

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MEVCUT YAPILARIN PERFORMANSLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Osman BAŞARA

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. M. Zeki ÖZYURT

Haziran 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEVCUT YAPILARIN PERFORMANSLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

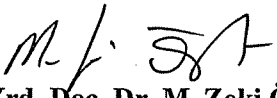
YÜKSEK LİSANS TEZİ

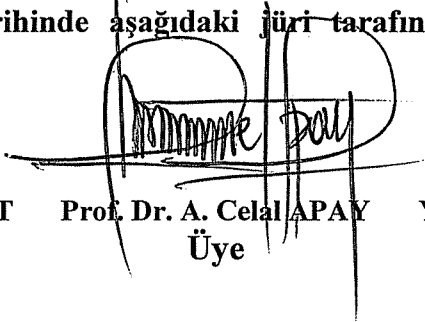
İnş.Müh. Osman BAŞARA


Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez 14/06/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Yrd. Doç. Dr. M. Zeki ÖZYURT
Jüri Başkanı


Prof. Dr. A. Celal APAY
Üye


Yrd. Doç. Dr. Hüseyin KASAP
Üye

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli bilgi ve yardımlarını esirgemeyen, çalıőmalarımı her aőamada izleyip değerlendirerek yön veren ve her türlü desteği sağlayan Yrd.Doç.Dr. M. Zeki ÖZYURT hocama, çalıőmalarımı sabırla destekleyen, moral ve yardımlarını esirgemeyen, her zaman yanımda olan AİLEME, iç yeri arkadaşlarıma ve dostlarıma en içten dileklerle teşekkürlerimi sunarım.

Osman BAŞARA

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xviii
SUMMARY.....	xix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
DÜZENSİZLİKLER.....	7
2.1. Planda Düzensizlik Durumu.....	9
2.1.1. A1-Burulma düzensizliği.....	9
2.1.2. A2- Döşeme süreksizlikleri.....	9
2.1.3. A3- Planda çıkıntılar bulunması.....	10
2.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumu.....	11
2.2.1. B1 – Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)..	11
2.2.2. B2 – Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)	13
2.2.3. B3 – Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği....	13
BÖLÜM 3.	
A1- BURULMA DÜZENSİZLİĞİ	17
3.1. Geometrinin Etkisi.....	18
3.2. Ek Dış Merkezlik.....	18

3.3. Örnek Çalışmalar.....	21
3.3.1. Tip-1 perdesiz sistem.....	23
3.3.2. Tip-2 1-1 aksı perdeli sistem	25
3.3.3. Tip-3 2-2 aksı perdeli sistem.....	28
3.3.4. Tip-4 3-3 aksı perdeli sistem.....	30
3.3.5. Tip-5 4-4 aksı perdeli sistem.....	33
3.3.6. Tip-6 yapı X yönünde ortadan perdeli sistem.....	35
3.4. Düzensizlik Değerlendirmesi.....	38

BÖLÜM 4.

TDY07'YE GÖRE BETONARME BİNALARIN

PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	40
4.1. Giriş.....	40
4.2. Betonarme Binalarda Bilgi Toplanması	42
4.2.1. Bilgi düzeyleri ve bilgi düzeyi katsayıları.....	42
4.2.2. Mevcut malzeme dayanımı.....	43
4.2.3. Sınırlı bilgi düzeyi.....	43
4.2.3.1. Bina geometrisi.....	43
4.2.3.2. Eleman detayları	44
4.2.3.3. Malzeme özellikleri.....	44
4.2.4. Orta bilgi düzeyi	45
4.2.4.1. Bina geometrisi	45
4.2.4.2. Eleman detayları	45
4.2.4.3. Malzeme özellikleri.....	46
4.2.5. Kapsamlı bilgi düzeyi.....	46
4.2.5.1. Bina geometrisi	46
4.2.5.2. Eleman detayları	47
4.2.5.3. Malzeme özellikleri.....	47
4.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri.....	47
4.3.1. Kırılma türleri.....	47
4.3.2. Kesit hasar sınırları	48
4.3.3. Kesit hasar bölgeleri.....	48
4.4. Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar.....	49

4.5. Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi.....	51
4.5.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemi.....	51
4.5.2. Mod birleştirme yöntemi	51
4.6. Bina Performans Seviyeleri	57
4.6.1. Hemen kullanım performans düzeyi.....	58
4.6.2. Can güvenliği performans düzeyi.....	58
4.6.3. Göçme öncesi performans düzeyi	59
4.6.4. Göçme durumu	60
4.7. Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri	60
4.7.1. Servis (kullanım) depremi	60
4.7.2. Tasarım depremi	60
4.7.3. En büyük deprem	61
4.8. Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Kolon ve Perdelerin Etki / Kapasite Oranlarının Belirlenmesi.....	62
4.9. Örnek Çalışmalar.....	64
4.9.1. Tip-1 perdesiz sistem	64
4.9.2. Tip-2 1-1 aksı perdeli sistem	67
4.9.3. Tip-3 2-2 aksı perdeli sistem	69
4.9.4. Tip-4 3-3 aksı perdeli sistem	72
4.9.5. Tip-5 4-4 Aksı perdeli sistem	75
4.9.6. Tip-6 yapı X yönünde ortadan perdeli sistem	77
4.10. Tip-2 Maliyet Karşılaştırması.....	80
4.11. Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	82
4.11.1. Kiriş sonuçlarının değerlendirilmesi.....	82
4.11.2. Kolon sonuçlarının değerlendirilmesi.....	83
BÖLÜM 5.	
SONUÇ VE ÖNERİLER	85
KAYNAKLAR.....	88
ÖZGEÇMİŞ.....	90

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A_c	: Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
A_{ch}	: Boşluksuz perdenin, bağ kirişli perdede her bir perde parçasının, döşemenin veya boşluklu döşemede her bir döşeme parçasının brüt enkesit alanı
ΣA_e	: Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı
ΣA_g	: Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı
ΣA_k	: Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı
$A(T_1)$: Spektral İvme Katsayısı
A_{s1}	: Kolon-kiriş düğüm noktasının bir tarafında, kirişin negatif momentini karşılamak için üste konulan çekme donatısının toplam alanı
A_{s2}	: Kolon-kiriş düğüm noktasının A_{s1} 'e göre öbür tarafında, kirişin pozitif momentini karşılamak için alta konulan çekme donatısının toplam alanı
A_{sh}	: s enine donatı aralığına karşı gelen yükseklik boyunca, kolonda veya perde uç bölgesindeki tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerlerinin gözönüne alınan b_k 'ya dik doğrultudaki izdüşümlerinin toplamı
A_w	: Kolon enkesiti etkin gövde alanı (depreme dik doğrultudaki kolon çıkıntılarının alanı hariç)

ΣA_w	: Herhangi bir katta, kolon enkesiti etkin gövde alanları A_w 'ların toplamı
A_0	: Etkin Yer İvmesi Katsayısı
B_B	: Mod Birleştirme Yöntemi'nde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük
B_D	: B_B büyüklüğüne ait büyütülmüş değer
b_j	: Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, birleşim bölgesine saplanan kirişin kolonla aynı genişlikte olması veya kolonun her iki yanından da taşması durumunda kolon genişliği, aksi durumda kirişin düşey orta ekseninden itibaren kolon kenarlarına olan uzaklıklardan küçük olanının iki katı (Kiriş genişliği ile birleşimin derinliğinin toplamını aşamaz)
b_w	: Kirişin gövde genişliği, perdenin gövde kalınlığı
d	: Kirişin faydalı yüksekliği
D_i	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde burulma düzensizliği olan binalar için i 'inci katta \pm %5 ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısı
E_c	: Betonun elastisite modülü
E_s	: Yapı çeliği elastisite modülü
$(EI)_e$: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_o$: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
f_{cd}	: Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı
f_{cm}	: Mevcut beton dayanımı
f_{ctd}	: Betonun tasarım çekme dayanımı
f_{ctm}	: Mevcut betonun çekme dayanımı
f_{yk}	: Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
f_{ywd}	: Enine donatının tasarım akma dayanımı
G	: Kayma modülü
g veya G	: Toplam sabit yük
q veya Q	: Toplam hareketli yük
h	: Kat yüksekliği
h_i	: Binanın i 'inci kat yüksekliği

h_{i+1}	: Binanın $i+1$ 'inci kat yüksekliği
H_w	: Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
l_n	: Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği, kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı
L_w	: Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
M_A	: Artık moment kapasitesi
M_a	: Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment
M_D	: Düşey yüklerden oluşan moment
$(M_d)_t$: Perdenin taban kesitinde yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan moment
M_E	: Deprem yükleri altında oluşan moment
M_K	: Mevcut malzeme dayanımlarına göre hesaplanan moment kapasitesi
$M_{\bar{u}}$: Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment
M_{pi}	: Kirişin sol ucu i 'deki kolon yüzünde f_{ck} , f_{yk} ve çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan pozitif veya negatif moment kapasitesi
M_{pj}	: Kirişin sağ ucu j 'deki kolon yüzünde f_{ck} , f_{yk} ve çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan negatif veya pozitif moment kapasitesi
$(M_p)_t$: Perdenin taban kesitinde f_{ck} , f_{yk} ve çeliğin pekleşmesi gözönüne alınarak hesaplanan moment kapasitesi
M_{ri}	: Kirişin sol ucu i 'deki kolon veya perde yüzünde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momentini
M_{rj}	: Kirişin sağ ucu j 'deki kolon veya perde yüzünde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan negatif veya pozitif taşıma gücü momentini
N_A	: Artık moment kapasitesine karşı gelen aksenal kuvvet

N_D	: Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan aksenal kuvvet
N_E	: Deprem yükleri altında oluşan aksenal kuvvet
N_K	: Kesit moment kapasitesine karşı gelen aksenal kuvvet
T	: Burulma Momenti
r	: Etki/kapasite oranı
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
r_s	: Etki/kapasite oranının sınır değeri
R_a	: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
$R_a(T_n)$: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
$S_{ae}(T_n)$: Elastik spektral ivme [m/s^2]
$S_{aR}(T_n)$: r 'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme [m/s^2]
V_d	: Yüğü katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti
V_{dy}	: Kirişin herhangi bir kesitinde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti
V_e	: Kolon, kiriş ve perdede enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti
V_{ee}	: Kolonda hesaplanan V_e değeri
V_{kol}	: Dügüm noktasının üstünde ve altında hesaplanan kolon kesme kuvvetlerinin küçük olanı
V_t	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti)
V_{tB}	: Mod Birleştirme Yöntemi'nde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yüğü (taban kesme kuvveti)
V_r	: Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
W	: Binanın, hareketli yüğü katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
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

α_s	: Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı
ρ	: Çekme donatısı oranı
ρ_b	: Dengeli donatı oranı
ρ'	: Basınç donatısı oranı
ρ_{sh}	: Perdede yatay gövde donatılarının hacimsel oranı [[$(\rho_{sh})_{min} = 0.0025$]]
Δ_i	: Binanın i'inci katındaki azaltılmış göreli kat telemesi
$(\Delta_i)_{ort}$: Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış göreli kat telemesi
λ	: Eşdeğer Deprem Yükü Azaltma Katsayısı
β	: Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı
β_v	: Perdede kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı
δ_{ji}	: Binanın i'inci katındaki etkin göreli kat telemesi
TDY07	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar 2007 yönetmeliği
ABYYHY'98	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1998 yönetmeliği
HYK	: Hareketli Yük Katsayısı
MHB	: Minimum Hasar Bölgesi
BHB	: Belirgin Hasar Bölgesi
İHB	: İleri Hasar Bölgesi
GB	: Göçme Bölgesi
EKO	: Etki / Kapasite Oranı
MN	: Minimum Hasar Sınırı
GV	: Güvenlik Hasar Sınırı
G	: Göçme Sınırı
HK	: Hemen Kullanım Performans Düzeyi
CG	: Can Güvenliği Performans Düzeyi
G	: Göçme ncesi Performans Düzeyi
GD	: Göçme Durumu

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Türkiye Deprem Haritası.....	1
Şekil 2.1.	A2 Düzensizliği.....	10
Şekil 2.2.	A3 Düzensizliği.....	11
Şekil 2.3.	B1 Düzensizliği.....	12
Şekil 2.4.	B2 Düzensizliği.....	13
Şekil 2.5.	B3 Düzensizliği.....	14
Şekil 3.1.	A1 Düzensizliği.....	17
Şekil.3.2.	Ek Dış Merkezlik.....	20
Şekil 3.4.	Tip-1 Kalıp Planı.....	23
Şekil 3.5.	Tip-1 3 Boyutlu Görünüş.....	23
Şekil 3.6.	Tip-2 Kalıp Planı.....	25
Şekil 3.7.	Tip-2 3 Boyutlu Görünüş.....	26
Şekil 3.8.	Tip-3 Kalıp Planı.....	28
Şekil 3.9.	Tip-3 3 Boyutlu Görünüş.....	28
Şekil 3.10.	Tip-4 Kalıp Planı.....	30
Şekil 3.11.	Tip-4 3 Boyutlu Görünüş.....	31
Şekil 3.12.	Tip-5 Kalıp Planı.....	33
Şekil 3.13.	Tip-5 3 Boyutlu Görünüş.....	33
Şekil 3.14.	Tip-6 Kalıp Planı.....	35
Şekil 3.15.	Tip-6 3 Boyutlu Görünüş.....	36
Şekil 3.16.	Modellerin ηbi Karşılaştırılması.....	39
Şekil 4.1.	Sünek Elemanlar İçin Hasar Bölgeleri.....	48
Şekil 4.2.	Bina Performans Düzeyinin Oluşması.....	52

Şekil 4.3.	Kirişlerde enine donatı hesabında kullanılacak kesme kuvvetinin tespiti.....	53
Şekil 4.4.	Güçlü Kolon-Zayıf Kiriş Kontrolü.....	59
Şekil 4.5.	Doğrusallaştırılmış moment-eksenel kuvvet etkileşim diyagramı..	62
Şekil 4.6.	Tip 1 Kiriş Performans Yüzde Değişimleri.....	66
Şekil 4.7.	Tip 1 Kolon Performans Yüzde Değişimleri.....	66
Şekil 4.8.	Tip 2 Kiriş Performans Yüzde Değişimleri.....	69
Şekil 4.9.	Tip 2 Kolon Performans Yüzde Değişimleri.....	69
Şekil 4.10.	Tip 3 Kiriş Performans Yüzde Değişimleri.....	71
Şekil 4.11.	Tip 3 Kolon Performans Yüzde Değişimleri.....	72
Şekil 4.12.	Tip 4 Kiriş Performans Yüzde Değişimleri.....	74
Şekil 4.13.	Tip 4 Kolon Performans Yüzde Değişimleri.....	74
Şekil 4.14.	Tip 5 Kiriş Performans Yüzde Değişimleri.....	77
Şekil 4.15.	Tip 5 Kolon Performans Yüzde Değişimleri.....	77
Şekil 4.16.	Tip-6 Kiriş Performans Yüzde Değişimleri.....	79
Şekil 4.17.	Tip 6 Kolon Performans Yüzde Değişimleri.....	80
Şekil 4.18.	Performans Düzeyleri İçin 2009 Birim Fiyat Karşılaştırma Grafiği.....	81
Şekil 4.19.	Performans Düzeyleri İçin 2009 Birim Fiyatlarına Göre % Değişim Grafiği.....	82

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1.	Ülkemizde kullanılan deprem yönetmelikleri.....	2
Tablo 2.1.	Düzensizlik Tarifleri ve Yönetmelik Maddeleri.....	15
Tablo 3.1.	Yapı Bilgileri.....	21
Tablo 3.2.	Malzeme Bilgileri.....	22
Tablo 3.3.	Eleman Bilgileri.....	22
Tablo 3.4.	Tip-1 Yükleme Bilgileri.....	23
Tablo 3.5.	Tip-1 Ağırlık, Rijitlik, Kütle Merkezleri.....	24
Tablo 3.6.	Tip-1 X Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler.....	24
Tablo 3.7.	Tip-1 Y Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler.....	24
Tablo 3.8.	Tip-1 X Yönü Burulma Kontrolü.....	24
Tablo 3.9.	Tip-1 Y Yönü Burulma Kontrolü.....	25
Tablo 3.10.	Tip-1 En Olumsuz Burulma Düzensizlik Katsayısı.....	25
Tablo 3.11.	Tip-2 Yükleme Bilgileri.....	26
Tablo 3.12.	Tip-2 Ağırlık, Rijitlik, Kütle Merkezleri.....	26
Tablo 3.13.	Tip-2 X Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler.....	26
Tablo 3.14.	Tip-2 Y Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler.....	27
Tablo 3.15.	Tip-2 X Yönü Burulma Kontrolü.....	27
Tablo 3.16.	Tip-2 Y Yönü Burulma Kontrolü.....	27
Tablo 3.17.	Tip-2 En Olumsuz Burulma Düzensizlik Katsayısı.....	27
Tablo 3.18.	Tip-3 Yükleme Bilgileri.....	28
Tablo 3.19.	Tip-3 Ağırlık, Rijitlik, Kütle Merkezleri.....	29
Tablo 3.20.	Tip-3 X Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler.....	29
Tablo 3.21.	Tip-3 Y Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler.....	29
Tablo 3.22.	Tip-3 X Yönü Burulma Kontrolü.....	29
Tablo 3.23.	Tip-3 Y Yönü Burulma Kontrolü.....	30

Tablo 3.24.	Tip-3 En Olumsuz Burulma Düzensizlik Katsayısı.....	30
Tablo 3.25.	Tip-4 Yükleme Bilgileri.....	31
Tablo 3.26.	Tip-4 Ağırlık, Rijitlik, Kütle Merkezleri.....	31
Tablo 3.27.	Tip-4 X Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler.....	31
Tablo 3.28.	Tip-4 Y Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler.....	32
Tablo 3.29.	Tip-4 X Yönü Burulma Kontrolü.....	32
Tablo 3.30.	Tip-4 Y Yönü Burulma Kontrolü.....	32
Tablo 3.31.	Tip-4 En Olumsuz Burulma Düzensizlik Katsayısı.....	32
Tablo 3.32.	Tip-5 Yükleme Bilgileri.....	33
Tablo 3.33.	Tip-5 Ağırlık, Rijitlik, Kütle Merkezleri.....	34
Tablo 3.34.	Tip-5 X Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler.....	34
Tablo 3.35.	Tip-5 Y Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler.....	34
Tablo 3.36.	Tip-5 X Yönü Burulma Kontrolü.....	34
Tablo 3.37.	Tip-5 Y Yönü Burulma Kontrolü.....	35
Tablo 3.38.	Tip-5 En Olumsuz Burulma Düzensizlik Katsayısı.....	35
Tablo 3.39.	Tip-6 Yükleme Bilgileri.....	36
Tablo 3.40.	Tip-6 Ağırlık, Rijitlik, Kütle Merkezleri.....	36
Tablo 3.41.	Tip-6 X Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler.....	36
Tablo 3.42.	Tip-6 Y Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler.....	37
Tablo 3.43.	Tip-6 X Yönü Burulma Kontrolü.....	37
Tablo 3.44.	Tip-6 Y Yönü Burulma Kontrolü.....	37
Tablo 3.45.	Tip-6 En Olumsuz Burulma Düzensizlik Katsayısı.....	37
Tablo 4.1.	Bilgi Düzeyi Katsayıları.....	43
Tablo 4.2.	Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r).....	55
Tablo 4.3.	Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r).....	56
Tablo 4.4.	Betonarme Perdeler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r).....	56
Tablo 4.5.	Görelî Kat Ötelemesi Oranları.....	56
Tablo 4.6.	Binaların kullanım amaçlarına göre hedeflenmesi gereken minimum performans seviyeleri.....	61

Tablo 4.7.	Tip-1 Deprem Yük Azaltma Katsayısı Uygulanmadan Tespit Edilen Katlara Gelen Yatay Kuvvetler.....	64
Tablo 4.8.	Tip-1 +Ex Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	64
Tablo 4.9.	Tip-1 -Ex Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	65
Tablo 4.10.	Tip-1 +Ey Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	65
Tablo 4.11.	Tip-1 -Ey Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	65
Tablo 4.12.	Tip-1 En Olumsuz Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri...	66
Tablo 4.13.	Tip-2 Deprem Yük Azaltma Katsayısı Uygulanmadan Tespit Edilen Katlara Gelen Yatay Kuvvetler.....	67
Tablo 4.14.	Tip-2 +Ex Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	67
Tablo 4.15.	Tip-2 -Ex Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	67
Tablo 4.16.	Tip-2 +Ey Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	68
Tablo 4.17.	Tip-2 -Ey Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	68
Tablo 4.18.	Tip-2 En Olumsuz Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri...	68
Tablo 4.19.	Tip-3 Deprem Yük Azaltma Katsayısı Uygulanmadan Tespit Edilen Katlara Gelen Yatay Kuvvetler.....	69
Tablo 4.20.	Tip-3 +Ex Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	70
Tablo 4.21.	Tip-3 -Ex Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	70
Tablo 4.22.	Tip-3 +Ey Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	70
Tablo 4.23.	Tip-3 -Ey Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	71

Tablo 4.24.	Tip-3 En Olumsuz Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	71
Tablo 4.25.	Tip-4 Deprem Yük Azaltma Katsayısı Uygulanmadan Tespit Edilen Katlara Gelen Yatay Kuvvetler.....	72
Tablo 4.26.	Tip-4 +Ex Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	72
Tablo 4.27.	Tip-4 -Ex Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	73
Tablo 4.28.	Tip-4 +Ey Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri	73
Tablo 4.29.	Tip-4 -Ey Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	73
Tablo 4.30.	Tip-4 En Olumsuz Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri...	74
Tablo 4.31.	Tip-5 Deprem Yük Azaltma Katsayısı Uygulanmadan Tespit Edilen Katlara Gelen Yatay Kuvvetler.....	75
Tablo 4.32.	Tip-5 +Ex Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	75
Tablo 4.33.	Tip-5 -Ex Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	75
Tablo 4.34.	Tip-5 +Ey Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	76
Tablo 4.35.	Tip-5 -Ey Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	76
Tablo 4.36.	Tip-5 En Olumsuz Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri...	76
Tablo 4.37.	Tip-6 Deprem Yük Azaltma Katsayısı Uygulanmadan Tespit Edilen Katlara Gelen Yatay Kuvvetler.....	77
Tablo 4.38.	Tip-6 +Ex Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	78
Tablo 4.39.	Tip-6 -Ex Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	78
Tablo 4.40.	Tip-6 +Ey Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	78

Tablo 4.41. Tip-6 -Ey Yüklemesi İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri.....	79
Tablo 4.42. Tip-6 En Olumsuz Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri...	79
Tablo 4.43. Performans Düzeyleri İçin 2009 Birim Fiyat Karşılaştırma Tablosu.....	81

ÖZET

Anahtar kelimeler: Performans Analizi, Doğrusal Elastik Analiz, Burulma Düzensizliği, Mod Birleştirme Yöntemi, Etki / Kapasite Oranı

Bu çalışmada, TDY07 yönetmeliğinde 2. bölüm olarak yer alan düzensizlikler ile 7. bölüm olarak ilk defa yönetmeliğe giren mevcut binaların değerlendirilmesi konusu incelenmiştir.

Model olarak oluşturulan betonarme binalarda burulma düzensizliği oluşturulmuş ve doğrusal elastik analiz yöntemlerinden, mod birleştirme yöntemi kullanılarak eleman, kat ve yapı performanslarının belirlenmesi anlatılmıştır.

Beş bölüm halinde sunulmuş olan bu çalışmanın, birinci bölümünde çalışmanın amacı vurgulanmıştır. İkinci bölümde yönetmelikte verilen düzensizlikler, üçüncü bölümde burulma düzensizliği ve oluşturulan modellerin hesapları ve sonuçları hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde mevcut varsayılan betonarme modellerin üzerinde performansa dayalı yapı tasarımının nasıl yapılabileceği, TDY07 yönetmeliğinde belirtilen doğrusal elastik analiz yöntemi ve deprem performansı hesaplama yöntemleri kısaca tanıtılmış ve depremde yapının performansının nasıl hesap edileceği ve modellere ait sonuçlar hakkında bilgiler verilmiştir.

Beşinci bölümde analiz sonuçları için genel bir değerlendirme yapılmıştır.

A STUDY ON THE PERFORMANCE OF EVALUATION OF EXISTING STRUCTURES

SUMMARY

Key Words: performance analysis, linear elastic analysis, torsional irregularity, Mode-Combination method, impact/capacity ratio

In this study, irregularities in section 2 and evaluation of existing building in section 7, regulation for the first time into, in TDY07 are investigated.

Torsional irregularity created, as generated model, in reinforced concrete building and using Mode-Combination method, from linear elastic analysis, determination element, storey and building performance are discussed.

This study is presented five sections. The aim of the study is emphasized in first section. the irregularities in the regulation in section two, torsional irregularity and about calculations and results of generated models are given information in section three. In section four, default on the existing concrete models of how building design can be done based on the performance, linear elastic analysis method specified in the regulation TDY07 and seismic performance calculation methods are introduced briefly and how to calculate the performance of structures during and earthquake can be and models are given information about the results.

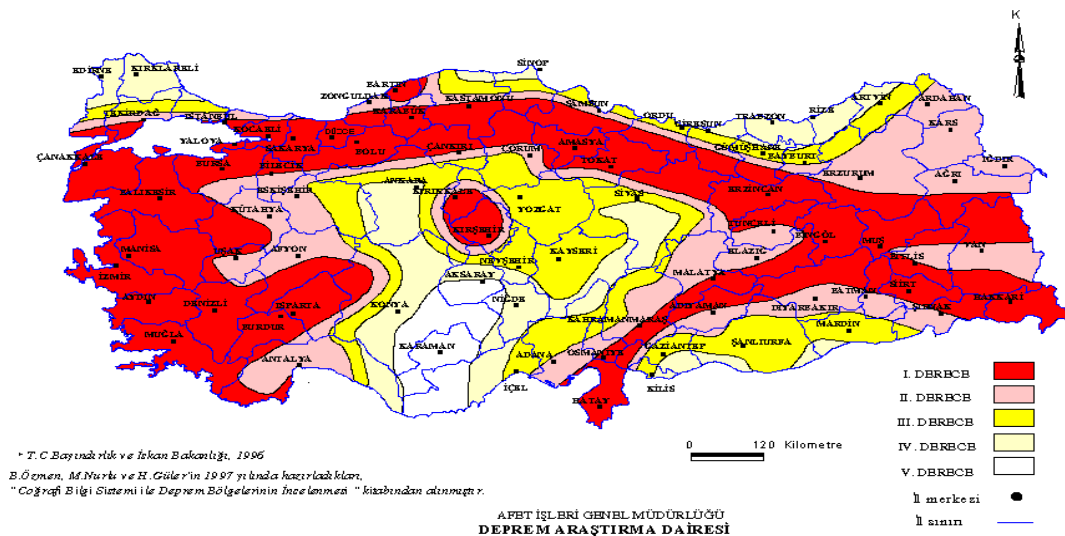
In section five, a general assesment was made for analysis.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Türkiye, yıllar içerisinde birçok felaketlerle karşılaşmış olup bu felaketlerde binlerce insanını kaybetmiş ve milyonlarca lira ekonomik kayıp yaşamıştır. Şu bir gerçektir ki bu felaketler içerisinde en fazla zarar deprem felaketlerinde yaşanmıştır.

Unutulmamalıdır ki ülkemiz dünyadaki önemli ve aktif fay hatlarının üzerinde bulunmaktadır(Şekil 1.1). Topraklarımızın yaklaşık %90'ı aktif fay hatlarının etki alanı içerisinde bulunmaktadır. Ayrıca, nüfusumuz ise yaklaşık %95'i bu aktif fay hatlarının bulunduğu bölgelerde yaşamaktadır (Şekil 1.1).

Son yaşanan 6,4'lük Elazığ-Kovancılar depreminde 42 vatandaşımız yaşamını yitirmiştir. Bu durum bile depreme hazırlıksız olduğumuzu bir kez daha göstermiştir. Unutmamak gerekir ki, ülkemizde ki yapı stokunun çok büyük bir kısmını betonarme yapılar oluşturmaktadır ve uzunca bir süre daha betonarme binalar yapı stokumuz içerisinde hâkimiyetini sürdürecektir. Bu durumda, yapı mühendisleri için betonarme elemanlar kullanarak depreme dayanıklı yapılar tasarlamak inşaat mühendisliğinin güncel konularından birisini oluşturmaktadır.



Şekil 1.1. Türkiye Deprem Haritası [1]

Binalarımız depreme dayanıklı olarak yapabilmek ve bunu standarda oturtabilmek için en sonuncusu 2007 yılında olmak üzere birçok yönetmelik yürürlüğe girmiştir. Ülkemizde 1939 yılı Erzincan depreminden sonra İtalyan Yapı Talimatnamesi dilimize çevrilerek bir süre kullanılmıştır. Daha sonra 1944 yılında Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi ismi ile yönetmelik yayınlanmıştır[2]. Zamanla 1949, 1953, 1962, 1968, 1975, 1998 ve 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik şeklinde günümüze kadar gelmiştir (Tablo 1.1).

Yeni yapılacak binalarda son yönetmelik kuralları ile hesaplar ve uygulamalar yapılacaktır. Ancak mevcut binaların durumu ne olacaktır? Son yönetmeliğe kadar bu konudan neredeyse hiç bahsedilmemiştir. TDY07 yönetmeliği ile birlikte şüphesiz en büyük düzenleme 7. bölüm olarak yürürlüğe giren ve günümüzde de kullanılan ‘Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi’ bölümüdür. Burada mevcut yapılar üzerinde gerekli saha çalışmaları, araştırmalar ve hesaplar yapılarak binaların performanslarının değerlendirilip gerekiyorsa güçlendirmelerin nasıl olacağı belirtilmiştir[3]. Böylelikle mevcut binalarda bir değerlendirme standardına girerken güçlendirme işlemi de rastgele ve ehil olmayan kişiler tarafından yapılması engellenmeye çalışılmıştır.

