

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇERÇEVELİ TAŞIYICI SİSTEMLERDE DÜŞEYDEKİ
DÜZENSİZLİKLERİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Hami ÇAMYAR

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Tez Danışmanı : Yrd.Doç. Dr. Hüseyin KASAP

Ağustos 2009

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇERÇEVELİ TAŞIYICI SİSTEMLERDE DÜŞEYDEKİ
DÜZENSİZLİKLERİN İNCELENMESİ


YÜKSEK LİSANS TEZİ

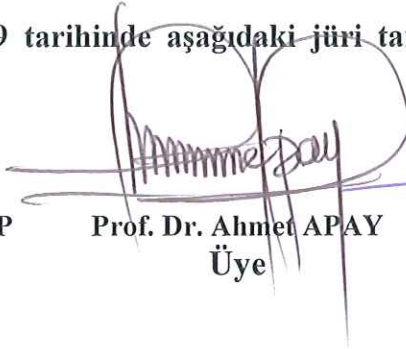
İnş.Müh. Hami ÇAMYAR

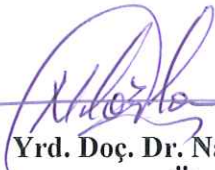
Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez 10 / 08 /2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Yrd. Doç. Dr. Hüseyin KASAP
Jüri Başkanı


Prof. Dr. Ahmet APAY
Üye


Yrd. Doç. Dr. Naci ÇAĞLAR
Üye

ÖNSÖZ

Yapılacak olan yapının ilk önce konumu ve hangi amaçla kullanılacağı belirlenmelidir. Yönetmelik kuralları içerisinde düzenli veya düzensiz yapı diye isimlendirmek lazımdır.

Bu çalışmada yapının düzenli veya düzensizlik halleri en ince ayrıntısına kadar incelenmiştir. Yönetmelikteki maddeler incelenmiş ve geçmişte yaşanmış olan depremlerden bir takım örnekler verilmiştir. Türkiye ve diğer Avrupa ülkeleri deprem yönetmelikleri arasındaki farklar anlatılmıştır.

Çalışmam esnasında yardım ve ilgisini esirgemeyen sayın hocam Yrd.Doç.Dr. Hüseyin KASAP'a şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLolar LİSTESİ.....	xiv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xviii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
------------	---

BÖLÜM 2.

DEPREME DAYANIKLI BETONARME TAŞIYICI SİSTEM TASARIM

İLKELERİ.....	7
2.1. Düzenli Yapılar.....	9
2.2. Yapısal Düzensizlikler.....	9
2.3. Düzensizlik Türleri.....	11
2.3.1. Planda düzensizlik durumları.....	11
2.3.1.1. Burulma düzensizliği (A1).....	11
2.3.1.2. Döşeme süreksizliği (A2).....	15
2.3.1.3. Planda çıkıntılar bulunması (A3).....	17
2.3.1.4. Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması (A4).....	18
2.3.2. Düşeyde düzensizlik	19
2.3.2.1. Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (B1).....	19
2.3.2.2. Yumuşak kat düzensizliği (B2).....	29
2.3.2.3. Taşıyıcı sistem düşey elemanlarının süreksizliği(B3).....	34

BÖLÜM 3.

ZAYIF VE YUMUŞAK KAT KRİTERİNDEKİ EKSİKLİKLER.....	37
3.1. Zayıf Kat Kriterindeki Eksiklikler.....	37
3.1.1. Yönetmelikteki zayıf kat kriterinin yetersizliği.....	37
3.1.2. Zayıf kat kriterini geliştirmek için bir öneri.....	41
3.1.3. Sayısal örnek.....	42
3.2. Yumuşak kat kriterindeki hata ve eksiklikler.....	43
3.2.1. Yönetmelikteki yumuşak kat kriterinin eksikliği.....	43
3.2.2. Yumuşak kat kriteri için bir öneri.....	44

BÖLÜM 4.

DEPREME DAYANIKLI BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ TASARIMI.....	47
4.1. Yapının Bütünü Üzerine.....	47
4.1.1. Düzensiz kütle hareketi.....	48
4.1.2. Dilatasyon derzleri arasında çekiçleme.....	51
4.1.3. Yapı yüksekliğince kütle ve rijitlik değişimi.....	54
4.1.4. Düzensiz kütle yığılması.....	55
4.1.5. Düzenli yapıda kısa kolon oluşturulması.....	56
4.1.6. Kısa bodrum kat düzensizliği: kısa kolon.....	57
4.1.7. Köprülerde zemin geometrisinin zorladığı kısa kolon oluşumu.....	58
4.1.8. Eğimli arazide kısa kolon oluşumu	59
4.1.9. Eksenleri çakışmayan kat kirişleri.....	61
4.1.10. Kuvvetli kiriş ve zayıf kolon oluşumu.....	62
4.1.11. Uyumsuz temel tipleri.....	63
4.1.12. Çekme kat düzensizliği.....	64
4.1.13. Yumuşak kat düzensizliği.....	65
4.1.14. Perdenin zemin katta kolona dönüşmesi.....	66
4.1.15. Kiriş açıklıkları ve kiriş derinliği ilişkisi.....	67
4.1.16. Temelden çatıya kolonların sürekli olması.....	68
4.2. Kat Planı Üzerine.....	71
4.1.1. Düzgün aralıklı ve dik kesişen çerçeveler.....	71
4.2.2. Kat içinde süreksiz kirişlerden kaçınılmalıdır.....	72

4.2.3. Kat içindeki kirişlerin tümü aynı kesite sahip olmalıdır	73
4.2.4. Kat burulmasına izin verilmemeli veya minimum değerde tutulmalıdır.....	75
4.2.5. Sonsuz rijit döşeme varsayımı zorlanmamalıdır.....	77
4.2.6. Çok uzun tek yönlü döşeme oluşturulmamalıdır.....	79
4.2.7. Kirişlerin düğüm noktasında mesnet görevi yapan düşey taşıyıcı bulunmalıdır.....	80
4.2.8. Mesnete yakın saplanan kirişler oluşturulmamalıdır.....	81
4.2.9. Döşeme nervürlerinin doğrultusu doğru seçilmelidir.....	82
4.2.10. Nervür doğrultusu döşemenin uzun kenarına paralel olmalıdır.....	84
4.2.11. Kat planı içinde kırık akslı kiriş kullanılmamalıdır.....	85
4.2.12. Planda kırık çerçevelerden kaçınılmalıdır.....	85
4.2.13. Kiriş-kolon birleşiminde mesnetlenme iyi olmalıdır.....	86
4.2.14. Alt kat- üst kat kolon aksları aynı düşey eksen üzerinde olmalıdır.....	87
4.2.15. Kolon kesitleri yapının zayıf devrilme yönü dikkate alınarak seçilmelidir.....	89
4.2.16. Perdeler kat planı içinde kapalı kutu oluşturacak şekilde yerleştirilmelidir.....	90
4.2.17. Perde yerleşimi simetrik olmalıdır.....	91
4.2.18. Aşırı uzun konsol kiriş kullanımından kaçınılmalıdır.....	92
4.2.19. Konsol plak balkonlarda çevre kirişi kullanılmalıdır.....	92
4.2.20. Kirişlerde guse kullanımı düşünülebilir.....	93
4.2.21. Kat aralarında tekil süreksiz perdeler kullanılmamalıdır.....	94
4.2.22. Döşemede diyafram görevini zayıflatan büyük boşluklar bırakılmamalıdır.....	95

BÖLÜM 5.

DEPREM YÖNETMELİKLERİNDE YAPISAL DÜZENSİZLİKLERİN

KARŞILAŞTIRILMASI.....

5.1. 2007 Deprem Yönetmeliğindeki Değişiklikler.....

5.2. Yapısal Düzensizlikler.....

5.2.1. Planda düzensizlikler (A türü).....	99
5.2.1.1 (A1)-Burulma düzensizliği.....	100
5.2.1.2 (A2)-Döşeme süreksizliği.....	100
5.2.1.3 (A3)-Planda çıkıntılar bulunması.....	101
5.2.1.4 (A4)-Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması durumu.....	101
5.2.2. Düşeyde düzensizlikler (B türü).....	102
5.2.2.1 (B1)-Komşu katlar arası dayanım düzensizliği.....	102
5.2.1.2 (B2)-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği.....	102
5.2.1.3 (B3)-Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği.....	103
5.3. Düzensizlikler İle İlgili Diğer Yönetmelik Koşulları.....	104
5.3.1. Uniform building code (UBC 94).....	104
5.3.1.1 Döşemenin tanımı.....	104
5.3.1.2 Düzensiz yapıların tanımı.....	105
5.3.1.3 Eşdeğer deprem yükü yöntemi.....	105
5.3.1.4 Döşemeler.....	105
5.3.2. Earthquake resistant design of structures (Eurocode 8).....	106
5.3.3. Eurocode 8 ve uniform building code 94'ün düzensiz yapılara yaklaşımı.....	107
5.3.3.1. Düşeyde düzensizlik kriteri.....	107
5.3.3.2. Plandaki düzenlilik kriteri.....	111
5.3.3.3. Eurocode 8 ve Uniform building code 94 deprem yönetmeliklerine göre hesap yöntemlerinin seçimi ...	114

BÖLÜM 6.

6 KATLI BETONARME ÇERÇEVELİ SİSTEMİN STA4CAD İLE

ANALİZİ.....	118
6.1. Yapılacak İşlemler.....	119
6.2. Düzensizliklerin irdelenmesi.....	120
6.2.1. A1- Burulma düzensizliği kontrolü.....	120
6.2.2. B2- Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	121
6.2.3. B1- Komşu katlar arası dayanım düzensizliği kontrolü.....	122

6.2.4. B3- Düşey elemanların süreksizliği kontrolü.....	123
6.3. Hesap yönteminin belirlenmesi.....	123
6.3.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemi.....	123
6.3.1.1. Doğal titreşim periyodunun belirlenmesi.....	123
6.3.1.2. Spektiral ivme katsayısının belirlenmesi.....	124
6.3.1.3. Taşıyıcı sistem davranış katsayısının belirlenmesi	124
6.3.1.2. Eşdeğer deprem yükleri.....	124
6.4. Farklı kesitlerin iç kuvvet değerleri (M,V,N) değerleri.....	126
6.4.1. Eşdeğer deprem yükleri.....	152
BÖLÜM 7.	
SONUÇLAR	158
KAYNAKLAR.....	159
ÖZGEÇMİŞ.....	161

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$A_{ef,i}$: Bir kattaki efektif en kesit alanlarının toplamı
A_c	: Bir kattaki kolonların en kesit alanlarının toplamı
A_s	: Bir kattaki perdelerin en kesit alanlarının toplamı
A_m	: Bir kattaki dolgu duvarların en kesit alanlarının toplamı
B_a	: Taşıyıcı sistem elemanın a asal eksenine doğrultusundaki iç kuvvet büyüklüğü
B_{ax}	: Taşıyıcı sistem elemanın a asal eksenine doğrultusunda, x doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
B_{ay}	: Taşıyıcı sistem elemanın a asal eksenine doğrultusunda, Y doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
D_i	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde burulma düzensizliği olan binalar için i 'inci katta \pm %5 ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısı
d_i	: Binanın i 'inci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirme
D_s	: Rijitlik yarıçapı
E_0	: Statik dışmerkezlik E_s deki dinamik artış miktarı
E_s	: Statik dışmerkezlik
F_t	: Ek tepe kuvveti
F_i	: i 'nci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
H_i	: Binanın i 'inci katının temel üstünden ölçülen yüksekliği
h_i	: Binanın i 'inci katının kat yüksekliği
I_c	: Bir kattaki kolon atalet momentlerinin toplamı
I_s	: Bir kattaki betonarme perde atalet momentlerinin toplamı,
I_m	: Bir kattaki dolgu duvarı brüt en kesitlerinin atalet momentleri toplamı

L	: Deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutu
m_i	: Binanın i'inci katının kütlesi ($m_i = w_i / g$)
N	: Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı
P	: Kütle yarıçapı
Z	: Deprem bölgesi katsayısı
V_{cr}	: Kesitin kesme kuvveti
V_d	: Tasarım kesme kuvveti
V_r	: Kesme kuvveti
W_i	: Binanın i. Katının aralığı
W_{px}	: Döşemenin bulunduğu katın, hareketli yük göz önüne alınarak belirlenen ağırlığı
X	: Döşemenin bulunduğu kat numarası
Δ_i	: Binanın i'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{max}$: Binanın i'inci katındaki maksimum görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{min}$: Binanın i'inci katındaki minimum görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$: Binanın i'inci katındaki ortalama görelî kat ötelemesi
η_{bi}	: i'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
η_{ci}	: i'inci katta tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı
η_{ki}	: i'inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı
$\sum A_e$: Herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusundaki etkili kesme alanı
$\sum A_w$: Herhangi bir katta kolon enkesiti etkin gövde alanları A_w 'ların toplamı
A_w	: Kolon enkesiti etkin gövde alanıdır
$\sum A_k$: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna Toplamı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Binada görelî kat ötelemelerinin belirlenmesi.....	13
Şekil 2.2.	Deprem kuvvetlerinin kaydırılmış kütle merkezine uygulanması.....	14
Şekil 2.3.	Bir katlı binada kaydırılmış kütle merkezi ve kütle matrisi.....	15
Şekil 2.4.	Döşeme süreksizliği düzensizliği.....	17
Şekil 2.5.	Planda çıkıntılar bulunması.....	18
Şekil 2.6.	Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması düzensizliği....	19
Şekil 2.7.	Komşu katlar arası dayanım düzensizliğii	20
Şekil 2.8.	Zayıf kat düzensizliği olabilecek istinat perdeli bina görünüşü.....	22
Şekil 2.9.	Yamaçtaki istinat perdeli binada zayıf kat düzensizlik oluşumu.....	22
Şekil 2.10.	Yamaçtaki kademeli istinat perdeli binada temellerin birbirileriyle etkileşimleri.....	23
Şekil 2.11.	Olive View hastanesi zayıf kat hasarı	25
Şekil 2.12.	Casa Micasa binası zayıf kat hasarı.....	26
Şekil 2.13.	Imperial county belediye binası zayıf kat hasarı.....	27
Şekil 2.14.	Kobe şehir merkezinde 6 katlı binalarda zayıf kat hasarı.....	28
Şekil 2.15.	Adapazarı'nda 5 katlı binanın zayıf katında ağır hasar.....	29
Şekil 2.16.	Depremde binada oluşabilecek görelî kat ötelemesi.....	31
Şekil 2.17.	Yumuşak kat ve ideal göçme mekanizması.....	33
Şekil 2.18.	İlk katı yumuşak kat nedeniyle göçmüş bir bina (Goel, 2003)...	33
Şekil 2.19.a.	Kolonların konsol ve guselere oturtulması.....	34
Şekil 2.19.b.	Kolonların iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumu.....	35
Şekil 2.19.c.	Perdenin kolonlara oturması durumu.....	35
Şekil 2.19.d.	Perdenin kirişlere oturması durumu.....	36
Şekil 3.1.	Gölcük- körfez yukarı mahallede zayıf kat hasarı.....	39

Şekil 3.2.	Gölcük- körfez yukarı mahalledeki 3 katlı binanın kalıp planı..	40
Şekil 3.3.	Gölcük- körfez yukarı mahalledeki 3 katlı binanın boy kesiti...	41
Şekil 3.4.	Adapazarı'nda şekil 2.15'te gösterilen binanın zemin katının içi.....	46
Şekil 4.1.a.	Deprem altında uyumsuz kütle hareketi gösteren yapı örnekleri	49
Şekil 4.1.b.	Deprem altında uyumsuz kütle hareketi gösteren yapı örnekleri	50
Şekil 4.1.c.	Deprem altında uyumsuz kütle hareketi gösteren yapı örnekleri	51
Şekil 4.2.a.	Yapı blokları arasında çekişleme.....	52
Şekil 4.2.b.	İki ayrı blokta kat düzeylerinin aynı olmaması durumunda çekişleme olayı.....	53
Şekil 4.2.c.	İki ayrı blokta kat düzeylerinin aynı olmaması durumunda çekişleme olayı.....	54
Şekil 4.3.	Yapı yüksekliğince kütle ve rijitlik değişimi.....	55
Şekil 4.4.	Düzensiz kütle yığılması.....	56
Şekil 4.5.	Düzenli çerçevesiz yük taşıyıcıda kısa kolon oluşturulması.....	57
Şekil 4.6.	Bodrum katın kısa ve rijit olması.....	58
Şekil 4.7.	Köprü ayaklarında kısa kolon oluşumu.....	59
Şekil 4.8.a.	Eğimli arazinin yol açtığı kısa kolon oluşumu.....	60
Şekil 4.8.b.	Eğimli arazinin yol açtığı kısa kolon oluşumu.....	61
Şekil 4.9.	Eksenleri çakışmayan kat kirişleri ve sakıncaları.....	62
Şekil 4.10.	Kuvvetli kiriş zayıf kat oluşumu.....	63
Şekil 4.11.	Uyumsuz temel tiplerinin bir arada kullanılması.....	64
Şekil 4.12.	Çekme katın getirdiği düzensizlik.....	65
Şekil 4.13.	Zemin katın yumuşak kat olma durumu.....	66
Şekil 4.14.	Perdenin zemin katta kolona dönüştürülmesi.....	67
Şekil 4.15.	Sürekli kısa çerçeve ve büküm noktaları.....	68
Şekil 4.16.	Sürekli ve süreksiz kolonlar.....	69
Şekil 4.17.	Süreksiz kolon uygulaması.....	70
Şekil 4.18.	Düzenli aralıklı ve dik kesişen çerçeve sistemi.....	71
Şekil 4.19.	Planda devam etmeyen çerçeve kirişi.....	72
Şekil 4.20.	Kat kirişlerinin kesit boyutlarını belirlerken karşılaşılabilecek zorlayıcı durumlar.....	74
Şekil 4.21.	Kiriş derinliğinin değiştiği bölgede sürekliliğin bozulması.....	75

Şekil 4.22.	Kütle merkezi ile rijitlik merkezi çakışmayan ve burulma momentine maruz kat planı.....	75
Şekil 4.23.	Kat burulma momenti ve kolonlarda oluşan ek kesme kuvvetleri.....	76
Şekil 4.24.	Perde kullanarak kat eksantritesinin minimuma indirilmesi.....	77
Şekil 4.25.	Yatay yük altında kendi düzlemi içinde sehim yapan kat döşemesi.....	78
Şekil 4.26.	Yatayda aralıkları büyük çerçeveler ve kendi düzlemi içersinde sehim yapan döşeme.....	79
Şekil 4.27.	Çok uzun tek yönlü döşeme sakıncalıdır.....	80
Şekil 4.28.	Kesişen kirişler ve sakıncalı düğüm noktası.....	81
Şekil 4.29.	Mesnete yakın saplanmış kiriş.....	82
Şekil 4.30.	Kritik yatay yükün ve nervürlerin doğrultusu.....	83
Şekil 4.31.	Döşemenin uzun kenarına paralel nervür yerleşimi.....	84
Şekil 4.32.	Kat planı içinde akslı kirişler.....	85
Şekil 4.33.	Planda kırık akslı çerçevelerin oluşturduğu sakıncalı durumlar.....	86
Şekil 4.34.	Kolon üzerinde iyi mesnetlenmemiş kirişler.....	87
Şekil 4.35.	Katlar arası kolon eksenlerinin çakışması.....	88
Şekil 4.36.	Kolonlar arasında oluşan eksntrisine ve oluşabilecek çatlamlar.....	89
Şekil 4.37.	Zayıf devrilme yönü dikkate alınarak kolon kesitlerinin yerleştirilmesi.....	89
Şekil 4.38.	Kat burulma rijitliğini maksimum yapan perde yerleşimi.....	90
Şekil 4.39.	Simetrik perde yerleşimi.....	91
Şekil 4.40.	Konsol kiriş –basit kiriş analogjisi.....	92
Şekil 4.41.	Döşemelerde konsol oluşturulması.....	93
Şekil 4.42.	Mesnet bölgelerinde guse kullanılması.....	94
Şekil 4.43.	Kat aralarında kullanılan tekil süreksiz perdeler.....	95
Şekil 4.44.	Döşemede diyafram görevini zayıflatan boşlukları bırakılması.....	96
Şekil 6.1.	Yapı planı.....	119
Şekil 6.2.	Kesit 1A planı.....	120
Şekil 6.3.	Kesit 1A görünümü.....	126
Şekil 6.4.	Kesit 1A1.....	131
Şekil 6.5.	Kesit 1A1 planı.....	131

Şekil 6.6.	Kesit 1A2.....	135
Şekil 6.7.	Kesit 1A3.....	138
Şekil 6.8.	Kesit 1A4.....	141
Şekil 6.9.	Kesit 1A5.....	144
Şekil 6.10.	Kesit 1B.....	147
Şekil 6.11.	Kesit 1B planı.....	147
Şekil 6.12.	Eşdeğer deprem yükü grafiği.....	155
Şekil 6.13.	Deplasman grafiği.....	156
Şekil 6.14.	Deplasman grafiği.....	157
Şekil 6.15.	Tasarım kesme kuvveti değerleri.....	157

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Binalarda planda ve düşey doğrultuda oluşabilecek düzensizlik durumları.....	10
Tablo 2.2.	Eşdeğer deprem yükü yöntemi'nin uygulanabileceği binalar.....	12
Tablo 2.3.	Deprem ve afet yönetmeliğindeki B2 tanımları.....	30
Tablo 3.1.	Zayıf kat kriteri η_c ' ye göre işlemler.....	38
Tablo 3.2.	Yumuşak kat kriteri η_k 'ya göre yapılacak işlemler, TDY-2007..	43
Tablo 3.3.	Gölcük binası için yumuşak kat kriteri(1), TDY-2007.....	44
Tablo 3.4.	Gölcük binası için yumuşak kat kriteri(1), TDY-2007.....	44
Tablo 5.1.	Ülkemizde şimdiye kadar kullanılan deprem yönetmelikleri....	97
Tablo 5.2.	Deprem yönetmeliğinde yapılan başlıca revizyonlar.....	99
Tablo 5.3.	Eurocode 8 de verilen düşeyde düzensizlik kriteri.....	109
Tablo 5.4.	Uniform Building Code da verilen düşeyde düzensizlik kriteri..	110
Tablo 5.5.	Eurocode 8 de verilen planda düzenlilik kriteri.....	112
Tablo 5.6.	Uniform Building Code da verilen planda düzenlilik kriterleri..	113
Tablo 5.7.	EC 8 VE UBC 94 yönetmeliklerine göre düzensiz yapıların analiz yönteminin seçimi ve yapı modellenmesi.....	114
Tablo 5.8.	Burulma etkilerinin yaklaşık hesabı için EC 8 kriterleri.....	115
Tablo 6.1.	Burulma düzensizliği kontrolü.....	120
Tablo 6.2.	Burulma düzensizliği kontrolü.....	121
Tablo 6.3.	Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	121
Tablo 6.4.	Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	122
Tablo 6.5.	B1- Komşu katlar arası dayanım düzensizliği kontrolü.....	122
Tablo 6.6.	Kat kütle ağırlıkları.....	126
Tablo 6.7.	S108-S208-S308-S408-S508-S608 kolonları iç kuvvet değeri..	127
Tablo 6.8.	S103-S203-S303-S403-S503-S603 kolonları iç kuvvet değeri..	128
Tablo 6.9.	S101-S201-S301-S401-S501-S601 kolonları iç kuvvet değeri..	129

Tablo 6.10	S123-S223-S323-S423-S523-S623 kolonları iç kuvvet değeri..	130
Tablo 6.11.	Kesit 1A için kat deprem deplasmanları.....	130
Tablo 6.12.	S108-S208-S308-S408-S508-S608 kolonları iç kuvvet değeri..	132
Tablo 6.13.	S103-S203-S303-S403-S503-S603 kolonları iç kuvvet değeri..	133
Tablo 6.14.	S101-S201-S301-S401-S501-S601 kolonları iç kuvvet değeri..	134
Tablo 6.15.	Kesit 1A1 için kat deprem deplasmanları.....	134
Tablo 6.16.	S108-S208-S308-S408-S508-S608 kolonları iç kuvvet değeri..	135
Tablo 6.17.	S103-S203-S303-S403-S503-S603 kolonları iç kuvvet değeri..	136
Tablo 6.18.	S101-S201-S301-S401-S501-S601 kolonları iç kuvvet değeri..	137
Tablo 6.19.	Kesit 1A2 için kat deprem deplasmanları.....	137
Tablo 6.20.	S108-S208-S308-S408-S508-S608 kolonları iç kuvvet değeri..	138
Tablo 6.21.	S103-S203-S303-S403-S503-S603 kolonları iç kuvvet değeri..	139
Tablo 6.22.	S101-S201-S301-S401-S501-S601 kolonları iç kuvvet değeri..	140
Tablo 6.23.	Kesit 1A3 için kat deprem deplasmanları.....	140
Tablo 6.24.	S108-S208-S308-S408-S508-S608 kolonları iç kuvvet değeri..	141
Tablo 6.25.	S103-S203-S303-S403-S503-S603 kolonları iç kuvvet değeri..	142
Tablo 6.26.	S101-S201-S301-S401-S501-S601 kolonları iç kuvvet değeri..	143
Tablo 6.27.	Kesit 1A4 için kat deprem deplasmanları.....	143
Tablo 6.28.	S108-S208-S308-S408-S508-S608 kolonları iç kuvvet değeri..	144
Tablo 6.29.	S103-S203-S303-S403-S503-S603 kolonları iç kuvvet değeri..	145
Tablo 6.30.	S101-S201-S301-S401-S501-S601 kolonları iç kuvvet değeri..	146
Tablo 6.31.	Kesit 1A5 için kat deprem deplasmanları.....	146
Tablo 6.32.	S108-S208-S308-S408-S508-S608 kolonları iç kuvvet değeri..	148
Tablo 6.33.	S103-S203-S303-S403-S503-S603 kolonları iç kuvvet değeri..	149
Tablo 6.34.	S101-S201-S301-S401-S501-S601 kolonları iç kuvvet değeri..	150
Tablo 6.35.	S123-S223-S323-S423-S523-S623 kolonları iç kuvvet değeri..	151
Tablo 6.36.	Kesit 1B için kat deprem deplasmanları.....	151
Tablo 6.37.a	Eşdeğer deprem yükleri.....	152
Tablo 6.37.b	Eşdeğer deprem yükleri.....	152
Tablo 6.37.c	Eşdeğer deprem yükleri.....	153
Tablo 6.37.d	Eşdeğer deprem yükleri.....	153
Tablo 6.37.e	Eşdeğer deprem yükleri.....	154
Tablo 6.37.f	Eşdeğer deprem yükleri.....	154

Tablo 6.37.g	Eşdeğer deprem yükleri.....	154
Tablo 6.38.a	Kat deplasmanları arasındaki kıyaslama.....	155
Tablo 6.38.b	Kat deplasmanları arasındaki kıyaslama.....	156

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Düzensiz Yapılar, Yapı Düzensizlikleri, Zayıf Kat, Yumuşak Kat

Ülkemiz deprem kuşağında bulunması sebebiyle yapılacak olan yapı tipleri üzerinde hassas olunması gerekmektedir. Her yapı kendi alanı içerisinde iyi değerlendirilmeli ve iyi analiz edilmelidir. Bunun için her ülkede belirli standartlar oluşturulmuş ve bu standartlar ışığında yapıların emniyetli ve en ekonomik olması sağlanmaya çalışılmıştır. Bu yapılar arasında düzensiz yapı tipleri diye ifade ettiğimiz normalinden biraz farklı olan yapılar mevcuttur. Yönetmelikler bu tip yapıların yapılmasına belirli sınırlar içerisinde izin vermektedir. Yönetmelik kurallarına uyulduğu takdirde bir yapı her ne kadar düzensiz de olsa düzenli hale gelmiş olacaktır.

Düzensizlikler düşeyde ve planda olmak üzere iki ana başlıkta incelenmelidir. Çünkü yapı hem düşeydeki ölü yüklere maruz kalmakta hem de yatayda deprem yüküne maruz kalmaktadır. Yapının bu yüklere cevap verebilmesi için mümkün olduğu kadar simetrik olmalı yani kütle merkezi ile geometrik merkezi çakışmalıdır. Yapıdaki süreksizlikler giderilmelidir. Depremlerde en çok hasar gören yapıların düzensiz yapılar olduğu unutulmamalıdır.

Bu çalışmada düşeyde düzensiz, mevcut bir binanın deprem performansı araştırılmıştır. Düşeyde düzensizlik, zemin kattan itibaren bina çevre kolonlarının kısa konsol ucuna ötelenmesi sonucunda zemin kat ve normal kat kolonlarının süreklilik göstermemesi nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Bu türden düzensiz binalar son dönemde meydana gelen şiddetli depremlerde, örneğin 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi, genel olarak ağır hasar görmüşlerdir.

EXAMINING IRREGULARITIES IN VERTICAL IN FRAMED CARRIER SYSTEMS

SUMMARY

Key Words: Irregular Structures, Structural Irregularities, Weak Storey, Soft Storey

As our country is on seismic zone, we need to be sensitive on construction types. Every construction should be evaluated and analysed well in their own field. Because of that, in every country some standards were made up and in the light of these standards, the constructions have been tried to be the most secured and be the most economic. Among these constructions there are some constructions which is a bit different from the normal ones and which is called irregular construction types. Regulations allow these type of constructions to some extent. On the condition that a construction fits the regulation rules, it becomes regular however irregular it is.

Irregularities have to be examined in two titles as vertically and planned. Because construction is exposed to both dead burden vertically and seismic burden horizontally. In order for the construction to respond these burden it has to be as seismic as possible, namely mass centre and geometric centre have to be congruent. Transitoriness in construction have to be eliminated. It should not be forgotten that the constructions which are damaged in earthquakes are irregular constructions.

In this study, earthquake performance of a vertically irregular building is investigated. This type of irregularity, which is due to non-coinciding longitudinal axes of the columns on the periphery for two neighbouring stories, generally exists in the ground and the first floors. Heavy damage is frequently observed in these discontinuous column systems during the recent earthquake events, such as August 17,1999 Kocaeli Earthquake.

BÖLÜM 1.GİRİŞ

İnsanoğlu tarafından inşa edilen bütün yapılar en büyük sınavlarını doğa karşısında vermektedirler. Özellikle ülkemizde meydana gelen depremler sonucunda oluşan hasarlar ve görülen can kayıpları bu sınavlardaki başarımızı ortaya koymaktadır. Yapıların tasarlanması aşamasından inşasının tamamlanıp kullanıma açılmasına kadar olan süreçte yetki ve sorumluluk kullanan kişilerin ortak bir bilinçle hareket etmesi başta depremler olmak üzere yaşanan bütün doğal afetler karşısındaki sınavlarımızda başarılı olmamızı sağlayacaktır [1].

Binalara gelen deprem etkisi yönünden oldukça tehlikeli bölgeler bulunduran ülkemizde, depreme dayanıklı bina tasarımı çok önemlidir. Deprem etkisi neticesinde binaların davranışlarını incelemek ve uygun önlemleri almak hayati önem arz etmektedir. Ülkemizde de diğer ülkelerde olduğu gibi binaların tasarımı için yürürlükte bulunan ve uyulması zorunlu olan yönetmelikler mevcuttur. Ülkemizde en basta artan nüfus ihtiyacından ve çeşitli nedenlerden dolayı binaların inşası hızla devam etmektedir. Özellikle binalarda betonarme sistem kullanımı, diğer bina sistemlerine oranla oldukça yüksek düzeydedir.

Nüfus ve araç sayılarının artması sonucu şehir merkezlerinde yeterli yerleşim alanı kalmamaktadır. Ülkemiz de özellikle 1980' li yıllardan sonra şehirleşmeye paralel olarak betonarme binaların inşa edilmesi hızla artmıştır. Yerleşim birimlerinin yetersiz kalması sonucu hızla yeni imar alanları açılmış, açılmaya da devam etmektedir.

Yeni imar alanları açılırken de çeşitli sorunlarla karşılaşılmaktadır. Ülkemizde yeni imar alanlarının açılması özel uygulamalar hariç, bölgenin eğimine bakılmaksızın yapılmaktadır. Şehirleşme yönü, daha çok değerlendirme ve siyasi yönlendirme sonucu gelişmektedir. Genel olarak yamaçlara oturan gecekondular yerleşim birimleri, çeşitli düzenlemeler sonucu imara açılmaktadır. Bunun sonucunda binalar, eğimi %35' lere

varan oldukça meyilli arazilerde yapılmaktadır. Özellikle bu durum dağlık ve engebeli olan ülkemizde çok sıklıkla görülmektedir. Örnek olarak İstanbul, Ankara, Bursa ve Trabzon gibi şehirlerimizde binalar arası yükselti farkları çok büyük değerlere varmaktadır. Ayrıca binaların mutlaka düz arazilere konumlandırılmaları da beklenmemelidir.

Eğimli arazilerde yapılaşma sonucu binanın bir kısmı toprakla temas etmekte, diğer kısmı ise açıkta, normal cephe görünümünde kalmaktadır. Bundan dolayı binanın toprakla temas edecek kısmına zemin itkisini karşılamak için kolonlar arasına betonarme perdeler yapılmaktadır. Binanın bir cephesi tamamen istinat duvarı vazifesi görmektedir. Diğer cephesi ise normal olarak inşa edilmektedir. Eğimi çok az, hatta düz arazilerdeki binalarda dahi bu tür düzenlemelerin yapıldığı gözlenmektedir. Betonarme tasarım açısından birkaç sınıfa sokulabilecek olan bina istinat perdelerinin deprem anında binaya olumlu ya da olumsuz etkileri pek dikkate alınmamaktadır. Yönetmelik kurallarında da bu husus özel olarak belirtilmemekle birlikte uygulamadaki her duruma işaret etmeleri gereği ve görevleri de yoktur. Uygulamada çok az sayıda mühendis bu konuyu dikkate almaktadır. Genellikle bu perdeler için herhangi bir tasarım yapılmayıp, yönetmelikte perdeler için verilen minimum donatı oranları ve aralıkları ile detaylandırılmaktadır. Bazen istinat perdesi, binanın statik modeline bile konmamaktadır. Giderek yaygınlaşan ve kullanılması kaçınılmaz olan hazır paket yazılımların da bu konuda yeterli olup olmadıkları pek bilinmemektedir. Tasarımlarda deprem anında binanın davranışına etki edebilecek tüm etkenlerin dikkate alınması eğilimi giderek artarken, betondan ve donatıdan oluşan ve binanın en rijit yerini oluşturan bu kısmının irdelenmesi gereği çok açıktır. Uygulamada, yapılan hesap ve tasarımlarda bu durum hiç dikkate alınmamakta ya da çok bilinçsizce çözümler üretilmektedir.

Şehirlerde aralarında ufak tefek farklılıklar olmasına rağmen, uygulanması zorunlu olan imar, sığınak, otopark yönetmeliği gibi yönetmeliklerden dolayı binalar bodrumlu olarak yapılmaktadır. Mal sahibi ya da yapımcı, depo, ısıtma merkezi, otopark, kömürlük gibi sebepler yüzünden de binayı bodrumlu yapmak istemektedir. Ayrıca şimdiye kadar yapılan deprem öncesi ve sonrası incelemeler ve hasar tespit sonuçlarında da etrafı bodrum perdeleriyle çevrili binaların iyi bir deprem davranışı

gösterdiği belirtilmektedir [2]. Zemin koşulları, bina daha derine oturtulduğunda nispeten iyileşme gösterdiğinden dolayı, bodrumlu bina yapma isteği yaygınlaşarak devam etmektedir. Sonuç olarak yeni yapılan çoğu betonarme binada, imar kurallarından ve çeşitli sebeplerden dolayı bodrum katların oluşturulduğu söylenebilir.

Bodrumlu bina yapma sonucunda, etrafındaki zemin itkisini karşılamak için tüm dış cepheler boyunca çevrili olan betonarme perdeler kullanılmaktadır. Zemin kat altında bina çevresine yapılan betonarme perdeler, bodrum katların rijitliğini çok fazla arttırmakta, olumlu ve olumsuz bazı etkiler meydana getirmektedir. Etrafı rijit bodrum perdeleri ile çevrili binaların deprem tasarımı için deprem yönetmeliğimizde de bazı kurallar bulunmaktadır. Bu kurallar 1975 yılında yürürlüğe giren yönetmeliğimizde olmayıp, birçok yeni kavramın dikkate alındığı 1998 yılında yürürlüğe giren Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik' te bulunmaktadır. Takip eden bölümlerde bu yönetmelik için karışıklık olmaması için kısaca afet yönetmeliği ifadesi kullanılacaktır.

Ülkemizde son yıllarda yaşanan acı depremler sonucu binalarda güçlendirme kavramı daha da ön plana çıkmaya başlamıştır. Deprem geçirmiş ya da geçirmemiş binaların olması muhtemel bir deprem sonucunda ne olacağı sorusu daha çok sorulmuştur. Daha çok akademik çevrelerce yapılan güçlendirme projeleri, zamanla normal düzeydeki tasarımcı mühendislerce de yapılmaya başlanmıştır. 1998 yürürlüğe giren afet yönetmeliğinin de bazı konularda yetersiz kalması sonucu yenilenmesi kararlaştırılmıştır. Hem eleştirilen bazı kısımları yeniden irdelemek, hem de güçlendirme konusunda bir uyum sağlamak için 2004 yılında çalışmalar başlatılmış olup, 2005 yılında ilk taslak metin yayınlanmıştır. Günümüze kadar yine bir kaç kez daha yayınlanıp en son 06.03.2007 tarihinde resmi gazetede basılarak yürürlüğe girmiştir. Bu tarihten sonra 03.05.2007 tarihinde de ilgili yönetmelikte bazı değişiklikler yapılmıştır. En basta ismi Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik olarak değiştirilmiştir. Takip eden bölümlerde bu yönetmelik için de kısaca deprem yönetmeliği ifadesi kullanılacaktır. Bazı bölümlerde kısıtlı, bazı bölümlerde de kapsamlı revizyonlar yapılmış, bazı bölümler kaldırılmış ve yeni bölümler eklenmiştir. Bu yönetmelikte de yeni yapılan binalar için, özellikle eleman

bazında tasarım koşullarında eskiye nazaran oldukça önemli değişikliklerin yapıldığı söylenebilir.

İstinat perdeli binalar ile ilgili özel bir kural getirilmemiş olmasına rağmen, rijit bodrumlu binaların deprem hesabında bazı değişiklikler yapılmıştır. Afet yönetmeliğine göre rijit bodrum katlardaki iç kuvvetler üç adımda hesaplanmaktadır. Birinci adımda bodrum katlar dikkate alınmadan üst katlara eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanarak analiz yapılır. Hesaplamalarda eşdeğer deprem yükleri bodrum katlarını da içeren tüm bina sistemine uygulanmaktadır. İkinci adımda ise yalnızca bodrum katların kütleleri dikkate alınarak ve bu katlara özel katsayılar kullanılarak, tüm bina sistemine sadece bodrum katlara gelecek şekilde deprem kuvvetleri uygulanmaktadır. Tüm bina bir kez de böyle analiz edilmektedir. Üçüncü adımda ise normal katların iç kuvvetleri 1. adımdan, bodrum katların iç kuvvetleri ise 1. ve 2. adımdan elde edilen iç kuvvetlerin karelerin toplamının karekökünden elde edilmektedir.

Deprem yönetmeliğine göre 1. ve 2. adımdan elde edilen kuvvetler aynı anda bina sistemine etki ettirilerek deprem analizi tek seferde yapılmaktadır. Yukarıda bahsedilen çeşitli nedenlerden dolayı istinat perdeli binalar ile rijit bodrumlu binalar ele alınmıştır. Bundan başka bodrum katlarda su deposu, sığınak perde duvarları gibi mimari oluşumlar sonucunda da perde duvarlar yapılabilmektedir. Oldukça değişik şekillerde yapılan bu perde duvarlar inceleme kapsamına alınmamıştır. Çalışma yapılırken parametrik bir çalışma yöntemi izlenmiş, bu nedenle çok sayıda binanın yönetmelik kurallarına göre deprem analizi yapılmıştır. Ele alınan bina örnekleri, uygulamadaki binaları yeterli derecede temsil etmesine gayret edilmiştir. Çalışmada ilk önce istinat perdeli binalar ele alınmış olup, deprem yönetmeliğinde verilen kurallar çerçevesinde oluşan yapısal düzensizlikler incelenmiştir. Oluşan yapısal düzensizlikler, kat sayısı, açıklık sayısı ve binada deprem perde duvarlarının konumuna bağlı olarak parametrik olarak incelenmiştir. İstinat perdeli binalar ve alternatifleri, metraj ve yönetmelik kuralları bakımından kıyaslanmış, avantaj ve dezavantajları ortaya çıkarılmıştır. Sonra bodrumlu binalar için afet ve deprem yönetmeliği kuralları birbirleri arasında karşılaştırmalı olarak incelenmiş, oluşan iç

kuvvet farklılıkları ortaya konmuştur. Ayrıca rijit bodrumlu binalarda oluşan yapısal düzensizlikler de çalışmaya eklenmiştir.

Çalışmaya konu olan binalara uygulamada çok rastlanmasına rağmen, mevcut kaynak araştırmalarında bu konuda çok az çalışmanın yapıldığı gözlenmiştir. Kaynak taraması sırasında bu şekilde binaların var olduğunun ve yapılmasına da devam edildiğinin bazı bilim adamları tarafından bilinmesine rağmen yeterli düzeyde bilgiye ulaşılamamıştır. Her ne kadar bu tür binaların deprem anındaki düzensiz davranışlarının tamamını ya da birçoğunu aynı anda dikkate alan çalışmalar az olsa bile, oluşturmuş oldukları etkiler yalnız baslarına ele alındıklarında meydana gelen yapısal düzensizlikleri inceleyen çalışmalar da oldukça fazladır. Bal ve ark. (2007) Türkiye' deki binaların karakteristikleri ile ilgili hazırlamış oldukları raporda, binaların yapısal, geometrik ve malzeme özelliklerini incelemiş, istatistiksel veriler ışığında değerlendirmede bulunmuşlardır. Raporun bina düzensizlikleri bölümünde, "Yönetmeliklerde yer almayan düzensizlikler" başlığı altında, bodrum kat betonarme çevre duvarlarının bir tarafta eksikliğinden kaynaklanan düzensizliğe, herhangi bir analitik sonuca dayanmadan, işaret etmişlerdir.

Atımtay (2001) eğimli arazilerdeki binalarda değişik düzeylerde yerleştirilen kolon temellerinin kısa kolon oluşumuna yol açacağını belirtmiştir. Bu tür binaların uygulanmasının çok sakıncalı olacağına dikkat çekmiş, oluşabilecek sorunları açıklamıştır. Binalardaki istinat perdelerinin, basta aşırı oranda burulma düzensizliği olmak üzere birçok düzensizlik oluşturacağı aşikârdır. Aşağıda bu çalışmalardan bazıları verilmiştir.

Özmen ve Ark. (1998) yapısal düzensizliklerin çoğunu içeren çalışmalarında "sayısal deney" adını verdikleri metodu kullanarak çok fazla sayıda binanın deprem analizini yapmış, çeşitli önerilerde bulunmuşlardır. Yapılan çalışmalar neticesinde eşdeğer deprem yükü yönteminin yeter derecede güvenli sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. Dinamik hesap uygulamasının bir yaptırım olmadığı belirtilmiştir. Kütle düzensizliğinin herhangi bir yaptırım gerektirmeyecek nitelikte olduğu sonucu çıkarılmıştır. Aynı şekilde yumuşak kat düzensizliği için de herhangi bir yaptırım yapılmasına gerek olmadığı, zayıf kat düzensizliği için kuvvet artırımının yerinde bir

uygulama olduğu belirtilmiştir. Geri çekilme düzensizliği tanımı için geometrik koşullar yerine binanın öteleme oranları cinsinden verilmesinin gerekliliği belirtilerek, bu tür binaların kritik kesitleri belirtilmiştir. Planda burulma düzensizliği için verilen $\eta_{\max} > 1,20$ koşulunun gerçekçi olmadığı ortaya çıkarılmıştır. Yönetmelikte verilen $\eta_{\max} > 2,00$ koşulunun da, uygulamada erişilme imkânı olmayan bir koşul olduğu belirtilmiştir. Artırılmış dışmerkezlik uygulamasının gerçekçi bir önlem olmadığı anlaşılmış ve bu düzensizlik türü için önlem olarak kenar akslardaki rijitlikleri arttırmanın gerekli olacağı saptanmıştır. Son olarak ta 1998 yılı ABYYHY ile ilgili bazı önerilerde bulunulmuştur. Özmen (2001) burulma düzensizliğini daha da ayrıntılı bir şekilde irdelemiş ve çok sayıda ilginç sonuç elde etmiştir. Bu çalışma sonunda geometri ve rijitik bakımından düzenli binalarda bile burulma düzensizliği olabileceği anlaşılmış ve "gizli burulma düzensizliği" adını verdiği yeni bir tür düzensizlikten bahsetmiştir. Ek dışmerkezliklerin hesabında rölatif ve mutlak değerleri kullanmanın sonuçlara etkisinin ihmal edilebilecek seviyede olduğu belirtilmiştir. Artırılmış dışmerkezliklere göre yatay yük analizinin sonuçlarını daha kısa yoldan elde edilebilmesi için yeni bir ekstrapolasyon formülü önermiştir. Bu çalışmada da yönetmelikte verilen $\eta_{\max} > 2,00$ koşulunun, uygulamada erişilme imkânı olmayan bir koşul olduğu belirtilmiştir. Özmen (2001) burulma düzensizliği ile ilgili araştırmalar yaparken bazı perdeli binalarda $\eta_{\max} > 2,00$ koşulunun aşılabildiğini görmüştür. Bu tespit, perdeli binalarda burulma düzensizliğinin daha önce incelenmesine rağmen yeniden bazı araştırmaların yapılması gereğini doğurmuştur. Yine aynı çalışma yöntemi izlenmiş ve oldukça ilginç sonuçlar elde edilmiştir. Çalışma sonunda kat sayısı azaldıkça burulma düzensizliği katsayılarının arttığı gözlenmiştir. Maksimum η_{bi} değerleri perdelerin kütle merkezinde olmamak koşuluyla, kütle merkezinde olabildiğince yakın olmaları durumunda olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda η_{bi} değerlerinin 4,00 değerini dahi aştığı görülmüştür. ABYYHY' de aşırı burulma yapan binalar için öngörülen dinamik hesap uygulamasının bir yaptırım niteliğinde olmadığı anlaşılmıştır. Aynı şekilde UBC' de öngörülen uygulama biçiminin de uygun olmadığı saptanmıştır. Sonuç olarak aşırı burulma yapan binalar için ABYYHY' de öngörülen dinamik hesaplamasının yerine, üst sınırın tümüyle kaldırılmasının daha uygun olacağı önerilmiştir [3].

