

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME BİNALARDA KAT YÜKSEKLİĞİ  
DEĞİŞİMİNİN KOMŞU KATLAR ARASI RİJİTLİK  
DÜZENSİZLİĞİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnşaat Müh. Murat GÜNEŞ**

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**  
**Enstitü Bilim Dalı : YAPI**  
**Tez Danışmanı : Prof. Adil ALTUNDAL**

**Haziran 2007**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME BİNALARDA KAT YÜKSEKLİĞİ  
DEĞİŞİMİNİN KOMŞU KATLAR ARASI RİJİTLİK  
DÜZENSİZLİĞİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnşaat Müh. Murat GÜNEŞ**

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜH.  
Enstitü Bilim Dalı : YAPI

**Bu tez 07 / 06 /2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.**

**Prof. Adil ALTUNDAL**  
**Jüri Başkanı**

**Yrd.Doç.Dr. Hüseyin**  
**KASAP**  
**Üye**

**Yrd.Doç.Dr. Mehmet**  
**SARIBIYIK**  
**Üye**

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmamın hazırlanması esnasında benimle bilgi ve tecrübelerini paylaşan, çalışmalarımı yönlendiren, değerli hocam sayın Prof. Adil ALTUNDAL'a saygılarımı arz eder, her zaman yanımda ve bana destek olduğu için teşekkür ederim.

Tez hazırlığı dönemi boyunca, odasını ve bilgilerini paylaştığım sayın Yrd. Doç.Dr. Naci ÇAĞLAR hocama, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen arkadaşlarım İnş. Müh. Mahir MUTLU ve İnş. Müh. Ferhat BAŞ'a teşekkürler ederim.

Tez hazırlığı süresince, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, firmasında çalıştığım sayın İlyas ÇOKKANLI' ya teşekkür ederim.

Ayrıca; hayatım boyunca maddi ve manevi katkılarını esirgemeyen canımdan çok sevdiğim aileme sonsuz teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xiv
SUMMARY.....	xv
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Konunun Tanımı.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	2
BÖLÜM 2.	
KOMŞU KATLAR ARASI RİJİTLİK DÜZENSİZLİĞİ İLE İLGİLİ (A.B.Y.Y.H.Y. 97) ve (D.B.Y.B.H.Y. 2007) YÖNETMELİK KOŞULLARI.....	3
2.1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönelmelik (ABYYHY97) ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (D.B.Y.B.H.Y 2007).....	3
2.1.1. Yapısal düzensizlikler.....	3
2.1.1.1. Planda düzensizlikler.....	3
2.1.1.2. Düşey doğrultuda düzensizlikler.....	7
BÖLÜM 3.	
DEPREM ETKİLERİNİN HESAP YÖNTEMLERİ.....	11
3.1. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı.....	11
3.1.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemi.....	11

3.1.2. Mod birleştirme yöntemi.....	13
3.1.3. Zaman tanım alanında hesap yöntemi.....	18
3.2. Bilgisayar Programının Tanıtımı.....	19
BÖLÜM 4.	
SAYISAL ÇALIşMALAR.....	20
4.1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yöneltilmeliğe (ABYYHY97) Göre Yapılan Çözümler.....	22
4.2. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (D.B.Y.B.H.Y 2007) Göre Yapılan Çözümler.....	54
BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	95
	97
KAYNAKLAR.....	
EKLER .....	98
ÖZGEÇMİŞ.....	154

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$A(T)$	:Spektral İvme Katsayısı
$A_o$	:Etkin Yer İvmesi Katsayısı
$B_a$	:Taşıyıcı sistem elemanının $a$ asal eksenini doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü
$B_{ax}$	:Taşıyıcı sistem elemanının $a$ asal eksenini doğrultusunda, $x$ doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
$B_{ay}$	:Taşıyıcı sistem elemanının $a$ asal eksenini doğrultusunda, $x$ 'e dik $y$ doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
$B_b$	:Taşıyıcı sistem elemanının $b$ asal eksenini doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü
$B_{bx}$	:Taşıyıcı sistem elemanının $b$ asal eksenini doğrultusunda, $x$ doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
$B_{by}$	:Taşıyıcı sistem elemanının $b$ asal eksenini doğrultusunda, $x$ 'e dik $y$ doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
$B_B$	:Mod Birleştirme Yöntemi'nde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük
$B_D$	: $B_B$ büyüklüğüne ait büyütülmüş değer
$C_t$	:Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde birinci doğal titreşim periyodunun yaklaşık olarak belirlenmesinde kullanılan değer
$D_i$	:Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde burulma düzensizliği olan binalar için $i$ 'inci katta $\pm \%5$ ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısı
$d_{fi}$	:Binanın $i$ 'inci katında $F_{fi}$ fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
$d_i$	:Binanın $i$ 'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme

$F_{fi}$	:Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında $i$ 'inci kata etkiyen fiktif yük
$F_i$	:Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde $i$ 'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yüğü
$f_e$	:Yapısal çıkıntının, mimari elemanın, mekanik ve elektrik donanımın ağırlık merkezine etkiyen eşdeğer deprem yüğü
$g$	:Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s <sup>2</sup> )
$g_i$	:Binanın $i$ 'inci katındaki toplam sabit yük
$H_i$	:Binanın $i$ 'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliğı (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda $i$ 'inci katın zemin kat)
$H_N$	:Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliğı (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen toplam yükseklik)
$H_w$	:Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliğı
$h_i$	:Binanın $i$ 'inci katının kat yüksekliğı
$I$	:Bina Önem Katsayısı
$\ell_w$	:Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
$M_n$	: $n$ 'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle
$M_{xn}$	:Gözönüne alınan $x$ deprem doğrultusunda binanın $n$ 'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
$M_{yn}$	:Gözönüne alınan $y$ deprem doğrultusunda binanın $n$ 'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
$m_i$	:Binanın $i$ 'inci katının kütlesi ( $m_i = w_i / g$ )
$m_{\theta i}$	:Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalışması durumunda, binanın $i$ 'inci katının kaydırılmamış kütle merkezinden geçen düşey eksene göre kütle eylemsizlik momenti
$N$	:Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren toplam kat sayısı)
$n$	:Hareketli Yüğü Katılım Katsayısı
$q_i$	:Binanın $i$ 'inci katındaki toplam hareketli yüğü

$R$	:Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
$R_a(T)$	:Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
$S(T)$	:Spektrum Katsayısı
$S_{ae}(T)$	:Elastik spektral ivme [m /s <sup>2</sup> ]
$S_aR(Tr)$	:r'inci doğal titreşim modu için spektral ivme [m /s <sup>2</sup> ]
$T$	:Bina doğal titreşim periyodu [s]
$T_1$	:Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
$T_A, T_B$	:Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
$T_m, T_n$	:Binanın m'inci ve n'inci doğal titreşim periyotları [s]
$V_i$	:Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'inci katına etki eden kat kesme kuvveti
$V_t$	:Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti)
$V_{tB}$	:Mod Birleştirme Yöntemi'nde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yüğü (taban kesme kuvveti)
$W$	:Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
$w_e$	:Yapısal çıkıntının, mimari elemanın, mekanik veya elektrik donanımın ağırlığı
$w_i$	:Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
$Y$	:Mod Birleştirme Yöntemi'nde hesaba katılan yeterli doğal titreşim modu sayısı
$\alpha$	:Deprem derzi boşluklarının hesabında kullanılan katsayı
$\alpha_s$	:Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı
$\beta$	:Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı
$\Delta_i$	:Binanın i'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$	:Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi



$\Delta F_N$	:Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
$\delta_i$	:Binanın i'inci katındaki etkin görelî kat ötelemesi
$(\delta_i)_{\max}$	:Binanın i'inci katındaki maksimum etkin görelî kat ötelemesi
$\eta_{bi}$	:i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
$\eta_{ci}$	:i'inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı
$\eta_{ki}$	:i'inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı
$\Phi_{xin}$	:Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklini i'inci katta x eksenî doğrultusundaki yatay bileşeni
$\Phi_{yin}$	:Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklini i'inci katta y eksenî doğrultusundaki yatay bileşeni
$\Phi_{\theta in}$	:Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklini i'inci katta düşey eksen etrafındaki dönme bileşeni
$\theta_i$	:i'inci katta tanımlanan İkinci Mertebe Gösterge Değeri
A.B.Y.Y.H.Y.	:Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
D.B.Y.B.H.Y.	:Deprem Bölgelerine Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
İDECAD	:İntegra ted design system

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	A(1) Türü düzensizlik durumu.....	4
Şekil 2.2.	A(2) Türü düzensizlik durumu.....	5
Şekil 2.3.	A(3) Türü düzensizlik durumu.....	6
Şekil 2.4.	A(4) Türü düzensizlik durumu.....	7
Şekil 2.5.	B(3) Türü düzensizlik durumu.....	10
Şekil 4.1.	Genel yapı modelinin kat planı .....	21
Şekil 4.2.	Genel yapı modelinin Perspektif görünüşü.....	21
Şekil 4.3.	$h_i=2,00m$ , zemin kat yüksekliği ( $h_z =1,00*h_i$ ) 2,00m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	23
Şekil 4.4.	Şekil 4.3 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	24
Şekil 4.5.	$h_i=2,00m$ , zemin kat yüksekliği ( $h_z =1,25*h_i$ ) 2,50m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	25
Şekil 4.6.	Şekil 4.5 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	26
Şekil 4.7.	$h_i=2,00m$ , zemin kat yüksekliği ( $h_z =1,50*h_i$ ) 3,00m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	27
Şekil 4.8.	Şekil 4.7 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	28
Şekil 4.9	$h_i=2,00m$ , zemin kat yüksekliği ( $h_z =1,75*h_i$ ) 3,50m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	29
Şekil 4.10.	Şekil 4.9 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	30
Şekil 4.11.	$h_i=2,00m$ 1.kat yüksekliği ( $h_1 =1,33*h_i$ ) 2,66m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	31
Şekil 4.12.	Şekil 4.11 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	32
Şekil 4.13.	$h_i=2,00m$ 2.kat yüksekliği ( $h_2 =1,18*h_i$ ) 2,36m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	33
Şekil 4.14.	Şekil 4.13 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	34
Şekil 4.15.	$h_i=2,00m$ 3.kat yüksekliği ( $h_3 =1,04*h_i$ ) 2,08m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı. ....	35

Şekil 4.16.	Şekil 4.15 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	36
Şekil 4.17.	hi=2,50m zemin kat yüksekliği (hz =1,00*hi) 2,50m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	37
Şekil 4.18.	Şekil 4.17 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	38
Şekil 4.19.	hi=2,50m zemin kat yüksekliği (hz =1,20*hi) 3,00m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	39
Şekil 4.20.	Şekil 4.19 daki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	40
Şekil 4.21.	hi=2,50m zemin kat yüksekliği (hz =1,40*hi) 3,50m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	41
Şekil 4.22.	Şekil 4.21 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	42
Şekil 4.23.	hi=2,50m zemin kat yüksekliği (hz =1,60*hi) 4,00m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	43
Şekil 4.24.	Şekil 4.23 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	44
Şekil 4.25.	hi=2,50m zemin kat yüksekliği (hz =1,70*hi) 4,30m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı .....	45
Şekil 4.26.	Şekil 4.25 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	46
Şekil 4.27.	hi=2,50m 1. kat yüksekliği (h1 =1,32*hi) 3,30m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	47
Şekil 4.28.	Şekil 4.27 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	48
Şekil 4.29.	hi=2,50m 2.Kat yüksekliği (h2 =1,15*hi) 2,88m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	49
Şekil 4.30.	Şekil 4.29 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	50
Şekil 4.31.	hi=2,50m 3.Kat yüksekliği (h3 =1,03*hi) 2,58m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	51
Şekil 4.32.	Şekil 4.31 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	52
Şekil 4.33.	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğe (1997) Göre Yapılan Çözümleri.....	53
Şekil 4.34.	Şekil 4.33 'deki Kat Yüksekliği 2,00 m olan (hi=2,00) Yapı Modelinin Açıklaması.....	53
Şekil 4.35.	Şekil 4.33 'deki Kat Yüksekliği 2,50 m olan (hi=2,50) Yapı Modelinin Açıklaması.....	53
Şekil 4.36.	hi=2,00m, zemin kat yüksekliği (hz =4,00*hi) 8,00m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	54

Şekil 4.37.	Şekil 4.36 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	55
Şekil 4.38.	$h_i=2,00m$ , zemin kat yüksekliği ( $h_z =4,25*h_i$ ) 8,50m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	57
Şekil 4.39.	Şekil 4.38 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	58
Şekil 4.40.	$h_i=2,00m$ , zemin kat yüksekliği ( $h_z =4,50*h_i$ ) 9,00m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı .....	60
Şekil 4.41.	Şekil 4.40 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	61
Şekil 4.42.	$h_i=2,00m$ 1.kat yüksekliği ( $h_1 =1,50*h_i$ ) 3,00m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	62
Şekil 4.43.	Şekil 4.42 daki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	63
Şekil 4.44.	$h_i=2,00m$ 2.kat yüksekliği ( $h_2 =2,25*h_i$ ) 4,50m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	65
Şekil 4.45.	Şekil 4.44 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	66
Şekil 4.46.	$h_i=2,00m$ 3.kat yüksekliği ( $h_3 =2,50*h_i$ ) 5,00m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	68
Şekil 4.47.	Şekil 4.46 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	69
Şekil 4.48.	$h_i=2,50m$ zemin kat yüksekliği ( $h_z =3,60*h_i$ ) 9,00m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	71
Şekil 4.49.	Şekil 4.48 daki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	72
Şekil 4.50.	$h_i=2,50m$ zemin kat yüksekliği ( $h_z =3,80*h_i$ ) 9,50m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	74
Şekil 4.51.	Şekil 4.50 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	75
Şekil 4.52.	$h_i=2,50m$ zemin kat yüksekliği ( $h_z =4,00*h_i$ ) 10,00m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	77
Şekil 4.53.	Şekil 4.52 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	78
Şekil 4.54.	$h_i=2,52m$ zemin kat yüksekliği ( $h_z =4,04*h_i$ ) 10,10m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	80
Şekil 4.55.	Şekil 4.54 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	81
Şekil 4.56.	$h_i=2,50m$ 1. kat yüksekliği ( $h_1 =1,42*h_i$ ) 3,55m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	83
Şekil 4.57.	Şekil 4.56 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	84

Şekil 4.58.	$h_i=2,50\text{m}$ 2. kat yüksekliği ( $h_2 =2,22*h_i$ ) 5,55m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	86
Şekil 4.59.	Şekil 4.58 daki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	87
Şekil 4.60.	$h_i=2,50\text{m}$ 3. kat yüksekliği ( $h_3 =2,20*h_i$ ) 5,50m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı.....	89
Şekil 4.61.	Şekil 4.60 deki modelin görelî kat ötelenmeleri.....	90
Şekil 4.62.	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmeliğe (2007) Göre Çözümler.....	91
Şekil 4.63.	Kat Yüksekliğine Bağlı Olarak 1997 ve 2007 Yönetmeliği Yumuşak Kat Düzensizliği Başlangıç Değeri Oranlarının Azalışları.....	95

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1.	A.B.Y.Y.H.Y.1997'ye Göre Katlardaki B2 Düzensizliğinin Başladığı Kat Yükseklikleri.....	91
Tablo 4.2.	D.B.Y.B.H.Y.2007'ye Göre Katlardaki B2 Düzensizliğinin Başladığı Kat Yükseklikleri.....	91
Tablo 4.3.	A.B.Y.Y.H.Y.1997 ve D.B.Y.B.H.Y.2007 deki B2 Düzensizliğinin Başladığı Kat Yükseklikleri.....	91
Tablo 4.4.	A.B.Y.Y.H.Y.1997 ve D.B.Y.B.H.Y.2007 deki B2 Düzensizliği Başladığı Kat Yükseklik Oranlarının Oranı.....	94

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (D.B.Y.B.H.Y. 2007)[3] ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (A.B.Y.Y.H.Y.97)[2] karşılaştırılması yapılmıştır. Düzensizlik tiplerinden B2 türü Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliğinin başlama noktasının incelenmiştir.

### **1.1. Konunun Tanımı**

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (D.B.Y.B.H.Y 2007) ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (A.B.Y.Y.H.Y.97) karşılaştırılması ve yumuşak kat düzensizlik durumunun incelenip yorumlanması yapılmıştır. Herhangi bir yapının tasarımı ve boyutlandırılması genelde, göçmede yeterli güvenilirliğin ve yapı yükleri altında deformasyon koşullarının sağlanması olarak tanımlayabiliriz. Bu durum dikkate alındığında, yapı ömrü boyunca maruz kalabileceği deprem yüklerine güvenli bir şekilde karşı koymasına gerekmektedir. Depreme dayanıklı yapı tasarımı, yapının düşük şiddetli depremleri elastik sınırları aşan, fakat taşıyıcı sistemde önemli olmayan onarılabilecek hasarlara; şiddetli depremlerde, ağır hasarlara, fakat taşıyıcı sistemin can kaybına neden olmayacak şekilde göçmesi anlamına gelmektedir.

Bu sebepten ötürü çalışmamda deprem etkilerinden yalnızca biri olan, yumuşak kat etkisi ve yumuşak kat düzensizliği gösteren yapılar incelenecektir. Yumuşak kat düzensizliği çok katlı binalarda görülüp, birçok sebepten dolayı ortaya çıkmaktadır. Bu sebeplerden başlıcaları ise binaların zemin katlarının ticari amaçla kullanılması gelmektedir. Bu çalışmamda ise binaların sadece zemin katlarındaki yumuşak kat düzensizliği değil tüm katlardaki yumuşak kat düzensizliği dikkate alınmıştır.

## 1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı farklı kat yüksekliklerine sahip çerçeve, süneklik düzeyi yüksek ve simetrik binaların Yumuşak Kat Düzensizliğinin başlangıç noktalarını tespit edip, yapıların hesap yöntemlerinin seçilmesini incelemektir. Bu amaçla dinamik analizleri yapılan yapıların görece kat ötelenmeleri ile kat yüksekliği arasındaki ilişki incelenmiş, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (D.B.Y.B.H.Y 2007) ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (A.B.Y.Y.H.Y.97) karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre düzensizlik tiplerinden B2 tipi Katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak Kat Düzensizliği) yorumları yapılmıştır.

Çalışmada bütün katlardaki kolon ve kiriş boyutları sabit tutulup sadece kat yükseklikleri değiştirilmiştir.



## **BÖLÜM 2. KOMŞU KATLAR ARASI RİJİTLİK DÜZENSİZLİĞİ İLE İLGİLİ (A.B.Y.Y.H.Y. 1997) ve (D.B.Y.B.H.Y. 2007) YÖNETMELİK KOŞULLARI**

Her iki yönetmelikte de düzensiz yapılar için birtakım kısıtlamalar getirilmiştir. Bu bölümde öncelikle 1997 yönetmeliği ve 2007 yönetmeliğinde yer alan yapısal düzensizliklerin tanımı ve bunlar için getirilen kurallar izah edilmiştir.

### **2.1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (A.B.Y.Y.H.Y.1997) ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (D.B.Y.B.H.Y.2007)**

Her iki yönetmelikte yapısal düzensizlik durumları ayrıntılı olarak incelenmiş, yapılardaki düzensizlik durumları ve bunlarla ilgili kurallar aşağıda açıklanmıştır.

#### **2.1.1. Yapısal düzensizlikler**

Yapılardaki düzensizlikler; Planda Düzensizlik Durumları (A Türü) ve Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları (B Türü) olmak üzere iki bölüme ayrılır.

##### **2.1.1.1. Planda düzensizlikler (A Türü)**

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

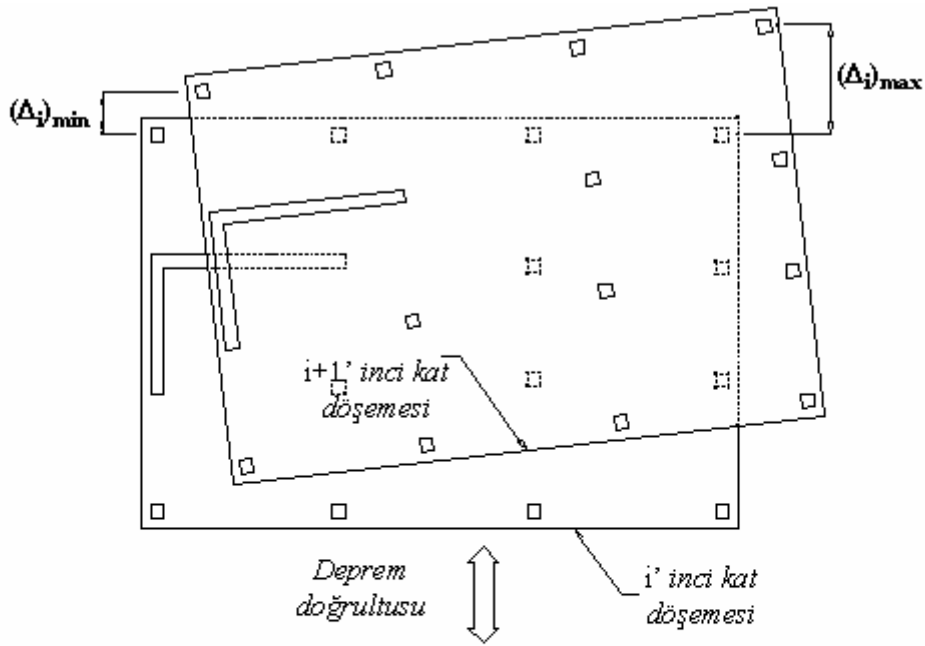
(A 1) - Burulma düzensizliği:

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{bi}$  'nin 1,2'den büyük olması durumudur.

$$\eta_b = \frac{(\Delta i)_{\max}}{(\Delta i)_{\text{ort}}} > 1.20 \quad (2.1)$$

$$(\Delta i)_{\text{ort}} = \frac{(\Delta i)_{\max} + (\Delta i)_{\min}}{2} \quad (2.2)$$

Denklem 2,1 'de yer alan  $\eta_b$  burulma düzensizliği; katsayısını,  $(\Delta i)_{\max}$  ve  $(\Delta i)_{\min}$  ilgili kattaki maksimum ve minimum görelî kat ötelemesini,  $(\Delta i)_{\text{ort}}$  ise ilgili kattaki Ortalama görelî kat ötelemesini göstermektedir.



*Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda*

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

*Burulma düzensizliği katsayısı :*

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

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

Şekil 2.1 A(1) Türü Düzensizlik Durumu

(A2) - Döşeme süreksizlikleri:

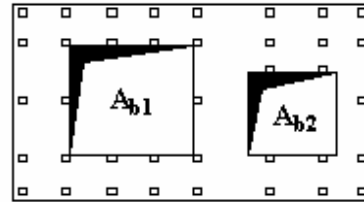
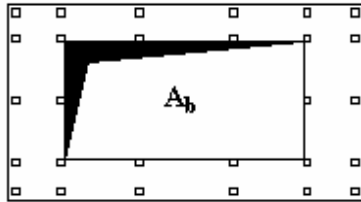
Herhangi bir kattaki döşemede, Şekil 2,2' de gösterilen süreksizliklerin olması durumudur.

I - Merdiven ve asansör boşlukları dâhil, boşluk alanları 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.

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



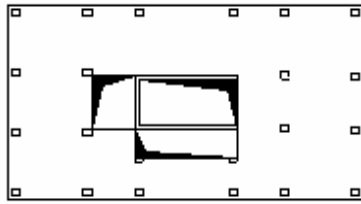
$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$

A2 türü düzensizlik durumu - I

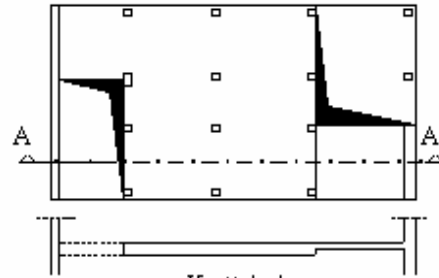
$$A_b / A > 1/3$$

$A_b$  : Boşluk alanları toplamı

$A$  : Brüt kat alanı



A2 türü düzensizlik durumu - II



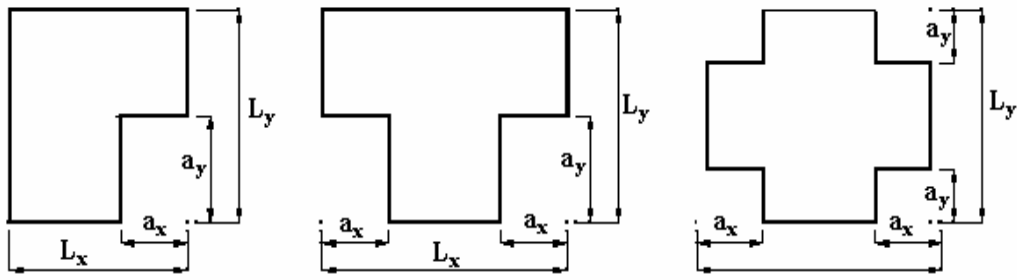
Kesit A-A

A2 türü düzensizlik durumu - II ve III

Şekil 2.2 A(2) Türü Düzensizlikler

(A3) – Planda çıkıntılar bulunması:

Şekil 2.3' de gösterildiği gibi bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumudur.



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

Şekil 2.3 A(3) Türü Düzensizlikler

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

(A4) – Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması durumu:

D.B.Y.B.H.Y 2007’de bu düzensizlik durumu; Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler şekilde adlandırılıp, A.B.Y.Y.H.Y.97’deki gibi incelenmiştir.

Şekil 2.4’ de gösterildiği gibi taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, göz önüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumudur.

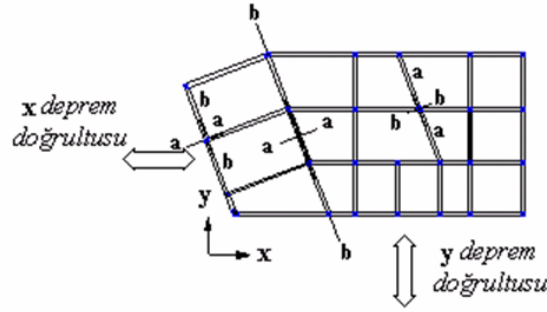
Bu tür düzensizliğin bulunduğu binalarda, taşıyıcı sistem elemanlarının asal eksen doğrultularında ki iç kuvvet büyüklüklerini bulmak için mod birleştirme yöntemi kullanılacaktır. Bu kuvvetler aşağıda verilen bağıntılara göre elde edilecektir:

$$B_a = \pm B_{ax} \pm 0.30 B_{ay} \quad (2.3)$$

$$B_a = \pm 0.30 B_{ax} \pm B_{ay} \quad (2.4)$$

Yukarıdaki işlemler, a eksenini ve buna dik b eksenini için, x ve y deprem doğrultuları ve yönleri göz önüne alınarak en elverişsiz sonucu verecek şekilde yapılacaktır.

Denklem (2.3) ve (2.4)' de yer alan,  $B_a$  taşıyıcı sistem elemanın  $a$  asal eksenini doğrultusunda, tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğünü,  $B_{ax}$  taşıyıcı sistem elemanın  $a$  asal eksenini doğrultusunda,  $x$  eksenini doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğünü,  $B_{ay}$  taşıyıcı sistem elemanın  $a$  asal eksenini doğrultusunda,  $x$  eksenine dik  $y$  doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğünü göstermektedir.



Şekil 2.4 A4 Türü Düzensizlikler

### 2.1.1.2. Düşey doğrultuda düzensizlikler (B Türü)

Bu düzensizlik türü 3 bölümde incelenmiştir.

(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.

$$\eta_{ci} = \frac{\sum Ae_i}{\sum Ae_{i+1}} < 0.80 \quad (2.5)$$

Denklem 2,4'te yer alan  $\sum Ac_i$  herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki etkili kesme alanını ifade etmektedir. Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:

$$\sum Ae = \sum Aw + \sum Ag + 0.15 \sum Ak \quad (2.6)$$

Denklem 2,6' da yer alan,  $\sum Aw$  herhangi bir kattaki kolon enkesit alanlarını,

$\sum Ag$  herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel perde olarak

çalışan taşıyıcı sistem elemanların enkesit alanlarının toplamı,  $\sum Ak$  ise herhangi bir

katta göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kâgir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamını göstermektedir.

(B2) - Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat), A.B.Y.Y.H.Y.1997 göre:

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

$$\eta_{ki} = \frac{(\Delta_i)_{ort}}{(\Delta_{i+1})_{ort}} \cdot 1.50 \quad (2.7)$$

(B2) - Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat), D.B.Y.B.H.Y.2007 göre:

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

$$\eta_{ki} = \frac{\left(\frac{\Delta_i}{h_i}\right)_{ort}}{\left(\frac{\Delta_{i+1}}{h_{i+1}}\right)_{ort}} \cdot 2 \quad \text{veya} \quad \eta_{ki} = \frac{\left(\frac{\Delta_i}{h_i}\right)_{ort}}{\left(\frac{\Delta_{i-1}}{h_{i-1}}\right)_{ort}} \cdot 2 \quad (2.8)$$

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

Bu düzensizlik türünde; D.B.Y.B.H.Y 2007'de i'inci katın bir alt kata oranı, kat yükseklikleri dikkate alınmış ve  $\eta_{ki}$ 'nin sınır koşulu 1.5'dan 2' ye çıkartılmıştır.

(B3) - Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği:

Şekil 2.5' de gösterildiği gibi taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumu

Bu tür düzensizliğe sahip binalarda aşağıda verilen koşullara uyulacaktır.

a) Bütün deprem bölgelerinde Şekil 2.5' de gösterildiği gibi, kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

b) Şekil 2.5' de gösterildiği gibi 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 artırılacaktır.

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

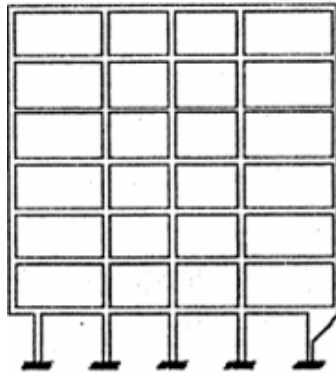
Üst kattaki perdenin her iki ucundan altta kolonlara oturtulması durumunda, bu kolonlarda düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 arttırılacaktır. Bu tür düzensizliğin bulunduğu betonarme binalarda ayrıca kolon sarılma bölgesine uygulanan etriye sıklaştırması kolon orta bölgesine kadar aynen devam edecektir. Şekil 2.5' de bu durum gösterilmiştir.

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

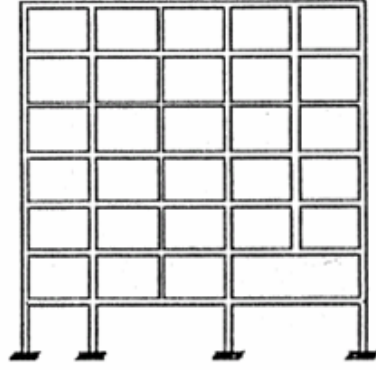
Üst kattaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilemez.

d) Şekil 2.5'de gösterilen perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri

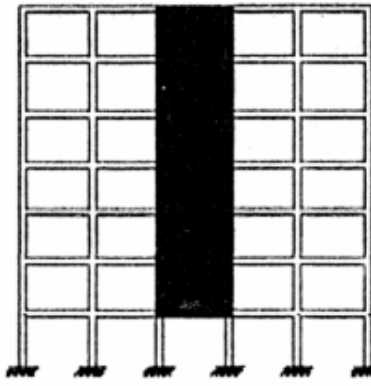
içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.



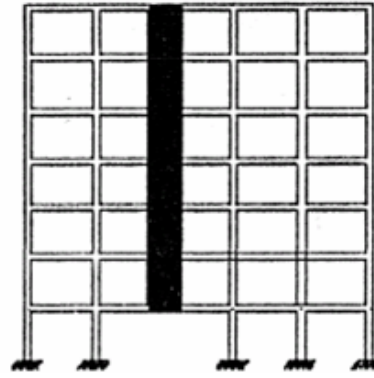
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 2.5 B(3) türü düzensizlik durumu



## BÖLÜM 3. DEPREM ETKİLERİNİN HESAP YÖNTEMLERİ

Bu bölümde iki deprem yönetmeliği karşılaştırılması yapılacak ve yapıya etkileyen deprem yükünün hesap metotları kısaca açıklanacaktır.

### 3.1. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı

Depremi yapıya yük olarak etkiletilmesinde 3 farklı yöntem vardır.

#### 3.1.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemi

Kiriş, kolon ve perdelerden oluşan betonarme iskeletli yapılara etkileyen deprem yükleri genellikle yapıya döşemeleri seviyesinde etkileyen yatay yükler olarak kabul edilir. Yatay yüklerin binanın asal doğrultularında ayrı ayrı etkidiği kabul edilerek, taşıyıcı sistemlerin elemanlarında kesin etkileri bulunur. Yapıların depreme dayanıklı olarak boyutlanmasında kullanılan Toplam Eşdeğer Deprem Yükü, binanın tabanında düşey taşıyıcılarda oluşan kesme kuvvetinin toplamı “Taban Kesme Kuvveti” olarak tanımlanır.  $W$  toplam yapı ağırlığı olmak üzere,

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{Ra(T_1)} \geq 0.10A_0 I W \quad (3.1)$$

şeklinde belirlenir. İfadede  $A_0$  Etkin Yer İvmesi Katsayısı  $I$  Yapı Önem Katsayısı,  $S(T_1)$  Spektrum Katsayısı,  $T_1$  Yapının Birinci Titreşim Periyodu,  $W$  Toplam Yapı Ağırlığı,  $R_a$  Deprem Yükü Azaltma Katsayısı ve  $A(T_1)$  Spektral İvme Katsayısı olup  $A(T_1) = A_0 I S(T_1)$  olarak verilmiştir [2].

Aynı periyotla çeşitli harmonik titreşimler yapan bir kütlede meydana gelecek atalet kuvveti hareketin ivmesi ve dolayısıyla genliği ile doğru orantılıdır. Her kat düzeyinde oluşan eylemsizlik kuvvetleri, binanın düşey taşıyıcılarında oluşan kesme

kuvveti ile yatay dengede tutulur. Binanın en alt kotunda, düşey taşıyıcıların temel ile birleştiği düzeyde, binada oluşan deprem kuvvetlerinin tamamı düşey taşıyıcılarda oluşan “Kesme Kuvvetinin Toplamı” olarak yatay denge tutulur. Bu durumda doğrusal bir dağılım esas alınır, yapının kat seviyelerine uygulanacak  $F_i$  yatay yükleri

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{W_i H_i}{\sum_{j=1}^N W_j H_j} \quad (3.3)$$

denklemleri ile hesaplanabilir. Burada,  $\Delta F_N$  yapıların en üst N. katının tepesine uygulanacak olan ek eşdeğer yük olup; A.B.Y.Y.H.Y.97’de aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\Delta F_N = 0.07 T_1 V_t \leq 0.20 V_t \quad (3.4)$$

Şeklinde hesaplanacaktır. Eğer en üst katının seviyesinden yüksekliği  $H_N \leq 25m$  ise  $\Delta F_N = 0$  alınabilir. Görüldüğü gibi birinci serbest titreşim modunun ötesinde ortaya çıkacak diğer titreşim modlarının etkisi göz önüne almak üzere öngörülen bu kuvvet yüksekliği büyük olan narin yapılarda önem kazanmaktadır.

Yapının birinci doğal titreşim periyodu  $T_1$  aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$T_1 = C_t (H_N)^{0.75} \quad (3.5)$$

D.B.Y.B.H.Y 2007’de ise  $\Delta F_N$  ve  $T_1$  şu şekilde hesaplanır:

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t$$

Burada N Binanın kat adedidir. D.B.Y.B.H.Y 2007’ye göre bina yüksekliğinden bağımsız bir hal almakta ve önemi artmaktadır, ayrıca  $T_1$  binanın 1. doğal titreşim periyodunun da değişiklikler yapılmış olup şu şekildedir:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}}} \quad (3.6)$$

Buna göre eşdeğer deprem yükü katlara etkiyen yük ile eşdeğer yükün toplamından oluşmaktadır.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (3.7)$$

Eşdeğer deprem yükü yöntemi sadece birinci modun etkisini göz önüne alan bir dinamik yöntem olarak da kabul edilebilir. Tipik bir yapıda birinci mod şekli için doğrusal değişim kabul edilerek  $\phi_{j,1}=h_j$  yazılmıştır. Burada  $h_j$  katların zeminden olan yüksekliğini göstermekte olup  $\frac{\max A_1(t)}{g}$  değeri S spektrum katsayısına karşı gelmektedir. Ayrıca  $M_1$  birinci moddaki etkili modal kütleye karşı gelmektedir. Sadece birinci modun dikkate alındığı bu hesap şeklinde  $M_1$ , binanın toplam kütlesi olarak kabul edilebilir.

