**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# BETONARME BİNALARDA DÖŞEME BOŞLUKLARININ TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞINA ETKİLERİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş. Müh. Sevil ARSLAN**

**Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ**

**HAZİRAN 2007**

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# BETONARME BİNALARDA DÖŞEME BOŞLUKLARININ TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞINA ETKİLERİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Sevil ARSLAN**

**(501051114)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Mayıs 2007**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 12 Haziran 2007**

**Tez Danışmanı : Doç.Dr. Turgut ÖZTÜRK**

**Diğer Jüri Üyeleri Doç. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL (İ.T.Ü.)**

**Doç. Dr. Necdet TORUNBALCI (İ.T.Ü.)**

**HAZİRAN 2007**

# ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te yapı düzensizliklerinden döşeme düzensizliği için verilen sınır değer irdelenmiştir. Yapıların diyafram çalışması durumuna ve taşıyıcı sistem davranışına bakılarak bu sınır değerin güvenilirliği incelenmiştir

Bu tez çalışması sırasında yakın ilgi ve değerlerini yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK'e teşekkürlerimi sunarım.

Öğrenim yaşamım boyunca bana maddi ve manevi olarak destek veren aileme de sonsuz teşekkür ederim.

Mayıs 2007

Sevil ARSLAN
İnşaat Mühendisi

**İÇİNDEKİLER**


**KISALTMALAR** v
**TABLO LİSTESİ** vı
**ŞEKİL LİSTESİ** vıı
**SEMBOL LİSTESİ** x
**ÖZET** xıı
**SUMMARY** xııı

**1. GİRİŞ** 1

**2. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI** 3
2.1. Yapı sistemlerinin depreme göre hesabı 4
2.1.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemi 5
2.2.1.1. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulama sınırları 5
2.2.1.2. Toplam eşdeğer deprem yükünün bulunması 5
2.2.1.2.1. Binanın hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı (W) 6
2.2.1.2.2. Spektral ivme katsayısı (A(T)) 6
2.2.1.2.3. Etkin yer ivmesi katsayısı (Ao) 7
2.2.1.2.4. Bina önem katsayısı (I) 7
2.2.1.2.5. Spektrum katsayısı (S(T)) 8
2.2.1.2.6. Deprem yükü azaltma katsayısı (Ra(T)) 8
2.2.1.3. Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin bulunması 9

**3. TAŞIYICI SİSTEM DÜZENSİZLİKLERİ** 11
3.1. Planda düzensizlik durumları 11
3.1.1. Burulma düzensizliği durumu 11
3.1.2. Döşeme süreksizliği durumu - A2 düzensizliği 14
3.1.2.1. Döşemeleri rijit diyafram olarak çalışan yapılar 15
3.1.2.2. Döşemeleri rijit diyafram olarak çalışmayan yapılar 15
3.1.3. Planda çıkıntıların bulunması 16
3.2. Düşey doğrultuda düzensizlik durumları - B türü düzensizlikler 17
3.2.1. B1- Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf kat) 17
3.2.2. B2- Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat) 18
3.2.3. B3- Taşıyıcı sistem düşey elemanlarının süreksizliği 18
3.3. Uluslararası yönetmeliklerde düzensiz yapılar ile ilgili koşullar 20

**4. İNCELENEN YAPILAR** **21**
4.1. İncelemede esas alınan yapıların tanıtımı 21
4.1.1. Simetrik yerleştirilmiş döşeme süreksizliğinin üst yapıya etkisi 23
4.1.1.1. Analizlerin incelenmesi 30
4.1.2. Simetrik yerleştirilmemiş döşeme süreksizliğinin üst yapıya etkisi 35
4.1.2.1. Analizlerin incelenmesi 42
4.1.3. Büyük boşlukların yapı davranışına etkileri 49
4.1.4. Boşluklu yapıların yapılacağı zemin durumunun üst yapıya etkileri 59

**5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER** **61**

**KAYNAKLAR** **66**

**ÖZGEÇMİŞ** **67**

**KISALTMALAR**

**A.B.Y.Y.H.Y** : Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
**Sap2000** : Structural Analysıs Programs

## TABLO LİSTESİ


**Sayfa No**

**Tablo 2.1** Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin Uygulanabileceği Binalar.....5
**Tablo 2.2** Hareketli Yük Katılım Katsayısı .....6
**Tablo 2.3** Etkin Yer İvmesi Katsayısı .....7
**Tablo 2.4** Bina Önem Katsayısı .....7
**Tablo 2.5** Spektrum Karakteristik Periyotları.....8
**Tablo 2.6** Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı .....9
**Tablo 4.1** Yapıda Kolon Kesitleri .....22
**Tablo 4.2** Yapı ve Model Adlandırmaları.....22
**Tablo 4.3** 6 ve 10 Katlı Yapıların Ağırlıkları,Birinci Doğal Titreşim Periyodu, Eşdeğer Deprem Kuvvetleri ve Ek Deprem Kuvvetleri27
**Tablo 4.4** 6 Katlı Yapıların Eşdeğer Deprem Kuvvetleri ve Burulma Momentleri. .....28
**Tablo 4.5** 10 Katlı Yapıların Eşdeğer Deprem Kuvvetleri ve Burulma Momentleri. .....28
**Tablo 4.6** 6 Katlı Yapıların Maksimum Yer Değiştirme Değerleri .....28
**Tablo 4.7** 10 Katlı Yapıların Maksimum Yer Değiştirme Değerleri .....29
**Tablo 4.8** 6 Katlı Yapıların Maksimum Göreli Kat Öteleme Değerleri.....29
**Tablo 4.9** 10 Katlı Yapıların Maksimum Göreli Kat Öteleme Değerleri.....29
**Tablo 4.10** Bina Ağırlıkları, Birinci Doğal Titreşim Periyotları ve Eşdeğer Deprem Yükü Kuvvetleri.....39
**Tablo 4.11** 6 Katlı Yapılara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükü Kuvvetleri ve Burulma Momentleri.....40
**Tablo 4.12** 10 Katlı Yapılara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükü Kuvvetleri ve Burulma Momentleri.....40
**Tablo 4.13** 6 Katlı Yapıların Maks. Yanal Yerdeğiştirmeleri .....40
**Tablo 4.14** 10 Katlı Yapıların Max. Yanal Yerdeğiştirmeleri.....41
**Tablo 4.15** 6 Katlı Yapıların Maks. Kat Ötelemeleri .....41
**Tablo 4.16** 10 Katlı Yapıların Maks. Kat Ötelemeleri .....41
**Tablo 4.17** Bina Ağırlıkları, Doğal Titreşim Periyotları, Toplam Eşdeğer Deprem Kuvvetleri .....52
**Tablo 4.18** 6 Katlı Yapılara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükü Kuvvetleri Ve Burulma Momentleri.....52
**Tablo 4.19** 10 Katlı Yapılara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükü Kuvvetleri Ve Burulma Momentleri.....53
**Tablo 4.20** 6 Katlı Yapıların Yanal Yerdeğiştirme Değerleri .....53
**Tablo 4.21** 10 Katlı Yapıların Yanal Yerdeğiştirme Değerleri.....53
**Tablo 4.22** 6 Katlı Yapıların Kat Öteleme Değerleri .....54
**Tablo 4.23** 10 Katlı Yapıların Kat Öteleme Değerleri .....54

## ŞEKİL LİSTESİ


**Sayfa No**

**Şekil 2.1** :Özel Tasarım İvme Spektrumu..... 7
**Şekil 2.2** :Gözönüne Alınacak Yerdeğiştirme Bileşenleri ve Deprem..... Yüklerinin Etkime Noktaları ..... 10
**Şekil 3.1** :Döşemelerin Kendi Düzlemleri İçinde Rijit Diyafram Olarak ..... Çalışmaları Durumu..... 12
**Şekil 3.2** :Kaydırılmış Kütle Merkezleri ..... 13
**Şekil 3.3** :A2 - Döşeme Süreksizlikleri..... 14
**Şekil 3.4** :Kaydırılmış Kütle Merkezi ..... 16
**Şekil 3.5** :Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği ..... 17
**Şekil 3.6** :Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği ..... 19
**Şekil 4.1** :Taşıyıcı Sistem ..... 22
**Şekil 4.2** :Y1-Y1.1 Kat Planı ..... 23
**Şekil 4.3** :Y2-Y2.1 Kat Planı ..... 23
**Şekil 4.4** :Y3-Y3.1 Kat Planı ..... 24
**Şekil 4.5** :Y1 Sap2000 Modeli..... 24
**Şekil 4.6** :Y1.1 Sap2000 Modeli..... 25
**Şekil 4.7** :Y2 Sap2000 Modeli..... 25
**Şekil 4.8** :Y2.1 Sap2000 Modeli ..... 26
**Şekil 4.9** :Y3 Sap2000 Modeli ..... 26
**Şekil 4.10** :Y3.1 Sap2000 Modeli ..... 27
**Şekil 4.11** :X Yönü Taban Kesme Kuvveti ..... 30
**Şekil 4.12** :Y Yönü Taban Kesme Kuvveti ..... 30
**Şekil 4.13** :X Yönü Maks.Yerdeğiştirmesi ..... 30
**Şekil 4.14** :Y Yönü Maks.Yerdeğiştirmesi ..... 30
**Şekil 4.15** :X Yönü Maks. Azaltılmış Göreli Kat Öteleme Grafiği ..... 31
**Şekil 4.16** :Y Yönü Maks. Azaltılmış Göreli Kat Öteleme Grafiği ..... 31
**Şekil 4.17** :X Yönü Etkin Göreli Kat Öteleme Değerleri ..... 31
**Şekil 4.18** :Y Yönü Etkin Göreli Kat Öteleme Değerleri ..... 31
**Şekil 4.19** :X Yönü 6 Katlı Yapıların A1 Burulma Düzensizliği Grafiği .... 32
**Şekil 4.20** :X Yönü 10 Katlı Yapıların A1 Burulma Düzensizliği Grafiği .. 32
**Şekil 4.21** :Y Yönü 6 Katlı Yapıların A1 Burulma Düzensizliği Grafiği .... 32
**Şekil 4.22** :Y Yönü 10 Katlı Yapıların A1 Burulma Düzensizliği Grafiği .. 32
**Şekil 4.23** :X Yönü B2 Rijitlik Düzensizliği Grafiği ..... 33
**Şekil 4.24** :Y Yönü B2 Rijitlik Düzensizliği Grafiği ..... 33
**Şekil 4.25** :X Yönü $\theta_i$ Katsayısı Grafiği ..... 33
**Şekil 4.26** :Y Yönü $\theta_i$ Katsayısı Grafiği ..... 33
**Şekil 4.27** :..... 34
**Şekil 4.28** :Y4- Y4.1 Kat Planı ..... 36
**Şekil 4.29** :Y5- Y5.1 Kat Planı ..... 37
**Şekil 4.30** :Y4 Sap2000 Modeli ..... 37
**Şekil 4.31** :Y4.1 Sap 2000 Modeli ..... 38

**Şekil 4.32** :Y5 Sap 2000 Modeli ..... 38
**Şekil 4.33** :Y5.1 Sap 2000 Modeli ..... 39
**Şekil 4.34** :X Yönü Taban Kesme Kuvveti ..... 42
**Şekil 4.35** :Y Yönü Taban Kesme Kuvveti ..... 42
**Şekil 4.36** :X Yönü Maksimum Yerdeğiştirme Grafiği ..... 42
**Şekil 4.37** :Y Yönü Maksimum Yerdeğiştirme Grafiği ..... 42
**Şekil 4.38** :X Yönü Maksimum Yerdeğiştirme Grafiği ..... 43
**Şekil 4.39** :Y Yönü Maksimum Yerdeğiştirme Grafiği ..... 43
**Şekil 4.40** :X Yönü Maksimum Kat Öteleme Grafiği..... 43
**Şekil 4.41** :Y Yönü Maksimum Kat Öteleme Grafiği..... 43
**Şekil 4.42** :X Yönü Maksimum Kat Öteleme Grafiği ..... 44
**Şekil 4.43** :Y Yönü Maksimum Kat Öteleme Grafiği ..... 44
**Şekil 4.44** :X Yönü A1 Burulma Düzensizliği Grafiği ..... 44
**Şekil 4.45** :Y Yönü A1 Burulma Düzensizliği Grafiği ..... 44
**Şekil 4.46** :X Yönü A1 Burulma Düzensizliği Grafiği ..... 44
**Şekil 4.47** :Y Yönü A1 Burulma Düzensizliği Grafiği ..... 44
**Şekil 4.48** :Yapı Y4 X Yönü Deprem Yüklemesi Sonlu Elemanlar Modeli 45
**Şekil 4.49** :Yapı Y4 Y Yönü Deprem Yüklemesi Sonlu Elemanlar Modeli 46
**Şekil 4.50** :Yapı Y5 X Yönü Deprem Yüklemesi Sonlu Elemanlar Modeli 46
**Şekil 4.51** :Yapı Y5 Y Yönü Deprem Yüklemesi Sonlu Elemanlar Modeli 46
**Şekil 4.52** : ..... 47
**Şekil 4.53** :Y6 Kat Planı ..... 49
**Şekil 4.54** :Y7 Kat Planı ..... 50
**Şekil 4.55** :Y6 Sap2000 Modeli ..... 50
**Şekil 4.56** :Y6.1 Sap2000 Modeli ..... 51
**Şekil 4.57** :Y7 Sap2000 Modeli ..... 51
**Şekil 4.58** :Y7.1 Sap2000 Modeli ..... 52
**Şekil 4.59** :X Yönü Maks. Yerdeğiştirme ..... 55
**Şekil 4.60** :Y Yönü Maks. Yerdeğiştirme ..... 55
**Şekil 4.61** :X Yönü Maks. Yerdeğiştirme ..... 55
**Şekil 4.62** :Y Yönü Maks. Yerdeğiştirme ..... 55
**Şekil 4.63** :X Yönü Maks. Kat Ötelemesi ..... 56
**Şekil 4.64** :Y Yönü Maks. Kat Ötelemesi ..... 56
**Şekil 4.65** :X Yönü Maks. Kat Ötelemesi ..... 56
**Şekil 4.66** :Y Yönü Maks. Kat Ötelemesi ..... 56
**Şekil 4.67** :X Yönü A1 Katsayısı ..... 56
**Şekil 4.68** :Y Yönü A1 Katsayısı ..... 56
**Şekil 4.69** :Yapı Y7 Sonlu Eleman Modeli ..... 57
**Şekil 4.70** : ..... 57
**Şekil 4.71** :Y3 Yapısı Maks. Yanal Yerdeğiştirme ..... 59
**Şekil 4.72** :Y3.1 Yapısı Maks. Yanal Yerdeğiştirme..... 59
**Şekil 4.73** :Y4Yapısı Maks. Yanal Yerdeğiştirme..... 59
**Şekil 4.74** :Y4.1 Yapısı Maks. Yanal Yerdeğiştirme..... 59
**Şekil 4.75** :Y5 Yapısı Maks. Yanal Yerdeğiştirme..... 60
**Şekil 4.76** :Y5.1 Yapısı Maks. Yanal Yerdeğiştirme..... 60
**Şekil 4.77** :Y6 Yapısı Maks. Yanal Yerdeğiştirme..... 60
**Şekil 4.78** :Y6.1 Yapısı Maks. Yanal Yerdeğiştirme ..... 60
**Şekil 5.1** :X Yönü S2 Kolonu ..... 61
**Şekil 5.2** :Y Yönü S12 Kolonu ..... 61
**Şekil 5.3** :X Yönü S2 Kolonu ..... 61

**Şekil 5.4** **:**Y Yönü S12 Kolonu ..... 61
**Şekil 5.5** **:**X Yönü K6 Kirişi ..... 62
**Şekil 5.6** **:**Y Yönü K51 Kirişi ..... 62
**Şekil 5.7** **:**X Yönü K6 Kirişi ..... 62
**Şekil 5.8** **:**Y Yönü K51 Kirişi ..... 62
**Şekil 5.9** **:**X Yönü Yapı Tiplerine Göre Maks Yerdeğiştirme ..... 62
**Şekil 5.10** **:**Y Yönü Yapı Tiplerine Göre Maks Yerdeğiştirme ..... 62
**Şekil 5.11** **:**X Yönü Yapı Tiplerine Göre Maks Yerdeğiştirme ..... 63
**Şekil 5.12** **:**Y Yönü Yapı Tiplerine Göre Maks Yerdeğiştirme ..... 63
**Şekil 5.13** **:**X Yönü Yapı Tiplerine Göre Maks Kat Öteleme ..... 63
**Şekil 5.14** **:**Y Yönü Yapı Tiplerine Göre Maks Kat Öteleme ..... 63
**Şekil 5.15** :X Yönü Yapı Tiplerine Göre Maks Kat Öteleme ..... 63
**Şekil 5.16** :Y Yönü Yapı Tiplerine Göre Maks Kat Öteleme ..... 63

$\mathbf{A}(T)$ = Spektral İvme Katsayısı
$\mathbf{A_o}$ = Etkin Yer İvmesi Katsayısı
$\mathbf{A_t}$ = Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında kullanılan eşdeğer alan [$m^2$]
$\mathbf{A_{wj}}$ = Binanın temel üstündeki ilk katında j'inci perdenin brüt enkesit alanı [$m^2$]
$\mathbf{B_a}$ = Taşıyıcı sistem elemanının a asal ekseni doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü
$\mathbf{B_{ax}}$ = Taşıyıcı sistem elemanının a asal ekseni doğrultusunda, x doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
$\mathbf{B_{ay}}$ = Taşıyıcı sistem elemanının a asal ekseni doğrultusunda, x'e dik y doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
$\mathbf{B_B}$ = Mod Birleştirme Yönteminde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük
$\mathbf{B_D}$ = $B_B$ büyüklüğüne ait büyütülmüş değer
$\mathbf{C_t}$ = Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde birinci doğal titreşim periyodunun yaklaşık olarak belirlenmesinde kullanılan katsayı
$\mathbf{D_i}$ = Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde burulma düzensizliği olan binalar için i'inci katta ± %5 ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısı
$\mathbf{d_{fi}}$ = Binanın i'inci katında $F_{fi}$ fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
$\mathbf{d_i}$ = Binanın i'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
$\mathbf{F_{fi}}$ = Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etkiyen fiktif yük
$\mathbf{F_i}$ = Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
$\mathbf{f_e}$ = Mekanik ve elektrik donanımın kütle merkezine etkiyen eşdeğer deprem yükü
$\mathbf{g}$ = Yerçekimi ivmesi (9.81 $m/s^2$)
$\mathbf{g_i}$ = Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
$\mathbf{H_i}$ = Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği) [m]
$\mathbf{H_N}$ = Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen toplam yükseklik) [m]
$\mathbf{h_i}$ = Binanın i'inci katının kat yüksekliği
$\mathbf{I}$ = Bina Önem Katsayısı
$\mathbf{\ell_{wj}}$ = Binanın temel üstündeki ilk katında j'inci perdenin, gözönüne alınan deprem doğrultusunda çalışan uzunluğu [m]
$\mathbf{M_r}$ = r'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle
$\mathbf{M_{xr}}$ = Gözönüne alınan x deprem doğrultusunda binanın r'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
$\mathbf{M_{yr}}$ = Gözönüne alınan y deprem doğrultusunda binanın r'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
$\mathbf{m_i}$ = Binanın i'inci katının kütlesi ($m_i = w_i / g$)
$\mathbf{m_{\theta i}}$ = Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalışması durumunda, binanın i'inci katının kaydırılmamış kütle merkezinden geçen düşey eksene göre kütle eylemsizlik momenti
$\mathbf{N}$ = Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren toplam kat sayısı)
$\mathbf{n}$ = Hareketli Yük Katılım Katsayısı
$\mathbf{q_i}$ = Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük
$\mathbf{R}$ = Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
$\mathbf{R_a}(T)$ = Deprem Yükü Azaltma Katsayısı

$\mathbf{S}(T)$ = Spektrum Katsayısı
$\mathbf{S_{pa}}(T_r)$ = r'inci doğal titreşim modu için ivme spektrumu ordinatı $[m/s^2]$
$\mathbf{T}$ = Bina doğal titreşim periyodu [s]
$\mathbf{T_1}$ = Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
$\mathbf{T_{1A}}$ = Binanın amprik bağıntı ile hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu [s]
$\mathbf{T_A}$ ,$\mathbf{T_B}$ = Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
$\mathbf{T_r}$ , $\mathbf{T_s}$ = Binanın r'inci ve s'inci doğal titreşim periyotları [s]
$\mathbf{V_i}$ (*) = Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın I'inci katına etki eden kat kesme kuvveti
$\mathbf{V_t}$ = Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
$\mathbf{V_{tB}}$ = Mod Birleştirme Yönteminde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
$\mathbf{W}$ = Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
$\mathbf{w_e}$ = Mekanik veya elektrik donanımın ağırlığı
$\mathbf{w_i}$ = Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
$\mathbf{Y}$ = Mod Birleştirme Yönteminde hesaba katılan yeterli doğal titreşim modu sayısı
$\mathbf{\Delta_i}$ = Binanın i'inci katındaki göreli kat ötelemesi
$\mathbf{(\Delta_i)_{max}}$ = Binanın i'inci katındaki maksimum göreli kat ötelemesi
$\mathbf{(\Delta_i)_{ort}}$ = Binanın i'inci katındaki ortalama göreli kat ötelemesi
$\mathbf{\Delta F_N}$ = Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
$\mathbf{\eta_{bi}}$ = i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
$\mathbf{\eta_{ci}}$ = i'inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı
$\mathbf{\eta_{ki}}$ = i'inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı
i'inci katta düşey eksen etrafındaki dönme bileşeni
$\mathbf{\theta_i}$ = i'inci katta tanımlanan Ikinci Mertebe Gösterge Değeri

# BETONARME BİNALARDA DÖŞEME BOŞLUKLARININ TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞINA ETKİLERİ

## ÖZET

Bu çalışmada, belirli oranlarda döşeme boşluğu bulunduran betonarme yapıların deprem yükü altındaki davranışları incelenmiştir. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te kat brüt alanının 1/3'ünden büyük döşeme boşluklarından kaçınılması tavsiye edilmektedir. Aksi takdirde döşeme süreksizliklerinden dolayı planda A2 türü düzensizlik oluşacağı ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığının esas alınması ifade edilmektedir. Bu tür düzensizlik içeren binalarda birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı elemanları arasında güvenle aktarabildiğinin tahkikini istemektedir.

Çalışmada; deprem ve depremin yapılar üzerindeki etkisi hakkında bilgi verilmiş, depreme dayanıklı yapı tasarımından bahsedilmiştir.ABYYHY'2007 geçen döşeme düzensizliği oluşturan durumlar, bu düzensizliği içeren binalarda kullanılması gereken hesap yöntemleri ve yaptırımları anlatılmıştır. Ayrıca çeşitli ülkelerin deprem yönetmelikleri incelenmiş ve getirdiği şartlara değinilmiştir. Yapı düzensizlikleri ve özellikle döşeme süreksizliklerine yer verilmiştir. Oluşturulan modellerde boşlukların değişik yer ve oranları için incelemeler yapılmış, kat adedinin, kiriş sürekliliğinin ve zemin cinsinin değişmesi de dikkate alınmıştır. Yapıların diyafram çalışması durumuna bakılarak yönetmeliğin belirlediği sınır değerin güvenilirliği incelenmiştir. Bu incelemelere ait değerler ve grafikler sunulmuştur. Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlar verilmiştir.

## EFFECTS OF THE SLAB DISCONTINUTIES STRUCTURAL SYSTEMS BEHAVIOR IN REINFORCEMENT BUILDINGS

## SUMMARY

In this study, the behavior of structures with hollow concrete slabs subjected to earthquakes was investigated. In Turkish Earthquake Resistant Design Code, it is suggested to avoid hollow slabs more than 1/3 of floor gross area. Otherwise it is expressed that irregularities would occur because of the slab discontinuities and the slabs could not work as a rigid diaphragm. Moreover, the structures which contain slab discontinuities must be investigated if they transfer earthquake forces to perpendicular carriers in first and second earthquake religions safely.

In this study, information about background of earthquake motion and its effects to structures were given includes irregularities in structures especially floor discontinuities. The conditions about slab discontinuities which are included in Turkish Earthquake Resistant Design Code, formulation and methodology were explained in models with hollow parts at different locations and at different hollow ratios slab are analyzed and the results are compared. The findings and conclusions are presented. Besides, the Earthquake ordinances of other countries are inspected and mentioned that obligations of them. The structure irregularity and especially slab discontinuities are placed in this study. Slab discontinuities ratios and places are inspected in generating models also beam continuous and ground variations are considered. Integrity of limit value that shown at ordinance has checked by rigid diaphragm theory. Graphs and values that obtained this study are shown. Results of this thesis have given.

# 1.GİRİŞ

Ülkemizin büyük bir bölümü deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Bu sebepten dolayı özellikle son yıllarda birçok deprem yaşanmıştır. Depreme dayanıklı yapı tasarımı konusu, gerek ülkemizde gerekse dünyada üzerinde yoğun olarak çalışılan bir konudur.

Günümüzde insanlar yaşadıkları mekânların estetik, ekonomik ve çok fonksiyonlu olmasını istemektedir. Bunun sonucu olarak da simetrik olmayan, geometrisi düzensiz, depreme karşı yeteri kadar rijit olmayan yapı tipleri ortaya çıkmaktadır. Yapının planlama aşamasındayken mimari tasarımda yapılan hatalar, yanlış geometri seçimleri, estetik ve görünüş kaygıları nedeniyle yapılan yanlış düzenlemeler, yapıyı deprem karşısında önemli ölçüde riske sokmaktadır. Depremlerde hasar gören yapıların hasar nedenleri bazen doğrudan doğruya mimari tasarım ile bağlantılı olmaktadır. Mimari tasarımda olabildiğince özgür davranmak, normal koşullarda bile taşıyıcı sistem düzenlemesinde güvenli bir çözümü güçleştirmektedir. Buna deprem etkileri de eklendiği zaman taşıyıcı sistem davranışında çok daha önemli problemlerle karşılaşılmaktadır.

Taşıyıcı sistem seçiminde hata yapıldığı zaman, diğer aşamalarda hata yapılmasa bile yapı depremlerde kendisinden beklenen davranışı göstermeyecektir. Bu nedenle taşıyıcı sistem tasarımının tekniğine uygun olması gerekmektedir. Bir mühendisin depreme dayanıklılık bakımından hiç de uygun olmayan taşıyıcı sistemleri tasarlaması kabul edilemez bir tutumdur.[4]

Depreme karşı davranışındaki olumsuzluklar nedeniyle tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken binalar düzensiz binalar olarak tanımlanır. Yapılarda düzensizlikler planda ve düşey doğrultuda olmak üzere iki ana başlık altında incelenmekte ve bunlardan mümkün olduğunca kaçınılması tavsiye edilmektedir. Bu düzensizlik durumlarını kapsayacak şekilde, depreme dayanıklı taşıyıcı sistem seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar ve düzensiz binalara ilişkin koşullar [2] nolu kaynakta verilmiştir.

ABYYHY 2007 ‘de toplam kat brüt alanının 1/3’ünden büyük döşeme boşluklarından kaçınılması öngörülmüştür. Aksi takdirde döşeme süreksizliklerinden

dolayı planda A2 türü düzensizlik oluşacağı ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığının esas alınması ifade edilmektedir. Bu tür düzensizlik içeren binalarda birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı elemanları arasında güvenle aktarabildiğinin tahkikini istemektedir.

Bu çalışmada yapı düzensizlikleri ve döşeme süreksizliklerine yer verilmiştir. Oluşturulan modellerde boşlukların değişik yer ve oranları için incelemeler yapılmış, kat adedinin, kiriş sürekliliğinin, zemin cinsinin ve deprem bölgesinin değişmesi de dikkate alınmıştır. Yapıların diyafram çalışması durumuna ve boşluğun taşıyıcı sistem davranışına yaptığı etkilere bakılarak yönetmeliğin belirlediği sınır değerlerin güvenilirliği incelenmiştir.

## 2. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI

Depremler, yapıda zamana bağlı olarak değişen ve yapı kütlesiyle doğru orantılı olan yüklerin oluşmasına neden olurlar. Buna tepki olarak, yapıda da zamana bağlı olarak değişen iç kuvvetler oluşur. Depreme dayanıklı yapı tasarımında amaç, bu kuvvetlerin etkisiyle oluşabilecek hasarın belli değerleri aşmamasıdır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımının ana ilkesi, hafif şiddetteki depremlerde binalarda yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacıyla ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır.[2]

Bir bütün olarak deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sisteminde ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte *rijitlik*, *kararlılık* ve *dayanım* bulunmalıdır. Bu bağlamda döşeme sistemleri, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarılmasını sağlayacak düzeyde rijitlik ve dayanıma sahip olmalıdır.[2]

Betonarme bir yapının taşıyıcı sistemi, üzerine etkiyen yükleri ve kendi ağırlığını güvenilir bir şekilde zemine aktarma görevini yerine getirebilmelidir. Bu nedenden dolayı yapının taşıcıyı sisteminin seçimi ve tasarımı son derece önemlidir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı için temel ilkeler genellikle yeterli dayanım yeterli rijitlik yeterli süneklik olarak belirtilmektedir. Bunlardan başka yapıların davranışlarıyla ilgili olarak kullanılan yeterli kararlılık, yeterli sönüm ve yeterli uyum ilkelerini de açıklayabiliriz;

- Yeterli Dayanım

Yeterli dayanımda amaç; taşıyıcı sistem elemanlarının kendilerine etkiyen yük ya da yük etkileri nedeniyle kesit tesirlerini kırılmadan taşıyabilmeleridir. Bu ilke doğrultusunda deprem yönetmeliğinde getirilen koşullardan biri kısaca kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşuludur.