Tablo 1.1. Ülkemizde kullanılan deprem yönetmelikleri [2]

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 Yapılar Hakkında Yönetmelik

TDY07 yönetmeliğinden önce ve sonra da düzensizlikler üzerine araştırmalar ve çalışmalar devam etmiştir.

İMO Teknik Dergisinin 2004 yılında 3131 ve 3144. sayılarında Prof. Dr. Günay ÖZMEN tarafından hazırlanan makalede, burulma düzensizliğı katsayısının 2.00 üst sınırını aşması için gerekli olan koşullar incelenmiştir. Perdeleri değışik konumlarda olan 8 tipik yapı grubu seçilmiş ve bunların deprem yükleri altındaki davranışları incelenerek sonuçlar irdelenmiştir[4].

Semra ARSLAN SELÇUK ve Aslı ER AKAN tarafından kaleme alınan makalede ise, ülkemizde deprem güvenliğı açısından mimari tasarımı etkileyen yönetmeliklerin mimarlar tarafından yeterince anlaşılmadığından ve binalarının bu yönetmeliklere göre tasarlanması ve tasarım sürecinin mimarlar ve mühendislerle birlikte yürütülmesi gerektiğı bahsedilmiştir. Deprem dayanımında mimari tasarımın önemi ve genel olarak yönetmeliklerin mimari tasarımı nasıl etkilediğı değerlendirilmiştir[5].

MKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsünde 2005 yılında kabul edilen ‘Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Burulma Düzensizliğinin Etkisinin İncelenmesi’ isimli yüksek lisans tezi hazırlanmıştır. Erkan AKINCI tarafından hazırlanan bu çalışmada, çok katlı perde çerçeve sistemlerinde yatay yükler etkisi altında oluşabilecek burulma düzensizliğine, taşıyıcı eleman rijitlikleriyle, yapı geometrisi ve perdelere paralel aksların sayısının etkileri araştırılmıştır[6].

ZKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsünde 2006 yılında kabul edilen ‘Yapı Sistemlerinde Burulma Düzensizliğini Etkileyen Parametrelerin İncelenmesi’ isimli yüksek lisans tezi hazırlanmıştır. Erdem SEZER tarafından hazırlanan bu çalışmada, burulma düzensizliğı katsayısını etkileyen faktörler incelenmiştir[7].

TDY07 yönetmeliğı yürürlüğe girmeden yönetmeliğın yeni bölümü olan 7. bölümle ilgili araştırma ve değerlendirme çalışmaları başlamıştır.

Türkiye Mühendislik Haberleri dergisinin 2006 yılında 444 ve 445. sayılarında Prof. Dr. Haluk SUCUOĞLU tarafından TDY07 yönetmeliği 7. bölüm hakkında bir makale kaleme alınmıştır. Bu makalede, 2007 yılında yayınlanarak yürürlüğe girecek olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, özellikle mevcut binaları değerlendirme ve güçlendirme konusunda getirdiği performans yaklaşımı ile ülkemizde deprem mühendisliği uygulamalarında önemli bir açılım yapacağı belirtilmiştir. Makalede, gelecek yıllarda inşaat mühendisliği eğitimi ve deprem mühendisliği araştırmaları üzerinde yönetmeliğin 7. bölümünün önemli etkisi olacağı ancak yeni yönetmelikle uygulama yaşamımıza giren performans esaslı deprem mühendisliğinin anlaşılmasının ve yerleşmesinin zaman alacağı belirtilmiştir[8].

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsünde 2007 yılında kabul edilen 'Planda Düzensiz Çok Katlı Bir Betonarme Yapının Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Ve Mod Birleştirme Yöntemine Göre Tasarımı' isimli yüksek lisans tezi hazırlanmıştır. Turgay AKÇA tarafından hazırlanan bu çalışmada, planda ve düşeyde düzensiz yapılar ve bu düzensiz yapıların deprem yönetmeliklerine göre incelenmesi yapılmıştır[9].

KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsünde 2008 yılında kabul edilen 'Mevcut Deprem Yönetmeliği İle Yürürlükten Kaldırılan Deprem Yönetmeliğinin Karşılaştırılması Ve Mevcut Bir Binanın İncelenmesi' isimli yüksek lisans tezi hazırlanmıştır. Arif YANIK tarafından hazırlanan bu çalışmada ABYBHY98 ile TDY07 yönetmelikleri karşılaştırılmış ve TDY07 yönetmeliğine ilave edilen mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi koşulları dikkate alınarak mevcut bir okul binasının incelemesi doğrusal elastik yöntem ile yapılmıştır[10].

SAÜ, Fen Bilimleri Enstitüsünde 2008 yılında kabul edilen 'Mevcut Çok Katlı Yapının Statik İtme (Pushover) Yöntemi İle Analizi' isimli yüksek lisans tezi hazırlanmıştır. Ali BOZAN tarafından hazırlanan bu çalışmada, doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden olan statik-itme (Pushover) analizi anlatılmıştır. Bu yöntem kullanılarak yapıların deprem karşısındaki davranışları değerlendirilmiş, deprem güvenliğinin tahkiki ve deprem güvenliği yetersiz olan yapıların güçlendirilmesi

konuları hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca “Statik İtme Yöntemi” kullanılarak mevcut bir betonarme yapının deprem güvenliği tahkik edilmiştir[11].

İMO Teknik Dergisinin 2009 yılında 4609 ve 4633. sayılarında Prof. Dr. Ali ŞENGÖZ ve Prof. Dr. Haluk SUCUOĞLU tarafından hazırlanan makalede TDY07 yönetmeliğinde yer alan değerlendirme yöntemlerinin aralarındaki farklılıkları irdelemeyi amaçlayan bir araştırma gerçekleştirilmiştir. TDY07 yönetmeliğinde verilen yöntemler kullanılarak iki farklı konut binasının mevcut ve güçlendirilmiş durumlarının karşılıklı değerlendirmesi yapılmıştır[12].

Yapı mühendisliği pratiğinde, yapılan hataların belirlenmesi, sınıflandırılması ve bundan sonraki uygulamalarda önlenmesi gereklidir. Bu şekilde, hiç değilse bizden sonraki kuşakları daha güvenli ve en azından deprem açısından kaygısız bir yaşam düzeyine taşıyacaktır.

Yaşanılan deprem deneyimleri, gözlemler ve hesaplara bakılarak bir değerlendirme yapıldığında depreme dayanıklı yapı tasarımında en büyük sıkıntılarda biri de düzensiz yapılardır. TDY07 yönetmeliğinde ve eski yönetmeliklerde bu düzensizlikleri engelleyici sınırlamalar ve yasaklar belirlenmiştir.

Çoğu zaman mimari kaygıların yanına alan kazanma ve ekonomik kaygılarda eklenerek bu düzensizliklerin oluşması istenmektedir. Zaten ülkemizde büyük bir sıkıntı olan kalifiye işçi bulmak, konstruktif kuralları kendi bildiğine göre uygulama hastalığı ile birleşince hesaplarına uygun yapılmış binalarda bile sıkıntıya sebep olurken bir de bu tür düzensizlikler ortaya çıkmaktadır. Dünyada normal bir şiddete sahip depremler bile ülkemizde büyük acılar yaşatmaktadır.

TDY07 yönetmeliği planda ve geometride düzensizlik oluşması istenmemektedir. Bu düzensizlikler yapıda önemli tasarım hatalarına sebep olmaktadır.

Bu düzensizlikler içerisinde bir yapıda olması istenmeyen ve yapı rijitliği önünde en büyük engellerden birisi olarak kabul edilen düzensizliklerden biriside A1-Burulma düzensizliğidir.

Bu çalışmada TDY07 yönetmeliğinin iki önemli konusunu oluşturan düzensizlikler ve mevcut yapıların değerlendirilmesi arasında bağlantı olup olmadığının kontrol edilerek, hesaplamalar ile ortaya çıkan sonuçların karşılaştırılması düşünülmüştür.

Bu amaçla, değişik akslarında burulma düzensizliği oluşturulan, 1. derece deprem bölgelerinde yapıldığı varsayılan aynı özelliklere sahip 6 ayrı bina modeli oluşturulmuştur.

Bina modellerinde performans hesabının incelenmesi amaçlandığı için yapı elemanlarında oluşabilecek yetersizliklere izin verilmiştir. Bu yetersizlikler; kesit boyutlarının birçok elemanda yetersiz bırakılması, α_s değerinin sağlanmaması, düşey taşıyıcı elemanlara aksel kuvvetin fazla gelmesi, donatılar için maksimum pürsantaj değerlerinin bazı elemanlarda geçilmesi, aks aralıklarının uygulanan yüke ve giriş boyutlarına göre fazla bırakılması, gibi durumlardır.

TDY07 yönetmeliğine uygun yeni yapılan binalar da hesaplar yapılmış ve bu binalar mevcut kabul edilerek performans analizine geçilmiştir. Böylece bina modellerinde tek tip hasar bölgesinin oluşumu engellenmiştir.

Oluşturulan bu modellerin mevcut bir yapı olduğu, beton kalitesinde ve donatı düzeninde projenin uygulandığı dolayısıyla kapsamlı bilgi düzeyi belirlendiği varsayılarak doğrusal elastik yöntemlerden mod birleştirme yöntemi kullanılarak performans analizleri yapıp, sonuçların tespit edilmiştir.

Çıkan sonuçların, TDY07 yönetmeliğinin 7. bölümünün gerekliliği üzerinde inşaat mühendislerine fikir vermesi hedeflenmektedir. Ayrıca, küçük mimari ve statik değişikliklerle yönetmelik maddelerinin uygulanması hem ekonomik hem de emniyetli binalarda insanların yaşayabileceğinin ortaya konulması istenmektedir.

Bilinçaltında oluşan deprem olgusu ve korkusunun standartlara uygun binalarda yıkılacağı inşaat mühendisleri, mimarlar gösterilmek istenmektedir. Elde edilen sonuçlar ışığında burulma düzensizliğinin performans analizine etkilerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2. DÜZENSİZLİKLER

2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğin 2. bölümünde düzensizliklere yer verilmiş ve bu düzensizliklerle alakalı teknik elemanları kısıtlayıcı aşağıda bahsedileceği üzere bazı sınırlamalar getirilmiştir. TDY07 yönetmeliğinin üzerinde durduğu ve tasarımda önemli sınırlamalar getirdiği konulardan birisi olarak da dikkat çeken bir konudur.

Deprem yüklemesine karşı yapı davranışında önemli olumsuzluklardan birisi olarak binada tasarım esnasında oluşturulan düzensizlikler öngörülmektedir. Bu düzensizlikler taşıyıcı sistemin kesit tesirleri üzerindeki etkileri düzenli binalara göre çok daha büyük olmaktadır. Ülkemizin yaşamış olduğu acı deprem deneyimleri ve gözlemleri göstermektedir ki düzensiz yapılar depremlerden daha çok etkilenmektedir.

Yönetmelikler daha çok bu düzensiz durumlardan kaçmayı özendirilmişlerdir. Aksi durumlarda ise bazı özel şartların kontrolü ve yerine getirilmesi istenmiştir. Bilindiği üzere düzensiz yapıların oluşturduğu olumsuzlukları sınırlandırmak için deprem kuvvetleri arttırılmakta, ek dış merkezlik artışı sağlanmakta, ek boyutlama esasları ve kontstriktif kurallar ile dayanım düzeyinin artışı sağlanmaktadır.

Yönetmelikte iki ana başlık altında altı ayrı düzensizlik tarifi yapılmıştır. Ana başlıkları planda ve düşeydeki düzensizlikler olarak adlandırılırlar. Bunlardan A grubunda planda düzensizlik durumları, B grubunda ise düşey doğrultuda düzensizlik durumları olarak tanımlanmıştır. Bu düzensizlik türleri Tablo2.1'de belirtilmiştir.

A-Planda Düzensizlik Durumları

Yönetmeliğin 2. bölümünde 3 tür planda düzensizlik durumundan bahsedilmiştir.

Bunlar;

- A1- Burulma Düzensizliği,
- A2- Döşeme Süreksizlikleri,
- A3- Planda Çıkıntılar Bulunması,

B-Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

Yönetmeliğin 2. bölümünde 3 tür düşey doğrultuda düzensizlik durumundan bahsedilmiştir. Bunlar;

- B1- Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat),
- B2- Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat),
- B3- Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği,

Bu düzensizliklerin dışında binanın taşıyıcı sistemini oluştururken bazı dikkat edilmesi gereken durumlarda kısaca aşağıda belirtilmiştir.

- 1-Güçlü kiriş- Zayıf Kolon Oluşumu,
- 2- Kısa Kolon Oluşumu,
- 3- Saplama Kiriş Oluşumu,
- 4- Konsol Döşemeler,
- 5- Süreksiz Kiriş,
- 6- Kolon Kiriş Birleşim Yerleri,
- 7- Düzensiz Kütle Dağılımı,
- 8- Donatı Konfigürasyonu,
- 9- Rijit Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Dağılımı [5].

Bu düzensizliklerden özellikle A1, B1, B2 türü düzensizliklerden olabildiğince kaçınılmalıdır. Ayrıca A1 ve B2 türü düzensizlikler deprem hesap yönteminin seçiminde etken olan düzensizliklerdir. Ve uygulanması hiç istenmeyen düzensizlik türleri olarak bilinirler [3].

2.1. Planda Düzensizlik Durumu

A1, A2, A3 türü düzensizliklerden aşağıda kısaca bahsedilmiş ve A1 türü düzensizlik 3. bölümde daha geniş bir şekilde açıklanmıştır.

2.1.1. A1- Burulma düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumu olarak ifade edilir. Detaylı açıklama 3. bölümde yapılmıştır.

2.1.2. A2- Döşeme süreksizlikleri

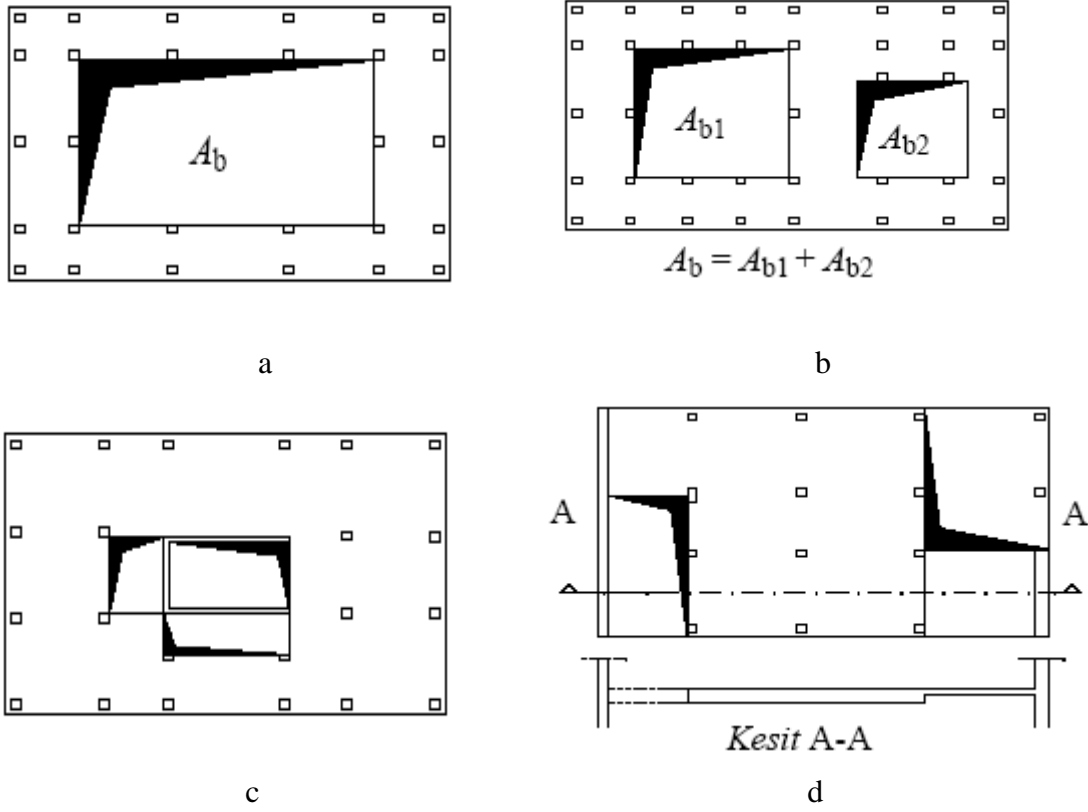
Döşeme süreksizliği, TDY07'de üç ayrı durum olarak tanımlanmış ve bunlara belli sınırlara kadar izin verilmiştir.

Herhangi bir kattaki döşemede;

- a. Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanlarının toplamının kat brüt alanının 1/3 'ünden fazla olması (Şekil 2.1-a,b),
- b. Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması (Şekil 2.1-c,d),
- c. Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması(Şekil 2.1-d), durumu olarak tanımlanmıştır [3].

A2 türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda, 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde, deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiğinin hesapla doğrulanması gerekmektedir[4]. Döşemeler, her katta düşey yük taşıyıcıları (kiriş, kolon, perde) birbirlerine bağlamakla birlikte, katlara etkiyen deprem yüklerinin aktarılmasını da sağlamaktadırlar.

Döşeme plağında boşluk sebebiyle süreksizlik oluşması kaçınılmaz bir durumdur. Ancak, bu boşluklar ayarlanmalı ve en uygun yerlere yerleştirilmeli ve oluşan süreksizliğin etkileri minimize edilmelidir.

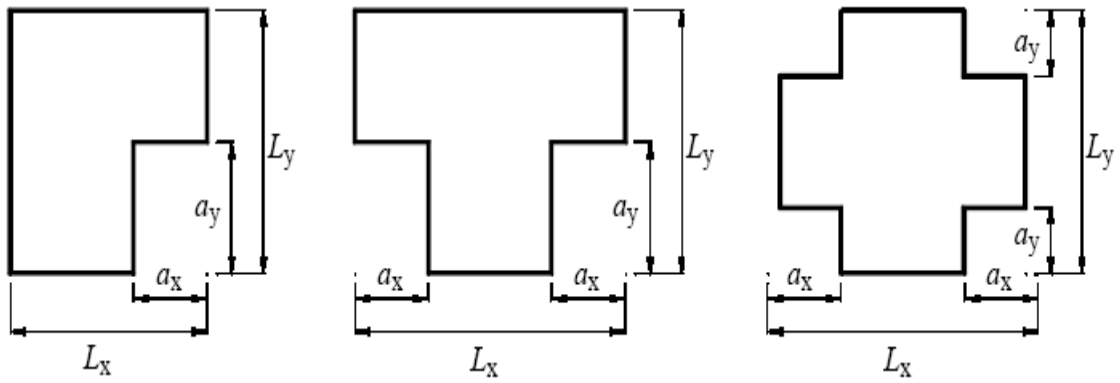


Şekil 2.1. A2 Düzensizliği[3]

2.1.3. A3- Planda çıkıntılar bulunması

A3 türü düzensizlikler A2 türü düzensizlikler gibi 1. ve 2. deprem bölgelerinde deprem kuvvetlerinin düşey taşıyıcı elemanlarla güvenle aktarılabilirdiğinin hesapla doğrulanması gerekir[3].

Döşemelerin değişik şekillerde (L, T, H, U gibi) tasarlanması durumunda kat planında oluşturulan çıkıntı uzunluğunun aynı doğrultudaki toplam bina uzunluğuna oranının %20 sınırını geçmemesi gerekmektedir[3].



Şekil 2.2. A3 Düzensizliği[3]

2.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumu

Mimari ve ticari kaygılarla genelde ilk katların yüksek ve de dayanımı ve rijitliği azaltacak şekilde vitrinleştirilmesi ve bu durumun yapı tasarımı esnasında gözden kaçırılması veya ne yazık ki umursanmaması ile deprem hesabında gerekli düzeltmeler yapılmamaktadır. Sonuçta da 1999 yılında yaşadığımız felaketlerde olduğu gibi giriş katlar gerekli dayanımı gösterememekte ve sonuç ne yazık ki bazen tam bir felakete dönüşmektedir.

2.2.1. B1 – Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)

Her iki deprem yönünden birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranının $\eta_{ci} < 0.8$ olması durumu. Dayanım düzensizliği katsayısının (η_{ci}) Denk.2.1. ile hesaplanması ile katlar arasından deprem kuvvetlerinden kaynaklanan etkili kat kesme alanlarının oransal olarak sınırlandırılması ve bu sayede birbirini takip eden katlar arasında zayıf kat oluşumunun engellenmesi amaçlanmıştır.

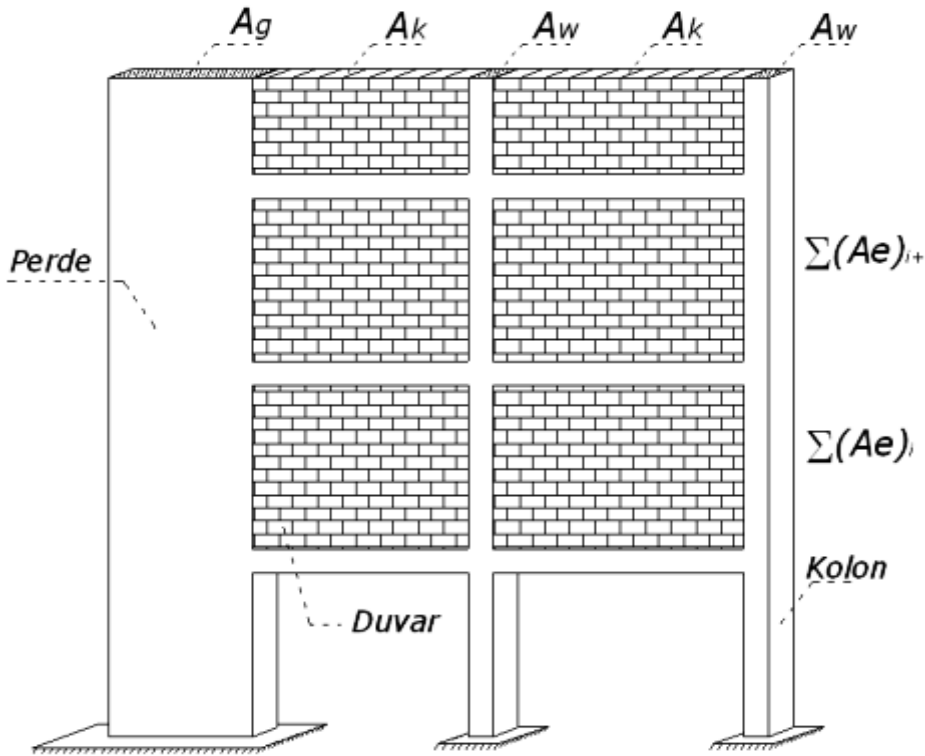
TDY07 yönetmeliğinde de basit bir hesap yöntemi ile açıklanan konu ihmal edilmemelidir. $\eta_{ci} > 0.8$ durumunda dayanım açısından herhangi bir sıkıntı olmadığını göstermektedir. Aksi durumda ise $\eta_{ci} > 0.6$ şartı kesinlikle yerine getirilmelidir. Aksi durumda, zayıf katın dayanım ve rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanmalıdır Etkili kat kesme alanlarının hesabında, herhangi bir katta bulunan toplam dolgu duvar alanları, bir üst katta bulunan toplam dolgu duvar

alanlarından fazla ise η_{ci} hesabında dolgu duvar alanları göz önüne alınmayacaktır[3]. $0.6 < (\eta_{ci})_{min} < 0.8$ durumunda yönetmelikte belirtilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) $1.25(\eta_{ci})_{min}$ kadar artırılarak her iki yönde de deprem hesabı tekrarlanır[3].

$$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80 \quad (2.1)$$

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k \quad (2.2)$$

Dolgu duvarlar ise hesaplarda sabit yük olarak alınır, ancak yatay yük taşımadığı kabul edilmektedir. Gerçekte çerçeve boşluklarını dolduran dolgu duvarlar, yatay deprem yükü altında şekil değiştiren çerçeve reaksiyonlarına uygun olarak deprem yükünün taşınmasına katkıda bulunmaktadır. Buna karşılık deprem yükü etkisinde oluşan eğik asal çekme ve eğik asal basınç kuvvetlerine karşı dolgu duvarların dayanımı yüksek değildir. Bu yüzden B1-komşu katlar arası dayanım düzensizliği kontrolünde, dolgu duvarların etkili kesme alanının %15'i hesaba katılmaktadır. (Denk.2.2)



Şekil 2.3. B1 Düzensizliği[3]

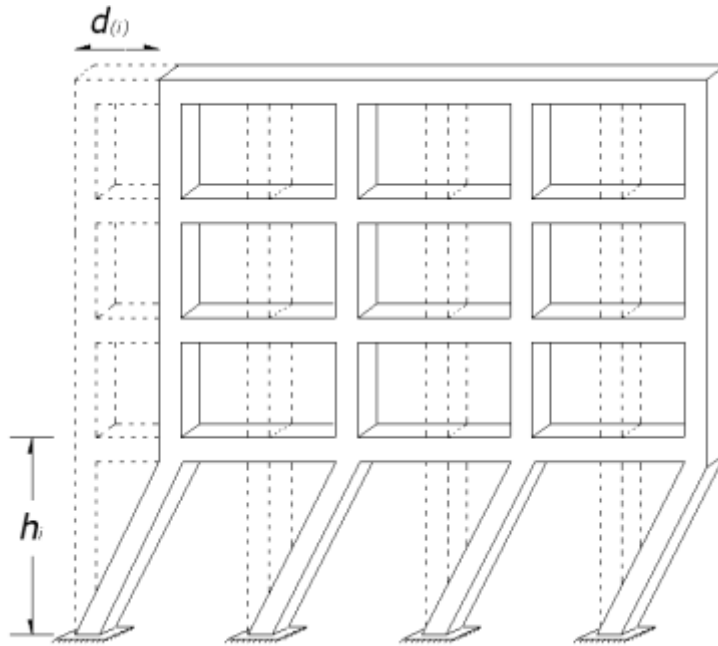
2.2.2. B2 – Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumu (Denk.2.3).

Görelî kat ötelemelerinin hesabı, \pm %5 ek dışmerkezlilik etkileri de göz önüne alınarak yapılacaktır.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0 \quad (2.3)$$

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0 \quad (2.4)$$



Şekil 2.4. B2 Düzensizliği[4]

2.2.3. B3 – Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

Deprem etkilerinin karşılanması, taşıyıcı sistemde, düzgün çerçeve sisteminin sağlanması, kolon ve perdelerden oluşan taşıyıcı elemanların bina yüksekliği boyunca sürekli devam etmesi, yapının davranışını önemli ölçüde etkiler. Bunlardaki süreksizlikler bina da çerçeve oluşmasını önler. Depremin düşey bileşeninin

yataydan daha küçük olması ve taşıyıcı sistemin boyutlandırılmasında düşey yüklerin etkili olması nedeniyle, depremin düşey bileşeni göz önüne alınmaz. Ancak düşey taşıyıcı elemanların süreksiz olması durumunda; depremin düşey bileşeni nedeniyle bu elemanlarda oluşan normal kuvvetler kirişlerde önemli eğilme etkileri meydana getirir. Ayrıca kolon ve perdelerdeki süreksizlikler mesnetlendikleri kirişlerde önemli yer değiştirmelere sebep olur. Bütün bu nedenlerle sistemde, düşey eleman süreksizliklerini oluşturmamak en uygun yoldur.

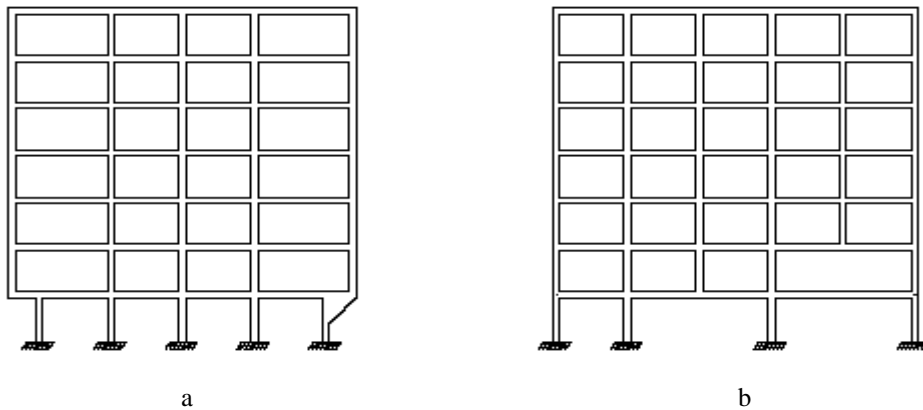
Taşıyıcı sistemin sağlıklı bir şekilde çalışabilmesi için bu madde bütün deprem bölgelerinde uygulanmak zorundadır (Şekil 2.3.a-b-c-d).

