T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANS DÜZEYLERİNİN ANALİTİK OLARAK İNCELENMESİ

Hasan İCRALAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KONYA, 2009

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANS DÜZEYLERİNİN ANALİTİK OLARAK İNCELENMESİ

Hasan İCRALAR

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. S. Bahadır YÜKSEL

2009, 208 Sayfa

Jüri: Doç. Dr. S. Bahadır YÜKSEL
Yrd. Doç. Dr. Nail KARA
Yrd. Doç. Dr. Musa Hakan Arslan

Yapıların yatay yüklere, özellikle de deprem yüklerine karşı dayanımlarının belirlenmesi son yıllarda yaygın bir biçimde üzerinde durulan bir konudur. Bir yapının geçerli deprem yönetmelik ve standartlara uygun biçimde tasarlanması, yapının depremde nasıl davranacağı konusunda bilgi vermemektedir. Öte yandan tasarımda yapılan kabuller yapıların bir yedek dayanımlarının olduğunu göstermektedir. Bu yedek dayanımın miktarı ve yapının yatay yükler altında ötelenme miktarı, hem yapı içinde taşıyıcı olmayan bölümlerin hasarını ve hem de yapının deprem davranışının sınırlarının bilinmesi için gereklidir.

Bu çalışmada 4 ve 7 katlı betonarme bina modellerinin statik itme analizleri yapılmıştır. Sap2000 ve Etaps programları ile statik itme analizlerinin nasıl yapılacağı detaylı olarak anlatılmıştır. Analizleri yapılan betonarme bina modellerinin kapasite eğrileri elde edilmiştir. Kapasite eğrilerine göre yapıların deprem performansları karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Artımsal İtme Analizi, Doğrusal Olmayan Analiz, Deprem

ABSTRACT

MASTER THESIS

REINFORCED CONCRETE BUILDINGS FOR EARTHQUAKE PERFORMANCE LEVEL AS THE ANALYTICAL INVESTIGATION

Hasan İCRALAR

Selçuk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
A Department of Civil Engineering
Advisor: Assoc. Prof. Dr. S. Bahadır YÜKSEL
2009, 208 Page
Jury: Assc. Prof. Dr. S. Bahadır YÜKSEL
Asst. Prof. Dr. Nail KARA
Asst. Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

Determination of the resistance of the structures against lateral loads, especially earthquake loads, is a widely studied topic in recent years. The design of a structure according to the valid regulations or standarts do not give exact information about the behaviour of the structure during earthquakes. On the other hand, the asumptions and the acceptions used in design indicates that the structures have a reserving capacity. The quantity of the reserving capacity and the deflections of the structures when subjected to lateral loads, are very important for determination of the damage of the non-bearing elements of the structure and also very important for determination of the limits of the structure against lateral loads.

In this study, pushover analysis of a 4 story and 7 story reinforced concrete buildings have been performed and the stages of the pushover analysis have been explained in detailed. Static thrust eith Sap2000 and Etaps program analysis is desribeb in detail how to do. The performance curves of the reinforced concrete buildings have been obtained and the earthquake performances of the buildings have been compared according to obtained curves.

Keywords: pushover analysis under gradually increased loads, non-linear analysis, earthquake

İÇİNDEKİLER

ÖZET..... i
ABSTRACT..... ii
İÇİNDEKİLER..... iii
ŞEKİLLER LİSTESİ..... vii
ÇİZELGELER LİSTESİ..... xiii
1. GİRİŞ..... 1
2. KONUYLA İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR..... 3
2.1. Türkiye'de Yapılmış Çalışmalar..... 3
2.2. Yurtdışında Yapılmış Çalışmalar..... 5
3. YAPILARIN DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ..... 7
3.1. Betonarme Yapı Elemanlarının Doğrusal Olmayan Davranışları..... 8
3.1.1 Temel Varsayımlar..... 8
3.1.2 Betonarme Kesitlerde Akma Koşulları..... 9
3.1.2.1 Bileşik Eğilme Etkisi Altındaki Betonarme Kesitler..... 10
3.1.2.2 Betonarme Kesitlerde Moment-Eğrilik Bağıntısı..... 12
3.1.3. Plastik Mafsal Hipotezi..... 16
3.1.4 Plastik Mafsal Türleri..... 18
3.1.4.1 M3 Plastik Mafsalı..... 18
3.1.4.2 PMM Plastik Mafsalı..... 19
3.1.4.3 P Plastik Mafsal..... 19
3.1.4.4 V Plastik Mafsalı..... 20
3.1.4.5 T Plastik Mafsalı..... 20
3.1.5. Sap 2000 ve Etaps Programı İle Pushover Analizi..... 21
3.2 Statik İtme Analizi Yöntemleri..... 25
3.2.1 Deplasman Katsayıları Yöntemi..... 25
3.2.2 Kapasite Spektrumu Yöntemi..... 29
3.3 Performans Hedefi..... 37
3.3.1 Performans Seviyeleri..... 37

