

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM RİSKLİ YAPILAR VE KENTSEL DÖNÜŞÜM BİLİM DALI

**BETONARME PERDE VE ÇERÇEVELİ YAPILARDA
PERDE BOYUTLANDIRMASI VE YERLEŞİMİNİN
DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:
Gökhan KAYA

İstanbul, 2018

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM RİSKLİ YAPILAR VE KENTSEL DÖNÜŞÜM BİLİM DALI

**BETONARME PERDE VE ÇERÇEVELİ YAPILARDA
PERDE BOYUTLANDIRMASI VE YERLEŞİMİNİN
DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ**
Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:
Gökhan KAYA
Öğrenci No:
150868010

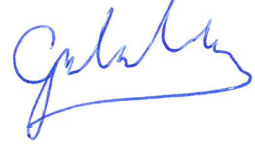
Danışman:
Yrd. Doç. Dr. Ayşe Elif ÖZSOY ÖZBAY

İstanbul, 2018

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “BETONARME PERDE VE ÇERÇEVELİ YAPILARDA PERDE BOYUTLANDIRMASI VE YERLEŞİMİNİN DEPREM DAVRANIŞINA ETKİŐİ” baŐlıklı bu çalıŐmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun Şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalıŐmamın içinde kullandıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım. 26/01/2018

Aday: Gökhan KAYA



T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ SAVUNMA SINAVI SONUÇ TUTANAĞI

Beykent Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Aşağıda tez adı belirtilen yüksek lisans öğrencisi 150868010 no'lu Gökhan KAYA'nın 26/01./2018 tarihinde yapılan tez savunma sınavı¹ sonucunda 45.. dakika süreyle sunduğu ve savunduğu tezi hakkında² oybirliğiyle, **KABUL**.. kararı verilmiştir.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği
Programı : Deprem Riskli Yapılar ve Kentsel Dönüşüm
Tez Başlığı³ : Betonarme Perde ve Çerçeve Yapılarda Perde Boyutlandırması ve Yerleşiminin Deprem Davranışına Etkisi

Tez Sınav Jürisi

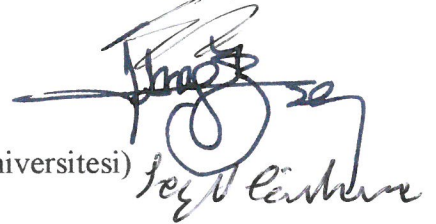
Öğretim Üyesi

İmza

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Ayşe Elif ÖZSOY ÖZBAY

Üye : Yrd. Doç. Dr. İhsan KARAGÖZ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Seyit ÇERİBAŞI (T.C. Maltepe Üniversitesi)



1 Jüri üyeleri söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç bir ay içinde toplanarak öğrenciyi tez savunma sınavına alır. Belirlenen günde yapılamayan jüri toplantısı, katılanların hazırladığı bir tutanakla enstitü yönetimine bildirilir. Bu durumda jüri en geç onbeş gün içinde toplanarak adayı tez savunma sınavına alır. Tez savunma sınav süresi en az 45 dakikadır. Yüksek lisans tez savunma sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru-yanıt bölümlerinden oluşur ve dinleyiciye açıktır. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-3)

2 Tez sınavının tamamlanmasından sonra jüri, tez hakkında “kabul”, “düzeltme” veya “red” kararı verir. Jüri başkanı, jüri üyelerince imzalanmış sınav tutanağını, tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili enstitü yönetimine teslim eder. Tezi başarısız bulunan öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gerekli düzeltmeleri yaparak ve yönetmelikte belirtilen usullere uygun olarak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. Bu savunma sınavında da tezi kabul edilmeyen öğrencinin enstitü ile ilişkisi kesilir. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-4)

3 İleride doğabilecek aksaklıkların engellenmesi için tezin başlığının yazılması gerekmektedir.

ÖNSÖZ

Tez çalışmam sırasında desteğini, bilgisini, zamanını esirgemeyerek, çalışma süresince göstermiş olduğu ilgi ve anlayışı ile değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Ayşe Elif ÖZSOY ÖZBAY'a teşekkürü bir borç bilirim.

Eğitimime devam etmemi her zaman destekleyerek, eğitim hayatımın her kademesinde yanımda olan başta annem Nermin KAYA ve dayım Süleyman TELLİ olmak üzere tüm aileme teşekkürlerimi sunarım.

İstanbul, 2018

Gökhan KAYA

BETONARME PERDE VE ÇERÇEVELİ YAPILARDA PERDE BOYUTLANDIRMASI VE YERLEŞİMİNİN DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ

Tezi Hazırlayan: Gökhan KAYA

ÖZET

Levha hareketleri nedeniyle birikmiş gerilme enerjisinin aniden boşalmasıyla oluşan depremler, dünyada ve ülkemizde yarattığı etki bakımından doğal afetlerin başında gelmektedir. Coğrafi olarak dünyadaki en etkin deprem kuşaklarından biri üzerinde yer almakta olan Türkiye, deprem riskinin fazla olduğu ülkeler arasındadır.

Yapılarda taşıyıcı sistemin doğru düzenlenmesi, taşıyıcı elemanların boyutlandırılması ve yerleşimi, yapının deprem davranışını önemli derecede etkilemektedir. Günümüz teknolojik koşullarında oluşabilecek depremlerin zamanını bilmemiz mümkün değildir. Fakat depreme dayanıklı yapılar inşa etmemiz mümkündür. Deprem etkisi altında çok katlı betonarme yapıların yer değiştirmelerinin sınırlandırılması, yeterli rijitlik ve dayanıma sahip olması için çerçeve sistemlerde perde kullanımı kaçınılmaz olmaktadır. Perdenin taşıyıcı sistemdeki boyutu ve plandaki konumu yatay yükler altındaki davranışı etkilemektedir.

Bu tez çalışmasında, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 (DBYBHY-2007) referans alınarak deprem yükü hesap yöntemlerinden “Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi” kullanılmıştır. Betonarme perde ve çerçeve yapıların farklı doğrultularına, çeşitli boyutlarda perdeler yerleştirilmesinin yapının deprem davranışına olan etkisi analiz edilmiş ve incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Perde-Çerçeve Sistemler, Betonarme Yapılar, Taban Kesme Kuvveti, Perde Yerleşimi

THE EFFECT OF REINFORCED CONCRETE SHEAR WALL DIMENSIONS AND CONFIGURATION ON SEISMIC BEHAVIOR OF FRAME-SHEAR WALL STRUCTURES

Presented by: Gökhan KAYA

ABSTRACT

Earthquakes are among the most frequent natural disasters causing economic and physical loss in the World. Turkey is one of the countries located on active seismic zones with potential seismic risk.

The primary stage for aseismic design of structures is the decision of the structural engineer on the most effective structural system in the preliminary design of a building. The national earthquake design codes are the key references for detailed seismic evaluation and the design of structures as well as the preliminary design of the structural systems. The use of reinforced concrete structural walls is inevitable for multistory framed structures especially for the buildings located on the seismic regions. The reinforced concrete structural walls contribute to the overall lateral stiffness of the building, resisting the lateral loads and limiting the interstory drift ratio at the story levels. The location and dimensions of the shear walls in the plan are the essential parameters effecting the dynamic behavior of the building.

Within the scope of this study, the effect of structural system layout in the plan for multistory reinforced concrete frame-shear wall structures is analyzed using “The Equivalent Lateral Force Analysis” stated in the Turkish Seismic Code (DBYBHY-2007). The analysis has been conducted on three dimensional numerical models with varying structural system configurations to determine the effects of shear wall dimensions and location on the structural behavior.

Keywords: Shear Wall-Frame Structures, Reinforced Concrete Structures, Base Shear, Shear Wall Layout in Plan

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TABLolar LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
2. PERDE-ÇERÇEVE SİSTEMLER	3
2.1. Çerçeve Sistemler	3
2.2. Perde Sistemler	4
2.3. Perde-Çerçeve Sistemler	5
3. DEPREM YÜKÜ HESAP YÖNTEMLERİ	7
3.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi.....	8
4. DEPREM YÖNETMELİĞİNDE BETONARME PERDE-ÇERÇEVE SİSTEMLERİN ANALİZİNDE SAĞLANMASI GEREKEN KOŞULLAR	16
4.1. Deprem Yönetmeliğindeki Yapı Düzensizlikleri	16
4.1.1. Planda Düzensizlik Durumları	16
4.1.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları.....	16
4.1.3. Burulma Düzensizliği.....	17
4.2. Göreli Kat Ötelemeleri ve İkinci Mertebe Etkileri	19
4.2.1. Etkin Göreli Kat Ötelemeleri	19
4.2.2. İkinci Mertebe Etkileri	20
4.3. Perdeli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının (R) Belirlenmesi	21
5. ANALİZ	24
5.1. Örnek-1	26

5.2. Örnek-2.....	31
5.3. Örnek-3.....	37
5.4. Örnek-4.....	42
5.5. Örnek-5.....	48
5.6. Örnek-6.....	53
5.7. Örnek-7.....	59
5.8. Örnek-8.....	65
5.9. Örnek-9.....	70
5.10. Örnek-10.....	76
6. ANALİZ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....	82
6.1. Sistemlerin Periyotlarının Karşılaştırılması.....	82
6.2. Sistemlerin Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	83
6.3. Sistemlerin α_s Katsayılarının Karşılaştırılması.....	84
6.4. Sistemlerin Kat Yer Değiştirmelerinin Karşılaştırılması.....	85
6.5. Sistemlerin Görelî Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması.....	86
6.6. Sistemlerin İkinci Mertebe Etkilerinin Karşılaştırılması.....	87
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	89
KAYNAKÇA.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	93

TABLolar LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı ..	27
Tablo 2. Burulma Düzensizliği Kontrolü	27
Tablo 3. Görelİ Kat Ötelemelerİnİn Kontrolü	28
Tablo 4. İkİncİ Mertebe Etkİlerİnİn Kontrolü.....	28
Tablo 5. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı ..	29
Tablo 6. Burulma Düzensizliği Kontrolü	30
Tablo 7. Görelİ Kat Ötelemelerİnİn Kontrolü	30
Tablo 8. İkİncİ Mertebe Etkİlerİnİn Kontrolü.....	31
Tablo 9. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı ..	32
Tablo 10. Burulma Düzensizliği Kontrolü	33
Tablo 11. Görelİ Kat Ötelemelerİnİn Kontrolü	33
Tablo 12. İkİncİ Mertebe Etkİlerİnİn Kontrolü.....	34
Tablo 13. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı	35
Tablo 14. Burulma Düzensizliği Kontrolü	35
Tablo 15. Görelİ Kat Ötelemelerİnİn Kontrolü	36
Tablo 16. İkİncİ Mertebe Etkİlerİnİn Kontrolü.....	36
Tablo 17. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı	38
Tablo 18. Burulma Düzensizliği Kontrolü	38
Tablo 19. Görelİ Kat Ötelemelerİnİn Kontrolü	39
Tablo 20. İkİncİ Mertebe Etkİlerİnİn Kontrolü.....	39
Tablo 21. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı	40
Tablo 22. Burulma Düzensizliği Kontrolü	41
Tablo 23. Görelİ Kat Ötelemelerİnİn Kontrolü	41
Tablo 24. İkİncİ Mertebe Etkİlerİnİn Kontrolü.....	42
Tablo 25. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı	43
Tablo 26. Burulma Düzensizliği Kontrolü	44
Tablo 27. Görelİ Kat Ötelemelerİnİn Kontrolü	44
Tablo 28. İkİncİ Mertebe Etkİlerİnİn Kontrolü.....	45
Tablo 29. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı	46

Tablo 30. Burulma Düzensizliği Kontrolü	46
Tablo 31. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü	47
Tablo 32. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	47
Tablo 33. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı	49
Tablo 34. Burulma Düzensizliği Kontrolü	49
Tablo 35. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü	50
Tablo 36. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	50
Tablo 37. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı	51
Tablo 38. Burulma Düzensizliği Kontrolü	52
Tablo 39. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü	52
Tablo 40. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	53
Tablo 41. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı	54
Tablo 42. Burulma Düzensizliği Kontrolü	55
Tablo 43. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü	55
Tablo 44. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	56
Tablo 45. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı	57
Tablo 46. Burulma Düzensizliği Kontrolü	57
Tablo 47. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü	58
Tablo 48. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	58
Tablo 49. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı	60
Tablo 50. Burulma Düzensizliği Kontrolü	61
Tablo 51. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü	61
Tablo 52. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	62
Tablo 53. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı	63
Tablo 54. Burulma Düzensizliği Kontrolü	63
Tablo 55. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü	64
Tablo 56. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	64
Tablo 57. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı	66
Tablo 58. Burulma Düzensizliği Kontrolü	66
Tablo 59. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü	67
Tablo 60. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	67
Tablo 61. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı	68

Tablo 62. Burulma Düzensizliği Kontrolü	69
Tablo 63. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü	69
Tablo 64. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	70
Tablo 65. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı	71
Tablo 66. Burulma Düzensizliği Kontrolü	72
Tablo 67. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü	72
Tablo 68. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	73
Tablo 69. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı	74
Tablo 70. Burulma Düzensizliği Kontrolü	74
Tablo 71. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü	75
Tablo 72. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	75
Tablo 73. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı	77
Tablo 74. Burulma Düzensizliği Kontrolü	78
Tablo 75. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü	78
Tablo 76. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	79
Tablo 77. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı	80
Tablo 78. Burulma Düzensizliği Kontrolü	80
Tablo 79. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü	81
Tablo 80. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	81
Tablo 81. Sistemlerin Periyotlarının Karşılaştırılması	82
Tablo 82. α_s Oranları.....	84

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Çerçeve Sistem Örneği	3
Şekil 2. Yatay Yük Altında Çerçevenin Deformasyonu	4
Şekil 3. Perde Duvarlı Sistem Örneği	5
Şekil 4. Yatay Yükler Altında Çerçeve ve Perdenin Etkileşimi	6
Şekil 5. Hesap Yönteminin Seçimi	7
Şekil 6. Spektrum Katsayısının Periyotla Değişim Grafiği	11
Şekil 7. Yerel Zemin Sınıfları	11
Şekil 8. Spektrum Karakteristik Periyotları	12
Şekil 9. Fiktif Yükler ve Yer Değiştirmeler.....	13
Şekil 10. Deprem Yükü Azaltma Katsayısının Grafiği.....	13
Şekil 11. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	14
Şekil 12. Kat Seviyelerine Etkiyen Deprem Yükleri	15
Şekil 13. Burulma Düzensizliği (A1).....	18
Şekil 14. Kütle Merkezinin Kaydırılması	18
Şekil 15. Çerçeve Göreli Kat Ötelemesi	20
Şekil 16. Perdenin Taban Kesme Kuvveti ve Binanın Taban Kesme Kuvveti ...	22
Şekil 17. Örnek 1'e Ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli	26
Şekil 18. Örnek 2' ye Ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli	31
Şekil 19. Örnek 3' e Ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli	37
Şekil 20. Örnek 4' e Ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli	42
Şekil 21. Örnek 5' e Ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli	48
Şekil 22. Örnek 6' ya Ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli	53
Şekil 23. Örnek 7' ye Ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli	59
Şekil 24. Örnek 8' e Ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli	65
Şekil 25. Örnek 9' a Ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli	70
Şekil 26. Örnek 10' a Ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli	76
Şekil 27. Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	83
Şekil 28. X Doğrultusundaki Maksimum Kat Yer Değiştirmeleri.....	85
Şekil 29. Y Doğrultusundaki Maksimum Kat Yer Değiştirmeleri.....	85

Şekil 30. X Doğrultusundaki Maksimum Etkin Görelî Kat Ötelemeleri	86
Şekil 31. Y Doğrultusundaki Maksimum Etkin Görelî Kat Ötelemeleri	87
Şekil 32. X Doğrultusundaki İkinci Mertebe Etkileri	88
Şekil 33. Y Doğrultusundaki İkinci Mertebe Etkileri	88



KISALTMALAR

DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DY	: Dinamik Yöntem
EDY	: Eşdeğer Deprem Yüğü
EXP	: X yönünde 0,05 dış merkezlik göz önüne alınarak uygulanan deprem yüklemesi
EXN	: X yönünde -0,05 dış merkezlik göz önüne alınarak uygulanan deprem yüklemesi
EYP	: Y yönünde 0,05 dış merkezlik göz önüne alınarak uygulanan deprem yüklemesi
EYN	: Y yönünde -0,05 dış merkezlik göz önüne alınarak uygulanan deprem yüklemesi
SAP2000	: Structural Analysis Program

1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde doğal afetlerin en önemlisi olarak sayılan depremler yeryüzünün her kesiminde etkili olmakta, bunun sonucu olarak can ve mal kaybına sebep olmaktadır. Türkiye, bilindiği üzere aktif fay hatlarının üzerinde bulunmakta ve yüz ölçümünün büyük bir kısmı deprem kuşağında yer almaktadır. Bu da ülkemizde depreme dayanıklı yapı tasarımının önemini daha da arttırmaktadır.

Bir yapının depreme karşı gösterdiği davranış üzerine etkiyen depremin şiddetine ve yapının özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Mühendislik açısından büyük önem taşıyan yapı kalitesi ise taşıyıcı sistemin doğru seçilmesi, elemanların uygun boyutlandırılması ve uygulamanın denetlenmesi gibi değişkenler üzerinden sağlanmaya çalışılmaktadır. Bugünün teknolojik koşullarında depremin zamanını ve yeryüzünde yaratacağı etkiyi bilmemiz mümkün değil, fakat depreme karşı yeterli dayanıma sahip yapılar tasarlamak ve inşa etmek mümkündür. Yapıların depreme dayanıklı olarak inşa edilmesi için uyulması gereken en önemli kaynak deprem yönetmelikleridir.

Türk Deprem Yönetmeliği'nin en önemli hedefi; binaların hafif şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarının hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı seviyede kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliği sağlamak amacıyla kalıcı yapısal hasar oluşumunu sınırlandırmaktır. (DBYBHY, 2007)

Bu çalışmada, “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007” (DBYBHY-2007) kurallarına göre deprem yükü hesap yöntemlerinden “Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi” kullanılarak perde ve çerçevelerin birlikte kullanıldığı 7 katlı 10 farklı model üzerinde çalışılmıştır. Modellerin her birine çeşitli boyutlarda ve doğrultularda perdeler konulmuş, taşıyıcı sistemdeki farklılıkların yapı davranışı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Modeller SAP2000 yapısal analiz programı kullanılarak çözülmüştür.

Daha önce perde ve çerçeve davranışını Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile inceleyen konu ile ilgili tez çalışmaları şunlardır:

Urtimür (2012), binalarda deprem perdesinin etkilerini incelediği çalışmasında, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak yapının planında simetrik ve simetrik olmayan perde yerleşimine göre yapıların deprem davranışını araştırmıştır. Bu çalışmada, perdenin konumunun taban kesme kuvveti, görelî kat ötelemesi, ikinci mertebe etkileri üzerine etkisi incelenmiştir. Perde-çerçeve sistemlerde taşıyıcı sistem davranış katsayısı olarak $R=7$ değeri kullanılmış olup α_s değeri dikkate alınmamıştır. (Urtimür, 2012)

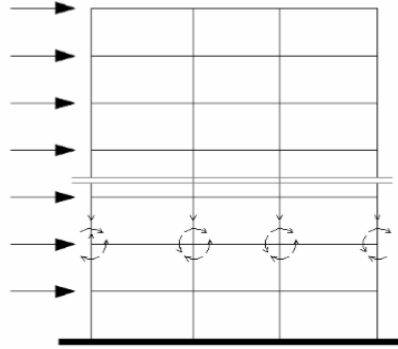
Yedikardeş (2010), daha önceki çalışmasında, planda simetrik ve simetrik olmayan perdelerin yapısal düzensizliğe olan etkisini Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanarak incelemiştir. Ayrıca, bu çalışmada döşeme süreksizliğinin yapısal davranışa olan etkisi de araştırılmıştır. Ancak, analiz edilen sistemlerin taşıyıcı sistem davranış katsayısı R hesabı için α_s değeri dikkate alınmamıştır. (Yedikardeş, 2010)

2. PERDE-ÇERÇEVE SİSTEMLER

Çok katlı betonarme yapılarda çerçeve sistem en sık tercih edilen taşıyıcı sistem türüdür. Ancak deprem riskli bölgelerde kat sayısı artışı ile birlikte çerçeve sistemlerde yeterli rijitlik ve dayanımın sağlanması, kat ötelemelerinin sınırlandırılması için perdeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bölümde, çerçeve sistemler, perde sistemler ve perde-çerçeve sistemler, ele alınmıştır.

2.1. Çerçeve Sistemler

Çerçeve sistemler, kolon ve kiriş elemanların birleşiminden oluşan, yüklerin döşemeden kirişlere ve kirişlerden kolonlara aktarıldığı en basit çok serbestlik dereceli taşıyıcı sistem türüdür. Bu sistem ülkemizde en yaygın uygulanan sistemdir. Genellikle düşey yükün etkili olduğu durumlarda tercih edilmektedir.



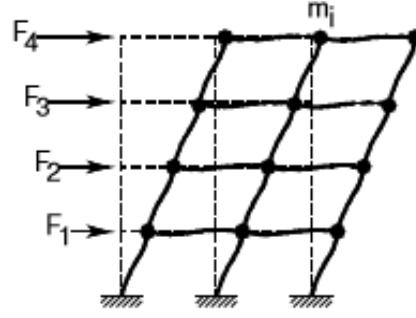
Şekil 1. Çerçeve Sistem Örneği

(Işık, 2008)

Çerçeve sistemli yapılar, deprem etkisinde kaldıklarında, yatay yükleri düğüm noktalarındaki elemanların rijitlikleri ile karşılık verirler. Çerçeve sistemlerin, deprem yükleri altında tasarımında esas, kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu önceliklidir. Plastik mafsalların kolonlar yerine kirişlerde oluşması, oluşacak deplasmanlardan dolayı çökmelerin önüne geçmektedir.

Çerçevelerin rijitlik ve dayanımı, kolon ve kiriş boyutları yükseldikçe artar. Kat yükseklikleri ve kolonlar arası mesafe arttıkça azalır. Etkin bir çerçeve davranışı elde etmek için, sık aralıklarla yerleştirilmiş kolonlar ve bu kolonları birbirine

bağlayan derin kirişler gereklidir. Bu yapıldığı takdirde yapının maliyeti artar. Bu sebeple yüksek yapılarda çerçevelerin tek başına rijitleştirici olarak kullanılması uygun değildir.