(a) Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

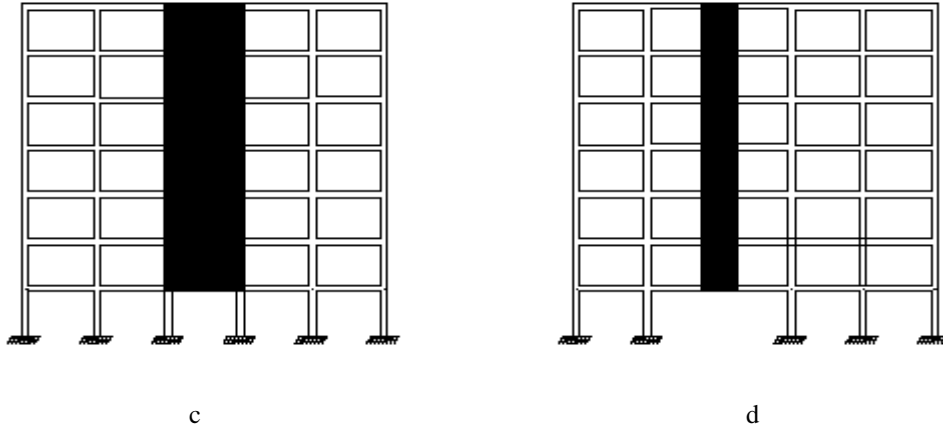
(b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri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

(c) Üst katlardaki 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.



Şekil 2.5. B3 Düzensizliği[3]



Şekil 2.5. Devam

Tablo2.1. Düzensizlik Tarifleri ve Yönetmelik Maddeleri[3]

A – PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Yönetmelik Maddeleri
<p>A1 – Burulma Düzensizliği : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumu. $[\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2]$ Görelî kat ötelemelerinin hesabı, \pm %5 ek dışmerkezlik etkileri de göz önüne alınarak yapılacaktır.</p>	2.3.2.1
<p>A2 – Döşeme Süreksizlikleri : Herhangi bir kattaki döşemede; I – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu</p>	2.3.2.2
<p>A3 – Planda Çıkıntılar Bulunması : Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu</p>	2.3.2.2

Tablo2.1. Devam

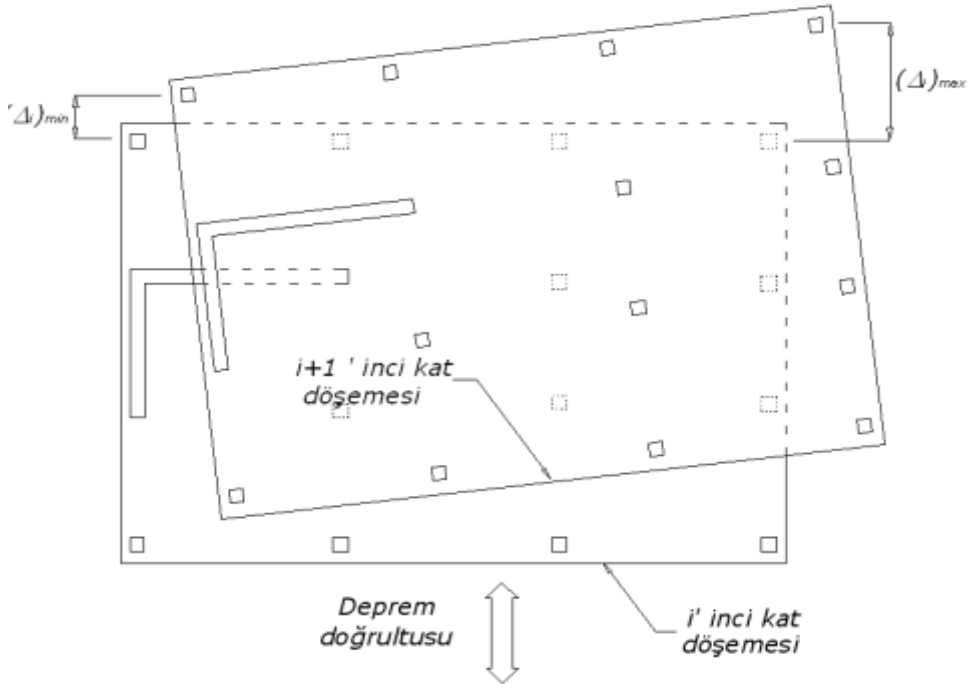
B – DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Yönetmelik Maddeleri
<p>B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) : Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanı'nın, bir üst kattaki etkili kesme alanı'na oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci}'nin 0.80'den küçük olması durumu. $[\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80]$ Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı: $\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k$</p>	2.3.2.3
<p>B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumu. $[\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0]$ Görelî kat ötelemelerinin hesabı, \pm %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak yapılacaktır.</p>	2.3.2.1
<p>B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği : Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu</p>	2.3.2.4

BÖLÜM 3. A1- BURULMA DÜZENSİZLİĞİ

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görel kat ötelenmesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görel ötelemeye oranını ifade eder(Denk.3.1). (Şekil 3.1) Burulma düzensizliği katsayısının (η_{bi}) 1.2'den büyük olması durumu olarak tanımlanmıştır [3].

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2 \quad (3.1)$$

$$(\Delta_i)_{\text{ort}} = 1/2 [(\Delta_i)_{\max} + (\Delta_i)_{\min}] \quad (3.2)$$



Şekil 3.1. A1 Düzensizliği[3]

Denk.3.1 şartının sağlanması, yapıda burulma düzensizliğinin olduğu göstergesidir. Daha önce yapılan çalışmalarında burulma düzensizliğinin oluşmasında etki bazı faktörler tespit edilmiştir.

Bunlar;

- 1- Yapının plan geometrisi,
- 2- Perdelerde paralel aksların sayısı,
- 3- Perdelerin plandaki konumu,
- 4- Kat adedi,

olarak ifade edilebilir[4].

Burulma düzensizliği, kat kütle merkezi ile kat rijitlik merkezinin birbirlerine olan mesafesi ile doğru orantılı bir değişim göstermektedir. Dolayısıyla bu tür düzensizlikler oluşmaması için tasarım esnasında kat kütle merkezi ile rijitlik merkezi mümkün mertebe çakıştırılmaya çalışılmalıdır. Buda taşıyıcı sistemin olabildiğince simetrik oluşturulmasını ve yapının burulma rijitliğini artıracak şekilde tasarlanmasını gerekli kılmaktadır.

3.1. Geometrinin Etkisi

Burulmaya en fazla etki eden faktörlerin başında çok tabii ki yapı plan geometrisi gelmektedir. 1 Mayıs 2003 Bingöl depremi değerlendirme raporunda bu durum özellikle Çeltiksuyu YİBO'nun yıkılması ile ilgili bölümde açıkça ifade edilmiştir. Raporunda, binanın ilk katının 50 cm kadar doğuya doğru kaydığı ancak diğer katların güneybatı yönünde dönerek bir alt kata göre sırası ile 110, 130, 160 cm kadar ötelenerek batı yönünde yıkıldığı belirtilmiştir[7,13].

Burulma düzensizliği, gerekli hesaplamalar yapıp tedbirler alınmadıysa deprem etkisi altında binalara ağır hasarlar vermektedir ve maalesef çoğu zaman telafisi mümkün olmayan acılara sebep olmaktadır.

3.2. Ek Dış Merkezlik

Kat döşemesi ağırlığı, kolonların ağırlığı, kirişlerin ağırlığı, bölme duvarların ve diğer sabit yüklerin yanı sıra kat içinde düzgün yayılı yük kabul edilen hareketli yük ve diğer yükler dikkate alınarak x ve y yönlerine göre sistemin ağırlık merkezi hesaplanır. Bu merkez kütle merkezi olarak adlandırılır. Deprem kuvvetlerinin bu

merkezden geçen birbirine dik iki eksen doğrultusunda etkidikleri kabul edilmektedir.

Rijitlik merkezi, deprem kuvvetleri altında düşey taşıyıcılarda oluşan kesme kuvvetlerinin bileşkesinin geçtiği noktadır. Deprem yükünün x yönüne paralel etkiği durumda düşey taşıyıcılarda oluşan kesme kuvvetlerinin bileşkesi, deprem yüküne ters yönde x yönü rijitlik aksı oluşturmaktadır. Aynı durum y yönü içinde geçerlidir. İki rijitlik aksının kesim noktası rijitlik merkezi olarak tanımlanır.

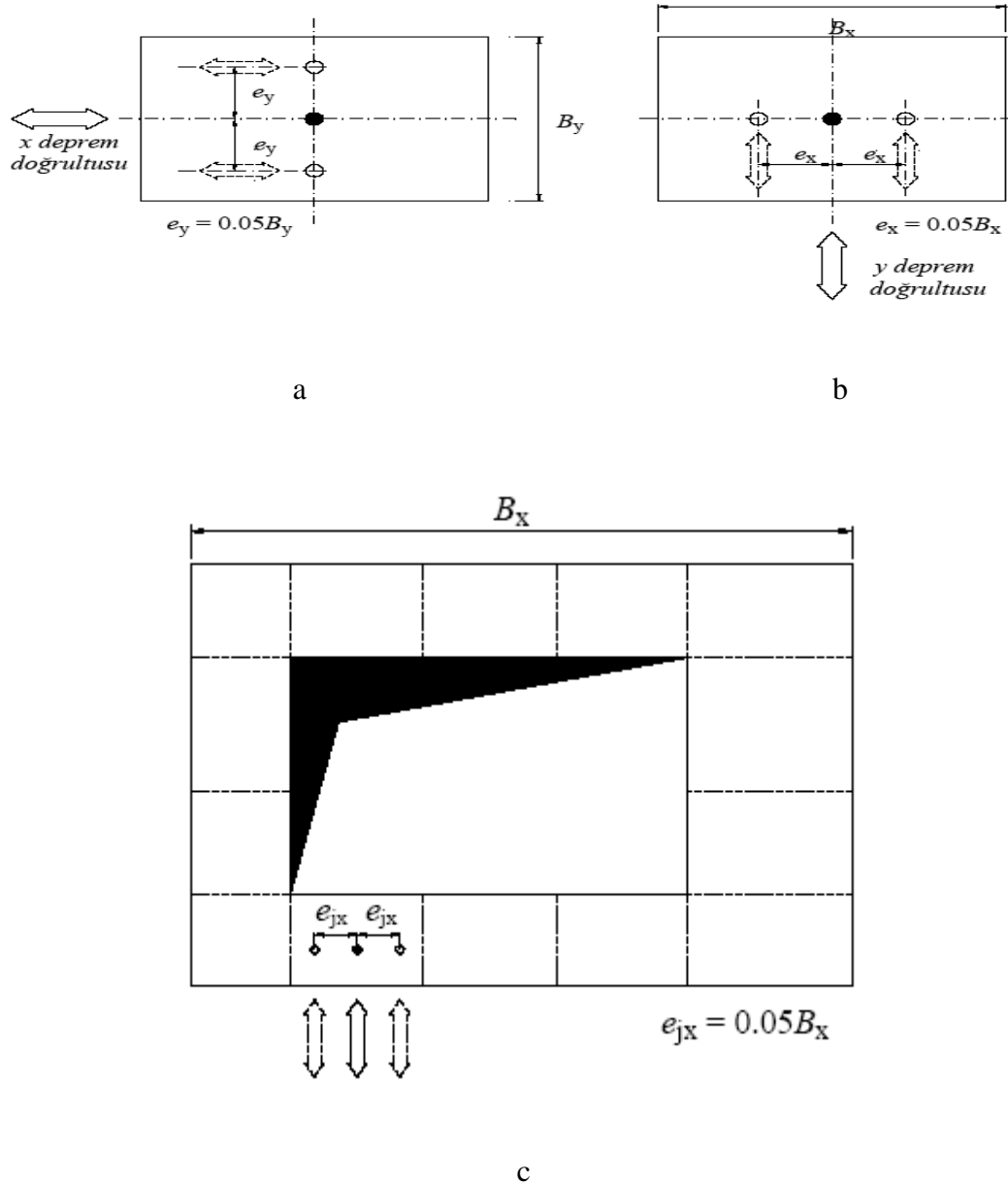
Yönetmelik gereği; kat ötelemelerinin hesabında kat merkezindeki muhtemel değişiklikleri de göz önüne alarak, deprem kuvvetinin etkiği doğrultuya dik bina boyunun \pm %5'lik kadar bir dışmerkezlikte bulunduğu kabul edilmiştir (Şekil 3.2 a-b-c).

Özellikle A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerde en az birinin yapıda bulunmasında ve mod birleştirme yöntemine göre toplam deprem yükünün (V_{tB}), eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesaplanan bina toplam deprem yüküne (V_t) oranı β değerinden küçük olması durumunda (Dekl.3.4), yapının mod birleştirme yöntemi ile bulunan tüm iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri Denk.3.5 değeri kadar büyütülür. β değeri yapı düzenli olduğunda 0.9, düzensizlik olduğunda 0.8 değerini alır[3].

$$V_t = \frac{WA}{R_a} \geq 0.10 A_0 I W \quad (3.3)$$

$$\frac{V_{tB}}{V_t} < \beta \quad (3.4)$$

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B \quad (3.5)$$



Şekil.3.2. a-b-c Ek Dış Merkezlik[3]

Yapının herhangi bir katında burulma düzensizliği katsayısı $1.2 < \eta_{bi} < 2.0$ olması durumunda bu katta uygulanan ek dış merkezlik $\pm\%5$ Denk.3.6'da hesaplanan D_i katsayısı kadar artırılarak yeniden deprem hesabı yapılacaktır.

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (3.6)$$

$\pm \%5$ ek dış merkezlikten dolayı yapı tamamen simetrik olsa bile $\eta_{bi} > 1.0$ olacaktır. Yapıda ekstra bir düzensizlik olması durumunda burulma düzensizlik katsayısı daha da artacaktır[3].

Eğer, $\eta_{bi} > 2.0$ durumu oluşursa 1. ve 2. deprem bölgelerinde taşıyıcı sistemin davranışının belirlenmesinde dinamik hesabın yapılması zorunludur[3].

3.3. Örnek Çalışmalar

Burulma düzensizliği yapılarımız için gerekli önlemler alınmadığı sürece büyük sıkıntılara sebep olmaktadır. Bu çalışmada aynı özelliklere sahip ancak ilk modelde hiçbir perde kullanılmamış, diğer beş modelde ise dıştan içe doğru akslara sırası ile perdeler yerleştirilmiş ve burulma düzensizliği değişimleri kontrol edilmiştir.

Hazırlanan bu betonarme eleman modellerinde, taşıyıcı sistemlerinin statik ve dinamik analizi, boyutlandırılması, projelendirilmesi, güçlendirilmesi ve detaylandırılmasında kullanılan komple entegre bir inşaat mühendisliği yazılımı olan İdeStatik v6.01 programı yardımıyla Tablo 3.1 verilen bilgilerle hesapları yapılmış ve sonuçlar kıyaslanarak incelenmiştir.

Tablo 3.1. Yapı Bilgileri

Kat Adedi	4
Yapı Önem Katsayısı	1
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	7 (Süneklik Düzeyi Yüksek)
Deprem Bölgesi	1
Etkin Yer İvme Katsayısı	0.4
Zemin Sınıfı	Z4 ($T_a=0.20$, $T_b=0.90$)
Zemin Emniyet Gerilmesi	20.00 t/m ²
Yatak Katsayısı	2000.00 t/m ³
Beton Sınıfı	C20
Çelik Sınıfı	S420
Yönetmelik	TS500-2000, TDY07
Betonarme Hesap Yöntemi	Taşıma Gücü
Deprem Yüğü Belirleme Yöntemi	Mod Birleştirme Yöntemi (Dinamik)
Temel Analiz Yöntemi	Elastik Zemine Oturan Temeller

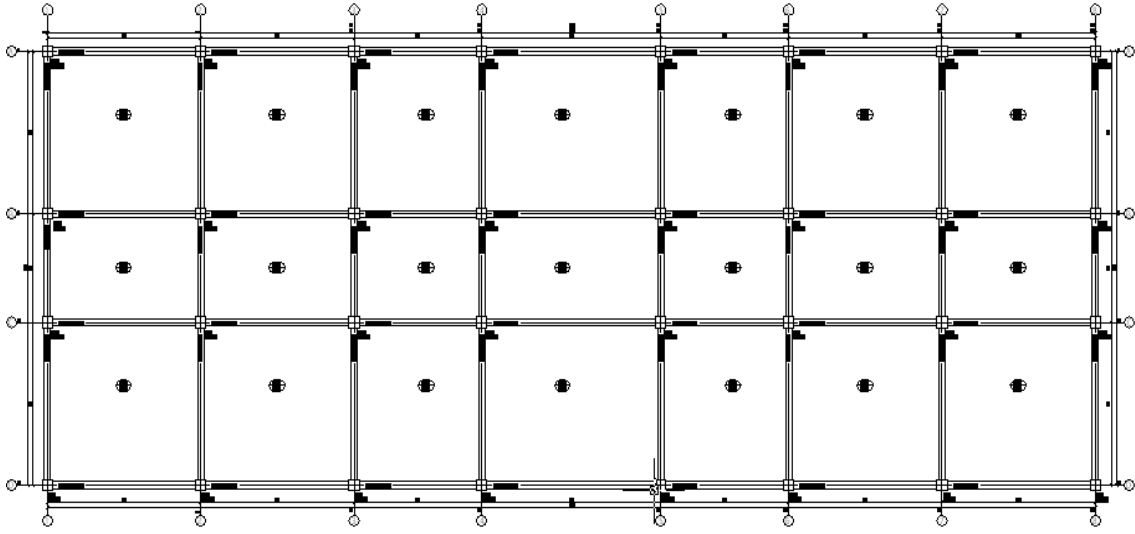
Tablo 3.2. Malzeme Bilgileri

Beton Elastisite Modülü (E_c)	2852397.33	tf/m ²
Kayma Modülü (G)	1188498.89	tf/m ²
Karakteristik Beton Basınç Dayanımı (f_{ck})	200	tf/m ²
Çelik Akma Dayanımı (f_{yk})	4200	tf/m ²
Çelik Elastisite Modülü (E_s)	200000	Mpa

Tablo 3.3. Eleman Bilgileri

Düşey Aks Sayısı	8	Adet
Düşey Aks Aralıkları (Sırası ile)	6, 6, 5, 7, 5, 6, 6 (41)	mt
Yatay Aks Sayısı	4	Adet
Yatay Aks Aralıkları (Sırası ile)	6, 4, 6 (16)	mt
Kat Sayısı / Yüksekliği	4 / 3	Ad./mt
Toplam Kat Yüksekliği	12	mt
Kolon Ebatları	40 x 40	cm
Kiriş Ebatları	25 x 50	cm
Perde Ebatları	430 x 40	cm
Temel Tipi	Sürekli Temel	
Temel Ebatları ($G / Y / A$)	60 / 100 / 40	cm
Plak Kalınlığı	15	cm
Döşeme Yük Bilgisi (g / q)	0.169 + 0.376 / 0.2	t/m ²
Kiriş Yük Bilgisi	0.799 + 0.313	t/m ²

3.3.1. Tip-1 perdesiz sistem



Şekil 3.4. Tip-1 Kalıp Planı



Şekil 3.5. Tip-1 3 Boyutlu Görünüş

Tablo 3.4. Tip-1 Yükleme Bilgileri

Kat	Yükseklik	Boy	En	HYK	G	Q	F_x	F_y
	mt	mt	mt		t	t	t	t
3	3	41.4	16.4	0.3	615.008	119.484	129.484	129.206
2	3	41.4	16.4	0.3	636.866	119.484	100.375	100.159
1	3	41.4	16.4	0.3	636.866	119.484	66.916	66.772
Z	3	41.4	16.4	0.3	646.28	119.484	33.926	33.853

Tablo 3.5. Tip-1 Ağırlık, Rijitlik, Kütle Merkezleri

X_g	Y_g	X_r	Y_r	X_m	Y_m
mt	mt	mt	mt	mt	mt
20.5	8	20.499	8	20.415	7.955
20.5	8	20.499	8	20.42	7.977
20.5	8	20.499	8	20.422	7.984
20.5	8	20.5	8	20.433	7.987

Tablo 3.6. Tip-1 X Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler

X Yönü											
Katlar		5%					-5%				
Kat	h	ex	ey	F_x	F_y	T	ex	ey	F_x	F_y	T
	mt	cm	cm	tf	tf	tfm	cm	cm	tf	tf	tfm
3	3	0	82	129.4845	0	106.1773	0	82	129.4845	0	106.1773
2	3	0	82	100.3746	0	82.3072	0	82	100.3746	0	82.3072
1	3	0	82	66.9164	0	54.8715	0	82	66.9164	0	54.8715
Z	3	0	82	33.9264	0	27.8196	0	82	33.9264	0	27.8196

Tablo 3.7. Tip-1 Y Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler

Y Yönü											
Katlar		5%					-5%				
Kat	h	ex	ey	F_x	F_y	T	ex	ey	F_x	F_y	T
	mt	cm	cm	tf	tf	tfm	cm	cm	tf	tf	tfm
3	3	207	0	0	129.206	267.4563	207	0	0	129.21	267.4563
2	3	207	0	0	100.159	207.3286	207	0	0	100.16	207.3286
1	3	207	0	0	66.7725	138.219	207	0	0	66.773	138.219
Z	3	207	0	0	33.8534	70.0766	207	0	0	33.853	70.0766

Tablo 3.8. Tip-1 X Yönü Burulma Kontrolü

X Yönü										
Katlar		5%				-5%				Kontrol
Kat	h	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\eta_{bi} < 1.2$
	mt	mm	mm	mm		mm	mm	mm		
3	3	3.482	3.258	3.37	1.03	3.482	3.258	3.37	1.03	yok
2	3	6.031	5.646	5.839	1.03	6.031	5.646	5.839	1.03	yok
1	3	7.623	7.137	7.38	1.03	7.623	7.137	7.38	1.03	yok
Z	3	6.187	5.798	5.993	1.03	6.187	5.798	5.993	1.03	yok

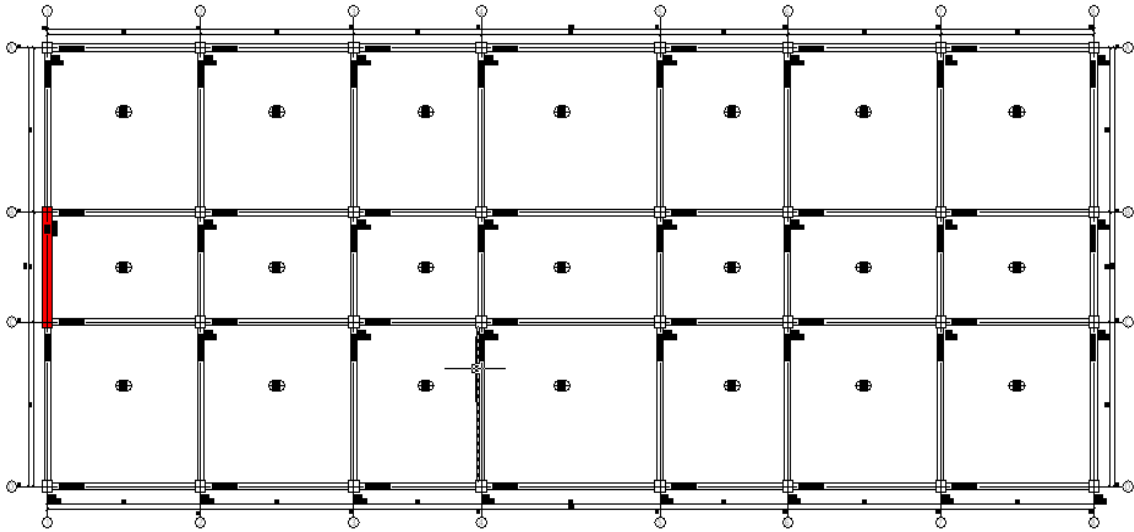
Tablo 3.9. Tip-1 Y Yönü Burulma Kontrolü

Y Yönü										
Katlar		5%				-5%				Kontrol
Kat	h	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\eta_{bi} < 1.2$
	mt	mm	mm	mm		mm	mm	mm		
3	3	4.245	2.818	3.532	1.2	4.239	2.823	3.531	1.2	var
2	3	7.292	4.832	6.062	1.2	7.283	4.84	6.061	1.2	var
1	3	9.813	6.086	7.634	1.2	9.177	6.09	7.634	1.2	var
Z	3	7.352	4.881	6.116	1.2	7.351	4.881	6.116	1.2	var

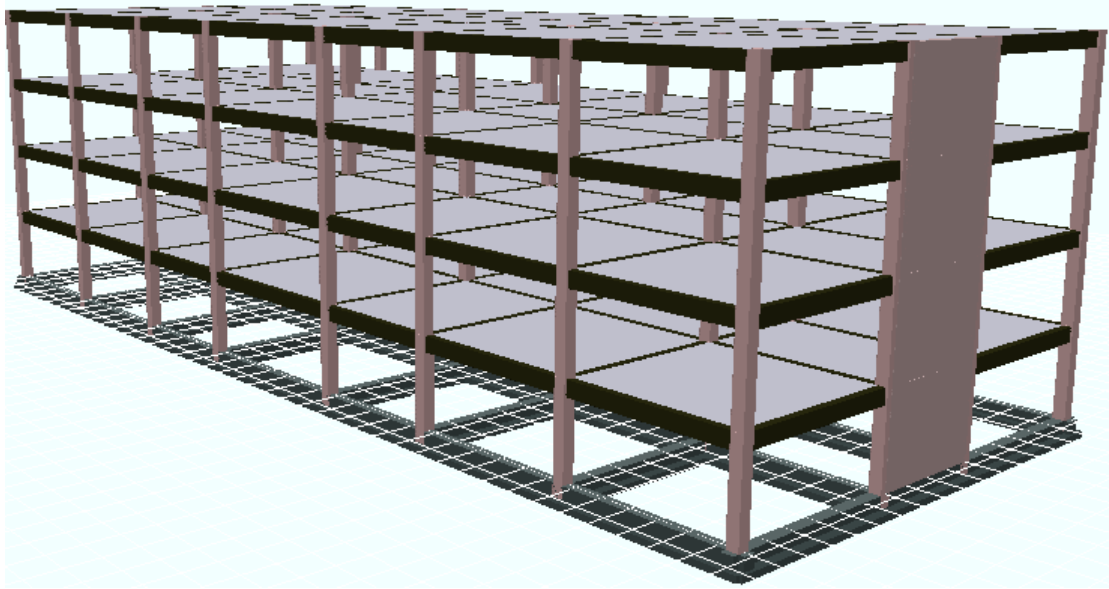
Tablo 3.10. Tip-1 En Olumsuz Burulma Düzensizlik Katsayısı

Katlar	η_{bi}
3	1.2
2	1.2
1	1.2
Z	1.2

3.3.2. Tip-2 1-1 aksı perdeli sistem



Şekil 3.6. Tip-2 Kalıp Planı



Şekil 3.7. Tip-2 3 Boyutlu Görünüş

Tablo 3.11. Tip-2 Yükleme Bilgileri

Kat	Yükseklik	Boy	En	HYK	G	Q	F _x	F _y
	mt	mt	mt		t	t	t	t
3	3	41.4	16.4	0.3	620.058	119.566	129.241	96.584
2	3	41.4	16.4	0.3	642.364	119.566	100.227	74.901
1	3	41.4	16.4	0.3	642.364	119.566	66.818	49.934
Z	3	41.4	16.4	0.3	653.373	119.566	33.951	25.372

Tablo 3.12. Tip-2 Ağırlık, Rijitlik, Kütle Merkezleri

X _g	Y _g	X _r	Y _r	X _m	Y _m
mt	mt	mt	mt	mt	mt
16.098	8	15.975	8	20.119	7.94
16.098	8	15.561	8	20.125	7.961
16.098	8	15.367	8	20.126	7.968
16.098	8	15.286	8	20.128	7.971

Tablo 3.13. Tip-2 X Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler

X Yönü											
Katlar		5%					-5%				
Kat	h	ex	ey	F _x	F _y	T	ex	ey	F _x	F _y	T
	mt	cm	cm	tf	tf	tfm	cm	cm	tf	tf	tfm
3	3	0	82	129.2415	0	105.978	0	82	129.2415	0	105.978
2	3	0	82	100.2273	0	82.1864	0	82	100.2273	0	82.1864
1	3	0	82	66.8182	0	54.7909	0	82	66.8182	0	54.7909
Z	3	0	82	33.9514	0	27.8402	0	82	33.9514	0	27.8402

Tablo 3.14. Tip-2 Y Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler

Y Yönü											
Katlar		5%					-5%				
Kat	h	ex	ey	F _x	F _y	T	ex	ey	F _x	F _y	T
	mt	cm	cm	tf	tf	tfm	cm	cm	tf	tf	tfm
3	3	207	0	0	96.584	199.9289	207	0	0	96.584	199.9289
2	3	207	0	0	74.9013	155.0457	207	0	0	74.9013	155.0457
1	3	207	0	0	49.9342	103.3638	207	0	0	49.9342	103.3638
Z	3	207	0	0	25.3724	52.5208	207	0	0	25.3724	52.5208

Tablo 3.15. Tip-2 X Yönü Burulma Kontrolü

X Yönü										
Katlar		5%				-5%				Kontrol
Kat	h	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\eta_{bi} < 1.2$
	mt	mm	mm	mm		mm	mm	mm		
3	3	3.445	3.31	3.377	1.02	3.445	3.31	3.377	1.02	yok
2	3	5.768	5.58	5.674	1.02	5.768	5.58	5.674	1.02	yok
1	3	7.222	7.012	7.17	1.01	7.222	7.012	7.17	1.01	yok
Z	3	5.463	5.309	5.386	1.01	5.463	5.309	5.386	1.01	yok

