

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BETONARME ÇERÇEVELİ YAPILARDA AKS ARALARINA
YERLEŞTİRİLEN İLAVE KOLONLARIN YAPILARIN
DAVRANIŞILARINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mohammad Aref QAZİZADA

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : YAPI
Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin KASAP

Şubat 2022

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME ÇERÇEVELİ YAPILARDA AKS ARALARINA
YERLEŞTİRİLEN İLAVE KOLONLARIN YAPILARIN
DAVRANIŞLARINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mohammad Aref QAZİZADA

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez .../02/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı

Üye

Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Mohammad Aref QAZIZADA

10.01.2022

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca öncelikle güzel Türkiye'nin harika insanlarına samimi ve içten misafirperverlikleri için şükranlarımı iletirim. Eğitimim süresince birçok alanda bana yardım eden, her vakit değerli zamanını harcayan, değerli bilgilerinden faydalandığım, beni eğitimimin her aşamısında yönlendiren ve çalışmalarımın tüm aşamalarında gerek planlama olsun, gerek araştırma ve yazma olsun bana destek çıkan ve fikirler veren çok değerli danışmanım öğretim üyesi Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin KASAP'a teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Desteklerinden dolayı Rahşan YLMAZ'a buradan teşekkürlerimi iletirim ve ayrıca bana yardımcı olan Sakarya Üniversitesi öğretim görevlilerine, personeline ve tüm çalışanlara teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Tüm eğitim kariyerim boyunca bana her zaman maddi ve manevi destek çıkan ve sevgilerini hiç esirgemeyen, bu süreçte bana güvenen, sabır gösteren öncelikle annem Seadaat QAZİZADA, ablam Mehir Nigar QAZİZADA ve aileme şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
ÖZET.....	xvi
SUMMARY	xvii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
1.1. Tez Çalışmasının Amacı ve Tanımı.....	1
1.2. Literatür Özeti	3
BÖLÜM 2.	
KURAMSAL TEMEL-KAVRAMLAR	15
2.1. Çerçevesel Sistemler	15
2.2. Taşıyıcı Sistem Seçimine Etki Eden Faktörler	16
2.3. Deprem Durumu ve Yapının Davranışını Etkileyen Parametreler	16
2.4. A1-Burulma Düzensizliği	17
2.5. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat).....	19
2.6. Sargılı ve Sargısız Beton Modelleri	21
2.7. Donatı Çeliği Modeli	22
2.8. Betonarme Kolonlar	23
2.9. Betonarme Kolonların Boyut Olarak Türleri	24
2.10. Narin Veya İnce Betonarme Kolonlar	24
2.11. Betonarme Kolonların Kesit Olarak Türleri.....	25
2.12. Dikdörtgen Kolonlar	26

2.13. Kolonların Eksenel Yük Kapasitesi	26
2.14. Kolonların Eksenel Yüğü ve Eğilme Momenti	27
2.15. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu	30

BÖLÜM 3.

İNCELENEN BETONARME BİNALARIN SAP2000 PROGRAMINDA

MODELLENMESİ	33
3.1. Harita Spektral İvma Katsayıları Ve Tasarım Spektral İvma Katsayıları	33
3.2. Yapı Analizinde Kullanılan Malzeme ve Kombinasyonlar	34
3.3. Mevcut Betonarme Binanın Özellikleri	35
3.3.1. 3D modellerin tanıtımı	36
3.4. Beton Malzemesinin Tanımlanması	44
3.5. Çelik Donatı Malzemesinin Tanımlanması	46
3.6. Kolon Kesitlerinin Tanımlanması	47
3.7. Kiriş Kesitlerinin Tanımlanması	49
3.8. Plastik Mafsalların Tanımlanması	51
3.9. Modellerin Analiz Koşullarının Tanımlanması	53
3.10. Düşey Analiz Koşullarının Tanımlanması	54
3.11. Deprem Koşullarının Tanımlanması	55

BÖLÜM 4. AKS ARALARINA İLAVE EDİLEN KOLONLARIN YAPI

DAVRANIŞINA ETKİLERİ	57
4.1. Dört Katlı Modellerin Karşılaştırılması	57
4.1.1. Periyotlarının karşılaştırılması	57
4.1.2. İncelenen modellere etki eden deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması	58
4.1.3. Her kata etki eden deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması	59
4.1.4. Zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri	60
4.1.5. Zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler	62
4.1.6. Seçilen kolonlarda gerekli donatı alanı	63
4.1.7. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan kesme kuvvetleri	64
4.1.8. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan momentler	65

4.1.9. Seçilen kirişlerde gerekli donatı alanı	66
4.1.10. A1 burulma düzensizliği, görelî kat ötelenmesi ve yumuşak kat düzensizliği kontrolü	67
4.2. Yedi katlı Modellerin Karşılaştırılması	69
4.2.1. Periyotlarının karşılaştırılması	69
4.2.2. İncelenen modellere etki eden deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması	70
4.2.3. Her kata etki eden deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması	71
4.2.4. Zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri.....	72
4.2.5. Zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler.....	74
4.2.6. Seçilen kolonlarda gerekli donatı alanı	75
4.2.7. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan kesme kuvvetleri.....	76
4.2.8. Zemin katlarda seçilen kirişlere oluşan momentleri.....	77
4.2.9. Seçilen kirişlerde gerekli donatı alanı	78
4.2.10. A1 burulma düzensizliği, görelî kat ötelemesi ve yumuşak kat düzensizliği kontrolü	79
4.3. On Katlı Modellerin Karşılaştırılması.....	81
4.3.1. Periyotların Karşılaştırılması.....	81
4.3.2. İncelenen modellere etki eden deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması	82
4.3.3. Her katta etki eden deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	83
4.3.4. Zemin katlarda ilave edilenlerin dışında seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri	84
4.3.5. A1 burulma düzensizliği, görelî kat ötelemesi ve yumuşak kat düzensizliği kontrolü	86
4.4. On, Yedi ve Dört Katlı Modellerin Karşılaştırması	89
4.4.1. Periyotlarının karşılaştırılması	89
4.4.2. İncelenen modellere etki eden deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması	91
4.4.3. Zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri.....	91
4.4.4. Zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler.....	93
4.4.5. Zemin katlarda seçilen kolonlarda gerekli donatı alanı.....	96

4.4.6. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan kesme kuvvetleri.....	97
4.4.7. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan momentleri.....	98
4.4.8. Zemin katlarda seçilen kirişlerde gerekli donatı alanı.....	99
4.5. Modellerde Grup Karşılaştırması.....	100
4.5.1. Birinci grup karşılaştırma.....	101
4.5.1.1. Periyotların karşılaştırılması	103
4.5.1.2. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	104
4.5.1.3. Zemin katların kolonlarında oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi	105
4.5.2. İkinci grup karşılaştırma.....	106
4.5.2.1. Periyotların karşılaştırılması	108
4.5.2.2. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	109
4.5.2.3. Zemin katların kolonlarında oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi	110
4.5.3. Üçüncü grup karşılaştırma.....	111
4.5.3.1. Periyotların karşılaştırılması	114
4.5.3.2. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	115
4.5.3.3. Zemin katların kolonlarında oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi	116
 BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR	118
 KAYNAKLAR.....	124
ÖZGEÇMİŞ	127

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Alan
BKS	: Bina kullanım sınıfı
G	: Sabit yük
DD-2	: Deprem yer hareketi düzeyi 2
E	: Sismik veya deprem yükü etkileri (McCormac & Wiley, 2013)
I	: Bina önem katsayısı
Q	: Hareketli yük
PGA	: En büyük yer ivmesi [g]
PGV	: En büyük yer hızı [cm/sn]
S	: Kar yükü
S_1	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_{D1}	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_s	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
U	: Yapının dayanması gereken tasarım veya nihai yük
V	: Kesme kuvveti
W	: Rüzgar yükü
η_{ki}	: Rijitlik düzensizliği katsayısı
f_c	: Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
f_{cc}	: Sargılı beton dayanımı
f_{co}	: Sargısız beton dayanımı
f_{yw}	: Enine donatının akma dayanımını
ρ_x ve ρ_y	: Enine donatıların hacimsel oranlarını
k_e	: Tanımlanan sargılama etkinlik katsayısı oranı
T	: Doğal titreşim periyodunu

T_A ve T_B	: Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları
$S_{de}(T)$	: Yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmeleri
$(\Delta_{i_{max}})$	: Binanın i'inci katındaki maksimum görelî kat ötelemesi.
$(\Delta_{i_{min}})$	: Binanın i'inci katındaki minimum görelî kat ötelemesi.
$(\Delta_{i_{ort}})$	: Binanın i'inci katındaki ortalama görelî kat ötelemesi.
(D_{bi})	: i'inci katta ek dışmerkezlîk büyütme katsayısı.



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Çerçeve sistemler örnekleri.....	16
Şekil 2.2. (a) Deprem yüklerinin kütle merkezine etkimesi (b) rijitlik merkezi etrafında dönmesi ve (c) iki merkezin çakışması durumu	18
Şekil 2.3. Burulma düzensizliği	19
Şekil 2.4. B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat).....	20
Şekil 2.5. Sargılı ve sargısız beton	21
Şekil 2.6. Donatı çeliği.....	23
Şekil 2.7. Betonarme kolonlar.....	24
Şekil 2.8. Narin kolon görüntüsü	25
Şekil 2.9. Dikdörtgen kolon görüntüsü	26
Şekil 2.10. Büyük eksenel yük.....	28
Şekil 2.11. Büyük eksenel yük ve küçük moment	28
Şekil 2.12. Büyük eksenel yük ve büyük moment	29
Şekil 2.13. Dengeli yükleme koşulu	29
Şekil 2.14. Büyük moment, nispeten küçük eksenel yük.....	29
Şekil 2.15. Büyük eğilme momenti.....	30
Şekil 2.16. Yatay elastik tasarım spektrumu	31
Şekil 2.17. Yatay elastik spektral yerdeğiştirmeler	32
Şekil 3.1. Yapının inşa edildiği yerin harita üzerinde gösterimi	33
Şekil 3.2. Yapının bulunduğu yere ait verileri.....	34
Şekil 3.3. Referans model planı	36
Şekil 3.4. Referans modelin 3D görüntüsü	37
Şekil 3.5. Model. 1'in planı.....	37
Şekil 3.6. Model. 1 3D görüntüsü	38
Şekil 3.7. Model. 2'in planı.....	38
Şekil 3.8. Model. 2 3D görüntüsü	39

Şekil 3.9. Model. 3'ün planı.....	39
Şekil 3.10. Model. 3 3D görüntüsü	40
Şekil 3.11. Model. 4'ün planı	40
Şekil 3.12. Model. 4 3D görüntüsü	41
Şekil 3.13. Model. 5'in planı.....	41
Şekil 3.14. Model. 5 3D görüntüsü	42
Şekil 3.15. Model. 6'nın planı.....	42
Şekil 3.16. Model. 6 3D görüntüsü	43
Şekil 3.17. Model. 7'nin planı.....	43
Şekil 3.18. Model. 7 3D görüntüsü	44
Şekil 3.19. Beton malzeme özelliklerinin tanımlanması.....	45
Şekil 3.20. Doğrusal olmayan analiz için beton malzeme özelliklerinin tanımlanması	45
Şekil 3.21. Çelik donatı malzemesinin özelliklerinin tanımlanması.....	46
Şekil 3.22. Doğrusal olmayan analiz için çelik donatı malzemesinin özelliklerinin tanımlanması	47
Şekil 3.23. Kolon (50x50cm) kesitinde donatı yerleşim şeklinin tanımlanması...	48
Şekil 3.24. Kolonun sargı donatılarının tanımlanması	49
Şekil 3.25. Kolonun moment eğrilik diyagramının tanımlanması	49
Şekil 3.26. Kirişin (50x50cm) kesitinde donatı yerleşim şeklinin tanımlanması ..	50
Şekil 3.27. Kirişin sargı donatılarının tanımlanması.....	51
Şekil 3.28. Kirişin moment eğrilik diyagramının tanımlanması	51
Şekil 3.29. Plastik mesnet tanımlanması.....	52
Şekil 3.30. Kirişin arttırılmış dönme kapasiteleri	52
Şekil 3.31. Kolonun arttırılmış dönme kapasiteleri	53
Şekil 3.32. Model analiz koşullarının tanımlanması.....	54
Şekil 3.33. Statik artımsal doğrusal olmayan düşey analizin tanımlanması	55
Şekil 3.34. Deprem koşullarının tanımlanması	56
Şekil 4.1. (x) ve (y) yöndeki periyotlarının karşılaştırması	58
Şekil 4.2. İncelenen Modellere Etki Eden Deprem Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	59
Şekil 4.3. Her katta etki eden deprem kuvvetlerinin karşılaştırması	60

Şekil 4.4. Zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri	61
Şekil 4.5. Zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri	61
Şekil 4.6. (X)Yöündeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler.....	62
Şekil 4.7. (Y)Yöündeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler.....	63
Şekil 4.8. Seçilen kolonlarda gerekli donatı alanı	64
Şekil 4.9. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan kesme kuvvetleri K:kiriş, A1: kolon, kiriş uçları; 1-3, 2-3, 1-2	65
Şekil 4.10. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan momentler K:kiriş, A1: kolon, kiriş uçları; 1-3, 2-3, 1-2	66
Şekil 4.11. Seçilen kirişlerin gerekli donatı alanı K: kiriş, A1: kolon, kiriş uçları; 1-3, 2-3, 1-2	67
Şekil 4.12. (x) ve (y) yöndeki periyotlarının karşılaştırması	70
Şekil 4.13. İncelenen Modellere etki eden Deprem Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	71
Şekil 4.14. Her katta gelen deprem kuvvetlerinin karşılaştırması	72
Şekil 4.15. (X) yönüde seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin karşılaştırması	73
Şekil 4.16. (Y) yönüde seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin karşılaştırması	73
Şekil 4.17. (X) yöündeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler ...	74
Şekil 4.18. (X) yöündeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler ...	75
Şekil 4.19. Seçilen kolonlarda gerekli donatı alanı	76
Şekil 4.20. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan kesme kuvvetleri	77
Şekil 4.21. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan momentler	78
Şekil 4.22. Seçilen kirişlerde oluşan donatı alanı	79
Şekil 4.23. Modellerin X-yöndeki periyotlarının karşılaştırılması	82
Şekil 4.24. Modellerin Y-yöndeki periyotlarının karşılaştırılması	82
Şekil 4.25. İncelenen modellere gelen deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması	83
Şekil 4.26. Her kata gelen deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması	84
Şekil 4.27. (X) yönünde zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	85

Şekil 4.28. (Y) yönünde zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	86
Şekil 4.29. (x) ve (y) yönün periyotlarının karşılaştırılması	90
Şekil 4.30. incelenen nodellere etki eden deprem kuvvetleri.....	91
Şekil 4.31. (X) yönündeki kolonların kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	92
Şekil 4.32. (Y) yönündeki kolonların kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	93
Şekil 4.33.(X)yönü kolonların mometlerinin karşılaştırılması	95
Şekil 4.34. (Y)yönü kolonların mometlerinin karşılaştırılması	96
Şekil 4.35. Kolonların gerekli donatı alanlarının karşılaştırılması	97
Şekil 4.36. kirişlerin kesme kuvvetlerin karşılaştırılması	98
Şekil 4.37. kirişlerin momenlerin karşılaştırılması	99
Şekil 4.38. Kirişlerin gerekli donatı alanları	100
Şekil 4.39. Referans modelin planı	101
Şekil 4.40. Model. 1'in planı.....	102
Şekil 4.41. Model. 3'ün planı.....	102
Şekil 4.42. Model. 5'in planı.....	103
Şekil 4.43. (X ve Y) yönün periyotlarının karşılaştırması	104
Şekil 4.44. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması	105
Şekil 4.45. Zemin katlarda kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi	106
Şekil 4.46. Referans modelin planı	107
Şekil 4.47. Model. 1'in planı.....	107
Şekil 4.48. Model. 4'ün planı.....	108
Şekil 4.49. Model. 6'nın planı.....	108
Şekil 4.50. Periyotların karşılaştırılması	109
Şekil 4.51. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması	110
Şekil 4.52. Zemin katlarda kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi	111
Şekil 4.53. Referans modelin planı	112
Şekil 4.54. Model. 1'in planı.....	112
Şekil 4.55. Model. 2'in planı.....	113
Şekil 4.56. Model. 6'nın planı.....	113
Şekil 4.57. Model. 7'nin planı.....	114
Şekil 4.58. Periyotların karşılaştırılması	115

Şekil 4.59. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması	116
Şekil 4.60. Zemin katlarda kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri	117



TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Donatı eliklerine ait bilgiler	23
Tablo 2.2. Narin ve kısa kolonun detayli farkları.....	25
Tablo 3.1. İncelenen dört katlı binaların genel zellikleri	35
Tablo 3.2. İncelenen yedi katlı binaların genel zellikleri	35
Tablo 3.3. İncelenen on katlı binaların genel zellikleri	35
Tablo 3.4. İncelenen binaların deprem analizinde kullanılan parametreler	35
Tablo 3.5. Analizde kullandığımız beton zellikleri	44
Tablo 3.6. Analizde kullandığımız elik zellikleri	46
Tablo 3.7. Dört katlı modellerin kolon kesitlerinin mevcut elik donatı adetleri ..	48
Tablo 3.8. Yedi katlı modellerin kolon kesitlerinin mevcut elik donatı adetleri ..	48
Tablo 3.9. On katlı modellerin kolon kesitlerinin mevcut elik donatı adetleri.....	48
Tablo 3.10. Dört katlı modellerin kiriş kesitlerinin mevcut elik donatı adetleri ..	50
Tablo 3.11. Yedi katlı modellerin kiriş kesitlerinin mevcut elik donatı adetleri...	50
Tablo 3.12. On katlı modellerin kiriş kesitlerinin mevcut elik donatı adetleri.....	50
Tablo 4.1. (x) ve (y) yöndeki saniye cinsinden periyotlarının karşılaştırması	58
Tablo 4.2. Bütün modellere etki eden deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması	58
Tablo 4.3. Her katta etki eden deprem kuvvtlerinin karşılaştırması	59
Tablo 4.4. (X) Yöndeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri.....	61
Tablo 4.5. (Y) Yöndeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri.....	61
Tablo 4.6. (X)Yöündeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler.....	62
Tablo 4.7. (Y)Yöündeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler.....	63
Tablo 4.8. Seçilen kolonlarda gerekli donatı alanı	64
Tablo 4.9. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan kesme kuvvetleri	65
Tablo 4.10. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan momentler	66

Tablo 4.11. Seçilen kirişlerde gerekli donatı alanı	67
Tablo 4.12. Burulma düzensizliği, görelî kat ötelenmesi ve yumuşak kat düzensizliği kontrolü	68
Tablo 4.13. (x) ve (y) yöndeki saniye cinsinden periyotlarının karşılaştırması	69
Tablo 4.14. İncelenen Modellere etki eden Deprem Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	70
Tablo 4.15. Her katta etki eden deprem kuvvetlerinin karşılaştırması.....	71
Tablo 4.16. (X) yönünde seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin karşılaştırması. (X) yönünde seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin karşılaştırması	72
Tablo 4.17. (Y)yönünde seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin karşılaştırması	73
Tablo 4.18. (X) yöündeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler...	74
Tablo 4.19. (Y) yöündeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler...	75
Tablo 4.20. Seçilen kolonlarda gerekli donatı alanı	76
Tablo 4.21. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan kesme kuvvetleri	76
Tablo 4.22. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan momentler	77
Tablo 4.23. Seçilen kirişlerin gerekli donatı alanı.....	78
Tablo 4.24. görelî kat ötelenmesi, burulma düzensizliği ve yumuşak kat düzensizliği kontrolü	79
Tablo 4.25. 10 katlı modellerin Periyotlarının karşılaştırılması.....	81
Tablo 4.26. İncelenen modellere etki eden deprem kuvvetleri	83
Tablo 4.27. Her kata etki eden deprem kuvvetleri	84
Tablo 4.28. (X) yönünde zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri.....	85
Tablo 4.29. (Y) yönünde zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri.....	85
Tablo 4.30. On katlı modelin görelî kat ötelenmesi, burulma düzensizliği ve yumuşak kat düzensizliği kontrolü.....	86
Tablo 4.31. (x) ve (y) yönündeki saniye cinsinden periyotlarının karşılaştırılması	90
Tablo 4.32. incelenen nodellere etki eden deprem kuvvetleri.....	91
Tablo 4.33. (X) yönündeki kolonların kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	92

Tablo 4.34. (Y) yönündeki kolonların kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	93
Tablo 4.35. (X)yönü kolonların mometlerinin karşılaştırılması.....	94
Tablo 4.36. (Y)yönü kolonların mometlerinin karşılaştırılması.....	95
Tablo 4.37. Kolonların gerekli donatı alanlarının karşılaştırılması.....	97
Tablo 4.38. Kirişlerin kesme kuvvetlerin karşılaştırılması	98
Tablo 4.39. kirişlerin momenlerin karşılaştırılması	99
Tablo 4.40. kirişlerin gerekli donatı alanları	100
Tablo 4.41. (X) ve (Y) yönündeki saniye cinsinden periyotların karşılaştırması ..	103
Tablo 4.42. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması	104
Tablo 4.43. Zemin katların kolonlarında oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi	105
Tablo 4.44. (X) ve (Y) yönündeki saniye cinsinden Periyotların karşılaştırılması	109
Tablo 4.45. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması	109
Tablo 4.46. Zemin katlarda kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi	110
Tablo 4.47. (X) ve (Y) yönündeki saniye cinsinden Periyotların karşılaştırılması	114
Tablo 4.48. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması	115
Tablo 4.49. Zemin katların kolonlarında oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi	116

ÖZET

Anahtar kelimeler: betonarme, kolonların analizi, kesme kuvveti, deprem analizi, yanal öteleme.

Dünyada mevcut binaların çoğu betonarme yapılar olarak görülmektedir ve bu binalar dört önemli elemanlarla birleşip bir betonarme binayı oluşturmaktadır. Bu önemli unsurlar: temel, kolon, kiriş ve döşemedir. Bunların hepsi birleşerek dışarıdan gelen yük veya kuvvete karşı koyar. Bu faktörleri güçlendiren etkenler, işçilik faktörleri ve düzenli tasarımıdır. Eğer bu faktörler standard bir şekilde yapıda uygulanırsa çok iyi bir taşıyıcı sistem olarak dışarıdan gelen yük ve kuvvetlere karşı iyi dayanım gösterebilir. Betonarme yapılar sadece betondan yapılmıyor. Bu güçlü malzemenin yanında önemli bir unsur daha var ki onunla beraber dışardan gelen herhangi dış yüke karşı koyabilir, o da çeliktir. Beton basınç kuvvetlerine direnç gösterirken çelik de çekme kuvvetlerine karşı koymaktadır.

Bu çalışmada, on katlı bir bina referans modeli ve yedi model de aks aralarında ilave edilen kolonlu modeli, yedi katlı bir bina referans modeli ve dört model de aks aralarında ilave edilen kolonlu modeli, dört katlı bir bina referans modeli ve üç model de aks aralarında ilave edilen kolonlu modeli olmak üzere toplam on yedi yapı modeli üzerinde yapılan araştırma yer almaktadır. Bu çalışmada karşılaştırmalar üç grup olarak yapıldı. Yapıların kolon ve kirişleri farklı boyutlarıyla tasarlandı ve SAP2000 programı ile her birinin ayrı ayrı analizi yapıp karşılaştırıldı. Bu analizler sonucunda kolonların üzerinde incelemeler yapılmıştır. Bu çalışmada, bütün binaya gelen deprem kuvveti, katlara gelen deprem kuvveti, zemin katta seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri sonuçları elde edildi. Bu çalışmada farklı katlı modeller üzerinde çalışıldı, Bu planların her birinde bazı aks aralarına kolonlar ilave ederek ve ilave kolonların yerlerini farklı akslarda düzenleyerek, bu modellerin hepsinde sonuçlar birbiriyle karşılaştırıldı. Farklı modellerde farklı noktalara, kolonlar eklendiğinde depremde oluşann taban kesme kuvvetinde nasıl bir değişimin gösterdiği araştırıldı. Bu kapsamda analizler yapıldı. Kolonların binanın önemli bir unsuru olduğu bir kere daha kanıtlanmış oldu. Eklenen kolonlar, çerçevesindeki kolonlarda yükleri, kuvvetleri ve deprem deformasyonunu azaltarak, binaya dışarıdan gelen afetlere karşı daha çok direnç gösterdiği görüldü.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ADDITIONAL COLUMNS PLACED BETWEEN THE AXLE IN REINFORCED CONCRETE FRAME BUILDINGS ON BUILDING BEHAVIOR

SUMMARY

Key words: reinforced concrete, analysis of columns, shear force, earthquake analysis, lateral offset.

Most of the existing structures in the world are seen as reinforced concrete structures and these structures combine with four important elements to form a reinforced concrete structure. These important elements are: foundation, column, beam and slab. All of these come together to resist the load or force coming from outside. The factors that reinforce these factors are labor factors and regular design. If these factors are applied in a standard way, it can show good resistance to external loads and forces as a very good carrier system. Reinforced concrete structures are not only made of concrete. In addition to this strong material, another important element that can withstand any external load that comes with it is steel. Concrete resists compressive forces, steel resists tensile forces.

In this study, a ten-storey building reference model and seven models with columns added between the axles, a seven-storey building reference model and four models with columns added between axes, a four-storey building reference model and three models added between axes were examined. examined. examined. axles. There is research on a total of seventeen building models, including the columnar model. In this study, comparisons were made in three groups. Columns and beams of the buildings were designed in different sizes and each of them was analyzed and compared separately with the SAP2000 program. As a result of these analyses, examinations were made on the columns. In this study, the results of the earthquake force acting on the whole building, the earthquake force acting on the floors and the shear forces on the selected columns on the ground floor were obtained. In this study, different floor models were studied. In each of these plans, the results were compared with each other by adding columns between some axes and arranging the locations of the additional columns on different axes. It has been investigated how the base shear force changes in the earthquake by adding the columns at different points in different models. In this context, analyzes were made. It has been proven once again that the columns are an important element of the structure. It has been observed that the added columns reduce the loads, forces and earthquake deformation of the columns in the frame and show greater resistance against external disasters.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Tez Çalışmasının Amacı ve Tanımı

Günümüzde inşaat sektörü deyince, ilk aklımıza gelen şeyler, betonarme yapılar ve çelik binalardır. Çelik, betonarme bir yapının güvenliğini en iyi tanımlayabilen malzemedir ve yapının uzun ömürlü olmasında en önemli etkidir. Çeliğin hazırlanması ve montajı önemlidir. Çünkü çelik, yanlış uygulamalar sonucu etkisiz kalarak yapıda önemli hasarlara neden olabilir. Yapı iskeletini oluşturan çelik aynı zamanda deprem güvenliği açısından da çok önemli bir malzemedir. Betonarme yapılar, her ülke standartları farklı olduğu için standarda göre malzeme özelliklerinin de farklı olması, genel olarak bina yapı taşıyıcı sisteminin davranışında da farklılık gösterir. Bu çalışmada özellikle betonarme kolonlar ve donatıları değerlendirilmiştir.

Dünya ülkelerini etkileyen doğal afetler yıllardır birçok insanın hayatını kaybetmesine neden olmuştur. Bu afetler yapılara çok ağır zararlar vermektedir. Bu zararlar binaların bir çoğunun hasarlanmasına ve hatta yıkılmasına sebep olmuştur. Bu afetler insanların hayatına devam etmesine mani olmaktadır ve bu afetler sadece can kaybı değil büyük maddi zararlar vermektedir. Bu afetlerden en tehlikelisi deprem olarak adlandırılmaktadır ve bu deprem afeti her sene yüzlerce insanın can ve maddi kaybına neden olmaktadır.

Bu çalışmada betonarme binalar on katlı, yedi katlı ve dört katlı olarak farklı kolon yerleşim şekillerinin yapı davranışı üzerinde etkileri karşılaştırılmaktadır. On katlı yapıları içeren modeller: İlk model, referans modelidir yani incelenen betonarme binanın standart halidir. Aks aralarında kolon bulunmamaktadır. Ara kolonsuz bir taşıyıcı sistemdir. Model 1 Referans modele, planda aks aralarına toplam sekiz kolon eklenerek oluşturulmuştur. Bu modelde, referans modele, kısa ve uzun doğrultuda,

kenar akslarda köşeye yakın aks ortalarında, birer tane ara kolon olmak üzere toplam sekiz kolon eklenmiştir. Model 2, Referans modele, planda aks aralarına toplam oniki kolon eklenerek oluşturulmuştur. Bu modelde, Model 1'e uzun doğrultuda, iç akslarda köşeye yakın aks ortalarında, birer tane ara kolon olmak üzere toplam dört kolon eklenmiştir. Model 3, Referans modele, planda aks aralarına Model 2'den farklı şekilde toplam oniki kolon eklenerek oluşturulmuştur. Bu modelde, Model 1'e uzun doğrultuda, dış akslarda köşeye yakın 2. aks ortalarında, birer tane ara kolon olmak üzere toplam dört kolon eklenmiştir. Model 4, Referans modele, planda aks aralarına Model 3'den farklı şekilde toplam oniki kolon eklenerek oluşturulmuştur. Bu modelde, Model 1'e kısa doğrultuda, ilk iç akslarda köşeye yakın aks ortalarında, birer tane ara kolon olmak üzere toplam dört kolon eklenmiştir. Model 5, Referans modele, planda aks aralarına Model 4'den farklı şekilde toplam onaltı kolon eklenerek oluşturulmuştur. Bu modelde, Model 3'e uzun doğrultuda, dış akslarda köşeye yakın 3. aks ortalarında, birer tane ara kolon olmak üzere toplam dört kolon eklenmiştir. Model 6, Referans modele, planda aks aralarına Model 5'den farklı şekilde toplam onaltı kolon eklenerek oluşturulmuştur. Bu modelde, Model 2'ye kısa doğrultuda, ilk iç akslarda köşeye yakın aks ortalarında, birer tane ara kolon olmak üzere toplam dört kolon eklenmiştir. Model 7, Referans modele, planda aks aralarına Model 6'dan farklı şekilde toplam yirmi ara kolon eklenerek oluşturulmuştur. Bu modelde, Model 6'ya uzun doğrultuda, ikinci dış akslarda köşeye yakın aks ortalarında, birer tane ara kolon olmak üzere toplam dört kolon eklenmiştir. Bu modeller on katlı bir referans model ve yedi ilave edilen kolon modellerini içermektedir.

Yedi katlı modelleri dört modelden oluşmuştur. Referans model binanın standart halidir hiç ilave kolon eklenmemiştir. Model 1 Referans modele, planda aks aralarına toplam sekiz kolon eklenerek oluşturulmuştur. Bu modelde, referans modele, kısa ve uzun doğrultuda, kenar akslarda köşeye yakın aks ortalarında, birer tane ara kolon olmak üzere toplam sekiz kolon eklenmiştir. Model 3 Referans modele, planda aks aralarına Model 2'den farklı şekilde toplam oniki kolon eklenerek oluşturulmuştur. Bu modelde, Model 1'e uzun doğrultuda, dış akslarda köşeye yakın 2. aks ortalarında, birer tane ara kolon olmak üzere toplam dört kolon eklenmiştir. Model 5, Referans modele, planda aks aralarına Model 4'den farklı şekilde toplam onaltı kolon eklenerek

oluşturulmuştur. Bu modelde, Model 3'e uzun doğrultuda, dış akslarda köşeye yakın 3. aks ortalarında, birer tane ara kolon olmak üzere toplam dört kolon eklenmiştir. Bu araştırmada bir referans model ve üç modele ilave kolon ekleyerek karşılaştırılmıştır. Yedi katlı modellerin kat sayıları dört kata azaltılarak tekrar karşılaştırılmış ve sonuçlandırılmıştır. Bu araştırmayı daha derinden incelemek için on katlı, yedi katlı ve dört katlı modelleri gruplar halinde sonuçlarını incelemek için tablo ve şekil olarak karşılaştırılması-yapılmıştır.

Bu çalışmada modellere aks aralarına kolon ekleyerek binaya gelen yük ve kuvvetlere karşı gösterdiği dirençteki değişim incelenmeye çalışıldı. Bu modeller SAP2000 programıyla analiz edilmiştir. Analiz ve tasarım sonrası, kolon ilave edilen yapı modellerinin daha çok güçlü olduğu mukavemetinin ve depreme karşı dayanıklılığın arttığı görülmüştür. İncelenen bu binalarda kolonlar ve kirişler daha aktif çalışmaktadır ve bu modellerde maliyet artışı çok yüksek değildir. Bir binada malzeme özellikleri ve işçilik dikkate alınarak yapıldığında, bu binalar her zaman daha güvenli olmaktadır.

1.2. Literatür Özeti

Saeid Foroughi'un araştırmasında, betonarme kolonların çevrimsel yatay yükleme altındaki davranışı, daha önce betonarme perde duvarlar için geliştirilmiş olan bir sonlu elemanlar modelleme yöntemi kullanılarak, analitik olarak incelenmiştir. Çalışmanın amacı, göçme modu açısından hem etkin eğilme, hem etkin kesme, hem de birleşik kesme-eğilme davranışı gösteren betonarme kolon davranışını temsil eden bir modelleme yöntemi geliştirmiştir. Modeli oluşturan sonlu elemanlarının doğrusal olmayan davranışı, bir sabit modelleme yaklaşımı kullanılarak temsil edilmiştir. Çatlak yüzeyleri boyunca oluşan agrega kenetlenmesi etkileri ve donatı çubuklarında oluşan kama etkileri, model formülasyonunda göz önüne alınmıştır. Modelin kolon ile temel birleşiminde bir dönme mafsalı kullanılarak, kolon boyuna donatısının temel içindeki akma penetrasyonu davranışı analizlerde incelenmiştir. Analizlerde şekildeğiştirme lokalizasyonu etkilerini mümkün olduğunca minimize etmek amacıyla, betonun basınç altındaki gerilme-birim şekil değiştirme davranışı, literatürde sunulmuş olan bağıntılar kullanılarak kalibre edilmiştir. Seçilen dört deneysel program kapsamında

hem etkin eğilme davranışı, hem baskın kesme davranışı, hem de birleşik eğilme-kesme davranışı gösteren on iki kolon numunesi için elde edilmiş olan deney sonuçları, analitik model kestirimleri ile karşılaştırılmıştır. İncelenen kolon numuneleri, geometrik özellikleri, donatı konfigürasyonları, yükleme koşulları ve davranış özellikleri açısından farklılık göstermektedir. Analitik modeller, incelenen kolon numunelerinin yatay yük–yerdeğiştirme davranışı, yatay yük kapasitesi, yanal rijitlik, yerdeğiştirme kapasitesi, kapasiteye ulaştıktan sonra yatay yükte azalma davranışı, çevrimsel rijitlik azalımı ve daralma gibi karakteristik davranış özellikleri açısından makul başarıyla temsil etmektedir (Foroughi, 2016).

Amin'in yaptığı çalışmada; zayıf ve iyi betonarme kolonların sismik performansları ve aynı karakteristiklere sahip betonarme kolonlarda TRM nin eğilme davranışı ve enerji tüketme kabiliyetindeki etkileri deneysel olarak incelenmiş ve sonuçlar kolonların histeretik davranışlarını tahmin için önerilen modellerle teorik olarak karşılaştırılmıştır. Deneyler; dikdörtken kesitli, sabit yüksek eksenel kuvvete sahip ve çevrimsel yatay yüklemeye maruz 8 adet kolonda yürütülmüştür. Ek olarak, 4 adet kolon, kontrol numunesi olarak tasarlanmış ve diğerleri kontrol numuneleriyle aynı özelliklere sahip olmak üzere 3 kat Hasır Donatılı Püskürtme GRC (güçlendirilmiş takviyeli harç) ile sarılmış ve bütün tekstil katmanlarını kapatacak kadar cam lifli harç püskürtülmüştür. Numunelerde düşük dayanımlı beton ve düz donatı kullanılmıştır. Bütün kolonlarda paspayı 15 mm dir ve kolonların köşeleri 30 mm yarıçapında dairesel hale getirilmiştir. Etriyeler 60, 90, 120 ve 180 mm aralıklarla yerleşmiştir. Etriyelerin kanca açıları 90 derece ve kanca boyları 80 mm dir. Bu amaç doğrultusunda çalışmanın ilk bölümünde öncelikle çalışmanın amacı ve kapsamı anlatılmıştır. Konunun devamında ilgili geçmişte yapılan çalışmalardan kronolojik sıraya göre bahsedilmiş, TRM malzeme ile güçlendirme yönteminin gelecekte çok sık kullanılacak bir yöntem olduğu vurgulanmıştır (Amin, 2014)

Hasan Altun'un yaptığı araştırmada, 1970 öncesi yerel tasarım şartnamelerine dayanılarak yapılan yapıların kolon-kiriş birleşim bölgeleri sadece yerçekimi yükleri altında tasarlandığından ve de deprem yüklerini karşılayamayacak bir kapasitede olduklarından dolayı büyük tehlike arz etmekte olduğu belirtilmiştir. Geniş etriye

aralıkları, birleşim bölgelerinde etriye olmaması, kolonlarda yetersiz bindirme boyları ve kiriş donatılarının yetersiz ankrajlanması bu elemanların genel eksiklikleridir. Sismik tasarım donatısı eksikliği bu elemanlarda gevrek davranışa ve aşırı yatay deformasyonlara neden olmaktadır. Bundan dolayı, bu elemanlarda kesme kapasitesi ve efektif sargı iyileştirmesi yapılmalıdır. Bu araştırma, belirtilen birleşim noktalarının davranışını ve karbon lifli güçlendirilmiş polimer (CFRP) malzeme ile sargılama yapılarak iyileştirme yapılan elemanlardaki yüzey ayrışmayı önleme çalışmalarını kapsamaktadır (Altun, 2008).

İpek'in araştırmasında, kompozit kolonlar, depreme dayanıklı tasarım için çeşitli avantajlar sunmaktadır. Çeşitli kesitlerde ve birçok yöntemle üretilirler. Bununla birlikte, uygulamada bazı sınırlamalar vardır. Çünkü bu tip elemanların yükleme altındaki davranışları geleneksel çelik veya beton elemanlardan oldukça farklıdır. Bu tezde, merkezi yüklü kompozit kolonların nihai eksenel kuvvetini hesaplamak için üç yeni model geliştirilmiştir. Bunun için önceki çalışmalarda verilen dairesel oyuk kesit (CHS) betonla doldurulmuş çift cidarlı çelik boru (CFDST) kompozit kolonlarda toplam 103 deneysel testte kullanılmıştır. Burada sunulan modeller, sonlu elemanlar yönteminin yanı sıra gen ekspresyonu programlama ve yapay sinir ağı teknikleri kullanılarak üretildi. Dış ve iç çelik boruların akma dayanımı, çapı ve kalınlığı, beton basınç dayanımı, test numunesi uzunluğu ve (CHS-CFDST) kolonlarının nihai eksenel dayanımı araştırma parametreleri olarak kabul edilmiştir (İPEK, 2019).

Mustafa'nın çalışmasında, üç adet tam ölçekli 200 mm x 400 mm x 1610 mm boyutlarında betonarme kolonlar test edilmiştir. tüm kolonlar taban bölgesinde 500 mm bindirme olacak şekilde üretilmiştir. Eskiden inşa edilen kolonların temsil edilmesi için, düz çelik donatı kullanılmış ve etriye aralığı 300 mm seçilmiştir. Kolon numunelerinden biri kontrol numunesi olarak seçilmiş, diğer ikisi ise farklı yöntemlerle güçlendirilmiştir. Güçlendirme yöntemlerinin biri, kolon içine yerleştirilen çelik bulonlara art-germe uygulanmasıdır. İkinci yöntem ise bindirme bölgesindeki boyuna donatının, temelden gelen filizle birlikte kaynaklanması, ve daha sonra kolonun taban bölgesine CFRP uygulamasıdır. Çelik bulonların kullanıldığı yöntemde, öncelikle beton içine delikler açılmış ve bulonlar bu deliklere

yerleştirilmiştir. Kolonun dış yüzeyine ise 150 mm aralıkla çelik plakalar yerleştirilmiştir. Bu plakalar, bulonlara art-germe uygulandığında, aktif sarma etkisini kolonun yüzeyine yaymak içindir. Deney sonuçları, çelik bulonlarla güçlendirilen numunenin kontrol numunesi ile benzer davrandığını göstermiştir. Bindirme bölgesinde kaynak yapılan ve CFRP uygulanan numunenin dayanım ve enerji tüketme kapasitesi ise önemli ölçüde artmıştır (Mustafa, 2015).

Ediris Nour'un (ACI) kolonlar hakkında yaptığı bu çalışmada, yaygın olarak kullanılan dört tasarımın uygulanabilirliğini değerlendirmek için çok çeşitli deneysel veriler karşılaştırmalı olarak kullanılmıştır. Kodlar, Amerikan Beton Enstitüsü (ACI), Eurocode 4 (EC4), Mimari Japonya Enstitüsü (AIJ) ve çelik-beton kompozit çin tasarım kodu doldurulmuş geri dönüşümlü agrega beton kapasitesinin hesaplanması için yapılar (DL / T) çelik boru (RACFST) kolonlarından yararlanılmıştır. Bu amaçla toplam 97 deneysel test sonucu eksenel sıkıştırma altındaki dairesel (RACFST) kolonlar için bu tür kompozit kolonların eksenel kapasitesini tahmin etmek için yeni bir model önerilmiştir. Önerilen model Gen ekspresyon programlama tekniğine dayalı olarak üretilmiştir. Bağımsız modelin geliştirilmesinde kullanılan değişkenler dış çap, kalınlık, çelik boru, kolon uzunluğu, geri dönüşümlü kaba agrega değişim oranı, beton basınç dayanımı ve çeliğin akma dayanımıdır. İstatistiksel bir analiz etkilenen her bir parametrenin katkılarını değerlendirmek üzere yapılmıştır. Eksenel kapasite sonuçlarının analizi, önerilen modelin verdiği sonucu ortaya koymuştur (Idiris Nour, 2016).

Akın Umut'un yaptığı çalışmada, bugüne kadar yapılmış olan deneysel çalışmaların, betonarme çerçeve sistemlerinin deprem yükü altındaki performansı, kolon-kiriş bağlantı bölgelerinin davranışı ile yakından ilgili olduğu belirtilmiştir. Betonarme bir yapının yüksek deformasyonlar altında sağlam kalabilmesinin, ancak kolon-kiriş bağlantılarının bütünlüğünü muhafaza edebilmesi ile mümkün olduğu belirtilmiştir. Ancak bugün dahi betonarme yapıların tasarımında kolon-kiriş bağlantı bölgelerinin rijit ya da elastik olarak davranacağı varsayılmakta olduğu, bunun sonucunda da yapıların deprem yükü altındaki davranışları doğru biçimde öngörülemediği belirtilmiştir. Bu durumun ana sebeplerinden biri kolon-kiriş bağlantı bölgelerinin

davranışını gerçekçi bir şekilde yansıtacak analitik modellerin eksikliği olduğu belirtilmiştir. Bu araştırma sonucunda, kolon-kiriş bağlantılarının tersinir tekrarlanır yükler altındaki davranışı daha önceden tamamlanmış deneysel çalışmalardan elde edilen veriler ışığında incelenerek, bu davranışı başarılı bir biçimde yansıtan analitik bir model oluşturulmuştur. Modelin oluşturulmasında kullanılan deneysel çalışmalar daha sonra OpenSees programı aracılığıyla modellenerek, önerilen davranış özelliklerinin deneysel verilerle uyumluluğu ortaya konmuştur. Analitik çalışma süresince oluşturulan modelin pratik kullanıma uygun basitlikte ve farklı bağlantı türlerini de temsil edebilecek şekilde kapsamlı olmasına çaba gösterilmiştir (Akın, APRIL 2011).

Tharmarajah ve arkadaşlarının yaptığı araştırmada. Ters çevrimli yükleme koşulları altında betonarme kolonların yanal yük tepkisinin analitik modellenmesi, betonarme duvarlar için geliştirilen basit element modeli formülasyonu nispeten kullanılarak incelenmiştir. Bu analitik çalışmanın amacı, başarılı simülasyonudur. Yanıt ve başarısızlık modundan bağımsız olarak, betonarme kolonlarının yük tepkisi kontrollü, kesme kontrollü veya bir kombinasyonu kayma cevaplarındandır. element model formülasyonunda yapısal panel elemanların davranışı sabitlenmiş çatlaklar açısından modelleme yaklaşımına dayanmaktadır. Kayma agrega kilitleme gerilmeleri donatı çubukları üzerinde çatlaklar ve dübel hareketi boyunca, model formülasyonunda düşünülür. Model ayrıca kolon kaidesinde dönme yayları içermektedir. Arayüz, gerinme nüfuzunu temsil etmek için bağlantılı takviye çubukları üzerindeki etkilerini artırır. Sıkıştırılmış betonun tepe noktası sonrası gerilme davranışının düzenlenmesini minimize etmek için basit bir metodoloji kullanıldı. (G Tharmarajah, 2017).

Betonarme kolon davranışının anlaşılabilmesi için kesit davranışının iyi bilinmesi gerekmektedir. Kesit davranışı ise, en sağlıklı biçimde moment-eğrilik ilişkisi üzerinden anlaşılabilir. Bu çalışmada, betonarme kolon davranışına, eksenel kuvvet, boyuna donatı oranı, enine donatı oranı ve beton karakteristik basınç dayanımının etkilerinin belirlenebilmesi amacıyla parametrik bir çalışma yapılmıştır. Betonarme kolonların davranışları, malzemelerin doğrusal olmayan davranışı göz önüne alarak moment-eğrilik ilişkisi üzerinden incelenerek belirlenmiştir. Bu amaçla kare,

dikdörtgen ve daire kesitli 400 adet betonarme kolon modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan betonarme kolon modellerinin moment eğrilik ilişkileri XTRACT v3.0.9 program ile elde edilmiş ve basitleştirilmiş lineer eğrilerin kullanıldığı grafiklerle sunulmuştur. İncelenen parametrelerin kolon davranışına etkileri, etkin eğlime rijitliği sünekliği ve kesit dayanımı açısından değerlendirilmiştir (Abdulhalim, 2014).