BÖLÜM 2. DEPREME DAYANIKLI BETONARME TAŞIYICI SİSTEM TASARIMI İLKELERİ

Depreme dayanıklı bina inşa edebilmek için taşıyıcı sistemi, depremlerde oluşabilecek en elverişsiz etkileri karşılayacak biçimde düzenlemek ilk koşul olarak alınmalıdır. Yapının taşıyıcı sistemi, deprem etkilerini karşılaması, uygun bir davranış göstermesi esas alınarak düzenlenmek zorundadır. Bu da yapının planını ve geometrisini doğrudan etkileyeceğinden tasarımın ön çalışmalarında başlangıç koşullarından biri olacaktır. Bu konuda yapılan araştırma, inceleme, deneyler ve gözlemlerle saptanan kuralların çoğu ABYYHY’te yer almış, bazıları kesin yasaklar arasına girmiştir.

Deprem bölgelerinde yapılacak tüm betonarme binaların taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılması donatılması, bu konuda yürürlükte olan ilgili Standard yönetmeliklerle birlikte, öncelikle ABYYHY’te ilgili bölümlerde belirtilen kurallara göre yapılır. Bu kural ve koşullar, yatay yük taşıyıcı sistemleri sadece çerçevelerden, sadece perdelerden veya çerçeve ve perdelerin birleşiminden oluşan yerinde dökme monolitik betonarme binalar için geçerlidir. Beton dayanımının C50’den daha yüksek olduğu betonarme binalar ile taşıyıcı sistem elemanlarında donatı olarak çelik profillerin kullanıldığı binalar bu kapsamın dışındadır.

Deprem yükleri altında yapıya iletilen enerjinin önemli bir bölümünü elastik olmayan yer değiştirmeler yoluyla sistemde kalıcı yer değiştirmelere neden olmadan yutabilir. Her elemanın kesme kuvveti taşıma gücü eğilme momenti taşıma gücünden büyük olan taşıyıcı sistemlere süneklik düzeyi yüksek sistemler denir. Depreme karşı davranışları bakımından betonarme taşıyıcı sistemler, süneklik düzeyi yüksek ve süneklik düzeyi normal taşıyıcı sistemler olarak kümelenebilir. Süneklik düzeyi yüksek ya da süneklik düzeyi normal elemanlardan oluşan:

1. Kolon kiriş ve bunlara ilişkin kurallara göre boyutlandırılarak donatılan kolon ve kirişlerden oluşan çerçeve türü sistemler,
2. Perdelerle ilişkin kurallara göre boyutlandırılarak donatılmış boşluksuz ya da boşluklu (bağ kirişli) perdelerden oluşan sistemler,
3. Bu iki sistemin birleşimi ile oluşturulan perdeli-çerçeveli sistemler sırasıyla süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler ya da süneklik düzeyi normal taşıyıcı sistemler olarak sınıflandırılır.

Betonarme bina taşıyıcı sistemi deprem yüklerini bir bütün olarak taşır; taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunmalıdır. Döşeme sistemlerinin, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarılmasını sağlayacak düzeyde rijitlik ve dayanımda olması gereğini bir kez daha vurgulamakta yarar vardır.

Taşıyıcı sistem bakımından düzensiz binaların tasarımından ve yapımından kaçınılmalıdır. Burulma düzensizliğini en aza indirmek amacı ile taşıyıcı sistem planda simetrik veya simetriğe yakın düzenlenmelidir. Perde vb rijit taşıyıcı sistem elemanlarının binanın burulma rijitliğini arttıracak biçimde yerleştirilmesine özen gösterilmelidir. Düşey doğrultuda ise özellikle herhangi bir katta zayıf kat veya yumuşak kat oluşturan düzensizliklerden kaçınılmalıdır.

Burulma düzensizliği ve komşu katlar arası rijitlik düzensizliği deprem hesabında kullanılacak yöntemin seçiminde önemli etkidir. Binalarda döşeme süreksizlikleri ve planda çıkıntılar bulunması durumlarında, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiğinin hesapla doğrulanması gerekir. Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması türü düzensizlikte, bina taşıyıcı sistem elemanlarının asal eksen doğrultusundaki iç kuvvetler, planda deprem yüklerinin x ve y eksenleri doğrultusunda etkidiği durumlardaki iç kuvvetlerin belli oranlarda toplanması ile elde edilir.

2.1. Düzenli Yapılar

Düzenli yapılar planda ve düşey doğrultuda, yatay yük taşıyıcısı sistemlerinde belirli ve önemli fiziksel süreksizlik veya düzensizlik bulunmayan yapılardır. Deprem yüklerinin dağılımını yapı taşıyıcı sistemini oluştururken tasarlayabilir deprem davranışı iyi bir yapı, düzenli bir yapı elde edilebilir.

2.2. Yapısal Düzensizlikler

Binaların tasarımı için kullanılan yönetmeliklerde, birbirlerinden farklı olmakla birlikte çeşitli düzensizlik tanımları ve yaptırımları bulunmaktadır. Deprem karşısında yapının davranışlarında meydana getirdiği olumsuzluklar nedeniyle, tasarımından ve yapımından mümkün olduğunca kaçınılması istenen durumlar düzensizlik olarak tanımlanmıştır. Tablo 2.1' de deprem yönetmeliklerinde en çok kullanılan düzensizlikler sıralanmaktadır.

Çizelgede oluşan düzensizlikler planda ve düşey doğrultudaki düzensizlikler seklinde ayrılmaktadır. Su an yürürlükte olan deprem yönetmeliğimizde düzensizlik adı ile bulunanlar g lgelendirmeye, düzensizlik adı ile verilmeyip başka şekilde dikkate alınanlar ise italik biçimde gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Binalarda planda ve düşey doğrultuda oluşabilecek düzensizlik durumları [4]

No:	Plandaki Düzensizlikler	No:	Düşeyde Düzensizlikler
A1	Burulma Düzensizliği	B1	Zayıf Kat
A2	Döşeme Süreksizliği	B2	Yumuşak Kat
A3	Plan Durumu	B3	Kolon ve/veya Perde Süreksizliği
A4	<i>Ortogonal Olmayan Elemanlar</i>	B4	Çekiçleme
A5	Eşit Olmayan Kolon Sınıflandırması	B5	Geri çekme
A6	Planda Asimetriklik	B6	Asimetrik Kütle
		B7	<i>Kısa Kolon</i>
		B8	Eşit Olmayan Kat Yükseklikleri
		B9	<i>Zayıf Kolon Güçlü Kiriş</i>

Bu düzensizlik durumlarından bazılarının yapıda bulunmasına kesinlikle izin verilmediği gibi, bazı düzensizliklerin belirli değerlerde bulunmasına izin verilebilmektedir. Belirli değerde izin verilebilen bu düzensizliklerin mevcut olması durumunda, hesap yöntemlerinin ve güvenlik katsayılarının değiştirilmesi gibi yöntemlerle yapının güçlendirilmesi istenmektedir.

Çoğu deprem yönetmeliğinde, birçok yapısal düzensizlik için cezalandırıcı önlem olarak dinamik hesap önerilmektedir. Diğer yönetmeliklerde olduğu gibi deprem yönetmeliğimizde de düzenli binalar teşvik edilmiştir. Buna karşılık deprem davranışlarındaki olumsuzluk ve belirsizliklerden dolayı düzensiz binalarda, deprem kuvvetleri artırılmış ve ek boyutlama esasları ile çeşitli kurallar getirilerek düzensiz binaların dayanım düzeyleri yükseltilmiştir. Ayrıca çeşitli cezalandırmalar yapılarak bu tür binaların seçiminden caydırma da esas alınmıştır. Yapının deprem etkisi altındaki davranışının belirlenmesinde ve ilgili kesit etkilerinin bulunmasında taşıyıcı sistemin düzenli veya düzensiz olması önemli düzeyde etkilidir. Sözü edilen düzensizlikler taşıyıcı sistemin davranışının belirlenmesi için daha fazla kabuller ve belirsizlik getirirken, taşıyıcı elemanların daha fazla zorlanmasına sebep olur [5].

Aşağıda istinat perdeli ve rijit bodrumlu binalarda oluşması beklenen düzensizliklerden kısaca bahsedilmektedir.

2.3. Düzensizlik Türleri

Yapıların depreme karşı davranışlarını olumsuz yönde etkileyen ve bu nedenle tasarımdan ve yapımından kaçınılması gereken düzensizliklerin başlıcaları şunlardır;

a) Planda düzensizlik durumları

1. A1- Burulma düzensizliği
2. A2- Döşeme düzensizlikleri
3. A3- Planda çıkıntılar bulunması
4. A4- Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması

b) Düşey doğrultuda düzensizlik durumları

1. B1- Komşu katlar arası dayanım düzensizliği(Zayıf kat)
2. B2- Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat)
3. B3- Taşıyıcı sistemin düzey elemanlarının süreksizliği

2.3.1. Planda düzensizlik durumları

2.3.1.1. Burulma düzensizliği (A1)

Yanal etkilerden dolayı yapıda meydana gelen yatay deplasman, düşey elemanların rijitlikleri simetrik olarak dağıtılmamış ise değişik oranda olmaktadır. Bir yapıda rijitliğin az olduğu taraf çok olan tarafa oranla daha fazla deplasman yapmaktadır. Birbirine dik olan iki deprem doğrultusunun herhangi biri için herhangi bir katta en

büyük relatif deplasmanın ($\Delta_{i,max}$) ortalama relatif deplasmana ($\Delta_{i,ort}$) oranı η_{bi} 'nin 1,2 den büyük olması durumu “Burulma Düzensizliği” olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 2.2. Eşdeğer deprem yükü yöntemi'nin uygulanabileceği binalar

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1,2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan binalar	$H_N \leq 25$ m
1,2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca B2 türü düzensizliği olmayan binalar	$H_N \leq 60$ m
3,4	Tüm binalar	$H_N \leq 75$ m

Deprem yönetmeliğinde, afet yönetmeliğine göre burulma düzensizliği ile ilgili herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Yönetmelikte herhangi bir i. kat için burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} 'nin 1,20 değerinden büyük olması durumunda binada burulma düzensizliğinin bulunduğu belirtilmektedir. Burulma düzensizlik katsayısı $\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2$ (2.1)

olarak hesaplanmaktadır.

$$(\Delta_i)_{max} = (d_i)_{max} - (d_{i-1})_{max} \quad (2.2)$$

$$(\Delta_i)_{min} = (d_i)_{min} - (d_{i-1})_{min} \quad (2.3)$$

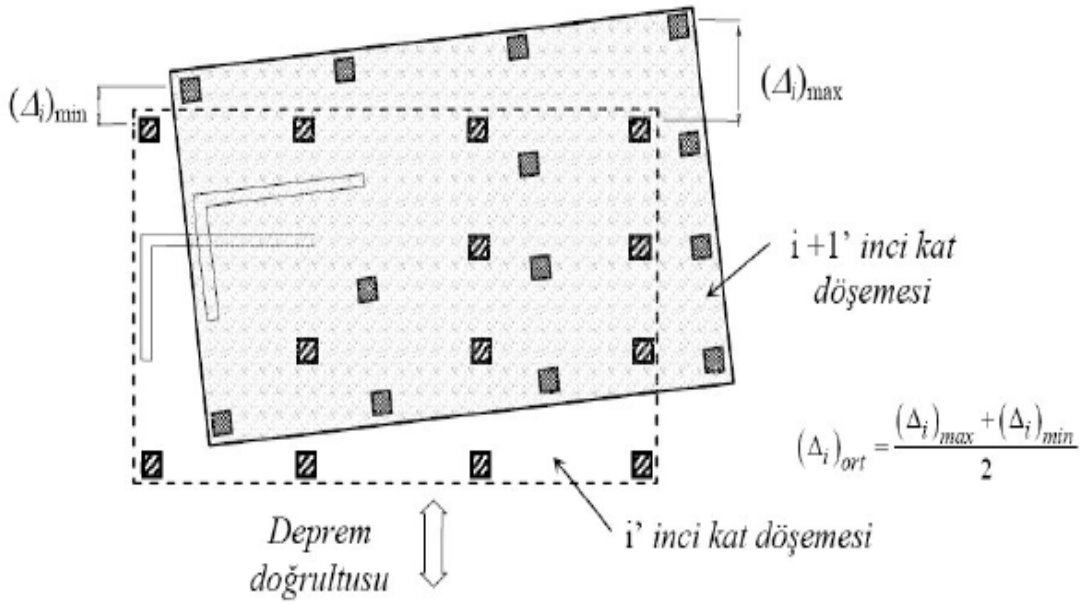
$$(\Delta_i)_{ort} = [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}] / 2 \quad (2.4)$$

Burada kat deplasmanları d_i ve görelî kat ötelemeleri Δ_i , deprem yüklerinin \pm % 5 eksantrik olarak yapıya etki ettirilmesiyle belirlenir.

$(\Delta_i)_{max}$: Binanın i'inci katındaki maksimum görelî kat ötelemesi,

$(\Delta_i)_{min}$: Binanın i'inci katındaki minimum görelî kat ötelemesi,

$(\Delta_i)_{ort}$:Binanın i 'inci katındaki ortalama görelî kat ötelemesidir



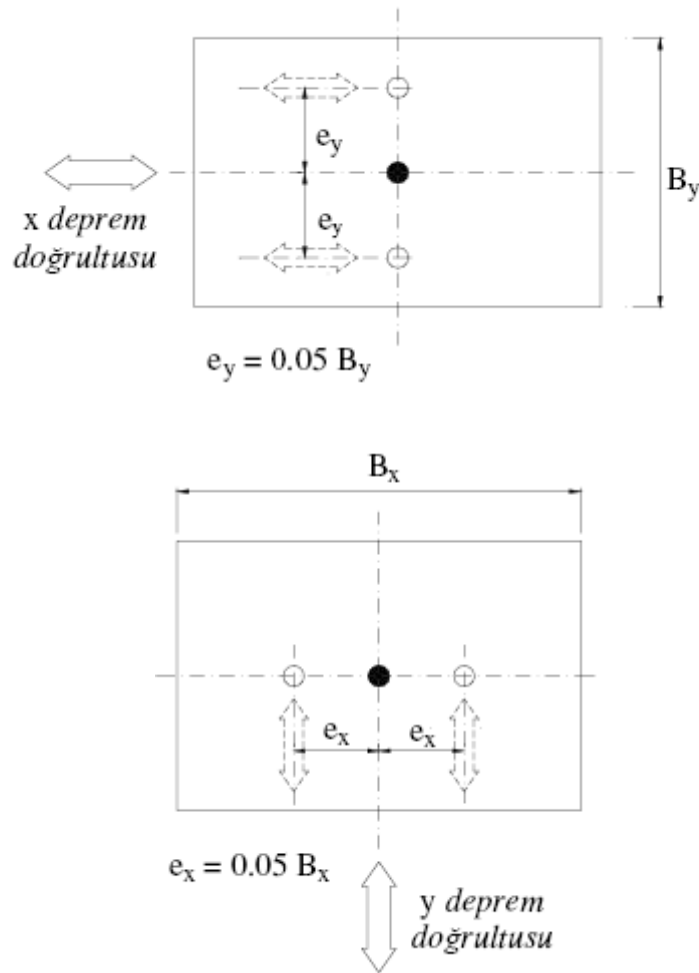
Şekil 2.1. Binada görelî kat ötelemenin belirlenmesi

Görelî kat ötelemelerinin hesabında rijit diyafram kabulü yapılarak iki yön içinde, $\pm\% 5$ ek dışmerkezlilik etkilerinin göz önüne alınıp, her iki yüklemenden en elverişsiz değerlerin kullanılması gerekmektedir. Herhangi bir katta $\eta_{bi} > 1,20$ olması durumunda, bu kata uygulanan dışmerkezlilikler, her iki deprem doğrultusu için

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad 2.5(2.2)$$

katsayısı ile çarpılarak büyütülmekte ve boyutlandırma bu yeni dışmerkezliliklere göre binaların yatay yük analizi sonuçları kullanılmaktadır. Dünyadaki birçok deprem yönetmeliğinde deprem kuvvetlerinin kat seviyelerinde ek dışmerkezlilik etkisi göz önüne alınarak hesaplanması öngörülmektedir. Binaların kendine özgü belirsizliklerinden ve kütle dağılımının deprem anında doğru bir biçimde kestirilememesi gibi nedenlerden dolayı kütle merkezi ile rijitlik merkezi yerinin gerçek koordinatları kesin olarak hesaplanamaz. Buradan hareketle, kat içinde her zaman ek dışmerkezlilik oluşması kaçınılmazdır. Ek dışmerkezliliğin düşey taşıyıcılara oluşturduğu ek kesme kuvvetleri, bina güvenliğini olumsuz etkiler ve bu olumsuzluk hesaplarda dikkate alınmalıdır. Kütle ve rijitlik merkezi koordinatlarının

hesaplanmasındaki belirsizliklerin oluşturabileceği ek dışmerkezliklerin ve kat burulmasının etkisini dikkate almak için kaydırılmış kütle merkezleri kullanılır. Kaydırılmış kütle merkezleri, deprem kuvvetinin x ve y doğrultularında etkimesi durumlarını yansıtmak için iki yönde ve ayrı ayrı düşünülür.

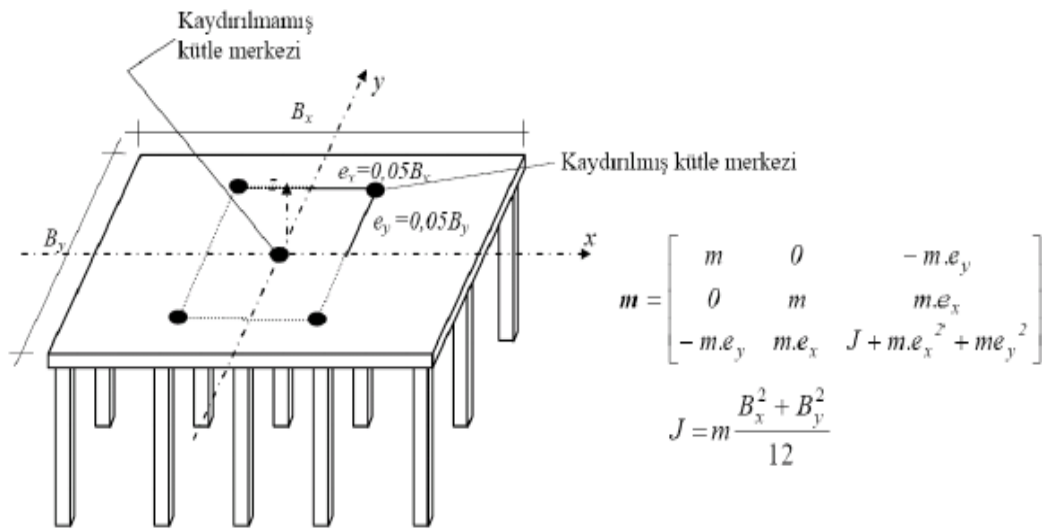


- Gerçek kütle merkezi O Kaydırılmış kütle merkezi

Şekil 2.2. Deprem kuvvetlerinin kaydırılmış kütle merkezlerine uygulanması

Tamamen simetrik bir yapıda, teorik olarak burulma olmayabilir. Ancak, malzeme özelliklerinde doğal değişimler, yapı elemanlarının kesit boyutlarının hesaplanandan çok azda olsa farklı imal edilmesi, depremin oluşturduğu yer hareketinin burulma oluşturan bileşeni gibi nedenler yapıyı etkileyebilir. Bütün bunlardan dolayı, teorik olarak burulmanın sıfır olduğu yapılarda bile, minimum dışmerkezlik uygulanmaktadır [6].

$\eta_{bi} > 2,00$ olması durumunda ise eşdeğer deprem yükü yöntemi yerine taşıyıcı sistemin davranışının belirlenmesinde daha etkili bir yöntem olduğu düşünülen "Dinamik Hesap" (mod birleştirme yöntemi ya da zaman tanım alanında hesap yöntemleri) uygulanması öngörülmektedir. Binanın bir tarafında tamamen istinat perdesi olduğundan dolayı deprem anında aşırı oranda burulma düzensizliği oluşur. Binaya açık bir yan cephe sağlamak, yan cephelerde de istinat duvarı yapmamak ve zemin kat altında daha fazla yer açmak vb isteklerden dolayı istinat perdeli binalar çok sıklıkla yapılmaktadır. Perdenin binada kalmayıp bina dışına doğru devam ettiği durumlarda burulma etkisi daha da büyümektedir.



Şekil 2.3. Bir katlı binada kaydırılmış kütle merkezi ve kütle matrisi

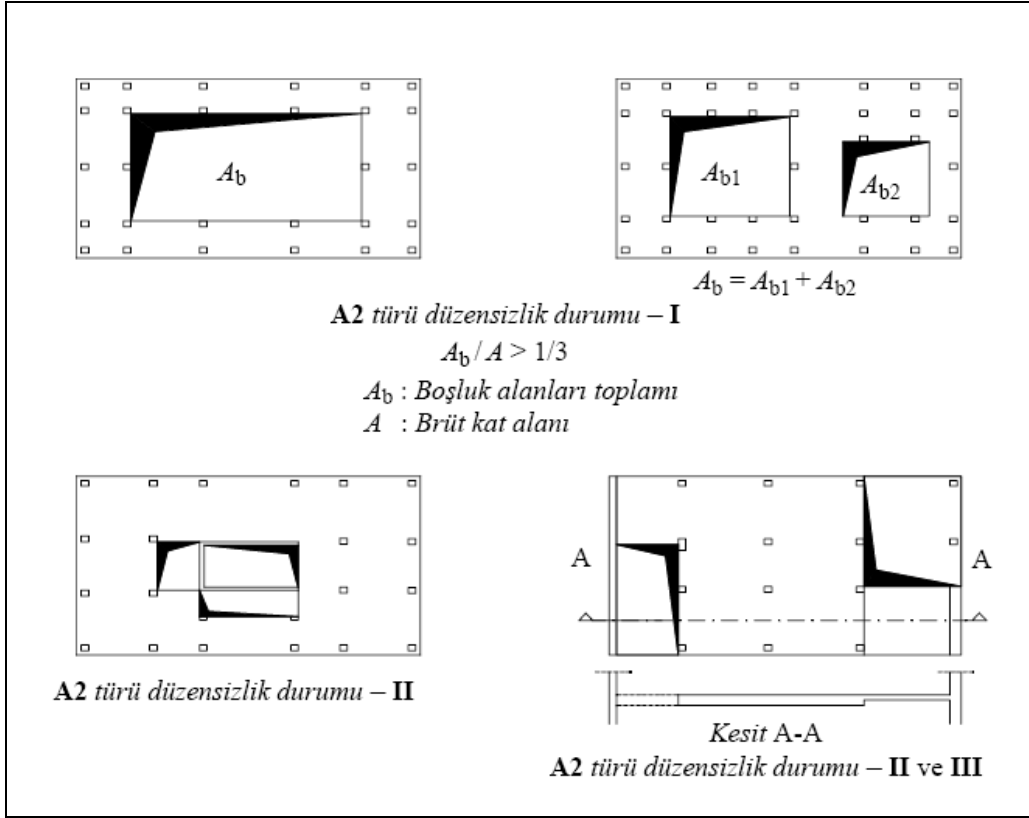
2.3.1.2. Döşeme süreksizliği (A2)

Bir kat planında, çeşitli maksatlar için açılmış boşlukların (merdiven ve asansör boşlukları dahil) alanları toplamının, kat brüt alanına oranının 1/3 ü geçmesi “ Döşeme Süreksizliği Düzensizliği ” olarak tanımlanır. Bu boşluklar nedeni ile yatay deprem yüklerinin, düşey taşıyıcı elemanlara güvenli aktarılabilmesi güçleşebilmekte ya da ani rijitlik azalması olabilmektedir. Bu nedenle, döşeme yeterince sayıda sonlu döşeme parçalarına ayrılıp, her bir parça için %5 ilave eksantirisite kabul edilerek, yatay yüklerin düşey taşıyıcı elemanlara güvenle aktarıldığı hesapla gösterilmelidir. Herhangi birinci kattaki döşemede:

1. Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3 ünden fazla olması durumu. ($F / A > 1/3$)
2. Deprem yüklerinin perde ve kolon gibi düşey taşıyıcı elemanlara güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu.
3. Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani değişikliklerin bulunması durumlarıdır.

Deprem kuvvetinin yapıda kütlelerin yoğun olarak bulunduğu döşemelerde meydana geldiği kabul edildiği için, bu yüklerin döşemelere mesnetlik yapan kiriş kolon ve perde gibi elemanlara iletilmesi önemlidir. Döşemede boşlukların bulunması ve özellikle döşemenin doğrudan kolon veya perdeye mesnetlendiği kirişsiz döşemelerde bu mesnetlenme kenarlarında boşlukların bulunması kuvvet iletimini zorlaştıracak ve gerilme yığılmalarına sebep olacaktır. Bunun gibi döşemenin kalınlığının da ani sayılabilecek değişikliklerde deprem kuvvetinin iletilmesinde gerilme yığılmalarına sebep olabilir. Bu düzensizliğin bulunduğu binalarda kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini, kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilirdiği gösterilmelidir. Doğal olarak bu tür düzensizliğin önlenmesine gayret edilmelidir. Ancak, kaçınılmaz durumlarda boşluklu döşemeyi küçük parçalara ayırarak ve rijit diyafram kabulünü terk edip, döşemenin kendi düzlemi içindeki eğilmesini de içeren bir çözüm yolu izlenilebilir. Kat deprem yükünün de bu parçalara yayılı verilmesiyle bu kolon ve perdelerle iletilmesi sırasında ortaya çıkacak ek gerilmeler belirlenerek gerektiğinde döşemede kalınlık veya donatı artırılması yönüne gidilebilir. Döşeme parçalarını etkileyecek deprem kuvvetinin de yönetmeliğin öngördüğü dışmerkezliği içerecek şekilde verilmesi gerekir.

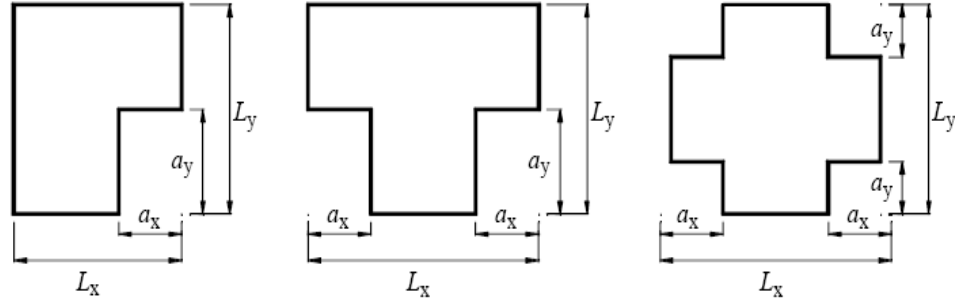
A2 döşeme süreksizliğinin olduğu durumlarda hesap yapılırken döşeme yeterli sayılarda bölmelere ayrılarak her bir bölme için %5 eksantrisite verilir ve o bölme için yatay yükler etkiltilerek yatay yük analizi yapılır. Bu yükler altında düşey taşıyıcılara gelen kesit tesirleri hesaplanır ve bunlara göre boyutlandırma yapılır. Eleman boyutları ve/veya donatıları artar.



Şekil 2.4. Döşeme Süreksizliği Düzensizliği (A2)

2.3.1.3. Planda çıkıntılar bulunması (A3)

Yapı kat planında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumudur. Bu durumdaki yapı bölümlerinin dinamik özelliklerinin farklı oluşu nedeniyle birbirlerine çarpma olasılığı meydana gelmektedir. Bu düzensizliğin mevcut olduğu yapılarda %5 ilave eksantirisite kabul edilerek, yatay yüklerin düşey taşıyıcı elemanlara güvenle aktarıldığı hesapla gösterilmelidir. Bu düzensizliği önlemek için, yapıyı derzlerle simetrik ve basit geometrik bölümlere ayırarak projelendirmek de bir çözüm yöntemidir. (Şekil 2.5).



A3 türü düzensizlik durumu:
 $a_x > 0.2 L_x$ ve aynı zamanda $a_y > 0.2 L_y$

Şekil 2.5. Planda çıkıntılar bulunması

Yeni deprem yönetmeliğine göre, A3 türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda, birinci ve ikinci kat derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerinin düşey taşıyıcı sistem elemanları (kiriş, kolon, perde) arasında güvenle aktarabildiğinin hesapla doğrulanması gerekmektedir. (TDY 6.3.2.2).

2.3.1.4. Taşıyıcı elaman eksenlerinin paralel olmaması (A4)

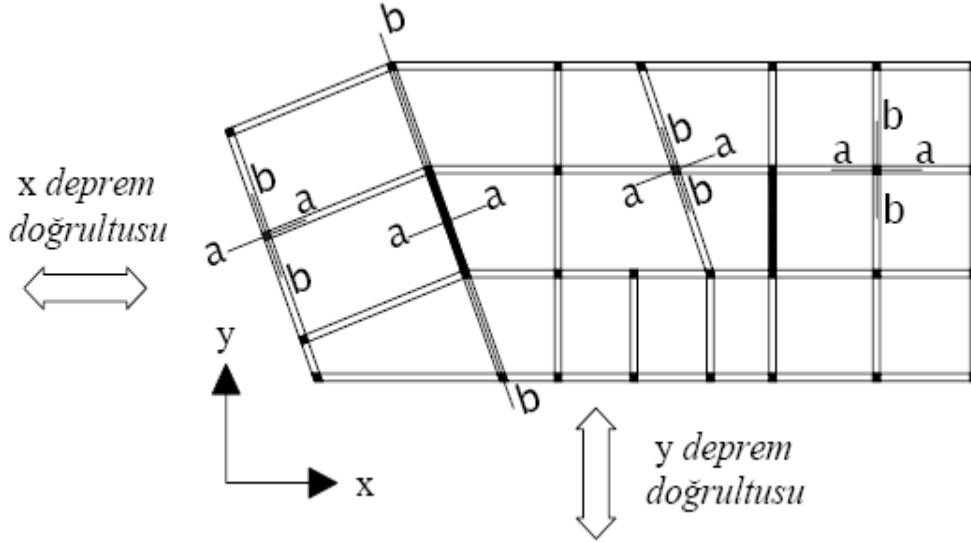
Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, göz önüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumudur (Şekil 2.6). Bu düzensizliğe sahip olan yapılara ortogonal olmayan yapılarda denilmektedir. Bu bilgi eğik konumdaki, kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı elemanların asal eksenleri boyunca meydana gelen iç kuvvetler, depremin her iki yandan etki edeceği varsayılarak bu iki çözümleme elverişsiz etkinin elde edilmesi için bu düzensizliğin bulunduğu yapılarda, taşıyıcı sistem elemanlarının a asal eksen doğrultusundaki iç kuvvetleri;

$$B_a = \pm B_{ax} \pm 0.30 B_{ay} \quad (2.6)$$

$$B_a = \pm 0.30 B_{ax} \pm B_{ay} \quad (2.7)$$

şeklinde birleştirilerek, kesit hesaplarında kullanılacak değerler bulunur.

Bu işlemler a ve b eksenleri için de yapılarak en elverişsiz kesit tesiri olan değere göre tasarım yapılır.



Şekil 2.6. Taşıyıcı elaman eksenlerinin paralel olmaması düzensizliği (A4)

2.3.2. Düşeyde düzensizlik

2.3.2.1. Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (B1, zayıf kat)

Bir katta mevcut olan kolon, perde ve bölme duvarlarının hepsi bir alt veya bir üst katta devam etmeyebilir. Binaların giriş katlarını ticari amaçla kullanmak için kolonlar, perdeler ve bölme duvarları daha az bırakılabilmektedir. Herhangi bir kat planında birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının bir üst kattaki kesme alanına oranının (η_c) 0,80'den küçük olması “ zayıf kat düzensizliği ” olarak tanımlanır. Deprem yönetmeliğinde zayıf kat düzensizliği bölümünde de herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

Deprem yönetmeliğine göre zayıf kat düzensizliği

$$\eta_{ci} = (\Sigma Ae)_i / (\Sigma Ae)_{i+1} < 0,80 \quad (2.8)$$

$$\Sigma Ae = \Sigma Aw + \Sigma Ag + 0.15 \Sigma Ak \quad (2.9)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

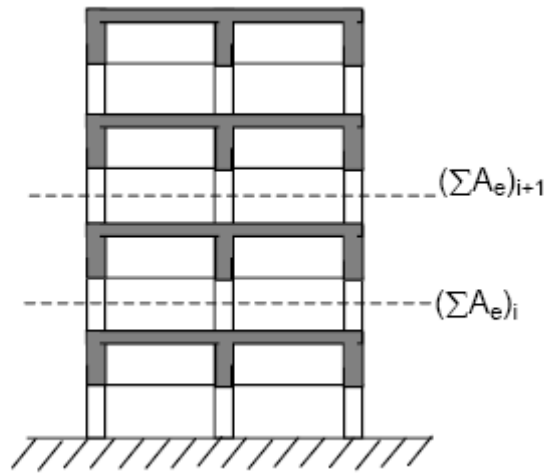
Burada;

ΣAe = Herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusundaki etkili kesme alanıdır.

ΣAw = Herhangi bir katta kolon enkesiti etkin gövde alanları A_w 'ların toplamını ifade etmektedir.

A_w = Kolon enkesiti etkin gövde alanıdır (depreme dik doğrultudaki kolon çıkıntılarının alanı hariç).

ΣAk = Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamını ifade etmektedir.



Şekil 2.7. Komşu katlar arası dayanım düzensizliği

Birbirini takip eden iki katta kolon ve perde kesitlerinde önemli değişiklik olmamasını rağmen, alt katta kargir duvarların bulunmaması bu katın taşıma kapasitesini azaltır ve deprem hasarının bu katta yoğunlaşmasına sebep olur. Yukarıda verilen (2.9.) ifadesinde kargir duvarların da kapasiteye katkıları görülmektedir.

Bu tür düzensizliğin bulunduğu binalarda eğer $0.60 < \eta_{ci} < 0.80$ ise olumsuzluğun giderilmesi için taşıyıcı sistem davranış katsayısı $1.25 * \eta_{ci}$ ile çarpılarak küçültülecek ve böylece toplam deprem etkisi büyütülecek ve binanın tümüne her iki deprem doğrultusunda uygulanacaktır. Ancak hiçbir zaman $\eta_{ci} < 0.6$ olmayacaktır. Aksi durumda, zayıf katın dayanımı ve rijitliği artırılarak deprem hesabı yeniden

yapılacaktır. Ayrıca bu tür düzensizliği bulunan yapılardaki kolon sarılma bölgesine konulan enine donatı, kolon orta bölgesinde de aynen devam ettirilecektir.

η_{ci} Dayanım Düzensizliği Katsayısı



$$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1}$$



$$\eta_{ci} > 0.80$$



$$0.60 < (\eta_{ci})_{\min} < 0.80$$



$$\eta_{ci} < 0.60$$



Zayıf kat oluşumu



Zayıf kat düzensizliği var



zayıf katın dayanımı ve rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.



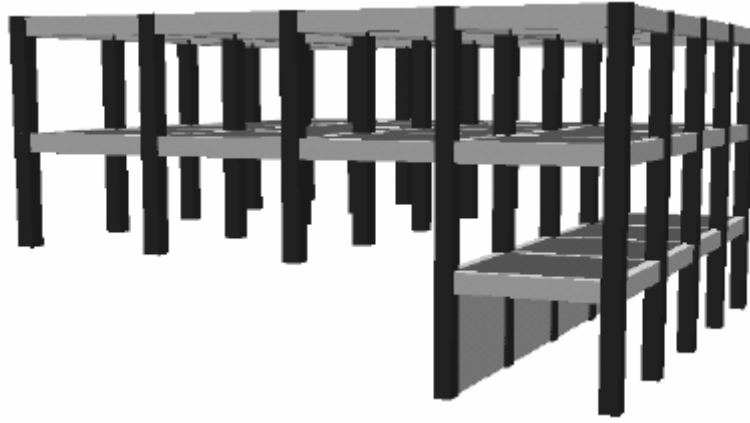
Göz önüne alınan i'nci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, η_{ci} 'nin hesabında dolgu duvarları göz önüne alınır.



$$(R) * 1.25 (\eta_{ci})_{\min}$$

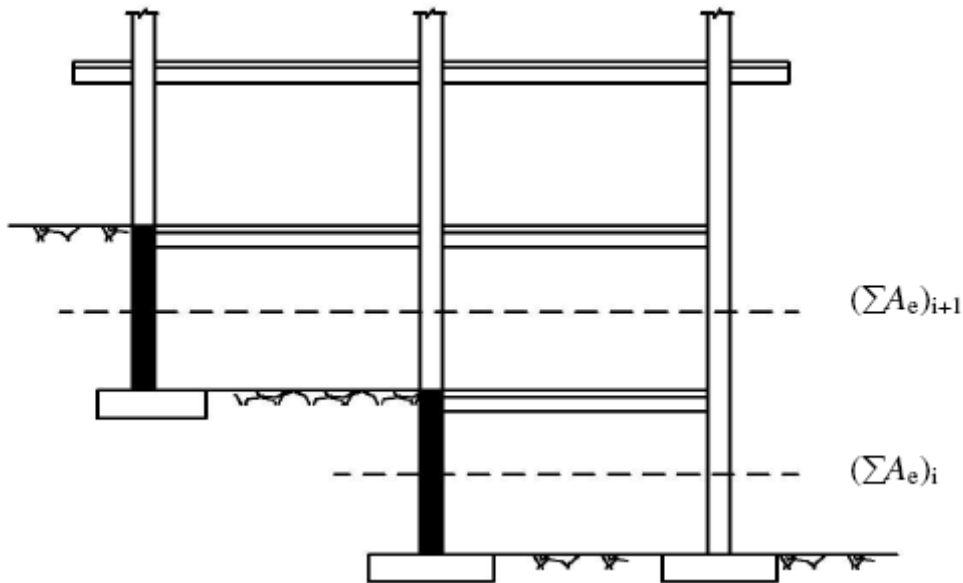


R katsayısı her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanır



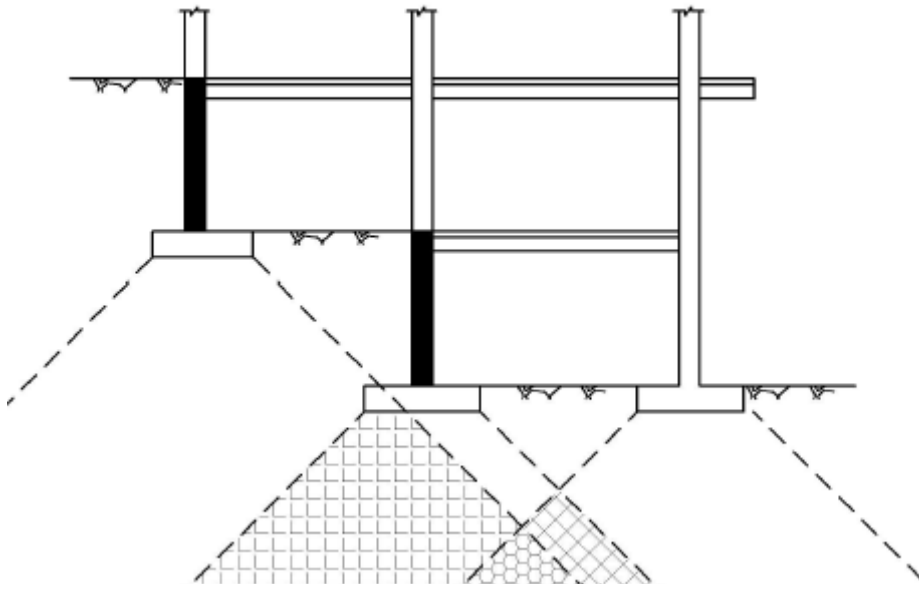
Şekil 2.8. Zayıf kat düzensizliği olabilecek istinat perdeli bir binanın görünüşü

Yamaça oturan kademeli ve istinat perdeli bir binada zayıf kat düzensizliği oluşabilir. Yamaçtaki binaların bazılarında birinci diyafram alanı ikinci diyaframdan oldukça düşük olabilir. Buna paralel etkili kesme alanlarında da aynı durum söz konusudur. Hesap yapıldığı zaman görülecektir ki istinat perdesinin tüm alanı, etkili kesme alanına dâhil edilse bile yinede zayıf kat düzensizliği oluşabilmektedir. Ayrıca tüm binanın deprem davranışına etkisi oldukça şüpheli olan istinat perdesinin bu hesaba dâhil edilmesi de tartışmalıdır. Çünkü istinat perdesi yalnızca zemin itkisi için tasarlanmış ve boyutlandırılmıştır. Sayılan bu sebeplerden dolayı bu tür binalarda ciddi düzeyde zayıf kat düzensizliği oluşabilir.



Şekil 2.9. Yamaçtaki kademeli istinat perdeli binada zayıf kat düzensizlik oluşumu

Zayıf kat düzensizliği olan bu binalarda ayrıca bir temelin daha alt kottaki temele olumsuz etkileri olabilir. Temeller üzerlerindeki yükleri altlarındaki zemine bağlı olan bir açı ile yayarlar. Temelleri farklı kotlarda ve kolonlarında birbirlerine yakın olduğu binalarda, zemin bazı yerlerde iki temelin yüküne birden maruz kalabilmektedir. Ayrıca yakın kolonlardan dolayı bir temelin yükü diğer temele de etkiyebilmektedir (Şekil 2.10). Bu türden binalarla karşılaşılsa da incelenmesinde oldukça bilinmeyen olusu ve birçok parametreye bağlı olmasından dolayı, yalnızca oluşabilecek olumsuzluklar belirtilmiş, çalışma kapsamına alınmamıştır [7].



Şekil 2.10. Yamaçtaki kademeli istinat perdeli bir binada, temellerin birbirleriyle etkileşimleri

a) Zayıf katın oluşma nedeni:

Hangi ülkede olursa olsun, geçmiş depremlerde vuku bulan bina hasarları incelendiğinde, tipik olarak zemin katlarındaki yığma dolgu duvarları, üst katlardaki yığma dolgu duvarlara nazaran hiç veya çok az olan binaların, zemin kat hizasında büyük hasar gördüğüne şahit oluruz. Çünkü, yığma dolgu duvarlarından yoksun olan zemin katın yatay deplasmanlara karşı direnci, yığma dolgu duvarları bakımından zengin olan üst katlara göre çok azdır. Bu yüzden düşey yönde rijitlik süreksizliği bulunan katlara zayıf kat denir. Zemin kat yüksekliğinin üst katlara nazaran daha fazla olması da, zayıf kat düzensizliği yaratır. Mağaza, restoran ve banka gibi çeşitli

ticari fonksiyonlara geniş alanlar sağlayabilmek için, dolgu duvar örülmeven ve/veya kat yüksekliği göreceli olarak büyük olan zemin katlar, çok katlı binalarda deprem hasarlarının odak noktasıdır.

b) Zayıf katın hasar görme nedeni:

Yığma dolgu duvarlar, betonarme taşıyıcı sisteminin iç kuvvet hesabında kesinlikle göz önüne alınmaz. Çünkü, yığma dolgu duvarların yatay deprem yüklerinden pay alarak, kolon-kiriş-perde gibi ana taşıyıcı sistem elemanlarına gelen iç kesit taleplerini küçültmesine ve böylece taşıyıcı sistemin gereğinden zayıf olarak tasarımılanmasına izin verilmez. Ancak, yığma dolgu duvarlar buldukları katın yatay deplasmanlarını azaltmada çok büyük rol oynarlar. Dolayısı ile, yatay deplasmanların hesabında, özellikle binanın elâstik birinci doğal titreşim periyodunun tayininde, yığma dolgu duvarların sağlayacağı rijitliği muhakkak surette göz önüne almalıdır. Bu amaçla, yığma dolgu duvarlar, ya sonlu elemanlar veya efektif Hrennikof çapraz çubukları ile (Tezcan vd, 2001) matematik modele dahil edilmelidir. Nitekim, UBC-97 Amerikan deprem yönetmeliğinin 16.30.12 Maddesinde (Anonim, 1997) mealen şöyle yazılıdır: “ Yığma dolgu duvarların çatlaklı en kesitlerinin rijitlik ve dayanımları, taşıyıcı sistemin matematik modellenmesine dahil edilecektir. ” Esasen, deprem esnasında zayıf katın hasar görmesinin başlıca nedeni, üst katlardaki yığma dolgu duvarlarının, zemin katta bulunmayışıdır. Madem ki, deprem hasarı yığma dolgu duvarlarının bulunmayışından kaynaklanıyor o halde, yatay deplasman hesabında, yığma duvarların modellenmesi mecburiyeti vardır. Ancak, bu suretle yığma duvarların üst katlarda mevcut olma ve zemin katta mevcut olmama durumları yatay deplasman hesaplarına yansıtılabilir. Aksi halde, zayıf katlarda aşırı yatay deplasman nedeni ile meydana gelecek deprem hasarlarının nedeni izah edilemez. Aşağıda, zayıf kat nedeni ile hasar gören bina örnekleri ve zayıf kat düzensizliği ile ilgili yönetmelik hükümleri ayrıntıları ile incelenmiştir. (Anonim,1985; Esteva,1982; Ambrose vd., 1984; Aranda vd., 1982 ; Tezcan vd., 1998, 2001)

c) Zayıf kat hasarına örnekler:

1-Olive View Hastanesi. ABD (1971)

Kaliforniya'da 9 Şubat 1971 tarihli San Fernando depreminde ($M=6,5$), Olive View Hastanesinin 5 katlı Tıbbi Müdahale ve Bakım (Medical Treatment and Care) binasının zemin kat kolonları, yığma dolgu duvar yokluğundan ötürü, ağır hasara uğramıştır (Şekil 2.11). Kat yüksekliği $h=4.27$ metre olan zemin katın relatif yatay deplasmanı $d= 0.81$ metre olarak ölçülmüştür. Demek ki, zayıf katta elasto – plastik kat arası yatay deplasman oranı, izin verilen $s_{max} \leq 0.02$ değerinin 9.5 katı olmuş ve bu nedenle, tüm bina yıkılarak yerine zayıf katı olmayan yeni bir bina inşa edilmiştir.