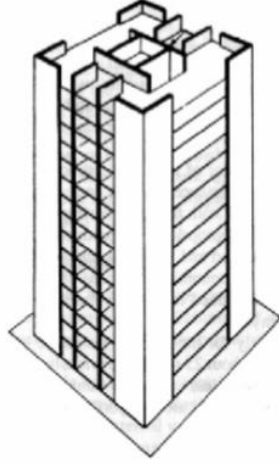
Şekil 2. Yatay Yük Altında Çerçevenin Deformasyonu

(Darılmaz, Deprem Hesabı, 2008)

Taşıyıcı sistemin çerçeve olarak tasarlandığı yapılarda deprem süresi boyunca enerji tüketme kapasiteleri diğer sistemler ile karşılaştırıldığında daha azdır. Bu nedenle deprem bölgelerinde inşa edilen çok katlı yapılar için çerçeve sistemin tek başına kullanılmaması daha önceki çalışmalarda belirtilmektedir. (Doğangün, 2016)

2.2. Perde Sistemler

Yapıların yüksekliği arttıkça yatay yer değiştirmelerde artar. Betonarme perde sistemlerde rijitlik ve dayanımı arttırmak ve yanal yer değiştirmeleri sınırlandırmak amacıyla perde elemanlar kullanılır.



Şekil 3. Perde Duvarlı Sistem Örneği

(Işık, 2008)

Çerçeve sistemler düşey yüklere karşı ekseriyetle yeterli olmakla birlikte deprem yüklerine karşı koyabilmeleri için eleman boyutlarının artırılması gerekmektedir ve bu da yapı maliyeti artmaktadır. Böyle durumlarda perdelerin kullanılması uygundur.

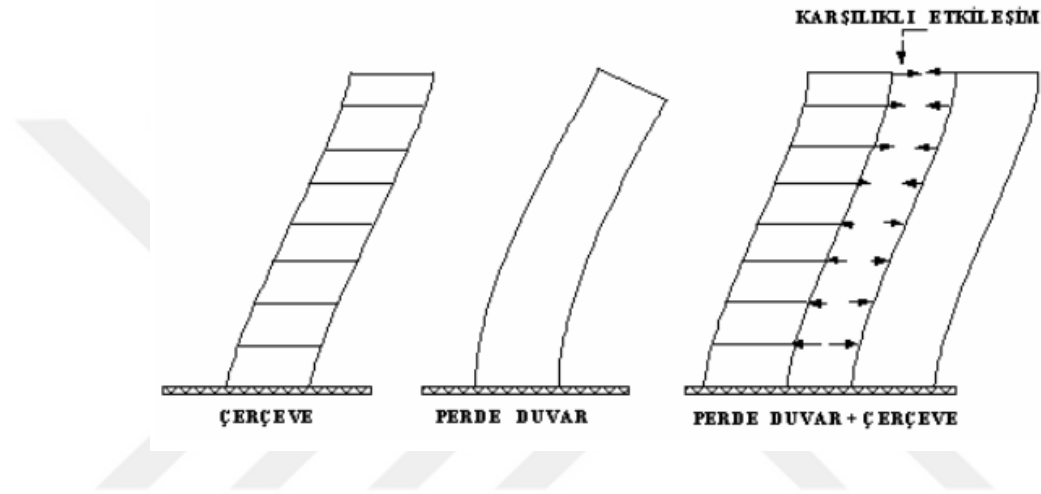
Perde duvarlı sistemlerin depremde elastik enerji tüketme güçleri, çerçeve sistemlerin elastik enerji tüketme güçlerine göre daha yüksektir. Perde duvarlı sistemlerin, çerçeve sistemlere göre zayıf tarafı ise az katlı yapılarda ilk yapım maliyetinin fazla olması bununla birlikte daha az süneklığe sahip olmalarıdır. (Doğangün, 2016)

2.3. Perde-Çerçeve Sistemler

Kat adedinin artması ile yatay yükler çerçeve sistemlerde ötelemelere yol açar. Bu durumda ötelenmeleri yönetmeliğin izin verdiği değerler altına düşürebilmek, yatay rijitliği sağlayabilmek için perde çözüm olarak kullanılabilir.

Düşey yüklerin etkin olduğu sistemler için perde kullanımı büyük önem taşımamaktadır. Fakat deprem yüklerinin etkin olduğu durumlarda çerçevenin davranışına önemli oranda katkı sağlamaktadır. Çerçevelerin yatay yükü karşılamadığını varsayıp, bütün yüklerin perdeler aracılığı ile aktarıldığını kabul etmek doğru bir yaklaşım değildir. Yatay yüklerin taşınmasında çerçevelerinde katkısı

bulunmaktadır. Fakat en büyük kesme kuvvetinin yapının ilk katında meydana gelmesinden dolayı çerçeve sistemlerde en alt kattaki yatay öteleme artışı diğer taşıyıcı sistemlere göre daha yüksektir. Perdeler ile teşkil edilen sistemlerde ise yapısal davranış yatay yükler altında düşey bir konsol kirişe benzediği için en büyük yatay öteleme değerleri en üst katta oluşmaktadır. Dolayısıyla yatay yükü altta perde, üstte ise çerçeve karşılar.



Şekil 4. Yatay Yükler Altında Çerçeve ve Perdenin Etkileşimi

(Özsoy & Özgen, 2005)

Perde çerçeveli sistemlerin birlikte kullanılmasıyla perdelerin yüksek yatay rijitlikleri sebebi ile oluşan düşük süneklik oranı yapıya çerçevelerin de kullanılması ile arttırılmış olacak, yatay yüklerin doğurduğu ötelenmeler ise perdeler kullanılarak bir ölçüde önlenmiş olacaktır. (Koç, Gültekin, Durmuş, & Dikmen, 2009)

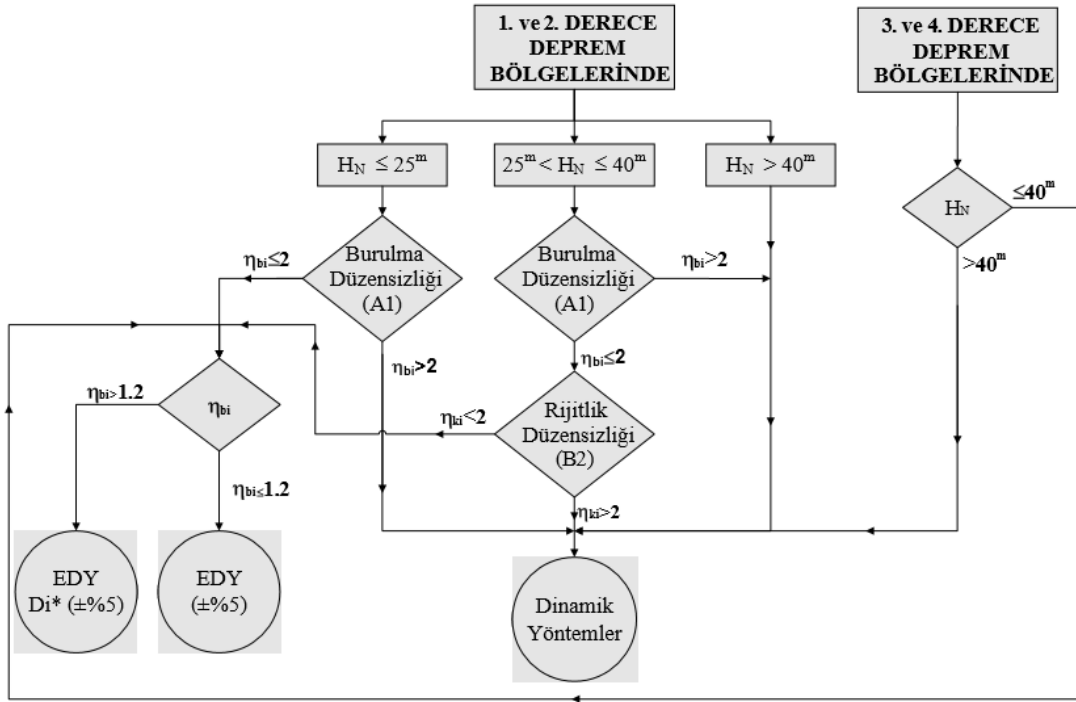
Perde yerlerinin simetriyi sağlayacak biçimde, yapının burulma rijitliğini artırması bakımından planda çevreye yerleştirilmesi uygun olurken taşıyıcı sistemin rijitliğini büyük ölçüde arttıran perdelerin iki doğrultuda ve dengeli bir şekilde yerleştirilmesi tercih edilmelidir. (Celep, 2013)

Özellikle beş katı geçen betonarme yapılarda, orta ve yüksek şiddetli deprem tehlikesi olan bölgelerde çerçeve ve perde duvarlı sistemin kullanılması gerekmektedir. (Döndüren & Karaduman, 2010)

3. DEPREM YÜKÜ HESAP YÖNTEMLERİ

Her ülkenin kendine özgü binaların depreme dayanıklı tasarlanabilmesi için içinde talimatların bulunduğu yönetmelikleri vardır. Ülkemizde güncel olarak 2007 yılında “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” yayınlanmıştır. Bu bölümde 2007 DBYBHY’ye göre deprem hesabında kullanılan yöntemler ele alınmıştır. Yönetmelikte temel olarak yapıların deprem yükleri altında tasarımı ve de analizi için üç farklı yöntem yer almaktadır. Bu yöntemler arasındaki seçim kriterleri ise ayrıntılı olarak yönetmelikte mevcuttur.

Deprem etkilerinin kesin olarak hesaplanabilmesi mümkün olmadığından belirli kabuller altında yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir. Deprem hesabında kullanılan yöntem Şekil (5)’te görüldüğü gibi deprem bölgesine ve yapı yüksekliğine bakılarak belirlenmektedir.



Şekil 5. Hesap Yönteminin Seçimi

(Zorbozan, 2009)

Şekilde görüldüğü üzere dinamik yöntemlerden Mod Birleştirme Yöntemi, yapıya ait her bir titreşim modunun deprem hareketine olan etkisi hesaba katılan titreşim modlarının istatistiksel olarak birleştirilmesi ve yapının deprem cevabının elde edilmesi prensibine dayanmaktadır. Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, kütle katılım oranının toplamının yapı kütlelerinin %90'ından az olmaması kuralına göre belirlenir. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi ise yapay olarak elde edilmiş, kaydedilmiş ya da benzetilmiş deprem yer hareketleri alınması esasına dayanır.

Bu çalışmada, Deprem Yönetmeliğimizdeki "Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi" kullanılmıştır.

3.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Bu yöntem, yönetmelikte yer alan diğer iki yöntemden farklı olarak bütün yapıların hesabında kullanılmamaktadır. Bu yöntem, 3. ve 4. Bölge deprem bölgelerinde bina yüksekliği 40 m ve altında tüm binalarda kullanılabilir. 1. ve 2. deprem bölgelerinde ise 25 m'den daha az yüksekliğe sahip binalarda burulma düzensizlik katsayısının ikiden küçük olma koşulunu sağladığı takdirde; bina yüksekliği 40 m ve altında olan yapılarda burulma kriterine ilave olarak B2 düzensizliğin bulunmadığı binalarda uygulanabilmektedir.

Bir binanın birden fazla titreşim modu bulunmaktadır. Bu modları arasında deprem etkisi altında en etkin olan birinci doğal titreşim modudur. Bu moda karşılık gelen yapısal titreşim periyodu T_1 'dir. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi binanın birinci modu dikkate alınarak hesaplanan bir yüğüdür. Yapılara etkiyen deprem yükleri genellikle kat seviyesine dağıtılarak uygulanır.

Yapıda incelenen deprem yönünde, binaya etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (taban kesme kuvveti), V_t , Denklem (1) ile hesaplanmaktadır.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 I W \quad (1)$$

Bu denklemde;

W : Yapının toplam ağırlığı

T_1 : Yapıya ait birinci doğal titreşim periyodu

$A(T_1)$: Spektral ivme katsayısı

$R_a(T_1)$: Deprem yükü azaltma katsayısı

A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısı

I : Bina önem katsayısını ifade etmektedir.

Binanın toplam ağırlığı olan W , Denklem (2) ile hesaplanmaktadır.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (2)$$

Binanın herhangi bir katının ağırlığı ise w_i , Denklem (3) ile hesaplanır.

$$w_i = g_i + n \cdot q_i \quad (3)$$

Bu denklemlerde;

w_i : Binanın i 'inci katının ağırlığını

N : Toplam kat sayısını

g_i : i 'inci katta sabit yük toplamını

q_i : i 'inci katta hareketli yük toplamını

n : Hareketli yük katılım katsayısını ifade etmektedir.

Hareketli yük katılım katsayısı deprem yönetmeliğinde bina kullanım amacına göre değişkenlik göstermekte olup konut için $n=0,30$ alınmaktadır. Oluşturulan modellerin tümü konut olarak kullanıldığı varsayılmış ve tüm modellerde $n= 0,30$ olarak alınmıştır.

Birinci doğal titreşim periyodu T_1 için elde edilen deprem yüklerinin hesaplanmasında dikkate alınacak Spektral İvme Katsayısı ise Denklem (4)'te ifade edilmiştir.

$$A(T_1) = A_0 \cdot I \cdot S(T_1) \quad (4)$$

Bu denklemde;

$A(T_1)$: Spektral ivme katsayısı

$S(T_1)$: Spektrum katsayısını göstermektedir.

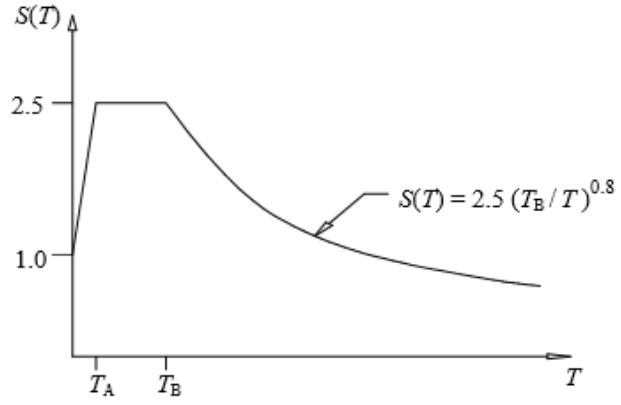
Yapılan modellerin tümünde deprem bölgesi olarak 1. Bölge seçildiğinden dolayı etkin yer ivmesi katsayısı tüm modellerde $A_0 = 0,4$ olarak alınmıştır. Deprem Yönetmeliğinde bina önem katsayısı, bina kullanım amacı ve türüne göre değişkenlik göstermekte olup yapılan tüm modeller konut kabul edildiğinde dolayı tüm modellerde $I=1$ olarak alınmıştır.

Denklem (4)'deki Spektrum Katsayısı $S(T)$, binanın birinci doğal titreşim periyodu (T)'ye ve de yapının üzerine inşa edildiği zemin türüne bağlı olarak Denklem (5) ile belirlenecektir.

$$\begin{aligned} S(T) &= 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} & (0 \leq T \leq T_A) \\ S(T) &= 2.5 & (T_A < T \leq T_B) \\ S(T) &= 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} & (T_B < T) \end{aligned} \quad (5)$$

Denklem (5)'te görülen T_A ve T_B ifadeleri spektrum karakteristik periyotlarıdır. T_A spektrum karakteristik alt periyodu, T_B ise karakteristik üst periyodunu ifade eder. Şekil (8)'de gösterilmiştir.

Spektrum katsayısının periyotla değişim grafiği Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Spektrum Katsayısının Periyotla Değişim Grafiği
(DBYBHY, 2007)

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z1	A Grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} < h_1 < 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

Şekil 7. Yerel Zemin Sınıfları

(DBYBHY, 2007)

Yapılan modellerin tümünde yerel zemin sınıfı Z2 olarak alınmıştır.

Yerel Zemin Sınıfı	T _A (sn)	T _B (sn)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Şekil 8. Spektrum Karakteristik Periyotları

(DBYBHY, 2007)

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi uygulanması durumunda, binanın deprem yönündeki doğal titreşim periyodu, Denklem (6)'dan büyük olmamalıdır.

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (6)$$

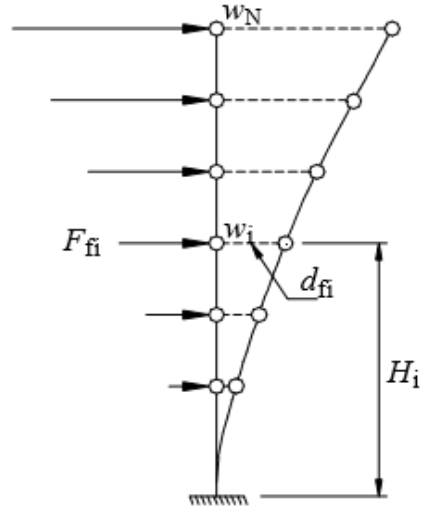
Bu denklemde;

F_{fi} : i'inci kata etkiyen fiktif yükleri ((Denklem 7) ile hesaplanır.)

m_i : i'inci katın kütesini

d_{fi} : Fiktif yüklerin etkisi altında, deprem doğrultusunda oluşan yer değiştirmeleri ifade eder.

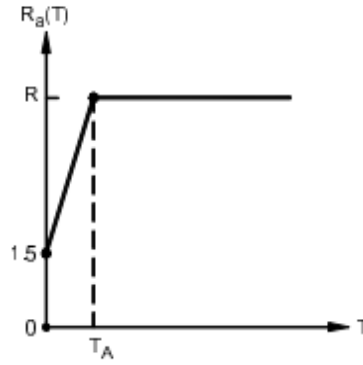
$$F_{fi} = \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (7)$$



Şekil 9. Fiktif Yükler ve Yer Değişirmeler

(DBYBHY, 2007)

Depremde taşıyıcı sistemin doğrusal elastik ötesi davranışı göz önüne alınarak, hesaplanan elastik deprem yüklerinin, deprem yükü azaltma katsayısına bölünmesi gerekmektedir. Elastik deprem yüklerinin azaltılması amacıyla Deprem Yükü Azaltma Katsayısı (R_a) kullanılmaktadır. Deprem Yükü Azaltma Katsayısının değişim grafiği Şekil (10)' da verilmiştir.



Şekil 10. Deprem Yükü Azaltma Katsayısının Grafiği

(DBYBHY, 2007)

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (R_a), Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R), yapının doğal titreşim periyodu (T) ve T_A parametresi dikkate alınarak Denklem (8) ile belirlenecektir.

$$\begin{aligned} R_a(T) &= 1.5 + (R - 1.5) \frac{T}{T_A} & (0 \leq T \leq T_A) \\ R_a(T) &= R & (T_A < T) \end{aligned} \quad (8)$$

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, yapının taşıyıcı sistemine ve süneklik düzeyine göre Şekil (11)' de gösterilmiştir.

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
Yerinde Dökme Betonarme Binalar		
1 Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar...	4	8
2 Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar...	4	7
3 Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar ...	4	6
4 Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar...	4	7

Şekil 11. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)

(DBYBHY, 2007)

Denklem (1) ile belirlenen toplam eşdeğer deprem yükü, yapının katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak Denklem (9) ile hesaplanır.

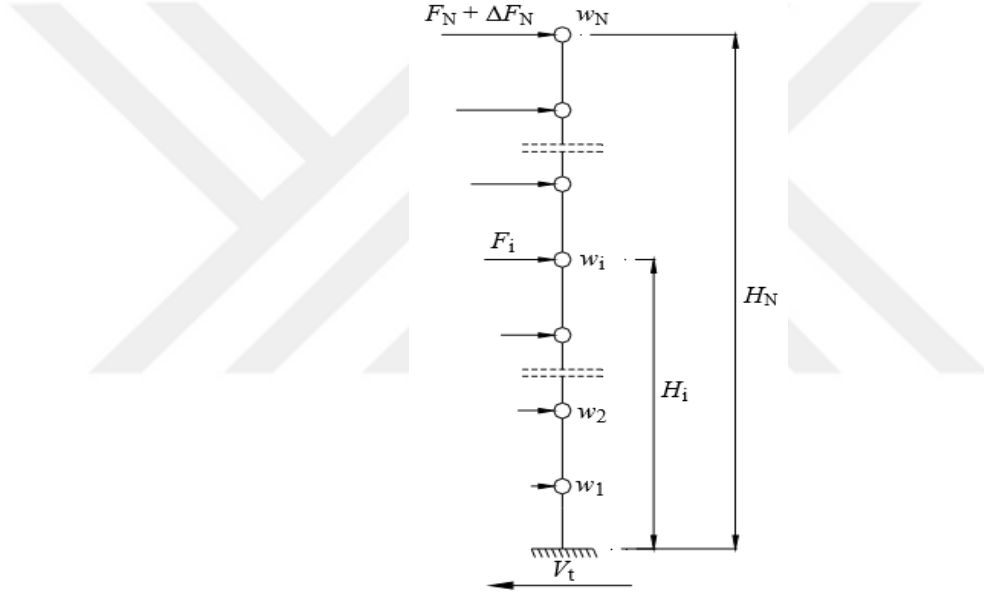
$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (9)$$

Yapının en üst katına (tepesine) etkiyecek ilave eşdeğer deprem yükü ΔF_N Denklem (10) ile belirlenir.

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t \quad (10)$$

Kat seviyelerine etkiyen deprem yükleri ise Denklem (11) ile belirlenir.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (11)$$



Şekil 12. Kat Seviyelerine Etkiyen Deprem Yükleri

(DBYBHY, 2007)

4. DEPREM YÖNETMELİĞİNDE BETONARME PERDE-ÇERÇEVE SİSTEMLERİN ANALİZİNDE SAĞLANMASI GEREKEN KOŞULLAR

4.1. Deprem Yönetmeliğindeki Yapı Düzensizlikleri

Yapı düzensizlikleri, binaların deprem davranışını olumsuz yönde etkileyen yapısal özelliklerdir. Depreme dayanıklı yapı tasarımında bu düzensizliklerden kaçınılması gerekmektedir. Bu düzensizlikler deprem yönetmeliğinde planda ve düşey doğrultuda olmak üzere iki ana grup altındadır.

4.1.1. Planda Düzensizlik Durumları

Planda düzensizlikler, burulma düzensizliği, döşeme süreksizlikleri ve planda çıkıntılarının bulunması olarak üç ana gruba ayrılmaktadır.

