

154907

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

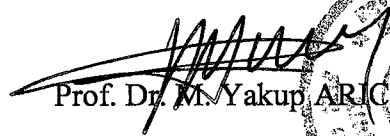
İNŞAAT ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DEĞİŞEN KAT ADEDİ VE PERDE ORANI İÇİN KAT KESME  
KUVVETLERİNİN KOLON VE PERDE ELEMANLARA DAĞILIMI

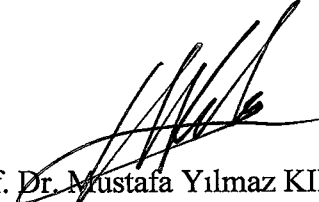
EDA AVANOĞLU

TEMMUZ,2004

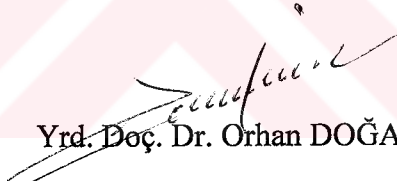
Fen Bilimleri Enstitü Müdürünün onayı.

  
Prof. Dr. M. Yakup ARICA  
Enstitü Müdürü

Bu Tezin Yüksek Lisans Tezi olarak İnşaat Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

  
Prof. Dr. Mustafa Yılmaz KILINÇ  
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumuzu ve Yüksek Lisans tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarız.


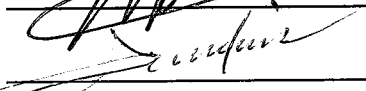

  
Yrd. Doç. Dr. Orhan DOĞAN  
Danışman

Tez Jürisi Üyeleri

Prof. Dr. Mustafa Yılmaz KILINÇ

Yrd. Doç Dr. Orhan Doğan

Yrd. Doç Dr. Ali P. AKGÜNGÖR

## ÖZET

### DEĞİŞEN KAT ADEDİ VE PERDE ORANI İÇİN KAT KESME KUVVETLERİNİN KOLON VE PERDE ELEMANLARA DAĞILIMI

AVANOĞLU, Eda

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışma: Yrd. Doç. Dr. Orhan DOĞAN

Temmuz 2004, 119 sayfa

Deprem kuşağında bulunan ülkemizde, yapıların taşıyıcı sistemine karar verilirken inşa edildiği bölgenin depremselliği göz önünde bulundurulmalıdır. Depreme dayanıklılık açısından, her sistemin kendine özgü özellikleri vardır. Çerçeve sistemlerin deprem yükleri altında her zaman yeterli güvenlikte olmadığı kabul edilir. Bu nedenle perde-çerçeve sistem ve perde duvarlı sistemler tercih edilmektedir. Perde çerçeve sistemlerde Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte belirtilen koşullar göz önünde bulundurularak yeterli perde enkesit alanı sağlanmalıdır.

Bu tez çalışmasında 4, 8 ve 12 katlı modeller için Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar hakkında Yönetmelikte verilen, kat plan alanının %0,2'si oranında ve bu oranla karşılaştırma yapabilmek açısından kat plan alanının %0,25'i oranında

perde elemanlar sisteme yerleştirilerek analizler yapılmıştır. Modeller Eşdeğer Deprem Yüku Yöntemi kullanılarak SAP2000 programı ile analiz edilmiştir. Her üç model için perde oranları değiştirilerek katlara gelen kesme kuvvetlerinin kolon ve perdelerine dağılımı tablo ve grafikler halinde düzenlenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Kat Kesme Kuvveti, Eşdeğer Deprem Yüku, Perde, SAP2000, Çerçeve





## ABSTRACT

# THE DISTRIBUTION OF STORY SHEAR FORCES TO COLUMNS AND SHEAR WALLS FOR VARIABLE NUMBER OF STORY AND SHEAR WALL RATIO

AVANOĞLU, Eda

Kırıkkale University

Institute of Science and Technology

Department of Civil Eng., M. Sc. Thesis

Advisor : Asist. Prof. Dr. Orhan DOĞAN

July 2004, 119 pages

In designing load bearing systems of structures in Turkey, a country seriously subject to earthquake effects, earthquake characteristics of regions should be taken into consideration. Each system has its own earthquake resisting features. Frame systems are not always considered safe enough against earthquake effects. Therefore, shear-frame systems and/or shear wall systems are preferred instead. In the former system, structures are required to have enough shear wall cross sections which are imposed by the Building Code for Natural Disaster Regions

In this thesis, using the Equivalent Earthquake Load Method with SAP2000 software computer model simulations for 4, 8, and 12 story buildings with shear walls of 0.2% and 0.25% of the total plan area, as described by the above code, were

performed separately. A comparative analysis of the shear-frame system for the prescribed shear wall areas indicated that shear walls at the uppermost story of the buildings with 0.2% shear wall area do not function against shear forces. Increasing the shear wall area to 0.25% eliminated this problem showing that enough shear wall area is needed for the safety of buildings against earthquakes.

The distribution of shear forces to columns and shear walls for each stories of model buildings were tabulated and plotted.

**Key Words:** Story Shear Force, Shear Wall, SAP2000, Equivalent Earthquake Load Method, Frame



## TEŞEKKÜR

Tez alıőmam sũresince konu seimi ve yœnlendirmeleriyle yardımcı olan danıőmanım Yr. Do. Dr. Orhan DOĞAN'a, SAP2000 Statik ve Dinamik Hesap Programı ile ilgili yardımlarından dolayı œđr. Gœr. Dr. Sabahattin AYKA ve Araő. Gœr. Őule BAKIRCI'ya, bugũnkũ bilgi seviyesine ulaőmamda katkısı bulunan tũm œđretim elemanlarına ve her tũrlũ konuda desteğiyle her zaman yanımda olan aileme, niőanlım Volkan Sıcacık'a ve ayrıca çalışma arkadaőlarıma teőekkũr ederim.



# İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	
ÇİZELGELER DİZİNİ	
1. GİRİŞ .....	1
1.1.Kaynak Özetleri .....	2
1.2.Çalışmanın Amacı .....	4
2. MATERYAL VE YÖNTEM	
2.1. Genel .....	5
2.1.1. Sistemin Modelinin Oluşturulması .....	5
2.1.2. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması .....	6
2.1.3. Kesit Özelliklerinin Tanımlanması .....	6
2.1.4. Yüklerin Tanımlanması .....	7
2.1.5. Çözüm (Analiz) .....	7
2.1.6. Boyutlandırma .....	7
2.2. SAP2000 Genel Menü.Düzeni .....	8
2.2.1. File Menüsü .....	8
2.2.2. Edit. Menüsü .....	8
2.2.3. View. Menüsü .....	8
2.2.4. Define Menüsü .....	8

2.2.5. Draw. Menüsü	8
2.2.6. Select Menüsü	8
2.2.7. Assign Menüsü	9
2.2.8. Analyse.Menüsü	9
2.2.9. Display.Menüsü	10
2.2.10. Design Menüsü	10
2.2.11. Options.Menüsü	10
2.12. Help Menüsü	10
2.3. Betonarme Çok katlı Yapılarda.Uygulanan Taşıyıcı. Sistemler	10
2.3.1. Çerçevesel	11
2.3.2. Perdeli Çerçevesel	11
2.4. Yatay Yükler Altında Davranış	14
2.4.1. Deprem Etkisi Altında Davranış	14
2.4.2. Rijitlik, Dayanım ve Süneklik	17
2.4.3. Yapı Elamanlarının Genel Davranışı	20
2.4.3.1. Döşemeler	21
2.4.3.2. Kolonlar	22
2.4.3.3. Perdeler	22
2.4.3.3.1. Perdelerle İlgili Enkesit Koşulları	24
2.4.4. Yapının Genel Davranışı	26
2.5. Betonarme Yüksek Yapılarda Yatay Yük Etkisi	30
2.6. Çok Katlı Yapıların Plan Geometrisi	32
2.6.1. Simetrik Yapılar	32
2.6.2. Simetrik Davranışlı Yapılar	33
2.6.3. Simetrik Olmayan Yapılar	35

2.7. Analiz Yöntemleri .....	36
2.7.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi .....	37
2.7.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Adımları .....	38
3. ARAŞTIRMA BULGULARI .....	57
3.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle Analizler .....	57
3.1.1. Model 1a .....	57
3.1.1.1. Bina Bilgileri .....	58
3.1.1.2. Deprem Bilgileri .....	58
3.1.1.3. Kat Ağırlıkları .....	59
3.1.1.4. Fiktif Yüğülerin Hesabı .....	59
3.1.1.5. Kat Deplasmanları .....	59
3.1.1.5.1. X Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanlarının Hesabı .....	59
3.1.1.5.2. Y Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanlarının Hesabı .....	60
3.1.1.6. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı .....	60
3.1.1.6.1. X Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodunun Hesabı .....	60
3.1.1.6.2. Y Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodunun Hesabı .....	60
3.1.1.7. Eşdeğer Deprem Yüğülerinin Hesabı .....	63
3.1.1.7.1. X Deprem yönü İçin Eşdeğer Kat Deprem Yüğülerinin Hesabı .....	63
3.1.1.7.2. X Deprem yönü İçin Eşdeğer Kat Deprem Yüğülerinin Hesabı .....	63

3.1.1.8. Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine	
Dağılımı .....	64
3.1.1.8.1. X Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve	
Perdelerine Dağılımı .....	64
3.1.1.8.2. Y Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve	
Perdelerine Dağılımı .....	64
3.1.2. Model 1b .....	64
3.1.2.1. Bina Bilgileri .....	65
3.1.2.2. Deprem Bilgileri .....	65
3.1.2.3. Kat Ağırlıkları .....	66
3.1.2.4. Fiktif Yüklerin Hesabı .....	66
3.1.2.5. Kat Deplasmanları .....	66
3.1.2.5.1. X Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanlarının Hesabı .....	66
3.1.2.5.2. Y Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanlarının Hesabı .....	67
3.1.2.6. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı .....	67
3.1.2.6.1. X Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodunun	
Hesabı .....	67
3.1.2.6.2. Y Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodunun	
Hesabı .....	68
3.1.2.7. Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı .....	69
3.1.2.7.1. X Deprem yönü İçin Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin	
Hesabı .....	69
3.1.2.7.2. X Deprem yönü İçin Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin	
Hesabı .....	69

3.1.2.8. Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine	
Dağılımı .....	71
3.1.2.8.1. X Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve	
Perdelerine Dağılımı .....	71
3.1.2.8.2. Y Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve	
Perdelerine Dağılımı .....	71
3.1.3. Model 2a .....	71
3.1.3.1. Bina Bilgileri .....	72
3.1.3.2. Deprem Bilgileri .....	72
3.1.3.3. Kat Ağırlıkları .....	73
3.1.3.4. Fiktif Yüklerin Hesabı .....	73
3.1.3.5. Kat Deplasmanları .....	74
3.1.3.5.1. X Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanlarının Hesabı .....	74
3.1.3.5.2. Y Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanlarının Hesabı .....	74
3.1.3.6. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı .....	75
3.1.3.6.1. X Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodunun	
Hesabı .....	75
3.1.3.6.2. Y Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodunun	
Hesabı .....	76
3.1.3.7. Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı .....	78
3.1.3.7.1. X Deprem yönü İçin Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin	
Hesabı .....	78
3.1.3.7.2. X Deprem yönü İçin Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin	
Hesabı .....	78



3.1.3.8. Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı .....	79
3.1.3.8.1. X Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı .....	79
3.1.3.8.2. Y Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı .....	80
3.1.4. Model 2b .....	80
3.1.4.1. Bina Bilgileri .....	81
3.1.4.2. Deprem Bilgileri .....	81
3.1.4.3. Kat Ağırlıkları .....	81
3.1.4.4. Fiktif Yüklerin Hesabı .....	82
3.1.4.5. Kat Deplasmanları .....	82
3.1.4.5.1. X Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanlarının Hesabı .....	82
3.1.4.5.2. Y Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanlarının Hesabı .....	83
3.1.4.6. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı .....	83
3.1.4.6.1. X Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodunun Hesabı .....	83
3.1.4.6.2. Y Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodunun Hesabı .....	85
3.1.4.7. Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı .....	86
3.1.4.7.1. X Deprem yönü İçin Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı .....	86
3.1.4.7.2. Y Deprem yönü İçin Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı .....	87

3.1.4.8. Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine	
Dağılımı .....	87
3.1.4.8.1. X Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve	
Perdelerine Dağılımı .....	87
3.1.4.8.2. Y Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve	
Perdelerine Dağılımı .....	88
3.1.5. Model 3a .....	88
3.1.5.1. Bina Bilgileri .....	89
3.1.5.2. Deprem Bilgileri .....	89
3.1.5.3. Kat Ağırlıkları .....	89
3.1.5.4. Fiktif Yüklerin Hesabı .....	90
3.1.5.5. Kat Deplasmanları .....	90
3.1.5.5.1. X Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanlarının Hesabı .....	90
3.1.5.5.2. Y Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanlarının Hesabı .....	91
3.1.5.6. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı .....	91
3.1.5.6.1. X Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodunun	
Hesabı .....	91
3.1.5.6.2. Y Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodunun	
Hesabı .....	92
3.1.5.7. Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı .....	94
3.1.5.7.1. X Deprem yönü İçin Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin	
Hesabı .....	94
3.1.5.7.2. Y Deprem yönü İçin Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin	
Hesabı .....	95

3.1.5.8. Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine	
Dağılımı .....	96
3.1.5.8.1. X Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve	
Perdelerine Dağılımı .....	96
3.1.5.8.2. Y Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve	
Perdelerine Dağılımı .....	97
3.1.6. Model 3b .....	97
3.1.6.1. Bina Bilgileri .....	98
3.1.6.2. Deprem Bilgileri .....	98
3.1.6.3. Kat Ağırlıkları .....	98
3.1.6.4. Fiktif Yüklerin Hesabı .....	99
3.1.6.5. Kat Deplasmanları .....	99
3.1.6.5.1. X Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanlarının Hesabı .....	99
3.1.6.5.2. Y Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanlarının Hesabı .....	100
3.1.6.6. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı .....	100
3.1.6.6.1. X Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodunun	
Hesabı .....	100
3.1.6.6.2. Y Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodunun	
Hesabı .....	102
3.1.6.7. Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı .....	104
3.1.6.7.1. X Deprem yönü İçin Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin .....	104
Hesabı .....	104
3.1.6.7.2. Y Deprem yönü İçin Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin	
Hesabı .....	104

3.1.6.8. Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine	
Dağılımı .....	105
3.1.6.8.1. X Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve	
Perdelerine Dağılımı .....	105
3.1.6.8.2. Y Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve	
Perdelerine Dağılımı .....	106
3.2. ANALİZLERİN YORUMLANMASI .....	106
3.2.1. Model 1a Eşdeğer Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım	
Yüzdeleri .....	108
3.2.2. Model 1b Eşdeğer Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım	
Yüzdeleri .....	109
3.2.3. Model 2a Eşdeğer Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım	
Yüzdeleri .....	110
3.2.4. Model 2b Eşdeğer Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım	
Yüzdeleri .....	111
3.2.5. Model 3a Eşdeğer Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım	
Yüzdeleri .....	112
3.2.6. Model 3b Eşdeğer Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım	
Yüzdeleri .....	113
3.2.7. X Yönündeki Perdelerin Üç Model İçin Kat kesme Kuvvetlerinin	
Dağılım Yüzdeleri .....	114
3.2.8. Y Yönündeki Perdelerin Üç Model İçin Kat kesme Kuvvetlerinin	
Dağılım Yüzdeleri .....	115
4. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	116
KAYNAKLAR .....	118

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### ŞEKİL

2.1. Çerçeve ve Perdenin Ayrı Ayrı ve Beraberce Yer Değiştirme Şekilleri .....	12
2.2.a Rijit Çerçeve .....	13
2.2.b. Perde .....	13
2.2.c. Perde-Çerçeve Sistem .....	13
2.3.a. Elastik Olan ve Elastik Olmayan Kuvvet Yerdeğiştirme Bağıntısı .....	16
2.3.b. Betonarme Elemanlarda Yük-Yerdeğiştirme Bağıntısı .....	16
2.4. Elastoplastik Etki Şekil Değiştirme İlişkisi .....	18
2.5. Sünek ve Sünek Olmayan Etki Şekil Değiştirme Etkisi .....	18
2.6. Rijit Diyafram Modeli .....	21
2.7. Yatay Yük Altındaki Perde .....	23
2.8. Katlara Gelen Yatay Kuvvetler .....	26
2.9. Dış merkez Durumun Oluşması .....	28
2.10. Plan Şekilleri .....	29
2.11. Taşıyıcı Sistemdeki Düzensizlikler .....	30
2.12. Simetrik Yapılar .....	32
2.13. Simetrik Davranışlı Yapılar .....	33
2.14. Simetrik Davranışlı Yapılarda Perde .....	34
2.15. Simetrik Davranışlı perdeleri Olan Yapılar .....	34
2.16. Simetrik Olmayan Yapılar .....	35
2.17. Merkezi Simetrisi Olan Yapılar .....	35
2.18. Merkezi Simetrisi Bozulmuş Yapının Kalıp Planı .....	36
2.19. Fiktif Yükler ve Yerdeğiştirme .....	38

2.20. Tasarım İvme Spekturumu Grafiği .....	44
2.21. Kat Hizalarına Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükleri .....	47
2.22. Kaydırılmış Kütle Merkezleri .....	47
3.1. Model 1a'ya ait Kalıp Planı .....	51
3.2. Model 1b'ye ait Kalıp Planı .....	52
3.3. Model 2a'ya ait Kalıp Planı .....	53
3.4. Model 2b'ye ait Kalıp Planı .....	54
3.5. Model 3a'ya ait Kalıp Planı .....	55
3.6. Model 3b'ye ait Kalıp Planı .....	56
3.7. Model 1a X Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdelere Dağılım Yüzdeleri .....	108
3.8. Model 1a Y Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdelere Dağılım Yüzdeleri .....	108
3.9. Model 1b X Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdelere Dağılım Yüzdeleri .....	109
3.10. Model 1b Y Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdelere Dağılım Yüzdeleri .....	109
3.11. Model 2a X Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdelere Dağılım Yüzdeleri .....	110
3.12. Model 2a Y Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdelere Dağılım Yüzdeleri .....	110
3.13. Model 2b X Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdelere Dağılım Yüzdeleri .....	111
3.14. Model 2b Y Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdelere Dağılım Yüzdeleri .....	111

3.15. Model 3a X Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdelere	
Dağılım Yüzdeleri .....	112
3.16. Model 3a X Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdelere	
Dağılım Yüzdeleri .....	112
3.17. Model 3b X Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdelere	
Dağılım Yüzdeleri .....	113
3.18. Model 3b Y Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdelere	
Dağılım Yüzdeleri .....	113
3.19. Limit Durum X Yönündeki Perdelerin Kesme Kuvveti Dağılımı .....	114
3.20. Limit Üstü Durum X Yönündeki Perdelerin Kesme Kuvveti	
Dağılımı .....	114
3.21. Limit Durum X Yönündeki Perdelerin Kesme Kuvveti Dağılımı .....	114
3.22. Limit Üstü Durum X Yönündeki Perdelerin Kesme Kuvveti	
Dağılımı .....	115

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### ÇİZELGE

2.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar .....	37
2.2. Hareketli Yüğü Katılım Katsayısı (n) .....	41
2.3. Etkin Yer İvmesi Katsayısı ( $A_0$ ) .....	42
2.4. Bina Önem katsayısı (I) .....	43
2.5. Spekturum Karakteristik Katsayısı ( $T_A, T_B$ ) .....	44
2.6. Taşıyıcı Sistem Katsayısı .....	45
3.1. Model 1a'ya ait Fiktif Yüğülerin Hesabı .....	59
3.2. Model 1a'ya ait X Deprem Yönü Kat Deplasmanları .....	59
3.3. Model 1a'ya ait Y Deprem Yönü Kat Deplasmanları .....	60
3.4. Model 1a'ya ait X Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı ile $T_1$ 'in Hesabı .....	60
3.5. Model 1a'ya ait Y Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı ile $T_1$ 'in Hesabı .....	61
3.6. Model 1a'ya ait X Deprem Yönü İçin Eşdeğer Deprem . Yüğülerinin Hesaplanması .....	63
3.7. Model 1a'ya ait Y Deprem Yönü İçin Eşdeğer Deprem Yüğülerinin Hesaplanması .....	63
3.8. Model 1a'ya ait X Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı .....	64
3.9. Model 1a'ya ait Y Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı .....	64
3.10. Model 1b'ye ait Fiktif Yüğülerin Hesabı .....	66
3.11. Model 1b'ye ait X Deprem Yönü Kat Deplasmanları .....	66
3.12. Model 1b'ye ait Y Deprem Yönü Kat Deplasmanları .....	67



3.13. Model 1b'ye ait X Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı ile $T_1$ 'in Hesabı	67
3.14. Model 1b'ye ait Y Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı ile $T_1$ 'in Hesabı	67
3.15. Model 1b'ye ait X Deprem Yönü İçin Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesaplanması	70
3.16. Model 1b'ye ait Y Deprem Yönü İçin Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesaplanması	70
3.17. Model 1b'ye ait X Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı	71
3.18. Model 1b'ye ait X Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı	71
3.19. Model 2a'ya ait Fiktif Yüklerin Hesabı	73
3.20. Model 2a'ya ait X Deprem Yönü Kat Deplasmanları	74
3.21. Model 2a'ya ait Y Deprem Yönü Kat Deplasmanları	74
3.22. Model 2a'ya ait X Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı ile $T_1$ 'in Hesabı	75
3.23. Model 2a'ya ait Y Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı ile $T_1$ 'in Hesabı	76
3.24. Model 2a'ya ait X Deprem Yönü İçin Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesaplanması	78
3.25. Model 2a'ya ait Y Deprem Yönü İçin Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesaplanması	79
3.26. Model 2a'ya ait X Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı	79
3.27. Model 2a'ya ait Y Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı	80
3.28. Model 2b'ye ait Fiktif Yüklerin Hesabı	82
3.29. Model 2b'ye ait X Deprem Yönü Kat Deplasmanları	82

3.30. Model 2b'ye ait Y Deprem Yönü Kat Deplasmanları .....	83
3.31. Model 2b'ye ait X Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı ile $T_1$ 'in Hesabı .....	83
3.32. Model 2b'ye ait Y Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı ile $T_1$ 'in Hesabı .....	85
3.33. Model 2b'ye ait X Deprem Yönü İçin Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesaplanması .....	86
3.34. Model 2b'ye ait Y Deprem Yönü İçin Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesaplanması .....	87
3.35. Model 2b'ye ait X Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı .....	87
3.36. Model 2b'ye ait Y Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı .....	88
3.37. Model 3a'ya ait Fiktif Yüklerin Hesabı .....	90
3.38. Model 3a'ya ait X Deprem Yönü Kat Deplasmanları .....	90
3.39. Model 3a'ya ait Y Deprem Yönü Kat Deplasmanları .....	91
3.40. Model 3a'ya ait X Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı ile $T_1$ 'in Hesabı .....	91
3.41. Model 3a'ya ait Y Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı ile $T_1$ 'in Hesabı .....	93
3.42. Model 3a'ya ait X Deprem Yönü İçin Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesaplanması .....	94
3.43. Model 3a'ya ait Y Deprem Yönü İçin Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesaplanması .....	95
3.44. Model 3a'ya ait X Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı .....	96
3.45. Model 3a'ya ait Y Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı .....	97
3.46. Model 3b'ye ait Fiktif Yüklerin Hesabı .....	99

3.47. Model 3b'ye ait X Deprem Yönü Kat Deplasmanları .....	99
3.48. Model 3b'ye ait Y Deprem Yönü Kat Deplasmanları .....	100
3.49. Model 3b'ye ait X Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı ile $T_1$ 'in Hesabı .....	100
3.50. Model 3b'ye ait Y Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı ile $T_1$ 'in Hesabı .....	102
3.51. Model 3b'ye ait X Deprem Yönü İçin Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesaplanması .....	104
3.52. Model 3b'ye ait Y Deprem Yönü İçin Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesaplanması .....	105
3.53. Model 3b'ye ait X Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı .....	105
3.54. Model 3b'ye ait Y Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı .....	106
3.55. . Model Bilgileri .....	107

## 1. GİRİŞ

Depremi etkili olduğu ülkelerde yapıların depreme dayanıklı olarak projelendirilmesi çok büyük önem taşımaktadır. Projelendirme esnasında her ülkenin yapı teknolojisi, ekonomik seviyesine, maruz kaldığı deprem riskine, zemin durumuna ve deprem kayıtlarının yeterlilik düzeyine bağı olarak farklılık gösteren yönetmeliklere uyması zorunludur. Ülkemizde bu konuyu düzenleyen esaslar 1997'de yenilenerek 1998'de uygulama zorunluluğı getirilen Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te mevcuttur. Bu yönetmelik ülkemizdeki yapılarda depremin meydana getireceğı tesirleri dikkate alan hesap yöntemlerini ve yapım kurallarını içermektedir.<sup>(1)</sup>

Depreme dayanıklı yapı tasarımında tüm dünyada uygulanan ilke, yapının sık ve küçük şiddetteki depremleri elastik sınır içinde kalarak, orta şiddetteki depremleri elastik sınırların ötesinde fakat taşıyıcı sistemde kolayca onarılabilecek önemsiz hasarlarla, çok seyrek şiddetli depremleri büyük hasarlarla fakat sistem tamamen göçmeden ve can kaybı olmaksızın karşılayabilmesidir.