Şekil 2.11. Olive View Hastanesi zayıf kat hasarı

2-Casa Micasa İşhanı, Nicaragua (1972)

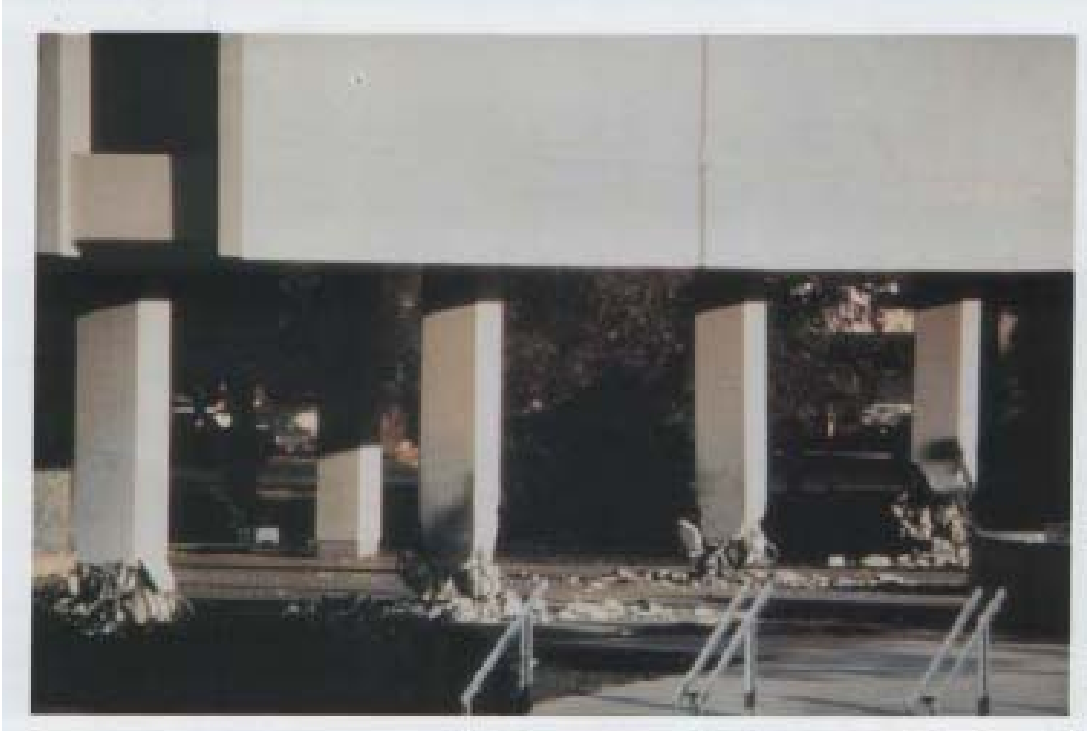
Şekil 2.12’de görüldüğü gibi, 23 Aralık 1972 Managua, Nicaragua depreminde (M=6.2), Casa Micasa İş hanı, zemin katta yığma dolgu duvar bulunmayışından kaynaklanan zayıflık ile büyük hasar görmüş ve depremden hemen sonra yıkılmıştır.



Şekil 2.12. Casa Micasa Binası zayıf kat hasarı

3- Imperial County Belediye Binası, ABD (1979)

Kaliforniya’da 15 Ekim 1979 tarihli Imperial County depreminde (M= 6.4) 6-katlı Belediye Binası yığma dolgu duvarların ve üst katlardaki betonarme perde ve diğer rijit elemanların zemin katta bulunmaması nedeni ile, ağır hasara uğramış ve yıkılmıştır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Imperial County Belediye Binası zayıf kat hasarı

4- Zayıf kat ve Meksika depremi (1985)

19 Eylül 1985 tarihinde Mexico City'yi vuran depremde ($M= 8.1$) ağır hasar gören veya göçen binaların %8'inde zayıf kat düzensizliğinin mevcut olduğu rapor edilmiştir (Anonim, 1985; Esteva, 1992).

5- Kobe depremi (1995)

Şekil 2.14'te görüldüğü gibi, 17 Ocak 1995 Kobe depreminde ($M= 7.2$), Şehir merkezinde, 5-katlı alışveriş merkezi binalarında, zemin katta yığma dolgu duvarı bulunmadığı için oluşan zayıf kat nedeni ile, 1,50 metreye varan aşırı yanal deplasmanlar ve ağır hasarlar meydana gelmiştir. Kat arası deplasmanlarının oranı, $s=d/h$ izin verilen 0.02'nin 21 katıdır. Hiçbir zemin kat kolonu bu büyüklükte bir deplasmana dayanamaz.

$$s = d / h = 1.50\text{m} / 3.60\text{m} = 0.42 \gg 0.02 \quad (2.10)$$



Şekil 2.14. Kobe Şehir Merkezinde 6-katlı binalarda zayıf kat hasarları

6- Zayıf kat ve Kocaeli depremi (1999)

İzmit, Gölcük ve özellikle Adapazarı İnönü ve Çark Caddelerinde ticari amaçlı boşluklar yaratabilmek adına, zemin katlarında yığma dolgu duvarı bulunmayan çok sayıda bina, 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde ($M= 7.4$) ağır hasar görmüştür. Şekil 2.15’de görülen ve inşaatı henüz yeni tamamlanmış 5 katlı apartmanın üst katları konut, zemin katı ise, dükkân olarak projelendirilmiştir. Zemin katının yüksekliği oldukça fazla olan ve zemin katı yığma dolgu duvarlardan yoksun bulunan bu bina, zayıf kat sendromu nedeni ile, ağır hasar görmüş ve yıkılmıştır. Gölcük –Körfez Yukarı Mahallede bulunan 3 katlı binanın zemin katında, mağaza olarak planlandığı için, hiçbir yığma duvar örülmemiştir. Bu binanın tüm zemin kat kolonları, özellikle her iki yan cephe kolonları, zayıf katın aşırı yanal deplasman yapması nedeni ile alt ve üst başlarından kırılarak ağır hasar görmüştür. Deprem yönetmeliğinde (TDY-2007) bulunan η_c zayıf kat ve η_k yumuşak kat kriterlerine göre, bu binada zayıf kat veya yumuşak kat düzensizliği bulunmamaktadır. Ne var ki, bina depremde zemin katının zayıflığı ve yumuşaklığı nedeni ile yıkılmıştır. Demek ki, Türkiye deprem yönetmeliği, bir binada zayıf veya yumuşak katın varlığını bulup çıkaramamaktadır. Böylece, hayati bir konuda hem tasarım mühendisini yanıltmakta,

hem de ortalığı ‘ toz pembe ’ göstererek tüm ilgilileri, can güvenliğini tehdit eden bir hususta yanlış yönlendirmektedir [8].



Şekil 2.15. Adapazarı’nda 5-katlı binanın zayıf katında ağır hasar

2.3.2.2. Yumuşak kat düzensizliği (B2)

Depremlerden sonra binalarda yapılan gözlemler, istenmeyen durumların ortaya çıkmasında rijitlik düzensizliği olarak da adlandırılan yumuşak kat düzensizliğinin de önemli derecede etkisinin bulunduğunu ortaya koymaktadır. Binaların hasar görmesine neden olan etkenlerin başında yer alan yumuşak kat düzensizliği, deprem yönetmeliğinde düşey düzensizliklerin arasında yer almış ve B2 düzensizliği olarak tanımlanmıştır. Daha önce de bahsedildiği gibi 2007 yılında yürürlüğe giren deprem yönetmeliğinde B2-komsu katlar arası rijitlik düzensizliğine (yumuşak kat) ilişkin tanım ve sınırdaki değişiklik yapılmıştır (Tablo 2.3).

Yönetmelikte yumuşak kat düzensizliği, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i’inci kattaki ortalama görelî kat öteleme oranının

bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} ' nin 2,0'den fazla olması durumu seklinde değiştirilmiştir (Denklem 2.11 ve Denklem. 2.12).

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2,0 \quad (2.11)$$

veya

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2,0 \quad (2.12)$$

Burada görelî kat ötelemeleri Δ_i deprem yüklerinin \pm % 5 eksantrik olarak yapıya etki ettirilmesiyle belirlenir.

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine göre,

$2.0 > \eta_{ki}$ ise: Yapıda B2 türü yumuşak kat düzensizliği yoktur.

$\eta_{ki} > 2.0$ ise :Birinci ve ikinci deprem bölgelerinde dinamik hesap yapılması zorunludur.

Tablo 2.3. Deprem ve afet yönetmeliğindeki B2 tanımları

<p>2007 yılı deprem yönetmeliği</p>	<p>Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i' inci kattaki <i>ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı</i> η_{ki}' nin 2,0' den fazla olması durumu</p> $\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0$ <p>veya</p> $\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0$
<p>1998 yılı afet yönetmeliği</p>	<p>Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i' inci kattaki <i>ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranı</i> olarak tanımlanan <i>Rijitlik Düzensizliği Katsayısı</i> η_{ki} 'nin 1,5' tan fazla olması durumu</p> $\eta_{ki} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} > 1.5$

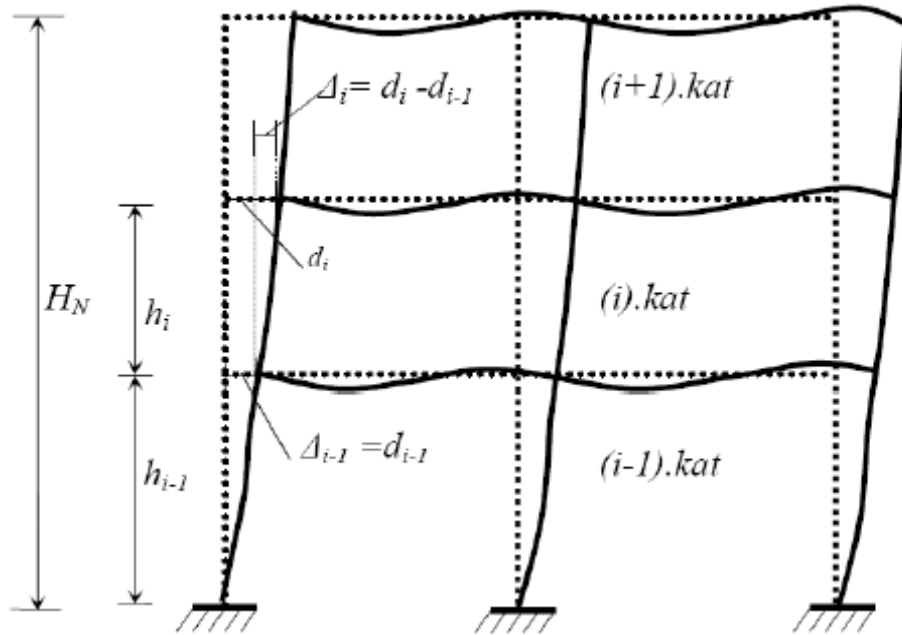
Denklem 2.11 ve Denklem. 2.12' de

Δ_i , binanın i ' inci katındaki görelî kat ötelemesini,

h_i , binanın i ' inci katının kat yüksekliğini,

$(\Delta_i)_{ort}$, binanın i ' inci katındaki ortalama görelî kat ötelemesini ifade etmektedir.

Eskiden yalnızca rölâtif yer değiştirmeler birbirleri ile oranlanırken, şimdi ise rölâtif yer değiştirmeler kat yüksekliklerine bölünüp ondan sonra oranlanmaktadır. Ayrıca verilen sınır durum 1,5 değerinden 2,0 değerine çıkarılmıştır. Kat yükseklikleri aynı olan binalar için yumuşak kat düzensizliği eskiye oranla gevşetilmiş olmakla birlikte, getirilen öteleme oranlarının oranlanması, kat yükseklikleri birbirinden farklı olan binalar için daha doğru bir yaklaşım olduğu da gözden uzak tutulmamalıdır. Değişen diğer bir husus ise B2 düzensizlik tanımında eskiden yalnızca alt katın üst kata oranı iken, şimdi hem alt katın üst kata oranı, hem de üst katın alt kata oranı şeklinde bir kıstas getirilmesidir.

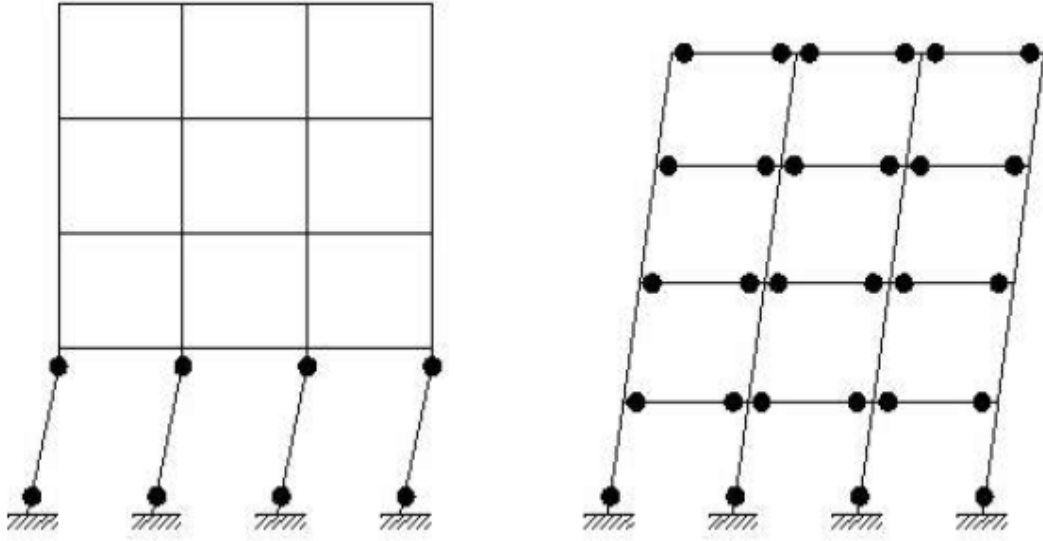


şekil 2.16. Depremde binada oluşabilecek görelî kat ötelemesi

Bu şekilde getirilen bir düzenleme ile artık rijit bodrumlu binaların tamamında yumuşak kat düzensizliğinin olduğu söylenebilir. Çünkü yumuşak kat düzensizliği tespitinde Denklem. 2.12' ye göre üst katın öteleme değeri oranı ile alt katın öteleme değeri oranı 2,0 değerinden çok büyük olacaktır.

Deprem yönetmeliğinde 2.3.2.1 ve 2.11' da belirtildiği gibi daha önce bahsedilen A1- burulma düzensizliği ve B2-yumuşak kat düzensizliği, deprem hesap yönteminin seçiminde etken olan düzensizliklerdir.

Yapıda ani rijitlik değişimi sebebiyle deprem enerjisinin tek bir katta yoğunlaşması sebebiyle oluşan yumuşak kat düzensizliği ülkemizde yaşanan depremlerde betonarme binaların yıkılma nedenlerinin başında gelmektedir. Bu düzensizlik dünyada da önde gelen hasar nedenleri arasındadır. Bu nedenle birçok sismik değerlendirme raporunda yer almaktadır (A summary report of the January 17 1995 Kobe Earthquake, 1995; Goel, 2003; Yoshimura ve Kuroki, 2003). Yumuşak kat ülkemizde oldukça yaygın sayılabilecek bir durumdur. Bunun başlıca nedeni birçok binanın zemin katının otopark veya dükkân olarak ticari amaçlar için kullanılmasıdır. Zemin katlarda vitrin olarak kullanmak amacıyla dış duvarlar yerine cam kullanılmakta, iç duvarlar ise geniş alanlara ihtiyaç duyulması nedeniyle üst katlara oranla çok az yapılmaktadır. Bir üstte konut amaçlı kullanılan katta ise hemen iç ve dış duvarların inşa edilmiş olması düşeyde bir rijitlik düzensizliğine yol açmaktadır. Oluşan bu rijitlik düzensizliği özellikle perdesiz yapılarda deprem güvenliği açısından oldukça ciddi sorunlara neden olabilmektedir. Deprem yüklemesi altında bu düzensizlik nedeniyle zemin katta oldukça büyük deformasyon talepleri oluşmakta ve deprem enerjisi tek bir katta yoğunlaşmaktadır. Şekil 2.17'de sağda görülen çerçevede deprem enerjisi katlara düzgün olarak dağılmış plastik mafsallar yoluyla tüketilmektedir. Bu sayede yapı, stabilitesi bozulmadan elde edilebilecek en yüksek sayıda plastik mafsal kullanılarak büyük miktarda enerji sönümleyebilmektedir. Fakat Şekil 2.17'de solda görülen çerçevede oluşan yumuşak kat mekanizması nedeniyle oldukça az sayıdaki plastik mafsal dahi yapı stabilitesinin kaybına sebep olmaktadır. Oluşan az sayıda plastik mafsal nedeniyle enerji sönümü de zorlaşmaktadır.



Şekil 2.17. Yumuşak kat ve ideal göçme mekanizması

Şekil 2.18’de görülen bina yumuşak kat sonucu deprem enerjisinin tek bir noktada yoğunlaşmasına iyi bir örnek teşkil etmektedir. Yapının zemin katı deprem sonucu çökmüş durumda olmasına rağmen üst katların camları dahi kırılmamıştır.



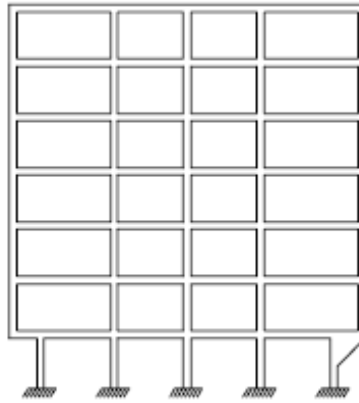
Şekil 2.18. İlk katı yumuşak kat nedeniyle göçmüş bir bina (Goel, 2003)

Yumuşak katın zemin kat yüksekliğinin diğer katlardan fazla olması sonucu oluşabileceği inşaat mühendisleri arasında oldukça yaygın bir görüştür. Fakat literatürde katlar arasında taşıyıcı sistem değişikliği (Watanabe, 1997) veya katlar arası farklı döşeme sistemi kullanılması (kirişli ve asmolen döşeme; Doğangün, 2004) gibi birçok farklı nedenle yumuşak kat oluşumuna rastlanmıştır. Ancak betonarme yapılarda yumuşak kat oluşumunun en yaygın nedenlerinden biri katlar arasında dolgu duvar miktarında ani değişiklik yapılmasıdır. Dolgu duvarlar inşaat mühendislerince taşıyıcı sistemin bir parçası olarak görülmediğinden bina davranışını etkileyecekleri çoğunlukla göz önüne alınmaz. Bu sebeple dolgu duvarlar sebebiyle yumuşak kat oluşabileceği inşaat mühendisleri arasında yeterince yaygın bir bilgi değildir ve bu konuda gereken dikkat gösterilmemektedir [9].

2.3.2.3. Taşıyıcı sistem düşey elemanlarının süreksizliği (B3)

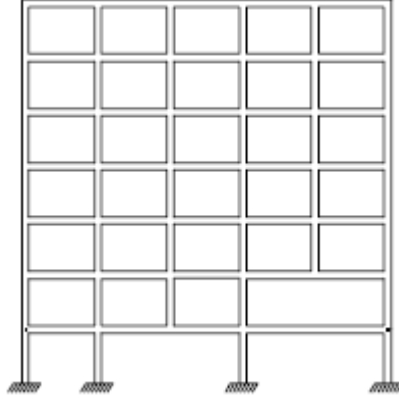
Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumudur. B3 türü düzensizliğin bulunduğu binalara ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir.

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



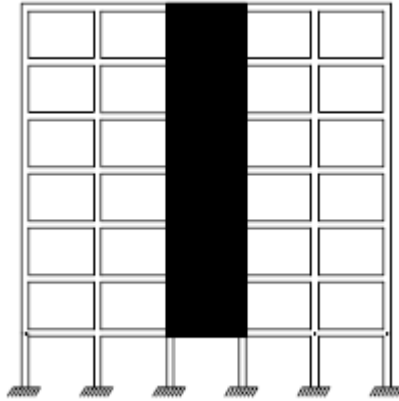
Şekil 2.19. a. Kolonların konsol ve guselere oturtulması

b) Kolunun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesintilerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin ve kolonların bütün kesintilerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan iç kuvvet değerleri % 50 oranında artırılabacaktır.



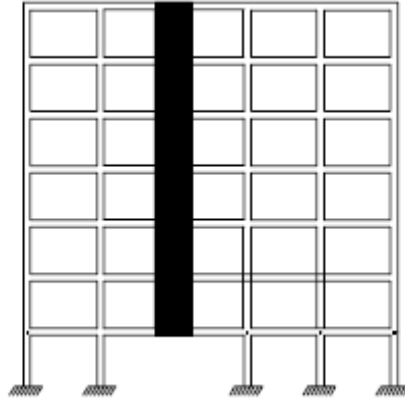
Şekil 2.19. b. Kolunun iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumu

c) Üst kattaki perdenin her iki ucundan altta kolonlara oturtulması durumunda, bu kolonlarda düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri % 50 arttırılacaktır. Bu tür düzensizliğin bulunduğu betonarme binalarda sarılma bölgelerinde yönetmelikte verilen koşullar uygulanmalıdır.



Şekil 2.19. c. Perdenin kolonlara oturması durumu

d) Perdelerin binanın herhangi bir katındaki, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.



Şekil 2.19. d. Perdenin kirişlere oturması durumu

BÖLÜM 3. ZAYIF VE YUMUŞAK KAT KRİTERİNDEKİ EKSİKLİKLER

3.1. Zayıf Kat Kriterindeki Eksiklikler

3.1.1. Yönetmelikteki zayıf kat kriterinin yetersizliği

Türkiye deprem yönetmeliğine göre (TDY- 2007), bir binada zayıf kat düzensizliğinin bulunup bulunmadığı aşağıda tarif edilen η_c – kriteri ile tayin edilir ve η_c 'nin aldığı minimum değere göre işlem yapılır:

$$\eta_c = A_{ef,i} / A_{ef,i+1} \quad (3.1)$$

$$A_{ef} = A_c + A_s + 0.15 A_m \quad (3.2)$$

Burada, göz önüne alınan deprem yönü için;

$A_{ef,i}$ = Bir kattaki efektif en kesit alanlarının toplamı,

A_c = Bir kattaki kolonların en kesit alanlarının toplamı,

A_s = Bir kattaki perdelerin en kesit alanlarının toplamı,

A_m = Bir kattaki dolgu duvarların en kesit alanlarının toplamı.

Yukarıdaki işlemler, binanın birbirine dik x ve y – yönleri için tekrarlanır ve küçük olan η_c itibar edilerek, Tablo 3.1'e göre işlem yapılır.

Tablo 3.1. Zayıf kat kriteri η_c 'ye göre işlemler

η_c	Yapılacak işlem
$0.80 \leq \eta_c < 1.00$	Düzensizlik yok. Hiçbir şey yapma! (<i>Bu tespitin niçin hatalı ve yanıltıcı olduğu, Paragraf 3.2'de açıklanmıştır</i>)
$0.60 \leq \eta_c < 0.80$	Taban kesme kuvvetini $1.25 \eta_c$ 'ye bölerek artırır. ⁽¹⁾ (<i>Kusurlu kat zemin katdır. Üst katlar niye cezalandırılm ki ?!</i>)
$0 < \eta_c < 0.60$	$\eta_c / 0.60$ oluncaya kadar, zemin katın kolon, perde ve dolgu duvarlarının sayı ve/veya boyutlarını artırır.

Zayıf kat düzensizliğinden dolayı ağır hasar gören Gölcük-Körfez Yukarı Mahalle'de bulunan ve Şekil 3.1'de gösterilen 3 katlı betonarme binanın kalıp planı ve taşıyıcı sisteminin boy kesiti sırası ile Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de şematik olarak verilmiştir. Bu bina için, Yönetmeliğin öngördüğü zayıf kat kriteri, Denklem 3.1 ve Denklem 3.2 yardımı ile, aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$A_{ef,i+1} = 4 (0.30) 0.50 + 0.15 (2) 0.18 (2.70) = 0.75 \text{ m}^2 \quad (3.3)$$

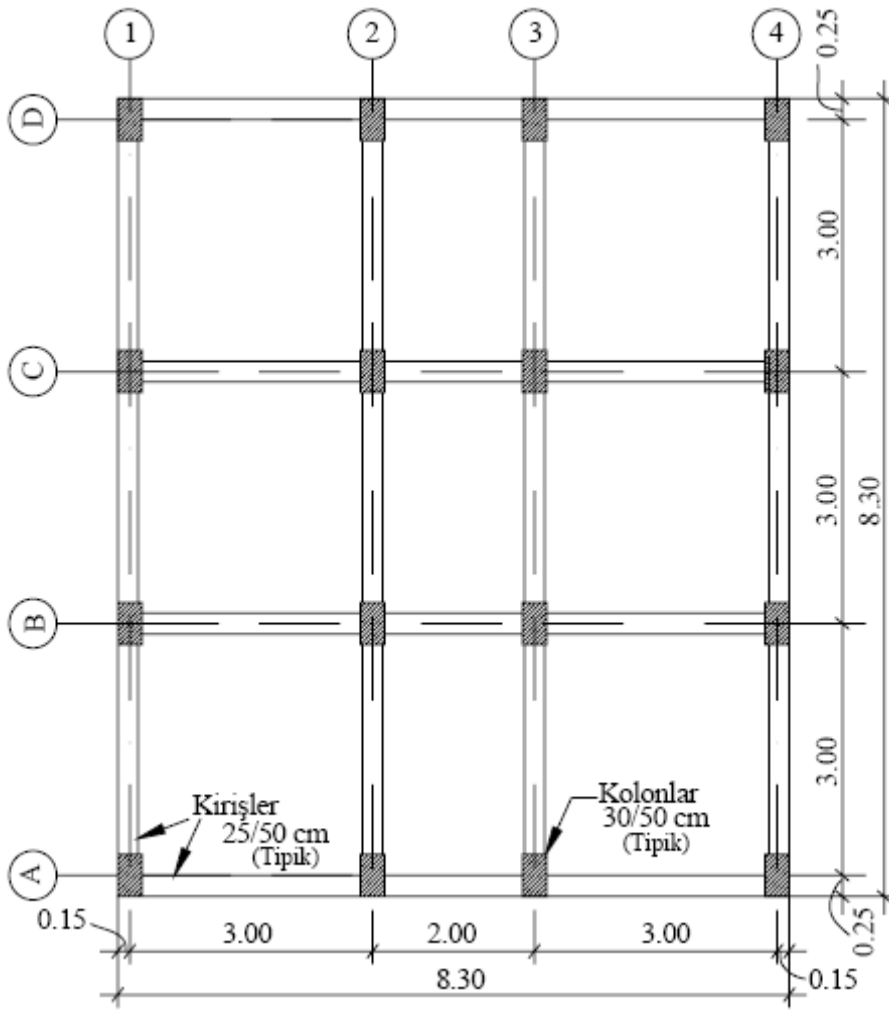
$$A_{ef,i} = 4 (0.30) 0.50 + 0 = 0.60 \text{ m}^2 \quad (3.4)$$

$$\eta_c = A_{ef,i} / A_{ef,i+1} = 0.60 / 0.75 = 0.80 \quad (3.5)$$

Tablo 1 ve TDY -2007'ye göre $\eta_c = 0.80$ olduğu için düzensizlik yoktur. Dolayısı ile, hiçbir işlem yapmak gerekmez!. Bu çok yanlış bir bulgudur. Çünkü, gerçekte bina deprem esnasında zayıf kat düzensizliğinden dolayı ağır hasar görmüştür (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Gölçük-Körfez Yukarı Mahalle’de zayıf kat hasarı



Şekil 3.2. Gölcük-Körfez Yukarı Mahalle'deki 3-katlı Binanın Kalıp Planı

I_{ef} = Bir kattaki efektif atalet momentleri toplamı,

I_c = Bir kattaki kolon atalet momentlerinin toplamı,

I_s = Bir kattaki betonarme perde atalet momentlerinin toplamı,

I_m = Bir kattaki dolgu duvarı brüt en kesitlerinin atalet momentleri toplamı,

Denk. 3.7'nin içinde I_m 'nin katsayısı, alışlageldiği gibi $0.15 I_m$ olmak yerine, çatlaklı en kesitin atalet momentine eşdeğer bir değeri temsil etmek üzere, $0.05 I_m$ alınmıştır. Önerilen bu yeni zayıf kat parametresi η_z , binada birbirine dik iki x veya y-yönleri için ayrı ayrı hesaplanmalı ve küçük olan η_z 'ye göre işlem yapılmalıdır. Eğer, $\eta_z / 0.50$ ise, taşıyıcı elemanlarda her hangi bir süreksizlik veya düzensizlik yok kabul edilir. Ancak, $\eta_z < 0.50$ ise, tasarım yenilenir. Kısaca, zayıf kat kolonlarının, perdelerinin ve / veya dolgu duvarlarının sayı ve boyutları $\eta_z / 0.50$ oluncaya kadar artırılır. İhtiyatlı davranmak üzere, $0.5 < \eta_z < 1$ aralığındaki katların tüm kolonları sadece uçlarında değil, tüm boyca sarılma etriyeleri ile sarılır.

3.1.3. Sayısal örnek

Sayısal olarak Şekil 3.1'deki 3 katlı Gölcük-Körfez Yukarı Mahalle binası örnek alınırsa, zemin kat ve 1 inci katın kolon ve duvarlarının atalet momentleri ve η_z zayıf kat kriteri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$I_{ef,i+1} = 4(0.5) (0.3)^3 / 12 + 0.05(2) 0.18(2.7)^3 / 12 = 0.034m^3 \quad (3.8)$$

$$I_{ef,i} = 4(0.5)(0.3)^3 / 12 + 0 = 0.0045m^3 \quad (3.9)$$

$$\eta_z = I_{ef,i} / I_{ef,i+1} = 0.0045 / 0.034 = 0.13 < 0.50 \text{ (Dikkat)} \quad (3.10)$$

Hesaplanan yeni zayıf kat kriteri $\eta_z = 0.13 < 0.50$ olduğu için, binada düzensizlik vardır ve $\eta_z \geq 0.50$ oluncaya kadar, kolon en kesit boyutları veya yığma dolgu duvarlarının boyutları artırılmalıdır. Eğer, bu yeni kriter kullanılsa ve gereği olan işlemler yapılsa idi, adı geçen 3 katlı Gölcük-Körfez Yukarı Mahalle binası depremde yıkılmazdı (Şekil 3.1).

3.2. Yumuşak Kat Kriterindeki Hata ve Eksiklikler

3.2.1. Yönetmelikteki yumuşak kat kriterinin eksikliği

Türkiye deprem yönetmeliğine (TDY-2007) göre, yumuşak katın mevcut olabilmesi için Denklem 3.11 ile hesaplanan $\eta_k > 2$ olmalıdır.

$$\eta_k = s_i / s_{i+1} \quad (3.11)$$

$$s_i = \Delta_i / h_i \quad (3.12)$$

Burada,

s_i = Zemin katın ortalama relatif kat arası yatay deplasman oranı,

Δ_i = Zemin katın ortalama relatif kat arası yatay deplasmanı,

h_i = Zemin kat yüksekliği.

Denklem 3.11, binanın birbirini takip eden i 'inci ve $i+1$ 'inci katlarına ait olmak üzere, birbirine dik her iki x ve y-yönü için hesaplanmalı ve büyük olanına göre işlem yapılmalıdır. TDY-2007'ye göre yapılacak işlemler Tablo 3.2'de özetlenmiştir.

Tablo 3.2. Yumuşak kat kriteri η_k 'ya göre yapılacak işlemler, TDY-2007

η_k	Yapılacak işlem
$\eta_k \leq 2$	Düzensizlik yok! Hiçbir şey yapma! (Bu tespitin hatalı ve yanıltıcı olduğu, Paragraf 4.2'de açıklanmıştır)
$\eta_k > 2$	Düzensizlik var! Ama, gene hiçbir şey yapma (! ?) ⁽¹⁾ Sadece, bina yüksekliği $H > 25m$ ise, dinamik analiz yap! ⁽²⁾

Yumuşak kat nedeni ile ağır hasar gören 3 katlı Gölcük binasının TDY-2007'ye göre, zemin kat yığma dolgu duvarlarını matematik modele dahil etmeden yapılan analiz sonuçları ve η_k kriterinin $\eta_k = 1.1$ 'düzensizlik yok' şeklinde tecelli eden hesabı Tablo 3.3' de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Gölcük binası için yumuşak kat kriteri(1), TDY-2007

Kat No	Yatay Deplasman	Relatif Deplasman	Deplasman Oranı	$\eta_k = \frac{s_i}{s_{i+1}}$
	d_{ort}	$\Delta = d_{i+1} - d_i$	$s = \Delta/h$	
	$(10^{-5})m$	$(10^{-5})m$	-	
2nci kat $h = 3.00m$	551	104	$34.\bar{6}$	-
1nci kat $h = 3.00m$	447	215	$71.\bar{6}$	$\frac{71.\bar{6}}{34.\bar{6}} = 2.1$
Zemin kat $h = 3.00m$	232	232	$77.\bar{3}$	$\frac{77.\bar{3}}{71.\bar{6}} = 1.1$

Tablo 3.4. Gölcük binası için yumuşak kat kriteri (2)

Kat No	Yatay Deplasman	Relatif Deplasman	Deplasman Oranı	$\eta_k = \frac{s_i}{s_{i+1}}$
	d_{ort}	$\Delta = d_{i+1} - d_i$	$s = \Delta/h$	
	$(10^{-5})m$	$(10^{-5})m$	-	
2nci kat $h = 3.00m$	250	18	6	-
1nci kat $h = 3.00m$	232	26	$8.\bar{6}$	$\frac{8.\bar{6}}{6.0} = 1.4$
Zemin kat $h = 3.00m$	206	206	$68.\bar{6}$	$\frac{68.\bar{6}}{8.\bar{6}} = 7.9$

3.2.2. Yumuşak kat kriteri için bir öneri

Yukarıda Tablo 3.3’de açıkça görüldüğü üzere, TDY-2007 ’ye göre, 3 katlı Gölcük Körfez Yukarı Mahalle binasında hiçbir şekilde yumuşak kat düzensizliği yoktur. Çünkü, $\eta_k = 1.1 < 2$ dir. Halbuki, bina, depremde yumuşak katın varlığı nedeni ile, ağır hasar görmüş ve neticede yıkılmıştır (Şekil 3.1).

Görülüyor ki, Türkiye deprem yönetmeliği TDY-2007, bir binada yumuşak katın mevcudiyetini saptamaktan acizdir. Bu acizliğin ve yetersizliğin tek nedeni, zemin katta bulunmayan yığma dolgu duvarların yokluğunun göz önüne alınabilmesi için 1inci ve 2 nci katlarda mevcut olan yığma dolgu duvarların varlığının göz önüne alınması, kısaca matematik modele dahil edilmesi gerekir. Nitekim, 1inci ve 2nci katlardaki yığma dolgu duvarlar matematik modelde göz önüne alındığı zaman, yumuşak kat kriteri, Tablo 3.4'den görüleceği üzere, $\eta_k = 7.9 \gg 2$ olarak hesaplanmaktadır. Dolayısı ile, binada zemin katta düşey doğrultuda rijitlik süreksizliği, yani yumuşak kat düzensizliği mevcuttur. İşte bu nedenle ($\eta_k = 7.9$) bina depremde ağır hasar görmüş ve sonunda yıkılmıştır.

Demek ki, yığma dolgu duvarları muhakkak surette matematik modele dahil etmek gerekir. Ancak, bu durumda zemin katta yığma dolgu duvar bulunmayışı hesaplara yansıtılabilmekte ve binadaki önemli ve hayati bir düzensizliğe parmak basılabilmektedir. Adapazarı'ndan örnek verilen 5 katlı binanın, ' yumuşak ' zemin katının içindeki hasar durumu Şekil 3.4'te gösterilmiştir. Düşey rijitlik düzensizliğinin mevcudiyeti saptanmış olsa bile, Tablo 3.2'den görüleceği üzere, Türkiye deprem yönetmeliğinde (TDY-2007) bu düzensizliği giderecek ve/veya ona karşı önlem aldırarak hiçbir uyarı ve yaptırım yoktur. Bu uyarı ve yaptırım noksanlığı, can güvenliğini tehdit eden önemli bir eksikliklerdir. Çünkü, ya eksik (yığma dolgu duvarlardan yoksun) bir matematik modelleme yaparak, $\eta_k = 1.1 < 2$ hesaplayacak ve ortalığı 'toz pembe' = kusursuz bulacaksınız. Ancak, binanız depremde yıkılacaktır veya, yığma dolgu duvarları matematik modele dahil ederek, $\eta_k = 7.9 \gg 2$ hesaplayacak ve ortalıkta büyük ve hayati önemi haiz bir kusur bulacaksınız. Ne var ki, Türkiye deprem yönetmeliği (TDY-2007) $\eta_k = 7.9$ olsa bile, gene suskun kalacak ve mühendise hiçbir uyarıda bulunmayacak ve binayı kusurlu durumdan kurtaracak hiçbir yaptırım uygulatmayacaktır! Her iki halde de mühendis 'kapana' sıkıştırılmış olacak ve binasını yıkılmaktan kurtaramayacaktır!



Şekil 3.4. Adapazarı'nda Şekil 2.15'te gösterilen 5-katlı binanın zemin katının içi

Yazarlar, Yönetmeliğin bu güvensiz ve aşırı derecede sakıncalı eksikliğini giderebilmek üzere, aşağıdaki ifadelerin Yönetmeliğe dahil edilmesini önermektedir:

“Bir binada komşu katlar arasındaki rijitlik düzensizliğinin ‘yumuşak’ katın varlığını tayin etmeğe yarayan η_k sayısı hesaplanırken, yığma dolgu duvarlar muhakkak surette taşıyıcı sistemin matematik modeline dahil edilmelidir. Rijitlik düzensizliği katsayısı η_k 'nın 2.0 den fazla olması durumunda, ‘yumuşak’ katın kolon, perde ve / veya yığma dolgu duvarlarının boyutları $\eta_k \leq 2$ oluncaya kadar artırılır. Ayrıca, böyle bir katın kolonları, sadece uçlarında değil, tüm boyca sarılma etriyeleri ile sarılır.” [10].

BÖLÜM 4. DEPREME DAYANIKLI BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ TASARIMI

Depreme dayanıklı bina kavramını tanımlamak, dayanıklılıktan ne anlaşıldığını saptamak önemlidir. Depreme dayanıklı bina tasarımının ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarında oluşabilecek hasarın onarılabilecek düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen ya da tamamen çökmesinin önlenmesidir. Yapının projelendirilmesinde öngörülen bu güvenlik anlayışı ekonomik olarak çok iyi durumda olan ülkelerde de benimsenmekte ve tasarım kuralları buna dayanarak düzenlenmektedir. Her bina çeşitli yükler etkisindedir ve bu yükleri taşıyan, zemine aktaran bir taşıyıcı sistemi bulunmak zorundadır. Deprem yükü de bir dinamik etki olarak bu yükler arasında, değişen aralıklarla ve değişen büyüklüklerde olmak üzere, önemli bir yer alır. Depreme dayanıklı bina, mimari projenin düzenli, sorun yaratmayacak bir taşıyıcı sistem oluşturulmasına olanak sağlayacak biçimde, uzmanların işbirliği ile başlanması ve gelişmesi ile tasarlanabilir. Çoğu zaman yapıldığı gibi, deprem ve öteki tehlikeler göz önüne alınmadan biçimlendirilen mimari projeyi yapısal çözümlenmeyi yapmak üzere yapı mühendisine vermek, taşıyıcı sistemi düzenleyecek uzmanı hesap makinesi gibi görmek, düzeltilmesi olanaksız olumsuz sonuçlar yaratır. İnşaat çeşitli uzmanların az ya da çok katkısı, işbirliği ile gerçekleşecek bir bütün olarak ele alınca işlevsel, güzel ve güvenli olabilir.

4.1.Yapının Bütünü Üzerine

Öncelikle yapı, bir bütün olarak, üzerine gelecek zorlamalara etkin şekilde direnecek bir geometriye sahip olmalıdır. Taşıyıcı sistem, genel olarak düşey ve yatay yükler

tarafından zorlanır. Düşey yükler yapı üstünde hemen her zaman var olan yüklerdir. Taşıyıcı sistemin plan görünümünün ve üç boyutlu geometrisinin, düşey yüklerin taşınmasında çok büyük önemi yoktur. Fakat, taşıyıcı sistemin dayanımı, bir yat yük olarak düşünülen ve çok kısa süre ile etki eden deprem kuvvetleri altında sınanacaktır. Yapının bir bütün olarak görünümü ve geometrisi, genellikle mimar tarafından belirlenmektedir. Ancak, kötü seçilmiş bir yapı geometrisinden, iyi ve etkin bir taşıyıcı sistem çıkarmak son derece zordur.

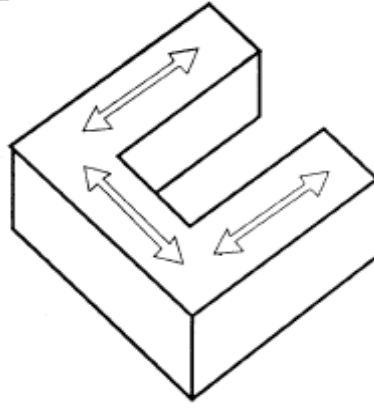
Bu bölümde yapının bütününde ortaya çıkabilecek istenmeyen deprem davranışlarından bazı örnekler verilmiştir.

4.1.1. Düzensiz kütle hareketi

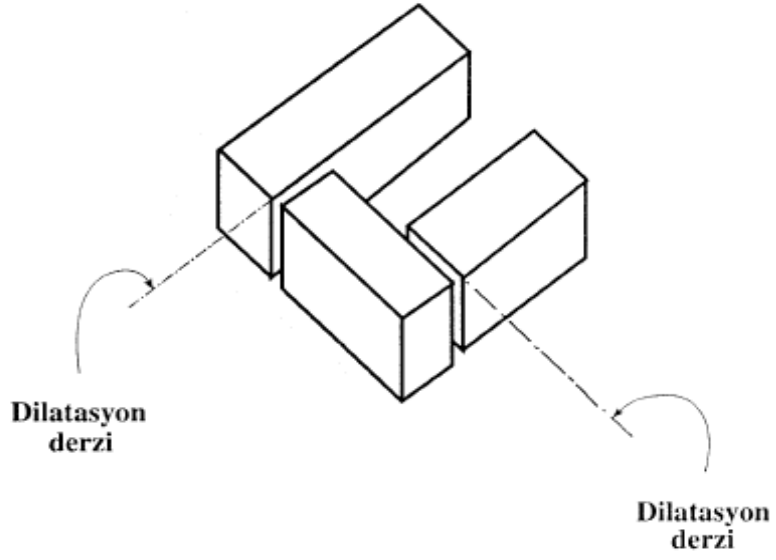
Şekil 4.1 (a,b,c) de gösterilen yapılar, uyumsuz deprem davranışı gösteren ayrı bölümlerden oluşmaktadır.

Deprem altında yapı bölümünün kuvvetli doğrultuları ok işaretleri ile gösterilmiştir. Depremin birbirine dik iki yönde ve aynı anda ivmeler oluşturduğu düşünülürse, değişik dirençleri olan iki parçanın düzensiz bir davranış göstereceği açıktır. Yeterli genişlikte bilinçli seçilmiş dilatasyon derzleri kullanılmalıdır.