Burulma Düzensizliği (A1), sıklıkla binalarda kat kütle merkezi ile taşıyıcı eleman boyutlarına ve konumlarına bağlı olan rijitlik merkezinin birbirine yeterince yakın bulunmamasından ötürü meydana gelir. Burulma momentinin etkisini azaltmak için tasarımda kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki farkın en aza indirilmesi gerekmektedir.

Döşeme Süreksizlikleri (A2), katlarda diyafram görevi yapan döşeme sistemlerinde boşluklar bulunması sebebiyle gerçekleşir. Döşeme Süreksizlikleri Düzensizliği, herhangi bir kattaki toplam boşluğun, toplam döşeme alanının 1/3'ünden fazla olması durumunda meydana gelir.

Planda Çıkıntılarının Bulunması (A3), yapının planında bulunan her iki doğrultudaki çıkıntılarının bu doğrultudaki yapının boyutunun %20'sinden fazla olması durumudur. Kat planında farklı geometrik şekle sahip yapılarda görülmesi muhtemeldir. Depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkeleri doğrultusunda yapının planında bitişik durumda büyük girinti ve çıkıntılarının bulunması istenmemektedir. Bunun nedeni ise bu kısımların derzlerle ayrılmaması sonucu oluşabilecek aşırı zorlanmalardır.

4.1.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

Düşeydeki düzensizlikler, komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat), komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat), taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği olarak üç ana gruba ayrılır.

Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (B1), diğer bir deyişle zayıf kat oluşumu, birbirine dik iki deprem doğrultusu için, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı ile ifade edilir. Dayanım Düzensizliği Katsayısı olarak tanımlanan bu oranın 0.8'den küçük olması, zayıf kat düzensizliği durumuna sebep olmaktadır. Herhangi bir kattaki yatay yük taşıma kapasitesinin bir üstteki kata göre aniden azaltılması bu düzensizliğin oluşmasına sebep olmaktadır.

Yönetmelikte Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (B2), olarak tanımlanan yumuşak kat düzensizliği, birbirine dik iki deprem doğrultusunun her biri için, herhangi bir kattaki ortalama görelî kat öteleme oranının, üst veya alt kattaki ortalama görelî kat öteleme oranına bölünüp 2.0'dan fazla olması durumunda meydana gelir. Yumuşak kat, komşu katlardan herhangi birinin diğerlerine göre aşırı ötelenme yapması nedeniyle gerçekleşir. Bu nedenle, bu düzensizlik tehlike katı düzensizliği olarak da adlandırılmaktadır.

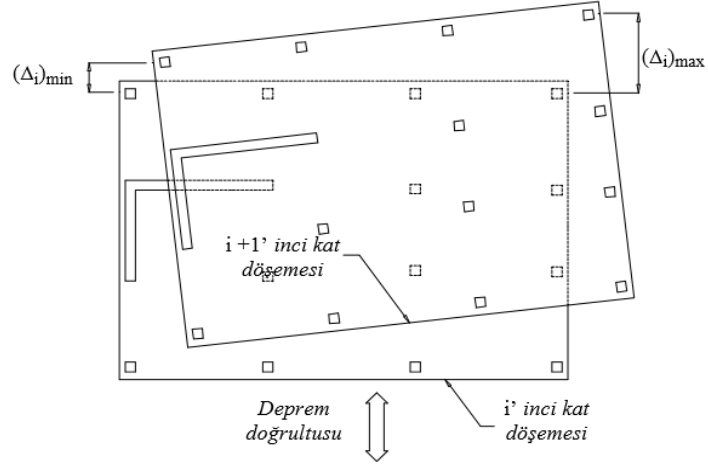
Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği (B3), yatay yük aktaran düşey elemanların (kolon ve perdelerin) alt katlarda yer almaması durumudur. Kolonların ve perdelerin kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne ya da ucuna oturtulması, kolonların iki ucu mesnetli bir kirişe oturtulması, üst kattaki perdenin alttaki kolona oturtulması, perdelerin kirişlerin üstüne açıklık ortasına oturtulması düşey eleman süreksizliğine sebep olmaktadır. Bunların yapılmasına Deprem Yönetmeliğinde izin verilmemektedir.

Bu çalışmadaki analizde Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine göre yatay yüklerin hesaplanıp etkitildiği, yönetmelikte belirtildiği gibi %5 dış merkezlik uygulandığı için yukarıdaki düzensizliklerden sadece muhtemel oluşabilecek burulma düzensizliğine bakılmıştır. Bu çalışmada analiz edilen yapı tipleri planda simetrik olup, düşeyde kat yükseklikleri değişmemekte ve döşeme boşlukları bulunmamaktadır.

4.1.3. Burulma Düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye

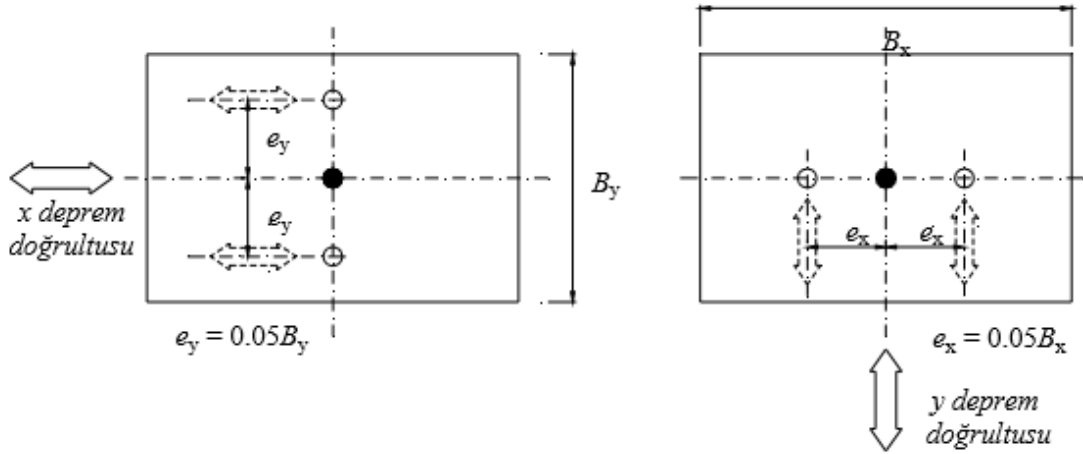
oranını belirten, Burulma Düzensizliği Katsayısı $\eta_{bi} > 1,2$ olması durumudur ve Şekil (13) ile gösterilmektedir.



Şekil 13. Burulma Düzensizliği (A1)

(DBYBHY, 2007)

Burulma düzensizliği katsayısının hesabında kullanılan göreceli kat ötelemesi hesabı $\pm\%5$ dış merkezlik etkileri etkililerek hesaplanmalıdır.



Şekil 14. Kütle Merkezinin Kaydırılması

(DBYBHY, 2007)

Döşemelerin kendi düzlemlerinde rijit diyafram davranışı sergilediği durumunda η_{bi} Denklem (12) ve Denklem (13) ile hesaplanır.

$$(\Delta_i)_{ort} = [(\Delta_i)_{maks} + (\Delta_i)_{min}] / 2 \quad (12)$$

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{maks} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2 \quad (13)$$

Burulma düzensizliği katsayısı $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ ise $\pm \%5$ dış merkezliğin Denklem (14)

$$D_i = (\eta_{bi} / 1.2)^2 \quad (14)$$

ile çarpılarak büyütülmesi gerekmektedir.

Eğer $\eta_{bi} > 2.0$ ise dinamik yöntemlerin kullanılması gerekmektedir.

4.2. Göreli Kat Ötelemeleri ve İkinci Mertebe Etkileri

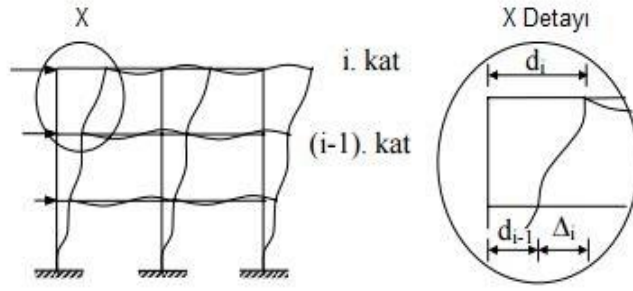
Bu bölümde yapının yatay yer değiştirmelerini sınırlayan, göreli kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri üzerine çalışma yapılmıştır.

4.2.1. Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

Depreme dayanıklı yapı gereğince, elastik sınırlar ötesinde şekil değiştirme meydana geleceği varsayımı yapıldığından, şiddetli depremler altında büyük yer değiştirmelerin meydana gelmesi kaçınılmazdır. Yapıda yeterli rijitliği sağlamak amacıyla katlar arasındaki yer değiştirmenin sınırlandırılması gerekir. Ötelemelerin sınırlandırılması için göreli kat ötelenmesinin bilinmesi gerekmektedir. (Tekeli, Tüken, Türkmen, & Atımtay, 2005)

Herhangi bir kolon veya perde için, ard arda gelen katlar arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden azaltılmış göreli kat ötelemesi (Δ_i) Denklem (15) ile belirlenir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (15)$$



Şekil 15. Çerçeve Görelî Kat Ötelemesi

(Tekeli, Tüken, Türkmen, & Atımtay, 2005)

Her bir deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görelî kat ötelemesi (δ_i) Denklem (16) ile belirlenir. Bu değerler arasında en büyüğü $(\delta_i)_{\max}$ ise Denklem (17)'de verilen koşulu sağlanması yönetmelikle belirtilmiştir.

$$\delta_i = R \cdot \Delta_i \quad (16)$$

$$(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02 \quad (17)$$

Denklem (17) koşulunun binanın herhangi bir katında sağlamadığı takdirde taşıyıcı sistemin yatay rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanmalıdır.

4.2.2. İkinci Mertebe Etkileri

Taşıyıcı sistemde doğrusal olmayan davranışa neden olan ikinci mertebe etkileri daha kesin bir hesaplama yapılmadığı durumda yönetmeliğin belirttiği yöntem ile aşağıdaki gibi göz önüne alınabilir.

İkinci Mertebe Gösterge Değeri, θ_i 'nin Denklem (19)'deki koşulu sağlaması durumunda, ikinci mertebe etkileri betonarme yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilecektir.

$$\theta_i = N_i (\Delta_i)_{\text{ort}} / V_i h_i \quad N_i = \sum_{j=i}^N W_j \quad (18)$$

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \sum_{j=i}^N w_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \quad (19)$$

Bu denklemde;

$(\Delta_i)_{\text{ort}}$: Azaltılmış görel kat ötelemesinin kat içindeki ortalama yer değiştirmesini

N_i : Kat kolonlarındaki toplam normal kuvveti

V_i : Kat kesme kuvvetini

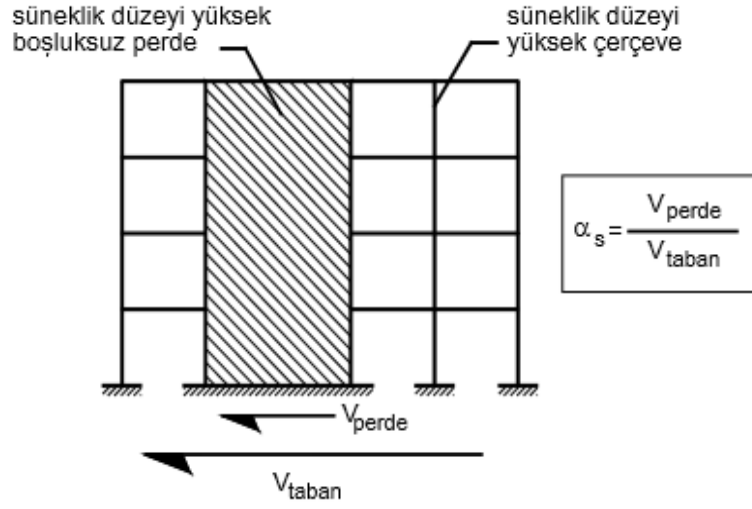
h_i : Kat yüksekliğini ifade eder.

Denklem (19) koşulunun binanın herhangi bir katında sağlanmaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği arttırılmalı ve deprem hesabı tekrar yapılmalıdır. Böyle durumlarda ikinci merteye gösterge değerinin 0,12'nin altına dūřürölmesi gerekir.

4.3. Perdeli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının (R) Belirlenmesi

Türk Deprem Yönetmeliği, deprem yükleri ± 5 eksantrik olarak yapıya uygulandıktan sonra, α_s katsayısının deprem doğrultusunda çalışan perdeler için hesaplanarak binanın süneklik düzeyine göre birtakım kontrollerin yapılmasını öngörmektedir.

$$\alpha_s = \frac{\text{Perdelerin Tabanında Meydana Gelen Kesme Kuvvetleri Toplamı}}{\text{Binanın Tabanında Meydana Gelen Toplam Kesme Kuvveti}} \leq 0,75$$



Şekil 16. Perdenin Taban Kesme Kuvveti ve Binanın Taban Kesme Kuvveti
(Darılmaz, Depreme Dayanıklı Betonarme Binaların Tasarımına Giriş, 2012)

- Süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler ve betonarme çerçevelerin birlikte kullanıldığı sistemlerde taşıyıcı sistem davranış katsayısı, $R=7$ değerinin kullanılabilmesi için $\alpha_s \leq 0,75$ koşulunun sağlanması gerekmektedir.

α_s değeri 0,75 ile 1 aralığında ise yerinde dökme betonarme çerçeve durum için $R=10-4\alpha_s$ bağıntısı ile belirlenerek analiz tekrar yapılmalıdır.

- Süneklik düzeyi normal sistemlerde ise $\alpha_s > 0,75$ koşulu sağlanmalıdır. Belirtilen koşulun sağlanmaması halinde perde kesit alanları artırılarak hesaplamalar yeniden yapılmalıdır.
- Süneklik düzeyi karma sistemlerde her bir deprem doğrultusunda $\alpha_s \geq 0,40$ koşulu sağlanmalıdır.

Her iki deprem doğrultusunda da $\alpha_s \geq 2/3$ olması halinde, R katsayısı taşıyıcı sistemin tümü için kullanılabilir.

$0,40 < \alpha_s < 2/3$ aralığında olması halinde, her iki deprem doğrultusunda da taşıyıcı sistemin tümü için $R= R_{NÇ} + 1,5\alpha_s (R_{YP} - R_{NÇ})$ bağıntısı ile belirlenecektir.

1998 Deprem Yönetmeliğinde (ABYYHY, 98) ise perde katkı katsayısı hesabı momentlere göre hesaplanmaktaydı. Bununla ilgili Gülay v.d. (Gülay, Özmen, & Doğan, 1999) perde çerçevesi yapılarında perdenin katkısını belirlemek için parametrik bir çalışma yapmışlar ve α_m katsayısının hesabında, perde elemanlarına bağlanan giriş uçlarında depremden dolayı meydana gelen kesme kuvvetlerinin katkısının dikkate alınmaması halinde, α_m değerinin önemli miktarda küçüldüğü belirlemişlerdir. Bu çalışmada, $\alpha_m \leq 0,75$ durumuna karşı R=7 değeri kullanılacağından dolayı deprem yükleri olması gerekenden daha az hesaplanacağı için, yapı elemanlarının olması gerekenlerin altında boyutlandırılmasına sebep olacağı sonucuna varılmıştır.



5. ANALİZ

Bu bölümde 10 farklı örnek üzerinde çalışılmış, bu örnekler DBYBHY-2007'ye göre incelenmiştir. Analiz yöntemi olarak SAP2000 programı kullanılmıştır. Deprem yükü hesap yöntemlerinden “Eşdeğer Deprem Yükü Yöntem” ile çözüm yapılmıştır.

Deprem yönetmeliğindeki eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yatay deprem yükleri $\pm 0,05$ dış merkezliklerde dikkate alınarak, kat hizalarına etkitilmektedir. Bu durumda EXP, EXN, EYP, EYN olarak 4 adet deprem yüklemesi tanımlanmıştır. (Özmen, Orakdöğen, & Darılmaz, 2013). Ele alınan yapı simetrik olduğundan deprem yükleri yapıya $-0,05$ veya $+0,05$ eksantrisite olarak uygulanması sonucu değiştirmemektedir.

Perdeler kabuk eleman (shell) olarak modellenmiştir. Örneklerde rijit diyafram kabulü yapılmıştır. Yapının farklı bölgelerine perdeler yerleştirilmiş, yerine göre perdelerin durumları incelenmiştir. Perdeler yapının X doğrultusuna, Y doğrultusuna ve her iki doğrultusuna simetrik olarak yerleştirilmiştir. İncelemelerde X ve Y doğrultularına bakılmış, SAP2000 analiz sonucunda elde edilen doğal titreşim periyotları deprem hesabında doğrudan kullanılmıştır.

Yapı Elemanı Boyutları

Tüm Kolonlar	: 0,55 m x 0,55 m
Tüm Kirişler	: 0,50 m x 0,25 m
Katın Yüksekliği	: 3,0 m
Perdenin Kalınlığı	: 0,25 m

Model Bilgileri

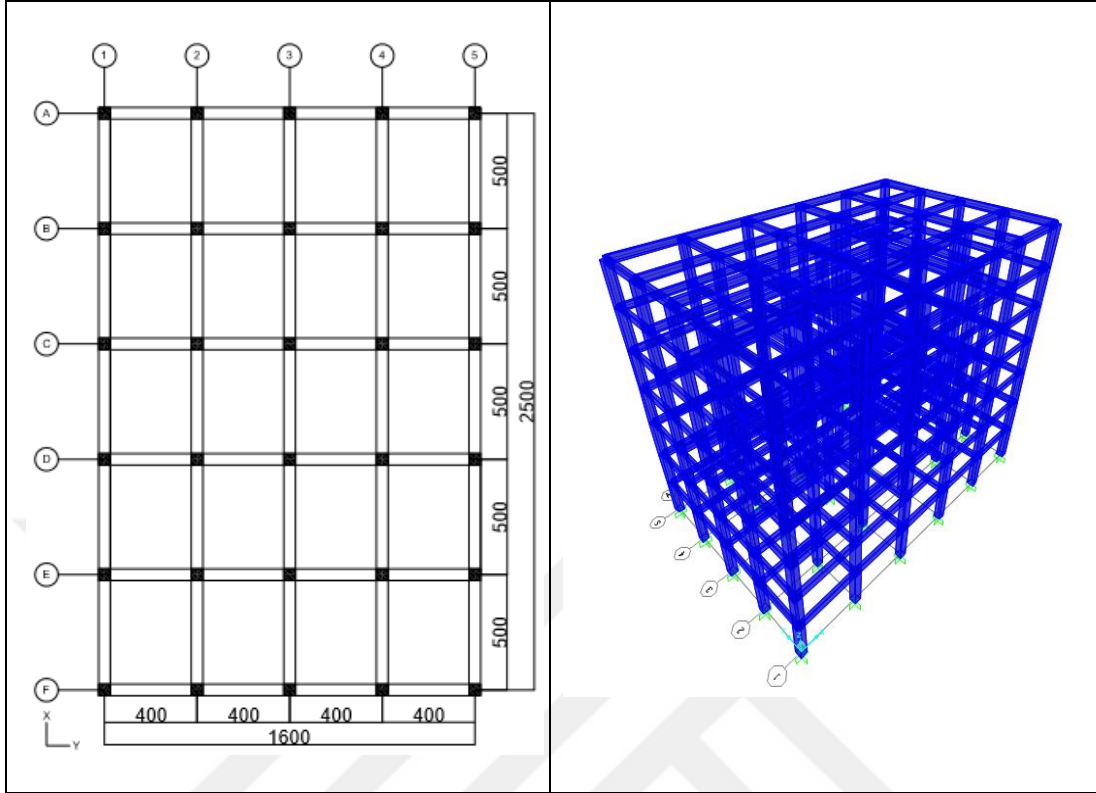
X doğrultusundaki açıklık sayısı	: 5
Y doğrultusundaki açıklık sayısı	: 4
X doğrultusundaki açıklık mesafesi	: 5 m

Y doğrultusundaki açıklık mesafesi	: 4 m
Toplam yapı alanı	: 400 m ²
Kat Sayısı	: 7
Bina Yüksekliği	: 21 m
Bina Önem Katsayısı(I)	: 1
Poisson Oranı	: 0,2
Elastisite modülü	: 30000000 kN/m ²

Deprem Bilgileri

Deprem Bölgesi	: 1.Bölge
Etkin Yer İvmesi Katsayısı(A ₀)	: 0,4
Yerel Zemin Sınıfı	: Z2 (T _A = 0,15 sn T _B = 0,40 sn)
Hareketli Yük Katılım(n)	: 0,3
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı(R)	
(Çerçeve Sistemlerde)	: 8
(Perdeli Sistemlerde)	: 7

5.1. Örnek-1



Şekil 17. Örnek 1'e Ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli

X Doğrultusunda Deprem Hesabı

X doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_X = 0,87204$ sn bulunmuştur.
(SAP2000 programından alınmıştır.)

$T_X = 0,87204$ sn $> T_B$ olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_X) = 2,5 (T_B/T_X)^{0,8} = 2,5 (0,40/0,87204)^{0,8} = 1,340$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_X) = A_0.I.S(T_X) = 0,4 \times 1 \times 1,340 = 0,536$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A(T_X) / R_a(T_X) = 31974,58 \times 0,536 / 8$

Kontrol $V_t = 2142,30$ kN $\geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98$ kN

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot F_{fi}$

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 2142,30 = 112,47$ kN

Tablo 1. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	495,50	495,50
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	470,51	966,01
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	392,16	1358,17
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	313,61	1671,78
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	235,26	1907,04
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	156,91	2063,95
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	78,35	2142,30
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 2. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,02239	0,02010	0,00149	0,00134	0,00142	1,049
6	0,02090	0,01876	0,00241	0,00218	0,00230	1,048
5	0,01849	0,01658	0,00332	0,00297	0,00315	1,054
4	0,01517	0,01361	0,00403	0,00363	0,00383	1,052
3	0,01114	0,00998	0,00446	0,00400	0,00423	1,054
2	0,00668	0,00598	0,00428	0,00383	0,00406	1,054
1	0,00240	0,00215	0,00240	0,00215	0,00228	1,053
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerini altındadır.

Tablo 3. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	$h_i(m)$	$(\delta_i)_{\max} / h_i$
7	0,02239	0,02010	0,00149	0,01192	3	0,00397
6	0,02090	0,01876	0,00241	0,01928	3	0,00643
5	0,01849	0,01658	0,00332	0,02656	3	0,00885
4	0,01517	0,01361	0,00403	0,03224	3	0,01074
3	0,01114	0,00998	0,00446	0,03568	3	0,01189
2	0,00668	0,00598	0,00428	0,03424	3	0,01141
1	0,00240	0,00215	0,00240	0,01920	3	0,00640

Bütün katlarda $(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerinin altındadır.

