

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

128604

**ÇEŞİTLİ DEPREM YÖNETMELİKLERİNDE YAPI
DÜZENSİZLİKLERİ ve BUNLARIN YAPI
DAVRANIŞINA ETKİLERİ**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

İnş. Müh. Mesut ŞİMŞEK

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Zekeriya POLAT

Mesut ŞİMŞEK 22.11.2002
prof. İbrahim Ekit *İbrahim Ekit*

Y. Doç. Dr. BÜLENT AKBAŞ *Bülent Akbaş*

İSTANBUL, 2001

128604

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	v
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
TEŞEKKÜR.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. DEPREM YÜKLERİNİN YAPILAR ÜZERİNDEKİ ETKİSİ.....	3
2.1 Deprem Etkisi Altında Davranış.....	3
2.2 Limit Durumlar.....	5
2.2.1 Kullanılabilirlik limit durumu.....	5
2.2.2 Hasar kontrolü limit durumu.....	5
2.2.3 Göçme kontrolü limit durumu.....	6
2.3 Süneklik.....	6
2.4 Rijitlik.....	9
3. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI.....	11
3.1 Depreme Dayanıklı Mimari Tasarım.....	11
3.1.1 Giriş.....	11
3.1.2 Yapının planda uygunluğu.....	12
3.1.3 Yükseklik boyunca basitlik, simetri ve düzenlilik.....	13
3.1.4 Deprem açısından sakıncalı mimari ayrıntılar.....	15
3.1.4.1 Döşemelerde.....	15
3.1.4.2 Bant pencereler.....	16
3.1.4.3 Merdivenler.....	17
3.2 Depreme Dayanıklı Taşıyıcı Sistem Tasarımı.....	17
3.2.1 Çerçeve sistemin planda düzenlenmesi.....	17
3.2.2 Çerçeve sistemin düşeyde düzenlenmesi.....	18
3.2.3 Perdelerin düzenlenmesi.....	20
3.2.3.1 Perdelerin yapının yüksekliği boyunca yerleştirilmesi.....	20
3.2.3.2 Perdelerin plan konumları.....	21
4. YAPI DÜZENSİZLİKLERİNİN YAPI DAVRANIŞINA ETKİLERİ	24
4.1 Planda Düzensizlik Durumları.....	24
4.1.1 Büyük çıkıntılı sistemler.....	24
4.1.2 Yapının çevresi boyunca dayanım ve rijitlik değişimi.....	26
4.1.3 Paralel olmayan sistemler.....	27

4.1.4	Döşeme süreksizlikleri.....	28
4.2	Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları.....	30
4.2.1	Yumuşak kat düzensizliği.....	30
4.2.2	Kolon düzensizlikleri.....	32
4.2.3	Geri çekme düzensizliği.....	34
5.	DEPREM YÖNETMELİĞİNDE DÜZENSİZLİK TANIMI.....	36
5.1	ABYYHY 1997 Esaslarına Göre Düzensizlikler.....	36
5.1.1	Planda düzensizlik durumları.....	36
5.1.1.1	Burulma düzensizliği.....	36
5.1.1.2	Döşeme süreksizlikleri.....	37
5.1.1.3	Planda çıkıntılar bulunması.....	38
5.1.1.4	Taşıyıcı sistem elemanlarının paralel olmaması.....	39
5.1.2	Düşey doğrultuda düzensizlik durumları.....	39
5.1.2.1	Komşu katlar arası dayanım düzensizliği.....	39
5.1.2.2	Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği.....	40
5.1.2.3	Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği.....	40
5.1.3	Düzensizlik indisleri ve değişim aralıkları.....	41
6.	ÇEŞİTLİ ÜLKE YÖNETMELİKLERİNDE DÜZENSİZLİK KONUSUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	43
6.1	Çeşitli Ülkelerin Deprem Yönetmelikleri.....	43
6.2	California Deprem Yönetmeliği.....	45
6.2.1	Düzenli ve düzensiz yapılar.....	45
6.2.2	Düşeyde yapısal düzensizlikler.....	45
6.2.2.1	Rijitlik düzensizliği.....	45
6.2.2.2	Kütle düzensizliği.....	45
6.2.2.3	Düşey geometri düzensizliği.....	45
6.2.2.4	Düşey taşıyıcı sistemde düzlemsel düzensizlik.....	46
6.2.2.5	Kapasitede süreksizlik	46
6.2.3	Planlı yapısal düzensizlikler.....	46
6.2.3.1	Burulma düzensizliği.....	46
6.2.3.2	Çıkıntılı köşeler.....	46
6.2.3.3	Döşeme süreksizlikleri.....	46
6.2.3.4	Planların çakışmaması.....	46
6.2.3.5	Paralel olmayan sistemler.....	47
6.2.4	Düzensizlik tipleri.....	47
6.3	Eurocode8.....	51
6.3.1	Depreme dayanıklı tasarımın özellikleri.....	51
6.3.2	Hesap yöntemleri.....	51
6.3.3	Planda düzensizlik kriterleri.....	51
6.3.4	Düşeyde düzensizlik kriterleri.....	52
6.4	İSO 3010.....	53
6.4.1	Depreme dayanıklı yapı tasarımının amacı.....	53
6.4.2	Depreme dayanıklı yapı tasarımının ilkeleri.....	54
6.5	Avusturya Deprem Yönetmeliği.....	55
6.6	Çin Deprem Yönetmeliği.....	56
6.7	Endonezya Deprem Yönetmeliği.....	56
6.8	İran Deprem Yönetmeliği.....	57

6.8.1	Planda düzenlilik şartları.....	58
6.8.2	Düşeyde düzenlilik şartları.....	58
6.8.3	Tasarım için öneriler.....	58
6.8.4	Hesap yöntemleri.....	59
6.9	Kolombiya Deprem Yönetmeliği.....	59
6.9.1	Planda düzensizlik durumları.....	60
6.9.2	Düşeyde düzensizlik durumları.....	60
6.10	Meksika Deprem Yönetmeliği.....	60
6.11	Venezuela Deprem Yönetmeliği.....	61
6.11.1	Hesap yöntemleri.....	62
6.12	Yeni Zelanda Deprem Yönetmeliği.....	62
7.	ÖRNEKLER.....	64
7.1	Örnekler 1.....	64
7.1.1	Yapı tipi DK1.....	64
7.1.2	Yapı tipi DKP1.....	66
7.1.3	Yapı tipi LK1.....	68
7.2	Rijitlik Dağılımı Bakımından Düzensiz Yapılar.....	69
7.2.1	Yapı tipi DKP2.....	69
7.2.2	Yapı tipi DKP3.....	71
7.2.3	Yapı tipi DKP4.....	72
7.3	Geometri ve Rijitlik Dağılımı Bakımından Düzensiz Yapılar.....	73
7.3.1	Yapı tipi LKP2.....	73
7.3.2	Yapı tipi LKP3.....	74
7.3.3	Yapı tipi LKP4.....	75
7.4	DKP ve LKP Tipi Yapıların Karşılaştırılması.....	76
7.5	Örnekler 2.....	78
7.5.1	Yapı tipi 1.....	78
7.5.1.1	Döşemede gerilme kontrolü.....	79
7.5.2	Yapı tipi 2.....	81
7.5.2.1	Döşemede gerilme kontrolü.....	81
7.5.3	Yapı tipi 3.....	82
7.5.3.1	Döşemede gerilme kontrolü.....	83
7.5.4	Yapı tipi 4.....	84
7.5.4.1	Döşemede gerilme kontrolü.....	85
8.	SONUÇLAR.....	86
	KAYNAKLAR.....	88
	ÖZGEÇMİŞ.....	89

SİMGE LİSTESİ

Δ	Yapının toplam deformasyonu
Δ_i	i'inci kattaki görelî kat ötelemesi
D_1, D_2	Her bir yapının yatay ötelemesi
d_i	Deprem doğrultusundaki yerdeğıştirmeler
M	Moment
M_{ra}, M_{rt}	Kolon moment taşıma kapasiteleri
M_{ri}, M_{rj}	Kiriş moment taşıma kapasiteleri
η_{bi}	i'inci katın burulma düzensizliğı katsayısı
η_{ci}	Dayanım düzensizliğı katsayısı
μ	Düktilite oranı
D_i	Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminden burulma düzensizliğı olan binalarda %5 dış merkezliğı uygulanan büyütme katsayısı
B_B	Mod Birleştirme Yönteminde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük
B_D	B_B büyüklüğüne ait büyütölmüş değeri
V_t	Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti)
V_{tB}	Mod Birleştirme Yönteminde gözönüne alınan deprem doğrultusunda mod katkıların birleştirilmesi ile bulunan deprem yüğü (taban kesme kuvveti)
β	Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesinde kullanılan katsayı

KISALTMA LİSTESİ

ABYYHY	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
KKYO	Kritik Kat Yerdeğiştirme oranı



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Enerji-deformasyon eğrisi.....	7
Şekil 2.2 Kuvvet-deformasyon ilişkisi.....	7
Şekil 2.3 Çerçeve sistem-enerji yutma mekanizması.....	9
Şekil 3.1 Yapının deprem bakımından plandaki durumu	12
Şekil 3.2 Yapının deprem bakımından düşeydeki durumu.....	14
Şekil 3.3 Kısa kolon oluşumu.....	16
Şekil 3.4 Perdeli yapıların deprem bakımından plandaki durumu.....	22
Şekil 4.1 Ayırık ve bitişik yapılar.....	25
Şekil 4.2 Burulma etkisi.....	27
Şekil 4.3 Paralel olmayan sistemler.....	28
Şekil 4.4 Yumuşak katı oluşumu.....	30
Şekil 4.5 Esnek ilk kat.....	31
Şekil 4.6 İlk katın üzerindeki rijitlik değişimi.....	31
Şekil 4.7 Süreksiz perde.....	32
Şekil 4.8 Kısa kolon ile üstünde toplanan deprem kuvveti ilişkisi.....	33
Şekil 4.9 Geri çekme düzensizliği.....	34
Şekil 5.1 Burulma düzensizliği.....	37
Şekil 5.2 Düzensizlik durumları.....	38
Şekil 5.3 Planda çıkıntılar bulunması.....	38
Şekil 5.4 Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması.....	39
Şekil 5.5 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği.....	41
Şekil 6.1 Düşeyde düzensizlik durumları.....	48
Şekil 6.2 Planda düzensizlik durumları.....	49
Şekil 6.3 Taşıyıcı elemanların süreksizliği durumu.....	50
Şekil 6.4 Çekme katların bulunması durumu.....	53
Şekil 6.5 Planda düzensizlik durumu.....	57
Şekil 7.1 Yapı tipi DK1 kalıp planı.....	64
Şekil 7.2 DKP1 Yapı tipi kalıp planı.....	66
Şekil 7.3 Yapı tipi LK1 kalıp planı.....	68
Şekil 7.4 Yapı tipi DKP2 kalıp planı.....	70
Şekil 7.5 Yapı tipi DKP3 kalıp planı.....	71
Şekil 7.6 Yapı tipi DKP4 kalıp planı.....	72
Şekil 7.7 Yapı tipi LKP2 kalıp planı.....	73
Şekil 7.8 Yapı tipi LKP3 kalıp planı.....	74
Şekil 7.9 Yapı tipi LKP4 kalıp planı.....	75
Şekil 7.10 Yapı tipi 1.....	78
Şekil 7.11 Yapı tipi 2.....	81
Şekil 7.12 Yapı tipi 3.....	82
Şekil 7.13 Yapı tipi 4.....	84

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 6.1 Hesap yöntemleri.....	52
Çizelge 7.1 X Doğrultusunda yerdeğiştirmeler.....	65
Çizelge 7.2 Y Doğrultusunda yerdeğiştirmeler.....	65
Çizelge 7.3 X Doğrultusunda yerdeğiştirmeler.....	67
Çizelge 7.4 Y Doğrultusunda yerdeğiştirmeler.....	67
Çizelge 7.5 Yapı tipi LK1 η_b katsayıları.....	69
Çizelge 7.6 Yapı Tipi DKP2 Y Doğrultusu burulma düzensizliğı katsayıları.....	70
Çizelge 7.7 Yapı tipi DKP3 Y doğrultusu burulma düzensizliğı katsayıları.....	71
Çizelge 7.8 Yapı tipi DKP4 Y doğrultusu burulma düzensizliğı katsayıları.....	73
Çizelge 7.9 Yapı tipi LKP2 burulma düzensizliğı katsayıları.....	74
Çizelge 7.10 Yapı tipi LKP3 burulma düzensizliğı katsayıları.....	75
Çizelge 7.11 Yapı tipi LKP4 burulma düzensizliğı katsayıları.....	76
Çizelge 7.12 LK ve DK Tipi yapılarda burulma düzensizliğı katsayıları.....	76
Çizelge 7.13 DK ve LK Tipi yapılarda maksimum donatı oranları.....	77
Çizelge 7.14 Yapı tipi 1 mod periyotları ve kütle katılım oranları.....	79
Çizelge 7.15 Yapı tipi 2 mod periyotları ve kütle katılım oranları.....	81
Çizelge 7.16 Yapı tipi 3 mod periyotları ve kütle katılım oranları.....	83
Çizelge 7.17 Yapı tipi 4 mod periyotları ve kütle katılım oranları.....	84

TEŞEKKÜR

Bu tezimin hazırlanması esnasında bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen değerli Hocam Prof.Dr.Zekeriya Polat ve maddi-manevi yardımlarını esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.



ÖZET

Depremlerden sonra yapılan incelemelerde taşıyıcı sistem düzensizliklerinden dolayı pek çok hasarın meydana geldiği görülmüştür. Bu amaçla deprem riski olan ülkelerde deprem yönetmeliklerinde düzensiz yapılar için özel şartlar getirilmiştir. Bu şekilde depremin zararlı etkilerinden korunma amaçlanmıştır.

Bu çalışmada, deprem yüklerinin yapılar üzerindeki etkisi hakkında bilgiler verilmiş, depreme dayanıklı yapı tasarımı, mimari ve taşıyıcı sistem düzenlenmesi başlıkları altında açıklanmıştır. Yapılarda düzensizlikler oluşturan durumlar açıklanmış ve bunların yapı davranışı üzerindeki etkileri açıklanmıştır. ABYYHY 1997 ve 41 dünya ülkesi deprem yönetmeliği incelenmiş ve bunların taşıyıcı sistem düzensizliklerine bakışı ve düzensiz yapılara karşı getirdiği şartlar incelenmiştir.

Burulma düzensizliği, döşemelerde boşluk olması ve planda çıkıntılar olması düzensizliğini incelemek için parametrik çalışmalar yapılmıştır. Analizler yeni Türkiye Deprem Yönetmeliği 1997'ye göre yapılmıştır.

Burulmanın yapı davranışına etkilerini incelemek için DKP ve LKP isimli 8 katlı tipik bina modelleri seçilmiştir. Perde duvarlar eklenerek ve yerleri değiştirilerek burulma oluşturulmuştur. Her yapı tipi için elde edilen burulma düzensizliği katsayıları ve donatı yüzdeleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Diğer iki düzensizlik tipi için ele alınan örnekler yapıların rijit diyafram davranışı yaptığı kabulüne göre analiz edilmiştir. Ayrıca döşemede deprem kuvvetlerinden oluşan gerilmeler kontrol edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Düzensiz yapılar, burulma düzensizliği, döşeme süreksizlikleri, planda çıkıntılar, eksantrisme

ABSTRACT

In the research realized after the major earthquake of 1999, it has been seen that numerous damages have occurred because of the load resisting system irregularities. 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. By this way, it is aimed to be protected from damaging effects of the earthquake.

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 41 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 torsional irregularity, discontinuities in slab and projections in plan geometry, parametric studies are carried out. The seismic analyses are carried out according to the Earthquake Code of Turkey 1997.

In order to investigate the effects of torsion on structure behaviour, typical 8- storey DKP and LKP models are selected. The torsional irregularity are created on the buildings by adding shear walls and changing the locations of the shear walls. The torsional irregularity coefficients obtained from analyses and the percentages of reinforcing bar are compared. The examples for other two irregularities are analyzed by considering the slabs as elastic. Additionally, stresses that occur in the diaphragm because of the earthquake forces are checked.

Keywords: Irregular structures, torsional irregularity, slab discontinuities, projections in plan, eccentricity.

1. GİRİŞ

Yapı taşıyıcı sistemleri tasarımında, deprem kuvvetlerinin güvenli bir şekilde karşılanması temel unsurlardan biridir. Yapının simetri özelliği taşıması ve düzenli taşıyıcı sisteme sahip olması depreme dayanıklı yapı tasarımı yaklaşımında en önemli ilkeyi oluşturur. Düzenli yapılar gerek uygulamada gerekse analiz ve boyutlamada daha pratik ve ekonomik olmalarının yanı sıra hesap davranışı ile gerçek yapı davranışının birbirine yakın olmaları ile iyi bir tasarım için tercih edilen ilk çözüm seçeneğidirler. Buna karşın günümüz mimari tasarımları çoğu zaman bu yaklaşıma izin vermeyecek tarzdadır.

Deprem davranışı açısından yapıların yatayda ve düşeyde süreksizlik göstermeleri, ani rijitlik değişimi ile kütle farklılıkları içermeleri kaçınılmazı gereken olumsuz hallerdir. Bu özellikleri taşıyan yapılar taşıyıcı sistem bakımından düzensiz yapılar olarak kabul edilirler. Bu tür yapılar pratikte düzenli yapılara nazaran daha hatalı uygulamaya sebep olabilecekleri gibi, boyutlamada da bazı kesit zorlarının büyümesi nedeniyle ekonomik olmaktan uzaklaşırlar. Bunun bir sonucu olarak taşıyıcı sistemdeki bazı elemanlar boyutlama değerlerinin üzerindeki değerlere varan etkilere maruz kalabilirler. Bu tür yapıların analizi esnasında deprem etkilerinin hesabının ne şekilde olması gerektiği bir sorun teşkil eder. Düzenli yapıların deprem analizlerinde kullanılan doğrusal hesap yöntemlerinin düzensiz yapılarda ne kadar sağlıklı sonuçlar vereceği tartışmaya açık bir konudur. Yapının taşıyıcı sisteminin modellenmesi pek çok kabul içerdiğinden çözüm sonuçlarının güvenilir olabilmesi için taşıyıcı sistemin olabildiğince basit olması tercih edilir. Düzensiz yapılarda statik ve dinamik çözümler elde edilebilirse de kabullerin fazlalığı nedeniyle bunların güvenilirliği azalır.

Yapılarda deprem sonucu meydana gelen hasarlar, bu konuda bazı kuralların belirlenmesi gereğini hissettirmiştir. Deprem yönetmeliği olarak isimlendirilen bu kurallar topluluğunun dünyadaki gelişmesinde San Francisco (1906), Messina-Reggio (1903) ve Tokyo (1923) depremlerinin önemli etkisi olmuştur. Tokyo depreminde özenli düzenlenmiş binaların az hasarla depremi atlattıkları belirlenmiştir. Bu deprem sonucu yapılan çalışmalarda dört ana ilkeye varıldı:

- 1- Binaların depremde rijit cisim gibi davranması için bağları arttırılacaktı bu suretle periyot küçülürken deprem hareketinde rezonansa gelmesi önlenecekti.

- 2- Planda dikdörtgen gibi kapalı şekiller tercih edilecek U, L, T veya H gibi şekillerden kaçınılacaktı.
- 3- Binada yükseklik boyunca sürekli olan ve planda simetrik rijit duvarlar kullanılacaktı.
- 4- Deprem katsayısı 1/10 alınarak hesaplanacak yatay yükün sistem tarafından karşılanması sağlanacaktı. Bu suretle başlayan deprem yönetmeliği ihtiyacı zamanla gelişmiş ve çeşitli deprem yönetmelikleri ortaya çıkmıştır.

Günümüz nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu yerlerde yapılaşmada bir yoğunluk ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda arsa değerleri yükselerek yapı maliyetinde önemli bir faktör haline gelmektedir. Bütün bunların neticesinde de mimari tasarım maksimum arsa kullanımını sağlayacak yönde zorlanmaktadır. Bu konuda mimari tasarımı kısıtlayan imar yönetmeliğine göre bir tasarımda yapının zemin kat alanı ve katların toplam alanı belirli katsayılarla sınırlandırılmıştır. Böylece kısıtlanan tasarımlarda genellikle zemin kat taban ve kalıbından itibaren üst katlarda konsol uygulamalarına gidilmektedir. Planda düzensizlikler özellikle bitişik nizamlı yapı imarının olduğu bölgelerde ortaya çıkmaktadır. Arsa alanının parsel yapısının uygun olmaması sonucu binanın yatayda plan geometrisinin uygun olmamasına neden olmaktadır. Bunlar planlı yapının üçgen, yamuk biçimli olmasına, bu durumda da taşıyıcı sistem elemanlarının birbirine paralel olmamasına neden olmaktadır. Planda geometrisi bozuk yapıda, kütle, rijitlik ve dayanım bakımından epey sorunlarla karşılaşacağı muhtemeldir.

2. DEPREM YÜKLERİNİN YAPILAR ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Betonarme yapıların düşey yükler yanında yatay yükleri de güvenli bir şekilde taşıması gerekir. Bina türünden betonarme yapılarda sabit yükler sınıfında sayılan taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların ağırlıkları ile hareketli yükler, düşey yükleri oluştururlar. Deprem ve rüzgar etkileri ise en önemli yatay yükleri meydana getirirler. Bu yükler düşey yüklerden farklı bir özellikte olduğu için yapının güvenliğini sağlarken taşıyıcı sistem davranışının esas alınması ve ilgili konstrüktif kurallara uyulması gerekir.

2.1 Deprem Etkisi Altında Davranış

Taşıyıcı sistem inşa edilirken başlangıçtan itibaren kendi ağırlığını taşımaya başlar. Sabit yüklerin üstüne gelen düşeyde faydalı yükler de benzer türden özelliğe sahiptir. Hareketli yükün taşıyıcı sisteme etkimesi ani değil belli bir süre içerisinde gerçekleşir. Yükleme ve bu yüklemenin değeri bir zaman içinde meydana geldiği için taşıyıcı sistemde kusurlar oraya çıktığında hemen yük boşaltılarak tedbir alma yönüne gidilebilir. Rüzgar ve özellikle deprem yükleri ise çok kısa zamanda etkirler ve dinamik özellik gösterirler. Daha önce herhangi bir yatay yükleme altında kalmayan taşıyıcı sistem kısa bir zamanda önemli bir yatay etki ile zorlanır. Taşıyıcı istemdeki kusurlar çok kısa bir zamanda ortaya çıktığı için herhangi bir tedbir almak veya yüklemeye etkili olmak mümkün olmaz. (Celep ve Kumbasar, 1993)

Depremlerin büyüklükleri ortaya çıkardıkları enerjiye bağlı olarak belirlenir. Şiddetli depremler büyük hasarlar meydana getirirler ve seyrek meydana gelirler. Yani dönüşüm periyotları uzundur. Buna karşılık sık meydana gelen küçük depremler az hasar meydana getirir ve dönüşüm periyodu küçüktür. Deprem yönetmeliklerinde yapının amacına bağlı olarak dönüşüm periyodu 100 ile 500 yıl arasında bulunan depremlere karşı binanın dayanımı sözkonusu değildir. Ancak bu tür depremlerden oluşan kesit etkilerinin taşıyıcı sistemin elastik davranışı ile karşılanması mümkün değildir. Buna karşılık bu değerlerin %15-20 gibi oldukça küçük bir oranını elastik bir davranış içerisinde karşılaması esas alınır ve daha büyük depremlerin taşıyıcı sistemde meydana gelecek elastik ötesi şekil değiştirmeler ve enerji tüketilmesi ile karşılanacağı kabul edilir. Bunun sonucu olarak taşıyıcı sistemin dayanım kapasitesine sık rastlanan şiddeti düşük depremlerde erişilir. Bu durumda deprem etkisi yönünden yapının dayanım kapasitesine erişmesinin yıllık ihtimali %1-3

gibi yüksek bir oran ortaya çıkar. Bunun yanında düşey yükler altında taşıyıcı sistemin dayanım kapasitesine erişmesi ise %0.01 gibi oldukça düşük bir oran civarında bulunur. Bu iki değer kıyaslandığında deprem etkisinin karşılanmasındaki eksikliklerin ne derece sorun meydana getireceği anlaşılır. (Celep ve Kumbasar, 1993)

Yapıların boyutlandırılmasında depreme karşı dayanımının da önemli olduğu düşüncesi 1920-1930'lara gitmektedir. Sayısal ölçümlerin eksikliğinin de sonucu olarak deprem etkisi yapının ağırlığının yaklaşık %10'u yatay yük olarak kabul edilmiştir. Ancak 1960'larda depremlerden elde edilen sayısal bilgiler daha gerçekçi yük kabullerini beraberinde getirmiştir. Yakın zamanda bilgisayardaki gelişmeler de taşıyıcı sistemin çözümlenmesinin daha ayrıntılı biçimde yapma imkanı vermiştir. Bu arada depremlerden sonra yapılan incelemelerden bir kesitte yeterli eğilme momenti dayanımı bulunmamasının taşıyıcı sistemin bütünlüğü bozulmamak koşulu ile her zaman ağır hasara veya göçmeye götürmediği belirlenmiştir. Bunun yanında kesme kuvveti etkisinin karşılanmamasından ortaya çıkan elastik ötesi şekil değiştirmelerin önemli hasara neden olduğu gözlenmiştir. Yapılan çalışmalar normal, orta ve yüksek katlı binaların tipik bir depremde zorlanması durumunda çözümlemenin elastik veya elastik ötesi davranış esas alınarak yapılmasına bağlı olmaksızın aynı mertebede yatay yerdeğiştirmenin meydana geldiğini göstermiştir. Verilen bir depremde yapının tamamen elastik bir davranış gösterdiği kabul edilmesi durumunda yönetmeliklerde öngörülen yüklerin kullanılmasına göre üç ile altı kat arasında değişen kesit etkileri ve yerdeğiştirmeler meydana gelir. Bunun sonucu olarak yapılan incelemeler dikkati dayanımdan elastik ötesi davranışa kaydırmıştır. Taşıyıcı sistemin elastik ötesi yerdeğiştirmelerin büyük olması veya sünek olması ile deprem enerjisinin sönmülenebileceği ve elemanlar arasında yardımlaşma sayesinde daha büyük deprem etkilerinin karşılanabileceği öne çıkmıştır. Ancak elastik ötesi şekildeğiştirmeler her zaman kolayca güvenilecek bir özellik değildir. Yerine göre bir kısmı süneklik sağlarken bir kısmı da meydana gelen aşırı ikinci mertebeye etkileri nedeniyle sistemin göçmesine sebep olabilir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında genel eğilim sünek taşıyıcı sistemlerin teşvik edilmesi şeklindedir. Bunun yanında yatay ve düşey kesitlerde düzenli taşıyıcı sistemin seçimi ve elemanların birleşim bölgelerinde gösterilecek özen önemle vurgulanır. Ayrıca taşıyıcı sistemde yatay yerdeğiştirmeleri sınırlandıracak rijitliğin oluşturulması ve bu suretle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelebilecek hasarların azaltılması diğer önemli bir husustur. Afet

Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1997’de tanımlanan tasarım depremi yapı önem katsayısı $I=1$ olan binalar için dönüşüm periyodu 475 yıl ve 50 yıllık süre içinde aşılma olasılığı %10 olan yer hareketine karşı gelmektedir. (Celep ve Kumbasar, 1993)

2.2 Limit Durumlar

Deprem kayıtlarının ve yeryüzünün tektonik yapısının incelenmesinde deprem tehlikesi olan bölgeleri belirlemek oldukça kolay olmasına karşılık yapının ömrü boyunca meydana gelebilecek en büyük deprem hakkında tahmin yapmak zordur. Depreme dayanıklı yapı tasarımında yapının fonksiyonuna devam etmesinin sağlanması hasarın sınırlandırılması ve yapı içindekilerinin hayatının kurtulması şeklinde olmak üzere değişik seviyelerde korunma sözkonusudur. Bu seviyelerin belirlenmesi toplumun bu konuda yapacağı fedakarlığa ve ekonomik duruma bağlıdır.