Bulunan F, kat yatay yükleri kat kütle merkezlerine etkilediğinden kütle merkezi ile rijitlik merkezinin üst üste düşmediği durumlarda, deprem etkisi katları, öteleme yer değiştirmesi yanında, kata etkiyen burulma momenti nedeniyle bir dönme yer değiştirmeye zorlar. Bu ise katlar arası yer değiştirmeyi arttırırken, kiriş ve kolonlarda ek eğilme momentleri doğmasına sebep olur.

Yönetmelik her iki doğrultuda kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki dışmerkezliğe yatay yük doğrultusuna dik doğrultudaki bina boyutunun  $\pm\%5$  i eklenerek bulunacak burulma momentine göre irdelenmesini ve eğer yapıda  $A_1$  türünde burulma düzensizliği varsa, bu ek dışmerkezliğin artırılmasını öngörmektedir. Böylece, deprem durumunda düzgün olmayan kütle dağılımından doğacak olan burulma momenti de hesaba katılmaktadır. Bu durumda deprem yükleri altında yapılacak statik hesabın, yapının taşıyıcı sisteminde meydana gelebilecek değişik kütle dağılımlarını da içermek amacıyla her zaman burulma etkisini göz önüne alarak yapılması gerekir.

### 3.1.2. Mod birleştirme yöntemi

Eşdeğer deprem yükü yöntemi'nde yapının birinci modu esas alınır ve katlara etkiyen deprem kuvvetlerinin kütlesi ve katının temelden yüksekliği ile orantılı kabul edilir. Titreşim periyodunun hesabında ve deprem yükünün dağıtılmasında binanın kütlesi hesaba katıldığı için bu yöntem de yapının birinci serbestlik derecesini esas alan dinamik bir yöntem olarak ta kabul edilir. Mod birleştirme yönteminde toplam deprem kuvvetinin bulunmasında diğer titreşim periyotları ve mod şekilleri hesaba

katılır ve bu toplam kuvvetin katlara dağıtılmasında ilgili mod şekilleri esas alınır. Bu yöntem çok serbestlik dereceli sistemlerin davranışını veren ifadelerin her mod şekli için ayrı ayrı değerlendirilmesi olarak görülebilir.

$$L_j = \sum_{n=1}^N m_n \phi_{nj} \quad M_j = \sum_{n=1}^N m_n \phi_{nj}^2 \quad M_j = \frac{(\sum_{n=1}^N m_n \phi_{nj})^2}{\sum_{n=1}^N m_n \phi_{nj}^2}$$

$$V_{bj}(t) = M_j g \frac{A_j(t)}{g} \quad f_{ij}(t) = V_{bj}(t) \frac{m_i \phi_{ij}}{\sum_{n=1}^N m_n \phi_{nj}} \quad (3.8)$$

Burada  $V_{bj}(t)$  değeri j moda etkileyen taban kesme kuvvetini  $f_{ij}(t)$  bu taban kesme kuvvetine i. katta etkileyen  $\phi_{nj}$  bu titreşimde i katta yerdeğiştirmeyi ve  $M_j$  ilgili moddaki etkili modal kütle gösterir. Bu ifadeler de spektral değerler kullanılır ve bulunan elastik taban kesme kuvvetine  $R_a$  deprem yükü azaltan katsayısı uygulanırsa, I bina önem katsayısının da göz önüne alınmasıyla aşağıdaki ifadeler elde edilir.

$$V_{bj} = \max V_{bj}(t) = \frac{M_{jg}}{R_a} \max \left[ \frac{A_j(t)}{g} \right] = \frac{M_j g}{R_a} \frac{A_j(T_j)}{g} = \frac{M_j g}{R_a} A_0 I S_j(T_j) \quad (3.9)$$

Burada  $S_j(T_j)$  yönetmelikte verilen boyutsuz ivme spektrumuna karşı gelmektedir.

Çok katlı çerçeve türünde taşıyıcı sistemlerin çözümünde, özellikle döşemelerin kendi düzlemlerinde rijit diyafram kabul edildiği durumda, kütlelerin bulunduğu noktaların serbestlik derecesinin yatay düzlemde iki öteleme ve düşey eksen etrafında dönme olarak ayırmak mümkündür. Bu durumda i kattaki kat kütlelerinin yatay iki doğrultuda öteleme ataleti ve düşey eksen etrafında dönme ataleti bulunacaktır. Kat kütlelerinin kütlesi  $m_i$  ve dönme kütle atalet momenti  $m_{Qi}$  olarak gösterilirse, buna uygun olarak j. modda i. katın x ve y eksenleri doğrultusundaki öteleme  $\phi_{xij}$  ve  $\phi_{yij}$  ve düşey eksen etrafındaki dönmesi  $\phi_{Qij}$  ile gösterilirse, bu moddaki  $M_j$  genelleştirilmiş kütle

$$M_j = \sum_{i=1}^N m_j \phi_{xij}^2 + \sum_{i=j}^N m_i \phi_{yij}^2 + \sum_{i=1}^N m_g \phi_{gij}^2 \quad (3.10)$$

olarak verilebilir. Bu durumda  $M_j$  etkili modal kütlede iki eksen doğrultusundaki yer değiştirmeler için ayrı ayrı yazabilir:

$$M_{xj} = \left[ \sum_{i=j}^N m_j \phi_{xij} \right]^2 \quad M_{yj} = \left[ \sum_{i=1}^N m_i \phi_{yij} \right]^2 / M_j \quad (3.11)$$

$$\sum_{j=1}^{3N} (M_{xj} + M_{yj}) = \sum_{i=1}^N m_i$$

Son denklem de elde edilen etkili modal kütlelerinin toplamının kat kütlelerinin toplamına eşit olduğunu göstermektedir. Bu ifadelerde kat adedi N olarak kabul edilmiş olup, 3N taşıyıcı sistemin kütle atanan serbestlik derecesine karşı gelmektedir [2].

Deprem etkilerinin yön değiştirebilen özelliğinden dolayı spektrum eğrilerinin hazırlanmasında ilgili parametrelerin işaretleri göz önüne alınmaz. Ayrıca, her titreşim mod şekli için bulunan değer depremin belirli bir zamanında oluştuğu için elde edilen maksimum değerlerin üst üste toplanması uygun bir sonuç olmaz. Bunun yerine binaya etkileyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvetler, yer değiştirme ve rölatif kat yer değiştirmesi gibi her mod için elde edilen  $r_{jo}$  büyüklüklerinin birleştirmesi,  $T_i$  ve  $T_j$  gibi herhangi iki mod periyotlarının ( $T_i < T_j$ ) birbirinden  $T_i / T_j < 0,8$  koşulunu sağlayacak kadar ayrık olması durumunda, Karelerinin Toplamının Karekökü Kuralı kullanılarak yapılabilir:

$$r(t)_{\max} \approx \left( (r_{10})^2 + (r_{20})^2 + \dots + (r_{3N0})^2 \right)^{1/2} \quad (3.12)$$

Mod periyotlarının yeterli ayrık olmaması durumunda yukarıdaki yaklaşım yerine Tam Karesel Birleştirme Kuralı kullanılarak da modal etkiler birleştirilebilir:

$$r(t)_{\max} \approx \left[ \sum_{i=j}^{3N} \sum_{j=1}^{3N} \rho_{ij} r_{io} r_{jo} \right]^{1/2} \quad (3.13)$$

Burada  $\rho_{ij}$  Çapraz Korelasyon Katsayısını

$$\rho_{ij} = \frac{8\zeta^2 (1 + \beta_{ij}) \beta_{ij}^{3/2}}{(1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4\zeta^2 \beta_{ij} (1 + \beta_{ij})^2} \quad (3.14)$$

$\beta_i = \omega_i / \omega_j$  serbest titreşim frekanslarının oranını ve  $\zeta$  sönüm oranını göstermekte olup %5 olarak kabul edilebilir.

Doğrusal elastik bir sisteme bütün modların katkısı göz önüne alınarak, matematiksel kesinlikte sonuç elde edilebilir. Ancak, orta ve şiddetli bir depremde taşıyıcı sistemin doğrusal elastik ötesi davranması söz konusu olması yanında taşıyıcı sistemin ve

deprem hareketinin parametrelerindeki belirsizlik nedeni ile matematiksel kesinlikte bir çözüme gidilmesine ihtiyaç göstermez. Ayrıca, hesap hacminin sınırlı tutulması amacıyla göz önüne alınan mod sayısının aşırı arttırılması istenir. Yapılan örneklerde çerçeve türü yapılarda genellikle yaklaşımın yer değiştirmelerde daha çabuk meydana geldiği, daha sonra sıra ile taban devrilme momenti, taban kesme momenti, kat kesme kuvvetlerinin geldiği belirlenmiştir. Yüksek modların katkısının üst katlardaki kesme kuvveti ve eğilme momentine alt katlardakinden de çok etkili olduğu görülmüştür. Bunun yanında, aynı yaklaşımın elde edilebilmesi için kirişleri kolonlara göre rijit olanlarda, olmayanlara göre daha az modun göz önüne alınmasının yeterli olduğu gözlemlenmiştir. Genel olarak alışıla gelen düzlem çerçevelerde ilk iki modun hesaba katmanın hatanın %15'in altına düşmesini sağladığı tespit edilmiştir.

Modların katkısı çerçevenin geometrik özellikleri yanında karşı gelen spektral değerlere de bağlıdır. Eğer bir yapının birinci mod titreşim modu büyükse, diğer periyotlara karşı gelen spektral ivme değerleri daha büyük olabileceği için yüksek modların etkisi, birinci mod titreşim periyodu küçük olana göre daha büyük olabilir.

Deprem yönetmeliği hesaba katılması gerekli Y mod sayısının belirlenmesini etkin kütle kavramına bağlamıştır. Buna göre Y mod sayısının belirlenmesinde birbirine dik X ve Y yatay deprem doğrultularının herhangi bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının bina toplam kütlelerinin %90' ından az olmaması esas alınacaktır.

$$\sum_{j=1}^Y M_{xj} = \sum_{j=1}^Y \left\{ \left( \sum_{i=1}^N m_i \phi_{xij} \right)^2 / M_j \right\} \geq 0.90 \sum_{j=1}^N m_j \quad (3.15)$$

$$\sum_{j=1}^Y M_{yj} = \sum_{j=1}^Y \left\{ \left( \sum_{i=1}^N m_i \phi_{yij} \right)^2 / M_j \right\} \geq 0.90 \sum_{j=1}^N m_j$$

Ayrıca, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkin kütlesi, bina toplam kütlelerinin %5 inden büyük olan bütün titreşim modları hesaba katılacaktır.

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun  $\pm\%5$  i kadar kaydırılması ile kaydırılmış kütle merkezi elde edilir. Bu noktalar için yatay düzlemde iki öteleme ve düşey eksen etrafında dönme serbestlik derecesi göz önüne alınmalıdır. Katın öteleme kütlesi ile kütle merkezine göre hesaplanan kütleli dönme ataletinin bu kaydırılmış kütle merkezinde toplandığı kabul edilecektir. A2 türünden döşeme süreksizliğinin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak davranmaması muhtemel olan binalarda, döşemelerin kendi düzlemleri içindeki şekil değiştirmelerini göz önüne alınacak serbestlik derecesi göz önüne alınmalı ve buralarda da kütlelerin toplandığı kabul edilmelidir. Ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, serbestlik derecesine sahip noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelerin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultuda kat boyutunun  $\pm\%5$  kadar kaydırılmalıdır (Şekil 2.11).

Matematiksel bir bakış açısında Mod Birleştirme Yöntemi, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine göre daha kesin bir yöntem olarak görülür. Ancak, taşıyıcı sistemin elemanlarının atalet momentlerinde, davranışlarındaki belirsizlik yanında hesapta depremi temsil eden spektrum eğrisindeki kabuller bu yöntemin de önemli bir yaklaşıklık içerdiğini gösterir. Elastik deprem yükünün azaltılması, kesit hesaplarının daha sonra doğrusal olmayan kabullere dayanan taşıma gücü yöntemine göre yapılması da bu yöntemin yaklaşımlar içerdiğine işaret eder. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin kabullerinin daha az sayıda olması pek çok durumda yöntemle olan güveni artırır. Bu nedenle yönetmelik Mod Birleştirme Yöntemi ile elde edilen çözümleme sonuçlarının Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemininkiler ile karşılaştırılmasını ön görmektedir. Mod Birleştirme Yöntemi'nde mod katkılarının birleştirilmesi ile elde edilen bina toplam deprem yükü  $V_{tb}$ 'nin Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile elde edilen bina toplam deprem yükü  $\beta V_t$  den küçük olması durumunda, Mod Birleştirme Yöntemi ile bulunan tüm iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri  $\frac{\beta \times V_t}{V_{tb}}$  katsayısı ile büyütülecektir. Binada A1, B2, B3 türü düzensizliklerden birinin bulunması durumunda  $\beta=1,0$  ve bu düzensizliklerin hiç birinin bulunmaması durumunda  $\beta=0,9$  alınacaktır.

Bu ifade; D.B.Y.B.H.Y 2007'de ise şöyle ifade edilir:

$B_D = \frac{\beta \times V_t}{V_{tB}} B_B$  katsayısı ile büyütülecektir. Binada A1, B2, B3 türü

düzensizliklerden birinin bulunması durumunda  $\beta=0,9$  ve bu düzensizliklerin hiç birinin bulunmaması durumunda  $\beta=0,8$  alınacaktır. Binanın taşıyıcı sistem elemanlarının asal eksen doğrultularının göz önüne alınan birbirine dik deprem doğrultularına paralel olamaması durumunda, bu elemanlarda boyutlamaya esas olan iç kuvvetler, elde edilen değerlerin

$$\pm B_a \pm 0.30 B_{ay} \quad \pm 0.30 B_{ax} \pm B_{ay} \quad (3.16)$$

Şeklindeki birleştirilmesi ile elde edilecektir. Burada x ve y birbirine dik seçilen deprem kuvvetinin etkidiğinin kabul edildiği eksenleri göstermektedir. Bir doğrultudaki deprem etkisiyle diğer doğrultu etkisinin %30 nun toplanması ile herhangi bir doğrultuda etki edilebilecek depremin iki bileşene ayrılmasından oluşabilecek el verişsiz durum giderilmeye çalışılmıştır [14]

### 3.1.3. Zaman tanım alanında hesap yöntemi

Bu yöntemde yönetmelikteki ana kuralların ötesine geçilerek deprem mühendisliği bilgileri ile gerçek veya üretilmiş bir deprem kaydının kullanılması gerekir. Geçmiş depremlerin ivme kayıtlarının bu konuda önemli yeri vardır. Dünya çapındaki kayıtları saklayan çeşitli merkezlerden World Data Center for Solid Earth Geophysics başta gelmektedir. Bunun yanında özellikle yurdumuzdaki depremlerin kayıtları Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'na bağlı Deprem Araştırma Dairesi'nde mevcuttur. Boyutlama sırasında gerçek deprem kaydının esas alınması, hesaba esas olan deprem büyüklüğü, merkez üssü ve odak uzaklığı, kaynak mekanizması ve zemin koşullarının gerçek durumla en iyi bir şekilde uyuşturulması bakımından tercih edilir. Böylece pek çok belirsizlik önlenmiş olur. Deprem kaydının bulunmaması durumunda, deprem hareketini rasgele bir titreşim kabul ederek yapay deprem kayıtları elde edilebilir. Genellikle deprem hareketinin, başlangıç ve son devreleri dışındaki orta bölümü kararlı rasgele titreşim olarak alınır. Ancak, bu durumda da, yapay depremin büyüklüğü ve frekans içeriği hakkında kabuller yapmak gerekir.



Yönetmelikte ivme kayıtlarının  $\pm 0.05g$  dışında kalan kısmının yapının birinci doğal periyodunun 5 katından ve 15 s den az olmaması ön görülmüştür. Ayrıca, kaydedilmiş veya üretilmiş deprem kaydının %5 sönümle bulunacak  $A(T) / g$  boyutsuz spektral ivme değerinin bütün periyotlar için, yönetmelikte değişim verilen  $S(T)$  spektrum katsayısı değişiminin %90'ından az olmayacaktır. Taşıyıcı sistemin davranışı doğrusal elastik kabul edilmesi durumunda, spektral ivme değeri  $R_a$  deprem yükü azaltma katsayısı ile azaltılabilir.

Bu ifade D.B.Y.B.H.Y 2007'de ise şu şekildedir; yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyot  $T_1$ 'e göre  $0.2T_1$  ile  $2T_1$  arası periyotlar için

$S_{ae}(T) = A(T)g$  elastik spektral ivenin %90'ından daha az olmayacaktır.

### 3.2. Bilgisayar Programının Tanıtımı

Bu çalışmanın uygulama kısmında İdeCAD paket programı kullanılmıştır. İdeCAD 1988 yılından bu yana faaliyet göstermektedir. Sayısal çözüm tekniklerindeki gelişme ve detaylı araştırmaların programa uygulanması sonucunda İdeCAD bugünkü halini almıştır. İdeCAD Avrupa'da yaygın olarak kullanılan ideYAPI ürünleri, Almanca konuşulan ülkelerde bizzat ideYAPI tarafından pazara sunulurken, Polonya, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti ve Slovakya'da da distribütörler aracılığıyla son kullanıcılara ulaştırılıyor.

Türkçe, İngilizce, Almanca, İtalyanca ve Lehçe olmak üzere 5 dilde üretilen ürünlerin, Dünya çapında kullanıcı sayısı 15.000'in üzerindedir.

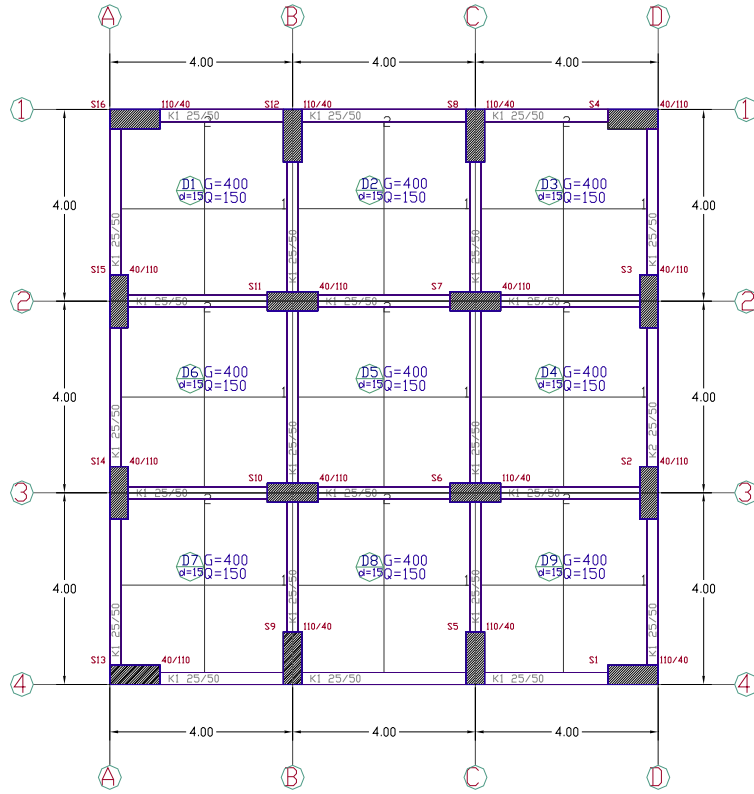
Bu programla çeşitli tipteki yapıların statik ve dinamik analizini yapmak mümkündür. Ayrıca sonuçları açıklamalı raporlar halinde sunması kullanıcıya büyük ölçüde kolaylık sağlamaktadır.

## **BÖLÜM 4. SAYISAL ÇALIŞMALAR**

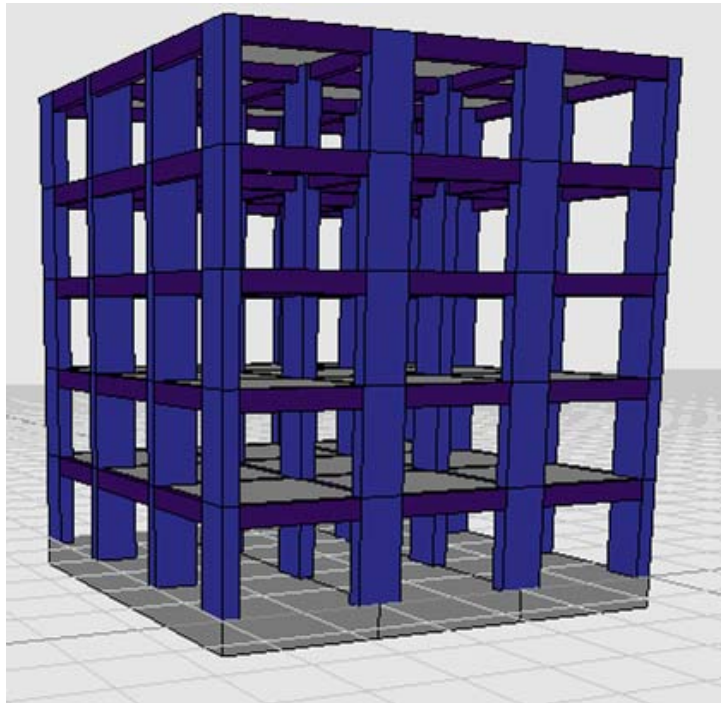
Bu çalışmada Çerçeve sistemli, 5 katlı simetrik bir yapının kat yükseklikleri aynı tutulup Zemin kat dan başlayarak sırası ile tüm katların yükseklikleri değiştirilerek Katlar arası Rijitlik Düzenliği (yumuşak kat) başlama noktaları incelenmiştir. Her kat da farklı değerlerde Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç değerleri tespit edilen bu yapının 3 boyutlu dinamik analizlerinde İdeCAD programı kullanılarak mod birleştirme yöntemine göre çözümler yapılmıştır. Bu programın seçilmesindeki en önemli husus farklı versiyonlarında her iki deprem yönetmeliğine uygun çözüm üretebilmesidir.

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (A.B.Y.Y.H.Y.97) koşullarını sağlayan İdeCAD 5.14 versiyonu kullanılmıştır.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik de (D.B.Y.B.H.Y 2007) koşullarını sağlayan İdeCAD 5.506 versiyonu kullanılmıştır.



Şekil 4.1 Genel yapı modelinin kat planı



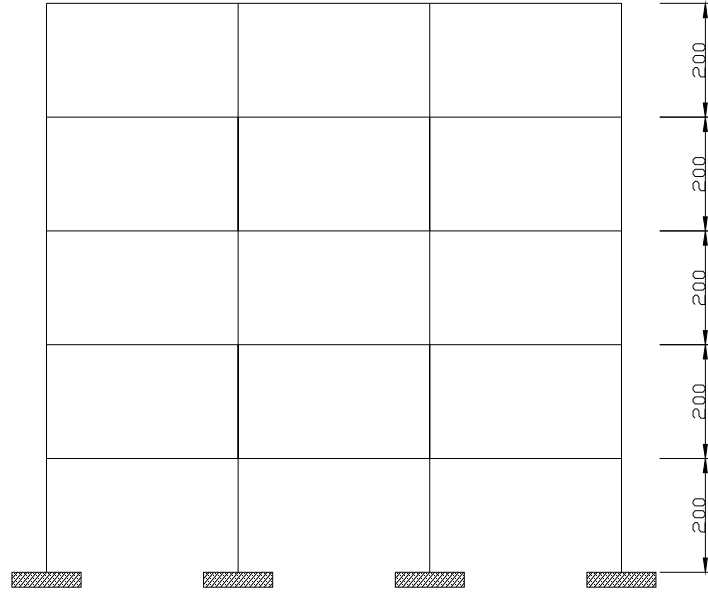
Şekil 4.2 Genel yapı modelinin Perspektif görünüşü

#### **4.1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğine (A.B.Y.Y.H.Y.97) Göre Yapılan Çözümler**

Yapılan tüm çözümlerde Yapı için tek bir model kullanılıp, tüm kolon, kiriş ve döşeme özellikleri her katta aynı alınmıştır. Bu şekilde diğer faktörlerin Katlar arası rijitlik düzensizliğine olan etkileri ortadan kaldırılmış olup sadece kat yüksekliğinin katlar arası rijitlik düzensizliğine olan etkisi araştırılmıştır.

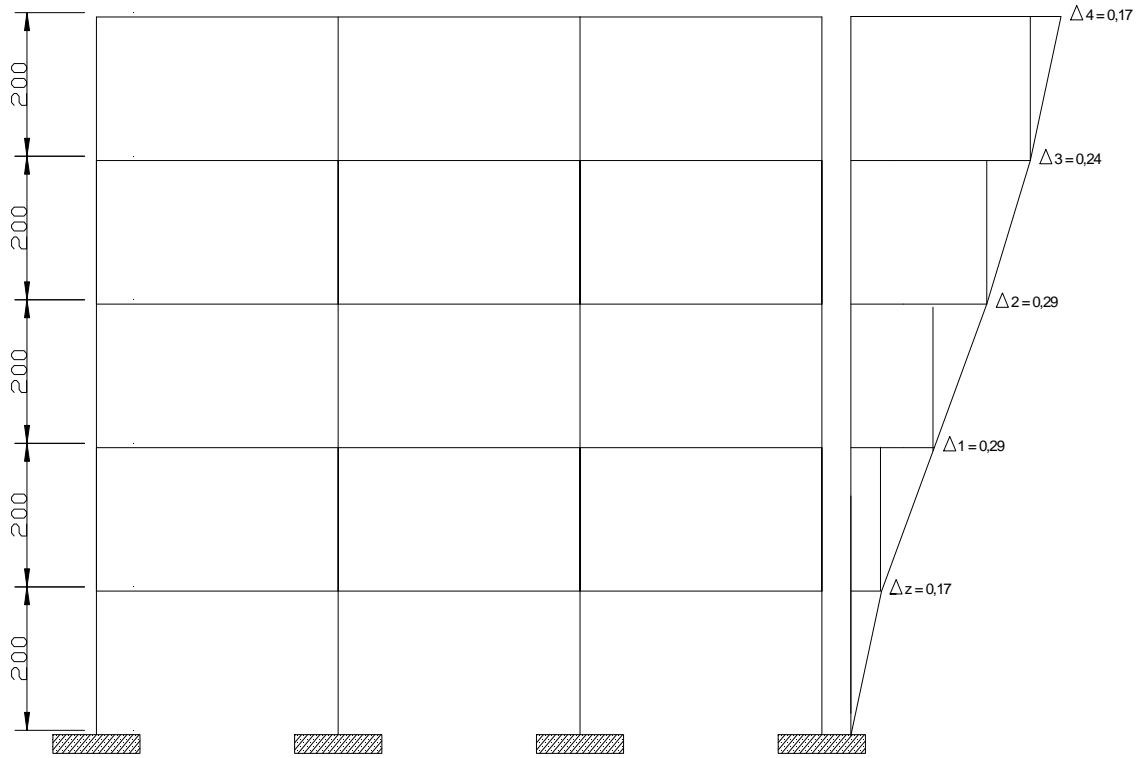
Ele alınan modelde kat yükseklikleri 2m ile 5m arasında alınıp her çözümde 0.5m artırılarak incelenmiştir.

İlk olarak kat yüksekliğinin her katta eşit ve 2,00 m olması durumu 1997 yönetmeliğine göre çözümlenmiş olup Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.3  $h_i=2,00\text{m}$ , zemin kat yüksekliği ( $h_z = 1,00 \cdot h_i$ ) 2,00m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 1 ‘de sunulmuştur.



Şekil 4.4 şekil 4.3 deki modelin görelî kat ötelenmeleri

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

$$\eta_{k1z} = \frac{0,17}{0,29} = 0,59 < 1.50$$

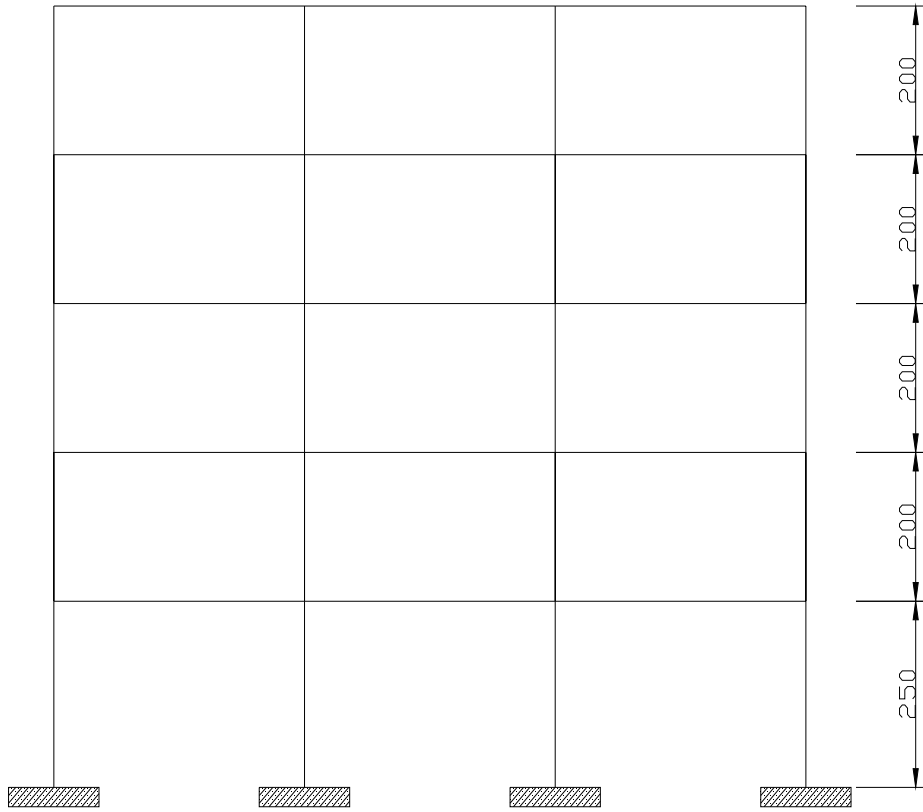
$$\eta_{k11} = \frac{0,29}{0,29} = 1,00 < 1.50$$

$$\eta_{k12} = \frac{0,29}{0,24} = 1,20 < 1.50$$

$$\eta_{k13} = \frac{0,17}{0,29} = 0,59 < 1.50$$

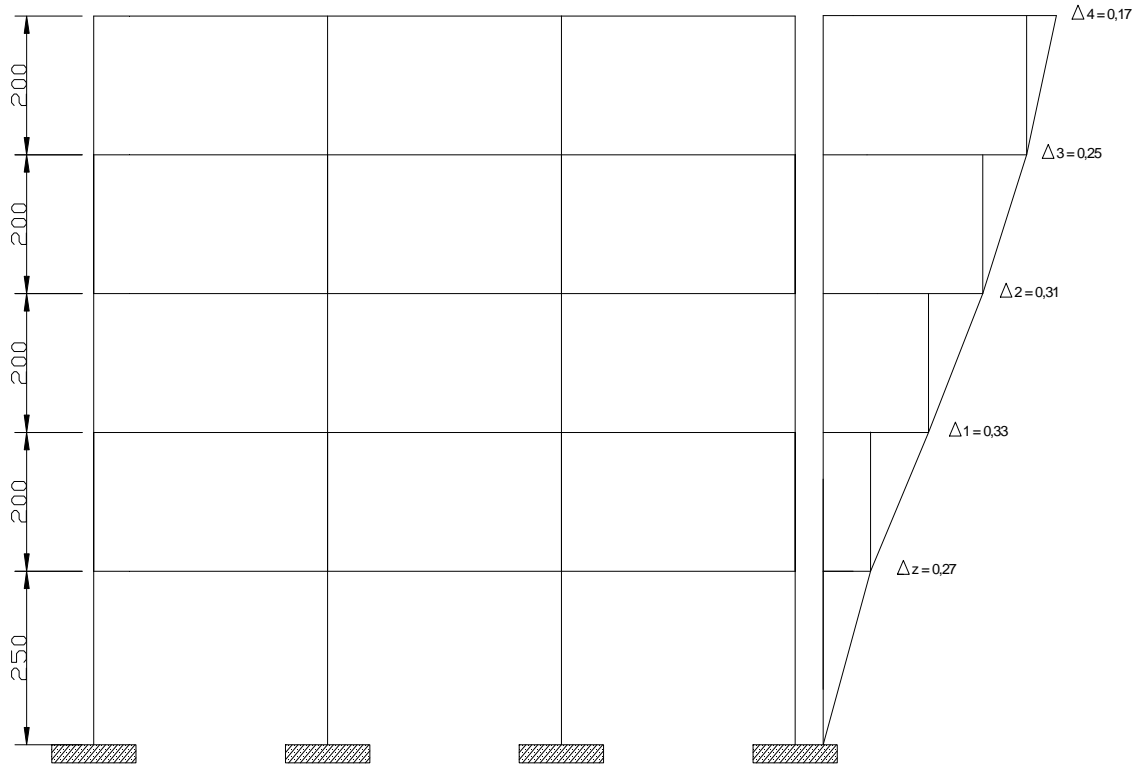
Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,00m$ ) 1997 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği görülmemektedir.

Çözümlere zemin kat yüksekliğini 0,5 m artırarak ( $h_z=2,50$  m) devam edilmiştir.



Şekil 4.5  $h_i=2,00$ m, zemin kat yüksekliği ( $h_z =1,25 \cdot h_i$ ) 2,50m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 2 'de sunulmuştur.



Şekil 4.6 şekil 4.5 deki modelin görelî kat ötelenmeleri

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

$$\eta_{k1z} = \frac{0,27}{0,33} = 0,82 < 1.50$$

$$\eta_{k11} = \frac{0,33}{0,31} = 1,06 < 1.50$$

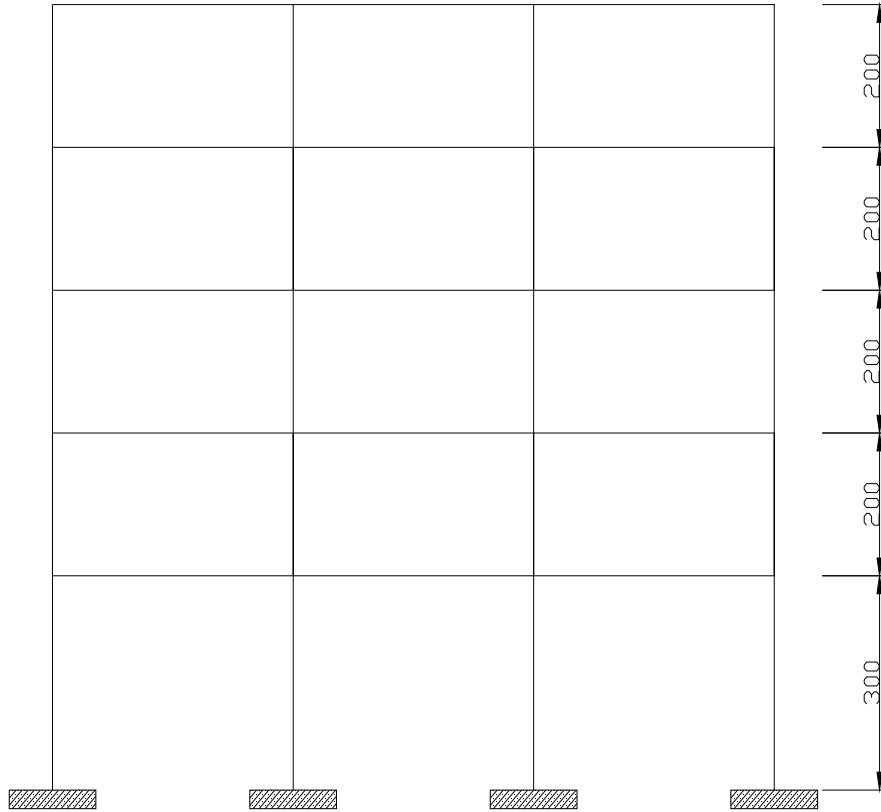
$$\eta_{k12} = \frac{0,31}{0,25} = 1,24 < 1.50$$

$$\eta_{k13} = \frac{0,25}{0,17} = 1,47 < 1.50$$

Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,00\text{m}$ ) zemin kat yüksekliği 2,50 m de ( $h_z=2,50\text{m}$ ) 1997 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği görülmemektedir.