Marefafının yaptığı araştırmada, yassı çubuklarla güçlendirilmiş eskimiş betonarme binaların Sünekliğinin düşük oluşunun değerlendirilerek, üç kolon döngüsel ve monoton yük altında test edilmiştir. Örneklerin özellikleri ve boyutları, 70 yıl önce inşa edilen referans binalarına benzer ve mevcut birçok kamu yapısını temsil eder. Betonarme binaların düz çubuklarla takviye edilmiş davranışlarını değerlendirmek, bunların sismik tepkisini belirlemek için bazı araştırmalar yapılmıştır. Betonarme elemanları üzerinde deforme olmuş deneysel ve teorik çalışmalar hakkında birçok rapor vardır. Bu çalışmada, düz çubuklarla takviye edilmiş beton kolonların döngüsel davranışı ele alınmıştır. Toplamda, üç örnek test edilmiş ve sonuçlara vurgu yapılmıştır. Çubukların düzgün yüzeyinden etkilenen kolonların mekanik özellikleri; çubukların boyuna kayması, çubukların eksenel hareketi, kayma dayanımı, deformasyon ve farklı mekanizmalar nedeniyle kolonların Hasar düzeyinin artmasınasebep olmuştur (Marefaf, 2018).

Fidanboy tarafından yapılan araştırmada, konu güvenilir bir bina inşa etmek olduğunda, inşaat ve yapı mühendisleri ve müteahhitleri ayrı düşünölemeyeceği, her iki tarafın da farklı olduğu belirtilmiştir. İnşaat mühendisleri çözüm bulmaya odaklanırken, müteahhitlerin amacı karı arttırmak olduğu belirtilmiştir. Birçok insanın kullanacağı ve tahmini 50 yıllık yaşam süresi olan bir bina üretmek için bu iki taraf bir araya gelebilir. Mühendisler tarafından araştırma ve kar değerleri üzerinde bir etkiye sahip yenilik yapıldıysa, bu yeniliğin diğerlerine üstün olması beklenir. Çelik beton kompozit (bileşik) kolonlar için durumun böyle olduğu belirtilmiştir. Bileşik kolonlar, mühendisliği geliştiren, mühendisler için faydalı yapısal elemanlardır. Deprem sırasında binanın sismik rijitliği ve sünekliği, müteahhitler için satış veya kiralama alanları, sayısal ve fiziksel modellemeye göre, bileşik kolonların gücü, çelik veya betonarme gibi geleneksel kolonlardan daha büyük olmaktadır. Başka bir deyişle, aynı

boyutlara sahip betonarme, çelik ve kompozit kolonların değişen mukavemet, dayanıklılık ve süneklik özellikleri bakımından, kompozit kolonlar diğerlerinden iyi çıkmıştır (Fidanboy, 2019).

Ünal ve July'nın yaptığı çalışmada. Betonarme (RC) kiriş-kolon bağlantılarının moment dirençli çerçeve yapıları altında önemli deformasyonlar yapar denilmektedir. Deprem yüklemesi katlarda yerdeğiştirmeye neden olur. Mevcut analiz ve tasarım uygulamalarında ise bağlantı bölgeleri genellikle rijit bölgeler olarak modellenir ve eklemin elastik olmayan davranışı dikkate alınmaz. Bu varsayım, kat yerdeğiştirmesinin ve dolayısıyla yapının sismik performansının yanlış bir şekilde değerlendirilmesidir. Bu bölgelerin etkisini binaların sismik tasarımına ve analizine uygulamak amacıyla, bağlantı bölgelerinin sismik davranışını doğru bir şekilde temsil eden gelişmiş model olması gerekir. Bu çalışmada, kesme dayanımını tahmin eden parametrik bir model gerinim ilişkisi önceki birkaç deney araştırılarak oluşturulmuştur. Döngüsel yüklemeye maruz kalan RC (Betonarme) kiriş-kolon bağlantıları üzerine çalışmalar kapsamlı bir veritabanıdır. Önceki deneysel araştırmaları dikkate alarak ve istatistiksel korelasyon yöntemi, kullanarak davranışını önemli ölçüde etkileyen parametreler belirlenir ve bu parametreler bir araya getirilerek ortak bir model oluşturulur. Bu model daha sonra dinamik deprem etkisinden elde edilen sonuçların karşılaştırılmasıyla doğrulanmıştır. Eksenel yük, döşeme, geniş kirişler ve yatık kirişlerin sismik davranışı üzerine bağlantı bölgesi, beton basınç dayanımı gibi temel parametrelerin yanı sıra, donatı akma dayanımı, düğüm noktası genişliği ve enine donatı oranının etkisi araştırılmıştır (Ünal, July 2010).

Agar ve June yaptığı çalışmada, Yüksek sismik riskli alanlardaki yapılar, büyük bir depremde, bölgede ciddi hasara neden olabilir. Eski kod gereksinimlerini karşılamak için tasarlanmış yapılar, daha büyük risk altında olabilir. Bu yapılar yeni kod kriterlerine göre değerlendirildiğinde, yanal mukavemet ve / veya süneklikten yoksun oldukları görülmüştür. Güvenlik ve ekonomik faktörler büyük sorunlardır. Bu yapılar güçlendirme veya sismik güçlendirme yapılarak uygun yapılar haline getirilebilir. Çeşitli yapılar ve ortaya çıkan olası eksiklikler için, birkaç güçlendirme teknikleri düşünülebilir. Çapraz destek sistemi, iyileştirme sistemlerinden biridir. Ayrıca, bu

sistemin başka bir potansiyel avantajı da güçlendirme şemasıyla ilişkili kütledeki nispeten küçük bir kütle artışıdır, çünkü bu, birkaç güçlendirme tekniği için büyük bir sorundur. Bu çalışmada, düşük ve orta seviye güçlendirme için çelik takviye kullanımı nispeten yüksek katlı betonarme çerçeveler için analitik olarak incelenmiştir. Güçlendirilmiş çerçevelerin nihai yanal yük kapasiteleri kontrollü itme analizi ile belirlenmiştir (Agar, June 2008).

Lang'unun yaptığı araştırmada, bir dizi az katlı ve orta yükseklikteki betonarme çerçeveli binalar için deprem yükü artımlı dinamik analizler yapılmıştır. Güçlü kolon zayıf kiriş (SCWB) tasarım kriterine uygun olmayan ve uyumlu binalar dikkate alınmıştır. Bu binalar, aşağıda belirtilen Hindistan'daki en şiddetli iki sismik bölge (yani bölge IV ve bölge V) için Hint Standartlarının hükümleri izlenerek tasarlanmıştır. SCWB tasarım kriterine uymayan binalarda, istenmeyen bir kolon arızası çökme mekanizmasına yol açtığı görülmüştür. Binalar için kolonların deformasyonu kontrol edilmelidir. 1.4 SCWB oranına uygun olarak, tasarlanam yapıda çökme mekanizması bir kiriş kırılma mekanizmasına dönüşür. Bu değişiklik çökme mekanizması, binanın süneklik kapasitesinde ve dolayısıyla çökme kapasitesinde önemli bir artışa yol açmıştır. Dikkate alınan binaların kesme analizi çalışması, SCWB tasarım kriterinin dikkate alınmasının, özellikle orta yükseklikteki binalarda çökme olasılığında önemli bir azalmaya yol açtığını göstermektedir (Lang2, 2018).

Aminu Issaka Abubakar'ın yaptığı çalışmada, artan beton basınç dayanımının betonarme kolonlar üzerindeki ekonomi ve performans etkileri incelenmiştir. 25 ve 45 Mpa dayanımlı iki farklı beton, kat boyutlarında farklılık gösteren 16 değişik bina tasarımı için kullanılmıştır. Araştırma neticesinde dayanımdaki artışın kolon boyutlarını ve donatı miktarını azaltarak betonarme yapıların maliyetini düşürdüğü ortaya çıkmıştır. Artan kat sayısı, maliyette daha büyük azalmalara sebep olmaktadır. Kolonlarda kullanılan beton dayanımının artması ile elde edilen ekonomik kazançta, döşeme panel açıklıkları arttıkça, azalma gözlenmiştir (Abubakar, 2017).

Sinan Cansız'ın yaptığı araştırmada; Son yıllarda, sismik yükler altında zorlanan betonarme kolonların davranışı ve belirli bir performans hedefine göre tasarımına

yönelik literatürde çok sayıda çalışma yapılmakta olduğu belirtilmektedir. Bu çalışmaların büyük bir kısmı, belirli bir performans hedefine bağlı olarak tanımlanan hasar sınırı için tasarım detaylarının iyileştirilmesi ve hasar sınır yaklaşımında uygulanan yöntemin geliştirilmesinin amaçlandığı yaygın olarak deneysel çalışmaları içermektedir. Bu tez çalışmasında, betonarme kolonların deprem yükleri altındaki davranışı, hasar sınır durumları ve karşı gelen yerdeğiştire kapasitelerinin deneysel olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, konsol olarak üretilen ve sabit eksenel yük etkisindeki kolon numunesine tersinir çevrimsel deprem yükü, yerdeğiştirme kontrollü ve artan genlikli yatay olarak etki ettirildiği bir yükleme profili ile benzeştirilerek uygulanmıştır. Deney programında 11 adet kolon üretilmiş ve test edilmiştir. Deneysel olarak elde edilen yük-yerdeğiştirme ilişkisi, moment-eğrilik ilişkisi, çeşitli hasar düzeylerindeki hasar gözlemleri, plastik mafsallık boyu ve malzeme hasar birim, şekildeğiştirmeleri irdelenmiştir. Ayrıca çeşitli hasar sınırları için deneysel olarak belirlenen yerdeğiştirme kapasiteleri, plastik mafsallık boyu ve malzeme birim, şekildeğiştirme sınır değerleri, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, EUROCODE-8 ve FEMA356 yönetmeliklerinde verilen hasar sınırı yaklaşımları ile çeşitli araştırmacılarının önerileri kullanılarak belirlenen analitik sonuçlar karşılaştırılmış ve bağıntıların daha iyi tahminine yönelik yorumlar yapılmıştır. Performansa dayalı tasarım, birçok uluslararası yönetmelikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Betonarme elemanlar Performansa Dayalı Tasarım prensibine dayanarak hedef performans seviyesine ulaşana kadar hasara maruz kaldığı belirtilmiştir. (Cansız, şubat 2020).

Sıla Avgın'ın yaptığı çalışmada, Dünyanın birçok yerinde güncel sismik kodlara göre tasarlanmayan çok sayıda betonarme bina bulunduğu belirtilmiştir. Bu binalar genellikle düşük yanal yerdeğiştirme kapasitesi ve kesme mukavemetinin hızlı bir şekilde düşmesi özelliğine sahip olup güçlü zemin hareketleri sırasında hasara ve çökmeye karşı hassas olduğu belirtilmiştir. Tipik olarak, bu tür binalardaki kolonlar yetersiz ve geniş aralıklı enine donatıya sahip olup gerekli sismik donatı detaylarından yoksun olduğu belirtilmiştir. Rapor edilen bu çalışmada, yanal yüklere maruz kalan düşük donatılı betonarme kolonların yanal deformasyon davranışını öngören monotonik ve histeretik model oluşturmanın gerekli olduğu belirtilmiştir. Bir kolondaki yanal deformasyonlar eğilme, donatı sıyrılması ve kesme deformasyonları

olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Bu deformasyonların her biri için SAP2000 programıyla monotonik ve histeretik tepkileri ayrı ayrı modellenmiştir. Monotonik modelde eğilme, donatı sıyrılması ve kesme deformasyonları için, kolonları plastik mafsallı modeli ile, histeretik modelde ise monotonik modelden elde edilen sonuçlar SAP2000 programında histeretik eksen modelinde kullanılarak modellenmiştir. SAP2000 modellerinden elde edilen sonuçlar, deneysel verilerle karşılaştırıldığında, kullanılan modellerin, betonarme kolonların yanal yüklere tepkisini tahmin etmede iyi bir performans sergilediği gösterilmiştir (AVĞIN, 2018).

Emre Karaman'ın yaptığı çalışmada, Günümüzde yapıların tasarımında çoğunlukla betonarme taşıyıcı tercih edilmekte olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar için uzun yıllardır betonarme taşıyıcı sistem ve elemanların davranışının anlaşılması, birçok araştırmanın konusu olmuştur. Deneysel ve matematiksel çalışmalar, farklı yüklemeler altında farklı malzeme ve kesitlere sahip elemanların davranışını anlamak için gerçekleştirmişlerdir. Özellikle betonarme sistemlerin taşıyıcı elemanlarını oluşturan kolon, perde ve kirişler araştırmacıların özellikle yoğunlaştığı çalışma alanların başında gelmektedir. Betonarme yapıların sistem davranışının anlaşılabilmesi için öncelikle her bir yapı elemanının davranışının ortaya konulması gerekmektedir. Betonarme kolon davranışını anlayabilmek için farklı yükleme tipleri altında farklı kesitlere sahip kolonlar üzerinde çeşitli deneysel çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Laboratuvar ortamında yapılan bu deneyler gerek tam ölçekli, gerekse de küçük ölçekli olarak yapılmıştır. Tam ölçekli deney yapmak, betonarme kolonların gerçek yapıda maruz kaldığı yüklemeleri ve bu yüklemelerin kolonda meydana getirdiği deformasyonları belirlemek adına oldukça önemli çalışmalardır. Ancak yapılan bu deneylerin gerçekleştirilebilmesi, gerek iş gücü gerek ekipman maliyeti bakımından oldukça zordur. Bu nedenle araştırmacılar deney numunesini belirli kabulleri baz alarak ölçeklendirmeleri, hem deney sisteminin maliyeti hem de iş gücü gibi önemli parametrelerde kolaylık elde edebilmektedir. Son yıllarda özellikle betonarme elemanlarda yaygınlaşan küçük ölçekli deneyler doğru ölçekleme modelleri ile yapıldığı takdirde oldukça gerçekçi sonuç verebileceği yapılan çalışmalar ışığında görülmektedir. Bu çalışma kapsamında betonarme davranışını yansıttığı düşünülen küçük ölçekli betonarme kolon numunesi üretilerek deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Yapılan deneysel çalışmalarda, farklı normal kuvvet düzeylerinde yüke maruz betonarme kolonların yatay yükleme altındaki davranışı deneysel olarak incelenmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar matematiksel model sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Deneyler altı serbestlik derecesine sahip yük ve deplasman kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sismik hasar indeksleri olası zararı tahmin etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu hasar indeksleri, yapısal elemanın yükleme sonrası oluşan hasar durumun değerlendirilmesi için yapının tepki parametreleri kullanılarak tahmin edilmektedir. Bu deneysel veriler ışığında yeni bir hasar modeli önerilerek literatürde sıkça kullanılan hasar modelleri ile karşılaştırmıştır (Karaman, 2017).

Arman Hossein'in yaptığı çalışmada, Betonarme yapılar asıl olarak kullanım yüklerini ve sismik hareketlerin neden olduğu yanal kuvvetleri taşımak için tasarlanmakla birlikte, yangın gibi olaylar nedeniyle ortaya çıkan yüksek sıcaklığın bu yapıların güvenliğini önemli ölçüde etkileyebilecek tehlike olarak dikkate alınması gerektiğinin açık olduğu belirtilmiştir. Betonarme elemanların yüksek sıcaklık etkisi altında yapısal performansı ve yük taşıma kapasiteleri önemli ölçüde azalabilmekte, kısmi veya toptan göçme durumu oluşabilmektedir. Bu nedenle, tez çalışmasında bir taşıyıcı eleman olarak eksenel yüklü betonarme kolonların yüksek sıcaklık etkisindeki davranışları incelenmiştir. ISO 834 standart yangın eğrisini bilgisayar kontrol sistemi sayesinde otomatik olarak uygulayabilen özel bir elektrikli fırın ve soğutma sisteminin kullanıldığı çalışmada, betonarme kolon elemanlara sabit eksenel yük altındayken yüksek sıcaklık etkisi de verilmiştir. Belirlenen sıcaklık değerine ve ısıtma süresine ulaşıldığında, deney senaryosu gereği, suyla soğuma ya da kendiliğinden soğuma uygulaması için sabit olarak bekletilmekte olan yük artırılarak kolonun eksenel yük taşıma kapasitesi belirlenmiştir. Çalışmanın ana parametreleri beton dayanımı, ısıtma süresi ve soğutma tipidir. Bunun için, yüksek sıcaklık sonrası kolon numunelerin rijitlik ve taşıma kapasitelerinin değişimi incelenmiştir. Betonarme kolon numuneler ayrıca Abaqus programı kullanılarak deneysel sonuçların ışığında sayısal olarak da modellenmiş ve analiz edilmiştir. Gerçekleştirilen deneysel çalışmalardan, ısıtma süresi arttıkça eksenel yük taşıma kapasitesindeki azalmanın da arttığı, 120 dakikalık yüksek sıcaklık uygulanan numunelerin kendiliğinden soğumasında %9.5 kapasite azalması meydana gelirken, suyla soğutulan kolonda bu oran %35 olarak

belirlenmiştir. Bu durum, yangına maruz binaya suyla müdahale sırasında ısıl şoktan dolayı özellikle düşey taşıyıcılarda oluşacak kapasite düşüşünün göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermiştir (Hosseini, Şubat 2020).

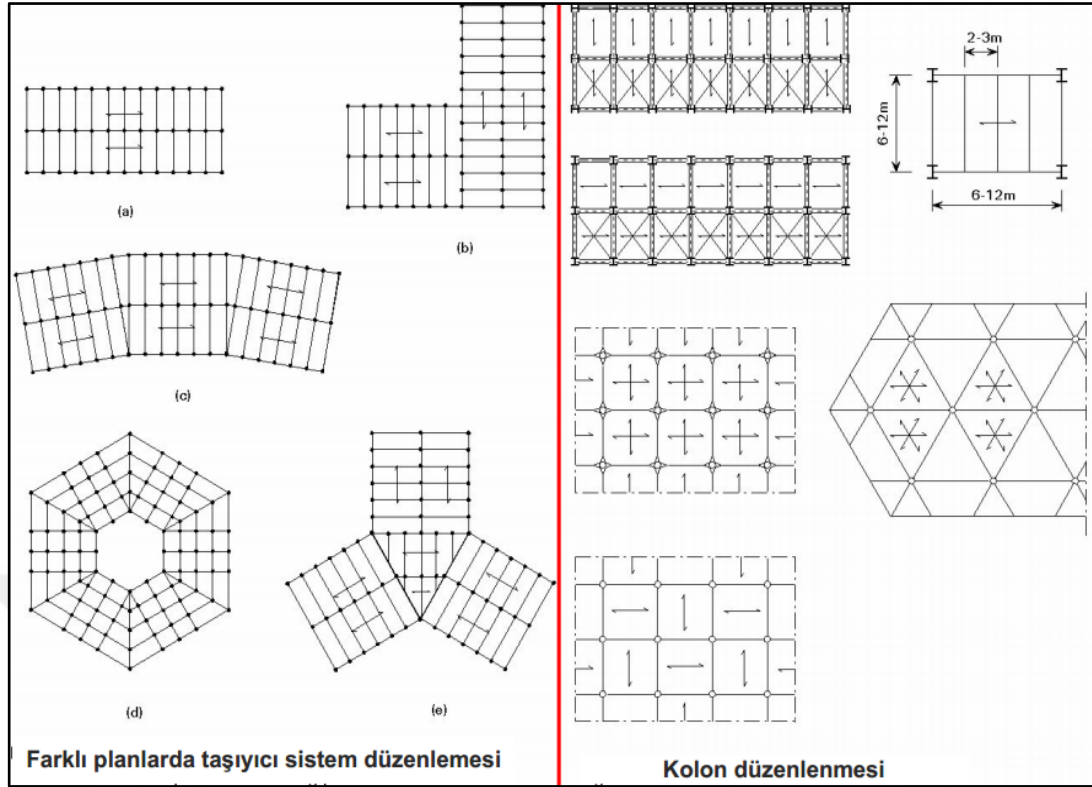
Lakshitha'nın araştırmasında. Sivil altyapının karmaşık patlayıcı yükleme koşullarına karşı korunmasına ilişkin mevcut araştırma, öncelikle harici patlayıcı kaynaklarının etkisine odaklanılmıştır. Sonuç olarak, bina içi patlamalara ilişkin genel literatürde ve özellikle koruyucu tasarımı ve bunlara karşı yapıların değerlendirilmesi bağlamında yükleme koşulları eksiktir. Nispeten karmaşık olmayan harici patlayıcı patlama için geliştirilen mevcut kılavuzlar, patlama dalgası ve yapısal bileşenlerle karmaşık etkileşim nedeniyle dahili bina patlamalarına uygulandığında koruyucu değildir. Özellikle, ortamlardaki iç patlamada betonarme (RC) kolonlar, yanal basınçlarla birlikte zamana bağlı kaldırma kuvvetlerine maruz kalır. İstikrarsızlaşmaya ve kritik bir yapısal bütünlük kaybına yol açar. Sunulan araştırma aşağıdakilere yönelik orijinal bir anlayış sağlar: (i) - geçici yükselmenin etkisi. Yanal patlama basınçlarına maruz kalan betonarme kolonların savunmasızlığı üzerindeki kuvvetler ve (ii) betonarme kolonlarının zamana bağlı yükselme etkisine karşı tasarımı ve değerlendirilmesi ve iç bina patlamalarından kaynaklanan yanal patlama basınçları olduğu belirtilmiştir. (Lakshitha, September 2015).

BÖLÜM 2. KURAMSAL TEMEL-KAVRAMLAR

2.1. Çerçevesel Sistemler

Kolonlar, kirişler ve/veya döşemelerin bir döküm olarak inşa edilmesiyle çerçeve adı verilen taşıyıcı sistem ortaya çıkmaktadır. Bu sisteme sahip az katlı yapıların maliyetlerinin düşük olmasının da etkisiyle ülkemizde en yaygın uygulanan sistem çerçeve sistemler olmuştur. Çerçeve sistem örnekleri Şekil 2.1 de görülmektedir. Ancak bu sisteme sahip betonarme yapılar, deprem etkisinde kaldıkları zaman, yatay yükleri düğüm noktalarındaki elemanların ve döşemelerin rijitlikleri ile karşılamaktadır. Çerçeve sistemli yapılar kolon ve kirişten oluşan sistemler gibi düşünülmesine rağmen, döşemenin bir kısmı kirişle birlikte çalışmakta, kolon ve kirişler arasında genellikle bölme duvarlar bulunmaktadır. Bölme duvarlar, her ne kadar taşıyıcı eleman olarak dikkate alınmayıp hesaplarda bunların yatay yük taşıma kapasiteleri ihmal edilse de, yapının yatay ötelemelerinin azaltılması konusunda, çerçevesel sisteme yardımcı olmaktadır. Diğer taraftan kütleline ve rijitliğine bağlı olarak da yapı periyodunu değiştirmektedir. Dolayısıyla, yapıyı depremden dolayı etkileyecek olan yükün büyüklüğünü de değiştirmektedir.

Bu sisteme sahip yapıların depremlerde enerji tüketme güçleri, diğer sistemlere göre azdır. Deprem yönetmeliğinde bu sistemlerin enerji tüketme güçlerini artırabilmek için kolon ve kiriş boyutlarına, donatılarına ve etkisinde kaldıkları yük etkilerine birçok sınırlama getirilmiştir (Doğangün, 2013).



Şekil 2.1. Çerçeve sistem örnekleri

2.2. Taşıyıcı Sistem Seçimine Etki Eden Faktörler

Taşıyıcı sistem seçimine etki eden faktörlerin başlıcaları mimari sınırlamalar, arazinin yapısı ve zeminin durumu, yapının meydana getirilme süresi, yapının malzeme sınıfı, yapının yapılacağı bölgenin depremselliği gibi etkenlerdir. (Coşkun, 2006).

2.3. Deprem Durumu ve Yapının Davranışını Etkileyen Parametreler

Ülkemiz gibi topraklarının hemen hepsi deprem riski altında olan ülkelerde taşıyıcı sistem seçimini etkileyen parametrelerin başında bölgenin depremselliği gelmektedir. Çünkü sadece düşey yükler dikkate alınarak geleneksel olarak seçilen taşıyıcı sistemler, deprem etkisi altında genellikle yetersiz kalmaktadır.

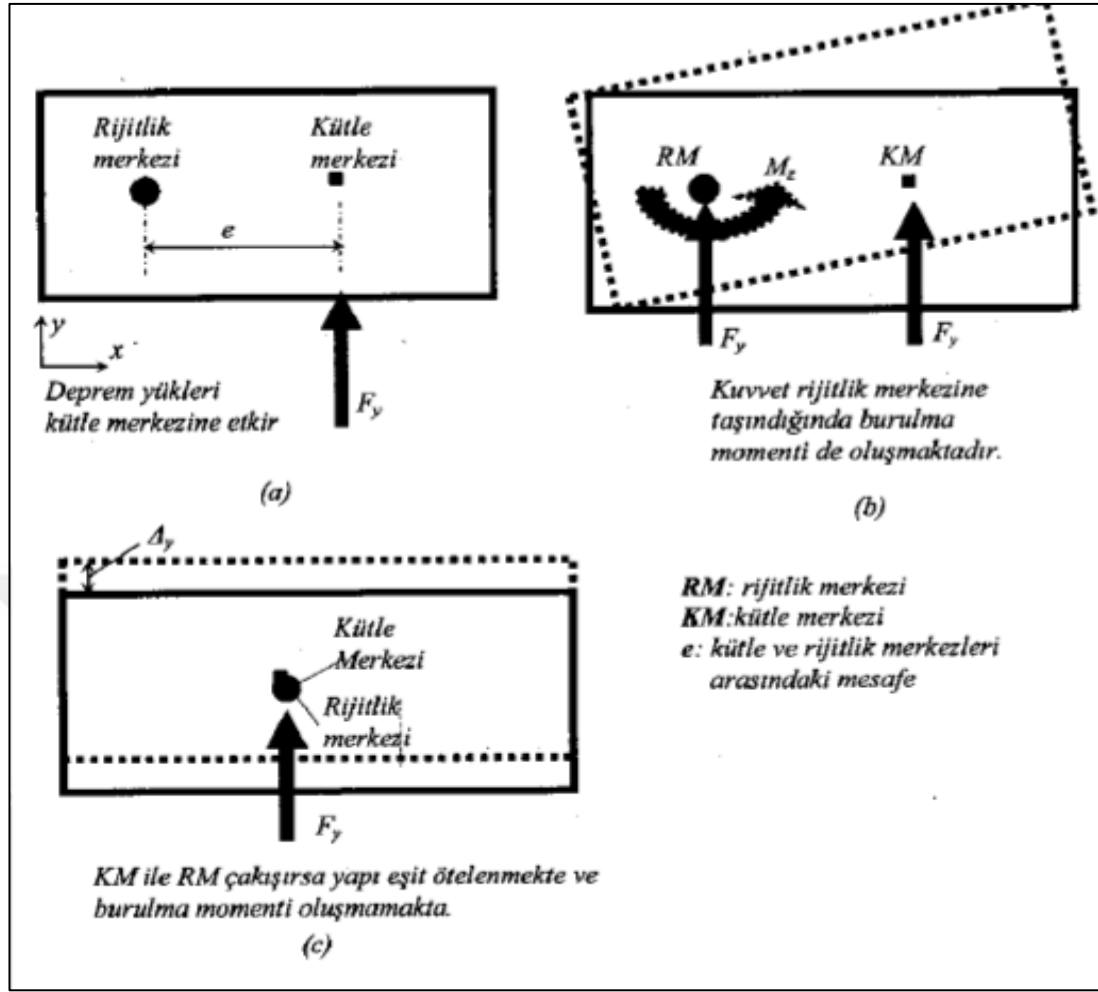
Taşıyıcı sistem seçiminde hata yapıldığı zaman, diğer aşamalarda hata yapılmasa bile yapı depremlerde kendisinden beklenen davranışı gösteremeyecektir. Bu nedenle taşıyıcı sistem tasarımının kurallarına uygun olması gerekmektedir. Bir uçak

mühendisinin aerodinamik koşullara uygun olmayan dikdörtgen bir gövde tasarlaması nasıl kabul edilemezse, bir inşaat mühendisinin de depreme dayanıklılık bakımından hiç de uygun olmayan taşıyıcı sistemleri tasarlaması kabul edilemez.

Deprem yönetmeliğinde düzensizlik durumları; planda ve düşeyde düzensizlik durumları olarak iki ana gruba ayrılmış ve bunlardan mümkün olduğunca kaçınılması öngörülmüş, bir kısmı ise yasaklanmıştır. Bu düzensizlik durumlarını da dikkate alacak şekilde, depreme dayanıklı taşıyıcı sistem seçiminde dikkat edilmesi gereken en önemli iki düzensizlik durumu aşağıda açıklanmaktadır (TBDY, 2018).

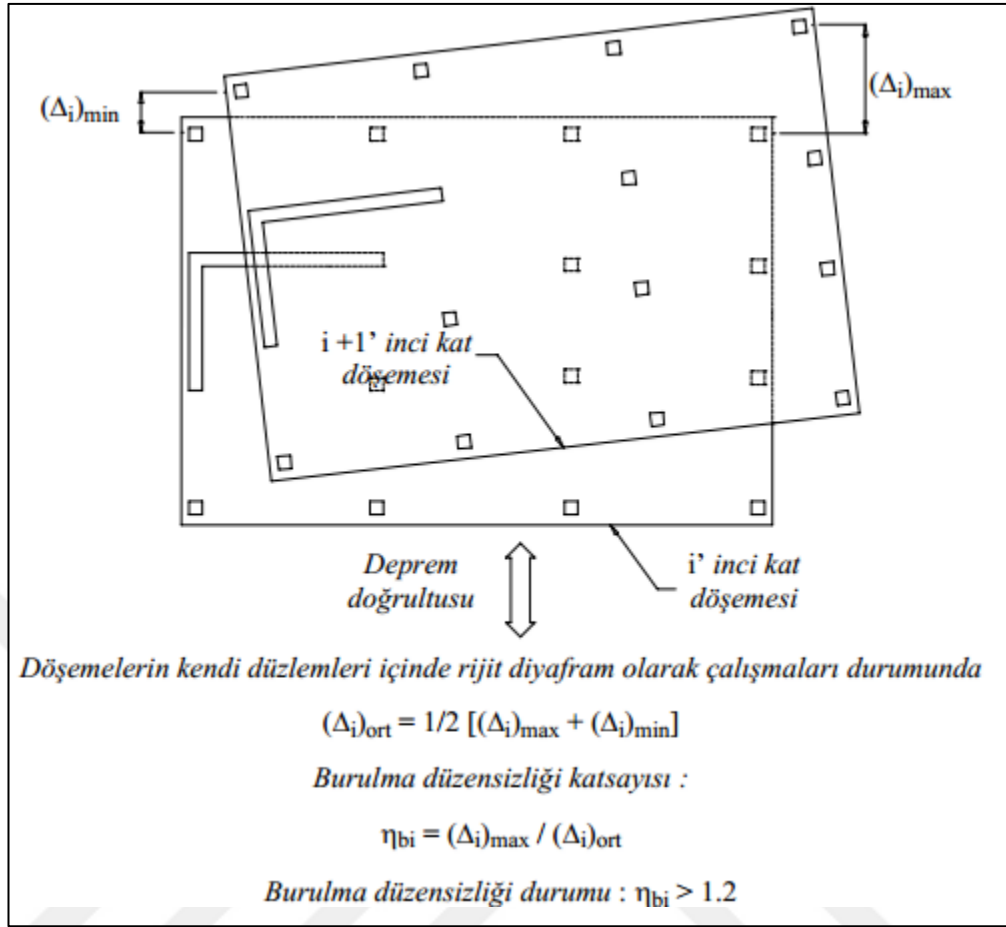
2.4. A1-Burulma Düzensizliği

Deprem etkisinde kalan bir yapıda burulmanın hiç oluşmaması için, kütle ve rijitlik merkezlerinin çakışması gerekmektedir. Deprem kuvvetleri kat kütle merkezine etki etmektedir. Eğer rijitlik merkezi ile kütle merkezi çakışmıyorsa, yapı rijitlik merkezi etrafında döner (Şekil 2.2.). Çünkü kütle merkezine etkiyen yatay kuvvet rijitlik merkezine taşındığı zaman, rijitlik merkezine F_y kuvvetinin yanında $M_z = F_y \cdot e$ değerinde bir burulma momenti de etkir (Şekil 2.2.). Oysa, deprem yükünün doğrudan rijitlik merkezine etkimesi durumunda, yani kütle ve rijitlik merkezlerinin çakışması durumunda, yapı kuvvet etkiyen doğrultuda eşit öteleme yapacağından burulma momenti oluşmayacaktır (Şekil 2.2.).



Şekil 2.2. (a) Deprem yüklerinin kütle merkezine etkimesi (b) rijitlik merkezi etrafında dönmesi ve (c) iki merkezin çakışması durumu

Deprem Yönetmeliğine göre burulma düzensizliği durumu; birbirine dik iki deprem doğrultusunun her biri için, herhangi bir katta, en büyük görelî kat ötelenmesinin (Δ_{imax}) o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî kat ötelenmesine (Δ_{iort}) oranı ile ifade edilmektedir (Şekil 2.3.). Söz konusu oran burulma düzensizliği katsayısı (η_{bi}) olarak adlandırılmaktadır. Bu oranın 1,2 değerini geçmesi durumunda burulma düzensizliği olduğu kabul edilmektedir.



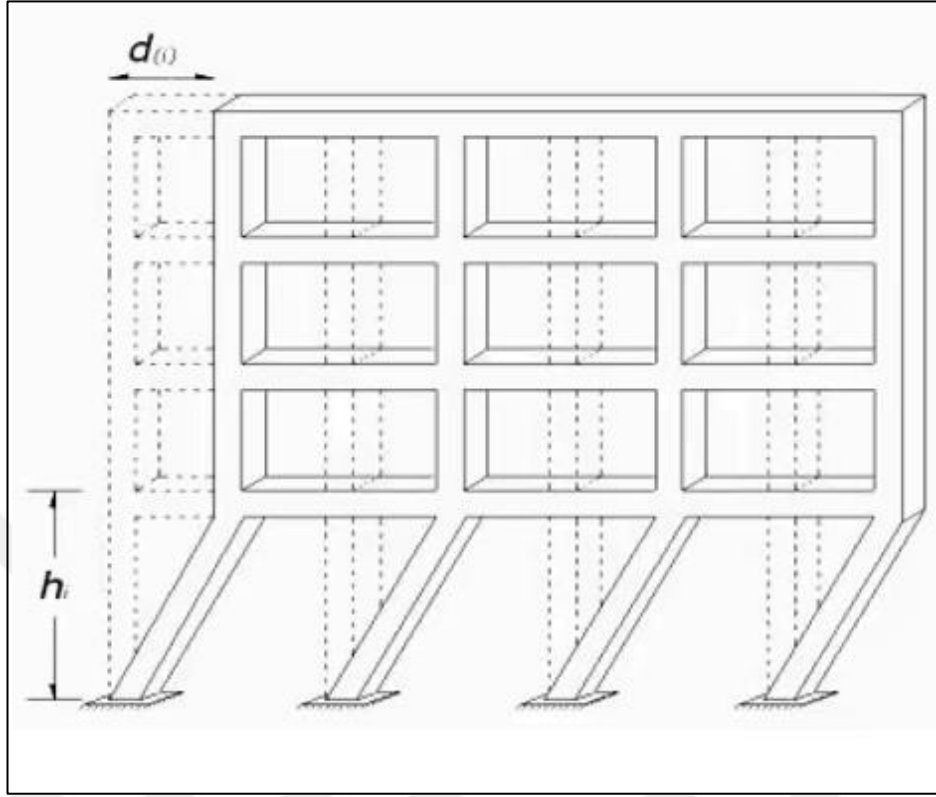
Şekil 2.3. Burulma düzensizliği

2.5. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Komşu katlardan birinin diğerine göre aşırı ötelenme yapması, depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkelerine uygun düşmemektedir. Bu durum yumuşak kat oluşumu olarak adlandırılmakta ve deprem yönetmeliğinde komşu katlar arası rijitlik düzensizliği olarak tanımlanmaktadır.

Bu düzensizlik B2 türü düzensizlik ya da göreceli (rölatif) kat ötelemelerinden dolayı tehlike katı düzensizliği olarak da adlandırılmaktadır. Deprem yönetmeliğine göre, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i. kattaki ortalama göreceli kat ötelemesinin kat yüksekliğine oranının, bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreceli kat ötelemesinin kat yüksekliğine oranına bölünmesi ile tanımlanan

rijitlik düzensizliği katsayısı (η_{ki})'nin 2,0'den fazla olması durumunda düzensizlik oluşmaktadır (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

$$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{\text{ort}} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{\text{ort}} > 2.0 \text{ [DY – 2007 Madde: 2.3.2.1]} \quad (2.1)$$

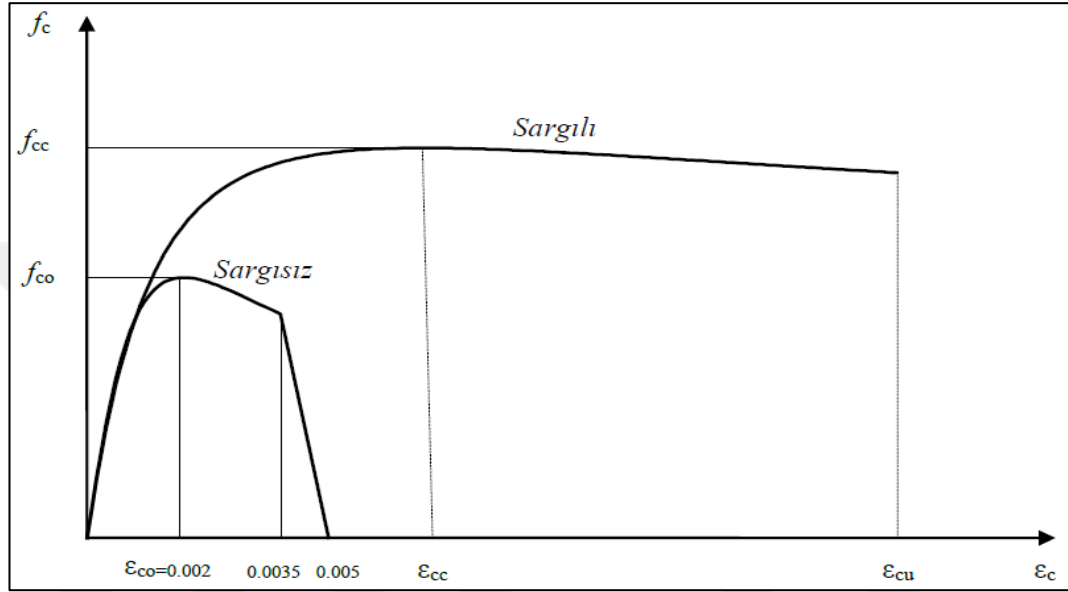
Veya

$$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{\text{ort}} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{\text{ort}} > 2.0 \text{ [DY – 2007 Madde: 2.3.2.1]} \quad (2.2)$$

Burada $(\Delta_i)_{\text{ort}}$, $(\Delta_{i+1})_{\text{ort}}$ ve $(\Delta_{i-1})_{\text{ort}}$ katların ortalama görelî kat ötelemelerini göstermektedir. Görelî kat ötelemelerinin hesabında, $\pm\%5$ ek dışmerkezlik etkileri de dikkate alınmalıdır. Bu bağıntıdan görüldüğü gibi, herhangi bir kattaki görelî ötelemesi için ortalama değer kullanılmaktadır. Ortalama değer maksimum ve minimum değerlerin ortalamasından belirlenir (Çavuş, 2017).

2.6. Sargılı ve Sargısız Beton Modelleri

Doğrusal Olmayan Yöntemler ile şekil değiştirmeye göre değerlendirmede, başka bir modelin seçilmediği durumlarda kullanılmak üzere, sargılı ve sargısız beton için aşağıdaki gerilme-şekil değiştirme bağıntıları tanımlanmıştır (Şekil 2.5.).



Şekil 2.5. Sargılı ve sargısız beton

Sargılı betonda beton basınç gerilmesi f_c , basınç birim şekil değiştirmesi ϵ_c 'nin fonksiyonu olarak denk. (2.3)'teki bağıntı ile verilmektedir.

$$f_c = \frac{f_{cc} \times r}{r - 1 + x^r} \quad (2.3)$$

Bu bağıntıdaki sargılı beton dayanımı f_{cc} ile sargısız beton dayanımı f_{co} arasındaki ilişki denk. (2.4)'de verilmiştir.

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co} ; \lambda_c = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f_e}{f_{co}}} - 2 \frac{f_e}{f_{co}} - 1.254 \quad (2.4)$$

Buradaki f_e etkili sargılama basıncı, dikdörtgen kesitlerde birbirine dik iki doğrultu için denk. (2.5)'te verilen değerlerin ortalaması olarak alınabilir:

$$f_{ex} = k_e \rho_x f_{yw} ; f_{ey} = k_e \rho_y f_{yw} \quad (2.5)$$

Bu bağıntılarda f_{yw} enine donatının akma dayanımını, ρ_x ve ρ_y ilgili doğrultulardaki enine donatıların hacimsel oranlarını, k_e ise denk. (2.6)'te tanımlanan sargılama etkinlik katsayısı oranı'nı göstermektedir.

$$k_e = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \left(1 - \frac{A_s}{b_o h_o}\right)^{-1} \quad (2.6)$$

Burada a_i kesit çevresindeki boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı, b_o ve h_o göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutlarını, s boyuna doğrultuda etriyelerin eksenleri arasındaki aralığı, A_s ise boyuna donatı alanını göstermektedir.

Denk. (2.3.)'deki normalize edilmiş beton birim şekildeğiştirme x ile r değişkenine ilişkin bağıntılar denk. (2.7.) ve denk. (2.8.)'de verilmiştir (Akkaya, 2014).

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}} ; \epsilon_{cc} = \epsilon_{co}[1 + 5(\lambda_c - 1)] ; \epsilon_{co} \cong 0.002 \quad (2.7)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} ; E_c \cong 5000\sqrt{f_{co}} \text{ [MPa]} ; E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\epsilon_{cc}} \quad (2.8)$$

2.7. Donatı Çeliği Modeli

Doğrusal olmayan yöntemler ile şekil değiştirmeye göre değerlendirmede kullanılmak üzere, donatı çeliği için denk.(2.9)'deki gerilme-şekil değiştirme bağıntıları tanımlanmıştır (Şekil 2.6.).

$$f_s = E_s \epsilon_s \quad (\epsilon_s \leq f_{sy}) \quad (2.9)$$

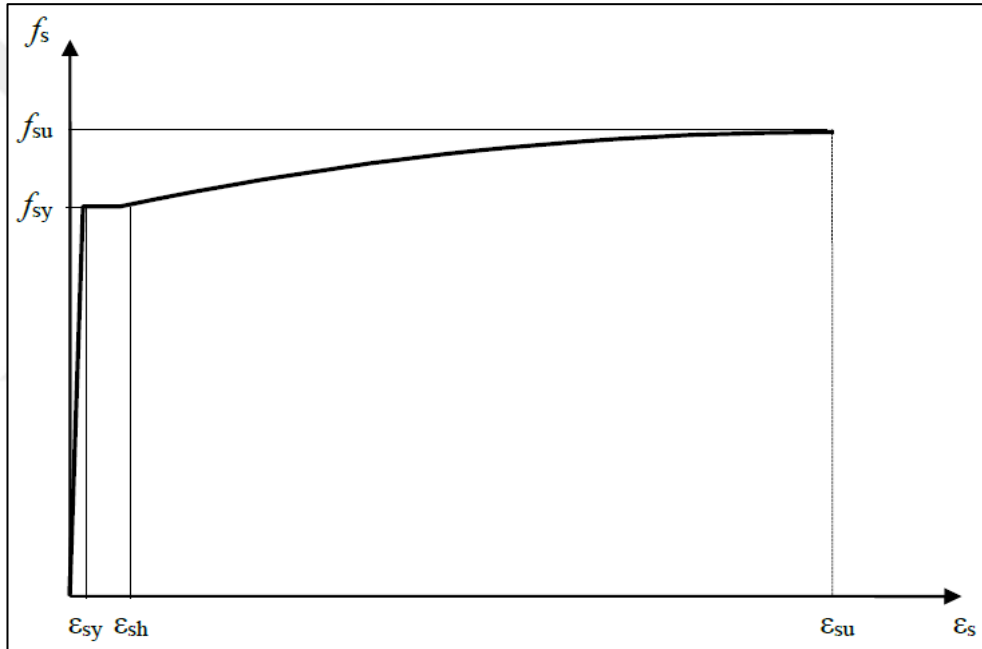
$$f_s = E_s \epsilon_s \quad (f_{sy} < \epsilon_s \leq \epsilon_{sh}) \quad (2.10)$$

$$f_s = f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \frac{(\epsilon_{su} - \epsilon_s)^2}{(\epsilon_{su} - \epsilon_{sh})^2} \quad (\epsilon_s < \epsilon_s \leq \epsilon_{su}) \quad (2.11)$$

Donatı çeliğinin elastiklik modülü $E_s = 2 \times 10^5$ MPa'dır. Donatı çeliklerine ait diğer bilgiler Tablo 2.1.'de verilmiştir (Işıltan, 2010).

Tablo 2.1. Donatı çeliklerine ait bilgiler

Kalite	f_{sy} (MPa)	ϵ_{sy}	ϵ_{sh}	ϵ_{su}	f_{su}/f_{sy}
S220	220	0.0011	0.011	0.12	1.20
S420	420	0.0021	0.008	0.08	1.15 – 1.35
B420C	420	0.0021	0.008	0.08	1.15 – 1.35
B500C	500	0.0025	0.008	0.08	1.15 – 1.35



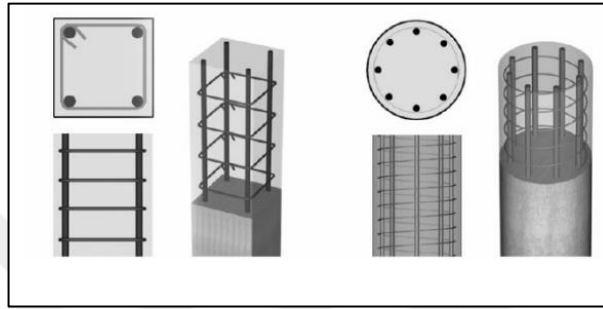
Şekil 2.6. Donatı çeliği

2.8. Betonarme Kolonlar

Kolonlar, esas yük olarak basınç taşıyan elemanlar olarak tanımlanır (Şekil 2.7.). Genellikle kolonlar, enine kesitin yaklaşık bir veya her iki eksenini de eğilme momentleri de taşır ve eğilme momenti, en kesitte ilave eksenel gerilme kuvvetleri oluşturabilir. Her durumda, kolonlar genellikle basınç elemanları olarak adlandırılır, çünkü basınç kuvvetleri davranışlarına hakimdir.

