

171015

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**K VE DİRSEK TİPİ EĞİK ELEMANLARLA RİJİTLEŞTİRİLMİŞ DEPREM
ETKİSİNDEKİ YAPILARIN LİNEER DAVRANIŞLARININ KARŞILAŞTIRMALI
OLARAK İNCELENMESİ**

İnş. Müh. Özlem ÇAVDAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

"İnşaat Yüksek Mühendisi"

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05/01/2005

Tezin Savunma Tarihi : 28/01/2005

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Yusuf AYVAZ

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Metin HÜSEM

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Hasan SOFUOĞLU

Yusuf Ayvaz
Metin Hüsem
Hasan Sofuoğlu

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT

E. Başkent

Trabzon 2005

ÖNSÖZ

K ve dirsek tipi eğik elemanlarla rijitleştirilmiş deprem etkisindeki yapıların lineer davranışlarının karşılaştırmalı olarak incelendiği bu çalışmayla ülke bilimine katkılar sağlamayı amaçlamış bulunmaktayım.

Bu çalışma konusunu bana öneren, çalışmam sırasında kıymetli vakitlerini ve büyük desteklerini benden esirgemeyen, Sayın Hocam Prof. Dr. Yusuf AYVAZ'a teşekkürlerimi bir borç bilirim. Değerli zamanlarını ayırarak tezimi değerlendiren hocalarım Sayın Doç. Dr. Metin HÜSEM ve Sayın Doç. Dr. Hasan SOFUOĞLU'na da teşekkür ederim.

Çalışmalarımı gerçekleştirmek üzere, Trabzon'da bulunmam gereken süre zarfında, görevlendirme konusunda anlayış göstererek, bu çalışmayı yapabilmeme fırsat tanıyan, Fakültemiz Dekanı Sayın Prof. Dr. Fikri BULUT'a ve Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Ümit UZMAN'a saygıyla şükranlarımı sunarım.

Yaşamımın birçok anında bana manevi desteklerinden dolayı ablam Yrd. Doç. Dr. Nuran DURMUŞ'u ve kıymetli amcam Prof. Dr. Ahmet DURMUŞ'u da burada anmaktan onur duyarım.

Öğretimim boyunca bana emeği geçen tüm hocalarımı saygı ile anar kendilerine minnettar olduğumu belirtmek isterim.

Ayrıca çalışmamın tüm aşamalarında ve özellikle bilgisayar kullanımı gerektiren kısımlarındaki yardımlarından dolayı, zor anlarımda hep yanımda bulduğum eşim Arş. Gör. Ahmet ÇAVDAR'a da en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmamı, her türlü zorluklara göğüs gererek ve hiçbir fedakarlıktan kaçınmayarak bu günlere gelmemi sağlayan, anneme ve babama ithaf ediyorum.

Özlem ÇAVDAR
Trabzon 2005

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa No</u> |
|---|-----------------|
| ÖNSÖZ | II |
| İÇİNDEKİLER..... | III |
| ÖZET..... | V |
| SUMMARY..... | VI |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | VII |
| ÇİZELGELER DİZİNİ..... | X |
| 1. GENEL BİLGİLER..... | 1 |
| 1.1. Giriş..... | 1 |
| 1.2. Depreme Dayanıklı Yapı Kavramı..... | 1 |
| 1.3. Depreme Dayanıklı Yapı Taşıyıcı Sisteminin Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar..... | 2 |
| 1.3.1. Basitlik ve Simetri..... | 2 |
| 1.3.2. Düzgünlük ve Süreklilik..... | 3 |
| 1.3.3. Rijitlik ve Dayanım..... | 4 |
| 1.3.4. Süneklik..... | 5 |
| 1.3.5. Göçme Modu..... | 6 |
| 1.3.6. Temel Zemini Koşulları..... | 7 |
| 1.4. Yapılarda Kullanılan Başlıca Taşıyıcı Yapı Elemanları..... | 9 |
| 1.4.1. Çerçeveler..... | 9 |
| 1.4.2. Betonarme Perdeler..... | 9 |
| 1.4.3. Eğik Elemanlar..... | 10 |
| 1.4.4. Tüpler..... | 12 |
| 1.4.5. Çekirdekler..... | 12 |
| 1.4.6. Kompozit Elemanlar..... | 13 |
| 1.5. Yapılarda Kullanılan Başlıca Taşıyıcı Sistemler..... | 13 |
| 1.5.1. Çerçeve Sistemler..... | 13 |
| 1.5.2. Betonarme Perde Sistemler..... | 14 |
| 1.5.3. Eğik Elemanlı Sistemler..... | 15 |
| 1.5.4. Tüp Sistemler..... | 15 |
| 1.5.5. Kompozit Sistemler..... | 16 |

| | | |
|--------|---|----|
| 1.5.6. | Karışık Sistemler..... | 16 |
| 1.6. | Rijitleştirici Elemanların Düzenlenmesi..... | 17 |
| 1.7. | Yapılarda Yaygın Olarak Kullanılan Taşıyıcı Sistemlerin Deprem Açısından İncelenmesi..... | 18 |
| 1.7.1. | Çerçeve Sistemli Betonarme Yapılar..... | 18 |
| 1.7.2. | Betonarme Perdeli Betonarme Yapılar..... | 18 |
| 1.7.3. | Betonarme Perde ve Çerçeveli Yapılar..... | 18 |
| 1.8. | Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Konusunda Yapılan Çalışmalar..... | 19 |
| 1.9. | Amaç ve Kapsam | 22 |
| 2. | YAPILAN ÇALIŞMALAR..... | 24 |
| 3. | BULGULAR VE İRDELEME..... | 33 |
| 3.1. | Geleneksel Çerçeve Sisteme (Çerçeve no:1) Ait Bulgular ve İrdelenmesi..... | 58 |
| 3.2. | Birinci Tür Dirsek Tipi Eğik Elemanlı Çerçeve Sisteme (Çerçeve no:2) Ait Bulgular ve İrdelenmesi..... | 59 |
| 3.3. | İkinci Tür Dirsek Tipi Eğik Elemanlı Çerçeve Sisteme (Çerçeve no:3) Ait Bulgular ve İrdelenmesi..... | 60 |
| 3.4. | Üçüncü Tür Dirsek Tipi Eğik Elemanlı Çerçeve Sisteme (Çerçeve no:4) Ait Bulgular ve İrdelenmesi..... | 61 |
| 3.5. | K Şeklinde Eğik Elemanlı Çerçeve Sisteme (Çerçeve no:5) Ait Bulgular ve İrdelenmesi..... | 62 |
| 3.6. | Bulguların Karşılaştırması..... | 63 |
| 4. | SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... | 68 |
| 5. | KAYNAKLAR..... | 70 |
| | ÖZGEÇMİŞ..... | 73 |

ÖZET

Günümüzde yaygın kullanım alanı bulan betonarme çerçeve sistem yapılar düşey yükler altında genellikle ülkelerin ekonomileriyle bağdaşan emniyete sahip olmakla beraber yatay yükler altında, özellikle yapı yüksekliği arttıkça dayanım ve rijitlik yönünden, yetersiz kalabilmektedir. Bu tür yapıların yatay yüklere karşı da arzulanan emniyete sahip olabilmelerini sağlamak için taşıyıcı sistemlerinin uygun olarak seçilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı geleneksel çerçeve sistem ile K ve dirsek tipi eğik elemanlarla rijitleştirilmiş çerçeve sistem yapıların depreme karşı lineer davranışlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesidir. Bu çalışma farklı kat adedi ve farklı açıklıklı sistemler için yerdeğiştirme, eğilme momenti, normal kuvvet ve kesme kuvveti yönünden ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla gerçekleştirilen çalışma dört asıl bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, depreme dayanıklı yapı taşıyıcı sistem seçiminde dikkat edilecek hususlar, yapılarda kullanılan başlıca taşıyıcı yapı elemanları, taşıyıcı sistemler ve depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda yapılan çalışmalar hakkında genel bilgiler verilmektedir. İkinci bölümde, çalışmanın amacı doğrultusunda modellenen çerçeve sistemler ve kullanılan tasarım ivme spektrumu hakkında bilgi verilmektedir. Üçüncü bölümde, çalışmada dikkate alınan taşıyıcı sistemlerden elde edilen bulgular, çizelgeler ve grafikler halinde verilerek irdelenmektedir. Çalışmanın tümünden çıkartılabilen bazı sonuç ve öneriler dördüncü bölümde özetlenmekte, bu son bölümü kaynaklar listesi izlemektedir.

Elde edilen sonuçlar, bu çalışmada lineer analizi yapılan eğik elemanlı çerçeve sistem yapıların, özellikle K şeklinde eğik elemanla oluşturulan çerçevelerin, geleneksel çerçeve sistem yapıya göre, dikkate alınan özellikler bakımından genellikle daha iyi davranış gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Depreme Dayanıklı Tasarım, Yapı Taşıyıcı Sistemi, Geleneksel Çerçeve Sistem, K Tipi Eğik Eleman, Dirsek Tipi Eğik Eleman, Karşılaştırmalı İnceleme.

SUMMARY

Comparative Analysis of Linear Behavior of Frame Structures Stiffened with K and Knee Types Bracing Members Subjected to Earthquake

Nowadays, reinforced concrete frame system structures are commonly used all over the world. These structures have enough safety against vertical loads. They could not be efficient, especially for high constructions, about strength and rigidity. It is essential to select the structural form of a structure in the earthquake resistant design.

The purpose of this study is to analyze the linear behavior of frame structures stiffened with K and knee types bracing members subjected to earthquake and to compare the results of stiffened frame with each other and with those of moment-resisting frames. This comparison is made separately for displacement, bending moment, axial force and shear force for all frames considered in this study. This study has four main chapters. In the first chapter, general information about factors that should be considered in the selection of structural forms of earthquake resistant design, structural form, members of structural forms and studies made on earthquake resistant design are presented. In the second chapter, information about frame models and design spectrum used in this study are given. In the third chapter, the results obtained from the study are presented in tables and graphs and then discussed. In the last chapter, the conclusions and suggestions drawn from the study and same suggestions are given. This chapter is followed by a list of references.

It is concluded that earthquake behavior of structures stiffened with K and knee types bracing members is better than that of moment-resisting frames from characteristics considered point of view.

Keywords: Earthquake Resistant Design, Structural Form, Moment-Resisting Frame, K Type Bracing Member, Knee Type Bracing Member, Comparative Analysis

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

| | |
|---|----|
| Şekil 1. Planda simetriden ayrılma ve simetri..... | 3 |
| Şekil 2. Planda ani rijitlik değişimi ve simetri..... | 3 |
| Şekil 3. Kirişe oturan kolonlar ve sürekli düşey taşıyıcılar..... | 4 |
| Şekil 4. Kiriş sürekliliğinde belirsizlik ve iyi çerçeve düzeni..... | 4 |
| Şekil 5. İki doğrultuda çok farklı rijitlikli ve dengeli rijitlikli yapı elemanları..... | 5 |
| Şekil 6. Betonarme elemanda yük yerdeğiştirme eğrisi..... | 6 |
| Şekil 7. Deprem doğrultusuna göre kiriş ve kolon uç momentleri..... | 7 |
| Şekil 8. Yapılarda geometri ve rijitlik dağılımı üzerine öneriler..... | 8 |
| Şekil 9. Düzlem ve uzay çerçeve örnekleri..... | 9 |
| Şekil 10. Boşluklu betonarme perde..... | 10 |
| Şekil 11. Eğik elemanların binanın dışında kullanımı..... | 11 |
| Şekil 12. Eğik elemanların farklı açıklıklı ve farklı kat adedine sahip yapılarda kullanımı | 11 |
| Şekil 13. Bir betonarme tüp eleman..... | 12 |
| Şekil 14. Boşluklu ve boşluksuz perde ile teşkil edilen betonarme çekirdek örnekleri..... | 13 |
| Şekil 15. Bir kompozit eleman..... | 13 |
| Şekil 16. Ortogonal ve ortogonal olmayan çerçeve sistemler..... | 14 |
| Şekil 17. Betonarme perde sistem..... | 15 |
| Şekil 18. İki veya bir eğik elemanla oluşturulmuş çerçeve sistemler..... | 15 |
| Şekil 19. Bir tüp sistem..... | 15 |
| Şekil 20. Bir kompozit sistem..... | 16 |
| Şekil 21. Bir betonarme çerçeve sistem..... | 16 |
| Şekil 22. Bir betonarme perde çerçeve çekirdek sistem..... | 17 |
| Şekil 23. Yaygın olarak kullanılan eğik eleman çeşitleri..... | 17 |
| Şekil 24. Geleneksel çerçeveye ilave olarak çalışmada dikkate alınan çerçeve türleri..... | 25 |
| Şekil 25. Çalışmada dikkate alınan 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemler..... | 26 |
| Şekil 26. Çalışmada dikkate alınan 10 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemler..... | 27 |
| Şekil 27. Çalışmada dikkate alınan 7 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemler..... | 28 |
| Şekil 28. Çalışmada dikkate alınan 7 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemler..... | 29 |

| | |
|---|----|
| Şekil 29. Çalışmada dikkate alınan 5 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemler..... | 30 |
| Şekil 30. Çalışmada dikkate alınan 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemler..... | 31 |
| Şekil 31. Tasarım ivme spektrum eğrisi..... | 32 |
| Şekil 32. 10 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin yerdeğiştirme diyagramları..... | 34 |
| Şekil 33. 10 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin eğilme momenti diyagramları..... | 35 |
| Şekil 34. 10 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin normal kuvvet diyagramları..... | 36 |
| Şekil 35. 10 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin kesme kuvveti diyagramları..... | 37 |
| Şekil 36. 10 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin yerdeğiştirme diyagramları..... | 38 |
| Şekil 37. 10 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin eğilme momenti diyagramları..... | 39 |
| Şekil 38. 10 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin normal kuvvet diyagramları..... | 40 |
| Şekil 39. 10 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin kesme kuvveti diyagramları..... | 41 |
| Şekil 40. 7 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin yerdeğiştirme diyagramları..... | 42 |
| Şekil 41. 7 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin eğilme momenti diyagramları..... | 43 |
| Şekil 42. 7 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin normal kuvvet diyagramları..... | 44 |
| Şekil 43. 7 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin kesme kuvveti diyagramları..... | 45 |
| Şekil 44. 7 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin yerdeğiştirme diyagramları..... | 46 |
| Şekil 45. 7 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin eğilme momenti diyagramları..... | 47 |
| Şekil 46. 7 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin normal kuvvet diyagramları..... | 48 |
| Şekil 47. 7 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin kesme kuvveti diyagramları..... | 49 |
| Şekil 48. 5 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin yerdeğiştirme diyagramları..... | 50 |

| | |
|--|----|
| Şekil 49. 5 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin eğilme momenti diyagramları..... | 51 |
| Şekil 50. 5 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin normal kuvvet diyagramları..... | 52 |
| Şekil 51. 5 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin kesme kuvveti diyagramları..... | 53 |
| Şekil 52. 5 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin yerdeğiştirme diyagramları..... | 54 |
| Şekil 53. 5 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin eğilme momenti diyagramları..... | 55 |
| Şekil 54. 5 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin normal kuvvet diyagramları..... | 56 |
| Şekil 55. 5 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin kesme kuvveti diyagramları..... | 57 |
| Şekil 56. Dikkate alınan çerçeve sistemlere ait mutlak değerce maksimum yerdeğiştirmeler..... | 64 |
| Şekil 57. Dikkate alınan çerçeve sistemlerin mutlak değerce maksimum eğilme momentleri..... | 65 |
| Şekil 58. Dikkate alınan çerçeve sistemlerin mutlak değerce maksimum normal kuvvetleri..... | 65 |
| Şekil 59. Dikkate alınan çerçeve sistemlerin mutlak değerce maksimum kesme kuvvetleri..... | 66 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

- Çizelge 1. Geleneksel çerçeve sisteme (Çerçeve no:1) ait mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme, eğilme momenti, normal kuvvet, kesme kuvvetleri.....58
- Çizelge 2. Birinci Tür Dirsek Tipi Eğik elemanlı çerçeve sisteme (Çerçeve no:2) ait mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme, eğilme momenti, normal kuvvet, kesme kuvvetleri.....59
- Çizelge 3. İkinci Tür Dirsek Tipi Eğik elemanlı çerçeve sisteme (Çerçeve no:3) ait mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme, eğilme momenti, normal kuvvet, kesme kuvvetleri.....60
- Çizelge 4. Üçüncü Tür Dirsek Tipi Eğik elemanlı çerçeve sisteme (Çerçeve no:4) ait mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme, eğilme momenti, normal kuvvet, kesme kuvvetleri.....61
- Çizelge 5. K şeklinde eğik elemanlı çerçeve sisteme (Çerçeve no:5) ait mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme, eğilme momenti, normal kuvvet, kesme kuvvetler.....63

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Deprem ve beraberinde oluşan can ve mal kayıpları insanları bu doğa felaketi üzerinde çalışmaya sevk etmiştir. Teknik ve teknolojiadaki gelişmelerle birlikte kullanım alanı giderek yaygınlaşan betonarme yüksek yapıların, gerekli önlemlerin alınabilmesi için, düşey yükler yanında önem kazanan yatay yükler altındaki davranışlarının da çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Türkiye’de yürürlükte olan deprem yönetmeliğinin temel felsefesi dikkate alındığında, yapıların depreme karşı dayanıklılıklarını artırmak için uygun yapı taşıyıcı sisteminin seçimi büyük önem arz etmektedir. Yapıların *kullanılır* kalarak deprem emniyetlerinin ekonomik olarak sağlanabilmesi için yeterli dayanım, süneklik, rijitlik ve sınırlı yerdeğiştirmeler şeklinde sıralanabilen özelliklere sahip olması gerektiği bilinmektedir.

1.2. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı

Bir yapının tasarımı ve boyutlandırılması, genel olarak yeterli güvenliğin sağlanması ve kullanma durumunda kararlılık, çatlama ve yerdeğiştirme gibi öngörülen koşulların yerine getirilmesi olarak tanımlanabilmektedir. Yapıyı zorlayan etkilerden biri olması nedeniyle dinamik yük olarak kabul edilen depremin de şiddeti ve oluşum sıklığı istatistiksel olarak tahmin edilebilir. Bir yapının sabit yük, hareketli yük, sıcaklık etkisi gibi etkilere maruz kalma sıklığı ile karşılaştırıldığında, depremin çok daha seyrek olduğu bilinmektedir. Birçok yapı, bulunduğu bölgede beklenen şiddette bir depreme maruz kalmadan ekonomik ömrünü tamamlamaktadır. Bu durumda her yapının, sözü edilen beklenen şiddetteki depremi, hiç hasarsız ve düşey yükler için olduğu gibi elastik davranış sınırları içinde kalarak karşılamasını amaçlamak çok pahalı ve ülke ekonomisine büyük yük getiren bir çözümdür (Celep ve Kumbasar, 2000).

Ülkemizin ve daha birçok ülkenin deprem yönetmeliği, şiddetli depremler altında yapının elastik kalamayacağı varsayımına göre hazırlanmıştır. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğin (ABYYHY) bu konudaki temel felsefesi şöyle özetlenebilmektedir.

- Oluşma ihtimali çok yüksek olan hafif depremlerde yapının taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanları hiçbir hasar görmemelidir.

- Oluşma ihtimali düşük olan depremlerde, yapının taşıyıcı elemanlarında önemli bir hasar olmamalıdır. Bu tür depremler altında yapının taşıyıcı olmayan elemanlarında hasar görülebileceği kabul edilmektedir.

- Oluşma ihtimali çok düşük şiddetli depremlerde, yapının taşıyıcı elemanlarında da önemli hasarlar görülebileceği ve böylece yapının elastik olmayan bir davranış göstereceği kabul edilmektedir. Böyle bir depreme maruz yapıdan beklenen, göçmenin oluşmaması ve can kaybının olmamasıdır (Durmuş, 1997).

Depreme karşı güvenliğin sağlanmasında önce taşıyıcı sistemin tasarımının özenli bir şekilde yapılması önemlidir. İyi bir tasarımda taşıyıcı sistemin çözümlemeye göz önüne alınan davranış şekliyle, deprem altındaki davranış şekli birbirine yakın olmaktadır. Kötü tasarlanmış bir taşıyıcı sistemi, çözümlemeyle veya yapımda alınacak önlemlerle düzeltmek zor olmaktadır. Buna karşılık iyi tasarlanmış bir sistemi basit yöntemlerle çözmek ve imal etmek kolay olmaktadır.

1.3. Depreme Dayanıklı Yapı Taşıyıcı Sisteminin Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

Depreme dayanıklı yapı tasarımında taşıyıcı sistem seçiminde dikkat edilecek hususlardan başlıcaları aşağıda ayrı ayrı incelenmektedir.


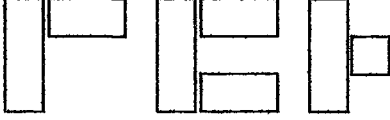
1.3.1. Basitlik ve Simetri

Yapıların davranışında, simetrik olmasının ve geometrisinin düzgünlüğünün olumlu etkisi bilinmektedir. Bu nedenle yapıların tasarımında olabildiğince basitlik ve simetriden uzaklaşmamak gerekmektedir.

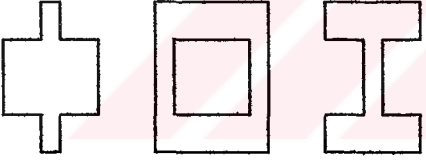
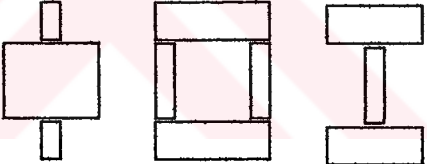
Yapılan gözlemlerden yapı ne kadar basit düzenlenmişse, depreme dayanıklılığının bu derecede yüksek olduğu belirlenmiştir. Benzer nedenlerden dolayı yapının planda iki doğrultuda simetriye sahip olması istenmektedir. Böylece çözümlemeye bulunan davranış şekliyle, deprem altında meydana gelecek olan davranış birbirine yakın olmaktadır. Plandaki şekli H, L, T veya Y şeklindeki binalar meydana gelen depremlerde önemli hasar görmüşlerdir. Simetri de her zaman yeterli olmayabilmektedir. Basitliğin de bulunması

gerekmektedir. Örneğin, planda + şeklinde yapı simetrik olmasına rağmen, deprem hareketinde orta kısım kenar kısımlar farklı yatay rijitlikten dolayı birbirini zorlamaktadır.

Basit ve düzenli yapıların yapımı da daha kolaydır ve yapımda hata yapma olasılığı azdır. Bu tür yapıların depremde davranışını tahmin etmek ve buna göre bir çözümleme yapmak daha kolaydır. Karmaşık ve düzensiz yapıları modellemek ve ek olarak ortaya çıkan burulma etkisini göz önüne almak daha uzun işlemler gerektirmektedir (Şekil 1 ve 2) (Celep ve Kumbasar, 2000).

| UYGUN DEĞİL | UYGUN |
|---|---|
|  <p>a) Planda simetriden ayrılma</p> |  <p>b) Planda simetri</p> |

Şekil 1. Planda simetriden ayrılma ve simetri (Celep ve Kumbasar, 2000).

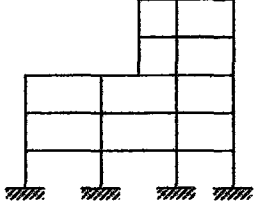
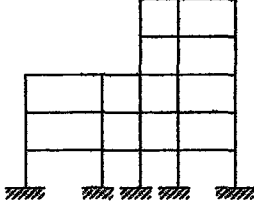
| UYGUN DEĞİL | UYGUN |
|--|---|
|  <p>a) Planda ani rijitlik değişimi</p> |  <p>b) Planda düzgün rijitlik</p> |

Şekil 2. Planda ani rijitlik değişimi ve düzgün rijitlik (Celep ve Kumbasar, 2000).

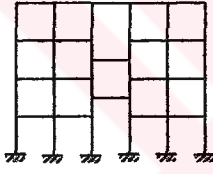
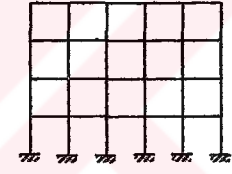
1.3.2. Düzgünlük ve Süreklilik

Taşıyıcı sistemde plan ve düşeyde bulunan elemanların dayanımlarının düzgün ve sürekli olarak düzenlenmesi davranışı olumlu yönde etkilemektedir. Kolon ve kirişlerin planda düzgün dağıtılması, sistemin belirli bölgelerinin aşırı zorlanmasını önlemektedir. Düşey taşıyıcı elemanların temelden çatıya kadar sürekli olmasına özen gösterilmeli ve elemanların birbirine dışmerkez mesnetlenmelerinden kaçınılmalıdır. Taşıyıcı sistemde sürekliliğin sağlanması ile elemanların birbirine yardım etmesi sağlanırken, elastik davranışın ötesindeki taşıma kapasitesi artırılmış olmaktadır. Ayrıca, bu sırada ortaya

çıkacak plastik mafsalların sayısı yapının enerji yutma kapasitesini artırmış olacaktır (Şekil 3 ve 4) (Celep ve Kumbasar, 2000).

| UYGUN DEĞİL | UYGUN |
|--|--|
|  <p>a) Süreksiz kolon</p> |  <p>b) Sürekli kolon</p> |

Şekil 3. Kirişe oturan kolonlar ve sürekli düşey taşıyıcılar (Celep ve Kumbasar, 2000).

| UYGUN DEĞİL | UYGUN |
|---|---|
|  <p>a) Kiriş süreksizliği</p> |  <p>b) Sürekli kirişleri</p> |

Şekil 4. Kiriş sürekliliğinde belirsizlik ve iyi çerçeve düzeni (Celep ve Kumbasar, 2000).

Düşey yönde düzenli bir çerçeve sistemin ilk koşulu bütün düşey taşıyıcıların yapı yüksekliği boyunca sürekli olmasıdır. Alt ve üst katlardaki kolonların enkesit boyutlarından kısa ve uzun olanların aynı doğrultuda olmaları da katlar arasında dışmerkezliği etkilemekte ve burulma oluşturabilmektedir (Bayülke, 1998).

1.3.3. Rijitlik ve Dayanım

Yapıların yeterli rijitliğe sahip olmasının istenmesindeki amaç sıkça oluşan depremlerde yani kullanılabilirlik sınır durumuna karşı gelen depremlerde yapısal olmayan hasarları azaltmak ve ikinci mertbe momentlerini mümkün olduğunca küçültmektir (Doğangün, 2002).

Önceleri, yapının rijitliğinin belirli aralıkta tutulmasıyla depremden daha az etkileneceği düşüncesi hakim olduğundan yapıların zemin kat rijitlikleri düşük tutuluyor, böylece ‘yumuşak (tehlikeli)’ katlar oluşturuluyor ve bu şekilde yapının kısa periyotlu zemin hareketinden korunacağı düşünülüyordu. Ancak, yapılan çalışmalar ve deprem bölgesindeki gözlemler yumuşak zemin kat ilkesinin kaçınılması gereken bir durum olduğunu ortaya koymuştur (Ayvaz, vd., 1997). Deprem etkileri genellikle zemin kat seviyesinde en büyüktür. Bu katın kendi yatay yükü yanında üst kattaki yatay yükleri de taşıması gerekmektedir. Benzer şekilde sabit ve hareketli düşey yük etkileri artarak, alt katta en büyük değerini almaktadır. Bunun sonucu olarak bu kattaki elemanların dayanımlarının daha yüksek olması gerekmektedir. Öngörülen bir deprem etkisine karşı taşıyıcı sistemin gerekli dayanıma sahip olması boyutlandırmanın esasını teşkil etmektedir. Ayrıca, elemanların sürekliliği yanında, rijitliklerinin de ani değişiklikler göstermeden devam etmesi gerekmektedir (Şekil 5) (Celep ve Kumbasar,2000).

| UYGUN DEĞİL | UYGUN |
|--|--|
|  <p>a) İki doğrultuda çok farklı rijitlik</p> |  <p>b) İki doğrultuda dengeli rijitlik</p> |

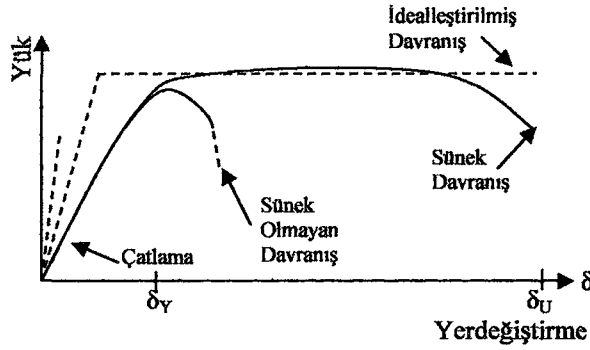
Şekil 5. İki doğrultuda çok farklı rijitlikli ve dengeli rijitlikli yapı elemanları (Celep ve Kumbasar, 2000).