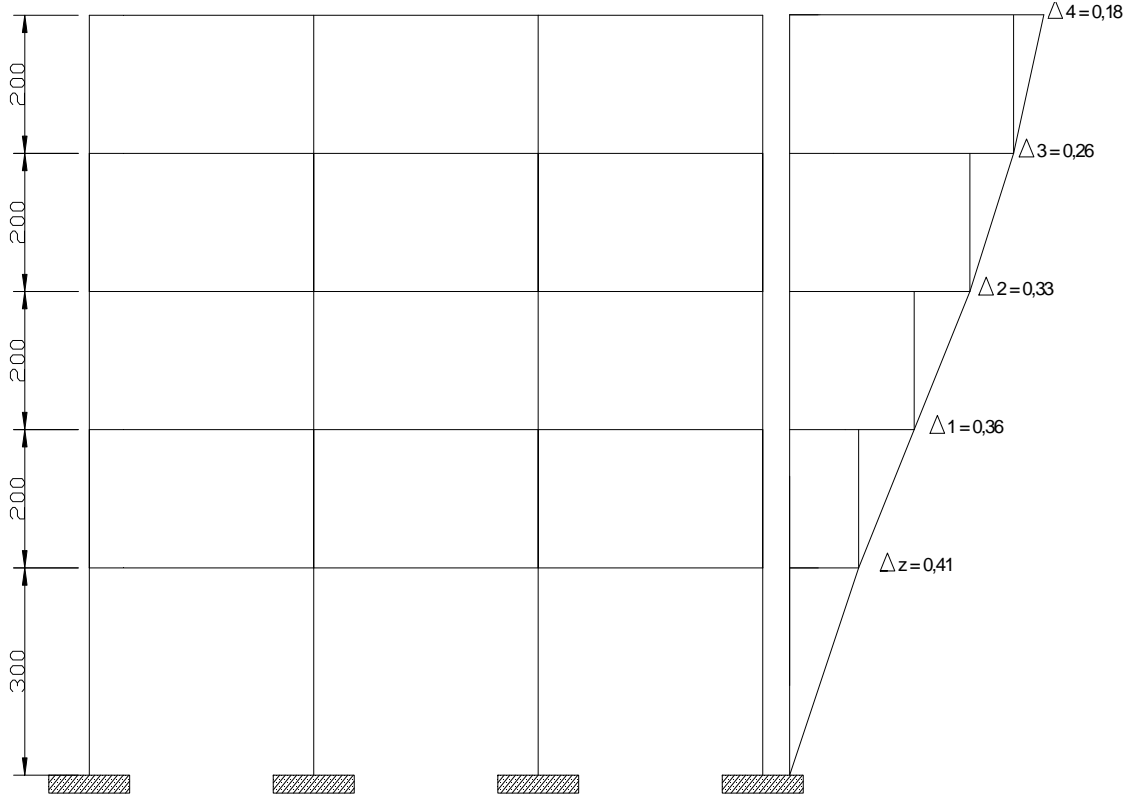


Zemin kat yüksekliğini 3,00 m olması durumu



Şekil 4.7  $h_i=2,00\text{m}$ , zemin kat yüksekliği ( $h_z=1,50 \cdot h_i$ )  $3,00\text{m}$  olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 3 'de sunulmuştur.



Şekil 4.8 şekil 4.7 deki modelin görelî kat ötelenmeleri

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

$$\eta_{k1z} = \frac{0,41}{0,36} = 1,14 < 1.50$$

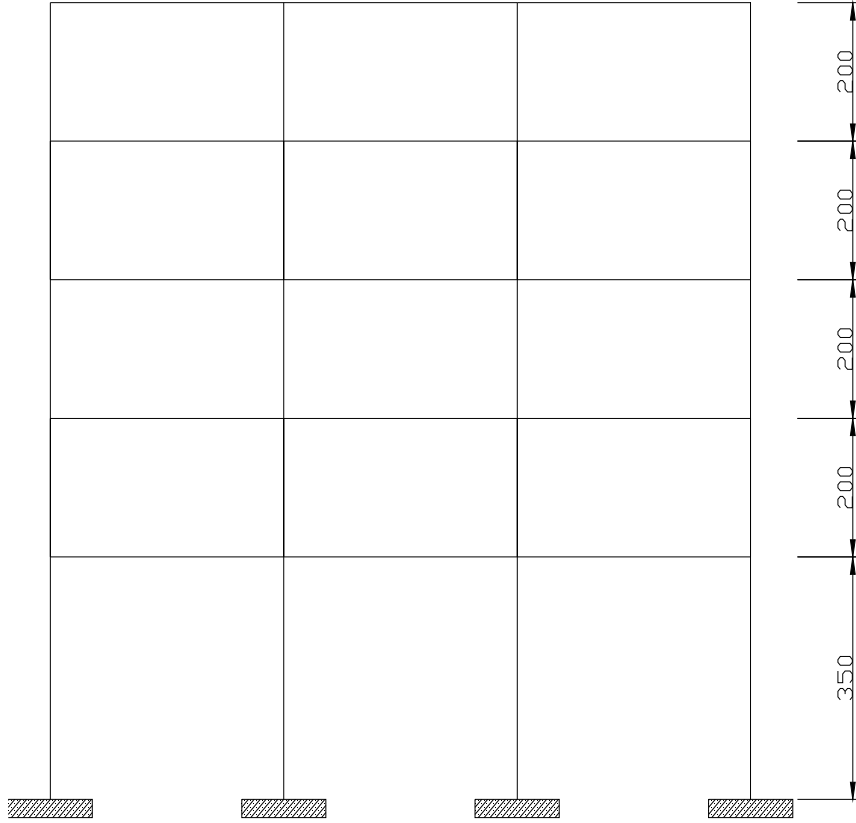
$$\eta_{k11} = \frac{0,36}{0,33} = 1,10 < 1.50$$

$$\eta_{k12} = \frac{0,33}{0,26} = 1,27 < 1.50$$

$$\eta_{k13} = \frac{0,26}{0,18} = 1,44 < 1.50$$

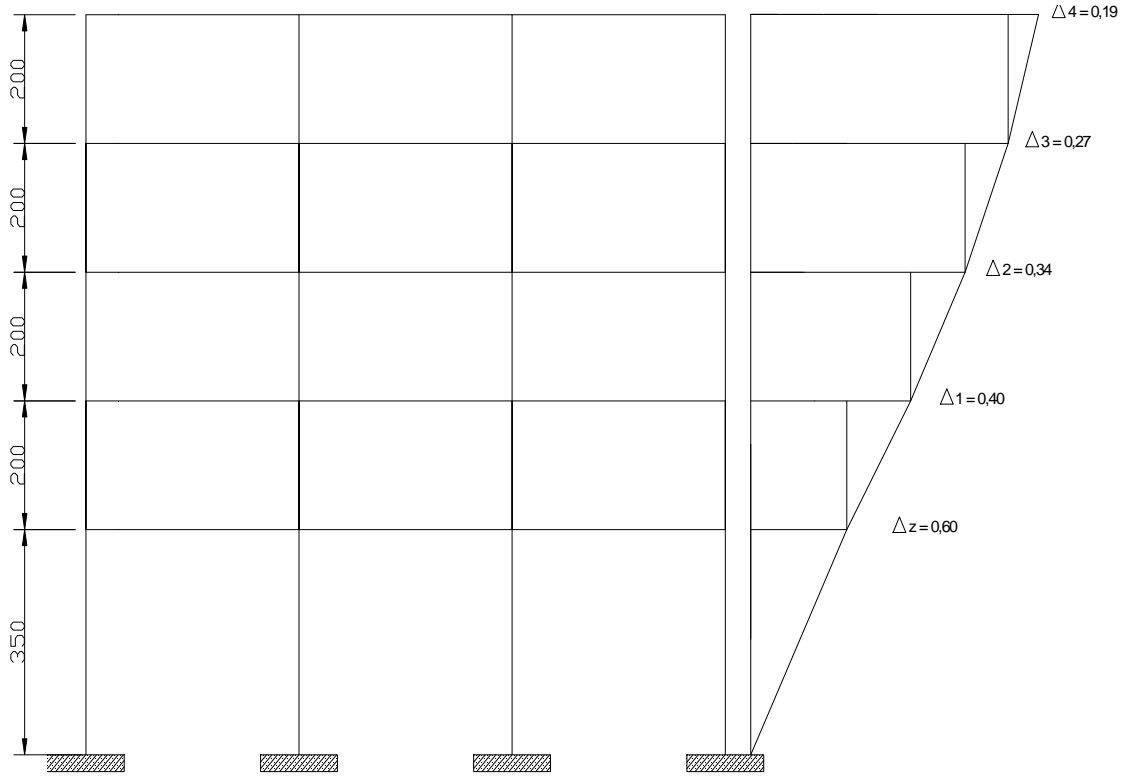
Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,00\text{m}$ ) zemin kat yüksekliği  $3,00\text{ m}$  de ( $h_z=3,00\text{m}$ ) 1997 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği görülmemektedir.

Zemin kat yüksekliğinin 3,50 m olması durumu



Şekil 4.9  $h_i=2,00\text{m}$ , zemin kat yüksekliği ( $h_z = 1,75 \cdot h_i$ ) 3,50m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 4 'de sunulmuştur.



Şekil 4.10 şekil 4.9 deki modelin görelî kat ötelenmeleri

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

$$\eta_{k1z} = \frac{0,60}{0,40} = 1,50 \geq 1.50$$

$$\eta_{k11} = \frac{0,40}{0,34} = 1,18 < 1.50$$

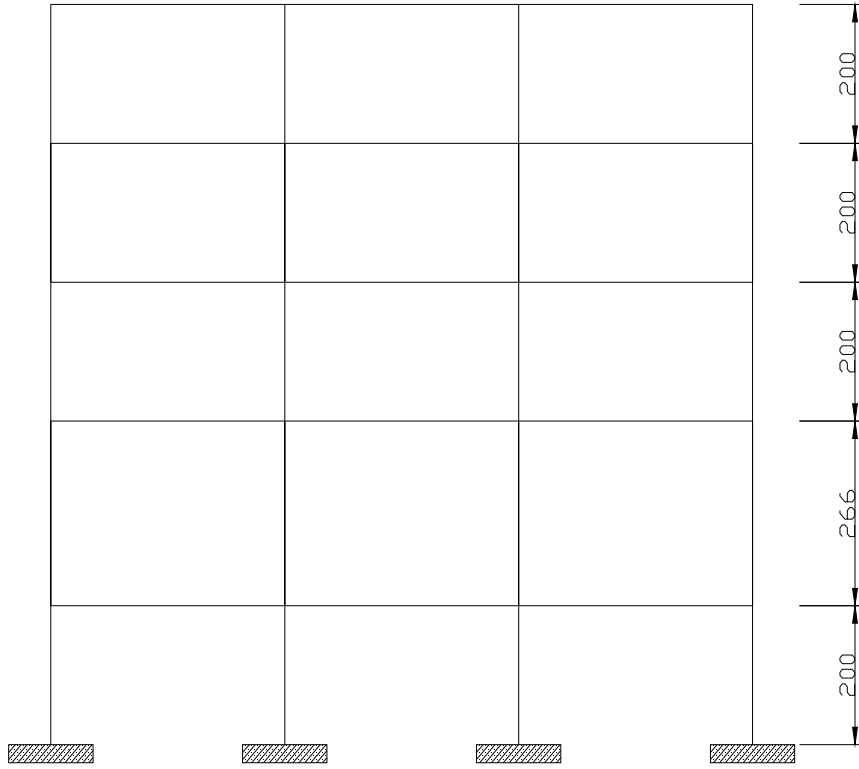
$$\eta_{k12} = \frac{0,34}{0,27} = 1,26 < 1.50$$

$$\eta_{k13} = \frac{0,27}{0,19} = 1,42 < 1.50$$

Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,00\text{m}$ ) zemin kat yüksekliği  $3,50\text{ m}$  de ( $h_z=3,50\text{m}$ ) 1997 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç noktasıdır. Bu modelde kat yükseklikleri sabit tutularak zemin katın yüksekliği  $3,50\text{ m}$  üzerindeki tüm değerlerde Yumuşak Kat Düzensizliği görülecektir.

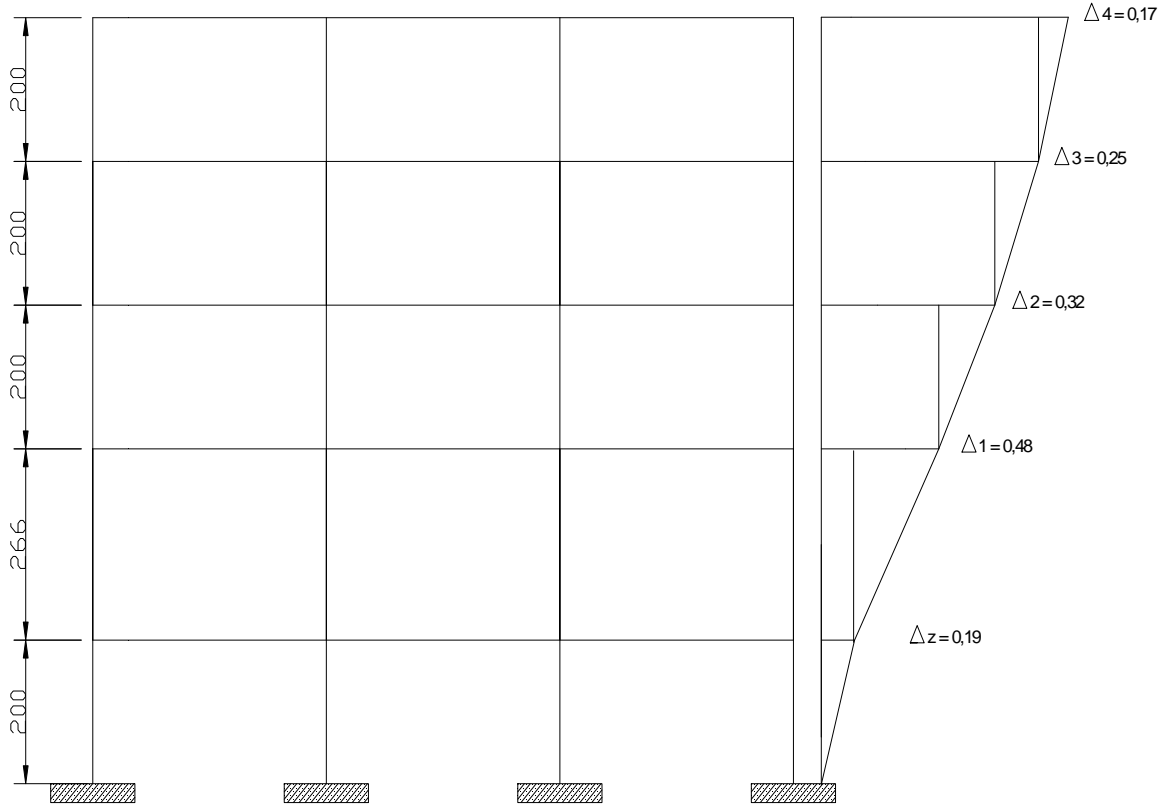
Benzer şekilde Modelin kat yükseklikleri sabit tutularak ( $h_i=2,00\text{m}$ ) 1. katın yüksekliği 2,00 m den başlanıp 0,5 m artırırlarak çözümler yapılmış, Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç yüksekliğinin 2,66 m ( $h_1=2,66\text{m}$ ) olduğu görülmüştür.

Buna ait çözüm Şekil 4.11’de verilmiştir.



Şekil 4.11  $h_i=2,00\text{m}$  1.kat yüksekliği ( $h_1 =1,33*h_i$ ) 2,66m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 5 ‘de sunulmuştur.



Şekil 4.12 şekil 4.11 deki modelin görelî kat ötelenmeleri

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

$$\eta_{k1z} = \frac{0,19}{0,48} = 0,4 < 1.50$$

$$\eta_{k11} = \frac{0,48}{0,32} = 1,50 \geq 1.50$$

$$\eta_{k12} = \frac{0,32}{0,25} = 1,28 < 1.50$$

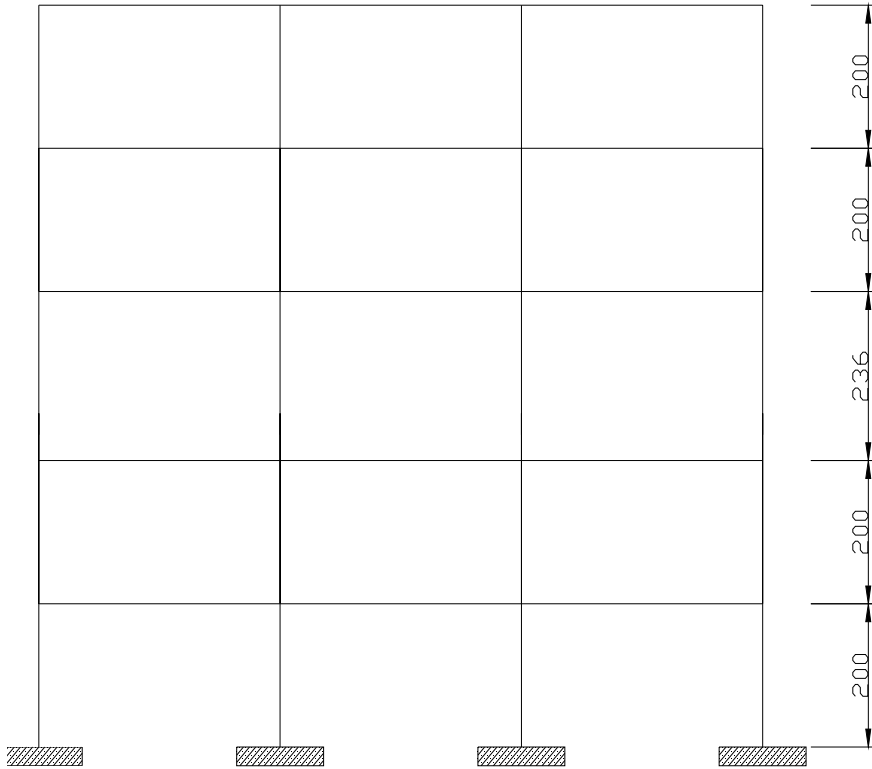
$$\eta_{k13} = \frac{0,25}{0,17} = 1,47 < 1.50$$

Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,00\text{m}$ ) 1. kat yüksekliği 2.66 m de ( $h_1=2,66\text{m}$ ) 1997 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği başlamıştır.

Bu modelde kat yükseklikleri sabit tutularak 1. katın yüksekliği 2,66 m üzerindeki tüm değerlerde Yumuşak Kat Düzensizliği görülecektir.

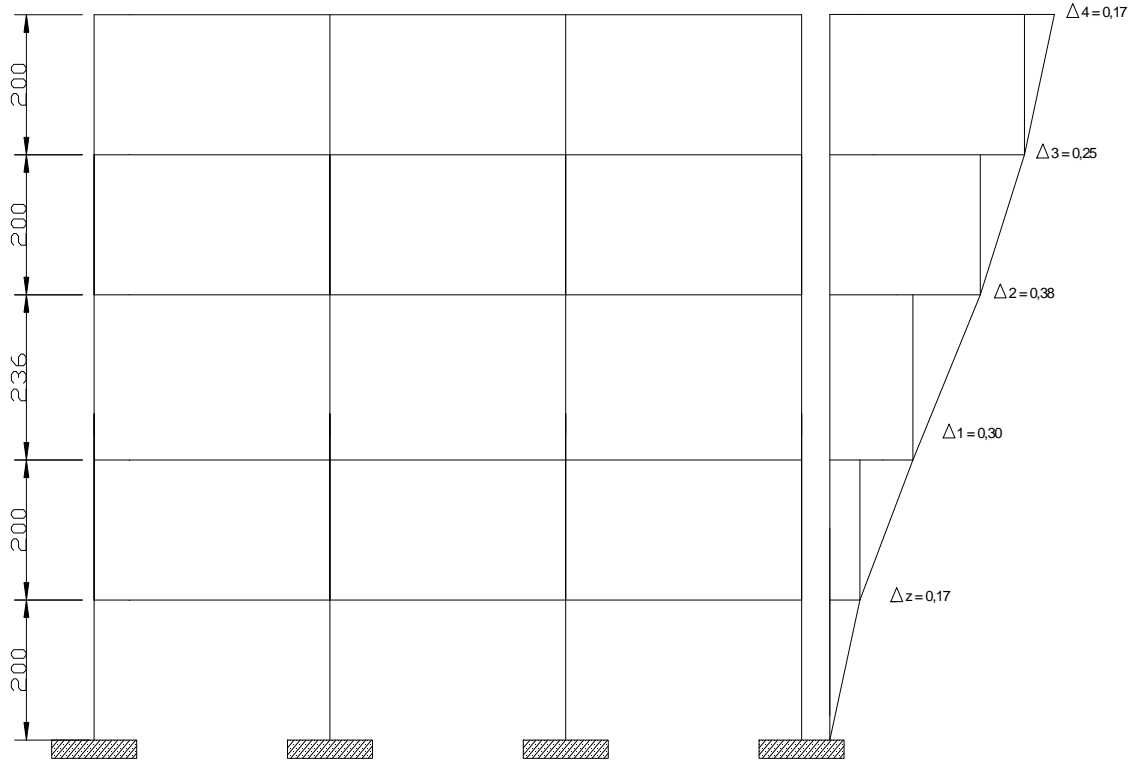
Benzer şekilde Modelin kat yükseklikleri sabit tutularak ( $h_1=2,00\text{m}$ ) 2. katın Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç yüksekliğinin  $2,36\text{ m}$  ( $h_2=2,36\text{m}$ ) olduğu görülmüştür.

Buna ait çözüm Şekil 4.13’de verilmiştir.



Şekil 4.13  $h_1=2,00\text{m}$  2.kat yüksekliği ( $h_2 =1,18 \cdot h_1$ )  $2,36\text{m}$  olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 6 ‘de sunulmuştur.



Şekil 4.14 şekil 4.13' deki modelin görelî kat ötelenmeleri

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

$$\eta_{k1z} = \frac{0,17}{0,30} = 0,57 < 1.50$$

$$\eta_{k11} = \frac{0,30}{0,38} = 0,79 < 1.50$$

$$\eta_{k12} = \frac{0,38}{0,25} = 1,52 > 1.50$$

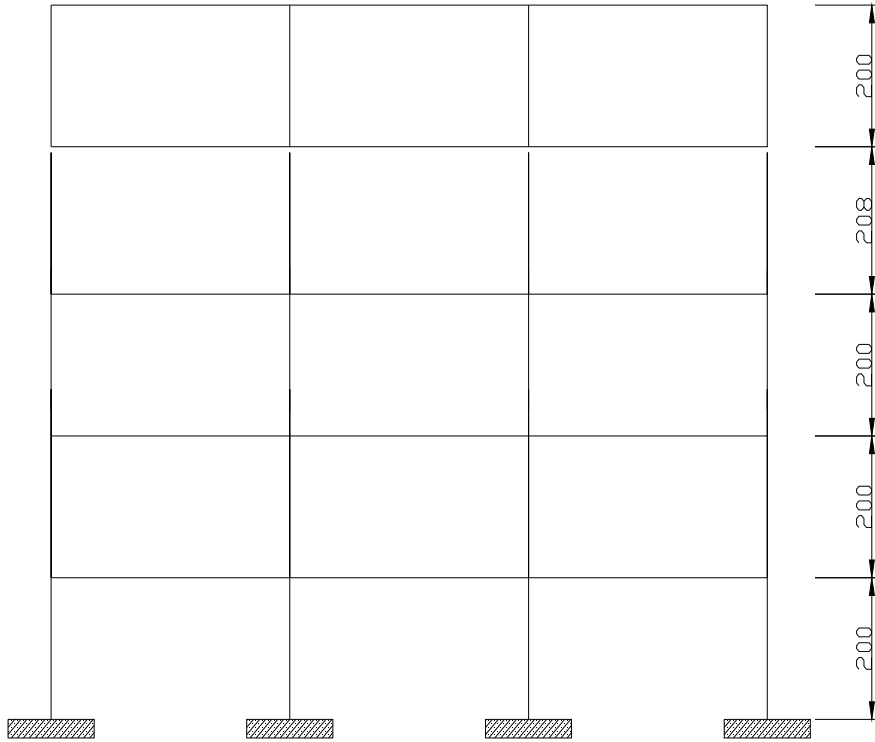
$$\eta_{k13} = \frac{0,25}{0,17} = 1,47 < 1.50$$

Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,00m$ ) 2. kat yüksekliği 2,36 m de ( $h_2=2,36m$ ) 1997 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç noktasıdır. Bu modelde kat yükseklikleri sabit tutularak 2. katın yüksekliği 2,36 m üzerindeki tüm değerlerde Yumuşak Kat Düzensizliği görülecektir.



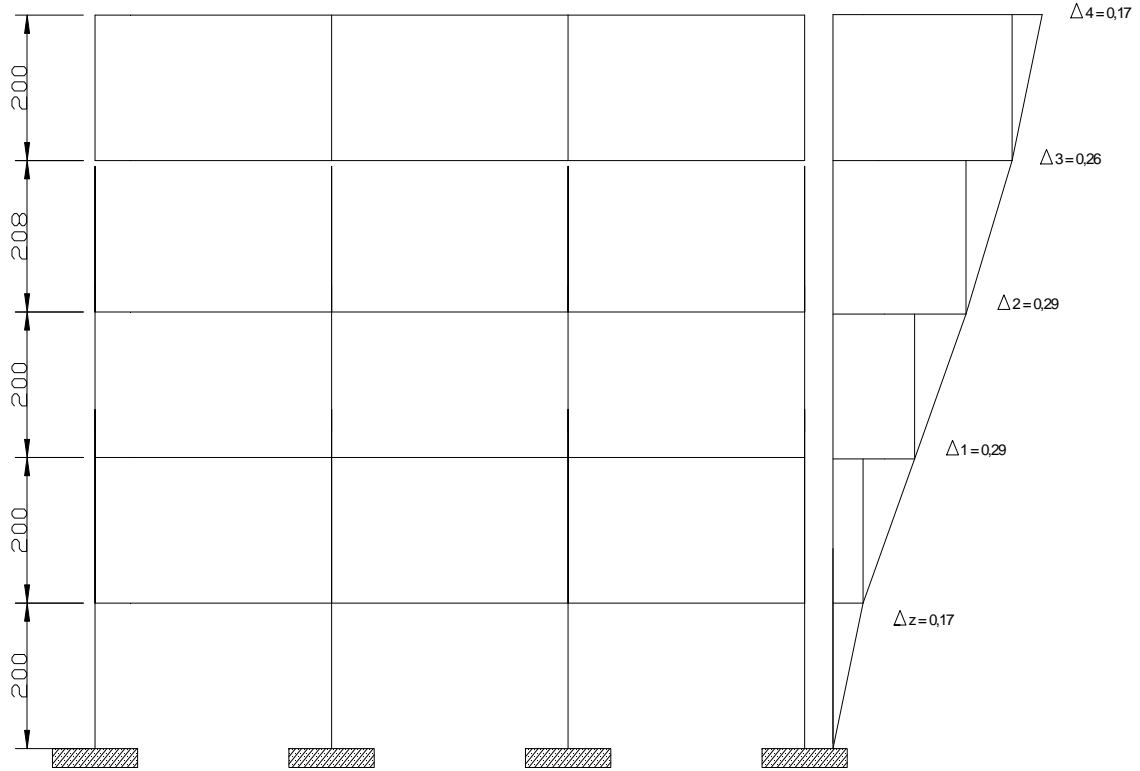
Benzer şekilde Modelin kat yükseklikleri sabit tutularak ( $h_i=2,00\text{m}$ ) 3. katın Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç yüksekliğinin  $2,08\text{ m}$  ( $h_3=2,08\text{m}$ ) olduğu görülmüştür.

Buna ait çözüm Şekil 4.15’de verilmiştir.



Şekil 4.15  $h_i=2,00\text{m}$  3.kat yüksekliği ( $h_3 =1,04*h_i$ )  $2,08\text{m}$  olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 7 ‘de sunulmuştur.



Şekil 4.16 şekil 4.15 deki modelin görelî kat ötelenmeleri

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

$$\eta_{k1z} = \frac{0,17}{0,29} = 0,59 < 1.50$$

$$\eta_{k11} = \frac{0,29}{0,29} = 1,00 < 1.50$$

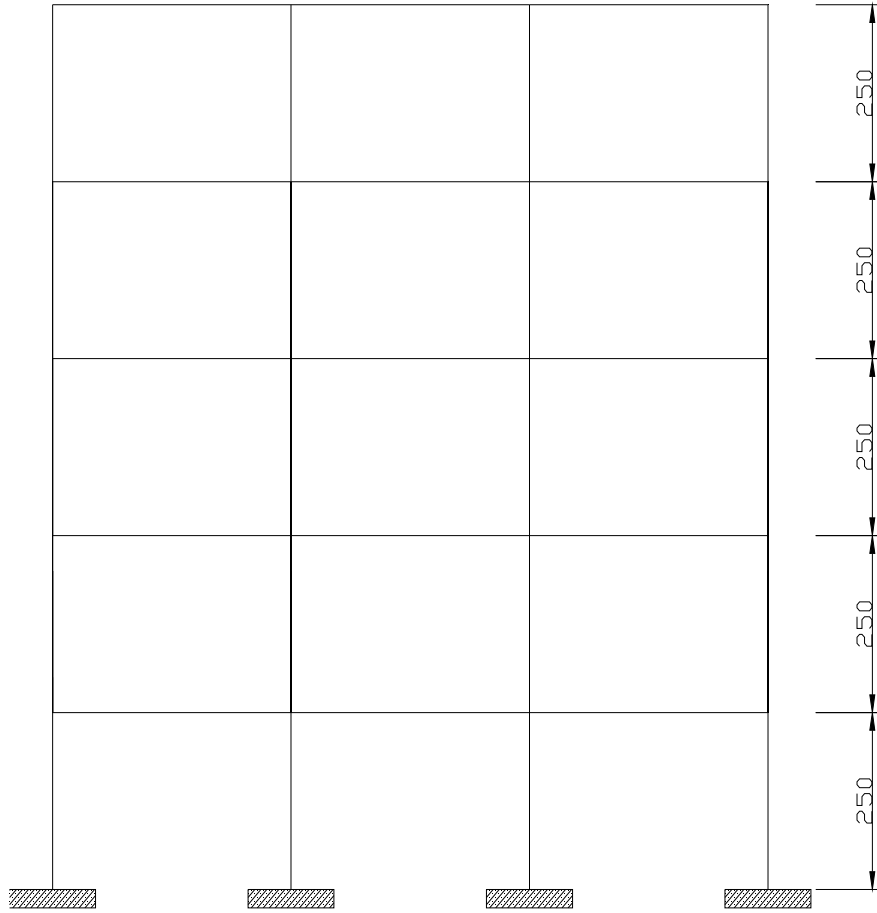
$$\eta_{k12} = \frac{0,29}{0,26} = 1,12 < 1.50$$

$$\eta_{k13} = \frac{0,26}{0,17} = 1,52 > 1.50$$

Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,00\text{m}$ ) 3. kat yüksekliği 2,08 m de ( $h_3=2,08\text{m}$ ) 1997 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç noktasıdır. Bu modelde kat yükseklikleri sabit tutularak 3. katın yüksekliği 2,08 m üzerindeki tüm değerlerde Yumuşak Kat Düzensizliği görülecektir.

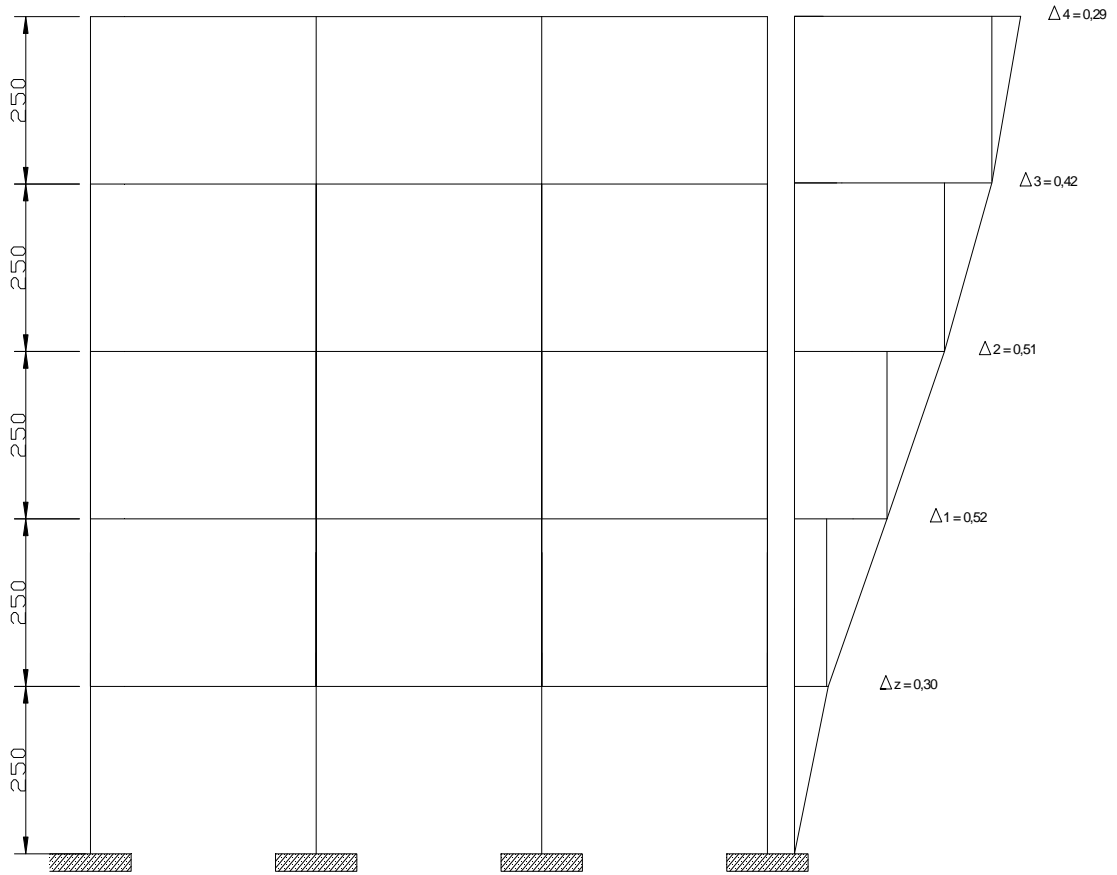
Kat yükseklikleri 2,50 m ( $h_i=2,50\text{m}$ ) iken zemin katın Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç yüksekliğinin araştırılması yapılmıştır. Benzer şekilde Modelin kat yüksekliklerini 0,5 m artırarak yapılan çözümler aşağıda verilmiştir. ( $h_i=2,50\text{m}$ )

Buna ait çözüm Şekil 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.17  $h_i=2,50\text{m}$  zemin kat yüksekliği ( $h_z=1,00 \cdot h_i$ ) 2,50m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 8’de sunulmuştur.