2.2.1 Kullanılabilirlik limit durumu

Bölgede sık olarak ortaya çıkan küçük depremlerin yapının fonksiyonuna herhangi bir olumsuz etki yapmaması, taşıyıcı sistemde onarıma gerek gösteren hasarın meydana gelmemesi istenir. Bu ise depremde meydana gelecek şekil ve yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması ve depremde oluşacak etkilerin eleman kesitlerinde meydana getireceği gerilmelerin elastik bölgede kalması şeklinde sağlanır. Elemanlarda küçük çatlaklar oluşursa da büyük çatlaklar ve betonun ezilmesi gibi bir olayın meydana gelmemesi istenir. Bu duruma tasarımda esas alınacak deprem yapının fonksiyonunun önemine bağlı olarak seçilir. Örneğin, konut binasında dönüşüm periyodu daha küçük olan bir deprem seçilirken; hastahane, itfaiye binası, haberleşme ve santral binası gibi deprem durumunda fonksiyonuna devam etmesi istenen yerler için dönüşüm periyodu daha büyük olan depremler seçilir. Bu durum yapı önem katsayısının seçimi ile kontrol edilir.

2.2.2 Hasar kontrolü limit durumu

Kullanılabilirlik sınır durumuna esas alınan depremden daha büyük depremlerde yapıda bazı hasarlar meydana gelir. Donatı akma durumuna gelirken onarımı gerekli olan geniş çatlaklar oluşabilir. Bunun gibi bazı yerlerde temizlenip yenilenmeyi gerektiren beton ezilmelerine rastlanabilir. Bu ikinci sınır durumu ekonomik olarak onarılıp güçlendirilebilecek durum ile

onarım güçlendirilmesi ekonomik olarak mümkün olmayan durumu birbirinden ayırır. Yapının ömrü boyunca taşıyıcı sistemi bu sınır durumuna getirecek depremin meydana gelme ihtimalinin düşük olması gerekir. Böyle bir sınır durumuna karşı gelen depremden sonra yapının ekonomik olarak onarılıp güçlendirilmesi istenebilir.

2.2.3 Göçme kontrolü limit durumu

Yönetmelikte öngörülen kuvvetlerden çok daha büyük etki oluşturabilecek bir depremin meydana gelme olasılığı düşüktür. Böyle bir depremin sıradan bir yapıda sınırlı bir hasarla karşılaşması ekonomik olmaz. Ancak böyle bir durumda göçme mekanizmasının kontrol edilerek yapının içindekilerinin hayatının korunması bu sınır durumu tarif eder. Ender olarak meydana gelecek depremlerde yapıda tamir edilemeyecek hasarın meydana gelmesi kaçınılmazdır. Ancak bu durumda da can kaybının önlenmesi için yapının tamamen göçmesinin meydana gelmemesi gerekir. Büyük depremlerde yapı dayanım sınırı aşılabacağı için yatay taşıyıcılıkta önemli kayıplar olmadan ve tamamen göçme meydana gelmeden büyük plastik şekil ve yerdeğiştirmeler oluşabilecek şekilde boyutlamanın yapılması bu kontrolün esasını teşkil eder.

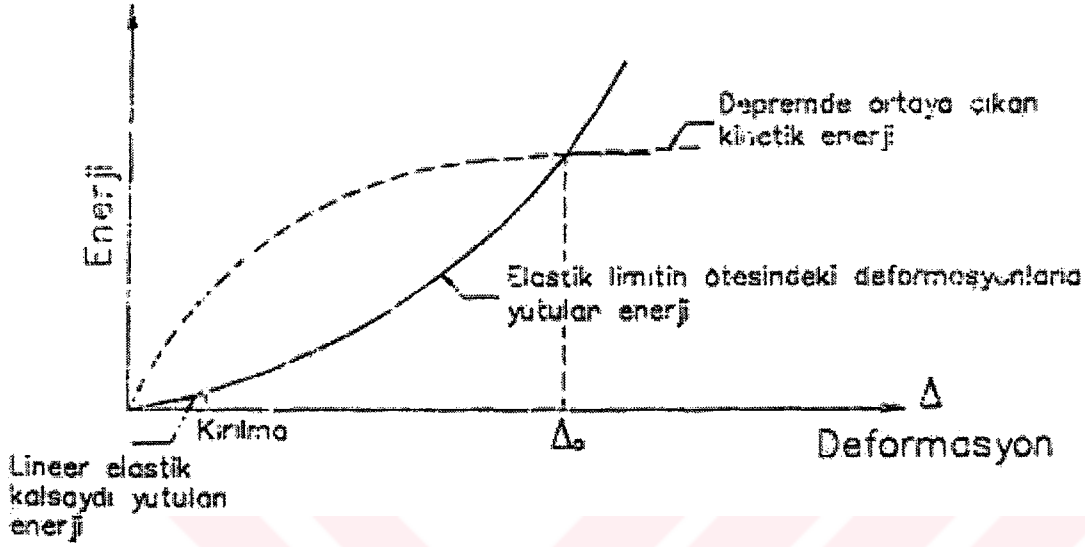
Yukarıda tarif edilen üç korunma seviyesinin gerçekleştirilebilmesi; yapıda yeterli seviyede yatay rijitlik, dayanım ve sünekliğin sağlanması ve yapının genel davranışının kontrol edilmesi ile mümkün olur. Bu üç seviyenin ayrılmasında oldukça büyük belirsizlikler olduğu muhakkaktır. Boyutlamada kapasite kavramına önem verilerek bu belirsizlikler belirli ölçüde yenilebilir.

2.3 Süneklik (Düktilite)

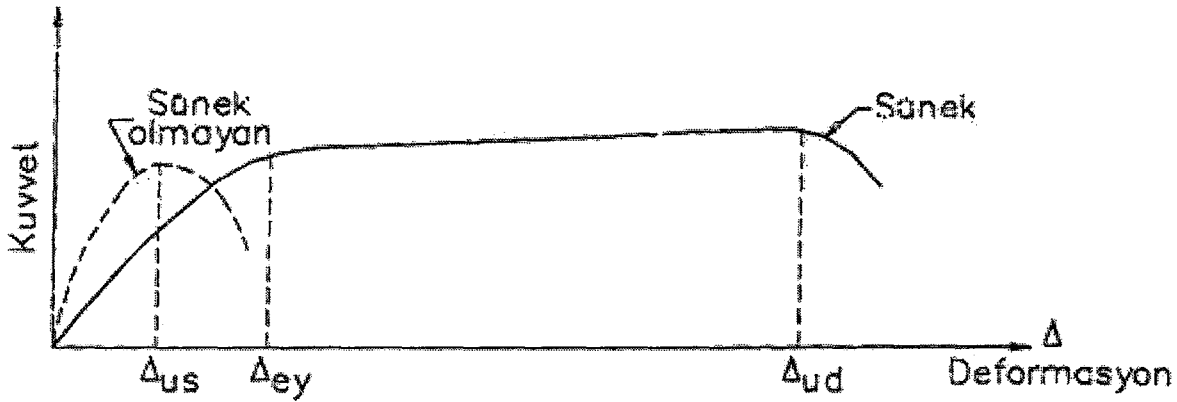
Bir elemanın veya yapının sünek olması onun deprem esnasında ortaya çıkan enerjinin oldukça büyük bir kısmını büyük amplitütlü, dönüşümlü deformasyonlar altında elastik sınırın ötesinde elastik olmayan davranışları ile mukavemetinden esaslı bir kayba uğramadan yutma kabiliyetidir (Özden ve Kumbasar, 1993).

Şekil 2.1’de deprem esnasında ortaya çıkan enerji ile, yapının elastik limitin ötesinde yaptığı deformasyonlara göre, yutabileceği enerji, deformasyon miktarına bağlı olarak çizilmiştir.

Eğer eleman veya yapı taşıma gücü esaslı bir şekilde azalmadan Δ_0 inelastik deformasyonunu yapabiliyorsa söz konusu deprem bu yapının göçmesine sebep olmayacak demektir. Δ_0 inelastik deformasyonuna gelmeden kırılıyorsa depremde yapı veya eleman göçüyor demektir.



Buna göre sünek oluşum mertebesi için ölçü olarak elastik limitte var olan deformasyondan daha ötede taşıma gücü sona ererken var olan deformasyonun elastik limitte var olan deformasyona oranı verilebilir. Bu orana süneklilik oranı denmektedir. Şekil 2.2'de sünek olmayan ve sünek olan iki sistemin kuvvet deformasyon diyagramları verilmiştir.



Şekilden, sünek olmayan malzemedeki süneklik oranı μ_d 1'e eşit iken, sünek (düktil) bir malzemede bu oran aşağıda verildiği gibidir.

$$\mu_d = \Delta_{ud} / \Delta_{ey} \quad (2.1)$$

Bütün yapıya ait global μ 'nün tarifinde Δ_{ud} , Δ_{ey} olarak taşıyıcı sistemin ya tepe noktasının veya yatay yüklerin bileşkesinin etkidiği noktanın yatay yerdeğiştirmesinin, limit değeri ile elastik sınırdaki limit değerini almak uygunluğu bakımından genellikle kabul edilmiş bir husustur.

Şekil 2.1 ve 2.2'den anlaşılacağı üzere, bir yapı şiddetli depremlerde $\Delta_{ud} > \Delta_o$ olacak şekilde boyutlandırılmalıdır. Bu halde yapıda ciddi hasarlar meydana gelmiş olabilir. Ama başlangıçta da belirtildiği gibi yapı göçmez.

Yatay dinamik yüklerin önemli olduğu yapılarda μ 'nün en az 3 kadar olması istenir.

Global düktilite oranı μ muhtelif elemanlarda ve bunların birleşim yerlerinde ortaya çıkan düktil davranışların bileşkesi olarak belirir. Örnek olarak çerçeve taşıyıcı sistemli bir yapıyı ele alırsak;

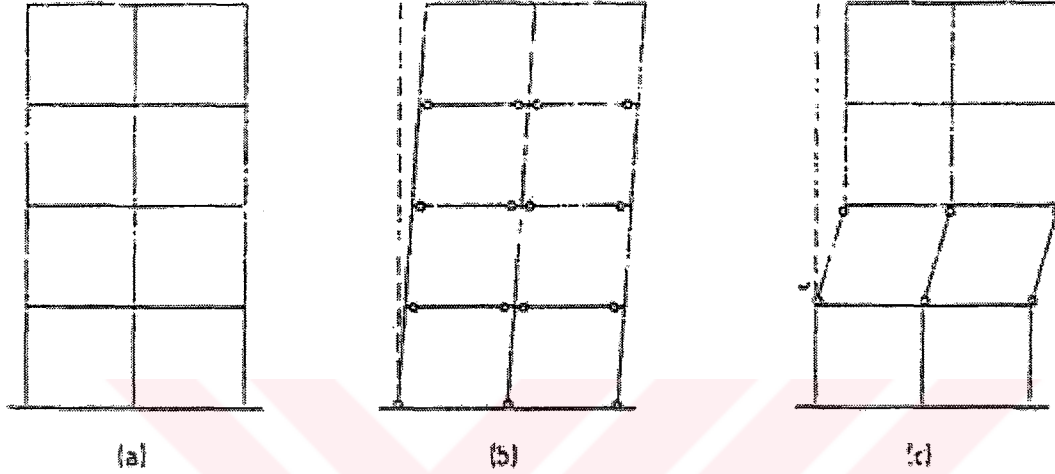
Çerçeve sistemler düğüm noktalarında plastik mafsallar oluşması ile sünek olma özelliğini kazanırlar. Ancak yapının tehlikeli ek zorlamalara maruz kalmasına yer vermemek için yapı plastik mafsallar yalnız kiriş uçlarında meydana gelecek şekilde boyutlandırılmalıdır. Yük şiddetinin artması halinde kolonların temelle birleştiği yerlerde plastik mafsalların oluşmasına yer verilebilir (Şekil 2.3b).

En tehlikeli durum yalnız bir katın kolonlarında plastik mafsal 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 (Şekil 2.3c). Bu duruma müsaade edilmemelidir.

Yapılar yönetmelikte “Süneklik Düzeyi Normal Sistemler” ve “Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler” olarak iki gruba ayrılmıştır. Süneklik düzeyi yüksek olan sistemlerde oluşturulan yüksek süneklikten dolayı elastik deprem yüklerinin daha büyük bir katsayı ile azaltılması

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

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



Şekil 2.3 Çerçeve sistem - enerji yutma mekanizması (Özden ve Kumbasar, 1993)

- 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.

2.4 Rijitlik

Yatay kuvvetler altında yapıdaki yerdeğiştirmelerin hesabı yanal rijitliğin belirlenmesine bağlıdır. Brüt elaman kesitlerinden ve betonun başlangıç elastik modülünden hareket edildiğinde bulunacak rijitlik yatay yükün çok düşük seviyesi için geçerli olur. Kullanılabilirlik limit durumundaki rijitlik için betonun çatlamasının göz önüne alınması uygundur. Yatay kuvvetin büyümesi ile donatıda akma sonucu donatı ve betonda doğrusal olmayan davranışın hakim duruma geçmesi rijitliği daha da azaltır. Binada taşıyıcı olmayan elemanlar taşıyıcı olanlara göre daha az elastiktir ve gevrek bir davranış gösterirler. Rijitliğin artırılması ile katların birbirine

göre olan relatif yatay ötelenmesi sınırlandırılarak özellikle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelebilecek hasarı kontrol altına almak mümkündür. Bunun yanında özellikle yüksek yapılarda deprem sırasında düşey yüklerin ikinci mertebe etkilerini sınırlı tutmak için yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması amacıyla rijitliğin artırılması gerekli olur.



3. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI

3.1 Depreme Dayanıklı Mimari Tasarım

3.1.1 Giriş

Yapı tasarımı mimari ve taşıyıcı sistem tasarımı olarak iki ayrı evrede oluşmaktadır. Mimari tasarımda etkili olan faktörler yapının kullanma amacı ve mimari sanat anlayışı olarak nitelenebilir. Taşıyıcı sistem tasarımı etkileyen faktörler ise yapı malzemesinin nitelikleri ve yapıya gelen dış kuvvetler yanında mimari tasarım da bulunmaktadır. Yapı tasarımında mimari tasarım ile taşıyıcı sistem arasında karşılıklı bir etkileşme bulunmaktadır. (Bayülke, 1989) Yapının kullanma amacı ile mimari sanat anlayışı sonucu ortaya çıkan biçimler taşıyıcı sistemin seçimine etkilidir. Örnek olarak mimari tasarım tavandan sarkan kirişler ve bölme duvarları istememesi sonucu mantar, kirişsiz ya da asmolen döşemeli bir taşıyıcı sistemin kullanılması gerekebilir.

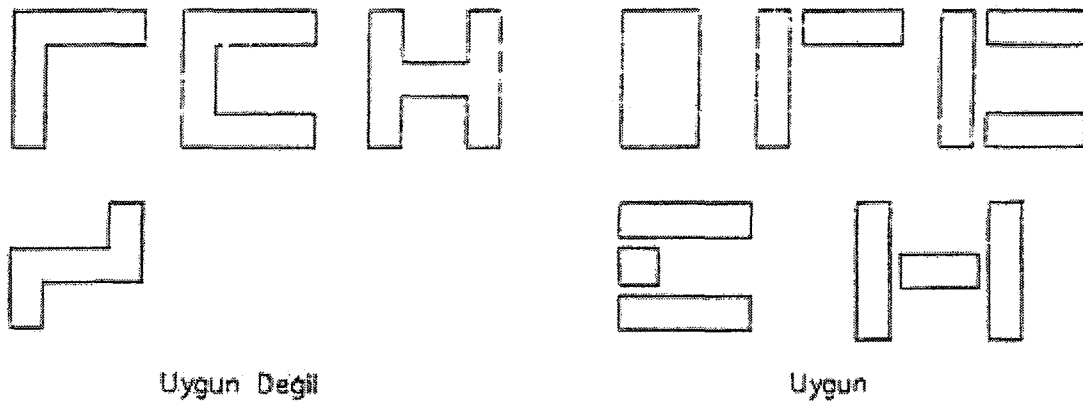
Gerek Türkiye’de gerekse dünyada depremlerden edinilen deneyimler depreme dayanıklı yapı tasarımının daha mimari tasarım sırasında başladığını ortaya koymaktadır. Depremlerde hasar gören yapıların hasar nedenleri bazen doğrudan doğruya mimari tasarım ile bağlantılı olmaktadır. Mimari tasarımda olabildiğince özgür davranmak normal koşullarda bile taşıyıcı sistem tasarımında güvenli bir çözüme ulaşılmasını güçleştirirken deprem etkileri altında taşıyıcı tasarımda çok daha önemli problemler yaratabilmektedir. İnşaat mühendisinin deprem açısından zayıf mimari yanları olan bir tasarımdan depreme dayanıklı bir taşıyıcı sistemi olan bir yapı oluşturması güçtür. Bu nedenle mimari tasarım sırasında dikkat edilecek bazı noktalar yalnız inşaat mühendisinin işini kolaylaştırmakla kalmayıp hem depreme dayanıklı hem de ekonomik taşıyıcı sistemlerin oluşturulmasına geniş ölçüde yardımcı olacaktır.

Yapıların mimari tasarımı sırasında deprem etkilerinin gözönüne alınmasının iki yönü vardır. Bunardan biri yapının genel dış biçimidir. Diğer yapıların iç planıdır. Dış ve iç biçim hem yatay hem de düşey düzlemde belli özelliklerde olmak zorundadır.

3.1.2 Yapının planda uygunluğu

Planda basitlik ve düzen sağlanmamış olmasının depremde yaratacağı burulma etkisi önemli boyutlara ulaşabilmektedir. Depremde yapıya gelen kuvvetler yapının kütle merkezine etmektedir. Kütle merkezi bir çok yapıda yapının geometrik merkezi olarak alınabilir. Rijitlik merkezi ise yapıdaki kolon ve perde duvar gibi taşıyıcı elemanların ağırlıklı merkezidir. Bu iki merkez arasında olan farklılık yapıya gelen deprem kuvvetlerinin yapıya rijitlik merkezinden geçen bir düşey eksen çevresinde burulmasına yol açar. Normal olarak rijitlikleri ile orantılı yatay yük almaları gereken taşıyıcı elemanlar rijitlik merkezine olan uzaklıklarına göre bu burulma momentinin yarattığı ek etkilerle de zorlanırlar. Bu burulma momenti ne kadar büyük ve eleman rijitlik merkezinden ne kadar uzakta ise o kadar büyük bir burulma yükü ile zorlanır. Bu nedenle elemanların burulma etkisi altında kalmamaları için yapıların planda olabildiğince basit ve simetrik biçimlerde yapılması depreme dayanıklı olmaları için gerekmektedir.

Şekil 3.1’de plan biçimleri açısından uygun olan ve olmayan yapı konumları verilmektedir. L, T ve planda konumları uzun olan yapılarda deprem sırasında çoğunlukla burulma etkili olur. Çünkü bu yapılarda rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasında önemli aralıklar bulunur ve düşey taşıyıcı elemanlar burulma ile zorlanırlar. Bu tip yapılarda çok olan içeri dönük köşelerde de gerilme birikimleri oluşacak ve yapılarda bu köşelerden başlayarak hasar gelişecektir. L, T, H ve uzun konumlu yapılarda kanatların fazla büyük olmaması bir ölçüde burulma etkilerinin mertebesini azaltacağından bu tip kanat yapımından kaçınma olanaksız ise bunların boyutlarının Yönetmelik’te verilen oranlarda tutulması yararlı olacaktır.



Şekil 3.1 Yapının Deprem bakımından plandaki durumu (Celep ve Kumbasar, 1993)

Deprem açısından en uygun biçim, planı kare veya daire olan yapılardır. Simetrik olduklarından her yönde aynı oranda deprem kuvveti ile zorlanırlar ve yine simetri nedeni ile her yönde aynı ölçüde taşıma güçleri vardır. İçeri dönük köşeleri ve karmaşık planları olan yapılarda köşelerde gerilme birikimi ve yapıda burulma etkileri olacağından sakıncalıdır. Bazen dikdörtgen ya da kare bir konumda olsa bile yapı içindeki düzensizlikler sonucu yine burulma etkileri oluşabilir. Örnek olarak düşey taşıyıcılar simetrik olarak dağıtılmamıştır yada ağırlıklar belli bölgelerde yoğunlaşmıştır. Yatay kuvvetleri düşey elemanlara rijitlikleri ile orantılı olarak dağıtacağı varsayılan kat döşeme planlarının kat düzlemi içinde değişik rijitliklerde, boşluklu ve delikli olması sonucu bu görevi yapmayabilir ve yine burulma oluşur.

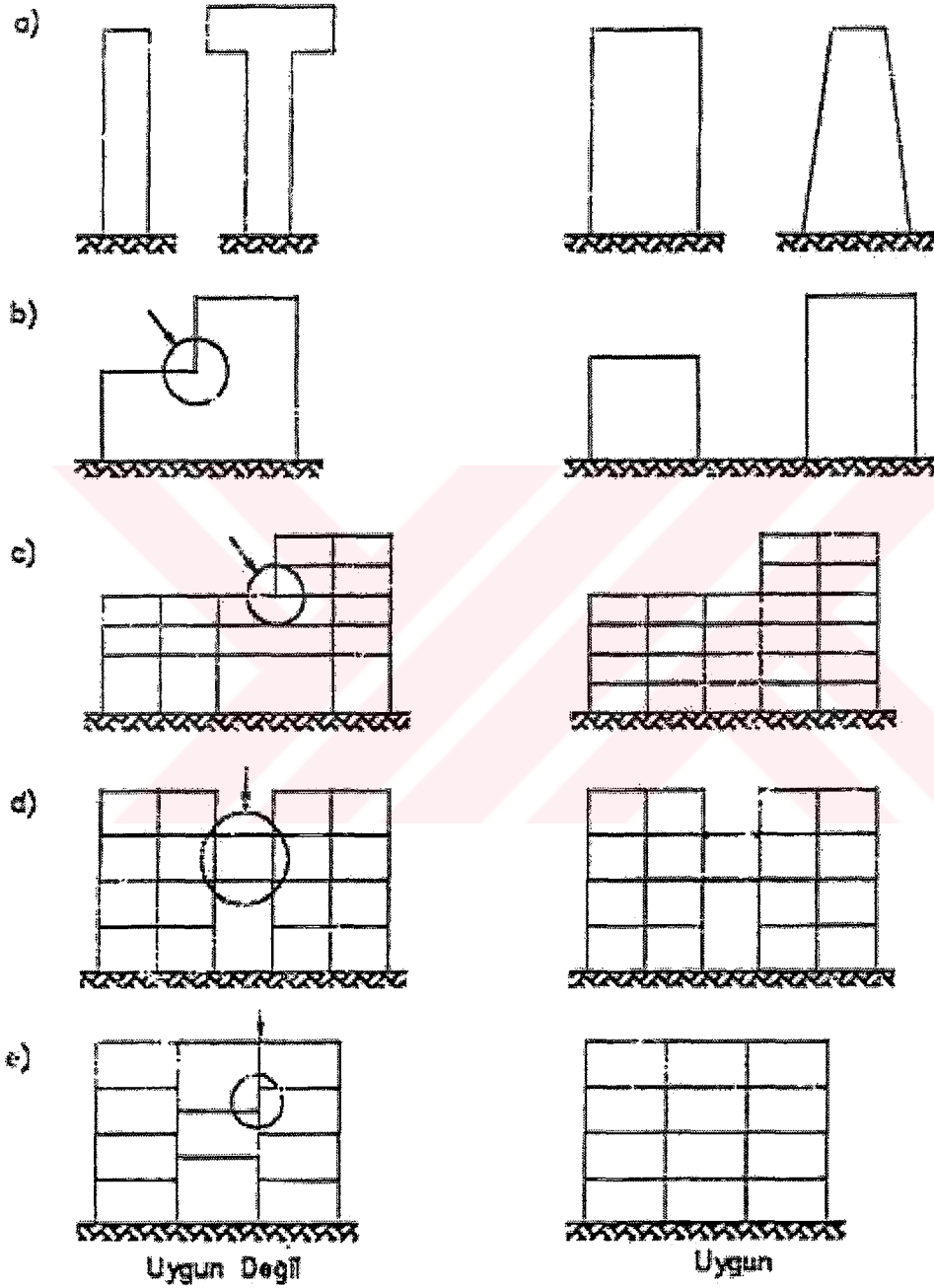
Burulma etkisinin ortaya çıkmasını önlemek için yapıyı derzlerle simetrik ve basit geometrik bölümlere ayırmak bir çözümdür. Bu durumdaki yapı bölümlerinin dinamik özelliklerinin farklı oluşu sonucu birbirlerine çarpmaları ya da derzlerin iyi yapılmamış olması nedeni ile yapı bölümlerinin yine birlikte çalışması ve burulma etkilerinin ortaya çıkması olasılığı vardır. Gereken derz miktarı bazen 10 cm ya da fazla olabilir.

