

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**T TİPİ PLAN DÜZENSİZLİĞİ OLAN BETONARME  
YAPILARIN DOĞRUSAL OLMAYAN YÖNTEMLE  
PERFORMANSININ DEĞERLENDİRMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Alexis NZAPFAKUMUNSI**

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**  
**Enstitü Bilim Dalı : YAPI**  
**Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Necati MERT**

**Ağustos 2018**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

T TİPİ PLAN DÜZENSİZLİĞİ OLAN BETONARME  
YAPILARIN DOĞRUSAL OLMAYAN YÖNTEMLE  
PERFORMANSININ DEĞERLENDİRMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NZAPFAKUMUNSI Alexis

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ  
Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez 03.08.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr.Üyesi  
Necati MERT  
Jüri Başkanı



Dr. Öğr.Üyesi  
Osman KIRTEL  
Üye



Dr. Öğr.Üyesi  
Hakan ÖZTÜRK  
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.

Alexis NZAPFAKUMUNSI

03.08.2018

## TEŞEKKÜR

Yüce Tanrı'ya, merhameti ve bize verdiği yaşam sevinci için teşekkürlerimi sunarım. Çalışmam boyunca onun üzerimdeki desteğini, yardımlarını ve şefkatini hep hissettim.

Sevgi, yardım ve rehberlik için ailemin akrabalarına, hem zihinsel hem de ruhsal olarak yaşamın her adımında içten teşekkürlerimi sunarım, Rab onları bol bol korusun. Benim çalışmalarım sırasında arkadaşlarımla işbirliği ve motivasyonu için teşekkür ederim.

Son iki yıldır bilgi sağlama olanağına sahip olduğum için özellikle İnşaat Mühendisliği bölümünden değerli öğretim üyesi ve yetkililerine teşekkürü bir borç bilirim. Özellikle, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsüne ve Mühendislik Fakültesi elemanlarından aldığım teknik destek ve işbirliği için şükranlarımı sunarım.

Son olarak, danışmanlık görevini yürüten Dr. Öğr. Üyesi Necati Mert'e rehberliği, motivasyonu ve bu tezimin denetimi için gösterdiği çaba için teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ .....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY .....	xx

## BÖLÜM 1.

GİRİŞ .....	1
1.1. Genel Tanıtım.....	1
1.2. Tarihi Geçmiş.....	1
1.3. İncelenen Problemin Tanımlanması.....	3
1.4. Çalışmanın Amacı.....	3
1.5. Tez Çalışmasının Kapsamı.....	4
1.6. Literatür Taraması .....	5

## BÖLÜM 2.

STATİK İTME ANALİZİ YÖNTEMİ .....	8
2.1. Giriş .....	8
2.2. İtme Analizi.....	8
2.3. Konvansiyonel İtme Analiz Yöntemleri .....	10
2.3.1. Kapasite spektrumu yöntemi .....	10
2.3.2. Yer değiştirme katsayısı yöntemi .....	13
2.3.3. Modal itme analizi (MPA) .....	16
2.4. Performans Değerlendirme Kavramları.....	19

2.4.1. Giriş .....	19
2.4.2. Mevcut binalar için tanımlanan performans düzeyleri .....	20
2.4.2.1. Hemen kullanım performans düzeyi (HK) .....	20
2.4.2.2. Can güvenliği performans düzeyi (CG).....	21
2.4.2.3. Göçme öncesi performans düzeyi (GÖ) .....	22
2.4.2.4. Göçme düzeyi (GÇ).....	22
2.4.3. Mevcut binalar için hedeflenen bina performansları .....	22
2.5. Betonarme Kesitte Eğilme Etkisi ve Eğilme Rijitliği .....	23
2.6. Süneklik .....	26

### BÖLÜM 3.

#### YAPI MODELLERİNİN TASARIMI VE PERFORMANS ANALİZİ

UYGULAMASI.....	29
3.1. Giriş .....	29
3.2. Model Tasarımı ve Sonuç Analizleri.....	31
3.2.1. Model 1_ref modelinin tasarım özellikleri .....	31
3.2.2. Model 1_T1 modelinin tasarım özellikleri .....	33
3.2.3. Model 1_T2 modelinin tasarım özellikleri .....	35
3.2.4. Model 1_T3 modelinin tasarım özellikleri .....	36
3.2.5. Model 2_ref modelinin tasarım özellikleri .....	38
3.2.6. Model 2_T1 modelinin tasarım özellikleri .....	40
3.2.7. Model 2_T2 modelinin tasarım özellikleri .....	42
3.2.8. Model 2_T3 modelinin tasarım özellikleri .....	44
3.2.9. Model 3_ref modelinin tasarım özellikleri .....	46
3.2.10. Model 3_T1 modelinin tasarım özellikleri .....	48
3.2.11. Model 3_T2 modelinin tasarım özellikleri .....	50
3.2.12. Model 3_T3 modelinin tasarım özellikleri .....	52
3.3. Statik İtme Analizi ve Bütün Modellerin Performans Değerlendirmesi.....	54
3.3.1. Modelleme elemanlarının tanımlanması ve analiz için yapılan varsayımlar .....	54
3.3.2. Plastik çerçeve mafsallarının özellikleri.....	55

3.3.3. Malzemelerin modellenmesi.....	55
3.3.4. Performans analizi .....	56
3.3.4.1. Model1_ref statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi .....	60
3.3.4.2. Model1_T1 statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi .....	77
3.3.4.3. Model1_T2 statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi .....	83
3.3.4.4. Model1_T3 statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi .....	89
3.3.4.5. Model2_ref statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi .....	95
3.3.4.6. Model2_T1 statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi .....	111
3.3.4.7. Model2_T2 statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi .....	117
3.3.4.8. Model2_T3 statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi .....	123
3.3.4.9. Model3_ref statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi .....	129
3.3.4.10. Model3_T1 statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi.....	145
3.3.4.11. Model3_T2 statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi.....	151
3.3.4.12. Model3_T3 statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi.....	157

#### BÖLÜM 4.

SONUÇLARIN TARTIŞMASI VE ÖNERİLER.....	164
4.1. Modellerin Taban Kesme Kuvveti ile Ağırlıklarının Karşılaştırması ....	165
4.2. Modellerin Periyotlarının Karşılaştırması .....	168
4.3. Modellerin Çatı Deplasmanlarının Karşılaştırması .....	171

4.4. Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması.....	175
KAYNAKLAR.....	181
EKLER.....	184
ÖZGEÇMİŞ.....	208



## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ATC	: Applied Technologies Council
A <sub>o</sub>	: Etkin yer ivmesi katsayısı
ACI	: American Concrete Institute
ADRS	: Acceleration – Displacement Response
C <sub>o</sub>	: Spektral yerdeğiştirme – tepe yerdeğiştirmesi ilişkisini ifade eden katsayı
C <sub>1</sub>	: Doğrusal elastik yerdeğiştirme – elastik olmayan yerdeğiştirme
C <sub>2</sub>	: Yapının yük yerdeğiştirme ilişkisinin en büyük yerdeğiştirmeye
C <sub>3</sub>	: II.mertebe etkiler sebebiyle yerdeğiştirmede oluşacak artmayı ifade
CG	: Can güvenliği performans düzeyi
C <sub>R1</sub>	: Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı
d <sub>1</sub> <sup>(i)</sup>	: (i)'inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait
d <sub>1</sub> <sup>(P)</sup>	: Birinci moda ait modal yerdeğiştirme istemi
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
E <sub>c</sub>	: Beton elastisite modülü
E <sub>s</sub>	: Donatı elastisite modülü
f <sub>c</sub>	: Sargısız betonun maksimum basınç dayanımı
f <sub>ck</sub>	: Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
F <sub>yk</sub>	: Boyuna donatı karakteristik akma dayanımı
GC	: Göçme sınırı
GO	: Göçme öncesi performans düzeyi
GV	: Güvenlik sınırı
HK	: Hemen kullanım performans düzeyi

$I$	: Bina önem katsayısı
$l_p$	: Plastik mafsal boyu
$M_N$	: Minimum hasar sınırı
$M_u$	: Taşıma gücü momenti
$M_{x1}$	: x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hakim) moda ait etkin kütle
$M_y$	: Akma momenti
$\Phi$	: Donatı çapı
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
$S_a$	: Yapının birinci doğal periyoduna karşılık gelen spektral ivme
$S_{ae1}$	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spectral ivme
$T$	: Periyot
$T_{1x}$	: Binanın x doğrultusunda birinci (hakim) doğal titreşim periyodu
$T_A, T_B$	: Spektrum karakteristik periyotları
TS 500	: Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları
$U_{xN1}^{(P)}$	: x deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirme talebi
$V_b$	: Taban kesme kuvveti
$W$	: Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Bir yapının tipik itme eğrisi .....	9
Şekil 2.2. İtme eğrisinden elde edilen kapasite spektrumu .....	11
Şekil 2.3. Geleneksel Spektrumun ADRS Spektrumuna Dönüştürülmesi.....	12
Şekil 2.4. Aynı grafikte Çizelge Spektrumu ve Talep Spektrumu .....	12
Şekil 2.5. Kapasite Spektrumu Yöntemi kullanarak performans noktası .....	13
Şekil 2.6. İtme eğrisinin Bilinear Tasarımı .....	14
Şekil 2.7. İtme Eğrisinin İdealleştirilmesi.....	16
Şekil 2.8. İtme Eğrisi (a) ve SDF-Sistem Eğrisi (b).....	17
Şekil 2.9. İtme Eğrisinin İdealleştirilmesi.....	18
Şekil 2.10. Elastik olmayan ÇSD sistemlerinin MPA'larının kavramsal açıklaması.....	19
Şekil 2.11. Taşıyıcı sistem performans düzeyleri .....	20
Şekil 2.12. Betonarme kesitte $M - \phi$ ilişkisi ve eğilme rijitliği ( EI) değişimi .....	24
Şekil 2.13. Kesit, eleman ve sistem etki – şekil (yer) değiştirme ilişkisi.....	27
Şekil 3.1. Model 1_ref modelinin iki boyutlu kat plan .....	32
Şekil 3.2. Model 1_ref modelinin üç boyutlu görünümü .....	32
Şekil 3.3. Model 1_T1 modelinin iki boyutlu kalıp planı .....	34
Şekil 3.4. Model 1_T1 modelinin üç boyutlu görünümü .....	34
Şekil 3.5. Model 1_T2 modelinin iki boyutlu kalıp planı .....	35
Şekil 3.6. Model 1_T2 modelinin üç boyutlu görünümü .....	36
Şekil 3.7. Model 1_T3 modelinin iki boyutlu kalıp planı .....	37
Şekil 3.8. Model 1_T3 modelinin üç boyutlu görünümü .....	37
Şekil 3.9. Model 2_ref modelinin iki boyutlu kat planı .....	39
Şekil 3.10. Model 2_ref modelinin üç boyutlu görünümü .....	39
Şekil 3.11. Model 2_T1 modelinin iki boyutlu kalıp planı .....	41
Şekil 3.12. Model 2_T1 modelinin üç boyutlu görünümü .....	41

Şekil 3.13. Model 2_T2 modelinin iki boyutlu kalıp planı .....	43
Şekil 3.14. Model 2_T2 modelinin üç boyutlu görünümü .....	43
Şekil 3.15. Model 2_T3 modelinin iki boyutlu kalıp planı .....	45
Şekil 3.16. Model 2_T3 modelinin üç boyutlu görünümü .....	45
Şekil 3.17. Model 3_ref modelinin iki boyutlu kat planı .....	47
Şekil 3.18. Model 3_ref modelinin üç boyutlu görünümü .....	47
Şekil 3.19. Model 3_T1 modelinin iki boyutlu kalıp planı .....	49
Şekil 3.20. Model 3_T1 modelinin üç boyutlu görünümü .....	49
Şekil 3.21. Model 3_T2 modelinin iki boyutlu kalıp planı .....	51
Şekil 3.22. Model 3_T2 modelinin üç boyutlu görünümü .....	51
Şekil 3.23. Model 3_T3 modelinin iki boyutlu kalıp planı .....	53
Şekil 3.24. Model 3_T3 modelinin üç boyutlu görünümü .....	53
Şekil 3.25. Sargısız beton model .....	55
Şekil 3.26. Sargılı beton model .....	56
Şekil 3.27. Tek eksenli gerilme şekil değiştirme çelik modeli.....	56
Şekil 3.28. Model 1 kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolon hasar sınırları .....	58
Şekil 3.29. Model2 kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolon hasar sınırları .....	59
Şekil 3.30. Model3 kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolon hasar sınırları .....	59
Şekil 3.31. Model1_ref statik itme eğrisi .....	60
Şekil 3.32. Pozitif ve negatif X yönleri doğrusal eğriler.....	60
Şekil 3.33. Model1_ref nin x doğrultusu modal kapasite eğrisi .....	62
Şekil 3.34. Model1_ref nin performans noktası.....	63
Şekil 3.35. Model1_ref de oluşan plastik mafsallar.....	64
Şekil 3.36. Model1_ref nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	65
Şekil 3.37. Model1_ref nin performans noktası.....	67
Şekil 3.38. Model1_ref de oluşan plastik mafsallar.....	67
Şekil 3.39. Model1_ref nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	68
Şekil 3.40. Model1_ref statik itme eğrisi .....	69
Şekil 3.41. Pozitif (üst) ve negatif (alt)Y yönleri doğrusal eğriler.....	70
Şekil 3.42. Model1_ref nin Y doğrultusu modal kapasite eğrisi .....	71

Şekil 3.43. Model1_ref nin performans noktası .....	72
Şekil 3.44. Model1_ref de oluşan plastik mafsallar .....	72
Şekil 3.45. Model1_ref nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	73
Şekil 3.46. Model1_ref 'nin performans noktası.....	74
Şekil 3.47. Model1_ref de oluşan plastik mafsallar.....	75
Şekil 3.48. Model1_ref nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	76
Şekil 3.49. Model1_T1 statik itme eğrisi .....	77
Şekil 3.50. Model1_T1' de oluşan plastik mafsallar.....	78
Şekil 3.51. Model1_T1'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	79
Şekil 3.52. Model1_T1 statik itme eğrisi .....	81
Şekil 3.53. Model1_T1' de oluşan plastik mafsallar.....	81
Şekil 3.54. Model1_T1'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	82
Şekil 3.55. Model1_T2 statik itme eğrisi .....	84
Şekil 3.56. Model1_T2' de oluşan plastik mafsallar.....	84
Şekil 3.57. Model1_T2'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	85
Şekil 3.58. Model1_T1 statik itme eğrisi .....	87
Şekil 3.59. Model1_T2' de oluşan plastik mafsallar.....	87
Şekil 3.60. Model1_T2'nin kare ( üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	88
Şekil 3.61. Model1_T3 statik itme eğrisi .....	90
Şekil 3.62. Model1_T3' de oluşan plastik mafsallar.....	90
Şekil 3.63. Model1_T3'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	91
Şekil 3.64. Model1_T3 statik itme eğrisi .....	93
Şekil 3.65. Model1_T3' de oluşan plastik mafsallar.....	93
Şekil 3.66. Model1_T3'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	94

Şekil 3.67. Model2_ref statik itme eğrisi .....	96
Şekil 3.68. Pozitif (üst) ve negatif (alt) X yönleri doğrusal eğriler.....	96
Şekil 3.69. Model2_ref' nin X doğrultusu modal kapasite eğrisi .....	97
Şekil 3.70. Model2_ref nin performans noktası.....	98
Şekil 3.71. Model2_ref 'de oluşan plastik mafsallar.....	98
Şekil 3.72. Model2_ref'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	99
Şekil 3.73. Model2_ref nin performans noktası.....	101
Şekil 3.74. Model2_ref' de oluşan plastik mafsallar.....	101
Şekil 3.75. Model2_ref'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	102
Şekil 3.76. Model2_ref statik itme eğrisi .....	103
Şekil 3.77. Pozitif (üst) ve negatif (alt) Y yönleri doğrusal eğriler.....	104
Şekil 3.78. Model1_ref' nin Y doğrultusu modal kapasite eğrisi .....	105
Şekil 3.79. Model1_ref nin performans noktası.....	106
Şekil 3.80. Model2_ref' de oluşan plastik mafsallar.....	106
Şekil 3.81. Model2_ref'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	107
Şekil 3.82. Model1_ref nin performans noktası.....	109
Şekil 3.83. Model2_ref' de oluşan plastik mafsallar.....	109
Şekil 3.84. Model2_ref'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	110
Şekil 3.85. Model2_T1 statik itme eğrisi .....	111
Şekil 3.86. Model2_T1' de oluşan plastik mafsallar.....	112
Şekil 3.87. Model2_T1'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	113
Şekil 3.88. Model2_T1 statik itme eğrisi .....	114
Şekil 3.89. Model2_T1' de oluşan plastik mafsallar.....	115
Şekil 3.90. Model2_T1'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	116
Şekil 3.91. Model2_T2 statik itme eğrisi .....	117
Şekil 3.92. Model2_T2' de oluşan plastik mafsallar.....	118

Şekil 3.93. Model2 _T2'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	119
Şekil 3.94. Model2 _T2 statik itme eğrisi .....	120
Şekil 3.95. Model2 _T2' de oluşan plastik mafsallar.....	121
Şekil 3.96. Model2 _T2'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	122
Şekil 3.97. Model2 _T3 statik itme eğrisi .....	123
Şekil 3.98. Model2 _T3' de oluşan plastik mafsallar.....	124
Şekil 3.99. Model2 _T3'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	125
Şekil 3.100. Model2 _T3 statik itme eğrisi .....	126
Şekil 3.101. Model2 _T3' de oluşan plastik mafsallar.....	127
Şekil 3.102. Model2 _T3'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	128
Şekil 3.103. Model2_ref statik itme eğrisi .....	129
Şekil 3.104. Pozitif (üst) ve negatif (alt) X yönleri doğrusal eğriler.....	130
Şekil 3.105. Model3_ref 'nin X doğrultusu modal kapasite eğrisi .....	131
Şekil 3.106. Model1_ref nin performans noktası.....	132
Şekil 3.107. Model3_ref 'de oluşan plastik mafsallar.....	132
Şekil 3.108. Model3_ref'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	133
Şekil 3.109. Model2_ref nin performans noktası.....	134
Şekil 3.110. Model3_ref 'de oluşan plastik mafsallar.....	135
Şekil 3.111. Model3_ref'nin kare (üst) ve dikdörtgen (kare) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	136
Şekil 3.112. Model3_ref statik itme eğrisi .....	138
Şekil 3.113. Pozitif (üst) ve negatif (alt) Y yönleri doğrusal eğriler.....	138
Şekil 3.114. Model1_ref' nin Y doğrultusu modal kapasite eğrisi .....	139
Şekil 3.115. Model1_ref nin performans noktası.....	140
Şekil 3.116. Model3_ref' de oluşan plastik mafsallar.....	140
Şekil 3.117. Model3_ref'nin kare ve dikdörtgen kolonlarındaki hasarların belirlenmesi.....	141

Şekil 3.118. Model3_ref nin performans noktası.....	143
Şekil 3.119. Model3_ref 'de oluşan plastik mafsallar.....	143
Şekil 3.120. Model3_ref 'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	144
Şekil 3.121. Model3_T1 statik itme eğrisi .....	145
Şekil 3.122. Model3_T1' de oluşan plastik mafsallar.....	146
Şekil 3.123. Model3_T1'nin kare ve dikdörtgen kolonlarındaki hasarların belirlenmesi.....	147
Şekil 3.124. Model3_T1 statik itme eğrisi .....	148
Şekil 3.125. Model3_T1' de oluşan plastik mafsallar.....	149
Şekil 3.126. Model3_T1'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	150
Şekil 3.127. Model3_T2 statik itme eğrisi .....	151
Şekil 3.128. Model3_T2' de oluşan plastik mafsallar.....	152
Şekil 3.129. Model3_T2'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	153
Şekil 3.130. Model3_T2 statik itme eğrisi .....	154
Şekil 3.131. Model3_T2' de oluşan plastik mafsallar.....	155
Şekil 3.132. Model3_T2'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	156
Şekil 3.133. Model3_T3 statik itme eğrisi .....	157
Şekil 3.134. Model3_T3' de oluşan plastik mafsallar.....	158
Şekil 3.135. Model3_T3'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	159
Şekil 3.136. Model3_T3 statik itme eğrisi .....	160
Şekil 3.137. Model3_T3' de oluşan plastik mafsallar.....	161
Şekil 3.138. Model3_T3'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi .....	162
Şekil 4.1. Model1 tipi bina modelleri için taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması.....	165
Şekil 4.2. Model2 tipi bina modelleri için taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması .....	166



Şekil 4.3. Model3 tipi bina modelleri için taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması .....	166
Şekil 4.4. Bina modelleri için Taban kesme.....	167
Şekil 4.5. Model 1'tipi modellerin ilk periyotlarının karşılaştırılması.....	168
Şekil 4.6. Model2'in ilk periyotlarının karşılaştırılması .....	169
Şekil 4.7. Model3'ün ilk üç periyotlarının karşılaştırılması.....	169
Şekil 4.8. Referans modellerin doğal titreşim periyotlarının karşılaştırılması.....	170
Şekil 4.9. T1 tipi yapı modellerinin doğal titreşim periyotlarının karşılaştırılması.....	170
Şekil 4.10. T2 tipi yapı modellerinin doğal titreşim periyotlarının karşılaştırılması .....	170
Şekil 4.11. T3 tipi yapı modellerinin doğal titreşim periyotlarının karşılaştırılması .....	171
Şekil 4.12. Model1 'lerin çatı deplasman karşılaştırması .....	172
Şekil 4.13. Model2 'lerin çatı deplasman karşılaştırması .....	172
Şekil 4.14. Model3 'lerin çatı deplasman karşılaştırması .....	173
Şekil 4.15. T 2 tipi yapı modellerinin çatı deplasmanlarının karşılaştırılması.....	173
Şekil 4.16. T 1 tipi yapı modellerinin çatı deplasmanlarının karşılaştırılması.....	174
Şekil 4.17. T 2 tipi yapı modellerinin çatı deplasmanlarının karşılaştırılması.....	174
Şekil 4.18. T 3 tipi yapı modellerinin çatı deplasmanlarının karşılaştırılması.....	175
Şekil 4.19. X ve Y yönünde Model1 kat deplasmanlarının karşılaştırılması.....	176
Şekil 4.20. X ve Y yönünde Model2 kat deplasmanlarının karşılaştırılması.....	177
Şekil 4.21. X ve Y yönünde Model3 kat deplasmanlarının karşılaştırılması.....	178
Şekil 4.22. Model_ref, Model_T1, model_T2 ve model_T3 'ün katların deplasman karşılaştırması.....	179

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R).....	28
Tablo 3.1. Bina modellerinde kullanılan malzeme özellikleri .....	30
Tablo 3.2. Bina modellerindeki yük değerleri.....	31
Tablo 3.3. Model1 planlarının kolonları ve kirişlerin boyutu ve çelik donatısı miktarları .....	32
Tablo 3.4. Model1_ref periyotları ve frekansları .....	33
Tablo 3.5. Binanın ağırlığı ve kat yer değiştirmeleri .....	33
Tablo 3.6. Model1_T1 modelinin analiz sonucu bulunan periyotları ve frekansları.....	34
Tablo 3.7. Binanın ağırlığı ve kat yer değiştirmeleri .....	35
Tablo 3.8. Model1_T2modelinin analiz sonucu elde edilen periyotları ve frekansları.....	36
Tablo 3.9. Binanın ağırlığı ve kat yer değiştirmeleri .....	36
Tablo 3.10. Model1_T3 modelinin analiz sonucu elde edilen periyotları ve frekansları.....	38
Tablo 3.11. Binanın ağırlığı ve kat yer değiştirmeleri .....	38
Tablo 3.12. Model2 planlarının kolonları ve kirişlerin boyutu ve çelik donatısı miktarları.....	40
Tablo 3.13. Model2_ref periyotları ve frekansları .....	40
Tablo3.14. Binanın ağırlığı ve kat yer değiştirmeleri .....	40
Tablo 3.15. Model2_T1 modelinin analiz sonucu bulunan periyotları ve frekansları.....	42
Tablo 3.16. Binanın ağırlığı ve kat yer değiştirmeleri .....	42
Tablo 3.17. Model2_T2modelinin analiz sonucu elde edilen periyotları ve frekansları.....	44
Tablo 3.18. Binanın ağırlığı ve kat yer değiştirmeleri .....	44

Tablo 3.19. Model2_T3 modelinin analiz sonucu elde edilen periyotları ve frekansları.....	45
Tablo 3.20. Binanın ağırlığı ve katlar yer değiştirmeleri .....	46
Tablo 3.21. Model3 planlarının kolonları ve kirişlerin boyutu ve elik donatısı miktarları.....	48
Tablo 3.22. Model3_ref periyotları ve frekansları .....	48
Tablo 3.23. Binanın ağırlığı ve katlar yer değiştirmeleri .....	48
Tablo 3.24. Model3_T1 modelinin analiz sonucu bulunan periyotları ve frekansları.....	50
Tablo 3.25. Binanın ağırlığı ve kat yer değiştirmeleri .....	50
Tablo 3.26. Model3_T2modelinin analiz sonucu elde edilen periyotları ve frekansları.....	52
Tablo 3.27. Binanın ağırlığı ve kat yer değiştirmeleri .....	52
Tablo 3.28. Model3_T3 modelinin analiz sonucu elde edilen periyotları ve frekansları.....	54
Tablo 3.29. Binanın ağırlığı ve kat yer değiştirmeleri .....	54
Tablo 3.30. X yönü için model1_ref kapasite hesaplamaları.....	61
Tablo 3.31. Model1_ref kolonların hasar bölgeleri.....	66
Tablo 3.32. Model1_ref kolonların hasar bölgeleri.....	69
Tablo 3.33. Y yönü için model1_ref kapasite hesaplamaları.....	70
Tablo 3.34. Model1_ref kolonların hasar bölgeleri.....	74
Tablo 3.35. Model1_ref kolonların hasar bölgeleri.....	77
Tablo 3.36. Model1_T1 kolonların hasar bölgeleri (X pozitif).....	80
Tablo 3.37. Model1_T1 kolonların hasar bölgeleri (X negatif).....	80
Tablo 3.38. Model1_T1 kolonların hasar bölgeleri (Y pozitif).....	83
Tablo 3.39. Model1_T1 kolonların hasar bölgeleri (Y negatif).....	83
Tablo 3.40. Model1_T2 kolonların hasar bölgeleri (X pozitif).....	86
Tablo 3.41. Model1_T2 kolonların hasar bölgeleri (X negatif).....	86
Tablo 3.42. Model1_T2 kolonların hasar bölgeleri (Y pozitif).....	89
Tablo 3.43. Model1_T2 kolonların hasar bölgeleri (Y negatif).....	89
Tablo 3.44. Model1_T3 kolonların hasar bölgeleri (X pozitif).....	92
Tablo 3.45. Model1_T3 kolonların hasar bölgeleri (X pozitif).....	92

Tablo 3.46. Model1_T3 kolonların hasar bölgeleri (Y positif).....	95
Tablo 3.47. Model1_T3 kolonların hasar bölgeleri (Y negatif).....	95
Tablo 3.48. Y yönü için model2_ref kapasite hesaplamaları.....	97
Tablo 3.49. Y yönü için model2_ref kapasite hesaplamaları.....	100
Tablo 3.50. Model2_ref kolonların hasar bölgeleri.....	103
Tablo 3.51. Y yönü için model1_ref kapasite hesaplamaları.....	105
Tablo 3.52. Model2_ref kolonların hasar bölgeleri.....	108
Tablo 3.53. Model2_ref kolonların hasar bölgeleri.....	111
Tablo 3.54. Model2_T1 kolonların hasar bölgeleri (X positif ve negatif).....	114
Tablo 3.55. Model2_T1 kolonların hasar bölgeleri (Y positif ve negatif).....	117
Tablo 3.56. Model2_T2 kolonların hasar bölgeleri (X positif ve negatif).....	120
Tablo 3.57. Model2_T2 kolonların hasar bölgeleri (Y positif ve negatif).....	123
Tablo 3.58. Model2_T3 kolonların hasar bölgeleri (X positif ve negatif).....	126
Tablo 3.59. Model2_T3 kolonların hasar bölgeleri (Y positif ve negatif).....	129
Tablo 3.60. Y yönü için model3_ref kapasite hesaplamaları.....	130
Tablo 3.61. Model3_ref kolonların hasar bölgeleri.....	134
Tablo 3.62. Model3_ref kolonların hasar bölgeleri.....	137
Tablo 3.63. Y yönü için model3_ref kapasite hesaplamaları.....	139
Tablo 3.64. Model3_ref kolonların hasar bölgeleri.....	142
Tablo 3.65. Model3_ref kolonların hasar bölgeleri.....	145
Tablo 3.66. Model3_T1 kolonların hasar bölgeleri (X positif ve negatif).....	148
Tablo 3.67. Model3_T1 kolonların hasar bölgeleri (Y positif ve negatif).....	151
Tablo 3.68. Model3_T2 kolonların hasar bölgeleri (X positif ve negatif).....	154
Tablo 3.69. Model3_T2 kolonların hasar bölgeleri (Y positif ve negatif).....	157
Tablo 3.70. Model3_T3 kolonların hasar bölgeleri (X positif ve negatif).....	160
Tablo 3.71. Model3_T3 kolonların hasar bölgeleri Y positif ve negatif).....	163
Tablo 4.1. Model1 tipinin taban kesme kuvveti ve bina ağırlığı .....	165
Tablo 4.2. Model2 tipi bina modellerinin taban kesme kuvveti ve bina ağırlığı.....	165
Tablo 4.3. Model3 tipi bina modellerinin taban kesme kuvveti ve bina ağırlığı.....	166

Tablo 4.4. Tüm bina modelleri için taban kesme kuvveti ve bina ağırlığı oranları karşılaştırması .....	167
Tablo 4.5. Model 1 tipi modellerin ilk üç periyotları.....	168
Tablo 4.6. Model 2 tipi modellerin ilk üç periyotları.....	169
Tablo 4.7. Model3' ün ilk üç periyotları .....	169
Tablo 4.8. Modeller çatı deplasmanları.....	171
Tablo 4.9. Model1 katların deplasmanları .....	175
Tablo 4.10. Model2 katların deplasmanları .....	176
Tablo 4.11. Model3 katların deplasmanları .....	177

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Betonarme binalar, T düzensizliği bulunan binalar, performans değerlendirmesi, itme analizi

Bu çalışma, hem dikdörtgen hem de T şeklinde plan düzensizliği bulunan, yatay ve düşey yük etkisindeki çerçeve sistemli betonarme çok katlı binaların davranışları hakkında bilgi edinmek amacıyla yapılmıştır. Ayrıca çalışmada, T düzensizliği bulunan binaların yatay yük taşıma kapasitesinin ve düzenli plana göre hangi modellerin daha güvenli olduğunun belirlenmesi ve elde edilen sonuçların karşılaştırmalı olarak yorumlanması gerçekleştirilmiştir.

Bu amaçla, 3, 6 ve 8 katlı olarak oluşturulan 12 adet betonarme konut modellenmiştir. 3, 6 ve 8 katlı binaların hepsinde referans model olarak x ve y doğrultularında 5 açıklıklı 6 akstan oluşan model hazırlanmıştır. Bu modellerde x açıklıkları 4 metre y açıklıkları ise 3 metre alınmıştır. Düşey akslar alfabetik (A,B,C,D,E,F), yatay akslar ise sayısal (1,2,3,4,5,6) olarak isimlendirilmiştir. Her bir modelde kat yüksekliği 3 m seçilmiştir. Referans modellerden x doğrultusunda 1, 2 ve 3 aksından, düşey doğrultuda ise A ve F akslarından kolon ve döşemelerin kaldırılmasıyla elde edilen çeşitli T plan düzensizliği olan modeller elde edilmiştir.

Bu çalışma dört bölümden oluşmaktadır: Birinci bölüm, genel tanıtım, tarihi geçmiş, incelenen problemin tanımlanması, çalışmanın amacı ve tez çalışmasının kapsamı ile ilgilidir. İkinci bölümde, giriş, itme analizi, performans değerlendirme kavramları, betonarme kesitte eğilme etkisi ve eğilme rijitliği ve süneklik gösterilmektedir. Üçüncü tüm dikkate alınan yapıları, doğrusal olmayan yöntemle (Statik itme analiz) tasarım ve performans değerlendirmesi açısından ayrıntılı olarak incelenmektedir. Son olarak dördüncü bölümde sonuçlandırılan analizlerden elde edilen verilerin karşılaştırmalı değerlendirmesine dayalı olarak bazı öneriler verilmiştir.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, az katlı binalar, aynı kategorideki yüksek binalardan daha fazla sismik yük taşıma kapasitesine sahiptir. Bu, binaların sismik tasarımda lineer yöntemlerle tam olarak aynı olan kriterler üzerinden tasarlanmasına rağmen, pratik olarak az katlı binaların, yatay yükleri taşıma kapasitelerinin yüksek olması nedeniyle yüksek binalara göre depremlere karşı daha dayanıklı olmaları sonucunu ortaya koymaktadır. Böylelikle, az katlı binaların gerçekten daha ekonomik boyutlara getirilebileceği ifade edilebilir. Azaltma faktörü, öngörülen kapasite tasarım prensipleri ile öngörülen sismik yüklerin azaltılmasını sağlar. Ancak, bu yetersiz olarak yorumlanabilir. Eşdeğer deprem yükü hesaplamasında, kat sayısı ters orantılı olarak belirlenecek bir azaltım katsayısı ile, az katlı binaların hem yeterli derecede güvenli hem de daha ekonomik olarak modellenmesi sağlanabilir.

# **PERFORMANCE EVALUATION OF T-SHAPED IRREGULAR REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH NONLINEAR METHOD**

## **SUMMARY**

Keywords: RC buildings, T shaped irregular buildings, performance evaluation, pushover analysis

This study was carried out in order to obtain information about the behavior of reinforced concrete multi-storey buildings with rectangular and T-shaped plan irregularities and with frame system effect under horizontal and vertical loads. Besides, the horizontal load carrying capacity of buildings with T irregularities was determined, which models were safer according to the regular plan, and the results obtained were comparatively interpreted.

For this purpose, 12 reinforced concrete houses constructed as 3, 6 and 8 storeys are modeled. In all of the 3, 6 and 8-storey buildings, a model consisting of 5 spans was prepared as reference model. In this model, the x openings are 4 meters and the y openings are 3 meters. Vertical axes are named alphabetically (A, B, C, D, E, F) and horizontal axes are numerically named (1,2,3,4,5,6). Models with various T plan irregularities were obtained by removing the columns and slabs from the reference models with respect to x and y directions as 1, 2, 3 and A, F axes respectively.

This work consists of four parts: The first part deals with the general introduction, historical background, problem statement, purpose and scope of the work. In the second part; introduction, pushover analysis, performance evaluation concepts, RC section bending effect and ductility are discussed. In the third part all considered buildings are examined in detail in terms of design and performance evaluation with static pushover analysis. Finally, some suggestions are given based on the comparative evaluation of the data obtained from the analyzes.

According to the obtained results, low-rise buildings have more seismic load carrying capacity than high buildings in the same category. This results from the fact that although the buildings are designed on precisely the same criteria as the linear methods in the seismic design, practical low-rise buildings are more resistant to earthquakes than high buildings due to the high capacity of carrying horizontal loads. Thus, it can be stated that low-rise buildings can actually be economically designed. The reduction factor allows for the prescribed capacity design principles to reduce the predicted seismic loads. However, this can be interpreted as inadequate. In estimating the equivalent seismic load, a reduction coefficient that can be estimated inversely proportional to floor level can ensure that low-rise buildings are both safe at a satisfactory level and more economical.

# **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

## **1.1. Genel Tanıtım**

Son yıllarda yaşanan hızlı nüfus artışıyla birlikte, bu insanlara yaşam alanları sağlayacak olan yeni konutlar inşa etme zorunluğunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca binaların kullanım amaçlarının değişmesi, zaman içinde yıpranması ve benzeri sebeplerden dolayı onarım ve güçlendirme yapılması gerekmektedir. Günümüzde, az ve orta katlı konut yapılarının tasarımında kuvvet temelli elastik çözüm yöntemleri, kapasite tasarım ilkelerinin uygulanmasıyla yeterli sonuçlar vermektedir. Bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak geliştirilen doğrusal olmayan analitik yaklaşımlar ile, yapılara yatay olarak etkidiği kabul edilen deprem ve rüzgâr gibi dinamik kuvvetlerin daha gerçekçi olarak tanımlanması mümkün olmuştur.

## **1.2. Tarihi Geçmiş**

Depremler, plakalar halinde hareket eden yer kabuğunun farklı hareketleri sonucu biriken enerjinin yersarsıntısı olarak ortaya çıkması esasına dayanan bir tabiat olayıdır [1]. Deprem sonucu ortaya çıkan dalga hareketi binalarda ve/veya altyapı sistemlerinde önemli hasarlara sebep olmaktadır. Bu nedenle deprem hareketinin yapısal davranışa etkisinin tasarımı büyük önem kazanmıştır.

Son yıllarda yaşanan 1995 Japonya Hyogo-ken Nanbu depremi, 1999 Türkiye Marmara Depremi, 2005 Pakistan Keşmir Depremi ve 2010 Şili Depremi, gibi yıkıcı ve ağır hasara neden olan depremler, depreme dayanıklı yapı tasarımında önemli eksiklikler olduğunu ortaya koymuştur [2] [3]. Bu eksiklikleri ortadan kaldırmak için performansa dayalı mühendislik kavramı ortaya atılmıştır. Performansa dayalı mühendislik, yapının farklı performans seviyeleri için sismik kapasite ve sismik



talepler gibi miktarların tahmini ile ilgilendirir. Genel olarak Performansa dayalı tasarımda sismik talep eğrilerini hesaplamak için ya mevcut zaman-tanım alanında dinamik analizler ya da statik itme analizinden faydalanılır.

Dinamik zaman-tanım alanında analiz, çok serbestlik dereceli sistemlerin mümkün olduğunca detaylı matematiksel modellerini gerektirir (Yapılar, zemin özellikleri ile birlikte analiz edilir). Bu yöntem özellikle çok karmaşık yapıların analizinde oldukça pratik yaklaşımlar getirmektedir. Ayrıca, bu analizden elde edilen tepki değerleri, kullanılan zemin hareketleri özellikleri ve kullanılan malzeme modelleriyle birlikte oldukça hassas sonuçlar vermektedir.

Yapıların performansını değerlendirmek için, itme analizi veya basitleştirilmiş doğrusal olmayan statik analiz, çok serbestlik dereceli (ÇSDS) sistemlerin çok detaylı bir matematiksel modellemesini ihtiyaç duymasına rağmen basit ve önemli bir yöntemdir. Bu basitliği ve uygunabilirliği nedeniyle günümüzde büyük önem kazanmıştır.

Bu yöntem, bir yapının tepkisinin, tepki süresi boyunca sabit kalan sadece ilk veya birkaç titreşim modunu kullanarak tahmin edilebileceğini varsayar. Bu, yapının göçme modları belirleninceye kadar, önceden belirlenmiş bir örneği takip eden yüklem artım uygulamasını içerir. Böylelikle doğrusal olmayan tepkinin açık bir göstergesini veren bir kuvvet-yer değiştirme ilişkisi veya kapasite eğrisi elde edilir. Daha sonra, önceki analizden çıkan yer değiştirme talepleri kontrol edilir ve elemanların yapısal performansı değerlendirilir.

İtme analizi, ABD’de (ATC-55, 2005; ASCE, 2007; FEMA, 2000), Avrupa’da (CEN, 2004), Türkiye’de (TSC, 2007) ve Japonya’da (BCJ, 2009) gibi birçok farklı uluslararası kodlara dahil edilmiştir. İtme analizi ile gevrek elemanlara etki eden gerçek kuvvetler değerlendirilebilir, yapının göçme mekanizması belirlenip katlar arası görelî kat ötelemeleri tahmin edilebilir. Bunun sonucu olarak yapının genel performans kapasitesi değerlendirilebilir.

### **1.3. İncelenen Problemin Tanımlanması**

Son yıllarda, Türkiye’de yıkıcı depremlerinden dolayı özellikle endüstriyel faaliyetlerin ve nüfusun yoğun olduğu alanlarda binlerce insan hayatını kaybetmiştir. Ayrıca, ülke ekonomisi olumsuz etkilenmiş ve çok sayıda insan evsiz kalmıştır.

2010 yılında yayınlanan Meclis Araştırma Komisyonu Raporuna göre, 1900’den günümüze kadar Türkiye’de meydana gelen depremlerde yaklaşık 100 bin kişi hayatını kaybetmiş ve bir milyona yakın bina tamamen yıkılmış veya ciddi hasar görmüştür. 17 Ağustos 1999 Gölcük ve 12 Kasım Düzce depremlerinin resmi olmayan rakamlarına göre, yaklaşık 50 bin kişi hayatını kaybederken yaklaşık 100 bin yaralandığı tespit edilmiştir [4]. Yakın zamanda yaşanan 2011 Van depremleri, ülkedeki mevcut binaların güvenilirliği konusunu gündeme geri getirmiştir. Bunun bir sonucu olarak kentsel dönüşüm çabaları hız kazanmıştır.

Bunun yanında mevcut yapı stokunun genellikle doğru mühendislik hizmeti almadan veya denetimsiz bir şekilde ilkel yöntemlerle inşa edilmiş olması, geçmiş yönetmeliklerin yetersizliği veya doğru uygulanmaması gibi etkenler, olası bir depremin ülkede büyük risk oluşturduğu gerçeğini ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda, mevcut yapıların performansının değerlendirilmesi, Deprem Yönetmeliği’nde de yer bulmuştur.

### **1.4. Çalışmanın Amacı**

Bu çalışmanın temel amacı, lineer olmayan statik analizi yöntemi kullanarak, Türkiye’nin en yüksek sismik tehlike bölgesinde (KAFZ) yapılan orta derecede depreme maruz kalan hem dikdörtgen hem de T şeklinde plan geometrisine sahip betonarme binaların davranışlarının incelenmesidir. Ayrıca, binaların yatay yük taşıma kapasitesinde hangi tip modellerin daha güvenli olduğu ve plan düzensizliğinin etkisinin yapısal davranışa etkisinin irdelenmesidir.

Yüksek lisans tez araştırmanın temel hedefleri şöyledir:

- Deprem sırasında binaların gerçek davranışlarının yorumlanması
- Binaların performans seviyelerinin belirlenmesi
- Kat seviyeleri, T düzensizliği ve yatay yük taşıma kapasiteleri arasındaki korelasyon.

### 1.5. Tez Çalışmasının Kapsamı

Bu çalışmada, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'ye göre doğrusal hesap yöntemleri ile tasarımı yapılan 3, 6 ve 8 katlı olarak oluşturulan 12 adet betonarme konut doğrusal olmayan yöntem (statik itme analiz) kullanılarak değerlendirmesi yapılmıştır. 3, 6 ve 8 katlı binaların hepsinde referans model olarak x ve y doğrultularında 5 açıklıklı 6 akstan oluşan model hazırlanmıştır. Bu modellerde x açıklıkları 4 metre y açıklıkları ise 3 metre alınmıştır. Düşey akslar alfabetik (A,B,C,D,E,F), yatay akslar ise sayısal (1,2,3,4,5,6) olarak isimlendirilmiştir. Her bir modelde kat yüksekliği 3 m seçilmiştir. Referans modellerden x doğrultusunda 1, 2 ve 3 aksından, düşey doğrultuda ise A ve F akslarından kolon ve döşemelerin kaldırılmasıyla elde edilen çeşitli T plan düzensizliği olan modeller elde edilmiştir.

Yapıların kat sayısı ile yatay kuvvet taşıma kapasiteleri arasında ilişki kurulması ve buna bağlı olarak hangi yapının daha güvenli olduğunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Karşılaştırma ve değerlendirmelerin, tutarlı ve gerçekçi olabilmesi adına, elastik hesap yöntemleriyle yapılan tasarımlarda, tüm yapılarda: Her bir yapının aynı kat planına sahip olması, kolon kirişlerin boyutlandırılmasında minimum (veya minimuma yakın) donatı seçilmesi esas alınmıştır.

Çalışmanın birinci bölüm: genel tanıtım, tarihi geçmiş, incelenen problemin tanımlanması, çalışmanın amacı ve tez çalışmasının kapsamı ile ilgilidir. İkinci bölümde: giriş, itme analizi, performans değerlendirme kavramları, betonarme kesitte eğilme etkisi ve eğilme rijitliği ve süneklik gösterilmektedir. Üçüncü bölüm, tüm dikkate alınan yapıları, doğrusal olmayan yöntemle (Statik itme analiz) tasarım ve performans değerlendirmesi açısından ayrıntılı olarak incelenmektedir. Son olarak, dördüncü bölümde sonuçlandırılan analizlerden elde edilen verilerin karşılaştırmalı değerlendirmesine dayalı olarak bazı öneriler verilmiştir.

## 1.6. Literatür Taraması

Şimdiye kadar, doğrusal olmayan analiz ile ilgili çok çalışma yapılmıştır. 2000 'de Fajfar “A nonlinear analysis method for performance-based seismic design” adlı çalışmada yapıların deprem analizi için basit doğrusal olmayan bir yöntem (the N2 method) sunmuştur. Bu yöntem tek serbestlik dereceli sistemlerin tepki spektrumu ve çok serbestlik dereceli sistemlerin itme analizini bir araya getirmiştir [5]. Aynı yılında, Hosseini ve Yaghoobi Vayeghan sekiz katlı düzensiz bir çelik binanın tasarımı statik itme analizi ve üç boyutlu dinamik analiz yöntemleri kullanılarak gerçekleştirmiştir [6].

2008'de Cem YILMAZ çalışmasında, mevcut bir konut binasının, Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü ile İtme Analizi yöntemiyle deprem performansı değerlendirilmesi yapılmıştır. Performans hedefinin sağlayamayan bina, ilave perde teşkili ile güçlendirilmiş ve yeni durumun performans seviyesi belirlenmiştir. Analiz modeli Etabs programında çubuk elemanlar kullanılarak oluşturulmuştur [7].

2011 'de M. C. Genes, M. Bıkçe, S. Kaçın, E. Doğanay, K. Teköz ve L. Abrahamczyk, “ Konut tipi çok katlı betonarme yapıların hasar görebilirliğinin aletsel ve sayısal dataların birleştirilmesine ve statik itme analizine göre belirlenmesi” adlı çalışmada, Antakya bölgesindeki genel betonarme yapı stokunu temsil edebilecek şekilde seçilen yeterli sayıda betonarme konut tipindeki yapının aletsel veriler ile elde edilen dinamik davranış parametrelerine bağlı olarak model düzeltmeleri yapıldıktan sonra sismik performanslarının statik itme analizi ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Binaların gerçek dinamik davranış parametrelerinin belirlenebilmesi amacıyla, binalara zorlanmış titreşim deneyleri uygulanmıştır. Yapılar zorlanmış titreşim deney sonuçları dikkate alınarak model kalibrasyonu yapılmış ve doğrusal olmayan statik hesaplamalara olanak veren ETABS analiz programı ile analizleri yapılmıştır. Çalışmada ulaşılan sonuçlar ışığında, yapıların deprem etkisi altındaki davranışları daha gerçekçi bir şekilde belirlenmiş ve Antakya genelindeki konut tipi betonarme yapıların olası bir senaryo depremde nasıl bir hasar dağılımı ortaya çıkaracağına ilişkin yapılacak olan çalışmaya veri hazırlanmıştır [8].

2012 'de Angelo Masi, Vincenzo ve Andrea "Seismic Assessment of RC Existing Irregular Buildings" adlı çalışmada, dört katlı plan düzensizliği bir betonarme yapı İtalyan Deprem Yönetmelik 2008'de anlatılan doğrusal olmayan yöntemlerden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak plan düzensizliği nasıl binanın deprem performansına etkiliyor anlatılmıştır. Analiz modeli sap2000 programında çubuk elemanlar kullanılarak oluşturulmuştur [9].

2014 'te Hande ŞAHİN çalışmasında, mevcut beş katlı betonarme bir yapının "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007" de anlatılan doğrusal olmayan yöntemlerden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak deprem performans seviyesinin belirlenmesi anlatılmıştır. analiz modeli sap2000 programında çubuk elemanlar kullanılarak oluşturulmuştur. yapının plastik mafsallık özellikleri, kesit analiz programı kullanılarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, doğrusal olmayan yöntemle yapılan performans değerlendirmesinde taşıyıcı elemanların kesit hasar durumlarının, beklenen sınırların içerisinde kaldığı gözlemlenmiştir. Yani bina öngörülen minimum performans hedefi olan Can Güvenliği performans seviyesini sağlamaktadır [10].

2014 'te Furkan DEDEOĞLU çalışmasında, İstanbul' da bulunan üç katlı mevcut bir okul binası doğrusal elastik yöntem kullanılarak 2007 Deprem yönetmeliği kriterlerine göre deprem performansı belirlenmiştir. Analiz sonrasında güçlendirilerek beş katlı olarak tasarlanan bina, doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi kullanılarak deprem performansı incelenmiş ve bina 2007 deprem yönetmeliği kriterlerine uygun hale getirilmiştir. Analiz modeli ETABS V 9.7 programında çubuk elemanlar kullanılarak oluşturulmuştur. Sonuçlara göre binanın mevcut hali her iki doğrultudaki deprem performansı kriterlerini sağlayamamaktadır. Her iki doğrultuda da 4' er perde ilave edilerek güçlendirilen bina, doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonucunda deprem performansı kriterlerini sağlamıştır ve yapılan güçlendirmenin yeterli olduğu sonucuna varılmıştır [11].

2017 'de Mankar ve Prof. Dr.A.M.Pande, "Understanding Behaviour of T shaped Building under Seismic loading" çalışmada, altı katlı betonarme bir yapının, Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü ile İtme Analizi yöntemiyle deprem performansı

değerlendirilmesi yapılmıştır. Analiz modeli STAAD-Pro programında çubuk elemanlar kullanılarak oluşturulmuştur. Sonuç olarak, burulma suneklik kullanarak bina yüklerini bazı seviyeye indirgenebilmiştir [12].

Bu çalışmanın temel amacı, lineer olmayan statik analizi yöntemi kullanarak, Türkiye'nin en yüksek sismik tehlike bölgesinde yapılan orta derecede depreme maruz kalan hem dikdörtgen hem de T şeklinde plan geometrisine sahip betonarme binaların davranışlarının incelenmesidir.

## **BÖLÜM 2. STATİK İTME ANALİZİ YÖNTEMİ**

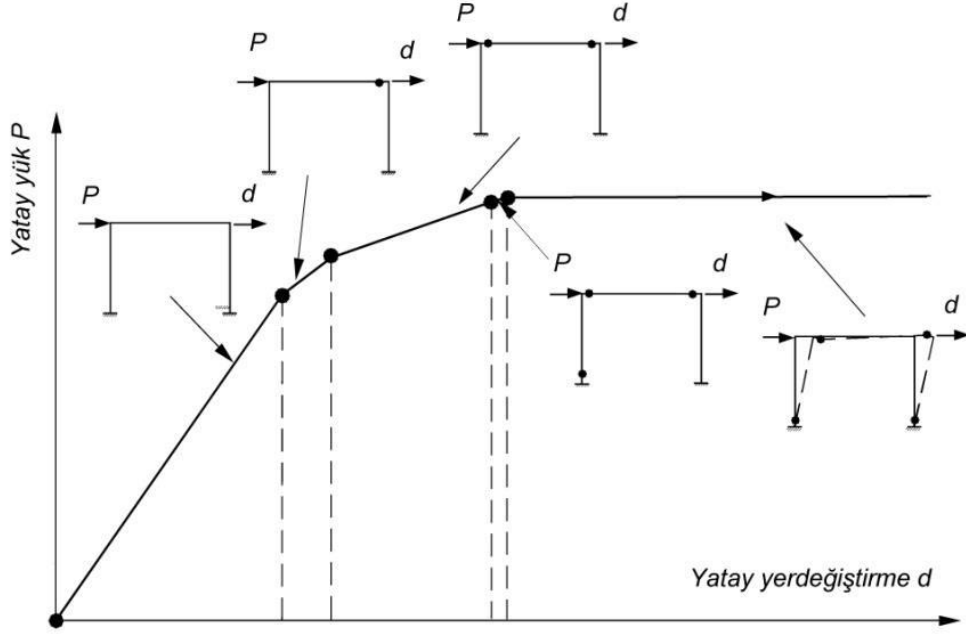
### **2.1. Giriş**

Statik itme analiz metodunun tam bir teorik temeli yoktur. Esas olarak yapının tepkisinin ilk titreşim modu ve mod şekli veya ilk birkaç titreşim modu tarafından kontrol edildiği ve bu şeklin yapının elastik ve elastik olmayan tepkisi boyunca sabit kaldığı varsayımına dayanır. Bu, dinamik bir problemi statik bir probleme dönüştürmek için temel sağlar. Statik itme yönteminin özellikleri şunlardır: gevrek elemanlara etki eden gerçek kuvvete erişimi, yapının göçme mekanizmasının belirlenmesi, katlar arası ötelemelerin belirlenmesi, mafsallı oluşumu, elemanların ve yapının performans kapasitesinin belirlenmesidir. Çok serbestlik dereceli (ÇSDS) sistemlere yönelik matematiksel modellemede getirdiği pratiklik ve sadelik nedeniyle farklı bina kodlarındaki yapıları analiz etmek için bir araç olarak kabul edilmiştir. ABD’de (ATC-55, 2005; ASCE, 2007; FEMA, 2000), Japonya’ da, (BCJ, 2009) Avrupa’da(CEN, 2004) ve Türkiye’de (TSC, 2007). Statik itme analizi ve yapılan araştırmalar sonucu gelişimi ile ilgili daha fazla açıklama aşağıdaki bölümlerde verilmiştir [13].

### **2.2. İtme Analizi**

İtme analizi, bir yapı veya yapı elemanı için *kuvvet-deplasman* ilişkisini ya da kapasite eğrisini belirlemek için kullanılan artımlı statik bir analizdir. Analiz, öngörülen bir modelde yatay yüklerin yapısal bir modele uygulanmasını içerir. Yük, yapıya artırılarak etkilir. Birkaç adım sonra elemanlarda mafsallı oluşturmaya başlar. Daha sonra yapısal model, elemanlardaki doğrusal olmayan yük deformasyon diyagramlarına bağlı olarak değişim gösterir. İşlem, bir sınır veya çökme durumuna

ulaşana kadar devam eder. Daha sonra yapı kapasitesi, çatı yer değiştirme ve taban kesme grafiği Şekil 2.1.'de gösterildiği gibi çizilerek itme eğrileri belirlenir [14].



Şekil 2.1. Bir yapının tipik itme eğrisi [15]

Literatüre göre ve itmeyi kontrol etmek istediğimiz parametrelere dayanarak, iki tip itme analizinden söz etmek mümkündür. Bunlar kuvvet kontrollü ve deplasman kontrollü itme analizleridir. Kuvvet kontrollü yükleme işlemi için yükün, yerçekimi yüklemesinin bilinmesi durumunda kullanılır. Deplasman kontrollü itme analizinde, Allahabadi tarafından 1987 yılında önerildiği gibi, yük dağılımının büyüklüğü, kontrol deplasmanının belirli bir değere ulaşana kadar artırılır. Ardından, tüm iç kuvvetler ve deformasyonlar hedef yer değiştirme seviyesinde hesaplanır [14].

1998 yılında Krawinkler ve Seneviratna, itme analizinin elastik ya da dinamik analizle görselleştirilemeyen yapının tepkisini göstermek için çok güçlü bir araç olduğunu belirtmektedir. Bununla birlikte, elastik bir analizde saklı kalabilecek tasarım zayıflıklarını da ortaya çıkarmaktadır [14]. Ancak, elastik analiz prosedürlerine göre birçok avantajı olsa da, bu prosedür, binalarda burulma etkisi, hedef yer değiştirme tahmini, yanal yük kalıplarının seçimi ve daha yüksek titreşim modları için göçme



mekanizmalarının tanımlanması gibi sonuçların doğruluğunu etkileyen bazı sınırlamalara sahiptir.

### 2.3. Konvansiyonel İtme Analiz Yöntemleri

FEMA üç konvansiyonel itme analiz yöntemini benimsemiştir:

- Kapasite Spektrumu Yöntemi
- Yer değiştirme Katsayısı Yöntemi
- Modal İtme Analizleri

#### 2.3.1. Kapasite spektrumu yöntemi

Yapının kapasite eğrisinin kesişimiyle, mevcut veya güçlendirilmiş yapının beklenen sismik performansının, depremin talebinin yapı üzerindeki bir tepki spektrumu (talep spektrumu) gösterimi ile grafiksel bir temsilini sağlayan doğrusal olmayan bir statik analiz prosedürüdür. Kesişim, performans noktasıdır ve performans noktasının yer değiştirme koordinatı, belirtilen sismik tehlike seviyesi için yapı üzerindeki tahmini yer değiştirme talebidir [16] [17]. Önerilen prosedür aşağıdaki adımlardan oluşur:

1. Çok Serbestlik Derecesi (ÇSDS) sistemin için itme eğrisi elde edilmesi,
2. Kapasite eğrisinin bir bilineer olarak idealize edilmesi.
3. İdealleştirilmiş eğriyi hızlanma, yer değiştirme, yanıt spektrumu (ADRS) formatına dönüştürülmesi; Denklem (2.1) ve (2.2) kullanarak, Şekil 2.2.'de gösterildiği gibi kapasite diyagramını bulmaktadır.

$$S_a = \frac{V}{\alpha_1 W} \quad (2.1)$$

$S_a$ : Spektral ivme ( $m / s^2$ )

$W$ : binanın ağırlığı

$V$ : taban kesme kuvveti (kN)

$\alpha_1$ : ilk mod için modal kütle katılım oranıdır

$$S_d = \frac{U_r}{\Gamma_1 \Phi_{r1}} \quad (2.2)$$

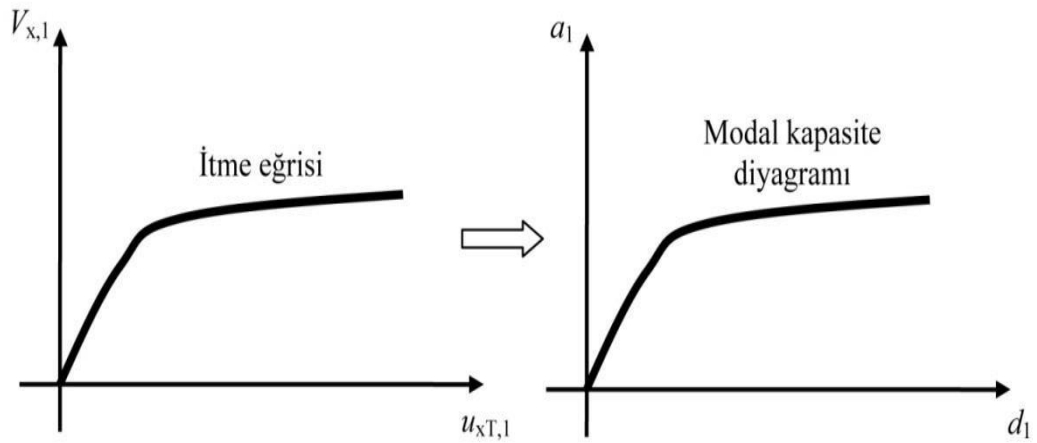
$S_d$ : spektral deplasman (m),

$\Phi_{r1}$ : ilk mod şekil fonksiyonu çatı seviyesi genlik değeridir,

$\Gamma_1$ : temel mod modal amplifikasyon faktörüdür

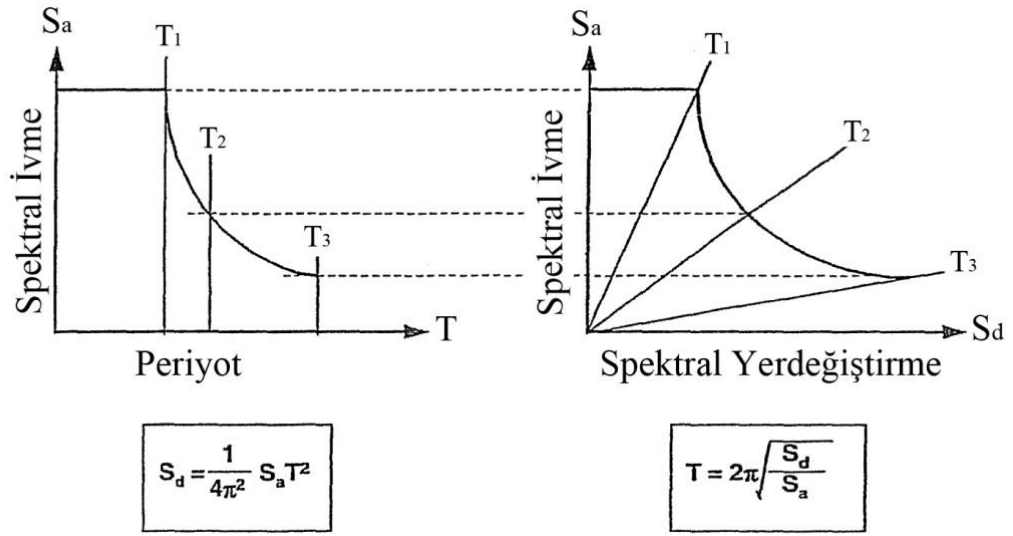
$U_r$ : çatı deplasmanı (m)

Deprem Yönetmeliği'nde hedef yerdeğiştirmenin yani performans noktasının hesabı, eşit yerdeğiştirme kuralı esas alınarak, kapasite spektrum yöntemine benzer şekilde elde edilir. Bunun için ilk olarak statik itme eğrisi, eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin davranışını ifade eden modal kapasite eğrisine dönüştürülür (Şekil 2.2.).



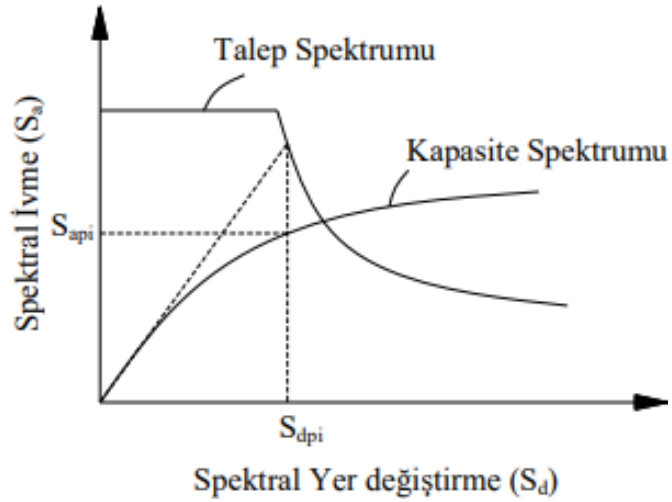
Şekil 2.2. İtme eğrisinden elde edilen kapasite spektrumu [18]

4. Şekil 2.3.'te gösterildiği gibi ADRS formatında % 5 sönümleme ve çeşitli süneklik seviyeleri için elastik ve elastik olmayan tepki spektrumları elde edilir.



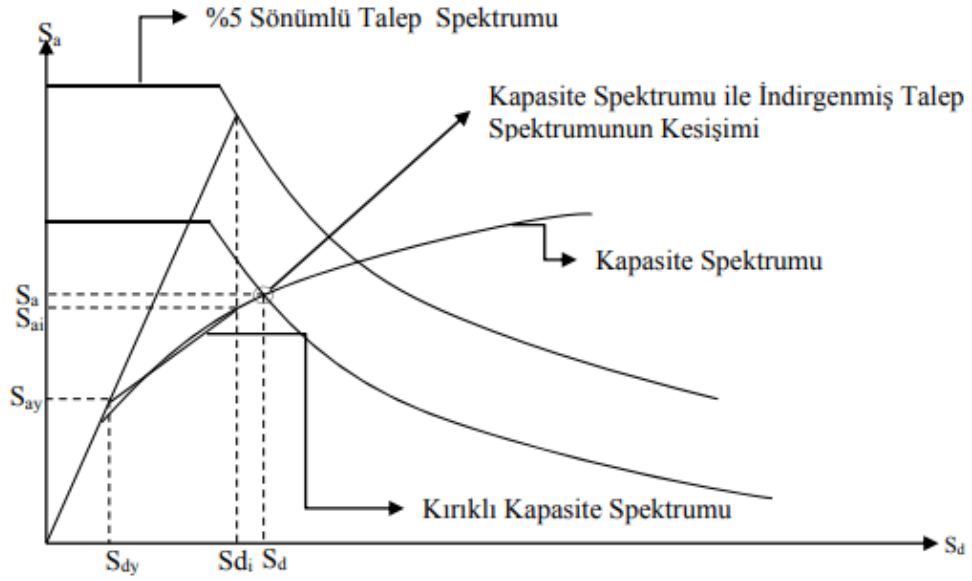
Şekil 2.3. Geleneksel Spektrumun ADRS Spektrumuna Dönüştürülmesi [17]

Daha sonra, Şekil 2.4.'te gösterildiği gibi aynı grafik kapasitesi ve talep eğrilerini çizilir.



Şekil 2.4. Aynı grafikte Çizelge Spektrumu ve Talep Spektrumu [19]

5. Her kesişme noktasındaki süneklik değeri kapasite ve talep eğrilerine göre hesaplanır. Hesaplanan süneklik, esnek olmayan talep eğrisinin sünekliğine eşit olduğunda, Şekil 2.5.'te gösterildiği gibi eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteminin elastik yer değıştirme talebi olarak da adlandırılan bu kesişim noktası da denir.



Şekil 2.5. Kapasite Spektrumu Yöntemi kullanarak performans noktası [20]

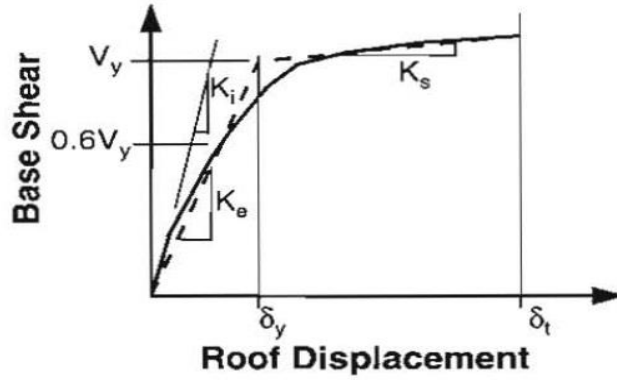
6. Eşdeğer SDOF sisteminin elastik olmayan yer değiştirme talebini, denlem [2.3] kullanarak MDOF sisteminin cevabına dönüştürülür.

$$U_r = S_d \Gamma_1 \Phi_{r1} \quad (2.3)$$

### 2.3.2. Yer değiştirme katsayısı yöntemi

Yer değiştirme katsayısı yöntemi, yer değiştirme talebini hesaplamak için doğrudan bir sayısal işlem sağlar. Kapasite eğrisinin spektral koordinatlara dönüştürülmesini gerektirmez. Hedef deplasman ( $\delta t$ ) hesaplaması için katsayı metodu kullanılmıştır [16] [17]. Bu prosedürün kısa açıklaması aşağıda verilmiştir.

1. Şekil 2.6.'da gösterildiği gibi kapasite eğrisinin bir bilineer tasarımı oluşturulur.



Şekil 2.6. İtme eğrisinin Bilinear Tasarımı [17]

2. Denklem (2.4) kullanarak etkili zaman periyodu hesaplanır.

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \quad (2.4)$$

$T_e$ : etkili temel periyot (sn).

$T_i$ : elastik temel periyot (sn).

$K_i$ : yapının elastik yanal dayanımı.

$K_e$ : Yapının etkili yanal dayanımı

3. Denklem (2.5) ve (2.6)'yı kullanarak hedef deplasmanı hesaplanır.

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_d \quad (2.5)$$

$$S_d = \frac{S_a T_e^2 g}{4\pi^2} \quad (2.6)$$

Denklem (2.5).’de  $\delta_t$ , kontrol düğümünün tahmini maksimum elastik olmayan yer değiştirmesidir.  $S_d$ , dikkate alınan yer hareketi için  $T_e$  periyoduna karşılık gelen elastik spektral yer değiştirmedir.  $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  ve  $C_3$ , elastik spektral yer değiştirmeyi modifiye eden katsayılardır. Bu katsayılar aşağıda açıklanmıştır.

$C_0$ : Spektral yer değiştirmeyi Çok Serbestlik Derecesi (ÇSD) sistem kontrol düğümü yer değiştirmesine bağlayan modifikasyon faktörü. Birinci mod katılım faktörünün kontrol modu seviyesindeki birinci mod vektörünün genliği ile çarpımı  $C_0$  olarak kullanılır.

$C_1$ : Doğrusal elastik spektral tepkilerden hesaplanan deplasmanlara beklenen maksimum elastik yer değiştirmeleri ilişkilendiren modifikasyon faktörü.

$$C_1 = (1 f_0 T_e \geq T_s) \quad (2.7)$$

$$C_1 = \frac{1 + \frac{(R-1)T_s}{T_e}}{R} \text{ ise } T_e < T_s \quad (2.8)$$

$$R = \frac{S_{a*} C_m}{\left(\frac{V_y}{W}\right)} \quad (2.9)$$

$S_a$ : sistemin etkili temel periyodunda ve sönümlenme oranı dikkate alınarak incelenir, etkilenme spektrumu hızlandırmasıdır.

$R$ : elastik mukavemet talebinin hesaplanan akma dayanımına oranıdır.

$T_s$ : sabit ivmelenme segmentinden spektrumun sabit hız segmentine geçiş ile ilişkili periyot olarak tanımlanan yanıt spektrumunun karakteristik periyodudur.

$V_y$ : sistem için idealleştirilmiş doğrusal olmayan kuvvet deformasyon eğrisi için doğrusal olmayan statik prosedürün sonuçları kullanılarak hesaplanan akma dayanımıdır.

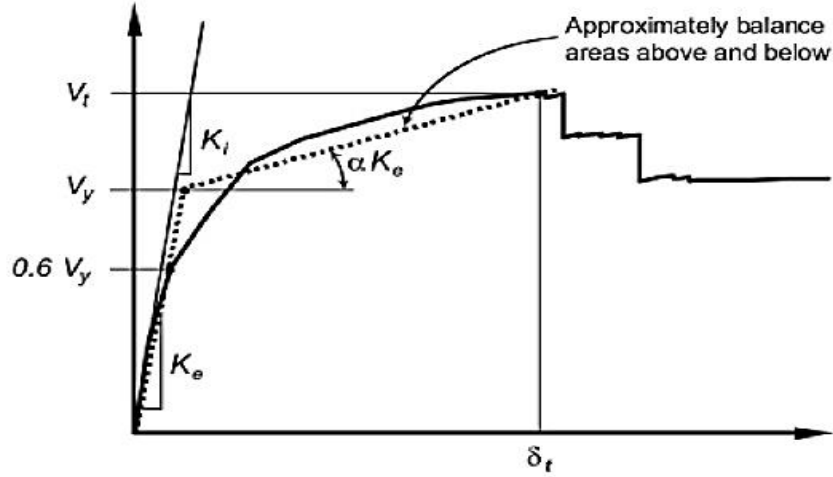
$C_m$ : Özdeğer analizi kullanılarak temel mod için hesaplanan etkili modal kütedir.  $W$  yapının ağırlığıdır.

$C_2$ : Sıkışmış histerik şeklin, sertlik degradasyonunun ve kuvvetin bozulmasının maksimum yer değiştirme tepkisi üzerindeki etkisini temsil eden modifikasyon faktörü.