Şekil 4.18 şekil 4.17 deki modelin görelî kat ötelenmeleri

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

$$\eta_{k1z} = \frac{0,30}{0,52} = 0,6 < 1.50$$

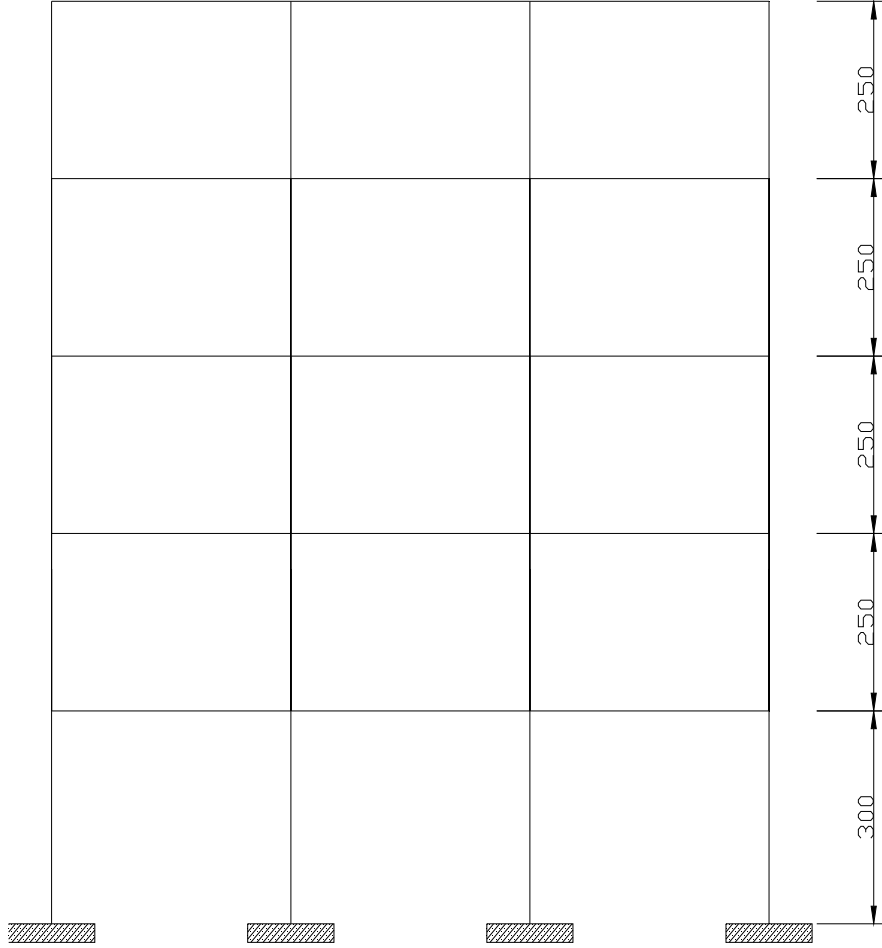
$$\eta_{k11} = \frac{0,52}{0,51} = 1,02 < 1.50$$

$$\eta_{k12} = \frac{0,51}{0,42} = 1,21 < 1.50$$

$$\eta_{k13} = \frac{0,42}{0,29} = 1,45 < 1.50$$

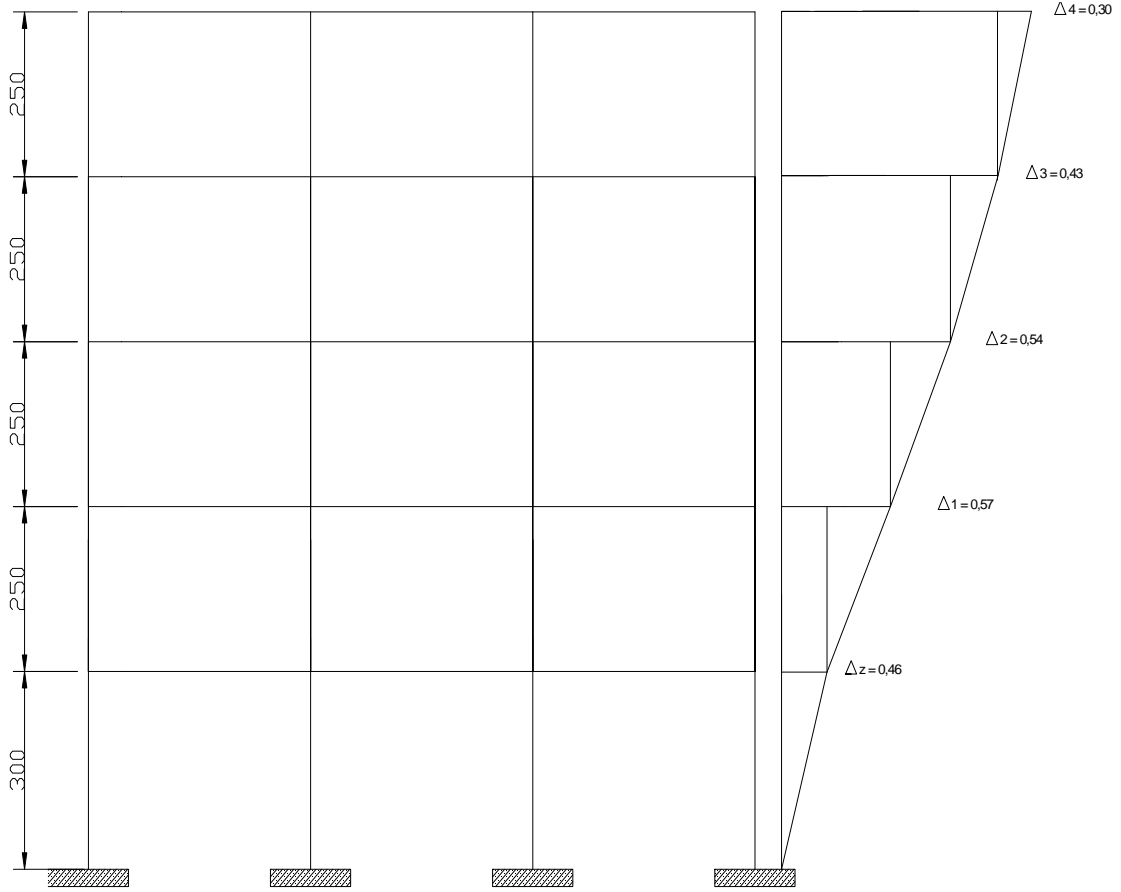
Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,50m$ ) 1997 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği görülmemektedir.

Çözümlere zemin kat yüksekliğini 0,5 m artırarak ( $h_z=3,00m$ ) devam edilmiştir.



Şekil 4.19  $h_i=2,50m$  zemin kat yüksekliği ( $h_z = 1,20 \cdot h_i$ ) 3,00m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 9 'de sunulmuştur.



Şekil 4.20 şekil 4.19 daki modelin görelî kat ötelenmeleri

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

$$\eta_{k1z} = \frac{0,46}{0,57} = 0,81 < 1.50$$

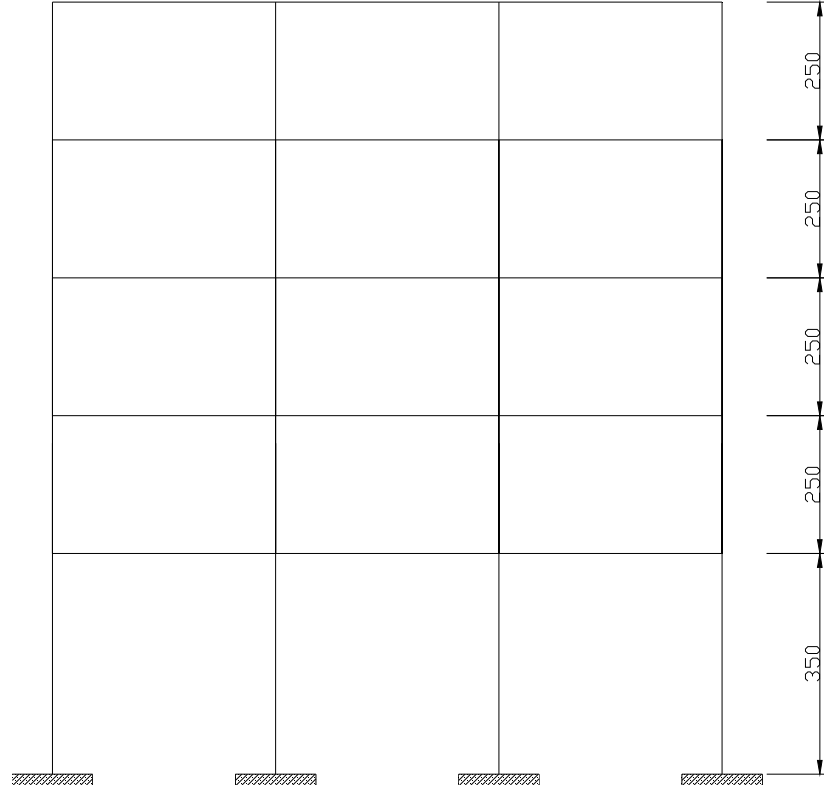
$$\eta_{k11} = \frac{0,57}{0,54} = 1,05 < 1.50$$

$$\eta_{k12} = \frac{0,54}{0,43} = 1,26 < 1.50$$

$$\eta_{k13} = \frac{0,43}{0,30} = 1,43 < 1.50$$

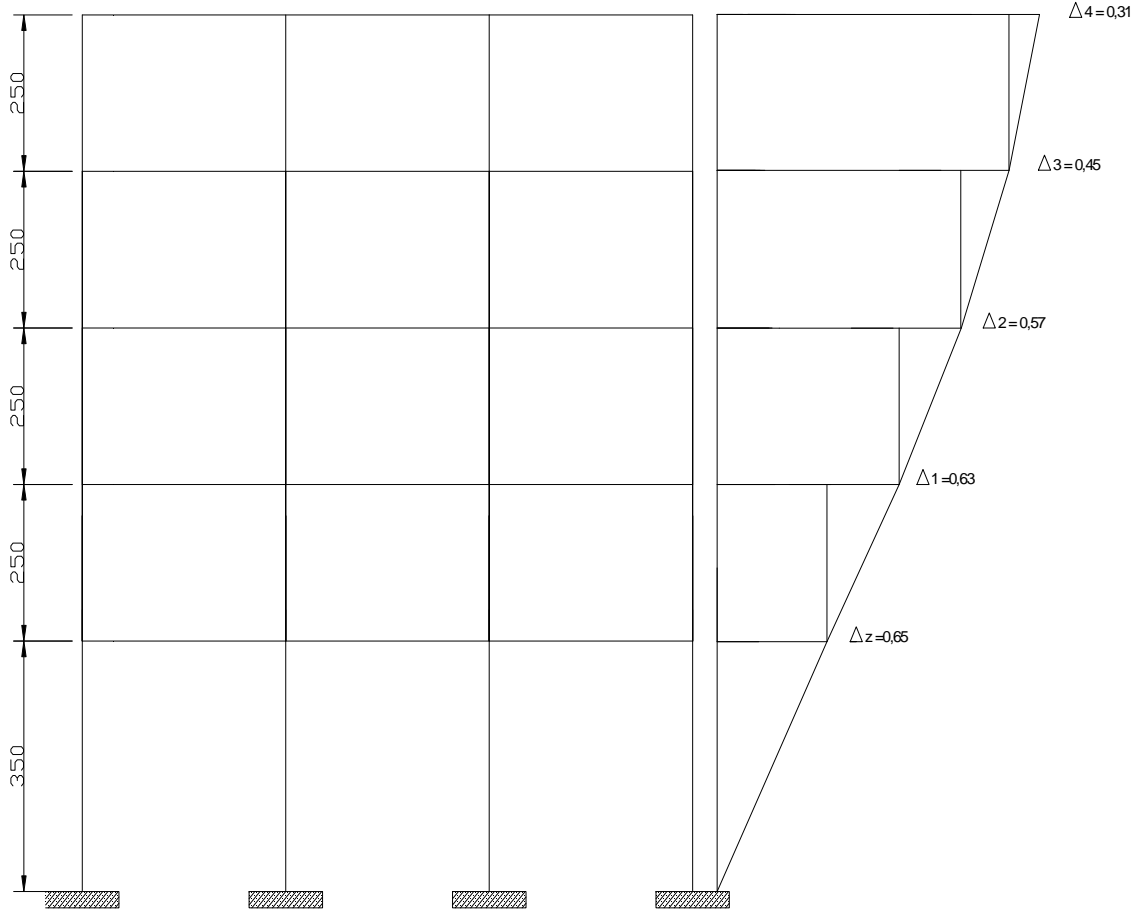
Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,50\text{m}$ ) zemin kat yüksekliği  $3,00\text{ m}$  ( $h_z=3,50\text{m}$ ) 1997 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği görülmemektedir.

Zemin kat yüksekliğini 3,50 m olması durumu



Şekil 4.21  $h_i=2,50\text{m}$  zemin kat yüksekliği ( $h_z=1,40 \cdot h_i$ ) 3,50m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 10 'de sunulmuştur.



Şekil 4.22 şekil 4.21 deki modelin görelî kat ötelenmeleri

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

$$\eta_{k1z} = \frac{0,65}{0,63} = 1,03 < 1.50$$

$$\eta_{k11} = \frac{0,63}{0,57} = 1,10 < 1.50$$

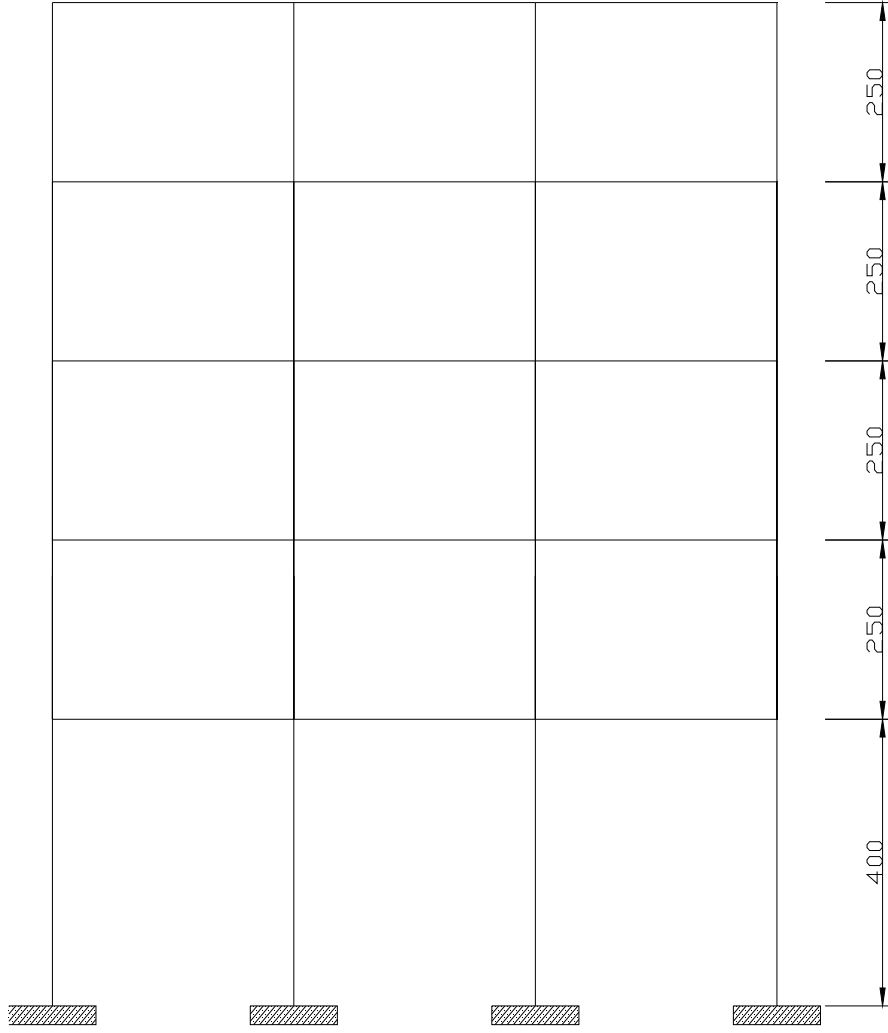
$$\eta_{k12} = \frac{0,57}{0,45} = 1,27 < 1.50$$

$$\eta_{k13} = \frac{0,46}{0,31} = 1,48 < 1.50$$

Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,50\text{m}$ ) zemin kat yüksekliği  $3,50\text{ m}$  ( $h_z=3,50\text{m}$ ) 1997 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği görülmemektedir.

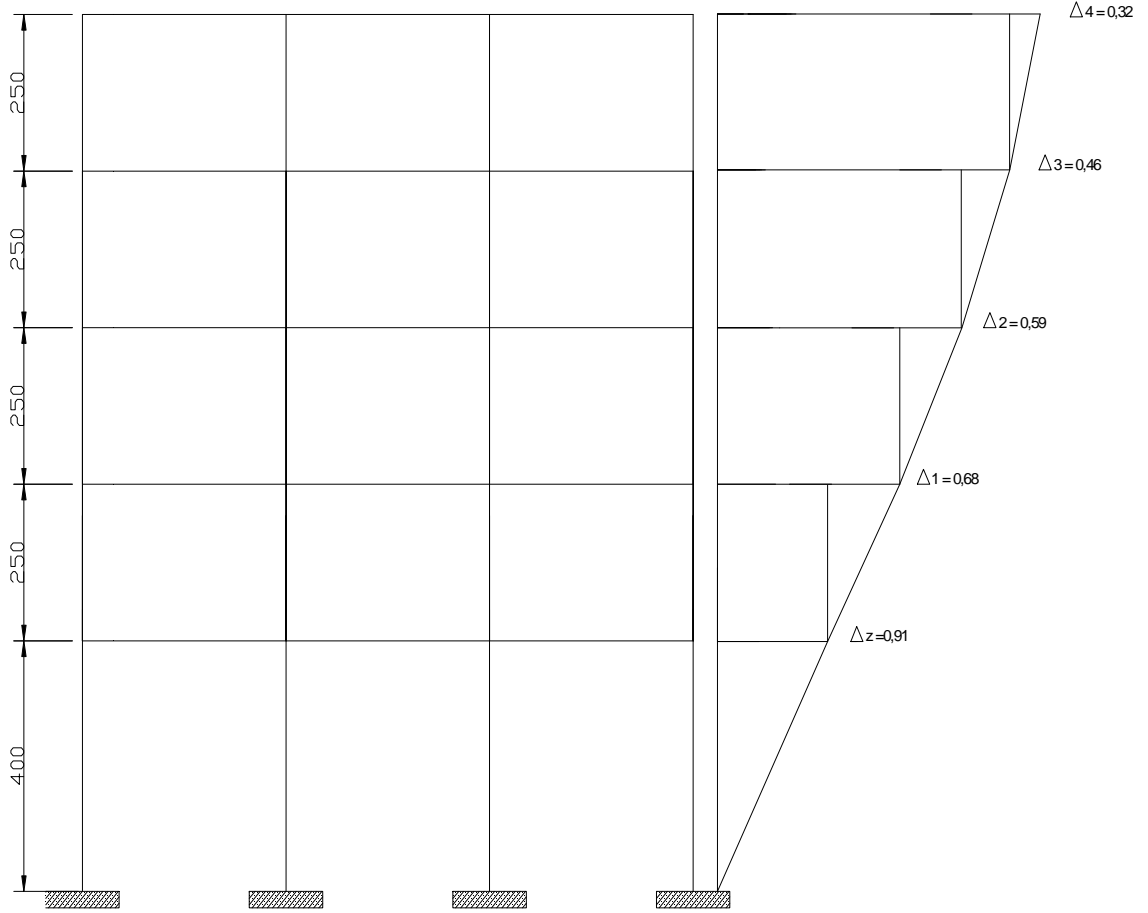


Zemin kat yüksekliğini 4,00 m olması durumu



Şekil 4.23  $h_i=2,50\text{m}$  zemin kat yüksekliği ( $h_z=1,60 \cdot h_i$ ) 4,00m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 11 'de sunulmuştur.



Şekil 4.24 şekil 4.23' deki modelin görelî kat ötelenmeleri

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

$$\eta_{k1z} = \frac{0,91}{0,68} = 1,34 < 1.50$$

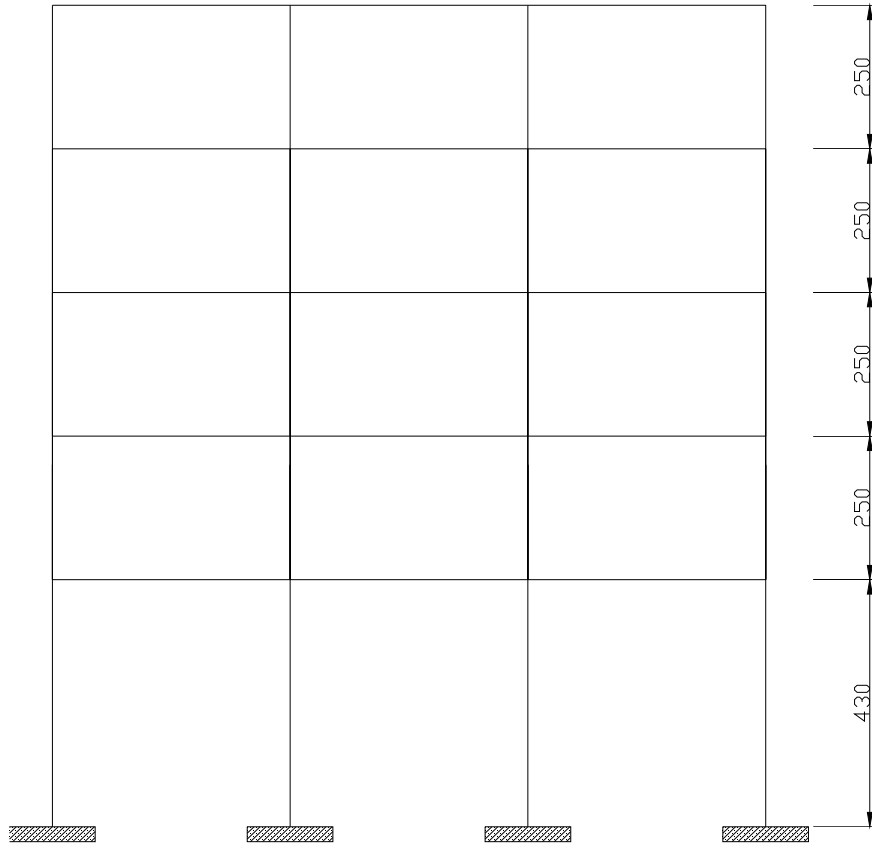
$$\eta_{k11} = \frac{0,68}{0,59} = 1,15 < 1.50$$

$$\eta_{k12} = \frac{0,59}{0,46} = 1,28 < 1.50$$

$$\eta_{k13} = \frac{0,46}{0,32} = 1,44 < 1.50$$

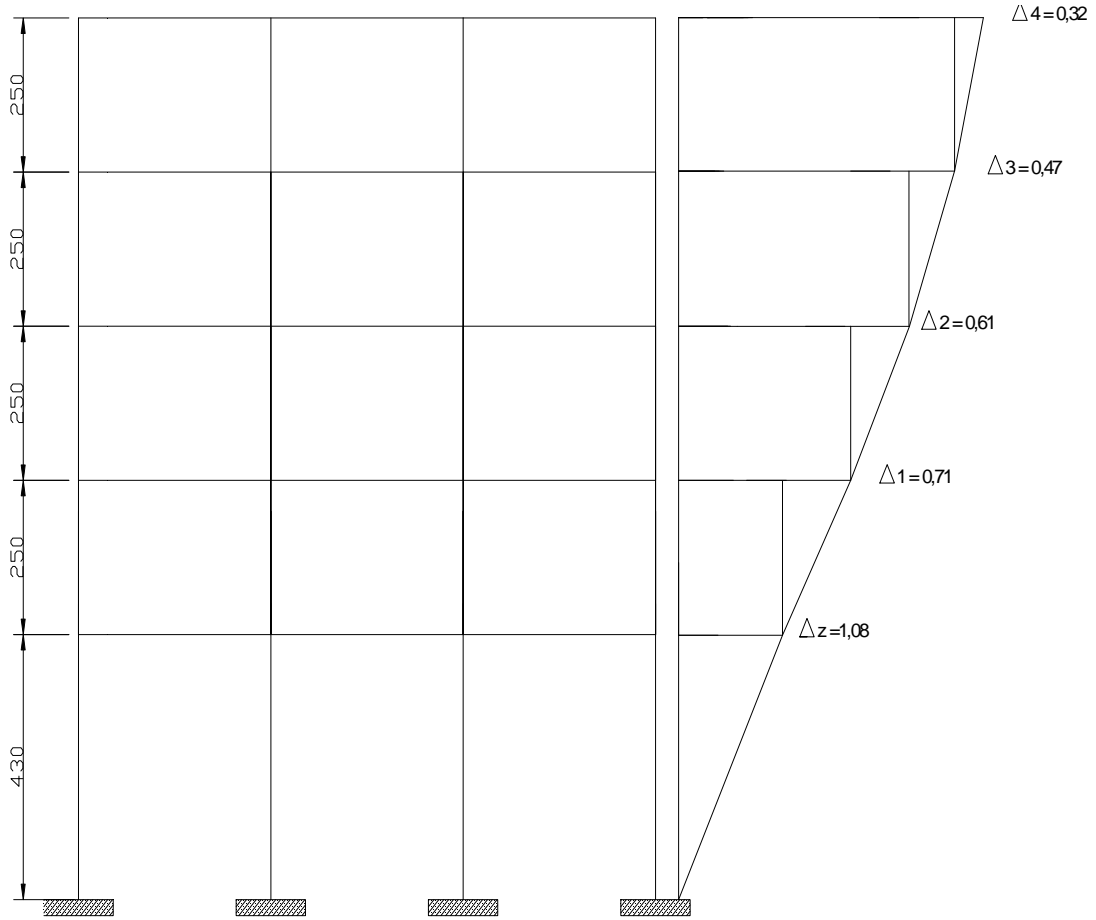
Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,50\text{m}$ ) zemin kat yüksekliği  $4,00\text{ m}$  ( $h_z=4,00\text{m}$ ) 1997 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği görülmemektedir.

Zemin kat yüksekliğinin 4,30 m olması durumu



Şekil 4.25  $h_i=2,50\text{m}$  zemin kat yüksekliği ( $h_z = 1,70 \cdot h_i$ ) 4,30m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 12 'de sunulmuştur.



Şekil 4.26 şekil 4.25' deki modelin görelî kat ötelenmeleri

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

$$\eta_{k1z} = \frac{1,08}{0,71} = 1,52 > 1.50$$

$$\eta_{k11} = \frac{0,71}{0,61} = 1,16 < 1.50$$

$$\eta_{k12} = \frac{0,61}{0,47} = 1,30 < 1.50$$

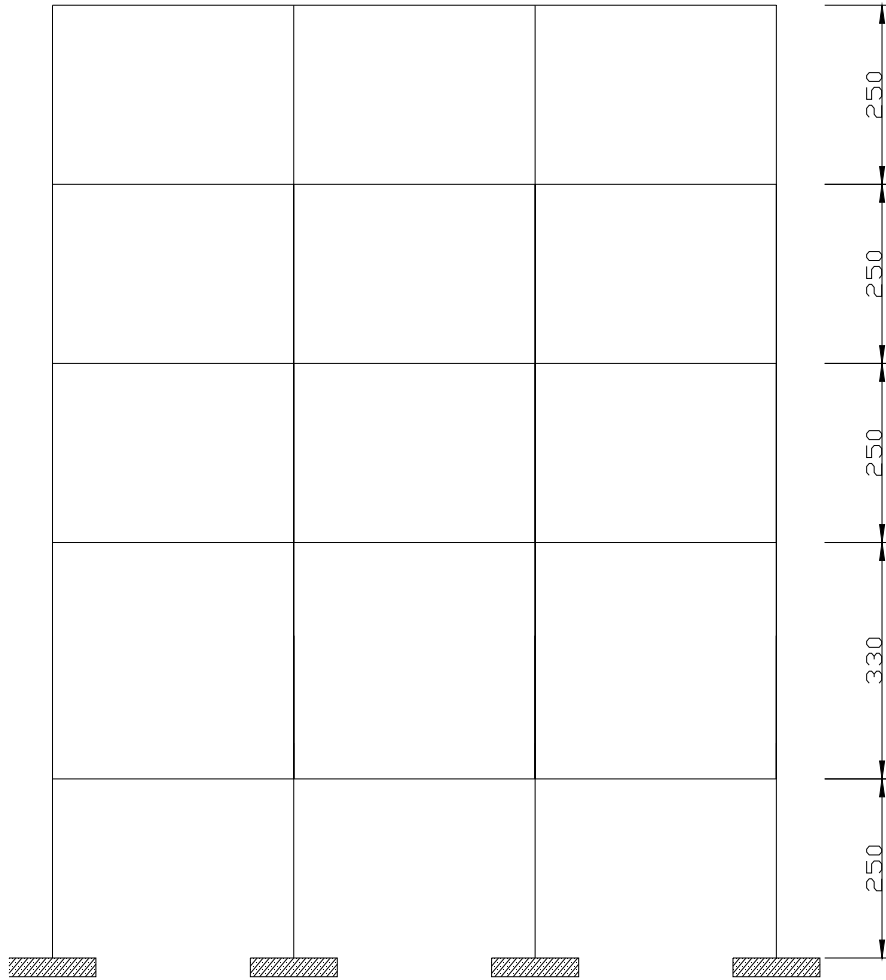
$$\eta_{k13} = \frac{0,47}{0,32} = 1,47 < 1.50$$

Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,50\text{m}$ ) zemin kat yüksekliği  $4,30\text{ m}$  ( $h_z=4,30\text{m}$ ) 1997 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç noktasıdır. Bu modelde kat yükseklikleri sabit tutularak zemin katın

yüksekliği 4,30 m üzerindeki tüm değerlerde Yumuşak Kat Düzensizliği görülecektir.

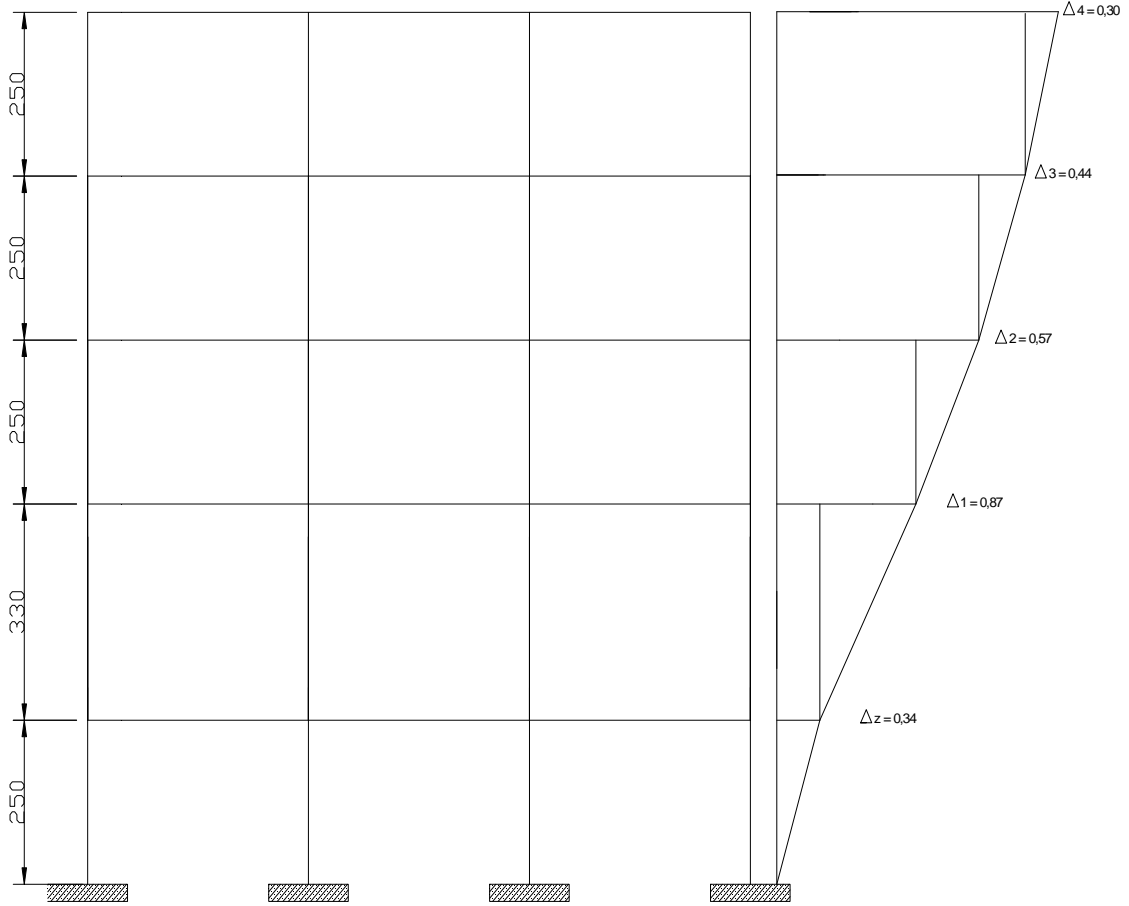
Benzer şekilde Modelin kat yükseklikleri sabit tutularak ( $h_i=2,50m$ ) 1. katın yüksekliği 2,50 m den başlanıp 0,5 m artırılarak çözümler yapılmış, Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç yüksekliğinin 3,30 m ( $h_1=3,30m$ ) olduğu görülmüştür.

Buna ait çözüm Şekil 4.27'de verilmiştir.



Şekil 4.27  $h_i=2,50m$  1. kat yüksekliği ( $h_1 =1,32*h_i$ ) 3,30m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 13 'de sunulmuştur.



Şekil 4.28 şekil 4.27 deki modelin görelî kat ötelenmeleri

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

$$\eta_{k1z} = \frac{1,08}{0,71} = 1,52 > 1.50$$

$$\eta_{k11} = \frac{0,71}{0,61} = 1,16 < 1.50$$

$$\eta_{k12} = \frac{0,61}{0,47} = 1,30 < 1.50$$

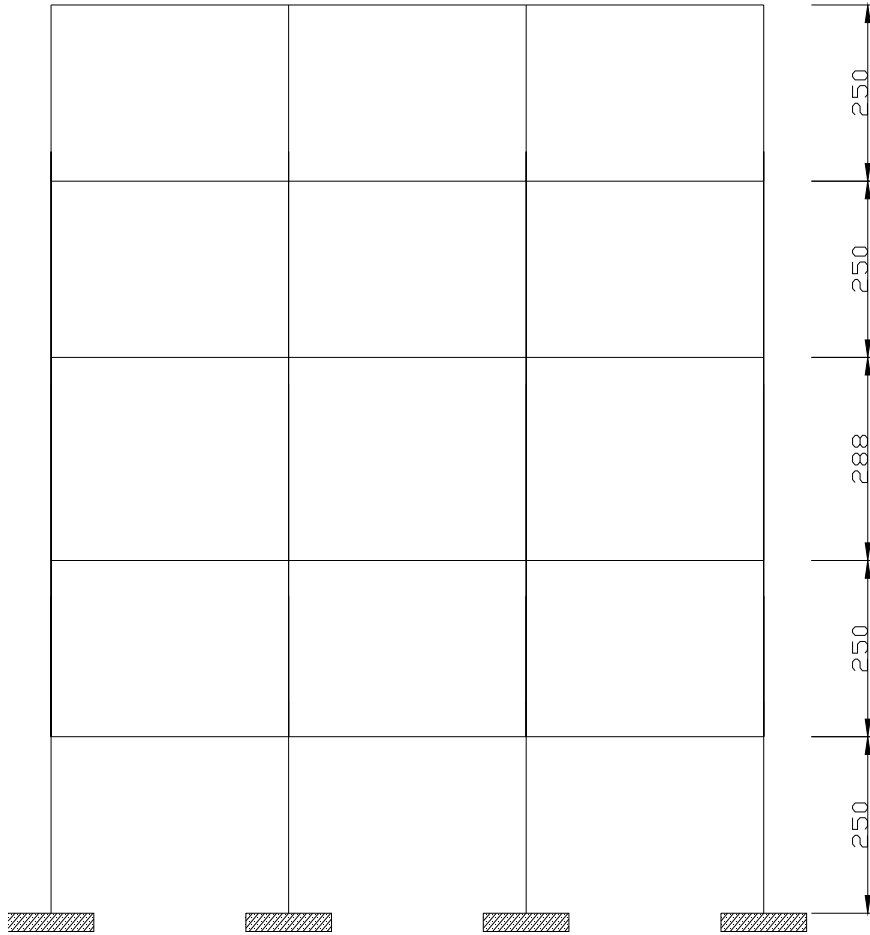
$$\eta_{k13} = \frac{0,47}{0,32} = 1,47 < 1.50$$

Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,50\text{m}$ ) 1. kat yüksekliği 3,30 m ( $h_1=3,30\text{m}$ ) 1997 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç

noktasıdır. Bu modelde kat yükseklikleri sabit tutularak 1. katın yüksekliği 3,30 m üzerindeki tüm değerlerde Yumuşak Kat Düzensizliği görülecektir.