1.3.4. Süneklik

Bir elemanın veya yapının sünek olması onun deprem esnasında ortaya çıkan enerjisinin oldukça büyük bir kısmını elastik sınırın ötesinde elastik olmayan davranışları ile mukavemetinden esaslı bir kayba uğramadan yutma kabiliyetidir (Kazaz, 1999).

Büyük depremlerde yapıda çatlak bile oluşması istenmiyorsa, yapının elastik yük taşıma gücü çok büyük olmalıdır. Diğer bir deyişle, enerjinin tamamı plastik aşamaya ulaşmadan elastik aşamada tüketilmelidir. Ancak bu durumun gerçekleşebilmesi için kesitlerin aşırı büyüklüklerde seçilmesi gerekmektedir. Bu durumda ise yapı maliyeti artacaktır. Yapı maliyetini azaltmak ve enerjinin bir kısmını plastik aşamada tüketmek ilkesi benimsenirse, yapının sünek davranış gösterecek şekilde tasarlanması gerekmektedir (Doğançün, 2002). Yapının elastik sınırı geçip sünek kesit zorlarında önemli artmalar

olmadan şekildeğiştirme yapması istenmektedir. Bu şekilde depremin dinamik etkisi ısı enerjisine dönüşerek yutulmakta ve sönümlenmektedir. Sünme bölgesinin uzun olması şekildeğiştirmeleri ve onun yanında sönümü artırdığından dolayı bu özelliğe sahip yapılar sünnek olarak adlandırılmaktadır (Şekil 6) (Celep ve Kumbasar, 2000).



Şekil 6. Betonarme elemanda yük-yerdeğiştirme eğrisi

1.3.5. Göçme Modu

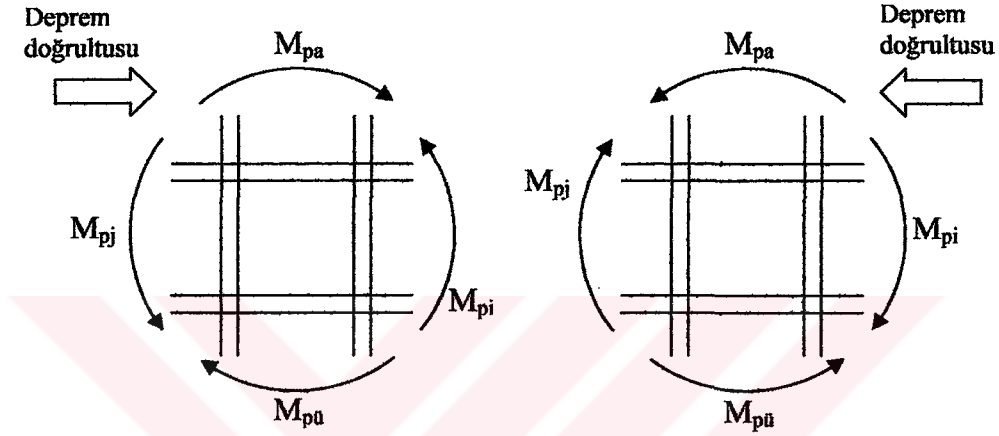
Deprem etkisine karşı boyutlandırmada kesitler öngörülen etkilere karşı koyacak şekilde boyutlandırılırken, özellikle düşey taşıyıcıların dayanımlarını kaybederek tüm sistemin göçmesinden veya burkulma gibi ani göçmeden uzak kalınması istenmektedir. Bu amaçla kuvvetli bir deprem durumunda, sistemin elastik ötesi davranışı göz önüne alınarak göçme durumunun incelenmesi gerekmektedir. Bazı durumlarda, kolon gibi düşey yük taşıyan elemanların göçmeleri ile kesme veya basınç kuvveti taşıyan elemanların göçmelerinin sünnek olmayacağı düşünülerek bu tür göçmelerin önlenmesi için önlem alınması yoluna gidilebilir. Genel olarak bir birleşim bölgesinde kolon yerine kirişlerin kesitlerinde plastik mafsal oluşarak göçmenin ortaya çıkması tercih edilmektedir. Taşıyıcı sistem elemanlarının, yükler etkisinde kesme kırılması gibi gevrek bir şekilde kırılmasını önlemek ve taşıma kapasitelerine sünnek bir davranışla ulaşmalarını sağlamak amacıyla Ocak 1998 de yürürlüğe giren ABYYHY' te kapasite tasarımı ilkesi benimsenmiştir.

Kapasite tasarımı ilkesi doğrultusunda ABYYHY' te getirilen koşullardan biri, kolonların kirişlerden daha güçlü olmasıdır. Bunu sağlamak için, çerçeve türü sistemlerde veya perdeli-çerçevesel sistemlerin çerçevelerinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların plastikleşme momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin plastikleşme momentleri toplamından daha büyük olacaktır (Şekil 7) (ABYYHY, Ocak 1998). Bu ilke doğrultusunda getirilen diğer

bir koşul ise kesme dayanımının eğilme dayanımından daha büyük olmasıdır. Kesme etkisiyle oluşan göçme, gevrek olduğu için elemanlarda kesme kırılması meydana gelmesi istenmemektedir.

Kıyasla kapasite tasarımı ilkesiyle yapı; şiddetli depremlerde toptan göçmeyecek, ancak taşıyıcı sisteminde önemli hasarların oluşabileceği sünek bir davranışa zorlanacaktır.

$$(M_{pa} + M_{pu}) \geq (M_{pi} + M_{pj})$$

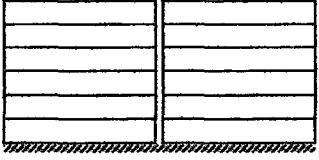
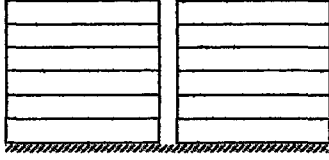
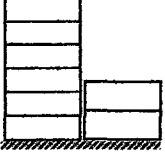



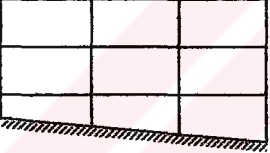
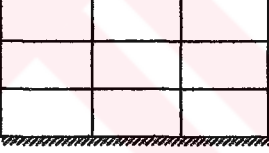
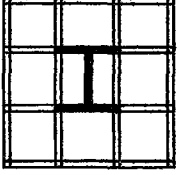
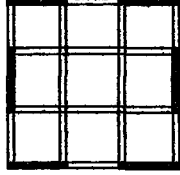
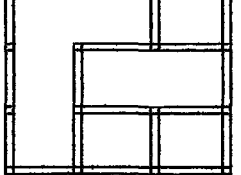
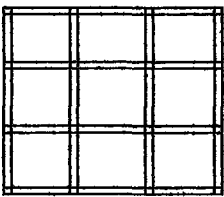


Şekil 7. Deprem doğrultusuna göre kiriş ve kolon uç momentleri

Yapılarda dikkat edilmesi gereken diğer bazı kurallar Şekil 8’ de verilmektedir.

1.3.6. Temel Zemini Koşulları

Yapıların normal kullanım koşullarını sağlaması için yapı temel zemininin dayanımının yüksek olması, aşırı oturma veya izin verilenden fazla farklı oturma yapmaması gibi bazı şartların sağlanması gerekmektedir. Temel zemininin dayanımının aşılması durumunda yapı güvenliği tehlikeye girip göçme meydana gelebilmektedir. Bu nedenle yapı taşıyıcı sistemi seçiminde temel zemininin gerekli koşulları sağlaması gerekmektedir. Ayrıca deprem sırasında suya doygun kumlu zeminlerde meydana gelebilecek zeminde sıvılaşma gibi yapılarda sorun meydana getirecek zemin durumlarının da dikkate alınması gerekmektedir (Özdemir, 2001).

| UYGUN DEĞİL | UYGUN |
|--|---|
|  <p data-bbox="308 497 531 535">Yetersiz ara derz</p> |  <p data-bbox="909 497 1117 535">Yeterli ara derz</p> |
|  <p data-bbox="286 792 546 829">Farklı kat seviyeleri</p> |  <p data-bbox="887 770 1132 808">Aynı kat seviyeleri</p> |
|  <p data-bbox="167 1011 672 1048">Dolgu duvarlarında ani rijitlik değişimi</p> |  <p data-bbox="731 1011 1288 1048">Dolgu duvarlarında düzgün rijitlik durumu</p> |
|  <p data-bbox="278 1306 553 1343">Farklı seviyede temel</p> |  <p data-bbox="872 1306 1139 1343">Aynı seviyede temel</p> |
|  <p data-bbox="271 1568 568 1605">Düşük burulma rijitliği</p> |  <p data-bbox="857 1568 1169 1605">Yüksek burulma rijitliği</p> |
|  <p data-bbox="271 1841 605 1878">Belirsiz çerçeve davranışı</p> |  <p data-bbox="872 1841 1206 1878">Belirgin çerçeve davranışı</p> |

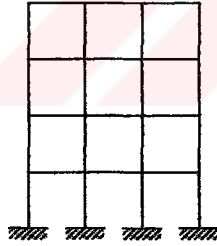
Şekil 8. Yapılarda geometri ve rijitlik dağılımı üzerine öneriler (Celep ve Kumbasar, 2000).

1.4. Yapılarda Kullanılan Başlıca Taşıyıcı Yapı Elemanları

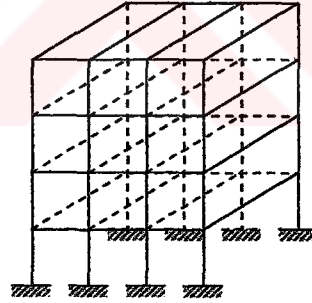
Aşağıda betonarme yapılarda kullanılan başlıca taşıyıcı yapı elemanlarından söz edilmektedir.

1.4.1. Çerçeveler

Çerçeveler, kolon ve kirişlerin birleşmesi ile meydana gelen ve daha çok düşey yük taşıyıcı elemanlardır. Bunlar, donatılarının iyi düzenlenmesi koşuluyla, yükseklikleri 25 metreyi geçmeyen yapıların yatay yüklere karşı, yönetmeliklerde öngörülen, emniyetlerinin sağlanmasında da kullanılabilir (Çakıroğlu, 1989). Çerçevelerin süneklikleri oldukça yüksek olduğundan, deprem yükleri gibi yatay yükler altında büyük bir enerji tüketme kapasitesine sahiptirler. Eğer çerçeveler birbirine yakın rijitliklere sahipse, etkileşim çok küçük olacağı için çerçevelerin yalnız olarak bulunduğu düzlem içinde şekil değiştirerek yük taşırlar. Bunlardan kolon ve kirişleri aynı düzlem içinde olanlar düzlem çerçeve, farklı düzlemde olanlar ise uzay çerçeve olarak adlandırılmaktadır (Şekil 9).



a) Düzlem çerçeve



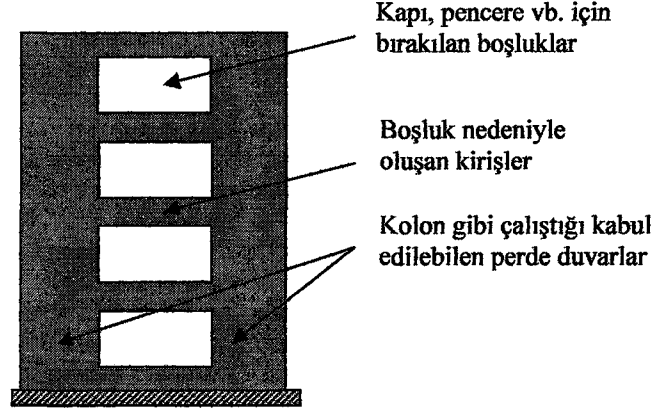
b) Uzay çerçeve

Şekil 9. Düzlem ve uzay çerçeve örnekleri

1.4.2. Betonarme Perdeler

Perdeler planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az 7 olan düşey taşıyıcı elemanlardır (ABYYHY, Ocak 1998). Betonarme perdeler genellikle yapıların rijitlik ve dayanımlarını artırmak dolayısıyla da yanal yerdeğiştirmelerini sınırlandırmak amacıyla kullanılan, temele ankastre ya da yarı ankastre olarak oturan konsol şeklinde çalışan

rijitlikleri yüksek, çerçevelerin aksine bağıl yerdeğiştirmeleri üst katlara doğru giderek azalan boşluksuz ya da boşluklu elemanlardır (Amil, 1999; Özmen, 1991). Boşluklu perdeler kapı, pencere ve asansör kapısı, vb. için perde duvarda boşluk bırakılması halinde ortaya çıkmaktadır (Şekil 10) (Doğangün, 2002).

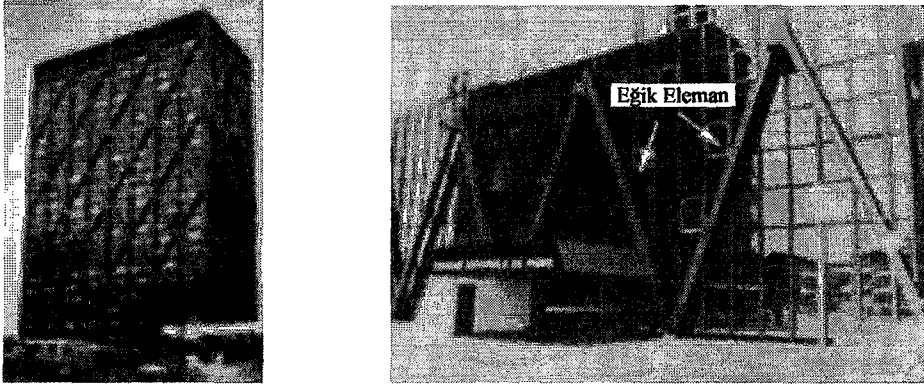


Şekil 10. Boşluklu betonarme perde

Perde duvarların çerçevesi sisteme göre zayıf tarafları ise az katlı yapılarda yapının maliyetini artırması ve daha az sünekliliğe sahip olmasıdır.

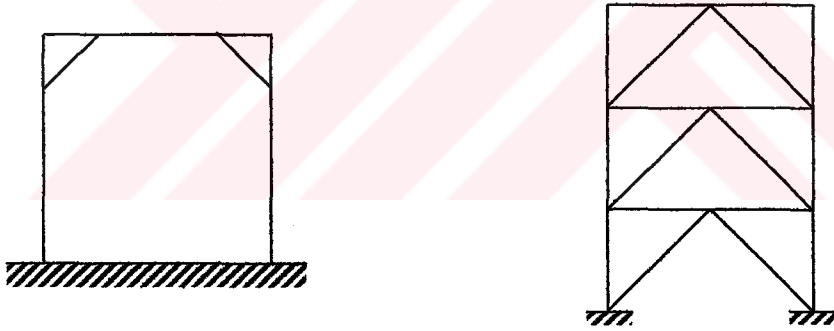
1.4.3. Eğik Elemanlar

Yapının rijitliğini artırmak dolayısıyla da yatay yerdeğiştirmelerini azaltmak amacıyla kullanılan yatayla 90° den farklı açı yapan elemanlardır. Eğik elemanların yapımında daha az malzeme kullanılmaktadır. Bunlar yapının içinde inşa edilebileceği gibi dışında da inşa edilebilmektedirler (Şekil 11) (URL-1, 2003). Yapının içinde oluşturulan eğik elemanlar bir veya daha fazla elemandan, dışında oluşturulanlar ise destek, çelik halat, vb. gibi elemanlardan meydana gelmektedir (Dowrick, 1987; Ayvaz vd., 1997).



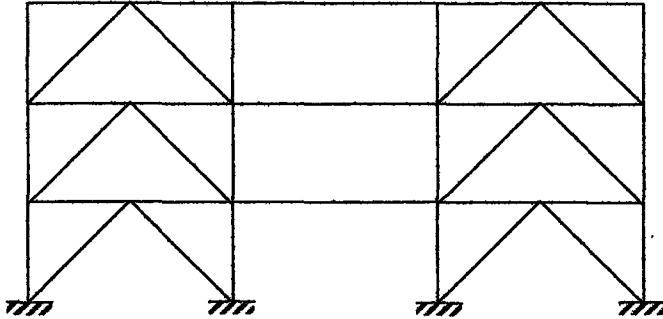
Şekil 11. Eğik elemanların binanın dışında kullanımı

Eğik elemanlar; tek katlı tek açıklıklı, tek katlı çok açıklıklı ya da tek açıklıklı çok katlı yapılarda kullanılabilirler. En yaygın olarak ise çok katlı çok açıklıklı çerçevelerde kullanılmaktadırlar. Bu tür sistemlerde açıklık boyunca köşegen, K-tipi, dirsek-tipi ve tek doğrultuda eğik elemanlar kullanılabilir (Şekil 12) (Ambrose ve Vergun, 1985).



a) Tek katlı tek açıklıklı yapılarda eğik elemanların kullanımı (dirsek tipi)

b) Çok katlı tek açıklıklı yapılarda eğik elemanların kullanımı (K-tipi)

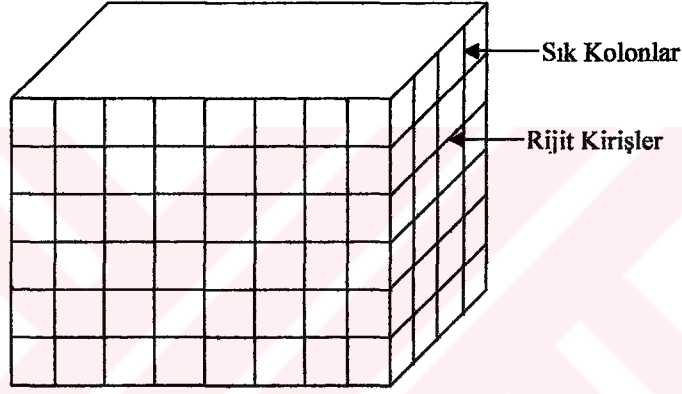


c) Çok katlı çok açıklıklı yapılarda eğik elemanların kullanımı (K-tipi)

Şekil 12. Eğik elemanların farklı açıklıklı ve farklı kat adedine sahip yapılarda kullanımı

1.4.4. Tüpler

Tüpler yapıların dış cephelerine yerleştirilen sık kolonların rijit kirişlerle birleştirilmesi suretiyle meydana gelen, boşluklu duvar görünümünde, süneklikleri, burulma rijitlikleri ve yatay yük taşıma kapasiteleri yüksek dolayısıyla da çok yüksek yapıların inşasına imkan veren elemanlardır (Şekil 13) (Çakıroğlu, 1989). Yatay sistemde kapalı kutu şeklinde olan tüpleri oluşturan kolon aralıkları 1,0-3,0 m arasında değişmekte bazı durumlarda 5,0 metreye kadar artırılmaktadır. Kolonları kuşaklama bağlayan kirişlerin yüksekliği ise 0,6-1,2 m, genişlikleri ise 0,25-1,00 m arasında değişmektedir (Doğangün, 2002).

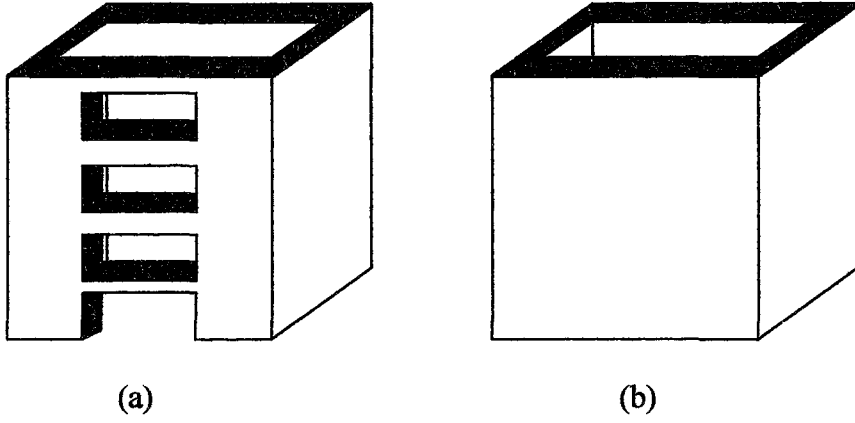


Şekil 13. Bir betonarme tüp eleman

1.4.5. Çekirdekler

Bina kat adeti arttıkça yatay yükleri taşımakta çerçeveler yetersiz kalabilmektedir. Bu durumda yüksek yapılarda taşıyıcı sisteme betonarme perde gibi rijitliği yüksek elemanlar ilave etmek gerekmektedir. Eğer elemanlar kapalı bir kutu oluşturuyorsa buna çekirdek adı verilmektedir.

Çekirdekler, yapılarıdaki asansör veya merdiven boşluklarının etrafı çevrilerek, aynı düzlem içinde bulunmayan boşluksuz ya da boşluklu perdelerle teşkil edilen elemanlardır (Şekil 14) (Ersoy ve Çıtıptıoğlu, 1988; Özdemir, 2001).



Şekil 14. (a) Boşluklu ve (b) boşluksuz perde ile teşkil edilen betonarme çekirdek örnekleri

1.4.6. Kompozit Elemanlar

Kompozit elemanlar beton ya da betonarme ile çeliğin birlikte kullanıldığı bir malzemenin yetersizliğinin diğeriyle karşılandığı, böylece bu malzemelerin ayrı ayrı dayanım ve rijitliklerinden daha büyük değerlerin elde edilebilmesini sağlayan elemanlardır (Şekil 15) (Özgen, 1989; Özdemir, 2001).



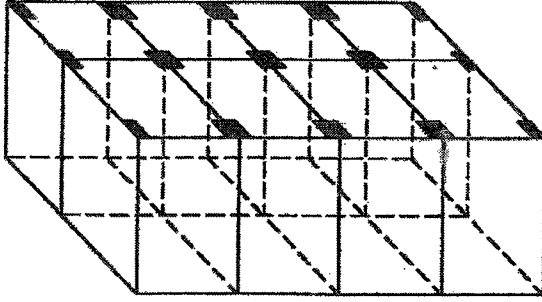
Şekil 15. Bir kompozit eleman

1.5. Yapılarda Kullanılan Başlıca Taşıyıcı Sistemler

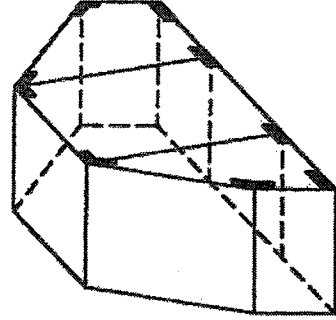
1.5.1. Çerçeve Sistemler

Kiriş ve kolonların meydana getirdiği birden fazla çerçevenin birlikte kullanılmasıyla oluşturulan taşıyıcı sistemlerdir (Sungur, 1985). Bu sisteme sahip az katlı yapıların maliyetleri düşük olduğu için ülkemizde en yaygın uygulanan sistemlerdir. Bunlar, ortogonal ve ortogonal olmayan sistemler olarak iki sınıfta toplanabilmekte ve

yatay yüklerin etkisinde fazla miktarda yerdeğiştirme yapabilmektedirler. Bu nedenle bu sistemlerde genellikle gevrek kesme kırılmaları oluşmamaktadır (Şekil 16) (Özdemir, 2001).



a) Bir ortogonal çerçeve sistem

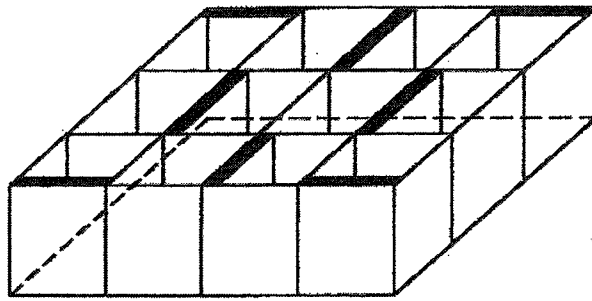


b) Bir ortogonal olmayan çerçeve sistem

Şekil 16. Ortogonal ve ortogonal olmayan çerçeve sistemler

1.5.2. Betonarme Perde Sistemler

Betonarme perde sistemler betonarme perdelerin birlikte kullanılmasıyla meydana gelen taşıyıcı sistemlerdir. Bu sistemler çok rijit olduklarından dolayı yapılarda kesit etkilerinin oluşmasına neden olan katlar arasındaki rölatif yerdeğiştirmelerini sınırlamaktadırlar (Şekil 17) (Dowrick, 1987).



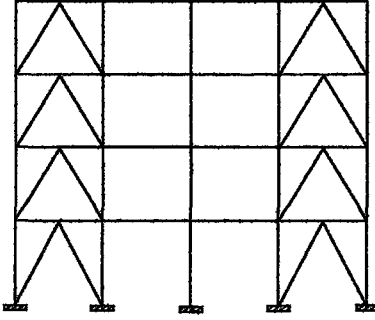
Şekil 17. Betonarme perde sistem

1.5.3. Eğik Elemanlı Sistemler

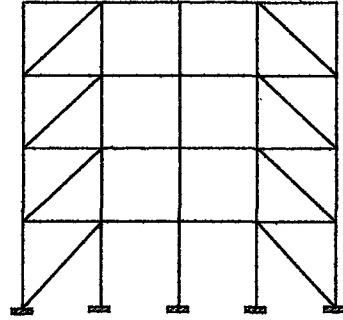
Çerçeve sistemlere çeşitli şekillerde ilave edilen taşıyıcı eğik elemanların kullanılmasıyla elde edilen sistemlerdir (Dowrick, 1987). Çerçeve boşluklarına

yerleştirilen eğik elemanlar genellikle bileşik eğilme etkisinde kalmaktadırlar. Ancak, eğilme momentleri merkezi yük yanında küçük kaldığından pratik ihtiyaçlar için bu elemanların merkezi basınç ya da merkezi çekmeye göre boyutlandırılmaları problem yaratmamaktadır.