$C_3$ :  $P-\Delta$  etkileri nedeniyle artan deplasmanları temsil eden modifikasyon faktörü.  $C_3$   $P-\Delta$  etkileri dikkate alınmadığından bu çalışmada 1 olarak kabul edildi.

$$C_3 = \frac{1 + |\alpha|(R-1)^{1.5}}{T_c} \quad (2.10)$$

$\alpha$ , Şekil 2.7.'de gösterildiği gibi, akma sonrası dayanımın etkili elastik dayanıma oranıdır



Şekil 2.7. İtme Eğrisinin İdealleştirilmesi [16]

### 2.3.3. Modal itme analizi (MPA)

Modal İtme Analizi (MPA), 2001 yılında Chopra ve Goel tarafından önerilmiştir. Ana hedefleri, sabit yük örüntüsü ile kavramsal ve hesaplamalı sadeliği olan yapısal dinamik teorisine dayanan bir analiz prosedürü geliştirmek olmuştur [16] [17]. MPA prosedürü aşağıdaki adımlar dizisinde özetlenmiştir:

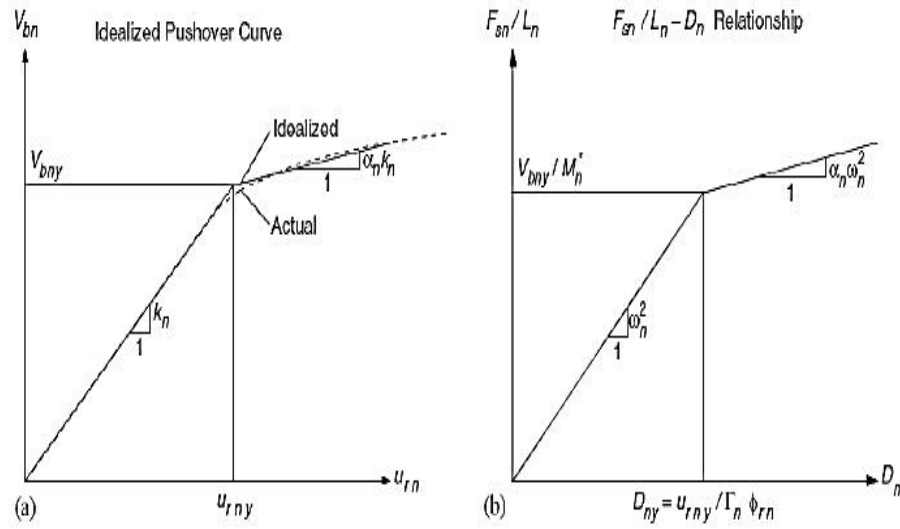
1. Önce doğrusal elastik analiz için doğal frekanslar  $\omega_n$  ve modları  $\Phi_n$  hesaplanır.
2. Denklem (2.11).’den elde edilen kuvvet dağılımı için taban kesme ( $V_{bn}$ ) ve üst deplasman ( $U_m$ ) gibi bir itme eğrisi geliştirilir.

$$S_n^* = m \cdot \Phi_n^i \quad (2.11)$$

m: kütle matrisi.

$\Phi_n^i$ : i-inci modunun mod şekli.

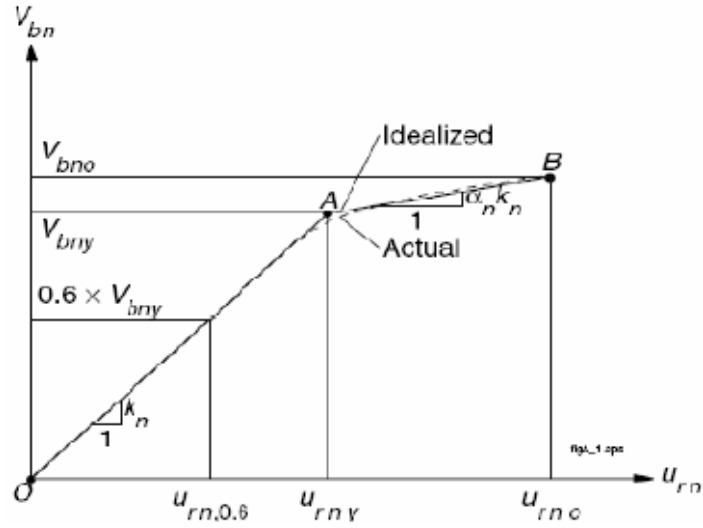
3. Kuvvet dağılımı  $S_n^*$  kademeli olarak uygulanır ve taban kesme kuvvetleri ve ilgili çatı yer değiştirmeleri kaydedilir. Sistem seçilen modda hedef çatı deplasmanının ötesine geçmelidir.
4. FEMA-273 prosedürünü kullanarak kapasite eğrisini bir bilineer eğri olarak idealize edilir.
5. Yatay eksenini  $\Gamma_n \Phi_n$  ile ve  $L_n \Gamma_n$ 'e eşit olan  $M_n^*$  ile dikey eksenini ölçeklendirerek Şekil 2.8.'de gösterildiği gibi  $(F_{sn} / L_n) - D_n$  ilişkisini geliştirilir.



Şekil 2.8. İtme Eğrisi (a) ve SDF-Sistem Eğrisi (b) [21]

Şekil 2.9., Chopra ve Goel, 2001 tarafından verilen itme eğrisinin idealleştirilmesini göstermektedir





Şekil 2.9. İtme Eğrisinin İdealleştirilmesi [21]

6. Seçilen zemin hareket uyarımı,  $D_n$  altında  $n$  inci mod elastik olmayan temsili TSD sisteminin tepe deformasyonunu hesaplanır.
7. Denklem (2.12).’yi kullanarak tek sebestlik dereceli sistem sonucunu ÇSDS formuna dönüştürülür.

$$U_{mo} = \Gamma_n \Phi_m^i D_n \quad (2.12)$$

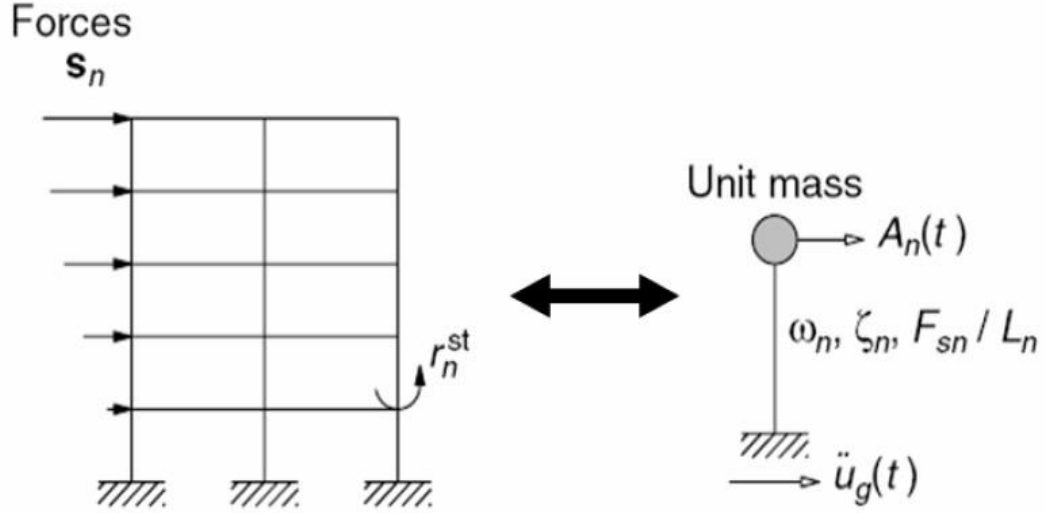
$\Gamma_n$ :  $n$  inci mod için bir modal amplifikasyon faktörü

$\Phi_m^i$ : çatı seviyesinde şekil faktörü.

$D_n$ , temsilci TSD sisteminin tepe tepkisi.

8. İtme veri tabanından ÇSDS yanıtlarının sonuçları alınır.
9. Diğer modlar için adım 2’den 8’e kadar olan prosedürü tekrarlanır. Genellikle ilk üç mod gerekli doğruluk elde etmek için yeterli olmaktadır.
10. Karelerin toplamının karekökü veya tam ikinci dereceden denklem kuralını kullanarak zirve modal tepkilerini birleştirerek belirlenir.

Şekil 2.10, elastik olmayan ÇSD sistemlerinin MPA'nın kavramsal açıklamasını göstermektedir.



Şekil 2.10. Elastik olmayan ÇSD sistemlerinin MPA'larının kavramsal açıklaması [21]

## 2.4. Performans Değerlendirme Kavramları

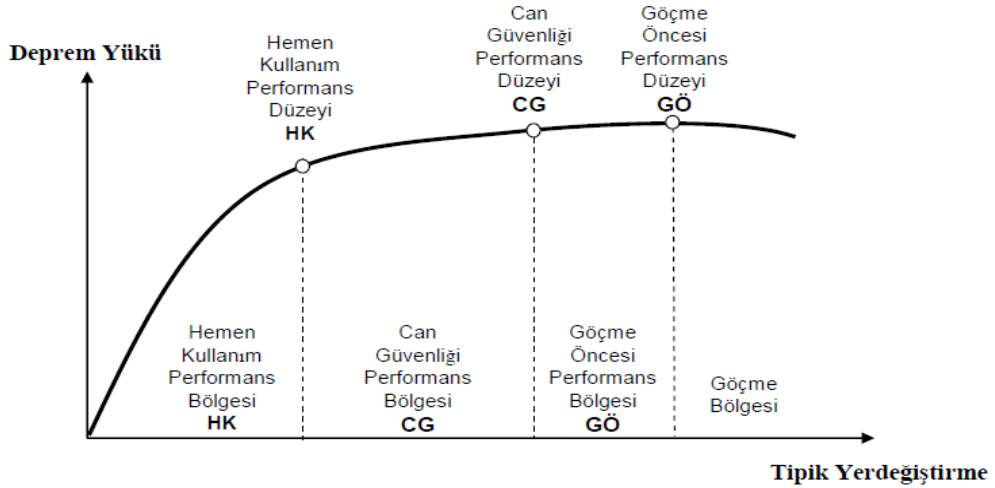
### 2.4.1. Giriş

Performansa dayalı tasarım kavramı, deprem mühendisliğinde yeni bir kavramdır. Türk Deprem Yönetmeliğinde tanıtıldığı için sadece mevcut yapıların deprem güvenliğini belirlemek için kullanılmıştır. Ancak 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe girecek olan “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde” belirtildiği gibi bu yöntem yeni yapıların tasarımında da kullanılacaktır. Bir deprem sırasında; yapılar elastik sınırların ötesine geçer. Lineer analiz yöntemleriyle açıklanamayan elasto-plastik davranışı açıklamak için doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin kullanılmasına geçilmiştir.

Bu bölümde, DBYBHY 2007’ye göre mevcut binalar için tanımlanan performans düzeyleri ve mevcut binalar için hedeflenen bina performansları üzerinde açıklanacaktır.

## 2.4.2. Mevcut binalar için tanımlanan performans düzeyleri

2007 Yönetmelik Bölüm 7’de ilk kez kapsama alınan mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi bağlamında, mevcut veya güçlendirilen binalar için üç ayrı performans düzeyi tanımlanmıştır:



Şekil 2.11. Taşıyıcı sistem performans düzeyleri [22]

### 2.4.2.1. Hemen kullanım performans düzeyi (HK)

Hemen kullanım Performans düzeyi (HK): Yapısal ve yapısal olmayan elemanlar hiç hasar görmezler veya oluşabilecek hasar çok sınırlı ve hemen onarılabilecek düzeyde kalır. Taşıyıcı sistemin doğrusal davranış sınırını çok az aşabilir. Bina depremden kısa bir süre sonra kullanılabilir.

“DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.2 de Hemen Kullanım Performans Düzeyi kriterleri aşağıda gösterdi gibi açıklanmıştır: “Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10’ u Belirgin Hasar Bölgesi’ ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi’ ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyi’ nde olduğu Kabul edilir” [22]

#### 2.4.2.2. Can güvenliği performans düzeyi (CG)

Can Güvenliği Performans Düzeyi (CG): Yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasar, can güvenliğini tehlikeye atmayacak ölçüde sınırlı ve çoğunlukla onarılabılır düzeyde kalır. Taşıyıcı sistem davranış doğrusal olmayan davranış bölgesinde olmasına rağmen, göçme konumundan yeteri kadar uzaktadır.

DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.3 de Can Güvenliği Performans Düzeyi kriterleri aşağıda gösterdi gibi açıklanmıştır:

“- Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcısisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla % 30’ u ve kolonların alt maddede tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi’ ne geçebilir.

-İleri Hasar Bölgesi’ ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı % 20’ nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi’ ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla % 40 olabilir.

-Diğer taşıyıcıelemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi’ ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30’ u aşmaması gerekir. Hasar durumunda, kirişlere kiriş sayısına bağlı oran verilirken, kolonlarda kesme kuvvetine bağlı oran verilmektedir. Bu durum, önemli ve daha önemli kolonları ayırt etmek açısından dikkat çekicidir. En üst katın, taşıyıcı sistem kararlılığındaki daha az etkili durumu da yönetmelikte vurgulanmaktadır” [22].

### 2.4.2.3. Göçme öncesi performans düzeyi (GÖ)

Göçme Öncesi Performans Düzeyi (GÖ): Yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda ileri derecede hasar meydana gelmiştir. Taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan davranış göçme konumuna yakınlaşmıştır. Bina hala göçmemiştir, ancak can güvenliği bakımından sakıncalıdır ve büyük olasılıkla yıkılması gerekecektir.

DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.4 de Göçme Öncesi Performans Düzeyi kriterleri aşağıda gösterdi gibi açıklanmıştır:

“- Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcısisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla % 20’ si Göçme Bölgesi’ ne geçebilir.

- Diğer taşıyıcıelemanların tümü, Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi’ ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının % 30’ u aşmaması gerekir” [22].

### 2.4.2.4. Göçme düzeyi (GÇ)

Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi ni sağlamıyorsa Göçme Düzeyi’ ndedir. Binanın kullanımını can güvenliği açısından sakıncalıdır.

### 2.4.3. Mevcut binalar için hedeflenen bina performansları

Aşağıda verilen Yönetmelik Tablo 7.7.’de belirtildiği gibi, binanın kullanım amacı ve/veya türüne göre, farklı deprem düzeyleri altında, performansa göre değerlendirme yaklaşımı çerçevesinde binalar için farklı performans hedefleri öngörülmüştür. Tablodan görüldüğü gibi, konutlar, vb. gibi standart binaların dışındaki binalar için iki ayrı deprem düzeyi altında iki farklı performans hedefinin sağlanması öngörülmektedir. Ancak, tablonun başlığından da görüldüğü üzere öngörülen hedefler,

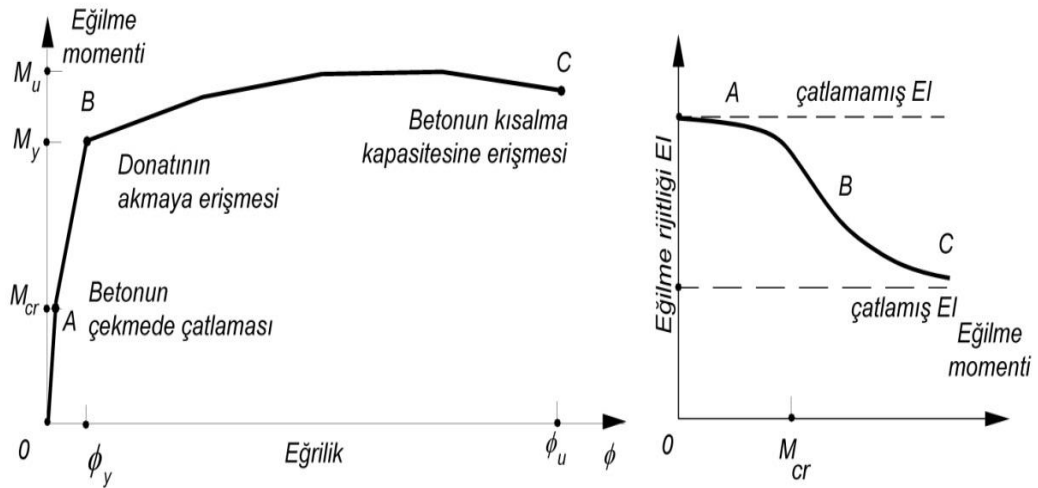
minimum hedefler olup özel koşullara ve isteğe bağlı olarak yükseltilebilir. Örneğin, bir konut binası için tabloda öngörülen 50 yılda asılma olasılığı % 10 olan deprem altında Can Güvenliği (CG) performans hedefine ek olarak 50 yılda asılma olasılığı % 2 olan deprem altında Göçme Öncesi (GÖ) performans düzeyinin hedeflenmesi mümkündür.

Tablo 7.7. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri [22]

<i>Binanın Kullanım Amacı ve Türü</i>	<i>Deprem Aşılma Olasılığı</i>		
	<i>50 yılda %50</i>	<i>50 yılda %10</i>	<i>50 yılda %2</i>
<b>Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar:</b> Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
<b>İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar:</b> Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kıışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-	HK	CG
<b>İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar:</b> Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	-
<b>Tehlikeli Madde İçeren Binalar:</b> Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
<b>Diğer Binalar:</b> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	-	CG	-

## 2.5. Betonarme Kesitte Eğilme Etkisi ve Eğilme Rijitliği

Yapı elemanlarının tasarımında ve performansının değerlendirilmesinde kullanılan taşıma gücü kapasitesi ve şekil değiştirmeye bağlı hasar sınır değerleri gibi verilerin elde edilmesinde basit veya birleşik eğilme etkisi sonucu elde edilen kesite ait Moment – Eğrilik ( $M - \phi$ ) ilişkisinden yararlanır. Betonarme taşıyıcı sistemlerde kiriş elemanlara etki eden normal kuvvet değerleri genellikle düşük olduğundan basit eğilme etkisi altında oldukları kabul edilir. Kolonlarda ise oluşan normal kuvvet değerleri  $M - \phi$  ilişkisini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu ilişkiyi etkileyen bir diğer önemli faktör ise kesitin Eğilme Rijitliği  $EI = M / \phi$  'nde betonun çatlaması ve donatının akmasıyla meydana gelen azalmadır. Şekil 2.12.'de basit eğilme etkisi altındaki betonarme kesite ait  $M - \phi$  ilişkisi ile eğilme rijitliğindeki değişim gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Betonarme kesitte  $M - \phi$  ilişkisi ve eğilme rijitliği (EI) değişimi [10]

Betonun çatlamasıyla kesitte oluşan çekme gerilmelerinin tamamının donatı tarafınan karşılandığı kabul edilir. Eğilme momentinin artmaya devam etmesi sonucu donatıyı akma gerilmesine ulaştıran  $M_y$  Akma Momenti değeri elde edilir. Bu noktadan sonra donatıda plastik şekil değiştirmeler meydana gelir. Kesitin yeterli plastik şekil değiştirme kapasitesine sahip olması sünek yapı tasarımı adına önemli bir konudur. Bu da ancak çekme donatısının dengeli donatıdan daha düşük değerde kullanılması ile mümkün olur. Aksi halde donatıda akma olayı gerçekleşmeden beton en büyük birim kısalma  $\epsilon_{cu}$  değerine ulaşır ve göçme olayı gevrek olarak meydana gelir. Ayrıca  $M - \phi$  grafiğinde  $\phi_u / \phi_y$  oranının süneklik olduğu kabul edilir.

Düşey taşıyıcı eleman olan kolonlarda eğilme momenti ile birlikte normal kuvvetin de bulunması birleşik eğilme durumunu ortaya çıkarır. Betonarme bir kesitin karşılayabileceği eğilme momenti ve normal kuvvet sınır değerleri beton ve donatı için kabul edilecek gerilme ve şekil değiştirme bağıntıları kullanılarak hesap edilebilir ve Karşılıklı Etki Diyagramı olarak bilinen bu diyagram bir eksen takımında çizilebilir [23].

Taşıyıcı sistemlerde dış yükler altında oluşan kesit etkilerinin ve yerdeğiştirmelerin hesabında kesit rijitliklerinin bilinmesine ihtiyaç vardır. Genellikle betonarme taşıyıcı sistemlerde kesit rijitliklerinden eğilme rijitliği diğerlerine göre hem iç kuvvetlerin dağılımına ve hem de yerdeğiştirmelere daha çok etkili olur. Kesit eğilme rijitliği,

kesitin geometrik boyutlarına, donatı miktarına, beton ve donatının elastiklik modüllerine bağlı olarak ortaya çıkar [23].

Şekil 2.12.'de verilen moment eğrilik değişiminde grafiğin teğet eğimi  $EI = M / \phi$  Eğilme Rijitliği'ne karşı gelir. Kesitteki momentin artması sonucu betonun çatlaması ve donatının akması ile kesitin eğilme rijitliği giderek azalır. Betonarme bir elemanda çatlaklar moment değerinin en büyük olduğu bölgelerde oluşurken diğer kesitlerde çatlamamış rijitlik söz konusu olur. Ayrıca örneğin kiriş kesitinin tablalı olduğu da düşünülürse moment değerinin pozitif veya negatif olması durumuna göre çatlaklar kesitin altında veya üstünde oluşacak, bu sebeple açıklık ve mesnet bölgelerinde birbirinden farklı eğilme rijitlikleri ortaya çıkacaktır. Eğilme rijitliğindeki betonarme eleman boyunca meydana gelen bu değişim karmaşık hesaplamalar gerektirir ve bunun taşıyıcı sistemin tamamına uygulanması pratik olmayan bir hesap yöntemi olur. Genellikle betonarme kiriş ve kolonlar için ortalama bir eğilme rijitliği kabul edilir ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'de denklem 2.13 ve 2.14'teki gibi verilmiştir.

$$\text{Kirişlerde} \quad (EI_e) = 0.4 * EI_0 \quad (2.13)$$

$$\text{Kolon ve} \quad N_D \leq 0.1 * (A_c f_{cm}) \quad \text{ise} \quad (EI_e) = 0.4 * (EI_0) \quad (2.14)$$

$$\text{Perdelerde} \quad N_D \leq 0.4 * (A_c f_{cm}) \quad \text{ise} \quad (EI_e) = 0.8 * (EI_0)$$

Eksenel basınç kuvveti  $N_D$ 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.  $N_D$ , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin gözönüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait  $(EI)_0$  eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenecektir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliği  $(EI)_e$  kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılacaktır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır.

$N_D$  : Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan eksenel kuvvet.



$A_c$  : Kolon veya perdenin brüt kesit alanı

$f_{cm}$  : Mevcut beton dayanımı

Deprem Yönetmeliği'ndeki bu yaklaşımda kolonların eksenel yük değeri arttığında daha rijit kaldıklarını, azaldığında ise taşıdığı eksenel yükün rijitlik değişimine etkisi dikkate alınmayan kirişler gibi  $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$  olarak hesaplandığını söylenebilir.

Eğilme rijitliklerinin kolon ve kirişlerde aynı ölçüde azaltılması kesit etkilerinin elemanlarda dağılımını değiştirmez sadece yerdeğıştirmelerin aynı oranda artmasına sebep olur. Yatay yükler etkisi altında yerdeğıştirme oranındaki bu artış  $1.25 (\approx 1/0.80) \sim 2.50 (\approx 1/0.40)$  değerleri arasında olur. Sistem rijitliğinin değışmesi ayrıca yapı periyodunun ( $T$ ) da değışmesine sebep olur. Periyot, rijitliğin karekökü ile ters orantılı olduğundan  $1.12 (\approx \sqrt{1/0.80}) \sim 1.58 (\approx \sqrt{1/0.40})$  oranları arasında artar ve periyodun artan bu değerlerinin spektrum eğrisinin azalan düşey kolu üzerinde bulunması halinde sisteme etki eden deprem yüklerinin azalması sonucunu doğurur. Çatlamış kesit rijitliğinin göz önüne alınmasının daha gerçekçi olduğu için muhtemelen bu kavram yeni tasarımı yapılan binalarda da yaygınlaşarak kullanacağı beklenebilir [23] [24].

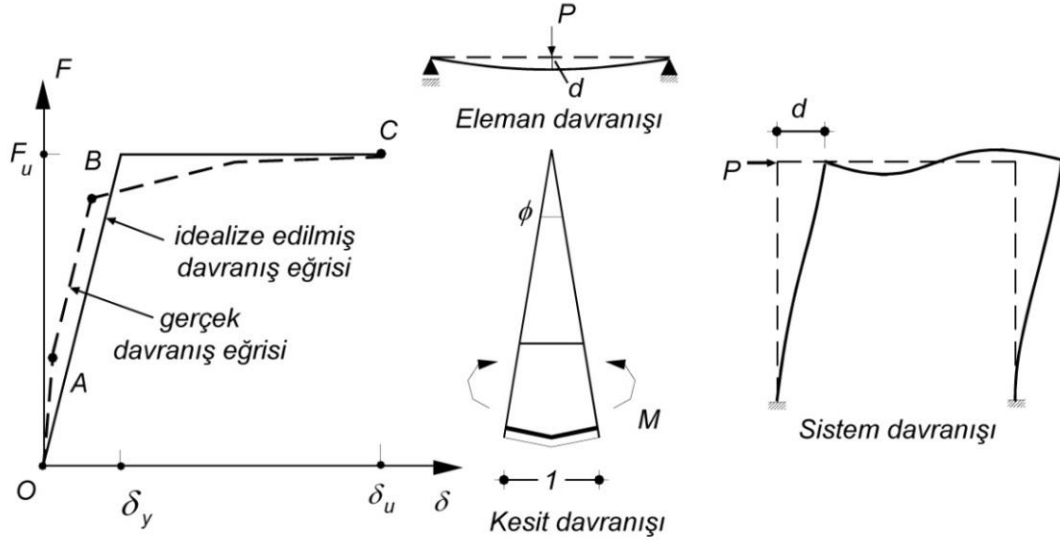
## 2.6. Süneklik

İnşaat mühendisliğinde büyük öneme sahip olan bu kavram bir kesitin, bir elemanın veya bir taşıyıcı sistemin, dış yükte önemli bir değışme olmaksızın, elastik sınırın ötesinde şekil değıştirme, dolayısıyla yerdeğıştirme yapma yeteneği olarak tanımlanabilir. Matematiksel olarak süneklik, ulaşılabilecek toplam yerdeğıştirmenin (şekil değıştirmenin) elastik sınıra erişildiğindeki yerdeğıştirmeye (şekil değıştirmeye) oranı olarak denklem 2.15.'teki gibi tarif edilebilir [25].

$$\mu = \delta u / \delta y \quad (2.15)$$

Şekil 2.13.'te bulunan grafikte  $F$  bir etkiyi ve  $\delta$  karşı gelen yer değıştirmeyi göstermektedir. A, B ve C noktaları ise sırasıyla betonun çatlaması, donatının akması

ve kesit güç tükenmesi durumlarını ifade ederken bu noktaların bulunduğu gerçek davranış eğrisi, ideal elastoplastik davranış eğrisi olarak basitleştirilebilir.



Şekil 2.13. Kesit, eleman ve sistem etki – şekil (yer) değiştirme ilişkisi [21]

Eğilme momenti etkisi altındaki bir kesitte karşı gelen şekil değiştirme eğrilik kabul edilerek, kesit eğrilik sünekliği tanımlanabilir. Bunun gibi ortasında yüklü bir kirişte düşey yük ve düşey yer değiştirme ilişkisi göz önüne alınarak eleman düşey yerdeğiştirme sünekliği ve yatay yüklü bir çerçeve göz önüne alınarak taşıyıcı sistem yatay yerdeğiştirme sünekliği tanımlanabilir [23].

Düşey yükler altında taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik sınırlar içinde davranış gösterdiği esas alınır, ancak seyrek olarak gerçekleşecek olan şiddetli deprem etkilerini de malzemenin elastik sınırlarını aşmadan karşılayacak şekilde tasarım yapmak ekonomik olmayan bir yaklaşımdır. Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan yapı tasarımlarında sisteme etki eden deprem kuvvetleri, yapının sünek davranış sergileyeceği düşünülerek taşıyıcı sistem türüne göre azaltılır. Bu azaltma değeri Deprem Yönetmeliği Bölüm 2’de Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) olarak tanımlanmıştır. Aşağıdaki tablo’da yerinde dökme betonarme binalar için R katsayıları verilmiştir. Sünek tasarlanmış yapıların rijit yapılara göre daha fazla deprem enerjisini tüketme özelliğinin olması R katsayısının sistemin rijitliği ile ters orantılı olarak değişmesi sonucunu doğurur.

Tablo 2.1. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) [17]

<b>BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ</b>	<b>Süneklik Düzeyi Normal Sistemler</b>	<b>Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler</b>
<b>(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR</b>		
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar .....	4	8
(1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar.....	4	7
(1.3) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar.....	4	6
(1.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	4	7

Yapı sistemlerinin hesabında eşdeğer deprem yüklerinin R katsayısı ile azaltılması, deprem etkilerinin önemli bir kısmının sünek davranışla meydana gelen elastik ötesi şekil değiştirmelerle karşılanmasını dikkate almasıyla önemli bir konudur; ancak ne kadar gerçekçi veya yeterli bir yaklaşım olduğu tartışılabilir. Örneğin; aynı taşıyıcı sistem özelliklerine sahip, kat yükseklikleri farklı iki yapının yatay yer değiştirme süneklikleri de birbirinden farklı olacaktır. Dolayısıyla sönmüleyecekleri deprem enerjisi oranlarının da farklı olacağı söylenebilir.

Yapılarda özellikle kolon – kiriş birleşim bölgelerinde yeterli sünekliğin sağlanamaması depremlerde oluşan hasarların başlıca sebepleri arasında yer almaktadır. Bir sistemin süneklik düzeyinin yüksek olabilmesi için öncelikle kullanılan malzemelerin sünek olması gerekmektedir.

## **BÖLÜM 3. YAPI MODELLERİNİN TASARIMI VE PERFORMANS ANALİZİ UYGULAMASI**

### **3.1. Giriş**

Bu bölümde, hem dikdörtgen planlı referans modeller hem de T Tipi plan düzensizliği olan betonarme bina modelleri için gerçekleştirilen analitik çalışmalar hakkında ayrıntılı bilgi verilmektedir. 3, 6 ve 8 katlı binaların hepsinde referans model olarak x ve y doğrultularında 5 açıklıklı 6 aksdan oluşan toplam 12 model hazırlanmıştır. Bu modellerde x açıklıkları 4 metre y açıklıkları ise 3 metre alınmıştır. Düşey akslar alfabetik (A,B,C,D,E,F), yatay akslar ise sayısal (1, 2, 3, 4, 5, 6) olarak isimlendirilmiştir. Her bir modelde kat yüksekliği 3 m seçilmiştir. Referans modellerden x doğrultusunda 1, 2 ve 3 aksından, düşey doğrultuda ise A ve F akslarından kolon, kiriş ve döşemelerin kaldırılmasıyla T plan düzensizliği olan çeşitli modeller elde edilmiştir. Her bir yapı için tüm kolonlar aynı kesit özelliklerine sahiptir. Ve kolon boyutları model1 için 40x60 cm ve 30x30cm, model2 için 40x60cm ve 50x50cm, model3 için 40x80cm ve 60x60cm ölçülerindedir. Bu kolonların donatıları minimuma yakın seçilmiştir. Tüm bina modellerinin döşeme kalınlığı 12 cm alınmış ve döşemelerin oturduğu bütün kirişler 30x60 cm boyutlarında seçilmiştir.

İlk olarak, ele alınan yapılar, Etabs 2016 entegre bina tasarım yazılımı tarafından sağlanan doğrusal elastik yaklaşımlar kullanılarak TS 500 - 2000 düzenlemelerine göre tasarlanmıştır ve analiz edilmiştir [26]. Bu binaların Türkiye'deki mevcut binalar olduğu varsayılmıştır; malzemeler, kesit özellikleri ve yük parametreleri aynı tutularak, tüm yapılar için tam ölçekli bir üç boyutlu (3D) modelinin analitik yapısal analiz bilgisayar programı Etabs 2016 ile yapılmıştır. Burada bazı noktalara dikkat edilmiştir. Örneğin Etabs 2016 'da kolon ve kiriş elemanların etriye sıklaştırma bölgeleri tanımlanamadığından (veya pratik olmadığından) tüm kolon ve kirişlerde Ø10/100mm etriye kullanılmıştır. Ayrıca yine Etabs 2016 programında mesnet

donatıları tanımlanamadığından kiriş tasarımlarında yalnızca montaj donatıları (üst donatı) ve (alt donatı) kullanılmıştır [27].

Malzeme olarak beton sınıfı C30, çelik sınıfı ise S420 seçilmiştir. Yapılar konuttur ve yerinde dökme betonarme bina olarak tasarlanmıştır. Deprem yüklerinin tamamı süneklilik düzeyi yüksek çerçeve sistemlerle karşılanmaktadır. Bu sebeple bina önem katsayısı  $I=1$  ve taşıyıcı sistem katsayısı  $R=8$ 'dir. Yapıların 1. derece deprem bölgesinde ve Z1 sınıfı yerel zemin bölgesinde bulunduğu kabul edilerek etkin yer ivmesi katsayısı  $A_0 = 0.40$  ve spektrum karakteristik periyotları  $T_A=0.1s$ ,  $T_B=0.3s$  olarak belirlenmiştir [22] .

Modelleme sırasında döşemelerin ağırlıkları ölü yük olarak kirişlere aktarılmış ve kolonlar zemine ankastre olarak bağlandığı kabul edilmiştir. Hazırlanan modellere modal ve nonlinear statik modal itme analizi yapılmıştır. Malzeme modellerinin hazırlanmasında, her bir yapısal elemana ait momet eğrilik ilişkilerinin çıkarılmasında, kolonlara ait akma yüzeylelerinin tanımlanmasında ise XTRACT programı kullanılmıştır. Son olarak binaların sismik performansını değerlendirmek için her iki doğrultuda; çatı yer değiştirme ve taban kesme kuvvetleri hesaplanmıştır. Ayrıca, elde edilen sismik performans değerlendirmek için plastik mafsalların oluşum eğilimi, bunlara karşılık gelen performans seviyesi ve bunların tüm binadaki dağılımı incelenmiştir.

Aşağıdaki bina modellerinin analizlerde kullanılan malzeme özellikleri ve yük değerleri verilmiştir (Tablo 3.1. ve Tablo 3.2.).

Tablo 3.1. Bina modellerinde kullanılan malzeme özellikleri

	<b>Sembol</b>	<b>Donatı</b>	<b>Beton</b>
Elastisite modülü	E	200000 MPa	25 743 MPa
Birim hacim ağırlığı	W	76.9729 kN/m <sup>3</sup>	23.536 kN/m <sup>3</sup>
Belirtilen beton basınç dayanımı	$f'_{ck}$	-	30 MPa
Minimum akma gerilmesi	$f_{yk}$	420 MPa	-
Minimum çekme gerilmesi	$F_{uk}$	550 MPa	-
Beklenen akma gerilmesi	$f_{ye}$	420 MPa	-
Beklenen gerilme stresi	$f_{ue}$	550 MPa	-
Poisson oranı	V	-	0.2

Tablo 3.2. Bina modellerindeki yük değerleri

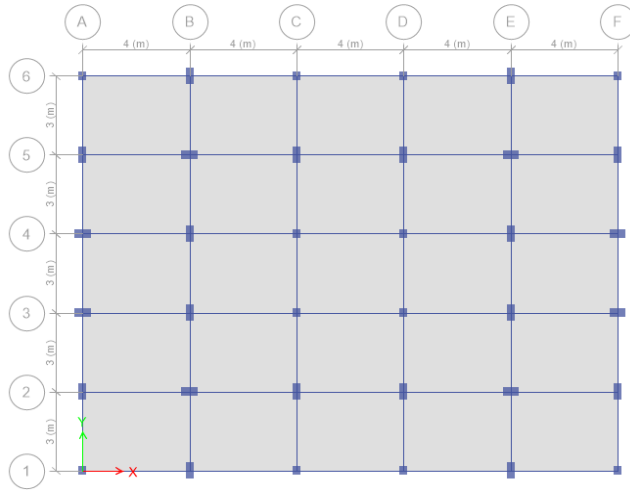
Öğeler	Miktarları
Kat yüksekliği	3m
Döşeme kaplama ağırlığı	1 kN/m <sup>2</sup>
Kat hareketli yük	2 kN/m <sup>2</sup>
İç ve dış duvarlar yük	5.25 kN/m
Hareketli yük takılım oranı (n)	0.3

### 3.2. Model Tasarımı ve Sonuç Analizleri

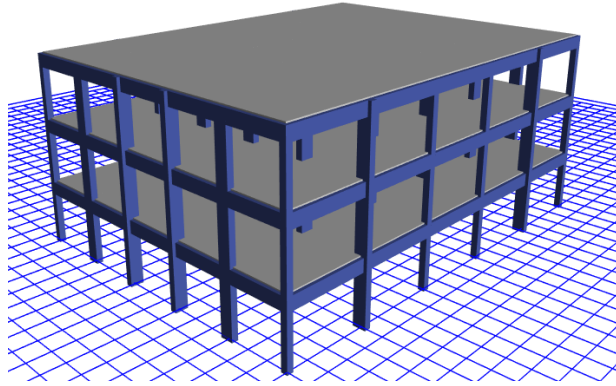
Bu bölümde, tüm yapı modellerinde gerçekleştirilen lineer analiz yapıldıktan sonra elde edilen sonuçlar ayrıntılı olarak sunulmaktadır. Bu sonuçlar, detaylı kolon ve kiriş kesit boyutları, çelik donatı oranı, kat deplasmanları, modal periyotlar ve bunların frekanslarıdır.

#### 3.2.1. Model 1\_ref modelinin tasarım özellikleri

Modeller isimlendirilirken Model 1 üç katlı yapı modelleri, Model 2 6 katlı yapı modelleri ve Model 3 8 katlı yapı modelleri olarak tanımlanmıştır. Model 1-ref modeli, kat yüksekliği 3 metre olan 3 kattan oluşan dikdörtgen planlı ve plan düzensizliği olmayan Referans bina modelidir. Bu modellerde x açıklıkları 4 metre y açıklıkları ise 3 metre alınmıştır. Düşey akslar alfabetik (A,B,C,D,E,F), yatay akslar ise sayısal (1, 2, 3, 4, 5, 6) olarak isimlendirilmiştir. Daha sonra T1, T2 ve T3 olarak isimlendireceğimiz T tipi düzensiz binaların sonuçları bu referans plan sonuçlarıyla karşılaştırılacaktır. Şekil 3.1., ve 3.2., sırasıyla iki boyutlu kalıp planı ve üç boyutlu görünümü verilmiştir. Tablo 3.3.'te modellemede kullanılan kolonlar ve kirişlerin boyutları ve çelik donatısı miktarları gösterilmektedir. Tablo 3.4. ise gerçekleştirilen lineer performans analizi sonucunda elde edilen periyotları ve bunların frekanslarını göstermektedir. Tablo 3.5.'te ise binanın ağırlığını ve katların yer değiştirmeleri gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Model 1\_ref modelinin iki boyutlu kat plan



Şekil 3.2. Model 1\_ref modelinin üç boyutlu görünümü

Tablo 3.3. Model1 planlarının kolonları ve kirişlerin boyutu ve çelik donatısı miktarları

Katlar	Kare kolon boyutlu		Dikdörtgen kolon boyutlu		Kolon donatısı		Kiriş donatısı	
	b(mm)	h(mm)	b(mm)	h(mm)	kare	Dikdörtgen	üst	alt
1.kat	300	300	300	600	8 $\Phi$ 14	10 $\Phi$ 16	2 $\Phi$ 14	4 $\Phi$ 14
2.kat	300	300	300	600	8 $\Phi$ 14	10 $\Phi$ 16	2 $\Phi$ 14	4 $\Phi$ 14
3.kat	300	300	300	600	8 $\Phi$ 14	10 $\Phi$ 16	2 $\Phi$ 14	4 $\Phi$ 14

Yukarıda belirtilen kolon ve kiriş boyutları ve bunların çelik donatısı miktarları ayrıntılı bir şekilde Tablo A.1. ve A.2.'de ek olarak verilmiştir. Tasarımda yapılarıdaki tüm kirişler 30 x 60 cm olarak boyutlandırılmıştır ancak donatı miktarları farklılık göstermektedir. Tüm kirişlerde alt donatılar 4 $\Phi$ 14'ken üst donatılar 2 $\Phi$ 14, 4 $\Phi$ 14 ve 6 $\Phi$ 14 olarak değişmektedir.

Tablo 3.4. Model1\_ref periyotları ve frekansları

Modlar	Periyotlar (s)	Frekanslar (Hz)
1	0.489	2.044
2	0.403	2.481
3	0.395	2.534
4	0.153	6.538
5	0.126	7.906

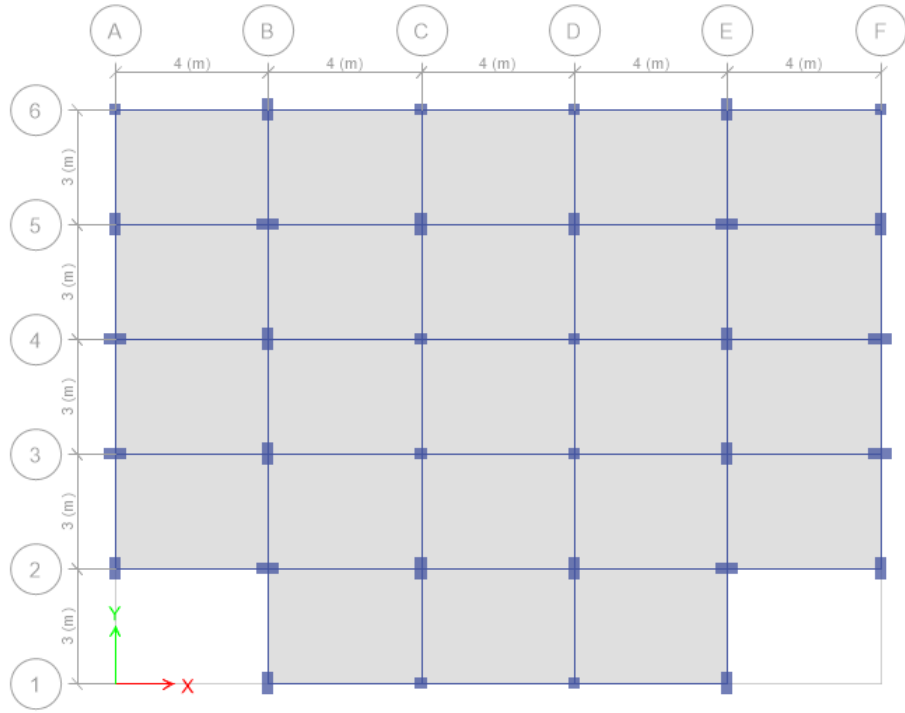
Tablo 3.5. Binanın ağırlığı ve kat yer değiştirmeleri

Katlar	Kat ölü yük + 0,3 W (kN)	Kat yer değiştirmeleri (mm)	
		dx	dy
3	4298.234	37	37
2	4298.234	28	28
1	4298.234	13	13
Toplam	12894.702		

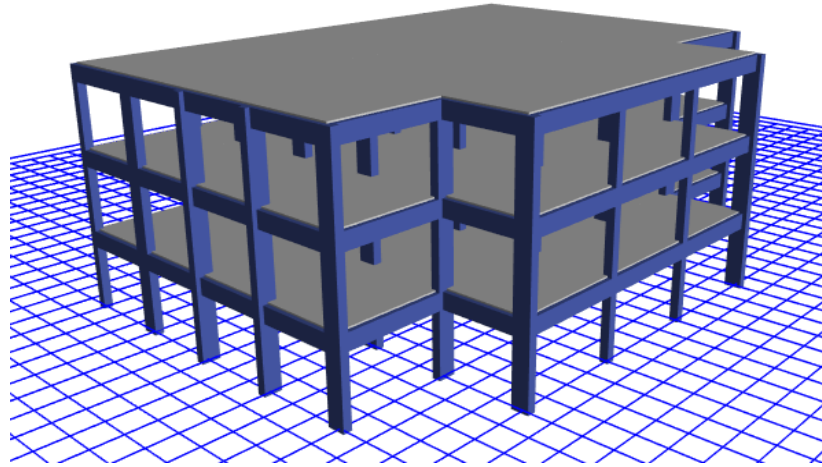
### 3.2.2. Model 1\_T1 modelinin tasarım özellikleri

Model 1\_T1, referans modelden A-1 ve F-1 akslarındaki kolonların arasındaki döşeme ve kirişlerin kaldırılmasıyla elde edilen 3 katlı T şeklinde plan düzensizliği olan bir yapı modelidir. Kolonlar ve kirişlerin boyutları ve çelik donatı miktarları referans modeldeki (model 1\_ref) ile aynıdır Şekil 3.3., ve 3.4., sırasıyla iki boyutlu kalıp planı ve üç boyutlu görünümü verilmiştir. Tablo 3.6.'da ise gerçekleştirilen lineer performans analizi sonucunda elde edilen periyotları ve bunların frekanslarını göstermektedir. Tablo 3.7.'de ise binanın ağırlığını ve katların yer değiştirmeleri verilmiştir.





Şekil 3.3. Model 1\_T1 modelinin iki boyutlu kalıp planı



Şekil 3.4. Model 1\_T1 modelinin üç boyutlu görünümü

Tablo 3.6. Model1\_T1 modelinin analiz sonucu bulunan periyotları ve frekansları

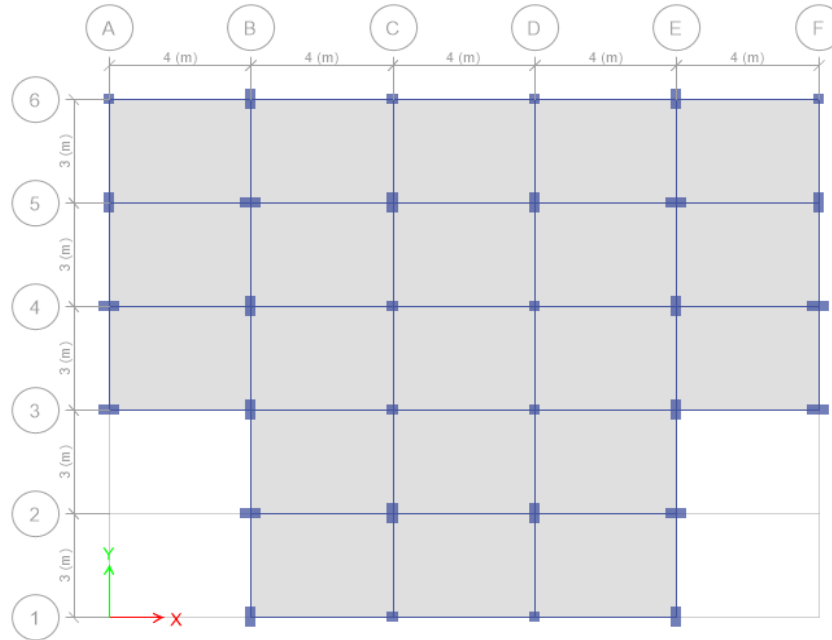
Modlar	Periyotlar (s)	Frekanslar (Hz)
1	0.488	2.049
2	0.404	2.478
3	0.395	2.533
4	0.152	6.58
5	0.126	7.935

Tablo 3.7. Binanın ağırlığı ve kat yer değistirmeleri

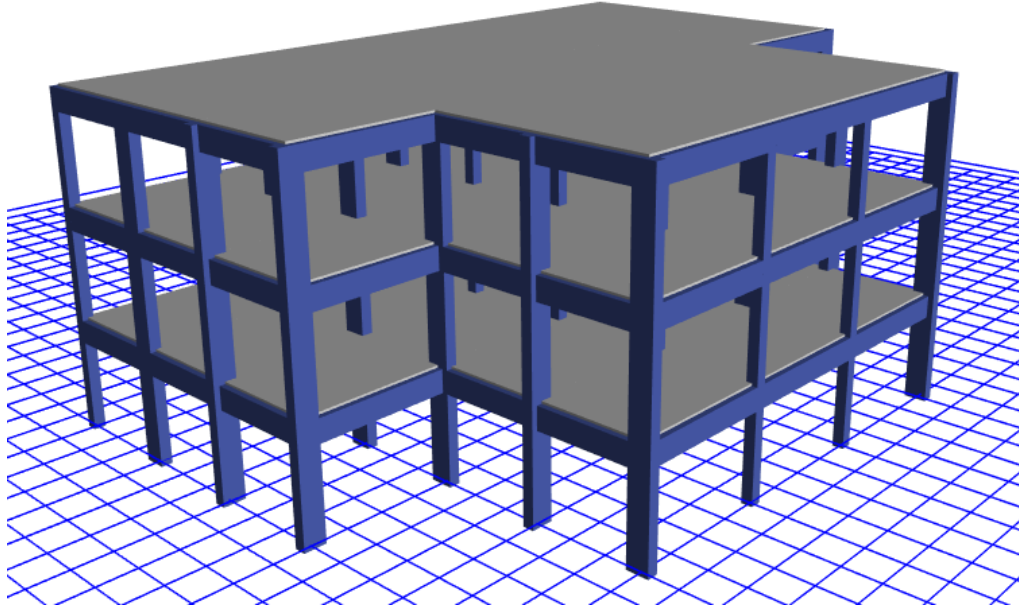
Katlar	Kat ölü yük + 0,3 W (kN)	Kat yer değistirmeleri (mm)	
		dx	dy
3	4077.993	39	39
2	4077.993	29	29
1	4077.993	13	13
Toplam	12233.98		

### 3.2.3. Model 1\_T2 modelinin tasarım özellikleri

Model 1\_T2, referans modelden A-1, A2 ve F-1, F-2 akslarındaki kolonların ve aralarındaki döşeme ve kirişlerin kaldırılmasıyla elde edilen 3 katlı T şeklinde plan düzensizliği olan bir yapı modelidir. Kolonlar ve kirişlerin boyutları ve çelik donatı miktarları referans modeldeki (model 1\_ref) ile aynıdır. Şekil 3.5., ve Şelil 3.6., sırasıyla iki boyutlu kalıp planı ve üç boyutlu görünümü verilmiştir. Tablo 3.8.'de ise gerçekleştirilen lineer performans analizi sonucunda elde edilen periyotları ve bunların frekanslarını göstermektedir. Tablo 3.9.'da ise binanın ağırlığını ve katların yer değistirmeleri verilmiştir.



Şekil 3.5. Model 1\_T2 modelinin iki boyutlu kalıp planı



Şekil 3.6. Model 1\_T2 modelinin üç boyutlu görünümü

Tablo 3.8. Model1\_T2 modelinin analiz sonucu elde edilen periyotları ve frekansları

Modlar	Periyotlar (s)	Frekanslar (Hz)
1	0.493	2.027
2	0.406	2.464
3	0.403	2.481
4	0.153	6.538
5	0.127	7.861

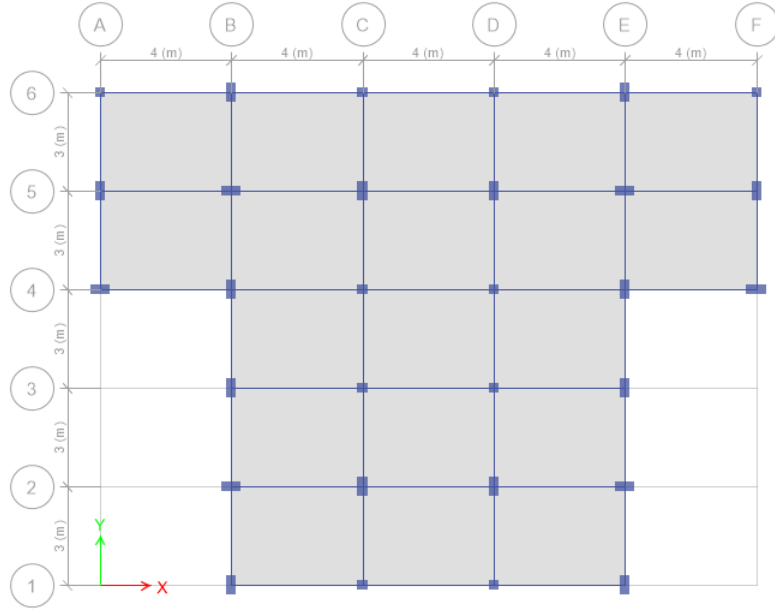
Tablo 3.9. Binanın ağırlığı ve kat yer değiştirmeleri

Katlar	Kat ölü yük + 0,3 W (kN)	Kat yer değiştirmeleri (mm)	
		dx	dy
3	3801.295	39	40
2	3801.295	29	30
1	3801.295	13	14
Toplam	11403.886		

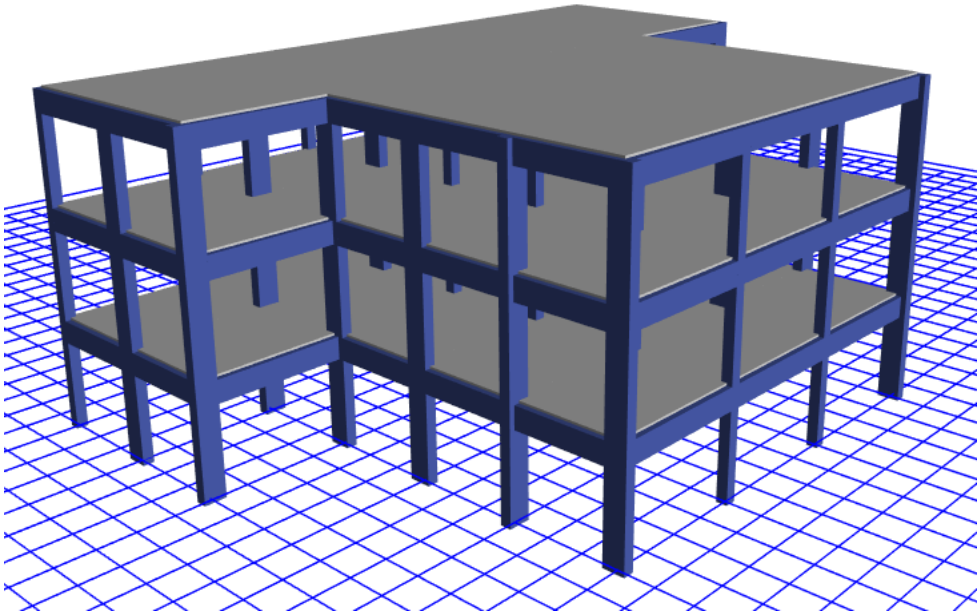
### 3.2.4. Model 1\_T3 modelinin tasarım özellikleri

Model 1\_T3, referans modelden A-1, A-2 ve A-3 ile F-1, F-2 ve F-3 akslarındaki kolonların ve aralarındaki döşeme ve kirişlerin kaldırılmasıyla elde edilen 3 katlı T şeklinde plan düzensizliği olan bir yapı modelidir. Kolonlar ve kirişlerin boyutları ve çelik donatı miktarları referans modeldeki (model 1\_ref) ile aynıdır. Şekil 3.7., ve Şekil

3.8., sırasıyla iki boyutlu kalıp planı ve üç boyutlu görünümü verilmiştir. Tablo 3.10.'da ise gerçekleştirilen lineer performans analizi sonucunda elde edilen periyotları ve bunların frekanslarını göstermektedir. Tablo 3.11.'de ise binanın ağırlığını ve katların yer değiştirmeleri verilmiştir.



Şekil 3.7. Model 1\_T3 modelinin iki boyutlu kalıp planı



Şekil 3.8. Model 1\_T3 modelinin üç boyutlu görünümü

Tablo 3.10. Model1\_T3 modelinin analiz sonucu elde edilen periyotları ve frekansları

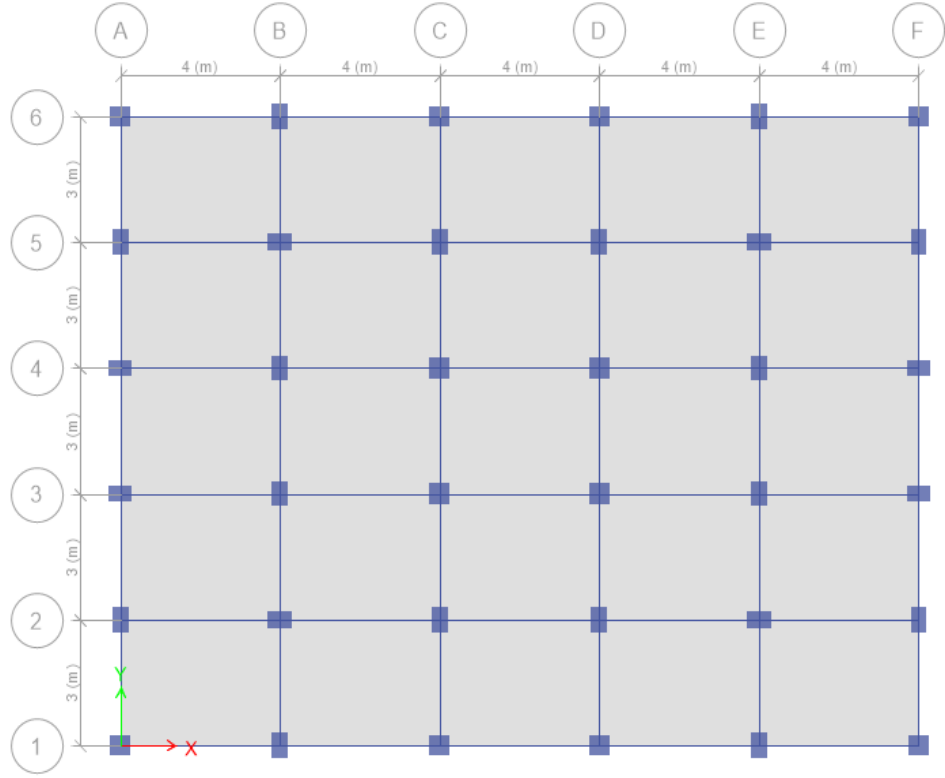
Modlar	Periyotlar (s)	Frekanslar (Hz)
1	0.503	1.99
2	0.4	2.497
3	0.399	2.509
4	0.157	6.378
5	0.125	7.998

Tablo 3.11. Binanın ağırlığı ve kat yer değiştirmeleri

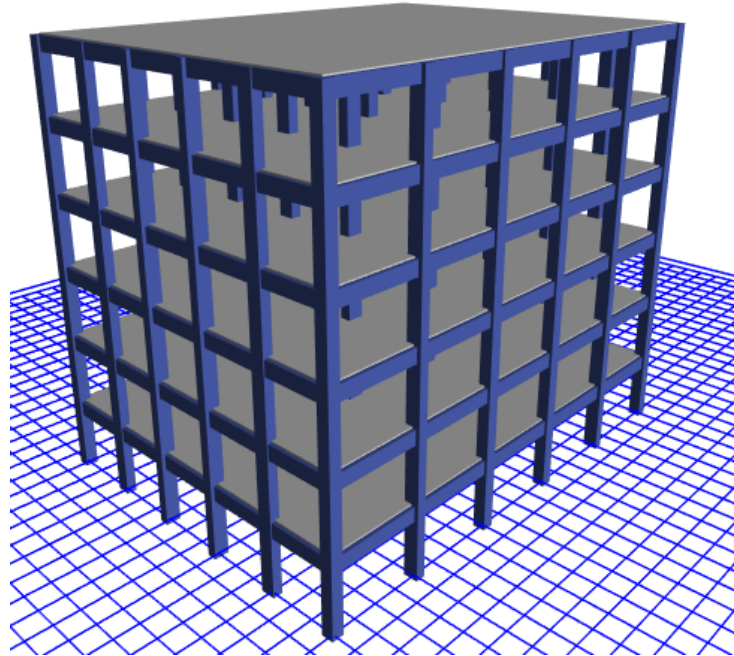
Katlar	Kat ölü yük + 0,3 W (kN)	Kat yer değiştirmeleri (mm)	
		dx	dy
3	3523.325	39	42
2	3523.325	29	31
1	3523.325	13	14
Toplam	10569.977		

### 3.2.5. Model 2\_ref modelinin tasarım özellikleri

Model 2-ref modeli, kat yüksekliği 3 metre olan 6 kattan oluşan dikdörtgen planlı ve plan düzensizliği olmayan Referans bina modelidir. Bu modellerde x açıklıkları 4 metre y açıklıkları ise 3 metre alınmıştır. Düşey akslar Alfabetik (A,B,C,D,E,F), yatay akslar ise sayısal (1, 2, 3, 4, 5, 6) olarak isimlendirilmiştir. Burada T1, T2 ve T3 olarak isimlendireceğimiz T tipi plan düzensizliği olan binaların sonuçları bu referans plan sonuçlarıyla karşılaştırılacaktır. Şekil 3.9., ve 3.10., sırasıyla iki boyutlu kalıp planı ve üç boyutlu görünümü verilmiştir. Tablo 3.12.'te modellemede kullanılan kolonlar ve kirişlerin boyutları ve çelik donatısı miktarları gösterilmektedir. Tablo 3.13.'te ise gerçekleştirilen lineer performans analizi sonucunda elde edilen periyotları ve bunların frekanslarını göstermektedir. Tablo 3.14.'te ise binanın ağırlığını ve katların yer değiştirmeleri gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Model 2\_ref modelinin iki boyutlu kat planı



Şekil 3.10. Model 2\_ref modelinin üç boyutlu görünümü

Tablo 3.12. Model2 planlarının kolonları ve kirişlerin boyutu ve çelik donatısı miktarları

Katlar	Kare kolon boyutlu		Dikdörtgen kolon boyutlu		Kolon donatısı		Kiriş donatısı	
	b (mm)	h (mm)	b (mm)	h (mm)	kare	Dikdörtgen	üst	alt
1.kat	500	500	400	600	8 $\Phi$ 20	10 $\Phi$ 18	4 $\Phi$ 14	4 $\Phi$ 14
2.kat	500	500	400	600	8 $\Phi$ 20	10 $\Phi$ 18	4 $\Phi$ 14	4 $\Phi$ 14
3.kat	500	500	400	600	8 $\Phi$ 20	10 $\Phi$ 18	4 $\Phi$ 14	4 $\Phi$ 14
4.kat	500	500	400	600	8 $\Phi$ 20	10 $\Phi$ 18	2 $\Phi$ 14	4 $\Phi$ 14
5.kat	500	500	400	600	8 $\Phi$ 20	10 $\Phi$ 18	2 $\Phi$ 14	4 $\Phi$ 14
6.kat	500	500	400	600	8 $\Phi$ 20	10 $\Phi$ 18	2 $\Phi$ 14	4 $\Phi$ 14

Tasarımda yapılarıdaki tüm kirişler 30 x 60 cm olarak boyutlandırılmıştır ancak donatı miktarları farklılık göstermektedir. Tüm kirişlerde alt donatılar 4 $\Phi$ 14'ken üst donatılar 2 $\Phi$ 14, 4 $\Phi$ 14 ve 6 $\Phi$ 14 olarak değişmektedir.

Tablo 3.13. Model2\_ref periyotları ve frekansları

Modlar	Periyotlar (s)	Frekanslar (Hz)
1	0.781	1.281
2	0.661	1.514
3	0.644	1.552
4	0.246	4.058
5	0.21	4.759

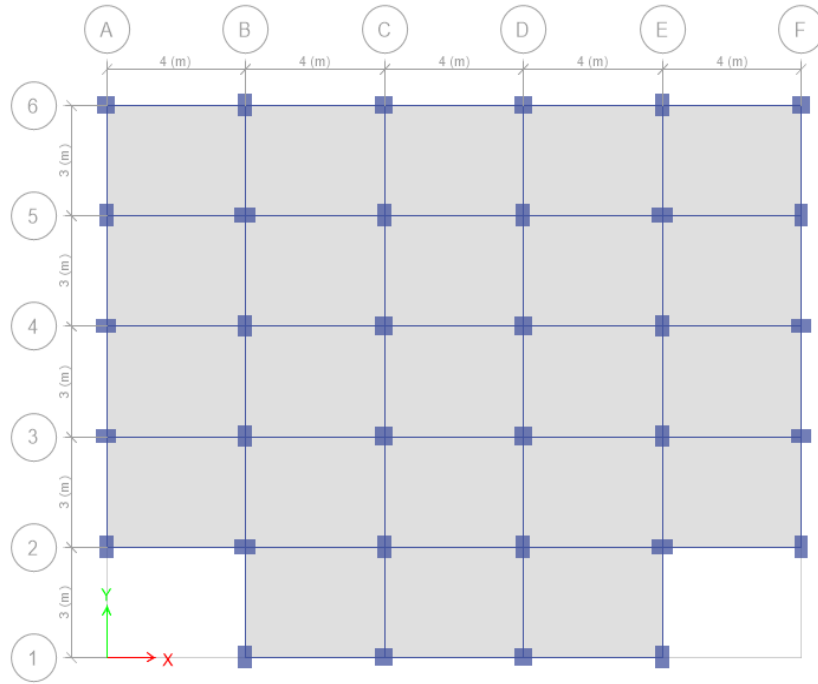
Tablo3.14. Binanın ağırlığı ve kat yer değiştirmeleri

Katlar	Kat ölü yük + 0,3 W (kN)	Kat yer değiştirmeleri (mm)	
		dx	dy
6	4510.977	27	27
5	4510.977	25	25
4	4510.977	21	21
3	4510.977	16	16
2	4510.977	10	11
1	4510.977	4	4
Toplam	27065.866		

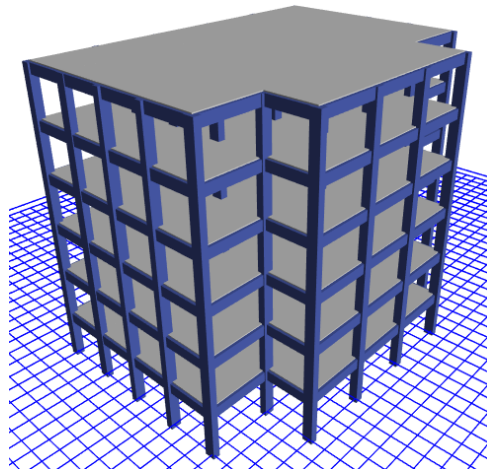
### 3.2.6. Model 2\_T1 modelinin tasarım özellikleri

Model 2\_T1, referans modelden A-1 ve F-1 akslarındaki kolonların arasındaki döşeme ve kirişlerin kaldırılmasıyla elde edilen 6 katlı T şeklinde plan düzensizliği olan bir

yapı modelidir. Kolonlar ve kirişlerin boyutları ve çelik donatı miktarları referans modeldeki (model 2\_ref) ile aynıdır Şekil 3.11., ve 3.12., sırasıyla iki boyutlu kalıp planı ve üç boyutlu görünümü verilmiştir. Tablo 3.15.'te ise gerçekleştirilen lineer performans analizi sonucunda elde edilen periyotları ve bunların frekanslarını göstermektedir. Tablo 3.6.'da ise binanın ağırlığını ve katların yer değiştirmeleri verilmiştir.



Şekil 3.11. Model 2\_T1 modelinin iki boyutlu kalıp planı



Şekil 3.12. Model 2\_T1 modelinin üç boyutlu görünümü



Tablo 3.15. Model2\_T1 modelinin analiz sonucu bulunan periyotları ve frekansları

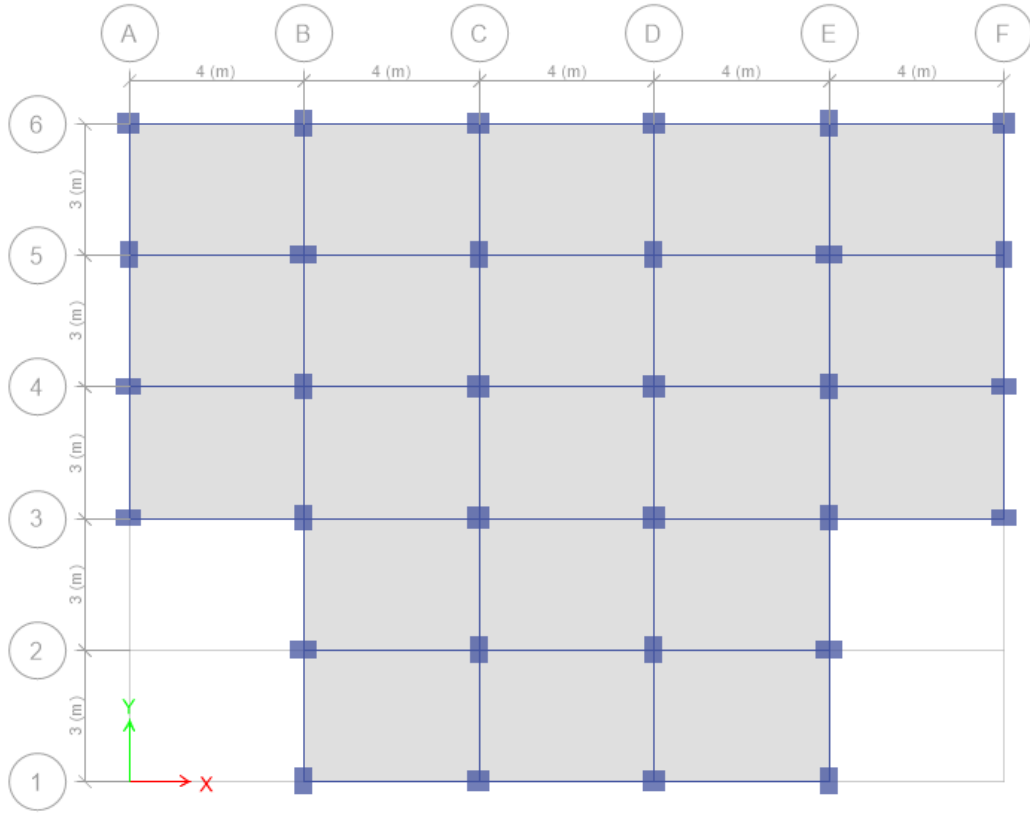
Modlar	Periyotlar (s)	Frekanslar (Hz)
1	0.784	1.275
2	0.666	1.5
3	0.655	1.526
4	0.248	4.04
5	0.212	4.722

Tablo 3.16. Binanın ağırlığı ve kat yer değiştirmeleri

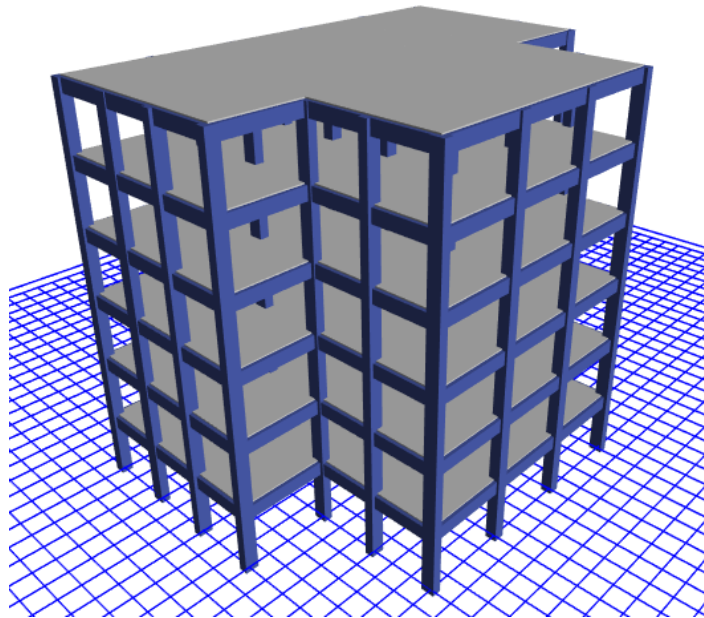
Katlar	Kat ölü yük + 0,3 W (kN)	Kat yer değiştirmeleri (mm)	
		dx	dy
6	4270.253	27	28
5	4270.253	25	26
4	4270.253	22	22
3	4270.253	17	17
2	4270.253	10	11
1	4270.253	4	4
Toplam	25621.523		

### 3.2.7. Model 2\_T2 modelinin tasarım özellikleri

Model 2\_T2, referans modelden A-1, A2 ve F-1, F-2 akslarındaki kolonların ve aralarındaki döşeme ve kirişlerin kaldırılmasıyla elde edilen 6 katlı T şeklinde plan düzensizliği olan bir yapı modelidir. Kolonlar ve kirişlerin boyutları ve çelik donatı miktarları referans modeldeki (model 2\_ref) ile aynıdır. Şekil 3.13., ve Şelil 3.14., sırasıyla iki boyutlu kalıp planı ve üç boyutlu görünümü verilmiştir. Tablo 3.17.'de ise gerçekleştirilen lineer performans analizi sonucunda elde edilen periyotları ve bunların frekanslarını göstermektedir. Tablo 3.18.,'de ise binanın ağırlığını ve katların yer değiştirmeleri verilmiştir.