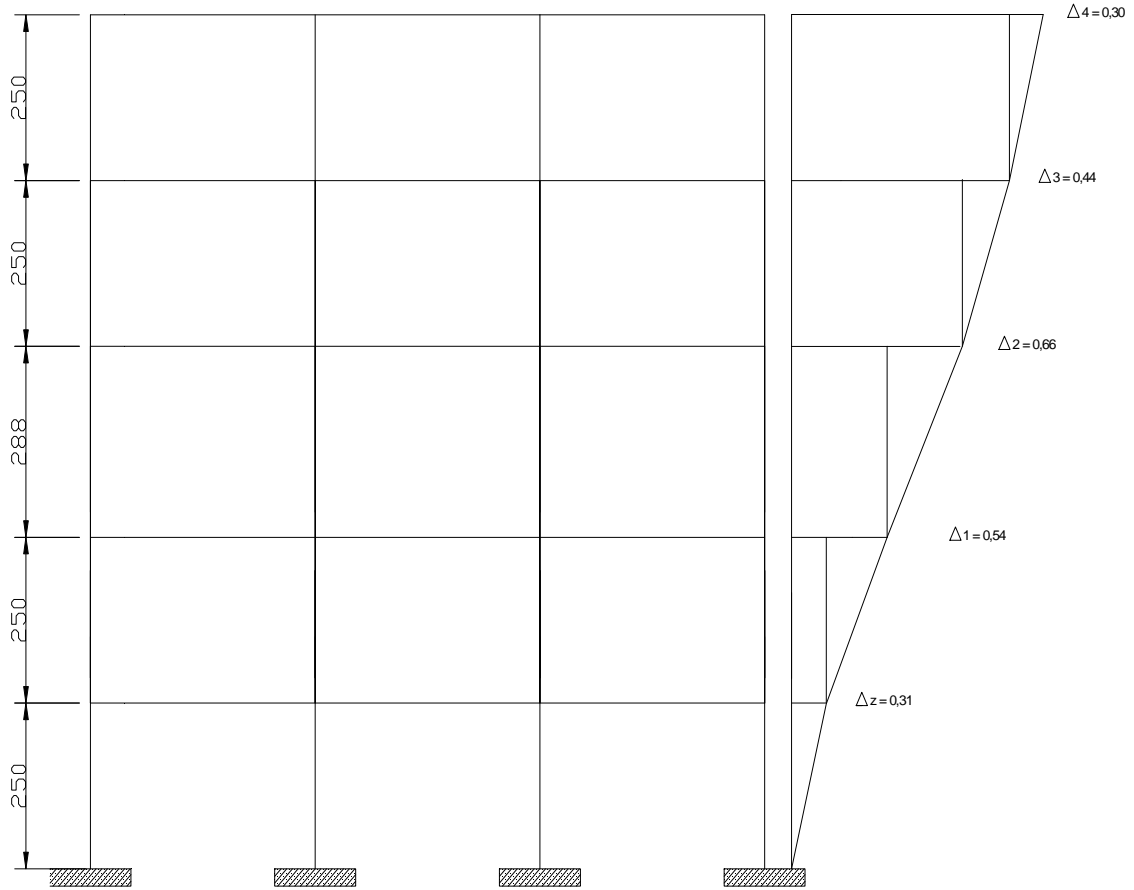
Benzer şekilde Modelin kat yükseklikleri sabit tutularak ( $h_1=2,50m$ ) 2. katın Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç yüksekliğinin 2,88 m ( $h_2=2,88m$ ) olduğu görülmüştür.

Buna ait çözüm Şekil 4.29'de verilmiştir.



Şekil 4.29  $h_1=2,50m$  2.Kat yüksekliği ( $h_2 =1,15 \cdot h_1$ ) 2,88m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 14 'de sunulmuştur.



Şekil 4.30 şekil 4.29 deki modelin görelî kat ötelenmeleri

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

$$\eta_{k1z} = \frac{0,31}{0,54} = 0,57 < 1.50$$

$$\eta_{k11} = \frac{0,54}{0,65} = 0,83 < 1.50$$

$$\eta_{k12} = \frac{0,66}{0,44} = 1,50 \geq 1.50$$

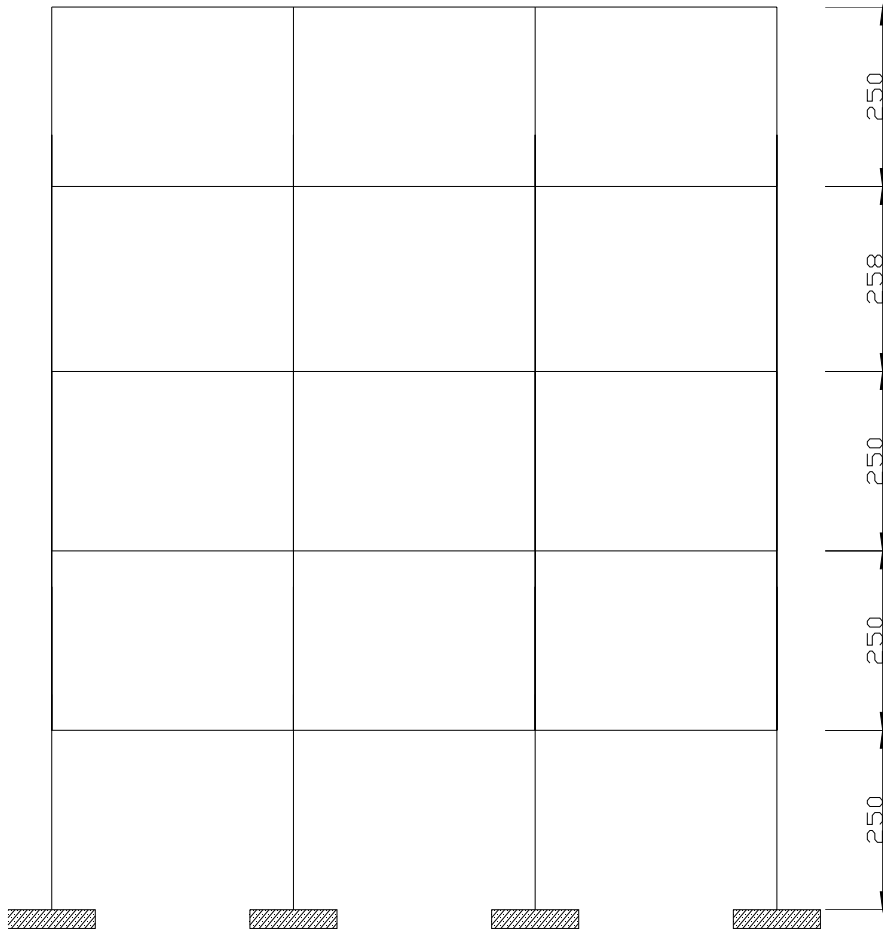
$$\eta_{k13} = \frac{0,44}{0,30} = 1,47 < 1.50$$

Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,50\text{m}$ ) 2. kat yüksekliği 2,88 m ( $h_2=2,88\text{m}$ ) 1997 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç noktasıdır. Bu modelde kat yükseklikleri sabit tutularak 2. katın yüksekliği 2,88 m üzerindeki tüm değerlerde Yumuşak Kat Düzensizliği görülecektir.



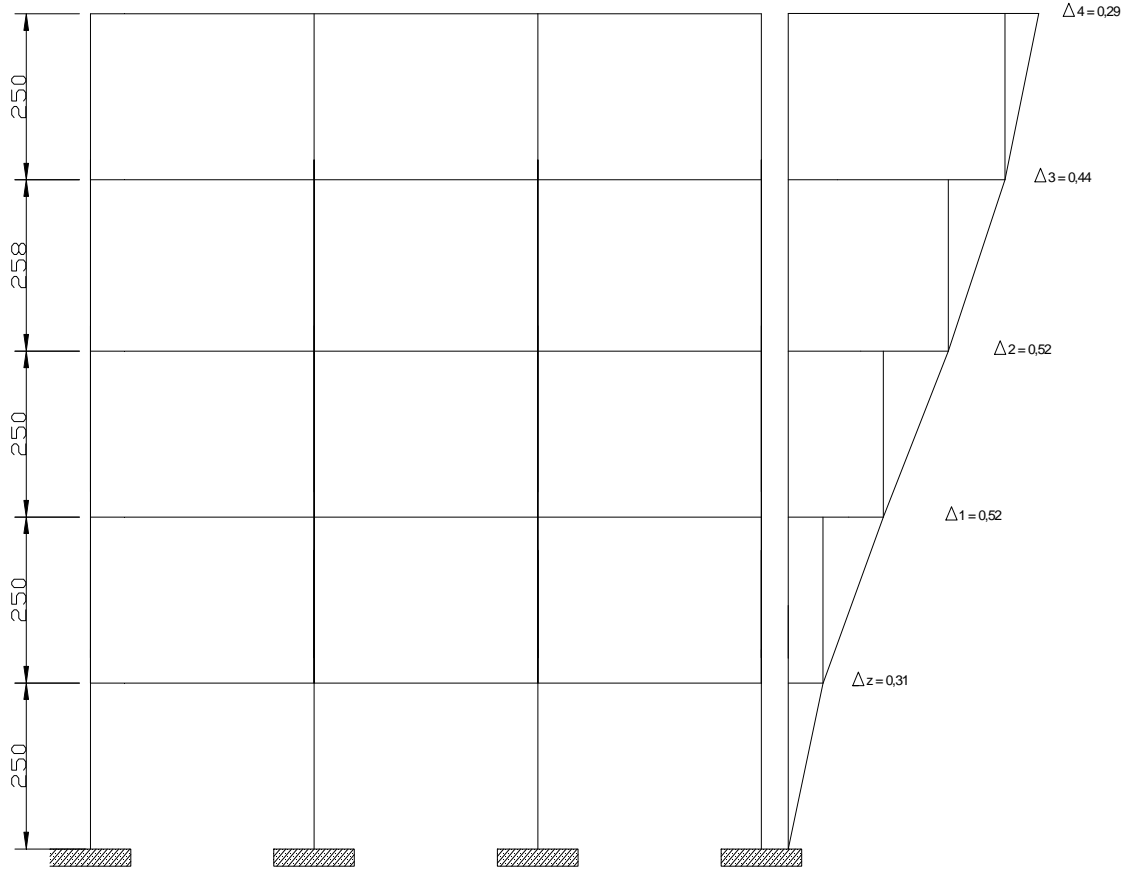
Benzer şekilde Modelin kat yükseklikleri sabit tutularak ( $h_i=2,50\text{m}$ ) 3. katın Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç yüksekliğinin  $2,58\text{ m}$  ( $h_1=2,58\text{m}$ ) olduğu görülmüştür.

Buna ait çözüm Şekil 4.31 'de verilmiştir.



Şekil 4.31  $h_i=2,50\text{m}$  3.Kat yüksekliği ( $h_3 =1,03 \cdot h_i$ )  $2,58\text{m}$  olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 15 'de sunulmuştur.



Şekil 4.32 şekil 4.31' deki modelin görelî kat ötelenmeleri

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

$$\eta_{k1z} = \frac{0,30}{0,52} = 0,58 < 1.50$$

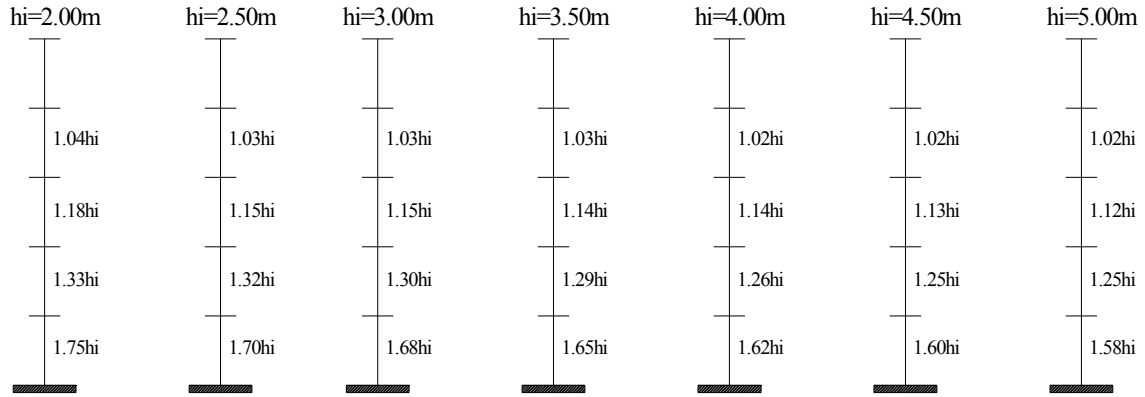
$$\eta_{k11} = \frac{0,52}{0,52} = 1,00 < 1.50$$

$$\eta_{k12} = \frac{0,52}{0,44} = 1,18 < 1.50$$

$$\eta_{k13} = \frac{0,44}{0,29} = 1,52 \geq 1.50$$

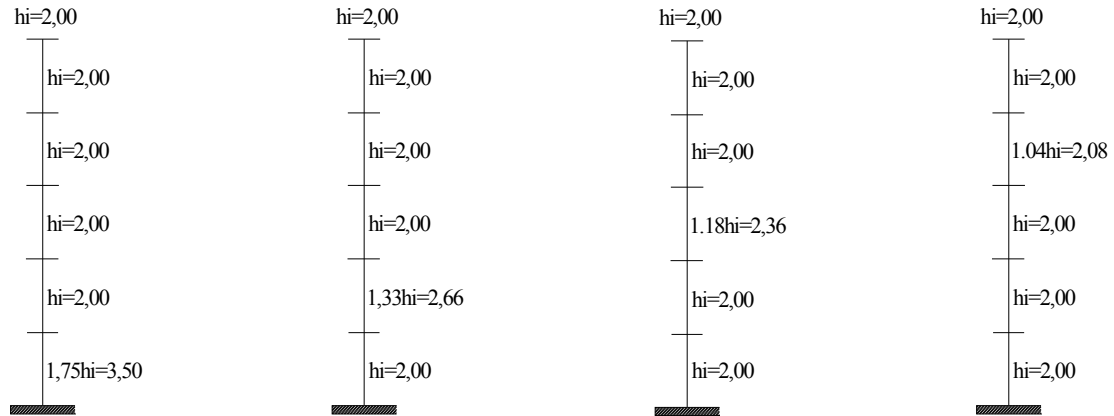
Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,50\text{m}$ ) 3. kat yüksekliği 2,58 m ( $h_3=2,58\text{m}$ ) 1997 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç noktasıdır. Bu modelde kat yükseklikleri sabit tutularak 3. katın yüksekliği 2,58 m üzerindeki tüm değerlerde Yumuşak Kat Düzensizliği görülecektir.

Benzer şekilde 1997 yönetmeliğine göre, kat yükseklikleri 0,5 m artırılarak yapılan çözümlerdeki Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç noktaları Şekil 4.33'de verilmiştir.

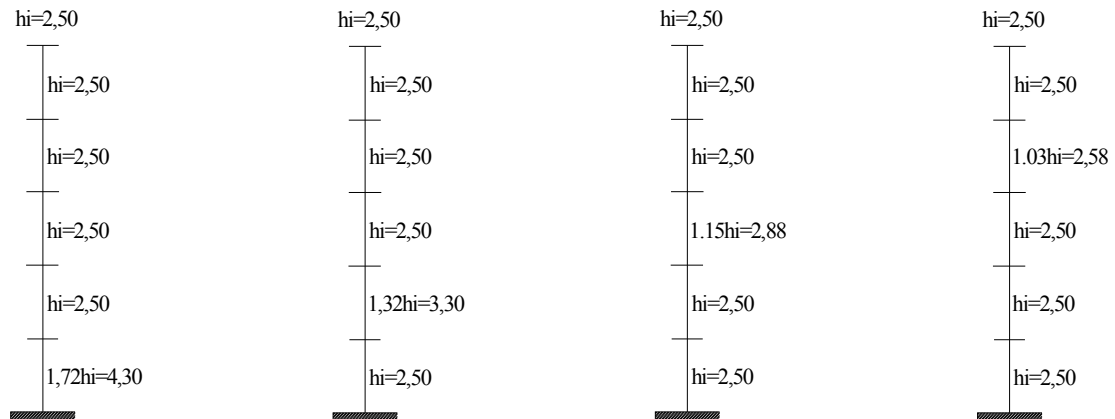


Şekil 4.33 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğe (1997) Göre Yapılan Çözümler

Şekil 4.33'ün açıklaması Şekil 4.34 ve Şekil 4.35'de ki gibidir



Şekil 4.34 Şekil 4.33 'deki Kat Yüksekliği 2,00 m olan (hi=2,00) Yapı Modelinin Açıklaması

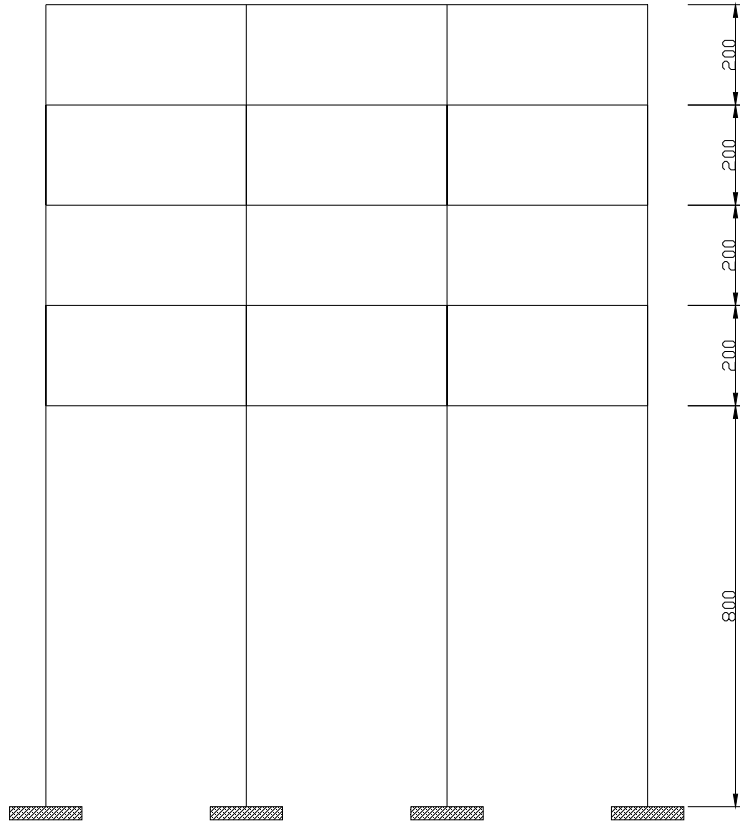


Şekil 4.35 Şekil 4.33 'deki Kat Yüksekliği 2,50 m olan (hi=2,50) Yapı Modelinin Açıklaması

#### 4.2. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğe (D.B.Y.B.H.Y.2007) Göre Yapılan Çözümler

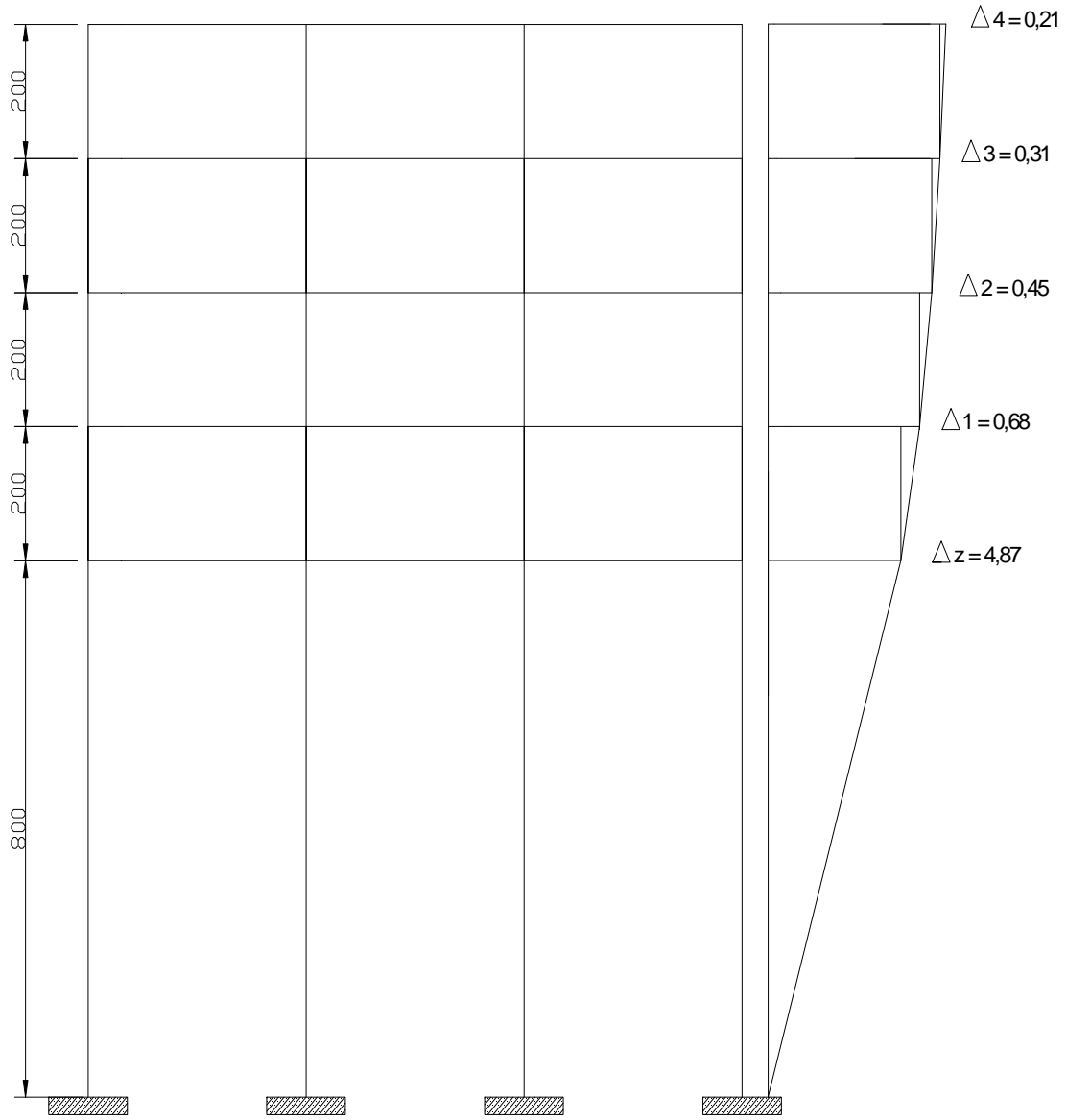
Aynı yapı modelinin ( $h_i = 2,00$  m) 2007 yönetmeliğine göre zemin kat yüksekliğinin değişmesi durumunda Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç noktası araştırılmıştır. Kat yükseklikleri 2,00-9,00 m aralığındayken Yumuşak Kat Düzensizliği görülmemiştir. Bu nedenle zemin kat yüksekliğini  $h_z=8.00$  m den başlatıp 0,5 m artırarak çözümler yapılacaktır. 2007 yönetmeliğine göre çözümler şu şekildedir;

Zemin kat yüksekliğini 8,00 m olması durumu



Şekil 4.36  $h_i=2,00$ m, zemin kat yüksekliği ( $h_z =4,00*h_i$ ) 8,00m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 16 'de sunulmuştur.



Şekil 4.37 şekil 4.36 deki modelin görelî kat ötelenmeleri

$$\eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i+1})_{ort}}{h_{i+1}}} > 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i-1})_{ort}}{h_{i-1}}} > 2,00$$

$$\eta_{k1z} = \frac{\frac{4,87}{8,00}}{\frac{0,61}{2,00}} = \frac{0,61}{0,34} = 1,79 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k11} = \frac{\frac{0,68}{2,00}}{\frac{4,87}{8,00}} = \frac{0,34}{0,61} = 0,56 < 2,00$$

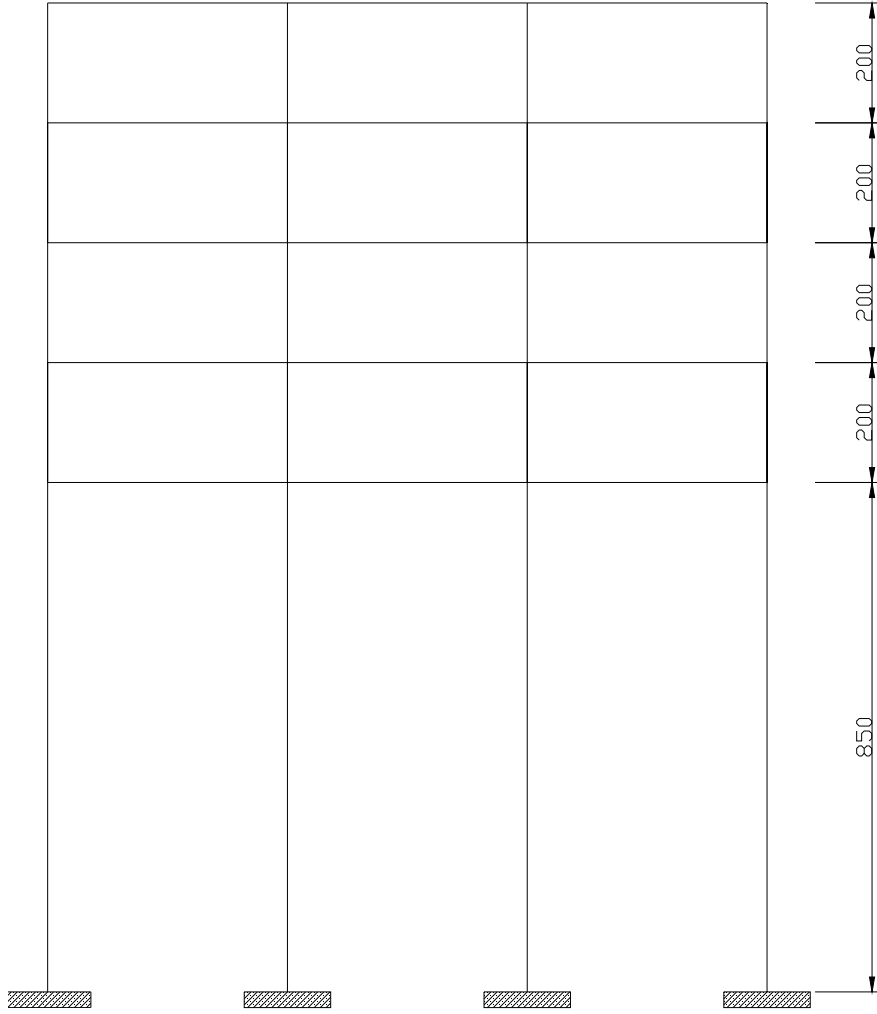
$$\eta_{k11} = \frac{\frac{0,45}{2,00}}{\frac{0,31}{2,00}} = \frac{0,225}{0,155} = 1,45 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k12} = \frac{\frac{0,68}{2,00}}{\frac{0,45}{2,00}} = \frac{0,34}{0,225} = 1,51 < 2,00$$

$$\eta_{k12} = \frac{\frac{0,45}{2,00}}{\frac{0,31}{2,00}} = \frac{0,225}{0,155} = 1,45 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k13} = \frac{\frac{0,68}{2,00}}{\frac{0,45}{2,00}} = \frac{0,34}{0,225} = 1,51 < 2,00$$

$$\eta_{k13} = \frac{\frac{0,31}{2,00}}{\frac{0,21}{2,00}} = \frac{0,155}{0,105} = 1,48 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k14} = \frac{\frac{0,31}{2,00}}{\frac{0,21}{2,00}} = \frac{0,155}{0,105} = 1,48 < 2,00$$

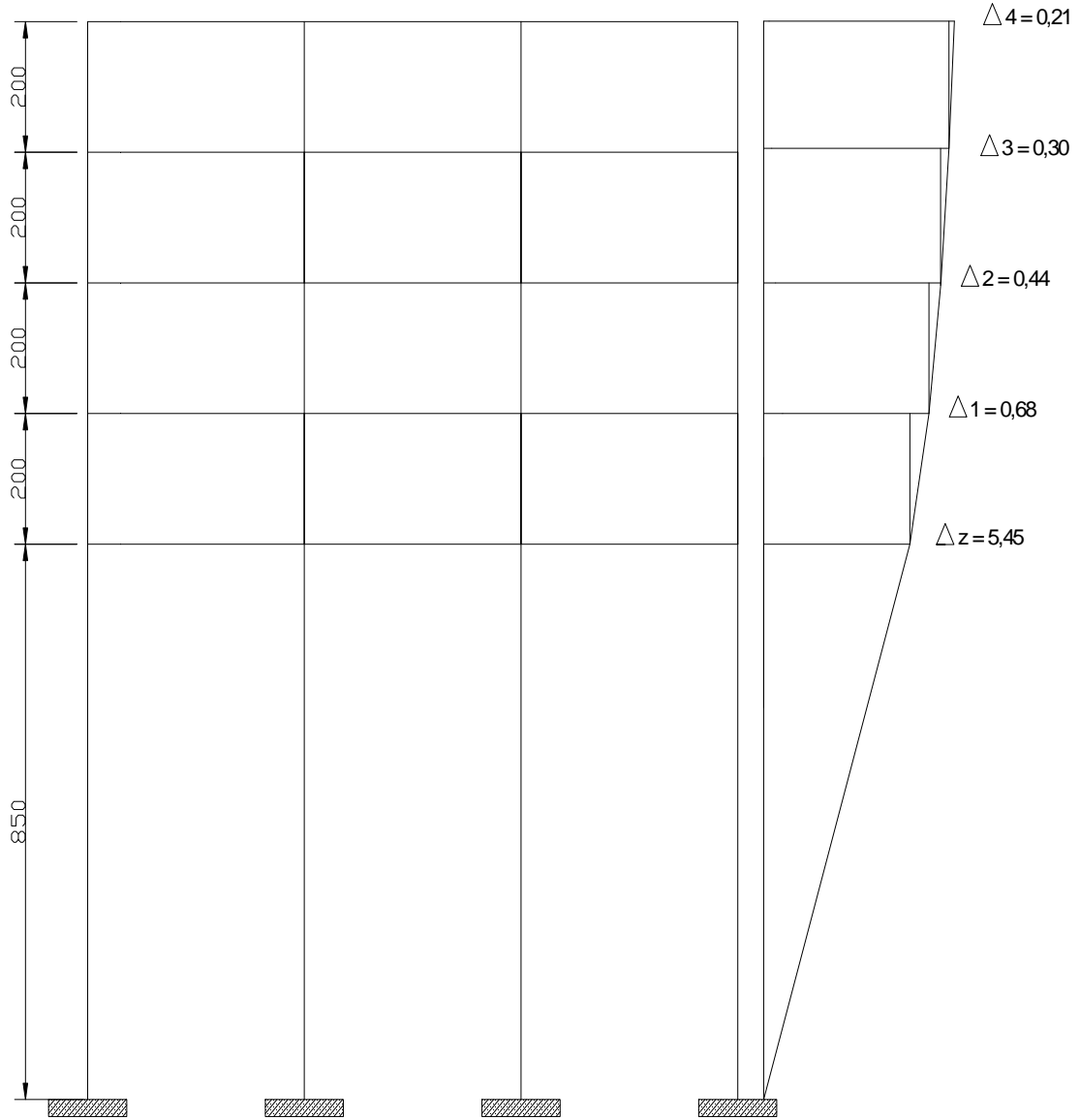
Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,00\text{m}$ ) ve zemin kat yüksekliği  $8,00\text{ m}$  ( $h_z=8,00$ ) olan yapının 2007 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği görülmemektedir.

Çözümlere zemin kat yüksekliğini 0,5 m artırarak ( $h_z=8,50$  m) devam edilmiştir.



Şekil 4.38  $h_i=2,00$ m, zemin kat yüksekliği ( $h_z=4,25 \cdot h_i$ ) 8,50m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 17 'de sunulmuştur.