- Yeterli Rijitlik

Yapının yeterli rijitliğe sahip olmasının istenmesindeki amaç ikinci mertebe momentlerini mümkün olduğunda küçültmek, sıkça oluşan depremlerde, yani kullanılabilirlik sınır durumuna karşı gelen depremlerde, yapısal olmayan hasarları azaltmak ve deformasyonları önlemektir.

- Yeterli Süneklik

Bir malzeme, bir kesit, bir eleman veya bir yapının taşıma gücünde önemli bir azalma olmadan deformasyon yapabilme, tekrarlı yükler etkisinde enerji tüketebilme özelliğine; o malzemenin, o kesitin, o elemanın veya o yapının sünekliği denilmektedir. Yapıların süneklik özelliği dikkate alınarak deprem yükleri, taşıyıcı sistem davranış katsayısı R ye bağlı olan deprem yükü azaltma katsayısına bölünerek azaltılmaktadır. Azaltılan bu yüke göre hesap yapıldığında şiddetli depremlerde yapıda elastik sınırın ötesinde deformasyonları dolayısıyla da hasarın oluşabileceği, ancak süneklik ve enerji tüketebilme özelliği nedeniyle tamamen göçmenin önleneceği kabul edilmektedir.

- Yeterli Kararlılık (Stabilite)

Yapı emniyeti için sadece dayanımın dikkate alınması yeterli değildir. Yapının denge konumunun da yeterince kararlı olması gerekmektedir. Eğer sistem kararlı durumdan çok az bir miktarda dahi olsa saparsa, yapı aniden göçer.

- Yeterli Sönüm

Deprem yönetmeliğinde betonarme yapılar için sönüm oranı %5 olarak dikkate alınmaktadır. Yapıda meydana gelebilecek çatlakların artması sönümü arttırmaktadır.

## 2.1 Yapı Sistemlerinin Depreme Göre Hesabı

Taşıyıcı sisteme etkiyen deprem yüklerinin hesabında kullanılacak hesap yöntemlerinin seçimine yönelik sınırlamalar, yeni deprem yönetmeliğinde verilmektedir. Yapı sistemlerinin deprem yükü hesabı 3 şekilde yapılabilir.

A. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi
B. Mod Birleştirme Yöntemi
C. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Bu yöntemlerin uygulama sınırları [2] nolu kaynakta verilmiştir.

### 2.1.1 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

"Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi" binaların ve bina türü yapıların deprem yükü etkisi altındaki statik hesabında kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemde yapının tümü için deprem yükü tek bir kuvvet olarak hesaplanmaktadır. Toplam Eşdeğer Deprem Yükü, yapı yüksekliği boyunca tabanı üstte olan üçgen şeklinde kat hizalarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak ifade edilir.

Yapıya etkiyen deprem kuvvetlerinin tamamı ile yapının en alt kotundaki düşey taşıyıcılarda oluşan kesme kuvvetleri yatay doğrultuda dengededir. "Taban Kesme Kuvveti" olarak tanımlanan düşey taşıyıcıların kesme kuvveti toplamı, toplam eşdeğer deprem yükü ile bir kuvvet çifti oluşturur.

#### 2.2.1.1 Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulama Sınırları

"Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi" nin uygulanabileceği binalar Tablo 2.1' de gösterilmiştir.

**Tablo 2.1 :** Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin Uygulanabileceği Binalar

| ***Deprem Bölgesi*** | ***Bina Türü*** | ***Toplam Yükseklik Sınırı*** |
|---|---|---|
| **1, 2** | **A1** türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan binalar | $H_N \leq 25$ **m** |
| **1, 2** | **A1** türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca **B2** türü düzensizliği olmayan binalar | $H_N \leq 40$ **m** |
| **3, 4** | Tüm binalar | $H_N \leq 40$ **m** |

#### 2.2.1.2 Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

A.B.Y.Y.H.Y.'de göz önüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen "Toplam Eşdeğer Deprem Yükü" değeri,

$$V_t = W\, A(T_1) / R_a(T_1) \geq 0{,}10\, A_o\, I\, W \qquad (2.1)$$

Bağıntısı ile verilmektedir.

#### 2.2.1.2.1 Binanın Hareketli Yük Katılım Katsayısı Kullanılarak Bulunan Toplam Ağırlığı (W)

Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı olarak gözönüne alınacak olan W, şeklinde hesaplanır. $w_i$ ,

$$W = \sum_{i=1}^{N} w_i \qquad (2.2)$$

kat ağırlıkları olup 2.3 bağıntısında

$$w_i = g_i + n\, q_i \qquad (2.3)$$

olarak hesaplanır. Burada;

$w_i$ : i' inci katın deprem sırasındaki toplam ağırlığı,

$g_i$ : Binanın i' inci katındaki toplam sabit yük,

$q_i$ : Binanın i' inci katındaki toplam hareketli yük,

n : Hareketli yük katılım katsayısı, olarak tanımlanmaktadır.

Bağıntı (2.3)' de yer alan "Hareketli Yük Katılım Katsayısı" n, Tablo 2.2.' de verilmiştir. Kar yüklerinin %30' unun sabit yük olarak göz önüne alınacağı, endüstri binalarında sabit ekipman ağırlıkları için n=1 alınacağı, ancak vinç kaldırma yüklerinin kat ağırlıklarının hesabında göz önüne alınmayacağı, A.B.Y.Y.H.Y' de belirtilmiştir.

**Tablo 2.2 :** Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n)

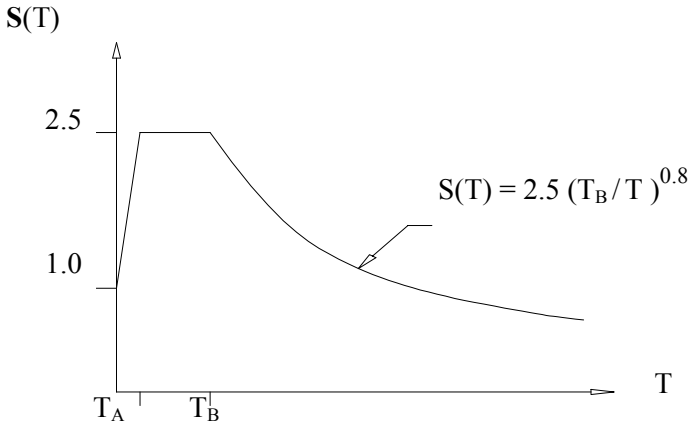
| ***Binanın Kullanım Amacı*** | **n** |
|---|---|
| Depo, antrepo, vb. | **0.80** |
| Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb. | **0.60** |
| Konut, işyeri, otel, hastane, vb. | **0.30** |

#### 2.2.1.2.2 Spektral İvme Katsayısı (A(T))

A.B.Y.Y.H.Y.' de deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan ve tanım olarak %5 sönüm oranı için elastik "Tasarım İvme Spektrumu"nun yerçekimi ivmesi g' ye bölünmesine karşı gelen "Spektral İvme Katsayısı" A(T),

$$A(T) = A_o\, I\, S(T) \qquad (2.4)$$

bağıntısıyla verilmiştir.




**Şekil 2.1 :** Özel Tasarım İvme Spektrumu

### 2.2.1.2.3 Etkin Yer İvmesi Katsayısı ($A_o$)

A.B.Y.Y.H.Y.' de maksimum deprem ivmesinin g' ye oranı olarak tanımlanan "Etkin Yer İvmesi Katsayısı" ($A_o$) Tablo 2.3.' de verilmiştir.

**Tablo 2.3 :** Etkin Yer İvmesi Katsayısı ($A_o$)

| *Deprem Bölgesi* | $A_o$ |
|---|---|
| 1 | 0.40 |
| 2 | 0.30 |
| 3 | 0.20 |
| 4 | 0.10 |

### 2.2.1.2.4 Bina Önem Katsayısı (I)

A.B.Y.Y.H.Y. ' de "Bina Önem Katsayısı ( I ) " yapının kullanım amacına göre 1–1,5 arasında değişmektedir. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli maddeler içeren binaların "Bina Önem Katsayısı (I) "nın konutlara göre daha büyük olduğu Tablo 2.4.'de görülmektedir.

**Tablo 2.4 :** Bina Önem Katsayısı ( I )

| ***Binanın Kullanım Amacı veya Türü*** | ***Bina Önem Katsayısı ( I )*** |
|---|---|
| **1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar**<br>**a)** Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler,dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)<br>**b)** Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar | **1.5** |
| **2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar**<br>**a)** Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.<br>**b)** Müzeler | **1.4** |
| **3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar**<br>Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb. | **1.2** |
| **4. Diğer binalar**<br>Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar<br>(Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb) | **1.0** |

### 2.2.1.2.5 Spektrum Katsayısı (S(T))

A.B.Y.Y.H.Y.'de yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T' ye bağlı olarak "Spektrum Katsayısı" (S(T)) aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$S(T) = 1 + 1{,}5\ T / T_A \qquad (0 \leq T \leq T_A) \qquad (2.5.a)$$

$$S(T) = 2{,}5 \qquad (T_A < T \leq T_B) \qquad (2.5.b)$$

$$S(T) = 2{,}5\ (TB / T)^{0,8} \qquad (T > T_B) \qquad (2.5.c)$$

"Spektrum Karakteristik Periyotları" olarak tanımlanan $T_A$ ve $T_B$ yerel zemin sınıflarına bağlı olarak Tablo 2.5.' de verilmiştir.

**Tablo 2.5 :** Spektrum Karakteristik Periyotları ( $T_A$ , $T_B$)

| *Yerel Zemin Sınıfı* | $T_A$ *(saniye)* | $T_B$ *(saniye)* |
|---|---|---|
| Z1 | 0.10 | 0.30 |
| Z2 | 0.15 | 0.40 |
| Z3 | 0.15 | 0.60 |
| Z4 | 0.20 | 0.90 |

### 2.2.1.2.6 Deprem Yükü Azaltma Katsayısı ( Ra(T) )

A.B.Y.Y.H.Y.'de taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını gözönüne almak üzere, "Spektral İvme Katsayısı"na göre bulunacak elastik deprem yüklerinin, "Deprem Yükü Azaltma Katsayısı"na bölüneceği ifade edilmektedir.

Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, Ra(T), çeşitli taşıyıcı sistemler için Tablo 2.6.' daki "Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı" R'ye ve doğal titreşim periyodu, T'ye bağlı olarak aşağıda verildiği şekilde hesaplanır.

$$Ra(T) = 1{,}5 + (R\ 1{,}5)\ T / T_A \qquad (0 \leq T \leq T_A) \qquad (2.6.a)$$

$$Ra(T) = R \qquad (T > T_A) \qquad (2.6.b)$$

**Tablo 2.6 :** Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)

| *BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ* | *Süneklik Düzeyi Normal Sistemler* | *Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler* |
|---|---|---|
| **(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR** | | |
| **(1.1)** Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar..... | **4** | **8** |
| **(1.2)** Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar.....….. | **4** | **7** |
| **(1.3)** Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar.....… | **4** | **6** |
| **(1.4)** Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar | **4** | **7** |

### 2.2.1.3 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

(2.1) bağıntısı ile hesaplanan "Eşdeğer Deprem Yükü", bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak şeklinde ifade edilebilir. Bu bağıntıda, Vt:Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde göz önüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)

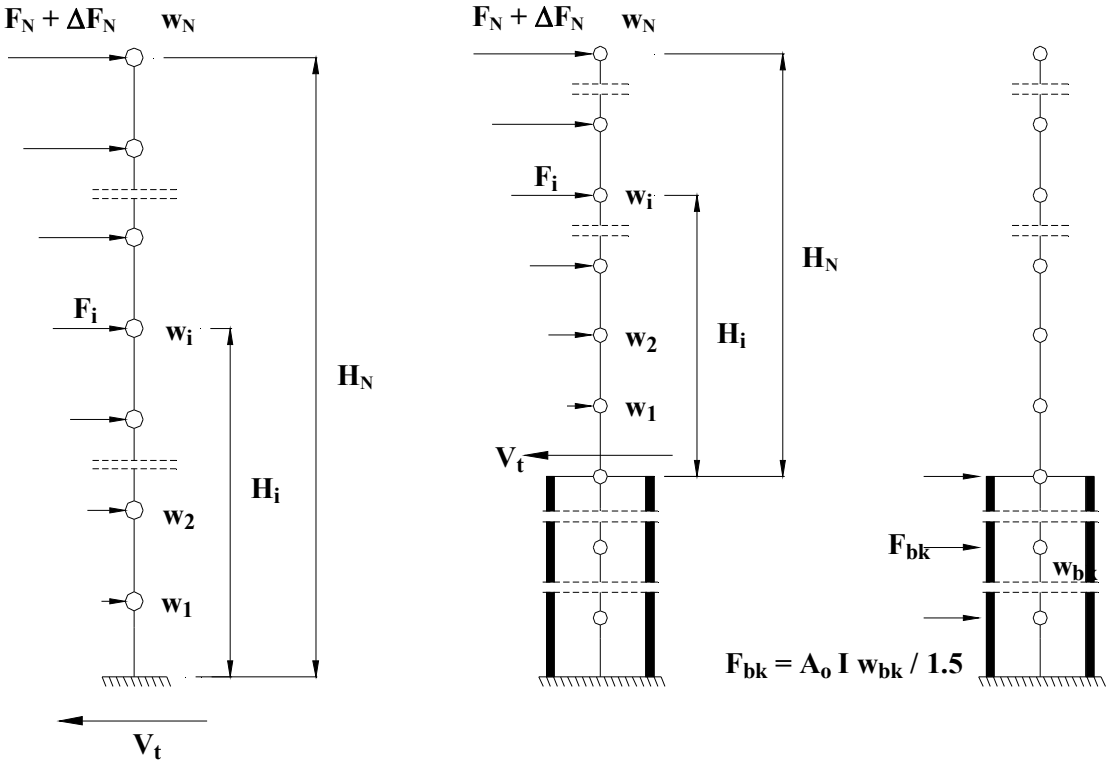
FN : Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü

Fi : Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde i' inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü

HN > 25 m. için binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N$'in değeri, (2.8) bağıntısına göre hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu T1'e bağlı olarak,

$$F_N = 0.0075\ N\ V_t \qquad (2.7)$$

$$F_i = (V_t - \Delta F_N)\ \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^{N} (w_j H_j)} \qquad (2.8)$$




Şekil 2.2. : Gözönüne Alınacak Yerdeğiştirme Bileşenleri ve Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları

# 3.TAŞIYICI SİSTEM DÜZENSİZLİKLERİ

Yapıların depreme karşı davranışlarını olumsuz yönde etkileyen ve bu nedenle tasarımından ve yapımından kaçınılması gerekilen düzensizlikleri içeren yapılar düzensiz yapılarak olarak adlandırılır.

Bu düzensizliklerin başlıcalar şunlardır;

A-Planda düzensizlik durumları

A1-Burulma Düzensizliği

A2-Döşeme Süreksizlikleri

A3-Planda Çıkıntılar Bulunması

A4-Taşıyıcı Eleman Eksenlerin Paralel Olmaması

B-Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği(Zayıf Kat)

B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği

## 3.1.Planda Düzensizlik Durumları

### 3.1.1 Burulma Düzensizliği Durumu

Burulma düzensizliği, 2006 deprem yönetmeliğinde A1 türü düzensizlik olarak verilmiştir. Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötelemeye oranını ifade eden *Burulma Düzensizliği Katsayısı* $\eta_{bi}$ 'nin 1,2'den büyük olması durumudur.[2]

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

$$(\Delta_i)_{max} = (d_i)_{max} - (d_{i-1})_{max} \quad (3.2)$$

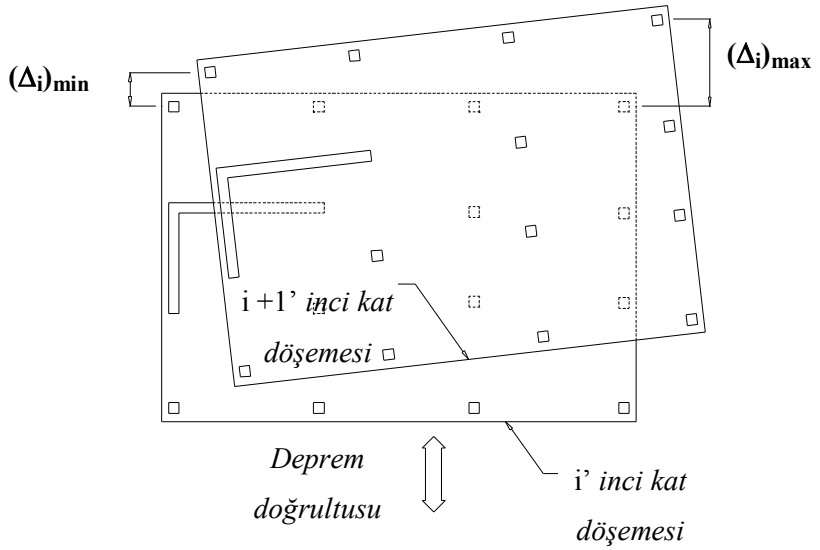
$$(\Delta_i)_{min} = (d_i)_{min} - (d_{i-1})_{min} \quad (3.3)$$

$$(\Delta_i)_{ort} = (d_i)_{ort} - (d_{i-1})_{ort} \quad (3.4)$$

$d_i$ : binanın i'inci katında deprem yüklerine göre hesaplan yer değiştirme

$\Delta_i$ : binanın i'inci katındaki göreli kat ötelemesi

Burada kat deplasmanları di $_{ve}$ göreli kat göreli kat ötelemeleri $\Delta_i$ deprem yüklerinin ± %5 eksantrik olarak yapıya etki ettirilmesiyle belirlenir.




**Şekil 3.1:** Döşemelerin Kendi Düzlemleri İçinde Rijit Diyafram Olarak Çalışmaları Durumu

Şekil 3.1' de gösterildiği gibi döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda deprem kuvveti etkisinde X ve Y yönlerinde her katta yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında kat burulmasından dolayı bir dönme bağımsız statik yerdeğiştirme bileşeni oluşur.

$(\Delta_i)_{max}$ : binanın i'inci katındaki maksimum göreli kat ötelemesi

$(\Delta_i)_{min}$ : binanın i'inci katındaki minimum göreli kat ötelemesi

$(\Delta_i)_{ort}$ : binanın i'inci katındaki ortalama göreli kat ötelemesi

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

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2\ [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}] \qquad (3.5)$$

- Ek Dış Merkezlik

Binanın kat döşemesi, kolonları, kirişleri, bölme duvarları ağırlıkları ile diğer sabit yüklerin yanı sıra kat içinde düzgün yayılı kabul edilen hareketli yük ve diğer yükler hesaba katılarak x ve y eksenlerine göre sistemin kütle merkezi hesaplanır.

Yapıya etkiyen deprem kuvveti bileşkesi bu noktadan geçer. Deprem kuvveti etkisi altındaki düşey taşıyıcılarda oluşan kesme kuvvetlerinin her bir kat için iki doğrultuda hesaplanan bileşkesinin kesim noktası o kata ait rijitlik merkezi olarak tanımlanır. Rijitlik merkezi her kat için aynı ise sistemin gerçek bir dönme ekseni vardır. Ancak bütün katlar için ortak bir dönme ekseni yoksa kat rijitlik merkezlerine ait koordinatların dış yüklere göre ağırlıklı ortalamaları alınarak tek bir dönme ekseni oluşturulur.

Birbirine dik doğrultuda uygulanan deprem kuvvetleri, kat içinde tek bir nokta olarak hesaplanan kütle merkezine etki eder. Kütle merkezi ile rijitlik merkezi çakışıyor ise kat içinde dışmerkezlik oluşmaz. Bunu sonucu olarak, e = 0 Mb = 0 olur ve katta dönme hareketi oluşmaz. Sadece x ve y ötelenmeleri meydana gelir.

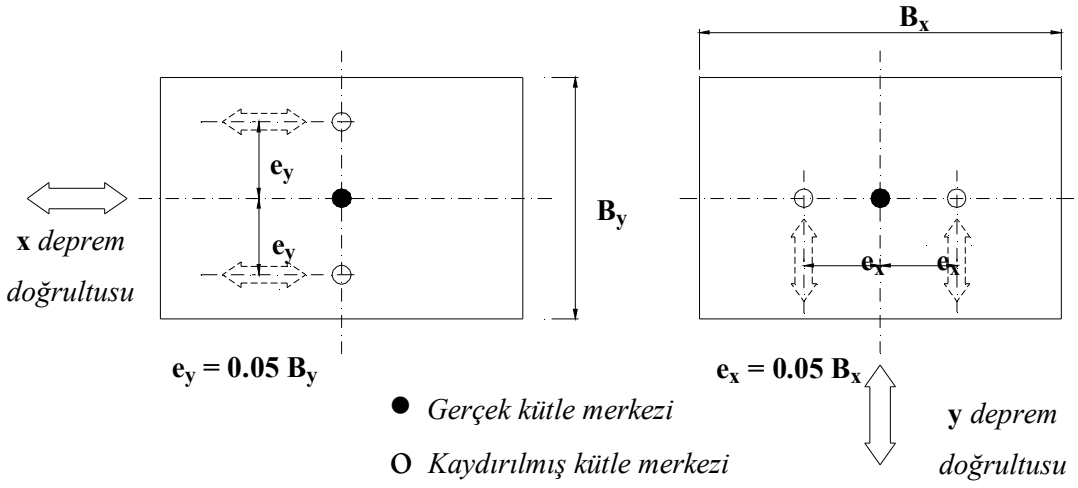
Eğer katta kütle merkezi ile rijitlik merkezi çakışmıyorsa, söz konusu kata etkiyen burulma momenti Mb ve katta rijit kütle dönmesi, ortaya çıkar. Doğal olarak deprem yükü altında birbirine dik iki yönde ex ve ey dışmerkezlik mesafeleri oluşur.

A.B.Y.Y.H.Y.' belirtilen göre her katta belirlenen eşdeğer deprem yükü kat kütle merkezine ve ayrıca ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile kaydırılmış kütle merkezlerine tekil yatay yükler olarak uygulanır.

Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin gözönüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun %5' i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalardır.

$$edx = ex + Bx \tag{3.6a}$$

$$edy = ey + By \tag{3.6b}$$




**Şekil 3.2 :** Kaydırılmış Kütle Merkezleri

Yapıda “A1- Burulma Düzensizliği”nin bulunması ve 1,2<ηbi<2,0 olması durumunda, bu kata uygulanan %5 ek dışmerkezlik, her iki deprem doğrultusu için Di katsayısı ile çarpılarak büyütülür.[2]

$$D_i = ( \eta bi / 1,2)^2 \qquad (3.7)$$

ηbi > 2 olması halinde sistemde dinamik analiz yapılır.

### 3.1.2 Döşeme Süreksizliği Durumu-A2 düzensizliği

A2–Döşeme Süreksizliği, A.B.Y.Y.H.Y.’ in 2.3.2.2 maddesine göre, herhangi bir kattaki döşemede;

I. Merdiven ve asansör boşlukları dâhil, boşluk alanlarının toplamının kat brüt alanının 1/3 ’ünden fazla olması,

II. Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması,

III. Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu olarak tanımlanmıştır.

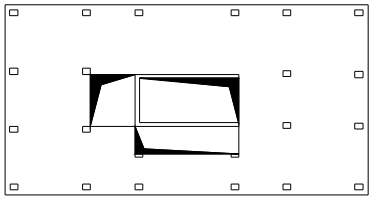



**A2** *türü düzensizlik durumu* - **I** $\quad A_b = A_{b1} + A_{b2}$

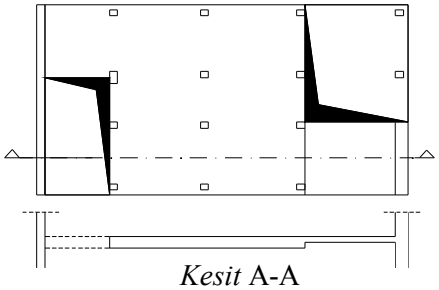
$$A_b / A > 1/3$$

$A_b$ : *Boşluk alanları toplamı*

**A** : *Brüt kat alanı*



**A2** *türü düzensizlik durumu* - **II**



*Kesit* A-A

**A2** *türü düzensizlik durumu* - **II** ve **III**

**Şekil 3.3 :** A2 - Döşeme Süreksizlikleri

### 3.1.2.1 Döşemeleri Rijit Diyafram Olarak Çalışan Yapılar

Deprem yönetmeliğinde 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 gerektiği ifade edilmektedir.

Deprem yükü döşeme plağı düzlemine paralel doğrultuda etki yapar ve plağı çok derin ve ince bir kiriş gibi zorlar. Deprem yükünü kendi düzlemi içinden geçiren döşeme plağı, bu yükü düşey taşıyıcılara aktarır ve düşey taşıyıcılarda kesme kuvvetlerinin oluşmasına neden olur. Bu kesme kuvvetleri ile deprem yükü, her düzeyde dengelenmek zorundadır.[11]

Kendi düzlemine paralel yükleme halinde, döşeme plağı, deprem yükü etkisi altında ihmal edilecek kadar küçük eğilme sehimi oluşturur; ancak bütün düşey taşıyıcıları beraber sürükleyerek ötelenmelerini sağlar. Başka bir deyişle, döşeme rijit kütle hareketi göstererek ötelenir. Döşemenin deprem yüklerini düşey taşıyıcılara aktarmasına diyafram görevi adı verilir.[11]

Rijit diyafram kabulünde döşemelerin düzlemi içinde sonsuz rijit olduğu yani şekil değiştirmediği kabul edilmektedir. Böylece döşeme üzerinde seçilen bir "Master Noktası" nın birbirine dik iki yatay ötelenme ve döşeme düzlemine dik eksen etrafında dönme deplasmanlarının bilinmesi durumunda, döşeme üzerindeki diğer düğümlerin deplasmanları master noktası deplasmanlarına bağlı olarak hesaplanabilmektedir.[5]

Etkin bir diyafram görevi için döşeme kendi düzlemi içinde etkiyen deprem yükü altında çok küçük sehim yapmalıdır. Bunun sağlanması için döşemenin düzlem içi eğilme rijitliği büyük olmalıdır. Döşeme boşluklarının ise, bu rijitliği azalttığı açıktır.[11]

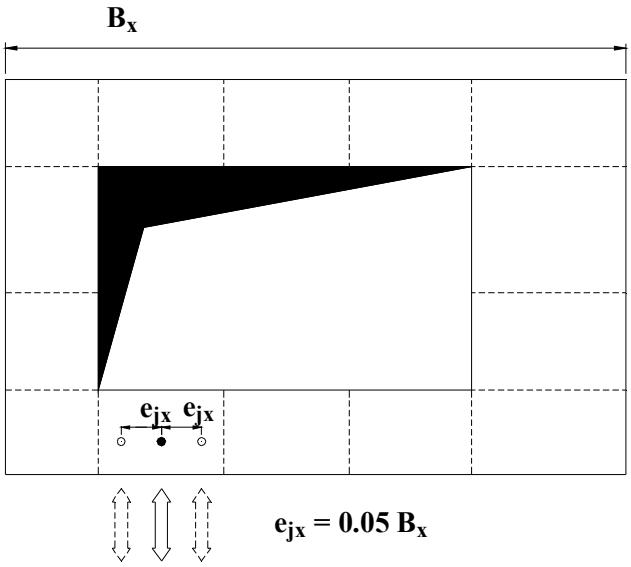
Ayrıca, deprem yükleri altındaki döşeme plağı, kesme kuvvetlerine ve momente maruzdur. İşte bu kesme kuvvetleri ve momentler altında döşeme plağında kesme kırılması ve moment kırılması oluşmamalıdır.[11]

### 3.1.2.2 Döşemeleri Rijit Diyafram Olarak Çalışmayan Yapılar

Kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarmadığı durumlarda yapının kat döşemesi rijit diyafram olarak çalışmamaktadır. Bu durumda her bir çerçevenin ötelenmesi farklı

olur ve farklı ötelenmenin getirdiği farklı kesme kuvvetleri oluşur. Bu farklı kesme kuvvetlerinin şiddetini doğru hesaplayabilmek için A2 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda, döşemelerin yatay düzlemdeki şekil değiştirmelerinin göz önüne alınmasını sağlayacak yeterlilikte bağımsız statik yerdeğiştirme bileşeni hesapta göz önüne alınır.[2]

Rijit diyafram olarak çalışmayan döşeme hesabında, döşeme plağı yeterli sayıda üç boyutlu kabuk elemanlara bölünerek oluşturulan sonlu elemanlar modeli kullanılır. Bu durumda ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelerin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun ± %5' i kadar kaydırılır.[2]

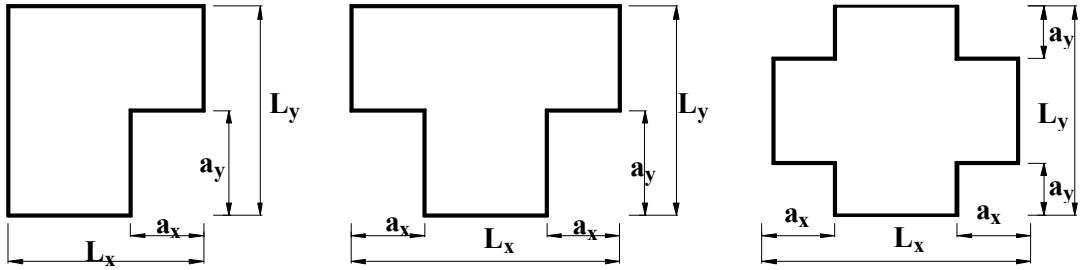



- j' *inci döşeme parçasının gerçek kütle merkezi*
- o j' *inci döşeme parçasının kaydırılmış kütle merkezi*

**Şekil 3.4 :** Kaydırılmış Kütle Merkezi

### 3.1.3 Planda Çıkıntıların Bulunması – A3 Düzensizliği

Bu düzensizlik türü, bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımlarının birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu olarak tanımlanmıştır.[2]




**A3** *türü düzensizlik durumu:*

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

**Şekil 3.5 :** A3 Türü Düzensizlik Durumları

Deprem yönetmeliğine göre,A3 türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerinin güvenle aktarabildiğinin hesapla doğrulanması gerekmektedir. [2]

## 3.2 Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları – B Türü Düzensizlikler

### 3.2.1 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* $\eta_{ci}$'nin 0.80'den küçük olması durumudur. [2]

$$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80 \qquad (3.8)$$

Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı*:*

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k \qquad (3.9)$$

Olarak hesaplanacaktır. Bu bağıntılarda;

$\sum A_e$ : kolonun veya perde uç bölgesinin brüt en kesit alanları toplamını (etkili kesme alanı),

$\sum A_w$ : depreme dik doğrultudaki kolon çıkıntılarının alanları hariç, herhangi bir kattaki kolon enkesiti etkin gövde alanları toplamını,

$\sum A_g$ : binada herhangi bir katta, hesap yapılan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en kesit alanlarının toplamını,

$\sum A_k$ :binada herhangi bir katta, kapı ve pencere boşlukları çıkarıldıktan sonra hesap yapılan deprem doğrultusuna paralel kagir dolgu duvar alanlarının toplamını göstermektedir.