Şekil 3.13. Model 2\_T2 modelinin iki boyutlu kalıp planı



Şekil 3.14. Model 2\_T2 modelinin üç boyutlu görünümü

Tablo 3.17. Model2\_T2modelinin analiz sonucu elde edilen periyotları ve frekansları

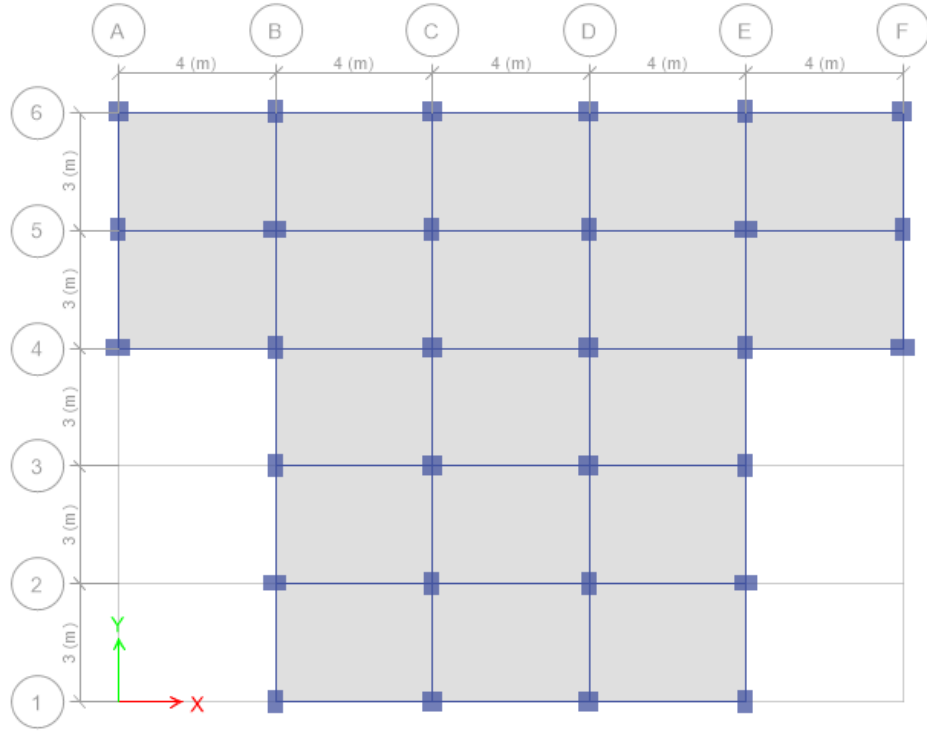
Modlar	Periyotlar (s)	Frekanslar (Hz)
1	0.787	1.271
2	0.666	1.501
3	0.662	1.511
4	0.248	4.035
5	0.212	4.722

Tablo 3.18. Binanın ağırlığı ve kat yer değiştirmeleri

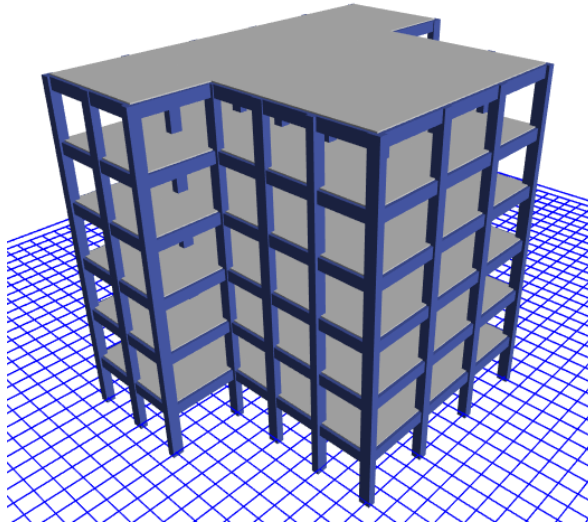
Katlar	Kat ölü yük + 0,3 W (kN)	Kat yer değiştirmeleri (mm)	
		dx	dy
6	3985.927	28	29
5	3985.927	26	27
4	3985.927	22	23
3	3985.927	17	18
2	3985.927	11	11
1	3985.927	4	5
Toplam	23915.564		

### 3.2.8. Model 2\_T3 modelinin tasarım özellikleri

Model 2\_T3, referans modelden A-1, A-2 ve A-3 ile F-1, F-2 ve F-3 akslarındaki kolonların ve aralarındaki döşeme ve kirişlerin kaldırılmasıyla elde edilen 6 katlı T şeklinde plan düzensizliği olan bir yapı modelidir. Kolonlar ve kirişlerin boyutları ve çelik donatı miktarları referans modeldeki (model 2\_ref) ile aynıdır. Şekil 3.15., ve 3.16., sırasıyla iki boyutlu kalıp planı ve üç boyutlu görünümü verilmiştir. Tablo 3.19.'da ise gerçekleştirilen lineer performans analizi sonucunda elde edilen periyotları ve bunların frekanslarını göstermektedir. Tablo 3.20.'de ise binanın ağırlığını ve katların yer değiştirmeleri verilmiştir.



Şekil 3.15. Model 2\_T3 modelinin iki boyutlu kalıp planı



Şekil 3.16. Model 2\_T3 modelinin üç boyutlu görünümü

Tablo 3.19. Model2\_T3 modelinin analiz sonucu elde edilen periyotları ve frekansları

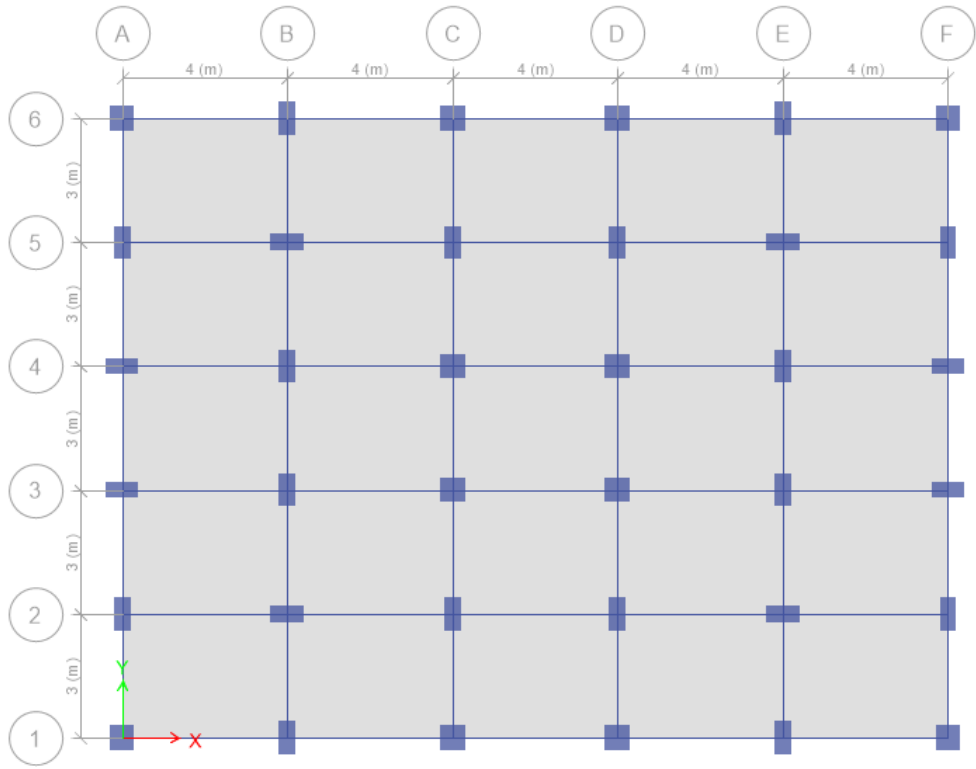
Modlar	Periyotlar (s)	Frekanslar (Hz)
1	0.789	1.267
2	0.662	1.51
3	0.662	1.511
4	0.249	4.019
5	0.21	4.764

Tablo 3.20. Binanın ağırlığı ve katlar yer değiştirmeleri

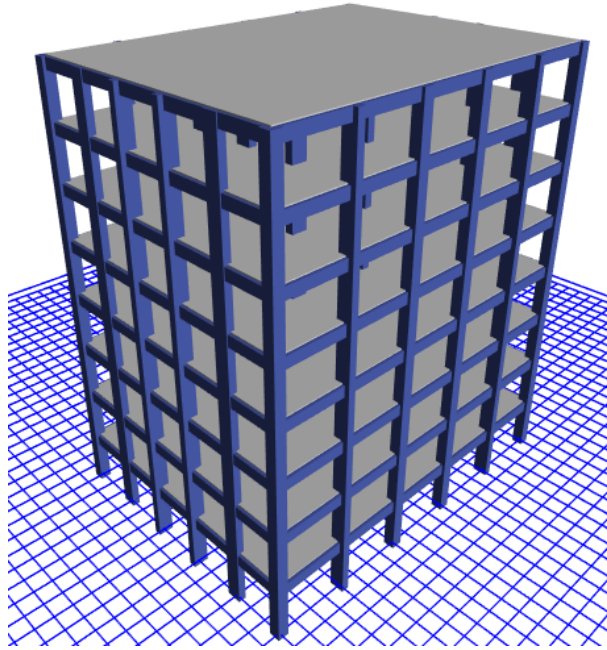
Katlar	Kat ölü yük + 0,3 W (kN)	Kat yer değiştirmeleri (mm)	
		dx	dy
6	3700.745	28	30
5	3700.745	26	28
4	3700.745	22	24
3	3700.745	17	18
2	3700.745	11	12
1	3700.745	4	5
Toplam	22204.47		

### 3.2.9. Model 3\_ref modelinin tasarım özellikleri

Model 3-ref modeli, kat yüksekliği 3 metre olan 8 kattan oluşan dikdörtgen planlı ve plan düzensizliği olmayan Referans bina modelidir. Bu modellerde x açıklıkları 4 metre y açıklıkları ise 3 metre alınmıştır. Düşey akslar alfabetik (A,B,C,D,E,F), yatay akslar ise sayısal (1, 2, 3, 4, 5, 6) olarak isimlendirilmiştir. Burada T1, T2 ve T3 olarak isimlendireceğimiz T tipi plan düzensizliği olan binaların sonuçları bu referans plan sonuçlarıyla karşılaştırılacaktır. Şekil 3.17.' ve 3.18., sırasıyla iki boyutlu kalıp planı ve üç boyutlu görünümü verilmiştir. Tablo 3.21.'de modellemede kullanılan kolonlar ve kirişlerin boyutları ve çelik donatısı miktarları gösterilmektedir. Tablo 3.22.'de ise gerçekleştirilen lineer performans analizi sonucunda elde edilen periyotları ve bunların frekanslarını göstermektedir. Tablo 3.23.'ta ise binanın ağırlığını ve katların yer değiştirmeleri gösterilmiştir.



Şekil 3.17. Model 3\_ref modelinin iki boyutlu kat planı



Şekil 3.18. Model 3\_ref modelinin üç boyutlu görünümü

Tablo 3.21. Model3 planlarının kolonları ve kirişlerin boyutu ve çelik donatısı miktarları

Katlar	Kare kolon boyutlu		Dikdörtgen kolon boyutlu		Kolon donatısı		Kiriş donatısı	
	b(mm)	h(mm)	b(mm)	h(mm)	kare	Dikdörtgen	üst	alt
1.kat	600	600	400	800	8 $\Phi$ 25	10 $\Phi$ 22	6 $\Phi$ 14	4 $\Phi$ 14
2.kat	600	600	400	800	8 $\Phi$ 25	10 $\Phi$ 22	6 $\Phi$ 14	4 $\Phi$ 14
3.kat	600	600	400	800	8 $\Phi$ 25	10 $\Phi$ 22	6 $\Phi$ 14	4 $\Phi$ 14
4.kat	600	600	400	800	8 $\Phi$ 25	10 $\Phi$ 22	4 $\Phi$ 14	4 $\Phi$ 14
5.kat	600	600	400	800	8 $\Phi$ 25	10 $\Phi$ 22	4 $\Phi$ 14	4 $\Phi$ 14
6.kat	600	600	400	800	8 $\Phi$ 25	10 $\Phi$ 22	4 $\Phi$ 14	4 $\Phi$ 14
7.kat	600	600	400	800	8 $\Phi$ 25	10 $\Phi$ 22	2 $\Phi$ 14	4 $\Phi$ 14
8.kat	600	600	400	800	8 $\Phi$ 25	10 $\Phi$ 22	2 $\Phi$ 14	4 $\Phi$ 14

Tasarımda yapılardaki tüm kirişler 30 x 60 cm olarak boyutlandırılmıştır ancak donatı miktarları farklılık göstermektedir. Tüm kirişlerde alt donatılar 4 $\Phi$ 14'ken üst donatılar 2 $\Phi$ 14, 4 $\Phi$ 14 ve 6 $\Phi$ 14 olarak değişmektedir.

Tablo 3.22. Model3\_ref periyotları ve frekansları

Modlar	Periyotlar (s)	Frekanslar (Hz)
1	0.973	1.027
2	0.785	1.273
3	0.784	1.275
4	0.306	3.264
5	0.249	4.02

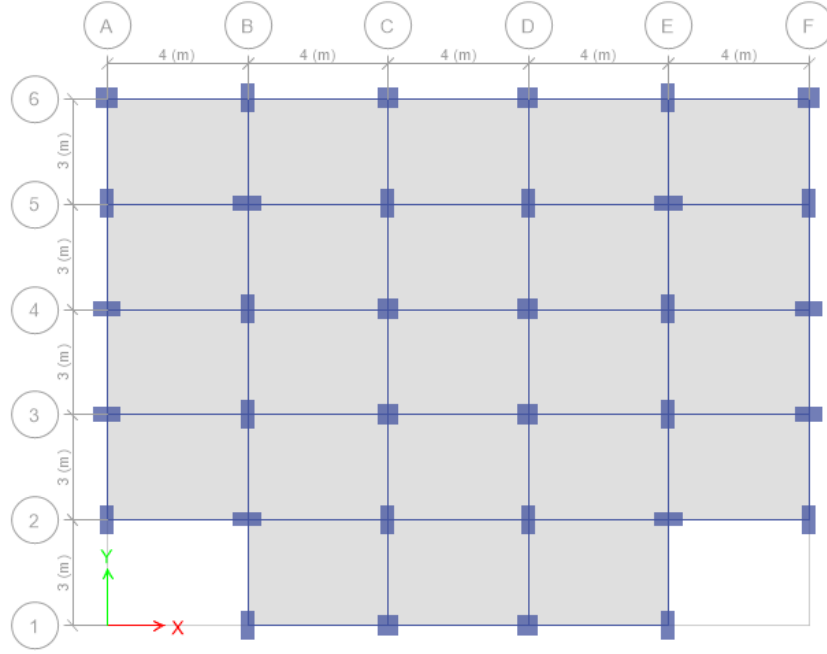
Tablo 3.23. Binanın ağırlığı ve katlar yer değiştirmeleri

Katlar	Kat ölü yük + 0,3 W (kN)	Kat yer değiştirmeleri (mm)	
		dx	dy
8	4715.245	23	23
7	4715.245	22	22
6	4715.245	20	20
5	4715.245	18	18
4	4715.245	14	14
3	4715.245	10	10
2	4715.245	6	6
1	4715.245	2	2
Toplam	37721.964		

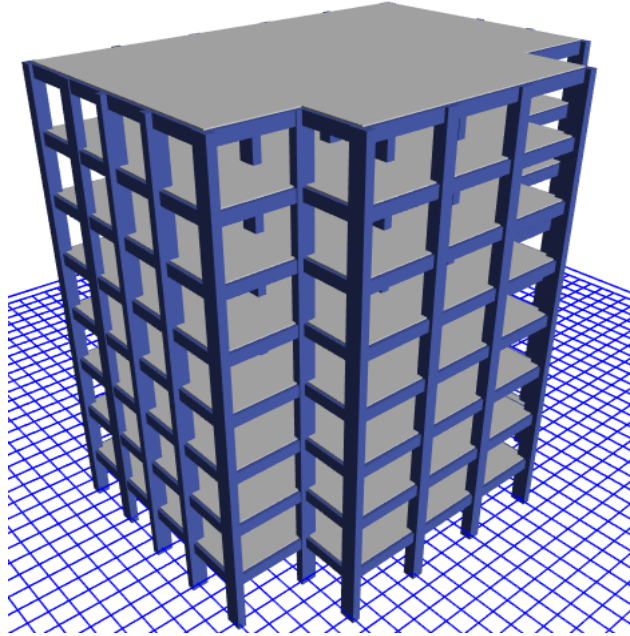
### 3.2.10. Model 3\_T1 modelinin tasarım özellikleri

Model 3\_T1, referans modelden A-1 ve F-1 akslarındaki kolonların arasındaki döşeme ve kirişlerin kaldırılmasıyla elde edilen 8 katlı T şeklinde plan düzensizliği olan bir yapı modelidir. Kolonlar ve kirişlerin boyutları ve çelik donatı miktarları referans modeldeki (model 3\_ref) ile aynıdır Şekil 3.19., ve 3.20., sırasıyla iki boyutlu kalıp planı ve üç boyutlu görünümü verilmiştir. Tablo 3.24.'te ise gerçekleştirilen lineer performans analizi sonucunda elde edilen periyotları ve bunların frekanslarını

göstermektedir. Tablo 3.25.'te ise binanın ağırlığını ve katların yer değiştirmeleri verilmiştir.



Şekil 3.19. Model 3\_T1 modelinin iki boyutlu kalıp planı



Şekil 3.20. Model 3\_T1 modelinin üç boyutlu görünümü



Tablo 3.24. Model3\_T1 modelinin analiz sonucu bulunan periyotları ve frekansları

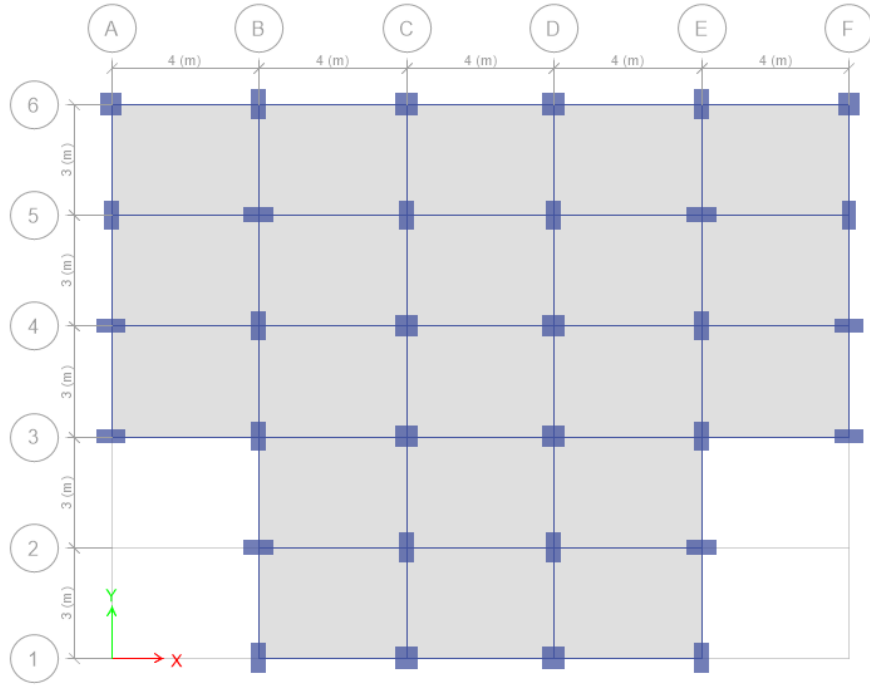
Modlar	Periyotlar (s)	Frekanslar (Hz)
1	0.978	1.023
2	0.8	1.25
3	0.793	1.261
4	0.308	3.25
5	0.253	3.947

Tablo 3.25. Binanın ağırlığı ve kat yer değiştirmeleri

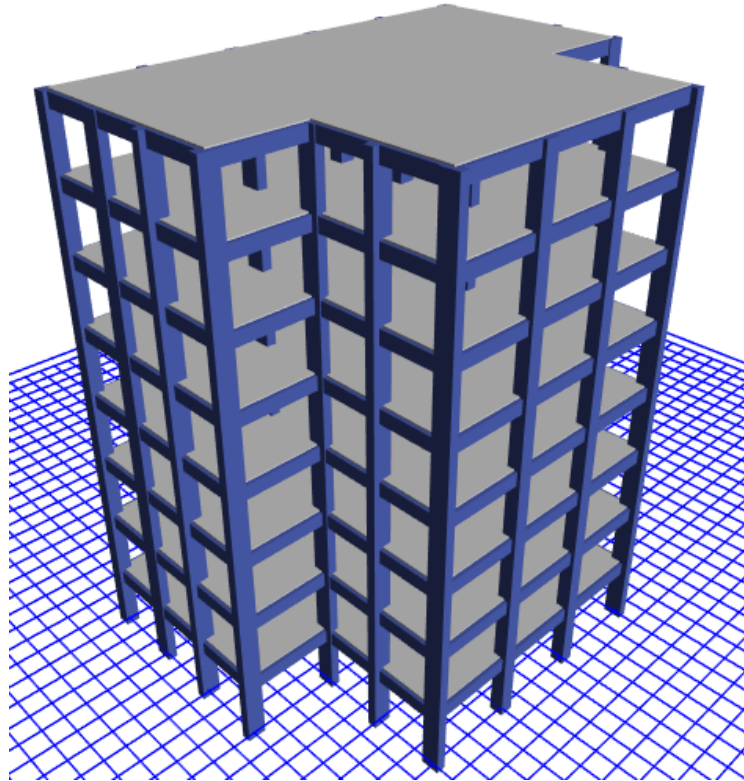
Katlar	Kat ölü yük + 0,3 W (kN)	Kat yer değiştirmeleri (mm)	
		dx	dy
8	4460.677	24	24
7	4460.677	23	23
6	4460.677	21	21
5	4460.677	18	18
4	4460.677	15	15
3	4460.677	10	11
2	4460.677	6	6
1	4460.677	2	2
Toplam	35685.422		

### 3.2.11. Model 3\_T2 modelinin tasarım özellikleri

Model 3\_T2, referans modelden A-1, A2 ve F-1, F-2 akslarındaki kolonların ve aralarındaki döşeme ve kirişlerin kaldırılmasıyla elde edilen 8 katlı T şeklinde plan düzensizliği olan bir yapı modelidir. Kolonlar ve kirişlerin boyutları ve çelik donatı miktarları referans modeldeki (model 3\_ref) ile aynıdır. Şekil 3.21., ve Şelil 3.22., sırasıyla iki boyutlu kalıp planı ve üç boyutlu görünümü verilmiştir. Tablo 3.26.'da ise gerçekleştirilen lineer performans analizi sonucunda elde edilen periyotları ve bunların frekanslarını göstermektedir. Tablo 3.27.'de ise binanın ağırlığını ve katların yer değiştirmeleri verilmiştir.



Şekil 3.21. Model 3\_T2 modelinin iki boyutlu kalıp planı



Şekil 3.22. Model 3\_T2 modelinin üç boyutlu görünümü

Tablo 3.26. Model3\_T2modelinin analiz sonucu elde edilen periyotları ve frekansları

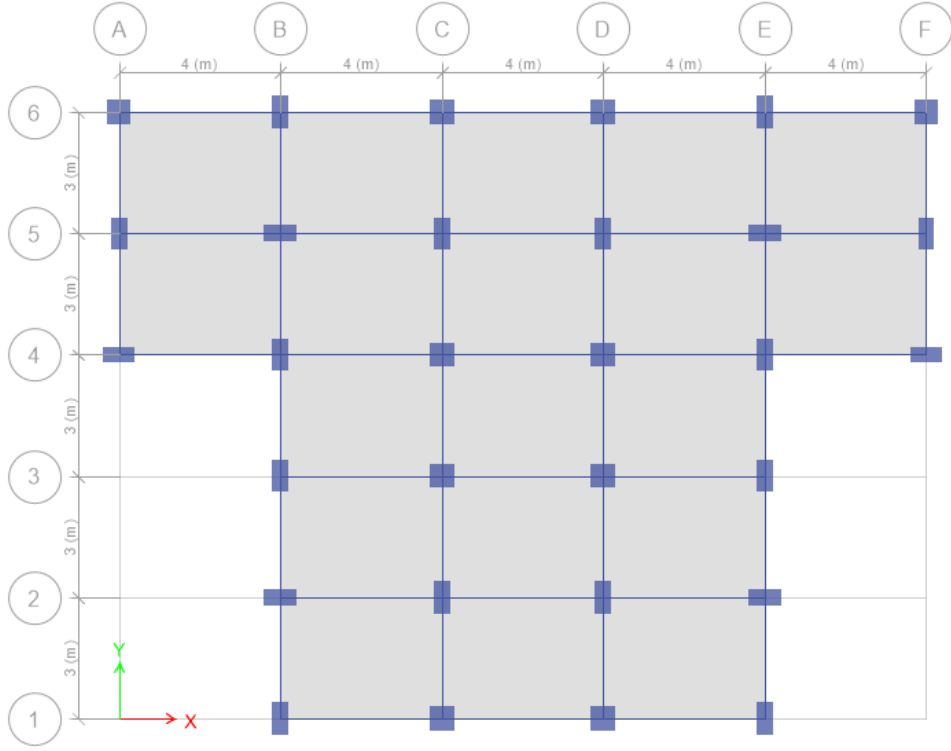
Modlar	Periyotlar (s)	Frekanslar (Hz)
1	0.981	1.019
2	0.81	1.235
3	0.793	1.261
4	0.308	3.247
5	0.257	3.897

Tablo 3.27. Binanın ağırlığı ve kat yer değiştirmeleri

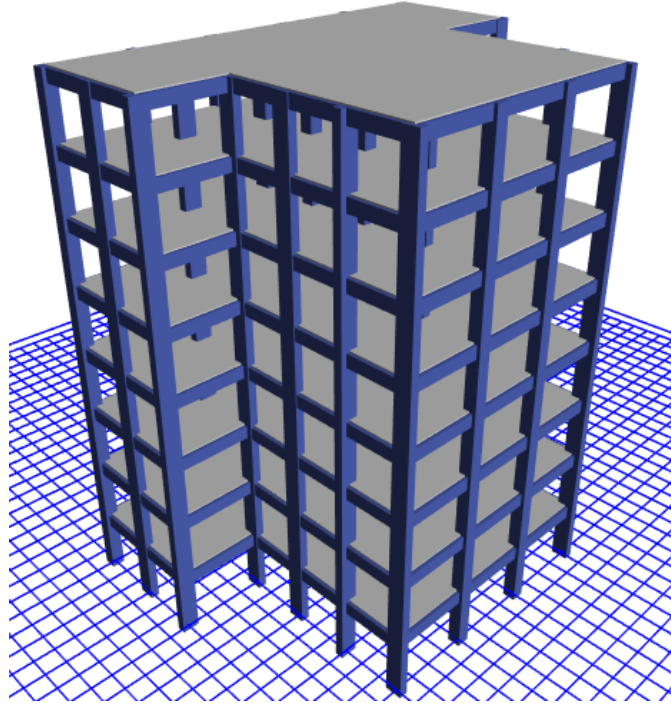
Katlar	Kat ölü yük + 0,3 W (kN)	Kat yer değiştirmeleri (mm)	
		dx	dy
8	4166.745	24	25
7	4166.745	23	24
6	4166.745	21	22
5	4166.745	18	19
4	4166.745	15	15
3	4166.745	11	11
2	4166.745	6	7
1	4166.745	2	3
Toplam	33333.963		

### 3.2.12. Model 3\_T3 modelinin tasarım özellikleri

Model 3\_T3, referans modelden A-1, A-2 ve A-3 ile F-1, F-2 ve F-3aklarındaki kolonların ve aralarındaki döşeme ve kirişlerin kaldırılmasıyla elde edilen 8 katlı T şeklinde plan düzensizliği olan bir yapı modelidir. Kolonlar ve kirişlerin boyutları ve çelik donatı miktarları referans modeldeki (model 3\_ref) ile aynıdır. Şekil 3.23., ve 3.24., sırasıyla iki boyutlu kalıp planı ve üç boyutlu görünümü verilmiştir. Tablo 3.28.'de ise gerçekleştirilen lineer performans analizi sonucunda elde edilen periyotları ve bunların frekanslarını göstermektedir. Tablo 3.19.'da ise binanın ağırlığını ve katların yer değiştirmeleri verilmiştir.



Şekil 3.23. Model 3\_T3 modelinin iki boyutlu kalıp planı



Şekil 3.24. Model 3\_T3 modelinin üç boyutlu görünümü

Tablo 3.28. Model3\_T3 modelinin analiz sonucu elde edilen periyotları ve frekansları

Modlar	Periyotlar (s)	Frekanslar (Hz)
1	0.987	1.014
2	0.808	1.238
3	0.785	1.274
4	0.31	3.224
5	0.255	3.926

Tablo 3.29. Binanın ağırlığı ve kat yer değiştirmeleri

Katlar	Kat ölü yük + 0,3 W (kN)	Kat yer değiştirmeleri (mm)	
		dx	dy
8	3871.117	25	26
7	3871.117	23	25
6	3871.117	21	22
5	3871.117	19	19
4	3871.117	15	16
3	3871.117	11	11
2	3871.117	6	7
1	3871.117	2	3
Toplam	30968.941		

### 3.3. Statik Itme Analizi ve Bütün Modellerin Performans Değerlendirmesi

Bu bölümde, hazırlanan bina modelleri için gerçekleştirilen performans analizi sonrası deprem değerlendirme ele alınmaktadır. Tasarlanan binaların statik itme metodu kullanarak, 50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan şiddetli depremler için (tasarım depremi) can güvenliği performans hedefini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir. Statik itme analizinden elde edilen taban kesme kuvvetleri yardımıyla, yapısal deprem yükleri ve yapısal ağırlıklar ile karşılaştırıldığında hangi binanın daha güvenli olduğu belirlenerek, kat sayısı ve T plan düzensizlikleri ile ilişkisi irdelenmiştir.

#### 3.3.1. Modelleme elemanlarının tanımlanması ve analiz için yapılan varsayımlar

- DBYBHY 2007 bölüm 7.4.13'te belirtildiği gibi çerçeve elemanlarının etkin eğilme rijitlikleri sırasıyla kolon ve kiriş için 0.8 ve 0.4 katsayısı ile azaltılarak dikkate alınmıştır [22].
- Kolon elemanlarına alt kısımda sabit mesnetlenmiştir.
- Burulma değeri, yapı elemanlarının burulmaya maruz kalmasını önlemek için 0.01'e düşürülmüştür ve P-delta doğrusal olmayan geometri etkileri ihmal edilmiştir.

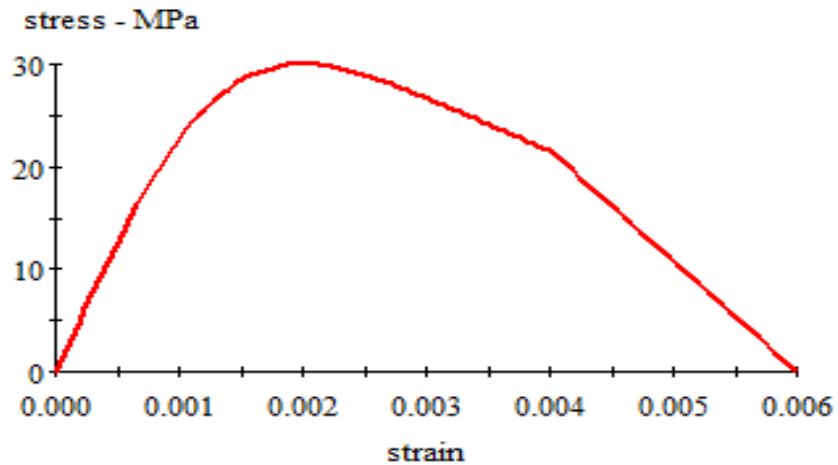
- Tüm döşemelerin kendi kat seviyelerinde rijit diyafram davranışı sergilediği kabul edilmiştir.
- Analizde döşemeler ölü yük olarak kirişlere aktarılmıştır.

### 3.3.2. Plastik çerçeve mafsallarının özellikleri

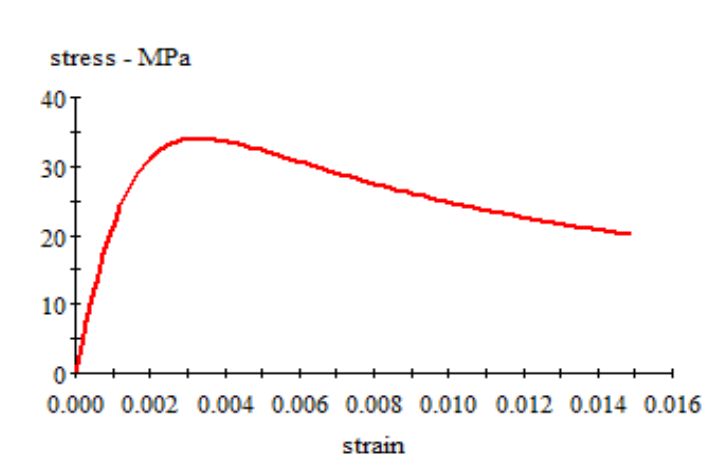
Bu çalışmada, kullanıcı tanımlı mafsal (“user defined” ) özellikleri kullanılmıştır. Eşleştirilmiş eksenel ve moment mafsaları (P-M2-M3) kolon elemanlarına atanmıştır. Moment mafsalları (M- $\phi$ ) elemanları da kiriş elemanlara atanmıştır. Kolon ve kirişler için etkileşim yüzeyi ve moment eğrilik diyagramları XTRACT analiz yazılımı kullanılarak elde edilmiştir.

### 3.3.3. Malzemelerin modellemesi

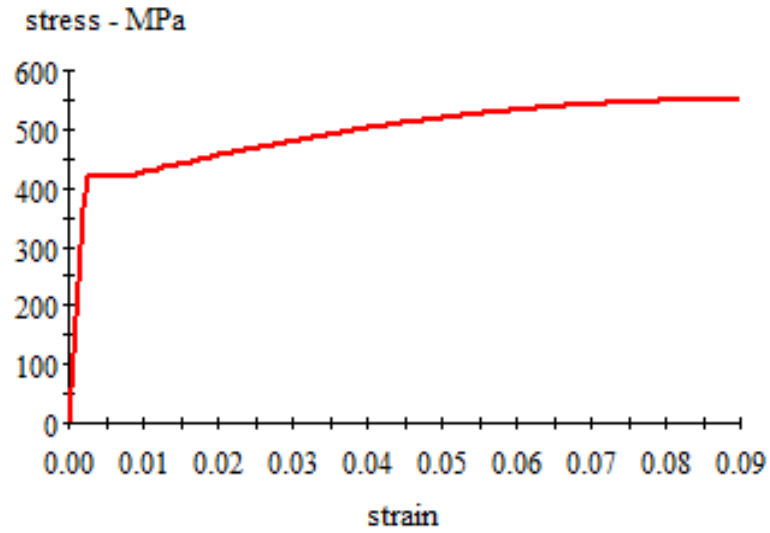
Analizde, DBYBHY 2007 Ek 7B’de açıklandığı gibi, beton ve donatı çeliği malzemelerin uzama ve gerilme limitleri modellenmiştir [22]. Şekil 3.25., Şekil 3.26., ve Şekil 3.27., sargısız ve sargılı beton ve tek eksenli gerilme şekil değiştirme çelik Mander modellerini göstermektedir.



Şekil 3.25. Sargısız beton model



Şekil 3.26. Sargılı beton model



Şekil 3.27. Tek eksenli gerilme şekil değiştirme çelik modeli

### 3.3.4. Performans analizi

Binaların performansını belirlemek için; Hasar seviyeleri limitleri aşağıdaki denklemlerde detaylanarak kullanılmıştır.

- i. Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN) için kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirme ile donatı çeliği birim şekildeğiştirme üst sınırları:  

$$(\epsilon_{Cu})_{MN} = 0.0035, \quad (\epsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (3.1)$$
- ii. Kesit Güvenlik Sınırı (GV) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirme ile donatı çeliği birim şekildeğiştirme üst sınırları:

$$(\epsilon_{Cu})_{GV} = 0.0035 + 0.01\left(\frac{\rho_s}{\rho_{sm}}\right) \leq 0.0135, \quad (\epsilon_s)_{MN} = 0.040 \quad (3.2)$$

- iii. Kesit Göçme Sınırı (GÇ) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:

$$(\epsilon_{Cu})_{GC} = 0.0040 + 0.014\left(\frac{\rho_s}{\rho_{sm}}\right) \leq 0.018, \quad (\epsilon_s)_{MN} = 0.060 \quad (3.3)$$

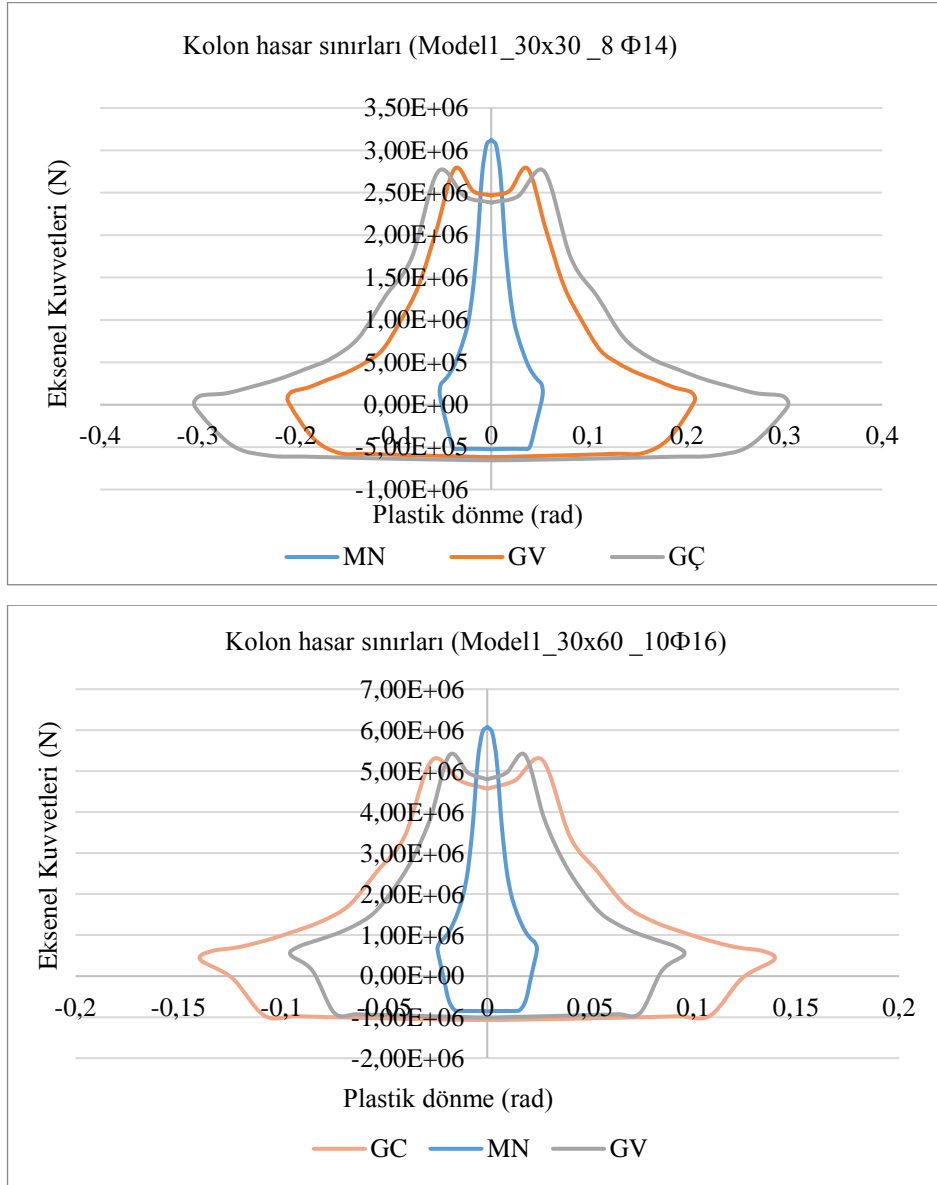
Tanımlanmış plastik mafsalların plastik dönmeleri, statik itme analizinin gerçekleştirilmesinden sonra elde edilir. Kesit hasarlarını belirlemek için, verilen kesitin plastik dönmeleri ve hasar seviyesi limitleri gereklidir. Bu nedenle, ilk olarak, ilgili hasar sınırına karşılık gelen toplam eğrilik  $\phi_t$ , her bir farklı enine kesit için moment-eğrilik ilişkisi kullanılarak elde edilir. Plastik eğrilik  $\phi_p$ , daha sonra toplam eğrilikten akma eğrilği çıkarılarak hesaplanır. Plastik dönme değerini elde etmek için plastik eğrilik değeri de plastik mafsallık uzunluğu ile çarpılmaktadır. Bu şekilde, enine kesitin hasar durumu, analiz sonucundan elde edilen plastik hasar değerini plastik hasar limitiyle karşılaştırarak belirlenebilir.

Kirişlerdeki aksenal yükler düşük değerler olduğundan, MN, GV ve GC için plastik dönme değerlerini bir kez belirlemek yeterlidir. Ancak, kolonlarda moment - eğrilik ilişkisi, aksenal yük değerine bağlı olarak değişir. Bu sebeple, kolonların moment-normal kuvvet etkileşim diyagramından elde edilen farklı normal kuvvet değerlerinden moment-eğrilik ilişkisi elde edilir. Her moment eğrilik ilişkisi için MN, GV ve GC değerleri ayrı ayrı elde edilir. Sonuç olarak, aksenal kuvvete ve plastik rotasyona bağlı olarak kolonlar için hasar sınırlayıcı eğriler üretilir.

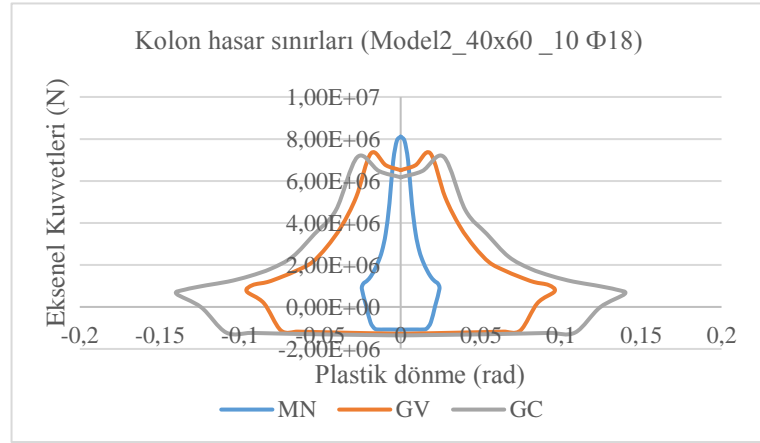
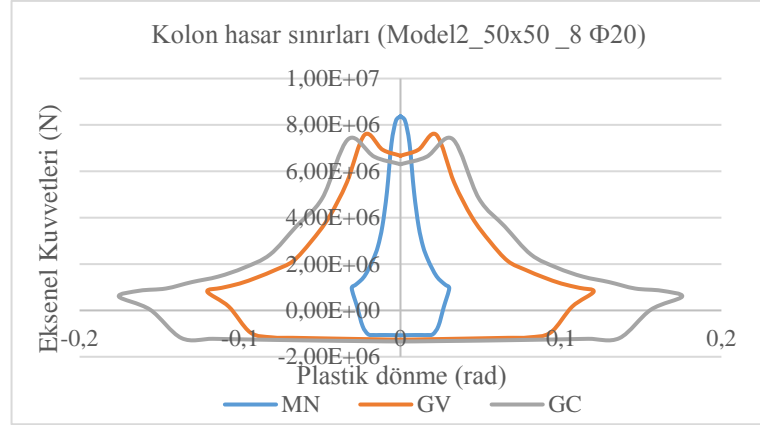
Kolonların ve kirişlerin kesme kapasitesi etkin kesme kuvvetinden daha düşük ise, güç kaybının zaten net olması nedeniyle hasar durumunun belirlenmesine gerek yoktur. Hasar limitleri, Etabs 2016 programında “Bölüm Tasarımcısı” kullanılarak belirlenmiştir. Bunun için beton ve çeliğin somut şekil değişimlerini, enine kesitin moment-eğrilik grafiğinde hareket ederek belirler. Bu noktadaki toplam eğrilme değeri, yönetmelik tarafından verilen sınır, birim değişimi nedeniyle ilgili hasar limitine beton veya çelikte oluşması durumuna göre tespit edilir.



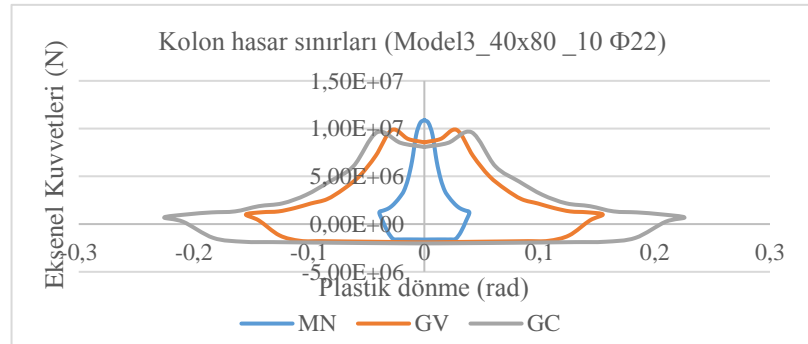
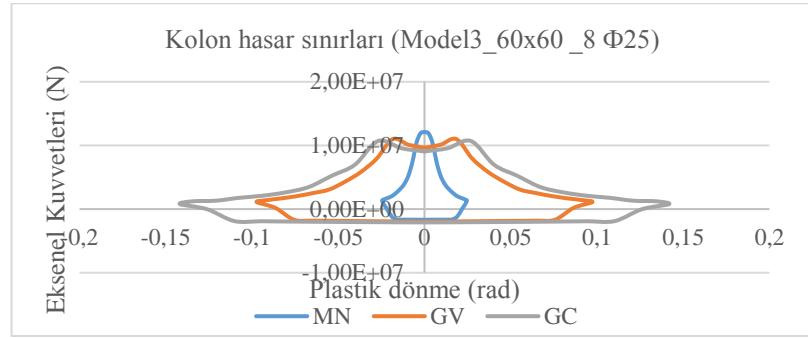
Hasar limitleri temsil eden kuvvet-plastik dönme eğrileri Şekil 3.28., Şekil 3.29., ve Şekil 3.30.'da verilmiştir (eksenel yük pozitif değer olarak kabul edilir).



Şekil 3.28. Model 1 kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolon hasar sınırları



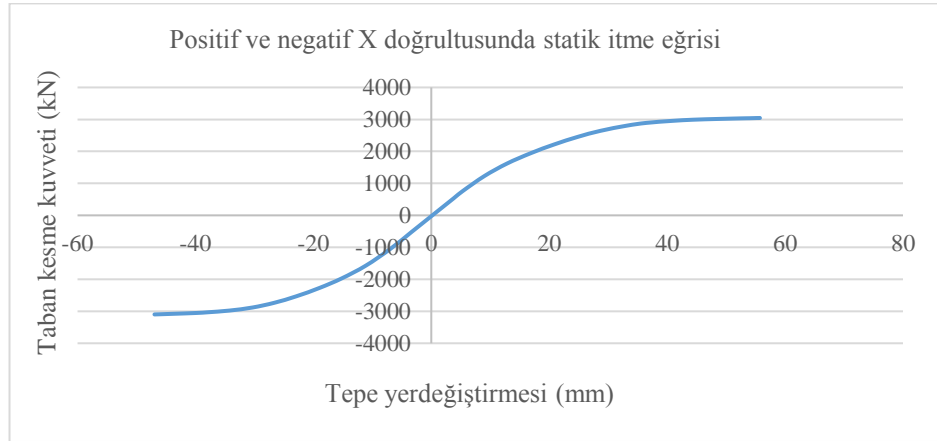
Şekil 3.29. Model2 kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolon hasar sınırları



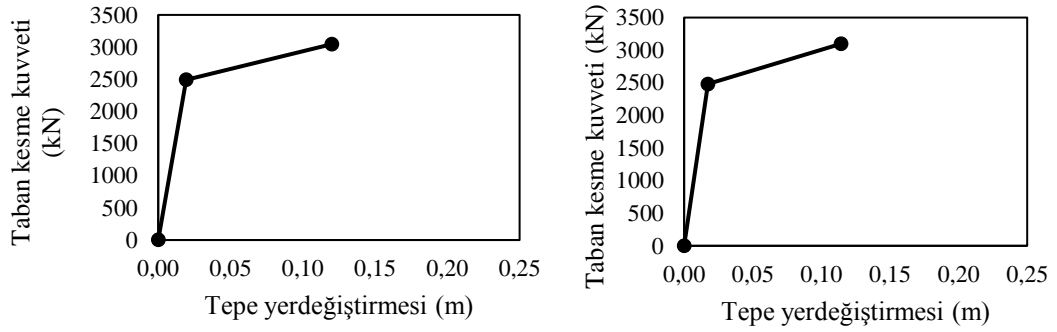
Şekil 3.30. Model3 kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolon hasar sınırları

### 3.3.4.1. Model1\_ref statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi

Positif ve negatif X doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.31.'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi x doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 3045 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 55,68 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



Şekil 3.31. Model1\_ref statik itme eğrisi



Şekil 3.32. Pozitif ve negatif X yönleri doğrusal eğriler

Statik itme eğrisinin, modal kapasite eğrisine dönüştürülmesi (3.4) ve (3.5) denklemleri ile yapılır.

$$d_1^{(i)} = u_{xN1}^{(i)} / \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} \quad \text{Spektral yer değıştirme} \quad (3.4)$$

$$\alpha_1^{(i)} = V_{x1}^{(i)} / M_{x1} \quad \text{Spektral ivme} \quad (3.5)$$

ise:

$$\sum_{n=1}^Y M_{xn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0.9 \sum_{i=1}^N m_i \quad \Gamma_{x1} = L_{x1} / M_1$$

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^n m_i \Phi_{xin} \quad M_n = \sum_{i=1}^n (m_i \Phi_{xin}^2 + m_i \Phi_{yin}^2 + m_{\theta i} \Phi_{\theta in}^2)$$

$d_1^{(i)}$  : (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yerdeğiştirme

$u_{xN1}^{(i)}$  : Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme

$\Phi_{xN1}$  : Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği

$\Gamma_{x1}$  : x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı

$\alpha_1^{(i)}$  : (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme

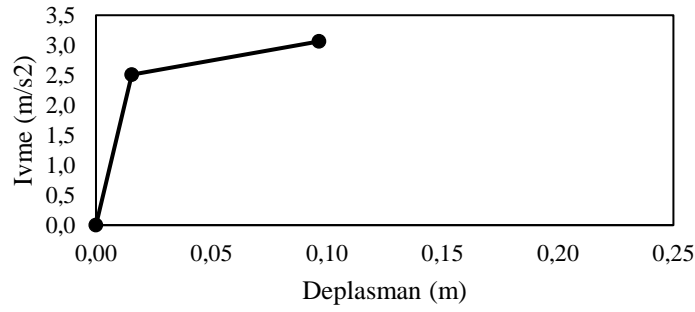
$V_{x1}^{(i)}$  : x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda (hakim moda) ait taban kesme kuvveti

$M_{x1}$  : x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hakim) moda ait etkin kütle.

Elemanların etkin rijitlikleri ise, bu çalışmada Bölüm 2.5.'te verilen, Deprem Yönetmeliği'nin öngördüğü bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır. Etkin rijitlikler kirişlerde  $(EI)_e = 0.40(EI)_o$  olarak alınırken, kolonlarda yapının  $G+nQ$  (Deprem Yönetmeliği Tablo 2.7'de konutlar için  $n=0.3$ ) yüklemesinde oluşan aksenal yük değerlerine bağlı olarak hesaplanmıştır. Toplam ağırlık  $(G + 0.3W)$  12894.7 kN 'ye eşit ve Etkin kütle oranı 0,8658 'e eşittir.

Tablo 3.30. X yönü için model1\_ref kapasite hesaplamaları

Kat	m	$\Phi_{xN1}$	$m^* \Phi_{xN1}$	$m^* \Phi_{xN1}^2$	$L_{x1}$	$M_1$	$M_{x1}$	$\Gamma_{x1}$
3	379.35	0.037	14.0360	0.5193				
2	379.35	0.028	10.6218	0.2974	29.59	0.88	993.96	33.59
1	379.35	0.013	4.9316	0.0641				



Şekil 3.33. Model1\_ref' nin x doğrultusu modal kapasite eğrisi

Modal yerdeğiştirme istemi  $d_1(p)$  (performans noktası) ve binanın tepe yerdeğiştirme istemi  $u_{xN1}(p)$  hesabı ise denklem (3.6-3.10) ile hesaplamak yapmıştır.

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (3.6)$$

$$d_1^{(p)} = S_{di1} \quad (3.7)$$

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (3.8)$$

$$S_{de1} = S_{ae1} / (\omega_1^{(1)}) \quad (3.9)$$

$$S_{ae1} = 2.5 (T_B/T_{1x})^{0.8} A_o I g \text{ for } (T_{1x} \geq T_B) \quad (3.10)$$

$u_{xN1}^{(p)}$  : Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda tepe yerdeğiştirme istemi

$S_{di1}$  : Birinci moda ait doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme

$d_1^{(p)}$  : Birinci moda ait modal yerdeğiştirme istemi

$S_{de1}$  : İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme

$C_{R1}$  : Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı

$S_{ae1}$  : İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme

$\omega_1^{(1)}$  : Başlangıçtaki (i=1) itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim moduna ait doğal açısal frekans

$T_{1x}$  : Binanın x doğrultusunda birinci (hakim) doğal titreşim periyodu

$T_B$  : Spektrum karakteristik periyodu

$A_o$  : Etkin yer ivmesi katsayısı

$I$  : Bina önem katsayısı

$G$  : Yerçekimi ivmesi (9.81m/s<sup>2</sup>)

Yukarıda verilen denklemleri kullanarak ve bizim durumumuz için:  $T_{1x} \geq T_B$  ve  $C_{R1} = 1$ ,  $S_{d1} = d_1^{(p)}$  ve  $u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)}$ .

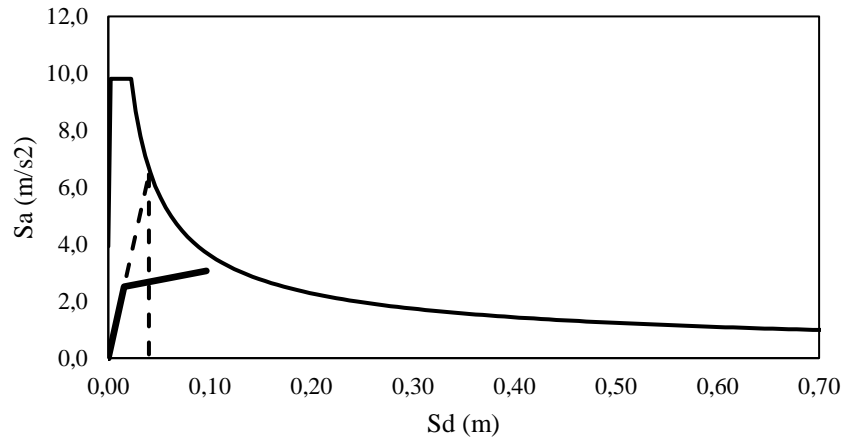
Positif X doğrultusunda için:

$$S_{ae1} = 6.45 \text{ m/s}^2$$

$$d_1^{(p)} = 0.040 \text{ m}$$

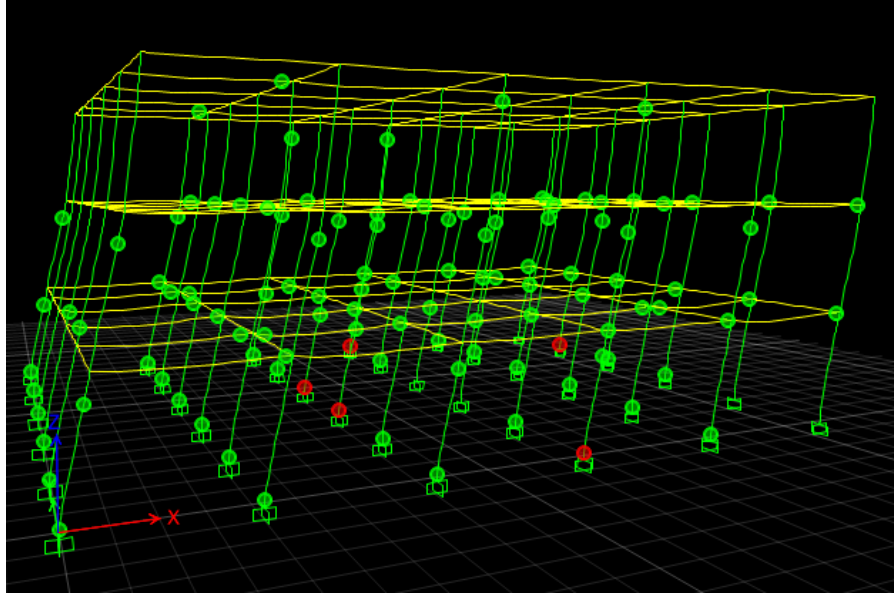
$$u_{xN1}^{(p)} = 0.0497 \text{ m}$$

Statik itme analizi, X yönünde pik deplasmanları olan 0.0497 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.34., performans noktasını göstermektedir ve Şekil 3.35., modelde oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



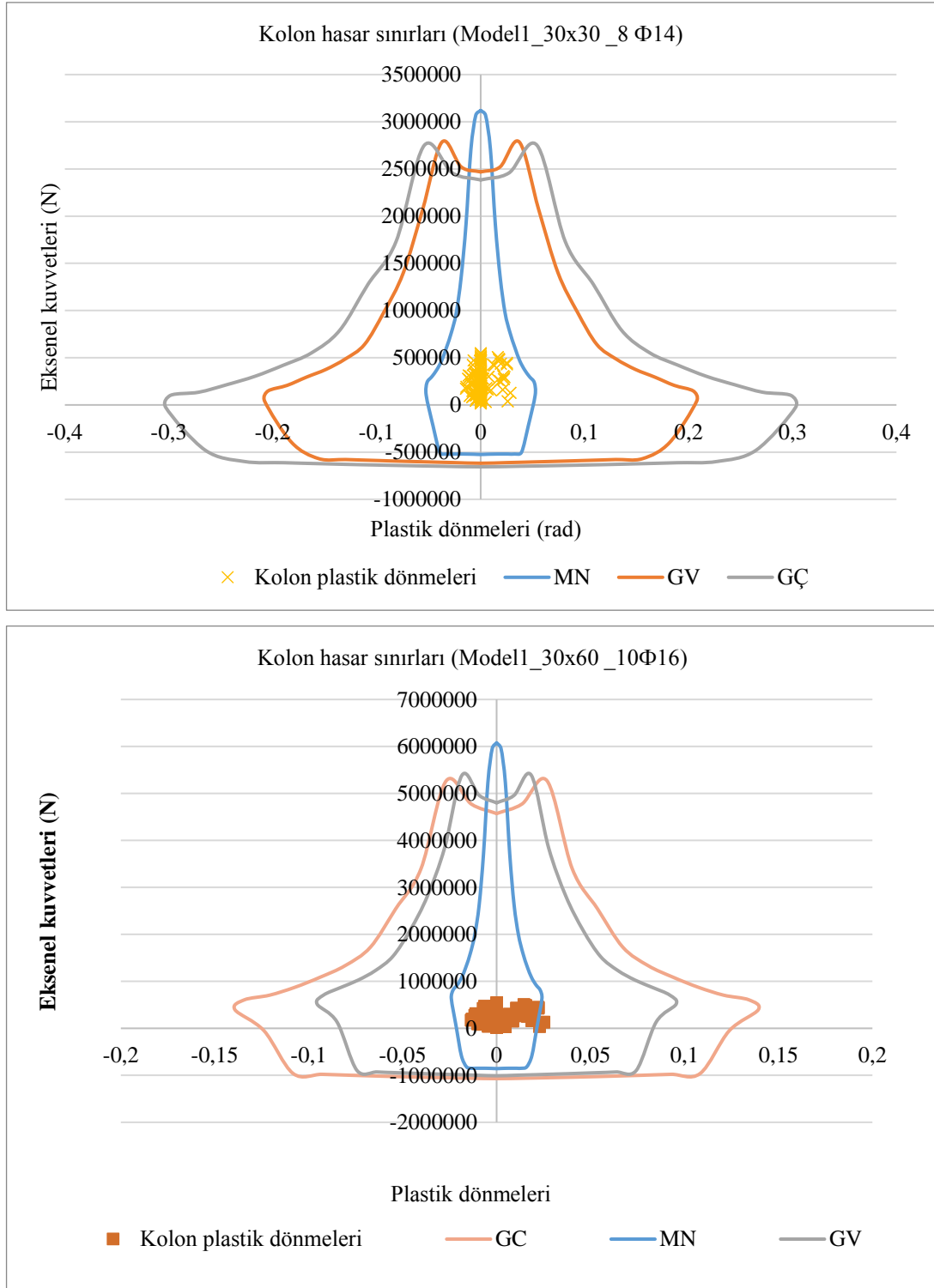
Şekil 3.34. Model1\_ref nin performans noktası

Positif X doğrultusunda için:



Şekil 3.35. Model1\_ref' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.36.'da ve Tablo 3.31.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.36. Model1\_ref'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model1\_ref, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.36.'da gösterildiği gibi X pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare kolonları MN bölgesinde bulunmuştur. Ancak C15H5 ve



C17H5 dikdörtgen kolonları GV bölgesinde bulunmaktadır. Bu kolonlar nerede oluşur Ek A.4.'de verilmiştir.

Tablo 3.31. Model1\_ref kolonların hasar bölgeleri

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Belirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
3	36/36	100%	-	-	-	0%	-	0%
2	36/36	100%	-	-	-	0%	-	0%
1	34/36	94.4%	2/36	5.6%	-	0%	-	0%

Tablo 3.31.'de belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4.'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model1\_ref binanın X Positif yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Can Güvenliği Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

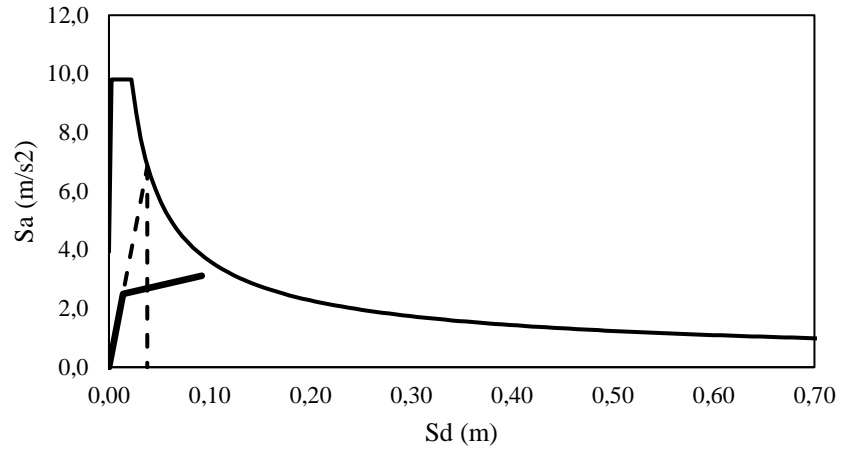
Negatif X doğrultusunda için:

$$S_{ae1} = 6.83 \text{ m/s}^2$$

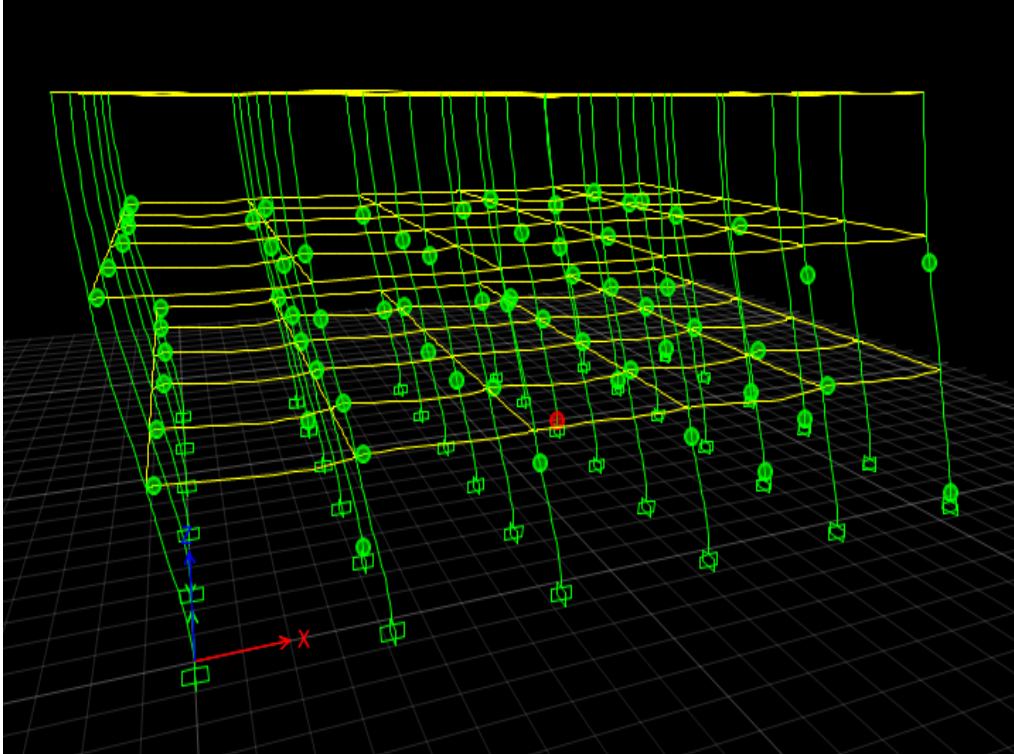
$$d_1^{(p)} = 0.0380 \text{ m}$$

$$u_{xN1}^{(p)} = 0.0472 \text{ m}$$

Statik itme analizi, X yönünde pik deplasmanları olan 0.0472 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.37., performans noktasını göstermektedir ve Şekil 3.38., modelde oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.

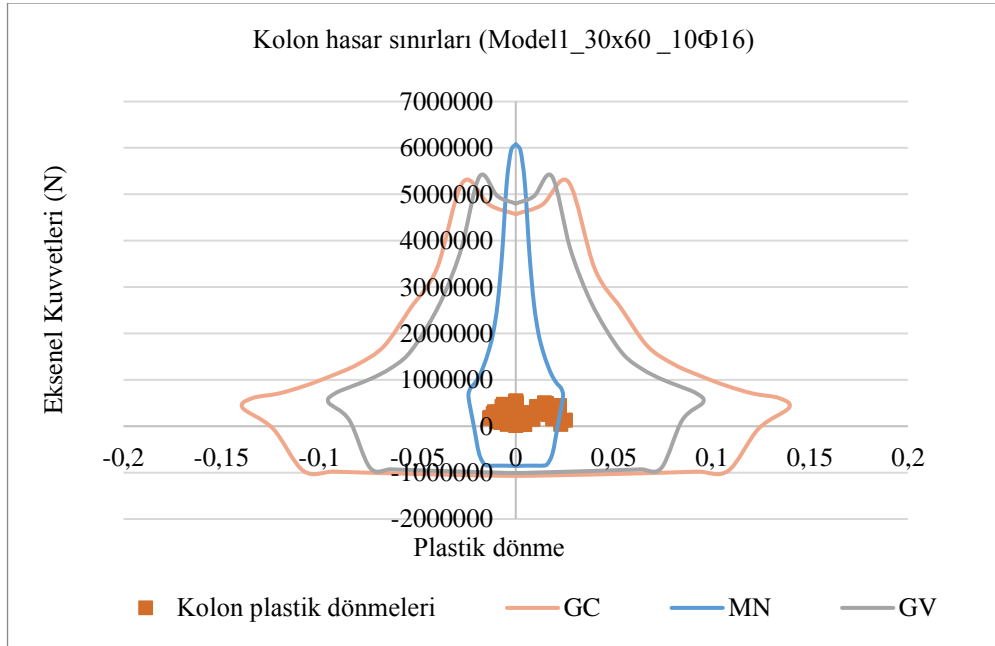
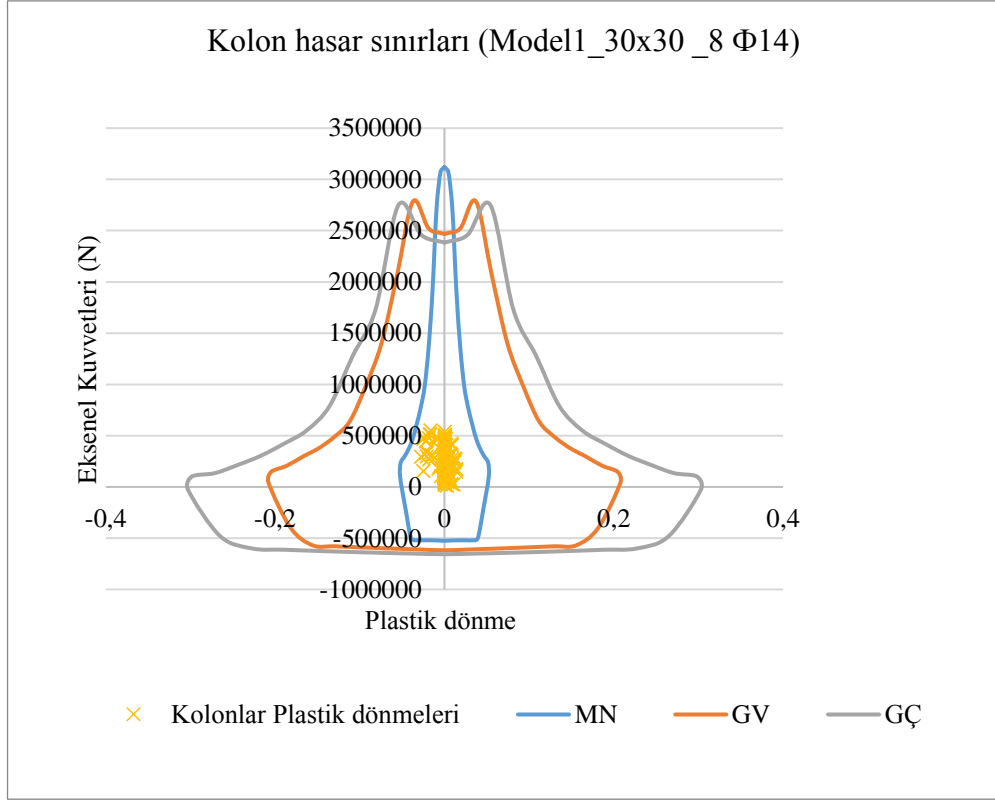


Şekil 3.37. Model1\_ref nin performans noktası



Şekil 3.38. Model1\_ref' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.39.'da ve Tablo 3.32.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.39. Model1\_ref'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model1\_ref, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.39.'da gösterildiği gibi X negatif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen

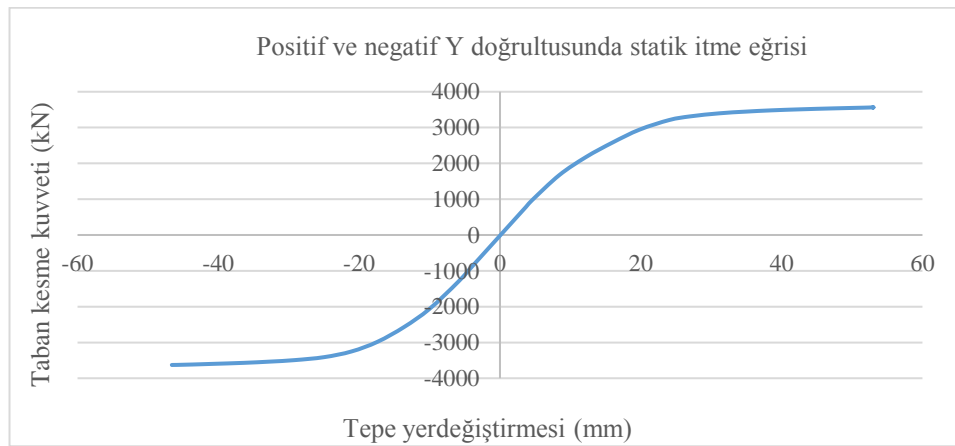
sonuçlara göre, bütün kare kolonları MN bölgesinde bulunmuştur. Ancak C2H6 ve C6H6 dikdörtgen kolonları GV bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 3.32. Model1\_ref kolonların hasar bölgeleri

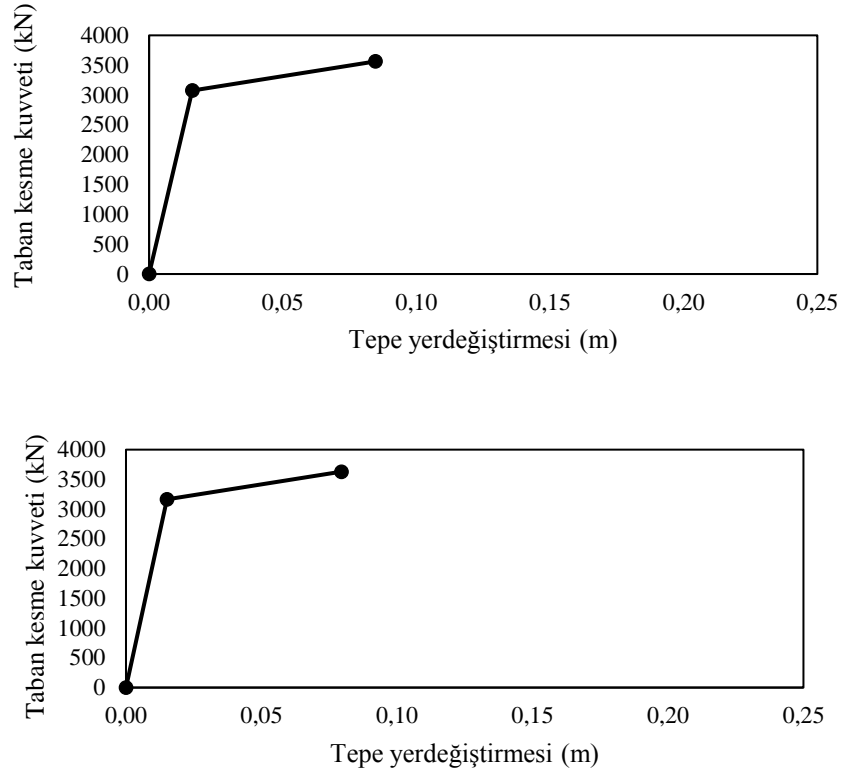
Kat	Minimum Hasar bölgesi		Belirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
3	36/36	100%	-	-	-	0%	-	0%
2	36/36	100%	-	-	-	0%	-	0%
1	34/36	94.4%	2/36	5.6%	-	0%	-	0%

Tablo 3.32.'de belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model1\_ref binanın X negatif yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde "Can Güvenliği Durumu Performansı" na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Positif ve negatif Y doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.40.'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Y doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 3562 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 52,91 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



Şekil 3.40. Model1\_ref statik itme eğrisi



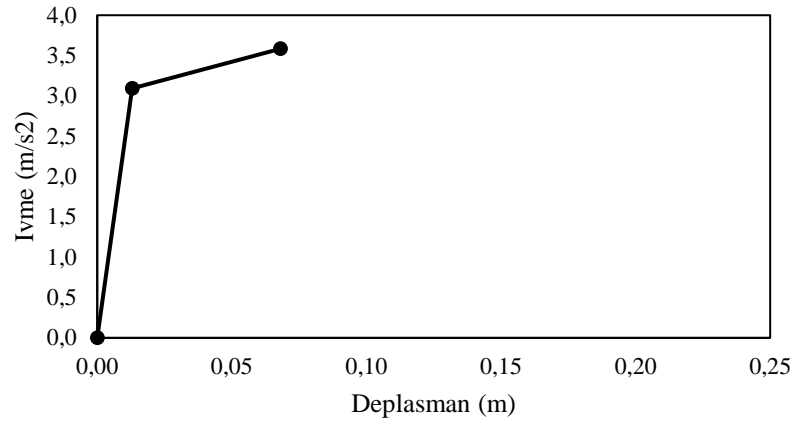
Şekil 3.41. Pozitif (üst) ve negatif (alt)Y yönleri doğrusal eğriler

Statik itme eğrisinin, modal kapasite eğrisine dönüştürülmesi denklem (3.4 -3.5) ile yapılır.