Kullanılan üç tip betonarme basınç elemanı vardır:

- Boyuna çubuklar ve yanal bağlarla takviye edilmiş elemanlar.
- Uzunlamasına çubuklar ve sürekli spiral ile güçlendirilmiş elemanlar.
- Yapısal çelik şekiller, boru veya boru ile uzunlamasına takviye edilmiş, ilave uzunlamasına çubuklu veya çubuksuz kompozit sıkıştırma elemanları ve çeşitli yanal takviye tipleri (Prof. Doutor João , 2016).



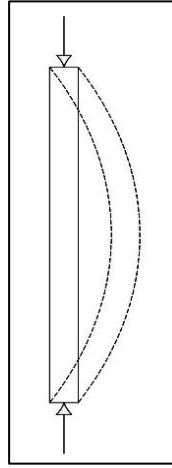
Şekil 2.7. Betonarme kolonlar

2.9. Betonarme Kolonların Boyut Olarak Türleri

Bu bölüm, özellikle betonarme kolonların küçük eğilme momentlerine maruz kalan kısa, kalın kolonlara vurgu ile tanıtıcı bir tartışmasını sunmaktadır. Bu tür kolonlara genellikle “eksenel olarak yüklü kolonlar” denir. Beton kolonlar genel olarak aşağıdaki iki kategoriye ayrılabilir.

2.10. Narin Veya İnce Betonarme Kolonlar

Kolonlar daha ince hale geldikçe deformasyonlar artacaktır. Eğer bu kolonların eksenel yük kapasitelerini önemli ölçüde azaltacak büyüklükte olursa kolonlar uzun veya ince olarak adlandırılır (Şekil 2.8.). Narin kolonlar genellikle elastik olarak başarısız olur (Stamatina , 2013).



Şekil 2.8. Narin kolon görüntüsü

Tablo 2.2. Narin ve kısa kolonun detayli farkları

Narin kolon	Kısa kolon
Etkili kolon uzunluğunun en küçük yanal boyutuna oranı 12'den büyükse bu kolonun uzun olduğu düşünülür.	Etkili uzunluğun en küçük yanal boyutuna oranı 12'den küçük veya ona eşitse, bu kolonun kısa olduğu düşünülür.
Uzunluğu (veya yüksekliği) ile karşılaştırıldığında yanal boyutu çok küçük olan kolon, Narin kolon olarak adlandırılır. Genellikle burkulmada başarısız olur.	Yanal boyutu uzunluğuna (veya yüksekliğine) kıyasla çok büyük olan kolona kısa kolon denir.
Narinlik oranı 45'ten fazla.	Genellikle ezilme ile başarısız olur.
Kolon yüksekliği arttıkça yük taşıma kapasitesi daha az olur.	Narinlik oranı 45'ten az.
Atalet yarıçapı daha azdır.	Kolonun yüksekliği azaldıkça yük taşıma kapasitesi daha fazladır.
Yük taşıma kapasitesi daha azdır.	Atalet yarıçapı daha fazladır.
Narin kolon burkulma momentine maruz kalır.	Yük taşıma kapasitesi daha fazladır.
Narin ve ince kolonlar kolayca bükülür.	Kısa kolon basınç gerilimine maruz kalır.
Narin bir kolonun etkili uzunluğunun en az atalet yarıçapına oranı 40'tan fazladır.	Burkulma olayı çok düşüktür.
Kolon genellikle burkulmada başarısız olur.	Kısa bir kolonun etkili uzunluğunun en az atalet yarıçapına oranı 40'a eşit veya daha azdır.
	Kısa kolonun burkulmayı engellemektedir.

2.11. Betonarme Kolonların Kesit Olarak Türleri

Düz bir beton kolon çok az yükü karşılayabilir. ancak boyuna çubuklar eklenirse yük taşıma kapasitesi büyük ölçüde artar. Daha fazla kuvvet artışı, bu boyuna çubuklar için yanal emniyet sağlanarak yapılabilir. Basınç yükleri altında, kolonlar sadece boyuna kısılmakla kalmaz, aynı zamanda Poisson etkisi nedeniyle yanal olarak genişleme eğilimindedir. Bu tür elemanların kapasitesi, boyuna etrafına sarılmış yakın aralıklı kapalı etriyeler veya sarmal spiral şekilli etriyelerin takviyesi ile yanal kısıtlama sağlayarak büyük ölçüde artırılabilir.

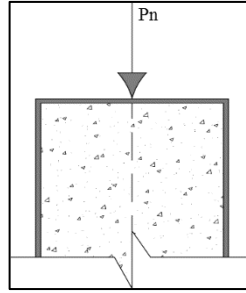
gücü çok iyi tahmin edilebilir. Dahası, hareketli ve ölü yük oranlarının, yükleme süresi ve diğer bu faktörlerin nihai güç üzerinde çok az etkisi vardır. Betonun veya çeliğin önce nihai mukavemetine yaklaşması önemli değildir. İki malzemeden biri nihai mukavemetine yakın gerilirse, büyük deformasyonları diğer malzemede gerilmenin daha hızlı artmasına neden olur (M. Jamal , 2014).

2.14. Kolonların Eksenel Yüğü ve Eğilme Momenti

Tüm kolonlar, bazı eğilme momentine ve eksenel kuvvetlere maruz kalırlar ve her ikisine de direnmek için orantılandırılmaları gerekir. Bazı anları dikkate alınırlar, çünkü 0.80 ve 0.85 katsayıları ile küçük eksantrikliklerin etkisini içerirler. Bu değerler yaklaşık olarak etriyeli kolonlar için 0.10h ve spiral kolonlar için 0.05h gerçek eksantriklik varsayımına eşdeğerdir.

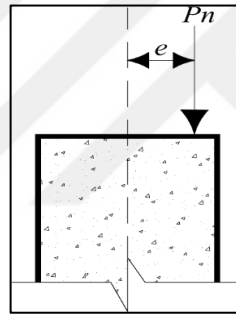
Kolonlar eksantrikite etkisi altında eğilecek ve bu eksantrikite kolonların bir tarafında sıkıştırma ve diğer tarafında genişleme üretme eğilimi gösterecektir. Buna bağlı olarak momentlerin ve eksenel yüklerin büyüklükleri ve başarısız olabileceği birkaç şekil vardır (Şekil 2.10. – 2.14.). Şekil (2.14.)'de eksantrik bir yükü destekleyen bir kolonu göstermektedir, P_n . Kolonlar şeklin çeşitli kısımlarında, yük daha fazla ve daha büyük dış merkezlere neden olacak şekilde yerleştirilir (böylece daha büyük momentler üretir) nihayet şekil (6) kısmına kadar, kolon öyle büyük bir eğilme momentine maruz kalır ki, eksenel yük göz ardı edilebilir. Gösterilen altı vakanın her biri paragraflarda kısaca tartışılmıştır. Şekil 2.1. ve Şekil 2.2. arasındaki harfler, şekildeki aynı harflere karşılık gelir. Basınç betonda nihai gerilmeye ulaştığında kolonun nihai kapasitesine ulaştığı varsayılmaktadır (P. Adinarayana, 2017).

Çok küçük moment ile büyük eksenel yük (Şekil 2.10.): Bu durumda, betonun ezilmesi, kolondaki tüm takviye çubuklarında basınç gerilmesi etkin olur.



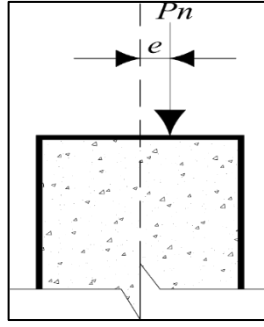
Şekil 2.10. Büyük eksenel yük

Büyük eksenel yük ve küçük moment, tüm kesiti sıkıştırma (Şekil 2.13.): bir kolon küçük bir eğilme momentine maruz kaldığında (Eksantriklik küçüldüğünde), tüm kolonda basınç gerilmesi oluşur, ancak basınç gerilmesi bir tarafta diğer taraftan daha yüksek olacaktır. Maksimum basınç gerilmesi kolonda $0.85f_c$ olacak ve betonun ezilmesi ile basınç çubuklarında başarısızlık meydana gelecektir



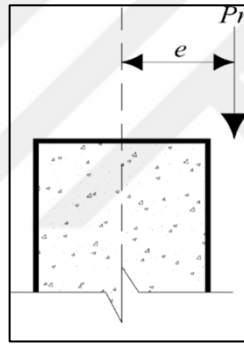
Şekil 2.11. Büyük eksenel yük ve küçük moment

Büyük eksenel yük ve büyük moment (Şekil 2.15.): Eksantriklik önceki durumdan bir miktar artırılırsa, gerilme kolonun bir tarafında çekmeye başlayacak ve bu taraftaki çelikte gerilme akma geriliminden daha az olacaktır. Diğer tarafta, çelik basınç altında olacaktır. Betonun basınç tarafında ezilmesinin bir sonucu olarak arıza meydana gelecektir.



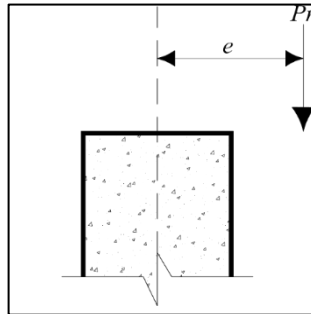
Şekil 2.12. Büyük eksenel yük ve büyük moment

Dengeli yük durumu (Şekil 2.17.): Eksantrikliği artırmaya devam ederken, bir koşul çekme tarafındaki takviye çubuklarının sınır değerine ulaşır aynı zamanda karşı taraftaki betonun maksimum basınç $0.85f_c$ dir. Bu duruma dengeli yükleme koşulu denir.



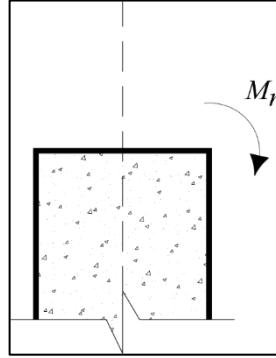
Şekil 2.13. Dengeli yükleme koşulu

Küçük eksenel yük ile büyük moment (Şekil 2.19.): Eksantriklik daha da artarsa, başarısızlık, beton kırılmadan önce kolonun çekme gerilmesi tarafındaki çubukların akmasıyla başlayacaktır.



Şekil 2.14. Büyük moment, nispeten küçük eksenel yük

Küçük eksenel yük ile büyük moment (Şekil 2.21.): Bu durum için başarısızlık bir kiriş içinde ortaya çıkar.



Şekil 2.15. Büyük bükme momenti

2.15. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

Herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için gözönüne alınan yatay elastik tasarım ivme spektrumu'nun kordinatları olan yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı bir şekilde gösterilen yerçekimi ivmesi (g) olarak gösterilmektedir (Şekil 2.23.).

$$S_{ae}(T) = \left[0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right] S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (2.12)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (2.13)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (2.14)$$

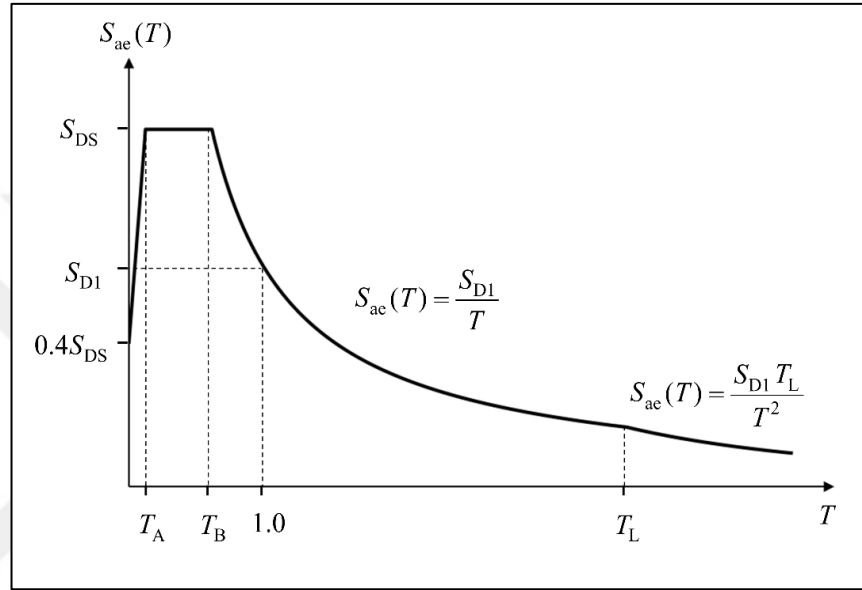
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T) \quad (2.15)$$

Burada T natürel titreşim periyodunu, S_{DS} ve S_{D1} ise tasarım spektral ivme katsayılarını göstermektedir. T_A ve T_B Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları, S_{DS} ve S_{D1} 'e bağlı olarak aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.16)$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.17)$$

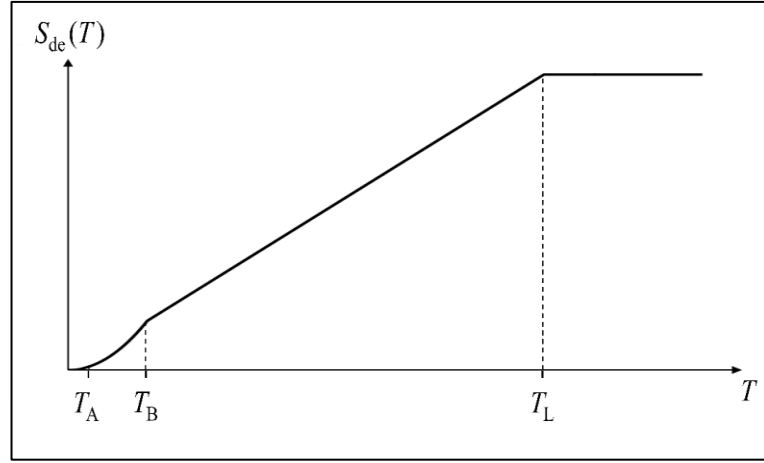
Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu ($T_L = 6$ s) olarak alınır.



Şekil 2.16. Yatay elastik tasarım spektrumu

Herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için gözönüne alınan yatay elastik tasarım yerdeğiştirme spektrumu'nun kordinatları olan yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmeleri $S_{de}(T)$, natüral titreşim periyoduna bağlı bir şekilde gösterilen yerçekimi yer değiştirme (m) olarak denklem (2.18) ve Şekil 2.25.'de gösterilmektedir.

$$S_{de}(T) = \frac{T^2}{4\pi^2} g S_{ae}(T) \quad (2.18)$$



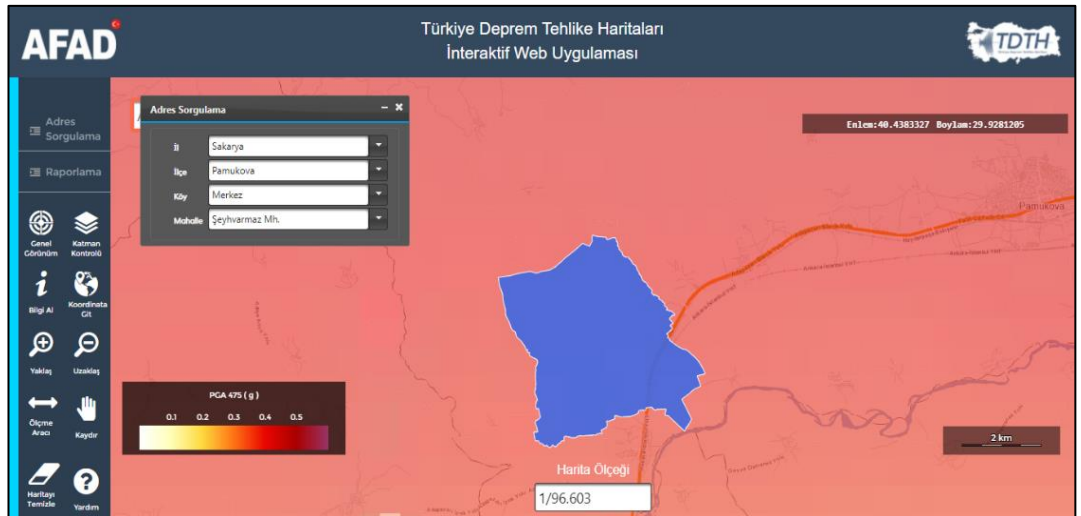
Şekil 2.17. Yatay elastik spektral yerdeğiştirmeler

BÖLÜM 3. İNCELENEN BETONARME BİNALARIN SAP2000 PROGRAMINDA MODELLENMESİ

3.1. Harita Spektral İvma Katsayıları Ve Tasarım Spektral İvma Katsayıları

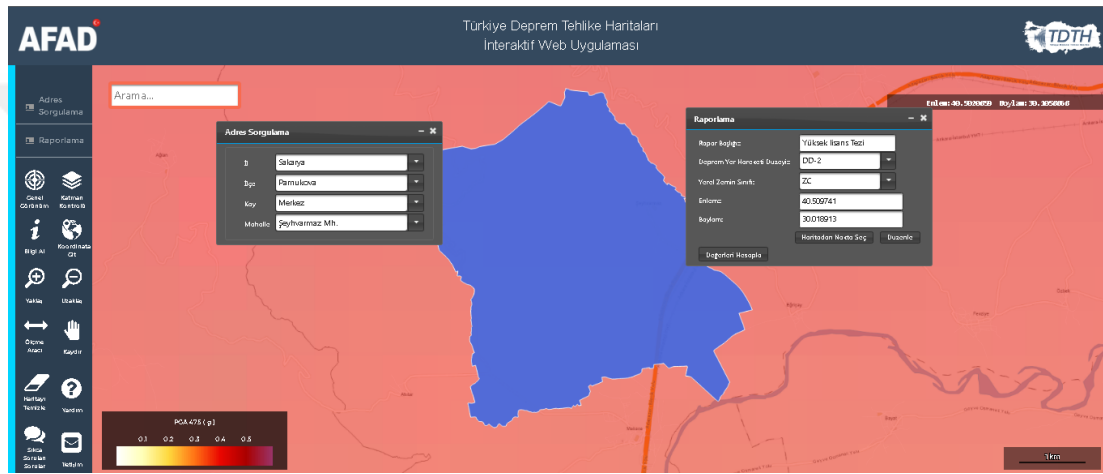
Bu araştırmada incelenen yapının konumu Sakarya'nın pamukova ilçesinde Şekil 3.1.'de seçilen bir konumda inşa edildiği göz önüne alındığında Türkiye Deprem Tehlike haritasından, deprem yer hareketi düzeyi DD-2 (50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl) için, harita spektral ivme katsayıları S_s , S_1 ve S_{DS} , S_{D1} elde edilmiştir.

- Rapor Başlığı: Yüksek Lisans Tezi
- Deprem Yer : DD-2 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
- Yerel Zemin Sınıfı: ZC Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar
- Enlem: 40.509741°
- Boylam: 30.018913°



Şekil 3.1. Yapının inşa edildiği yerin harita üzerinde gösterimi

- $SS = 1.268$ $S1 = 0.358$ $SDS = 1.522$ $SD1 = 0.537$
- $PGA = 0.564$ $PGV = 34.543$
- SS : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
- $S1$: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
- SDS : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
- $SD1$: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
- PGA : En büyük yer ivmesi [g]
- PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]



Şekil 3.2. Yapının bulunduğu yere ait verileri

3.2. Yapı Analizinde Kullanılan Malzeme ve Kombinasyonlar

İncelenen yapı modellerinde C35 sınıfı beton ve S420 sınıfı donatı kullanılmıştır. Betonarme çerçeveli yapı modelin yüklemesi için düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisinden ($0.9G + 1.0Q$, $1.2G + 1.0E + Q + 0.2S$, $1.0G + 0.3Q + 0.2S$) oluşan birleşimler göz önüne alınarak kullanılmıştır. Bu birleşimlerde G; ölü yükler, Q; hareketli yükler, S; kar yükleri ve E; deprem yükleri olarak tanımlanmaktadır. Analizde deprem yükleri x ve y yönünde ayrı ayrı alınmıştır.

- İncelenen dört katlı binaların genel özellikleri Tablo 3.1.'de verilmiştir.
- İncelenen yedi katlı binaların genel özellikleri Tablo 3.2.'de verilmiştir.
- İncelenen on katlı binaların genel özellikleri Tablo 3.3.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. İncelenen dört katlı binaların genel özellikleri

Binanın özellikleri	
Bina oturma alanı	667m ²
Kat sayısı	4 Kat
Kullanım amacı	Hotel
Kat yükseklikleri	5 – 3.2m
Toplam bina yüksekliği	14.6m
Bina taşıyıcı sistemi	Betonarme çerçeve

Tablo 3.2. İncelenen yedi katlı binaların genel özellikleri

Binanın özellikleri	
Bina oturma alanı	667m ²
Kat sayısı	7 Kat
Kullanım amacı	Hotel
Kat yükseklikleri	5 – 3.2m
Toplam bina yüksekliği	24.2m
Bina taşıyıcı sistemi	Betonarme çerçeve

Tablo 3.3. İncelenen on katlı binaların genel özellikleri

Binanın özellikleri	
Bina oturma alanı	667m ²
Kat sayısı	10 Kat
Kullanım amacı	Hotel
Kat yükseklikleri	5m – 3.2m
Toplam bina yüksekliği	33.8m
Bina taşıyıcı sistemi	Betonarme çerçeve

İncelenen binaların deprem analizinde kullanılan parametreler Tablo 3.4. de verilmiştir.

Tablo 3.4. İncelenen binaların deprem analizinde kullanılan parametreler

Binanın deprem parametreleri	
S _s (Kısa periyod bölgesi için harita spektral ivme katsayısı)	1.268
S ₁ (1.0 saniye periyod için harita spektral ivme katsayısı)	0.358
Yerel zemin sınıfı	ZC
Bina kullanım sınıfı (BKS)	3
Bina önem katsayısı (I)	1.0
Deprem yer hareketi düzeyi	DD-2

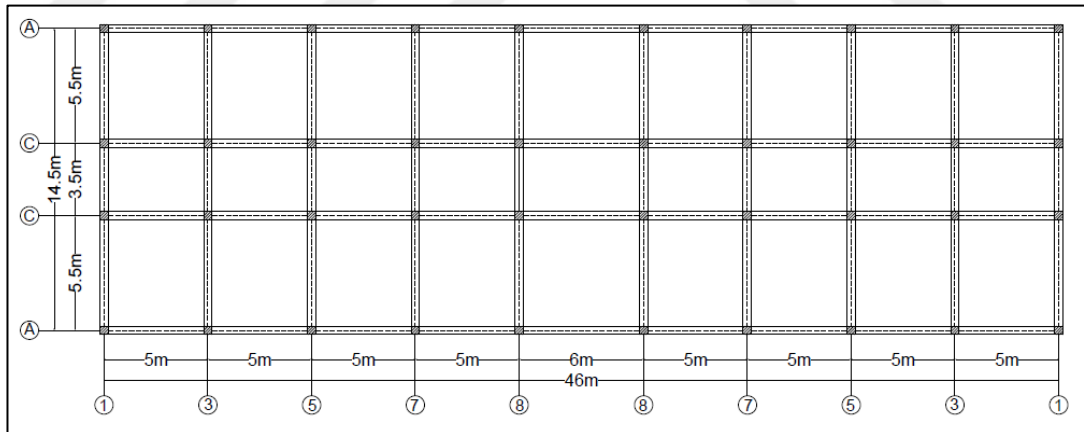
3.3. Mevcut Betonarme Binanın Özellikleri

İncelenen hotel türü betonarme bina Sakarya Pamukova ilçesinde hali hazırda bulunan on katlı, yedi katlı, ve dört kattan oluşan bir yapıdır. Zemin katın yüksekliği (5m) ve diğer katların yüksekliği (3.2) metredir. On katlı binanın temel yüzeyinden toplam yüksekliği (33.8) metredir. Uzunluğu (46) metre olup genişliği ise (14.5) metredir, yedi

modelin temel yüzeyden toplam yüksekliği (24.2) metredir ve dört katlı binanın temel yüzeyden toplam yüksekliği (14.6) metredir.

Bu araştırmada betonarme kolon sayılarının değişiminin etkileri incelenmiştir. Bir binada kolon sayıları, yalnızca aksların kesişim noktaları kadar olması durumunda veya aksların kesişim noktalarının aralarına çeşitli durumlarda ve çeşitli sayılarda ara kolon planlanması durumlarında, yapıların davranışlarındaki değişimler araştırılmıştır. Bu araştırmada bir referans model seçilmiş olup, bu modele çeşitli durumlarda ve çeşitli sayılarda ara kolon eklenerek yedi farklı model oluşturulup analiz edilmiştir. Bu modeller tip modeller olup aşağıda her biri ayrı ayrı açıklanmıştır. Bu modellerin analiz sonrası davranışlarındaki olumlu değişiklikler araştırılmıştır. Aşağıda incelenen yapı modelleri tanıtılmıştır.

Referans model: Bu model modellerin referans modelidir yani betonarme binanın standart halidir. Aks aralarına kolon eklenmemiştir. Ara kolonsuz bir taşıyıcı sistemdir (Şekil 3.3.).

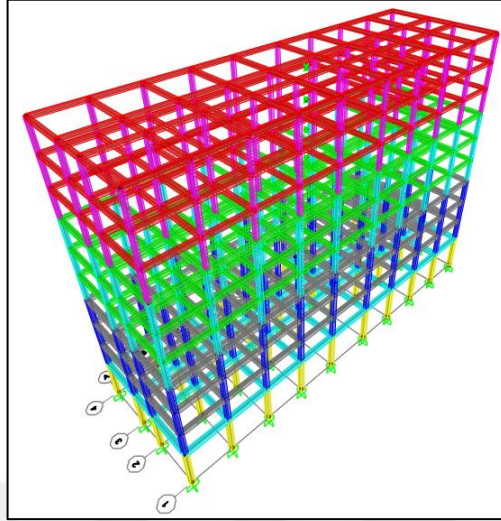


Şekil 3.3. Referans modelin planı

3.3.1. 3D modellerin tanıtımı

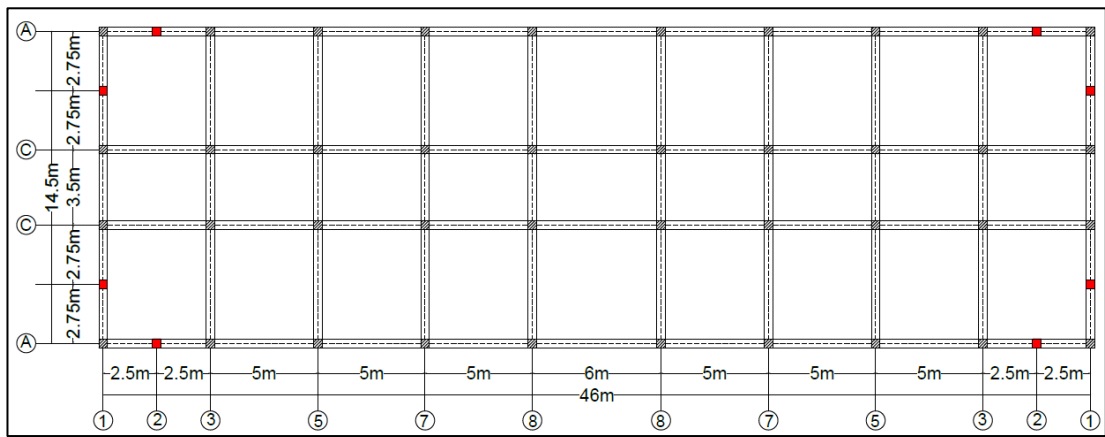
İncelenen yapı modelleri Sap2000 v23 programı ile analiz edilmiştir. Modellerin 3D görüntüleri aşağıdaki şekillerde verilmiştir (Şekil 3.4., Şekil 3.6., Şekil 3.8., Şekil 3.10., Şekil 3.12., Şekil 3.14., Şekil 3.16., Şekil 3.18.). Modellerin birinci kattaki

kolonları (50X50), ikinci üçüncü ve dördüncü katlar (45X45), beşinci altıncı ve yedinci katlar (40X40), sekizinci dokuzuncu ve onuncu katlar (35X35) boyutlarına sahiptir. Veriler (cm) cinsindendir.

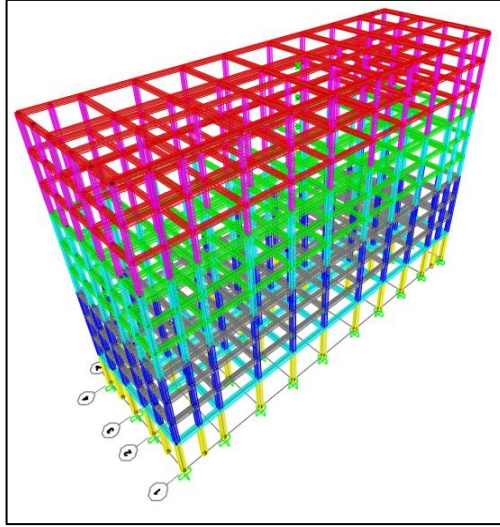


Şekil 3.4. Referans modelin 3D görüntüsü

Model. 1: Referans modele planda toplam sekiz ara kolon eklenerek oluşturulmuştur. Bu modelde, referans modele, kısa ve uzun doğrultuda, kenar akslarda köşeye yakın aks ortalarında, birer tane ara kolon olmak üzere toplam sekiz kolon eklenmiştir (Şekil 3.5.).

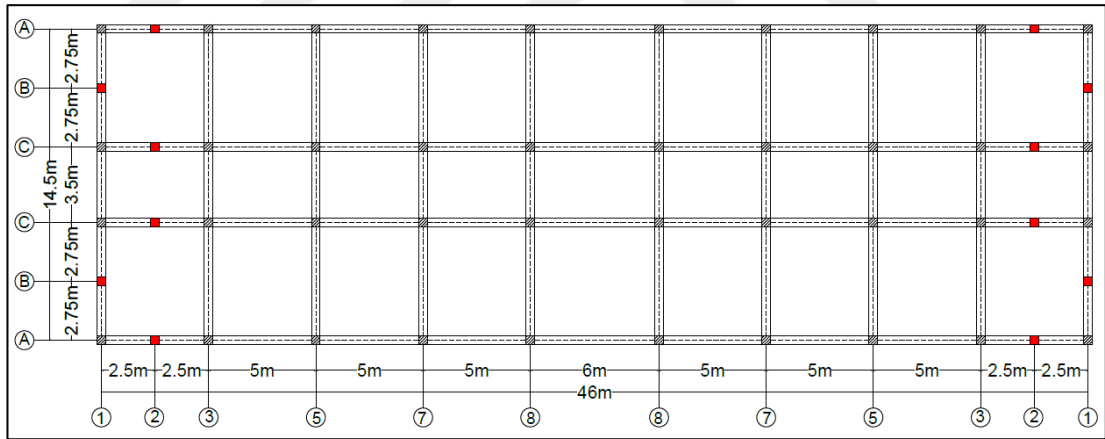


Şekil 3.5. Model. 1' in planı

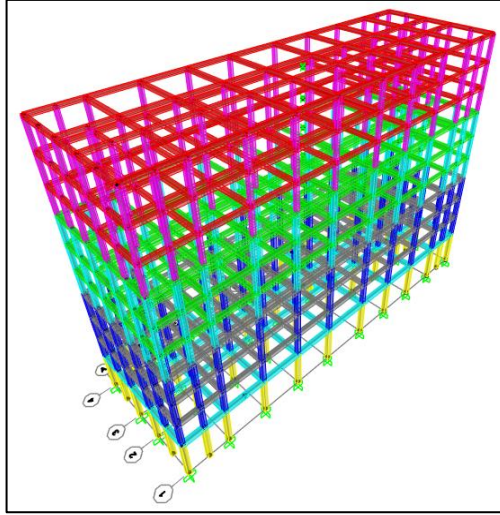


Şekil 3.6. Model. 1 3D görüntüsü

Model. 2: Referans modele, planda toplam oniki ara kolon eklenerek oluşturulmuştur. Bu modelde, Model 1'e uzun doğrultuda, iç akslarda köşeye yakın aks ortalarında, birer tane ara kolon olmak üzere toplam dört kolon eklenmiştir (Şekil 3.7.).

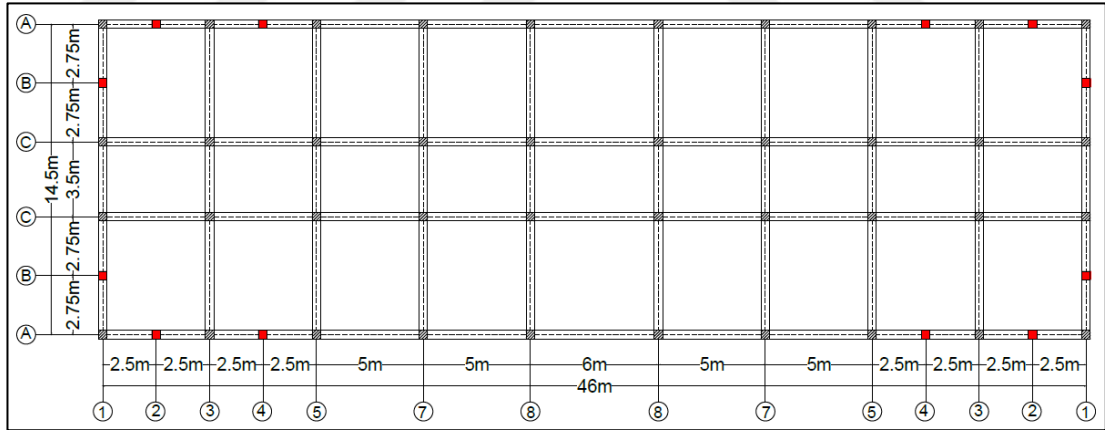


Şekil 3.7. Model. 2' in planı

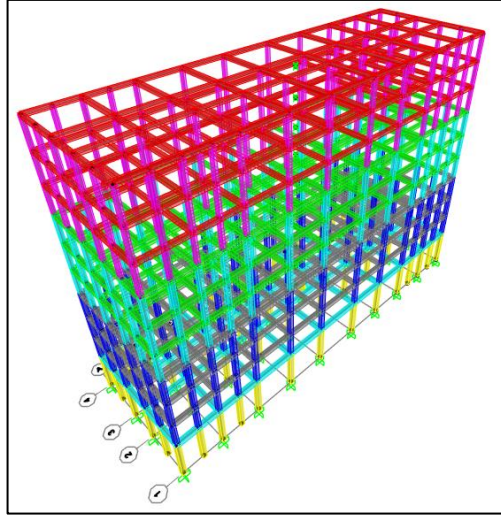


Şekil 3.8. Model. 2 3D görüntüsü

Model. 3: Referans modele planda, Model 2’den farklı şekilde toplam oniki ara kolon eklenerek oluşturulmuştur. Bu modelde, Model 1’e uzun doğrultuda, dış akslarda köşeye yakın 2. aks ortalarında, birer tane ara kolon olmak üzere toplam dört kolon eklenmiştir (Şekil 3.9.).

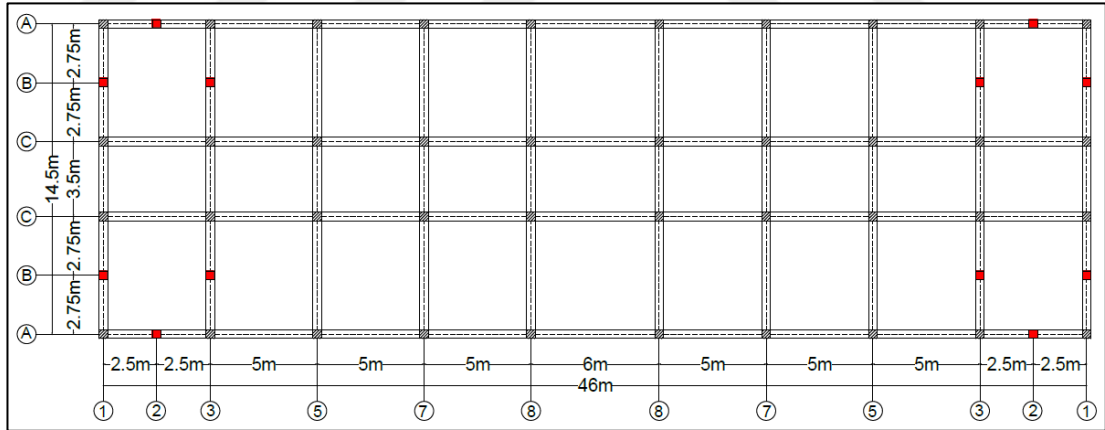


Şekil 3.9. Model. 3’ün planı

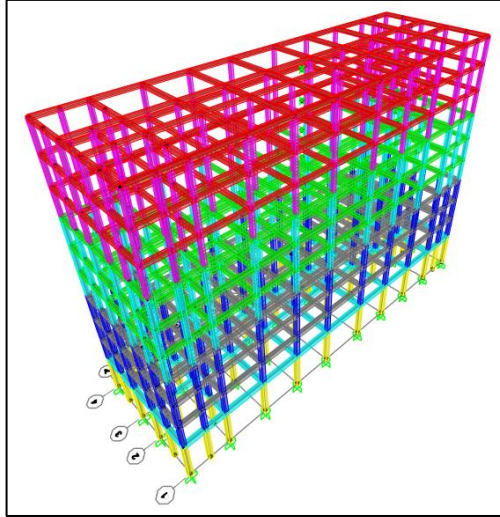


Şekil 3.10. Model. 3 3D görüntüsü

Model. 4: Referans modele planda, Model 3’den farklı şekilde toplam oniki ara kolon eklenerek oluşturulmuştur. Bu modelde, Model 1’e kısa doğrultuda, ilk iç akslarda köşeye yakın aks ortalarında, birer tane ara kolon olmak üzere toplam dört kolon eklenmiştir (Şekil 3.11.).

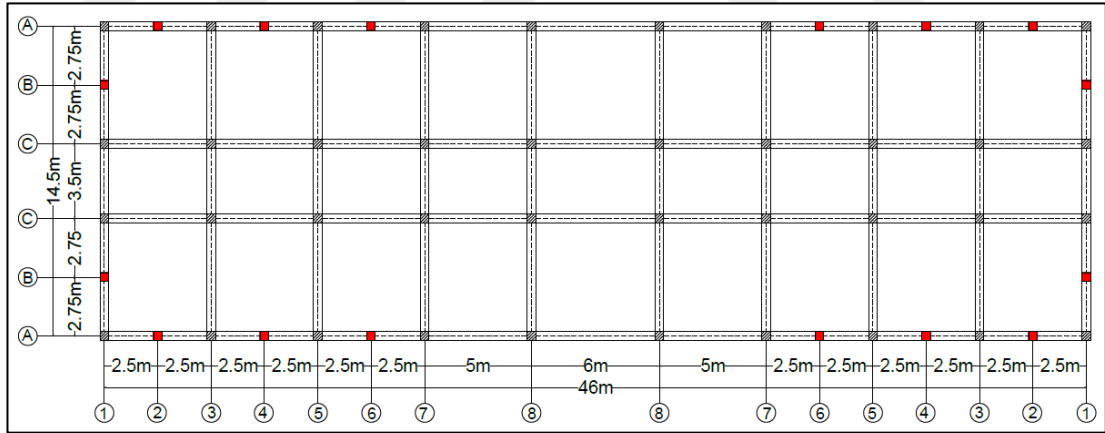


Şekil 3.11. Model. 4’ ün planı

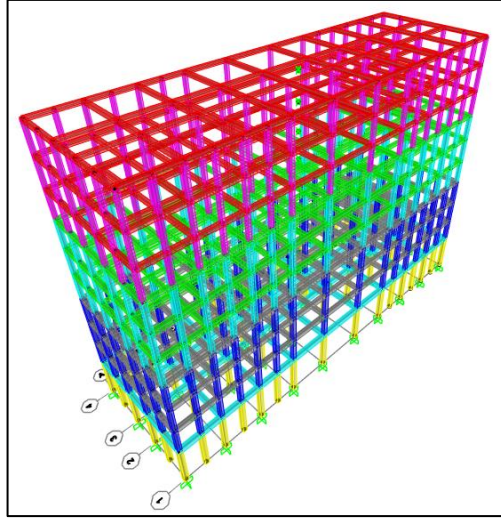


Şekil 3.12. Model. 4 3D görüntüsü

Model. 5: Referans modele planda, Model 4’den farklı şekilde toplam onaltı ara kolon eklenerek oluşturulmuştur. Bu modelde, Model 3’e uzun doğrultuda, dış akslarda köşeye yakın 3. aks ortalarında, birer tane ara kolon olmak üzere toplam dört kolon eklenmiştir (Şekil 3.13.).

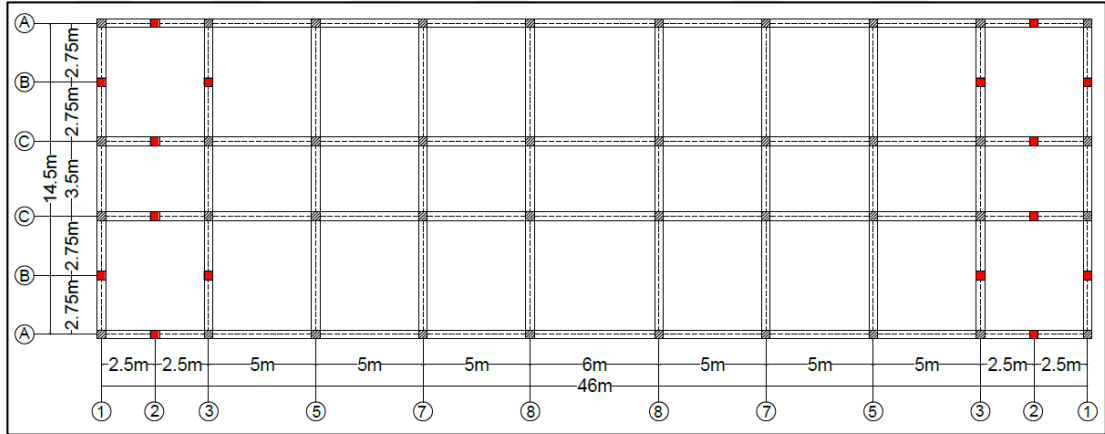


Şekil 3.13. Model. 5’ in planı

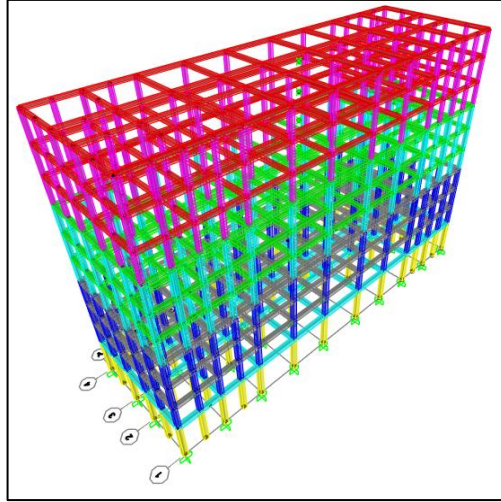


Şekil 3.14. Model. 5 3D görüntüsü

Model. 6: Referans modele planda, Model 5’den farklı şekilde toplam onaltı ara kolon eklenerek oluşturulmuştur. Bu modelde, Model 2’ye kısa doğrultuda, ilk iç akslarda köşeye yakın aks ortalarında, birer tane ara kolon olmak üzere toplam dört kolon eklenmiştir (Şekil 3.15.).



Şekil 3.15. Model. 6’ nın planı



Şekil 3.18. Model. 7 3D görüntüsü

3.4. Beton Malzemesinin Tanımlanması

Bu incelenen binada mevcut olan betonunun maksimum şekil değiştirme değeri (0.002) kabul edilmiştir. Betonun hasar aldığı ve fonksiyonel özelliklerini tamamen kaybettiği gerilme kapasitesi değeri ise TS_500'in konu ile ilgili maddeleri gereği (0.0035) alınmıştır. (Tablo 3.5. Şekil 3.19. – 3.20.).

Tablo 3.5. Analizde kullandığımız beton özellikleri

Malzema	Marka	Yoğunluk (kN/m^3)	Elastisite modülü (kN/m^2)	Poisson oranı	Termal genleşme katsayısı ($^{\circ}\text{C}$)	Akma dayanımı (kN/m^2)
Beton	C35	2.4028	$33 \cdot 10^6$	0.2	$9.9 \cdot 10^{-6}$	$3.5 \cdot 10^4$

Material Property Data

Material Name: C35

Material Type: Concrete

Symmetry Type: Isotropic

Modulus of Elasticity: E = 33000000.

Poisson: U = 0.2

Coeff of Thermal Expansion: A = 9.900E-06

Shear Modulus: G = 13750000.

Weight and Mass: Weight per Unit Volume = 35. Mass per Unit Volume = 2.4028

Units: KN, m, C

Other Properties For Concrete Materials: Specified Concrete Compressive Strength, f_c = 35000. Expected Concrete Compressive Strength = 35000. ☐ Lightweight Concrete. Shear Strength Reduction Factor =

Advanced Material Property Data: Nonlinear Material Data..., Material Damping Properties..., Time Dependent Properties..., Thermal Properties...

OK Cancel

Şekil 3.19. Beton malzeme özelliklerinin tanımlanması

Nonlinear Material Data

Material Name: C35

Material Type: Concrete

Hysteresis Type: Takeda

Drucker-Prager Parameters: Friction Angle = 0. Dilatational Angle = 0.

Units: KN, m, C

Stress-Strain Curve Definition Options: ☒ Parametric Mander ☐ User Defined. Convert To User Defined

Parametric Strain Data: Strain At Unconfined Compressive Strength, f_c = 2.000E-03. Ultimate Unconfined Strain Capacity = 3.500E-03. Final Compression Slope (Multiplier on E) = -0.1

Show Stress-Strain Plot...

OK Cancel

Şekil 3.20. Doğrusal olmayan analiz için beton malzeme özelliklerinin tanımlanması

3.5. Çelik Donatı Malzemesinin Tanımlanması

Çelik Donatının birim hacim ağırlığı (78.5 kN/m^3), akma dayanımı (420 N/mm^2) olarak alınmıştır. TBDY_2018 Tablo 5A.1'e göre donatı çeliğinin kopma dayanımı, akma dayanımının (1.30) katı ve TBDY_2018'e göre donatı çeliğinin elastisite modülü (200 Gpa) alınmıştır. Çelik Donatının akma sahanlığının bitip pekleşmeye başladığı deformasyon değeri (0,008) Kolon ve kirişler için davranış modeli olarak yığılı plastik davranış modeli esas alındığı için TBDY_2018'in 5.3.1.5'inci maddesinin (b) koşulu gereği donatı çeliğinin kopma birim şekil değiştirmesi (0.001) alınmıştır. (Tablo 3.6., Şekil 3.21., Şekil 3.22.).