3.1.3 Yükseklik boyunca basitlik, simetri ve düzenlilik

Yapıda alt kattan başlayarak en üst kata doğru ağırlık ve rijitlikte uyumlu bir gidiş olmalıdır. Aynı yapının bölümleri arasında büyük yükseklik farkları olması sakıncalıdır. Yapıların deprem davranışı bakımından düşey kesitteki durumu Şekil 3.2’de özetlenmiştir. Ana yapı üzerinde kule, çekme kat gibi alan olarak asıl yapıdan daha küçük ve yüksek bölümlerin depremde ana yapıdan farklı davrandıkları ve daha büyük yatay kuvvetlerle zorlandıkları bilinmektedir. İlk birkaç katı alan olarak daha geniş bir yere oturan, diğer katları kule gibi yükselen bu tip yapılarda yapı planının küçüldüğü düzeyde büyük gerilme birikimi ve bu düzeydeki döşemede büyük yatay kuvvetler oluşacaktır. Eğer bu tip bölümler bulunacaksa bunların yapıya ankastre bölümler olarak kabulü ve yaklaşık olarak ana yapıda kullanılan deprem kuvveti katsayısının iki katı kadar büyük bir katsayı ile hesaplanmaları uygun olur.

Yapının narinliği yani, yükseklik/en, yükseklik/boy oranlarının büyük olması yapıda büyük devrilme momentleri oluşturacağı gibi, dış aks kolonlarına depremde çok büyük eksenel yüklerin gelmesine yol açacaktır. Yapıda yükseklik/genişlik oranı 3-4’den büyük olursa, taşıyıcı

sistemin güvenli olarak tasarımı güçleşir. Çünkü dış aks kolonlarında deprem yüklerinden dolayı büyük ek düşey yükler oluşur. Yapının dış konumu simetrik olsa bile taşıyıcı sistemin rijitlik ve kütle dağılımındaki düzensizlikler yapıda tasarım problemi ortaya çıkarabilir. Ayrıca rijitlik ve kütle düzensizliklerinin bulunduğu yerlerde büyük gerilme birikimleri olur.



Şekil 3.2 Yapının deprem bakımından düşeydeki durumu (Celep ve Kumbasar, 1993)

Birbirinden derzlerle ayrılmış fakat 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 özellikleride farklı ise yapıların birbirine çarparak hasar yapmaları beklenmelidir. Asma katları olan yapılarda da bir rijitlik düzensizliği söz konusudur. Kat döşemelerinin ve kirişlerin farklı düzeylerde saplandıkları ortak kolonun bulunduğu yapı aksı yapının diğer kolon akslarına göre çok daha yüksek bir rijitliktedir. Çünkü bu aksda kolon boyu diğer akslara göre yarı yarıya kısadır. Bu aksdaki kolonların büyük yatay kuvvetlerle zorlanması söz konusudur ve bu kolonların bu duruma göre hesaplanıp donatılmaları gerekir.

3.1.4 Deprem açısından sakıncalı mimari ayrıntılar

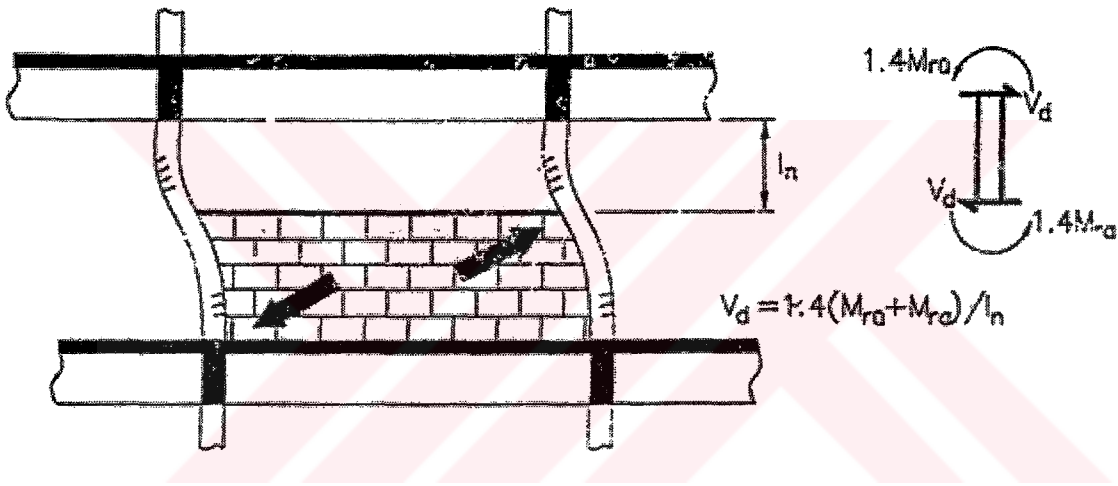
Yapılarda çeşitli mimari yaklaşımlar sonucu ortaya çıkan ayrıntılar da deprem bakımından kritik olabilmektedir. Çeşitli yapı elemanlarının mimari tasarımlarının deprem açısından değerlendirilmesi yapılacaktır.

3.1.4.1 Döşemelerde

Bölme duvarlarının gerektiğinde kaldırılabilmesi düşünülen veya çok geniş hacimlerin bulunduğu yapılarda tavandan sarkan kirişlerin istenmemesi sonucu kirişsiz yada asmolen döşemeler yapılmaktadır. Bu tip döşemeleri olan yapılar genellikle daha esnek olduklarından deprem kuvvetleri altında daha büyük yatay ötelemeler yaparlar. İkinci mertebeden momentlerin şiddetli depremlerde bu tür döşemeleri olan yapılarda hasarı daha da arttırmaları ve yapının yıkılmasına yol açma olasılığı yüksektir. Bundan başka asmolenli ve kirişleri döşeme içine gizlenmiş yada tümü ile kirişsiz döşemeli yapıların plakları kirişli döşemelere göre daha kalın olduğundan, bu tür yapılar %20 -%25 daha ağırdırlar. Yapılara gelen deprem yükleri yapının ağırlığı ile orantılı olduğundan, bu tip yapılara daha fazla yatay yük gelecektir. Bu durum kirişsiz yapıların deprem açısından bir başka sakıncasını ortaya koymaktadır.

3.1.4.2 Bant pencereler

Bazı yapılarda genellikle kat ortalarında ve bodrum katlarına ışık gelmesi için, çerçevelerin dolgu duvarlarının üst başlarına boydan boy bant pencereler yapılmaktadır. (Şekil 3.3) Böyle durumlarda çerçevelerin kolonlarının pencere düzeyine kadar bölümlerinde bölme duvarlarca desteklendikleri, pencere olan bölümlerde ise böyle bir desteğin olmadığı görülecektir. Bu durumda kolonun pencere olan bölümündeki rijitliği duvar olan bölümündeki rijitliğinden çok daha az olmakta ve yatay yükler altında yalnızca pencereli bölüm öteleme yapabilmektedir. Sonuçta kolonun burkulma boyu bant pencerelerin yüksekliği kadar olmakta, kolon boyu kısalmakta ve boyu kısalmış kolon çok yüksek bir rijitlik göstermektedir.



Şekil 3.3 Kısa kolon oluşumu (Celep ve Kumbasar, 1993)

Bu biçimde rijitleşen kolona depremde çok büyük yükler gelmekte ve kolon kesmeden kırılmaktadır. Bunu engellemek için kolonun bu bölümünde 5 –10 cm ara ile Ø10 mm çapında etriye olması gerekir. Buna rağmen yine çatlayan kolonlar olmaktadır.

Normal olarak böyle bir etkinin oluşacağı gözönüne alınmazsa, kolonun kesme dayanımı düşük yapılır ve bu etkinin oluşması kolonun tahribine yol açar. Kolonda kesme kırılması sünek olmayan bir kırılma biçimidir. Kolonun boyuna donatıları akma sınırına gelmeden kolon ani olarak kırılır. Kesme kırılması ile tahrip olan kolonların ezilmesi ve kat yüksekliğinin azalma olasılığı vardır. Bu cins kısa kolon hasarının onarımı da güçtür.

3.1.4.3 Merdivenler

Merdivenler yapı içindeki insanların deprem sırasındaki güvenliği için çok önemlidir. Betonarme yapıda depremin şiddetine göre çeşitli ölçüde hasar beklendiğinden hasarlı yapının deprem sırasında ya da hemen sonrasında güvenlik içinde boşaltılabilmesi için merdivenleri hasar görmemesi gerekir.

Merdivenler yapıyı oluşturan çerçevelerin içinde yer alan diyagonal elemanlar olarak depremde oluşan kuvvetlerden pay almaktadırlar. Merdivenlerin bulunduğu çerçeveler diğer yapı çerçevelerine göre daha rijit olduklarından bu çerçevelere çok daha büyük yatay kuvvet gelmektedir. Merdivenli çerçeve aslında depremde gelecek kuvvetler altında Y yada K diyagonal elemanları olan çerçeveler gibi çalışmaktadır. Yatay kuvvetlerden dolayı merdiven plağına moment, çekme ve basınç kuvvetleri gelmektedir. Çoğu zaman 25 cm kalınlığında 120 cm genişliğinde bir plak olan merdivenin rijitliği büyüktür. Merdiven plağına gelen çekme kuvvetleri çoğu zaman plağın beton kesidinin çatlamasına ve merdivenin yük taşıma gücünün önemli ölçüde azalmasına yol açmaktadır.

Yapı güvenliği açısından merdivenlerin hasarını önlemek için ya merdivenler yapılan derzlerle ayrılmış bloklar olarak düşünülmeli ya da merdiven kirişi bir ucundan kayıcı mesnetli olarak yapılarak merdivene çekme ve diğer etkilerin gelmesi önlenmelidir.

3.2 Depreme Dayanıklı Taşıyıcı Sistem Tasarımı

3.2.1 Çerçeve sistemin planda düzenlenmesi

Çerçeveli yapılarda kolon ve kirişlere gelen deprem kuvvetleri çerçeve açıklıklarına bağlı olarak önemli boyutlarda değişmektedir. Açıklıkları düzensiz çerçeve oluşturulması durumunda çok kısa olan kirişler oluşur, kısa olan ve rijitliği çok yüksek olan kirişlerde önemli boyutlarda kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri oluşacaktır. Bu gibi kirişlerin bulunduğu akslardaki kirişlerin daha az yükseklikli yapılması uygun olacaktır. Böylece kısa kirişlerde büyük eğilme momentlerinin oluşması önlenecektir. Yüksek yapılarda ve büyük deprem kuvvetlerinin söz

konusu olduğu durumlarda açıklıklar arası uyumu bozan kolonlar yapılmayarak, elden geldiğince eşit ve bir örnek açıklıklardan oluşan daha basit çerçeve sistemler seçilmelidir.

Dikdörtgen 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 rijitliği uzun yöndeki rijitliğinin dörtte biri kadar ve kısa yöndeki moment kapasitesi ise yarısı kadardır. Eğer yapının kolonları yapının sadece bir doğrultusunda çalışacak şekilde yerleştirilmiş ise yapının kolonların kısa yönündeki moment kapasitesi diğer yöndekinin yarısı, rijitliği ise dörtte biri 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 kolonların değişik konumlarda yerleştirilmesi bir çözüm olabilir.

Betonarme yapılarda düşey yüklerin yatay elemanlara rijitlikleri ile orantılı olarak dağıtılmasında kiriş ve döşemelerin biçim ve boyutları çok etkili olmaktadır. Döşeme plakları 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 kuvvetin dağıtımını için gereklidir.

3.2.2 Çerçeve sistemin düşeyde düzenlenmesi

Çerçeveli betonarme yapıların kolon ve kiriş akslarının düşey yönde düzenlenmesi de deprem açısından dikkate değer noktalar bulunmaktadır. Bir kere bütün kolon akslarının yapının yüksekliği boyunca sürekli olması gereklidir. Alt ve üst katlardaki kolonların kısa ve uzun kenarlarının aynı yönde olmamaları da katlar arasında eksantrik etkiler burulma doğurabilir. Alt katlarda büyük açıklıklı hacimler bulunması yapının üst katlarına büyük yatay yükler gelmesine ve esnek olan zemin katların fazla öteleme yapmasına neden olacaktır. İdeal olan bir çerçeve sistemin alt kattan başlayarak kolonları üst üste gelen ve boyutlarında yükseklik boyunca uyumlu bir azalma olmasıdır. 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

mertebe momentlerin, yatay öteleme ve düşey yüklerden olan momentler önem kazanmasına yol açar. Bu düzensizliklerin doğuracağı gerilme birikimleri, burulma etkileri, ikinci mertebeden momentler vb. gibi etkiler hesaplarda dikkate alınmamış ise, depremde kritik hasar beklenmelidir.

Betonarme yapıların depremde sünek davranış göstermesi, kolonların taşıdığı eksenel yük ile sıkı bir biçimde ilişkilidir. Kolon eksenel yükleri küçük ise, yüksek duktilite sağlanabilir. Genellikle iç aks kolonlarının yapının kendi ağırlığında gelen düşey yükleri büyüktür. Bundan başka deprem sırasında gelen yatay yükler de kolonlarda düşey yükler oluşturmaktadır. Kolonlarda yatay yüklerin oluşturduğu düşey yüklerin miktarı çerçeve açıklıklarına ve yapının yüksekliğine bağlıdır. Açıklıkları eşit olan bir çerçevede bu düşey yükler dış akslarda büyük olmaktadır. Yine üç açıklıklı fakat, orta açıklığı küçük olan bir çerçevede orta aksların düşey yükleri fazla olmaktadır. İç aks kolonların düşey yüklerden gelen kuvvetleri de fazla olduğunda bunlara birde depremden gelen düşey yüklerde eklendiği zaman, durumları daha da kritik olmaktadır. Öte yandan yapı yüksekliği de artınca özellikle zemin kat kolonlarına gelen düşey kuvvetin çok büyük değerlere ulaşabileceği de gözönünde tutulmalıdır.

Betonarme çerçeveli 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 hem daha kolay hem daha azdır. Bir kirişte olan hasarın yapının tümü ile göçmesine yol açması ihtimali çok azdır. Kirişlerin kalıcı deformasyon, bir diğer deyişle hasar görerek mafsallaşması sırasında tükettiği enerji kolonlara göre çok daha büyüktür. Oysa kolonlarda yatay kuvvetlerden dolayı kesitlerde çatlama, ezilme ya da beton parçalarının dökülmesi şeklinde mafsallaşma ile kesit azalması olur, kolon düşey yük taşıma gücünü de yitirerek yıkılmaya doğru gitmektedir.

Betonarme çerçeveli bir yapıda kolonlar kirişlerden daha büyük moment ve kesme kuvveti taşıyabilecek güçte yapılmış ise depremden 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 yönetmelikte de dikkate alınarak, kolonların

moment kapasitelerinin kendilerine saptanan aynı doğrultudaki kirişlerin moment kapasitelerinin toplamından daha büyük olması (en az 1.2 katı kadar) koşulu getirilmiştir.

3.2.3 Perdelerin düzenlenmesi

Yapılarda büyük deprem kuvvetlerini taşıyabilme ve yatay ötelemeleri kısıtlayarak yapı içindeki eşyaların ve taşıyıcı olmayan bölümlerin küçük ve orta şiddetteki depremlerdeki hasarının önlemek için perdeler en uygun çözümdür. Salt perde duvarlı taşıyıcı sistemi olan yapılar olduğu gibi, içinde hem çerçeve hem de perde olan taşıyıcı sistemli yapılarda olmaktadır. Perdeli yapılar çerçeveli yapılara göre çok daha rijittirler ve yatay ötelemeleri azdır. Çerçeveler kadar sünek olmayacakları düşünülen perdelerin yüksek süneklikte yapılması mümkündür. Perdeler çerçeveli yapılara göre çok daha büyük deprem kuvvetlerine karşı elastik olarak karşı koyabilirler. Perdeli yapıların deprem yükleri altında sınırlı yatay ötelemeler yapmaları onların hafif ve orta şiddetli depremlerin sık olduğu bölgeler için en uygun taşıyıcı sistem olduğunu gösterir.

Salt perde taşıyıcı sistemlerin bedelleri fazla olduğu için 10 –15 ve daha çok katlı yapılarda kullanılması uygundur. 8 – 10 kata kadar yapılarda ise perde ve çerçeveli karma taşıyıcı sistemlerin kullanılması ekonomik olmaktadır. Son yıllarda dünyanın çeşitli ülkelerinde olan depremlerden elde edinilen deneyimler bir miktar perde olan çerçeveli yapıların depreme dayanıklılık bakımından salt çerçeveli yapılara göre daha üstün olduklarını göstermektedir.

Perdeli yapıların taşıyıcı sistemlerinin oluşturulmasında perdelerin yapıda burulma etkisi oluşturmayacak şekilde yerleştirilmeleri önemlidir. Yapı yüksekliği boyunca da perdelerin sürekliliği önem kazanır.

3.2.3.1 Perdelerin yapının yüksekliği boyunca yerleştirilmesi

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. Zemin katta betonarme perde yapılmaması, betonarme çerçeveler arasına tuğla dolgu duvar konulmayıp dolgu duvarların bir üst kattan

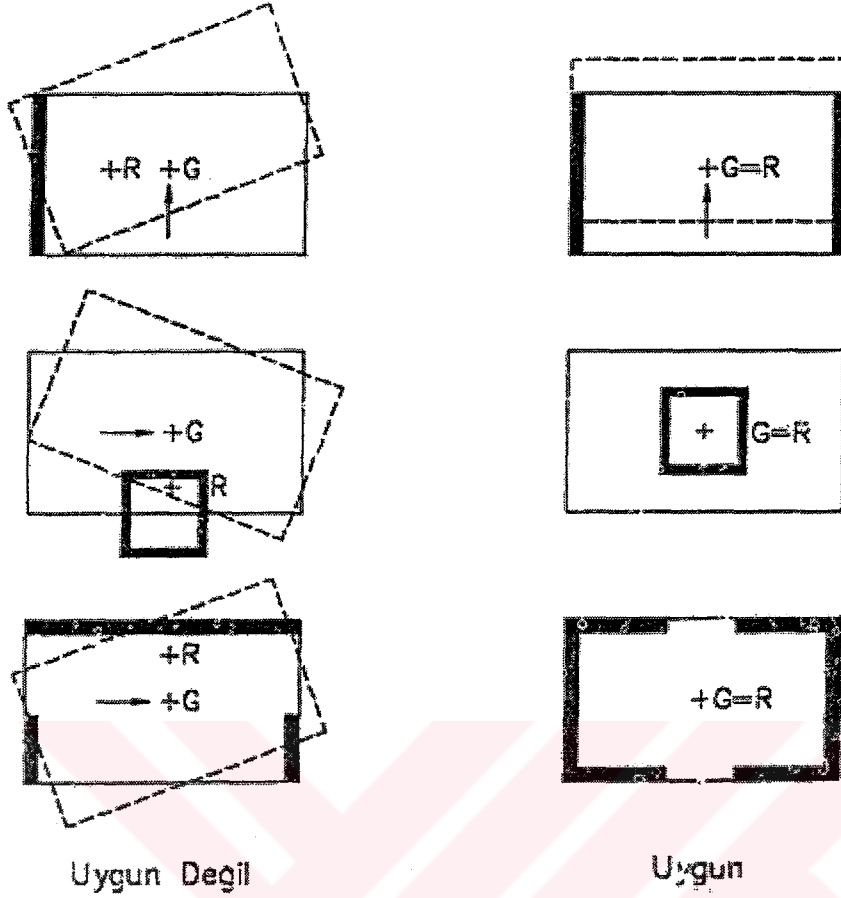
yapılması, ki bu zemin katın otopark, dükkan vb. olarak kullanılması amacı ile sık yapılan bir uygulamadır ve yapıda, depremlerde büyük sakıncalar ortaya çıkarmaktadır. Bu tür zemin katında kolonlara oturan perde duvarlı yapılar “zemin katı esnek” olarak nitelendirilmektedir. Bu tür yapılarda zemin katlarda 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 yıkılmaktadır. Bu nedenle bu tip yapılardan kaçınmak gerekir.

Perde duvarlı yüksek yapıların üst katlarında pek etkili olmadıkları ya da gereksiz oldukları düşüncesi ile bazı yapılarda belli katlardan sonra perdeler yapılmamaktadır. Perdenin yapının en üst katına kadar sürekli olmaması, perdenin kesildiği katta gerilme birikimine yol açar ve bu düzeyde büyük hasar olabilir. 1967 Caracas- Venezuela depreminde bölme duvarları (perde duvarları bile değil) yapılmamış bir yapıda, bu kat düzeyinde yapı sanki bıçakla kesilmiş gibi hasar görmüştür ve bölme duvarların yapılmadığı katlar tümü ile yıkılmıştır. Bölme duvarlarının belli bir katta kesilmesinin böyle bir hasarı doğurabildiği gözönüne alınırsa perdelerin belli bir katta kesilmesinin doğuracağı ani rijitlik azalımının yapı için ne kadar sakıncalı olacağı açıktır.

3.2.3.2 Perdelerin plan konumları

Perdelerin yapı planındaki yerleri de önemlidir. Perdelerin yapıda burulma etkisi yaratmayacak şekilde düzenlenmesi gerekir. Yapılarda perdeler çoğunlukla asansör boşlukları yada merdiven boşlukları çevresine yerleştirilmektedir. Eğer bu boşluklar yapının içinde simetrik bir yerde değilse, kütle ve rijitlik merkezleri arasında önemli mesafeler olacak ve deprem sırasında yapıda burulma etkileri ortaya çıkacaktır. Perdeler kolonlara göre çok daha rijit elemanlar olduklarından dolayı bunların yapının merkezinden uzakta bir yerde bulunmaları mutlaka yapının kütle ve rijitlik merkezleri arasında burulma yaratacak bir moment kolunu oluşturacaktır. Şekil 3.4’de perdeli yapılarda uygun olan ve olmayan perde yerleştirme biçimleri verilmektedir.

Eğer çevresine perde konulacak asansör ya da merdiven boşlukları yapıda simetrik ve kütle merkezine yakın bir yere yerleştirme olanağı yoksa ve de yapıda burulma olmasının önlenmesi isteniyorsa yapıya kütle ve rijitlik merkezlerini yaklaştıracak ek perdeler konulması uygun olur.



Şekil 3.4 Perdeli yapıların deprem bakımından plandaki durumu (Celep ve Kumbasar, 1993)

Aslında mimari tasarım sırasında perdelerin merdiven ya da asansör boşlukları çevresine yerleştirileceği ve perdelerin yapıda simetrik bir konumda olmaları gereği gözönüne alınarak, mimari tasarımın buna göre yapılması ile sorun çok daha kolay çözülebilir.

Yapılarda perdeler çoğunlukla yapının kenarlarına da yerleştirilmektedir. Böyle bir uygulama 5-6 kata kadar olan yapılarda uygun olmakla beraber daha yüksek yapılarda devrilme momentleri yapının her iki kenarında toplanacağından, buradaki perdelerin temellerinin boyutlandırılmasında güçlükler çıkabilir. Yüksek yapıların perdelerinin yapı planında dağıtılmış bir biçimde yerleştirilmesi daha uygundur. Perdelerin eksenel yükleri ne kadar çok olursa eğilme donatısına olan gereksinim o kadar azalacak, temellere daha küçük devrilme momentleri gelecek ve temel

tasarımında problem çıkmayacaktır. Az sayıda perdenin yapının bir yerine yığılması temellere büyük etkilerin gelmesine yol açar.



4. YAPI DÜZENSİZLİKLERİNİN YAPI DAVRANIŞINA ETKİLERİ

Yapılan gözlemlerden yapı ne kadar basit düzenlenmişse depreme dayanıklılığının bu derece yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunu çeşitli nedenleri gözönüne alarak açıklamak mümkündür. Basit ve düzenli yapıların yapımı daha kolaydır ve yapımda hata yapma olasılığı azdır. Bu tür yapıların deprem davranışını tahmin etmek de ve bu duruma göre çözümleme yapmada hata olasılığı daha azdır. Karmaşık ve düzensiz yapıları modellemek ve ek olarak ortaya çıkan burulma etkisini gözönüne almak daha uzun işlemler gerektirir. Üç boyutlu çerçeve hesapları ile burulma etkisi hesaba katılabilirse de yönetmelikler ek bir zorlamanın ortaya çıkmasına müsaade etmeme yolunu seçmiştir. (Celep ve Kumbasar, 1993)

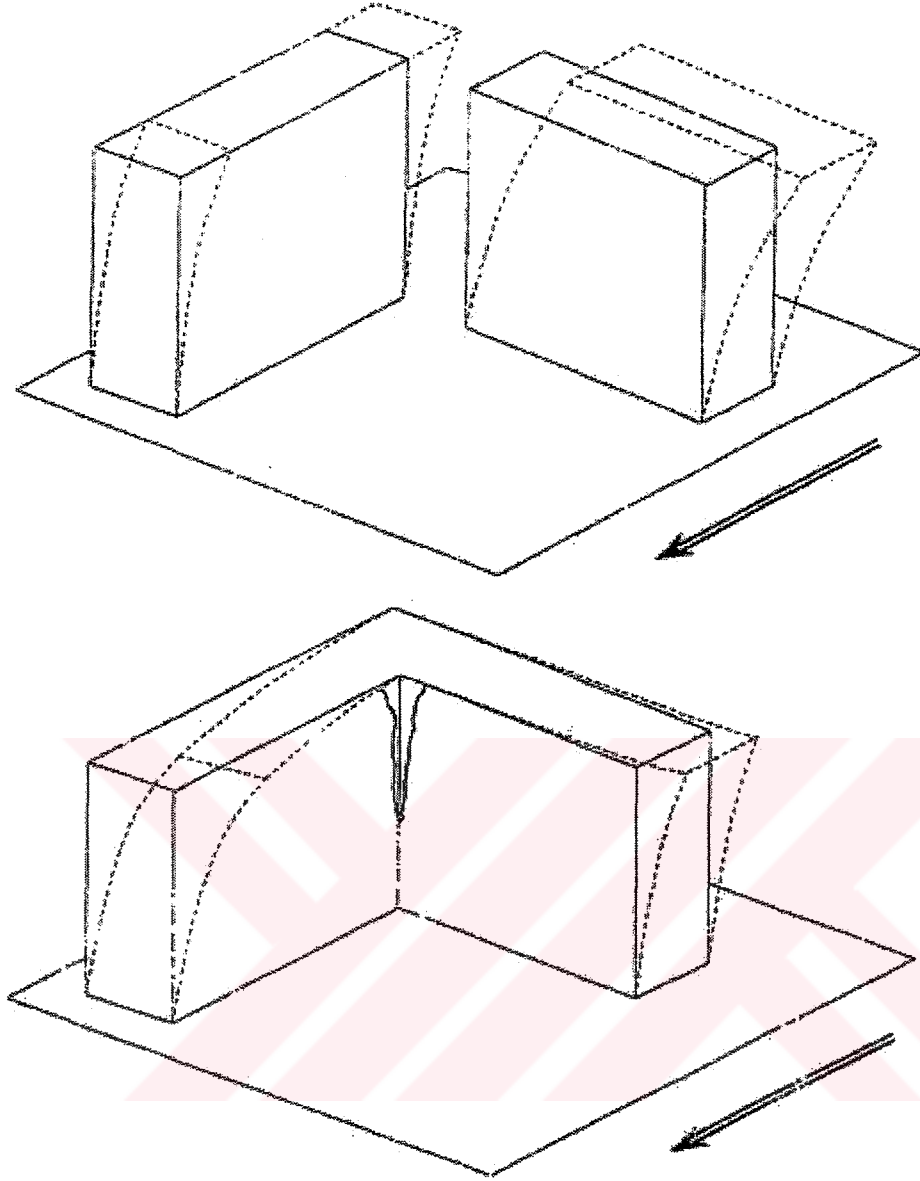
4.1 Planda Düzensizlik Durumları

4.1.1 Büyük çıkıntılı sistemler

Plandaki şekli L, T, H, + veya bunların birleşiminden oluşan yapıların bünyesinde çıkıntılar bulunur. Planda çıkıntıları bulunan yapılarda şu önemli sorunlarla karşılaşılır;

1- Plandaki çıkıntıların farklı rijitliklerde olma olasılığı fazladır. Yapı bünyesindeki farklı bölümlerin farklı hareket etmeleri sonucunda çıkıntıların bağlantı noktalarında gerilme yığılmaları olabilir. Şekil 4.1'de gösterildiği gibi deprem hareketi kuzey-güney yönünde gerçekleşecek olursa, kuzey-güney yönüne paralel olan yapı geometrisinden dolayı kuzey-güney yönüne dik konumda bulunan yapıya göre daha az deformasyon gösterecektir. Fakat bu yapılar Şekil 4.1'deki gibi ayrık değilse tek bir yapıyı oluşturursalar birleşim yerlerindeki iki farklı hareketin etkisi ile birbirlerini itip çekmeye çalışacaklardır. Deprem hareketinin doğu-batı kökenli olması durumunda sadece rolleri değişecektir, yapının karşı karşıya kaldığı problem yine aynı kalacaktır.

