıdır.

2- Yapı planı kompakt olmalı, örneğin H, X, I şeklinde olamaz.

Çizelge 4.1 Eurocode8 hesap yöntemleri

DÜZENLİLİK			ANALİZ	DAVRANIŞ
		MODEL		FAKTÖRÜ
PLANDA	DÜŞEYDE			
VAR	VAR	DÜZLEMSEL	BASİTLEŞTİRİLMİŞ	REFERANS
VAR	YOK	DÜZLEMSEL	ÇOK MODLU	AZALTILMIŞ
YOK	VAR	ÜÇ BOYUTLU	ÇOK MODLU	REFERANS
YOK	YOK	ÜÇ BOYUTLU	ÇOK MODLU	AZALTILMIŞ

3- Katların düzlemsel rijitliği, düşey taşıyıcı elemanların yatay rijitliğine oranla fazla olmalı ki; bir katın deformasyonu düşey taşıyıcı elemanlardaki kuvvet dağılımı üzerinde küçük etkisi olsun.

4- Herhangi bir katta deprem kuvveti doğrultusunda maksimum deplasman ortalama deplasmanın %20'sinden fazla olamaz.

4.3.4 Düşeyde Düzensizlik Kriterleri

1- Taşıyıcı duvarlar, perdeler, kolonlar gibi yatay kuvvetlere direnç gösteren taşıyıcı elemanlar yapının temelinden tepesine kadar sürekli olmalıdır.

2- Yapının yatay rijitliği ve katların kütleleri tabandan son kata kadar ani bir değişiklik olmadan ya sabit kalmalı ya da tedricen değişmelidir.

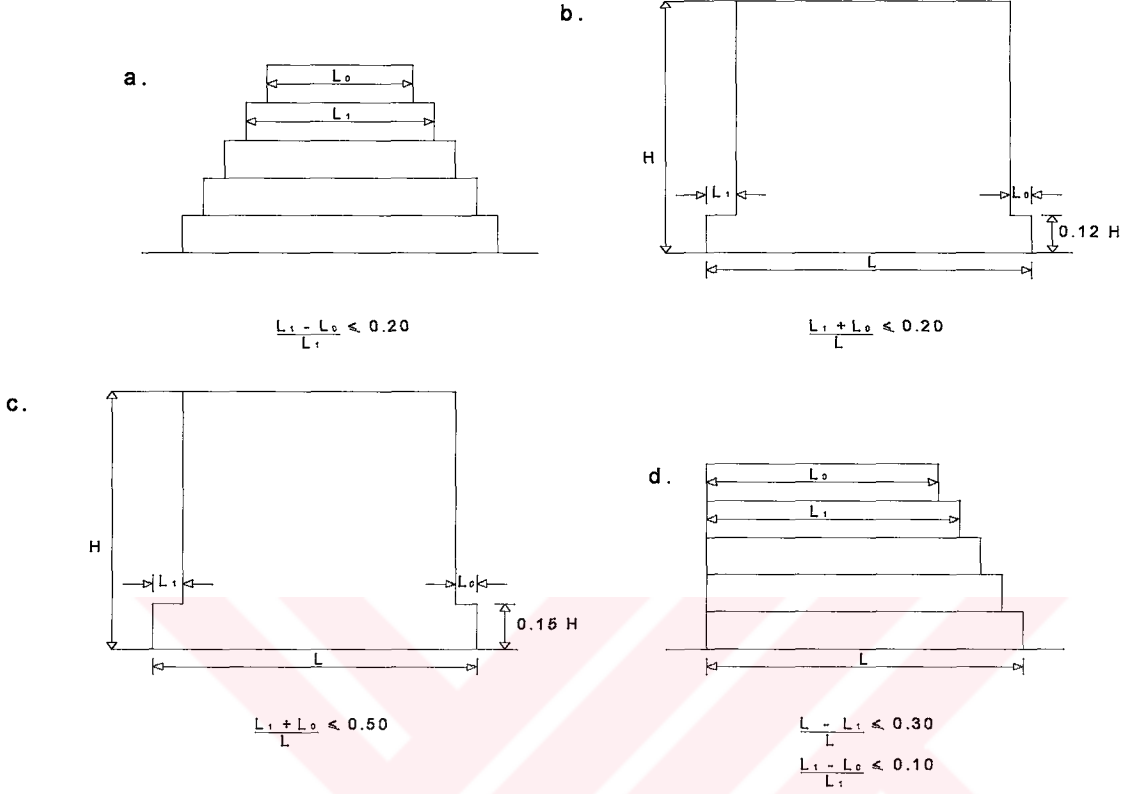
3- Çerçeve taşıyıcı sistemli yapılarda, komşu katlar arasında reel kat dayanımının analiz sonucu bulunan gerekli dayanıma oranı orantısız şekilde değişim göstermemelidir.

4- Eksenel simetriyi bozmayacak şekilde tedrici çekme katların bulunduğu durumda, herhangi bir kattaki çekme mesafesi bir önceki katın plandaki boyutunun %20'sinden büyük olamaz. (Şekil a ve Şekil b)

5- Toplam bina yüksekliğinin %15'i kadar yüksekliğinde tek çekme kat olduğu durumda, çekme mesafesi bir önceki katın plan boyutunun %50'sinden büyük olamaz. (Şekil c)

6- Simetriyi bozan çekme katların olduğu durumda, tüm katlardaki çekme mesafelerinin toplamı yapının birinci katının plandaki boyutunun %30'undan büyük olamaz ve bir kattaki

çekme mesafesi bir önceki katın plandaki boyutunun %10'undan fazla olamaz. (Şekil d)



Şekil 4.4 Çekme katların bulunması durumu (A World List, 1996)

4.4 ISO 3010

4.4.1 Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımının Amacı

Depreme dayanıklı yapı tasarımının temel felsefesi şudur:

Deprem sırasında;

- 1- İnsan ölümlerini, yaralanmalarını önlemek
- 2- Önemli yapıların fonksiyonlarını sürdürmelerini temin etmek
- 3- Maddi hasarı minimize etmek

Çoğu yapı için tüm depremlere karşı tam korunum sağlanması ekonomik olarak pek mümkün değildir. Uluslararası standartlar aşağıdaki prensipleri ön görür.

a) Bir yerde olabilecek şiddetli bir depremde ne yapı göçmeli ne de insan hayatına zarar gelmelidir. (Son limit durum)

b) Yapı orta şiddetli depreme karşı dayanıklı olmalıdır. Yapıda taşıyıcı olmayan elemanlar zarar görse de taşıyıcı elemanlar zarar görmemelidir. (Kullanılabilirlik limit durumu)

4.4.2 Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı İlkeleri

1- Yapı depreme karşı en iyi şekilde dayanım göstermesi için planda ve düşeyde sade, basit bir forma sahip olmalıdır.

Not: Yapı kompleks bir formda tasarlandıysa yapının gerçek davranışını elde edebilmek için dinamik analiz yapılmalıdır.

2- Deprem kuvvetlerine direnç gösteren elemanlar burulma etkileri en az olacak şekilde düzenlenmelidirler

Not: Yapılarda planda düzensizlik ve yüklerin eksantrik dağılımı istenmeyen bir durumdur. Çünkü, bunlar kesin olarak tespit edilmesi çok zor olan burulma etkilerine neden olurlar.

3- Yapı taşıyıcı sistemi gerçekçi analize müsait olmalıdır. Bir yapının deprem karşılıkları hesaplanırken, sadece taşıyıcı çerçevenin değil duvarların, döşemelerin, pencerelerin vs. etkisi gözönüne alınmalıdır.

4- Yapı taşıyıcı sistemi ve taşıyıcı elemanlar yeterli dayanım ve süneklığe sahip olmalıdır.

Not: Yapılar sadece yeterli dayanıma değil aynı zamanda depremden kaynaklanan enerjiyi yutabilmesi için yeter derecede süneklığe de sahip olmalıdırlar.

5- Sismik hareket altında, orta şiddetli depremde yapının fonksiyonunu kaybetmesine neden olacak ve şiddetli depremde insanların hayatını tehlikeye atacak şekilde olan deformasyonlar sınırlandırılmalıdır.

Not: Kontrol edilmesi gereken iki deformasyon vardır. Katlararası yatay deplasman (öteleme) ve tabana göre relatif toplam deplasman. Katlararası öteleme, orta şiddetli depremlerde taşıyıcı olmayan elemanlarda hasarı azaltıcı, şiddetli depremlerde ise taşıyıcı elemanların çatlamasını kontrol edici ve yapının stabilitesinin bozulmasını engelleyici şekilde sınırlandırılmalıdır.

Toplam deplasmanın kontrolü ise orta şiddetli depremlerde paniğin ve rahatsızlığın azaltılması, şiddetli depremlerde ise bitişik yapıların birbirlerine çarpmalarından kaynaklanan hasarın önlenmesi ile ilgilidir. Şiddetli depremlerde deformasyon hesabında yerçekimi ve büyük deformasyonların sebep olduğu ikinci mertebe etkileri genellikle gereklidir.

6- Deprem etkisi altında yapının zemin özellikleri tespit edilmelidir.

Bu standart geometri, kütle ve rijitlik düzensizliği olan yapılarda dinamik analiz yapılmasını tavsiye etmektedir.

4.5 Avusturya Deprem Yönetmeliği

Bu deprem yönetmeliğinde depreme dayanıklı tasarım için aşağıda açıklanan hususlar tavsiye edilmektedir.

Burulma etkilerinin minimum olabilmesi için yapı planda olduğunca simetrik ve basit olmalıdır. Planda kompleks olan yapılar ya da düşeyde farklı yüksekliklere sahip olan yapılar dilatasyonla bölümlere ayrılmalıdır. Narin elemanların üzerine oturan masif yapı elemanlarından kaçınılmalıdır. Çıkma tipi yapılar her katta takviye edilmelidir.

Yapılar bir yandan deprem kuvvetlerine dayanacak kadar güçlü olmalı ve diğer yandan depremde açığa çıkan enerjiyi absorbe edebilecek kadar sünek olmalıdır.

Asansör, merdiven boşlukları veya perde duvarlar yatay kuvvetleri temele iletecek şekilde dizayn edilmelidir. Deprem açısından betonarme temeller tavsiye edilir. Yük taşıyıcı elemanlar planda düzenli ve simetrik dağılmalıdırlar. Bu elemanların ağırlık merkezi ile rijitlik merkezi mümkün olduğu kadar birbirine yakın olmalıdır.

Bina güvenliği bodrum kat yapılarak arttırılabilir. Bodrum kat rijit bir kutu gibi dizayn edilecektir.

Deprem güvenliği açısından şu durumlardan kaçınmak gerekir:

1- Tüm katlar boyunca sürekli olmayan duvarlar veya büyük boşluklu duvarların her ikisi de yükseklik boyunca yapının rijitliğinde üniform olmayan değişimlere neden olur.

2- Değişik kat yükseklikleri

3- Küçük deplasmanlarda stabilitesini kaybeden elemanlar

Bitişik yapılar deprem derzleri ile birbirinden ayrılmalıdırlar. çünkü deprem bitişik yapılarda görelî ötelemelere neden olur bu da yapıların birbirine çarparak hasar görmesine neden olur. Minimum derz genişliği yapısal elemanların ötelemesi olan D_1 ve D_2 toplamının 1.2 katı olmalıdır.

$$d_{\min} = 1.2 * (D_1 + D_2) \quad (4.1)$$

4.6 Çin Deprem Yönetmeliği

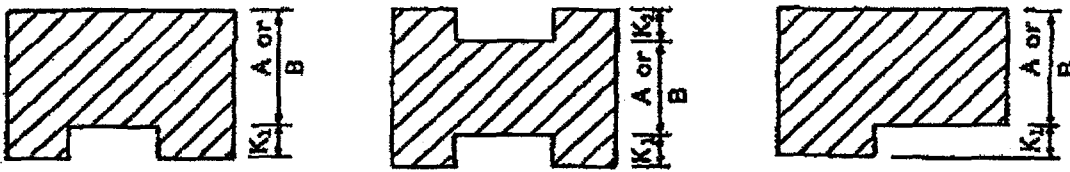
Yapılar planda ve düşeyde düzenli ve simetrik olmalıdırlar ve ayrıca kütle ve rijitlik değişimi orantılı olmalıdır. Kat seviyeleri zikzaklı olmamalıdır. Düzensiz bir yapıda deprem derzleri düzenlenmediğinde seçilen hesap modeli gerçek şartlara yakın olmalıdır ve deformasyon birikimleri ve burulma etkileri tahmin edilerek doğru bir sismik analiz yapılmalıdır. Yapının deprem direncini arttırıcı tedbirler alınmalı ve yapının kritik bölgeleri tanımlanmalıdır. Deprem derzleri yapıldığında, yapı düzenli parçalara ayrılmış olmalıdır. Deprem derzleri yapı tipi ve zemin koşullarına göre yeterli açıklıkta olmalıdır.

Düzensiz yapılarda analiz metodu olarak "Zaman Tanım Alanı"(Time History) yönteminin yapılması istenmektedir.

4.7 Endonezya Deprem Yönetmeliği

Bir yapının depreme direnç gösteren taşıyıcı elemanları yapının kütle merkezine göre simetrik olmalıdır.

Planda çıkıntılı ve dar açılı kenarlardan kaçınılmalıdır. Bu mümkün değilse, çıkıntının boyu aynı yöndeki yapı boyunun $1/4$ 'ünden fazla ise yapı önemli derecede düzensiz olarak düşünülür. Bu yapılar üç boyutlu modal analiz kullanılarak tasarlanır.



Şekil 4.5 Planda düzensizlik durumu (A World List, 1996)

Yüksekliği 40 metreye kadar olan düzenli yapılarda "Eşdeğer Statik Yük" metodu kullanılabilir. Diğer tüm yapılarda ise "Dinamik Analiz" yöntemi kullanılmalıdır.

Bütün olarak davranmayan aynı zemindeki yapı ya da yapı bölümleri birbirinden ayrılmalıdırlar. Derz mesafesi, yapı yüksekliğinin 0.004 katı veya her iki yapının öteleme miktarının toplamının dört katından büyük olanı alınarak tayin edilecek ve 7.5 cm'den az olmayacaktır.

Katlararası ötelemenin kat yüksekliğine oranı hem 0.005 hem de 2 cm'yi geçmeyecektir.

Çekme katlı yapılar için, her bir yön için kule kısmının plandaki boyutu alçak kısmın aynı yöndeki en büyük boyutunun en az %75'i kadar ise deprem tasarım kuvvetleri "Eşdeğer Statik Kuvvet" metodu ile hesaplanabilir.

Bu limitleri sağlamayan yapılar için "Dinamik Analiz" metodu kullanılmalıdır. Eşdeğer Statik Yük metodu kullanılmayacaktır.

4.8 İran Deprem Yönetmeliği

4.8.1 Planda Düzensizlik Şartları

- a) Yapının planı, depreme dayanım sağlayan elemanların bulunduğu ana eksenlere göre simetrik ya da simetriğe yakın olmalıdır. Eğer planda çıkıntılar varsa; çıkıntı yapan kısmın boyu gözönüne alınan doğrultudaki yapı boyutunun %25'ini aşmamalıdır.
- b) Her katta, yapının birbirine dik iki doğrultusunda kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki fark, gözönüne alınan doğrultudaki yapı boyutunun %20' sini geçmemelidir.

4.8.2 Düşeyde Düzenlilik Şartları

- a) Yapının düşey kütle dağılımı üniform olmalıdır. Hiçbir katın kütlesi bir üst veya alt katın kütlesine nazaran %50 fark göstermemelidir. (Çatı katı hariç.)
- b) Bir katın yatay rijitliği altındaki üç katın rijitliğine nazaran %30' dan fazla olamaz.

4.8.3 Tasarım İçin Öneriler

- 1- Yapı planda her iki doğrultuda simetrik ve sade olmalıdır, büyük boyutlarda çıkıntılar içermemelidir. Yapının yüksekliği boyunca asimetrik değişimlerden kaçınılmalıdır.
- 2- Deprem kuvvetlerine direnç gösteren elemanlar, yükleri temellere aktaracak ve aynı düşey düzlemde olacak şekilde tasarlanmalıdır.
- 3- Depremın sebep olduğu burulma etkilerini azaltmak için, her bir katın kütle merkezi ile rijitlik merkezi çakışmalı veya her iki merkez arasındaki mesafe her bir doğrultu için yapı boyutunun %5' ini aşmamalıdır.
- 4- Çıkımların boyu 1.5 metreyi aşmamalıdır.
- 5- Yapı elemanlarının, ağır yük ve donanımların çıkımlar, narin elemanlar ve geniş açıklıklar üzerine inşasından kaçınılmalıdır.

- 6- Yapının kütle merkezinin mümkün olduğunca zemine yakın olması için ağır yük ve donanımlar üst katlara yerleştirilmemelidir.
- 7- Yapının ağırlığını minimuma indirmek için yüksek mukavemetli taşıyıcı malzemeler ve ağırlığı az olan yapısal olmayan malzemeler kullanılmalıdır.
- 8- Yapılar süneklik düzeyi yüksek olacak şekilde tasarlanmalıdır.
- 9- Yapı, düşey elemanlar (kolonlar) yatay elemanlardan (kirişler) sonra hasar görecektir şekilde tasarlanmalıdır. (Kuvvetli kolon- zayıf kiriş.)

4.8.4 Hesap Yöntemleri

İran yönetmeliğinde üç farklı tasarım metodu öngörülmektedir:

Eşdeğer Statik Analiz Metodu

Pseudo- Dinamik Analiz Metodu (Modal analiz ve tasarım mukabele spektrumlarının kullanımı ile)

Dinamik Analiz Metodu (İvme diyagramlarının kullanımı ile.)

Yüksekliği 80 metreyi geçmeyen düzenli yapılar için Eşdeğer Statik Analiz metodu kullanılabilir. Yüksekliği 80 metreden fazla olan düzenli binalar için Pseudo- Dinamik ya da Dinamik Analiz kullanılmalıdır.

Kat adedi 5'den az olan veya yüksekliği 18 metreden az olan düzensiz yapılar için Eşdeğer Statik Analiz Metodu kullanılabilir. Bu metod 5 kattan fazla olan ve 18 metreden yüksek yapılar için uygun değildir.

Yapı planda düzenli ama düşeyde düzensiz ise Pseudo- Dinamik ya da Dinamik metod kullanılabilir. Ancak yapı planda düzensiz ise mutlaka Dinamik Analiz kullanılmalıdır.

4.9 Kolombiya Deprem Yönetmeliği

Kolombiya deprem yönetmeliği yapının küçük depremlerde hiçbir hasar görmemesini, orta şiddetli depremlerde sadece taşıyıcı olmayan elemanlarda hasar olabileceğini, şiddetli depremlerde ise binanın göçmemesini ve can kaybının olmamasını amaçlamaktadır.

Tasarım ve İnşa aşamasında alınacak tedbirler depreme karşı dayanıklı yapı tasarımının temelini oluşturur.

Sismik dizaynı yapabilmek için yapının şekli planda ve düşeyde gözönüne alınarak yapı düzenli yada düzensiz olarak tanımlanmalıdır. En önemli kriter tasarımı yapan mühendistir. Bu kod sadece zorunlu olarak "Eşdeğer Yatay Kuvvet" metodunun kullanılmasını talep etmektedir. Fakat tasarımcı yapının daha düzensiz olduğuna hükmederse yapının gerçek davranışına daha yakın metodlar kullanabilir.

Bu yönetmelik şu durumlarda yapıları düzensiz olarak tanımlar:

4.9.1 Planda Düzensizlik Durumları

- 1- Yapının planda asimetric olması
- 2- Kütle ve rijitlik merkezleri arasında, planda yapının küçük boyutunun %20'sinden fazla olan eksantriteden kaynaklanan yüksek burulma etkilerinin oluşması eğilimi
- 3- Herhangi bir kattaki döşemede önemli derecede rijitlik ve dayanım düzensizliğinin olması

4.9.2 Düşeyde Düzensizlik Durumları

- 1- Yapının düşey eksenlere göre asimetric olması veya önemli derecede geri çekmelerin (set-back) olması
- 2- Bitişik katlarda kütle- rijitlik ilişkisinin farkedilir derecede değişmesi

4.10 Meksika Deprem Yönetmeliği

Düzenli yapılar şu şartları mutlaka sağlamalıdır:

- 1- Yapı planı birbirine dik iki eksene göre simetrik olmalıdır. Simetri şartı tüm taşıyıcı elemanlar ve kat kütleleri için de sağlanmalıdır.
- 2- Bina yüksekliğinin minimum bina genişliğine oranı 2.5' den az olmalıdır.
- 3- Bina uzunluğunun genişliğine oranı 2.5'den az olmalıdır.
- 4- Yapı planda çıkıntılar içermemeli veya çıkıntı yapan kısımların boyu, binanın o katının aynı doğrultudaki plan boyutunun %20' sinden az olmalıdır.
- 5- Döşeme boşluklarının boyutu boşlukların gözönüne alındığı plan boyutunun %20'sinden az olmalıdır. Boşluklar yapının simetrisini bozmamalı ve boşlukların konumları kattan kata değişmemelidir. Bir kattaki boşluk alanlarının toplamı o katın toplam alanının %20'sini geçmemelidir.

6- Bir katın kütlesi bir alt katının kütlesinden az olmamalıdır ve bu katın kütlesinin %70'inden az olmamalıdır. Bu kısıtlama çatı katı için geçerli değildir.

7- Bir katın yatay kesme rijitliği bir alt katın kesme rijitliğinin 2 katını geçmemelidir.

8- Herhangi bir katta, burulma eksantrisitesi " e_s " buna paralel olan plan boyutunun %10'unu geçmemelidir.

9- Tüm katlarda, tüm kolonlar yatay döşemeler yada kirişlerle sınırlandırılmalıdır. Bu şart her iki ortogonal eksen için de sağlanmalıdır.

4.11 Venezuela Deprem Yönetmeliği

Bu yönetmelik, yapı analiz metodunu seçebilmek için yapıları düzenli yada düzensiz olarak sınıflandırmıştır. Aşağıdaki şartları sağlayan yapılar düzenli yapı sınıfına girer.

1- Bitişik katlar arasında rijitliklerin, kütlelerin ve kesme dayanımların düşey dağılımında önemli derecede değişim olmamalıdır.

2- Katların boyutlarında düşeyde ve yatayda ani değişimler olmamalıdır.

3- Rijitlik merkezi ile yatay deprem kuvvetinin etkiye doğrultusu arasındaki mesafe, analiz doğrultusuna dik yapı boyutunun %8'ini geçmemelidir.

Bu şartları sağlamayan yapılar düzensiz yapı sınıfına girerler.

4.11.1 Hesap Yöntemleri

20 kattan ve 60 metreden alçak düzenli yapılar burulma etkileri de belirlenerek "Eşdeğer Statik Kuvvet" metodu kullanılabilir. Bu limitlerden fazla olan yapılarda yine burulma etkileri belirlenerek "Bir Serbestlik Dereceli Modların Süperpozisyonu" metodu kullanılabilir.

Düzensiz yapılarda ise "Üç Serbestlik Dereceli Modların Süperpozisyonu" metodu kullanılmalıdır. Bu hesapta her bir kat için iki ötelenme ve bir burulma olmak üzere üç mod için hesap yapılmalıdır.

4.12 Yeni Zelanda Deprem Yönetmeliği

Bu yönetmelikte planda düzenlilik şartları şöyle açıklanmıştır:

Herhangi bir kattaki kayma merkezi ile üstündeki tüm katların kütle merkezleri arasındaki yatay uzaklık o katın plandaki büyük boyutunun 0.3 katını geçemez veya eşdeğer statik

kuvvet etkisi altında, enine bir aksın sonundaki yatay deplasmanın uygulanmış yatay kuvvetin doğrultusuna oranı $3 / 7$ ile $7 / 3$ arasında olacaktır. Döşemelerde, yatay kuvvetin dağılımını önemli derecede etkileyecek büyük çıkıntılar, dar açılı kenarlar ve rijitliğinde ani değişimler içermemelidir.

Düşeyde düzenlilik şartı ise, yapının her katındaki yatay deplasman yapının o katının yerden yüksekliğine oranı makul oranda olmalıdır.

Bu yönetmelikte yapıların analizi için şu yöntemler verilmiştir.

1- Eşdeğer statik metod

2- Modal mukabele spektrum metodu

3- Sayısal integrasyon zaman tanım alanı metodu (time history)

Yüksekliği 15 metreyi geçmeyen yapılar, Rayleigh metoduna göre birinci periyodu 0.4 saniyeden az olan yapılar ve birinci periyodu 2 saniyeden az olan, planda ve düşeyde düzenlilik şartını sağlayan yapılar için "Eşdeğer Statik Kuvvet" metodu kullanılabilir.

Planda ve düşeyde düzenlilik şartlarını sağlamayan düzensiz yapılarda ise "Üç Boyutlu Modal Analiz" veya "Üç Boyutlu Sayısal İntegrasyon Zaman Tanım Alanı" metodları kullanılmalıdır .

4.13 Deprem Yükleri Altında Çözümleme Modal Spektral Hesap

5. Bölümde yapılacak örneklerde kullanılacak mod birleştirme yöntemi Prof. Zekeriya Polat'ın TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi meslekiçi eğitim seminer notlarından yararlanılarak anlatılacaktır.

4.13.1 Deprem Yükleri Altında Çözümleme

Deprem yükleri altında çözümleme, yapısal çözümlemenin (analiz) sürekli ilgi ve araştırma odağında yer almış bir problemdir. Bu ilgi, yapısal çözümlemenin zaten başlı başına güçlü bir yapı mekaniği problemi olması kadar, hatta bundan daha çok, deprem yüklerinin tahminindeki yanılma kaygılarından ve dinamik karakterinden kaynaklanır.

Yer sarsıntıları ani ve ivmeli titreşim hareketleridir; üzerinde yer alan yapıların kütlelerinde doğurduğu kütleli (atalet) kuvvetleri ve yapı sistemine transfer olan enerjinin oluşturduğu zorlanmalar, ağırlık yüklerinden ileri gelen zorlanmalara nispetle önemli mertebelere ulaşır.

Yapıdaki etkilenmenin yeterli yaklaşıklıkta tahmin edilmesi önemlidir. Bugün, Ülkemizde, mevcut yapı stoğumuzun önemli bir kısmında, geçmişte, bu tahminin yeterli doğrulukta yapılamamış olmasının sıkıntısı vardır. Günümüzde, yaşanan depremlerin ve gelişen bilim ve teknolojinin getirdiği yeni olanaklarla, bu tahminin, geçmişe nazaran çok daha doğruya yakın yapılabildiğine şüphe yoktur.

Deprem yükleri altında çözümlemenin bir diğer önemli cephesi de, Türkiye gibi aktif deprem kuşakları üzerinde yer alan ülkelerde, yapı hangi sadelikte ve hangi önem derecesinde olursa olsun, tasarımında deprem yüklerinin ihmal edilemeyecek ölçüde etkin olmasıdır. Bu durumda, tasarımcılara, uygulaması kolay ve yeterince güvenilir yöntemler sunmak ihtiyacı vardır. Bilgisayar desteği günden güne daha komplike tekniklerin kullanılmasına imkan vermekte ise de, olan biteni tasarımcı kavramadığı takdirde, önemli hatalar ve hatta yanlışlıklar yapılması mümkündür.

Bu çalışmanın amacı, deprem yükleri çözümleme yaklaşımlarının arkasındaki mekanik olguları ve felsefeyi anlaşılır bir sadelikte sunmak ve bu suretle, ileri sayılabilecek modal spektral analiz, zaman artımı yöntemi gibi yöntemleri doğru kullanabilmeye yardımcı olmaktadır.

4.13.2 Yaygın Kullanılan Çözüm Yöntemleri

Günümüzde deprem yönetmeliklerine girecek kadarkullanım alanı kazanmış çözüm yöntemleri sınırlıdır. Bunlardan Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’de yer alanları:

- (1) Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi,
- (2) Mod Birleştirme Yöntemi ve,
- (3) Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri

dir. Bunlardan ikincisi, literatürde daha çok modal spektral analiz adıyla geçer; modal büyüklüklerin eş zamanlı toplanması suretiyle uygulanan analiz yöntemi de normal mod analizi olarak bilinir. Modal spektral analiz yöntemi ise normal mod analizinin özel bir uygulama biçimidir.

4.13.3 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Hemen her deprem yönetmeliğinde yer alan bu yaklaşım, kimi kere yarı dinamik yöntem yarı statik yöntem gibi isimlerle de anılır. Bu yöntemde, binaya etkiyecek yük; bölgenin sismisitesi, lokal zamin şartları, yapının dinamik özellikleri (doğal titreşim periyodu), kütle dağılımı, yapının işlevinin önemi vb. birçok parametre dikkate alınarak tahmin edilir. Yüğüün yapıda dağılımı için de tahminler yapılır. Şiddeti ve yapıdaki dağılımı tahmin edilmiş deprem yüğü altında yapının çözümlenmesi (statik hesabı) yapılır.

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte yeterli ayrıntıda ve açıklıkta verilmiş olan bu yöntem, diğer yöntemlerin uygulanması halinde, uygulanan yöntemin bazı büyüklüklerini, örneğin tahmin edilen toplam deprem yüğüünü sınırlandırmada referans olarak kullanılır.

Yöntem sadedir; kolay anlaşılır ve uygulanır. Ancak; düzensiz yapılarda ve belli bir kat sayısından sonra, özellikle yüklerin yapı içinde dağılımında büyük sapmalar ortaya çıkabilir. Bu yüzden kullanılışı sınırlandırılmıştır. Yönetmelikte bu yöntemin kullanılabileceği binalar verilmiştir.

4.13.4 Mod Birleştirme Yöntemi

Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yerdeğıştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir. Modal maksimumlarla çalışıldığı için modal spektral analiz adı ile de anılır.

Yöntem, Eşdeğer Deprem Yüğü yaklaşımına nispetle, yapının dinamik özelliklerini daha ağırlıklı olarak hesaba sokar, yüklerin dağılımı daha gerçeğe yakındır. Diğer dinamik hesap yöntemlerine nispetle uygulaması daha sadedir ve kolay anlaşılır.

Yöntemin hassasiyetinde, modal maksimum katkıların birleştirme teknikleri önemli yer tutar. Deyim yerinde ise, yöntemin yumuşak karnı budur. Bu bağlamda, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte değışik durumlar için değışik birleştirme teknikleri öngörölmüşür. Bunlar ;

(1) $T_s < T_r$ olmak üzere, gözönüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_s / T_r < 0,80$ koşulu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Karekökü Kuralı uygulanabilir.

(2) Bu koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulaması öngörülmüştür. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayıların hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak anılacaktır.

Modal Birleştirme Yöntemi ile bulunan deprem yükünün Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile bulunan yükün belirli bir kesrinden küçük kalmasına izin verilmez. Deprem Yönetmeliği – 1975’de bu sınır %70’dir; birçok ülkenin yönetmeliğinde de buna yakın sınırlar kullanılır. Deprem Yönetmeliği – 1997’de, A1, B2 ve B3 türü düzensizliklerden en az birinin bulunması halinde %100, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması halinde %90 olarak öngörülmüştür. Dinamik hesapta, eşdeğer deprem yükünden daha küçük deprem yükü alınabilmesi, dinamik hesabı teşvik bakımından da yerindedir.

4.13.5 Zaman Tanım Alanında Çözüm Yöntemleri

Özel durumlarda, bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik yada doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için, daha önce kaydedilen veya yapay yollarla üretilen benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılabilir. Çözümde doğrudan integrasyon yönteminden yararlanılabileceği gibi modal analiz de kullanılabilir. (doğrudan integrasyon daha çok tercih edilebilir).

İvme kayıtlarındaki kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, ivmelerin zarfları ± 0.05 g’den az olmamak koşulu ile, yapının birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa alınmaz.

Deprem Yönetmeliği – 1997’ye göre, ayrıca; kaydedilmiş veya benzeştirilmiş her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerleri, bütün periyotlar için $A(T)$ spektral ivme katsayısı değerlerinin g ile çarpımının %90’ından az olmayacaktır.

Aşağıdaki iki bölümde; öncelikle deprem spektrumları ve bunların kullanılışının altında yatan yaklaşım, deprem spektrumlarının çok serbestlik dereceli yapıların modal analizinde kullanılabildiğinin temel felsefesi, modal spektral analizin esasları, başlıca birleştirme teknikleri ve bunların hassasiyeti anlatılmıştır.

4.13.6 Çok Serbestlik Dereceli Sistemlerin (ÇSDS) Doğrusal Elastik Titreşimi

4.13.6.1 Elastik Titreşim Parametreleri

Bir serbestlik dereceli sistemlerin titreşimindeki skaler parametrelerin yerini, çok serbestlik dereceli sistemde vektörel ve matris büyüklükler alır. Bunlar:

- [m] : Kütle matrisi,
- [c] : Sönüm katsayıları matrisi,
- [k] : Rijitlik (yay katsayıları) matrisi,
- {y} : Deplasman vektörü gibi büyüklüklerdir.

4.13.6.2 Çok Serbestlik Dereceli Sistemin Hareket Denklemi

BSD sistem hareket denklemlerindeki skaler büyüklüklerin yerlerini, ÇSD sistemde, yukarıda tanımlanan vektör ve matris büyüklükler alır. Sönümlü sistemin yer sarsıntısı için hareket denklemi,

$$[m]\ddot{\{y\}} + [c]\dot{\{y\}} + [k]\{y\} = -[m]\ddot{\{I\}}x_g \quad (4.2)$$

ve doğal (serbest) titreşim hareket denklemi ise;

$$[m]\ddot{\{y\}} + [c]\dot{\{y\}} + [k]\{y\} = \{0\} \quad (4.3)$$

dir. Anlatım kolaylığından yararlanmak için sönüm terimlerini ihmal ederek, doğal titreşimin zamana bağlı ve kendini periyodik olarak tekrar eden bir vektör olabileceği tahmin edilebilir.

$$\{y\} = \{\Phi\} \sin (\omega t + \theta) \quad (4.4)$$

Tahmin edilen çözümün kendisi ve ikinci türevi aşağıdaki formülde yerlerine konulursa,

$$-\omega^2 [m] \{\Phi\} \sin (\omega t + \theta) + [k] \{\Phi\} \sin (\omega t + \theta) = \{0\} \quad (4.5)$$

ve buda sadeleştirilerek,

$$[[k] - \omega^2 [m]] \{\Phi\} = \{0\} \quad (4.6)$$

bulunur. Bilinmeyenleri $\{\Phi\}$ genlik vektörünün elemanları olan bir homojen $\{$ ikinci tarafı sıfır olan $\}$ lineer cebir denklem takımıdır; $\{\Phi\}$ 'nin sıfırdan farklı çözümleri olabilmesi için, denklem takımının bütün denklemleri bağımsız olmamalı, en az iki denkleminin arasında lineer ilişki bulunmalıdır; bu, matematikte, kısaca “denklem takımının katsayılar matrisi sıfır olmalıdır.” şeklinde ifade edilir:

$$| [k] - w^2 [m] | = 0 \quad (4.7)$$

$[\delta]$ = Elastiklik katsayıları matrisi (flexibility matrix) göstermek üzere, (4.7) ifadesi $[\delta]$ ile çarpılırsa, aynı anlamda, aşağıdaki denklem de elde edilir:

$$| [I] - w^2 [\delta] [m] | = | [I] - w^2 [a] | = 0 \quad (4.8)$$

Burada; $[a] = [\delta] [m]$, yapı dinamiğinde, "dinamik matris" diye anılır, $[I]$ sol köşegen elemanları "1", diğer bütün elemanları "0" olan kare matrisi gösterir. (4.6) ve (4.7) denklemleri ise, matematikte "karakteristik denklem", yapı dinamiğinde "frekanslar denklemi" diye adlandırılır.

Frekanslar denkleminin n adet w^2 pozitif kökü vardır; bunlar, problemin "özel değerleri" olarak anılır. Bu demektir ki, bu denklemin,

n -adet pozitif “+w” kökü,

n -adet negatif “-w” kökü

vardır; n serbestlik. derecesi, "+w" lar ise serbestlik derecesi sayısınca farklı olmak üzere çözüm vektörlerinin açısal frekanslarını gösterir. Bir başka,deyimle; çözüm vektörleri (4.4)'de olduğu gibi bir adet değil, yine bu formda; fakat n sayıdadır. " $-w_i$ " köklerinin fizik bir anlamı yoktur.

Sonuç olarak çözüm, (4.4)'de ifade edildiği gibi değil, ama,

$$\{y\} = \sum \{\Phi_j\} \sin(w_j t + \theta_j) \quad (4.9)$$

Şeklindedir. (toplama $j = 1$ 'den n 'ye kadar) $\{\Phi_j\}$ 'ler de yine titreşimin özel değerlerindendir ve sayıları yine n adettir; bunlara “genlik vektörleri”, “doğal titreşim modları”, “mod vektörleri” yada kısaca “modlar” denir.

(4.9) matris formda aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\{y\} = [\Phi] \{Y\} \quad (4.10)$$

Bu denklemde $[\Phi] = [\{\Phi_1\} \{\Phi_2\} \dots \{\Phi_j\} \dots \{\Phi_n\}]$ genlik vektörlerinden oluşan “genlik matrisini” (mod vektörleri matrisi), Y_j ’ler “genelleştirilmiş koordinat”, $\{Y\}$ ise “genelleştirilmiş koordinat vektörü” diye anılır; bunlara “tabii koordinatlar” da denir.

Hareket denklemi, $\{I\}$ bütün elemanları “1” olan birim vektörü göstermek üzere, genelleştirilmiş koordinatlarla (4.11)’daki gibi yazılabilir.

$$\begin{aligned} [m]\{\ddot{y}\} + [c]\{\dot{y}\} + [k]\{y\} &= -[m]\{\ddot{x}_g\} \\ [m][\Phi]\{\ddot{Y}\} + [c][\Phi]\{\dot{Y}\} + [k][\Phi]\{Y\} &= -[m]\{\ddot{x}_g\} \end{aligned} \quad (4.11)$$

4.13.6.3 Modların Ortogonallığı, Modal Tepkiler ve Modların Süperpozisyonu

Betti-Maxwell karşılıklı teoremine göre; bir yapısal sistemde, $\{F_j\}$ ve $\{F_k\}$ kuvvetler heyetinde oluşan deplasmanlar $\{\delta_j\}$ deplasmanlarında yaptığı virtüel işe eşittir. Bunu şu şekilde ifade etmek de mümkündür: Bir $\{\Phi_j\}$ modundaki kuvvetlerin aynı sisteme ait bir $\{\Phi_k\}$ modundaki deplasmanlarda yaptığı virtüel iş, $\{\Phi_k\}$ modundaki kuvvetlerin $\{\Phi_j\}$ modundaki deplasmanlarda yaptığı virtüel işe eşittir. Burada, kuvvetler atalet kuvvetlerini, deplasmanlar da modal vektörlerin ordinatlarını gösterir. Sözle ifade edilen formüle edilirse,

$$\sum (m_i \Phi_{ij} w_j^2) \Phi_{ki} = \sum (m_i \Phi_{ki} w_k^2) \Phi_{ji} \quad (4.12)$$

yada matris formda,

$$w_j^2 \{\Phi_j\}^T [m] \{\Phi_k\} = w_k^2 \{\Phi_k\}^T [m] \{\Phi_j\} \quad (4.13)$$

olur. Terimler bir tarafta toplanarak sadeleştirilirse,

$$(w_j^2 - w_k^2) \{\Phi_j\}^T [m] \{\Phi_k\} = 0 \quad (4.14)$$

bulunur. Bu ifade ancak iki şekilde sıfıra eşit olabilir:

- (1) $(w_j^2 - w_k^2) = 0$ olmalıdır; bu $w_j = w_k$ ile mümkündür; buda aynı mod hali demektir;
- (2) $\{\Phi_j\}^T [m] \{\Phi_k\} = 0$ olmalıdır; bu takdirde $j \neq k$, yani iki farklı mod hali söz konusu demektir.

Bu ise, iki farklı mod vektörünün $[m]$ ağırlıklı olarak skaler çarpımının sıfır olması, yani iki modun ortogonal (normal, dik) olması demektir. Yine ispat edilmiştir ki, visköz sönüm halinde, $[c] = [2w\xi]$

$$(3) \{\Phi_j\}^T [c] \{\Phi_k\} = 0, j \neq k,$$

ve $[k]$ ağırlıklı olarak,

$$(4) \{\Phi_j\}^T [k] \{\Phi_k\} = 0, j \neq k,$$

dir. Bu son üç ifadeye ortogonallik bağıntıları denir.

Ortogonallik bağıntıları, (4.11) denklemlerini oldukça sadeleştirir; (4.11)'in bütün terimleri $\{\Phi_j\}$ ile soldan çarpılırsa;

$$\{\Phi_j\}^T [m] [\ddot{\Phi}] + \{\Phi_j\}^T [c] [\dot{\Phi}] + \{\Phi_j\}^T [k] [\Phi] = -\{\Phi_j\}^T [m] \{I\} \ddot{x}_g \quad (4.15)$$

olur. Her bir çarpım (terim) grubunda sıfırdan farklı olan sadece birer terim kalır, bunlar;

$$\{\Phi_j\}^T [m] \{\ddot{\Phi}_j\} + \{\Phi_j\}^T [c] \{\dot{\Phi}_j\} + \{\Phi_j\}^T [k] \{\Phi_j\} = -\{\Phi_j\}^T [m] \{I\} \ddot{x}_g \quad (4.16)$$

dir. Aşağıdaki kısaltmalar yapılırsa;

$M_j = \{\Phi_j\}^T [m] \{\Phi_j\} =$ Genelleştirilmiş kütle, modal kütle,

$C_j = 2w_j \xi_j = \{\Phi_j\}^T [c] \{\Phi_j\} =$ Genelleştirilmiş sönüm katsayısı, modal sönüm katsayısı,

$K_j = \{\Phi_j\}^T [k] \{\Phi_j\} =$ Genelleştirilmiş yay katsayısı, modal yay katsayısı ile, (4.16) daha sade yazılabilir:

$$M_j \ddot{Y}_j + 2 w_j \xi_j \dot{Y}_j + K_j Y_j = -\{\Phi_j\}^T [m] \{I\} \ddot{x}_g \quad (j = 1, \dots, n) \quad (4.17)$$

$$\ddot{Y}_j + C_j / M_j \dot{Y}_j + K_j / M_j Y_j = -(\{\Phi_j\}^T [m] \{I\}) / M_j \ddot{x}_g \quad (j = 1, \dots, n) \quad (4.18)$$

ikinci taraftaki,

$$\Gamma_j = (\{\Phi_j\}^T [m] \{I\}) / M_j \quad (4.19)$$

Çarpanı, modal katılım çarpanı olarak anılır. Bütün kısaltmalarla birlikte, çok serbestlik dereceli yapısal sistemin (ÇSDS) modal hareket denklemleri genelleştirilmiş koordinatlarla, bir serbestlik dereceli sistemin (BSDS) hareket denklemi ile birlikte yazılırsa, karşılaştırma imkanı verecek bir formül karşışılır:

$$\text{ÇSDS} : \ddot{Y}_j + (2w_j\xi_j) \dot{Y}_j + w_j^2 Y_j = -\Gamma_j \ddot{x}_g \quad (j = 1, \dots, n) \quad (4.20)$$

$$\text{BSDS} : \ddot{y} + 2w\xi \dot{y} + w^2 y = -\ddot{x}_g \quad (4.21)$$

ÇSDS modal hareket denklemleri ile BSDS hareket denklemi şekil ve terimleri itibariyle birbirlerine çok benzemektedirler. Şöyle ki:

- Çok serbestlik dereceli sistemin modal hareket denklemleri, genel hareket denklemlerinden farklı olarak bağlantısız, her biri kendi içinde bir serbestlik dereceli sistem gibi çözülebilecek formdadır, modal hareket denklemlerinin her biri ile bir modal tepkinin genelleştirilmiş koordinatlardaki çözümü bulunabilir.
- Çözümlerde, denklemlerin benzerliğinden yararlanarak, BSD sistem çözümlerinden yararlanılabilir; benzerlikte tek fark, ÇSDS denklemlerinin sağ tarafının Γ_j modal katılım çarpanı ile çarpılmış olmasıdır. Dolayısıyla, modal tepkinin hesabı için BSDS benzerliği ile bilinen çözümü Γ_j modal katılım çarpanı ile çarpmak gerekir:

$$Y_j (w_j)_{\text{ÇSDS}} = y(w_j)_{\text{BSDS}} \Gamma_j \quad (4.22)$$

Genelleştirilmiş modal tepkiler bulunduktan sonra, geometrik koordinatlara dönüştürülerek modal geometrik tepkiler elde edilir.

$$\{y_j\} = \{\Phi_j\} Y_j \quad (4.23)$$

Sonra, bunlar toplanarak yapının tepkisi elde edilir:

$$\{y\} = \Sigma \{y_j\} = \Sigma \{\Phi_j\} Y_j = [\Phi] \{Y\} \quad (4.24)$$

- Bu suretle çok serbestlik dereceli sistemin tepkisinin hesabına, modal tepkilerin toplanması yöntemi, modal analiz yöntemi, yaygın adı ile modal süperpozisyon yöntemi denir.
 - Bunu gerçekleştirmek için;
- 1) Önce, ÇSDS dinamik özellikleri, yani w_j modal frekansları, $\{\Phi_j\}$ modal vektörleri ve Γ_j modal katılım çarpanları hesaplanır;
 - 2) Sonra BSD sistem çözümlerinden benzeşimle, dikkate alınan her j modu için Y_j , genelleştirilmiş koordinatları, gerekiyorsa bunun karşılığı genelleştirilmiş hız ve/veya genelleştirilmiş ivmeler hesaplanır.