Şekil 4.39 şekil 4.37' deki modelin görelî kat ötelenmeleri

$$\eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i+1})_{ort}}{h_{i+1}}} > 2,00$$

$$\text{veya } \eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i-1})_{ort}}{h_{i-1}}} > 2,00$$

$$\eta_{k1z} = \frac{\frac{5,45}{8,50}}{\frac{0,68}{2,00}} = \frac{0,64}{0,34} = 1,88 < 2,00$$

$$\text{veya } \eta_{k11} = \frac{\frac{0,68}{2,00}}{\frac{5,45}{8,50}} = \frac{0,34}{0,64} = 0,53 < 2,00$$

$$\eta_{k11} = \frac{\frac{0,68}{2,00}}{\frac{0,44}{2,00}} = \frac{0,34}{0,22} = 1,54 < 2,00$$

$$\text{veya } \eta_{k12} = \frac{\frac{0,44}{2,00}}{\frac{0,68}{2,00}} = \frac{0,22}{0,34} = 0,65 < 2,00$$

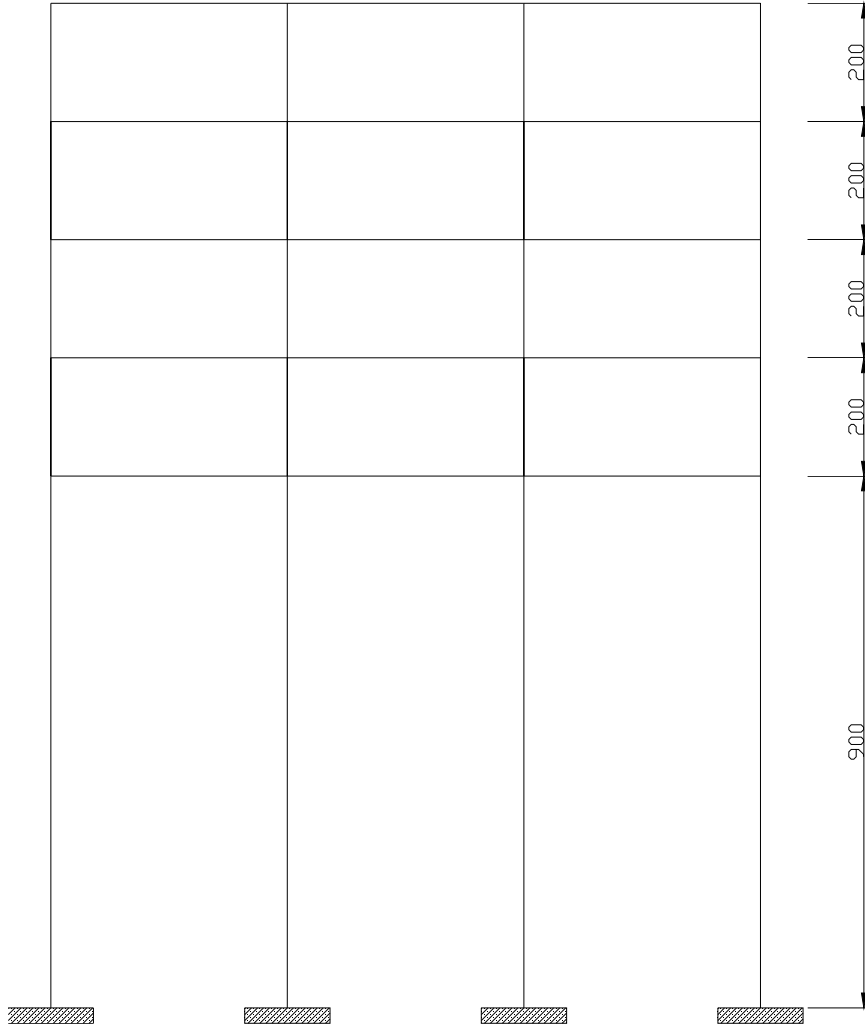


$$\eta_{k12} = \frac{\frac{0,44}{2,00}}{\frac{0,30}{2,00}} = \frac{0,22}{0,15} = 1,47 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k13} = \frac{\frac{0,30}{2,00}}{\frac{0,44}{2,00}} = \frac{0,15}{0,22} = 0,68 < 2,00$$

$$\eta_{k13} = \frac{\frac{0,30}{2,00}}{\frac{0,21}{2,00}} = \frac{0,15}{0,105} = 1,43 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k14} = \frac{\frac{0,21}{2,00}}{\frac{0,31}{2,00}} = \frac{0,105}{0,155} = 0,68 < 2,00$$

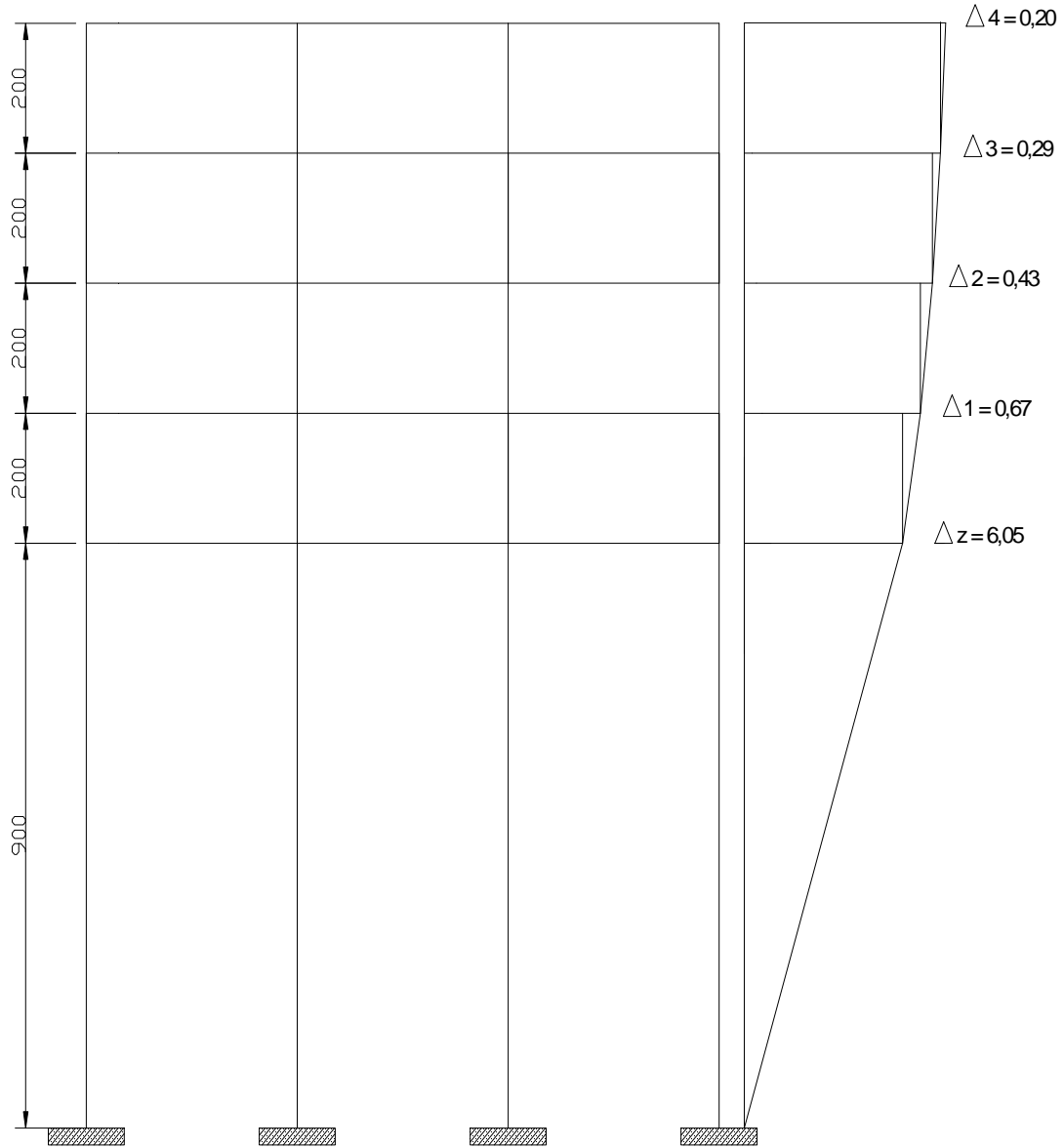
Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,00\text{m}$ ) zemin kat yüksekliği 8,50 m de ( $h_z=8,50\text{m}$ ) 2007 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği görülmemektedir.

Zemin kat yüksekliğini 9,00 m olması durumu



Şekil 4.40  $h_i=2,00\text{m}$ , zemin kat yüksekliği ( $h_z=4,50 \cdot h_i$ ) 9,00m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 18 'de sunulmuştur.



Şekil 4.41 şekil 4.40 deki modelin görelî kat ötelenmeleri

$$\eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i+1})_{ort}}{h_{i+1}}} > 2,00$$

veya

$$\eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i-1})_{ort}}{h_{i-1}}} > 2,00$$

$$\eta_{k1z} = \frac{\frac{6,05}{9,00}}{\frac{0,67}{2,00}} = \frac{0,67}{0,335} = 2,00 \geq 2,00$$

veya

$$\eta_{k11} = \frac{\frac{0,67}{2,00}}{\frac{6,05}{9,00}} = \frac{0,335}{6,05} = 0,5 < 2,00$$

$$\eta_{k11} = \frac{\frac{0,67}{2,00}}{\frac{0,43}{2,00}} = \frac{0,335}{0,215} = 1,56 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k12} = \frac{\frac{0,43}{2,00}}{\frac{0,67}{2,00}} = \frac{0,215}{0,335} = 0,64 < 2,00$$

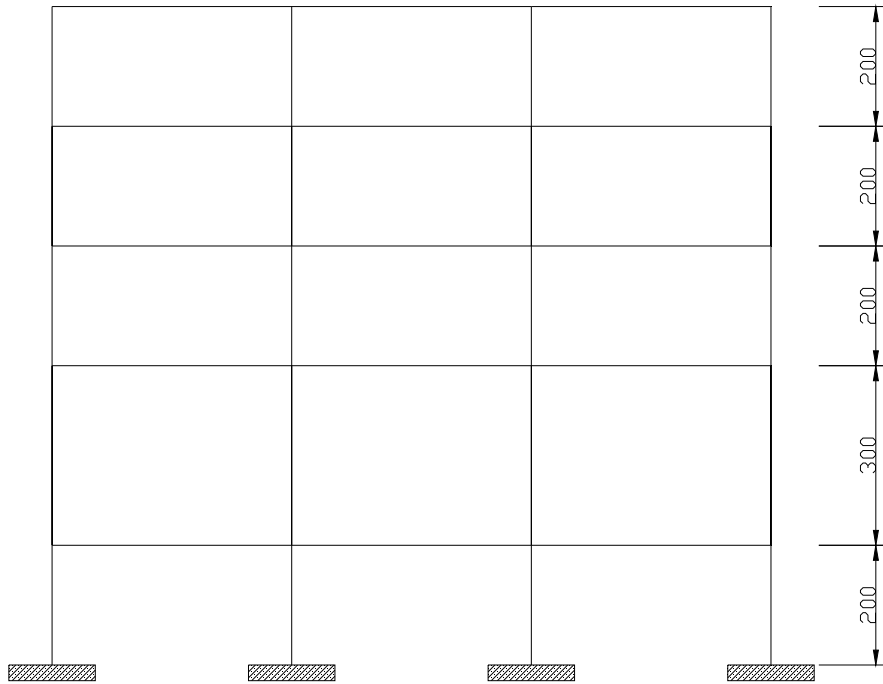
$$\eta_{k12} = \frac{\frac{0,43}{2,00}}{\frac{0,29}{2,00}} = \frac{0,215}{0,145} = 1,48 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k13} = \frac{\frac{0,29}{2,00}}{\frac{0,43}{2,00}} = \frac{0,145}{0,215} = 0,67 < 2,00$$

$$\eta_{k13} = \frac{\frac{0,29}{2,00}}{\frac{0,20}{2,00}} = \frac{0,145}{0,100} = 1,45 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k14} = \frac{\frac{0,20}{2,00}}{\frac{0,29}{2,00}} = \frac{0,100}{0,145} = 0,69 < 2,00$$

Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,00\text{m}$ ) zemin kat yüksekliği  $9,00\text{ m}$  de ( $h_z=9,00\text{m}$ ) 2007 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizlik başlangıç noktasıdır. Bu modelde kat yükseklikleri sabit tutularak zemin katın yüksekliği  $9,00\text{ m}$  üzerindeki tüm değerlerde Yumuşak Kat Düzensizliği görülecektir.

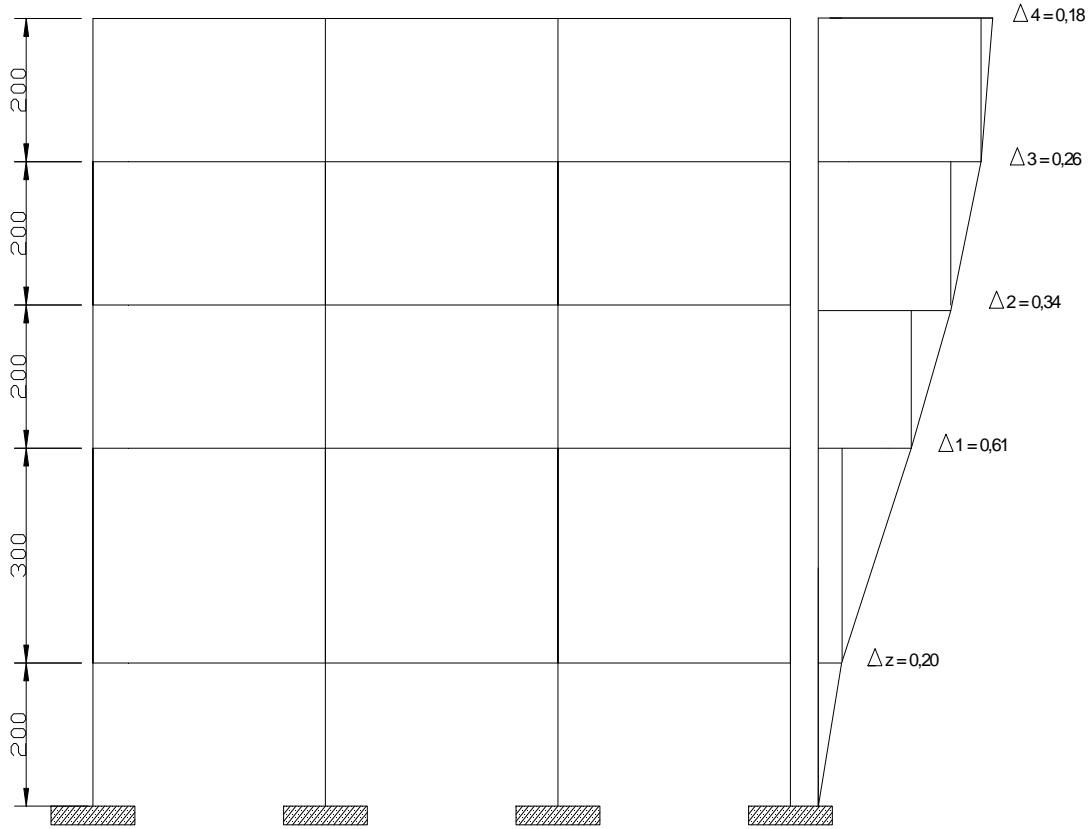
Benzer şekilde Modelin kat yüksekliklerini sabit tutularak ( $h_i=2,00\text{m}$ ) 1. katın Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç yüksekliğinin  $3,00\text{ m}$  ( $h_1=3,00\text{m}$ ) olduğu görülmüştür.

Buna ait çözüm Şekil 4.42’de verilmiştir.



Şekil 4.42  $h_i=2,00\text{m}$  1.kat yüksekliği ( $h_1 =1,50*h_i$ )  $3,00\text{m}$  olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 19 ‘de sunulmuştur.



Şekil 4.43 şekil 4.42 daki modelin görelî kat ötelenmeleri

$$\eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i+1})_{ort}}{h_{i+1}}} > 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i-1})_{ort}}{h_{i-1}}} > 2,00$$

$$\eta_{k1z} = \frac{\frac{0,20}{2,00}}{\frac{0,61}{3,00}} = \frac{0,10}{0,203} = 0,49 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k11} = \frac{\frac{0,61}{3,00}}{\frac{0,20}{2,00}} = \frac{0,20}{0,10} = 2,00 \geq 2,00$$

$$\eta_{k11} = \frac{\frac{0,61}{3,00}}{\frac{0,34}{2,00}} = \frac{0,203}{0,17} = 1,19 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k12} = \frac{\frac{0,34}{2,00}}{\frac{0,61}{3,00}} = \frac{0,17}{0,20} = 0,85 < 2,00$$

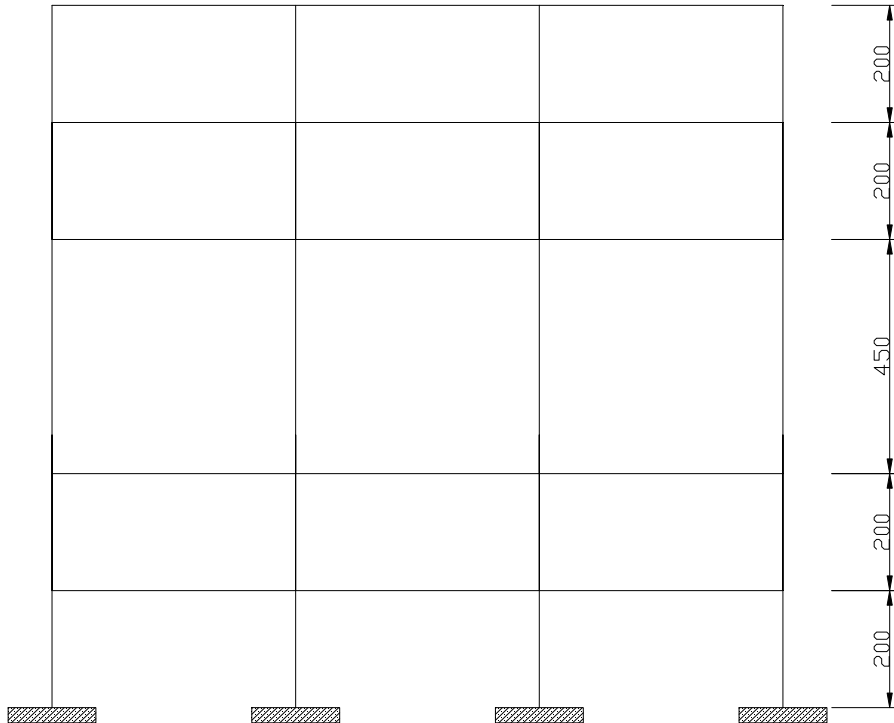
$$\eta_{k12} = \frac{\frac{0,34}{2,00}}{\frac{0,26}{2,00}} = \frac{0,17}{0,13} = 1,31 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k13} = \frac{\frac{0,26}{2,00}}{\frac{0,34}{2,00}} = \frac{0,13}{0,17} = 0,76 < 2,00$$

$$\eta_{k13} = \frac{\frac{0,26}{2,00}}{\frac{0,18}{2,00}} = \frac{0,13}{0,09} = 1,44 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k14} = \frac{\frac{0,20}{2,00}}{\frac{0,29}{2,00}} = \frac{0,100}{0,145} = 0,69 < 2,00$$

Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,00\text{m}$ ) 1. kat yüksekliği 3,00 m de ( $h_1=3,00\text{m}$ ) 2007 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç noktasıdır. Bu modelde kat yükseklikleri sabit tutularak 1. katın yüksekliği 3,00 m üzerindeki tüm değerlerde Yumuşak Kat Düzensizliği görülecektir.

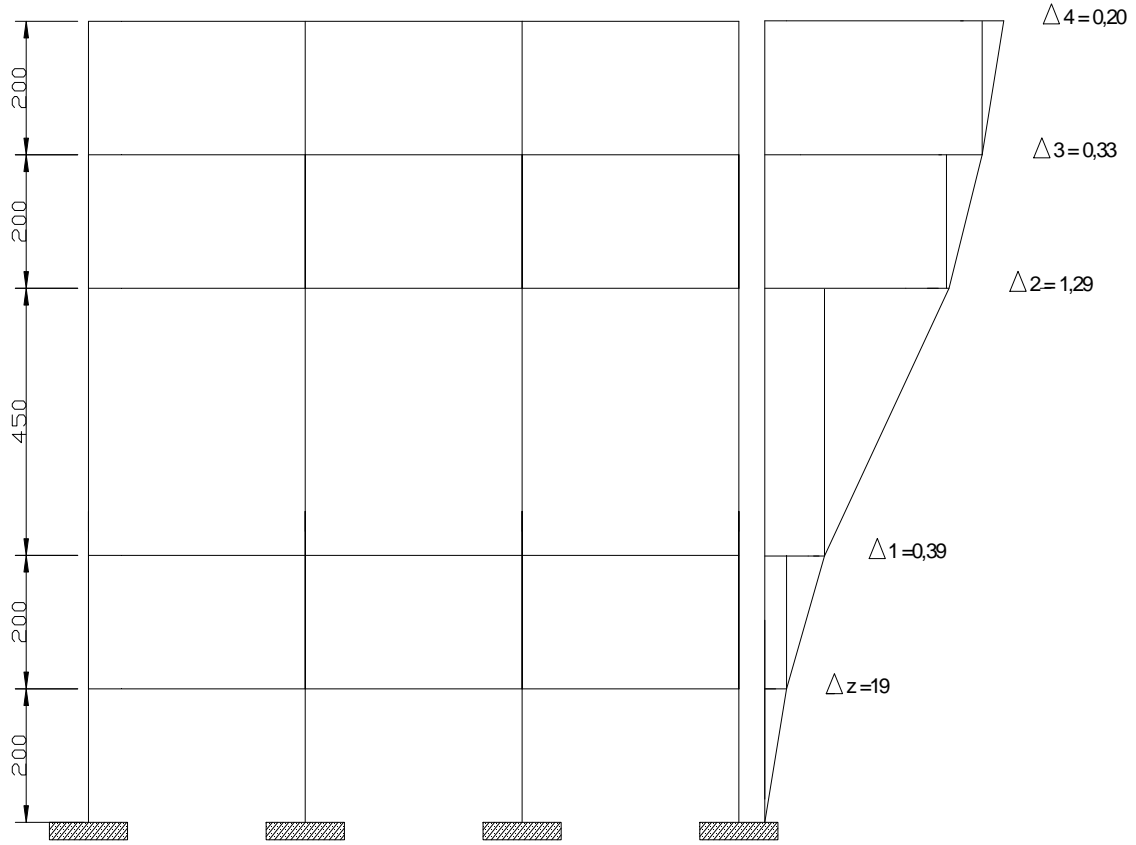
Benzer şekilde Modelin kat yükseklikleri sabit tutularak ( $h_i=2,00\text{m}$ ) 2. katın Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç yüksekliğinin 4,50 m ( $h_2=4,50\text{m}$ ) olduğu görülmüştür.

Buna ait çözüm Şekil 4.44'de verilmiştir.



Şekil 4.44  $h_i=2,00\text{m}$  2.kat yüksekliği ( $h_2 = 2,25 \cdot h_1$ ) 4,50m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 20 'de sunulmuştur.



Şekil 4.45 şekil 4.44 deki modelin görece kat ötelenmeleri

$$\eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i+1})_{ort}}{h_{i+1}}} > 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i-1})_{ort}}{h_{i-1}}} > 2,00$$

$$\eta_{k1z} = \frac{\frac{0,19}{2,00}}{\frac{0,39}{2,00}} = \frac{0,095}{0,195} = 0,49 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k11} = \frac{\frac{0,39}{2,00}}{\frac{0,19}{2,00}} = \frac{0,195}{0,095} = 2,05 > 2,00$$

$$\eta_{k11} = \frac{\frac{0,39}{2,00}}{\frac{1,29}{4,50}} = \frac{0,195}{0,287} = 0,68 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k12} = \frac{\frac{0,129}{4,50}}{\frac{0,39}{2,00}} = \frac{0,287}{0,195} = 1,47 < 2,00$$

$$\eta_{k12} = \frac{\frac{1,29}{2,00}}{\frac{0,33}{4,50}} = \frac{0,287}{0,165} = 1,74 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k13} = \frac{\frac{0,33}{2,00}}{\frac{0,33}{4,50}} = \frac{0,165}{0,287} = 0,58 < 2,00$$

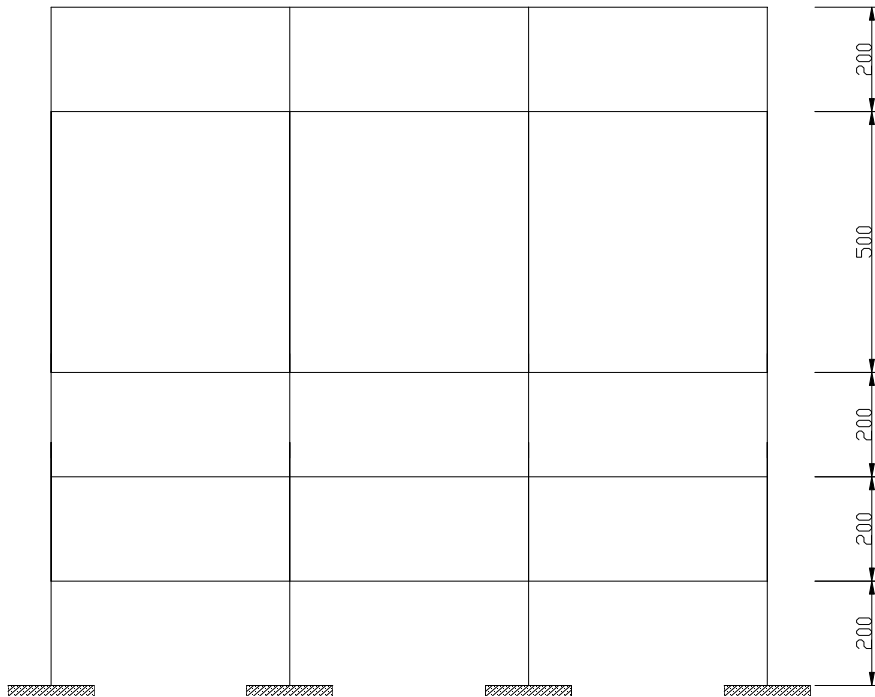


$$\eta_{k13} = \frac{\frac{0,33}{2,00}}{\frac{0,20}{2,00}} = \frac{0,165}{0,100} = 1,65 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k14} = \frac{\frac{0,20}{2,00}}{\frac{0,33}{2,00}} = \frac{0,100}{0,165} = 0,61 < 2,00$$

Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,00\text{m}$ ) 2. kat yüksekliği 4.50 m de ( $h_2=4,50\text{m}$ ) 2007 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç noktasıdır. Bu modelde kat yükseklikleri sabit tutularak 2. katın yüksekliği 4,50 m üzerindeki tüm değerlerde Yumuşak Kat Düzensizliği görülecektir.

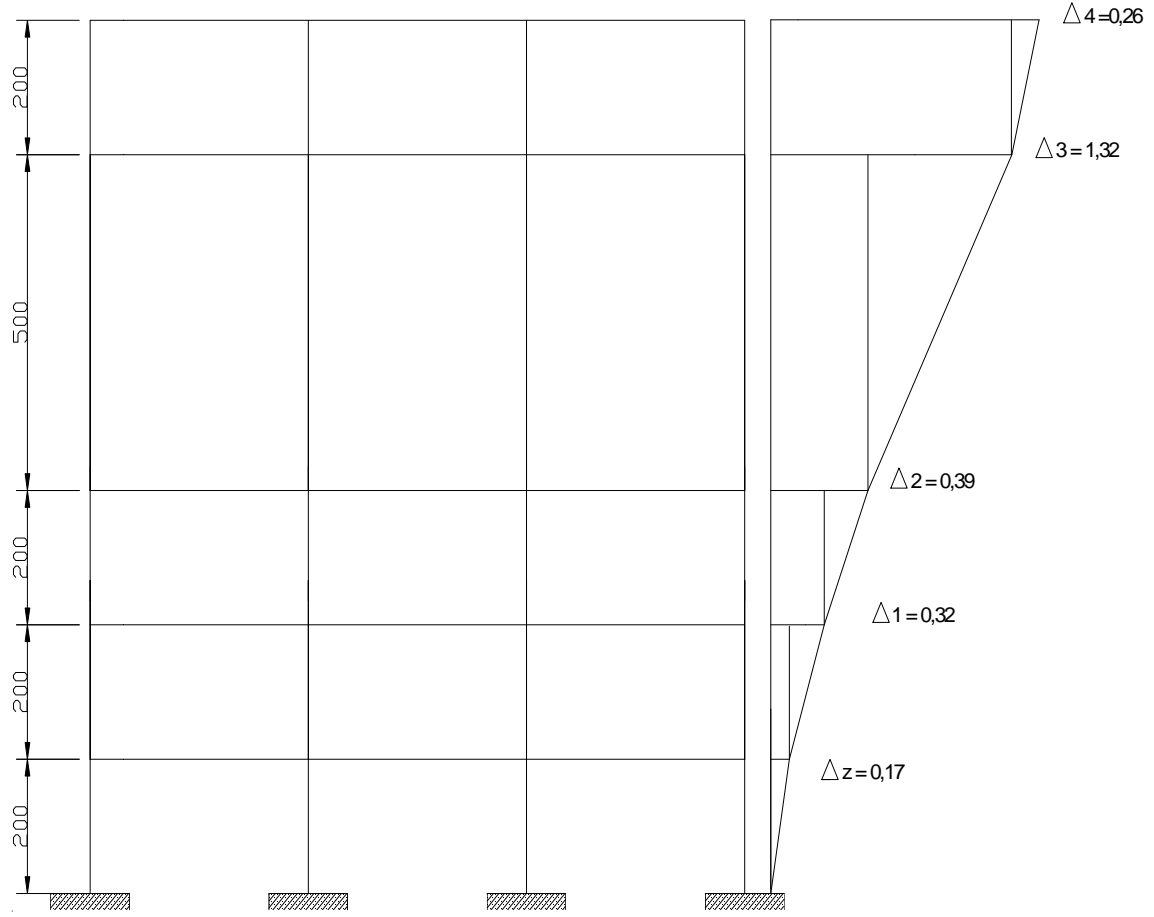
Benzer şekilde Modelin kat yükseklikleri sabit tutularak ( $h_i=2,00\text{m}$ ) 3. katın Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç yüksekliğinin 5,00m ( $h_3=5,00\text{m}$ ) olduğu görülmüştür.

Buna ait çözüm Şekil 4.46'de verilmiştir.



Şekil 4.46  $h_i=2,00\text{m}$  3.kat yüksekliği ( $h_3 = 2,50 \cdot h_i$ ) 5,00m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 21 'de sunulmuştur



Şekil 4.47 şekil 4.46 deki modelin görelî kat ötelenmeleri

$$\eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i+1})_{ort}}{h_{i+1}}} > 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i-1})_{ort}}{h_{i-1}}} > 2,00$$

$$\eta_{k1z} = \frac{\frac{0,17}{2,00}}{\frac{0,32}{2,00}} = \frac{0,085}{0,16} = 0,53 < 2,00 \quad \text{veya}$$

$$\eta_{k11} = \frac{\frac{0,32}{2,00}}{\frac{0,17}{2,00}} = \frac{0,16}{0,085} = 1,88 < 2,00$$

$$\eta_{k11} = \frac{\frac{0,32}{2,00}}{\frac{0,39}{2,00}} = \frac{0,16}{0,195} = 0,82 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k12} = \frac{\frac{0,39}{2,00}}{\frac{0,32}{2,00}} = \frac{0,195}{0,16} = 1,22 < 2,00$$

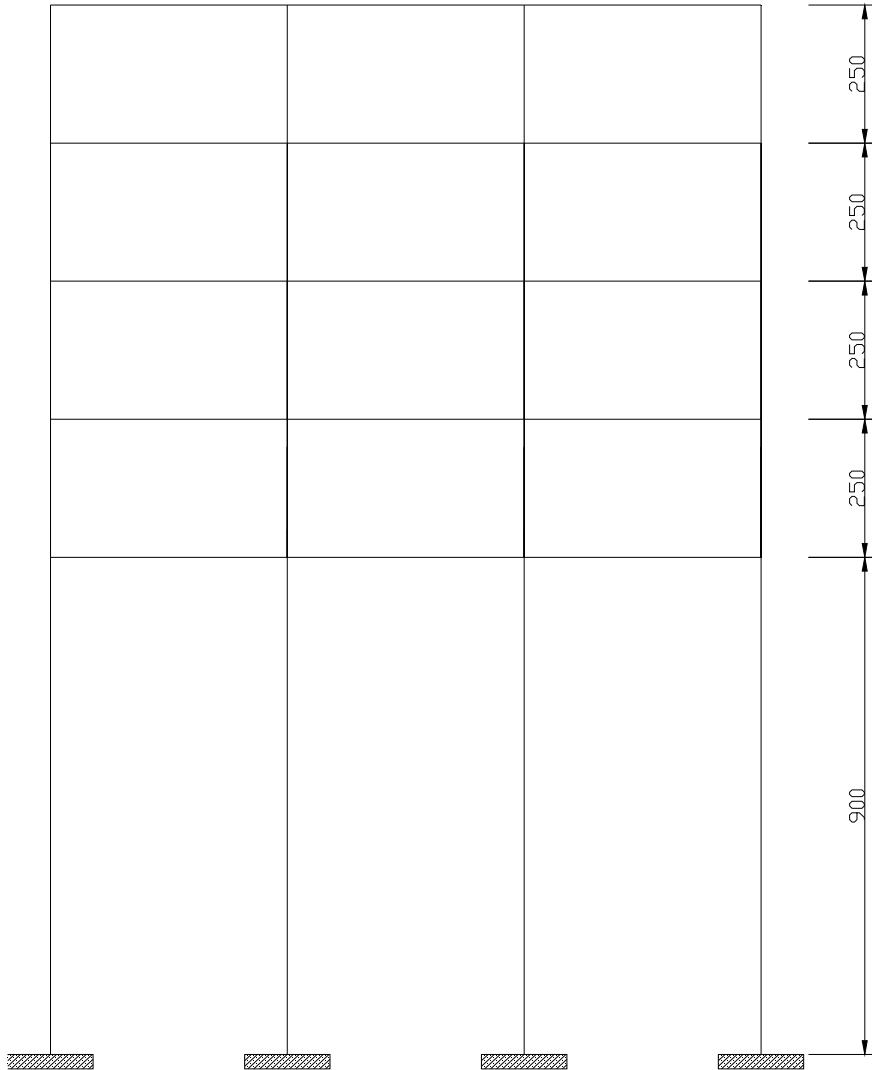
$$\eta_{k12} = \frac{\frac{0,39}{5,00}}{\frac{1,32}{5,00}} = \frac{0,195}{0,26} = 0,75 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k13} = \frac{\frac{1,32}{2,00}}{\frac{0,39}{2,00}} = \frac{0,26}{0,195} = 1,33 < 2,00$$

$$\eta_{k13} = \frac{\frac{1,32}{2,00}}{\frac{0,26}{2,00}} = \frac{0,26}{0,13} = 2,00 \geq 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k14} = \frac{\frac{0,26}{5,00}}{\frac{1,32}{5,00}} = \frac{0,13}{0,26} = 0,50 < 2,00$$

Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,00\text{m}$ ) 3. kat yüksekliği 5,00 m de ( $h_3=5,00\text{m}$ ) 2007 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç noktasıdır. Bu modelde kat yükseklikleri sabit tutularak 3. katın yüksekliği 5,00 m üzerindeki tüm değerlerde Yumuşak Kat Düzensizliği görülecektir.

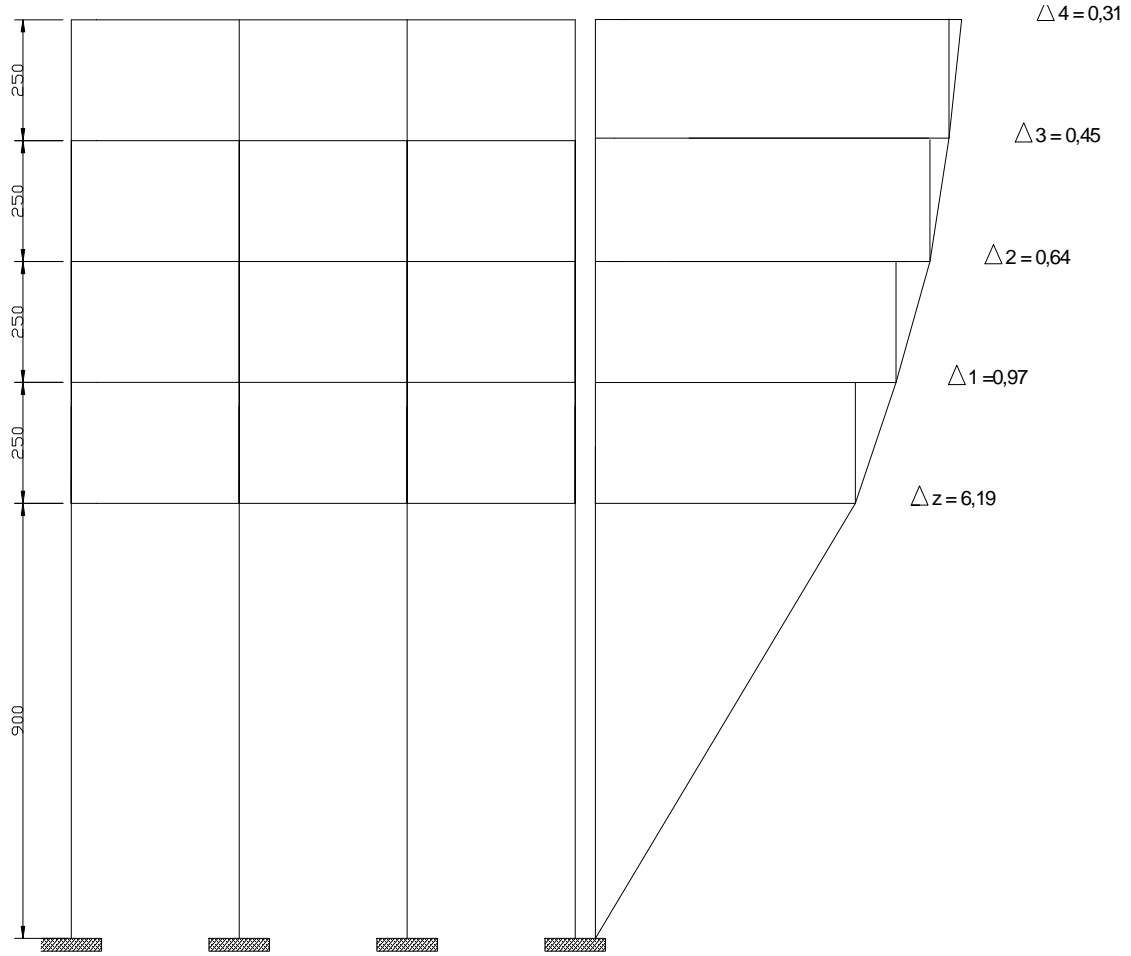
Aynı yapı modelinin ( $h_1 = 2,50$  m) 2007 yönetmeliğine göre zemin kat yüksekliğinin değişmesi durumunda Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç noktası araştırılmıştır. Kat yükseklikleri 2,50-10,00 m aralığındayken Yumuşak Kat Düzensizliği görülmemiştir. Bu nedenle zemin kat yüksekliğini  $h_z=9,00$  m den başlatıp 0,5 m artırarak çözümler yapılacaktır. 2007 yönetmeliğine göre çözümler şu şekildedir;

Zemin kat yüksekliğini 9,00 m olması durumu



Şekil 4.48  $h_i=2,50\text{m}$  zemin kat yüksekliği ( $h_z=3,60 \cdot h_i$ )  $9,00\text{m}$  olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 22 'de sunulmuştur.