Elemanların etkin rijitlikleri ise, bu çalışmada Bölüm 2.5.'te verilen, Deprem Yönetmeliği'nin öngördüğü bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır. Etkin rijitlikler kirişlerde  $(EI)_e=0.40(EI)_o$  olarak alınırken, kolonlarda yapının  $G+nQ$  (Deprem Yönetmeliği Tablo 2.7'de konutlar için  $n=0.3$ ) yüklemesinde oluşan aksenal yük değerlerine bağılı olarak hesaplanmıştır. Toplam ağırlık  $(G + 0.3W)$  12894.7 kN 'ye eşit ve Etkin kütle oranı 0.8664 'e eşittir.

Tablo 3.33. Y yönü için model1\_ref kapasite hesaplamaları

Kat	m	$\Phi_{yN1}$	$m^* \Phi_{yN1}$	$m^* \Phi_{yN1}^2$	$L_{y1}$	$M_1$	$M_{y1}$	$\Gamma_{y1}$
379.35	0.037	14.0360	0.5193	379.35				
379.35	0.028	10.6218	0.2974	379.35	29.59	0.88	993.96	33.59
379.35	0.013	4.9316	0.0641	379.35				



Şekil 3.42. Model1\_ref' nin Y doğrultusu modal kapasite eğrisi

Modal yerdeğiştirme istemi  $d_1(p)$  (performans noktası) ve binanın tepe yerdeğiştirme istemi  $u_{xN1}(p)$  hesabı ise denklem (3.6-3.10) ile hesaplamak yapmıştır.

Yukarıda söyledilen denklemleri kullanarak ve bizim durumumuz için:  $T_{1x} \geq T_B$  ve  $C_{R1} = 1$ ,  $S_{d1} = d_1^{(p)}$  ve  $u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)}$ .

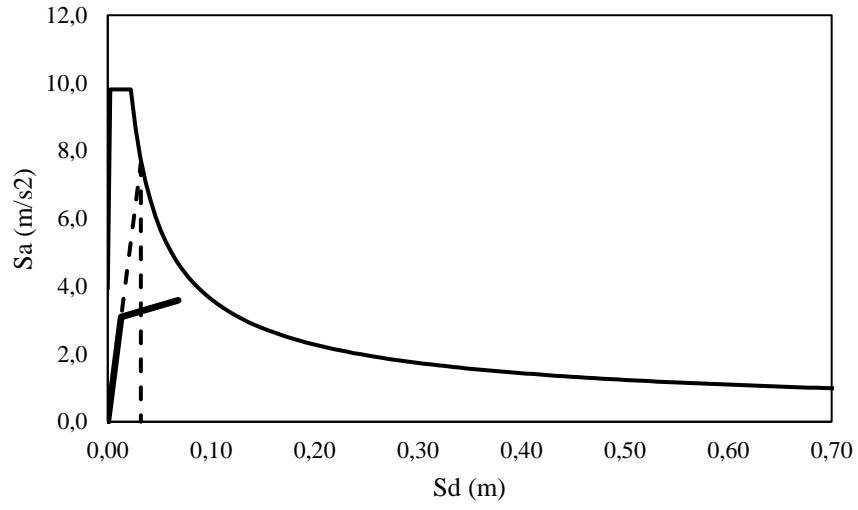
Positif Y doğrultusunda için:

$$S_{ae1} = 7.63 \text{ m/s}^2$$

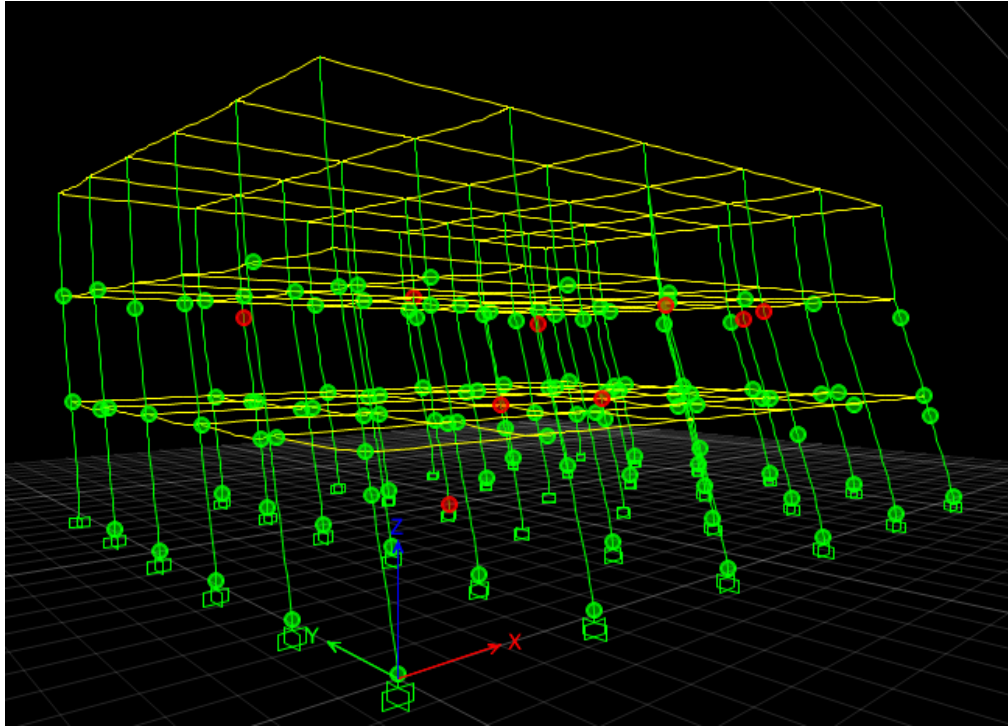
$$d_1^{(p)} = 0.032 \text{ m}$$

$$u_{yN1}^{(p)} = 0.0398 \text{ m}$$

Statik itme analizi, Y yönünde pik deplasmanları olan 0.0398 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.43., performans noktasını göstermektedir ve Şekil 3.44., modelde oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.

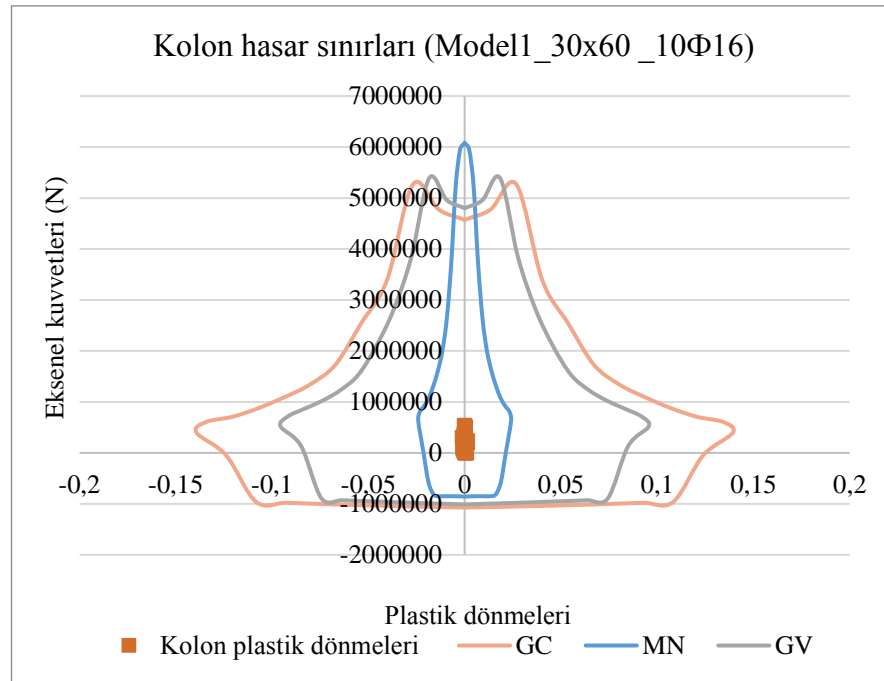
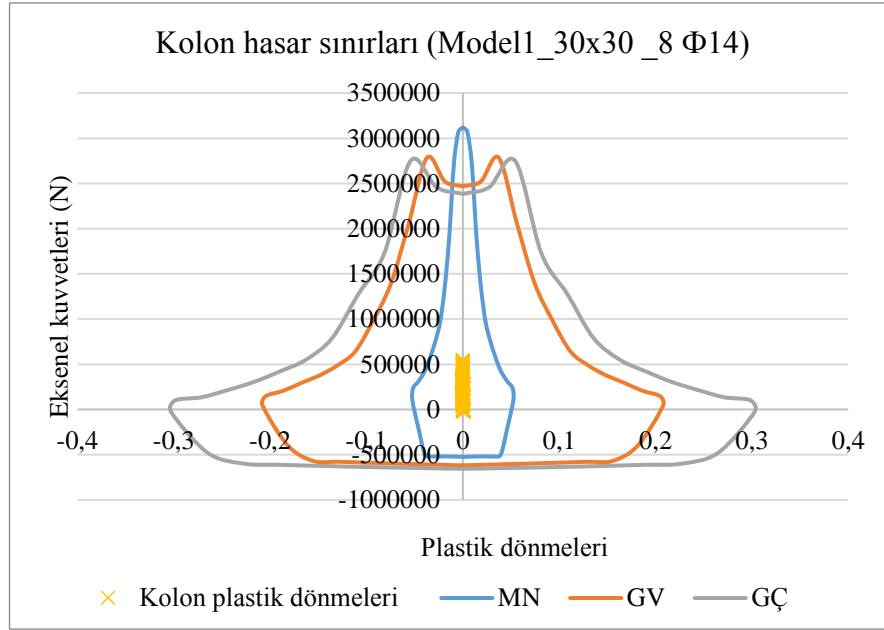


Şekil 3.43. Model1\_ref nin performans noktası



Şekil 3.44. Model1\_ref' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.45.'te ve Tablo 3.34.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.45. Model1\_ref'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model1\_ref, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.45.'te gösterildiği gibi Y pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.



Tablo 3.34. Model1\_ref kolonların hasar bölgeleri

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
3	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%

Tablo 3.34.'te belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4 'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model1\_ref binanın Y pozitif Yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

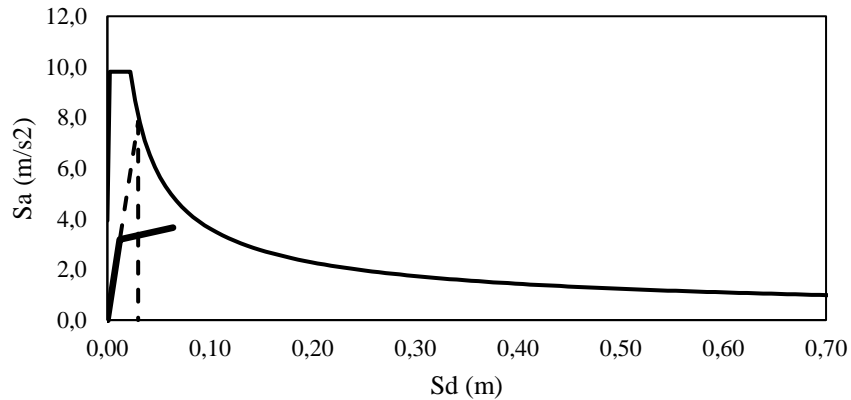
Negatif Y doğrultusunda için:

$$S_{ae1} = 7.84 \text{ m/s}^2$$

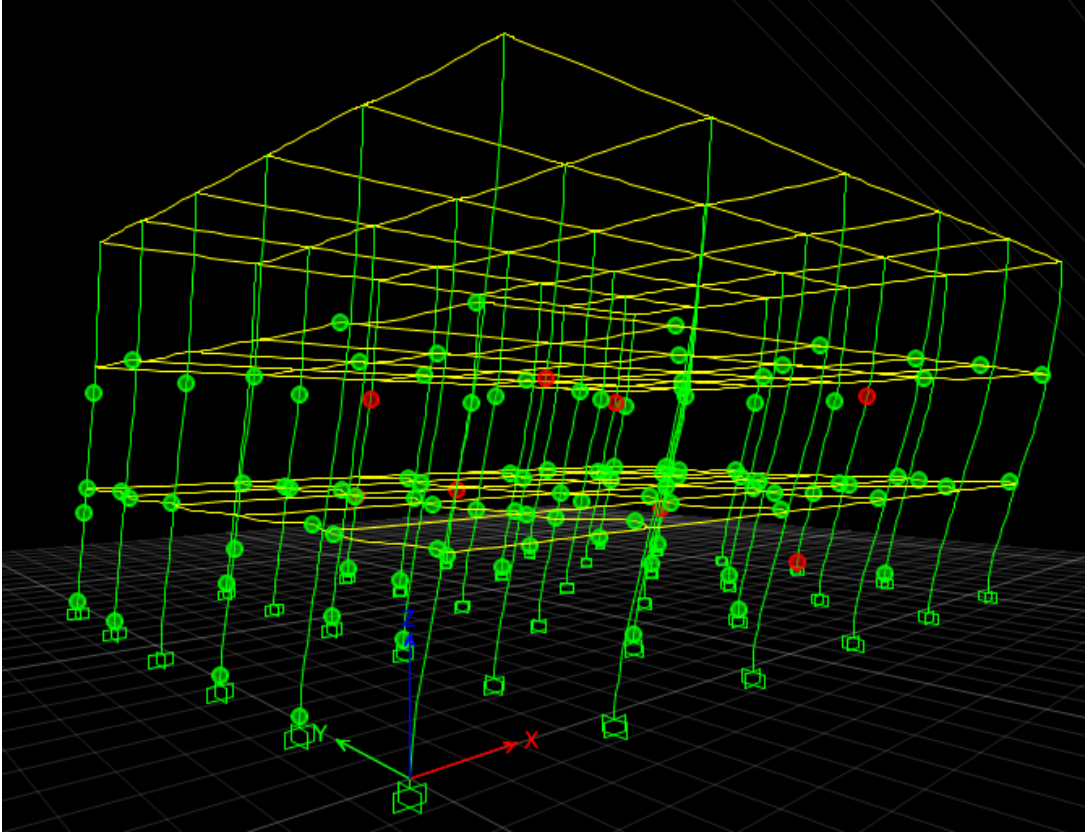
$$d_1^{(p)} = 0.030 \text{ m}$$

$$u^{(p)}_{yN1} = 0.0373 \text{ m}$$

Statik itme analizi, X yönünde pik deplasmanları olan 0.0373 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.46., performans noktasını göstermektedir ve Şekil 3.47., modelde oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.

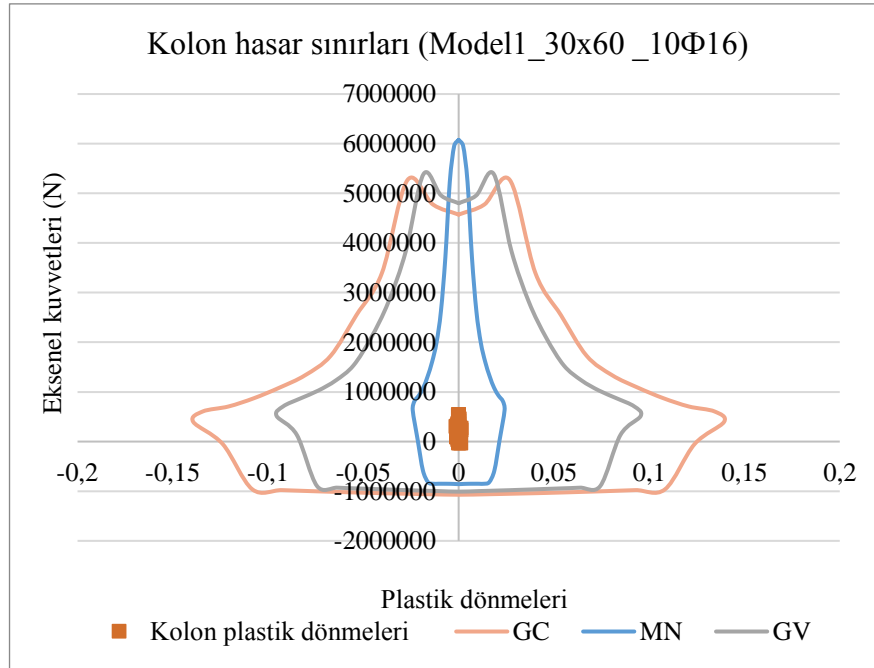
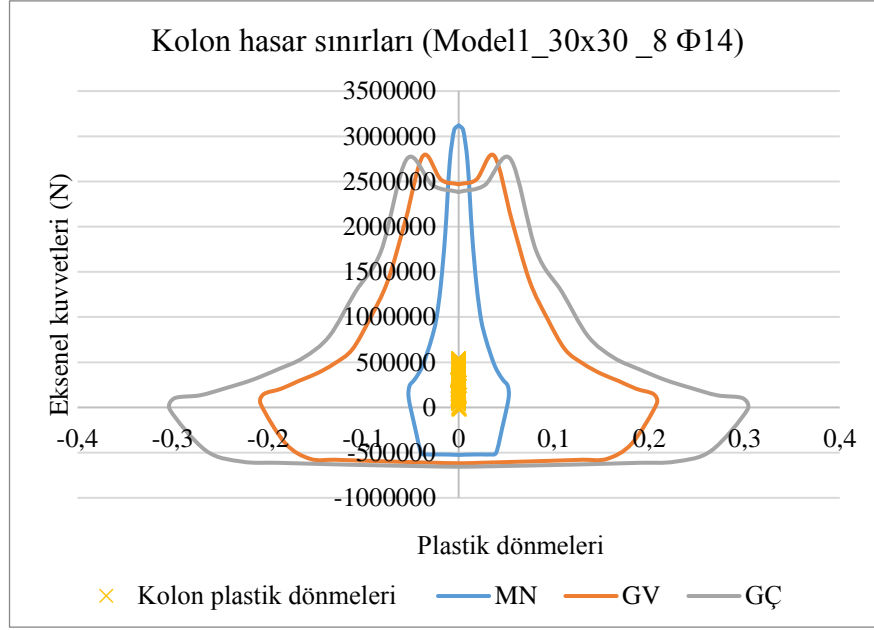


Şekil 3.46. Model1\_ref 'nin performans noktası



Şekil 3.47. Model1\_ref' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.48.'de ve Tablo 3.35.'te gösterilmiştir



Şekil 3.48. Model1\_ref'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model1\_ref, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.48.'de gösterildiği gibi Y negatif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

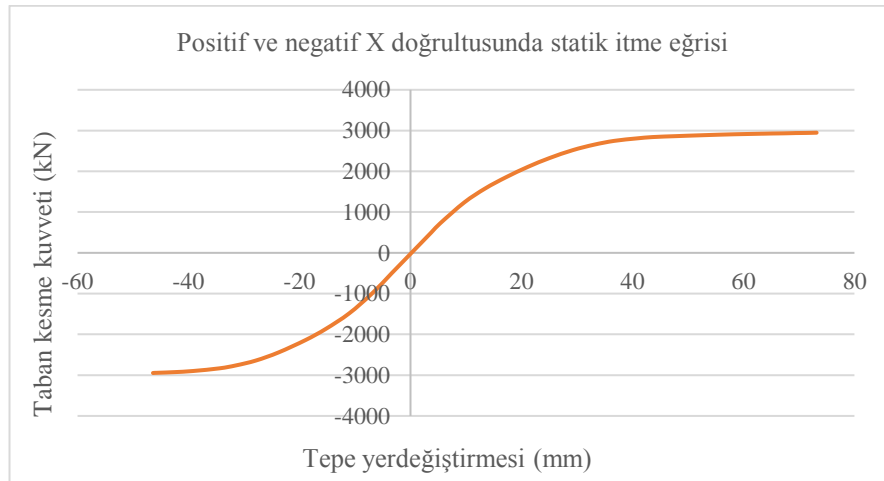
Tablo 3.35. Model1\_ref kolonların hasar bölgeleri

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
3	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%

Tablo 3.35.'te belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4 'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model1\_ref binanın Y negatif Yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

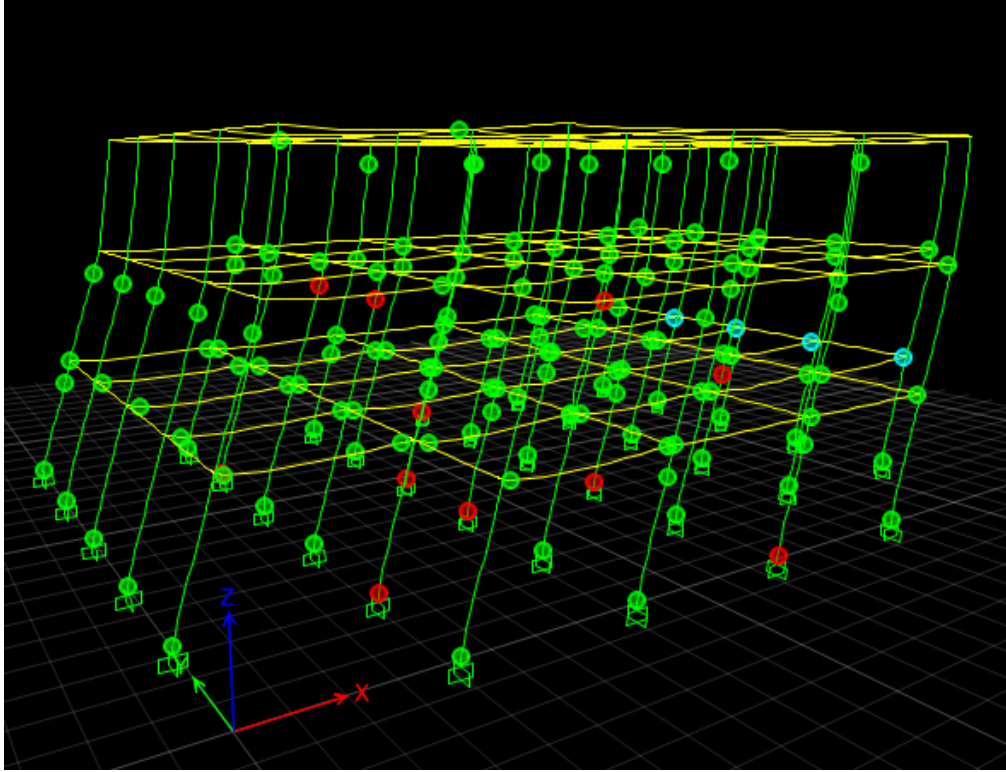
### 3.3.4.2. Model1\_T1 statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi

Positif ve negatif X doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.49.'da verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi x doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 2947 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 73,18 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



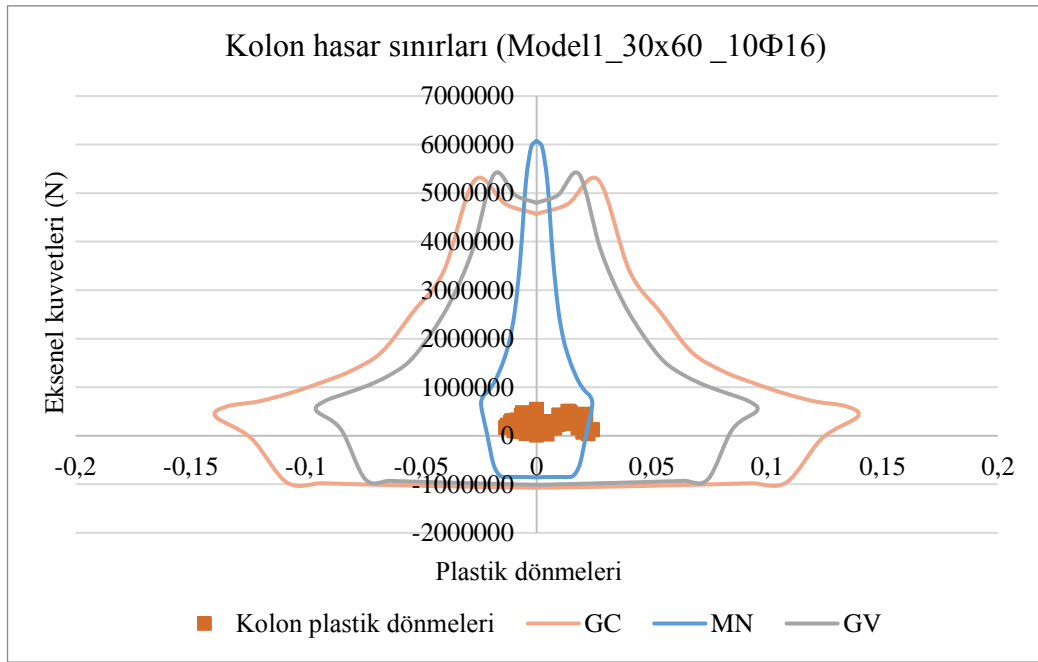
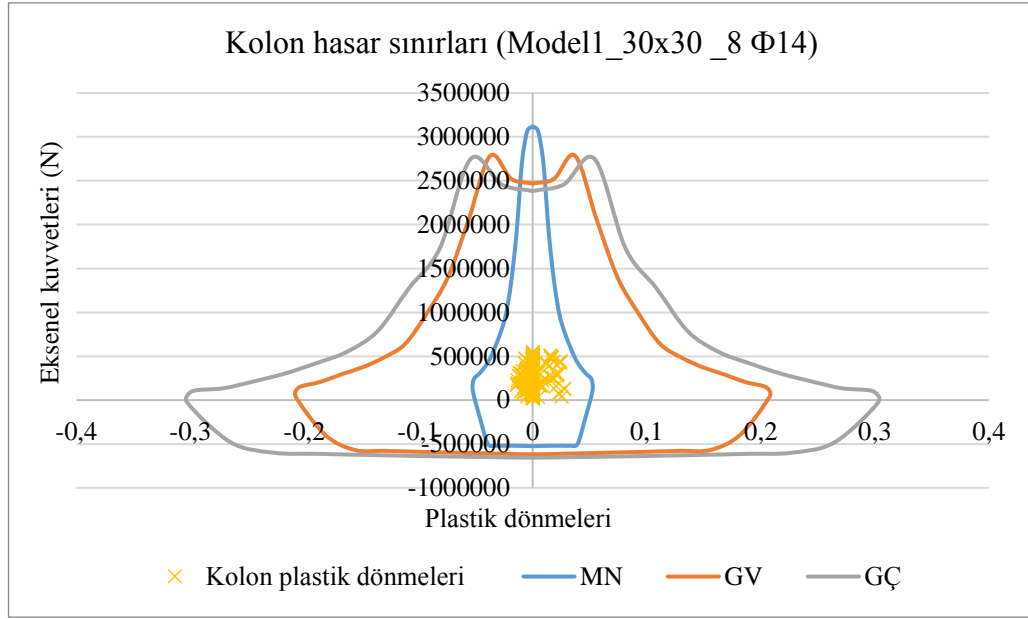
Şekil 3.49. Model1\_T1 statik itme eğrisi

Statik itme analizi, X pozitif yönünde pik deplasmanları olan 0.0497 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.50.'de model1\_T1 oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



Şekil 3.50. Model1\_T1' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.51.'de ve Tablo 3.36. ve 3.37.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.51. Model1\_T1'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model1\_T1, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.51.'de gösterildiği gibi X pozitif ve negatif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare kolonları MN bölgesinde bulunmuştur. Ancak X pozitif yönde için: C15H5, C7H3 ve C3H3 dikdörtgen kolonları ve X negatif yönde için: C2H6, C6H6 ve C6H4 dikdörtgen kolonları, GV bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 3.36. Model1\_T1 kolonların hasar bölgeleri (X positif)

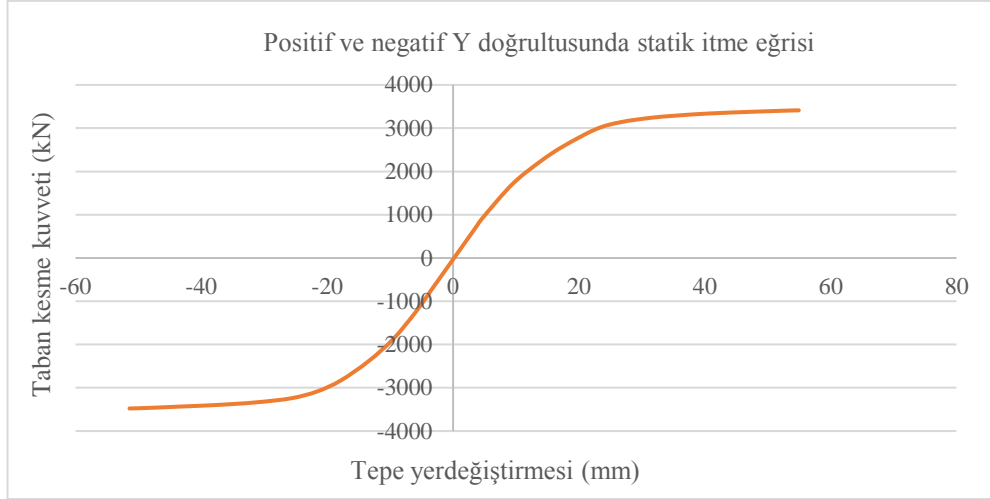
Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
3	34/34	100%	-	-	-	0%	-	0%
2	32/34	94.1%	2/34	5.9%	-	0%	-	0%
1	33/34	97%	1/34	3%	-	0%	-	0%

Tablo 3.37. Model1\_T1 kolonların hasar bölgeleri (X negatif)

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
3	34/34	100%	-	-	-	0%	-	0%
2	32/34	97%	1/34	3%	-	0%	-	0%
1	33/34	94.1%	2/34	5.9%	-	0%	-	0%

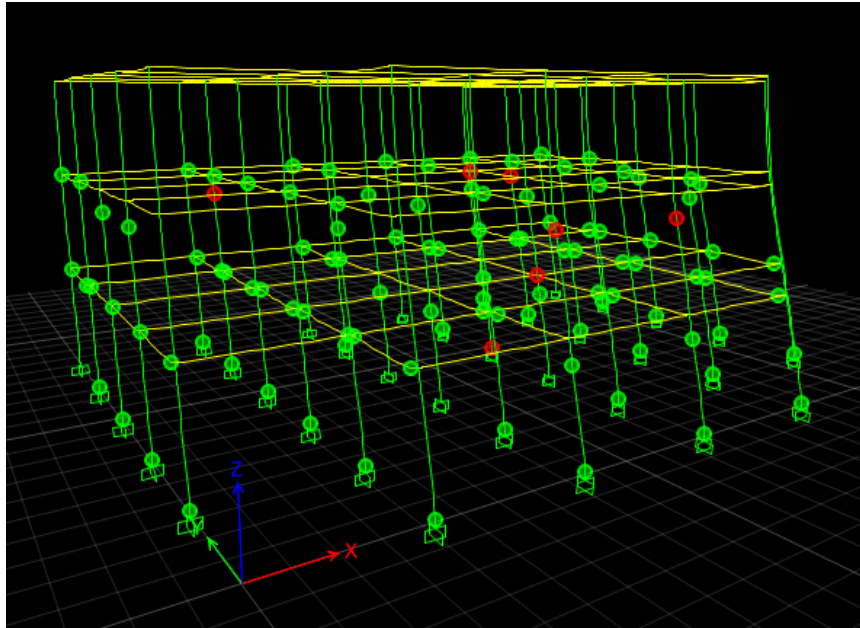
Tablo 3.36. ve tablo 3.37.’de belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4 ‘te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model1\_T1 binanın X Positif ve negatif Yönü, Deprem Yönetmeliği’nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Can Güvenliği Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Positif ve negatif Y doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.52.’de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Y doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 3411 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 54,78 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



Şekil 3.52. Model1\_T1 statik itme eğrisi

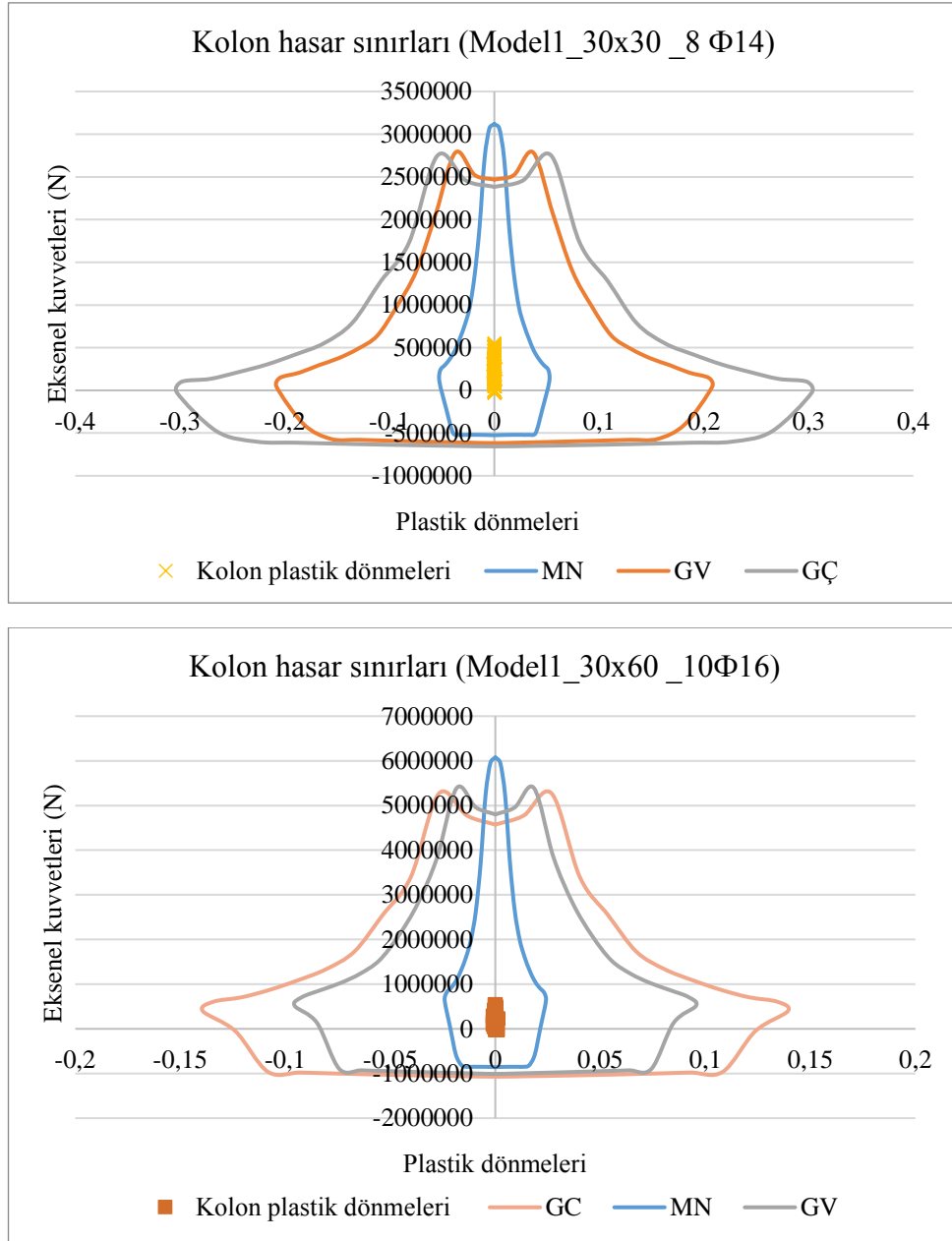
Statik itme analizi, Y pozitif yönünde pik deplasmanları olan 0.0398 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.53.'te model1\_T1 oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



Şekil 3.53. Model1\_T1' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.54.'te ve Tablo 3.38., ve 3.39.'da gösterilmiştir.





Şekil 3.54. Model1\_T1'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model1\_T1, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.54.'te gösterildiği gibi Y pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 3.38. Model1\_T1 kolonların hasar bölgeleri (Y pozitif)

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
3	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%

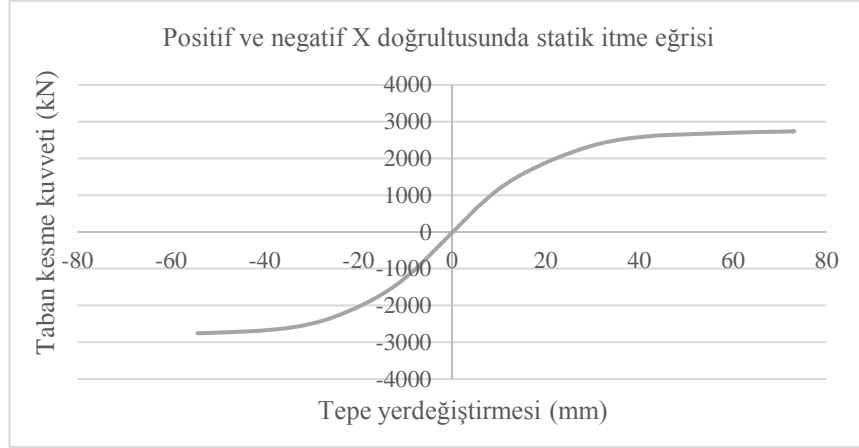
Tablo 3.39. Model1\_T1 kolonların hasar bölgeleri (Y negatif)

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
3	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%

Tablo 3.38. ve tablo 3.39.’da belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4 ‘te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model1\_T1 binanın Y pozitif ve negatif Yönü, Deprem Yönetmeliği’nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

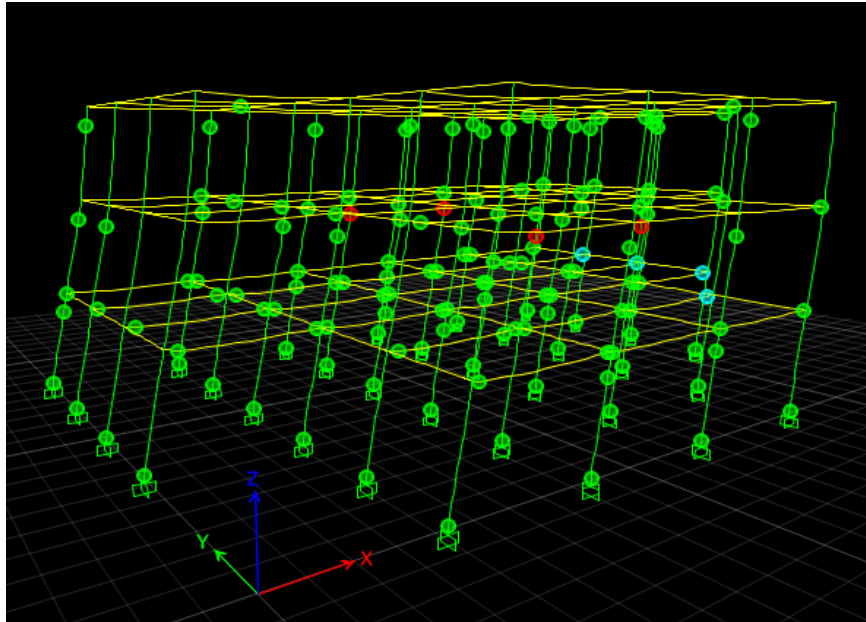
### 3.3.4.3. Model1\_T2 statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi

Positif ve negatif X doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.55.’te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi x doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 2737 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 72,83 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



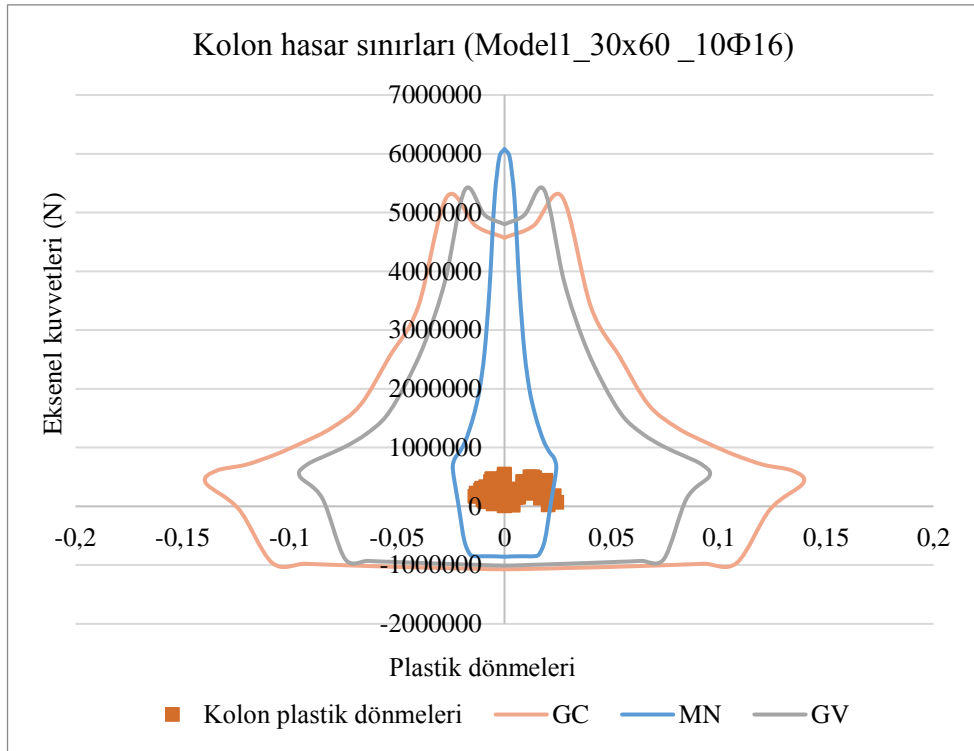
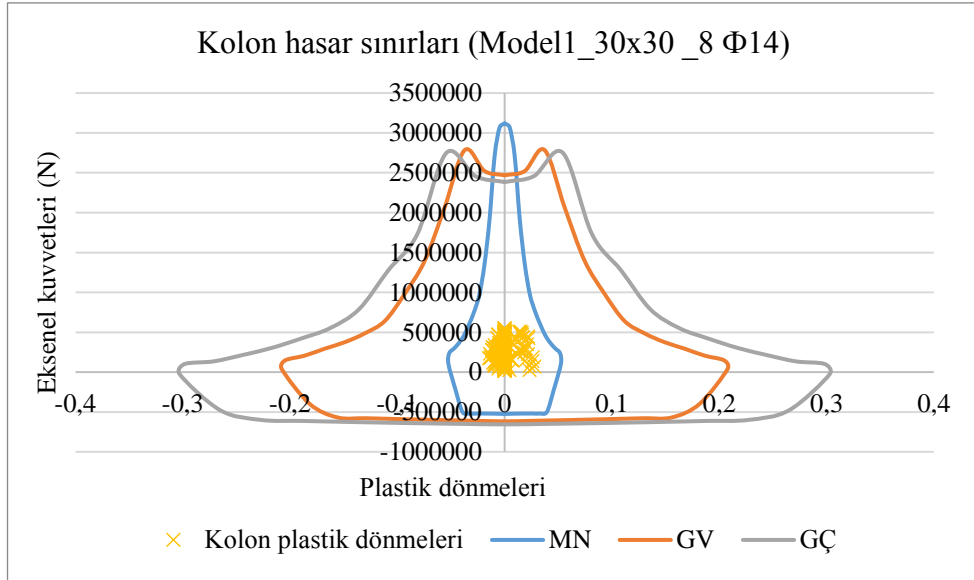
Şekil 3.55. Model1\_T2 statik itme eğrisi

Statik itme analizi, X pozitif yönünde pik deplasmanları olan 0.0497 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.56.'da model1\_T2 oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



Şekil 3.56. Model1\_T2' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.57.'de ve Tablo 3.40. ve 3.41.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.57. Model1\_T2'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model1\_T2, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.57.'de gösterildiği gibi X pozitif ve negatif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare kolonları MN bölgesinde bulunmuştur. Ancak X pozitif yönde için: C3H3, C7H3 ve C6H3 dikdörtgen kolonları ve X negatif yönde için: C6H4 dikdörtgen kolonları, GV bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 3.40. Model1\_T2 kolonların hasar bölgeleri (X positif)

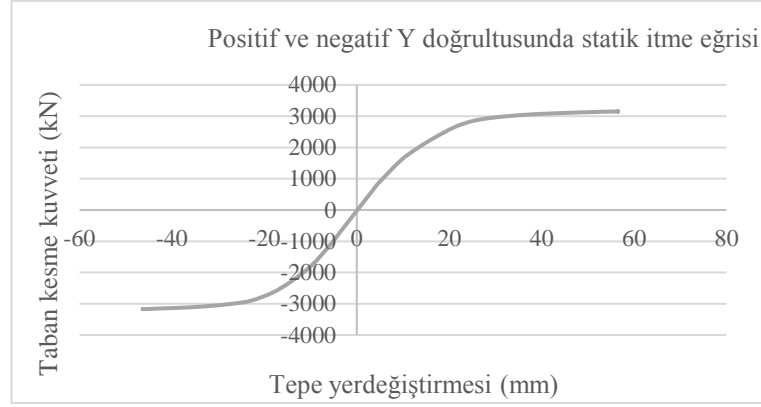
Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
3	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	29/32	90.6%	3/32	9.4%	-	0%	-	0%
1	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
3	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	31/32	96.87%	-	3.13%	-	0%	-	0%
1	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%

Tablo 3.41. Model1\_T2 kolonların hasar bölgeleri (X negatif)

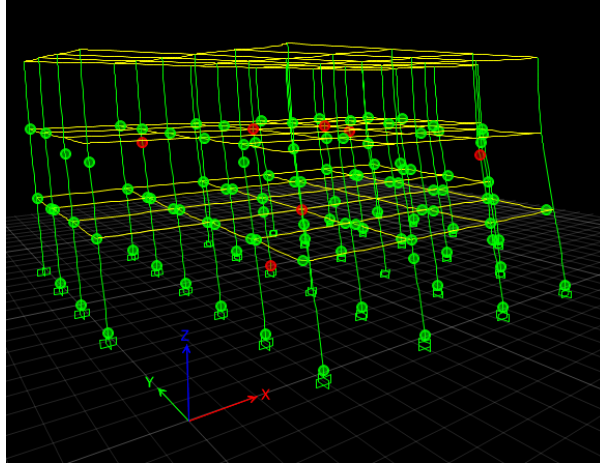
Tablo 3.40. ve Tablo 3.41.'de belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4. 'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model1\_T2 binanın X Pozitif ve negatif Yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Can Güvenliği Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Positif ve negatif Y doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.58.'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Y doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 3151 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 56.45 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



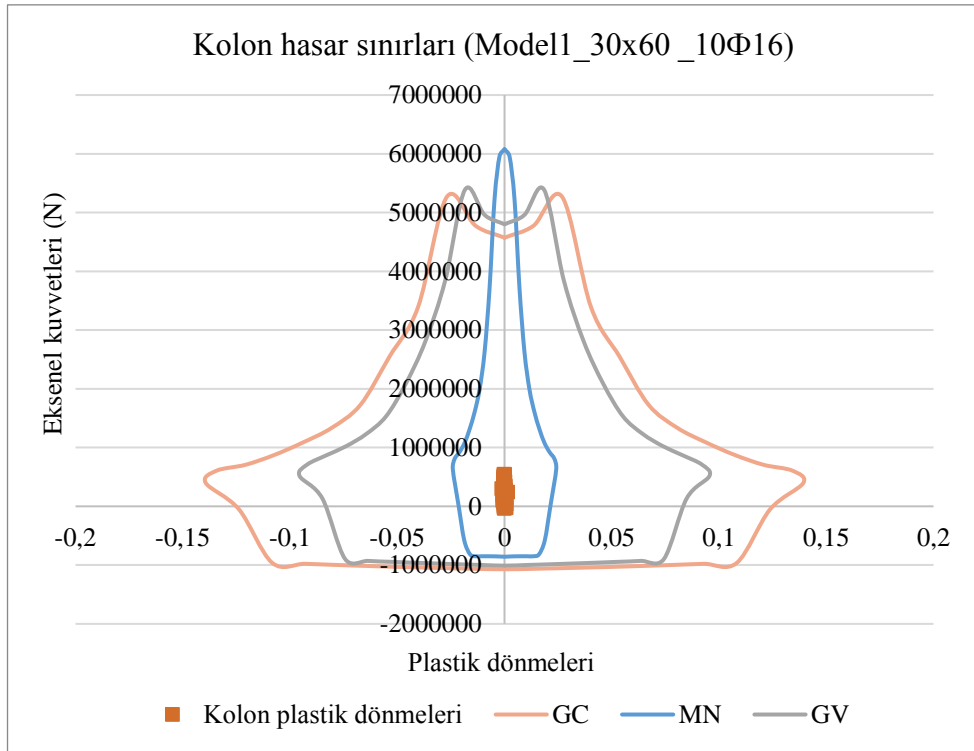
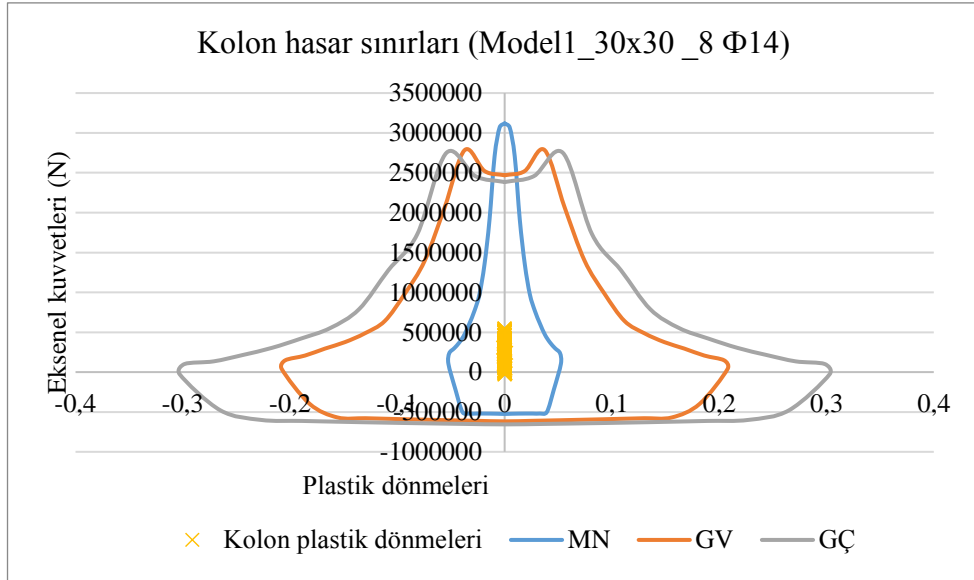
Şekil 3.58. Model1\_T1 statik itme eğrisi

Statik itme analizi, X pozitif yönünde pik deplasmanları olan 0.0497 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.59.'da model1\_T2 oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



Şekil 3.59. Model1\_T2' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.60.'da ve Tablo 3.42. ve 3.43.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.60. Model1\_T2'nin kare ( üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model1\_T2, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.60.'da gösterildiği gibi Y pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 3.42. Model1\_T2 kolonların hasar bölgeleri (Y pozitif)

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
3	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%

Tablo 3.43. Model1\_T2 kolonların hasar bölgeleri (Y negatif)

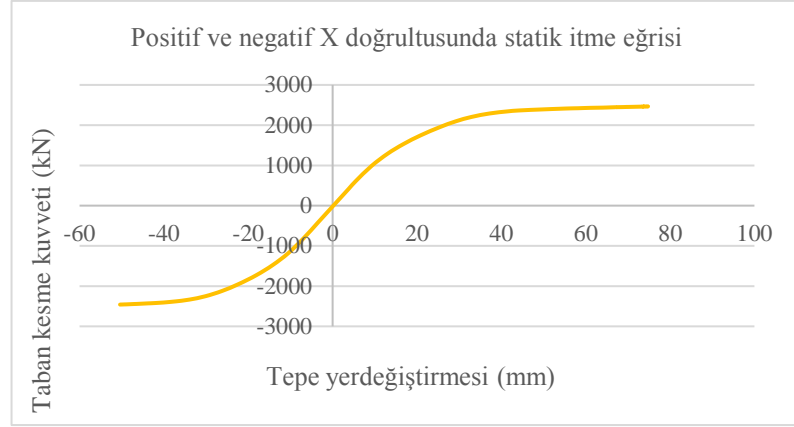
Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
3	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%

Tablo 3.42. ve tablo 3.43.'te belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4.'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model1\_T2 binanın Y pozitif ve negatif Yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

#### 3.3.4.4. Model1\_T3 statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi

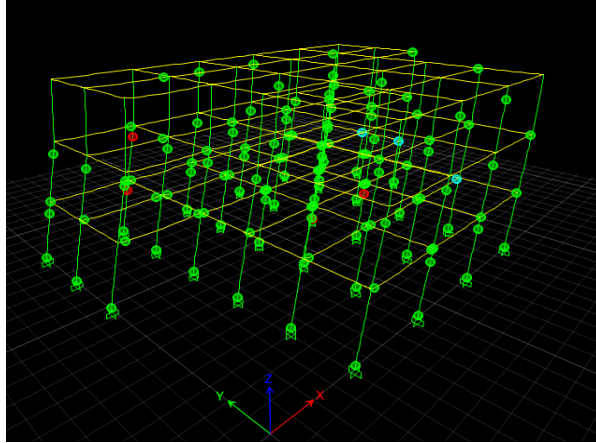
Positif ve negatif X doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.61.'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi x doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 2462 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 74,67 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.





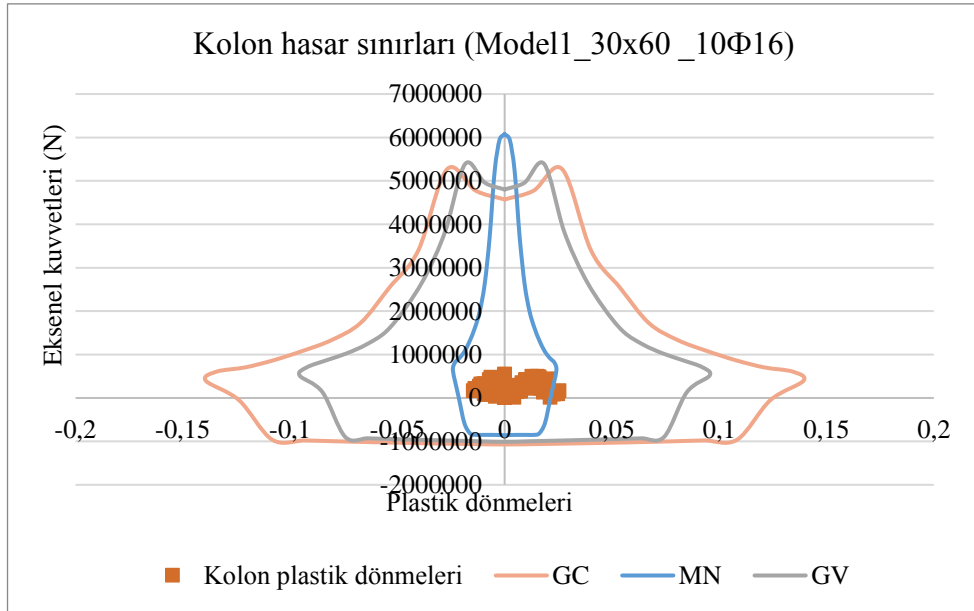
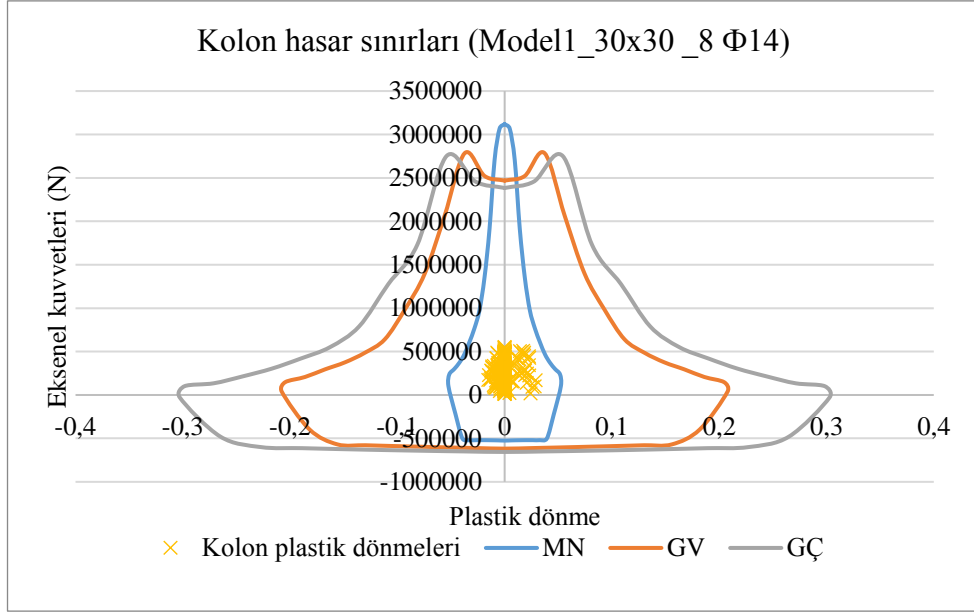
Şekil 3.61. Model1\_T3 statik itme eğrisi

Statik itme analizi, X pozitif yönünde pik deplasmanları olan 0.0497 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.62.'de model1\_T3 oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



Şekil 3.62. Model1\_T3' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.63.'te ve Tablo 3.44., ve Tablo 3.45.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.63. Model1\_T3'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model1\_T3, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.63.'te gösterildiği gibi X pozitif ve negatif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare kolonları MN bölgesinde bulunmuştur. Ancak X pozitif yönde için: C15H5, C19H5 ve C7H6 dikdörtgen kolonları ve X negatif yönde için: C6H4 ve C6H6 dikdörtgen kolonları, GV bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 3.44. Model1\_T3 kolonların hasar bölgeleri (X positif)

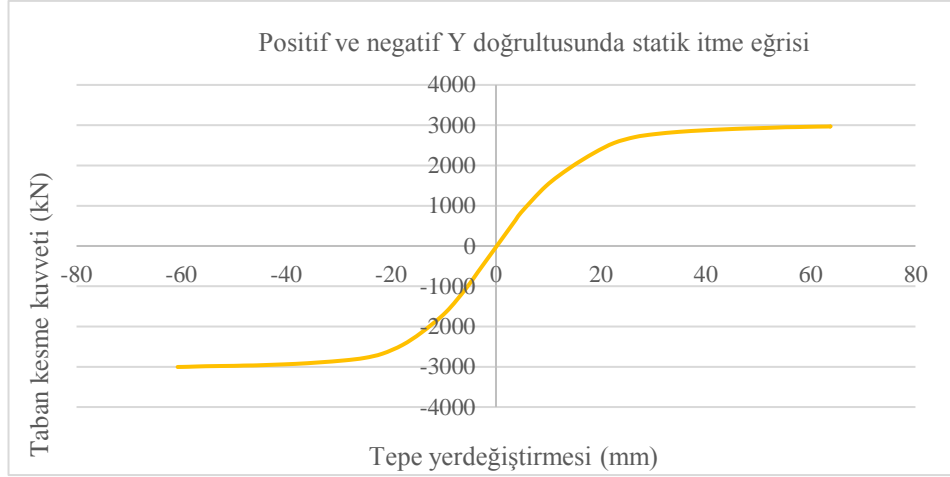
Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
3	30/30	100%	-	-	-	0%	-	0%
2	29/30	96.6%	1/30	3.4%	-	0%	-	0%
1	27/30	90%	3/30	10%	-	0%	-	0%

Tablo 3.45. Model1\_T3 kolonların hasar bölgeleri (X negatif)

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
3	30/30	100%	-	-	-	0%	-	0%
2	29/30	96.6%	1/30	3.4%	-	0%	-	0%
1	29/30	96.6%	1/30	3.4%	-	0%	-	0%

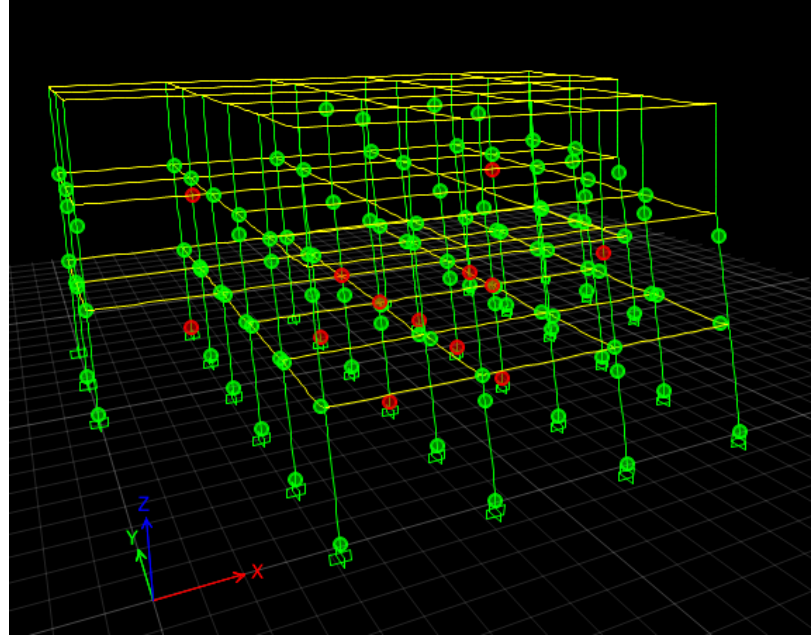
Tablo 3.44. ve tablo 3.45.'te belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4.'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model1\_T3 binanın X Positif ve negatif Yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Can Güvenliği Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Positif ve negatif Y doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.64.'te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Y doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 2968 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 63,00 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



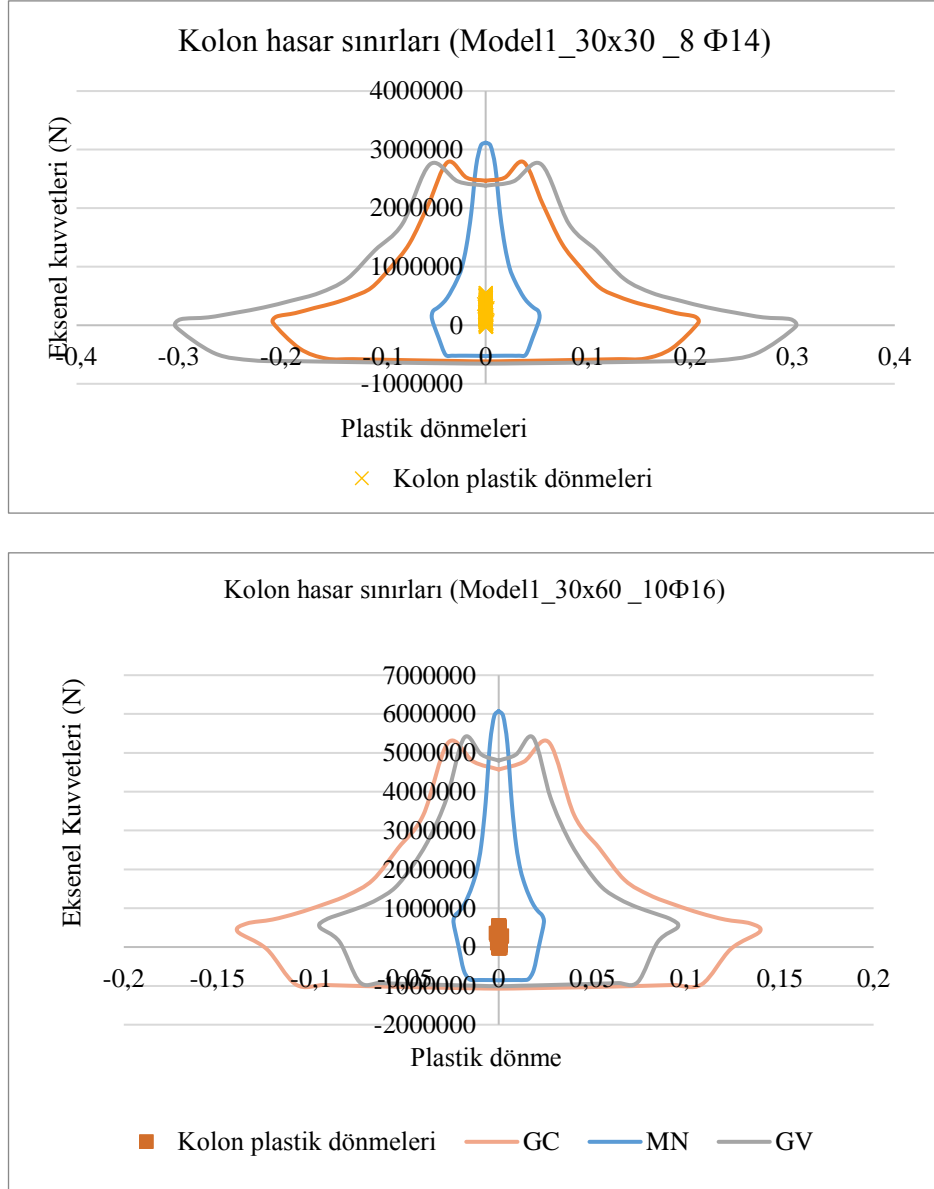
Şekil 3.64. Model1\_T3 statik itme eğrisi

Statik itme analizi, Y pozitif yönünde pik deplasmanları olan 0.0398 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.65.'te model1\_T3 oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



Şekil 3.65. Model1\_T3' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.66.'da ve Tablo 3.46., ve Tablo 3.47.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.66. Model1\_T3'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model1\_T3, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.66.'da gösterildiği gibi Y pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 3.46. Model1\_T3 kolonların hasar bölgeleri (Y pozitif)

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
3	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%

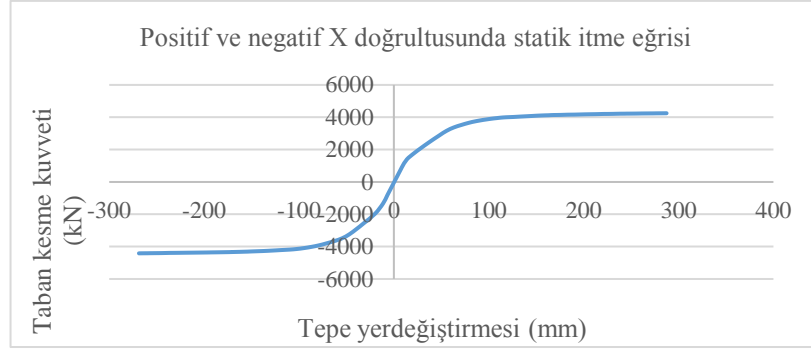
Tablo 3.47. Model1\_T3 kolonların hasar bölgeleri (Y negatif)

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
3	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%

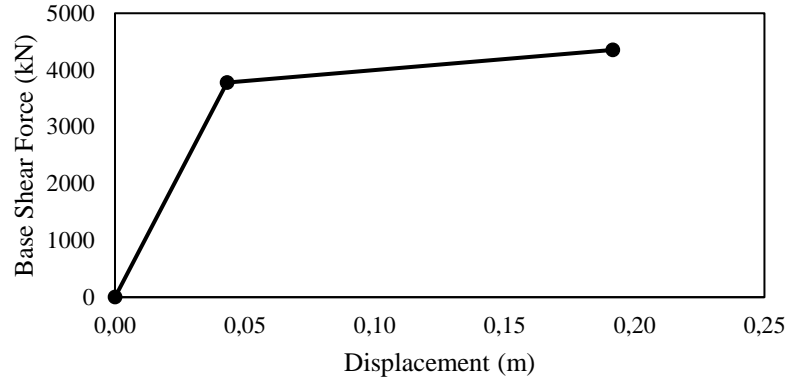
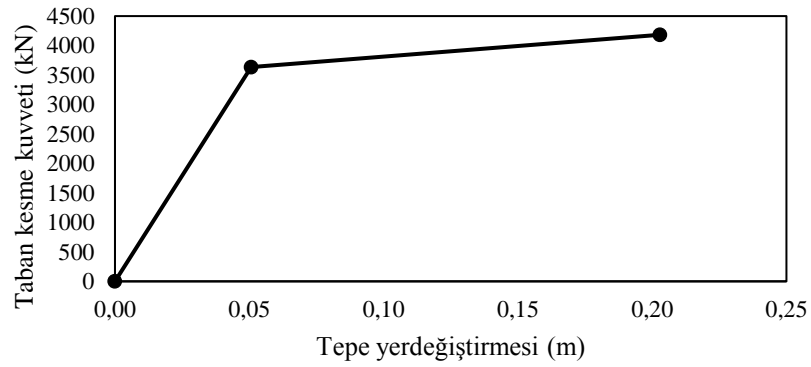
Tablo 3.46. ve Tablo 3.47.’de belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4.’te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model1\_T3 binanın Y pozitif ve negatif Yönü, Deprem Yönetmeliği’nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

### 3.3.4.5. Model2\_ref statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi

Positif ve negatif X doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.67.’de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi x doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 4248 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 287,38 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



Şekil 3.67. Model2\_ref statik itme eğrisi



Şekil 3.68. Pozitif (üst) ve negatif (alt) X yönleri doğrusal eğriler

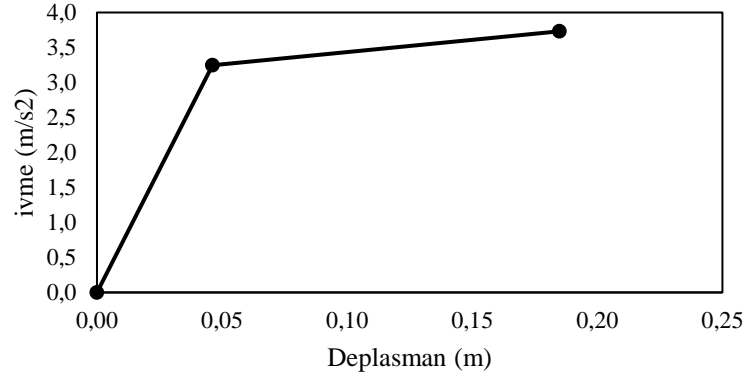
Statik itme eğrisinin, modal kapasite eğrisine dönüştürülmesi denklem 16 ve 17 ile yapılır.