3) Sonunda Y_j , genelleştirilmiş koordinatları, modal geometrik koordinatlara çevrilir ve toplanır:

$$\{y\} = \sum_i^n \{y_j\} = \sum_i^n \{\Phi_j\} Y_j = [\Phi] \{Y\} \quad (4.25)$$

Literatürde bu yaklaşımla yapı dinamik hesabına normal mod analizi denir. Uygulamada serbestlik derecesi sayısınca modla bu yaklaşımı uygulamak çok zahmetli olur; birçok halde, $r < n$ (=serbestlik derecesi) olmak üzere r sayıda ilk modun toplanması suretiyle hesap yapılması yeterli yaklaşıklık sağlar.

4.13.6.4 Dinamik Hesap Yöntemleri ve Modal Spektral Hesap

Deprem yönetmeliklerinde belirli şartlar altında kullanılmasına izin verilen en yaygın yöntem, eşdeğer statik yöntem adıyla anılan ve kimi kere yarı dinamik yada yarı statik yöntem diye bilinen yöntemdir. Ne var ki bu yöntem yeterince hassas değildir; bu nedenle deprem yönetmelikleri bu yöntemin, yukarıda değinildiği gibi, ancak belirli koşullarda kullanılmasına izin verir, düzensiz ve komplike yapı sistemleri için dinamik hesap yapılmasını ister.

Bununla beraber, pür dinamik hesap yapmak o kadar kolay değildir. Dinamik hesap denilebilecek yaklaşımlar genelde yorucu yöntemlerdir; ancak, ilginç ve mühendisin düşünce ufkunu genişleten yaklaşımlardır. Dinamik hesap olarak bilinen ve bugün için uygulamada kullanılan başlıca üç değişik yaklaşım vardır. Bunlar;

- (1) Doğrudan integrasyon yaklaşımları,
- (2) Normal mod analizi (modal tepkilerin eş zamanlı olarak toplanması),
- (3) Modal spektral hesap (modal maksimumların bir şekilde toplanması suretiyle hesap).

1997 Deprem yönetmeliğinde ilk iki grup yaklaşım, zaman tanım alanında çözüm yöntemleri olarak anılmıştır. Sonuncu sırada sayılan yöntem, diğer iki yaklaşıma göre çok daha kolaydır; fazla karmaşık olmayan ve uygulamada sıkça karşılaşılan yapılar için yeterince de hassastır. Bu nedenle yaygın olarak kullanılır.

4.13.6.5 Modal Spektral Tepkilerin Hesabı

Yukarıda görüldüğü üzere; çok serbestlik dereceli sistemlerin çözümünü, bir serbestlik dereceli sistem çözümlerinden hareketle elde etmek mümkündür. Bununla beraber, BSD sistemler için bile yer sarsıntıları gibi oldukça karmaşık fonksiyonlar için çözümleri o kadar kolay değildir. Hala tasarımcı için aşılması gerekli güçlükler vardır. Problemi standart proje çözümlerinde kullanılabilecek kadar sadeleştirmek gereklidir. Bu bağlamda, tepki spektrumlarından yararlanmak düşünülebilir; sonra da (4.25) süperpozisyon denklemi ile ÇSD

sistemin çözümü bulunur. Yine de $Y_j(t)$ modal tepkileri bulmak da yeterince güç, en azından uzun hesap rutinlerini ve hesap zamanını gerektirir. Ancak, spektral tepki spektrumlarını yada tasarım spektrumlarını kullanarak $Y_{j,max}$ modal spektral (maksimum) değerleri bulmak kolaydır; örneğe spektral hız (SV) yada spektral ivme (SA) spektrumları kullanıldığında ÇSD sistemin modal spektral çözümleri aşağıdaki gibi kolayca hesaplanabilir:

4.13.6.6 Modal Spektral İvmeler

Modal spektral ivmelerin genelleştirilmiş koordinatlardaki değerleri, doğrudan spektral ivme spektrumlarından okunup modal katılım çarpanı ile çarpılır:

$$\ddot{Y}_j(w_j, \xi_i)_{\max} = \ddot{Y}_j(T_j, \xi_i)_{\max} = \Gamma_j SA(T_j, \xi_i) \quad (4.26)$$

Yada modal spektral hız spektrumlarından okunan spektral hızlarla hesaplanır:

$$\ddot{Y}_j(w_j, \xi_i)_{\max} = \ddot{Y}_j(T_j, \xi_i)_{\max} = \Gamma_j w_j SV(w_j, \xi_i) = \Gamma_j w_j SV(T_j, \xi_i) \quad (4.27)$$

Modal spektral ivmelerin geometrik koordinatlardaki değerleri ise;

$$\{\ddot{y}_j\}_{\max} = \{\Phi_j\} \ddot{Y}_j(w_j, \xi_i)_{\max} = \{\Phi_j\} \ddot{Y}_j(T_j, \xi_i)_{\max} \quad (4.28)$$

4.13.6.7 Modal Spektral Deplasmanlar

Genelleştirilmiş modal spektral deplasmanlar ve genelleştirilmiş modal spektral hız koordinatları, spektral ivme spektrumlarından ve spektral hız spektrumlarından hareketle yazılabilir:

$$Y_{j,max} = \Gamma_j / w_j^2 SA(w_j, \xi_j) = \Gamma_j / w_j^2 SA(T_j, \xi_j) \quad (4.29)$$

$$Y_{j,max} = \Gamma_j / w_j SV(w_j, \xi_j) = \Gamma_j / w_j SV(T_j, \xi_j) \quad (4.30)$$

Modal spektral deplasmanların geometrik koordinatlardaki değerleri ise;

$$\{y_j\}_{\max} = \{\Phi_j\} Y_{j,max} \quad (4.31)$$

şeklinde hesaplanır.

4.13.7 Modal Spektral Tepkilerin Toplama Teknikleri

Modal spektral $Y_{j,max}$ tepkileri yada bunlara tekabül spektral $\{y_j\}_{\max} = \{\Phi_j\} Y_{j,max}$ tepkileri eş zamanlı olarak spektral (maksimum) değerlerine ulaşmış büyüklükler olmadığından, aritmetik olarak üst üste toplanamazlar. Bununla beraber, modal spektral tepkilerin toplanması için, çok özel durumlar dışında yeterince, hassas teknikler geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları aşağıda

verilmiştir. Modal spektral değerlerin bir şekilde toplanması suretiyle yapılan bu hesaba modal spektral hesap, Türkiye pratiğinde ise genelde modal süperpozisyon yöntemi denir.

4.13.7.1 Karelerin Toplamının Karekökü

$Y_{j,max}$ modal spektral tepkileri yada bunlara tekabül eden geometrik koordinat değerleri $\{y_j\}_{max} = \{\Phi_j\} Y_{j,max}$ değerleri rast gele değerler varsayılarak probabilistik dağılımların (genelde normal dağılım) toplanmasında olduğu gibi toplanabilirler. Bu bağlamda ilk akla gelen toplama tekniklerinden biri karelerin toplamının karekökü olarak da anılan vektörel toplama tekniğidir.

$$\{y\}_{SRSS} = \left[\sum_{j=1}^r \{y_j\}_{max}^2 \right]^{1/2} \quad (4.32)$$

$$\{\ddot{y}\}_{SRSS} = \left[\sum_{j=1}^r \{\ddot{y}_j\}_{max}^2 \right]^{1/2} \quad (4.33)$$

$$\{F\}_{j,max} = [k]\{y\}_{j,max} = [m]\{\ddot{y}_j\} \quad (4.34)$$

$$\{F\}_{SRSS} = \left[\sum_{j=1}^r (\{F_j\}_{max})^2 \right]^{1/2} \quad (4.35)$$

$$\{V\}_{j,max} = [S]\{F\}_{j,max} \quad (4.36)$$

$$\{V_i\}_{SRSS} = \left[\sum_{j=1}^r (\{V_{ij}\}_{max})^2 \right]^{1/2} \quad (4.37)$$

$$\{M_k\}_{SRSS} = \left[\sum_{j=1}^r (\{V_{kj}\}_{max})^2 \right]^{1/2} \quad (4.38)$$

Burada; $\{F\}_{SRSS}$ karelerin toplamın karekökü yolu ile hesaplanan kat atalet kuvvetleri vektörünü, $\{F_j\}_{max}$ j modundaki spektral kat atalet kuvvetleri vektörünü, $\{V_i\}_{SRSS}$ i katı için karelerin toplamının karekökü yolu ile hesaplanan kesme kuvvetini, $\{V_{ij}\}_{max}$ i katında j modunda spektral kesme kuvvetini, k sistemde bir k numaralı kesiti, M_k bu kesitteki eğilme momentini gösterir.

Görüldüğü gibi; $r \leq n$ olmak üzere, toplama $j=1$ 'den r 'ye kadar yapılır; bir başka anlatımla, belirli sayıda ilk mod spektral (maksimum) değerinin karesel toplamının alınması yeterli olmaktadır.

5. YAPI SİSTEMLERİNİN ANALİZİ VE SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1 A2 Türü Burulma Düzensizliğine Sahip Yapı Sisteminin Analizi – Örnek 1

Bu örnekte analizi yapılacak yapıya ait bilgiler aşağıda verilmiştir. Verilen sonuçların gerçekçi olabilmesi için, elemanların boyutlarının seçimi, günümüzde uygulanan yapıların eleman boyutlarına uygun olarak yapılmıştır ve bu boyutlamalar için İdeSTATİK İDS 99 programı kullanılmıştır. Deprem yüklerinin tamamı çerçeve sistemiyle taşındığı için yapının süneklik düzeyi “Yüksek” olarak seçilmiştir.

Bina Genel Bilgileri :

Kat Sayısı	: 8
Kat Yüksekliği	: 2,8 m
Etkin Yer İvme Katsayısı (A_0)	: 0,4
Deprem Bölgesi	: 1
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	: 8
Yapı Önem Katsayısı (I)	: 1
Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A, T_B)	: 0,10 – 0,30 sn
Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n)	: 0,3
Beton Sınıfı	: C20
Çelik Sınıfı	: S420

Yapıda eleman boyutları :

Çizelge 5.1 A2 türü düzensizlik durumu içeren yapıda kolon boyutları

KAT	S118 S125	S102,S103,S104 S105,S106,S107 S111,S132,S136 S137,S138,S139 S140,S141,S142	S108,S114,S115 S121,S122,S128 S129,S135	S109,S113,S116 S120,S123,S127 S130,S134	S110,S112,S117 S119,S124,S126 S1311,S133
1-8	R=70	60x30	30x60	40x40	50x50

Kiriş boyutları ve kiriş yükleri :

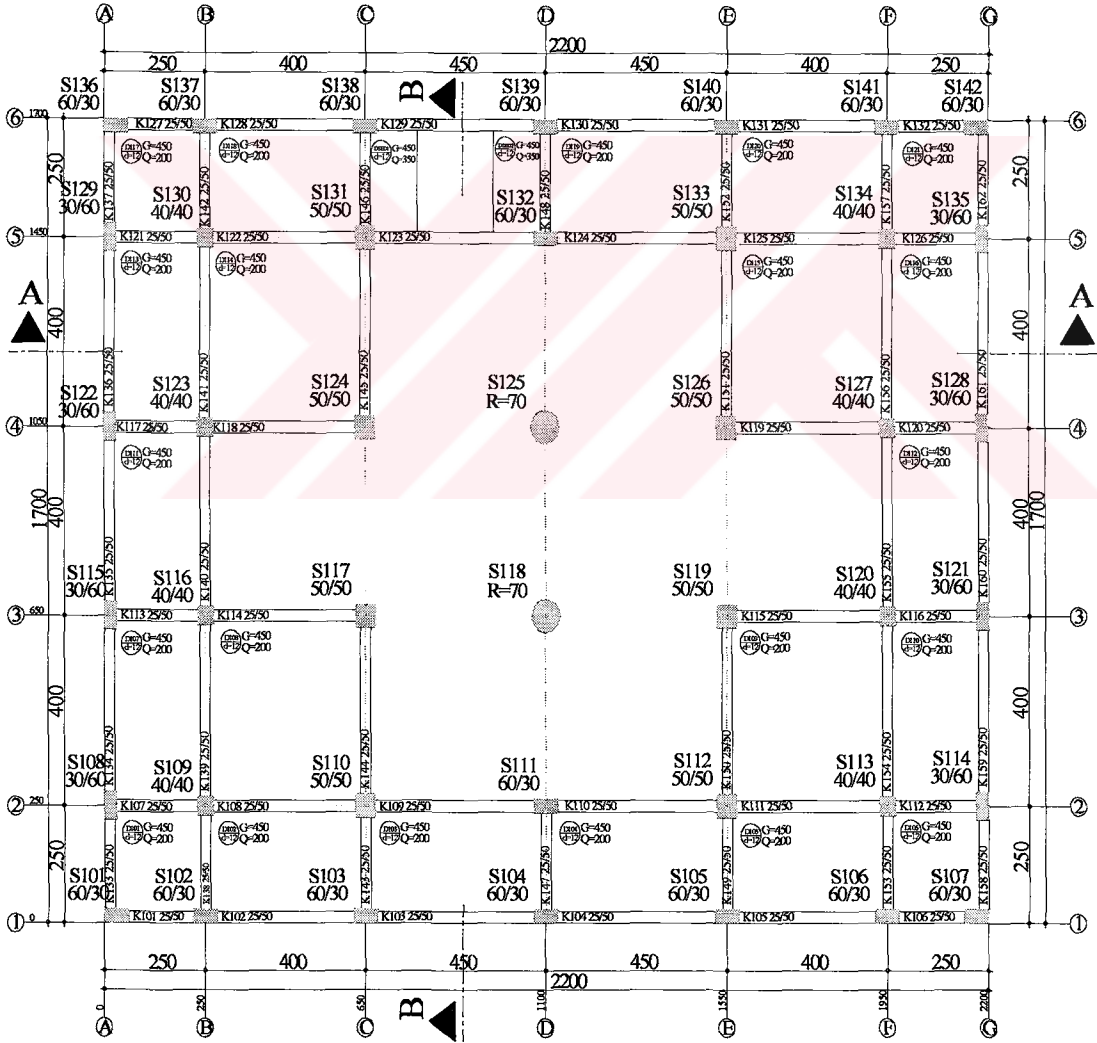
Tüm kiriş boyutları (25/50)

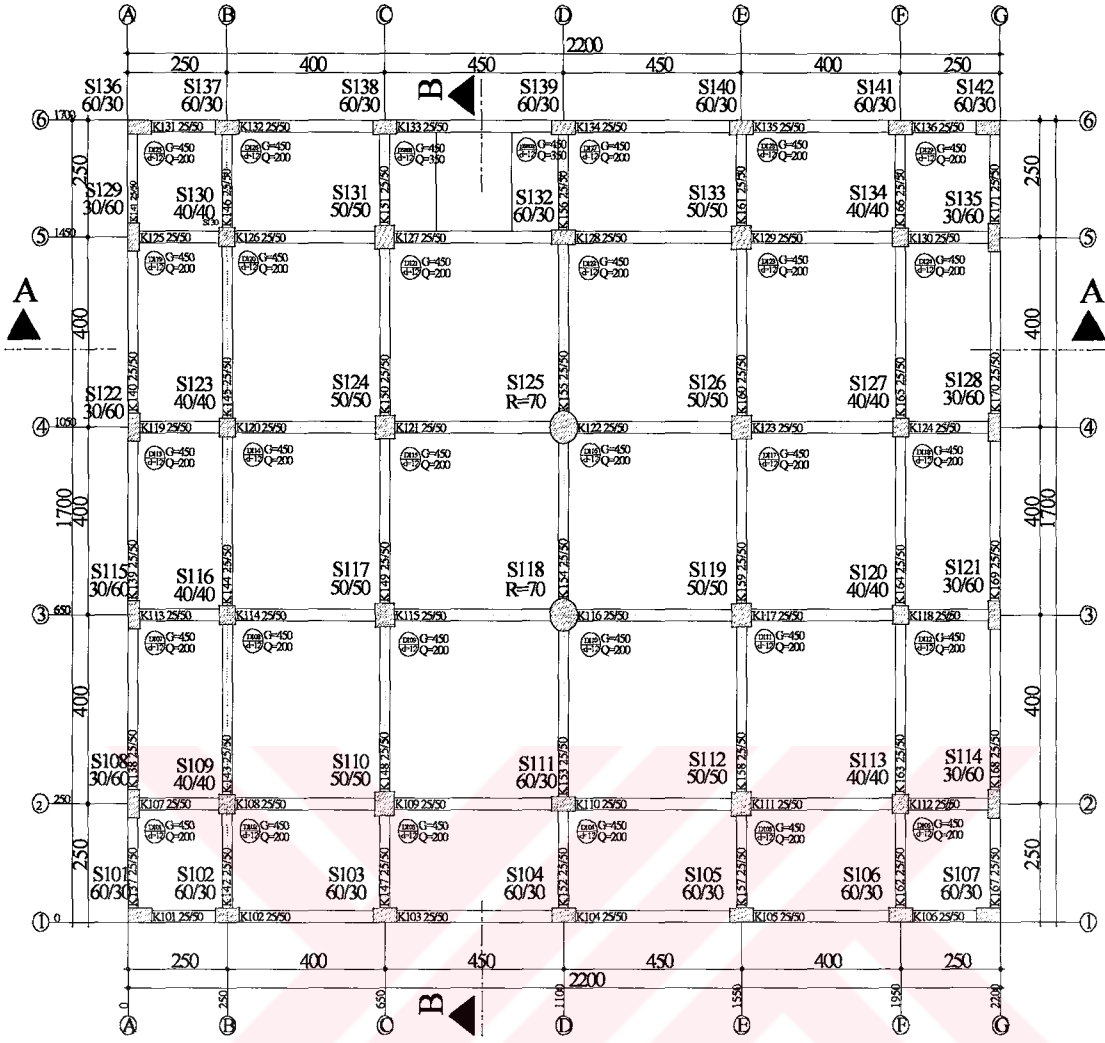
$g = 0,6 \text{ t/m}$ (Zati ağırlık hariç)

Döşeme kalınlığı ve döşeme yükleri :

1. – 7. katlarda $h_f = 12 \text{ cm}$ $g = 0,511 \text{ t/m}^2$ $q = 0,2 \text{ t/m}^2$

8. katta $h_f = 12 \text{ m}$ $g = 0,45 \text{ t/m}^2$, $q = 0,15 \text{ t/m}^2$





Şekil 5.2 A2 türü düzensizlik durumu içeren yapının normal kat planı

Yapıda A2 düzensizliğinin kontrolü :

$$\text{Brüt kat alanı } A = 22 \times 17 = 374 \text{ m}^2$$

$$\text{Boşluk alanı } A_b = (4,5 + 4,5) \times (4 + 4 + 4) + 4 \times 4 \times 2 = 140 \text{ m}^2 \text{ (zemin + 1. normal katta)}$$

$$A_b / A = 140 / 374 = 0,374 > 0,33 \text{ olduğu için yapıda A2 düzensizlik durumu bulunmaktadır.}$$

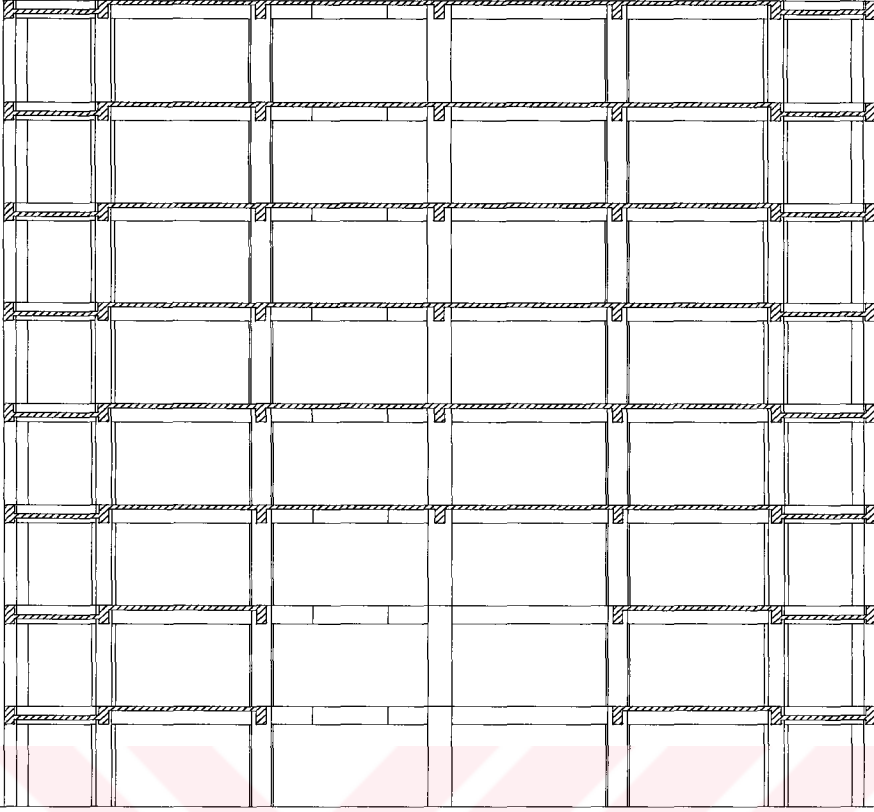
CE ve 12 aksları arasında kalan döşemeler (D103 ve D104) deprem yüklerinin düşey taşıyıcılara güvenle aktarılabilirdiğinin tahkiki :

$$\text{Döşeme kalınlığı } h_f = 12 \text{ cm}$$

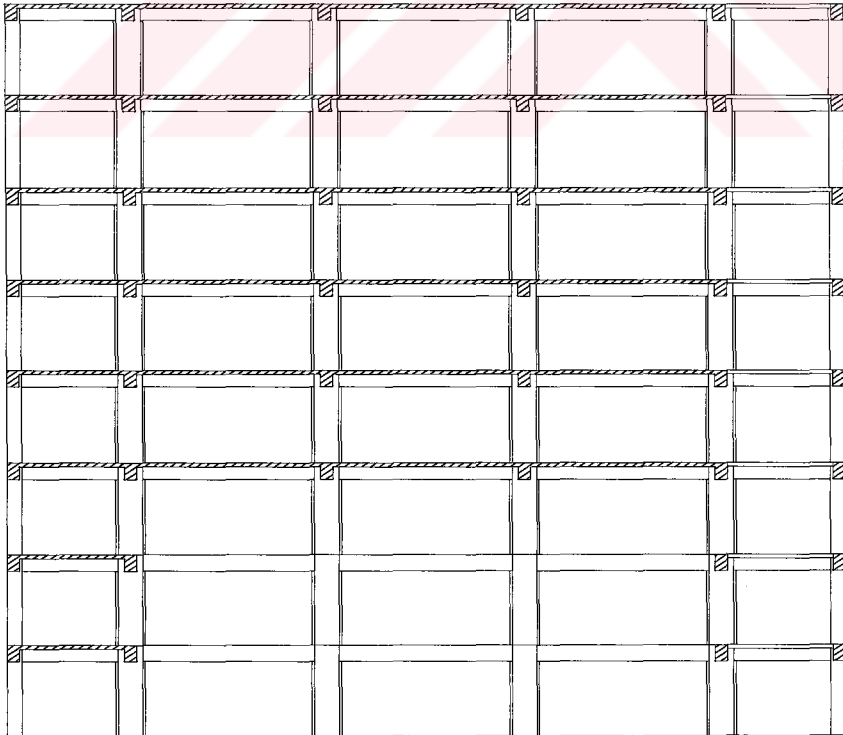
$$W_i = g + n \times q = 0,511 + 0,3 \times 0,200 = 0,561 \text{ t / m}^2$$

$$W = 140 \times 0,561 = 79 \text{ ton}$$

$$S_{(T)} = 2,5 \text{ (Maksimum değer alınmıştır.)}$$



Şekil 5.3 A2 türü düzensizlik durumu içeren yapının A-A kesiti



Şekil 5.4 A2 türü düzensizlik durumu içeren yapının B-B kesiti

$$V_t = A_o \times I \times S_{(T)} \times W / R = 0,4 \times 1,0 \times 2,5 \times 79 / 8 = 9,875 \text{ ton}$$

Toplam deprem yükü f_E döşeme boyunca yayılıdır.

$$f_E = 9,875 / 9 = 1,097 \text{ t / m}^2 \text{ (D103 – D104 döşemelerine C aksı ile E aksı arasında)}$$

$$V_E = 1,097 \times (9/2) = 4,94 \text{ ton (reaksiyon)}$$

$$V_{cr} = 0,8 \times (0,65 \times f_{ctd}) \times b_w \times d = 0,8 \times 0,65 \times 10 \times 12 \times 250 = 15600 \text{ kgf} = 15,6 \text{ ton}$$

$V_{cr} > V_E$ Eğik asal çekme çatlağı oluşmayacaktır.

$$M_E = q \times l^2 / 8 = 1,097 \times 9^2 / 8 = 11,1 \text{ tm (Döşeme açıklık ortası momenti)}$$

$$I = b \times h^3 / 12 = 0,12 \times 2,5^3 / 12 = 0,156 \text{ m}^4 \text{ (Döşeme atalet momenti)}$$

$$\sigma_b = M \times y / I = 11,1 \times (2,5/2) / 0,156 = 88,94 \text{ t / m}^2 < f_{ctd} = 100 \text{ t / m}^2$$

Döşemede eğilme çatlaması oluşmayacaktır.

Kiriş boyutları 25x50 cm, $d = 46 \text{ cm}$, donatı yüzdesi, $\rho = 0,008$

$$A_s = \rho \times b_w \times d = 0,008 \times 25 \times 46 = 9,2 \text{ cm}^2 \text{ (Donatı alanı)}$$

$$\text{Döşemenin moment taşıma kapasitesi } M_r = A_s \times f_{yd} \times z = 9,2 \times 3,65 \times (0,875 \times 250) = 7345,625 \text{ tcm} = 73,45 \text{ tm}$$

$$73,45 \text{ tm} > 11,1 \text{ tm}, M_r > M_E$$

Atımtay (2000) 'deki yöntem dikkate alınarak yapılan tahkik sonucu döşemelerin kendi düzlemleri içinde üzerine gelen deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarabildiği görülmektedir. Ancak seçilen bu sistemde, idestatik 99 programı kullanılarak yapılan tahkik sonucu; bina üst katlarındaki yük oluşturan elemanlar, zemin katta geniş açıklıklar oluşturabilmek amacıyla devam ettirilmediği için B2 (Yumuşak – zayıf kat) türü düzensizlik durumu tespit edilmiştir.

5.2 Örnek 1'e Ait Analiz Sonuçları

Çizelge 5.2 Kat Eşdeğer Yatay Kuvvetleri ve Genel Bilgileri

Kat No	gi [t]	qi [t]	HYKK	wi [t]	Hi [m]	wi x Hi	Fi(x) [t]	Vt(x) [t]	Fi(y) [t]	Vt(y) [t]
Z	262,29	37,80	0,30	273,63	2,80	766,15	4,08	188,06	3,90	180,00
1	263,04	37,80	0,30	274,38	5,60	1536,54	8,18	183,98	7,83	176,09
2	338,72	62,45	0,30	357,46	8,40	3002,65	15,98	175,80	15,30	168,26
3	338,72	62,45	0,30	357,46	11,20	4003,53	21,31	159,82	20,40	152,96
4	338,72	62,45	0,30	357,46	14,00	5004,41	26,64	138,51	25,49	132,56
5	338,72	62,45	0,30	357,46	16,80	6005,30	31,96	111,87	30,59	107,07
6	338,72	62,45	0,30	357,46	19,60	7006,18	37,29	79,91	35,69	76,48
7	338,72	62,45	0,30	357,46	22,40	8007,06	42,62	42,62	40,79	40,79

gi binanın i. katındaki toplam sabit yük [t], qi binanın i. katındaki toplam hareketli yük [t], HYKK hareketli yük katılım katsayısı, wi binanın i. katının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı, Hi binanın i. katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (m), Fi (x) eşdeğer deprem yükü yönteminde i. kata x yönünde etkiyen eşdeğer deprem yükü (t), Fi (y) eşdeğer deprem yükü yönteminde i. kata y yönünde etkiyen eşdeğer deprem yükü (t).

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) w_i H_i / \sum_{j=1}^N (w_j H_j) \quad (\text{A.B.Y.Y.H.Y., 1998 Denk. 6.9}) \quad (5.1)$$

$$V_t = W A (T_1) / R_a (T_1) \geq 0,10 A_0 I W \quad (\text{A.B.Y.Y.H.Y., 1998 Denk. 6.4}) \quad (5.2)$$

Dinamik Hesap

$$W = 2692,76 \text{ t}$$

$$T_{1a} = 0,72 \text{ sn}$$

$$H_n = 22,40 \text{ m}$$

$$\Delta F_n(x) = 0,00 \text{ t}$$

$$\Delta F_n(y) = 0,00 \text{ t}$$

$$V_t(x) = 188,05 \text{ t}$$

$$V_t(y) = 180,00 \text{ t}$$

$$V_{tB}(x) = 162,62 \text{ t}$$

$$V_{tB}(y) = 156,63 \text{ t}$$

$$V_{t(x)} / V_{tB}(x) = 1,16$$

$$V_{t(y)} / V_{tB}(y) = 1,15$$

$$\beta = 1,00$$

$$\beta V_{t(x)} / V_{tB}(x) = 1,16$$

$$\beta V_{t(y)} / V_{tB}(y) = 1,15$$

$$A_o = 0,40$$

$$I = 1,00$$

W binanın hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı, T1a binanın amprik bağıntı ile hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu, Hn binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği, $\Delta F_n(x)$ binanın N'inci katına (tepesine) x yönünde etkiyen ek eşdeğer deprem yükü, $\Delta F_n(y)$ binanın N'inci katına (tepesine) y yönünde etkiyen ek eşdeğer deprem yükü, $V_{t(x)}$ eşdeğer deprem yükü yönteminde x doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti), $V_{t(y)}$ eşdeğer deprem yükü yönteminde y doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti), $V_{tB}(x)$ mod birleştirme yönteminde x yönünde modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti), $V_{tB}(y)$ mod birleştirme yönteminde y yönünde modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti), β mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerinin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı, A_o etkin yer ivmesi katsayısı, I bina önem katsayısı (İdeStatik İds Integrated Design System Referans El Kitabı, Sayfa 273)

Spektrum Katsayısı (Spektrum Eğrisi)

$$S (Tr) = 1 + 1,5 Tr / 0,1 \quad (0 \leq Tr \leq 0,1) \quad (5.3)$$

$$S (Tr) = 2,5 \quad (0,1 \leq Tr \leq 0,3) \quad (5.4)$$

$$S (Tr) = 2,5 (0,3 / Tr)^{0,8} \quad (Tr > 0,3) \quad (5.5)$$

İlgili modun Tr değeri yerine koyularak $S(Tr)$ hesaplanır.

Çizelge 5.3 X Yönü Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlilik Kontrolü

Bina Toplam Kütlesi	[t]	274,49	Hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlidir.
Bina Toplam Kütlesi X %90	[t]	247,04	
Bina Toplam Kütlesi X %5	[t]	13,72	
Toplam Etkin Modal Kütle	[t]	269,430	

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y, göz önüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütle'lerin toplamının, hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir. Ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkin kütlesi, bina toplam kütlelerinin %5'inden büyük olan bütün titreşim modları göz önüne alınacaktır. (A.B.Y.Y.H.Y., 1998 Madde 6.8.3.)

Çizelge 5.4 X Yönü w, Tr, S(Tr), A(Tr), Ra(Tr), Spa(Tr), Mr, C ve Katkı Çarpanı Değerleri

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
Serbest Titreşim Frekansı (w)	10,116	32,165	57,788	82,964
Doğal Titreşim Frekansı (Tr)	0,62111	0,195341	0,108728	0,075734
Spektrum Katsayısı S(Tr)	1,397	2,5	2,5	2,136
Spektral İvme Katsayısı A(Tr)	0,559	1,000	1,000	0,854
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı Ra(Tr)	8,000	8,000	8,000	6,423
İvme Spektrum Ordinatu Spa (Tr)	0,685	1,226	1,226	1,305
Etkin Modal Kütle (Mr)	233,042	23,648	7,725	5,013
C Katsayısı	12,008	12,254	13,557	16,423
Katkı Çarpanı	15,266	-4,863	2,779	-2,239

x ve y yönü için, her modda, serbest titreşim periyodu (w), doğal titreşim periyodu (Tr) kullanılarak spektrum katsayısı S(Tr), spektral ivme katsayısı A(Tr), deprem yükü azaltma katsayısı Ra(Tr), ivme spektrum ordinatu Spa(Tr), etkin modal kütle (Mr), C katsayısı ve katkı çarpanı hesaplanıp sırasıyla listelenmiştir.

$$Spa(Tr) = A(Tr)g / Ra(Tr) \quad (A.B.Y.Y.H.Y. 1998, Denk. 6.15) \quad (5.6)$$

Sırasıyla karakteristik mod vektörleri, normalleştirilmiş yapı serbest titreşim modları yapı kat maksimum ivmeleri, yapı kat modal kütleleri, yapı kat elastik deprem yükleri, yapı kat tasarım deprem yükleri hesaplanmıştır. Kat maksimum yükleri, eşdeğer ve dinamik yükler olmak üzere listelenmiştir. Bu yüklerin toplamı A.B.Y.Y.H.Y. 1998, Madde 6.8.5'e göre karşılaştırılacaktır. $V_{tB}(x) < \beta V_t(x)$ ve $V_{tB}(y) < \beta V_t(y)$ ise dinamik analizle bulunan bütün iç kuvvetler; x yönü için, $\beta V_t(x) / V_{tB}(x)$; y yönü için $\beta V_t(y) / V_{tB}(y)$ katsayılarıyla otomatik olarak çarpılır. A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda $\beta=1.00$, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta=0.90$ alınacaktır.

Çizelge 5.5 X Yönü Yapı Kat Tasarım Deprem Yükleri

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
7. KAT	36,181	-6,572	2,147	-1,483
6. KAT	31,659	-5,750	1,878	1,297
5. KAT	27,136	-4,929	-1,610	1,112
4. KAT	22,613	4,107	-1,342	-0,927
3. KAT	18,091	3,286	-1,073	-0,741
2. KAT	13,568	2,464	0,805	-0,556
1. KAT	6,943	1,261	0,412	0,285
ZEMİN KAT	3,462	0,629	0,205	0,142

Çizelge 5.6 X Yönü Yapı Kat Maksimum Yükleri

	EŞDEĞER [t]	DİNAMİK [t]
7. KAT	42,616	36,812
6. KAT	37,289	32,220
5. KAT	31,962	27,616
4. KAT	26,635	23,059
3. KAT	21,308	18,447
2. KAT	15,981	13,843
1. KAT	8,178	7,088
ZEMİN KAT	4,078	3,534
TOPLAM	188,05	162,62

Çizelge 5.7 Y Yönü w , T_r , $S(T_r)$, $A(T_r)$, $R_a(T_r)$, $S_{pa}(T_r)$, M_r , C ve Katkı Çarpanı Değerleri

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
Serbest Titreşim Frekansı (w)	9,577	30,412	54,356	77,289
Doğal Titreşim Frekansı (T_r)	0,656038	0,206604	0,115594	0,081295
Spektrum Katsayısı $S(T_r)$	1,337	2,5	2,5	2,219
Spektral İvme Katsayısı $A(T_r)$	0,535	1,000	1,000	0,888
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_r)$	8,000	8,000	8,000	6,784
İvme Spektrum Ordinatu $S_{pa}(T_r)$	0,656	1,226	1,226	1,284
Etkin Modal Kütle (M_r)	234,262	23,061	7,406	4,911
C Katsayısı	12,069	12,295	13,573	16,430
Katkı Çarpanı	15,306	-4,802	2,721	-2,216

Çizelge 5.8 Y Yönü Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlilik Kontrolü

Bina Toplam Kütlesi [t]	274,49	Hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlidir.
Bina Toplam Kütlesi X %90 [t]	247,04	
Bina Toplam Kütlesi X %5 [t]	13,72	
Toplam Etkin Modal Kütle [t]	269,64	

Çizelge 5.9 Y Yönü Yapı Kat Tasarım Deprem Yükleri

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
7. KAT	34,813	-6,409	2,058	-1,429
6. KAT	30,461	-5,607	1,801	1,250
5. KAT	26,110	-4,806	-1,544	1,072
4. KAT	21,758	4,005	-1,286	-0,893
3. KAT	17,407	3,204	-1,029	-0,714
2. KAT	13,055	2,403	0,772	-0,536
1. KAT	6,681	1,230	0,395	0,274
ZEMİN KAT	3,331	0,613	0,197	0,137

Çizelge 5.10 Y Yönü Yapı Kat Maksimum Yükleri

	EŞDEĞER [t]	DİNAMİK [t]
7. KAT	40,791	35,434
6. KAT	35,692	31,015
5. KAT	30,594	26,582
4. KAT	25,495	22,196
3. KAT	20,396	17,757
2. KAT	15,297	13,325
1. KAT	7,828	6,823
ZEMİN KAT	3,903	3,402
TOPLAM	180,00	156,53

Çizelge 5.11 Yükleme 1 (X Yönü + 0,05) E1 Deprem

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
7. KAT	0,00	0,86	36,81	0,00	31,55
6. KAT	0,00	0,85	32,22	0,00	27,41
5. KAT	0,00	0,85	27,62	0,00	23,53
4. KAT	0,00	0,85	23,06	0,00	19,67
3. KAT	0,00	0,85	18,45	0,00	15,73
2. KAT	0,00	0,85	13,84	0,00	11,82
1. KAT	0,00	0,85	7,09	0,00	6,05
ZEMİN KAT	0,00	0,87	3,53	0,00	3,08

Çizelge 5.12 Yükleme 2 (X Yönü - 0,05) E2 Deprem

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
7. KAT	0,00	-0,86	36,81	0,00	-31,55
6. KAT	0,00	-0,85	32,22	0,00	-27,41
5. KAT	0,00	-0,85	27,62	0,00	-23,53
4. KAT	0,00	-0,85	23,06	0,00	-19,67
3. KAT	0,00	-0,85	18,45	0,00	-15,73
2. KAT	0,00	-0,85	13,84	0,00	-11,82
1. KAT	0,00	-0,85	7,09	0,00	-6,05
ZEMİN KAT	0,00	-0,87	3,53	0,00	-3,08

Çizelge 5.13 Yükleme 3 (Y Yönü + 0,05) E3 Deprem

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
7. KAT	1,11	0,00	0,00	35,43	39,44
6. KAT	1,11	0,00	0,00	31,01	34,50
5. KAT	1,11	0,00	0,00	26,58	29,57
4. KAT	1,11	0,00	0,00	22,20	24,69
3. KAT	1,11	0,00	0,00	17,76	19,75
2. KAT	1,11	0,00	0,00	13,32	14,83
1. KAT	1,11	0,00	0,00	6,82	7,59
ZEMİN KAT	1,11	0,00	0,00	3,40	3,78

Çizelge 5.14 Yükleme 4 (Y Yönü - 0,05) E4 Deprem

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
7. KAT	-1,11	0,00	0,00	35,43	-39,44
6. KAT	-1,11	0,00	0,00	31,01	-34,50
5. KAT	-1,11	0,00	0,00	26,58	-29,57
4. KAT	-1,11	0,00	0,00	22,20	-24,69
3. KAT	-1,11	0,00	0,00	17,76	-19,75
2. KAT	-1,11	0,00	0,00	13,32	-14,83
1. KAT	-1,11	0,00	0,00	6,82	-7,59
ZEMİN KAT	-1,11	0,00	0,00	3,40	-3,78

Kat kütleleri, her katın kütle merkezinde ve ayrıca ek dışmerkezlik etkisi'nin hesaba katılabilmesi amacı ile, kaydırılmış kütle merkezleri'nde tanımlanacaktır. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalardır. (A.B.Y.Y.H.Y. 1998, Madde 6.8.2.)