Şekil 4.49 şekil 4.48 daki modelin görelî kat ötelenmeleri

$$\eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i+1})_{ort}}{h_{i+1}}} > 2,00$$

$$\text{veya} \quad \eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i-1})_{ort}}{h_{i-1}}} > 2,00$$

$$\eta_{k1z} = \frac{\frac{6,19}{9,00}}{\frac{0,97}{2,50}} = \frac{0,68}{0,39} = 1,74 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k11} = \frac{\frac{0,97}{2,50}}{\frac{6,19}{9,00}} = \frac{0,39}{0,68} = 0,57 < 2,00$$

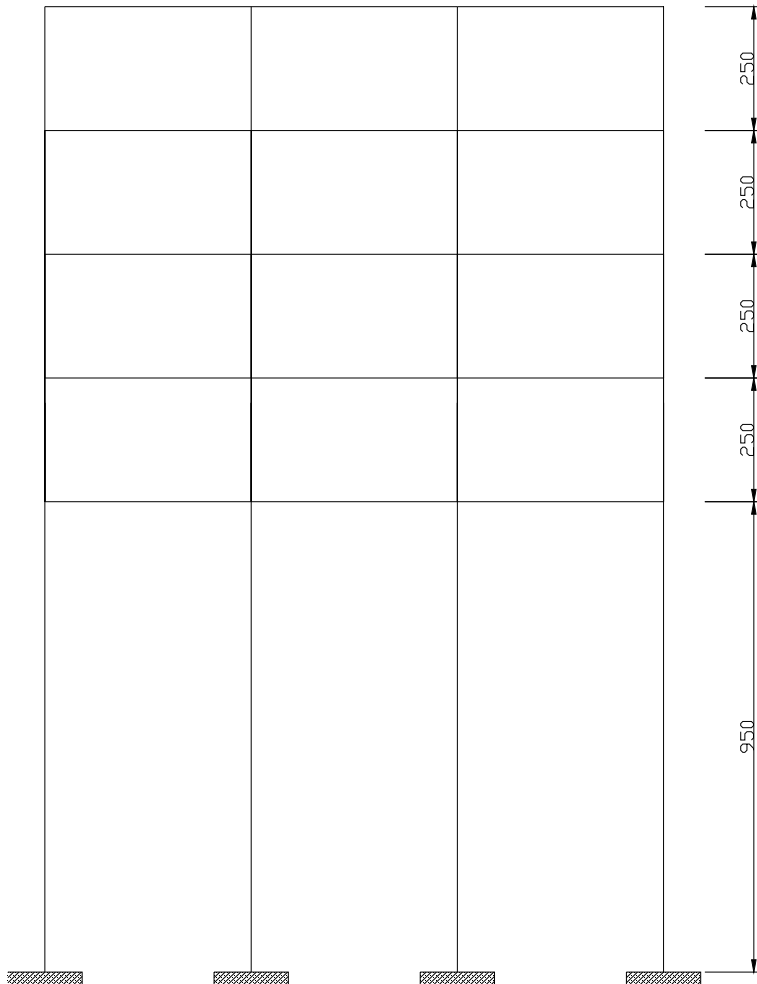
$$\eta_{k11} = \frac{\frac{0,97}{2,50}}{\frac{0,64}{2,50}} = \frac{0,39}{0,26} = 1,50 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k12} = \frac{\frac{0,64}{2,50}}{\frac{0,97}{2,50}} = \frac{0,26}{0,39} = 0,67 < 2,00$$

$$\eta_{k12} = \frac{\frac{0,64}{2,50}}{\frac{0,45}{2,50}} = \frac{0,26}{0,18} = 1,44 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k13} = \frac{\frac{0,45}{2,50}}{\frac{0,64}{2,50}} = \frac{0,18}{0,26} = 0,69 < 2,00$$

$$\eta_{k13} = \frac{\frac{0,45}{2,50}}{\frac{0,31}{2,50}} = \frac{0,18}{0,12} = 1,50 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k14} = \frac{\frac{0,31}{2,50}}{\frac{0,45}{2,50}} = \frac{0,13}{0,18} = 0,72 < 2,00$$

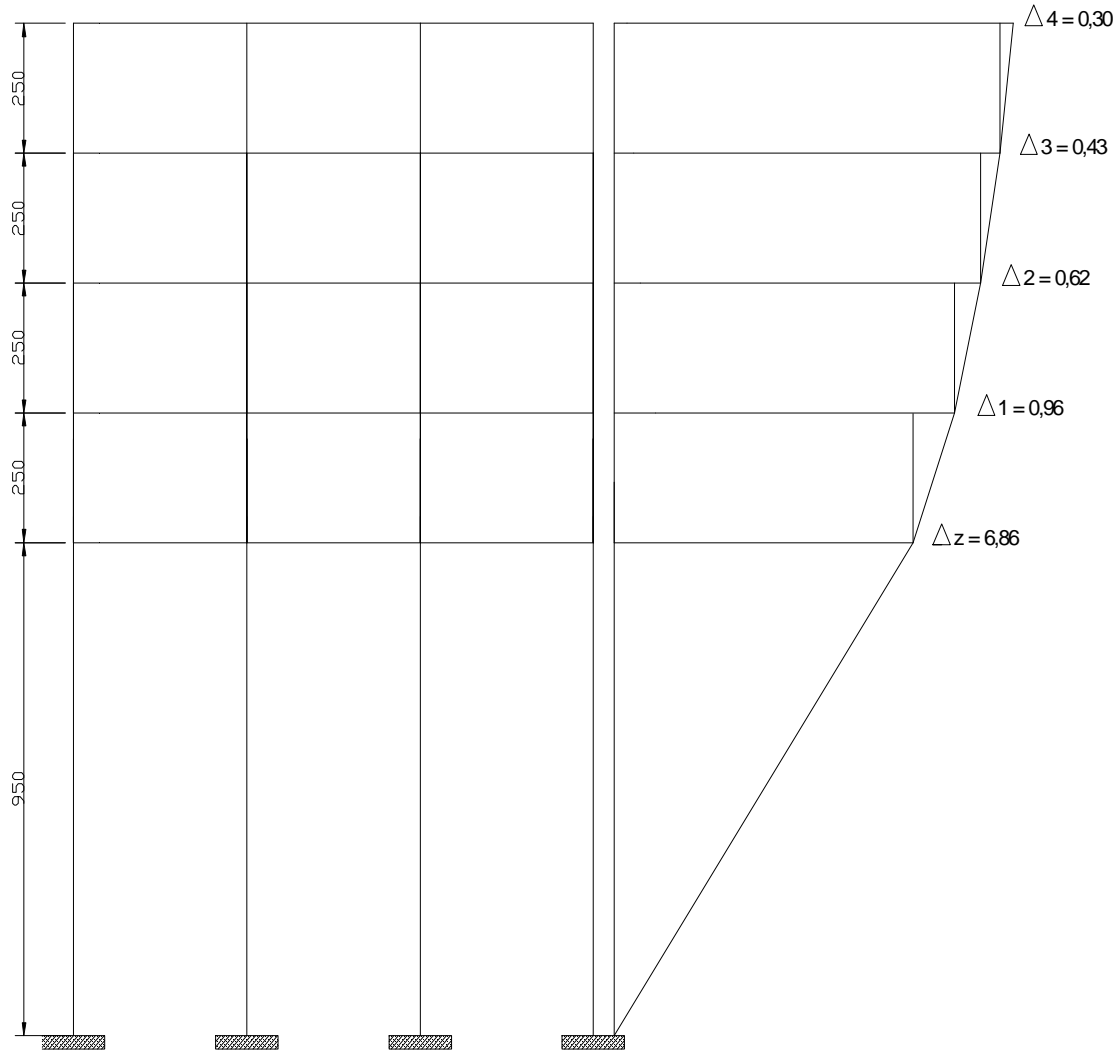
Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,50\text{m}$ ) zemin kat yüksekliği  $9,00\text{ m}$  de ( $h_z=9,00\text{m}$ ) 2007 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç noktası görülmemektedir.

Zemin kat yüksekliğini 9,50 m olması durumu



Şekil 4.50  $h_i=2,50\text{m}$  zemin kat yüksekliği ( $h_z=3,80 \cdot h_i$ ) 9,50m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 23'de sunulmuştur.



Şekil 4.51 şekil 4.50 deki modelin görelî kat ötelenmeleri

$$\eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i+1})_{ort}}{h_{i+1}}} > 2,00$$

veya

$$\eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i-1})_{ort}}{h_{i-1}}} > 2,00$$

$$\eta_{k1z} = \frac{\frac{6,86}{9,50}}{\frac{0,96}{2,50}} = \frac{0,72}{0,38} = 1,89 < 2,00$$

veya

$$\eta_{k11} = \frac{\frac{0,96}{2,50}}{\frac{6,86}{9,50}} = \frac{0,38}{0,72} = 0,53 < 2,00$$

$$\eta_{k11} = \frac{\frac{0,96}{2,50}}{\frac{0,62}{2,50}} = \frac{0,38}{0,25} = 1,52 < 2,00$$

veya

$$\eta_{k12} = \frac{\frac{0,62}{2,50}}{\frac{0,96}{2,50}} = \frac{0,25}{0,38} = 0,66 < 2,00$$

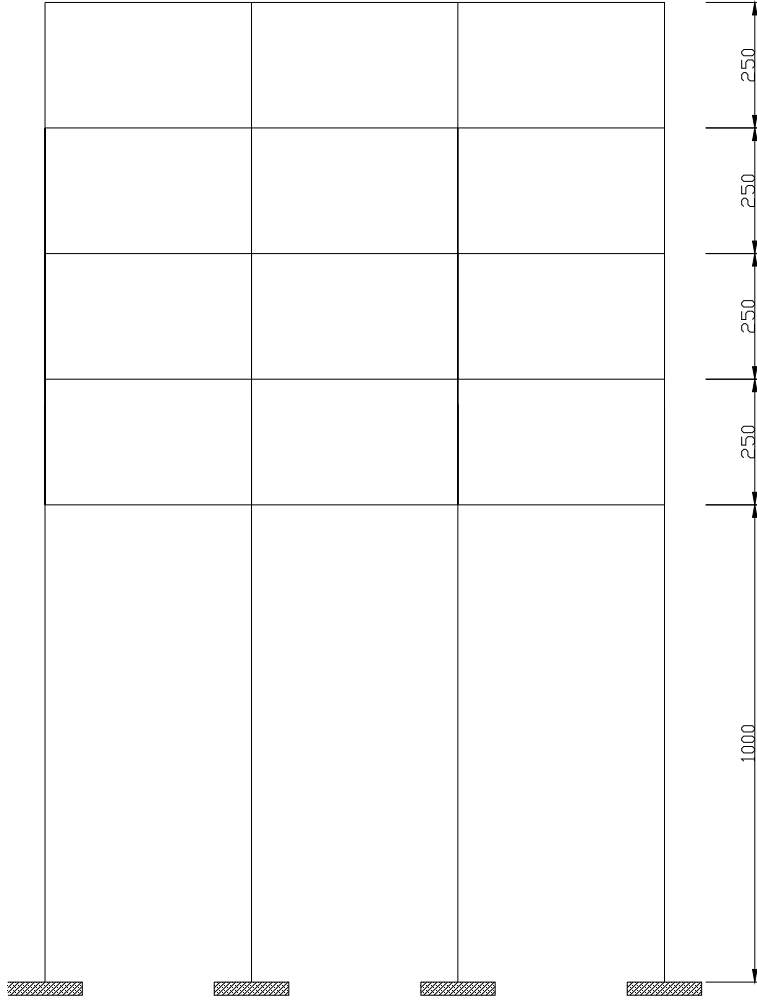


$$\eta_{k12} = \frac{\frac{0,62}{2,50}}{\frac{0,43}{2,50}} = \frac{0,25}{0,17} = 1,47 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k13} = \frac{\frac{0,43}{2,50}}{\frac{0,62}{2,50}} = \frac{0,17}{0,25} = 0,68 < 2,00$$

$$\eta_{k13} = \frac{\frac{0,43}{2,50}}{\frac{0,30}{2,50}} = \frac{0,17}{0,12} = 1,42 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k14} = \frac{\frac{0,30}{2,50}}{\frac{0,43}{2,50}} = \frac{0,12}{0,17} = 0,71 < 2,00$$

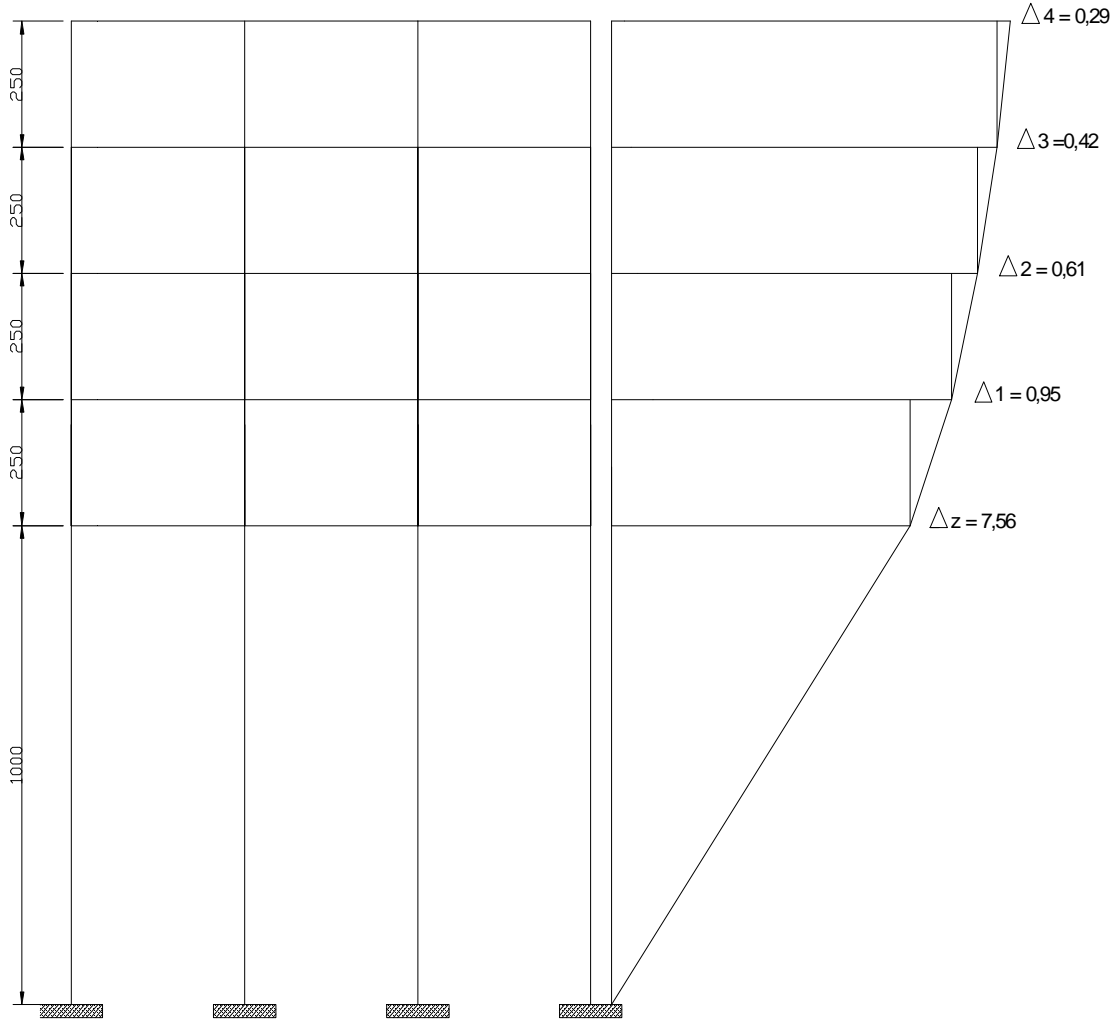
Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,50\text{m}$ ) zemin kat yüksekliği  $9,50\text{ m}$  de ( $h_z=9,50\text{m}$ ) 2007 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç noktası görülmemektedir.

Zemin kat yüksekliğini 10,00 m olması durumu



Şekil 4.52  $h_i=2,52\text{m}$  zemin kat yüksekliği ( $h_z=4,00 \cdot h_i$ ) 10,00m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 24'de sunulmuştur.



Şekil 4.53 şekil 4.52 deki modelin görelî kat ötelenmeleri

$$\eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i+1})_{ort}}{h_{i+1}}} > 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i-1})_{ort}}{h_{i-1}}} > 2,00$$

$$\eta_{k1z} = \frac{\frac{7,56}{10,00}}{\frac{0,95}{2,50}} = \frac{0,756}{0,38} = 1,99 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k11} = \frac{\frac{0,95}{2,50}}{\frac{7,56}{10,00}} = \frac{0,38}{0,76} = 0,50 < 2,00$$

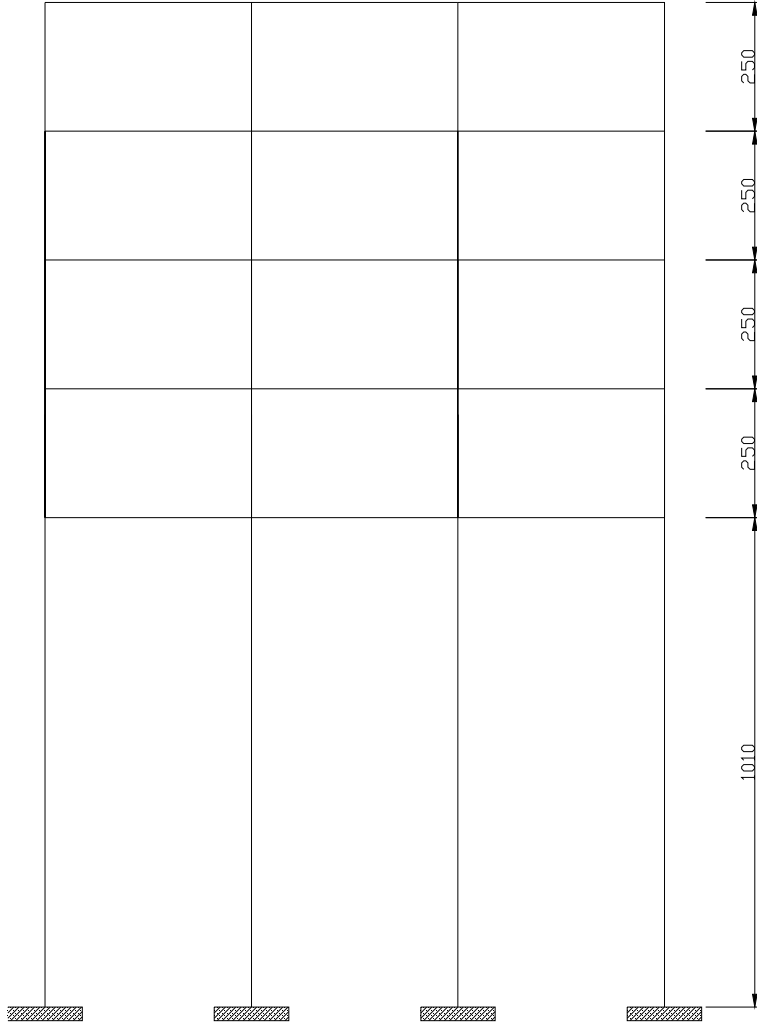
$$\eta_{k11} = \frac{\frac{0,95}{2,50}}{\frac{0,61}{2,50}} = \frac{0,38}{0,24} = 1,58 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k12} = \frac{\frac{0,61}{2,50}}{\frac{0,95}{2,50}} = \frac{0,24}{0,38} = 0,63 < 2,00$$

$$\eta_{k12} = \frac{\frac{0,61}{2,50}}{\frac{0,42}{2,50}} = \frac{0,24}{0,17} = 1,41 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k13} = \frac{\frac{0,42}{2,50}}{\frac{0,61}{2,50}} = \frac{0,17}{0,24} = 0,71 < 2,00$$

$$\eta_{k13} = \frac{\frac{0,42}{2,50}}{\frac{0,29}{2,50}} = \frac{0,17}{0,12} = 1,42 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k14} = \frac{\frac{0,29}{2,50}}{\frac{0,42}{2,50}} = \frac{0,12}{0,17} = 0,71 < 2,00$$

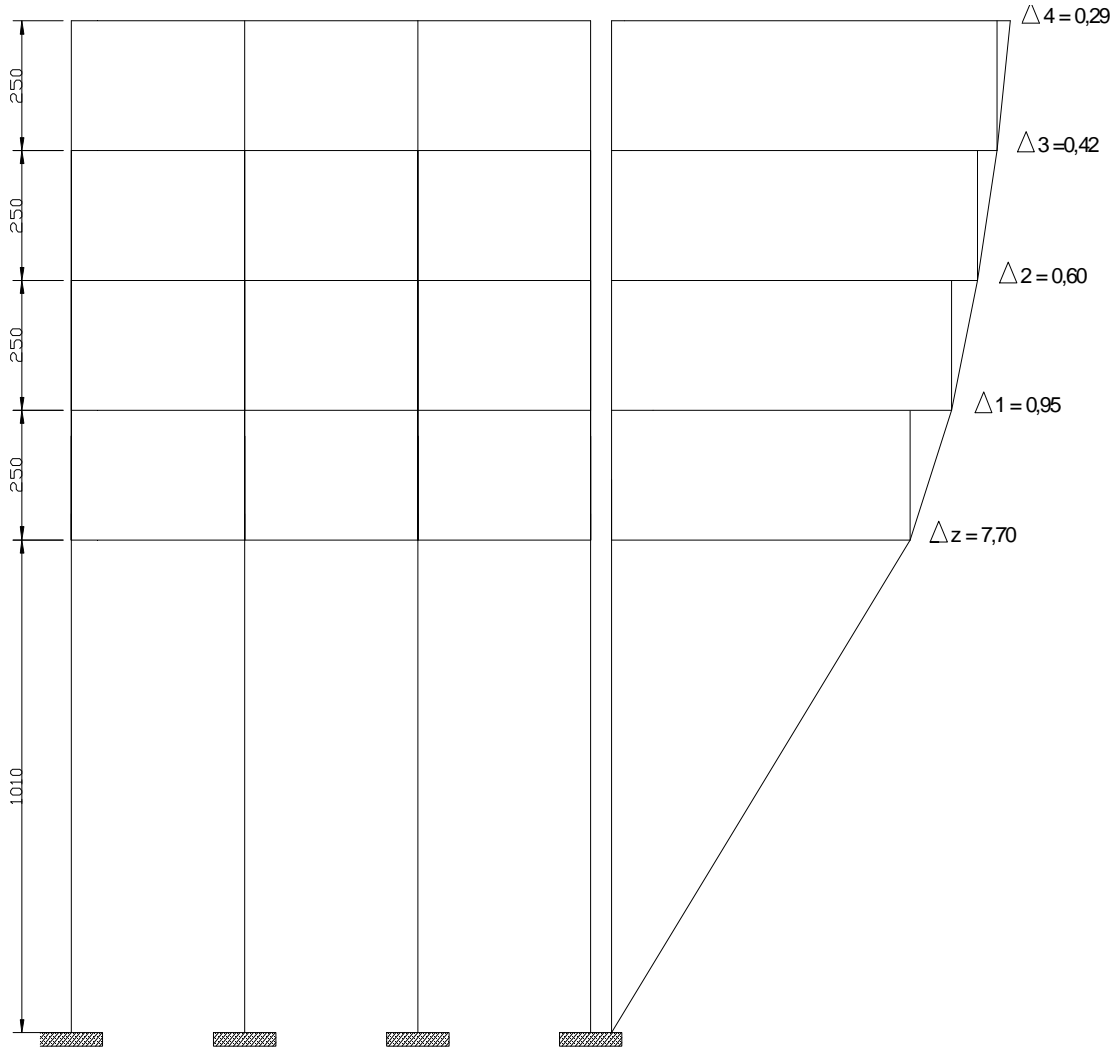
Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,50\text{m}$ ) zemin kat yüksekliği  $10,00\text{ m}$  ( $h_z=10,00\text{m}$ ) 2007 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç noktası görülmemektedir.

Zemin kat yüksekliğini 10,10 m olması durumu



Şekil 4.54  $h_i=2,50\text{m}$  zemin kat yüksekliği ( $h_z=4,04*h_i$ ) 10,10m olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 25 'de sunulmuştur.



Şekil 4.55 şekil 4.54 deki modelin görelî kat ötelenmeleri

$$\eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i+1})_{ort}}{h_{i+1}}} > 2,00$$

veya

$$\eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i-1})_{ort}}{h_{i-1}}} > 2,00$$

$$\eta_{k1z} = \frac{\frac{7,70}{10,10}}{\frac{0,95}{2,50}} = \frac{0,76}{0,38} = 2,00 \geq 2,00$$

veya

$$\eta_{k11} = \frac{\frac{0,95}{2,50}}{\frac{7,70}{10,10}} = \frac{0,38}{0,76} = 0,50 < 2,00$$

$$\eta_{k11} = \frac{\frac{0,95}{2,50}}{\frac{0,60}{2,50}} = \frac{0,38}{0,24} = 1,58 < 2,00$$

veya

$$\eta_{k12} = \frac{\frac{0,60}{2,50}}{\frac{0,95}{2,50}} = \frac{0,24}{0,38} = 0,63 < 2,00$$

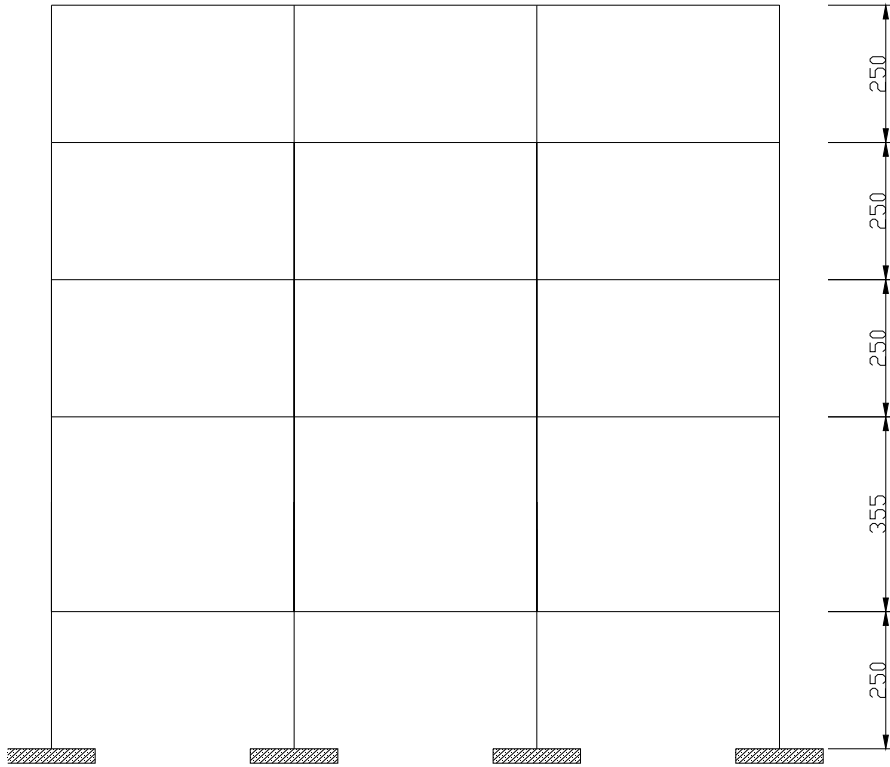
$$\eta_{k12} = \frac{\frac{0,60}{2,50}}{\frac{0,42}{2,50}} = \frac{0,24}{0,17} = 1,41 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k13} = \frac{\frac{0,42}{2,50}}{\frac{0,60}{2,50}} = \frac{0,17}{0,24} = 0,71 < 2,00$$

$$\eta_{k13} = \frac{\frac{0,42}{2,50}}{\frac{0,29}{2,50}} = \frac{0,17}{0,12} = 1,42 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k14} = \frac{\frac{0,29}{2,50}}{\frac{0,42}{2,50}} = \frac{0,12}{0,17} = 0,71 < 2,00$$

Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,50\text{m}$ ) zemin kat yüksekliği 10,10 m ( $h_z=10,10\text{m}$ ) 2007 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç noktasıdır. Bu modelde kat yükseklikleri sabit tutularak zemin katın yüksekliği 10,10 m üzerindeki tüm değerlerde Yumuşak Kat Düzensizliği görülecektir.

Benzer şekilde Modelin kat yüksekliklerini sabit tutularak ( $h_i=2,50\text{m}$ ) 1. katın Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç yüksekliğinin  $3,55\text{ m}$  ( $h_1=3,55\text{m}$ ) olduğu görülmüştür.

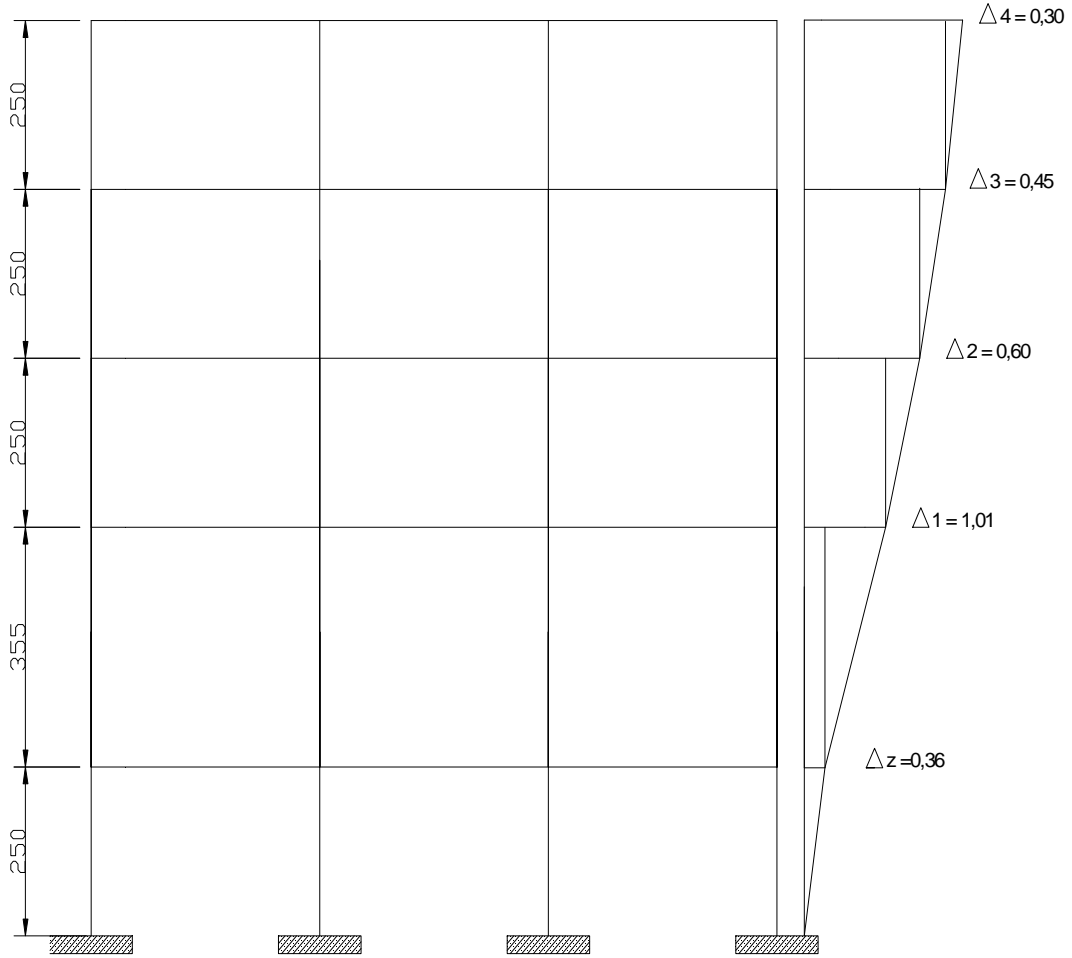
Buna ait çözüm Şekil 4.56'da verilmiştir.



Şekil 4.56  $h_i=2,50\text{m}$  1. kat yüksekliği ( $h_1 =1,42*h_i$ )  $3,55\text{m}$  olan şekil 4.1 deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 26'de sunulmuştur.





Şekil 4.57 şekil 4.56 deki modelin görelî kat ötelenmeleri

$$\eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i+1})_{ort}}{h_{i+1}}} > 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i-1})_{ort}}{h_{i-1}}} > 2,00$$

$$\eta_{k1z} = \frac{\frac{0,36}{2,50}}{\frac{1,01}{3,55}} = \frac{0,14}{0,28} = 0,50 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k11} = \frac{\frac{1,01}{3,55}}{\frac{0,36}{2,50}} = \frac{0,28}{0,14} = 2,00 \geq 2,00$$

$$\eta_{k11} = \frac{\frac{1,01}{3,55}}{\frac{0,60}{2,50}} = \frac{0,14}{0,24} = 0,58 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k12} = \frac{\frac{0,60}{2,50}}{\frac{1,01}{3,55}} = \frac{0,24}{0,28} = 0,85 < 2,00$$

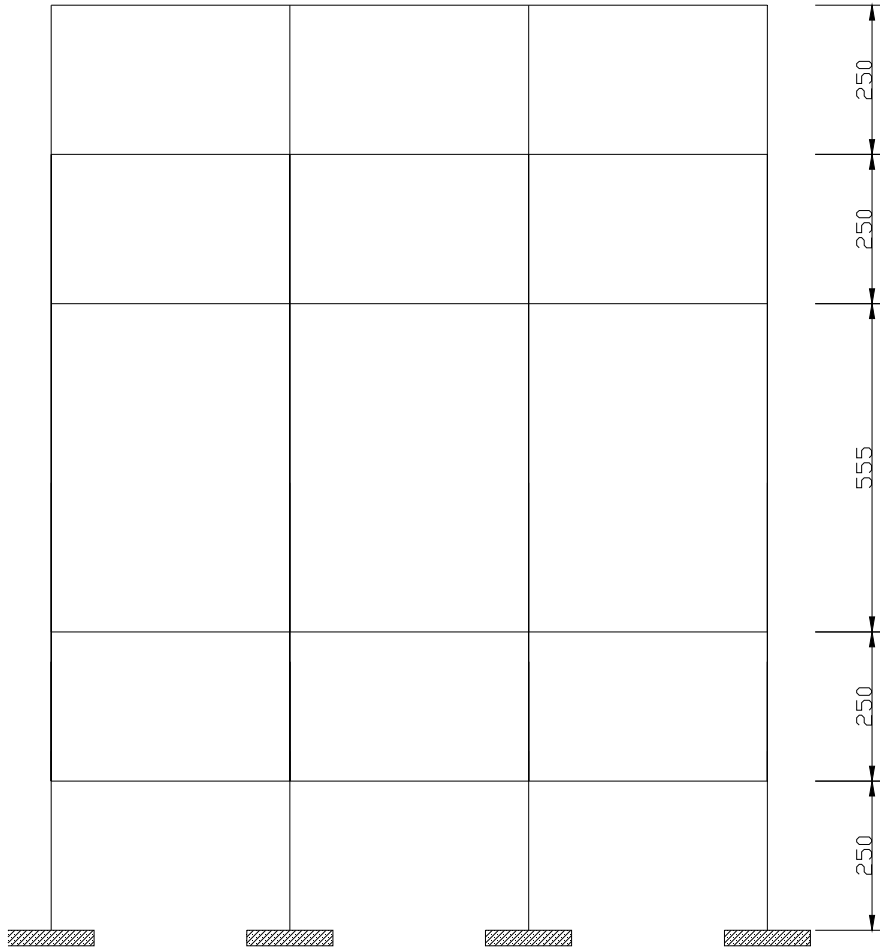
$$\eta_{k12} = \frac{\frac{0,60}{2,50}}{\frac{0,45}{2,50}} = \frac{0,24}{0,18} = 1,33 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k13} = \frac{\frac{0,45}{2,50}}{\frac{0,60}{2,50}} = \frac{0,18}{0,24} = 0,75 < 2,00$$

$$\eta_{k13} = \frac{\frac{0,45}{2,50}}{\frac{0,30}{2,50}} = \frac{0,18}{0,12} = 1,50 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k14} = \frac{\frac{0,30}{2,50}}{\frac{0,45}{2,50}} = \frac{0,12}{0,18} = 0,67 < 2,00$$

Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,50\text{m}$ ) 1. kat yüksekliği 3,55 m ( $h_1=3,55\text{m}$ ) 2007 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç noktasıdır. Bu modelde kat yükseklikleri sabit tutularak 1. katın yüksekliği 3,55 m üzerindeki tüm değerlerde Yumuşak Kat Düzensizliği görülecektir.