Elemanların etkin rijitlikleri ise, bu çalışmada Bölüm 2.5.'te verilen, Deprem Yönetmeliği'nin öngördüğü bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır. Etkin rijitlikler kirişlerde  $(EI)_e=0.40(EI)_o$  olarak alınırken, kolonlarda yapının  $G+nQ$  (Deprem

Yönetmeliği Tablo 2.7’de konutlar için  $n=0.3$ ) yüklemesinde oluşan aksenal yük değerlerine bağlı olarak hesaplanmıştır. Toplam ağırlık ( $G + 0.3W$ ) 27065.867kN ‘ye eşit ve Etkin kütle oranı 0.8213’e eşittir.

Tablo 3.48. Y yönü için model2\_ref kapasite hesaplamaları

Kat	m	$\Phi_{xN1}$	$m^* \Phi_{xN1}$	$m^* \Phi_{xN1}^2$	$L_{x1}$	$M_1$	$M_{x1}$	$\Gamma_{x1}$
377.66	0.027	10.1968	0.2753	377.66				
377.66	0.025	9.4415	0.2360	377.66				
377.66	0.021	7.9309	0.1665	377.66	38.90	0.82	1848.91	47.53
377.66	0.016	6.0426	0.0967	377.66				
377.66	0.01	3.7766	0.0378	377.66				
377.66	0.004	1.5106	0.0060	377.66				



Şekil 3.69. Model2\_ref' nin X doğrultusu modal kapasite eğrisi

Modal yerdeğiştirme istemi  $d_1(p)$  (performans noktası) ve binanın tepe yerdeğiştirme istemi  $u_{xN1}(p)$  hesabı ise denklem (3.6-3.10) ile hesaplamak yapmıştır.

Yukarıda söylenilen denklemleri kullanarak ve bizim durumumuz için:  $T_{1x} \geq T_B$  ve  $C_{R1} = 1$ ,  $S_{d1} = d_1^{(p)}$  ve  $u^{(p)}_{xN1} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)}$ .

Positif X doğrultusunda için:

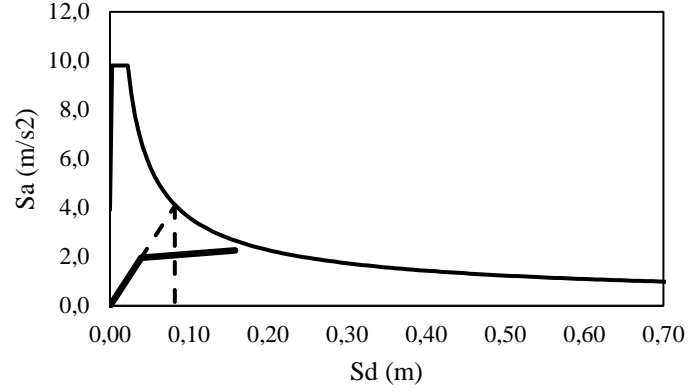
$$S_{ae1} = 4.078 \text{ m/s}^2$$

$$d_1^{(p)} = 0.082 \text{ m}$$

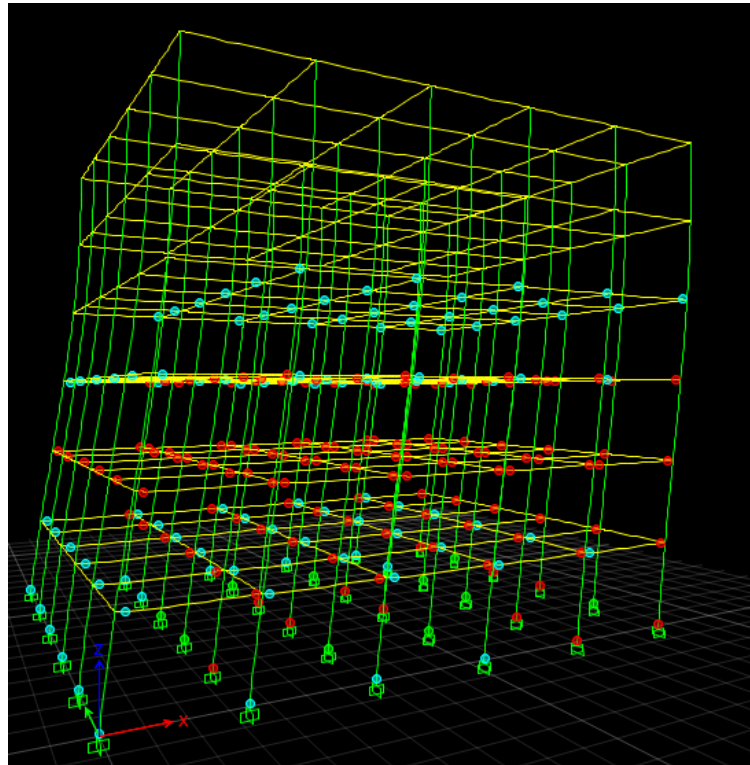
$$u^{(p)}_{xN1} = 0.1052 \text{ m}$$



Statik itme analizi, X yönünde pik deplasmanları olan 0.1052 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.70., performans noktasını göstermektedir ve Şekil 3.71., modelde oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.

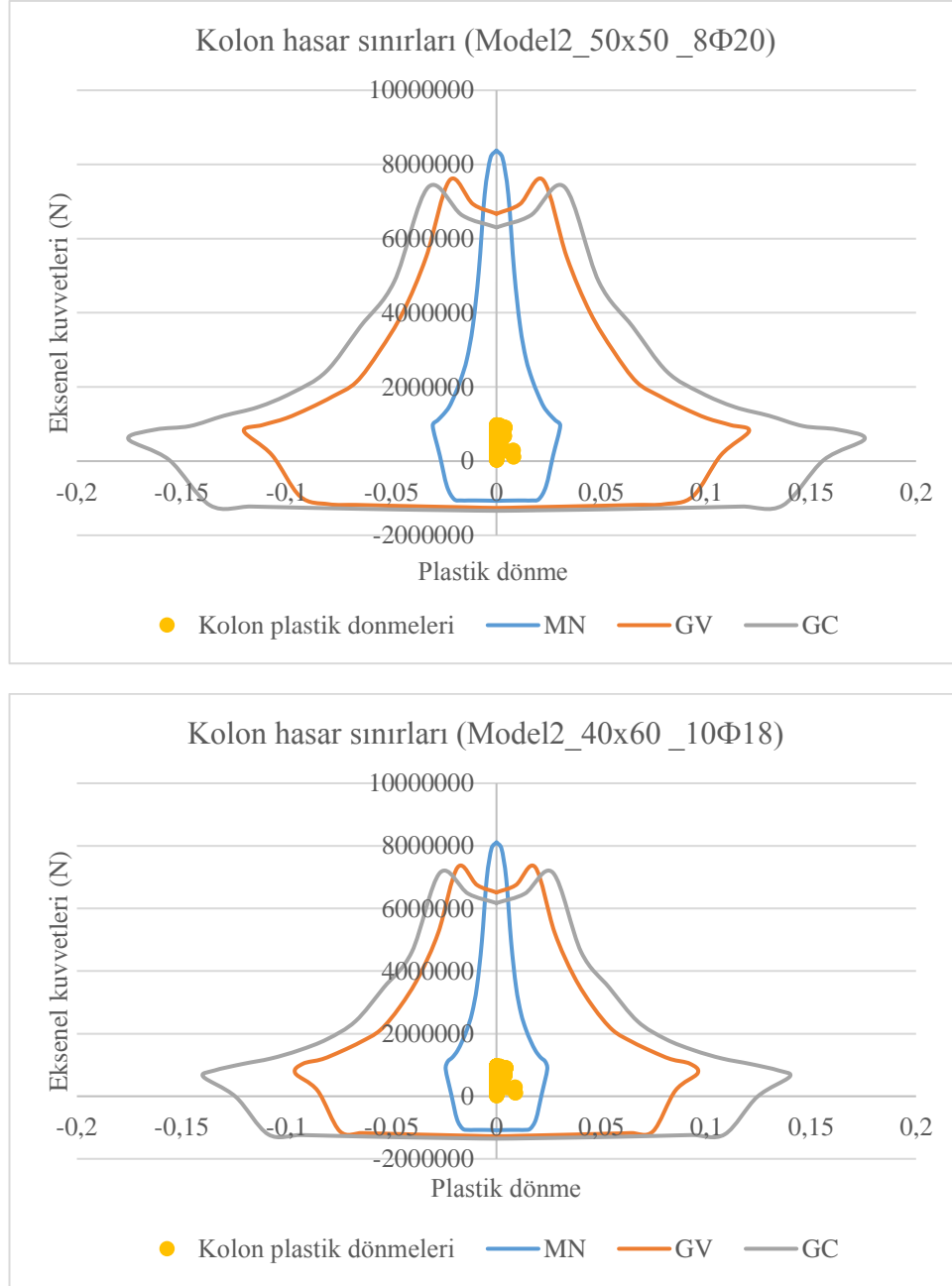


Şekil 3.70. Model2\_ref nin performans noktası



Şekil 3.71. Model2\_ref 'de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.72.'de ve Tablo 3.49.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.72. Model2\_ref'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model2\_ref, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.72.'de gösterildiği gibi X pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 3.49. Y yönü için model2\_ref kapasite hesaplamaları

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
6	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%

Tablo 3.49.'da belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4.'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model1\_ref binanın X Positif Yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen Kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

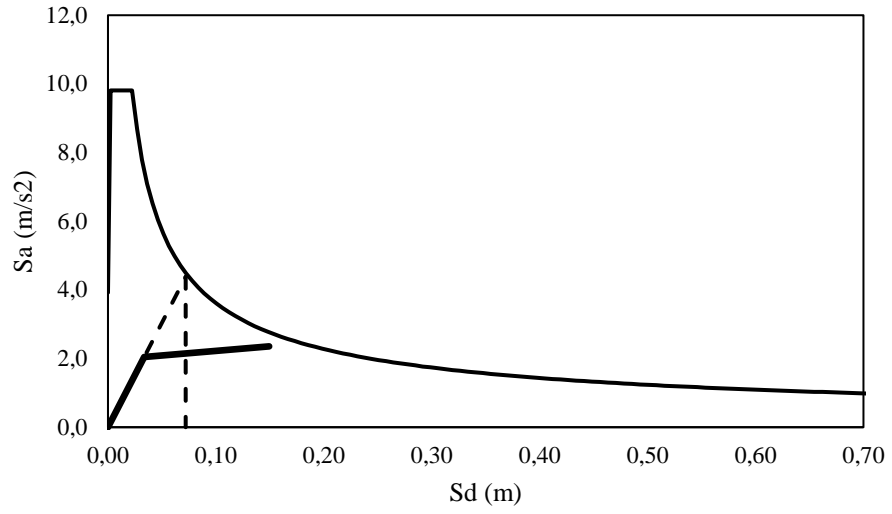
Negatif X doğrultusunda için:

$$S_{ae1} = 4.381 \text{ m/s}^2$$

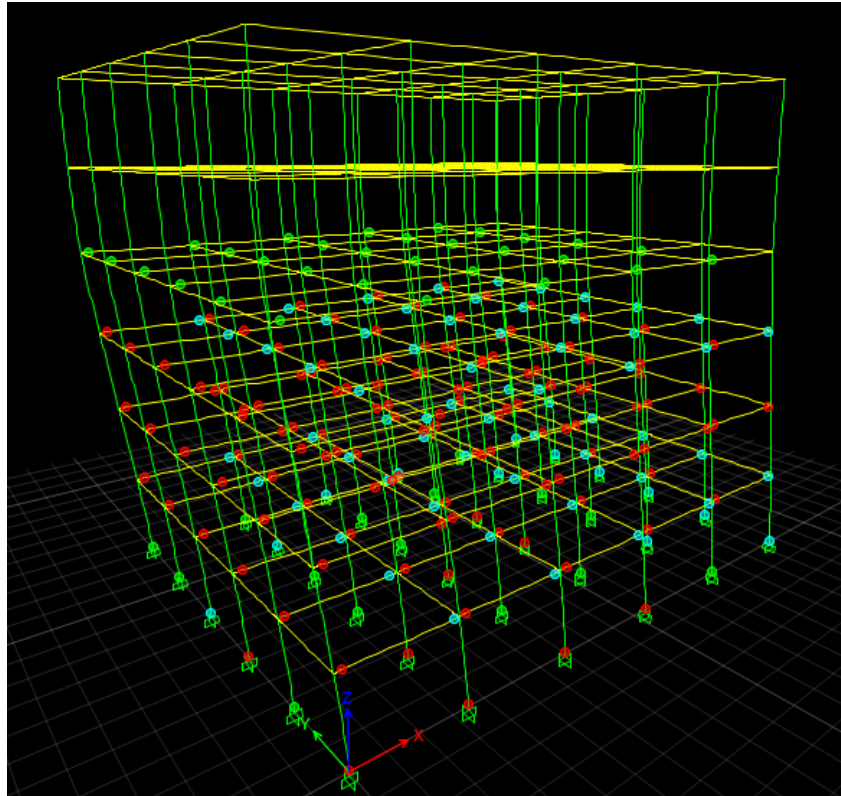
$$d_1^{(p)} = 0.072 \text{ m}$$

$$u^{(p)}_{xN1} = 0.0924 \text{ m}$$

Statik itme analizi, X yönünde pik deplasmanları olan 0.0924 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.73., performans noktasını göstermektedir ve Şekil 3.74., modelde oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.

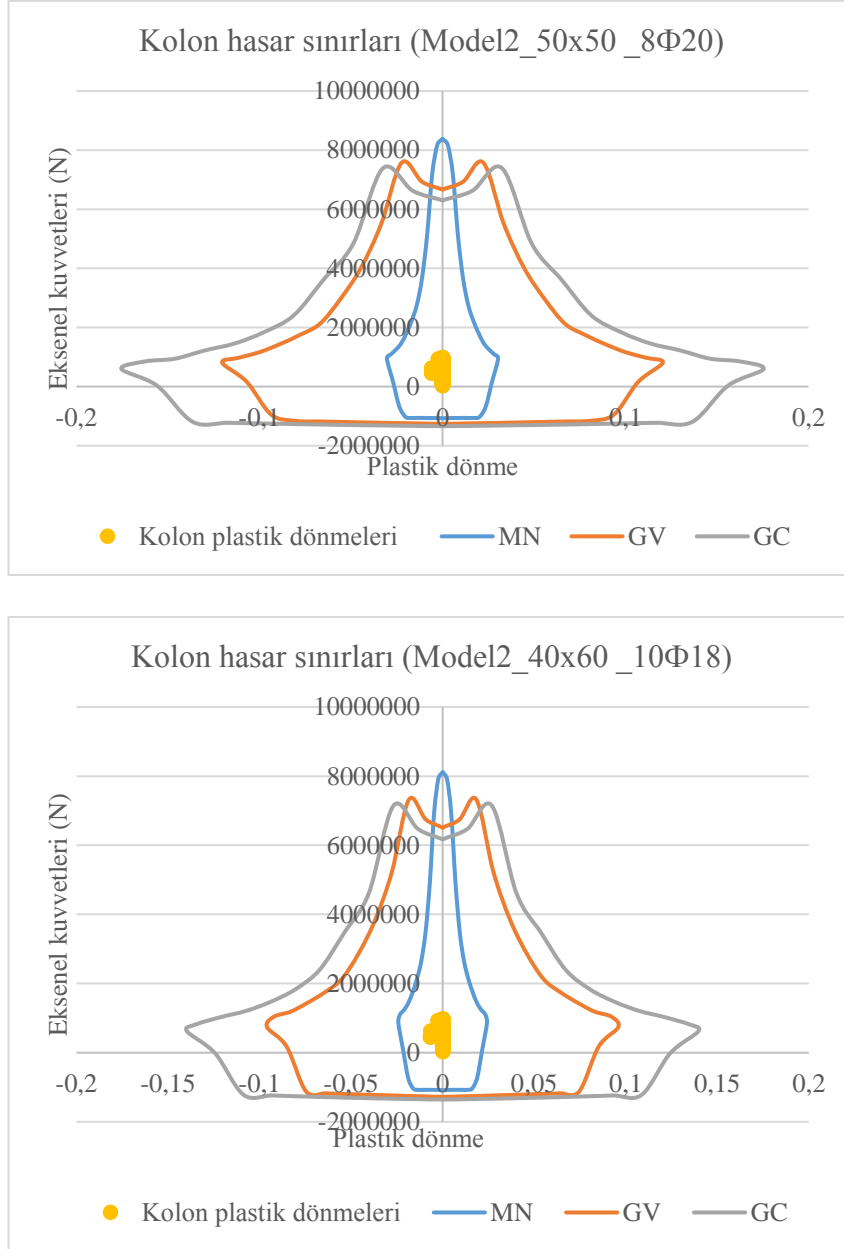


Şekil 3.73. Model2\_ref nin performans noktası



Şekil 3.74. Model2\_ref' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.75.'te ve Tablo 3.50.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.75. Model2\_ref'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

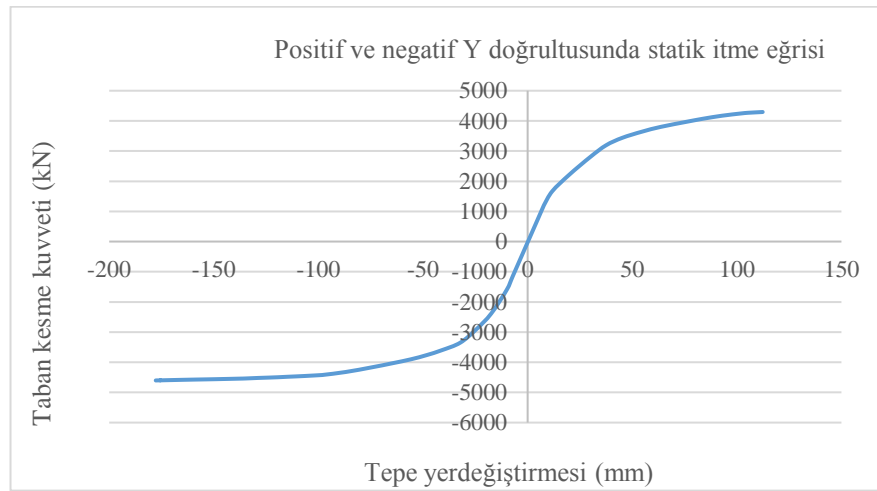
Model2\_ref, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.75.'te gösterildiği gibi X negatif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 3.50. Model2\_ref kolonların hasar bölgeleri

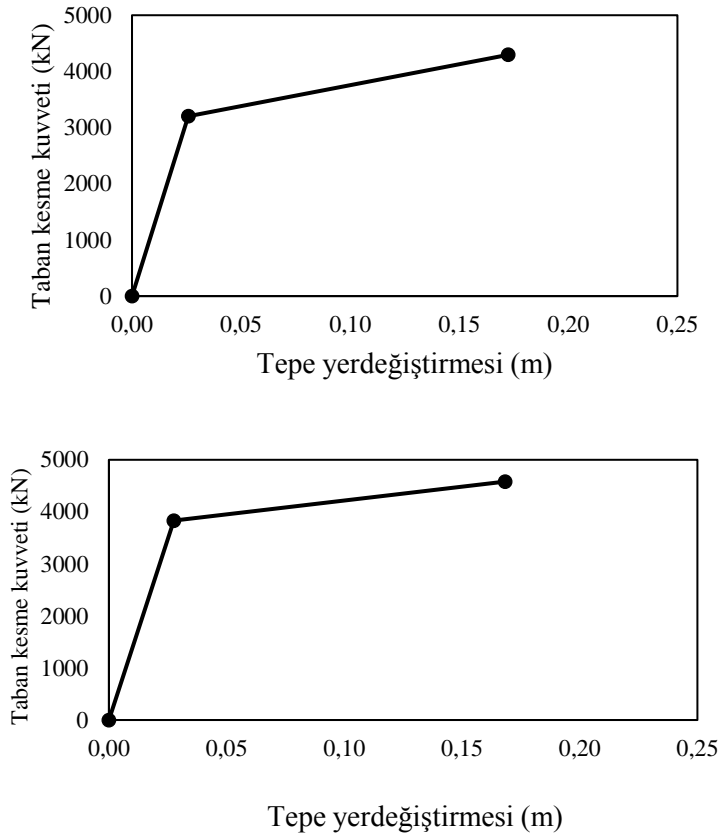
Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
6	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%

Tablo 3.50.'de belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4.'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model2\_ref binanın X negatif Yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Positif ve negatif Y doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.76.'da verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Y doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 4294 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 112,36 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



Şekil 3.76. Model2\_ref statik itme eğrisi



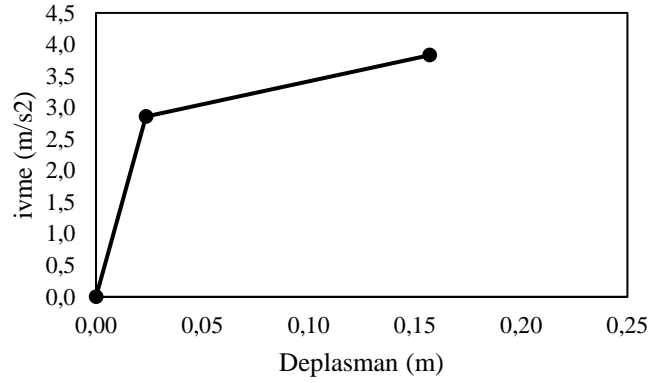
şekil 3.77. Pozitif (üst) ve negatif (alt) Y yönleri doğrusal eğriler

Statik itme eğrisinin, modal kapasite eğrisine dönüştürülmesi denklem (3.4) ve (3.5) ile yapılır.

Elemanların etkin rijitlikleri ise, bu çalışmada Bölüm 2.5.'te verilen, Deprem Yönetmeliği'nin öngördüğü bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır. Etkin rijitlikler kirişlerde  $(EI)_e=0.40(EI)_o$  olarak alınırken, kolonlarda yapının  $G+nQ$  (Deprem Yönetmeliği Tablo 2.7'de konutlar için  $n=0.3$ ) yüklemesinde oluşan aksenal yük değerlerine bağlı olarak hesaplanmıştır. Toplam ağırlık  $(G + 0.3W)$  27065.867 kN 'ye eşit ve Etkin kütle oranı 0.8239 'e eşittir.

Tablo 3.51. Y yönü için model1\_ref kapasite hesaplamaları

Kat	m	$\Phi_{yN1}$	$m^* \Phi_{yN1}$	$m^* \Phi_{yN1}^2$	$L_{y1}$	$M_1$	$M_{y1}$	$\Gamma_{y1}$
378.86	0.027	10.2292	0.2762	378.86				
378.86	0.025	9.4715	0.2368	378.86				
378.86	0.021	7.9561	0.1671	378.86	39.40	0.83	1872.83	47.53
378.86	0.016	6.0618	0.0970	378.86				
378.86	0.011	4.1675	0.0458	378.86				
378.86	0.004	1.5154	0.0061	378.86				



Şekil 3.78. Model1\_ref' nin Y doğrultusu modal kapasite eğrisi

Modal yerdeğiştirme istemi  $d_1(p)$  (performans noktası) ve binanın tepe yerdeğiştirme istemi  $u_{xN1}(p)$  hesabı ise denklem (3.6 - 3.10) ile hesaplamak yapmıştır.

Yukarıda söyledilen denklemleri kullanarak ve bizim durumumuz için:  $T_{1y} \geq T_B$  ve  $C_{R1} = 1$ ,  $S_{d1} = d_1^{(p)}$  ve  $u^{(p)}_{yN1} = \Phi_{yN1} \Gamma_{y1} d_1^{(p)}$ .

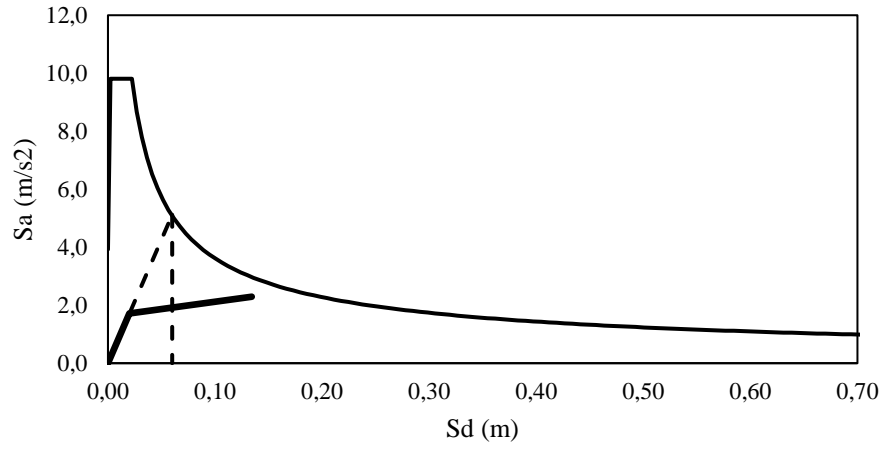
$$S_{ae1} = 5.117 \text{ m/s}^2$$

$$d_1^{(p)} = 0.060 \text{ m}$$

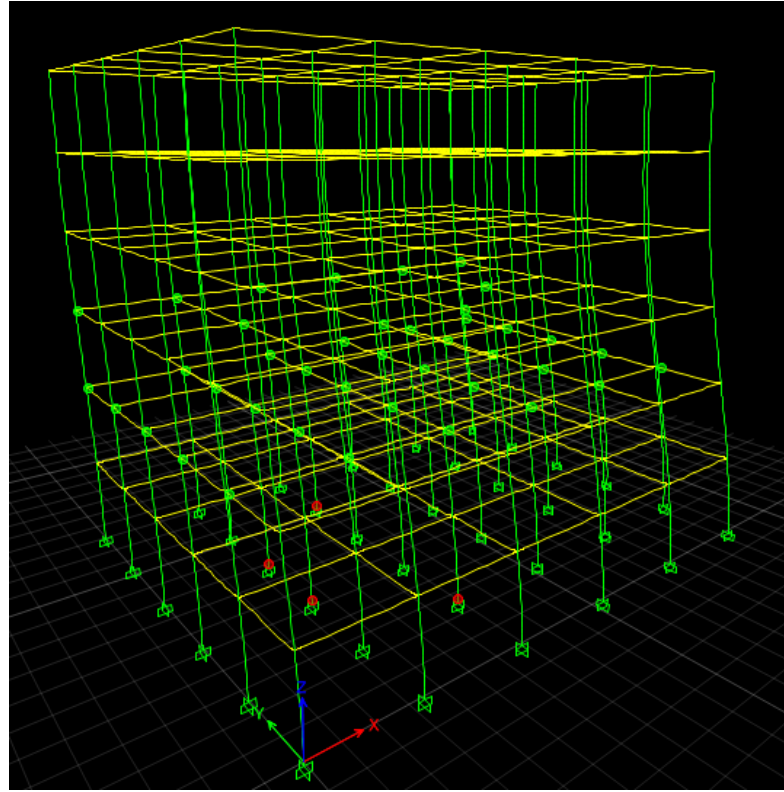
$$u^{(p)}_{xN1} = 0.0770 \text{ m}$$

Statik itme analizi, Y yönünde pik deplasmanları olan 0.0770 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.79., performans noktasını göstermektedir ve Şekil 3.80., modelde oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



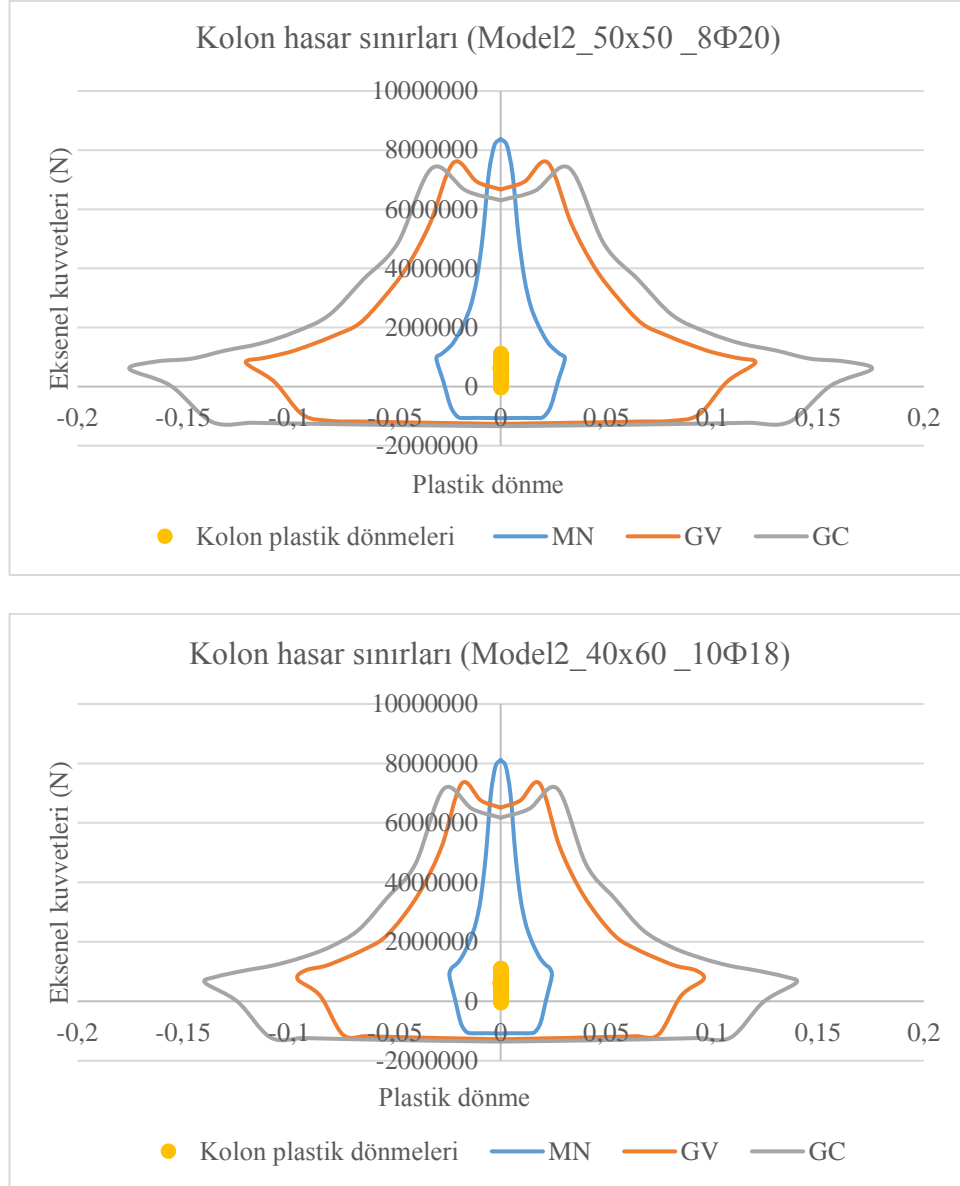


Şekil 3.79. Model1\_ref nin performans noktası



Şekil 3.80. Model2\_ref' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.81.'de ve Tablo 3.52.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.81. Model2\_ref'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model2\_ref, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.81.'de gösterildiği gibi Y pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 3.52. Model2\_ref kolonların hasar bölgeleri

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
6	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%

Tablo 3.52.'de belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4.'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model1\_ref binanın Y pozitif Yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

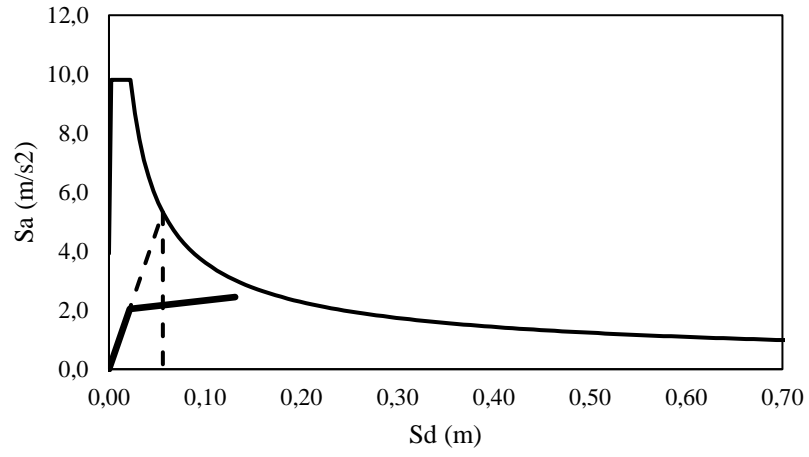
Negatif Y doğrultusunda için:

$$S_{ae1} = 5.322 \text{ m/s}^2$$

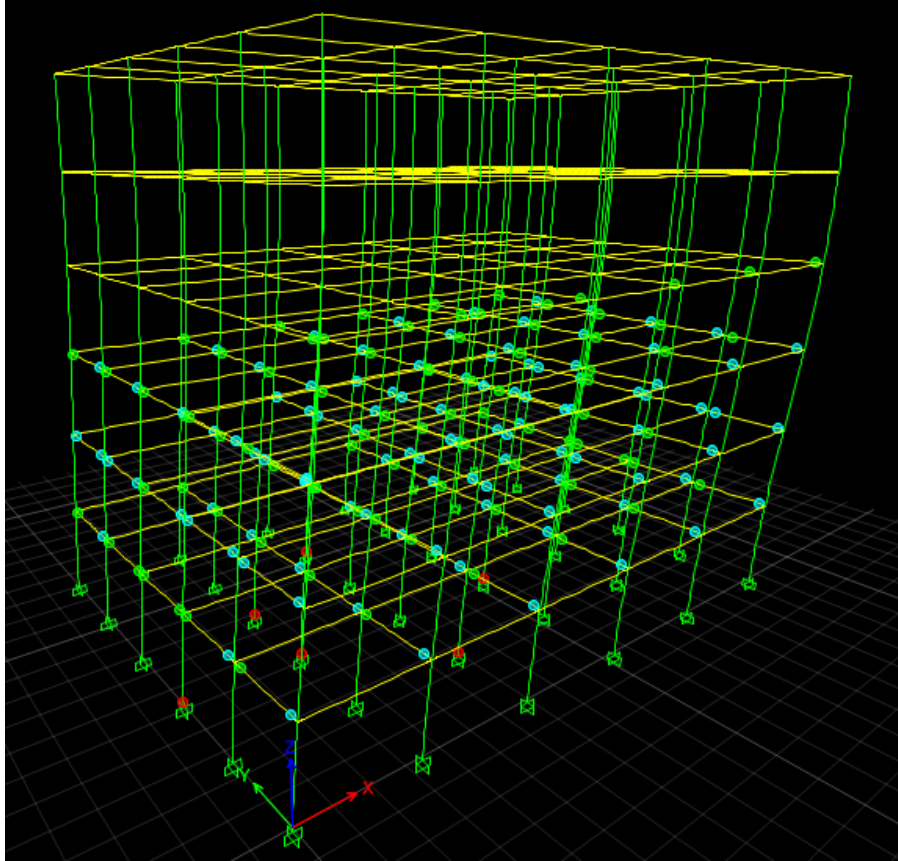
$$d_1^{(p)} = 0.056 \text{ m}$$

$$u^{(p)}_{xN1} = 0.0719 \text{ m}$$

Statik itme analizi, X yönünde pik deplasmanları olan 0.0719 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.82., performans noktasını göstermektedir ve Şekil 3.83., modelde oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.

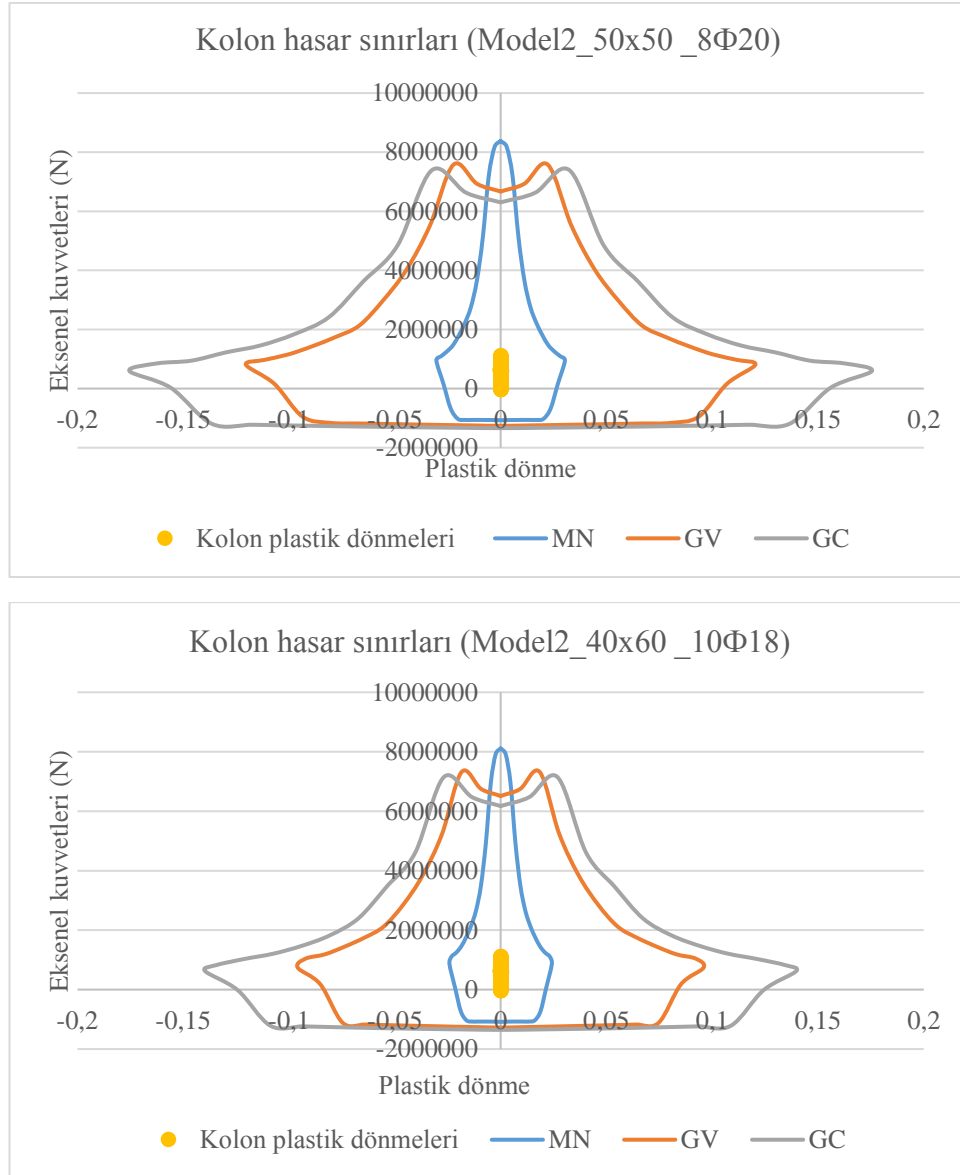


Şekil 3.82. Model1\_ref nin performans noktası



Şekil 3.83. Model2\_ref' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.84.'te ve Tablo 3.53.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.84. Model2\_ref'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model2\_ref, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.84.'te gösterildiği gibi Y negatif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

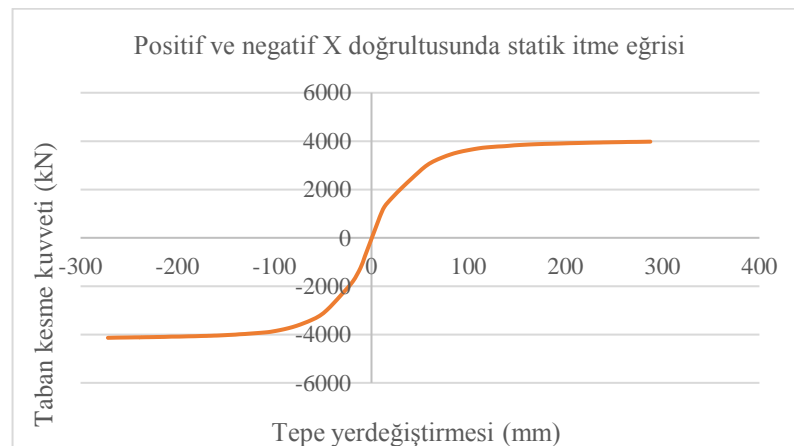
Tablo 3.53. Model2\_ref kolonların hasar bölgeleri

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
6	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%

Tablo 3.53.'te belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4.'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model2\_ref binanın Y negatif Yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

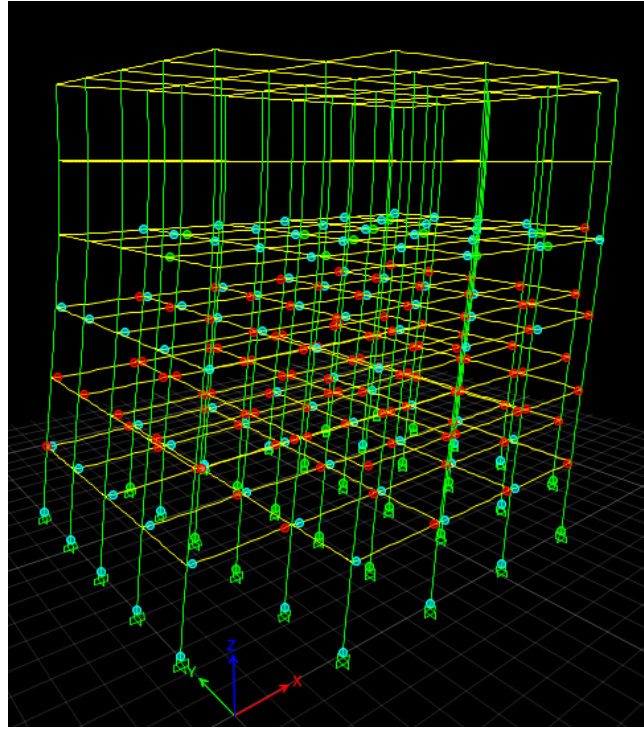
### 3.3.4.6. Model2\_T1 statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi

Positif ve negatif X doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.85.'te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi x doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 3977 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 287,5 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



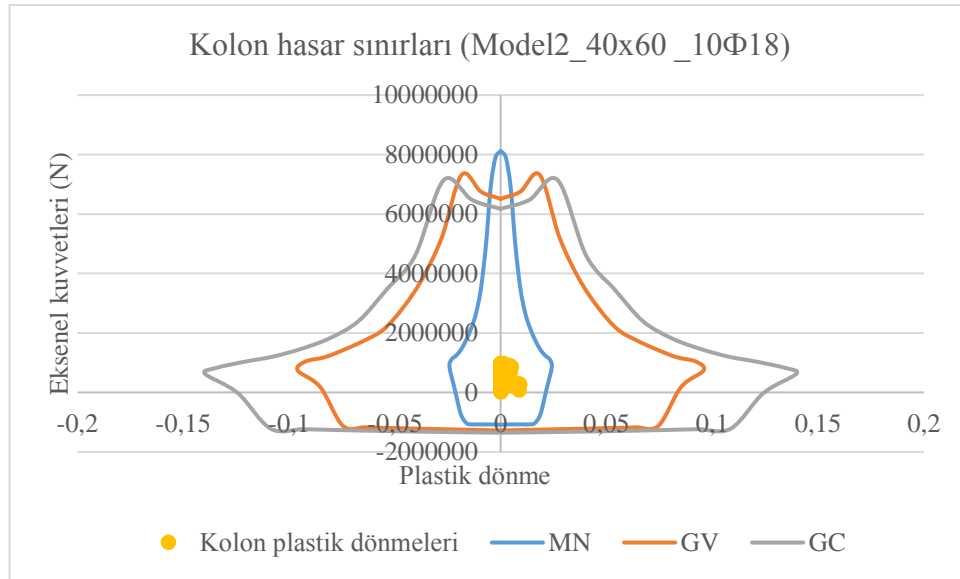
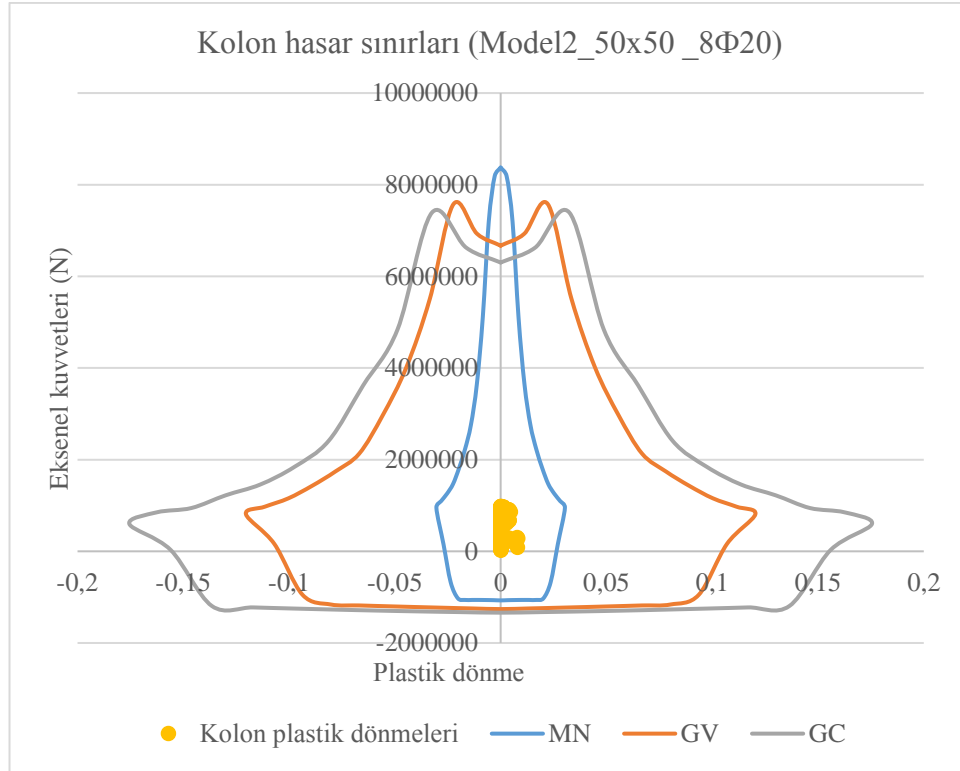
Şekil 3.85. Model2\_T1 statik itme eğrisi

Statik itme analizi, X positif yönünde pik deplasmanları olan 0.1052 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.86.'da model2\_T1 oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



Şekil 3.86. Model2\_T1' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.87.'de ve Tablo 3.54.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.87. Model2\_T1'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model2\_T1, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.87.'de gösterildiği gibi X pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

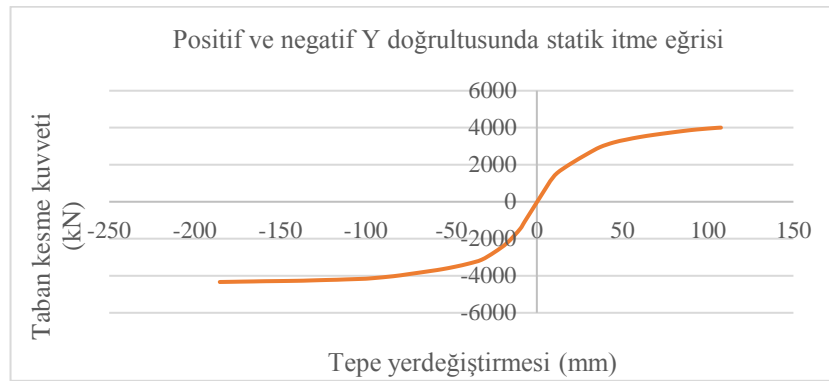


Tablo 3.54. Model2\_T1 kolonların hasar bölgeleri (X positif ve negatif)

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
6	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%

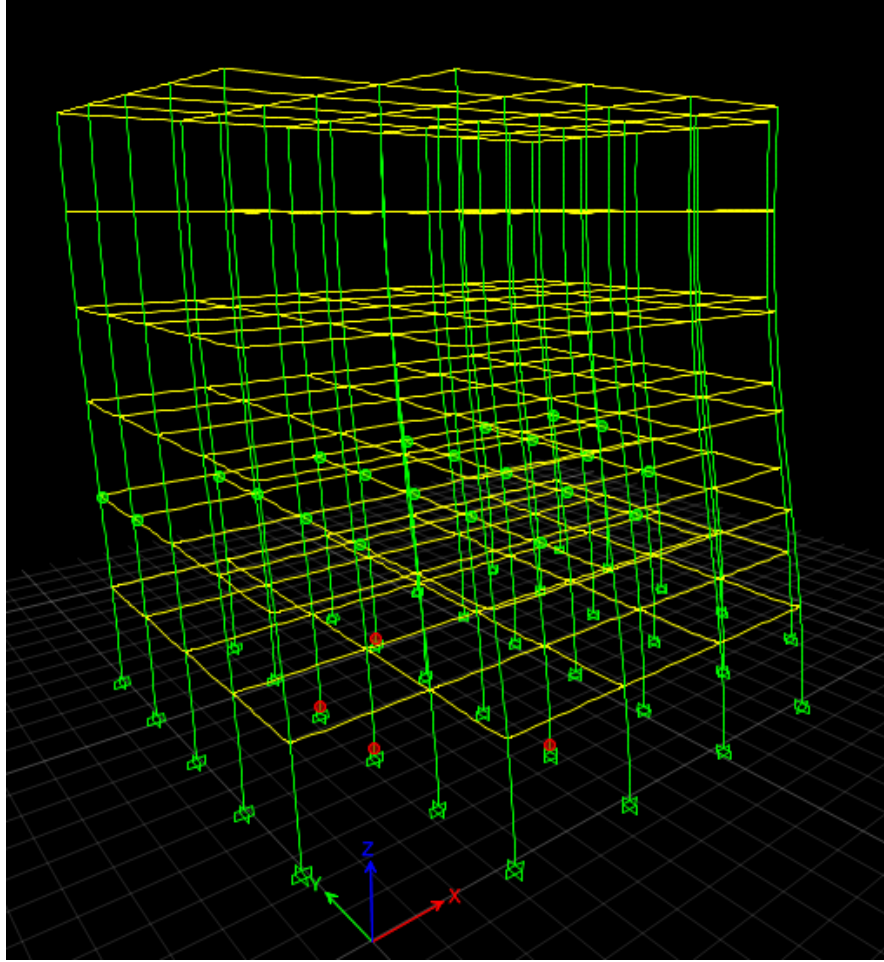
Tablo 3.54.'te belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model2\_T1 binanın X positif ve negatifYönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Positif ve negatif Y doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.88.'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Y doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 4005 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 107,6 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



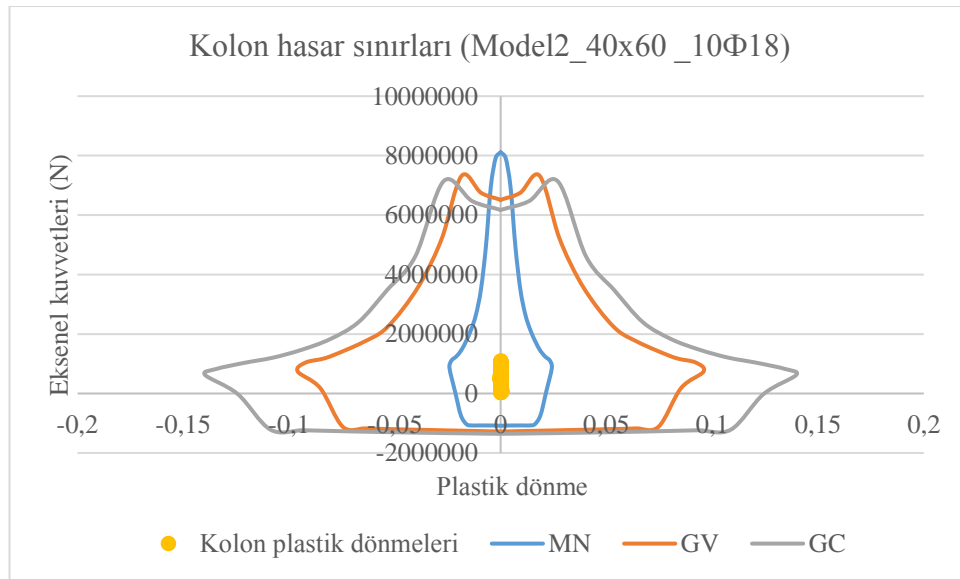
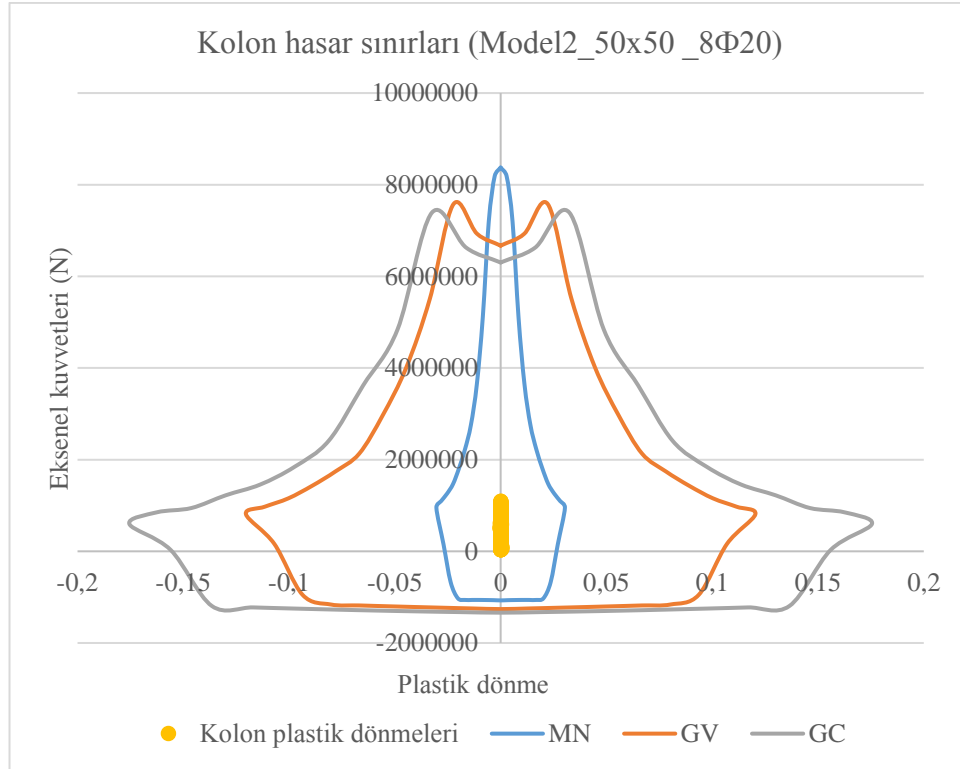
Şekil 3.88. Model2\_T1 statik itme eğrisi

Statik itme analizi, Y positif yönünde pik deplasmanları olan 0.0770 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.89.'da model2\_T1 oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



Şekil 3.89. Model2\_T1' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksel kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.90.'da ve Tablo 3.55.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.90. Model2\_T1'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model2\_T1, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.90.'da gösterildiği gibi Y pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

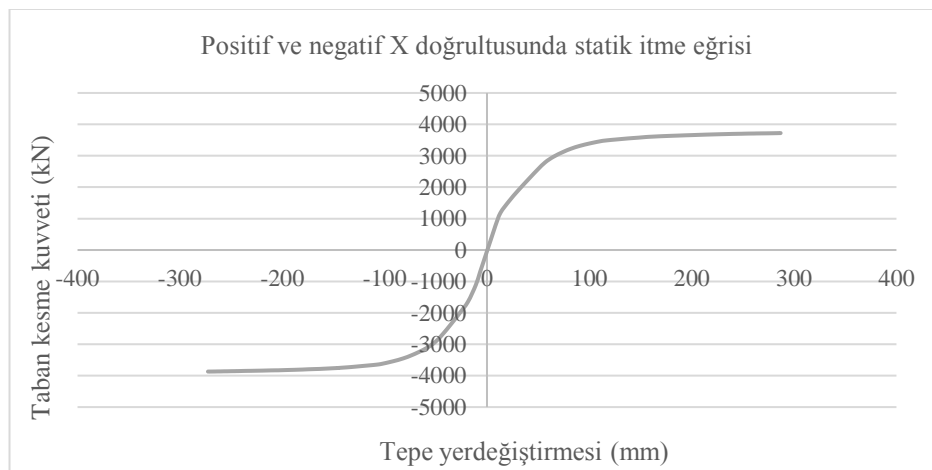
Tablo 3.55. Model2\_T1 kolonların hasar bölgeleri (Y pozitif ve negatif)

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
6	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%

Tablo 3.55.'te belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4.'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model2\_T1 binanın Y pozitif ve negatif Yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

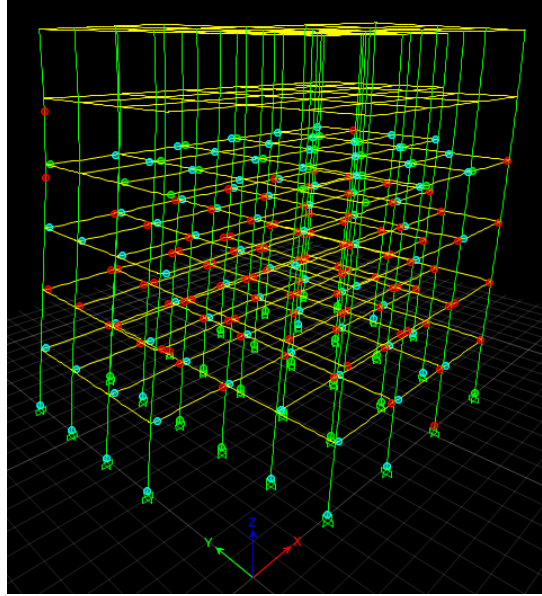
### 3.3.4.7. Model2\_T2 statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi

Positif ve negatif X doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.91.'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi x doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 3723 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 286,8 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



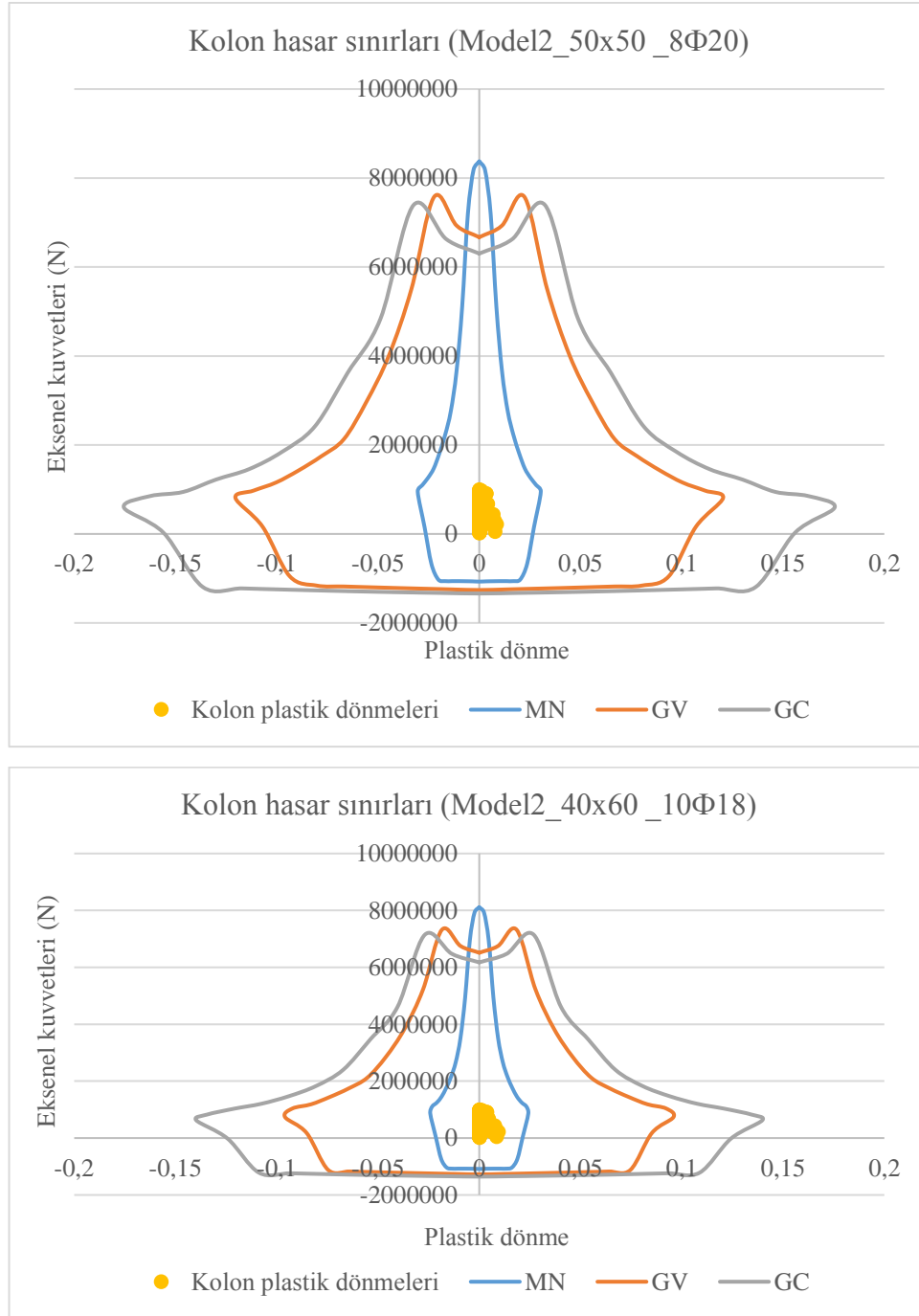
Şekil 3.91. Model2\_T2 statik itme eğrisi

Statik itme analizi, X positif yönünde pik deplasmanları olan 0.1052 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.92.'de model2\_T2 oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



Şekil 3.92. Model2\_T2' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.93.'te ve Tablo 3.56.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.93. Model2\_T2'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

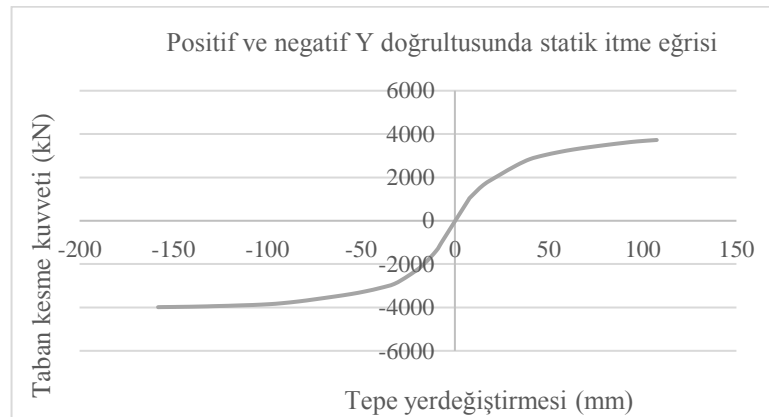
Model2\_T2, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.93.'te gösterildiği gibi X pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 3.56. Model2\_T2 kolonların hasar bölgeleri (X positif ve negatif)

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
6	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%

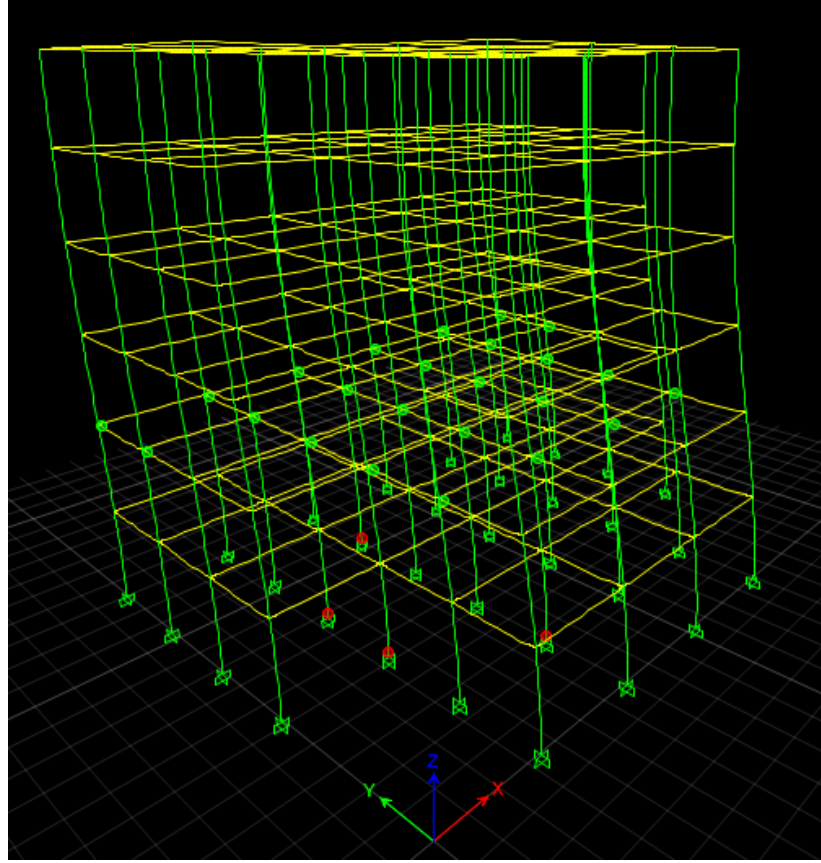
Tablo 3.56.'da belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4.'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model2\_T2 binanın X positif ve negatifYönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Positif ve negatif Y doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.94.'te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Y doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 3726 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 107,55 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



Şekil 3.94. Model2\_T2 statik itme eğrisi

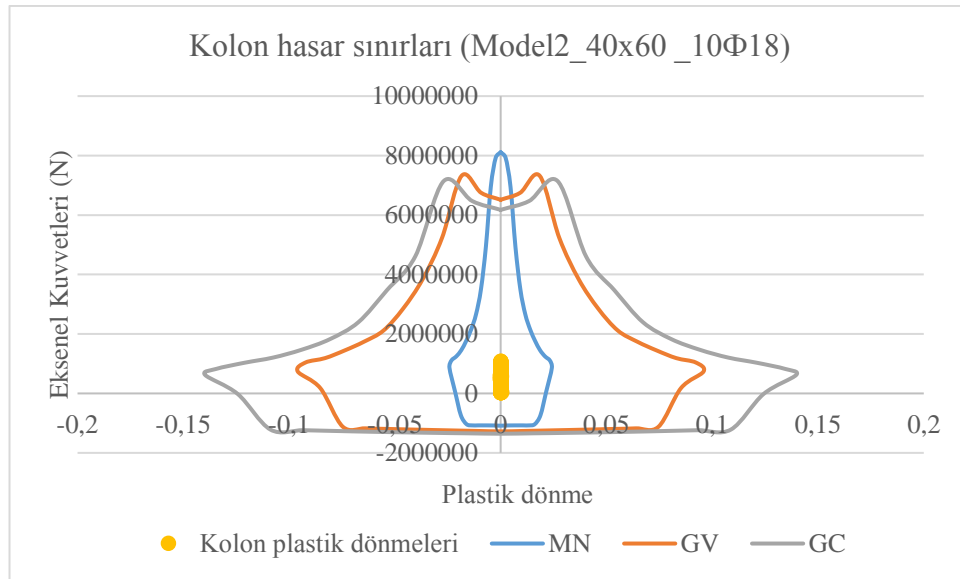
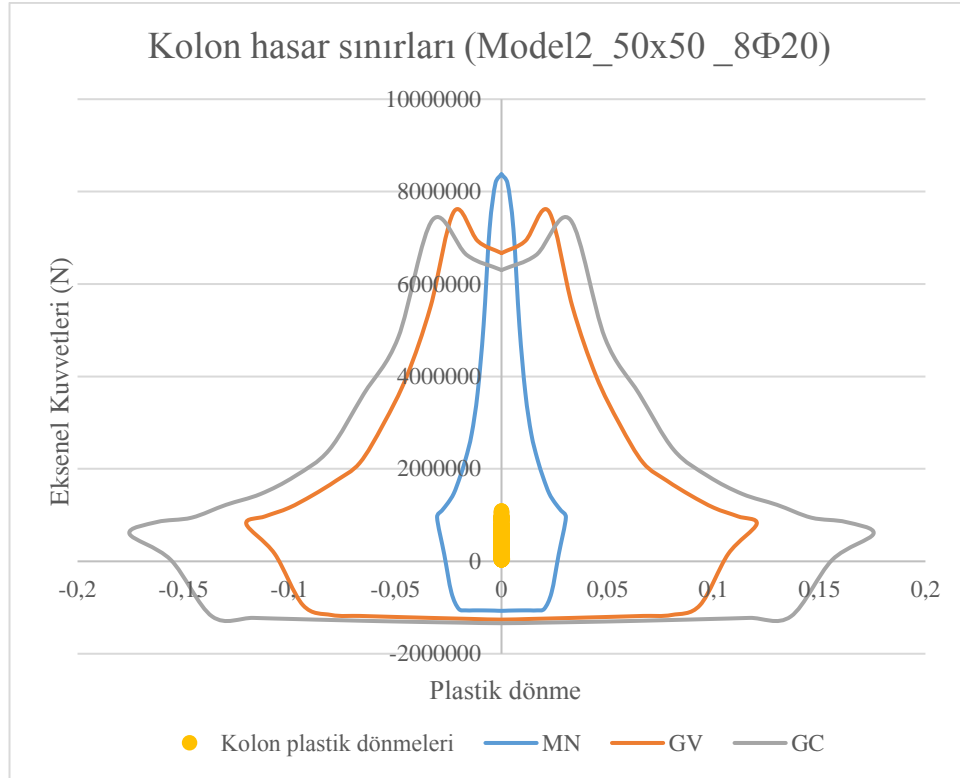
Statik itme analizi, Y positif yönünde pik deplasmanları olan 0.0770 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.95.'te model2\_T2 oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



Şekil 3.95. Model2\_T2' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.96.'da ve Tablo 3.57.'de gösterilmiştir.