Eğik elemanlı sistemler açıklık boyunca bir veya iki eğik eleman kullanılarak oluşturulmaktadır (Şekil 18) (Ambrose ve Vergun, 1985).



a) K tipi eğik eleman ile oluşturulmuş çerçeve sistem

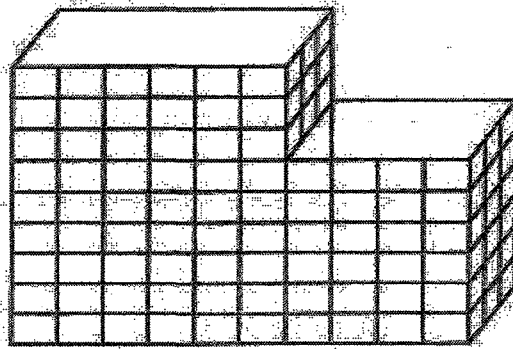


b) Bir eğik eleman ile oluşturulmuş çerçeve sistem

Şekil 18. İki veya bir eğik elemanla oluşturulmuş çerçeve sistemler

1.5.4. Tüp Sistemler

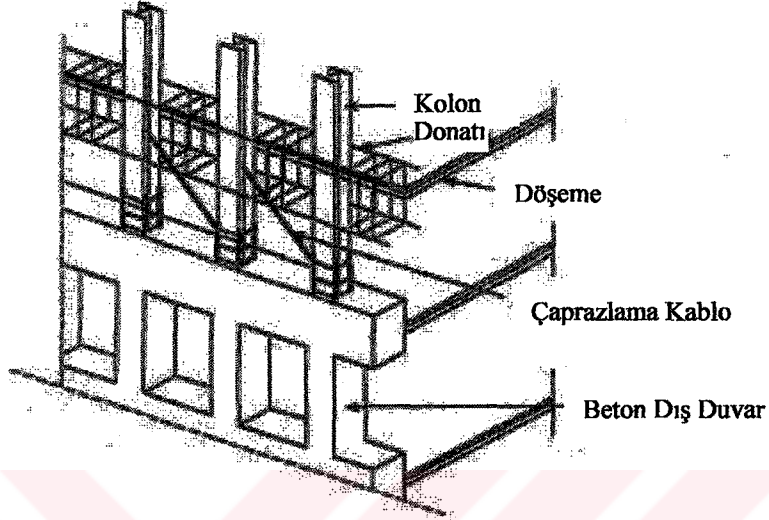
Bu tip sistemler genellikle çerçeve sistem ile betonarme perdelerin birlikte kullanılmasıyla ya da sık olarak inşa edilen kolonların kirişlerle birlikte bağlanması suretiyle oluşturulmaktadır (Ersoy ve Çıtıptıoğlu, 1998). Bu nedenle bunlar çerçeve sistem ile betonarme perde sistem yapılar arasında bir sistem olarak dikkate alınmaktadır (Şekil 19) (Özdemir, 2001).



Şekil 19. Bir tüp sistem

1.5.5. Kompozit sistemler

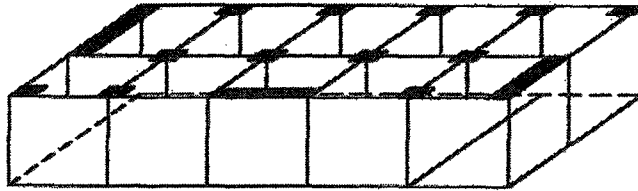
Kompozit sistemler, kompozit ya da betonarme ve çelik elemanların birlikte kullanılmasıyla meydana gelen taşıyıcı sistemlerdir (Şekil 20) (Özdemir, 2001).



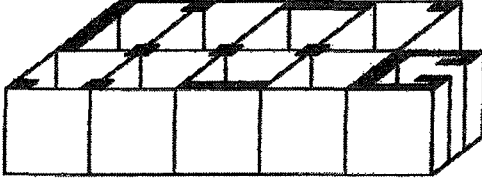
Şekil 20. Bir kompozit sistem

1.5.6. Karışık sistemler

Karışık sistemler yukarıda bahsedilen taşıyıcı sistemlerin iki veya daha fazlasının birlikte kullanılmasıyla elde edilmektedirler. Bunların en yaygın olarak kullanılanları, betonarme perde-çerçeve sistemler (Şekil 21) ile betonarme perde-çerçeve-çekirdek sistemlerdir (Şekil 22) (Özdemir, 2001).



Şekil 21. Bir betonarme perde- çerçeve sistem



Şekil 22. Bir betonarme perde – çerçeve – çekirdek sistem

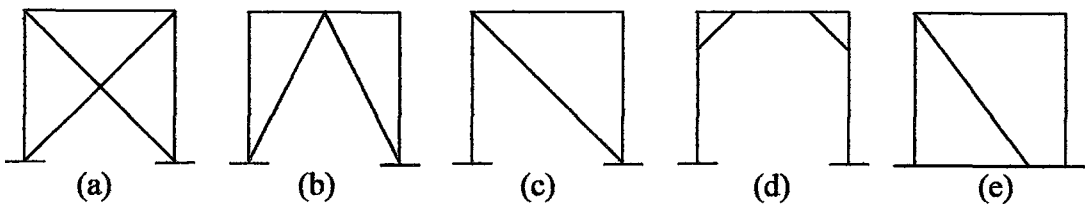
1.6. Rijitleştirici Elemanların Düzenlenmesi

Türkiye’de yürürlükte olan ABYYHY’in temel felsefesi, yapıların kullanılabilir olarak deprem emniyetlerinin ekonomik olarak sağlanabilmesi için yeterli dayanım, süneklik, rijitlik ve sınırlı yerdeğiştirmeler şeklinde sıralanabilen özelliklere sahip olması gerektiği bilinmektedir. Bu parametreler doğrultusunda yapılardaki rijitleştirici elemanların düzenlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Rijitleştirici elemanların düzenlenmesinde yapının burulma etkisinde kalmaması için simetrisinin korunması, bu elemanların mümkün mertebe yapının dış cephelerine yerleştirilmesi, yapının yüksekliği boyunca, ani rijitlik değişimi oluşturmamak için sürekli olması gibi birçok hususun dikkate alınması gerekmektedir (Ersoy ve Çıtıptıoğlu, 1988; Celep ve Kumbasar, 2000).

Bu çalışmada Şekil 23’de (Ambrose ve Vergun, 1985) verilen yaygın olarak kullanılan eğik eleman çeşitlerinden bazılarının kullanılmasıyla rijitleştirilmiş çerçeve sistem yapıların deprem davranışları incelendiğinden, burada eğik elemanların düzenlenmesi ve bu düzenlemede karşılaşılan güçlükler üzerinde durulmaktadır.

Eğik elemanların kullanımı, özellikle kapı, pencere, v.b. yerler için boşlukların bırakılmasında zorluk oluşturabileceğinden, sınırlı olmaktadır. Eğik elemanlar binanın diğer fonksiyonlarına engel olmayacak şekilde yapıya yerleştirilmelidirler. Diğer taraftan bunların düzenlenmesinde, yatay yüklerin yön değiştirme ihtimalinin dikkate alınması ve çerçeve ile birleşim türünün uygun seçilmesi de gerekmektedir (Dowrick, 1987).



Şekil 23. Yaygın olarak kullanılan eğik eleman çeşitleri

1.7. Yapılarda Yaygın Olarak Kullanılan Taşıyıcı Sistemlerin Deprem Açısından İncelenmesi

1.7.1. Çerçeve Sistemli Betonarme Yapılar

Çerçeve sistemli betonarme yapılar, kolon ve kirişlerin birleşmesiyle meydana gelen ve daha çok düşey yük taşıyan yapılardır. Deprem enerjisinin kalıcı deformasyonlarla tüketilmesi yaklaşımı ile tasarlanırlar. Bu tip yapıların elastik enerji tüketme kapasiteleri azdır (Martinelli vd., 1998). Yüksek miktarda elastik olmayan enerji tüketme kapasitesinde olabilmeleri için donatı, aksenal yük ve boyut ayrıntılarına hem proje hem de yapım sırasında özen göstermek gerekmektedir. Elastik olarak dayandıkları yatay yük düzeyi ve ilk yapım maliyetleri düşüktür (Bayülke, 1998).

1.7.2. Betonarme Perdeli Betonarme Yapılar

Elastik enerji tüketme kapasiteleri salt çerçeveli yapılara göre önemli derecede yüksektir. Elastik olmayan enerji tüketme kapasiteleri aynı düzeyde yüksek değildir. Çerçeve sistemli yapılara göre süneklikleri daha azdır. Taşıyıcı sistemin ilk yapım maliyeti çerçeve sistemli yapıya göre daha yüksektir (Bayülke, 1998).

1.7.3. Betonarme Perdeli-Çerçeve Sistemli Betonarme Yapılar

Bu tür yapılarda hem çerçeve sistem hem de betonarme perde sistem bir arada bulunmaktadır. Yüksekliği 150 metrenin üstünde olan yapılarda yalnızca perde duvarların kullanılması yatay kuvvetlerin karşılanması açısından uygun olamamaktadır. Çok katlı betonarme perdeli-çerçeve sistemli yapılarda katlar artıkça üst katlarda betonarme perdelerin yatay yüklerden aldıkları pay giderek azalmaktadır. Yatay yüklere karşı rijitliği sağlamak üzere perdeler kullanılırken, sünek davranış için de çerçevelerden faydalanılmaktadır (Özden ve Portakalçı, 1982).

Betonarme perdelerle çerçevelerin karşılıklı etkileşimi sonucu yapı yatay rijitliğinde ortaya çıkan artım, bu iki elemanın bireysel rijitlikleri toplamından daha fazladır. Bu düzenleme yatay yük dayanımını artırarak 40 kata kadar uygulanabilmektedir. 3-5 kata kadar olan betonarme perdeli-çerçeve sistemli yapılarda betonarme perdeler kesme kuvvetlerinin büyük bölümünü taşımaktadırlar (Özgen, 1989). Çerçeveler yatay yük

altında kayma şekildeğiştirmesi yaparlar, katlar arasındaki yerdeğiştirme yalnız o kattaki kesme kuvvetine bağlıdır. Bu nedenle en büyük şekildeğiştirme değeri tabandadır. Perdeler ise eğilme etkisinde konsol kiriş gibi davrandığından en büyük şekildeğiştirme uç noktadadır. Bu iki sistemin birbirine uymayan bu şekildeğiştirme karakteristiklerinden dolayı, bu elemanlar arasında düzgün olmayan etkileşim kuvvetleri doğmaktadır. Yapının üst bölümünde perde geriye doğru çekilirken, alt bölümünde ileriye doğru itilmektedir. Böylece yapıya etkiyen yatay yük üst bölümde çerçeve, alt bölümde ise betonarme perde tarafından karşılanmaktadır (Amil ve Aydın, 2004; Özgen ve Sev, 2000).

Betonarme perdeli-çerçeve sistemli yapılar bütün deprem bölgeleri için önerilmektedir. Çerçeve yapılarında gereken süneklik koşullarını sağlamak kolon ve kiriş gibi elemanlarda donatı yerleştirme problemleri çıkarmakta, ekonomik ve estetik olmayan kesitler yapılması gerekmektedir. Az miktarda da olsa betonarme perdeli olan çerçeve sistemli yapıda ise hem perdeler duvarlarda gizlenebilmekte hem de kolon ve kiriş boyutları küçülmekte ve eleman donatıları da sıklığına yol açmayacak miktarlarda konulabilmektedir.

Betonarme perdeli-çerçeve sistemli yapıların maliyetleri çerçeve sistemli yapılardan biraz daha yüksek olmaktadır. Ancak depremlerin sık olup büyük zararlar verdiği ülkemizde bu bedelin ödenmesi can ve mal kaybını azaltmak için gerekli olmaktadır.

1.8. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Konusunda Yapılan Çalışmalar

Jain ve Goel (1980), altı adet çelik çerçevenin depreme karşı davranışını, köşegen ve köşegen olmayan eğik elemanlarla güçlendirmek suretiyle incelemişlerdir. Buna göre eğik elemanı bulunmayan çerçevelerin iyi sünek davranış göstermesine karşılık, eğik elemanlı çerçevelerin yeterli dayanıma ve rijitliğe sahip oldukları belirtilmektedir. Yine bu çalışmaya göre, kuvvetli yer hareketinde eğik elemanlarda aşırı plastikleşme meydana gelebilmektedir. Çalışmada incelenen sistemlerin davranışları karşılaştırıldığında ise eğik elemansız çerçevelerin en sünek, K şeklinde eğik elemanlı çerçevelerin, köşegen elemanlı çerçevelere göre daha sünek, köşegen elemanlı çerçevelerin ise en rijit davranışa sahip oldukları görülmektedir. Yazarlar, çok rijit eğik elemanların kullanımından plastikleşmeye neden olabilecekleri gerekçesiyle kaçınılması gerektiğini savunmaktadırlar.

Maison (1981), eğik elemanlı çerçevelerin bilgisayarla yapısal çözümlenmesinde kullanılabilecek doğrusal elastik olmayan bir davranışı dikkate alan bir sonlu elemanlar yöntemi önermektedir.

Cheng (1980), 5 ayrı tip çelik çerçeve sistem üzerinde yaptığı deneysel çalışmalardan elde ettiği sonuçlara göre, eğik elemanlı çerçevelerin, iki eğik elemanlı çerçevelere göre daha büyük yerdeğiştirme yaptıklarını belirtmektedirler. Yazar, hafif oluşlarından dolayı köşegen olmayan eğik eleman kullanımını önermektedir.

Sonobe (1980), K tipi eğik elemanlara sahip betonarme çerçeveler üzerine deprem yükleri uygulayarak yaptığı çalışmasında, bu çerçeveleri sünek davranışı sağlayacak şekilde projelendirmek için bir yapısal çözümlenme yöntemi ile birlikte bir takım öneriler de bulunmaktadır.

Fujiwara (1980), bir açıklıklı, çok katlı ve eğik elemanlı çerçeveleri deprem etkisi altında deneysel olarak incelemiş ve bu elemanların çerçeve rijitliğini artırdığı sonucuna varmıştır.

Popov (1980), çok açıklıklı, çok katlı ve eğik elemanlı çelik çerçevelerin yatay yük etkisindeki davranışını incelediği çalışmasında, köşegen olmayan eğik elemanlar kullanılan çerçevelerin, köşegen elemanlı çerçevelere göre daha sünek davranış gösterdiğini belirtmektedir.

Balendra vd. (1997), iki katlı, tek açıklıklı ve farklı tipte eğik elemanlı çerçevelerin dinamik davranışını incelemek amacıyla yapmış oldukları deneysel çalışmada, kullanılan eğik elemanların dayanımında hiçbir azalma olmaksızın deprem enerjisinin büyük bir kısmını yaydıklarını, ayrıca yapılan dinamik testler sonucunda bu çerçevelerin yerdeğiştirme değerlerinin oldukça düşük olduğunu belirtmektedirler.

Dewolf ve Pellicione (1979), çelik köşegen ve diğer tip eğik elemanlarla güçlendirilmiş çerçeveler üzerinde bir takım deneysel çalışmalar yapmış ve bu tip eğik elemanların güçlendirme için gerekli dayanım ve rijitliğe sahip ekonomik elemanlar olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Ayvaz vd. (1997), farklı rijitleştirici elemanlara sahip yapıların depreme göre davranışını karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Çalışmada kullanılan tüm rijitleştirici elemanların, yatay yükleri daha çok normal kuvvete aktarmak yoluyla taşıdıklarından, eğilme momentini azalttığı sonucuna varmışlardır.

Gülay (1985), eğik elemanlı çelik çerçevelerin düşey yükler ve yatay deprem yükleri etkisine göre optimum boyutlandırılması için bir çalışma gerçekleştirmiştir. Eğik

elemanların konumu uygun seçildiğinde daha sünek davranışlı, dolayısıyla da daha yüksek enerji yutma kapasiteli, aynı zamanda uygulama kolaylığı bakımından da elverişli çerçevelerin inşa edilebileceğinin mümkün olduğunu belirtmektedir.

Özdemir (2001), yaptığı çalışmada farklı rijitleştirici elemanlara sahip deprem etkisindeki yapıların lineer davranışlarının zemini de dikkate alarak karşılaştırmalı olarak incelemiştir.

Amil (1999), betonarme yapılarda kullanılan başlıca taşıyıcı sistemler ve dolgu duvarların olumlu etkilerini artıran köşegen elemanları betonarme perdelerle karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Yazar, dolgu duvarların olumlu etkilerini arttırabileceği düşünülen köşegen ve eğik elemanların, betonarme yapıların yatay yüklere karşı dayanım ve rijitliklerini arttırmak için, betonarme perdelerle bir seçenek olarak başarıyla kullanılabilirliğini belirtmektedir.

Zayas vd. (1981), eğik elemanlı çelik çerçevelerde burkulma problemini inceleyip, analitik yöntemlerle elde edilen sonuçları deneysel sonuçlarla karşılaştırarak bu tür sistemlerin yapısal çözümlerinde kullanılabilir matematik model seçimi için önerilerde bulunmuşlardır.

Ustaoglu (1997), köşegen elemanların, çerçeve sistem yapıların davranışları üzerindeki etkisini deneysel olarak incelemiştir. Bu incelemede köşegen elemanların, çerçeve sistem yapıların yatay ve düşey yüklere karşı rijitliklerini dolayısıyla da göçme yüklerini artırdığını, deprem davranışlarını iyileştirdiğini ve böylece bazı durumlarda betonarme perdeler yerine kullanılmalarının daha iyi olabileceği sonucuna varmıştır.

Lee ve Basu (1992), düzlem çerçeveler için eğik elemanların gerekliliklerini inceledikleri çalışmalarında, çerçevelerin maksimum yük taşıma kapasitesi bakımından, eğik elemanlı bir çerçeve de gerekli olan eğik elemanın boyutunu belirlemek için bazı bağıntılar önermektedirler.

Ayvaz ve Aydemir (2000), farklı rijitleştirici elemanlara sahip deprem etkisindeki yapıların lineer olmayan davranışlarını karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Bu incelemeye göre, çalışmada kullanılan eğik eleman tiplerinin eğilme momentini azaltırken normal kuvveti artırdığı belirtilmektedir.

Jain ve Hanson (1980), aksenal yüklü çelik eğik elemanlar ve kolonların histeristik davranışı için iki model tanımlamışlardır. Bu modellerden, deprem etkisindeki eğik elemanlı çelik çerçevelerin kolonlarının ve eğik elemanlarının burkulmaya etkilerini incelemede faydalanmışlardır.

Maison (1992), eğik elemanlı çerçevelerin bilgisayarla yapısal çözümlemesi için doğrusal elastik olmayan davranışı dikkate alan bir sonlu eleman yöntemi geliştirmiştir.

Popov (1980), betonarme geleneksel çerçevelerin dinamik davranışını incelemiş ve bu inceleme paralelinde 20 katlı ve 4 açıklıklı çerçevelerden oluşan bir yapının statik ve dinamik analizini gerçekleştirmek için iki bilgisayar programı hazırlamıştır.

Rai ve Goel (2003), çalışmalarında K tipi eğik elemanlarla oluşturulmuş ve Northridge (Amerika) depreminde hasar görmüş olan bir çelik yapıyı inceleyerek yapının güçlendirilmesi konusunda bazı önerilerde bulunmuşlardır.

Sabelli vd. (2003), tek açıklıklı, 3 ve 6 katlı burkulma yönünden rijitleştirilmiş köşegen ve K tipi eğik elemanlarla oluşturulan çelik çerçeveler ile aynı tip eğik elemanlardan oluşan çerçeve sistemlerin dinamik davranışını karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Bu incelemeye göre burkulma yönünden rijitleştirilmiş eğik elemanlardan oluşan çerçeve sistemlerin diğer tip çerçeve sistemlerle ilgili olarak ortaya çıkan çoğu problemlerin üstesinden geldiği ve bu çerçeve sistemlerin deprem bölgelerinde kullanılmasının daha iyi olacağı sonucuna varmışlardır.

Maheri ve Sahebi (1997), betonarme çerçevelerde farklı tipte çelik eğik elemanların kullanımını inceledikleri çalışmalarında, kullanılan eğik elemanların betonarme çerçevelerin kesme dayanımını büyük ölçüde arttırdığı sonucuna varmışlardır. Ayrıca betonarme çerçevelerde kullanılan köşegen tipi eğik elemanların oluşabilecek herhangi bir depreme karşı işlevlerini iyi bir biçimde yerine getirebilmesi için eğik eleman ile çerçeve arasındaki bağlantının çok iyi yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Koboevic (2000), 4, 8 ve 14 katlı eksantrik eğik elemanlardan oluşan yapıların depreme karşı davranışını incelediği çalışmasında, bu tip eğik elemanlardan oluşan yapıların sünek davranış göstererek depremde ortaya çıkan enerjinin büyük bir kısmını yutup depremden hasar görmeden çıkabilecekleri sonucuna varmıştır.

1.9. Amaç ve Kapsam

Bu çalışmanın amacı, farklı kat adetleri ve farklı açıklıklardan oluşmuş geleneksel çerçeve sistemler ile K ve dirsek tipi eğik elemanlarla rijitleştirilmiş, bu çerçeve sistem yapıların depreme karşı lineer davranışlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesidir. Bu amaca yönelik olarak 10, 7 ve 5 katlı, 3 ve 4 açıklıklı, 5 farklı şekilde rijitleştirilmiş 30 farklı sistem, bilgisayarda modellenerek, yerdeğiştirme, eğilme momenti, kesme kuvveti ve

normal kuvvetler yönünden çizelge ve grafikler yardımıyla karşılaştırmalı olarak incelenmektedir. Bu çalışmada K ve dirsek tipi eğik elemanların (bkz.Şekil 23(b), 23(d)) farklı düzenlemeleri dikkate alınmakta ve bu eğik elemanlarla oluşturulan çerçeve sistem yapıların depreme karşı lineer analizi yapılmaktadır.



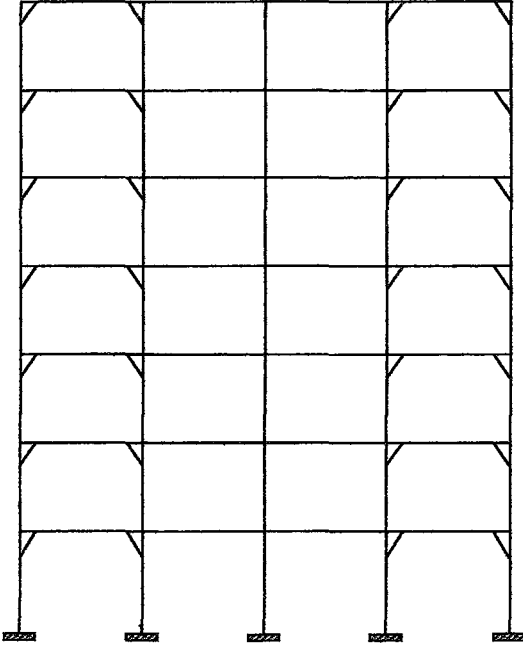
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Daha önce de belirtildiği gibi bu çalışmada farklı olarak düzenlenen K ve dirsek tipi eğik elemanlarla rijitleştirilmiş çerçeve sistemlerin ve geleneksel çerçeve sistemin depreme karşı lineer davranışları karşılaştırmalı olarak incelenmektedir. Bu amaca yönelik olarak üç değişik dış merkezliğe sahip dirsek tipi ve bir K tipi eğik eleman kullanılarak oluşturulan, 30 farklı sistem, bilgisayarda modellenerek, yerdeğiştirme, eğilme momenti, kesme kuvveti ve normal kuvvetleri tablo ve grafikler halinde verilerek yorumlanmaktadır.

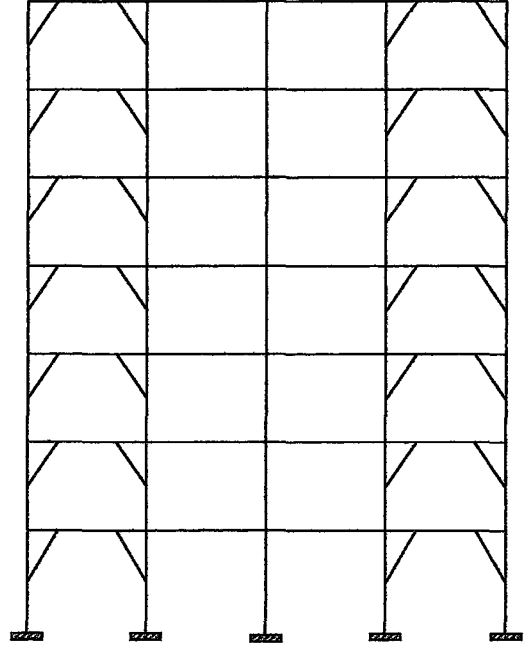
Bu çalışmada, biri geleneksel çerçeve sistem (çerçeve no:1, yaygın olarak bilindiğinden burada şekli verilmemiştir), üçü dirsek tipi eğik elemanların farklı olarak düzenlenmesiyle oluşturulan çerçeve sistemler (Şekil 24a, çerçeve no:2, Şekil 24b, çerçeve no:3, Şekil 24c, çerçeve no:4), biri K şeklinde eğik elemanla oluşturulan çerçeve sistem (Şekil 24d, çerçeve no:5) olmak üzere 5 değişik çerçeve sistem dikkate alınmış ve bu sistemlerin 4 ve 3 açıklısı, 10, 7 ve 5 katlısı kullanılmıştır. Tüm bu çerçevelerdeki kolon, kiriş ve eğik elemanların enkesit boyutları sırasıyla 400 mm×900 mm, 250 mm×500 mm, 300 mm×300 mm olarak dikkate alınmıştır. Yapıların birinci deprem bölgesinde olduğu göz önünde bulundurulmuştur.

Çalışmada dikkate alınan 10 katlı, 4 açıklıklı çerçeveler Şekil 25’de, 10 katlı, 3 açıklıklı çerçeveler Şekil 26’da, 7 katlı, 4 açıklıklı çerçeveler Şekil 27’de, 7 katlı, 3 açıklıklı çerçeveler Şekil 28’de, 5 katlı, 4 açıklıklı çerçeveler Şekil 29’da, 5 katlı, 3 açıklıklı çerçeveler ise Şekil 30’da verilmektedir.

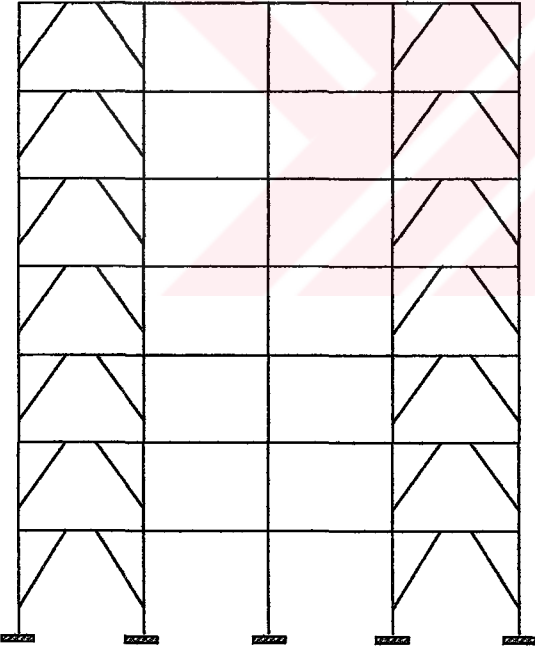
Çalışmada kullanılan çerçevelerde kolon enkesit boyutlarından büyüğünün eğilme doğrultusunda olduğu dikkate alınmıştır. Malzemenin elastisite modülü (E) $2.7 \cdot 10^7$ kN/m² olarak kullanılmış, betonarmenin birim ağırlığı ile poisson oranı (ν) TS 500’de önerildiği gibi sırasıyla 25 kN/m³ ve 0.2 alınmıştır. Kolonların kütleleri enkesit boyutlarına bağlı olarak belirlenmiş ancak kirişlerin kütleleri enkesit boyutlarına ilave olarak eklenmiş kütle yaklaşımı kullanılarak, kirişlere döşemelerden ve duvarlardan gelen yükler de dikkate alınarak, hesaplanmıştır. Bu hesapta dikkate alınan çerçevenin her iki yanında çerçeveye dik doğrultuda 4 m açıklıklı ve 12 cm kalınlıklı bir döşemenin var olduğu kabul edilmiştir.