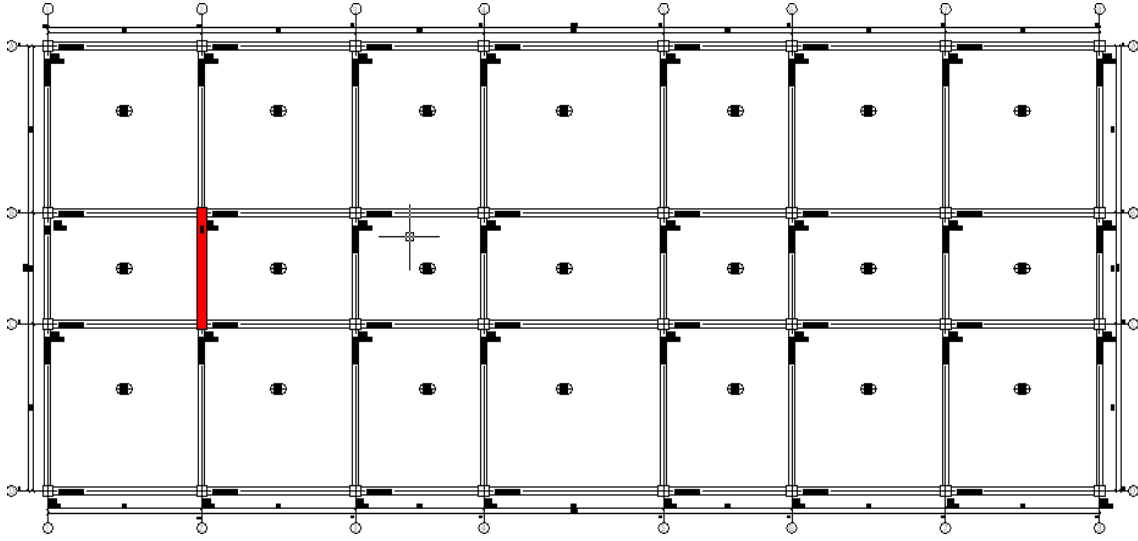
Tablo 3.16. Tip-2 Y Yönü Burulma Kontrolü

Y Yönü										
Katlar		5%				-5%				Kontrol
Kat	h	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\eta_{bi} < 1.2$
	mt	mm	mm	mm		mm	mm	mm		
3	3	2.515	1.207	1.861	1.35	1.721	1.702	1.712	1.01	var
2	3	4.917	1.325	3.121	1.58	3.551	1.747	2.649	1.34	var
1	3	6.454	1.145	3.8	1.7	4.776	1.471	3.123	1.53	var
Z	3	5.299	0.623	2.961	1.79	3.984	0.78	2.382	1.67	var

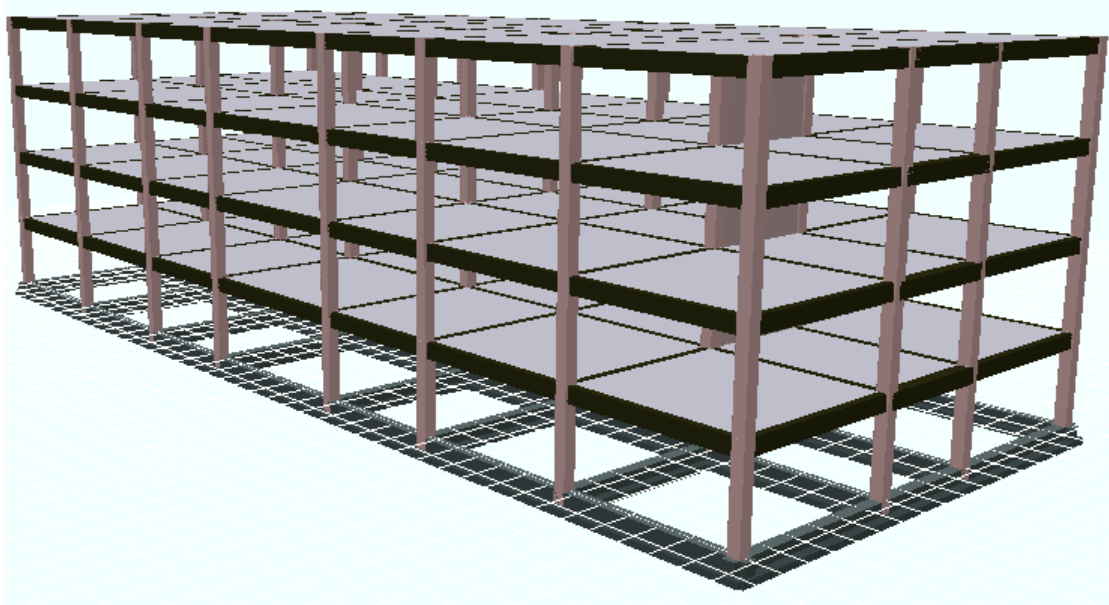
Tablo 3.17. Tip-2 En Olumsuz Burulma Düzensizlik Katsayısı

Katlar	η_{bi}
3	1.35
2	1.58
1	1.70
Z	1.79

3.3.3. Tip-3 2-2 aksı perdeli sistem



Şekil 3.8. Tip-3 Kalıp Planı



Şekil 3.9. Tip-3 3 Boyutlu Görünüş

Tablo 3.18. Tip-3 Yükleme Bilgileri

Kat	Yükseklik mt	Boy mt	En mt	HYK	G t	Q t	F_x t	F_y t
3	3	41.4	16.4	0.3	623.115	119.513	129.985	89.283
2	3	41.4	16.4	0.3	645.415	119.513	100.788	69.228
1	3	41.4	16.4	0.3	645.415	119.513	67.192	46.152
Z	3	41.4	16.4	0.3	655.403	119.517	34.1	23.423

Tablo 3.19. Tip-3 Ağırlık, Rijitlik, Kütle Merkezleri

X_g	Y_g	X_r	Y_r	X_m	Y_m
mt	mt	mt	mt	mt	mt
17.387	8	17.328	8	20.171	7.926
17.387	8	16.822	8	20.174	7.946
17.387	8	16.654	8	20.175	7.953
17.387	8	16.557	8	20.179	7.955

Tablo 3.20. Tip-3 X Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler

X Yönü											
Katlar		5%					-5%				
Kat	h	ex	ey	F_x	F_y	T	ex	ey	F_x	F_y	T
	mt	cm	cm	tf	tf	tfm	cm	cm	tf	tf	tfm
3	3	0	82	129.985	0	106.5877	0	82	129.985	0	106.5877
2	3	0	82	100.7878	0	82.646	0	82	100.7878	0	82.646
1	3	0	82	67.1919	0	55.0973	0	82	67.1919	0	55.0973
Z	3	0	82	34.1004	0	27.9623	0	82	34.1004	0	27.9623

Tablo 3.21. Tip-3 Y Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler

Y Yönü											
Katlar		5%					-5%				
Kat	h	ex	ey	F_x	F_y	T	ex	ey	F_x	F_y	T
	mt	cm	cm	tf	tf	tfm	cm	cm	tf	tf	tfm
3	3	207	0	0	89.2827	184.8151	207	0	0	89.2827	184.8151
2	3	207	0	0	69.228	143.302	207	0	0	69.228	143.302
1	3	207	0	0	46.152	95.5347	207	0	0	46.152	95.5347
Z	3	207	0	0	23.4225	48.4846	207	0	0	23.4225	48.4846

Tablo 3.22. Tip-3 X Yönü Burulma Kontrolü

X Yönü										
Katlar		5%				-5%				Kontrol
Kat	h	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\eta_{bi} < 1.2$
	mt	mm	mm	mm		mm	mm	mm		
3	3	3.352	3.18	3.266	1.03	3.352	3.18	3.266	1.03	yok
2	3	5.662	5.409	5.536	1.02	5.662	5.409	5.536	1.02	yok
1	3	7.081	6.789	6.935	1.02	7.081	6.789	6.935	1.02	yok
Z	3	5.406	5.185	5.295	1.02	5.406	5.185	5.295	1.02	yok

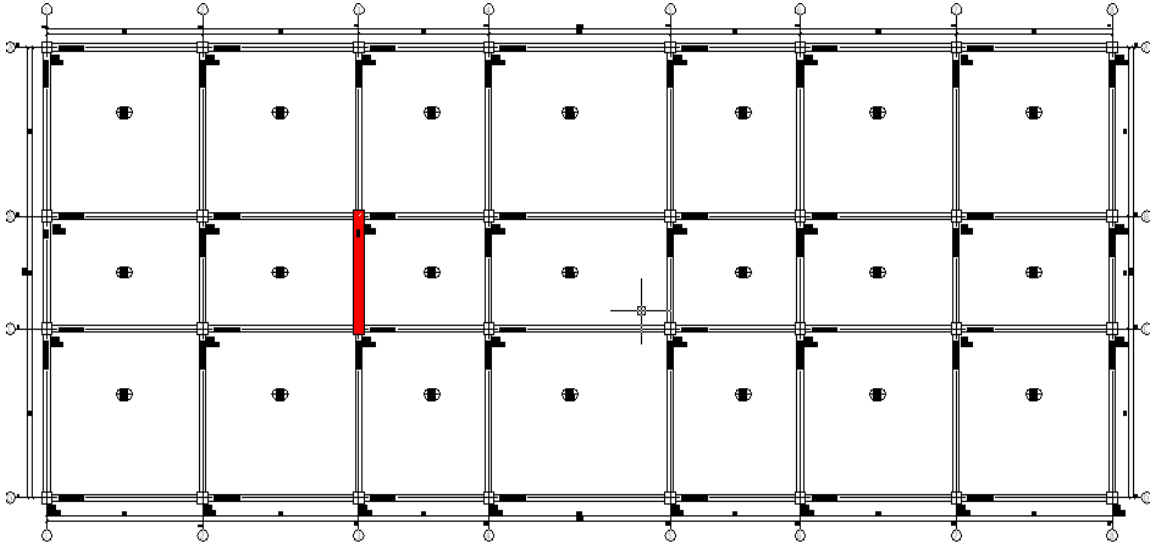
Tablo 3.23. Tip-3 Y Yönü Burulma Kontrolü

Y Yönü										
Katlar		5%				-5%				Kontrol
Kat	h	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\eta_{bi} < 1.2$
	mt	mm	mm	mm		mm	mm	mm		
3	3	2.261	1.085	1.673	1.35	1.762	1.432	1.597	1.1	var
2	3	4.383	0.901	2.642	1.66	2.863	1.59	2.226	1.29	var
1	3	5.72	0.475	3.098	1.85	3.809	1.127	2.468	1.54	var
Z	3	4.678	0.012	2.345	1.99	3.158	0.424	1.791	1.76	var

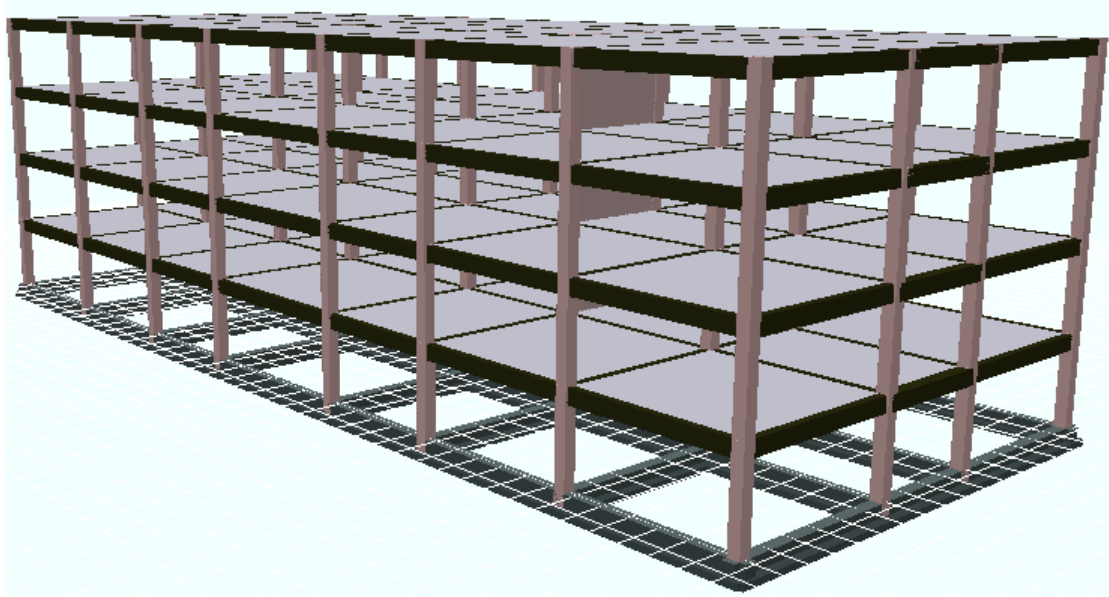
Tablo 3.24. Tip-3 En Olumsuz Burulma Düzensizlik Katsayısı

Katlar	η_{bi}
3	1.35
2	1.66
1	1.85
Z	1.99

3.3.4. Tip-4 3-3 aksı perdeli sistem



Şekil 3.10. Tip-4 Kalıp Planı



Şekil 3.11. Tip-4 3 Boyutlu Görünüş

Tablo 3.25. Tip-4 Yükleme Bilgileri

Kat	Yükseklik	Boy	En	HYP	G	Q	F _x	F _y
	mt	mt	mt		t	t	t	t
3	3	41.4	16.4	0.3	625.453	119.599	130.298	97.906
2	3	41.4	16.4	0.3	646.749	119.513	100.866	75.791
1	3	41.4	16.4	0.3	646.749	119.513	67.244	50.528
Z	3	41.4	16.4	0.3	653.213	119.513	33.94	25.503

Tablo 3.26. Tip-4 Ağırlık, Rijitlik, Kütle Merkezleri

X _g	Y _g	X _r	Y _r	X _m	Y _m
mt	mt	mt	mt	mt	mt
18.515	7.952	18.591	7.959	20.219	7.879
18.675	8	18.17	7.996	20.238	7.952
18.675	8	18.029	7.997	20.244	7.956
18.675	8	17.745	7.998	20.268	7.957

Tablo 3.27. Tip-4 X Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler

X Yönü											
Katlar		5%					-5%				
Kat	h	ex	ey	F _x	F _y	T	ex	ey	F _x	F _y	T
	mt	cm	cm	tf	tf	tfm	cm	cm	tf	tf	tfm
3	3	0	82	130.2976	0	106.844	0	82	130.2976	0	106.844
2	3	0	82	100.8662	0	82.7103	0	82	100.8662	0	82.7103
1	3	0	82	67.2442	0	55.1402	0	82	67.2442	0	55.1402
Z	3	0	82	33.9404	0	27.8312	0	82	33.9404	0	27.8312

Tablo 3.28. Tip-4 Y Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler

Y Yönü											
Katlar		5%					-5%				
Kat	h	ex	ey	F _x	F _y	T	ex	ey	F _x	F _y	T
	mt	cm	cm	tf	tf	tfm	cm	cm	tf	tf	tfm
3	3	207	0	0	97.9062	202.6659	207	0	0	97.9062	202.6659
2	3	207	0	0	75.7914	156.8882	207	0	0	75.7914	156.8882
1	3	207	0	0	50.5276	104.5921	207	0	0	50.5276	104.5921
Z	3	207	0	0	25.503	52.7913	207	0	0	25.503	52.7913

Tablo 3.29. Tip-4 X Yönü Burulma Kontrolü

X Yönü										
Katlar		5%				-5%				Kontrol
Kat	h	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\eta_{bi} < 1.2$
	mt	mm	mm	mm		mm	mm	mm		
3	3	3.423	3.225	3.324	1.03	3.423	3.225	3.324	1.03	yok
2	3	5.711	5.397	5.554	1.03	5.711	5.397	5.554	1.03	yok
1	3	7.149	6.767	6.958	1.03	7.149	6.767	6.958	1.03	yok
Z	3	5.458	5.159	5.308	1.03	5.458	5.159	5.308	1.03	yok

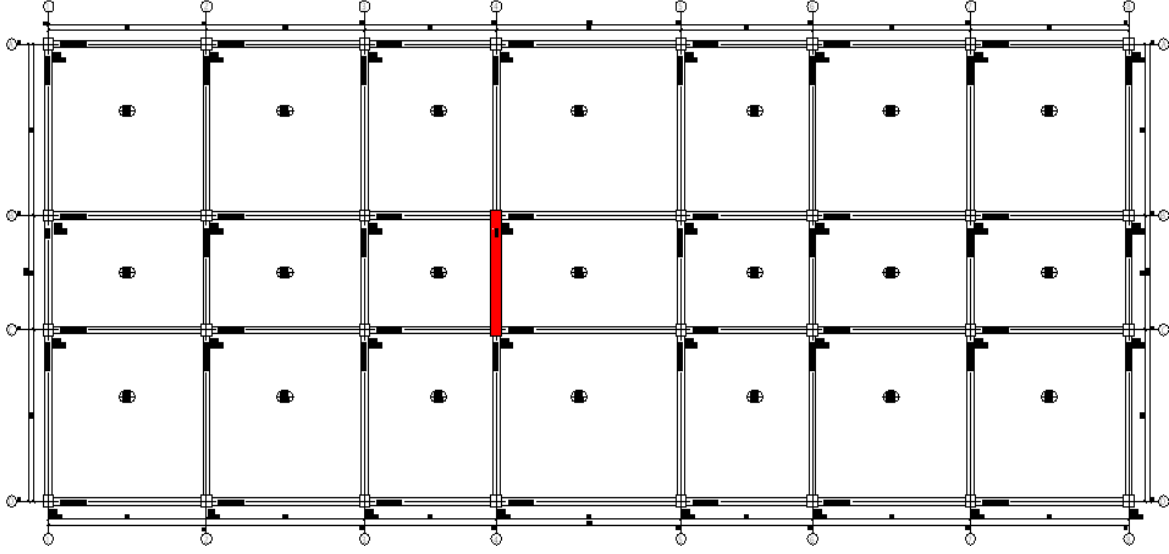
Tablo 3.30. Tip-4 Y Yönü Burulma Kontrolü

Y Yönü										
Katlar		5%				-5%				Kontrol
Kat	h	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\eta_{bi} < 1.2$
	mt	mm	mm	mm		mm	mm	mm		
3	3	2.386	1.272	1.829	1.3	2.277	1.449	1.863	1.22	var
2	3	4.291	0.809	2.55	1.68	2.391	2.006	2.198	1.09	var
1	3	5.358	0.042	2.7	1.98	2.925	1.367	2.146	1.36	var
Z	3	4.307	-0.454	1.926	2.24	2.312	0.482	1.397	1.66	var

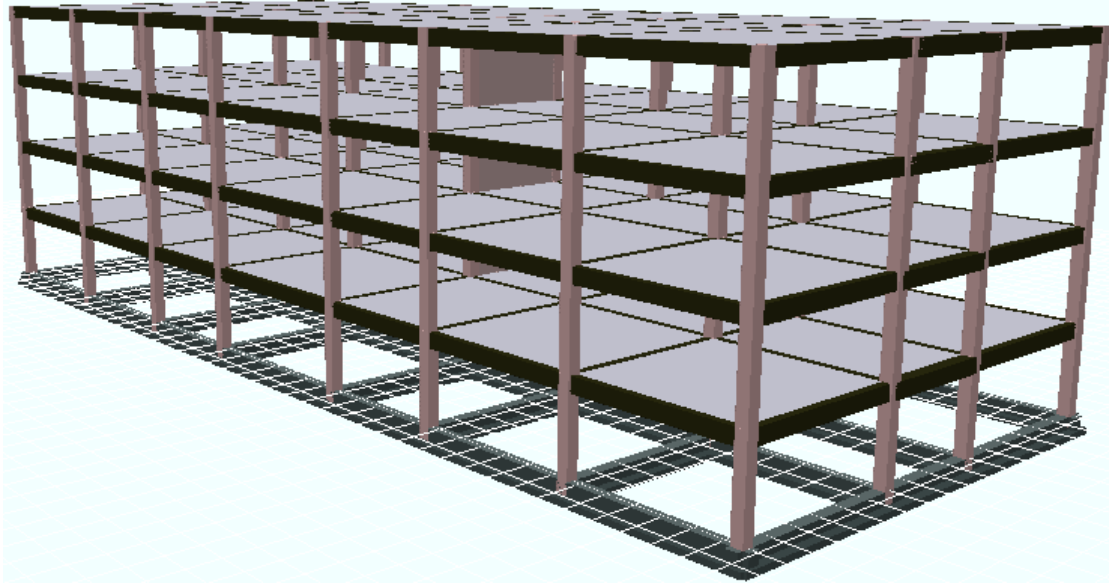
Tablo 3.31. Tip-4 En Olumsuz Burulma Düzensizlik Katsayısı

Katlar	η_{bi}
3	1.3
2	1.68
1	1.98
Z	2.24

3.3.5. Tip-5 4-4 aksı perdeli sistem



Şekil 3.12. Tip-5 Kalıp Planı



Şekil 3.13. Tip-5 3 Boyutlu Görünüş

Tablo 3.32. Tip-5 Yükleme Bilgileri

Kat	Yükseklik	Boy	En	HYK	G	Q	F_x	F_y
	mt	mt	mt		t	t	t	t
3	3	41.4	16.4	0.3	627.251	119.513	130.727	114.784
2	3	41.4	16.4	0.3	650.418	120.163	101.499	89.121
1	3	41.4	16.4	0.3	650.565	120.217	67.682	59.428
Z	3	41.4	16.4	0.3	655.131	120.217	34.066	29.912

Tablo 3.33. Tip-5 Ağırlık, Rijitlik, Kütle Merkezleri

X_g	Y_g	X_r	Y_r	X_m	Y_m
mt	mt	mt	mt	mt	mt
19.748	8	19.796	8	20.311	7.927
19.748	8	19.542	8	20.313	7.946
19.748	8	19.456	8	20.313	7.951
19.748	8	19.403	8	20.333	7.953

Tablo 3.34. Tip-5 X Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler

X Yönü											
Katlar		5%					-5%				
Kat	h	ex	ey	F_x	F_y	T	ex	ey	F_x	F_y	T
	mt	cm	cm	tf	tf	tfm	cm	cm	tf	tf	tfm
3	3	0	82	130.7266	0	107.1958	0	82	130.7266	0	107.1958
2	3	0	82	101.4991	0	83.2293	0	82	101.4991	0	83.2293
1	3	0	82	67.6822	0	55.4994	0	82	67.6822	0	55.4994
Z	3	0	82	34.0661	0	27.9342	0	82	34.0661	0	27.9342

Tablo 3.35. Tip-5 Y Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler

Y Yönü											
Katlar		5%					-5%				
Kat	h	ex	ey	F_x	F_y	T	ex	ey	F_x	F_y	T
	mt	cm	cm	tf	tf	tfm	cm	cm	tf	tf	tfm
3	3	207	0	0	114.7838	237.6025	207	0	0	114.7838	237.6025
2	3	207	0	0	89.1207	184.4799	207	0	0	89.1207	184.4799
1	3	207	0	0	59.428	123.0159	207	0	0	59.428	123.0159
Z	3	207	0	0	29.9116	61.917	207	0	0	29.9116	61.917

Tablo 3.36. Tip-5 X Yönü Burulma Kontrolü

X Yönü										
Katlar		5%				-5%				Kontrol
Kat	h	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\eta_{bi} < 1.2$
	mt	mm	mm	mm		mm	mm	mm		
3	3	3.411	3.192	3.301	1.03	3.411	3.192	3.301	1.03	yok
2	3	5.778	5.407	5.593	1.03	5.778	5.407	5.593	1.03	yok
1	3	7.243	6.778	7.01	1.03	7.243	6.778	7.01	1.03	yok
Z	3	5.529	5.158	5.344	1.03	5.529	5.158	5.344	1.03	yok

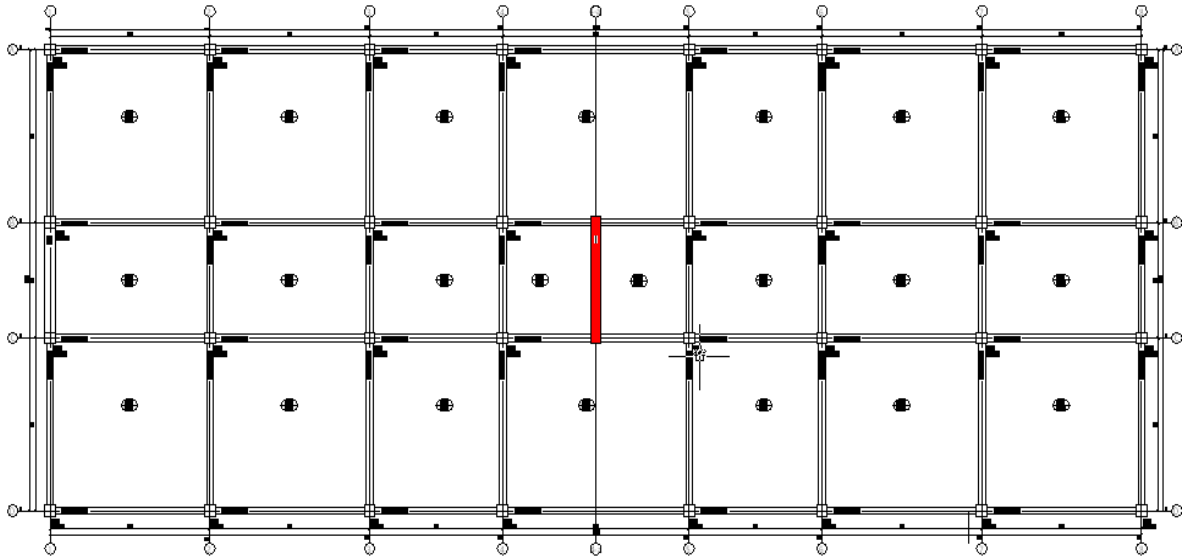
Tablo 3.37. Tip-5 Y Yönü Burulma Kontrolü

Y Yönü										
Katlar		5%				-5%				Kontrol
Kat	h	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\eta_{bi}<1.2$
	mt	mm	mm	mm		mm	mm	mm		
3	3	2.992	1.753	2.372	1.26	3.019	1.805	2.412	1.25	var
2	3	4.271	1.102	2.686	1.59	2.995	2.006	2.5	1.2	var
1	3	4.821	0.205	2.513	1.92	2.48	1.891	2.185	1.13	var
Z	3	3.546	-0.489	1.528	2.32	1.28	1.165	1.223	1.05	var

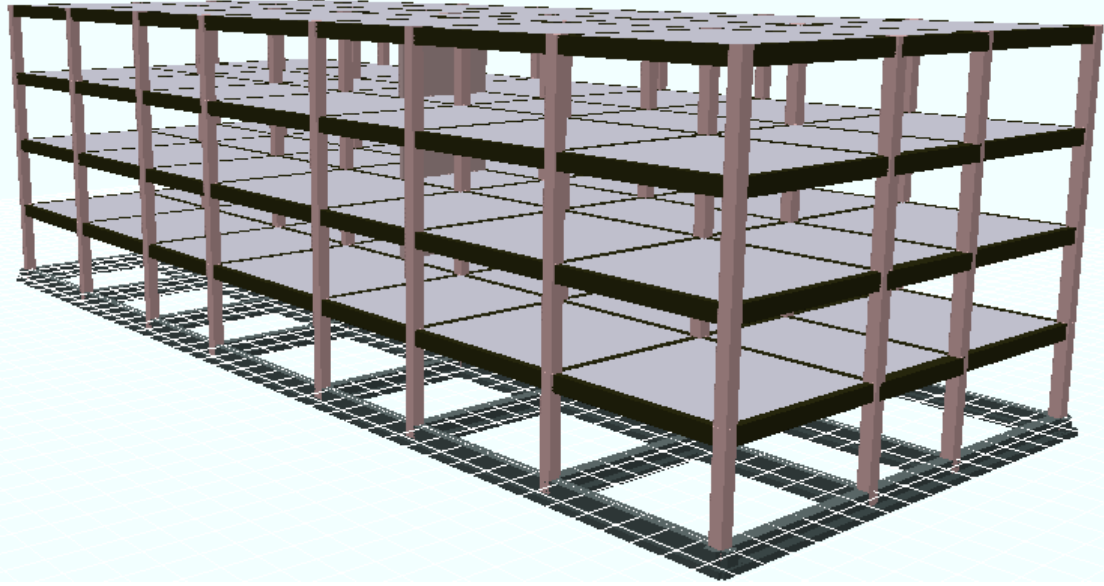
Tablo 3.38. Tip-5 En Olumsuz Burulma Düzensizlik Katsayısı

Katlar	η_{bi}
3	1.26
2	1.59
1	1.92
Z	2.32

3.3.6. Tip-6 yapı X yönünde ortadan perdeli sistem



Şekil 3.14. Tip-6 Kalıp Planı



Şekil 3.15. Tip-6 3 Boyutlu Görünüş

Tablo 3.39. Tip-6 Yükleme Bilgileri

Kat	Yükseklik	Boy	En	HVK	G	Q	F _x	F _y
	mt	mt	mt		t	t	t	t
3	3	41.4	16.4	0.3	637.633	119.564	131.925	121.356
2	3	41.4	16.4	0.3	650.443	119.51	100.824	92.746
1	3	41.4	16.4	0.3	650.591	119.564	67.232	61.843
Z	3	41.4	16.4	0.3	655.032	119.564	33.833	31.123

Tablo 3.40. Tip-6 Ağırlık, Rijitlik, Kütle Merkezleri

X _g	Y _g	X _r	Y _r	X _m	Y _m
mt	mt	mt	mt	mt	mt
20.5	8	20.502	8	20.455	7.955
20.5	8	20.501	8	20.422	7.976
20.5	8	20.5	8	20.412	7.982
20.5	8	20.5	8	20.427	7.985

Tablo 3.41. Tip-6 X Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler

X Yönü											
Katlar		5%					-5%				
Kat	h	ex	ey	F _x	F _y	T	ex	ey	F _x	F _y	T
	mt	cm	cm	tf	tf	tfm	cm	cm	tf	tf	tfm
3	3	0	82	131.9253	0	108.1787	0	82	131.9253	0	108.1787
2	3	0	82	100.8236	0	82.6754	0	82	100.8236	0	82.6754
1	3	0	82	67.213	0	55.13	0	82	67.213	0	55.13
Z	3	0	82	33.8334	0	27.7434	0	82	33.8334	0	27.7434

Tablo 3.42. Tip-6 Y Yönü Katlara Etkiyen Yatay Yükler

Y Yönü											
Katlar		5%					-5%				
Kat	h	ex	ey	F _x	F _y	T	ex	ey	F _x	F _y	T
	mt	cm	cm	tf	tf	tfm	cm	cm	tf	tf	tfm
3	3	207	0	0	121.356	251.2069	207	0	0	121.356	251.2069
2	3	207	0	0	92.7461	191.9844	207	0	0	92.7461	191.9844
1	3	207	0	0	61.8454	128.02	207	0	0	61.8454	128.02
Z	3	207	0	0	31.1228	64.4242	207	0	0	31.1228	64.4242

Tablo 3.43. Tip-6 X Yönü Burulma Kontrolü

X Yönü										
Katlar		5%				-5%				Kontrol
Kat	h	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\eta_{bi} < 1.2$
	mt	mm	mm	mm		mm	mm	mm		
3	3	3.663	3.44	3.552	1.03	3.663	3.44	3.552	1.03	yok
2	3	6.031	5.649	5.84	1.03	6.031	5.649	5.84	1.03	yok
1	3	7.54	7.057	7.298	1.03	7.54	7.057	7.298	1.03	yok
Z	3	5.607	5.22	5.414	1.04	5.607	5.22	5.414	1.04	yok

Tablo 3.44. Tip-6 Y Yönü Burulma Kontrolü

Y Yönü										
Katlar		5%				-5%				Kontrol
Kat	h	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\Delta_{i(maks)}$	$\Delta_{i(min)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\eta_{bi} < 1.2$
	mt	mm	mm	mm		mm	mm	mm		
3	3	3.248	1.948	2.598	1.25	3.255	1.943	2.599	1.25	var
2	3	3.802	1.563	2.683	1.42	3.808	1.559	2.683	1.42	var
1	3	3.735	0.91	2.322	1.61	3.737	0.908	2.323	1.61	var
Z	3	2.412	0.148	1.28	1.88	2.413	0.147	1.28	1.89	var

Tablo 3.45. Tip-6 En Olumsuz Burulma Düzensizlik Katsayısı

Katlar	η_{bi}
3	1.25
2	1.42
1	1.61
Z	1.89

3.4. Düzensizlik Değerlendirmesi

Altı yapı modelinin üzerinde yapılan hesaplamalar sonucunda burulma düzensizlik katsayıları (η_{bi}) tespit edilmiştir.