3.3.1.1 Tasıyıcı Elemanlar İçin Performans Seviyeleri…….. 38
3.3.1.2 Taşıyıcı Olmayan Elemanlar İçin Performans Seviyeleri.. 40
3.4 Bina Performans Seviyeleri……. 41
4. MATERYAL VE METOT…….……. 43
4.1. Bina Bilgileri ……..... 43
4.2. 4 Katlı Betonarme Yapının Sap 2000 Programı İle Analizi……... 47
4.2.1. Sistem Modelinin Oluşturulması……..……... 47
4.2.2. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması...……. 49
4.2.3. Kesit Özelliklerinin Tanımlanması …….…… 50
4.2.4. Kesitlerin Elemanlara Atanması…..……..…… 56
4.2.5. Yüklerin Tanımlanması……..…..…….…… 58
4.2.6. Yüklerin Atanması…..…….……..…… 58
4.2.7. 4 Katlı Yapı Yatay Yüklerinin Belirlenmesi…….…… 63
4.2.7.1. 4 Katlı Yapı X Yönü Periyot Hesabı……... 66
4.2.7.2. 4 Katlı Yapı Y Yönü Periyot Hesabı……..……. 66
4.2.8. Analiz Seçeneklerinin Belirlenmesi…….…… 66
4.2.9. Plastik Mafsalların Atanması…..…….…… 74
4.2.10. Sap 2000 Programı İle 4 Katlı Yapı Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi..…… 79
4.3. 4 Katlı Betonarme Yapının Etaps Programı İle Analizi…….… 84
4.3.1. Sistem Modelinin Oluşturulması…….. 84
4.3.2. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması...……. 84
4.3.3. Kesit Özelliklerinin Tanımlanması …….……. 87
4.3.4. Kesitlerin Elemanlara Atanması…..…….……. 94
4.3.5. Yüklerin Tanımlanması……..…..…….……. 96
4.3.6. Yüklerin Atanması…..…….……..……. 97
4.3.6.1. Duvar Yüklemesi……...……. 101
4.3.7. Mesnet Koşullarının Tanımlanması…….…… 102
4.3.8. Rijit Diyaframların Atanması…..…….…… 102
4.3.9. Yatay Yüklerin Atanması…….…….…… 103
4.3.10. Statik İtme Analizinin Yapılması...…….……...… 105
4.3.11. Plastik Mafsalların Atanması…..……...…… 108

4.3.12. Etaps Programı İle 4 Katlı Yapı Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi..... 112
4.4. 7 Katlı Betonarme Yapının Sap 2000 Programı İle Analizi..... 118
4.4.1. Sistem Modelinin Oluşturulması..... 118
4.4.2. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması..... 119
4.4.3. Kesit Özelliklerinin Tanımlanması 121
4.4.4. Kesitlerin Elemanlara Atanması..... 129
4.4.5. Yüklerin Tanımlanması..... 131
4.4.6. Yüklerin Atanması..... 131
4.4.7. 7 Katlı Yapı Yatay Yüklerin Belirlenmesi 137
4.4.7.1. 7 Katlı Yapı X Yönü Periyot Hesabı..... 141
4.4.7.2. 7 Katlı Yapı Y Yönü Periyot Hesabı..... 141
4.4.8. Analiz Seçeneklerinin Belirlenmesi..... 142
4.4.9. Plastik Mafsalların Atanması..... 149
4.4.10. Sap 2000 Programı İle 7 Katlı Yapı Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi..... 154
4.5. 7 Katlı Betonarme Yapının Etaps Programı İle Analizi..... 159
4.5.1. Sistem Modelinin Oluşturulması..... 159
4.5.2. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması..... 160
4.5.3. Kesit Özelliklerinin Tanımlanması 162
4.5.4. Kesitlerin Elemanlara Atanması..... 171
4.5.5. Yüklerin Tanımlanması..... 173
4.5.6. Yüklerin Atanması..... 174
4.5.6.1. Duvar Yüklemesi..... 178
4.5.7. Mesnet Koşullarının Tanımlanması..... 178
4.5.8. Rijit Diyaframların Atanması..... 179
4.5.9. Yatay Yüklerin Atanması..... 180
4.5.10. Statik İtme Analizinin Yapılması..... 183
4.5.11. Plastik Mafsalların Atanması..... 187
4.5.12. Etaps Programı İle 7 Katlı Yapı Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi..... 190
5.ARAŞTIRMA SONUÇLARI..... 196