Şekil 3.96. Model2\_T2'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model2\_T2, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.96.'da gösterildiği gibi Y pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

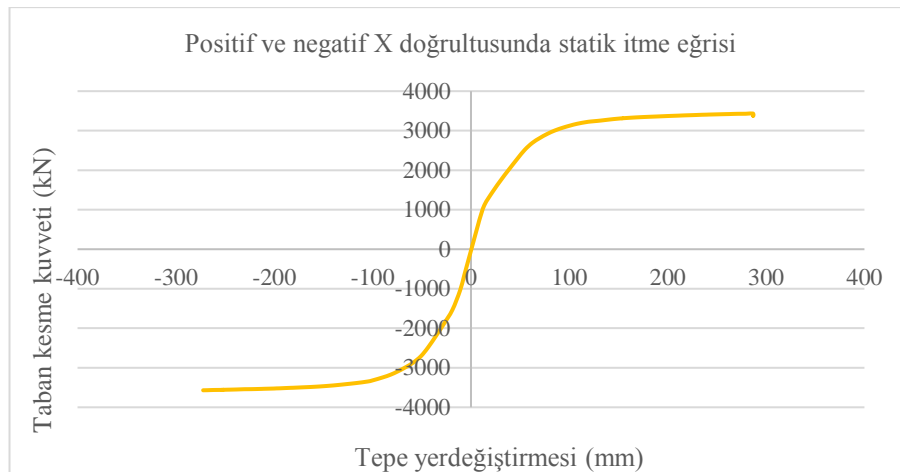
Tablo 3.57. Model2\_T2 kolonların hasar bölgeleri (Y pozitif ve negatif)

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
6	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%

Tablo 3.57.'de belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4.'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model2\_T2 binanın Y pozitif ve negatif Yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

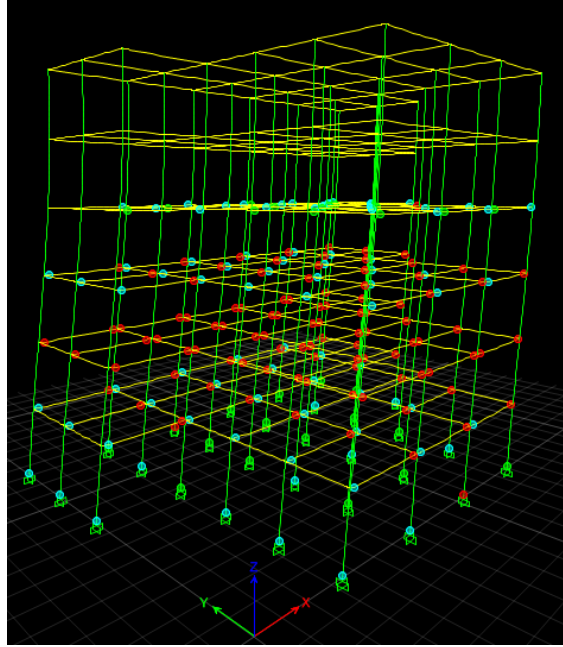
### 3.3.4.8. Model2\_T3 statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi

Positif ve negatif X doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.97.'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi x doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 3395 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 287,08 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



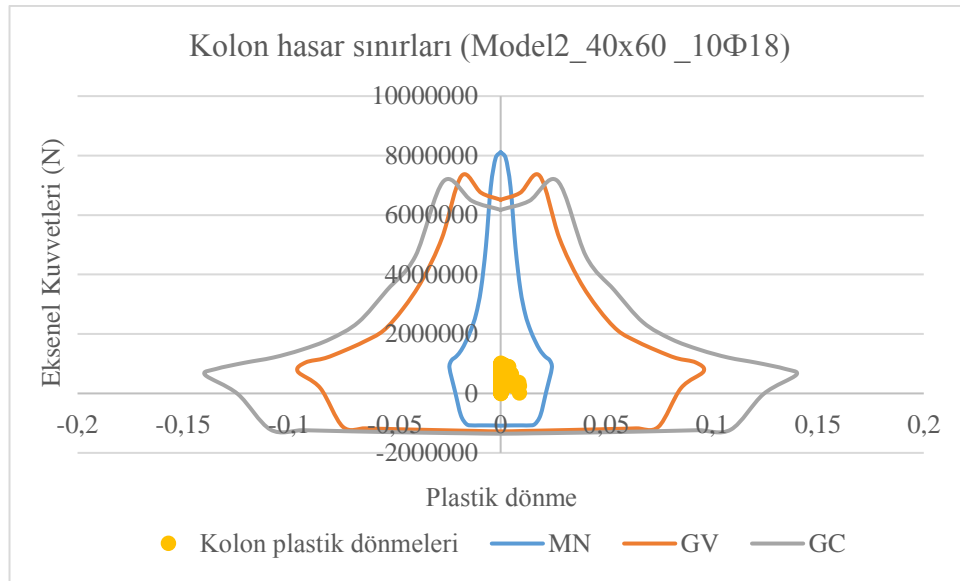
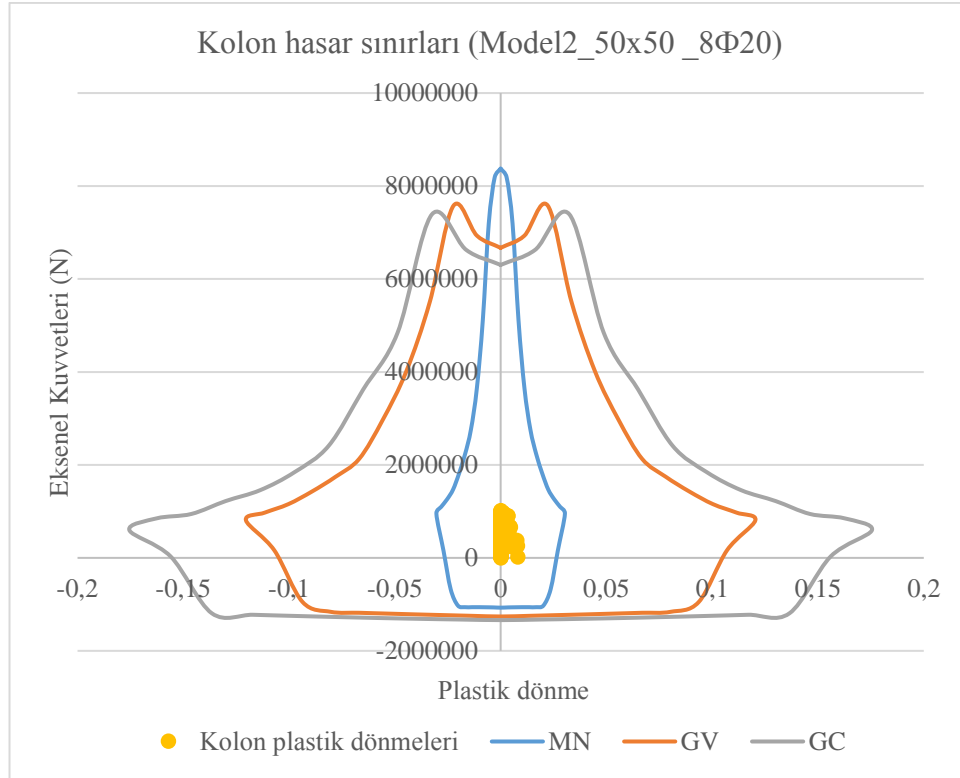
Şekil 3.97. Model2\_T3 statik itme eğrisi

Statik itme analizi, X positif yönünde pik deplasmanları olan 0.1052 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.98.'de model2\_T3 oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



Şekil 3.98. Model2\_T3' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.99.'da ve Tablo 3.58.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.99. Model2\_T3'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

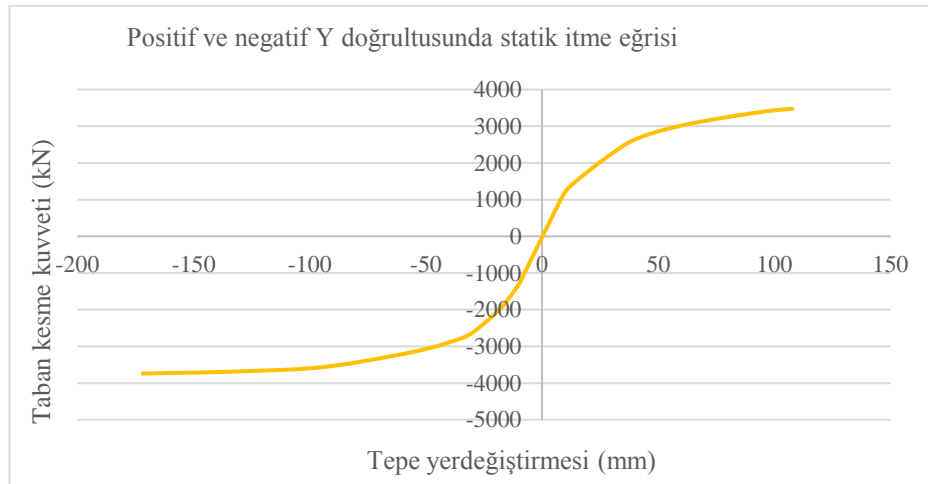
Model2\_T3, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.99.'da gösterildiği gibi X pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 3.58. Model2\_T3 kolonların hasar bölgeleri (X positif ve negatif)

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
6	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%

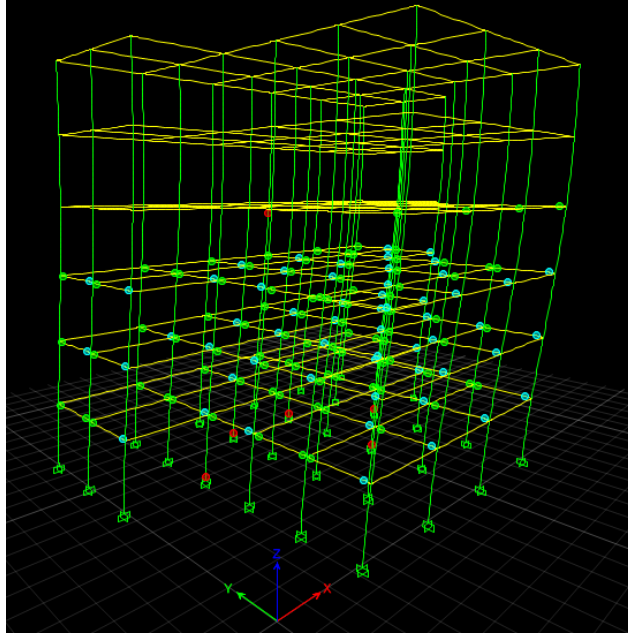
Tablo 3.58.'de belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model2\_T3 binanın X positif ve negatifYönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Positif ve negatif Y doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.100.'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Y doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 3477 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 107,77 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



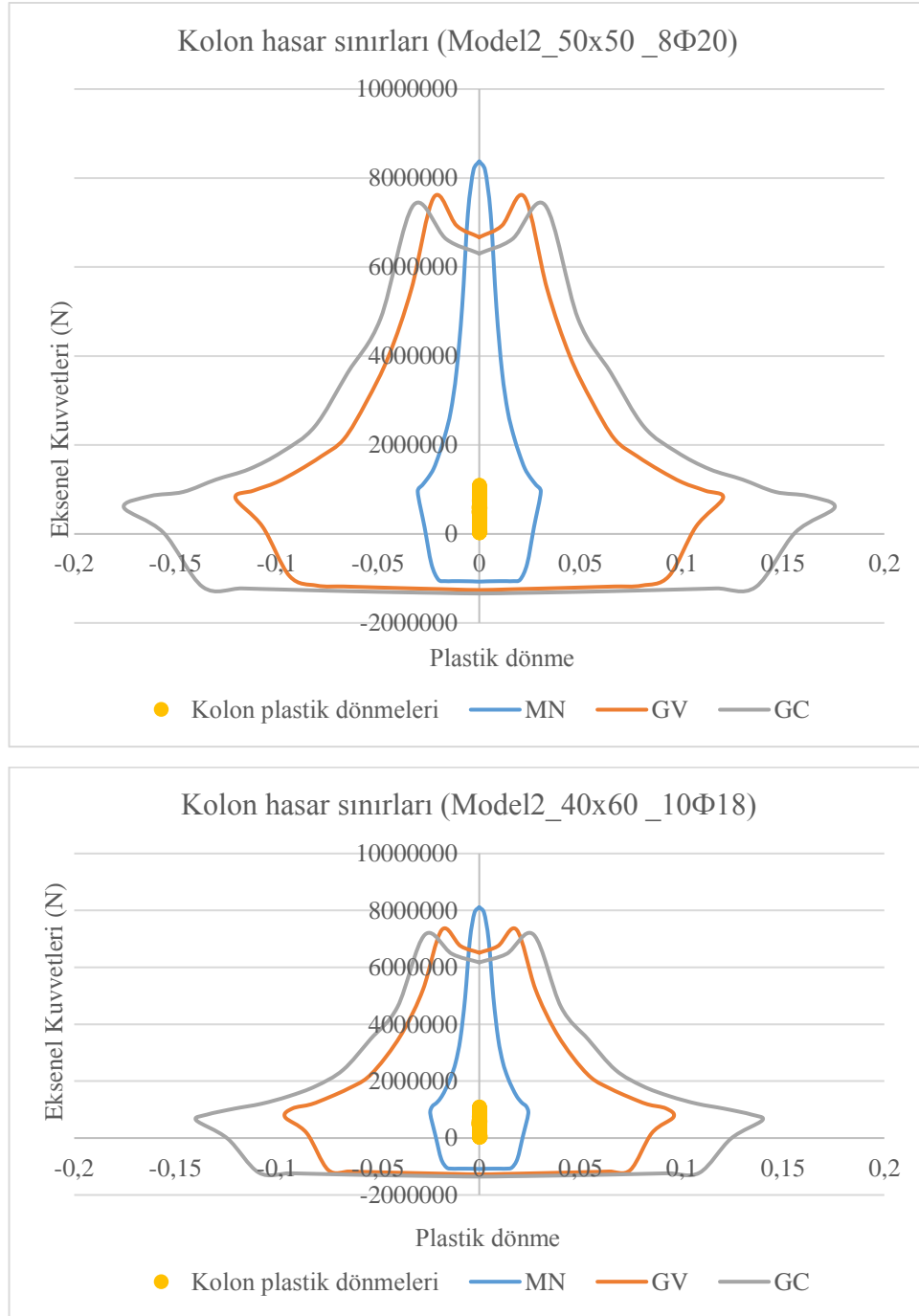
Şekil 3.100. Model2\_T3 statik itme eğrisi

Statik itme analizi, Y pozitif yönünde pik deplasmanları olan 0.0770 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.101.'de model2\_T3 oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



Şekil 3.101. Model2\_T3' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.102.'de ve Tablo 3.59.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.102. Model2\_T3'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model2\_T3, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.102.'de gösterildiği gibi Y pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

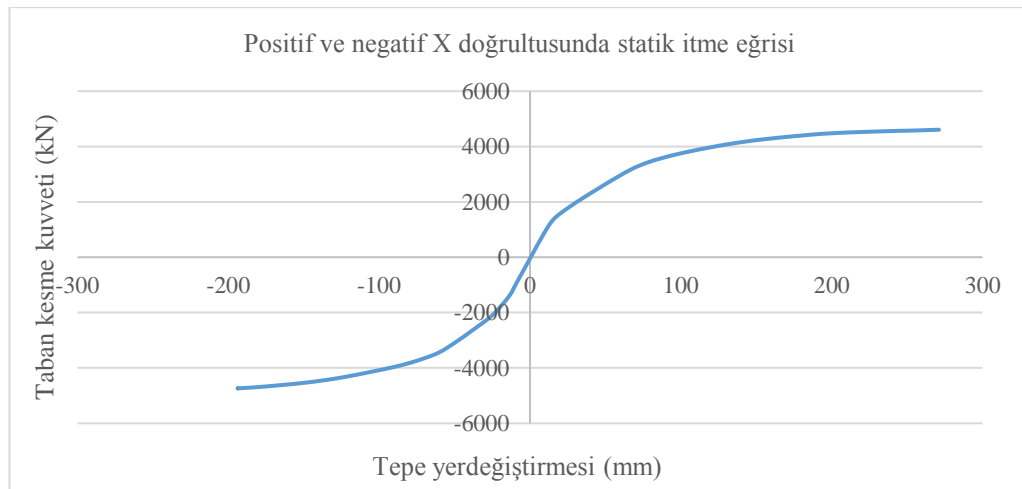
Tablo 3.59. Model2\_T3 kolonların hasar bölgeleri (Y pozitif ve negatif)

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
6	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%

Tablo 3.59.'da belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model2\_T3 binanın Y pozitif ve negatif Yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

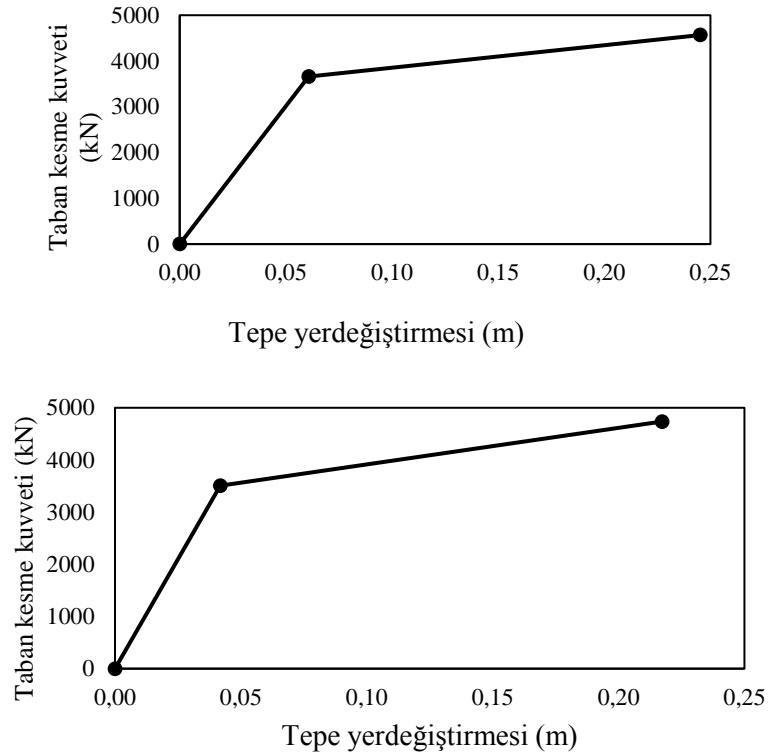
### 3.3.4.9. Model3\_ref statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi

Positif ve negatif X doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.103.'te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi x doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 4606 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 271,18 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



Şekil 3.103. Model2\_ref statik itme eğrisi





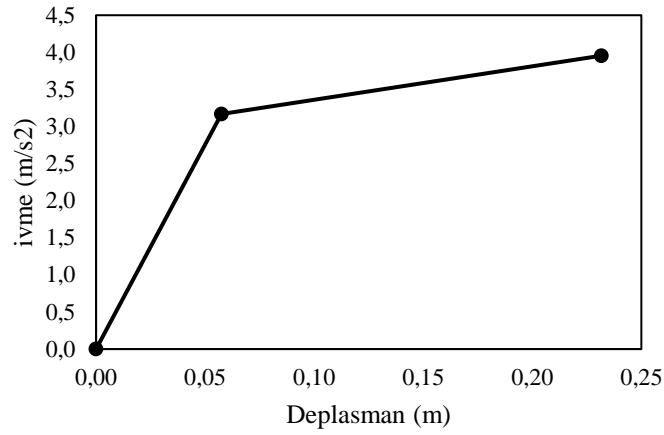
Şekil 3.104. Pozitif (üst) ve negatif (alt) X yönleri doğrusal eğriler

Statik itme eğrisinin, modal kapasite eğrisine dönüştürülmesi denklem (3.4 – 3.5) ile yapılır.

Elemanların etkin rijitlikleri ise, bu çalışmada Bölüm 2.5.'te verilen, Deprem Yönetmeliği'nin öngördüğü bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır. Etkin rijitlikler kirişlerde  $(EI)_e=0.40(EI)_o$  olarak alınırken, kolonlarda yapının  $G+nQ$  (Deprem Yönetmeliği Tablo 2.7'de konutlar için  $n=0.3$ ) yüklemesinde oluşan aksenal yük değerlerine bağı olarak hesaplanmıştır. Toplam ağırlık ( $G + 0.3W$ ) 37721.96 kN'ye eşit ve Etkin kütle oranı 0.8035 'e eşittir.

Tablo 3.60. Y yönü için model3\_ref kapasite hesaplamaları

Kat	m	$\Phi_{xN1}$	$m^* \Phi_{xN1}$	$m^* \Phi_{xN1}^2$	$L_{x1}$	$M_1$	$M_{x1}$	$\Gamma_{x1}$
386.207	0.023	8.8828	0.2043	386.207				
386.207	0.022	8.4966	0.1869	386.207				
386.207	0.02	7.7241	0.1545	386.207				
386.207	0.018	6.9517	0.1251	386.207	44.41	0.80	2463.86	55.48
386.207	0.014	5.4069	0.0757	386.207				
386.207	0.01	3.8621	0.0386	386.207				
386.207	0.006	2.317242	0.0139034	386.207				
386.207	0.002	0.772414	0.0015448	386.207				



Şekil 3.105. Model3\_ref 'nin X doğrultusu modal kapasite eğrisi

Modal yerdeğiştirme istemi  $d_1(p)$  (performans noktası) ve binanın tepe yerdeğiştirme istemi  $u_{xN1}(p)$  hesabı ise denklem [3.6 -3.10] ile hesaplamak yapmıştır.

Yukarıda söyledilen denklemleri kullanarak ve bizim durumumuz için:  $T_{1x} \geq T_B$  ve  $C_{R1} = 1$ ,  $S_{d1} = d_1^{(p)}$  ve  $u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)}$ .

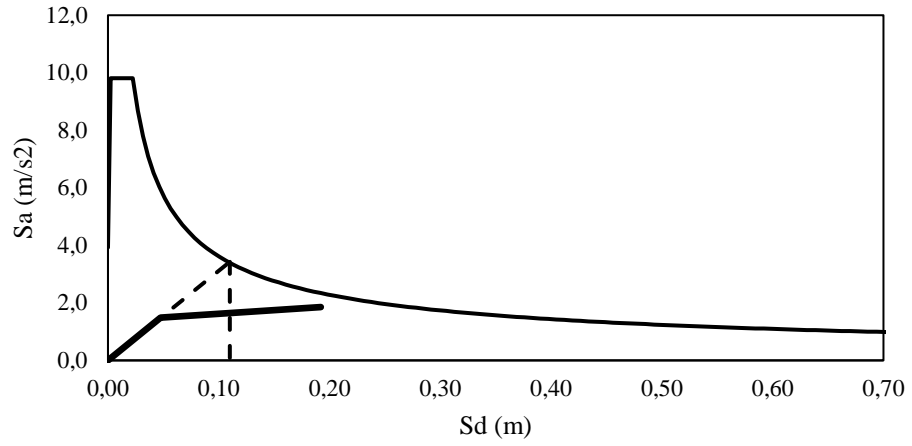
Positif X doğrultusunda için:

$$S_{ae1} = 3.426 \text{ m/s}^2$$

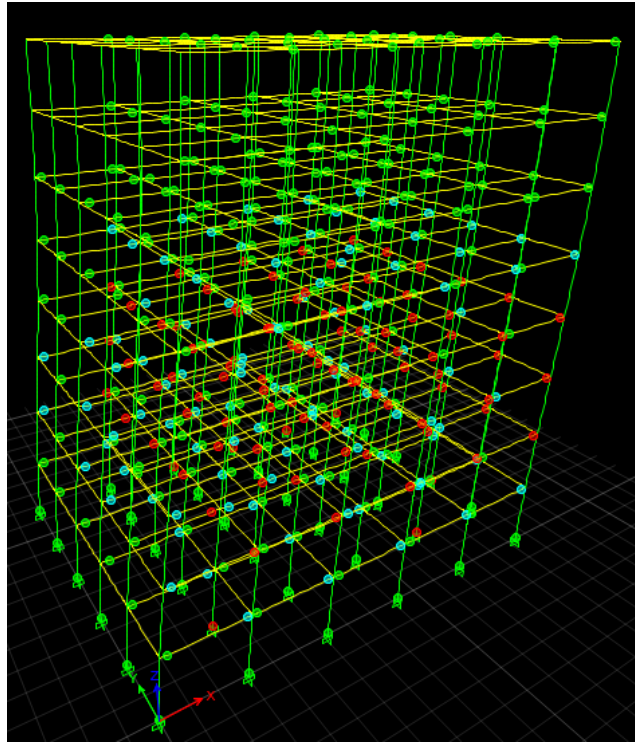
$$d_1^{(p)} = 0.110 \text{ m}$$

$$u_{xN1}^{(p)} = 0.140 \text{ m}$$

Statik itme analizi, X yönünde pik deplasmanları olan 0.140 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.106., performans noktasını göstermektedir ve Şekil 3.107., modelde oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.

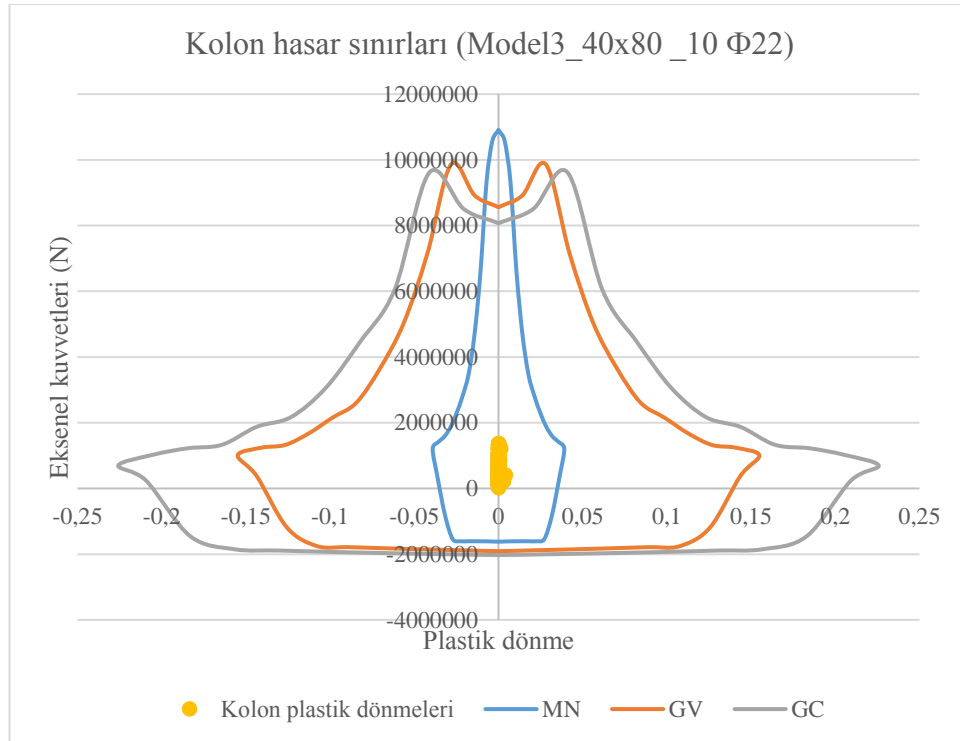
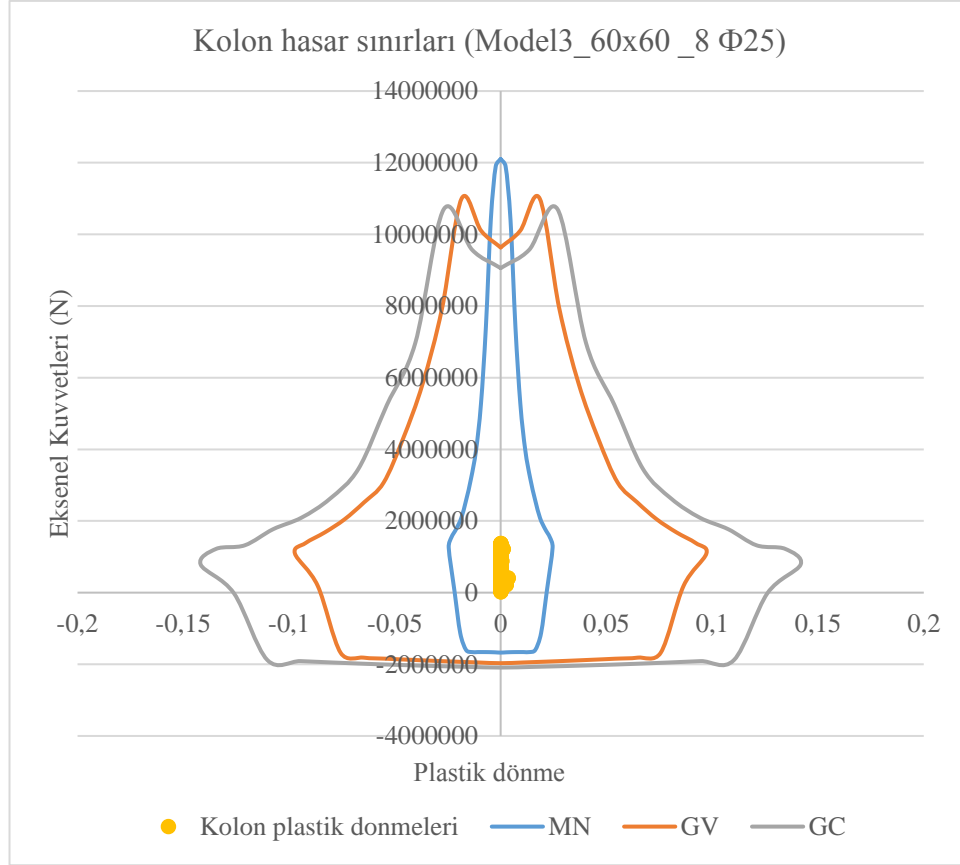


Şekil 3.106. Model1\_ref nin performans noktası



Şekil 3.107. Model3\_ref 'de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.108., ve Tablo 3.61.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.108. Model3\_ref'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model3\_ref, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.108.'de gösterildiği gibi X pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 3.61. Model3\_ref kolonların hasar bölgeleri

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
8	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
7	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
6	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%

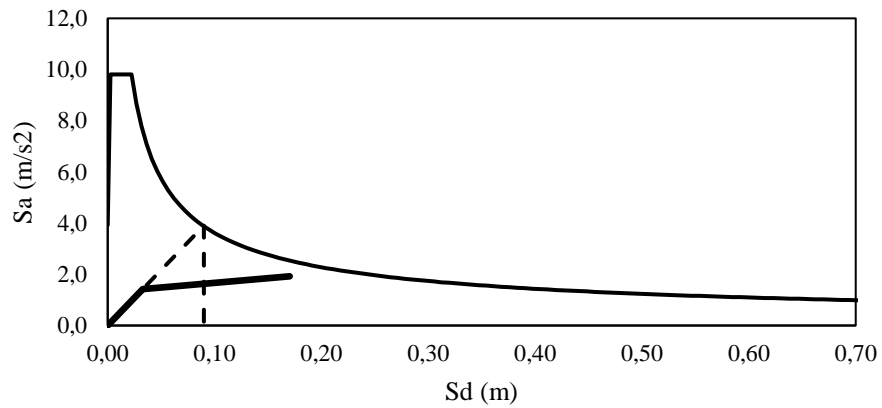
Negatif X doğrultusunda için:

$$S_{ae1} = 3.90 \text{ m/s}^2$$

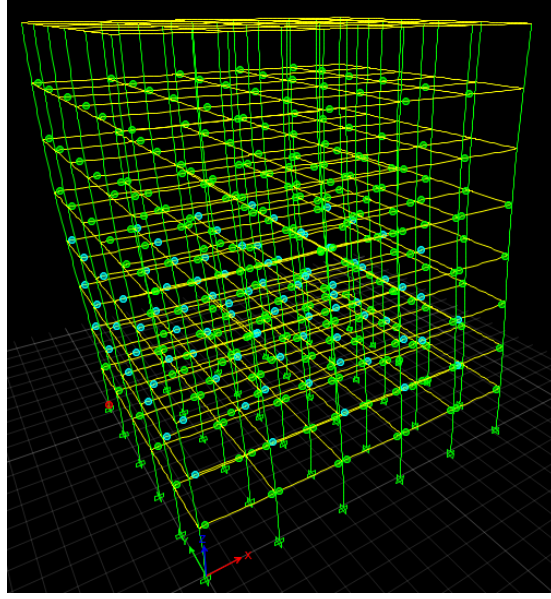
$$d_1^{(p)} = 0.090 \text{ m}$$

$$u^{(p)}_{xN1} = 0.115 \text{ m}$$

Statik itme analizi, X yönünde pik deplasmanları olan 0.115 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.109., performans noktasını göstermektedir ve Şekil 3.110., modelde oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.

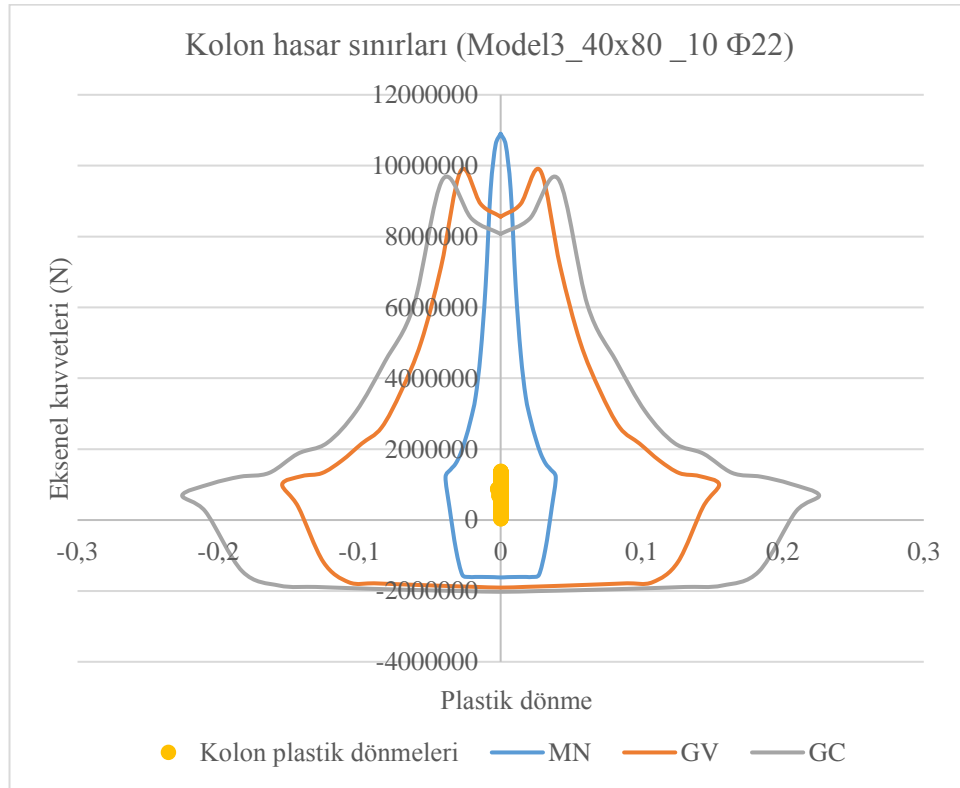
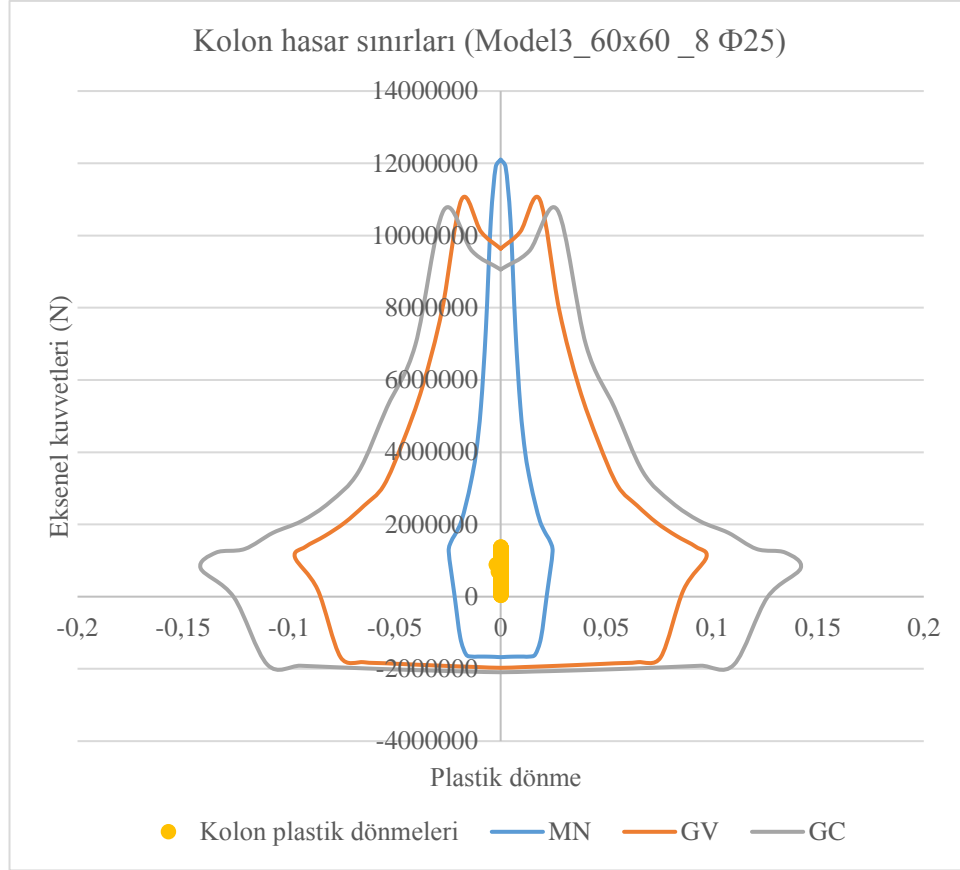


Şekil 3.109. Model2\_ref nin performans noktası



Şekil 3.110. Model3\_ref 'de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.111'de ve Tablo 3.62'de gösterilmiştir.



Şekil 3.111. Model3\_ref'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model3\_ref, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.111.'de gösterildiği gibi X negatif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

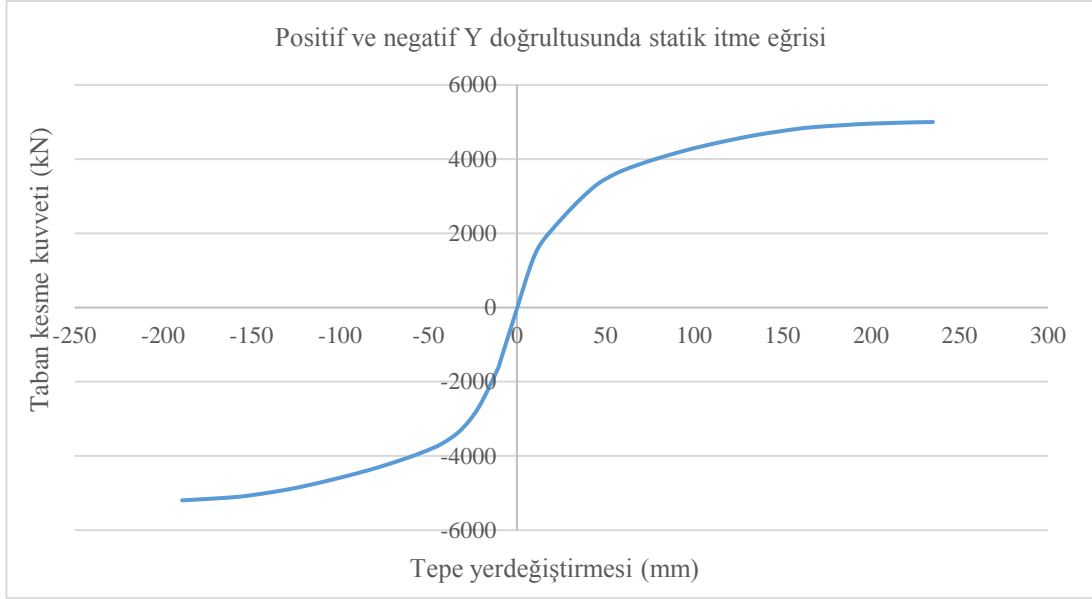
Tablo 3.62. Model3\_ref kolonların hasar bölgeleri

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
8	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
7	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
6	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%

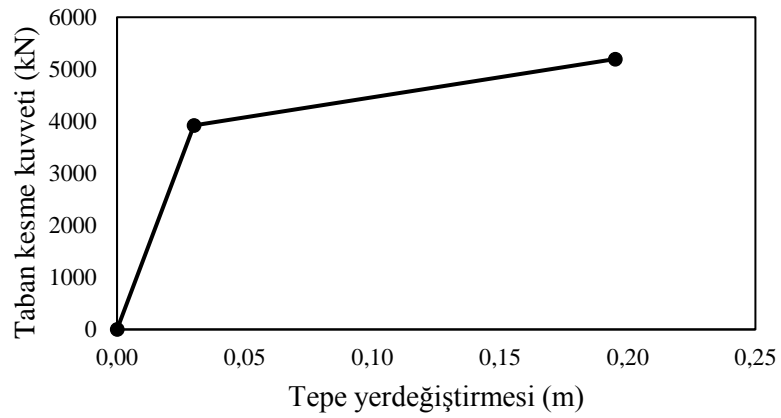
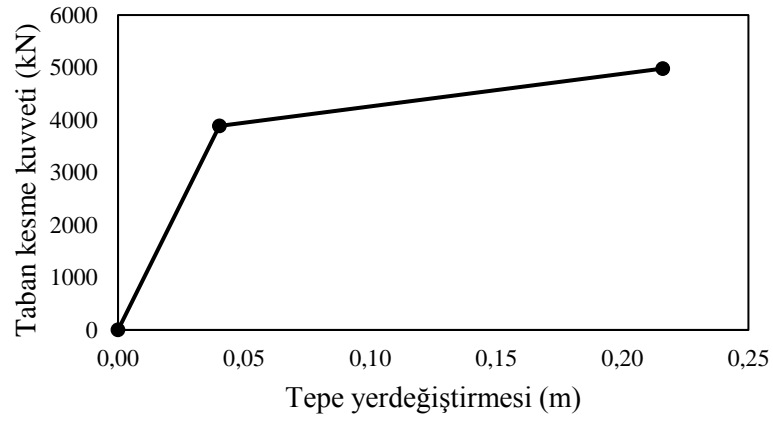
Tablo 3.62.'de belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model3\_ref binanın X negatif Yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde "Hemen kullanım Durumu Performansı" na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Positif ve negatif Y doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.112.'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Y doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 5000 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 235,06 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.





Şekil 3.112. Model3\_ref statik itme eğrisi



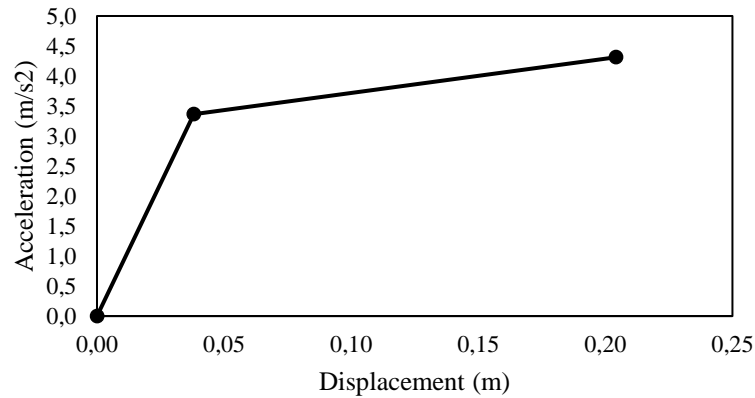
Şekil 3.113. Pozitif (üst) ve negatif (alt) Y yönleri doğrusal eğriler

Statik itme eğrisinin, modal kapasite eğrisine dönüştürülmesi denklem (3.4) ve (3.5) ile yapılır.

Elemanların etkin rijitlikleri ise, bu çalışmada Bölüm 2.5.'te verilen, Deprem Yönetmeliği'nin öngördüğü bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır. Etkin rijitlikler kirişlerde  $(EI)_e=0.40(EI)_o$  olarak alınırken, kolonlarda yapının  $G+nQ$  (Deprem Yönetmeliği Tablo 2.7'de konutlar için  $n=0.3$ ) yüklemesinde oluşan aksenal yük değerlerine bağlı olarak hesaplanmıştır. Toplam ağırlık  $(G + 0.3W)$  37721.96 kN 'ye eşit ve Etkin kütle oranı 0.8043'e eşittir.

Tablo 3.63. Y yönü için model3\_ref kapasite hesaplamaları

Kat	m	$\Phi_{yN1}$	$m^* \Phi_{yN1}$	$m^* \Phi_{yN1}^2$	$L_{y1}$	$M_1$	$M_{y1}$	$\Gamma_{y1}$
386.6	0.023	8.8918	0.2045	386.6				
386.6	0.022	8.5052	0.1871	386.6				
386.6	0.02	7.7320	0.1546	386.6				
386.6	0.018	6.9588	0.1253	386.6	44.46	0.80	2466.37	55.48
386.6	0.014	5.4124	0.0758	386.6				
386.6	0.01	3.8660	0.0387	386.6				
386.6	0.006	2.3196	0.0139	386.6				
386.6	0.002	0.7732	0.0015	386.6				



Şekil 3.114. Model1\_ref' nin Y doğrultusu modal kapasite eğrisi

Modal yerdeğiştirme istemi  $d_1(p)$  (performans noktası) ve binanın tepe yerdeğiştirme istemi  $u_{xN1}(p)$  hesabı ise denklem (3.6 -3.10) ile hesaplamak yapmıştır.

Yukarıda söylenilen denklemleri kullanarak ve bizim durumumuz için:  $T_{1y} \geq T_B$  ve  $C_{R1} = 1$ ,  $S_{d1} = d_1^{(p)}$  ve  $u^{(p)}_{yN1} = \Phi_{yN1} \Gamma_{y1} d_1^{(p)}$ .

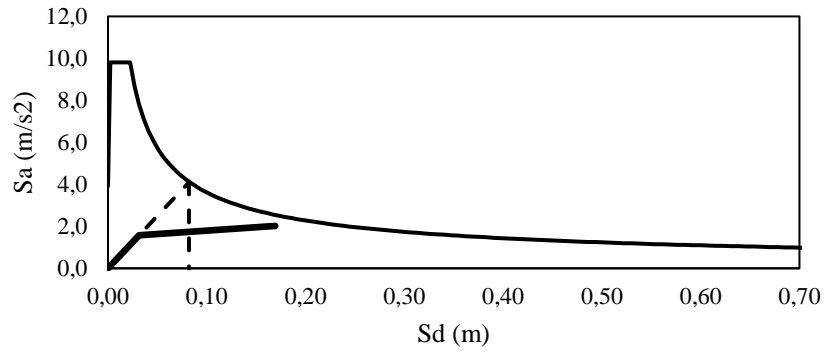
Positif Y doğrultusunda için:

$$S_{ae1} = 4.095 \text{ m/s}^2$$

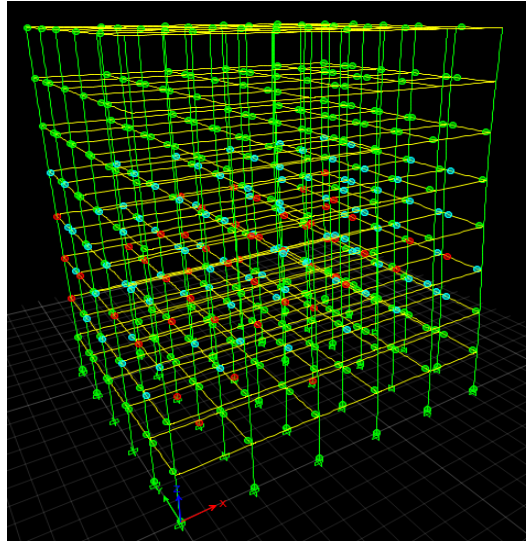
$$d_1^{(p)} = 0.082 \text{ m}$$

$$u_{xN1}^{(p)} = 0.1046 \text{ m}$$

Statik itme analizi, Y yönünde pik deplasmanları olan 0.1046 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.115., performans noktasını göstermektedir ve Şekil 3.116., modelde oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.

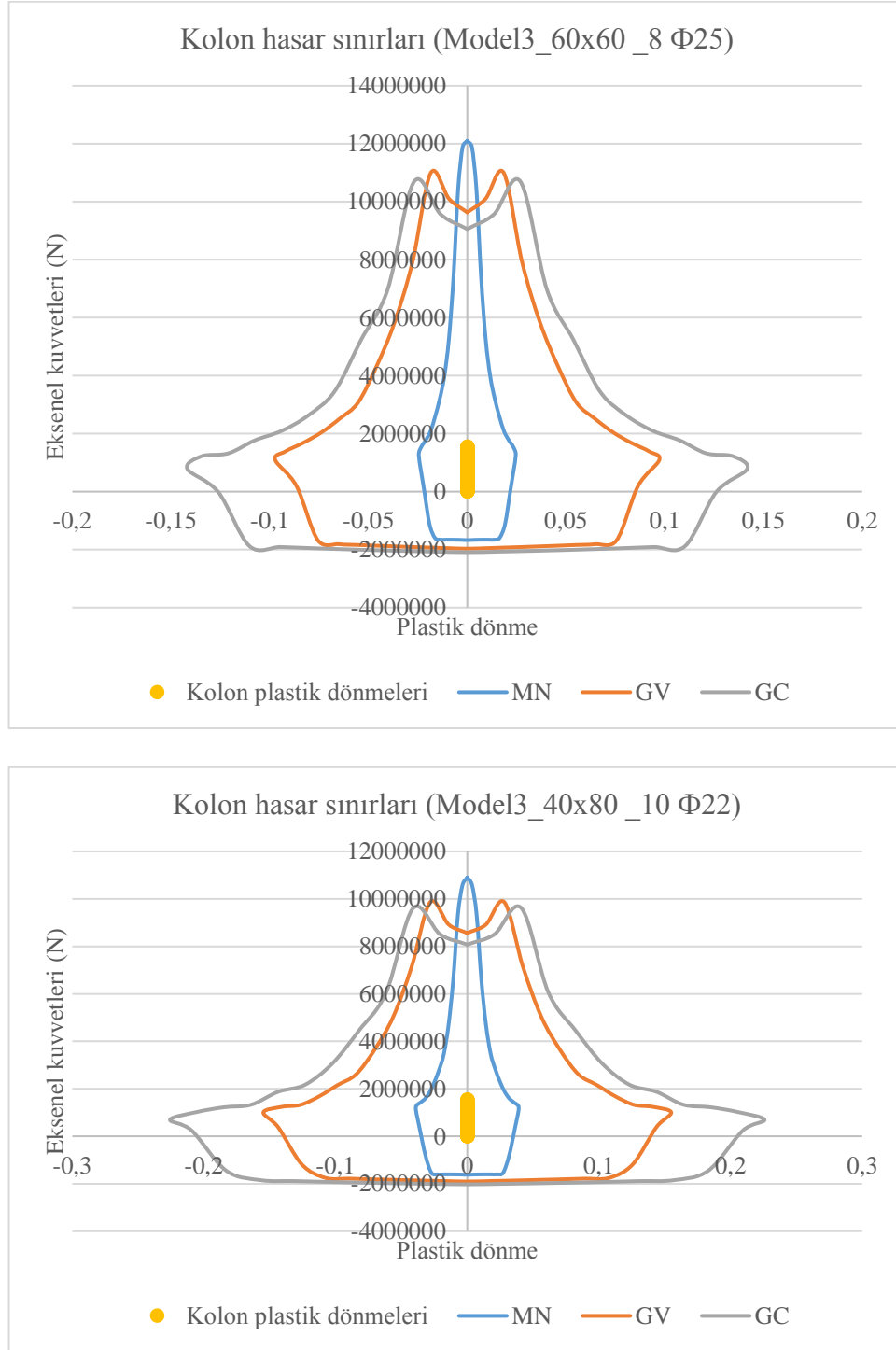


Şekil 3.115. Model1\_ref nin performans noktası



Şekil 3.116. Model3\_ref de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksel kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.117.'de ve Tablo 3.64.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.117. Model3\_ref'nin kare ve dikdörtgen kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model3\_ref, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.117.'de gösterildiği gibi Y pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 3.64. Model3\_ref kolonların hasar bölgeleri

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
8	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
7	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
6	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%

Tablo 3.64.'te belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4.'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model3\_ref binanın Y pozitif Yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

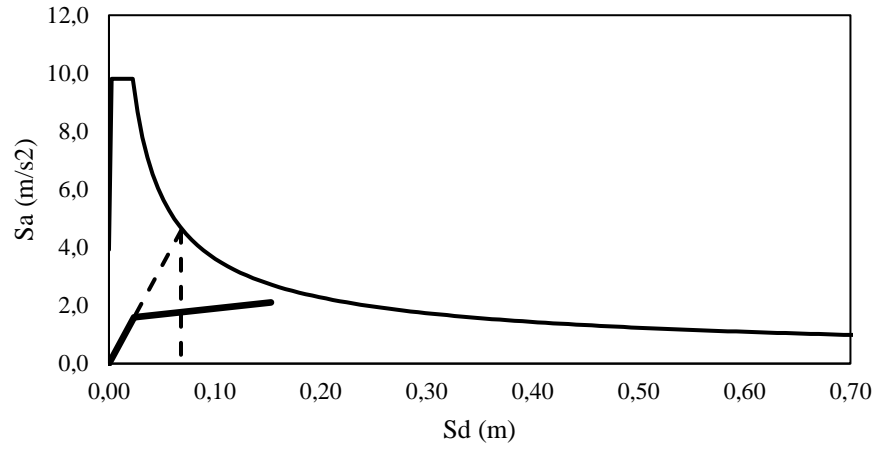
Negatif Y doğrultusunda için:

$$S_{ae1} = 4.575 \text{ m/s}^2$$

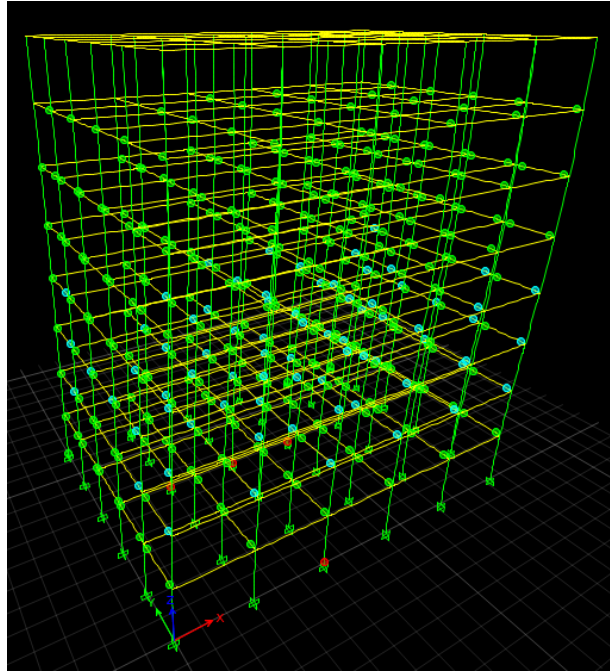
$$d_1^{(p)} = 0.068 \text{ m}$$

$$u^{(p)}_{xN1} = 0.0868 \text{ m}$$

Statik itme analizi, X yönünde pik deplasmanları olan 0.0868 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.118., performans noktasını göstermektedir ve Şekil 3.119., modelde oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.

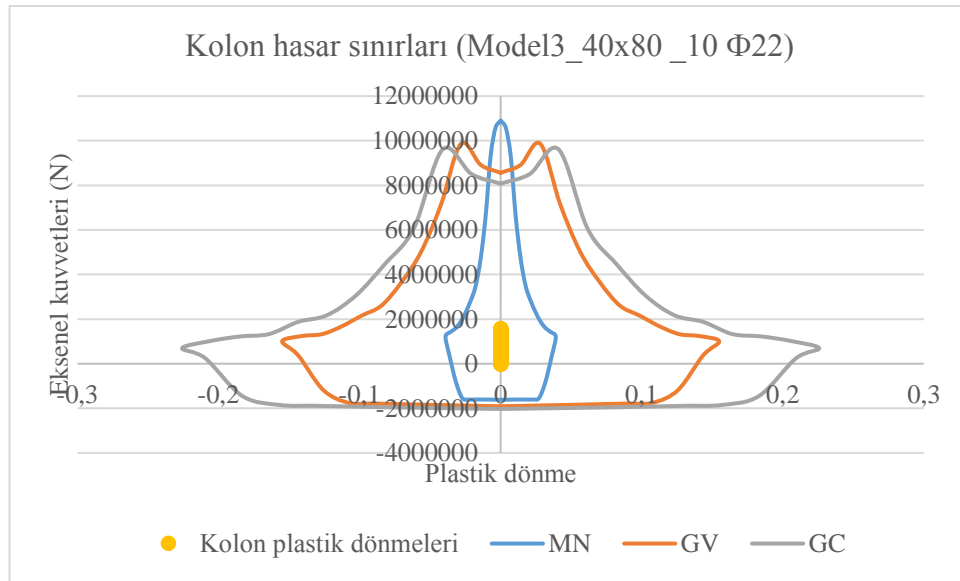
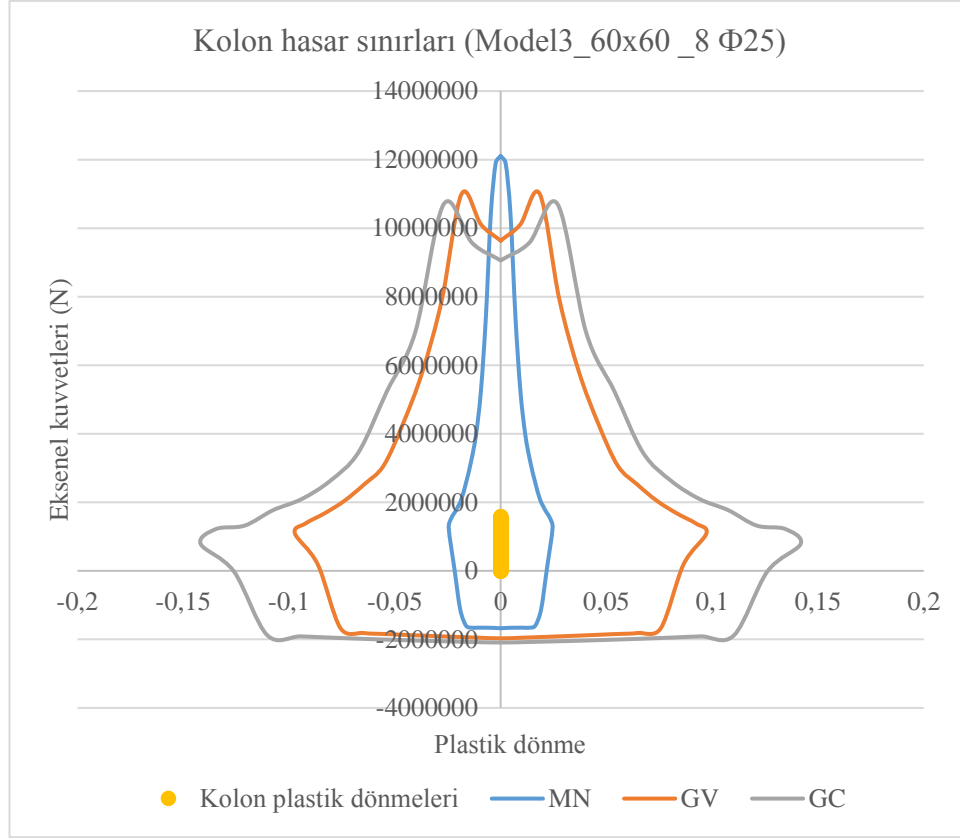


Şekil 3.118. Model3\_ref nin performans noktası



Şekil 3.119. Model3\_ref 'de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.120.'de ve Tablo 3.65.' da gösterilmiştir.



Şekil 3.120. Model3\_ref 'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model3\_ref, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.120.'de gösterildiği gibi Y negatif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

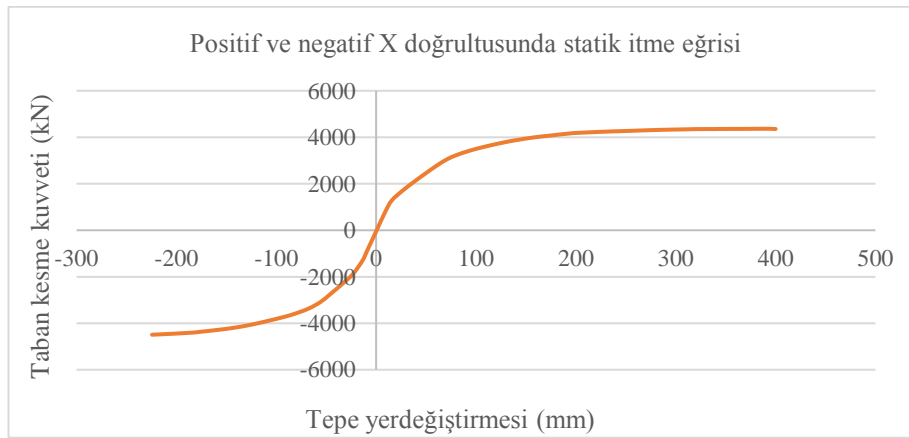
Tablo 3.65. Model3\_ref kolonların hasar bölgeleri

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
8	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
7	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
6	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	36/36	100%	-	0%	-	0%	-	0%

Tablo 3.65.'te belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4.'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model3\_ref binanın Y negatif Yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

### 3.3.4.10. Model3\_T1 statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi

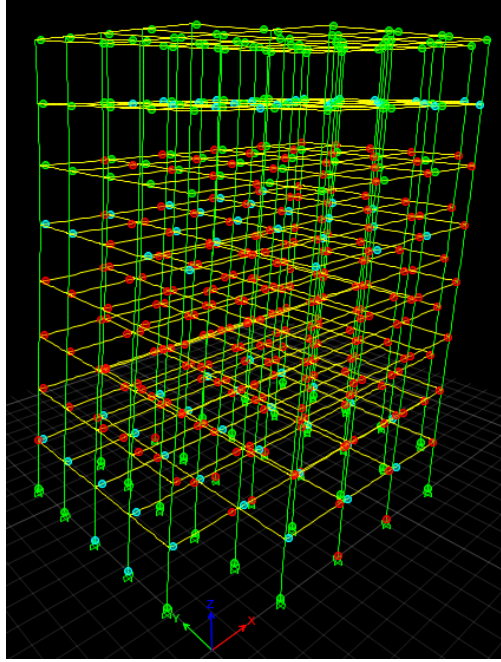
Positif ve negatif X doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.121.'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi x doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 4357 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 400,04 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



Şekil 3.121. Model3\_T1 statik itme eğrisi

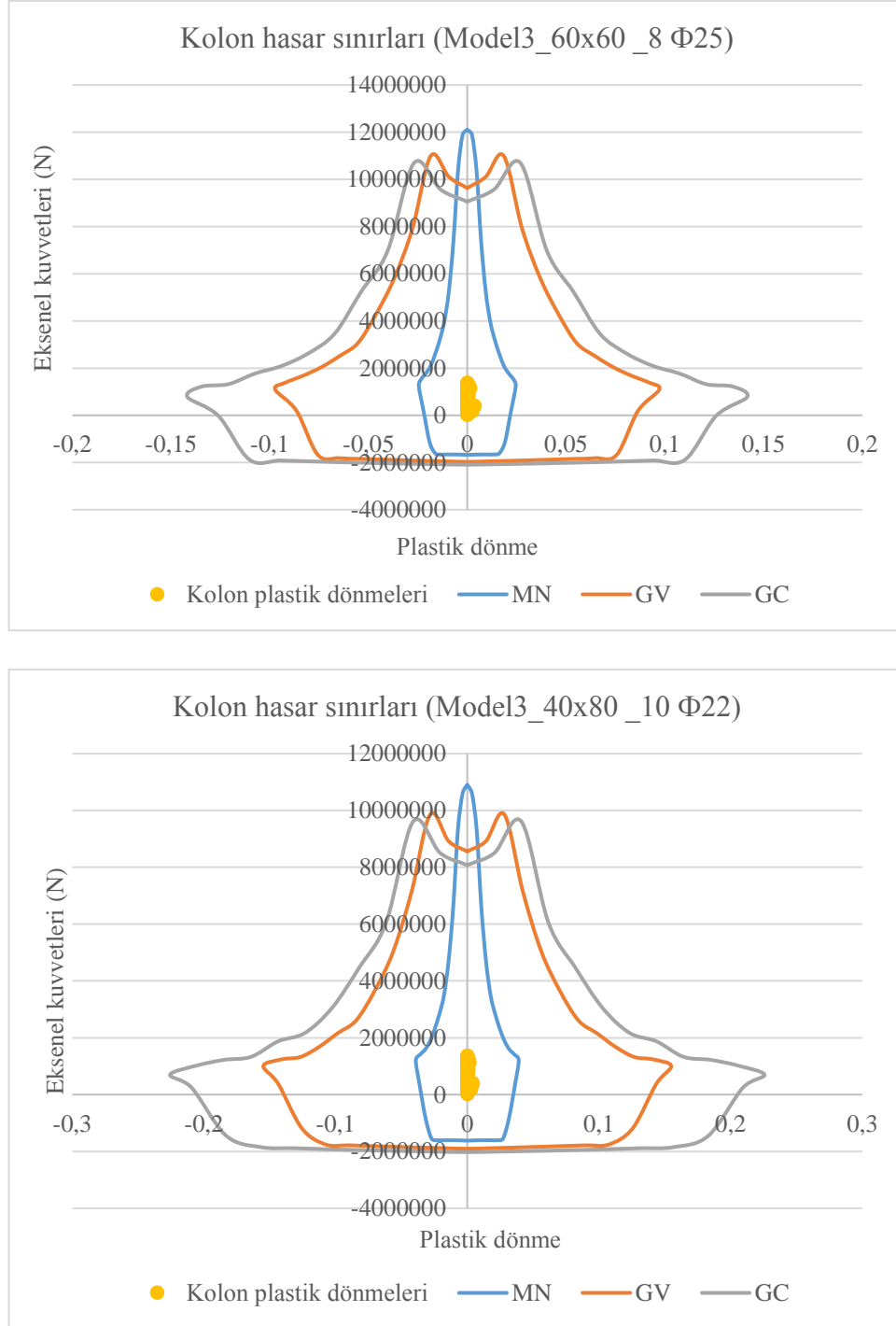


Statik itme analizi, X positif yönünde pik deplasmanları olan 0.140 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.122.'de model3\_T1 oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



Şekil 3.122. Model3\_T1' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.123.'te ve Tablo 3.66.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.123. Model3\_T1'nin kare ve dikdörtgen kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

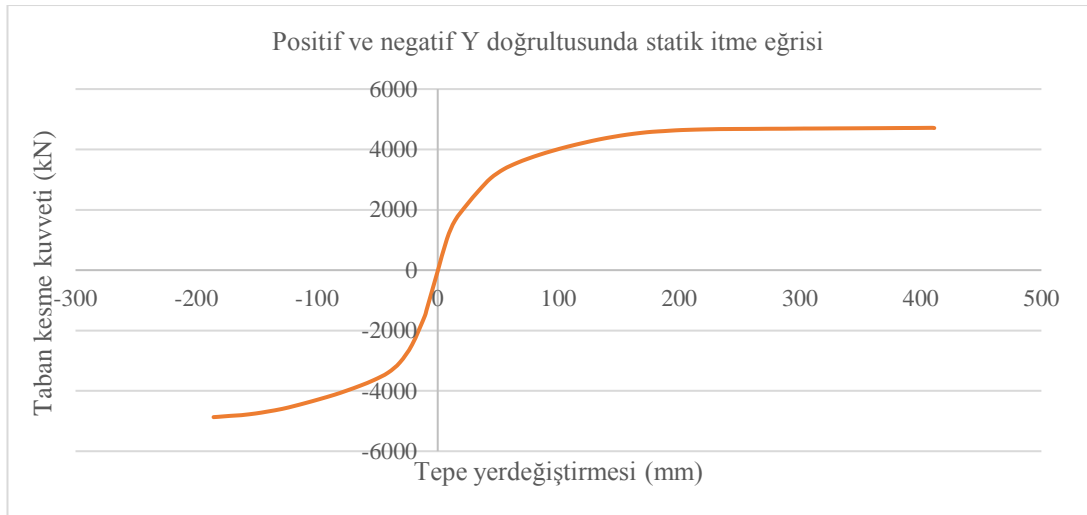
Model3\_T1, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.123.'te gösterildiği gibi X pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 3.66. Model3\_T1 kolonların hasar bölgeleri (X positif ve negatif)

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
8	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
7	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
6	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%

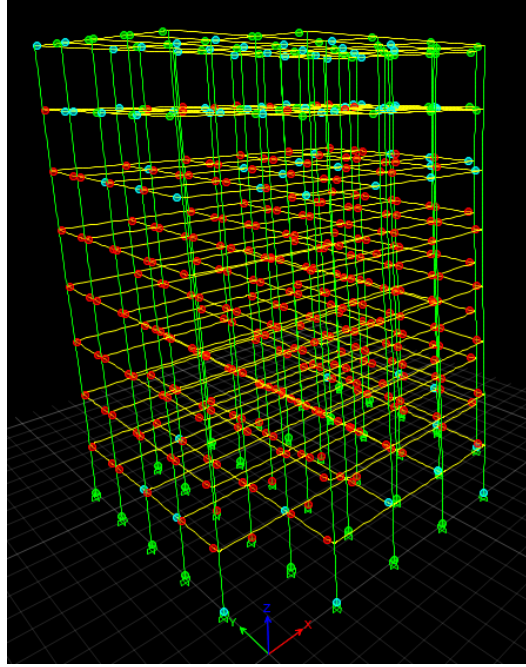
Tablo 3.66.' da belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model3\_T1 binanın X positif ve negatifYönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Positif ve negatif Y doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.124.'te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Y doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 4712 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 410,67 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir



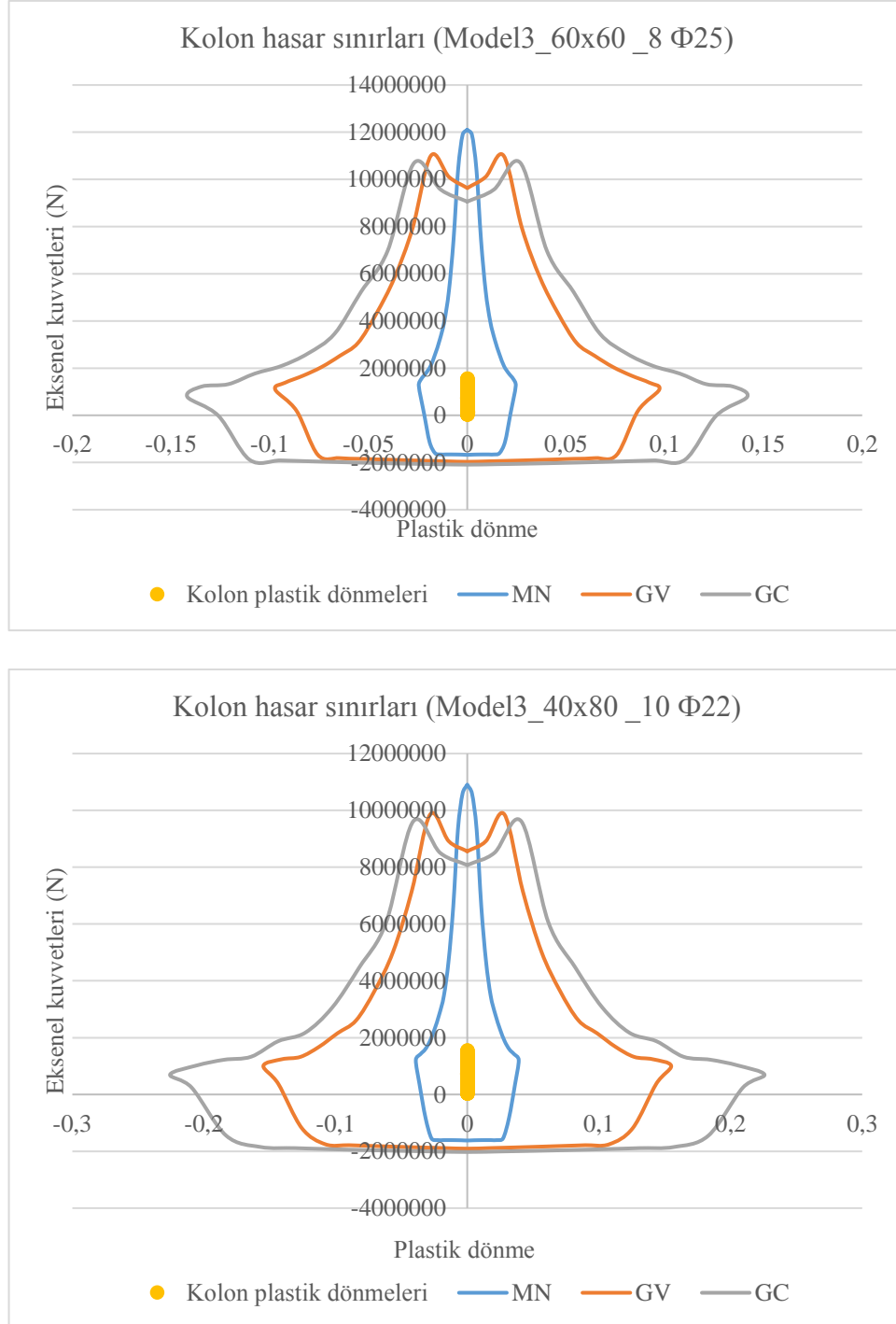
Şekil 3.124. Model3\_T1 statik itme eğrisi

Statik itme analizi, Y positif yönünde pik deplasmanları olan 0.1046 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.125.'te model3\_T1 oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



Şekil 3.125. Model3\_T1' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.126.'da ve Tablo 3.67.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.126. Model3\_T1'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model3\_T1, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.126.'da gösterildiği gibi Y pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

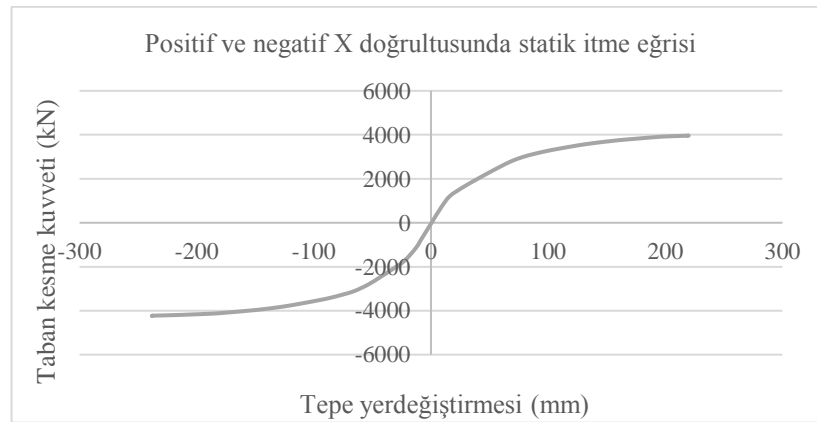
Tablo 3.67. Model3\_T1 kolonların hasar bölgeleri (Y pozitif ve negatif)