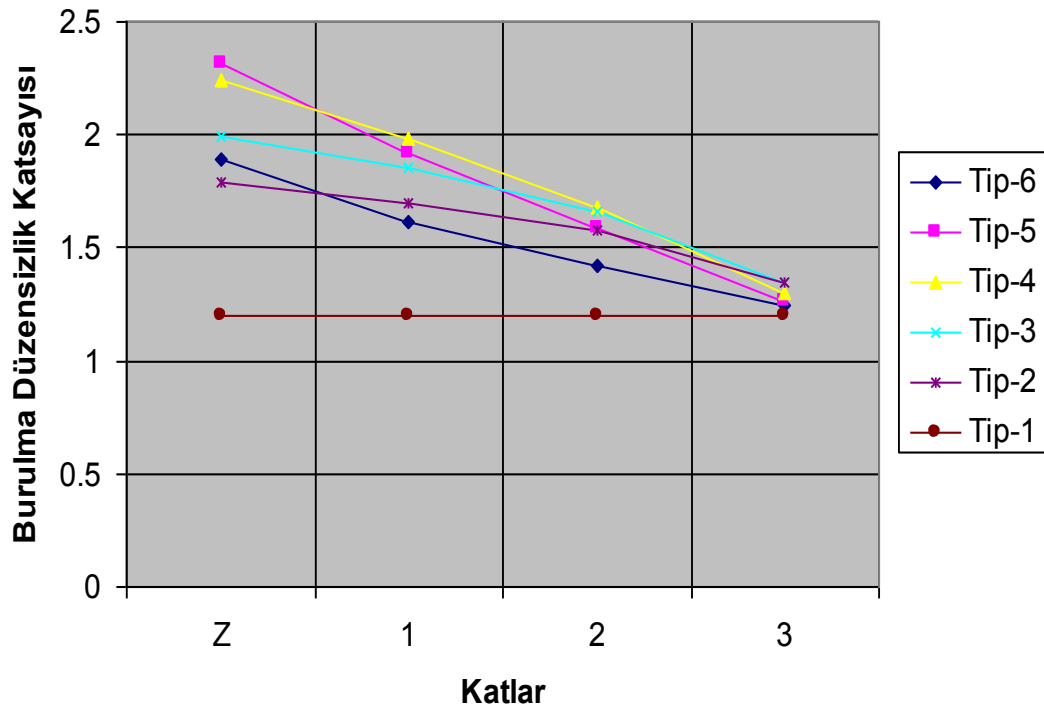
Yapıların plan geometrilerine bakıldığında X yönünde burulma beklenmemektedir. Yapılan hesaplarda bunu doğrulamaktadır. X yönünde burulma oluşmadığı kabul edilmektedir.

Burulmanın oluşacağı tahmin edilen Y yönünde ise Tip-6 haricinde bütün modellerde +%5 eksantristeye göre yapılan hesaplarda en olumsuz sonuç ortaya çıkmaktadır. Tip-6 modelinde ise sadece zemin katta en olumsuz burulma düzensizlik katsayısı -%5 eksantristeye göre yapılan hesaplarda tespit edilmiştir.

En olumsuz η_{bi} durumları arasında yapılan karşılaştırmada bulunan sonuçlar Şekil.3.16'da sunulmuştur. Şekilden anlaşıldığı üzere perdenin yerleştirildiği aks ağırlık merkezine yaklaştıkça burulma düzensizlik katsayısı artmaktadır. Tam ağırlık merkezine perde yerleştirildiğinde ise tam aksine bir düşüş yaşanmakta ve 2.0 sınır değerinin altına gerilemektedir.

Burulma en fazla zemin katta oluşmakta ve zemin kattan üst katlara doğru çıkıldıkça burulma düzensizlik katsayı değerinin azaldığı görülmektedir.

Tip-1 modelinde her iki yönde, diğer modellerde ise X yönünde tamamen simetrik yapılarda η_{bi} sabit kalmakta ve 1.2 sınır değerini aşmadığı görülmüştür.



Şekil 3.16. Modellerin η_{bi} Karşılaştırılması

BÖLÜM 4. TDY07'YE GÖRE BETONARME BİNALARIN PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. Giriş

Bir yapının performansı kullanılan tasarım depremi için izin verilen hasar miktarı olarak tanımlanır. Ülkemizdeki yapı stoku, yapım esnasında yapılan imalat hataları, yapıların projelerindeki kullanım alanlarının dışına çıkılması, birçok yapının kullanım sürelerini ve ekonomik ömürlerini doldurması gibi sebepler bile, TDY07 ile değerlendirilmeye gerek kalmadan, hedeflenen güvenlik düzeyine ulaşılmasının önünde bir engeldir. Yeterli ve gerekli değerlendirmeler yapıldığında eski yönetmelik hükümlerine göre hesaplanan yapılarda bile servis ömürlerinin büyük oranda bittiği belirlenecektir. ABYYHY'98 yönetmeliğinde bir önceki yönetmeliğe göre yapılan yapılar hakkında nasıl bir değerlendirme yapılacağı konusunda herhangi bir hüküm bulunmazken TDY07 7. bölüm ile bu yapılarda gerekli hesaplar yapılarak performanslarının belirlenmesi ve gerekirse güçlendirilme yöntemlerinin sınırları hükme bağlanmıştır. Yönetmelikteki diğer bir yenilik ise bölüm 7'nin sonunda verilen bilgilendirme ekleridir.

Önceki yönetmeliklerde değerlendirmeye alınmayan bu konu, ülkemizde zaman içerisinde yapılmış olan ve mevcut yapılarımızın çok büyük bir kısmını oluşturan binaların durumunu gündeme getirmiştir.

Deprem bölgelerinde bulunan mevcut ve güçlendirilecek bütün binaların, deprem etkileri altındaki tepkilerinin hesabında uyulacak kurallar ile güçlendirme kararı alınması gereken durumlar ve güçlendirme yöntemleri TDY07 7. bölümde belirlenmiştir. Ancak bu yönetmelik güçlendirilmiş veya güçlendirilmemiş yapıların deprem performanslarının belirlenmesi sağlanırken, depremde hasar görmüş binanın performans değerlerinin tespitinde kullanılamaz[3].

Bölüm 7 ile binalardan bilgi toplanması ve bilgi düzeyleri, yapı elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri, deprem hesabına ilişkin genel ilke ve kurallar ve yapının performansının hesabında iki ana başlık altında beş farklı yöntem önerilmiştir. Ana başlıklar doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntem olarak belirtilmiştir. TDY07 bina performansının belirlenmesi ve güçlendirme kararları olmak üzere 6 ana bölümden oluşmaktadır.

Doğrusal Elastik Yöntemler

Yönetmeliğin 2. bölümünde tanımlanan hesap yöntemlerine ek kurallar getirilerek oluşturulmuştur.

- 1- Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi,
- 2- Mod Birleştirme Yöntemi,

Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler

Yönetmeliğin 2. bölümünde tanımlanan hesap yöntemlerine ek kurallar getirilerek oluşturulmuştur.

- 1- Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi,
- 2- Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi,
- 3- Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi,

İlk iki yöntem doğrusal elastik olmayan deprem performansının belirlenmesi ve güçlendirme hesaplarında temel alınan Artımsal İtme Analizinde kullanılan yöntemlerdir[3].

Yönetmelik bu değerlendirme yöntemlerinden hangisinin kullanılacağını hesap yapan inşaat mühendisine bırakmaktadır. Bu iki değerlendirme yöntemi temel olarak hesaplarda esas aldıkları değerlerde farklılıklar vardır. Doğrusal elastik hesapta, normal kuvvet, eğilme momenti, kesme kuvveti dikkate alınarak kuvvet kavramına dayalı değerlendirme yapılırken, doğrusal elastik olmayan hesapta, betonun birim kısalması, donatının birim uzama ve kısalması, kesit dönmesi, kat ve bina yerdeğiştirmesi dikkate alınarak şekil değiştirme kavramına dayalı değerlendirme yapılır[14].

4.2. Betonarme Binalarda Bilgi Toplanması

Değerlendirmeye alınacak binalarda gerekli olan incelemeler yapılarak (veri toplama, derleme, değerlendirme, malzeme örnekleri alma, deney yapma) yapı hakkında genel bilgilere ulaşılır ve tasarım hesabı için model oluşturulmaya başlanır.

Yönetmeliğin 7.2.1.2. maddesinde; Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler, yapısal sistemin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin belirlenmesi, varsa hasarı ve evvelce yapılmış değişiklik veya onarımların belirlenmesi, eleman boyutlarının ölçülmesi, malzeme özelliklerinin saptanması, sahada derlenen tüm bilgilerin varsa projesine uygunluğunun kontrolüdür.

4.2.1. Bilgi düzeyleri ve bilgi düzeyi katsayıları

Yönetmeliğin ilgili maddesindeki hükümlerin bir kısmında yeterli incelenmenin yapılamaması ihtimalide vardır. Genelde mevcut binalarda projelerinin bulunamaması veya bulunması halinde bile projeye bazen zorunluluktan bazen de uygulama esnasındaki keyfi kararlarla uyulmaması ve değişiklik yapılması, bu değişikliklerin projelerde revize edilmemesi, bazen de çevresel faktörler nedeni ile yeteri kadar inceleme yapılamaması ve binalarda istenen miktarda veriye ulaşılamaması durumunda eldeki verilerin ne derece hesaplarda kullanılacağı TDY07’de “bilgi düzeyleri” ve bunlarla ilgili “bilgi düzeyi katsayıları” ile belirtilmiştir.

Yönetmelikte sınırlı bilgi düzeyi, orta bilgi düzeyi ve kapsamlı bilgi düzeyi olmak üzere 3 farklı bilgi düzeyi tanımlanmıştır. Topladığımız verilerin hangi bilgi düzeyinde değerlendirileceğinin belirlenebilmesi için, ilgili maddede veri toplama yöntemleri ve sınırları belirtilmiştir. Her bir bilgi düzeyinin bina geometrisi, eleman detayları ve malzeme özellikleri bakımından neler içermesi gerektiği betonarme, çelik, prefabrik ve yığma yapılar için ayrı ayrı verilmiştir.

Yapının durumuna göre toplanan veriler ile bilgi düzeyi belirlenir ve eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılmak üzere bilgi düzeyi katsayıları tespit edilir.

Tablo 4.1. Bilgi Düzeyi Katsayıları[3]

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0,75
Orta	0,90
Kapsamlı	1,00

Yapıdan alınan verilerden elde edilen değerler bu katsayılar ile çarpılarak değerlendirilmeye tabii tutulacaktır.

4.2.2. Mevcut malzeme dayanımı

Betonarme çeliği ve betondan alınan numunelerde yapılan çekme ve basınç testleri bilgi düzeyi katsayısı ile çarpılarak bulunan değerler mevcut malzeme dayanımı olarak tanımlanmıştır[3].

Eleman kapasiteleri hesabında mevcut malzeme dayanımları kullanılacaktır ve özellikle belirtilmedikçe ilgili yönetmeliklerde ve/veya standartlarda verilen katsayılara ayrıca bölünmeyecektir[3].

4.2.3. Sınırlı bilgi düzeyi

Bina geometrisi, eleman detayları ve malzeme özelliklerinde nelere dikkat edileceği 3 başlık altında yönetmelikte açıklanmıştır.

4.2.3.1. Bina geometrisi

Projelerin mevcut olmadığı, taşıyıcı sistemin yapıdan elde edilen veriler ışığında hesap modelinin oluşturulduğu bilgi düzeyidir.

1. İlk etapta yapının plan rölövesi çıkarılacaktır. Yapı elemanlarının katlara göre konumları, isimlendirilmesi, eksen açıklıklarının, yüksekliklerinin ve boyutlarının tespiti yapılmalıdır.
2. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılan yeteri kadar gözlem çukuru ile belirlenmelidir.
3. Ayrıca binada mevcut olan olumsuzluklar kat planlarına ve kesitlere işlenmelidir[3].

4.2.3.2. Eleman detayları

Donatı oranlarının binanın yapıldığı dönemdeki minimum donatı koşulunu sağladığı varsayılır. Bu varsayımı doğrulamak ve hangi oranda bunun gerçekleştiğinin tespiti için;

1. Her katta en az birer adet olmak üzere kolonların %10'unda, kirişlerin %5'inde açıklık ortasındaki 1/3'lük kısmında paspayı sıyrılarak donatı ve donatı bindirme boyu tespiti yapılır.
2. Donatı bindirme boyunun tespitinde en az 3 kolonda bindirme bölgelerinde sıyırma işlemleri yapılır.
3. Sıyrılan yüzeyler yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılır.
4. Sıyırma işlemi yapılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı kontrolü donatı tespit cihazları ile yapılır.
5. Donatı tespiti yapılan kolon ve kirişlerde bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolon ve kiriş için tespit edilir.

Ve bu oran bütün elemanlar uygulanır[3].

4.2.3.3. Malzeme özellikleri

Yapıda kullanılan beton ve çeliğin özelliklerinin tespit edilmesi ve yapı hesap modelinde yönetmelikte belirtilen mevcut malzeme dayanımı olarak kullanılması gerekmektedir. Malzeme özelliklerin tespiti için;

1. Her katta kolon ve perdelerden TS-10465’de belirtilen koşullara uygun olarak en az 2 adet karot alınarak yapılan deneyler sonucunda elde edilen en düşük beton basınç dayanımı mevcut beton dayanımı olarak alınır.
2. Eleman detaylarının tespitinde belirtildiği üzere gözle yapılan tespitler sonucu belirlenen çelik sınıfının karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınır.
3. Gözle tespit esnasında eğer donatı çeliğinde korozyon tespit edilirse plan ve kesitte işaretlenir ve kapasite hesaplarında dikkate alınır[3].

4.2.4. Orta bilgi düzeyi

Bina geometrisi, eleman detayları ve malzeme özelliklerinde sınırlı bilgi düzeyinden ayıran özellikler 3 başlık altında yönetmelikte açıklanmıştır.

4.2.4.1. Bina geometrisi

1. Binanın projesi kontrol edilerek yapının projeye uygunluğu kontrol edilir. Projenin bulunmaması durumunda plan rölövesi çıkarılarak, plan ve kesitte gerekli bilgiler işlenir.
2. Bina geometri bilgileri, bina kütesinin hassas hesabı için gerekli bilgileri içermelidir.
3. 4.2.3.1’de belirtilen yöntemlerle gerekli tespitler yapılır[3].

4.2.4.2. Eleman detayları

4.2.3.2’de belirtilen yöntemler kullanılarak donatı tespiti yapılır.

Projeler, imalat çizimleri ve detayları mevcut değilse;

1. Her katta en az 2’şer adet olmak üzere kolonların %20’sinden ve kirişlerin %10’undan az olmayacak şekilde donatı kontrolü yapılır.

Projeler, imalat çizimleri ve detayları mevcut ise;

2. 4.2.3.2’de belirtilen oranlarda donatı kontrolü yapılır.

3. Sıyırma işlemi yapılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı kontrolü donatı tespit cihazları ile yapılır.
4. Proje ile uygulama arasında farklılık var ise mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolon ve kiriş için tespit edilir.
5. Donatı gerçekleşme katsayısı eleman kapasiteleri hesabında 1'den büyük olamaz[3].

Ve bu oran bütün elemanlar uygulanır.

4.2.4.3. Malzeme özellikleri

1. Her katta kolon ve perdelerden en az 3 adet,
2. Binada toplam en az 9 adet,
3. Her 400 m²'den 1 adet, karot standartlara uygun olarak alınır ve deney yapılır.
4. Eleman kapasitelerinin hesabında alınan karot numunelerinden elde edilen (ortalama- standart sapma) değeri mevcut beton dayanımı olarak alınır.
5. Gerek görülürse, karot deneylerinin sonucu hasarsız deneyler ile kontrol edilebilir.
6. 4.2.3.3'de belirtilen yöntemlerle donatı sınıfı için mevcut çelik dayanımı olarak alınır[3].

4.2.5. Kapsamlı bilgi düzeyi

Bina geometrisi, eleman detayları ve malzeme özelliklerinde projeye uygunluklarının tespitinde nelere dikkat edileceği 3 başlık altında yönetmelikte açıklanmıştır.

4.2.5.1. Bina geometrisi

Bina projesinin mevcut olduğu bilgi düzeyidir.

1. Uygulamanın projeye uygunluğu kontrol edilir. Proje ile yapılan ölçümler arasında önemli farklılıklar tespit edilirse proje yok sayılır ve bina orta bilgi düzeyine göre değerlendirilir.
2. 4.2.3.1'de belirtilen yöntemlerle gerekli tespitler yapılır[3].

4.2.5.2. Eleman detayları

1. Proje detayları mevcuttur. Gerekli gözlemlerle projeye uygunluk kontrol edilir.
2. 4.2.4.2’de belirtilen yöntemler aynen uygulanır.

4.2.5.3. Malzeme özellikleri

1. Her katta kolon ve perdelerden en az 3 adet,
2. Binada toplam en az 9 adet,
3. Her 200 m²’den 1 adet, karot standartlara uygun olarak alınır ve deney yapılır.
4. Eleman kapasitelerinin hesabında alınan karot numunelerinden elde edilen (ortalama- standart sapma) değeri mevcut beton dayanımı olarak alınır.
5. Gerek görülürse, karot deneylerinin sonucu hasarsız deneyler ile kontrol edilebilir.
6. 4.2.3.3’de belirtilen yöntemlerle donatı sınıfı kontrolü yapılacaktır.
7. Tespit edilen her sınıf donatı için birer adet numune alınarak deney yapılacak ve çeliğin akma ve kopma dayanımları ve şekildeğiştirme özellikleri tespit edilecektir.
8. Tespit edilen çelik değerleri projeye uygun ise, çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak hesaplara katılır.
9. Tespit edilen çelik değerleri projeye uygun değil ise, en az 3 numune daha alınarak deney yapılır ve en elverişsiz değerler mevcut çelik dayanımı olarak eleman kapasite hesaplarında kullanılır[3].

4.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Yönetmelikte tanımlanan kırılma türleri, kesit hasar sınırları, eleman hasar bölgeleri açıklanmıştır.

4.3.1. Kırılma türleri

Yapılarda mevcut malzeme dayanımlarının belirlenmesi ile eleman hasar sınırlarının tespiti için önce elemanın kırılma türü belirlenmesi gerekmektedir. Kırılma türü, elemanların taşıma gücüne ulaşma durumlarına göre ayrılmıştır. Taşıma gücüne kesme veya eksenel yük ile ulaşan elemanlar gevrek, eğilme momenti ile ulaşan

elemanlar ise sünek elemanlar olarak sınıflandırılmıştır. Yönetmelikte gevrek elemanların elastik ötesi davranış göstermesine izin verilmez[3].

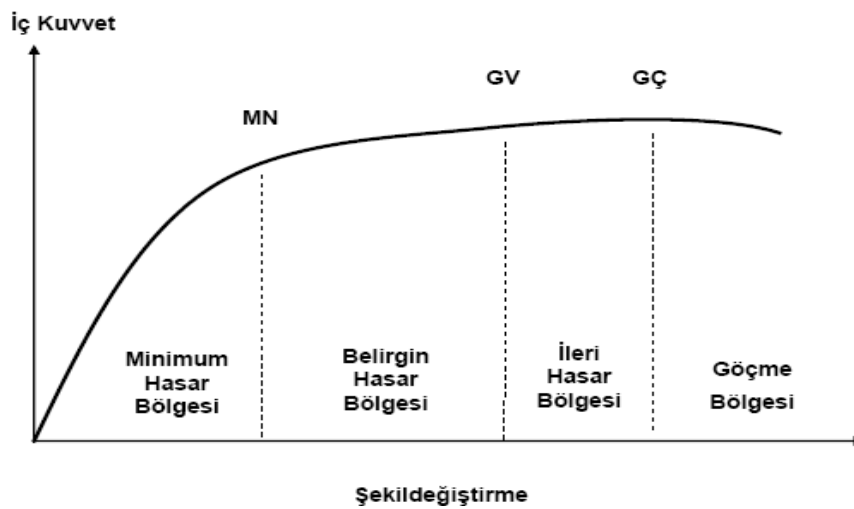
Gevrek olarak hasar gören elemanlar göçmüş olarak kabul edilirken, sünek olarak hasar gören elemanlarda ise 4 farklı hasar derecelendirmesi öngörülmüştür.

4.3.2. Kesit hasar sınırları

Sünek elemanlar için 3 ayrı sınır durum öngörülmüştür. Minimum Hasar Sınırı (MN) kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, Güvenlik Sınırı (GV) kesit dayanımını güvenli sağlayabilecek elastik ötesi davranış sınırını, Göçme Sınırı (GÇ) kesitin göçme öncesi davranışını, tanımlamaktadır.

4.3.3. Kesit hasar bölgeleri

Sünek elemanlar için, hasar sınır bölgeleri Şekil 4.1’de iç kuvvet – şekil değiştirme grafiğinde de anlaşılacağı üzere 4 ayrı hasar bölgesi öngörülmüştür. Minimum Hasar Bölgesi (MHB) kritik kesitleri MN’ye ulaşmayan elemanlar bu hasar bölgesinde, Belirgin Hasar Bölgesi (BHB) – kritik kesitleri MN ile GV arasında kalan elemanlar bu hasar bölgesinde, İleri Hasar Bölgesi (İHB) - kritik kesitleri GV ile GÇ arasında kalan elemanlar bu hasar bölgesinde, Göçme Bölgesi (GB) - kritik kesitleri GÇ’yi aşan elemanlar bu hasar bölgesinde, kabul edilecektir.



Şekil 4.1. Sünek Elemanlar İçin Hasar Bölgeleri[3]

4.4. Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar

Binalarda deprem hesabının genel ilkesi bu yönetmelikte de geçerlidir. Buna göre, hafif şiddetli depremlerde yapı elemanlarının hasar görmemesi, orta şiddette bir deprem durumunda yapı elemanlarında oluşabilecek hasarların onarılabilecek düzeyde olması, şiddetli bir deprem olduğunda ise can kaybının oluşmaması yani bina iskelet sisteminin ayakta kalması, göçme durumunun oluşmaması esas alınmıştır.

TDY07 7. bölüm ile deprem hesabında kullanılmak üzere bazı ilke ve kurallar yer almaktadır. 7.4. maddede 17 madde halinde belirtilen bu ilke ve kurallardan bir kısmına aşağıda değinilmiştir.

Deprem hesabına ilişkin genel ilke ve kurallar;

1. Deprem etkisinin tanımında, 2.4'de verilen elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacak, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde 7.8'e göre yapılan değişiklikler gözönüne alınacaktır. Deprem hesabında 2.4.2'de tanımlanan Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır ($I = 1.0$).
2. Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir.
3. Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen verilerin kapsamına göre 7.2'de tanımlanan bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılacaktır.
4. 3.3.8'e göre kısa kolon olarak tanımlanan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.
5. Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanmasına ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir:
 - (a) Analizde beton ve donatı çeliğinin 7.2'de tanımlanan bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınacaktır.
 - (b) Betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekildeğiştirmesi ise 0.01 alınabilir.
 - (c) Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemlili diyagramlar olarak modellenebilir.

6. Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılacaktır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılacaktır:

(a) Kirişlerde: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$

(b) Kolon ve perdelerde, $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$

$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.80 (EI)_o$

Eksenel basınç kuvveti N_D 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin göz önüne alındığı ve çatlama kesitlere ait $(EI)_o$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenecektir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılacaktır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır.

7. Deprem hesabında kullanılacak zemin parametreleri Bölüm 6'ya göre belirlenecektir.

8. Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dışmerkezlilik uygulanmayacaktır.

9. Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak gözönüne alınabilir.

10. Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılabilir.

11. Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatının akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksikliği oranında azaltılabilir[3].

Bu oran %30'dan fazla ise eleman bu yönetmelikte tanımlanan gevrek eleman olarak sınıflanır.

4.5. Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi

TDY07’de 2. bölümde belirtilen 2 hesap yöntemine ek kurallar getirilerek performans hesapların yapılabileceği belirtilmektedir.

4.5.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemi

1. Bodrum hariç toplam kat yüksekliği 25 metreyi geçmeyen,
2. Toplam kat adedi 8’i aşmayan,
3. Burulma düzensizliği katsayısı (η_{bi}) 1.4 ‘ten küçük binalarda, uygulanır.
4. Taban kesme kuvvetinin hesabında $R_a=1$ alınır.
5. Yine taban kesme kuvvetinin hesabında denklemin sağ tarafına λ katsayısı eklenir. λ 3 kata kadar 1.00 alınırken, 3 ve üstü katlarda 0.85 alınır[3].

Birinci titreşim modunun hakim olduğu binalarda birinci moda ait etkin kütlelerin genel olarak bina ağırlığının %85’ini geçmemesinden dolayı $\lambda=0.85$ alınır[8].

4.5.2. Mod birleştirme yöntemi

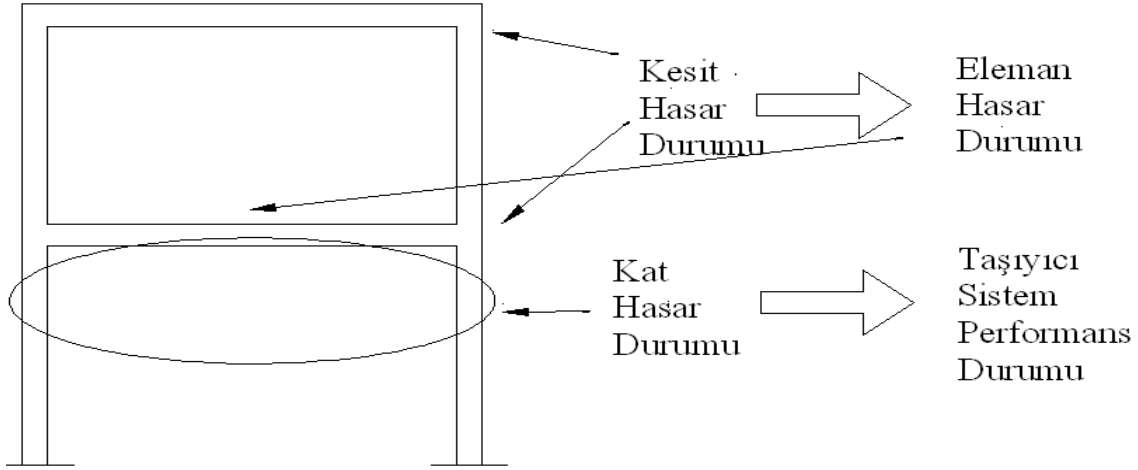
1. Denk.4.1’de $R_a=1$ alınır.
2. Uygulanan deprem doğrultusundaki hakim modda elde edilen iç kuvvet doğrultuları esas alınır[3].

$$S_{aR} \left(\frac{S_{ae} \left(\frac{C_n}{R_a} \right)}{C_n} \right) \quad (4.1)$$

Doğrusal elastik hesap yönteminde esas olarak 3 temel adım uygulanır. Doğrusal elastik analizi, eşdeğer deprem yükü yöntemi veya mod birleştirme yöntemi, kapasite hesabı ve performans değerlendirmesi aşamaları uygulanır[12].