Depreme karşı güvenliğin sağlanabilmesinde önce taşıyıcı sistemin tasarımının özenle yapılması önemlidir. İyi bir tasarım sonucunda taşıyıcı sistemin analizinde göz önüne alınan davranış ile, deprem altındaki davranışı birbirine yakın olur.<sup>(2)</sup>

Yapının yüksekliğı ve inşa edildiğı yörenin depremselliğı arttıkça, yatay yük etkileri büyüyecek ve sadece düşey yüklere göre boyutlandırılan çerçeve sistem yetersiz kalacaktır. Çerçeve sistemin yatay yüklere karşı yetersiz kaldığı

durumlarda, yatay deprem yüklerini güvenle karşılamak ve ayrıca yüksek yapılarda salınımı azaltmak için, taşıyıcı sisteme perdeler ilave edilir. <sup>(3)</sup>

### 1.1 Kaynak Özetleri

Turgut Öztürk'ün 1997 yılında yaptığı “ Binalarda Yatay Yükleri Taşıyan Betonarme Perdelerin Ön Boyutlarının Tayini” adlı çalışmada konut ve işyeri olarak kullanılan çok katlı binalarda deprem dayanımı bakımından en iyi sistemlerden olan, perdelerden oluşan yatay yük taşıyıcı sistemlerde perde boyutlarının kat adedi, kat alanı, deprem bölgesi, malzeme gibi faktörlere bağlı olarak tayini ve mimari plana uygun olarak bölüm perdelerinin teşkili için bir metod ve yardımcı tablolar ile sayısal bir uygulama verilmiştir. <sup>(4)</sup>

İbrahim Gençay'ın 1999 yılında yaptığı “Deprem Etkisindeki Çok Katlı Yapı Sistemlerinde Perde Tasarım Momentlerinin Hesabı İle İlgili Parametrik Bir İnceleme” adlı tezde Eşdeğer deprem Yüğü ve Mod Birleştirme hesap yöntemleriyle seçilen 10, 12 ve 22 katlı yapı sistemlerinin perde eğilme moment diyagramları burulmalı ve burulmasız olarak karşılaştırılmalı çizilmiş, daha sonra bunlardan en uygun ve güvenli olanı, yönetmelikte önerilen tasarım moment diyagramına bir alternatif tasarım moment diyagramı olarak önerilmiştir. <sup>(5)</sup>

Bahar Metin'in 1999 yılında yaptığı “Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre (Eylül-1997) Perdeli-Çerçeveli Betonarme Yapıların Kat Adedine Ve Deprem Bölgeleri Parametrelerine Bağlı Olarak Tasarımı” adlı tezde eski ve yeni deprem yönetmeliği kıyaslanmış ve yapı içinde kullanılması gereken uygun perde oranları göz önünde bulundurulmuş parametrelere göre hesaplamıştır. <sup>(6)</sup>

Fatih Aydınalev'in 2000 yılında yaptığı "Çok Katlı Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliği (TDY'98)'ne Göre Analizi Ve Yapı Düzensizliklerinin İrdelenmesi" adlı tezde Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yönteminin perdeli, perdesiz çeşitli bina tipleri üzerinde uygulandığı bu çalışmada SAP90 programı kullanılmış, yeni deprem yönetmeliğinin önemli yeniliklerinden olan yapı düzensizlikleri bu yöntem kullanılarak irdelenmiştir. (7)

Harun Bıçakçı'nın 2000 yılında yaptığı "Perdeli Çerçevesi Sistemlerde Depremden Oluşan Kat Kesme Kuvvetlerinin Dağılımının İncelenmesi" adlı tezde taşıyıcı sistemi perdeli çerçevesi ve boşluklu perdeli çerçevesi olan yapılarda toplam perde alanının kat alanına oranındaki değişimin depremde oluşan ve kat kesme kuvvetlerinin, perde ve çerçeveler arasında hangi oranlarda paylaşıldığını ve perde enkesit alanındaki artışın etkisi araştırılmıştır. (8)

Sena Güzeldağ'ın 2001 yılına yaptığı "Yeni Deprem Yönetmeliğinin SAP2000 ve Ansys Programları İle İrdelenmesi" adlı tezde içinde perdeli sistemlerin her iki programla analizleri yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. (9)

Prof. Dr. Günay Özmen'in 2001 yılında yaptığı "Aşırı Burulma Yapan Çok Katlı Yapılar" adlı çalışmada plandaki perde konumları farklı olan 8 grup tipik yapı seçilmiş ve bu yapıların aks sayıları 3-10, kat sayıları da 1-10 arasında değiştirilerek burulma düzensizliği katsayıları incelenmiş ve sonuçlar irdelenmiştir. (10)

Fatih Ergençoğlu'nun 2002 yılında yaptığı "Betonarme Perde-Çerçeve Sistemlerin Bilgisayar Destekli Dinamik Analizleri" adlı tezde dinamik analiz tiplerinin sonuçlara etkisinin, seçilen simetrik bir perde-çerçevesi yapının 5 ve 10 katlı yapıda nasıl değiştiği incelenmiştir. Çalışmadaki her bir sistemin analizinde SAP2000 programı kullanılmıştır. (11)

Tolga Alkış'ın 2003 yılında “ Boşluklu Perde Duvar Sistemlerin Serbest Titreşim Periyotlarının Farklı Yöntemlerle Hesaplanması (Derleme)” adlı çalışmada daha önce sınır eleman yöntemi kullanılarak modellenmiş ve serbest titreşim periyotları elde edilmiş bir boşluklu perde duvar sistemin, gerilme elemanlarının kullanıldığı sonlu elemanlar yöntemi ve çubuk elemanların kullanıldığı geniş kolon benzeşimi yöntemi kullanılarak serbest titreşim periyotları bulunmuş, analizden çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır.<sup>(12)</sup>

## 1.2. Çalışmanın Amacı

Taşıyıcı sistemi, perdeli-çerçevesi olarak seçilmiş bir yapının kat adedine bağlı, yönetmelikte<sup>(1)</sup> belirtilen limit durumlarda göz önünde bulundurularak, perde enkesit alanları hesaplanmıştır. Ayrıca kat adedine bağlı olarak perde ve kolonların, her katta deprem kesme kuvvetlerini hangi oranda paylaştığı incelenmiştir.

Perde ve çerçeve elemanların yatay yük altındaki davranışları farklılık gösterdiğinden, perde çerçeve davranışı incelenerek yeterli perde alanının limit ve limit üstü durumlarında, her kat için, gelen yatay yüklerin perde ve çerçeve elemanlar tarafından hangi oranda paylaşıldığı araştırılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan tüm modellerin analizi SAP2000 programı ile, “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılarak yapılmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Genel

Çalışmanın hazırlanması SAP2000 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. SAP2000 yazılımı, yapı sistemi modellerinin geliştirilmesi, analizi ve boyutlandırılması için kullanılan Genel Amaçlı bir programdır. Program Windows ortamında çalışmakta ve tüm işlemler özel Grafik Kullanıcı Ara yüzü (Graphical User Interface - GUI) yardımı ile SAP2000 ekranı üzerinde gerçekleştirilmektedir.

Herhangi bir yapı sistemi SAP2000 ile analiz ederken önce sistem modellenir, malzeme , kesit ve yük özellikleri tanımlanır sonra analiz yapılarak sistem boyutlanır.

#### 2.1.1. Sistemin Modelinin Oluşturulması

Bu ilk aşamada, doğrudan doğruya veya SAP2000 içinde bulunan Şablon (Template) sistemler kullanılarak;

- Kiriş, kolon v.b. çubuk elemanlar,
- Duvar, döşeme, kabuk gibi yapı bölümlerini temsil eden sonlu elemanlar,
- Birleşim noktalarında veya mesnetlerde lineer elastik veya lineer olmayan birleşimler ve çeşitli tip mesnetlemeler tanımlanarak sistem modeli oluşturulur. Yine, çeşitli yapı elemanlarının birleştiği Düğüm Noktaları (Joints), program tarafından otomatik olarak türetilerek, Nesne (Object) adı verilen (çubuk, sonlu eleman, birleşim, yay ve düğüm noktası) oluşturulabilmektedir.



Ayrıca, ele alınan sistemin önce küçük (veya kaba) bir bölümü sonra SAP2000 'in Copy, Paste, Replicate, Mesh Shells gibi olanaklarından yararlanarak da sistem tamamlanabilmektedir.

Bazı durumlarda da, sistemin geometrisi AutoCAD veya EXCEL yazılımları ile geliştirilip SAP2000 içine aktarılabilir.

### **2.1.2. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması**

SAP2000 içinde standart olarak, tüm özellikleri ile tanımlanmış olan beton (concrete) ve çelik (steel) malzemeleri mevcut olup, istenirse bu malzeme türlerine ait özelliklerin bazıları veya tümü değiştirilebileceği gibi, yeni malzeme türleri de tanımlanıp kullanılabilir. Seçilen veya tanımlanan malzeme türleri, kesit tanımlaması sırasında kullanılmaktadır.

### **2.1.3. Kesit Özelliklerinin Tanımlanması**

Çeşitli kesit tipleri ayrı kütükler içinde verilmiş bulunmaktadır. Özellikle çelik yapılarda bu kesit tipleri, doğrudan doğruya veya bazı özellikleri değiştirilerek kullanılabilir gibi, istenen türde kesit tanımlamak için, pek çok seçenek vardır. Seçilen veya tanımlanan kesitler sistem elemanlarına atanabilmektedir.

### **2.1.4 Yüklerin Tanımlanması**

Tekil, düzgün yayılı, üçgen ve yamuk yayılı yüklerle, sıcaklık değişimleri tanımlanıp düğüm noktalarına, çubuklara veya sonlu elemanlara atanabilmektedir.

Ayrıca, kütle ve spektrum diyagramları tanımlandıktan sonra, Mod Birleştirme yöntemi ile Dinamik Hesapta yapılabilir. Çok sayıda (sabit, hareketli, rüzgar, deprem v.b.) değişik yüklemeler tanımlanabileceği gibi, bunlar çeşitli süperpozisyon katsayıları ile çarpılarak birden fazla yükleme kombinasyonları da oluşturulabilmektedir.

### **2.1.5. Çözüm (Analiz)**

Sistem modelinin malzeme, kesit özellikleri ve yüklemeleri ile birlikte tanımlanması bittikten sonra Çözüm (Analiz) yapılır. Çözüm sonuçları da SAP2000 ekranında görüntülenmektedir. Bu görüntü üzerinde istenen her türlü ayrıntı ayrıca görüntülenip incelenebilir. İstenirse, çözüm sonuçları bir kütüğe yazdırılıp orada incelenir veya bastırılabilir.

### **2.1.6. Boyutlandırma**

Çözüm işlemi tamamlandıktan sonra, seçilen yönetmeliğin kuralları uygulanarak, çelik veya betonarme elemanların boyutlandırmaları da yapılabilmektedir.

## **2.2. SAP2000 Genel Menü Düzeni**

**2.2.1. File Menüsü:** Bu menü altındaki komutlar ve alt komutlar yardımıyla yeni çalışma başlatma, kütük kayıt işlemleri, çalışmanın başka ortamlara aktarılması veya başka ortamlardan bilgi aktarımı, çıktı alma gibi işlemler gerçekleştirilir.

**2.2.2. Edit Menüsü:** Bu menüdeki komutlar ile sistem elemanlarının düzenlenmesi, kopyalanması, çoğaltılması, silinmesi, yeniden adlandırılması gibi işlemler yapılabilir.

**2.2.3. View Menüsü:** Bu menüdeki komutlar ile sistemin görünümü ve bakış açılarını düzenleme işlemleri gerçekleştirilir.

**2.2.4. Define Menüsü:** Bu menüdeki komutlar ile sistemi oluşturan elemanların özellikleri, yüklemeler, yük kombinezonları v.b. tanımlanabilir.

**2.2.5. Draw Menüsü:** Bu menüdeki komutlar ile sistemi oluşturan elemanların çizilmesi, yardımcı çizgilerin ve çizim araçlarının düzenlenmesi v.b. işlemler yapılabilir.

**2.2.6. Select Menüsü:** Bu menüdeki komutlar ile sistem modelini oluşturma arasında gereken seçim işlemleri yapılabilir.

**2.2.7. Assign Menüsü:** Bu menüdeki komutlar ile sistem elemanlarına kesit Özellikleri veya yüklemeler atanabilir ve gruplama işlemleri yapılabilir.

**2.2.8. Analyse Menüsü:** Bu menüdeki komutlar ile sistemin çözümü (analizi) yapılır.

**2.2.9. Display Menüsü:** Bu menüdeki komutlar ile sistemin şekil değiştirmiş durumu, yüklemeler, mod şekilleri gibi çeşitli durumlardaki görünümü elde edilebilir.

**2.2.10. Design Menüsü:** SAP2000 ile çelik veya betonarme boyutlandırma yapmak için bu menü kullanılabilir.

**2.2.11. Options Menüsü:** Model görüntü ayarlarının yapıldığı menüdür.

**2.2.12. Help Menüsü:** Programla ilgili yardım bilgilerinin bulunduğu menüdür.<sup>(13)</sup>

### **2.3. Betonarme Çok Katlı Yapılarda Uygulanan Taşıyıcı Sistemler**

Genel olarak, bir yapıya taşıyıcı sistem seçerken ve bu taşıyıcı sistemi boyutlandırırken, yapı mühendisinin öncelikle düşündüğü, yapının düşey yükler için yeterli güvenliklı olmasını sağlamaktır. Çünkü, yapı ömrü boyunca sadece düşey yükler etkisinde değil, zaman zaman da olsa yatay yüklere maruz kalacaktır. Sadece düşey yüklere göre taşıyıcı sistem seçimi ve boyutlandırma, yapının ayakta kalabilmesi için yeterli görülse de yapının yatay yükler için de yeterli olduğunun kontrol edilmesi gerekir. Yapı fazla yüksek olmadıkça ve depremselliği yüksek olan bölgelerde inşa edilmedikçe, yatay yük etkilerine göre kontrol düşey yükler için seçilen taşıyıcı sistemi ve belirlenen boyutları önemli ölçüde değiştirmez. Yapı yüksekliği ve inşa edildiği yörenin depremselliği arttıkça yatay yük etkilerinin büyümesi nedeniyle

düşey yüklere göre boyutlandırılan yapı yetersiz kalır, hatta zaman zaman yatay yük etkilerini güvenle taşımaya yönelik özel taşıyıcı sistemler seçmek gerekir. <sup>(3)</sup>

Bina türünde yapıların taşıyıcı sistemleri üç grupta toplanabilir. Birinci grup düşey yüklerin doğrudan etkidiği, yatay yada yataya yakın plak ve kiriş gibi elemanların oluşturduğu kat döşemeleridir. İkinci grupta düşey veya düşeye yakın, perde, kolon gibi elemanlar sayılabilir. Üçüncü grupta yükleri zemine aktaran temeller yer alır. Birinci grup içinde sayılan ve kat döşemelerini oluşturan elemanların yalnız düşey yükleri değil, özellikle depremden oluşan yatay yükleri de perde veya kolonlara aktarma durumunda oldukları unutulmamalıdır. İkinci grup olarak alınan perde ve kolonlar, kat döşemesi ile birlikte bir çerçeve sistemi oluştururlar. Kolonların ve perdelerin yükler altında davranışları oldukça farklıdır. Perdeler büyük atalet momentleri ile kolonlara göre daha rijit oluklarından yer değiştirmelerin sınırlandırılmasında daha etkili bir taşıyıcı elemandır.

Taşıyıcı sistemde dayanım ve sünekliğin yanında, bu özelliklerin sistemde yayılı olarak bulunması ve sistemin bütünlüğünün sağlanmış olması da önemlidir.

Yüksekliği fazla olmayan binalarda daha sünek bir sistem olduklarından kolonlardan oluşan çerçevelerin tercih edilmesi gerektiğini, buna karşılık yatay yükten meydana gelen yer değiştirmelerin sınırlandırılması önemli bir sorun olan yüksek binalarda, sağladıkları rijitlik dolayısıyla perdelerin kullanılması gerektiğini gösterir. Çoğunlukla yüksek binalarda da kolonlar ve perdeler birlikte kullanılır.<sup>(14)</sup>

### 2.3.1. Çerçeveler

Kolonların ve döşeme sisteminin (kiriş veya döşemenin), süneklik sağlayacak şekilde monolitik yapıyı ile çerçeve adı verilen taşıyıcı sistem elde edilir. Fabrika binası, atölye, hangar gibi büyük açıklıklı binalarda yalnız yatay yüklerin taşınmasında değil, aynı zamanda

düşey yüklerin taşınmasında da çerçeveler elverişli bir taşıyıcı sistem oluştururlar. Konut ve büro binası türünde çok katlı ve çok gözlü çerçevelerden oluşan yapılarda düşey yük etkisinde çerçeve moment diyagramı ile sürekli kiriş moment diyagramının farkı azdır. Çerçevenin asıl önemli rolü yatay yüklerin, sağlanan kiriş-kolon sürekliliği sayesinde taşınabilmesindedir. Çerçevelerin deprem yüküne karşı koyabilmeleri, süneklik, dayanım ve rijitlikleri ile belirlenir. <sup>(14)</sup>

### 2.3.2. Perdeli Çerçeveler

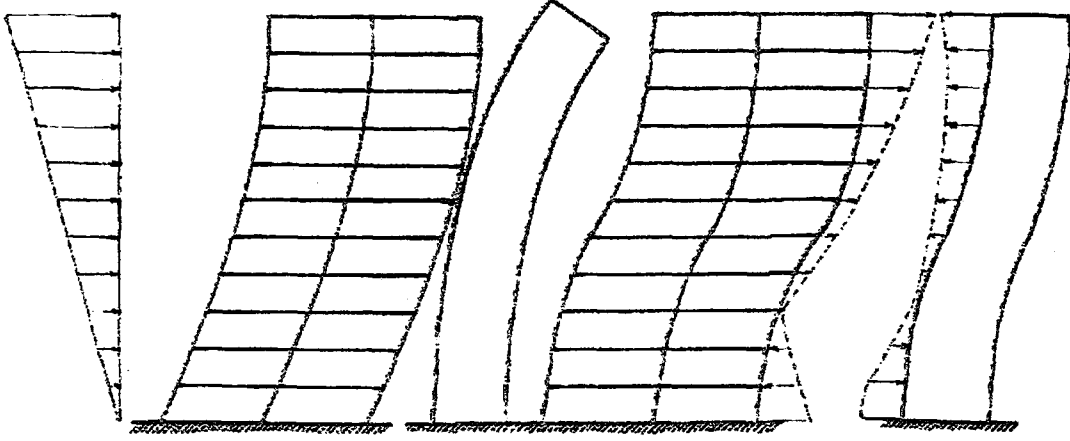
Betonarme çok katlı yapılarda, çerçevelerin yatay yükleri taşıma konusunda yetersiz kaldığı durumlarda genellikle taşıyıcı sisteme perde elemanlar katma yolu tutulur. Boşluksuz perdelerin rijitlikleri ve dış etkilerden oluşacak gerilme ve şekil değiştirmeler belirlenirken eğilme teorisi kullanılır.

Perdelerde zaman zaman kapı ve pencere boşlukları bırakmak gerekir. Boşluklu perdeler daha karmaşık hesap sorunları doğururlar. Boşluklar genellikle perde yüksekliği boyunca düzgün aralıklarla sıralanırlar. Boşlukların her iki yanındaki perde elemanları ya bağlantı kirişleri ile ya da döşemelerle birbirlerine bağlanırlar.

Boşluklar küçük ise perdenin tüm olarak gerilme durumu üzerindeki etkileri küçük kalır. Büyük boşlukların etkisi daha fazla olacaktır. Yeteri kadar büyük boşluklar perdenin, çerçeve etkisinin payının büyük olduğu bir davranış göstermesine neden olur. <sup>(3)</sup>

Perdeler tek başlarına düşünülüğünde bir konsol kiriş oldukları halde, taşıyıcı sistem içinde bağ kirişleri veya bu işlevi yapan döşeme elemanı, varsa çerçeve kolonları ile etkileşimi nedeni ile moment diyagramları bir konsolunkinden farklıdır. Bu fark

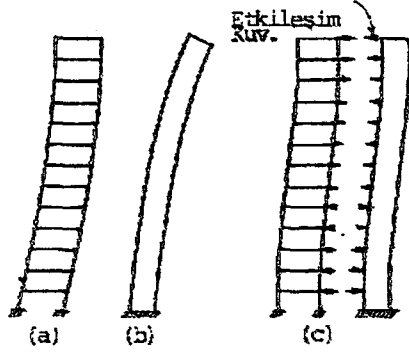
etkileşimi sağlayan elemanların önem derecesi ile değişir.



Şekil 1 Çerçeve ve Perdenin Ayrı Ayrı ve Beraberce Yerdeğiştirme Şekilleri

Çerçevelerin şekil değiştirmesinde kayma modu etkindir. Burada katlar arasındaki relatif yer değiştirme sadece o kattaki kat kesme kuvvetine bağlıdır (Şekil 2.2a).

Perdeler ise eğilme modu etkin olan bir şekil değişimi gösterirler. (Şekil 2.2b).<sup>(3)</sup>



Şekil 2.2

a-Rijit çerçeve. Kayma tipi şekil değiştirme.  
b-Perde.Eğilme tipi şekil değiştirme,  
c-Perde-Çerçeve Sistemi.

Perdelerin plandaki yerlerinin belirlenmesinde binanın fonksiyonu ve mimari nedenler etkili olur. Ancak perde konabilecek yerler arasında planda çerçeveye yakın olanların, simetriyi de sağlayacak biçimde seçilmesi , yapının burulma rijitliğini artırması bakımından uygundur. Taşıyıcı sistemin rijitliğini büyük ölçüde arttıran perdelerin yalnız bir doğrultuda yerleştirilmesi, iki doğrultuda çok farklı açısız frekans ve yer değiştirme nedeniyle, dengesiz bir davranış ortaya çıkaracağından sakıncalıdır.<sup>(14)</sup>

Perdelerin yapının kenarlarına yakın olması, burulma düzensizliğini olumlu yönde etkilemektedir. Uygulamada yapıların orta bölgelerine yakın konumda perdelerin tercih edilmemesi, hiç değilse bu konumdaki perde ve çekirdeklerin kenarlardaki perdelerle dengelenmesi uygun olacaktır.

Yapıların depreme karşı davranışlarında perdelerin varlığı yadsınamaz. Ancak, özellikle az katlı yapılarda aşırı oranda perde kullanılması, burulma bakımından olumsuz



sonuçlar verebilmektedir. Perdelerin hem olumsuz konumda hem de aŐıri oranda olmaları, burulma düzensizliğini arttırmaktadır. <sup>(10)</sup>

## **2 . 4. Yatay Yükler Altında Davranış**

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

### **2.4.1. Deprem Etkisi Altında Davranış**

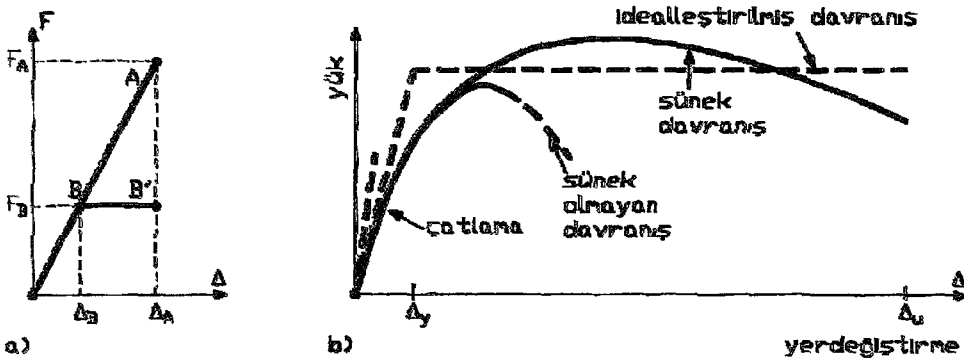
Taşıyıcı sistem inşa edilirken baŐlangıçtan itibaren kendi ağırlığını taşımaya baŐlar yüklerin üstüne gelen düşey faydalı yükler de benzer türden özelliğe sahiptir. Hareketli yükün taşıyıcı sisteme etkimesi, ani değil belirli bir süre içinde gerçekleŐir. Yükleme ve bu yüklemenin değeri bir zaman içinde meydana geldiği için, taşıyıcı sistemde kusurlar ortaya çıktığında, hemen yk boŐaltularak tedbir alma yönüne gidilir. Rüzgar ve özellikle deprem yükleri ise, çok kısa zamanda etkiler ve dinamik özellik gösterirler. Daha önce herhangi bir yatay yükleme altında kalmayan taşıyıcı sistem kısa bir zamanda önemli bir yatay etki ile zorlanır. Taşıyıcı sistemdeki kusurlar çok kısa bir zamanda ortaya çıktığı için herhangi bir tedbir almak veya yüklemeye etkili olmak mümkün olmaz.

Depremlerin büyüklükleri ortaya çıkardıkları enerjiye bağlı olarak belirlenir. Büyük depremler şiddetli hasarlar meydana getirirler ve seyrek meydana gelirler. Yani, dönüşüm periyotları uzundur. Buna karşılık sık meydana gelen küçük depremler az hasar meydana getirir ve dönüşüm periyotları küçüktür. Deprem Yönetmelikleri'nde yapının amacına bağlı olarak dönüşüm periyodu 100 ile 500 yıl arasında bulunan depremlere karşı binanın dayanımı söz konusu edilir. Ancak, bu tür depremlerden oluşan kesit etkilerinin taşıyıcı sistemin elastik davranışı ile karşılanması mümkün değildir. Buna karşılık bu değerlerin %15-25 gibi oldukça küçük bir oranını elastik davranış içinde karşılanması esas alınır ve daha büyük depremlerin taşıyıcı sistemde meydana gelecek elastik ötesi şekil değiştirmeler ve enerji tüketilmesi ile karşılanacağı kabul edilir. Bunun sonucu olarak taşıyıcı sistemin dayanım kapasitesine sık rastlanan şiddeti düşük depremlerde erişilir. Bu durumda deprem etkisi yönünden yapının dayanım kapasitesine erişmesinin yıllık ihtimali % 1 ~ 3 gibi yüksek oran olarak ortaya çıkar. Bunun yanında düşey yükler altında taşıyıcı sistemin dayanım kapasitesine erişmesi ise % 0,01 gibi oldukça düşük bir oran civarında bulunur. Bu iki değer kıyaslandığında deprem etkisinin karşılanmasındaki eksikliklerin ne derecede sorun meydana getireceği anlaşılır.<sup>(14)</sup>

Depremlerden sonra yapılan incelemelerden bir kesitte yeterli eğilme momenti dayanımı bulunmamasının, taşıyıcı sistemin bütünlüğü bozulmamak koşulu ile, her zaman ağır hasara veya göçmeye götürmediği belirlenmiştir. Bunun yanında kesme kuvveti etkisinin karşılanamamasından ortaya çıkan elastik ötesi şekil değiştirmelerin önemli hasara neden olduğu gözlenmiştir.