2- Planda çıkıntıları bulunan yapılarda nerede ise hiçbir deprem doğrultusu için rijitlik merkezi ile kütle merkezi çakışmamaktadır. Bu nedenle yapıda önemli burulma etkileri meydana gelir. Bu durumda burulma etkisi ile analizi ve önceden tahmini güç içsel kuvvetlerin oluşması engellenemez.



Şekil 4.1 Ayrık ve bitişik yapılar

Birleşim yerlerindeki gerilme yığılması ile burulma etkisi birbirlerine bağlıdır. Bu içsel kuvvetler;

- a) Yapının kütleline
- b) Taşıyıcı sisteme
- c) Çıkıntı uzunluklarına ve birleşim noktalarında oluşturdıkları açılara

d) Çıkıntılarının yüksekliklerine ve yükseklik/plan uzunluğu oranına bağlıdır.

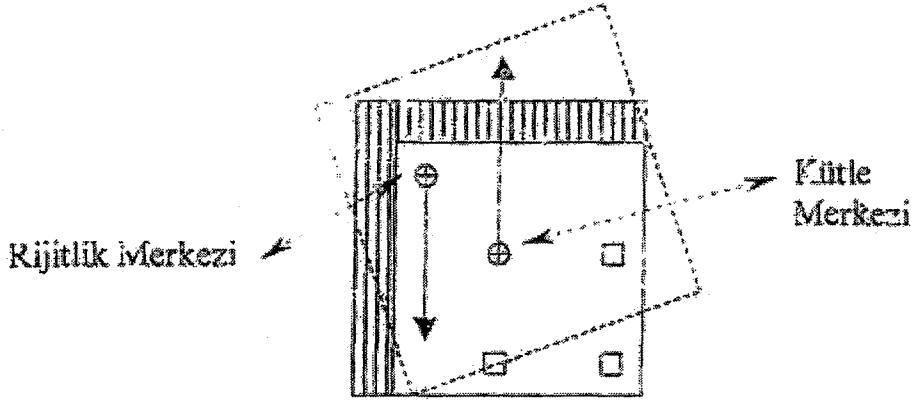
Çıkıntılarının birbirlerinden farklı yüksekliklere sahip olmaları durumunda problem daha da ciddi boyutlara varabilir.

Planda çıkıntı oluşturan yapılar mimari yönden tercih edilen yapılardır. Çıkıntılı yapı şekilleri en kullanışlı olanlarıdır. Büyük alanlarda kompakt formlarıyla göz doldurucu olmalarından ve dış cepheye komşu olan (odaların ışık ve hava almasından dolayı çok önemlidir) oda yüzdelерinin çok olmasından dolayı sıkça tercih edilirler. En çok yüksek yoğunlukta konut içeren projelerde veya otel projelerinde uygulanırlar.

Planda çıkıntılar oluşturan yapılar için basit alternatif çözümler mevcuttur; yapıyı planda basit şekillere bölüp dilatasyon uygulamasına yer vermek veya gerilme yığılmalarının oluşabileceği yerlerdeki taşıyıcı elamanların rijitliklerini arttırarak çıkıntıları sıkı sıkıya bağlamak. Dilatasyon uygulamasında aralığın iki yapının deformasyonlarının toplamından daha büyük olması gerektiği unutulmamalıdır. Burulma etkisiyle çıkıntılarının açık uçları çok zorlanıyorsa açık uçlar rijit elemanlarla takviye edilebilir, fakat bu takviyenin de çıkıntılarının bağlantı noktalarında bünyesel gerilmelerin artmasına neden olabileceği gözardı edilmemelidir.

4.1.2 Yapı çevresi boyunca dayanım ve rijitlik değişimi

Bir çok yapı mimari nedenlerden dolayı ön cephesi açık olarak tasarlanmaktadır. Ön cephesi açık veya çevresi boyunca rijitlik ve dayanım değişimleri olan yapılarda yapının rijitlik merkezi ile kütle merkezi çakışmamaktadır. Burulma kuvvetleri yapının rijitlik merkezi etrafında dönmesine sebep olacaktır.(Şekil 4.2) Bu problemin geometrik olarak simetrik ve basit yapılarda meydana gelmesi de mümkündür. Fakat bu tür yapılar depreme dayanıklı yapı tasarımında düzensiz olarak algılanmalıdır.



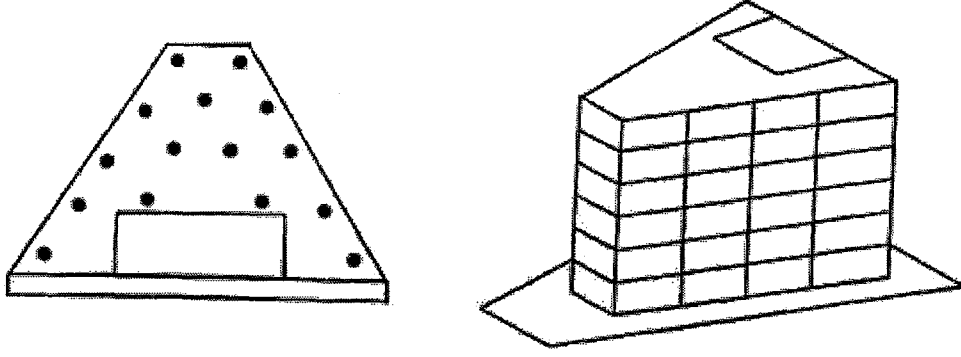
Şekil 4.2 Burulma etkisi

Çözümdeki genel amaç yapıdaki burulma ihtimalinin en aza indirilmesidir. Yapı çevresi boyunca rijitlik dengelemesi yapılmalıdır. Bu amaç için yaklaşık alternatif yaklaşımlar verilebilir.

- 1- Yapı çerçeve sistem olarak tasarlanabilir. Seçilen çerçeve sistemde yapı çevresi boyunca dayanım ve rijitlik eşitlenmelidir. Yapı çevresinde mimari yönden kapalı olması gereken kısımlar hafif malzeme ile kapatılabilir. Hafif olmayan malzeme kullanıldığında malzemenin taşıyıcı elemanlardan tam olarak izole edilmesi önem kazanmaktadır.
- 2- Yapının açık olan yüzünde veya yüzüne yakın bölgelerde rijitlik artırımına gidilebilir. Bu ancak yapının tasarım değişikliğine elverişli olması durumunda uygulanabilir.
- 3- Burulma olasılığının var olduğu kabul edilerek yapı vurulmaya karşı dayanım gösterebilecek şekilde tasarlanabilir. Bu çözüm sadece döşemelerin yeterince rijit davrandığı küçük yapılarda uygulanabilir, çünkü ancak bu tür yapılar bir bütün olarak davranış gösterebilir.

4.1.3 Paralel olmayan sistemler

Yapıdaki düşey taşıyıcı elemanların, yatay taşıyıcı elemanların asıl ortagonal akslarına simetrik veya paralel olmadığı sistemlerdir. (Şekil 4.3)



Şekil 4.3 Paralel olmayan sistemler

Dikdörtgen veya kutu tipindeki yapılara alternatif olabilecek yapı şekline girdiklerinden mimari olarak çok popülerdirler. Bu tür yapılarda deprem hareketi ile burulma kuvvetlerinin meydana gelme olasılığı çok yüksektir. Hiçbir deprem doğrultusu için kütle ve rijitlik merkezlerinin çakışmama nedeni ile bu tür yapılarda deprem hareketi ile burulma kuvvetleri meydana gelir. Yapının plandaki ince kısımlarının kalın kısımlarına göre daha esnek davranış sergileme isteği yapı içinde oluşabilecek burulma eğilimini artırır. Bu problem yapı çevresi boyunca değişik rijitlik ve dayanım dağılımı ile daha da kritik boyutlara varabilir. Paralel olmayan sistemlerde en çok planda üçgen veya kama şeklini alan yapılarda karşılaşılır. Genellikle dar açılı cadde köşelerinde uygulanan bu tür yapıların caddeye paralel yüzleri açık, diğer kısımları perdelidir. Rijitlik dağılımındaki bu düzensizlik burulmaya yatkın yapı tipi oluşmasına neden olmaktadır.

Burulma etkisinden kurtulmak için yapı içinde uniform rijitlik dağılımı gerçekleştirmelidir, çözüm olarak oda bölmeleri ağır duvarlar yerine hafif malzemedan yapılmış malzemeyle yapılabilir. Yapı dış çevresinde rijitlik artırımına gidilmesi mimari açıdan genellikle mümkün olmamaktadır.

4.1.4 Döşeme süreksizlikleri

Düşey taşıyıcı elemanlar arasındaki kuvvet aktarımını gerçekleştiren döşemelerin şeklindeki ani değişimlere ve boşluklara döşeme süreksizliği denir.

Döşemeler, kuvvetlerin düşey taşıyıcı elemanlara dağıtılmasında büyük önem taşırlar. Bünyelerindeki boşluklar ve geometrik düzensizlikler diğer taşıyıcı elemanlardaki düzensizlikler gibi burulmaya ve gerilme yığılmasına neden olabilmektedir. Boşlukların büyüklükleri ve yerleri döşemelerin işlevselliği açısından tehlikelidir. Döşemeler yatay bir kiriş gibi modellenebilir. Döşemelerdeki boşluklar kirişlerdeki zayıf notalara denk gelmektedir ve bu zayıf noktaların elemanın taşıyıcı kapasitesini düşürdüğü gerçeği dikkate alınmalıdır. Düşey taşıyıcı sistemde yer alan bir boşluk basınç ya da çekme bölgesinde yer alabilir, fakat yatay taşıyıcı sistemde yer alan bir boşluk yatay yük yön değiştirdikçe hem basınç hem de çekme bölgesinde yer alacaktır.

Taşıyıcı sistem bünyesinde yer alan döşemeler rijit veya esnek davranış gösterirler. Davranışın karakteri döşemelerin büyüklüğüne ve malzemesine bağlıdır. Döşemenin rijit veya esnek davranış göstermesi düşey taşıyıcı elemanlara aktarmakla görevli olduğu kuvvetleri yakından ilgilendirmektedir.

Döşemeler depreme karşı dayanımlarının dışında mimari açıdan da önem taşırlar. Yapının plandaki şekline ve düşey taşıyıcı elemanların yerlerine bağımlıdır. Havalandırma, baca, merdiven, asansör ve aydınlatma boşlukları gibi mimari gereksinimler döşemelerin içindeki boşlukların nedenlerini oluşturmaktadır. Binanın dış kısmına veya binaya bağlı olarak düzenlenen boşluklar rijitlik merkezinin simetri merkezinden uzağa çektikleri için ek burulma meydana getirebilirler. Döşeme içindeki boşluklar bazı durumlarda, L şeklindeki yapılarda olduğu gibi gerilmelerin en büyük olduğu bölgeye denk gelmektedir.

Boşluklu döşemenin tasarımında;

- 1- Boşlukların döşemelerin duvarlar ve çerçeve sistem ile bağlantılarını etkilememeleri
- 2- Boşlukların gerekli taşıma kapasitesini sağlamak için yapılabilecek takviye ve önlemlerin uygulanmasını mümkün kılacak şekilde birbirlerinden yeterince uzak olmaları
- 3- Düğüm noktalarının boşluklara bölünmemesi sağlanmalıdır.

4.2 Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

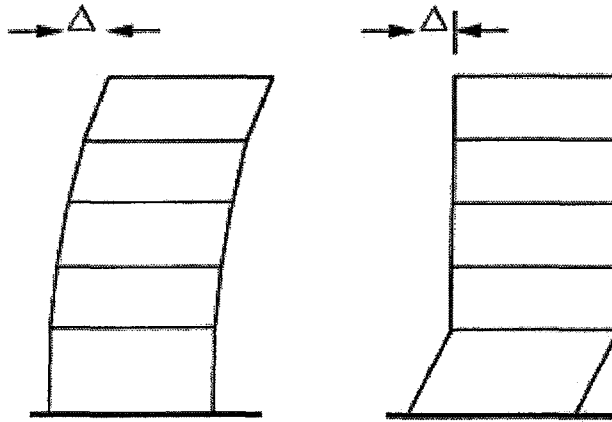
4.2.1 Yumuşak kat düzensizliği

Komşu katlarına göre yatay rijitliğinde veya dayanımında önemli azalma bulunan yapı katına denir.

İlk katta en büyük yatay deprem kuvveti söz konusu olduğu için yumuşak katın bu katta yer alması en tehlikeli durumdur. Yumuşak kat düzensizliğinin başlıca karakteristik özelliği ilk katla ikinci kat arasındaki geçiş yerlerindeki ani dayanım ve rijitlik değişimidir. Bu süreksizliğe yetersiz dayanım veya fazla esneklik oluşturmaktadır. İlk katın aşırı deforme olması ikinci katla olan bağlantı noktalarında gerilme yığılmasına sebep olmaktadır.

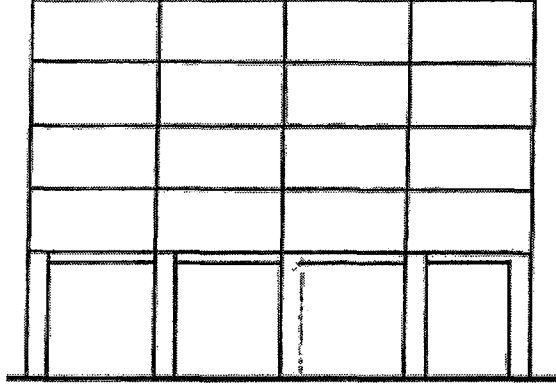
Tüm katların dayanımı ve rijitliği yaklaşık olarak aynı olduğu durumlarda deprem etkisi altındaki yapının toplam yerdeğiştirmesi tüm katlara yaklaşık olarak eşit dağıtılır. İlk kat dayanım ve rijitlikte yetersizlik gösteriyorsa daha fazla deforme eğiliminde olacağından yapının toplam deformasyonu ilk katta (Şekil 4.4), gerilme yığılmaları da ikinci katta geçiş noktalarında meydana gelecektir.

Yumuşak kat düzensizliği genel olarak aşağıdaki durumlarda ortaya çıkmaktadır:



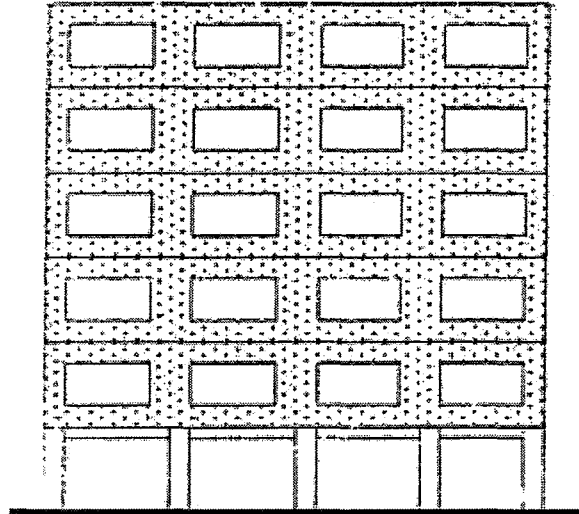
Şekil 4.4 Yumuşak kat oluşumu

- 1- İlk kat yüksekliğinin diğer katlara göre önemli derecede fazla olması, hem ilk kat rijitliğini azaltır hem de ilk katın daha fazla yerdeğiştirmesine sebep olur. (Şekil 4.5)



Şekil 4.5 Esnek ilk kat

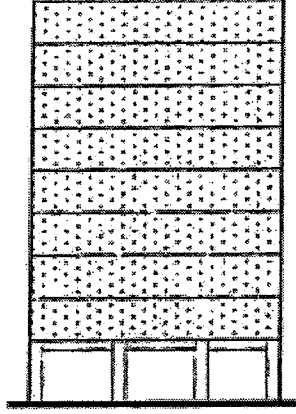
- 2- Kat yüksekliklerinin sabit olmasına rağmen ilk ve ikinci kat arasındaki ani rijitlik değişimlerinin bulunması genellikle malzeme seçiminden kaynaklanmaktadır. İlk kat cephesinin açık olması ile diğer katlarda ağır prefabrik betonarme elemanların kullanılması en sık karşılaşılan durumdur. (Şekil 4.6)
- 3- Üst katlardan başlayıp ikinci kata kadar sürekli olan fakat zemine kadar devam etmeyen süreksiz perde kullanımı oluşun durumlarda. (Şekil 4.7)



Şekil 4.6 İlk katın üzerinde rijitlik değişimi

- 4- Genellikle ikinci kattan itibaren farklı taşıyıcı sistem düzenlenmesinden kaynaklanan süreksiz yük aktarma yollarının oluşması durumunda.

Kat yüksekliğinin ilk katta fazla olması yapının ticari işlevselliğini ve mimari tasarımlara elverişliliğini artırır. Bu nedenlerden dolayı gün geçtikçe daha fazla tercih edilmektedir.



Şekil 4.7 Süreksiz perde

İlk kat yüksekliği fazla olan yapılarda ilk katın dayanımı ve rijitliği artırılmalıdır. Diğer katlarda kat rijitliklerinin artırıcı elemanlardan kaçınılmalı veya bu elemanlar dilatasyon derzleri ile taşıyıcı elemanlardan ayrılmalıdırlar. Süreksiz olan perdelerin inşasından kaçınılmalıdır. İlk kat yüksekliği fazla olan fakat taşıyıcı sistemi güçlü çekirdek perdelerle dayanan yapılar yumuşak kat düzensizliğine karşı koyabilmektedir.

4.2.2 Kolon düzensizlikleri

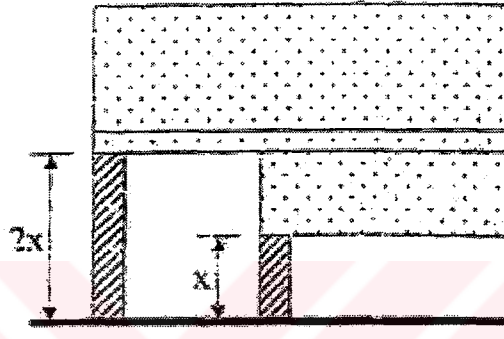
Kolon düzensizlikleri farklı boylu kolonların aynı katta bulunması nedeni ile ortaya çıkan rijitlik düzensizlikleri olarak tanımlanabilir. Kendisine yük aktaran kirişlerden daha zayıf kolonların tasarımı veya aynı katta diğer kolonlara göre daha kısa kolonların bulunması yapısal düzensizlik oluşturmaktadır.

Deprem kuvvetleri rijitliklerle orantılı olarak taşıyıcı elemanlara dağıtılmaktadır. Taşıyıcı elemanlar arasında rijitlik farklarının bulunması durumunda en rijit olan kolanlar (genellikle kısa

olanlar) daha fazla deprem kuvvetini bünyesine çekecektir. Rijitliğin dolayısıyla gelecek olan deprem kuvvetinin yaklaşık olarak kolon uzunluğunun kübüyle orantılı olduğu unutulmamalıdır.

Şekil 4.8’de kısa kolon uzun kolonun maruz kaldığı deprem kuvvetinin sekiz katını bünyesinde toplamaktadır.

Benzer şekilde üniform rijitliğe sahip çok sayıda kolonun kullanımı ile kat seviyesi fazla rijit olacağından daha fazla deprem kuvvetinin etkisinde kalacaktır.



Şekil 4.8 Kısa kolon ile üstünde toplanan deprem kuvvet ilişkisi

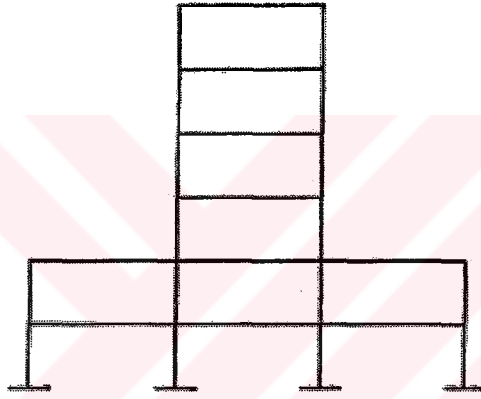
Ayrıca bu durumda çok sayıda guseli veya yüksek kiriş kullanıldığında plastik mafsallar öncelikle zayıf olan kolonlarda oluşacaktır. Bu tür tasarım depreme dayanıklı yapı tasarımının temel ilkelerinden olan “Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması” (ABYYHY, 1997) koşuluna ters düşmektedir. Güçlü kolon-zayıf kiriş ilkesi gözönüne alınarak plastik mafsalların öncelikle kirişlerde oluşması yani enerjinin kirişlerce yutulması tercih edilir. Kolonlarda plastik mafsall oluşması kolay yapı göçmelerine neden olabilmektedir.

Farklı rijitliklere sahip kolon kullanımı mimari nedenlere bağlıdır. Yamaç ve dağ eteklerinde yer alan yapılar ile farklı kat seviyelerine sahip mimari modern yapılarda sıkça karşılaşılmaktadır. Bu tür yapılarda bir kısmı kolonlar üzerine oturtturulan yapının daha sonra sadece içgüdüsel nedenlerden dolayı altı boşa kalan kısımlarının daha sağlam olacak düşüncesiyle doldurulması mühendisin yapıyı tasarlarken hiç hesaba katmadığı tehlikeli sonuçlara neden olabilecek kuvvetlerin doğmasına sebep olabilir.

Genel çözüm depreme dayanıklı yapı tasarımının mimari ihtiyaçlara cevap verebilecek detaylı olarak yapılmasıdır. Yüksek kirişlerin kolonlara olan bağlantılarında kiriş yüksekliklerinin dilatasyon derzleri ile azaltılarak güçlü kolon-zayıf kiriş ilkesine uyum gösterilebilir. Kolon boylarının mümkün olduğunca eşit tutulmasına çalışılmalıdır. Kısa kolon etkisine neden olabilecek ağır duvarların da dilatasyon derzleri ile yapının taşıyıcı elemanlarından ayrılarak taşıyıcı sisteme olan olumsuz etkileri en aza indirilmelidir.

4.2.3 Geri çekme düzensizliği (Set-Back)

Geri çekme düzensizliği yapı yüksekliği boyunca kat döşemelerinde meydana gelen ani boyut değişimleridir. (Şekil 4.9)



Şekil 4.9 Geri çekme düzensizliği

Geri çekme düzensizliği yapıdaki süreksizlik dayanım ve rijitlikteki ani azalmalar nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Girintilerin oluşturduğu bu problem girintilerin boyutlarına ve taşıyıcı sistemin özelliklerine bağlıdır.

Alan olarak asıl yapıdan daha küçük ve yüksek bölümlerin depremde ana yapıdan daha farklı davrandıkları ve daha büyük yatay kuvvetlere maruz kaldıkları bilinmektedir. İlk birkaç katı alan olarak daha geniş bir alana oturan diğer katları kule gibi yükselen bu tip yapılarda yapı planının küçüldüğü düzeyde büyük gerilme birikimi ve bu düzeydeki döşemede büyük yatay kuvvetler oluşacaktır. Yapının dış konumu simetrik olsa bile sistemin rijitlik ve kütle dağılımındaki düzensizlikler yapıda tasarım problemi çıkarabilir.

Yapının geniş kısmı ile kule kısmı birbirlerine göre dinamik olarak asimetric ise yapıda burulma kuvvetleri oluşacaktır. Bu durumda yapıda oluşabilecek gerilmeleri ve yapı davranışının belirlenmesi güç olacaktır.

Taşıyıcı sistemde yatay yük taşıyan perde ve kolon gibi elemanların alt katlara kadar devam etmemesi taşıyıcı sistemde istenmeyen tehlikeli sonuçlar doğurabilir. Bu tür yapılarda süresiz olan perdeler en üst kattaki döşemede çok büyük kuvvetlere neden olur. Düşeyde girinti düzensizliği sadece tek bir yapıda değil yeterli dilatasyon aralığı bulunmayan farklı yükseklikteki yapıların bitişik düzende inşa edilmesiyle de meydana gelebilir.

Mimari yönden tercih edilmeleri;

- 1- Tasarımı yapılan yapı ile komşu yapılar arasında ışık ve hava için mesafe bırakılması
- 2- Mimari görünüm için binanın alacağı dış şekli
- 3- Yapı işlevselliği açısından üst katlarda daha küçük döşemelerin yer alması isteği başlıkları altında toplanabilir.

Hemen hemen tüm çağdaş deprem yönetmeliklerinde bu düzensizlik tipine yer verilmekte ve “Geri Çekme Düzensizliği” (set-back) olarak isimlendirilmektedir. Yapının geometrik boyutlarına bağlı olarak tarif edilen bu düzensizliğin söz konusu olması durumunda Dinamik Hesap yapılması gerektiği belirtilmektedir. “Çok Katlı Yapılarda Geri Çekme Düzensizliğinin Deprem Hesabına Etkisi” (Özmen ve Pala, 1997) adlı çalışmada elde edilen sonuçlar bu tip düzensizlik tanımının yapının geometrik boyutlarından ziyade rijitlik dağılımının yükseklik boyunca değişimi ile ilgili olması gerektiğini göstermektedir. Düzensizlik kriteri olarak geri çekmenin başladığı düzeyin üstündeki ve altındaki katlara ait statik yüklemekten elde edilen rölatif kat yerdeğistirmelerinin oranının (KKYO) kullanılması tavsiye edilmektedir. Ayrıca dinamik hesap yaptırımı yerine geri çekme kotunun altındaki bölgede bulunan elemanların tasarımı özellikle orta açıklıklardaki kirişlerin statik yüklemekten elde edilen tasarım momentleri belirli bir katsayı ile arttırılarak yapılmalıdır.