B1 türü düzensizliğinin bulunduğu binalarda, göz önüne alınan i'inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, $\eta_{ci}$'nin hesabında dolgu duvarları göz önüne alınmayacaktır.

$0.60 \leq (\eta_{ci})_{min} < 0.80$ Aralığında ise; taşıyıcı sistem davranış katsayısı, $1.25(\eta_{ci})_{min}$ değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanacaktır. Ancak hiçbir zaman $\eta_{ci}<0.60$ olmayacaktır. Aksi durumda, zayıf katın dayanımı ve rijitliği arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır. [2]

### 3.2.2 B2 - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama göreli kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan *Rijitlik Düzensizliği Katsayısı* $\eta_{ki}$ 'nin 2'den fazla olması durumudur.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h)_{ort} > 2.0 \qquad (2.9)$$

Göreli kat ötelemeleri $\Delta_i$ , ± %5 ek dışmerkezlik etkileri de göz önüne alınarak belirlenecektir.

$\eta_{ki} < 2.0$ ise; yapıda B2 türü yumuşak kat düzensizliği yoktur.

$\eta_{ki} > 2.0$ ise; birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde dinamik hesap yapılması zorunludur. [2]

### 3.2.3 B3- Taşıyıcı Sistem Düşey Elemanlarının Süreksizliği

Taşıyıcı sistem düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumudur.

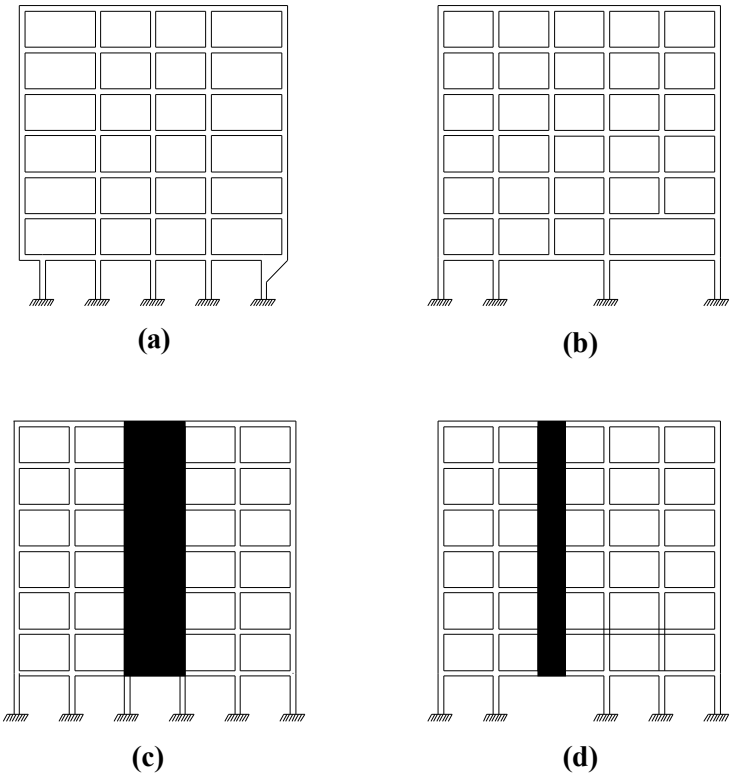
B3 türü düzensizliğin bulunduğu binalara ilişkin koşullar aşağıda belirtilmiştir.

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

b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca 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 kattaki perdenin her iki ucundan altta kolonlara oturtulması durumunda, bu kolonlarda düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 arttırılacaktır. Bu tür düzensizliğin bulunduğu betonarme binalarda ayrıca sarılma bölgelerinde yönetmelikte verilen koşullar uygulanmalıdır.

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




**Şekil 3.6 :** Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği

Düşey taşıyıcılarda süreksizlik olması deprem açısından istenmeyen bir durumdur.(Şekil 3.7) A ve B de gösterildiği gibi, betonarme kolon ya da perde duvar,

bir katta kesilmekte veya yapı yüksekliği boyunca şaşırtılarak yerleştirilmektedir. Bu tip yapıların deprem karşında ayakta kalmaları mümkün olmamaktadır. C de ise düşey taşıyıcıda süreksizlik yoktur, fakat rijitliğin belirli bir düzeyde aniden değişmesi sebebiyle yapı, deprem hareketinden olumsuz etkilenmektedir.

### 3.3 Uluslararası Yönetmeliklerde Düzensiz Yapılar İle İlgili Koşullar

Diğer deprem yönetmeliklerinde taşıyıcı sistem düzensizliklerinden kaçınılması önemle vurgulanmaktadır. Düşeyde ve planda düzensiz olan yapılar için bazı ülkelerin yönetmeliklerinde verilen koşullar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

- Yapının planda mümkün olduğunca basit bir şekli olmalıdır uyarısı Avusturya, Almanya, İran ve İngiliz yönetmeliklerinde bulunmaktadır.
- Deprem bölgelerinde yer alacak yapıların simetrik olması, kütle ve rijitlik dağılımı üniforma olması ile ilgili sınırlamalar Arnavutluk, Bulgaristan, Çin ve Yeni Zelanda yönetmeliklerinde bulunmaktadır.
- Karmaşık ve düzensiz şekilli yapılarda, farklı yükseklikli bölümler içeren yapılarda dilatasyon uygulaması ile farklı özellikli bölümlerin birbirinden ayrılması ile ilgili sınırlamalar Arnavutluk, Bulgaristan, Çin, Almanya, Makedonya, Meksika, Peru yönetmeliklerinde bulunmaktadır.
- Plandaki şekli uzun olan yapılarda dilatasyon uygulaması ile ilgili koşullar Arnavutluk ve Almanya yönetmeliklerinde yer almaktadır.
- Yapının planda düzensiz binalar sınıfına dâhil edilmesi için bina kat planlarının çıkıntı yapan kısımlarının, binanın o katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %25 ‘inden daha büyük olması şartı Arnavutluk, Cezayir, Endonezya ve İran yönetmeliklerinde,%20 ‘sinden daha büyük olma şartı Meksika yönetmeliğinde yer almaktadır. Planda düzensizlik gösteren yapıların tasarımında Arnavutluk yönetmeliğinde dilatasyon yapılması, Cezayir, Çin, El Salvador, Etiyopya, Endonezya, İran, Meksika, Yeni Zelanda ve İngiltere yönetmeliklerinde dinamik hesap yapılması gerekliliği belirtilmiştir.
- Eşdeğer deprem yükü yöntemlerinde, her kata etkiyen eşdeğer deprem kuvvetinin o kattaki düşey taşıyıcı elemanlara rijitlikleriyle orantılı olarak dağıtıldığı kabulü vardır. Bu koşul Bulgaristan, Çin, Kolombiya, El Salvador, Endonezya, Makedonya, Meksika, Yeni Zelanda, Nikaragua, Peru, Romanya ve Venezuella yönetmeliklerinde yer almaktadır.

# 4. İNCELENEN YAPILAR

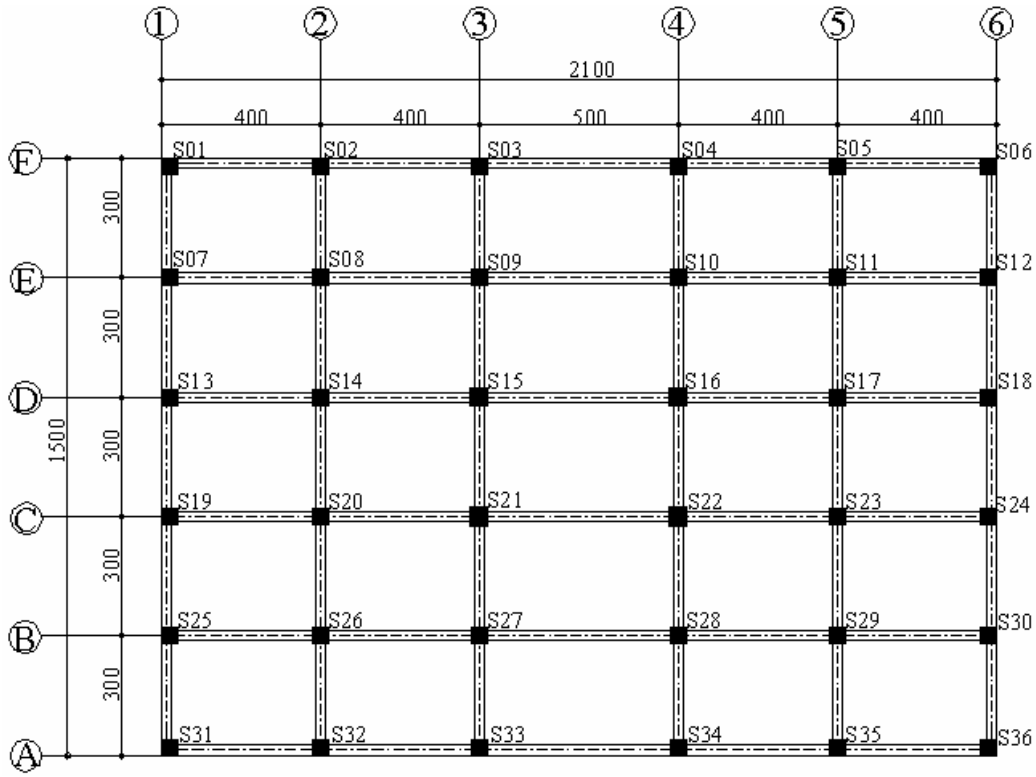
Bu bölümde A2 türü düzensizlik içeren çerçeve tipi yapılarda boşlukların taşıyıcı sistem davranışı üzerinde etkilerini incelemek üzere sayısal örnekler yapılmıştır. Yapıların diyafram çalışması durumuna bakılarak yönetmeliğin belirlediği sınır değerin güvenilirliği incelenmiştir. Oluşturulan modellerde boşlukların değişik yer ve oranları için, kat adedi, zemin cinsi, kiriş sürekliliği parametreleri dikkate alınmıştır. Yapılarda taşıyıcı sistemi değiştirilmeden sadece planda ve düşeyde değişiklikler yapılmıştır.

## 4.1 İncelemede Esas Alınan Yapıların Tanıtımı

- Seçilen yapı modelleri [2]'de belirtilen A2-I türü düzensizlik içermektedir.
- Yapılarda döşeme süreksizliğinin etkisini görebilmek için boşluk oranı, boşluk yeri ve kiriş süreksizliği değiştirilerek farklı modeller oluşturulmuştur. Taşıyıcı sistem değiştirilmemiştir.
- Yapıların hesabında; 1. derece deprem bölgesi, süneklik düzeyi yüksek yapı sistemi seçilmiştir. Kullanılan malzeme BS25 ve BÇ-III seçilmiş, yapının kullanım amacı konut olarak düşünülmüştür.
- Tüm kat yükseklikleri 3m dir. Tüm kiriş boyutları 25/50 cm olarak seçilmiştir. Kolon kesitleri aşağıdaki Tablo 4.1 'de verilmiştir. Tüm katlarda döşeme kalıkları 12cm'dir. Hareketli yükler çatı katında 1 kN/$m^2$,diğer katlarda 2 kN/$m^2$ olarak alınmıştır. Tüm çevre kirişlerde duvar yükü 6 kN/m. dir.
- Yapıların deprem hesabı eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılmıştır.
- Yönetmeliğin belirlediği 1/3 oranından büyük döşeme boşluğu bulunduran yapılarda döşemelerin yatay düzlemdeki şekil değiştirmelerinin göz önüne alınmasını sağlayacak yeterlikte bağımsız statik yer değiştirme bileşeni hesapta göz önüne alınmıştır. Ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelere etkiyen deprem yüklerinin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5 ve -%5 'i kadar kaydırılmıştır.

**Tablo 4.1 :** Yapıda Kolon Kesitleri (cm)

| Kat | S1-S36 | S15-S16-S21-S22 |
|---|---|---|
| Tüm Katlar | 40x40 | 45x45 |

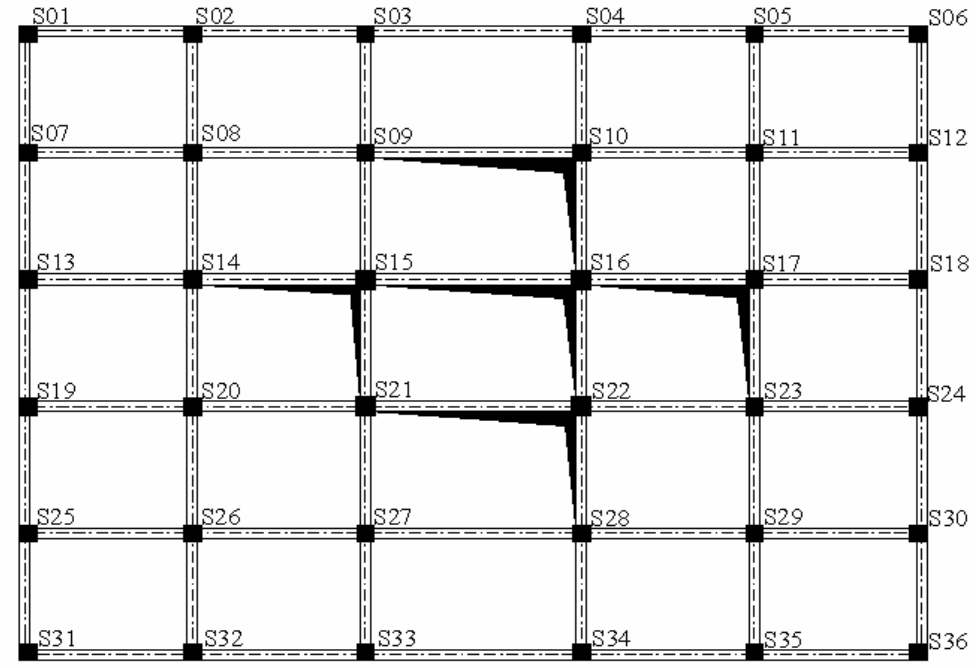



**Şekil 4.1:** Taşıyıcı Sistem

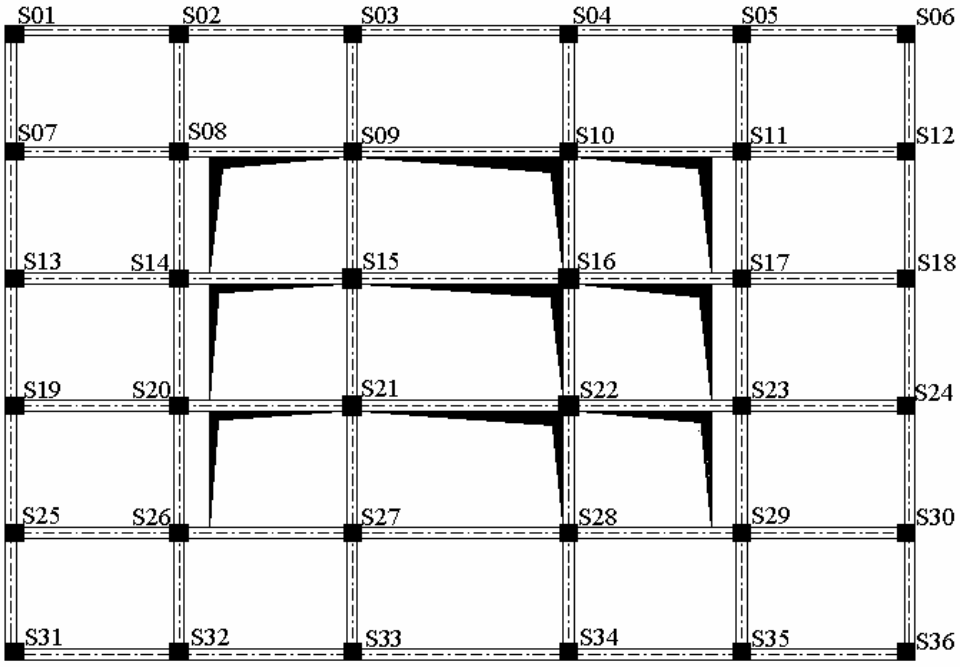
**Tablo 4.2:** Yapı ve Model Adlandırmaları

| | |
|---|---|
| **Y1** | Boşluk Oranı 0.219, Simetrik Yerleştirilmiş Döşeme Süreksizliği,6 Katlı |
| **Y1.1** | Boşluk Oranı 0.219, Simetrik Yerleştirilmiş Döşeme Süreksizliği,10 Katlı |
| **Y2** | Boşluk Oranı 0.333, Simetrik Yerleştirilmiş Döşeme Süreksizliği,6 Katlı |
| **Y2.1** | Boşluk Oranı 0.333, Simetrik Yerleştirilmiş Döşeme Süreksizliği,10 Katlı |
| **Y3** | Boşluk Oranı 0.371, Simetrik Yerleştirilmiş Döşeme Süreksizliği,6 Katlı |
| **Y3.1** | Boşluk Oranı 0.371, Simetrik Yerleştirilmiş Döşeme Süreksizliği,10 Katlı |
| **Y4** | Boşluk Oranı 0.219, Simetrik Yerleştirilmemiş Döşeme Süreksizliği,6 Katlı |
| **Y4.1** | Boşluk Oranı 0.219, Simetrik Yerleştirilmemiş Döşeme Süreksizliği,10 Katlı |
| **Y5** | Boşluk Oranı 0.371, Simetrik Yerleştirilmemiş Döşeme Süreksizliği,6 Katlı |
| **Y5.1** | Boşluk Oranı 0.371, Simetrik Yerleştirilmemiş Döşeme Süreksizliği,10 Katlı |
| **Y6** | Boşluk Oranı 0.371, Simetrik Yerleştirilmiş Büyük Boşluk,6 Katlı |
| **Y6.1** | Boşluk Oranı 0.371, Simetrik Yerleştirilmiş Büyük Boşluk,10 Katlı |
| **Y7** | Boşluk Oranı 0.371, Simetrik Yerleştirilmemiş Büyük Boşluk,6 Katlı |
| **Y7.1** | Boşluk Oranı 0.371, Simetrik Yerleştirilmemiş Büyük Boşluk,10 Katlı |

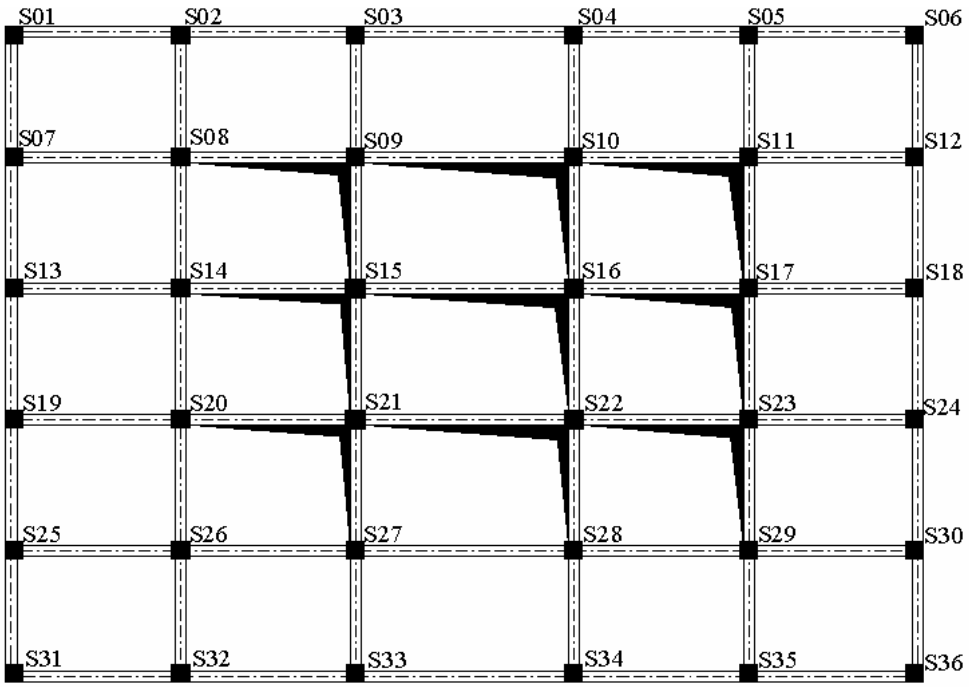
### 4.1.1 Simetrik Yerleştirilmiş Döşeme Süreksizliğinin Üst Yapıya Etkisi