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
8	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
7	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
6	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	34/34	100%	-	0%	-	0%	-	0%

Tablo 3.67.'de belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model3\_T1 binanın Y pozitif ve negatif Yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

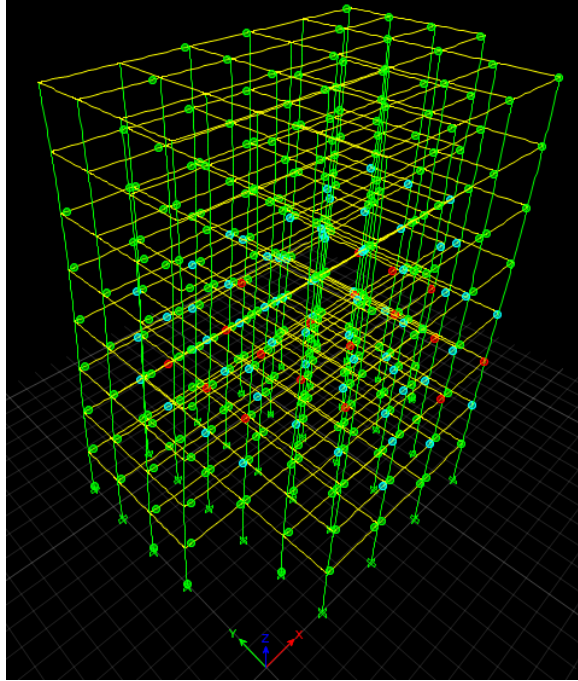
### 3.3.4.11. Model3\_T2 statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi

Positif ve negatif X doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.127.'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi x doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 3961 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 218,98 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



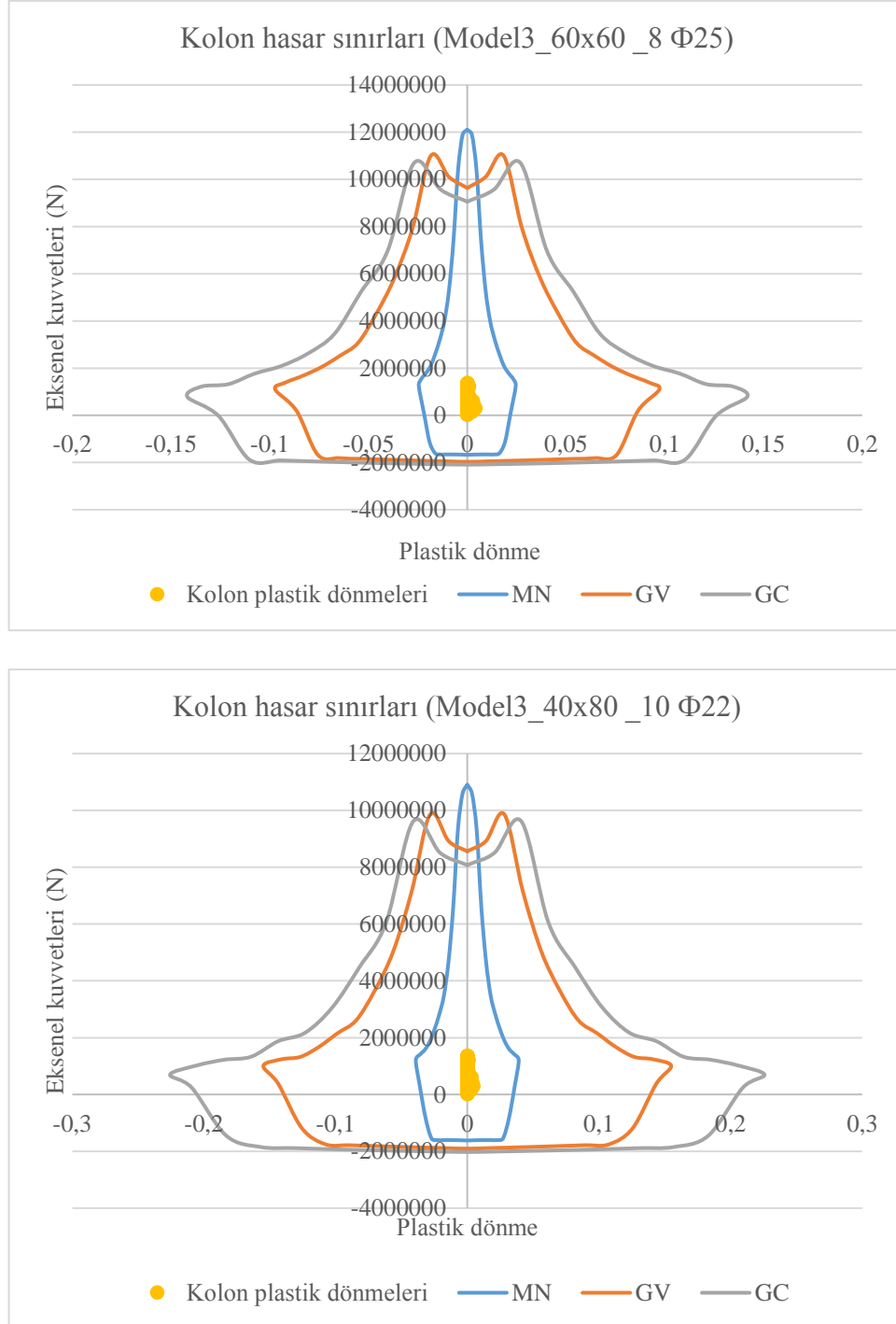
Şekil 3.127. Model3\_T2 statik itme eğrisi

Statik itme analizi, X pozitif yönünde pik deplasmanları olan 0.140 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.128.'de model3\_T2 oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



Şekil 3.128. Model3\_T2' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.129.'da ve Tablo 3.68.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.129. Model3\_T2'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model3\_T2, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.129.'da gösterildiği gibi X pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

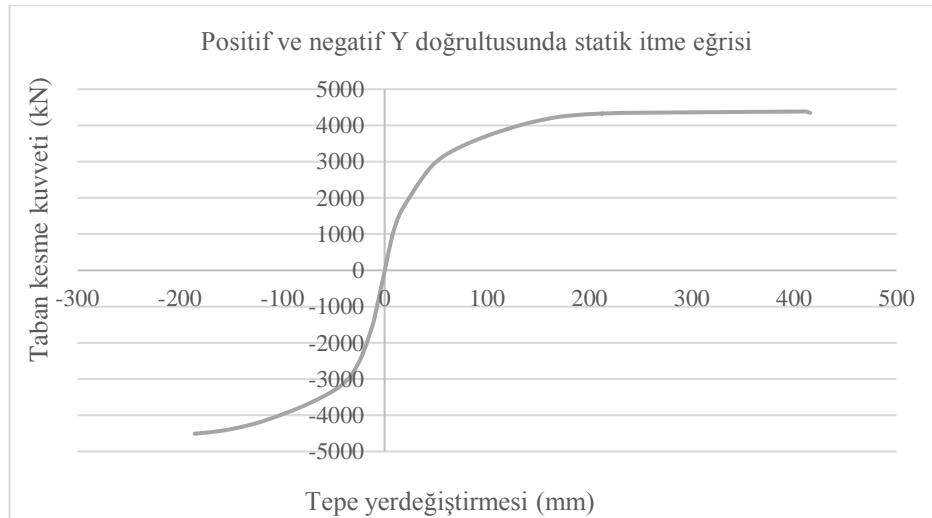


Tablo 3.68. Model3\_T2 kolonların hasar bölgeleri (X pozitif ve negatif)

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
8	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
7	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
6	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%

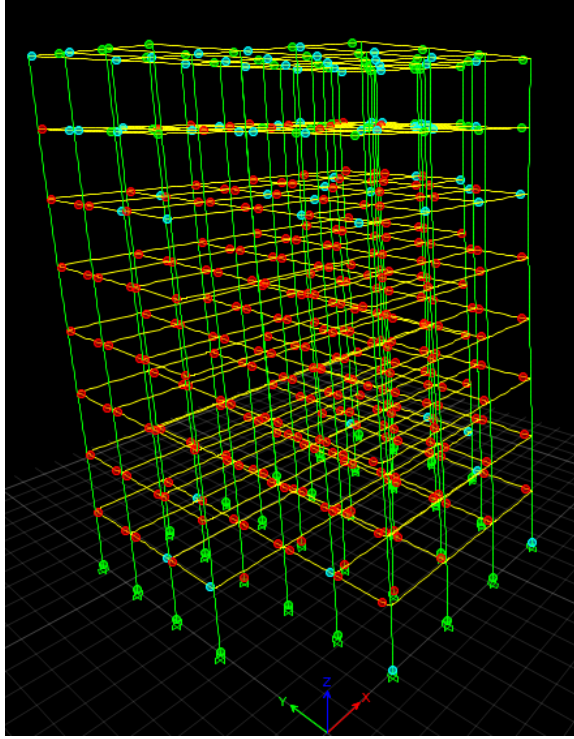
Tablo 3.68.'de belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model3\_T2 binanın X pozitif ve negatif Yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Positif ve negatif Y doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.130.'da verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Y doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 4344 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 415,85 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



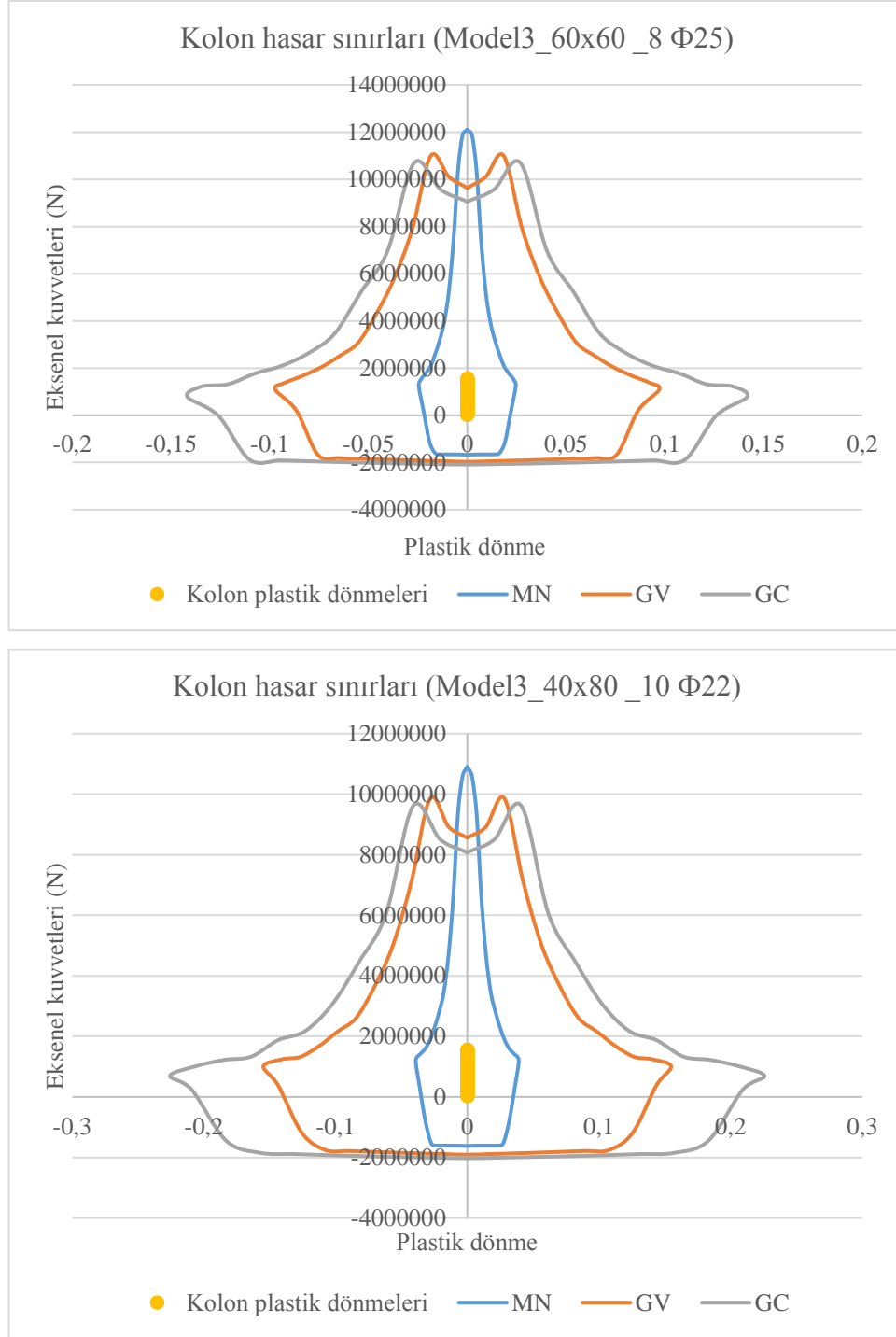
Şekil 3.130. Model3\_T2 statik itme eğrisi

Statik itme analizi, Y positif yönünde pik deplasmanları olan 0.1046 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.131.'de model3\_T2 oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



Şekil 3.131. Model3\_T2' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.132.'de ve Tablo 3.69.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.132. Model3\_T2'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model3\_T2, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.132.'de gösterildiği gibi Y pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

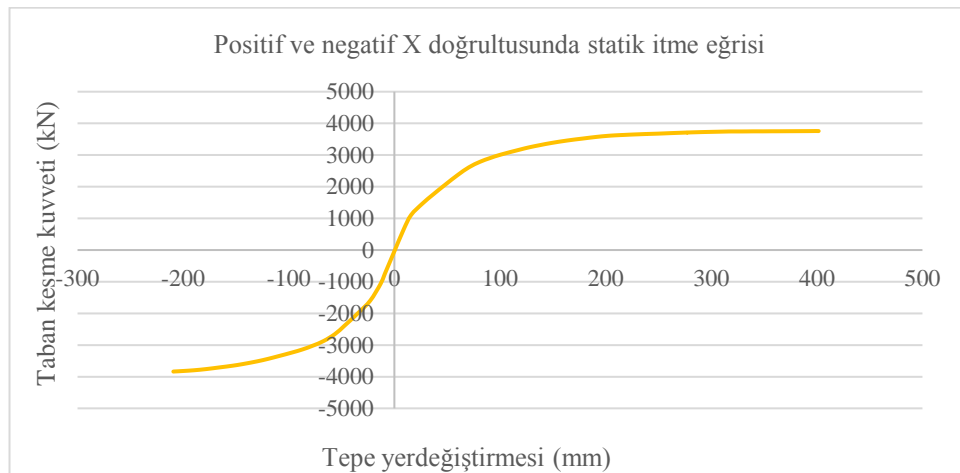
Tablo 3.69. Model3\_T2 kolonların hasar bölgeleri (Y pozitif ve negatif)

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
8	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
7	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
6	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	32/32	100%	-	0%	-	0%	-	0%

Tablo 3.69.'da belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model3\_T2 binanın Y pozitif ve negatif Yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

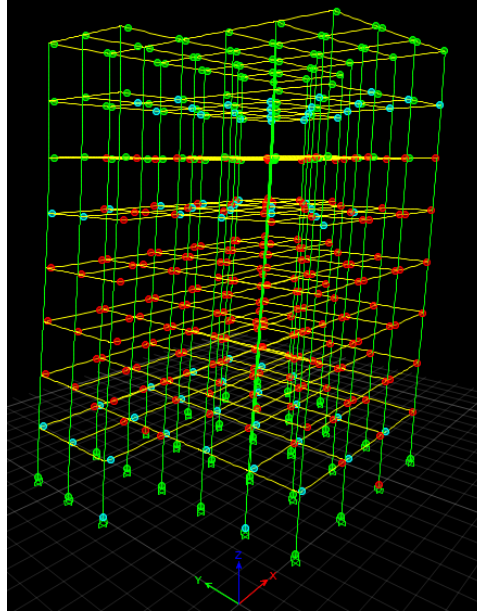
### 3.3.4.12. Model3\_T3 statik itme analizi sonuçları değerlendirilmesi

Positif ve negatif X doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.133.'te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi x doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 3757 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 400,06 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



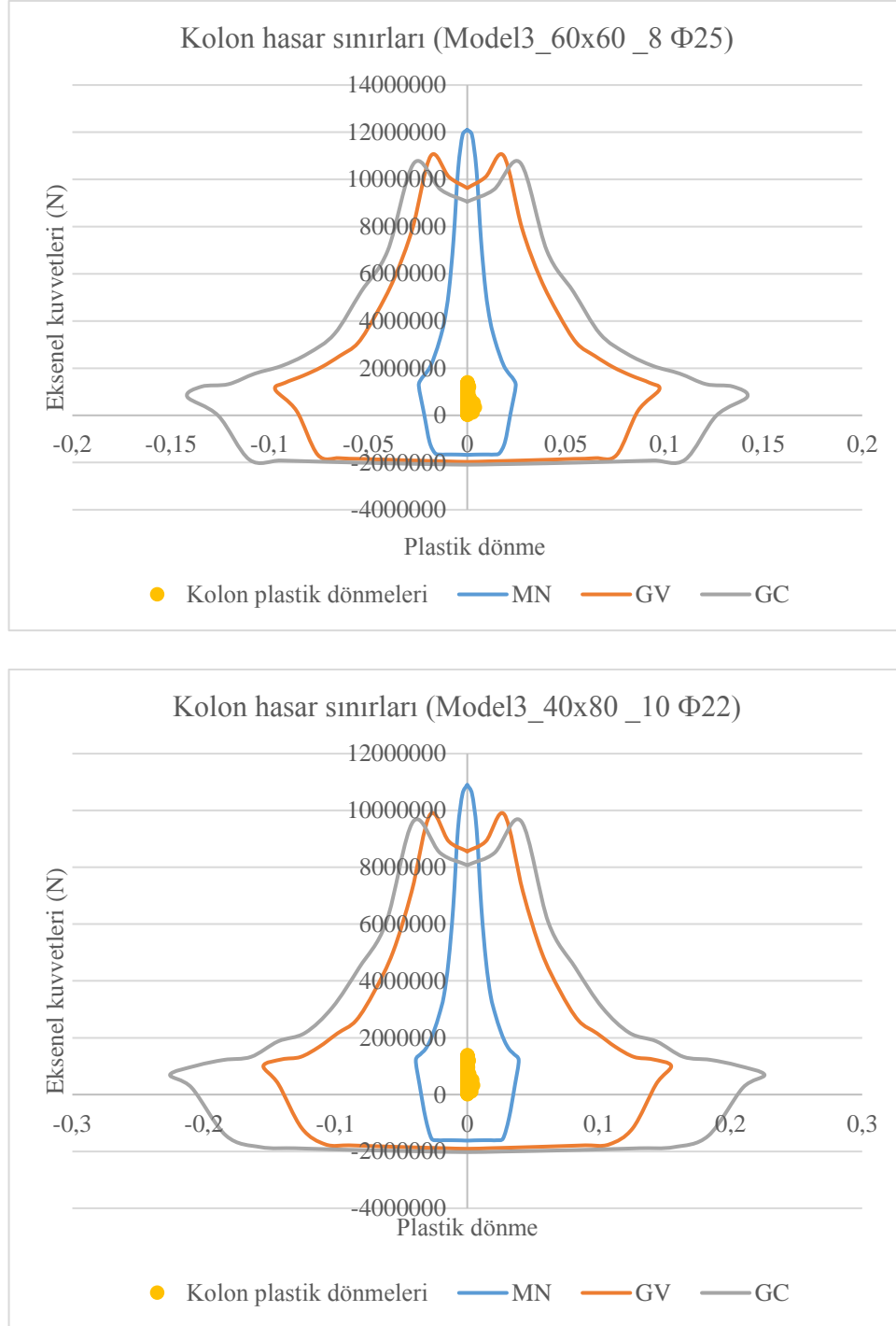
Şekil 3.133. Model3\_T3 statik itme eğrisi

Statik itme analizi, X positif yönünde pik deplasmanları olan 0.140 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.133.'te model3\_T3 oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



Şekil 3.134. Model3\_T3' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.135.'te ve Tablo 3.70.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.135. Model3\_T3'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

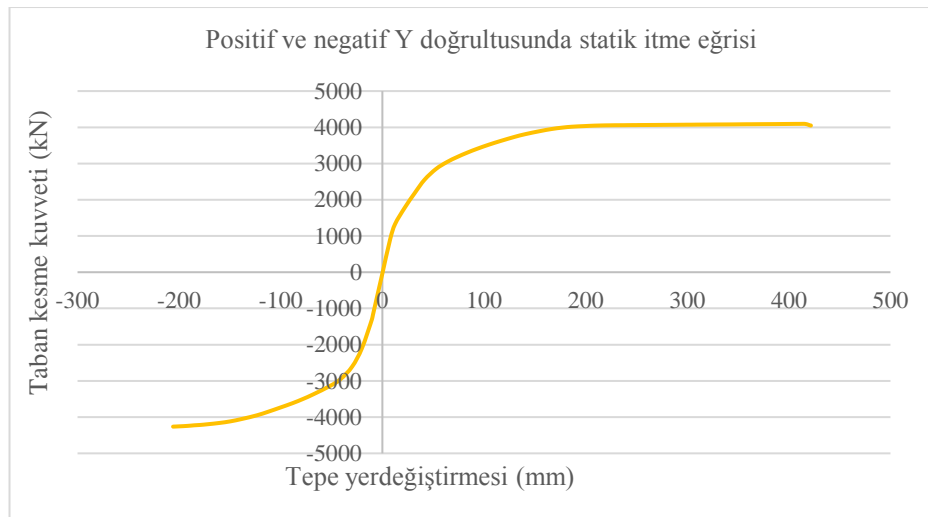
Model3\_T3, kare ve dikdörtgen Kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 3.135.'te gösterildiği gibi X pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 3.70. Model3\_T3 kolonların hasar bölgeleri (X positif ve negatif)

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
8	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
7	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
6	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%

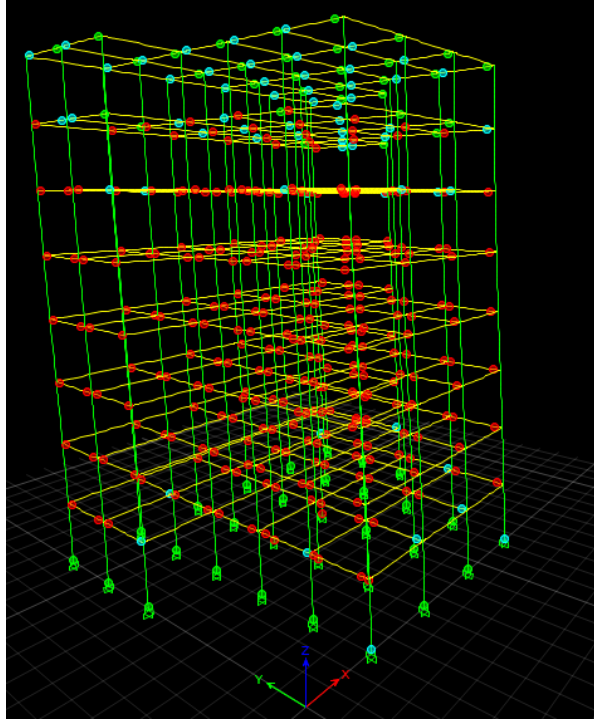
Tablo 3.70.'te belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model3\_T3 binanın X positif ve negatifYönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Positif ve negatif Y doğrultusunda statik itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi Şekil 3.136.'da verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Y doğrultusunda gerçekleştirilen statik itme sonucunda yaklaşık 4056 kN luk taban kesme kuvvetine karşılık 420,52 mm tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir.



Şekil 3.136. Model3\_T3 statik itme eğrisi

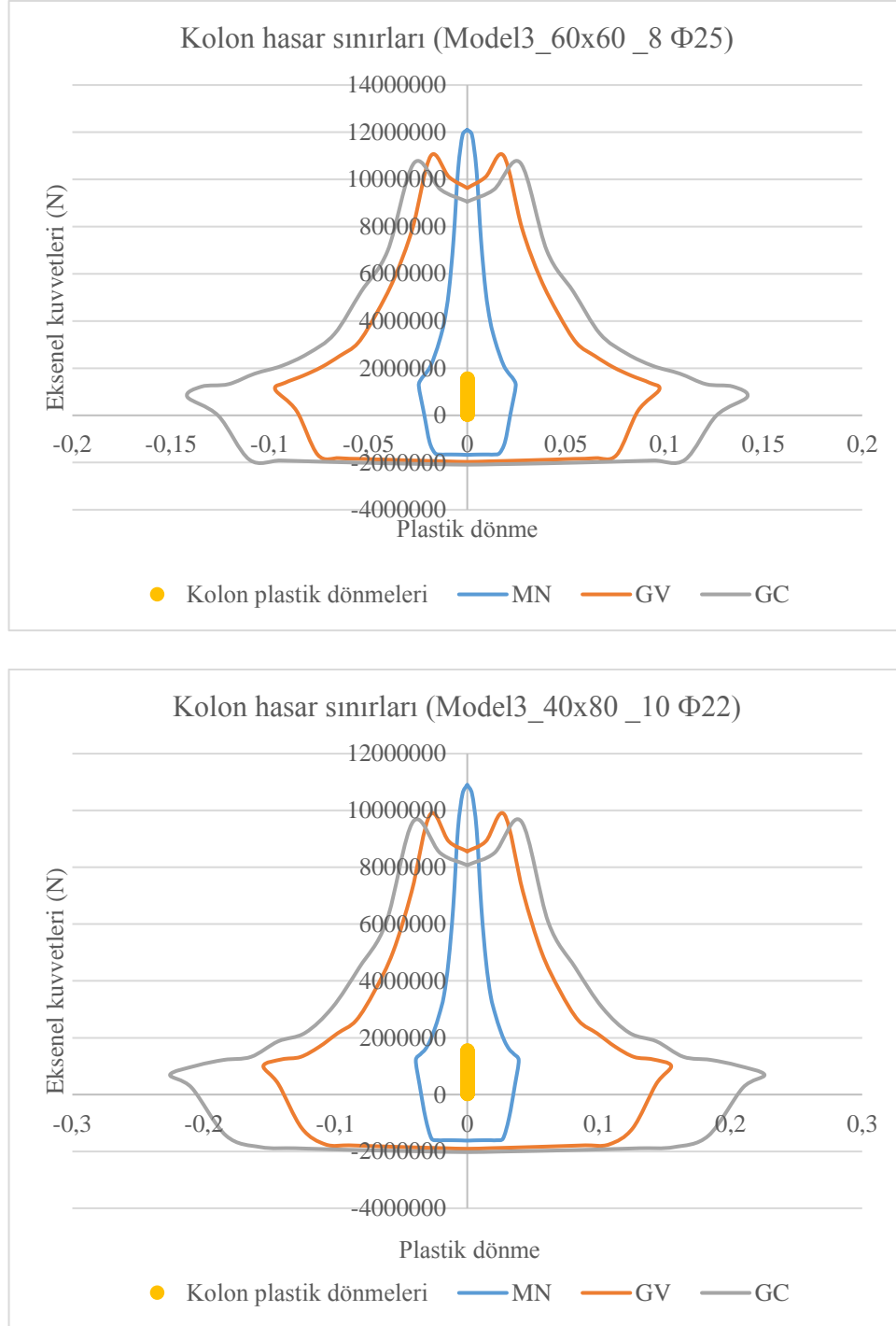
Statik itme analizi, Y positif yönünde pik deplasmanları olan 0.1046 m için tekrarlanacaktır. Şekil 3.137.'de model3\_T3 oluşturulan plastik mafsalları göstermektedir.



Şekil 3.137. Model3\_T3' de oluşan plastik mafsallar

Statik itme analizinin, performans noktasına kadar yapılması sonucu kolonlarda oluşan aksenal kuvvet ve plastik dönmeye bağlı olarak hasarın belirlenmesi Şekil 3.138.'de ve Tablo 3.71.'de gösterilmiştir.





Şekil 3.138. Model3\_T3'nin kare (üst) ve dikdörtgen (alt) kolonlarındaki hasarların belirlenmesi

Model3\_T3, kare ve dikdörtgen kolonlardan oluşur. Yukarıdaki Şekil 1.138.'de gösterildiği gibi Y pozitif yönde itme analizi ele geçirdikten sonra elde edilen sonuçlara göre, bütün kare ve dikdörtgen kolonları MN bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 3.71. Model3\_T3 kolonların hasar bölgeleri Y pozitif ve negatif)

Kat	Minimum Hasar bölgesi		Berlirgin Hasar bölgesi		İleri Hasar		Göçme bölgesi	
	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı	Kolon sayısı	Taşıdığı kesme kuvveti oranı
8	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
7	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
6	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
5	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
4	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
3	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
2	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%
1	30/30	100%	-	0%	-	0%	-	0%

Tablo 3.71.'de belirtilen elemanların hasar bölgeleri dağılımı, Bölüm 2.4'te verilen performans seviyeleri kriterleri ile karşılaştırıldığında, model3\_T3 binanın Y pozitif ve negatif Yönü, Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen, konutlar için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem etkilerinde “ Hemen kullanım Durumu Performansı” na sahip olduğu anlaşılmaktadır.

## **BÖLÜM 4. SONUÇLARIN TARTIŞMASI VE ÖNERİLER**

Bu çalışmada, on iki bina: üç dikdörtgen referans (Model 1\_ref, Model 2\_ref, Model 3\_ref) ve bunların T biçimli planları (Model1\_T1, Model1\_T2, Model1\_T3; Model2\_T1, Model2\_T2, Model2\_T3 ve Model3\_T1, Model3\_T2, Model3\_T3) incelenmiştir. Tüm binalarda, sonuçların yorumlanmasında doğru sonuçlar elde edebilmek amacıyla taşıyıcı sistemlerin hepsinde aynı malzeme özellikleri kullanılmıştır (Beton: C30, Donatı çeliği: S420).

Performans analizinin yapılmadığı durumlarda yanal yük taşıma kapasitesi açısından hangi binanın daha güvenli olduğunu belirlemek mümkün değildir. Mühendislik perspektifi açısından bakıldığında; tüm binalar aynı kriterler altında tasarlandıkları için, tek bir fark olarak farklı katlı binalar eşit derecede güvenli sonucu ortaya çıkar.

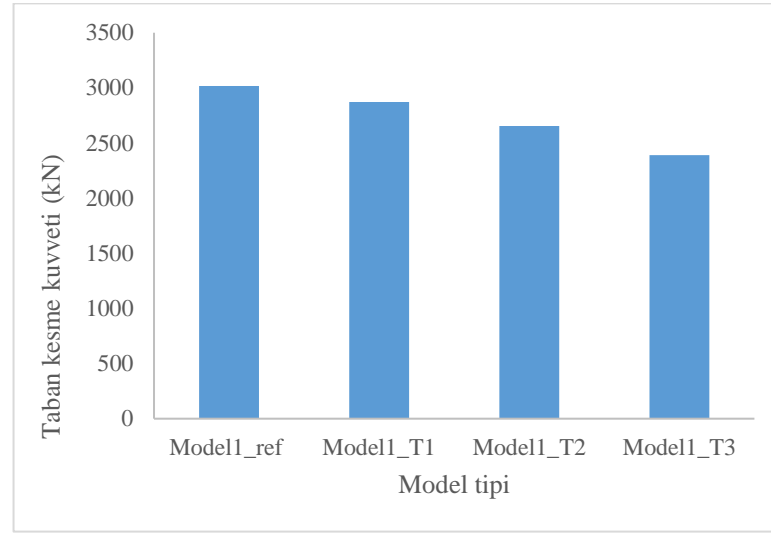
Ancak günümüzde binaların yatay yük etkisi (deprem ve rüzgâr gibi) altındaki tepkisi, statik doğrusal analize göre doğrusal olmayan analitik yaklaşımlar kullanılarak daha gerçekçi olarak yorumlanabilir. Bu çalışma için, doğrusal elastik yöntemlerle tasarlanan tüm yapılarda, TSC 2007 Deprem Yönetmeliğe göre, konutlarda 50 yıl içinde olma olasılığı % 10 olarak öngörülen şiddetli depremlerde “Can Güvenliği” performans seviyesine ulaşıldığı görülmüştür.

Bu çalışmada, itme analizi olarak da bilinen Doğrusal Olmayan Artımlı Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi analizinin sonucu olarak, doğrusal elastik yöntemlerle tasarlanan tüm binaların, aşılma olasılığı tahmin edilen Can Güvenliği performans seviyesine ulaştığı görülmektedir. Ayrıca, hangi binanın daha fazla yük taşıma kapasitesine sahip olduğu, binaların performans analizlerinden elde edilen taban kesme kuvveti kapasiteleri ve bina ağırlıklarının (sismik yükler) karşılaştırılmasıyla elde edilmiştir.

#### 4.1. Modellerin Taban Kesme Kuvveti ile Ağırlıklarının Karşılaştırması

Tablo 4.1. Model1 tipinin taban kesme kuvveti ve bina ağırlığı

Model tipi	Taban kesme kuvveti (kN)	Ağırlık (kN)
Model1_ref	3016	12894.7
Model1_T1	2870.35	12233.98
Model1_T2	2653.84	11403.88
Model1_T3	2390.83	10569.97

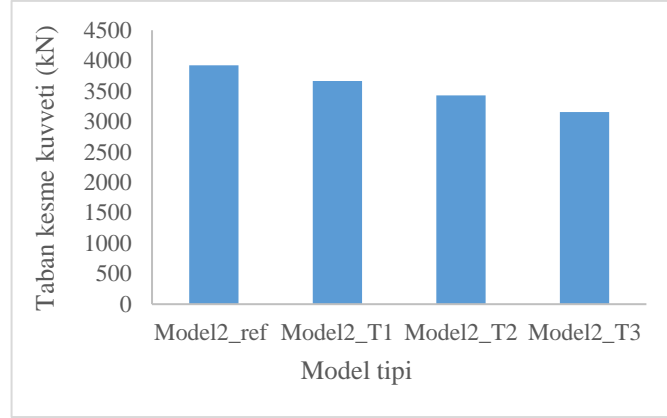


Şekil 4.1. Model1 tipi bina modelleri için taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması

Şekil 4.1.'de görüldüğü gibi 3 katlı olarak tasarlanan Model 1 binaları düzensizlik oluşturmak amacıyla kolon, kiriş ve döşemelerin kaldırılmasıyla bina ağırlıkları azalmıştır. Aynı şekilde taban kesme kuvvetlerinde de azalma ortaya çıkmıştır. Örneğin Referans model ile T3 modelimiz arasında ağırlık olarak %20 oranında bir azalma olurken taban kesme kuvvetinde % 18 oranında bir azalma tespit edilmiştir.

Tablo 4.2. Model2 tipi bina modellerinin taban kesme kuvveti ve bina ağırlığı

Model tipi	Taban kesme kuvveti (kN)	Ağırlığı (kN)
Model2_ref	3925.07	27065.86
Model2_T1	3667.52	25621.52
Model2_T2	3427.86	23915.56
Model2_T3	3156.38	22204.47

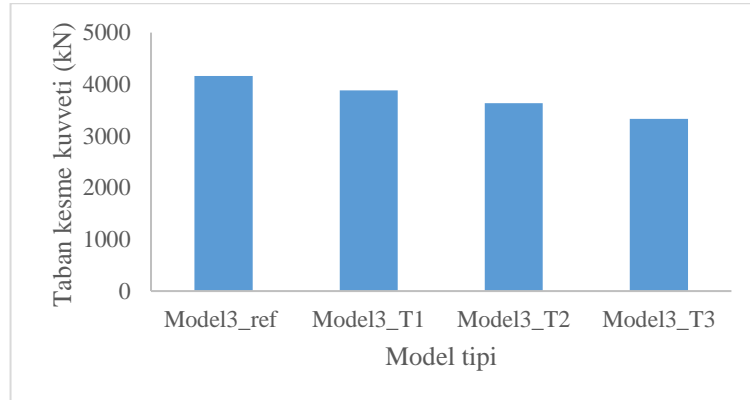


Şekil 4.2. Model2 tipi bina modelleri için taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması

Şekil 4.2.'de 6 (altı) katlı olarak tasarlanan Model 2 tipi bina modellerinin düzensizlik oluşturmak amacıyla kolon, kiriş ve döşemelerin kaldırılmasıyla bina ağırlıkları azalmıştır. Aynı şekilde taban kesme kuvvetlerinde de azalma ortaya çıkmıştır. Örneğin Referans model ile T3 modelimiz arasında ağırlık olarak %20 oranında bir azalma olurken taban kesme kuvvetinde % 18 oranında bir azalma tespit edilmiştir. Buradan da açıkça görüldüğü gibi kat sayısı artmasına rağmen bina ağırlığı ve taban kesme kuvvetleri ile arasındaki değişim oranı Model 1 ve Model 3 ile yaklaşık olarak aynı olmuştur.

Tablo 4.3. Model3 tipi bina modellerinin taban kesme kuvveti ve bina ağırlığı

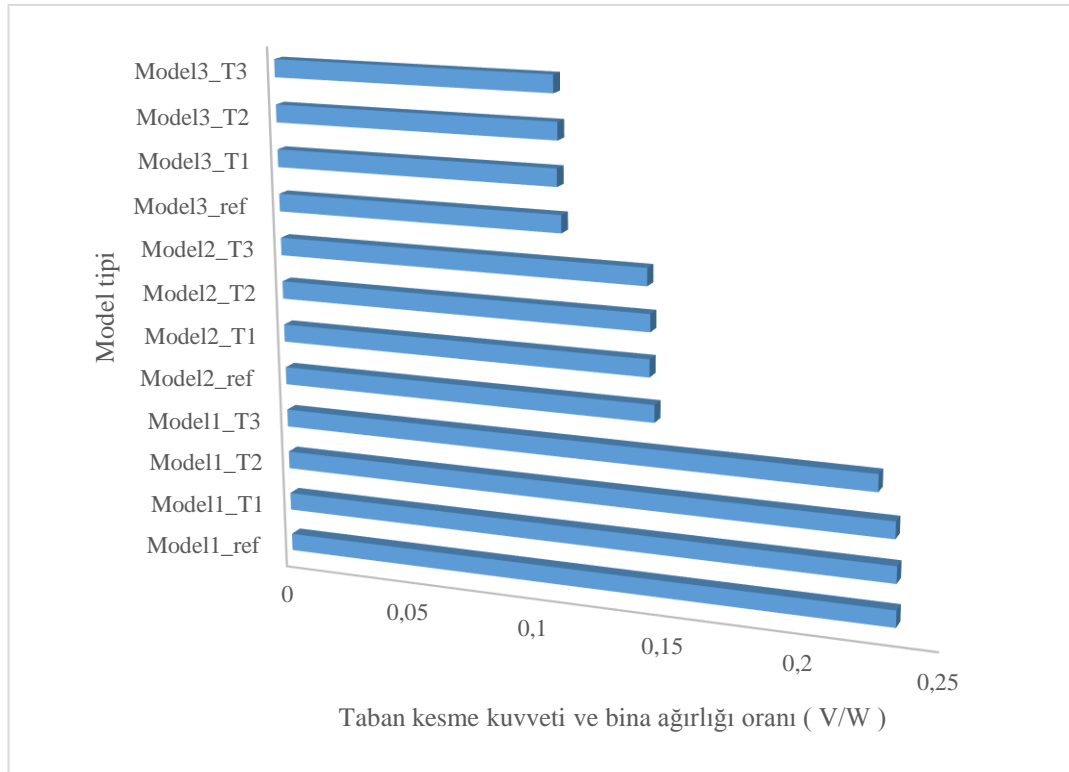
Model tipi	Taban kesme kuvveti (kN)	Ağırlığı (kN)
Model3_ref	4159.55	37721.96
Model3_T1	3881.03	35685.42
Model3_T2	3635.48	33333.96
Model3_T3	3332.22	30968.94



Şekil 4.3. Model3 tipi bina modelleri için taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması

Tablo 4.4. Tüm bina modelleri için taban kesme kuvveti ve bina ağırlığı oranları karşılaştırması

Model tipi	Taban kesme kuvveti ve ağırlık oranı
Model1_ref	0.233894546
Model1_T1	0.233621113
Model1_T2	0.232713778
Model1_T3	0.226190803
Model2_ref	0.145019223
Model2_T1	0.143142154
Model2_T2	0.143331789
Model2_T3	0.142150657
Model3_ref	0.11026866
Model3_T1	0.108756742
Model3_T2	0.10906235
Model3_T3	0.107598775



Şekil 4.4. Bina modelleri için Taban kesme

Şekil 4.4.'de gösterildiği gibi, taban kesme kapasitesinin ( $V_b$ ) yapı ağırlığına ( $W$ ) oranı, kat sayısı arttıkça azalmaktadır. Örneğin, Model1\_ref (3 katlı bina) için oran 0.233 iken, Model3\_ref (8 katlı bina) 'dan bu değer 0.110 dir. Bu durum, az katlı yapıların, aynı kategorideki çok katlı binalardan daha fazla sismik yük taşıma kapasitesine sahip olduğunu açıkça göstermektedir.

Bu durum, binaların depreme karşı dayanıklı olarak tasarımında, lineer yöntemlerle tam olarak aynı olan kriterler üzerinden tasarlanmasına rağmen, pratik olarak az katlı binaların, yatay yükleri taşıma kapasitelerinin yüksek olması nedeniyle çok katlı binalara göre depremlere karşı daha dayanıklı olmaları sonucunu doğurmaktadır.

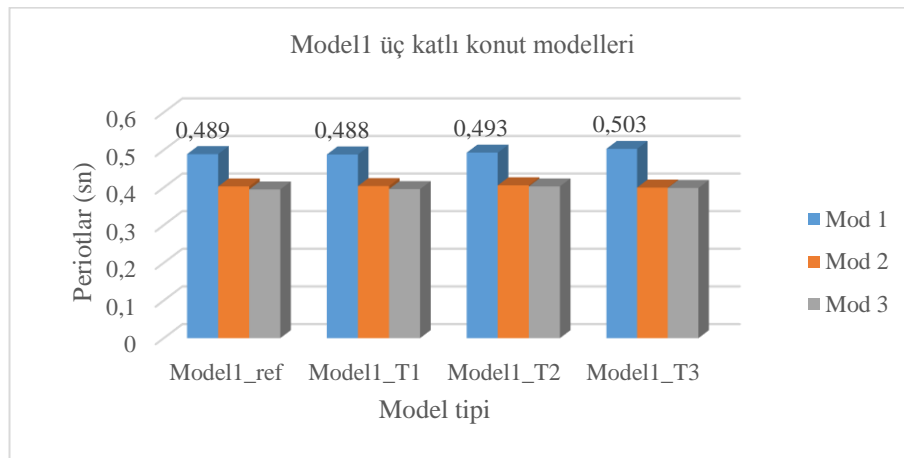
#### 4.2. Modellerin Periyotlarının Karşılaştırması

Tablo 4.5., Tablo 4.6., Tablo 4.7., ve Şekil 4.5., Şekil 4.6., Şekil 4.7.'den iki ana yönde (X ve Y) yanal modlarla ilgili olan birinci ve ikinci periyotların bire yakın olduğu açıkça görülmektedir.

Referans ve T modellerin modlarının sürelerinin birbirinden çok farklı olmadığı görülmektedir. Çünkü T plan düzensizliği olan modeller, bazı elemanların çıkarılmasından dolayı rijitlikteki azalma ile birlikte kütleleri de azalmaktadır. Ayrıca, tüm modellenen modellerin burulma modu olan üçüncü modu ve buna karşılık gelen süreler, yanal mod dönemlerinden çok farklı değildir ve her durumda referans model, tüm ilgili T plan düzensizliği olan planlardan daha küçük bir değere sahiptir.

Tablo 4.5. Model 1 tipi modellerin ilk üç periyotları

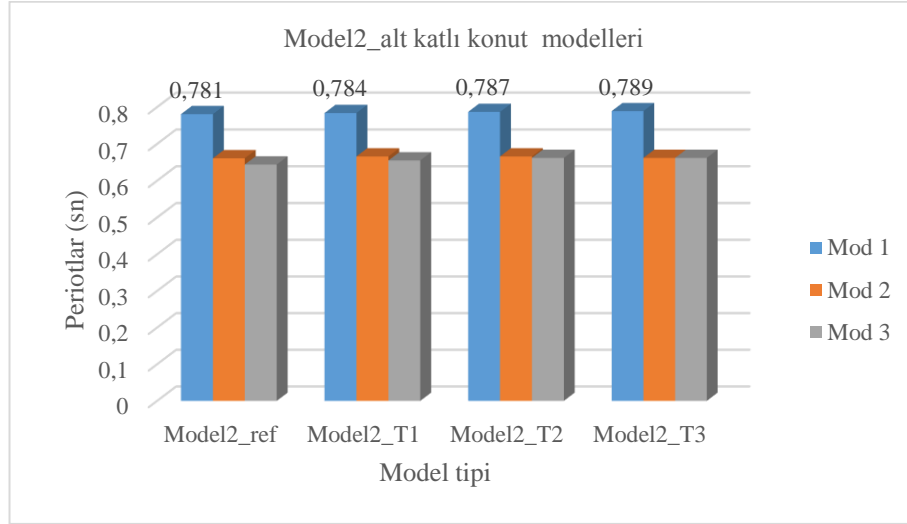
	Model1_ref	Model1_T1	Model1_T2	Model1_T3
Mod 1	0.489	0.488	0.493	0.503
Mod 2	0.403	0.404	0.406	0.4
Mod 3	0.395	0.396	0.403	0.399



Şekil 4.5. Model 1 tipi modellerin ilk periyotlarının karşılaştırılması

Tablo 4.6. Model 2 tipi modellerin ilk üç periyotları

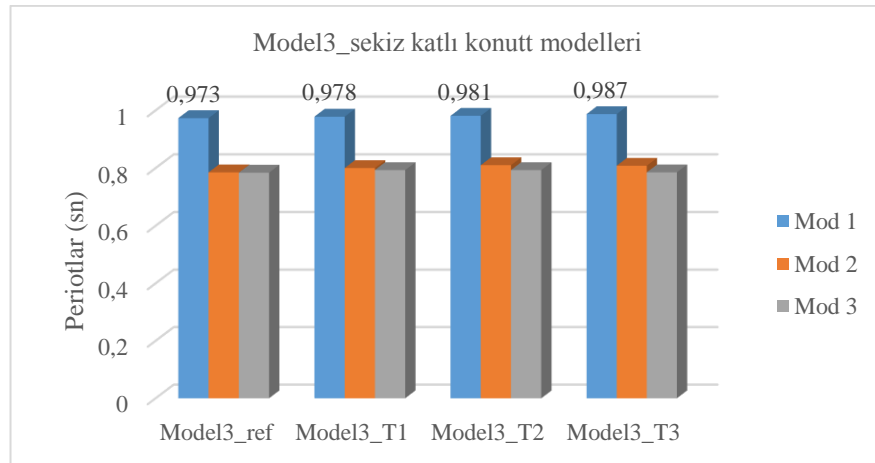
	Model2_ref	Model2_T1	Model2_T2	Model2_T3
Mod 1	0.781	0.784	0.787	0.789
Mod 2	0.661	0.666	0.666	0.662
Mod 3	0.644	0.655	0.662	0.662



Şekil 4.6. Model2'in ilk periyotlarının karşılaştırılması

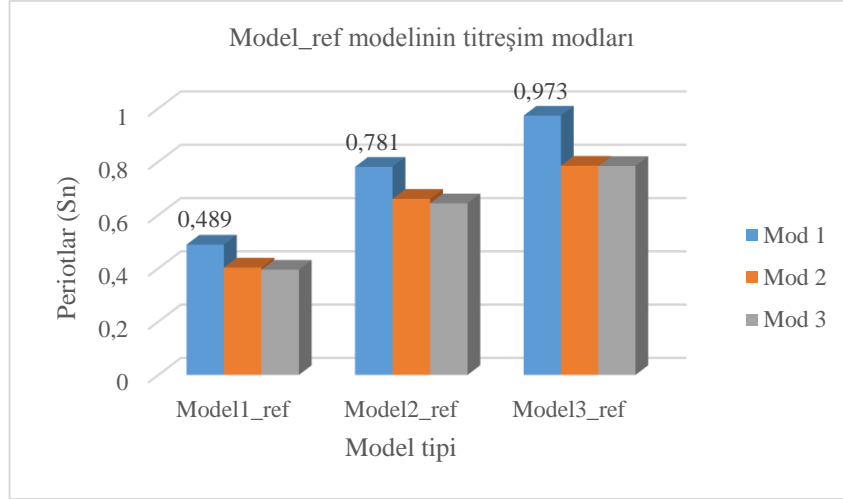
Tablo 4.7. Model3'ün ilk üç periyotları

	Model3_ref	Model3_T1	Model3_T2	Model3_T3
Mod 1	0.973	0.978	0.981	0.987
Mod 2	0.785	0.8	0.81	0.808
Mod 3	0.784	0.793	0.793	0.785

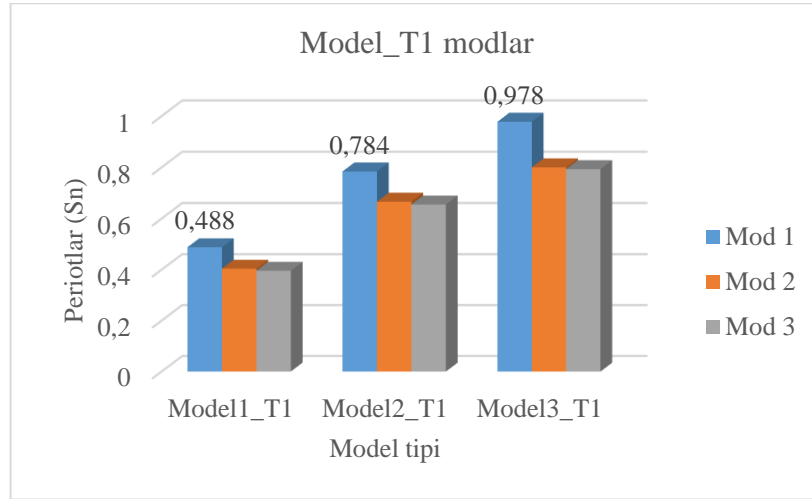


Şekil 4.7. Model3'ün ilk üç periyotlarının karşılaştırılması

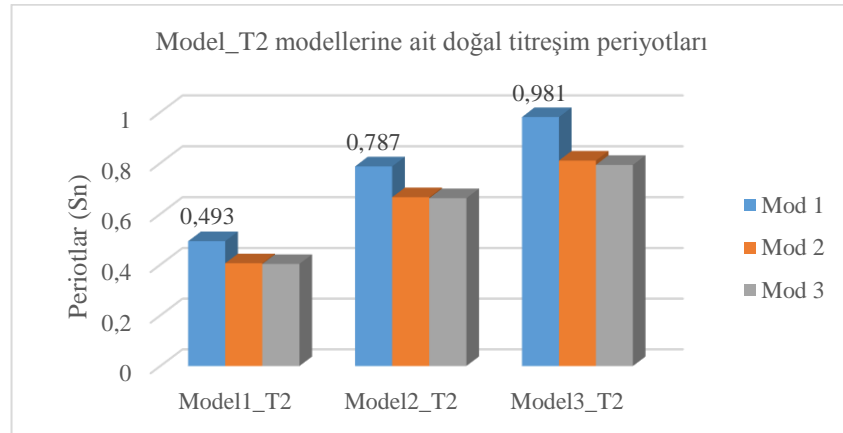




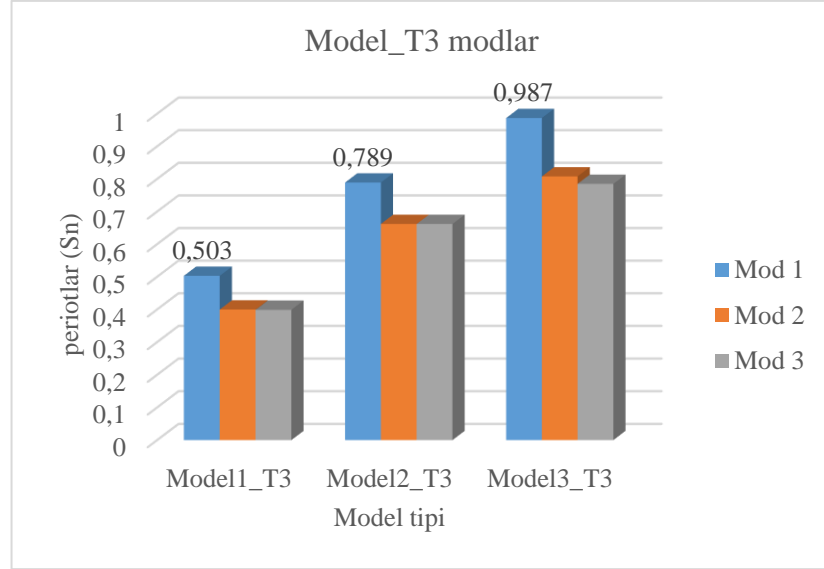
Şekil 4.8. Referans modellerin doğal titreşim periyotlarının karşılaştırılması



Şekil 4.9. T1 tipi yapı modellerinin doğal titreşim periyotlarının karşılaştırılması



Şekil 4.10. T2 tipi yapı modellerinin doğal titreşim periyotlarının karşılaştırılması



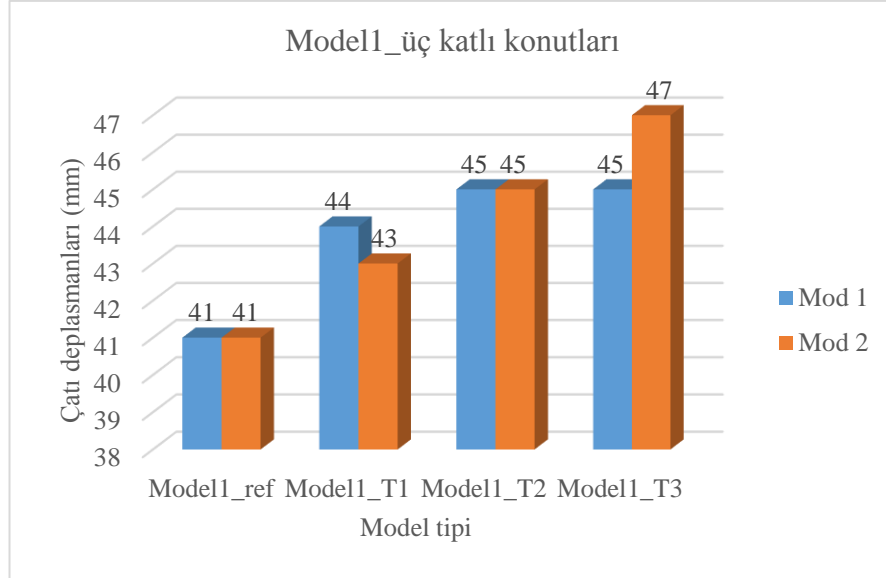
Şekil 4.11. T3 tipi yapı modellerinin doğal titreşim periyotlarının karşılaştırılması

Şekil 4.11.'de gösterildiği gibi aynı kategoriye giren tüm modelleri karşılaştırmak söz konusu olduğunda, düşük artışlı modellerin yüksek artış modellerine kıyasla küçük bir dönem değerine sahip olduğu görülebilir.

### 4.3. Modellerin Çatı Deplasmanlarının Karşılaştırması

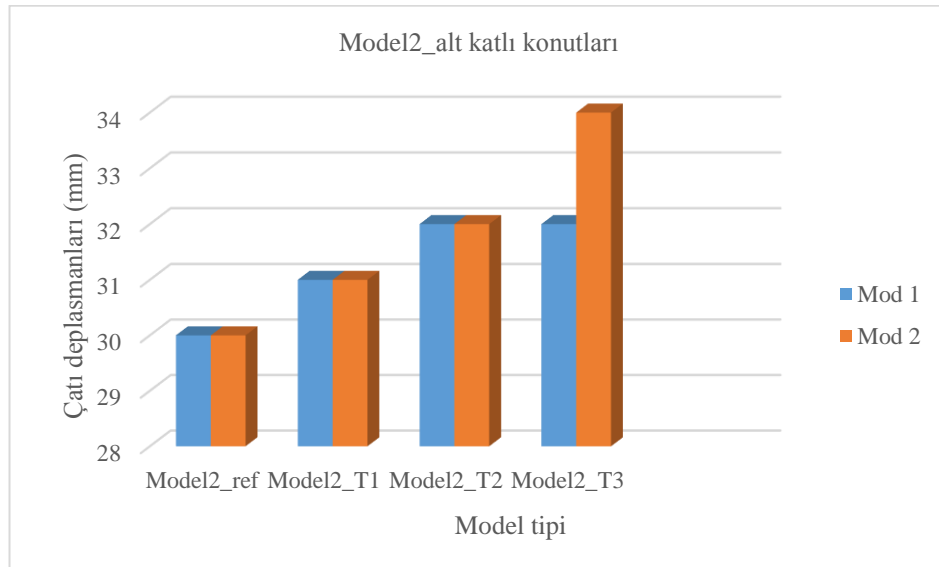
Tablo 4.8. Modeller çatı deplasmanları

Model tipi	1. mod çatı deplasmanları (mm)	2. mod çatı deplasmanları (mm)
Model1_ref	41	41
Model1_T1	44	43
Model1_T2	45	45
Model1_T3	45	47
Model2_ref	30	30
Model2_T1	31	31
Model2_T2	32	32
Model2_T3	32	34
Model3_ref	26	26
Model3_T1	27	27
Model3_T2	27	28
Model3_T3	28	29



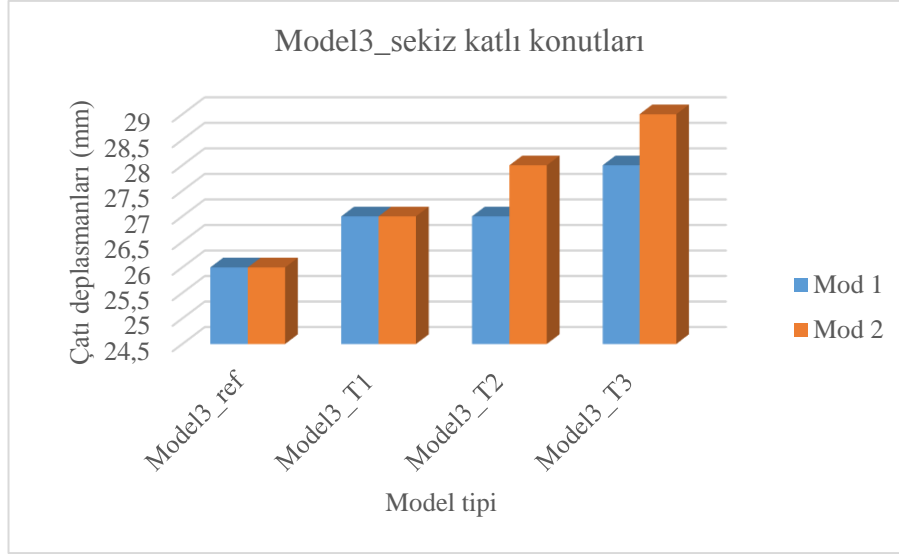
Şekil 4.12. Model1 'lerin çatı deplasman karşılaştırması

Model1\_ref ve Model1\_T2 çatı deplasmanı Şekil 4.12.'de gösterildiği gibi hem X (mod 1) hem de Y (mod 2) yönünde aynıdır. T şeklinin arttığında, çatı yer değiştirmesinin Model1\_ref'den Model1\_T3'e yükseldiği de açıkça görülmektedir.



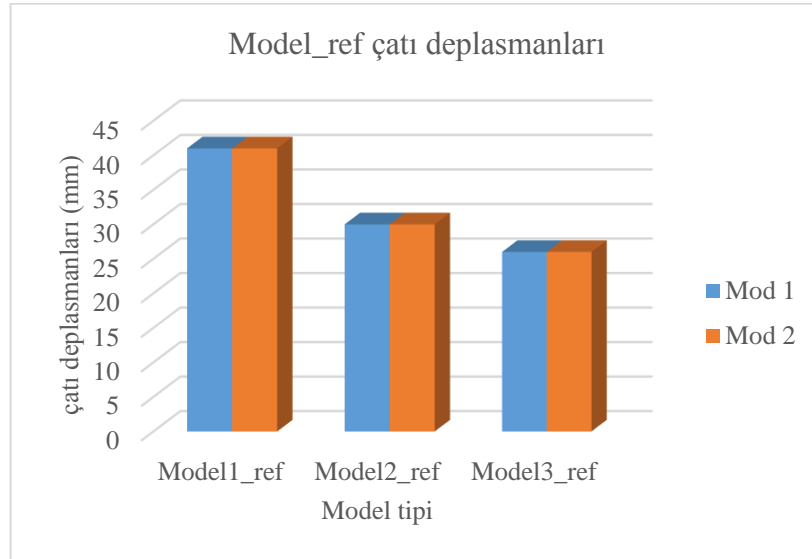
Şekil 4.13. Model2 'lerin çatı deplasman karşılaştırması

Model2\_ref, model2\_T1 ve Model2\_T2 çatı deplasmanı Şekil 4.13.'te gösterildiği gibi hem X (mod 1) hem de Y (mod 2) yönünde aynıdır. T şeklinin arttığında, çatı yer değiştirmesinin Model2\_ref'den Model2\_T3'e yükseldiği de açıkça görülmektedir.

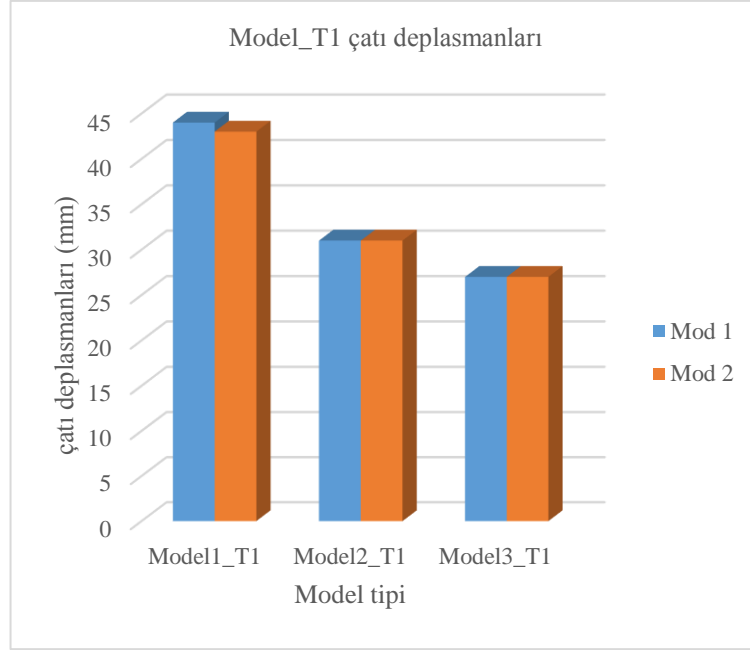


Şekil 4.14. Model3 'lerin çatı deplasman karşılaştırması

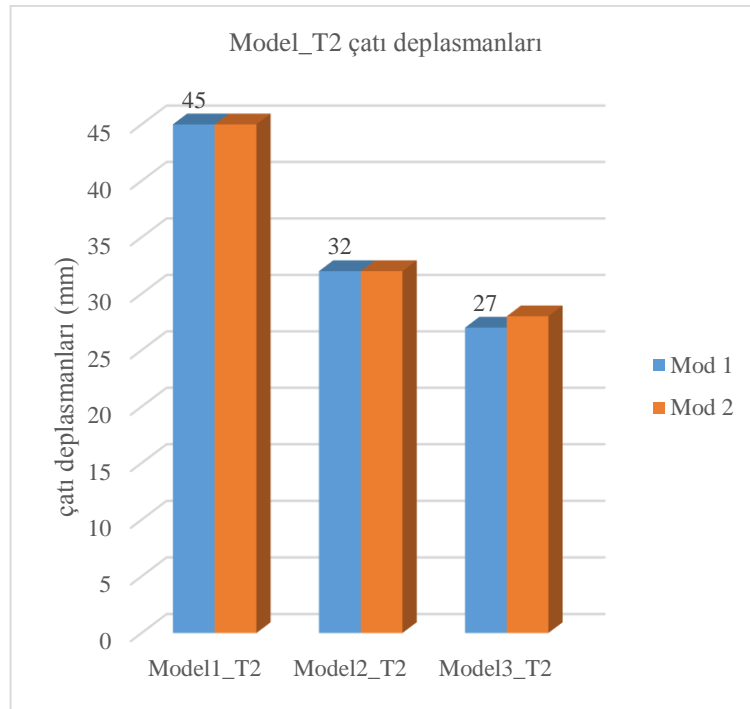
Model3\_ref, ve Model3\_T1 çatı deplasmanı Şekil 4.14.'te gösterildiği gibi hem X (mod 1) hem de Y (mod 2) yönünde aynıdır. T şeklinin arttığında, çatı yer değiştirmesinin Model3\_ref'den Model3\_T3'e yükseldiği de açıkça görülmektedir.



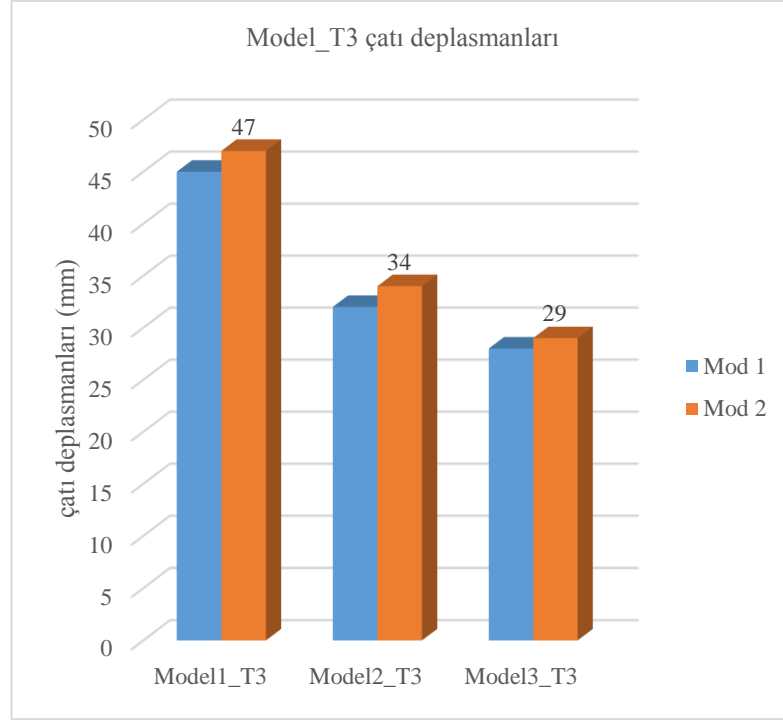
Şekil 4.15. T 2 tipi yapı modellerinin çatı deplasmanlarının karşılaştırılması



Şekil 4.16. T 1 tipi yapı modellerinin çatı deplasmanlarının karşılaştırılması



Şekil 4.17. T 2 tipi yapı modellerinin çatı deplasmanlarının karşılaştırılması



Şekil 4.18. T 3 tipi yapı modellerinin çatı deplasmanlarının karşılaştırılması

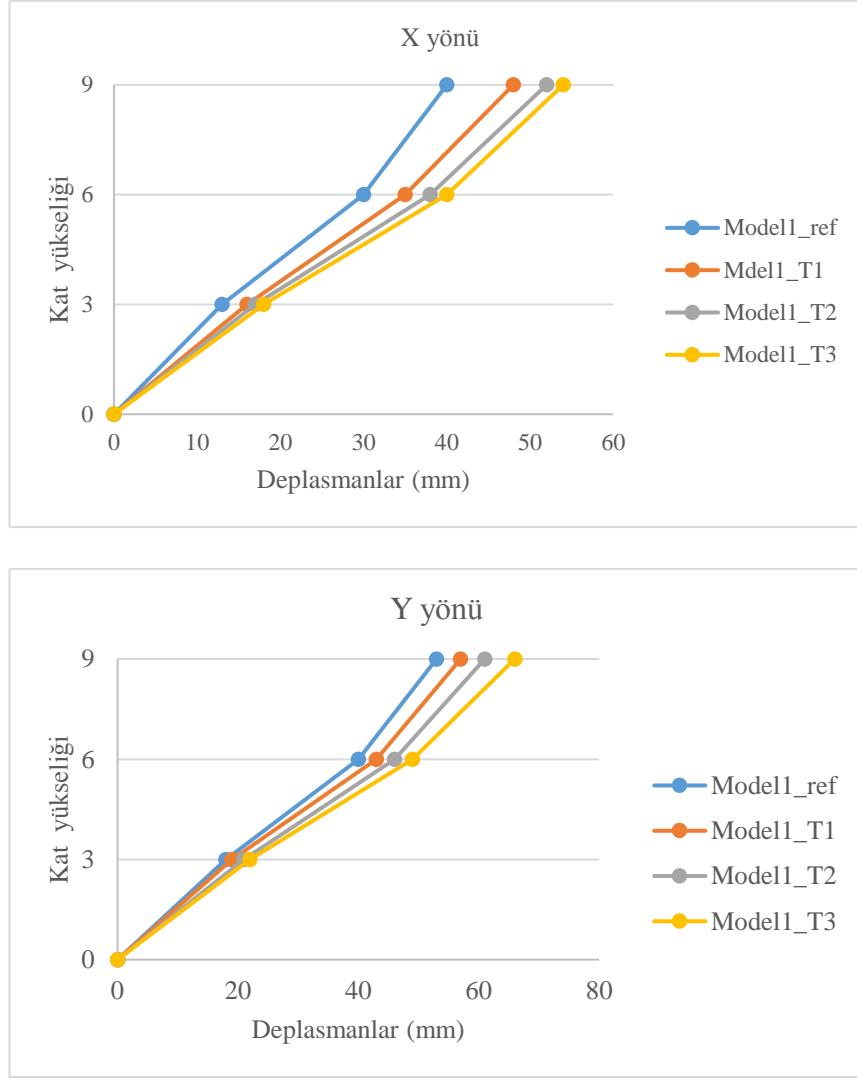
Şekil 4.15-18.'de gösterildiği gibi aynı kategorilere giren tüm modelleri karşılaştırmak söz konusu olduğunda, kat sayısı arttıkça çatı yer değiştirmesinin azaldığı gözlenebilir.

#### 4.4. Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması

Burulma modu olan tüm tasarlanan modellerin üçüncü modu göz önünde bulundurularak, X ve Y yönündeki her bir kat yer değiştirmesi Tablo 4.9., Tablo 4.10., Tablo 4.11., ve Şekil 4.19., Şekil 4.20., Şekil 4.21.'de gösterildiği gibi hesaplanabilir.

Tablo 4.9. Model1 katların deplasmanları

	Model1_ref		Model1_T1		Model1_T2		Model1_T3	
	X yönünde (mm)	Y yönünde (mm)	X yönünde (mm)	Y yönünde (mm)	X yönünde (mm)	Y yönünde (mm)	X yönünde (mm)	Y yönünde (mm)
Kat 3	40	53	48	57	52	61	54	66
Kat 2	30	40	35	43	38	46	40	49
Kat 1	13	18	16	19	17	21	18	22

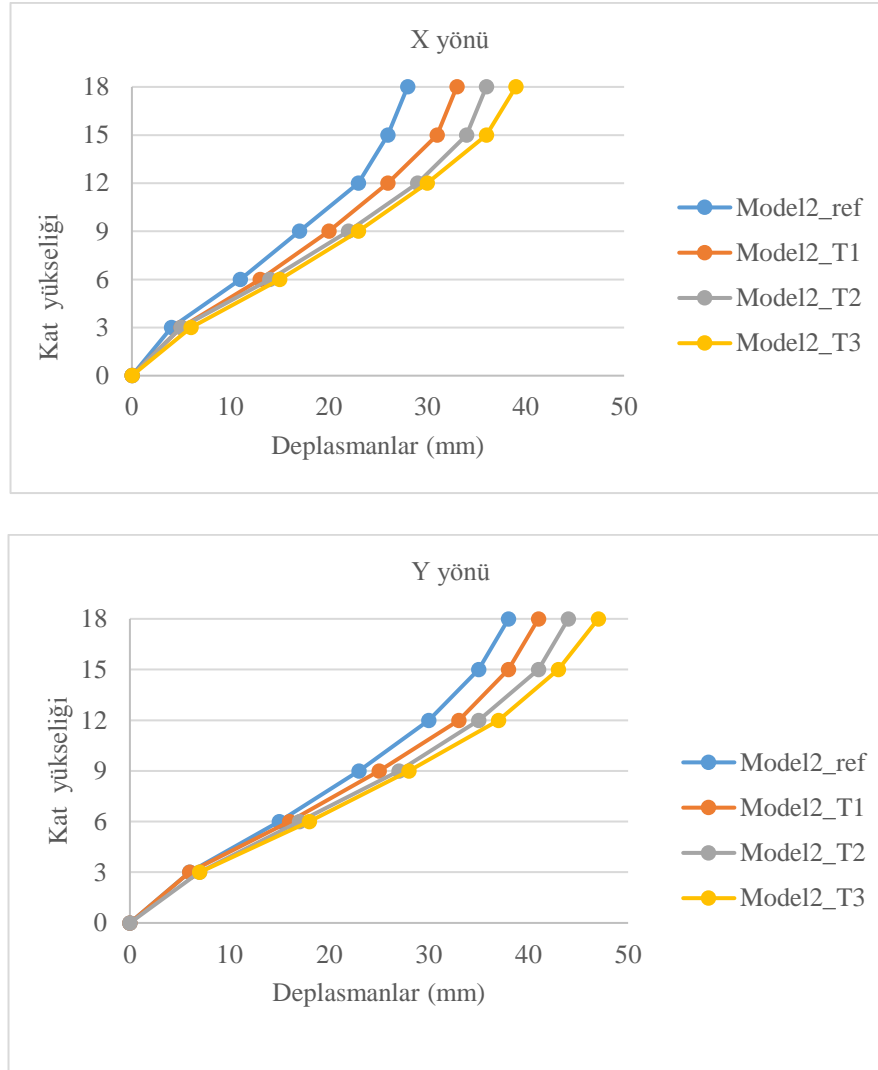


Şekil 4.19. X ve Y yönünde Model1 kat deplasmanlarının karşılaştırılması

Her bir kat için, model1\_ref'in yer değiştirmesi, diğer modellerin yer değiştirmelerine kıyasla küçüktür ve bu, hem X hem de Y yönünde uygulanır.