5. DEPREM YÖNETMELİĞİNDE DÜZENSİZLİK TANIMI

Hemen hemen tüm ülkelerde yapıların depreme karşı dayanıklı olmasını temin etmek amacıyla yönetmelikler yürürlüğe konmuştur. Bu yönetmelikler hazırlandıkları tarihe kadar uygulamadan elde edilen görgü ve tecrübeye, deneysel ve teorik inceleme ve araştırmalara dayanan ve genellikle kabul görmüş olan bilgilere göre hazırlanmışlardır. Mühendisler tasarımda rehberlik ederler ve bazı hususlarda uyulması zorunlu hükümler getirirler depreme dayanıklı yapı yönetmelikleri belli bir zaman aralığı içinde geçerli olan yapılarda depreme dayanımı sağlayan ya da sağlayacağı sanılan ayrıntı ve genel yaklaşımların toplamıdır.

Yönetmeliklerdeki hükümlerin bir kısmı konstrüksiyonla ilgili olup bir kısmı da hesap yöntemleri verir. Deprem yönetmelikleri son derece karmaşık ve güç olan muhtemel düzensizlik durumlarının ortaya konulmasına rehberlik etmelidir. Çözümü açısından özünde pekçok güçlükler içeren düzensiz ve açık olmayan sınır şartlarına sahip problemleri katı hükümleri ile önlenmelidirler.

5.1 ABYYHY 1997 Esaslarına Göre Düzensizlikler

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeniyle tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binaların tanımlanması ile ilgili olarak planlı ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar olarak tanımlanmıştır. (ABYYHY, 1997)

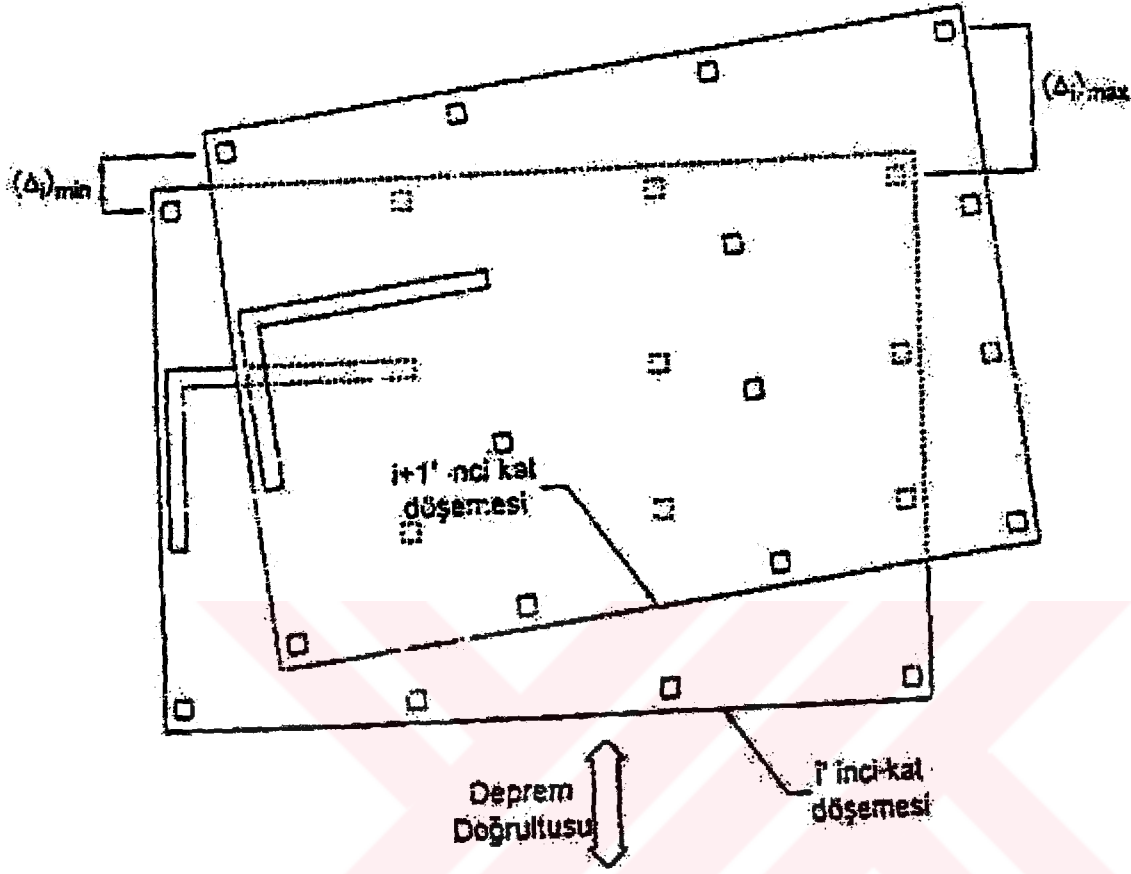
5.1.1 Planda düzensizlik durumları

Binanın kütle merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmamasının bir ölçüsü olarak ortaya çıkar. Bu maksatla yönetmelik taşıyıcı sistemin statik bir çözümünün yapılmasını ve kat döşemelerinin ötelenme ve dönme yapma hali tatbik edilerek ortalama öteleme ile maksimum ötelemenin kıyaslanarak bu düzensizlik durumlarının irdelenmesini gerekli görmektedir.

5.1.1.1 Burulma düzensizliği

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 kat sayısı η_{bi} nin 1.2'den büyük olması durumu. (Şekil 5.1)

Görelî kat ötelemelerinin hesabı $\pm 5\%$ ek dış merkezlik etkileri de gözönüne alınarak eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılmalıdır.



Şekil 5.1 Burulma düzensizliği

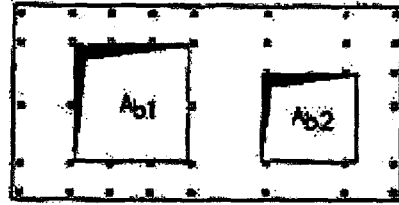
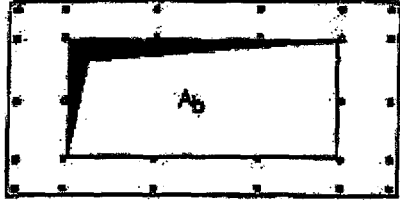
5.1.1.2 Döşeme süreksizlikleri

Döşemelerin sürekli bulunması durumunda döşemenin kendi düzleminde rijit olduğu kabul edilir. Ancak bu düzenli durum döşemede boşlukların bulunması durumunda zedelenir ve bu durum döşemenin bazı bölümlerinin aşırı zorlanmasına sebep olur.

Herhangi bir kattaki döşemede (Şekil 5.2)

- 1- Merdiven ve asansör boşlukları dahil boşluk alanları toplamının kat brüt alanının $1/3$ 'ünden fazla olması durumu
- 2- Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu

3- Döşemelerin düzlem için rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu bu süreksizliğin oluşmasına yol açar.



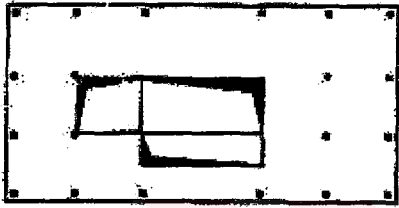
A2 tıra düzensizlik durumu - I

$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$

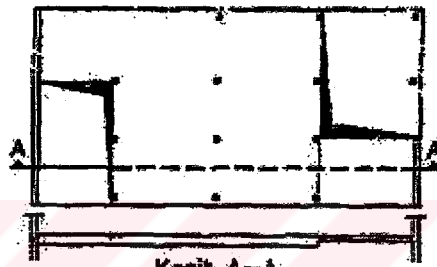
$$A_b/A > 1/3$$

A_b : Boşluk alanları toplamı

A : Brüt kat alanı



A2 tıra düzensizlik durumu - II

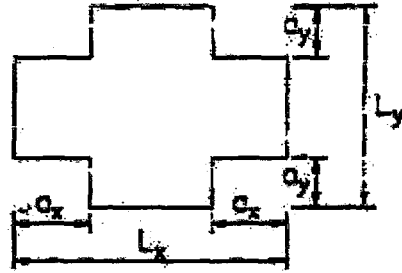
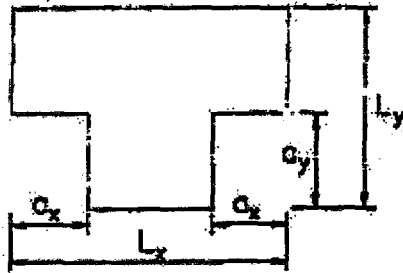
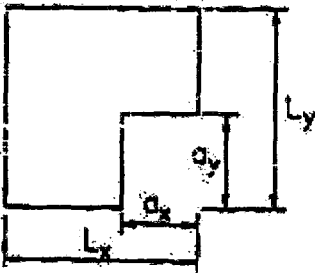


A2 tıra düzensizlik durumu - II ve III

Şekil 5.2 Düzensizlik durumları

5.1.1.3 Planda çıkıntılar bulunması

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de binanın o katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu. (Şekil 5.3)



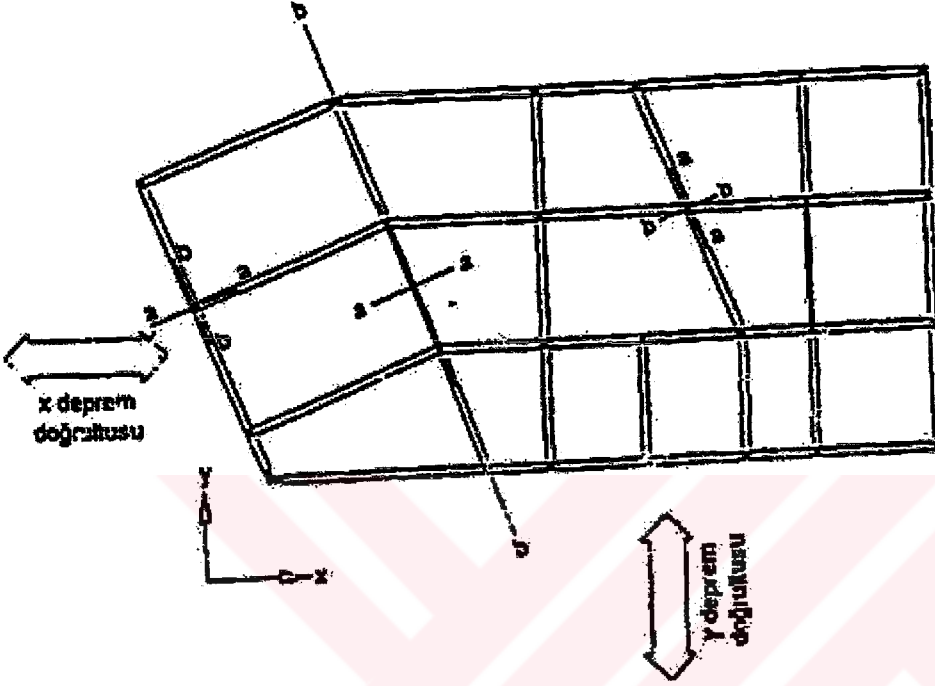
A3 tıra düzensizlik durumu

$$c_x > 0.2L_x \text{ ve aynı zamanda } c_y > 0.2L_y$$

Şekil 5.3 Planda çıkıntılar bulunması

5.1.1.4 Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin gözönüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumu. (Şekil 5.4)



Şekil 5.4 Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması

Bu tür düzensizliğin bulunduğu binalarda elemanların asal eksen doğrultularındaki iç kuvvetler;

$$B_a = \pm B_{ax} \pm 0.30 * B_{ay} \quad (5.1a)$$

$$B_a = \pm 0.30 * B_{ax} \pm B_{ay} \quad (5.1b)$$

denklemlerine göre elde edilecektir. Bu işlemler a ekseni ve buna dik b ekseni için x ve y deprem doğrultuları ve yönleri gözönüne alınarak en elverişsiz çözümü verecek şekilde yapılmalıdır.

5.1.2 Düşey doğrultuda düzensizlik durumları

5.1.2.1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf kat)

Betonarme binalarda birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde herhangi bir kattaki etkili kesme alanının bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısının 0.8'den küçük olması durumu ($\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80$)

Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:

$$\Sigma A_c = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15 \Sigma A_k \quad (5.2)$$

A_c = Kolonun veya perde uç bölgesinin enkesit alanı

ΣA_w = Kolon enkesiti etkin gövde toplamı

ΣA_g = Gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı

A_k = Gözönüne alınan deprem doğrultusunda paralel kargir dolgu duvar alanlarının (boşluklar hariç) toplamı

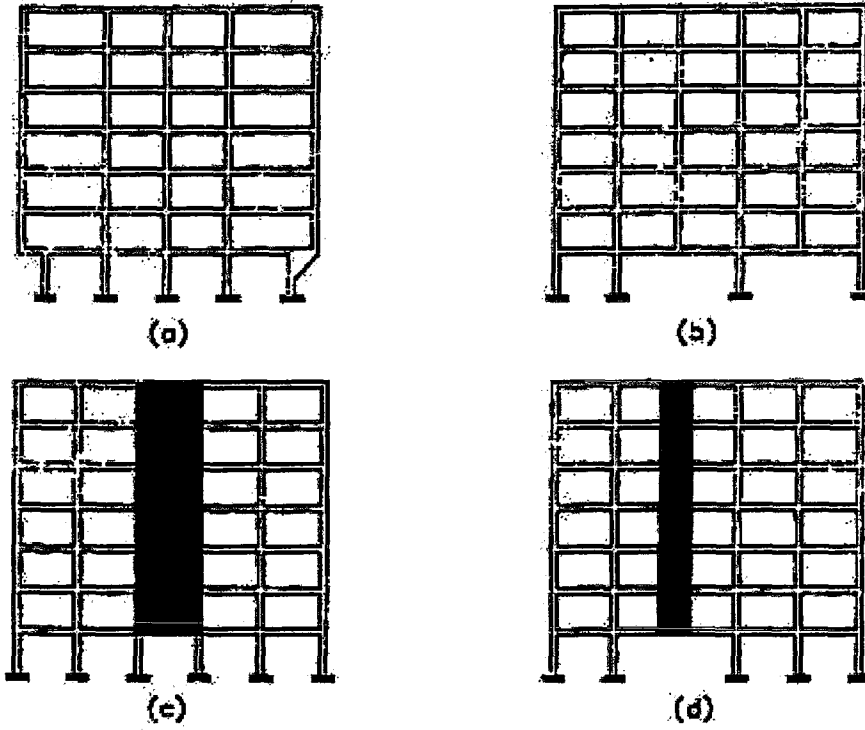
5.1.2.2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat)

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 katsayısının 1.5'ten fazla olması. Görelî kat ötelemelerinin hesabı $\pm\%5$ ek dış merkezlik etkileri de gözönüne alınarak eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılacaktır.

5.1.2.3 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin alttaki kolonlara veya kirişlere oturtulması durumu Şekil 5.5'de gösterilen durumlardan (a) ve (d)'nin yapılmasına kesinlikle izin verilmez.

Bu durum genellikle düşey yüklerin zemine iletilmesini engellediği için önemli bir düzensizlik ortaya çıkarır. Perdeleri zemin katta devam etmemesi ayrıca tehlikeli boyutta bir rijitlik düzensizliği ortaya çıkarır.



Şekil 5.5 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

5.1.3 Düzensizlik indisleri ve değişim aralıkları

1- B1 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda $0.60 < (\eta_{ci})_{\min} < 0.80$ aralığında ise taşıyıcı sistem davranış katsayısı $1.25(\eta_{ci})_{\min}$ 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. Ayrıca bu durumda kolon sarılma bölgesine konan enine donatı, kolon orta bölgesinde de aynen devam ettirilecektir.

2- A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı elemanları arasında güvenle aktarabildiği hesapla doğrulanacaktır.

3- Binanın herhangi bir i'inci katında A1 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda $1.2 < \eta_{bi} < 2.0$ olmak koşulu ile bu kata uygulanan $\pm\%5$ ek dışmerkezlilik, her iki deprem doğrultusunda $D_i = (\eta_{bi} / 1.2)^2$ katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

4- A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin bulunması durumunda ;

$B_D = (\beta V_t / V_{tB}) B_B$ ifadesindeki β değeri 1.00, bu düzensizliklerin hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta = 0.90$ alınacaktır.

5- B2 türü düzensizliğin ve A1 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda $\eta_{bi} > 2.00$ olması durumunda hesap yöntemi olarak “Dinamik Analiz “ yapılması zorunludur.



6. ÇEŞİTLİ ÜLKE YÖNETMELİKLERİNDE DÜZENSİZLİK KONUSUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Deprem bölgelerinde can ve mal kaybını önlemek için yapıların yeter 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 yönetmeliklerde 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.

6.1 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 sözkonusu olduğu belirtilmiştir. Bu türden düzensiz yapılar için yatay yük hesabında modal çözümleme periyodu 0.4s'den büyük bütün tüm 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- Binanın planda düzensiz binalar sınıfına dahil edilmesi için bina kat planlarının çıkıntı yapan kısımlarının, binanın o katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %25'nden 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.

6.2 California Deprem Yönetmeliği

6.2.1 Düzenli ve düzensiz yapılar

- a) Düzenli Yapılar: Düzenli yapılar planda, düşeyde yada 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 6.2.2’de anlatılan durumlardan bir yada bir kaçını içeren yapılar düşeyde düzensiz yapılar olarak tanımlanır.
 - (2) Planda Düzensizlik: Bölüm 6.2.3’de açıklanan durumlardan bazılarını içeren yapılar planda düzensiz yapılar olarak tanımlanır.

6.2.2 Düşeyde yapısal düzensizlikler

6.2.2.1 Rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat)

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

6.2.2.2 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.

6.2.2.3 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.

6.2.2.4 Düşey taşıyıcı sistemde düzlemsel süreksizlik

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

6.2.2.5 Kapasitede süreksizlik (Zayıf kat)

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

6.2.3 Planda yapısal düzensizlikler

6.2.3.1 Burulma düzensizliği

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

6.2.3.2 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.

6.2.3.3 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.

6.2.3.4 Planların çakışmaması

Düşey elemanların eksenlerinin çakışmaması gibi katlar arası süreksizliğin olması durumu.

6.2.3.5 Paralel olmayan sistemler

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

6.2.4 Düzensizlik tipleri

Şekil 6.1’de gösterilen düşeyde düzensiz yapılardan bazıları (örneğin, Şekil 6.1a) 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 6.1’de gösterilen düzensizliklerin tespit edilmesi her katın rijitliğinin hesaplanması veya tüm yapının deformasyon analizi ile mümkün kılınabilir. Böyle bir analiz Şekil 6.1a’dan Şekil 6.1f’e kadar- belki Şekil 6.1g’de olabilir- gösterilen düzensizlikleri tanımlayabilir ama diğer düzensizlikleri açıklayamaz. Şekil 6.1h’de gösterilen düzensizliğin titreşim modları ve eşdeğer yatay kuvvetlerin dağılımı üzerinde etkisi vardır.

Şekil 6.1i’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.

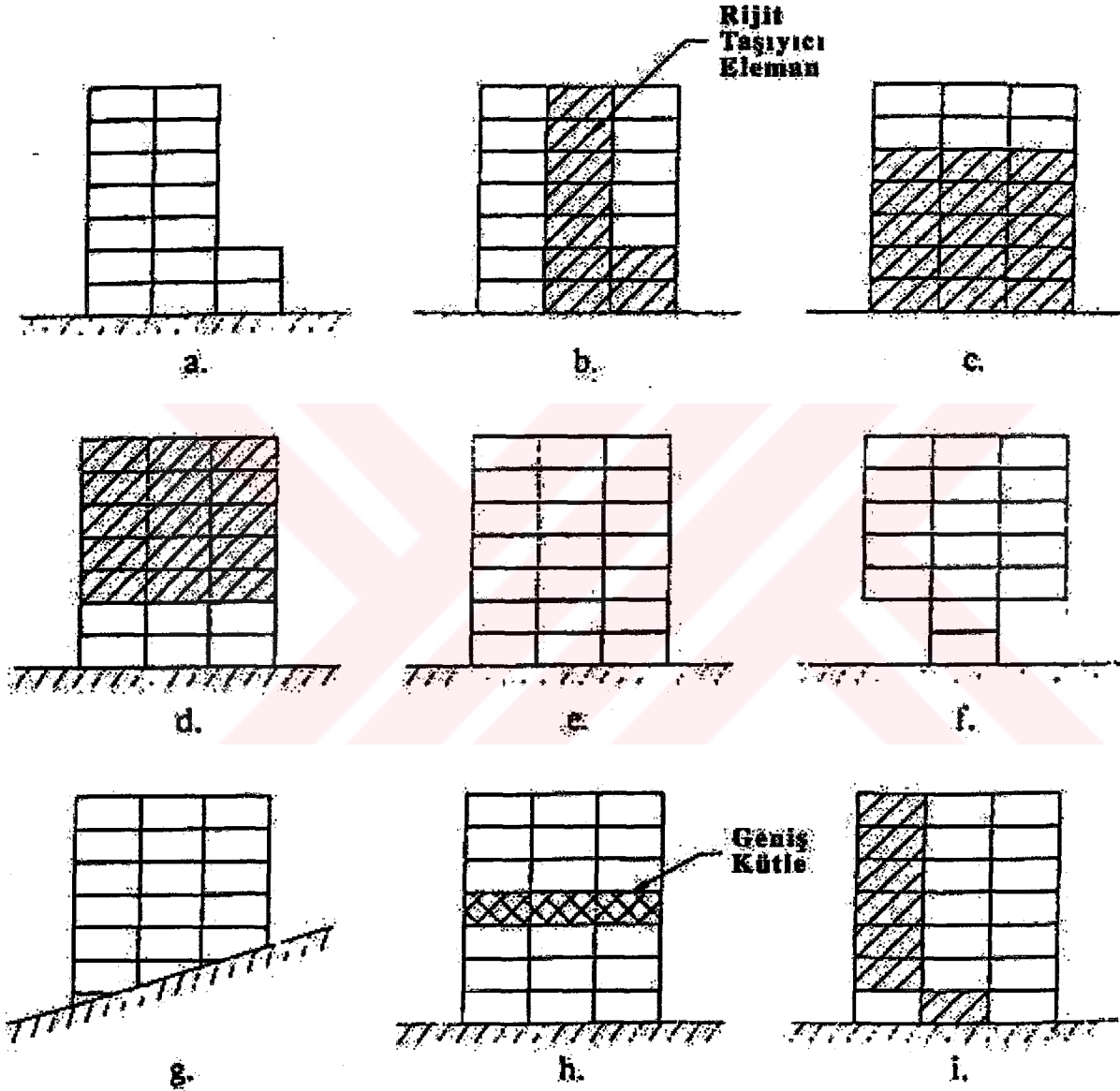
Şekil 6.2’de gösterilen düzensizlikler, yapının planda asimetric olması, simetric ama çıkıntılar içermesi, yatay rijitliğin asimetric dağılması, kütle dağılımının düzensiz dağılması ve bunların kombinasyonlarını içeren durumların olmasından kaynaklanır. Şekil 6.2a’dan Şekil 6.2d’ye kadar olan düzensizlikler temel olarak planda çıkıntılı kenarların varlığından kaynaklanır. Bu durum döşemelerin çıkıntılı köşelerinde büyük gerilmeler oluşturur.

Şekil 6.2’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.