Tablo 3.6. Analizde kullandığımız çelik özellikleri

Malzema	Marka	Yoğunluk (kN/m^3)	Elastik modülü (kN/m^2)	Poisson	Termal genleşme katsayısı ($^{\circ}\text{C}$)	Akma dayanımı (kN/m^2)
Çelik	S350	78.5	$2 \cdot 10^8$	0.3	$1.17 \cdot 10^{-5}$	$4.2 \cdot 10^5$

Material Property Data

Material Name: S350

Material Type: Rebar

Symmetry Type: Uniaxial

Modulus of Elasticity: E1 = 2.000E+08

Poisson: U12 = 0.3

Coeff of Thermal Expansion: A1 = 1.170E-05

Shear Modulus: G12 = 76923077

Weight and Mass: Weight per Unit Volume = 78.5, Mass per Unit Volume = 7.849

Units: KN, m, C

Other Properties For Rebar Materials: Minimum Yield Stress, Fy = 350000; Minimum Tensile Stress, Fu = 455000; Expected Yield Stress, Fye = 350000; Expected Tensile Stress, Fue = 455000

Advanced Material Property Data: Nonlinear Material Data..., Material Damping Properties..., Time Dependent Properties..., Thermal Properties...

OK Cancel

Şekil 3.21. Çelik donatı malzemesinin özelliklerinin tanımlanması

Şekil 3.22. Doğrusal olmayan analiz için çelik donatı malzemesinin özelliklerinin tanımlanması

3.6. Kolon Kesitlerinin Tanımlanması

Kolonlar bir binanın önemli elemanlarıdır. Kiriş, döşeme ve duvar yüklerini taşımaktadır. Bunların taşınmasının yanı sıra, yükler ve eğilmelere karşı da direnç göstermektedir. Bir binayı her zaman ayakta tutan elemanların kolonlar, kirişler ve döşemeler olduğu bilinmektedir. Bu elemanların binaya gelen yükleri taşıyan ve güvenli bir şekilde temele ulaştıran yapı elemanları olduğu unutulmamalıdır. İncelenen bu betonarme binada dört farklı enkesite sahip kolon mevcuttur ve kirişler gibi her üç katta yük taşıma kapasitesine göre bu kolonların boyutları da azalmaktadır. Genel olarak incelenen binaların her katında kırk adet kolonu vardır ve aynı kattaki her kolonun kesitleri ve çeliğin özellikleri aynı olup üç katta bir kesitleri değişik olarak tanımlanmıştır. Çelik donatı sayı ve çapları da kolon boyutlarına göre değişerek aynı kat içinde eşit olarak tanımlanmıştır (Tablo 3.7., Şekil 3.23. , Şekil 3.24.).

Tablo 3.7. Dört katlı modellerin kolon kesitlerinde mevcut çelik donatı adetleri

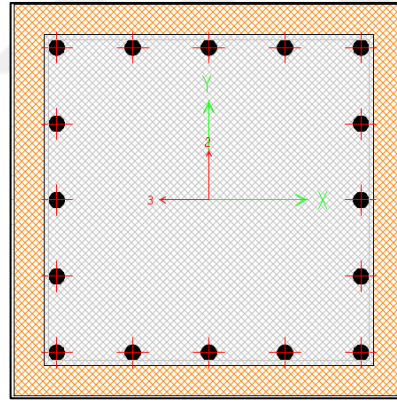
Kolon kesitleri	Mevcut donatı adetleri			
	Kenar	Gövde	Etriye ve çiroz (orta bölge)	Etriye ve çiroz (uç bölgesi)
Kat (1) 50x50cm	2x5Ø20	2x3Ø20	Ø10/15	Ø10/15
Kat (2-4) 45x45cm	2x4Ø18	2x2Ø18	Ø10/15	Ø10/15

Tablo 3.8. Yedi katlı modellerin kolon kesitlerinde mevcut çelik donatı adetleri

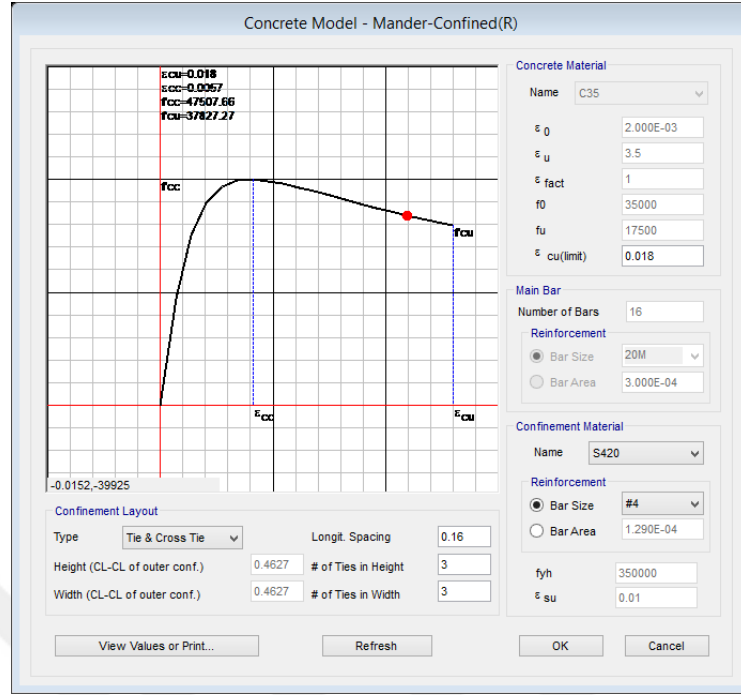
Kolon kesitleri	Mevcut donatı adetleri			
	Kenar	Gövde	Etriye ve çiroz (orta bölge)	Etriye ve çiroz (uç bölgesi)
Kat (1) 50x50cm	2x5Ø20	2x3Ø20	Ø10/16	Ø10/15
Kat (2-4) 45x45cm	2x5Ø18	2x3Ø18	Ø10/16	Ø10/15
Kat (5-7) 40x40cm	2x4Ø18	2x2Ø16	Ø10/18	Ø10/18

Tablo 3.9. On katlı modellerin kolon kesitlerinde mevcut çelik donatı adetleri

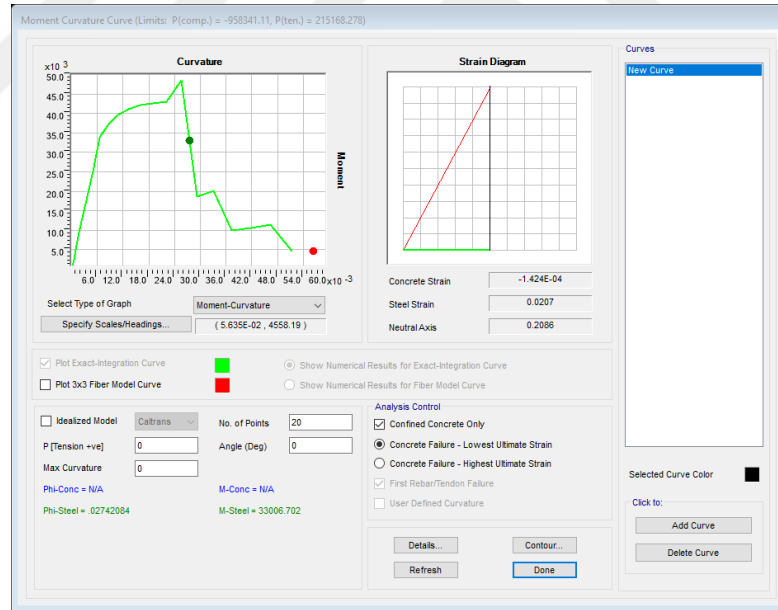
Kolon kesitleri	Mevcut donatı adetleri			
	Kenar	Gövde	Etriye ve çiroz (orta bölge)	Etriye ve çiroz (uç bölgesi)
Kat (1) 50x50cm	2x5Ø22	2x3Ø22	Ø10/16	Ø10/15
Kat (2-4) 45x45cm	2x5Ø20	2x3Ø20	Ø10/16	Ø10/15
Kat (5-7) 40x40cm	2x5Ø18	2x2Ø16	Ø10/18	Ø10/18
Kat (8-10) 5x35cm	2x4Ø18	2x2Ø16	Ø10/18	Ø10/18



Şekil 3.23. Kolon (50x50cm) kesitinde donatı yerleşim şeklinin tanımlanması



Şekil 3.24. Kolonun sargı donatılarının tanımlanması



Şekil 3.25. Kolonun moment eğrilik diyagramının tanımlanması

3.7. Kiriş Kesitlerinin Tanımlanması

Kiriş de aynı zaman da yapının önemli elemanları arasında yer almaktadır, döşeme yükünün ve duvar yüklerin taşınmasına ve güvenli bir şekilde kolonlara aktarılmasına yardımcı olur. İncelenen bu betonarme binada dört tür kiriş mevcuttur her (3) katta

kaldırma kapasitesine göre bu kirişlerin boyutları da azalmaktadır. Her kirişin kesitleri çeliğin özelliklerine göre ayrı ayrı tanımlanmıştır (Tablo 3.8., Şeki 3.26. , Şekil 3.28.).

Tablo 3.10. Dört katlı modellerin kiriş kesitlerinde mevcut çelik donatı adetleri

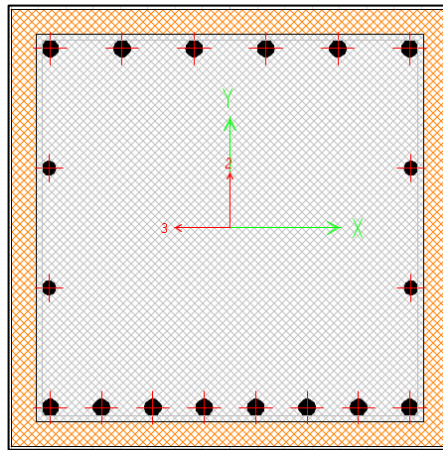
Kiriş kesitleri	Mevcut çelik donatı adetleri			
	Üst	Alt	Gövde	Etriye
Kat (1) 50x50cm	8Ø18	6Ø18	2x2Ø16	Ø10/16
Kat (2-4) 45x45cm	6Ø16	5Ø16	2x2Ø16	Ø10/18

Tablo 3.11. Yedi katlı modellerin kiriş kesitlerinde mevcut çelik donatı adetleri

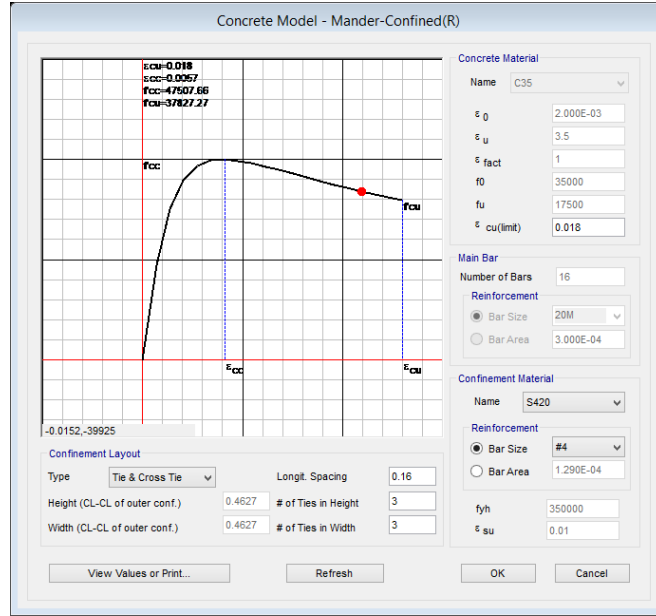
Kiriş kesitleri	Mevcut çelik donatı adetleri			
	Üst	Alt	Gövde	Etriye
Kat (1) 50x50cm	8Ø18	6Ø18	2x2Ø16	Ø10/16
Kat (2-4) 45x45cm	7Ø16	5Ø16	2x2Ø16	Ø10/18
Kat (5-7) 40x40cm	6Ø16	4Ø16	2x2Ø14	Ø10/20

Tablo 3.12. On katlı modellerin kiriş kesitlerinde mevcut çelik donatı adetleri

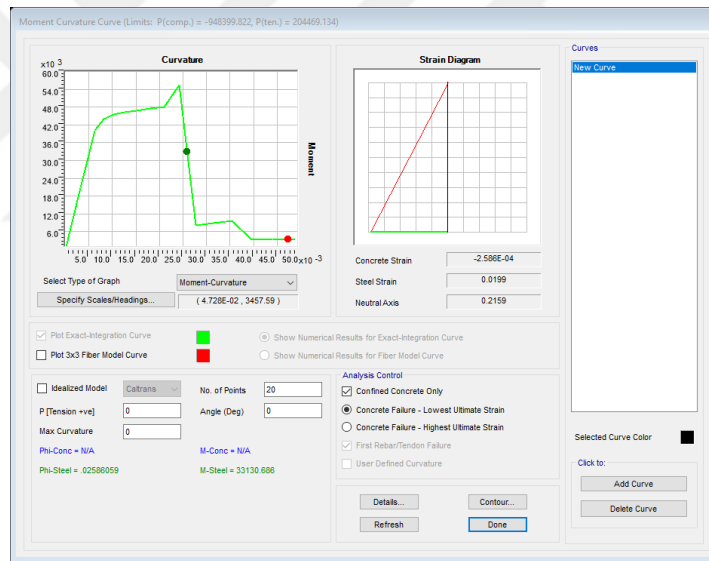
Kiriş kesitleri	Mevcut çelik donatı adetleri			
	Üst	Alt	Gövde	Etriye
Kat (1) 50x50cm	8Ø18	6Ø18	2x2Ø16	Ø10/16
Kat (2-4) 45x45cm	7Ø16	5Ø16	2x2Ø16	Ø10/18
Kat (5-7) 40x40cm	6Ø16	4Ø16	2x2Ø14	Ø10/20
Kat (8-10) 35x35cm	5Ø16	4Ø16	2x2Ø14	Ø10/22



Şekil 3.26. Kirişin (50x50cm) kesitinde donatı yerleşim şeklinin tanımlanması



Şekil 3.27. Kirişin sargı donatılarının tanımlanması

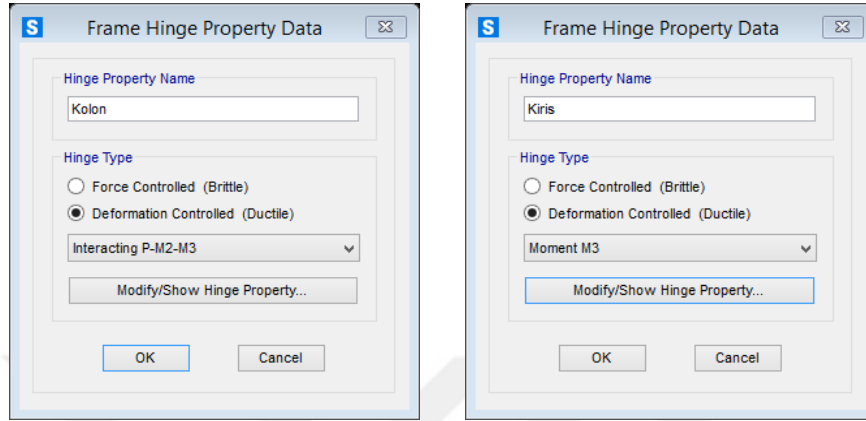


Şekil 3.28. Kirişin moment eğrilik diyagramının tanımlanması

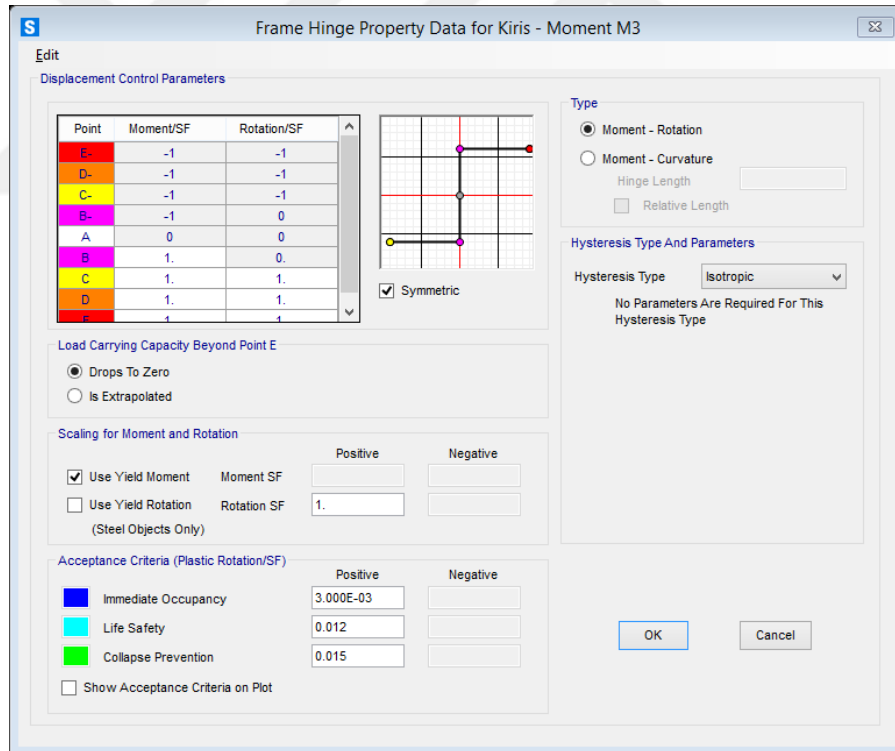
3.8. Plastik Mafsalların Tanımlanması

Bina modelindeki katlara rijit diyafram tanımı yapıldıktan sonra elemanlara plastik mafsallar atanmıştır. Atama için, normal kuvvet ve moment etkisi ve kirişler için eğilme etkisi dikkate alınmıştır. Buna ek olarak, deprem talebini elde etmek amacıyla incelemeyi kesintiye uğratmamak için plastik mafsalların tanımlanmasıyla elementlerin dönme kapasiteleri arttırılmıştır. Böylece elemanlar nihai kapasitelerine

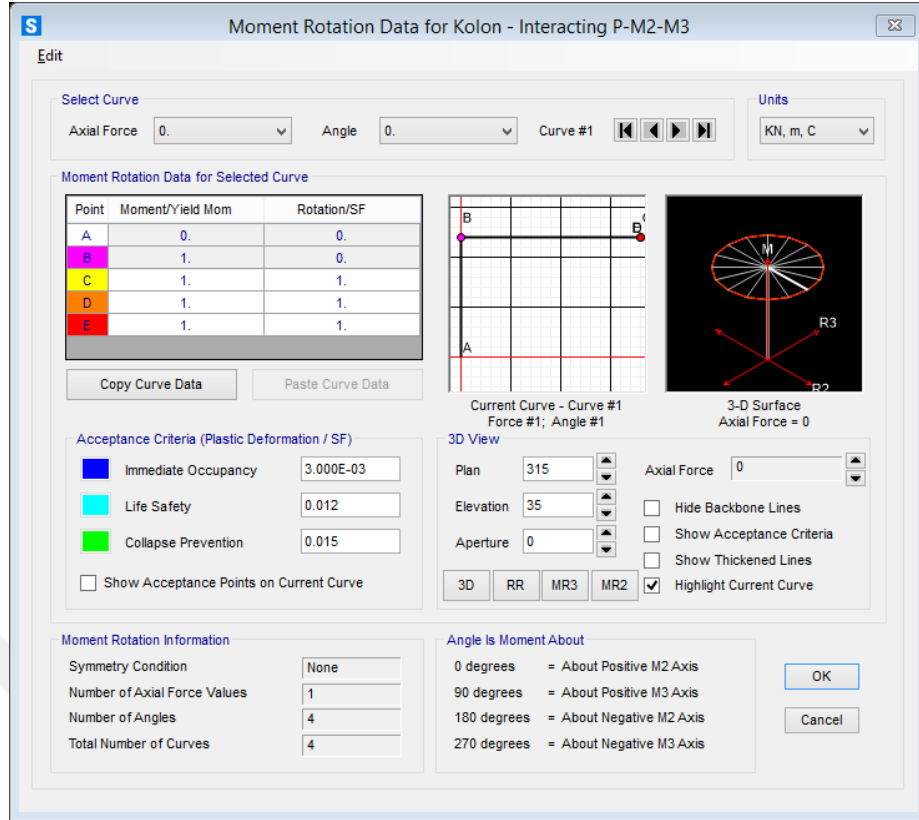
kadar çalıştırılmış ve elemanlardaki oluşan hasarlar gözlemlenmiştir. Plastik mafsalları uzunlukları yönetmeliğe göre kesit yüksekliği kadar alınmış ve mesnet yüksekliğinin yarısına atanmıştır (Şekil 3.29. ve Şekil 3.30.).



Şekil 3.29. Plastik mafsalları tanımlanması



Şekil 3.30. Kirişin arttırılmış dönme kapasiteleri



Şekil 3.31. Kolonun arttırılmış dönme kapasiteleri

3.9. Modellerin Analiz Koşullarının Tanımlanması

Her katta (3) serbestlik derecesi olduğu göz önüne alındığında, model analiz sonuçlarından betonarme yapının periyot, kütle katılım oranı, model katkı faktörü ve model büyüklüğü gibi değerleri elde edilmiştir (Şekil 3.32.).

Şekil 3.32. Model analiz koşullarının tanımlanması

3.10. Düşey Analiz Koşullarının Tanımlanması

Performans analizinin ilk adımı olarak, betonarme binanın düşey yükler altında istatistiksel artımlı doğrusal olmayan analiz düzenlemesi ilgili bölümlere göre tanımlanmıştır. Yük ve yükleme katsayıları da (TBDY_2018) ile uyumlu olacak şekilde programa girilmiştir (Şekil 3.33.).

Yükleme katsayıları (TBDY_2018) göre SAP2000 ne eklenilmektedir ve bu katsayılar yüklere göre değişkendir, aşağıda belirtilmiştir:

Yük kombinasyonları TBDY-2018 göre SAP2000'de eklenilmektedir. Yüklere göre değişken olan bu yük kombinasyonları aşağıda verilmiştir:

$$1.4G + 1.6Q \quad (3.1)$$

$$G + 0.5Q \quad (3.2)$$

$$1.2G + 0.5Q \pm Ed \quad (3.3)$$

$$1.2G + Q \pm Ed \quad (3.4)$$

0.9G ± Ed

(3.5)

Şekil 3.33. Statik artımsal doğrusal olmayan düşey analizin tanımlanması

3.11. Deprem Koşullarının Tanımlanması

Binanın her katı ayrı ayrı deprem yüküne sahiptir ve her katta iki eksen yönünde (X ve Y) toplam iki yüke sahip olmaktadır. (X) yönünde yani (EXP) yüke sahip olmaktadır ve (Y) yönünde de (EYP) yüke sahiptir ve her iki yönün bir pozitif ve bir negatif yükü vardır. Ama negatif yükü tanımlamak zorunlu değildir. Bu yükler SAP2000 programında aşağıda gösterildiği gibi tanımlanmıştır (Şekil 3.34.).

$$X = \frac{46m}{2} * (0.05) = 2.31m \Rightarrow (X = 2.31m)$$

$$Y = \frac{14.5m}{2} * (0.05) = 0.363m \Rightarrow (Y = 0.363m)$$

Assign Joint Forces

General

Load Pattern: EXP

Coordinate System: GLOBAL

Forces

Force Global X: 0.678 tonf

Force Global Y: 0 tonf

Force Global Z: 0 tonf

Moment about Global X: 0 tonf-m

Moment about Global Y: 0 tonf-m

Moment about Global Z: 0.678×0.363 tonf-m

Options

☐ Add to Existing Loads

☒ Replace Existing Loads

☐ Delete Existing Loads

Replaces joint

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Şekil 3.34. Deprem koşullarının tanımlanması

BÖLÜM 4. AKS ARALARINA İLAVE EDİLEN KOLONLARIN YAPI DAVRANIŞINA ETKİLERİ

4.1. Dört Katlı Modellerin Karşılaştırılması

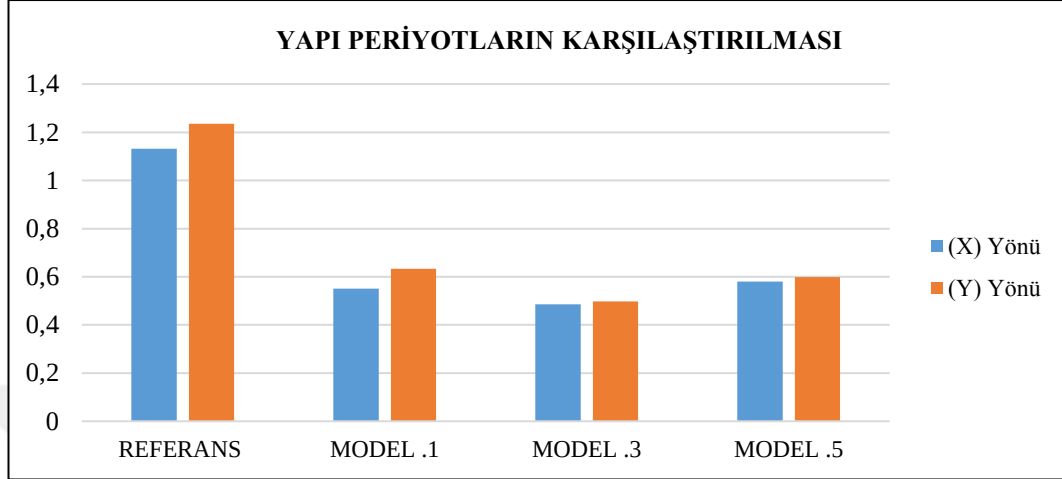
Bu aşamada modellerin sıralanması daha önceki modellerin periyotlarına göre düzenlenmiştir. Bunların içinden dört farklı modeli (referans model, model .1, .3, .5) seçerek tüm karşılaştırmaları yeni periyotlar, bütün binaya gelen deprem kuvvetleri, her katta etki eden deprem kuvvetleri, zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri, seçilen kolonlarda oluşan momentleri, seçilen kolonlarda gerekli donatı yüzdeleri, seçilen kirişlerde oluşan momentleri, seçilen kirişlerde gerekli donatı alanı, her biri tablo, grafik ve verileriyle beraber ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

4.1.1. Periyotlarının karşılaştırılması

Tam bir hareketin oluşması için geçen süreye periyot denilmektedir. İnşaat mühendisliği alanında kullanılan periyottan kastedilen, herhangi bir kuvvet altında yapının harekete başlama zamanı ile yapının tekrar eski haline gelmesi arasındaki süredir. Her yapının bazı özelliklere göre değişken olan periyodu vardır. Yapı periyodunu domine eden en büyük değişkenlerden biri yapı rijitliğidir. Rijit yapının hareket kabiliyeti az olduğundan periyodunun da kısa olması beklenir. Aksi durum içinde buna benzer şeyler söylenebilir. Yani yapı rijitliği azsa yapının hareket kabiliyeti fazla, dolayısıyla periyodunun da büyük olması beklenir. Yani periyot aynı zamanda yapı deprem yükü ve hasar düzeyi hakkında bilgi vermektedir. İdeal ya da ideale yakın tasarlanan binalarda (x) yönündeki rijitliğe bağlı periyot ile (y) yönündeki rijitliğe bağlı periyotla birbirine eşittir ya da çok yakındır ve ilave kolonların eklenme ardından modellerin periyotları yaklaşık (%48) azalması görülmektedir. (Tablo 4.1., Şekil 4.1.).

Tablo 4.1. (x) ve (y) yöndeki saniye cinsinden periyotlarının karşılaştırması

Model	Referans	Model .1	Model .3	Model .5
(X)Yönü	1.131	0.551	0.486	0.58
(Y)Yönü	1.236	0.633	0.498	0.598



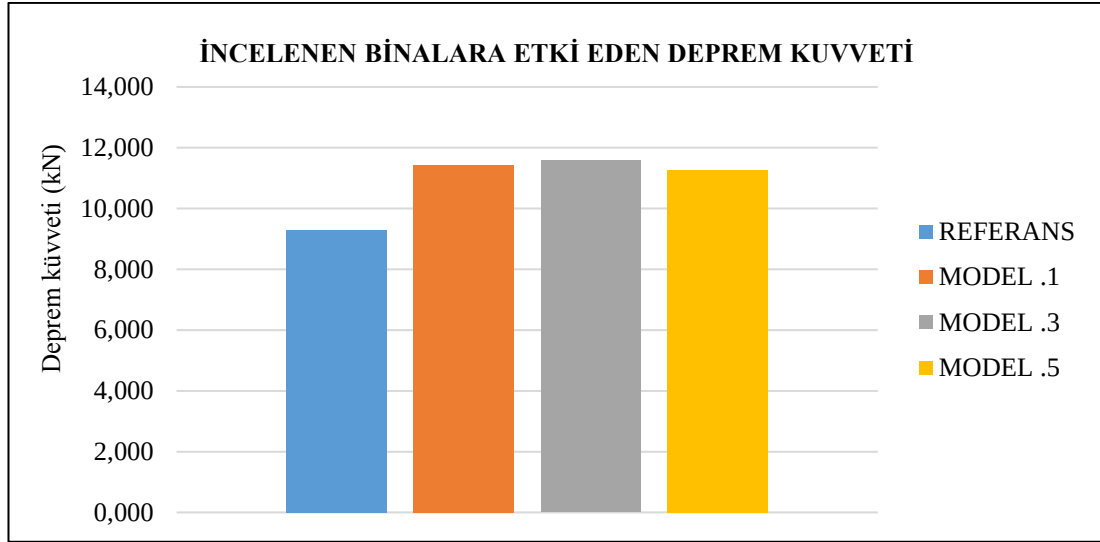
Şekil 4.1. (x) ve (y) yöndeki periyotlarının karşılaştırması

4.1.2. İncelenen modellere etki eden deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması

Bu bölümde modellere etki eden deprem kuvvetleri karşılaştırılmaktadır. Tablo 4.2.'de üç model ve bir referans model bulunmaktadır. Bütün modellere etki eden toplam deprem kuvvetleri karşılaştırıldığında görüldüğü gibi en yüksek kuvvete sahip olan model üçtür ve en düşük deprem yüke maruz kalan referans model olmaktadır. İlave kolonların eklenti ardında ortalama (%2.5) oranda deprem kuvvetinin artması söz konusudur. Bu durum Tablo 4.2. ve Şekil 4.2. detaylı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 4.2. Bütün Modellere Etki Eden Deprem Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Modeller	Referans $F_t(kN)$	Model. 1 $F_t(kN)$	Model. 3 $F_t(kN)$	Model. 5 $F_t(kN)$
Deprem yükü	9.290	11.448	11.576	11.252



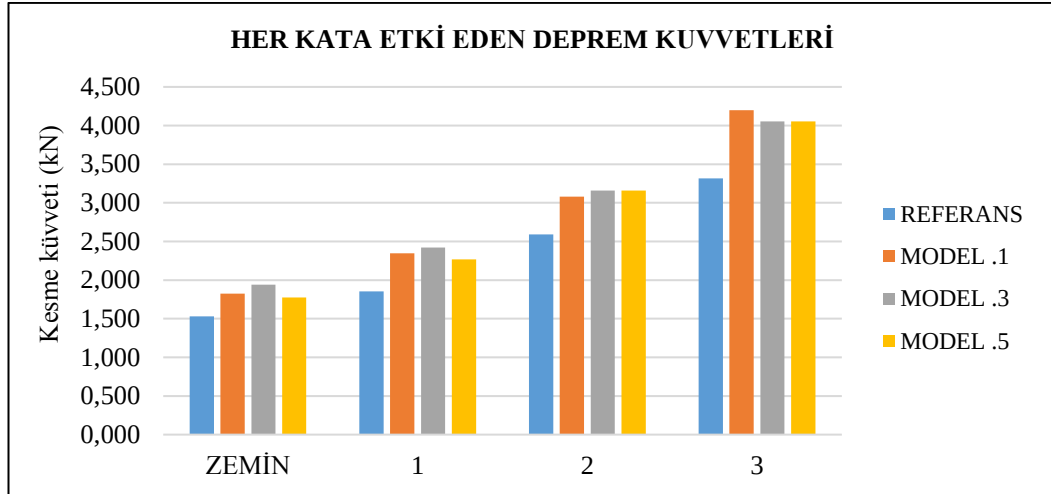
Şekil 4.2. İncelenen Modellere Etki Eden Deprem Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

4.1.3. Her kata etki eden deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması

Bir binanın deprem kuvvetinin büyüklüğü doğrudan bina yüksekliği ve kütlesine bağlıdır. Bir binanın yüksekliği ve kütlesi arttıkça, binaya gelen deprem kesme kuvveti de artmaktadır. Ama ara kolonların tasarımı ile deprem kuvvetinin (%29) artmasına karşılık diğer kolonların kesme kuvvetlerinin (%32) azalmasına sebep olmuştur. Tablo 4.3.'de zemin katlarda ve modellerin arasındaki deprem etkisinden dolayı kesme kuvvetindeki Şekil 4.3. artışını açıkça görülmektedir.

Tablo 4.3. Her katta etki eden deprem kuvvtlerinin karşılaştırması

Katlar	Referans $F_i(kN)$	Model. 1 $F_i(kN)$	Model. 3 $F_i(kN)$	Model. 5 $F_i(kN)$
Zemin	1.530	1.825	1.942	1.776
1	1.854	2.345	2.423	2.266
2	2.590	3.080	3.159	3.159
3	3.316	4.199	4.052	4.052



Şekil 4.3. Her katta etki eden deprem kuvvetlerinin karşılaştırması

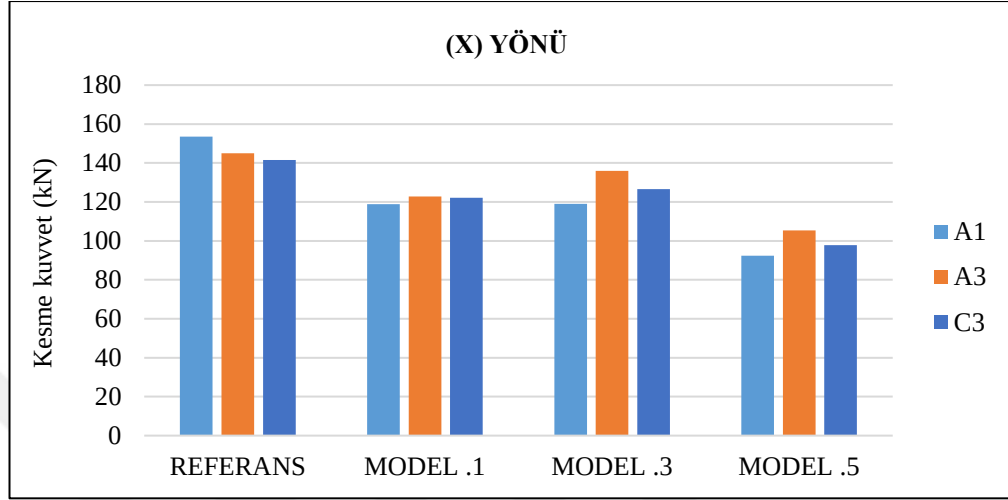
4.1.4. Zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri

Bu aşamada dört katlı dört modelin, her iki yöndeki seçilen kolonların kesme kuvvetleri karşılaştırılmaktadır. Bu noktada referans model (x) yönünde bina boyutu uzun olduğu için en düşük kesme kuvvetine sahiptir ve ilave kolonları ekledikten sonra sonuçlar değişmektedir. Kesme kuvvetlerinin kener ve köşe kolonlarda (%32) azalma görülmektedir. Bu incelenmede merkezi kolonlarda (%11) oranında kesme kuvvetlerinin düşüşü bilirlenmiştir ve bu düşüş az olmasına rağmen ilave kolonların binanın kesme kuvvetlerini azalmasını sağlamaktadır. Bu durum Tablo 4.4. ve Şekil 4.4.'de görülmektedir.

İncelenen binaların (y) yönünde yani kısa doğrultusunda aks aralarına kolon eklenmesi durumunda bulunan sonuçlar Tablo 4.5. görülmektedir. Referans modelin en yüksek kesme kuvvetine sahip olunması binanın kısa boyutunda yer almasıdır. Bu analizin sonucunu incelemeye alırsak referans modelin kesme kuvvetinden model 1 kesme kuvveti ortalama (%34) oranda, model 3 (%35) ve model 5 ortalama (%51) kesme kuvvetlerinin azaldığı görülmektedir. Tablo 4.4. ve Şekil 4.4.'de anlaşıldığı üzere modellere ilave kolon ekleyerek kesme kuvvetlerinin ve deprem yükünün büyük etkisi olduğu açıkça görülmektedir.

Tablo 4.4. (X) Yöndeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri

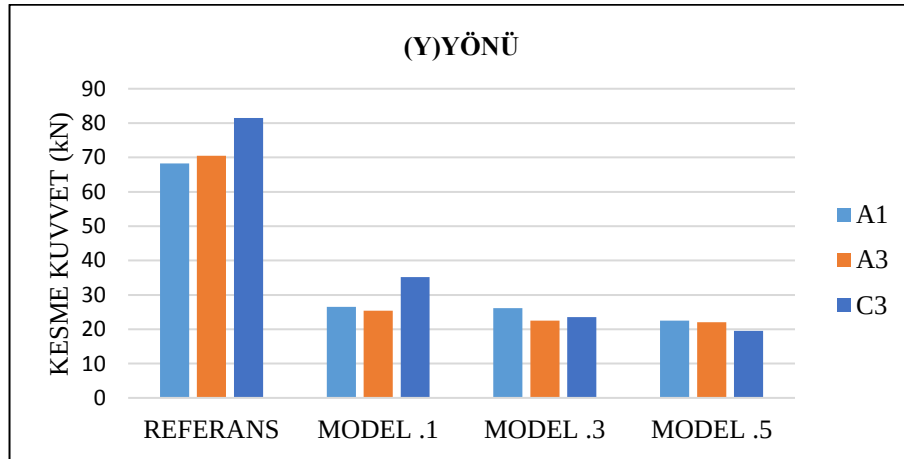
Kolonlar	Referans (kN)	Model. 1 (kN)	Model. 3 (kN)	Model. 5 (kN)
A1	153.53	118.82	119.04	92.33
A3	145.05	122.86	136.03	105.4
C3	141.54	122.18	126.66	97.87



Şekil 4.4. Zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri

Tablo 4.5. (Y) Yöndeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri

Kolonlar	Referans (kN)	Model .1 (kN)	Model .3 (kN)	Model .5 (kN)
A1	68.25	26.5	26.1	22.5
A3	70.5	25.4	22.5	22.05
C3	81.5	35.2	23.5	19.5



Şekil 4.5. Zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri

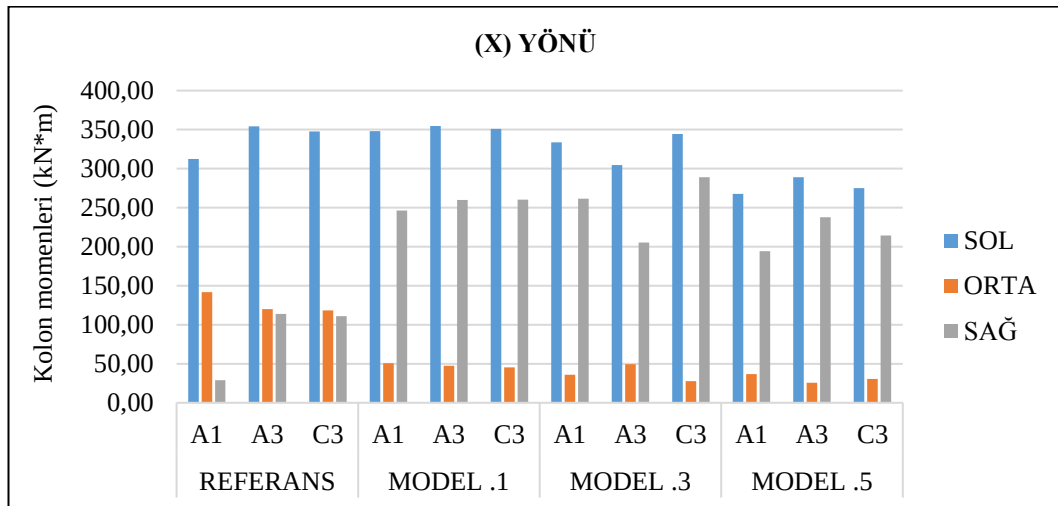
- A1 kolonu : köşe kolondur.
- A3 kolonu : kenar kolondur.
- C3 kolonu : iç kolondur.

4.1.5. Zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler

Çerçeve analizi yapıldığında açıklıklarda ve mesnetlerde momentler bulunur. Ancak elde edilen mesnet momentleri aks ortası için geçerlidir. Burada mesnetten kastımız, kiriş ve kolonların birleştiği noktadır. Bu çerçeveli modellerde kolon genişliğinin artması kirişlerde düzeltilmiş mesnet momentlerinin azalmasına neden olmaktadır. Benzer şekilde kiriş yüksekliğinin artması ile de kolonlarda düzeltilmiş mesnet momentlerinin azalmasına neden olmaktadır. Aşağıdaki Tablo 4.6., Şekil 4.6.'de kolonların (x) yönündeki oluşan momentler, Tablo 4.7. de ve Şekil 4.7.'de kolonların (y) yönündeki momentler görülmektedir.

Tablo 4.6. (X)Yönündeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler

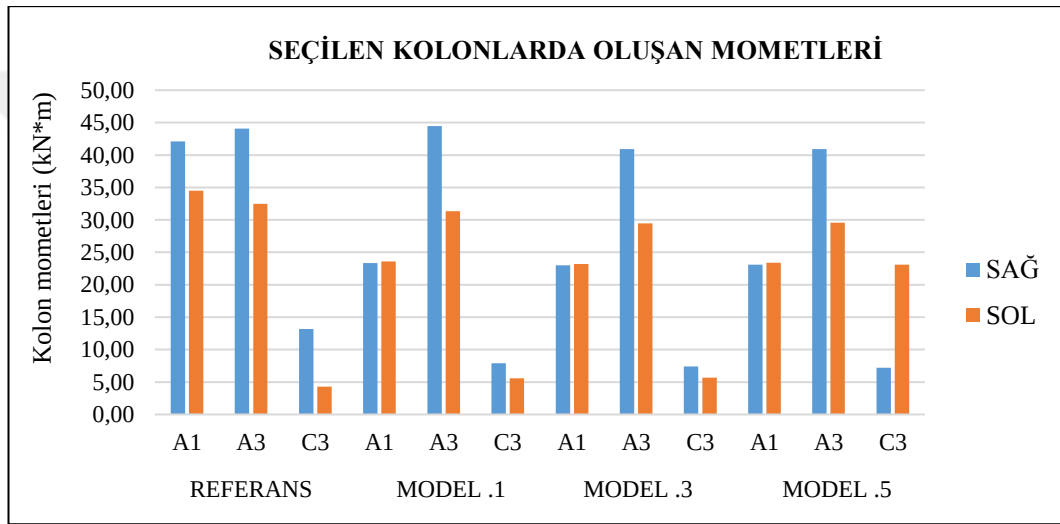
Modeller	Kolonlar	Sol (kN.m)	Sağ (kN.m)
Referans	A1	312.40	120.51
	A3	354.31	113.94
	C3	347.47	111.13
Model .1	A1	347.87	246.23
	A3	354.54	259.77
	C3	350.74	260.14
Model .3	A1	333.64	261.55
	A3	304.47	205.21
	C3	344.31	288.99
Model .5	A1	267.54	194.11
	A3	289.16	237.82
	C3	275.07	214.28



Şekil 4.6. (X)Yönündeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler

Tablo 4.7. (Y)Yöündeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler

Modeller	Kolonlar	Sol (kN.m)	Sağ (kN.m)
Referans	A1	36.55	41.53
	A3	34.13	43.67
	C3	3.31	18.60
Model .1	A1	22.56	22.00
	A3	19.79	18.98
	C3	11.54	3.43
Model .3	A1	23.21	22.98
	A3	18.96	17.00
	C3	5.67	7.38
Model .5	A1	20.16	20.06
	A3	17.35	16.62
	C3	1.77	12.60



Şekil 4.7. (Y)Yöündeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler

- A1 kolonu : köşe kolondur.
- A3 kolonu : kenar kolondur.
- C3 kolonu : iç kolondur.

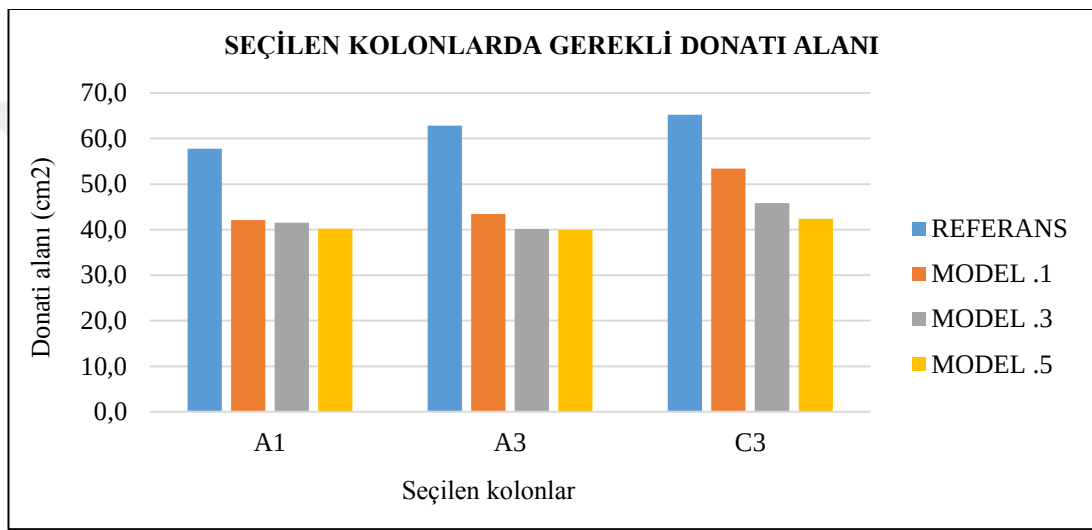
4.1.6. Seçilen kolonlarda gerekli donatı alanı

Donatı betonun içine konulduğu zaman, betonun karşılayamadığı çekme dayanımını karşılar. Beton ile birlikte çalışarak daha yüksek iç kuvvet taşımalarını sağlamaktadır. Bu çalışmada modellerin her biri Sap2000 programıyla tasarlanıp analiz edilmiştir. Sonuçlar Tablo 4.8. ve Şekil 4.8.'de görüldüğü gibi betonarme çerçeve sistemin rijitiği ve kolon boyutları yüksek olduğunda kolonların donatı alanının azalmasına neden olmaktadır. Ama bu noktada modellere ilave kolonları ekleyerek, donatı alanlarını

referans modelden, model 1’den model 5’e kadar seçilen kolonların donatı alanının ortalama (%18) azalmasına ve merkezi kolonlarda (%4.7) azalmasına sebep olmuştur.