Çizelge 5.15 Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 1. Deprem Yüklemesi

1. Deprem Yüklemesi						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\dot{G}A$	$\Delta \dot{I}S\dot{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
7. KAT	0,52	0,45	0,45	0,52	0,52	0,000185
6. KAT	0,81	0,69	0,69	0,81	0,81	0,000288
5. KAT	1,06	0,91	0,91	1,06	1,06	0,000378
4. KAT	1,26	1,08	1,08	1,26	1,26	0,000451
3. KAT	1,42	1,22	1,22	1,42	1,42	0,000508
2. KAT	1,62	1,39	1,39	1,62	1,62	0,000578
1. KAT	1,70	1,48	1,48	1,70	1,70	0,000608
ZEMİN KAT	1,18	1,02	1,02	1,18	1,18	0,000423

Çizelge 5.16 Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 2. Deprem Yüklemesi

2. Deprem Yüklemesi						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\dot{G}A$	$\Delta \dot{I}S\dot{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
7. KAT	0,45	0,51	0,51	0,45	0,51	0,000182
6. KAT	0,70	0,80	0,80	0,70	0,80	0,000284
5. KAT	0,92	1,04	1,04	0,92	1,04	0,000373
4. KAT	1,09	1,25	1,25	1,09	1,25	0,000446
3. KAT	1,23	1,40	1,40	1,23	1,40	0,000502
2. KAT	1,41	1,60	1,60	1,41	1,60	0,000571
1. KAT	1,49	1,69	1,69	1,49	1,69	0,000602
ZEMİN KAT	1,02	1,18	1,18	1,02	1,18	0,000420

Çizelge 5.17 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 3. Deprem Yükleme

3. Deprem Yükleme						
KAT	$\Delta \text{İSLU}$	$\Delta \text{İSLA}$	$\Delta \text{İSĞA}$	$\Delta \text{İSĞU}$	$\Delta i \text{ max}$	$\Delta i \text{ max} / h_i$
7. KAT	0,45	0,45	0,56	0,56	0,56	0,000198
6. KAT	0,70	0,70	0,87	0,87	0,87	0,000312
5. KAT	0,92	0,92	1,14	1,14	1,14	0,000409
4. KAT	1,10	1,10	1,37	1,37	1,37	0,000488
3. KAT	1,23	1,23	1,54	1,54	1,54	0,000549
2. KAT	1,44	1,44	1,77	1,77	1,77	0,000633
1. KAT	1,56	1,56	1,90	1,90	1,90	0,000678
ZEMİN KAT	1,10	1,10	1,35	1,35	1,35	0,000484

Çizelge 5.18 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 4. Deprem Yükleme

4. Deprem Yükleme						
KAT	$\Delta \text{İSLU}$	$\Delta \text{İSLA}$	$\Delta \text{İSĞA}$	$\Delta \text{İSĞU}$	$\Delta i \text{ max}$	$\Delta i \text{ max} / h_i$
7. KAT	0,56	0,56	0,45	0,45	0,56	0,000198
6. KAT	0,87	0,87	0,70	0,70	0,87	0,000312
5. KAT	1,15	1,15	0,92	0,92	1,15	0,000409
4. KAT	1,37	1,37	1,09	1,09	1,37	0,000488
3. KAT	1,54	1,54	1,23	1,23	1,54	0,000550
2. KAT	1,77	1,77	1,44	1,44	1,77	0,000634
1. KAT	1,90	1,90	1,56	1,56	1,90	0,000678
ZEMİN KAT	1,35	1,35	1,10	1,10	1,35	0,000484

$\Delta \text{İSLU}$ i. katın Sol-Alt köşesinde hesaplanan görelî öteleme [mm], $\Delta \text{İSLA}$ i. katın Sol-Üst köşesinde hesaplanan görelî öteleme [mm], $\Delta \text{İSĞA}$ i. katın Sağ-Alt köşesinde hesaplanan görelî öteleme [mm], $\Delta \text{İSĞU}$ i. katın Sağ-Üst köşesinde hesaplanan görelî öteleme [mm].
(İdeStatik İds Integrated Design System Referans El Kitabı, Sayfa 277)

$$\Delta \text{İSLU} = d(i)\text{SLU} - d(i-1)\text{SLU} \quad (\text{A.B.Y.Y.H.Y. 1998, Denk. 6.19}) \quad (5.7)$$

$$\Delta \text{İSLA} = d(i)\text{SLA} - d(i-1)\text{SLA} \quad (\text{A.B.Y.Y.H.Y. 1998, Denk. 6.19}) \quad (5.8)$$

$$\Delta \text{İSĞA} = d(i)\text{SĞA} - d(i-1)\text{SĞA} \quad (\text{A.B.Y.Y.H.Y. 1998, Denk. 6.19}) \quad (5.9)$$

$$\Delta \text{İSĞU} = d(i)\text{SĞU} - d(i-1)\text{SĞU} \quad (\text{A.B.Y.Y.H.Y. 1998, Denk. 6.19}) \quad (5.10)$$

d_i ve d_{i-1} , binanın i'inci ve (i-1)'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında hesaptan elde edilen yatay yerdeğiştirmeleri göstermektedir. $\Delta i \text{ max} = \Delta \text{İSLU}$, $\Delta \text{İSLA}$, $\Delta \text{İSĞA}$ ve $\Delta \text{İSĞU}$ 'dan en büyüğüdür. Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir

i'inci katındaki kolon veya perdelerde, hesaplanan göreceli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $\Delta_i \max$, Denklem (5.11)'de verilen koşulların elverişsiz olanını sağlamalıdır. (A.B.Y.Y.H.Y. 1998, Madde 6.10.1.2)

$$\Delta_i \max / h_i \leq 0,0035 \quad (5.11a)$$

$$\Delta_i \max / h_i \leq 0,02 / R \quad (5.11b)$$

Çizelge 5.19 2. Mertebe Etkileri – 1. Deprem Yüklemesi

1. Deprem Yüklemesi						
KAT	$(\Delta_i)_{ort}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
7. KAT	0,48	42,57	2,80	357,46	119,19	0,001440
6. KAT	0,75	79,83	2,80	714,92	223,52	0,002400
5. KAT	0,98	111,76	2,80	1072,37	312,93	0,003360
4. KAT	1,17	138,43	2,80	1429,83	387,59	0,004320
3. KAT	1,32	159,76	2,80	1787,29	447,32	0,005270
2. KAT	1,51	175,77	2,80	2144,75	492,14	0,006560
1. KAT	1,59	183,96	2,80	2419,13	515,09	0,007460
ZEMİN KAT	1,10	188,05	2,80	2692,76	526,54	0,005630

Çizelge 5.20 2. Mertebe Etkileri – 2. Deprem Yüklemesi

2. Deprem Yüklemesi						
KAT	$(\Delta_i)_{ort}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
7. KAT	0,48	42,57	2,80	357,46	119,19	0,001440
6. KAT	0,75	79,83	2,80	714,92	223,52	0,002390
5. KAT	0,98	111,76	2,80	1072,37	312,93	0,003360
4. KAT	1,17	138,43	2,80	1429,83	387,59	0,004320
3. KAT	1,32	159,76	2,80	1787,29	447,32	0,005260
2. KAT	1,50	175,77	2,80	2144,75	492,14	0,006560
1. KAT	1,59	183,96	2,80	2419,13	515,09	0,007460
ZEMİN KAT	1,10	188,05	2,80	2692,76	526,54	0,005630

Çizelge 5.21 2. Mertebe Etkileri – 3. Deprem Yüklemesi

3. Deprem Yüklemesi						
KAT	(Δi) _{ort} [mm]	V _i [t]	h _i [m]	Σw_j [t]	V _i x h _i	θ_i [radyan]
7. KAT	0,50	40,74	2,80	357,46	114,09	0,001580
6. KAT	0,79	76,41	2,80	714,92	213,94	0, 00264
5. KAT	1,03	106,97	2,80	1072,37	299,53	0,003700
4. KAT	1,23	132,50	2,80	1429,83	370,99	0,004740
3. KAT	1,39	152,92	2,80	1787,29	428,16	0,005780
2. KAT	1,61	168,24	2,80	2144,75	471,07	0,007320
1. KAT	1,73	176,08	2,80	2419,13	493,03	0,008480
ZEMİN KAT	1,23	180,00	2,80	2692,76	503,99	0,006550

Çizelge 5.22 2. Mertebe Etkileri – 4. Deprem Yüklemesi

4. Deprem Yüklemesi						
KAT	(Δi) _{ort} [mm]	V _i [t]	h _i [m]	Σw_j [t]	V _i x h _i	θ_i [radyan]
7. KAT	0,50	40,74	2,80	357,46	114,09	0,001580
6. KAT	0,79	76,41	2,80	714,92	213,94	0, 00264
5. KAT	1,03	106,97	2,80	1072,37	299,53	0,003700
4. KAT	1,23	132,50	2,80	1429,83	370,99	0,004740
3. KAT	1,39	152,92	2,80	1787,29	428,16	0,005780
2. KAT	1,61	168,24	2,80	2144,75	471,07	0,007320
1. KAT	1,73	176,08	2,80	2419,13	493,03	0,008480
ZEMİN KAT	1,23	180,00	2,80	2692,76	503,99	0,006550

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci mertebe etkileri A.B.Y.Y.H.Y. 1998, Madde 6.10.2.1'e göre gözönüne alınabilir.

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, İkinci Mertebe Gösterge Değeri, θ_i 'nin Denklem (5.12) ile verilen koşulu sağlaması durumunda, ikinci mertebe etkileri yürürlükteki betonarme ve çelik yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilecektir. (A.B.Y.Y.H.Y. 1998, Madde 6.10.2.1)

$$\theta_i = \frac{N}{(\Delta i)_{ort} \sum_{j=1}^N w_j} / V_i \times h_i \leq 0,12 \quad (5.12)$$

Denklem (5.12)'deki koşulun herhangi bir katta sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği yeterli ölçüde arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır. (A.B.Y.Y.H.Y. 1998, Madde 6.10.2.2)

Çizelge 5.23 Planda Düzensizlik Durumları – A1 Burulma Düzensizliği

A1 Burulma Düzensizliği												
KAT	(Δi)max1	(Δi)ort1	η_{bi1}	(Δi)max2	(Δi)ort2	η_{bi2}	(Δi)max3	(Δi)ort3	η_{bi3}	(Δi)max4	(Δi)ort4	η_{bi4}
7. KAT	0,52	0,48	1,07	0,51	0,48	1,06	0,56	0,50	1,10	0,56	0,50	1,10
6. KAT	0,81	0,75	1,08	0,80	0,75	1,06	0,87	0,79	1,11	0,87	0,79	1,11
5. KAT	1,06	0,98	1,08	1,04	0,98	1,07	1,14	1,03	1,11	1,15	1,03	1,11
4. KAT	1,26	1,17	1,08	1,25	1,17	1,07	1,37	1,23	1,11	1,37	1,23	1,11
3. KAT	1,42	1,32	1,08	1,40	1,32	1,07	1,54	1,39	1,11	1,54	1,39	1,11
2. KAT	1,62	1,51	1,07	1,60	1,50	1,06	1,77	1,61	1,10	1,77	1,61	1,10
1. KAT	1,70	1,59	1,07	1,69	1,59	1,06	1,90	1,73	1,10	1,90	1,73	1,10
ZEMİN KAT	1,18	1,10	1,07	1,18	1,10	1,07	1,35	1,23	1,10	1,35	1,23	1,10

$$\eta_{bi} = (\Delta i)_{\max} / (\Delta i)_{\text{ort}} > 1,2 \quad (\text{A.B.Y.Y.H.Y. 1998, Tablo 6.1}) \quad (5.13)$$

Denklem (5.13)'e göre hesaplanan η_{bi} 'lerin bir tanesi 1,2 değerinden büyükse A1 burulma düzensizliği vardır. $\max \eta_{bi} = 1,11 < 1,2$ olduğu için A1 burulma düzensizliği yoktur.

Çizelge 5.24 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

- Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)												
KAT	(Δi)ort1	($\Delta i+1$)ort1	η_{ki1}	(Δi)ort2	($\Delta i+1$)ort2	η_{ki2}	(Δi)ort3	($\Delta i+1$)ort3	η_{ki3}	(Δi)ort4	($\Delta i+1$)ort4	η_{ki4}
KAT	0,75	0,48	1,56	0,75	0,48	1,56	0,79	0,50	1,57	0,79	0,50	1,57
KAT	0,98	0,75	1,31	0,98	0,75	1,31	1,03	0,79	1,31	1,03	0,79	1,31
KAT	1,17	0,98	1,19	1,17	0,98	1,19	1,23	1,03	1,19	1,23	1,03	1,19
KAT	1,32	1,17	1,13	1,32	1,17	1,13	1,39	1,23	1,13	1,39	1,23	1,13
KAT	1,51	1,32	1,14	1,50	1,32	1,14	1,61	1,39	1,16	1,61	1,39	1,16
KAT	1,59	1,51	1,06	1,59	1,50	1,06	1,73	1,61	1,08	1,73	1,61	1,08
ZEMİN KAT	1,10	1,59	0,69	1,10	1,59	0,69	1,23	1,73	0,71	1,23	1,73	0,71

$$\eta_{ki} = (\Delta i)_{\text{ort}} / (\Delta i+1)_{\text{ort}} > 1,5 \quad (\text{A.B.Y.Y.H.Y. 1998, Tablo 6.1}) \quad (5.14)$$

Denklem (5.14)'e göre hesaplanan η_{ki} 'lerin bir tanesi 1,5 değerinden büyükse B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği vardır. $\max \eta_{ki} = 1,57 > 1,5$ olduğu için B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği vardır.

Çizelge 5.25 S109-S133-S142 Kolonlarının Statik Değerleri

Kolon	Kat	hx	hy	Yükleme	N[t]	Mx[tm]	My[tm]	Mev As[cm ²]	Köşe	Kenar	Etriye
S109	7	0,40	0,40	G+Q+E4 Üst	9,32	-3,27	1,58	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	9,99	2,08	-3,68	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	G+Q+E1 Alt	5,77	-2,24	-1,11	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	6	0,40	0,40	G+Q+E4 Üst	17,15	-4,2	1,33	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	19,48	1,49	-4,92	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G-E1 Üst	6,49	-2,51	-0,25	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	5	0,40	0,40	G+Q+E4 Üst	24,64	-5,23	1,24	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	29,13	1,43	-6,4	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G-E1 Üst	12,68	-3,65	-0,06	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	4	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	24,95	-5,55	0,69	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	38,91	1,26	-7,64	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Üst	14,29	3,23	-1,25	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	3	0,40	0,40	0,9G+E2 Üst	30,38	-1,08	6,08	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	48,83	1,06	-8,62	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Üst	13,72	4,28	-1,33	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	2	0,40	0,40	0,9G+E2 Üst	35,53	-0,88	7,68	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Üst	60,9	11,85	0,42	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Üst	10,83	6,74	-1,53	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	1	0,40	0,40	0,9G+E2 Alt	40,82	-0,51	8,33	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Alt	67,26	13,21	0,84	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Alt	4,81	8,99	-1,24	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	Z	0,40	0,40	0,9G+E4 Alt	44,45	-6,57	-0,18	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Alt	73,32	13,29	0,79	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Alt	-2,97	11,42	-0,57	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10

5.3 A2 Türü Burulma Düzensizliğine Sahip Yapı Sisteminin Analizi – Örnek 2

Bu örnekte analizi yapılacak yapıya ait bilgiler aşağıda verilmiştir. 2. Örnekte 1. Örnekten farklı olarak boşluk oranı arttırılmıştır. Verilen sonuçların gerçekçi olabilmesi için, elemanların boyutlarının seçimi, günümüzde uygulanan yapıların eleman boyutlarına uygun olarak yapılmıştır ve bu boyutlamalar için İdeSTATİK İDS 99 programı kullanılmıştır. Deprem yüklerinin tamamı çerçeve sistemiyle taşındığı için yapının süneklik düzeyi “Yüksek” olarak seçilmiştir.

Bina Genel Bilgileri :

Kat Sayısı	: 8
Kat Yüksekliği	: 2,8 m
Etkin Yer İvme Katsayısı (A_0)	: 0,4
Deprem Bölgesi	: 1
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	: 8
Yapı Önem Katsayısı (I)	: 1
Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A, T_B)	: 0,10 – 0,30 sn
Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n)	: 0,3
Beton Sınıfı	: C20
Çelik Sınıfı	: S420

Yapıda eleman boyutları :

Çizelge 5.26 A2 türü düzensizlik durumu içeren yapıda kolon boyutları

KAT	S118 S125	S102,S103,S104 S105,S106,S107 S111,S132,S136 S137,S138,S139 S140,S141,S142	S108,S114,S115 S121,S122,S128 S129,S135	S109,S113,S116 S120,S123,S127 S130,S134	S110,S112,S117 S119,S124,S126 S1311,S133
1-8	R=70	60x30	30x60	40x40	50x50

Kiriş boyutları ve kiriş yükleri :

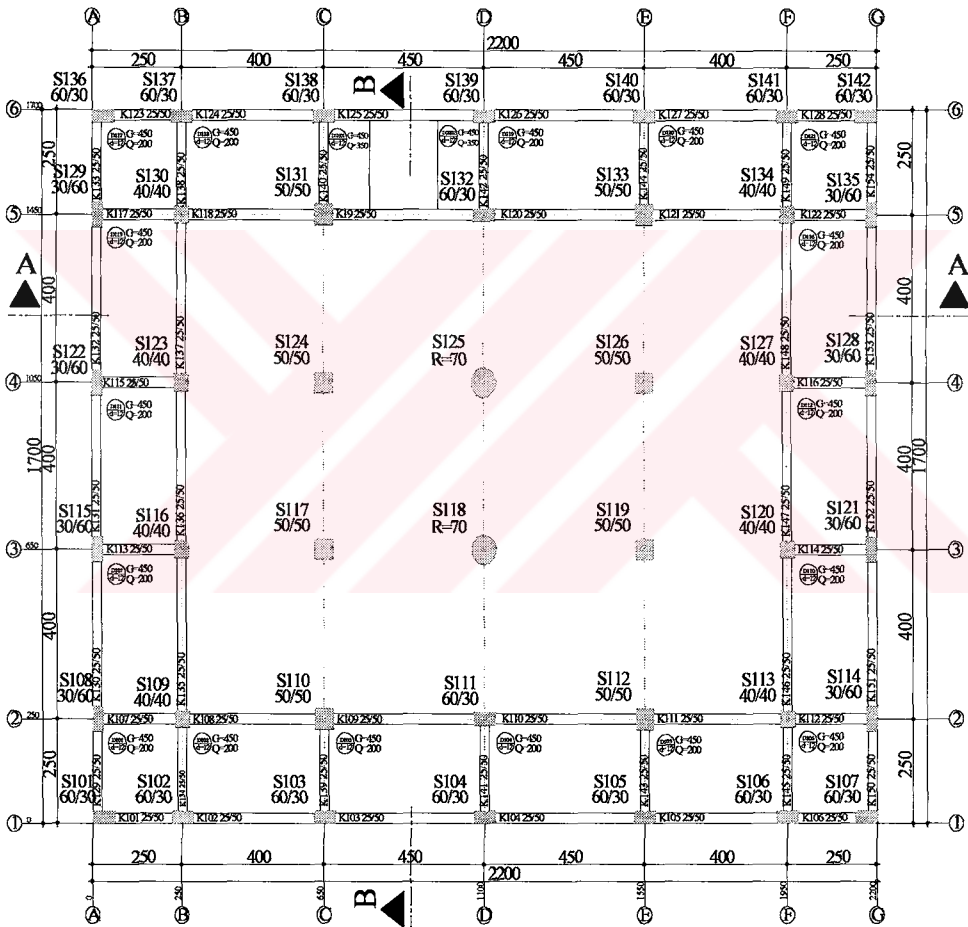
Tüm kiriş boyutları (25/50)

$g = 0,6 \text{ t/m}$ (Zati ağırlık hariç)

Döşeme kalınlığı ve döşeme yükleri :

1. – 7. katlarda $h_f = 12 \text{ cm}$ $g = 0,511 \text{ t/m}^2$ $q = 0,2 \text{ t/m}^2$

8. katta $h_f = 12 \text{ cm}$ $g = 0,45 \text{ t/m}^2$ $q = 0,15 \text{ t/m}^2$



Şekil 5.5 A2 türü düzensizlik içeren yapının zemin + 1. normal kat kalıp planı

Yapıda A2 düzensizliğinin kontrolü :

Brüt kat alanı $A = 22 \times 17 = 374 \text{ m}^2$

Boşluk alanı $A_b = 17 \times 12 = 204 \text{ m}^2$ (zemin + 1. normal katta)

$A_b / A = 204 / 374 = 0,545 > 0,33$ olduğu için yapıda A2 düzensizlik durumu bulunmaktadır.

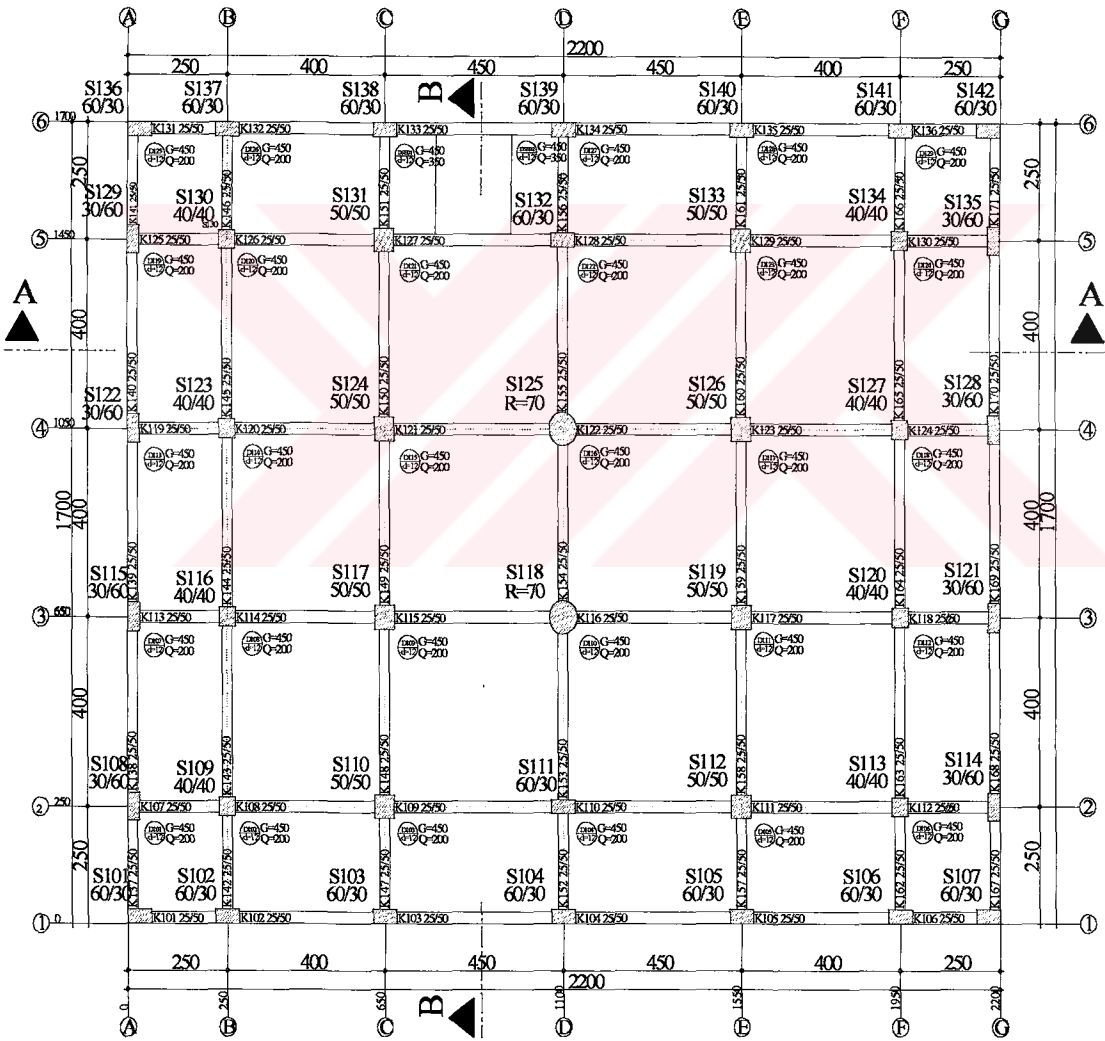
BF ve 12 aksları arasında kalan döşemeler (D102 + D103 + D104 + D105) deprem yüklerinin düşey taşıyıcılara güvenle aktarılabildiğinin tahkiki :

Döşeme kalınlığı $h_f = 12 \text{ cm}$

$W_i = g + nxq = 0,511 + 0,3 \times 0,200 = 0,561 \text{ t / m}^2$

$W = 204 \times 0,561 = 114,44 \text{ ton}$

$S_{(T)} = 2.5$ (Maksimum değer alınmıştır.)



Şekil 5.6 A2 türü düzensizlik durumu içeren yapının normal kat planı

$V_t = A_o \times I_x \times S_{(T)} \times W / R = 0,4 \times 1,0 \times 2,5 \times 114,44 / 8 = 14,305 \text{ ton}$

Toplam deprem yükü F_E döşeme boyunca yayılıdır.

$f_E = 14,305 / 17 = 0,8414 \text{ t} / \text{m}^2$ (D102 – D103 - D104 – D105 döşemelerine B aksı ile F aksı arasında)

$V_E = 0,8414 \times (17/2) = 7,1519 \text{ ton}$ (reaksiyon)

$V_{cr} = 0,8 \times (0,65 \times f_{ctd}) \times b_w \times d = 0,8 \times 0,65 \times 10 \times 12 \times 250 = 15600 \text{ kgf} = 15,6 \text{ ton}$

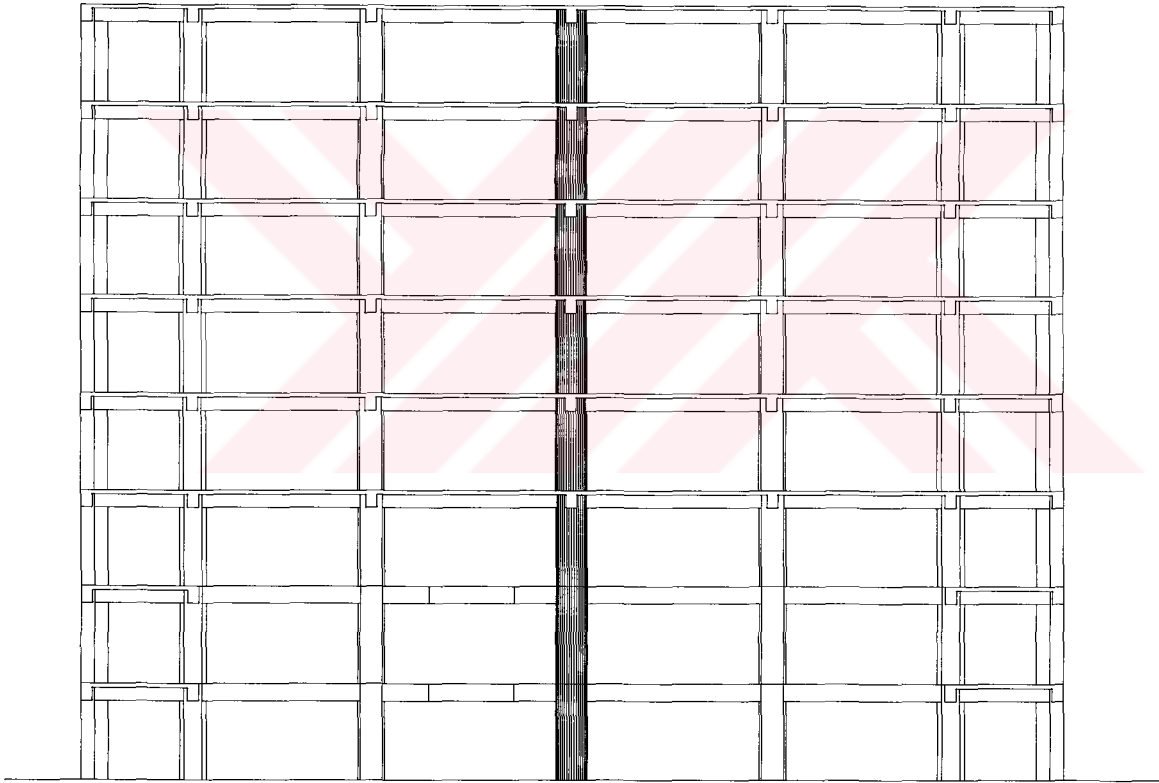
$V_{cr} > V_E$ Eğik asal çekme çatlağı oluşmayacaktır.

$M_E = q \times l^2 / 8 = 0,8414 \times 17^2 / 8 = 30,4 \text{ tm}$ (Döşeme açıklık ortası momenti)

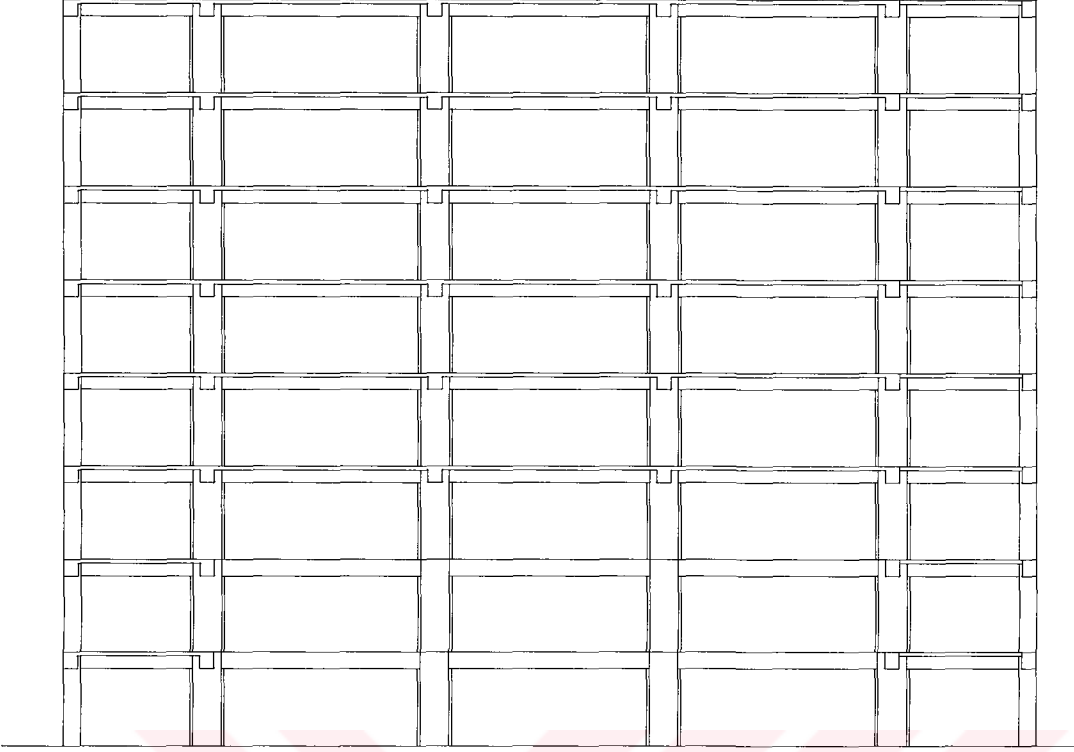
$I = b \times h^3 / 12 = 0,12 \times 2,5^3 / 12 = 0,156 \text{ m}^4$ (Döşeme atalet momenti)

$\sigma_b = M \times y / I = 30,4 \times (2,5/2) / 0,156 = 243,6 \text{ t} / \text{m}^2 > f_{ctd} = 100 \text{ t} / \text{m}^2$

Döşemede eğilme çatlaması oluşacaktır.



Şekil 5.7 A2 türü düzensizlik durumu içeren yapının A-A kesiti



Şekil 5.8 A2 türü düzensizlik durumu içeren yapının B-B kesiti

Kiriş boyutları 25x50 cm, $d = 46$ cm, donatı yüzdesi, $\rho = 0,008$

$$A_s = \rho \times b_w \times d = 0,008 \times 25 \times 46 = 9,2 \text{ cm}^2 \text{ (Donatı alanı)}$$

$$\text{Döşemenin moment taşıma kapasitesi } M_r = A_s \times f_{yd} \times z = 9,2 \times 3,65 \times (0,875 \times 250) = 7345,625 \text{ tcm} = 73,45 \text{ tm}$$

$$73,45 \text{ tm} > 30,4 \text{ tm}, M_r > M_E$$

Atımtay (2000) 'deki yöntem dikkate alınarak yapılan tahkik sonucu döşemelerde eğilme çatlaması oluşacağı fakat döşemelerin kendi düzlemleri içinde üzerine gelen deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanlarına aktarabildiği görülmektedir. Ancak seçilen bu sistemde, idestatik 99 programı kullanılarak yapılan tahkik sonucu; bina üst katlarındaki yük oluşturan elemanlar, zemin katta geniş açıklıklar oluşturabilmek amacıyla devam ettirilmediği için B2 (Yumuşak – zayıf kat) türü düzensizlik durumu tespit edilmiştir.

5.4 Örnek 2'ye Ait Analiz Sonuçları

Çizelge 5.27 Kat Eşdeğer Yatay Kuvvetleri ve Genel Bilgileri – Örnek 2

Kat No	gi [t]	qi [t]	HYKK	wi [t]	Hi [m]	wi x Hi	Fi(x) [t]	Vt(x) [t]	Fi(y) [t]	Vt(y) [t]
Z	219,07	26,58	0,30	227,05	2,80	635,73	3,25	178,41	3,08	169,16
1	219,83	26,58	0,30	227,80	5,60	1275,70	6,51	175,16	6,18	166,08
2	338,72	62,45	0,30	357,46	8,40	3002,65	15,33	168,65	14,54	159,90
3	338,72	62,45	0,30	357,46	11,20	4003,53	20,44	153,31	19,38	145,36
4	338,72	62,45	0,30	357,46	14,00	5004,41	25,55	132,87	24,23	125,98
5	338,72	62,45	0,30	357,46	16,80	6005,30	30,66	107,32	29,07	101,75
6	338,72	62,45	0,30	357,46	19,60	7006,18	35,77	76,66	33,92	72,68
7	338,72	62,45	0,30	357,46	22,40	8007,06	40,88	40,88	38,76	38,76

Dinamik Hesap

$$W = 2599,60 \text{ t}$$

$$T_{1a} = 0,72 \text{ sn}$$

$$H_n = 22,40 \text{ m}$$

$$\Delta F_n(x) = 0,00 \text{ t}$$

$$\Delta F_n(y) = 0,00 \text{ t}$$

$$V_t(x) = 178,41 \text{ t}$$

$$V_t(y) = 169,16 \text{ t}$$

$$V_{tB}(x) = 156,82 \text{ t}$$

$$V_{tB}(y) = 149,78 \text{ t}$$

$$V_t(x) / V_{tB}(x) = 1,14$$

$$V_t(y) / V_{tB}(y) = 1,13$$

$$\beta = 1,00$$

$$\beta V_t(x) / V_{tB}(x) = 1,14$$

$$\beta V_t(y) / V_{tB}(y) = 1,13$$

$$A_o = 0,40$$

$$I = 1.00$$

Çizelge 5.28 X Yönü Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlilik Kontrolü - Örnek 2

Bina Toplam Kütlesi [t]	264,99	Hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlidir.
Bina Toplam Kütlesi X %90 [t]	238,50	
Bina Toplam Kütlesi X %5 [t]	13,25	
Toplam Etkin Modal Kütle [t]	259,48	

Çizelge 5.29 X Yönü w, Tr, S(Tr), A(Tr), Ra(Tr), Spa(TR), Mr, C ve Katkı Çarpanı Değerleri Örnek 2

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
Serbest Titreşim Frekansı (w)	9,898	32,239	58,944	85,134
Doğal Titreşim Frekansı (Tr)	0,634781	0,194895	0,106596	0,073804
Spektrum Katsayısı S(Tr)	1,373	2,5	2,5	2,107
Spektral İvme Katsayısı A(Tr)	0,549	1,000	1,000	0,843
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı Ra(Tr)	8,000	8,000	8,000	6,297
İvme Spektrum Ordinatu Spa (Tr)	0,673	1,226	1,226	1,313
Etkin Modal Kütle (Mr)	229,946	19,126	5,979	4,432
C Katsayısı	12,078	12,018	13,336	16,563
Katkı Çarpanı	15,164	-4,373	2,445	-2,105

Çizelge 5.30 X Yönü Yapı Kat Tasarım Deprem Yükleri – Örnek 2

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
7. KAT	35,477	-5,375	1,680	-1,334
6. KAT	31,042	-4,703	1,470	1,167
5. KAT	26,608	-4,031	-1,260	1,000
4. KAT	22,173	3,359	-1,050	-0,833
3. KAT	17,738	2,687	-0,840	-0,667
2. KAT	13,304	2,016	0,630	-0,500
1. KAT	5,652	0,856	0,268	0,212
ZEMİN KAT	2,817	0,427	0,133	0,106

Çizelge 5.31 X Yönü Yapı Kat Maksimum Yükleri – Örnek 2

	EŞDEĞER [t]	DİNAMİK [t]
7. KAT	40,884	35,905
6. KAT	35,774	31,425
5. KAT	30,663	26,933
4. KAT	25,553	22,481
3. KAT	20,442	17,985
2. KAT	15,332	13,493
1. KAT	6,514	5,735
ZEMİN KAT	3,246	2,858
TOPLAM	178,41	156,82

Çizelge 5.32 Y Yönü w, Tr, S(Tr), A(Tr), Ra(Tr), Spa(TR), Mr, C ve Katkı Çarpanı Değerleri
Örnek 2

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
Serbest Titreşim Frekansı (w)	9,261	30,338	55,339	79,079
Doğal Titreşim Frekansı (Tr)	0,678465	0,207109	0,113539	0,079455
Spektrum Katsayısı S(Tr)	1,301	2,5	2,5	2,192
Spektral İvme Katsayısı A(Tr)	0,521	1,000	1,000	0,878
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı Ra(Tr)	8,000	8,000	8,000	6,665
İvme Spektrum Ordinatu Spa (Tr)	0,638	1,226	1,226	1,291
Etkin Modal Kütle (Mr)	231,737	17,927	5,660	4,402
C Katsayısı	12,189	12,028	13,359	16,630
Katkı Çarpanı	15,223	-4,234	2,379	-2,098

Çizelge 5.33 Y Yönü Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlilik Kontrolü – Örnek 2

Bina Toplam Kütle [t]	264,99	Hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlidir.
Bina Toplam Kütle X %90 [t]	238,50	
Bina Toplam Kütle X %5 [t]	13,25	
Toplam Etkin Modal Kütle [t]	259,73	

Çizelge 5.34 Y Yönü Yapı Kat Tasarım Deprem Yükleri – Örnek 2

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
7. KAT	33,900	-5,038	1,590	-1,302
6. KAT	29,662	-4,408	1,392	1,139
5. KAT	25,425	-3,778	-1,193	0,976
4. KAT	21,187	3,148	-0,994	-0,814
3. KAT	16,950	2,519	-0,795	-0,651
2. KAT	12,712	1,889	0,596	-0,488
1. KAT	5,401	0,803	0,253	0,207
ZEMİN KAT	2,692	0,400	0,126	0,103

Çizelge 5.35 Y Yönü Yapı Kat Maksimum Yükleri – Örnek 2

	EŞDEĞER [t]	DİNAMİK [t]
7. KAT	38,765	35,295
6. KAT	33,919	30,016
5. KAT	29,073	25,725
4. KAT	24,228	21,472
3. KAT	19,382	17,178
2. KAT	14,537	12,887
1. KAT	6,176	5,478
ZEMİN KAT	3,078	2,730
TOPLAM	169,16	149,78

Çizelge 5.36 Yükleme 1 (X Yönü + 0,05) E1 Deprem – Örnek 2

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
7. KAT	0,00	0,86	35,91	0,00	30,79
6. KAT	0,00	0,85	31,42	0,00	26,71
5. KAT	0,00	0,85	26,93	0,00	22,94
4. KAT	0,00	0,85	22,48	0,00	19,18
3. KAT	0,00	0,85	17,98	0,00	15,33
2. KAT	0,00	0,85	13,49	0,00	11,48
1. KAT	0,00	0,85	5,74	0,00	4,88
ZEMİN KAT	0,00	0,87	2,86	0,00	2,49

Çizelge 5.37 Yükleme 2 (X Yönü - 0,05) E2 Deprem – Örnek 2

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
7. KAT	0,00	-0,86	35,91	0,00	-30,79
6. KAT	0,00	-0,85	31,42	0,00	-26,71
5. KAT	0,00	-0,85	26,93	0,00	-22,94
4. KAT	0,00	-0,85	22,48	0,00	-19,18
3. KAT	0,00	-0,85	17,98	0,00	-15,33
2. KAT	0,00	-0,85	13,49	0,00	-11,48
1. KAT	0,00	-0,85	5,74	0,00	-4,88
ZEMİN KAT	0,00	-0,87	2,86	0,00	-2,49

Çizelge 5.38 Yükleme 3 (Y Yönü + 0,05) E3 Deprem – Örnek 2

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
7. KAT	1,11	0,00	0,00	34,30	38,13
6. KAT	1,11	0,00	0,00	30,02	33,38
5. KAT	1,11	0,00	0,00	25,73	28,61
4. KAT	1,11	0,00	0,00	21,47	23,88
3. KAT	1,11	0,00	0,00	17,18	19,10
2. KAT	1,11	0,00	0,00	12,89	14,33
1. KAT	1,11	0,00	0,00	5,48	6,09
ZEMİN KAT	1,11	0,00	0,00	2,73	3,04

Çizelge 5.39 Yükleme 4 (Y Yönü - 0,05) E4 Deprem – Örnek 2

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
7. KAT	-1,11	0,00	0,00	34,30	-38,13
6. KAT	-1,11	0,00	0,00	30,02	-33,38
5. KAT	-1,11	0,00	0,00	25,73	-28,61
4. KAT	-1,11	0,00	0,00	21,47	-23,88
3. KAT	-1,11	0,00	0,00	17,18	-19,10
2. KAT	-1,11	0,00	0,00	12,89	-14,33
1. KAT	-1,11	0,00	0,00	5,48	-6,09
ZEMİN KAT	-1,11	0,00	0,00	2,73	-3,04

Çizelge 5.40 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 1. Deprem Yüklemesi – Örnek 2

1. Deprem Yüklemesi						
KAT	Δ İSLU	Δ İSLA	Δ İSĞA	Δ İSĞU	Δi max	Δi max / hi
7. KAT	0,99	0,67	-0,04	0,99	0,99	0,000355
6. KAT	1,41	0,87	0,07	1,41	1,41	0,000504
5. KAT	1,68	0,93	0,25	1,68	1,68	0,000602
4. KAT	1,90	0,96	0,41	1,90	1,90	0,000678
3. KAT	2,06	0,98	0,55	2,06	2,06	0,000737
2. KAT	2,34	1,01	0,78	2,34	2,34	0,000837
1. KAT	2,47	1,00	0,92	2,47	2,47	0,000881
ZEMİN KAT	1,70	0,73	0,57	1,70	1,70	0,000635

Çizelge 5.41 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 2. Deprem Yüklemesi – Örnek 2

2. Deprem Yüklemesi						
KAT	Δ İSLU	Δ İSLA	Δ İSĞA	Δ İSĞU	Δi max	Δi max / hi
7. KAT	-0,04	0,98	0,98	0,66	0,98	0,000349
6. KAT	0,07	1,39	1,39	0,85	1,39	0,000496
5. KAT	0,25	1,66	1,66	0,91	1,66	0,000593
4. KAT	0,41	1,87	1,87	0,94	1,87	0,000669
3. KAT	0,55	2,04	2,04	0,96	2,04	0,000728
2. KAT	0,78	2,31	2,31	0,99	2,31	0,000827
1. KAT	0,92	2,44	2,44	0,98	2,44	0,000871
ZEMİN KAT	0,58	1,68	1,68	0,72	1,68	0,000601

Çizelge 5.42 Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 3. Deprem Yükleme – Örnek 2

3. Deprem Yükleme						
KAT	$\Delta \text{İSLU}$	$\Delta \text{İSLA}$	$\Delta \text{İSĞA}$	$\Delta \text{İSĞU}$	$\Delta i \text{ max}$	$\Delta i \text{ max} / h_i$
7. KAT	-0,33	0,63	1,32	1,32	1,32	0,000470
6. KAT	-0,30	0,82	1,84	1,84	1,84	0,000656
5. KAT	-0,14	0,87	2,15	2,15	2,15	0,000767
4. KAT	0,02	0,91	2,38	2,38	2,38	0,000850
3. KAT	0,15	0,92	2,56	2,56	2,56	0,000915
2. KAT	0,46	0,95	2,93	2,93	2,93	0,00105
1. KAT	0,68	0,94	3,13	3,13	3,13	0,00112
ZEMİN KAT	0,40	0,69	2,18	2,18	2,18	0,000780

Çizelge 5.43 Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 4. Deprem Yükleme – Örnek 2

4. Deprem Yükleme						
KAT	$\Delta \text{İSLU}$	$\Delta \text{İSLA}$	$\Delta \text{İSĞA}$	$\Delta \text{İSĞU}$	$\Delta i \text{ max}$	$\Delta i \text{ max} / h_i$
7. KAT	1,32	1,32	-0,33	0,64	1,32	0,000470
6. KAT	1,84	1,84	-0,30	0,83	1,84	0,000656
5. KAT	2,15	2,15	-0,14	0,89	2,15	0,000767
4. KAT	2,38	2,38	0,02	0,92	2,38	0,000851
3. KAT	2,56	2,56	0,15	0,94	2,56	0,000916
2. KAT	2,94	2,94	0,46	0,97	2,94	0,00105
1. KAT	3,14	3,14	0,68	0,96	3,14	0,00112
ZEMİN KAT	2,18	2,18	0,40	0,69	2,18	0,000780

Çizelge 5.44 2. Mertebe Etkileri – 1. Deprem Yükleme – Örnek 2

1. Deprem Yükleme						
KAT	$(\Delta i)_{\text{ort}}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
7. KAT	0,48	40,85	2,80	357,46	114,38	0,001490
6. KAT	0,74	76,60	2,80	714,92	214,48	0,002470
5. KAT	0,97	107,24	2,80	1072,37	300,28	0,003450
4. KAT	1,15	132,82	2,80	1429,83	371,89	0,004440
3. KAT	1,31	153,28	2,80	1787,29	429,19	0,005440
2. KAT	1,56	168,63	2,80	2144,75	472,17	0,007100
1. KAT	1,69	175,16	2,80	2372,55	490,44	0,008200
ZEMİN KAT	1,13	178,41	2,80	2599,60	499,54	0,005900

Çizelge 5.45 2. Mertebe Etkileri – 2. Deprem Yüklemesi – Örnek 2

2. Deprem Yüklemesi						
KAT	$(\Delta i)_{ort}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
7. KAT	0,47	40,85	2,80	357,46	114,38	0,001460
6. KAT	0,73	76,60	2,80	714,92	214,48	0,002430
5. KAT	0,96	107,24	2,80	1072,37	300,28	0,003410
4. KAT	1,14	132,82	2,80	1429,83	371,89	0,004390
3. KAT	1,29	153,28	2,80	1787,29	429,19	0,005380
2. KAT	1,55	168,63	2,80	2144,75	472,17	0,007040
1. KAT	1,68	175,16	2,80	2372,55	490,44	0,008130
ZEMİN KAT	1,13	178,41	2,80	2599,60	499,54	0,005870

Çizelge 5.46 2. Mertebe Etkileri – 3. Deprem Yüklemesi – Örnek 2

3. Deprem Yüklemesi						
KAT	$(\Delta i)_{ort}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
7. KAT	0,49	38,73	2,80	357,46	108,45	0,006200
6. KAT	0,77	72,63	2,80	714,92	203,37	0, 002700
5. KAT	1,01	101,68	2,80	1072,37	284,72	0,003790
4. KAT	1,20	125,93	2,80	1429,83	352,62	0,004860
3. KAT	1,36	145,33	2,80	1787,29	406,93	0,005960
2. KAT	1,70	159,89	2,80	2144,75	447,69	0,008120
1. KAT	1,91	166,07	2,80	2372,55	465,01	0,009730
ZEMİN KAT	1,29	169,16	2,80	2599,60	473,64	0,007090

Çizelge 5.47 2. Mertebe Etkileri – 4. Deprem Yüklemesi – Örnek 2

4. Deprem Yüklemesi						
KAT	$(\Delta i)_{ort}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
7. KAT	0,49	38,73	2,80	357,46	108,45	0,006200
6. KAT	0,77	72,63	2,80	714,92	203,37	0, 002700
5. KAT	1,01	101,68	2,80	1072,37	284,72	0,003790
4. KAT	1,20	125,93	2,80	1429,83	352,62	0,004870
3. KAT	1,36	145,33	2,80	1787,29	406,93	0,005960
2. KAT	1,70	159,89	2,80	2144,75	447,69	0,008120
1. KAT	1,91	166,07	2,80	2372,55	465,01	0,009730
ZEMİN KAT	1,29	169,16	2,80	2599,60	473,64	0,007090

Çizelge 5.48 Planda Düzensizlik Durumları – A1 Burulma Düzensizliği – Örnek 2

A1 Burulma Düzensizliği												
KAT	(Δi)max1	(Δi)ort1	η_{bi1}	(Δi)max2	(Δi)ort2	η_{bi2}	(Δi)max3	(Δi)ort3	η_{bi3}	(Δi)max4	(Δi)ort4	η_{bi4}
7. KAT	0,99	0,48	2,08	0,98	0,47	2,09	1,32	0,49	2,67	1,32	0,49	2,67
6. KAT	1,41	0,74	1,91	1,39	0,73	1,91	1,84	0,77	2,39	1,84	0,77	2,39
5. KAT	1,68	0,97	1,74	1,66	0,96	1,74	2,15	1,01	2,14	2,15	1,01	2,13
4. KAT	1,90	1,15	1,64	1,87	1,14	1,64	2,38	1,20	1,98	2,38	1,20	1,98
3. KAT	2,06	1,31	1,58	2,04	1,29	1,58	2,56	1,36	1,89	2,56	1,36	1,89
2. KAT	2,34	1,56	1,50	2,31	1,55	1,49	2,93	1,70	1,73	2,94	1,70	1,73
1. KAT	2,47	1,69	1,46	2,44	1,68	1,45	3,13	1,91	1,64	3,14	1,91	1,64
ZEMİN KAT	1,70	1,13	1,49	1,68	1,13	1,49	2,18	1,29	1,69	2,18	1,29	1,69

$\max \eta_{bi} = 2,67 > 1.2$ olduğu için A1 burulma düzensizliği vardır.