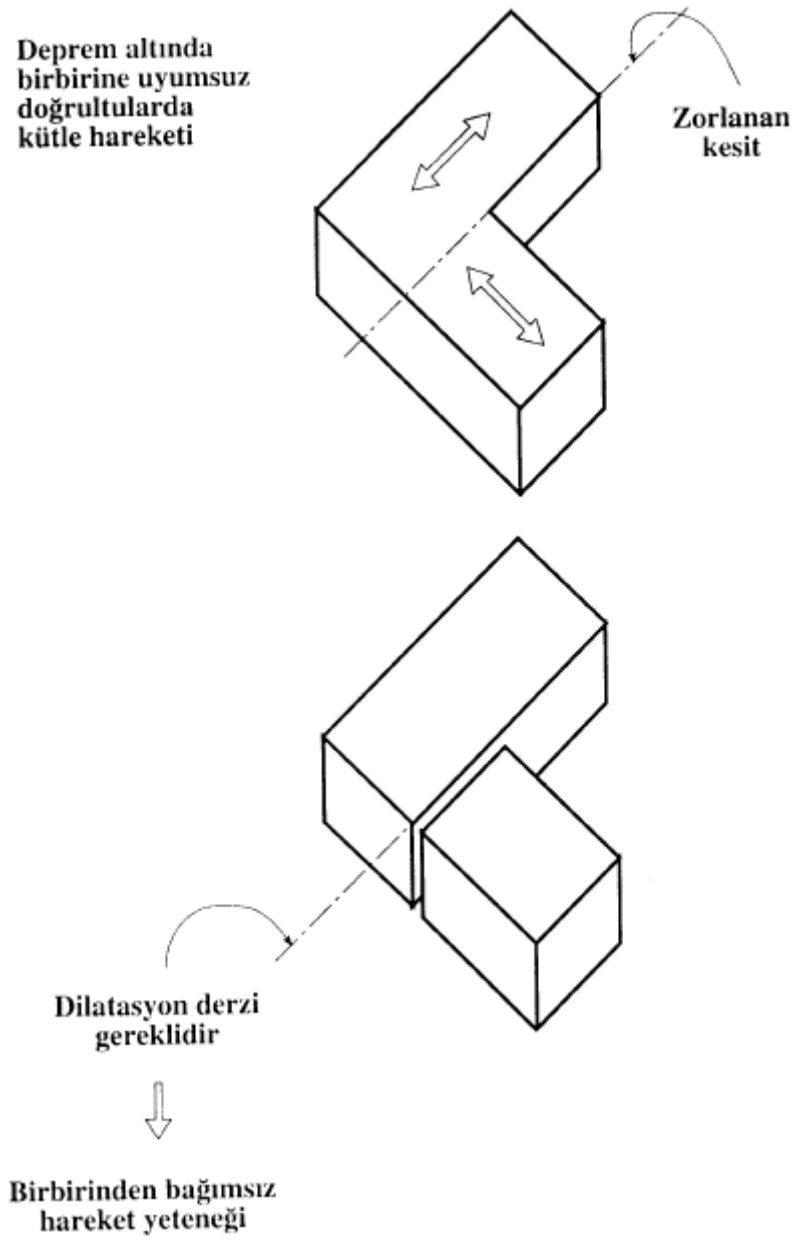
Deprem altında
birbirine uyumsuz
doğrultularda
kütle hareketi



Olası Çözüm

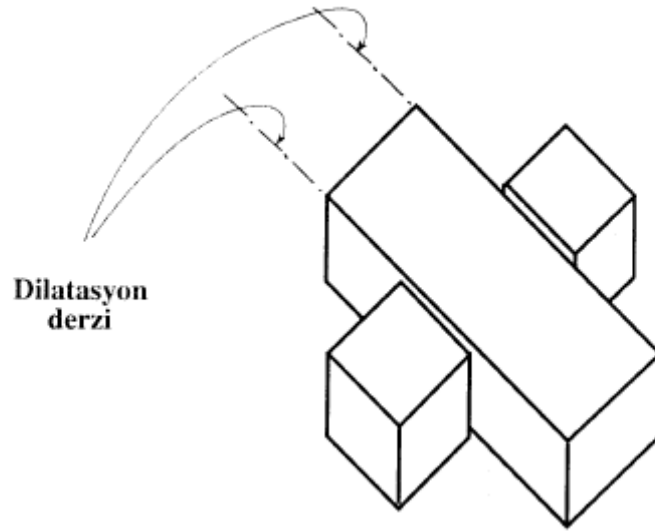
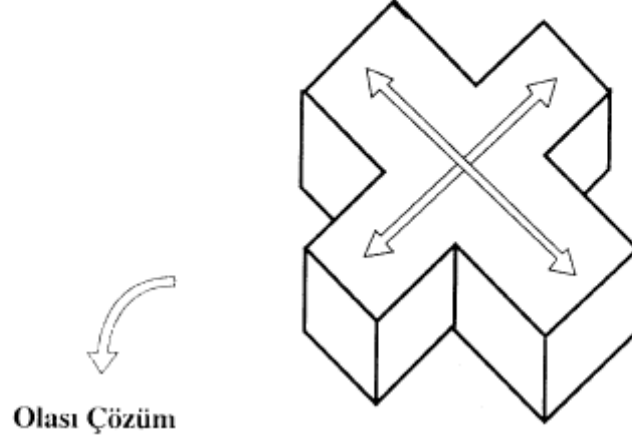


Şekil 4.1. a. Deprem altında uyumsuz kütle hareketi gösteren yapı örnekleri



Şekil 4.1. b. Deprem altında uyumsuz kütle hareketi gösteren yapı örnekleri

Deprem altında
birbirine uyumsuz
doğrultularda
kütle hareketi



Şekil 4.1. c. Deprem altında uyumsuz kütle hareketi gösteren yapı örnekleri

4.1.2. Dilatasyon derzleri arasında çekiçleme

Şekil 4.2 (a-c) de birbirilerinden dilatasyon derzleri ile ayrılmış yapı blokları gösterilmiştir. Deprem yol açtığı dinamik yanal ötelenmeler, iki ayrı bloğu birbirilerine yaklaştırır yönde olabilir. Bu durumda, yapı blokları birbirilerine çarparlar. Bu çarpışma sonucunda iki yandaş yapıda, bölme duvar yıkılmaları, çarpışan yüzeylerde beton ezilmeleri, kolon kırılmaları vb. hasarlar oluşabilir. Erzincan ve Dinar depremlerinde böyle çekiçleme olayları çok sayıda gözlenmiştir. İki ayrı yapı bloğu arasında çekiçlemeyi önlemek için, çarpışma düzeyinde

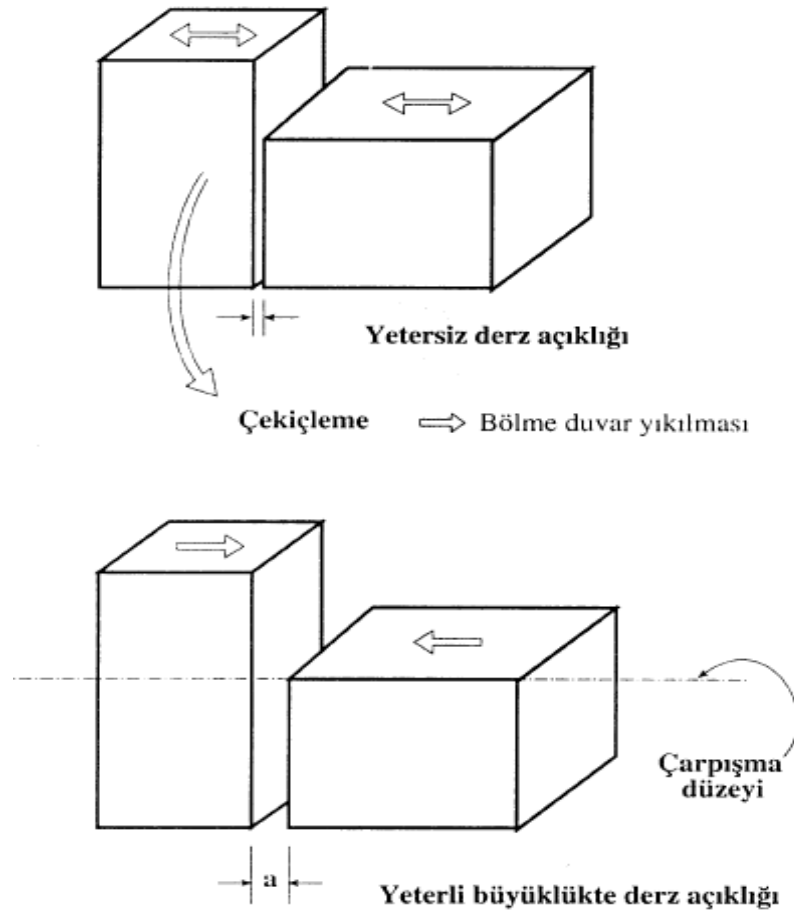
maksimum ötelenmeler hesaplanır. Bu ötelenmeler hesaplanırken olası tüm elastik ötesi (inelastik) olaylar ve plastik mafsal oluşumları göz önüne alınır.

Δ_1 = birinci yapı bloğunun maksimum yanal ötelenmesi

Δ_2 = ikinci yapı bloğunun maksimum yanal ötelenmesi

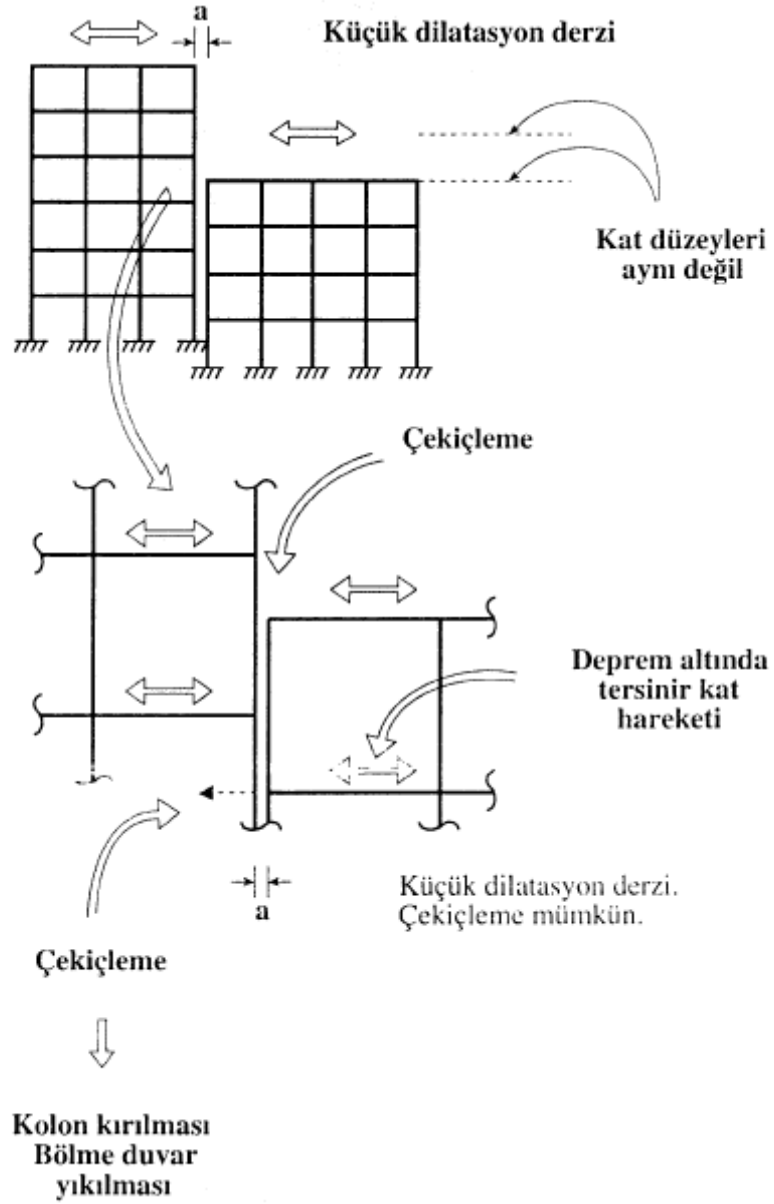
$\Delta_1 + \Delta_2 < a \rightarrow$ çekiçleme olmaz

Dilatasyon derzleri oluşturulurken, iki ayrı yapı bloğunda, kat düzeylerinin aynı düzeyde olmasına dikkat edilmelidir. İki ayrı yapı bloğunun birbirilerine çarpması durumunda, kendi düzlemi içinde sonsuz rijit olan kat, diğer yapı bloğundaki kolonun ortasına çarpabilir ve çarpışma sonucunda stabilite kaybına ve yıkımlara bile yol açabilir.

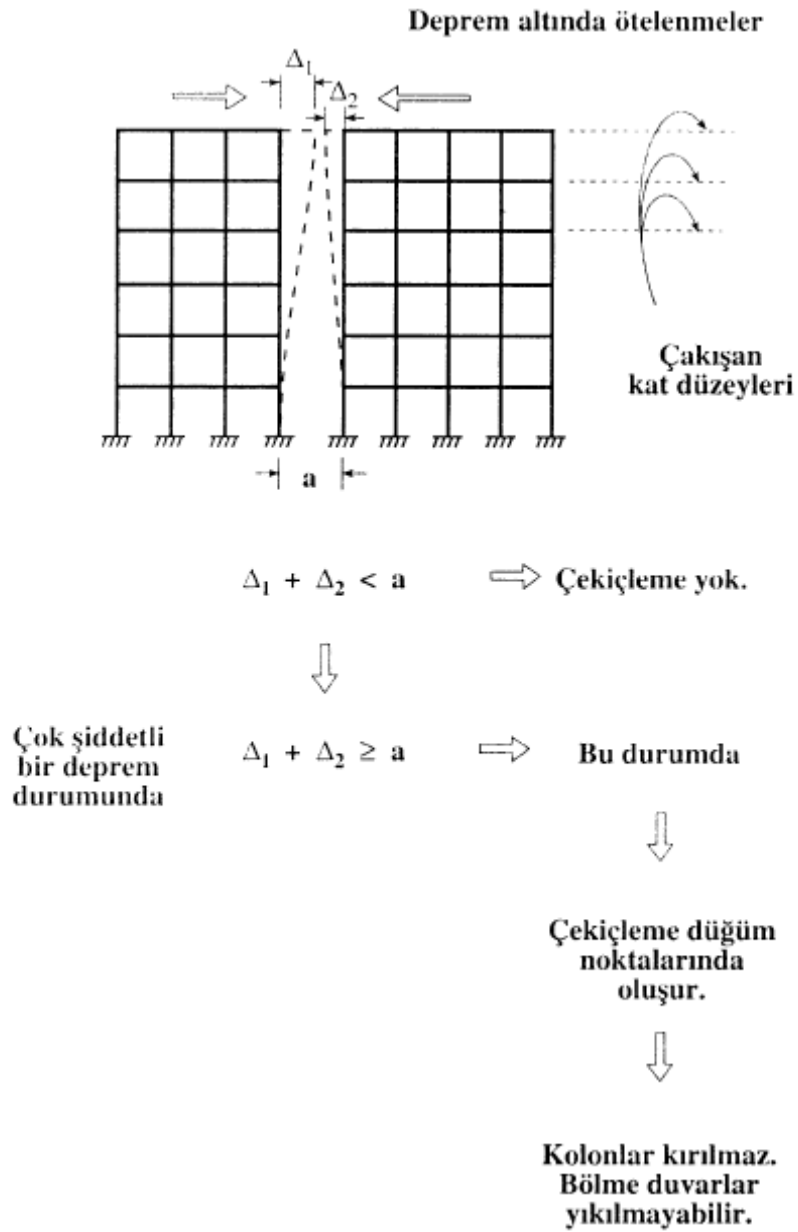


Şekil 4.2. a. Yapı blokları arasında çekiçleme

Yapılar arasındaki (a) mesafesi, çarpma düzeyinde, soldaki sağdaki yapıların yanıl ötelenmelerinin toplamından daha büyük olmalıdır.



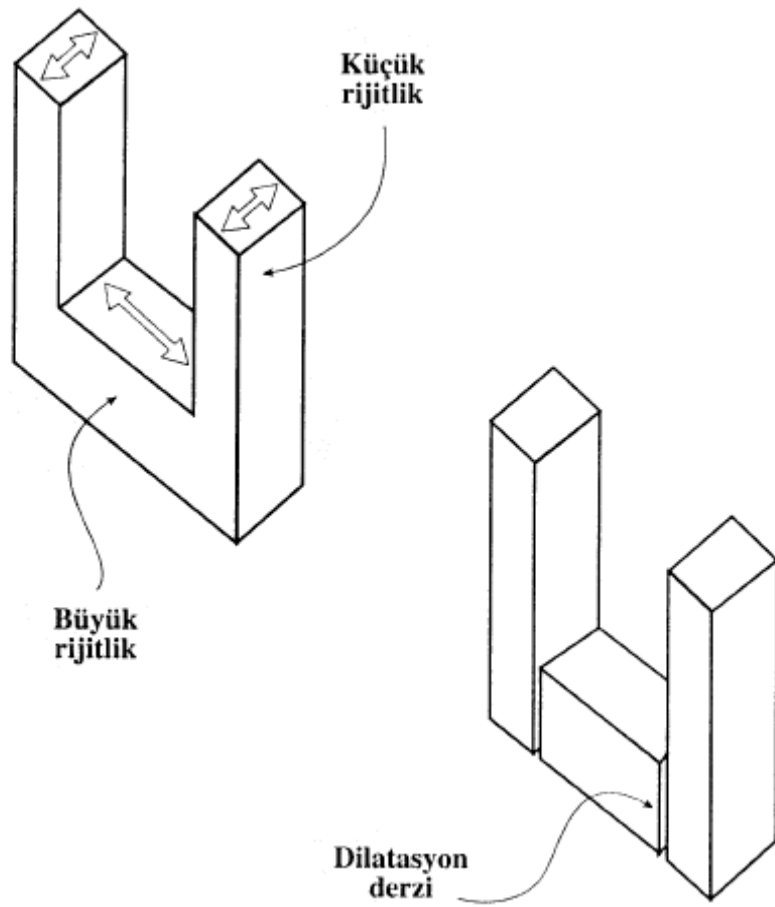
Şekil 4.2. b. İki ayrı blokta kat düzeylerinin aynı olmaması durumunda çekişleme olayı



Şekil 4.2. c. İki ayrı blokta kat düzeylerinin aynı olmaması durumunda çekişleme olayı

4.1.3. Yapı yüksekliğince kütle ve rijitlik değişimi

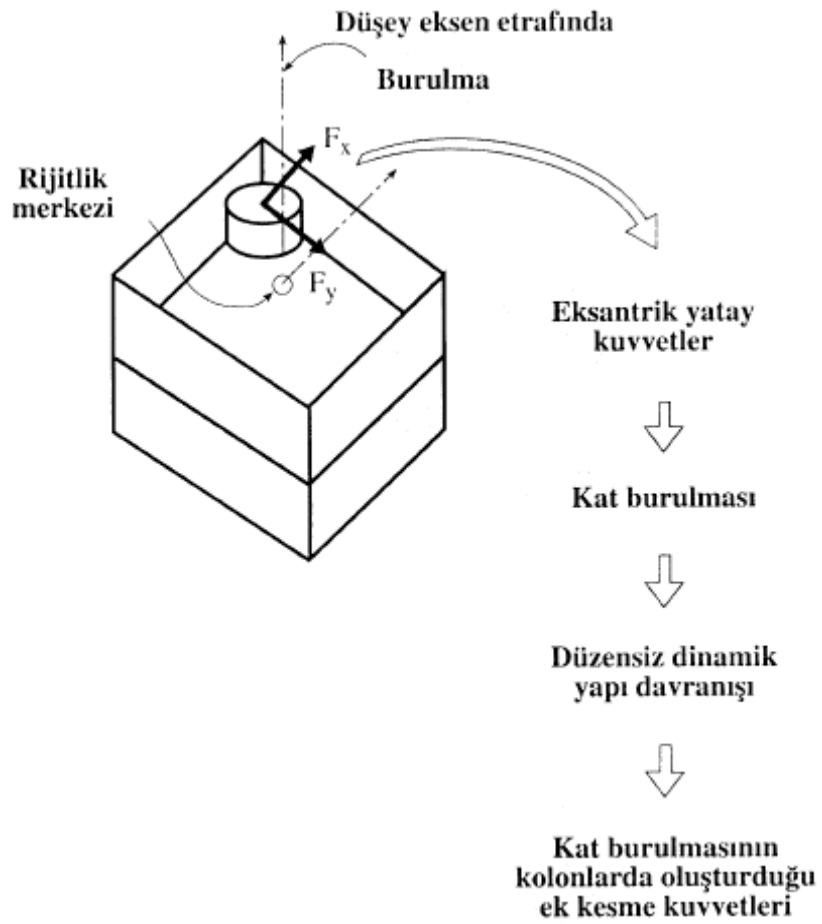
Şekil 4.3 de gösterilen yapının alt bölümü ile iki yandan yükselen kuleler arasında kütle düzensizliği vardır. Bunun bir sonucu olarak, yapının alt bloğunda ve kulelerde değişik büyüklükte eylemsizlik kuvvetleri oluşmaktadır. Ayrıca, her iki yönde de yapının alt ve üst bölümlerinin deprem kuvvetlerine karşı rijitlikleri çok değişiktir. değişik kütle ve rijitlik dağılımı gösteren yapı blokları birbirilerinden, yeterli dilatasyon derzleri ile, ayrılmalıdır.



Şekil 4.3. Yapı yüksekliğince kütle ve rijitlik değişimi

4.1.4. Düzensiz kütle yığılması

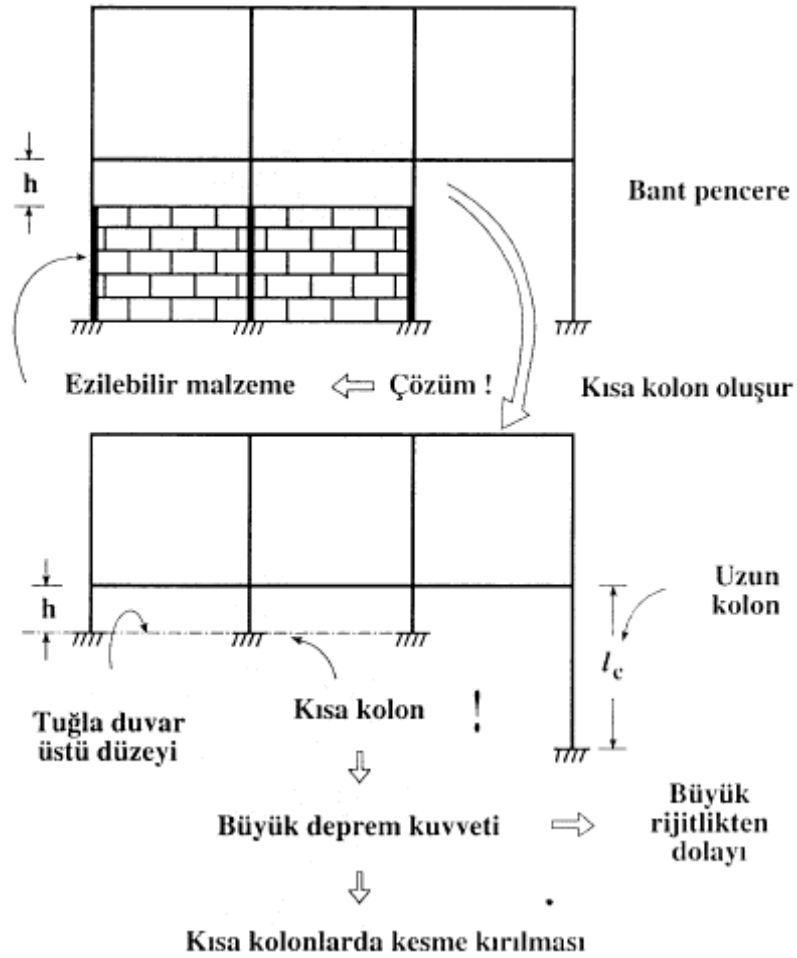
Yapının dış görünüşünün düzenli olmasına rağmen, yapıda kütle yığılmaları olabilir. bu durumda, yapıya yöresel olarak ve çok büyük şiddette eylemsizlik kuvvetleri etkiyecektir. bu eylemsizlik kuvvetlerinin eksantrik olması durumunda ise, tüm yapı, burulma etkisine maruz kalacaktır, Şekil 4.4.



Şekil 4.4. Düzensiz kütle yığılması

4.1.5. Düzenli yapıda kısa kolon oluşturulması

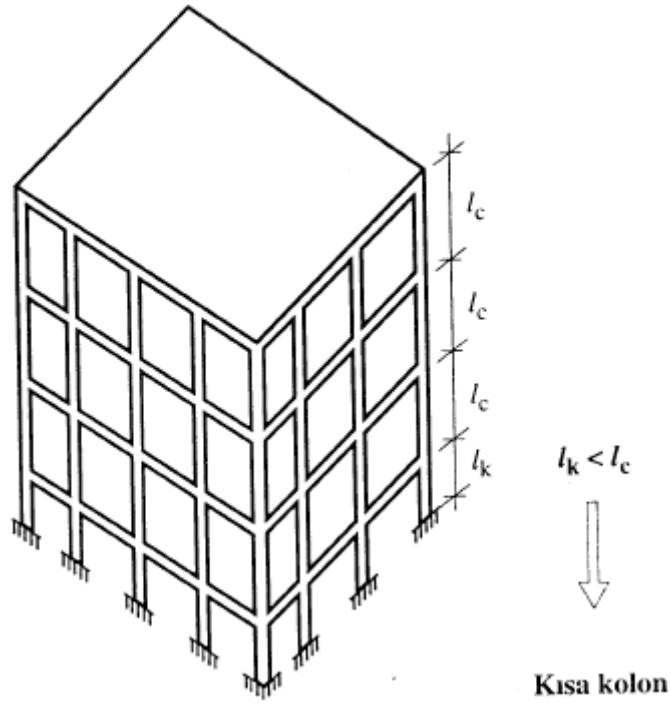
Şekil 4.5 de düzenli bir çerçevesel yük taşıyıcı sistemde, kısa kolon oluşturulması gösterilmektedir. izlenebileceği gibi tuğla duvar, kolonların yanıl ötelenme boyunu çok küçülmüştür. Bir çözüm olarak, kolonların ve tuğla duvarın temas yüzeyine, kolonların tüm (l_0) boyu ile ötelenmesine izin verebilecek, kolay ezilebilir bir malzeme ile dolgu yapılabilir.



Şekil 4.5. Düzenli çerçevesel yük taşıyıcıda kısa kolon oluşturulması

4.1.6. Kısa bodrum kat düzensizliği: kısa kolon

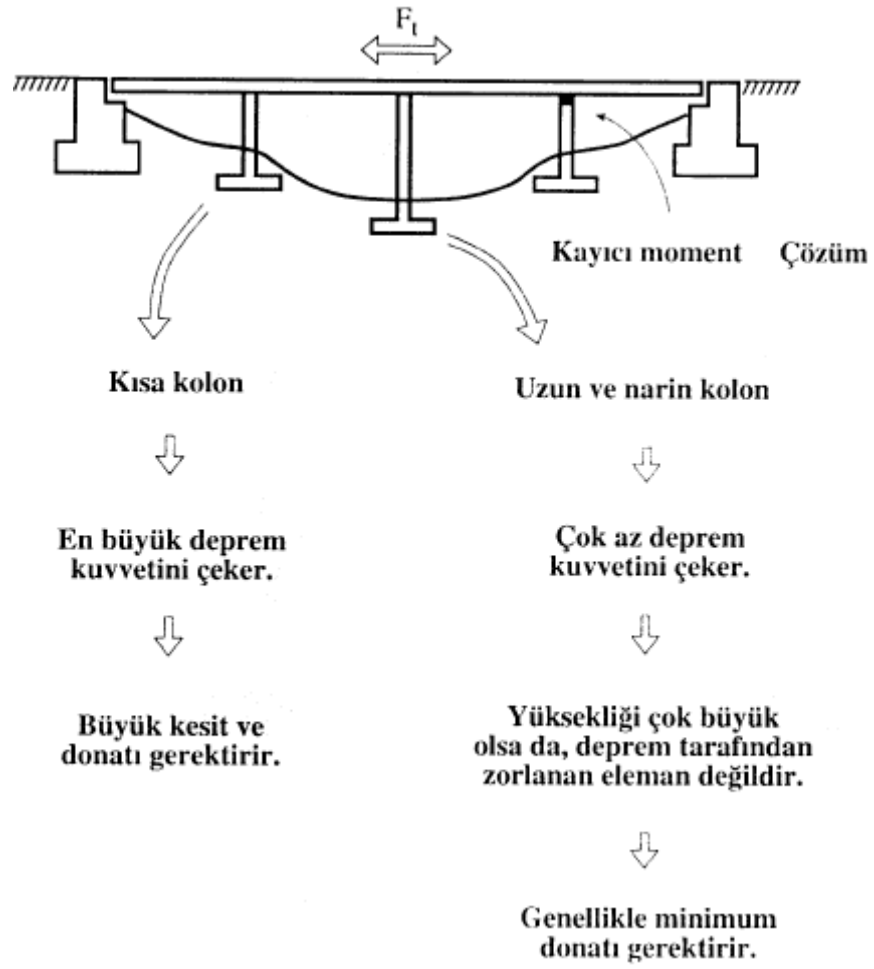
Diğer kat yüksekliklerine göre çok kısa yapılan bodrum katı da, yapının yanal yüklere olan direncinde büyük ve ani değişiklikler oluşturur, şekil 4.6. en büyük süneklik talebi bodrum kat düzeyinde oluşur. çok rijit olan bodrum kat kolonları, hem büyük deprem kuvvetlerinin oluşmasına yol açarlar, hem de gerekli ötelenme sünekliği gösteremezler.



Şekil 4.6. Bodrum katın kısa ve rijit olması

4.1.7. Köprülerde zemin geometrisinin zorladığı kısa kolon oluşumu

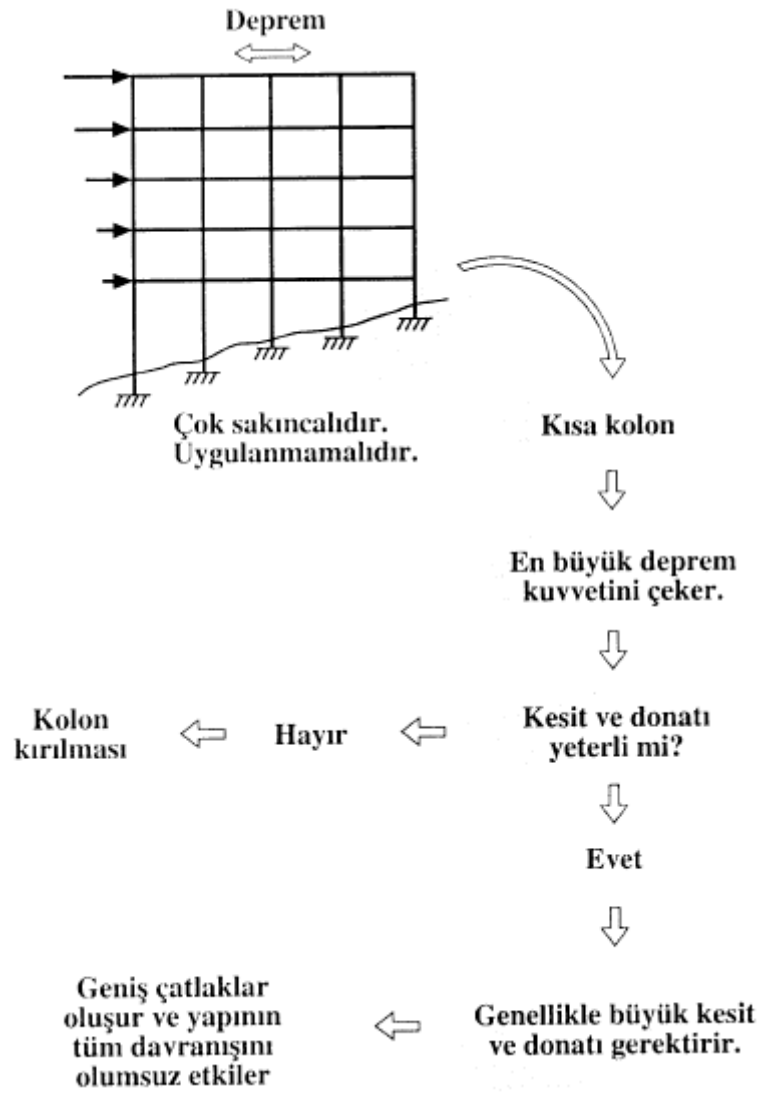
Bir vadiyi geçen sürekli bir köprüde, zorunlu olarak, kısa ve uzun köprü ayakları bulunur, Şekil 4.7. Deprem esnasında oluşan toplam deprem kuvvetinin (F_i), çok büyük bölümünü kısa köprü ayakları çeker. Bu durumda kısa köprü ayaklarının kesitlerinin aşırı büyük yapmak ve aşırı donatı kullanmak gerekir. Bir çözüm olarak, kısa kolon ile üst yapı mesnedi tamamen kayıcı yapılır. Böylece, kısa kolonun deprem kuvveti alması engellenmiş olur.



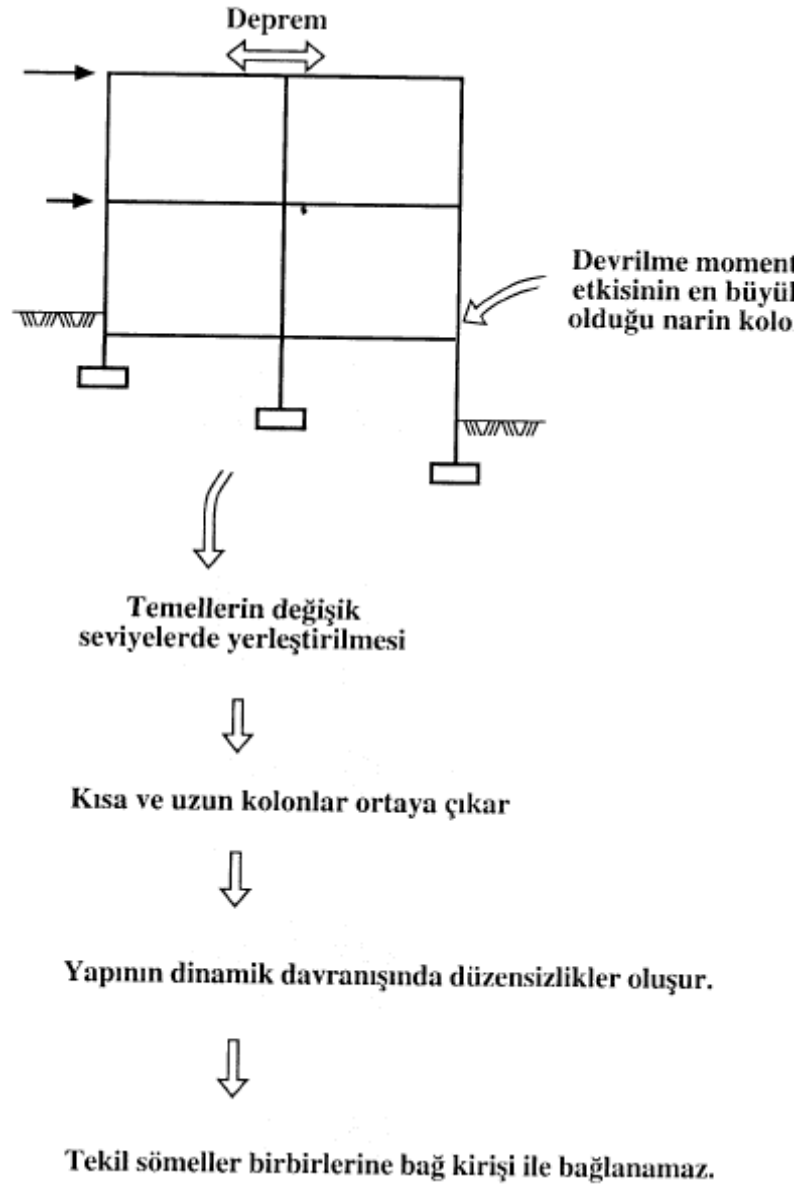
Şekil 4.7. Köprü ayaklarında kısa kolon oluşumu

4.1.8. Eğimli arazide kısa kolon oluşumu

Eğimli bir arazide değişik düzeylere yerleştirilen kolon sömelleri kısa kolon oluşumuna yol açar. Şekil 4.8.a ve Şekil 4.8.b.



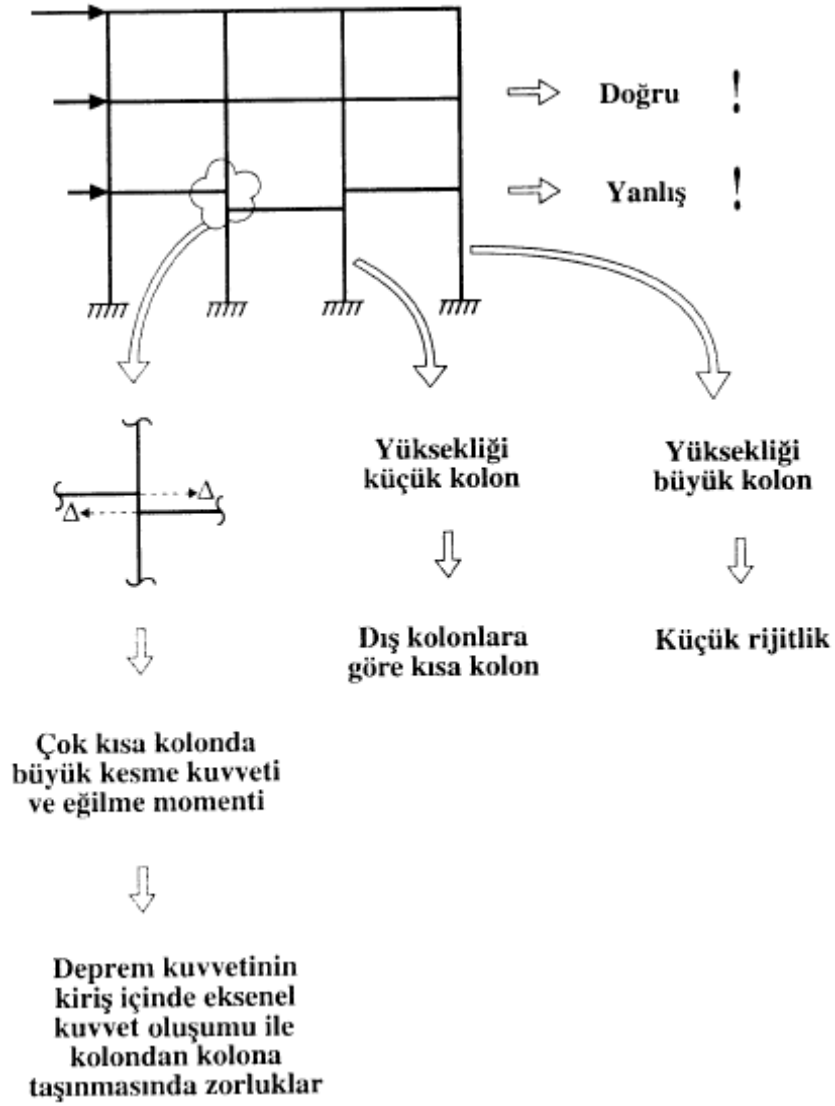
Şekil 4.8. a. Eğimli arazinin yol açtığı kısa kolon oluşumu



Şekil 4.8. b. Eğimli arazinin yol açtığı kısa kolon oluşumu

4.1.9. Eksenleri çakışmayan kat kirişleri

Kat kirişlerinin eksenleri tam çakışmalıdır. Bu olmadığı takdirde, çok kısa kolonlar, ani rijitlik değişimleri, yapının dinamik davranışında uyumsuzluklar ve düzensizlikler gibi sorunlar ortaya çıkar, Şekil 4.9.

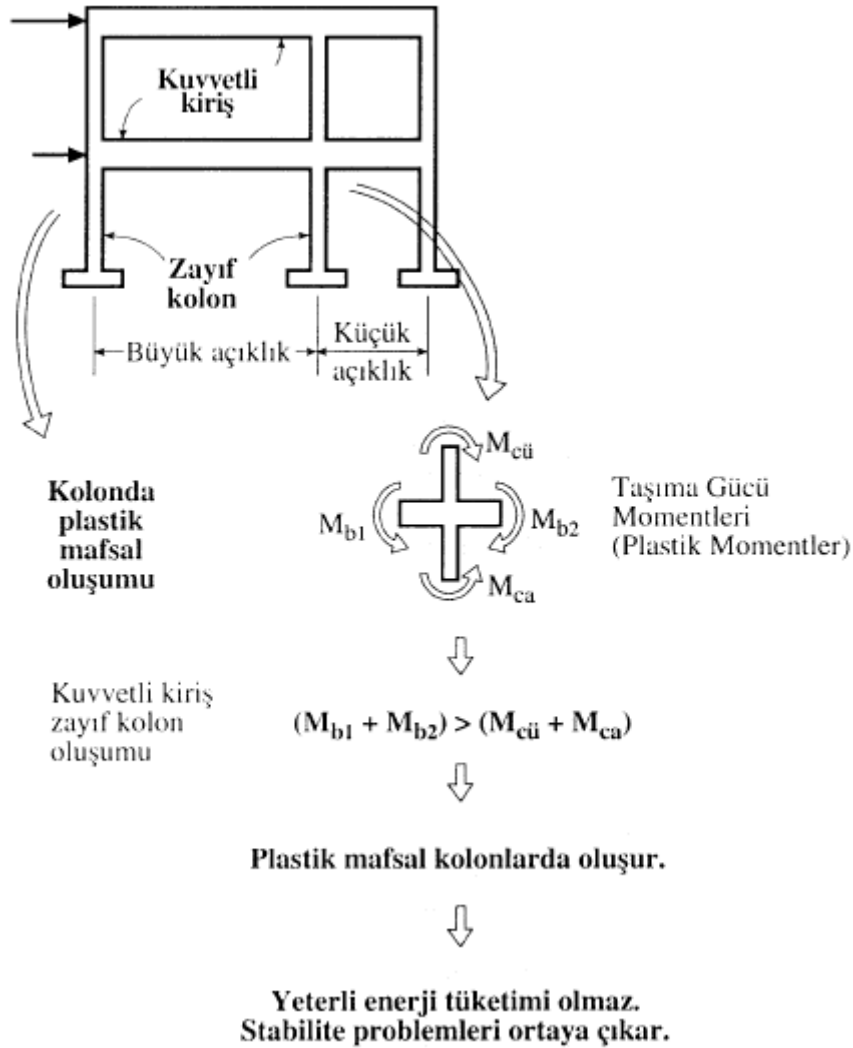


Şekil 4.9. Eksenleri çakışmayan kat kirişleri ve sakıncaları

4.1.10. Kuvvetli kiriş ve zayıf kolon oluşumu

Büyük açıklık geçen kat kirişleri, büyük kesit boyutları ve donatı gerektirir. Kirişin kesit içi taşıma gücü momenti, doğal olarak, büyük olur. Oysa, aksenal kuvvetin büyük olmadığı durumlarda, kolon kesiti ise küçük olabilir. Bu durumda, Deprem Yönetmeliği'nin gerektirdiğinin aksine, kuvvetli kiriş ve zayıf kolon oluşabilir. Deprem kuvvetleri altında, plastik mafsallık ve enerji tüketimi kolonda oluşur, Şekil 4.10.

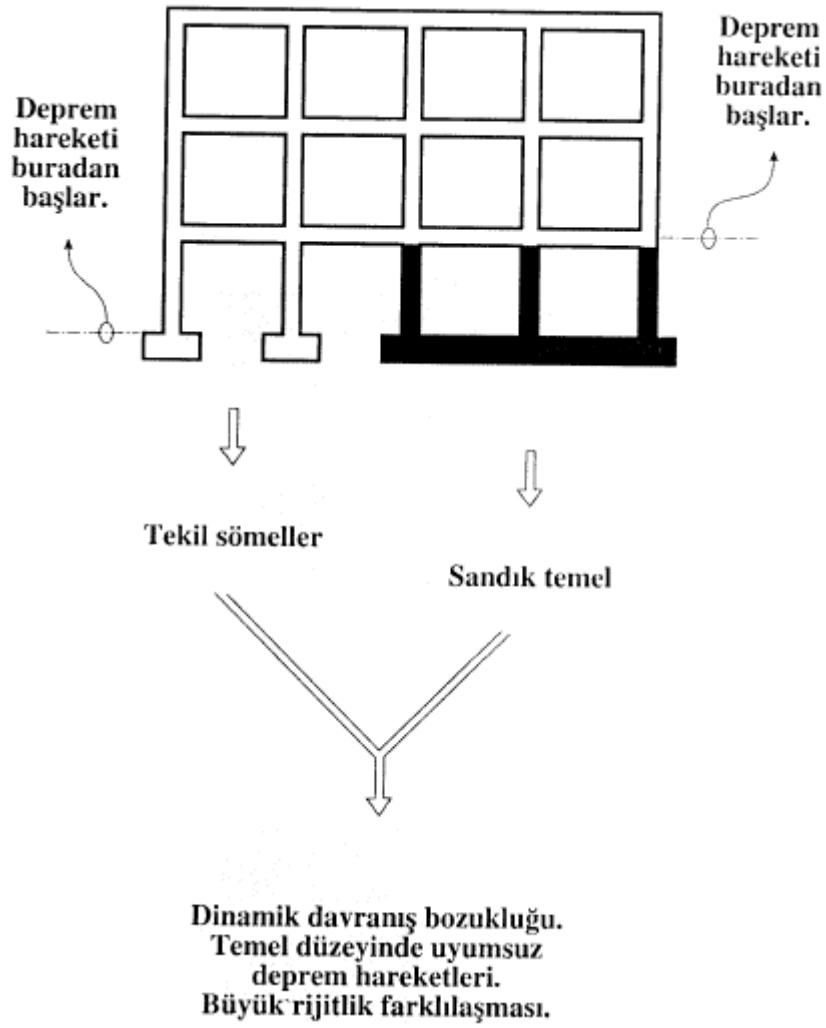
Oysa Deprem Yönetmeliği, plastik mafsall oluşumunun ve enerji tüketiminin kirişte olmasını zorunlu kılmaktadır. Bu kural, gerekli ve yeterli sürekliliğinin sağlanabilmesi ve yapıda stabilite problemlerinin oluşmaması için konulmuştur. Genellikle moment altında kiriş kırılması sünek, aksenal kuvvetlerin hakim olduğu kolon kırılması ise gevrekçtir.



Şekil 4.10. Kuvvetli kiriş zayıf kat oluşumu

4.1.11 Uyumsuz temel tipleri

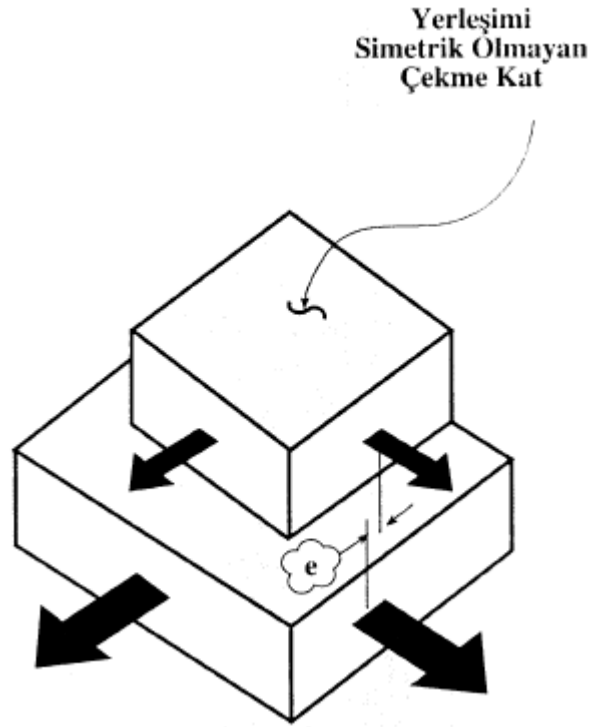
Temel tiplerinde büyük rijit farklılıkları olmamalıdır, Şekil 4.11. Yapının dinamik davranışı bozular, dengesiz sürekli talepleri oluşur ve dengesiz kuvvet yığılmaları ortaya çıkar.



Şekil 4.11. Uyumsuz temel tiplerinin bir arada kullanılması

4.1.12. Çekme kat düzensizliği

Çekme katlı yapılarda bir tür kütle yığılması vardır. Buna ek olarak alt ve üst katlar arasında da yatay ötelenme rijitliği farkı vardır. Üst çekme katın simetrik olmayacak şekilde bir kenara daha yakın yerleştirilmesinin, yapıyı daha da düzensiz yapacağı açıktır. İki yönde olan deprem ivmeleri altında, alt ve üst katlarda, birbiriyle uyumsuz eylemsizlik kuvvetleri oluşacaktır. Bu eylemsizlik kuvvetleri kat burulma momentine de yol açacaktır. Şekil 4.12.



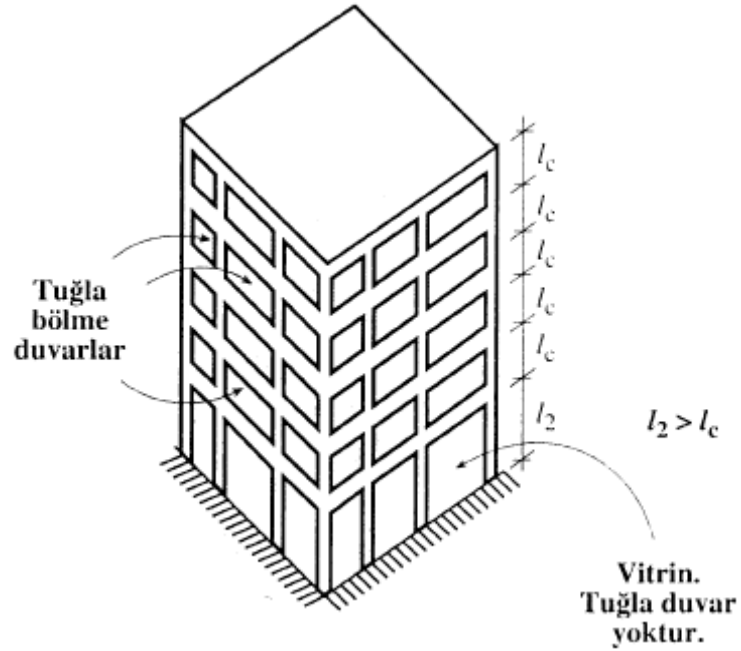
Şekil 4.12. Çekme katın getirdiği düzensizlik

4.1.13. Yumuşak kat düzensizliği

Zemin kat rijitliğinin diğer katlara göre küçük olması “yumuşak kat” olarak bilinir. Şekil 4.13. Bu durumda, yapı yüksekliğince, birinci kattan ikinci kata geçilirken yapının yatay yüklere karşı direncinde büyük bir sıçrama görülür. Deprem yükleri altında zemin kat kolonlarında büyük zorlamalar oluşur. Kolon boylarının çok yüksek olduğu durumlarda, kolon uçlarında büyük dönmeler meydana gelir, yapı izin verilmeyecek şekilde yanal ötelenme yapar ve kolon uçlarında plastik mafsallaşma oluşabilir. Oyası yapının stabilitesi bakımından kolonlarda plastik mafsallaşmaya izin verilemez. Zemin kat kolonlarında oluşan aşırı yanal ötelemeler, büyük ikinci merteye momentlerine yol açar.