Tablo 4.8. Seçilen kolonlarda gerekli donatı alanı(cm²)

Modeller	A1	A3	C3
Referans	57.8	62.8	65.2
Model .1	42.1	43.4	53.4
Model .3	41.5	40.1	45.8
Model .5	40.2	39.9	42.4



Şekil 4.8. Seçilen kolonlarda gerekli donatı alanı

4.1.7. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan kesme kuvvetleri

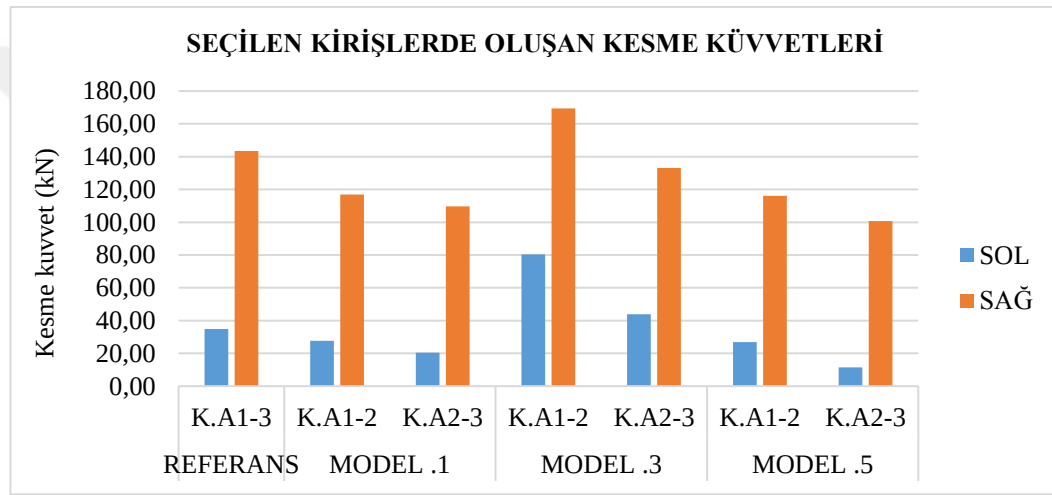
Kirişler genellikle hem moment etkilerine hem de kesme kuvveti etkilerine maruz kalırlar. Kirişlerde maksimum kesme kuvveti altında dahi kesme kırılmasının kesinlikle oluşmaması ve bu kontrolün yapılması, betonarme taşıyıcı sistemler, kesinlikle gevrek olmayan kesmeden değil sünek davranış gösteren eğilmeden kırılması istenir. Buna nedenle eğilme kırılması bir sünek kırılma olup, büyük enerji tüketerek kesme kırılmasındaki gibi ani olmayacağından tercih edilen bir kırılma şekli olmaktadır. Yapıların deprem etkilerini karşılaması için ortaya çıkan enerjinin kiriş uçlarındaki plastik mafsallarla tüketilmesi amaçlanmaktadır. Kirişin uç bölgesinin bu görevi yerine getirebilmesi için yeterince sünek olmalıdır. Bu noktada ilave kolonlar eklendikten sonra betonarme yapı sisteminin kirişlerin sağ kesme kuvvetleri ortalama

(%40) ve sol kesme kuvvetlerinin (%7.2) azalma ve ara kirişlerde (%12) bir azalma göstermektedir. Bu sonuçlar Tablo 4.9. ve Şekil 4.9.'da verilmektedir.

Tablo 4.9. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan kesme kuvvetleri

Modeller	Kirişler	Sol (kN)	Sağ (kN)
Referans	K.A1-3	34.91	143.39
Model .1	K.A1-2	27.70	116.89
	K.A2-3	20.40	109.60
Model .3	K.A1-2	40.30	169.40
	K.A2-3	43.97	133.12
Model .5	K.A1-2	26.89	116.04
	K.A2-3	11.49	100.65

K:kiriş, A1: kolon, kiriş uçları; 1-3, 2-3, 1-2



Şekil 4.9. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan kesme kuvvetleri K:kiriş, A1: kolon, kiriş uçları; 1-3, 2-3, 1-2

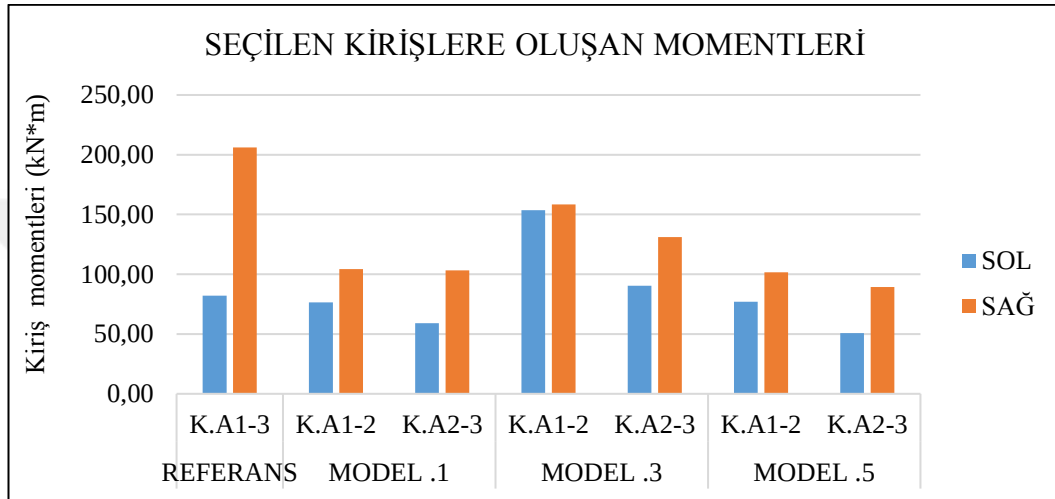
4.1.8. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan momentler

Kirişler genellikle hem moment etkilerine hem de kesme kuvveti etkilerine maruz kalırlar. Kirişlerde maksimum kesme kuvveti altında dahi kesme kırılmasının kesinlikle oluşmaması ve bu kontrolün yapılması, betonarme taşıyıcı sistemler, kesinlikle sünek olmayan kesmeden değil sünek olan eğilmeden kırılması istenir. Buna karşı eğilme kırılması bir sünek kırılma olup, büyük enerji tüketerek kesme kırılmasındaki gibi ani olmayacağından tercih edilen bir kırılma türü olmaktadır. Yapıların deprem etkilerini karşılaması için ortaya çıkan enerjinin kiriş uçlarındaki plastik mafsallarla tüketilmesi amaçlanmaktadır. Sonuçlar Tablo 4.10. ve Şekil 4.10.'de verilmiştir.

Tablo 4.10. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan momentler

Modeller	Kirişler (kN.m)	Sol (kN.m)	Sağ (kN.m)
Referans	K.A1-3	82.17	206.12
Model .1	K.A1-2	76.56	104.22
	K.A2-3	59.16	103.39
Model .3	K.A1-2	153.74	158.48
	K.A2-3	90.36	131.02
Model .5	K.A1-2	76.97	101.70
	K.A2-3	50.83	89.35

K:kiriş, A1: kolon, kiriş uçları; 1-3, 2-3, 1-2



Şekil 4.10. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan momentler K:kiriş, A1: kolon, kiriş uçları; 1-3, 2-3, 1-2

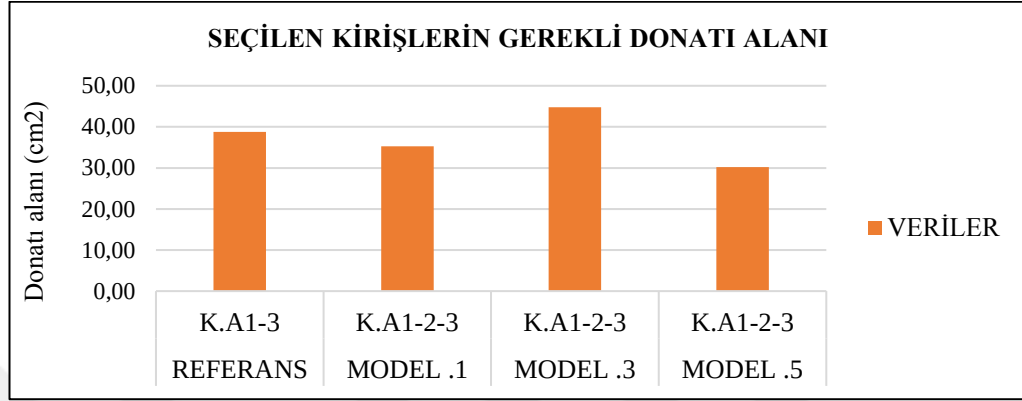
4.1.9. Seçilen kirişlerde gerekli donatı alanı

Deprem etkisi altındaki taşıyıcı sistemlerde en büyük momentler kiriş uç bölgelerinde oluşur. Deprem etkisi altında, kiriş kesitinin hem üstündeki hem de altındaki boyuna donatı akacaktır. Tersinir deprem etkisi altında böylece plastic mafsallaşma meydana gelecektir. Bu plastic mafsallık için de büyük dönmeler oluşacağından enerjinin tüketilmesi gerçekleşecektir. Deprem açısından dayanıklı betonarme yapılarda deprem enerjisinin tüketilmesinin kiriş sarılma bölgeleri denilen kiriş uç bölgelerinde oluşması amaçlanmıştır. Öyleyse tersinir deprem etkileri altında kiriş sarılma bölgeleri sünek kalmalı ve moment taşıma yetenekleri kaybolmamalıdır. Bundan dolayı sarılma bölgelerindeki betonun ezilip dağılmaması için bu bölgede özel deprem etriyeleri kullanılıp özenle detaylandırılmalıdır ve bu çalışmada, incelenen betonarme yapıların kirişlerinde gerekli donatı alanları (%3.5) azalması görülmektedir. Sonuçlar Tablo 4.11. ve Şekil 4.11.'de verilmiştir.

Tablo 4.11. Seçilen kirişlerde gerekli donatı alanı(cm²)

Modeller	Referans	Model. 1	Model. 3	Model. 5
Kirişler	K.A1-3	K.A1-2-3	K.A1-2-3	K.A1-2-3
Veriler	38.80	35.3	44.80	30.20

K:kiriş, A1: kolon, kiriş uçları; 1-3, 2-3, 1-2



Şekil 4.11. Seçilen kirişlerin gerekli donatı alanı K:kiriş, A1: kolon, kiriş uçları; 1-3, 2-3, 1-2

4.1.10. A1 burulma düzensizliği, görelî kat ötelenmesi ve yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelenmesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Denklem (4.1)'de burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumudur. Bu araştırmada dört katlı modelin her katının ayrı ayrı burulma, görelî kat ötelenmesi ve yumuşak kat düzensizliğini incelenmiş olup yönetmenliğe uygun olduğu görülmüştür (Tablo 4.12.). Binaların bazı katlarında özellikle zemin katlarda betonarme binaların deprem esnasında yıkılmasının en önemli mimari tasarım hatalarından birisi olan yumuşak katın meydana gelmesidir. Bir katın yumuşak kat olarak kabul edilmesi için, o katın Δ_i/h_i değerlerinin, hemen üstündeki Δ_{i+1}/h_{i+1} veya altındaki katın Δ_{i-1}/h_{i-1} değerlerine oranının ikiden büyük olması gerekir.

$$(\Delta_{i_{ort}}) = \frac{\Delta_{i_{max}} + \Delta_{i_{min}}}{2} \quad (4.1)$$

$$(\eta_{bi}) = (\Delta_i)_{max}/(\Delta_i)_{ort} > 1.2 \quad (4.2)$$

$$(D_{bi}) = \left[\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right]^2 \quad (4.3)$$

$$[\eta_{ki} = \left(\frac{\Delta_i^{(X)}}{h_i} \right)_{\text{ort}} / \left(\frac{\Delta_{i+1}^{(X)}}{h_{i+1}} \right)_{\text{ort}} > 2.0 \text{ veya } \eta_{ki} = \left(\frac{\Delta_i^{(X)}}{h_i} \right)_{\text{ort}} / \left(\frac{\Delta_{i-1}^{(X)}}{h_{i-1}} \right)_{\text{ort}} > 2.0] \quad (4.4)$$

$(\Delta_{i_{\max}})$ = Binanın i'inci katındaki maksimum görelî kat ötelemesi.

$(\Delta_{i_{\min}})$ = Binanın i'inci katındaki minimum görelî kat ötelemesi.

$(\Delta_{i_{\text{ort}}})$ = Binanın i'inci katındaki ortalama görelî kat ötelemesidir.

(D_{bi}) = i'inci katta ek dışmerkezlîk büyütme katsayısı.

Tablo 4.12. Burulma düzensizliğı, görelî kat ötelenmesi ve yumuşak kat düzensizliğı kontrolü

1.kat			
Etkin görelî kat ötelenmesi kontrolü			Açıklama
Yöne	X	Y	
Sınır katsayısı	0.00256	0.0258	X ve Y yönlerinin her ikisinde de $\Delta_{\max} < \Delta$ sınır olduğundan kat etkin görelî kat ötelenmesi yönetmenliğe uygundur.
Δ Sınır	0.011655	0.01161	
Δ Max	0.007426	0.007512	
Burulma düzensizliğı kontrolü			Açıklama
Max η_{bi}		1.132578231	Max $\eta_{bi} < 1.2$ olduğundan kat burulma düzensizliğı yoktur.
D_{bi}		1	
Yumuşak kat düzensizliğı kontrolü			Açıklama
Max η_{ki}		1.248890629	Max $\eta_{ki} < 2$ olduğundan kat yumuşak düzensizliğı yoktur.
2.kat			
Etkin görelî kat ötelenmesi kontrolü			Açıklama
Yöne	X	Y	
Sınır katsayısı	0.00227	0.0225	X ve Y yönlerinin her ikisinde de $\Delta_{\max} < \Delta$ sınır olduğundan kat etkin görelî kat ötelenmesi yönetmenliğe uygundur.
Δ Sınır	0.011755	0.01172	
Δ Max	0.007426	0.007512	
Burulma düzensizliğı kontrolü			Açıklama
Max η_{bi}		1.133445220	Max $\eta_{bi} < 1.2$ olduğundan kat burulma düzensizliğı yoktur.
D_{bi}		1	
Yumuşak kat düzensizliğı kontrolü			Açıklama
Max η_{ki}		1.258871131	Max $\eta_{ki} < 2$ olduğundan kat yumuşak düzensizliğı yoktur.
3.kat			
Etkin görelî kat ötelenmesi kontrolü			Açıklama
Yöne	X	Y	
Sınır katsayısı	0.00227	0.0225	X ve Y yönlerinin her ikisinde de $\Delta_{\max} < \Delta$ sınır olduğundan kat etkin görelî kat ötelenmesi yönetmenliğe uygundur.
Δ Sınır	0.011666	0.01177	
Δ Max	0.0078412	0.0076874	
Burulma düzensizliğı kontrolü			Açıklama
Max η_{bi}		1.142135431	Max $\eta_{bi} < 1.2$ olduğundan kat burulma düzensizliğı yoktur.
D_{bi}		1	
Yumuşak kat düzensizliğı kontrolü			Açıklama
Max η_{ki}		1.246457834	Max $\eta_{ki} < 2$ olduğundan kat yumuşak düzensizliğı yoktur.

Tablo 4.12. (Devamı)

4.kat			
Etkin görelî kat ötelenmesi kontrolü			Açıklama
Yöne	X	Y	
Sınır katsayısı	0.00227	0.0225	X ve Y yönlerinin her ikisinde de $\Delta_{max} < \Delta_{sınır}$ olduğundan kat etkin görelî kat ötelenmesi yönetmenliğe uygundur.
$\Delta_{Sınır}$	0.012453	0.01254	
Δ_{Max}	0.008432	0.007827	
Burulma düzensizliği kontrolü			Açıklama
Max η_{bi}		1.142158667	Max $\eta_{bi} < 1.2$ olduğundan kat burulma düzensizliği yoktur.
D_{bi}		1	
Yumuşak kat düzensizliği kontrolü			Açıklama
Max η_{ki}		1.251468423	Max $\eta_{ki} < 2$ olduğundan kat yumuşak düzensizliği yoktur.

4.2. Yedi katlı Modellerin Karşılaştırılması

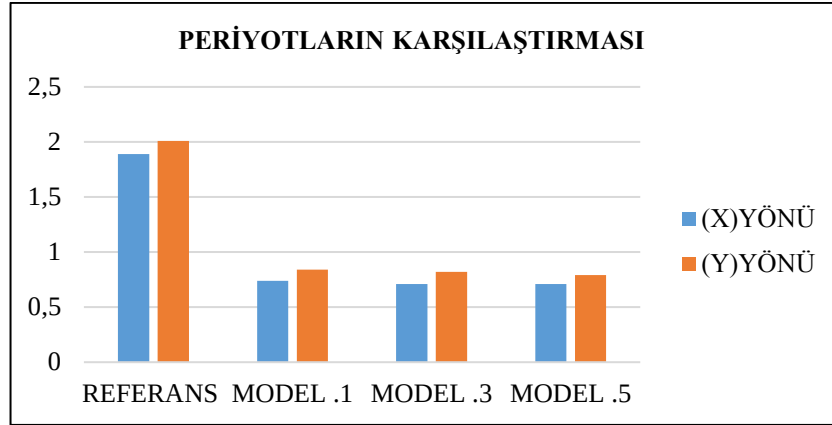
Bu noktada yedi katlı modellerin dört farklı kolon sayısı ile; bina periyotları, bütün binaya etki eden deprem kuvvetleri, her kata etki eden deprem kuvvetleri, seçilen kolon ve kirişlerin kesme kuvvetleri, momentleri ve donatı alanları karşılaştırılmaktadır. Bu ayrıntılar tablo ve grafik olarak açıklanmaktadır ve bu modeller (referans modeli, model 1, 2, 3) kapsamındadır.

4.2.1. Periyotlarının karşılaştırılması

Bir yapının deprem etkisi altında göstereceği davranış genel olarak yapının kütlesi ve rijitliğine bağlıdır. Yapının dinamik halinin elbette sadece bu iki parametreye olmayacağı aşîkardır. Diğer etmenlerinde büyük etkisi vardır. Bu yedi katlı dört modelin periyot karşılaştırmasında yine şu noktayı vurgularız; binanın kütle ve rijitliğinin artması (dış akslarda veya iç akslarda aks aralarına kolon ilave edilmesiyle), binanın periyotlarının yükselmesine büyük ölçüde etki eder. Tablo 4.13. ve Şekil 4.12.'de belirtildiği gibi referans modelin kütlesi az olduğu için en yüksek periyoda sahiptir ve geri kalan modellerde ilave kolonlar yerleştirildikten sonra periyotlarının ortalama (%65) azalması açıkça görülmektedir.

Tablo 4.13. (x) ve (y) yöndeki saniye cinsinden periyotlarının karşılaştırması

Model	Referans	Model. 1	Model. 3	Model. 5
X	1.89	0.74	0.71	0.71
Y	2.01	0.84	0.82	0.79



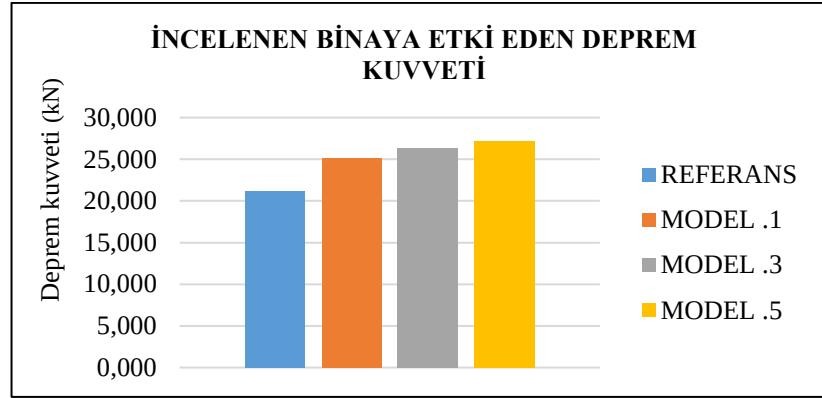
Şekil 4.12. (x) ve (y) yöndeki periyotlarının karşılaştırması

4.2.2. İncelenen modellere etki eden deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması

Deprem kuvveti denilen kuvvet, $F = (m * a)$ kuvvetidir. Burada (F) deprem kuvvetini, (m) kütleyi, (a)'da hareketin ivmesini temsil eder. Ancak yapıda oluşan deprem kuvvetini bulurken kullandığımız (a) yer hareketinin ivmesi değildir. Buradaki (a) yer hareketi dolayısıyla yapıda oluşan ivme büyüklüğüdür. Yer ivmesi ve yapıda oluşan ivme farklıdır. $F = (m * a)$ 'dan anlaşılacağı üzere, deprem kuvvetinin oluşması için, kütle ve ivme gereklidir. Kütle ne kadar büyükse, yapıda oluşacak atalet kuvveti (deprem kuvveti) de o derece büyük olur. Düşünce eksenimiz ne kadar fazla kütle, o kadar fazla deprem kuvveti yönünde olmalıdır. O halde yapıda da nerede kütle yığılmaları varsa o bölgede o derece büyük kuvvetler oluşur. Yapı taşıyıcı sistemlerinin betonarme, çelik vb. her noktasında kütle vardır. Dolayısıyla her noktada büyük küçük deprem kuvvetleri (atalet kuvvetleri) oluşur. Şimdi kolonlarla kirişlerin birleştiği düğüm noktalarını düşünelim. Bu noktalar aynı zamanda mesnet noktalarıdır. Dolayısıyla kütlenin en yoğun olduğu noktalardır. Kolon kiriş birleşim yerlerinde kütleler yığılı haldedir ve kütleler büyük olduğu için, bu bölgelerde de büyük deprem kuvvetleri oluşturur. Aşağıdaki Tablo 4.14. ve Şekil 4.13.'de görüldüğü gibi; ilave kolonları ekledikten sonra modellerin kütle yükselmesine maruz kalmıştır. Dolayısıyla modellerin deprem kuvvetlerinin (%6.5) yükselmesine sebep olmuştur.

Tablo 4.14. İncelenen Modellere etki eden Deprem Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Model	Referans $F_t(kN)$	Model .1 $F_t(kN)$	Model .3 $F_t(kN)$	Model .5 $F_t(kN)$
Deprem yükü	21.160	25.133	26.340	27.242



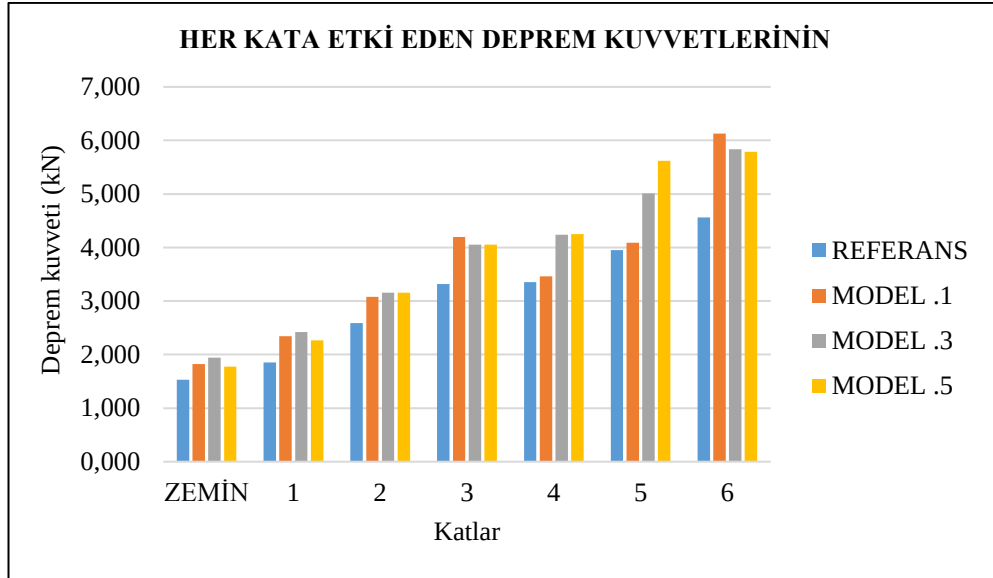
Şekil 4.13. İncelenen Modellere etki eden Deprem Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

4.2.3. Her kata etki eden deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması

Bu aşamada her katta görülen deprem kuvvetleri karşılaştırılmaktadır. Referans modelin zemin katında (1.530 kN) ve model 1'in zemin katında (1.825 kN) deprem kuvvetine sahiptir. Yani kolonların sayısının artması kütlenin artması demektir, bu sebeple deprem kuvvetinin (%22) yükselmesi de aşıkardır. Tablo 4.15. ve Şekil 4.14. verileriyle beraber gösterilmektedir.

Tablo 4.15. Her katta etki eden deprem kuvvtlerinin karşılaştırması

Katlar	REFERANS $F_i(kN)$	MODEL. 1 $F_i(kN)$	MODEL. 3 $F_i(kN)$	MODEL. 5 $F_i(kN)$
Zemin	1.530	1.825	1.942	1.776
1	1.854	2.345	2.423	2.266
2	2.590	3.080	3.159	3.159
3	3.316	4.199	4.052	4.052
4	3.355	3.463	4.238	4.252
5	3.953	4.091	5.013	5.621
6	4.562	6.131	5.837	5.788



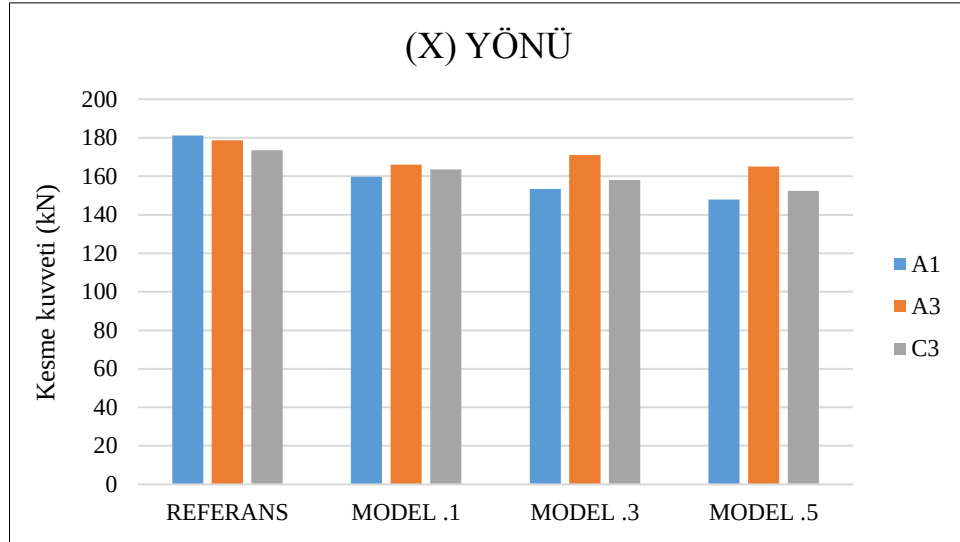
Şekil 4.14. Her katta gelen deprem kuvvetlerinin karşılaştırması

4.2.4. Zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri

Kesme kuvvetleri, normal kuvvetlerin aksine elemanlarda farklı bir şekil değişimine neden olurlar. Farklı şekil değişiminden kastı; normal kuvvetlerde de şekil değişimi olur ama şekil formu değişmez. Ancak kesme kuvvetlerinde şekil formun bozulmasına sebep olur. Seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin (%35) azalması bulunmaktadır. Bu değişim merkezi kolonlarını donatı alanların (%11) azalmasını sebep olmuştur. Tablo 4.16. , Şekil 4.15.'de (x) yönü ve Tablo 4.17., Şekil 4.16. (y) yönü görülmektedir.

Tablo 4.16. (X) yönüde seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin karşılaştırması. (X) yönüde seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin karşılaştırması

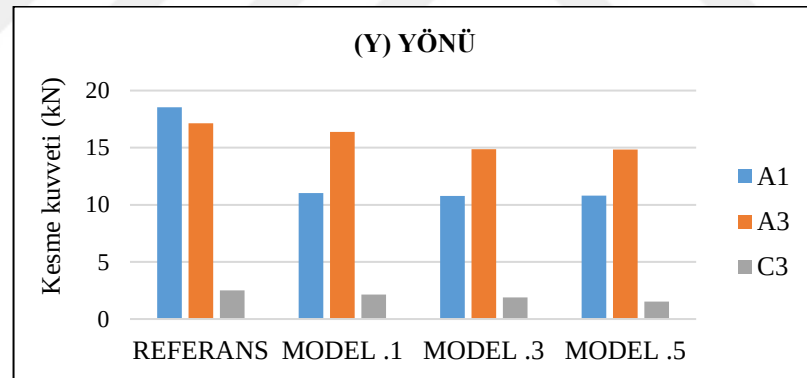
Kolonlar	Referans (kN)	Model. 1 (kN)	Model. 3 (kN)	Model. 5 (kN)
A1	181.12	159.77	153.43	147.9
A3	178.65	166.1	171.04	165.08
C3	173.56	163.53	158.06	152.38



Şekil 4.15. (X) yönünde seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin karşılaştırması

Tablo 4.17. (Y)yönünde seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin karşılaştırması

Kolonlar	Referans (kN)	Model. 1 (kN)	Model. 3 (kN)	Model. 5 (kN)
A1	18.55	11.04	10.78	10.8
A3	17.14	16.39	14.88	14.84
C3	2.51	2.14	1.89	1.54



Şekil 4.16. (Y)yönünde seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin karşılaştırması

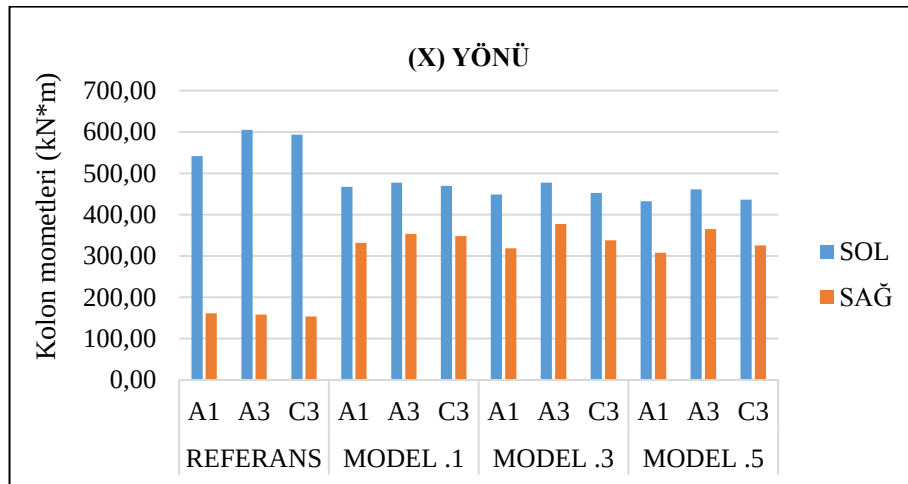
- A1 kolonu : köşe kolondur.
- A3 kolonu : kenar kolondur.
- C3 kolonu : iç kolondur.

4.2.5. Zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler

Kolon Mp moment kapasitesinin seçilmesinde iki pratik yöntem tavsiye edilmektedir. Birincisi kolon Mp moment kapasitesi taşıma gücü momenti yardımıyla, ikinci yöntemde ise arttırılmış beton ve çelik dayanımları yardımıyla tespit edilir. Bu yedi katlı dört modelin, zemin katlarındaki seçilen kolonlarda oluşan momentler birbirleriyle karşılaştırılmaktadır. Kolon momentlerine, aynı kolon kesme kuvveti gibi ilave kolonlar ekledikten sonra momentler azalmaktadır. Bu momentlerdeki değişim (x) yönünde Tablo 4.18., Şekil 4.17. ve (y) yönünde Tablo 4.19., Şekil 4.18. de görülmektedir.

Tablo 4.18. (X) yöündeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler

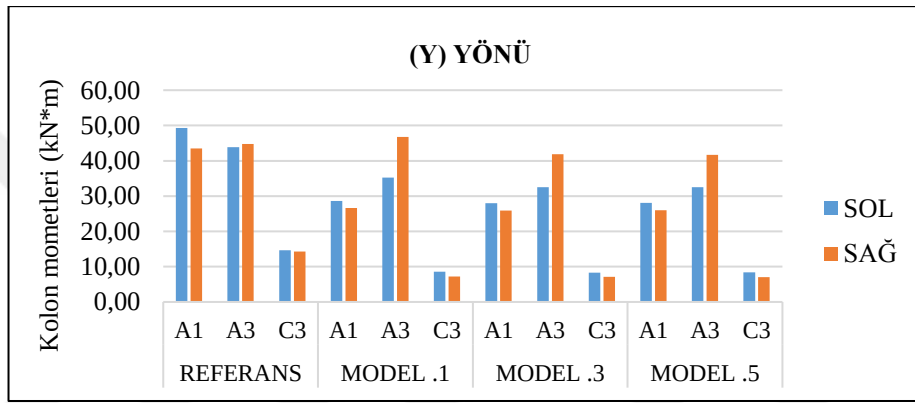
Modeller	Kolonlar	Sol (kN.m)	Sağ (kN.m)
Referans	A1	541.35	161.08
	A3	604.67	158.07
	C3	593.09	153.80
Model .1	A1	466.88	331.95
	A3	477.33	353.16
	C3	469.60	348.19
Model .3	A1	448.44	318.73
	A3	477.49	377.73
	C3	452.61	337.69
Model .5	A1	432.62	307.35
	A3	460.81	364.59
	C3	436.39	325.52



Şekil 4.17. (X) yöündeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler

Tablo 4.19. (Y) yönündeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler

Modeller	Kolonlar	Sol (kN.m)	Sağ (kN.m)
Referans	A1	49.28	43.48
	A3	43.89	44.79
	C3	14.67	14.27
Model .1	A1	28.64	26.58
	A3	35.24	46.73
	C3	8.55	7.23
Model .3	A1	27.96	25.92
	A3	32.55	41.84
	C3	8.32	7.13
Model .5	A1	28.05	25.97
	A3	32.52	41.69
	C3	8.43	7.01



Şekil 4.18. (X) yönündeki zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler

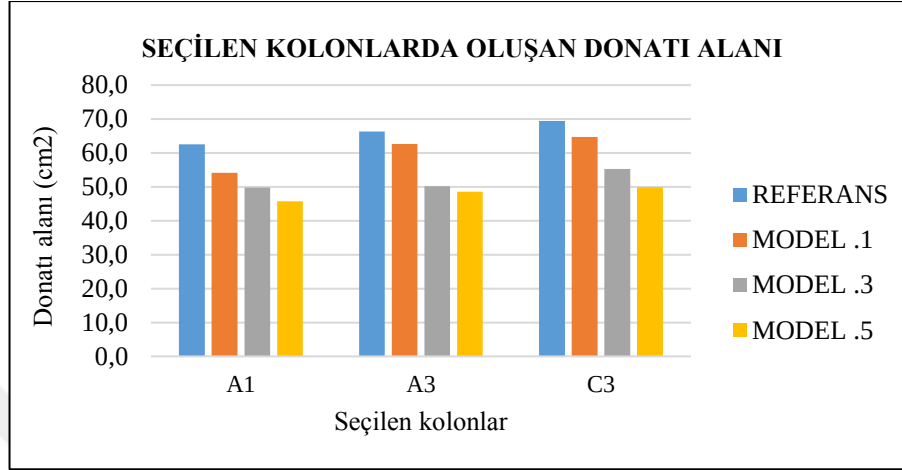
- A1 kolonu: köşe kolondur.
- A3 kolonu: kenar kolondur.
- C3 kolonu: iç kolondur.

4.2.6. Seçilen kolonlarda gerekli donatı alanı

Betonun çekme dayanımı çok küçük olduğundan, çekme kuvvetlerinin tamamının donatı tarafından taşındığının kabul edilmektedir. Donatıların bir görevi de sıcaklık değişimi, rötre gibi etkilerden oluşan çekme gerilmelerinin karşılanması ve çatlak genişliklerinin sınırlı kalmasını sağlamaktır. Kolonlarda donatı, basınç kuvveti ile zorlanan betonun taşıma kapasitesinin artmasını sağlamaktadır. Yedi katlı modellerin seçilen kolonların donatı alanlarının yaklaşık (%22) azalması ve bu etki merkezi kolonların donatı alanların (%9.5) azalmaktadır. Tablo 4.20. ve Şekil 4.19.'de gösterilmektedir.

Tablo 4.20. Seçilen kolonlarda gerekli donatı alanı(cm²)

Modeller	A1	A3	C3
Referans	62.5	66.3	69.4
Model .1	54.1	62.6	64.7
Model .3	49.8	50.2	55.3
Model .5	45.7	48.6	49.9



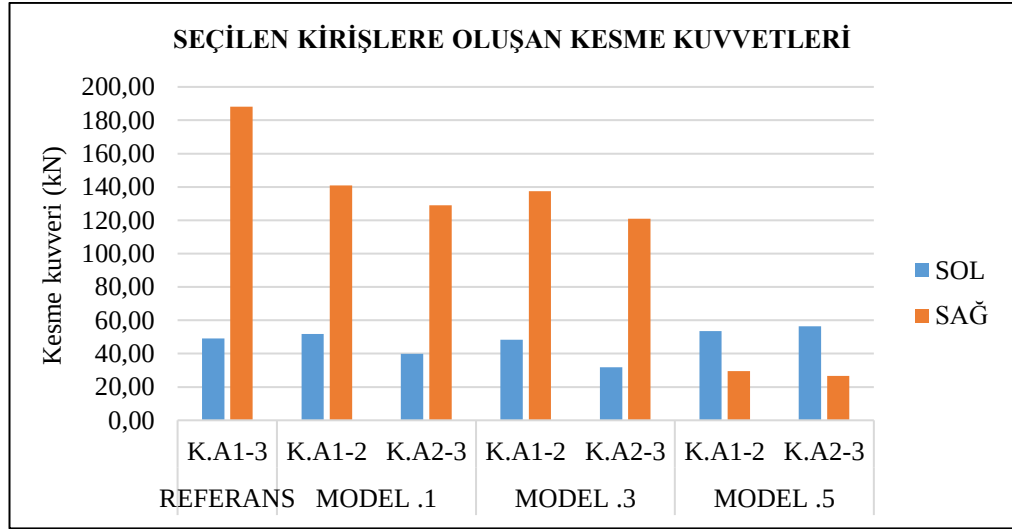
Şekil 4.19. Seçilen kolonlarda gerekli donatı alanı

4.2.7. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan kesme kuvvetleri

Bu kısımda yedi katlı modellerin seçilen kirişlerin kesme kuvvetlerinin her biri tablo ve grafik şeklinde karşılaştırılmaktadır. Referans modelin aksındaki bir kirişin ve diğer modellerde aks aralarına ilave kolon eklenerek iki küçük kirişe bölünmesi söz konusudur. Aks aralarına ilave kolon eklenilmesiyle oluşan küçük kirişlerde Kiriş kesme kuvvetleri artarken kolon ilave edilmeyen akslardaki kirişlerde kesme kuvvetleri ortalama (%23) ve sol yöndeki kesme kuvveti (%14) azalmaktadır yani ilave kolonların etkisi açıkça görülmektedir. (Tablo 4.21. ve Şekil 4.20.).

Tablo 4.21. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan kesme kuvvetleri

Modeller	Kirişler	Sol (kN)	Sağ (kN)
Referans	K.A1-3	49.15	188.16
Model .1	K.A1-2	51.72	140.87
	K.A2-3	39.91	129.06
Model .3	K.A1-2	48.25	137.40
	K.A2-3	31.83	120.98
Model .5	K.A1-2	53.58	29.58
	K.A2-3	56.48	26.68



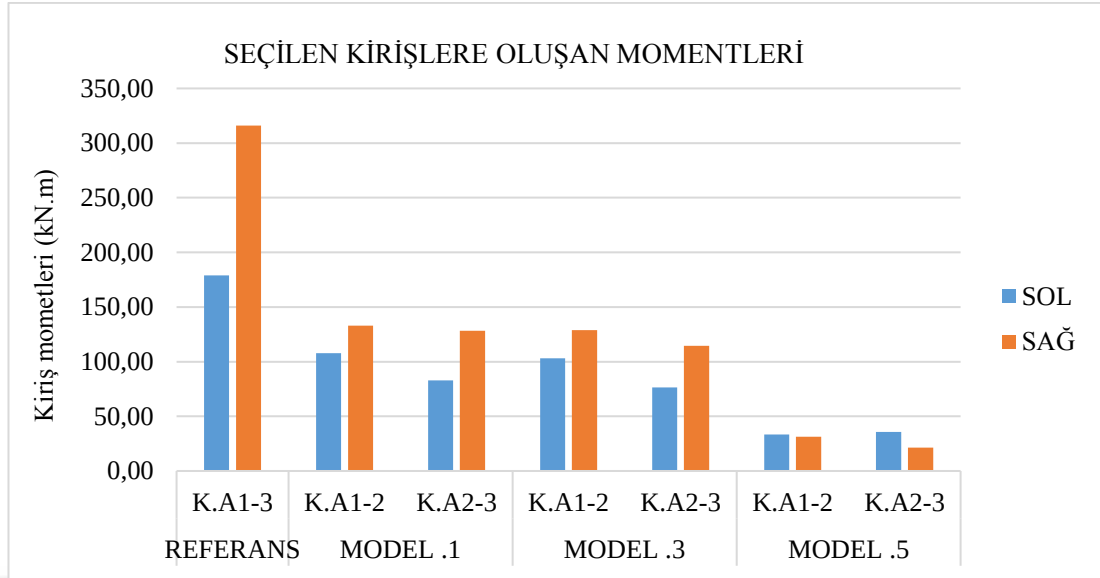
Şekil 4.20. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan kesme kuvvetleri

4.2.8. Zemin katlarda seçilen kirişlere oluşan momentleri

Yedi katlı dört modelin seçilen kirişlerin momentleri mukayese yapılmaktadır. Referans model en yüksek (316.1kN) momente sahiptir ve bu momentler yavaş yavaş ilave kolonları ekledikten sonra (%52) azalmaktadır. En düşük momente sahip olan model 5'tir çünkü bu modelde kolon sayısı fazladır ve bu momentlerin azalması; kesme kuvvetinin azalması, donatı alanının azalması demektir. Seçilen kirişlerin momentlerini Tablo 4.22. ve Şekil 4.21. göstermektedir.

Tablo 4.22. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan momentler

Modeller	Kirişler	Sol (kN.m)	Sağ (kN.m)
Referans	K.A1-3	178.93	316.10
Model .1	K.A1-2	107.84	132.90
	K.A2-3	82.88	128.34
Model .3	K.A1-2	103.17	128.90
	K.A2-3	76.46	114.54
Model .5	K.A1-2	33.45	31.45
	K.A2-3	35.64	21.36



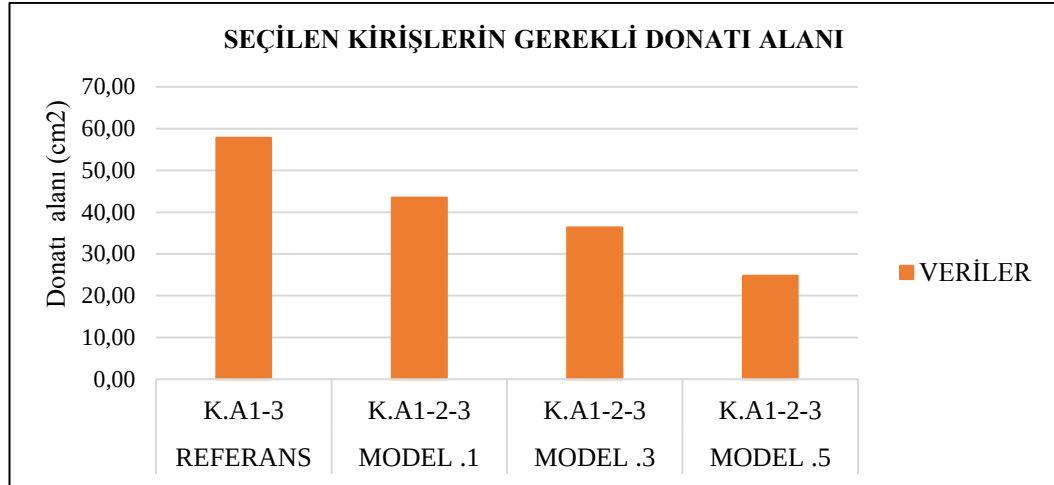
Şekil 4.21. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan momentler

4.2.9. Seçilen kirişlerde gerekli donatı alanı

Yedi katlı modellerin donatı alanları, modellerin kesme kuvvetleri ve momentleri gibi aynı değişimde. Çünkü bir yapının elemanları birbirine bağlı olarak binaya etki eden dış yüklere mukavemet göstermektedir. Bu yüzden birinin değişmesi başka bir yapı elemanının da değişmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla Sap2000 programında sonuçları donatı alanlarının ortalama (%43) düşüşü göstermektedir ve seçilen kirişlerin donatı yüzdeleri merkezi kolonlarda da (%12) azalmaktadır. Tablo 4.23. de ve Şekil 4.22. de görülmektedir.

Tablo 4.23. Seçilen kirişlerin gerekli donatı alanı(cm²)

Modeller	Referans	Model. 1	Model. 3	Model. 5
Kirişler	K.A1-3	K.A1-2-3	K.A1-2-3	K.A1-2-3
Donatı alanı	57.80	43.50	36.40	24.80



Şekil 4.22. Seçilen kirişlerde oluşan donatı alanı

4.2.10. A1 burulma düzensizliği, görelî kat ötelenmesi ve yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Bu araştırmada yedi katlı modellerin görelî kat ötelenmesi $\Delta_{max} < \Delta$ sınır olduğu için görelî kat ötelenme kontrolü yönetmenliğe uygundur, burulma düzensizliği $\text{Max } \eta_{bi} < 1.2$ olduğundan kat burulma düzensizliği yoktur ve yumuşak kat düzensizliği $\text{Max } \eta_{ki} < 2$ olduğundan kat yumuşaklığı yoktur. Analiz sonucu bu kontrolü sağlanmaktadır ve Tablo 4.24. görülmektedir.