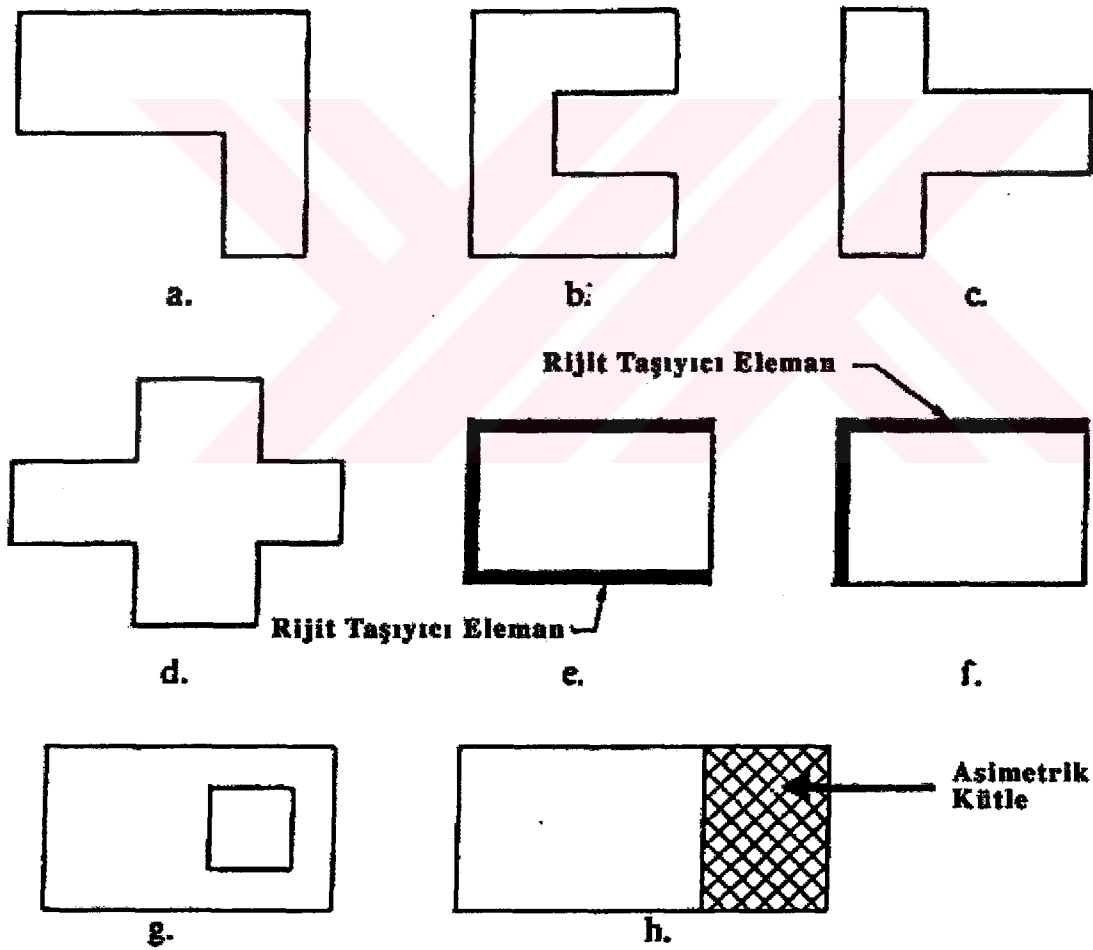


Şekil 6.1 Düşeyde düzensizlik durumları (California, 1990)

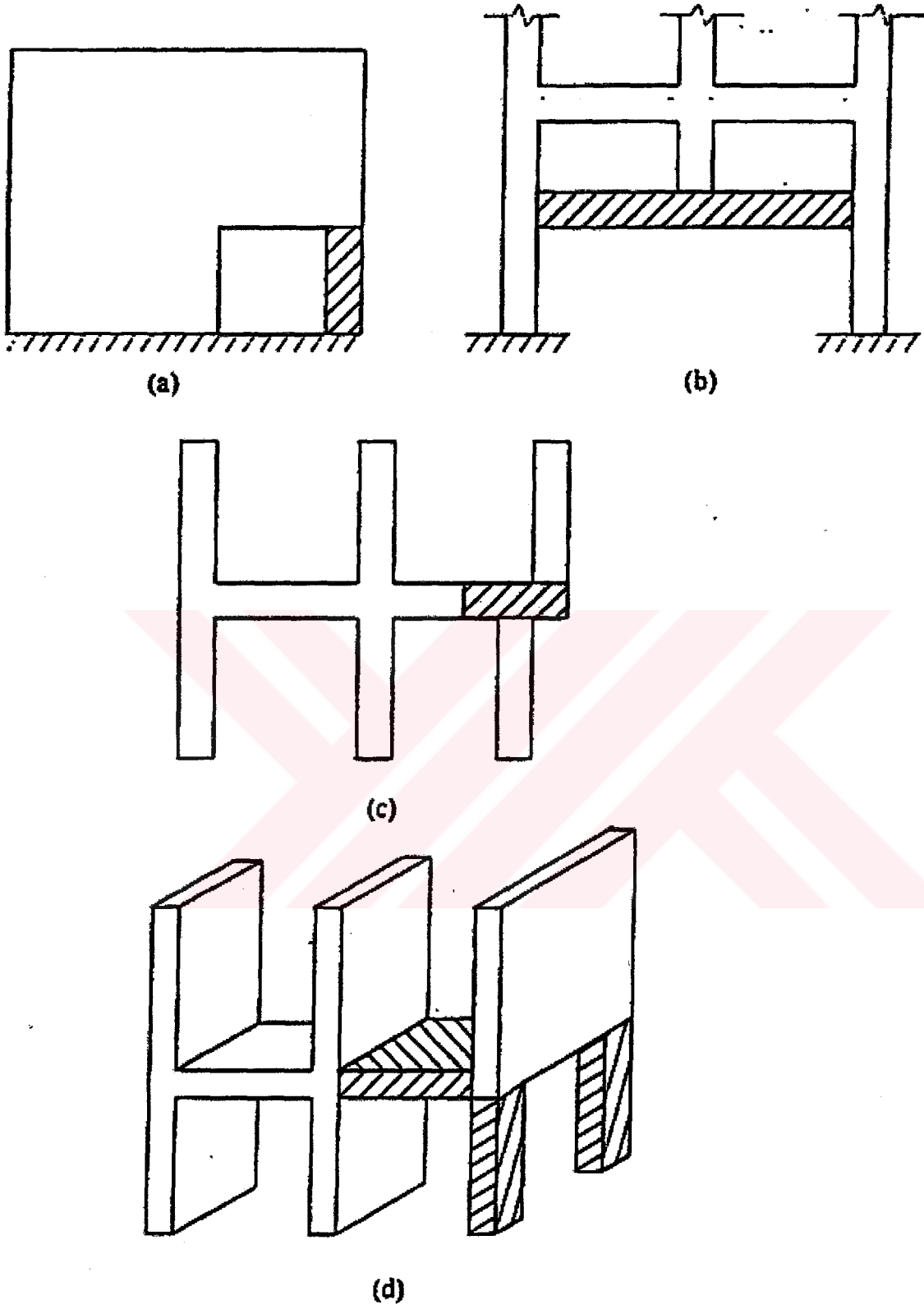
Herhangi bir kattaki kolonların, perde duvarların, kirişlerin süreksizliği veya çakışmaması, zayıf katların olması ve taşıyıcı olmayan rijit elemanların neden olduğu güç aktarımını engelleyen düzensizlikler Şekil 6.3’de gösterilmiştir. Bu durum elastik olmayan yıkıcı gerilme birikimlerine neden olur. 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 6.2 Planda düzensizlik durumları (California, 1990)



Şekil 6.3 Taşıyıcı elemanların süreksizliği durumu (California, 1990)

6.3 Eurocode8

6.3.1 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. iki doğrultuda dayanım ve mukavemet
- d. burulma dayanım ve mukavemeti
- e. kat seviyelerinde diyafram davranış
- f. aşırı gösterişli dizayndan kaçınma
- g. gerekli inşa

6.3.2 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 yada uzaysal bir modeldir.
- b. analiz metodu ya basitleştirilmiş modal yada 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 6.1’de özetlenmiştir.

6.3.3 Planda düzenlilik 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 6.1 Hesap Yöntemleri

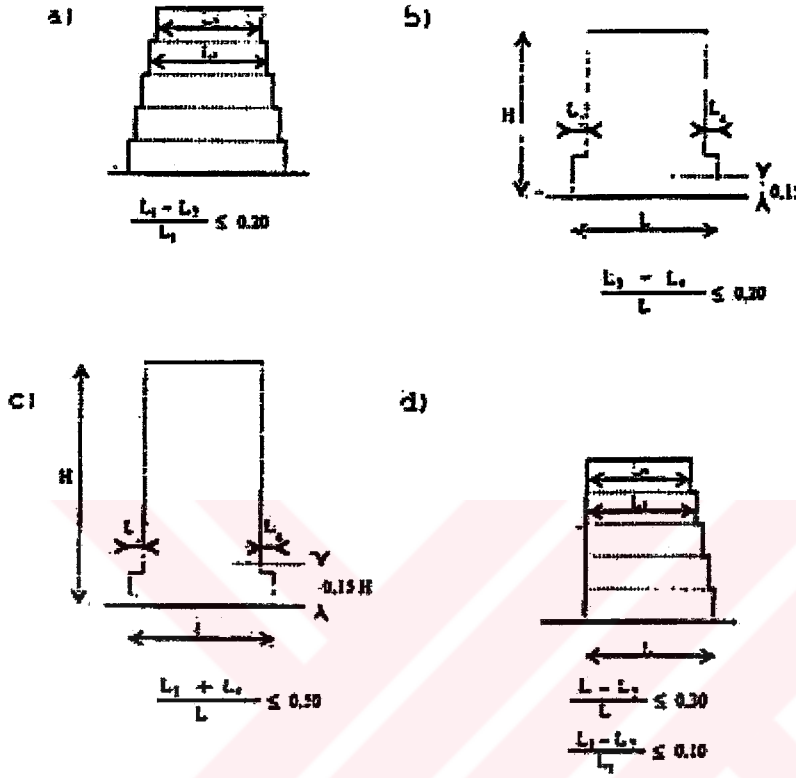
DÜZENLİLİK		MODEL	ANALİZ	DAVRANIŞ FAKTÖRÜ
PLANDA	DÜŞEYDE			
VAR	VAR	DÜZLEMSEL	BASİTLEŞTİRİLMİŞ	REFERANS
VAR	YOK	DÜZLEMSEL	ÇOK MODLU	AZALTILMIŞ
YOK	VAR	ÜÇ BOYUTLU	ÇOK MODLU	REFERANS
YOK	YOK	ÜÇ BOYUTLU	ÇOK MODLU	AZALTILMIŞ

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

6.3.4 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 6.4 Çekme katların bulunması durumu (A World List, 1996)

6.4 ISO 3010

6.4.1 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 öngörür.

- 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)

6.4.2 Depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkeleri

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

Not: Yapı kompleks bir formda tasarlandysa 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.

6.5 Avusturya Deprem Yönetmeliği

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

Burulma etkilerinin minimum olabilmesi için yapı planda olduğunca kompakt ve basit olmalıdır. Planda kompleks olan yapılar yada 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 ikisinde 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 buda yapıların birbirine çarparak hasar görmesine neden olur. Minimum derz genişliği yapısal elemanların ötelemesi olan D_1 ve D_2 toplamının 1.2 katı olmalıdır.

$$d_{\min} = 1.2 * (D_1 + D_2) \quad (6.1)$$

6.6 Çin Deprem Yönetmeliği

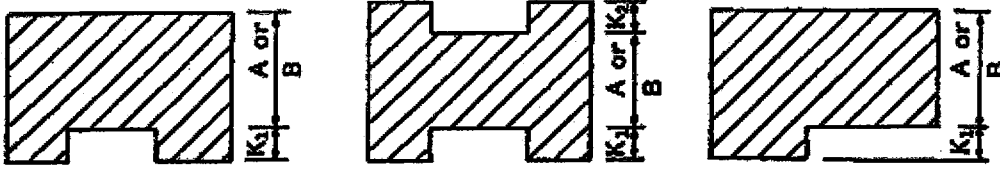
Yapılar planda ve düşeyde düzenli ve simetrik olmalıdırlar ve ayrıca kütle ve rijitlik değişimi orantılı olmalıdır. Kat seviyeleri zikzaklı olmamalıdır. Düzensiz bir yapıda deprem derzleri düzenlenmediğinde seçilen hesap modeli gerçek şartlara yakın olmalıdır ve deformasyon birikimleri ve burulma etkileri tahmin edilerek doğru bir sismik analiz yapılmalıdır. Yapının deprem direncini artırıcı 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.

6.7 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 $\frac{1}{4}$ 'ünden fazla ise yapı önemli derecede düzensiz olarak düşünülür. Bu yapılar üç boyutlu modal analiz kullanılarak tasarlanır.



Şekil 6.5 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 yada 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 hemde 2 cm'yi geçmeyecektir.

Çekme katlı yapılar için, herbir 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.

6.8 İran Deprem Yönetmeliği

Bu yönetmelik yapıları konfigürasyonuna göre düzenli veya düzensiz olmak üzere ikiye ayırır.

6.8.1 Planda düzenlilik şartları

- a) Yapının planı, depreme dayanım sağlayan elemanların bulunduğu ana eksenlere göre simetrik yada 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.

6.8.2 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.

6.8.3 Tasarım için 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 olacak şekilde tasarlanmalıdır.
- 3- Depremın sebep olduğu burulma etkilerini azaltmak için, herbir katın kütle merkezi ile rijitlik merkezi çakışmalı veya her iki merkez arasındaki mesafe herbir 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)

6.8.4 Hesap yöntemleri

İran yönetmeliğinde üç farklı tasarım metodu öngörülmektedir:

- a) Eşdeğer Statik Analiz metodu
- b) Pseudo- Dinamik Analiz metodu (modal analiz ve tasarım mukabele spektrumlarının kullanımı ile)
- c) Dinamik Analiz metodu (ivme 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 yada 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 yada Dinamik metod kullanılabilir. Ancak yapı planda düzensiz ise mutlaka Dinamik Analiz kullanılmalıdır.

6.9 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 inşaa 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:

6.9.1 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

6.9.2 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

6.10 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 kütesinden az olmamalıdır ve bu katın kütesinin %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.

6.11 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.

6.11.1 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.

6.12 Yeni Zellanda 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.



7. ÖRNEKLER

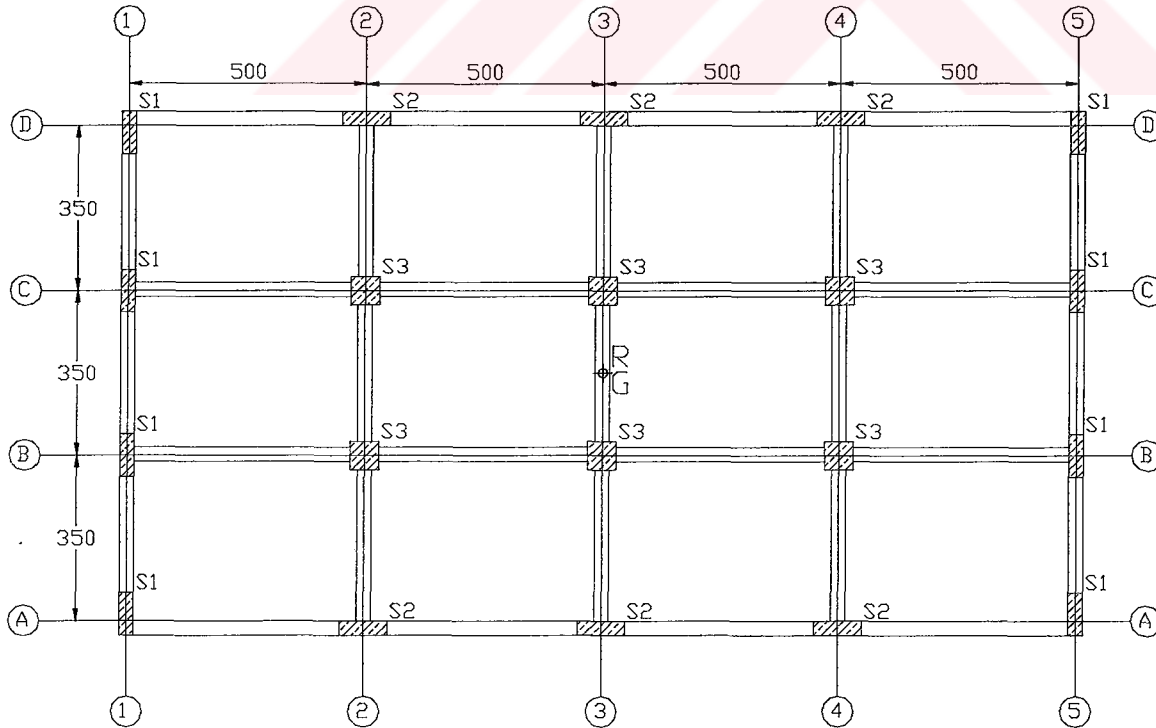
7.1 Örnekler 1

Bu çalışmada tüm tipik yapılar 8 katlı seçilmiştir. Kat yükseklikleri 3.00 m'dir. Böylece toplam yapı yüksekliği $H_N = 24\text{m}$ olmaktadır. Varılan sonuçların gerçekçi olabilmesi için, seçilen eleman boyutlarının uygulamada karşılaşılan yapılara yakın olmaları gerektiğinden, her tipik yapının boyutlandırılması yapılmıştır. Bu boyutlamalar için PROBİNA ORİON yazılımı kullanılmış ve tüm yapı tipleri süneklik düzeyi "Yüksek" olarak seçilmiştir. Tipik yapıların boyutlandırılmasında kullanılan deprem parametreleri aşağıdaki gibidir.

Etkin yer ivmesi katsayısı $A_0 = 0.40$ (1. Derece deprem bölgesi), zemin sınıfı Z2, bina önem katsayısı $I = 1$ (Konut veya büro) olarak seçilmiştir.

Aşağıdaki bölümlerde, çeşitli bakımlardan burulma düzensizliği olan yapıların deprem davranışları incelenecektir.

7.1.1 Yapı tipi DK1



Şekil 7.1 Yapı tipi DK1 kalıp planı (Özmen, 2001)

Düsey taşıyıcı elemanları sadece kolonlardan oluşan ve DK1 olarak isimlendirilen simetrik yapının kat kalıp planı Şekil 7.1’de gösterilmiştir.

Tüm katlardaki kolonlar S1, S2, S3 sırasıyla 30x90, 30x100, 60x60 cm, kirişler ise 30x60 cm boyutundadır, döşemeler $h = 12\text{cm}$.dir.

Yapılan analiz sonunda X ve Y doğrultularındaki minimum, ortalama ve maksimum kat yerdeğiştirmeleri (d_{min} , d_{ort} , d_{max}), ile d_{max} / d_{min} oranları Çizelge 7.1 ve 7.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.1 X Doğrultusunda yerdeğiştirmeler

KAT	d_{min} (m)	d_{max} (m)	del-i max (m)	del-i ort (m)	η_b
8	0.015266	0.016212	0.000883	0.000850	1.039
7	0.014449	0.015330	0.001386	0.001340	1.034
6	0.013155	0.013944	0.001868	0.001810	1.032
5	0.011403	0.012076	0.002289	0.002222	1.030
4	0.009248	0.009787	0.002601	0.002527	1.029
3	0.006795	0.007186	0.002788	0.002711	1.028
2	0.004161	0.004399	0.002705	0.002632	1.028
1	0.001602	0.001694	0.001694	0.001648	1.028

Çizelge 7.2 Y Doğrultusunda yerdeğiştirmeler

KAT	d_{min} (m)	d_{max} (m)	del-i max (m)	del-i ort (m)	η_b
8	0.012620	0.016404	0.001091	0.000960	1.136
7	0.011791	0.015313	0.001553	0.001370	1.134
6	0.010604	0.013760	0.001961	0.001730	1.134
5	0.009105	0.011799	0.002310	0.002041	1.132
4	0.007332	0.009488	0.002548	0.002252	1.131
3	0.005376	0.006940	0.002675	0.002367	1.130
2	0.003316	0.004265	0.002586	0.002294	1.127
1	0.001313	0.001679	0.001679	0.001496	1.122

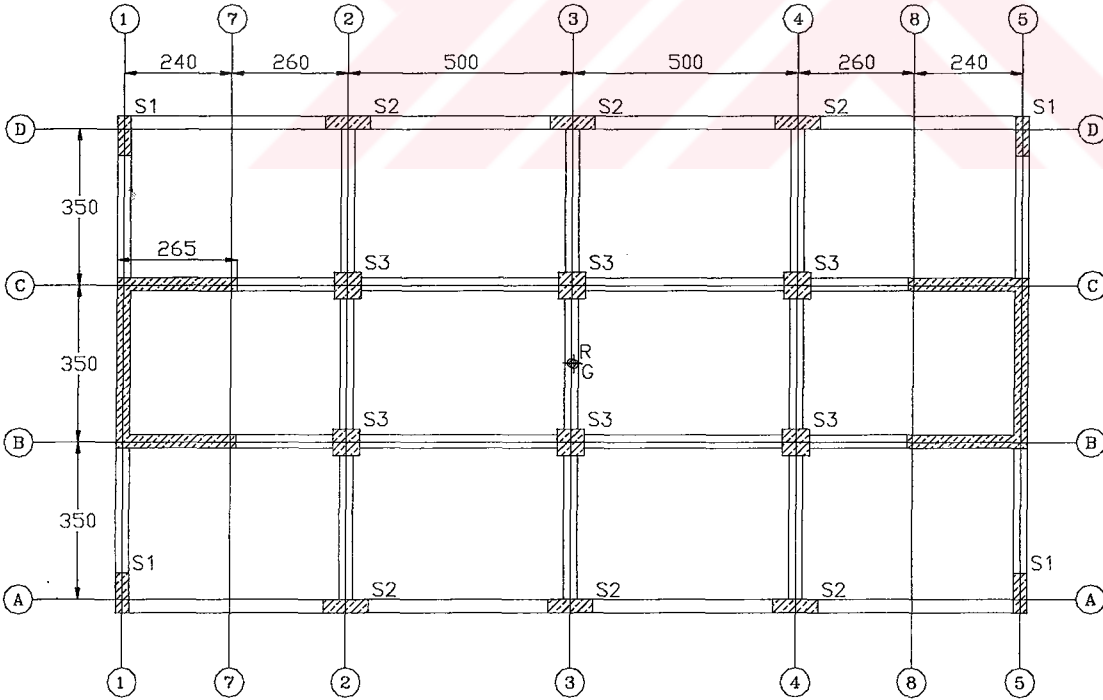
Çizelgelerdeki η_b değerlerinin 1'den büyük olmalarının nedeni, ± 0.05 dışmerkezlikli yüklemelere göre hesaplanmış olmalarıdır. Çizelgelerin incelenmesinden görüleceği gibi her iki doğrultuda, tüm katlarda

$$\eta_b = \Delta_{\max} / \Delta_{\text{ort}} < 1.2$$

olmaktadır, yani burulma düzensizliği yoktur. Ancak ilgi çekici olan bir husus, Y doğrultusunda η_b değerlerinin 1.20 sınır değerine yakın olduğudur. Uygulamada kolonlu simetrik sistemlerde bile, bazı durumlarda 1.20 sınırını aşabilmektedir. Özellikle kolonlu ve perdeli sistemlerde bu durum daha sık ortaya çıkabilmektedir. Bu tür sistemler aşağıda ayrı bir bölüm olarak incelenecektir.

7.1.2 Yapı tipi DKP1

Düşey taşıyıcı elemanları kolon ve perdelerden oluşan ve DKP1 olarak isimlendirilen yapının kat kalıp planı Şekil 7.2'de gösterilmiştir.



Şekil 7.2 DKP1 Yapı tipi kalıp planı (Özmen, 2001)

Tüm katlardaki kirişler 30x60 cm ve kolonlarda yapı tipi DK1 ile aynıdır. Analiz sonuçları Çizelge 7.3 ve 7.4'te yer almaktadır.

Çizelge 7.3 X Doğrultusunda yerdeğiştirmeler

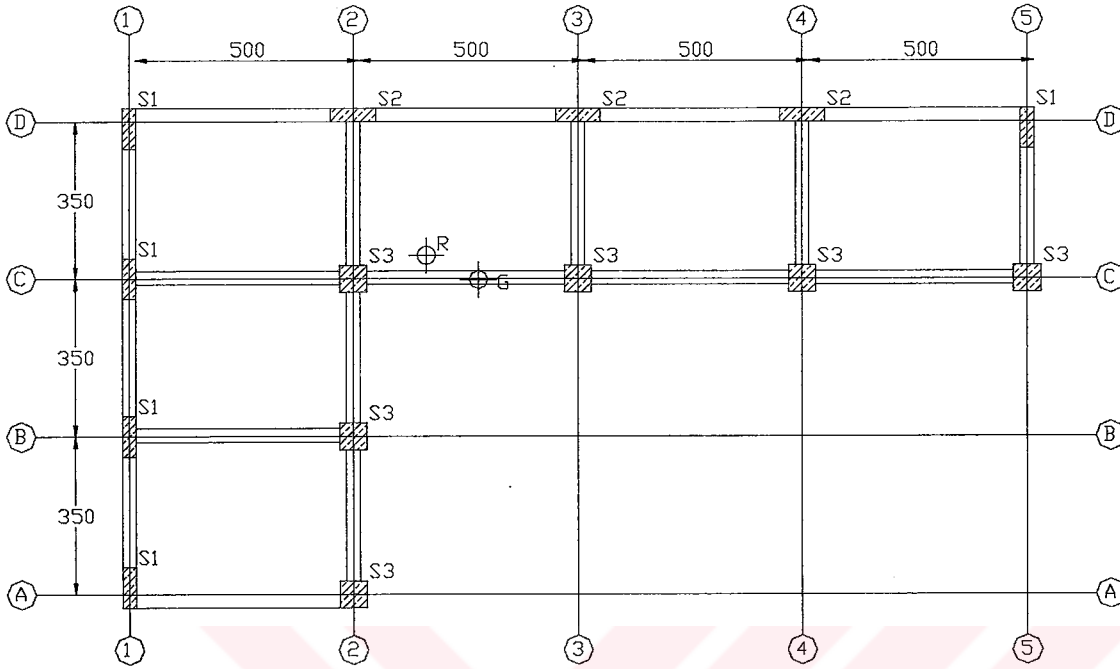
KAT	dmin (m)	dmax (m)	del-i max (m)	del-i ort (m)	η_b
8	0.013355	0.014284	0.001362	0.001310	1.040
7	0.012097	0.012922	0.001629	0.001570	1.038
6	0.010586	0.011293	0.001927	0.001861	1.035
5	0.008791	0.009366	0.002152	0.002082	1.034
4	0.006780	0.007214	0.002264	0.002193	1.033
3	0.004658	0.004950	0.002193	0.002127	1.031
2	0.002597	0.002757	0.001822	0.001769	1.030
1	0.000881	0.000935	0.000935	0.000908	1.030

Çizelge 7.4 Y Doğrultusunda yerdeğiştirmeler

KAT	dmin (m)	dmax (m)	del-i max (m)	del-i ort (m)	η_b
8	0.012730	0.015936	0.001668	0.001489	1.120
7	0.011419	0.0142267	0.001934	0.001729	1.119
6	0.009895	0.012333	0.002209	0.001981	1.115
5	0.008142	0.010125	0.002402	0.002159	1.113
4	0.004250	0.007722	0.002468	0.002223	1.110
3	0.004250	0.005254	0.002335	0.002108	1.108
2	0.002369	0.002918	0.001909	0.001728	1.105
1	0.000822	0.001009	0.0010009	0.000916	1.102

Çizelgelerin incelenmesinden görüleceği gibi bu örnek içinde her iki doğrultuda tüm katlarda burulma düzensizliği katsayısı 1.20 sınır değerinin altındadır. Kenar akslardaki perdelerin varlığı nedeniyle bu örnekte η_b katsayıları Yapı tipi DK1'dekilere oranla daha da küçük bulunmuştur.

7.1.3 Yapı tipi LK1



Şekil 7.3 Yapı tipi LK1 kalıp planı (Özmen, 2001)

Şekil 7.3'te gösterilen simetrik olmayan yapı tipleri arasından, burulma bakımından en elverişsiz nitelikte olması nedeni ile böyle bir yapı seçilmiştir.

Bu yapı planda asimetrik olmakla beraber perdesiz olduğundan rijitlik bakımından çok anormal bir dağılım göstermemektedir. Nitekim bu özellik yapının deprem yükleri altındaki davranışında açıkça belli olmaktadır.

Bu yapının kat kütle merkezi (G) ile kat rijitlik merkezi şekilde gösterilmiştir. Bilindiği gibi kat rijitlik merkezleri her kattaki kolon (ve varsa perde) kesme kuvvetlerinin her iki doğrultudaki bileşkelerinin kesişme noktasıdır. Yüklemin biçimine bağlı olan rijitlik merkezleri her katta farklı konumda olabilmektedir. Şekil üzerinde rijitlik ve kütle merkezlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. X ve Y doğrultularındaki η_b katsayıları Çizelge 7.5'te gösterilmiştir. Tablodan görüleceği gibi yapının X yönünde η_b katsayıları 1.20 sınır değerinin altında olmasının nedeni rijitlik ve kütle merkezlerinin ordinatları arasındaki farkın 0.53 m olmasından kaynaklanmaktadır. Y doğrultusundaki burulma düzensizliği katsayıları ise 1.20'den büyüktür. Çünkü merkezler arasındaki Y yönündeki fark 1.15 m.'dir.