Çizelge 5.49 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) – Örnek 2

2 - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)												
KAT	(Δi)ort1	($\Delta i+1$)ort1	η_{ki1}	(Δi)ort2	($\Delta i+1$)ort2	η_{ki2}	(Δi)ort3	($\Delta i+1$)ort3	η_{ki3}	(Δi)ort4	($\Delta i+1$)ort4	η_{ki4}
KAT	0,74	0,48	1,55	0,73	0,47	1,56	0,77	0,49	1,56	0,77	0,49	1,56
KAT	0,97	0,74	1,31	0,96	0,73	1,31	1,01	0,77	1,31	1,01	0,77	1,31
KAT	1,15	0,97	1,19	1,14	0,96	1,20	1,20	1,01	1,19	1,20	1,01	1,19
KAT	1,31	1,15	1,13	1,29	1,14	1,13	1,36	1,20	1,13	1,36	1,20	1,13
KAT	1,56	1,31	1,20	1,55	1,29	1,20	1,70	1,36	1,25	1,70	1,36	1,25
KAT	1,69	1,56	1,08	1,68	1,55	1,09	1,91	1,70	1,13	1,91	1,70	1,13
ZEMİN KAT	1,13	1,69	0,67	1,13	1,68	0,67	1,29	1,91	0,68	1,29	1,91	0,68

$\max \eta_{ki} = 1,56 > 1,5$ olduğu için B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği vardır.

Çizelge 5.50 S109-S133-S142 Kolonlarının Statik Değerleri – Örnek 2

Kolon	Kat	hx	hy	Yükleme	N[t]	Mx[tm]	My[tm]	Mev As[cm ²]	Köşe	Kenar	Etriye
S109	7	0,40	0,40	G+Q+E4 Üst	9,51	-4,62	0,36	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	9,52	0,97	-5,90	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	G+Q+E3 Üst	5,77	-2,94	0,38	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	6	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	13,88	-5,53	-0,77	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	18,67	-0,02	-7,26	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G-E1 Üst	5,70	-4,51	1,26	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	5	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	19,79	-6,67	-0,99	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	28,15	-0,15	-8,77	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G-E1 Üst	11,56	-5,60	1,58	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	4	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	25,39	-7,63	-1,23	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	37,81	-0,43	-10,07	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E3 Alt	11,39	-4,38	3,99	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	3	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	30,73	-8,46	-1,49	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Üst	56,94	11,38	3,49	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E3 Alt	11,77	-4,81	4,86	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	2	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	35,44	-10,53	-2,00	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	58,05	-1,28	-13,99	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Üst	12,44	10,21	-3,75	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	1	0,40	0,40	0,9G+E4 Alt	37,49	-11,62	-2,55	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Alt	65,90	-1,80	-13,83	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Alt	5,49	13,39	-3,81	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	Z	0,40	0,40	0,9G+E4 Alt	39,66	-9,35	-2,33	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Alt	55,80	14,84	4,82	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Alt	-3,55	16,12	-2,59	21,55	4Φ14	10Φ14	Φ8/15/8/10

5.5 A2 Türü Burulma Düzensizliğine Sahip Olmayan Yapı Sisteminin Analizi – Örnek 3

Bu örnekte analizi yapılacak yapıya ait bilgiler aşağıda verilmiştir. Bu örnekte diğer örneklere oranla boşluk oranı azaltılmıştır. Verilen sonuçların gerçekçi olabilmesi için, elemanların boyutlarının seçimi, günümüzde uygulanan yapıların eleman boyutlarına uygun olarak yapılmıştır ve bu boyutlamalar için İdeSTATİK İDS 99 programı kullanılmıştır. Deprem yüklerinin tamamı çerçeve sistemiyle taşındığı için yapının süneklik düzeyi “Yüksek” olarak seçilmiştir.

Bina Genel Bilgileri :

Kat Sayısı	: 8
Kat Yüksekliği	: 2,8 m
Etkin Yer İvme Katsayısı (A_0)	: 0,4
Deprem Bölgesi	: 1
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	: 8
Yapı Önem Katsayısı (I)	: 1
Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A, T_B)	: 0,10 – 0,30 sn
Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n)	: 0,3
Beton Sınıfı	: C20
Çelik Sınıfı	: S420

Yapıda eleman boyutları :

Çizelge 5.51 A2 türü düzensizlik durumu içermeyen yapıda kolon boyutları

KAT	S118 S125	S102,S103,S104 S105,S106,S107 S111,S132,S136 S137,S138,S139 S140,S141,S142	S108,S114,S115 S121,S122,S128 S129,S135	S109,S113,S116 S120,S123,S127 S130,S134	S110,S112,S117 S119,S124,S126 S1311,S133
1-8	R=70	60x30	30x60	40x40	50x50

Kiriş boyutları ve kiriş yükleri :

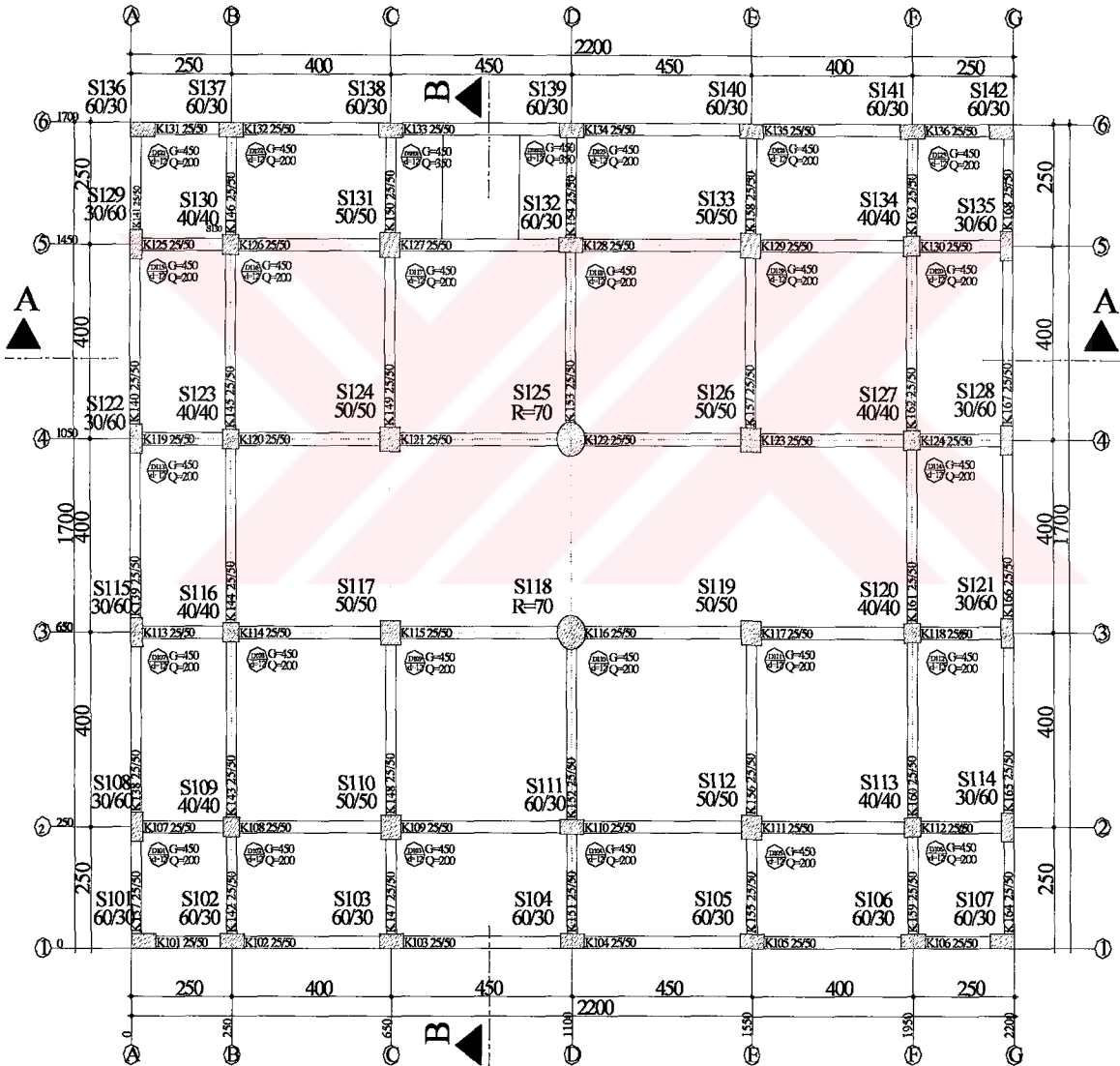
Tüm kiriş boyutları (25/50)

$g = 0,6 \text{ t/m}$ (Zati ağırlık hariç)

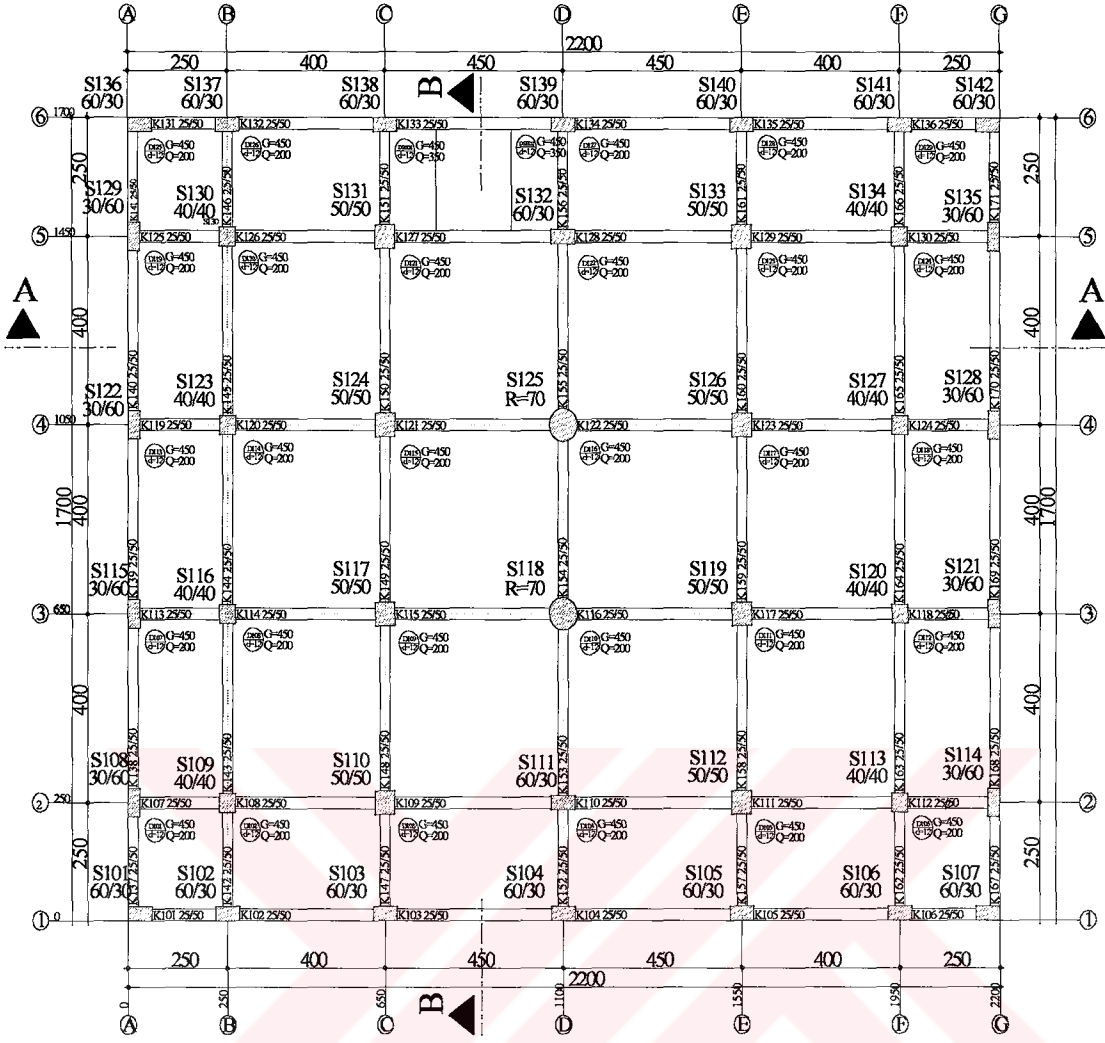
Döşeme kalınlığı ve döşeme yükleri :

1. – 7. katlarda $h_f = 12 \text{ cm}$ $g = 0,511 \text{ t/m}^2$ $q = 0,2 \text{ t/m}^2$

8. katta $h_f = 12 \text{ cm}$ $g = 0,45 \text{ t/m}^2$, $q = 0,15 \text{ t/m}^2$



Şekil 5.9 A2 türü düzensizlik içermeyen yapının zemin + 1. normal kat kalıp planı



Şekil 5.10 A2 türü düzensizlik durumu içermeyen yapının normal kat planı

Yapıda A2 düzensizliğinin kontrolü :

$$\text{Brüt kat alanı } A = 22 \times 17 = 374 \text{ m}^2$$

$$\text{Boşluk alanı } A_b = 17 \times 4 = 68 \text{ m}^2 \text{ (zemin + 1. normal katta)}$$

$$A_b / A = 68 / 374 = 0,18 < 0,33 \text{ olduğu için yapıda A2 düzensizlik durumu bulunmamaktadır.}$$

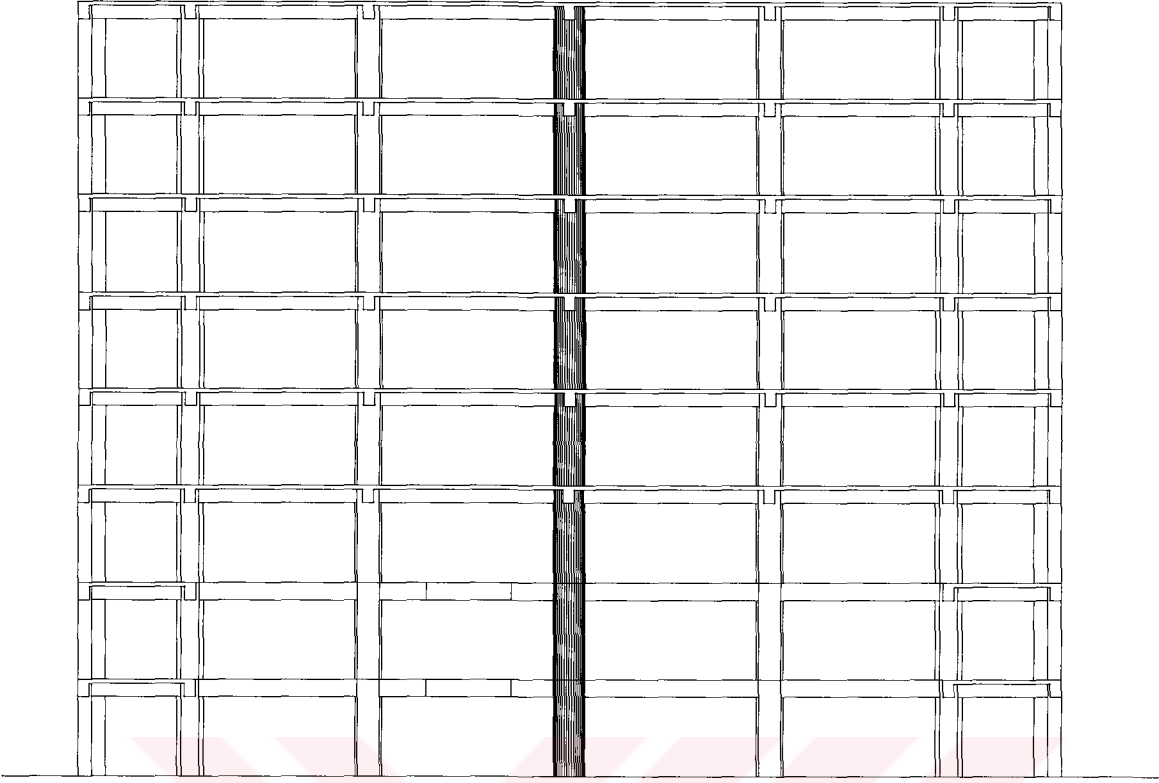
BF ve 23 aksları arasında kalan döşemeler (D108 - D109 – D110 – D111) deprem yüklerinin düşey taşıyıcılara güvenle aktarılabildiğinin tahkiki :

$$\text{Döşeme kalınlığı } h_f = 12 \text{ cm}$$

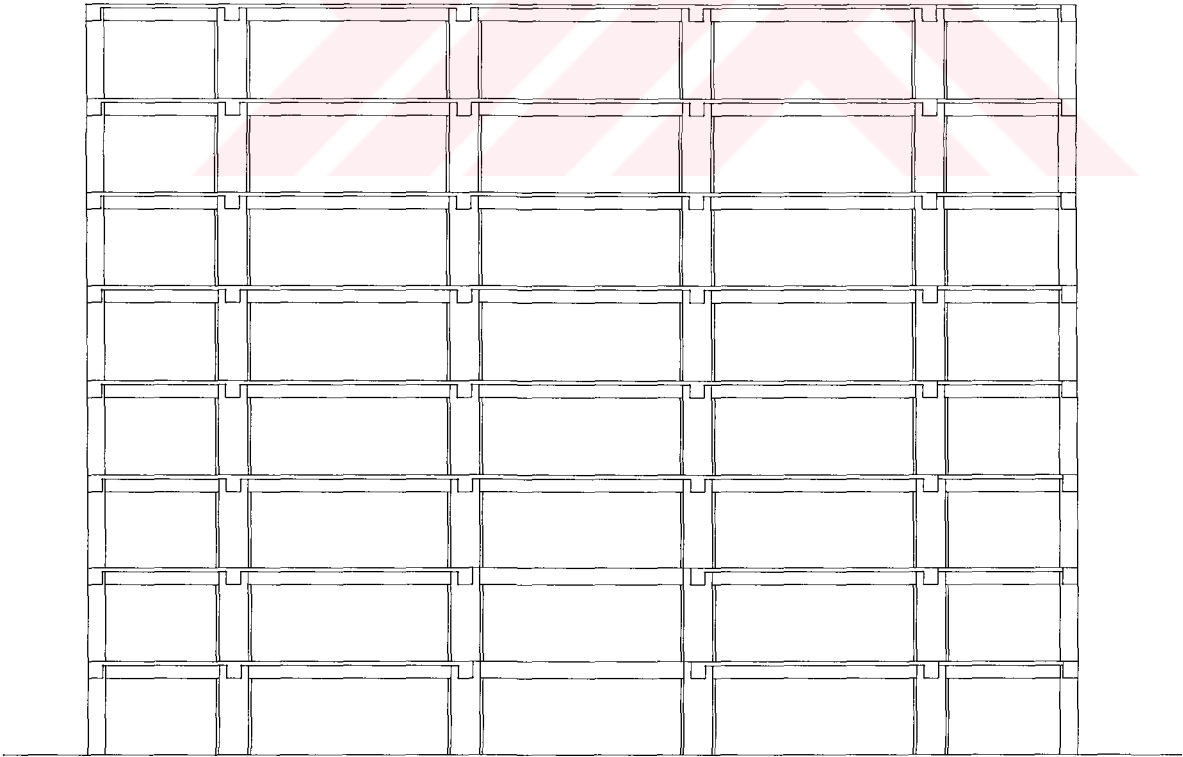
$$W_i = g + nxq = 0,511 + 0,3 \times 0,20 = 0,561 \text{ t / m}^2$$

$$W = 68 \times 0,561 = 38,15 \text{ ton}$$

$$S_{(T)} = 2,5 \text{ (Maksimum değer alınmıştır.)}$$



Şekil 5.11 A2 türü düzensizlik durumu içermeyen yapının A-A kesiti



Şekil 5.12 A2 türü düzensizlik durumu içeren yapının B-B kesiti

$$V_t = A_o \times I \times S_{(T)} \times W / R = 0,4 \times 1,0 \times 2,5 \times 38,15 / 8 = 4,77 \text{ ton}$$

Toplam deprem yükü f_E döşeme boyunca yayılıdır.

$f_E = 4,77 / 17 = 0,28 \text{ t} / \text{m}^2$ (D108 – D109 - D110 – D111 döşemelerine B aksı ile F aksı arasında)

$V_E = 0,28 * (17/2) = 2,38 \text{ ton}$ (reaksiyon)

$V_{cr} = 0,8 * (0,65 * f_{ctd}) * b_w * d = 0,8 * 0,65 * 10 * 12 * 250 = 15600 \text{ kgf} = 15,6 \text{ ton}$

$V_{cr} > V_E$ Eğik asal çekme çatlağı oluşmayacaktır.

$M_E = q * l^2 / 8 = 0,28 * 17^2 / 8 = 10,115 \text{ tm}$ (Döşeme açıklık ortası momenti)

$I = b * h^3 / 12 = 0,12 * 2,5^3 / 12 = 0,156 \text{ m}^4$ (Döşeme atalet momenti)

$\sigma_b = M_{xy} / I = 10,115 * (4/2) / 0,156 = 129,7 \text{ t} / \text{m}^2 > f_{ctd} = 100 \text{ t} / \text{m}^2$

Döşemede eğilme çatlaması oluşacaktır.

Kiriş boyutları 25x50 cm, d = 46 cm, donatı yüzdesi, $\rho = 0,008$

$A_s = \rho * b_w * d = 0,008 * 25 * 46 = 9,2 \text{ cm}^2$ (Donatı alanı)

Döşemenin moment taşıma kapasitesi $M_r = A_s * f_{yd} * z = 9,2 * 3,65 * (0,875 * 400) = 11753 \text{ tcm} = 117,53 \text{ tm}$

$117,53 \text{ tm} > 10,115 \text{ tm}$, $M_r > M_E$

Atımtay (2000) 'deki yöntem dikkate alınarak yapılan tahkik sonucu döşemelerde eğilme çatlaması oluşacağı fakat döşemelerin kendi düzlemleri içinde üzerine gelen deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanlarına aktarabildiği görülmektedir. Ancak seçilen bu sistemde, idestatik 99 programı kullanılarak yapılan tahkik sonucu; bina üst katlarındaki yük oluşturan elemanlar, zemin katta geniş açıklıklar oluşturabilmek amacıyla devam ettirilmediği için B2 (Yumuşak – zayıf kat) türü düzensizlik durumu tespit edilmiştir.

Örnek 1 – Örnek 2 – ve Örnek 3'te 8 katlı bir yapı için yapılan analizler kat sayıları azaltılarak (4 – 6 kat için) tekrar yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

5.6 Örnek 3'e Ait Analiz Sonuçları

Çizelge 5.52 Kat Eşdeğer Yatay Kuvvetleri ve Genel Bilgileri – Örnek 3

Kat No	gi [t]	qi [t]	HYKK	wi [t]	Hi [m]	wi x Hi	Fi(x) [t]	Vt(x) [t]	Fi(y) [t]	Vt(y) [t]
Z	305,27	50,50	0,30	320,42	2,80	897,18	4,99	198,69	4,73	188,35
1	305,27	50,50	0,30	320,42	5,60	1794,35	9,98	193,70	9,46	183,61
2	338,72	62,45	0,30	357,46	8,40	3002,65	16,70	183,72	15,83	174,15
3	338,72	62,45	0,30	357,46	11,20	4003,53	22,27	167,02	21,11	158,32
4	338,72	62,45	0,30	357,46	14,00	5004,41	27,84	144,75	26,39	137,21
5	338,72	62,45	0,30	357,46	16,80	6005,30	33,40	116,91	31,66	110,82
6	338,72	62,45	0,30	357,46	19,60	7006,18	38,97	83,51	36,94	79,16
7	338,72	62,45	0,30	357,46	22,40	8007,06	44,54	44,54	42,22	42,22

Dinamik Hesap

$$W = 2785,59 \text{ t}$$

$$T_{1a} = 0,72 \text{ sn}$$

$$H_n = 22,40 \text{ m}$$

$$\Delta F_n(x) = 0,00 \text{ t}$$

$$\Delta F_n(y) = 0,00 \text{ t}$$

$$V_t(x) = 198,69 \text{ t}$$

$$V_t(y) = 188,35 \text{ t}$$

$$V_{tB}(x) = 168,59 \text{ t}$$

$$V_{tB}(y) = 161,44 \text{ t}$$

$$V_t(x) / V_{tB}(x) = 1,18$$

$$V_t(y) / V_{tB}(y) = 1,17$$

$$\beta = 1,00$$

$$\beta V_t(x) / V_{tB}(x) = 1,18$$

$$\beta V_t(y) / V_{tB}(y) = 1,17$$

$$A_o = 0,40$$

$$I = 1,00$$

Çizelge 5.53 X Yönü Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlilik Kontrolü - Örnek 3

Bina Toplam Kütlesi [t]	283,95	Hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlidir.
Bina Toplam Kütlesi X %90 [t]	255,56	
Bina Toplam Kütlesi X %5 [t]	14,20	
Toplam Etkin Modal Kütle [t]	278,14	

Çizelge 5.54 X Yönü w, Tr, S(Tr), A(Tr), Ra(Tr), Spa(TR), Mr, C ve Katkı Çarpanı Değerleri
Örnek 3

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
Serbest Titreşim Frekansı (w)	10,387	32,263	56,829	81,527
Doğal Titreşim Frekansı (Tr)	0,604900	0,194752	0,110563	0,077069
Spektrum Katsayısı S(Tr)	1,427	2,5	2,5	2,156
Spektral İvme Katsayısı A(Tr)	0,571	1,000	1,000	0,862
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı Ra(Tr)	8,000	8,000	8,000	6,509
İvme Spektrum Ordinatu Spa (Tr)	0,700	1,226	1,226	1,300
Etkin Modal Kütle (Mr)	235,193	27,921	9,686	5,338
C Katsayısı	11,903	12,407	13,760	16,199
Katkı Çarpanı	15,336	-5,284	3,112	-2,311

Çizelge 5.55 X Yönü Yapı Kat Tasarım Deprem Yükleri – Örnek 3

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
7. KAT	36,890	-7,675	2,663	-1,555
6. KAT	32,279	-6,715	2,330	1,361
5. KAT	27,667	-5,756	-1,997	1,166
4. KAT	23,056	4,797	-1,664	-0,972
3. KAT	18,445	3,837	-1,331	-0,778
2. KAT	13,834	2,878	0,998	-0,583
1. KAT	8,267	1,720	0,597	0,349
ZEMİN KAT	4,133	0,860	0,298	0,174

Çizelge 5.56 X Yönü Yapı Kat Maksimum Yükleri – Örnek 3

	EŞDEĞER [t]	DİNAMİK [t]
7. KAT	44,538	37,738
6. KAT	38,971	33,033
5. KAT	33,404	28,315
4. KAT	27,836	23,648
3. KAT	22,269	18,918
2. KAT	16,702	14,200
1. KAT	9,981	8,492
ZEMİN KAT	4,990	4,246
TOPLAM	198,69	168,59

Çizelge 5.57 Y Yönü w , T_r , $S(T_r)$, $A(T_r)$, $R_a(T_r)$, $S_p a(T_r)$, M_r , C ve Katkı Çarpanı Değerleri
Örnek 3

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
Serbest Titreşim Frekansı (w)	9,716	30,250	53,254	75,673
Doğal Titreşim Frekansı (T_r)	0,646700	0,207709	0,117985	0,083031
Spektrum Katsayısı $S(T_r)$	1,352	2,5	2,5	2,245
Spektral İvme Katsayısı $A(T_r)$	0,541	1,000	1,000	0,898
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_r)$	8,000	8,000	8,000	6,897
İvme Spektrum Ordinatu $S_p a(T_r)$	0,663	1,226	1,226	1,278
Etkin Modal Kütle (M_r)	237,750	26,347	9,080	5,230
C Katsayısı	12,028	12,430	13,778	16,237
Katkı Çarpanı	15,419	-5,133	3,013	-2,287

Çizelge 5.58 Y Yönü Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlilik Kontrolü – Örnek 3

Bina Toplam Kütlesi [t]	283,95	Hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlidir.
Bina Toplam Kütlesi X %90 [t]	255,56	
Bina Toplam Kütlesi X %5 [t]	14,20	
Toplam Etkin Modal Kütle [t]	278,41	

Çizelge 5.59 Y Yönü Yapı Kat Tasarım Deprem Yüğüleri – Örnek 3

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
7. KAT	35,350	-7,242	2,496	-1,498
6. KAT	30,931	-6,337	2,184	1,311
5. KAT	26,512	-5,432	-1,872	1,123
4. KAT	22,094	4,526	-1,560	-0,936
3. KAT	17,675	3,621	-1,248	-0,749
2. KAT	13,256	2,716	0,936	-0,562
1. KAT	7,922	1,623	0,559	0,336
ZEMİN KAT	3,961	0,811	0,280	0,168

Çizelge 5.60 Y Yönü Yapı Kat Maksimum Yüğüleri – Örnek 3

	EŞDEĞER [t]	DİNAMİK [t]
7. KAT	42,220	36,137
6. KAT	36,942	31,632
5. KAT	31,665	27,114
4. KAT	26,387	22,644
3. KAT	21,110	18,115
2. KAT	15,832	13,597
1. KAT	9,461	8,131
ZEMİN KAT	4,731	4,066
TOPLAM	188,35	161,44

Çizelge 5.61 Yükleme 1 (X Yönü + 0,05) E1 Deprem – Örnek 3

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
7. KAT	0,00	0,86	37,74	0,00	32,34
6. KAT	0,00	0,85	33,03	0,00	28,10
5. KAT	0,00	0,85	28,32	0,00	24,13
4. KAT	0,00	0,85	23,65	0,00	20,18
3. KAT	0,00	0,85	18,92	0,00	16,15
2. KAT	0,00	0,85	14,20	0,00	12,13
1. KAT	0,00	0,85	8,49	0,00	7,26
ZEMİN KAT	0,00	0,87	4,25	0,00	3,71

Çizelge 5.62 Yükleme 2 (X Yönü - 0,05) E2 Deprem – Örnek 3

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
7. KAT	0,00	-0,86	37,74	0,00	-32,34
6. KAT	0,00	-0,85	33,03	0,00	-28,10
5. KAT	0,00	-0,85	28,32	0,00	-24,13
4. KAT	0,00	-0,85	23,65	0,00	-20,18
3. KAT	0,00	-0,85	18,92	0,00	-16,15
2. KAT	0,00	-0,85	14,20	0,00	-12,13
1. KAT	0,00	-0,85	8,49	0,00	-7,26
ZEMİN KAT	0,00	-0,87	4,25	0,00	-3,71

Çizelge 5.63 Yükleme 3 (Y Yönü + 0,05) E3 Deprem – Örnek 3

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
7. KAT	1,11	0,00	0,00	36,14	40,18
6. KAT	1,11	0,00	0,00	31,63	35,17
5. KAT	1,11	0,00	0,00	27,11	30,15
4. KAT	1,11	0,00	0,00	22,64	25,18
3. KAT	1,11	0,00	0,00	18,12	20,15
2. KAT	1,11	0,00	0,00	13,60	15,12
1. KAT	1,11	0,00	0,00	8,13	9,04
ZEMİN KAT	1,11	0,00	0,00	4,07	4,52

Çizelge 5.64 Yükleme 4 (Y Yönü - 0,05) E4 Deprem – Örnek 3

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
7. KAT	-1,11	0,00	0,00	36,14	-40,18
6. KAT	-1,11	0,00	0,00	31,63	-35,17
5. KAT	-1,11	0,00	0,00	27,11	-30,15
4. KAT	-1,11	0,00	0,00	22,64	-25,18
3. KAT	-1,11	0,00	0,00	18,12	-20,15
2. KAT	-1,11	0,00	0,00	13,60	-15,12
1. KAT	-1,11	0,00	0,00	8,13	-9,04
ZEMİN KAT	-1,11	0,00	0,00	4,07	-4,52

Çizelge 5.65 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 1. Deprem Yüklemesi – Örnek 3

1. Deprem Yüklemesi						
KAT	Δ İSLU	Δ İSLA	Δ İSĞA	Δ İSĞU	Δi max	Δi max / hi
7. KAT	0,54	0,44	0,44	0,54	0,54	0,000194
6. KAT	0,85	0,68	0,68	0,85	0,85	0,000303
5. KAT	1,11	0,89	0,89	1,11	1,11	0,000397
4. KAT	1,33	1,07	1,07	1,33	1,33	0,000474
3. KAT	1,49	1,19	1,19	1,49	1,49	0,000532
2. KAT	1,60	1,28	1,28	1,60	1,60	0,000572
1. KAT	1,61	1,29	1,29	1,61	1,61	0,000576
ZEMİN KAT	1,17	0,93	0,93	1,17	1,17	0,000418

Çizelge 5.66 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 2. Deprem Yüklemesi - Örnek 3

2. Deprem Yüklemesi						
KAT	Δ İSLU	Δ İSLA	Δ İSĞA	Δ İSĞU	Δi max	Δi max / hi
7. KAT	0,45	0,53	0,53	0,45	0,53	0,000191
6. KAT	0,69	0,84	0,84	0,69	0,84	0,000299
5. KAT	0,90	1,10	1,10	0,90	1,10	0,000392
4. KAT	1,08	1,31	1,31	1,08	1,31	0,000468
3. KAT	1,21	1,47	1,47	1,21	1,47	0,000526
2. KAT	1,30	1,58	1,58	1,30	1,58	0,000565
1. KAT	1,31	1,60	1,60	1,31	1,60	0,000570
ZEMİN KAT	0,94	1,16	1,16	0,94	1,16	0,000415

Çizelge 5.67 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 3. Deprem Yükleme – Örnek 3

3. Deprem Yükleme						
KAT	$\Delta \text{İSLU}$	$\Delta \text{İSLA}$	$\Delta \text{İSĞA}$	$\Delta \text{İSĞU}$	$\Delta i \text{ max}$	$\Delta i \text{ max} / h_i$
7. KAT	0,44	0,44	0,58	0,58	0,58	0,000208
6. KAT	0,69	0,69	0,92	0,92	0,92	0,000328
5. KAT	0,89	0,89	1,20	1,20	1,20	0,000430
4. KAT	1,06	1,06	1,44	1,44	1,44	0,000514
3. KAT	1,19	1,19	1,62	1,62	1,62	0,000577
2. KAT	1,35	1,35	1,80	1,80	1,80	0,000644
1. KAT	1,43	1,43	1,89	1,89	1,89	0,000675
ZEMİN KAT	1,03	1,03	1,38	1,38	1,38	0,000494

Çizelge 5.68 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 4. Deprem Yükleme – Örnek 3

4. Deprem Yükleme						
KAT	$\Delta \text{İSLU}$	$\Delta \text{İSLA}$	$\Delta \text{İSĞA}$	$\Delta \text{İSĞU}$	$\Delta i \text{ max}$	$\Delta i \text{ max} / h_i$
7. KAT	0,58	0,58	0,44	0,44	0,58	0,000208
6. KAT	0,92	0,92	0,69	0,69	0,92	0,000328
5. KAT	1,21	1,21	0,89	0,89	1,21	0,000430
4. KAT	1,44	1,44	1,06	1,06	1,44	0,000514
3. KAT	1,62	1,62	1,19	1,19	1,62	0,000577
2. KAT	1,80	1,80	1,35	1,35	1,80	0,000645
1. KAT	1,89	1,89	1,43	1,43	1,89	0,000676
ZEMİN KAT	1,38	1,38	1,03	1,03	1,38	0,000494

Çizelge 5.69 2. Mertebe Etkileri – 1. Deprem Yükleme – Örnek 3

1. Deprem Yükleme						
KAT	$(\Delta i)_{\text{ort}}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
7. KAT	0,49	44,48	2,80	357,46	124,53	0,001410
6. KAT	0,77	83,41	2,80	714,92	233,54	0,002340
5. KAT	1,00	116,78	2,80	1072,37	326,98	0,003290
4. KAT	1,20	144,65	2,80	1429,83	405,01	0,004220
3. KAT	1,34	166,94	2,80	1787,29	467,44	0,005130
2. KAT	1,44	183,68	2,80	2144,75	514,30	0,006010
1. KAT	1,45	193,69	2,80	2465,17	542,32	0,006610
ZEMİN KAT	1,05	198,69	2,80	2785,59	556,33	0,005260

Çizelge 5.70 2. Mertebe Etkileri – 2. Deprem Yüklemesi – Örnek 3

2. Deprem Yüklemesi						
KAT	$(\Delta i)_{ort}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
7. KAT	0,49	44,48	2,80	357,46	124,53	0,001410
6. KAT	0,76	83,41	2,80	714,92	233,54	0,002340
5. KAT	1,00	116,78	2,80	1072,37	326,98	0,003280
4. KAT	1,19	144,65	2,80	1429,83	405,01	0,004220
3. KAT	1,34	166,94	2,80	1787,29	467,44	0,005120
2. KAT	1,44	183,68	2,80	2144,75	514,30	0,006000
1. KAT	1,45	193,69	2,80	2465,17	542,32	0,006600
ZEMİN KAT	1,05	198,69	2,80	2785,59	556,33	0,005250

Çizelge 5.71 2. Mertebe Etkileri – 3. Deprem Yüklemesi – Örnek 3

3. Deprem Yüklemesi						
KAT	$(\Delta i)_{ort}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
7. KAT	0,51	42,16	2,80	357,46	118,05	0,001550
6. KAT	0,80	79,07	2,80	714,92	221,39	0,002590
5. KAT	1,05	110,70	2,80	1072,37	309,96	0,003630
4. KAT	1,25	137,12	2,80	1429,83	383,94	0,004660
3. KAT	1,41	158,26	2,80	1787,29	443,11	0,005670
2. KAT	1,58	174,12	2,80	2144,75	487,53	0,006940
1. KAT	1,66	183,61	2,80	2465,17	514,10	0,007960
ZEMİN KAT	1,21	188,35	2,80	2785,59	527,38	0,006390

Çizelge 5.72 2. Mertebe Etkileri – 4. Deprem Yüklemesi – Örnek 3

4. Deprem Yüklemesi						
KAT	$(\Delta i)_{ort}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
7. KAT	0,51	42,16	2,80	357,46	118,05	0,001550
6. KAT	0,80	79,07	2,80	714,92	221,39	0,002590
5. KAT	1,05	110,70	2,80	1072,37	309,96	0,003630
4. KAT	1,25	137,12	2,80	1429,83	383,94	0,004660
3. KAT	1,41	158,26	2,80	1787,29	443,11	0,005670
2. KAT	1,58	174,12	2,80	2144,75	487,53	0,006940
1. KAT	1,66	183,61	2,80	2465,17	514,10	0,007960
ZEMİN KAT	1,21	188,35	2,80	2785,59	527,38	0,006390

Çizelge 5.73 Planda Düzensizlik Durumları – A1 Burulma Düzensizliği – Örnek 3

A1 Burulma Düzensizliği												
KAT	(Δi)max1	(Δi)ort1	η_{bi1}	(Δi)max2	(Δi)ort2	η_{bi2}	(Δi)max3	(Δi)ort3	η_{bi3}	(Δi)max4	(Δi)ort4	η_{bi4}
7. KAT	0,54	0,49	1,10	0,53	0,49	1,09	0,58	0,51	1,14	0,58	0,51	1,14
6. KAT	0,85	0,77	1,11	0,84	0,76	1,09	0,92	0,80	1,15	0,92	0,80	1,15
5. KAT	1,11	1,00	1,11	1,10	1,00	1,10	1,20	1,05	1,15	1,21	1,05	1,15
4. KAT	1,33	1,20	1,11	1,31	1,19	1,10	1,44	1,25	1,15	1,44	1,25	1,15
3. KAT	1,49	1,34	1,11	1,47	1,34	1,10	1,62	1,41	1,15	1,62	1,41	1,15
2. KAT	1,60	1,44	1,11	1,58	1,44	1,10	1,80	1,58	1,14	1,80	1,58	1,14
1. KAT	1,61	1,45	1,11	1,60	1,45	1,10	1,89	1,66	1,14	1,89	1,66	1,14
ZEMİN KAT	1,17	1,05	1,11	1,16	1,05	1,11	1,38	1,21	1,14	1,38	1,21	1,15

$\max \eta_{bi} = 1,15 < 1,2$ olduğu için A1 burulma düzensizliği yoktur.