Tablo 4.24. görelî kat ötelenmesi, burulma düzensizliği ve yumuşak kat düzensizliği kontrolü

1.kat			
Etkin görelî kat ötelenmesi kontrolü			Açıklama
Yöne	X	Y	
Sınır katsayısı	0.00263	0.0252	X ve Y yönlerinin her ikisinde de $\Delta_{max} < \Delta$ sınır olduğundan kat etkin görelî kat ötelenmesi yönetmenliğe uygundur.
Δ Sınır	0.012653	0.01263	
Δ_{Max}	0.009435	0.009516	
Burulma düzensizliği kontrolü			Açıklama
$\text{Max } \eta_{bi}$		1.14564784	$\text{Max } \eta_{bi} < 1.2$ olduğundan kat burulma düzensizliği yoktur.
D_{bi}		1	
Yumuşak kat düzensizliği kontrolü			Açıklama
$\text{Max } \eta_{ki}$		1.45872456	$\text{Max } \eta_{ki} < 2$ olduğundan kat yumuşak düzensizliği yoktur.
2.kat			
Etkin görelî kat ötelenmesi kontrolü			Açıklama
Yöne	X	Y	
Sınır katsayısı	0.00218	0.0224	X ve Y yönlerinin her ikisinde de $\Delta_{max} < \Delta$ sınır olduğundan kat etkin görelî kat ötelenmesi yönetmenliğe uygundur.
Δ Sınır	0.012578	0.01362	
Δ_{Max}	0.008425	0.007754	

Tablo 4.24. (Devamı)

Burulma düzensizliği kontrolü			Açıklama
Max η_{bi}	1.13547862		Max $\eta_{bi} < 1.2$ olduğundan kat burulma düzensizliği yoktur.
D_{bi}	1		
Yumuşak kat düzensizliği kontrolü			Açıklama
Max η_{ki}	1.34578624		Max $\eta_{ki} < 2$ olduğundan kat yumuşak düzensizliği yoktur.
3.kat			
Etkin görelî kat ötelenmesi kontrolü			Açıklama
Yöne	X	Y	X ve Y yönlerinin her ikisinde de $\Delta \max < \Delta$ sınır olduğundan kat etkin görelî kat ötelenmesi yönetmenliğe uygundur.
Sınır katsayısı	0.00218	0.0224	
Δ Sınır	0.013547	0.01365	
Δ Max	0.0093245	0.009845	
Burulma düzensizliği kontrolü			Açıklama
Max η_{bi}	1.12332547		Max $\eta_{bi} < 1.2$ olduğundan kat burulma düzensizliği yoktur.
D_{bi}	1		
Yumuşak kat düzensizliği kontrolü			Açıklama
Max η_{ki}	1.42587565		Max $\eta_{ki} < 2$ olduğundan kat yumuşak düzensizliği yoktur.
4.kat			
Etkin görelî kat ötelenmesi kontrolü			Açıklama
Yöne	X	Y	X ve Y yönlerinin her ikisinde de $\Delta \max < \Delta$ sınır olduğundan kat etkin görelî kat ötelenmesi yönetmenliğe uygundur.
Sınır katsayısı	0.00218	0.0224	
Δ Sınır	0.012874	0.01325	
Δ Max	0.009752	0.009674	
Burulma düzensizliği kontrolü			Açıklama
Max η_{bi}	1.13547850		Max $\eta_{bi} < 1.2$ olduğundan kat burulma düzensizliği yoktur.
D_{bi}	1		
Yumuşak kat düzensizliği kontrolü			Açıklama
Max η_{ki}	1.33546782		Max $\eta_{ki} < 2$ olduğundan kat yumuşak düzensizliği yoktur.
5.kat			
Etkin görelî kat ötelenmesi kontrolü			Açıklama
Yöne	X	Y	X ve Y yönlerinin her ikisinde de $\Delta \max < \Delta$ sınır olduğundan kat etkin görelî kat ötelenmesi yönetmenliğe uygundur.
Sınır katsayısı	0.00218	0.0224	
Δ Sınır	0.013578	0.01654	
Δ Max	0.008547	0.008324	
Burulma düzensizliği kontrolü			Açıklama
Max η_{bi}	1.15762401		Max $\eta_{bi} < 1.2$ olduğundan kat burulma düzensizliği yoktur.
D_{bi}	1		
Yumuşak kat düzensizliği kontrolü			Açıklama
Max η_{ki}	1.645327821		Max $\eta_{ki} < 2$ olduğundan kat yumuşak düzensizliği yoktur.
6.kat			
Etkin görelî kat ötelenmesi kontrolü			Açıklama
Yöne	X	Y	X ve Y yönlerinin her ikisinde de $\Delta \max < \Delta$ sınır olduğundan kat etkin görelî kat ötelenmesi yönetmenliğe uygundur.
Sınır katsayısı	0.00218	0.0224	
Δ Sınır	0.013647	0.01324	
Δ Max	0.008746	0.008746	
Burulma düzensizliği kontrolü			Açıklama
Max η_{bi}	1.15478354		Max $\eta_{bi} < 1.2$ olduğundan kat burulma düzensizliği yoktur.
D_{bi}	1		

Tablo 4.24. (Devamı)

Yumuşak kat düzensizliği kontrolü			Açıklama
Max η_{ki}	1.67128531		Max $\eta_{ki}<2$ olduğundan kat yumuşak düzensizliği yoktur.
7.kat			
Etkin görel kat ötelenmesi kontrolü			Açıklama
Yöne	X	Y	X ve Y yönlerinin her ikisinde de $\Delta \max<\Delta$ sınır olduğundan kat etkin görel kat ötelenmesi yönetmenliğe uygundur.
Sınır katsayısı	0.00218	0.0224	
Δ Sınır	0.013254	0.01321	
Δ Max	0.009854	0.009465	
Burulma düzensizliği kontrolü			Açıklama
Max η_{bi}	1.16457845		Max $\eta_{bi}<1.2$ olduğundan kat burulma düzensizliği yoktur.
D_{bi}	1		
Yumuşak kat düzensizliği kontrolü			Açıklama
Max η_{ki}	1.74561453		Max $\eta_{ki}<2$ olduğundan kat yumuşak düzensizliği yoktur.

4.3. On Katlı Modellerin Karşılaştırılması

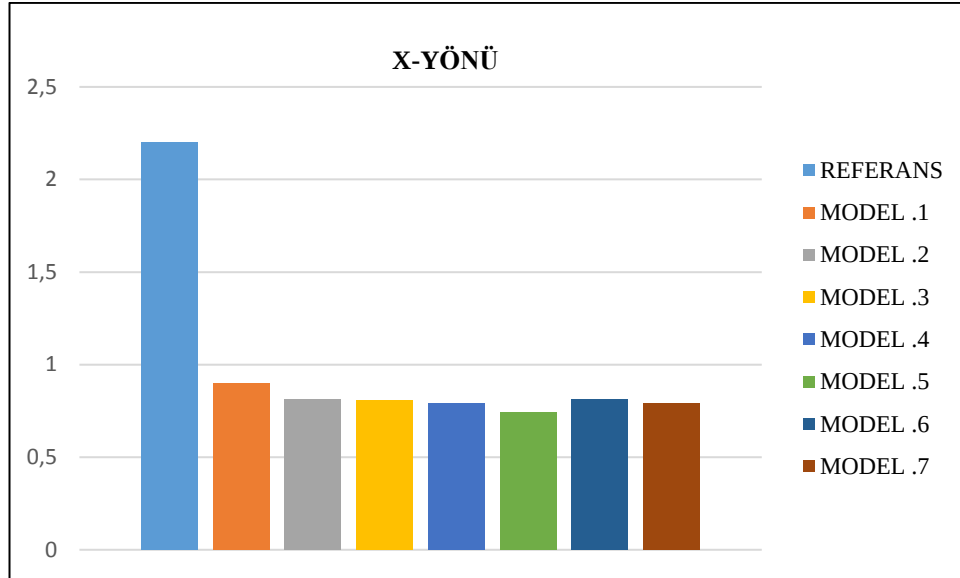
4.3.1. Periyotların Karşılaştırılması

Tablo 4.25.'da aşıkâr olduğu gibi modellerin periyotları referans model ile model 7'ye kadar düzenli bir şekilde yer almıştır. Bunun nedeni de modellerin analiz sonrası periyotlarına göre sıralanmıştır. Bir binanın periyodu ve binanın kütle ve rijitliğine bağlıdır. Bu sebeple referans modelin kütle ve rijitliğinin düşük olması binanın titreşim süresinin yüksek olmasını sağlar.

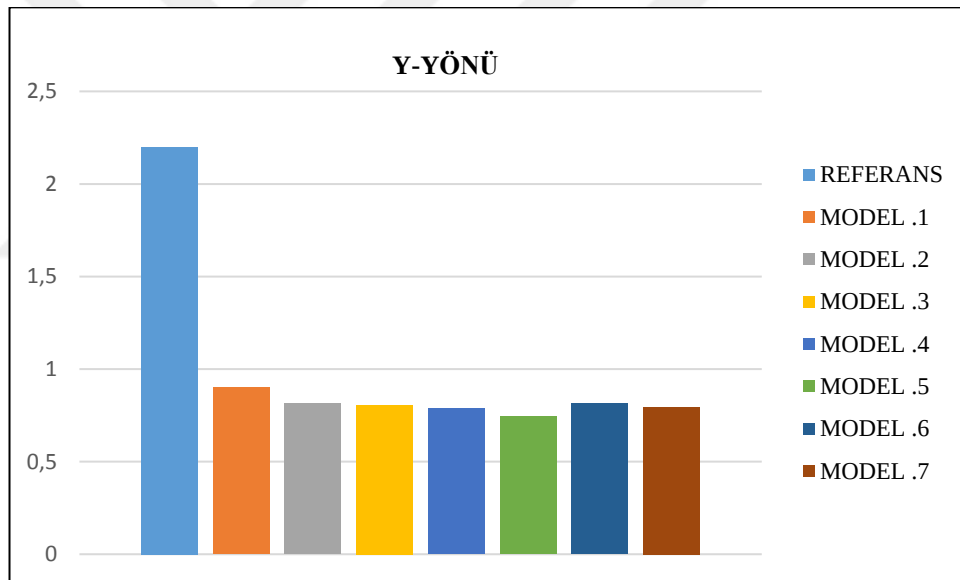
Bu modellerin titreşim sürelerinin azalmasının nedeni kütlelerin ve rijitliğinin yükselişini gösterir. Bu çalışmada referans modelden model 7'ye kadar kolon sayısı artmaktadır ve modellerin periyotları düzenli bir şekilde yaklaşık (%51) azalmaktadır (Tablo 4.25., Şekil 4.23., Şekil 4.24.).

Tablo 4.25. 10 katlı modellerin Periyotlarının karşılaştırılması

Yön	Ref	M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	M. 6	M. 7
X	2.21	0.91	0.79	0.798	0.771	0.761	0.791	0.762
Y	2.33	0.89	0.813	0.807	0.788	0.744	0.813	0.794



Şekil 4.23. Modellerin X-yöndeki periyotlarının karşılaştırılması



Şekil 4.24. Modellerin Y-yöndeki periyotlarının karşılaştırılması

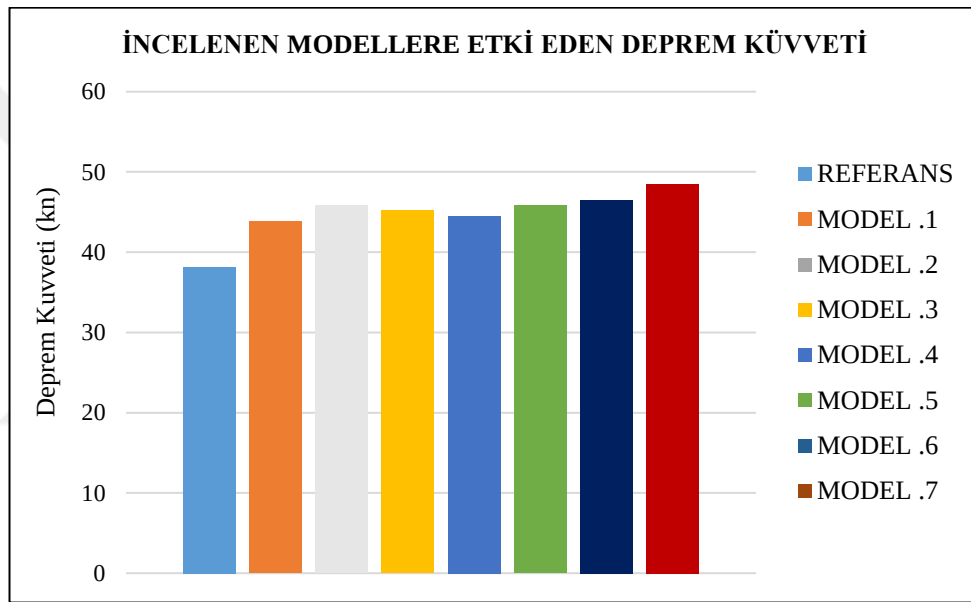
4.3.2. İncelenen modellere etki eden deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması

Bu bölümde yapı modellerine etki eden deprem kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Tablo 4.26.'de yedi model ve bir referans model bulunmaktadır ve bu tabloda her modele gelen toplam deprem kuvvetleri görülmektedir. Analiz sonrası elde edilen verilere göre eşit deprem kuvvetine sahip olan model 4, model 5, ve model 7 deprem kuvvetinin eşit olması, bu modellerde extra eklenen kolonların sayılarının aynı olmasından

kaynaklanmıştır. Kolon sayısının artması binanın kütlesini (%5.2) arttırmıştır. Bu sebeple modellerin deprem kesme kuvveti ve rijitliği de arttırmıştır. En düşük deprem kesme kuvveti az olan referans modelidir. Çünkü bu modelde kolon sayısı azdır. Tablo 4.26. ve Şekil 4.25. bütün modellere etki eden deprem kesme kuvvetleri gösterilmektedir.

Tablo 4.26. İncelenen modellere etki eden deprem kuvvetleri

Ref	M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	M. 6	M. 7
$F_t(KN)$	$F_t(KN)$	$F_t(KN)$	$F_t(KN)$	$F_t(KN)$	$F_t(KN)$	$F_t(KN)$	$F_t(KN)$
38.131	42.502	45.185	45.122	44.354	44.408	46.512	47.318



Şekil 4.25. İncelenen modellere gelen deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması

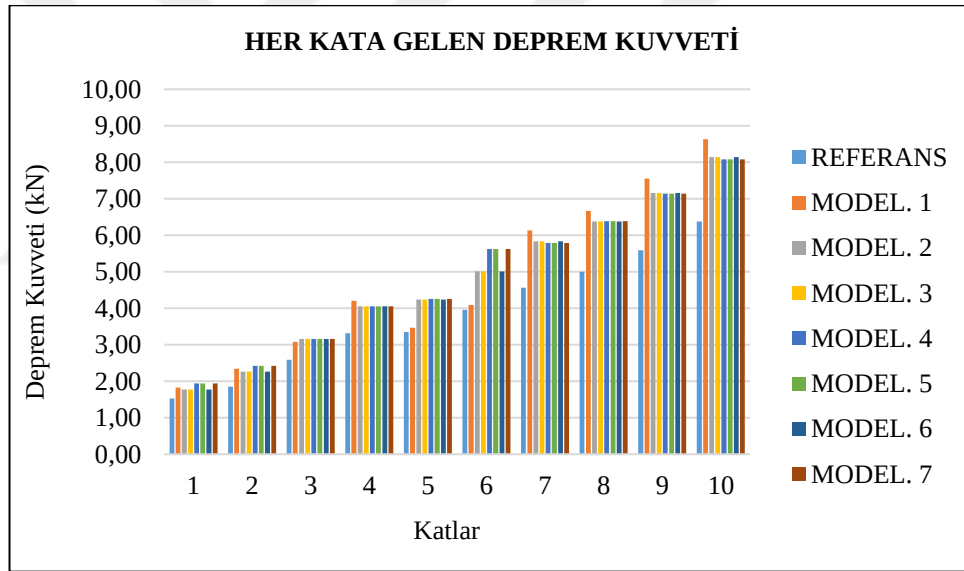
4.3.3. Her katta etki eden deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması

Bir binadaki depremin kuvvetin büyüklüğü doğrudan bina kütlesine bağlıdır. Bir binanın kütlesi artıkça, binaya tesir eden deprem kesme kuvveti de artmaktadır. Bu nedenle Tablo 4.27.'de zemin katlarda ve modeller arasındaki deprem etkisinden dolayı kesme depremi kuvvetinin yaklaşık (%35) artışı açıkça görülmektedir.

Tablo 4.27. Her kata etki eden deprem kuvvetleri

Katlar	REF F _i (KN)	M. 1 F _i (KN)	M. 2 F _i (KN)	M. 3 F _i (KN)	M. 4 F _i (KN)	M. 5 F _i (KN)	M. 6 F _i (KN)	M. 7 F _i (KN)
1	1.530	1.825	1.776	1.776	1.942	1.942	1.776	1.942
2	1.854	2.345	2.266	2.266	2.423	2.423	2.266	2.423
3	2.590	3.080	3.159	3.159	3.159	3.159	3.159	3.159
4	3.316	4.199	4.052	4.052	4.052	4.052	4.052	4.052
5	3.355	3.463	4.238	4.238	4.258	4.258	4.238	4.258
6	3.953	4.091	5.013	5.013	5.621	5.621	5.013	5.621
7	4.562	6.131	5.837	5.837	5.788	5.788	5.837	5.788
9	5.003	6.671	6.377	6.377	6.386	6.386	6.377	6.386
9	5.592	7.554	7.161	7.161	7.142	7.142	7.161	7.142
10	6.377	8.633	8.142	8.142	8.083	8.083	8.142	8.083

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi 4, 5 ve 7 modellerin katlarında en yüksek kesme kuvvete sahip olmaktadır. Bunun nedeni de modellerde eklenen kolonlardır ve bu kolonlar binanın kütesini ve rijitliğinin artmasını sağlamaktadır. (Şekil 4.26.).



Şekil 4.26. Her kata gelen deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması

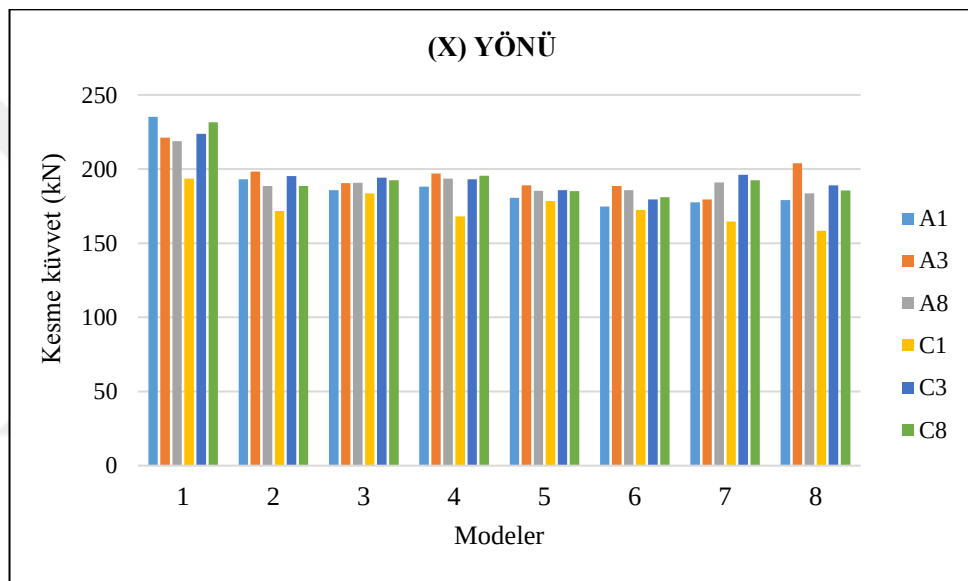
4.3.4. Zemin katlarda ilave edilenlerin dışında seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri

Kolon kesme kuvveti, bir yapıda, toplam yükten kolonların rijitlikleriyle orantılı aldıkları pay olarak tanımlanabilir. 10 katlı modellerdeki analizler sonucunda seçilen kolonlarda (X) yönünü (%22) azalması ve (Y) yönünü ortalama (%9.5) azalmaktadır.

depremlerden oluşan seçilen kolonların kesme kuvvetleri Tablo 4.28. ve Şekil 4.27.'da gösterilmektedir.

Tablo 4.28. (X) yönünde zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri

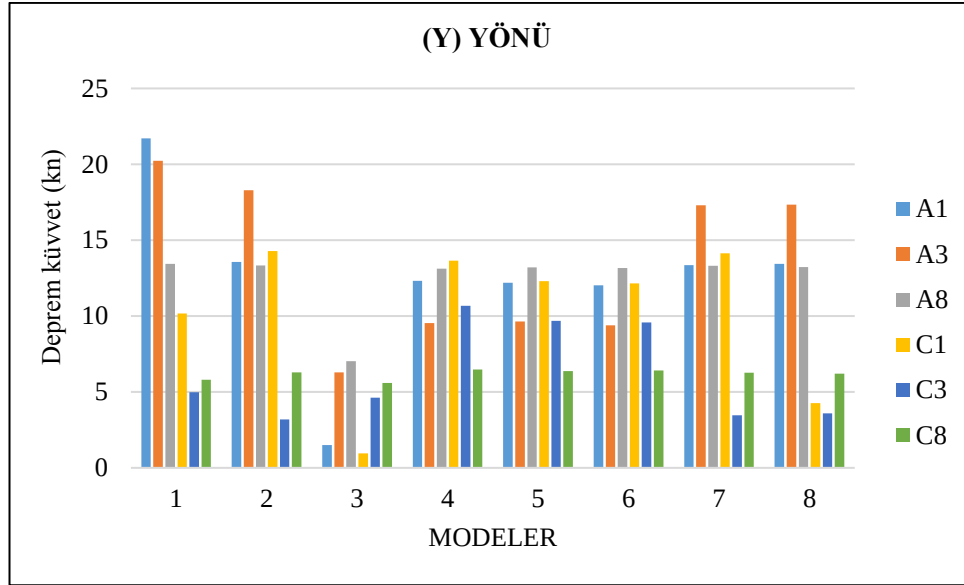
Kolonlar	Ref (kN)	M. 1 (kN)	M. 2 (kN)	M. 3 (kN)	M. 4 (kN)	M. 5 (kN)	M. 6 (kN)	M. 7 (kN)
A ₁	235.2	193.12	185.87	188.11	180.63	174.7	177.5	179.07
A ₃	221.2	198.4	190.5	196.99	188.98	188.6	179.5	203.84
A ₈	218.8	188.5	190.79	193.54	185.33	185.79	190.9	183.55
C ₁	193.5	171.72	183.58	168.14	178.53	172.5	164.52	158.32
C ₃	223.7	195.3	194.22	193.1	185.78	179.55	196.15	189.07
C ₈	231.5	188.5	192.57	195.44	185.14	181.01	192.57	185.65



Şekil 4.27. (X) yönünde zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Tablo 4.29. (Y) yönünde zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri

Kolonlar	REF (kN)	M. 1 (kN)	M. 2 (kN)	M. 3 (kN)	M. 4 (kN)	M. 5 (kN)	M. 6 (kN)	M. 7 (kN)
A ₁	21.71	13.57	11.5	12.32	12.19	12.02	13.36	13.45
A ₃	20.23	18.29	6.28	9.53	9.64	9.39	17.29	17.34
A ₈	13.44	13.34	7.02	13.12	13.2	13.17	13.31	13.22
C ₁	10.16	14.28	0.95	13.66	12.3	12.15	14.13	4.26
C ₃	4.99	3.19	4.62	10.67	9.68	9.59	3.46	3.59
C ₈	5.81	6.28	5.59	6.47	6.38	6.41	6.26	6.21



Şekil 4.28. (Y) yönünde zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

4.3.5. A1 burulma düzensizliği, görel kat ötelemesi ve yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görel kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görel kat ötelemesine oranını ifade eden katsayıya Burulma Düzensizliği Katsayısı (η_{bi}) denmektedir. (η_{bi})'nin herhangi bir katta 1.2'den büyük olması halinde burulma düzensizliği oluşur. Bu çalışmada on katlı modellerin burulma düzensizliği kontrol sonucu ($1.6 > 1.2$) den fazla sonuçlandığı için burulma düzensizliği oluşmaktadır. Binanın herhangi bir i'inci katında A1 türü düzensizliğin bulunması durumunda, $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ olmak koşulu ile, bu katta uygulanan $\pm\%5$ ek dışmerkezlilik, her iki deprem doğrultusu için (D_{bi}) katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir ve bu çalışmada tekrar analiz yapılarak doğru sonuçlara ulaşılmıştır. Bu durum Tablo 4.30. görülmektedir.

Tablo 4.30. On katlı modelin görel kat ötelenmesi, burulma düzensizliği ve yumuşak kat düzensizliği kontrolü

1.kat			
Etkin görel kat ötelenmesi kontrolü			Açıklama
Yöne	X	Y	
Sınır katsayısı	0.00292	0.0286	X ve Y yönlerinin her ikisinde de $\Delta_{max} < \Delta$ sınır olduğundan kat etkin görel kat ötelenmesi yönetmenliğe uygundur.
Δ Sınır	0.018673	0.017924	
Δ Max	0.012433	0.011514	
Burulma düzensizliği kontrolü			Açıklama

Tablo 4.30. (Devamı)

Max η_{bi} 1.144562141			Max η_{bi} <1.2 olduğundan kat burulma düzensizliği yoktur.
D _{bi} 1			
Yumuşak kat düzensizliği kontrolü			
Max η_{ki} 1.655811124			Açıklama
2.kat			Max η_{ki} <2 olduğundan kat yumuşak düzensizliği yoktur.
Etkin görelî kat ötelenmesi kontrolü			
Yöne	X	Y	
Sınır katsayısı	0.00234	0.0223	
Δ Sınır	0.014525	0.016214	
Δ Max	0.011425	0.012175	
Burulma düzensizliği kontrolü			Açıklama
Max η_{bi} 1.125647812			Max η_{bi} <1.2 olduğundan kat burulma düzensizliği yoktur.
D _{bi} 1			
Yumuşak kat düzensizliği kontrolü			
Max η_{ki} 1.32146578			Açıklama
3.kat			Max η_{ki} <2 olduğundan kat yumuşak düzensizliği yoktur.
Etkin görelî kat ötelenmesi kontrolü			
Yöne	X	Y	
Sınır katsayısı	0.00234	0.0223	
Δ Sınır	0.015471	0.0161458	
Δ Max	0.0138421	0.01425478	
Burulma düzensizliği kontrolü			Açıklama
Max η_{bi} 1.12114562			Max η_{bi} <1.2 olduğundan kat burulma düzensizliği yoktur.
D _{bi} 1			
Yumuşak kat düzensizliği kontrolü			
Max η_{ki} 1.458212412			Açıklama
4.kat			Max η_{ki} <2 olduğundan kat yumuşak düzensizliği yoktur.
Etkin görelî kat ötelenmesi kontrolü			
Yöne	X	Y	
Sınır katsayısı	0.00234	0.0223	
Δ Sınır	0.016754	0.017425	
Δ Max	0.013345	0.0125412	
Burulma düzensizliği kontrolü			Açıklama
Max η_{bi} 1.14326234			Max η_{bi} <1.2 olduğundan kat burulma düzensizliği yoktur.
D _{bi} 1			
Yumuşak kat düzensizliği kontrolü			
Max η_{ki} 1.46657412			Açıklama
5.kat			Max η_{ki} <2 olduğundan kat yumuşak düzensizliği yoktur.
Etkin görelî kat ötelenmesi kontrolü			
Yöne	X	Y	
Sınır katsayısı	0.00234	0.0223	
Δ Sınır	0.015476	0.016578	
Δ Max	0.013854	0.012467	
Burulma düzensizliği kontrolü			Açıklama

Tablo 4.30. (Devamı)

Max η_{bi}	1.167654500	Max $\eta_{bi} < 1.2$ olduğundan kat burulma düzensizliği yoktur.
D_{bi}	1	
Yumuşak kat düzensizliği kontrolü		Açıklama
Max η_{ki}	1.32587324	Max $\eta_{ki} < 2$ olduğundan kat yumuşak düzensizliği yoktur.
6.kat		
Etkin görelî kat ötelenmesi kontrolü		Açıklama
Yöne	X	Y
Sınır katsayısı	0.00234	0.0223
Δ Sınır	0.018453	0.018465
Δ Max	0.012743	0.0132547
Burulma düzensizliği kontrolü		Açıklama
Max η_{bi}	1.16245735	Max $\eta_{bi} < 1.2$ olduğundan kat burulma düzensizliği yoktur.
D_{bi}	1	
Yumuşak kat düzensizliği kontrolü		Açıklama
Max η_{ki}	1.7532561	Max $\eta_{ki} < 2$ olduğundan kat yumuşak düzensizliği yoktur.
7.kat		
Etkin görelî kat ötelenmesi kontrolü		Açıklama
Yöne	X	Y
Sınır katsayısı	0.00234	0.0223
Δ Sınır	0.018423	0.017325
Δ Max	0.012724	0.013384
Burulma düzensizliği kontrolü		Açıklama
Max η_{bi}	1.13345672	Max $\eta_{bi} < 1.2$ olduğundan kat burulma düzensizliği yoktur.
D_{bi}	1	
Yumuşak kat düzensizliği kontrolü		Açıklama
Max η_{ki}	1.84562245	Max $\eta_{ki} < 2$ olduğundan kat yumuşak düzensizliği yoktur.
8.kat		
Etkin görelî kat ötelenmesi kontrolü		Açıklama
Yöne	X	Y
Sınır katsayısı	0.00234	0.0223
Δ Sınır	0.017573	0.016424
Δ Max	0.013254	0.0142154
Burulma düzensizliği kontrolü		Açıklama
Max η_{bi}	1.162453570	Max $\eta_{bi} < 1.2$ olduğundan kat burulma düzensizliği yoktur.
D_{bi}	1	
Yumuşak kat düzensizliği kontrolü		Açıklama
Max η_{ki}	1.75314665	Max $\eta_{ki} < 2$ olduğundan kat yumuşak düzensizliği yoktur.
9.kat		
Etkin görelî kat ötelenmesi kontrolü		Açıklama
Yöne	X	Y
Sınır katsayısı	0.00234	0.0223
Δ Sınır	0.017373	0.018124
Δ Max	0.013546	0.01346871
Burulma düzensizliği kontrolü		Açıklama

Tablo 4.30. (Devamı)

Max η_{bi}			1.175344600	Max η_{bi} <1.2 olduğundan kat burulma düzensizliği yoktur.	
D_{bi}			1		
Yumuşak kat düzensizliği kontrolü					
Max η_{ki}			1.74381136	Max η_{ki} <2 olduğundan kat yumuşak düzensizliği yoktur.	
10.kat					
Etkin görel kat ötelenmesi kontrolü					
Yöne			X	Y	Açıklama X ve Y yönlerinin her ikisinde de $\Delta \max<\Delta$ sınır olduğundan kat etkin görel kat ötelenmesi yönetmenliğe uygundur.
Sınır katsayısı			0.00234	0.0223	
Δ Sınır			0.0187432	0.0165412	
Δ Max			0.014665752	0.012245688	
Burulma düzensizliği kontrolü					
Max η_{bi}			1.145665782	Max η_{bi} <1.2 olduğundan kat burulma düzensizliği yoktur.	
D_{bi}			1		
Yumuşak kat düzensizliği kontrolü					
Max η_{ki}			1.62453453	Max η_{ki} <2 olduğundan kat yumuşak düzensizliği yoktur.	

4.4. On, Yedi ve Dört Katlı Modellerin Karşılaştırması

Bu dört tipik modelin her birinde, aks aralarında kolonlar ekleyerek daha önce sonuçları verilmişti. Bu aşamada incelenen betonarme yapıların üç farklı yükseklikte olan modellerinin mukayese edilmesi ve seçilen modellerin referans modeli, referans modellerle, birinci modeli, birinci modellerle aynı şekilde geri kalan modelleri bir biriyle, periyotlarının, deprem kuvvetlerinin, kesme kuvvetlerinin, momentlerinin, gerekli donatı alanlarının ayrıntılı bir şekilde tablo ve grafik olarak karşılaştırılmaları verilmişti. Bu modellerin arasında bina yüksekliği ve farklılığı var ama bu farklılık daha önce vurguladığımız faktörlerden bazılarını çok veya bazılarını az etkilemektedir. Bu modellerin sonuçları Sap2000 programının yardımıyla elde edilmişti.

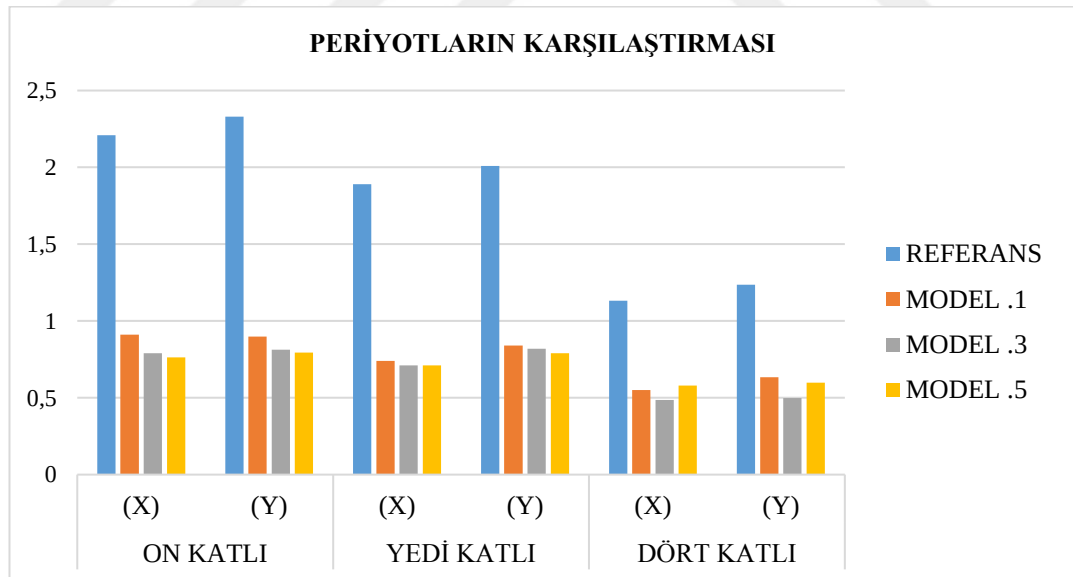
4.4.1. Periyotlarının karşılaştırılması

Araştırmanın bu noktasında üç farklı katlı modellerle, her biri dört farklı ilave kolon sayısına sahip olan bu modellerin periyotları karşılaştırılmaktadır. Daha önce belirtildiği gibi betonarme yapıların periyotlarının azalması ve yükselmesi yapı çerçevesinin iki faktörüne bağlıdır. Bunlar betonarme yapının kütlesi ve rijitliğidir, bu iki faktör her zaman betonarme yapının periyotlarına büyük etki göstermektedir.

Farklı katlı modeller karşılaştırıldığında; doğal olarak en yüksek titreşim periyoduna sahip olan modeller, on katlı modellerdir ve (y) yönünün en büyük periyoda sahip olması betonarme yapı çerçevesinin bu doğrultudaki boynun diğer doğrultuya göre kısa olmasındandır ve bu durum üç farklı katlı olan modeller için de geçerlidir. Referans modellerde Tablo 4.31.'de görüldüğü gibi binalarda oluşan periyotlar yüksektir. Deprem, rüzgâr gibi kuvvetlerin etkisinde bu kadar titreşim periyodu oluşmaktadır. Model 5'te, Tablo 4.31'da görüldüğü gibi modellerin kolon sayısının artması, kütlelerin, rijitliğin artmasını sağlamak ve bunun sonucunda modellerin periyotlarının azalmasına sebep olmaktadır. Modellerin her birinin detayları Tablo 4.31. ve Şekil 4.29.'de verilmiştir.

Tablo 4.31. (x) ve (y) yönündeki saniye cinsinden periyotlarının karşılaştırılması

Kat sayısı	Yön	Referans	Model. 1	Model. 3	Model. 5
On katlı	(x)	2.21	0.91	0.791	0.762
	(Y)	2.33	0.899	0.813	0.794
Yedi katlı	(x)	1.89	0.74	0.71	0.71
	(Y)	2.01	0.84	0.82	0.79
Dört katlı	(x)	1.13	0.55	0.49	0.58
	(Y)	1.24	0.63	0.50	0.60



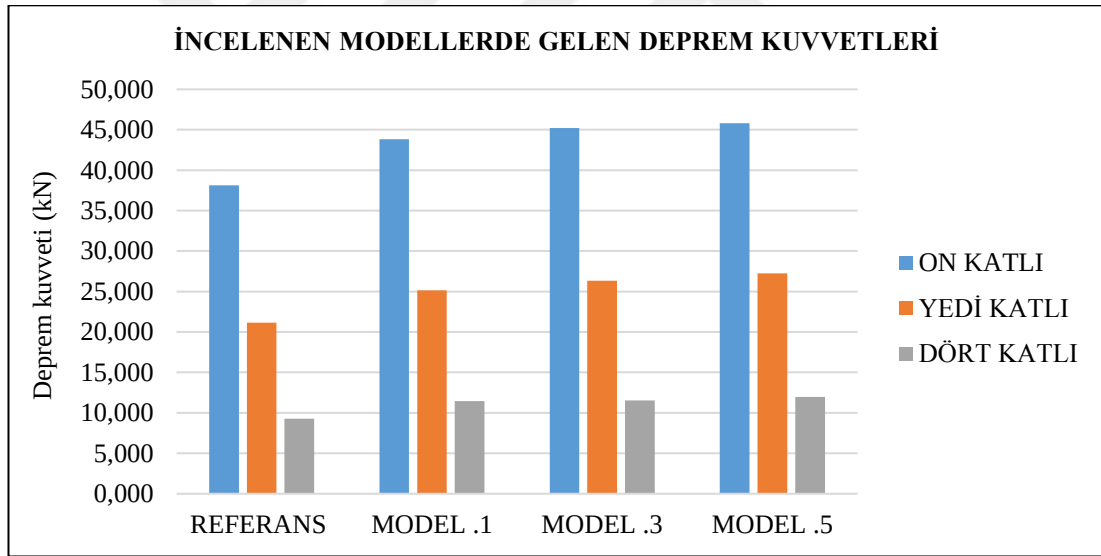
Şekil 4.29. (x) ve (y) yönün periyotlarının karşılaştırılması

4.4.2. İncelenen modellere etki eden deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması

Bir betonarme yapının yükünün artması, büyük dış (deprem, rüzgâr, vb) kuvvetlerin oluşması demektir. Yapı elamanlarının (kolon, kiriş, döşeme, vb) kütlelerin rijitliğinin yükselmesi, deprem titreşim periyodun azalmasına sebep olur. Bu bölümde, bütün modellerin herbiri Sap2000 programıyla analiz edilmiştir. Sonuç olarak bu modellerin hepsinde, ilave kolonlar yer almaktadır. Dört katlı, yedi, katlı ve on katlı incelenen binalarda oluşan deprem kuvvetleri Tablo 4.32. ve Şekil 4.30'de verilmiştir.

Tablo 4.32. incelenen nodellere etki eden deprem kuvvetleri

Kat sayısı	Referans F_t (kN)	Model. 1 F_t (kN)	Model. 3 F_t (kN)	Model. 5 F_t (kN)
On katlı	38.131	43.85	45.2	45.8
Yedi katlı	21.160	25.133	26.340	27.242
Dört katlı	9.29	11.448	11.546	11.954



Şekil 4.30. incelenen nodellere etki eden deprem kuvvetleri

4.4.3. Zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri

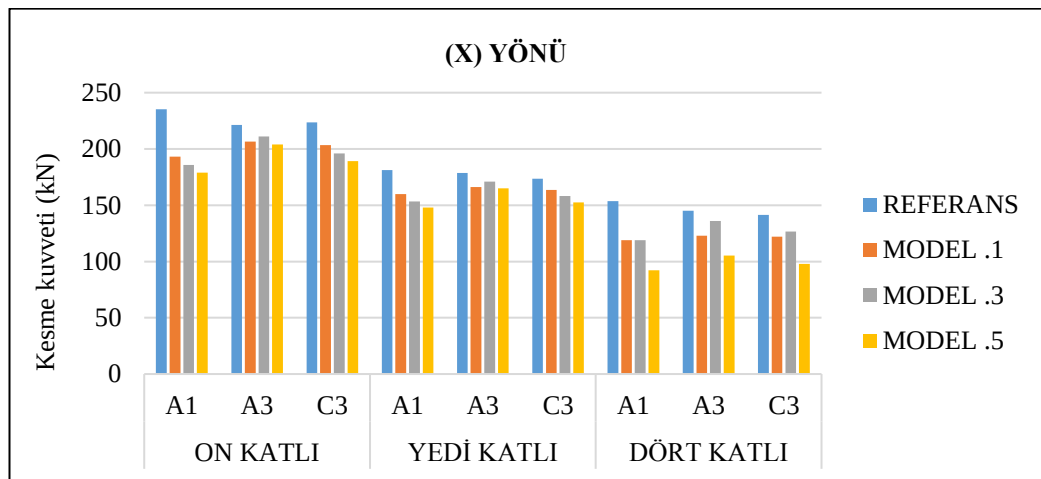
Araştırmanın bu kısmında, aynı kolonları üç farklı katlı modellerde her biri dört farklı şekilde aks aralarına ilave edilen kolonlardan oluşan modellerde, seçilen kolonlardaki kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Doğal olarak kat sayısı yüksek olan modeller en yüksek kolon kesme kuvvetine sahiptir. Bu araştırmada aks aralarına kolonları

ekledikten sonra, kolonların arasında farklı etkileşim meydana gelmektedir ve bu etkileşim sadece kolonların kesme kuvvetlerinin değil, momentlerinin, gereken donatı yüzdelерinin, rijitliğinin, periyotlarının ve birçok faktörlerin değişmesine neden olmaktadır. Burada sadece kesme kuvvetinin sonuçları incelenmiştir. Her modelde kolon sayılarının artması kesme kuvvetlerinin azalmasına neden olmaktadır. Bu araştırmanın çözümlerine göre, on katlı, yedi katlı, dört katlı modellerin karşılaştırması ile aynı sonuca varılmıştır. Kolonların kesme kuvvetleri (x) yönü için Tablo 4.33. ve Şekil 4.31.'de, (y) yönü için Tablo 4.34. ve Şekil 4.32.'da verilmiştir.

- A1 kolonu : köşe kolondur.
- A2 kolonu : kenar kolondur.
- A3 kolonu : iç kolondur.