Max $\eta_b = 1.665$ olarak bulunmuştur. Burulma bakımından bu kadar elverişsiz bir geometriye sahip bir yapıda bu normal karşılanmalıdır.

Çizelge 7.5 Yapı tipi LK1 η_b katsayıları

KAT	η_b (x yönü)	η_b (y yönü)
8	1.180	1.665
7	1.141	1.662
6	1.121	1.607
5	1.109	1.563
4	1.100	1.530
3	1.092	1.493
2	1.087	1.451
1	1.083	1.391

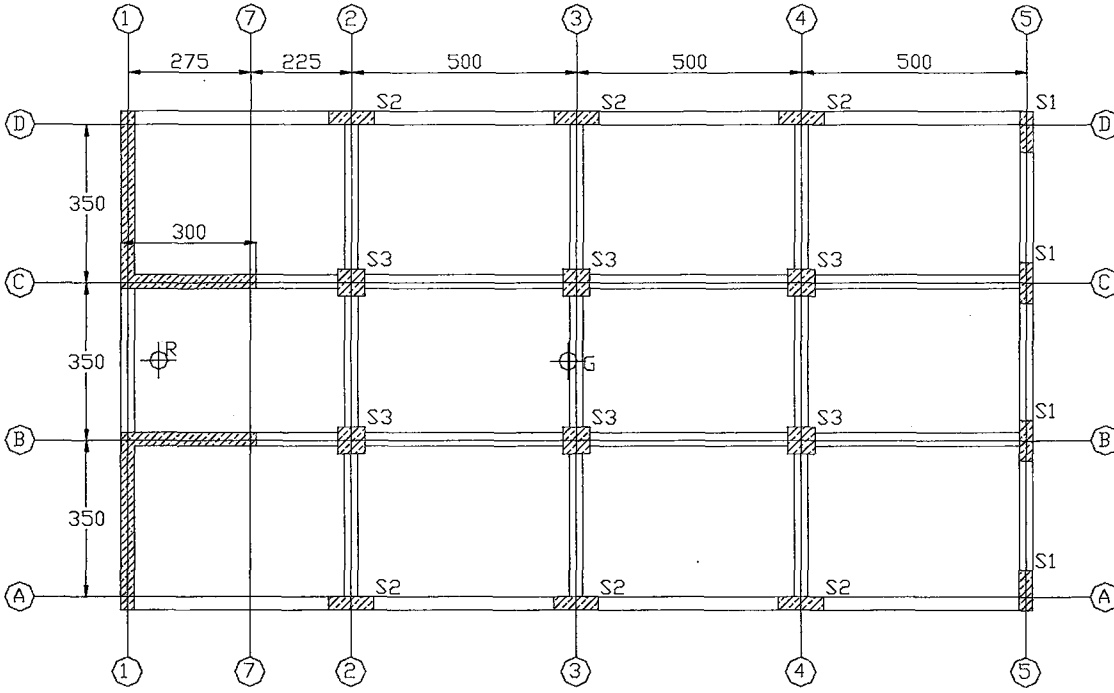
7.2 Rijitlik Dağılımı Bakımından Düzensiz Yapılar

Bu bölümde rijitlik dağılımı bakımından düzensiz yapılar ele alınarak deprem hesabı sonuçları irdelenecektir. Gözönüne alınan yapılarda geometrik bakımdan düzensizlik içermemesi için yapıların plan geometrisi dikdörtgen seçilmiştir. Rijitlik düzensizliği oluşturmak için elverişsiz konumda perdeler kullanılmıştır. Perdeler yerleştirilirken X eksenı boyunca simetri bozulmamıştır. Bu nedenle sadece Y eksenı doğrultusunda burulma düzensizlikleri incelenecektir. Tüm yapılar süneklik düzeyi yüksek seçilmiştir.

7.2.1 Yapı tipi DKP2

Düşey taşıyıcı elemanları kolon ve perdelerden oluşan ve DKP2 olarak isimlendirilen 8 katlı yapının kat kalıp planı Şekil 7.4'te gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi yapının burulma bakımından en elverişsiz nitelikte olabilmesi için, Y doğrultusunda perdeler 1 kenar aksına yerleştirilmiştir. Yapının kolon kesitleri Tip DKP1 ile aynı olup perde kalınlıkları 25 cm. dir.

Yapının kütle ve rijitlik merkezi arasındaki uzaklık 9.12 m dir. Y doğrultusundaki yüklemeye aşırı burulmaların bu özellikten doğduğu açıktır. Beklendiği gibi en büyük burulma +0.05 dışmerkezlikli yüklemeye oluşmaktadır. Bu yüklemeye ait burulma düzensizliği katsayıları Çizelge 7.6'te gösterilmiştir.



Şekil 7.4 Yapı tipi DKP2 kalıp planı (Özmen, 2001)

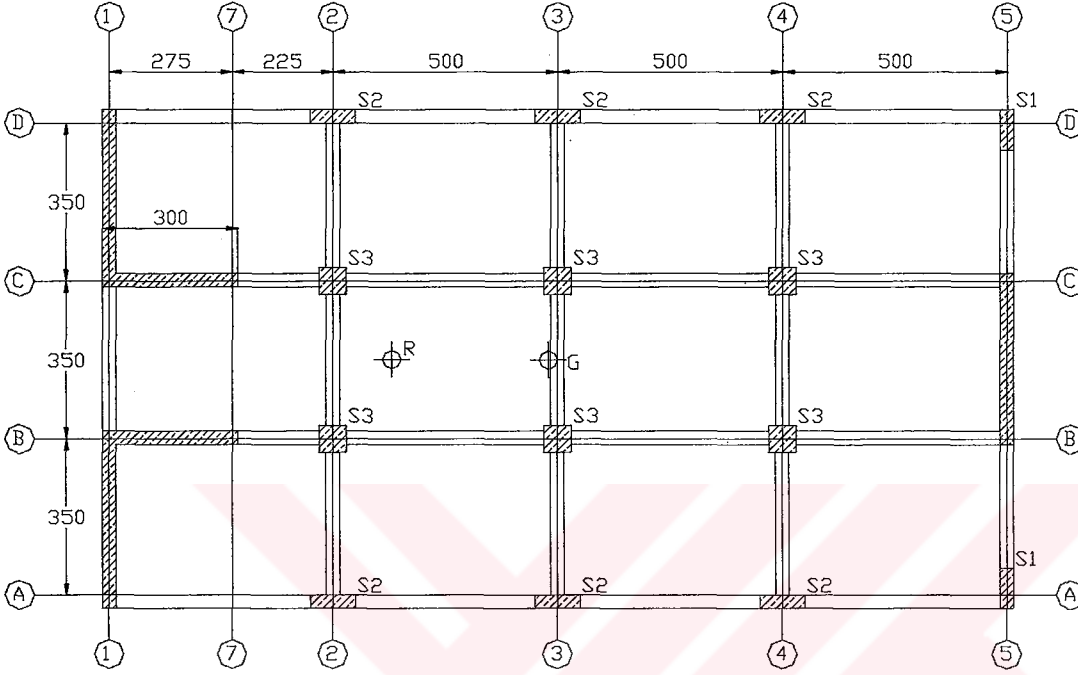
Çizelge 7.6 Yapı Tipi DKP2 Y Doğrultusu burulma düzensizliği katsayıları

KAT	η_b (y yönü)
8	1.762
7	1.764
6	1.765
5	1.768
4	1.773
3	1.779
2	1.792
1	1.806

Çizelgeden görüldüğü gibi, Y doğrultusundaki tüm η_b burulma düzensizliği katsayıları 1.20 sınır değerinden büyüktür. Max $\eta_b = 1.806$ olarak bulunmaktadır. Rijitlik dağılımı bakımından bu kadar elverişsiz bir yapıda bu durum normaldir. Bu yapıya ait burulma düzensizliği katsayılarının, geometrik bakımdan düzensiz yapı tipi LK1'e göre yüksek oldukları görülmektedir. Böylece rijitlik dağılımı düzensizliğinin, geometrik düzensizlikten çok daha etkili olduğu görülmektedir. Yani, rijitlik dağılımı düzensizliğinin geometrik düzensizlikten daha etkili olduğu sonucuna varılmaktadır.

7.2.2 Yapı tipi DKP3

Aşırı burulma yapan Yapı Tip DKP2'nin davranışını düzeltmek için bazı önlemler alınmış ve kalıp planı Şekil 7.5'te gösterilen Yapı Tip DKP3 elde edilmiştir.



Şekil 7.5 Yapı tipi DKP3 kalıp planı (Özmen,2001)

Şekil 7.5'te görüldüğü gibi 1 aksındaki perdeleri dengelemek için 5 aksına tek bir perde yerleştirilmiştir. Bu yapıya ait burulma düzensizliği katsayıları Çizelge 7.7'de görülmektedir.

Çizelge 7.7 Yapı tipi DKP3 Y doğrultusu burulma düzensizliği katsayıları

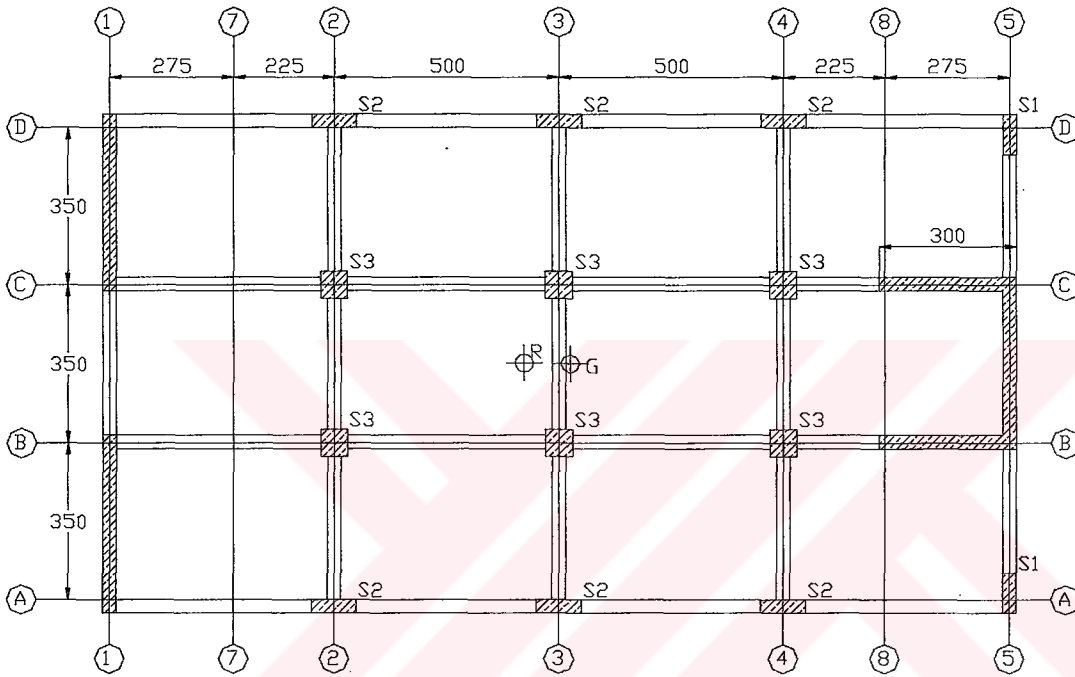
KAT	η_b (y yönü)
8	1.452
7	1.459
6	1.464
5	1.468
4	1.474
3	1.481
2	1.492
1	1.506

Uygulanan yapısal değişiklikler ile burulmaların önemli derecede azaldıkları görülmektedir. Bu yapıda rijitlik ve kütle merkezi arasındaki uzaklık 3.48 m.dir. Bu uzaklık Yapı Tip

DKP2'ye göre oldukça azalmıştır. Bu yapı içinde tüm η_b sayıları 1.20'den büyüktür. Ancak bu değerler Yapı Tip DKP2'ye oranla daha küçük ve $\max \eta_b = 1.506$ olarak bulunmaktadır.

7.2.3 Yapı tipi DKP4

Yapı Tip DKP2'nin düzensizliğini gidermek amacı ile düzenlenen Yapı Tip DKP4 Şekil 7.6'da gösterilmiştir.



Şekil 7.6 Yapı tipi DKP4 kalıp planı (Özmen, 2001)

Şekilde görüldüğü gibi X doğrultusundaki perdeler yapının sağına kaydırılmış, böylece Y doğrultusundaki perde rijitliklerinde mevcut olan dengesizlik bir miktar giderilmeye çalışılmıştır. Kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki uzaklık 1m dir.

Çizelge 7.8'den görüldüğü gibi tüm η_b burulma düzensizliği katsayıları 1.20 sınır değerine yakındır. Alınacak küçük bazı önlemlerle bu değerler kolayca sınır değer altına düşürülebilir. Belirtmek gerekir ki, bu mertebeki burulma düzensizliklerinin yapı tasarımına etkisi sadece yatay yüklere göre hesabın tekrardan ibarettir. Taşıyıcı elemanların boyutlandırılmasında önemli bir değişiklik olmayacağını söyleyebiliriz.

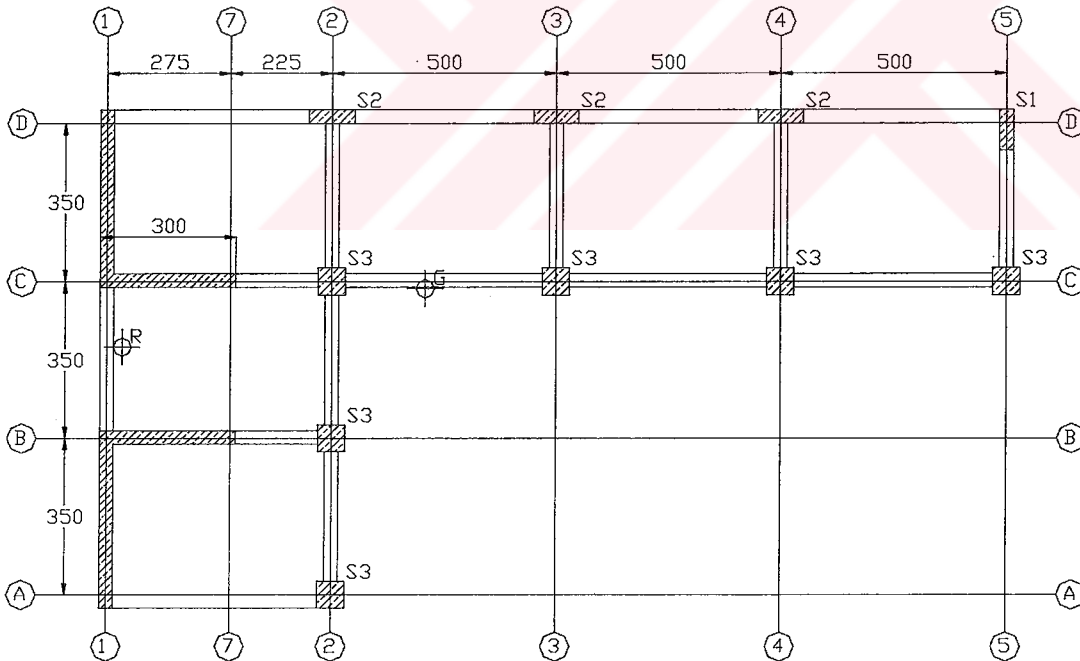
Çizelge 7.8 Yapı tipi DKP4 Y doğrultusu burulma düzensizliği katsayıları

KAT	η_b (y yönü)
8	1.117
7	1.149
6	1.175
5	1.196
4	1.218
3	1.240
2	1.268
1	1.305

7.3 Geometri ve Rijitlik Dağılımı Bakımından Düzensiz Yapılar

Bu bölümde geometri ve rijitlik dağılımı bakımından düzensiz olan yapılar incelenecektir. Buradaki tüm yapılar geometrik olarak Yapı Tip LK1'e benzer seçilmiştir. Analizde kullanılan parametreler değişmemiştir.

7.3.1 Yapı tipi LKP2



Şekil 7.7 Yapı tipi LKP2 kalıp planı (Özmen, 2001)

Düşey taşıyıcı elemanları kolon ve perdelerden oluşan ve LKP2 olarak isimlendirilen Yapı Tip LKP2 Şekil 7.7 'de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi seçilen yapının burulma bakımından en elverişsiz nitelikte olabilmesi için, Y doğrultusundaki perdeler, Yapı Tip

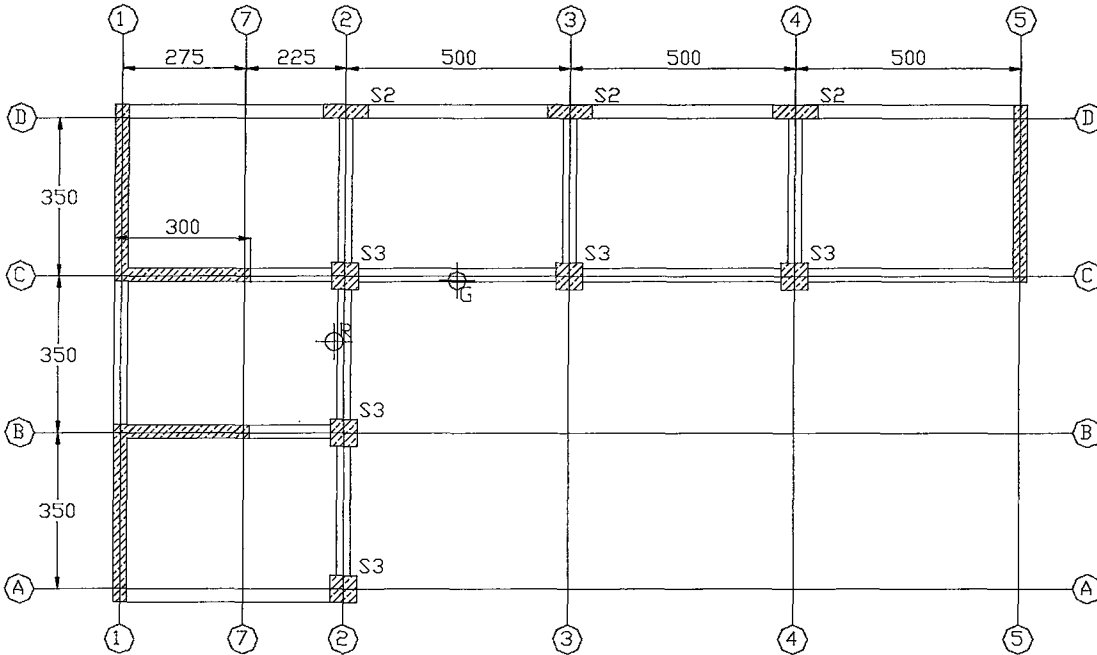
DKP2’de olduğu gibi 1 kenar aksına yerleştirilmiştir. Bu yapının kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki mesafe 6.74 m. dir. İlgili çekici olan nokta, yapısal özellikler bakımından benzer nitelikteki DKP2 tipi yapıda bu uzaklığın daha da büyük olmasıdır. Önceden belirtildiği gibi, rijitlik dağılımı düzensizliğinin geometrik düzensizlikten çok daha etkili olduğu anlaşılmaktadır. Bu yapıya ait burulma düzensizliği katsayıları Çizelge 7.9’da gösterilmiştir. Yapının X yönündeki davranışının simetrik bir yapıdan farklı olmadığı açıkça görülmektedir.

Çizelge 7.9 Yapı tipi LKP2 burulma düzensizliği katsayıları

KAT	η_b (x yönü)	η_b (y yönü)
8	1.086	1.963
7	1.082	1.971
6	1.078	1.971
5	1.076	1.971
4	1.077	1.970
3	1.081	1.976
2	1.092	1.978
1	1.110	1.983

7.3.2 Yapı tipi LKP3

Yapı LKP2’deki aşırı burulmaları gidermek için 1 aksındaki perdeleri dengelemek amacıyla 5 aksına perde yerleştirilmiş ve bu yapının kalıp planı Şekil 7.8’de gösterilmiştir.



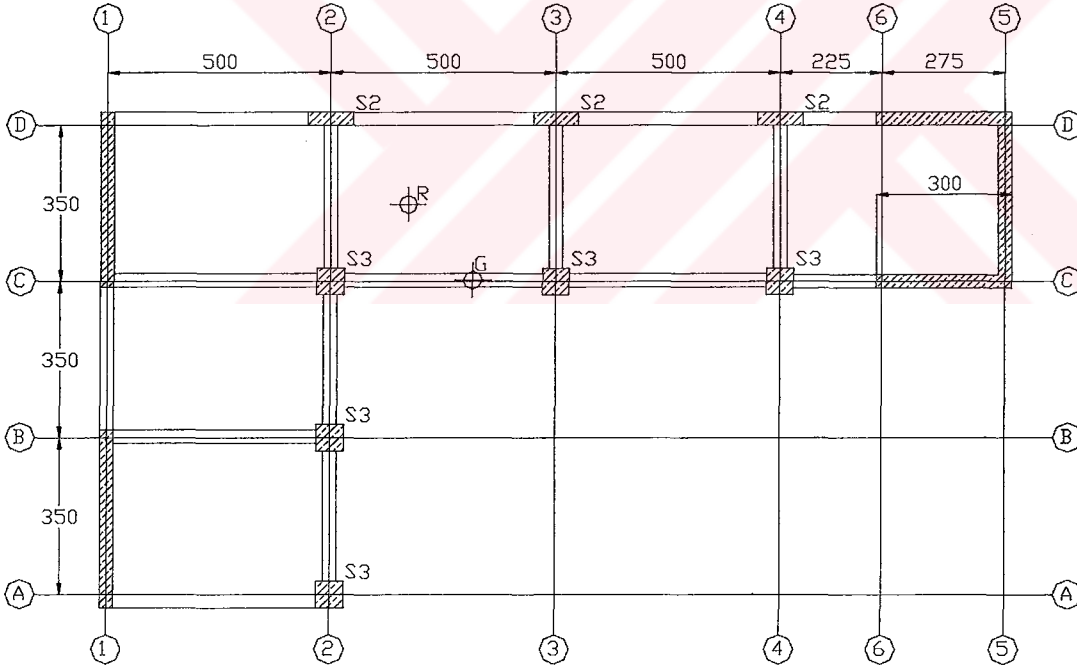
Şekil 7.8 Yapı tipi LKP3 kalıp planı (Özmen, 2001)

Uygulanan yapısal değişiklikler sonucunda kat rijitlik merkezi ile kütle merkezinin arasındaki eksantrisitenin önemli derecede azaldığını ve sonuçta burulma etkilerinin azaldığını görmekteyiz. Analiz sonuçları Çizelge 7.10’da görülmektedir.

Çizelge 7.10 Yapı tipi LKP3 burulma düzensizliği katsayıları

KAT	η_b (x yönü)	η_b (y yönü)
8	1.107	1.752
7	1.085	1.701
6	1.067	1.649
5	1.052	1.599
4	1.039	1.551
3	1.028	1.506
2	1.018	1.457
1	1.006	1.387

7.3.3 Yapı tipi LKP4



Şekil 7.9 Yapı tipi LKP4 kalıp planı (Özmen, 2001)

Perdelerin düzeni bakımından Yapı Tip LKP4’e benzer olan LKP4 Tipi yapının kalıp planı Şekil 7.9’da gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi X doğrultusundaki perdeler yapının sağına kaydırılmış, böylece Y doğrultusundaki perde rijitliklerinde mevcut olan dengesizlik bir miktar giderilmeye çalışılmıştır. Bu uygulama sonucu kütle ve rijitlik merkezleri arasındaki

uzaklığın önemli oranda azaldığı gözlenmektedir. Y yönündeki burulma düzensizliği katsayıları Çizelge 7.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.11 Yapı tipi LKP4 burulma düzensizliği katsayıları

KAT	η_b (x yönü)
8	1.478
7	1.439
6	1.399
5	1.359
4	1.322
3	1.285
2	1.247
1	1.191

Tablodan da görüleceği gibi tüm η_b katsayıları 1.20 sınır değerinden büyüktür. Ancak bu değerler Yapı Tip LKP2 için elde edilen değerlerden önemli oranda düşük olup max $\eta_b = 1.478$ olarak bulunmaktadır.

7.4 DKP ve LKP Tipi Yapıların Karşılaştırılması

Yukarıki bölümlerde LK, LKP Tipi yapıların benzer nitelikteki DK ve DKP Tipi yapılarla karşılaştırılması yapılmış bulunmaktadır. Burada iki yapı grubunun burulma düzensizliği ve donatı özellikleri toplu olarak ele alınıp incelenecektir. Çizelge 7.12’de tüm yapı grubuna ait burulma düzensizliği katsayıları toplu olarak gösterilmiştir.

Çizelge 7.12 LK ve DK Tipi yapılarda burulma düzensizliği katsayıları

TİP	Max η_b	TİP	Max η_b
DK1	1.136	LK1	1.665
DKP1	1.120	LKP1	yok
DKP2	1.806	LKP2	1.983
DKP3	1.506	LKP3	1.752
DKP4	1.305	LKP4	1.478

Görüldüğü gibi, burulma bakımından en elverişsiz nitelikteki DKP2 ve LKP2 Tipi yapıların η_b burulma düzensizliği katsayıları arasındaki fark çok fazla değildir. Bu fark LKP2 Tipi yapının geometrisinden kaynaklanmaktadır. Burulma düzensizliğini gidermek için alınan

önlemler sonucunda, bu katsayıların değerleri her iki yapı grubunda da önemli ölçüde azalmaktadır.

Çizelge 7.13'te tüm yapılara ait maksimum kolon ve perde donatı oranları toplu olarak gösterilmiştir.

Çizelge 7.13 DK ve LK Tipi yapılarda maksimum donatı oranları

YAPI TİPİ	Düşey Taşıyıcı Tipi	Maksimum Donatı Oranı (%)	YAPI TİPİ	Düşey Taşıyıcı Tipi	Maksimum Donatı Oranı
DK1	Kolon	1.19	LK1	Kolon	1.19
	Perde	yok		Perde	yok
DKP1	Kolon	1.19	LKP1	Kolon	yok
	Perde	0.82		Perde	yok
DKP2	Kolon	1.19	LKP2	Kolon	1.19
	Perde	1.02		Perde	0.81
DKP3	Kolon	1.19	LKP3	Kolon	1.19
	Perde	1.03		Perde	0.82
DKP4	Kolon	1.19	LKP4	Kolon	1.19
	Perde	1.09		Perde	0.87

Kolonlarda, tüm yapılarda her katta D aksındaki S2 kolonlarında donatı yüzdesi %1.19, diğer tüm kolonlarda minimum donatı yeterli olmaktadır. Perdelerdeki donatı oranları ise birbirine yakındır. Şunu belirtmek gerekir ki perdelerdeki bu donatı oranları kritik perde bölgesi için geçerlidir. Üst katlara doğru donatı yüzdesi azalarak minimuma doğru yaklaşmaktadır.