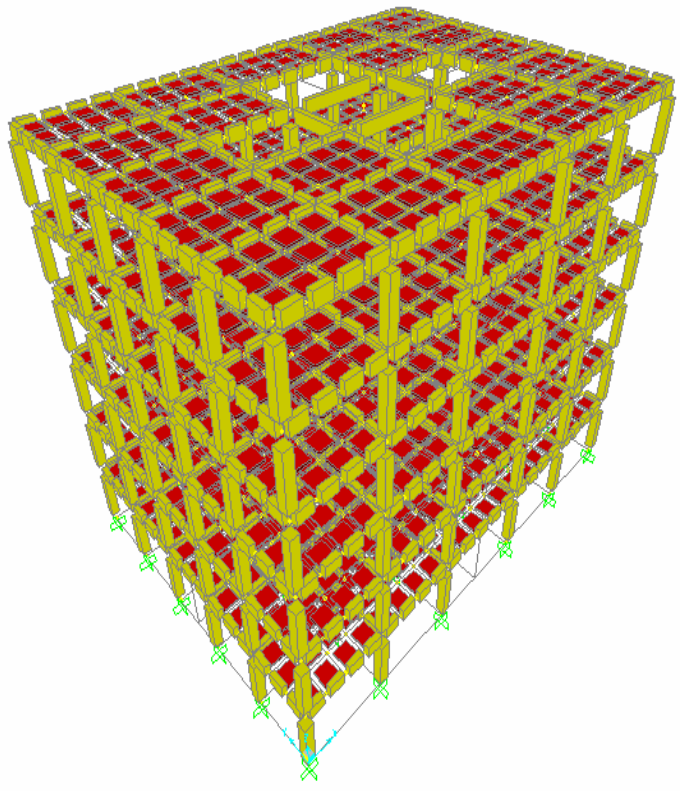

**Şekil 4.2 :** Y1-Y1.1 Kat Planı



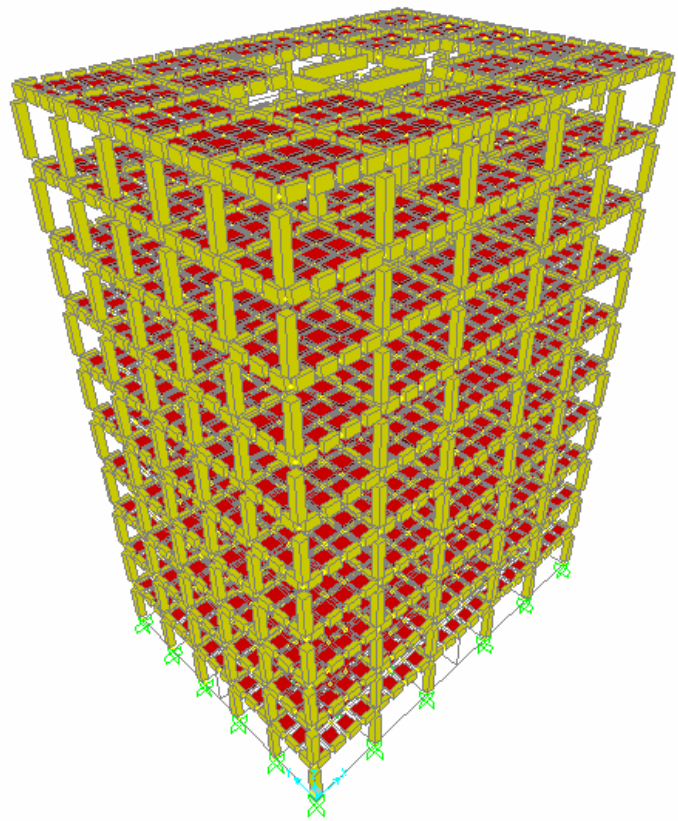

**Şekil 4.3 :** Y2-Y2.1 Kat Planı



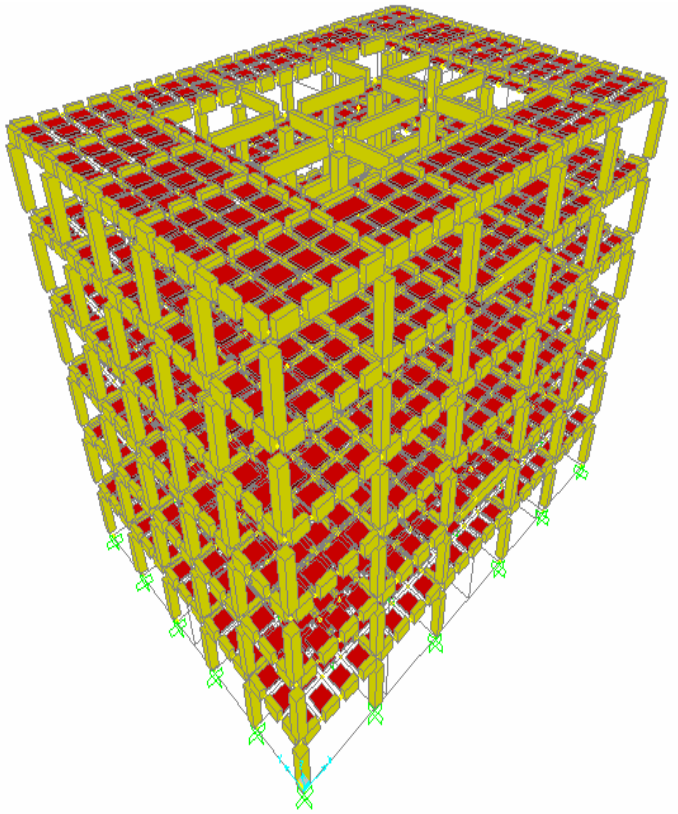

**Şekil 4.4 :** Y3-Y3.1 Kat Planı



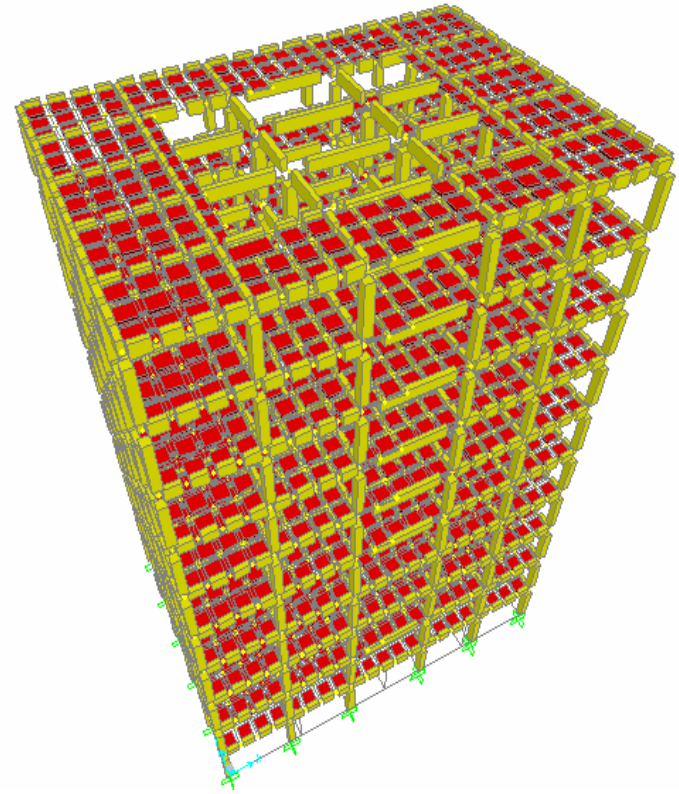
**Şekil 4.5 :** Y1 Sap2000 Modeli



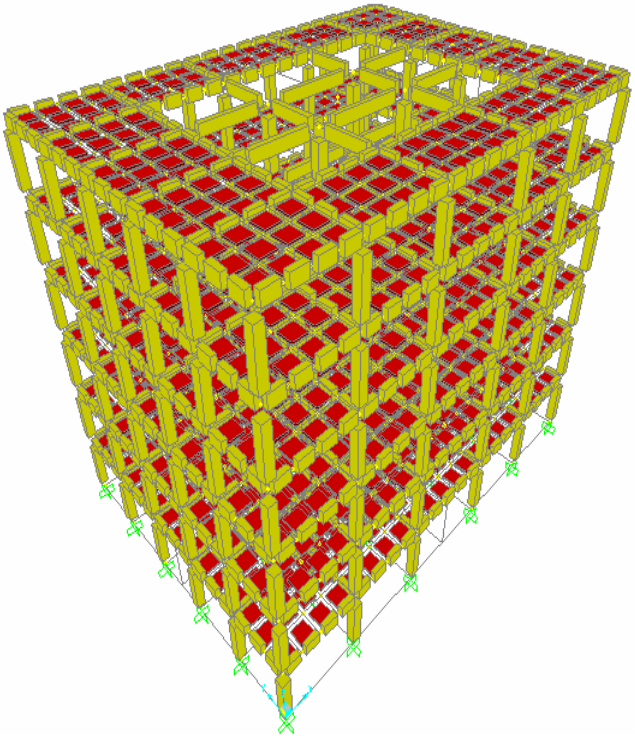
**Şekil 4.6 :** Y1.1 Sap2000 Modeli



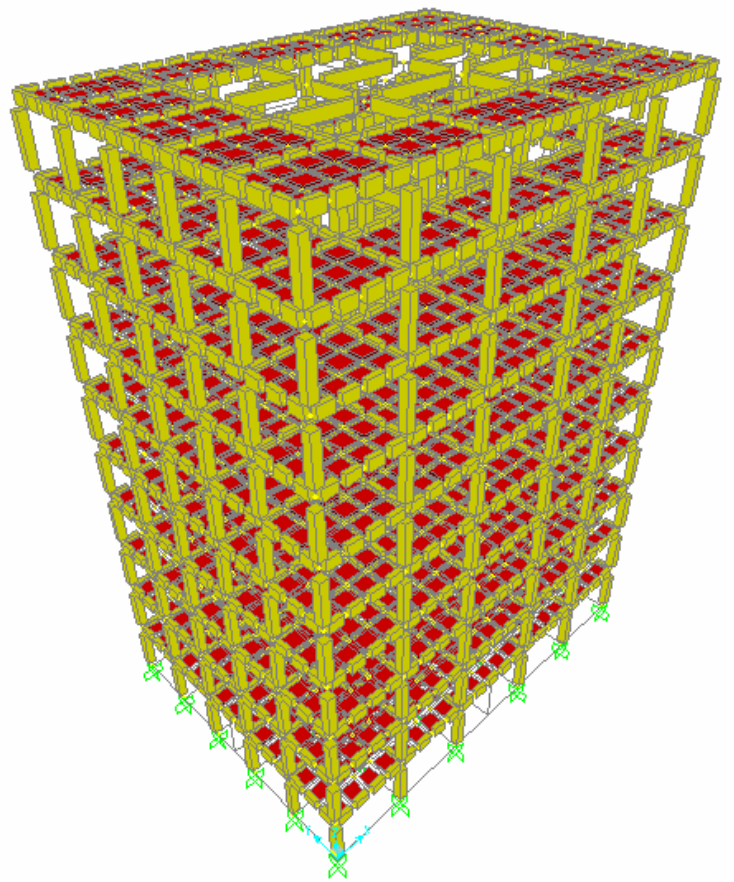
**Şekil 4.7 :** Y2 Sap2000 Modeli



**Şekil 4.8 :** Y2.1 Sap2000 Modeli



**Şekil 4.9 :** Y3 Sap2000 Modeli



**Şekil 4.10 :** Y3.1 Sap2000 Modeli

Bina ağırlıkları, sistemin birinci doğal titreşim periyotları ve x,y yönlerine etkiyen eşdeğer deprem yükü kuvvetler Tablo4.3 de verilmiştir.

**Tablo 4.3:** 6 ve 10 Katlı Yapıların Ağırlıkları(kN), Birinci Doğal Titreşim Periyodu(sn), Eşdeğer Deprem Kuvvetleri(kN) ve Ek Deprem Kuvvetleri(kN)

| | **Y1** | **Y2** | **Y3** | **Y1.1** | **Y2.1** | **Y3.1** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **W (kN)** | 18485,57 | 17156,81 | 16762,25 | 30831,75 | 28432,42 | 27719,92 |
| **$T_{1x}$** | 0,575 | 0,553 | 0,545 | 0,971 | 0,936 | 0,922 |
| **$T_{1y}$** | 0,548 | 0,524 | 0,518 | 0,930 | 0,892 | 0,880 |
| **$V_{tx}$** | 1372,52 | 1314,05 | 1299,53 | 1505,34 | 1429,42 | 1410,68 |
| **$\Delta F_{Nx}$** | 61,80 | 59,15 | 58,47 | 112,91 | 107,22 | 105,85 |
| **$V_{ty}$** | 1427,16 | 1371,83 | 1353,58 | 1558,42 | 1485,53 | 1463,75 |
| **$\Delta F_{Ny}$** | 64,26 | 61,70 | 60,92 | 116,84 | 111,44 | 109,77 |

**Tablo 4.4:** 6 Katlı Yapıların Eşdeğer Deprem Kuvvetleri(kN) ve Burulma Momentleri(kNm)

| | Y1 | | | | Y2 | | | | Y3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Kat** | $F_X$ | $F_Y$ | $M_{bX}$ | $M_{bY}$ | $F_X$ | $F_Y$ | $M_{bX}$ | $M_{bY}$ | $F_X$ | $F_Y$ | $M_{bX}$ | $M_{bY}$ |
| **6** | 395,64 | 411,43 | 296,75 | 432,03 | 374,35 | 390,83 | 280,76 | 410,35 | 368,76 | 384,16 | 276,54 | 403,39 |
| **5** | 322,85 | 335,80 | 242,11 | 352,57 | 308,43 | 321,96 | 231,32 | 338,05 | 304,70 | 317,45 | 228,57 | 333,34 |
| **4** | 258,30 | 268,60 | 193,75 | 282,04 | 246,72 | 257,61 | 185,02 | 270,46 | 243,78 | 253,98 | 182,86 | 266,64 |
| **3** | 193,75 | 201,50 | 145,29 | 211,60 | 185,02 | 193,16 | 138,81 | 202,77 | 182,86 | 190,41 | 137,14 | 199,93 |
| **2** | 129,20 | 134,30 | 96,92 | 140,97 | 123,31 | 128,81 | 92,51 | 135,28 | 121,94 | 126,94 | 91,43 | 133,32 |
| **1** | 72,79 | 75,73 | 54,64 | 79,56 | 76,13 | 79,46 | 57,09 | 83,48 | 77,40 | 80,64 | 58,08 | 84,66 |

**Tablo 4.5:** 10 Katlı Yapıların Eşdeğer Deprem Kuvvetleri(kN) ve Burulma Momentleri(kNm)

| | Y1.1 | | | | Y2.1 | | | | Y3.1 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Kat** | $F_X$ | $F_Y$ | $M_{bX}$ | $M_{bY}$ | $F_X$ | $F_Y$ | $M_{bX}$ | $M_{bY}$ | $F_X$ | $F_Y$ | $M_{bX}$ | $M_{bY}$ |
| **10** | 336,19 | 347,96 | 252,12 | 365,32 | 316,76 | 329,22 | 237,60 | 345,70 | 311,76 | 323,53 | 233,87 | 339,72 |
| **9** | 233,18 | 241,42 | 174,91 | 253,49 | 221,41 | 230,04 | 166,08 | 241,52 | 218,47 | 226,71 | 163,83 | 238,09 |
| **8** | 207,29 | 214,54 | 155,49 | 225,24 | 196,79 | 204,54 | 147,64 | 214,74 | 194,24 | 201,50 | 145,68 | 211,60 |
| **7** | 181,39 | 187,76 | 136,06 | 197,18 | 172,17 | 178,93 | 129,10 | 187,86 | 169,91 | 176,29 | 127,43 | 185,11 |
| **6** | 155,49 | 160,98 | 116,64 | 169,03 | 147,64 | 153,43 | 110,75 | 161,08 | 145,68 | 151,17 | 109,28 | 158,73 |
| **5** | 129,59 | 134,10 | 97,22 | 140,77 | 123,02 | 127,82 | 92,31 | 134,20 | 121,35 | 125,96 | 91,04 | 132,24 |
| **4** | 100,55 | 107,32 | 75,44 | 112,72 | 98,39 | 102,22 | 73,77 | 107,32 | 97,12 | 100,75 | 72,89 | 105,75 |
| **3** | 77,70 | 80,44 | 58,27 | 84,46 | 73,77 | 76,71 | 55,33 | 80,54 | 72,79 | 75,54 | 54,64 | 79,36 |
| **2** | 51,80 | 53,66 | 38,85 | 56,31 | 49,25 | 51,11 | 36,98 | 53,66 | 48,56 | 50,42 | 36,40 | 52,97 |
| **1** | 29,23 | 30,21 | 21,97 | 31,69 | 30,41 | 31,59 | 22,86 | 33,16 | 30,80 | 31,98 | 23,15 | 33,55 |

Kaydırılmış kütle merkezlerine göre elde edilen maksimum ve minimum kat yer değiştirmeleri, maksimum göreli kat ötelemeleri, burulma düzensizliği katsayısı, yumuşak kat düzensizliği kat sayısı aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

**Tablo 4.6:** 6 Katlı Yapıların Maksimum Yer Değiştirme Değerleri(mm)

| | Y1 | | | | Y2 | | | | Y3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X Yönü | | Y Yönü | | X Yönü | | Y Yönü | | X Yönü | | Y Yönü | |
| **Kat** | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ |
| **1** | 1,65 | 1,43 | 1,72 | 1,27 | 1,57 | 1,36 | 1,64 | 1,21 | 1,54 | 1,34 | 1,62 | 1,19 |
| **2** | 3,66 | 3,18 | 3,73 | 2,75 | 3,49 | 3,03 | 3,56 | 2,62 | 3,44 | 2,99 | 3,50 | 2,59 |
| **3** | 5,53 | 4,81 | 5,59 | 4,13 | 5,29 | 4,61 | 5,33 | 3,94 | 5,20 | 4,54 | 5,26 | 3,89 |
| **4** | 7,09 | 6,17 | 7,16 | 5,30 | 6,79 | 5,93 | 6,83 | 5,06 | 6,68 | 5,83 | 6,74 | 5,00 |
| **5** | 8,23 | 7,18 | 8,33 | 6,18 | 7,90 | 6,90 | 7,95 | 5,90 | 7,77 | 6,78 | 7,85 | 5,83 |
| **6** | 8,88 | 7,74 | 9,01 | 6,69 | 8,52 | 7,44 | 8,59 | 6,39 | 8,38 | 7,32 | 8,48 | 6,31 |

**Tablo 4.7:** 10 Katlı Yapıların Maksimum Yer Değiştirme Değerleri(mm)

| | Y1.1 | | | | Y2.1 | | | | Y3.1 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X Yönü | | Y Yönü | | X Yönü | | Y Yönü | | X Yönü | | Y Yönü | |
| Kat | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ |
| 1 | 1,84 | 1,59 | 1,92 | 1,41 | 1,74 | 1,51 | 1,82 | 1,34 | 1,72 | 1,49 | 1,79 | 1,32 |
| 2 | 4,19 | 3,64 | 4,26 | 3,15 | 3,98 | 3,46 | 4,04 | 2,99 | 3,92 | 3,41 | 3,98 | 2,94 |
| 3 | 6,53 | 5,69 | 6,61 | 4,90 | 6,24 | 5,44 | 6,28 | 4,66 | 6,14 | 5,36 | 6,19 | 4,60 |
| 4 | 8,78 | 7,66 | 8,88 | 6,60 | 8,41 | 7,35 | 8,45 | 6,29 | 8,27 | 7,23 | 8,33 | 6,21 |
| 5 | 10,88 | 9,50 | 11,01 | 8,21 | 10,43 | 9,13 | 10,48 | 7,82 | 10,26 | 8,97 | 10,34 | 7,73 |
| 6 | 12,77 | 11,16 | 12,96 | 9,68 | 12,26 | 10,73 | 12,34 | 9,23 | 12,06 | 10,55 | 12,18 | 9,12 |
| 7 | 14,41 | 12,60 | 14,66 | 10,98 | 13,84 | 12,13 | 13,96 | 10,47 | 13,61 | 11,92 | 13,78 | 10,34 |
| 8 | 15,75 | 13,78 | 16,07 | 12,06 | 15,13 | 13,27 | 15,30 | 11,50 | 14,88 | 13,04 | 15,11 | 11,36 |
| 9 | 16,74 | 14,65 | 17,14 | 12,89 | 16,09 | 14,11 | 16,32 | 12,29 | 15,82 | 13,87 | 16,11 | 12,15 |
| 10 | 17,35 | 15,19 | 17,84 | 13,45 | 16,67 | 14,63 | 16,98 | 12,83 | 16,39 | 14,38 | 16,77 | 12,68 |

**Tablo 4.8:** 6 Katlı Yapıların Maksimum Göreli Kat Öteleme Değerleri(mm)

| | Y1 | | | | Y2 | | | | Y3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X Yönü | | Y Yönü | | X Yönü | | Y Yönü | | X Yönü | | Y Yönü | |
| Kat | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ |
| 1 | 1,65 | 1,43 | 1,72 | 1,27 | 1,57 | 1,36 | 1,64 | 1,21 | 1,54 | 1,34 | 1,62 | 1,19 |
| 2 | 2,01 | 1,76 | 2,01 | 1,48 | 1,92 | 1,68 | 1,91 | 1,41 | 1,89 | 1,65 | 1,89 | 1,39 |
| 3 | 1,86 | 1,63 | 1,86 | 1,38 | 1,80 | 1,57 | 1,78 | 1,32 | 1,77 | 1,55 | 1,76 | 1,31 |
| 4 | 1,56 | 1,36 | 1,57 | 1,17 | 1,51 | 1,32 | 1,50 | 1,12 | 1,48 | 1,30 | 1,48 | 1,11 |
| 5 | 1,15 | 1,00 | 1,17 | 0,88 | 1,11 | 0,97 | 1,12 | 0,84 | 1,09 | 0,95 | 1,10 | 0,83 |
| 6 | 0,64 | 0,56 | 0,67 | 0,51 | 0,62 | 0,54 | 0,64 | 0,49 | 0,61 | 0,53 | 0,64 | 0,48 |

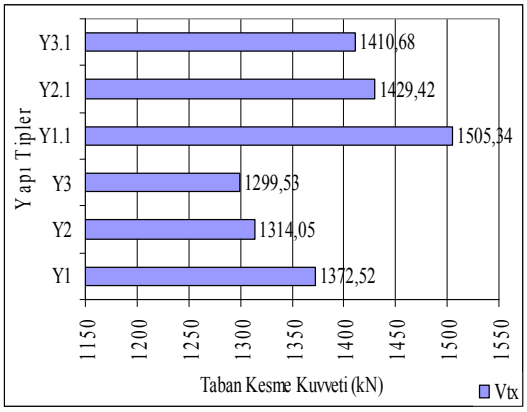
**Tablo 4.9:** 10 Katlı Yapıların Maksimum Göreli Kat Öteleme Değerleri(mm)

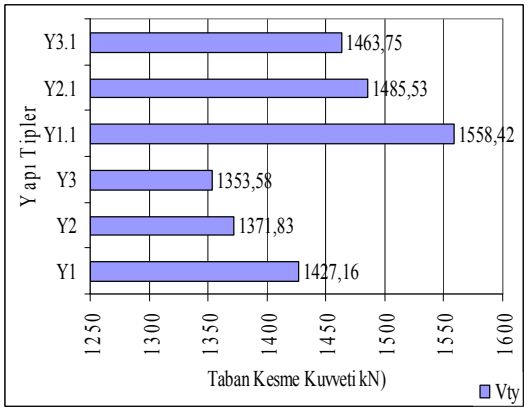
| | Y1.1 | | | | Y2.1 | | | | Y3.1 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X Yönü | | Y Yönü | | X Yönü | | Y Yönü | | X Yönü | | Y Yönü | |
| Kat | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ |
| 1 | 1,84 | 1,59 | 1,92 | 1,41 | 1,74 | 1,51 | 1,82 | 1,34 | 1,72 | 1,49 | 1,79 | 1,32 |
| 2 | 2,34 | 2,05 | 2,34 | 1,73 | 2,24 | 1,95 | 2,22 | 1,65 | 2,20 | 1,92 | 2,19 | 1,63 |
| 3 | 2,35 | 2,05 | 2,35 | 1,75 | 2,26 | 1,98 | 2,24 | 1,67 | 2,22 | 1,95 | 2,21 | 1,65 |
| 4 | 2,25 | 1,97 | 2,27 | 1,70 | 2,17 | 1,90 | 2,17 | 1,62 | 2,13 | 1,87 | 2,14 | 1,61 |
| 5 | 2,10 | 1,84 | 2,14 | 1,61 | 2,02 | 1,78 | 2,04 | 1,54 | 1,99 | 1,75 | 2,01 | 1,52 |
| 6 | 1,89 | 1,66 | 1,95 | 1,47 | 1,83 | 1,61 | 1,85 | 1,41 | 1,80 | 1,58 | 1,83 | 1,39 |
| 7 | 1,64 | 1,44 | 1,70 | 1,30 | 1,58 | 1,39 | 1,62 | 1,24 | 1,56 | 1,37 | 1,60 | 1,22 |
| 8 | 1,34 | 1,18 | 1,41 | 1,08 | 1,29 | 1,14 | 1,34 | 1,03 | 1,27 | 1,12 | 1,33 | 1,02 |
| 9 | 0,99 | 0,87 | 1,07 | 0,83 | 0,95 | 0,84 | 1,02 | 0,79 | 0,94 | 0,83 | 1,01 | 0,79 |
| 10 | 0,61 | 0,54 | 0,70 | 0,56 | 0,59 | 0,52 | 0,66 | 0,53 | 0,57 | 0,51 | 0,65 | 0,53 |

#### 4.1.1.1 Analizlerin İncelenmesi

İnceleme sırasında 6 ve 10 katlı yapılara ait deplasman değerleri aynı grafik üzerinde gösterilmiştir.

❖ Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

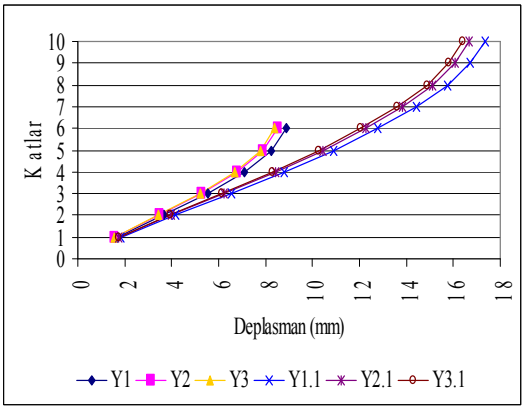


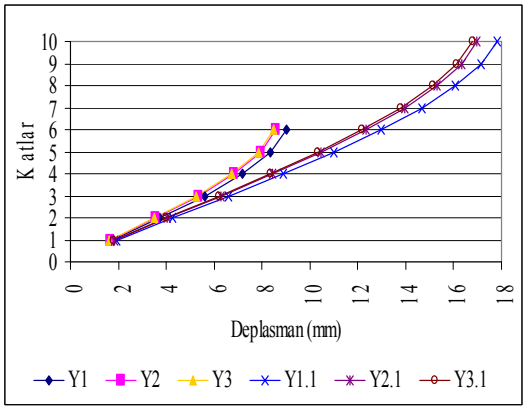




**Şekil 4.11:**X Yönü Taban Kesme Kuvveti **Şekil 4.12:**Y Yönü Taban Kesme Kuvveti

Yukarıdaki şekillerde taban kesme kuvvetinin yapı tiplerine göre değişimi gösterilmiştir. Döşeme süreksizliği oranının artmasıyla taban kesme kuvveti azalmıştır.

❖ Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması

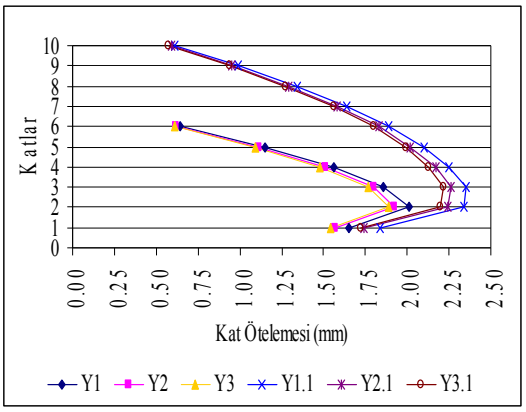


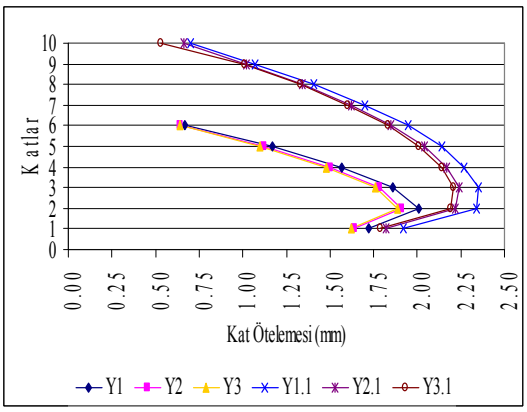

**Şekil 4.13:**X Yönü Maks.Yerdeğiştirmesi **Şekil 4.14:**Y Yönü Maks. Yerdeğiştirmesi

Döşeme süreksizliği oranının artmasıyla yapılara gelen deprem kuvveti azaldığından depremin her iki yönü için katların deplasman değerlerinde azalma gözlenmiştir. Yanal yerdeğiştirme değerlerine bakarak boşluğun simetrik yerleştiği durumlarda boşluk oranının artması olumsuzluk teşkil etmemektedir.

➢ Göreli Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması

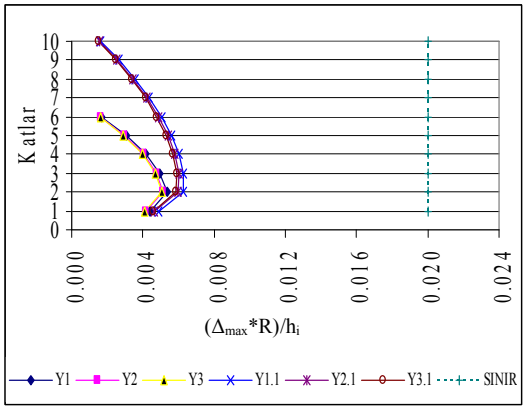



**Şekil4.15:** X Yönü Maks. Azaltılmış Göreli Kat Öteleme Grafiği

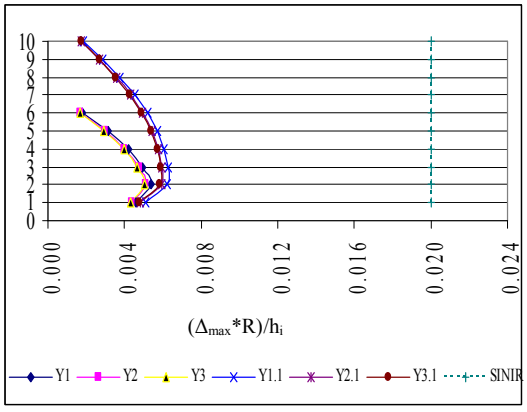



**Şekil4.16:** Y Yönü Maks. Azaltılmış Göreli Kat Öteleme Grafiği

Aynı kat sayısına sahip yapılarda eğrinin davranışının değişmediği ve göreli kat öteleme değerlerinin üst katlara doğru gidildikçe azaldığı görülmüştür. Bütün yapılarda maksimum göreli kat öteleme değeri alt katlarda oluşmuştur. Kat sayısının artması bütün katlarda maksimum azaltılmış göreli kat öteleme değerlerinde artışa neden olmuştur.



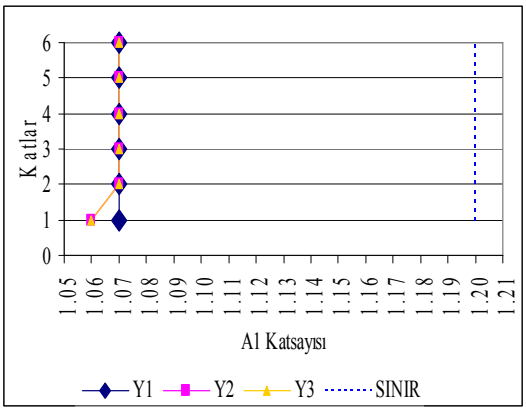

**Şekil 4.17 :** X Yönü Etkin Göreli Kat Öteleme Değerleri



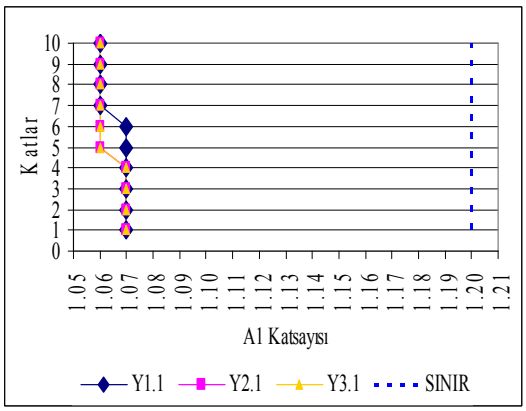

**Şekil 4.18 :** Y Yönü Etkin Göreli Kat Öteleme Değerleri

Göreli kat öteleme değerleri üst katlara doğru gidildikçe azalmaktadır. Yapılarda, bu değerler birbirine oldukça yakındır. Eğriler neredeyse üst üste çakışmaktadır. Deprem yönetmeliğindeki verilen bu değerin sınırlandırılması şartının $(\Delta_{max}*R)/h_i \leq 0.02$ altında kalmaktadır.

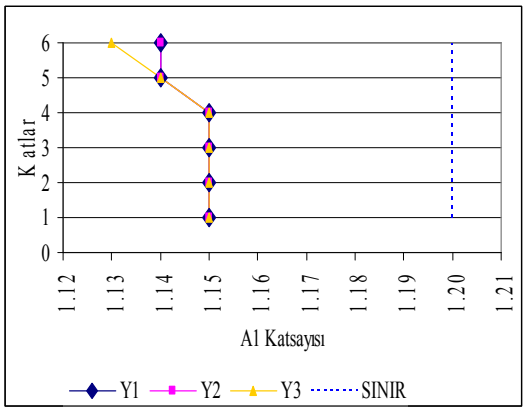
❖ A1 Burulma Düzensizliği Karşılaştırılması



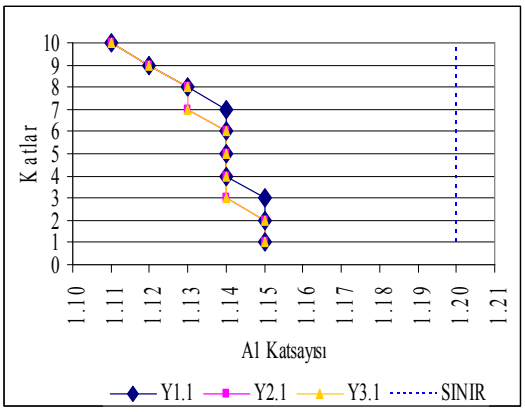

**Şekil 4.19 :** X Yönü 6 Katlı Yapıların A1 Burulma Katsayısı Grafiği




**Şekil 4.20 :** X Yönü 10 Katlı Yapıların A1 Burulma Katsayısı grafiği



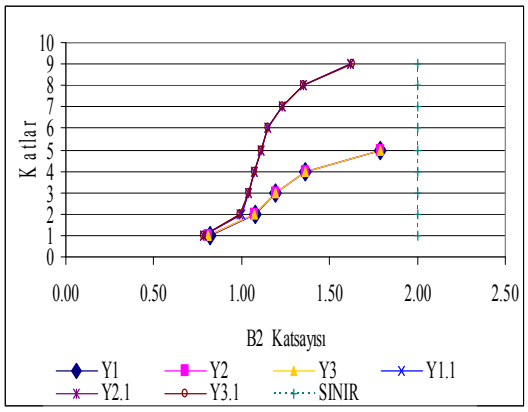

**Şekil 4.21 :** Y Yönü 6 Katlı Yapıların A1 Burulma Düzensizliği Grafiği



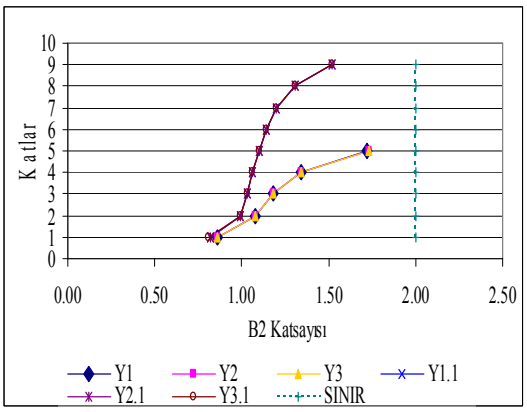

**Şekil 4.22 :** Y Yönü 10 Katlı Yapıların A1 Burulma Düzensizliği Grafiği

X yönü deprem yüklemesi için 6 ve 10 katlı yapılarda katlar arası A1 burulma düzensizliği katsayısında değişiklik gözlenmemiştir. Y yönü deprem yüklemesi için bu değerler daha büyüktür. Bunu sebebi olarak yapıların Y yönü burulma momentinin daha fazla olması gösterilebilir. Katsayıların, sınır değere daha yakın olmasına karşın 1,2 değerin küçük olduğu için burulma düzensizliği yaratmadığı gözlenmiştir. Döşeme süreksizliği simetrik iken, boşluk oranının A1 burulma düzensizliği katsayısı üzerinde bir etkisi olduğu söylenemez.