Yapılan çalışmalar, normal orta ve yüksek katlı binaların tipik bir depremde zorlanması durumunda çözümlemenin elastik veya elastik ötesi davranış

esas alınarak yapılmasına bağlı olmaksızın aynı mertebede yatay yer değiştirmenin meydana geldiğini göstermiştir. Şekil 2.3.de görüldüğü gibi her iki durumda A ve B' gibi farklı noktalara erişilmesine karşılık, aynı mertebeden  $\Delta_A$  gibi bir yatay yer değiştirme ortaya çıkmaktadır. Bunun gibi, verilen bir depremde yapının tamamen elastik davranış gösterdiği kabul edilmesi durumunda, yönetmeliklerde öngörülen yüklerin kullanılmasına göre 3 ile 6 kat arasında değişen kesit etkileri ve yer değiştirmeler meydana gelir. Bunun sonucu olarak yapılan incelemeler, dikkati dayanımdan elastik ötesi davranışa kaydırmıştır. Taşıyıcı sistemin elastik ötesi yer değiştirmelerinin büyük olması veya sünek olması ile deprem enerjisinin sönmülenebileceği ve elemanlar arasında yardımlaşma sayesinde daha büyük deprem etkilerinin karşılanabileceği öne çıkmıştır. Ancak, elastik ötesi şekil değiştirmeler her zaman kolayca güvenilecek bir özellik değildir. Yerine göre bir kısmı süneklik sağlarken bir kısmı da meydana gelen aşırı ikinci derece etkileri nedeniyle sistemin göçmesine sebep olabilir.<sup>(14)</sup>



Şekil 2.3 a) Elastik Olan Elastik Olmayan Kuvvet Yer Değiştirme Bağintısı  
b) Betonarme Elemanda Yük-Yer Değiştirme Bağintısı

#### 2.4.2. Rijitlik, Dayanım ve Süneklik

Yatay kuvvetler altında yapıdaki yer değiştirmelerin hesabı yanal rijitliğin belirlenmesine bağlıdır. Brüt eleman kesitlerinden ve betonun başlangıç elastiklik modülünden hareket edildiğinde, bulunacak rijitlik yatay yükün çok düşük seviyesi için geçerli olur. Kullanılabilirlik sınır durumundaki rijitlik için, betonun çatlamasının göz önüne alınması uygundur. Binada taşıyıcı olmayan elemanlar, taşıyıcı olanlara göre daha az elastiktir ve gevrek bir davranış gösterirler. Rijitliğin arttırılması ile katların birbirine göre olan relatif yatay ötelenmesi sınırlandırılarak özellikle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelecek hasarı kontrol altına almak mümkündür. Bunun yanında özellikle yüksek yapılarda deprem sırasında düşey yüklerin ikinci mertebe etkilerini sınırlı tutmak için yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması amacıyla rijitliğin arttırılması gerekli olur.

Seçilen bir deprem etkisine karşı taşıyıcı sistemin gerekli dayanıma sahip olması boyutlamanın esasını teşkil eder. Dayanımın sağlanması sadece kesitte gerekli donatının bulunması olarak kabul edilmemelidir. Donatının aderansının sağlanması, gerekli kenetlenme boyuna sahip olacak şekilde başlangıç ve bitiş yerlerinin seçilmesi ve betonun yerleştirilmesini zorlaştırılacak donatı düzenlerinden kaçınılması da, dayanımın oluşması için gereklidir. Ayrıca, konstrüktif kurallara uyulması da öngörülen dayanımın oluşmasında önemlidir. <sup>(14)</sup>

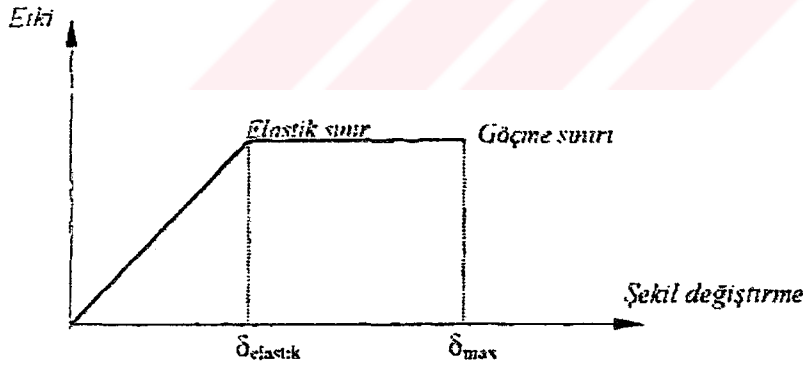
Seyrek meydana gelecek şiddetli deprem etkisini, yapını elastik davranışının üzerinde şekil değiştirerek karşılaması öngörülür. Böyle bir durumda ise elastik olmayan davranış önem kazanmaktadır. Yapının elastik sınırı geçip, sünenek kesit zorlarında önemli artmalar olmadan şekil değiştirmesi arzu edilir. Bu yolla depremin dinamik etkisi ısı enerjisine dönüşerek yutulmakta ve

sönümlenmektedir. Sünme bölgesinin uzun olması, şekil değiştirmeleri ve onun yanında sönümü arttıracaktır. Bu özelliğe sahip yapılar sünek olarak isimlendirilir, süneklik ölçüsü için değişik tanımlar varsa da en uygun olanı Şekil 4'e uygun olarak

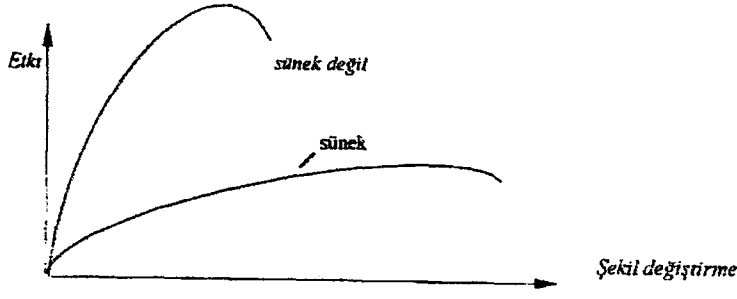
$$\mu = \delta_{\max} / \delta_{\text{elastik}} \quad (2.1)$$

şeklinde verilebilir. Süneklik, yapının mukavemetinde önemli ölçüde azalma ile kararsız denge olmaksızın deprem sırasında ortaya çıkan enerjinin oldukça büyük kısmını, elastik sınırının ötesinde elastik olmayan davranışla ve tersinir, dönüşümlü büyük şekil değiştirmelerle yutma yeteneğidir veya süneklik göçme sırasında büyük ve elastik olmayan şekil değiştirmelerin ortaya çıkması olarak görülebilir.

Gerçek malzeme, şekil 2.4'de verilen ideal elasto-plastik davranıştan daha çok şekil 2.5 de verilen iki eğri arasındaki bir davranışa sahiptir. Burada sünek olan ve olmayan davranışlar arasındaki fark daha açık bir şekilde görülmektedir<sup>(15)</sup>



Şekil 2.4 Elasto-plastik Etki-şekil ilişkisi



Şekil 2.5 Sünek ve Sünek Olmayan Etki Şekil Değişirme İlişkisi

Yapılar, ilgili yönetmelikte Süneklik Düzeyi Normal Sistemler ve Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler olarak iki gruba ayrılmıştır. Süneklik Düzeyi Yüksek olan sistemlerde, oluşturulan yüksek süneklikten dolayı elastik deprem yüklerinin daha büyük bir katsayı ile azaltılması öngörülmüştür. Bir sistemin süneklik düzeyinin yüksek olabilmesi için özellikle aşağıdaki hususların sağlanması gerekir:

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

- Betonarme elemanlarda sünek güç tükenmesinin, gevrek olandan daha önce ortaya çıkması sağlanmalıdır. Örneğin, kiriş ve kolon gibi elemanlarda ve birleşim bölgelerinde gevrek güç tükenmesi ortaya çıkaran kesme kuvveti kapasitesinin, sünek güç tükenmesi ortaya çıkaran eğilme momenti kapasitesinden daha yüksek tutulması gibi.<sup>(15)</sup>

## 2.4.3 Yapı Elemanlarının Genel Davranışı

### 2.4.3.1.Döşemeler

Döşemeler esas olarak düşey yükleri karşılar ve bunları kolon ve perdelere iletirler. Bunun yanında deprem yüklerinin düşey taşıyıcı elemanlara dağıtılması da döşemeler tarafından yapılır. Bu durumda döşemeler düzlemleri içindeki yükler etkisi altında bulunur ve yük aktarmaları diyafram davranışı ile ortaya çıkar.<sup>(2)</sup>

- Düşey taşıyıcıları kat düzeylerinde birbirlerine bağlar.
- Kendi düzlemleri içinde sonsuz rijit kabul edilirler.
- Kat düzeyinde, düşey taşıyıcıların eşit ötelenme yapmasını sağlar.
- Her düşey taşıyıcı, kendi ötelenme rijitliğine orantılı olarak, toplam deprem kuvvetinden pay alır.
- Deprem oluşturduğu eylemsizlik kuvvetlerini düşey taşıyıcılara dağıtmak.
- Bu dağıtımda, diyafram içinde önemli kesme kuvvetleri ve momentler oluşacak.

Döşemede delikler ve keskin köşeler, oluşan kesme kuvvetlerine ve momentlere karşı direnci zayıflatabilir<sup>(16)</sup>

Rijit diyafram kabulünde döşemelerin düzlemi içinde sonsuz rijit olduğu yani şekil değiştirmedeği kabul edilmektedir. Böylece döşeme üzerinde seçilen bir "Master Noktası"nın birbirine dik iki yatay öteleme ve döşeme düzlemine dik eksen etrafında dönme deplasmanlarının bilinmesi durumunda, döşeme üzerindeki diğer düğümlerin deplasmanları, master noktası deplasmanlarına bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Kolon, kiriş ve rijit diyafram döşemelerinde her katta;

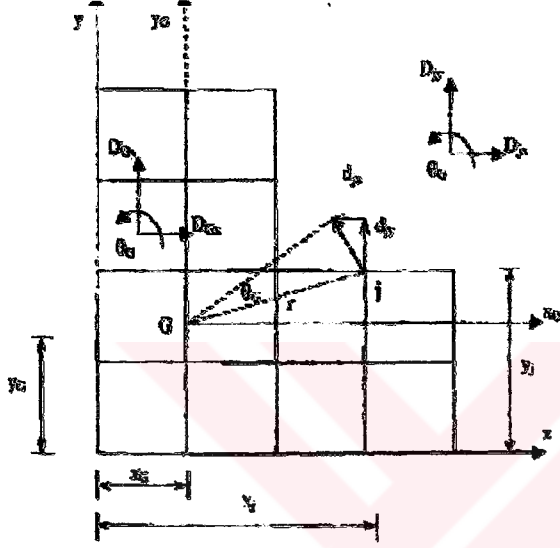
$$3*(\text{Düğüm Sayısı})+3$$

$$(2.2)$$

adet bilinmeyen deplasman bulunmaktadır. Dolayısıyla N katlı bir yapıda ,

$$\text{Bilinmeyen sayısı} = N \cdot (3 \cdot j + 3) \quad (2.3)$$

j = kattaki düğüm sayısı olacaktır. Şekil 2.6'nın incelenmesinden görüleceği gibi döşemeye ait j noktasındaki deplasmanlar master noktası deplasmanları cinsinden:



Şekil 2.6 Rijit Diyafram Modeli

$$\theta_j = \theta_G \quad (2.4)$$

$$D_{jx} = D_{Gx} - \theta_G \cdot (y_j - y_G) \quad (2.5)$$

$$D_{jy} = D_{Gy} + \theta_G \cdot (x_j - x_G) \quad (2.6)$$

Bağıntıları ile hesaplanabilir. Düğüm noktalarına diğer deplasmanlar ise  $(3 \cdot i)$  düğümlerin iki yatay eksen etrafındaki dönme ve düşey eksen doğrultudaki öteleme deplasmanları olup bu deplasmanlar master noktası deplasmanlarından bağımsızdır.

(17)



### 2.4.3.2. Kolonlar

Yapılarda genellikle oluşturulan çerçevenin düşey taşıyıcıları kolon olarak isimlendirilir. Ancak bu tanım, normal kuvvetin eğilme momentine göre daha etkin olduğu elemanlar kolon olarak kabul edilerek genelleştirilebilir. Deprem hareketi her iki yönde ve her iki doğrultuda meydana gelmesi nedeniyle, genellikle kolonlar eksenlerine göre simetrik donatılır. Deprem sırasında, kolonlardaki basınç kuvvetinde genellikle küçük artma ve azalma görülür. Buna karşılık depremden meydana gelen eğilme momenti, düşey yüklerden doğandan çok daha etkili olabilir. Genel olarak eğilme momenti yanında normal kuvvetin bulunması sünekliği azaltır. Kolon gibi, normal kuvvetin taşınmasının gerekli olduğu elemanlarda kesit büyütülerek dolayısıyla gerilme düşürülerek bu olumsuz durum bir ölçüde giderilmeye çalışılır.

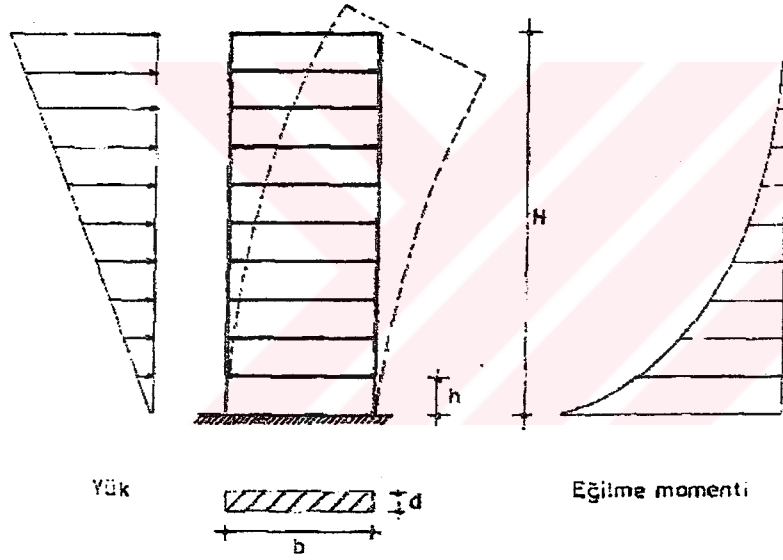
Çerçevesiz yapılarda depremden meydana gelen eğilme momenti, kolonda doğrusal bir değişim göstererek, kolon alt ve üst uçlarını daha fazla zorlar. Kolonlarda betonda basınç gerilmeleri etkin olduğu için, betonun yanal şekil değiştirmesinin sınırlandırılması ile hem beton basınç dayanımında ve hem de süneklikte önemli artış sağlamak mümkündür.<sup>(2)</sup>

### 2.4.3.3. Perdeler

Pek çok yüksek yapıda yatay yüklerin karşılanmasında perdeler etkili bir şekilde kullanılır. Çerçevelerle beraber veya bağ kirişleriyle birleşen perde grupları halinde de kullanılabilir. Plandaki yerleri ve geometrileri genellikle mimari fonksiyonların bir sonucu olarak ortaya çıkar. Perdeler, yüksek binalarda, dayanım yanında yanal yerdeğiştirmeyi sınırlaması yönünden de tercih edilir. Büyük

depremlerde, perdeler plastik şekil değiştirmelerle yatay kuvvetlerin dinamik etkisine karşı koyar. Özenli şekilde düzenlenen perdeler, taşıyıcı sistemin toplam göçmesini önledikleri gibi, yapısal olmayan hasarların sınıflandırılmasında da etkili olurlar.

Tek başına bulunan bir perde betonarme konsol kolon gibi davranır. Ancak, perdenin ince kesiti yanal burkulma tehlikesini akla getirirse de, genellikle çok katlı binalardaki döşemeler perdede yeterli bir yanal rijitlik oluşturarak bu tehlikeyi ortadan kaldırırlar. En çok zorlana kesit tabanda olup, eğilme momenti ve normal kuvvet etkileşimi gözönüne alınarak boyutlandırılır.



Şekil 2.7 Yatay Yük Altındaki Perde

Perdeler kolonlara göre rijitliklerinin büyük olması nedeniyle yatay yüklerin önemli bir kısmını karşılarlar ve kesitlerinde önemli eğilme momenti meydana gelir.<sup>(2)</sup>

#### 2.4.3.3.1 Perdelerle İlgili Enkesit Koşulları

Perdeler planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Deprem yüklerinin tamamının bina yüksekliği boyunca sadece perdeler tarafından taşındığı binalarda,

$$\Sigma A_g / \Sigma A_p \geq 0.002 \quad (2.6)$$

$$V_t / \Sigma A_g \leq 0.5 f_{ctd} \quad (2.7)$$

$\Sigma A_g$  : Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı

$\Sigma A_p$  : Binanın tüm katlarının alanları toplamı

$V_t$  : Binaya etkiyen toplam deprem yükü

$f_{ctd}$  : Betonun tasarım çekme dayanımı

ile verilen koşulların sağlanması durumunda, perde duvar kalınlığı, binadaki en yüksek katın yüksekliğinin 1/20'sinden ve 150mm'den az olmayacaktır. Bu özel durum dışında perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/15'inden ve 200mm den az olmayacaktır. <sup>(1)</sup>

Yapıya yeterli ötelenme rijitliğinin sağlanabilmesi için, perde duvarların iki şartı bir araya getirmesi gerekir.

a- Kat planına oranla, toplam perde alanlarının miktarı yeterli olmalıdır. Uygulamada, x ve y yönlerinde yaklaşık olarak

$$\Sigma A_g / \Sigma A_p \geq 0.002 \text{ ( kat planı içinde)}$$

Bu oran kullanılarak, perde miktarı hesaplanır, ve kat planı içine, bireysel perdeler olarak dağıtılır. Depremde hasar görmüş yapıların onarılması ve güçlendirilmesinde yaklaşık 0.01 oranında perde kullanılır.

b- Perde duvarlar, kat planı içinde, belirli ilkeleri yerine getirecek şekilde dağıtılmalıdır.

- Yapıya en büyük burulma rijitliğinin sağlanması için perde duvarlar yapı planının çevresine dağıtılmalıdır. Aynı düzlem içinde kalan perde duvarlar, tek başlarına konsol kiriş olarak çalışabildikleri gibi, birbirlerine bağ kirişleri ile bağlanarak perde çifti olarak düzenlenebilir.

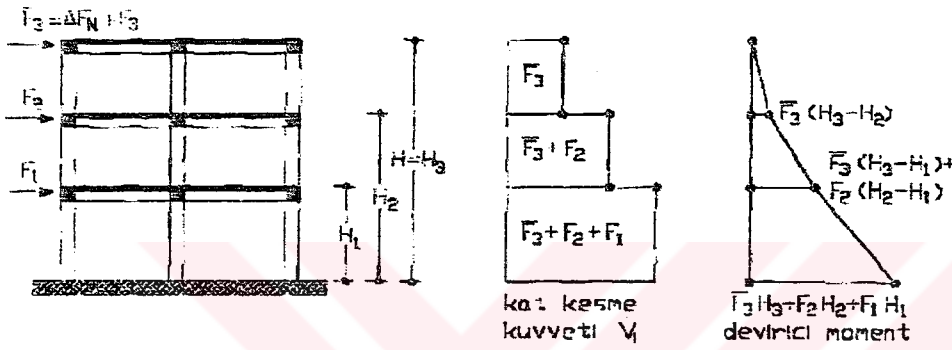
- Perde duvarlar kat planı içinde, döşeme yüklerinin olabildiğince yüksek kısmını, aksenal kuvvet olarak, temele aktaracak gibi düzenlenmelidir. Bu yapıldığı takdirde, duvarlarda kullanılacak eğilme momentine karşı donatı miktarı azalır. Aynı zamanda, bu tür perde düzenlemeleri sonucu, perdelerin temele aktardığı devrilme momentine karşı koyabilecek uygun temel sistemini oluşturmakta kolaylaşır.

- Çok katlı yapılarda, yapının deprem direncinin yalnız birkaç tane perde duvarlarda yoğunlaştırılması, temel sistemini, yalnız birkaç noktada, çok büyük deprem etkisine maruz bırakır. Bu yoğun deprem kuvvetlerine karşı koyabilmek için, ekonomik olmayan ağır bir temel sistemi gerekebilir.

Perde duvarlar, kat planı içinde her iki yönde de yerleştirilmelidir. Deprem geliş yönü, yapı planının zayıf devrilme eksenini v.b. düşüncelere itibar edilmelidir.<sup>(16)</sup>

#### 2.4.4. Yapının Genel Davranışı

Yatay yükler altındaki binanın davranışı bir düşey konsolunkine benzetilebilir. Etkiyen yatay kuvvet, temele taban kesme kuvveti ve devirici moment olarak iletilir. Her kata etkiyen yatay kuvvetin bilinmesi durumunda, kat kesme kuvvetleri ve devirici momentler kolayca hesaplanabilir (Şekil 2.8).

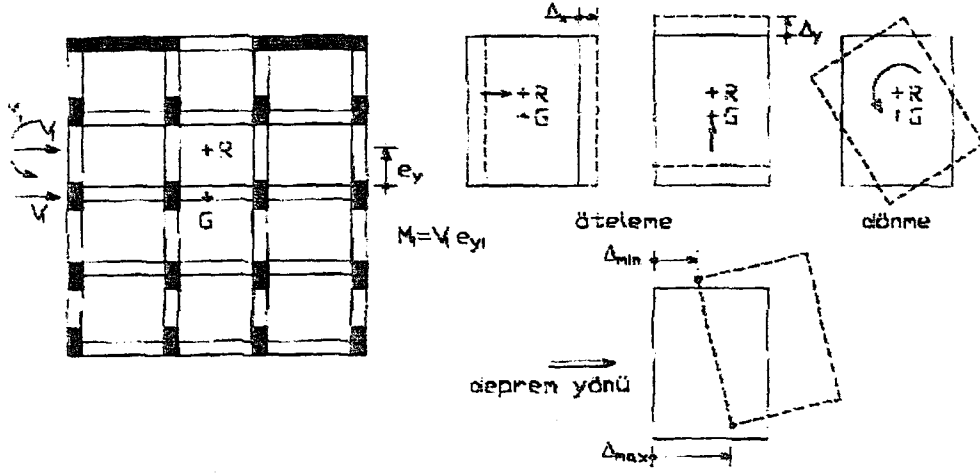


Şekil 2.8 Katlara Gelen Yatay Kuvvetler

Deprem durumunda ivme nedeniyle meydana gelen  $F_i$  atalet kuvvetlerinin, kütlelerin yoğunlaştığı kat seviyelerinde etki ettiği kabul edilir. Her kata etkiyen bileşke deprem kuvvetinin etki noktası, her kattaki kütle merkezi olur. Düzenli binalarda bu nokta kattan kata çok az değişir. Ancak, düşeyde düzensiz olan binalarda, kattan kata fark eder. Kat kesme kuvveti  $V_t$  ise, üst kattaki deprem yüklerini dengelemek durumunda olduğu için, atalet kuvvetlerinin etki noktalarına bağlı olarak ortaya çıkar. Üst katların kütle merkezinin aynı düşeyde bulunduğu durumda, kat kesme kuvveti de bu noktada etkir. Her ne kadar deprem yükü bu noktada hareketin yönüne

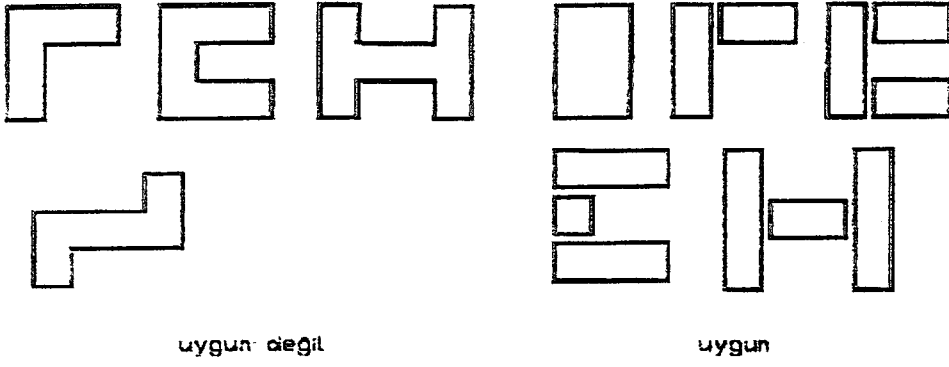
bağlı olarak herhangi bir yönde etkili olursa da, deprem yükünün ayrı ayrı binanın iki asal eksenini doğrultusunda etkidiği kabul edilir. Gerekirse herhangi bir doğrultuda etkimesini gözönüne almak amacıyla iki doğrultuda bulunan değerler uygun şekilde birleştirilir.

Yatay kuvvetlerin etkisiyle bir kat döşemesi alttaki kat döşemesine göre relatif olarak hareket eder. Eğer bu öteleme binanın bir asal doğrultusunda tüm kat kolonlarında aynı doğrultuda ortaya çıkarsa, kat kesme kuvvetleri kolon öteleme rijitliği ile orantılı olur. Bu durumda kolon kesme kuvvetlerinin bileşkesi R kat rijitlik merkezi üzerinde olur. İki doğrultuda kat rijit ötelenmesi düşünülerek kat rijitlik merkezi bulunabilir. Planda kolonlar düzgün dağıtılmışsa rijitlik merkezi şeklin geometrik merkezine dolayısıyla G kütle merkezine yakın bulunur. Ancak, bina planda düzenli değilse, kolonlar planda iyi dağılmamışsa veya binada simetrik yerleştirilmeyen perdeler varsa, rijitlik merkezi rijit elemanlara doğru kayar ve Şekil 2.9'da gösterilen dışmerkez durum ortaya çıkar. Kütle merkezinde bulunan kat kesme kuvveti bu noktaya geçirildiğinde ilave bir burulma momenti oluşur. Bu da, binayı planda rijitlik merkezi etrafında döndürmeye çalışırken, kolonla ilave kesme kuvvetleri meydana getirir. Ek burulma momentinin etkisini azaltmak ve kat relatif yerdeğıştirmelerini sınırlandırmak bakımından kütle merkezi ile rijitlik merkezini birbirine yaklaştırmak uygundur.