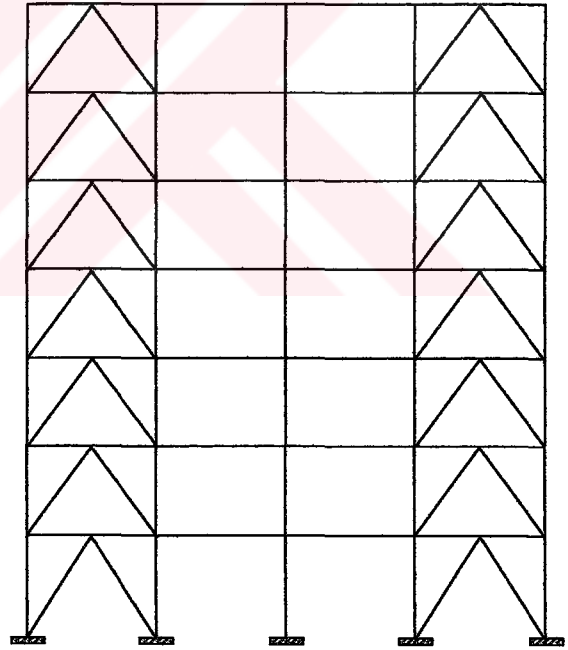
(a) Çerçeve no:2



(b) Çerçeve no:3

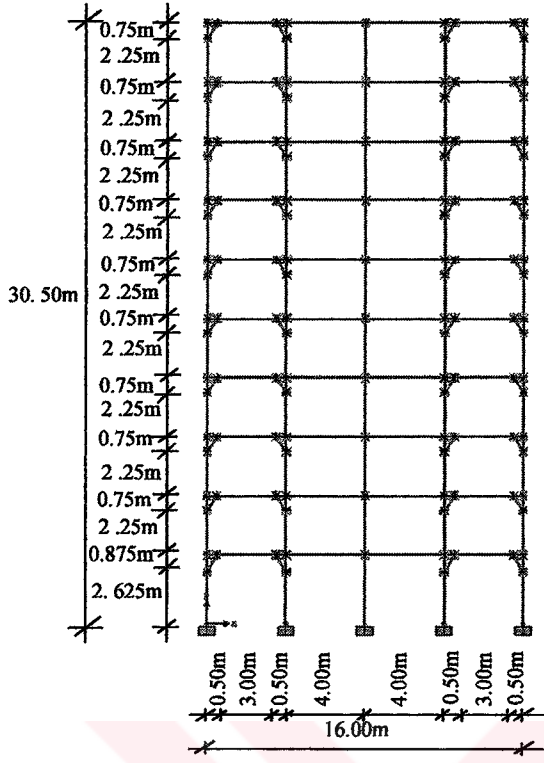


(c) Çerçeve no:4

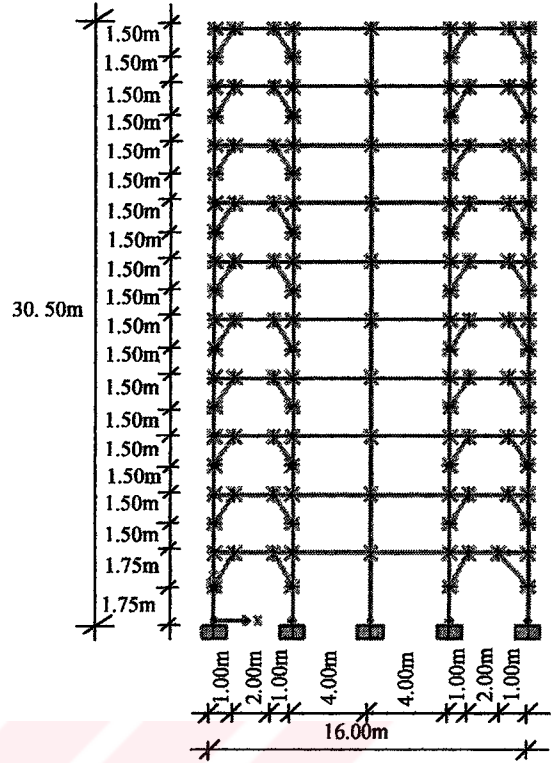


(d) Çerçeve no:5

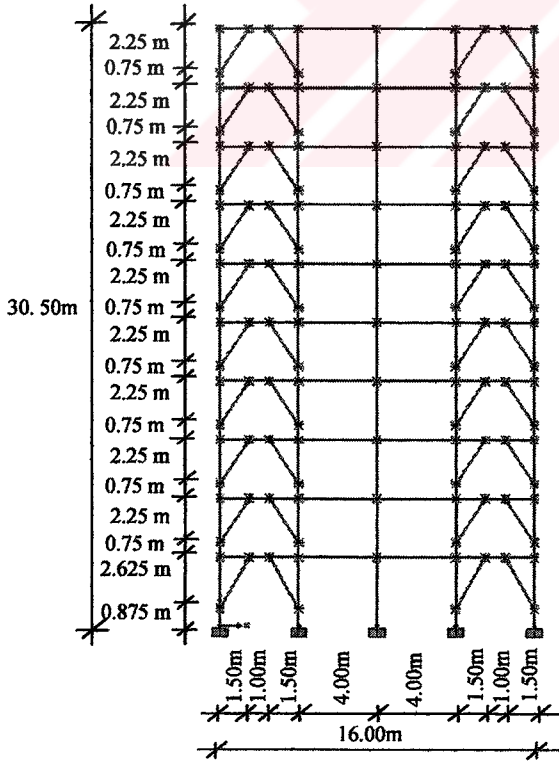
Şekil 24. Geleneksel çerçeveye ilave olarak çalışmada dikkate alınan çerçeve sistem türleri



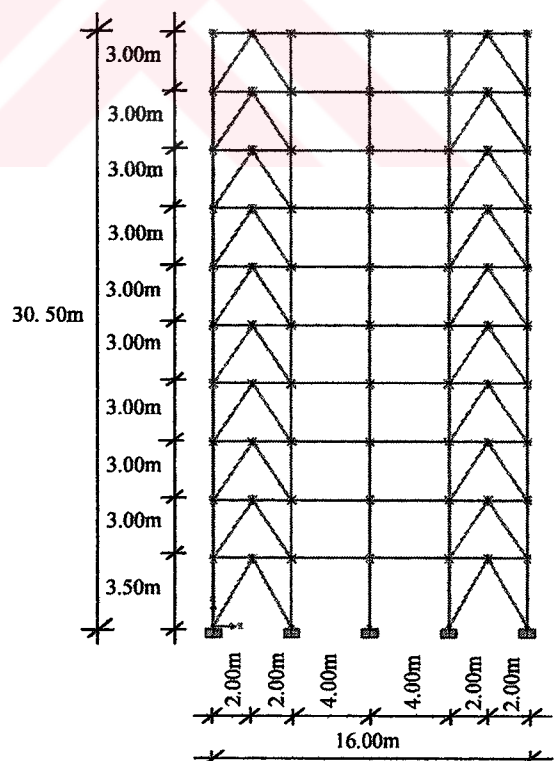
a) Çerçeve no:2



b) Çerçeve no:3

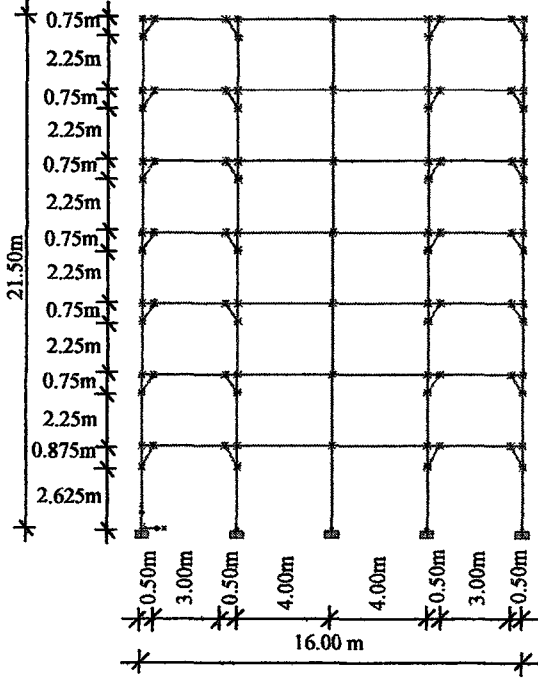


c) Çerçeve no:4

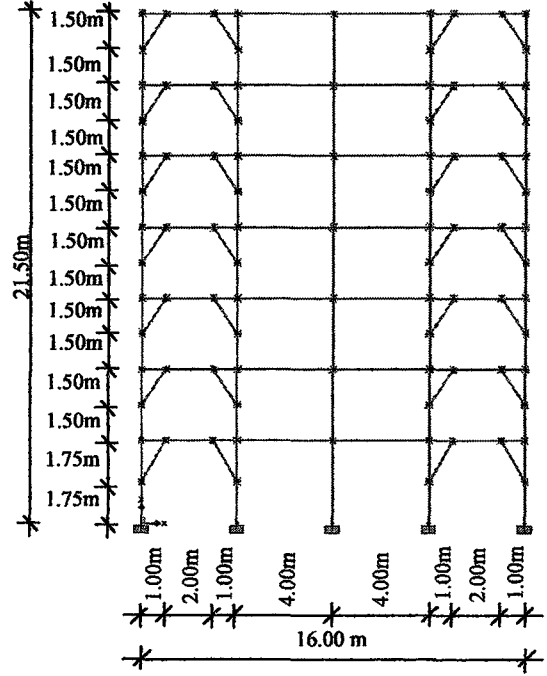


d) Çerçeve no:5

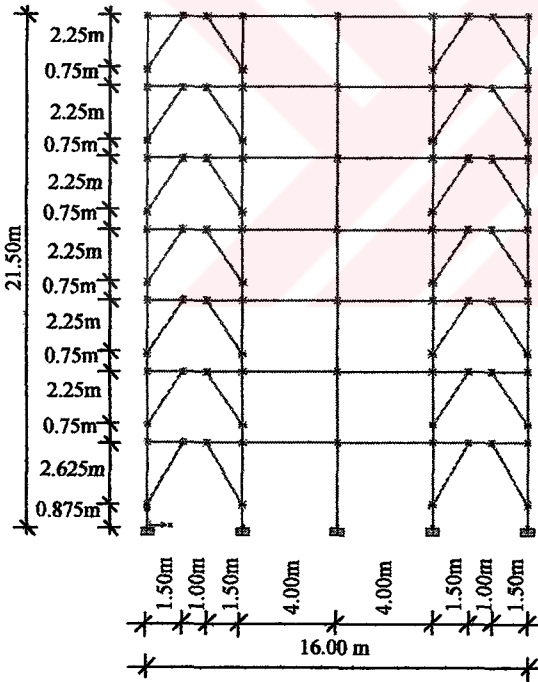
Şekil 25. Çalışmada dikkate alınan 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemler



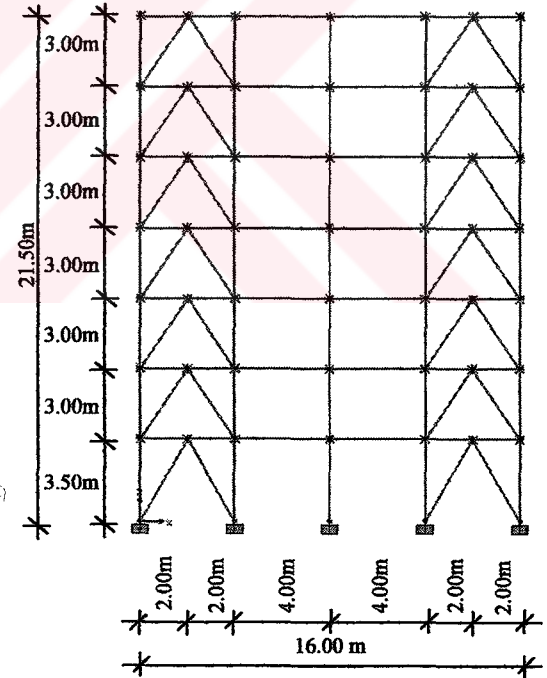
a) Çerçeve no:2



b) Çerçeve no:3

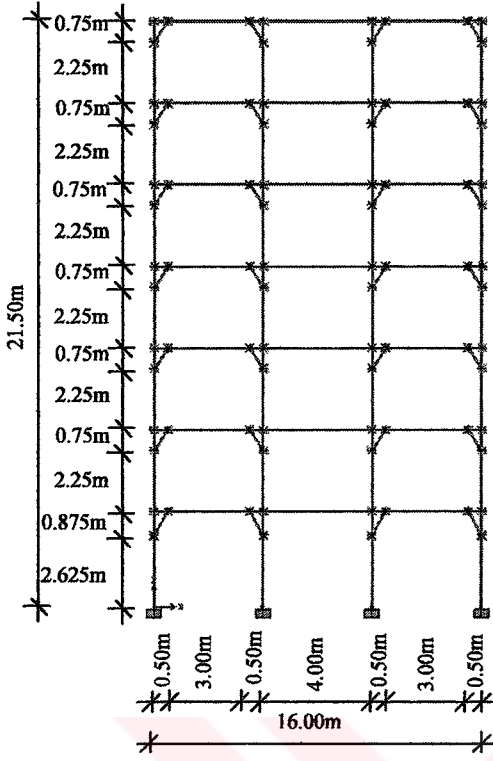


c) Çerçeve no:4

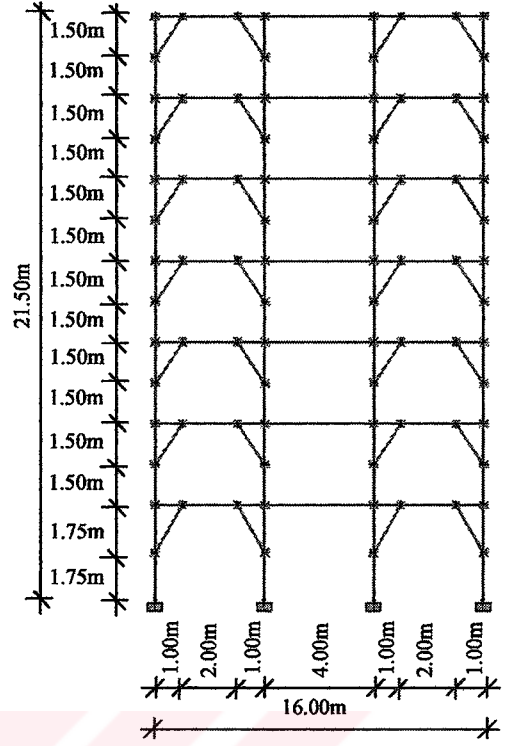


d) Çerçeve no:5

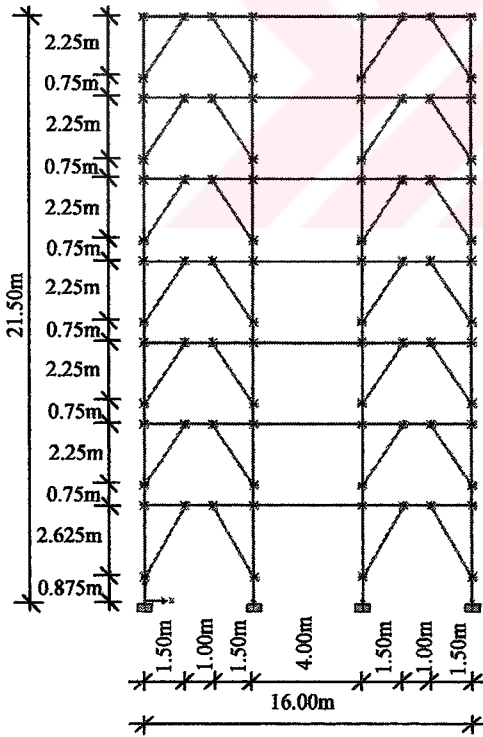
Şekil 27. Çalışmada dikkate alınan 7 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemler



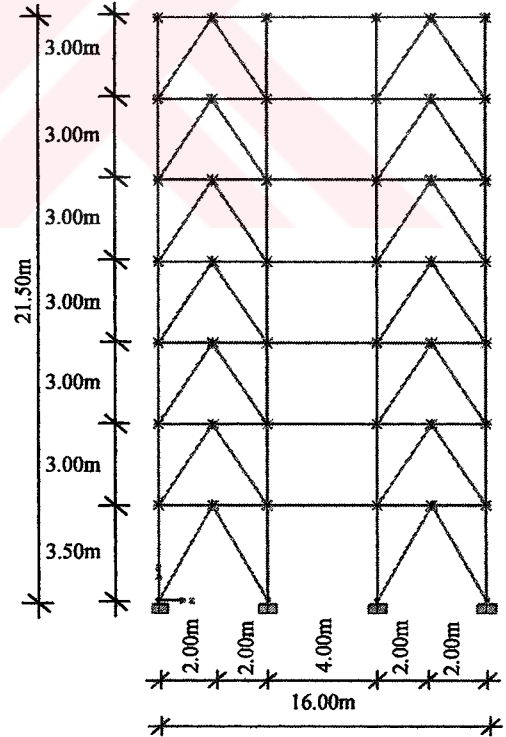
a) Çerçeve no:2



b) Çerçeve no:3

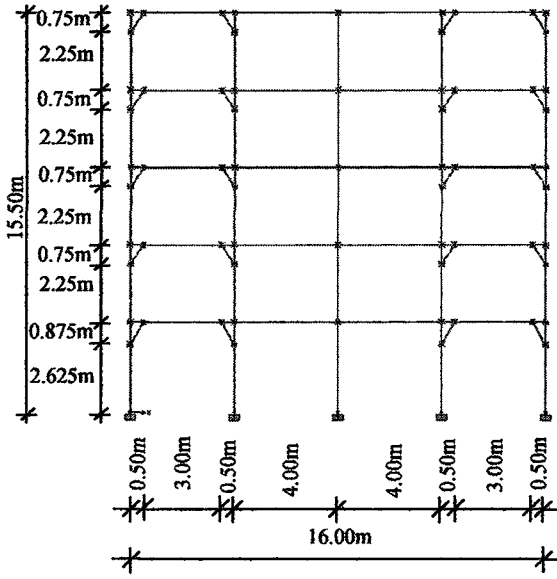


c) Çerçeve no:4

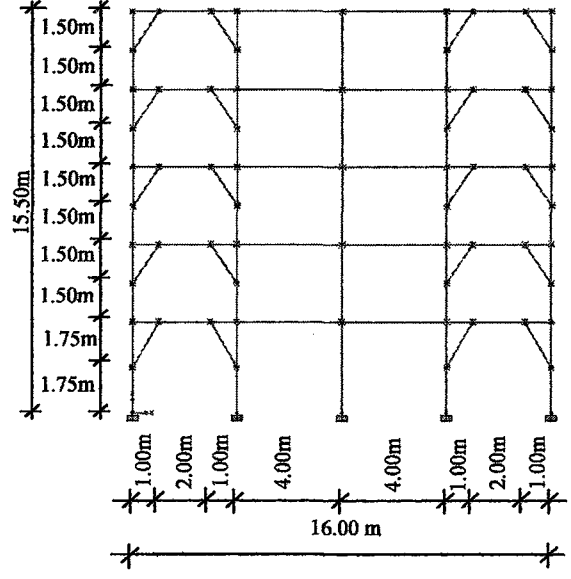


d) Çerçeve no:5

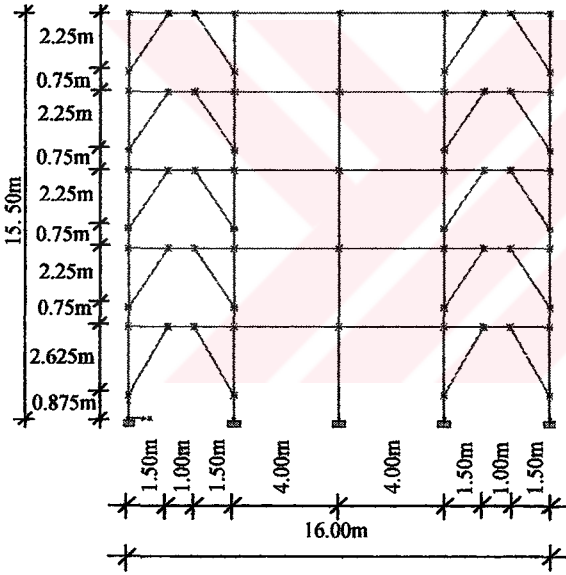
Şekil 28. Çalışmada dikkate alınan 7 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemler



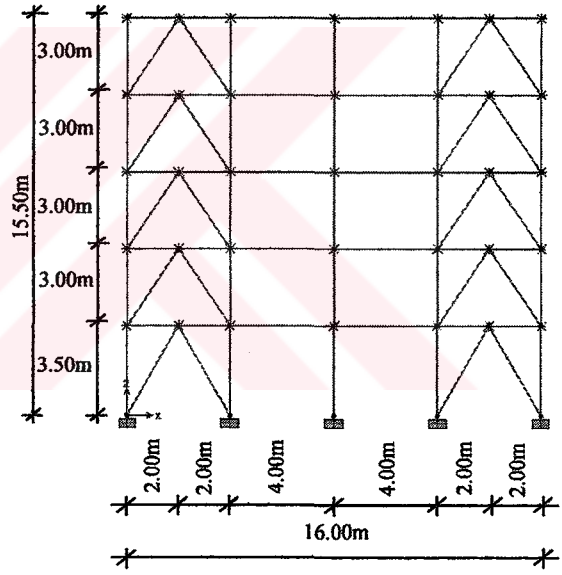
a) Çerçeve no:2



b) Çerçeve no:3

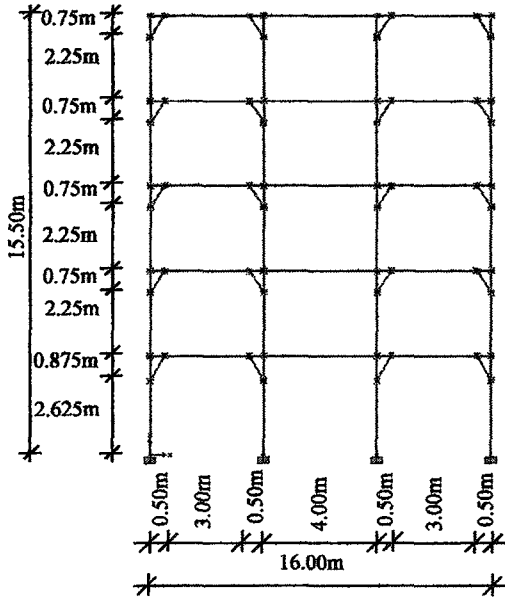


c) Çerçeve no:4

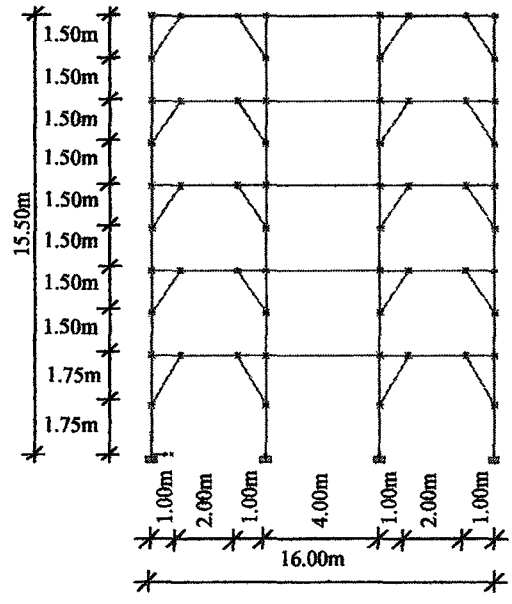


d) Çerçeve no:5

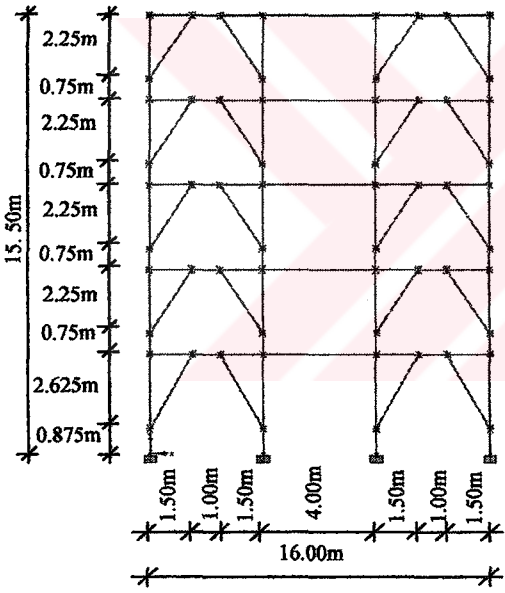
Şekil 29. Çalışmada dikkate alınan 5 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemler



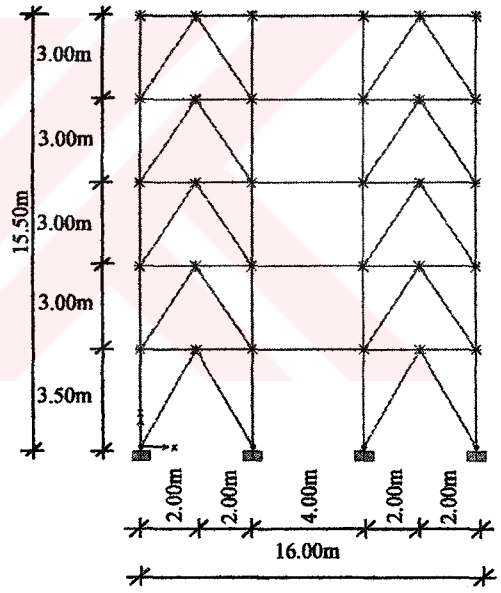
a) Çerçeve no:2



b) Çerçeve no:3



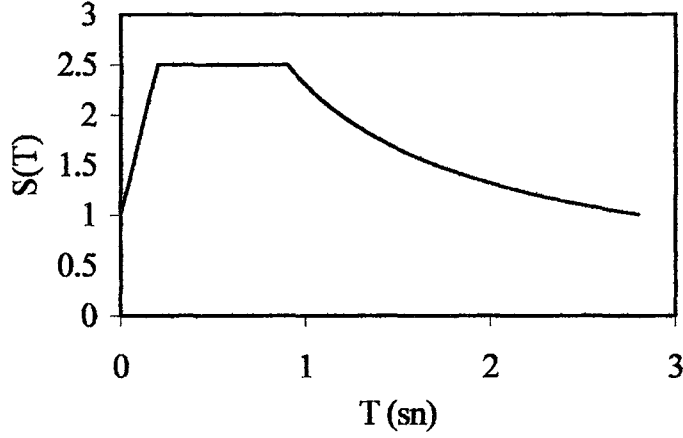
c) Çerçeve no:4



d) Çerçeve no:5

Şekil 30. Çalışmada dikkate alınan 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemler

Bu çalışmada dikkate alınan tüm çerçevelerin yapısal çözümlenmesi sırasında “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” de belirtilen; Z4 yerel zemin sınıfı seçilerek hazırlanan özel tasarım ivme spektrumu (Şekil 31) hazırlanmıştır.



Şekil 31. Tasarım İvme Spektrum Eğrisi

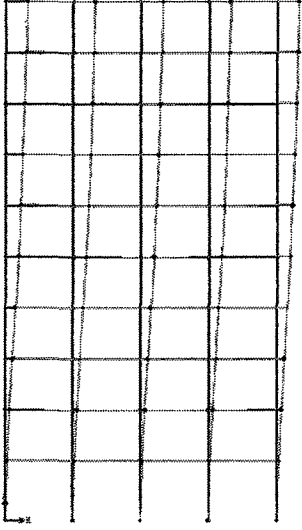
Diğer sayısal yöntemlerde olduğu gibi bu çalışmada kullanılan yapısal çözümlemede dikkate alınan sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen sonuçlarda da bir hata payı bulunmaktadır. Kullanılan sonlu eleman ağına bağlı olan bu hata payının mühendislikte kabul edilebilir olması yanında harcanan bilgisayar zamanının da uygun sınırlar içinde kalması bakımından kolon, kiriş ve eğik elemanların her biri birer eleman olarak dikkate alınmış ayrıca eğik elemanın kullanılmasıyla oluşturulan çerçevelerde eğik elemanların kesişim yerleri de düğüm noktası olarak kullanılmaktadır.