❖ B2 Rijitlik Düzensizliğinin Karşılaştırılması



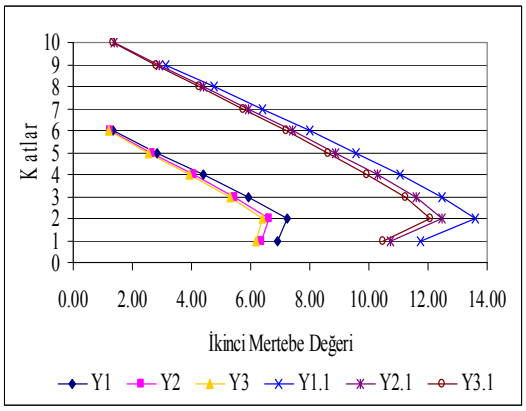

**Şekil 4.23 :** X Yönü B2 Rijitlik Düzensizliği Grafiği



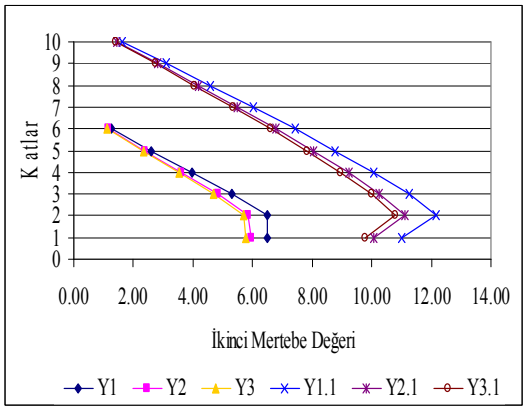

**Şekil 4.24 :** Y Yönü B2 Rijitlik Düzensizliği Grafiği

Her iki deprem yüklemesi için boşluk oranın artması B2 rijitlik düzensizliği katsayısında bir değişiklik yaratmamıştır. Değerler bütün katlarda çakışmaktadır ve sınır değerin altında kalmaktadır. Yapılarda kat sayısı arttıkça B2 katsayısında azalma olduğu gözlenmiştir.

❖ İkinci Mertebe Etkilerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.25 :**X Yönü $\theta_i$ $(10^3)$ Katsayısı




**Şekil 4.26 :**Y Yönü $\theta_i$ $(10^3)$ Katsayısı

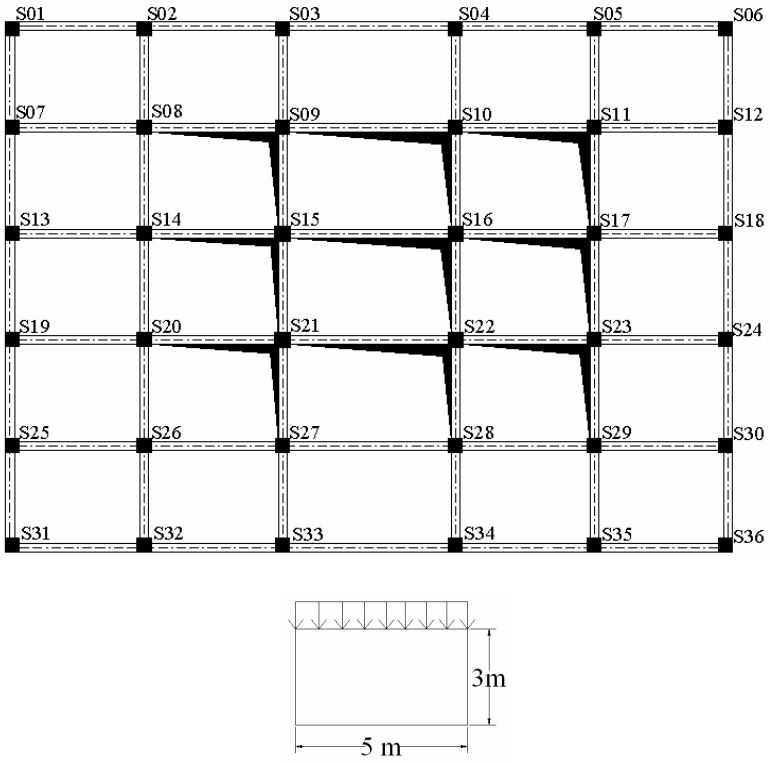
Her iki deprem yüklemesi için boşluk oranının artmasıyla ikinci mertebe değerlerinde azalma gözlenmiştir. En büyük $\theta_i$ değeri bütün yapılarda 2. katta gözlenmiştir.

❖ Rijit Diyafram Kontrolü

Yapılan sonlu elemanlar spektrum analizi sonucu, yapıların düzenli bir yapı olması, döşeme süreksizliğinin simetrik olarak yerleştirilmesi ve süreksizliğin bulunduğu

yerde kirişlerin devam ettirilmesinin sonucu olarak, yönetmeliğin belirlediği orandan büyük döşeme boşluğuna sahip yapılar dahil olmak üzere incelenen 6 modelde, döşemeler rijit diyafram hareketi yapmışlardır. Döşemeler rijit kütle hareketi yapmışlardır. Aks doğrultularının birleşim yerlerindeki açılar 90 derece değerlerini korumuşlar, döşemenin plan geometrisi şekil değiştirmemiştir.

% 37.1 oranından döşeme boşluğu bulunduran yapılarda kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiğini doğrulamak için yapılacak olan hesaplarda dikkate alınacak deprem yükü; o kata etkiyen deprem yükünün kat döşeme plağı kütleleri arasında paylaştırılmasıyla hesaplanır.




**Şekil 4.27**

En olumsuz paylaştırılmış deprem kuvveti 6. kat için

$V_{ty}$ = 384,16 kN

Kontrolü yapılacak 3–4/E-F aksları arasında kalan döşeme parçası için deprem yükü,

$V_{ty}$ =29,11 kN

Toplam deprem yükü döşeme boyunca yayılı kabul edildiğinden,

$f_E$ =29,11 /5 =5,822 kN/m

Sürekli tarafta oluşan reaksiyon kuvveti,

$V_E = V_{ty}$ =29,11 kN

Döşeme açıklık ortası açıklık momenti $M_E$ =5,822 x $5^2$ /8 =18,19 kNm.

Olarak hesaplanır.

Yapılan kontrollerde;

a) döşemede $V_E$ kesme kuvveti altında, kesinlikle eğik asal kesme çatlağı oluşturulmamalıdır. Bu durumun oluşması halinde döşeme kalınlığı büyültülmelidir.

$V_E$ = 29,11 kN

Çatlamaya karşılık gelen kesme kuvvetti: (TS 500)

$V_{cr}$ =0,8 x (0,65.fctd).$b_w$ .d =0,8x0,65x1177x0,12x3=220,372 kN

$V_E$ = 29,11 kN < $V_{cr}$ = 220,372 kN olduğundan sistemde asal eğilme çatlaması oluşmamaktadır. Döşeme kalınlığı yeterlidir.

b)döşemenin $M_E$ momenti altında eğilme çatlaması göstermemesi tercih edilir. Eğer eğilme çatlaması olursa, döşeme kenar kirişleri içindeki donatı tüm momenti karşılayabilmelidir.

Döşeme açıklık ortasında eğilme momenti: 18,19 kNm

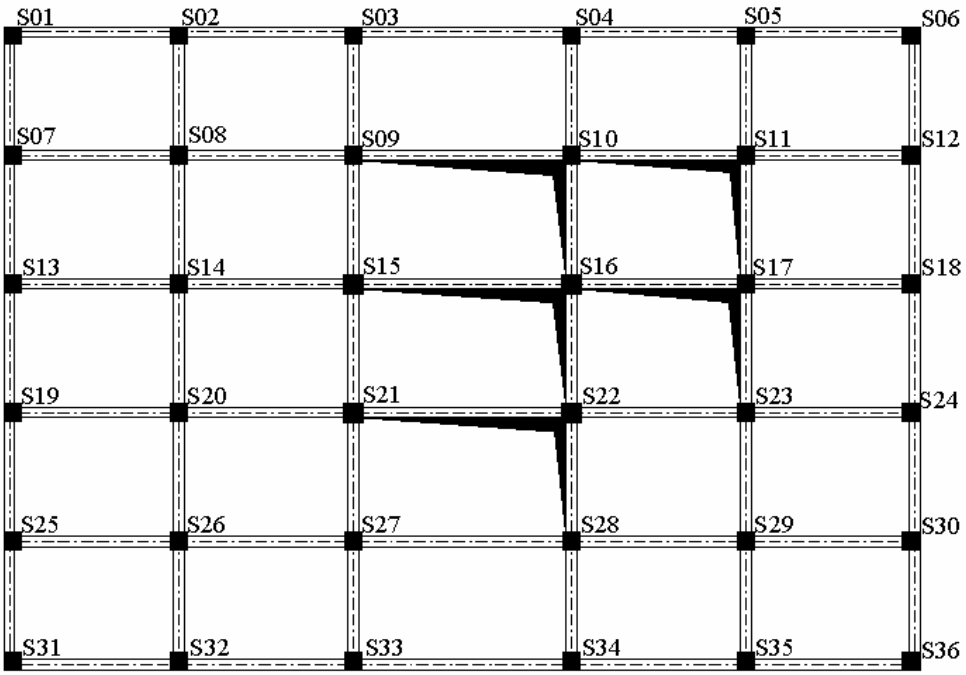
Plak atalet momenti 0,27 $m^4$

Meydana gelen gerilme $\sigma_b = M_E /W$ =(18,19. 3/2) /0,27 =100,85 kN/$m^2$

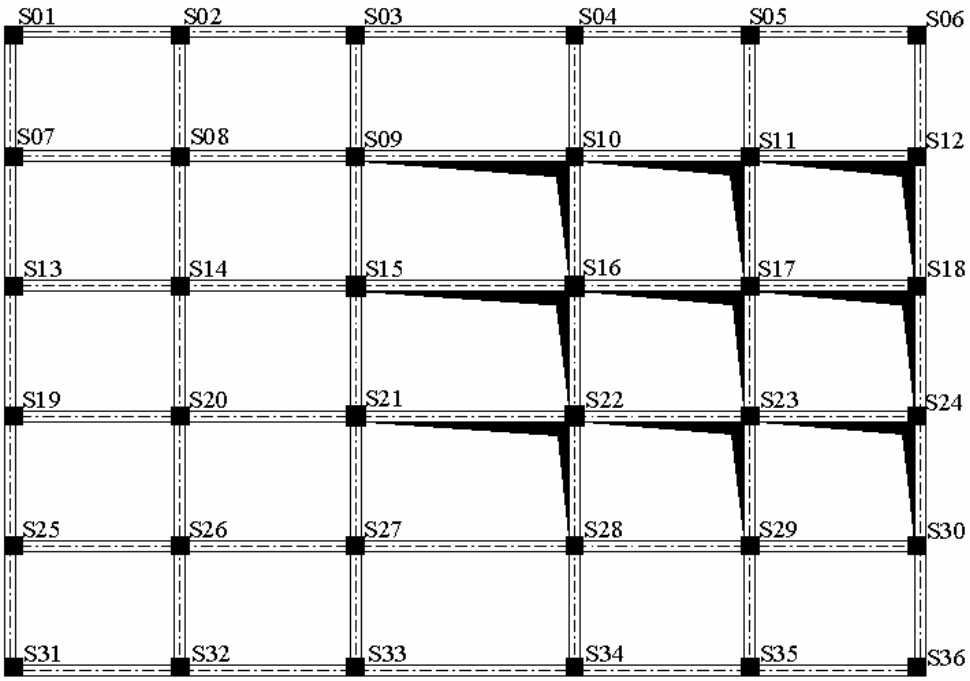
$\sigma_b$ = 100,85 kN/$m^2$< fctd =1177 kN/$m^2$sistemde eğilme çatlaması oluşmaz.

Döşeme süreksizliği simetrik ve olabildiğince merkezde toplandığı zaman, boşluk oranının artması yapıyı zorlayıcı bir etkisi olmadığını söylemek mümkündür. Boşluğun bulunduğu yerde kirişlerin devam etmesi döşemelerin rijit diyafram davranışı göstermesinde de ayrıca olumlu bir etken olduğunu söyleyebiliriz.

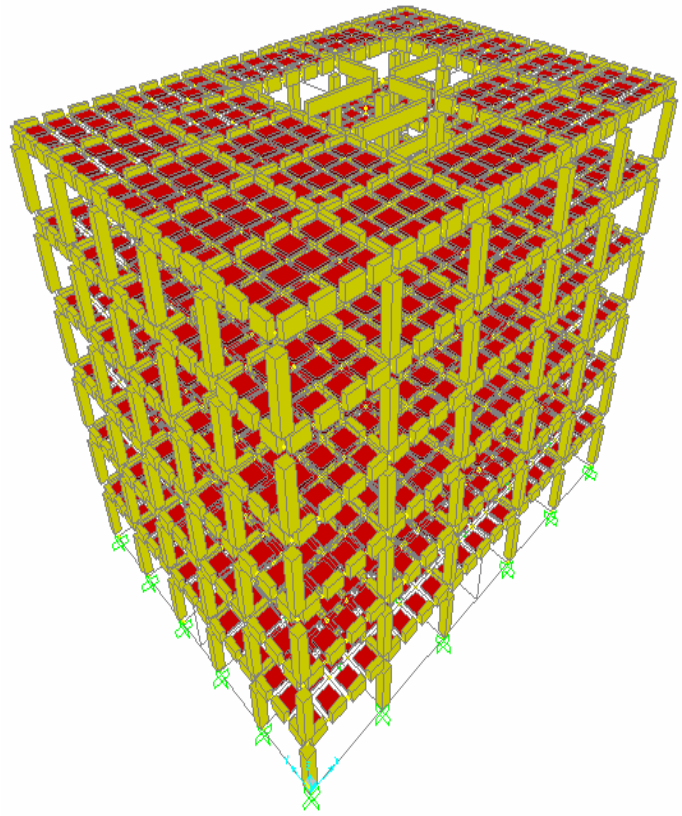
### 4.1.2 Simetrik Yerleştirilmemiş Döşeme Süreksizliğinin Üst Yapıya Etkisi



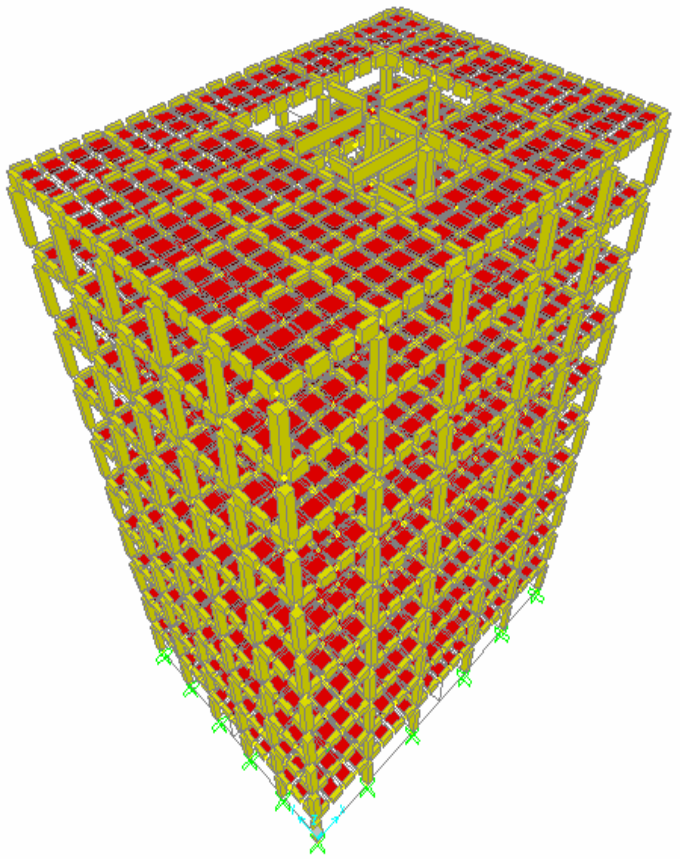

**Şekil 4.28 :** Y4- Y4.1 Kat Planı



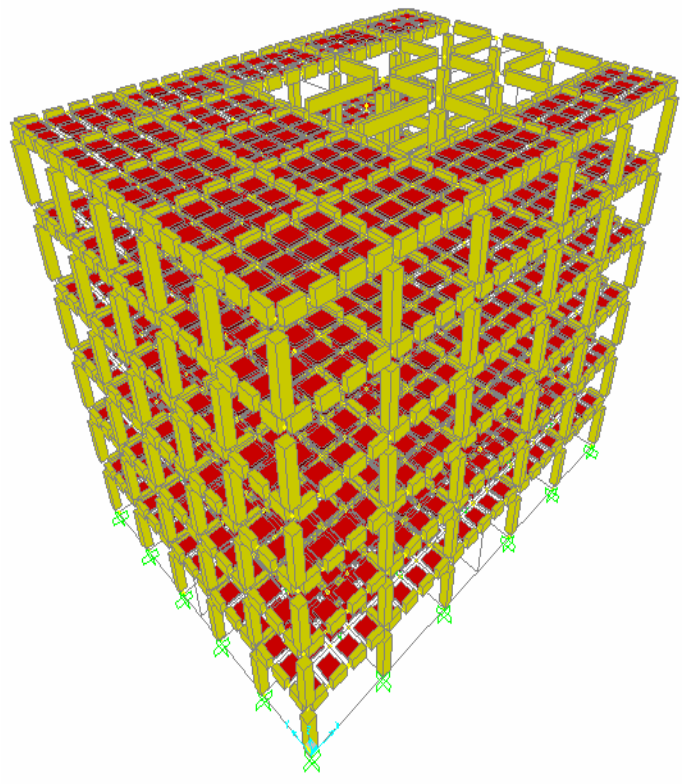

**Şekil 4.29:** Y5-Y5.1 Kat Planı



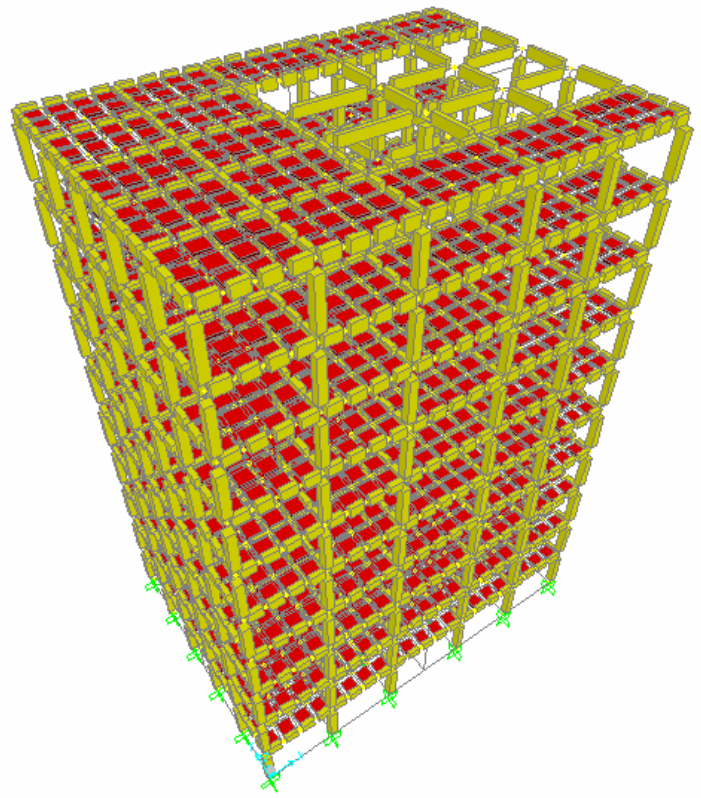
**Şekil 4.30** Y4 Sap2000 Modeli



**Şekil 4.31** Y4.1 Sap 2000 Modeli



**Şekil 4.32:** Y5 Sap 2000 Modeli



**Şekil 4.33:** Y5.1 Sap 2000 Modeli

Bina ağırlıkları, sistemin birinci doğal titreşim periyotları ve x,y yönlerine etkiyen eşdeğer deprem yükü kuvvetleri Tablo 4.10 da verilmiştir.

**Tablo 4.10 :** Bina Ağırlıkları(kN), Birinci Doğal Titreşim Periyotları(sn) ve Eşdeğer Deprem Yükü Kuvvetleri(kN)

| | **Y4** | **Y5** | **Y4.1** | **Y5.1** |
|---|---|---|---|---|
| **W (kN)** | 18485,57 | 16806,10 | 30831,75 | 27799,19 |
| **$T_{1x}$** | 0,575 | 0,546 | 0,971 | 0,924 |
| **$T_{1y}$** | 0,548 | 0,518 | 0,930 | 0,882 |
| **$V_{tx}$** | 139,91 | 132,56 | 153,45 | 144,05 |
| **$\Delta F_{Nx}$** | 6,3 | 5,97 | 11,51 | 10,8 |
| **$V_{ty}$** | 145,48 | 138,3 | 158,86 | 149,45 |
| **$\Delta F_{Ny}$** | 6,55 | 6,22 | 11,91 | 11,21 |

**Tablo 4.11 :** 6 Katlı Yapılara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükü Kuvvetleri(kN) ve Burulma Momentleri(kNm)

| | Y4 | | | | Y5 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Kat** | $F_X$ | $F_Y$ | $M_{bX}$ | $M_{bY}$ | $F_X$ | $F_Y$ | $M_{bX}$ | $M_{bY}$ |
| **6** | 395,64 | 411,43 | 296,75 | 432,03 | 369,25 | 385,24 | 276,94 | 404,47 |
| **5** | 322,85 | 335,80 | 242,11 | 352,57 | 304,99 | 318,24 | 228,77 | 334,13 |
| **4** | 258,30 | 268,60 | 193,75 | 282,04 | 243,97 | 254,57 | 182,96 | 267,32 |
| **3** | 193,75 | 201,50 | 145,29 | 211,60 | 182,96 | 190,90 | 137,24 | 200,42 |
| **2** | 129,20 | 134,30 | 96,92 | 140,97 | 122,04 | 127,24 | 91,53 | 133,61 |
| **1** | 72,79 | 75,73 | 54,64 | 79,56 | 77,20 | 80,54 | 57,88 | 84,56 |

**Tablo 4.12 :** 10 Katlı Yapılara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükü Kuvvetleri(kN) ve Burulma Momentleri(kNm)

| | Y4.1 | | | | Y5.1 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Kat** | $F_X$ | $F_Y$ | $M_{bX}$ | $M_{bY}$ | $F_X$ | $F_Y$ | $M_{bX}$ | $M_{bY}$ |
| **10** | 335,99 | 348,06 | 252,02 | 365,42 | 312,45 | 324,12 | 234,36 | 340,31 |
| **9** | 233,09 | 241,42 | 174,81 | 253,49 | 218,86 | 227,10 | 164,12 | 238,48 |
| **8** | 207,19 | 214,64 | 155,39 | 225,34 | 194,53 | 201,79 | 145,87 | 211,90 |
| **7** | 181,29 | 187,76 | 135,97 | 197,18 | 170,20 | 176,58 | 127,63 | 185,41 |
| **6** | 155,39 | 160,98 | 116,54 | 169,03 | 145,87 | 151,37 | 109,38 | 158,92 |
| **5** | 129,49 | 134,10 | 97,12 | 140,77 | 121,55 | 126,16 | 91,13 | 132,44 |
| **4** | 103,59 | 107,32 | 77,70 | 112,72 | 97,32 | 100,94 | 72,99 | 105,95 |
| **3** | 77,70 | 80,44 | 58,27 | 84,46 | 72,99 | 75,73 | 54,74 | 79,56 |
| **2** | 51,80 | 53,66 | 38,85 | 56,31 | 48,66 | 50,42 | 36,49 | 52,97 |
| **1** | 29,23 | 30,21 | 21,97 | 31,69 | 30,80 | 31,98 | 23,15 | 33,55 |

**Tablo 4.13 :** 6 Katlı Yapıların Maks. Yanal Yerdeğiştirmeleri(mm)

| | Y4 | | | | Y5 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X Yönü | | Y Yönü | | X Yönü | | Y Yönü | |
| **Kat** | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ |
| **1** | 1,66 | 1,42 | 1,78 | 1,22 | 1,55 | 1,34 | 1,86 | 0,95 |
| **2** | 3,69 | 3,16 | 3,86 | 2,63 | 3,44 | 2,99 | 4,06 | 2,05 |
| **3** | 5,57 | 4,77 | 5,78 | 3,95 | 5,22 | 4,55 | 6,12 | 3,08 |
| **4** | 7,14 | 6,12 | 7,41 | 5,07 | 6,70 | 5,85 | 7,86 | 3,94 |
| **5** | 8,30 | 7,12 | 8,62 | 5,90 | 7,79 | 6,80 | 9,16 | 4,60 |
| **6** | 8,94 | 7,68 | 9,32 | 6,39 | 8,40 | 7,33 | 9,90 | 4,98 |

**Tablo 4.14 :** 10 Katlı Yapıların Max. Yanal Yerdeğiştirmeleri(mm)

| | Y4.1 | | | | Y5.1 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X Yönü | | Y Yönü | | X Yönü | | Y Yönü | |
| Kat | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ |
| 1 | 1,85 | 1,58 | 1,98 | 1,36 | 1,72 | 1,49 | 2,05 | 1,06 |
| 2 | 4,22 | 3,61 | 4,39 | 3,02 | 3,93 | 3,41 | 4,60 | 2,35 |
| 3 | 6,58 | 5,65 | 6,82 | 4,69 | 6,16 | 5,37 | 7,18 | 3,66 |
| 4 | 8,85 | 7,60 | 9,16 | 6,32 | 8,30 | 7,24 | 9,68 | 4,93 |
| 5 | 10,96 | 9,42 | 11,37 | 7,86 | 10,29 | 8,99 | 12,02 | 6,14 |
| 6 | 12,87 | 11,07 | 13,38 | 9,26 | 12,09 | 10,57 | 14,16 | 7,25 |
| 7 | 14,53 | 12,50 | 15,13 | 10,51 | 13,64 | 11,93 | 16,03 | 8,23 |
| 8 | 15,87 | 13,67 | 16,59 | 11,55 | 14,91 | 13,05 | 17,57 | 9,05 |
| 9 | 16,87 | 14,54 | 17,69 | 12,35 | 15,84 | 13,86 | 18,74 | 9,69 |
| 10 | 17,48 | 15,07 | 18,41 | 12,89 | 16,40 | 14,37 | 19,50 | 10,13 |

Deprem yükleri, katlarda dağılı bulunan kütlelere, kütleleri oranında dağıtılmış ve her deprem kuvvetine karşı gelecek olacak burulma etkileri de noktalara yansıtılmıştır.