Dayanım temelli doğrusal elastik hesap yöntemlerinden birisi uygulanır. $R_a=1$ değeri için hesaplanan deprem değerleri ile yapı elemanlarının artık kapasiteleri arasındaki etki / kapasite oranları (r) hesaplanır. Bulunan r değerleri ile yönetmelikte verilen

sınır değerler (r_s) karşılaştırılarak yapı elemanlarının kesit hasar bölgeleri belirlenir. Eleman hasarlarından yola çıkılarak bina hasar durumu tespit edilir ve bina performansı belirlenir(Şekil 4.2)[14,15].



Şekil 4.2 Bina Performans Düzeyinin Oluşması

Gevrek elemanlarda r değeri, doğrusal elastik hesaptan elde edilen kesme kuvvetinin TS-500'e göre hesaplanan kesme kuvveti kapasitesine oranıdır[12].

TDY07 mevcut binaların değerlendirilmesinde yeni binalardan farklı olarak çatlama kesit hesabı öngörmektedir.[8] Daha kesin bir hesap yapılmadıkça kolon, kiriş ve perdelerde çatlama kesitin etkin eğilme rijitliği (EI_e) kullanılacaktır[3].

Kolon ve kiriş eğilme kapasitelerinin hesaplanmasının ardından eleman kırılma davranışları belirlenir.

Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak değerlendirilebilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti V_e 'nin, bilgi düzeyi ile uyumlu mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS-500'e göre hesaplanan kesme kapasitesi V_r 'yi aşmaması gereklidir. Düşey yükler ile birlikte $R_a=1$ alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin V_e 'den küçük olması durumunda ise V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılır[3,15].

Kolon, kiriş ve perdeler için V_e hesapları Denk.4.2, 4.3, 4.4'e göre yapılır.(Şekil 4.3) Denk.4.4'te $\beta_v=1$ alınır. Hesaplar esnasında pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılır.

$$V_e = \frac{M_a + M_{ii}}{\ell_n}$$

$$V_e \leq 0.22A_w f_{cd} \quad \text{Kolon} \quad (4.2)$$

$$V_e \leq V_r$$

$$V_e = V_{dy} \pm \frac{M_{pi} + M_{pj}}{\ell_n}$$

$$V_e \leq 0.22b_w d f_{cd} \quad \text{Kiriş} \quad (4.3)$$

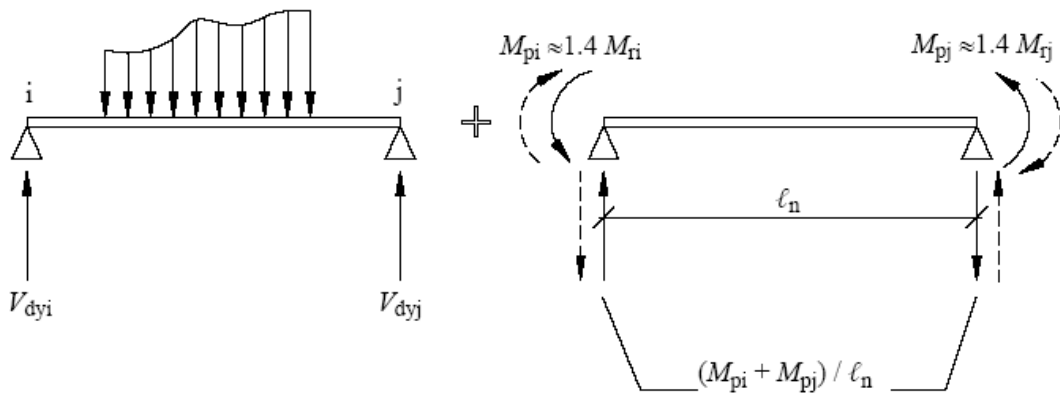
$$V_e \leq V_r$$

$$V_e = \beta_v \frac{M_p}{M_d} V_d$$

$$V_e \leq 0.22A_{ch} f_{cd} \quad \text{Perde} \quad (4.4)$$

$$V_e \leq V_r$$

$$V_r \leq A_{ch} (0.65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd})$$



Şekil 4.3. Kirişlerde enine donatı hesabında kullanılacak kesme kuvvetinin tespiti[3]

Kolonlarda kapasite kesmesi, kolon alt ve üst uçlarındaki moment kapasitelerinin, kolonlara saplanan kiriş kapasitelerinin veya hesaptan elde edilen kesit momentlerinin (daha az olanı) kolon net uzunluğuna bölünmesi ile elde edilir. Kirişlerin kapasite kesmesinin hesabında da yaklaşım aynıdır, ancak açıklık boyunca etki eden düşey yüklerin kesme kuvvetine katkısı da dikkate alınır. Perdelerde durum

daha farklıdır, zira perdelerin üst uçlarında plastik mafsallaşma olması beklenmez. Hem bodur perde (H_w/L_w) kontrolü yapılır, hem de Bölüm 3.6.7 ye göre Denk.4.4'te hesaplanan kesme kuvveti, kesme kapasitesi ile karşılaştırılır[6]. Perdelerin sünek eleman sayılabilmeleri için $H_w/L_w > 2.0$ şartını sağlaması gerekir[3].

Sonuç olarak bir elemanın herhangi bir ucunda TS-500'e göre hesaplanan kesme kapasitesi kapasite kesmesinden daha az ise o eleman 'gevrek' olarak belirlenir, değilse eleman 'sünek' tir[12].

Sünek eleman koşulunu sağlamayan betonarme elemanlar 'gevrek olarak hasar gören elemanlar' olarak tanımlanır[3].

Elaman kesitlerinde sünek güç tükenmesi oluşması istenir. Böylece, yapıda istenmeyen bir yük artışı (öngörülen depremden daha büyük bir deprem) meydana geldiğinde eleman güç tükenmesinin kontrolü amaçlanmaktadır. Eleman güç tükenmesinin, büyük yerdeğiştirmelerin meydana gelmesi ile haberli olması, deprem yükünün karşılanmasında elemanlar arasında yardımlaşma olması, büyük enerji tüketiminin olması, gibi nedenlerle sünek olması istenmektedir. Elemanlarda sünek ve gevrek güç tükenmesi oluştuğunda, gevrek güç tükenme durumunu sünek güç tükenme durumundan daha kuvvetli tutularak, öngörülen yüklerden daha fazla bir yükleme durumunda güç tükenmesinin sünek olması sağlanmalıdır[16].

Sünek ve gevrek elemanlar için hesap yöntemi açıklanan r değerleri ile yönetmelikte belirtilen ve Tablo 4.1, 4.2, 4.3'de verilen sınır değerleri (r_s) karşılaştırılır. Eğer elemanlardan birisi sınır değeri aşıyor ise bu eleman istenen performans seviyesi için yetersiz kabul edilir.

Betonarme kiriş ve kolonlarda etki / kapasite oranı sınır değerlerinin (r_s) etkileyen bazı parametreler vardır.

Sünek güç tükenmesinin ortaya çıkmasına sebep olan parametrelerde r_s değerinde artış meydana gelir.

1. Kirişlerde basınç donatısının bulunması,
2. Kiriş ve kolonlarda etkilerin büyük olduğu bölgelerin sargılı olması[14],

Sünek güç tükenmesinin azaltan parametrelerde r_s değerinde azalma meydana gelir.

1. Kirişlerde çekme donatısının dengeli donatının üzerinde bulunması,
2. Kiriş ve kolonlarda kesme kuvvetinin artması,
3. Kolonlarda normal kuvvetin artması[14],

Eleman performanslarının belirlenmesinin ardından bina performans hesabı gerçekleştirilir.

Tablo.4.2. Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r)[3]

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V_e^{(1)}}{b_w d f_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2.5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	4

(1) V_e kesme kuvveti depremin yönü ile uyumlu olarak yönetmelik 7.5.2.2(a)göre hesaplanacaktır.

Tablo.4.3. Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r)[3]

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_K^{(1)}}{A_c f_{cm}}$	Sargılama	$\frac{V_e^{(2)}}{b_w d f_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
≥ 0.7	-	-	1	1	1

(2) N_K aksenal kuvveti yönetmelik Bilgilendirme Eki 7A'ya göre hesaplanabilir.

(3) V_e kesme kuvveti depremin yönü ile uyumlu olarak yönetmelik 7.5.2.2(a)göre hesaplanacaktır.

Tablo.4.4. Betonarme Perdeler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r)[3]

Sünek Perdeler	Hasar Sınırı		
Perde Uç Bölgesinde Sargılama	MN	GV	GÇ
Var	3	6	8
Yok	2	4	6

Tablo.4.5. Görelî Kat Ötelemesi Oranları[3]

Görelî Kat Ötelenmesi Oranı	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
δ_{ji}/h_{ji}	0.01	0.03	0.04

TDY07'nin 3. bölümünde kolon, kiriş ve perdelerde uyulması gereken enine donatı kuralları bakımından kolonlarda 3.3.4, kirişlerde 3.4.4, perdelerde 3.6.5.2'yi sağlayan elemanlar sargılanmış, sağlamayanlar ise sargılanmamış kabul edilir. Sargılı elemanların 3.2.8'deki özel deprem etriyeleri ve çirozlarında verilen kurallara uyulması zorunludur[3].

Kolon kiriş birleşim bölgelerinde Denk.4.5b'ye göre hesaplar yapılır. Denk.4.5b'de yer alan V_{ee} Denk.4.2'de hesaplanan V_e değeri olarak alınır ve bulunan değerler Denk.4.6b ve 4.7b değerlerini aşmamalıdır. Bu hesaplarda malzeme dayanımı bilgi

düzeyine göre tespit edilen mevcut malzeme dayanımı (f_{cm}) olarak alınır. Denk.4.5a, 4.6a, 4.7a yönetmelikte yeni binaların hesabı için belirtilen denklemlerdir. Mevcut binalarda Denk.4.5b, 4.6b, 4.7b denklemleri kullanılır[3].

Birleşim kesme kuvvetinin kesme dayanımı aşması durumunda kolon kiriş birleşim bölgesi ‘gevrek olarak hasar gören eleman’ olarak değerlendirilir[3].

$$\begin{aligned} V_e &= 1.25 f_{yk} (A_{s1} + A_{s2}) V_{kol} & \text{a} \\ V_e &= 1.25 f_{yk} (A_{s1} + A_{s2}) V_{ee} & \text{b} \end{aligned} \quad (4.5)$$

$$\begin{aligned} V_e &\leq 0.60 b_j h f_{cd} & \text{Kuşatılmış} & \text{a} \\ V_e &\leq 0.60 b_j h f_{cm} & \text{birleşimler} & \text{b} \end{aligned} \quad (4.6)$$

$$\begin{aligned} V_e &\leq 0.45 b_j h f_{cd} & \text{Kuşatılmamış} & \text{a} \\ V_e &\leq 0.45 b_j h f_{cm} & \text{birleşimler} & \text{b} \end{aligned} \quad (4.7)$$

Her bir deprem doğrultusunda, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin görelî kat ötelemeleri Tablo 4.4’deki değerleri aşmayacaktır. Aksi durumda hasar değerlendirilmesi göz önüne alınmayacaktır[3].

4.6. Bina Performans Seviyeleri

TDY07 ile birlikte bina performansları 4 ana başlık altında toplanmıştır. Hesap yönteminin uygulanması ve eleman hasar durumunun tespitinden sonra bina deprem performans seviyesi yönetmelikteki esaslarla tespit edilir.

4.6.1. Hemen kullanım performans düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında taşıyıcı sistemde oluşan hasar minimum düzeydedir. Taşıyıcı elemanlarda rijitlik ve dayanım korunmaktadır. Kalıcı bir ötelenme oluşmaz. Yapısal olmayan elemanlarda çatlamlar olabilir.

1. Bütün katlarda kirişlerin %10'u belirgin hasar bölgesine geçebilir. Diğer tüm taşıyıcı elemanlar minimum hasar sınırında kalmalıdır.
2. Gevrek hasar gören eleman var ise, güçlendirilmeleri gereklidir.

Bu binalar Hemen Kullanım Performans Düzeyinde kabul edilir ve güçlendirilmesine gerek yoktur.

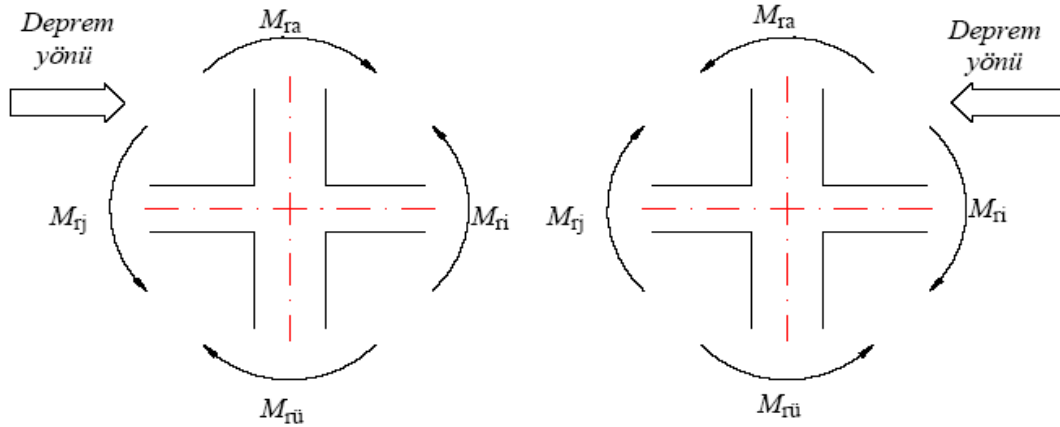
4.6.2. Can güvenliği performans düzeyi

Taşıyıcı sistem elemanlarında kısmi hasarlar oluşabilir ama eleman rijitlik ve dayanımlarının önemli bir kısmını korumaktadır. Yapısal olmayan elemanlarda hasarlar oluşabilir. Yapıda kısmi, gözle fark edilmeyecek ötelenmeler oluşabilir.

1. Bütün katlarda yapılan hesaplar sonucunda ikincil kirişler (yatay yük taşımayan) hariç, bütün kirişlerin %30'u ve kolonların bir kısmı ileri hasar bölgesine geçebilir.
2. İleri hasar bölgesindeki kolonlar, tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerine katkısı %20'yi geçmemelidir. Sadece en üst katta o kattaki kolonların taşıdığı kesme kuvvetlerine katkısı %40 olabilir.
3. Diğer bütün taşıyıcı elemanlar minimum hasar bölgesinde veya belirgin hasar bölgesinde olabilirler.
4. Doğrusal elastik hesapta alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden güçlü kolon zayıf kiriş şartının sağlanmadığı (Denk.4.8) durumlarda, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerin ikisinde birden minimum hasar sınırının aşıldığı kolonlar tarafından taşınan kesme kuvveti, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetinin %30'unu aşmaması gereklidir.
5. Gevrek hasar gören eleman var ise, güçlendirilmeleri gereklidir.

Bu binalar Can Güvenliği Performans Düzeyinde kabul edilir ve güvenlik sınırın geçen eleman sayısı ve yapı içindeki dağılıma göre güçlendirilmesine karar verilir.

$$(M_{ra} + M_{rü}) \geq 1.2 (M_{ri} + M_{rj}) \quad (4.8)$$



Şekil 4.4. Güçlü Kolon-Zayıf Kiriş Kontrolü[3]

4.6.3. Göçme öncesi performans düzeyi

Taşıyıcı sistemin önemli bir bölümü hasar görür. Deprem etkisi altında yapısal elemanların büyük bir kısmında önemli rijitlik ve dayanım kayıpları oluşabilir. Düşey taşıyıcı elemanlar düşey yükleri taşınmasında yeterlidir. Taşıyıcı olmayan elemanlarda hasarlar ve yıkılmalar oluşabilir. Yapıda gözle fark edilebilir kalıcı ötelenmeler oluşur.

1. Gevrek olarak hasar gören elemanlar göçme bölgesinde kabul edilir.
2. Deprem etkisi altında her hangi bir katta, ikincil kirişler hariç, kirişlerin %20'si göçme bölgesine geçebilir.
3. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesi, belirgin hasar bölgesi ve ileri hasar bölgesinde yer alırlar.
4. Doğrusal elastik hesapta alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden güçlü kolon zayıf kiriş şartının sağlanmadığı (Denk.4.8) durumlarda, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerin ikisinde birden minimum hasar sınırının aşıldığı kolonlar tarafından taşınan kesme kuvveti, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetinin %30'unu aşmaması gereklidir.

Bu binalar Göçme Öncesi Performans Düzeyinde kabul edilir ve binanın kullanımı can güvenliği bakımından tehlikelidir. Bina güçlendirilmesi için ekonomik verimlilik hesapları yapılmalı ve gerekli karar verilmelidir.

4.6.4. Göçme durumu

Bina tamamen veya kısmen göçmüş olabilir. Düşey taşıyıcı elemanların bir kısmında göçmeler meydana gelebilir. Taşıyıcı elemanlar rijitlik ve dayanımları çok azalmıştır. Yapıda belirgin kalıcı ötelenmeler oluşmuştur.

Bina göçme öncesi performans şartlarını sağlamıyorsa, göçme durumundadır. Bina kullanımı can güvenliği açısından sakıncalıdır. Binada güçlendirme yapmak çoğu zaman ekonomik olmamaktadır.

4.7. Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri

TDY07 ile birlikte performansa dayalı değerlendirmede kullanılmak üzere yönetmeliğin 1.2.2. maddesinde belirtilen şiddetli deprem için hesaplanan ivme spektrumu ile birlikte 3 farklı düzeyde deprem hareketi tanımlanmıştır.

4.7.1. Servis (kullanım) depremi

50 yılda aşılma olasılığı %50 olan yer hareketleridir. Dönüş periyodu yaklaşık 72 yıl olarak kabul edilir[15]. İvme spektrum ordinatları yönetmeliğin 2.4. maddesinde ve 4.7.2.'de tanımlanan tasarım depremi spektrum ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak alınacaktır[3].

4.7.2. Tasarım depremi

50 yılda aşılma olasılığı %10 olan yer hareketleridir. Dönüş periyodu yaklaşık 475 yıl olarak kabul edilir[15]. İvme spektrumları yönetmeliğin 2.4. maddesinde tanımlanmıştır[3].

4.7.3. En büyük deprem

50 yılda aşılma olasılığı %2 olan yer hareketleridir. Dönüş periyodu yaklaşık 2475 yıl olarak kabul edilir[15]. İvme spektrum ordinatları yönetmeliğin 2.4. maddesinde ve 4.7.2.'de tanımlanan tasarım depremi spektrum ordinatlarının yaklaşık 1.5 katı olarak alınacaktır[3].

Binaların özelliklerine göre beklenen performans değerleri Tablo.4.5'te belirtilmiştir. Mevcut binalarda hedeflenen performans düzeyinin kontrolü için bütün elemanların hasar seviyeleri belirlendikten sonra kirişlerde her kat için hasarlı kirişlerin yüzdeleri ve kolonlarda ise hasarlı kolonların taşıdığı kesme kuvvetlerinin toplam kat kesme kuvvetine oranının belirlenmesi gereklidir. Hasarlı eleman yüzdeleri, hedeflenen performans düzeyinde öngörülen sınır değerlerle karşılaştırılır. Böylelikle mevcut yapının hedeflenen performans seviyesini kontrol edilmiş olur.

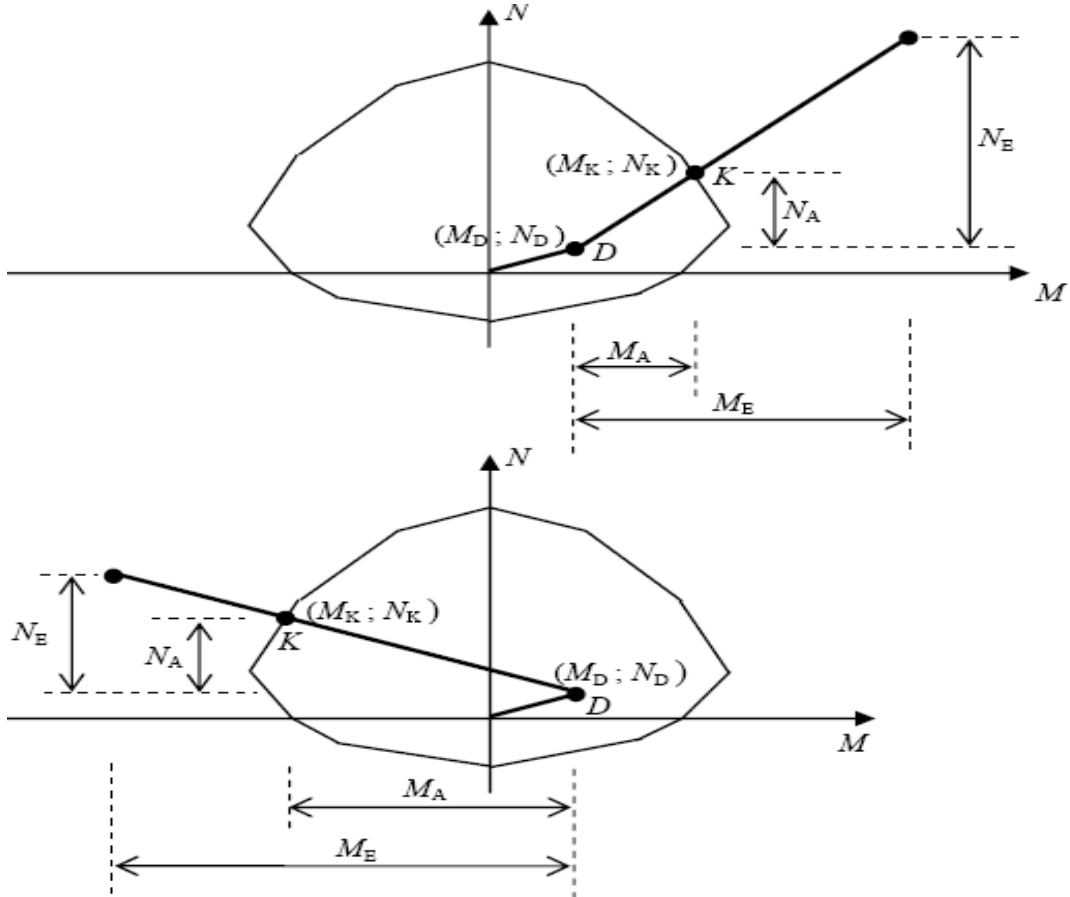
Tablo.4.6. Binaların kullanım amaçlarına göre hedeflenmesi gereken minimum performans seviyeleri[3]

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	-
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	-	CG	-

4.8. Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Kolon ve Perdelerin Etki / Kapasite Oranlarının Belirlenmesi

Doğrusal elastik analiz yapıldıktan sonra, 4.4'te bahsedildiği üzere doğrusallaştırılan etkileşim diyagramı dikkate alınarak, moment-eksenel kuvvet etkisi altındaki düşey taşıyıcı elemanların etki / kapasite oranları belirlenir.

Doğrusallaştırılan etkileşim diyagramı üzerinde, birinci adım olarak düşey yükler etkisi altındaki moment-eksenel kuvvet çifti (M_D-N_D) belirlenir ve etkileşim diyagramı işaretlenir(D noktası). $R_a=1$ için yapılan deprem hesabından elde edilen ve deprem doğrultusunun dikkate alındığı moment-eksenel kuvvet çifti (M_E-N_E) belirlenerek işaretlenir(E noktası). Belirlenen D ve E noktaları birleştirilir ve etkileşim diyagramı ile belirlenen doğrunun kesim noktasının (K noktası) koordinatları kolon veya perde kesitinin moment-eksenel kuvvet kapasite çiftinin (M_K-N_K) değerleri tespit edilir(Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Doğrusallaştırılmış Moment-Eksenel Kuvvet Etkileşim Diyagramı[3]

Artık moment kapasitesi (M_A) ve buna karşılık gelen eksenel kuvvet (N_A), moment-eksenel kuvvet kapasite çiftinden düşey yükler etkisi altında oluşan moment-eksenel kuvvet çiftinin çıkarılması ile elde edilir(Denk.4.9.a,b).

$$\begin{aligned} M_A &= M_K - M_D & \text{a} \\ N_A &= N_K - N_D & \text{b} \end{aligned} \quad (4.9)$$

Artık moment kapasitesinin belirlenmesi ile kolon ve perdeler için etki / kapasite oranları (r) Denk.4.10 ile belirlenir. Belirlenen r değerinin negatif çıkması durumunda etki / kapasite oranının tespitine gerek yoktur[4].

$$r = \frac{M_E}{M_A} = \frac{N_E}{N_A} \leq r_s \quad (4.10)$$

Eleman performanslarının hedeflenen seviyede olabilmesi için Denk.4.10'daki şartı sağlaması gereklidir.

Düşey taşıyıcı elemanlarda belirlenen moment kapasitesine karşılık gelen eksenel kuvvet (N_K) Tablo 4.2'de kullanılan eksenel kuvvet değeridir. N_K değerinin basınç veya çekme durumundaki üst sınırı, ilgili kolon ile üstündeki kolonlara saptanan tüm kirişlerde, pekleşme göz önüne alınmaksızın Denk. 4.3'e göre hesaplanan V_e kesme kuvvetlerinin kolonlara aktarılması sonucunda ilgili kolonlarda elde edilen eksenel kuvvet değeri olarak da tanımlanır.

İkinci bir yöntem olarak ise yönetmelikte ardışık yaklaşım hesabı önerilmektedir. Etki / kapasite oranı (r) için bir tahmin yapılır ve deprem hesabından belirlenen N_E ile Denk.4.10 tersten işletilerek N_A hesaplanır. Düşey yüklerden N_D bilindiği için Denk.4.9.b'den N_K bulunur. Buna bağlı olarak M_K kesit hesabından elde edilir. Düşey yüklerden bilinen M_D Denk.4.9.a'da yerine konularak M_A hesaplanır. M_A ve M_E değerleri kullanılarak Denk.4.10'dan r değeri tekrar hesaplanır ve ilk yapılan tahmin ile karşılaştırılır. En yakın sonuç bulunana dek ardışık yaklaşım hesabı devam eder.

Etki / kapasite oranının belirlenmesinde tek eksenli eğilme-eksenel kuvvet durumu ile birlikte çift eksenli eğilme-eksenel kuvvet durumu içinde yukarıda bahsedilen hesap yöntemleri kullanılabilir.