3. BULGULAR VE İRDELEME

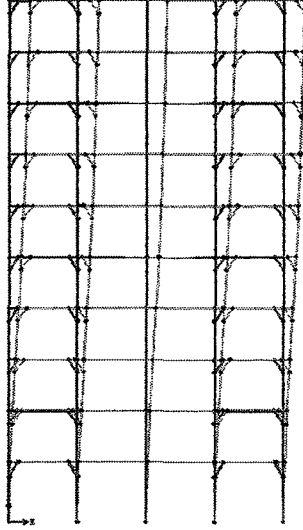
Bu çalışmada ABYYHY’te önerilen yöntemlerden biri olan Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak, dikkate alınan çerçevelere ait yerdeğiştirme, eğilme momenti, normal kuvvet ve kesme kuvveti değerleri belirlenmiştir. Bu çalışmada dikkate alınan 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemlerin tamamına ait yerdeğiştirme diyagramları Şekil 32’de, eğilme momenti diyagramları Şekil 33’de, normal kuvvet diyagramları Şekil 34’de ve kesme kuvveti diyagramları Şekil 35’de verilmektedir. 10 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemlerin tamamına ait yerdeğiştirme diyagramları Şekil 36’da, eğilme momenti diyagramları Şekil 37’de, normal kuvvet diyagramları Şekil 38’de ve kesme kuvveti diyagramları Şekil 39’da verilmektedir. Çalışmada dikkate alınan 7 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemlerin tamamına ait yerdeğiştirme diyagramları Şekil 40’da, eğilme momenti diyagramları Şekil 41’de, normal kuvvet diyagramları Şekil 42’de ve kesme kuvveti diyagramları Şekil 43’de, 7 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemlerin tamamına ait yerdeğiştirme diyagramları 44’de, eğilme momenti diyagramları Şekil 45’de, normal kuvvet diyagramları Şekil 46’da ve kesme kuvveti diyagramları Şekil 47’de verilmektedir. 5 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemlerin tamamına ait yerdeğiştirme diyagramları Şekil 48’de, eğilme momenti diyagramları Şekil 49’da, normal kuvvet diyagramları Şekil 50’de ve kesme kuvveti diyagramları Şekil 51’de, 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemlerin tamamına ait yerdeğiştirme diyagramları Şekil 52’de, eğilme momenti diyagramları Şekil 53’de, normal kuvvet diyagramları Şekil 54’de ve kesme kuvveti diyagramları Şekil 55’de verilmektedir.

Bu şekillerden görüldüğü gibi sistemi rijitleştirmek amacıyla kullanılan eğik elemanlar kolonlarda oluşan eğilme momentlerini azaltmasına rağmen normal kuvvetleri arttırmaktadır.

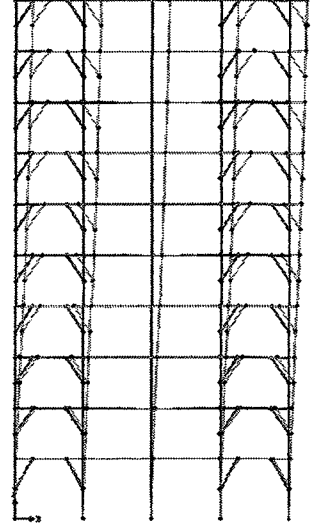
Bu çalışmada kullanılan tüm rijitleştirici eğik elemanlar, yatay yükleri daha çok normal kuvvete aktarmak yoluyla taşıdıklarından, eğilme momentini azaltmaktadırlar. Bu durum, projelendirilmeleri dikkatli olarak yapılmazsa, kolonların taşıma güçlerini basınç kırılması şeklinde kaybetmesine sebep olabilecektir.



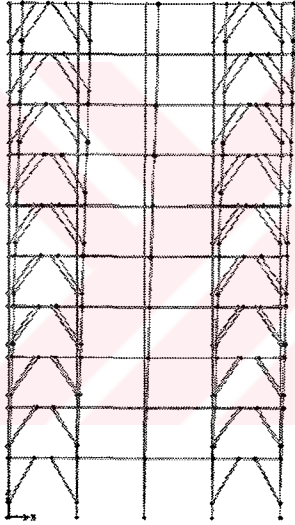
(a) Çerçeve no:1



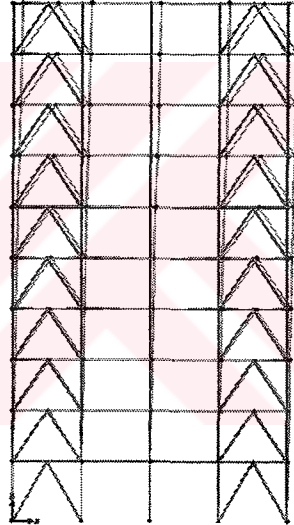
(b) Çerçeve no:2



(c) Çerçeve no:3

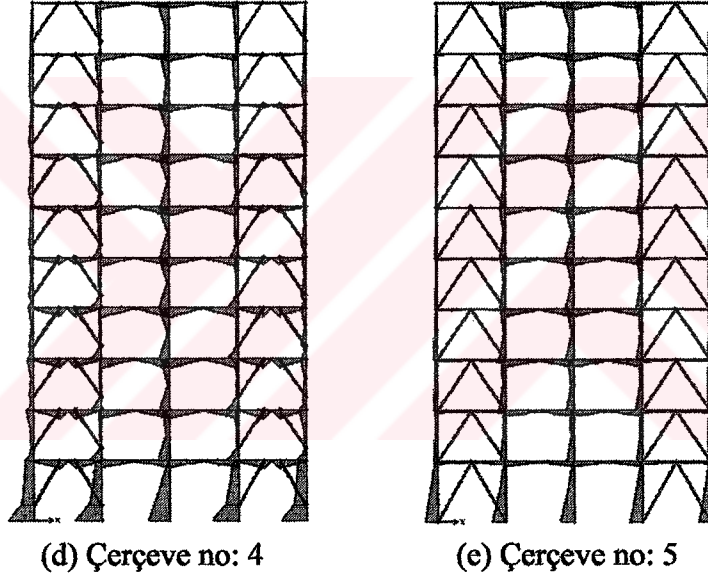
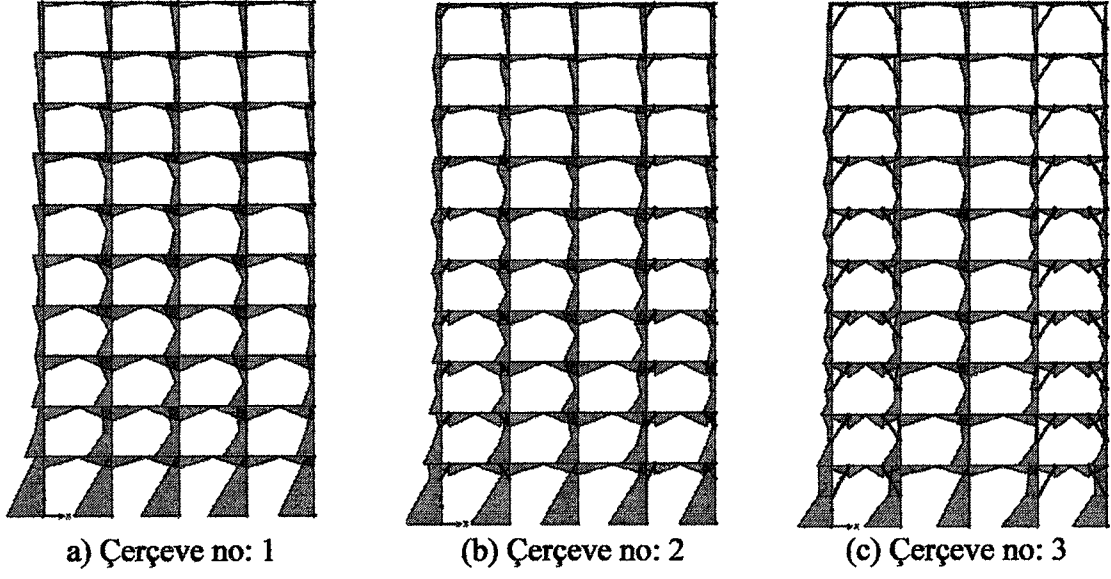


(d) Çerçeve no:4

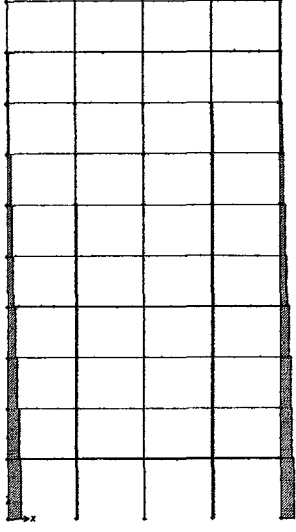


(e) Çerçeve no:5

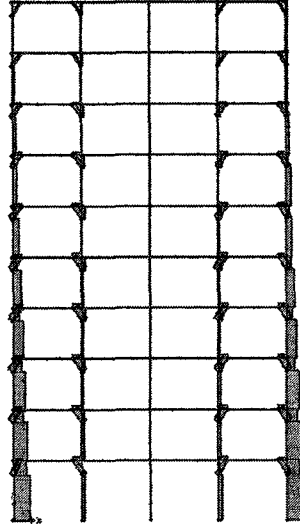
Şekil 32. 10 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin yerdeğiştirme diyagramları



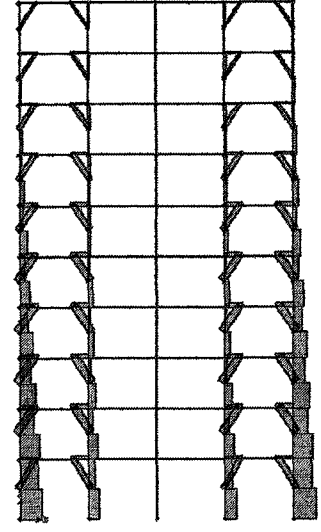
Şekil 33. 10 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin eğilme momenti diyagramları



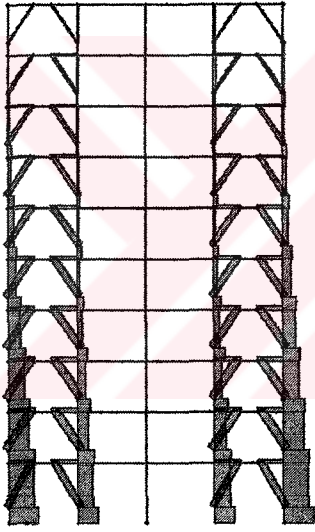
(a) Çerçeve no: 1



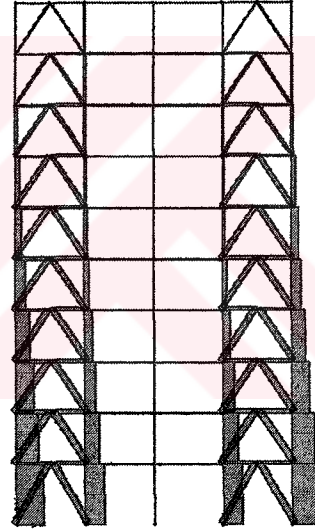
(b) Çerçeve no: 2



(c) Çerçeve no: 3

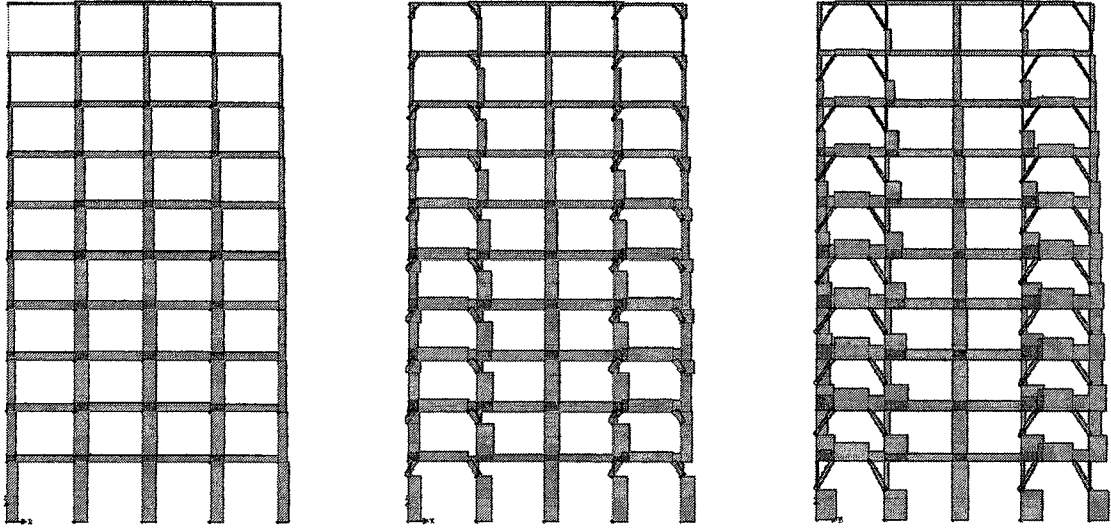


(d) Çerçeve no: 4



(e) Çerçeve no: 5

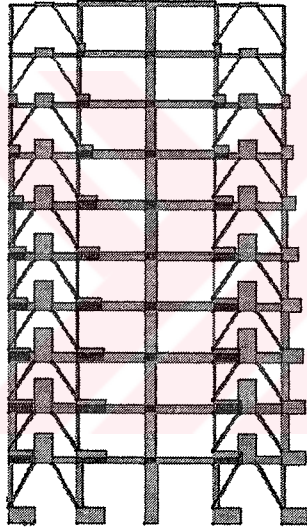
Şekil 34. 10 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin normal kuvvet diyagramları



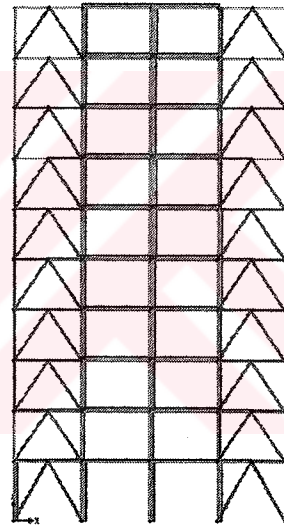
(a) Çerçeve no: 1

(b) Çerçeve no: 2

(c) Çerçeve no: 3

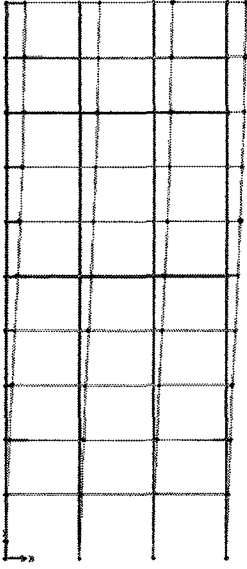


(d) Çerçeve no: 4

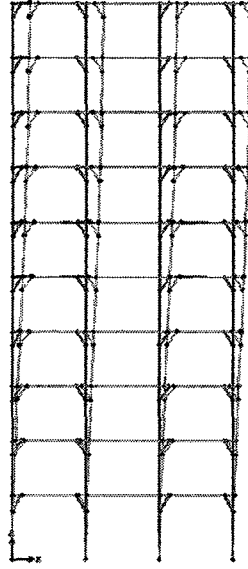


(e) Çerçeve no: 5

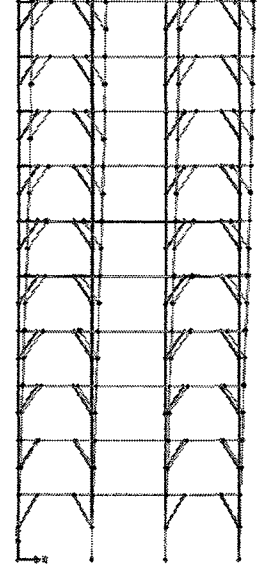
Şekil 35. 10 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin kesme kuvveti diyagramları



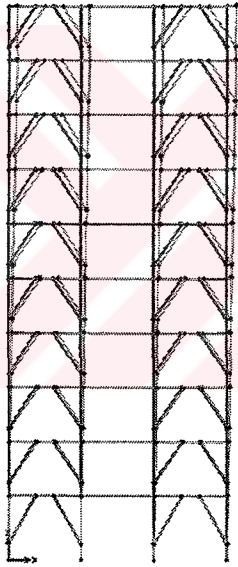
(a) Çerçeve no: 1



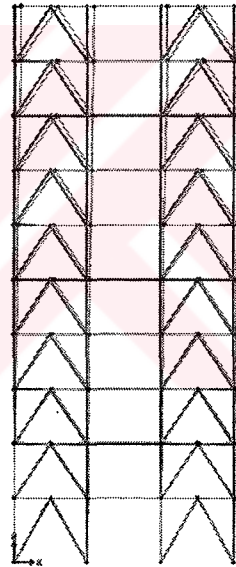
(b) Çerçeve no: 2



(c) Çerçeve no: 3

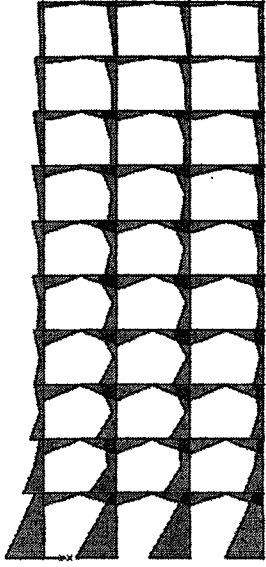


(d) Çerçeve no: 4

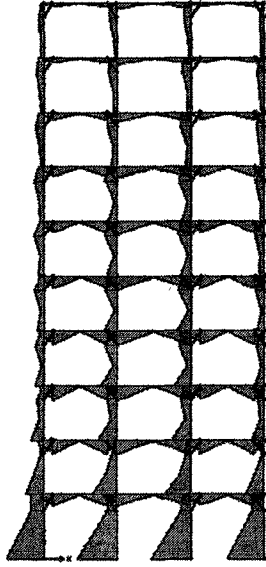


(e) Çerçeve no: 5

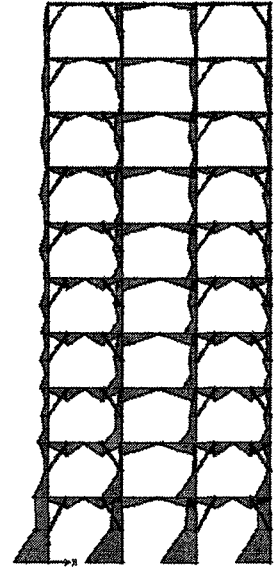
Şekil 36. 10 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin yerdeğiştirme diyagramları



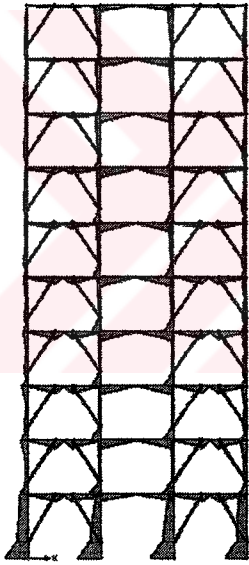
(a) Çerçeve no: 1



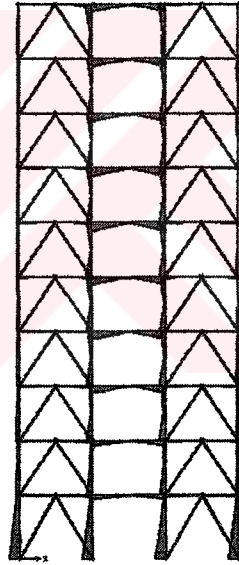
(b) Çerçeve no: 2



(c) Çerçeve no: 3

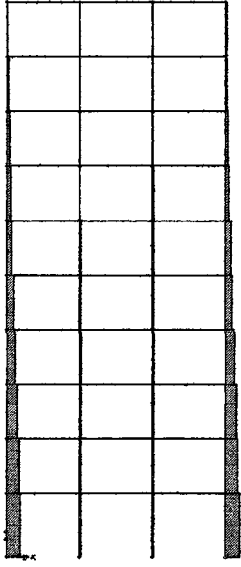


(d) Çerçeve no: 4

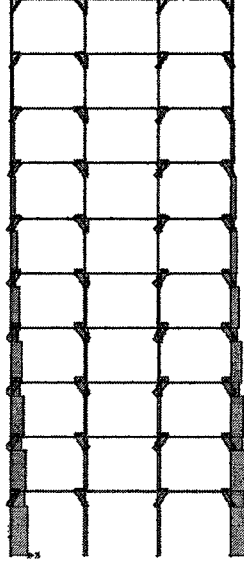


(e) Çerçeve no: 5

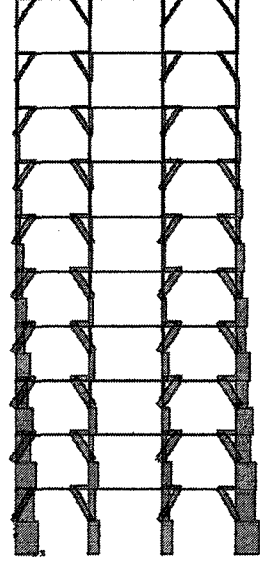
Şekil 37. 10 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin eğilme momenti diyagramları



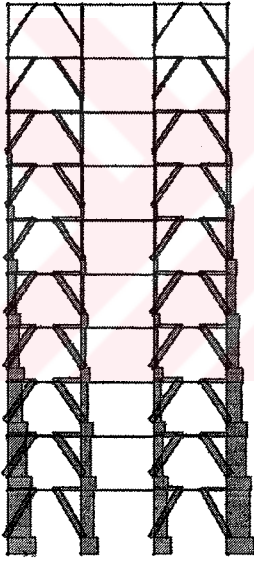
(a) Çerçeve no: 1



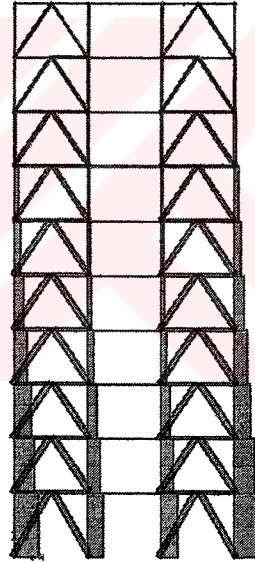
(b) Çerçeve no: 2



(c) Çerçeve no: 3

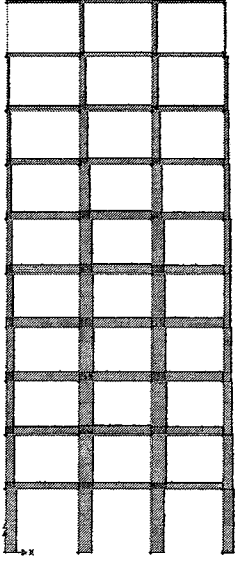


(d) Çerçeve no: 4

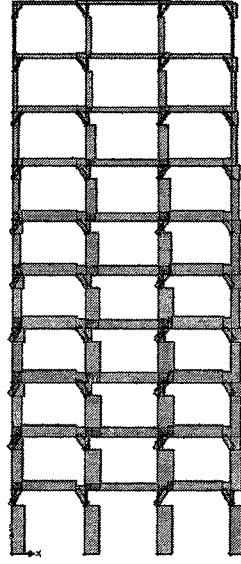


(e) Çerçeve no: 5

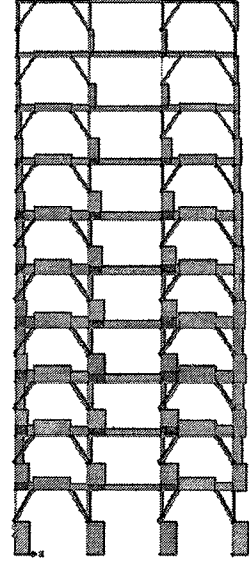
Şekil 38. 10 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin normal kuvvet diyagramları



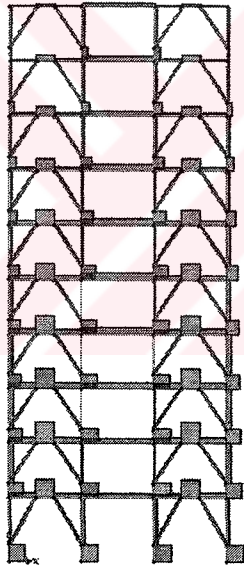
(a) Çerçeve no: 1



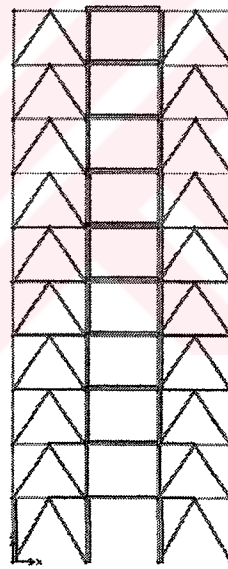
(b) Çerçeve no:2



(c) Çerçeve no: 3

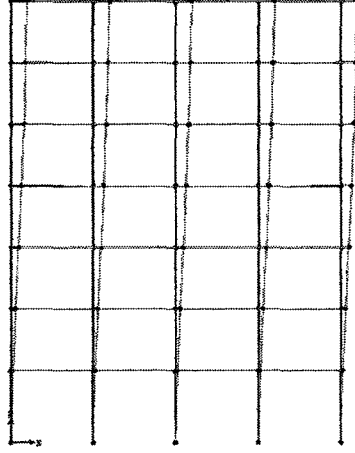


(d) Çerçeve no: 4

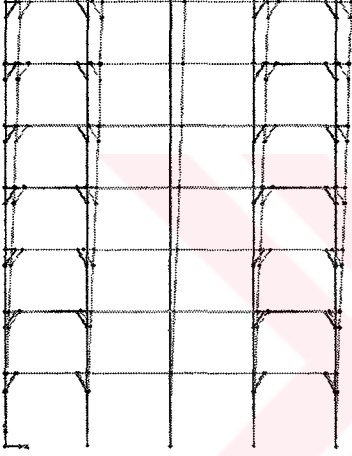


(e) Çerçeve no: 5

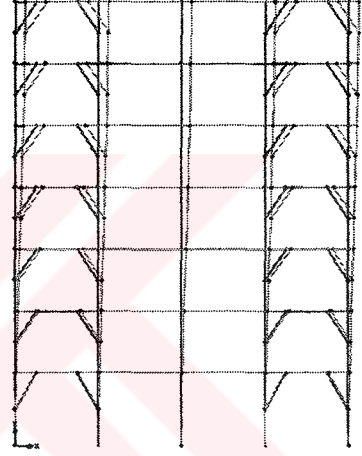
Şekil 39. 10 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin kesme kuvveti diyagramları



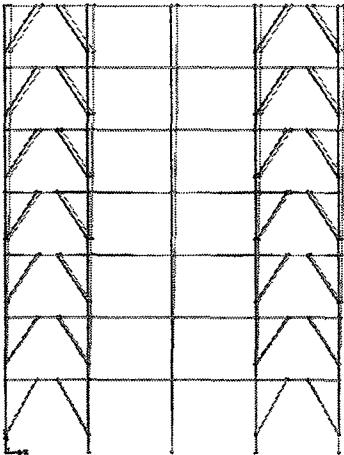
(a) Çerçeve no: 1



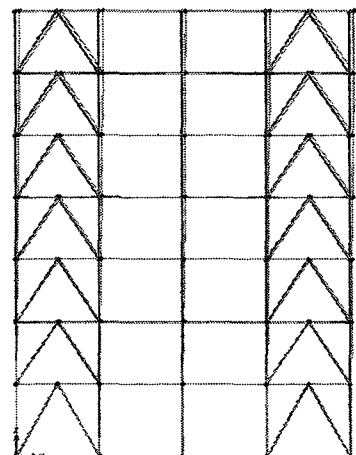
(b) Çerçeve no: 2



(c) Çerçeve no: 3

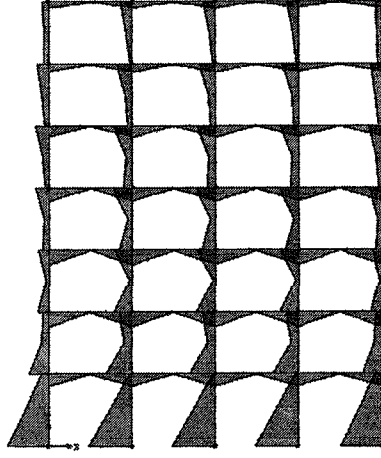


(d) Çerçeve no: 4

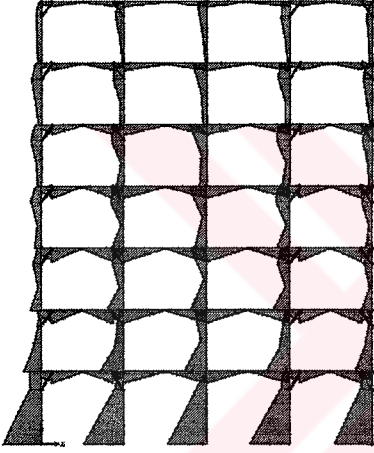


(e) Çerçeve no: 5

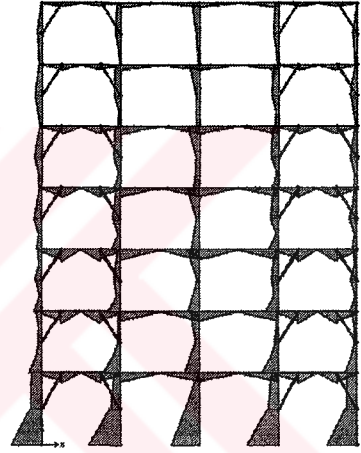
Şekil 40. 7 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin yerdeğiştirme diyagramları