Çizelge 5.74 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) – Örnek 3

B2 - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)												
KAT	(Δi)ort1	($\Delta i+1$)ort1	η_{ki1}	(Δi)ort2	($\Delta i+1$)ort2	η_{ki2}	(Δi)ort3	($\Delta i+1$)ort3	η_{ki3}	(Δi)ort4	($\Delta i+1$)ort4	η_{ki4}
7. KAT	0,77	0,49	1,56	0,76	0,49	1,56	0,80	0,51	1,57	0,80	0,51	1,57
6. KAT	1,00	0,77	1,31	1,00	0,76	1,31	1,05	0,80	1,31	1,05	0,80	1,31
5. KAT	1,20	1,00	1,19	1,19	1,00	1,19	1,25	1,05	1,19	1,25	1,05	1,19
4. KAT	1,34	1,20	1,12	1,34	1,19	1,12	1,41	1,25	1,12	1,41	1,25	1,12
3. KAT	1,44	1,34	1,07	1,44	1,34	1,07	1,58	1,41	1,12	1,58	1,41	1,12
2. KAT	1,45	1,44	1,01	1,45	1,44	1,01	1,66	1,58	1,05	1,66	1,58	1,05
ZEMİN KAT	1,05	1,45	0,72	1,05	1,45	0,72	1,21	1,66	0,73	1,21	1,66	0,73

$\max \eta_{ki} = 1,57 > 1,5$ olduğu için B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği vardır.

Çizelge 5.75 S109-S133-S142 Kolonlarının Statik Değerleri – Örnek 3

Kolon	Kat	hx	hy	Yükleme	N[t]	Mx[tm]	My[tm]	Mev As[cm ²]	Köşe	Kenar	Etriye
S109	7	0,40	0,40	G+Q+E4 Üst	9,38	-3,34	1,60	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	9,96	2,21	-3,95	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	G+Q+E1 Alt	5,82	-2,26	-1,14	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	6	0,40	0,40	G+Q+E4 Üst	17,26	-4,35	1,32	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	19,38	1,56	-5,26	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G-E1 Üst	6,47	-2,70	-0,18	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	5	0,40	0,40	G+Q+E4 Üst	24,76	-5,44	1,21	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	29,01	1,47	-6,85	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G-E1 Üst	12,81	-3,94	0,04	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	4	0,40	0,40	0,9G+E2 Üst	25,00	-1,11	5,61	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	38,77	1,29	-8,16	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Üst	13,93	3,61	-1,38	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	3	0,40	0,40	0,9G+E2 Üst	30,44	-0,93	6,66	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	48,70	1,07	-9,49	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Üst	12,98	4,97	-1,52	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	2	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	35,03	-7,76	0,29	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Alt	60,63	12,28	0,37	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Alt	10,01	6,74	-1,57	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	1	0,40	0,40	0,9G+E4 Alt	39,67	-8,62	0,02	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Alt	69,53	14,45	0,50	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Alt	4,65	8,90	-1,47	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	Z	0,40	0,40	0,9G+E4 Alt	44,51	-6,97	-0,34	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Alt	78,04	14,24	0,94	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Alt	-2,55	12,29	-0,77	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10

5.7 Örnek 4'e Ait Analiz Sonuçları

Bu örnekte, Örnek 1'de analizi yapılan yapının aynısı kullanılmış, değerler değiştirilmemiş fakat kat sayısı 6 alınarak analiz yapılmıştır.

Çizelge 5.76 Kat Eşdeğer Yatay Kuvvetleri ve Genel Bilgileri – Örnek 4

Kat No	gi [t]	qi [t]	HYKK	wi [t]	Hi [m]	wi x Hi	Fi(x) [t]	Vt(x) [t]	Fi(y) [t]	Vt(y) [t]
Z	262,29	37,80	0,30	273,63	2,80	766,15	6,57	174,35	6,28	166,55
1	263,04	37,80	0,30	274,38	5,60	1536,54	13,18	167,77	12,59	160,26
2	338,72	62,45	0,30	357,46	8,40	3002,65	25,77	154,59	24,61	147,67
3	338,72	62,45	0,30	357,46	11,20	4003,53	34,35	128,82	32,82	123,06
4	338,72	62,45	0,30	357,46	14,00	5004,41	42,94	94,47	41,02	90,24
5	338,72	62,45	0,30	357,46	16,80	6005,30	51,53	51,53	49,22	49,22

Dinamik Hesap

$$W = 1977,84 \text{ t}$$

$$T1a = 0.58 \text{ sn}$$

$$Hn = 16,80 \text{ m}$$

$$\Delta F_n(x) = 0.00 \text{ t}$$

$$\Delta F_n(y) = 0.00 \text{ t}$$

$$Vt(x) = 174,35 \text{ t}$$

$$Vt(y) = 166,55 \text{ t}$$

$$VtB(x) = 150,99 \text{ t}$$

$$VtB(y) = 145,08 \text{ t}$$

$$Vt(x) / VtB(x) = 1.15$$

$$Vt(y) / VtB(y) = 1.15$$

$$\beta = 1.00$$

$$\beta Vt(x) / VtB(x) = 1.15$$

$$\beta Vt(y) / VtB(y) = 1.15$$

$$Ao = 0,40$$

$$I = 1.00$$

Çizelge 5.77 X Yönü Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlilik Kontrolü - Örnek 4

Bina Toplam Kütlesi [t]	201,61	Hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlidir.
Bina Toplam Kütlesi X %90 [t]	181,45	
Bina Toplam Kütlesi X %5 [t]	10,08	
Toplam Etkin Modal Kütle [t]	199,33	

Çizelge 5.78 X Yönü w, Tr, S(Tr), A(Tr), Ra(Tr), Spa(TR), Mr, C ve Katkı Çarpanı Değerleri Örnek 4

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
Serbest Titreşim Frekansı (w)	13,535	44,395	78,787	110,269
Doğal Titreşim Periyodu (Tr)	0,464218	0,141530	0,079750	0,056981
Spektrum Katsayısı S(Tr)	1,763	2,5	2,196	1,855
Spektral İvme Katsayısı A(Tr)	0,705	1,000	0,878	0,742
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı Ra(Tr)	8,000	8,000	6,684	5,204
İvme Spektrum Ordinatu Spa (Tr)	0,865	1,226	1,289	1,399
Etkin Modal Kütle (Mr)	172,713	16,216	6,968	3,438
C Katsayısı	10,502	10,911	13,712	17,865
Katkı Çarpanı	13,142	-4,027	2,640	-1,854

Çizelge 5.79 X Yönü Yapı Kat Tasarım Deprem Yüğüleri – Örnek 4

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
5. KAT	44,143	-5,877	2,656	-1,421
4. KAT	36,786	-4,897	-2,213	1,184
3. KAT	29,429	3,918	-1,770	0,947
2. KAT	22,072	2,938	-1,328	-0,710
1. KAT	11,295	1,504	0,679	0,364
ZEMİN KAT	5,632	0,750	0,339	0,181

Çizelge 5.80 X Yönü Yapı Kat Maksimum Yüğüleri – Örnek 4

	EŞDEĞER [t]	DİNAMİK [t]
5. KAT	51,530	44,588
4. KAT	42,942	37,162
3. KAT	34,353	29,768
2. KAT	25,765	22,328
1. KAT	13,185	11,437
ZEMİN KAT	6,574	5,703
TOPLAM	174,35	150,99

Çizelge 5.81 Y Yönü w , T_r , $S(T_r)$, $A(T_r)$, $R_a(T_r)$, $S_p_a(T_r)$, M_r , C ve Katkı Çarpanı Değerleri
Örnek 4

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
Serbest Titreşim Frekansı (w)	12,782	41,882	73,484	101,792
Doğal Titreşim Periyodu (T_r)	0,491566	0,150021	0,085504	0,061726
Spektrum Katsayısı $S(T_r)$	1,684	2,5	2,283	1,926
Spektral İvme Katsayısı $A(T_r)$	0,674	1,000	0,913	0,770
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_r)$	8,000	8,000	7,058	5,512
İvme Spektrum Ordinatı $S_p_a(T_r)$	0,826	1,226	1,269	1,371
Etkin Modal Kütle (M_r)	173,714	15,654	6,851	3,299
C Katsayısı	10,576	10,927	13,734	17,653
Katkı Çarpanı	13,180	-3,957	2,617	-1,816

Çizelge 5.82 Y Yönü Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlilik Kontrolü – Örnek 4

Bina Toplam Kütlesi [t]	201,61	Hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlidir.
Bina Toplam Kütlesi X %90 [t]	181,45	
Bina Toplam Kütlesi X %5 [t]	10,08	
Toplam Etkin Modal Kütle [t]	199,52	

Çizelge 5.83 Y Yönü Yapı Kat Tasarım Deprem Yüğüleri – Örnek 4

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
5. KAT	42,412	-5,674	2,570	-1,337
4. KAT	35,343	-4,728	-2,141	1,114
3. KAT	28,275	3,782	-1,713	0,891
2. KAT	21,206	2,837	-1,285	-0,668
1. KAT	10,852	1,452	0,657	0,342
ZEMİN KAT	5,411	0,724	0,328	0,171

Çizelge 5.84 Y Yönü Yapı Kat Maksimum Yüğüleri – Örnek 4

	EŞDEĞER [t]	DİNAMİK [t]
5. KAT	49,224	42,842
4. KAT	41,020	35,708
3. KAT	32,816	28,602
2. KAT	24,612	21,454
1. KAT	12,595	10,989
ZEMİN KAT	6,280	5,480
TOPLAM	166,55	145,08

Çizelge 5.85 Yükleme 1 (X Yönü + 0,05) E1 Deprem – Örnek 4

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
5. KAT	0,00	0,85	44,59	0,00	37,98
4. KAT	0,00	0,85	37,16	0,00	31,73
3. KAT	0,00	0,85	29,77	0,00	25,40
2. KAT	0,00	0,85	22,33	0,00	19,08
1. KAT	0,00	0,85	11,44	0,00	9,77
ZEMİN KAT	0,00	0,87	5,70	0,00	4,98

Çizelge 5.86 Yükleme 2 (X Yönü - 0,05) E2 Deprem – Örnek 4

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
5. KAT	0,00	-0,85	44,59	0,00	-37,98
4. KAT	0,00	-0,85	37,16	0,00	-31,73
3. KAT	0,00	-0,85	29,77	0,00	-25,40
2. KAT	0,00	-0,85	22,33	0,00	-19,08
1. KAT	0,00	-0,85	11,44	0,00	-9,77
ZEMİN KAT	0,00	-0,87	5,70	0,00	-4,98

Çizelge 5.87 Yükleme 3 (Y Yönü + 0,05) E3 Deprem – Örnek 4

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
5. KAT	1,11	0,00	0,00	42,84	47,71
4. KAT	1,11	0,00	0,00	35,71	39,73
3. KAT	1,11	0,00	0,00	28,60	31,82
2. KAT	1,11	0,00	0,00	21,45	23,87
1. KAT	1,11	0,00	0,00	10,99	12,22
ZEMİN KAT	1,11	0,00	0,00	5,48	6,09

Çizelge 5.88 Yükleme 4 (Y Yönü - 0,05) E4 Deprem – Örnek 4

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
5. KAT	-1,11	0,00	0,00	42,84	-47,71
4. KAT	-1,11	0,00	0,00	35,71	-39,73
3. KAT	-1,11	0,00	0,00	28,60	-31,82
2. KAT	-1,11	0,00	0,00	21,45	-23,87
1. KAT	-1,11	0,00	0,00	10,99	-12,22
ZEMİN KAT	-1,11	0,00	0,00	5,48	-6,09

Çizelge 5.89 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 1. Deprem Yüklemeği – Örnek 4

1. Deprem Yüklemeği						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\check{G}A$	$\Delta \dot{I}S\check{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
5. KAT	0,54	0,46	0,46	0,54	0,54	0,000192
4. KAT	0,87	0,74	0,74	0,87	0,87	0,000309
3. KAT	1,13	0,97	0,97	1,13	1,13	0,000404
2. KAT	1,40	1,21	1,21	1,40	1,40	0,000500
1. KAT	1,53	1,33	1,33	1,53	1,53	0,000548
ZEMİN KAT	1,09	0,94	0,94	1,09	1,09	0,000389

Çizelge 5.90 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 2. Deprem Yüklemeği – Örnek 4

2. Deprem Yüklemeği						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\check{G}A$	$\Delta \dot{I}S\check{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
5. KAT	0,47	0,53	0,53	0,47	0,53	0,000190
4. KAT	0,75	0,86	0,86	0,75	0,86	0,000306
3. KAT	0,98	1,12	1,12	0,98	1,12	0,000400
2. KAT	1,22	1,39	1,39	1,22	1,39	0,000495
1. KAT	1,34	1,52	1,52	1,34	1,52	0,000543
ZEMİN KAT	0,94	1,08	1,08	0,94	1,08	0,000387

Çizelge 5.91 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 3. Deprem Yüklemeği – Örnek 4

3. Deprem Yüklemeği						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\check{G}A$	$\Delta \dot{I}S\check{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
5. KAT	0,46	0,46	0,57	0,57	0,57	0,000204
4. KAT	0,74	0,74	0,93	0,93	0,93	0,000333
3. KAT	0,97	0,97	1,22	1,22	1,22	0,000437
2. KAT	1,24	1,24	1,54	1,54	1,54	0,000549
1. KAT	1,40	1,40	1,71	1,71	1,71	0,000611
ZEMİN KAT	1,01	1,01	1,25	1,25	1,25	0,000445

Çizelge 5.92 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 4. Deprem Yüklemeği – Örnek 4

4. Deprem Yüklemeği						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\check{G}A$	$\Delta \dot{I}S\check{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
5. KAT	0,57	0,57	0,46	0,46	0,57	0,000204
4. KAT	0,93	0,93	0,74	0,74	0,93	0,000333
3. KAT	1,22	1,22	0,97	0,97	1,22	0,000437
2. KAT	1,54	1,54	1,24	1,24	1,54	0,000549
1. KAT	1,71	1,71	1,40	1,40	1,71	0,000611
ZEMİN KAT	1,25	1,25	1,01	1,01	1,25	0,000445

Çizelge 5.93 2. Mertebe Etkileri – 1. Deprem Yükleme – Örnek 4

1. Deprem Yükleme						
KAT	$(\Delta i)_{ort}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
5. KAT	0,50	51,49	2,80	357,46	144,16	0,001240
4. KAT	0,80	94,40	2,80	714,92	264,32	0,002170
3. KAT	1,05	128,77	2,80	1072,37	360,57	0,003120
2. KAT	1,30	154,56	2,80	1429,83	432,76	0,004310
1. KAT	1,43	167,76	2,80	1704,21	469,74	0,005200
ZEMİN KAT	1,01	174,35	2,80	1977,84	488,18	0,004100

Çizelge 5.94 2. Mertebe Etkileri – 2. Deprem Yükleme – Örnek 4

2. Deprem Yükleme						
KAT	$(\Delta i)_{ort}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
5. KAT	0,50	51,49	2,80	357,46	144,16	0,001240
4. KAT	0,80	94,40	2,80	714,92	264,32	0,002170
3. KAT	1,05	128,77	2,80	1072,37	360,57	0,003120
2. KAT	1,30	154,56	2,80	1429,83	432,76	0,004300
1. KAT	1,43	167,76	2,80	1704,21	469,74	0,005190
ZEMİN KAT	1,01	174,35	2,80	1977,84	488,18	0,004100

Çizelge 5.95 2. Mertebe Etkileri – 3. Deprem Yükleme – Örnek 4

3. Deprem Yükleme						
KAT	$(\Delta i)_{ort}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
5. KAT	0,51	49,18	2,80	357,46	137,71	0,001340
4. KAT	0,84	90,17	2,80	714,92	252,49	0,002370
3. KAT	1,10	123,01	2,80	1072,37	344,43	0,003420
2. KAT	1,39	147,64	2,80	1429,83	413,39	0,004810
1. KAT	1,56	160,26	2,80	1704,21	448,71	0,005910
ZEMİN KAT	1,13	166,55	2,80	1977,84	466,33	0,004780

Çizelge 5.96 2. Mertebe Etkileri – 4. Deprem Yükleme – Örnek 4

4. Deprem Yükleme						
KAT	$(\Delta i)_{ort}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
5. KAT	0,51	49,18	2,80	357,46	137,71	0,001340
4. KAT	0,84	90,17	2,80	714,92	252,49	0,002370
3. KAT	1,10	123,01	2,80	1072,37	344,43	0,003420
2. KAT	1,39	147,64	2,80	1429,83	413,39	0,004810
1. KAT	1,56	160,26	2,80	1704,21	448,71	0,005910
ZEMİN KAT	1,13	166,55	2,80	1977,84	466,33	0,004780

Çizelge 5.97 Planda Düzensizlik Durumları – A1 Burulma Düzensizliği – Örnek 4

A1 Burulma Düzensizliği												
KAT	(Δi)max1	(Δi)ort1	η_{bi1}	(Δi)max2	(Δi)ort2	η_{bi2}	(Δi)max3	(Δi)ort3	η_{bi3}	(Δi)max4	(Δi)ort4	η_{bi4}
5. KAT	0,54	0,50	1,08	0,53	0,50	1,06	0,57	0,51	1,11	0,57	0,51	1,11
4. KAT	0,87	0,80	1,08	0,86	0,80	1,07	0,93	0,84	1,11	0,93	0,84	1,11
3. KAT	1,13	1,05	1,08	1,12	1,05	1,07	1,22	1,10	1,11	1,22	1,10	1,11
2. KAT	1,40	1,30	1,07	1,39	1,30	1,06	1,54	1,39	1,11	1,54	1,39	1,11
1. KAT	1,53	1,43	1,07	1,52	1,43	1,06	1,71	1,56	1,10	1,71	1,56	1,10
ZEMİN KAT	1,09	1,01	1,08	1,08	1,01	1,07	1,25	1,13	1,11	1,25	1,13	1,11

$\max \eta_{bi} = 1,11 < 1.2$ olduğu için A1 burulma düzensizliği yoktur.

Çizelge 5.98 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) – Örnek 4

B2 - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)												
KAT	(Δi)ort1	($\Delta i+1$)ort1	η_{ki1}	(Δi)ort2	($\Delta i+1$)ort2	η_{ki2}	(Δi)ort3	($\Delta i+1$)ort3	η_{ki3}	(Δi)ort4	($\Delta i+1$)ort4	η_{ki4}
KAT	0,80	0,50	1,60	0,80	0,50	1,61	0,84	0,51	1,63	0,84	0,51	1,63
KAT	1,05	0,80	1,31	1,05	0,80	1,31	1,10	0,84	1,31	1,10	0,84	1,31
KAT	1,30	1,05	1,24	1,30	1,05	1,24	1,39	1,10	1,27	1,39	1,10	1,27
KAT	1,43	1,30	1,10	1,43	1,30	1,10	1,56	1,39	1,12	1,56	1,39	1,12
ZEMİN KAT	1,01	1,43	0,71	1,01	1,43	0,71	1,13	1,56	0,72	1,13	1,56	0,72

$\max \eta_{ki} = 1,63 > 1,5$ olduğu için B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği vardır

Çizelge 5.99 S109-S133-S142 Kolonlarının Statik Değerleri – Örnek 4

Kolon	Kat	hx	hy	Yükleme	N[t]	Mx[tm]	My[tm]	Mev As[cm ²]	Köşe	Kenar	Etriye
S109	5	0,40	0,40	G+Q+E4 Üst	9,20	-3,16	1,19	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	10,10	1,46	-3,71	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	1,4G+1,6QÜst	5,69	-1,69	-1,03	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	4	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	13,18	-3,86	0,61	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	19,83	0,96	-5,23	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G-E1 Üst	7,34	-3,33	-0,01	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	3	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	18,68	-4,96	0,50	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Üst	31,50	7,61	0,19	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Üst	8,44	3,42	-1,06	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	2	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	23,60	-6,29	0,37	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Üst	40,09	9,82	0,41	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Üst	6,33	5,55	-1,14	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	1	0,40	0,40	0,9G+E4 Alt	28,34	-7,27	0,19	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Alt	46,60	11,44	0,78	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Alt	0,98	7,86	-1,06	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	Z	0,40	0,40	0,9G+E4 Alt	33,36	-5,93	-0,16	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Alt	52,83	11,97	0,73	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	G+Q+E1 Alt	-1,15	10,29	-0,53	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10

5.8 Örnek 5'e Ait Analiz Sonuçları

Bu örnekte, Örnek 2'de analizi yapılan yapının aynısı kullanılmış, değerler değiştirilmemiş fakat kat sayısı 6 alınarak analiz yapılmıştır.

Çizelge 5.100 Kat Eşdeğer Yatay Kuvvetleri ve Genel Bilgileri – Örnek 5

Kat No	gi [t]	qi [t]	HYKK	wi [t]	Hi [m]	wi x Hi	Fi(x) [t]	Vt(x) [t]	Fi(y) [t]	Vt(y) [t]
Z	219,07	26,58	0,30	227,05	2,80	635,73	5,20	162,87	4,91	153,81
1	219,83	26,58	0,30	227,80	5,60	1275,70	10,43	157,67	9,85	148,91
2	338,72	62,45	0,30	357,46	8,40	3002,65	24,54	147,24	23,18	139,06
3	338,72	62,45	0,30	357,46	11,20	4003,53	32,72	127,70	30,90	115,88
4	338,72	62,45	0,30	357,46	14,00	5004,41	40,90	89,98	38,63	84,98
5	338,72	62,45	0,30	357,46	16,80	6005,30	49,08	49,08	46,35	46,35

Dinamik Hesap

$$W = 1884,68 \text{ t}$$

$$T1a = 0,58 \text{ sn}$$

$$Hn = 16,80 \text{ m}$$

$$\Delta Fn(x) = 0,00 \text{ t}$$

$$\Delta Fn(y) = 0,00 \text{ t}$$

$$Vt(x) = 162,87 \text{ t}$$

$$Vt(y) = 153,81 \text{ t}$$

$$VtB(x) = 143,41 \text{ t}$$

$$VtB(y) = 136,38 \text{ t}$$

$$Vt(x) / VtB(x) = 1,14$$

$$Vt(y) / VtB(y) = 1,13$$

$$\beta = 1,00$$

$$\beta Vt(x) / VtB(x) = 1,14$$

$$\beta Vt(y) / VtB(y) = 1,13$$

$$Ao = 0,40$$

$$I = 1,00$$

Çizelge 5.101 X Yönü Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlilik Kontrolü - Örnek 5

Bina Toplam Kütlesi [t]	192,12	Hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlidir.
Bina Toplam Kütlesi X %90 [t]	172,91	
Bina Toplam Kütlesi X %5 [t]	9,61	
Toplam Etkin Modal Kütle [t]	190,06	

Çizelge 5.102 X Yönü w, Tr, S(Tr), A(Tr), Ra(Tr), Spa(Tr), Mr, C ve Katkı Çarpanı Değerleri Örnek 5

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
Serbest Titreşim Frekansı (w)	13,203	45,143	81,544	112,568
Doğal Titreşim Periyodu (Tr)	0,475902	0,139186	0,077053	0,055817
Spektrum Katsayısı S(Tr)	1,728	2,5	2,156	1,837
Spektral İvme Katsayısı A(Tr)	0,691	1,000	0,862	0,735
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı Ra(Tr)	8,000	8,000	6,508	5,128
İvme Spektrum Ordinatu Spa (Tr)	0,848	1,226	1,300	1,406
Etkin Modal Kütle (Mr)	167,834	12,827	5,971	3,431
C Katsayısı	10,524	10,654	13,734	18,675
Katkı Çarpanı	12,955	-3,581	2,444	-1,852

Çizelge 5.103 X Yönü Yapı Kat Tasarım Deprem Yükleri – Örnek 5

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
5. KAT	42,877	-4,740	2,339	-1,453
4. KAT	35,731	-3,950	-1,949	1,211
3. KAT	28,585	3,160	-1,559	0,969
2. KAT	21,439	2,370	1,169	-0,727
1. KAT	9,108	1,007	0,497	0,309
ZEMİN KAT	4,539	0,502	0,248	0,154

Çizelge 5.104 X Yönü Yapı Kat Maksimum Yükleri – Örnek 5

	EŞDEĞER [t]	DİNAMİK [t]
5. KAT	49,081	43,190
4. KAT	40,901	35,995
3. KAT	32,721	28,826
2. KAT	24,541	21,628
1. KAT	10,426	9,193
ZEMİN KAT	5,196	4,581
TOPLAM	162,87	143,41

Çizelge 5.105 Y Yönü w, Tr, S(Tr), A(Tr), Ra(Tr), Spa(Tr), Mr, C ve Katkı Çarpanı Değerleri Örnek 5

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
Serbest Titreşim Frekansı (w)	12,291	42,435	75,801	103,407
Doğal Titreşim Periyodu (Tr)	0,511200	0,148068	0,082890	0,060762
Spektrum Katsayısı S(Tr)	1,632	2,5	2,243	1,911
Spektral İvme Katsayısı A(Tr)	0,653	1,000	0,897	0,765
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı Ra(Tr)	8,000	8,000	6,888	5,450
İvme Spektrum Ordinatu Spa (Tr)	0,801	1,226	1,278	1,376
Etkin Modal Kütle (Mr)	169,056	11,880	5,858	3, 250
C Katsayısı	10,639	10,632	13,775	18,231
Katkı Çarpanı	13,002	-3,447	2,420	-1,803

Çizelge 5.106 Y Yönü Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlilik Kontrolü – Örnek 5

Bina Toplam Kütlesi [t]	192,12	Hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlidir.
Bina Toplam Kütlesi X %90 [t]	172,91	
Bina Toplam Kütlesi X %5 [t]	9,61	
Toplam Etkin Modal Kütle [t]	190,04	

Çizelge 5.107 Y Yönü Yapı Kat Tasarım Deprem Yükleri – Örnek 5

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
5. KAT	40,787	-4,390	2,256	-1,348
4. KAT	33,989	-3,658	-1,880	1,123
3. KAT	27,191	2,927	-1,504	0,899
2. KAT	20,393	2,195	1,128	-0,674
1. KAT	8,664	0,933	0,479	0,286
ZEMİN KAT	4,318	0,465	0,239	0,143

Çizelge 5.108 Y Yönü Yapı Kat Maksimum Yükleri – Örnek 5

	EŞDEĞER [t]	DİNAMİK [t]
5. KAT	46,351	41,073
4. KAT	38,626	34,231
3. KAT	30,901	27,411
2. KAT	23,176	20,566
1. KAT	9,846	8,742
ZEMİN KAT	4,907	4,357
TOPLAM	153,81	136,38

Çizelge 5.109 Yükleme 1 (X Yönü + 0,05) E1 Deprem – Örnek 5

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
5. KAT	0,00	0,85	43,19	0,00	36,79
4. KAT	0,00	0,85	36,00	0,00	30,72
3. KAT	0,00	0,85	28,83	0,00	24,57
2. KAT	0,00	0,85	21,63	0,00	18,41
1. KAT	0,00	0,85	9,19	0,00	7,82
ZEMİN KAT	0,00	0,87	4,58	0,00	3,99

Çizelge 5.110 Yükleme 2 (X Yönü - 0,05) E2 Deprem – Örnek 5

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
5. KAT	0,00	-0,85	43,19	0,00	-36,79
4. KAT	0,00	-0,85	36,00	0,00	-30,72
3. KAT	0,00	-0,85	28,83	0,00	-24,57
2. KAT	0,00	-0,85	21,63	0,00	-18,41
1. KAT	0,00	-0,85	9,19	0,00	-7,82
ZEMİN KAT	0,00	-0,87	4,58	0,00	-3,99

Çizelge 5.111 Yükleme 3 (Y Yönü + 0,05) E3 Deprem – Örnek 5

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
5. KAT	1,11	0,00	0,00	41,07	45,70
4. KAT	1,11	0,00	0,00	34,23	38,07
3. KAT	1,11	0,00	0,00	27,41	30,49
2. KAT	1,11	0,00	0,00	20,57	22,88
1. KAT	1,11	0,00	0,00	8,74	9,72
ZEMİN KAT	1,11	0,00	0,00	4,36	4,85

Çizelge 5.112 Yükleme 4 (Y Yönü - 0,05) E4 Deprem – Örnek 5

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
5. KAT	-1,11	0,00	0,00	41,07	-45,70
4. KAT	-1,11	0,00	0,00	34,23	-38,07
3. KAT	-1,11	0,00	0,00	27,41	-30,49
2. KAT	-1,11	0,00	0,00	20,57	-22,88
1. KAT	-1,11	0,00	0,00	8,74	-9,72
ZEMİN KAT	-1,11	0,00	0,00	4,36	-4,85

Çizelge 5.113 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 1. Deprem Yüklemesi – Örnek 5

1. Deprem Yüklemesi						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\check{G}A$	$\Delta \dot{I}S\check{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
5. KAT	0,88	0,50	0,11	0,88	0,88	0,000315
4. KAT	1,32	0,69	0,26	1,32	1,32	0,000471
3. KAT	1,63	0,77	0,43	1,63	1,63	0,000583
2. KAT	1,99	0,83	0,70	1,99	1,99	0,000709
1. KAT	2,15	0,84	0,86	2,15	2,15	0,000769
ZEMİN KAT	1,50	0,61	0,56	1,50	1,50	0,000536

Çizelge 5.114 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 2. Deprem Yüklemesi – Örnek 5

2. Deprem Yüklemesi						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\check{G}A$	$\Delta \dot{I}S\check{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
5. KAT	0,11	0,87	0,87	0,49	0,87	0,000310
4. KAT	0,26	1,30	1,30	0,68	1,30	0,000465
3. KAT	0,44	1,61	1,61	0,76	1,61	0,000575
2. KAT	0,71	1,96	1,96	0,81	1,96	0,000701
1. KAT	0,87	2,13	2,13	0,82	2,13	0,000760
ZEMİN KAT	0,56	1,49	1,49	0,60	1,49	0,000532

Çizelge 5.115 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 3. Deprem Yüklemesi – Örnek 5

3. Deprem Yüklemesi						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\check{G}A$	$\Delta \dot{I}S\check{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
5. KAT	-0,12	0,47	1,12	1,12	1,12	0,000400
4. KAT	-0,04	0,65	1,66	1,66	1,66	0,000593
3. KAT	0,12	0,73	2,02	2,02	2,02	0,000722
2. KAT	0,43	0,78	2,48	2,48	2,48	0,000884
1. KAT	0,66	0,79	2,72	2,72	2,72	0,000971
ZEMİN KAT	0,41	0,58	1,92	1,92	1,92	0,000686

Çizelge 5.116 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 4. Deprem Yüklemesi – Örnek 5

4. Deprem Yüklemesi						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\check{G}A$	$\Delta \dot{I}S\check{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
5. KAT	1,12	1,12	-0,25	-0,12	1,12	0,000400
4. KAT	1,66	1,66	-0,22	-0,04	1,66	0,000593
3. KAT	2,02	2,02	-0,11	0,12	2,02	0,000722
2. KAT	2,48	2,48	0,11	0,43	2,48	0,000884
1. KAT	2,72	2,72	0,27	0,66	2,72	0,000972
ZEMİN KAT	1,92	1,92	0,17	0,41	1,92	0,000686

Çizelge 5.117 2. Mertebe Etkileri – 1. Deprem Yüklemesi – Örnek 5

1. Deprem Yüklemesi						
KAT	(Δi) _{ort} [mm]	V _i [t]	h _i [m]	Σw_j [t]	V _i x h _i	θ_i [radyan]
5. KAT	0,49	49,05	2,80	357,46	137,34	0,001280
4. KAT	0,79	89,93	2,80	714,92	251,79	0,002240
3. KAT	1,03	122,66	2,80	1072,37	343,45	0,003230
2. KAT	1,34	147,22	2,80	1429,83	412,23	0,004660
1. KAT	1,51	157,66	2,80	1657,64	441,46	0,005660
ZEMİN KAT	1,03	162,87	2,80	1884,68	456,03	0,004250

Çizelge 5.118 2. Mertebe Etkileri – 2. Deprem Yüklemesi – Örnek 5

2. Deprem Yüklemesi						
KAT	(Δi) _{ort} [mm]	V _i [t]	h _i [m]	Σw_j [t]	V _i x h _i	θ_i [radyan]
5. KAT	0,49	49,05	2,80	357,46	137,34	0,001270
4. KAT	0,78	89,93	2,80	714,92	251,79	0,002210
3. KAT	1,02	122,66	2,80	1072,37	343,45	0,003200
2. KAT	1,33	147,22	2,80	1429,83	412,23	0,004630
1. KAT	1,50	157,66	2,80	1657,64	441,46	0,005620
ZEMİN KAT	1,02	162,87	2,80	1884,68	456,03	0,004230

Çizelge 5.119 2. Mertebe Etkileri – 3. Deprem Yüklemesi – Örnek 5

3. Deprem Yüklemesi						
KAT	(Δi) _{ort} [mm]	V _i [t]	h _i [m]	Σw_j [t]	V _i x h _i	θ_i [radyan]
5. KAT	0,50	46,32	2,80	357,46	129,70	0,001380
4. KAT	0,81	84,93	2,80	714,92	237,79	0,002440
3. KAT	1,07	115,84	2,80	1072,37	324,35	0,003530
2. KAT	1,45	139,03	2,80	1429,83	389,29	0,005340
1. KAT	1,69	148,89	2,80	1657,64	416,90	0,006730
ZEMİN KAT	1,17	153,81	2,80	1884,68	430,66	0,005100

Çizelge 5.120 2. Mertebe Etkileri – 4. Deprem Yüklemesi – Örnek 5

4. Deprem Yüklemesi						
KAT	(Δi) _{ort} [mm]	V _i [t]	h _i [m]	Σw_j [t]	V _i x h _i	θ_i [radyan]
5. KAT	0,50	46,32	2,80	357,46	129,70	0,001380
4. KAT	0,81	84,93	2,80	714,92	237,79	0,002440
3. KAT	1,07	115,84	2,80	1072,37	324,35	0,003530
2. KAT	1,45	139,03	2,80	1429,83	389,29	0,005340
1. KAT	1,69	148,89	2,80	1657,64	416,90	0,006730
ZEMİN KAT	1,17	153,81	2,80	1884,68	430,66	0,005100

Çizelge 5.121 Planda Düzensizlik Durumları – A1 Burulma Düzensizliği – Örnek 5

A1 Burulma Düzensizliği												
KAT	(Δi)max1	(Δi)ort1	η_{bi1}	(Δi)max2	(Δi)ort2	η_{bi2}	(Δi)max3	(Δi)ort3	η_{bi3}	(Δi)max4	(Δi)ort4	η_{bi4}
5. KAT	0,88	0,49	1,79	0,87	0,49	1,78	1,12	0,50	2,24	1,12	0,50	2,24
4. KAT	1,32	0,79	1,67	1,30	0,78	1,67	1,66	0,81	2,05	1,66	0,81	2,05
3. KAT	1,63	1,03	1,58	1,61	1,02	1,57	2,02	1,07	1,89	2,02	1,07	1,89
2. KAT	1,99	1,34	1,48	1,96	1,33	1,47	2,48	1,45	1,70	2,48	1,45	1,70
1. KAT	2,15	1,51	1,43	2,13	1,50	1,42	2,72	1,69	1,61	2,72	1,69	1,61
ZEMİN KAT	1,50	1,03	1,46	1,49	1,02	1,45	1,92	1,17	1,65	1,92	1,17	1,65

$\max \eta_{bi} = 2,24 > 1.2$ olduğu için A1 burulma düzensizliği vardır.

Çizelge 5.122 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) – Örnek 5

B2 - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)												
KAT	(Δi)ort1	($\Delta i+1$)ort1	η_{ki1}	(Δi)ort2	($\Delta i+1$)ort2	η_{ki2}	(Δi)ort3	($\Delta i+1$)ort3	η_{ki3}	(Δi)ort4	($\Delta i+1$)ort4	η_{ki4}
KAT	0,79	0,49	1,60	0,78	0,49	1,60	0,81	0,50	1,62	0,81	0,50	1,62
KAT	1,03	0,79	1,31	1,02	0,78	1,31	1,07	0,81	1,32	1,07	0,81	1,32
KAT	1,34	1,03	1,30	1,33	1,02	1,30	1,45	1,07	1,36	1,45	1,07	1,36
KAT	1,51	1,34	1,12	1,50	1,33	1,12	1,69	1,45	1,16	1,69	1,45	1,16
ZEMİN KAT	1,03	1,51	0,68	1,02	1,50	0,68	1,17	1,69	0,69	1,17	1,69	0,69

$\max \eta_{ki} = 1,62 > 1,5$ olduğu için B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği vardır

Çizelge 5.123 S109-S133-S142 Kolonlarının Statik Değerleri – Örnek 5

Kolon	Kat	hx	hy	Yükleme	N[t]	Mx[tm]	My[tm]	Mev As[cm ²]	Köşe	Kenar	Etriye
S109	5	0,40	0,40	G+Q+E4 Üst	9,44	-4,20	0,16	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	9,82	0,51	-5,29	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	G+Q+E3 Üst	3,65	-2,59	0,76	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	4	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	13,50	-5,38	-0,81	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	19,45	-0,36	-6,98	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G-E1 Üst	6,60	-5,00	1,28	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	3	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	19,10	-6,68	-1,14	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Üst	34,26	9,02	2,72	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E3 Üst	6,97	-3,96	3,71	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	2	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	23,97	-8,51	-1,51	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Üst	43,49	10,59	2,96	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Üst	7,16	8,17	-2,87	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	1	0,40	0,40	0,9G+E4 Alt	26,32	-9,76	-2,00	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Alt	47,59	-1,54	-11,27	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Alt	1,08	11,28	-3,06	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	Z	0,40	0,40	0,9G+E4 Alt	28,84	-8,08	-1,90	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Alt	35,90	12,92	3,93	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	G+Q+E1 Alt	-2,02	13,95	-2,15	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10

5.9 Örnek 6'ya Ait Analiz Sonuçları

Bu örnekte, Örnek 3'de analizi yapılan yapının aynısı kullanılmış, değerler değiştirilmemiş fakat kat sayısı 6 alınarak analiz yapılmıştır.

Çizelge 5.124 Kat Eşdeğer Yatay Kuvvetleri ve Genel Bilgileri – Örnek 6

Kat No	gi [t]	qi [t]	HYKK	wi [t]	Hi [m]	wi x Hi	Fi(x) [t]	Vt(x) [t]	Fi(y) [t]	Vt(y) [t]
Z	305,27	50,50	0,30	320,42	2,80	897,18	8,11	187,17	7,65	176,59
1	305,27	50,50	0,30	320,42	5,60	1794,35	16,22	179,06	15,30	168,94
2	338,72	62,45	0,30	357,46	8,40	3002,65	27,14	162,84	25,61	153,64
3	338,72	62,45	0,30	357,46	11,20	4003,53	36,19	135,70	34,14	128,03
4	338,72	62,45	0,30	357,46	14,00	5004,41	45,23	99,51	42,68	93,89
5	338,72	62,45	0,30	357,46	16,80	6005,30	54,28	54,28	51,21	51,21

Dinamik Hesap

$$W = 2070,67 \text{ t}$$

$$T1a = 0,58 \text{ sn}$$

$$Hn = 16,80 \text{ m}$$

$$\Delta F_n(x) = 0,00 \text{ t}$$

$$\Delta F_n(y) = 0,00 \text{ t}$$

$$Vt(x) = 187,17 \text{ t}$$

$$Vt(y) = 176,59 \text{ t}$$

$$VtB(x) = 159,38 \text{ t}$$

$$VtB(y) = 151,89 \text{ t}$$

$$Vt(x) / VtB(x) = 1,17$$

$$Vt(y) / VtB(y) = 1,16$$

$$\beta = 1,00$$

$$\beta Vt(x) / VtB(x) = 1,17$$

$$\beta Vt(y) / VtB(y) = 1,16$$

$$Ao = 0,40$$

$$I = 1,00$$

Çizelge 5.125 X Yönü Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlilik Kontrolü - Örnek 6

Bina Toplam Kütlesi [t]	211,08	Hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlidir.
Bina Toplam Kütlesi X %90 [t]	189,97	
Bina Toplam Kütlesi X %5 [t]	10,55	
Toplam Etkin Modal Kütle [t]	209,18	

Çizelge 5.126 X Yönü w, Tr, S(Tr), A(Tr), Ra(Tr), Spa(TR), Mr, C ve Katkı Çarpanı Değerleri Örnek 6

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
Serbest Titreşim Frekansı (w)	13,967	43,890	76,862	108,957
Doğal Titreşim Periyodu (Tr)	0,449867	0,143159	0,081746	0,057667
Spektrum Katsayısı S(Tr)	1,808	2,5	2,226	1,865
Spektral İvme Katsayısı A(Tr)	0,723	1,000	0,890	0,746
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı Ra(Tr)	8,000	8,000	6,813	5,248
İvme Spektrum Ordinatu Spa (Tr)	0,887	1,226	1,282	1,394
Etkin Modal Kütle (Mr)	177,004	20,832	7,733	3,615
C Katsayısı	10,439	11,240	13,567	17,654
Katkı Çarpanı	13,304	-4,564	2,781	-1,901

Çizelge 5.127 X Yönü Yapı Kat Tasarım Deprem Yükleri – Örnek 6

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
5. KAT	45,519	-7,408	2,875	-1,462
4. KAT	37,933	-6,173	-2,396	1,218
3. KAT	30,346	4,939	-1,917	0,975
2. KAT	22,760	3,704	-1,438	-0,731
1. KAT	13,601	2,214	0,859	0,437
ZEMİN KAT	6,800	1,107	0,430	0,218

Çizelge 5.128 X Yönü Yapı Kat Maksimum Yükleri – Örnek 6

	EŞDEĞER [t]	DİNAMİK [t]
5. KAT	54,282	46,168
4. KAT	40,901	34,484
3. KAT	36,188	30,838
2. KAT	27,141	23,130
1. KAT	16,219	13,838
ZEMİN KAT	8,110	6,919
TOPLAM	187,17	159,38

Çizelge 5.129 Y Yönü w, Tr, S(Tr), A(Tr), Ra(Tr), Spa(Tr), Mr, C ve Katkı Çarpanı Değerleri Örnek 6

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
Serbest Titreşim Frekansı (w)	12,986	41,096	71,367	100,112
Doğal Titreşim Periyodu (Tr)	0,483844	0,152892	0,088041	0,062762
Spektrum Katsayısı S(Tr)	1,706	2,5	2,321	1,941
Spektral İvme Katsayısı A(Tr)	0,682	1,000	0,928	0,777
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı Ra(Tr)	8,000	8,000	7,223	5,579
İvme Spektrum Ordinatı Spa (Tr)	0,837	1,226	1,261	1,365
Etkin Modal Kütle (Mr)	178,884	19,508	7,508	3,428
C Katsayısı	10,577	11,228	13,596	17,268
Katkı Çarpanı	13,375	-4,417	2,740	-1,852

Çizelge 5.130 Y Yönü Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlilik Kontrolü – Örnek 6

Bina Toplam Kütlesi [t]	211,08	Hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlidir.
Bina Toplam Kütlesi X %90 [t]	189,97	
Bina Toplam Kütlesi X %5 [t]	10,55	
Toplam Etkin Modal Kütle [t]	209,33	

Çizelge 5.131 Y Yönü Yapı Kat Tasarım Deprem Yükleri – Örnek 6

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
5. KAT	43,400	-6,983	2,745	-1,358
4. KAT	36,167	-5,781	-2,288	1,131
3. KAT	28,934	4,625	-1,803	0,905
2. KAT	21,700	3,469	-1,373	-0,679
1. KAT	12,968	2,073	0,820	0,406
ZEMİN KAT	6,484	1,036	0,410	0,203

Çizelge 5.132 Y Yönü Yapı Kat Maksimum Yükleri – Örnek 6

	EŞDEĞER [t]	DİNAMİK [t]
5. KAT	51,211	43,999
4. KAT	42,676	36,676
3. KAT	34,141	29,387
2. KAT	25,606	22,042
1. KAT	15,302	13,188
ZEMİN KAT	7,651	6,594
TOPLAM	176,59	151,89

Çizelge 5.133 Yükleme 1 (X Yönü + 0,05) E1 Deprem – Örnek 6

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
5. KAT	0,00	0,85	46,17	0,00	39,31
4. KAT	0,00	0,85	38,48	0,00	32,82
3. KAT	0,00	0,85	30,84	0,00	26,34
2. KAT	0,00	0,85	23,13	0,00	19,77
1. KAT	0,00	0,85	13,84	0,00	11,84
ZEMİN KAT	0,00	0,87	6,92	0,00	6,04

Çizelge 5.134 Yükleme 2 (X Yönü - 0,05) E2 Deprem – Örnek 6

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
5. KAT	0,00	-0,85	46,17	0,00	-39,31
4. KAT	0,00	-0,85	38,48	0,00	-32,82
3. KAT	0,00	-0,85	30,84	0,00	-26,34
2. KAT	0,00	-0,85	23,13	0,00	-19,77
1. KAT	0,00	-0,85	13,84	0,00	-11,84
ZEMİN KAT	0,00	-0,87	6,92	0,00	-6,04