Aşırı oranda burulma yapan DKP2 ve LKP2 gibi yapıların boyutlandırılmasında, simetrik yapılardan fazla donatı bulunmamış olması ilgi çekici bir sonuç olarak ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak, her iki yapı tipinin gerek yatay yükler altındaki davranış biçimlerinin, gerekse donatı özelliklerinin benzer nitelikte oldukları söylenebilir.

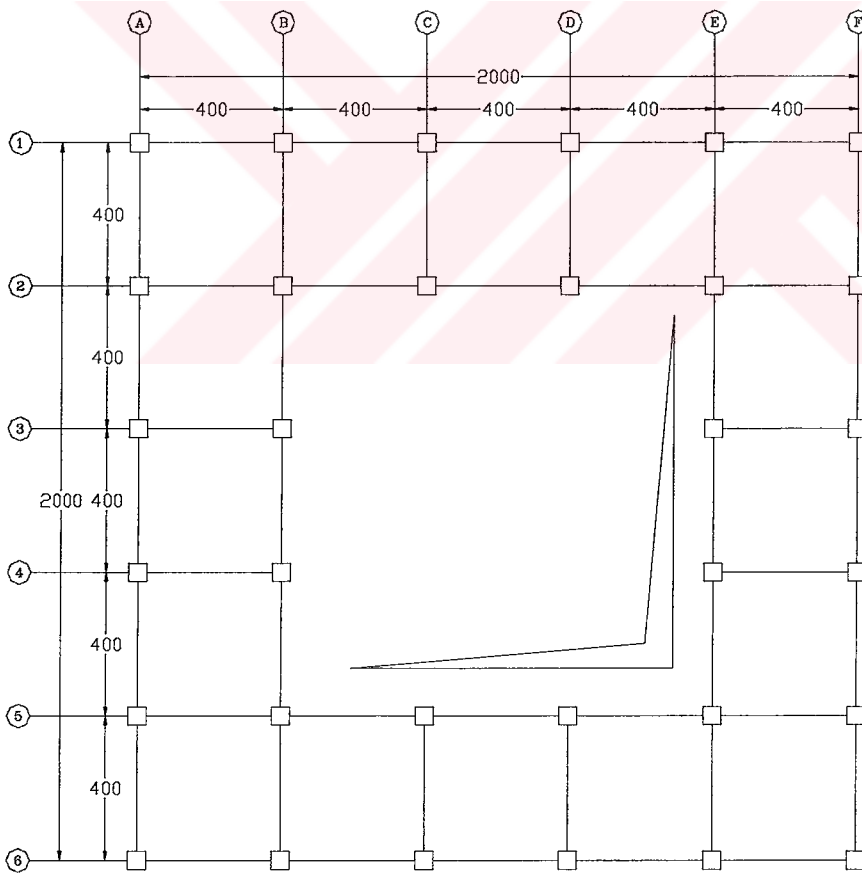
7.5 ÖRNEKLER 2

Bu bölümde dört yapı tipi ele alınacaktır. Bu yapıların analizi yapılarak sonuçları birbiriyle kıyaslanacaktır. Bu nedenle son yapımızda herhangi bir düzensizlik mevcut değildir. Yani bu yapıyı mukayese ölçüsü olarak kullanabileceğimiz şahit numunelere benzetebiliriz.

Tüm yapılarımız 4 katlı, her kat 4m. dir. Kolonlar 50/ 50 cm, döşemeler 20cm. kirişsiz plaktır. Yapı 1. Deprem bölgesinde ve yerel zemin sınıfı Z2' dir. Tüm yapılar $R = 8$ alınarak süneklik düzeyi yüksek olarak seçilmiştir.

Analizler SAP2000 programıyla Dinamik (Mod Birleştirme) Analiz metoduyla yapılmıştır.

7.5.1 Yapı tipi 1



Şekil 7.10 Yapı tipi 1

İncelenen yapının kalıp planı Şekil 7.10'da verilmiştir. Bu şekilde yapı planlarıyla daha çok iş merkezi veya alışveriş merkezi olarak tasarlanmış yapılarda karşı karşıya kalınabilir. Bu tip

yapılarda mimari gerekçelerden dolayı yapının ortasında avlu şeklinde tanımlanabilecek büyük bir boşluk bulunur.

$$\text{Yapı Brüt İnşaat Alanı (A)} = 20\text{m} \times 20\text{m} = 400 \text{ m}^2$$

$$\text{Boşluk Alanı (Ab)} = 12\text{m} \times 12\text{m} = 144 \text{ m}^2$$

$$Ab / A = 144 / 400 = 0.36 > 0.33$$

Görüldüğü gibi yapıda boşluk alanının yapı brüt alanına oranı Yönetmeliğin sınırlamasının üzerinde kalmaktadır ve yapıda A2 düzensizliği vardır.

A2 türü düzensizlik içeren yapılar için Deprem Yönetmeliği, döşemelerin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı elemanları arasında güvenle aktarabildiğinin hesapla doğrulanmasını istemektedir. Bunun için döşemelerin rijit diyafram olarak çalışmadığı bu yapılarda, yatay düzlemdeki şekil değiştirmelerin gözönüne alınmasını sağlayacak yeterlikte bağımsız statik yerdeğiştirme bileşeni hesapta gözönüne alınacaktır. Bunu sağlamak için döşemede 1m x 1m'lik sonlu eleman ağı oluşturulmuş ve kat kütleleri bu 1m x 1m'lik elemanların köşe düğüm noktalarına dağıtılmıştır. Sönüm oranı tüm modlarda %5 kabul edilerek yapılan analiz sonucu elde edilen ilk 8 moda ait periyot ve etkin kütle katılım değerleri Çizelge 7.14'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.14 Mod periyotları ve kütle katılım oranları

Mod	Periyot (sn)	Kütlelerin Katılım Oranları (%)	
		X doğrultusu	Y doğrultusu
1	0.93032	0.0000	77.5546
2	0.93032	77.5546	0.0000
3	0.86927	0.0000	0.0000
4	0.247376	14.1939	0.2750
5	0.247376	0.2750	14.1939
6	0.235439	0.0000	0.0000
7	0.11083	1.8141	4.1226
8	0.11083	4.1226	1.8141
	Toplam	97.9603	97.9603

7.5.1.1 Döşemede gerilme kontrolü

Maksimum asal kuvvetlerin oluşturduğu çekme gerilmelerini kontrol edersek, deprem X yönünde;

$$F_{\max} = F_{11} = 2.66 \text{ t} = 2660 \text{ kg}$$

$$\sigma = F / A \quad A: \text{Enkesit Alanı}$$

$$\sigma = 2660 / 2000 = 1.33 \text{ kg/ cm}^2$$

$$\text{BS30 için } f_{ctd} = 12.50 \text{ kg/ cm}^2$$

Gerilmeleri deprem Y yönünde kontrol edersek;

$$F_{\max} = F_{22} = 2.68 \text{ t} = 2680 \text{ kg}$$

$$\sigma = F / A \quad A: \text{Enkesit Alanı}$$

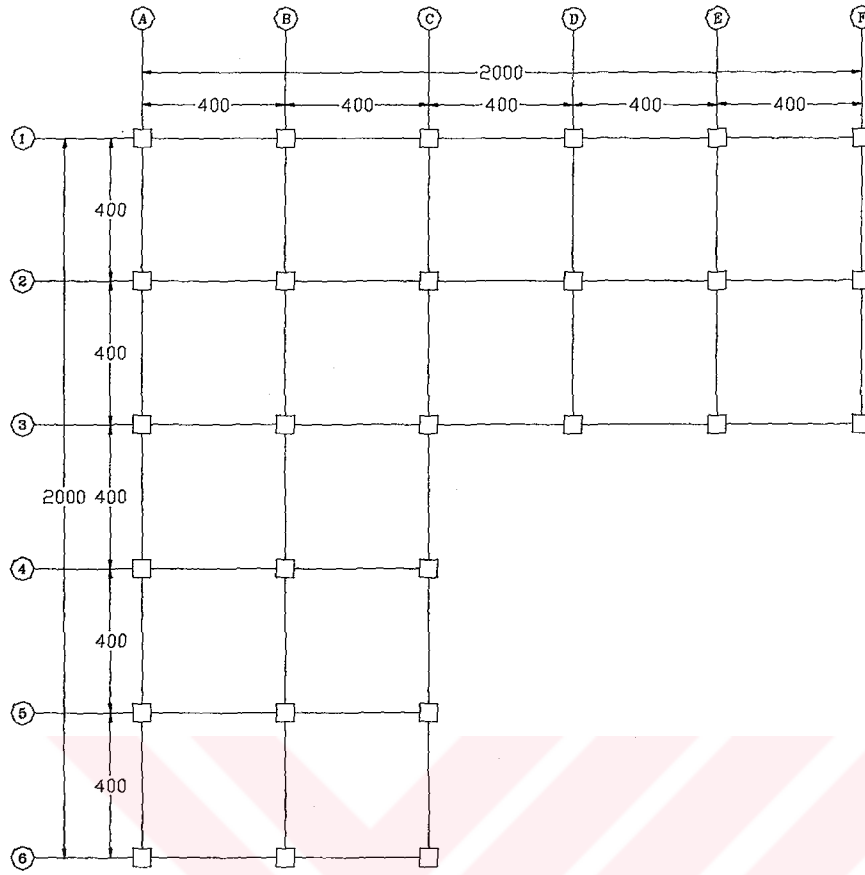
$$\sigma = 2680 / 2000 = 1.34 \text{ kg/ cm}^2$$

$$\text{BS30 için } f_{ctd} = 12.50 \text{ kg/ cm}^2$$

Hesaplardan da anlaşılacağı gibi zar iç kuvvetlerinden dolayı döşemede meydana gelen gerilmeler beton çekme dayanımına göre düşük mertebededir.

7.5.2 Yapı tipi 2

Şekil 7.11'de gösterilen yapının analizinde kullanılan parametreler Yapı Tip 2 ile aynıdır. Bu yapıda ise 12m x 12m olan boşluk yapının köşesine kaydırılmıştır. Bu uygulama sonucu yapımız Deprem Yönetmeliğinde açıklanan A3, planda çıkıntılar bulunması düzensizliğini içeren tipik bir yapıya dönüşmüştür. Yapı örneğinde X ve Y doğrultusunda planda çıkıntı yapan kısım plan toplam boyutunun %60'ını oluşturmaktadır. Bu durum Deprem Yönetmeliğinde belirtilen %20 sınırlamasının çok üzerinde kalmaktadır. A3 türü düzensizlik içeren yapılar içinde Deprem Yönetmeliği, döşemelerin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiğinin hesapla doğrulanmasını istemektedir. Bunun için yapı önceki örnekte olduğu sonlu elemanlara ayrılıp analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 7.15'de verilmiştir.



Şekil 7.11 Yapı tipi 2

Çizelge 7.15 Mod periyotları ve kütle katılım oranları

Mod	Periyot (sn)	Kütlelerin Katılım Oranları (%)	
		X doğrultusu	Y doğrultusu
1	0.91903	38.8567	38.8567
2	0.91863	39.1468	39.1468
3	0.85127	0.2919	0.2919
4	0.24996	6.9753	6.9753
5	0.24994	6.9711	6.9711
6	0.23278	0.0018	0.0018
7	0.11459	2.8861	2.8861
8	0.11454	2.8841	2.8841
	Toplam	98.0138	98.0138

7.5.2.1 Döşemede gerilme kontrolü

Maksimum asal kuvvetlerin oluşturduğu çekme gerilmelerini kontrol edersek, deprem X yönünde;

$$F_{\max} = F_{11} = 3.39 \text{ t} = 3390 \text{ kg}$$

$$\sigma = F / A \quad A: \text{Enkesit Alanı}$$

$$\sigma = 3390 / 2000 = 1.695 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{BS30 için } f_{ctd} = 12.50 \text{ kg/cm}^2$$

Gerilmeleri deprem Y yönünde kontrol edersek;

$$F_{\max} = F_{22} = 3.35 \text{ t} = 3350 \text{ kg}$$

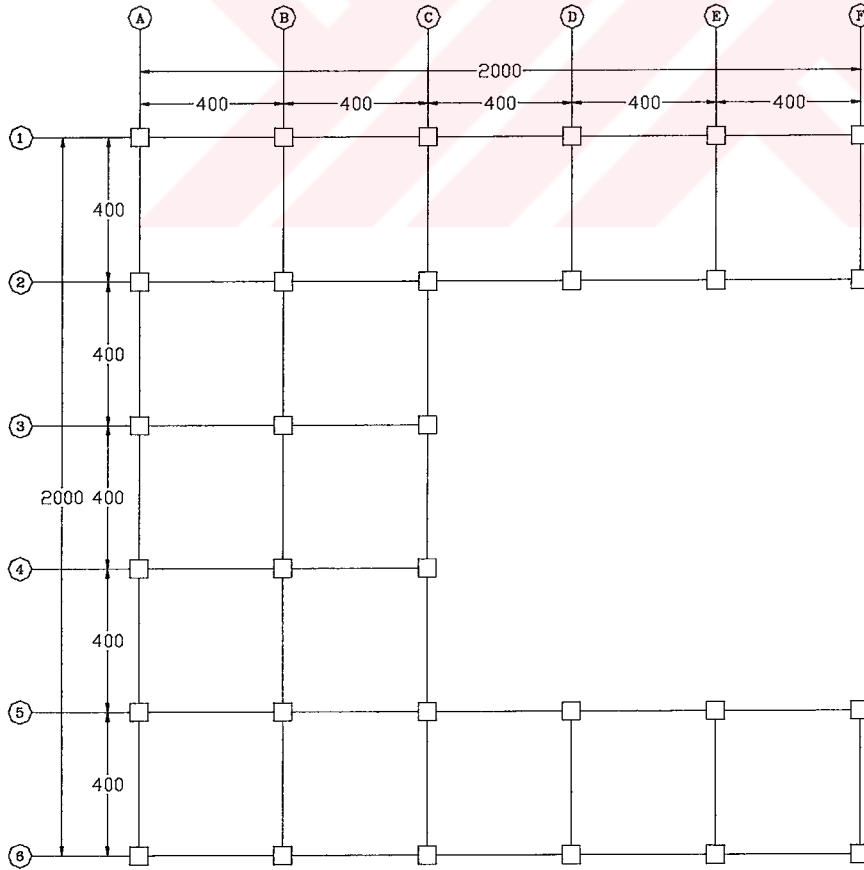
$$\sigma = F / A \quad A: \text{Enkesit Alanı}$$

$$\sigma = 3350 / 2000 = 1.675 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{BS30 için } f_{ctd} = 12.50 \text{ kg/cm}^2$$

Hesaplardan da anlaşılacağı gibi zar iç kuvvetlerinden dolayı döşemede meydana gelen gerilmeler beton çekme dayanımına göre düşük mertebededir

7.5.3 Yapı tipi 3



Şekil 7.12 Yapı tipi 3

Yapı tipi 3, boşluk yapının ortasına kaydırılarak elde edilmiştir. Bu yapıya ait analiz sonuçları Çizelge 7.16’da verilmiştir.

Çizelge 7.16 Mod periyotları ve kütle katılım oranları

Mod	Periyot (sn)	Kütlelerin Katılım Oranları (%)	
		X doğrultusu	Y doğrultusu
1	0.91903	38.8567	38.8567
2	0.91863	39.1468	39.1468
3	0.85127	0.2919	0.2919
4	0.24996	6.9753	6.9753
5	0.24994	6.9711	6.9711
6	0.23278	0.0018	0.0018
7	0.114595	2.8861	2.8861
8	0.114542	2.8841	2.8841
	Toplam	98.0138	98.0138

7.5.3.1 Döşemede gerilme kontrolü

Maksimum asal kuvvetlerin oluşturduğu çekme gerilmelerini kontrol edersek, deprem X yönünde;

$$F_{\max} = F_{11} = 2.86 \text{ t} = 2860 \text{ kg}$$

$$\sigma = F / A \quad A: \text{Enkesit Alanı}$$

$$\sigma = 2860 / 2000 = 1.43 \text{ kg/ cm}^2$$

$$\text{BS30 için } f_{ctd} = 12.50 \text{ kg/ cm}^2$$

Gerilmeleri deprem Y yönünde kontrol edersek;

$$F_{\max} = F_{22} = 3.742 \text{ t} = 3742 \text{ kg}$$

$$\sigma = F / A \quad A: \text{Enkesit Alanı}$$

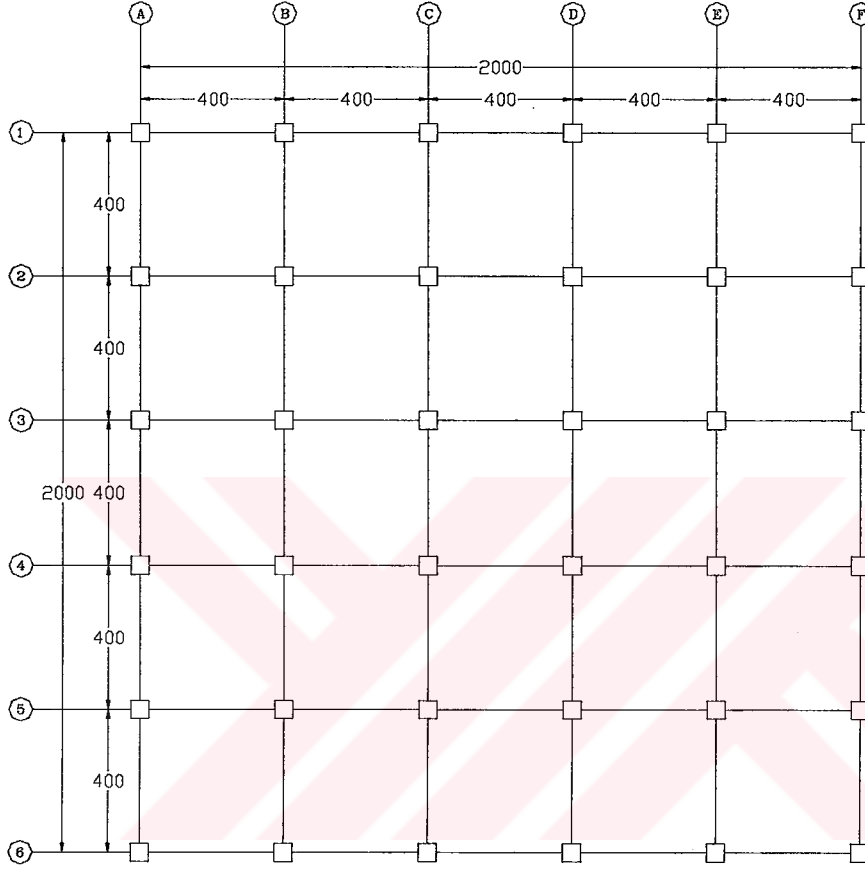
$$\sigma = 3742 / 2000 = 1.871 \text{ kg/ cm}^2$$

$$\text{BS30 için } f_{ctd} = 12.50 \text{ kg/ cm}^2$$

Hesaplardan da anlaşılacağı gibi zar iç kuvvetlerinden dolayı döşemede meydana gelen gerilmeler beton çekme dayanımına göre düşük mertebededir.

7.5.4 Yapı tipi 4

Şekil 7.12’de gösterilen yapı tipi 4 boşluksuz olup düzensizlik içermemektedir. Bu yapının analiz sonuçları diğer yapılarla kıyaslanacaktır. Analiz sonuçları Çizelge 7.17’de verilmiştir.



Şekil 7.13 Yapı tipi 4

Çizelge 7.17 Mod periyotları ve kütle katılım oranları

Mod	Periyot (sn)	Kütlelerin Katılım Oranları (%)	
		X doğrultusu	Y doğrultusu
1	0.90814	0.0041	78.9777
2	0.90814	78.9777	0.0041
3	0.85015	0.0000	0.0000
4	0.25182	0.0020	13.4865
5	0.25182	13.4865	0.0020
6	0.23491	0.0000	0.0000
7	0.11783	4.1230	1.4927
8	0.11783	1.4927	4.1230
	Toplam	98.0859	98.0859

7.5.4.1 Döşemede gerilme kontrolü

Maksimum asal kuvvetlerin oluşturduğu çekme gerilmelerini kontrol edersek, deprem X yönünde;

$$F_{\max} = F_{11} = 3.92 \text{ t} = 3920 \text{ kg}$$

$$\sigma = F / A \quad A: \text{Enkesit Alanı}$$

$$\sigma = 3920 / 2000 = 1.96 \text{ kg/ cm}^2$$

$$\text{BS30 için } f_{ctd} = 12.50 \text{ kg/ cm}^2$$

Gerilmeleri deprem Y yönünde kontrol edersek;

$$F_{\max} = F_{22} = 3.92 \text{ t} = 3920 \text{ kg}$$

$$\sigma = F / A \quad A: \text{Enkesit Alanı}$$

$$\sigma = 3920 / 2000 = 1.96 \text{ kg/ cm}^2$$

$$\text{BS30 için } f_{ctd} = 12.50 \text{ kg/ cm}^2$$

Hesaplardan da anlaşılacağı gibi zar iç kuvvetlerinden dolayı döşemede meydana gelen gerilmeler beton çekme dayanımına göre düşük mertebededir.

Sonuç olarak tüm yapılarda döşemelerde membran kuvvetlerinden oluşan gerilmeler birbirine yakın ve beton çekme gerilmeleri yanında oldukça düşük kalmaktadır. Bu örneklerde, döşemede süreksizlikler olması (A2) ve planda çıkıntılar olması (A3) düzensizliklerinden dolayı yapılarda yatay yüklerin güvenle düşey taşıyıcı elemanlara dağıtılmasında bir sorun oluşmamaktadır. Döşemenin zorlanmasına yol açacak durum muhtemelen çok katlı yüksek yapılarda ortaya çıkabilir.

8. SONUÇLAR

Dünya deprem yönetmelikleri ve standartlarının incelenmesinden görülmüştür ki; hemen hemen tüm dünya ülkeleri yönetmeliklerinde, yapıların taşıyıcı sistemlerinde düzensizliğe yol açan uygulamalardan kaçınılması gerektiği ısrarla vurgulanmıştır. Özellikle yönetmeliklerin bir çoğu burulma düzensizliğine ve buna neden olan sebepler üzerinde durmuş ve bunu önlemek için yapıların kütle merkezi ile rijitlik merkezinin çakışması için yapının planda kompakt bir formda olması, rijitliklerin düzenli dağılması ve komşu katlar arasında ani rijitlik değişimlerinin olmamasını istemiştir.

Çalışmanın 7.1 Örnekler 1 bölümünde yapılan çalışmalardan aşağıdaki önemli sonuçlar elde edilmiştir.

- 1- Genel olarak, geometri ve rijitlik dağılımı bakımından simetrik olan yapılarda burulma düzensizliği yoktur.
- 2- Özellikle kenar akslarda perdeleri bulunan yapılar burulma düzensizliği bakımından daha düzenli davranmaktadırlar.
- 3- Geometri ve rijitlik dağılımı bakımından simetrik olan bazı yapılarda, burulma düzensizliği katsayıları 1.20 sınır değerine yaklaşabilmektedir.
- 4- Burulma düzensizliği bakımından rijitlik dağılımının geometriye oranla daha önemli bir faktör olduğu ortaya çıkmaktadır.
- 5- Uygulamada karşılaşılan planda simetrik olmayan yapılarda, rijitlik bakımından büyük bir düzensizlik olmaması halinde, burulma düzensizliği katsayıları makul düzeylerde kalmaktadır.
- 6- Bu tür yapıların “Zayıf” akslarındaki taşıyıcı elemanlarda küçük boyut arttırmaları sonunda burulma düzensizliği geniş ölçüde giderilmektedir.
- 7- Rijitlik dağılımı bakımından düzensiz olan yapılarda, burulma düzensizliği çok yüksek düzeylerde olabilmektedir.
- 8- Burulma düzensizliğini azaltmak için en etkili önlem zayıf akslara kısıtlı sayı ve boyutta da olsa, perde(ler) yerleştirilmesidir.
- 9- Yüksek oranda burulma düzensizliği olan yapılarda bile, boyutlandırma bakımından önemli bir olumsuzlukla karşılaşmamaktadır.
- 10- Hem geometri hem de rijitlik dağılımı bakımından düzensiz olan yapıların incelenmesinden elde edilen en önemli sonuç, bu tip yapıların davranış biçimlerinin

sadece rijitlik dağılımı bakımından düzensiz olan yapılar ile paralel nitelikte olmasıdır. Buradan, burulma düzensizliğinin hemen hemen sadece planda rijitlik dağılımının dengesiz olmasına bağlı olduğu sonucuna varılmaktadır.

Deprem Yönetmeliğinin A2 ve A3 türü düzensizlikler için döşemelerin rijit diyafram olarak çalışamayacağının gözönüne alınmasını istemektedir. Buna uygun olarak incelenen 7.5 Örnekler 2 bölümündeki yapılarda bu durum hesaba yansıtılmıştır. Fakat alınan sonuçlar döşemelerde yüksek miktarda gerilme oluşmadığını göstermektedir. Döşemenin zorlanmasına yol açacak durum muhtemelen çok yüksek katlı yapılarda ortaya çıkabilir. Dolayısıyla bu düzensizlik durumlarının yapının kat sayısı ile beraber değerlendirilmesi daha olumlu olacaktır.

Yönetmelik döşeme süreksizliği için döşemedeki boşlukların plan alanına oranını kıstas olarak almıştır. Döşeme süreksizliğinde daha ciddi sonuçlar doğurabilecek durum, süreksizliğin alan olarak miktarından çok nerede bulunduğu.



KAYNAKLAR

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY 1997), İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara

Bayülke, N. (1989), Depremler ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Teknik Yayınevi, Ankara

Celep, Z. ve Kumbasar, N. (1993), Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık, İstanbul

Celep, Z. ve Kumbasar, N. (1998), Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık, İstanbul

Earthquake Resistant Design of Structures (Eurocode8) (1993), European Committee For Standardization, Brussels

Hasgür, Z. ve Gündüz, N. (1996), Betonarme Çokkatlı Yapılar, Bete Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul

Regulations for Seismic Design – A World List (1996), International Association for Engineering, Tokyo

Recommended Lateral Force Requirements And Commentary (1990), Seismology Committee Structural Engineers Association of California, Sacramento

Özden, K. ve Kumbasar, N. (1993), Betonarme Yüksek Binalar, İTÜ Vakfı Yayınları, İstanbul

ÖZMEN, G. (2001), Çok Katlı Yapılarda Burulma Düzensizliği, Türkiye Deprem Vakfı Teknik Rapor TR 036-61, İstanbul

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	23.04.1976	
Doğum Yeri	Bursa	
Lise	1990- 1993	Gaziantep Fen Lisesi
Lisans	1993- 1998	İTÜ İnşaat Fakültesi İnşaat Müh.
Yüksek Lisans	1998- 2001	YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Yapı Mühendisliği Programı