Yapının aşırı yanal ötelenmesinde dolayı, yapı içindeki taşıyıcı olmayan bölme duvarlar, camlar vb. elemanlar büyük hasar görebilir. Yük taşıyıcı görevi olmayan elemanların hasar görmesi, yapı içindeki iç dekorasyon yatırımının büyük olduğu

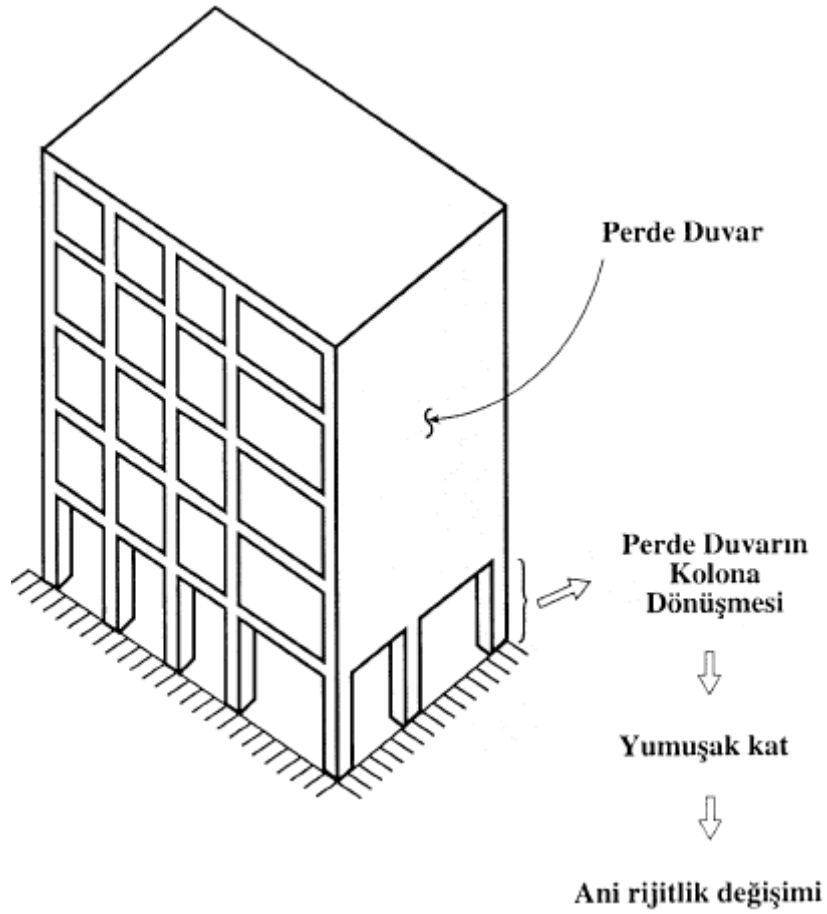
yapılarda ciddi ekonomik kayıplara yol açabilir. En alt kolonlarda mafsallaşma ihtimalide büyük olduğundan, yapının tüm stabilitesi tehlikeye girer.



Şekil 4.13. Zemin katın 'yumuşak kat' olma durumu

4.1.14. Perdenin zemin katta kolona dönüşmesi

Perde duvarın yanal ötelenme rijitliğinde ani değişimler olmamalıdır, Şekil.4.14. Özellikle en büyük zorlamaların bekleneceği perde altında boşlukların açılması perde dayanımını çok azaltır ve yapının tüm yanal ötelenmesini olumsuz yönde etkiler. Perde esas amacı olan “ küçük yanal ötelenme ve depremden oluşan eylemsizlik kuvvetlerini temele iletme” görevini başarı ile yapamaz. Perdenin altındaki zemin kat kolonları büyük zorlamalara maruz kalırlar. Zemin kat “yumuşak kat” şekline dönüşmüştür.

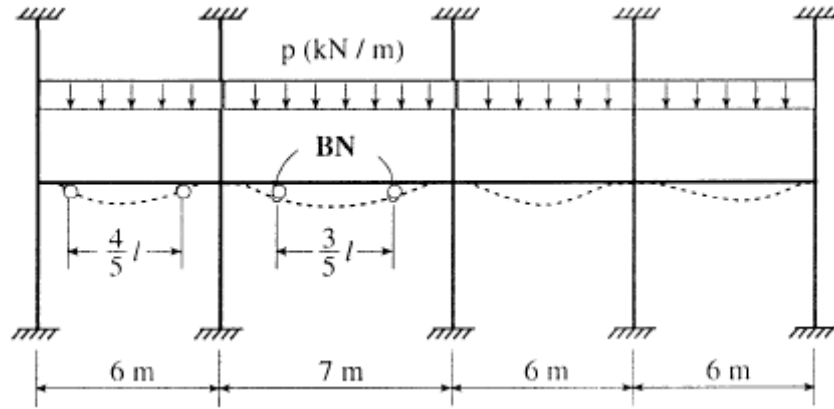


Şekil 4.14. Perdenin zemin katta kolona dönüştürülmesi

4.1.15. Kiriş açıklıkları ve kiriş derinliği ilişkisi

Olağan yapılar için kiriş uzunluklarını yaklaşık 5-6 m den daha büyük seçmemeye çalışmalıdır. Mimari zorunluluklar olunca kirişi açıklığı daha büyük tutulabilir ancak bu durumda kiriş derinliğinin çok büyüyeceği unutulmamalıdır. Kiriş derinliğinin büyümesi ise ya kullanılır temiz kat yüksekliğini azaltacak, ya da toplam yağı yüksekliğini artıracaktır.

Şekil 4.15 da sürekli bir çerçeve gösterilmiştir. Dış açıklıkların büküm noktaları arası yaklaşık $(4/5 \square)$ iç açıklıkların büküm noktaları arası ise yaklaşık $(2/5 \square)$ olarak kabul edilirse, sürekli çerçeveler denge denklemleri kullanılarak incelenebilir.



Şekil 4.15. Sürekli kısa çerçeve ve büküm noktaları

Basit kirişlerin avan proje hesaplarında $h \approx l/10$ ilişkisinin kullanıldığı hatırlanırsa, kiriş derinliğinin nasıl büyüdüğü görülebilir.

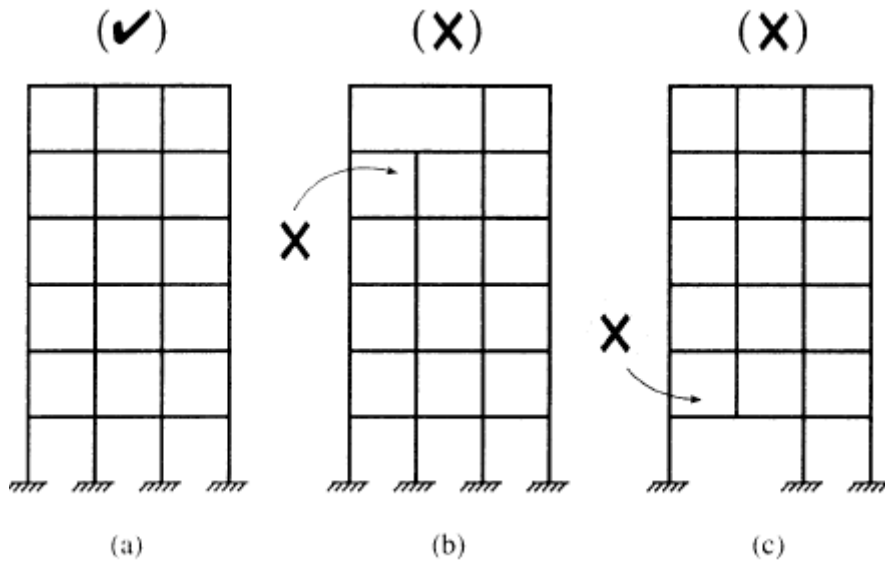
$$4/5(6)=4.8 \text{ m} \rightarrow h=480/10=48 \text{ cm} \quad b_w=25 \text{ cm}$$

$$3/5(7)=4.2 \text{ m} \rightarrow h=42 \text{ cm} \quad b_w=25 \text{ cm}$$

Bulunan kiriş derinliği yatay yüklerin etkileri de düşünülürse daha da büyüyecektir; örneğin $h \approx 65 \text{ cm}$. Derinliği $h \approx 65 \text{ cm}$ olan bir kirişi ise olağan yapılar için büyük bir değerdir.

4.1.16. Temelden çatıya kolonların sürekli olması

Kolonlar tüm yapı yüksekliğince devam etmelidir. Hiçbir durumda, kolon bir kiriş açıklığına oturtulmamalıdır, Şekil 4.16. ve Şekil 4.17.



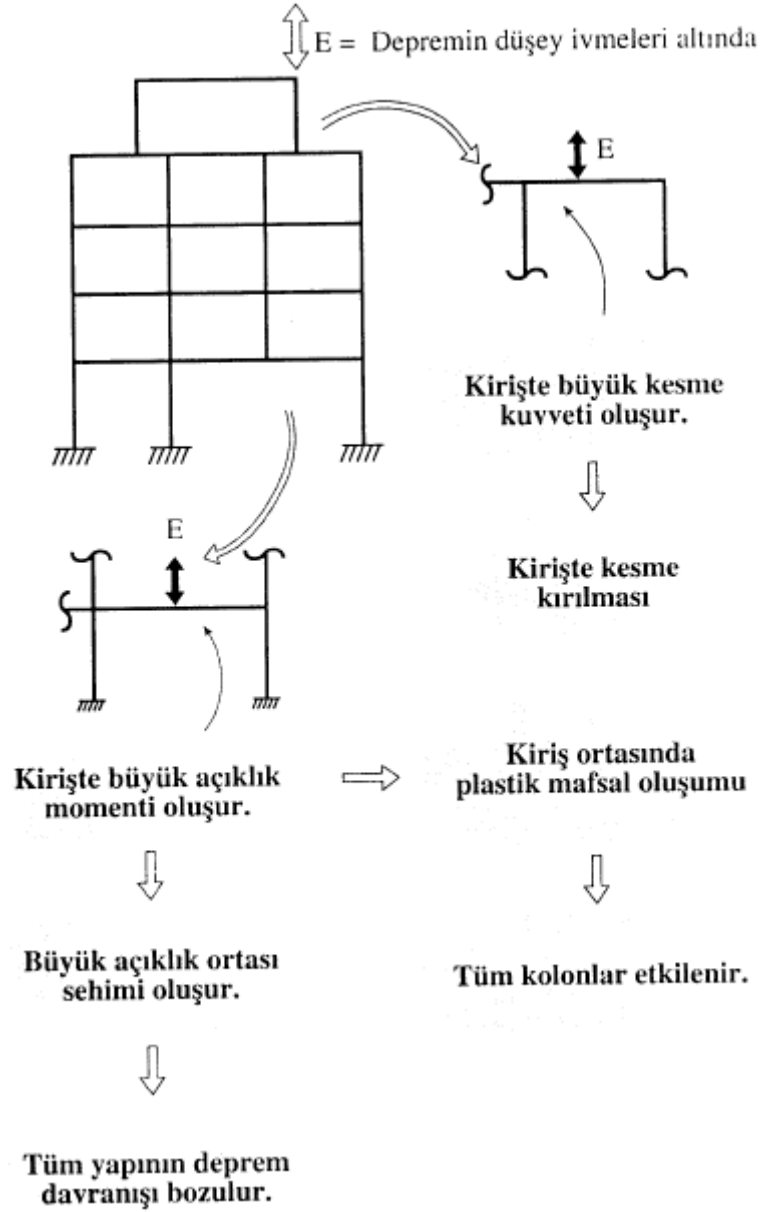
Şekil 4.16. Sürekli ve süreksiz kolonlar

Şekil 4.16 (a) da kolonları tüm yapı yüksekliğince devam eden bir çerçeve gösterilmiştir. Bu en istenilir ve yük-şekil değiştirme davranışı en düzgün yapı şeklidir. Şekil 4.16 (b) de ise kolonun yapı üstüne doğru devam etmediği bir durum gösterilmiştir. Bu tür uygulamalar yapı davranışını bozarsa da en üst katlarda çok önemli sayılmayabilirler. Ancak, çatı katında açıklığı çok büyük bir kirişin olduğu gözden kaçmamalıdır. Yatay yüklere karşı direnen kolon sayısı 4'ten 3'e indirilmiştir ancak yapının üstünde yatay kuvvetlerden doğan kesme kuvveti çok küçüktür ve 3 kolon bunları aktarmak için yeterli olabilir.

Şekil 4.16 (c) de ise, uygulamada kesinlikle kaçılması gereken bir durum gösterilmiştir. Üst katlardan gelen yükleri taşıyan kolon, en alt katta bir kirişin üzerine oturmakta ve bütün kolon kuvveti, çok uzun açıklıklı bir kirişin ortasına, bireysel yük olarak etki etmektedir. Bu uygulamanın kiriş kesitini çok büyüteceği, eğik asal çekme ve eğilme çatlaklarına yol açacağı sehim problemleri doğuracağı unutulmamalıdır.

Bu uygulama deprem dayanıklılığı bakımından da çok sakıncalıdır. Yatay kuvvetlerin oluşturduğu kesme kuvveti ancak 3 kolon tarafında taşınmaktadır. Depremi düşey ivmeler oluşturduğu da unutulmamalıdır. Normal olarak betonarme yapılarda önemli olmayan düşey deprem ivmeleri, bu durumda çok önem

kazanmaktadır. Düşey deprem ivmesi kiriş ortasında çarpma etkisine benzer bir zorlama oluşturacaktır. Ayrıca, yapının yanal ötelenme ve dinamik özellikleri de çok bozulacaktır. Ötelenme rijitliğinin en çok gerekli olduğu bölgede (temel yakınında) ötelenme rijitliği azaltılmış yumuşak kat oluşturulmuş, böylece yapının yanal ötelenmesi artmıştır.



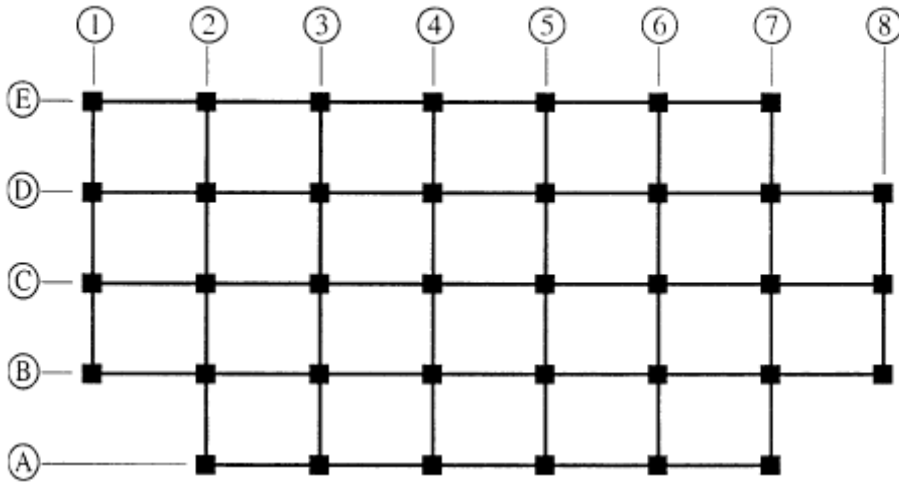
Şekil 4.17. Süreksiz kolon uygulaması

4.2. Kat Planı Üzerine

Kat planı ve düzlem çerçeve düzenlemeleri gerek düşey yükler, gerekse de yatay yükler altındaki çerçeve davranışını büyük ölçüde etkilerler. Bu düzenlemeler esnasında yapılan yanlışlıklar, genellikle bölgesel hasarlara ve kullanılabilirlik problemlerine yol açar. Ancak, bu tür yanlışlıkların birbirleri ile ve özellikle deprem kuvvetleri ile bir etkileşim içine girmeleri, kuvvetler dengesinin kaybolmasına yol açabilir; doğal olarak, bu durum yıkılmaya sebep olacaktır.

4.2.1. Düzgün aralıklı ve dik kesişen çerçeveler

Kolonların yerleşimleri ve kiriş bağlantıları, üç boyutlu yapının iki boyutlu olarak incelenebilmesine izin verecek gibi olmalıdır. Başka bir deyişle, kat planından düzgün ve sürekli çerçeveler çıkarılabilmelidir, Şekil 4.18.



Şekil 4.18. Düzgün aralıklı ve dik kesişen çerçeve sistemi

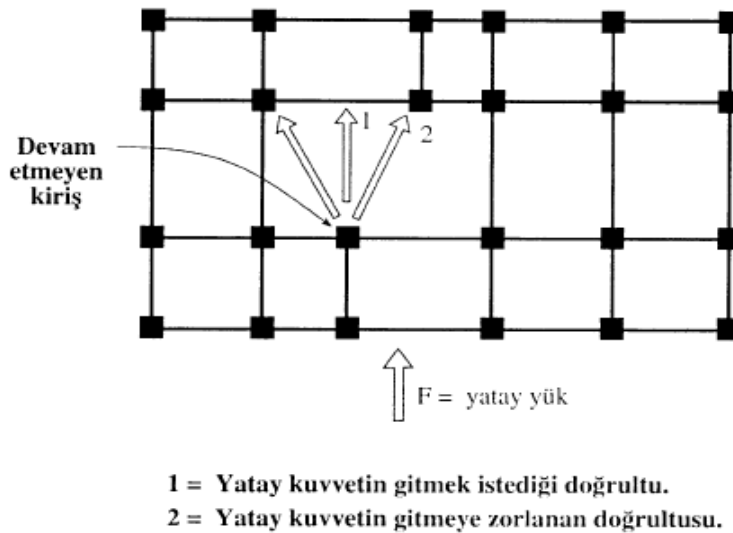
Çerçevelerin düzenli olması düşey ve özellikle yatay yükler altında çerçeve davranışını da düzenli kılar. Şekil 4.18'deki her çerçeve bir düzlem çerçeve olarak incelenebilir: örneğin (4-A-E) veya (D-1-8) çerçeveleri. Eğer yapı düzgün çerçevelerde oluşmaz ise, yapı davranışı çok karmaşık olur ve hesapları birleştirecek kabuller yapmak çok zorlaşır. Bu durumda yapıyı üç boyutlu olarak bilgisayar yöntemleriyle çözmek gerekir. Bütün bunlara ek olarak, yapının dinamik davranışını kestirmekte zorlaşır. Zaten, özellikle betonarme yapıların gerçek dinamik davranışı

zor kestirilebilen bir konudur. Buna ek olarak, çok gelişigüzel bir taşıyıcı sistem seçmek, bu davranışı ve yapı dizaynını çok belirsiz ve karmaşık bir duruma sokacaktır.

4.2.2. Kat içinde süreksiz kirişlerden kaçınılmalıdır

Kat planı içinde devam etmeyen yapılardan kaçınılmalıdır, Şekil 4.19. Kat düzeyinde etki eden yatay yük, devam etmeyen kirişten sonra, döşeme aracılığıyla diğer kolonlara dağılacaktır. Ancak, kiriş devam etmemekte ve kirişin sonunda ince bir döşeme başlamaktadır. Yatay yükler doğal olarak belirsiz bir şekilde döşeme içinden diğer kolonlara dağılacaktır. Bu dağılımın etkisi ne kadardır? Döşemelerde ek problemler oluşur mu? Bu soruların cevapları kesin olarak verilememektedir. Şu kuralı her zaman anımsamakta yarar vardır: Proje mühendisi, davranışını gerçeğe yakın olarak kestiremediği bir yapıyı tasarlamamalıdır.

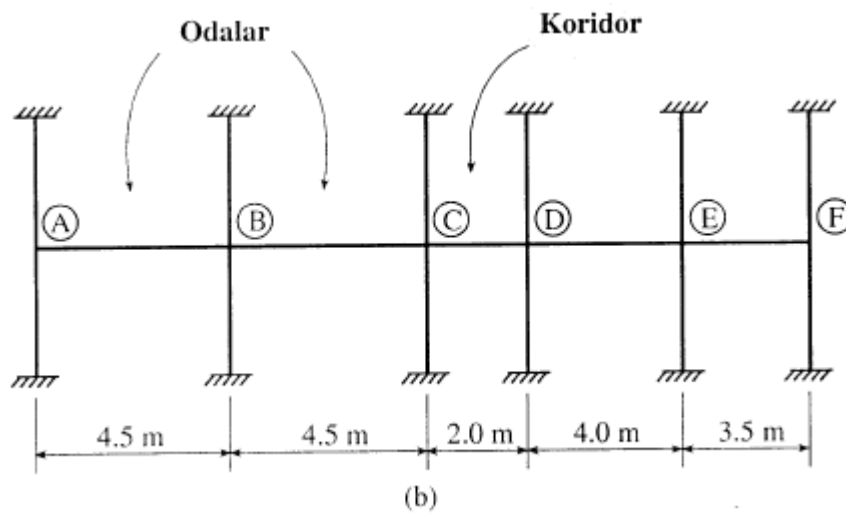
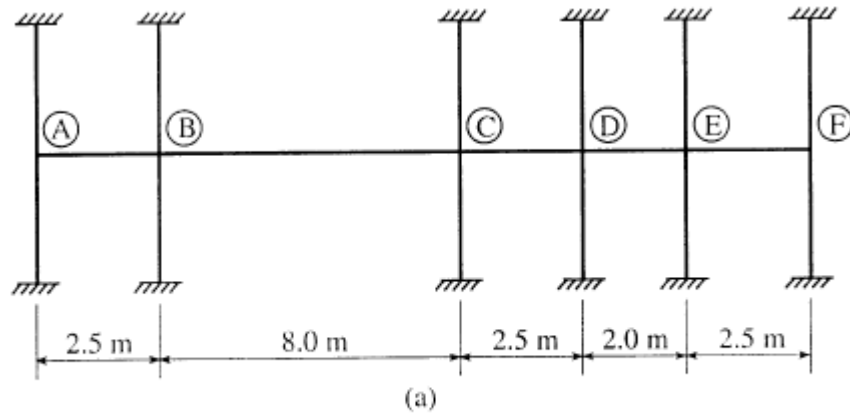
Böyle bir konumdan kaçınılmadığı durumlarda döşeme kalınlığını artırma yoluna gidilebilir. Nervürlü döşeme kullanmak ise, sakıncaları büyük ölçüde ortadan kaldıracaktır. Ancak, nervürlü döşemelerin yapının yanal ötelenme rijitliğine az katkı yaptığı ve bu durumun yapının yanal ötelenmesini büyümesine yol açtığı da anımsanmalıdır.



Şekil 4.19. Planda devam etmeyen çerçeve kirişi

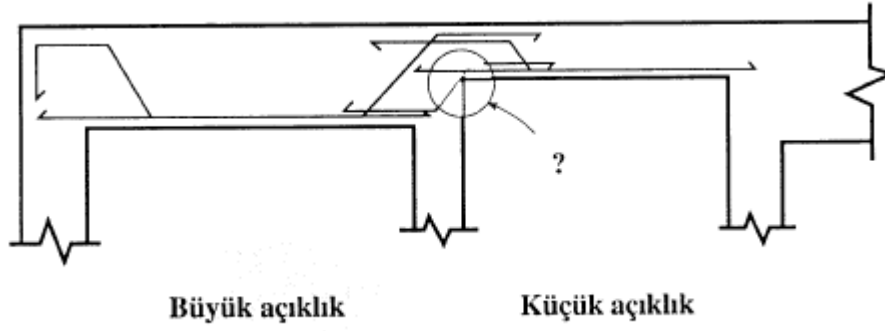
4.2.3.Kat içindeki kirişlerin tümü aynı kesite sahip olmalıdır

Bir aks doğrultusundaki (düzlem çerçeve içindeki) bütün kirişler aynı kesite sahip olmalıdır. Dolayısıyla, birbirine paralel çerçeveler birbirine benzediğinden, kat içindeki kirişlerin tümü aynı kesite sahip olacaktır. Kirişlerin aynı boyutlarda alınması, kalıplama, donatı yerleştirme ve mimari yönlerden istenilen bir durumdur. Bütün bunlara ek olarak, farklı kiriş boyutları gerilme yığılmalarında yol açabilir. Kesin zorunluluk yoksa “özdeş kirişler” kuralı bozulmamalıdır. Bu kuralı ekonomik olarak uygulayabilmek için, mimari ve mühendis tarafından, bir çerçevenin içinde yer alan kirişlerin açıklıkları yakın seçilmelidir. Şekil 4.20 (a) da gösterilen çerçevedeki, bütün kirişleri aynı boyutta yapmak gerekirse, kiriş boyutları (B-C) kirişi tarafından belirlenecek ve (A-B), (C-D),(D-E) ve (E-F) kirişlerinin boyutları da (B-C) kirişinin boyutları ile aynı olması gerektiğinden, ekonomik kurallar zorlanacaktır. Eğer olanak varsa bütün kiriş açıklıkları birbirine yakın olacak şekilde ayarlanmalı ve taşıyıcı sistem buna göre seçilmelidir. Şekil 4.20 (b) de, daha az sakıncalı ir durum gösterilmiştir. Bu durumla, dar koridoru olan okul ve hastane yapılarında çok sık karşılaşılır.



Şekil 4.20. Kat kirişlerinin kesit boyutlarını belirlerken karşılaşılabilecek zorlayıcı durumlar

Şekil 4.20 (b) den görülebileceği gibi (C-D) açıklığı diğer açıklıklardan çok küçüktür. Ayrıca, kiriş kesit boyutlarını belirleyen kritik momentler zaten bu açıklıkta oluşmazlar. Bu durumda, diğer açıklıklara uygun düşen kesit boyutları seçilir ve büyük olmasına rağmen (C-D) açıklığında, aynı kesit boyutları kullanılır. Ancak, aşırı kiriş kesit boyutları yalnız bir tek kirişte kullanılmıştır ve bir tek kirişte gerektiğinden fazla kesit boyutları kullanmanın çok büyük bir ekonomik sakıncası yoktur.

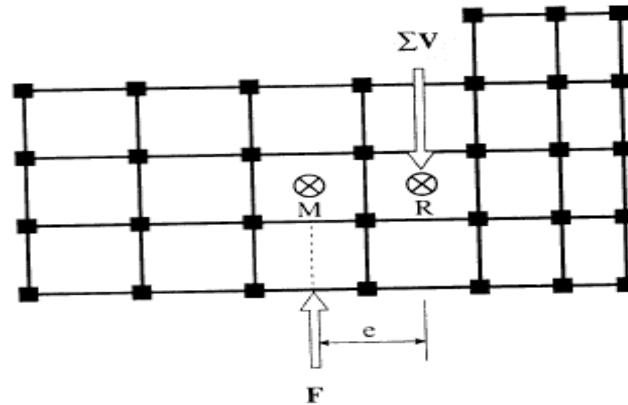


Şekil 4.21. Kiriş Derinliğinin Değiştiği Bölgede Sürekliliğin Bozulması

Sürekli bir kirişte, bir açıklıktan diğerine kesit boyutları değişirse, acaba ne gibi sakıncalar ortaya çıkar? Şekil 4.21 de gösterilen kiriş ve kiriş-kolon birleşimleri, gerek kalıplama ve gerekse donatı yerleştirme bakımından problemler çıkarırlar. Etriye yerleştirmek ve iki kirişin sürekliliğini sağlamakta zorlaşır. Bu tür birleşimler, özellikle deprem yükleri altında hiç güvenilir değildirler. Betonarme yapılarda şu kural genellikle geçerlidir: Donatı detaylandırması, etriye yerleştirilmesi ve böylece elemanlar arasında donatı sürekliliği sağlanmamış (veya kötü sağlanmış) yapılar, yük etkileri altında istenilir davranışı göstermezler.

4.2.4. Kat burulmasına izin verilmemeli veya minimum değerde tutulmalıdır

Kat planında, rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki eksantrisite minimum tutulmalıdır. Rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasında eksantrisite olması ve yatay kuvvetlerin etkilemesi durumunda, kat düzeyinde burulma momenti oluşur, Şekil 4.2



Şekil 4.22. Kütle merkezi ile rijitlik merkezi çakışmayan ve burulma momentine maruz kat planı

F = Depremden gelen yatay eylemsizlik kuvveti (kütle merkezinden geçer)

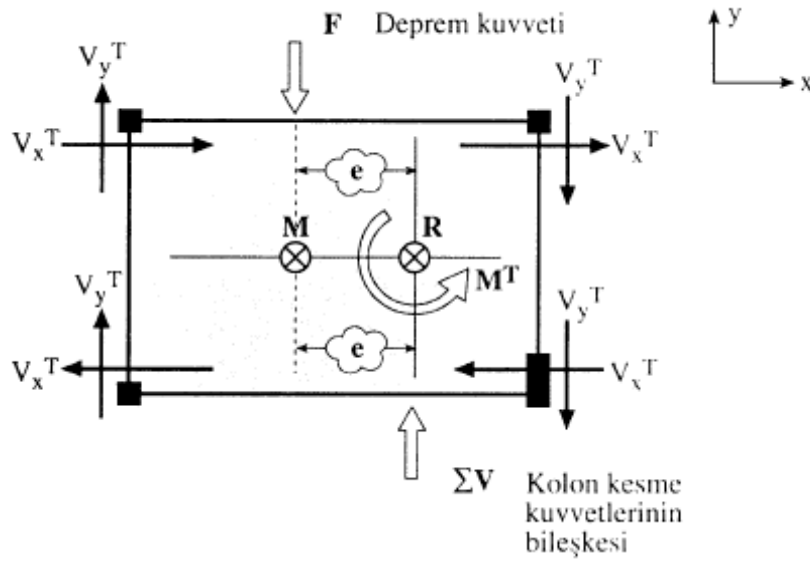
M = Yapının kütle merkezi

ΣV = Tüm kat kolonlarındaki kesme kuvvetlerinin bileşkesi (rijitlik merkezinden geçer)

R = Kolon kesme kuvvetlerinin bileşkesinin geçtiği rijitlik merkezi

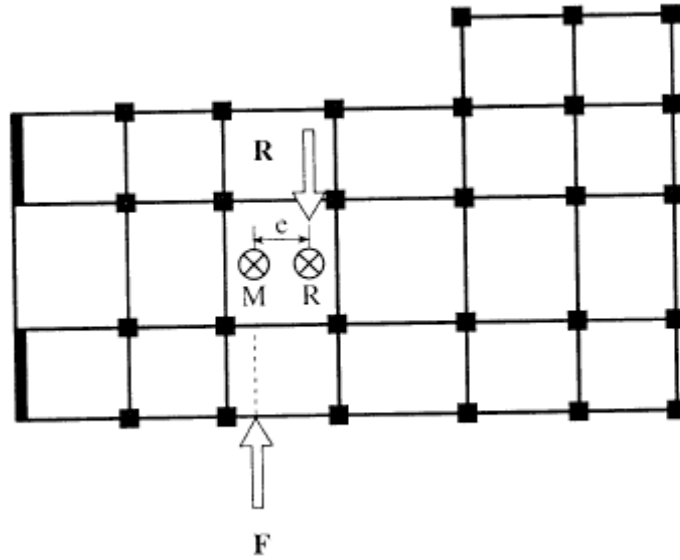
$M^T = F(e) = R(e) = \text{kat burulma momenti}$

Kat burulma momenti kolonlarda ek kesme kuvvetleri oluşturur. Deprem yükleri altında zaten yüksek kesme kuvvetlerine maruz bulunan kolonlara, bir de kat burulma momentinden ek kesme kuvvetlerinin gelmesi istenmeyen bir durumdur, Şekil 4.23.



Şekil 4.23. Kat burulma momenti ve kolonlarda oluşan ek kesme kuvvetleri

Kat burulma momentini azaltmak veya eğer olanaklı ise tümden yok etmek için kütle merkezi ile rijitlik merkezinin birbirine yaklaşması veya çakışması gerekmektedir. Kütle merkezi hemen hemen sabittir, Kütle merkezinin konumunu değiştirmek için kat içindeki kütle dağılımını değiştirmek gerekir ki bu çok zordur. Ancak rijitlik merkezi kolon rijitlikleri ile oynanarak değiştirilebilir. Şekil 4.24 te sol taraftaki kat kolonlarının rijitliği artırılarak kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki eksantrisite minimuma indirilmiştir.

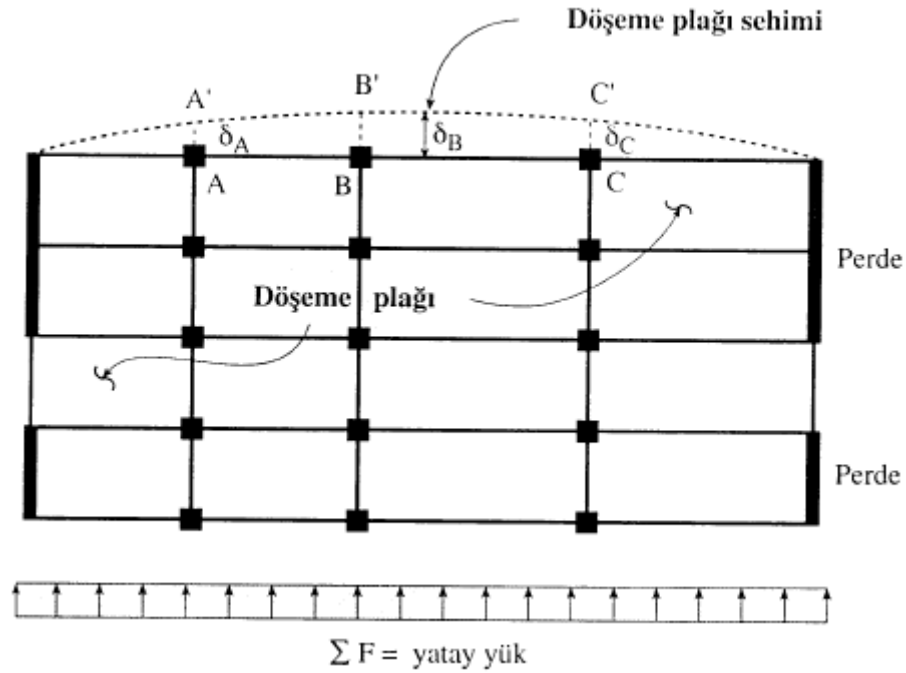


Şekil 4.24. Perde kullanarak kat eksantritesinin minimuma indirilmesi

4.2.5. Sonsuz rijit döşeme varsayımı zorlanmamalıdır

Binalar birçok düzlem çerçevelerin ve perdelerin yan yana yerleştirilmesi ve bunların bir yatay düzlem içinde, döşeme-kiriş sistemi ile birbirlerine bağlanmasıyla oluşan üç boyutlu yapılardır. Bu tür yapıların yatay yüklere karşı hesabı yapılırken, kat döşemeleri genellikle kendi düzlemleri içinde sonsuz rijit kabul edilir. Bu kabul yapıldıktan sonra, proje mühendisi yatay yükleri her çerçeveye, ötelenme rijitlikleri ile orantılı olarak dağıtılabılır. Kat döşemesinin sonsuz rijit olması durumunda, katın sabit bir rijitlik merkezi vardır. Ancak, kat döşemesi sonsuz rijit değil ise, bu doğru olmaktan çıkar. Yapı yüksekliğince değişen bir rijitlik merkezinin bulunması ise, yapısal davranışı çok karmaşık ve belirsiz duruma sokacaktır.

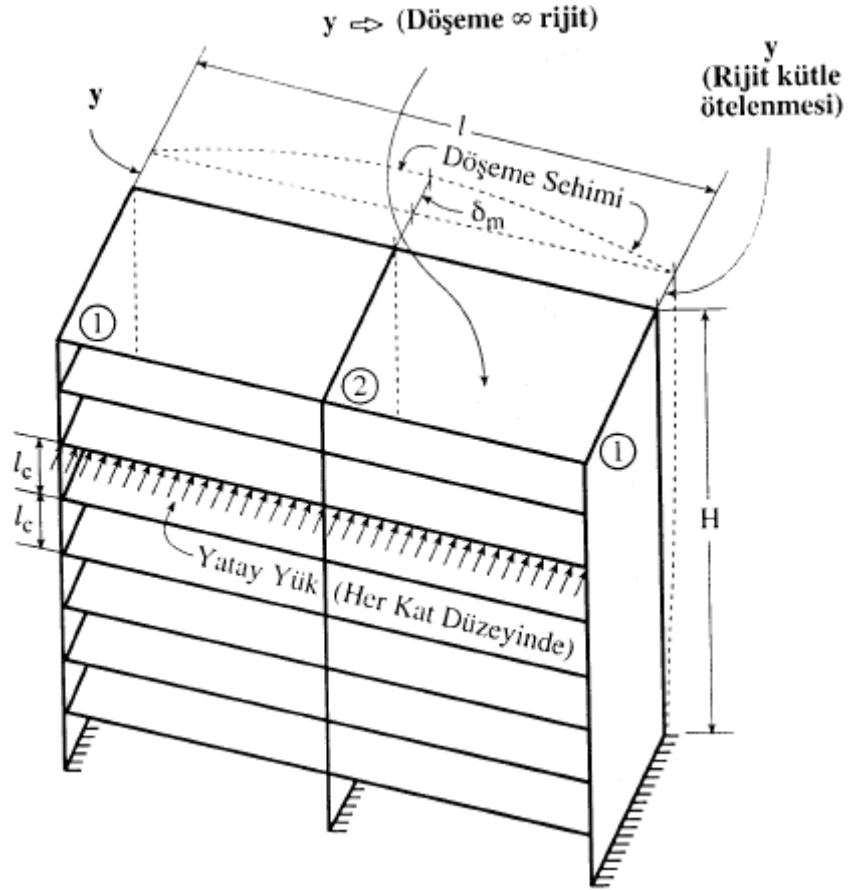
Katın rijitlik merkezinin nasıl değişken duruma geldiği Şekil 4.25 te izlenebilir. Kenardaki çerçeve-perdeler, ortadakilere göre, çok daha rijit olduklarından, kat döşemesi yatay yükler altında sehim yapılabilecek ve yapının üç, boyutlu bir bütün gibi davranması büyük ölçüde bozulacaktır. Değişik çerçeveler değişik yanal ötelenme yaptıkları için her bir çerçeve rijitliği aynı olsa bile çerçeveler değişik yatay yükler çekeceklerdir. Böylece sonsuz rijit döşeme kabulüne dayanarak hesaplanan rijitlik merkezi sabit kalmayacaktır.



Şekil 4.25. Yatay yük altında kendi düzlemi içinde sehim yapan kat döşemesi

Çerçevelerin aralıklarının küçük olması, döşemenin sehimini zorlaştıracaktır. Olay, aynen dolu gövdeli bir levha kirişe belirli aralıklarla konulan gövde takviyelerinin gövde levhasını daha rijit yaparak sehimini azaltmasına benzetilebilir.

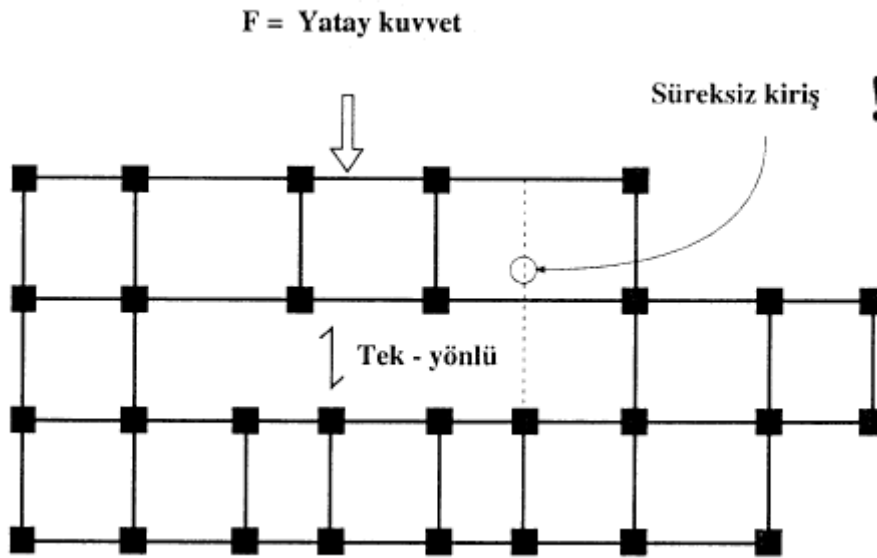
Kat döşemesinin kalınlığı da özellikle deprem bölgelerinde çok küçük seçilmemelidir. Büyük deprem kuvvetlerinin kolon ve perdeler arasına yayma görevi sonsuz rijit kabule edilen döşeme aracılığı ile yerine getirilmektedir. Eğer kat döşemesi sonsuz rijit kabul edilmiş ise döşemenin bu kabulü geçerli kılacak kalınlıkta olmasına dikkat etmek de proje mühendisinin görevi ve sorumluluğudur. Bu nokta özellikle kirişsiz döşemelerde ayrı bir önem kazanmaktadır.



Şekil 4.26. Yatayda aralıkları büyük çerçeveler ve kendi düzlemi içinde sehim yapan döşeme

4.2.6. Çok uzun tek yönlü döşeme oluşturulmamalıdır

Kat planında çok uzun tek yönlü döşeme oluşmamasına dikkat edilmelidir. Şekil 4.27. Yatay yükler, döşemeler ve kirişler aracılığı ile kolonlara dağılırlar. Ancak, çok uzun tek yönlü döşeme, şiddeti büyük yatay yükler altında “karışabilir”. Ayrıca, boyut oranları çok yüksek olan döşemelerde rötre çatlaklarını kontrol etmekte güçleşir. Uzun doğrultuda donatı çubuklarını yerleştirmek zor olur veya donatı çubuklarını bindirmeli olarak eklemek gerekebilir. Bindirme yapılan çekme kuvvetlerine maruz bölgelerde geniş çatlaklar oluşabilir.

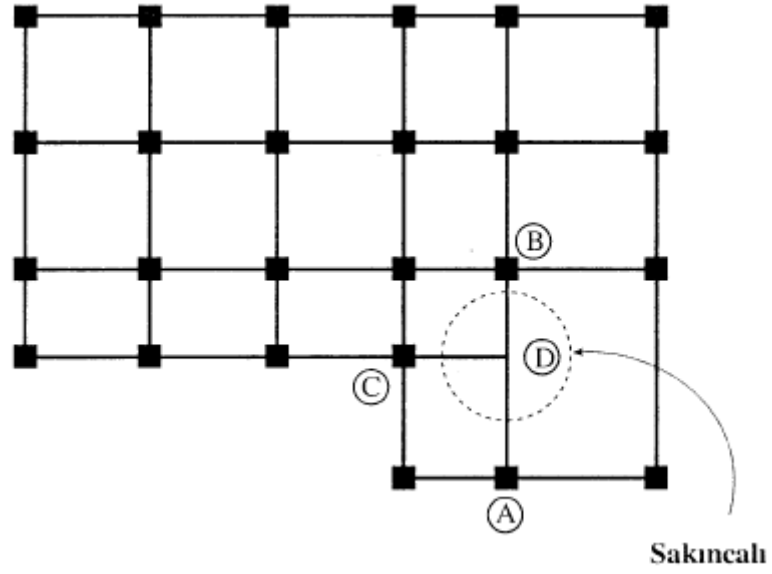


Şekil 4.27. Çok uzun tek yönlü döşeme sakıncalıdır.

Ayrıca, Şekil 4.27 den de izleneceği gibi, çok uzun tek yönlü döşeme oluşması için kat kirişlerinin süreksiz olması gerekmektedir. Bunun sakıncası, daha önce tartışıldığı gibi açıktır.

4.2.7. Kirişlerin düğüm noktasında mesnet görevi yapan düşey taşıyıcı bulunmalıdır

Taşıyıcı kirişlerin diğer taşıyıcı kirişler üzerine mesnetlenmesinden mümkün oldukça kaçınılmalıdır, Şekil 4.28.

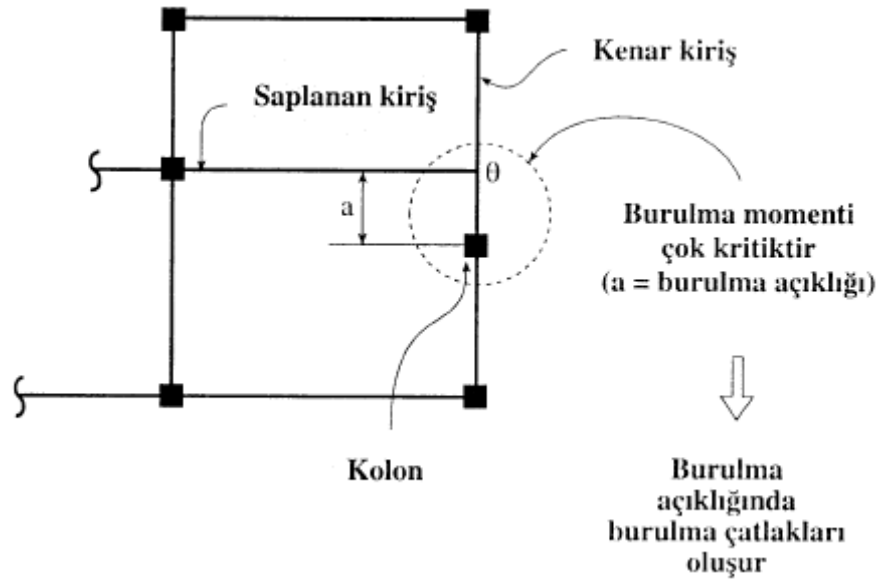


Şekil 4.28. Kesişen kirişler ve sakıncalı düğüm noktası

(C-D) kirişinden gelen reaksiyon (A-B) kirişi üzerine noktasal yük olarak uygulanmaktadır. Tekil reaksiyon yükü, (A-B) kirişinde büyük momentlerin oluşmasına yol açacak ve (A-B) kirişinin kesit boyutları aşırı büyüyecektir. Ayrıca (A-B) kirişinde sehim ve çatlatma problemleri de oluşabilir.