Tablo 4. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	V_i (kN)	$h_i(m)$	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00142	495,50	3	0,00318
6	4774,06	8104,28	0,00230	966,01	3	0,00643
5	4774,06	12878,34	0,00315	1358,17	3	0,00996
4	4774,06	17652,40	0,00383	1671,78	3	0,01348
3	4774,06	22426,46	0,00423	1907,04	3	0,01658
2	4774,06	27200,52	0,00406	2063,95	3	0,01784
1	4774,06	31974,58	0,00228	2142,30	3	0,01134

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değer aşılmamıştır.

Y Doğrultusunda Deprem Hesabı

Y doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_Y = 0,82801$ sn olarak bulunmuştur. (SAP2000 programından alınmıştır.)

$T_Y = 0,82801$ sn $> T_B$ olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_Y) = 2,5 (T_B/T_Y)^{0,8} = 2,5 (0,40/0,82801)^{0,8} = \mathbf{1,397}$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_Y) = A_0.I.S(T_Y) = 0,4 \times 1 \times 1,397 = \mathbf{0,559}$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A (T_Y) / R_a (T_Y) = 31974,58 \times 0,559 / 8$

Kontrol $V_t = 2234,22 \text{ kN} \geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98 \text{ kN}$

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot F_{fi}$ ile hesaplanmıştır.

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 2234,22 = 117,30 \text{ kN}$

Tablo 5. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	516,77	516,77
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	490,70	1007,47
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	408,99	1416,46
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	327,06	1743,52
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	245,35	1988,87
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	163,64	2152,51
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	81,71	2234,22
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 6. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,02287	0,01703	0,00152	0,00114	0,00133	1,143
6	0,02135	0,01589	0,00246	0,00184	0,00215	1,144
5	0,01889	0,01405	0,00337	0,00251	0,00294	1,146
4	0,01552	0,01154	0,00408	0,00304	0,00356	1,146
3	0,01144	0,00850	0,00453	0,00337	0,00395	1,147
2	0,00691	0,00513	0,00438	0,00326	0,00382	1,147
1	0,00253	0,00187	0,00253	0,00187	0,00220	1,15
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerin altındadır.

Tablo 7. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	$h_i(m)$	$(\delta_i)_{\max} / h_i$
7	0,02287	0,01703	0,00152	0,01216	3	0,00405
6	0,02135	0,01589	0,00246	0,01968	3	0,00656
5	0,01889	0,01405	0,00337	0,02696	3	0,00899
4	0,01552	0,01154	0,00408	0,03264	3	0,01088
3	0,01144	0,00850	0,00453	0,03624	3	0,01208
2	0,00691	0,00513	0,00438	0,03504	3	0,01168
1	0,00253	0,00187	0,00253	0,02024	3	0,00675

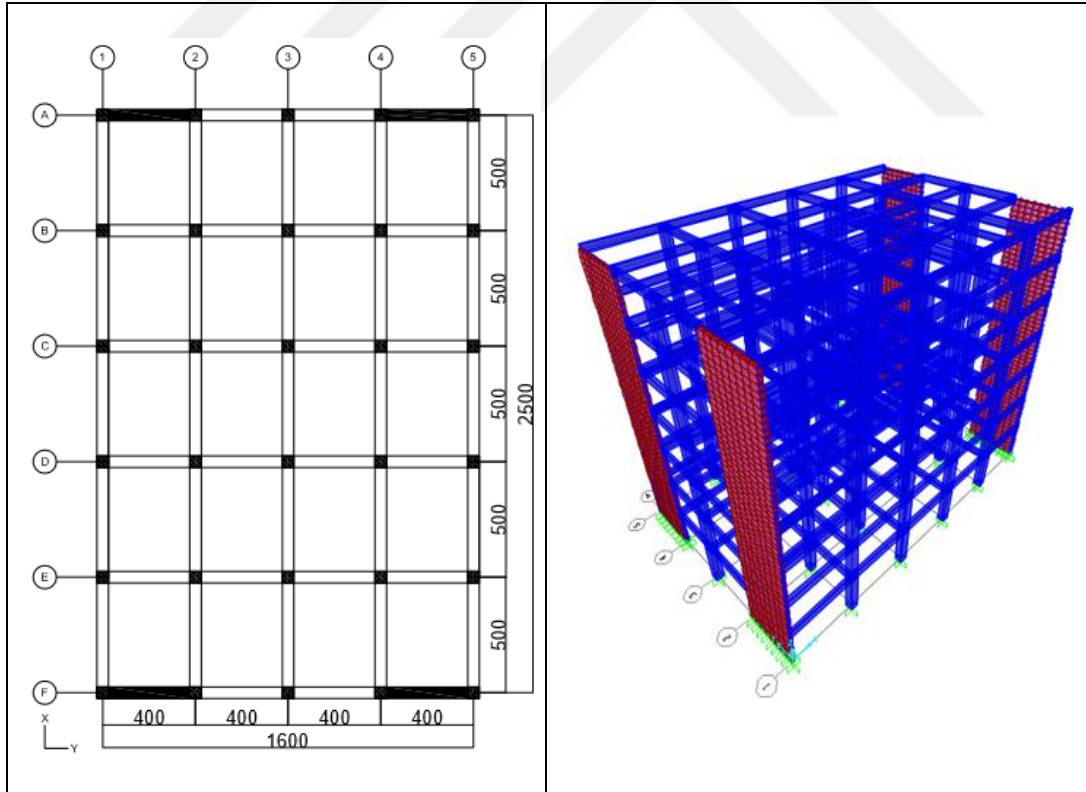
Bütün katlarda $(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerin altındadır.

Tablo 8. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00133	516,77	3	0,00286
6	4774,06	8104,28	0,00215	1007,47	3	0,00577
5	4774,06	12878,34	0,00294	1416,46	3	0,00891
4	4774,06	17652,40	0,00356	1743,52	3	0,01201
3	4774,06	22426,46	0,00395	1988,87	3	0,01485
2	4774,06	27200,52	0,00382	2152,51	3	0,01609
1	4774,06	31974,58	0,00220	2234,22	3	0,01049

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değeri aşılmamıştır.

5.2. Örnek-2



Şekil 18. Örnek 2'ye Ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli

X Doğrultusunda Deprem Hesabı

X doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_X = 0,92918$ sn bulunmuştur.
(SAP2000 programından alınmıştır.)

$T_X = 0,92918$ sn $> T_B$ olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_X) = 2,5 (T_B/T_X)^{0,8} = 2,5 (0,4/0,92918)^{0,8} = 1,273$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_X) = A_0 \cdot I \cdot S(T_X) = 0,4 \times 1 \times 1,273 = 0,5092$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A(T_X) / R_a(T_X) = 31974,58 \times 0,5092 / 7$

Kontrol $V_t = 2325,92$ kN $\geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98$ kN

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot F_{fi}$ ile hesaplanmıştır.

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 2325,92 = 122,11$ kN

α_s hesabı;

$\alpha_s = 249,97/2325,92 = 0,11 \leq 0,75$ olduğundan dolayı başlangıçta seçilen $R=7$ değeri kullanılabilir.

Tablo 9. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	537,97	537,97
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	510,84	1048,81
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	425,78	1474,59
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	340,49	1815,08
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	255,42	2070,50
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	170,35	2240,85
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	85,07	2325,92
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 10. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,02671	0,02549	0,00181	0,00160	0,00171	1,058
6	0,02490	0,02389	0,00290	0,00268	0,00279	1,039
5	0,02200	0,02121	0,00395	0,00373	0,00384	1,029
4	0,01805	0,01748	0,00478	0,00459	0,00469	1,019
3	0,01327	0,01289	0,00529	0,00510	0,00520	1,017
2	0,00798	0,00779	0,00509	0,00496	0,00503	1,012
1	0,00289	0,00283	0,00289	0,00283	0,00286	1,010
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerinin altındadır.

Tablo 11. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	$h_i(m)$	$(\delta_i)_{\max} / h_i$
7	0,02671	0,02549	0,00181	0,01267	3	0,00422
6	0,02490	0,02389	0,00290	0,02030	3	0,00677
5	0,02200	0,02121	0,00395	0,02765	3	0,00922
4	0,01805	0,01748	0,00478	0,03346	3	0,01115
3	0,01327	0,01289	0,00529	0,03703	3	0,01234
2	0,00798	0,00779	0,00509	0,03563	3	0,01188
1	0,00289	0,00283	0,00289	0,02023	3	0,00674

Bütün katlarda $(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerinin altındadır.

Tablo 12. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00171	537,97	3	0,00353
6	4774,06	8104,28	0,00279	1048,81	3	0,00719
5	4774,06	12878,34	0,00384	1474,59	3	0,01118
4	4774,06	17652,40	0,00469	1815,08	3	0,01520
3	4774,06	22426,46	0,00520	2070,50	3	0,01877
2	4774,06	27200,52	0,00503	2240,85	3	0,02035
1	4774,06	31974,58	0,00286	2325,92	3	0,01311

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değeri aşılmamıştır.

Y Doğrultusunda Deprem Hesabı

Y doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_Y = 0,57040$ sn olarak bulunmuştur. (SAP 2000 programından alınmıştır.)

$T_Y = 0,57040$ sn $> T_B$ olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_Y) = 2,5 (T_B/T_Y)^{0,8} = 2,5 (0,40/0,57040)^{0,8} = 1,882$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_Y) = A_0 \cdot I \cdot S(T_Y) = 0,4 \times 1 \times 1,882 = 0,7528$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A(T_Y) / R_a(T_Y) = 31974,58 \times 0,7528 / 6,68$

Kontrol $V_t = 3603,36$ kN $\geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98$ kN

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot F_{fi}$ ile hesaplanmıştır.

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 3603,36 = 189,18$ kN

α_s hesabı;

$\alpha_s = 2844,97/3438,64 = 0,83 > 0,75$ olduğundan dolayı $R=10-4\alpha_s$ bağıntısı kullanılarak tekrar hesaplanmış $R=6,68$ alınarak analiz tekrarlanmıştır.

Tablo 13. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	833,43	833,43
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	791,41	1624,84
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	659,62	2284,46
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	527,49	2811,95
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	395,70	3207,65
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	263,92	3471,57
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	131,79	3603,36
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 14. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,02042	0,01579	0,00324	0,00250	0,00287	1,129
6	0,01718	0,01329	0,00361	0,00272	0,00317	1,139
5	0,01357	0,01057	0,00360	0,00278	0,00319	1,129
4	0,00997	0,00779	0,00349	0,00271	0,00310	1,126
3	0,00648	0,00508	0,00308	0,00241	0,00275	1,120
2	0,00340	0,00267	0,00231	0,00181	0,00206	1,121
1	0,00109	0,00086	0,00109	0,00086	0,00098	1,112
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerinin altındadır.

Tablo 15. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\delta_i)_{max}$	$h_i(m)$	$(\delta_i)_{max} / h_i$
7	0,02042	0,01579	0,00324	0,02164	3	0,00721
6	0,01718	0,01329	0,00361	0,02411	3	0,00804
5	0,01357	0,01057	0,00360	0,02405	3	0,00802
4	0,00997	0,00779	0,00349	0,02331	3	0,00777
3	0,00648	0,00508	0,00308	0,02057	3	0,00686
2	0,00340	0,00267	0,00231	0,01543	3	0,00514
1	0,00109	0,00086	0,00109	0,00728	3	0,00243

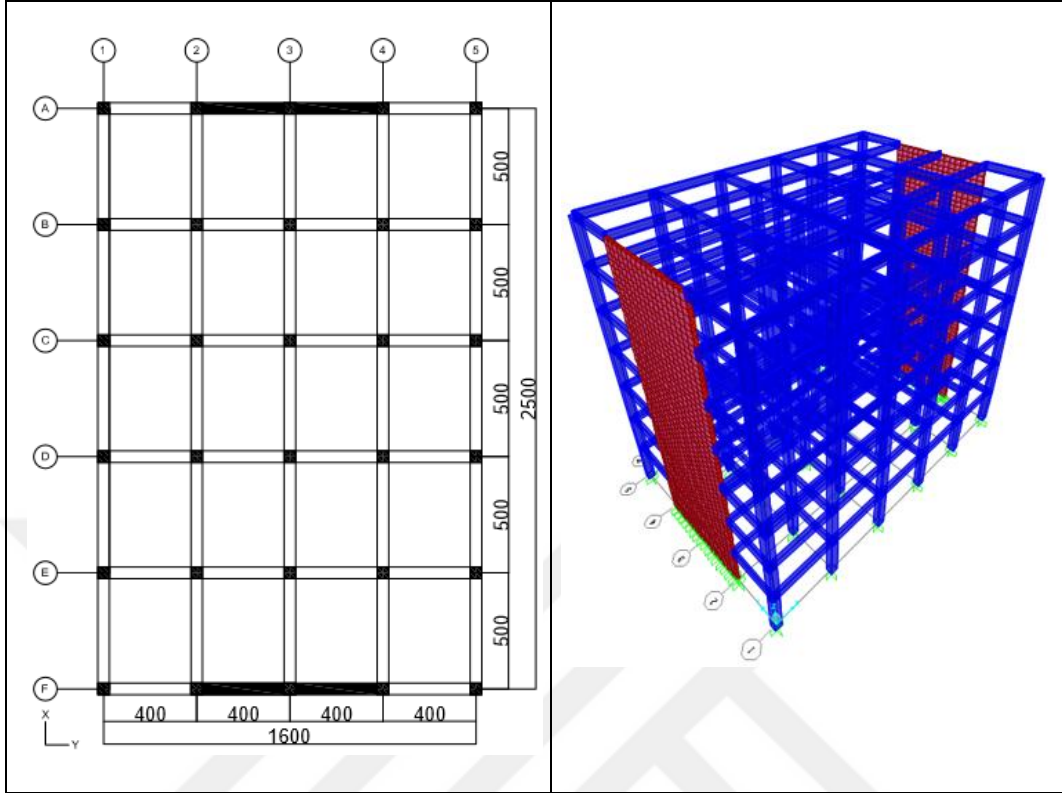
Bütün katlarda $(\delta_i)_{max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerinin altındadır.

Tablo 16. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	$w_i(kN)$	$\sum w_i (kN)$	$(\Delta_i)_{ort}$	$V_i(kN)$	$h_i(m)$	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00287	833,43	3	0,00382
6	4774,06	8104,28	0,00317	1624,84	3	0,00527
5	4774,06	12878,34	0,00319	2284,46	3	0,00599
4	4774,06	17652,40	0,00310	2811,95	3	0,00649
3	4774,06	22426,46	0,00275	3207,65	3	0,00641
2	4774,06	27200,52	0,00206	3471,57	3	0,00538
1	4774,06	31974,58	0,00098	3603,36	3	0,00290

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değer aşılmamıştır.

5.3. Örnek-3



Şekil 19. Örnek 3' e Ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli

X Doğrultusunda Deprem Hesabı

X doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_X = 0,90608$ sn bulunmuştur.
(SAP2000 programından alınmıştır.)

$T_X = 0,90608$ sn $> T_B$ olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_X) = 2,5 (T_B/T_X)^{0,8} = 2,5 (0,4/0,90608)^{0,8} = 1,300$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_X) = A_0 \cdot I \cdot S(T_X) = 0,4 \times 1 \times 1,300 = 0,5200$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A(T_X) / R_a(T_X) = 31974,58 \times 0,5200 / 7$

Kontrol $V_t = 2375,25$ kN $\geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98$ kN

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot F_{fi}$ ile hesaplanmıştır.

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 2375,25 = 124,70$ kN

α_s hesabı;

$\alpha_s = 227,38/2375,25 = 0,10 \leq 0,75$ olduğundan dolayı başlangıçta seçilen $R=7$ değeri kullanılabilir.

Tablo 17. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	549,38	549,38
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	521,68	1071,06
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	434,80	1505,86
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	347,71	1853,57
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	260,84	2114,41
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	173,97	2288,38
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	86,87	2375,25
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 18. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,02562	0,02514	0,00171	0,00163	0,00167	1,024
6	0,02391	0,02351	0,00277	0,00268	0,00272	1,018
5	0,02114	0,02083	0,00379	0,00370	0,00375	1,011
4	0,01735	0,01713	0,00460	0,00453	0,00457	1,007
3	0,01275	0,01260	0,00509	0,00502	0,00506	1,006
2	0,00766	0,00758	0,00489	0,00484	0,00487	1,004
1	0,00277	0,00274	0,00277	0,00274	0,00276	1,004
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerinin altındadır.

Tablo 19. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\delta_i)_{max}$	$h_i(m)$	$(\delta_i)_{max} / h_i$
7	0,02562	0,02514	0,00171	0,01197	3	0,00399
6	0,02391	0,02351	0,00277	0,01939	3	0,00646
5	0,02114	0,02083	0,00379	0,02653	3	0,00884
4	0,01735	0,01713	0,00460	0,03220	3	0,01073
3	0,01275	0,01260	0,00509	0,03563	3	0,01188
2	0,00766	0,00758	0,00489	0,03423	3	0,01141
1	0,00277	0,00274	0,00277	0,01939	3	0,00646

Bütün katlarda $(\delta_i)_{max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerinin altındadır.

Tablo 20. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00167	549,38	3	0,00337
6	4774,06	8104,28	0,00272	1071,06	3	0,00686
5	4774,06	12878,34	0,00375	1505,86	3	0,01069
4	4774,06	17652,40	0,00457	1853,57	3	0,01451
3	4774,06	22426,46	0,00506	2114,41	3	0,01789
2	4774,06	27200,52	0,00487	2288,38	3	0,01930
1	4774,06	31974,58	0,00276	2375,25	3	0,01238

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değer aşılmamıştır.

Y Doğrultusunda Deprem Hesabı

Y doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_Y = 0,38126$ sn olarak bulunmuştur. (SAP2000 programından alınmıştır.)

$T_A < T_Y = 0,38126$ sn $\leq T_B$ olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_Y) = 2,5$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_Y) = A_0 \cdot I_S(T_Y) = 0,4 \times 1 \times 2,5 = 1$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A(T_Y) / R_a(T_Y) = 31974,58 \times 1 / 6,44$

Kontrol $V_t = 4965,00 \text{ kN} \geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98 \text{ kN}$

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot F_{fi}$ ile hesaplanmıştır.

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 4965,00 = 260,66 \text{ kN}$

α_s hesabı;

$\alpha_s = 4083,02/4567,80 = 0,89 > 0,75$ olduğundan dolayı $R=10-4 \alpha_s$ bağıntısıyla tekrar hesaplanmış **R=6,44** alınarak analiz tekrarlanmıştır.

Tablo 21. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	1148,37	1148,37
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	1090,47	2238,84
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	908,88	3147,72
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	726,82	3874,54
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	545,23	4419,77
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	363,64	4783,41
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	181,59	4965,00
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 22. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,01243	0,00999	0,00206	0,00165	0,00186	1,108
6	0,01037	0,00834	0,00218	0,00175	0,00197	1,107
5	0,00819	0,00659	0,00218	0,00174	0,00196	1,112
4	0,00601	0,00485	0,00206	0,00167	0,00187	1,102
3	0,00395	0,00318	0,00181	0,00145	0,00163	1,110
2	0,00214	0,00173	0,00139	0,00112	0,00126	1,103
1	0,00075	0,00061	0,00075	0,00061	0,00068	1,103
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerin altındadır.

Tablo 23. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	$h_i(m)$	$(\delta_i)_{\max} / h_i$
7	0,01243	0,00999	0,00206	0,01327	3	0,00442
6	0,01037	0,00834	0,00218	0,01404	3	0,00468
5	0,00819	0,00659	0,00218	0,01404	3	0,00468
4	0,00601	0,00485	0,00206	0,01327	3	0,00442
3	0,00395	0,00318	0,00181	0,01166	3	0,00389
2	0,00214	0,00173	0,00139	0,00895	3	0,00298
1	0,00075	0,00061	0,00075	0,00483	3	0,00161

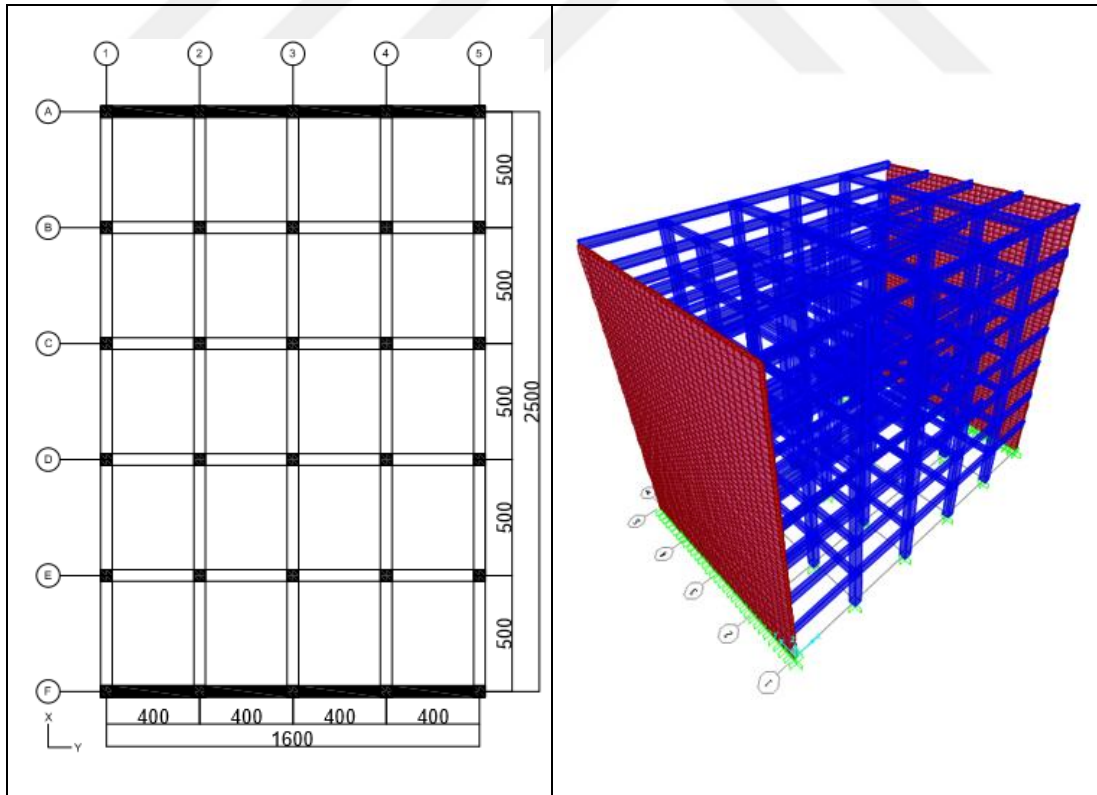
Bütün katlarda $(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerin altındadır.