**Tablo 4.15 :** 6 Katlı Yapıların Maks. Kat Ötelemeleri (mm)

| | Y4 | | | | Y5 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X Yönü | | Y Yönü | | X Yönü | | Y Yönü | |
| Kat | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ |
| 1 | 1,66 | 1,42 | 1,78 | 1,22 | 1,55 | 1,34 | 1,86 | 0,95 |
| 2 | 2,03 | 1,74 | 2,08 | 1,42 | 1,90 | 1,66 | 2,20 | 1,10 |
| 3 | 1,88 | 1,61 | 1,93 | 1,32 | 1,77 | 1,55 | 2,06 | 1,02 |
| 4 | 1,57 | 1,35 | 1,63 | 1,12 | 1,49 | 1,30 | 1,74 | 0,87 |
| 5 | 1,16 | 0,99 | 1,21 | 0,84 | 1,09 | 0,95 | 1,30 | 0,65 |
| 6 | 0,65 | 0,56 | 0,70 | 0,49 | 0,60 | 0,53 | 0,75 | 0,38 |

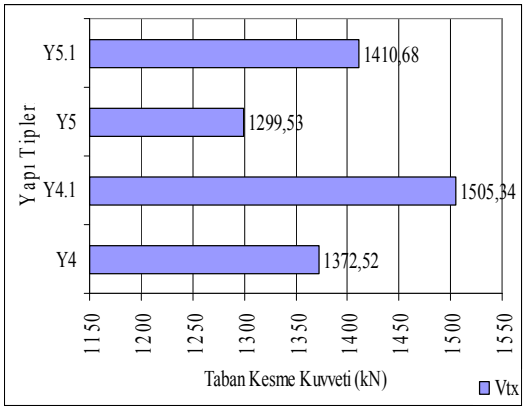
**Tablo 4.16 :** 10 Katlı Yapıların Maks. Kat Ötelemeleri (mm)

| | Y4.1 | | | | Y5.1 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X Yönü | | Y Yönü | | X Yönü | | Y Yönü | |
| Kat | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ |
| 1 | 1,85 | 1,58 | 1,98 | 1,36 | 1,72 | 1,49 | 2,05 | 1,06 |
| 2 | 2,36 | 2,03 | 2,42 | 1,66 | 2,21 | 1,93 | 2,54 | 1,29 |
| 3 | 2,36 | 2,04 | 2,43 | 1,67 | 2,23 | 1,95 | 2,58 | 1,31 |
| 4 | 2,27 | 1,95 | 2,35 | 1,63 | 2,14 | 1,87 | 2,50 | 1,27 |
| 5 | 2,11 | 1,82 | 2,21 | 1,54 | 1,99 | 1,75 | 2,35 | 1,21 |
| 6 | 1,91 | 1,65 | 2,01 | 1,41 | 1,80 | 1,58 | 2,14 | 1,11 |
| 7 | 1,65 | 1,43 | 1,76 | 1,24 | 1,55 | 1,36 | 1,87 | 0,98 |
| 8 | 1,35 | 1,17 | 1,45 | 1,04 | 1,26 | 1,11 | 1,54 | 0,82 |
| 9 | 1,00 | 0,87 | 1,10 | 0,80 | 0,93 | 0,82 | 1,17 | 0,64 |
| 10 | 0,61 | 0,54 | 0,72 | 0,54 | 0,57 | 0,50 | 0,76 | 0,44 |

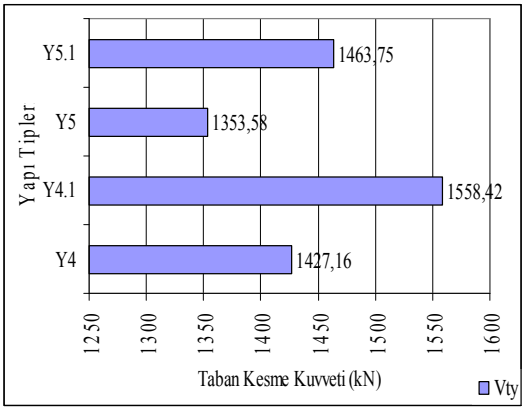
### 4.1.2.1 Analizlerin İncelenmesi

İnceleme sırasında 6 ve 10 katlı yapılara ait deplasman eğrileri aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Boşluklu yapılarda boşluğun plandaki yerinin değişmesiyle yapılarda meydana gelen değişiklikleri daha iyi gözlemlemek açısından, aynı boşluk oranına sahip yapılar karşılaştırılmıştır.

❖ Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

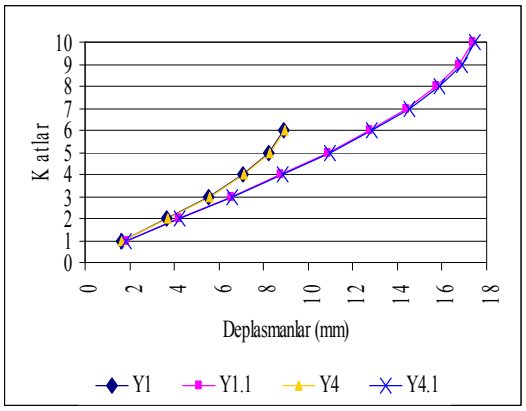



**Şekil 4.34:** X Yönü Taban Kesme Kuvveti

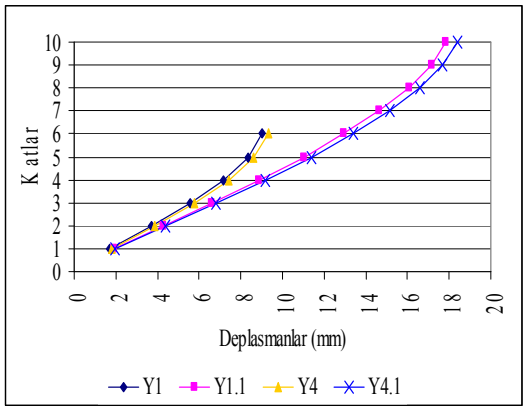



**Şekil 4.35:** Y Yönü Taban Kesme Kuvveti

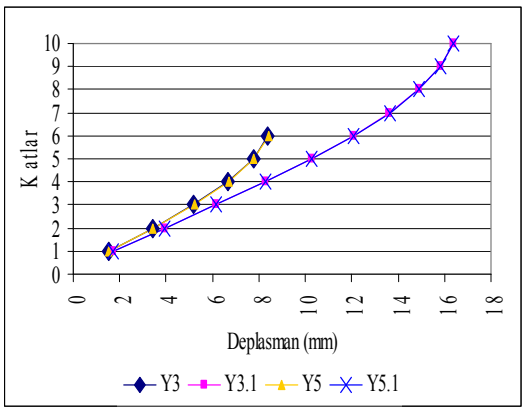
❖ Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması



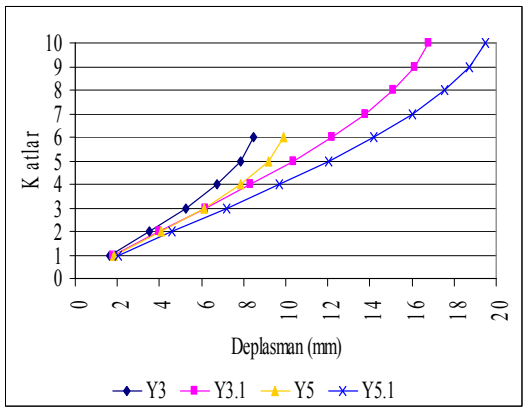

**Şekil 4.36 :** X Yönü Maksimum Yerdeğiştirme Grafiği




**Şekil 4.37:** Y Yönü Maksimum Yerdeğiştirme Grafiği



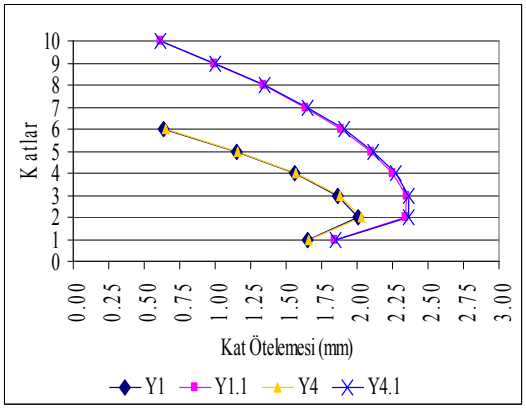

**Şekil 4.38:** X Yönü Maksimum Yerdeğiştirme Grafiği



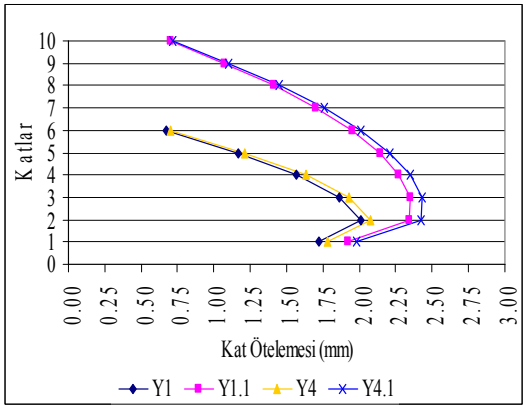

**Şekil 4.39:** Y Yönü Maksimum Yerdeğiştirme Grafiği

Yukarıdaki şekillere bakarak boşluk yerinin değişmesiyle X yönü deplasman değerlerinde gözle görülür değişiklik olmamıştır. Ancak Y yönü deplasman değerlerinde artış gözlenmiştir. Bunun sebebi olarak boşluğun simetrik yerleştirilmediği yapılarda Y yönü burulma etkilerinin fazla olması gösterilebilir. özellikle % 37,1 boşluk bulunduran Y5 ve Y5.1 yapılarında Y yönü deplasman değerlerinde daha fazla artış gözlenmiştir. Boşluğun simetrik yerleştirilmeği yapılarda, simetrik yerleştiği yapılara göre, özellikle boşluk oranının yönetmelikte belirtilen sınırdan büyük olması halinde, yanal yerdeğiştirme değerlerinin daha büyük olduğunu görmekteyiz.

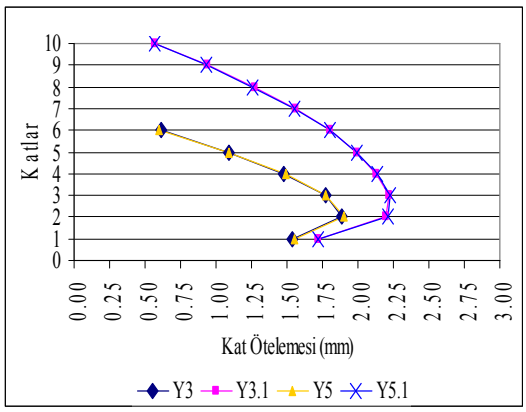
❖ <u>Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması</u>



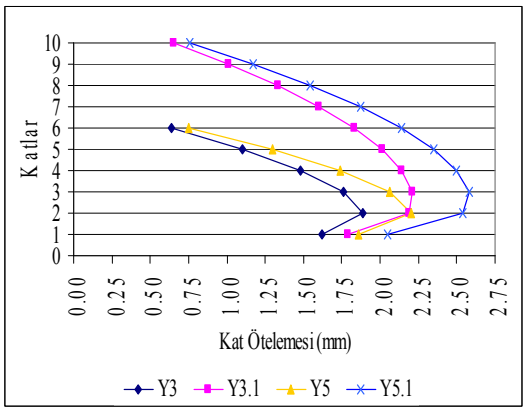

**Şekil 4.40** X Yönü Maksimum Kat Öteleme Grafiği




**Şekil 4.41** Y Yönü Maksimum Kat Öteleme Grafiği



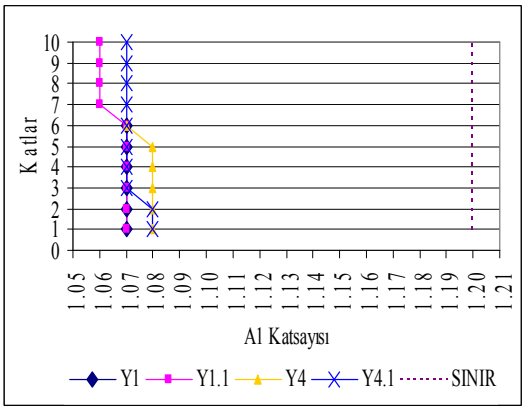

**Şekil 4.42** X Yönü Maksimum Kat Öteleme Grafiği

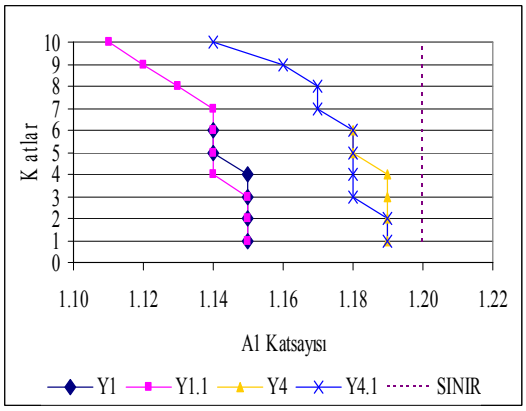



**Şekil 4.43** Y Yönü Maksimum Kat Öteleme Grafiği

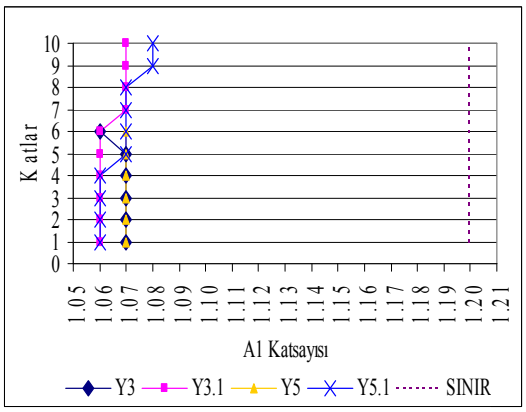
Y yönü kat öteleme değerlerinde artış gözlenmiştir. Bu artış özellikle % 37,1 boşluk bulunduran Y5 ve Y5.1 yapılarında Y yönü burulma etkilerinin artışı daha fazla olduğu için Y yönü deplasman değerlerinde büyük artış gözlenmiştir.

❖ Burulma Düzensizliğinin Karşılaştırılması

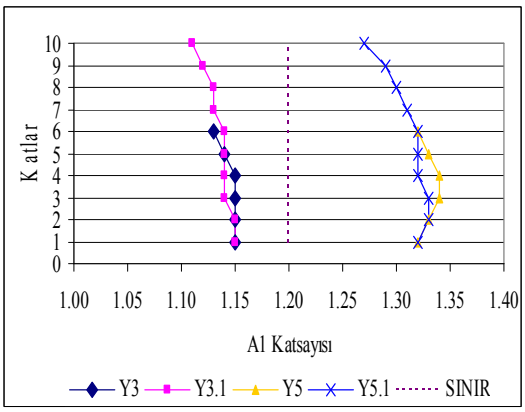



**Şekil 4.44** X Yönü A1 Burulma Düzensizliği **Şekil 4.45** Y Yönü A1 Burulma Düzensizliği




**Şekil 4.46** X Yönü A1 Burulma Düzensizliği Grafiği



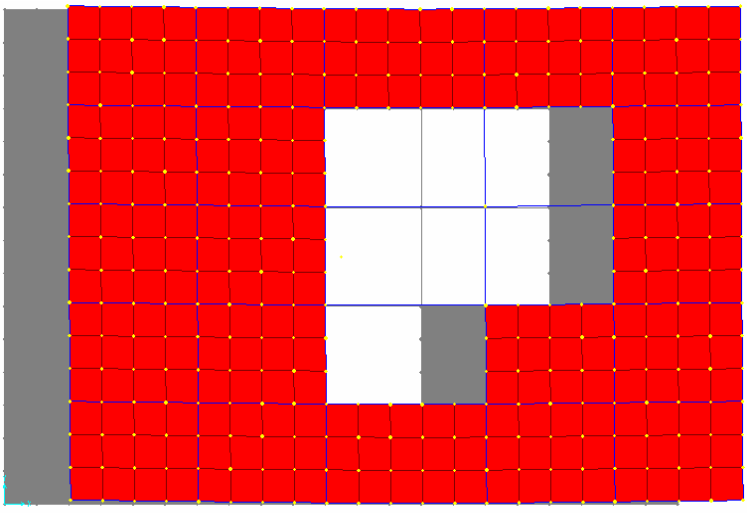

**Şekil 4.47** Y Yönü A1 Burulma Düzensizliği Grafiği

X ve Y yönü deprem hesabı için yapıların A1 burulma düzensizliği katsayısı yukarıdaki grafiklerde gösterilmiştir. X yönü deprem hesabı için yapılarda katlar arası A1 burulma düzensizliği katsayısında göz ardı edilebilecek değişiklikler gözlenmiş ve tüm katlarda sınır değerin altında kalmıştır.

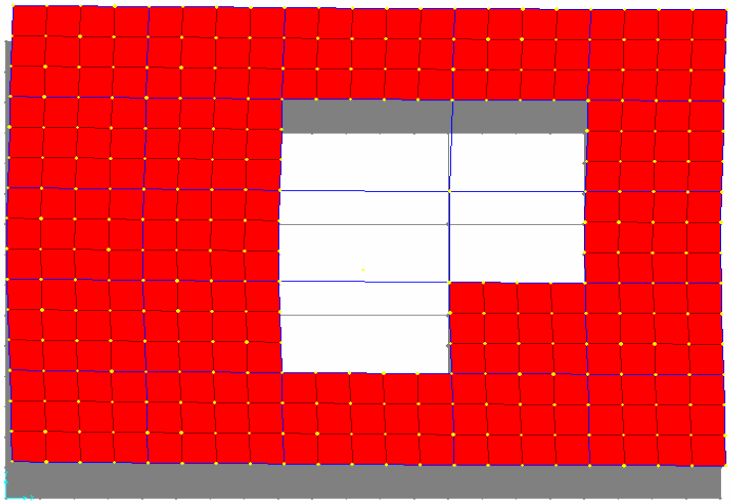
Y yönü deprem hesabı için yapıların A1 katsayında artış olmuştur. % 21,9 boşluk bulunduran yapılarda boşluğun simetrik yerleştirilmemesiyle A1 katsayısında artış gözlenmiş olmasına rağmen tüm katlarda sınır değerin altında kalmıştır. Ancak %37,1 boşluk bulunduran yapılarda A1 katsayısında büyük sıçrama olduğu ve sınır değerin aşıldığı gözlenmiştir. Bunun sebebi olarak boşluğun simetrik yerleştirilmediği yapılarda boşluk oranının artmasıyla, kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki farkın büyümesi ve burulma etkilerinin artması gösterilebilir.

❖ Rijit Diyafram Kontrolü

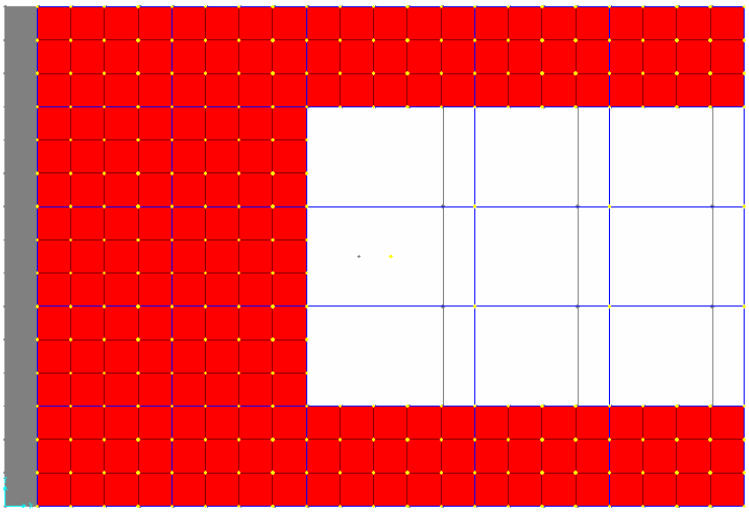
Yapılan sonlu elemanlar spektrum analizi sonucu, yapıların düzenli bir yapı olmasına rağmen döşeme süreksizliğinin simetrik yerleştirilmemesinin sonucu olarak, yönetmeliğin belirlediği orandan küçük veya büyük döşeme boşluğuna sahip yapılarda döşemeler rijit diyafram hareketi yapmışlardır. Döşemeler rijit kütle hareketi yapmışlardır. Aks doğrultularının birleşim yerlerindeki açılar 90 derece değerlerini korumamışlar, döşemenin plan geometrisi şekil değişmiştir.



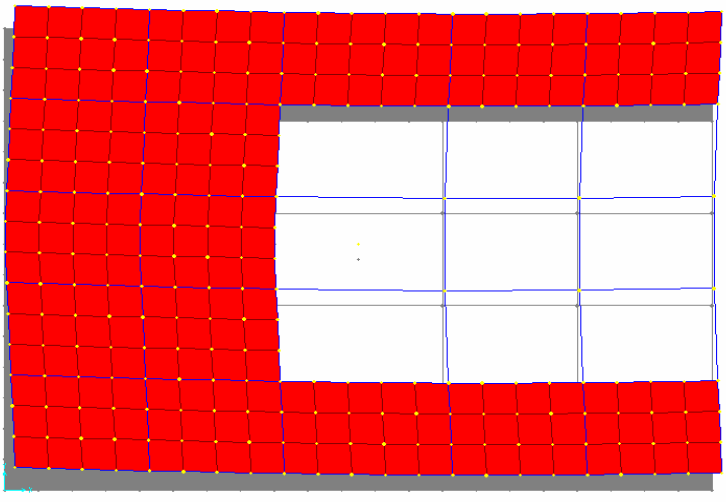
**Şekil 4.48:** Yapı Y4 X Yönü Deprem Yüklemesi Sonlu Elemanlar Modeli



**Şekil 4.49:** Yapı Y4 Y Yönü Deprem Yüklemesi Sonlu Elemanlar Modeli

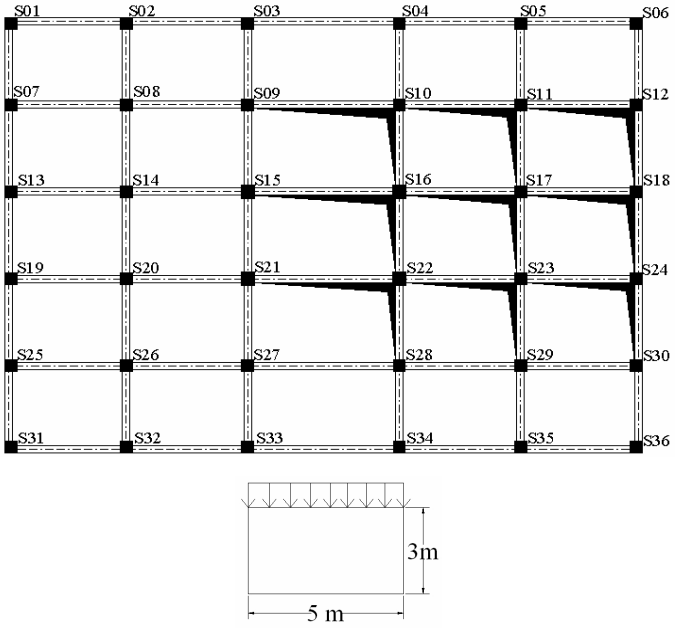


**Şekil 4.50** Yapı Y5 X Yönü Deprem Yüklemesi Sonlu Elemanlar Modeli



**Şekil 4.51** Yapı Y5 Y Yönü Deprem Yüklemesi Sonlu Elemanlar Modeli

% 37.1 oranından döşeme boşluğu bulunduran Y5 ‘deki yapının kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiğini doğrulamak için yapılacak olan hesaplarda dikkate alınacak deprem yükü; o kata etkiyen deprem yükünün kat döşeme plağı kütleleri arasında paylaştırılmasıyla hesaplanır.




**Şekil 4.52**

En olumsuz paylaştırılmış deprem kuvveti 6. kat için

$V_{ty}$ = 385,24 kN

Kontrolü yapılacak 3–4/E-F aksları arasında kalan döşeme parçası için deprem yükü,

$V_{ty}$ =29,185 kN

Toplam deprem yükü döşeme boyunca yayılı kabul edildiğinden,

$f_E$ =29,185 /5 =5,84 kN /m

Sürekli tarafta oluşan reaksiyon kuvveti,

$V_E = V_{ty}$ =29,185 kN

Döşeme açıklık ortası açıklık momenti $M_E$ =5,84 x $5^2$ /8 =18,25 kNm.

Olarak hesaplanır.

Yapılan kontrollerde;

a) Döşemede $V_E$ kesme kuvveti altında, kesinlikle eğik asal kesme çatlağı oluşturulmamalıdır. Bu durumun oluşması halinde döşeme kalınlığı büyültülmelidir.

$V_E$ = 29,185 kN

Çatlamaya karşılık gelen kesme kuvvetti: (TS 500)

$V_{cr}$ =0,8 x (0,65.fctd).$b_w$ .d =0,8x0,65x1177x0,12x3=220,37 kN.

$V_E$ = 29,185 kN < $V_{cr}$ = 220,37 kN olduğundan sistemde asal eğilme çatlaması oluşmamaktadır. Döşeme kalınlığı yeterlidir.

b)döşemenin $M_E$ momenti altında eğilme çatlaması göstermemesi tercih edilir. Eğer eğilme çatlaması olursa, döşeme kenar kirişleri içindeki donatı tüm momenti karşılayabilmelidir.

Döşeme açıklık ortasında eğilme momenti: 18,25 kNm

Plak atalet momenti 0,27 $m^4$

Meydana gelen gerilme $\sigma_b = M_E /W$ =(18,25 . 3/2) /0,27 =101,34 kN/$m^2$

$\sigma_b$ = 101,34 kN/$m^2$ < fctd =1177 kN/$m^2$ sistemde eğilme çatlaması oluşmaz.

Yönetmelikte, döşeme boşluk oranın 1/3 den büyük olması durumunda düzensizlik oluşturacağı ve döşemelerin rijit diyafram çalışmayacağı üzerinde durulmuştur. Ancak döşeme boşluklarının plandaki yeri ile ilgili bir bilgi bulunmamaktadır. bu bölümde inceldiğimiz yapılarda, Döşeme süreksizliğinin simetrik olmadığı durumlarda 1/3 sınırının altında boşluk bulunduran yapılarda döşemelerin rijit kütle hareketi yapmadığı gözlenmiştir. Döşemenin zorlanmasına neden olan etken boşluk oranından çok boşluğun planda bulunduğu yerdir.

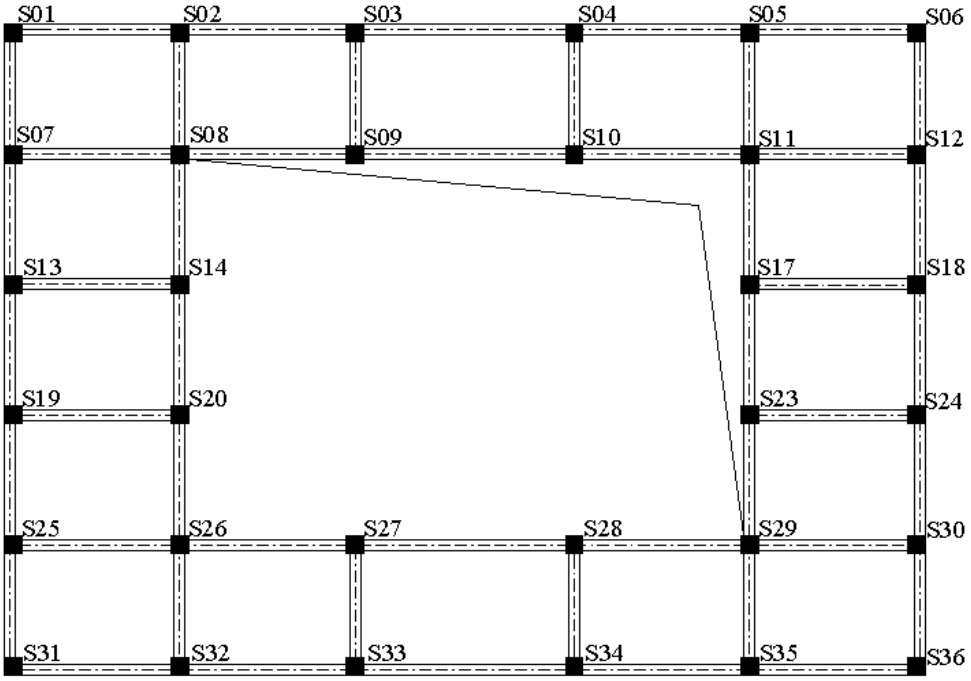
Bu tür plana sahip yapıların, boşluk oranı arttıkça daha fazla antisimetrik durum oluşmakta ve burulma katsayıları artmaktadır. Özellikle yanal yerdeğiştirmeler

büyük artış göstermektedir. Bu nedenle döşeme süreksizliğinin simetrik olmadığı yapılarda boşluk oranı taşıyıcı sistem davranışı önemli ölçüde etkilemektedir.

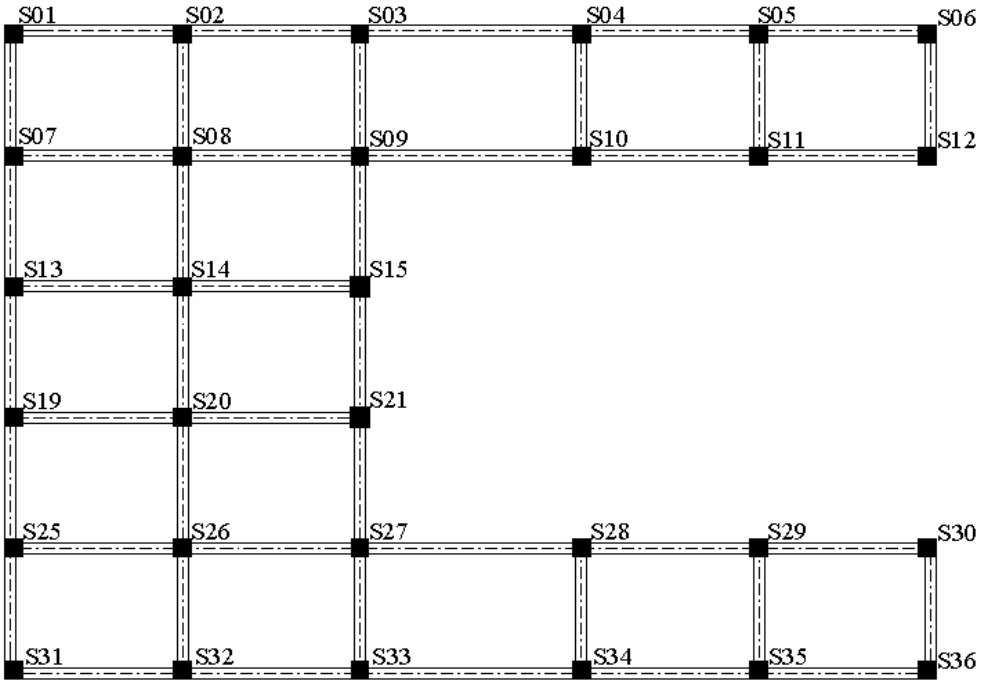
Döşeme süreksizlikleri her katta farklı yerlerde oluşturulursa A1 burulma düzensizliği katsayısında azalma görülmektedir. Buna bağlı olarak yanal yerdeğiştirmeler de azalmaktadır.