4.2.8. Mesnete yakın sapanan kirişler oluşturmamalıdır

Kesişen kirişlerden kaçınılmıyorsa, düğüm noktasının kolona veya mesnete çok yakın konumda olmasına izin verilmemelidir, Şekil 4.29

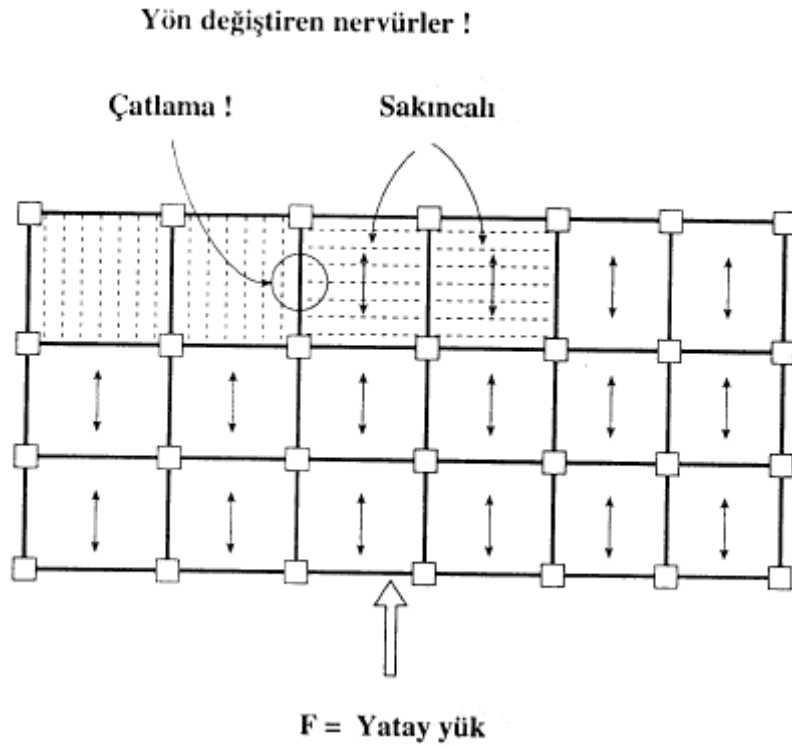


Şekil 4.29. Mesnete yakın saplanmış kiriş

Kirişin saplanma noktası ile kolon arasındaki uzaklık çok küçük olduğundan burulmadan oluşan birim dönme çok büyük olur. Eğer saplanan kirişin uç dönmesi (θ) olursa aynı (θ) açısı kenar kirişte burulma dönmesi olacaktır. Birim dönme açısı ise ($\varphi = \theta/a$) olarak ifade edilebilir. Burulma açıklığı “a” küçük olursa, (θ) birim dönme açısının çok büyük olması gerekir. Bu büyük dönme açısının oluşabilmesi için, kenar kirişler (“a” uzunluğu içinde) büyük burulma hasarı oluşması gerekebilir. Burulmanın türü “uygunluk burulması” olarak tanımlanır. Ayrıntılı bilgi betonarme kitaplarında bulunabilir.

4.2.9. Döşeme nervürlerinin doğrultusu doğru seçilmelidir

Döşeme nervürlerinin doğrultusunun yatay yükün kritik doğrultusuna paralel olması tercih edilmelidir. Aynı döşeme planı içinde, nervürlerin yerleşim doğrultuları yer değiştirmemelidir, Şekil 4.30.

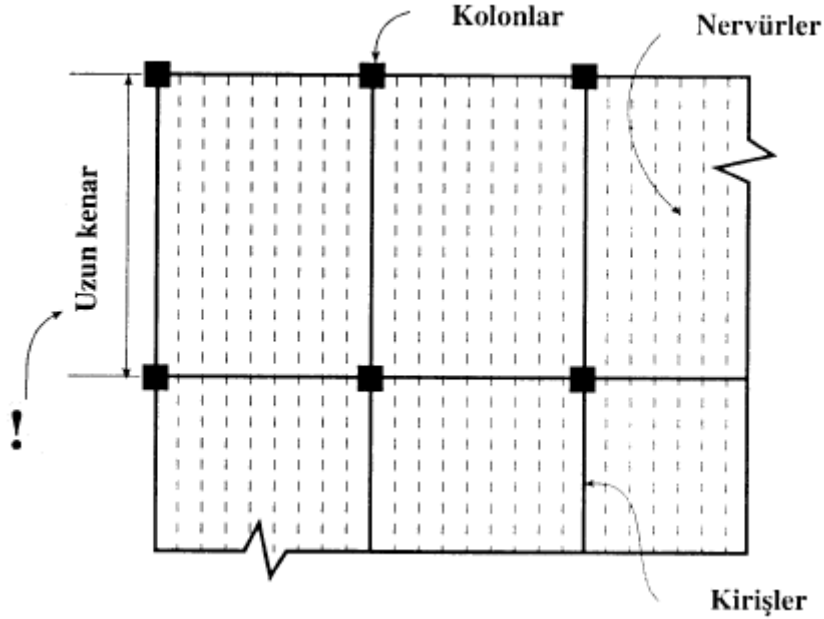


Şekil 4.30. Kritik yatay yükün ve nervürlerin doğrultusu

Kritik yatay yükün doğrultusu, genellikle yapının planda kısa boyutuna paraleldir. Kritik doğrultuda kat düzeyinde uygulanan yatay yükün, kolonlara etkin bir şekilde dağılılabilmesi için kat döşemesi rijitliğinin kendi düzlemi içinde bir yük olması gerekmektedir. Ayrıca kat döşemesinin ve kirişlerin eğilme altında da büyük rijitliğe sahip olması, kolon uçlarındaki düğüm noktası rijitliğini artıracak ve yapının yanal ötelenmesi azacaktır. Yanal ötelenmenin azalması ile ikinci mertebe momentleri de azalacak ve yapının tüm yük taşıma davranışı olumlu yönde etkilenecektir. Yatay kuvvet (F) döşemede ve döşeme içindeki kiriş elemanlarında aksenal kuvvetler oluşturarak kolonlara dağılır. Böylece yatay kuvvetler altında döşeme sistemi, aksenal basınca çalışmaktadır. Basınç kuvvetleri altında döşeme sisteminin rijitliğinin büyük olması, yük transferi bakımından avantajlıdır. Aynı döşeme sistemi içinde, birbirine dik yönde döşeme nervürleri kullanılırsa, nervürlerinin yön değiştirdiği bölgede aşırı çatlama olabilir. Eğer mümkünse bu tür uygulamalardan kaçınılmalıdır. Eğer zorunluluk var ise bu bölgede çatlamaı kontrol edici donatı kullanılmalıdır, Şekil 4.30.

4.2.10. Nervür doğrultusu döşemenin uzun kenarına paralel olmalıdır

Eğer olanak içinde ise nervürlerin doğrultusu döşemelerin uzun boyuna paralel olmalıdır , Şekil 4.31.

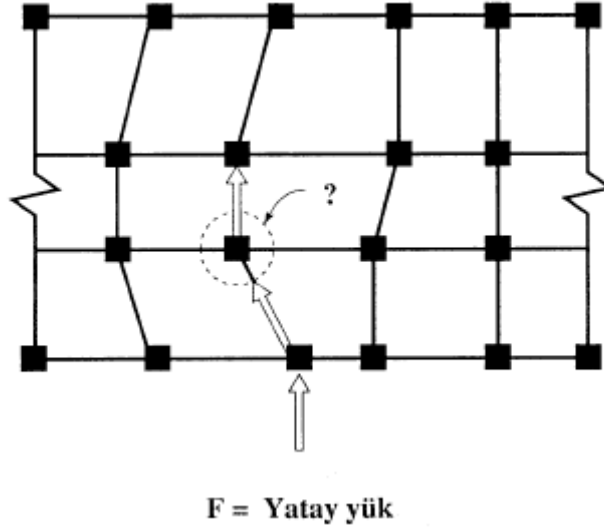


Şekil 4.31. Döşemenin uzun kenarına paralel nervür yerleşimi

Nervürlerin yük alan payları küçük oldukları için taşıdıkları yükler de genellikle, küçüktür; bundan dolayı nervürlerin statikçe gerekli yükseklikleri de küçük çıkar. Nervürler döşemenin kısa kenarındaki kısa açıklıklı kirişlere otururlar ve kirişi tekil yüklerle yüklerler. Ancak kiriş açıklığı küçük olduğu için kiriş momentleri ve bunun bir sonucu olarak kiriş kesit boyutları çok büyük çıkmaz. Oysa nervürler tam ters yönde, yani kısa doğrultuda uzanıp, uzun kirişlere otursa idi, nervür boyutları gene küçük olacak, fakat büyük açıklıklı kirişin derinliği çok büyük çıkacak idi. Bu durumun oluşması, kat kirişlerinin aynı derinlikte (veya çok yakın) olma durumunu çok zorlaştıracaktır. Aynı zamanda, derin kat kirişi katın kullanım yüksekliğini de küçültecektir

4.2.11. Kat planı içinde kırık akslı kiriş kullanılmamalıdır

Kat döşemesi kirişleri birbirleriyle dikey (ortogonal) kesişmelidir. Kirişlerin kırık aks oluşturmasına izin verilmemelidir, Şekil 4.32.

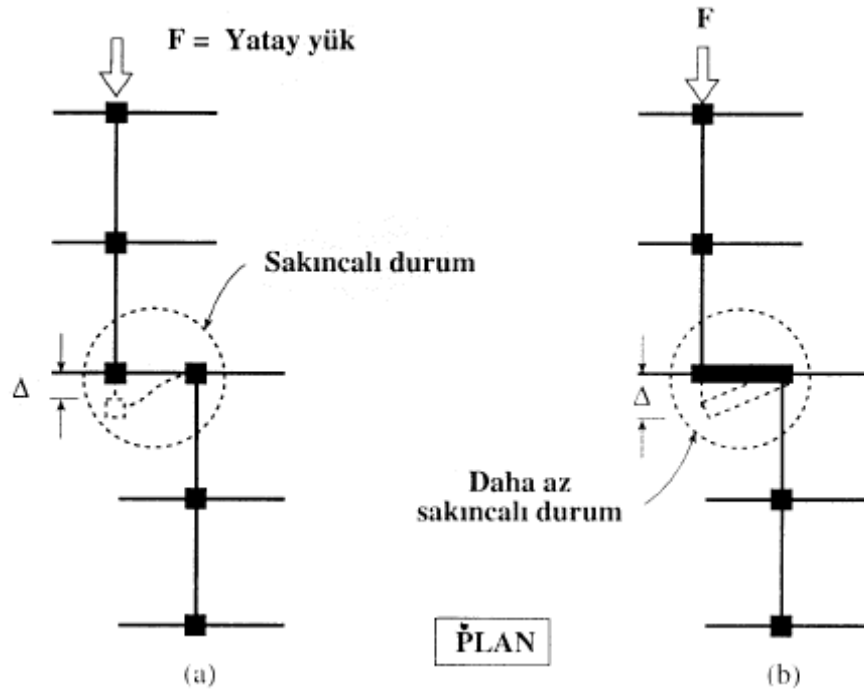


Şekil 4.32. Kat planı içinde akslı kirişler

Kırık akslı kirişlerden oluşan ve aynı düşey düzlem içinde kalmayan çerçevelerin, yatay yüklere karşı dirençleri zayıftır. Düşey ve yatay yükler altında, kırık akslı kirişlerin düğüm noktalarında kuvvetlerin ani yön değişikliği ek zorlamaların oluşmasına yol açar. Kiriş akslarının düzensiz kesişmesi durumunda üç boyutlu taşıyıcı çerçeveyi, iki boyutlu düzlem çerçeveler indirgeyerek incelemek olanaksızlaşır. Özellikle deprem etkisi altına, tüm taşıyıcı sistemin dinamik davranışı çok olumsuz yönde etkilenir.

4.2.12. Planda kırık çerçevelerden kaçınılmalıdır

Çerçevelerinin yapını bir ucundan diğer ucuna kadar aynı aks içinde sürekli olmasına çalışılmalı ve kolonlar birbirine çok yakın yerleştirilmemelidir, Şekil 4.33.

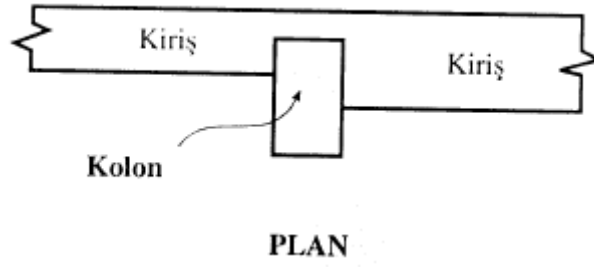


Şekil 4.33. Planda kırık akslı çerçevelerin oluşturduğu sakıncalı durumlar

Yatay yüklerin aktarılması bakımından Şekil 4.33 (a) ve (b) de gösterilen her iki durumda sakıncalıdır. Şekil 4.33 (a) da ki kısa kiriş, kiriş aksına enine yönde, eğilme momentlerine maruz kalacaktır. Bu birleşimin yatay yük aktarma özelliği de son derece kısıtlıdır. Aynı zamanda mimari yönde de, iki kolon arasındaki küçük açıklığı kullanmak son derece zordur. Elemanları kapılama işleri de zorluklar çıkaracaktır. Şekil 4.33 (b) de iki kolonun birleştirilerek bir perde haline dönüştürülmesiyle bazı sakıncalar giderilmiştir, fakat yatay yüklerin etkimesi durumunda perde-kolon yine büyük burulma momentlerine maruz kalacaktır. Perde boyutları $h/b < 7$ ise, bir perde-kolon oluşmuş demektir. Deprem davranışı bakımından ne tam kolon ve ne de tam perde olmayan düşey taşıyıcıların kullanımı sakıncalıdır. Düşey yük taşıyıcı, ya tam kolon ($h/b \leq 2$), ya da tam perde olmalıdır ($h/b > 7$).

4.2.13. Kiriş-Kolon birleşiminde mesnetlenme iyi olmalıdır

Kolon-Kiriş birleşiminde mesnetlenme iyi olmalıdır, Şekil 4.34.

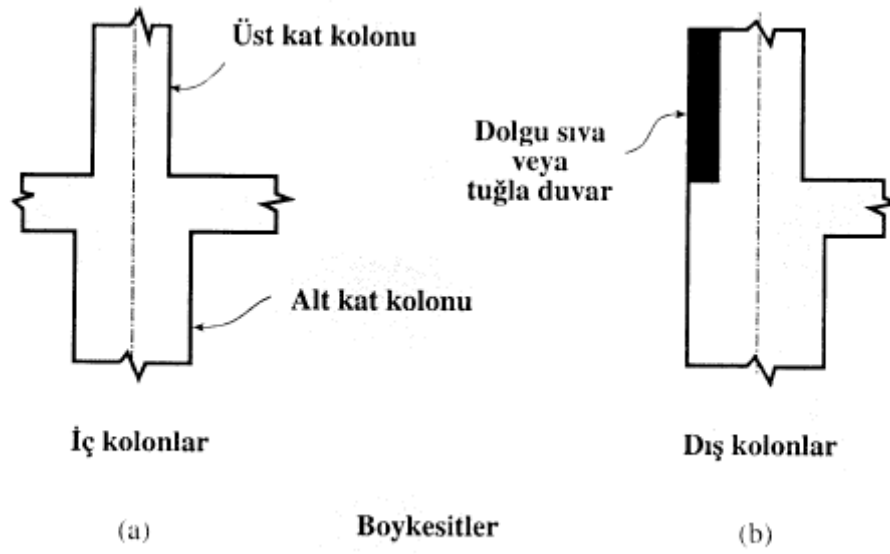


Şekil 4.34. Kolon üzerinde iyi mesnetlenmemiş kirişler

Şekil 4.34 de gösterilen kirişler kolon üzerine son derece zayıf ve eksantrik şekilde oturmaktadırlar. İki kirişin sürekliliği dolayısıyla kolon-kiriş arasında moment aktarımı çok zayıflamıştır. Tersinir deprem kuvvetleri altında birleşimin direnci çok küçüktür. Yatay yükler altında kolonda burulma momenti oluşmaktadır. Kirişlerin kesme kuvvetlerine karşı direnci zayıflamıştır, çünkü eğik asal çekme çatlaklarının mesnete yakın oluşmasını engelleyen kiriş içindeki basınç çubuklarının oluşması zorlaşmıştır. Kolondan kirişlere donatı sürekliliğini sağlamak ise, hemen hemen imkansızlaşmıştır.

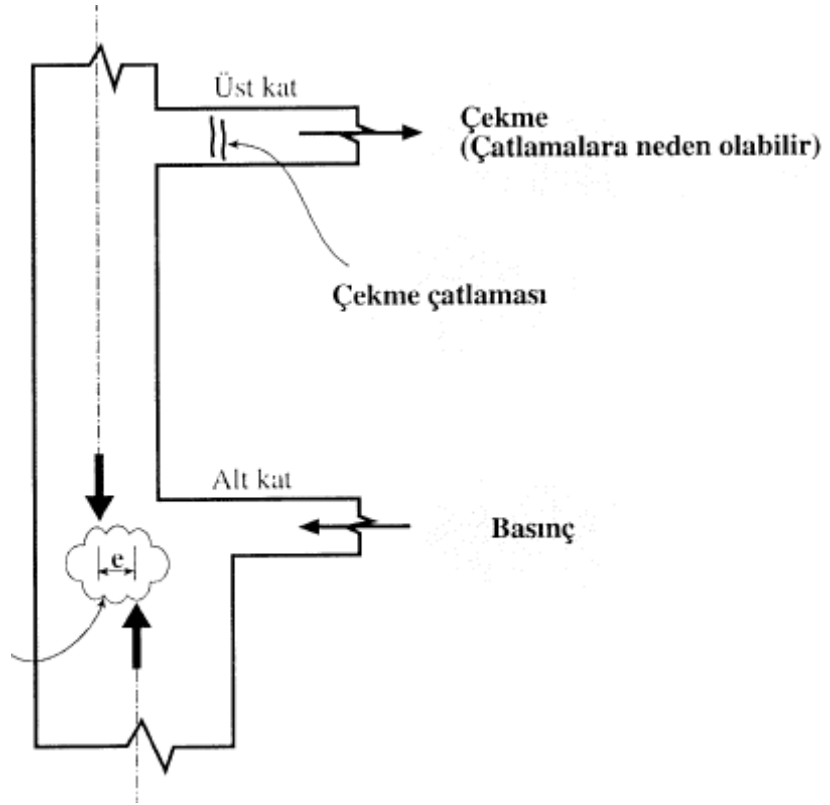
4.2.14. Alt kat- Üst kat kolon aksları aynı düşey eksen üzerinde olmalıdır

Düşey doğrultuda katlar arasında kolon eksenleri, eğer olanak var ise, çakışmalıdır, Şekil 4.35.a



Şekil 4.35. Katlar arası kolon eksenlerinin çakışması

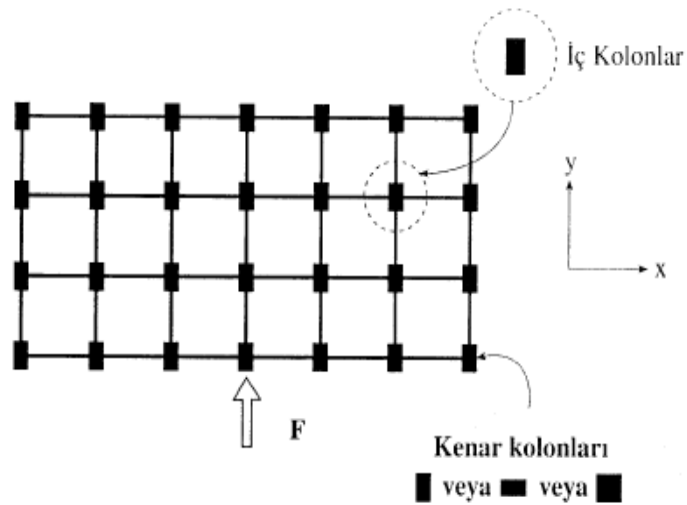
Kolon eksenlerinin çakışması, iç kolonlarda, hemen her zaman olanaklıdır. Ancak, dış kolonlarda yapının dış cephesi düz istendiğinden, eksen çakışması her zaman kolay sağlanamayabilir. Yapının cephesi dolgu yapılarak düz bir duruma getirilebilir, Şekil 4.35 (b). Eğer kolon eksenleri çakışmazsa, kat düzeyindeki kolon uçlarında momentler oluşur. Bu momentin, başka elemanlarca karşılanması ve dengelenmesi gerekmektedir. Bu durum, eğer dikkat edilmezse, istenmeyen çatlamalara yol açabilir, Şekil 4.36.



Şekil 4.36. Kolonlar arasında oluşan eksantrisite ve oluşabilecek çatlamlar

4.2.15. Kolon kesitleri yapının zayıf devrilme yönü dikkate alınarak seçilmelidir

Kolon kesitlerinin uzun kenarları, yapının devrilmeye karşı zayıf doğrultusuna paralel yerleştirilmelidir, Şekil 4.37.

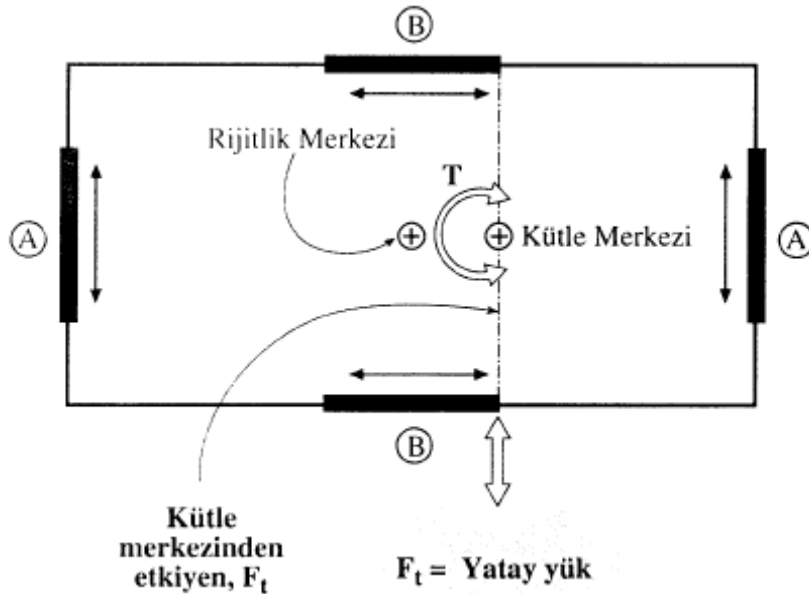


Şekil 4.37. Zayıf Devrilme Yönü Dikkate Alınarak Kolon Kesitlerinin yerleştirilmesi

Şekil 4.37. de gösterilen yapının yatay yüklere karşı zayıf yönü (y) doğrultusundadır ve kolonların uzun boyutu (y) – doğrultusuna paralel yerleştirilmiştir. Ancak, planda kısa kenar ile uzun kenar uzunlukları çok farklı olmayan yapılarda, kolonları hep “kılıçlamasına” koymak, kuvvetli sanılan uzun yönü kritik duruma sokabilir. Böyle durumlarda kenar kolonları, veya gerekirse diğerleri de, yapının uzun doğrultusu boyutuna paralel yerleştirilebilirler. Bu da yapının ötelenmesini sınırlamak yolunda çözüm getirmiyorsa, perde kullanımı gibi diğer çözüm yolları aranır.

4.2.16. Perdeler kat planı içinde “kapalı kutu” oluşturacak şekilde yerleştirilmelidir

Perdelerin kat planında, mümkünse, kapalı bir kutu oluşturacak şekilde yerleştirilmesinde yarar vardır, Şekil 4.38.



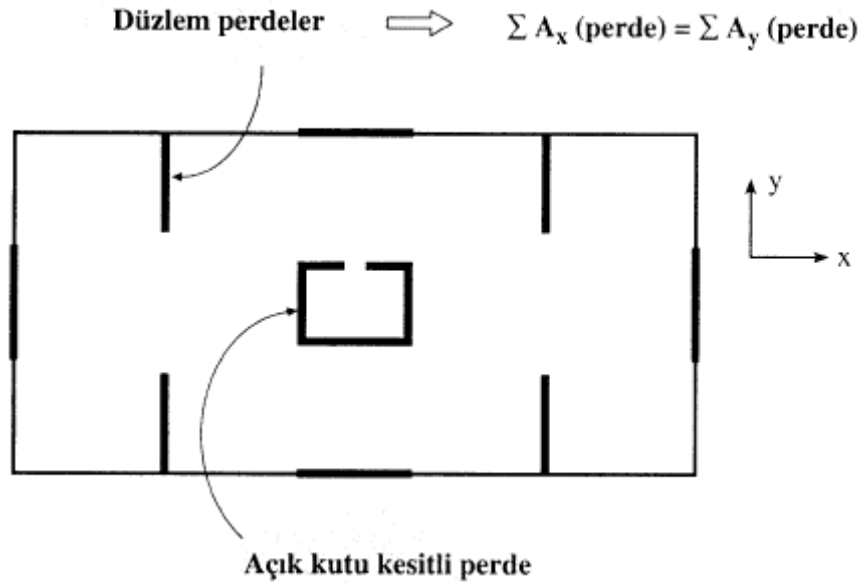
Şekil 4.38. Kat Burulma Rijitliğini Maksimum Yapan Perde Yerleşimi

İlk bakışta, yapının yatay yüklere karşı zayıf yönünün (A) – perdeleri ile sağlamlaştırıldığı ve zaten kuvvetli olan uzun boyut doğrultusunda, (B) – perdelerine gerek olmadığı düşünülebilir. Ancak, kat içinde herhangi bir neden ile kat burulma momentleri oluşursa, burulma momentlerine karşı koymak için (B) – perdelerinin çok gerekli olduğu ortaya çıkar. Özellikle, yüksek yapılarda buna dikkat etmek

gereklidir. Deprem kuvvetlerinin her iki yönden de etkidiği hiç unutulmamalıdır. Bundan dolayı, yapının her iki yönünde çalışan, ayrı ayrı ve genellikle, eşit alanlara sahip perdelerin kullanımı çok iyi bir uygulamadır.

4.2.17. Perde yerleşimi simetrik olmalıdır

Eğer perde kullanılacaksa, perdelerin simetrik yerleştirilmesine dikkat edilmelidir, Şekil 4.39. Perdeler yapının ölü alanlarına yerleştirilmelidir; başka bir deyişle, perdeler yapının kullanımını aksatacak yerlere yerleştirilmemelidir. Asansör ve merdiven boşlukları, yapının yan cepheleri, sabit duvarlar, vb. uygun yerlerdir.

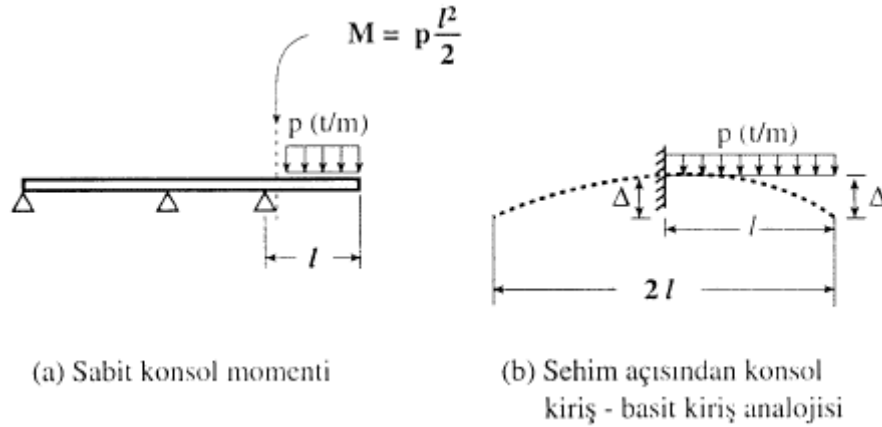


Şekil:4.39. Simetrik Perde Yerleşimi

Perdelerin simetrik yerleştirilmeleri kat içinde burulma momentleri oluşmasını zorlaştırır. Planı düzgün olmayan yapılarda, perdelerin rijitliğinin ağırlık merkezi (rijitlik merkezi) yapının kütle merkezi ile çakışmalıdır. Perdelerin son durumuna karar vermeden önce, mimar ve tesisat mühendislerine, kullanım aksaklıkları çıkmaması için danışılmalıdır.

4.2.18. Aşırı uzun konsol kiriş kullanımından kaçınılmalıdır

Konsol kirişlerinin uzunluklarına rijitliklerine çok dikkat etmek gerekmektedir, Şekil 4.40.

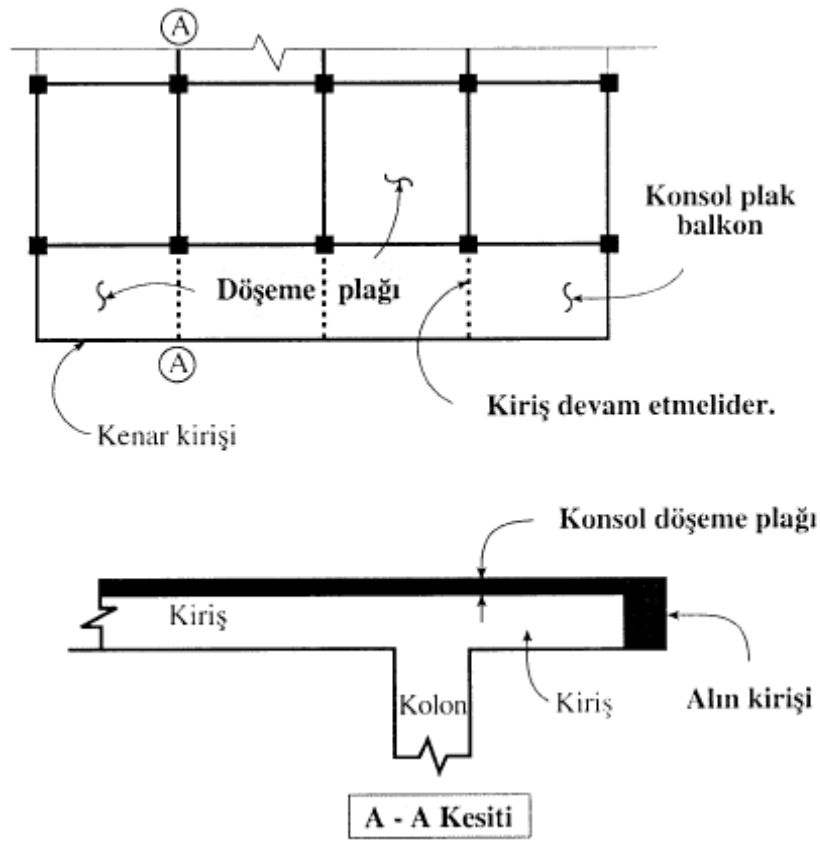


Şekil 4.40. Konsol kiriş-basit kiriş analojisi

Konsol momentini değeri sabit olup, konsol yüzünde $M = pl^2 / 2$ ye eşittir. Bu moment, konsol ucunda (Δ) kadar bir sehim oluşturur. Bir basit kirişin aynı (Δ) sehimini yapması için, kiriş açıklığının ($2L$) olması gerekir. Dikkat edilirse her iki kirişte de kiriş yayılı yükü p (t/m) aynıdır. Basit kirişte, kiriş yüksekliği $h = l / 10$ olarak hesaplanmaktadır. Konsol kirişte ise $h = 2l / 10 = l / 5$ uygun bir seçim olmaktadır. Betonarme kirişlerde sünme etkisinden dolayı, ani sehimin 2-3 kez büyüyeceği unutulmamalıdır. Konsol kirişlerde en önemli problemi, genellikle, “aşırı sehim” olarak mühendisin karşısına çıkmaktadır.

4.2.19. Konsol plak balkonlarda çevre kirişi kullanılmalıdır

Plak balkonlar oluşturulurken, çerçeve kirişi konsol ucuna devam ettirilmeli ve balkon plağı altına rijitlik arttırıcı alın kirişi, tercihen, uygulanmalıdır, Şekil 4.41.

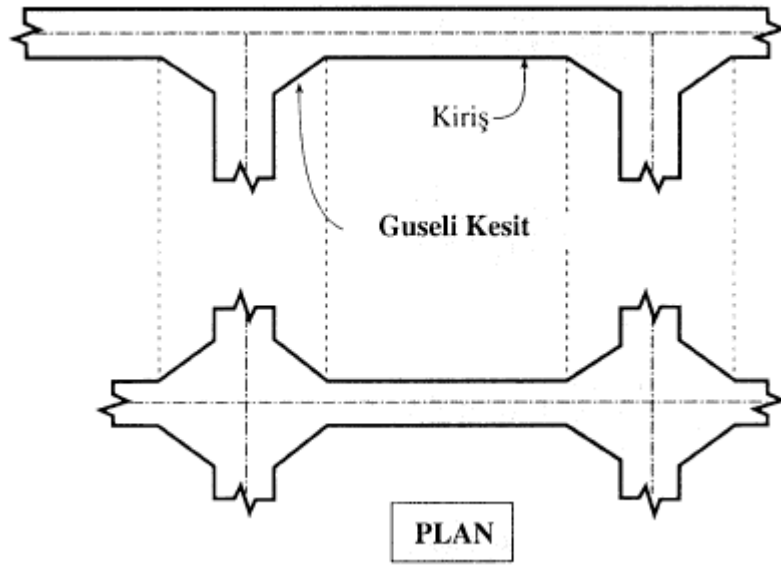


Şekil 4.41. Döşemelerde konsol oluşturulması

Çok uzun boyutları olan konsol bir döşeme plağı büyük sehime yapar. Bunu önlemek için kat kirişleri Şekil 4.41 de gösterildiği gibi uzatılmalı ve tercihen balkon döşemesi ucuna bir alın kirişi de yerleştirilmelidir. Böylece, sehime karşı rijitliği büyük olan kirişler karşı koyacak, döşeme plağı ise ancak kirişlere yük aktarıcı eleman görevi yapacaktır.

4.2.20. Kirişlerde guse kullanımı düşünülebilir

Mesnet bölgelerinde guseler kullanılabilir, Şekil 4.42.



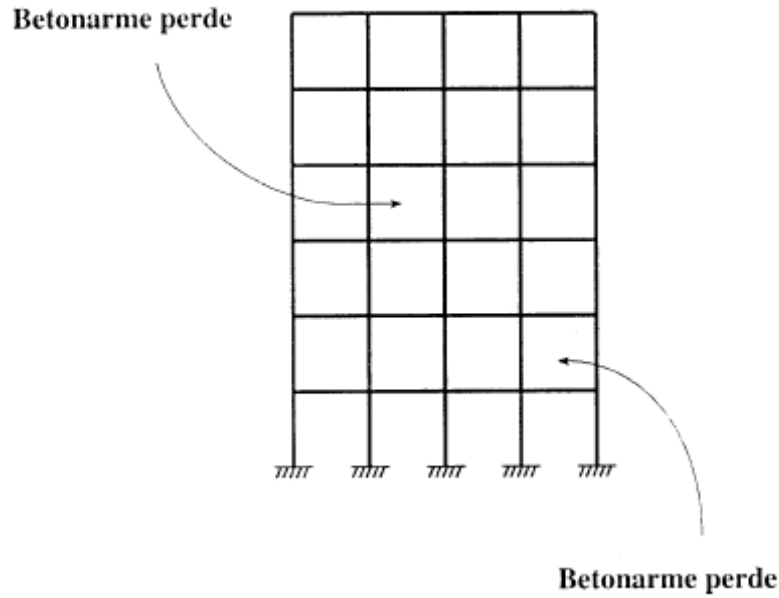
Şekil 4.42. Mesnet bölgelerinde guse kullanılması

Mesnet bölgelerinde momentler ve kesme kuvvetleri büyüktür ve büyük kiriş kesitine gereksinme gösterirler. Tüm kiriş kesitini boydan boya büyük yapmaktansa, kesitin moment bölgelerinde guse yapılabilir. Guseler kesit içinde basınç çubuğu oluşturarak yük aktarımını kolaylaştırırlar. Aynı zamanda, rötre çatlaklarını kılcal düzeyde tutmakta da etkilidirler. Ancak, mesnet bölgelerinde guse yapmanın, birleşim noktasının rijitliğini arttırdığı, ve böylece, mesnetlere daha büyük momentler çekildiği unutulmamalıdır. Mesnet momentlerinin büyümesi açıklık momentlerini küçültecektir. Bu taşıyıcı sistem davranış kavramları bir proje tekniği olarak, gerektiğinde, uygulanabilir. Guse yapımının kalıp işçiliğine getirebileceği zorluklar ve masraflar göz ardı edilmemelidir.

4.2.21. Kat aralarında tekil süresiz perdeler kullanılmamalıdır

Bazı katlarda tekil süresiz betonarme perdeler, bazı katlarda ise yalnız çerçevelerin bulunması yanal savrulma direncinde büyük düzensizliklere yol açar, Şekil 4.43. Çerçevesiz sistemler ve perdenin yanal ötelenmelerinin ne kadar değişik olduğu düşünülürse, yapı davranışının ne kadar karmaşık olacağı daha iyi ortaya çıkar. Bütün bunlara ek olarak, tekil perde duvarları çok büyük ve düzensiz rijitlik yığılmalarına yol açarlar. Sonuçta, tüm yapının yanal ve dinamik yüklere karşı

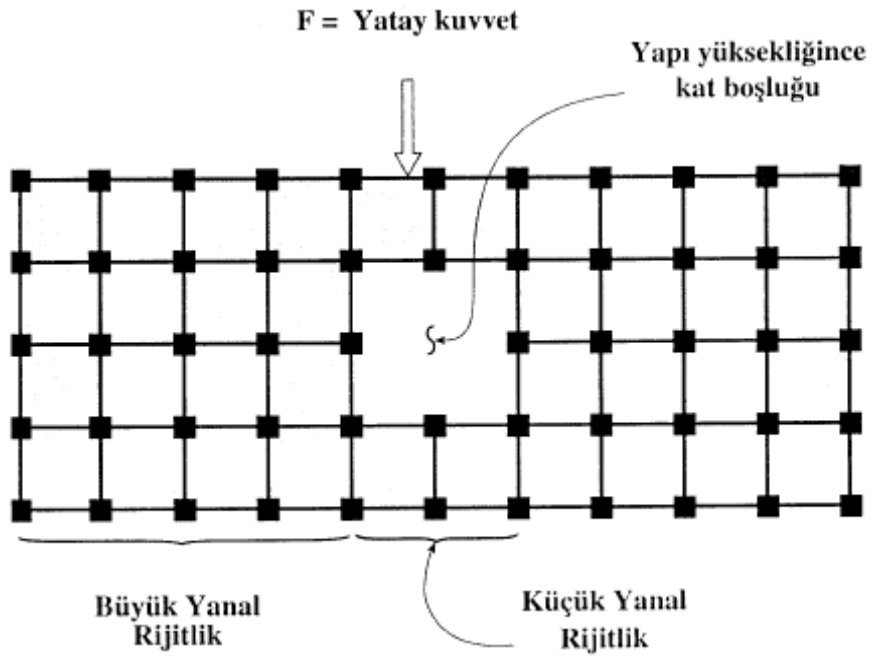
davranışı son derece karmaşık ve kestirilmesi zor bir görünüm kazanır. Herhangi bir yükleme altında davranışı kestirilemeyen bir yapı, genellikle, iyi projelendirilmiş sayılmamalıdır.



Şekil 4.43. Kat Aralarında Kullanılan Tekil Süreksiz Perdeler

4.2.22. Döşemede diyafram görevini zayıflatan büyük boşluklar bırakılmamalıdır

Diyafram etkisi görerek yanal yükleri kendi düzleminden geçiren ve düşey taşıyıcılara aktaran döşeme plağının etkinliğini azaltacak büyük kat boşluklarından kaçınılmalıdır, Şekil 4.44. Döşeme plakları, statik hesapta, kendi düzlemleri içinde genellikle sonsuz rijit kabul edilirler. Ancak, döşeme plağında, tüm alana oranla, büyük boşlukların bırakılması bu hesap kabulünü geçersiz kılabilir. Bunun bir sonucu olarak, düşey taşıyıcılara dağılan yatay yüklerde önemli değişiklikler olur. Yapının yanal ötelenmesi, dinamik davranışı ve kolon zorlamaları olumsuz olarak etkilenir. Eğer makul büyüklükteki boşluklar zorunlu olarak bırakılacaksa, boşluk çevresindeki kolon ve kirişlerin rijitliklerinin arttırılması ve/veya perdelerin kullanılması bir önlem olarak düşünülmelidir [11].



Şekil 4.44. Döşemede Diyafram Görevini Zayıflatan Büyük Boşlukların Bırakılması

BÖLÜM 5. DEPREM YÖNETMELİKLERİNDE YAPISAL DÜZENSİZLİKLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Deprem etkisinde bulunan diğer ülkelerde olduğu gibi, yurdumuzda da depreme dayanıklı yapı projelendirmesi ve yapım esasları, ilgili yönetmeliklerle belirlenmiştir. Ülkemizde 1939 yılı Erzincan depreminden sonra İtalyan Yapı Talimatnamesi dilimize çevrilerek bir müddet kullanılmıştır. Daha sonra ilki Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi adıyla 1944 yılında yayınlanan yönetmelik, zamanla 1949, 1953, 1962, 1968, 1975, 1998 ve 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik şeklinde günümüze kadar gelmiştir [12]. Ülkemizde bu esaslar en son itibari ile Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik’ te verilmiştir. Yeni yürürlüğe giren bu yönetmelik, başka ülkelerde olduğu gibi deprem mühendisliğindeki ana konuları içermektedir.

Tablo 5.1. Ülkemizde şimdiye kadar kullanılan deprem yönetmelikleri

Yayın Yılı	Yönetmelik Adı
1940	İtalyan Yapı Talimatnamesi
1944	Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi
1949	Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği
1953	Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
1962	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
1968	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
1975	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
1998	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
2007	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

Deprem yönetmeliği deprem bölgeleri haritası, bölgelere göre deprem ivmesi, bina türleri, önem dereceleri ve süneklik sınıflandırmaları, değişik binalar için hesap esasları, dayanım ve süneklik için yapım kuralları gibi daha birçok konuyu içermektedir.

5.1. 2007 Deprem Yönetmeliğindeki Değişiklikler

06.03.2007 tarihinde resmi gazetede yayınlanan ve 03.05.2007 tarihinde de bazı değişiklikler yapılarak yürürlüğe giren deprem yönetmeliğinde en basta ismi olmak üzere oldukça fazla sayıda değişiklik yapılmıştır. Tablo 5.2' de yönetmelikteki bölümlerde yapılan değişiklikler kabaca özetlenmiştir.

Tablo 5.2. Deprem yönetmeliğinde yapılan başlıca revizyonlar

Bölüm yeni no/ eski no	Bölüm adı	Yapılanlar
Bölüm 1 / (1)	Yönetmelik kapsamı	Revizyon
Bölüm (2)	Üzerinde bina yapılmayacak arazi	Çıkarıldı
Bölüm (3)	Su baskını ve yangın afetinden korunma	Çıkarıldı
Bölüm (4)	Yangın afetinden korunma	Çıkarıldı
Bölüm (5)	Deprem afetinden korunma	Çıkarıldı
Bölüm 2 / (6)	Hesap kuralları	Revizyon
Bölüm 3 / (7)	Betonarme binalar	Revizyon
Bölüm 4 / (8)	Çelik binalar	Kapsamlı revizyon
Bölüm (9)	Ahşap binalar	Çıkarıldı
Bölüm 5 / (10)	Yığma binalar	Revizyon
Bölüm (11)	Kerpiç binalar	Çıkarıldı
Bölüm 6 / (12)	Zemin ve temeller	Revizyon
Bölüm 7	Değerlendirme ve güçlendirme	Yeni bölüm

Her iki yönetmelik de (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (A.B.Y.Y.H.Y. 1997) ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (D.B.Y.B.H.Y.2007) yapısal düzensizlik durumları ayrıntılı olarak incelenmiş, yapılardaki düzensizlik durumları ve bunlarla ilgili kurallar aşağıda açıklanmıştır.

5.2. Yapısal Düzensizlikler

5.2.1. Planda düzensizlikler (A Türü)

Bu düzensizlik türü; A.B.Y.Y.H.Y.97'de 4 farklı düzensizlik durumu (A1,A2,A3,A4) olarak incelenmiş olup, D.B.Y.B.H.Y 2007'de ise (A4) Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması Durumu olarak değil; Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler şeklinde incelenmiştir. Diğer düzensizlik durumları tamamen aynı olup şu şekildedir:

5.2.1.1. (A1)- Burulma düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için herhangi bir katta en büyük görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1,2'den büyük olması durumudur.

$$\eta_{bi} = \frac{(\Delta i)_{\max}}{(\Delta i)_{ort}} > 1.20 \quad (5.1)$$

$$(\Delta i)_{ort} = \frac{(\Delta i)_{\max} + (\Delta i)_{\min}}{2} \quad (5.2)$$

Denklem 5.1'de yer alan η_{bi} burulma düzensizliği; katsayısını, $(\Delta i)_{\max}$ ve $(\Delta i)_{\min}$ ilgili kattaki maksimum ve minimum görelî kat ötelemesini, $(\Delta i)_{ort}$ ise ilgili kattaki Ortalama görelî kat ötelemesini göstermektedir. Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda:

$$(\Delta i)_{ort} = 1/2 [(\Delta i)_{\max} + (\Delta i)_{\min}] \quad (5.3)$$

Burulma düzensizliği katsayısı:

$$\eta_{bi} = (\Delta i)_{\max} / (\Delta i)_{ort} \quad (5.4)$$

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

5.2.1.2. (A2)- Döşeme süreksizlikleri

Herhangi bir kattaki döşemede,

1. Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması.
2. Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması.
3. Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması.

Bu tür düzensizliklerin bulunduğu binalarda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarılabilirdiği hesapla doğrulanmalıdır.

5.2.1.3. (A3)- 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 durumudur. Bu tür düzensizliklerin bulunduğu binalarda, birinci ve ikinci derecede deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiği hesapla doğrulanmalıdır.

5.2.1.4. (A4)- Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması durumu

D.B.Y.B.H.Y. 2007'de bu düzensizlik durumu; Eleman Asal Eksen Doğrultusundaki İç Kuvvetler şeklinde adlandırılıp, A.B.Y.Y.H.Y.97'deki gibi incelenmiştir. Taşıyıcı sistem elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, göz önüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumudur. Bu tür düzensizliğin bulunduğu binalarda, taşıyıcı sistem elemanlarının asal eksen doğrultusundaki iç kuvvet büyüklüklerini bulmak için mod birleştirme yöntemi kullanılacaktır. Bu kuvvetler aşağıda verilen bağıntılara göre elde edilecektir:

$$B_a = \pm B_{ax} \pm 0.30 B_{ay} \quad (5.5)$$

$$B_a = \pm 0.30 B_{ax} \pm B_{ay} \quad (5.6)$$

Yukarıdaki işlemler, a eksenini ve buna dik b eksen için, x ve y deprem doğrultuları ve yönleri göz önüne alınarak en elverişsiz sonucu verecek şekilde yapılacaktır. Denklem (5.5) ve (5.6)'da yer alan, B_a taşıyıcı sistem elemanının a asal eksen doğrultusunda, tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğünü, B_{ax} taşıyıcı sistem elemanının a asal eksen doğrultusunda, x eksen doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet

büyükliğini, B_{ay} taşıyıcı sistem elemanın a asal eksenine doğrultusunda, x eksenine dik y doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğünü göstermektedir.