Şekil 2.9 Dışmerkez Durumun Oluşması

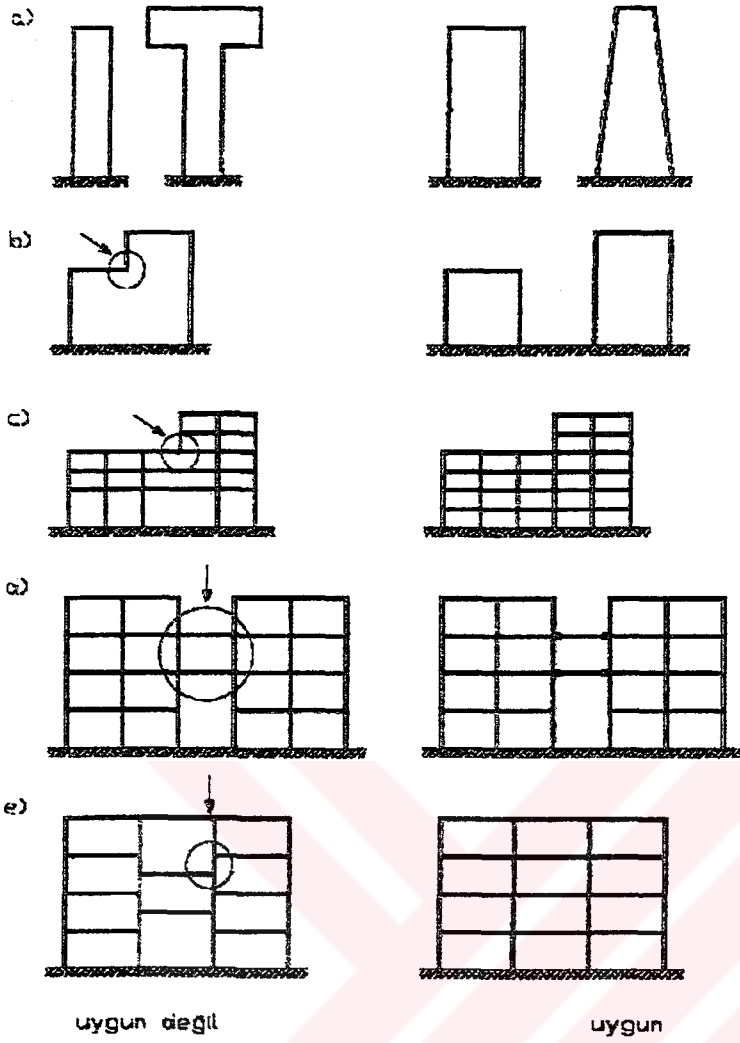
Ek zorlamaların çıkmasını önleyerek, depremin taşıyıcı sistemdeki etkisini azaltmak için yapının planda basit ve düzgün seçilmesi uygundur. T ve L gibi şekillerden kaçınmalı Şekil 2.10'da gösterildiği gibi bunlar basit dikdörtgenlere bölünerek kullanılmalıdır. Şekil 2.11'de gösterildiği gibi, yüksek ve narin binalar devirici momentin zemine güvenli şekilde iletilmesinde geniş temeller gerektirdiği için tercih edilmemelidir. Bunun gibi yüksekte toplanmış binalarda alt katlar aşırı bir şekilde zorlanacağı için elden geldiği kadar kaçınılması gerekir.



Şekil 2.10 Yapı Plan Şekilleri

Bina düşey kesitte ani süreksizliğe sahipse, bu yerde aşırı zorlanmalar oluşacağı için, bu durumu önleyecek tedbir almak gerekir. Taşıyıcı sistemde düzenli durumun ani olarak bozulması, örneğin bir süreksizlik ortaya çıkarılması, hem düşey ve hem de yatay yükler altında yükü iletimindeki normal akışı bozacağı için uygun değildir. Bir taşıyıcı sistemde kolon gibi düşey elemanların temelden çatıya kadar sürekliliğinin sağlanması, böylece güvenli olarak temele iletilmesi önemli bir husustur. Şekil 2.11’de gösterilen iki bina tamamen aynı olsa bile, depremde aynı fazda titreşmeyebilir. Bu nedenle iki bina arasındaki köprü şeklindeki bağın binaların farklı serbest yatay titreşimini mümkün kılacak ve yatay bir kuvvet iletimini önleyecek şekilde oluşturulmasıyla, ek zorlanmaların meydana gelmesi önlenebilir.<sup>(14)</sup>





Şekil 2.11 Taşıyıcı Sistemdeki Düzensizlikler

## 2.5. Betonarme Yüksek Yapılarda Yatay Yük Etkisi

Tüm dünyada olduğu gibi, önemli deprem hattı üzerinde bulunan ülkemizde de inşa edilen binaların çoğunluğu betonarme olarak yapılmaktadır. Yüksek mukavemetli beton ve çelik kullanımı ile üretilen bu türden yapılar, uzun ömürlü ve ekonomik olma özellikleri yanı sıra monolitik olma özelliğine de sahiptir.

Konvensiyonel tarzda genellikle 8-10 katlı, seyrek olarak 12-16, nadir olarak da 20 ve daha fazla katlı binalar inşa edilmekte olan ülkemizde, 20 yıldan bu yana ön yapım tekniği ile her türlü bina yapılmaktadır.

Yüksek yapıların deprem etkisi altındaki davranışında bazı özelliklerin bulunması istenir. Örneğin sık olan ve hafif şiddetteki depremlerden doğan titreşimlerin bina içinde yaşayanlarca hissedilmemesi, seyrek olan orta şiddetteki depremlerin etkisi altında lineerlik sınırının aşılması, çok seyrek olan büyük şiddetteki depremlerde ise can kaybının olmaması ve yalnız onarılabılır hasarların meydana gelmesi istenir.

Taşıyıcı sistemin bütün bu özelliklere sahip olması için hafif ve orta şiddetteki deprem etkisi altında rijit, büyük şiddetteki deprem etkisinde ise sünek (düktil) bir davranış göstermesi gerekmektedir.

Yapılarda kat adedinin artması, alt katlardaki kesit boyutlarının büyümesine ve artan yük etkisiyle mukavemet açısından sorunların doğmasına neden olmaktadır. Bu türden problemler perde taşıyıcı elemanlarının kullanılmasıyla giderilebilmektedir.

Çerçeve süneklik oranının fazla, perde rijitliğinin yüksek olması bu iki taşıyıcının bir arada kullanılabilmesini mümkün hale getirmektedir.<sup>(18)</sup>

## 2.6 Çok Katlı Yapılarda Plan Geometrisi

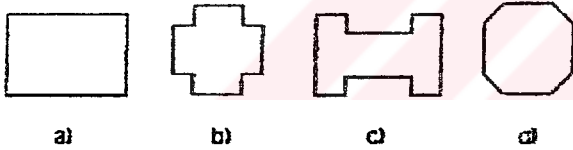
Çok katlı yapıları, plan geometrisi bakımından 3 sınıfa ayırmak mümkündür:

1. Simetrik yapılar,
2. Simetrik davranışlı yapılar,
3. Simetrik olmayan yapılar.

Aşağıda bu gruplar sıra ile ele alınarak burulma özellikleri özetlenecektir

### 2.6.1 Simetrik Yapılar

Planda en az iki ortogonal simetri eksenini bulanan yapılar "Simetrik Yapılar" olarak adlandırılmaktadır. Bu tip yapıların uygulamada kullanılan türlerinden bazılarının şematik planları Şekil 2.12'de gösterilmiştir.



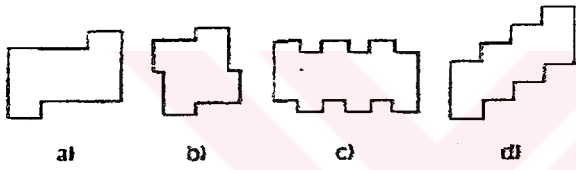
Şekil 2.12 Simetrik yapılar

Bu tür yapıların çoğunda, düşey taşıyıcı eleman olarak sadece kolonların kullanılması halinde, burulma düzensizliği yoktur. Ancak, perde de kullanılması halinde, perdelerin konumlarının sistemin simetrisini bozmayacak biçimde yerleştirilmesi gerekir. Ayrıca düşey taşıyıcı elemanlar bakımından da simetrik olan

bazı sistemlerde, yine perde konumlarından kaynaklanan ve "Gizli Burulma Düzensizliği" olarak nitelendirilen bir durumla karşılaşılabilir.

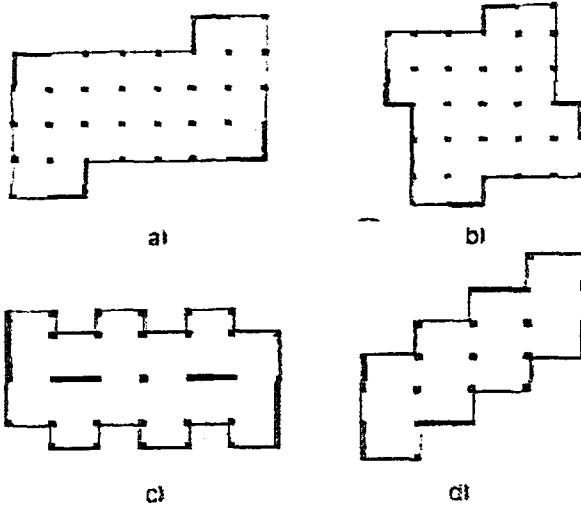
### 2.6.2 Simetrik Davranışlı Yapılar

Bazı yapılar, planda iki ortogonal simetri eksenleri olmamakla birlikte yatay yükler etkisi altında simetrik yapılar gibi davranış göstermektedir. Bunlar planda noktasal simetrik olan yapılardır. Bu tür yapılara ait bazı örneklerin şematik planları Şekil 2.13'de gösterilmiştir.



Şekil 2.13 Simetrik Davranışlı Yapılar

Bu tür yapılarda da, düşey taşıyıcı eleman olarak sadece kolonların kullanılması halinde, burulma düzensizliği yoktur. Ancak perde kullanılması durumunda, bunların yapının noktasal simetri durumuna uygun konumlarda yerleştirilmeleri gerekir. Şekil 2.13'deki yapılarda, uygun perde yerleştirilmesine ait örnekler Şekil 2.14 'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.14 Simetrik Davranışlı Yapılarda Perde Yerleştirilmesi

Geometrik bakımdan düzenli olan, fakat perdeleri noktasal simetrik biçimde yerleştirilmemiş olan bazı yapılar da bu kategoriye girmektedirler. Bu tip yapılara ait bazı örneklerin şematik kalıp planları Şekil 2.15 te gösterilmiştir.

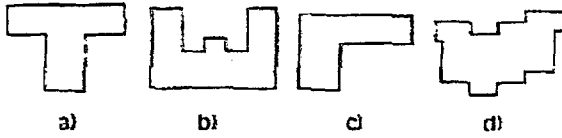


Şekil 2.15: Simetrik Davranışlı Perdeleri Olan Yapılar

Bu tür yapıların özelliği, X eksenini doğrultusundaki perdelerin Y eksenine göre, Y eksenini doğrultusundaki perdelerin de X eksenine göre simetrik olarak yerleştirilmiş olmalarıdır. Bu nedenle bu tür yapılar, her iki doğrultudaki deprem etkileri altında simetrik olarak davranmaktadırlar.

### 2.6.3 Simetrik Olmayan Yapılar

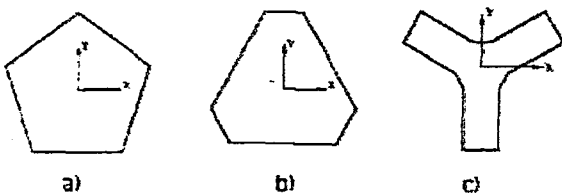
Plan geometrisinde iki ortogonal simetri eksenini olmayan yapılara ait bazı örneklerin şematik planları Şekil 2.16'da gösterilmiştir.



Şekil 2.16 Simetrik Olmayan Yapılar

Görüldüğü gibi, bu tür yapıların bazılarında tek simetri eksenini vardır (Şekil 2.16a ve 2.16b); bazı türlerde ise hiç simetri eksenini bulunmamaktadır, (Şekil 2.16c ve 2.16d). Bu yapılarda, simetriden kaçma miktarına ve özellikle de perde konumlarına bağlı olarak, az veya çok miktarda burulma düzensizliği olabilmektedir.

Ortogonal olmayan, yani bazı çerçeveleri ve/veya perdeleri birbirine dik düzlemler içinde olmayan yapılar, genellikle simetrik olmayan yapılar sınıfına girerler. Bu tür bazı yapıların planda 2'den çok sayıda, fakat ortogonal olmayan simetri eksenleri vardır. Merkezi simetrisi olan bu yapılara ait bazı örneklerin şematik planları Şekil 2.17'da gösterilmiştir.



Şekil 2.17 Merkezi Simetrisi Olan Yapılar

Deprem yönetmeliklerinde, bu tür yapıların deprem hesaplarının İki ortogonal doğrultuda yapılması ve tasarım büyüklüklerinin özel bir superpozisyon formülü ile elde edilmesi öngörülmektedir. Ortogonal deprem doğrultularından biri sistemin simetri eksenlerinden biri olarak seçilebilir. Örneğin Şekil 2.17'de gösterilen yapıların Y eksenleri doğrultusundaki davranışları simetrik olduğu halde X eksenleri doğrultusundaki davranışları simetrik değildir. Uygulamada özellikle perdelerin ve/veya çekirdeklerin konumları nedeniyle, bu tür yapıların merkezi simetri özellikleri de bozulmaktadır. Böyle bir yapının şematik kalıp planı Şekil 2.18'de gösterilmiştir Bu tür yapıların burulma düzensizliği konusu bu çalışmanın kapsamı dışında bırakılmıştır.<sup>(19)</sup>



Şekil 2.18 Merkezi Simetrisi Bozulmuş Yapının Kalıp Planı

## 2.7. Analiz Yöntemleri

Yeni deprem yönetmeliğinde bina türü yapıların hesaplarında kullanılmak üzere üç yöntem önerilmektedir.

- a- Eşdeğer deprem yükü yöntemi
- b- Mod birleştirme yöntemi
- c- Zaman tanım alanında hesap yöntemleri

Bu yöntemlerden Mod Birleştirme ve Zaman Tanım Alanında hesap Yöntemleri her türlü yapı sisteminde uygulanabildiği halde, Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin uygulanabilmesinde deprem bölgesi,  $H_N$  yapı yüksekliği, A1- burulma düzensizliği ve B2 yumuşak kat düzensizliği ile ilgili koşullara bağlıdır.

### 2.7.1. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Deprem hesabı yapılacak binalarda, Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin uygulanabilmesi için Çizelge 2.1’de verilen koşulların sağlanması gerekmektedir.

Çizelge 2.1 Eşdeğer Deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar

DEPREM BÖLGESİ	BİNA TÜRÜ	TOPLAM YÜKSEKLİK SINIRI
1,2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan varsa her katta $\eta_{bi} \leq 2$ koşulunu sağlayan binalar	$H_N \leq 25$ m
1,2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan varsa her katta $\eta_{bi} \leq 2$ koşulunu sağlayan ve ayrıca B2 türü düzensizliği olmayan binalar	$H_N \leq 60$ m
3,4	Tüm binalar	$H_N \leq 75$ m

$H_N$  : Temel üst seviyesinden itibaren ölçülen toplam bina yüksekliği



## 2.7.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Adımları

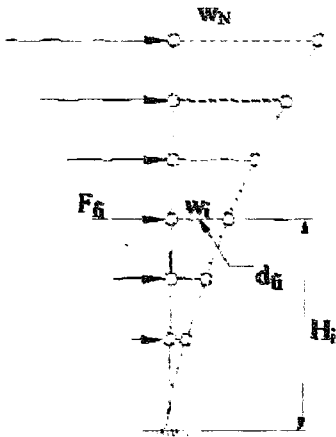
- TDY 98'e göre binaların deprem hesaplarının üç boyutlu yapı sistemi olarak modellenmesi gerekmektedir. Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilir. Her katta iki yatay yerdeğiştirme bileşeni ile düşey eksen etrafındaki dönme bağımsız yerdeğiştirme bileşenleri gözönüne alınacaktır.

- Kat kütleleri kütle merkezinde tanımlanır.
- Katlara etkiyen fiktif yükler hesaplanır ( $F_{fi}$ ).

$$F_{fi} = \frac{W_i * H_i}{\sum_{j=1}^N (w_j * h_j)} \quad (2.8)$$

$H_i$  : Binanın  $i$ ' inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliğidir.

$W_i$  :  $i$ 'inci kat ağırlığıdır.



Şekil 2.19 Fiktif Yükler ve Yerdeğiştirme

- Bulunan fiktif yükler (  $F_{fi}$  ) seçilen deprem doğrultusunda, yapının kat kütle merkezlerine yerleştirilerek statik analiz yapılır ve kuvvet doğrultusundaki deplasmanlar ( $d_{fi}$ ) bulunur.

- Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu ( $T_i$ ) hesaplanır.

Yönetmelikte,  $T_i$ 'in hesabı:

I. Ampirik yöntemle  $T_i$ 'in hesabı:

Birinci ve ikinci deprem bölgelerinde temel üstünde ölçülen toplam bina yüksekliğinin  $H_N < 25$  m koşulunu sağlayan üçüncü ve dördüncü deprem bölgelerinde, Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin uygulandığı tüm binalarda, Birinci Doğal Titreşim Periyodu aşağıda verilen yaklaşık formül ile hesaplanılmasına izin verilmektedir.

$$T_i \cong T_{1A} = C_t * H_N^{3/4} \quad (2.9)$$

$H_N$ : Yapı yüksekliği

Bu bağıntıda görülen  $C_t$  değeri, bina taşıyıcı sistemine bağlı olarak aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

a) Deprem yüklerinin tamamının betonarme perdelerle taşındığı binalarda  $C_t$  değeri;

$$C_t = 0,075 / A_t^{1/2} \leq 0,05 \quad (2.10)$$

formülü ile hesaplanacaktır.

$A_t$ = Eşdeğer alanı

$$A_t = \sum A_{wj} [0,2 (l_{wj} / H_N)^2] \quad (2.11)$$

ile verilmektedir. Burada,

$A_{wj}$ : Binanın temel üstündeki ilk katında j'inci perdenin brüt en kesit alanı,

$l_{wj}$  : Binanın temel üstündeki ilk katında j'inci perdenin deprem doğrultusunda çalışan uzunluğudur.

(  $l_{wj} / H_N$  ) oranının en büyük değeri 0.9 olarak göz önüne alınacaktır

b) Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden veya dışmerkez çaprazlı çelik perdelerden oluşan binalarda  $C_t=0.07$ , taşıyıcı sistemi sadece çelik çerçevelerden oluşan binalarda  $C_t=0.08$ , diğer tüm binalarda ise  $C_t=0.05$  alınacaktır.

II. Rayleigh oranı ile  $T_1$ 'in hesabı:-

$$T_1=2\pi \left[ \frac{\sum m_i d_{fi}^2}{\sum F_{fi} d_{fi}} \right]^{1/2} \quad (2.12)$$

$$m_i=w_i/g \quad (2.13)$$

$m_i$ : Binanın i 'inci katının kütlesi,

$d_{fi}$  :  $F_{fi}$  fiktif yüklemesinden dolayı, binanın i'inci katında meydana gelen yatay yerdeğiştirmeyi göstermektedir.

Binanın birinci doğal titreşim periyodu Rayleigh Oranı ile hesaplanması halinde, periyot değeri bir kere de Ampirik Formül ile de hesaplanacak ve bu formülden bulunan değerin  $T_{1A} > 1.0$  sn olması durumunda,  $T_1$ 'in deprem hesabında kullanılacak en büyük değeri  $T_{1A}$ 'nın 1.30 katından daha büyük olmayacaktır.

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodu, Rayleigh Oranı ile hesaplanabilir. Ancak, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde  $H_N < 25$  m koşulunu sağlayan binaların, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ise Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodunun Ampirik Formül ile hesaplanmasına izin

verilmiştir. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde  $H_N > 25$  m olması durumunda ise Rayleigh Oranı ile hesaplanması zorunludur.

- Göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (Taban Kesme Kuvveti) ( $V_T$ ) hesaplanır.

$$V_T = W \cdot A(T_1) / R_A(T_1) \geq 0,10 \cdot A_0 \cdot I \cdot W \quad (2.14)$$

Bu ifadedeki büyüklükler;

W: Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (2.15)$$

$$w_i = g_i + nq_i \quad (2.16)$$

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

$g_i$ : i'inci katın toplam sabit yükü,

$q_i$ : i'inci katın toplam hareketli yükü,

$n$ ; Hareketli yük katılım katsayısıdır . Çizelge 2.2 'de verilmiştir

Çizelge 2.2 Hareketli Yük Dağılım Katsayısı

BİNANIN KULLANIM AMACI	n
Depo, antre, vb.	0,8
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0,6
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0,3

**Spektral ivme katsayısı** [ $A(T_1)$ ]: Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan ve tanım olarak %5 sönüm oranı için Elastik Tasarım İvme Spektrumu' nun

yerçekimi ivmesi  $g$  ' ye bölünmesine karşı gelen Spektral İvme Katsayısı,  $A(T_1)$ , Denk.2.17.ile verilmiştir.

$$A(T_1) = A_0 * I * S(T_1) \quad (2.17)$$

$A_0$ : Etkin Yer İvme Katsayısı,

$I$ : Bina Önem Katsayısı

$S(T_1)$ : Spektrum Katsayısı

**Etkin yer ivmesi katsayısı ( $A_0$ )** : Maksimum deprem ivmesinin  $g$  ' ye oranı olarak tanımlanır. Bu katsayı deprem analizini yaptığımız yapının hangi deprem bölgesinde olduğuna bağlı olarak Çizelge 2.3'de verilmiş

Çizelge 2.3. Etkin Yer İvmesi Katsayısı

Deprem Bölgesi	$A_0$
1	0,40
2	0,30
3	0,20
4	0,10

**Bina önem katsayısı (  $I$  )** : Yapının kullanım amacına göre bağlı olarak belirlenmektedir. Çizelge 2.4'de görüleceği üzere depremden hemen sonrası kullanımı gereken binalarda, tehlikeli madde içeren binalarda, insanların uzun süreli ve yoğun olarak buldukları binalarda bu katsayı daha büyüktür.

Çizelge 2.4. Bina Önem Katsayısı (I)

BİNANIN KULLANIM AMACI VEYA TÜRÜ	Bina önem katsayısı (I)
<b><u>1-Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</u></b> a- Deprem sonrası hemen kullanılması gerekli binalar (hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b- Toksik, patlayıcı, parlayıcı vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1,5
<b><u>2- İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</u></b> Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, ceza evleri, vb. Müzeler	1,4
<b><u>3- İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</u></b> Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1,2
<b><u>4- Diğer binalar</u></b> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar(konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1,0

**Spektrum katsayısı [S (T<sub>i</sub>)]** : Yerel zemin koşullarına ve yapının birinci doğal periyoduna bağlı olarak aşağıdaki denklemlerle hesaplanacaktır. hesaplanacaktır.

$$S(T_1)=1+1,5T_1/T_A \quad (0 \leq T_1 \leq T_A) \quad (2.18)$$

$$S(T_1)= 2,5 \quad (T_A \leq T_1 \leq T_B) \quad (2.19)$$

$$S(T_1)=2,5(T_B/T_1)^{0,8} \quad (T_1 > T_B) \quad (2.20)$$

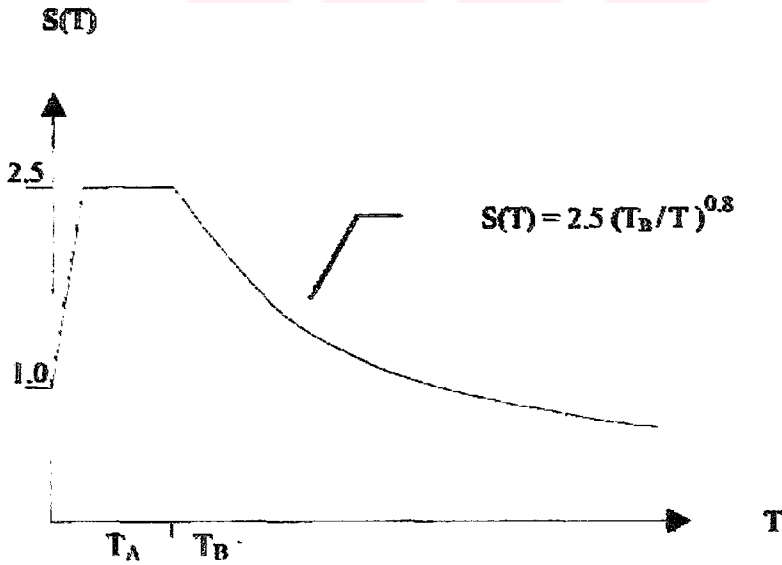
**Spektrum karakteristik periyotları (T<sub>A</sub>, T<sub>B</sub>)** : Bu periyotlar Yerel Zemin Sınıflarına bağlı olarak aşağıdaki Çizelge 2.5’de verilmiştir.

Çizelge 2.5. Spektrum Karakteristik Periyotları (  $T_A$ ,  $T_B$  )

YEREL ZEMİN SINIFI	$T_A$	$T_B$
Z1	0,10	0,30
Z2	0,15	0,40
Z3	0,15	0,60
Z4	0,20	0,90

Gerekli durumlarda elastik tasarım ivme spektrumu, yerel deprem ve zemin koşulları göz önüne alınarak yapılacak özel araştırmalarla da belirlenebilir. Ancak, bu şekilde belirlenecek ivme spektrumu ordinatlarına karşı gelen spektral ivme katsayıları, tüm periyotlar için, Çizelge 2.5'teki ilgili karakteristik periyotlar göz önüne alınarak denklem (2.18), (2.19), (2.20)'den bulunacak değerlerden hiçbir zaman daha küçük olmayacaktır.

### Özel Tasarım İvme spektrumları



Şekil 2.20 Tasarım İvme Spektrum Grafiği

Zemin sınıfına göre  $T_A = 0.1 - 0.2$  sn arasında değişmektedir. Bu tür zeminlerde, spektrum eğrisinin  $0 < T < T_A$  bölümü arasında bulunan yapılar bir veya en çok iki katlı binalara karşı gelmektedir. Yeni deprem yönetmeliğinde Spektrum katsayısı değeri  $S(T) > 0.1R$  alt sınırı verilmektedir.

Spektrum katsayısı yukarıdaki şekilden de açıkça görüleceği gibi maksimum değerini yapı periyodu  $T$  'nin spektrum karakteristik periyotları  $T_A$  ve  $T_B$  arasında yer aldığı zaman 2.5 değerine karşılık gelmektedir.

Yapı periyot değerlerinin  $T_B$  değerinden daha büyük olması durumunda ise spektrum katsayısı küçülmektedir. Yukarıdaki tasarım ivme spektrum grafiği % 5 sönüm için hazırlanmıştır.