Tablo 24. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00186	1148,37	3	0,00180
6	4774,06	8104,28	0,00197	2238,84	3	0,00238
5	4774,06	12878,34	0,00196	3147,72	3	0,00267
4	4774,06	17652,40	0,00187	3874,54	3	0,00284
3	4774,06	22426,46	0,00163	4419,77	3	0,00276
2	4774,06	27200,52	0,00126	4783,41	3	0,00239
1	4774,06	31974,58	0,00068	4965,00	3	0,00146

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değeri aşılmamıştır.

5.4. Örnek-4



Şekil 20. Örnek 4'e Ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli

X Doğrultusunda Deprem Hesabı

X doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_x = 0,92254$ sn bulunmuştur.
(SAP2000 programından alınmıştır.)

$T_x = 0,92254$ sn $> T_B$ olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_x) = 2,5 (T_B/T_x)^{0,8} = 2,5 (0,40/0,92254)^{0,8} = 1,281$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_x) = A_0 \cdot I_S(T_x) = 0,4 \times 1 \times 1,281 = 0,5124$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A(T_x) / R_a(T_x) = 31974,58 \times 0,5124 / 7$

Kontrol $V_t = 2340,54 \text{ kN} \geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98 \text{ kN}$

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot F_{fi}$ ile hesaplanmıştır.

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 2340,54 = 122,88 \text{ kN}$

α_s hesabı;

$\alpha_s = 457,16/2340,54 = 0,20 \leq 0,75$ olduğundan dolayı başlangıçta seçilen $R=7$ değeri kullanılabilir.

Tablo 25. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	541,35	541,35
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	514,05	1055,40
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	428,45	1483,85
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	342,63	1826,48
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	257,03	2083,51
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	171,43	2254,94
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	85,60	2340,54
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 26. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,02596	0,02586	0,00171	0,00169	0,00170	1,006
6	0,02425	0,02417	0,00278	0,00277	0,00278	1,000
5	0,02147	0,02140	0,00383	0,00381	0,00382	1,003
4	0,01764	0,01759	0,00466	0,00465	0,00466	1,000
3	0,01298	0,01294	0,00517	0,00515	0,00516	1,002
2	0,00781	0,00779	0,00499	0,00498	0,00499	1,000
1	0,00282	0,00281	0,00282	0,00281	0,00282	1,000
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerinin altındadır.

Tablo 27. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	$h_i(m)$	$(\delta_i)_{\max} / h_i$
7	0,02596	0,02586	0,00171	0,01197	3	0,00399
6	0,02425	0,02417	0,00278	0,01946	3	0,00649
5	0,02147	0,02140	0,00383	0,02681	3	0,00894
4	0,01764	0,01759	0,00466	0,03262	3	0,01087
3	0,01298	0,01294	0,00517	0,03619	3	0,01206
2	0,00781	0,00779	0,00499	0,03493	3	0,01164
1	0,00282	0,00281	0,00282	0,01974	3	0,00658

Bütün katlarda $(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerinin altındadır.

Tablo 28. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00170	541,35	3	0,00349
6	4774,06	8104,28	0,00278	1055,40	3	0,00712
5	4774,06	12878,34	0,00382	1483,85	3	0,01105
4	4774,06	17652,40	0,00466	1826,48	3	0,01501
3	4774,06	22426,46	0,00516	2083,51	3	0,01851
2	4774,06	27200,52	0,00499	2254,94	3	0,02006
1	4774,06	31974,58	0,00282	2340,54	3	0,01284

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değeri aşılmamıştır.

Y Doğrultusunda Deprem Hesabı

Y doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_Y = 0,18411$ sn olarak bulunmuştur. (SAP 2000 programından alınmıştır.)

$T_A < T_Y = 0,18411$ sn $\leq T_B$ olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_Y) = 2,5$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_Y) = A_0 \cdot I \cdot S(T_Y) = 0,4 \times 1 \times 2,5 = 1$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A(T_Y) / R_a(T_Y) = 31974,58 \times 1 / 6,12$

Kontrol $V_t = 5224,60$ kN $\geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98$ kN

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N)$. F_{fi} ile hesaplanmıştır.

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 5224,60 = 274,29$ kN

α_s hesabı;

$\alpha_s = 4408,13 / 4567,80 = 0,97 > 0,75$ olduğundan dolayı $R=10-4 \alpha_s$ bağıntısı kullanılarak tekrar hesaplanmış $R= 6,12$ alınarak analiz tekrarlanmıştır.

Tablo 29. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	1208,42	1208,42
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	1147,48	2355,90
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	956,40	3312,30
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	764,82	4077,12
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	573,74	4650,86
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	382,66	5033,52
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	191,08	5224,60
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 30. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,00293	0,00239	0,00044	0,00036	0,00040	1,100
6	0,00249	0,00203	0,00047	0,00038	0,00043	1,093
5	0,00202	0,00165	0,00048	0,00039	0,00044	1,091
4	0,00154	0,00126	0,00048	0,00039	0,00044	1,091
3	0,00106	0,00087	0,00044	0,00036	0,00040	1,100
2	0,00062	0,00051	0,00037	0,00030	0,00034	1,088
1	0,00025	0,00021	0,00025	0,00021	0,00023	1,087
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerinin altındadır.

Tablo 31. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	$h_i(\text{m})$	$(\delta_i)_{\max} / h_i$
7	0,00293	0,00239	0,00044	0,00269	3	0,00090
6	0,00249	0,00203	0,00047	0,00288	3	0,00096
5	0,00202	0,00165	0,00048	0,00294	3	0,00098
4	0,00154	0,00126	0,00048	0,00294	3	0,00098
3	0,00106	0,00087	0,00044	0,00269	3	0,00090
2	0,00062	0,00051	0,00037	0,00226	3	0,00075
1	0,00025	0,00021	0,00025	0,00153	3	0,00051

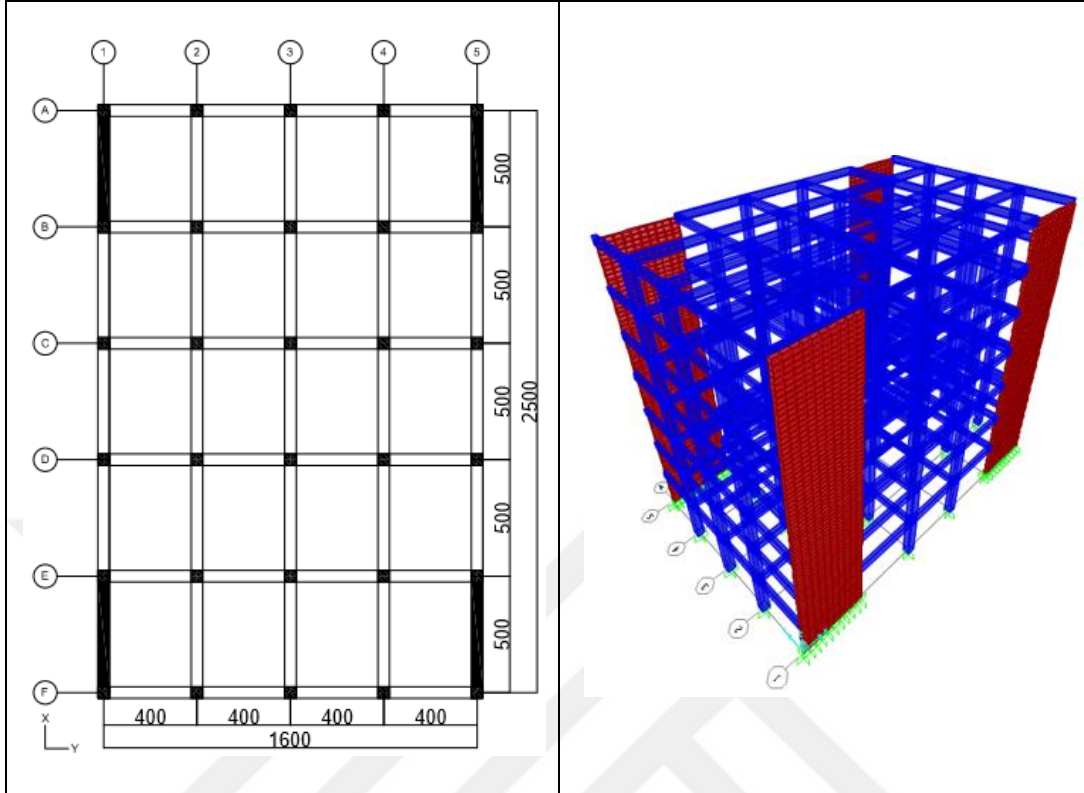
Bütün katlarda $(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerinin altındadır.

Tablo 32. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00040	1208,42	3	0,00037
6	4774,06	8104,28	0,00043	2355,90	3	0,00049
5	4774,06	12878,34	0,00044	3312,30	3	0,00057
4	4774,06	17652,40	0,00044	4077,12	3	0,00064
3	4774,06	22426,46	0,00040	4650,86	3	0,00064
2	4774,06	27200,52	0,00034	5033,52	3	0,00061
1	4774,06	31974,58	0,00023	5224,60	3	0,00047

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değer aşılmamıştır.

5.5. Örnek-5



Şekil 21. Örnek 5' e Ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli

X Doğrultusunda Deprem Hesabı

X doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_x = 0,48344$ sn bulunmuştur. (SAP2000 programından alınmıştır.)

$T_x = 0,48344$ sn $> T_B$ olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_x) = 2,5 (T_B/T_x)^{0,8} = 2,5 (0,4/0,48344)^{0,8} = 2,148$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_x) = A_0 \cdot I \cdot S(T_x) = 0,4 \times 1 \times 2,148 = 0,8592$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A(T_x) / R_a(T_x) = 31974,58 \times 0,8592 / 6,48$

Kontrol $V_t = 4239,59$ kN $\geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98$ kN

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot F_{fi}$ ile hesaplanmıştır.

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 4239,59 = 222,58 \text{ kN}$

α_s hesabı;

$\alpha_s = 3452,04/3924,65 = 0,88 > 0,75$ olduğundan dolayı $R=10-4 \alpha_s$ bağıntısı kullanılarak tekrar hesaplanmış **R=6,48** alınarak analiz tekrarlanmıştır.

Tablo 33. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	980,59	980,59
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	931,14	1911,73
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	776,09	2687,82
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	620,63	3308,45
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	465,57	3774,02
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	310,51	4084,53
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	155,06	4239,59
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 34. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,01673	0,01434	0,00283	0,00245	0,00264	1,072
6	0,01390	0,01189	0,00300	0,00258	0,00279	1,075
5	0,01090	0,00931	0,00297	0,00256	0,00277	1,072
4	0,00793	0,00675	0,00281	0,00240	0,00261	1,077
3	0,00512	0,00435	0,00244	0,00208	0,00226	1,080
2	0,00268	0,00227	0,00180	0,00153	0,00167	1,078
1	0,00088	0,00074	0,00088	0,00074	0,00081	1,086
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerini altındadır.

Tablo 35. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\delta_i)_{max}$	$h_i(m)$	$(\delta_i)_{max} / h_i$
7	0,01673	0,01434	0,00283	0,01834	3	0,00611
6	0,01390	0,01189	0,00300	0,01944	3	0,00648
5	0,01090	0,00931	0,00297	0,01925	3	0,00642
4	0,00793	0,00675	0,00281	0,01821	3	0,00607
3	0,00512	0,00435	0,00244	0,01581	3	0,00527
2	0,00268	0,00227	0,00180	0,01166	3	0,00389
1	0,00088	0,00074	0,00088	0,00570	3	0,00190

Bütün katlarda $(\delta_i)_{max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerini altındadır.

Tablo 36. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00264	980,59	3	0,00299
6	4774,06	8104,28	0,00279	1911,73	3	0,00394
5	4774,06	12878,34	0,00277	2687,82	3	0,00442
4	4774,06	17652,40	0,00261	3308,45	3	0,00464
3	4774,06	22426,46	0,00226	3774,02	3	0,00448
2	4774,06	27200,52	0,00167	4084,53	3	0,00371
1	4774,06	31974,58	0,00081	4239,59	3	0,00204

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değeri aşılmamıştır.

Y Doğrultusunda Deprem Hesabı

Y doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_Y = 0,88496$ sn olarak bulunmuştur. (SAP2000 programından alınmıştır.)

$T_Y = 0,88496$ sn $> T_B$ olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_Y) = 2,5 (T_B/T_Y)^{0,8} = 2,5 (0,4/0,88496)^{0,8} = \mathbf{1,324}$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_Y) = A_0.I.S(T_Y) = 0,4 \times 1 \times 1,324 = \mathbf{0,5296}$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A (T_Y) /R_a (T_Y) = 31974,58 \times 0,5296 / 7$

Kontrol $V_t = \mathbf{2419,11 \text{ kN}} \geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98 \text{ kN}$

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot F_{fi}$ ile hesaplanmıştır.

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 2419,11 = \mathbf{127,00 \text{ kN}}$

α_s hesabı;

$\alpha_s = 282,09/2419,11 = 0,12 \leq 0,75$ olduğundan dolayı başlangıçta seçilen $R=7$ değeri kullanılabilir.

Tablo 37. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	559,52	559,52
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	531,31	1090,83
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	442,84	1533,67
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	354,13	1887,80
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	265,66	2153,46
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	177,18	2330,64
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	88,47	2419,11
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 38. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,02627	0,02295	0,00187	0,00135	0,00161	1,161
6	0,02440	0,02160	0,00292	0,00235	0,00264	1,106
5	0,02148	0,01925	0,00390	0,00331	0,00361	1,080
4	0,01758	0,01594	0,00467	0,00411	0,00439	1,064
3	0,01291	0,01183	0,00513	0,00462	0,00488	1,051
2	0,00778	0,00721	0,00493	0,00455	0,00474	1,040
1	0,00285	0,00266	0,00285	0,00266	0,00276	1,033
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerin altındadır.

Tablo 39. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	$h_i(m)$	$(\delta_i)_{\max} / h_i$
7	0,02627	0,02295	0,00187	0,01309	3	0,00436
6	0,02440	0,02160	0,00292	0,02044	3	0,00681
5	0,02148	0,01925	0,00390	0,02730	3	0,00910
4	0,01758	0,01594	0,00467	0,03269	3	0,01090
3	0,01291	0,01183	0,00513	0,03591	3	0,01197
2	0,00778	0,00721	0,00493	0,03451	3	0,01150
1	0,00285	0,00266	0,00285	0,01995	3	0,00665

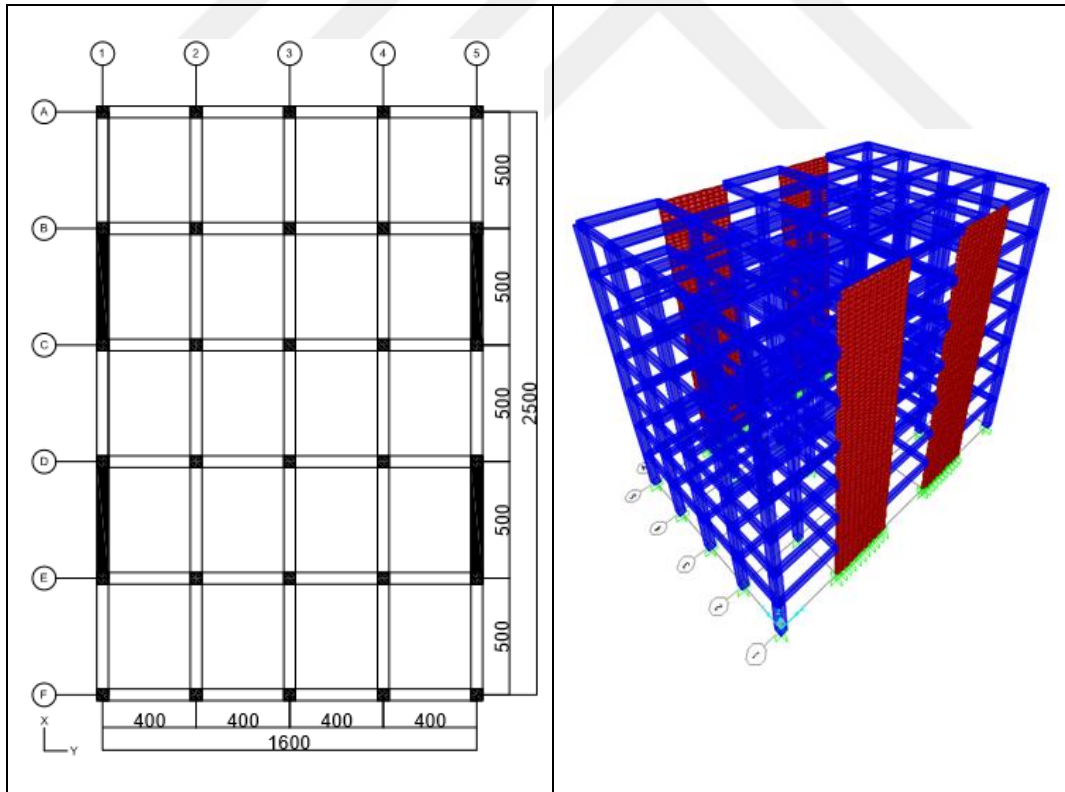
Bütün katlarda $(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerin altındadır.

Tablo 40. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00161	559,52	3	0,00319
6	4774,06	8104,28	0,00264	1090,83	3	0,00654
5	4774,06	12878,34	0,00361	1533,67	3	0,01010
4	4774,06	17652,40	0,00439	1887,80	3	0,01368
3	4774,06	22426,46	0,00488	2153,46	3	0,01694
2	4774,06	27200,52	0,00474	2330,64	3	0,01844
1	4774,06	31974,58	0,00276	2419,11	3	0,01216

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değeri aşılmamıştır.

5.6. Örnek-6



Şekil 22. Örnek 6'ya Ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli

X Doğrultusunda Deprem Hesabı

X doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_x = 0,48528$ sn bulunmuştur.
(SAP2000 programından alınmıştır.)

$T_x = 0,48528$ sn $>$ T_B olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_x) = 2,5 (T_B/T_x)^{0,8} = 2,5 (0,4/0,48528)^{0,8} = 2,142$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_x) = A_0 \cdot I_S(T_x) = 0,4 \times 1 \times 2,142 = 0,8568$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A(T_x) / R_a(T_x) = 31974,58 \times 0,8568 / 6,48$

Kontrol $V_t = 4227,75 \text{ kN} \geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98 \text{ kN}$

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot F_{fi}$ ile hesaplanmıştır.

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 4227,75 = 221,96 \text{ kN}$

α_s hesabı;

$\alpha_s = 3461,98/3913,69 = 0,88 > 0,75$ olduğundan dolayı $R=10-4 \alpha_s$ bağıntısı kullanılarak tekrar hesaplanmış $R=6,48$ alınarak analiz tekrarlanmıştır.

Tablo 41. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	977,85	977,85
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	928,54	1906,39
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	773,92	2680,31
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	618,90	3299,21
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	464,27	3763,48
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	309,65	4073,13
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	154,62	4227,75
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 42. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,01675	0,01448	0,00283	0,00248	0,00266	1,064
6	0,01392	0,01200	0,00301	0,00261	0,00281	1,071
5	0,01091	0,00939	0,00297	0,00258	0,00278	1,068
4	0,00794	0,00681	0,00282	0,00243	0,00263	1,072
3	0,00512	0,00438	0,00244	0,00209	0,00227	1,075
2	0,00268	0,00229	0,00180	0,00154	0,00167	1,078
1	0,00088	0,00075	0,00088	0,00075	0,00082	1,073
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerinin altındadır.

Tablo 43. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	$h_i(m)$	$(\delta_i)_{\max} / h_i$
7	0,01675	0,01448	0,00283	0,01834	3	0,00611
6	0,01392	0,01200	0,00301	0,01950	3	0,00650
5	0,01091	0,00939	0,00297	0,01925	3	0,00642
4	0,00794	0,00681	0,00282	0,01827	3	0,00609
3	0,00512	0,00438	0,00244	0,01581	3	0,00527
2	0,00268	0,00229	0,00180	0,01166	3	0,00389
1	0,00088	0,00075	0,00088	0,00570	3	0,00190

Bütün katlarda $(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerinin altındadır.

Tablo 44. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00266	977,85	3	0,00302
6	4774,06	8104,28	0,00281	1906,39	3	0,00398
5	4774,06	12878,34	0,00278	2680,31	3	0,00445
4	4774,06	17652,40	0,00263	3299,21	3	0,00469
3	4774,06	22426,46	0,00227	3763,48	3	0,00451
2	4774,06	27200,52	0,00167	4073,13	3	0,00372
1	4774,06	31974,58	0,00082	4227,75	3	0,00207

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değeri aşılmamıştır.

Y Doğrultusunda Deprem Hesabı

Y doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_Y = 0,88496$ sn olarak bulunmuştur. (SAP2000 programından alınmıştır.)

$T_Y = 0,88496$ sn $> T_B$ olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_Y) = 2,5 (T_B/T_Y)^{0,8} = 2,5 (0,4/0,88496)^{0,8} = \mathbf{1,324}$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_Y) = A_0 \cdot I \cdot S(T_Y) = 0,4 \times 1 \times 1,324 = \mathbf{0,5296}$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A(T_Y) / R_a(T_Y) = 31974,58 \times 0,5296 / 7$

Kontrol **$V_t = 2419,11$ kN** $\geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98$ kN

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot F_{fi}$ ile hesaplanmıştır.

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 2419,11 = \mathbf{127,00}$ kN

α_s hesabı;

$\alpha_s = 282,09/2419,11 = 0,12 \leq 0,75$ olduğundan dolayı başlangıçta seçilen **R=7** değeri kullanılabilir.