5.2.2. Düşeyde düzensizlikler (B Türü)

5.2.2.1. (B1) - Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf kat)

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı η_{ci} nin 0.80'den küçük olması durumudur.

$$\eta_{ci} = \frac{\sum A_{e_i}}{\sum A_{e_{i+1}}} < 0.80 \quad (5.7)$$

Denklem 5.7 de yer alan $\sum A_{e_i}$ herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki etkili kesme alanını ifade etmektedir. Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k \quad (5.8)$$

5.2.2.2. (B2) – Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

A.B.Y.Y.H.Y. 1997 göre:

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin oranı olarak tanımlanan Rijitlik Düzensizlik Katsayısı η_{ki} ' nin 1,5' tan fazla olması durumudur.

$$\eta_{ki} = \frac{(\Delta_i)_{ort}}{(\Delta_{i+1})_{ort}} > 1.50 \quad (5.9)$$

D.B.Y.B.H.Y.2007 göre:

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst kattaki veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizlik Katsayısı η_{ki} 'nin 2' den fazla olması durumudur.

$$\eta_{ki} = \frac{\left(\frac{\Delta_i}{h_i} \right)_{ort}}{\left(\frac{\Delta_{i+1}}{h_{i+1}} \right)_{ort}} > 2 \quad \text{veya} \quad \eta_{ki} = \frac{\left(\frac{\Delta_i}{h_i} \right)_{ort}}{\left(\frac{\Delta_{i-1}}{h_{i-1}} \right)_{ort}} > 2 \quad (5.10)$$

Görelî kat ötelemelerinin hesabı $\pm \%5$ ek dış merkezlik etkileri de göz önüne alınarak yapılacaktır.

5.2.2.3. (B3) – Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların veya kirişlere oturtulması durumu

Bu tür düzensizliğe sahip binalarda aşağıda verilen koşullara uyulacaktır.

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

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

c) Bu düzensizlik durumu ; A.B.Y.Y.H.Y.97' de şu şekilde ifade edilmektedir:

Üst kattaki perdenin her iki ucundan altta kolonlara oturtulması durumunda, bu kolonlarda düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri

%50 artırılabacaktır. Bu tür düzensizliğin bulunduğu betonarme binalarda ayrıca kolon sarılma bölgesine uygulanan etkiye sıklaştırması kolon orta bölgesine kadar aynen devam edecektir.

c) Bu düzensizlik durumu; D.B.Y.B.H.Y 2007 de şöyle ifade edilmektedir:

Üst kattaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez [13].

5.3. Düzensizlikler İle İlgili Diğer Yönetmelik Koşulları

Buraya kadar A.B.Y.B.H.Y. 2007 ve A.B.Y.B.H.Y. 97 yönetmelikleri ve aralarındaki farklar anlatılmıştır. Bu bölümde Avrupa ve Amerikan standartları incelenecektir.

5.3.1. Uniform building code(UBC 94)

5.3.1.1. Döşemenin tanımı

Bu yöntemle döşemenin tanımı yatay kuvvetleri düşey taşıyıcı elemanlara ileten yatay sistem olarak yapılmıştır.

5.3.1.2. Düzensiz yapıların tanımı

Bünyelerinde ve yatay taşıyıcı sistemlerinde önemli fiziksel düzensizlikler bulunan yapılar, düzensiz yapılar olarak tanımlanmaktadır. Yapı, planda çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boylarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultusundaki bina toplam boylarının % 15 inden daha büyük olması durumunda, planda düzensizlik gösteren yapılar sınıfına dahil edilmektedir.

5.3.1.3. Eşdeğer deprem yükü yöntemi

Eşdeğer deprem yükü yöntemiyle yapıya etki ettirilmesi gereken deprem kuvvetleri, her katta düşey taşıyıcı elemanlardan rijitleri ile orantılı olarak düşey taşıyıcı elemanlara dağıtılır. Bu dağılım yapılırken döşemenin rijit davrandığı göz önüne alınmaktadır.

5.3.1.4. Döşemeler

Döşemeler aşağıdaki deprem ile belirtilen kuvvetlere karşı dayanım gösterecek şekilde tasarlanmaktadır.

$$F_{px} = [(F_t + \Sigma F_i) / \Sigma W_i] * W_{px} \quad (5.11)$$

x: döşemenin bulunduğu kat numarası

F_t: ek tepe kuvveti

F_i: i. Kata etkiyen eşdeğer deprem yükü

W_i: binanın i. Katının aralığı

W_{px}: döşemenin bulunduğu katın, hareketli yük göz önüne alınarak belirlenen ağırlığı

Ayrıca bu şekilde belirlenen F_{px} kuvveti;

$$0.75.Z.I. W_{px} \geq F_{px} \geq 0.35.Z.I. W_{px} \quad (5.12)$$

olmalıdır.

Z: deprem bölgesi katsayısı

I: yapı önem katsayısı

Döşemenin, düşey elemanlar arasındaki farklı yer değiştirmelerinden veya düşey elemanlardaki rijitlik değişimlerinden dolayı yanal kuvvet aktarması gerekebilir. Üzerindeki düşey taşıyıcı elemanlardan altındaki düşey taşıyıcı elemanlara aktarılan bu yanal kuvvetler yukarıdaki denklem ile belirlenen kuvvetlere eklenmelidir.

5.3.2 Eartquake resistand desing of structures (Eurocode 8)

Planda düzensiz yapılar, çıkıntı yapılan kısımların binanın o katının aynı doğrultudaki toplam boyutlarının % 25 inden daha büyük olması durumuyla tanımlanmıştır.

Döşemeler, eşdeğer deprem yükü yöntemi ile tasarımda kabul edildiği gibi rijit davranış göstermelidir.

Depreme karşı dayanıklı tasarımdan, döşemelerin kontrol edilmesi gereken yapı türleri şu şekilde sınıflandırılmıştır;

1. Planda düzensiz geometriye veya bölünmüş biçimlere sahip yapılar
2. Düzlemlerinde düzensiz ve büyük açıklı yapılar
3. Kütlelerin ve veya rijitliklerin düzensiz dağılım gösterdiği yapılar
4. Dış çevresinin sadece bir kısmında duvar bulunan bodrum katlara veya kısmen duvar içeren zemin katlara sahip yapılar.

Bu tür yapılarda döşemelerin davranışları; elastik mesnetli yüksek kiriş veya düzlem kafes modellemeleri ile incelenmelidir.

Deprem tehlikesine karşı tasarımında rehberlik edecek temel ilkelerden konuyla ilgili olanlar;

Yapısal basitlik: Yapısal basitliğin yapı modelinin tanımlanmasında kolaylık getirmesinin ve sistem davranışının anlaşılmasında önemi vardır.

Uniformluk ve simetri: Yapı içindeki kütlelerden dolayı meydana gelen bünyesel kuvvetlerin kısa ve direk aktarılabilir olması da önem taşımaktadır. Gerekli durumlarda yapı, dilatasyon uygulaması ile birbirinden bağımsız çalışan yapılar bölünerek uniformluk sağlanabilir.

Kat seviyesindeki diyafram davranışı: Yapının deprem karşısındaki davranışındaki döşemeler çok önemli bir rol oynar. Döşemeler yatay bir diyafram davranışı gösterirler. Bu, döşemelerin hem içsel kuvvetleri toplayıp düşey taşıyıcı elemanlara aktardığı anlamına gelmekte hem de tüm sistemin bir bütün olarak davranmasını

sağladıkları anlamına gelmektedir. Bu davranış özellikle düzensiz yapılarda önem kazanmaktadır. Bu nedenle döşeme sistemlerinin planda yeterli rijitliğe ve dayanıma sahip olması beklenir. Bu koşulun özellikle kompakt olmayan yapılarda, planda uzun yapılarda ve döşemelerdeki büyük boşluklardan dolayı düşey taşıyıcı elemanların birleşimlerinin yetersiz kaldığı yapılarda göz önüne alınması gerekir.

5.3.3. Eurocode 8 ve uniform building code 94'ün düzensiz yapılara yaklaşımı

Bu kısımda, US Uniform Building Code (UBC 94) ve European Eurocode 8 (EC 8) deprem yönetmeliklerindeki düzensizlik kriterleri, hesap yöntemlerinin seçilmesi, deprem yüklerinin uygulanma noktaları ve ek dışmerkezlilik durumları ele alınmıştır [14].

5.3.3.1. Düşeyde düzensizlik kriterleri

Her iki yönetmeliğin incelenmesinden ortaya çıkan yorum, düzensizliklerin biçimsel olarak sınıflandırılmasında iki yönetmelik arasında önemli farklar olduğudur. Bu farklılıklar aşağıdaki gibi verilebilir. EC 8'deki bazı tip düzensizlikler nitelik yönünden tanımlanırken, UBC 94 bu düzensizlikleri kesin matematiksel şartlarla ifade etmektedir. Örnek olarak tablo 5.3. ve 5.4. de EC 8 ve UBC 94 için belirtilen düşeyde düzensizlik kriterleri, her biri verilmiş sırasına göre, düşey geometrik düzensizliği konu alan birinci madde, düşeyde rijitlik ve kütle dağılımına dair ikinci madde ve kat dayanımını konu alan üçüncü madde nitelik bakımından ifade edilirken, sadece dördüncü madde onun yerine nicelik bakımından formüle edilmiş tarzdadır. Bilhassa geri çekme düzensizliğinin olduğu yapılarda ilgili şartlar EC 8 de ayrıntılı ve açıktır. UBC 94' deki kriterde ise bunun yerine EC 8 de karşılığı olmayan bazı matematiksel eşitsizlikler vardır. Düşeydeki kütle ve rijitlik dağılımlarındaki düzensizlikler her iki yönetmelikte de benzer kriterlerle tanımlı iken, dayanım süreksizliği iki yönetmelik tarafından farklı yönlerde göz önüne alınmaktadır. UBC 94 kat kesme kapasitesindeki süreksizliği düşeydeki düzensizliğin bir göstergesi varsayarken, EC 8 bunun yerine sadece çerçevesel yapılar için hesap sonucu bulunan, gerçek kat kesme oranını göz önüne almaktadır. EC 8 esas itibari ile dayanım ötesi

süreksizliğe işaret etmektedir. Bundan dolayı iyi bir deprem davranışı elde etmek için gerekli olan talep ile mevcut durum arasında bir karşılaştırmayı gerekli gördüğü için, düşeydeki dayanım düzensizliğine yaklaşımı daha gerçekçi gözükmektedir.

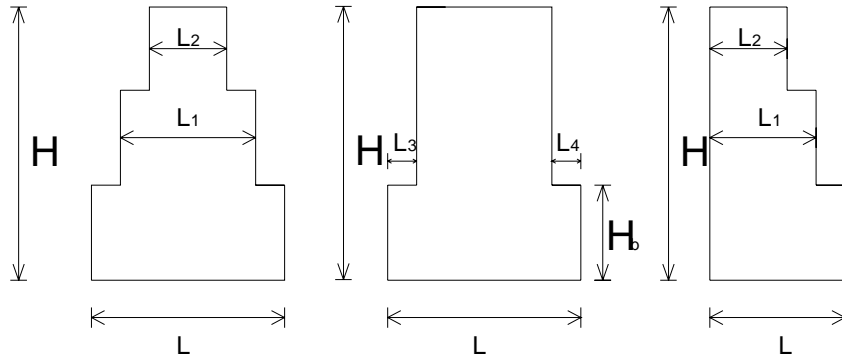
Tablo 5.3. Eurocode 8 de verilen düşeyde düzensizlik kriteri

1-Tüm yatay yük taşıyıcı sistemde, en üst kattan temele kadar döşemelerde, taşıyıcı duvarlarda ve çerçevelerde belirgin süreksizlikleri olmayan sistemler.

2- Her bir katın yatay rijitliğinin ve kütesinin, yapının en alt katından en üst katına doğru düzenli azalan sistemler.

3- Çerçevesel yapılarda, analizle belirlenmesi gerekli olan, bir katın gerçek dayanım oranının komşu katlar arasında fazla orantısız olmadığı sistemler.

4- Geri çekme düzensizliğinin olduğu durumda, aşağıda belirtilen sınırlar dahilinde olan sistemler.



$$(L_1 - L_2)/L \leq 0.20 \quad H_b < 0.15 H \rightarrow (L_3 + L_4)/L \leq 0.50 \quad (L - L_2)/L \leq 0.30$$

$$H_b > 0.15 H \rightarrow (L_3 + L_4)/L \leq 0.20 \quad (L_1 - L_2)/L_1 \leq 0.10$$

Tablo 5.4. Uniform Building Code da verilen düşeyde düzensizlik kriteri

1-Her hangi bir i. katın yatay riitliğini temsil eden K_i ; aşağıdaki şartları getirmek zorundadır.

$$K_i > 0.7 K_{i+1}$$

$$K_i > 0.8 (K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3}) / 3$$

2-Kat kütesini temsil eden m_i ; aşağıdaki şartı sağlamalıdır.

$$m_i < 1.5 m_{i+1}$$

$$m_{i+1} < 1.5 m_{i-1}$$

3-Yatay kuvvet dayanım sisteminin yatay boyutları aşağıdaki şartı

sağlamak zorundadır.

$$L_i < 1.3 L_{i+1}$$

$$L_i < 1.3 L_{i-1}$$

4-Düşeydeki yatay kuvvet dayanım elemanının düzlemdeki süreksizliği

aşağıdaki şartı sağlamak zorundadır.

binada geri çekme boyu < taşıyıcı sistemde bir eleman boyu

5-Katların yatay kesme kuvveti kapasitelerindeki süreksizlik aşağıdaki

şartı sağlamak zorundadır.

$$V_i > 0.8 V_{i+1}$$

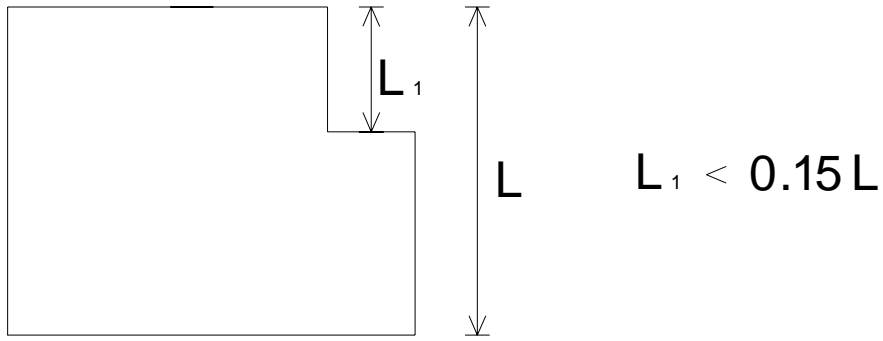
5.3.3.2. Plandaki düzenlilik kriterleri

Plandaki düzenlilik kriterlerine baktığımızda, her iki yönetmelik arasında dikkate değer bir benzerlik görülmektedir, (Tablo 5.5 ve 5.6). EC 8' in 4. maddesinde görülebildiği gibi (burulma düzenliliği) UBC 94' ün 1. maddesiyle tamamen aynıdır. EC 8'in planda girinti yapan kısımlarla ilgili 2.maddesi UBC 94 de karşılığı olan 2. maddeye göre daha esnektir. Bundan dolayıdır ki, EC 8'in 4.maddesindeki şart ile zaten burulma rijitliği kontrol altına alındığından planda girinti yapan köşelerin mevcudiyeti önemli düzensizlik teşkil etmez. Bu bakımdan EC 8 Deprem Yönetmeliği pratik açıdan daha uygundur. Ayrıca tablo 5.5 ve 5.6 belirtildiği gibi, her iki yönetmelikte haklı olarak katların planda rijit diyafram hareketini yapması gerekli görülmektedir. UBC 94'ün yatay yük dayanım elemanlarının doğrultusunun, taşıyıcı sistem ana ortogonal eksenlerine paralel olması ile ilgili 5. maddesinin EC 8 de karşılığı yoktur. Bununla birlikte, paralel olmayan deprem elemanlarının taşıyıcı sistemde fazlaca yer almadığı durum, tamamıyla elverişsiz durum olarak göz önüne alınmayacağından, bu düzensizliğin sayısal tahmine ihtiyacı vardır.

Tablo 5.5. Eurocode 8 de verilen planda düzenlilik kriteri

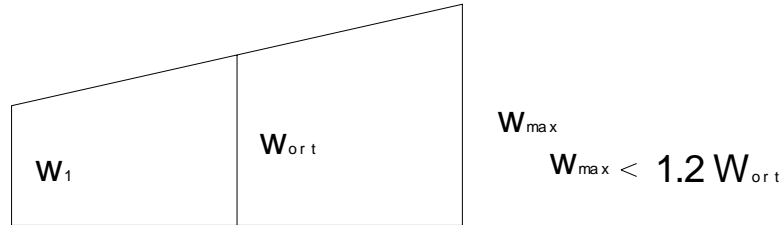
1-Yatay rijitlik ve kütle dağılımı bakımından, planda yaklaşık simetrik olan yapılar.

2-Planda girinti yapan kısımların boyutları aşağıdaki sınırlarda kalmalıdır.



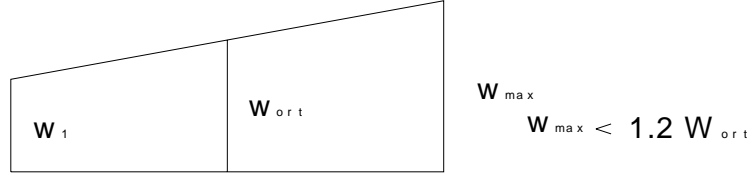
3-Döşemelerin düzlem rijitlikleri, düşey taşıyıcı elemanların yatay rijitliklerine kıyasla yeterince büyük olmalıdır.

4-Ek dışmerkezlilik ile tatbik edilen (0.05L'ye eşit) deprem kuvveti dağılımı altında, maksimum yer değiştirme aşağıdaki limiti sağlamalıdır.

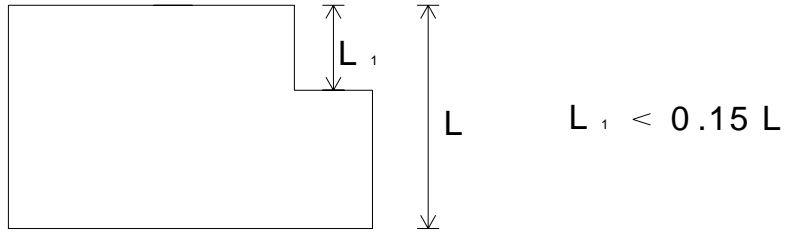


Tablo 5.6. Uniform Building Code da verilen planda düzenlilik kriterleri

1- $0.05L$ 'ye eşit dışmerkezlik etkisini de içeren hesap sonucu bulunan maksimum kat yer değiştirmesi aşağıdaki sınırı sağlamalıdır.



2-Plandaki girintilerin boyutları aşağıdaki sınırları sağlamalıdır.



3-Diyaframda rijitlik bakımından ani süreksizlikler veya büyük boşluklar olmamalıdır.

4-Taşıyıcı sistemde, düşey elemanlarının eksenlerinin değişmesi gibi, yatay kuvvetlerin iletiminde süreksizlikler belirgin olarak ortaya çıkmaktadır.

5-Düşeydeki yatay kuvvet dayanım elemanları, asal ortogonal eksenlere paralel olmalıdır.

5.3.3.3. Eurocode 8 ve Uniform Building Code 94 deprem yönetmeliklerine göre hesap yöntemlerinin seçimi

Her iki yönetmelikte de hesap yönteminin ve yapı modellemesinin seçiminde düzensizlikler rol oynamaktadır. Tablo 5.7 de EC 8 ve UBC 94 deprem yönetmeliklerine göre, hesap yönteminin seçimi ve yapı modellemesi ile ilgili bilgiler verilmiştir [14].

Tablo 5.7. EC 8 VE UBC 94 yönetmeliklerine göre düzensiz yapıların analiz yönteminin seçimi

Analiz Yöntemi		
	AD = Dinamik analiz	AS = Statik analiz
DÜZENSİZLİK	UBC 94	EC 8
Düşeyde	AD H > 65 ft (20 m) Düzensizlikler 1, 2, 3	AD
Planda	H > 65 ft (20 m)	AD / AS (*)

Yapı Modeli		
	3D: üç boyutlu model	
	PM: basit düzlem model	
	NS: belirsiz	
Düzensizlik	UBC 94	EC 8
Düşeyde	NS	PM
Planda	3D	3D / PM (*)

(*Tablo 5.8 daki kriterler sağladığı takdirde)

Tablo 5.8. Burulma etkilerinin yaklaşık hesabı için EC 8 kriterleri

Kriter 1:

1. Düzgün dağılmış rijit kaplama ve bölme duvarlarına sahip yapılar
2. Yüksekliği 10 m den az olan binalar
3. İki ana doğrultudaki görünüş oranı (yükseklik / genişlik) 0.4 den az olan binalar.

Kriter 2:

1. Rijit diyafram davranışı varsayılabilmek için döşemelerin düzlem rijitliği yeterince büyük olmalıdır.
2. Kütle ve yatay rijitlik merkezlerinin her biri yaklaşık olarak düşey bir çizgide yer almalıdır.(*)

(*) Yaklaşık kriterlerden 2. madde sağlanmalıdır.

UBC 94'e göre eğer yapı yüksekliği 65 feet (yaklaşık 20 metre) geçiyorsa veya düşeydeki düzenlilik kriterleri ile ilgili 1. ,2. veya 3. maddelerdeki şartları sağlamıyorsa (Tablo 5.3) dinamik analizi zorunlu görmektedir. EC 8 ise planda düzensizliğin olduğu bazı durumlarda (Tablo 5.8) statik yatay kuvvet yönteminin kullanılmasına müsaade etmektedir. Ayrıca EC 8 bazı durumlarda (Tablo 5.8.) basitleştirilmiş düzlem modelin kullanılmasına da imkan tanırken UBC 94, üç boyutlu yapı modelinin kullanılmasını zorunlu görmektedir. EC 8 deprem yönetmeliği, planda düzensiz yapıların hesabında statik yatay kuvvet yönteminin kullanılmasına imkan veren, bu yöntemin kullanım imkanının genişleten alternatif kriterler vermektedir. Tablo 5.8. planda düzensizlik kriterlerini sağlamayan yapıların burulma etkilerinin yaklaşık hesabı için iki grup şart (kriter 1 ve kriter 2) öne sürmektedir. Birinci kriter, ince bölme duvarlara, yapının görünüş oranına bazı şartlar getirilmektedir. İkinci kriter ise, planda rijit diyafram döşemesi olan yapılar ile kütle ve rijitlik merkezlerinin çakıştığı yapıları kapsamaktadır.

Tasarım dışmerkezliğinin belirlenmesi:

EC 8 deprem yönetmeliği tasarım dışmerkezliği E_1 ve E_2 için aşağıdaki denklemleri önermektedir:

$$E_1 = E_{\max} = E_s + 0.05L + E_0 \quad (5.13)$$

$$E_2 = E_{\min} = E_s - 0.05L \quad (5.14)$$

Burada;

E_0 : statik dışmerkezlik E_s deki dinamik artış miktarını

E_s : statik dışmerkezliği

L : deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunu göstermektedir. Dinamik artış miktarını ifade eden E_0 aşağıdaki iki değerden küçük olmalıdır.

$$E_o = 0.10(L + B)\sqrt{10E_s / L} \leq 0.10(L + b) \quad (5.15)$$

$$E_o = \frac{1}{2E_s} \left[P^2 - E_s^2 - D_s^2 + \sqrt{(P^2 + E_s^2 + D_s^2)^2 + 4E_s^2 D_s^2} \right] \quad (5.16)$$

Denklem (5.16) da ;

P: kütle yarıçapı

D_s :rijitlik yarıçapını göstermektedir.

EC 8'e göre aşağıdaki koşulun sağlanması durumunda E_0 ihmal edilebilir.

$$D_s^2 \geq 5(P^2 + E_s^2) \quad (5.17)$$

UBC 94 ise E_0 yerine, ek dışmerkezliğin bir büyütme çarpanı ile artırılmasını öngörmektedir.

$$E_1 = E_{\max} = E_s + 0.05L \left(\frac{W_{\max}}{1.2W_{ort}} \right)^2 \quad (5.18)$$

$$E_2 = E_{\min} = E_s - 0.05L \left(\frac{W_{\max}}{1.2W_{ort}} \right)^2 \leq 0 \quad (5.19)$$

Görüldüğü gibi UBC 94 $(W_{\max} / 1.2 W_{ort})^2$ oranı ile bir artım öngörmesi, bu büyütmenin sistem burulma rijitliği ile ilgili olduğunu gösterir. UBC 94, dayanım elemanları boyutlandırılması yapılırken burulma nedeniyle oluşacak negatif kesme kuvvetlerinin ihmal edilmesini gerekli görmektedir. Bundan dolayı rijit taraftaki elemanlarının dayanımı, eğer asimetrik planlı sistemde yer alıyorsa hesaplanan dayanımdan az olamaz. E_2 pozitif değer alamaz yani kesme kuvvetinde burulmadan dolayı bir azaltma yapılamaz.

BÖLÜM 6: 6 KATLI BETONARME ÇERÇEVELİ SİSTEMİN STA4CAD İLE ANALİZİ

Bina bilgileri

Kat adedi:.....6
Kat yükseklikleri:.....3 m
Bina toplam yüksekliği.....18
Kullanım amacı.....Konut
Döşeme kalınlığı:.....15 cm

Malzeme bilgileri

BetonC25
DonatıS420

Deprem parametreleri

Bina önem katsayısı:.....1
Taşıyıcı sistem türü:Yerinde dökme betonarme çerçevesel sistem
Deprem bölgesi:.....1
Etkin yer ivme katsayısı (A_0):.....0.40
Zemin sınıfı:.....Z3
Spektrum karakteristik periyotları:..... $T_A=0,15$ sn, $T_B=0,60$ sn
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı:..... $R=8$

6.1.Yapılacak İşlemler

1-Çözüm sta 4 cad paket programı ile yapılacaktır.

2-Her adımda bir kolon eksiltilip komşu kolonlardaki (s108, s103, s101) iç kuvvet ve deplasman değerleri incelenecektir.

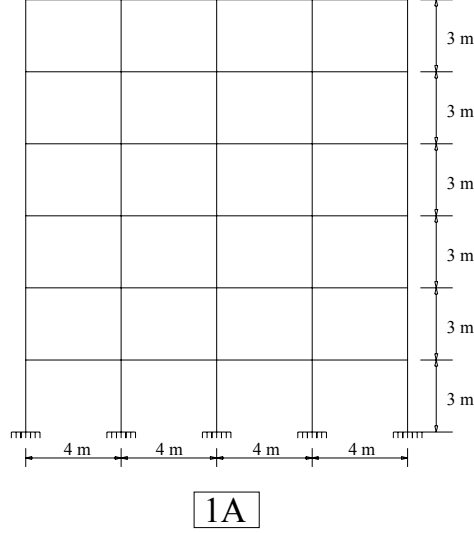
3-Kesiti yetersiz olan kolonların kesiti büyütülüp tekrar analiz yapılacaktır.

4-Bu çözümde sadece ilgili kolonlar incelenecektir.



Şekil 6.1. Yapı planı

6.2. Düzensizliklerin İrdelenmesi



Şekil 6.2. Kesit 1A

6.2.1. A1- Burulma düzensizliği kontrolü

X yönü (+ %5)

Tablo 6.1. Burulma düzensizliği kontrolü

Kat No	(di)min-(m)	(di)max-(m)	(Δi)max-(m)	(Δi)ort-(m)	ηbi
6	-0,0123	-0,0156	0,0013	0,0011	1,12
5	-0,0113	-0,0143	0,0021	0,0019	1,12
4	-0,0096	-0,0122	0,0028	0,0025	1,12
3	-0,0074	-0,0094	0,0034	0,0030	1,12
2	-0,0047	-0,0060	0,0035	0,0031	1,12
1	-0,0019	-0,0024	0,0024	0,0021	1,12

Yapıda incelediğimiz X doğrultusunda $\eta_{bi} < 1,20$ değerini sağladığı için A1 düzensizliği bulunmamaktadır.

Y yönü (+ %5)

Tablo 6.2.Burulma düzensizliği kontrolü

Kat No	(di)min-(m)	(di)max-(m)	(Δi)max-(m)	(Δi)ort-(m)	η_{bi}
6	0,0139	0,0160	0,0012	0,0012	1,07
5	0,0128	0,0148	0,0021	0,0020	1,07
4	0,0109	0,0126	0,0029	0,0027	1,07
3	0,0084	0,0096	0,0035	0,0033	1,07
2	0,0053	0,0061	0,0036	0,0034	1,07
1	0,0021	0,0024	0,0024	0,0023	1,07

Yapıda incelediğimiz Y doğrultusunda $\eta_{bi} < 1,20$ değerini sağladığı için A1 düzensizliği bulunmamaktadır.

6.2.2. B2- Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

X yönü (+ %5)

Tablo 6.3. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat no	hi (m)	(di)ort-(m)	(Δi)ort-(m)	η_{ki}
6	3	0,0139	0,0011	0,00
5	3	0,0128	0,0019	0,62
4	3	0,0109	0,0025	0,57
3	3	0,0083	0,0030	0,54
2	3	0,0053	0,0032	0,51
1	3	0,0022	0,0022	0,41

Her katta $\eta_{ki} < 2,00$ olduğu için B2 düzensizliği bulunmamaktadır.

Y yönü (+ %5)

Tablo 6.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat no	hi (m)	(di)ort-(m)	(Δi)ort-(m)	ηki
6	3	0,0149	0,0012	0,00
5	3	0,0137	0,0020	0,63
4	3	0,0117	0,0027	0,58
3	3	0,0090	0,0032	0,54
2	3	0,0057	0,0034	0,51
1	3	0,0022	0,0022	0,40

Her katta $\eta_{ki} < 2,00$ olduğu için B2 düzensizliği bulunmamaktadır.

6.2.3. B1- Komşu katlar arası dayanım düzensizliği kontrolü

Tablo 6.5. B1- Komşu katlar arası dayanım düzensizliği kontrolü

Kat	Aw (m2)	Agx (m2)	Agy (m2)	Akx (m2)	Aky (m2)	ΣAex (m2)	ΣAey (m2)	ηcix	ηciy
6	6,13	0,00	0,00	0,00	0,00	6,13	6,13	1	1
5	6,13	0,00	0,00	0,00	0,00	6,13	6,13	1	1
4	6,13	0,00	0,00	0,00	0,00	6,13	6,13	1	1
3	6,13	0,00	0,00	0,00	0,00	6,13	6,13	1	1
2	6,13	0,00	0,00	0,00	0,00	6,13	6,13	1	1
1	6,13	0,00	0,00	0,00	0,00	6,13	6,13	1	1

Her katta $\eta_{ci} > 0,80$ olduğu için B1 düzensizliği bulunmamaktadır.

6.2.4.B3- Düşey elemanların süreksizliği düzensizliği

B3 (düşey elemanların süreksizliği) düzensizliği mevcut olup, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde , düşey yükler ve depremin ortak etkisinde oluşan tüm iç kuvvetler % 50 oranında artırılacaktır.

6.3. Hesap Yönteminin Belirlenmesi

Yönetmelik Tablo 2.6'ya göre, yapı 1. derece deprem bölgesinde, her katta burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 0,2$ koşulunu sağladığından ve toplam bina yüksekliği $H=18$ m olduğundan eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanabilir.

Tablo 2.6. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar

Deprem bölgesi	Bina türü	Toplam yükseklik sınırı
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 0,2$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 0,2$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3,4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m

6.3.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemi

6.3.1.1. Doğal titreşim periyodunun belirlenmesi

Sistemin x ve y yönündeki periyodu sta4cad modal analizi sonucunda $T_x=0.59$ s, $T_y=0,62$ s olarak bulunmuştur.

6.3.1.2. Spektral ivme katsayısının belirlenmesi

$$S(T_x)=2,5 \quad \Rightarrow \quad T_A=0,15 < T_x=0,59 \text{ sn} < T_B=0,60 \text{ sn}$$

$$S(T)=2,5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0,8} \quad \Rightarrow \quad (T_B=0,60 \text{ sn} < T_y=0,62)$$

$$S(T_y)=2,5 \left(\frac{0,60}{0,62} \right)^{0,8} = 2,435$$

$$A(T)=A_0 * I * S(T) \quad \Rightarrow \quad A(T_x)=0,40 * 1 * 2,5 = 1,0$$

$$A(T_y)=0,40 * 1 * 2,435 = 0,974$$

6.3.1.3. Taşıyıcı sistem davranış katsayısının belirlenmesi

$$R_a(T)=R=8 \quad \Rightarrow \quad T_A=0,15 \text{ sn} < T=0,59 \text{ sn}, T=0,62 \text{ sn}$$

6.3.1.4. Eşdeğer deprem yükleri

$$V_t = \frac{W * A(T)}{R_a(T)} \geq 0,10 * A_0 * I * W$$

$$V_{tx} = \frac{1828,38 * 1,0}{8} \geq 0,10 * 0,40 * 1 * 1828,38$$

$$228,5 \geq 73$$

$$V_{ty} = \frac{1828,38 * 0,97}{8} \geq 0,10 * 0,40 * 1 * 1828,38$$

$$221,69 \geq 73 \text{ sağladı}$$

$$\Delta F_N = 0,0075 * N * V_t \Rightarrow \Delta F_{N_x} = 0,0075 * 6 * 228,5 = 10,28 \text{ t}$$

$$\Delta F_{N_y} = 0,0075 * 6 * 221,69 = 9,98 \text{ t}$$

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{W_i * H_i}{\sum_{j=1}^N W_j * H_j} \Rightarrow F_{6x} = (228,5 - 10,28) \frac{5485}{19198} + 10,28 = 73 \text{ t}$$

$$F_{6y} = (221,69 - 9,98) \frac{5485}{19198} + 9,98 = 70 \text{ t}$$

$$F_{5x} = (228,5 - 10,28) \frac{4571}{19198} = 52 \text{ t}$$

$$F_{5y} = (221,69 - 9,98) \frac{4571}{19198} = 50 \text{ t}$$

$$F_{4x} = (228,5 - 10,28) \frac{3657}{19198} = 42 \text{ t}$$

$$F_{4y} = (221,69 - 9,98) \frac{3657}{19198} = 40 \text{ t}$$

$$F_{3x} = (228,5 - 10,28) \frac{2743}{19198} = 31 \text{ t}$$

$$F_{3y} = (221,69 - 9,98) \frac{2743}{19198} = 30 \text{ t}$$

$$F_{2x} = (228,5 - 10,28) \frac{1828}{19198} = 21 \text{ t}$$

$$F_{2y} = (221,69 - 9,98) \frac{1828}{19198} = 20 \text{ t}$$

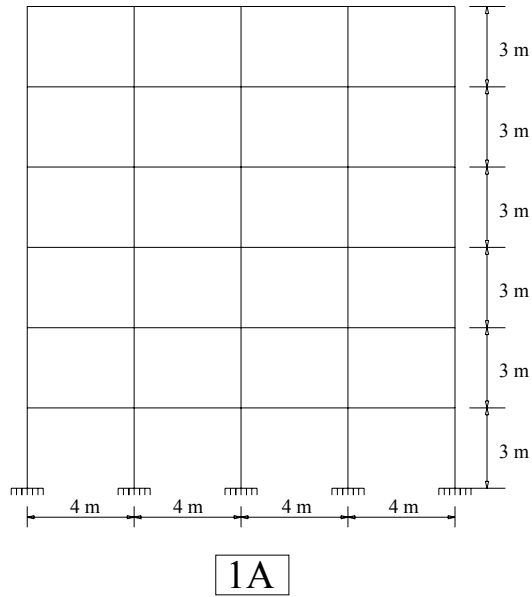
$$F_{1x} = (228,5 - 10,28) \frac{914}{19198} = 10 \text{ t}$$

$$F_{1y} = (221,69 - 9,98) \frac{914}{19198} = 10 \text{ t}$$

Tablo 6.6. Kat kütle ağırlıkları

Kat no	Hi (m)	Wg (t)	Wq (t)	ΣW_k (t)	m (t)	Wi*Hi
6	18	286,05	62,25	304,730	31,06	5485
5	15	286,05	62,25	304,730	31,06	4571
4	12	286,05	62,25	304,730	31,06	3657
3	9	286,05	62,25	304,730	31,06	2743
2	6	286,05	62,25	304,730	31,06	1828
1	3	286,05	62,25	304,730	31,06	914
				1828,377		19198

6.4. Farklı Kesitlerin İç Kuvvet (M, V, N) Değerleri



Şekil 6.3. Kesit 1A görünümü

Tablo 6.7. S108-S208-S308-S408-S508-S608 kolonları iç kuvvet değerleri

Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						V _r	V _d	V _r	
1	50/50	(G+Q+E)X	16,54	-0,40	113	16,95	9,03	70,90	0,013
		(G+Q+E)Y	15,84	0,53	113		8,47		
2	50/50	(G+Q+E)X	15,52	-0,61	95		9,45		
		(G+Q+E)Y	14,22	0,49	95		8,98		
3	50/50	(G+Q+E)X	14,86	-0,82	77		8,58		
		(G+Q+E)Y	13,47	0,46	77		8,20		
4	50/50	(G+Q+E)X	12,85	-0,94	58		7,18		
		(G+Q+E)Y	-12,40	-0,27	58		6,89		
5	50/50	(G+Q+E)X	9,93	-1,06	39		5,29		
		(G+Q+E)Y	-9,79	-0,12	39		5,15		
6	50/50	(G+Q+E)X	6,85	-0,95	20		3,27		
		(G+Q+E)Y	-6,85	0,13	20		3,19		

Kolonlarda boyuna donatı oranı:

$$\rho_t = A_{st} / A_c \geq 0,01 \text{ olmalıdır (TS 500- Denk.7.7)}$$

$$(2*5\Phi 16+2*3 \Phi 16) \rightarrow A_{st}(\Phi 16) = \pi * D^2 / 4 = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$2*5*(2,01)+2*3*(2,01)=32,16 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow A_c = B_x * B_y = 50 * 50 = 2500 \text{ cm}^2$$

$$\rho_t = A_{st} / A_c = 32,16 / 2500 = 0,013 \text{ (% 1,3)} \geq 0,01 \text{ sağladı}$$

Tablo 6.8. S103-S203-S303-S403-S503-S603 kolonları iç kuvvet değerleri

Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						Vcr	Vd	Vr	
1	60/40	(G+Q+E)X	22,0	-0,65	69	16,27	10,87	64,62	0,01
		(G+Q+E)Y	-10,27	-1,83	90		5,80	70,35	
2	60/40	(G+Q+E)X	16,41	-2,53	59		10,10	64,62	
		(G+Q+E)Y	-10,12	-1,5	75		6,30	70,35	
3	60/40	(G+Q+E)X	15,9	-2,57	48		9,11	64,62	
		(G+Q+E)Y	-9,89	-1,46	59		5,77	70,35	
4	60/40	(G+Q+E)X	13,94	-2,76	36		7,62	64,62	
		(G+Q+E)Y	-9,12	-1,28	43		5,16	70,35	
5	60/40	(G+Q+E)X	10,94	-2,49	24		5,62	64,62	
		(G+Q+E)Y	-7,48	-1,05	27		4,10	70,35	
6	60/40	(G+Q+E)X	7,44	-4,49	12		3,38	64,62	
		(G+Q+E)Y	-7,24	-0,86	13		3,79	70,35	

Kolonlarda boyuna donatı oranı:

$$(2*4\Phi 16+2*2\Phi 16) \rightarrow 2*4*(2,01)+2*2*(2,01)=24,12 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow A_c = B_x * B_y = 60 * 40 = 2400 \text{ cm}^2$$

$$\rho_t = A_{st} / A_c = 24,12 / 2400 = 0,010 \text{ (\% 1,0)} \geq 0,01 \text{ sağladı}$$

Tablo 6.9. S101-S201-S301-S401-S501-S601 kolonları iç kuvvet değerleri

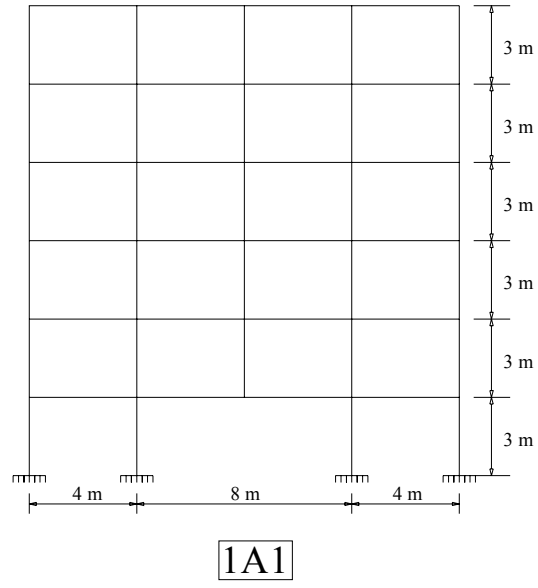
Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						Vcr	Vd	Vr	
1	50/50	(G+Q+E)X	-15,42	0,50	76	16,95	7,413	70,90	0,013
		(G+Q+E)Y	-15,29	0,79	67		7,213		
2	50/50	(G+Q+E)X	-9,94	-1,29	62		6,165		
		(G+Q+E)Y	-9,87	-0,51	55		6,169		
3	50/50	(G+Q+E)X	-9,79	-1,33	48		5,555		
		(G+Q+E)Y	-9,89	-0,61	43		5,561		
4	50/50	(G+Q+E)X	-8,76	-1,59	34		4,704		
		(G+Q+E)Y	-9,09	-0,87	31		4,820		
5	50/50	(G+Q+E)X	-7,12	-1,44	21		3,576		
		(G+Q+E)Y	-7,52	-0,86	20		3,736		
6	50/50	(G+Q+E)X	-5,29	-3,15	9		2,418		
		(G+Q+E)Y	-6,40	-2,13	9		2,961		

Tablo 6.10. S123-S223-S323-S423-S523-S623 kolonları iç kuvvet değerleri

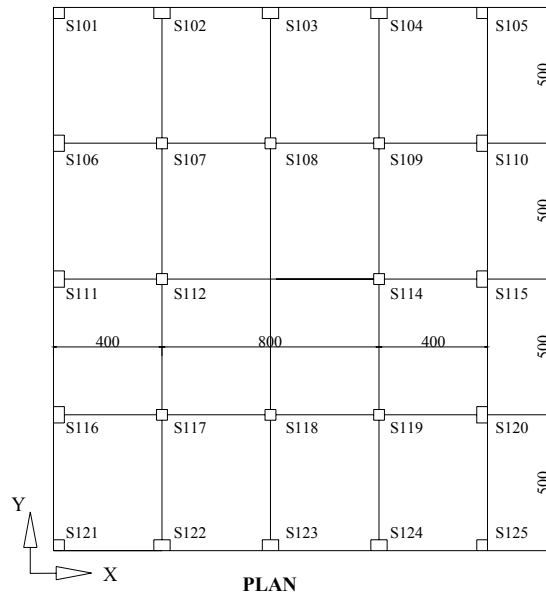
Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						Vcr	Vd	Vr	
1	60/40	(G+Q+E)X	21,79	1,03	69	16,28	10,87	64,62	0,01
		(G+Q+E)Y	10,27	-1,66	90		5,81	70,35	
2	60/40	(G+Q+E)X	16,41	2,61	59		10,10	64,62	
		(G+Q+E)Y	10,08	-1,50	75		6,30	70,35	
3	60/40	(G+Q+E)X	15,94	2,64	48		9,11	64,62	
		(G+Q+E)Y	9,86	-1,46	59		5,77	70,35	
4	60/40	(G+Q+E)X	13,94	2,86	36		7,62	64,62	
		(G+Q+E)Y	9,06	-1,28	43		5,16	70,35	
5	60/40	(G+Q+E)X	10,94	2,61	24		5,62	64,62	
		(G+Q+E)Y	7,43	-1,05	27		4,11	70,35	
6	60/40	(G+Q+E)X	7,44	4,57	12		3,38	64,62	
		(G+Q+E)Y	7,24	-0,62	13		3,79	70,35	

Tablo 6.11. Kesit 1A için kat deprem deplasmanları

KAT	δx (m)	δy (m)
6	0,0139	0,0149
5	0,0128	0,0138
4	0,0109	0,0118
3	0,0084	0,0090
2	0,0054	0,0057
1	0,0022	0,0023



Şekil 6.4. Kesit 1A1



Şekil 6.5. Kesit 1A1 planı

Tablo 6.12. S108-S208-S308-S408-S508-S608 kolonları iç kuvvet değerleri

Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						Vcr	Vd	Vr	
1	70/70	(G+Q+E)X	-42,39	-4,54	139	43,38	25,24	172,317	0,011
		(G+Q+E)Y	-48,90	-1,85	140		33,27		
2	50/50	(G+Q+E)X	13,30	-4,36	110	13,556	5,68	56,716	0,013
		(G+Q+E)Y	-17,01	-0,26	110		8,99		
3	50/50	(G+Q+E)X	12,03	-3,17	83	13,556	7,13	56,716	0,013
		(G+Q+E)Y	-15,92	0,77	83		9,69		
4	50/50	(G+Q+E)X	10,23	-3,25	62	13,556	5,86	56,716	0,013
		(G+Q+E)Y	-13,88	0,73	62		8,11		
5	50/50	(G+Q+E)X	7,85	-3,02	41	13,556	4,39	56,716	0,013
		(G+Q+E)Y	-11,18	0,55	41		6,35		
6	50/50	(G+Q+E)X	5,45	-3,78	21	13,556	2,82	56,716	0,013
		(G+Q+E)Y	-9,45	-0,31	21		4,94		

Kolonlarda boyuna donatı oranı:

$$(2*9\Phi 16+2*5\Phi 16) \rightarrow 2*9*(2,01)+2*5*(2,01)=56,28 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow A_c = B_x*B_y = 70*70 = 4900 \text{ cm}^2$$

$$\rho_t = A_{st} / A_c = 56,28 / 4900 = 0,011 \text{ (% 1,1)} \geq 0,01 \text{ sağladı}$$