Aşağıda verilen iki kat planı örneğinde boşluk oranı aynı ancak yerleri farklıdır

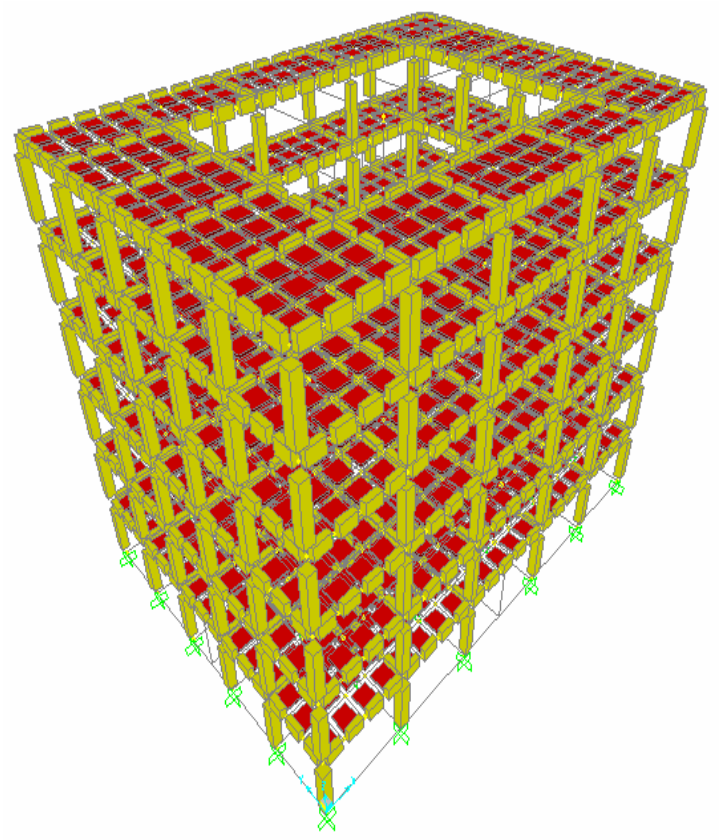
### 4.1.3 Büyük Boşlukların Yapı Davranışına Etkileri



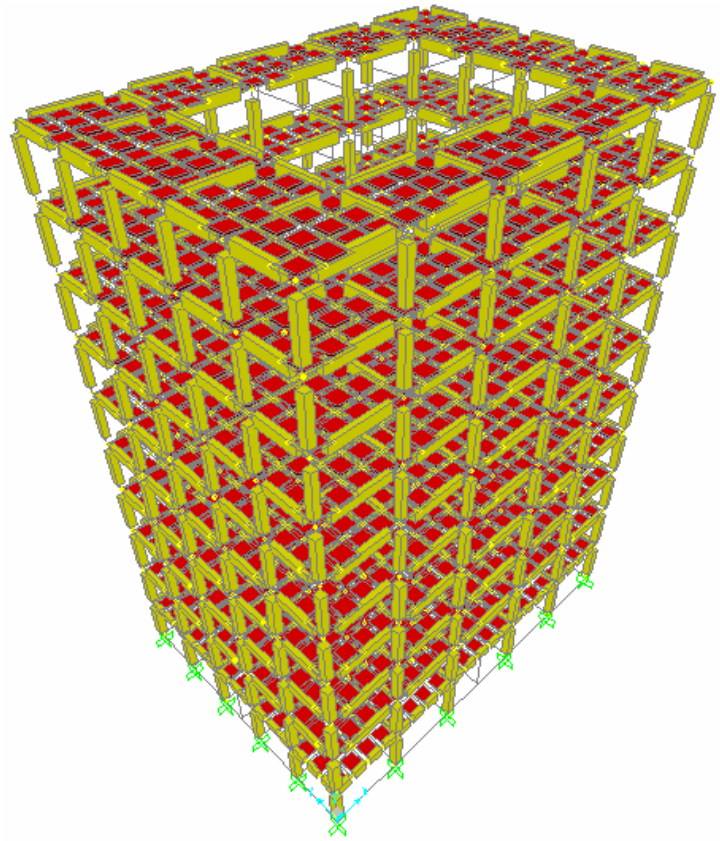

**Şekil 4.53** Y6 Kat Planı



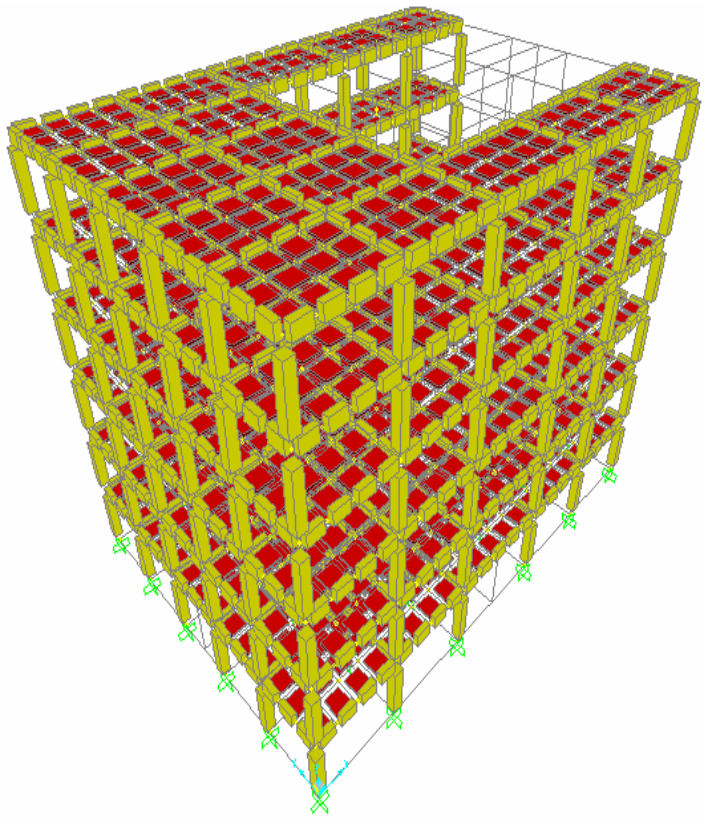

**Şekil 4.54:** Y7 Kat Planı



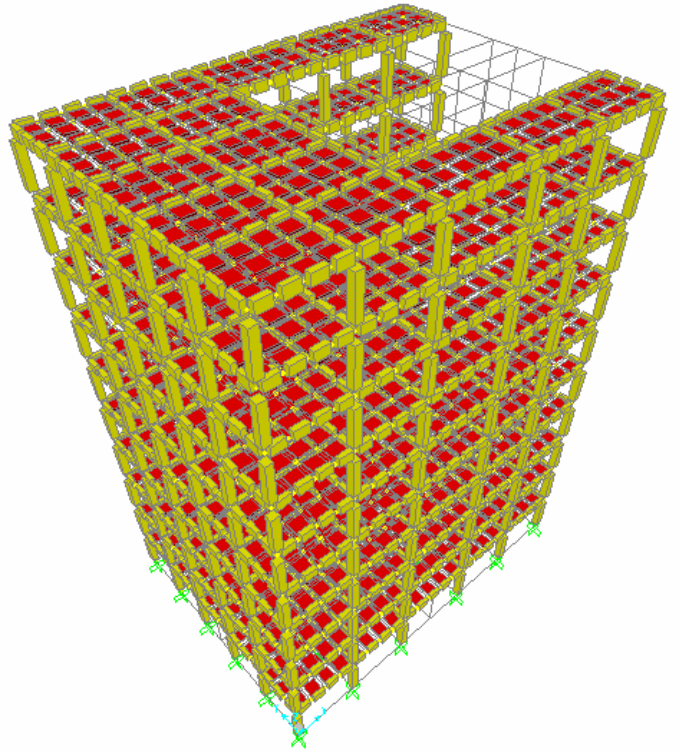
**Şekil 4.55:** Y6 Sap2000 Modeli



**Şekil 4.56**: Y6.1 Sap2000 Modeli



**Şekil 4.57**: Y7 Sap2000 Modeli



**Şekil 4.58:** Y7.1 Sap2000 Modeli

**Tablo 4.17:** Bina Ağırlıkları(kN), Doğal Titreşim Periyotları(sn), Toplam Eşdeğer Deprem Kuvvetleri(kN)

| | **Y6** | **Y7** | **Y6.1** | **Y7.1** |
|---|---|---|---|---|
| **W (kN)** | 14950,54 | 14531,06 | 25194,04 | 24464,57 |
| **$T_{1x}$** | 0,577 | 0,576 | 0,988 | 0,976 |
| **$T_{1y}$** | 0,557 | 0,570 | 0,966 | 1,002 |
| **$V_{tx}$** | 1106,57 | 1078,22 | 1213,60 | 1189,36 |
| **$\Delta F_{Nx}$** | 49,83 | 48,56 | 91,04 | 89,17 |
| **$V_{ty}$** | 1138,06 | 1086,36 | 1235,86 | 1165,33 |
| **$\Delta F_{Ny}$** | 51,21 | 48,85 | 92,70 | 87,41 |

**Tablo 4.18 :** 6 Katlı Yapılara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükü Kuvvetleri(kN) ve Burulma Momentleri(kNm)

| | **Y6** | | | | **Y7** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Kat** | **$F_X$** | **$F_Y$** | **$M_{bX}$** | **$M_{bY}$** | **$F_X$** | **$F_Y$** | **$M_{bX}$** | **$M_{bY}$** |
| **6** | 315,10 | 324,02 | 236,32 | 340,21 | 310,09 | 312,45 | 232,60 | 328,05 |
| **5** | 263,79 | 271,34 | 197,87 | 284,88 | 256,04 | 258,00 | 192,08 | 270,95 |
| **4** | 211,01 | 217,10 | 158,24 | 227,98 | 204,83 | 206,40 | 153,62 | 216,70 |
| **3** | 158,33 | 162,75 | 118,80 | 170,89 | 153,62 | 154,80 | 115,27 | 162,55 |
| **2** | 105,56 | 108,50 | 79,17 | 113,89 | 102,42 | 103,20 | 76,81 | 108,40 |
| **1** | 52,78 | 54,25 | 39,63 | 57,00 | 51,21 | 51,60 | 38,46 | 54,15 |

**Tablo 4.19 :** 10 Katlı Yapılara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükü Kuvvetleri(kN) ve Burulma Momentleri(kNm)

| | Y6.1 | | | | Y7.1 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Kat** | $F_X$ | $F_Y$ | $M_{bX}$ | $M_{bY}$ | $F_X$ | $F_Y$ | $M_{bX}$ | $M_{bY}$ |
| **10** | 267,22 | 272,13 | 200,42 | 285,77 | 264,18 | 258,89 | 198,16 | 271,84 |
| **9** | 189,23 | 192,77 | 141,95 | 202,38 | 185,02 | 181,29 | 138,81 | 190,31 |
| **8** | 168,24 | 171,28 | 126,16 | 179,82 | 164,51 | 161,18 | 123,41 | 169,22 |
| **7** | 147,25 | 149,90 | 110,46 | 157,35 | 143,91 | 140,97 | 107,91 | 148,03 |
| **6** | 126,16 | 128,51 | 94,67 | 134,99 | 123,31 | 120,86 | 92,51 | 126,94 |
| **5** | 105,16 | 107,13 | 78,87 | 112,52 | 102,81 | 100,75 | 77,11 | 105,75 |
| **4** | 84,07 | 85,64 | 63,08 | 89,96 | 82,21 | 80,54 | 61,70 | 84,56 |
| **3** | 63,08 | 64,26 | 47,28 | 67,49 | 61,70 | 60,43 | 46,30 | 63,47 |
| **2** | 42,08 | 42,87 | 31,59 | 45,03 | 41,10 | 40,32 | 30,80 | 42,38 |
| **1** | 20,99 | 21,39 | 15,79 | 22,46 | 20,60 | 20,11 | 15,50 | 21,09 |

**Tablo 4.20 :** 6 Katlı Yapıların Yanal Yerdeğiştirme Değerleri(mm)

| | Y6 | | | | Y7 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X Yönü | | Y Yönü | | X Yönü | | Y Yönü | |
| **Kat** | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ |
| **1** | 1,61 | 1,42 | 1,65 | 1,28 | 1,63 | 1,42 | 1,89 | 1,16 |
| **2** | 3,58 | 3,18 | 3,61 | 2,81 | 3,65 | 3,17 | 4,32 | 3,54 |
| **3** | 5,41 | 4,82 | 5,45 | 4,25 | 5,50 | 4,77 | 6,72 | 5,30 |
| **4** | 6,96 | 6,20 | 7,03 | 5,50 | 7,06 | 6,11 | 8,90 | 6,79 |
| **5** | 8,12 | 7,23 | 8,24 | 6,47 | 8,21 | 7,09 | 10,71 | 7,91 |
| **6** | 8,79 | 7,84 | 8,99 | 7,08 | 8,86 | 7,641 | 12,02 | 8,57 |

**Tablo 4.21 :** 10 Katlı Yapıların Yanal Yerdeğiştirme Değerleri(mm)

| | Y6.1 | | | | Y7.1 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X Yönü | | Y Yönü | | X Yönü | | Y Yönü | |
| **Kat** | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ | $d_{imax}$ | $d_{imin}$ |
| **1** | 1,79 | 1,59 | 1,83 | 1,42 | 1,83 | 1,59 | 2,23 | 1,19 |
| **2** | 4,10 | 3,65 | 4,11 | 3,21 | 4,18 | 3,62 | 5,33 | 2,65 |
| **3** | 6,42 | 5,72 | 6,44 | 5,05 | 6,52 | 5,64 | 8,71 | 4,12 |
| **4** | 8,66 | 7,73 | 8,72 | 6,87 | 8,78 | 7,58 | 12,23 | 5,54 |
| **5** | 10,77 | 9,63 | 10,90 | 8,61 | 10,89 | 8,39 | 15,77 | 6,88 |
| **6** | 12,70 | 11,36 | 12,92 | 10,24 | 12,81 | 11,02 | 19,23 | 8,10 |
| **7** | 14,40 | 12,89 | 14,71 | 11,70 | 14,48 | 12,44 | 22,52 | 9,16 |
| **8** | 15,80 | 14,16 | 16,23 | 12,95 | 15,86 | 13,60 | 25,53 | 10,04 |
| **9** | 16,87 | 15,13 | 17,42 | 13,96 | 16,90 | 14,45 | 28,19 | 10,71 |
| **10** | 17,58 | 15,79 | 18,27 | 14,70 | 17,56 | 14,99 | 30,41 | 11,18 |

T**ablo 4.22 :** 6 Katlı Yapıların Kat Öteleme Değerleri(mm)

| | Y6 | | | | Y7 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X Yönü | | Y Yönü | | X Yönü | | Y Yönü | |
| **Kat** | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ |
| **1** | 1,61 | 1,42 | 1,65 | 1,46 | 1,63 | 1,42 | 1,89 | 1,52 |
| **2** | 1,98 | 1,76 | 1,96 | 1,75 | 2,01 | 1,75 | 2,43 | 1,89 |
| **3** | 1,83 | 1,63 | 1,84 | 1,64 | 1,85 | 1,60 | 2,40 | 1,83 |
| **4** | 1,55 | 1,38 | 1,58 | 1,42 | 1,56 | 1,34 | 2,18 | 1,62 |
| **5** | 1,15 | 1,03 | 1,21 | 1,09 | 1,15 | 0,98 | 1,81 | 1,30 |
| **6** | 0,67 | 0,60 | 0,74 | 0,68 | 0,65 | 0,55 | 1,31 | 0,88 |

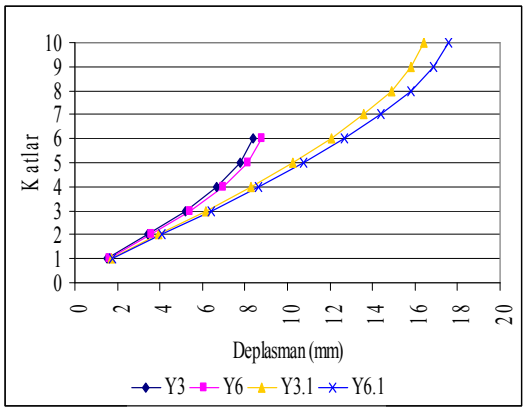
T**ablo 4.23 :** 10 Katlı Yapıların Kat Öteleme Değerleri(mm)

| | Y6.1 | | | | Y7.1 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X Yönü | | Y Yönü | | X Yönü | | Y Yönü | |
| **Kat** | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ | $\Delta_{max}$ | $\Delta_{min}$ |
| **1** | 1,79 | 1,59 | 1,83 | 1,42 | 1,83 | 1,59 | 2,23 | 1,19 |
| **2** | 2,31 | 2,06 | 2,28 | 1,79 | 2,35 | 2,04 | 3,10 | 1,46 |
| **3** | 2,32 | 2,07 | 2,33 | 1,84 | 2,34 | 2,02 | 3,38 | 1,47 |
| **4** | 2,24 | 2,01 | 2,29 | 1,82 | 2,26 | 1,94 | 3,52 | 1,42 |
| **5** | 2,11 | 1,90 | 2,18 | 1,75 | 2,11 | 1,81 | 3,54 | 1,34 |
| **6** | 1,93 | 1,74 | 2,01 | 1,63 | 1,92 | 1,63 | 3,46 | 1,22 |
| **7** | 1,69 | 1,53 | 1,79 | 1,46 | 1,67 | 1,42 | 3,29 | 1,06 |
| **8** | 1,41 | 1,27 | 1,52 | 1,25 | 1,38 | 1,16 | 3,01 | 0,88 |
| **9** | 1,07 | 0,98 | 1,20 | 1,00 | 1,03 | 0,86 | 2,66 | 0,67 |
| **10** | 0,71 | 0,65 | 0,85 | 0,74 | 0,66 | 0,53 | 2,22 | 0,47 |

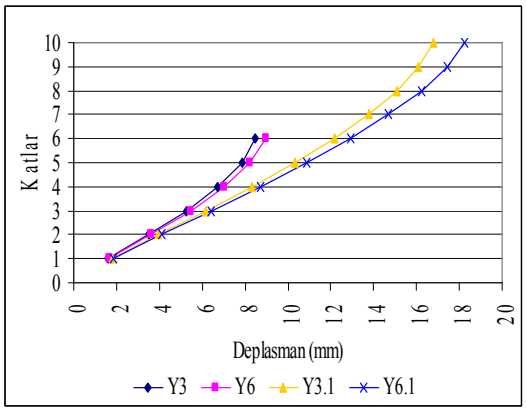
**Analizlerin İncelenmesi**

Aşağıdaki şekillerde 6 ve 10 katlı yapılara ait deplasman eğrileri aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Boşluklu yapılarda, boşluğun bulunduğu yerdeki kirişlerin devam ettirilmesinin taşıyıcı sistem davranışına etkisini daha iyi görebilmek açısından, kiriş sürekliliğinin sağlandığı yapılarla sağlanmadığı yapılar arasında karşılaştırma yapılmıştır. % 37,1 boşluk oranına ve aynı plana sahip yapılar karşılaştırılmıştır.

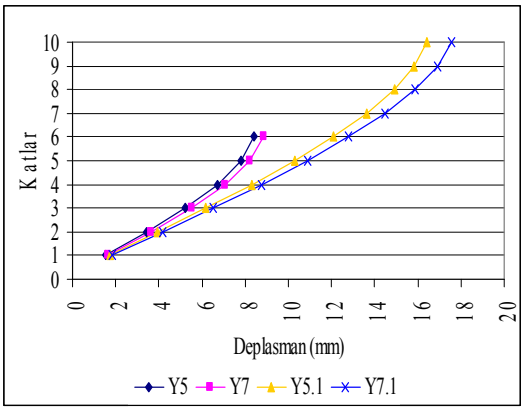
Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması



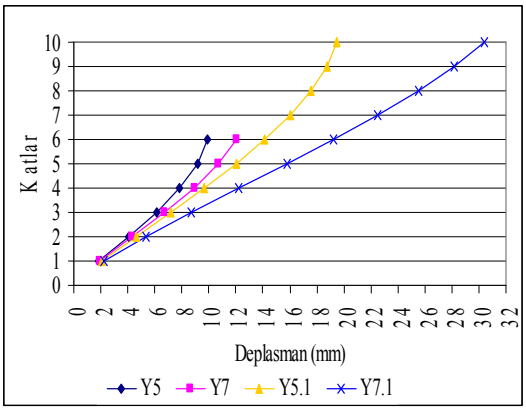

**Şekil 4.59 :** X Yönü Maks. Yerdeğiştirme




**Şekil 4.60 :** Y Yönü Maks. Yerdeğiştirme




**Şekil 4.61:** X Yönü Maks. Yerdeğiştirme

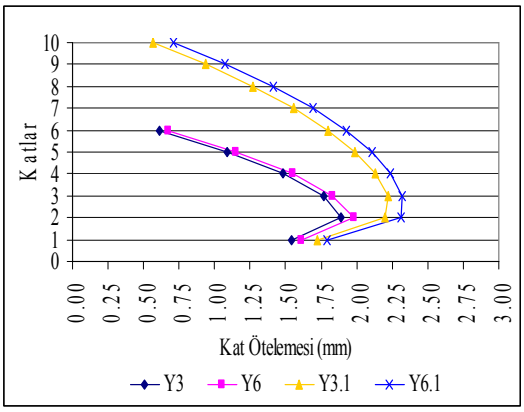


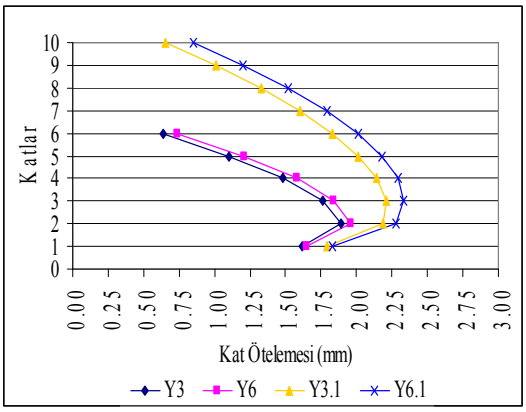

**Şekil 4.62 :** Y Yönü Maks. Yerdeğiştirme

Yukarıdaki şekillere bakarak boşluğun bulunduğu yerde kiriş süreksizliği bulunan yapılarda X ve Y yönü deplasman değerlerinde artış gözlenmiştir.

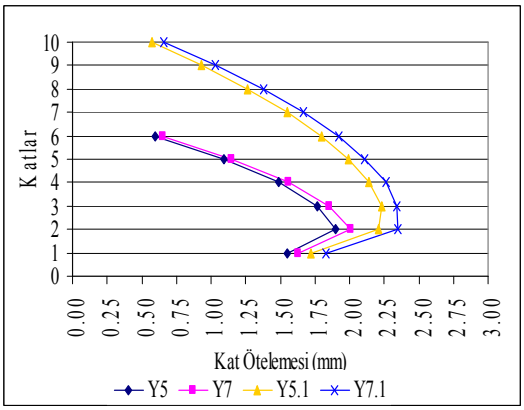
Boşluğun simetrik ve merkezde yerleştiği ancak kirişlerin devam ettirilmediği yapılarda sistem rijitliğinin azalmasından dolayı yanal yerdeğiştirme değerlerinde artış gözlenmiştir. Ayrıca bu artış miktarı boşluğun plandaki yerine göre değişmektedir. Boşluğun tamamen kenarda olduğu durumda deplasman değerlerinde büyük artışlar görülmüştür. Buna göre kirişlerin sistemi rijitleştirici etkisinde söz edilebilir.

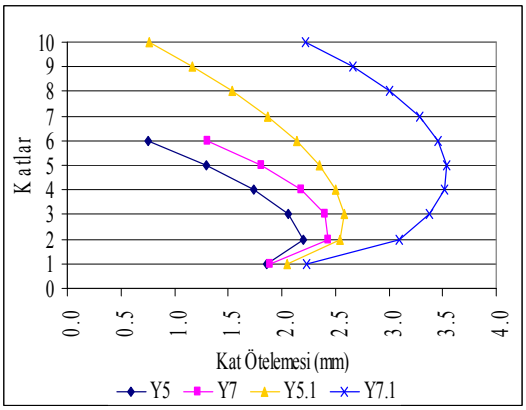
❖ Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.63 :** X Yönü Maks. Kat Ötelemesi **Şekil 4.64 :** Y Yönü Maks. Kat Ötelemesi

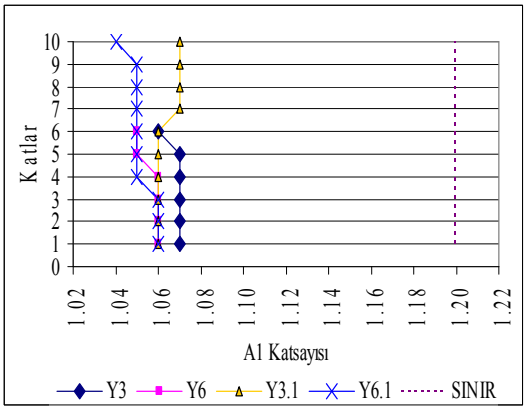


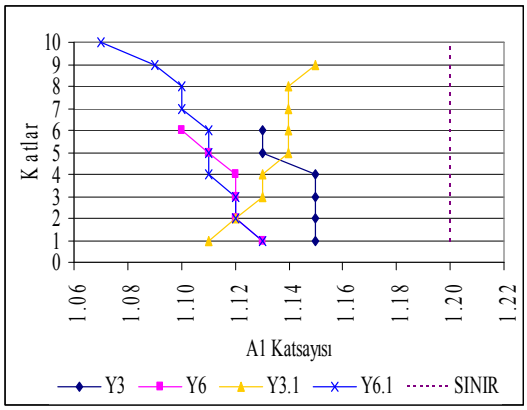




**Şekil 4.65 :** X Yönü Maks. Kat Ötelemesi **Şekil 4.66:** Y Yönü Maks. Kat Ötelemesi

Yukarıdaki şekillere bakarak boşluğun bulunduğu yerde kiriş süreksizliği bulunan yapılarda X ve Y yönü azaltılmış göreli kat öteleme değerlerinde artış gözlenmiştir. Boşluğun planda simetrik yerleştirilmediği Y7 yapısında Y yönü deplasman değerlerinde büyük artışlar görülmüştür.

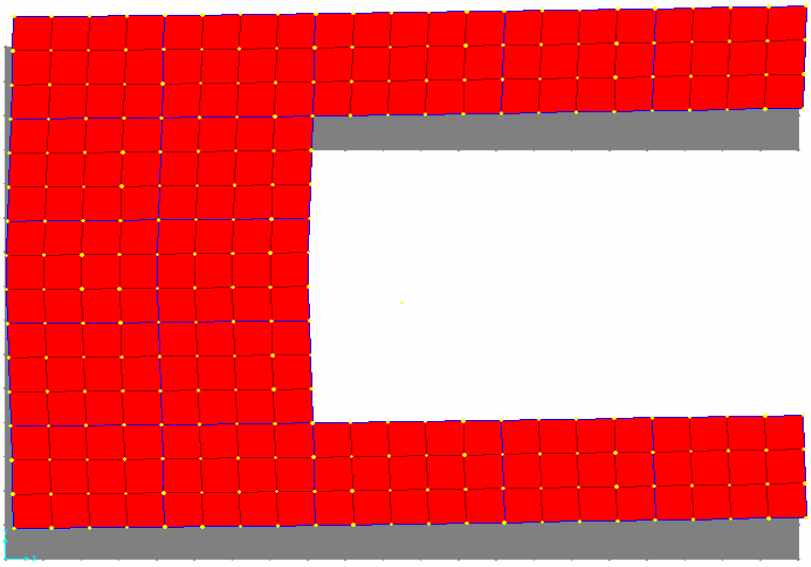
❖ Burulma Katsayısının Karşılaştırılması



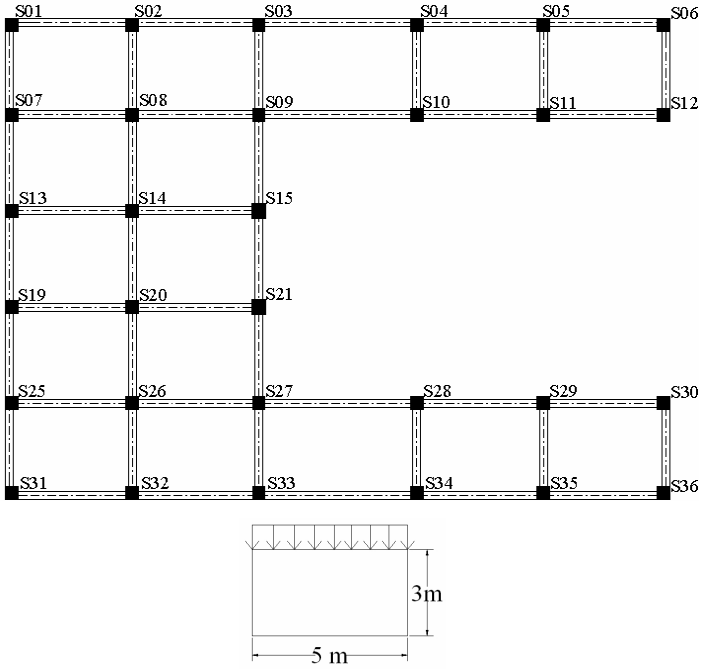

**Şekil 4.67 :** X Yönü A1 Katsayısı **Şekil 4.68 :** Y Yönü A1 Katsayısı

❖ Rijit Diyafram Kontrolü



**Şekil 4.69 :** Yapı Y7 Sonlu Eleman Modeli

% 37.1 oranından döşeme boşluğu bulunduran Y7 'deki yapının kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiğini doğrulamak için yapılacak olan hesaplarda dikkate alınacak deprem yükü; o kata etkiyen deprem yükünün kat döşeme plağı kütleleri arasında paylaştırılmasıyla hesaplanır.