Tablo 45. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	559,52	559,52
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	531,31	1090,83
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	442,84	1533,67
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	354,13	1887,80
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	265,66	2153,46
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	177,18	2330,64
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	88,47	2419,11
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 46. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,02619	0,02302	0,00185	0,00136	0,00161	1,149
6	0,02434	0,02166	0,00291	0,00236	0,00264	1,102
5	0,02143	0,01930	0,00388	0,00333	0,00361	1,075
4	0,01755	0,01597	0,00466	0,00412	0,00439	1,062
3	0,01289	0,01185	0,00512	0,00463	0,00488	1,049
2	0,00777	0,00722	0,00492	0,00456	0,00474	1,038
1	0,00285	0,00266	0,00285	0,00266	0,00276	1,033
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerinin altındadır.

Tablo 47. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i (m)	$(\delta_i)_{\max} / h_i$
7	0,02619	0,02302	0,00185	0,01295	3	0,00432
6	0,02434	0,02166	0,00291	0,02037	3	0,00679
5	0,02143	0,01930	0,00388	0,02716	3	0,00905
4	0,01755	0,01597	0,00466	0,03262	3	0,01087
3	0,01289	0,01185	0,00512	0,03584	3	0,01195
2	0,00777	0,00722	0,00492	0,03444	3	0,01148
1	0,00285	0,00266	0,00285	0,01995	3	0,00665

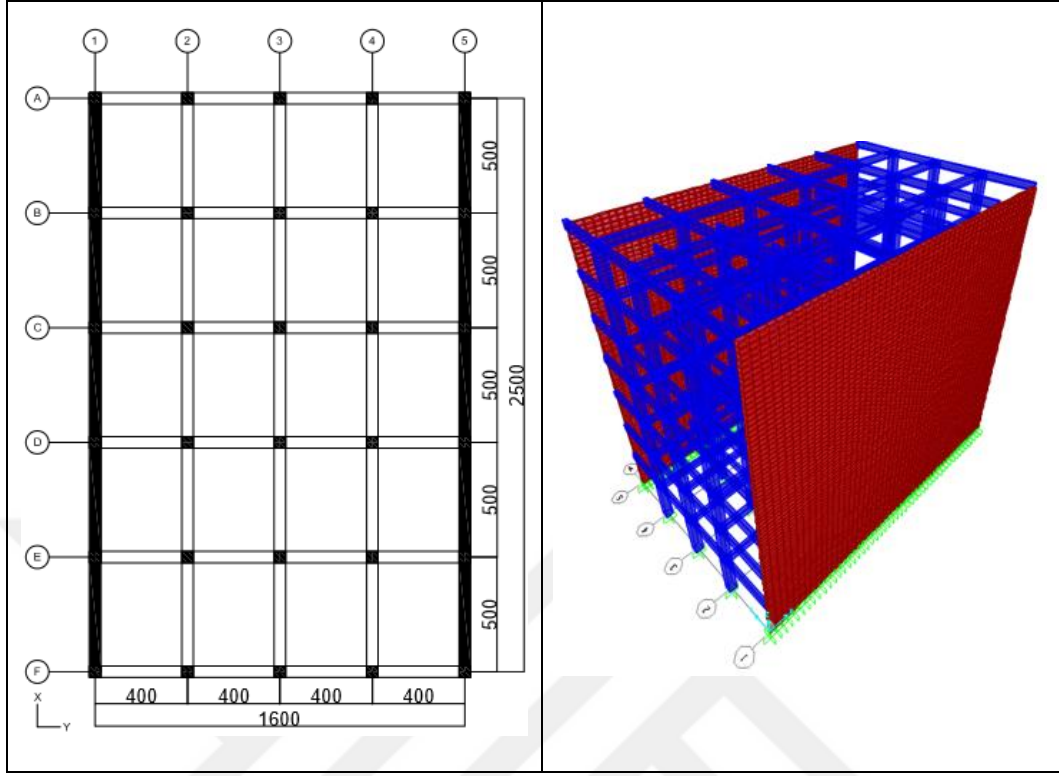
Bütün katlarda $(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerinin altındadır.

Tablo 48. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00161	559,52	3	0,00319
6	4774,06	8104,28	0,00264	1090,83	3	0,00654
5	4774,06	12878,34	0,00361	1533,67	3	0,01010
4	4774,06	17652,40	0,00439	1887,80	3	0,01368
3	4774,06	22426,46	0,00488	2153,46	3	0,01694
2	4774,06	27200,52	0,00474	2330,64	3	0,01844
1	4774,06	31974,58	0,00276	2419,11	3	0,01216

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değer aşılmamıştır.

5.7. Örnek-7



Şekil 23. Örnek 7' ye Ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli

X Doğrultusunda Deprem Hesabı

X doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_x = 0,11964$ sn bulunmuştur.
(SAP2000 programından alınmıştır.)

$0 \leq T_x = 0,11964 \text{ sn} \leq T_A$ olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_x) = 1 + 1,5 T_x/T_A = 1 + 1,5 \times (0,11964/0,15) = 2,196$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_x) = 1,5 + (6,08 - 1,5) \times 0,11964/0,15 = 5,15$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_x) = A_0 \cdot I \cdot S(T_x) = 0,4 \times 1 \times 2,196 = 0,8784$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A(T_x) / R_a(T_x) = 31974,58 \times 0,8784 / 5,15$

Kontrol $V_t = 5453,68 \text{ kN} \geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98 \text{ kN}$

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N)$. F_{fi} ile hesaplanmıştır.

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 5453,68 = 286,32 \text{ kN}$

α_s hesabı;

$\alpha_s = 4682,67/4768,50 = 0,98 > 0,75$ olduğundan dolayı $R=10-4 \alpha_s$ bağıntısı kullanılarak tekrar hesaplanmış **R=6,08** alınarak analiz tekrarlanmıştır.

Tablo 49. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	1261,40	1261,40
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	1197,79	2459,19
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	998,33	3457,52
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	798,36	4255,88
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	598,90	4854,78
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	399,44	5254,22
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	199,46	5453,68
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 50. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,00123	0,00101	0,00016	0,00013	0,00015	1,067
6	0,00107	0,00088	0,00017	0,00014	0,00016	1,063
5	0,00090	0,00074	0,00019	0,00016	0,00018	1,056
4	0,00071	0,00058	0,00020	0,00016	0,00018	1,111
3	0,00051	0,00042	0,00019	0,00016	0,00018	1,056
2	0,00032	0,00026	0,00018	0,00014	0,00016	1,125
1	0,00014	0,00012	0,00014	0,00012	0,00013	1,077
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerin altındadır.

Tablo 51. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	$h_i(m)$	$(\delta_i)_{\max} / h_i$
7	0,00123	0,00101	0,00016	0,00097	3	0,00032
6	0,00107	0,00088	0,00017	0,00103	3	0,00034
5	0,00090	0,00074	0,00019	0,00116	3	0,00039
4	0,00071	0,00058	0,00020	0,00122	3	0,00041
3	0,00051	0,00042	0,00019	0,00116	3	0,00039
2	0,00032	0,00026	0,00018	0,00109	3	0,00036
1	0,00014	0,00012	0,00014	0,00085	3	0,00028

Bütün katlarda $(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerin altındadır.

Tablo 52. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00015	1261,40	3	0,00013
6	4774,06	8104,28	0,00016	2459,19	3	0,00018
5	4774,06	12878,34	0,00018	3457,52	3	0,00022
4	4774,06	17652,40	0,00018	4255,88	3	0,00025
3	4774,06	22426,46	0,00018	4854,78	3	0,00028
2	4774,06	27200,52	0,00016	5254,22	3	0,00028
1	4774,06	31974,58	0,00013	5453,68	3	0,00025

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değeri aşılmamıştır.

Y Doğrultusunda Deprem Hesabı

Y doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_Y = 0,88309$ sn olarak bulunmuştur. (SAP2000 programından alınmıştır.)

$T_Y = 0,88309$ sn $> T_B$ olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_Y) = 2,5 (T_B/T_Y)^{0,8} = 2,5 (0,4/0,88309)^{0,8} = 1,327$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_Y) = A_0.I.S(T_Y) = 0,4 \times 1 \times 1,327 = 0,5308$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A(T_Y) / R_a(T_Y) = 31974,58 \times 0,5308 / 7$

Kontrol $V_t = 2424,59$ kN $\geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98$ kN

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot F_{fi}$ ile hesaplanmıştır.

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 2424,59 = 127,29$ kN

α_s hesabı;

$\alpha_s = 657,12/2424,59 = 0,27 \leq 0,75$ olduğundan dolayı başlangıçta seçilen $R=7$ değeri kullanılabilir.

Tablo 53. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	560,79	560,79
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	532,51	1093,30
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	443,84	1537,14
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	354,93	1892,07
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	266,26	2158,33
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	177,58	2335,91
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	88,68	2424,59
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 54. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,02470	0,02447	0,00163	0,00161	0,00162	1,006
6	0,02307	0,02286	0,00265	0,00261	0,00263	1,008
5	0,02042	0,02025	0,00363	0,00359	0,00361	1,006
4	0,01679	0,01666	0,00441	0,00438	0,00440	1,002
3	0,01238	0,01228	0,00491	0,00487	0,00489	1,004
2	0,00747	0,00741	0,00474	0,00471	0,00473	1,002
1	0,00273	0,00270	0,00273	0,00270	0,00272	1,004
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerinin altındadır.

Tablo 55. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	$h_i(\text{m})$	$(\delta_i)_{\max} / h_i$
7	0,02470	0,02447	0,00163	0,01141	3	0,00380
6	0,02307	0,02286	0,00265	0,01855	3	0,00618
5	0,02042	0,02025	0,00363	0,02541	3	0,00847
4	0,01679	0,01666	0,00441	0,03087	3	0,01029
3	0,01238	0,01228	0,00491	0,03437	3	0,01146
2	0,00747	0,00741	0,00474	0,03318	3	0,01106
1	0,00273	0,00270	0,00273	0,01911	3	0,00637

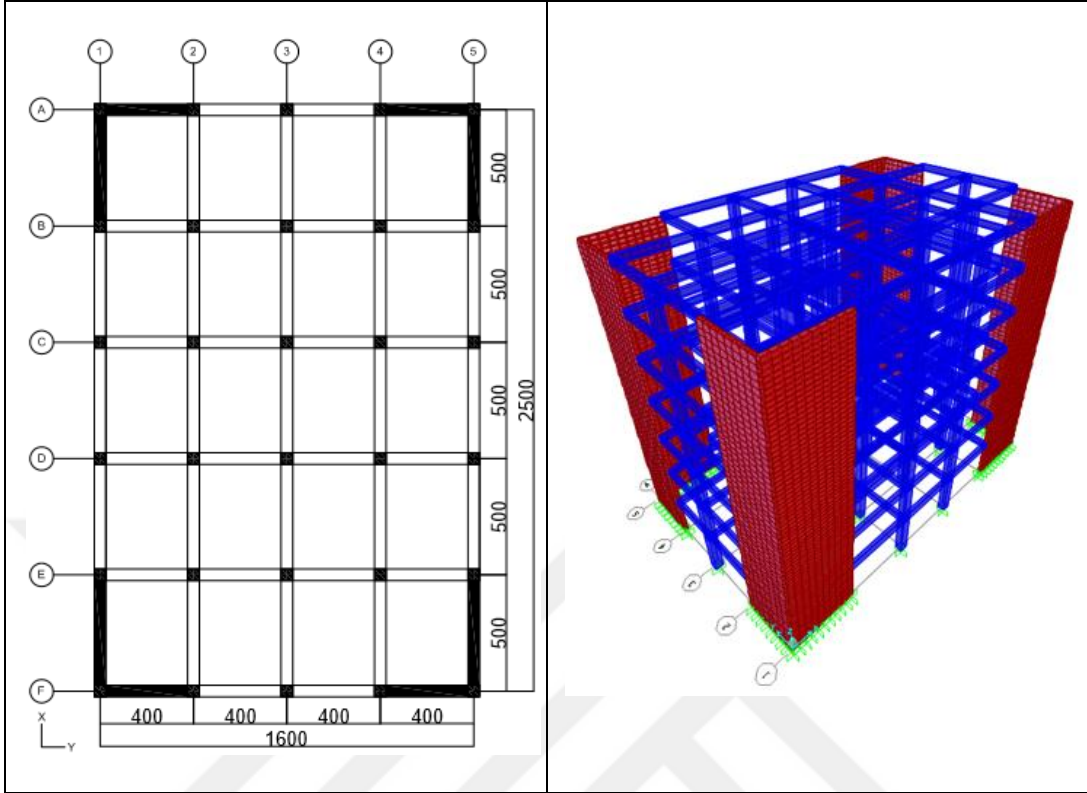
Bütün katlarda $(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerinin altındadır.

Tablo 56. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00162	560,79	3	0,00321
6	4774,06	8104,28	0,00263	1093,30	3	0,00650
5	4774,06	12878,34	0,00361	1537,14	3	0,01008
4	4774,06	17652,40	0,00440	1892,07	3	0,01368
3	4774,06	22426,46	0,00489	2158,33	3	0,01694
2	4774,06	27200,52	0,00473	2335,91	3	0,01836
1	4774,06	31974,58	0,00272	2424,59	3	0,01196

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değer aşılmamıştır.

5.8. Örnek-8



Şekil 24. Örnek 8'e ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli

X Doğrultusunda Deprem Hesabı

X doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_x = 0,37899$ sn bulunmuştur.
(SAP2000 programından alınmıştır.)

$T_A < T_x = 0,37899 \text{ sn} \leq T_B$ olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_x) = 2,5$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_x) = A_0 \cdot I \cdot S(T_x) = 0,4 \times 1 \times 2,5 = 1$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A(T_x) / R_a(T_x) = 31974,58 \times 1 / 6,32$

Kontrol $V_t = 5059,27 \text{ kN} \geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98 \text{ kN}$

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N)$. F_i ile hesaplanmıştır.

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 5059,27 = 265,61 \text{ kN}$

α_s hesabı;

$\alpha_s = 4214,11/4567,80 = 0,92 > 0,75$ olduğundan dolayı $R=10-4 \alpha_s$ bağıntısı kullanılarak tekrar hesaplanmış **R= 6,32** alınarak analiz tekrarlanmıştır.

Tablo 57. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	1170,17	1170,17
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	1111,17	2281,34
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	926,14	3207,48
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	740,62	3948,10
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	555,58	4503,68
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	370,55	4874,23
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	185,04	5059,27
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 58. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,01166	0,01098	0,00195	0,00184	0,00190	1,026
6	0,00971	0,00914	0,00206	0,00193	0,00200	1,030
5	0,00765	0,00721	0,00204	0,00192	0,00198	1,030
4	0,00561	0,00529	0,00193	0,00183	0,00188	1,027
3	0,00368	0,00346	0,00170	0,00159	0,00165	1,030
2	0,00198	0,00187	0,00129	0,00122	0,00126	1,024
1	0,00069	0,00065	0,00069	0,00065	0,00067	1,030
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerinin altındadır.

Tablo 59. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\delta_i)_{max}$	$h_i(m)$	$(\delta_i)_{max} / h_i$
7	0,01166	0,01098	0,00195	0,01232	3	0,00411
6	0,00971	0,00914	0,00206	0,01302	3	0,00434
5	0,00765	0,00721	0,00204	0,01289	3	0,00430
4	0,00561	0,00529	0,00193	0,01220	3	0,00407
3	0,00368	0,00346	0,00170	0,01074	3	0,00358
2	0,00198	0,00187	0,00129	0,00815	3	0,00272
1	0,00069	0,00065	0,00069	0,00436	3	0,00145

Bütün katlarda $(\delta_i)_{max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerinin altındadır.

Tablo 60. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00190	1170,17	3	0,00180
6	4774,06	8104,28	0,00200	2281,34	3	0,00237
5	4774,06	12878,34	0,00198	3207,48	3	0,00265
4	4774,06	17652,40	0,00188	3948,10	3	0,00280
3	4774,06	22426,46	0,00165	4503,68	3	0,00274
2	4774,06	27200,52	0,00126	4874,23	3	0,00234
1	4774,06	31974,58	0,00067	5059,27	3	0,00141

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değer aşılmamıştır.

Y Doğrultusunda Deprem Hesabı

Y doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_Y = 0,45270$ sn olarak bulunmuştur. (SAP2000 programından alınmıştır.)

$T_Y = 0,45270$ sn $> T_B$ olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_Y) = 2,5 (T_B/T_Y)^{0,8} = 2,5 (0,4/0,45270)^{0,8} = 2,264$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_Y) = A_0.I.S(T_Y) = 0,4 \times 1 \times 2,264 = 0,9056$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A (T_Y) / R_a (T_Y) = 31974,58 \times 0,9056 / 6,44$

Kontrol $V_t = 4496,30 \text{ kN} \geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98 \text{ kN}$

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot F_{fi}$ ile hesaplanmıştır.

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 4496,30 = 236,06 \text{ kN}$

α_s hesabı;

$\alpha_s = 3685,26/4136,60 = 0,89 > 0,75$ olduğundan dolayı $R=10-4 \alpha_s$ bağıntısı kullanılarak tekrar hesaplanmış $R= 6,44$ alınarak analiz tekrarlanmıştır.

Tablo 61. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	1039,97	1039,97
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	987,52	2027,49
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	823,08	2850,57
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	658,21	3508,78
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	493,76	4002,54
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	329,32	4331,86
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	164,44	4496,30
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 62. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,01500	0,01351	0,00245	0,00219	0,00232	1,056
6	0,01255	0,01132	0,00260	0,00234	0,00247	1,053
5	0,00995	0,00898	0,00262	0,00237	0,00250	1,048
4	0,00733	0,00661	0,00252	0,00227	0,00240	1,050
3	0,00481	0,00434	0,00223	0,00201	0,00212	1,052
2	0,00258	0,00233	0,00170	0,00154	0,00162	1,049
1	0,00088	0,00079	0,00088	0,00079	0,00084	1,048
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerin altındadır.

Tablo 63. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	$h_i(m)$	$(\delta_i)_{\max} / h_i$
7	0,01500	0,01351	0,00245	0,01578	3	0,00526
6	0,01255	0,01132	0,00260	0,01674	3	0,00558
5	0,00995	0,00898	0,00262	0,01687	3	0,00562
4	0,00733	0,00661	0,00252	0,01623	3	0,00541
3	0,00481	0,00434	0,00223	0,01436	3	0,00479
2	0,00258	0,00233	0,00170	0,01095	3	0,00365
1	0,00088	0,00079	0,00088	0,00567	3	0,00189

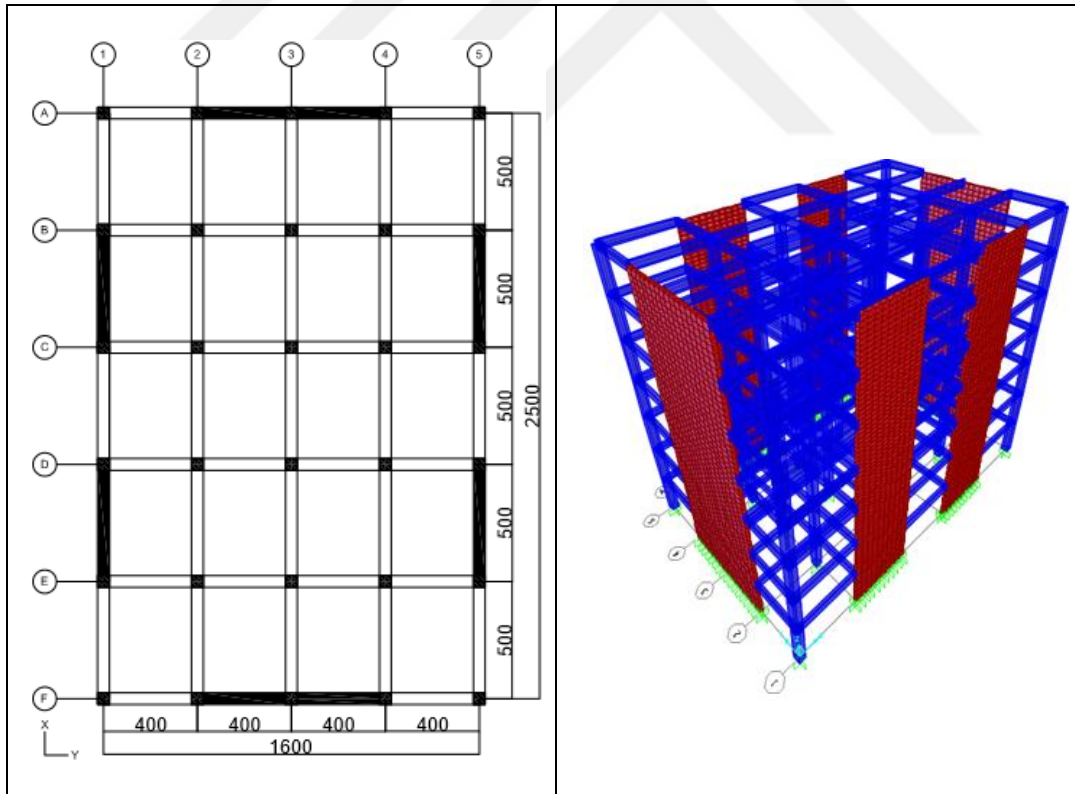
Bütün katlarda $(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerin altındadır.

Tablo 64. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00232	1039,97	3	0,00248
6	4774,06	8104,28	0,00247	2027,49	3	0,00329
5	4774,06	12878,34	0,00250	2850,57	3	0,00376
4	4774,06	17652,40	0,00240	3508,78	3	0,00402
3	4774,06	22426,46	0,00212	4002,54	3	0,00396
2	4774,06	27200,52	0,00162	4331,86	3	0,00339
1	4774,06	31974,58	0,00084	4496,30	3	0,00199

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değeri aşılmamıştır.

5.9. Örnek-9



Şekil 25. Örnek 9' a Ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli

X Doğrultusunda Deprem Hesabı

X doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_x = 0,49283$ sn bulunmuştur.
(SAP2000 programından alınmıştır.)

$T_x = 0,49283$ sn $> T_B$ olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_x) = 2,5 (T_B/T_x)^{0,8} = 2,5 (0,4/0,49283)^{0,8} = 2,116$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_x) = A_0 \cdot I_S(T_x) = 0,4 \times 1 \times 2,116 = 0,8464$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A(T_x) / R_a(T_x) = 31974,58 \times 0,8464 / 6,36$

Kontrol $V_t = 4255,23 \text{ kN} \geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98 \text{ kN}$

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot F_{fi}$ ile hesaplanmıştır.

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 4255,23 = 223,40 \text{ kN}$

α_s hesabı;

$\alpha_s = 3521,20/3866,18 = 0,91 > 0,75$ olduğundan dolayı $R=10-4 \alpha_s$ bağıntısı kullanılarak tekrar hesaplanmış $R=6,36$ alınarak analiz tekrarlanmıştır.