Tablo 4.10. Model2 katların deplasmanları

	Model2_ref		Model2_T1		Model2_T2		Model2_T3	
	X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)
Kat 6	28	38	33	41	36	44	39	47
Kat 5	26	35	31	38	34	41	36	43
Kat 4	23	30	26	33	29	35	30	37
Kat 3	17	23	20	25	22	27	23	28
Kat 2	11	15	13	16	14	17	15	18
Kat 1	4	6	5	6	5	7	6	7



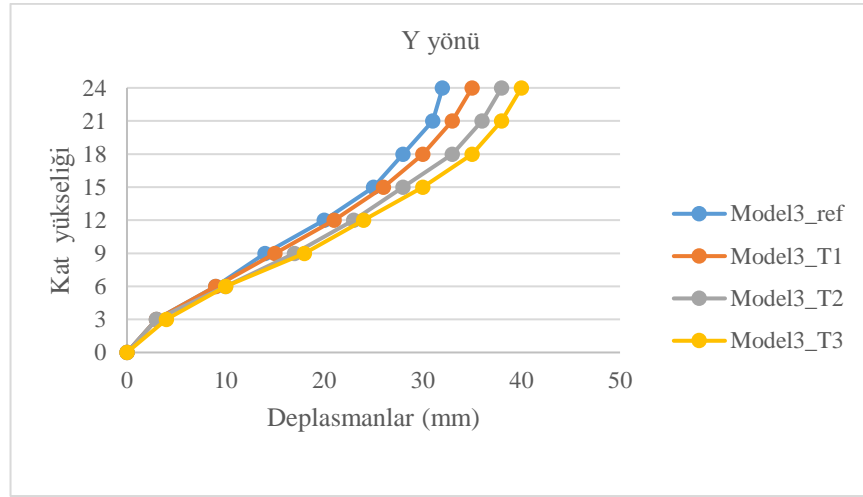
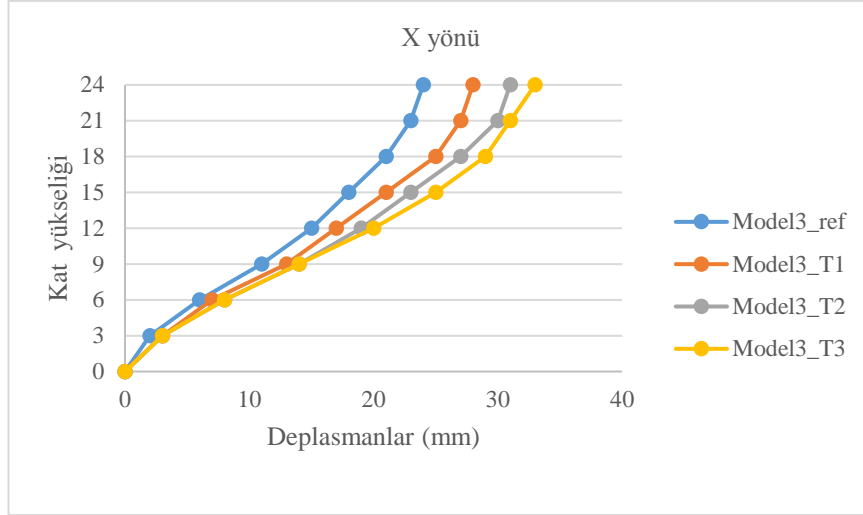
Şekil 4.20. X ve Y yönünde Model2 kat deplasmanlarının karşılaştırılması

Her bir kat için, model2\_ref'in yer değiştirmesi, diğer modellerin yer değiştirmelerine kıyasla küçüktür ve bu, hem X hem de Y yönünde uygulanır.

Tablo 4.11. Model3 katların deplasmanları

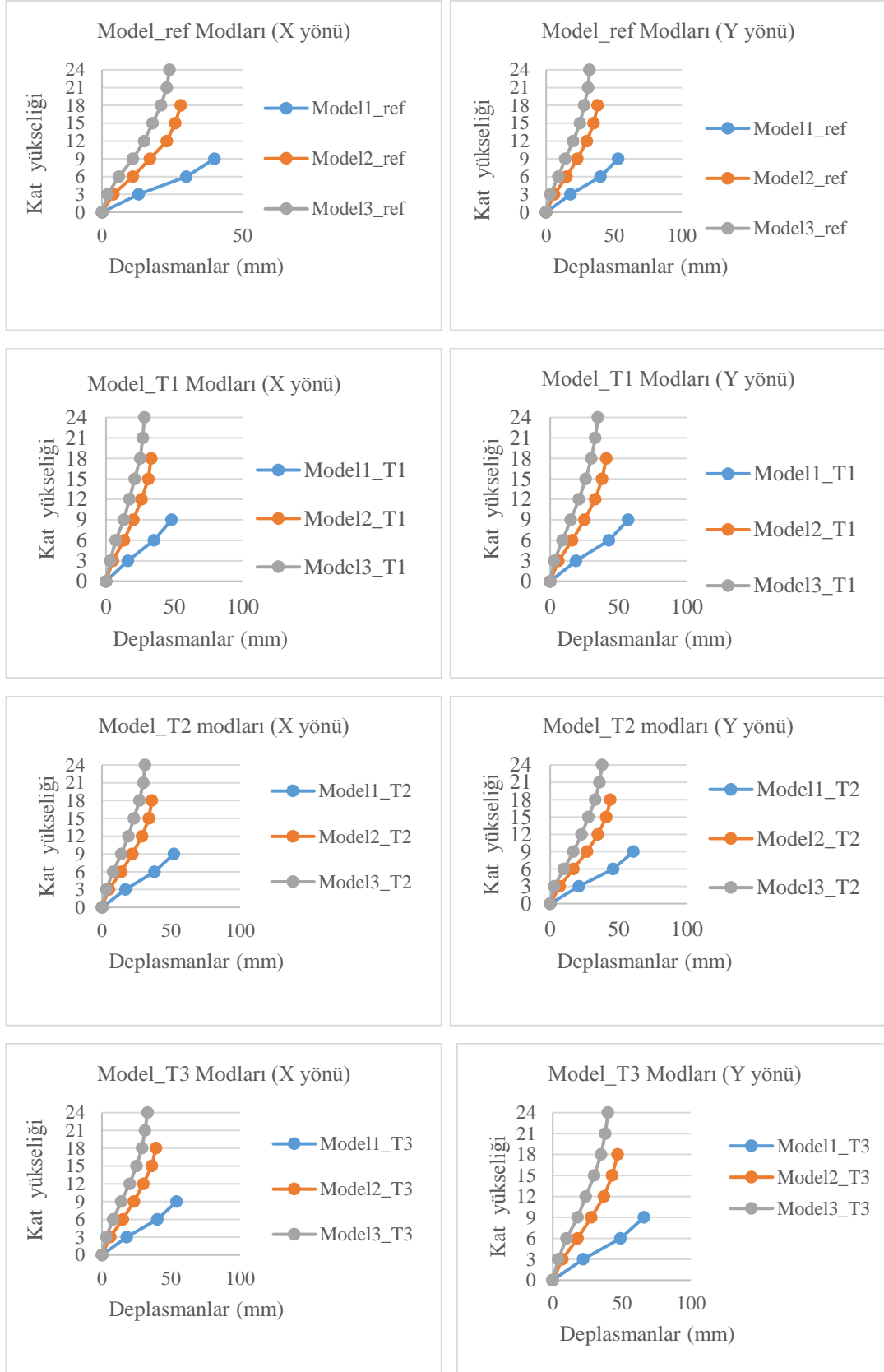
	Model2_ref		Model2_T1		Model2_T2		Model2_T3	
	X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)
Kat 8	0.024	32	28	35	31	38	33	40
Kat 7	0.023	31	27	33	30	36	31	38
Kat 6	0.021	28	25	30	27	33	29	35
Kat 5	0.018	25	21	26	23	28	25	30
Kat 4	0.015	20	17	21	19	23	20	24
Kat 3	0.011	14	13	15	14	17	14	18
Kat 2	0.006	9	7	9	8	10	8	10
Kat 1	0.002	3	3	3	3	3	3	4





Şekil 4.21. X ve Y yönünde Model3 kat deplasmanlarının karşılaştırılması

Her bir kat için, model 3\_ref'in yer değiştirmesi, diğer modellerin yer değiştirmelerine kıyasla küçüktür ve bu, hem X hem de Y yönünde uygulanır.



Şekil 4.22. Model\_ref, Model\_T1, model\_T2 ve model\_T3 'ün katların deplasman karşılaştırması

Şekil 4.22.'de gösterildiği gibi aynı kategorilere giren tüm modelleri karşılaştırmak söz konusu olduğunda, kat sayısı arttıkça kat yer değiştirmesinin azaldığı gözlenebilir.

Bu sonuçlara göre, az katlı binalar, performansa dayalı analiz yöntemleri kullanıldığında, elastik analiz yöntemlerine göre daha ekonomik boyutlarda olabileceği görülmüştür. Eşdeğer deprem yükü hesaplamasında, kat adediyle ters orantılı olarak belirlenecek bir azaltım katsayısı ile az katlı binaların hem yeterli derecede güvenli hem de daha ekonomik olması mümkündür.

Sonuç olarak görülmektedir ki, lineer olmayan yaklaşımlarla yapılan analizler, yapıların deprem etkileri altındaki gerçek davranışını (göçme mekanizması, şekil ve yerdeğiştirmeler gibi) yorumlamamızın yanında, daha ekonomik tasarımlar yapmaya olanak sağlar. Gelecekte bu yöntemlerin, mevcut yapıların performansını değerlendirmenin yanında, yeni yapıların tasarımında da yaygınlıkla kullanılacağı beklenmektedir. Buna göre de yönetmelikler geliştirilecektir. Yeni yönetmeliklerin geliştirilmesinde ise, hasar sınırlarının beton ve çelikte oluşacak birim şekildeğiştirmeye değil, doğrudan kesitlerde oluşacak plastik dönmelere bağlı olarak (FEMA 356'da olduğu gibi) belirlenmesi tavsiye edilebilir. Böylelikle analizler daha pratik ve kontrollü yapılabilir.

01.01.2019 tarihinde yürürlüğe girecek olan "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019'de; şekil değiştirmeye göre tasarım, performansa göre tasarım konuları ayrıntılı olarak değerlendirmeye sunulmuştur. Bazı yapı modellerinin tasarım ve modellenmesinde performansa göre tasarım şartı konulmuştur.

## KAYNAKLAR

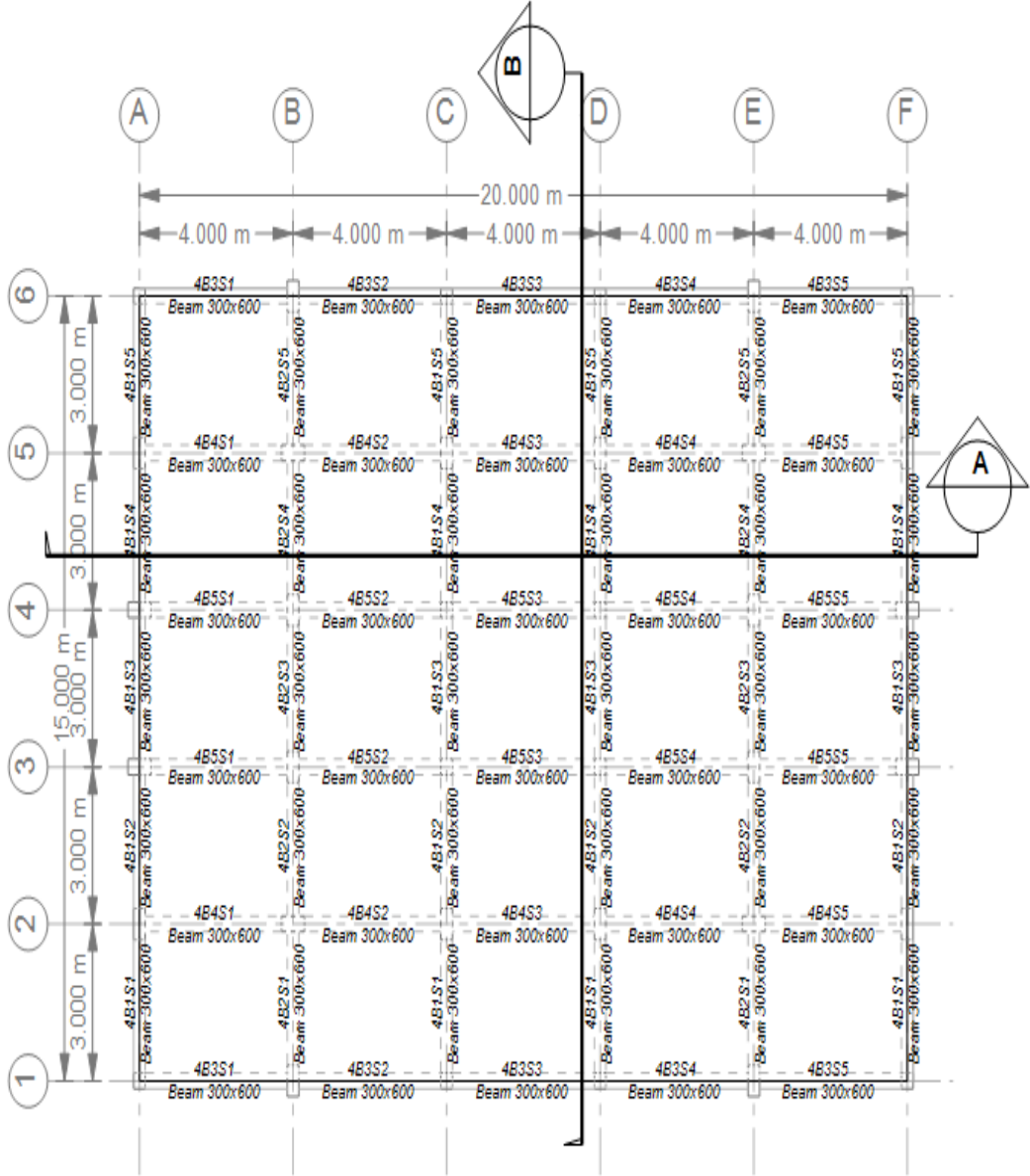
- [1] V. Gioncu, F. M., Mazzolani., Earthquakes Engineering For Structure Design, New York: Spon Press, 2011.
- [2] Akgul, B., Comparison of Linear and Nonlinear Methods for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings in the Turkish Earthquake Code 2007, Bogazici University, 2007.
- [3] X. Zou., Optimal Seismic Performance-Based Design of Reinforced Concrete Buildings, Hong Kong: Hong Kong University of Science and Technology. PhD thesis, 2002.
- [4] TBMM, "Deprem Riskinin Araştırılarak Deprem Yönetiminde Alınması Gereken Önlemlerin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan Meclis Araştırması Komisyonu Raporu," 2010.
- [5] F. P, "A nonlinear analysis method for performance-based seismic design," *Earthquake spectra*, no. 16.3, pp. 573-592, 2000.
- [6] Hosseini M., Y. V., "Design Verification of an Existing 8-Story Irregular Steel Building by 3-D Dynamic and Push-over Analyses," in *The 12th World Conference on Earthquake Engineering (12WCEE)*, New Zealand, 2000.
- [7] Yılmaz, C., Statik itme analiziyle mevcut bir betonarme yapının performans değerlendirmesi, İstanbul : İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tez, 2008.
- [8] M. B. S. K. E. D. K. T. L. A. Genes, "Konut tipi çok katli betonarme yapıların hasar görülebilirliğinin aletsel ve sayısal dataların birleştirilmesine ve statik itme," in *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 11-14 Ekim*, Ankara, 2011.
- [9] Masi, A., Manfredi, V., Digrisolo, A., "Seismic assessment of RC existing irregular buildings," in *15 WCEE*, İtaly, 2012.
- [10] Şahin, H., Mevcut bir betonarme yapının artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile performansının değerlendirilmesi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans tez, 2014.

- [11] Dedeoğlu, F., Betonarme binanın doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi ile performans analizi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014.
- [12] Mankar, M., "Understanding Behaviour of T shaped Building under Seismic loading," *Journal of Mechanical and Civil Engineering*, vol. XXIV, no. 2 , pp. 01-05, 2017.
- [13] T. B. Initiative, "Guidelines for Performance-Based Seismic Design of Tall Buildings," Pacific Earthquake Engineering Research Center, Los Angels, 2010.
- [14] Krawinker, Seneviratna, "Pros and Cons of a Pushover Analysis of Seismic Performance Evaluation," *Journal of Engineering Structures*, 1998.
- [15] Celep Z, G. M., "Deprem Yönetmeliği (2007) de Doğrusal Olmayan zmleme Yntemlerine Basit rnekler," İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2008.
- [16] FEMA and NEHRP, "Pre-standard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA-356)," *American Society of Civil Engineers (ASCE): Reston VA*, 2000.
- [17] ATC, "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings (ATC-40)," *Applied Technology Council: Redwood City, CA*, 1997.
- [18] "Kıyı Ve Liman Yapıları, Demiryolları, Hava Meydanları İnşaatlarına İlişkin Deprem Teknik Esasları," *Gazete, Resmî No.:27092*, 2008.
- [19] Oral, K., Statik itme analizi kullanılarak mevcut bir betonarme yapının incelenmesi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Yüksek lisans Tez, 2005.
- [20] Buğday, D., Permansa dayalı tasarım ilkeleri ile betonarme çerçeve yapılar için pratik hasar tahmin yöntemi, İstanbul: İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tez, 2014.
- [21] Chopra, Goel, "A modal pushover analysis procedure to estimate seismic demands for buildings theory and preliminary evaluation," *Pacific earthquake engineering research center*, 2001, California.
- [22] DBYBHY, "Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik," Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.
- [23] Celep, Z., "Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve zmleme – Deprem Yönetmeliği (2007) Kavramları," Beta, İstanbul, 2006.

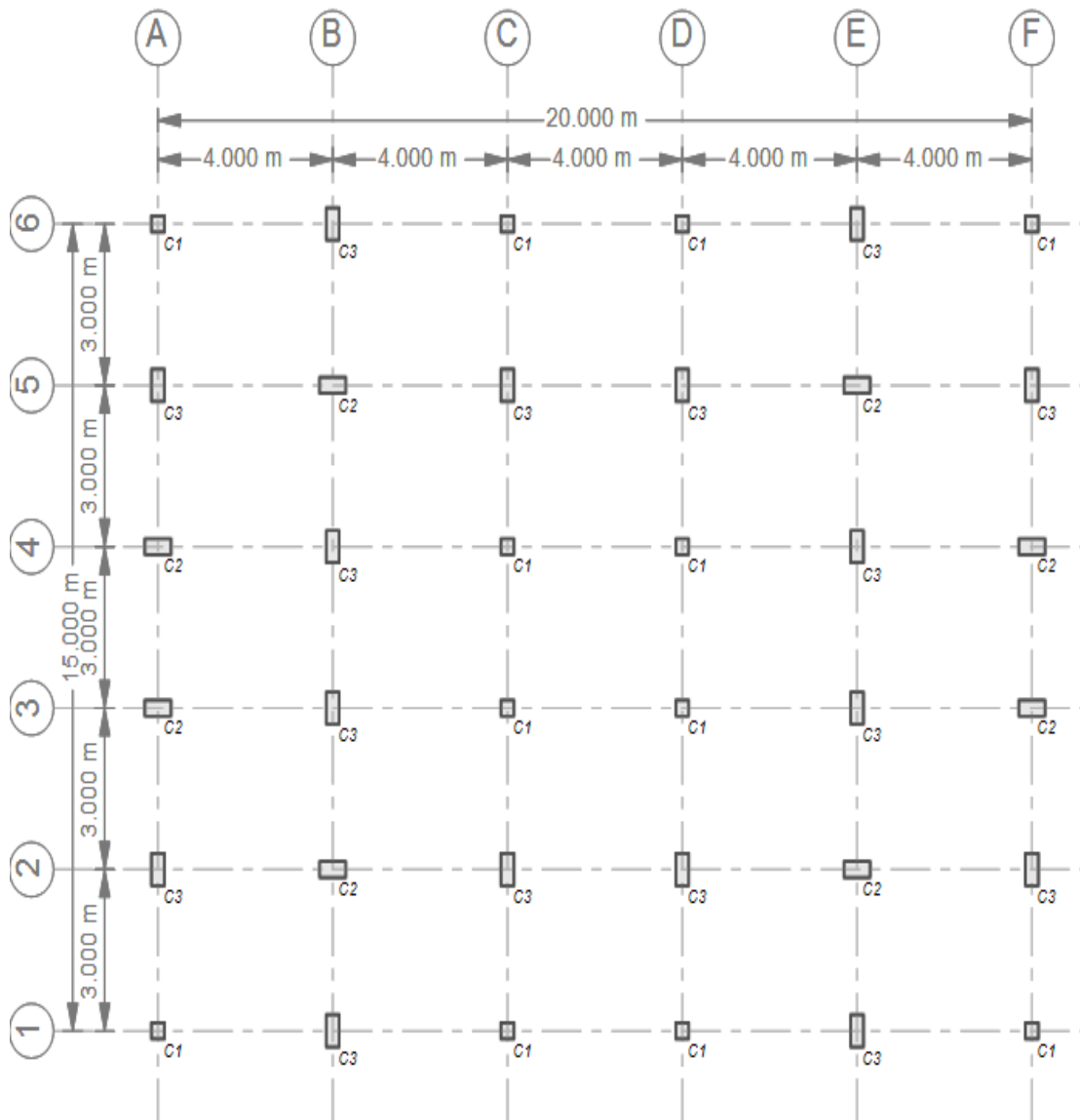
- [24] Aydemir, M. E. A. Cem., "Betonarme Kirişlerin Hasar Sınırlarının Deneysel," *İMO Teknik Dergi*, vol. 486, pp. 8023-8049, 2017.
- [25] Celep, Z., "Betonarme Yapılar," Beta, İstanbul, 2013.
- [26] TS 500, "Betonarme yapıların hesap ve tasarım kuralları," Türk Standartları, Ankara, 2000.
- [27] Etabs Manuals, "Computers and Structures Inc," CSI, Berkeley, California, 2004.
- [28] Antoniou, Pinho, "Advantages and limitations of adaptative and non adaptative force based pushover procedure," *Journal of earthquake engineering*, 2004.
- [29] Celep, Z., "Betonarme Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış: Plastik Mafsal Kabulü Ve Çözümleme, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı," İstanbul, 16-20 Ekim 2007.

## EKLER

### EK A:



Şekil A.1. Model1\_ref üçüncü kat kalıp planı (kirişler)



Şekil A.2. Model1\_ref kat kalıp planı (kolonlar)

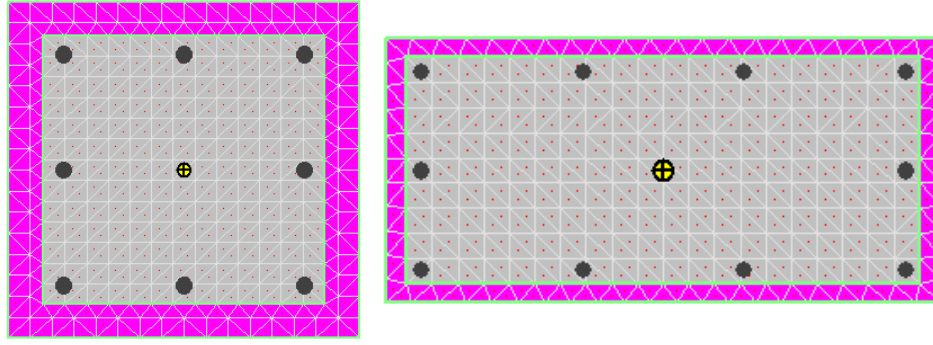


Tablo A.1. Model1\_ref kolon çelik donatısı miktarları

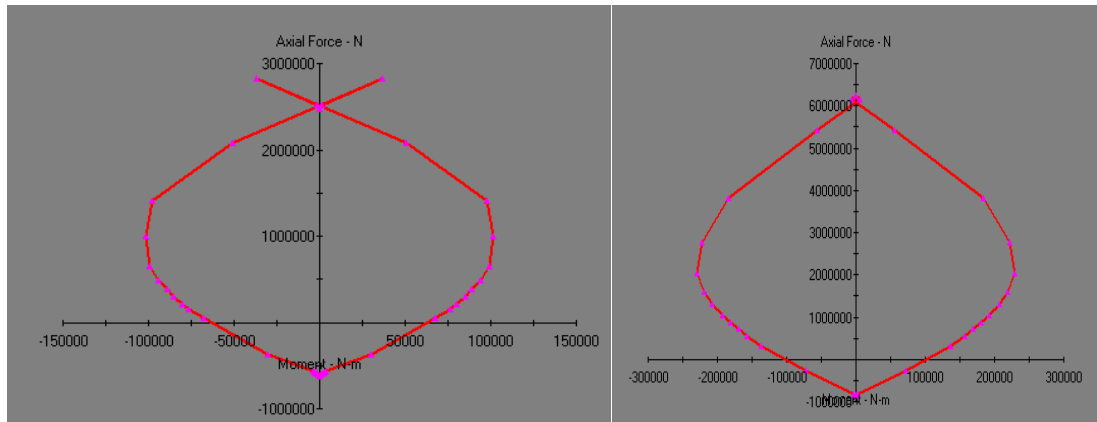
	C1			C2			C3		
	COLUMN SIZE	SECTION	REINFORCING	COLUMN SIZE	SECTION	REINFORCING	COLUMN SIZE	SECTION	REINFORCING
			TIES ZONE-A TIES ZONE-B TIES ZONE-C			TIES ZONE-A TIES ZONE-B TIES ZONE-C			TIES ZONE-A TIES ZONE-B TIES ZONE-C
Story3									
Story2			8-14 (900.00)			10-16 (1.800.00)			10-16 (1.800.00)
Story1	500 MMx300 MM	A	10 @100 MM 10 @100 MM 10 @100 MM	500 MMx500 MM	B	10 @100 MM 10 @100 MM 10 @100 MM	500 MMx300 MM	C	10 @100 MM 10 @100 MM 10 @100 MM
Base			8-14 (900.00)			10-16 (1.800.00)			10-16 (1.800.00)

Tablo A.2. Model1\_ref üçüncü kat kirişleri donatı çapları ve adetleri

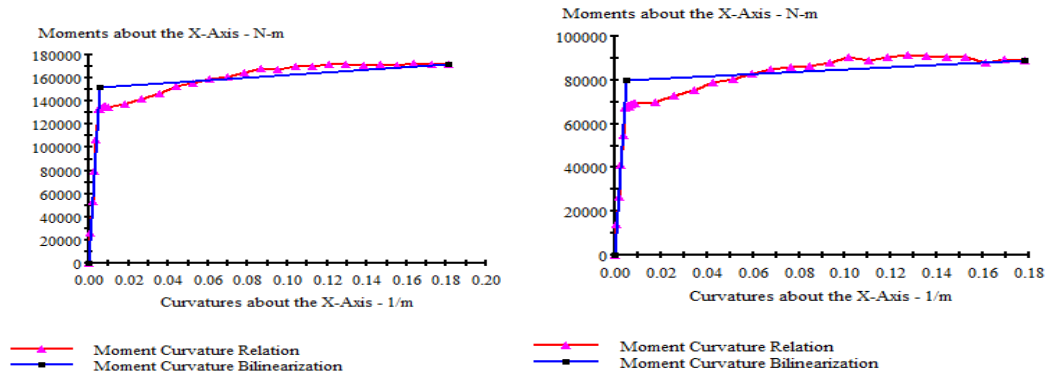
Beam ID	Span No	Span length (m)	Left		Right	
			Up	Down	Up	Down
4B1	1	2.55	2Φ14	4Φ14	2Φ14	4Φ14
	2	2.55	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14
	3	2.7	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14
	4	2.55	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14
	5	2.55	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14
4B2	1	2.55	2Φ14	4Φ14	2Φ14	4Φ14
	2	2.55	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14
	3	2.4	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14
	4	2.55	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14
	5	2.55	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14
4B3	1	3.7	2Φ14	4Φ14	2Φ14	4Φ14
	2	3.7	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14
	3	3.7	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14
	4	3.7	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14
	5	3.7	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14
4B4	1	3.55	2Φ14	4Φ14	2Φ14	4Φ14
	2	3.55	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14
	3	3.7	2Φ14 + 2Φ16	4Φ14	2Φ14 + 2Φ16	4Φ14
	4	3.55	2Φ14 + 2Φ16	4Φ14	2Φ14 + 2Φ16	4Φ14
	5	3.55	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14
4B5	1	3.55	2Φ14	4Φ14	2Φ14	4Φ14
	2	3.7	2Φ14 + 2Φ16	4Φ14	2Φ14 + 2Φ16	4Φ14
	3	3.7	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14
	4	3.7	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14	2Φ14 + 1Φ16	4Φ14
	5	3.55	2Φ14 + 2Φ16	4Φ14	2Φ14 + 2Φ16	4Φ14



Şekil A.3. Model1\_ref C1 (8Φ14) ve C2 (10Φ16) kolon



Şekil A.4. Kolon C1 (30x30 8φ14) ve C2 (30x60 10φ16) xtract programında elde edilen akma yüzeyi (90°)



Şekil A.5. Kiriş 4B1S1 xtract programından elde edilen moment - eğrilik bağıntısı

Tablo A.3. Model1\_ref C1 (30x30 8φ14) kolona ait hasar sınırları

MN		GV		GÇ	
Dönmeler (1/m)	Eksenel kuvvetleri (N)	Dönmeler (1/m)	Eksenel kuvvetleri (N)	Dönmeler (1/m)	Eksenel kuvvetleri (N)
0	3.12E+06	0	2.47E+06	0	2.38E+06
4.70E-03	3.07E+06	1.86E-02	2.52E+06	2.71E-02	2.46E+06
9.39E-03	2.71E+06	3.72E-02	2.79E+06	5.43E-02	2.75E+06
1.41E-02	1.92E+06	5.58E-02	2.07E+06	8.14E-02	1.73E+06
1.88E-02	1.35E+06	7.44E-02	1.40E+06	0.1085	1.28E+06
2.35E-02	9.75E+05	9.30E-02	9.84E+05	0.1357	7.89E+05
2.82E-02	7.68E+05	0.1117	6.41E+05	0.1628	5.51E+05
3.29E-02	6.09E+05	0.1303	4.86E+05	0.1899	4.20E+05
3.76E-02	4.68E+05	0.1489	3.76E+05	0.217	3.04E+05
4.23E-02	3.72E+05	0.1675	2.95E+05	0.2442	2.14E+05
4.70E-02	3.00E+05	0.1861	2.08E+05	0.2713	1.35E+05
5.17E-02	2.36E+05	0.2047	1.47E+05	0.2984	1.01E+05
5.24E-02	1.03E+05	0.2078	3.93E+04	0.3029	-2.74E+04
4.59E-02	-2.19E+05	0.1818	-3.98E+05	0.265	-4.80E+05
3.93E-02	-5.02E+05	0.1558	-5.69E+05	0.2272	-6.00E+05
3.28E-02	-5.20E+05	0.1299	-5.79E+05	0.1893	-6.12E+05
2.62E-02	-5.20E+05	0.1039	-5.88E+05	0.1515	-6.24E+05
1.97E-02	-5.20E+05	7.79E-02	-5.96E+05	0.1136	-6.34E+05
1.31E-02	-5.21E+05	5.19E-02	-6.04E+05	7.57E-02	-6.42E+05
6.55E-03	-5.22E+05	2.60E-02	-6.11E+05	3.79E-02	-6.50E+05
0	-5.25E+05	6.74E-17	-6.18E+05	0	-6.56E+05
-6.55E-03	-5.22E+05	-2.60E-02	-6.11E+05	-3.79E-02	-6.50E+05
-1.31E-02	-5.21E+05	-5.19E-02	-6.04E+05	-7.57E-02	-6.42E+05
-1.97E-02	-5.20E+05	-7.79E-02	-5.96E+05	-0.1136	-6.34E+05
-2.62E-02	-5.20E+05	-0.1039	-5.88E+05	-0.1515	-6.24E+05
-3.28E-02	-5.20E+05	-0.1299	-5.79E+05	-0.1893	-6.12E+05
-3.93E-02	-5.02E+05	-0.1558	-5.69E+05	-0.2272	-6.00E+05
-4.59E-02	-2.19E+05	-0.1818	-3.98E+05	-0.265	-4.80E+05
-5.24E-02	1.03E+05	-0.2078	3.93E+04	-0.3029	-2.74E+04
-5.17E-02	2.36E+05	-0.2047	1.47E+05	-0.2984	1.01E+05
-4.70E-02	3.00E+05	-0.1861	2.08E+05	-0.2713	1.35E+05
-4.23E-02	3.72E+05	-0.1675	2.95E+05	-0.2442	2.14E+05
-3.76E-02	4.68E+05	-0.1489	3.76E+05	-0.217	3.04E+05
-3.29E-02	6.09E+05	-0.1303	4.86E+05	-0.1899	4.20E+05
-2.82E-02	7.68E+05	-0.1117	6.41E+05	-0.1628	5.51E+05
-2.35E-02	9.75E+05	-9.30E-02	9.84E+05	-0.1357	7.89E+05
-1.88E-02	1.35E+06	-7.44E-02	1.40E+06	-0.1085	1.28E+06
-1.41E-02	1.92E+06	-5.58E-02	2.07E+06	-8.14E-02	1.73E+06
-9.39E-03	2.71E+06	-3.72E-02	2.79E+06	-5.43E-02	2.75E+06
-4.70E-03	3.07E+06	-1.86E-02	2.52E+06	-2.71E-02	2.46E+06
0	3.12E+06	0	2.47E+06	0	2.38E+06

Tablo A.4. Model1\_ref X+,X-, Y+ ve Y- yönü analiz sonucunda ikinci kat kolonlarının ait eksenel yüke ve plastik dönmeyle ilgili hasar sınırları

Story	Load Case/Combo	Assigned Hinged	Generated Hinge	Absolute Distance (m)	P (kN)	M3 (kNm)	R3 Plastic	hinge length (m)	curv3
Story2	Push X+ Max	col	C1H3	0	-31.9	51.4	0.00176	0.39	0.00455
Story2	Push X+ Max	col	C1H4	3	-25.6	7.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C1H3	0	-102.2	-4.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C1H4	3	-95.8	7.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C1H3	0	-102.2	-5.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C1H4	3	-95.8	64.1	0.00166	0.39	0.00428
Story2	Push Y- Max	col	C1H3	0	4.7	-2.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C1H4	3	11.0	8.3	0.00043	0.39	0.00111
Story2	Push X+ Max	col	C2H3	0	-177.4	68.5	0.00202	0.39	0.00520
Story2	Push X+ Max	col	C2H4	3	-171.1	0.9	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C2H3	0	-177.4	-0.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C2H4	3	-171.1	2.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C2H3	0	-157.6	-0.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C2H4	3	-151.2	65.7	0.00513	0.39	0.01323
Story2	Push Y- Max	col	C2H3	0	-72.6	0.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C2H4	3	-66.3	0.9	0.00004	0.39	0.00010
Story2	Push X+ Max	col	C3H3	0	-163.5	65.4	0.00246	0.39	0.00635
Story2	Push X+ Max	col	C3H4	3	-157.1	-1.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C3H3	0	-177.4	2.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C3H4	3	-171.1	-1.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C3H3	0	-177.4	0.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C3H4	3	-171.1	68.6	0.00512	0.39	0.01320
Story2	Push Y- Max	col	C3H3	0	-72.6	0.8	0.00004	0.39	0.00009
Story2	Push Y- Max	col	C3H4	3	-66.2	0.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C4H3	0	-102.6	36.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C4H4	3	-96.2	-8.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C4H3	0	-102.6	6.1	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C4H4	3	-96.2	-6.5	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C4H3	0	-30.3	6.1	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C4H4	3	-23.9	52.0	0.00384	0.39	0.00991
Story2	Push Y- Max	col	C4H3	0	4.3	6.4	0.00029	0.39	0.00076
Story2	Push Y- Max	col	C4H4	3	10.6	0.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C5H3	0	-31.8	51.3	0.00177	0.39	0.00455

Tablo A.4. (Devami)

Story2	Push X+ Max	col	C5H4	3	-25.4	7.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C5H3	0	-8.9	-2.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C5H4	3	-2.5	8.2	0.00043	0.39	0.00110
Story2	Push X- Max	col	C5H3	0	-101.8	-5.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C5H4	3	-95.5	64.1	0.00166	0.39	0.00428
Story2	Push Y- Max	col	C5H3	0	-101.8	-4.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C5H4	3	-95.5	7.7	0.00014	0.39	0.00036
Story2	Push X+ Max	col	C6H3	0	-177.6	68.5	0.00201	0.39	0.00518
Story2	Push X+ Max	col	C6H4	3	-171.2	0.9	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C6H3	0	-88.8	-0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C6H4	3	-82.4	0.9	0.00005	0.39	0.00013
Story2	Push X- Max	col	C6H3	0	-157.8	-0.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C6H4	3	-151.4	65.7	0.00513	0.39	0.01322
Story2	Push Y- Max	col	C6H3	0	-177.6	-0.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C6H4	3	-171.2	2.5	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C7H3	0	-163.5	65.3	0.00247	0.39	0.00636
Story2	Push X+ Max	col	C7H4	3	-157.2	-1.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C7H3	0	-88.8	0.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C7H4	3	-82.4	0.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C7H3	0	-177.6	0.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C7H4	3	-171.2	68.6	0.00512	0.39	0.01319
Story2	Push Y- Max	col	C7H3	0	-177.6	1.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C7H4	3	-171.2	-1.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C8H3	0	-102.2	36.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C8H4	3	-95.9	-8.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C8H3	0	-9.3	6.3	0.00023	0.39	0.00060
Story2	Push Y+ Max	col	C8H4	3	-3.0	0.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C8H3	0	-30.0	6.1	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C8H4	3	-23.7	52.0	0.00385	0.39	0.00992
Story2	Push Y- Max	col	C8H3	0	-102.2	6.1	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C8H4	3	-95.9	-4.5	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C9H3	0	-282.5	79.6	0.00054	0.39	0.00140

Tablo A.4. (Devami)

Dddry2	Push X+ Max	col	C9H4	3	-276.2	1.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C9H3	0	-262.6	0.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C9H4	3	-256.3	1.8	0.00011	0.39	0.00027
Story2	Push X- Max	col	C9H3	0	-275.7	-1.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C9H4	3	-269.4	77.6	0.00469	0.39	0.01210
Story2	Push Y- Max	col	C9H3	0	-282.5	-0.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C9H4	3	-276.2	2.9	0.00019	0.39	0.00050
Story2	Push X+ Max	col	C10H3	0	-277.0	76.2	0.00092	0.39	0.00238
Story2	Push X+ Max	col	C10H4	3	-270.6	-1.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C10H3	0	-262.7	1.0	0.00005	0.39	0.00012
Story2	Push Y+ Max	col	C10H4	3	-256.4	0.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C10H3	0	-282.6	1.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C10H4	3	-276.2	80.5	0.00453	0.39	0.01167
Story2	Push Y- Max	col	C10H3	0	-282.6	1.8	0.00000	0.39	0.00001
Story2	Push Y- Max	col	C10H4	3	-276.2	0.4	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C11H3	0	-282.1	79.6	0.00054	0.39	0.00139
Story2	Push X+ Max	col	C11H4	3	-275.7	1.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C11H3	0	-282.1	-0.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C11H4	3	-275.7	2.8	0.00019	0.39	0.00049
Story2	Push X- Max	col	C11H3	0	-275.3	-1.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C11H4	3	-268.9	77.5	0.00469	0.39	0.01210
Story2	Push Y- Max	col	C11H3	0	-250.0	-0.1	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C11H4	3	-243.7	1.8	0.00007	0.39	0.00018
Story2	Push X+ Max	col	C12H3	0	-276.5	76.8	0.00087	0.39	0.00224
Story2	Push X+ Max	col	C12H4	3	-270.2	-1.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C12H3	0	-282.2	1.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C12H4	3	-275.8	0.4	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C12H3	0	-282.2	1.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C12H4	3	-275.8	80.5	0.00453	0.39	0.01167
Story2	Push Y- Max	col	C12H3	0	-250.2	1.0	0.00002	0.39	0.00006
Story2	Push Y- Max	col	C12H4	3	-243.9	0.1	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C13H3	0	-296.6	131.9	0.00000	0.39	0.00000

Tablo A.4. (Devami)

Story2	Push X+ Max	col	C13H4	3	-283.9	0.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C13H3	0	-312.0	2.9	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C13H4	3	-299.3	0.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C13H3	0	-287.4	0.4	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C13H4	3	-274.7	268.1	0.00131	0.39	0.00338
Story2	Push Y- Max	col	C13H3	0	-311.4	2.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C13H4	3	-298.7	0.9	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C14H3	0	-281.7	131.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C14H4	3	-269.0	-0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C14H3	0	-311.8	-0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C14H4	3	-299.1	3.0	0.00000	0.39	0.00001
Story2	Push X- Max	col	C14H3	0	-308.0	-0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C14H4	3	-295.3	273.5	0.00124	0.39	0.00320
Story2	Push Y- Max	col	C14H3	0	-311.2	-0.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C14H4	3	-298.5	2.9	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C15H3	0	-90.2	108.9	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C15H4	3	-77.5	16.9	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C15H3	0	-176.5	-11.9	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C15H4	3	-163.8	17.4	0.00021	0.39	0.00054
Story2	Push X- Max	col	C15H3	0	-196.4	-13.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C15H4	3	-183.7	260.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C15H3	0	-196.4	-9.5	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C15H4	3	-183.7	16.9	0.00017	0.39	0.00044
Story2	Push X+ Max	col	C16H3	0	-196.3	54.9	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C16H4	3	-183.5	-16.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C16H3	0	-176.3	20.0	0.00002	0.39	0.00006
Story2	Push Y+ Max	col	C16H4	3	-163.6	-2.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C16H3	0	-88.0	14.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C16H4	3	-75.3	219.3	0.00127	0.39	0.00327
Story2	Push Y- Max	col	C16H3	0	-196.3	20.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C16H4	3	-183.5	-4.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C17H3	0	-90.3	108.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C17H4	3	-77.6	16.9	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C17H3	0	-196.6	-9.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C17H4	3	-183.9	16.9	0.00016	0.39	0.00042



Tablo A.4. (Devami)

Story2	Push X- Max	col	C17H3	0	-196.6	-13.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C17H4	3	-183.9	260.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C17H3	0	-163.7	-12.4	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C17H4	3	-151.0	17.7	0.00023	0.39	0.00059
Story2	Push X+ Max	col	C18H3	0	-196.4	54.9	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C18H4	3	-183.7	-16.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C18H3	0	-196.4	18.4	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C18H4	3	-183.7	-4.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C18H3	0	-88.1	14.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C18H4	3	-75.4	220.7	0.00125	0.39	0.00323
Story2	Push Y- Max	col	C18H3	0	-163.5	20.4	0.00008	0.39	0.00020
Story2	Push Y- Max	col	C18H4	3	-150.8	-0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C19H3	0	-296.7	131.9	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C19H4	3	-284.0	0.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C19H3	0	-312.2	2.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C19H4	3	-299.5	0.9	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C19H3	0	-287.5	0.4	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C19H4	3	-274.7	268.1	0.00131	0.39	0.00338
Story2	Push Y- Max	col	C19H3	0	-309.2	3.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C19H4	3	-296.5	0.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C20H3	0	-281.9	131.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C20H4	3	-269.2	-0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C20H3	0	-312.0	-0.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C20H4	3	-299.3	2.5	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C20H3	0	-307.9	-0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C20H4	3	-295.2	273.5	0.00124	0.39	0.00319
Story2	Push Y- Max	col	C20H3	0	-309.1	-0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C20H4	3	-296.4	3.5	0.00001	0.39	0.00002
Story2	Push X+ Max	col	C21H3	0	-112.8	67.4	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C21H4	3	-100.1	13.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C21H3	0	-156.7	-7.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C21H4	3	-144.0	14.2	0.00030	0.39	0.00077
Story2	Push X- Max	col	C21H3	0	-199.7	-9.9	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C21H4	3	-187.0	94.4	0.00000	0.39	0.00000

Tablo A.4. (Devami)

Story2	Push Y- Max	col	C21H3	0	-157.4	-7.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C21H4	3	-144.7	13.8	0.00032	0.39	0.00082
Story2	Push X+ Max	col	C22H3	0	-214.4	106.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C22H4	3	-201.7	-0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C22H3	0	-221.6	0.5	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C22H4	3	-208.9	-0.1	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C22H3	0	-197.9	0.5	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C22H4	3	-185.2	118.2	0.00345	0.39	0.00889
Story2	Push Y- Max	col	C22H3	0	-74.8	2.1	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C22H4	3	-62.1	-0.1	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C23H3	0	-192.6	110.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C23H4	3	-179.9	0.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C23H3	0	-221.4	-0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C23H4	3	-208.7	0.1	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C23H3	0	-220.9	-0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C23H4	3	-208.2	120.7	0.00330	0.39	0.00850
Story2	Push Y- Max	col	C23H3	0	-74.6	-0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C23H4	3	-61.9	1.9	0.00005	0.39	0.00014
Story2	Push X+ Max	col	C24H3	0	-338.7	91.9	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C24H4	3	-326.0	1.1	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C24H3	0	-257.4	0.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C24H4	3	-244.7	1.1	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C24H3	0	-324.0	-0.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C24H4	3	-311.3	130.8	0.00283	0.39	0.00730
Story2	Push Y- Max	col	C24H3	0	-304.9	-0.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C24H4	3	-292.2	1.2	0.00002	0.39	0.00006
Story2	Push X+ Max	col	C25H3	0	-328.3	92.4	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C25H4	3	-315.6	-0.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C25H3	0	-257.6	0.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C25H4	3	-244.9	0.5	0.00002	0.39	0.00005
Story2	Push X- Max	col	C25H3	0	-338.7	0.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C25H4	3	-326.0	132.9	0.00241	0.39	0.00620
Story2	Push Y- Max	col	C25H3	0	-305.0	0.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C25H4	3	-292.3	0.4	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C26H3	0	-199.6	34.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C26H4	3	-186.9	-12.9	0.00000	0.39	0.00000

Tablo A.4. (Devami)

Story2	Push Y+ Max	col	C26H3	0	-156.8	11.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C26H4	3	-144.1	-4.4	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C26H3	0	-100.1	10.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C26H4	3	-87.4	106.0	0.00175	0.39	0.00451
Story2	Push Y- Max	col	C26H3	0	-157.4	10.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C26H4	3	-144.7	-3.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C27H3	0	-318.3	91.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C27H4	3	-305.6	3.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C27H3	0	-313.1	-0.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C27H4	3	-300.4	3.7	0.00006	0.39	0.00015
Story2	Push X- Max	col	C27H3	0	-284.2	-2.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C27H4	3	-271.5	126.2	0.00309	0.39	0.00796
Story2	Push Y- Max	col	C27H3	0	-279.5	-0.4	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C27H4	3	-266.8	4.2	0.00008	0.39	0.00021
Story2	Push X+ Max	col	C28H3	0	-295.8	93.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C28H4	3	-283.1	-3.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C28H3	0	-313.0	2.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C28H4	3	-300.3	0.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C28H3	0	-318.3	2.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C28H4	3	-305.6	131.3	0.00240	0.39	0.00620
Story2	Push Y- Max	col	C28H3	0	-279.3	2.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C28H4	3	-266.6	0.4	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C29H3	0	-318.2	91.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C29H4	3	-305.5	3.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C29H3	0	-281.2	-0.5	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C29H4	3	-268.5	4.2	0.00008	0.39	0.00022
Story2	Push X- Max	col	C29H3	0	-284.1	-2.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C29H4	3	-271.4	126.2	0.00309	0.39	0.00796
Story2	Push Y- Max	col	C29H3	0	-318.2	0.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C29H4	3	-305.5	3.7	0.00006	0.39	0.00015
Story2	Push X+ Max	col	C30H3	0	-295.7	93.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C30H4	3	-283.0	-3.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C30H3	0	-281.0	2.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C30H4	3	-268.3	0.4	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C30H3	0	-318.1	2.0	0.00000	0.39	0.00000

Tablo A.4. (Devami)

Story2	Push X- Max	col	C30H4	3	-305.4	131.3	0.00240	0.39	0.00620
Story2	Push Y- Max	col	C30H3	0	-318.1	2.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C30H4	3	-305.4	0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C31H3	0	-112.8	67.4	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C31H4	3	-100.1	13.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C31H3	0	-138.4	-8.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C31H4	3	-125.7	14.4	0.00031	0.39	0.00079
Story2	Push X- Max	col	C31H3	0	-199.7	-9.9	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C31H4	3	-186.9	94.4	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C31H3	0	-180.3	-7.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C31H4	3	-167.6	13.6	0.00033	0.39	0.00084
Story2	Push X+ Max	col	C32H3	0	-339.0	91.9	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C32H4	3	-326.3	1.1	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C32H3	0	-278.6	-0.2	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C32H4	3	-265.9	1.1	0.00001	0.39	0.00003
Story2	Push X- Max	col	C32H3	0	-324.3	-0.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C32H4	3	-311.6	130.8	0.00283	0.39	0.00730
Story2	Push Y- Max	col	C32H3	0	-282.7	-0.1	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C32H4	3	-270.0	1.1	0.00002	0.39	0.00004
Story2	Push X+ Max	col	C33H3	0	-328.7	92.4	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C33H4	3	-316.0	-0.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C33H3	0	-278.6	0.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C33H4	3	-265.8	0.4	0.00001	0.39	0.00002
Story2	Push X- Max	col	C33H3	0	-339.1	0.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C33H4	3	-326.4	132.9	0.00240	0.39	0.00619
Story2	Push Y- Max	col	C33H3	0	-282.8	0.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C33H4	3	-270.1	0.3	0.00001	0.39	0.00002
Story2	Push X+ Max	col	C34H3	0	-199.6	34.8	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C34H4	3	-186.9	-12.9	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C34H3	0	-138.5	11.4	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C34H4	3	-125.8	-4.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C34H3	0	-100.2	10.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C34H4	3	-87.5	106.1	0.00175	0.39	0.00450
Story2	Push Y- Max	col	C34H3	0	-180.4	10.7	0.00000	0.39	0.00000

Tablo A.4. (Devami)

Story2	Push Y- Max	col	C34H4	3	-167.7	-3.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C35H3	0	-192.7	110.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C35H4	3	-180.0	0.0	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C35H3	0	-67.1	-0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C35H4	3	-54.4	1.4	0.00005	0.39	0.00014
Story2	Push X- Max	col	C35H3	0	-221.1	-0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C35H4	3	-208.4	120.7	0.00329	0.39	0.00849
Story2	Push Y- Max	col	C35H3	0	-221.5	-0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C35H4	3	-208.8	0.5	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C36H3	0	-214.6	106.4	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X+ Max	col	C36H4	3	-201.9	-0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C36H3	0	-67.4	1.6	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y+ Max	col	C36H4	3	-54.7	-0.1	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C36H3	0	-198.0	0.5	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push X- Max	col	C36H4	3	-185.3	118.2	0.00344	0.39	0.00887
Story2	Push Y- Max	col	C36H3	0	-221.7	0.7	0.00000	0.39	0.00000
Story2	Push Y- Max	col	C36H4	3	-209.0	-0.2	0.00000	0.39	0.00000

Tablo A.5. Model1\_ref X+,X-, Y+ ve Y- yönü analiz sonucunda birinci kat kolonlarına ait eksenel yüke ve plastik dönmeğe bağlı hasar sınırları

Story1	Push X+ Max	col	C1H5	0.06	-38.1	53.8	0.00349	0.15	0.02287
Story1	Push X+ Max	col	C1H6	3	-31.9	6.5	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C1H5	0.06	-153.3	-2.1	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C1H6	3	-147.0	6.5	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C1H5	0.06	-153.3	-2.6	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C1H6	3	-147.0	58.9	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C1H5	0.06	19.3	0.2	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C1H6	3	25.6	6.9	0.00046	0.39	0.00118
Story1	Push X+ Max	col	C2H5	0.06	-267.0	79.9	0.00222	0.15	0.01451
Story1	Push X+ Max	col	C2H6	3	-260.8	0.7	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C2H5	0.06	-267.0	-0.1	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C2H6	3	-260.8	1.4	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C2H5	0.06	-246.7	-0.1	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C2H6	3	-240.4	74.3	0.00426	0.39	0.01098
Story1	Push Y- Max	col	C2H5	0.06	-93.0	0.0	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C2H6	3	-86.7	0.9	0.00002	0.39	0.00005
Story1	Push X+ Max	col	C3H5	0.06	-252.7	74.4	0.00251	0.15	0.01642
Story1	Push X+ Max	col	C3H6	3	-246.4	-0.6	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C3H5	0.06	-267.0	0.8	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C3H6	3	-260.8	-0.6	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C3H5	0.06	-267.0	0.4	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C3H6	3	-260.8	80.2	0.00392	0.39	0.01012
Story1	Push Y- Max	col	C3H5	0.06	-93.2	0.4	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C3H6	3	-86.9	-0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C4H5	0.06	-153.8	77.2	0.00133	0.15	0.00871
Story1	Push X+ Max	col	C4H6	3	-147.5	-6.5	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C4H5	0.06	-153.8	2.9	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C4H6	3	-147.5	-5.6	0.00000	0.39	0.00000

Tablo A.5. (Devami)

Story1	Push X- Max	col	C4H5	0.06	-33.4	2.9	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C4H6	3	-27.1	52.1	0.00296	0.39	0.00764
Story1	Push Y- Max	col	C4H5	0.06	19.0	3.1	0.00011	0.15	0.00071
Story1	Push Y- Max	col	C4H6	3	25.3	-0.1	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C5H5	0.06	-38.1	53.8	0.00349	0.15	0.02284
Story1	Push X+ Max	col	C5H6	3	-31.9	6.5	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C5H5	0.06	-2.0	0.2	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C5H6	3	4.3	6.9	0.00039	0.39	0.00102
Story1	Push X- Max	col	C5H5	0.06	-152.9	-2.6	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C5H6	3	-146.7	59.0	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C5H5	0.06	-152.9	-2.3	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C5H6	3	-146.7	6.5	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C6H5	0.06	-267.4	80.0	0.00221	0.15	0.01447
Story1	Push X+ Max	col	C6H6	3	-261.1	0.7	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C6H5	0.06	-118.3	-0.1	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C6H6	3	-112.0	0.8	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C6H5	0.06	-247.1	-0.1	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C6H6	3	-240.9	74.3	0.00426	0.39	0.01098
Story1	Push Y- Max	col	C6H5	0.06	-267.4	-0.1	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C6H6	3	-261.1	1.3	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C7H5	0.06	-252.9	74.3	0.00251	0.15	0.01644
Story1	Push X+ Max	col	C7H6	3	-246.6	-0.6	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C7H5	0.06	-118.4	0.6	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C7H6	3	-112.1	-0.4	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C7H5	0.06	-267.4	0.4	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C7H6	3	-261.1	80.3	0.00392	0.39	0.01010
Story1	Push Y- Max	col	C7H5	0.06	-267.4	0.8	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C7H6	3	-261.1	-0.6	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C8H5	0.06	-153.4	77.4	0.00131	0.15	0.00857
Story1	Push X+ Max	col	C8H6	3	-147.1	-6.5	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C8H5	0.06	-2.4	3.1	0.00013	0.15	0.00082
Story1	Push Y+ Max	col	C8H6	3	3.8	-0.8	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C8H5	0.06	-33.2	2.9	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C8H6	3	-26.9	52.0	0.00296	0.39	0.00763
Story1	Push Y- Max	col	C8H5	0.06	-153.4	2.9	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C8H6	3	-147.1	-6.0	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C9H5	0.06	-427.2	92.5	0.00162	0.15	0.01062

Tablo A.5. (Devami)

Story1	Push X+ Max	col	C9H6	3	-420.9	1.1	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C9H5	0.06	-389.6	0.1	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C9H6	3	-383.4	1.3	0.00005	0.39	0.00014
Story1	Push X- Max	col	C9H5	0.06	-414.1	-0.3	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C9H6	3	-407.9	90.1	0.00317	0.39	0.00817
Story1	Push Y- Max	col	C9H5	0.06	-427.2	0.2	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C9H6	3	-420.9	2.2	0.00010	0.39	0.00026
Story1	Push X+ Max	col	C10H5	0.06	-416.4	89.8	0.00175	0.15	0.01149
Story1	Push X+ Max	col	C10H6	3	-410.1	-0.7	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C10H5	0.06	-389.7	0.5	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C10H6	3	-383.5	-0.2	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C10H5	0.06	-427.3	0.4	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C10H6	3	-421.1	92.3	0.00297	0.39	0.00766
Story1	Push Y- Max	col	C10H5	0.06	-427.3	0.9	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C10H6	3	-421.1	0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C11H5	0.06	-426.5	92.5	0.00162	0.15	0.01063
Story1	Push X+ Max	col	C11H6	3	-420.3	1.1	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C11H5	0.06	-426.5	0.4	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C11H6	3	-420.3	2.2	0.00011	0.39	0.00029
Story1	Push X- Max	col	C11H5	0.06	-413.4	-0.3	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C11H6	3	-407.2	90.1	0.00317	0.39	0.00817
Story1	Push Y- Max	col	C11H5	0.06	-374.6	0.1	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C11H6	3	-368.3	1.1	0.00004	0.39	0.00011
Story1	Push X+ Max	col	C12H5	0.06	-415.7	89.5	0.00175	0.15	0.01148
Story1	Push X+ Max	col	C12H6	3	-409.5	-0.7	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C12H5	0.06	-426.7	0.9	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C12H6	3	-420.4	0.2	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C12H5	0.06	-426.7	0.4	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C12H6	3	-420.4	92.0	0.00299	0.39	0.00770
Story1	Push Y- Max	col	C12H5	0.06	-374.7	0.5	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C12H6	3	-368.5	-0.2	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C13H5	0.06	-445.2	305.0	0.00337	0.15	0.02208



Tablo A.5. (Devami)

Story1	Push X+ Max	col	C13H6	3	-432.7	-0.6	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C13H5	0.06	-467.9	2.0	0.00002	0.15	0.00013
Story1	Push Y+ Max	col	C13H6	3	-455.4	0.1	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C13H5	0.06	-441.0	1.4	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C13H6	3	-428.5	143.7	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C13H5	0.06	-470.1	1.6	0.00002	0.15	0.00011
Story1	Push Y- Max	col	C13H6	3	-457.6	0.6	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C14H5	0.06	-428.8	305.1	0.00337	0.15	0.02210
Story1	Push X+ Max	col	C14H6	3	-416.3	2.4	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C14H5	0.06	-467.7	0.5	0.00001	0.15	0.00009
Story1	Push Y+ Max	col	C14H6	3	-455.2	3.1	0.00002	0.39	0.00004
Story1	Push X- Max	col	C14H5	0.06	-463.4	0.2	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C14H6	3	-450.9	143.2	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C14H5	0.06	-469.9	1.2	0.00002	0.15	0.00010
Story1	Push Y- Max	col	C14H6	3	-457.4	2.9	0.00003	0.39	0.00008
Story1	Push X+ Max	col	C15H5	0.06	-127.6	241.1	0.00385	0.15	0.02522
Story1	Push X+ Max	col	C15H6	3	-115.1	17.5	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C15H5	0.06	-261.5	0.5	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C15H6	3	-249.0	18.9	0.00018	0.39	0.00047
Story1	Push X- Max	col	C15H5	0.06	-294.2	-5.9	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C15H6	3	-281.7	68.7	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C15H5	0.06	-294.2	1.2	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C15H6	3	-281.7	19.6	0.00016	0.39	0.00042
Story1	Push X+ Max	col	C16H5	0.06	-293.7	296.8	0.00306	0.15	0.02002
Story1	Push X+ Max	col	C16H6	3	-281.2	-16.3	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C16H5	0.06	-261.0	8.5	0.00002	0.15	0.00015
Story1	Push Y+ Max	col	C16H6	3	-248.5	-4.6	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C16H5	0.06	-123.4	7.8	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C16H6	3	-110.9	67.9	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C16H5	0.06	-293.7	8.7	0.00002	0.15	0.00016
Story1	Push Y- Max	col	C16H6	3	-281.2	-3.2	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C17H5	0.06	-128.0	241.1	0.00385	0.15	0.02520

Tablo A.5. (Devami)

Story1	Push X+ Max	col	C17H6	3	-115.5	17.5	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C17H5	0.06	-294.4	0.6	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C17H6	3	-281.9	19.4	0.00013	0.39	0.00034
Story1	Push X- Max	col	C17H5	0.06	-294.4	-5.9	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C17H6	3	-281.9	68.7	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C17H5	0.06	-250.4	-0.9	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C17H6	3	-237.9	19.2	0.00024	0.39	0.00061
Story1	Push X+ Max	col	C18H5	0.06	-293.9	296.8	0.00306	0.15	0.02002
Story1	Push X+ Max	col	C18H6	3	-281.4	-16.3	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C18H5	0.06	-293.9	8.7	0.00004	0.15	0.00028
Story1	Push Y+ Max	col	C18H6	3	-281.4	-5.5	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C18H5	0.06	-123.7	7.8	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C18H6	3	-111.2	67.9	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C18H5	0.06	-250.0	8.5	0.00001	0.15	0.00004
Story1	Push Y- Max	col	C18H6	3	-237.4	-5.1	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C19H5	0.06	-445.3	305.0	0.00337	0.15	0.02206
Story1	Push X+ Max	col	C19H6	3	-432.8	-0.6	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C19H5	0.06	-470.1	1.9	0.00002	0.15	0.00013
Story1	Push Y+ Max	col	C19H6	3	-457.6	0.1	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C19H5	0.06	-441.1	1.4	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C19H6	3	-428.6	143.7	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C19H5	0.06	-463.1	1.8	0.00002	0.15	0.00012
Story1	Push Y- Max	col	C19H6	3	-450.6	0.4	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C20H5	0.06	-428.8	305.1	0.00337	0.15	0.02209
Story1	Push X+ Max	col	C20H6	3	-416.3	2.4	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C20H5	0.06	-469.9	0.6	0.00001	0.15	0.00009
Story1	Push Y+ Max	col	C20H6	3	-457.4	2.9	0.00001	0.39	0.00003
Story1	Push X- Max	col	C20H5	0.06	-463.4	0.2	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C20H6	3	-450.9	143.2	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C20H5	0.06	-462.9	1.2	0.00002	0.15	0.00012
Story1	Push Y- Max	col	C20H6	3	-450.4	3.1	0.00003	0.39	0.00008
Story1	Push X+ Max	col	C21H5	0.06	-159.2	115.2	0.00286	0.15	0.01874

Tablo A.5. (Devami)

Story1	Push X- Max	col	C21H5	0.06	-298.8	-4.5	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C21H6	3	-286.3	66.3	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C21H5	0.06	-235.1	0.4	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C21H6	3	-222.6	11.7	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C22H5	0.06	-304.1	129.9	0.00291	0.15	0.01903
Story1	Push X+ Max	col	C22H6	3	-291.6	-0.8	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C22H5	0.06	-330.3	0.8	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C22H6	3	-317.8	-0.7	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C22H5	0.06	-274.7	0.6	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C22H6	3	-262.2	124.3	0.00140	0.39	0.00362
Story1	Push Y- Max	col	C22H5	0.06	-102.4	0.8	0.00006	0.15	0.00038
Story1	Push Y- Max	col	C22H6	3	-89.9	-0.7	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C23H5	0.06	-271.7	126.8	0.00298	0.15	0.01954
Story1	Push X+ Max	col	C23H6	3	-259.2	1.1	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C23H5	0.06	-330.0	0.0	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C23H6	3	-317.5	1.1	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C23H5	0.06	-311.5	-0.2	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C23H6	3	-299.1	127.8	0.00135	0.39	0.00347
Story1	Push Y- Max	col	C23H5	0.06	-102.2	0.6	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C23H6	3	-89.7	3.1	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C24H5	0.06	-504.7	153.2	0.00223	0.15	0.01458
Story1	Push X+ Max	col	C24H6	3	-492.2	1.2	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C24H5	0.06	-386.3	0.2	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C24H6	3	-373.8	1.2	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C24H5	0.06	-482.1	-0.2	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C24H6	3	-469.6	145.6	0.00051	0.39	0.00131
Story1	Push Y- Max	col	C24H5	0.06	-452.7	-0.1	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C24H6	3	-440.2	1.3	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C25H5	0.06	-488.9	150.2	0.00236	0.15	0.01543

Tablo A.5. (Devami)

Story1	Push X+ Max	col	C25H6	3	-476.4	-0.5	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C25H5	0.06	-386.6	0.5	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C25H6	3	-374.1	0.1	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C25H5	0.06	-504.9	0.5	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C25H6	3	-492.4	149.9	0.00026	0.39	0.00068
Story1	Push Y- Max	col	C25H5	0.06	-452.8	0.5	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C25H6	3	-440.3	-0.2	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C26H5	0.06	-298.5	145.5	0.00101	0.15	0.00661
Story1	Push X+ Max	col	C26H6	3	-286.0	-11.0	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C26H5	0.06	-245.0	5.2	0.00022	0.15	0.00145
Story1	Push Y+ Max	col	C26H6	3	-232.5	-9.0	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C26H5	0.06	-139.8	5.0	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C26H6	3	-127.3	89.5	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C26H5	0.06	-234.9	5.1	0.00022	0.15	0.00142
Story1	Push Y- Max	col	C26H6	3	-222.4	-9.0	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C27H5	0.06	-476.4	149.4	0.00237	0.15	0.01554
Story1	Push X+ Max	col	C27H6	3	-463.9	1.9	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C27H5	0.06	-469.4	0.1	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C27H6	3	-456.9	1.9	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C27H5	0.06	-418.5	-0.5	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C27H6	3	-406.0	137.9	0.00081	0.39	0.00209
Story1	Push Y- Max	col	C27H5	0.06	-420.4	-0.3	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C27H6	3	-407.9	2.3	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C28H5	0.06	-436.2	142.3	0.00259	0.15	0.01697
Story1	Push X+ Max	col	C28H6	3	-423.7	-1.1	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C28H5	0.06	-469.4	0.8	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C28H6	3	-456.9	-0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C28H5	0.06	-476.5	0.8	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C28H6	3	-463.9	147.2	0.00037	0.39	0.00096
Story1	Push Y- Max	col	C28H5	0.06	-420.4	0.9	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C28H6	3	-407.9	-0.6	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C29H5	0.06	-476.3	149.4	0.00237	0.15	0.01554

Tablo A.5. (Devami)

Story1	Push X+ Max	col	C29H6	3	-463.8	1.9	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C29H5	0.06	-428.7	-0.1	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C29H6	3	-416.2	2.2	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C29H5	0.06	-418.3	-0.5	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C29H6	3	-405.8	137.9	0.00081	0.39	0.00209
Story1	Push Y- Max	col	C29H5	0.06	-476.3	0.1	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C29H6	3	-463.8	1.9	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C30H5	0.06	-436.0	142.3	0.00259	0.15	0.01696
Story1	Push X+ Max	col	C30H6	3	-423.5	-1.1	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C30H5	0.06	-428.7	0.9	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C30H6	3	-416.2	-0.7	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C30H5	0.06	-476.4	0.8	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C30H6	3	-463.9	147.1	0.00038	0.39	0.00097
Story1	Push Y- Max	col	C30H5	0.06	-476.4	0.8	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C30H6	3	-463.9	0.3	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C31H5	0.06	-159.0	115.2	0.00286	0.15	0.01873
Story1	Push X+ Max	col	C31H6	3	-146.5	11.4	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C31H5	0.06	-207.7	0.4	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C31H6	3	-195.2	11.9	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C31H5	0.06	-298.8	-4.5	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C31H6	3	-286.3	66.4	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C31H5	0.06	-274.1	0.5	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C31H6	3	-261.6	11.6	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C32H5	0.06	-505.1	153.3	0.00222	0.15	0.01454
Story1	Push X+ Max	col	C32H6	3	-492.6	1.2	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C32H5	0.06	-417.6	0.2	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C32H6	3	-405.1	1.2	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C32H5	0.06	-482.5	-0.2	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C32H6	3	-470.0	145.5	0.00052	0.39	0.00133
Story1	Push Y- Max	col	C32H5	0.06	-413.9	0.0	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C32H6	3	-401.4	1.2	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C33H5	0.06	-489.3	150.3	0.00235	0.15	0.01540

Tablo A.5. (Devamı)

Story1	Push X+ Max	col	C33H6	3	-476.8	-0.5	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C33H5	0.06	-417.8	0.5	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C33H6	3	-405.3	0.1	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C33H5	0.06	-505.3	0.5	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C33H6	3	-492.8	150.1	0.00026	0.39	0.00066
Story1	Push Y- Max	col	C33H5	0.06	-413.7	0.5	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C33H6	3	-401.2	-0.1	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C34H5	0.06	-298.5	144.4	0.00105	0.15	0.00686
Story1	Push X+ Max	col	C34H6	3	-286.0	-11.0	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C34H5	0.06	-207.6	5.2	0.00022	0.15	0.00147
Story1	Push Y+ Max	col	C34H6	3	-195.0	-9.1	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C34H5	0.06	-139.9	5.0	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C34H6	3	-127.4	89.4	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C34H5	0.06	-273.9	5.1	0.00022	0.15	0.00143
Story1	Push Y- Max	col	C34H6	3	-261.4	-9.0	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C35H5	0.06	-271.9	126.8	0.00298	0.15	0.01951
Story1	Push X+ Max	col	C35H6	3	-259.4	1.1	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C35H5	0.06	-95.1	0.5	0.00000	0.15	0.00001
Story1	Push Y+ Max	col	C35H6	3	-82.6	2.6	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C35H5	0.06	-311.6	-0.2	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C35H6	3	-299.1	127.8	0.00134	0.39	0.00347
Story1	Push Y- Max	col	C35H5	0.06	-330.3	0.0	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C35H6	3	-317.8	1.2	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X+ Max	col	C36H5	0.06	-304.2	129.9	0.00290	0.15	0.01901
Story1	Push X+ Max	col	C36H6	3	-291.7	-0.8	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push Y+ Max	col	C36H5	0.06	-95.4	0.7	0.00007	0.15	0.00047
Story1	Push Y+ Max	col	C36H6	3	-82.9	-0.4	0.00000	0.39	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C36H5	0.06	-274.7	0.6	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push X- Max	col	C36H6	3	-262.3	124.3	0.00140	0.39	0.00361
Story1	Push Y- Max	col	C36H5	0.06	-330.6	0.8	0.00000	0.15	0.00000
Story1	Push Y- Max	col	C36H6	3	-318.1	-0.7	0.00000	0.39	0.00000

## **ÖZGEÇMİŞ**

Alexis NZAPFAKUMUNSI, 28.12.1991'de Rwanda'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kimisagara, Nyange ve Ruhango'da sırasıyla tamamladı. 2010 yılında Byimana School of Sciences Lisesi'nden mezun oldu. 2011 yılında Rwanda Üniversitesi İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü'nü 2015 yılında bitirdi. 2015 yılında Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2018 yılında Sakarya Üniversitesi'nden mezun oldu.