4.9. Örnek Çalışmalar

Daha önce burulma düzensizliği oluşturulan modellerde doğrusal elastik hesap yöntemlerinden mod birleştirme yöntemi ile performans analizleri yapılmış ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

4.9.1. Tip-1 perdesiz sistem

Tablo 4.7. Tip-1 Deprem Yük Azaltma Katsayısı Uygulanmadan Tespit Edilen Katlara Gelen Yatay Kuvvetler

Kat	F_x	F_y	HYK
	tf	tf	
3	905.75	903.79	0.3
2	702.13	700.6	0.3
1	468.09	467.07	0.3
Z	237.32	236.8	0.3

Tablo 4.8. Tip-1 +Ex Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

+ Ex Yükleme									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	44	85%	8	15%				
	Kolonlar			32	100%				
2	Kirişler	25	48%	27	52%				
	Kolonlar					32	100%		
1	Kirişler	24	46%	28	54%				
	Kolonlar					32	100%		
Z	Kirişler	24	46%	27	52%	1	2%		
	Kolonlar			4	13%	24	75%	4	13%

Tablo 4.9. Tip-1 -Ex Yüklemesi İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

- Ex Yüklemesi									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	43	83%	9	17%				
	Kolonlar			32	100%				
2	Kirişler	26	50%	26	50%				
	Kolonlar					32	100%		
1	Kirişler	24	46%	28	54%				
	Kolonlar					32	100%		
Z	Kirişler	24	46%	28	54%				
	Kolonlar			3	9%	27	84%	2	6%

Tablo 4.10. Tip-1 +Ey Yüklemesi İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

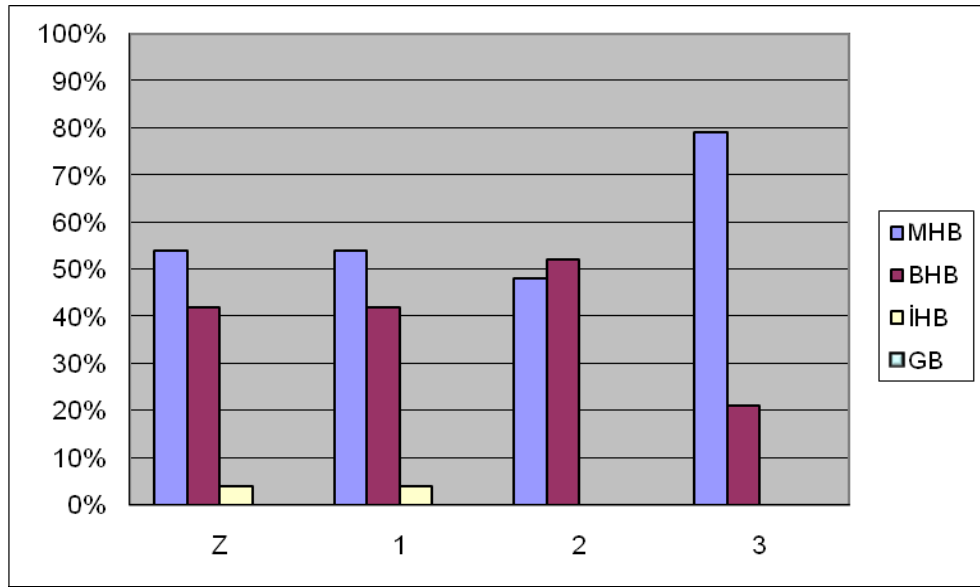
+ Ey Yüklemesi									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	42	81%	10	19%				
	Kolonlar			29	91%	3	9%		
2	Kirişler	32	62%	20	38%				
	Kolonlar			11	34%	21	66%		
1	Kirişler	28	54%	22	42%	2	4%		
	Kolonlar			4	13%	16	50%	12	38%
Z	Kirişler	28	54%	22	42%	2	4%		
	Kolonlar			6	19%	18	56%	8	25%

Tablo 4.11. Tip-1 -Ey Yüklemesi İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

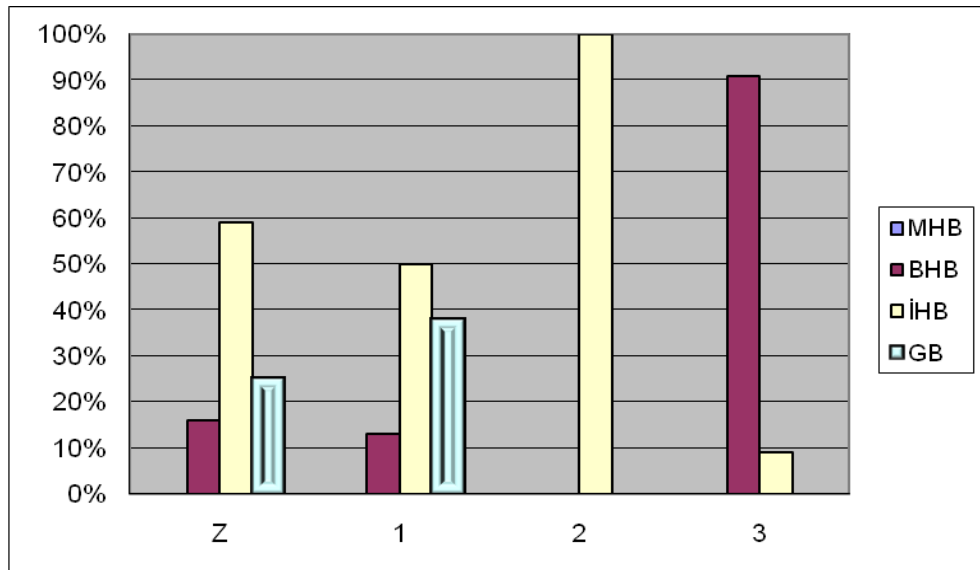
- Ey Yüklemesi									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	41	79%	11	21%				
	Kolonlar			29	91%	3	9%		
2	Kirişler	32	62%	20	38%				
	Kolonlar			11	34%	21	66%		
1	Kirişler	28	54%	22	42%	2	4%		
	Kolonlar			4	13%	16	50%	12	38%
Z	Kirişler	28	54%	22	42%	2	4%		
	Kolonlar			5	16%	19	59%	8	25%

Tablo 4.12. Tip-1 En Olumsuz Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
		Adet	Yüzdeleri	Adet	Yüzdeleri	Adet	Yüzdeleri	Adet	Yüzdeleri
3	Kirişler	41	79%	11	21%				
	Kolonlar			29	91%	3	9%		
2	Kirişler	25	48%	27	52%				
	Kolonlar					32	100%		
1	Kirişler	28	54%	22	42%	2	4%		
	Kolonlar			4	13%	16	50%	12	38%
Z	Kirişler	28	54%	22	42%	2	4%		
	Kolonlar			5	16%	19	59%	8	25%



Şekil 4.6. Tip-1 Kiriş Performans Yüzde Değişimleri



Şekil 4.7. Tip-1 Kolon Performans Yüzde Değişimleri

4.9.2. Tip-2 1-1 aksı perdeli sistem

Tablo 4.13. Tip-2 Deprem Yük Azaltma Katsayısı Uygulanmadan Tespit Edilen Katlara Gelen Yatay Kuvvetler

Kat	F_x	F_y	HYK
	tf	tf	
3	903.8	666.74	0.3
2	700.9	517.06	0.3
1	467.27	344.71	0.3
Z	237.43	175.15	0.3

Tablo 4.14. Tip-2 +Ex Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

+ Ex Yükleme									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	42	82%	9	18%				
	Kolonlar			30	100%				
2	Kirişler	26	51%	25	49%				
	Kolonlar			8	27%	22	73%		
1	Kirişler	23	45%	28	55%				
	Kolonlar					30	100%		
Z	Kirişler	23	45%	26	51%	2	4%		
	Kolonlar			5	17%	19	63%	6	20%

Tablo 4.15. Tip-2 -Ex Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

- Ex Yükleme									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	41	80%	10	20%				
	Kolonlar			30	100%				
2	Kirişler	27	53%	24	47%				
	Kolonlar			8	27%	22	73%		
1	Kirişler	23	45%	28	55%				
	Kolonlar					30	100%		
Z	Kirişler	23	45%	26	51%	2	4%		
	Kolonlar			5	17%	16	53%	9	30%

Tablo 4.16. Tip-2 +Ey Yüklemesi İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

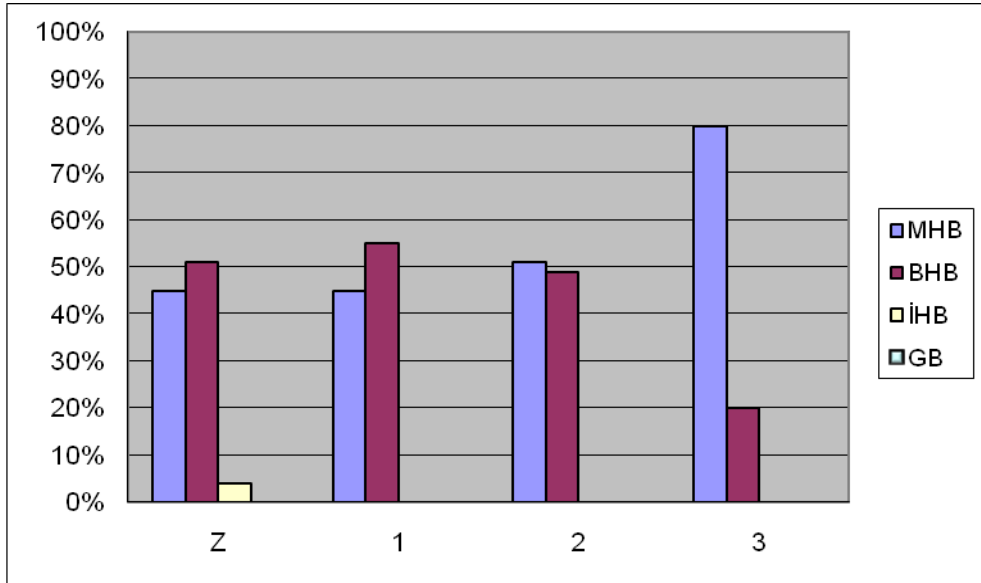
+ Ey Yüklemesi									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	48	94%	3	6%				
	Kolonlar	10	33%	19	63%	1	3%		
2	Kirişler	38	75%	13	25%				
	Kolonlar	6	20%	19	63%	5	17%		
1	Kirişler	36	71%	15	29%				
	Kolonlar	6	20%	14	47%	9	30%	1	3%
Z	Kirişler	36	71%	15	29%				
	Kolonlar	8	27%	10	33%	11	37%	1	3%

Tablo 4.17. Tip-2 -Ey Yüklemesi İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

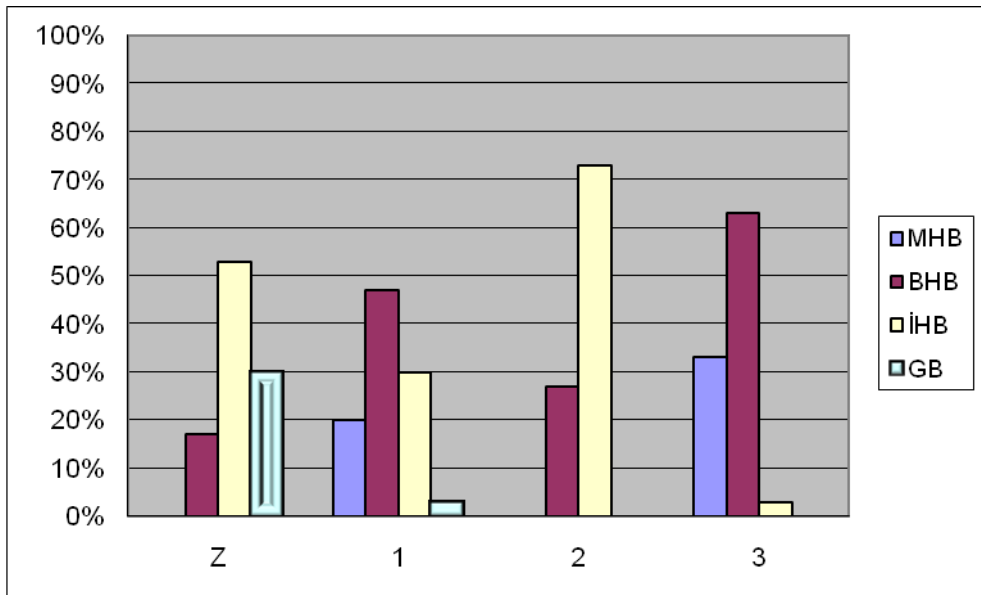
- Ey Yüklemesi									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	51	100%						
	Kolonlar	20	67%	10	33%				
2	Kirişler	50	98%	1	2%				
	Kolonlar			30	100%				
1	Kirişler	50	98%	1	2%				
	Kolonlar	2	7%	28	93%				
Z	Kirişler	51	100%						
	Kolonlar	19	63%	11	37%				

Tablo 4.18. Tip-2 En Olumsuz Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	41	80%	10	20%				
	Kolonlar	10	33%	19	63%	1	3%		
2	Kirişler	26	51%	25	49%				
	Kolonlar			8	27%	22	73%		
1	Kirişler	23	45%	28	55%				
	Kolonlar	6	20%	14	47%	9	30%	1	3%
Z	Kirişler	23	45%	26	51%	2	4%		
	Kolonlar			5	17%	16	53%	9	30%



Şekil 4.8. Tip-2 Kiriş Performans Yüzde Değişimleri



Şekil 4.9. Tip-2 Kolon Performans Yüzde Değişimleri

4.9.3. Tip-3 2-2 aksı perdeli sistem

Tablo 4.19. Tip-3 Deprem Yük Azaltma Katsayısı Uygulanmadan Tespit Edilen Katlara Gelen Yatay Kuvvetler

Kat	F_x	F_y	HYK
	tf	tf	
3	909.02	607.52	0.3
2	704.83	471.06	0.3
1	469.89	314.04	0.3
Z	238.47	159.38	0.3

Tablo 4.20. Tip-3 +Ex Yüklemesi İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

+ Ex Yüklemesi									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	41	80%	10	20%				
	Kolonlar			30	100%				
2	Kirişler	23	45%	28	55%				
	Kolonlar			13	43%	17	57%		
1	Kirişler	23	45%	27	53%	1	2%		
	Kolonlar					30	100%		
Z	Kirişler	23	45%	28	55%				
	Kolonlar			5	17%	20	67%	5	17%

Tablo 4.21. Tip-3 -Ex Yüklemesi İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

- Ex Yüklemesi									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	42	82%	9	18%				
	Kolonlar			30	100%				
2	Kirişler	24	47%	27	53%				
	Kolonlar			14	47%	16	53%		
1	Kirişler	23	45%	26	51%	2	4%		
	Kolonlar					30	100%		
Z	Kirişler	23	45%	28	55%				
	Kolonlar			6	20%	15	50%	9	30%

Tablo 4.22. Tip-3 +Ey Yüklemesi İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

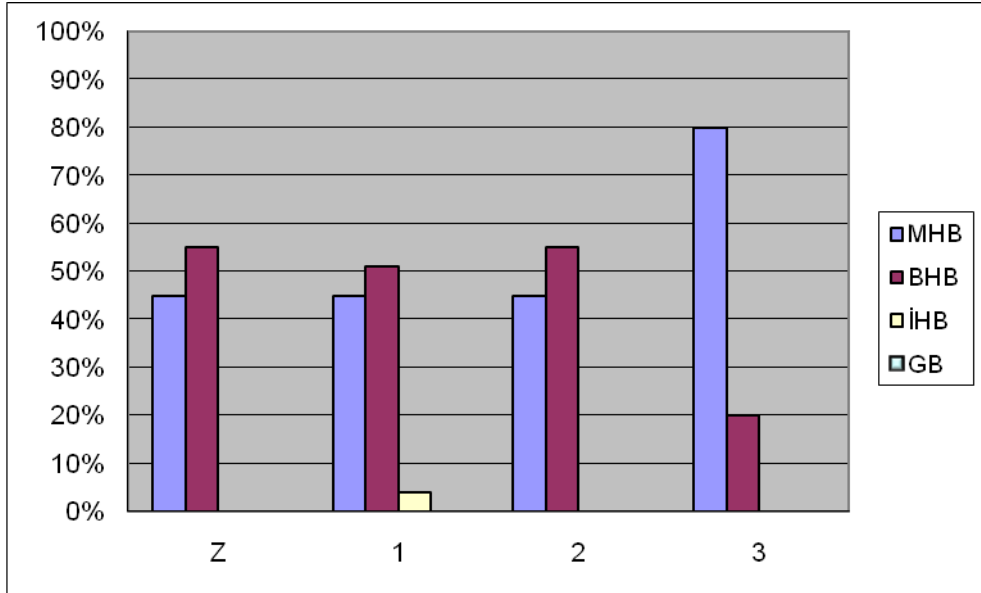
+ Ey Yüklemesi									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	49	96%	2	4%				
	Kolonlar	14	47%	16	53%				
2	Kirişler	44	86%	7	14%				
	Kolonlar	10	33%	20	67%				
1	Kirişler	40	78%	11	22%				
	Kolonlar	10	33%	14	47%	6	20%		
Z	Kirişler	38	75%	13	25%				
	Kolonlar	11	37%	11	37%	8	27%		

Tablo 4.23. Tip-3 -Ey Yüklemesi İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

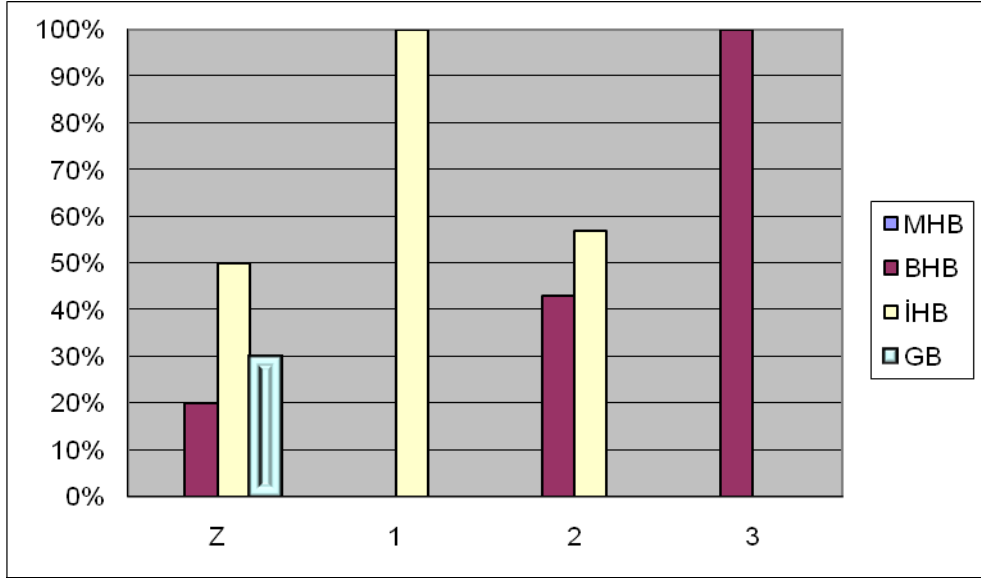
- Ey Yüklemesi									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	49	96%	2	4%				
	Kolonlar	20	67%	10	33%				
2	Kirişler	51	100%						
	Kolonlar	16	53%	14	47%				
1	Kirişler	50	98%	1	2%				
	Kolonlar	18	60%	12	40%				
Z	Kirişler	50	98%	1	2%				
	Kolonlar	30	100%						

Tablo 4.24. Tip-3 En Olumsuz Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	41	80%	10	20%				
	Kolonlar			30	100%				
2	Kirişler	23	45%	28	55%				
	Kolonlar			13	43%	17	57%		
1	Kirişler	23	45%	26	51%	2	4%		
	Kolonlar					30	100%		
Z	Kirişler	23	45%	28	55%				
	Kolonlar			6	20%	15	50%	9	30%



Şekil 4.10. Tip-3 Kiriş Performans Yüzde Değişimleri



Şekil 4.11. Tip-3 Kolon Performans Yüzde Değişimleri

4.9.4. Tip-4 3-3 aksı perdeli sistem

Tablo 4.25. Tip-4 Deprem Yük Azaltma Katsayısı Uygulanmadan Tespit Edilen Katlara Gelen Yatay Kuvvetler

Kat	F_x tf	F_y tf	HYK
3	911.19	660.31	0.3
2	705.38	511.16	0.3
1	470.25	340.16	0.3
Z	237.35	172	0.3

Tablo 4.26. Tip-4 +Ex Yükleme için Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

+ Ex Yükleme									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	45	87%	7	13%				
	Kolonlar			30	100%				
2	Kirişler	24	47%	27	53%				
	Kolonlar			14	47%	16	53%		
1	Kirişler	23	45%	28	55%				
	Kolonlar					30	100%		
Z	Kirişler	23	45%	28	55%				
	Kolonlar			5	17%	20	67%	5	17%

Tablo 4.27. Tip-4 -Ex Yüklemesi İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

- Ex Yüklemesi									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	44	85%	8	15%				
	Kolonlar			30	100%				
2	Kirişler	24	47%	27	53%				
	Kolonlar			15	50%	15	50%		
1	Kirişler	23	45%	28	55%				
	Kolonlar					30	100%		
Z	Kirişler	23	45%	28	55%				
	Kolonlar			6	20%	18	60%	6	20%

Tablo 4.28. Tip-4 +Ey Yüklemesi İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

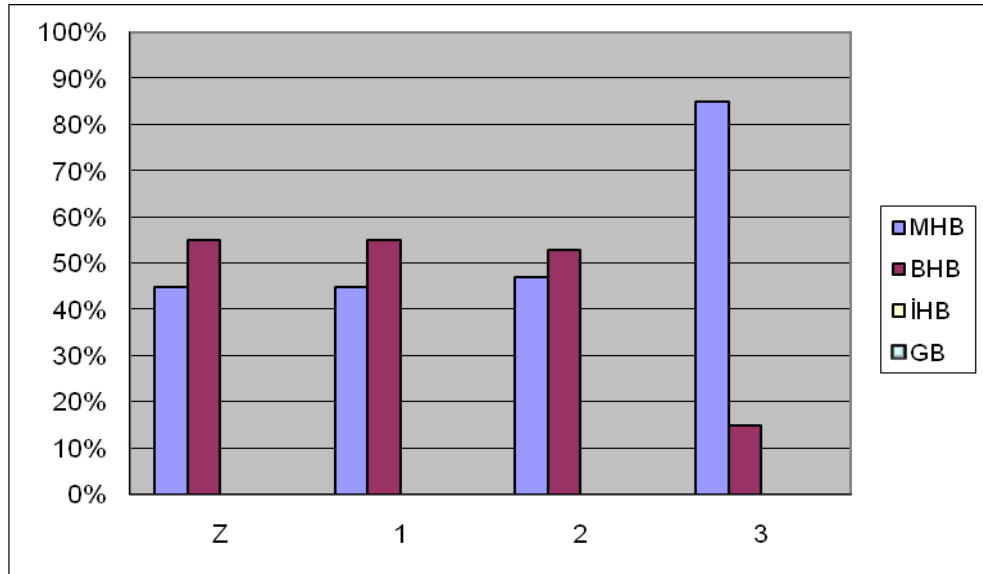
+ Ey Yüklemesi									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	50	96%	2	4%				
	Kolonlar	11	35%	20	65%				
2	Kirişler	45	88%	6	12%				
	Kolonlar	10	33%	20	67%				
1	Kirişler	40	78%	11	22%				
	Kolonlar	10	33%	15	50%	5	17%		
Z	Kirişler	39	76%	12	24%				
	Kolonlar	14	47%	13	43%	3	10%		

Tablo 4.29. Tip-4 -Ey Yüklemesi İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

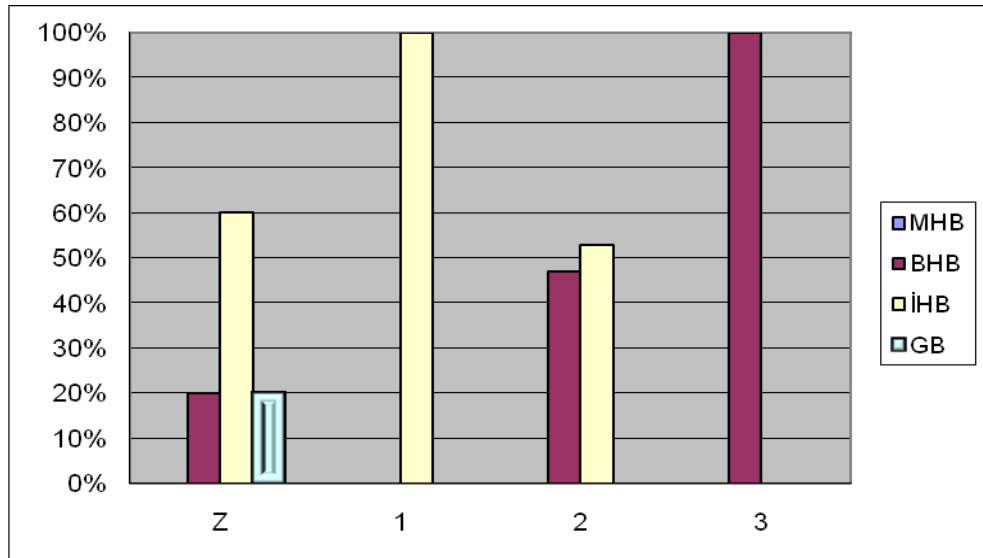
- Ey Yüklemesi									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	51	98%	1	2%				
	Kolonlar	16	52%	15	48%				
2	Kirişler	49	96%	2	4%				
	Kolonlar	12	40%	18	60%				
1	Kirişler	48	94%	3	6%				
	Kolonlar	26	87%	4	13%				
Z	Kirişler	50	98%	1	2%				
	Kolonlar	30	100%						

Tablo 4.30. Tip-4 En Olumsuz Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
		Count	%	Count	%	Count	%	Count	%
3	Kirişler	44	85%	8	15%				
	Kolonlar			30	100%				
2	Kirişler	24	47%	27	53%				
	Kolonlar			14	47%	16	53%		
1	Kirişler	23	45%	28	55%				
	Kolonlar					30	100%		
Z	Kirişler	23	45%	28	55%				
	Kolonlar			6	20%	18	60%	6	20%



Şekil 4.12. Tip-4 Kiriş Performans Yüzde Değişimleri



Şekil 4.13. Tip-4 Kolon Performans Yüzde Değişimleri

4.9.5. Tip-5 4-4 aksı perdeli sistem

Tablo 4.31. Tip-5 Deprem Yük Azaltma Katsayısı Uygulanmadan Tespit Edilen Katlara Gelen Yatay Kuvvetler

Kat	F_x	F_y	HYK
	tf	tf	
3	914.21	775.84	0.3
2	709.81	602.38	0.3
1	473.32	401.68	0.3
Z	238.23	202.18	0.3

Tablo 4.32. Tip-5 +Ex Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

+ Ex Yükleme									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	42	82%	9	18%				
	Kolonlar			30	100%				
2	Kirişler	25	49%	26	51%				
	Kolonlar			14	47%	16	53%		
1	Kirişler	23	45%	24	47%	4	8%		
	Kolonlar					29	97%	1	3%
Z	Kirişler	23	45%	28	55%				
	Kolonlar			4	13%	16	53%	10	33%

Tablo 4.33. Tip-5 -Ex Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

- Ex Yükleme									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	41	80%	10	20%				
	Kolonlar			30	100%				
2	Kirişler	26	51%	25	49%				
	Kolonlar			15	50%	15	50%		
1	Kirişler	23	45%	24	47%	4	8%		
	Kolonlar					30	100%		
Z	Kirişler	23	45%	28	55%				
	Kolonlar			6	20%	13	43%	11	37%

Tablo 4.34. Tip-5 +Ey Yüklemesi İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

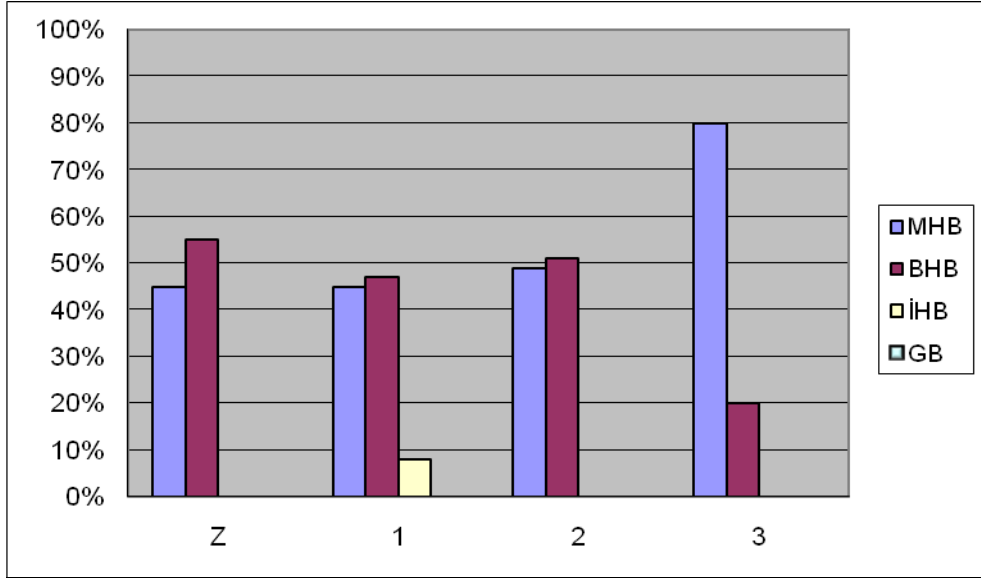
+ Ey Yüklemesi									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	50	98%	1	2%				
	Kolonlar	3	10%	27	90%				
2	Kirişler	39	76%	12	24%				
	Kolonlar	8	27%	22	73%				
1	Kirişler	40	78%	11	22%				
	Kolonlar	12	40%	17	57%	1	3%		
Z	Kirişler	39	76%	12	24%				
	Kolonlar	17	57%	13	43%				

Tablo 4.35. Tip-5 -Ey Yüklemesi İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

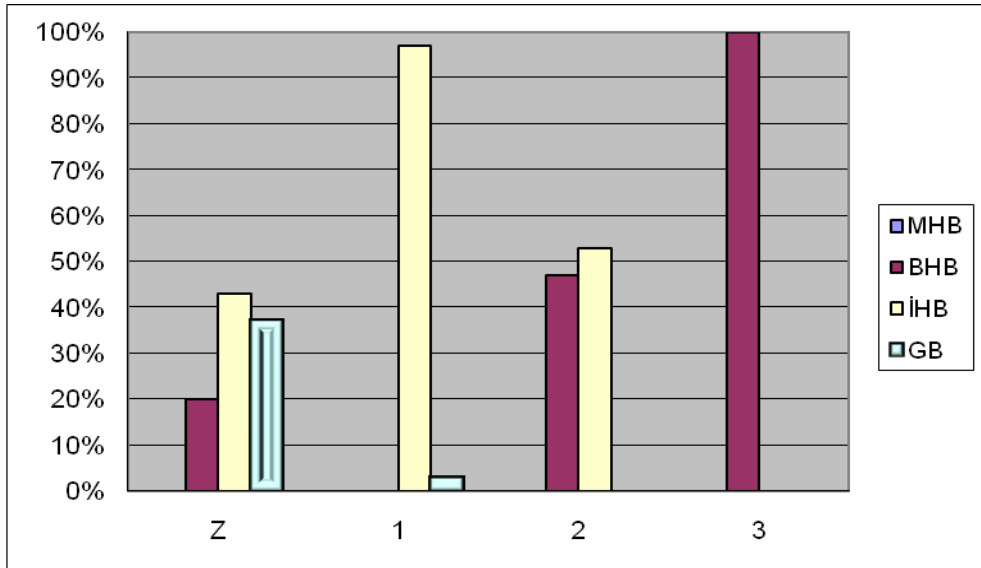
- Ey Yüklemesi									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	49	96%	2	4%				
	Kolonlar	3	10%	27	90%				
2	Kirişler	43	84%	8	16%				
	Kolonlar	8	27%	22	73%				
1	Kirişler	45	88%	6	12%				
	Kolonlar	12	40%	18	60%				
Z	Kirişler	48	94%	3	6%				
	Kolonlar	30	100%						