Tablo 6.13. S103-S203-S303-S403-S503-S603 kolonları iç kuvvet değerleri

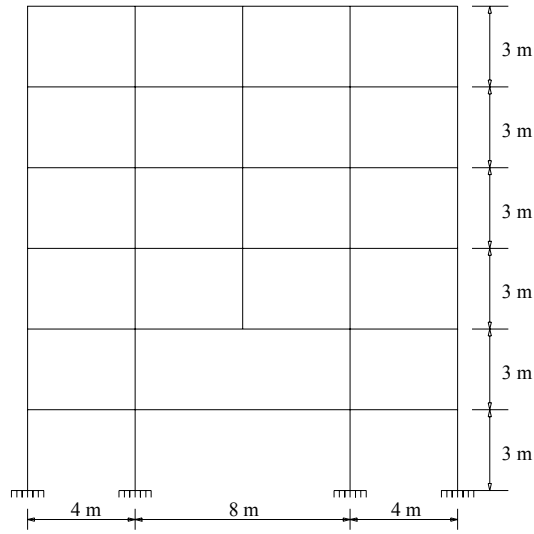
Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						Vcr	Vd	Vr	
1	60/40	(G+Q+E)X	15,33	-0,40	67	16,267	7,07	64,619	0,010
		(G+Q+E)Y	-7,24	1,56	88		3,89	70,353	
2	60/40	(G+Q+E)X	-15,18	-1,66	58		9,67	64,619	
		(G+Q+E)Y	-8,84	1,31	74		5,74	70,353	
3	60/40	(G+Q+E)X	16,01	-2,37	47		9,33	64,619	
		(G+Q+E)Y	-9,58	1,25	58		5,62	70,353	
4	60/40	(G+Q+E)X	14,12	-2,66	36		7,73	64,619	
		(G+Q+E)Y	-9,03	1,10	43		5,10	70,353	
5	60/40	(G+Q+E)X	11,18	-2,52	24		5,75	64,619	
		(G+Q+E)Y	-7,58	-1,08	27		4,14	70,353	
6	60/40	(G+Q+E)X	7,68	-4,44	12		3,50	64,619	
		(G+Q+E)Y	-7,24	-0,89	13		3,79	70,353	

Tablo 6.14. S101-S201-S301-S401-S501-S601 kolonları iç kuvvet değerleri

Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						Vcr	Vd	Vr	
1	50/50	(G+Q+E)X	-12,62	0,43	75	16,95	4,75	70,90	0,013
		(G+Q+E)Y	-12,72	0,74	66		4,79		
2	50/50	(G+Q+E)X	-9,12	-1,30	62		6,01		
		(G+Q+E)Y	-9,21	-0,51	55		6,15		
3	50/50	(G+Q+E)X	-9,80	-1,29	48		5,70		
		(G+Q+E)Y	-9,91	-0,60	43		5,72		
4	50/50	(G+Q+E)X	-8,83	-1,56	34		4,76		
		(G+Q+E)Y	-9,19	-0,85	31		4,90		
5	50/50	(G+Q+E)X	-7,24	-1,41	21		3,65		
		(G+Q+E)Y	-7,65	-0,85	20		3,81		
6	50/50	(G+Q+E)X	-5,41	-3,13	9		2,47		
		(G+Q+E)Y	-6,50	-2,15	9		3,01		

Tablo 6.15. Kesit 1A1 için kat deprem deplasmanları

KAT	δx (m)	δy (m)
6	0,0130	0,0142
5	0,0119	0,0129
4	0,0100	0,0109
3	0,0074	0,0081
2	0,0044	0,0048
1	0,0015	0,0017



1A2

Şekil 6.6. Kesit 1A2

Tablo 6.16. S108-S208-S308-S408-S508-S608 kolonları iç kuvvet değerleri

Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						Vcr	Vd	Vr	
1	80/80	(G+Q+E)X	-57,64	0,19	151	43,378	20,45	172,32	0,011
		(G+Q+E)Y	56,42	2,79	153		20,44		
2	80/80	(G+Q+E)X	24,29	-14,17	125	43,378	15,66	172,32	0,011
		(G+Q+E)Y	-34,69	-0,36	124		24,08		
3	50/50	(G+Q+E)X	14,38	-4,38	94	16,945	7,56	70,895	0,013
		(G+Q+E)Y	-17,96	-0,24	93		9,97		
4	50/50	(G+Q+E)X	13,20	-3,50	70	16,945	7,53	70,895	0,013
		(G+Q+E)Y	-15,61	-0,26	70		9,43		
5	50/50	(G+Q+E)X	9,92	-3,08	46	16,945	5,25	70,895	0,013
		(G+Q+E)Y	-11,80	-0,05	46		6,50		
6	50/50	(G+Q+E)X	6,87	-4,09	23	16,945	3,29	70,895	0,013
		(G+Q+E)Y	-10,06	0,12	23		5,16		

Kolonlarda boyuna donatı oranı:

$$(2*10\Phi16+2*8\Phi16) \rightarrow 2*10*(2,01)+2*8*(2,01)=72,36 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow A_c = B_x*B_y = 80*80 = 6400 \text{ cm}^2$$

$$p_t = A_{st} / A_c = 72,36 / 6400 = 0,011 \text{ (} \% 1,1 \text{)} \geq 0,01 \text{ sağladı}$$

Tablo 6.17. S103-S203-S303-S403-S503-S603 kolonları iç kuvvet değerleri

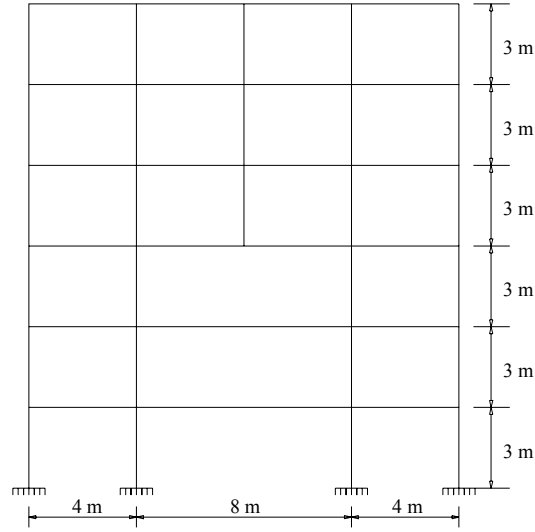
Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						Vcr	Vd	Vr	
1	60/40	(G+Q+E)X	16,85	-0,56	66	16,267	8,17	64,619	0,010
		(G+Q+E)Y	-8,25	-1,70	88		4,73	70,353	
2	60/40	(G+Q+E)X	-13,22	-1,69	56		8,39	64,619	
		(G+Q+E)Y	-8,42	-1,38	73		5,50	70,353	
3	60/40	(G+Q+E)X	15,96	-1,81	46		9,46	64,619	
		(G+Q+E)Y	-9,29	-1,46	57		5,55	70,353	
4	60/40	(G+Q+E)X	14,10	-2,22	35		7,71	64,619	
		(G+Q+E)Y	-8,73	-1,32	42		4,85	70,353	
5	60/40	(G+Q+E)X	11,01	-2,10	23		5,64	64,619	
		(G+Q+E)Y	-7,25	-1,07	27		3,92	70,353	
6	60/40	(G+Q+E)X	7,50	-3,72	11		3,41	64,619	
		(G+Q+E)Y	-6,55	-0,88	12		3,38	70,353	

Tablo 6.18. S101-S201-S301-S401-S501-S601 kolonları iç kuvvet değerleri

Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						Vcr	Vd	Vr	
1	50/50	(G+Q+E)X	-11,97	-0,40	74	16,945	5,63	70,895	0,013
		(G+Q+E)Y	-12,01	0,70	66		5,60		
2	50/50	(G+Q+E)X	-8,19	-1,1	62		5,19		
		(G+Q+E)Y	-7,94	-0,55	55		5,36		
3	50/50	(G+Q+E)X	-9,85	-1,32	48		5,88		
		(G+Q+E)Y	-10,08	-0,60	43		5,98		
4	50/50	(G+Q+E)X	-8,86	-1,60	34		4,76		
		(G+Q+E)Y	-9,31	-0,86	31		4,94		
5	50/50	(G+Q+E)X	-7,17	-1,44	21		3,60		
		(G+Q+E)Y	-7,69	-0,84	20		3,81		
6	50/50	(G+Q+E)X	-5,35	-3,14	9		2,44		
		(G+Q+E)Y	-6,50	-2,11	9		3,00		

Tablo 6.19. Kesit 1A2 için kat deprem deplasmanları

KAT	δx (m)	δy (m)
6	0,0130	0,0142
5	0,0118	0,0130
4	0,0099	0,0109
3	0,0074	0,0081
2	0,0044	0,0048
1	0,0017	0,0018



1A3

Şekil 6.7. Kesit 1A3

Tablo 6.20. S108-S208-S308-S408-S508-S608 kolonları iç kuvvet değerleri

Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						V _{cr}	V _d	V _r	
1	80/80	(G+Q+E)X	-58,51	-0,83	156	43,378	20,96	172,317	0,011
		(G+Q+E)Y	56,64	2,86	157		22,60		
2	80/80	(G+Q+E)X	24,12	-3,49	131	43,378	14,25	172,317	0,011
		(G+Q+E)Y	-29,48	-0,97	132		16,31		
3	80/80	(G+Q+E)X	25,07	-13,56	104	43,378	12,60	172,317	0,011
		(G+Q+E)Y	-41,12	-0,35	106		20,86		
4	50/50	(G+Q+E)X	-11,02	-2,16	72	16,945	5,37	70,895	0,013
		(G+Q+E)Y	-13,88	-0,12	73		7,46		
5	50/50	(G+Q+E)X	10,12	-2,86	48	16,945	5,56	70,895	0,013
		(G+Q+E)Y	-12,13	-0,13	48		6,87		
6	50/50	(G+Q+E)X	6,76	-3,97	24	16,945	3,20	70,895	0,013
		(G+Q+E)Y	-10,02	-0,37	24		5,03		

Tablo 6.21. S103-S203-S303-S403-S503-S603 kolonları iç kuvvet değerleri

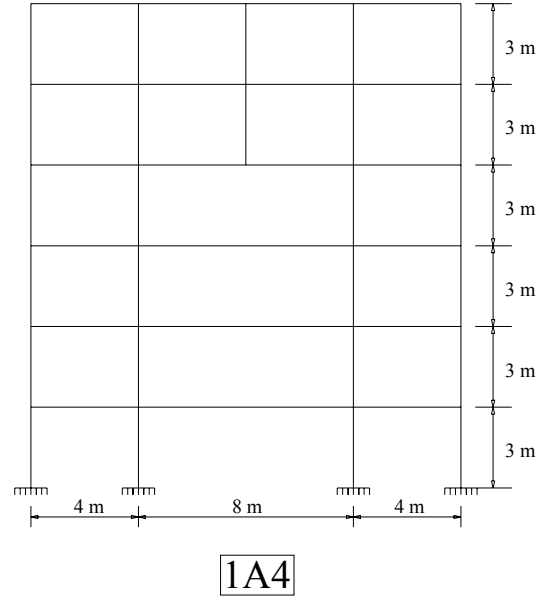
Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						Vcr	Vd	Vr	
1	60/40	(G+Q+E)X	-16,99	-0,82	66	16,267	8,13	64,619	0,010
		(G+Q+E)Y	-8,20	-1,71	88		4,64	70,353	
2	60/40	(G+Q+E)X	14,43	-2,01	56		9,09	64,619	
		(G+Q+E)Y	-9,45	-1,44	73		5,99	70,353	
3	60/40	(G+Q+E)X	13,80	-1,64	45		8,00	64,619	
		(G+Q+E)Y	-8,68	-1,39	57		5,18	70,353	
4	60/40	(G+Q+E)X	13,68	-1,93	34		7,65	64,619	
		(G+Q+E)Y	-8,26	-1,30	41		4,72	70,353	
5	60/40	(G+Q+E)X	10,96	-1,92	23		5,66	64,619	
		(G+Q+E)Y	-6,99	-1,07	26		3,74	70,353	
6	60/40	(G+Q+E)X	7,50	-3,39	11		3,41	64,619	
		(G+Q+E)Y	-6,27	-0,88	12		3,22	70,353	

Tablo 6.22. S101-S201-S301-S401-S501-S601 kolonları iç kuvvet değerleri

Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						V _{cr}	V _d	V _r	
1	50/50	(G+Q+E)X	-11,99	0,40	73	16,95	5,57	70,90	0,013
		(G+Q+E)Y	-12,10	0,71	65		5,53		
2	50/50	(G+Q+E)X	-8,95	-1,33	61		5,73		
		(G+Q+E)Y	-9,06	-0,53	55		5,88		
3	50/50	(G+Q+E)X	-8,48	-1,35	47		4,92		
		(G+Q+E)Y	-8,84	-0,63	43		5,10		
4	50/50	(G+Q+E)X	-8,65	-1,58	34		4,81		
		(G+Q+E)Y	-9,09	-0,84	31		4,99		
5	50/50	(G+Q+E)X	-7,15	-1,44	21		3,61		
		(G+Q+E)Y	-7,65	-0,84	20		3,82		
6	50/50	(G+Q+E)X	-5,38	-3,14	9		2,46		
		(G+Q+E)Y	-6,52	-2,10	9		3,02		

Tablo 6.23. Kesit 1A3 için kat deprem deplasmanları

KAT	δx (m)	δy (m)
6	0,0127	0,0139
5	0,0115	0,0127
4	0,0097	0,0106
3	0,0072	0,0079
2	0,0045	0,0049
1	0,0017	0,0018



Şekil 6.8. Kesit 1A4

Tablo 6.24. S108-S208-S308-S408-S508-S608 kolonları iç kuvvet değerleri

Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						Vcr	Vd	Vr	
1	80/80	(G+Q+E)X	59,12	-2,21	161	43,378	21,15	172,317	0,011
		(G+Q+E)Y	57,32	2,89	162		22,44		
2	80/80	(G+Q+E)X	-24,55	-3,41	136	43,378	14,41	172,317	0,011
		(G+Q+E)Y	-30,64	-1,00	135		17,88		
3	80/80	(G+Q+E)X	-23,56	-1,10	109	43,378	12,28	172,317	0,011
		(G+Q+E)Y	-25,70	-0,51	110		14,29		
4	80/80	(G+Q+E)X	22,59	-12,42	81	43,378	9,80	172,317	0,011
		(G+Q+E)Y	-36,73	-0,18	83		17,03		
5	50/50	(G+Q+E)X	8,39	-2,70	49	16,945	3,67	70,895	0,013
		(G+Q+E)Y	-10,86	0,02	50		5,41		
6	50/50	(G+Q+E)X	6,89	-3,41	24	16,945	3,45	70,895	0,013
		(G+Q+E)Y	-9,81	-0,37	25		5,06		

Tablo 6.25. S103-S203-S303-S403-S503-S603 kolonları iç kuvvet değerleri

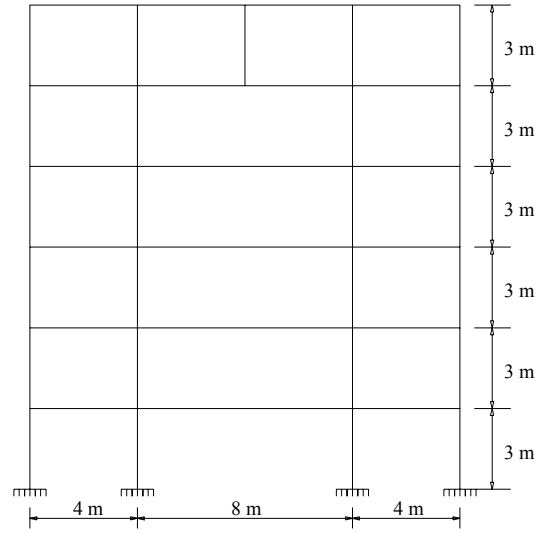
Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						Vcr	Vd	Vr	
1	60/40	(G+Q+E)X	-17,11	-0,84	65	16,267	8,23	64,619	0,010
		(G+Q+E)Y	-8,30	-1,73	88		4,70	70,353	
2	60/40	(G+Q+E)X	14,43	-2,00	55		9,12	64,619	
		(G+Q+E)Y	-9,35	-1,45	73		5,97	70,353	
3	60/40	(G+Q+E)X	14,69	-1,90	45		8,46	64,619	
		(G+Q+E)Y	-9,37	-1,44	57		5,52	70,353	
4	60/40	(G+Q+E)X	12,71	-1,74	34		7,00	64,619	
		(G+Q+E)Y	-8,16	-1,25	41		4,68	70,353	
5	60/40	(G+Q+E)X	10,89	-1,71	23		5,69	64,619	
		(G+Q+E)Y	-6,74	-1,07	26		3,67	70,353	
6	60/40	(G+Q+E)X	7,48	-3,19	11		3,41	64,619	
		(G+Q+E)Y	-6,03	-0,88	12		3,05	70,353	

Tablo 6.26. S101-S201-S301-S401-S501-S601 kolonları iç kuvvet değerleri

Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						Vcr	Vd	Vr	
1	50/50	(G+Q+E)X	-12,12	0,41	73	16,95	5,64	70,90	0,013
		(G+Q+E)Y	-12,23	0,72	65		5,59		
2	50/50	(G+Q+E)X	-8,89	-1,33	61		5,73		
		(G+Q+E)Y	-9,08	-0,37	55		5,87		
3	50/50	(G+Q+E)X	-9,15	-1,35	47		5,25		
		(G+Q+E)Y	-9,45	-0,62	43		5,39		
4	50/50	(G+Q+E)X	-8,05	-1,59	33		4,38		
		(G+Q+E)Y	-8,61	-0,87	31		4,64		
5	50/50	(G+Q+E)X	-7,13	-1,42	21		3,68		
		(G+Q+E)Y	-7,62	-0,83	20		3,88		
6	50/50	(G+Q+E)X	-5,38	-3,14	9		2,47		
		(G+Q+E)Y	-6,52	-2,10	9		3,02		

Tablo 6.27. Kesit 1A4 için kat deprem deplasmanları

KAT	δx (m)	δy (m)
6	0,0127	0,0139
5	0,0115	0,0127
4	0,0097	0,0107
3	0,0073	0,0080
2	0,0045	0,0049
1	0,0017	0,0018



1A5

Şekil 6.9. Kesit 1A5

Tablo 6.28. S108-S208-S308-S408-S508-S608 kolonları iç kuvvet değerleri

Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						Vcr	Vd	Vr	
1	80/80	(G+Q+E)X	-59,59	-0,68	164	43,378	21,31	172,317	0,011
		(G+Q+E)Y	57,75	2,92	167		22,65		
2	80/80	(G+Q+E)X	24,65	-4,00	139	43,378	14,54	172,317	0,011
		(G+Q+E)Y	-30,74	-1,01	138		17,78		
3	80/80	(G+Q+E)X	23,41	-5,38	113	43,378	12,28	172,317	0,011
		(G+Q+E)Y	-28,05	-0,58	113		15,42		
4	80/80	(G+Q+E)X	-23,34	-1,62	85	43,378	10,28	172,317	0,011
		(G+Q+E)Y	-26,22	-0,49	86		12,47		
5	80/80	(G+Q+E)X	-18,00	-6,94	56	43,378	6,45	172,317	0,011
		(G+Q+E)Y	-29,45	0,09	58		12,32		
6	50/50	(G+Q+E)X	5,81	-3,48	25	16,945	2,04	70,895	0,013
		(G+Q+E)Y	-8,76	-0,29	25		3,86		

Tablo 6.29. S103-S203-S303-S403-S503-S603 kolonları iç kuvvet değerleri

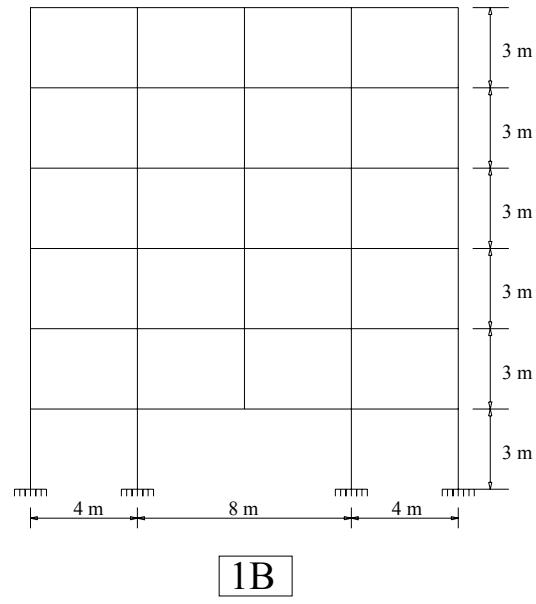
Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						Vcr	Vd	Vr	
1	60/40	(G+Q+E)X	17,25	-0,54	93	16,267	8,29	64,619	0,010
		(G+Q+E)Y	-8,36	-1,74	88		4,73	70,353	
2	60/40	(G+Q+E)X	14,56	-1,99	55		9,20	64,619	
		(G+Q+E)Y	-9,43	-1,46	73		6,02	70,353	
3	60/40	(G+Q+E)X	14,76	-1,85	45		8,52	64,619	
		(G+Q+E)Y	-9,35	-1,45	57		5,52	70,353	
4	60/40	(G+Q+E)X	13,13	-1,95	34		7,21	64,619	
		(G+Q+E)Y	-8,48	-1,28	41		4,83	70,353	
5	60/40	(G+Q+E)X	10,45	-1,57	22		5,41	64,619	
		(G+Q+E)Y	-6,85	-1,03	26		3,76	70,353	
6	60/40	(G+Q+E)X	7,49	-3,03	11		3,44	64,619	
		(G+Q+E)Y	-5,78	-0,88	12		2,96	70,353	

Tablo 6.30. S101-S201-S301-S401-S501-S601 kolonları iç kuvvet değerleri

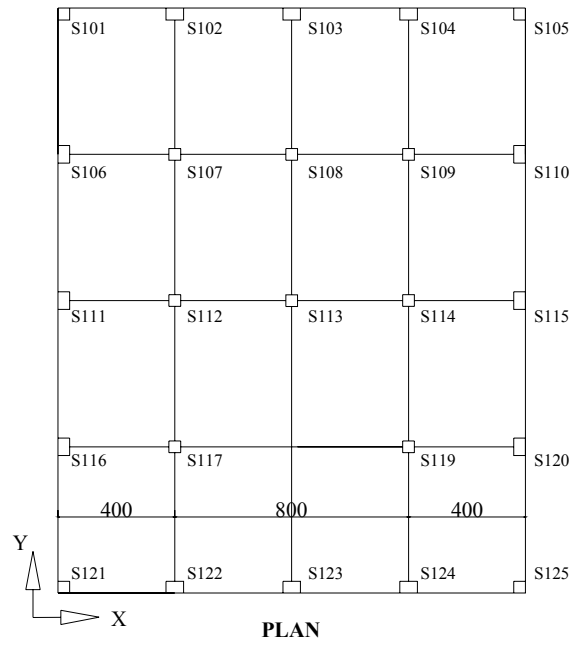
Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						V _{cr}	V _d	V _r	
1	50/50	(G+Q+E)X	-12,22	0,42	74	16,95	5,68	70,90	0,013
		(G+Q+E)Y	-12,32	0,73	65		5,63		
2	50/50	(G+Q+E)X	-8,96	-1,32	61		5,77		
		(G+Q+E)Y	-9,06	-0,52	55		5,91		
3	50/50	(G+Q+E)X	-9,18	-1,35	47		5,27		
		(G+Q+E)Y	-9,48	-0,62	43		5,41		
4	50/50	(G+Q+E)X	-8,35	-1,60	33		4,52		
		(G+Q+E)Y	-8,83	-0,87	31		4,73		
5	50/50	(G+Q+E)X	-6,86	-1,43	21		3,49		
		(G+Q+E)Y	-7,46	-0,84	20		3,77		
6	50/50	(G+Q+E)X	-5,39	-3,14	9		2,51		
		(G+Q+E)Y	-6,54	-2,13	9		3,05		

Tablo 6.31. Kesit 1A5 için kat deprem deplasmanları

KAT	δx (m)	δy (m)
6	0,0127	0,0140
5	0,0116	0,0128
4	0,0098	0,0108
3	0,0074	0,0081
2	0,0044	0,0050
1	0,0017	0,0019



Şekil 6.10. Kesit 1B



Şekil 6.11. Kesit 1B planı

Tablo 6.32. S108-S208-S308-S408-S508-S608 kolonları iç kuvvet değerleri

Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						Vcr	Vd	Vr	
1	50/50	(G+Q+E)X	-11,44	0,61	110	16,95	5,82	70,90	0,013
		(G+Q+E)Y	11,36	0,60	111		5,83		
2	50/50	(G+Q+E)X	14,46	-0,10	94		9,10		
		(G+Q+E)Y	13,86	0,51	94		8,88		
3	50/50	(G+Q+E)X	14,59	-0,53	76		8,48		
		(G+Q+E)Y	13,76	0,50	76		8,08		
4	50/50	(G+Q+E)X	12,75	-0,68	58		7,14		
		(G+Q+E)Y	-12,30	-0,28	58		6,83		
5	50/50	(G+Q+E)X	9,91	-0,90	39		5,28		
		(G+Q+E)Y	-9,81	-0,13	39		5,13		
6	50/50	(G+Q+E)X	6,87	-0,56	19		3,29		
		(G+Q+E)Y	-6,62	0,12	19		3,05		

Tablo 6.33. S103-S203-S303-S403-S503-S603 kolonları iç kuvvet değerleri

Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						Vcr	Vd	Vr	
1	60/40	(G+Q+E)X	-14,81	-1,02	69	16,267	6,70	64,619	0,010
		(G+Q+E)Y	-7,27	-1,79	90		3,96	70,353	
2	60/40	(G+Q+E)X	-15,72	-2,28	59		9,96	64,619	
		(G+Q+E)Y	-9,68	-1,49	75		6,29	70,353	
3	60/40	(G+Q+E)X	15,63	-2,58	48		9,02	64,619	
		(G+Q+E)Y	-9,90	-1,47	59		5,83	70,353	
4	60/40	(G+Q+E)X	13,83	-2,77	36		7,58	64,619	
		(G+Q+E)Y	-9,21	-1,30	43		5,22	70,353	
5	60/40	(G+Q+E)X	10,93	-2,48	24		5,62	64,619	
		(G+Q+E)Y	-7,56	-1,07	27		4,15	70,353	
6	60/40	(G+Q+E)X	7,47	-4,50	12		3,39	64,619	
		(G+Q+E)Y	-7,34	-0,87	13		3,84	70,353	

Tablo 6.34. S101-S201-S301-S401-S501-S601 kolonları iç kuvvet değerleri

Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						Vcr	Vd	Vr	
1	50/50	(G+Q+E)X	-10,42	0,01	74	16,95	4,51	70,90	0,013
		(G+Q+E)Y	-10,73	0,77	66		4,55		
2	50/50	(G+Q+E)X	-9,99	-0,94	62		6,30		
		(G+Q+E)Y	-9,38	-0,51	55		6,38		
3	50/50	(G+Q+E)X	-9,61	-1,37	48		5,51		
		(G+Q+E)Y	-9,88	-0,61	43		5,64		
4	50/50	(G+Q+E)X	-8,72	-1,61	34		4,70		
		(G+Q+E)Y	-9,20	-0,86	31		4,90		
5	50/50	(G+Q+E)X	-7,12	-1,46	21		3,59		
		(G+Q+E)Y	-7,64	-0,85	20		3,80		
6	50/50	(G+Q+E)X	-5,34	-3,17	9		3,01		
		(G+Q+E)Y	-6,51	-2,15	9		3,53		

Tablo 6.35. S123-S223-S323-S423-S523-S623 kolonları iç kuvvet değerleri

Kat	Kolon boyutu	Kombinasyon	maxM (tm)	minM (tm)	maxNd (t)	Kesme kuvveti			Donatı oranı
						V _{cr}	V _d	V _r	
1	80/80	(G+Q+E)X	-61,61	5,38	95	43,378	24,09	172,317	0,011
		(G+Q+E)Y	62,70	-4,95	120		29,89		
2	60/40	(G+Q+E)X	14,49	5,46	71	16,267	8,94	64,619	0,010
		(G+Q+E)Y	12,42	-1,26	88		7,49		
3	60/40	(G+Q+E)X	15,77	5,79	57	16,267	9,20	64,619	0,010
		(G+Q+E)Y	13,19	-1,36	69		8,12		
4	60/40	(G+Q+E)X	13,80	5,62	43	16,267	7,54	64,619	0,010
		(G+Q+E)Y	12,00	-1,19	50		7,01		
5	60/40	(G+Q+E)X	10,93	4,99	28	16,267	5,62	64,619	0,010
		(G+Q+E)Y	9,90	-0,93	32		5,78		
6	60/40	(G+Q+E)X	7,46	8,20	14	16,267	3,39	64,619	0,010
		(G+Q+E)Y	11,25	-0,63	15		6,04		

Tablo 6.36. Kesit 1B için kat deprem deplasmanları

KAT	δ_x (m)	δ_y (m)
6	0,0130	0,0142
5	0,0119	0,0130
4	0,0100	0,0109
3	0,0075	0,0082
2	0,0045	0,0049
1	0,0016	0,0017

6.4.1. Eşdeğer deprem yükleri

Tablo 6.37.a. Eşdeğer deprem yükleri

1A						
Kat	Wi (t)	Hi(m)	Tx(sn)	Ty(sn)	Vtx(t)	Vty(t)
6	304,73	18	0,59	0,62	228,547	223,603
5	304,73	15				
4	304,73	12				
3	304,73	9				
2	304,73	6				
1	304,73	3				

Tablo 6.37.b. Eşdeğer deprem yükleri

1A1						
Kat	Wi (t)	Hi(m)	Tx(sn)	Ty(sn)	Vtx(t)	Vty(t)
6	304,419	18	0,57	0,59	229,954	229,954
5	304,419	15				
4	304,419	12				
3	304,419	9				
2	305,810	6				
1	316,143	3				

Tablo 6.37.c. Eşdeğer deprem yükleri

1A2						
Kat	Wi (t)	Hi(m)	Tx(sn)	Ty(sn)	Vtx(t)	Vty(t)
6	304,730	18	0,56	0,59	231,666	231,666
5	304,730	15				
4	306,605	12				
3	305,445	9				
2	316,107	6				
1	315,711	3				

Tablo 6.37.d. Eşdeğer deprem yükleri

1A3						
Kat	Wi (t)	Hi(m)	Tx(sn)	Ty(sn)	Vtx(t)	Vty(t)
6	304,730	18	0,56	0,58	232,694	232,694
5	304,730	15				
4	304,730	12				
3	315,547	9				
2	316,107	6				
1	315,711	3				

Tablo 6.37.e. Eşdeğer deprem yükleri

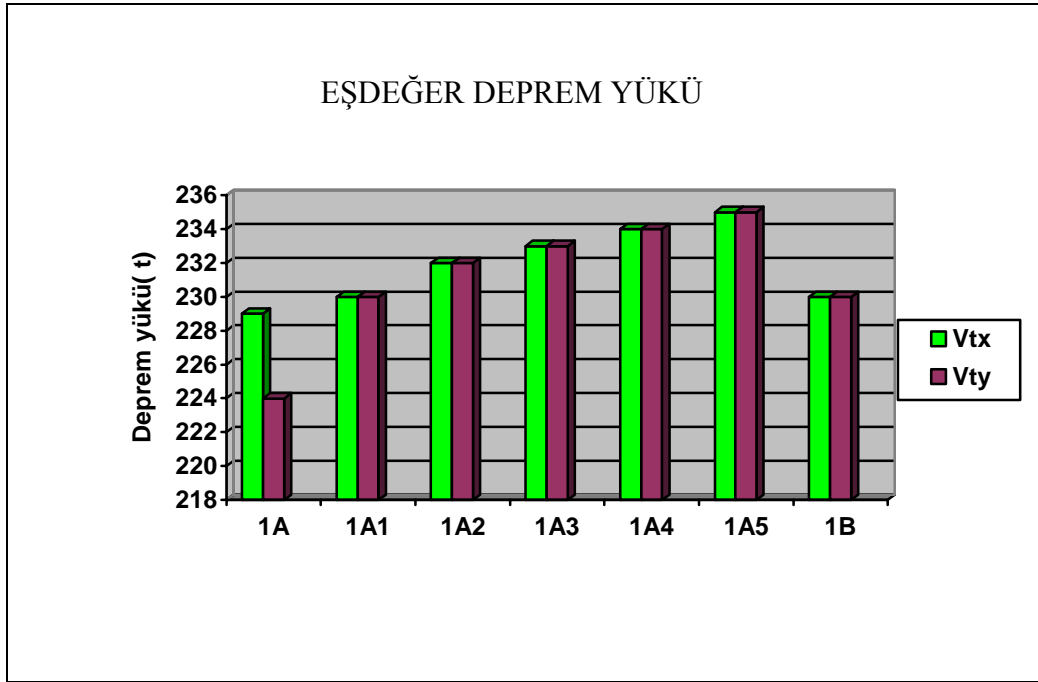
1A4						
Kat	Wi (t)	Hi(m)	Tx(sn)	Ty(sn)	Vtx(t)	Vty(t)
6	304,730	18	0,56	0,58	234,067	234,067
5	304,730	15				
4	315,711	12				
3	315,547	9				
2	316,107	6				
1	315,711	3				

Tablo 6.37.f. Eşdeğer deprem yükleri

1A5						
Kat	Wi (t)	Hi(m)	Tx(sn)	Ty(sn)	Vtx(t)	Vty(t)
6	304,730	18	0,56	0,59	235,439	235,439
5	315,711	15				
4	315,711	12				
3	315,547	9				
2	316,107	6				
1	315,711	3				

Tablo 6.37.g. Eşdeğer deprem yükleri

1B						
Kat	Wi (t)	Hi(m)	Tx(sn)	Ty(sn)	Vtx(t)	Vty(t)
6	304,73	18	0,57	0,59	229,972	229,972
5	304,73	15				
4	304,73	12				
3	304,73	9				
2	304,73	6				
1	316,13	3				



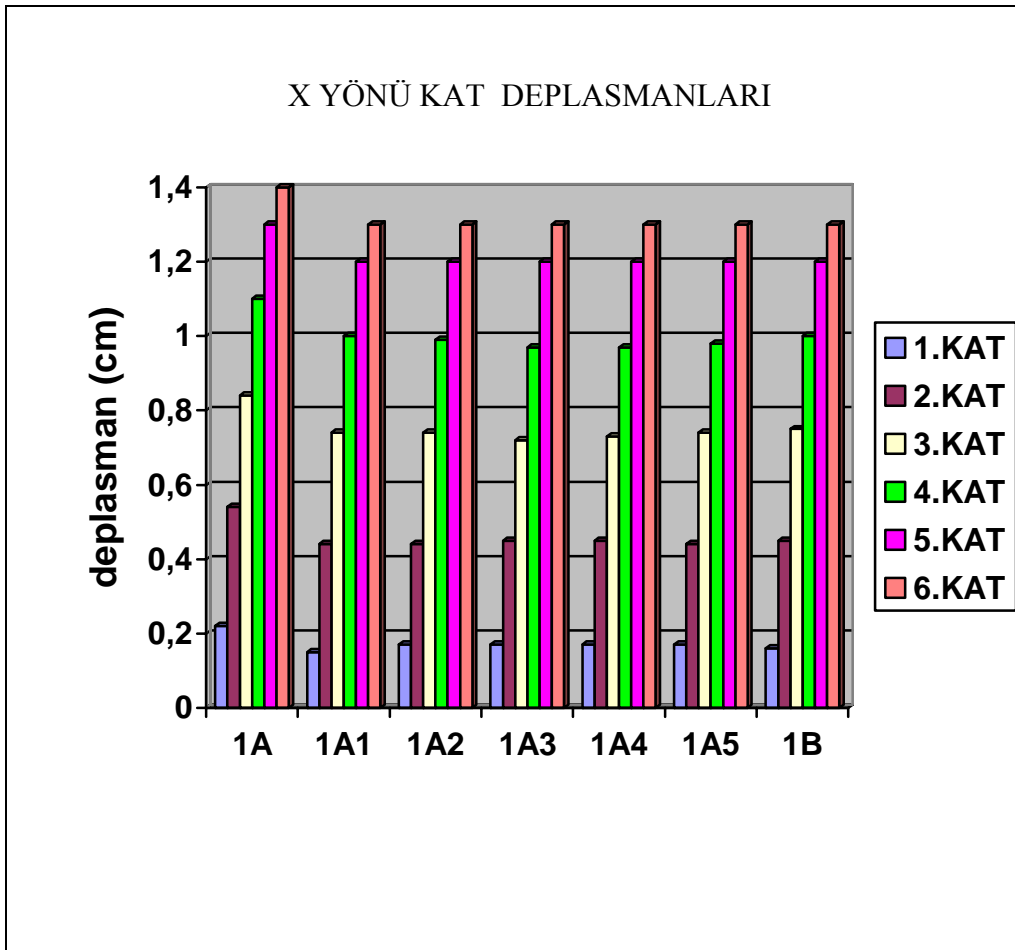
Şekil 6.12. Eşdeğer deprem yükü grafiği

Tablo 6.38.a. Kat deplasmanları arasındaki kıyaslama

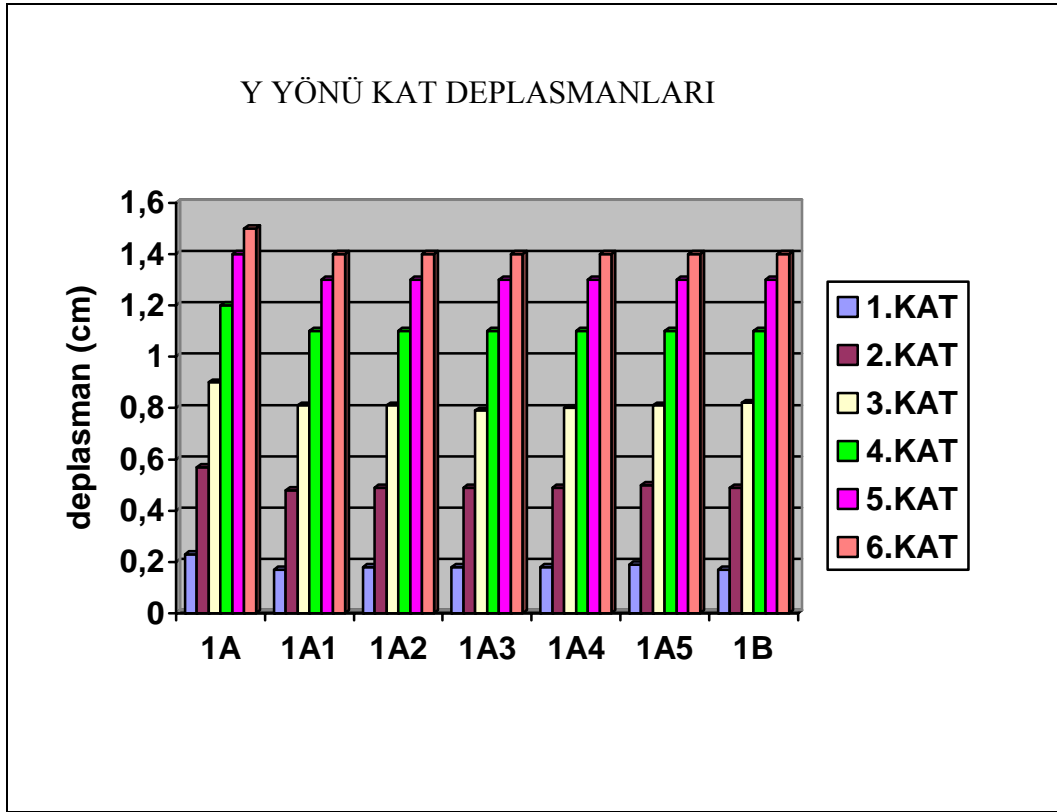
Kat	X YÖNÜ (m)						
	1A	1A1	1A2	1A3	1A4	1A5	1B
6	0,0139	0,0130	0,0130	0,0127	0,0127	0,0127	0,0130
5	0,0128	0,0119	0,0118	0,0115	0,0115	0,0116	0,0119
4	0,0109	0,0100	0,0099	0,0097	0,0097	0,0098	0,0100
3	0,0084	0,0074	0,0074	0,0072	0,0073	0,0074	0,0075
2	0,0054	0,0044	0,0044	0,0045	0,0045	0,0044	0,0045
1	0,0022	0,0015	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0016

Tablo 6.38.b. Kat deplasmanları arasındaki kıyaslama

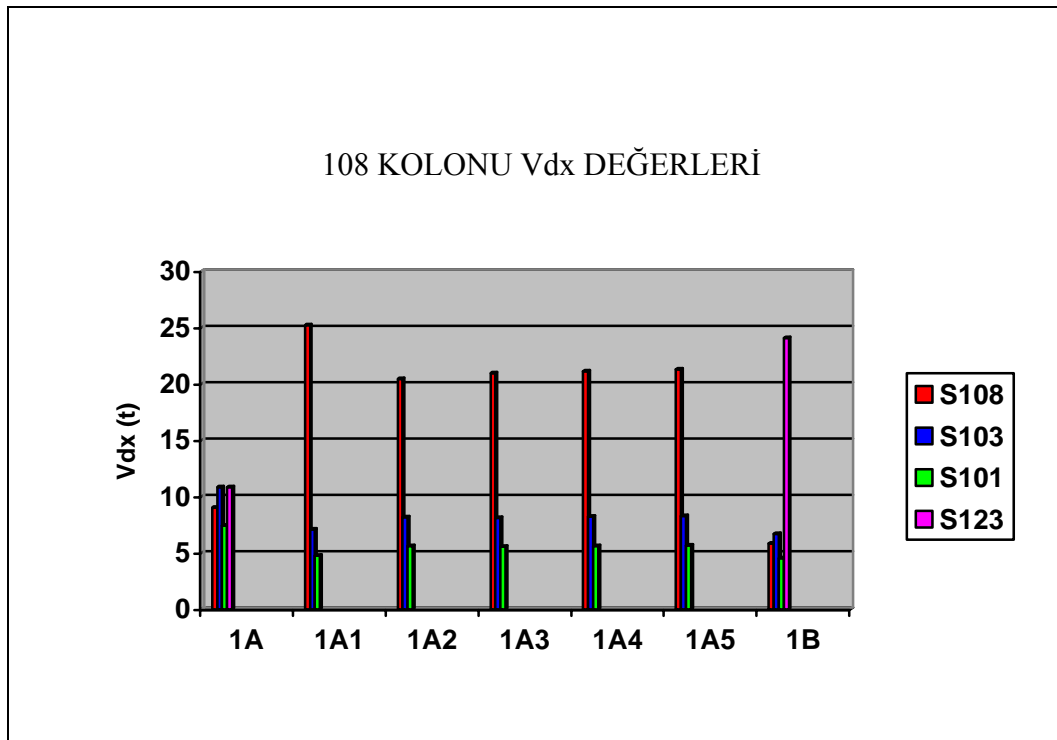
Kat	Y YÖNÜ (m)						
	1A	1A1	1A2	1A3	1A4	1A5	1B
6	0,0149	0,0142	0,0142	0,0139	0,0139	0,0140	0,0142
5	0,0138	0,0129	0,0130	0,0127	0,0127	0,0128	0,0130
4	0,0118	0,0109	0,0109	0,0106	0,0107	0,0108	0,0109
3	0,0090	0,0081	0,0081	0,0079	0,0080	0,0081	0,0082
2	0,0057	0,0048	0,0048	0,0049	0,0049	0,0050	0,0049
1	0,0023	0,0017	0,0018	0,0018	0,0018	0,0019	0,0017



Şekil 6.13. Deplasman grafiği



Şekil 6.14. Deplasman grafiği



Şekil 6.15. Tasarım kesme kuvveti değerleri

BÖLÜM 7. SONUÇLAR

- 1- Her bir şekilde x ve y yönlerinde a1,b1 ve b2 düzensizlikleri bulunmamaktadır.
- 2- B3 (düşey elemanların süreksizliği) düzensizliği mevcut olup, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde , düşey yükler ve depremin ortak etkisinde oluşan tüm iç kuvvetler % 50 oranında artırılacaktır.
- 3- Depremin periyoduna bağlı olarak vt eşdeğer statik deprem kuvveti yaklaşık %1 artmaktadır.
- 4- Her adımda kesiti kurtarmayan kolonların boyutları değiştirilmiş, kolon boyuna donatı oranı kontrol edilmiştir.
- 5- Kesiti 50*50 olan kare kolonlar %60 artırılarak 80*80 yapılmıştır.
- 6- Çıkarılan kolona komşuluğu artan kolonlarda (S108) iç kuvvetler artmıştır.
- 7- $V_{cr}=0,65*f_{ctd}*b_w*d$

$$V_r=V_c+V_w$$

$$V_c=0,8*V_{cr}$$

TS 500 diyor ki;

$$V_r \geq V_d \rightarrow \text{sağlamalıdır.}$$

KAYNAKLAR

- [1] ÖZDEMİR, M.Y., Yapıların Deprem Hesabında A2 Düzensizlik Durumunun İncelenmesi, Y. Lisans Tezi, ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, sf. 1, Adana,2005.
- [2] CELEP, Z., KUMBASAR, N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, sf.1-694, İstanbul, 2004.
- [3] YAVUZ, İ.Y., Bodrum Kat Perde Duvarların Yapısal Düzensizliklere Etkisi, Y. Lisans Tezi, GÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, sf. 2-9, Ankara,2007.
- [4] TEZCAN, S. S., ALHAN, C. Parametric Analysis of Irregular Structures Under Seismic Loading According to the New Turkish Earthquake Code, Engineering Structures, sf:23: 600-609 ,2001.
- [5] CELEP, Z., KUMBASAR, N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, sf.1-694, İstanbul, 2004.
- [6] ATIMTAY, E., Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (Betonarme Yapılar), Bizim Büro Basımevi Yayın Dağıtım San., Ankara,1-2: 1-1004 2000.
- [7] YAVUZ, İ.Y., Bodrum Kat Perde Duvarların Yapısal Düzensizliklere Etkisi, Y. Lisans Tezi, GÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, sf. 15-17, Ankara,2007.
- [8] TEZCAN,S., YAZICI, A., ÖZDEMİR, Z., ERKAL, A., Zayıf Kat-Yumuşak Kat Düzensizliği, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, sf: 28-37, 2007.
- [9] ÖZMEN, H.B., İNEL, M., BİLGİN, H., Yumuşak Kat Davranışının Duvar Etkisi Dikkate Alınarak İncelenmesi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, sf: 46-51, 2007.
- [10] TEZCAN,S., YAZICI, A., ÖZDEMİR, Z., ERKAL, A., Zayıf Kat-Yumuşak Kat Düzensizliği, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, sf: 58-67, 2007.
- [11] ATIMTAY, E., Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (Betonarme Yapılar), Bizim Büro Basımevi Yayın Dağıtım San., Ankara,1-2: 1-1004 2000.

- [12] CELEP, Z., KUMBASAR, N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, sf.1-694, İstanbul, 2004.
- [13] DBYBHY, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”, İMO Kocaeli Şubesi Yayını, sf:1-193, Ankara, 2007.
- [14] DE STEFANO, M., FAELLA, G., RAMSCO, R., Eurocode 8 and Uniform Building Code 94 Provisions for Irregular Structures

ÖZGEÇMİŞ

Hami ÇAMYAR, 01.07.1982 de Ordu-Ünye' de doğdu. İlkokul1. ve 2. sınıfı Ünye'ye bağlı İlküvez beldesinde, ilkokul 3, 4, 5. sınıfı ve ortaokulu İstanbul' da tamamladı. 2001 yılında Ümraniye lisesinden mezun olduktan sonra aynı yıl Kocaeli Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünü kazandı. Bir sene İngilizce hazırlık ile beraber beş yıllık eğitimini tamamladıktan sonra 2006 yılında mezun oldu. 2007 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı. Evli ve bir çocuk babasıdır.