Çizelge 5.135 Yükleme 3 (Y Yönü + 0,05) E3 Deprem – Örnek 6

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
5. KAT	1,11	0,00	0,00	44,00	48,95
4. KAT	1,11	0,00	0,00	36,68	40,79
3. KAT	1,11	0,00	0,00	29,39	32,68
2. KAT	1,11	0,00	0,00	22,04	24,51
1. KAT	1,11	0,00	0,00	13,19	14,67
ZEMİN KAT	1,11	0,00	0,00	6,59	7,34

Çizelge 5.136 Yükleme 4 (Y Yönü - 0,05) E4 Deprem – Örnek 6

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
5. KAT	-1,11	0,00	0,00	44,00	-48,95
4. KAT	-1,11	0,00	0,00	36,68	-40,79
3. KAT	-1,11	0,00	0,00	29,39	-32,68
2. KAT	-1,11	0,00	0,00	22,04	-24,51
1. KAT	-1,11	0,00	0,00	13,19	-14,67
ZEMİN KAT	-1,11	0,00	0,00	6,59	-7,34

Çizelge 5.137 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 1. Deprem Yüklemeği – Örnek 6

1. Deprem Yüklemeği						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\check{G}A$	$\Delta \dot{I}S\check{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
5. KAT	0,55	0,48	0,48	0,55	0,55	0,000198
4. KAT	0,89	0,76	0,76	0,89	0,89	0,000319
3. KAT	1,16	0,99	0,99	1,16	1,16	0,000415
2. KAT	1,36	1,16	1,16	1,36	1,36	0,000486
1. KAT	1,44	1,22	1,22	1,44	1,44	0,000513
ZEMİN KAT	1,06	0,90	0,90	1,06	1,06	0,000380

Çizelge 5.138 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 2. Deprem Yüklemeği – Örnek 6

2. Deprem Yüklemeği						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\check{G}A$	$\Delta \dot{I}S\check{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
5. KAT	0,48	0,55	0,55	0,48	0,55	0,000196
4. KAT	0,77	0,88	0,88	0,77	0,88	0,000315
3. KAT	1,00	1,15	1,15	1,00	1,15	0,000410
2. KAT	1,17	1,34	1,34	1,17	1,34	0,000480
1. KAT	1,24	1,42	1,42	1,24	1,42	0,000507
ZEMİN KAT	0,91	1,06	1,06	0,91	1,06	0,000377

Çizelge 5.139 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 3. Deprem Yüklemeği – Örnek 6

3. Deprem Yüklemeği						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\check{G}A$	$\Delta \dot{I}S\check{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
5. KAT	0,47	0,47	0,58	0,58	0,58	0,000208
4. KAT	0,76	0,76	0,95	0,95	0,95	0,000340
3. KAT	0,99	0,99	1,25	1,25	1,25	0,000446
2. KAT	1,22	1,22	1,52	1,52	1,52	0,000544
1. KAT	1,35	1,35	1,67	1,67	1,67	0,000597
ZEMİN KAT	1,00	1,00	1,25	1,25	1,25	0,000447

Çizelge 5.140 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 4. Deprem Yüklemeği – Örnek 6

4. Deprem Yüklemeği						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\check{G}A$	$\Delta \dot{I}S\check{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
5. KAT	0,58	0,58	0,47	0,47	0,58	0,000208
4. KAT	0,95	0,95	0,76	0,76	0,95	0,000340
3. KAT	1,25	1,25	0,99	0,99	1,25	0,000446
2. KAT	1,52	1,52	1,22	1,22	1,52	0,000544
1. KAT	1,67	1,67	1,35	1,35	1,67	0,000597
ZEMİN KAT	1,25	1,25	1,00	1,00	1,25	0,000447

Çizelge 5.141 2. Mertebe Etkileri – 1. Deprem Yüklemesi – Örnek 6

1. Deprem Yüklemesi						
KAT	(Δi) _{ort} [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
5. KAT	0,52	54,22	2,80	357,46	151,82	0,001210
4. KAT	0,83	99,42	2,80	714,92	278,36	0,002120
3. KAT	1,08	135,63	2,80	1072,37	379,77	0,003040
2. KAT	1,26	162,80	2,80	1429,83	455,83	0,003950
1. KAT	1,33	179,05	2,80	1750,25	501,33	0,004640
ZEMİN KAT	0,98	187,17	2,80	2070,67	524,09	0,003890

Çizelge 5.142 2. Mertebe Etkileri – 2. Deprem Yüklemesi – Örnek 6

2. Deprem Yüklemesi						
KAT	(Δi) _{ort} [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
5. KAT	0,51	54,22	2,80	357,46	151,82	0,001210
4. KAT	0,83	99,42	2,80	714,92	278,36	0,002120
3. KAT	1,08	135,63	2,80	1072,37	379,77	0,003040
2. KAT	1,26	162,80	2,80	1429,83	455,83	0,003950
1. KAT	1,33	179,05	2,80	1750,25	501,33	0,004640
ZEMİN KAT	0,98	187,17	2,80	2070,67	524,09	0,003880

Çizelge 5.143 2. Mertebe Etkileri – 3. Deprem Yüklemesi – Örnek 6

3. Deprem Yüklemesi						
KAT	(Δi) _{ort} [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
5. KAT	0,53	51,15	2,80	357,46	143,23	0,001310
4. KAT	0,86	93,79	2,80	714,92	262,62	0,002330
3. KAT	1,12	127,96	2,80	1072,37	358,29	0,003360
2. KAT	1,37	153,59	2,80	1429,83	430,05	0,004570
1. KAT	1,51	168,92	2,80	1750,25	472,97	0,005600
ZEMİN KAT	1,13	176,59	2,80	2070,67	494,44	0,004720

Çizelge 5.144 2. Mertebe Etkileri – 4. Deprem Yüklemesi – Örnek 6

4. Deprem Yüklemesi						
KAT	(Δi) _{ort} [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
5. KAT	0,53	51,15	2,80	357,46	143,23	0,001310
4. KAT	0,86	93,79	2,80	714,92	262,62	0,002330
3. KAT	1,12	127,96	2,80	1072,37	358,29	0,003360
2. KAT	1,37	153,59	2,80	1429,83	430,05	0,004570
1. KAT	1,51	168,92	2,80	1750,25	472,97	0,005600
ZEMİN KAT	1,13	176,59	2,80	2070,67	494,44	0,004720

Çizelge 5.145 Planda Düzensizlik Durumları – A1 Burulma Düzensizliği – Örnek 6

A1 Burulma Düzensizliği												
KAT	(Δi)max1	(Δi)ort1	η_{bi1}	(Δi)max2	(Δi)ort2	η_{bi2}	(Δi)max3	(Δi)ort3	η_{bi3}	(Δi)max4	(Δi)ort4	η_{bi4}
5. KAT	0,55	0,52	1,08	0,55	0,51	1,06	0,58	0,53	1,11	0,58	0,53	1,11
4. KAT	0,89	0,83	1,08	0,88	0,83	1,07	0,95	0,86	1,11	0,95	0,86	1,11
3. KAT	1,16	1,08	1,08	1,15	1,08	1,07	1,25	1,12	1,11	1,25	1,12	1,11
2. KAT	1,36	1,26	1,08	1,34	1,26	1,07	1,52	1,37	1,11	1,52	1,37	1,11
1. KAT	1,44	1,33	1,08	1,42	1,33	1,07	1,67	1,51	1,11	1,67	1,51	1,11
ZEMİN KAT	1,06	0,98	1,08	1,06	0,98	1,07	1,25	1,13	1,11	1,25	1,13	1,11

$\max \eta_{bi} = 1,11 < 1,2$ olduğu için A1 burulma düzensizliği yoktur.

Çizelge 5.146 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) – Örnek 6

B2 - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)												
KAT	(Δi)ort1	($\Delta i+1$)ort1	η_{ki1}	(Δi)ort2	($\Delta i+1$)ort2	η_{ki2}	(Δi)ort3	($\Delta i+1$)ort3	η_{ki3}	(Δi)ort4	($\Delta i+1$)ort4	η_{ki4}
KAT	0,83	0,52	1,61	0,83	0,51	1,61	0,86	0,53	1,63	0,86	0,53	1,63
KAT	1,08	0,83	1,30	1,08	0,83	1,30	1,12	0,86	1,31	1,12	0,86	1,31
KAT	1,26	1,08	1,17	1,26	1,08	1,17	1,37	1,12	1,22	1,37	1,12	1,22
KAT	1,33	1,26	1,06	1,33	1,26	1,06	1,51	1,37	1,10	1,51	1,37	1,10
ZEMİN KAT	0,98	1,33	0,74	0,98	1,33	0,74	1,13	1,51	0,75	1,13	1,51	0,75

$\max \eta_{ki} = 1,63 > 1,5$ olduğu için B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği vardır

Çizelge 5.147 S109-S133-S142 Kolonlarının Statik Değerleri – Örnek 6

Kolon	Kat	hx	hy	Yükleme	N[t]	Mx[tm]	My[tm]	Mev As[cm ²]	Köşe	Kenar	Etriye
S109	5	0,40	0,40	G+Q+E4 Üst	9,24	-3,23	1,23	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	10,10	1,63	-3,95	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	1,4G+1,6QÜst	5,69	-1,70	-1,03	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	4	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	13,22	-3,98	0,63	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E1 Üst	19,80	1,10	-5,53	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G-E1 Üst	7,53	-3,53	0,01	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	3	0,40	0,40	0,9G+E2 Üst	18,70	-0,91	5,00	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Üst	31,30	7,94	0,07	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Üst	7,91	3,74	-1,09	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	2	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	23,65	-6,29	0,38	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Üst	39,83	10,05	0,16	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Üst	5,69	5,32	-1,16	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	1	0,40	0,40	0,9G+E4 Alt	28,40	-7,43	0,15	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Alt	48,76	12,54	0,26	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Alt	0,86	7,67	-1,12	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	Z	0,40	0,40	0,9G+E4 Alt	33,38	-6,21	-0,19	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Alt	57,37	12,84	0,62	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	G+Q+E1 Alt	-0,84	10,94	-0,58	21,55	4Φ14	10Φ14	Φ8/15/8/10

5.10 Örnek 7'ye Ait Analiz Sonuçları

Bu örnekte, Örnek 1'de analizi yapılan yapının aynısı kullanılmış, değerler değiştirilmemiş fakat kat sayısı 4 alınarak analiz yapılmıştır.

Çizelge 5.148 Kat Eşdeğer Yatay Kuvvetleri ve Genel Bilgileri – Örnek 7

Kat No	gi [t]	qi [t]	HYKK	wi [t]	Hi [m]	wi x Hi	Fi(x) [t]	Vt(x) [t]	Fi(y) [t]	Vt(y) [t]
Z	262,29	37,80	0,30	273,63	2,80	766,15	12,74	154,76	12,12	147,22
1	263,04	37,80	0,30	274,38	5,60	1536,54	25,54	142,02	24,30	135,10
2	338,72	62,45	0,30	357,46	8,40	3002,65	49,92	116,48	47,49	110,80
3	338,72	62,45	0,30	357,46	11,20	4003,53	66,56	66,56	63,31	63,31

Dinamik Hesap

$$W = 1262,92 \text{ t}$$

$$T1a = 0,43 \text{ sn}$$

$$Hn = 11,20 \text{ m}$$

$$\Delta F_n(x) = 0,00 \text{ t}$$

$$\Delta F_n(y) = 0,00 \text{ t}$$

$$Vt(x) = 154,76 \text{ t}$$

$$Vt(y) = 147,22 \text{ t}$$

$$VtB(x) = 134,52 \text{ t}$$

$$VtB(y) = 128,67 \text{ t}$$

$$Vt(x) / VtB(x) = 1,15$$

$$Vt(y) / VtB(y) = 1,14$$

$$\beta = 1,00$$

$$\beta Vt(x) / VtB(x) = 1,15$$

$$\beta Vt(y) / VtB(y) = 1,14$$

$$Ao = 0,40$$

$$I = 1,00$$

Çizelge 5.149 X Yönü Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlilik Kontrolü - Örnek 7

Bina Toplam Kütlesi [t]	128,74	Hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlidir.
Bina Toplam Kütlesi X %90 [t]	115,86	
Bina Toplam Kütlesi X %5 [t]	6,44	
Toplam Etkin Modal Kütle [t]	128,73	

Çizelge 5.150 X Yönü w, Tr, S(Tr), A(Tr), Ra(Tr), Spa(TR), Mr, C ve Katkı Çarpanı Değerleri Örnek 7

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
Serbest Titreşim Frekansı (w)	20,430	69,941	116,551	166,364
Doğal Titreşim Periyodu (Tr)	0,307551	0,089836	0,053910	0,037768
Spektrum Katsayısı S(Tr)	2,245	2,348	1,809	1,567
Spektral İvme Katsayısı A(Tr)	0,980	0,939	0,723	0,627
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı Ra(Tr)	8,000	7,339	5,004	3,955
İvme Spektrum Ordinatu Spa (Tr)	1,202	1,255	1,418	1,554
Etkin Modal Kütle (Mr)	111,082	11,969	4,130	1,545
C Katsayısı	8,604	10,449	15,228	46,481
Katkı Çarpanı	10,540	-3,460	2,032	-1,243

Çizelge 5.151 X Yönü Yapı Kat Tasarım Deprem Yükleri – Örnek 7

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
3. KAT	57,430	-6,461	2,519	-1,033
2. KAT	43,072	4,846	-1,889	0,775
1. KAT	22,041	2,480	0,967	-0,396
ZEMİN KAT	10,990	1,236	0,482	0,198

Çizelge 5.152 X Yönü Yapı Kat Maksimum Yükleri – Örnek 7

	EŞDEĞER [t]	DİNAMİK [t]
3. KAT	66,558	57,811
2. KAT	49,918	43,407
1. KAT	25,544	22,223
ZEMİN KAT	12,737	11,083
TOPLAM	154,76	134,52

Çizelge 5.153 Y Yönü w , Tr , $S(Tr)$, $A(Tr)$, $Ra(Tr)$, $Spa(Tr)$, Mr , C ve Katkı Çarpanı Değerleri Örnek 7

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
Serbest Titreşim Frekansı (w)	19,193	64,447	107,341	151,865
Doğal Titreşim Periyodu (Tr)	0,327368	0,096005	0,058535	0,041374
Spektrum Katsayısı $S(Tr)$	2,331	2,440	1,878	1,621
Spektral İvme Katsayısı $A(Tr)$	0,933	0,976	0,751	0,648
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $Ra(Tr)$	8,000	7,740	5,305	4,189
İvme Spektrum Ordinatu $Spa(Tr)$	1,144	1,237	1,389	1,518
Etkin Modal Kütle (Mr)	111,697	11,613	3,937	1,490
C Katsayısı	8,663	10,454	14,923	46,014
Katkı Çarpanı	10,569	-3,408	1,984	-1,221

Çizelge 5.154 Y Yönü Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlilik Kontrolü – Örnek 7

Bina Toplam Kütle [t]	128,74	Hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlidir.
Bina Toplam Kütle X %90 [t]	115,86	
Bina Toplam Kütle X %5 [t]	6,44	
Toplam Etkin Modal Kütle [t]	128,74	

Çizelge 5.155 Y Yönü Yapı Kat Tasarım Deprem Yükleri – Örnek 7

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
3. KAT	54,934	-6,178	2,352	-0,973
2. KAT	41,200	4,634	-1,764	0,729
1. KAT	21,083	2,371	0,903	-0,373
ZEMİN KAT	10,513	1,182	0,450	0,186

Çizelge 5.156 Y Yönü Yapı Kat Maksimum Yükleri – Örnek 7

	EŞDEĞER [t]	DİNAMİK [t]
3. KAT	63,314	55,295
2. KAT	47,486	41,518
1. KAT	24,300	21,256
ZEMİN KAT	12,116	10,601
TOPLAM	147,22	128,67

Çizelge 5.157 Yükleme 1 (X Yönü + 0,05) E1 Deprem – Örnek 7

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
3. KAT	0,00	0,85	57,81	0,00	49,20
2. KAT	0,00	0,86	43,41	0,00	37,15
1. KAT	0,00	0,85	22,22	0,00	18,97
ZEMİN KAT	0,00	0,87	11,08	0,00	9,68

Çizelge 5.158 Yükleme 2 (X Yönü - 0,05) E2 Deprem – Örnek 7

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
3. KAT	0,00	-0,85	57,81	0,00	-49,20
2. KAT	0,00	-0,86	43,41	0,00	-37,15
1. KAT	0,00	-0,85	22,22	0,00	-18,97
ZEMİN KAT	0,00	-0,87	11,08	0,00	-9,68

Çizelge 5.159 Yükleme 3 (Y Yönü + 0,05) E3 Deprem – Örnek 7

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
3. KAT	1,11	0,00	0,00	55,30	61,57
2. KAT	1,11	0,00	0,00	41,52	46,20
1. KAT	1,11	0,00	0,00	21,26	23,63
ZEMİN KAT	1,11	0,00	0,00	10,60	11,79

Çizelge 5.160 Yükleme 4 (Y Yönü - 0,05) E4 Deprem – Örnek 7

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
3. KAT	-1,11	0,00	0,00	55,30	-61,57
2. KAT	-1,11	0,00	0,00	41,52	-46,20
1. KAT	-1,11	0,00	0,00	21,26	-23,63
ZEMİN KAT	-1,11	0,00	0,00	10,60	-11,79

Çizelge 5.161 Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 1. Deprem Yüklemesi – Örnek 7

1. Deprem Yüklemesi						
KAT	Δ İSLU	Δ İSLA	Δ İSĞA	Δ İSĞU	Δ i max	Δ i max / hi
3. KAT	0,60	0,52	0,52	0,60	0,60	0,000215
2. KAT	1,03	0,89	0,89	1,03	1,03	0,000369
1. KAT	1,27	1,10	1,10	1,27	1,27	0,000455
ZEMİN KAT	0,95	0,82	0,82	0,95	0,95	0,000341

Çizelge 5.162 Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 2. Deprem Yüklemesi – Örnek 7

2. Deprem Yüklemesi						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\dot{G}A$	$\Delta \dot{I}S\dot{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
3. KAT	0,52	0,60	0,60	0,52	0,60	0,000334
2. KAT	0,90	1,02	1,02	0,90	1,02	0,000524
1. KAT	1,11	1,26	1,26	1,11	1,26	0,000618
ZEMİN KAT	0,82	0,95	0,95	0,82	0,95	0,000465

Çizelge 5.163 Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 3. Deprem Yüklemesi – Örnek 7

3. Deprem Yüklemesi						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\dot{G}A$	$\Delta \dot{I}S\dot{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
3. KAT	0,51	0,51	0,64	0,64	0,64	0,000228
2. KAT	0,91	0,91	1,13	1,13	1,13	0,000403
1. KAT	1,16	1,16	1,42	1,42	1,42	0,000506
ZEMİN KAT	0,88	0,88	1,09	1,09	1,09	0,000388

Çizelge 5.164 Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 4. Deprem Yüklemesi – Örnek 7

4. Deprem Yüklemesi						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\dot{G}A$	$\Delta \dot{I}S\dot{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
3. KAT	0,64	0,64	0,51	0,51	0,64	0,000228
2. KAT	1,13	1,13	0,91	0,91	1,13	0,000403
1. KAT	1,42	1,42	1,16	1,16	1,42	0,000506
ZEMİN KAT	1,09	1,09	0,88	0,88	1,09	0,000389

Çizelge 5.165 2. Mertebe Etkileri – 1. Deprem Yüklemesi – Örnek 7

1. Deprem Yüklemesi						
KAT	$(\Delta i)_{ort} [mm]$	$V_i [t]$	$h_i [m]$	$\Sigma w_j [t]$	$V_i \times h_i$	$\theta_i [radyan]$
3. KAT	0,56	66,51	2,80	357,46	186,22	0,001070
2. KAT	0,96	116,44	2,80	714,92	326,04	0,002110
1. KAT	1,19	142,01	2,80	989,30	397,62	0,002960
ZEMİN KAT	0,89	154,76	2,80	1262,92	433,32	0,002580

Çizelge 5.166 2. Mertebe Etkileri – 2. Deprem Yüklemesi – Örnek 7

2. Deprem Yüklemesi						
KAT	$(\Delta i)_{ort} [mm]$	$V_i [t]$	$h_i [m]$	$\Sigma w_j [t]$	$V_i \times h_i$	$\theta_i [radyan]$
3. KAT	0,56	66,51	2,80	357,46	186,22	0,001070
2. KAT	0,96	116,44	2,80	714,92	326,04	0,002110
1. KAT	1,19	142,01	2,80	989,30	397,62	0,002960
ZEMİN KAT	0,89	154,76	2,80	1262,92	433,32	0,002580

Çizelge 5.167 2. Mertebe Etkileri – 3. Deprem Yüklemesi – Örnek 7

3. Deprem Yüklemesi						
KAT	$(\Delta i)_{ort}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
3. KAT	0,57	63,27	2,80	357,46	177,14	0,001160
2. KAT	1,02	110,77	2,80	714,92	310,15	0,002360
1. KAT	1,29	135,09	2,80	989,30	378,24	0,003370
ZEMİN KAT	0,98	147,22	2,80	1262,92	412,21	0,003010

Çizelge 5.168 2. Mertebe Etkileri – 4. Deprem Yüklemesi – Örnek 7

4. Deprem Yüklemesi						
KAT	$(\Delta i)_{ort}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
3. KAT	0,57	63,27	2,80	357,46	177,14	0,001160
2. KAT	1,02	110,77	2,80	714,92	310,15	0,002360
1. KAT	1,29	135,09	2,80	989,30	378,24	0,003370
ZEMİN KAT	0,98	147,22	2,80	1262,92	412,21	0,003010

Çizelge 5.169 Planda Düzensizlik Durumları – A1 Burulma Düzensizliği – Örnek 7

A1 Burulma Düzensizliği												
KAT	$(\Delta i)_{max1}$	$(\Delta i)_{ort1}$	η_{bi1}	$(\Delta i)_{max2}$	$(\Delta i)_{ort2}$	η_{bi2}	$(\Delta i)_{max3}$	$(\Delta i)_{ort3}$	η_{bi3}	$(\Delta i)_{max4}$	$(\Delta i)_{ort4}$	η_{bi4}
3. KAT	0,60	0,56	1,08	0,60	0,56	1,07	0,64	0,57	1,11	0,64	0,57	1,11
2. KAT	1,03	0,96	1,07	1,02	0,96	1,06	1,13	1,02	1,11	1,13	1,02	1,11
1. KAT	1,27	1,19	1,07	1,26	1,19	1,06	1,42	1,29	1,10	1,42	1,29	1,10
ZEMİN KAT	0,95	0,89	1,08	0,95	0,89	1,07	1,09	0,98	1,11	1,09	0,98	1,11

$\max \eta_{bi} = 1,11 < 1,2$ olduğu için A1 burulma düzensizliği yoktur.

Çizelge 5.170 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) – Örnek 7

B2 - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)												
KAT	$(\Delta i)_{ort1}$	$(\Delta i+1)_{ort1}$	η_{ki1}	$(\Delta i)_{ort2}$	$(\Delta i+1)_{ort2}$	η_{ki2}	$(\Delta i)_{ort3}$	$(\Delta i+1)_{ort3}$	η_{ki3}	$(\Delta i)_{ort4}$	$(\Delta i+1)_{ort4}$	η_{ki4}
3. KAT	0,96	0,56	1,72	0,96	0,56	1,72	1,02	0,57	1,78	1,02	0,57	1,78
2. KAT	1,19	0,96	1,24	1,19	0,96	1,24	1,29	1,02	1,26	1,29	1,02	1,26
ZEMİN KAT	0,89	1,19	0,75	0,89	1,19	0,75	0,98	1,29	0,76	0,98	1,29	0,76

$\max \eta_{ki} = 1,78 > 1,5$ olduğu için B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği vardır

Çizelge 5.171 S109-S133-S142 Kolonlarının Statik Değerleri – Örnek 7

Kolon	Kat	hx	hy	Yükleme	N[t]	Mx[tm]	My[tm]	Mev As[cm ²]	Köşe	Kenar	Etriye
S109	3	0,40	0,40	G+Q+E4 Üst	9,23	-3,21	0,78	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Üst	10,69	4,36	0,14	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	G+Q-E1 Üst	3,78	-2,25	-0,07	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	2	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	12,60	-4,65	0,31	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Üst	19,89	7,34	0,38	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Üst	2,80	4,38	-0,84	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	1	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	17,76	-5,86	0,21	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Üst	26,73	9,18	0,73	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Alt	-1,15	6,32	-0,85	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	Z	0,40	0,40	0,9G+E4 Alt	23,10	-5,08	-0,13	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Alt	33,28	10,27	0,64	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	G+Q+E1 Alt	-4,50	8,89	-0,45	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10

5.11 Örnek 8'e Ait Analiz Sonuçları

Bu örnekte, Örnek 2'de analizi yapılan yapının aynısı kullanılmış, değerler değiştirilmemiş fakat kat sayısı 4 alınarak analiz yapılmıştır.

Çizelge 5.172 Kat Eşdeğer Yatay Kuvvetleri ve Genel Bilgileri – Örnek 8

Kat No	gi [t]	qi [t]	HYKK	wi [t]	Hi [m]	wi x Hi	Fi(x) [t]	Vt(x) [t]	Fi(y) [t]	Vt(y) [t]
Z	219,07	26,58	0,30	227,05	2,80	635,73	10,03	140,74	9,41	132,06
1	219,83	26,58	0,30	227,80	5,60	1275,70	20,13	130,71	18,89	122,65
2	338,72	62,45	0,30	357,46	8,40	3002,65	47,39	110,58	44,47	103,76
3	338,72	62,45	0,30	357,46	11,20	4003,53	63,19	63,19	59,29	59,29

Dinamik Hesap

$$W = 1169,77 \text{ t}$$

$$T1a = 0,43 \text{ sn}$$

$$Hn = 11,20 \text{ m}$$

$$\Delta F_n(x) = 0,00 \text{ t}$$

$$\Delta F_n(y) = 0,00 \text{ t}$$

$$V_t(x) = 140,47 \text{ t}$$

$$V_t(y) = 132,06 \text{ t}$$

$$V_{tB}(x) = 123,58 \text{ t}$$

$$V_{tB}(y) = 116,58 \text{ t}$$

$$V_t(x) / V_{tB}(x) = 1,14$$

$$V_t(y) / V_{tB}(y) = 1,13$$

$$\beta = 1,00$$

$$\beta V_t(x) / V_{tB}(x) = 1,14$$

$$\beta V_t(y) / V_{tB}(y) = 1,13$$

$$A_o = 0,40$$

$$I = 1,00$$

Çizelge 5.173 X Yönü Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlilik Kontrolü - Örnek 8

Bina Toplam Kütlesi [t]	119,24	Hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlidir.
Bina Toplam Kütlesi X %90 [t]	107,32	
Bina Toplam Kütlesi X %5 [t]	5,96	
Toplam Etkin Modal Kütle [t]	119,35	

Çizelge 5.174 X Yönü w, Tr, S(Tr), A(Tr), Ra(Tr), Spa(TR), Mr, C ve Katkı Çarpanı Değerleri Örnek 8

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
Serbest Titreşim Frekansı (w)	19,968	73,451	119,754	179,740
Doğal Titreşim Periyodu (Tr)	0,314667	0,085543	0,052468	0,034957
Spektrum Katsayısı S(Tr)	2,406	2,283	1,787	1,524
Spektral İvme Katsayısı A(Tr)	0,963	0,913	0,715	0,610
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı Ra(Tr)	8,000	7,060	4,910	3,772
İvme Spektrum Ordinatı Spa (Tr)	1,180	1,269	1,428	1,586
Etkin Modal Kütle (Mr)	104,035	9,903	3,855	1,554
C Katsayısı	8,500	10,360	15,853	61,098
Katkı Çarpanı	10,200	-3,147	1,963	-1,247

Çizelge 5.175 X Yönü Yapı Kat Tasarım Deprem Yükleri – Örnek 8

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
3. KAT	55,128	-5,642	2,471	-1,107
2. KAT	41,346	4,231	-1,853	0,830
1. KAT	17,566	1,798	0,787	-0,353
ZEMİN KAT	8,754	0,896	0,392	0,176

Çizelge 5.176 X Yönü Yapı Kat Maksimum Yükleri – Örnek 8

	EŞDEĞER [t]	DİNAMİK [t]
3. KAT	63,186	55,446
2. KAT	47,390	41,621
1. KAT	20,134	17,691
ZEMİN KAT	10,034	8,818
TOPLAM	140,74	123,58

Çizelge 5.177 Y Yönü w, Tr, S(Tr), A(Tr), Ra(Tr), Spa(Tr), Mr, C ve Katkı Çarpanı Değerleri Örnek 8

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
Serbest Titreşim Frekansı (w)	18,440	68,443	109,594	163,929
Doğal Titreşim Periyodu (Tr)	0,340740	0,091802	0,057331	0,038329
Spektrum Katsayısı S(Tr)	2,258	2,377	1,860	1,575
Spektral İvme Katsayısı A(Tr)	0,903	0,951	0,744	0,630
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı Ra(Tr)	8,000	7,467	5,227	3,991
İvme Spektrum Ordinatı Spa (Tr)	1,107	1,249	1,396	1,548
Etkin Modal Kütle (Mr)	104,586	9,593	3,692	1,525
C Katsayısı	8,575	10,389	15,357	60,517
Katkı Çarpanı	10,227	-3,097	1,921	-1,235

Çizelge 5.178 Y Yönü Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlilik Kontrolü – Örnek 8

Bina Toplam Kütle [t]	119,24	Hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlidir.
Bina Toplam Kütle X %90 [t]	107,32	
Bina Toplam Kütle X %5 [t]	5,96	
Toplam Etkin Modal Kütle [t]	119,39	

Çizelge 5.179 Y Yönü Yapı Kat Tasarım Deprem Yükleri – Örnek 8

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
3. KAT	52,000	-5,379	2,315	-1,060
2. KAT	39,000	4,035	-1,736	0,795
1. KAT	16,570	1,714	0,737	-0,338
ZEMİN KAT	8,257	0,854	0,368	0,168

Çizelge 5.180 Y Yönü Yapı Kat Maksimum Yükleri – Örnek 8

	EŞDEĞER [t]	DİNAMİK [t]
3. KAT	59,288	52,306
2. KAT	44,466	39,263
1. KAT	18,892	16,689
ZEMİN KAT	9,414	8,319
TOPLAM	132,06	116,58

Çizelge 5.181 Yükleme 1 (X Yönü + 0,05) E1 Deprem – Örnek 8

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
3. KAT	0,00	0,85	55,45	0,00	47,19
2. KAT	0,00	0,85	41,62	0,00	35,52
1. KAT	0,00	0,85	17,69	0,00	15,06
ZEMİN KAT	0,00	0,87	8,82	0,00	7,71

Çizelge 5.182 Yükleme 2 (X Yönü - 0,05) E2 Deprem – Örnek 8

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
3. KAT	0,00	-0,85	55,45	0,00	-47,19
2. KAT	0,00	-0,85	41,62	0,00	-35,52
1. KAT	0,00	-0,85	17,69	0,00	-15,06
ZEMİN KAT	0,00	-0,87	8,82	0,00	-7,71

Çizelge 5.183 Yükleme 3 (Y Yönü + 0,05) E3 Deprem – Örnek 8

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
3. KAT	1,11	0,00	0,00	52,31	58,19
2. KAT	1,11	0,00	0,00	39,26	43,67
1. KAT	1,11	0,00	0,00	16,69	18,56
ZEMİN KAT	1,11	0,00	0,00	8,32	9,26

Çizelge 5.184 Yükleme 4 (Y Yönü - 0,05) E4 Deprem – Örnek 8

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
3. KAT	-1,11	0,00	0,00	52,31	-58,19
2. KAT	-1,11	0,00	0,00	39,26	-43,67
1. KAT	-1,11	0,00	0,00	16,69	-18,56
ZEMİN KAT	-1,11	0,00	0,00	8,32	-9,26

Çizelge 5.185 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 1. Deprem Yüklemesi – Örnek 8

1. Deprem Yüklemesi						
KAT	Δ İSLU	Δ İSLA	Δ İSĞA	Δ İSĞU	Δ i max	Δ i max / hi
3. KAT	0,92	0,48	0,18	0,92	0,92	0,000329
2. KAT	1,49	0,66	0,47	1,49	1,49	0,000534
1. KAT	1,77	0,71	0,67	1,77	1,77	0,000632
ZEMİN KAT	1,28	0,53	0,46	1,28	1,28	0,000458

Çizelge 5.186 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 2. Deprem Yüklemeği – Örnek 8

2. Deprem Yüklemeği						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\dot{G}A$	$\Delta \dot{I}S\dot{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
3. KAT	0,18	0,91	0,91	0,47	0,91	0,000325
2. KAT	0,47	1,48	1,48	0,65	1,48	0,000527
1. KAT	0,67	1,75	1,75	0,70	1,75	0,000625
ZEMİN KAT	0,46	1,27	1,27	0,53	1,27	0,000455

Çizelge 5.187 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 3. Deprem Yüklemeği – Örnek 8

3. Deprem Yüklemeği						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\dot{G}A$	$\Delta \dot{I}S\dot{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
3. KAT	-0,04	0,45	1,15	1,15	1,15	0,000410
2. KAT	0,25	0,62	1,87	1,87	1,87	0,000668
1. KAT	0,49	0,67	2,23	2,23	2,23	0,000797
ZEMİN KAT	0,32	0,51	1,64	1,64	1,64	0,000585

Çizelge 5.188 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 4. Deprem Yüklemeği – Örnek 8

4. Deprem Yüklemeği						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\dot{G}A$	$\Delta \dot{I}S\dot{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
3. KAT	1,15	1,15	-0,04	0,45	1,15	0,000410
2. KAT	1,87	1,87	0,25	0,62	1,87	0,000668
1. KAT	2,23	2,23	0,49	0,67	2,23	0,000797
ZEMİN KAT	1,64	1,64	0,32	0,51	1,64	0,000585

Çizelge 5.189 2. Mertebe Etkileri – 1. Deprem Yüklemeği – Örnek 8

1. Deprem Yüklemeği						
KAT	$(\Delta i)_{ort} [mm]$	$V_i [t]$	$h_i [m]$	$\Sigma w_j [t]$	$V_i \times h_i$	$\theta_i [radyan]$
3. KAT	0,55	63,15	2,80	357,46	176,82	0,001110
2. KAT	0,98	110,55	2,80	714,92	309,54	0,002270
1. KAT	1,22	130,70	2,80	942,72	365,96	0,003140
ZEMİN KAT	0,87	140,74	2,80	1169,77	394,08	0,002580

Çizelge 5.190 2. Mertebe Etkileri – 2. Deprem Yüklemeği – Örnek 8

2. Deprem Yüklemeği						
KAT	$(\Delta i)_{ort} [mm]$	$V_i [t]$	$h_i [m]$	$\Sigma w_j [t]$	$V_i \times h_i$	$\theta_i [radyan]$
3. KAT	0,54	63,15	2,80	357,46	176,82	0,001100
2. KAT	0,98	110,55	2,80	714,92	309,54	0,002250
1. KAT	1,21	130,70	2,80	942,72	365,96	0,003120
ZEMİN KAT	0,87	140,74	2,80	1169,77	394,08	0,002570

Çizelge 5.191 2. Mertebe Etkileri – 3. Deprem Yüklemesi – Örnek 8

3. Deprem Yüklemesi						
KAT	$(\Delta i)_{ort}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
3. KAT	0,56	59,25	2,80	357,46	165,91	0,001200
2. KAT	1,06	103,73	2,80	714,92	290,44	0,002610
1. KAT	1,39	122,64	2,80	942,72	343,38	0,003730
ZEMİN KAT	0,98	132,06	2,80	1169,77	369,77	0,003100

Çizelge 5.192 2. Mertebe Etkileri – 4. Deprem Yüklemesi – Örnek 8

4. Deprem Yüklemesi						
KAT	$(\Delta i)_{ort}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
3. KAT	0,56	59,25	2,80	357,46	165,91	0,001200
2. KAT	1,06	103,73	2,80	714,92	290,44	0,002610
1. KAT	1,39	122,64	2,80	942,72	343,38	0,003730
ZEMİN KAT	0,98	132,06	2,80	1169,77	369,77	0,003100

Çizelge 5.193 Planda Düzensizlik Durumları – A1 Burulma Düzensizliği – Örnek 8

A1 Burulma Düzensizliği												
KAT	$(\Delta i)_{max1}$	$(\Delta i)_{ort1}$	η_{bi1}	$(\Delta i)_{max2}$	$(\Delta i)_{ort2}$	η_{bi2}	$(\Delta i)_{max3}$	$(\Delta i)_{ort3}$	η_{bi3}	$(\Delta i)_{max4}$	$(\Delta i)_{ort4}$	η_{bi4}
3. KAT	0,92	0,55	1,68	0,91	0,56	1,67	1,15	0,56	2,07	1,15	0,56	2,07
2. KAT	1,49	0,98	1,52	1,48	0,96	1,51	1,87	1,06	1,77	1,87	1,06	1,77
1. KAT	1,77	1,22	1,45	1,75	1,18	1,44	2,23	1,39	1,64	2,23	1,39	1,64
ZEMİN KAT	1,28	0,87	1,47	1,27	0,88	1,47	1,64	0,98	1,67	1,64	0,98	1,67

$\max \eta_{bi} = 2,07 > 1,2$ olduğu için A1 burulma düzensizliği vardır.

Çizelge 5.194 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) – Örnek 8

B2 - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)												
KAT	$(\Delta i)_{ort1}$	$(\Delta i+1)_{ort1}$	η_{ki1}	$(\Delta i)_{ort2}$	$(\Delta i+1)_{ort2}$	η_{ki2}	$(\Delta i)_{ort3}$	$(\Delta i+1)_{ort3}$	η_{ki3}	$(\Delta i)_{ort4}$	$(\Delta i+1)_{ort4}$	η_{ki4}
KAT	0,98	0,55	1,79	0,96	0,56	1,79	1,06	0,56	1,91	1,06	0,56	1,90
KAT	1,22	0,98	1,24	1,18	0,96	1,24	1,39	1,06	1,28	1,39	1,06	1,28
ZEMİN KAT	0,87	1,22	0,71	0,88	1,18	0,72	0,98	1,39	0,72	0,98	1,39	0,72

$\max \eta_{ki} = 1,91 > 1,5$ olduğu için B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği vardır

Çizelge 5.195 S109-S133-S142 Kolonlarının Statik Değerleri – Örnek 8

Kolon	Kat	hx	hy	Yükleme	N[t]	Mx[tm]	My[tm]	Mev As[cm ²]	Köşe	Kenar	Etriye
S109	3	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	7,20	-4,03	-0,64	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Üst	11,63	5,38	1,99	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E3 Üst	2,16	-2,72	1,89	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	2	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	12,81	-6,43	-1,23	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Üst	21,51	8,01	2,41	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Üst	2,96	6,64	-2,25	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	1	0,40	0,40	0,9G+E4 Alt	15,80	-7,76	-1,65	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Alt	19,84	6,91	2,35	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	G+Q+E1 Alt	0,53	8,95	-2,54	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	Z	0,40	0,40	0,9G+E4 Alt	18,85	-6,79	-1,62	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Alt	17,56	10,82	3,33	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	G+Q+E1 Alt	-5,49	11,81	-1,82	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10

5.12 Örnek 9'a Ait Analiz Sonuçları

Bu örnekte, Örnek 3'de analizi yapılan yapının aynısı kullanılmış, değerler değiştirilmemiş fakat kat sayısı 4 alınarak analiz yapılmıştır.