Tablo 4.33. (X) yönündeki kolonların kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

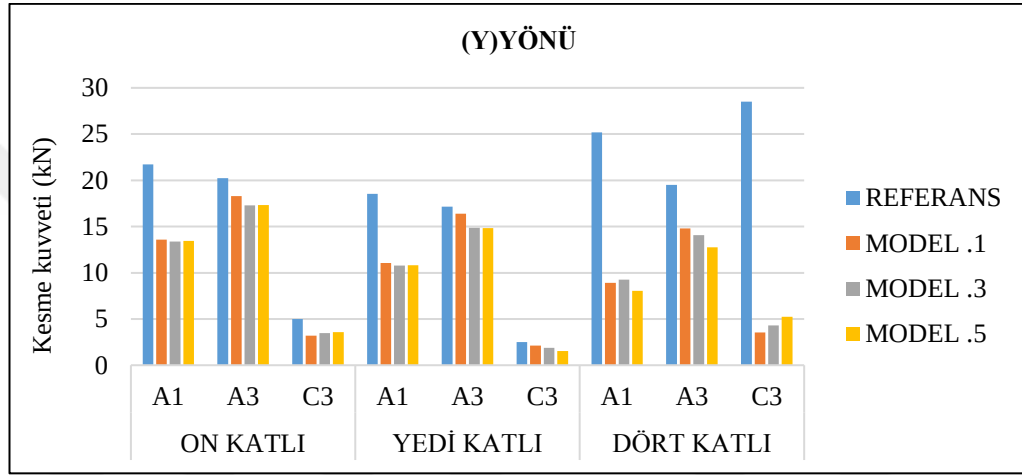
Kat syisi	Kolonlar	Referans (kN)	Model .1 (kN)	Model .3(kN)	Model .5 (kN)
On katlı	A1	235.29	193.12	185.65	179.07
	A3	221.23	206.55	211.14	203.84
	C3	223.72	203.33	196.15	189.07
Yedi katlı	A1	181.12	159.77	153.43	147.9
	A3	178.65	166.1	171.04	165.08
	C3	173.56	163.53	158.06	152.38
Dört katlı	A1	153.53	118.82	119.04	92.33
	A3	145.05	122.86	136.03	105.4
	C3	141.54	122.18	126.66	97.87



Şekil 4.31. (X) yönündeki kolonların kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Tablo 4.34. (Y) yönündeki kolonların kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Kat syisi	Kolonlar	Referans (kN)	Model .1 (kN)	Model .3 (kN)	Model .5 (kN)
On katli	A1	21.71	13.57	13.36	13.45
	A3	20.23	18.29	17.29	17.34
	C3	4.99	3.19	3.46	3.59
Yedi katli	A1	18.55	11.04	10.78	10.8
	A3	17.14	16.39	14.88	14.84
	C3	2.51	2.14	1.89	1.54
Dört katli	A1	25.2	8.91	9.24	8.04
	A3	19.5	14.8	14.07	12.77
	C3	28.5	3.54	4.31	5.25



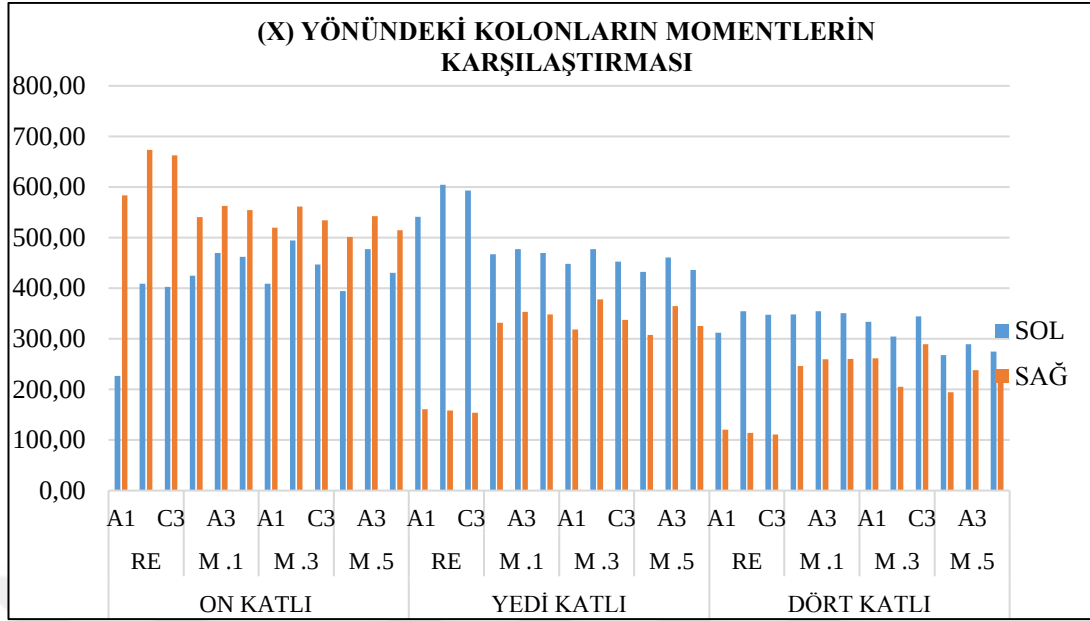
Şekil 4.32. (Y) yönündeki kolonların kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

4.4.4. Zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan momentler

Kolonların momenleri de kolonların kesme kuvvetleri gibi uyum sağlamaktadır. Ama modellerin hepsinde gözümüze çarpan bir nokta vardır; o da kolonların sağ momentlerinin sol momentlerinden çok büyük bir farklılık ortaya koymasındır. Yan kolon ve kirişlerin birleştiği düğüm noktalarında rijitliğinin yükselişi o momentin artmasına neden olur. Bu değişim her betonarme yapı çerçeve sisteminde aynı şekilde görülmektedir. Ve (x) yönündeki momentlerin yüksek olması betonarme binanın uzun boyutunda yer almasındandır. (y) yönündeki sonuçlarda, aksi durum oluşmuştur. Kolonların momentleri, (x) yönü için Tablo 4.35. ve Şekil 4.33.'de, (y) yönü için Tablo 4.36. Şekil 4.34.'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 4.35. (X)yönü kolonların mometlerinin karşılaştırılması

Kat sayısı	Modeller	Kolonlar	Sol (kN.m)	Sağ (kN.m)
On katlı	Referans	A1	226.74	583.52
		A3	409.02	673.29
		C3	402.34	662.36
	Model .1	A1	424.95	540.64
		A3	469.95	562.80
		C3	462.15	554.52
	Model .3	A1	408.66	519.62
		A3	494.02	561.66
		C3	446.75	534.01
	Model .5	A1	394.10	501.24
		A3	477.10	542.12
		C3	430.56	514.79
Yedi katlı	Referans	A1	541.35	161.08
		A3	604.67	158.07
		C3	593.09	153.80
	Model .1	A1	466.88	331.95
		A3	477.33	353.16
		C3	469.60	348.19
	Model .3	A1	448.44	318.73
		A3	477.49	377.73
		C3	452.61	337.69
	Model .5	A1	432.62	307.35
		A3	460.81	364.59
		C3	436.39	325.52
Dört katlı	Referans	A1	312.40	120.51
		A3	354.31	113.94
		C3	347.47	111.13
	Model .1	A1	347.87	246.23
		A3	354.54	259.77
		C3	350.74	260.14
	Model .3	A1	333.64	261.55
		A3	304.47	205.21
		C3	344.31	288.99
	Model .5	A1	267.54	194.11
		A3	289.16	237.82
		C3	275.07	214.28



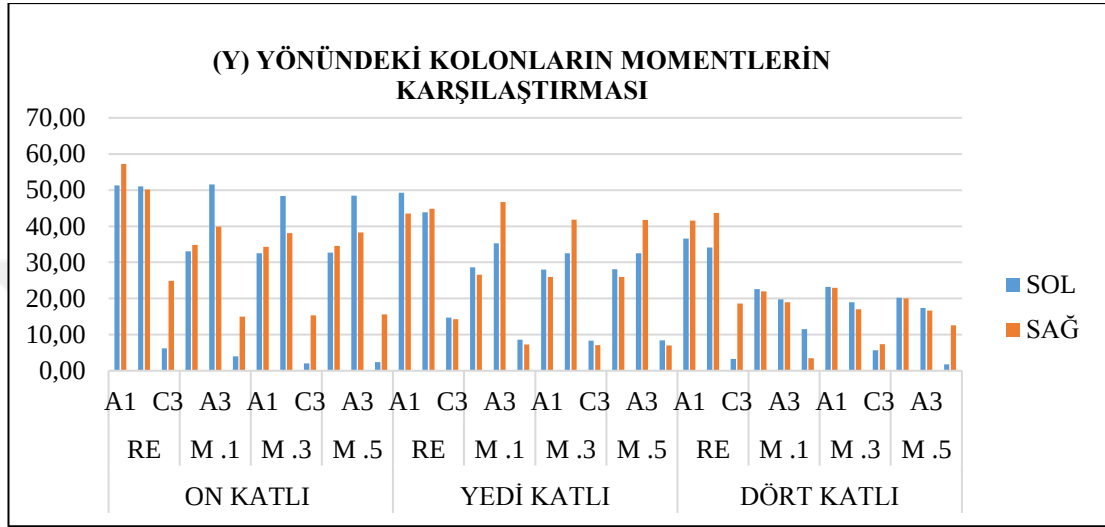
Şekil 4.33.(X)yönü kolonların mometlerinin karşılaştırılması

Tablo 4.36. (Y)yönü kolonların mometlerinin karşılaştırılması

Kat sayısı	Modeller	Kolonlar	Sol (kN.m)	Orta (kN.m)	Sağ (kN.m)
On katlı	Referans	A1	51.34	2.94	57.21
		A3	51.04	6.46	50.13
		C3	6.16	12.53	24.91
	Model .1	A1	33.03	4.90	34.82
		A3	51.55	5.82	39.91
		C3	3.97	7.01	15.00
	Model .3	A1	32.52	3.88	34.27
		A3	48.34	5.12	38.09
		C3	2.03	6.63	15.29
	Model .5	A1	32.69	4.93	34.54
		A3	48.42	5.07	38.28
		C3	2.35	6.62	15.59
Yedi katlı	Referans	A1	49.28	2.90	43.48
		A3	43.89	0.45	44.79
		C3	14.67	14.47	14.27
	Model .1	A1	28.64	1.03	26.58
		A3	35.24	5.74	46.73
		C3	8.55	7.89	7.23
	Model .3	A1	27.96	1.02	25.92
		A3	32.55	4.65	41.84
		C3	8.32	7.72	7.13
	Model .5	A1	28.05	1.04	25.97
		A3	32.52	4.58	41.69
		C3	8.43	7.72	7.01
Dört katlı	Referans	A1	36.55	2.49	41.53
		A3	34.13	4.77	43.67
		C3	3.31	10.96	18.60
	Model .1	A1	22.56	0.28	22.00
		A3	19.79	0.41	18.98

Tablo 4.36. (Devamı)

	C3	11.54	7.48	3.43
	A1	23.21	0.11	22.98
Model .3	A3	18.96	0.98	17.00
	C3	5.67	6.52	7.38
	A1	20.16	0.05	20.06
Model .5	A3	17.35	0.36	16.62
	C3	1.77	7.17	12.60



Şekil 4.34. (Y)yönü kolonların mometlerinin karşılaştırılması

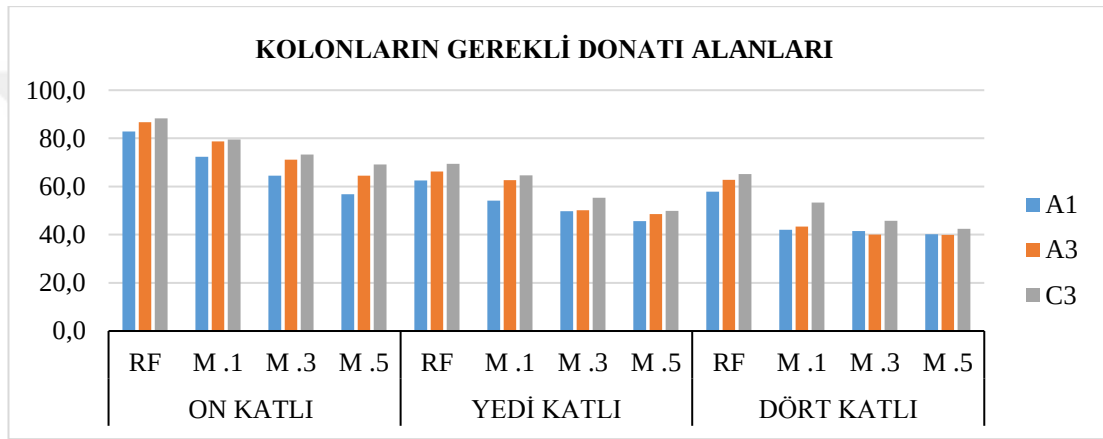
- A1 kolonu : köşe kolondur
- A3 kolonu : kenar kolondur
- C3 kolonu : iç kolondur

4.4.5. Zemin katlarda seçilen kolonlarda gerekli donatı alanı

Bu aşamada on katlı, yedi katlı ve dört katlı modellerin seçilen kolonlarda hesaplanan gerekli donatı alanları Tablo 4.37. ve Şekil 4.35.'da verilmiştir. Her aşamada referans modellerin sonuçları diğer modellerin sonuçlarından yüksek çıkmaktadır. Bunun nedeni kolonların sayısının az olması ve betonarme binaya etki eden kuvvetlerin karşısında dayanım göstermek için betonarme yapının rijitliğinin yükselişine işaret etmektedir. Bu sonuçları Sap2000 programı vasıtasıyla elde edilmekte ve değerlendirilmektedir.

Tablo 4.37. Kolonların gerekli donatı alanlarının karşılaştırılması(cm²)

Kat sayısı	Modeller	A1	A3	C3
On katlı	Referans	82.8	86.7	88.3
	Model .1	72.4	78.8	79.5
	Model .3	64.5	71.2	73.3
	Model .5	56.8	64.5	69.2
	Referans	62.5	66.3	69.4
Yedi katlı	Model .1	54.1	62.6	64.7
	Model .3	49.8	50.2	55.3
	Model .5	45.7	48.6	49.9
	Referans	57.8	62.8	65.2
Dört katlı	Model .1	42.1	43.4	53.4
	Model .3	41.5	40.1	45.8
	Model .5	40.2	39.9	42.4
	Referans	57.8	62.8	65.2



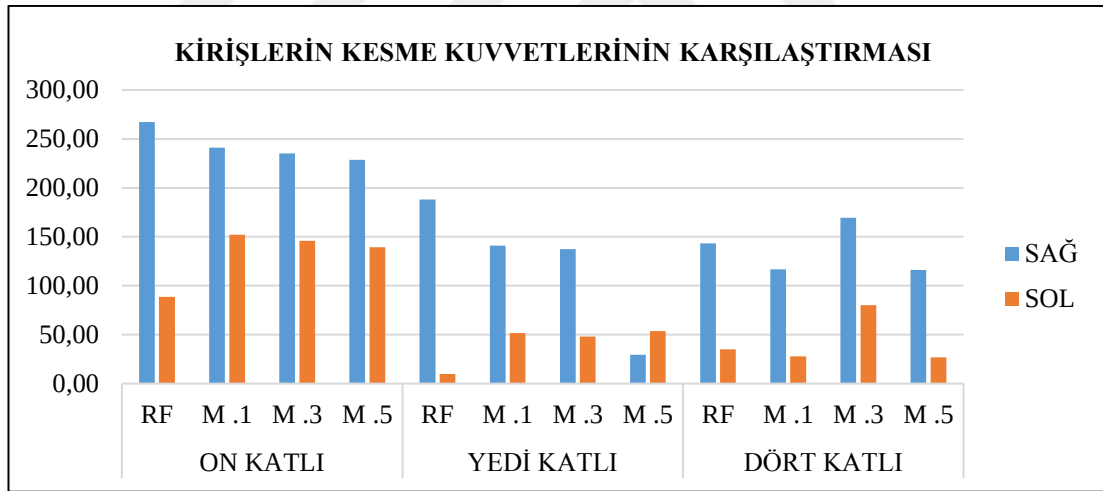
Şekil 4.35. Kolonların gerekli donatı alanlarının karşılaştırılması

4.4.6. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan kesme kuvvetleri

Bu noktada görüldüğü gibi kirişlerin kesme kuvvetleri kolonlarda göre azdır doğal olarak aynı sonuçla karşılanması gerekiyordu. Şunu hatırlatmamızda fayda var; referans modelin seçilen kirişi tek bir kiriş, geri kalan modellerde aynı kiriş iki kirişe ayrılmaktadır. Bu noktanın sonuçlarını incelemeye alırsak; kirişlerin bölünmesiyle döşeme yüklere daha çok bu kirişleri etkilenmesi olasıdır ve sağ kesme kuvvetlerin yüksek olması düğüm noktaların ikiden fazla kirişlere bağlı olmasıdır. Bu durum kirişin kesme kuvvetinin çoğalmasına sebep olmaktadır. Aynı durum yedi katlı ve dört katlı modellerde de görünmektedir. Sonuçlar Tablo 4.38. ve Şekil 4.36.'de açıklanmaktadır.

Tablo 4.38. Kirişlerin kesme kuvvetlerin karşılaştırılması

Kat sayısı	Modeller	Kirişler	Sol (kN)	Sağ (kN)
On katlı	Referans	K.A1-3	88.78	267.08
	Model .1	K.A1-2	152.02	241.17
		K.A2-3	108.25	197.41
	Model .3	K.A1-2	145.91	235.06
		K.A2-3	91.84	180.99
	Model .5	K.A1-2	139.34	228.49
K.A2-3		86.50	175.65	
Yedi katlı	Referans	K.A1-3	69.85	188.16
	Model .1	K.A1-2	51.72	140.87
		K.A2-3	39.91	129.06
	Model .3	K.A1-2	48.25	137.40
		K.A2-3	31.83	120.98
	Model .5	K.A1-2	53.58	29.58
K.A2-3		56.48	26.68	
Dört katlı	Referans	K.A1-3	34.91	143.39
	Model .1	K.A1-2	27.70	116.89
		K.A2-3	20.40	109.60
	Model .3	K.A1-2	80.30	169.40
		K.A2-3	43.97	133.12
	Model .5	K.A1-2	26.89	116.04
K.A2-3		11.49	100.65	



Şekil 4.36. kirişlerin kesme kuvvetlerin karşılaştırılması

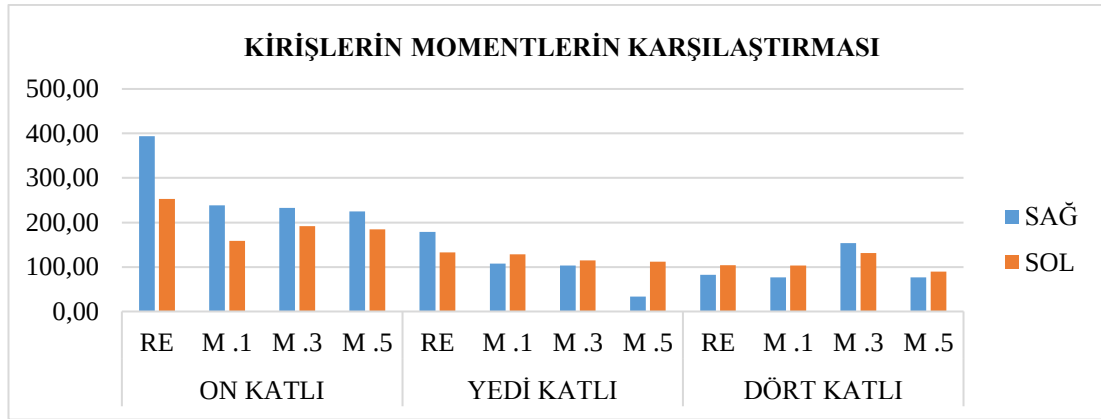
4.4.7. Zemin katlarda seçilen kirişlerde oluşan momentleri

Kiriş momentlerinin referans modelde yüksek olduğu aşıkardır ama bu momentler betonarme ilave kolonların eklenişinin ardından tek kirişin ikiye kirişe bölünmesinden sonra betonarme yapıdan kirişlere gelen momentlerin oldukça azalması söz konusudur.

Aynı değişim yedi katlı ve dört katlı modellerde de açıkça belirmektedir. Kirişlerde oluşan momentleri Tablo 4.39. ve Şekil 4.37.de ayrıntılı bir şekilde açıklamaktadır.

Tablo 4.39. kirişlerin momenlerin karşılaştırılması

Kat sayısı	Modeller	Kirişler	Sol (kN.m)	Sağ (kN.m)
On katlı	Referans	K.A1-3	393.65	495.98
	Model .1	K.A1-2	238.83	252.66
		K.A2-3	158.40	158.40
	Model .3	K.A1-2	232.50	243.70
		K.A2-3	149.43	191.60
	Model .5	K.A1-2	225.14	234.65
		K.A2-3	143.00	184.68
	Yedi katlı	Referans	K.A1-3	178.93
Model .1		K.A1-2	107.84	132.90
		K.A2-3	82.88	128.34
Model .3		K.A1-2	103.17	128.90
		K.A2-3	76.46	114.54
Model .5		K.A1-2	33.45	113.45
		K.A2-3	35.64	112.12
Dört katlı		Referans	K.A1-3	82.17
	Model .1	K.A1-2	76.56	104.22
		K.A2-3	59.16	103.39
	Model .3	K.A1-2	153.74	158.48
		K.A2-3	90.36	131.02
	Model .5	K.A1-2	76.97	101.70
		K.A2-3	50.83	89.35



Şekil 4.37. kirişlerin momenlerin karşılaştırılması

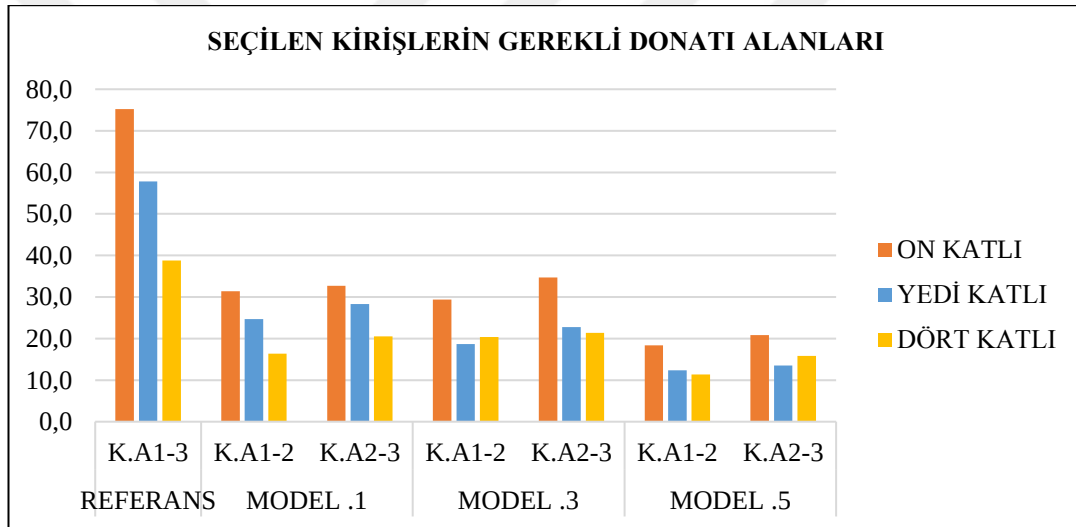
4.4.8. Zemin katlarda seçilen kirişlerde gerekli donatı alanı

Daha önce de belirtildiği gibi bir betonarme yapı çerçevelerinin momentleri, kesme kuvvetleri ve deprem kuvvetlerinde bir değişim olduğu takdirde, yapı elemanlarının her bir sonuçları da aynı değişime uyum sağlamaktadır. Bu noktada da kirişlerde

gerekli donatı alanları modellerin katlarına göre değişmesi doğal olarak beklenen sonuçtur. Kirişlerin donatı alanları her katın yüküne göre ve kirişlerin aks aralarında ilave edilen kolonların kirişleri iki kirişe bölmesi ve donatı alanlarının azalması Tablo 4.40. ve Şekil 4.38.'de görülmektedir.

Tablo 4.40. kirişlerin gerekli donatı alanları(cm²)

Kat sayısı	Modeller	Referans	Model. 1		Model. 3		Model. 5	
	KİRİŞLER	K1-3	K1-2	K2-3	K1-2	K2-3	K1-2	K2-3
On katlı	Veriler	75.2	31.4	32.7	29.4	34.7	18.4	20.8
Yedi katlı	Veriler	57.8	24.7	28.3	18.7	22.8	12.4	13.5
Dört katlı	Veriler	38.8	16.4	20.5	20.4	21.4	11.4	15.8



Şekil 4.38. Kirişlerin gerekli donatı alanları

4.5. Modellerde Grup Karşılaştırması

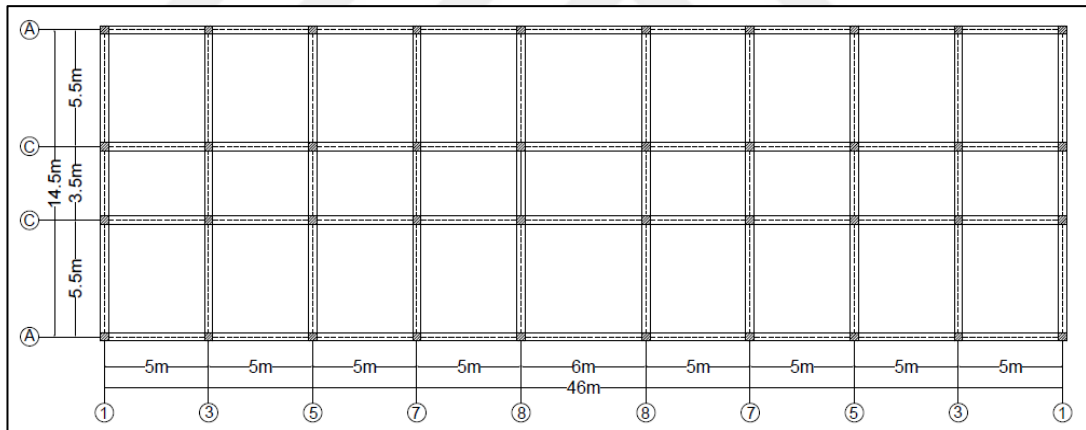
Bu aşamada betonarme taşıyıcı sistemin modellerini üç grup halinde her birinin periyotları, taban kesme kuvvetleri ve zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi karşılaştırılmaktadır. Birinci grubun kapsamında olan modeller (referans model, model 1, model 3, model 5) yer almaktadır ve bu modellerin her biri dört, yedi ve on katlı olarak mukayese edilmektedir. İkinci grupta yer alan modeller (referans model, model 1, model 4, ve model 6) dır ve bu betonarme taşıyıcı sistem olan modeller sadece yedi katlı olarak değerlendirilmiştir. Üçüncü grupta yer alan

modeller de yedi katlıdır ve bu modeller (referans model, model 1, model 2, model 6 ve model 7) de dahil olmak üzere analiz sonuçları Sap2000 programıyla elde edilmiştir.

4.5.1. Birinci grup karşılaştırma

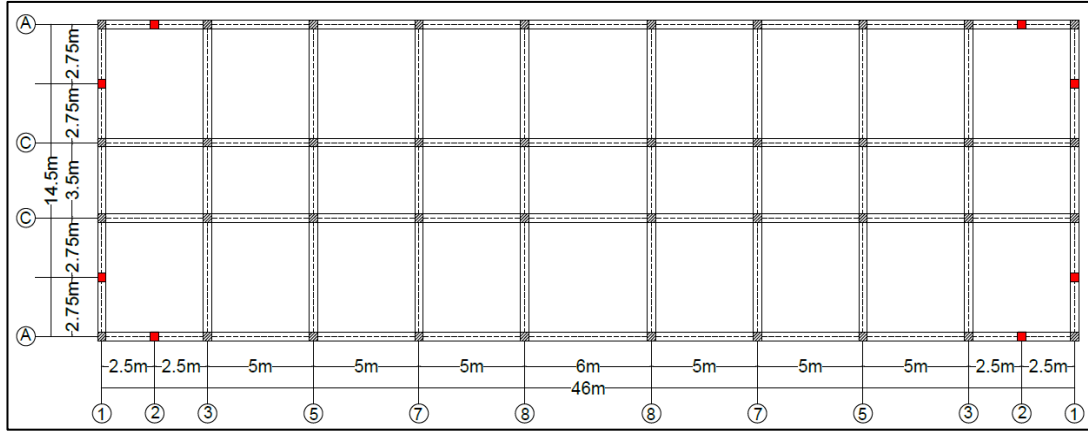
Bu grup karşılaştırmasında; dört modelin (referans model, model 1, model 3, model 5) ve bu modellerin dört, yedi, on katlı olarak periyotlarının, taban kesme kuvvetlerinin ve zemin katlarda kenar, iç, köşe kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin değişimini her biri ile karşılaştırılmaktadır.

Referans model: Bu model, modellerin referans modelidir yani betonarme binanın ilave kolonsuz halidir. Ara kolon eklenmesi söz konusu değildir ve ara kolonsuz bir taşıyıcı sistemdir. (Şekil 4.39.).



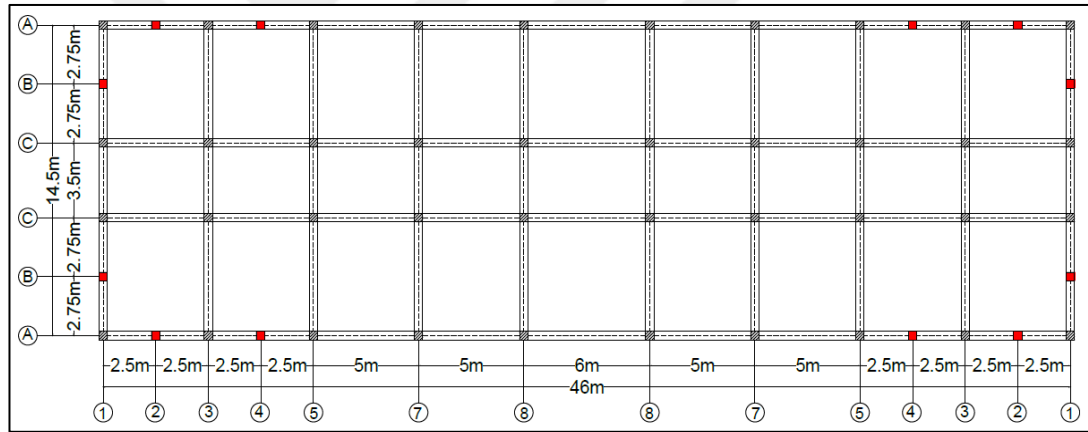
Şekil 4.39. Referans modelin planı

Model 1: Bu modellerin tipik olduğunu söylemiştik şimdi bu planda toplam sekiz kolon eklenmektedir. Kenarlarda köşelerde yakın birer ara kolonlu taşıyıcı sistem (Şekil 4.40.).



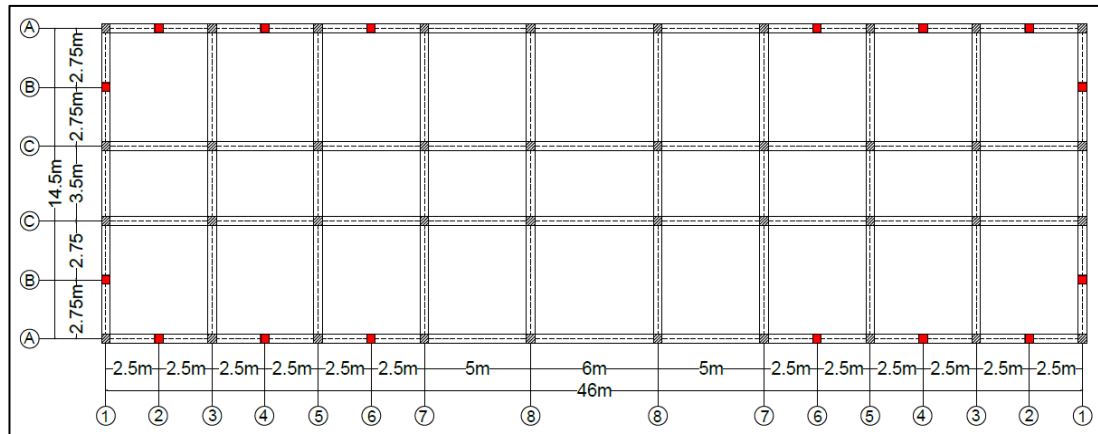
Şekil 4.40. Model. 1' in planı

Model 3: Kenarlarda köşelere yakın kısa doğrultuda birer, uzun doğrultuda köşelere yakın iki aks aralarında birer kolonlu taşıyıcı sistem. (Şekil 4.41.).



Şekil 4.41. Model. 3' ün planı

Model 5: Kenarlarda kısa doğrultuda köşelerde yakın birer ara kolonlu uzun doğrultuda köşelere yakın üç aks aralarında birer ara kolonlu taşıyıcı sistem (Şekil 4.42.).



Şekil 4.42. Model. 5' in planı

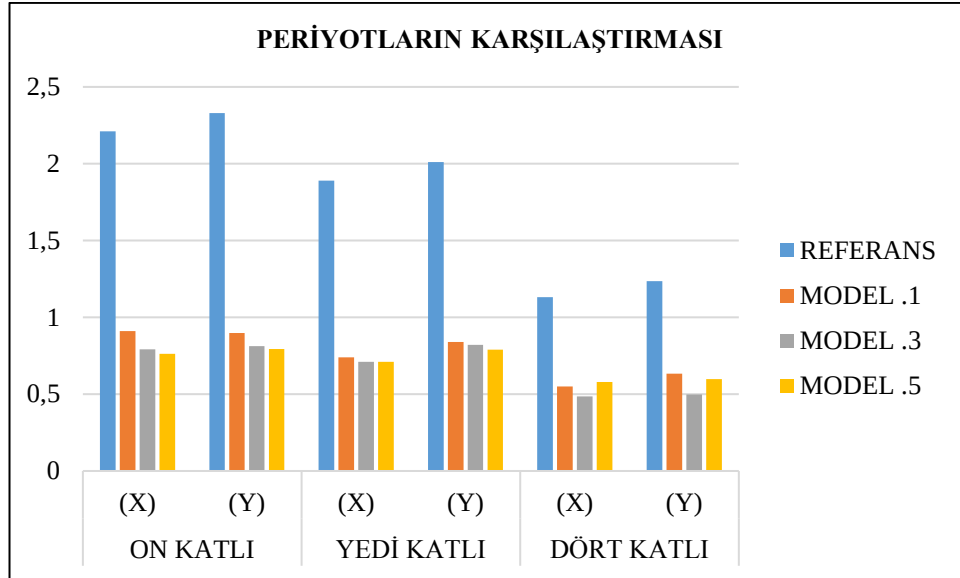
4.5.1.1. Periyotların karşılaştırılması

Birinci grupta periyotların karşılaştırılmasına betonarme taşıyıcı sisteminde Tablo 4.41. de görüldüğü gibi en yüksek periyota sahip olan model referans modeldir ve katların azalması modellerin periyotların azalmasına sebep olmuştur. Bu kavram betonarme taşıyıcı sistemlerin doğal olarak göstermesi gerekirken bir durumdur. Bu noktada betonarme taşıyıcı sistemlerin aks aralarında ilave kolon ekleyerek ve betonarme taşıyıcı sistemlerin kütlelerinin yükselmesini deprem gibi yatay kuvvetlerin karşısında daha mukavemetli olmaktadır. Taşıyıcı sistemlerin periyotları Tablo 4.41. ve Şekil 4.43.‘de verilmiştir.

Tablo 4.41. (X) ve (Y) yönündeki saniye cinsinden periyotların karşılaştırması

Kat sayısı	Yön	Referans	Model. 1	Model. 3	Model. 5
On katlı	(x)	2.21	0.91	0.791	0.762
	(Y)	2.33	0.899	0.813	0.794
Yedi katlı	(x)	1.89	0.74	0.71	0.71
	(Y)	2.01	0.84	0.82	0.79
Dört katlı	(x)	1.13	0.55	0.49	0.58
	(Y)	1.24	0.63	0.50	0.60

Kat sayısı	Yön	Referans	Model. 1	Model. 3	Model. 5
On katlı	(x)	2.21	0.91	0.791	0.762
	(Y)	2.33	0.899	0.813	0.794
Yedi katlı	(x)	1.89	0.74	0.71	0.71
	(Y)	2.01	0.84	0.82	0.79
Dört katlı	(x)	1.13	0.55	0.49	0.58
	(Y)	1.24	0.63	0.50	0.60



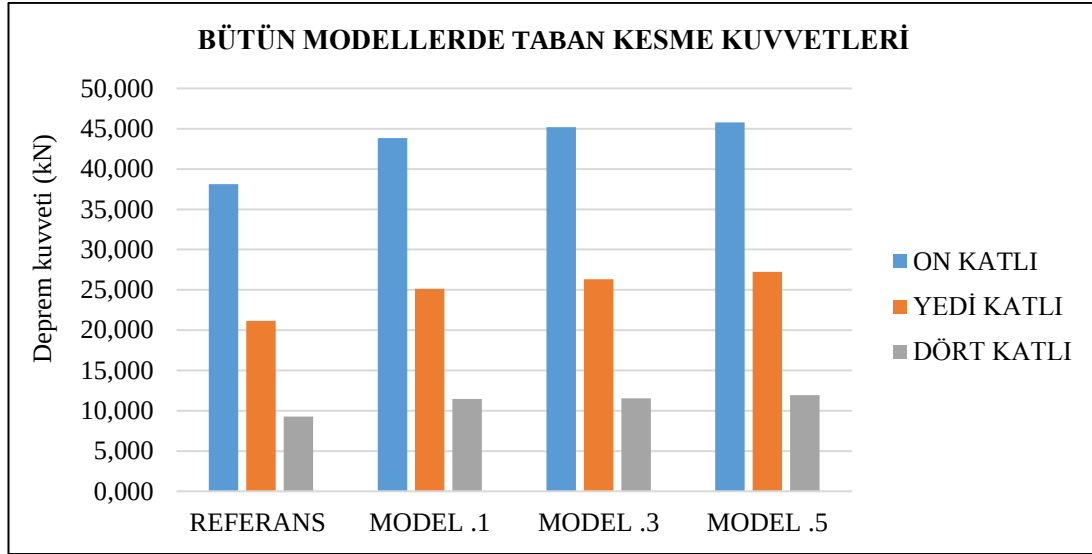
Şekil 4.43. (X ve Y) yönün periyotlarının karşılaştırması

4.5.1.2. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Bir betonarme taşıyıcı sistemin taban kesme kuvvetleri, betonarme yapının kütlesine bağlıdır. Bu sebepten on katlı modellerin yüksek olması ve ilave kolonların sayısının artması betonarme taşıyıcı sistemin taban kesme kuvvetlerinin artmasına neden olmaktadır. Bu durum Tablo 4.42. ve Şekil 4.44.'de görülmektedir.

Tablo 4.42. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması

Kat sayısı	Referans (kN)	Model. 1 (kN)	Model. 3 (kN)	Model. 5 (kN)
On katlı	38.131	43.85	45.2	45.8
Yedi katlı	21.160	25.133	26.340	27.242
Dört katlı	9.29	11.448	11.546	11.954



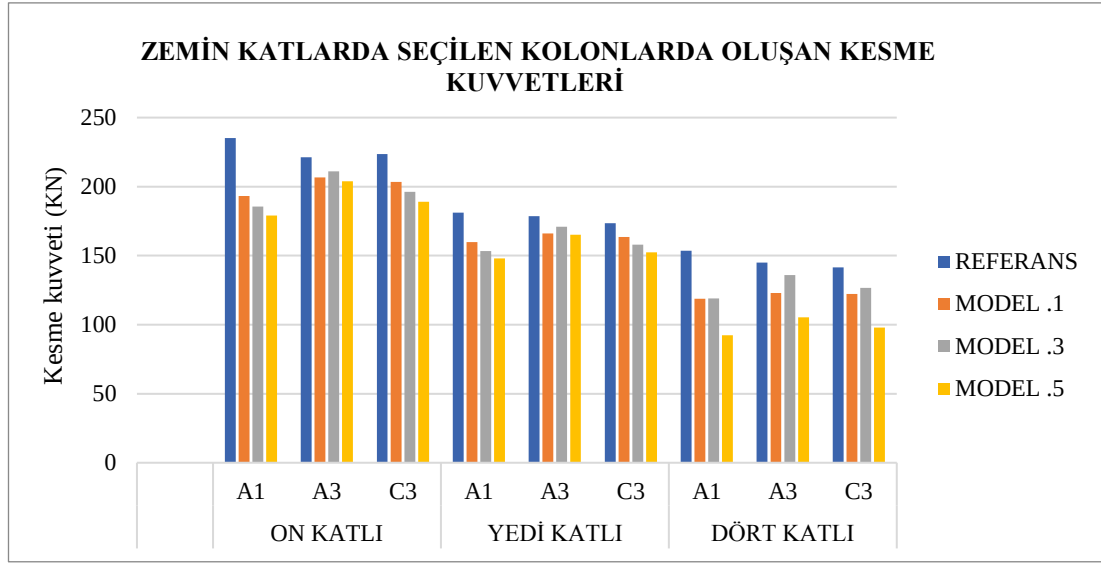
Şekil 4.44. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması

4.5.1.3. Zemin katların kolonlarında oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi

Bu noktada kolonların bulunduğu yere ve bina kat adedine göre elde edilen kolonların kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Bu değerler Tablo 4.43. ve Şekil 4.45.'da detaylı bir verilmiştir. Betonarme taşıyıcı sistemlerde kolonların kesme kuvvetlerinin artması kolonun rijitliğinin artması demektir. Bu mukayesede referans model en az kesme kuvvetlere sahiptir, dört, yedi ve on katlı referans modellerde de aynı şekilde görülmektedir. Bu aşamadan sonra ilave kolonların eklenmesinin ardından taşıyıcı sistemin rijitliğinin yükselişi ve deprem, rüzgar gibi afetlere karşı direnç göstermesi beklenmektedir.

Tablo 4.43. Zemin katların kolonlarında oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi

Kat sayısı	Kolonlar	Referans (kN)	Model. 1 (kN)	Model. 3 (kN)	Model. 5 (kN)
On katlı	A1	235.2	193.12	185.65	179.07
	A3	221.2	206.55	211.14	203.84
	C3	223.7	203.33	196.15	189.07
Yedi katlı	A1	181.12	159.77	153.43	147.9
	A3	178.65	166.1	171.04	165.08
	C3	173.56	163.53	158.06	152.38
Dört katlı	A1	153.53	118.82	119.04	92.33
	A3	145.05	122.86	136.03	105.4
	C3	141.54	122.18	126.66	97.87



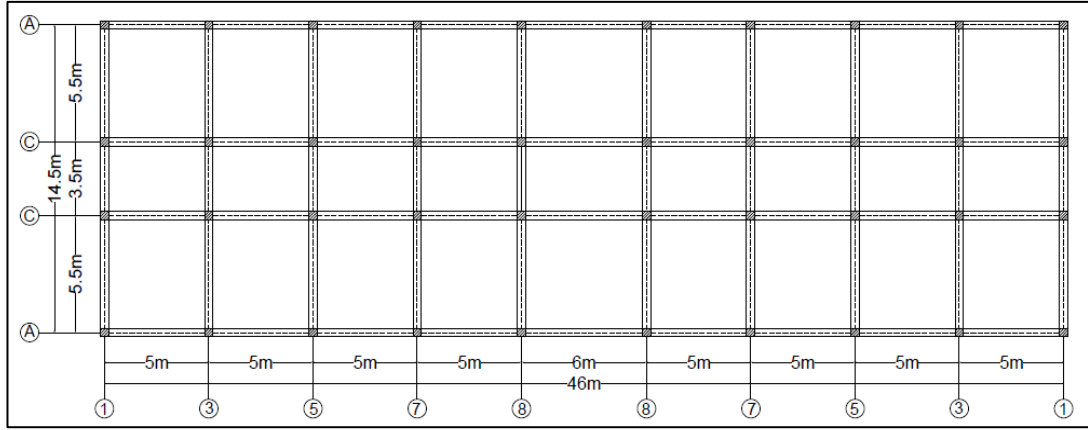
Şekil 4.45. Zemin katlarda kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi

- A1 kolonu : köşe kolondur
- A3 kolonu : kenar kolondur
- C3 kolonu : iç kolondur

4.5.2. İkinci grup karşılaştırma

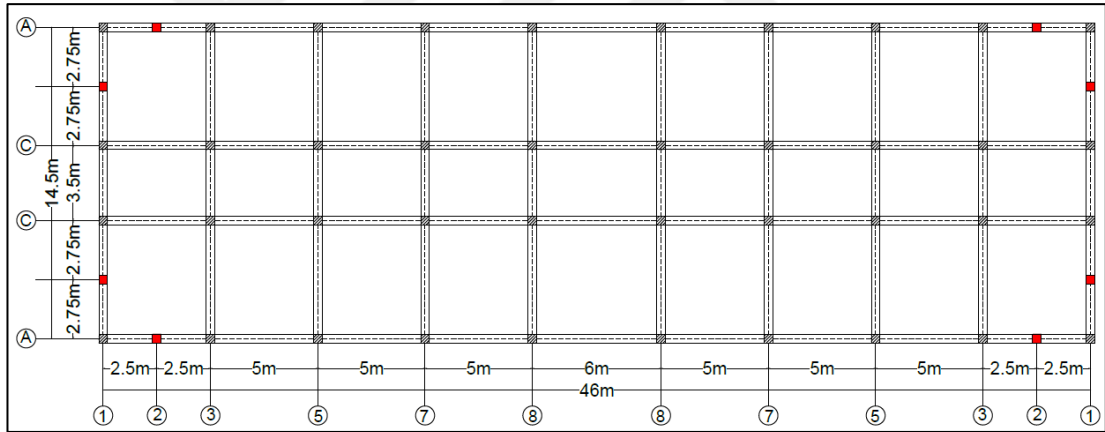
İkinci grup karşılaştırmasının kapsamında olan modelleri; referans model, model 1, model 4, ve model 6 dır. Bu karşılaştırma sadece yedi katlı olan modellerin arasında gerçekleştirilmiştir. Modellerin her birinin periyotları, taban kesme kuvvetleri, zemin katlarda kenar, köşe ve iç kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin değişimleri mukayese edilmektedir. Betonarme taşıyıcı sistemin modellerinin özellikleri aşağıda açıklanmaktadır.

Referans model: Bu model modellerin referans modelidir, yani betonarme binanın ilava kolonsuz halidir kolon eklenmesi söz konusu değildir ve ara kolonsuz bir taşıyıcı sistemdir. (Şekil 4.46.).



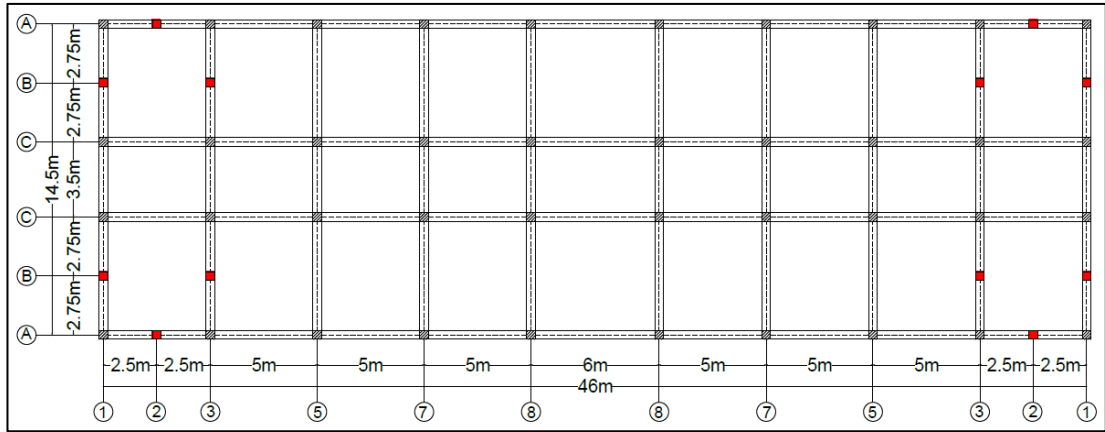
Şekil 4.46. Referans modelin planı

Model. 1: Bu modellerin tipik olduğunu söylemiştik şimdi bu planda toplam sekiz kolon eklenmektedir. Kenarlarda köşelerde yakın birer ara kolonlu taşıyıcı sistem. (Şekil 4.47.).



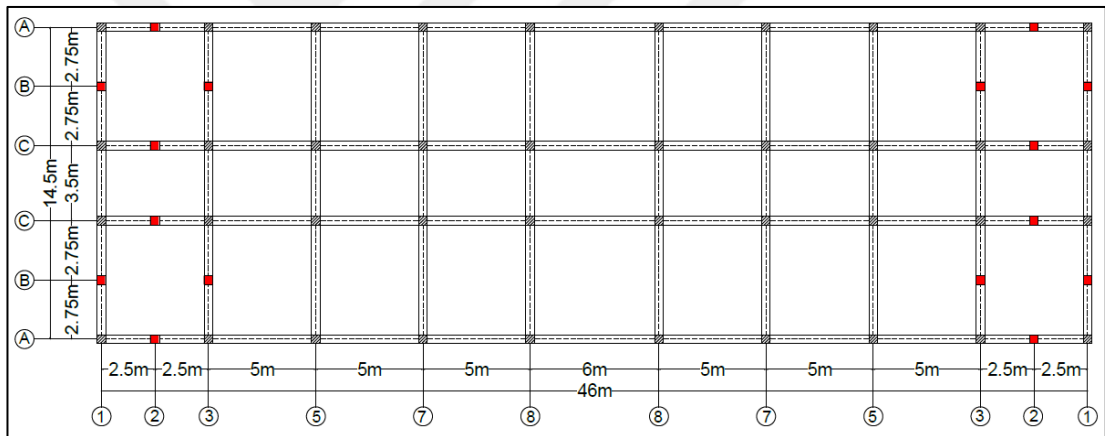
Şekil 4.47. Model. 1' in planı

Model 4: Kenarlarda ve kenara yakın kısa doğrultuda iç akslarda köşelere yakın birer ara kolonlu taşıyıcı sistem. (Şekil 4.48.).



Şekil 4.48. Model. 4' ün planı

Model 6: Kenarlarda ve her iki doğrultuya paralel kenara yakın iç akslarda birer ara kolonla taşıyıcı sistem. (Şekil 4.49.).