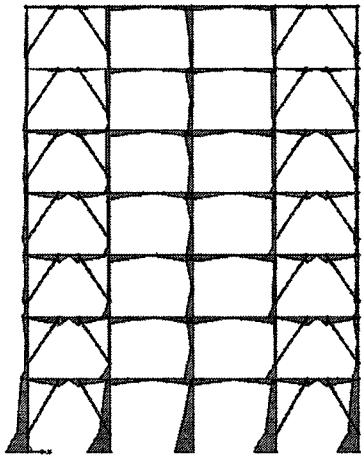
(a) Çerçeve no: 1



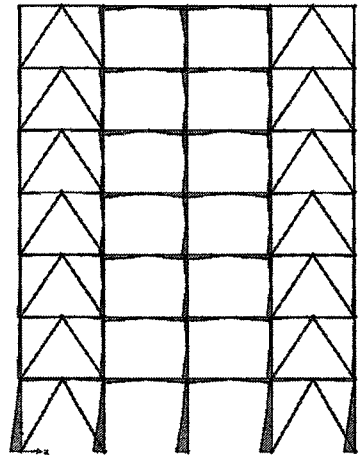
(b) Çerçeve no: 2



(c) Çerçeve no: 3

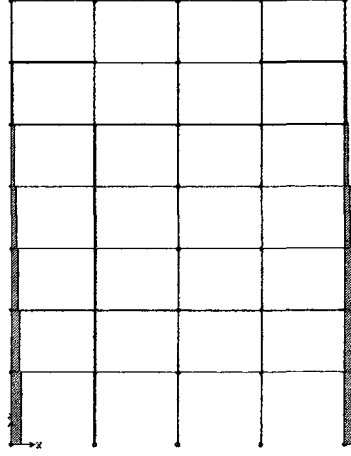


(d) Çerçeve no: 4

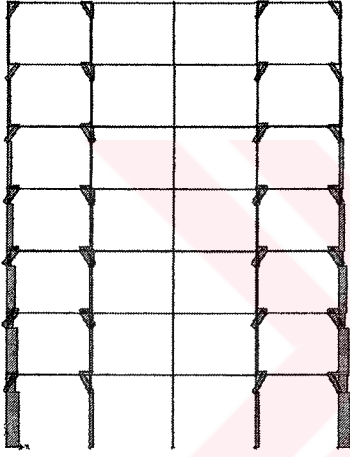


(e) Çerçeve no: 5

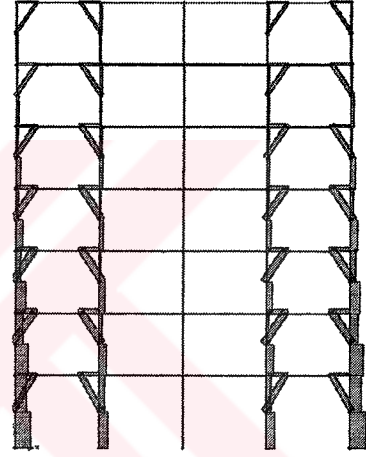
Şekil 41. 7 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçevelerin eğilme momenti diyagramları



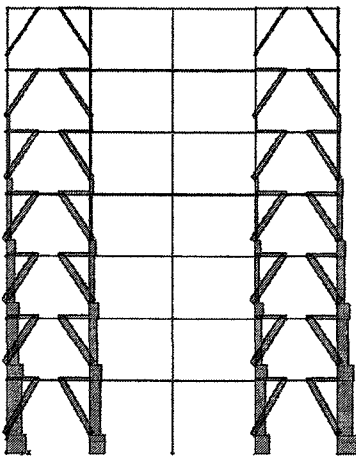
(a) Çerçeve no: 1



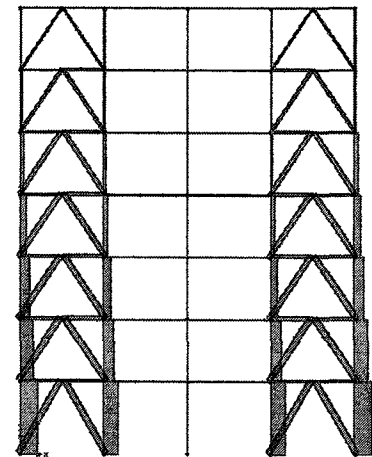
(b) Çerçeve no: 2



(c) Çerçeve no: 3

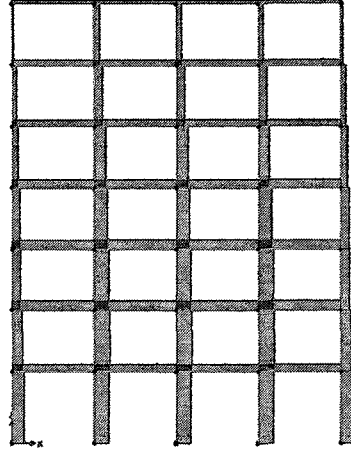


(d) Çerçeve No:4

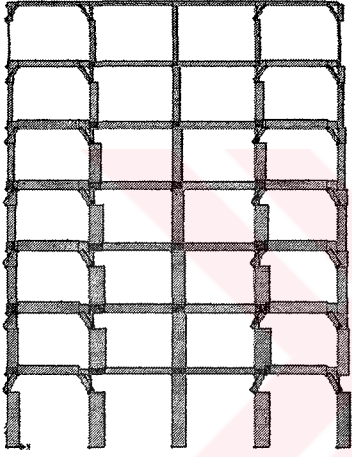


(e) Çerçeve No:5

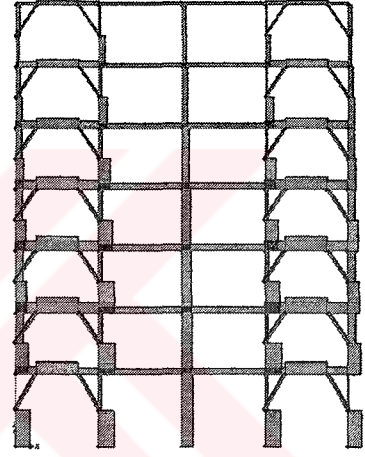
Şekil 42. 7 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçevelerin normal kuvvet diyagramları



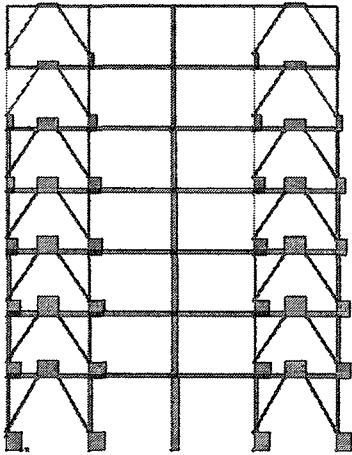
(a) Çerçeve no: 1



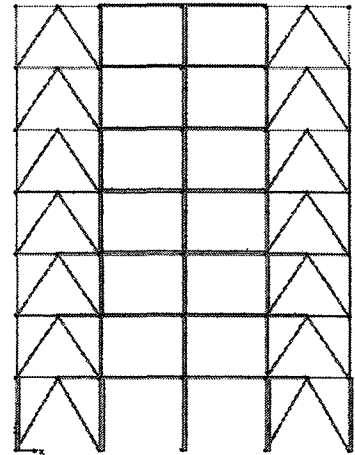
(b) Çerçeve no: 2



(c) Çerçeve no: 3

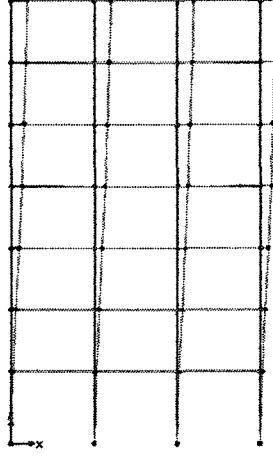


(d) Çerçeve No:4

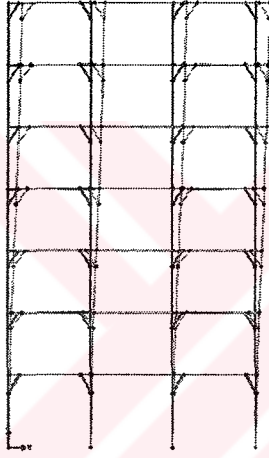


(e) Çerçeve No:5

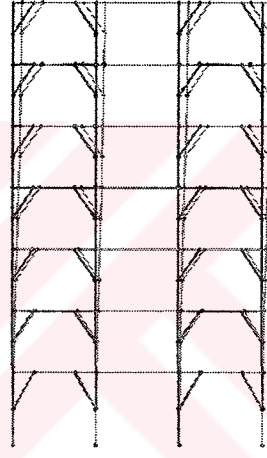
Şekil 43. 7 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçevelerin kesme kuvveti diyagramları



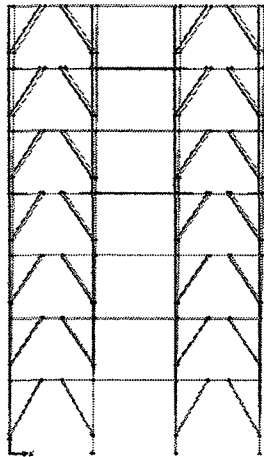
(a) Çerçeve no: 1



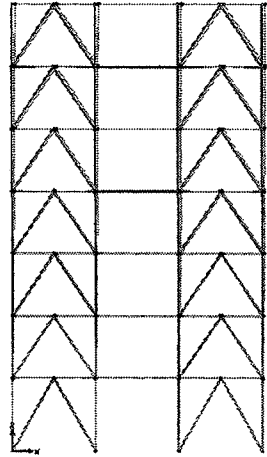
(b) Çerçeve no: 2



(c) Çerçeve no: 3

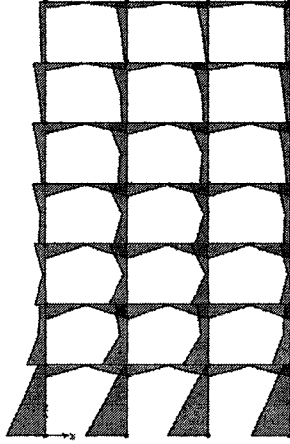


(d) Çerçeve no: 4

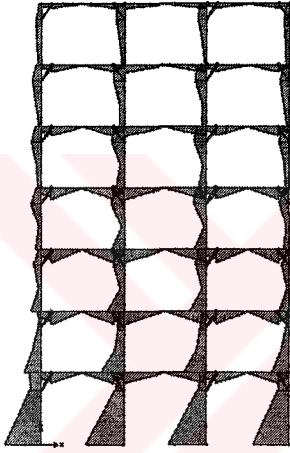


(e) Çerçeve no: 5

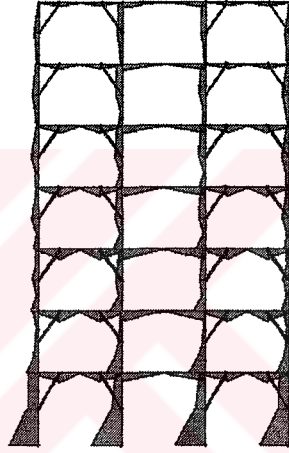
Şekil 44. 7 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin yerdeğiştirme diyagramları



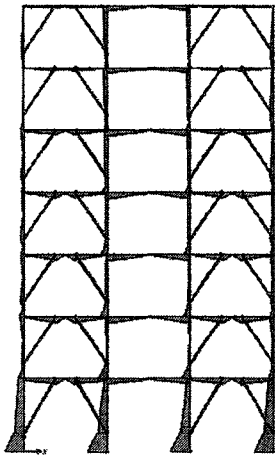
(a) Çerçeve No:1



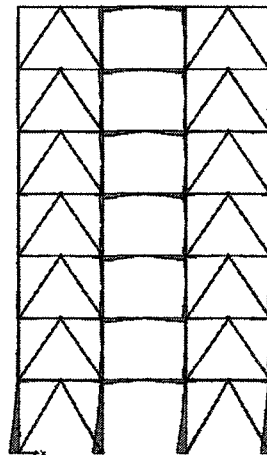
(b) Çerçeve no: 2



(c) Çerçeve no: 3

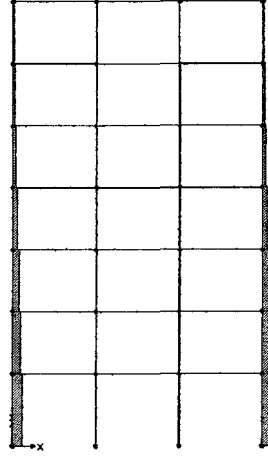


(d) Çerçeve no: 4

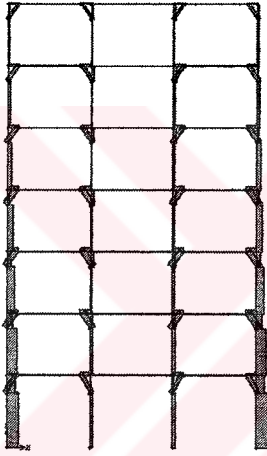


(e) Çerçeve no: 5

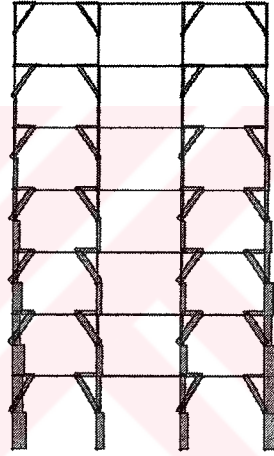
Şekil 45. 7 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçevelerin eğilme momenti diyagramları



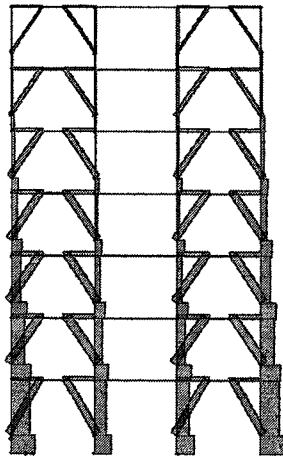
(a) Çerçeve no: 1



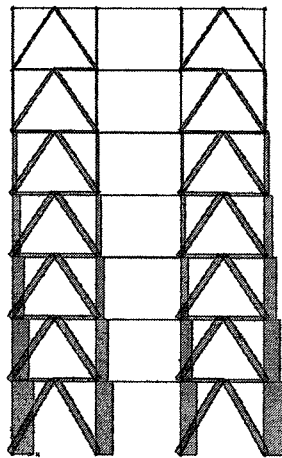
(b) Çerçeve no: 2



(c) Çerçeve no: 3

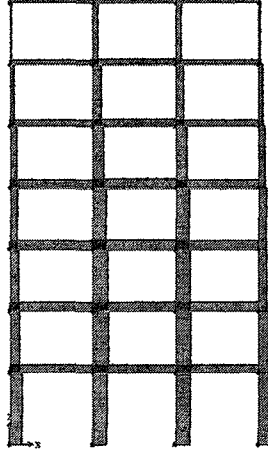


(d) Çerçeve no: 4

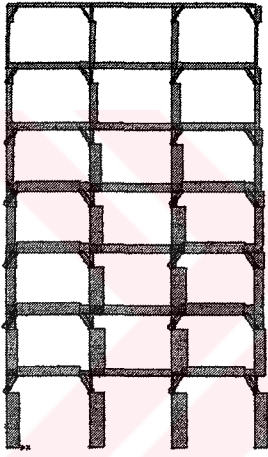


(e) Çerçeve no: 5

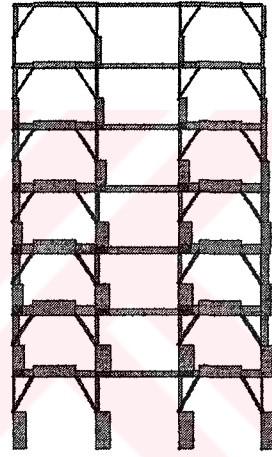
Şekil 46. 7 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçevelerin normal kuvvet diyagramları



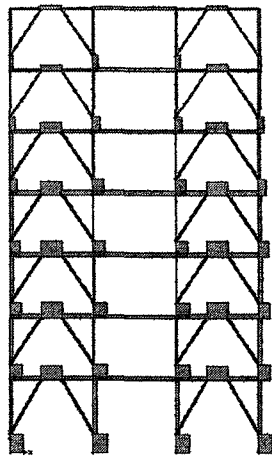
(a) Çerçeve no: 1



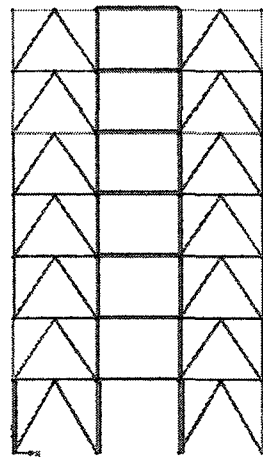
(b) Çerçeve no: 2



(c) Çerçeve no: 3

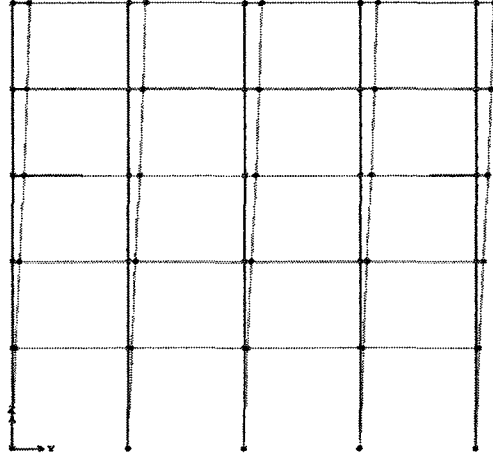


(d) Çerçeve no: 4

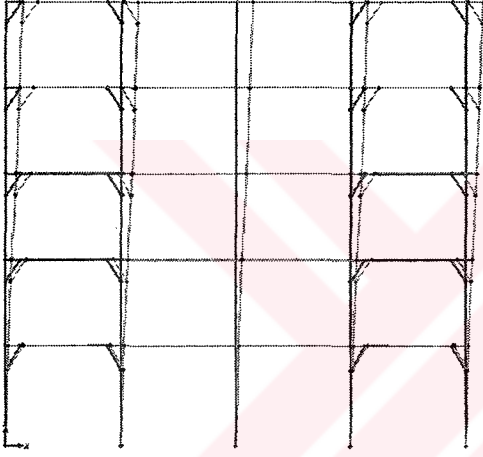


(e) Çerçeve no: 5

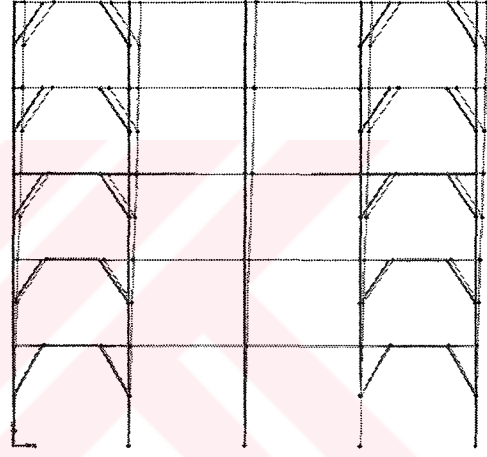
Şekil 47. 7 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçevelerin kesme kuvveti diyagramları



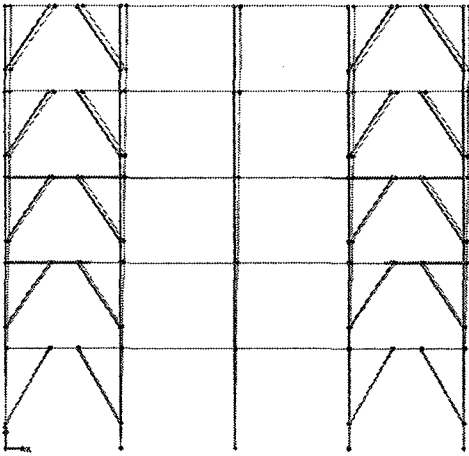
(a) Çerçeve no:1



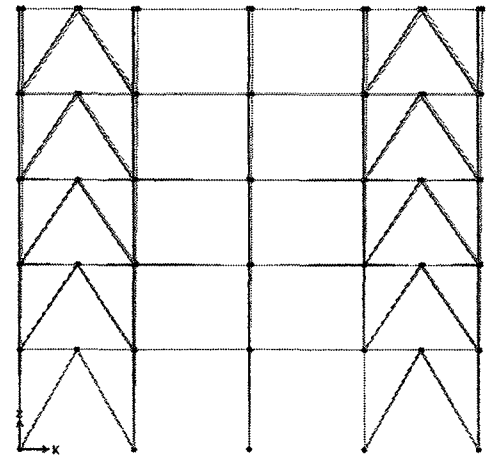
(b) Çerçeve no: 2



(c) Çerçeve no: 3

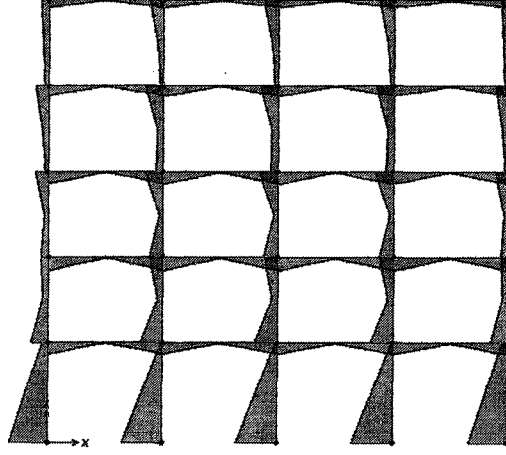


(d) Çerçeve no: 4

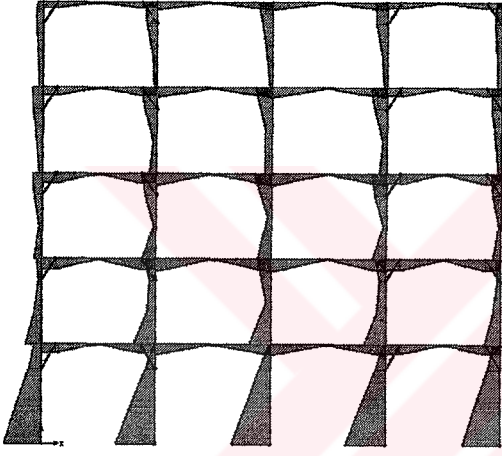


(e) Çerçeve no: 5

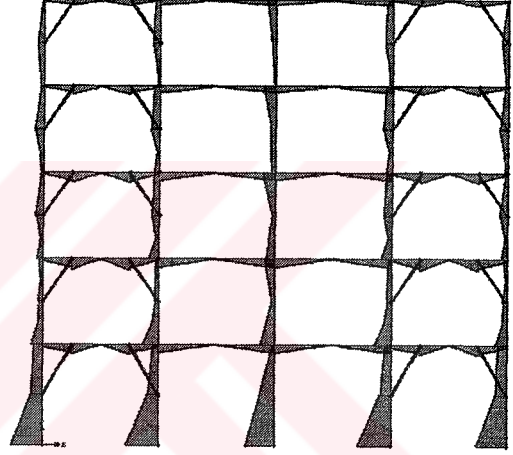
Şekil 48. 5 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin yerdeğiştirme diyagramları



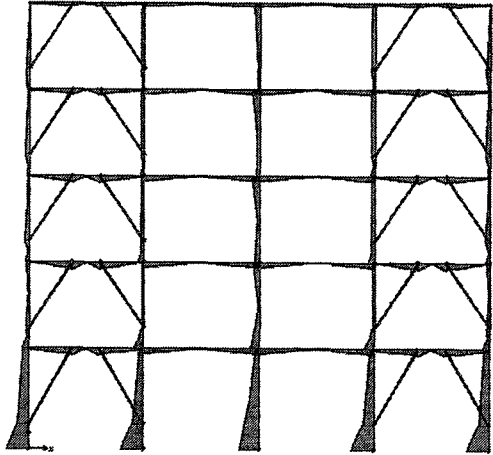
(a) Çerçeve no: 1



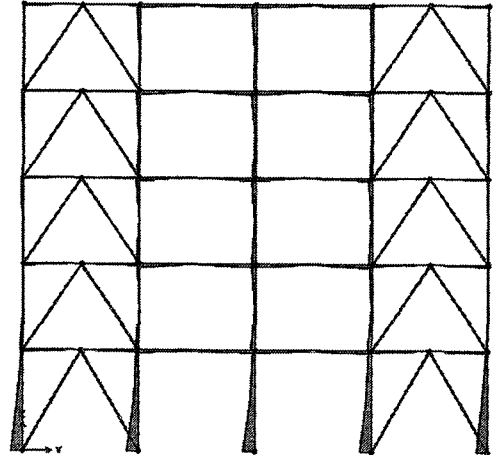
(b) Çerçeve no: 2



(c) Çerçeve no: 3

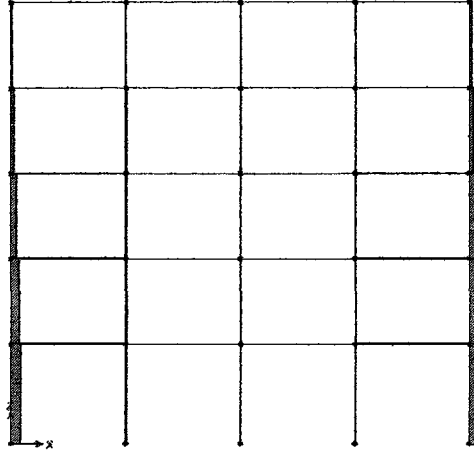


(d) Çerçeve no: 4

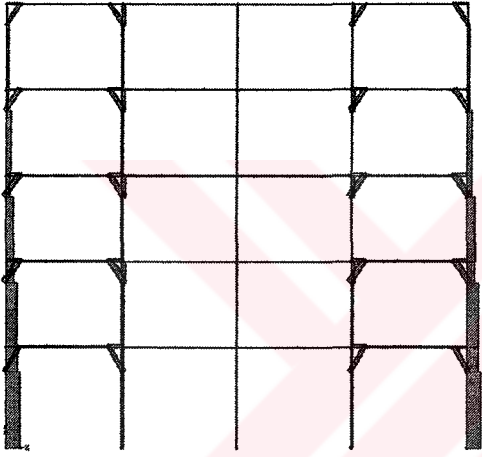


(e) Çerçeve no: 5

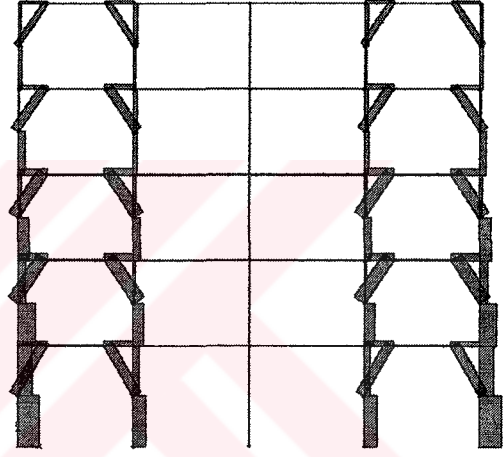
Şekil 49. 5 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin eğilme momenti diyagramları