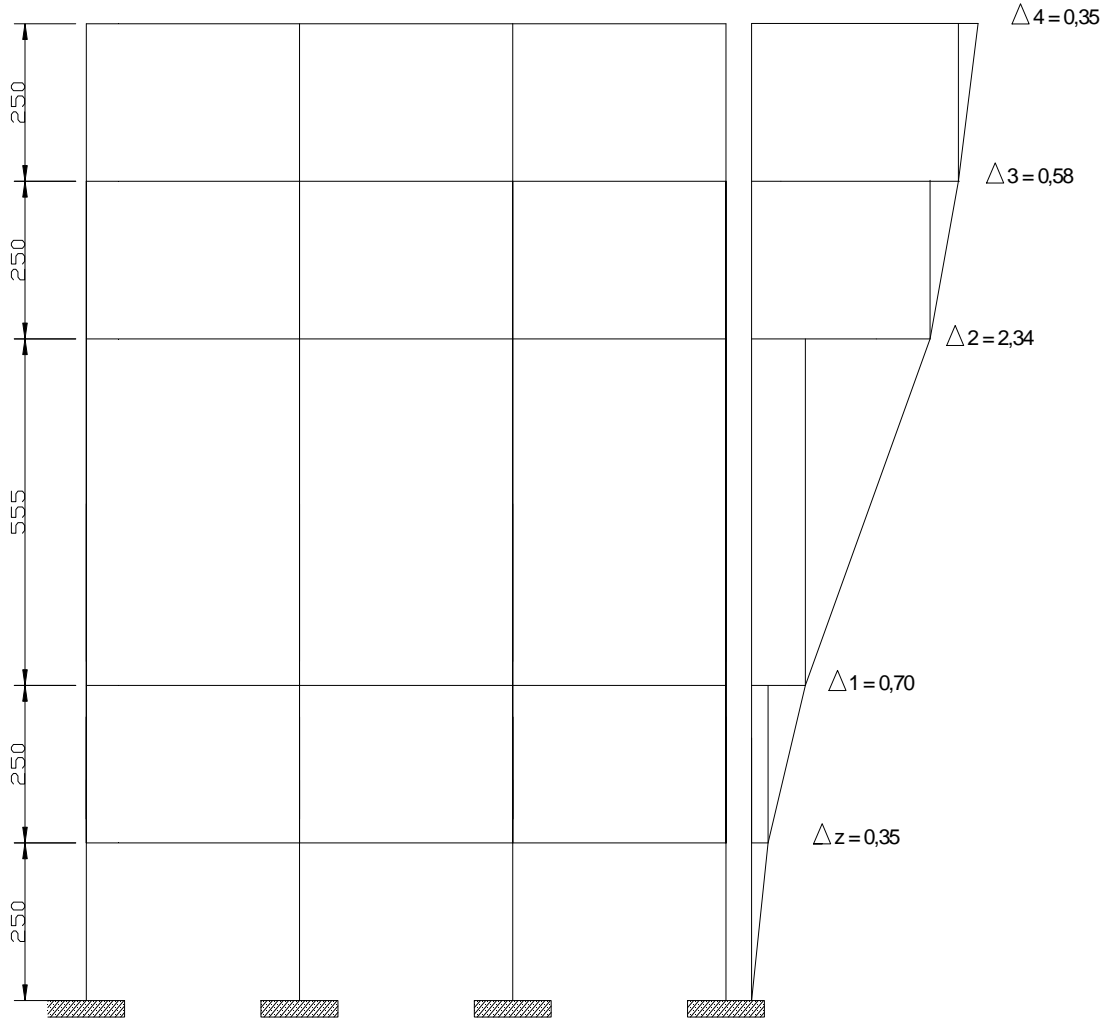
Benzer şekilde Modelin kat yüksekliklerini sabit tutularak ( $h_i=2,50\text{m}$ ) 2. katın Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç yüksekliğinin  $5,55\text{ m}$  ( $h_2=5,55\text{m}$ ) olduğu görülmüştür.

Buna ait çözüm Şekil 4.58’de verilmiştir.



Şekil 4.58  $h_i=2,50\text{m}$  2. kat yüksekliği ( $h_2 =2,22*h_i$ )  $5,55\text{m}$  olan şekil 4.1’deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 27’de sunulmuştur.



Şekil 4.59 şekil 4.58 daki modelin görece kat ötelenmeleri

$$\eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i+1})_{ort}}{h_{i+1}}} > 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i-1})_{ort}}{h_{i-1}}} > 2,00$$

$$\eta_{k1z} = \frac{\frac{0,35}{2,50}}{\frac{0,70}{2,50}} = \frac{0,14}{0,28} = 0,50 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k11} = \frac{\frac{0,70}{2,50}}{\frac{0,35}{2,50}} = \frac{0,28}{0,14} = 2,00 \geq 2,00$$

$$\eta_{k11} = \frac{\frac{0,70}{2,34}}{\frac{2,34}{5,55}} = \frac{0,28}{0,42} = 0,66 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k12} = \frac{\frac{2,34}{0,70}}{\frac{5,55}{2,50}} = \frac{0,42}{0,28} = 1,50 < 2,00$$

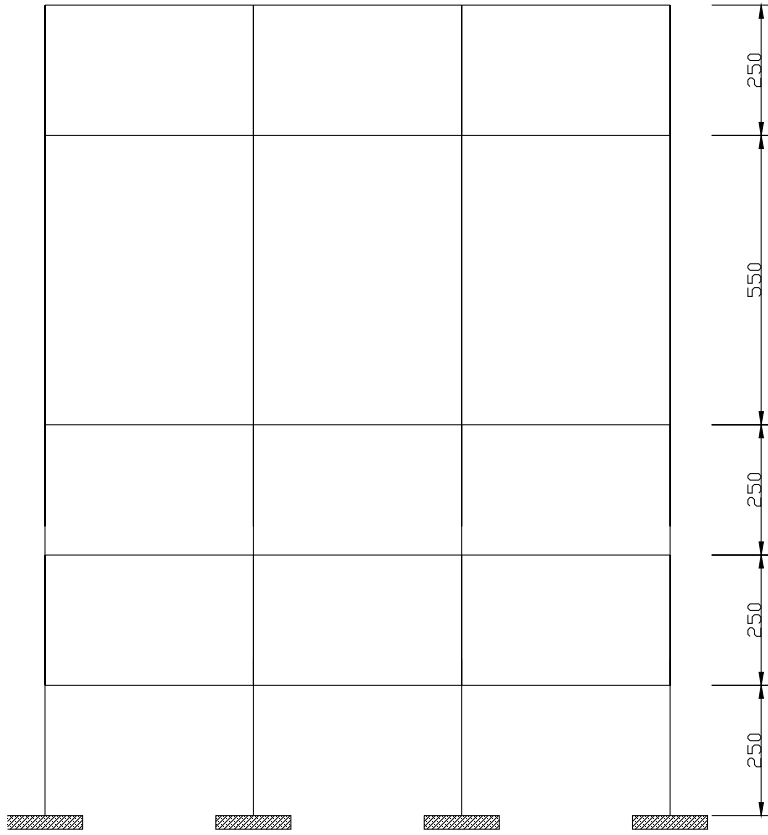
$$\eta_{k12} = \frac{\frac{2,34}{5,55}}{\frac{0,58}{2,50}} = \frac{0,42}{0,23} = 1,83 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k13} = \frac{\frac{0,58}{2,50}}{\frac{2,34}{5,55}} = \frac{0,23}{0,42} = 0,55 < 2,00$$

$$\eta_{k13} = \frac{\frac{0,58}{2,50}}{\frac{0,35}{2,50}} = \frac{0,23}{0,14} = 1,64 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k14} = \frac{\frac{0,35}{2,50}}{\frac{2,50}{0,58}} = \frac{0,14}{0,23} = 0,61 < 2,00$$

Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,50\text{m}$ ) 2. kat yüksekliği 5,55 m ( $h_1=5,55\text{m}$ ) 2007 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç noktasıdır. Bu modelde kat yükseklikleri sabit tutularak 2. katın yüksekliği 5,55 m üzerindeki tüm değerlerde Yumuşak Kat Düzensizliği görülecektir.

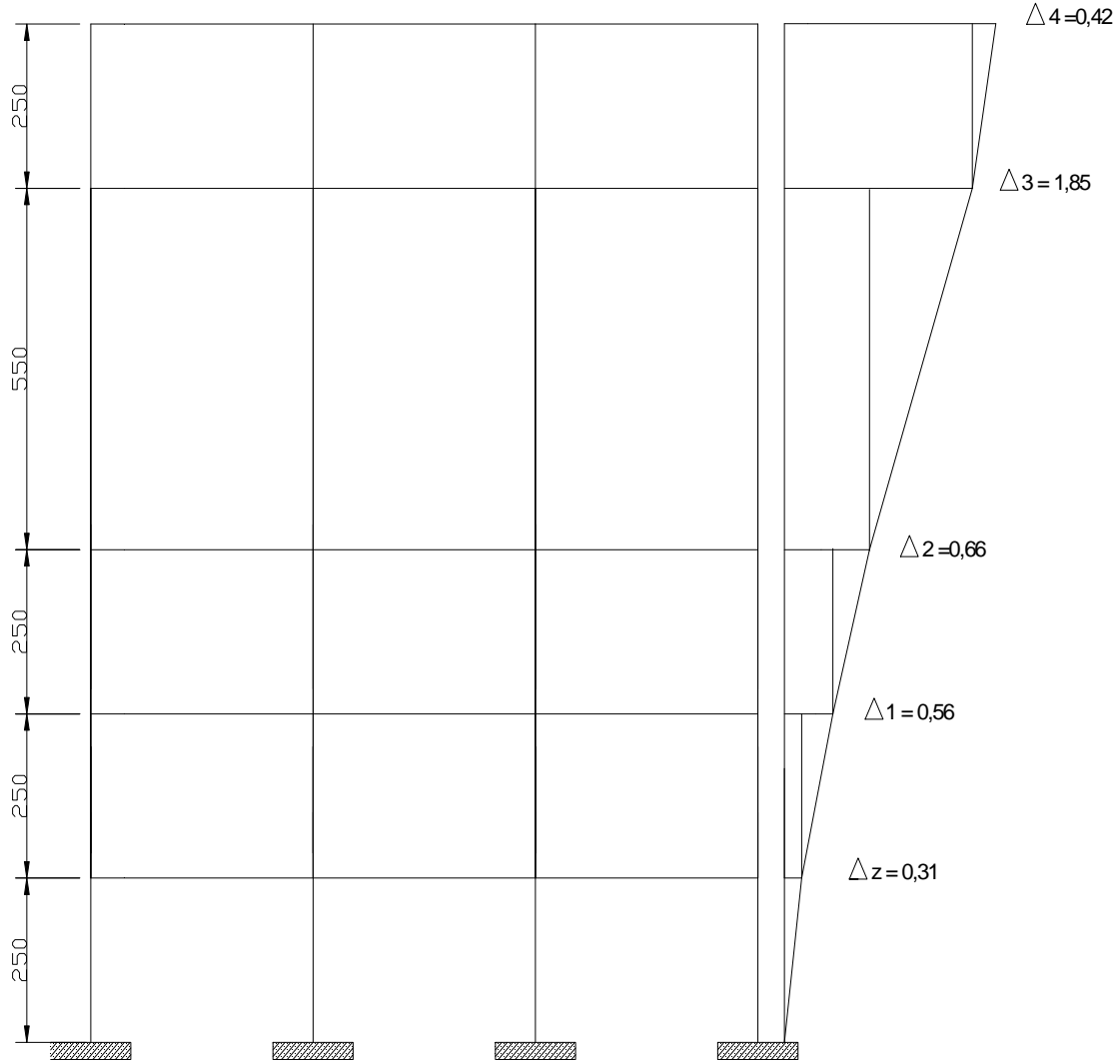
Benzer şekilde Modelin kat yüksekliklerini sabit tutularak ( $h_i=2,50\text{m}$ ) 3. katın Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç yüksekliğinin  $5,50\text{ m}$  ( $h_3=5,55\text{m}$ ) olduğu görülmüştür.

Buna ait çözüm Şekil 4.60'da verilmiştir.



Şekil 4.60  $h_i=2,50\text{m}$  3. kat yüksekliği ( $h_3 =2,20 \cdot h_i$ )  $5,50\text{m}$  olan şekil 4.1' deki 3-3 aksı

Model ile ilgili çözüm Ek 28'de sunulmuştur.



Şekil 4.61 şekil 4.60' daki modelin görelî kat ötelenmeleri

$$\eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i+1})_{ort}}{h_{i+1}}} > 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{ki} = \frac{\frac{(\Delta_i)_{ort}}{h_i}}{\frac{(\Delta_{i-1})_{ort}}{h_{i-1}}} > 2,00$$

$$\eta_{k1z} = \frac{\frac{0,31}{2,50}}{\frac{0,56}{2,50}} = \frac{0,12}{0,22} = 0,54 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k11} = \frac{\frac{0,56}{2,50}}{\frac{0,31}{2,50}} = \frac{0,22}{0,12} = 1,83 < 2,00$$

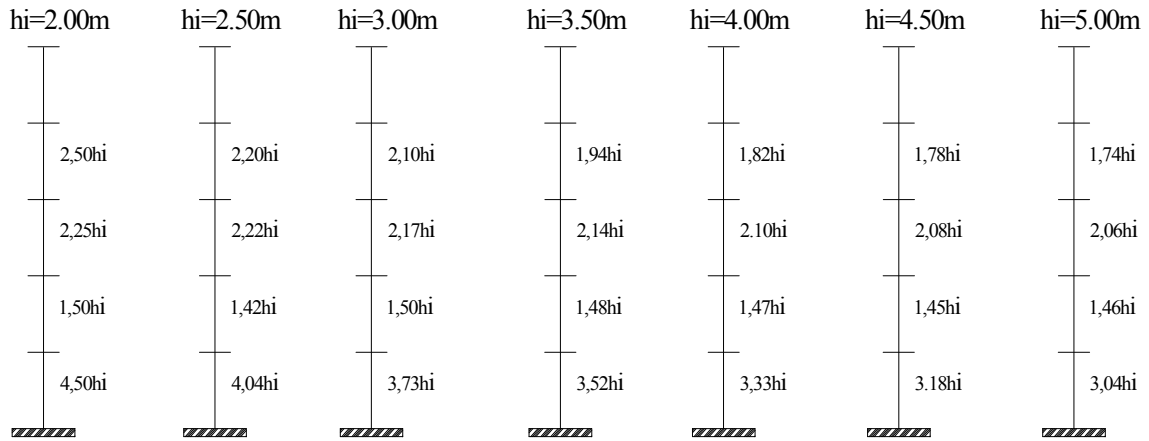
$$\eta_{k11} = \frac{\frac{0,56}{2,50}}{\frac{0,66}{2,50}} = \frac{0,22}{0,26} = 0,85 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k12} = \frac{\frac{0,66}{2,50}}{\frac{0,56}{2,50}} = \frac{0,26}{0,22} = 1,20 < 2,00$$

$$\eta_{k12} = \frac{\frac{0,66}{2,50}}{\frac{1,85}{5,50}} = \frac{0,26}{0,34} = 0,76 < 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k13} = \frac{\frac{1,85}{5,50}}{\frac{0,66}{2,50}} = \frac{0,34}{0,26} = 1,31 < 2,00$$

$$\eta_{k13} = \frac{\frac{1,85}{5,50}}{\frac{0,42}{2,50}} = \frac{0,34}{0,17} = 2,00 \geq 2,00 \quad \text{veya} \quad \eta_{k14} = \frac{\frac{0,42}{2,50}}{\frac{1,85}{5,50}} = \frac{0,17}{0,34} = 0,50 < 2,00$$

Sonuçlardan görüldüğü gibi kat yükseklikleri eşitken ( $h_i=2,50\text{m}$ ) 3. kat yüksekliği 5,50 m ( $h_3=5,50\text{m}$ ) 2007 yönetmeliğine göre Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç noktasıdır. Bu modelde kat yükseklikleri sabit tutularak 3. katın yüksekliği 5,50 m üzerindeki tüm değerlerde Yumuşak Kat Düzensizliği görülecektir.

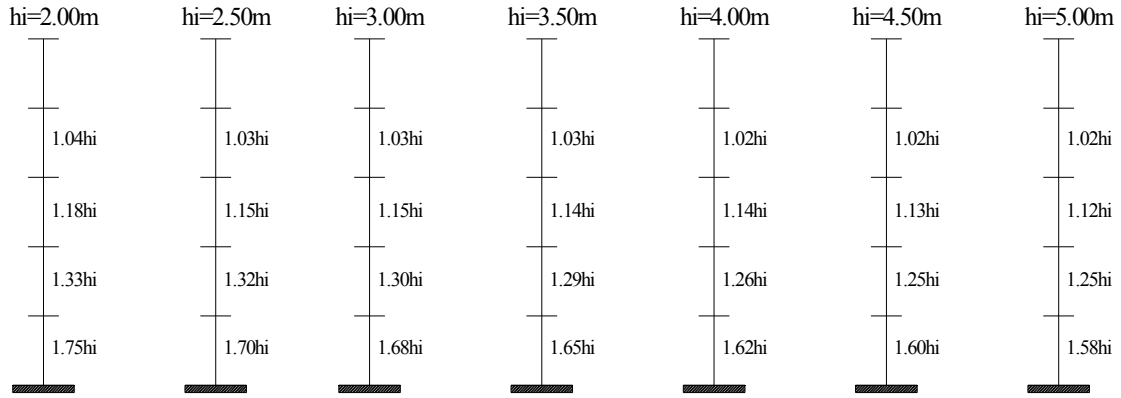
Benzer şekilde 2007 yönetmeliğine göre, kat yüksekliklerini 0,5 m artırılarak yapılan çözümlerdeki Yumuşak Kat Başlangıç noktaları Şekil 4.62'de verilmiştir.



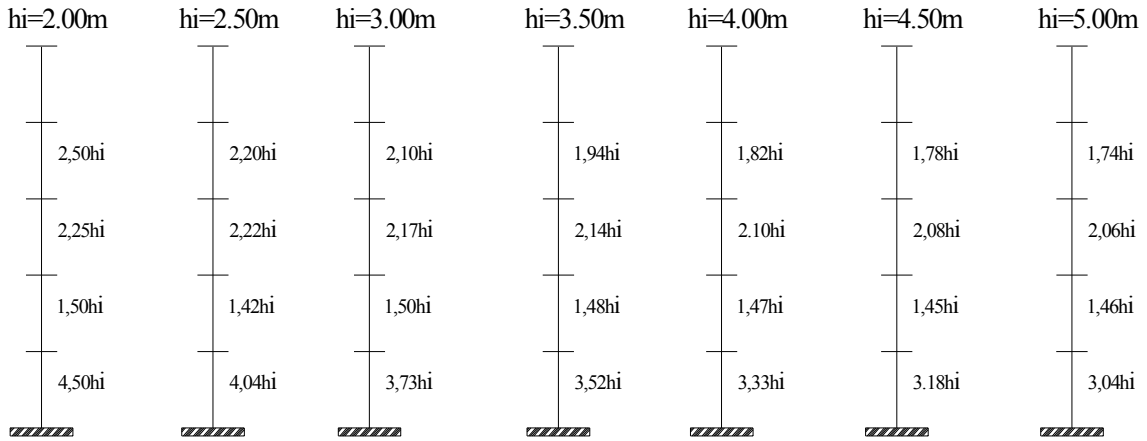
Şekil 4.62 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmeliğe (2007) Göre Çözümler



Her iki yönetmeliğe göre kat yükseklikleri çözümlenmiş olup katlardaki Yumuşak Kat Düzensizliği başlangıç değerleri Şekil 4.33'deki gibidir:



Şekil 4.33.A.B.Y.Y.H.Y.97'ye Göre Katlardaki B2 Düzensizliği başlangıç değerleri



Şekil 4.62.D.B.Y.B.H.Y.2007 Göre Katlardaki B2 Düzensizliği başlangıç değerleri

Elde edilen sonuçlara göre Tablo 4.1, Tablo 4.2, Tablo 4.3 ve Tablo 4.4 hazırlanıp Şekil 4.63 Kat Yüksekliğine Bağlı Olarak 1997 ve 2007 Yönetmeliği Yumuşak Kat Düzensizliği Başlangıç Değeri Oranlarının Azalış grafikleri oluşturulmuştur.

Tablo 4.1.A.B.Y.Y.H.Y.1997'ye Göre Katlardaki B2 Düzensizliğinin Başladığı Kat Yükseklikleri

hi(m)	A.B.Y.Y.H.Y.1997 çözümlerindeki Kat Yükseklikleri				
	a1	b1	c1	d1	e1
	Z.kat	1.kat	2.kat	3.kat	4.kat
2,00	3.50	2.66	2.36	2.08	-
2,50	4.30	3.30	2.88	2.58	-
3,00	5.04	3.90	3.45	3.09	-
3,50	5.78	4.52	3.99	3.61	-
4,00	6.48	5.04	4.56	4.08	-
4,50	8.00	5.63	5.09	4.59	-
5,00	7.90	6.25	5.60	5.10	-

Tablo 4.2.D.B.Y.B.H.Y.2007'ye Göre Katlardaki B2 Düzensizliğinin Başladığı Kat Yükseklikleri

hi(m)	D.B.Y.B.H.Y 2007 çözümlerindeki Kat Yükseklikleri				
	a2	b2	c2	d2	e2
	Z.kat	1.kat	2.kat	3.kat	4.kat
2,00	9.00	3.00	4.50	5.00	-
2,50	10.10	3.55	5.55	5.50	-
3,00	11.19	4.50	6.51	6.30	-
3,50	12.32	5.18	7.49	6.79	-
4,00	13.32	5.88	8.40	7.28	-
4,50	14.31	6.57	9.36	8.01	-
5,00	15.20	7.30	10.30	8.70	-

Tablo 4.3.A.B.Y.Y.H.Y.1997 ve D.B.Y.B.H.Y.2007 deki B2 Düzensizliğinin Başladığı Kat Yükseklikleri

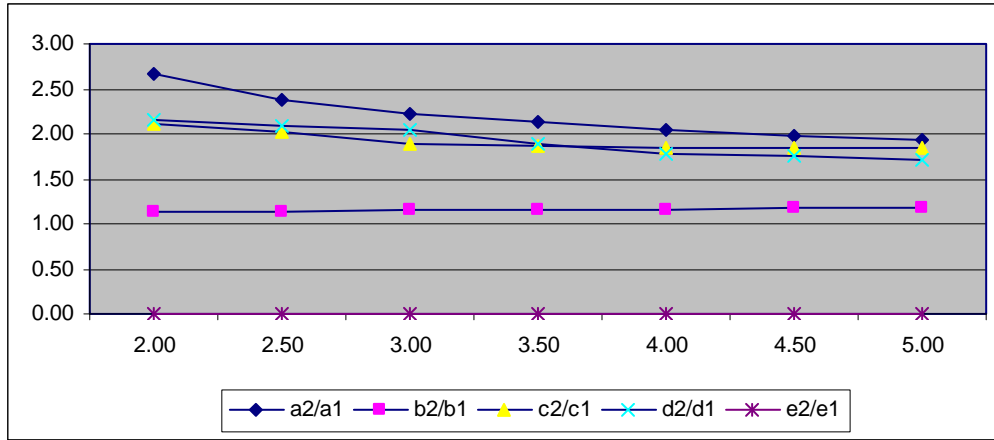
hi(m)	A.B.Y.Y.H.Y.1997 çözümlerindeki Kat Yükseklikleri					D.B.Y.B.H.Y 2007 çözümlerindeki Kat Yükseklikleri					Kat Yükseklik Oranları				
	a1	b1	c1	d1	e1	a2	b2	c2	d2	e2	a2/a1	b2/b1	c2/c1	d2/d1	e2/e1
	Z.kat	1.kat	2.kat	3.kat	4.kat	Z.kat	1.kat	2.kat	3.kat	4.kat	a2/a1	b2/b1	c2/c1	d2/d1	e2/e1
2,00	3.50	2.66	2.36	2.08	-	9.00	3.00	4.50	5.00	-	2.57	1.13	1.91	2.40	-
2,50	4.30	3.30	2.88	2.58	-	10.10	3.55	5.55	5.50	-	2.35	1.08	1.93	2.14	-
3,00	5.04	3.90	3.45	3.09	-	11.19	4.50	6.51	6.30	-	2.22	1.15	1.89	2.04	-
3,50	5.78	4.52	3.99	3.61	-	12.32	5.18	7.49	6.79	-	2.13	1.15	1.88	1.88	-
4,00	6.48	5.04	4.56	4.08	-	13.32	5.88	8.40	7.28	-	2.06	1.17	1.84	1.78	-
4,50	8.00	5.63	5.09	4.59	-	14.31	6.57	9.36	8.01	-	1.99	1.17	1.84	1.75	-
5,00	7.90	6.25	5.60	5.10	-	15.20	7.30	10.30	8.70	-	1.92	1.17	1.84	1.71	-

Tablo 4.4.A.B.Y.Y.H.Y.1997 ve D.B.Y.B.H.Y.2007 deki B2 Düzensizliği Başladığı Kat Yükseklik Oranlarının Oranı

hi(m)	A.B.Y.Y.H.Y.1997 çözümlerindeki Kat Yükseklik oranları					D.B.Y.B.H.Y 2007 çözümlerindeki Kat Yükseklik oranları					Kat Yükseklik Oranlarının Oranı				
	a1	b1	c1	d1	e1	a2	b2	c2	d2	e2					
	Z.kat	1.kat	2.kat	3.kat	4.kat	Z.kat	1.kat	2.kat	3.kat	4.kat	a2/a1	b2/b1	c2/c1	d2/d1	e2/e1
2,00	1.75	1.33	1.18	1.04	-	4.50	1.50	2.25	2.50	-	2.57	1.13	1.91	2.40	-
2,50	1.72	1.32	1.15	1.03	-	4.04	1.42	2.22	2.20	-	2.35	1.08	1.93	2.14	-
3,00	1.68	1.30	1.15	1.03	-	3.73	1.50	2.17	2.10	-	2.22	1.15	1.89	2.04	-
3,50	1.65	1.29	1.14	1.03	-	3.52	1.48	2.14	1.94	-	2.13	1.15	1.88	1.88	-
4,00	1.62	1.26	1.14	1.02	-	3.33	1.47	2.10	1.82	-	2.06	1.17	1.84	1.78	-
4,50	1.60	1.25	1.13	1.02	-	3.18	1.46	2.08	1.78	-	1.99	1.17	1.84	1.75	-
5,00	1.58	1.25	1.12	1.02	-	3.04	1.46	2.06	1.74	-	1.92	1.17	1.84	1.71	-

Tablo 4.1, Tablo 4.2, Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'de görüldüğü gibi 1997 Yönetmeliği çözümleri ile 2007 Yönetmeliği çözümleri yapılarak kat yüksekliğinin değişmesi durumunda Yumuşak Kat Düzensizliğinin başladığı yerdeki kat yüksekliğinin ilk kat yüksekliğine oranları araştırılmıştır. Bulunan sonuçlar Tablo 4.3'de ilk iki bölümde verilmiştir. 2007 deki oranların 1997 de bulunan oranlara bölümü ise Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'ün son kısmında verilmiştir. Buna göre; Zemin kat da ortalama 2.30 kat civarlarında, 1.kat da 1.15 kat civarlarında, 2. ve 3. katlar da 2 kat civarlarında artışlar olmuştur.

Kat oranları kat yükseklikleri arttıkça genelde doğrusal olarak azalmaktadır. Bu azalışları tek bir grafikte göreceğiz Şekil 4.63'deki gibidir.



Şekil 4.63 Kat Yüksekliğine Bağlı Olarak 1997 ve 2007 Yönetmeliği Yumuşak Kat Düzensizliği Başlangıç Değeri Oranlarının Azalışları

Şekil 4.63'de dikey eksendeki değerler; 2007 yönetmeliği ve 1997 yönetmeliğine göre yapılan çözümlerdeki kat yüksekliklerinin birbirlerine oranlarıdır.

Şekil 4.63'de yatay eksendeki değerler; 2007 yönetmeliği ve 1997 yönetmeliğine göre yapılan çözümlerdeki modelin kat yükseklikleridir.

Şekil 4.63'de a2/a1 oranı; 2007 yönetmeliği ve 1997 yönetmeliğine göre yapılan çözümlerdeki zemin kat yüksekliklerinin birbirlerine oranlarıdır.  $(9.00/3.50=2.57)$

b2/b1 oranı; 2007 yönetmeliği ve 1997 yönetmeliğine göre yapılan çözümlerdeki 1. kat yüksekliklerinin birbirlerine oranlarıdır.  $(3.00/2.66=1.13)$

c2/c1 oranı; 2007 yönetmeliği ve 1997 yönetmeliğine göre yapılan çözümlerdeki 2. kat yüksekliklerinin birbirlerine oranlarıdır.  $(4.50/2.36=1.91)$

d2/d1 oranı; 2007 yönetmeliği ve 1997 yönetmeliğine göre yapılan çözümlerdeki 3. Kat yüksekliklerinin birbirlerine oranlarıdır.  $(5.00/2.08=2.40)$

e2/e1 oranı; 2007 yönetmeliği ve 1997 yönetmeliğine göre yapılan çözümlerdeki 4. kat yüksekliklerinin birbirlerine oranlarıdır. (1997 Yönetmeliğinin B2 Düzensizliği formülü gereği bu değer = 0 dır.)

## BÖLÜM 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada 5 katlı Simetrik bir yapı modeli farklı kat yüksekliklerin de (2,00m, 2,50m, 3,00m, 3,50m, 4,00m, 4,50m, 5,00m) Yumuşak Kat Düzensizliği dikkate alınarak A.B.Y.Y.H.Y.1997 ve D.B.Y.B.H.Y.2007 yönetmeliklerine göre ayrı ayrı çözümleri yapılmıştır. Toplam 68 farklı yapı modelinin ideCAD programı yardımıyla 3 boyutlu dinamik analizleri mod birleştirme yöntemiyle yapılmıştır. Yapıların Yumuşak Kat Düzensizliği davranışlarını değerlendirmek amacıyla Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği raporlar halinde sunulmuştur. Çalışma sonunda elde edilen sonuçlar özetlenerek Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğin ilgili maddesinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

A.B.Y.Y.H.Y.1997 ve D.B.Y.B.H.Y.2007 Yönetmeliklerine göre Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği sınırları dikkate alınarak yapılan çözümlerde kat yüksekliği artışı en fazla zemin katlarda gerçekleşmektedir. Kat yüksekliği arttıkça Tablo 4.4’de görüldüğü gibi Kat Yükseklik Oranlarının Oranı da azalmaktadır.

A.B.Y.Y.H.Y.1997 Yönetmeliğine göre; Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği; İlgili katın görelî kat ötelenmesinin bir üst katın görelî kat ötelenmesine oranı ile elde edilmekte ve yönetmelik bu oranı 1,5 değeri ile sınırlandırmaktadır. (Denklem 2.7) Kat yükseklikleri 2,00 m sabit tutulup zemin kat yüksekliği 3,50 m olarak artırıldığında Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği başlamıştır. Buradan zemin katın yükseklik artış oranı;  $3,50/2,00=1,75$  olduğu görülmekte ve bu oranda Yumuşak kat Düzensizliği başlamaktadır.

D.B.Y.B.H.Y.2007 Yönetmeliğine göre; Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği: İlgili katın görelî kat ötelenmesinin, yine ilgili katın kat yüksekliğine oranının bir üst veya bir alt katın görelî kat ötelenmesinin kat yüksekliğine oranının oranı ile elde edilmekte ve yönetmelik bu oranı 2 değeri ile sınırlandırmaktadır. (Denklem 2.8) Kat yükseklikleri sabit artışlarla değiştirilerek yapılan çözümlerdeki azami fark  $h_1=2.00m$

sabit tutulup zemin kat yüksekliği 9,00 m olarak artırıldığında Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği başlamıştır. Buradan zemin katın yükseklik artış oranı;  $9,00/2,00=4,50$  olduğu görülmekte ve bu oranda Yumuşak kat Düzensizliği başlamaktadır.

Yönetmelikler arasındaki bu farkın asıl nedenini D.B.Y.B.H.Y.2007 de uygulanan formül oluşturmaktadır. (Denklem 2.8) Kat yüksekliği ile birlikte görel kat ötelenmesi de artmakta fakat bu iki artışın birbirine oranlanması nedeniyle A.B.Y.Y.H.Y.1997 yönetmeliğindeki etki azaltılmaktadır. Bu durum nedeniyle Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği sınırını aşan kat yüksekliği değişimi çok üst seviyelere taşınmıştır. Bu şekildeki bir yapıda Yumuşak Kat Düzensizliği'nin Yapı Modeli hesap yöntemi seçilmesindeki etkisi D.B.Y.B.H.Y.2007 de yok denecek kadar azaltılmıştır.

D.B.Y.B.H.Y.2007'de, A.B.Y.Y.H.Y.1997'deki Yumuşak Kat Düzensizliği Kat Yükseklik değerlerini sağlayan sınırlar her katta farklı değerlerde tespit edilmiştir. Bu değerler sırası ile;

Zemin kat da	$\eta_{kz}>0,85$
1. Kat da	$\eta_{k1}>1,15$
2. Kat da	$\eta_{k2}>1,30$
3. Kat da	$\eta_{k3}>1,47$ dir.

D.B.Y.B.H.Y.2007 Yönetmeliğine göre çözümlenen bu sınır değerleri dikkate alınarak  $\eta_{ki}$ 'nin asgari değeri 1,50'nin ( $\eta_{ki}>1,50$ ) altında belirlenmesi uygun olmayacaktır. Gerekçesi ise; Yapı modeli çözümlerinde Kat Yükseklikleri eşitken ( $h_i=5,00m$ 'de) yapılan çözümlerde  $\eta_{k3} \cong 1,50$  olarak tespit edilmiştir. D.B.Y.B.H.Y.2007'de  $\eta_{ki}>1,50$  sınır değerine göre yapılan çözümde ise kat yükseklikleri 2 m olduğunda, Zemin Kat Yüksekliği 9,00 m den 6,70m ye düştüğü görülmüştür.

Bu sonuçlara dayanarak D.B.Y.B.H.Y.2007'deki Katlar Arası Rijitlik Düzensizliğinin tekrar gözden geçirilerek,  $\eta_{ki}>2$  sınırının aşağı çekilmesi, formüldeki kat yükseklik etkilerinin azaltılması veya formülden çıkarılmasının uygun olacağı kanaatindeyim.

## KAYNAKLAR

- [ 1 ] AKILLI, H.Z., Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi 06.2005
- [ 2 ] Bayındırlık ve İskân Bakanlığı,1997. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Ankara
- [ 3 ] Bayındırlık ve İskân Bakanlığı,2006. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Ankara
- [ 4 ] CELEP Z., KUMBASAR N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı İstanbul 2000 Beta Dağıtım
- [ 5 ] CELEP, Z., KUMBASAR, N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul 2004.
- [ 6 ] ÇALIM G.,İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi 31.05 1999
- [ 7 ] İDEYAPI, REFERANS EL KİTABI Temmuz 2001
- [ 8 ] ÖZDOĞDU, O., Deprem Etkisi Altındaki Binaların Davranışına Dolgu Duvarların Etkisi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2006.
- [ 9 ] ÖZMEN, G., ORAKDÖĞEN E., PALA S., GÜLAY G., Çok Katlı Yapılarda Yapısal Düzensizliklerin Deprem Hesabına Etkisi, Türkiye Deprem Vakfı Yayınları, TDV/TR 017-28, İstanbul

## ÖZGEÇMİŞ

Murat GÜNEŞ; 15.06.1978 tarihinde Sivas-Suşehri'nde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul Sarıyer de tamamladı. 1997 yılında Sarıyer Lisesi'nden mezun olan GÜNEŞ, 2004 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden, 2005 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Çerkezköy'de Atılgan İnş., İstanbul'da Kılıç İnş. ve Tuzla Gemi Endüstri A.Ş.' de saha mühendisi olarak görev aldı. Şu an Çokkanlı İnş. da Şantiye şefi olarak çalışma hayatına devam etmektedir.