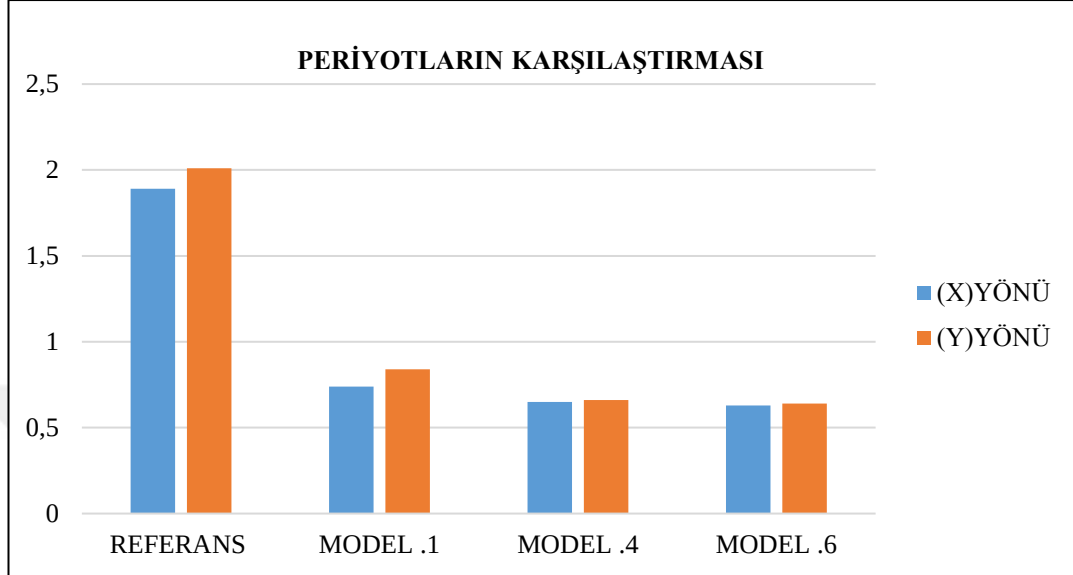
Şekil 4.49. Model. 6' nın planı

4.5.2.1. Periyotların karşılaştırılması

Betonarme taşıyıcı sistemin periyotları her zaman yapı elemanların rijitliğini göze alarak hareketi gerçekleştirmektedir. Bu noktada referans modelin rijitliğinin az olmasını ve binanın depreme karşı hareketli olduğunu açıklamaktadır ve model 6 ile karşılaştırdığımızda büyük bir farkın olduğu aşikardır. Bunun sebebi ilave kolonların eklenmesi ve kolonların kesme kuvvetlerinin artmasını ve daha çok direnç olmasını sağlamaktadır. Tablo 4.44. ve Şekil 4.50.'de verileriyle beraber açıklanmaktadır.

Tablo 4.44. (X) ve (Y) yönündeki saniye cinsinden Periyotların karşılaştırılması

Model	Referans	Model. 1	Model. 4	Model. 6
X	1.89	0.74	0.65	0.63
Y	2.01	0.84	0.66	0.64



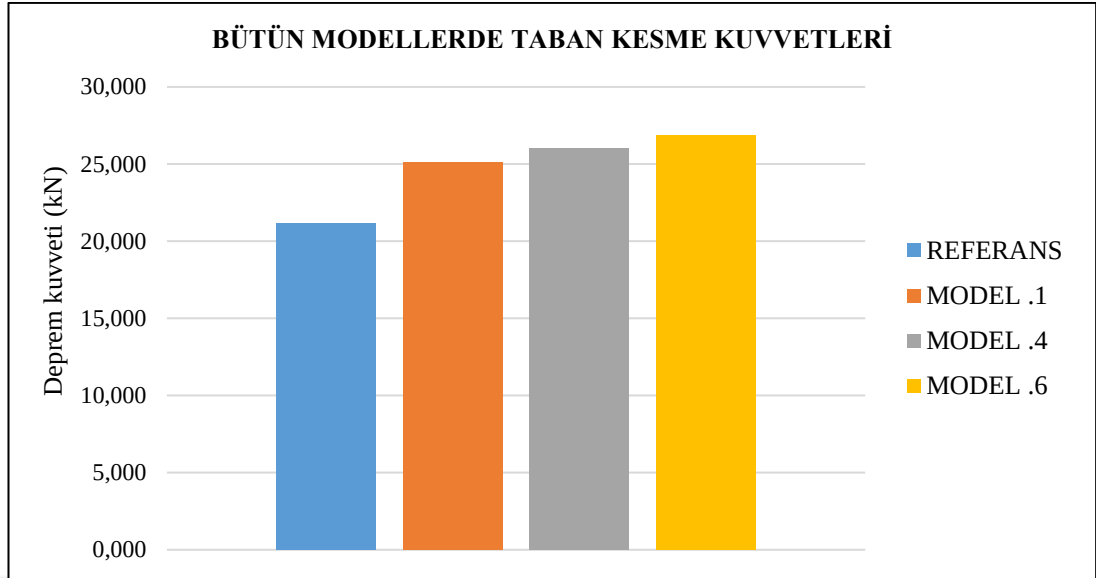
Şekil 4.50. Periyotların karşılaştırılması

4.5.2.2. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması

Yedi katlı seçilen modellerin taban kesme kuvvetleri karşılaştırılmaktadır. Tablo 4.45. ve Şekil 4.51.'de görüldüğü gibi referans modelden model 6 ya kadar taban kesme kuvvetinin değişken olduğu görülmektedir. Bunun sebebi model 1, 4 ve 6 nın aks aralarında ilave kolonlardan oluştuğu bu farklılık ortaya çıkmaktadır. Çünkü ilave kolonlar betonarme taşıyıcı sistemin yükünün yükselişine ve bu nedenden dolayı taban kesme kuvvetlerinin yükselmesine sebep olmaktadır.

Tablo 4.45. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması

Model	Referans (kN)	Model. 1 (kN)	Model. 2 (kN)	Model. 6 (kN)
Değerler	21.160	25.133	26.052	26.851



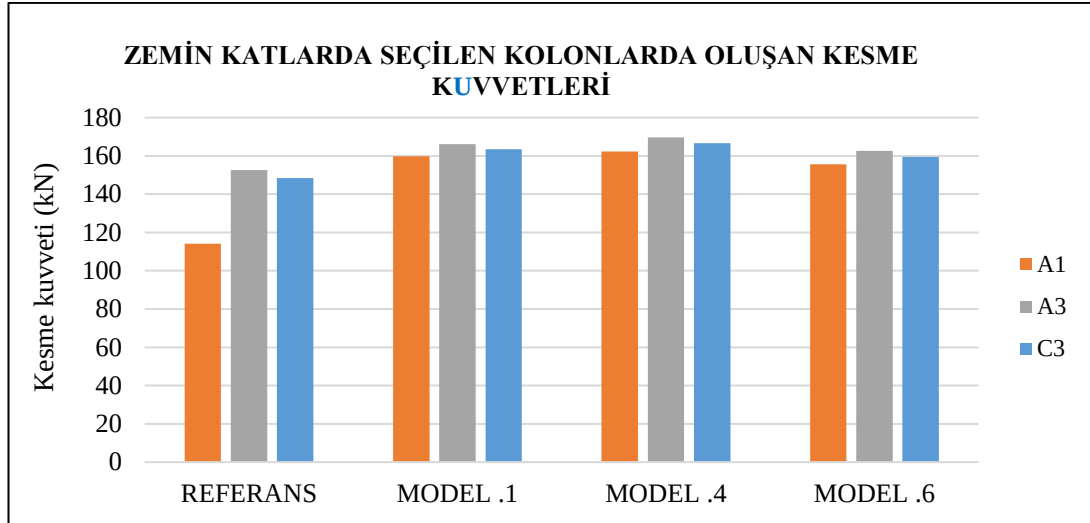
Şekil 4.51. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması

4.5.2.3. Zemin katların kolonlarında oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi

Bu aşamada sadece yedi kattan oluşan referans model; model 1, 4 ve 6 ya seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleriyle mukayese edilmektedir. Tablo 4.46. ve Şekil 4.52.'de belirtildiği gibi referans modelin zemin katlarda seçilen kolonların kesme kuvvetleri en düşüktür ve geri kalan modellerde oluşan kesme kuvvetlerinin değerinde kolonların sayısına göre çok az değişim görülmektedir. Aşağıdaki tablo ve şekilde detaylı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 4.46. Zemin katlarda kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi

Kolonlar	Referans (kN)	Model. 1 (kN)	Model. 2 (kN)	Model. 6 (kN)
A1	181.12	159.77	162.262	155.669
A3	178.65	166.1	169.662	162.559
C3	173.56	163.53	166.632	159.512



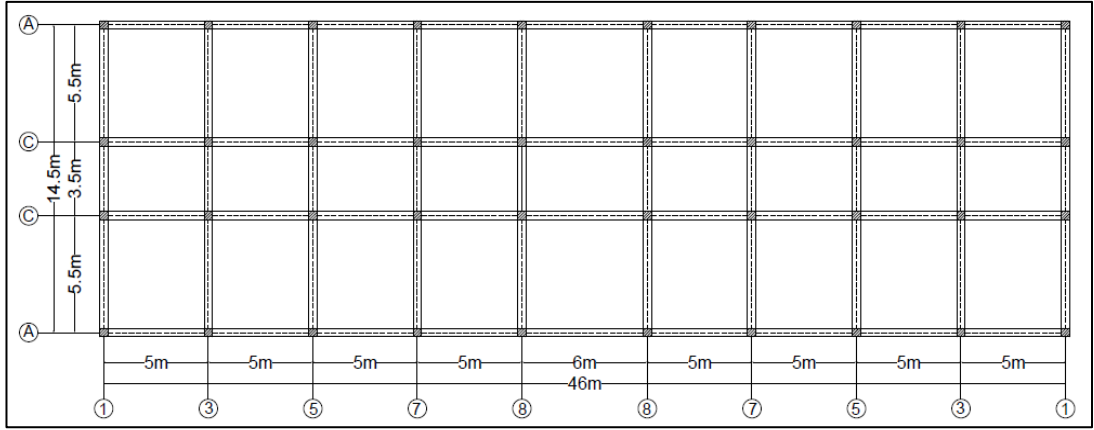
Şekil 4.52. Zemin katlarda kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi

- A1 kolonu: köşe kolondur
- A3 kolonu: kenar kolondur
- C3 kolonu: iç kolondur

4.5.3. Üçüncü grup karşılaştırma

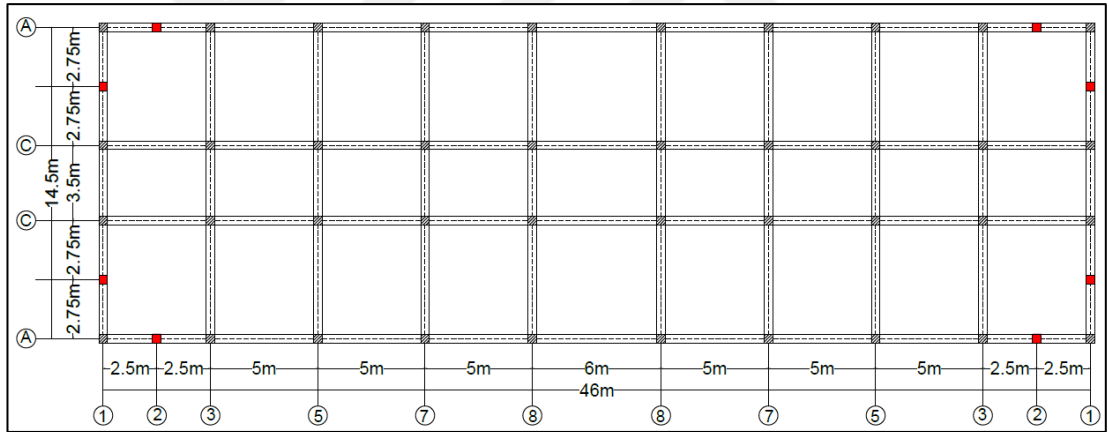
Bu grup modellerin karşılaştırması ikinci grup karşılaştırmaya çok yakındır. Ama şu farkla, aks aralarında ilave edilen kolonların sırasına göre mukayese edilen bir karşılaştırmayı temsil etmektedir. Bu karşılaştırmada yer alan modeller (referans model, model 1, model 2, model 6 ve model 7) de dahil olmak üzere, betonarme yapının periyotları, taban kesme kuvvetleri ve zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri tablo ve şekil olarak karşılaştırılmaktadır.

Referans model: Bu model modellerin referans modelidir yani betonarme binanın ilava kolonsuz halidir. Kolon eklenmesi olmamaktadır ve ara kolonsuz bir taşıyıcı sistemdir (Şekil 4.53.).



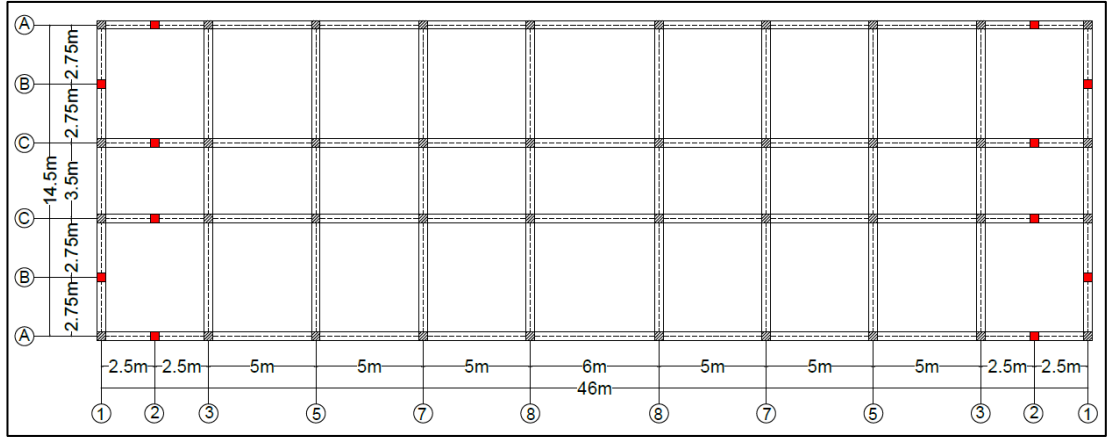
Şekil 4.53. Referans modelin planı

Model. 1: Bu modellerin tipik olduğunu söylemiştik şimdi bu planda toplam sekiz kolon eklenmektedir. Kenarlarda köşelerde yakın birer ara kolonlu taşıyıcı sistem (Şekil 4.54.).



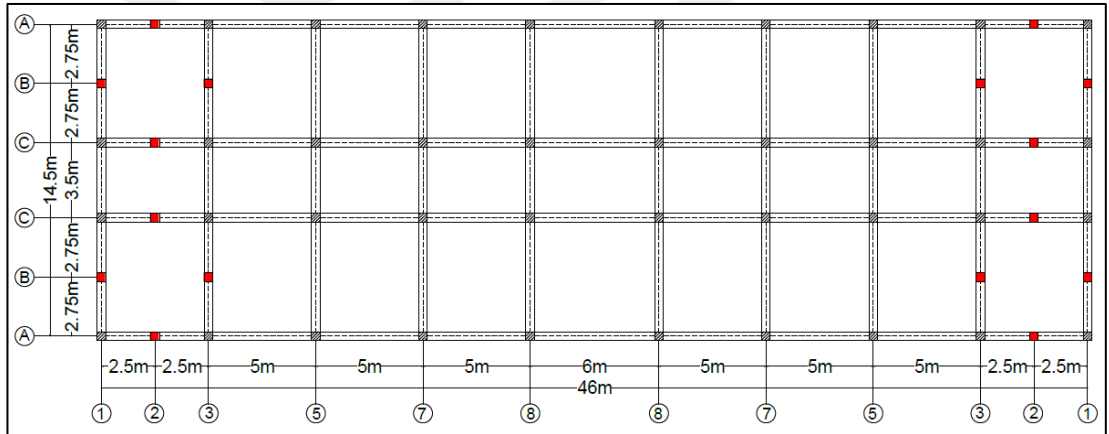
Şekil 4.54. Model. 1' in planı

Model. 2: Kenarlarda ve uzun doğrultuda iç akslarda köşelere yakın ara kolonlu taşıyıcı sistem (Şekil 4.55.).



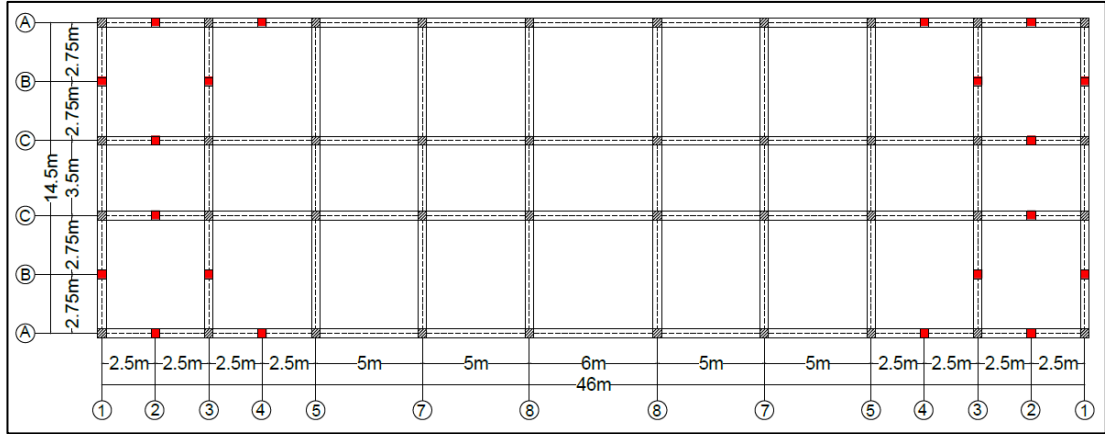
Şekil 4.55. Model. 2' in planı

Model 6: Kenarlarda ve her iki doğrultuya paralel kenara yakın iç akslarda birer ara kolonla taşıyıcı sistem (Şekil 4.56.).



Şekil 4.56. Model. 6' nın planı

Model 7: Kısa doğrultudaki kenarlarda ve her iki doğrultuda iç akslarda birer uzun doğrultudaki kenarlarda köşelere yakın iki aks aralarında birer ara kolonlu taşıyıcı sistem. (Şekil 4.57.).



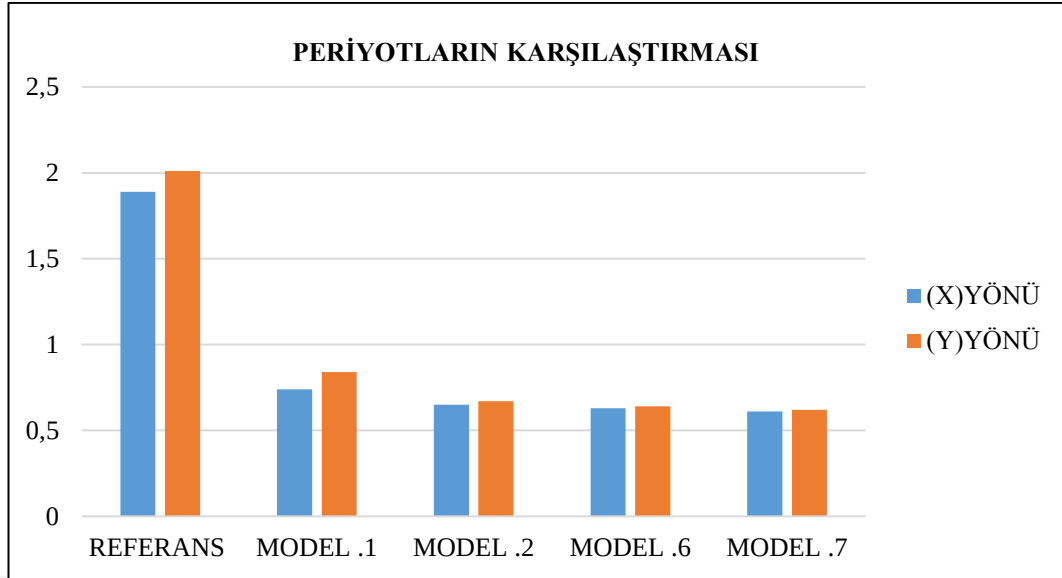
Şekil 4.57. Model. 7' in planı

4.5.3.1. Periyotların karşılaştırılması

Bu grubun ikinci grup karşılaştırmadan farkı; model 4'ün yerine model 2, artı olarak da model 7'yi alarak yer almasıdır. Betonarme taşıyıcı sistem model 7 den düşük periyota sahiptir, bunun sebebi de ilave kolonların aks aralarında ilave edilen kolon sayısının fazla olması ve bu ilave kolonlar betonarme taşıyıcının daha çok rijitliğini sağlayarak betonarme yapının periyotlarının azalmasına sebep olmuştur ve en yüksek periyota sahip olan referans modelidir. Bunun nedeni de kolon sayısının az olmasıdır. (Y) yönün periyotlarının yüksek olması binanın en uzun boyutunda yer almaktadır. (Tablo 4.47., Şekil 4.58.).

Tablo 4.47. (X) ve (Y) yönündeki saniye cinsinden Periyotların karşılaştırılması

Model	Referans	Model. 1	Model. 2	Model. 6	Model. 7
X	1.89	0.74	0.65	0.63	0.61
Y	2.01	0.84	0.67	0.64	0.62



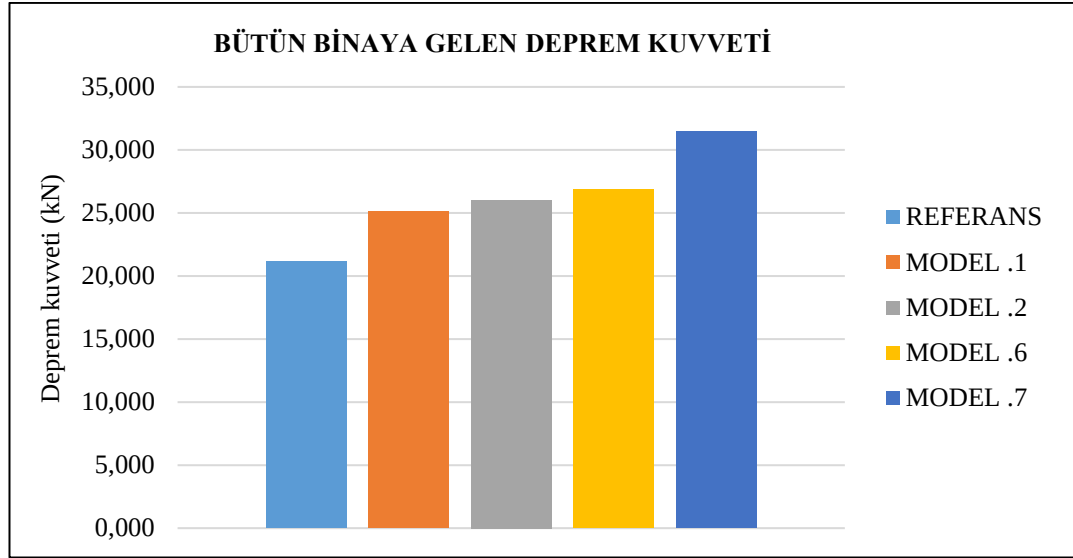
Şekil 4.58. Periyotların karşılaştırılması

4.5.3.2. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Bir betonarme yapının kütle oranı yükselişeyse, betonarme çerçevesi sistemin taban kesme kuvvetinin yükselmesine sebep olmaktadır. Bu model grubun taban kesme kuvvetinin karşılaştırmasına referans model ile model 7'ye kadar ilave kolonların sayısının artması taban kesme kuvvetlerinin kolon sayısına göre yükselişine sebep olmaktadır. Tablo 4.48. ve Şekil 4.59.'de taban kesme kuvvetlerinin sonuçlarıyla beraber verilmiştir.

Tablo 4.48. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması

Model	Referans (kN)	Model. 1 (kN)	Model. 2 (kN)	Model. 6 (kN)	Model. 7 (kN)
Değerler	21.160	25.133	26.051	26.851	31.441



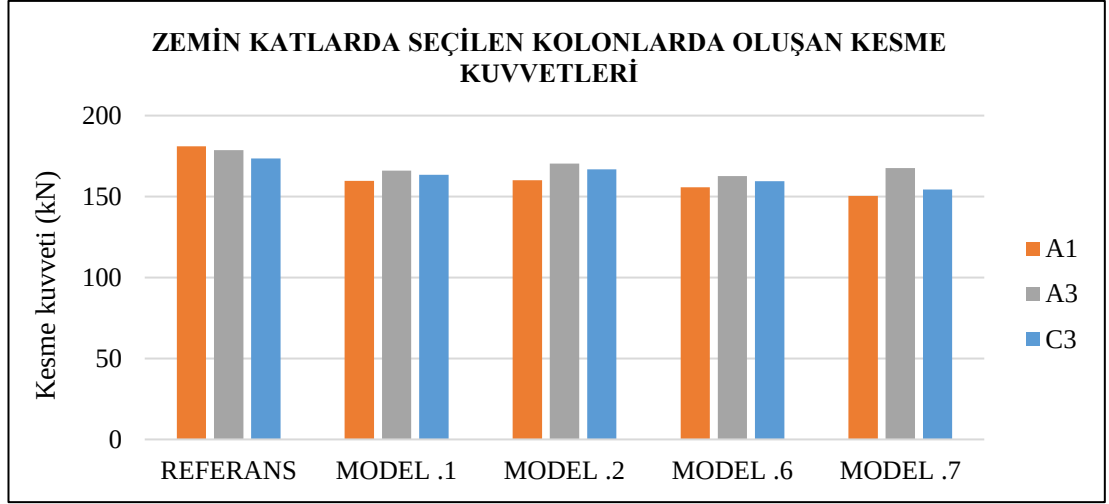
Şekil 4.59. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması

4.5.3.3. Zemin katların kolonlarında oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi

Daha önceki gruplarda incelendiği gibi, bir betonarme kolonun kesme kuvvetlerinin azalması veya artması direk olarak o kolonun ve çerçevesi sistemin rijitliğine bağlıdır. Kolonların düğüm noktalarına yakın olması, kolonların ve kirişlerin boyutlarının fazla olması taşıyıcı sistemin rijitliğinin yüksek olmasını sebep olmaktadır. Bu grup karşılaştırmada kolon rijitliğinin yükselişi referans modelden başlayarak model 7'ye kadar devam etmektedir. Bu durum Tablo 4.49. ve Şekil 4.60.'de verilmiştir.

Tablo 4.49. Zemin katların kolonlarında oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi

Kolonlar	Referans (kN)	Model. 1 (kN)	Model. 2 (kN)	Model. 6 (kN)	Model. 7 (kN)
A1	181.12	159.77	160.123	155.669	150.414
A3	178.65	166.1	170.337	162.559	167.592
C3	173.56	163.53	166.848	159.512	154.342



Şekil 4.60. Zemin katlarda kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri

- A1 kolonu : köşe kolondur
- A3 kolonu : kenar kolondur
- C3 kolonu : iç kolondur

BÖLÜM 5. SONUÇLAR

On Katlı Sekiz Modelin Sonucu: Bu araştırmada, sekiz tipik modelin farklı aks aralarına extra betonarme kolon ekleyerek ve bu modeller analiz edilerek sonuçları değerlendirilmiştir. Her bir betonarme çerçeveli bir sistemin rijitliği ve yükü ne kadar artarsa, çerçeveli sistemler de her zaman kolon kesme kuvvetlerinin artışı söz konusudur. Bu araştırmada referans modelden aks aralarına kolon ilave edilerek oluşturulan yedinci modele kadar ilave kolon sayısını arttırarak analiz yapıldı. Sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

Köşe kolonların ve onların kenarındaki kolonların aralarına kolon ilave edildikçe, ilave edilmeden önceki duruma göre, kolonların kesme kuvvetinin %22 azalmasına sebep olmuştur. Burada incelenen yapılarda en çok binanın uzun (X) yönündeki kolonlar %29 etkilenmiştir. İç kolonlarda ve ara kolon yerleştirilmeyen kenar aks kolonlarında çok az değişim meydana gelmiştir.

Bu araştırmada, aks aralarına kolon ilave edilen kolonlara, yakın aksların kesişim noktalarında altı adet betonarme kolon seçilmiş olup, binaların birinci katları için modellerde sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Yedi Katlı ve Dört Katlı Modellerin Analizlerinin Sonucu: İncelenen yedi katlı dört modelde, aks aralarına kolonlar ilave edilerek her birinin analiz sonuçları karşılaştırılarak, ilave kolonlar nedeniyle betonarme yapının elemanlarının davranışlarında değişiklik olup olmadığı araştırılmıştır. Betonarme çerçevenin deprem kuvvetlerine, karşı mukavemeti yükselir mi? Yoksa azalır mı? Yükselme olursa nasıl bir yükselme olacağı eğer azalma olursa nasıl bir azalma olacağı araştırılmıştır. Çerçeveli yapı sisteminin hangi elemanlarının daha çok etkilendiği, sırayla açıklanmaktadır.

Periyotların karşılaştırması: Yapıların periyotlarının yüksek olmasının sebebi, binanın rijitliğinin az olması ve binanın o doğrultudaki boyutunun kısa olmasıdır. Bu iki sebepten dolayı binanın (y) yönündeki periyodu %45 yüksek olmaktadır. Tablo 4.7. ve şekil 4.10.'da görüldüğü gibi ilave kolonların eklenmesinin ardından betonarme yapının periyotlarının %51 azaldığı görülmektedir. Bunun nedeni binanın kütlesi ve rijitliğinin artmasıdır.

Binaya gelen deprem kuvveti: Büyük kütle ve yüksek katlar, büyük deprem kuvveti demektir. Dolayısıyla bu araştırmada ilave kolonların tasarlanması ile betonarme yapının deprem kuvvetlerinin artması ve binanın rijitliğinin yükselmesi Tablo 4.8., Şekil 4.12.'de açıkça görülmektedir. Bu değişimler aynı şekilde zemin katlarda da geçerli olmaktadır.

Kolonlarda kesme kuvveti: Araştırmada incelenen yedi katlı binaların kolonlarının (y) yönünde %11 daha yüksek kesme kuvveti oluşmaktadır. (x) yönünde ise %32 daha az kesme kuvveti oluşmuştur. Dört katlı modellerin kolonlarının kesme kuvvetleri incelendiğinde Tablo 4.10. ve Şekil 4.14'de. bu sonucun tersi görülmektedir. Bunun nedeni betonarme çerçeveli yapının yüksek katlı olması nedeniyle yatay ve düşey yüklerden daha çok etkilenmesidir.

Yukarıda belirtildiği gibi betonarme çerçeve sisteminin elamanlarının birinin davranışının değişmesi geri kalan elemanların kesit zorlarının değişmesine sebep olur. Bu durumda kolonların momentleri ve gereken donatı alanları da aynı değişimlerden etkilenmektedir. Tablo 4.12. ve Şekil 4.16.'da (x) yönünde kolonlarda oluşan momentler .görülmektedir.

Kirişlerin kesme kuvvetleri ve momentleri: kirişlerde, sağ kesme kuvveti sol kesme kuvvetine göre %29.8 daha azdır. Bunun nedeni sağ mesnetlerin rijitliğinin yüksek olmasıdır. Bu durum Tablo 4.15. ve Şekil 4.19.'de görülmektedir. Bu durum mometleri ve donatı yüzdelelerini etkilemektedir. Yapı rijitliğinin artması demek betonarme yapının daha çok deprem yüküne maruz kalması demektir. Kirişlerin momenleri Tablo 4.16. ve Şekil 4.20.'de görülmektedir.

Dört Katlı Dört Modelin Sonucu: Bu araştırmada dört tipik modelde aks aralarına kolonlar ilave edip Sap2000 programıyla analiz yapılarak sonuçlar elde edilmiştir. Bu araştırmanın sebebi, aks aralarında ilave edilen kolonlar nedeniyle binaya gelen deprem yükünde, kolonlarda oluşan kesme kuvvetinde, momentte, ve gereken donatı alanında nasıl bir değişim meydana geldiğini araştırmaktır.

Yapı modelinin rijitliği ve kütlesi arttıkça periyotun %48'e varan oranda azaldığı görülmüştür. Binaların (y) yöndeki periyotlarının yüksek olmasının nedeni, binanın kısa yönü olmasıdır.

Bütün binaya gelen deprem kuvvetleri, referans modelden model 5'e kadar %6.5'a varan oranda yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi ilave kolonların aks aralarına eklenmesi ve bütün binanın kütlesinin ve rijitliğinin artmasına neden olmasıdır. Deprem yükünde bu artma her katta gelen aynı sebepten meydana gelmektedir.

İncelenen zemin katlarda seçilen kolonlarda oluşan kesme kuvvetinin artması veya azalması, bina kütlesine, yüksekliğine, kolon boyutlarına ve donatı oranına bağlıdır. Aşağıda seçilen kolonların sonuçları teker teker incelenmiştir.

Köşe kolonda (A1): Referans modelde (x) yönünde %38 oranında daha düşük ve (y) yönünde çok farklılıkla %19 oranında daha yüksek kesme kuvvetine sahip olmaktadır. Bunun sebebi de binanın boyutudur. Geri kalan üç modelde (x) yönünde %32 oranında daha yüksek kesme kuvveti ve (y) yönde %18 oranında daha düşük kesme kuvvetlerine sahip olduğu görülmektedir. Kenar kolonda (A3), kesme kuvvet değerleri çok farklılık yaratmamaktadır, sonuçları köşe kolona çok yakındır.

İç aktaki kolonda (C3): Referans modelde (x) yönünde %18 oranında daha düşük kesme kuvveti oluşmuştur ve aks aralarına kolon ilave ekledikten sonra kesme kuvvetlerinin %11 azaldığı görülmüştür. (y) yönündeki kesme kuvvetlerin değerleri farklı kolonlarda değişken değerlere sahiptir.

Seçilen kolonlarda oluşan mometleri referans modelden model 5'e kadar mometlerin, aks aralarına kolon ilave edildikçe azaldığı görülmüştür. Burada kolonların alt uç momentlerine göre st uç momentlerinde daha çok azalma görülmektedir. Aynı şekilde kolonların gerekli donatı oranında da momentler gibi düzenli şekilde azalma görülmektedir. Yani aks aralarında ilave kolonların etkileri, moment ve gerekli donatı alanları üzerinde de görülmektedir.

Kirişlerde oluşan kesme kuvveti, mometler ve gerekli donatı alanları, kolonlarda olduğu gibi, Sap2000 programı ile yapılan zm sonuçları gözlemledikten sonra, dört katlı betonarme yapıların kesme kuvveti, momentler ve gerekli donatı alanları, kolonlar ilave ekledikten sonra, azalmaya başladığı tablo ve şekillerde görülmektedir.

On, Yedi ve Dört Katlı Modellerin Sonucu: Bu araştırmada üç farklı katlı modellerin her biri dört modele ayrılmıştır. Bu modellerin, ayrıntılı bir şekilde Sap2000 programında analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafik olarak bölüm 4'te açıklanmaktadır. Betonarme yapıların periyotları, bütün binaya gelen deprem kuvvetleri, kolon kesme kuvvetleri, kolon momentleri, gerekli kolon donatı yüzdeleri ve aynı şekilde kirişlerde oluşan kesme kuvvetleri, kirişlerin momentleri, kirişlerin gerekli donatı yüzdeleri üzerinde araştırma yapılarak değerlendirilmiştir.

Periyotların karşılaştırması: Betonarme yapı çerçevelerin rijitliğinin yükselmesi, periyotların azalmasına neden olmaktadır. Bu durum betonarme yapıda %7.8'lere varan oranda deprem kuvvetlerinde artışa neden olmuştur.

Artan deprem kuvvetleri her zaman betonarme yapılarda tehlike yaratmaktadır. Bir betonarme yapı ereve sistemin kendi ağırlığı, yani binanın kütlesinin oluşturduğu düşey etkiler ve betonarme yapının üzerine gelen büyük deprem kuvvetleri, birleştiği durumda betonarme yapının ereve sistemi çok etkilenecektir. Bu araştırmada bütün faktörleri dikkate alarak sonuçlar değerlendirmiştir. Bu aşamada üç farklı katlı modellerin her biri dört modelden oluşan bu karşılaştırmada doğal olarak en yüksek deprem kuvvetlerine sahip olan on katlı modellerdir ve katların azalması ile deprem kuvvetlerinin azalmaktadır. Aks aralarına kolonların ilave edilmesinin ardından ve

ilave kolonların çoğaltılması modellerde gelen deprem kuvvetlerini kolonların sayısının artışı ile yükselmesi aşıkardır bunun sebebi de ilave kolonların bina kütlesinin artmasına neden olmasındandır.

Seçilen kolonların kesme kuvvetleri, on katlı, yedi katlı ve dört katlı modellerde tablo ve grafiklerde görülmektedir. (x) ve (y) yönündeki kolonların kesme kuvvetleri Tablo 4.31., 4.35. ve Şekil olarak 4.32. ve 4.36.'da açıklanmaktadır. Bu tablo ve grafiklere bakıldığında, dört katlı modellerin (y) yönünde, referans modelin (A1, A3 ve C3) kolonları en yüksek kolon kesme kuvvetlerine sahiptir. Dört katlı modellerin sonuçlarına bakıldığında, ilave edilen kolonların kesme kuvvetlerinde %33'lere varan azalma görülmektedir.

Yukarıda belirtilen dört katlı modellerde, referans modelde seçilen kolonların kesme kuvvetlerine etkileri belirtilmişti, Bu yapılarda momentlerin sonuçlarına bakıldığında, kolon momentinin azalması ya da yükselmesi, kolonun kesme kuvvetinde de azalma veya yükselmesine sebep olmaktadır. Her bir modelin kolon mometleri (x) yönü için Tablo 4.33. ve Şekil 4.37'de (y) yönü için de Tablo 4.34. ve Şekil 4.38'de verilmiştir. Kolonların donatı yüzdeleri kolonların mometlerine göre tasarlanmaktadır. Kolonların donatı yüzdeleri Tablo 4.35.'de verilmiştir.

Kirişler de betonarme yapının önemli elamanlarından biridir. Döşemeden gelen yükleri taşımaktadır ve yükleri güvenli bir şekilde kolonlara aktarmaktadır. Kirişler de kesme kuvvetlerine ve momentlere maruz kalmaktadır. Çünkü betonarme yapının kütle ağırlığını taşımaktadır ve bu kütle ağırlığı çok olunca yapının kirişlerinde de büyük kesit zorları meydana gelmektedir. Kirişlerin momentleri Tablo 4.37. de verilmiştir. Kirişlerin gerekli donatı alanları Tablo 4.38. ve Şekil 4.2. görülmektedir.

Grup Karşılaştırmasının Sonucu: Bu grup karşılaştırmasında modellerin periyotları, taban kesme kuvvetleri ve kolonlara etki eden kesme kuvvetlerini karşılaştırarak tablo ve şekillerde verilmiştir. Birinci grup modellerin (referans model, model 1, model 3, model 5) karşılaştırmasında en düşük periyota sahip olan model, referans modeldir, bunun sebebi, Kolonlar sadece aksların kesişim noktalarında tasarlanmıştır.

Modellerde aks aralarına kolonların eklenmesi, rijitliğinin yükselişine ve periyotların %34' lere varan oranda azalmasına sebep olmaktadır. Aynı değişim ikinci ve üçüncü gruplarda da görülmektedir.

Taban kesme kuvvetlerinin artışı, taşıyıcı sistemin kütlesinin artışına da bağlıdır. Betonarme modellere ilave kolonların eklenmesi nedeniyle, bu kolonların yer aldığı noktalara göre kesme kuvvetlerinde %10.2'lere varan oranlarda artma olmuştur.



KAYNAKLAR

- Abdulhalim, A., 2014. Betonarme Kolon Davranışı. Sakarya Üniversitesi.
- Abubakar, A. I., 2017. Beton Dayanımının Betonarme Kolon Ekonomisine Etkisi. Boğaziçi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Agar, M., June 2008. Strengthening Of Reinforced Concrete Frames By Using Steel Bracings. A Thesis Submitted To The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of The Middle East Technical University.
- Akın, U., April 2011. Seismic Assessment Of Reinforced Concrete Beam-To Column Connections Under Reversed Cyclic Loading. Middle East Technical University.
- Akkaya, A., 2014. Betonarme Kolon Davranışının Moment Eğrilik İlişkisi İle Parametrik Olarak İncelenmesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Bilim Dalı, 1.
- Altun, H., 2008. Experimental Research On Preventing Debonding Problem In Retrofitted Rc Beam – Column Joints Using Composite Materials. B.Sc., Civil Engineering, Bogazici University, .
- Amin, N., 2014. Betonarme Kolonları. Teknik Üniversitesi.
- Avgın, S., 2018. Yanal Yüklere Maruz Kalan Betonarme Kolonların Davranışı. Kahramanmaraş Üniversitesi.
- Cansız, S., Şubat 2020. Betonarme Kolonların Yatay Yükler Altında Davranış, Sı. Yıldız Teknik Üniversitesi .
- Coşkun, E., 2006. Yüksek Binaların Gelişimi Ve Tasarım İlkeleri. Tc İstanbul Kültür Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü.
- Çavuş, Y. S., 2017. Geleneksel Çerçeve Sistemlere Eğik Elemanların İlavesinin Kat Ötelenmelerine Olan Etkisi. Avrasya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği, Anabilim Dalı, 9.
- Demirtaş, İ., 2008. Belediyelerde Tahakkuk Esaslı Muhasebe Sistemi Ve Analitik Bütçe. Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Bölümü, İşletme Anabilim Dalı, Muhasebe Finansman Bilim Dalı.

- Doğangün, A., 2013. Betonarme Yapıların Hesap Ve Tasarımı. Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Fenerci, A., 2013. The Effect Of Infill Walls On The Seismic Performance Of Boundary Columns In Reinforced Concrete Frames. A Thesis Submitted To The Graduate School Of Natural And Applied Science Of Middle East Technical University, 9.
- Fidanboy, H., 2019. Combined Axial Load And Bending Moment Interaction Diagrams For Steel-Concrete Composite Columns In Tall Buildings / Yüksek Binalarda Kullanılan Çelik-Betonarme Kompozit Kolonların Eksenel Yük Ve Eğilme Momenti Etkileşim Diyagramları. İstanbul Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Mimarlık Anabilim Dalı / Çevre Kontrolü Ve Yapı Teknoloji Bilim Dalı.
- Foroughi, S., 2016. Betonarma Kolonlar.
- G Tharmarajah, 2017. Nonlinear Finite Element Analysis Of Frp Reinforced Concrete Structures. Strait, Structures & Materials Research Group, School Of Engineering.
- Harzem Yardım, C., 2013. A Study Of Settlement Of Stone Columns By Finite Element Modeling Through Case Histories. Orta Doğu Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Hossein, A., Şubat 2020. Eksenel Yüklü Betonarme Kolonların Yüksek Sıcaklık Etkisindeki Davranışlarının DeneySEL Ve Sayısal Olarak İncelenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Idiris Nour, A., 2016. Code Assessment And Modeling Of The Axial Aggregate Concrete. University Of Gaziantep Graduate School Of Natural & Applied Sciences.
- İşıltan, Ö., 2010. Betonarme Kolonlar İçin Dbybhy 2007, Eurocode 8 Ve Fema 356 İle Yapılan Performans Değerlendirmelerinin Deney Sonuçlarıyla Karşılaştırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 9.
- İpek, 2019. Betonarme Kolonların Doğal Rusal Olmayan Davranışlarının Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Modellenmesi. Konya Teknik Üniversitesi.
- K. Chauhana, A., 2016. Strengthening Of Reinforced Concrete Columns Using Frp. Civil Engg. Dept., C K Pithawala College Of Engineering & Technology, Gujarat Technological University, Surat, India..
- Kafadar, C., 2017. İnşaat Sektörü İle İlgili Herşey. [Online] Available At: <https://Cemkafadar.Wordpress.Com/Tag/Afganistan/> [Accessed 22 3 2017].
- Karaman, E., 2017. Betonarme Kolonların Davranışına Eksenel Yük Düzeyinin Etkisi. Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı / Yapı.

- Lakshitha, W. M., September 2015. Design And Assessment Of Reinforced Concrete Columns In Uplift Due To Internal Building Detonations. University Of Southampton Faculty Of Engineering And The Environment.
- Lang2, M. S. . Y. S. . D. H., 2018. Effect Of Strong-Column Weak-Beam Design Provision On The Seismic Fragility Of Rc Frame Buildings. International Journal Of Advanced Structural Engineering.
- M. Jamal , S., 2014. Ductility Of Reinforced Lightweight Concrete Beams And Columns. King Saud University.
- Marefah, M., 2018. Seismic Behavior And Retrofit Of Concrete Columns Of Old R.C. Buildings Reinforced With Plain Bars. Professor, School Of Civil Engineering, University Of Tehran, Tehran, Iran,.
- Mccormac, J. C. & Wiley, J., 2013. Design Of Reinforced Concrete. 9 Ed. S.L.:United States Of America.
- Mustafa, 2015. Betonarme Kolonların Sünelik Ve Dayanımlarını Arttırmak İçin Sismik Güçlendirme. Boğaziçi Üniversitesi.
- Nassar, K. M., 2011. Improving Fire Resistance Of Reinforced Concrete Columns. Islamic University Of Gaza Higher Education Deanship Faculty Of Engineering Civil Engineering Department Design And Rehabilitation Of Structures.
- P. Adinarayana, K., 2017. Effect Of Using High Strength Concrete Columns On The structural Behaviour Of R.C Buildings. International Journal Of Engineering Sciences & Research technology.
- Prof. Doutor João , . L. P., 2016. Ociado Do Dda Universida Daavés Dao De Engen. Biaxial Seismic Behaviour Of Reinforced Concrete Columns.
- S.M.Hassanzadeh , S., 2016. Seismic Behavior And Retrofit Of Concrete Columns Of Old R.C. Buildings Reinforced With Plain Bars. School Of Civil Engineering, University Of Tehran.
- Stamatina , G. C., 2013. Shear Strength Assessment Of Reinforced Concrete columns. Department Of Civil And Environmental Engineering, University Of Cyprus.
- Tbdy, 2018. Ek Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar. Türk Standartları Enstitüsü Ed. Ankara: S.N.
- Ünal, M., July 2010. Analytical Modeling Of Reinforced Concrete Beam to-. A Thesis Submitted To The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mohammad Aref Qazizada

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / İnşaat Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Aria üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / İnşaat Mühendisliği	2016
Lise	Khatib Abad Lisesi	2011

YABANCI DİL

İngilizce, Türkçe, Hindçe