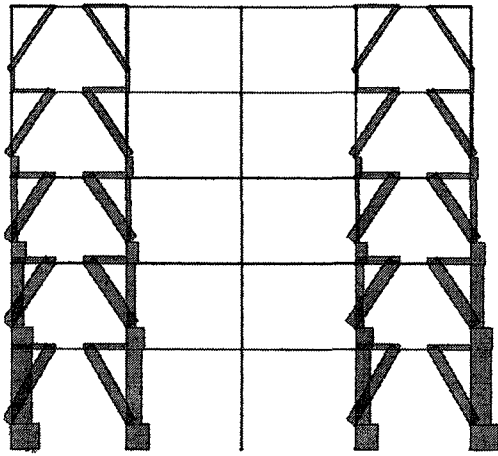
(a) Çerçeve no: 1



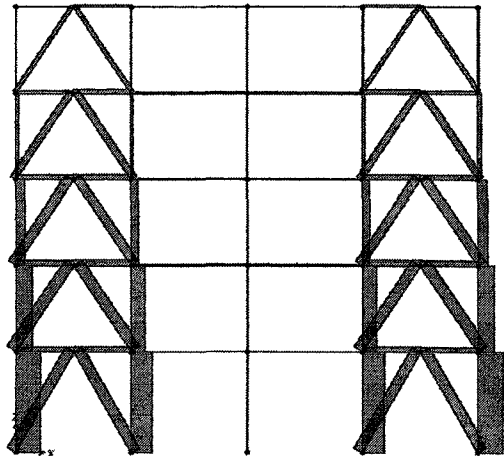
(b) Çerçeve no: 2



(c) Çerçeve no: 3

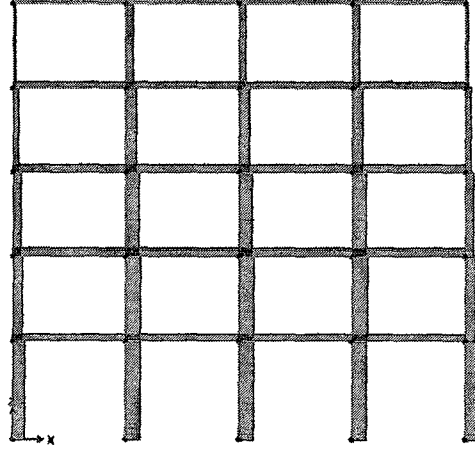


(d) Çerçeve no: 4

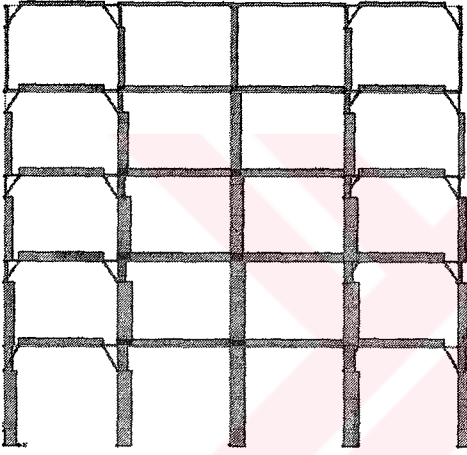


(e) Çerçeve no: 5

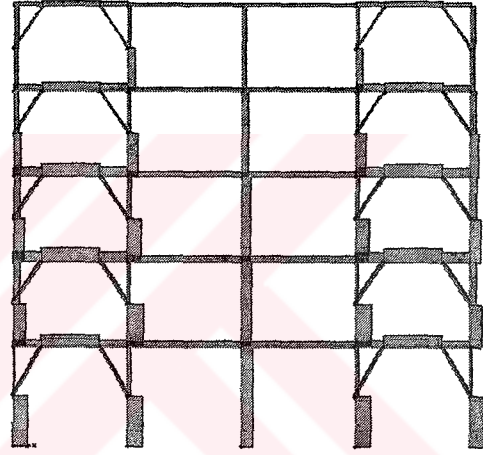
Şekil 50. 5 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin normal kuvvet diyagramları



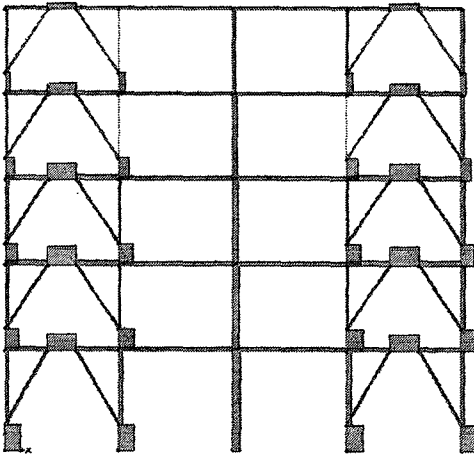
(a) Çerçeve no: 1



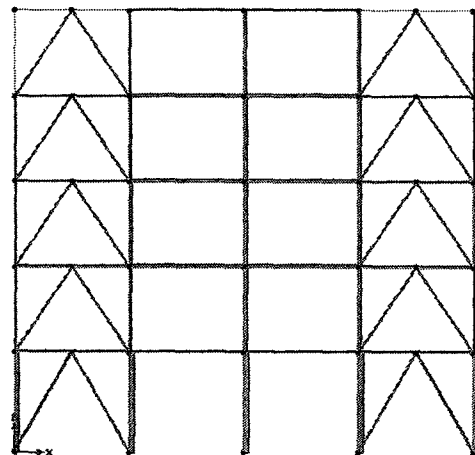
(b) Çerçeve no: 2



(c) Çerçeve no: 3

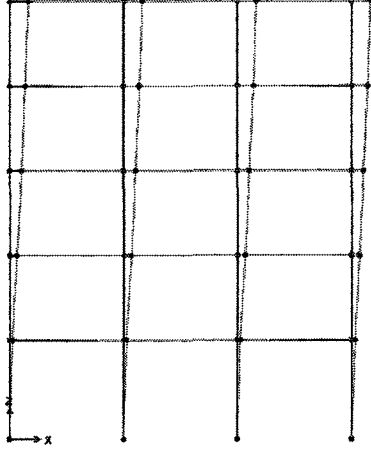


(d) Çerçeve no: 4

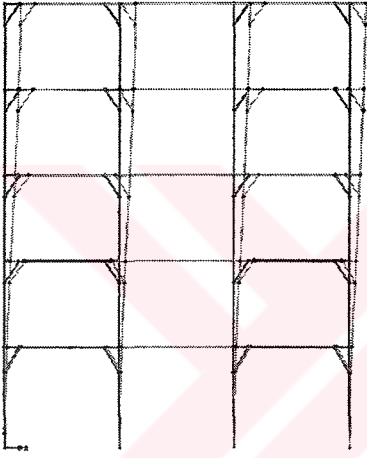


(e) Çerçeve no: 5

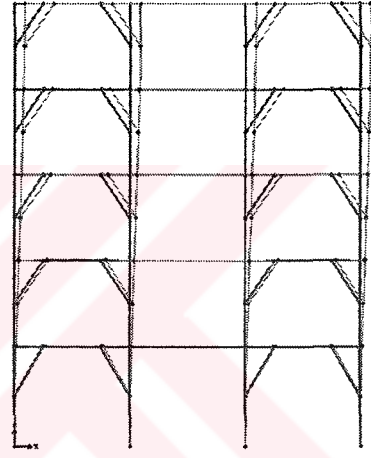
Şekil 51. 5 katlı ve 4 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin kesme kuvveti diyagramları



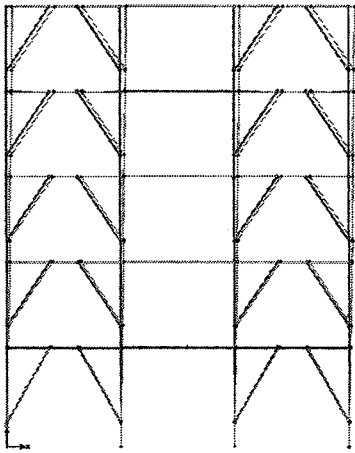
(a) Çerçeve no:1



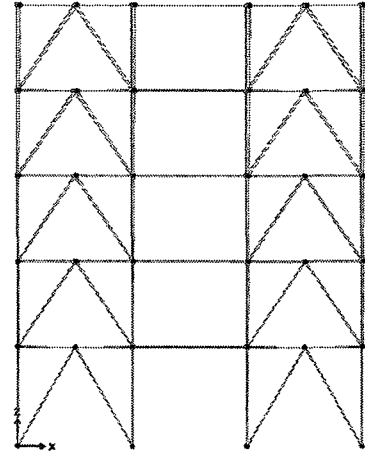
(b) Çerçeve no:2



(c) Çerçeve no:3

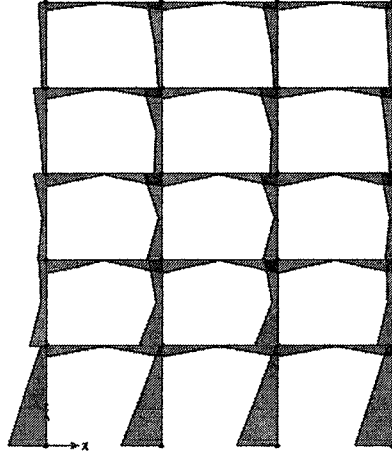


(d) Çerçeve no:4

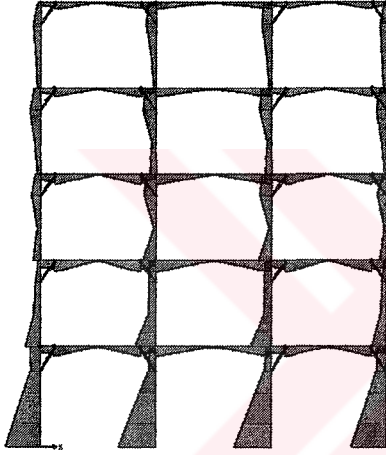


(e) Çerçeve No:5

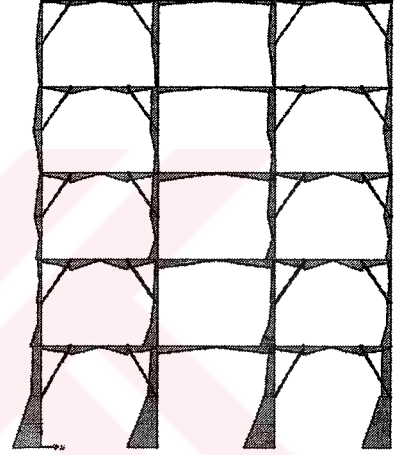
Şekil 52. 5 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin yerdeğiştirme diyagramları



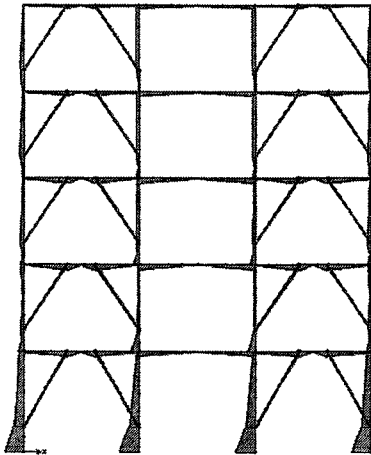
(a) Çerçeve no:1



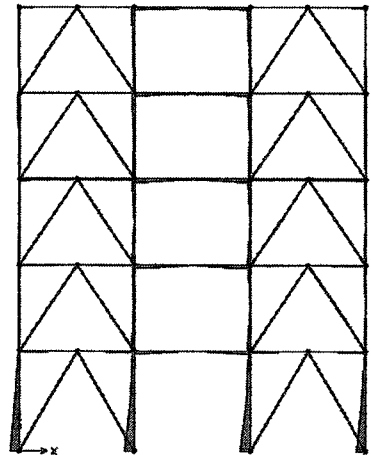
(b) Çerçeve no: 2



(c) Çerçeve no: 3

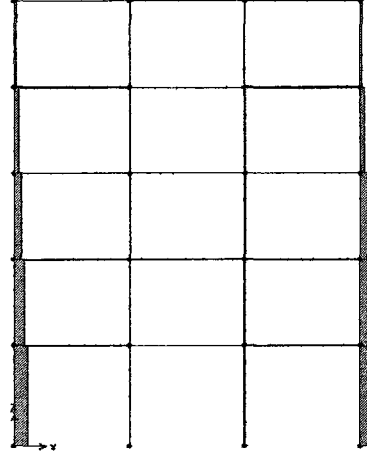


(d) Çerçeve no:4

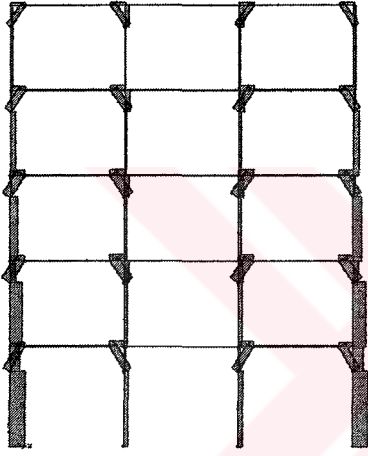


(e) Çerçeve no:5

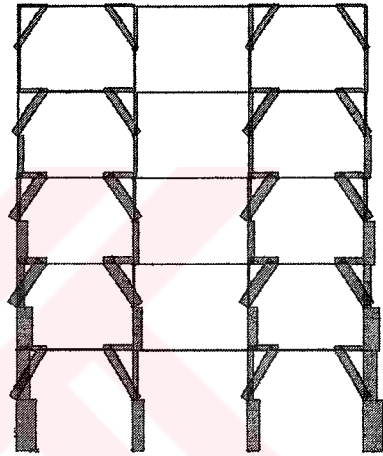
Şekil 53. 5 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3,(d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin eğilme momentleri



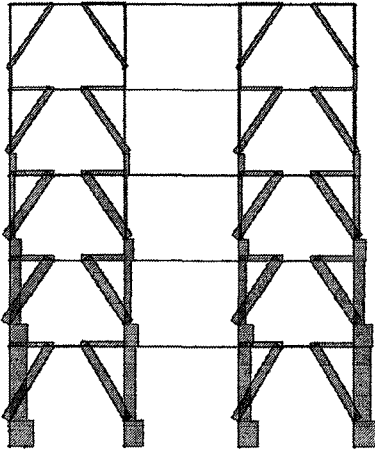
(a) Çerçeve no: 1



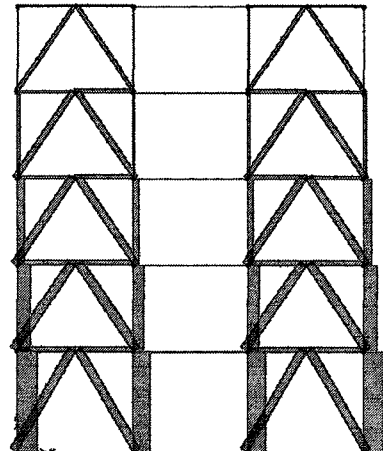
(b) Çerçeve no: 2



(c) Çerçeve no: 3

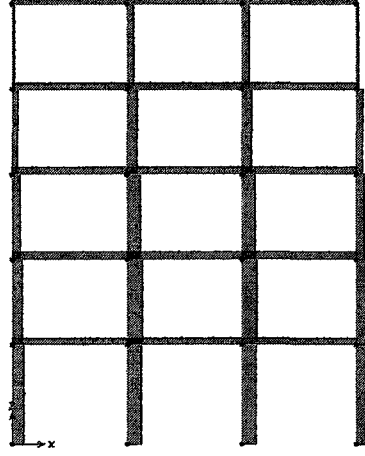


(d) Çerçeve no: 4

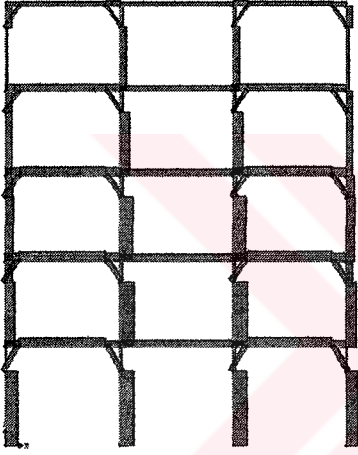


(e) Çerçeve no: 5

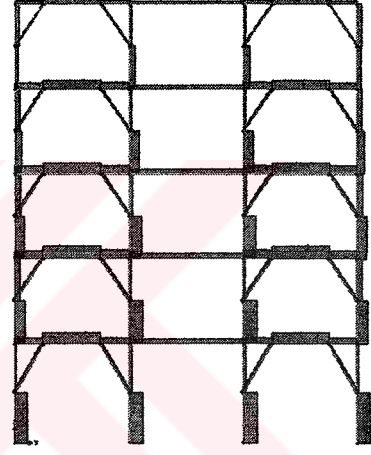
Şekil 54. 5 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin normal kuvvet diyagramları



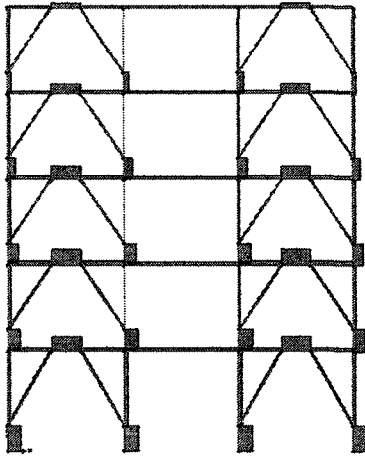
(a) Çerçeve no: 1



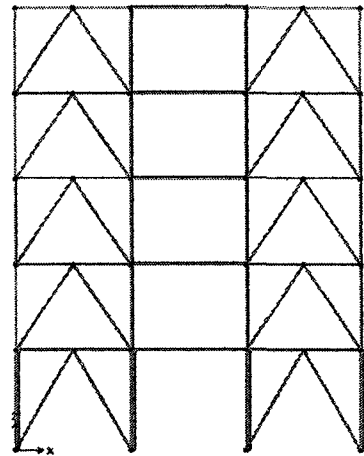
(b) Çerçeve no: 2



(c) Çerçeve no:3



(d) Çerçeve no: 4



(e) Çerçeve no: 5

Şekil 55. 5 katlı ve 3 açıklıklı (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4 ve (e) 5 nolu çerçeve sistemlerin kesme kuvveti diyagramları

Çalışmada dikkate alınan çerçeveleri karşılaştırmak amacıyla çerçevelerde belirlenen kesit etkilerinin mutlak değerce maksimumları, önem arz ettiğinden, aşağıda, dikkate alınan çerçevelere ait bu değerler, ilgili başlıklar altında sunulmaktadır.

3.1. Geleneksel Çerçeve Sisteme (Çerçeve no:1) Ait Bulgular ve İrdelenmesi

Bu çalışmada dikkate alınan geleneksel çerçeve sistemlere ait mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme, mutlak değerce maksimum eğilme momenti, mutlak değerce maksimum normal kuvvet ve mutlak değerce maksimum kesme kuvveti değerleri kat adedi ve açıklık sayısına bağlı olarak Çizelge 1’de verilmektedir.

Çizelge 1. Geleneksel çerçeve sisteme (Çerçeve no:1) ait mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme, eğilme momenti, normal kuvvet ve kesme kuvvetleri

| Kat adedi | Açıklık sayısı | Mutlak Değerce Mak. Yerdeğiştirme (m) | Mutlak Değerce Mak. Eğilme Momenti (kNm) | Mutlak Değerce Mak. Normal Kuvvet (kN) | Mutlak Değerce Mak. Kesme Kuvveti (kN) |
|-----------|----------------|---------------------------------------|--|--|--|
| 10 | 4 | 0,0514 | 559,2 | 716,8 | 151,5 |
| 10 | 3 | 0,0520 | 541,1 | 724,9 | 144,2 |
| 7 | 4 | 0,0313 | 508,7 | 458,4 | 140,5 |
| 7 | 3 | 0,0314 | 493,2 | 460,7 | 134,3 |
| 5 | 4 | 0,0148 | 352,1 | 224,6 | 100,4 |
| 5 | 3 | 0,0146 | 340,5 | 223,9 | 95,9 |

Çizelge 1’den görüldüğü gibi geleneksel çerçeve sistemler içinde en büyük mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme 10 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 52 mm olarak, en küçük yerdeğiştirme ise 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 14,6 mm olarak elde edilmiştir.

En büyük mutlak değerce maksimum eğilme momenti değeri 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemde 559,2 kNm olarak, en küçük mutlak değerce maksimum eğilme momenti ise 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçevede 340,5 kNm olarak oluşmaktadır.

Yine Çizelge 1’den görüldüğü gibi çalışmada dikkate alınan geleneksel çerçeve sistemlerde, en büyük mutlak değerce maksimum normal kuvvet 10 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 724,9 kN olarak, en küçük mutlak değerce maksimum normal kuvvet ise 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 223,9 kN olarak oluşmaktadır.

Çalışmada dikkate alınan geleneksel çerçeve sistemlerde en büyük mutlak değerce maksimum kesme kuvveti değeri 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemde 151,5 kN olarak, en küçük mutlak değerce maksimum kesme kuvveti ise 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 95,9 kN olarak oluşmaktadır.

3.2. Birinci Tür Dirsek Tipi Eğik Elemanlı Çerçeve Sisteme (Çerçeve no:2) Ait Bulgular ve İrdelenmesi

Bu çalışmada dikkate alınan çerçeve no:2 ye ait mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme, mutlak değerce maksimum eğilme momenti, mutlak değerce maksimum normal kuvvet ve mutlak değerce maksimum kesme kuvveti değerleri kat adedi ve açıklık sayısına bağlı olarak Çizelge 2’de verilmektedir.

Çizelge 2. Birinci tür dirsek tipi eğik elemanlı çerçeve sisteme (Çerçeve no:2) ait mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme, eğilme momenti, normal kuvvet ve kesme kuvvetleri

| Kat adedi | Açıklık sayısı | Mutlak Değerce Mak. Yerdeğiştirme (m) | Mutlak Değerce Mak. Eğilme Momenti (kNm) | Mutlak Değerce Mak. Normal Kuvvet (kN) | Mutlak Değerce Mak. Kesme Kuvveti (kN) |
|-----------|----------------|---------------------------------------|--|--|--|
| 10 | 4 | 0,0474 | 548,7 | 891,4 | 160,4 |
| 10 | 3 | 0,0467 | 527,1 | 869,7 | 153,9 |
| 7 | 4 | 0,0273 | 477,1 | 543,4 | 142,7 |
| 7 | 3 | 0,0263 | 452,1 | 523,9 | 114,1 |
| 5 | 4 | 0,0141 | 343,3 | 238,8 | 100,4 |
| 5 | 3 | 0,0124 | 314,3 | 257,9 | 96,4 |

Çizelge 2’den görüldüğü gibi çalışmada dikkate alınan bu çerçeve sistemler içinde en büyük mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemde 47,4 mm olarak, en küçük mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme ise 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 12,4 mm olarak elde edilmiştir.

En büyük mutlak değerce maksimum eğilme momenti değeri 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemde 548,7 kNm olarak, en küçük mutlak değerce maksimum eğilme momenti ise 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 314,3 kNm olarak oluşmaktadır.

Yine Çizelge 2’den görüldüğü gibi dikkate alınan bu çerçevelerde, en büyük mutlak değerce maksimum normal kuvvet, 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemde

891,4 kN olarak, en küçük mutlak değerce maksimum normal kuvvet ise 5 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemde 238,8 kN olarak oluşmaktadır.

Çalışmada dikkate alınan bu çerçevelerde, en büyük mutlak değerce maksimum kesme kuvveti değeri 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemde 160,4 kN olarak, en küçük mutlak değerce maksimum kesme kuvveti 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 96,4 kN olarak oluşmaktadır.

3.3. İkinci Tür Dirsek Tipi Eğik Elemanlı Çerçeve Sisteme (Çerçeve no:3) Ait Bulgular ve İrdelenmesi

Bu çalışmada dikkate alınan çerçeve no: 3'e ait mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme, mutlak değerce maksimum eğilme momenti, mutlak değerce maksimum normal kuvvet ve mutlak değerce maksimum kesme kuvveti değerleri kat adedi ve açıklık sayısına bağlı olarak Çizelge 3'de verilmektedir.

Çizelge 3. İkinci tür dirsek tipi eğik elemanlı çerçeve sisteme (Çerçeve no:3) ait mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme, eğilme momenti, normal kuvvet ve kesme kuvvetleri

| Kat adedi | Açıklık sayısı | Mutlak Değerce Mak. Yerdeğiştirme (m) | Mutlak Değerce Mak. Eğilme Momenti (kNm) | Mutlak Değerce Mak. Normal Kuvvet (kN) | Mutlak Değerce Mak. Kesme Kuvveti (kN) |
|-----------|----------------|---------------------------------------|--|--|--|
| 10 | 4 | 0,0396 | 509,4 | 1266,6 | 189,3 |
| 10 | 3 | 0,0373 | 476,1 | 1201,7 | 177,3 |
| 7 | 4 | 0,0196 | 395,1 | 713,0 | 148,8 |
| 7 | 3 | 0,0175 | 355,1 | 639,8 | 134,3 |
| 5 | 4 | 0,0093 | 278,6 | 365,3 | 107,0 |
| 5 | 3 | 0,0083 | 250,8 | 325,8 | 96,7 |

Çizelge 3'den görüldüğü gibi çalışmada dikkate alınan ikinci tür eğik elemanlı çerçeve sistemler içinde (Çerçeve no:3) en büyük mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemde 39,6 mm olarak, en küçük mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme ise 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 8,3 mm olarak elde edilmiştir.

En büyük mutlak değerce maksimum eğilme momenti değeri 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemde 509,4 kNm olarak, en küçük mutlak değerce maksimum

eğilme momenti ise 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 250,8 kNm olarak oluşmaktadır.

Yine Çizelge 3'den görüldüğü gibi bu çerçevelerde en büyük mutlak değerce maksimum normal kuvvet 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemde 1266,6kN olarak, en küçük mutlak değerce maksimum normal kuvvet değeri ise 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 325,8kN olarak oluşmaktadır.

Çalışmada dikkate alınan bu çerçeve sistemlerde, en büyük mutlak değerce maksimum kesme kuvveti 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemde 189,3 kNm olarak, en küçük mutlak değerce maksimum kesme kuvveti ise 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 96,7 kNm olarak oluşmaktadır.

3.4. Üçüncü Tür Dirsek Tipi Eğik Elemanlı Çerçeve Sisteme (Çerçeve no:4) Ait Bulgular ve İrdelenmesi

Bu çalışmada dikkate alınan çerçeve no:4'e ait mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme, mutlak değerce maksimum eğilme momenti, mutlak değerce maksimum normal kuvvet ve mutlak değerce maksimum kesme kuvveti değerleri kat adedi ve açıklık sayısına bağlı olarak Çizelge 4'de verilmektedir.

Çizelge 4. Üçüncü tür dirsek tipi eğik elemanlı çerçeve sisteme (Çerçeve no:4) ait mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme, eğilme momenti, normal kuvvet ve kesme kuvvetleri

| Kat adedi | Açıklık sayısı | Mutlak Değerce Mak. Yerdeğiştirme (m) | Mutlak Değerce Mak. Eğilme Momenti (kNm) | Mutlak Değerce Mak. Normal Kuvvet (kN) | Mutlak Değerce Mak. Kesme Kuvveti (kN) |
|-----------|----------------|---------------------------------------|--|--|--|
| 10 | 4 | 0,0296 | 377,7 | 1687,5 | 214,6 |
| 10 | 3 | 0,0251 | 319,5 | 1448,9 | 182,2 |
| 7 | 4 | 0,0121 | 267,9 | 889,7 | 153,6 |
| 7 | 3 | 0,0101 | 227,2 | 749,3 | 130,8 |
| 5 | 4 | 0,0055 | 194,2 | 479,6 | 112,4 |
| 5 | 3 | 0,0045 | 165,5 | 400,8 | 96,2 |

Çizelge 4'den görüldüğü gibi dikkate alınan üçüncü tür eğik elemanlı bu çerçeve sistemler içinde en büyük mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemde 29,6 mm olarak, en küçük mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme ise 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 4,5 mm olarak elde edilmiştir.