Tablo 4.36. Tip-5 En Olumsuz Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	41	80%	10	20%				
	Kolonlar			30	100%				
2	Kirişler	25	49%	26	51%				
	Kolonlar			14	47%	16	53%		
1	Kirişler	23	45%	24	47%	4	8%		
	Kolonlar					29	97%	1	3%
Z	Kirişler	23	45%	28	55%				
	Kolonlar			6	20%	13	43%	11	37%



Şekil 4.14. Tip-5 Kiriş Performans Yüzde Değişimleri



Şekil 4.15. Tip-5 Kolon Performans Yüzde Değişimleri

4.9.6. Tip-6 yapı X yönünde ortadan perdeli sistem

Tablo 4.37. Tip-6 Deprem Yük Azaltma Katsayısı Uygulanmadan Tespit Edilen Katlara Gelen Yatay Kuvvetler

Kat	F_x	F_y	HYK
	tf	tf	
3	922.51	820.95	0.3
2	705.02	627.41	0.3
1	470.13	418.37	0.3
Z	236.58	210.54	0.3

Tablo 4.38. Tip-6 +Ex Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

+ Ex Yükleme									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	46	88%	6	12%				
	Kolonlar			32	100%				
2	Kirişler	25	48%	27	52%				
	Kolonlar					32	100%		
1	Kirişler	24	46%	28	54%				
	Kolonlar					32	100%		
Z	Kirişler	24	46%	28	54%				
	Kolonlar			6	19%	17	53%	9	28%

Tablo 4.39. Tip-6 -Ex Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

- Ex Yükleme									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	46	88%	6	12%				
	Kolonlar			32	100%				
2	Kirişler	26	50%	26	50%				
	Kolonlar					32	100%		
1	Kirişler	24	46%	28	54%				
	Kolonlar					32	100%		
Z	Kirişler	24	46%	28	54%				
	Kolonlar			5	16%	19	59%	8	25%

Tablo 4.40. Tip-6 +Ey Yükleme İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

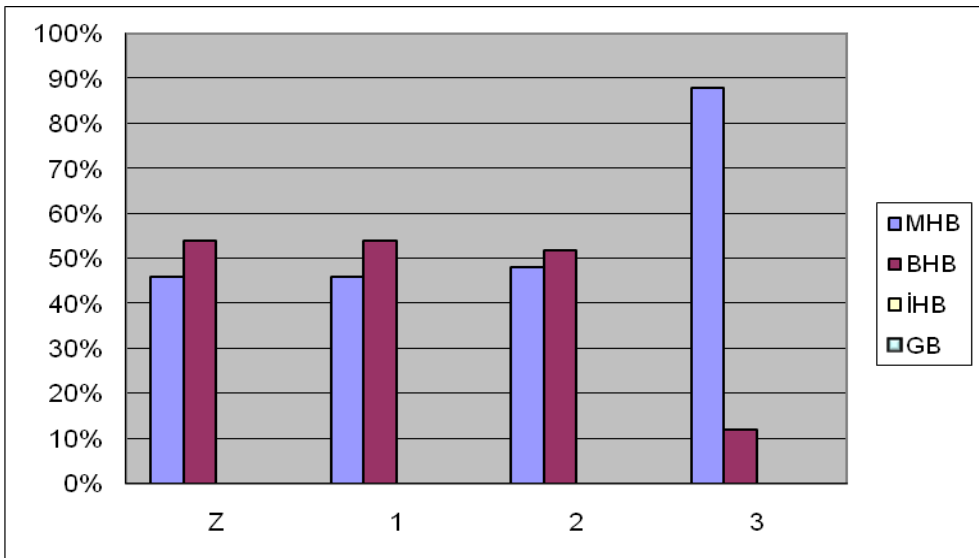
+ Ey Yükleme									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	49	94%	3	6%				
	Kolonlar			32	100%				
2	Kirişler	41	79%	11	21%				
	Kolonlar	8	25%	24	75%				
1	Kirişler	40	77%	12	23%				
	Kolonlar	12	38%	20	63%				
Z	Kirişler	42	81%	10	19%				
	Kolonlar	26	81%	6	19%				

Tablo 4.41. Tip-6 -Ey Yüklemesi İçin Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

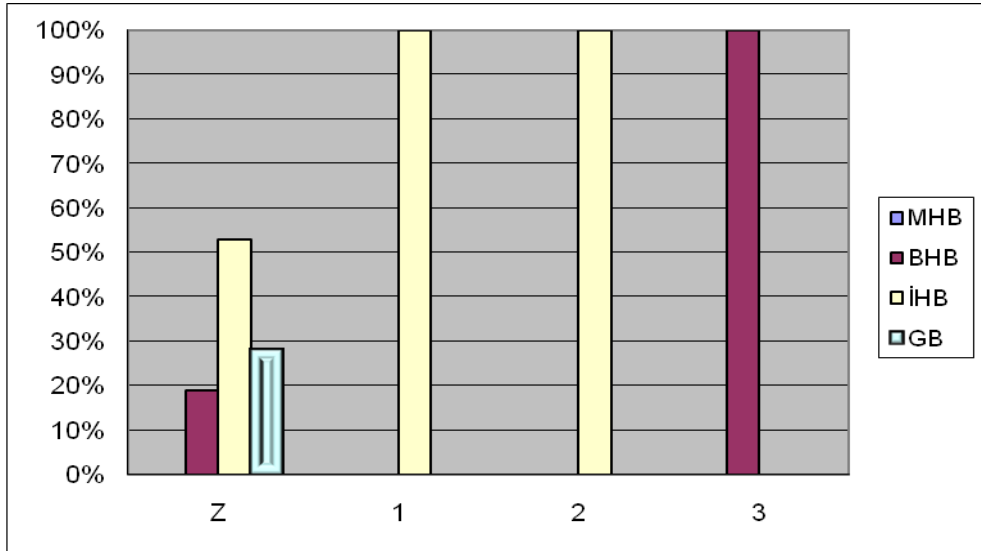
- Ey Yüklemesi									
Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	50	96%	2	4%				
	Kolonlar			32	100%				
2	Kirişler	43	83%	9	17%				
	Kolonlar	8	25%	24	75%				
1	Kirişler	41	79%	11	21%				
	Kolonlar	12	38%	20	63%				
Z	Kirişler	42	81%	10	19%				
	Kolonlar	26	81%	6	19%				

Tablo 4.42. Tip-6 En Olumsuz Yapı Performans Sonuçları ve Yüzdeleri

Kat	Eleman Tipi	MHB		BHB		İHB		GB	
3	Kirişler	46	88%	6	12%				
	Kolonlar			32	100%				
2	Kirişler	25	48%	27	52%				
	Kolonlar					32	100%		
1	Kirişler	24	46%	28	54%				
	Kolonlar					32	100%		
Z	Kirişler	24	46%	28	54%				
	Kolonlar			6	19%	17	53%	9	28%



Şekil 4.16. Tip-6 Kiriş Performans Yüzde Değişimleri



Şekil 4.17. Tip-6 Kolon Performans Yüzde Değişimleri

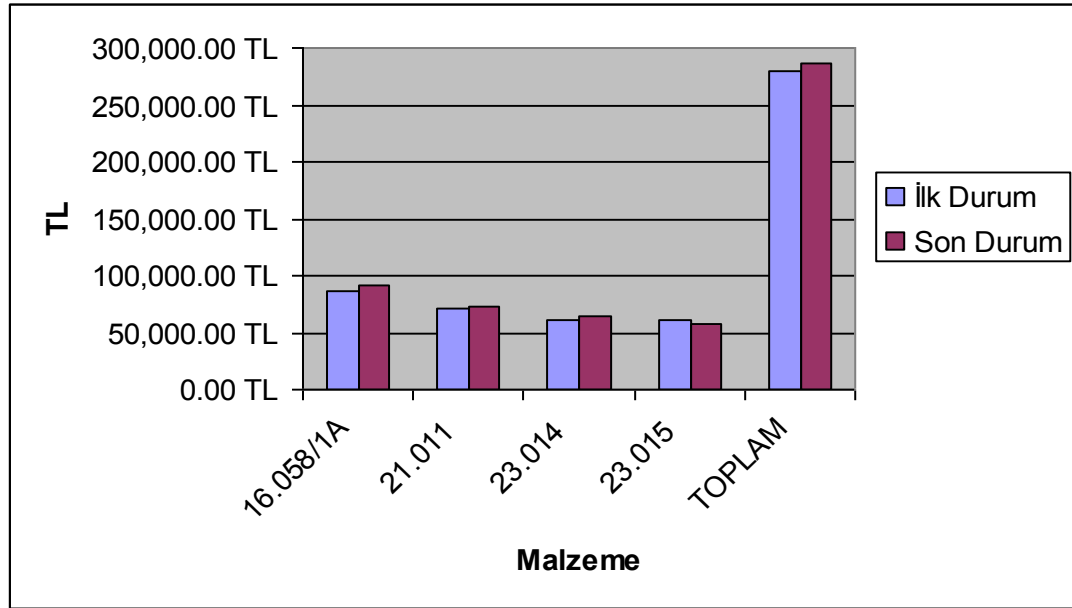
4.10. Tip-2 Maliyet Karşılaştırması

Tip-2 (1-1 aksından perdeli sistem) modelinde sadece kolon ebatlarını büyüterek (40x60cm) ve 8-8 aksına perde yerleştirilerek yapı simetrisinin sağlanması ile burulma düzensizliğini ortadan kaldırılmıştır. Yapının rijitliliğinin artırılması ile kiriş performans değerleri aynı kalırken, görelî kat ötelenmesini etkisinin ve zayıf kolon-güçlü kiriş etkisinin ortadan kaldırılması ile kolonlarda performans değerleri hedeflenen seviyelere ulaşmaktadır.

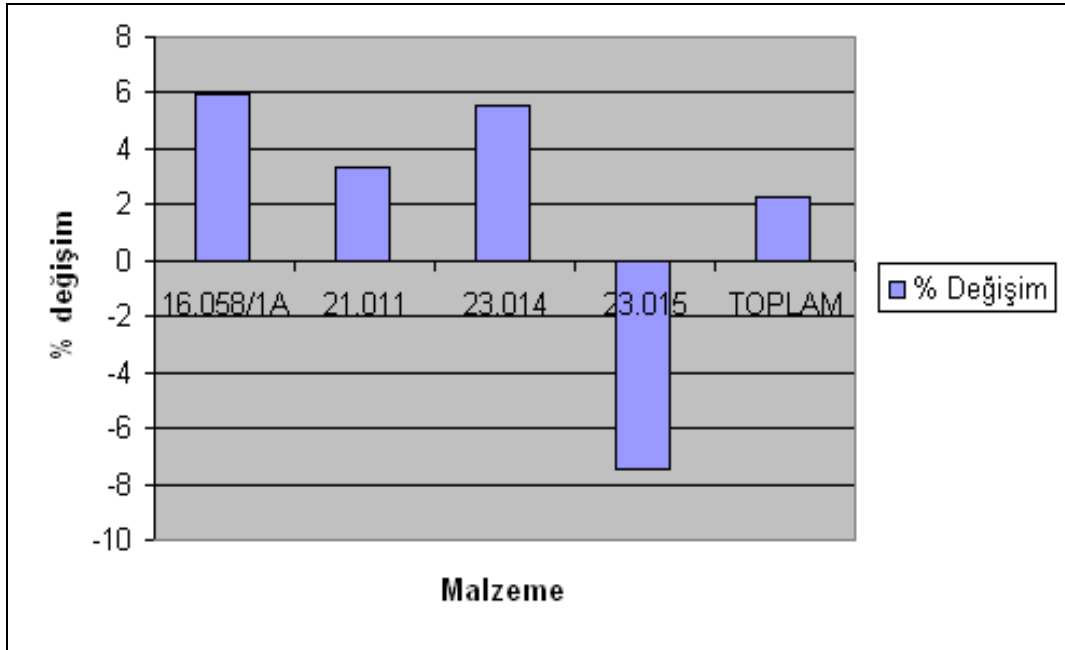
Tip-2 modeli için ilk durum ve son durum arasında inşaat kısmının iskeleti üzerinden bir fiyat karşılaştırılması yapılmıştır. (Tablo 4.43, Şekil 4.18, Şekil 4.19) Çok az bir fiyat artışı ile toplam 2624 m²'lik bir binada insanların can güvenliği tehlikeye atılmadığı gibi ekonomik kalkınmamıza da katkı sağlanmış olacaktır.

Tablo 4.43. Performans Düzeyleri İçin 2009 Birim Fiyat Karşılaştırma Tablosu

Poz No	Açıklama	Br	BF (TL)	İlk Durum		Son Durum		% Değişim
				Miktar	Toplam (TL)	Miktar	Toplam (TL)	
16.058/1A	C20 hazır beton	m ³	105.16	826.22	86,885.30	875.45	92,062.32	5.96%
21.011	Ahşap kalıp	m ²	16.08	4,702.96	75,623.60	4,861.61	78,174.69	3.37%
23.014	Ø8-12 demir	tn	1,478.75	40.91	60,495.66	43.19	63,867.21	5.57%
23.015	Ø14-26 demir	tn	1,384.06	44.57	61,687.55	41.26	57,106.32	-7.43%
TOPLAM				284,682.11 TL		291,210.54 TL		2.29%



Şekil 4.18. Performans Düzeyleri İçin 2009 Birim Fiyat Karşılaştırma Grafiği



Şekil 4.19. Performans Düzeyleri İçin 2009 Birim Fiyatlarına Göre % Değişim Grafiği

4.11. Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yapılan hesaplar sonucunda hiçbir elamanda deprem etkisiyle hesaplanan kesme kuvveti V_e taşıyıcı eleman kesme kapasitesini V_r aşmamıştır. ($V_e < V_r$) Binalarda taşıma gücü tükenmesi sünek güç tükenmesi ile sağlamıştır. Taşıyıcı elemanlarda kesme kırılması yaşanmamış dolayısıyla gevrek olarak hasar gören eleman oluşmamıştır.

Yapılarda kıyaslanan kiriş ve kolonlar için en kritik yükleme durumu beklendiği gibi Ex yönünde yapılan yüklemelerde oluşmuştur. En kritik yükleme durumuna göre çıkan sonuçların ayrı ayrı değerlendirilmesi yapılmıştır.

4.11.1. Kiriş sonuçlarının değerlendirilmesi

Kirişlerde, altı tip modelde yapılan hesaplar sonucunda oluşturulan grafiklerde açıkça görüldüğü üzere alt katların hasar bölgesi yüzdelerinde üst katlara göre hasar oranında artışlar olmuştur. Tip-1, Tip-2, Tip-4 ve Tip-6 sonuçlarında düzenli bir şekilde üst katta alt katta doğru inildikçe hasar oranları artmaktadır. Tip-1, Tip-4, Tip-6 sonuçlarında zemin kat ile 1. kat hasar oranları aynı çıkmıştır. Tip-1, Tip-2,

Tip-3 ve Tip-5 modellerinde eleman hasarları ileri düzeye geçmiştir. Tip-1’de zemin ve 1. katta ileri hasar bölgesine geçilirken aynı oranların korunduğu görülmüştür. Tip-2’de sadece zemin kattaki kirişlerde ileri hasar düzeyine ulaşılmıştır. Tip-3, Tip-5’de zemin kat kirişleri ileri hasar düzeyine ulaşmazken 1. kat kirişlerinde ileri hasar bölgesi oluşumu gözlenmiştir. Grafiklerden edilen gözlemlere göre, perde yerleştirilen 5 modelde sadece bir katta ileri hasar bölgesi oluşmaktadır. Ancak, Tip-1’de zemin ve birinci katta ileri hasar bölgeleri oluşmaktadır.

Çıkan sonuçlara bakıldığında kirişler açısından yapı modellerinin hepsi Can Güvenliği Performans Düzeyindedir.

4.11.2. Kolon sonuçlarının değerlendirilmesi

Kolonlarda yapılan değerlendirmeler sonucunda altı tip modelde oluşturulan grafiklerde aynı eleman boyutları, aynı yüklemeler ve aynı aks açıklıkları kullanılmasına rağmen çıkan sonuçların modellerin birbirleri ile hiçbir alakasının olmadığı izlenimini vermektedir.

Perdeli sistemlerde hasar bölgesi yüzdeleri alt kata indikçe hasar oranlarında artışlar meydana gelmektedir. Tip-2, Tip-3, Tip-4 ve Tip-5 modellerinde hasar yüzdeleri, hasar oranlarındaki artışlar bazında, düzenli değişimler göstermektedir. Tip-6 modelinde 1. ve 2. kat hasar yüzdeleri %100 ileri hasar bölgesinde çıkmaktadır. Tip-1 modelinde alt katlarda hasar oranları üst katlara göre daha hasarlı çıkmakla birlikte 1. katta bulunan göçme bölgesi oranı zemin kattan daha yüksek çıkmıştır. Tip-3, Tip-4 ve Tip-6 modellerinde sadece zemin katta göçme durumu hesaplanırken, Tip-2 ve Tip-5 modellerinde zemin kat ve çok az bir oranda olsa da göçme durumu hesaplanmıştır. Tip-1, Tip-3, Tip-4, Tip-5 ve Tip-6 modellerinde bütün kolon hasar bölgeleri birçok katta %100 çıkmaktadır. Tip-1 modelinde sadece 2. kat ileri hasar yüzdesi, Tip-3 ve Tip-4 modellerinde 1. katta ileri hasar yüzdesi, 3. katta belirgin hasar yüzdesi, 4-4 aksından perdeli sistemde 3. katta belirgin hasar yüzdesi, (1. katta 1 kolon göçme durumuna ulaşması ile ileri hasar yüzdesi %97’de kalmıştır.) Tip-6 modelinde 3. kat belirgin hasar yüzdesi, 2. ve 1. katlarda ileri hasar yüzdesi, %100 hasar yüzdeleri oluşmaktadır.

Sonuç şekillerine ilk bakıldığında da birçok modelde değişik hasar bölgelerinde kolonların %100 aynı tepkiyi verdiği dikkat çekmektedir. Hesaplar kontrol edildiğinde kolonların %100'lük düzenli hasar sınırına ulaşmasında etki / kapasite oranından çok görelî kat ötelenmesi koşulunu sağlamıyor olması etkili olmaktadır. Görelî kat ötelenmelerinin yüksek olması yapı rijitliğine önemli oranda zarar vermektedir. TDY07 yönetmeliğinde 2.10.1.3. maddesinde Denk. (2.19) şartının sağlanmasını istemiştir (Denk. 4.11).

$$\frac{\delta_i^{maks}}{h_i} \leq 0.02 \quad (4.11)$$

Görelî kat ötelenmesinin yüksek olması η_{bi} değerlerinin artmasına da sebep olmaktadır. Burulma düzensizliğini artıran bütün faktörler TDY07 7. bölüm için hasar sınırlarının ve hasar bölgelerinin tespitinde etki / kapasite oranından daha fazla görelî kat ötelenmesini etkili olmaktadır. Ayrıca, görelî kat ötelenmelerinin yüksek olması ikinci mertebe etkileri oluşturmakta ve ikinci mertebe momentlerinin artmasına sebep olmaktadır.

Elde edilen sonuçlara bakıldığında kolonlar açısından yapı modellerinin hepsi Göçme Öncesi Performans Düzeyindedir.

BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemiz dünyadaki etkin deprem kuşaklarından birisinde bulunmakta dolayısıyla da zaman zaman yıkıcı depremlerin etkisinde kalmaktadır. Bu tez çalışmasında, burulma düzensizliği etkisi altındaki yapıların performansları değerlendirilmiştir.

Mod birleştirme yöntemi ile yapılan performans analizi sonuçları içerisinde en kritik durumlar tespit edilmiştir. Bu sonuçlar çerçevesinde, yapı modelleri yönetmelikte belirtilen performans değerlerinden göçme öncesi performans düzeyinde çıkmıştır.

Kirişlerin performans değerlerinde, çıkartılabilecek sonuçlar aşağıda verilmektedir:

- Burulma düzensizliğinin (η_{bi}) kirişlerde performans düzeyine etkisi yoktur.
- Hedeflenen performans düzeylerine bağlı hasar sınırlarının tespitinde donatı oranı, malzeme dayanım bilgileri ve yönetmelikte belirtilen deprem spektrumuna bağlı olarak hesaplanan kesme kuvveti etkili olmaktadır.
- Perdesiz sistem, en dış akstan perdeli sistem ve ağırlık merkezinden perdeli sistem arasında performans yüzdeleri açısından fark oluşmamaktadır.
- Kirişlerde hedeflenen performans seviyesine ulaşıldığı görülmektedir.

Kolonların performans değerlerinde, çıkartılabilecek sonuçlar aşağıda verilmektedir.

- Alt katlarda burulma düzensizlik katsayıları (η_{bi}) yüksek çıkmasına rağmen, hasar yüzde değerlerinde çeşitlilik arz etmekte ve bu değerler zemin katlar için modellerde kendini korumaktadır.
- Bütün modellerde zemin katlarda BHB, İHB, GB hasar bölgeleri oluşmuş ve hemen hemen aynı oranlar korunmuştur.
- Üst katlara çıkıldıkça görece kat ötelenmesinin sağlanmadığı için düzenli bir takip sağlanamamıştır.

- Perdesiz sistem ile ağırlık merkezinden perdeli sistem sonuçları arasında benzerlik dikkat çekmektedir. Perdenin ağırlık merkezine yerleştirilmesi ile perdenin taşıyıcı sistemde bulunmaması performans açısından bir fark oluşturmamıştır.
- Modeller içerisinde en düzenli dağılım dış akstan perdeli sistemde oluşmaktadır. Bu modelde diğer modellere göre daha çeşitli ve düzgün dağılım olduğu görülmektedir.
- Yapı simetrisi ve eleman rijitliği sağlandığı takdirde dıştan perdeli sistem burulma ve görelî kat ötelenmesinde istenen performans düzeyini sağlamaktadır.
- Deprem yüklerini en dış aksların taşıdığı düşünülürse perdelerin bu akslara yerleştirilmesi en uygun sonuçları vermektedir.
- Performans değerleri karşılaştırıldığında dış akstan perdeli sistemde perdesiz sisteme ve ağırlık merkezinden perdeli sisteme göre hasar oranlarında azalma oluşmaktadır.
- 3. katta perdesiz sistemde %91 BHB ve %9 İHB ve ağırlık merkezinden perdeli sistemde %100 BHB oluşurken, dış akstan perdeli sistemde %34 MHB, %63 BHB ve %3 İHB oluşmaktadır.
- 2. katta perdesiz sistem ve ağırlık merkezinden perdeli sistemde %100 İHB oluşurken, dış akstan perdeli sistemde %27 BHB ve %73 İHB oluşmaktadır.
- 1. katta perdesiz sistemde %13 BHB, %50 İHB, %37 GB ve ağırlık merkezinden perdeli sistemde %100 İHB oluşurken, dış akstan perdeli sistemde %20 MHB, %47 BHB, %30 İHB ve %3 GB oluşmaktadır.
- Zemin katta perdesiz sistemde %16 BHB, %59 İHB, %25 GB ve ağırlık merkezinden perdeli sistemde %19 BHB, %53 İHB, %28 GB oluşurken, dış akstan perdeli sistemde %17 MHB, %53 BHB ve %30 İHB oluşmaktadır.
- Dış aksa perde yerleştirilmesi ile perdenin iç akslara yerleştirilmesi arasında hasar oranı takibi yapılamamıştır.
- Perdesiz sistem ve ağırlık merkezinden perdeli sistem ile dış akstan perdeli sistem arasında yaklaşık olarak en üst katta %34, 2. Katta %27, 1. Katta %20, zemin katta %17 hasar oranında azalma olmaktadır.
- Yanal deplasmanlarının yönetmelikteki belirli limitlerin içerisinde kalmasının sağlanması için yapı rijitliğinin artırılması ve deprem kuvvetinden oluşan kesit tesirlerine karşı mukavemet sağlanması gerekmektedir. Bunun için yapıda düzenli ve

geometrik planda uygun bir şekilde deprem perdeleri, çapraz gergiler gibi rijitliği arttıracak çözüm yolları bulunmalıdır.

Kirişlerde can güvenliliği performans düzeyinin sağlandığı görülmektedir. Ancak, kolonlar göçme öncesi performans düzeyinde kalmakta ve istenilen kat performans düzeyine ve bina performans düzeyine ulaşamamaktadır.

Bina yıkılması durumunda oluşacak can kaybı hiçbir şey ile telafi edilemeyecektir. Can kaybı oluşmasının yanında yaralı varsa tedavi masrafları, kurtarma masrafları, enkaz kaldırma masrafları, geçici ve kalıcı iskân bölgeleri oluşturma masrafları gibi birçok maddi zararın yanında, insanların psikolojisinde açacağı derin yaralar ve çevre felaketleri de unutulmamalıdır.

Yapıda küçük mimari ve statik değişiklikler yapılarak hedeflenen deprem spektrumunda istenen tepkiyi vermesi sağlanabilir. Burulma düzensizliği ortadan kaldırılan ve rijitleştirilen binalarda hedeflenen performansa tasarım esnasında yapılan küçük değişikliklerle ulaşılmıştır. Bu değişiklikler yapı maliyetine çok az bir masraf getirmiştir. Yapılan bu küçük masraf ile daha büyük zararların ve felaketlerin önüne geçilmiştir. (Tablo 4.43, Şekil 4.18, Şekil 4.19)

Standartlara uygun yapılar ile deprem olgu ve korkusu yenilebilir. Böylelikle, İnşaat Mühendisliği temelinde öğretilen 3E kuralına (emniyetli, ekonomik, estetik) son zamanlarda, haklı ve geçte olsa, çevre faktörünün öneminin artırılması ile ekolojik binalar da eklenerek 4E kuralı ile yapılan binalarda deprem ile birlikte yaşanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] <http://www.deprem.gov.tr>, (2010).
- [2] ÇOBAN, M., Yeni Deprem Yöntemliğinin (2007) 1975 Yönetmeliğine Göre Getirdiği Güvenlik Artışının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2009).
- [3] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, (2007).
- [4] ÖZMEN, G., Çok Katlı Yapılarda Aşırı Burulma Düzensizliği, İMO Teknik Dergi, (2004).
- [5] SELÇUK, S. A., AKAN, A. E., Mimari Tasarımın Deprem Dayanımına Etkisi: Antalya Ted Koleji'nin Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi.
- [6] AKINCI, E., Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Burulma Düzensizliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2005).
- [7] SEZER, E., Yapı Sistemlerinde Burulma Düzensizliğini Etkileyen Parametrelerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, (2006).
- [8] SUCUOĞLU, H., 2007 Deprem Yönetmeliği Performans Esaslı Hesap Yöntemlerinin Karşılıklı Değerlendirmesi, Türkiye Mühendislik Haberleri (TMH), sayı 444, 445, (2006).
- [9] AKÇA, T., Planda Düzensiz Çok Katlı Bir Betonarme Yapının Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Ve Mod Birleştirme Yöntemine Göre Tasarımı, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2007).
- [10] YANIK, A., Mevcut Deprem Yönetmeliği İle Yürürlükten Kaldırılan Deprem Yönetmeliğinin Karşılaştırılması Ve Mevcut Bir Binanın İncelenmesi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2008).
- [11] BOZAN, A., Mevcut Çok Katlı Yapının Statik İtme (Pushover) Yöntemi İle Analizi, SAÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2008).

- [12] ŞENGÖZ, A., SUCUOĞLU, H., 2007 Deprem Yönetmeliğinde Yer Alan “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi” Yöntemlerinin Artıları ve Eksileri, İMO Teknik Dergi, sayı 4609, 4633, (2009).
- [13] TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 01 Mayıs 2003 Bingöl Depremi Değerlendirme Raporu, Ankara TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Haber Bülteni, sayı15, 32 s., (2003).
- [14] CELEP, Z., Yapıların Deprem Etkisinde Şekil DeĐiŐtirmeye Dayalı Değerlendirilmesi, İMO İstanbul Őubesi Meslekiği EĞitim Semineri, (2009).
- [15] ÖZER, E., Ders Notları, İTÜ, (2009).
- [16] CELEP, Z., Mevcut Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Değerlendirilmesi, İMO İstanbul Őubesi Meslekiği EĞitim Semineri, (2009).
- [17] TS-500, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [18] ÖZMEN, G., Plan Geometrisi ve Rijitlik Dağılımı Bakımından Düzensiz Yapılar, İMO Teknik Dergi.
- [19] DÖNDÜREN, M. S., KARADUMAN, A., ÇÖĞÜRCÜ, M. T., ALTIN, M., Yapılarda Burulma Düzensizliği, Selçuk Üniversitesi, Teknik-Online Dergi, (2007).
- [20] KARAYEL, V., 2007 Deprem Yönetmeliği Çerçevesinde Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesine Daha Pratik Alternatif Bir Yaklaşım, İMO İstanbul Őubesi Güz Dönemi Seminerleri, (2009).
- [21] <http://www.idecad.com.tr>, (2010).

ÖZGEÇMİŞ

Osman BAŞARA, 07.09.1984'de Tokat'ta doğdu. İlkokul eğitimine Erbaa ilçesi Karayaka kasabası Yunus Emre İlkokulunda başladı ve Erbaa Fevzi ÇAMAK İlkokulunda tamamladı. Orta ve lise eğitimini Erbaa Yılmaz KAYALAR Anadolu Lisesinde (EYKAL) tamamladı. 2002 yılında başladığı Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği bölümünü 2007 yılında bitirdi. 2008 yılında Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Eğitimi Ana Bilim Dalı, Yapı Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2009 yılından itibaren Bilecik Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Dairesi Başkanlığında İnşaat Mühendisi olarak çalışmaktadır.