Çizelge 5.196 Kat Eşdeğer Yatay Kuvvetleri ve Genel Bilgileri – Örnek 9

Kat No	gi [t]	qi [t]	HYKK	wi [t]	Hi [m]	wi x Hi	Fi(x) [t]	Vt(x) [t]	Fi(y) [t]	Vt(y) [t]
Z	305,27	50,50	0,30	320,42	2,80	897,18	15,68	169,47	14,76	159,55
1	305,27	50,50	0,30	320,42	5,60	1797,35	31,36	153,79	29,52	144,79
2	338,72	62,45	0,30	357,46	8,40	3002,65	52,47	122,43	49,40	115,27
3	338,72	62,45	0,30	357,46	11,20	4003,53	69,96	69,96	65,87	65,87

Dinamik Hesap

$$W = 1355,76 \text{ t}$$

$$T1a = 0,43 \text{ sn}$$

$$Hn = 11,20 \text{ m}$$

$$\Delta Fn(x) = 0,00 \text{ t}$$

$$\Delta Fn(y) = 0,00 \text{ t}$$

$$Vt(x) = 169,47 \text{ t}$$

$$Vt(y) = 159,55 \text{ t}$$

$$VtB(x) = 146,13 \text{ t}$$

$$VtB(y) = 138,50 \text{ t}$$

$$Vt(x) / VtB(x) = 1,16$$

$$Vt(y) / VtB(y) = 1,15$$

$$\beta = 1,00$$

$$\beta Vt(x) / VtB(x) = 1,16$$

$$\beta Vt(y) / VtB(y) = 1,15$$

$$Ao = 0,40$$

$$I = 1,00$$

Çizelge 5.197 X Yönü Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlilik Kontrolü - Örnek 9

Bina Toplam Kütlesi [t]	138,20	Hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlidir.
Bina Toplam Kütlesi X %90 [t]	124,38	
Bina Toplam Kütlesi X %5 [t]	6,91	
Toplam Etkin Modal Kütle [t]	138,49	

Çizelge 5.198 X Yönü w , T_r , $S(T_r)$, $A(T_r)$, $R_a(T_r)$, $S_p a(T_r)$, M_r , C ve Katkı Çarpanı Değerleri Örnek 9

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
Serbest Titreşim Frekansı (w)	21,102	67,372	114,497	156,746
Doğal Titreşim Periyodu (T_r)	0,297754	0,093262	0,054877	0,040085
Spektrum Katsayısı $S(T_r)$	2,500	2,399	1,823	1,601
Spektral İvme Katsayısı $A(T_r)$	1,000	0,960	0,729	0,641
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_r)$	8,000	7,562	5,067	4,106
İvme Spektrum Ordinatı $S_p a(T_r)$	1,226	1,245	1,412	1,530
Etkin Modal Kütle (M_r)	118,138	14,421	4,531	1,404
C Katsayısı	8,682	10,514	15,232	36,928
Katkı Çarpanı	10,869	-3,798	2,129	-1,185

Çizelge 5.199 X Yönü Yapı Kat Tasarım Deprem Yükleri – Örnek 9

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
3. KAT	59,806	-7,411	2,641	-0,887
2. KAT	44,854	5,558	-1,981	0,665
1. KAT	26,804	3,322	-1,184	-0,398
ZEMİN KAT	13,402	1,661	0,592	0,199

Çizelge 5.200 X Yönü Yapı Kat Maksimum Yükleri – Örnek 9

	EŞDEĞER [t]	DİNAMİK [t]
3. KAT	69,963	60,272
2. KAT	52,472	45,268
1. KAT	31,357	27,052
ZEMİN KAT	15,678	13,536
TOPLAM	169,47	146,13

Çizelge 5.201 Y Yönü w, Tr, S(Tr), A(Tr), Ra(Tr), Spa(Tr), Mr, C ve Katkı Çarpanı Değerleri Örnek 9

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
Serbest Titreşim Frekansı (w)	19,422	62,647	104,774	143,016
Doğal Titreşim Periyodu (Tr)	0,323502	0,100295	0,059969	0,043933
Spektrum Katsayısı S(Tr)	2,354	2,500	1,900	1,659
Spektral İvme Katsayısı A(Tr)	0,941	1,000	0,760	0,664
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı Ra(Tr)	8,000	8,000	5,398	4,356
İvme Spektrum Ordinatı Spa (Tr)	1,154	1,226	1,381	1,495
Etkin Modal Kütle (Mr)	118,990	13,517	4,327	1,384
C Katsayısı	8,780	10,485	14,745	36,208
Katkı Çarpanı	10,908	-3,677	2,080	-1,176

Çizelge 5.202 Y Yönü Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlilik Kontrolü – Örnek 9

Bina Toplam Kütle [t]	138,20	Hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlidir.
Bina Toplam Kütle X %90 [t]	124,38	
Bina Toplam Kütle X %5 [t]	6,91	
Toplam Etkin Modal Kütle [t]	138,22	

Çizelge 5.203 Y Yönü Yapı Kat Tasarım Deprem Yükleri – Örnek 9

	1. MOD	2.MOD	3.MOD	4.MOD
3. KAT	56,710	-6,843	2,467	-0,854
2. KAT	42,532	5,132	-1,850	0,640
1. KAT	25,417	3,067	-1,106	-0,383
ZEMİN KAT	12,708	1,533	0,553	0,191

Çizelge 5.204 Y Yönü Yapı Kat Maksimum Yükleri – Örnek 9

	EŞDEĞER [t]	DİNAMİK [t]
3. KAT	65,866	57,130
2. KAT	49,400	42,905
1. KAT	29,521	25,640
ZEMİN KAT	14,760	12,829
TOPLAM	159,55	138,50

Çizelge 5.205 Yükleme 1 (X Yönü + 0,05) E1 Deprem – Örnek 9

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
3. KAT	0,00	0,85	60,27	0,00	51,37
2. KAT	0,00	0,85	45,27	0,00	38,74
1. KAT	0,00	0,85	27,05	0,00	23,17
ZEMİN KAT	0,00	0,87	13,54	0,00	11,83

Çizelge 5.206 Yükleme 2 (X Yönü - 0,05) E2 Deprem – Örnek 9

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
3. KAT	0,00	-0,85	60,27	0,00	-51,37
2. KAT	0,00	-0,85	45,27	0,00	-38,74
1. KAT	0,00	-0,85	27,05	0,00	-23,17
ZEMİN KAT	0,00	-0,87	13,54	0,00	-11,83

Çizelge 5.207 Yükleme 3 (Y Yönü + 0,05) E3 Deprem – Örnek 9

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
3. KAT	1,11	0,00	0,00	57,13	63,56
2. KAT	1,11	0,00	0,00	42,91	47,72
1. KAT	1,11	0,00	0,00	25,64	28,52
ZEMİN KAT	1,11	0,00	0,00	12,83	14,27

Çizelge 5.208 Yükleme 4 (Y Yönü - 0,05) E4 Deprem – Örnek 9

	ex [m]	ey [m]	Fx [t]	Fy [t]	Mb [tm]
3. KAT	-1,11	0,00	0,00	57,13	-63,56
2. KAT	-1,11	0,00	0,00	42,91	-47,72
1. KAT	-1,11	0,00	0,00	25,64	-28,52
ZEMİN KAT	-1,11	0,00	0,00	12,83	-14,27

Çizelge 5.209 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 1. Deprem Yüklemesi – Örnek 9

1. Deprem Yüklemesi						
KAT	Δ İSLU	Δ İSLA	Δ İSĞA	Δ İSĞU	Δ i max	Δ i max / hi
3. KAT	0,62	0,53	0,53	0,62	0,62	0,000222
2. KAT	1,01	0,86	0,86	1,01	1,01	0,000360
1. KAT	1,22	1,04	1,04	1,22	1,22	0,000435
ZEMİN KAT	0,96	0,81	0,81	0,96	0,96	0,000342

Çizelge 5.210 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 2. Deprem Yüklemeſi – Örnek 9

2. Deprem Yüklemeſi						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\check{G}A$	$\Delta \dot{I}S\check{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
3. KAT	0,54	0,61	0,61	0,54	0,61	0,000219
2. KAT	0,87	1,00	1,00	0,87	1,00	0,000356
1. KAT	1,05	1,21	1,21	1,05	1,21	0,000431
ZEMİN KAT	0,82	0,95	0,95	0,82	0,95	0,000340

Çizelge 5.211 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 3. Deprem Yüklemeſi – Örnek 9

3. Deprem Yüklemeſi						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\check{G}A$	$\Delta \dot{I}S\check{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
3. KAT	0,52	0,52	0,65	0,65	0,65	0,000234
2. KAT	0,91	0,91	1,13	1,13	1,13	0,000402
1. KAT	1,14	1,14	1,42	1,42	1,42	0,000505
ZEMİN KAT	0,90	0,90	1,12	1,12	1,12	0,000401

Çizelge 5.212 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması – 4. Deprem Yüklemeſi – Örnek 9

4. Deprem Yüklemeſi						
KAT	$\Delta \dot{I}SLU$	$\Delta \dot{I}SLA$	$\Delta \dot{I}S\check{G}A$	$\Delta \dot{I}S\check{G}U$	$\Delta i \max$	$\Delta i \max / h_i$
3. KAT	0,65	0,65	0,52	0,52	0,65	0,000234
2. KAT	1,13	1,13	0,91	0,91	1,13	0,000402
1. KAT	1,42	1,42	1,14	1,14	1,42	0,000505
ZEMİN KAT	1,12	1,12	0,90	0,90	1,12	0,000401

Çizelge 5.213 2. Mertebe Etkileri – 1. Deprem Yüklemeſi – Örnek 9

1. Deprem Yüklemeſi						
KAT	$(\Delta i)_{ort} [mm]$	$V_i [t]$	$h_i [m]$	$\Sigma w_j [t]$	$V_i \times h_i$	$\theta_i [radyan]$
3. KAT	0,58	69,90	2,80	357,46	195,72	0,001050
2. KAT	0,93	122,40	2,80	714,92	342,72	0,001950
1. KAT	1,13	153,77	2,80	1035,34	430,56	0,002720
ZEMİN KAT	0,89	169,47	2,80	1355,76	474,51	0,002530

Çizelge 5.214 2. Mertebe Etkileri – 2. Deprem Yüklemeſi – Örnek 9

2. Deprem Yüklemeſi						
KAT	$(\Delta i)_{ort} [mm]$	$V_i [t]$	$h_i [m]$	$\Sigma w_j [t]$	$V_i \times h_i$	$\theta_i [radyan]$
3. KAT	0,57	69,90	2,80	357,46	195,72	0,001050
2. KAT	0,93	122,40	2,80	714,92	342,72	0,001950
1. KAT	1,13	153,77	2,80	1035,34	430,56	0,002710
ZEMİN KAT	0,89	169,47	2,80	1355,76	474,51	0,002530

Çizelge 5.215 2. Mertebe Etkileri – 3. Deprem Yüklemesi – Örnek 9

3. Deprem Yüklemesi						
KAT	$(\Delta i)_{ort}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
3. KAT	0,59	65,81	2,80	357,46	184,27	0,001140
2. KAT	1,02	115,23	2,80	714,92	322,65	0,002250
1. KAT	1,28	144,77	2,80	1035,34	405,35	0,003270
ZEMİN KAT	1,01	159,55	2,80	1355,76	446,73	0,003070

Çizelge 5.216 2. Mertebe Etkileri – 4. Deprem Yüklemesi – Örnek 9

4. Deprem Yüklemesi						
KAT	$(\Delta i)_{ort}$ [mm]	V_i [t]	h_i [m]	Σw_j [t]	$V_i \times h_i$	θ_i [radyan]
3. KAT	0,59	65,81	2,80	357,46	184,27	0,001140
2. KAT	1,02	115,23	2,80	714,92	322,65	0,002250
1. KAT	1,28	144,77	2,80	1035,34	405,35	0,003270
ZEMİN KAT	1,01	159,55	2,80	1355,76	446,73	0,003070

Çizelge 5.217 Planda Düzensizlik Durumları – A1 Burulma Düzensizliği – Örnek 9

A1 Burulma Düzensizliği												
KAT	$(\Delta i)_{max1}$	$(\Delta i)_{ort1}$	η_{bi1}	$(\Delta i)_{max2}$	$(\Delta i)_{ort2}$	η_{bi2}	$(\Delta i)_{max3}$	$(\Delta i)_{ort3}$	η_{bi3}	$(\Delta i)_{max4}$	$(\Delta i)_{ort4}$	η_{bi4}
3. KAT	0,62	0,58	1,08	0,61	0,57	1,07	0,65	0,59	1,11	0,65	0,59	1,11
2. KAT	1,01	0,93	1,08	1,00	0,93	1,07	1,13	1,02	1,11	1,13	1,02	1,11
1. KAT	1,22	1,13	1,08	1,21	1,13	1,07	1,42	1,28	1,11	1,42	1,28	1,11
ZEMİN KAT	0,96	0,89	1,08	0,95	0,89	1,08	1,12	1,01	1,11	1,12	1,01	1,11

$\max \eta_{bi} = 1,11 < 1,2$ olduğu için A1 burulma düzensizliği yoktur.

Çizelge 5.218 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) – Örnek 9

- Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)												
T	$(\Delta i)_{ort1}$	$(\Delta i+1)_{ort1}$	η_{ki1}	$(\Delta i)_{ort2}$	$(\Delta i+1)_{ort2}$	η_{ki2}	$(\Delta i)_{ort3}$	$(\Delta i+1)_{ort3}$	η_{ki3}	$(\Delta i)_{ort4}$	$(\Delta i+1)_{ort4}$	η_{ki4}
3. KAT	0,93	0,58	1,62	0,93	0,57	1,62	1,02	0,59	1,73	1,02	0,59	1,73
2. KAT	1,13	0,93	1,21	1,13	0,93	1,21	1,28	1,02	1,26	1,28	1,02	1,26
ZEMİN KAT	0,89	1,13	0,78	0,89	1,13	0,79	1,01	1,28	0,79	1,01	1,28	0,79

$\max \eta_{ki} = 1,73 > 1,5$ olduğu için B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği vardır

Çizelge 5.219 S109-S133-S142 Kolonlarının Statik Değerleri – Örnek 9

Kolon	Kat	hx	hy	Yükleme	N[t]	Mx[tm]	My[tm]	Mev As[cm ²]	Köşe	Kenar	Etriye
S109	3	0,40	0,40	G+Q+E4 Üst	9,26	-3,29	0,81	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Üst	10,66	4,59	-0,05	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	G+Q-E1 Üst	3,92	-2,44	-0,07	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	2	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	12,66	-4,65	0,32	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Üst	19,78	7,57	0,15	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Üst	2,60	4,23	-0,85	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	1	0,40	0,40	0,9G+E4 Üst	17,80	-5,88	0,19	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Üst	28,85	9,98	0,21	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	0,9G+E1 Alt	-1,02	5,93	-0,86	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10
S109	Z	0,40	0,40	0,9G+E4 Alt	23,04	-5,37	-0,16	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/20/10/10
S133		0,50	0,50	0,9G-E3 Alt	37,63	11,11	0,54	27,71	4Φ14	14Φ14	Φ8/20/10/10
S142		0,60	0,30	G+Q+E1 Alt	-4,21	9,36	-0,48	18,47	4Φ14	8Φ14	Φ8/15/8/10

5.13 A3 Türü Burulma Düzensizliğine Sahip Yapı Sisteminin Analizi

Bu örnekte analizi yapılacak yapıya ait bilgiler ilk örnekteki bilgilerle aynıdır. Verilen sonuçların gerçekçi olabilmesi için, elemanların boyutlarının seçimi, günümüzde uygulanan yapıların eleman boyutlarına uygun olarak yapılmıştır ve bu boyutlamalar için İdeSTATİK İDS 99 programı kullanılmıştır. Deprem yüklerinin tamamı çerçeve sistemiyle taşındığı için yapının süneklik düzeyi “Yüksek” olarak seçilmiştir.

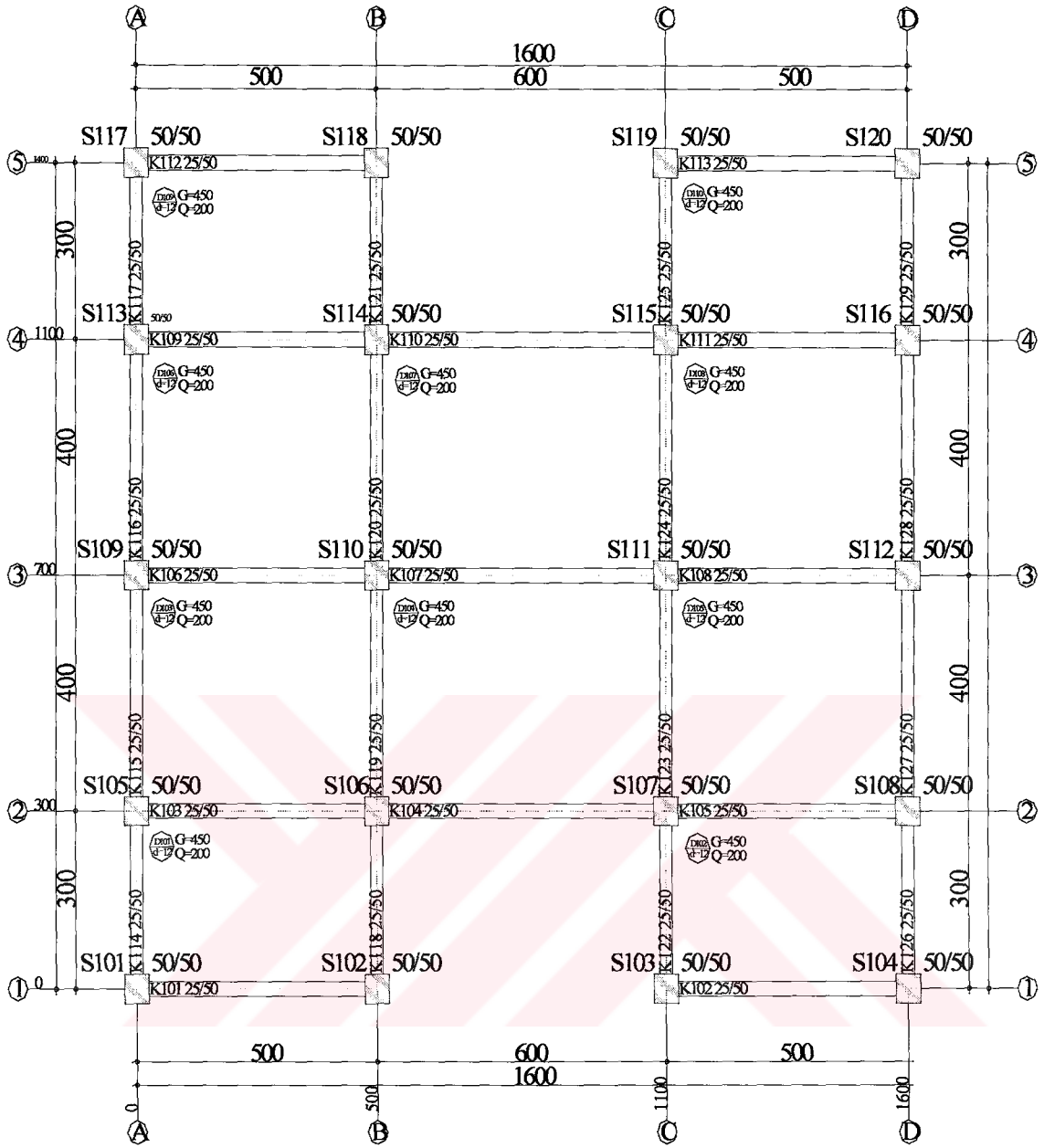
Bina Genel Bilgileri :

Kat Sayısı	: 8
Kat Yüksekliği	: 2.8 m
Etkin Yer İvme Katsayısı (A_0)	: 0.4
Deprem Bölgesi	: 1
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	: 8
Yapı Önem Katsayısı (I)	: 1
Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A, T_B)	: 0.10 – 0.30 sn
Hareketli Yük Azaltma Katsayısı (n)	: 0.3
Beton Sınıfı	: C20
Çelik Sınıfı	: S420

Yapıda eleman boyutları :

Çizelge 5.220 A3 türü düzensizlik durumu içeren yapıda kolon boyutları

KAT	Tüm Kolonlar	KAT	Tüm Kolonlar	KAT	Tüm Kolonlar
1-4	50x50	5-6-7	45x44	8	40x40



Şekil 5.13 A3 türü düzensizlik durumu içeren yapının kat planı

Yapıda A3 düzensizliğinin tahkiki :

$$A_x = 6 \text{ m}, L_x = 16 \text{ m}, 0,2 \times L_x = 3,2 \text{ m}$$

$$A_x > 0,2 \times L_x$$

$$a_{y1} = 3 \text{ m}, a_{y2} = 3 \text{ m}, \Sigma a_y = 6 \text{ m}, L_y = 14 \text{ m}, 0,2 \times L_y = 2,8 \text{ m}$$

$$a_y > 0,2 \times L_y$$

Yapıda A3 düzensizliği durumu bulunmaktadır.

AB ve 12 aksları arasında kalan döşeme için (D101) deprem yüklerinin taşıyıcılara güvenle aktarılabilirdiğinin tahkiki :

Döşeme kalınlığı $h_f = 12 \text{ cm}$

$$g = 0,511 \text{ t / m}^2 \quad q = 0,200 \text{ t / m}^2$$

$$W_i = g + nxq = 0,511 + 0,3 \times 0,200 = 0,561 \text{ t / m}^2$$

$$W = (6 \times 3) \times 0,561 = 8,415 \text{ ton}$$

$$V_t = A_o \times I \times S_{(T)} \times W / R = 0,4 \times 1,0 \times 2,5 \times 8,415 / 8 = 1,05 \text{ ton (2-2 aksında)}$$

$$M = 1,05 \times (3 / 2) = 1,575 \text{ tm}$$

$$I = 0,12 \times 6^3 / 12 = 2,16 \text{ m}^4$$

Döşemedeki eğilme gerilmesi

$$\sigma_b = M \times y / I = 1,575 \times (3/2) / 2,16 = 1,093 < f_{ctd} = 100 \text{ t / m}^2$$

Döşemede eğilme çatlaması oluşmayacaktır.

Kenar kirişlerinde (K114 ve K118) boyutlar 25x50 cm, $d = 46 \text{ cm}$ ve donatı yüzdesi $\rho = 0.01$

$$A_s = \rho \times b_w \times d = 0,01 \times 25 \times 46 = 11,5 \text{ cm}^2$$

Döşemenin moment taşıma kapasitesi

$$M_r = A_s \times f_{yd} \times z = 11,5 \times 3,65 \times (500 \times 0,875) = 18364 \text{ tcm} = 18,364 \text{ tm} > 1,575 \text{ tm}$$

$$M_r > M_E$$

Kesme kuvveti altında döşemede asal çekme çatlağı oluşmamalıdır. (TS 500)

$$V_{cr} = 0,8 (0,65 \times f_{ctd}) \times b_w \times d = 0,8 \times 0,65 \times 0,01 \times 12 \times 500 = 31,2 \text{ ton} > 1,05 \text{ ton}$$

$V_{cr} > V_E$ döşemede eğik asal çekme çatlağı oluşmayacaktır.

Atımtay (2000)'deki yöntem esas alınarak yapılan hesap sonucu döşemelerin üzerine gelen deprem yükünü düşey taşıyıcılara güvenle aktarabildiği görülmektedir.

SONUÇLAR

Yapıların kullanım amaçları ve mimari sanat anlayışı sonucu ortaya çıkan biçimler, taşıyıcı sistem tasarımını, genel olarak da yapının formunu büyük ölçüde etkilemektedir. Form, gerek malzeme seçimi gerekse taşıyıcı sistem seçiminde etkili olmaktadır.

Yapılara gelen dış etkiler arasında deprem etkisi çok önemli yer tutmaktadır. Yapılacak her yapıda deprem etkisi, üzerinde önemle durulması gereken bir faktördür. Yapıların depreme dayanıklı yapılması mimarın ve mühendisin en önemli amacı olmalıdır. Depremlerden elde edilen deneyimler, depreme dayanıklı yapı tasarımının daha mimari tasarım safhasında başladığını ortaya çıkarmaktadır. Biçim ne kadar karmaşık olursa olsun bir yapının yapısal analizinin yapılması, taşıyıcı sistem çözümünün ekonomik ve depreme dayanıklı olması gerekmektedir.

Çeşitli ülke yönetmelikleri ve standartlar incelendiğinde hemen hemen hepsinde yapıların taşıyıcı sistemlerinde düzensizliğe yol açan uygulamalardan kaçınılması gerektiği önemle vurgulanmaktadır. Özellikle yönetmeliklerin bir çoğunda burulma düzensizliğine ve buna neden olan sebepler üzerinde durulmuş ve düzensizliği önlemek için yapıların kütle merkezi ile rijitlik merkezinin çakışması için yapının planda simetrik ve basit bir formda olmasının, rijitliklerin düzenli dağılmasının ve komşu katlar arasında ani rijitlik değişimlerinin olmamasının gerektiği anlatılmıştır.

Yapılan araştırma ve inceleme sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- a) Plan şekli itibariyle karmaşık ve ani rijitlik değişimlerine neden olan şekiller, burulma düzensizliğinin önlenmesi için derzlerle bölünerek kare, dikdörtgen gibi plan şekillerine dönüştürülmelidir.
- b) Bina planda olabildiğince basit geometrik ve simetrik şekilde olmalıdır. Bununla birlikte birkaç eksen etrafında simetriklik de deprem ve yapısal burulma açısından faydalıdır.
- c) Plandaki girinti ve çıkıntılar nedeniyle köşelerde gerilme yoğunlaşmaları, eksantrisiteden dolayı aşırı burulma etkileri oluşacaktır.
- d) Merdiven boşluğu, asma kat gibi nedenlerle bırakılan döşeme yırtıkları, diyafram süreksizliği ve yapısal burulma meydana getireceğinden sakıncalıdır.
- e) Cephe süreksizlikleri yada cephedeki ani rijitlik değişimleri, büyük gerilme yığılmalarına ve depremde katlar arasında farklı davranışa neden olacaktır.

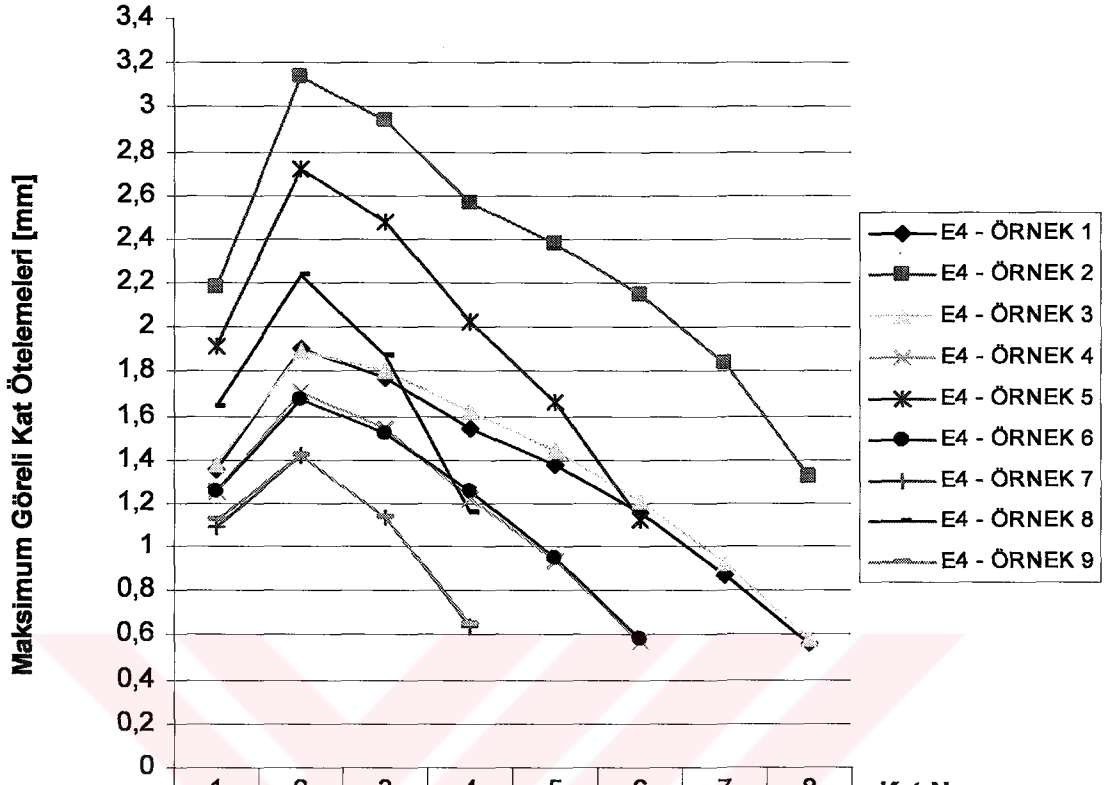
- f) Yapı yüksekliği boyunca kat alanlarında ani ve büyük değişimler depremde yapı davranışına olumsuz yönde etki eder. Yapı derzlerle birkaç binaya ayrılmalıdır.
- g) Dolgu duvarlarda yapıya önemli bir rijitlik kazandırmakta, deprem esnasında taşıyıcı elemanlar gibi davranmaktadır. Herhangi bir katının tuğla veya benzeri malzemeli duvarla örülmemiş yumuşak katlı yapılar deprem açısından oldukça sakıncalıdır.
- h) Rijitlik ve kütle düzensizlikleri ile kolon boylarındaki değişimlerin bulunduğu yerlerde depremde büyük gerilme birikimleri oluşur.
- i) Plandaki bir boyutu diğer boyutuna nazaran büyük olan yapılar; titreşim, ısı, rötre ve farklı oturmalar nedeniyle uygun diltasyonlarla ayrılmalıdır.
- j) Çok dar alanlara çok yüksek yapılar oturtulmamalıdır. Yapı yüksekliğinin genişliğe oranı 6'yı geçmemelidir.
- k) Bitişik binaların birbirine çarpma etkilerini ortadan kaldırmak için en üst kenarın deplasman değeri kadar araya dilatasyon derzi bırakılmalıdır.
- l) Bitişik veya kademeli yapıların yada bir bölümünün döşemesi diğerinden farklı bir düzeyde olan yapılarda bir rijitlik düzensizliği vardır. Diğer kolonlara göre yüksekliği daha az olan kolonlar kısa kolon davranışı gösterirler ve büyük yatay kesme kuvvetleriyle zorlanırlar.
- m) Bodrum kata veya yapının herhangi bir katına konulan bant pencereler ile asma kat teşkili gibi durumlarda kısa kolonlar oluşacaktır. Deprem esnasında bu kolonlarda büyük gerilme yığılmaları olacak ve kolonlar kırılma konumuna son derece gevrek olan kesme kırılması ile ulaşacağından büyük sorun yaratırlar.

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte A2 ve A3 türü düzensizlikleri için döşemelerin rijit diyafram olarak çalışamayacağının göz önüne alınması istenmektedir. Buna uygun olarak incelenen örneklerde bu durum hesaba yansıtılmıştır. Yapılan ilk örnekte A2 türü düzensizlik durumu içeren boşluk alanları toplamının kat brüt alanına oranı 0,374 olan 8 katlı bir yapı ele alınmıştır. İkinci örnekte A2 türü düzensizlik durumu içeren boşluk alanları toplamının kat brüt alanına oranı 0,545 olan 8 katlı bir yapı üçüncü örnekte ise A2 türü düzensizlik durumu içermeyen boşluk alanları toplamının kat brüt alanına oranı 0,18 olan 8 katlı bir yapı ele alınmıştır. Yapılan tahkiklerde yapıların döşemelerinde yüksek gerilmeler oluşmadığı döşemelerin kendi düzlemleri içinde üzerlerine gelen deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarabildiği görülmektedir. Ancak ele alınan bu üç sistemde, idestatik 99 paket programı kullanılarak yapılan analizler sonucu, bina üst katlarındaki yük oluşturan elemanlar zemin katta geniş açıklıklar oluşturabilmek amacıyla

devam ettirilmediği için B2 (Yumuşak – zayıf kat) türü düzensizlik durumu tespit edilmiştir. Ayrıca zemin ve 1. normal katlarında boşluk oranı diğer örneklerle göre fazla olan yapıda (Örnek 2) A1 türü düzensizlik durumu (Burulma düzensizliği) tespit edilmiştir. Daha sonra yapılan örneklerde ilk üç örnekteki yapı sistemleri aynen alınarak analizler 6 ve 4 katlı yapılar için tekrarlanmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde yapıda kat sayısı azaldıkça B2 (Yumuşak – zayıf kat) türü düzensizlik katsayısında artış olduğu, Örnek 2’de ele alınan yapıda kat sayısı azaldıkça A1 türü düzensizlik katsayısında azalma olduğu fakat yine de katsayı 1,2’den küçük olmadığı için burulma düzensizliği yarattığı görülmüştür. Örnek 1 ve Örnek 3 ‘de ele alınan yapılarda kat sayısının azalması A1 türü düzensizlik durumunda değişiklik yaratmamıştır. Bu iki yapıda boşluk oranı fazla olmadığı için burulma düzensizliği oluşmamıştır. Örnek 2 – Örnek 5 – Örnek 8’de yapılan analizler sonucu burulma düzensizliği katsayısı 1,2’den büyük olduğu için görelî kat ötelemelerinin hesabı $\pm \%5$ ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’ne göre hesap yapılmıştır. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte dinamik hesap taşıyıcı sistem davranışının belirlenmesinde daha etkili bir yöntem kabul edildiği için $\eta_{bi} > 2.0$ olması durumunda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde dinamik hesap yapılması zorunlu kılınmıştır.

Yapılan örneklerde görelî kat ötelemelerinin ortalamaları karşılaştırıldığında değerlerin birbirine yakın oldukları, tüm örneklerde üst katlardan alt katlara inildikçe değerlerde artış olduğu ancak zemin katta artışın devam etmediği, doğru orantının bozulduğu görülmüştür. Yapıların maksimum görelî kat ötelemeleri karşılaştırıldığında ise Örnek 2 – Örnek 5 – Örnek 8’deki değerlerin diğer örneklerle göre oldukça büyük oldukları ancak bu örneklerdeki ortalama görelî kat ötelemelerinin diğer örneklerin değerlerine yakın olduğu görülmüştür. Bu durum A1 türü düzensizlik durumunun oluşmasına sebep olmuştur. x ve y doğrultularında yapılara etkiyen eşdeğer deprem yükleri, maksimum dinamik yükler ve S109 – S133 – S142 kolonlarına en elverişsiz yükleme durumunda etkiyen momentler karşılaştırılmış ve sonuçlar grafiklere yansıtılmıştır.

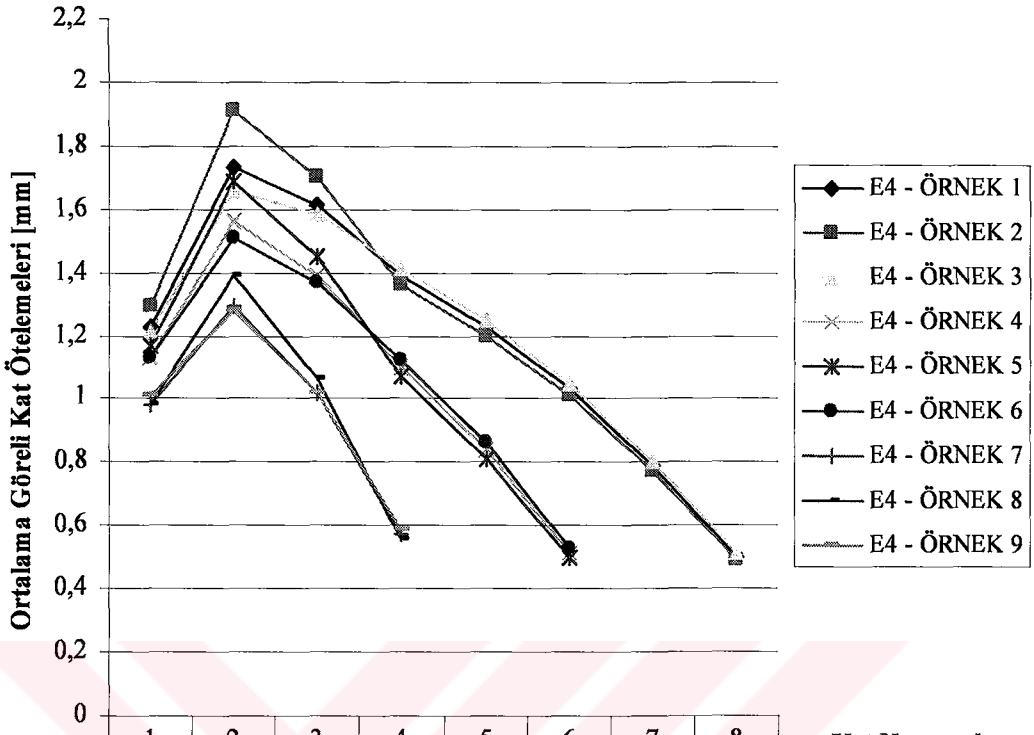
Çizelge 5.221 Maksimum Görelî Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması



	1	2	3	4	5	6	7	8
E4 - ÖRNEK 1	1,35	1,9	1,77	1,54	1,37	1,15	0,87	0,56
E4 - ÖRNEK 2	2,18	3,14	2,94	2,56	2,38	2,15	1,84	1,32
E4 - ÖRNEK 3	1,38	1,89	1,8	1,62	1,44	1,21	0,92	0,58
E4 - ÖRNEK 4	1,25	1,71	1,54	1,22	0,93	0,57		
E4 - ÖRNEK 5	1,92	2,72	2,48	2,02	1,66	1,12		
E4 - ÖRNEK 6	1,25	1,67	1,52	1,25	0,95	0,58		
E4 - ÖRNEK 7	1,09	1,42	1,13	0,64				
E4 - ÖRNEK 8	1,64	2,23	1,87	1,15				
E4 - ÖRNEK 9	1,12	1,42	1,13	0,65				

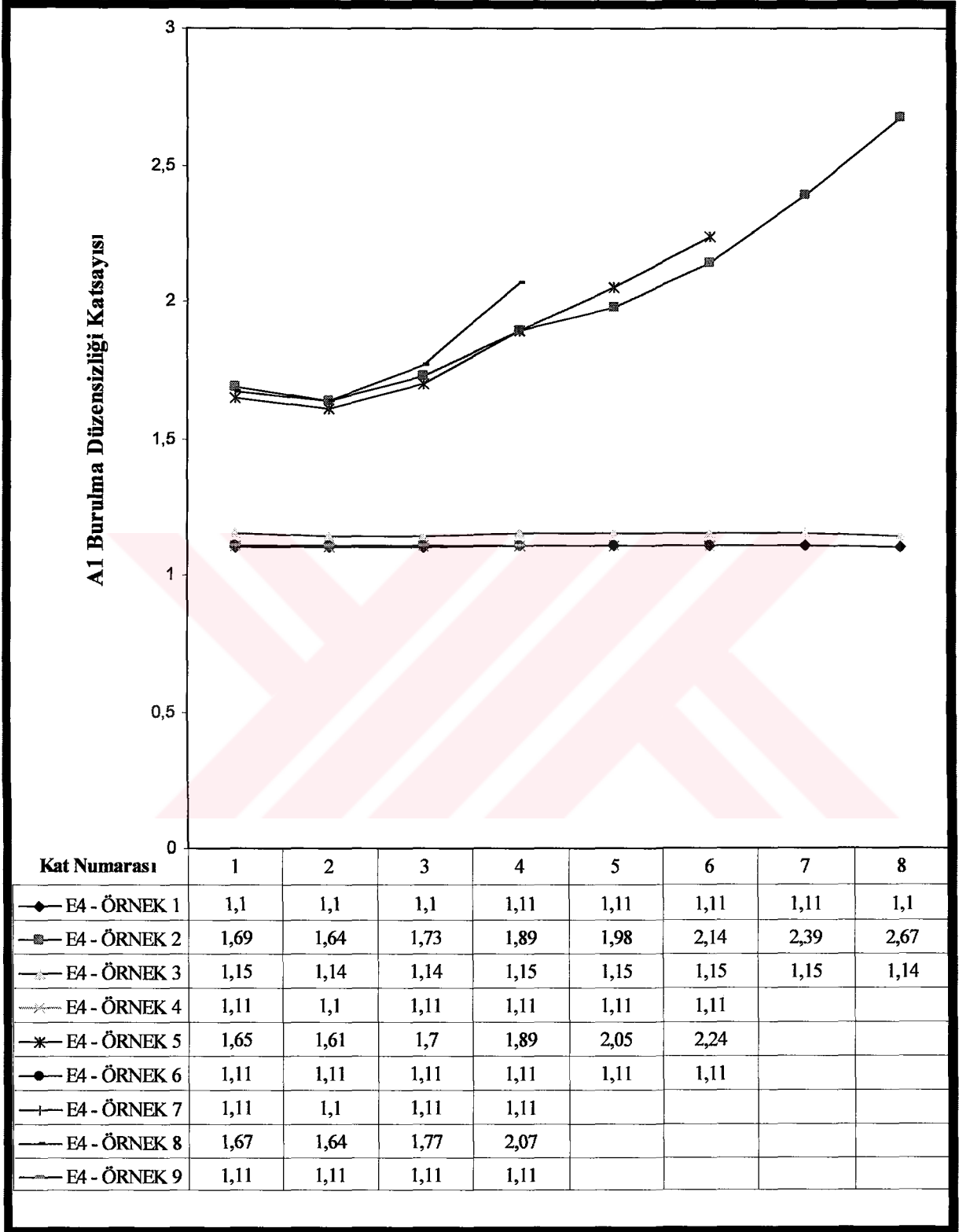
Kat Numarası

Çizelge 5.222 Ortalama Görelî Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması

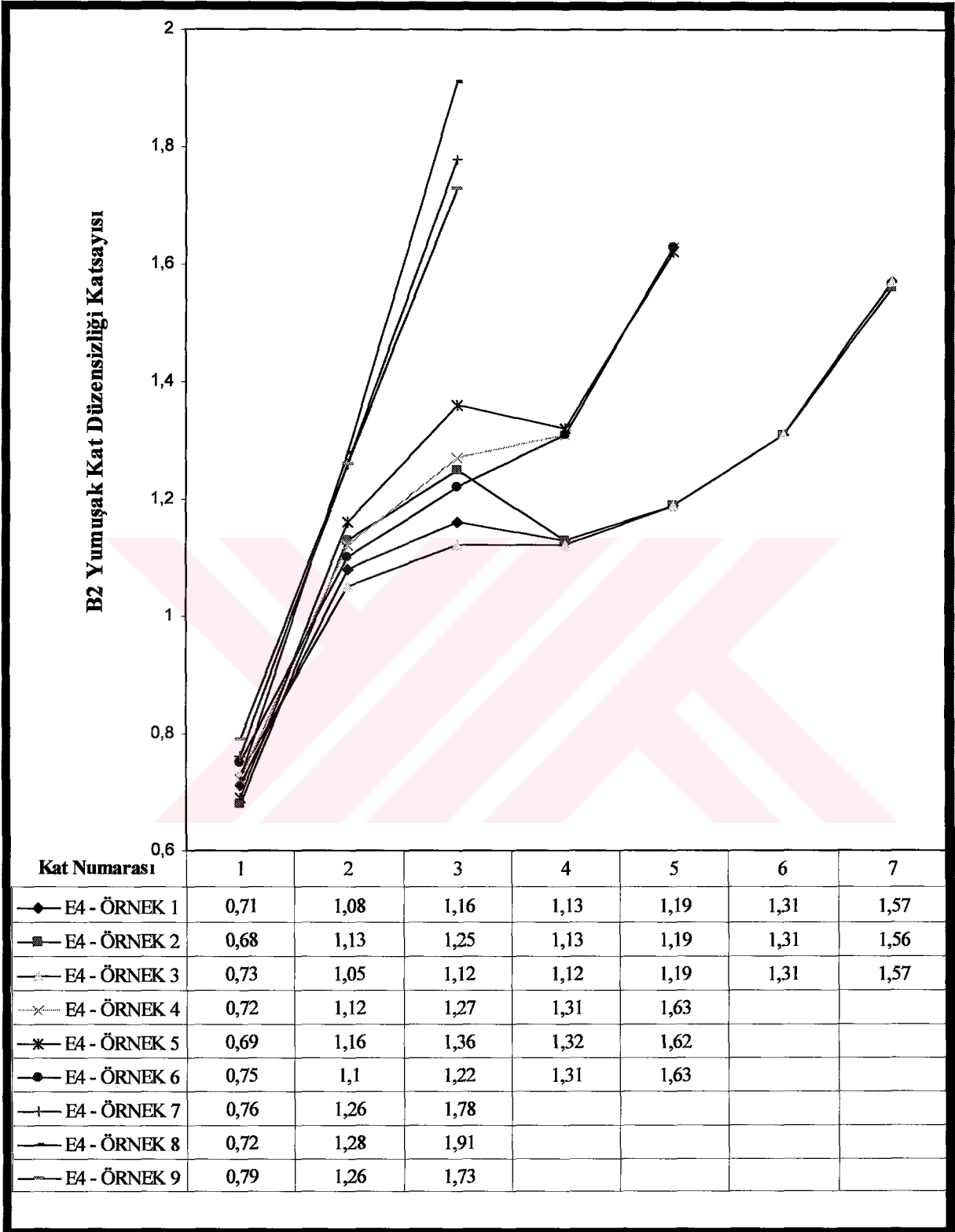


	1	2	3	4	5	6	7	8
E4 - ÖRNEK 1	1,23	1,73	1,61	1,39	1,23	1,03	0,79	0,5
E4 - ÖRNEK 2	1,29	1,91	1,7	1,36	1,2	1,01	0,77	0,49
E4 - ÖRNEK 3	1,21	1,66	1,58	1,41	1,25	1,05	0,8	0,51
E4 - ÖRNEK 4	1,13	1,56	1,39	1,1	0,84	0,51		
E4 - ÖRNEK 5	1,17	1,69	1,45	1,07	0,81	0,5		
E4 - ÖRNEK 6	1,13	1,51	1,37	1,12	0,86	0,53		
E4 - ÖRNEK 7	0,98	1,29	1,02	0,57				
E4 - ÖRNEK 8	0,98	1,39	1,06	0,56				
E4 - ÖRNEK 9	1,01	1,28	1,02	0,59				

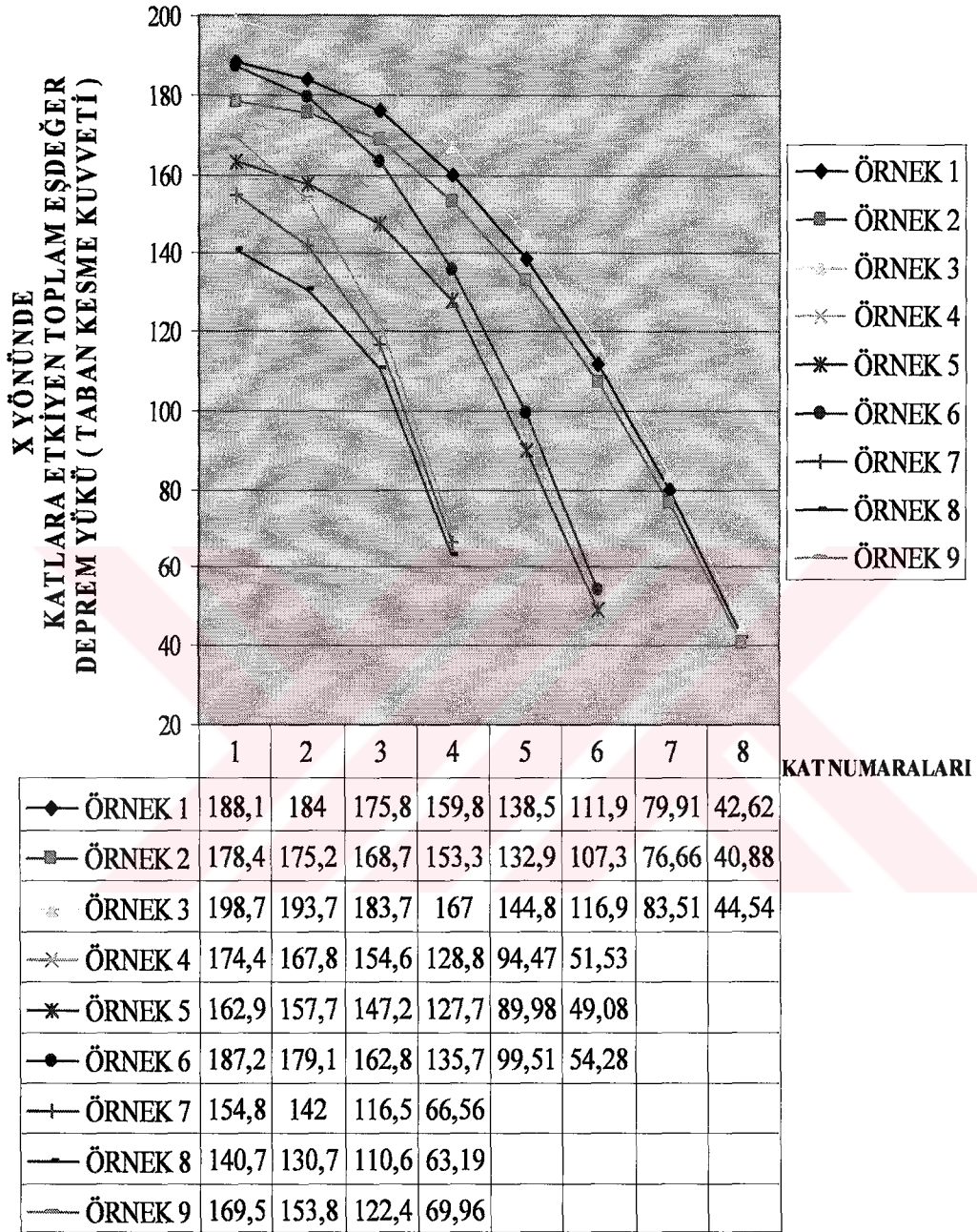
Çizelge 5.223 A1 Burulma Düzensizliği Katsayılarının Karşılaştırılması