En büyük mutlak değerce maksimum eğilme momenti değeri 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemde 377,7 kNm olarak, en küçük mutlak değerce maksimum eğilme momenti değeri ise 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 165,5 kNm olarak oluşmaktadır.

Yine Çizelge 4'den görüldüğü gibi bu tip çerçevelerde en büyük mutlak değerce maksimum normal kuvvet 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemde 1687,5 kN olarak, en küçük mutlak değerce maksimum normal kuvvet ise 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 400,8 kN olarak oluşmaktadır.

Çalışmada dikkate alınan bu çerçeve sistemlerde en büyük mutlak değerce maksimum kesme kuvveti 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemde 214,6 kN olarak, en küçük mutlak değerce maksimum kesme kuvveti ise 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 96,2 kN olarak oluşmaktadır.

3.5. K Şeklinde Eğik Elemanlı Çerçeve Sisteme (Çerçeve no:5) Ait Bulgular ve İrdelenmesi

Bu çalışmada dikkate alınan K şeklinde eğik elemanlı çerçeve sistemlere (çerçeve no:5) ait mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme, mutlak değerce maksimum eğilme momenti, mutlak değerce maksimum normal kuvvet ve mutlak değerce maksimum kesme kuvveti değerleri kat adedi ve açıklık sayısına bağlı olarak Çizelge 5'de verilmektedir.

Çizelge 5'den görüldüğü gibi dikkate alınan K şeklinde eğik elemanlı çerçeve sistemler içinde (Çerçeve no:5) en büyük mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemde 22,5 mm olarak, en küçük mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme değeri ise 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 2,7 mm olarak elde edilmiştir.

Çizelge 5. K şeklinde eğik elemanlı çerçeve sisteme (Çerçeve no:5) ait mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme, eğilme momenti, normal kuvvet ve kesme kuvvetleri

| Kat adedi | Açıklık sayısı | Mutlak Değerce Mak. Yerdeğiştirme (m) | Mutlak Değerce Mak. Eğilme Momenti (kNm) | Mutlak Değerce Mak. Normal Kuvvet (kN) | Mutlak Değerce Mak. Kesme Kuvveti (kN) |
|-----------|----------------|---------------------------------------|--|--|--|
| 10 | 4 | 0,0225 | 184,5 | 1558,0 | 57,2 |
| 10 | 3 | 0,0185 | 149,1 | 1307,2 | 46,0 |
| 7 | 4 | 0,0082 | 131,7 | 813,2 | 42,5 |
| 7 | 3 | 0,0066 | 107,6 | 665,2 | 35,0 |
| 5 | 4 | 0,0033 | 97,6 | 424,2 | 32,6 |
| 5 | 3 | 0,0027 | 80,5 | 342,0 | 27,6 |

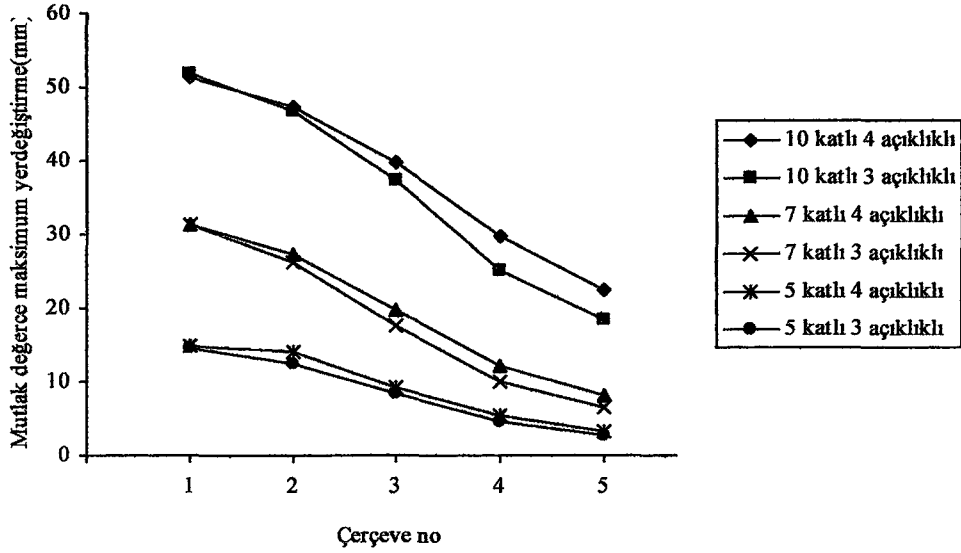
En büyük mutlak değerce maksimum eğilme momenti değeri 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemde 184,5 kNm olarak, en küçük mutlak değerce maksimum eğilme momenti değeri ise 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 80,5 kNm olarak oluşmaktadır.

Yine Çizelge 5'den görüldüğü gibi bu tip çerçevelerde en büyük mutlak değerce maksimum normal kuvvet 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemde 1558,0 kN olarak, en küçük mutlak değerce maksimum normal kuvvet ise 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 342,0 kN olarak oluşmaktadır.

Çalışmada dikkate alınan K şeklinde eğik elemanlı çerçeve sistemlerde, en büyük mutlak değerce maksimum kesme kuvveti değeri 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemde 57,2 kN olarak, en küçük mutlak değerce maksimum kesme kuvveti değeri ise 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemde 27,6 kN olarak elde edilmiştir.

3.6. Bulguların Karşılaştırması

Bu çalışmada dikkate alınan çerçeve sistemler için mod birleştirme yöntemiyle göre yapılan çözümlerden elde edilen mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme değerleri Şekil 56'da verilmektedir.

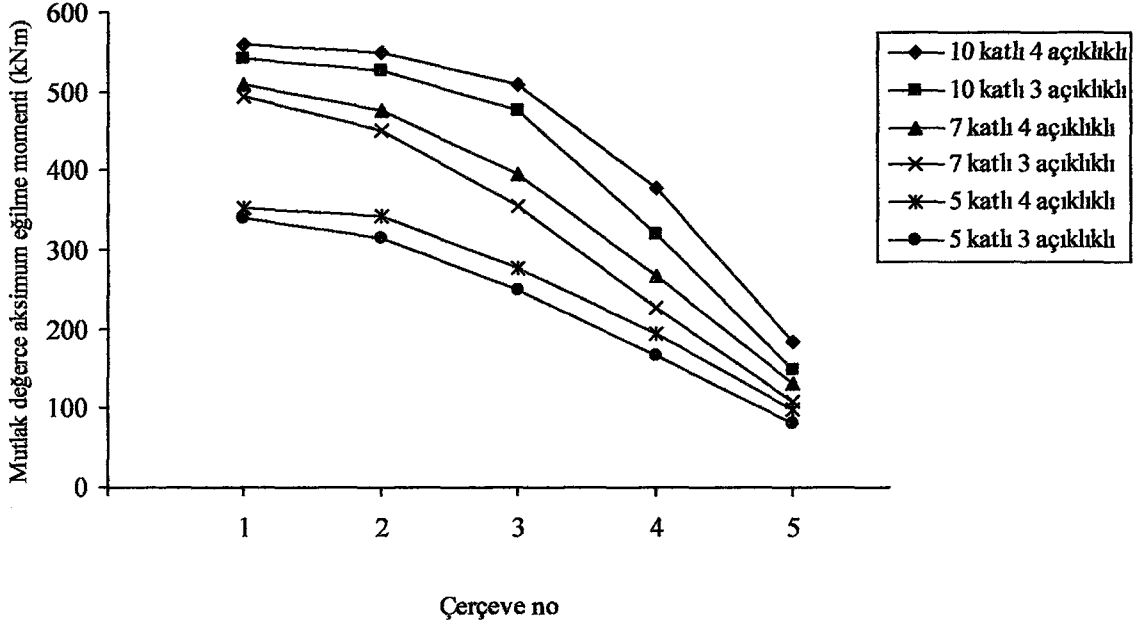


Şekil 56. Dikkate alınan çerçeve sistemlere ait mutlak değerce maksimum yerdeğiştirmeler

Şekil 56'dan görüldüğü gibi en büyük mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme 1 nolu çerçeve sistemlerde oluşurken en küçük mutlak değerce maksimum yerdeğiştirme ise K şeklinde eğik elemanlarla rijitleştirilmiş 5 nolu çerçeve sistemlerde oluşmaktadır. 10, 7 ve 5 katlı 3ve 4 açıklıklı çerçeve sistemlerin tümünde aynı durum görülmektedir.

Şekilden görüldüğü gibi yerdeğiştirme bakımından 5 nolu çerçeve sistemler diğerlerine göre daha iyi sonuç vermektedir.

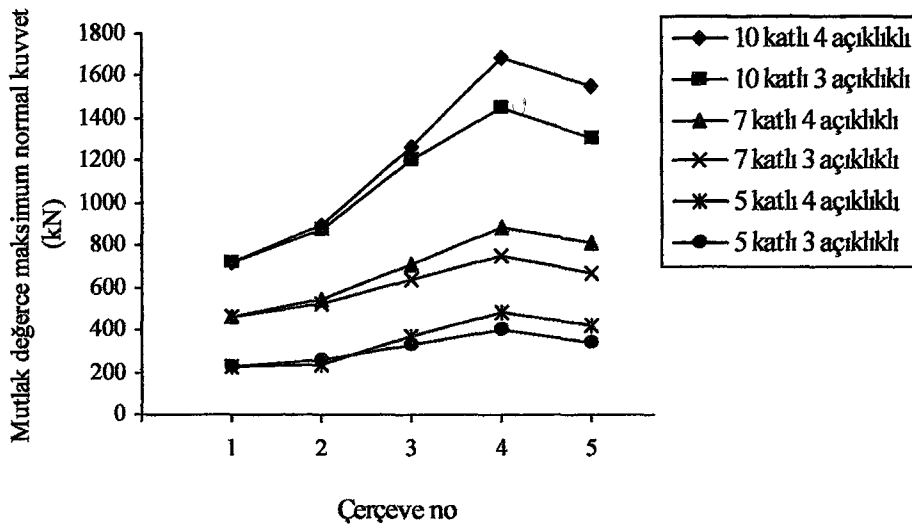
Çalışmada dikkate alınan çerçeve sistemlerden elde edilen mutlak değerce maksimum eğilme momenti değerleri Şekil 57'de verilmektedir. Bu şekilden görüldüğü gibi en büyük mutlak değerce maksimum eğilme momenti 1 nolu çerçeve sistemlerde oluşurken en küçük mutlak değerce maksimum eğilme momenti ise K şeklinde eğik elemanla rijitleştirilmiş 5 nolu çerçeve sistemlerde oluşmaktadır.



Şekil 57. Dikkate alınan çerçeve sistemlerin mutlak değerce maksimum eğilme momentleri

Şekil 57'den görüldüğü gibi maksimum eğilme momenti, beklenildiği gibi, 10 katlı çerçeve sistemlerde oluşmaktadır. Açıklık sayısının 4'ten 3'e düşürülmesi bütün sistemlerde önemli bir değişikliğe neden olmamakta, elde edilen eğilme momenti değerleri pratik olarak aynı kalmaktadır.

Çalışmada dikkate alınan çerçeve sistemlerin çözümünden elde edilen mutlak değerce maksimum normal kuvvet değerleri Şekil 58'de verilmektedir.



Şekil 58. Dikkate alınan çerçevelerin mutlak değerce maksimum normal kuvvetleri

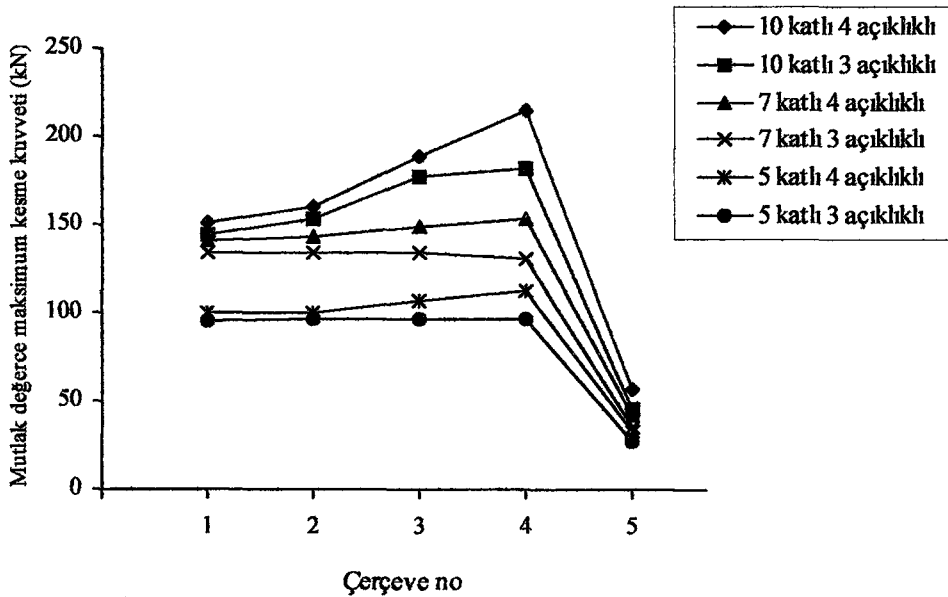
Şekil 58'den görüldüğü gibi incelenen çerçeve sistemlerin mutlak değerce maksimum normal kuvvet değerleri oldukça farklıdır. Dikkate alınan çerçeve sistemlerde en küçük mutlak değerce maksimum normal kuvvet değeri geleneksel çerçeve sistemde, en büyük mutlak değerce maksimum normal kuvvet ise 4 nolu çerçeve sistemde oluşmaktadır.

Yine Şekil 58'den görüldüğü gibi 10 katlı çerçeve sistemlerde en büyük mutlak değerce maksimum normal kuvvet 4 ve 5 nolu çerçeve sistemlerde oluşurken, en küçük mutlak değerce maksimum normal kuvvet ise geleneksel çerçeve sistemde oluşmaktadır. 7 ve 5 katlı çerçeve sistemlerde de benzer durum görülmektedir.

Yine bu şekilden görüldüğü gibi kat adedi ve açıklık sayına göre, mutlak değerce maksimum normal kuvvet 10 katlı ve 4 açıklıklı çerçeve sistemlerde oluşmaktadır. En küçük mutlak değerce maksimum normal kuvvet ise 5 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistemlerde oluşmaktadır. Ayrıca şekilden görüldüğü gibi kat adedinin ve açıklık sayısının azaltılması ile çerçevelerin mutlak değerce maksimum normal kuvvet değerinin azaldığı görülmektedir.

Genel olarak maksimum normal kuvvetin geleneksel çerçeve sistemden eğik elemanlarla oluşturulan çerçeve sistemlere geçerken arttığı görülmektedir.

Çalışmada dikkate alınan çerçeve sistemlerin çözümünden elde edilen mutlak değerce maksimum kesme kuvveti değerleri Şekil 59'da verilmektedir.



Şekil 59. Dikkate alınan çerçevelerin mutlak değerce maksimum kesme kuvvetleri

Şekil 59'dan görüldüğü gibi incelenen çerçeve sistemlerin mutlak değerce maksimum kesme kuvveti değerleri oldukça farklıdır. Dikkate alınan çerçeve sistemlerde en küçük mutlak değerce maksimum kesme kuvveti değeri K şeklinde eğik elemanlı çerçeve sistemde, en büyük mutlak değerce maksimum kesme kuvveti ise 4 nolu çerçeve sistemde oluşmaktadır.

Yine bu şekilden görüldüğü gibi 10 katlı çerçeve sistemlerden K şeklinde eğik elemanlı çerçeve sistemde oluşan mutlak değerce maksimum kesme kuvvetlerinin 2, 3 ve 4 nolu çerçeve sistemlerden çok daha küçük olduğu görülmektedir. Benzer davranış 7 katlı ve 5 katlı çerçeve sistemlerde de görülmektedir.

Ayrıca şekillerden görüldüğü gibi kat adedinin ve açıklık sayısının azaltılması ile çerçevelerin mutlak değerce maksimum kesme kuvveti değerlerinin azaldığı görülmektedir.



4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın temel amacı deprem etkisindeki geleneksel çerçeve sistem, farklı şekilde düzenlenen dirsek tipi eğik elemanlar ve K tipi eğik eleman ile rijitleştirilmiş çerçeve sistem yapıların lineer davranışlarının karşılaştırılması olarak incelenmesinden ibaretti. Bu amaç doğrultusunda modellenen her bir sistem için yerdeğiştirme, eğilme momenti, normal kuvvet ve kesme kuvvetinden oluşan bulgular elde edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular ve bunlara göre yapılan irdelemelerden çıkarılabilecek bazı sonuçlar ve öneriler aşağıda verilmektedir.

1. 5 ve 7 katlı çerçeve sistemlerin yerdeğiştirmeleri birbirine yakın olmasına rağmen 10 katlı çerçevelerin yerdeğiştirmeleri diğerlerinden oldukça büyüktür.
2. Yerdeğiştirme bakımından K tipi eğik elemanlı çerçeve sistemler diğer çerçeve sistemlerden daha iyi sonuç vermiştir.
3. Geleneksel çerçeve sistemlerde oluşan maksimum eğilme momenti diğer çerçeve sistemlerde oluşan eğilme momentlerinden daha büyüktür.
4. Eğik elemanlı çerçeve sistemler arasında maksimum eğilme momenti 5 nolu çerçeve sistemde en küçük, 2 nolu çerçeve sistemde ise en büyük değerini almaktadır.
5. Genel olarak en küçük mutlak değerce maksimum normal kuvvet geleneksel çerçeve sistemlerde oluşmaktadır.
6. Eğik elemanlı çerçeve sistemler arasında mutlak değerce maksimum normal kuvvet 4 nolu çerçeve sistemde en büyük, 2 nolu çerçeve sistemde ise en küçük değerini almaktadır.
7. Normal kuvvetler bakımından, genel olarak, geleneksel çerçeve sistemler diğerlerine göre daha iyi sonuç vermektedir.
8. Eğik elemanlı çerçeve sistemler arasında mutlak değerce maksimum kesme kuvveti, 4 nolu çerçeve sistemde en büyük, 5 nolu çerçeve sistemde en küçük değerini almaktadır.
9. Kesme kuvvetleri bakımından, genel olarak, K tipi eğik elemanlarla rijitleştirilmiş çerçeve sistemler daha iyi sonuç vermektedir.
10. Bu çalışmada kullanılan tüm eğik elemanlar, teknik literatürde de belirtildiği gibi diğer tür eğik elemanlara da benzer şekilde, yatay yükleri daha çok normal kuvvete

aktarmak yoluyla taşıdıklarından, eğilme momentini azaltmaktadırlar. Bu durum, projelendirilmeleri dikkatli olarak yapılmazsa, kolonların taşıma güçlerini basınç kırılması şeklinde kaybetmesine sebep olabilecektir.

11. Maksimum rölatif yerdeğiştirmelerde ve dikkate alınan kesit etkilerinde geleneksel çerçeve sisteme göre meydana gelen artış ya da azalmaların büyüklüğü eğik elemanların şekline ve konumuna bağlı olarak değiştiğinden, amacın gerçekteştirilmesinde bunların seçimi önemli olmaktadır.

12. Bu çalışmada incelenen sistemler simetrik olarak seğilmiştir. Benzer çalışmanın sonuçların genellenebilmesi bakımından simetrik olmayan sistemler üzerinde de yapılması faydalı olacaktır.

13. Arzulanan özelliklere sahip yapıyı inşa etmek için mevcut taşıyıcı sistemlerden emniyet, ekonomi ve estetik yönden en uygununun seçilmesi mesleki bir zorunluluktur. Gerçekten hatalı bir sistem seğiminden doğacak sakıncaların sonradan telafisinin mümkün olmadığı bilinen bir gerçektir.

14. Bu çalışmada lineer analiz kullanılmıştır. Benzer çalışmanın lineer olmayan analiz kullanılarak yapılmasında fayda bulunmaktadır.

Genel olarak bu çalışma, özellikle K tipi eğik elemanlar olmak üzere dikkate alınan tüm eğik elemanların betonarme yapıların yatay yüklere karşı dayanım ve rijitliklerini arttırmak için başarıyla kullanılabileceğini ortaya koymuş bulunmaktadır.

5. KAYNAKLAR

- Ambrose, J. ve Vergun, D., 1985. Seismic Design of Building, John Wiley and Sons, Inc.
- Anonim, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, İMO İzmir Şubesi Eğitim Merkezi, 25, İzmir.
- Amil, A.P., Ağustos 1999. Betonarme Yapılarda Kullanılan Başlıca Taşıyıcı Sistemler ve Dolgu Duvarların Olumlu Etkilerini Arttıran Köşegen Elemanların Betonarme Perdelerle Karşılaştırılmalı Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Amil, A. P., Aydın, A. C., Ocak 2004. Betonarme Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistem Tasarımı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Trabzon Şubesi Dergisi, 18, 63, 12-15, Trabzon.
- Ayvaz, Y., Doğançün, A. ve Durmuş, A., Ekim 1997. Farklı Rijitleştirici Elemanlara Sahip Yapıların Depreme Göre Karşılaştırılmalı Olarak İncelenmesi, Türkiye İnşaat Mühendisliği 14. Teknik Kongresi, Bildiriler Kitabı, 325-336, İzmir.
- Ayvaz, Y., Aydemir, Y., November 2000. Comparative Analysis of Earthquake Behavior of Frame Structures With Different Stiffening Members, Advances In Civil Engineering IV. International Congress, Eastern Mediterranean University, Gazimagusa, North Cyprus.
- Bayülke, N., 1998. Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Dergisi, 27, 4. Baskı, İzmir.
- Balendra, T., Lim, E. L. Ve Liaw, C. Y., January 1997. Large –Scale Seismic Testing of Knee Brace Frame, Journal of Structural Engineering, Vol: 123, No: 1, 11-19.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N., 1993. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Sema Matbaacılık, İstanbul.
- Cheng, F. Y., 1980. Energy Distribution Criteria For Braced and Unbraced Structural Design Subjected to Parametric Earthquake, Procc. 7 th WCEE, Vol: 1, 665-672, İstanbul.
- Çakıroğlu, A., Aralık 1989. Yatay Yükleri Taşıyan Yapı Elemanları, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Dergisi, İstanbul.
- Dewolf, J., Pellicione, J. F., July 1979. Cross Bracing Design, ASCE Journal of Structural Division, 105, 7, 1379- 1391.
- Doğançün, A., Ekim 2002. Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul.

- Dowrick, D. J., 1987. Earthquake Resistant Design for Engineers and Architects, John Wiley and Sons Ltd., New York.
- Durmuş, A., 1997. Deprem Mühendisliği Ders Notları, KTÜ İnşaat Müh. Böl., Trabzon, (yayınlanmamış).
- Ersoy, U. ve Çıtıptınoğlu, E., 1988. Yüksek Yapıların Tasarım ve Yapımında İzlenecek Temel İlkeler, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Dergisi, İzmir.
- Fujiwara, T., 1980. Seismic Behavior of Inelastic Members of Braced Frame Structures, Procc. 7 th WCEE, Vol: 3, 210-223, İstanbul.
- Gülay, G., 1985. Merkezsel Ve Dışmerkez Çapraz Elemanlı Çerçeve Yapıların Statik Ve Deprem Yükleme Yüküne Göre Optimum Tasarımı, Doktora Tezi, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Jain, A. K., Hanson, R. D., 1980. Hysteresis Models of Steel Members for Earthquake Response of Braced Frames, Proceedings of The Seventh World Conference on Earthquake Engineering, Vol: 4, 9-16, İstanbul.
- Lee, S. L. ve Basu, P. K., June 1992. Bracing Requirement of Plane Frames, Journal of Structural Engineering, Vol: 118, No: 6, 1527-1545.
- Kazaz, Y., 1999. Farklı Rijitleştirici Elemanlara Sahip Deprem Etkisindeki Yapıların Lineer Olmayan Davranışlarının Karşılaştırılmalı Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kobojevic, S., May 2000. An Approach to Seismic Design of Eccentrically Braced Frames, Ph.D. Thesis, Department of Civil Engineering and Applied Mechanics, McGill University, Montreal, Canada.
- Maheri, M. R., Sahebi, A., 1997. Use of Steel Bracing in Reinforced Concrete Frames, Engineering Structures, 19, 12, 1018- 1024.
- Maison, B. F., January 1992. A Computer Program for Nonlinear Structural Analysis, ERCC., California.
- Maison, B. F., 1981. Inelastic Brace Elements, Report No: UCB/EERC-81/04, 91- 131, University of California.
- Martinelli, L., Mulas, M. G. Ve Perotti, F., 1998. The Seismic Behavior of Steel Moment-Resisting Frames with Stiffening Braces, Engineering Structures, 20, 12, 1045-1062.
- Özdemir, Y. I., 2001. Farklı Rijitleştirici Elemanlara Sahip Deprem Etkisindeki Yapıların Lineer Davranışlarının Zeminini de Dikkate Alarak Karşılaştırılmalı Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Özden, K., Portakalçı, A., Ekim 1982. Perde- Çerçevesiz Yüksek Yapıların Yatay Yüklere Göre Hesabı Ve Temel Teşkili, Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, Yıl: 9, Sayı: 39, 5-84.
- Özgen, A., 1989. Çok Katlı Yüksek Yapıların Tarihsel Gelişimi Ve Son Aşama: Tübüler Sistem, Yapı Dergisi, 89.
- Özgen, A. ve Sev, A., 2000. Çok Katlı Yapılarda Taşıyıcı Sistemler, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Özmen, G., 1991. Depreme Dayanıklı Çok Katlı Yapılarda Tasarım Ve Üretim, Deprem Sempozyumu, İstanbul Bildiriler Kitabı, TMMOB İstanbul Şubesi, 120-129, İstanbul.
- Popov, E. P., 1980. Eccentric Seismic Bracing of Steel Frames, Procc. 7 th WCEE, 3, 197-205, İstanbul.
- Popov, E. P., 1980. Seismic Behavior of Reinforced Concrete Moment/ Resisting Frames, Procc. 7 th WCEE, 6, 355-361, İstanbul.
- Rai, D. C., Goel, S. C., 2003. Seismic Evaluation and Upgrading of Chevron Braced Frames, Journal Of Constructional Steel Research, 59, 8, 971-994
- Sabelli, R., Mahin, S. Ve Chang, C., 2003. Seismic Demands on Steel Braced Frame Buildings with Buckling – Restrained Braces, Engineering Structures, 25, 5, 665-666.
- Sonobe, Y., vd., 1980. Behavior of Braced Reinforced Concrete Fames Subjected to Cyclic Lateral Loads, Procc. 7 th WCEE, 1, 647-652, İstanbul.
- Sungur, İ., 1985. Çok Katlı Yapıların Yatay Yüklere Göre Hesabı, Ders Notları, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Türk Standartları, 1985. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları (TS 500), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- URL-1, 2003. <http://urban.arch.virginia.edu>, 12 Nisan 2004
- Ustaoglu, İ. L., 1997. Köşegen Elemanların Çerçeve Sistem Yapı Davranışına Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Zayas, V., Mahin, S. A., Ve Diğerleri, January 1981. Inelastic Structural Modeling of Braced Offshore Platforms of Seismic Loading, Report No. UCB/EERC-81/04, University of California.

ÖZGEÇMİŞ

Özlem ÇAVDAR, 1978 yılında Trabzon'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 1995 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Gümüşhane Meslek Yüksek Okulu İnşaat Bölümünü kazandı. 1997 yılında bu bölümden birincilikle mezun oldu ve aynı yıl KTÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümüne dikey geçiş yaptı. 2000 yılında bu bölümden üçüncülükle mezun oldu. 2001 yılında KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans programına başladı. Yine aynı yıl, KTÜ Gümüşhane Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Anabilim dalında araştırma görevlisi kadrosuna atandı.

Evli olan ve İngilizce bilen ÇAVDAR halen KTÜ Gümüşhane Mühendislik Fakültesi İnşaat mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak görevine devam etmektedir.