**Deprem yükü azaltma katsayısı [ $R_a(T_1)$ ]** :Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını göz önüne almak üzere,  $A_0.I.S(T_1)$  spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yükü Azaltma Katsayısı'na bölünecektir. Deprem Yükü Azaltma Katsayısı,  $R_a(T_1)$ , çeşitli taşıyıcı sistemler için aşağıdaki Çizelge 2.6 da tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı,  $R$ 'ye ve doğal titreşim periyodu,  $T$  'ye bağlı olarak Denk. (2.21), (2.22) ile belirlenecektir.

$$R_a(T_1) = 1,5 + (R-1,5)T_1/T_A \quad (0 \leq T_1 \leq T_A) \quad (2.21)$$

$$R_a(T_1) = R \quad (T_1 > T_A) \quad (2.22)$$



Çizelge 2.6: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	SÜNEKLİK DÜZEYİ NORMAL SİSTEMLER	SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK SİSTEMLER
<b>YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR</b>		
Çerçeve	4	8
Bağ kirişli boşluklu perde	4	7
Perde	4	6
Çerçeve + perde (boşluklu veya boşluksuz perde)	4	7

Hesaplanan Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü ( $V_t$ ) bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak aşağıdaki ifade ile belirlenecektir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{I=1}^N F_I \quad (2.23)$$

N: Toplam Kat Sayısı

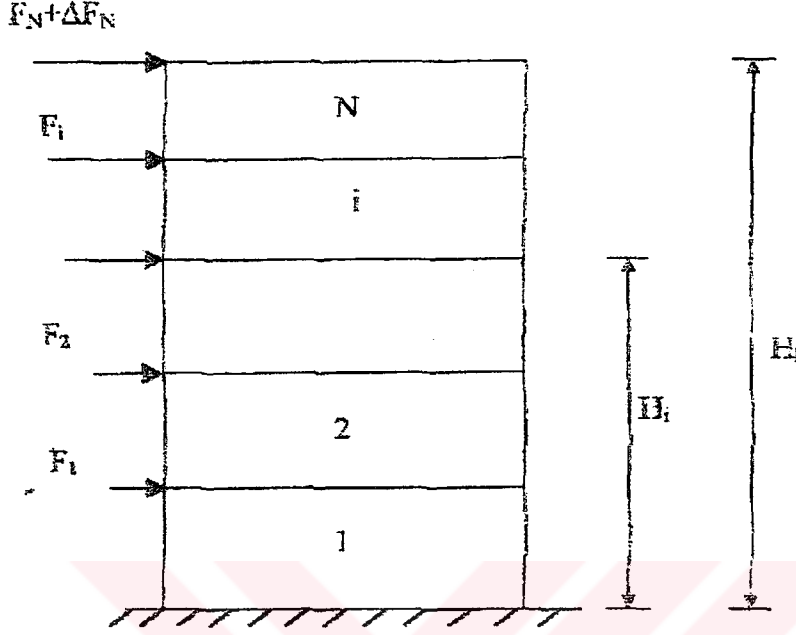
$\Delta F_N$ : Ek Eşdeğer Deprem Yüğü

$H_N > 25$  m için binanın N' inci katma (tepesine) etkiyen Ek Eşdeğer Deprem Yüğü  $\Delta F_N$  ' in değeri, hesaplanan Birinci Doğal Titreşim Periyodu  $T_1$ 'e bağlı olarak, aşağıdaki ifade ile belirlenecektir.  $H_N < 25$  m için  $\Delta F_N = 0$  alınacaktır.

$$\Delta F_N = 0.07 T_1 V_t < 0.2 V_t \quad (2.24)$$

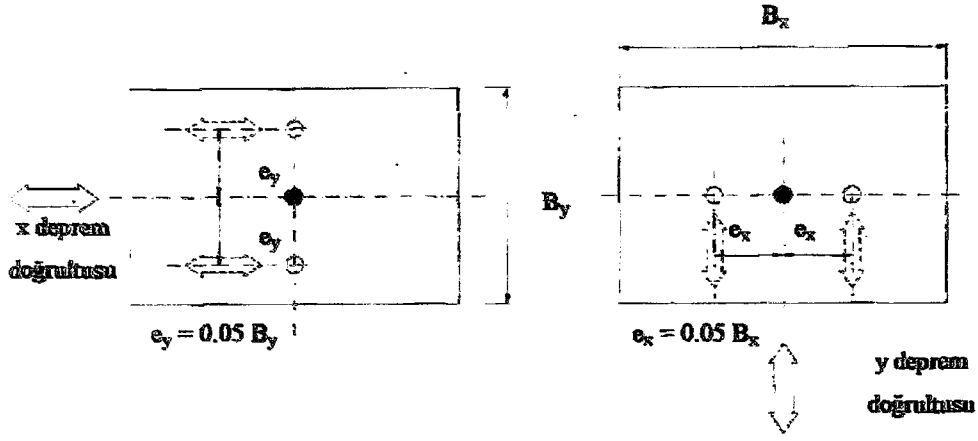
Toplam eşdeğer deprem yükünün  $\Delta F_N$  dışında geri kalan kısmı, N' inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yükleri aşağıdaki denklem ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_T - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (2.25)$$



Şekil 2.21 Kat Hizalarına Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükleri

- Her katta belirlenen eşdeğer deprem yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca ek dışmerkezlilik etkisinin hesaba katılması için kaydırılmış kütle merkezlerine tekil yatay yük olarak uygulanmalıdır. Yapılan analiz sonucunda kat deplasmanları ve iç kuvvetler bulunur. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin  $\pm\%5$  kaydırılması ile belirlenen noktalardır .



- Gerçek kütle merkezi
- Kaydırılmış kütle merkezi

Şekil 2.21 Kaydırılmış Kütle Merkezleri

$A_1$  burulma düzensizliği ve  $B_2$  yumuşak kat düzensizliği kontrolleri yapılır. Yapılan kontrollerde,

1. ve 2. Derece deprem bölgelerinde  $\eta_{bi} > 1.5$  ise dinamik analiz yapılması zorunludur.

$1.2 < \eta_{bi} < 2$  ise eksantrisite değerleri  $D_i$  katsayısı ile çarpılarak büyütülmeli ve yeniden eşdeğer deprem yükleri büyütülmüş eksantrisite değerlerinin olduğu yerlere uygulanarak analiz tekrarlanmalıdır.

$$D_i = (\eta_{ki} / 1.2)^2 \quad (2.26)$$

Görelî Kat Ötelemeleri kontrolü yapılır.

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden "Görelî Kat Ötelemesi",  $\Delta_i$  aşağıdaki formül ile elde edilir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (2.27)$$

$d_i$  ve  $d_{i-1}$ , binanın  $i$ 'inci ve  $(i-1)$ 'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında hesaptan elde edilen yatay yer değiştirmeleri göstermektedir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir  $i$ 'inci katındaki kolon veya perdelerde, Denk.2.26 ile hesaplanan görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri  $(\Delta_i)_{\max}$ , Denklem (2.28), (2.29) verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacaktır.

$$(\Delta_i)_{\max}/h_i \leq 0,0035 \quad (2.28)$$

$$(\Delta_i)_{\max}/h_i \leq 0,02/R \quad (2.29)$$

Yukarıda verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır. Ancak verilen koşul sağlansa bile, yapısal olmayan gevrek elemanların (cephe elemanları vb), elde edilen görelî kat ötelemeleri altında kullanılabilirliği hesapla doğrulanmalıdır.

İkinci merteye etkilerinin kontrolü yapılır.

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci merteye etkileri aşağıda belirtildiği gibi göz önüne alınabilir.

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, İkinci Merteye Gösterge Değeri,  $\theta_i$  'nin Denk.2.29 ile verilen koşulu sağlaması durumunda, ikinci merteye etkileri yürürlükteki betonarme ve çelik yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilecektir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=1}^N w_j}{V_i h_i} \quad (2.30)$$

Burada ;

$(\Delta_i)_{ort}$  : i'inci kattaki kolon ve perdelerde hesaplanan görelî kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değeri,

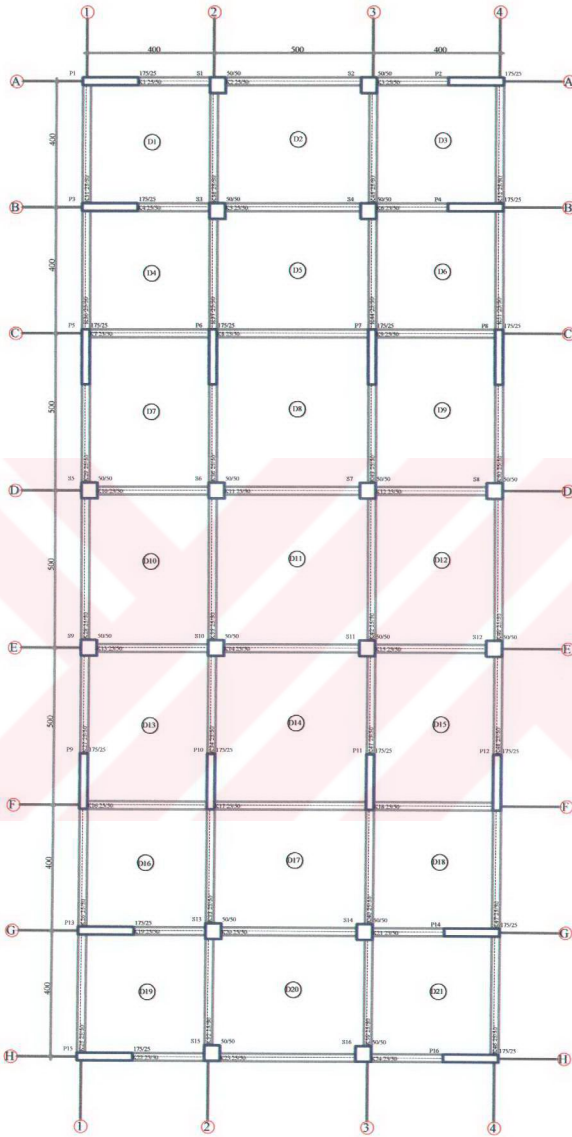
$V_i$  : i'inci kattaki kesme kuvvetini,

$H_i$  : i'inci kat yüksekliğini,

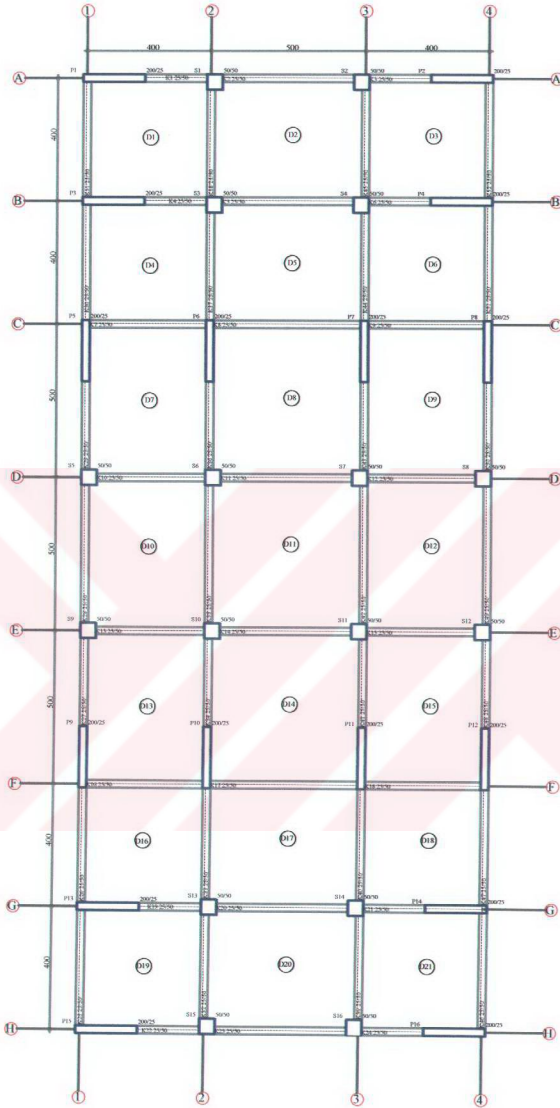
$\sum_{j=1}^N w_j$  : i'inci katın üstündeki kat ağırlıkları toplamını göstermektedir.

İkinci Mertebe Gösterge Değeri.  $\theta_i$  değeri herhangi bir katta 0.12 den büyük olması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği yeterli ölçüde artırılarak deprem hesabı tekrarlanmalıdır.<sup>(19)</sup>

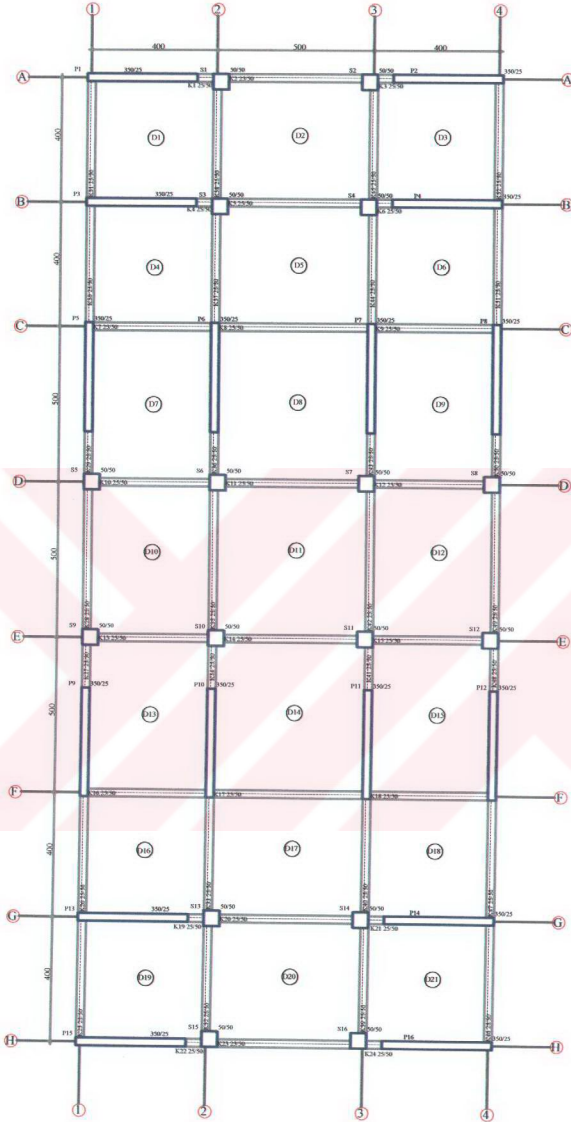
$$\theta_i \leq 0.12 \quad (2.31)$$



Şekil 3.1 Model 1a'ya ait kalıp planı

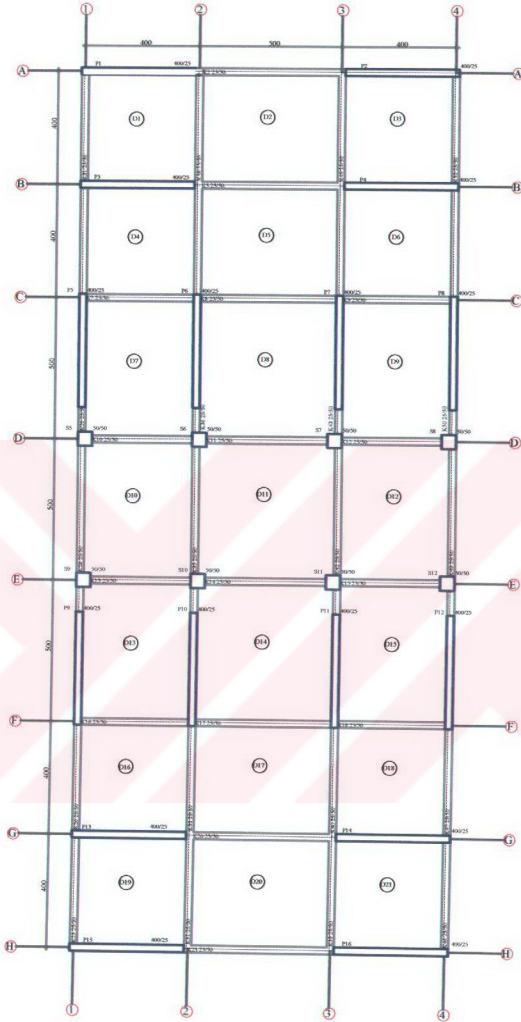


Şekil 3.2 Model 1b'ye ait kalıp planı

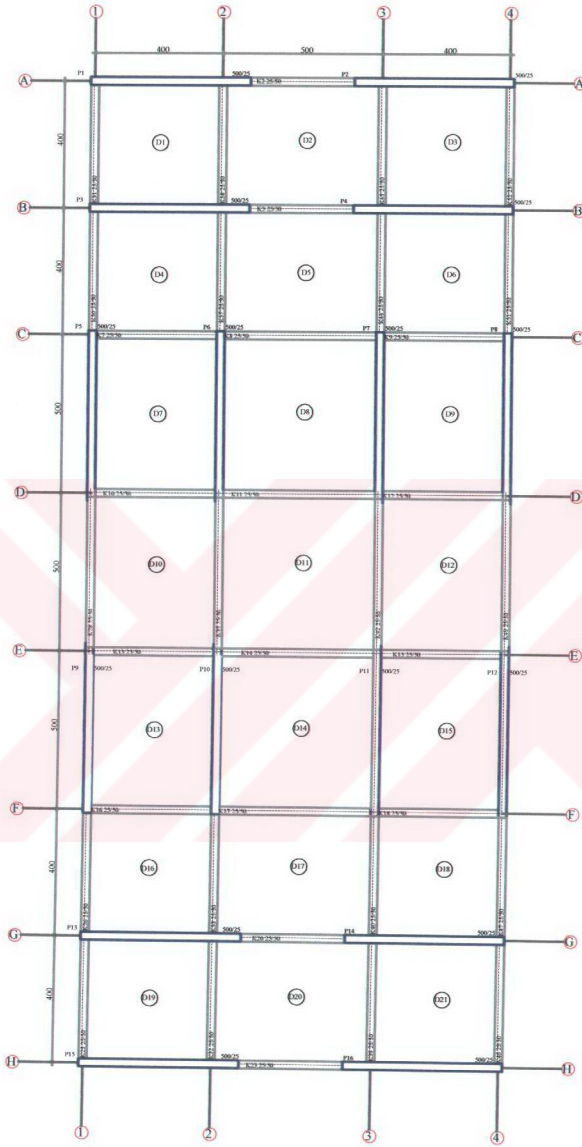


Şekil 3.4 Model 2a'ya ait kalıp planı

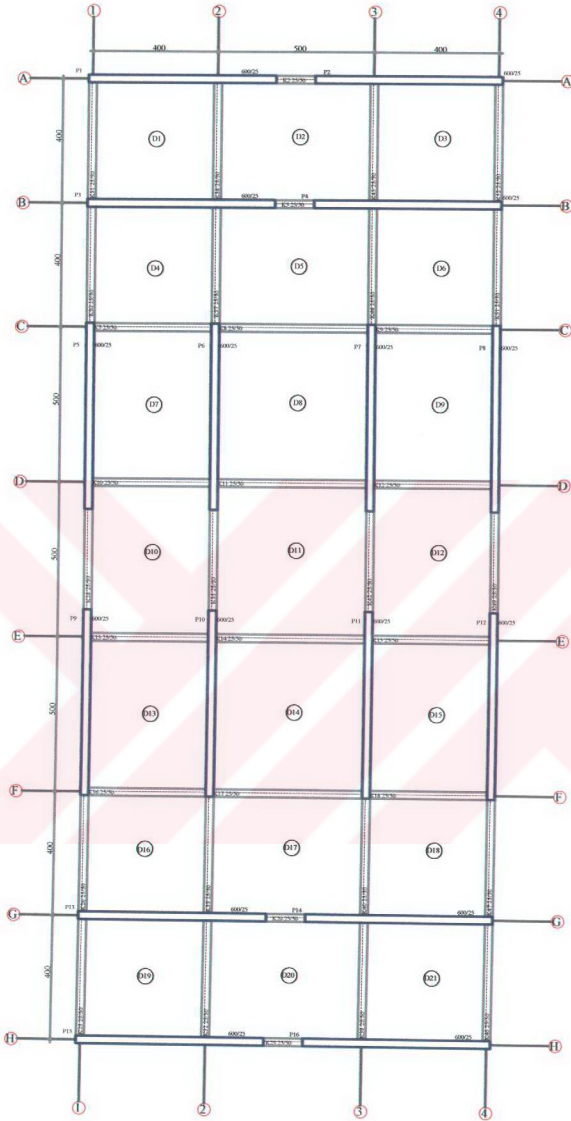




Şekil 3.4 Model 2b'ye ait kalıp planı



Şekil 3.5 Model 3a'ya ait kalıp planı



Şekil 3.6 Model 3b'ye ait kalıp planı

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Analizlerde aynı kat planına sahip, kat adetleri farklı olmak üzere 3 model kullanılmıştır. Yapıların taşıyıcı sistemi çerçeve sistem ve perdelerden oluşmaktadır. Seçilen kalıp planı dikdörtgen geometriye sahip olduğu için x ve y deprem yönleri için analizler ayrı ayrı yapılmıştır.

Modellemede yapı 4 katlı, 8 katlı ve 12 katlı olarak incelenmiştir. Üç model için minimum perde alanları hesaplanmış x ve y yönünde simetrik olmak üzere yerleştirilmiştir. Minimum perde alanları ile yapılan analizlerle kıyaslamak açısından her bir modelde perde boyları artırılarak analizler tekrarlanmıştır.

Analizlerin tümünde “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılmıştır. Seçilen modeller hem geometri hem de rijitlik bakımından simetrik olduğu için burulma düzensizliği kontrolü yapmaya gerek duyulmamıştır.

#### 3.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle Analizler

##### 3.1.1. Model 1a :

Döşeme kalınlığı:

Çatı katı döşeme kalınlığı: 12cm

Normal kat döşeme kalınlığı: 15 cm

Kirişler : 50\*25 cm

Kolonlar : 50\*50 cm

Gerekli perde alanının hesaplanması:

$$0,002 * \Sigma A_p = 0,002 * 4 * 13 * 31 = 3,2m^2$$

planda x yönünde 8 adet, y yönünde 8 adet toplam 16 adet perde var ve perde kalınlıkları  $b_w = 0,25m$  seçildi.

$$3,2/8 = 0,4m^2 \text{ bir perdenin enkesit alanı}$$

x ve y yönündeki perde uzunlukları

$$l_x = l_y = 0,4/0,25 = 1,6m$$

Perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanları oldukları için ve modellerin hepsinde  $b_w = 0,25m$  seçildiği

için

$$l_x = l_y = 1,75m (0,25 * 7 = 1,75m) \text{ seçildi}$$

Perdeler : 25\*175 cm

### 3.1.1.1. Bina Bilgileri

Kat sayısı : 4

Bodrum Kat Sayısı : -

Bina Önem Katsayısı: 1

Taşıyıcı Sistem Türü : Deprem Yüklerinin Betonarme Çerçevesiz ve Perdelerle

Taşıdığı Binalar

Kat Yükseklikleri: 3m

### 3.1.1.2. Deprem Bilgileri

Deprem Bölgesi: 1

Etkin Yer İvme Katsayısı:  $A_0 = 0,40$

Yerel Zemin Sınıfı: Z1

Spektrum Karakteristik Periyotları :  $T_A=0,10$   $T_B=0,30$

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı : 7

### 3.1.1.3. Kat Ağırlıkları

Çatı Katı İçin : 490t

Normal Katlar İçin : 560t

### 3.1.1.4. Fiktif Yüklerinin Hesabı

Çizelge 3.1. Model 1a'ya Ait Fiktif Yüklerin Hesabı

Kat No	Wi (t)	Hi(m)	Wi*Hi	Ffi
4	490	12	5880	0,4
3	560	9	5040	0,3
2	560	6	3360	0,2
1	560	3	1680	0,1
$\Sigma$	2170		15960	1

### 3.1.1.5. Kat Deplasmanlarının Hesabı

#### 3.1.1.5.1. X Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları Hesabı

Çizelge 3.2. Model 1a'ya Ait X Deprem Yönü Kat Deplasmanları

Kat No	$d_{fi}(m)$
4	0,0000396
3	0,0000285
2	0,0000164
1	0,0000544

### 3.1.1.5.2. Y Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları Hesabı

Çizelge 3.3. Model1a'ya Ait Y Deprem Yönü Kat Deplasmanları

Kat No	$d_{fi}(m)$
4	0,0000396
3	0,0000285
2	0,0000164
1	0,0000544

### 3.1.1.6. Binanın Birinci Titreşim Periyodunun Hesabı

#### 3.1.1.6.1 X Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodu

Çizelge 3.4. Model1a'ya Ait X Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı İle  $T_1$ in Hesabı

Kat no	$m_i$	$F_{fi}$	$d_{fi}$	$m_i \cdot d_{fi}^2$	$F_{fi} \cdot d_{fi}$
4	50	0,4	0,0000396	$7,86 \cdot 10^{-8}$	$1,59 \cdot 10^{-3}$
3	57	0,3	0,0000285	$4,62 \cdot 10^{-8}$	$8,54 \cdot 10^{-6}$
2	57	0,2	0,0000164	$1,53 \cdot 10^{-8}$	$3,27 \cdot 10^{-6}$
1	57	0,1	0,0000544	$1,69 \cdot 10^{-9}$	$5,44 \cdot 10^{-7}$
$\Sigma$	221	1	0,0000899	$1,42 \cdot 10^{-7}$	$2,82 \cdot 10^{-3}$

Rayleigh Oranı ile Periyot Hesabı

$$T_1 = 2\pi \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (m_i \cdot d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N F_{fi} \cdot d_{fi}} \right]^{1/2}$$

$$T_1 = 0,45 \text{sn}$$

Bina önem katsayısı  $I=1$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı  $R_a(T_1)=R$

$$T > T_A$$

$$R_a(T_1)=7$$

$$0,45 > 0,10$$

Spektrum Katsayısı

$$S(T_1) = 2.5(T_B/T_1)^{0.8} \quad T > T_B$$

$$S(T_1) = 2.5(0,30/0,45)^{0.8}$$

$$=1.80$$

Spektral İvme Katsayısı

$$A(T_1)=A_0 \cdot I \cdot S(T_1)$$

$$=0,40 \cdot 1 \cdot 1,80$$

$$=0,72$$

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü

$$V(T_1)=\sum W \cdot A(T_1) / R_d(T_1)$$

$$=2170 \cdot 0,72 / 7$$

$$=223t$$

$$V(T_1) \geq 0,1 \cdot A \cdot I \cdot \sum W$$

$$=0,1 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 2170$$

$$223t \geq 87t$$

$V(T_1)=223t$  alınacaktır.