Tablo 65. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	984,20	984,20
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	934,58	1918,78
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	778,95	2697,73
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	622,92	3320,65
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	467,29	3787,94
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	311,66	4099,60
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	155,63	4255,23
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 66. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,01662	0,01588	0,00286	0,00273	0,00280	1,021
6	0,01376	0,01315	0,00300	0,00287	0,00294	1,020
5	0,01076	0,01028	0,00296	0,00283	0,00290	1,021
4	0,00780	0,00745	0,00278	0,00266	0,00272	1,022
3	0,00502	0,00479	0,00240	0,00229	0,00235	1,021
2	0,00262	0,00250	0,00176	0,00168	0,00172	1,023
1	0,00086	0,00082	0,00086	0,00082	0,00084	1,024
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerinin altındadır.

Tablo 67. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	$h_i(m)$	$(\delta_i)_{\max} / h_i$
7	0,01662	0,01588	0,00286	0,01819	3	0,00606
6	0,01376	0,01315	0,00300	0,01908	3	0,00636
5	0,01076	0,01028	0,00296	0,01883	3	0,00628
4	0,00780	0,00745	0,00278	0,01768	3	0,00589
3	0,00502	0,00479	0,00240	0,01526	3	0,00509
2	0,00262	0,00250	0,00176	0,01119	3	0,00373
1	0,00086	0,00082	0,00086	0,00547	3	0,00182

Bütün katlarda $(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerinin altındadır.

Tablo 68. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00280	984,20	3	0,00316
6	4774,06	8104,28	0,00294	1918,78	3	0,00414
5	4774,06	12878,34	0,00290	2697,73	3	0,00461
4	4774,06	17652,40	0,00272	3320,65	3	0,00482
3	4774,06	22426,46	0,00235	3787,94	3	0,00464
2	4774,06	27200,52	0,00172	4099,60	3	0,00380
1	4774,06	31974,58	0,00084	4255,23	3	0,00210

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değeri aşılmamıştır.

Y Doğrultusunda Deprem Hesabı

Y doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_Y = 0,38792$ sn olarak bulunmuştur. (SAP2000 programından alınmıştır.)

$T_A < T_Y = 0,38792$ sn $\leq T_B$ olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_Y) = 2,5$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_Y) = A_0 \cdot I \cdot S(T_Y) = 0,4 \times 1 \times 2,5 = 1$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A(T_Y) / R_a(T_Y) = 31974,58 \times 1 / 6,32$

Kontrol $V_t = 5059,27$ kN $\geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98$ kN

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot F_{fi}$ ile hesaplanmıştır.

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 5059,27 = 265,61$ kN

α_s hesabı;

$\alpha_s = 4222,42 / 4567,80 = 0,92 > 0,75$ olduğundan dolayı $R=10-4 \alpha_s$ bağıntısı kullanılarak tekrar hesaplanmış $R= 6,32$ alınarak analiz tekrarlanmıştır.

Tablo 69. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	1170,17	1170,17
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	1111,17	2281,34
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	926,14	3207,48
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	740,62	3948,10
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	555,58	4503,68
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	370,55	4874,23
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	185,04	5059,27
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 70. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,01294	0,01078	0,00218	0,00180	0,00199	1,095
6	0,01076	0,00898	0,00228	0,00189	0,00209	1,091
5	0,00848	0,00709	0,00227	0,00189	0,00208	1,091
4	0,00621	0,00520	0,00214	0,00179	0,00197	1,086
3	0,00407	0,00341	0,00188	0,00156	0,00172	1,093
2	0,00219	0,00185	0,00142	0,00120	0,00131	1,084
1	0,00077	0,00065	0,00077	0,00065	0,00071	1,085
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerini altındadır.

Tablo 71. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	$h_i(m)$	$(\delta_i)_{\max} / h_i$
7	0,01294	0,01078	0,00218	0,01378	3	0,00459
6	0,01076	0,00898	0,00228	0,01441	3	0,00480
5	0,00848	0,00709	0,00227	0,01435	3	0,00478
4	0,00621	0,00520	0,00214	0,01352	3	0,00451
3	0,00407	0,00341	0,00188	0,01188	3	0,00396
2	0,00219	0,00185	0,00142	0,00897	3	0,00299
1	0,00077	0,00065	0,00077	0,00487	3	0,00162

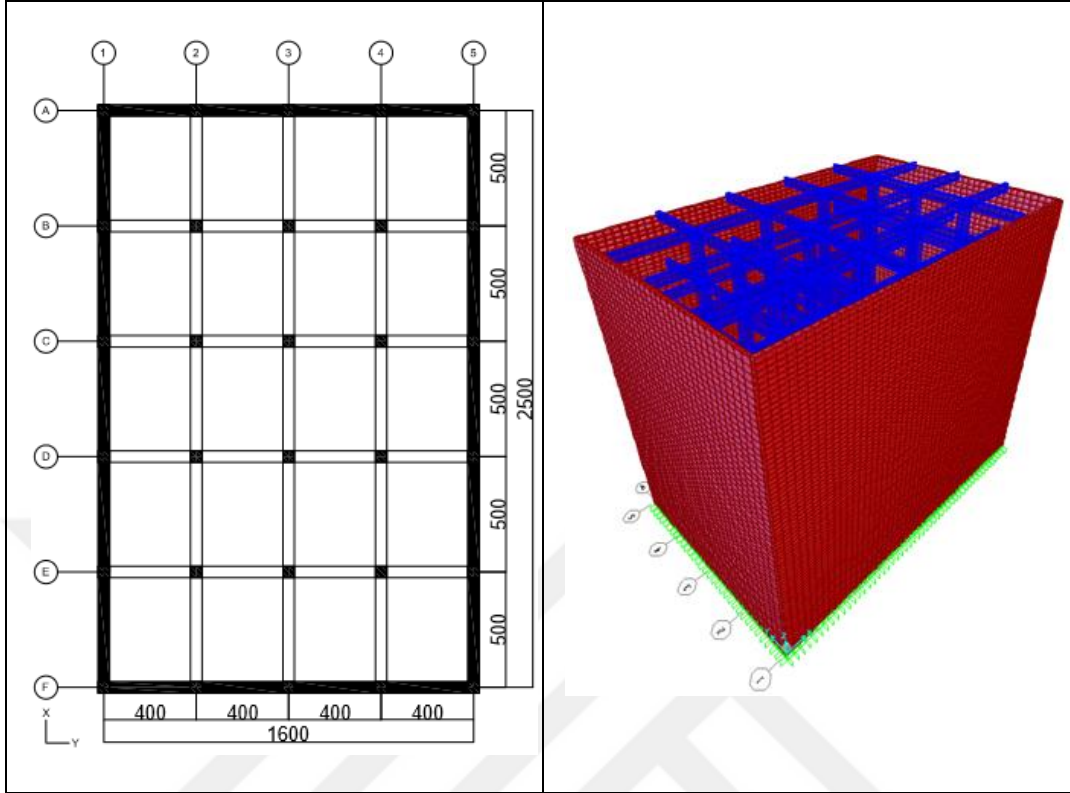
Bütün katlarda $(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerinin altındadır.

Tablo 72. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00199	1170,17	3	0,00189
6	4774,06	8104,28	0,00209	2281,34	3	0,00247
5	4774,06	12878,34	0,00208	3207,48	3	0,00278
4	4774,06	17652,40	0,00197	3948,10	3	0,00294
3	4774,06	22426,46	0,00172	4503,68	3	0,00285
2	4774,06	27200,52	0,00131	4874,23	3	0,00244
1	4774,06	31974,58	0,00071	5059,27	3	0,00150

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değer aşılmamıştır.

5.10. Örnek-10



Şekil 26. Örnek 10' a Ait Kat Kalıp Planı ve Bina Modeli

X Doğrultusunda Deprem Hesabı

X doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_x = 0,10272$ sn bulunmuştur.
(SAP2000 programından alınmıştır.)

$0 \leq T_x = 0,10272 \text{ sn} \leq T_A$ olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_x) = 1 + 1,5 T_x / T_A = 1 + 1,5 \times (0,10272 / 0,15) = 2,027$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_x) = 1,5 + (6,04 - 1,5) \times 0,10272 / 0,15 = 4,61$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_x) = A_0 \cdot I \cdot S(T_x) = 0,4 \times 1 \times 2,027 = 0,8108$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A(T_x) / R_a(T_x) = 31974,58 \times 0,8108 / 4,61$

Kontrol $V_t = 5623,64 \text{ kN} \geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98 \text{ kN}$

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot F_{fi}$ ile hesaplanmıştır.

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 5623,64 = 295,24 \text{ kN}$

α_s hesabı;

$\alpha_s = 4862,01/4919,35 = 0,99 > 0,75$ olduğundan dolayı $R=10-4 \alpha_s$ bağıntısı kullanılarak tekrar hesaplanmış $R= 6,04$ alınarak analiz tekrarlanmıştır.

Tablo 73. X Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	1300,71	1300,71
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	1235,12	2535,83
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	1029,45	3565,28
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	823,24	4388,52
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	617,56	5006,08
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	411,88	5417,96
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	205,68	5623,64
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 74. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,00082	0,00078	0,00008	0,00008	0,00008	1,000
6	0,00074	0,00070	0,00010	0,00009	0,00010	1,000
5	0,00064	0,00061	0,00011	0,00011	0,00011	1,000
4	0,00053	0,00050	0,00013	0,00013	0,00013	1,000
3	0,00040	0,00037	0,00014	0,00013	0,00014	1,000
2	0,00026	0,00024	0,00013	0,00012	0,00013	1,000
1	0,00013	0,00012	0,00013	0,00012	0,00013	1,000
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerin altındadır.

Tablo 75. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	$h_i(m)$	$(\delta_i)_{\max} / h_i$
7	0,00082	0,00078	0,00008	0,00048	3	0,00016
6	0,00074	0,00070	0,00010	0,00060	3	0,00020
5	0,00064	0,00061	0,00011	0,00066	3	0,00022
4	0,00053	0,00050	0,00013	0,00079	3	0,00026
3	0,00040	0,00037	0,00014	0,00085	3	0,00028
2	0,00026	0,00024	0,00013	0,00079	3	0,00026
1	0,00013	0,00012	0,00013	0,00079	3	0,00026

Bütün katlarda $(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerin altındadır.

Tablo 76. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00008	1300,71	3	0,00007
6	4774,06	8104,28	0,00010	2535,83	3	0,00011
5	4774,06	12878,34	0,00011	3565,28	3	0,00013
4	4774,06	17652,40	0,00013	4388,52	3	0,00017
3	4774,06	22426,46	0,00014	5006,08	3	0,00021
2	4774,06	27200,52	0,00013	5417,96	3	0,00022
1	4774,06	31974,58	0,00013	5623,64	3	0,00025

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değeri aşılmamıştır.

Y Doğrultusunda Deprem Hesabı

Y doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_Y = 0,13690$ sn bulunmuştur. (SAP2000 programından alınmıştır.)

$0 \leq T_Y = 0,13690$ sn $\leq T_A$ olduğundan,

Spektrum Katsayısı $S(T_Y) = 1 + 1,5 T_Y/T_A = 1 + 1,5 \times (0,13690/0,15) = 2,369$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_Y) = 1,5 + (6,08 - 1,5) \times 0,13690/0,15 = 5,68$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_Y) = A_0 \cdot I \cdot S(T_Y) = 0,4 \times 1 \times 2,369 = 0,9476$

Taban Kesme Kuvveti $V_t = W \times A(T_Y) / R_a(T_Y) = 31974,58 \times 0,9476 / 5,68$

Kontrol $V_t = 5334,35$ kN $\geq 0,1 \times 0,4 \times 31974,58 = 1278,98$ kN

Eşdeğer kat deprem yükleri $F_i = (V_t - \Delta F_N) / n$. F_{fi} ile hesaplanmıştır.

Ek Eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 7 \times 5334,35 = 280,05$ kN

α_s hesabı;

$\alpha_s = 4557,59/4647,10 = 0,98 > 0,75$ olduğundan dolayı $R=10-4 \alpha_s$ bağıntısı kullanılarak tekrar hesaplanmış $R=6,08$ alınarak analiz tekrarlanmıştır.

Tablo 77. Y Doğrultusunda Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \times H_i$	F_{fi}	F_i (kN)	V_i (kN)
7	3330,22	21	69934,62	0,1887	1233,80	1233,80
6	4774,06	18	85933,08	0,2318	1171,59	2405,39
5	4774,06	15	71610,90	0,1932	976,49	3381,88
4	4774,06	12	57288,72	0,1545	780,89	4162,77
3	4774,06	9	42966,54	0,1159	585,79	4748,56
2	4774,06	6	28644,36	0,0773	390,70	5139,26
1	4774,06	3	14322,18	0,0386	195,09	5334,35
Σ	31974,58		370700,40	1,0000		

Deprem yüklerinin $\pm\%5$ eksantrik olarak yapıya uygulanması

Yapının $\pm\%5$ ek dış merkezlikte uygulanan yükler altında elde edilen deplasman değerleri SAP2000 programı ile bulunmuş ve kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 78. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}(m)$	$(d_i)_{\min}(m)$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
7	0,00143	0,00132	0,00016	0,00015	0,00016	1,000
6	0,00127	0,00117	0,00017	0,00016	0,00017	1,000
5	0,00110	0,00101	0,00021	0,00020	0,00021	1,000
4	0,00089	0,00081	0,00023	0,00021	0,00022	1,045
3	0,00066	0,00060	0,00023	0,00021	0,00022	1,045
2	0,00043	0,00039	0,00023	0,00021	0,00022	1,045
1	0,00020	0,00018	0,00020	0,00018	0,00019	1,053
						$\eta_{bi} < 1,2$

Bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,2$ koşulu sağlandığından burulma düzensizliği sınır değerini altındadır.

Tablo 79. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i (m)	$(\delta_i)_{\max} / h_i$
7	0,00143	0,00132	0,00016	0,00097	3	0,00032
6	0,00127	0,00117	0,00017	0,00103	3	0,00034
5	0,00110	0,00101	0,00021	0,00128	3	0,00043
4	0,00089	0,00081	0,00023	0,00140	3	0,00047
3	0,00066	0,00060	0,00023	0,00140	3	0,00047
2	0,00043	0,00039	0,00023	0,00140	3	0,00047
1	0,00020	0,00018	0,00020	0,00122	3	0,00041

Bütün katlarda $(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından göreli kat ötelemeleri sınır değerinin altındadır.

Tablo 80. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	w_i (kN)	$\sum w_i$ (kN)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
7	3330,22	3330,22	0,00016	1233,80	3	0,00014
6	4774,06	8104,28	0,00017	2405,39	3	0,00019
5	4774,06	12878,34	0,00021	3381,88	3	0,00027
4	4774,06	17652,40	0,00022	4162,77	3	0,00031
3	4774,06	22426,46	0,00022	4748,56	3	0,00035
2	4774,06	27200,52	0,00022	5139,26	3	0,00039
1	4774,06	31974,58	0,00019	5334,35	3	0,00038

$\theta_i \leq 0,12$ olduğundan, ikinci mertebe etkileri bakımından yönetmelikte bulunan sınır değer aşılmamıştır.






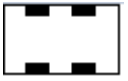




6. ANALİZ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde, betonarme çerçeve yapılarda perdenin plandaki boyutu ve konumunun yapısal davranışa olan etkisini araştırmak üzere geliştirilmiş olan üç boyutlu sayısal modellerin analizinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmaktadır. Analiz sonuçları, üretilen alternatif yapı modellerine ait doğal titreşim periyodları, taban kesme kuvvetleri ve görelî kat ötelemesi oranları baz alınarak ayrıntılı olarak incelenmiştir.

6.1. Sistemlerin Periyotlarının Karşılaştırılması

Sistemin X doğrultusuna, Y doğrultusuna ve her iki doğrultusuna sayısı ve yeri farklı olan simetrik perdeler yerleştirilmiştir. Bu perdeler etkisiyle yapı modal analiz sonucunda ilk ortaya çıkacak farklılık yapının periyotlarıdır.

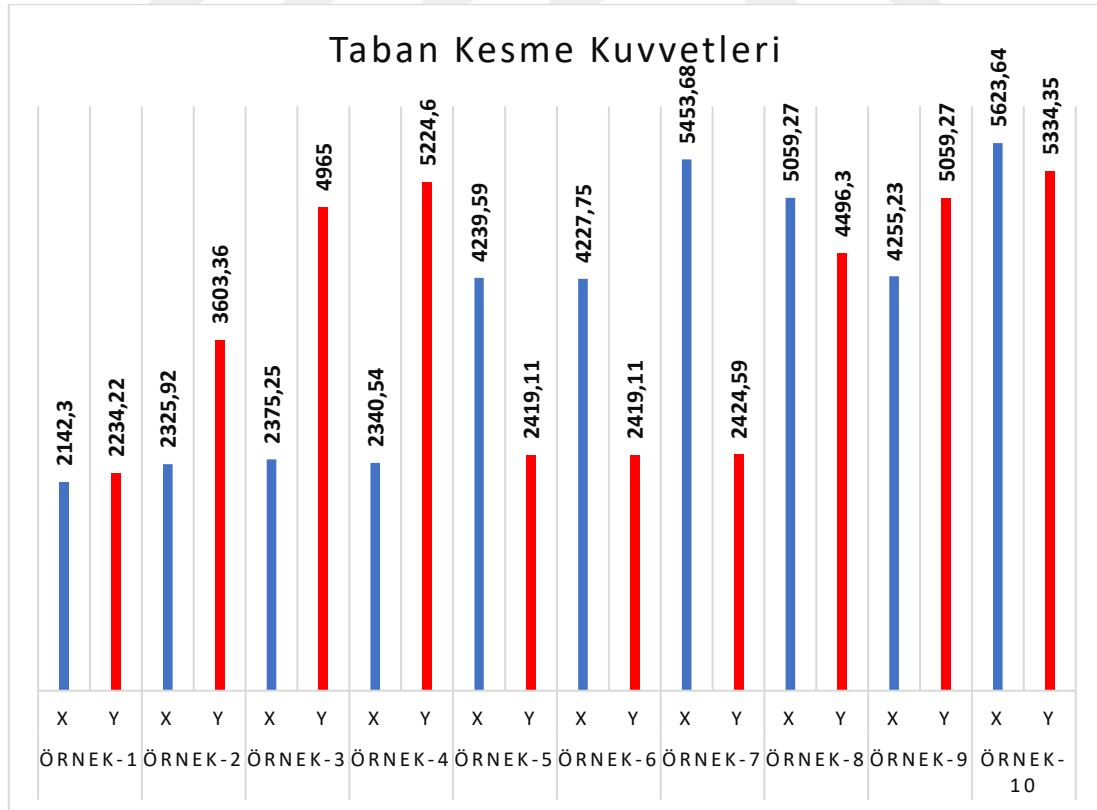
Tablo 81. Sistemlerin Periyotlarının Karşılaştırılması

Örnek No	Örnek-1	Örnek-2	Örnek-3	Örnek-4	Örnek-5
					
$T_{1X}(sn)$	0,87204	0,92918	0,90608	0,92254	0,48344
$T_{1Y}(sn)$	0,82801	0,57040	0,38126	0,18411	0,88496
Örnek No	Örnek-6	Örnek-7	Örnek-8	Örnek-9	Örnek-10
					
$T_{1X}(sn)$	0,48528	0,11964	0,37899	0,49283	0,10272
$T_{1Y}(sn)$	0,88496	0,88309	0,45270	0,38792	0,13690

Tablo (81)'de görüldüğü üzere perde elemanları fazla olan sistemlerin periyotlarının, perde elemanı az olan sistemlere karşı periyotlarının daha düşük olduğu, tek doğrultuda konulan perdelerin, perde konulmayan doğrultudaki periyodu arttırdığı, perdelerin iki doğrultuda konulduğu takdirde her iki doğrultuda periyotların düştüğü görülmüştür. Perdelerin konumlandırılması bakımından birbiriyle bitişik perdelerin konumlandırılmasının ayırık perde konumlandırılmasına göre periyodunu düşürdüğü gözlemlenmiştir.

6.2. Sistemlerin Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Şekil (27)'de sistemlerin X ve Y doğrultularındaki taban kesme kuvvetleri verilmiştir. Taban kesme kuvvetinin yapı ağırlığı ve spektral ivme katsayısıyla doğru orantılı bir şekilde artacağı beklenen bir sonuçtur. Şekil (27)'de taban kesme kuvvetinin periyodu düşük örneklerde yükseldiği periyodun arttıkça taban kesme kuvvetinin de azaldığı gözlemlenmiştir. Buradan sonuçla sistemde perde konulan doğrultuda periyot değeri düşerken o doğrultuda taban kesme kuvveti de artış göstereceği söylenebilir.












Şekil 27. Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

6.3. Sistemlerin α_s Katsayılarının Karşılaştırılması

Taşıyıcı sistemdeki perde alanının artmasıyla yapı daha rijit bir hal alıp periyodu düşerken, perdelerin tabanında meydana gelen kesme kuvvetleri toplamının sistemin toplam taban kesme kuvvetine oranı da artmaktadır. Bu oran 0,75'den ne kadar büyük olursa yapının taşıyıcı sistem davranış katsayısı da 6 değerine o kadar yaklaşır. Bu da taban kesme kuvvetinin artmasına neden olur.