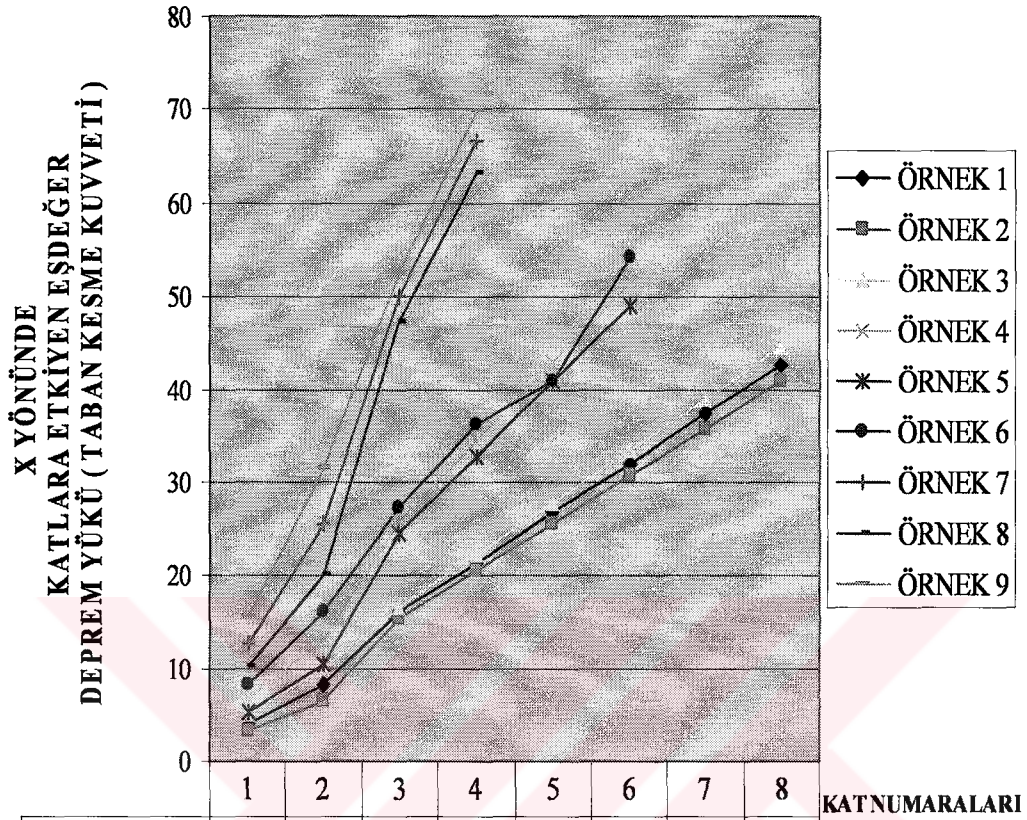
Çizelge 5.224 B2 Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayılarının Karşılaştırılması



Çizelge 5.225 X Yönünde Katlara Etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yüklerinin Karşılaştırılması

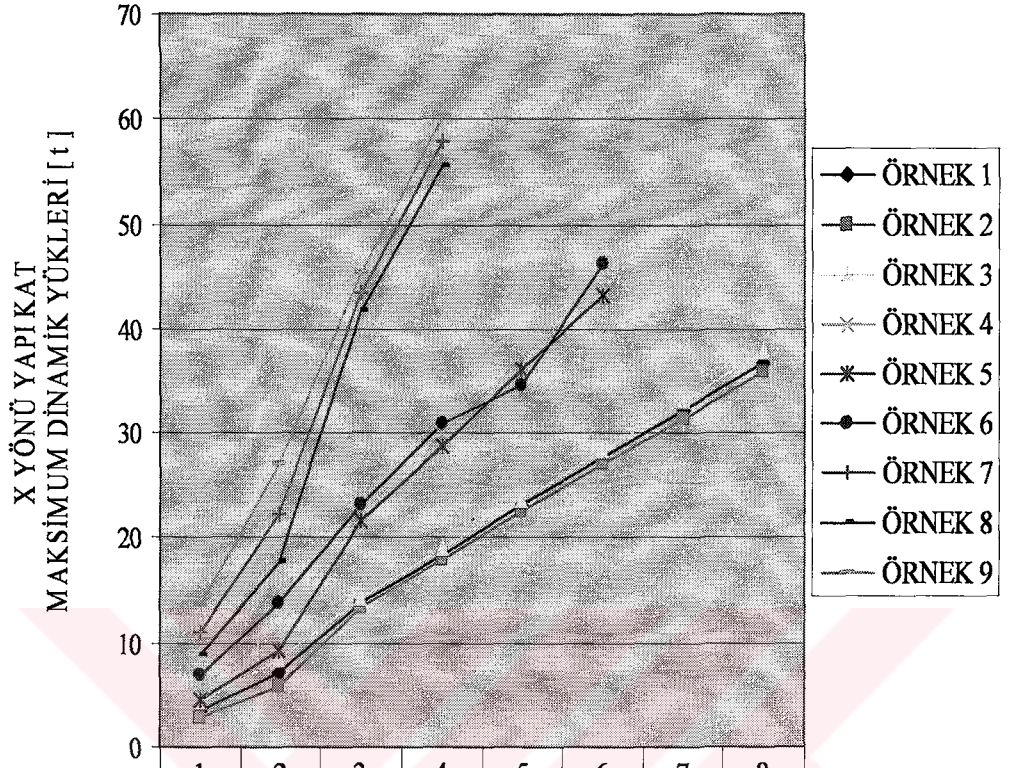


Çizelge 5.226 X Yönünde Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Karşılaştırılması



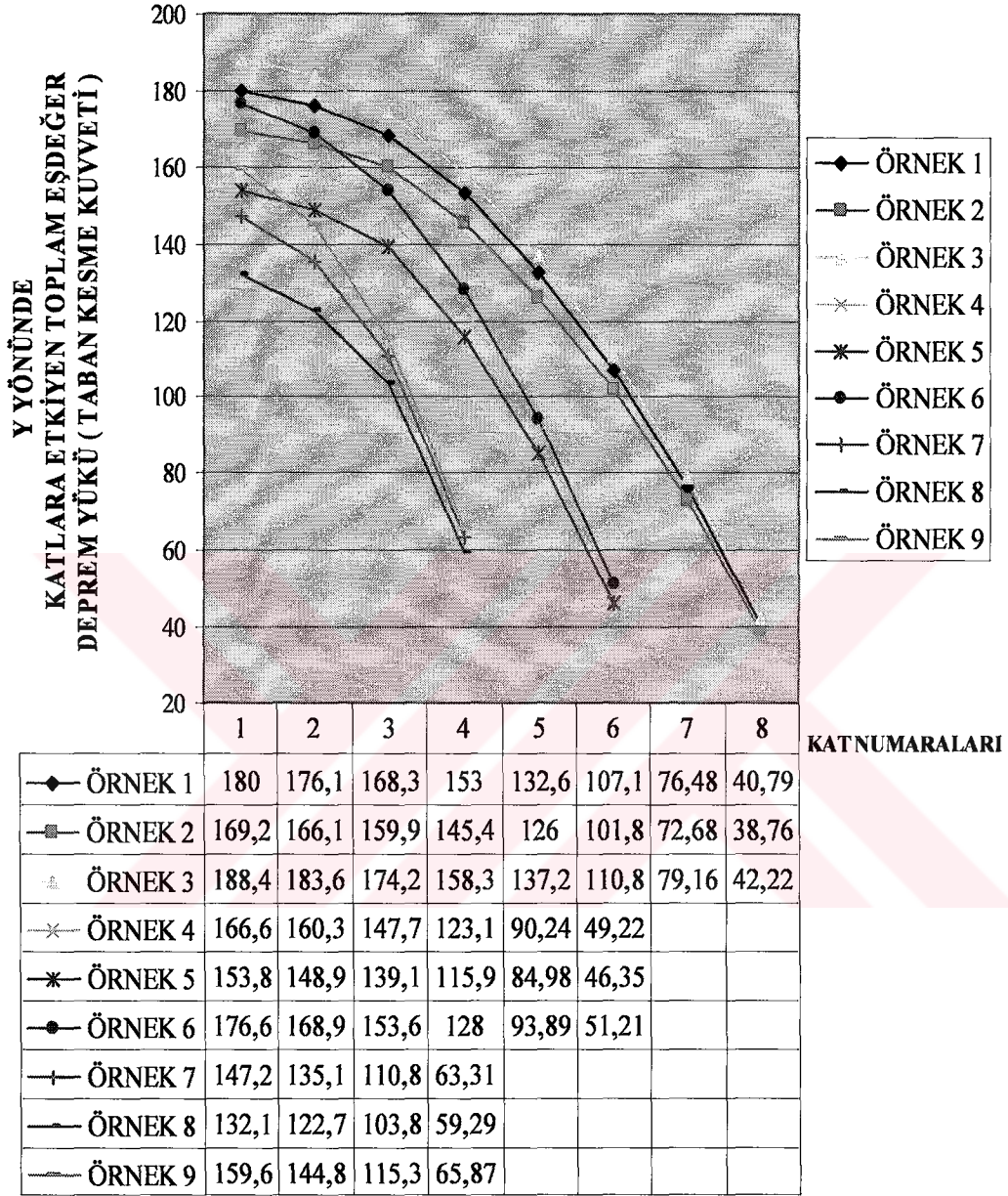
	1	2	3	4	5	6	7	8
ÖRNEK 1	4,078	8,178	15,98	21,31	26,64	31,96	37,29	42,62
ÖRNEK 2	3,246	6,514	15,33	20,44	25,55	30,66	35,77	40,88
ÖRNEK 3	4,99	9,981	16,7	22,27	27,84	33,4	38,97	44,54
ÖRNEK 4	6,574	13,19	25,77	34,35	42,94	51,53		
ÖRNEK 5	5,196	10,43	24,54	32,72	40,9	49,08		
ÖRNEK 6	8,11	16,22	27,14	36,19	40,9	54,28		
ÖRNEK 7	12,74	25,54	49,92	66,56				
ÖRNEK 8	10,03	20,13	47,39	63,19				
ÖRNEK 9	15,68	31,36	52,47	69,96				

Çizelge 5.227 X Yönü Yapı Kat Maksimum Dinamik Yüklerinin Karşılaştırılması

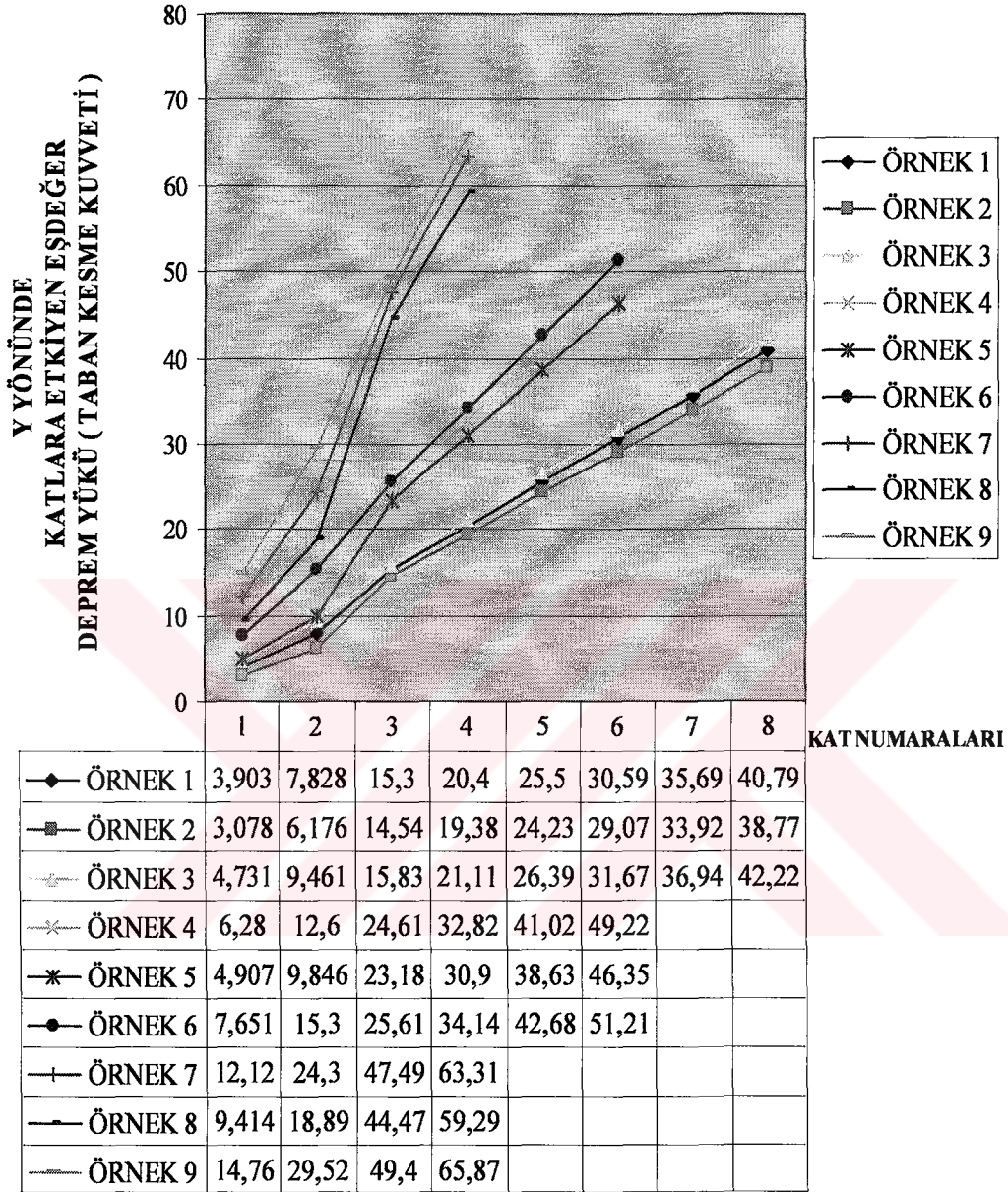


	1	2	3	4	5	6	7	8
ÖRNEK 1	3,534	7,088	13,84	18,45	23,06	27,62	32,22	36,81
ÖRNEK 2	2,858	5,735	13,49	17,99	22,48	26,93	31,43	35,91
ÖRNEK 3	4,246	8,492	14,2	18,92	23,65	28,32	33,03	37,74
ÖRNEK 4	5,703	11,44	22,33	29,77	37,16	44,59		
ÖRNEK 5	4,581	9,193	21,63	28,83	36	43,19		
ÖRNEK 6	6,919	13,84	23,13	30,84	34,48	46,17		
ÖRNEK 7	11,08	22,22	43,41	57,81				
ÖRNEK 8	8,818	17,69	41,62	55,45				
ÖRNEK 9	13,54	27,05	45,27	60,27				

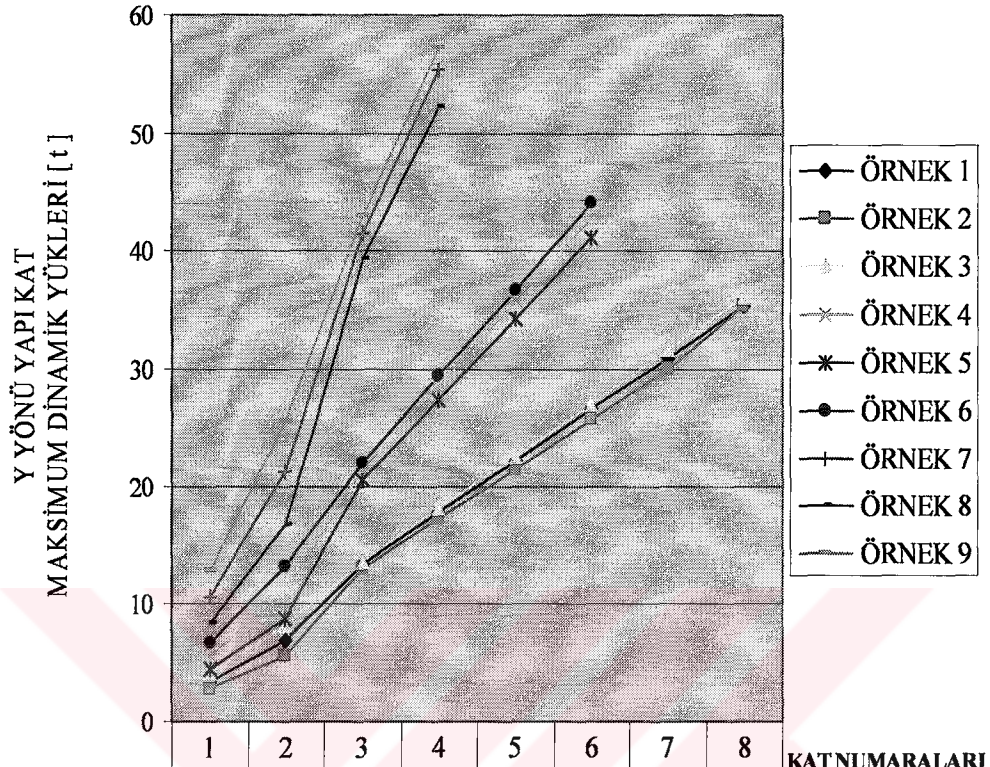
Çizelge 5.228 Y Yönünde Katlara Etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yüklerinin Karşılaştırılması



Çizelge 5.229 Y Yönünde Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Karşılaştırılması

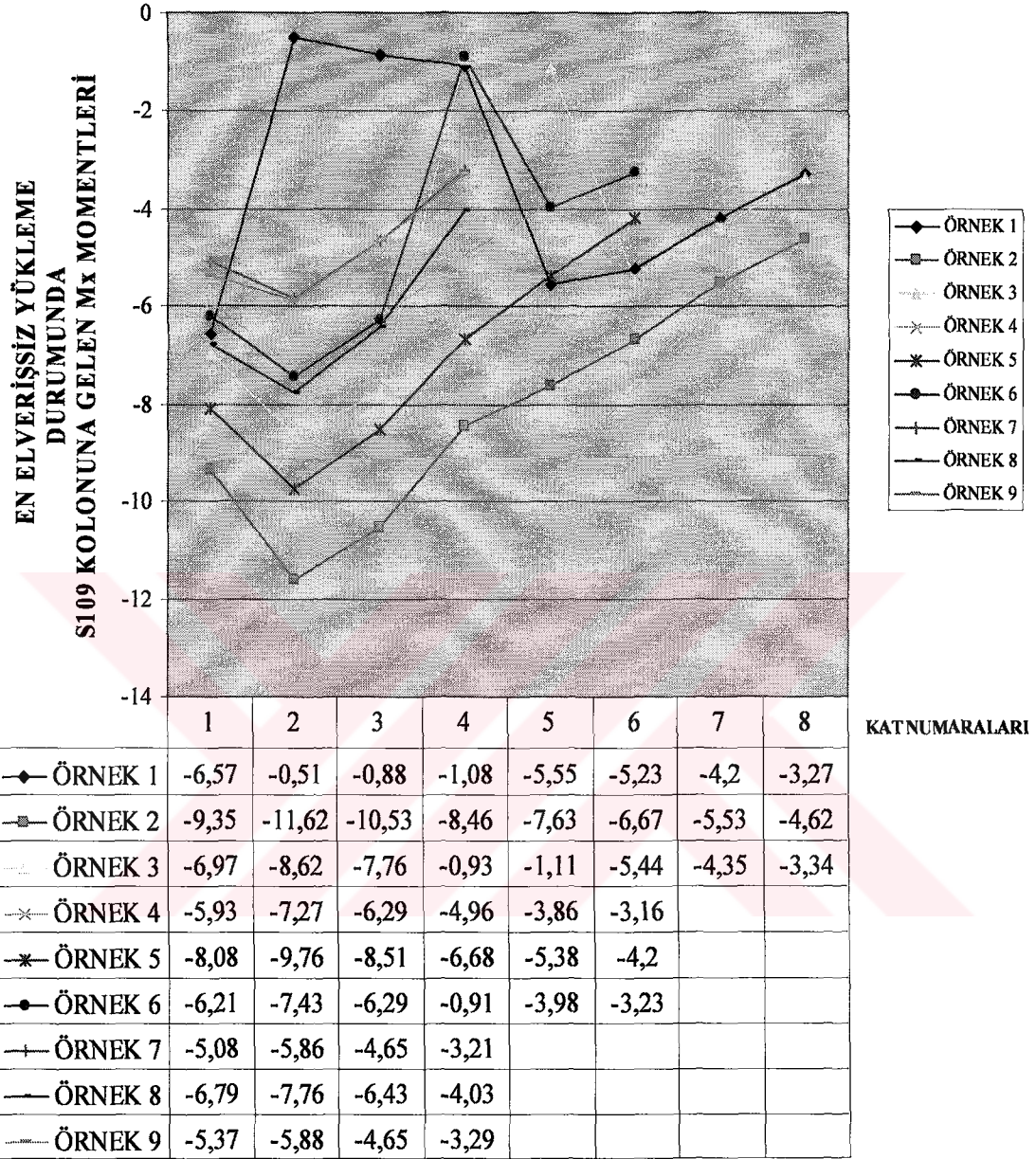


Çizelge 5.230 Y Yönü Yapı Kat Maksimum Dinamik Yüklerinin Karşılaştırılması

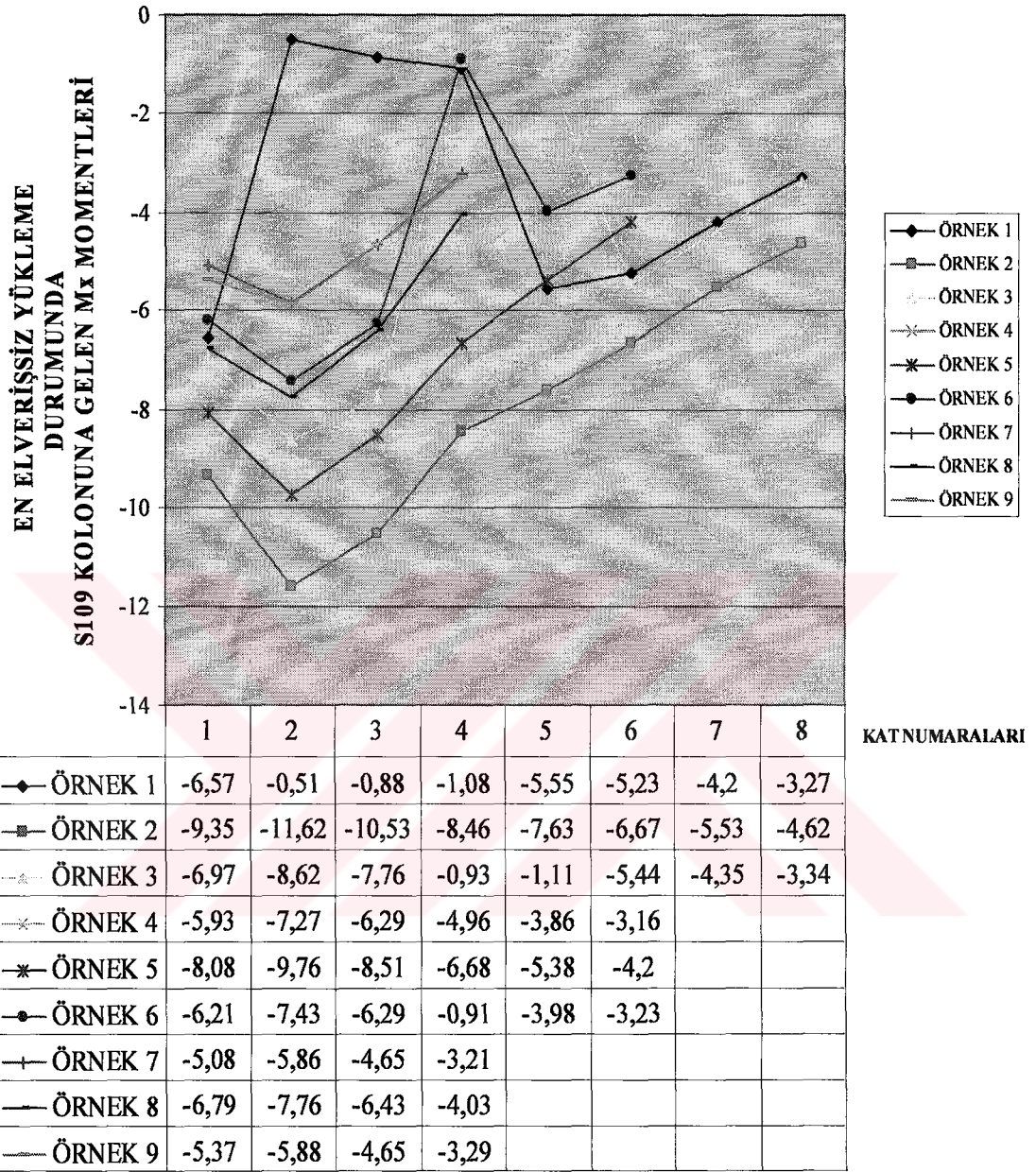


	1	2	3	4	5	6	7	8
ÖRNEK 1	3,402	6,823	13,33	17,76	22,2	26,58	31,02	35,43
ÖRNEK 2	2,73	5,478	12,89	17,18	21,47	25,73	30,02	35,3
ÖRNEK 3	4,066	8,131	13,6	18,12	22,64	27,11	31,63	36,14
ÖRNEK 4	5,48	10,99	21,45	28,6	35,71	42,84		
ÖRNEK 5	4,357	8,742	20,57	27,41	34,23	41,07		
ÖRNEK 6	6,594	13,19	22,04	29,39	36,68	44		
ÖRNEK 7	10,6	21,26	41,52	55,3				
ÖRNEK 8	8,319	16,69	39,26	52,31				
ÖRNEK 9	12,83	25,64	42,91	57,13				

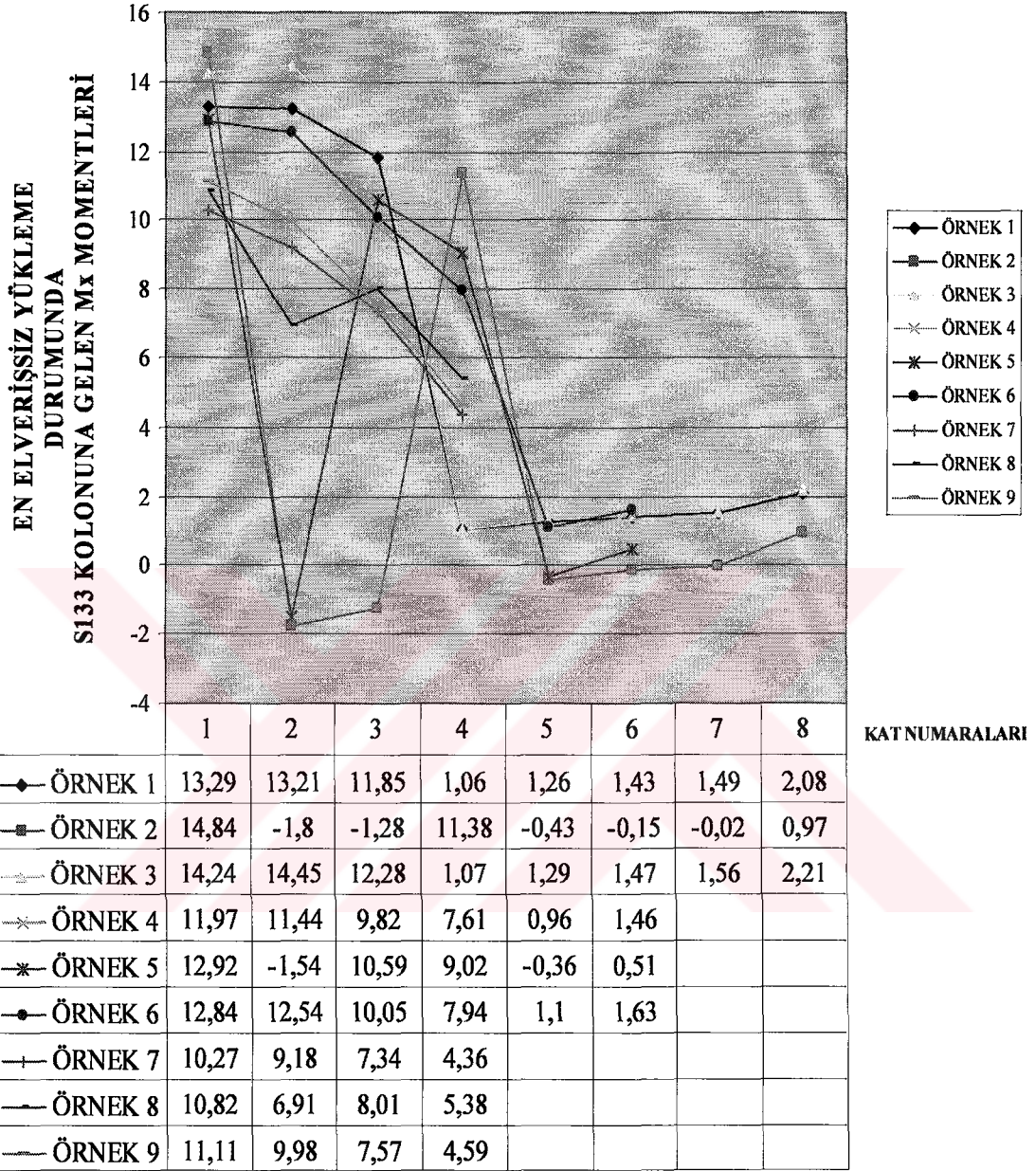
Çizelge 5.231 En Elverişsiz Yükleme Durumunda S109 Kolonuna Etkiyen Mx Momentleri



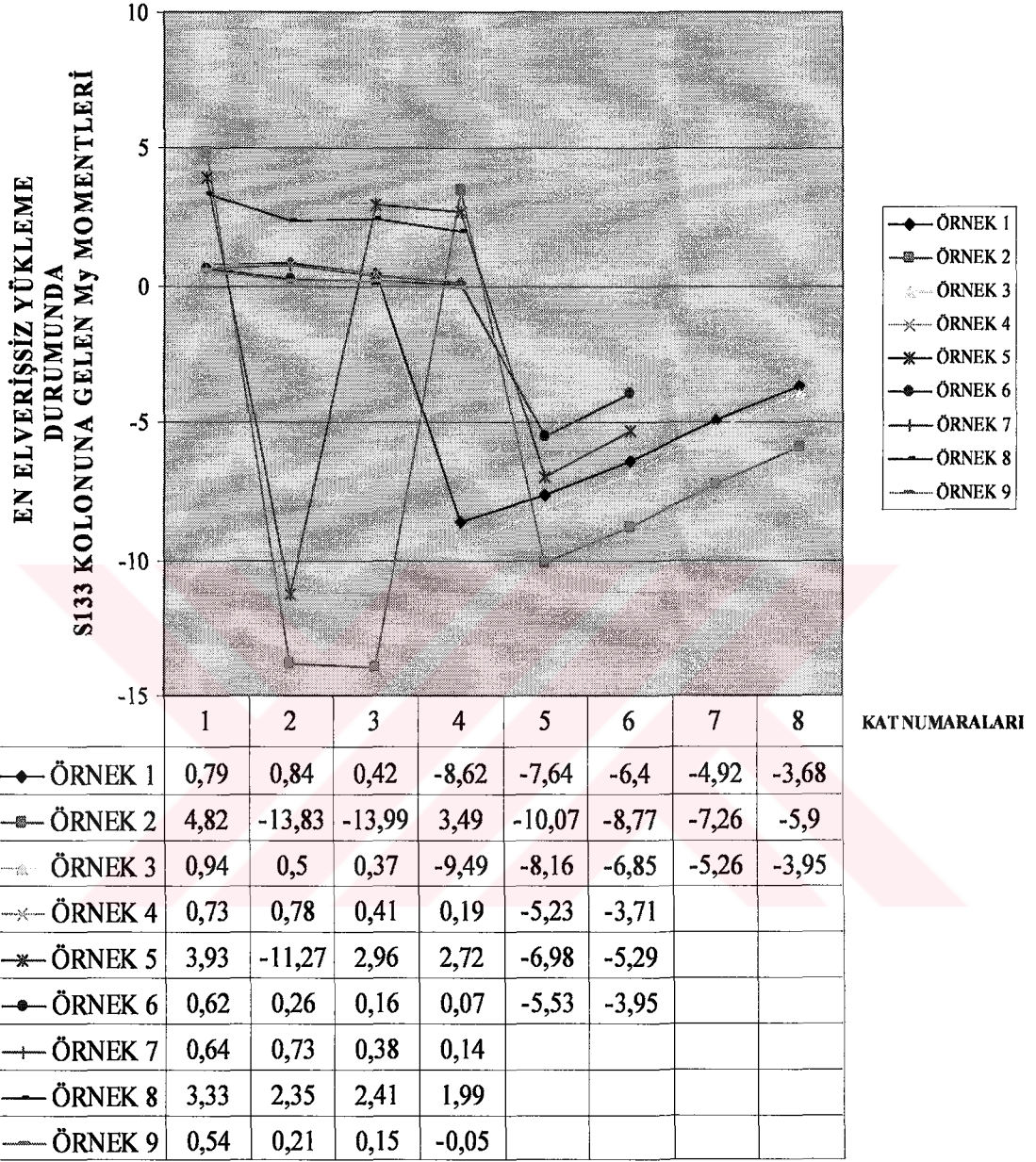
Çizelge 5.232 En Elverişsiz Yükleme Durumunda S109 Kolonuna Etkiyen My Momentleri



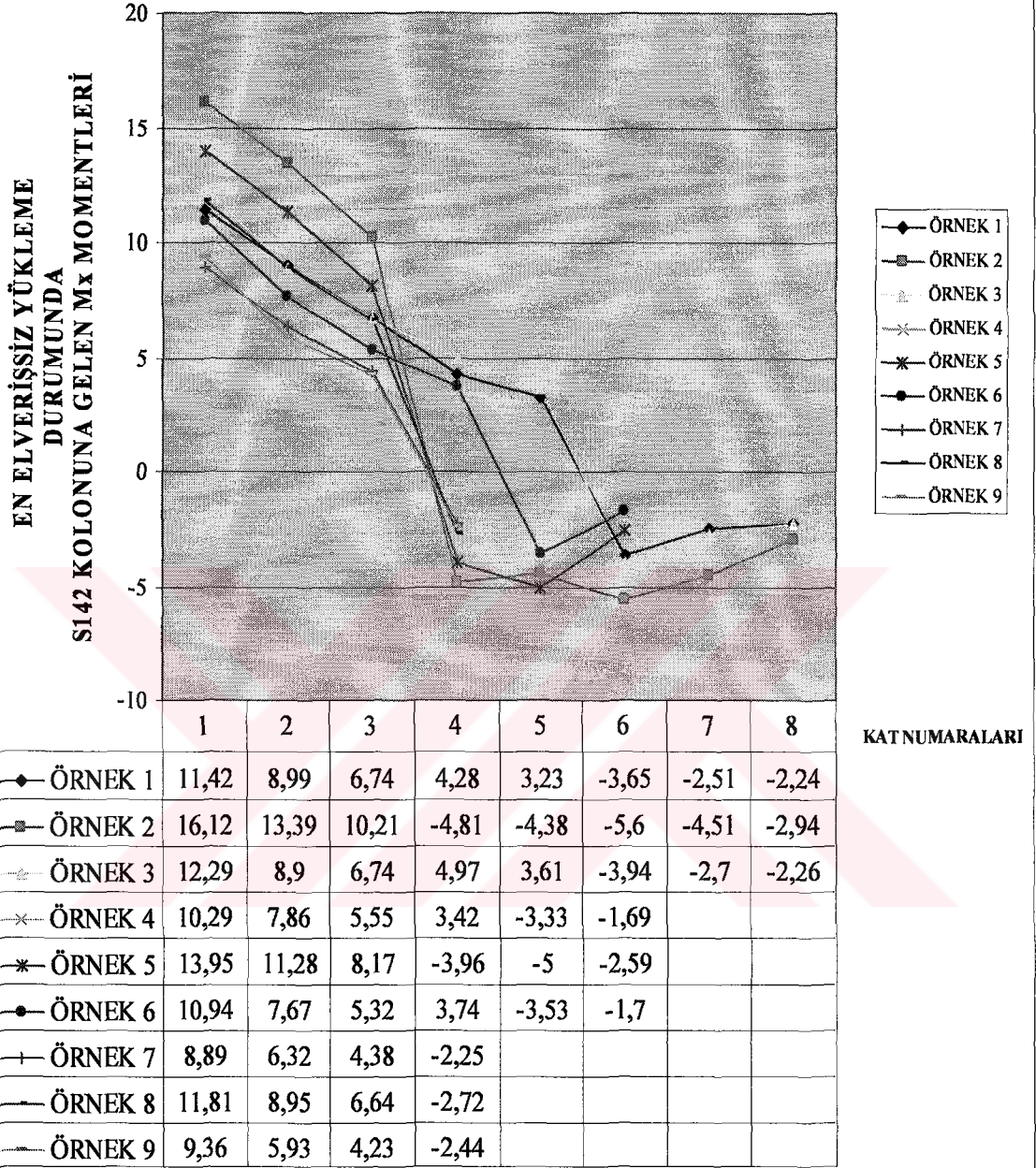
Çizelge 5.233 En Elverişsiz Yükleme Durumunda S133 Kolonuna Etkiyen Mx Momentleri



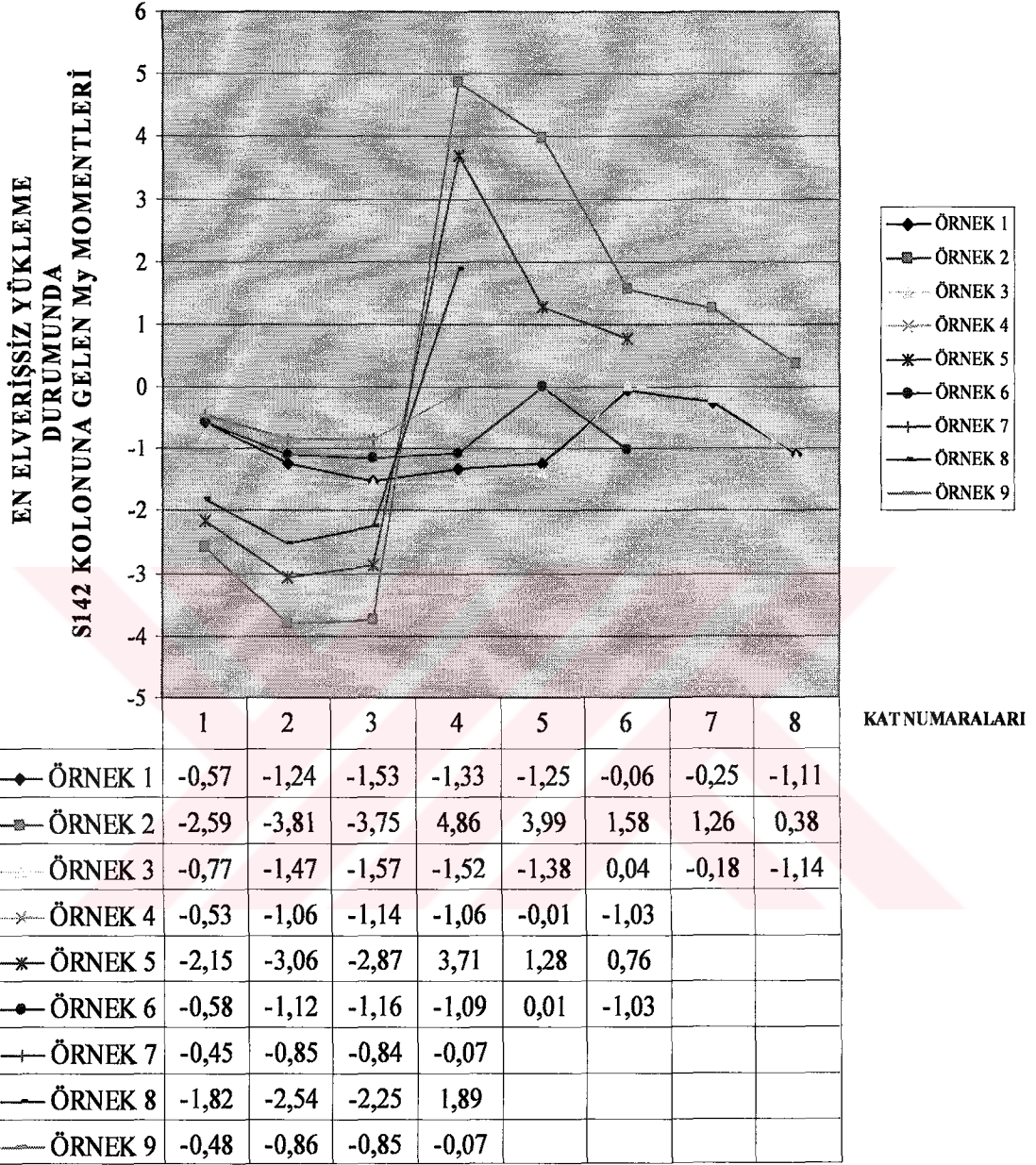
Çizelge 5.234 En Elverişsiz Yükleme Durumunda S133 Kolonuna Etkiyen My Momentleri



Çizelge 5.235 En Elverişsiz Yükleme Durumunda S142 Kolonuna Etkiyen Mx Momentleri



Çizelge 5.236 En Elverişsiz Yükleme Durumunda S142 Kolonuna Etkiyen My Momentleri



KAYNAKLAR

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, (1998), Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

TS 500, (2000), Betonarme Yapılar ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Atımtay, E., (2000), Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, (Betonarme Yapılar) Bizim Büro Yayın Dağıtım, Ankara.

Celep, Z. ve Kumbasar, N., (1998), Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık, İstanbul.

Celep, Z. ve Kumbasar, N., (2000), Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.

Bayülke, N., (1998), Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, İzmir.

Tuna, E., (2000), Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Tuna Eğitim ve Kültür Vakfı, Ankara

Earthquake Resistant Design of Structures (Eurocode8) (1993), European Committee For Standardization, Brussels.

Regulations for Seismic Design – A World List (1996), International Association for Engineering, Tokyo

<http://www.deprem.gov.tr>

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	19.03.1979	
Doğum yeri	Tekirdağ	
Lise	1990 – 1994	Çanakkale Anadolu Lisesi
	1995 – 1996	Çanakkale Fen Lisesi
	1996 – 1997	Çanakkale Lisesi
Lisans	1997 – 2001	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2001 – 2004	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Yapı Mühendisliği Programı
Çalıştığı Kurumlar	2001 – Devam ediyor	Palaoğlu Mühendislik
	2002 – 2003	Kılıçoğlu Yapı Denetim Ltd. Şti.
	2003 – 2004	Ertaş Yapı Denetim Ltd. Şti.
	2004 – Devam ediyor	Birikim Yapı Denetim A.Ş. Trakya Temsilciliği