Ek Eşdeğer Deprem Yüğü yok çünkü bina yüksekliği 25m den küçük.

### 3.1.1.6.2.Y Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodunun Hesabı

Çizelge 3.5. Model1a'ya Ait Y Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı İle  $T_1$ in Hesabı

Kat no	$m_i$	$F_{fi}$	$d_{fi}$	$m_i \cdot d_{fi}^2$	$F_{fi} \cdot d_{fi}$
4	50	0,4	0,0000396	$7,86 \cdot 10^{-8}$	$1,59 \cdot 10^{-5}$
3	57	0,3	0,0000285	$4,62 \cdot 10^{-8}$	$8,54 \cdot 10^{-6}$
2	57	0,2	0,0000164	$1,53 \cdot 10^{-8}$	$3,27 \cdot 10^{-6}$
1	57	0,1	0,0000544	$1,69 \cdot 10^{-9}$	$5,44 \cdot 10^{-7}$
$\Sigma$	221	1	0,0000899	$1,42 \cdot 10^{-7}$	$2,82 \cdot 10^{-5}$

Rayleigh Oranı ile Periyot Hesabı

$$T_1 = 2\pi \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right]^{1/2}$$



$$T_1=0,45\text{sn}$$

Bina önem katsayısı  $I=1$

$$\begin{aligned} \text{Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı } R_d(T_1) &= R & T > T_A \\ R_d(T_1) &= 7 & 0,45 > 0,10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spektrum Katsayısı } S(T_1) &= 2.5(T_B/T_1)^{0.8} & T > T_B \\ S(T_1) &= 2.5(0,30/0,45)^{0.8} \\ &= 1.80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spektral İvme Katsayısı } A(T_1) &= A_0 * I * S(T_1) \\ &= 0,40 * 1 * 1,80 \\ &= 0,72 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü } V(T_1) &= \sum W * A(T_1) / R_d(T_1) \\ &= 2170 * 0,72 / 7 \\ &= 223\text{t} \\ V(T_1) &\geq 0,1 * A * I * \sum W \\ &= 0,1 * 0,4 * 1 * 2170 \\ 223\text{t} &\geq 87\text{t} \end{aligned}$$

$V(T_1)=223\text{t}$  alınacaktır.

Ek Eşdeğer Deprem Yüğü yok çünkü bina yüksekliği 25m den küçük.

### 3.1.1.7. Eşdeğer Kat Deprem Yüğü Hesabı

#### 3.1.1.7.1 X Deprem Yönü için Eşdeğer Kat Deprem Yüğü Hesabı

$$F_i = V(T_1) \frac{W_i H_i}{\sum_{j=1}^N (W_j H_j)} = V(T_1) F_{fi}$$

Çizelge 3.6 Model 1a'ya Ait X Deprem yönü için Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat No	W <sub>i</sub> (t)	H <sub>i</sub> (m)	W <sub>i</sub> H <sub>i</sub>	F <sub>i</sub> (t)
4	490	12	5880	82
3	560	9	5040	70
2	560	6	3360	47
1	560	3	1680	24
Σ	2170		15960	223

### 3.1.1.7.2 Y Deprem Yönü için Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

$$F_i = V(T_1) \frac{W_i H_i}{\sum_{j=1}^N (W_j H_j)} = V(T_1) F_{fi}$$

Çizelge 3.7 Model 1a'ya Ait Y Deprem yönü için Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat No	W <sub>i</sub> (t)	H <sub>i</sub> (m)	W <sub>i</sub> *H <sub>i</sub>	F <sub>i</sub> (t)
4	490	12	5880	82
3	560	9	5040	70
2	560	6	3360	47
1	560	3	1680	24
Σ	2170		15960	223

### 3.1.1.8. Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

#### 3.1.1.8.1. X yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

Çizelge 3.8 Model 1a X Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

Kat no	Kolonlar (t)	X yönündeki perdeler (t)	Y yönündeki perdeler (t)	Toplam kat kesme kuvveti(t)	Eşdeğer deprem yükü(t)
4	-74	0	-8	-82	82
3	-66	-77	-9	-152	152
2	-68	-121	-9	-199	199
1	-47	-168	-8	-223	223

#### 3.1.1.8.2. Y yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

Çizelge 3.9 Model 1a Y Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

Kat no	Kolonlar (t)	X yönündeki perdeler (t)	Y yönündeki perdeler (t)	Toplam kat kesme kuvveti(t)	Eşdeğer deprem yükü(t)
4	-80	-7	5	-82	82
3	-72	-9	-72	-152	152
2	-74	-9	-117	-199	199
1	-49	-8	-166	-223	223

### 3.1.2. Model 1b

Döşeme kalınlığı:

Çatı katı döşeme kalınlığı: 12cm

Normal kat döşeme kalınlığı: 15 cm

Kirişler : 50\*25 cm

Kolonlar : 50\*50 cm

Arttırılmış perde alanın hesaplanması:

$$0,0025 * \Sigma A_p = 0,0025 * 4 * 13 * 31 = 4 \text{ m}^2$$

planda x yönünde 8 adet, y yönünde 8 adet toplam 16 adet perde var ve perde kalınlıkları  $b_w = 0,25\text{m}$  seçildi.

$$4/8 = 0,5\text{m}^2 \text{ bir perdenin enkesit alanı}$$

x ve y yönündeki perde uzunlukları

$$l_x = l_y = 0,5/0,25 = 2,0\text{m}$$

Perdeler : 25\*200 cm

### 3.1.2.1. Bina Bilgileri

Kat sayısı : 4

Bodrum Kat Sayısı : -

Bina Önem Katsayısı: 1

Taşıyıcı Sistem Türü : Deprem Yüklerinin Betonarme Çerçevelerle ve Perdelerle

Taşıdığı Binalar

Kat Yükseklikleri: 3m

### 3.1.2.2. Deprem Bilgileri

Deprem Bölgesi: 1

Etkin Yer İvme Katsayısı:  $A_0 = 0,40$

Yerel Zemin Sınıfı: Z1

Spektrum Karakteristik Periyotları :  $T_A = 0,10$   $T_B = 0,30$

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı :7

### 3.1.2.3. Kat Ağırlıkları

Çatı Katı İçin : 493t

Normal Katlar İçin : 563t

### 3.1.2.4. Fiktif Yüklerinin Hesabı

Çizelge 3.10. Model 1b'ye Ait Fiktif Yüklerin Hesabı

Kat No	Wi (t)	Hi(m)	Wi*Hi	Ffi
4	493	12	5880	0,4
3	563	9	5040	0,3
2	563	6	3360	0,2
1	563	3	1680	0,1
$\Sigma$	2182		15960	1

### 3.1.2.5. Kat Deplasmanlarının Hesabı

#### 3.1.2.5.1. X Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları Hesabı

Çizelge 3.11. Model1b'ye Ait X Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları

Kat No	$d_{fi}(m)$
4	0,0000370
3	0,0000259
2	0,0000145
1	0,0000467

### 3.1.2.5.2. Y Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları Hesabı

Çizelge 3.12. Model 1b'ye Ait X Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları

Kat No	$d_{fi}(m)$
4	0,0000370
3	0,0000259
2	0,0000145
1	0,0000467

### 3.1.2.6. Binanın Birinci Titreşim Periyodunun Hesabı

#### 3.1.2.6.1 X Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodu

Çizelge 3.13. Model 1b'ye Ait X Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı İle  $T_1$ 'in Hesabı

Kat no	$m_i$	$F_{fi}$	$d_{fi}$	$m_i * d_{fi}^2$	$F_{fi} * d_{fi}$
4	50	0,4	0,0000370	6,83E-08	6,83E-08
3	57	0,3	0,0000259	3,81E-08	3,81E-08
2	57	0,2	0,0000145	1,19E-08	1,19E-08
1	57	0,1	0,0000467	1,25E-09	1,25E-09
$\Sigma$	221	1		1,20E-07	1,20E-07

Rayleigh Oranı ile Periyot Hesabı

$$T_1 = 2\pi \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right]^{1/2}$$

$$T_1 = 0,43 \text{ sn}$$

Bina önem katsayısı  $I=1$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı  $R_a(T_1)=R$

$$T > T_A$$

$$R_a(T_1)=7$$

$$0,43 > 0,10$$

Spektrum Katsayısı

$$S(T_1) = 2.5(T_B/T_1)^{0.8} \quad T > T_B$$

$$S(T_1) = 2.5(0,30/0,43)^{0.8}$$

$$= 1.90$$

Spektral İvme Katsayısı

$$A(T_1)=A_0 \cdot I \cdot S(T_1)$$

$$=0,40 \cdot 1 \cdot 1,90$$

$$=0,76$$

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü

$$V(T_1)=\sum W \cdot A(T_1) / R_a(T_1)$$

$$=2182 \cdot 0,76 / 7$$

$$=237t$$

$$V(T_1) \geq 0,1 \cdot A \cdot I \cdot \sum W$$

$$=0,1 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 2182$$

$$237t \geq 87t$$

$V(T_1)=237t$  alınacaktır.

Ek Eşdeğer Deprem Yüğü yok çünkü bina yüksekliği 25m den küçük.

### 3.1.2.6.2.Y Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodunun Hesabı

Çizelge 3.14. Model1b'ye Ait X Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı İle  $T_1$ 'in Hesabı

Kat no	$m_i$	$F_{fi}$	$d_{fi}$	$m_i \cdot d_{fi}^2$	$F_{fi} \cdot d_{fi}$
4	50	0,4	0,0000370	6,83E-08	6,83E-08
3	57	0,3	0,0000259	3,81E-08	3,81E-08
2	57	0,2	0,0000145	1,19E-08	1,19E-08
1	57	0,1	0,0000467	1,25E-09	1,25E-09
$\Sigma$	221	1		1,20E-07	1,20E-07

Rayleigh Oranı ile Periyot Hesabı

$$T_1 = 2\pi \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right]^{1/2}$$

$$T_1 = 0,43sn$$

Bina önem katsayısı  $I=1$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı  $R_d(T_1)=R$

$T > T_A$

$$R_d(T_1)=7$$

$$0,43 > 0,10$$

Spektrum Katsayısı

$$S(T_1)=2,5(T_B/T_1)^{0,8} \quad T > T_B$$

$$S(T_1)=2,5(0,30/0,43)^{0,8}$$

$$=1,90$$

Spektral İvme Katsayısı

$$A(T_1)=A_0 * I * S(T_1)$$

$$=0,40 * 1 * 1,90$$

$$=0,76$$

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü

$$V(T_1)=\sum W * A(T_1) / R_d(T_1)$$

$$=2182 * 0,76 / 7$$

$$=237t$$

$$V(T_1) \geq 0,1 * A * I * \sum W$$

$$=0,1 * 0,4 * 1 * 2182$$

$$237t \geq 87t$$

$V(T_1)=237t$  alınacaktır.

Ek Eşdeğer Deprem Yüğü yok çünkü bina yüksekliği 25m den küçük.

### 3.1.2.7. Eşdeğer Kat Deprem Yüğülerinin Hesabı

#### 3.1.2.7.1 X Deprem Yönü için Eşdeğer Kat Deprem Yüğülerinin Hesabı

$$F_i = V(T_1) \frac{W_i H_i}{\sum_{j=1}^N (W_j H_j)} = V(T_1) F_{fi}$$



Çizelge 3.15 Model 1b X Deprem Yönü için Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat No	$W_i(t)$	$H_i(m)$	$W_i H_i$	$F_i(t)$
4	493	12	5916	87
3	563	9	5067	75
2	563	6	3378	50
1	563	3	1689	25
$\Sigma$	2272		16050	237

### 3.1.2.7.2 Y Deprem Yönü için Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

$$F_i = V(T_1) \frac{W_i H_i}{\sum_{j=1}^N (W_j H_j)} = V(T_1) F_{fi}$$

Çizelge 3.16 Model 1b Y Deprem Yönü için Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat No	$W_i(t)$	$H_i(m)$	$W_i H_i$	$F_i(t)$
4	493	12	5916	87
3	563	9	5067	75
2	563	6	3378	50
1	563	3	1689	25
$\Sigma$	2272		16050	237

### 3.1.2.8. Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

#### 3.1.2.8.1. X Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

Çizelge 3.17 Model 1b X Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı

Kat no	Kolonlar (t)	X yönündeki perdeler (t)	Y yönündeki perdeler (t)	Toplam kat kesme kuvveti(t)	Eşdeğer deprem yükü(t)
4	-58	-21	-8	-87	87
3	-54	-99	-9	-162	162
2	-55	-148	-10	-213	213
1	-37	-197	-8	-242	242

#### 3.1.2.8.2. Y yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

Çizelge 3.18 Model 1b Y Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı

Kat no	Kolonlar (t)	X yönündeki perdeler (t)	Y yönündeki perdeler (t)	Toplam kat kesme kuvveti(t)	Eşdeğer deprem yükü(t)
4	-63	-7	-17	-87	87
3	-58	-8	-96	-162	162
2	-55	-10	-148	-213	213
1	-37	-8	-197	-242	242

### 3.1.3. Model 2a :

Döşeme kalınlığı:

Çatı katı döşeme kalınlığı: 12cm

Normal kat döşeme kalınlığı: 15 cm

Kirişler : 50\*25 cm

Kolonlar : 50\*50 cm

Gerekli perde alanının hesaplanması:

$$0,002 * \Sigma A_p = 0,002 * 8 * 13 * 31 = 6,5 \text{ m}^2$$

planda x yönünde 8 adet, y yönünde 8 adet toplam 16 adet perde var ve perde kalınlıkları  $b_w = 0,25 \text{ m}$  seçildi.

$$6,5/8 = 0,81 \text{ m}^2 \text{ bir perdenin enkesit alanı}$$

x ve y yönündeki perde uzunlukları

$$l_x = l_y = 0,81/0,25 = 3,25 \text{ m}$$

$$l_x = l_y = 3,50 \text{ m seçildi}$$

Perdeler : 25\*350 cm

### 3.1.3.1. Bina Bilgileri

Kat sayısı : 8

Bodrum Kat Sayısı : -

Bina Önem Katsayısı: 1

Taşıyıcı Sistem Türü : Deprem Yüklerinin Betonarme Çerçevesle ve Perdelerle

Taşıdığı Binalar

Kat Yükseklikleri: 3m

### 3.1.3.2. Deprem Bilgileri

Deprem Bölgesi: 1

Etkin Yer İvme Katsayısı:  $A_0 = 0,40$

Yerel Zemin Sınıfı: Z1

Spektrum Karakteristik Periyotları :  $T_A=0,10$   $T_B=0,30$

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı :7

### 3.1.3.3. Kat Ağırlıkları

Çatı Katı İçin : 545t

Normal Katlar İçin : 615t

### 3.1.3.4. Fiktif Yüklerinin Hesabı

Çizelge 3.19. Model 2a'ya Ait Fiktif Yüklerin Hesabı

Kat no	Wi	Hi	Wi*Hi	F <sub>fi</sub>
8	545	24	13080	0,2
7	615	21	12915	0,2
6	615	18	11070	0,2
5	615	15	9225	0,1
4	615	12	7380	0,1
3	615	9	5535	0,1
2	615	6	3690	0,06
1	615	3	1845	0,06
Σ	4850		64740	1

### 3.1.3.5. Kat Deplasmanlarının Hesabı

#### 3.1.3.5.1. X Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları Hesabı

Çizelge 3.20. Model2a'ya Ait X Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları

Kat No	$d_{fi}(m)$
8	3,21E-05
7	2,80E-05
6	2,35E-05
5	1,87E-05
4	1,38E-05
3	9,06E-06
2	4,78E-06
1	1,51E-06

#### 3.1.3.5.2. Y Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları Hesabı

Çizelge 3.21. Model1a'ya Ait Y Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları

Kat No	$d_{fi}(m)$
8	4,10E-05
7	3,49E-05
6	2,86E-05
5	2,22E-05
4	1,59E-05
3	1,02E-05
2	5,22E-06
1	1,61E-06

### 3.1.3.6. Binanın Birinci Titreşim Periyodunun Hesabı

#### 3.1.3.6.1 X Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodu

Çizelge 3.22. Model2a'ya Ait Kat Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı İle  $T_1$ 'in Hesabı

Kat no	$m_i$	$F_{fi}$	$d_{fi}$	$m_i*d_{fi}^2$	$F_{fi}*d_{fi}$
8	56	0,2	3,21E-05	5,78E-08	6,43E-06
7	63	0,2	2,80E-05	4,94E-08	5,60E-06
6	63	0,2	2,35E-05	3,48E-08	4,70E-06
5	63	0,1	1,87E-05	2,21E-08	1,87E-06
4	63	0,1	1,38E-05	1,20E-08	1,38E-06
3	63	0,1	9,06E-06	5,17E-09	9,06E-07
2	63	0,06	4,78E-06	1,44E-09	2,87E-07
1	63	0,03	1,51E-06	1,44E-10	4,54E-08
$\Sigma$				1,83E-07	2,12E-05

Rayleigh Oranı ile Periyot Hesabı

$$T_1 = 2\pi \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right]^{1/2}$$

$$T_1 = 0,58 \text{sn}$$

Bina önem katsayısı  $I=1$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı  $R_a(T_1)=R$

$$T > T_A$$

$$R_a(T_1)=7$$

$$0,58 > 0,10$$

Spektrum Katsayısı

$$S(T_1) = 2.5(T_B/T_1)^{0.8} \quad T > T_B$$

$$S(T_1) = 2.5(0,30/0,58)^{0.8}$$

$$= 1.48$$

Spektral İvme Katsayısı

$$A(T_1) = A_0 * I * S(T_1)$$

$$= 0,40 * 1 * 1,80$$

$$=0,60$$

$$\text{Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü} \quad V(T_1)=\sum W \cdot A(T_1) / R_d(T_1)$$

$$=4850 \cdot 0,60 / 7$$

$$=416t$$

$$V(T_1) \geq 0,1 \cdot A \cdot T \cdot \sum W$$

$$=0,1 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 4850$$

$$416 \geq 194t$$

$V(T_1)=416t$  alınacaktır.

Ek Eşdeğer Deprem Yüğü yok çünkü bina yüksekliği 25m den küçük.

### 3.1.3.6.2.Y Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodunun Hesabı

Çizelge 3.23. Model2a'ya Ait Kat Y Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı İle T1'in Hesabı

Kat no	$m_i$	$F_{fi}$	$d_{fi}$	$m_i \cdot d_{fi}^2$	$F_{fi} \cdot d_{fi}$
8	56	0,2	4,10E-05	9,43E-08	8,21E-06
7	63	0,2	3,49E-05	7,67E-08	6,98E-06
6	63	0,2	2,86E-05	5,15E-08	5,72E-06
5	63	0,1	2,22E-05	3,10E-08	2,22E-06
4	63	0,1	1,59E-05	1,60E-08	1,59E-06
3	63	0,1	1,02E-05	6,50E-09	1,02E-06
2	63	0,06	5,22E-06	1,72E-09	3,13E-07
1	63	0,03	1,61E-06	1,64E-10	4,84E-08
$\Sigma$				2,78E-07	2,61E-05

## Rayleigh Oranı ile Periyot Hesabı

$$T_1 = 2\pi \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right]^{1/2}$$

$$T_1 = 0,65 \text{ sn}$$

Bina önem katsayısı  $I=1$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı  $R_a(T_1)=R$

$$T > T_A$$

$$R_a(T_1)=7$$

$$0,65 > 0,10$$

Spektrum Katsayısı

$$S(T_1) = 2.5(T_B/T_1)^{0.8} \quad T > T_B$$

$$S(T_1) = 2.5(0,30/0,65)^{0.8}$$

$$= 1.35$$

Spektral İvme Katsayısı

$$A(T_1) = A_0 * I * S(T_1)$$

$$= 0,40 * 1 * 1,35$$

$$= 0,54$$

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü

$$V(T_1) = \sum W * A(T_1) / R_a(T_1)$$

$$= 4850 * 0,54 / 7$$

$$= 374 \text{ t}$$

$$V(T_1) \geq 0,1 * A * I * \sum W$$

$$= 0,1 * 0,4 * 1 * 4850$$

$$374 \text{ t} \geq 194 \text{ t}$$

$V(T_1) = 374 \text{ t}$  alınacaktır.

Ek Eşdeğer Deprem Yüğü yok çünkü bina yüksekliği 25m den küçük.



### 3.1.3.7. Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

#### 3.1.3.7.1 X Deprem Yönü için Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

$$F_i = V(T_1) \frac{W_i H_i}{\sum_{j=1}^N (W_j H_j)} = V(T_1) F_{fi}$$

Çizelge 3.24 Model 2'ya Ait X Deprem Yönü İçin Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat No	W <sub>i</sub> (t)	H <sub>i</sub> (m)	W <sub>i</sub> H <sub>i</sub>	F <sub>i</sub> (t)
8	545	24	13080	84
7	615	21	12915	83
6	615	18	11070	71
5	615	15	9225	59
4	615	12	7380	47
3	615	9	5535	36
2	615	6	3690	24
1	615	3	1845	12
Σ	4850		64740	416

#### 3.1.3.7.2 Y Deprem Yönü için Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

$$F_i = V(T_1) \frac{W_i H_i}{\sum_{j=1}^N (W_j H_j)} = V(T_1) F_{fi}$$

Çizelge 3.25 Model 2a'ya Ait Y Deprem Yönü İçin Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat No	$W_i(t)$	$H_i(m)$	$W_i H_i$	$F_i(t)$
8	545	24	13080	76
7	615	21	12915	75
6	615	18	11070	64
5	615	15	9225	53
4	615	12	7380	43
3	615	9	5535	32
2	615	6	3690	20
1	615	3	1845	11
$\Sigma$	4850		64740	374

### 3.1.3.8. Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

#### 3.1.3.8.1. X yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

Çizelge 3.26 Model 2a X Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı

Kat no	Kolonlar (t)	X yönündeki perdeler (t)	Y yönündeki perdeler (t)	Toplam kat kesme kuvveti(t)	Eşdeğer deprem yükü(t)
8	-67	-2	-15	-84	84
7	-57	-97	-13	-163	163
6	-67	-157	-14	-238	238
5	-71	-211	-15	-297	297
4	-72	-257	-15	-344	344
3	-67	-299	-14	-380	380
2	-53	-341	-10	-407	407
1	-31	-377	-8	-416	416

### 3.1.3.8.2. Y yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

Çizelge 3.27 Model 2a Y Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı

Kat no	Kolonlar (t)	X yönündeki perdeler (t)	Y yönündeki perdeler (t)	Toplam kat kesme kuvveti(t)	Eşdeğer deprem yükü(t)
8	-64	-15	2	-76	76
7	-52	-15	-87	-151	151
6	-59	-13	-143	-215	215
5	-61	-13	-195	-268	268
4	-60	-12	-239	-311	311
3	-55	-11	-278	-343	343
2	-44	-8	-311	-363	363
1	-27	-7	-341	-374	374

### 3.1.4. Model 2b :

Döşeme kalınlığı:

Çatı katı döşeme kalınlığı: 12cm

Normal kat döşeme kalınlığı: 15 cm

Kirişler : 50\*25 cm

Kolonlar : 50\*50 cm

Arttırılmış perde alanın hesaplanması:

$$0,0025 * \Sigma A_p = 0,0025 * 8 * 13 * 31 = 8 \text{ m}^2$$

planda x yönünde 8 adet, y yönünde 8 adet toplam 16 adet perde var ve perde kalınlıkları  $b_w = 0,25\text{m}$  seçildi.

$8/8 = 1,0\text{m}^2$  bir perdenin enkesit alanı

x ve y yönündeki perde uzunlukları

$l_x=l_y= 1,0/0,25= 4,0m$

Perdeler : 25\*400 cm

### 3.1.4.1. Bina Bilgileri

Kat sayısı : 8

Bodrum Kat Sayısı : -

Bina Önem Katsayısı: 1

Taşıyıcı Sistem Türü : Deprem Yüklerinin Betonarme Çerçevesiz ve Perdelerle

Taşındığı Binalar

Kat Yükseklikleri: 3m

### 3.1.4.2. Deprem Bilgileri

Deprem Bölgesi: 1

Etkin Yer İvme Katsayısı:  $A_0=0,40$

Yerel Zemin Sınıfı: Z1

Spektrum Karakteristik Periyotları :  $T_A=0,10$   $T_B=0,30$

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı :7

### 3.1.4.3. Kat Ağırlıkları

Çatı Katı İçin : 550t

Normal Katlar İçin : 620t

### 3.1.4.4. Fiktif Yüklerinin Hesabı

Çizelge 3.28. Model 2b'ye ait Fiktif Yüklerin Hesabı

Kat no	Wi	Hi	Wi*Hi	F <sub>f</sub>
8	550	24	13080	0,2
7	620	21	12915	0,2
6	620	18	11070	0,2
5	620	15	9225	0,1
4	620	12	7380	0,1
3	620	9	5535	0,1
2	615	6	3690	0,06
1	615	3	1845	0,06
Σ	4855		64740	1

### 3.1.4.5. Kat Deplasmanlarının Hesabı

#### 3.1.4.5.1. X Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları Hesabı

Çizelge 3.29. Model2b'ye Ait X Deprem Yönleri İçin Kat Deplasmanları

Kat No	d <sub>f</sub> (m)
8	2,96E-05
7	2,53E-05
6	2,09E-05
5	1,63E-05
4	1,18E-05
3	7,63E-06
2	3,96E-06
1	1,25E-06

### 3.1.4.5.2. Y Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları Hesabı

Çizelge 3.30. Model2b'ye Ait Y Deprem Yönleri İçin Kat Deplasmanları

Kat No	$d_{fi}(m)$
8	4,88E-05
7	4,13E-05
6	3,36E-05
5	2,59E-05
4	1,84E-05
3	1,16E-05
2	5,82E-06
1	1,73E-06

### 3.1.4.6. Binanın Birinci Titreşim Periyodunun Hesabı

#### 3.1.4.6.1 X Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodu

Çizelge 3.31. Model 2b'ye Ait X Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı İle  $T_1$ 'in Hesabı

Kat no	$m_i$	$F_{fi}$	$d_{fi}$	$m_i*d_{fi}^2$	$F_{fi}*d_{fi}$
8	56	0,2	2,96E-05	4,89E-08	5,91E-06
7	63	0,2	2,53E-05	4,03E-08	5,06E-06
6	63	0,2	2,09E-05	2,75E-08	4,18E-06
5	63	0,1	1,63E-05	1,68E-08	1,63E-06
4	63	0,1	1,18E-05	8,84E-09	1,18E-06
3	63	0,1	7,63E-06	3,67E-09	7,63E-07
2	63	0,06	3,96E-06	9,90E-10	2,38E-07
1	63	0,03	1,25E-06	9,80E-11	3,74E-08
				1,47E-07	1,90E-05

Rayleigh Oranı ile Periyot Hesabı

$$T_1 = 2\pi \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right]^{1/2}$$

$$T_1 = 0,55 \text{sn}$$

Bina önem katsayısı  $I=1$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı  $R_a(T_1)=R$   $T > T_A$   
 $R_a(T_1)=7$   $0,55 > 0,10$

Spektrum Katsayısı  $S(T_1)=2.5(T_B/T_1)^{0.8}$   $T > T_B$   
 $S(T_1)=2.5(0,30/0,55)^{0.8}$   
 $=1.54$

Spektral İvme Katsayısı  $A(T_1)=A_0 * I * S(T_1)$   
 $=0,40 * 1 * 1,54$   
 $=0,62$

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü  $V(T_1)=\sum W * A(T_1) / R_a(T_1)$   
 $=4890 * 0,62 / 7$   
 $=433t$   
 $V(T_1) \geq 0,1 * A_0 * I * \sum W$   
 $=0,1 * 0,4 * 1 * 4890$   
 $433t \geq 196t$

$V(T_1)=433t$  alınacaktır.