**Şekil 4.70**

En olumsuz paylaştırılmış deprem kuvveti 6. kat için

$V_{ty}$ = 312,45 kN

Kontrolü yapılacak 3–4/E-F aksları arasında kalan döşeme parçası için deprem yükü,

$V_{ty}$ =23,67 kN

Toplam deprem yükü döşeme boyunca yayılı kabul edildiğinden,

$f_E$ =23,67 /5 = 4,73 kN /m

Sürekli tarafta oluşan reaksiyon kuvveti,

$V_E = V_{ty}$ =23,67 kN

Döşeme açıklık ortası açıklık momenti $M_E$ =4,73 x $5^2$ /8 =14,81 kNm.

Olarak hesaplanır.

Yapılan kontrollerde;

a) Döşemede $V_E$ kesme kuvveti altında, kesinlikle eğik asal kesme çatlağı oluşturulmamalıdır. Bu durumun oluşması halinde döşeme kalınlığı büyültülmelidir.

$V_E$ = 23,67 kN

Çatlamaya karşılık gelen kesme kuvvetti: (TS 500)

$V_{cr}$ =0,8 x (0,65.fctd).$b_w$ .d =0,8x0,65x1177x0,12x3=220,37 kN.

$V_E$ = 23,67 kN < $V_{cr}$ = 220,37 kN olduğundan sistemde asal eğilme çatlaması oluşmamaktadır. Döşeme kalınlığı yeterlidir.

b) Döşemenin $M_E$ momenti altında eğilme çatlaması göstermemesi tercih edilir. Eğer eğilme çatlaması olursa, döşeme kenar kirişleri içindeki donatı tüm momenti karşılayabilmelidir.

Döşeme açıklık ortasında eğilme momenti: 14,81 kNm

Plak atalet momenti 0,27 $m^4$

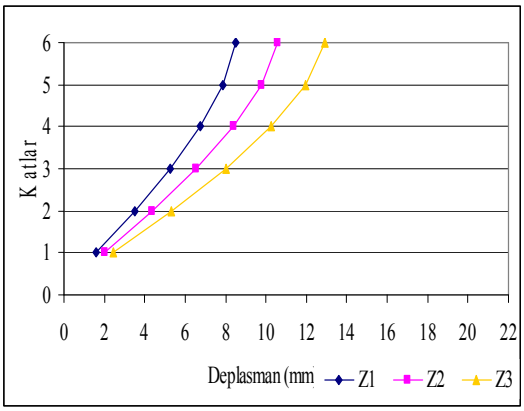
Meydana gelen gerilme $\sigma_b = M_E /W = (14,81. 3/2) /0,27 = 82,30$ kN/$m^2$

$\sigma_b$ = 82,30 kN/$m^2$< fctd =1177 kN /$m^2$ sistemde eğilme çatlaması oluşmaz.

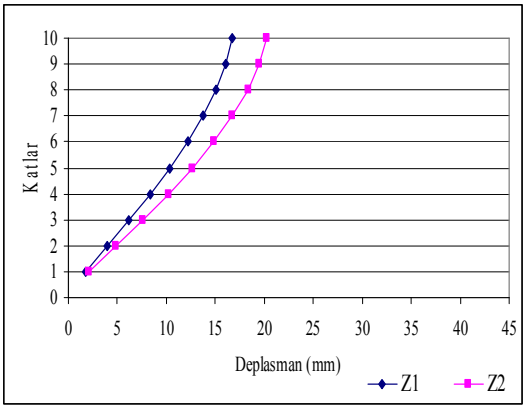
Yapılan sonlu elemanlar spektrum analizi sonucu, seçilen yapı sistemleri için, döşemelerdeki süreksizlik simetrik olmadığı için döşemeler rijit kütle hareketi yapmamışlardır. Aks doğrultularının birleşim yerlerindeki açılar 90 derece değerlerini korumamışlar, döşemenin plan geometrisi şekil değiştirmiştir.

### 4.1.4 Boşluklu Yapıların Yapılacağı Zemin Durumunun Üst Yapıya Etkileri

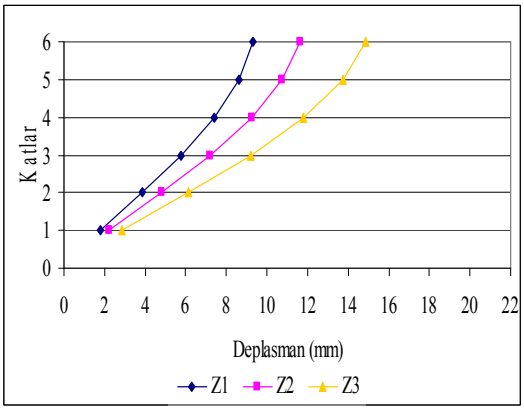
Göz önüne alınan yapılarda sistemin deprem davranışı 6 katlı yapılarda üç ayrı zemin sınıfı (Z1,Z2,Z3) için, 10 katlı yapılarda iki ayrı zemin sınıfı (Z1,Z2) için inceleme yapılmıştır. Zemin sınıfının yapıların taşıyıcı sistem davranışına etkileri incelenirken sadece zayıf eksen olan Y doğrultusu için deprem hesabı göz önünde bulundurulmuştur.



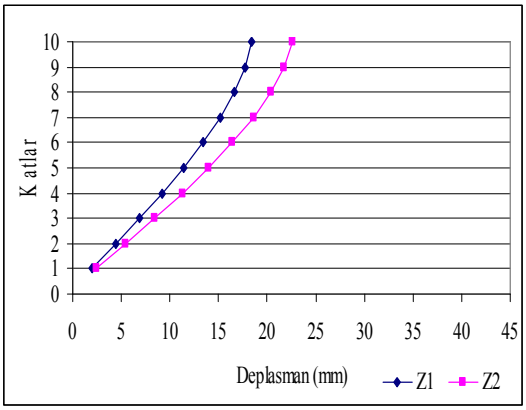

**Şekil 4.71 :** Y3 Yapısı Maks. Yanal Yerdeğiştirme



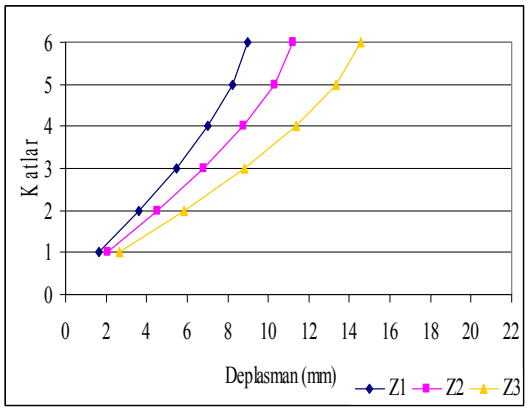

**Şekil 4.72 :** Y3.1 Yapısı Maks. Yanal Yerdeğiştirme



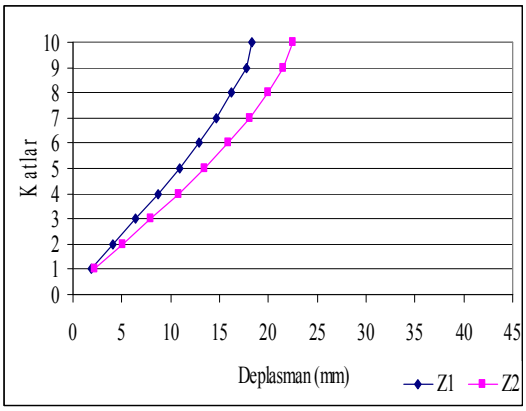

**Şekil 4.73 :** Y4 Yapısı Maks. Yanal Yerdeğiştirme




**Şekil 4.74 :** Y4.1 Yapısı Maks. Yanal Yerdeğiştirme

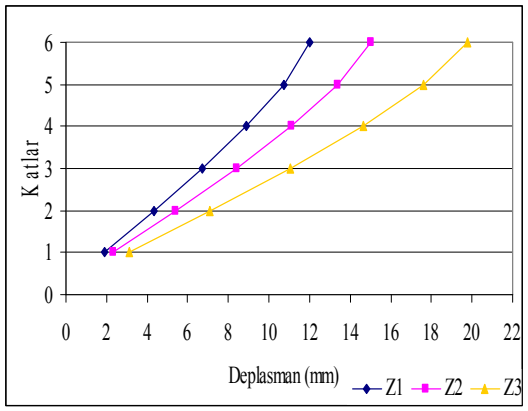



**Şekil 4.75 :** Y5 Yapısı Maks. Yanal Yerdeğiştirme

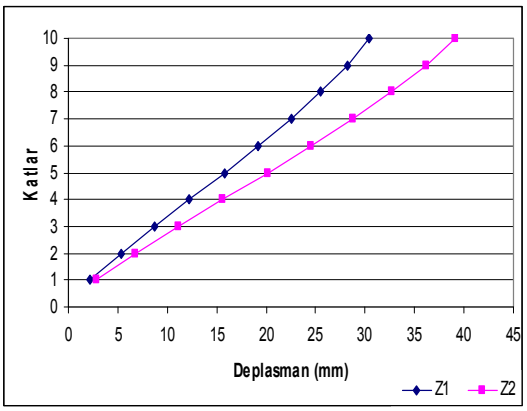



**Şekil 4.76 :** Y5.1 Yapısı Maks. Yanal Yerdeğiştirme

.




**Şekil 4.77 :** Y6 Yapısı Maks. Yanal Yerdeğiştirme



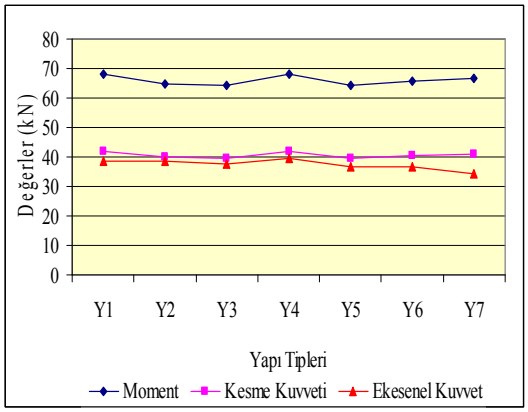

**Şekil 4.78 :** Y6.1 Yapısı Maks. Yanal Yerdeğiştirme

- Yapının aynı deprem bölgesinde olmasına rağmen, bulunduğu zeminin taşıyıcı sistem tasarımı üzerine bina üzerinde büyük etkileri olduğu görülmektedir. Zemin sınıfının değişmesi yanal yerdeğiştirme değerlerinde büyük artışlara neden olmuştur. Döşemelerin düzlem içi gerilme değerlerinde büyük artışlar olmaktadır.
- Zayıf zeminde yüksek binalar depremi mutlaka yüksek bir ivme ile hissederler. Özellikle taşıyıcı sistemi düzensiz yapılarda zayıf zemin şartları kötü sonuçlar doğurmakta ve döşemelerin zorlanması kaçınılmazdır.
- Yapının oturduğu zemin sınıfının önemi büyüktür. Zemin sınıfı döşemelerin zorlanmasına neden olabilecek etkenlerden biridir.

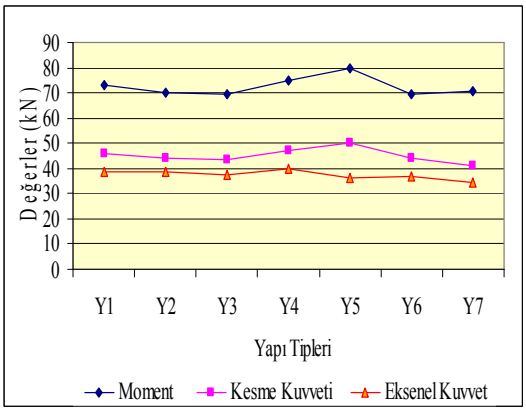
## 5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Modeller için yapılan analiz sonuçlarında en çok zorlanan kolon ve kirişler karşılaştırılmıştır. Y doğrultusu kolonlarda kesme kuvveti ve moment değerleri en yüksek çıkan yapı Y5, kirişlerde en yüksek çıkan Y7 dir.

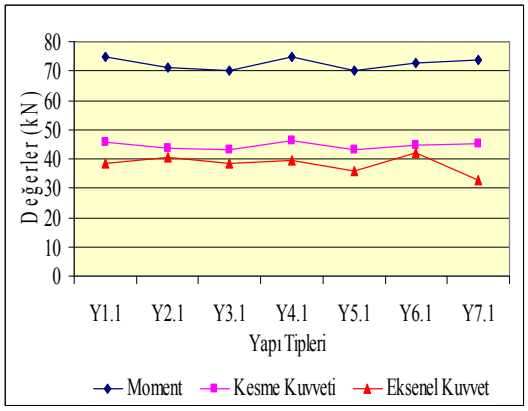
- Kesit Tesirleri



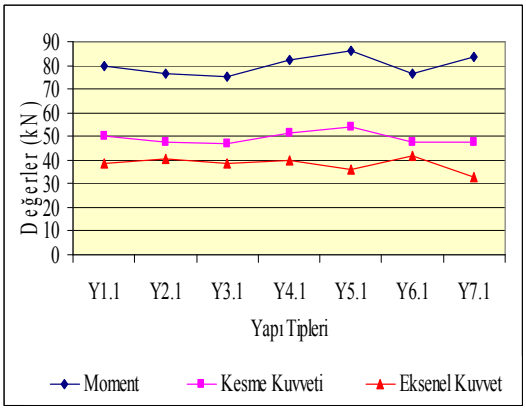

**Şekil 5.1 :** X Yönü S2 Kolonu



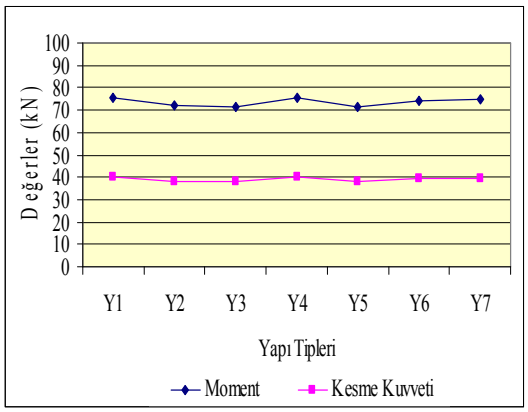

**Şekil 5.2 :** Y Yönü S12 Kolonu



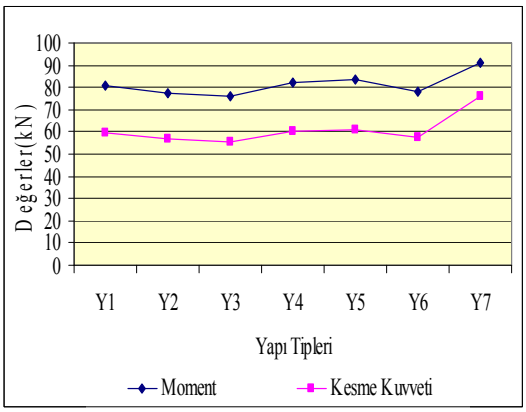

**Şekil 5.3 :** X Yönü S2 Kolonu



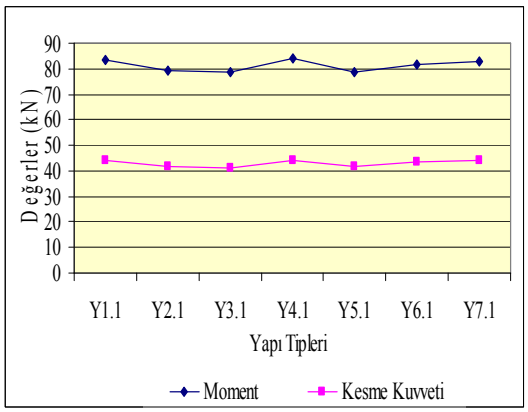

**Şekil 5.4 :** Y Yönü S12 Kolonu



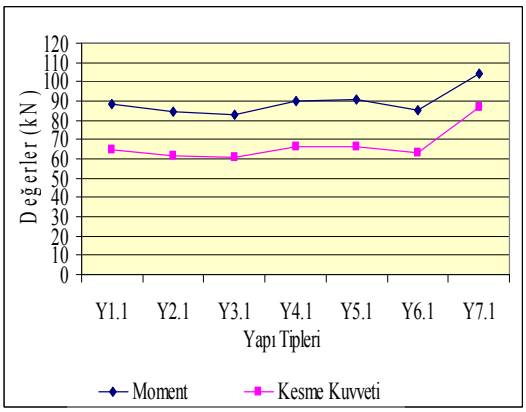

**Şekil 5.5 :** X Yönü K6 Kirişi




**Şekil 5.6 :** Y Yönü K51 Kirişi

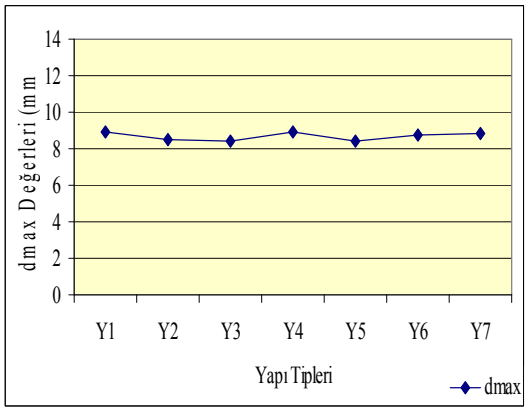



**Şekil 5.7 :** X Yönü K6 Kirişi

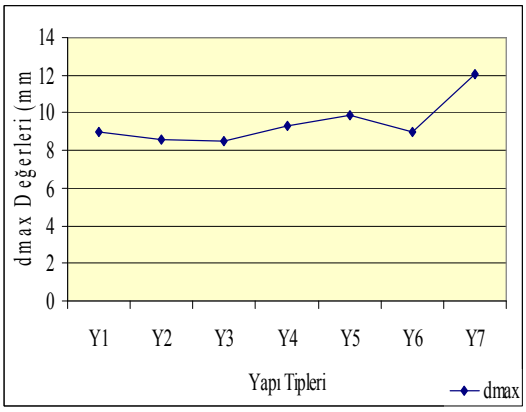



**Şekil 5.8 :** Y Yönü K51 Kirişi

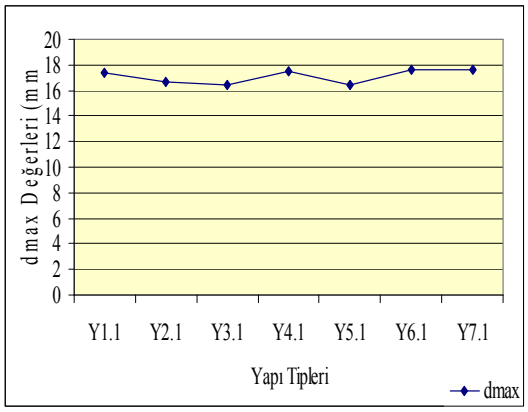
Yapılarda maksimum yanal yerdeğiştirmeler ve maksimum kat öteleme değerleri karşılaştırıldığında en yüksek değerler Y7 ondan sonra Y5 modellerinde çıkmıştır.



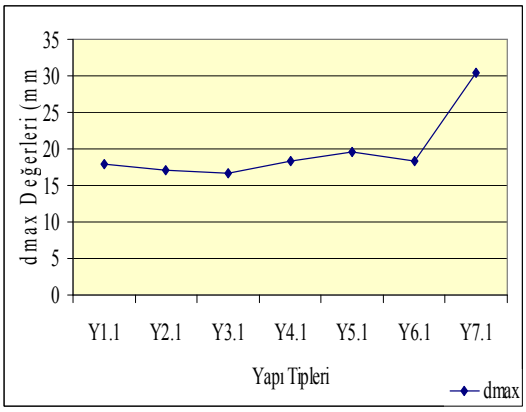

**Şekil 5.9 :** X Yönü Yapı Tiplerine Göre Maks. Yerdeğiştirme



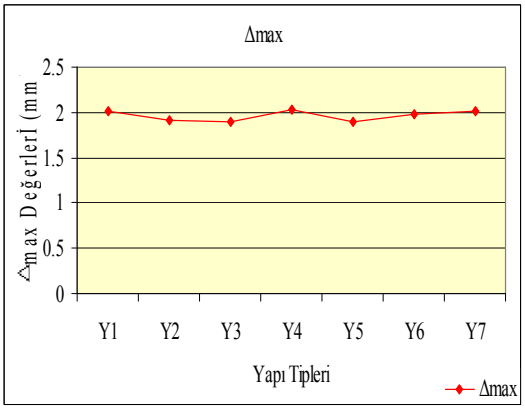

**Şekil 5.10 :** Y Yönü Yapı Tiplerine Göre Maks. Yerdeğiştirme



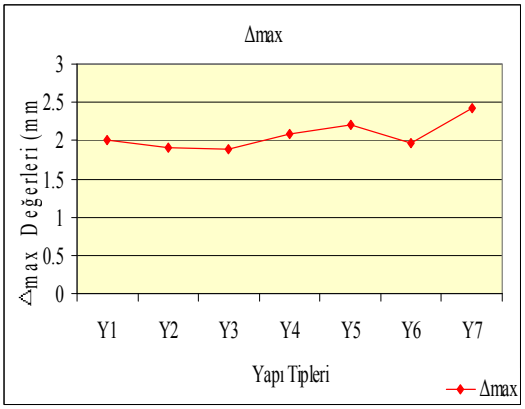

**Şekil 5.11 :** X Yönü Yapı Tiplerine Göre Maks Yerdeğiştirme



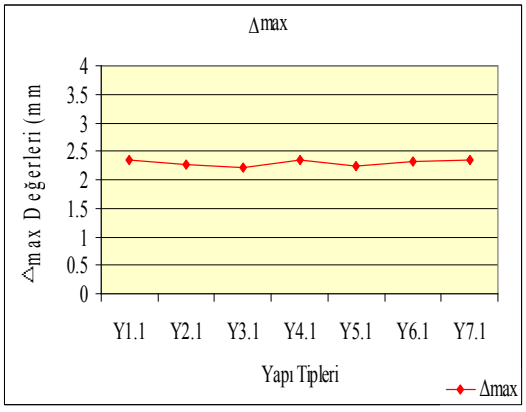

**Şekil 5.12 :** Y Yönü Yapı Tiplerine Göre Maks. Yerdeğiştirme



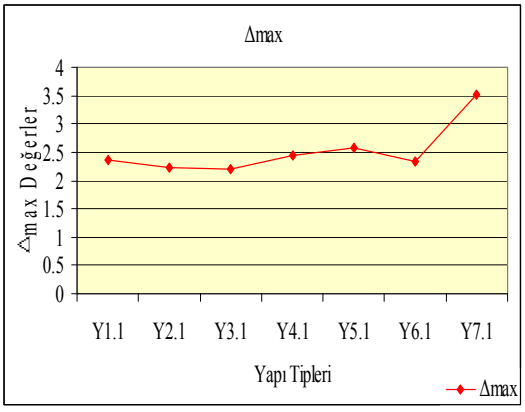

**Şekil 5.13 :** X Yönü Yapı Tiplerine Göre Maks Kat Öteleme




**Şekil 5.14 :** Y Yönü Yapı Tiplerine Göre Maks. Kat Öteleme




**Şekil 5.15 :** X Yönü Yapı Tiplerine Göre Maks Kat Öteleme




**Şekil 5.16 :** Y Yönü Yapı Tiplerine Göre Maks. Kat Öteleme

- En büyük burulmalar döşeme süreksizliğinin simetrik yerleştirilmediği yapılarda oluşmuştur. Bu yüzden yanal yerdeğiştirmeler bu yapılarda daha fazladır. Kirişlerin sürekli olmadığı durumda burulma etkileri daha da artmaktadır.
- İnşa edilecek yapılarda kütle merkezi ile rijitlik merkezinin üst üste düşmesine dikkat edilmelidir. Deprem bölgesinde yapılan yapılarda A1 burulma

düzensizliğinin olmaması için planın düzgün olmasına ve kirişlerin sürekli olmasına dikkat edilmelidir. Kirişlerin rijitleştirici etkisi göz ardı edilmemelidir. Döşeme boşluğunun bulunduğu yerde kirişlerin rijitlikleri artırılabilir.

- Döşeme süreksizliği her katta farklı yerlerde oluşturulmalıdır. Bu durum burulma etkilerinin azalmasını sağlayacaktır.
- Deprem yönetmeliğinde A2 türü düzensizlikler için döşemelerin rijit diyafram olarak çalışmayacağının göz önüne alınması istenmektedir. İncelenen yapılarda boşluk oranı yönetmelikte belirtilen sınır değerden büyük fakat simetrik yerleştirilen döşeme süreksizliği olan yapılarda rijit diyafram davranışı gözlenmiştir. Buna karşın boşluk oranı yönetmelikte belirtilen sınırdan küçük fakat döşeme süreksizliğinin simetrik yerleştirilmediği durumda yapılarda döşemeler rijit kütle hareketi yapmamışlardır. O halde boşluk oranının alan olarak miktarından çok yapı içerisinde boşluğunun nerede bulunduğu daha önemlidir.
- Deprem Yönetmeliğinde belirtilen 1/3 sınırı boşluğun simetrik yerleştirildiği yapılara için güvenli bir orandır. Ancak deprem kuvvetinin düşey taşıyıcılara güvenle aktarıldığının tahkiki kesinlikle yapılmalıdır.
- Yapılar olabildiğince düzenli modellenmelidir. Mimari zorunluluk gereği yapıda döşeme süreksizliği yapılaması gerekiyorsa, kesinlikle planda simetrik yerleştirilmesine dikkat edilmelidir. Döşeme süresizliğinin yapı davranışına etkisi önceden belirlenmeli ve hangi modelin geçerli olacağı önceden tasarlanmalıdır.
- Alınan sonuçlarda, döşemenin zorlanmasına yol açacak durumun çok yüksek katlı yapılarda ortaya çıkabilmektedir. Düzensizlik durumlarının yapının kat sayısıyla beraber değerlendirilmesi daha olumlu sonuçlar doğuracaktır.
- Planda ve düşeyde düzensiz yapılardan kaçınmak, simetrisi bozuk yapılar seçilmemelidir. Düzensiz yapılar gerek döşeme davranışı gerekse yapı davranışı bakımından kaçınılması gereken bir sistemdir.
- Boşluklu binaların yapıldığı zemin sınıfı, döşeme davranışı ve taşıyıcı sistem davranışı bakımından önemlidir. Zeminin kötüleşmesi döşemenin zorlanmasına yol açacak etkenlerdir biridir. Taşıyıcı sistemi düzensiz yapıların zayıf zemin şartlarında yapılmasından kaçınılmalıdır. Ayrıca yüksek katlı yapılar iyi zemin koşullarında projelendirilmelidir

- Bu çalışma salt çerçeveli sistemler için uygulanmıştır. Ayrıca salt perdeli veya perde-çerçeveli sistemler içinde uygulama yapılmalıdır. Kullanılan taşıyıcı sistem sınır değerini ve uygulanacak yöntemi belirlemektedir

## KAYNAKLAR

[1] **Türk Standartları TS500 (2000),** 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

[2] **Deprem Yönetmeliği, 2007.** Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.

[3] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.,**1993. Örneklerle Betonarme, İstanbul

[4] **Doğangün, A.,** 2002. Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul

[5] **Çağatay, İ. H. ve Güzeldağ, S. ,**2002.Yeni Deprem Yönetmeliği (TDY–98) SAP2000N Uygulamaları, Birsen Yayınevi, İstanbul

[6] **Özmen, G.,** 1999.Türkiye Deprem Yönetmeliğine Göre Tasarım Uygulamaları, Türkiye Deprem Vakfı, İstanbul

[7] **Ayrancı, M. M**.,2004. Döşeme Süreksizliği Olan B/A Yapı Sistemlerinin Farklı Bilgisayar Modelleri İle Analizi ve Karşılaştırılması,Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[8] **Bahçecioğlu, A. Ş**., 2005. Planda Düzensiz Yapıların Deprem Etkileri Altındaki Davranışı.

[9] **Şen, B.** , 2001.Deprem Yükü Etkisi Altındaki Büyük Boşluklu Döşemelerde Gerilme Yayılışının İncelenmesi

[10] **Erol,O**., 1999. Planda Düzensiz Yapıların Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi.

[11] **Atımtay, E.**, 2000. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik**,** İstanbul

## ÖZGEÇMİŞ

Sevil ARSLAN, 1983 yılında İstanbul'da doğdu. İlköğrenimini Siyavuşpaşa İlköğretim Okulu'nda, ortaöğrenimini Bahçelievler Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi 'nde tamamladı.2005 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü' nden mezun olup, aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'na bağlı Yapı Mühendisliği Programı'nda öğrenimine başladı.