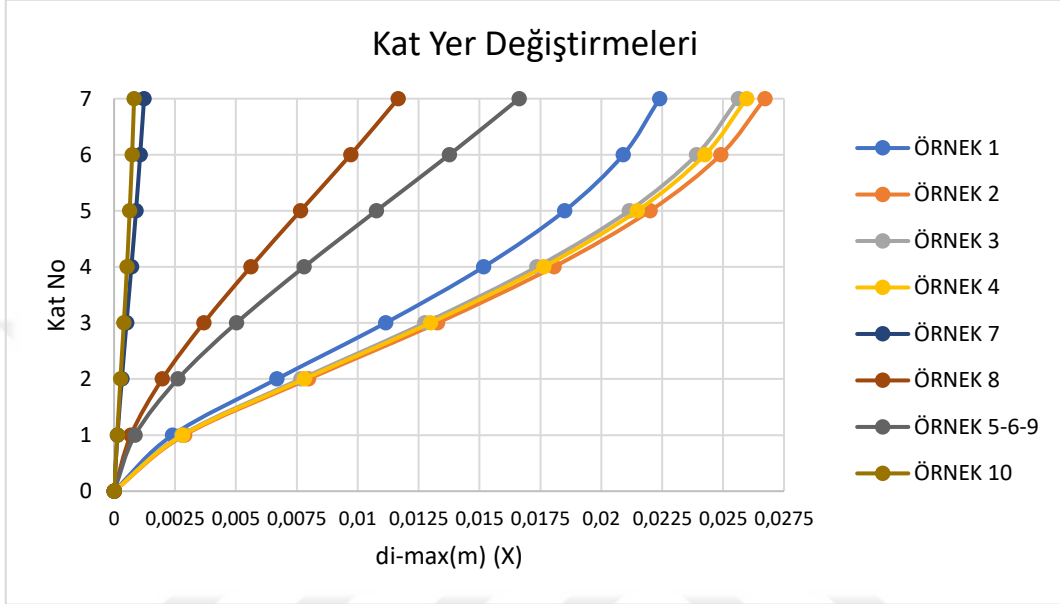
Tablo 82. α_s Oranları

Örnek No	Modeller	X doğrultusu	Y doğrultusu
Örnek 2		0,11	0,83
Örnek 3		0,10	0,89
Örnek 4		0,20	0,97
Örnek 5		0,88	0,12
Örnek 6		0,88	0,12
Örnek 7		0,98	0,27
Örnek 8		0,92	0,89
Örnek 9		0,91	0,92
Örnek 10		0,99	0,98

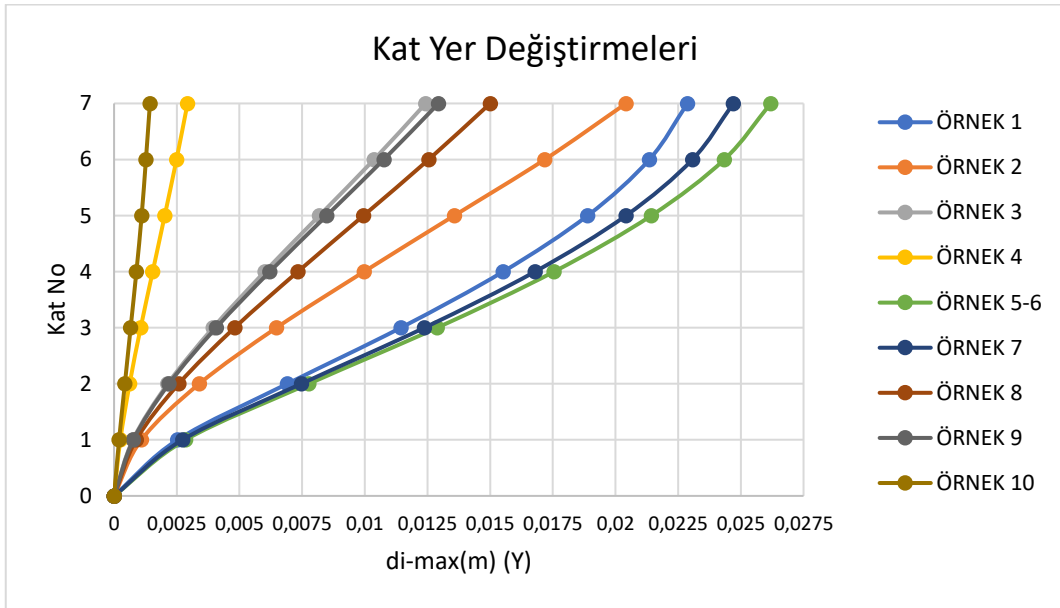
Tablo (82)'de görüldüğü gibi çevresi boydan boya perde olan Örnek-10'da α_s oranı her iki doğrultuda 0,75 değerini geçip 1'e yaklaşmıştır. Bu da her iki doğrultuda $R=6$ 'ya en yakın modelin Örnek-10 olduğunu göstermektedir. Tek doğrultuda perde bulunan modellerde ise perdenin konulduğu doğrultuda $R=6$ 'ya yaklaşırken perde konulmayan doğrultuda $R=7$ olarak kalmıştır.

6.4. Sistemlerin Kat Yer Değişikliklerinin Karşılaştırılması

Şekil (28) ve Şekil (29)'da görüldüğü gibi yatay rijitliği fazla olan sistemlerinde daha az yer değiştirme gözlemlenmektedir. Kat yüksekliği arttıkça yer değişiklikleri artış göstermektedir.



Şekil 28. X Doğrultusundaki Maksimum Kat Yer Değişiklikleri

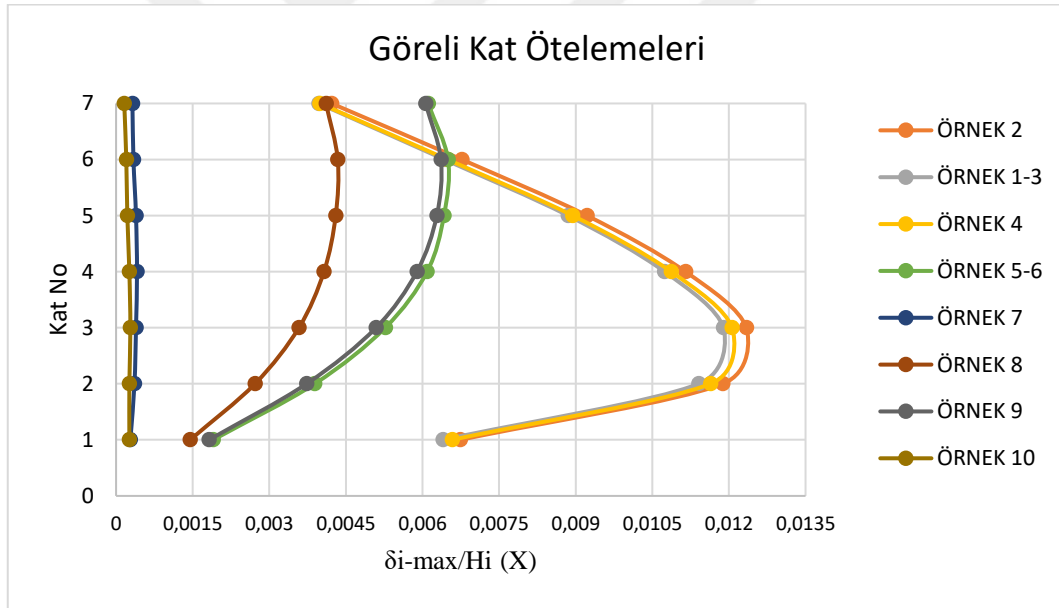


Şekil 29. Y Doğrultusundaki Maksimum Kat Yer Değişiklikleri

Cephede boydan boya perde bulunan Örnek-10'da X ve Y yönü depremde yatay yer değiştirme değerlerinin diğer sistemler ile karşılaştırıldığında çok daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Sadece X doğrultusunda perde bulunan Örnek 7'de, bu doğrultuda yer değiştirmeyi maksimum 0,12 cm de kalmasını sağlarken perde eklenmeyen diğer doğrultuda yer değiştirme değerinde artış görülmektedir.

6.5. Sistemlerin Görelî Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması

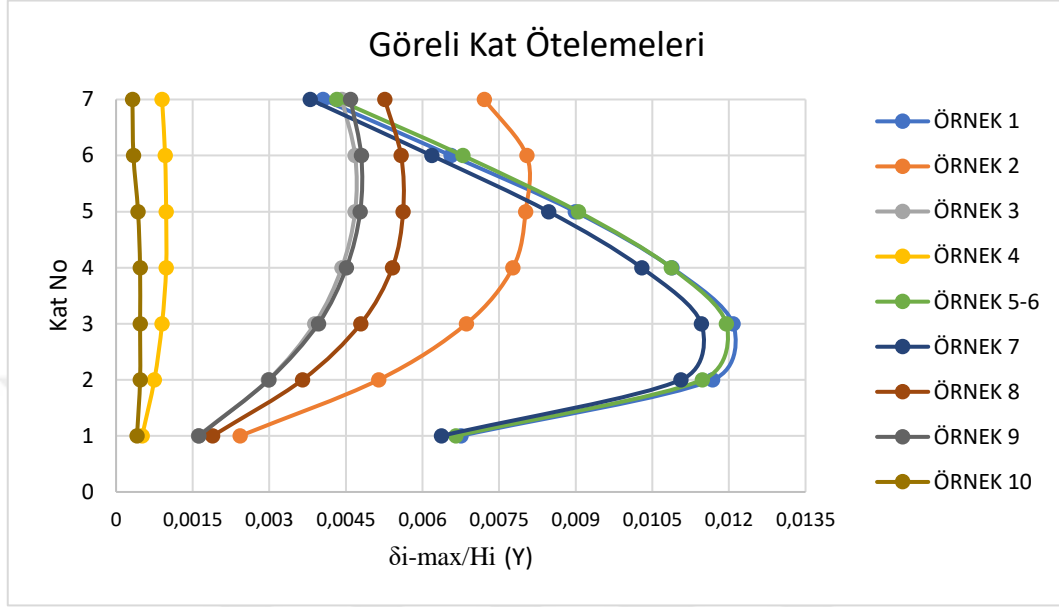
Sistemlerin her katına ait etkin görelî kat öteleme oranları Şekil (30) ve Şekil (31)'de verilmiştir. Şekil (30)'da görüldüğü üzere X doğrultusunda perde bulunmayan sistemlerde 3.kattan sonra etkin görelî kat ötelemesi düşüş gösterirken X doğrultusuna perde eklenen sistemlerde üst katlara doğru etkin görelî kat ötelemesi artış göstermiştir. X doğrultusuna boydan boya perde olan konulan sistemde ise etkin görelî kat ötelemesi sınırlı seviyede kalmıştır.



Şekil 30. X Doğrultusundaki Maksimum Etkin Görelî Kat Ötelemeleri

Şekil (31)'de ise Y doğrultusuna perde konulmayan sistemlerde 2 ve 3. katta maksimuma çıkan etkin görelî kat ötelemeleri 3. kattan sonra azalma göstermeye başlamıştır. Bu da çerçevelerin üst katlarda daha fazla etkin olduğu yani öteleme çektiği söylenebilir. Y doğrultusuna perde eklenen sistemler ise alt katlarda çerçeve

sisteme göre daha az görel kat ötelemesi yaparken 6 ve 7. katlarda çerçeve sisteme göre daha fazla görel kat ötelemesi yaptığı gözlemlenmiştir. Y doğrultusunda boydan boyda perde olan sistemlerde etkin görel kat ötelemesi sınırlı seviyede kalmıştır.



Şekil 31. Y Doğrultusundaki Maksimum Etkin Görel Kat Ötelemeleri

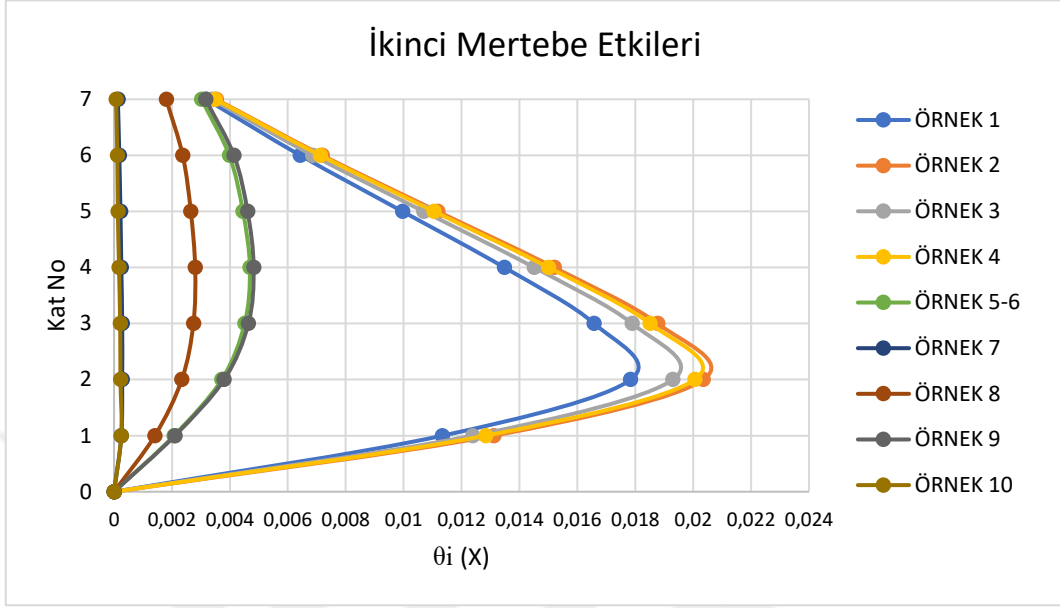
Beklenildiği gibi X doğrultusunda perde bulunmayan Örnek-2, Örnek-3 ve Örnek-4 X doğrultusunda çerçeve davranışı sergilemiştir. Y doğrultusunda ise Örnek-5, Örnek-6, Örnek-7 Y doğrultusunda perde bulunmadığından dolayı çerçeve davranışı sergilemiştir. Her iki doğrultuda perdesi bulunan Örnek-8 ve Örnek-9'da ise alt katta perdeden dolayı kat ötelemesi düşükken üst katlarda çerçeve sistemlere yakın öteleme yapmıştır. Yani perde-çerçevesel sistemlerde daha çok altta perde üstte ise çerçeve ötelemeyi karşılamıştır.

Buradan sonuçla çerçevelerin daha çok üst katlarda perdelerin ise daha çok alt katlarda etkili olup ötelemeleri karşıladıkları söylenebilir. Sistemler ne kadar rijit olursa etkin görel kat ötelemeleri de o kadar minimum değerde kalmaktadır.

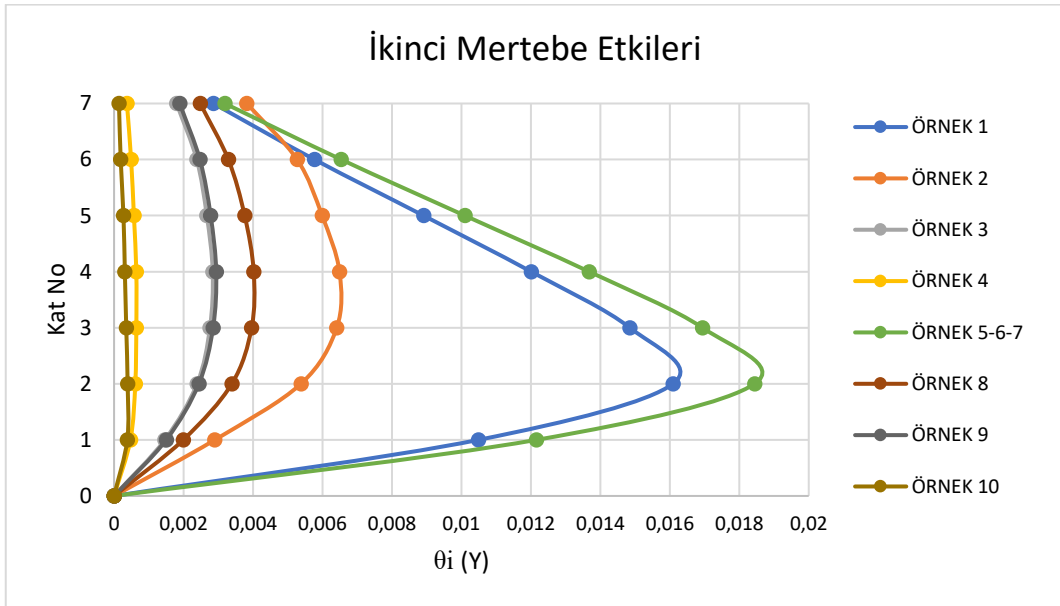
6.6. Sistemlerin İkinci Mertebe Etkilerinin Karşılaştırılması

Şekil (32) ve Şekil (33)'de görüldüğü gibi rijitliği görece fazla olan sistemlerin daha küçük ikinci mertebe etkileri altında kalacağı öngörülebilir. İki doğrultuda da

perde konularak en fazla rijitliğe sahip Örnek-10'un ikinci mertebe etkileri bakımından her iki doğrultuda da en iyi sonuç verdiği görülmektedir.



Şekil 32. X Doğrultusundaki İkinci Mertebe Etkileri



Şekil 33. Y Doğrultusundaki İkinci Mertebe Etkileri

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, taşıyıcı sistem düzenlemenin önemi ve deprem davranışını üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada perde-çerçeve sistemlerin perde konumları ve boyutları değiştirilmiş olup konumun ve boyutun periyot, taban kesme kuvveti, yer değiştirme, görelî kat ötelemesi üzerine etkisi incelenmiştir. Geliştirilen yapısal modeller güncel deprem yönetmeliğimizdeki bulunan Eşdeğer Deprem Yüğü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 7 katlı 10 farklı örnek üzerinde durulmuştur. Örneklerdeki bütün taşıyıcı elemanların süneklik düzeyi yüksek kabul edilmiştir. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı yönetmeliğin öngördüğü α_s katsayısı dikkate alınarak taban kesme kuvvetleri elde edilmiştir. Örneklerdeki modeller, perdelerin plandaki konumları ve boyutları değiştirilerek analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir

- Modellerin X doğrultusuna perde konulduğunda X doğrultusunun periyodu düşerken, Y doğrultusunun periyodunda artış gözlemlenmiştir. Modellerin Y doğrultusuna perde konulduğunda Y doğrultusunun periyodu düşerken X doğrultusunun periyodunda artış gözlemlenmiştir. Çerçeve sisteme perde eklenmesi konulduğu doğrultuyu rijitleştirmekte diğer doğrultunun periyodunu az da olsa arttırmaktadır.
- Aynı doğrultuya aynı boyutlarda perdeler konulmuş bitişik konumlandırılmış perdelerin ayrıık perdelere göre yapının yatay rijitliğini daha fazla arttırmakta olduğu gözlemlenmiştir.
- Perdeler konulduğu doğrultunun periyodunu düşürüp, sistemi daha rijit hale getirirken sisteme gelen taban kesme kuvvetini de arttırmıştır. Taban kesme kuvvetinin büyük bir kısmını perdeler taşıdığından dolayı α_s katsayısı 0,75 değerinden büyük çıkmış taşıyıcı sistem davranış katsayısı da 6'ya yaklaşmıştır. Perde alanlarının da artmasından dolayı $R=6$ 'ya yaklaşan sistemlerin rijitliği $R=7$ olan sistemlere göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.
- Çerçeve sistemlerin etkin görelî kat ötelemeleri üst katlara doğru düşüş gösterirken perde eklenen sistemlerin alt katlarda ötelenmeyi karşıladığı, iyi sonuç verdiği gözlenirken üst katlara doğru etkin görelî kat ötelemesinde artış gözlemlenmiştir. Boydan boya perde konulan sistem ise etkin görelî kat

ötelemelerini minimumda tutmuştur. Buradan, çerçevelerin üst katlarda perdelerin ise alt katlarda ötelenmeye karşı daha etkin olduğu gözlemlenmiştir.

Perdelerin konulması konulan doğrultuyu rijitleştirirken diğer doğrultudaki hareketi sınırlandırmamaktadır. Depremın nereden geleceği belli olmadığından depreme karşı daha dayanıklı bir yapı elde etmek için her iki deprem doğrultusuna da perde yerleştirilmesi önerilmektedir. Perdelerin alanının yanı sıra perdelerin konumlandırılmasının da yapı davranışında etkin rol oynadığı unutulmamalıdır.



KAYNAKÇA

- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY) (1998).
Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Celep, Z. (2013). *Betonarme Yapılar*. İstanbul: Beta Dağıtım.
- Darılmaz, K. (2012). *Depreme Dayanıklı Betonarme Binaların Tasarımına Giriş*.
İstanbul: Yapı Yazılım Yayınları.
- Darılmaz, K. (2008). *Deprem Hesabı*. (02.10.2017)
<http://web.itu.edu.tr/darilmazk/tr/deprem.pdf>
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) (2007).
Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Doğangün, A. (2016). *Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı*. İstanbul: Birsen
Yayınevi.
- Döndüren, S., & Karaduman, A. (2010). Deprem Bölgelerindeki Yüksek Katlı
Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem Seçiminin Kesit Tesirlerine Etkisi.
Selçuk Teknik-Online Dergi, 131,143.
- Gülay, G., Özmen, G., & Doğan, F. (1999). Perde Çerçevesel Yapılarda Perde Katkı
Katsayısının Hesabı ile İlgili Parametrik İnceleme. *Türkiye İnşaat
Mühendisliği XV. Teknik Kongresi*, (s. 417-433). Ankara.
- Işık, M. (2008). *Çok Katlı Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem Etkisi*. İstanbul:
İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Koç, Y., Gültekin, A. B., Durmuş, G., & Dikmen, Ç. B. (2009). Yüksek Yapı
Tasarımının Malzeme ve Taşıyıcı Sistem Kapsamında İncelenmesi. 5.
Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu. Karabük.
- Özmen, G., Orakdöğen, E., & Darılmaz, K. (2013). *Örneklerle SAP2000-V15*.
İstanbul: Birsen Yayınevi.

Özsoy, A. E., & Özgen, K. (2005). Perdelerdeki Boşlukların Yatay Ötelenmeye Etkisi. *Deprem Sempozyumu Kocaeli 2005*, (s. 444-450).

SAP2000, (V16). Integrated Software for Structural Analysis and Design. *Computers and Structures, Inc.*, California, USA.

Tekeli, H., Tüken, A., Türkmen, M., & Atımtay, E. (2005). Depreme Maruz Yapının Ötelenmesinin Basit Hesabı. *Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi*, (s. 190-203).

Urtimür, S. (2012). *Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Kullanılarak Binalarda Deprem Perdesi Etkilerinin Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007'ye Göre İncelenmesi*. Adana: Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yedikardeş, U. (2010). *Deprem Yönetmeliğine Göre Yapılardaki A2 Düzensizlik Durumunun İncelenmesi ve Perde Yerleşiminin Düzensizliğe Etkisi*. Adana: Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Zorbozan, M. (2009). *Deprem Hesabı*. (05.08.2017)

http://tcetvelim.com/dosyalar/deprem_hesabi.pdf

ÖZGEÇMİŞ

11 Haziran 1993 tarihinde İstanbul'da doğdum. İlk ve ortaokulu Beyoğlu ilçesinde okuduktan sonra lise öğrenimimi Özel Ata Anadolu Lisesi'nde tamamladım. 2011 yılında Beykent Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümüne kaydoldum. Bu bölümden 2015 yılında mezun olup aynı yıl içinde Beykent Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Deprem Riskli Yapılar ve Kentsel Dönüşüm programında lisansüstü öğrenimine başladım.

Gökhan KAYA