Ek Eşdeğer Deprem Yüğü yok çünkü bina yüksekliği 25m den küçük.

### 3.1.4.6.2.Y Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodunun Hesabı

Çizelge 3.32. Model 2b'ye Ait X Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı İle  $T_1$ 'in Hesabı

Kat no	$m_i$	$F_{fi}$	$d_{fi}$	$m_i*d_{fi}^2$	$F_{fi}*d_{fi}$
8	56	0,2	4,88E-05	1,33E-07	9,76E-06
7	63	0,2	4,13E-05	1,07E-07	8,26E-06
6	63	0,2	3,36E-05	7,11E-08	6,72E-06
5	63	0,1	2,59E-05	4,22E-08	2,59E-06
4	63	0,1	1,84E-05	2,14E-08	1,84E-06
3	63	0,1	1,16E-05	8,45E-09	1,16E-06
2	63	0,06	5,82E-06	2,14E-09	3,49E-07
1	63	0,03	1,73E-06	1,89E-10	5,19E-08
$\Sigma$				3,86E-07	3,07E-05

Rayleigh Oranı ile Periyot Hesabı

$$T_1 = 2\pi \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right]^{1/2}$$

$$T_1 = 0,71 \text{ sn}$$

Bina önem katsayısı  $I=1$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı  $R_a(T_1)=R$

$$T > T_A$$

$$R_a(T_1)=7$$

$$0,71 > 0,10$$

Spektrum Katsayısı

$$S(T_1) = 2.5(T_B/T_1)^{0.8} \quad T > T_B$$

$$S(T_1) = 2.5(0,30/0,71)^{0.8}$$

$$= 1.25$$

Spektral İvme Katsayısı

$$A(T_1) = A_0 * I * S(T_1)$$

$$= 0,40 * 1 * 1,25$$

$$= 0,50$$

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü

$$V(T_1) = \Sigma W * A(T_1) / R_a(T_1)$$

$$= 4890 * 0,5 / 7$$



$$=349t$$

$$V(T_1) \geq 0,1 * A * I * \Sigma W$$

$$=0,1 * 0,40 * 1 * 4890$$

$$349t \geq 196t$$

$V(T_1)=349t$  alınacaktır.

Ek Eşdeğer Deprem Yüğü yok çünkü bina yüksekliği 25m den küçük.

### 3.1.4.7. Eşdeğer Kat Deprem Yüğülerinin Hesabı

#### 3.1.4.7.1 X Deprem Yönu için Eşdeğer Kat Deprem Yüğülerinin Hesabı

$$F_i = V(T_1) \frac{W_i H_i}{\sum_{j=1}^N (W_j H_j)} = V(T_1) F_{fi}$$

Çizelge 3.33 Model 2b'ye Ait X Deprem Yönu için Eşdeğer Deprem Yüğülerinin Hesaplanması

Kat No	$W_i(t)$	$H_i(m)$	$W_i H_i$	$F_i(t)$
8	550	24	13200	88
7	620	21	13020	86
6	620	18	11160	74
5	620	15	9300	62
4	620	12	7440	49
3	620	9	5580	37
2	620	6	3720	25
1	620	3	1860	12
$\Sigma$	4890		65280	433

### 3.1.3.7.2 Y Deprem Yönü için Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

$$F_i = V(T_1) \frac{W_i H_i}{\sum_{j=1}^N (W_j H_j)} = V(T_1) F_{fi}$$

Çizelge 3.34 Model 2b'ye Ait X Deprem Yönü İçin Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesaplanması

Kat No	$W_i(t)$	$H_i(m)$	$W_i H_i$	$F_i(t)$
8	550	24	13200	71
7	620	21	13020	70
6	620	18	11160	59
5	620	15	9300	49
4	620	12	7440	40
3	620	9	5580	30
2	620	6	3720	20
1	620	3	1860	10
$\Sigma$	4890		65280	349

### 3.1.4.8. Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

#### 3.1.4.8.1. X yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

Çizelge 3.35 Model 2b X Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Yüklerinin Katlara Dağılımı

Kat no	Kolonlar (t)	X yönündeki perdeler (t)	Y yönündeki perdeler (t)	Toplam kat kesme kuvveti(t)	Eşdeğer deprem yükü(t)
8	-40	-28	-20	-88	88
7	-35	-121	-19	-174	174
6	-40	-189	-20	-248	248
5	-42	-248	-20	-310	310
4	-43	-298	-16	-359	359
3	-40	-340	-17	-396	396
2	-32	-377	-12	-421	421
1	-17	-407	-9	-433	433

### 3.1.4.8.2. Y yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

Çizelge 3.36 Model 2b Y Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Yüklerinin Katlara Dağılımı

Kat no	Kolonlar (t) <sub>i</sub>	X yönündeki perdeler (t)	Y yönündeki perdeler (t)	Toplam kat kesme kuvveti(t)	Eşdeğer deprem yükü(t)
8	-35	-12	-24	-71	71
7	-26	-11	-104	-141	141
6	-28	-12	-160	-200	200
5	-27	-12	-210	-249	249
4	-26	-11	-252	-289	289
3	-22	-10	-288	-319	319
2	-16	-7	-316	-339	339
1	-9	-6	-334	-349	349

### 3.1.5. Model 3a:

Döşeme kalınlığı:

Çatı katı döşeme kalınlığı: 12cm

Normal kat döşeme kalınlığı: 15 cm

Kirişler : 50\*25 cm

Kolonlar : 50\*50 cm

Gerekli perde alanın hesaplanması:

$$0,002 * \Sigma A_p = 0,002 * 12 * 13 * 31 = 9,7m^2$$

planda x yönünde 8 adet, y yönünde 8 adet toplam 16 adet perde var ve perde

kalınlıkları  $b_w = 0,25m$  seçildi.

$9,7/8 = 1,2m^2$  bir perdenin enkesit alanı

x ve y yönündeki perde uzunlukları

$$l_x = l_y = 1,2/0,25 = 4,8m$$

$l_x=l_y=5,0\text{m}$  seçildi

Perdeler :  $25*500\text{ cm}$

### 3.1.5.1. Bina Bilgileri

Kat sayısı : 12

Bodrum Kat Sayısı : -

Bina Önem Katsayısı: 1

Taşıyıcı Sistem Türü : Deprem Yüklerinin Boşluksuz Perdelerle Taşındığı Binalar

Kat Yükseklikleri: 3m

### 3.1.5.2. Deprem Bilgileri

Deprem Bölgesi: 1

Etkin Yer İvme Katsayısı:  $A_0=0,40$

Yerel Zemin Sınıfı: Z1

Spektrum Karakteristik Periyotları :  $T_A=0,10$   $T_B=0,30$

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı :6

### 3.1.5.3. Kat Ağırlıkları

Çatı Katı İçin : 590t

Normal Katlar İçin : 657t

### 3.1.5.4. Fiktif Yüklerinin Hesabı

Çizelge 3.37. Model 3a'ya ait Fiktif Yüklerin Hesabı

Kat no	Wi	Hi	Wi*Hi	F <sub>fi</sub>
12	590	36	21240	0,14
11	657	33	21681	0,14
10	657	30	19710	0,13
9	657	27	17739	0,12
8	657	24	15768	0,1
7	657	21	13797	0,09
6	657	18	11826	0,08
5	657	15	9855	0,07
4	657	12	7884	0,05
3	657	9	5913	0,04
2	657	6	3942	0,03
1	657	3	1971	0,01
Σ	7817		151326	1

### 3.1.5.5. Kat Deplasmanlarının Hesabı

#### 3.1.5.5.1. X Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları Hesabı

Çizelge 3.38. Model3a'ya Ait X Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları

Kat No	d <sub>fi</sub> (m)
12	6,81E-05
11	6,18E-05
10	5,35E-05
9	4,86E-05
8	4,17E-05
7	3,47E-05
6	2,78E-05
5	2,10E-05
4	1,47E-05
3	9,11E-06
2	4,54E-06
1	1,36E-06

### 3.1.5.5.2. Y Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları Hesabı

Çizelge 3.39. Model3a'ya Ait Y Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları

Kat No	$d_{fi}(m)$
12	6,60E-05
11	5,99E-05
10	5,15E-05
9	4,72E-05
8	4,05E-05
7	3,37E-05
6	2,70E-05
5	2,04E-05
4	1,43E-05
3	8,88E-06
2	4,43E-06
1	1,33E-06

### 3.1.5.6. Binanın Birinci Titreşim Periyodunun Hesabı

#### 3.1.5.6.1 X Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodu

Çizelge 3.40. Model3a'ya Ait X Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı ile  $T_1$ 'in Hesabı

Kat no	$m_i$	$F_{fi}$	$d_{fi}$	$m_i*d_{fi}^2$	$F_{fi}*d_{fi}$
12	60	0,14	6,81E-05	2,78E-07	9,53E-06
11	67	0,14	6,18E-05	2,56E-07	8,65E-06
10	67	0,13	5,35E-05	1,92E-07	6,96E-06
9	67	0,12	4,86E-05	1,58E-07	5,83E-06
8	67	0,1	4,17E-05	1,17E-07	4,17E-06
7	67	0,09	3,47E-05	8,07E-08	3,12E-06
6	67	0,08	2,78E-05	5,18E-08	2,22E-06
5	67	0,07	2,10E-05	2,95E-08	1,47E-06
4	67	0,05	1,47E-05	1,45E-08	7,35E-07
3	67	0,04	9,11E-06	5,56E-09	3,64E-07
2	67	0,03	4,54E-06	1,38E-09	1,36E-07
1	67	0,01	1,36E-06	1,24E-10	1,36E-08

## Rayleigh Oranı ile Periyot Hesabı

$$T_1 = 2\pi \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right]^{1/2}$$

$$T_1 = 1,04 \text{ sn}$$

Bina önem katsayısı  $I=1$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı  $R_a(T_1)=R$

$$T > T_A$$

$$R_a(T_1) = 6$$

$$1,04 > 0,10$$

Spektrum Katsayısı

$$S(T_1) = 2.5(T_B/T_1)^{0.8} \quad T > T_B$$

$$S(T_1) = 2.5(0,30/1,04)^{0.8}$$

$$= 0,93$$

Spektral İvme Katsayısı

$$A(T_1) = A_0 * I * S(T_1)$$

$$= 0,40 * 1 * 0,93$$

$$= 0,37$$

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü

$$V(T_1) = \sum W * A(T_1) / R_a(T_1)$$

$$= 7817 * 0,37 / 6$$

$$= 482 \text{ t}$$

$H=36\text{m}$  olduğu için Ek eşdeğer deprem kuvveti hesaplanmıştır.

$$\Delta F_N = 0,07 * T_1 * V_t < 0,2 * V_t$$

$$\Delta F_N = 0,07 * 1,04 * 482 < 0,2 * 482$$

$$= 35 \text{ t} < 96 \text{ t}$$

$$\Delta F_N = 35 \text{ t}$$

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

### 3.1.5.6.2Y Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodunun Hesabı

Çizelge 3.41 Model3a'ya Ait X Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı ile  $T_1$ 'in Hesabı

Kat No	$m_i$	$F_{fi}$	$d_{fi}$	$m_i*d_i*d_i$	$F_{fi}*d_{fi}$
12	63	0.14	6,60E-05	2,74E-07	9,24E-06
11	70	0.14	5,99E-05	2,51E-07	8,39E-06
10	70	0.13	5,15E-05	1,86E-07	6,70E-06
9	70	0.12	4,72E-05	1,56E-07	5,66E-06
8	70	0.1	4,05E-05	1,15E-07	4,05E-06
7	70	0.09	3,37E-05	7,95E-08	3,03E-06
6	70	0.08	2,70E-05	5,10E-08	2,16E-06
5	70	0.07	2,04E-05	2,91E-08	1,43E-06
4	70	0.05	1,43E-05	1,43E-08	7,15E-07
3	70	0.04	8,88E-06	5,52E-09	3,55E-07
2	70	0.03	4,43E-06	1,37E-09	1,33E-07
1	70	0.01	1,33E-06	1,24E-10	1,33E-08
		1		1,16E-06	4,19E-05

Rayleigh Oranı ile Periyot Hesabı

$$T_1 = 2\pi \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right]^{1/2}$$

$$T_1 = 1,05 \text{sn}$$

Bina önem katsayısı  $I=1$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı  $R_d(T_1)=R$

$$T > T_A$$

$$R_d(T_1)=6$$

$$1,05 > 0,1$$

Spektrum Katsayısı

$$S(T_1) = 2.5(T_B/T_1)^{0.8} \quad T > T_B$$

$$S(T_1) = 2.5(0,30/1,05)^{0.8}$$

$$= 0,92$$

Spektral İvme Katsayısı

$$A(T_1) = A_0 * I * S(T_1)$$

$$= 0,40 * 1 * 0,92$$

$$= 0,37$$



$$\begin{aligned} \text{Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü} \quad V(T_1) &= \sum W \cdot A(T_1) / R_d(T_1) \\ &= 7817 \cdot 0,37/6 \\ &= 482t \end{aligned}$$

H=36m olduğu için Ek eşdeğer deprem kuvveti hesaplanmıştır.

$$\Delta F_N = 0,07 \cdot T_1 \cdot V_t < 0,2 \cdot V_t$$

$$\Delta F_N = 0,07 \cdot 1,05 \cdot 482 < 0,2 \cdot 482$$

$$= 35t < 96t$$

$$\Delta F_N = 35t$$

### 3.1.5.7 Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

#### 3.1.5.7.1 X Deprem Yönü için Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

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

Çizelge 3.42 Model 3a'ya Ait X Deprem Yönü İçin Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat No	$W_i(t)$	$H_i(m)$	$W_i H_i$	$F_i(t)$
12	590	36	21240	63
11	657	33	21681	64
10	657	30	19710	58
9	657	27	17739	52
8	657	24	15768	47
7	657	21	13797	41
6	657	18	11826	35
5	657	15	9855	29
4	657	12	7884	23
3	657	9	5913	17
2	657	6	3942	12
1	657	3	1971	6
$\Sigma$	7817		151326	447

### 3.1.3.7.2 Y Deprem Yönü için Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

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

Çizelge 3.43 Model 3a'ya Ait X Deprem Yönü İçin Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat No	$W_i(t)$	$H_i(m)$	$W_i H_i$	$F_i(t)$
12	590	36	21240	63
11	657	33	21681	64
10	657	30	19710	58
9	657	27	17739	52
8	657	24	15768	47
7	657	21	13797	41
6	657	18	11826	35
5	657	15	9855	29
4	657	12	7884	23
3	657	9	5913	17
2	657	6	3942	12
1	657	3	1971	6
$\Sigma$	7817		151326	447

### 3.1.5.8. Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

#### 3.1.5.8.1. X yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

Çizelge 3.44 Model 3a X Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Yüklerinin Katlara Dağılımı

Kat no	X yönündeki perdeler (t)	Y yönündeki perdeler (t)	Toplam kat kesme kuvveti(t)	Eşdeğer deprem yükü(t)
12	-18	-45	-63	63
11	-91	-36	-127	127
10	-146	-39	-185	185
9	-197	-40	-237	237
8	-243	-41	-284	284
7	-284	-41	-325	325
6	-320	-40	-360	360
5	-352	-37	-389	389
4	-379	-33	-412	412
3	-402	-27	-429	429
2	-422	-19	-441	441
1	-436	-11	-447	447

### 3.1.5.8.2. Y yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

Çizelge 3.45 Model 3a X Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Yüklerinin Katlara Dağılımı

Kat no	X yönündeki perdeler (t)	Y yönündeki perdeler (t)	Toplam kat kesme kuvveti(t)	Eşdeğer deprem yükü(t)
12	-25	-38	-63	63
11	-20	-107	-127	127
10	-23	-163	-186	186
9	-23	-214	-237	237
8	-24	-260	-284	284
7	-24	-301	-325	325
6	-23	-337	-360	360
5	-22	-367	-389	389
4	-20	-392	-412	412
3	-17	-412	-429	429
2	-12	-430	-442	442
1	-9	-438	-447	447

### 3.1.6. Model 3b:

Döşeme kalınlığı:

Çatı katı döşeme kalınlığı: 12cm

Normal kat döşeme kalınlığı: 15 cm

Kirişler : 50\*25 cm

Kolonlar : 50\*50 cm

Arttırılmış perde alanın hesaplanması:

$$0,0025 * \Sigma A_p = 0,0025 * 12 * 13 * 31 = 12 \text{ m}^2$$

planda x yönünde 8 adet, y yönünde 8 adet toplam 16 adet perde var ve perde kalınlıkları  $b_w = 0,25\text{m}$  seçildi.

$$12/8 = 1,5\text{m}^2 \text{ bir perdenin enkesit alanı}$$

x ve y yönündeki perde uzunlukları

$$l_x=l_y= 1,5/0,25= 6,0\text{m}$$

Perdeler : 25\*600 cm

### 3.1.6.1. Bina Bilgileri

Kat sayısı : 12

Bodrum Kat Sayısı : -

Bina Önem Katsayısı: 1

Taşıyıcı Sistem Türü : Deprem Yüklerinin Boşluksuz Perdelerle Taşındığı Binalar

Kat Yükseklikleri: 3m

### 3.1.6.2. Deprem Bilgileri

Deprem Bölgesi: 1

Etkin Yer İvme Katsayısı:  $A_0= 0,40$

Yerel Zemin Sınıfı: Z1

Spektrum Karakteristik Periyotları :  $T_A=0,10$   $T_B=0,30$

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı :6

### 3.1.6.3. Kat Ağırlıkları

Çatı Katı İçin : 620t

Normal Katlar İçin : 690t

### 3.1.6.4. Fiktif Yüklerinin Hesabı

Çizelge 3.46. Model 3b'ye Ait Fiktif Yüklerin Hesabı

Kat no	Wi	Hi	Wi*Hi	F <sub>fi</sub>
12	620	36	22320	0,14
11	690	33	22770	0,14
10	690	30	20700	0,13
9	690	27	18630	0,12
8	690	24	16560	0,1
7	690	21	14490	0,09
6	690	18	12420	0,08
5	690	15	10350	0,07
4	690	12	8280	0,05
3	690	9	6210	0,04
2	690	6	4140	0,03
1	690	3	2070	0,01
Σ	8210		158940	1

### 3.1.6.5. Kat Deplasmanlarının Hesabı

#### 3.1.6.5.1. X Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları Hesabı

Çizelge 3.47. Model3b'ye Ait X Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları

Kat No	d <sub>fi</sub> (m)
12	3,22E-05
11	2,63E-05
10	5,35E-05
9	4,68E-05
8	2,00E-05
7	1,67E-05
6	1,34E-05
5	1,02E-05
4	7,18E-06
3	4,49E-06
2	2,28E-06
1	7,12E-07

### 3.1.6.5.2. Y Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları Hesabı

Çizelge 3.48. Model3b'ye Y Deprem Yönü İçin Kat Deplasmanları

Kat No	$d_{fi}(m)$
12	2,22E-05
11	2,02E-05
10	1,82E-05
9	1,60E-05
8	1,38E-05
7	1,16E-05
6	9,34E-06
5	7,17E-06
4	5,12E-06
3	3,26E-06
2	1,71E-06
1	5,64E-07

### 3.1.6.6. Binanın Birinci Titreşim Periyodunun Hesabı

#### 3.1.6.6.1 X Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodu

Çizelge 3.49. Model3b'ye Ait X Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı İle  $T_1$ 'in Hesabı

Kat no	$m_i$	$F_{fi}$	$d_{fi}$	$m_i * d_{fi}^2$	$F_{fi} * d_{fi}$
12	63	0,14	3,22E-05	6,53E-08	4,51E-06
11	70	0,14	2,63E-05	4,84E-08	3,68E-06
10	70	0,13	5,35E-05	2,00E-07	6,96E-06
9	70	0,12	4,68E-05	1,53E-07	5,61E-06
8	70	0,1	2,00E-05	2,79E-08	2,00E-06
7	70	0,09	1,67E-05	1,94E-08	1,50E-06
6	70	0,08	1,34E-05	1,25E-08	1,07E-06
5	70	0,07	1,02E-05	7,26E-09	7,13E-07
4	70	0,05	7,18E-06	3,61E-09	3,59E-07
3	70	0,04	4,49E-06	1,41E-09	1,80E-07
2	70	0,03	2,28E-06	3,64E-10	6,84E-08
1	70	0,01	7,12E-07	3,55E-11	7,12E-09
$\Sigma$		1		5,40E-07	2,66E-05

### Rayleigh Oranı ile Periyot Hesabı

$$T_1 = 2\pi \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right]^{1/2}$$

$$T_1 = 0,90 \text{ sn}$$

Bina önem katsayısı  $I=1$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı  $R_a(T_1)=R$

$$T > T_A$$

$$R_a(T_1)=6$$

$$0,90 > 0,10$$

Spektrum Katsayısı

$$S(T_1) = 2.5(T_B/T_1)^{0.8} \quad T > T_B$$

$$S(T_1) = 2.5(0,30/0,90)^{0.8}$$

$$= 1,04$$

Spektral İvme Katsayısı

$$A(T_1) = A_0 * I * S(T_1)$$

$$= 0,40 * 1 * 1,04$$

$$= 0,42$$

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü

$$V(T_1) = \sum W * A(T_1) / R_a(T_1)$$

$$= 8210 * 0,40 / 6$$

$$= 575 \text{ t}$$

$H=36\text{m}$  olduğu için Ek eşdeğer deprem kuvveti hesaplanmıştır.

$$\Delta F_N = 0,07 * T_1 * V_t < 0,2 * V_t$$

$$\Delta F_N = 0,07 * 0,90 * 575 < 0,2 * 575$$

$$= 36 < 116$$

$$\Delta F_N = 35 \text{ t}$$



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

### 3.1.6.6.2Y Deprem Yönü İçin Binanın Birinci Titreşim Periyodunun Hesabı

Çizelge 3.50 Model3b'ye Ait Y Deprem Yönü İçin Rayleigh Oranı İle T<sub>1</sub>'in Hesabı

Kat no	M <sub>i</sub>	F <sub>fi</sub>	d <sub>fi</sub>	m <sub>i</sub> *d <sub>fi</sub> <sup>2</sup>	F <sub>fi</sub> *d <sub>fi</sub>
12	63	0,14	2,22E-05	3,10E-08	3,11E-06
11	70	0,14	2,02E-05	2,86E-08	2,83E-06
10	70	0,13	1,82E-05	2,31E-08	2,36E-06
9	70	0,12	1,60E-05	1,80E-08	1,92E-06
8	70	0,1	1,38E-05	1,34E-08	1,38E-06
7	70	0,09	1,16E-05	9,38E-09	1,04E-06
6	70	0,08	9,34E-06	6,11E-09	7,48E-07
5	70	0,07	7,17E-06	3,60E-09	5,02E-07
4	70	0,05	5,12E-06	1,83E-09	2,56E-07
3	70	0,04	3,26E-06	7,46E-10	1,31E-07
2	70	0,03	1,71E-06	2,04E-10	5,12E-08
1	70	0,01	5,64E-07	2,22E-11	5,64E-09
		1		1,36E-07	1,43E-05

Rayleigh Oranı ile Periyot Hesabı

$$T_1 = 2\pi \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (m_i d_{\beta i}^2)}{\sum_{i=1}^N F_{\beta i} d_{\beta i}} \right]^{1/2}$$

$$T_1 = 0,61 \text{ sn}$$

Bina önem katsayısı I=1

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı R<sub>a</sub>(T<sub>1</sub>)=R

$$T > T_A$$

$$R_a(T_1) = 6$$

$$0,61 > 0,1$$

Spektrum Katsayısı

$$S(T_1) = 2,5(T_B/T_1)^{0,8}$$

$$T > T_B$$

$$S(T_1) = 2,5(0,30/0,61)^{0,8}$$

$$= 1,42$$

Spektral İvme Katsayısı

$$A(T_1) = A_0 * I * S(T_1)$$

$$= 0,40 * 1 * 1,42$$

$$= 0,57$$

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü

$$V(T_1) = \sum W * A(T_1) / R_d(T_1)$$

$$= 8210 * 0,57 / 6$$

$$= 780t$$

H=36m olduğu için Ek eşdeğer deprem kuvveti hesaplanmıştır.

$$\Delta F_N = 0,07 * T_1 * V_t < 0,2 * V_t$$

$$\Delta F_N = 0,07 * 0,61 * 780 < 0,2 * 780$$

$$= 33 < 156$$

$$\Delta F_N = 33t$$

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

### 3.1.6.7 Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

#### 3.1.6.7.1 X Deprem Yönü için Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

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

Çizelge 3.51 Model 3b'ye Ait X Deprem Yönü İçin Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesaplanması

Kat No	W <sub>i</sub> (t)	H <sub>i</sub> (m)	W <sub>i</sub> H <sub>i</sub>	F <sub>i</sub> (t)
12	620	36	22320	76
11	690	33	22770	77
10	690	30	20700	71
9	690	27	18630	63
8	690	24	16560	56
7	690	21	14490	49
6	690	18	12420	42
5	690	15	10350	35
4	690	12	8280	28
3	690	9	6210	21
2	690	6	4140	14
1	690	3	2070	7
Σ	8210		158940	539

#### 3.1.6.7.2 Y Deprem Yönü için Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

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

Çizelge 3.52 Model 3b'ye Ait Y Deprem Yönü İçin Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesaplanması

Kat No	$W_i(t)$	$H_i(m)$	$W_i H_i$	$F_i(t)$
12	620	36	22320	105
11	690	33	22770	107
10	690	30	20700	97
9	690	27	18630	88
8	690	24	16560	78
7	690	21	14490	68
6	690	18	12420	58
5	690	15	10350	49
4	690	12	8280	39
3	690	9	6210	29
2	690	6	4140	19
1	690	3	2070	10
$\Sigma$	8210		158940	747

### 3.1.6.8. Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

#### 3.1.6.8.1. X yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

Çizelge 3.53 Model 3b X Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı

Kat no	X yönündeki perdeler (t)	Y yönündeki perdeler (t)	Toplam kat kesme kuvveti(t)	Eşdeğer deprem yükü(t)
12	-44	-32	-76	76
11	-127	-26	-153	153
10	-196	-28	-224	224
9	-258	-29	-287	287
8	-314	-39	-353	353
7	-363	-29	-392	392
6	-405	-29	-434	434
5	-442	-27	-469	469
4	-473	-24	-497	497
3	-498	-20	-508	508
2	-518	-14	-532	532
1	-529	-10	-539	539

### 3.1.6.8.2. Y yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Kat Kolon ve Perdelerine Dağılımı

Çizelge 3.54 Model 3b X Deprem Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı

Kat no	X yönündeki perdeler (t)	Y yönündeki perdeler (t)	Toplam kat kesme kuvveti(t)	Eşdeğer deprem yükü(t)
12	-20	-85	-105	105
11	-16	-196	-212	212
10	-18	-291	-309	309
9	-19	-378	-397	397
8	-19	-456	-475	475
7	-19	-524	-543	543
6	-19	-582	-601	601
5	-18	-632	-650	650
4	-17	-672	-689	689
3	-15	-704	-719	719
2	-10	-727	-737	737
1	-11	-736	-747	747

### 3.2. Analizlerin Yorumlanması

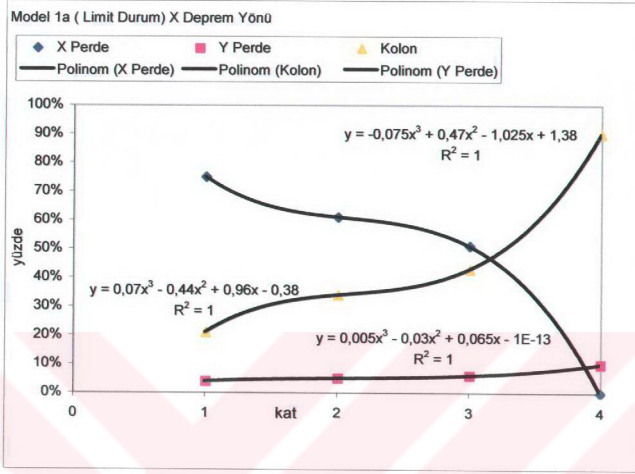
Yapılan analiz sonuçlarında incelenen üç modelin eşdeğer deprem yükleri altında taşıyıcı sistem elemanlarının yük paylaşımı grafikler haline getirilmiştir. Her model için gerekli perde alanları yönetmelikte belirlenen sınır değer olan binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamının 0,002'si olarak hesaplanmış ve planda her iki yönde simetrik olacak şekilde yerleştirilmiştir. Seçilen yapı sisteminin yatay yük altındaki davranışını belirleyebilmek açısından üç model içinde perde boyları katlarının plan alanlarının toplamının 0,0025'i olarak hesaplanarak arttırılmış, analizler tekrar yapılmıştır.

Çizelge 3.55 Modeller Bilgileri

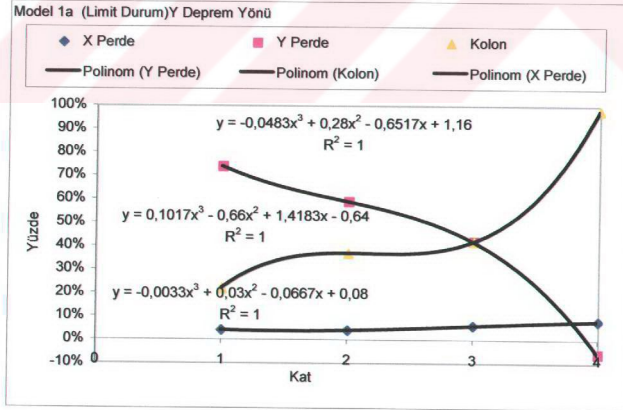
Modeller	Kat Adedi	Perde Uzunlukları(m)	Perde adedi		$\frac{\sum A_g}{\sum A_p}$
			X yönü	Y Yönü	
Model 1a	4	1,75	8	8	0,002 (Limit durum)
Model 1b	4	2,00	8	8	0,0025 (Limit üstü durum)
Model 2a	8	3,50	8	8	0,002 (Limit durum)
Model 2b	8	4,00	8	8	0,0025 (Limit üstü durum)
Model 3a	12	5,00	8	8	0,002 (Limit durum)
Model 3b	12	6,00	8	8	0,0025 (Limit üstü durum)

### 3.2.1. Model 1a Eşdeğer Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım

#### Yüzdeleri



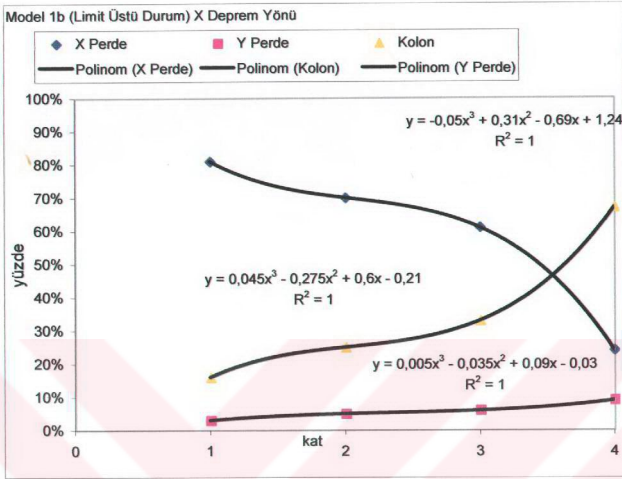
Şekil 3.7 Model 1a X Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım Yüzdeleri



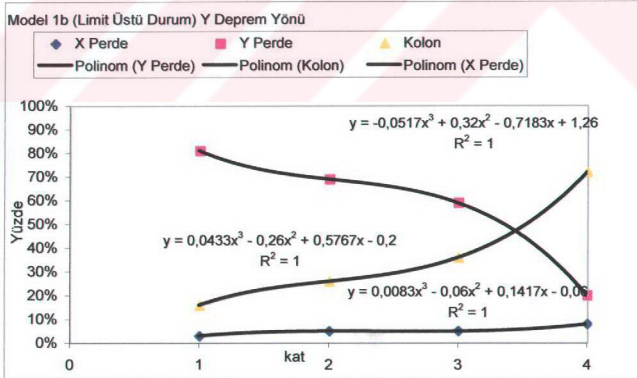
Şekil 3.8 Model 1a Y Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım Yüzdeleri

### 3.2.2. Model 1b Eşdeğer Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım

#### Yüzdeleri



Şekil 3.9 Model 1b X Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım Yüzdeleri

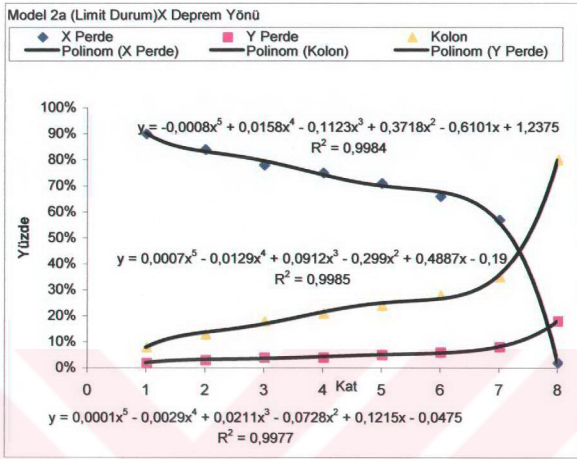


Şekil 3.10 Model 1b Y Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım Yüzdeleri

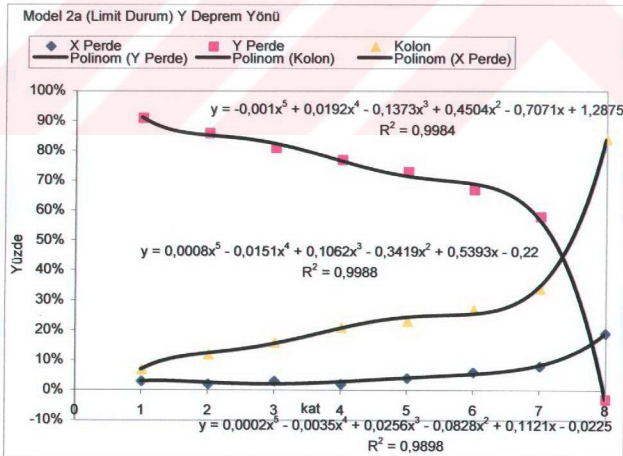


### 3.2.3. Model 2a Eşdeğer Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım

#### Yüzdeleri



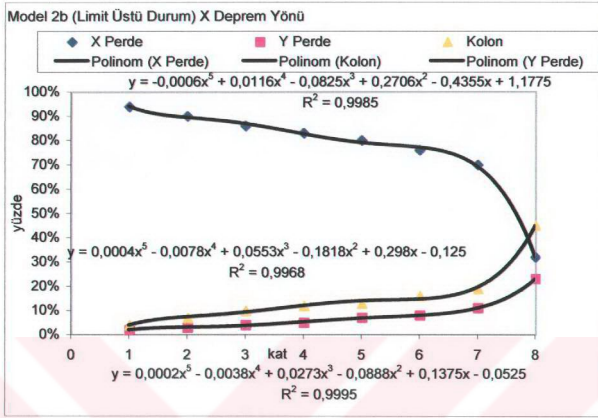
Şekil 3.11 Model 2a X Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım Yüzdeleri



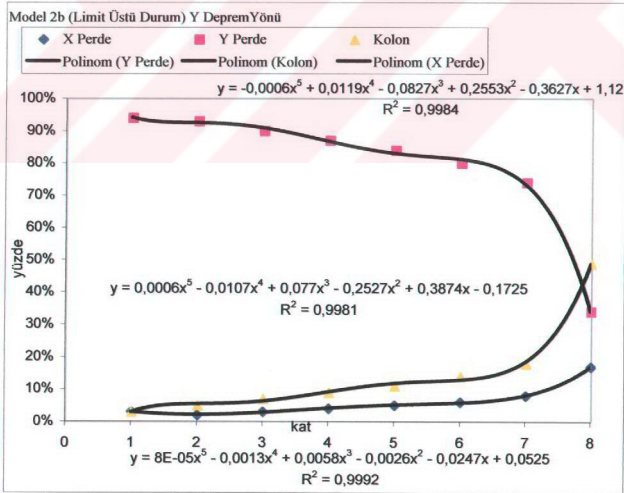
Şekil 3.12 Model 2a Y Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım Yüzdeleri

### 3.2.4. Model 2b Eşdeğer Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılımı

#### Yüzdeleri



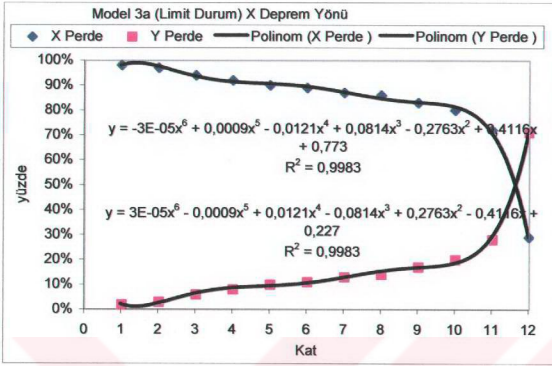
Şekil 3.13 Model 2a X Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılımı Yüzdeleri



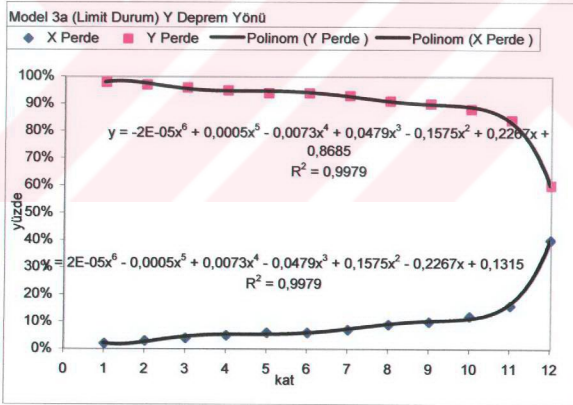
Şekil 3.14 Model 2b Y Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılımı Yüzdeleri

### 3.2.5. Model 3a Eşdeğer Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım

#### Yüzdeleri



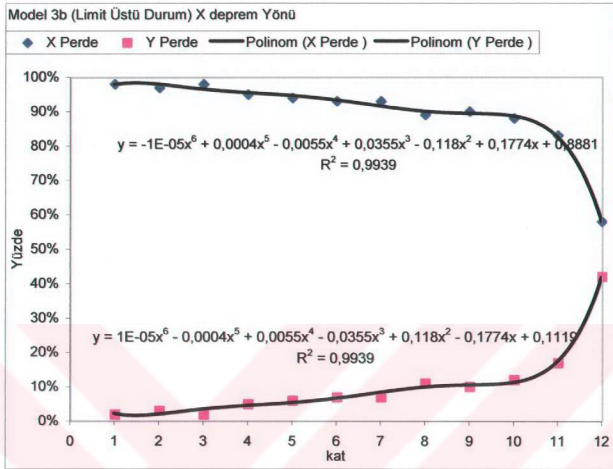
Şekil 3.15 Model 3a X Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım Yüzdeleri



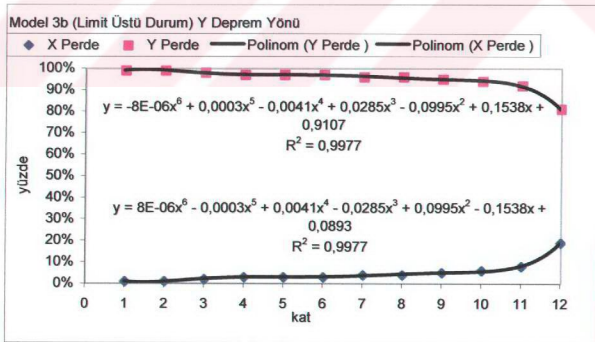
Şekil 3.16 Model 3a Y Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım Yüzdeleri

### 3.2.6. Model 3b Eşdeğer Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım

#### Yüzdeleri



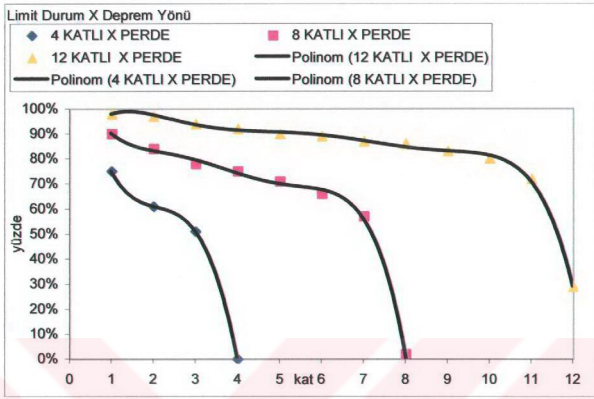
Şekil 3.17 Model 3b X Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım Yüzdeleri



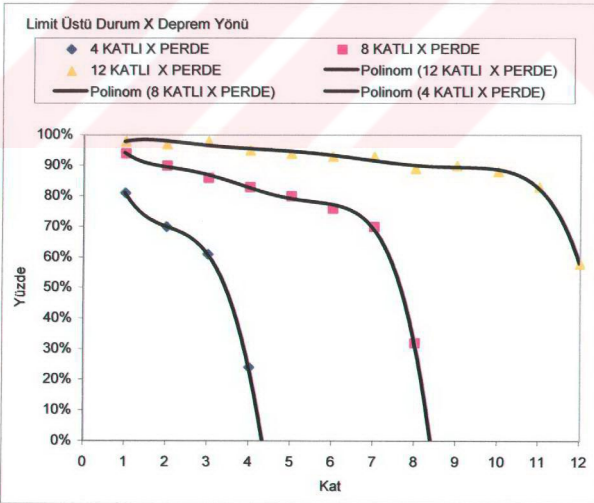
Şekil 3.18 Model 3b Y Deprem Yüklerinin Kat Kolon ve Perdeler Dağılım Yüzdeleri

### 3.2.7. X Yönündeki Perdelerin Üç Model İçin Kat kesme Kuvvetlerinin

#### Dağılım Yüzdeleri



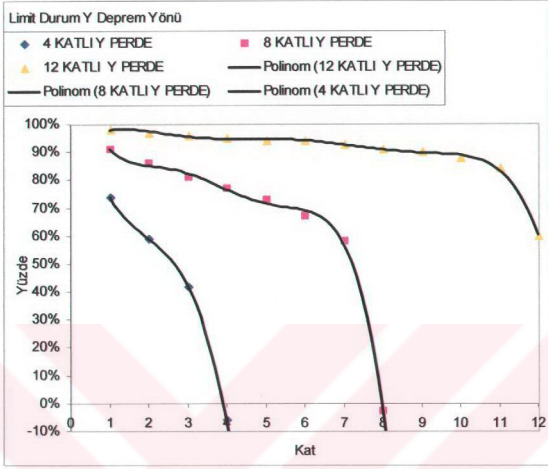
Şekil 3.19 Limit Durum X Yönündeki Perdelerin Kesme Kuvveti Dağılımı



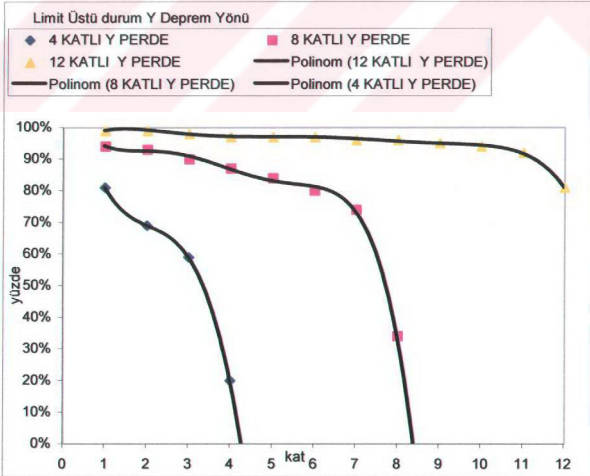
Şekil 3.20 Limit Üstü Durum X Yönündeki Perdelerin Kesme Kuvveti Dağılımı

### 3.2.8. Y Yönündeki Perdelerin Üç Model İçin Kat kesme Kuvvetlerinin

#### Dağılım Yüzdeleri



Şekil 3.21 Limit Durum Y Yönündeki Perdelerin Kesme Kuvvetleri Dağılımı



Şekil 3.22 Limit Üstü Durum Y Yönündeki Perdelerin Kesme Kuvvetleri Dağılımı

#### 4. SONUÇ

Yapılan analiz sonuçları incelendiğinde,;

4 katlı modelde kat plan alanının %0,2'si oranında (limit durum) perde kullanıldığında ve eşdeğer deprem yükü X yönünde verildiğinde dördüncü kattaki X yönündeki perdeler kesme kuvveti almazken perde oranı kat plan alanının %0,25'ine (limit üstü durum) çıkarıldığında %20 oranında kesme kuvveti almaktadır. Aynı şekilde Y yönünde eşdeğer deprem yükü verildiğinde perde oranı kat kalıp planının 0,002'si olan modelde son katta Y yönündeki perdeler eşdeğer deprem yükü ile aynı yönde kesme kuvveti alarak bu kattaki kolonların kesme kuvvetini arttırmaktadır. Perde oranı kat plan alanının %0,25'ine çıkarıldığında ise Y yönündeki perdeler %20 oranında kesme kuvveti almaktadır.

8 Katlı modelde kat kalıp alanının %0,2'si oranında perde kullanıldığında ve X yönünde eşdeğer deprem yükü verildiğinde x yönündeki perdeler sadece son katta %2 oranında kesme kuvveti alırken oran %0,25'e çıkarıldığında bu kattaki perdelerin aldığı kesme yükü son katta %30'ye çıkmaktadır. Y yönünde eşdeğer deprem kuvveti verildiğinde ise kat plan alanının %0,2'si oranında perde kullanılan modelde sekizinci kattaki perdeler verilen eşdeğer deprem yüküyle aynı yönde kesme kuvveti alarak kolonların kesme kuvvetini artırırken kat plan alanının %0,2'si oranında perde kullanılan modelde % 40 oranında kesme kuvveti almaktadır.

12 katlı sistemin taşıyıcı sistemi tamamen perdelerden oluşmaktadır. Perde oranı kat plan alanının %0,2'siden %0,25'ine çıkarıldığında son kattaki perdelerin aldığı kesme kuvveti eşdeğer deprem yükü X yönünde verildiğinde %30'dan %70'ler, Y yönünde eşdeğer deprem yükü verildiğinde %60'dan %90'a çıkmaktadır.



Perde oranı %0,2'den %0,25'e çıkarıldığında 4 katlı modelde x ve y yönündeki perdelerin aldığı kesme kuvvetleri oranı değişmezken, 8 katlı ve 12 katlı modelde Y yönündeki perdelerin aldığı kesme kuvvetlerinin oranı daha fazla artmaktadır. Bu farklılığın bina geometrisinden kaynaklandığı ve kısa doğrultuda daha fazla arttığı sonucuna varılmaktadır.

Perde ve çerçeve sistemlerden oluşan bir taşıyıcı sistem modellenirken yeterli perde enkesit alanı kullanıldığı takdirde, perde ve çerçeve sistemlerin yatay yük altındaki davranış farklılıklarının son katlarda azalarak sistemin beraber çalıştığı sonucuna varılmaktadır.

Taşıyıcı sistemi perde ve çerçevelerden oluşan yapılarda, deprem kuvveti altında taban kesme kuvvetin perdeler az katlı yapılarda %75'ini alırken çok katlı yapılarda bu oran %98'e çıktığı görülmüştür. Son katlara doğru perde kesme kuvveti azalırken kolon kesme kuvveti artmaktadır.

Ayrıca yanal atımlı fay hattının geçtiği deprem bölgelerinde deprem fay hattına yakın kuşakta ve deprem karakteristiği dikkate alınarak deprem yönün ve bina plan geometrisinin perde tasarımında ve eşdeğer deprem yükünün belirlenmesinde önemli bir faktör olduğu, fay hattına paralel doğrultu binanın uzun kenarına paralel ve/veya perde oranı limit üstü ve dik doğrultuda ise limit altı bir oranda tutularak aynı ekonomide daha dayanıklı yapılar elde etmek mümkün olacaktır.



## KAYNAKLAR

- 1- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayını No:25,1997
- 2- Zekai Celep, Nahit Kumbasar, Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul, 2002
- 3- Prof. Dr. Zekai Hoşgör, Doç. Dr. A. Necmettin Gündüz, Betonarme Yüksek Yapılar, İstanbul, 2000
- 4- Turgut Öztürk, "Binalarda Yatay Yükleri Taşıyan Betonarme Perdelerin Ön Boyutlarının Tayini", İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler, III. Teknik Kongre ODTÜ; Ankara, 1997
- 5- İbrahim Gençay, "Deprem Etkisindeki Çok Katlı Yapı Sistemlerinde Perde Tasarım Momentlerinin Hesabı İle İlgili Parametrik Bir İnceleme". Yüksek Lisans Tezi, İTÜ,1999
- 6- Bahar Metin, "Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre (Eylül-1997) Perdeli-Çerçevesi Betonarme Yapıların Kat Adedine Ve Deprem Bölgeleri Parametrelerine Bağlı Olarak Tasarımı". Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, 1997
- 7- Fatih Aydınalev, "Çok Katlı Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliği (TDY'98)'Ne Göre Analizi Ve Yapı Düzensizliklerinin İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi,2000
- 8- Harun Bıçakçı, "Perdeli-Çerçevesi Sistemlerde Depremden Oluşan Kat Kesme Kuvvetlerinin Dağılımının İncelenmesi". Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2000

- 9- Sena Güzeldağ, “Yeni Deprem Yönetmeliğinin SAP2000 ve Ansys Programları İle İrdelenmesi”. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, 2000
- 10- Günay Özmen, “Aşırı Burulma Yapan Çok Katlı Yapılar” Teknik Rapor, TDV / TR039-68, 2001
- 11- Fatih Ergençoğlu “ Betonarme Perde-Çerçeve Sistemlerin Bilgisayar Destekli Analizi”. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, 2000
- 12- Tolga Alkış, “Boşluklu Perde Duvar Sistemlerin Serbest Titreşim Periyotlarının Hesaplanması”. Derleme, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2003
- 13- Günay Özmen, Engin Orakdoğan, Kutlu Darılmaz, “Örneklerle SAP2000”. Birsan Yayınevi, İstanbul, 2002
- 14- Zekai Celep, Nahit Kumbasar, “Betonarme Yapılar”. İstanbul, 1998
- 15- Zekai Celep, Nahit Kumbasar, “Yapı Dinamiği Ve Deprem Mühendisliğine Giriş” İstanbul, 1996
- 16- Ergin Atımtay, “Çerçevesiz Ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı Temel Kavramlar Ve Hesap Yöntemleri” ODTÜ, 2001
- 17- İsmail Çağatay, Sena Güzeldağ, “Yeni Deprem Yönetmeliği (TDY’98) SAP2000N Uygulamaları”, Birsan Yayınevi, 2002
- 18- Yıldırım Ertutar, “Betonarme Yüksek Yapılarda Yatay Yük Etkisi”, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları Yayın No:253, İzmir, 1995
- 19- Günay Özmen, “Plan Geometrisinin Burulma Düzensizliğine Etkisi”, Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 410, 2000