6. SONUÇ VE ÖNERİLER…….…… 205
6.1. Analiz Sonuçlarının Genel Değerlendirilmesi ve Öneriler……..… 208
7.KAYNAKLAR……...……... 209

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1 Beton ve çelik gerilme şekil değiştirme modeli……. 8
Şekil 3.2 Birlesik egilme durumu için akma ergisi……... 11
Şekil 3.3 Eğilme etkisindeki kesit şekil değiştirmeleri……. 12
Şekil 3.4 Doğrusal ve doğrusal olmayan şekil değiştirmeler…… 13
Şekil 3.5 Betonarme kesitlerde moment eğrilik ilişkisi…… 14
Şekil 3.6 İdeallestirilmis Moment–Egrilik bağıntısı……. 17
Şekil 3.7 M3 mafsalı moment-dönme iliksisi……... 19
Şekil 3.8 P mafsalı normal kuvvet-şekil değiştirme ilişkisi……. 20
Şekil 3.9 İdealleştirilmiş kuvvet-deformasyon ilişkisi (FEMA-273,1997)…….. 21
Şekil 3.10 İki doğru parçası ile idealleştirilen kapasite eğrisi…….. 26
Şekil 3.11 Kapasite spektrumu yöntemi ile performans noktasının belirlenmesi 29
Şekil 3.12 Talep spektrumunun spektral ivme-spektral yerdeğiştirme formatına dönüştürülmesi…….. 30
Şekil 3.13 Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi……... 32
Şekil 3.14 Tahmini performans noktasının belirlenmesi…….. 32
Şekil 3.15 Kapasite spektrumunun idealleştirilme işlemi……. 33
Şekil 3.16 Performans noktasının belirlenmesi……. 36
Şekil 3.17 Kapasite eğrisinde performans seviyeleri ve aralıkları…… 39
Şekil 4.1. Binaların plan görünüşü ve kolon isimlendirmeleri……. 44
Şekil 4.2. 4 katlı binanın üç ve iki boyutlu görünüşü……... 45
Şekil 4.3. Sap 2000 yeni model ileti kutusu……. 47
Şekil 4.4. Sap2000 uzay çerçeve ileti kutusu…… 48
Şekil 4.5. Sap2000 malzeme tanımlama ileti kutusu…… 49
Şekil 4.6. Sap2000 beton özelliklerinin tanımlanması ……. 50
Şekil 4.7. Sap2000 kesit özeliklerinin tanımlanması ileti kutusu……. 50
Şekil 4.8. Sap2000 ile kolon boyutlarının tanımlanması…….. 51
Şekil 4.9. Kolon donatı bilgi girişi…… 52
Şekil 4.10. Sap2000 ile kiriş boyutlarının tanımlanması…….. 55
Şekil 4.11. Kiriş donatılarının atanması…… 55

Şekil 4.12. Sap2000 ile çubuklara kesit atanması……. 56
Şekil 4.13. Sap2000 ile çubuklara kolon kesitlerinin atanması…… 57
Şekil 4.14. Sap2000 yük tanımlama ileti kutusu…….. 58
Şekil 4.15. Kirişlere zati yüklerin atanması……. 59
Şekil 4.16. Kirişlere hareketli yüklerin atanması……. 60
Şekil 4.17. Kirişlere duvar yüklerinin atanması…… 61
Şekil 4.18. Kolon mesnet özelliklerinin tanımlanması……. 62
Şekil 4.19. Sap2000 analiz başlatma ileti kutusu……. 64
Şekil 4.20. 4 katlı yapının deplasman yapmış kesiti……. 65
Şekil 4.21. 4 katlı yapı x yönü tepe deplasman değeri…….. 65
Şekil 4.22. Nonlinear analiz seçeneklerinin tanımlanması……... 67
Şekil 4.23. Nonlinear analizde düşey yüklerin esas alındığı aşama……. 68
Şekil 4.24. Nonlinear analiz düşey yük parametreleri…….. 68
Şekil 4.25. Nonlinear analiz parametreleri…… 69
Şekil 4.26. Nonlinear analiz x yönü yatay yüklerin tanımlanması……... 70
Şekil 4.27. Nonlinear analiz x yönü deplasman miktarının tanımlanması…… 70
Şekil 4.28. Nonlinear analiz x yönü kaydedilecek iterasyon sayısı…….. 71
Şekil 4.29. Nonlinear analiz x yönü parametreleri…… 71
Şekil 4.30. Nonlinear analiz y yönü yatay yüklerin tanımlanması……... 72
Şekil 4.31. Nonlinear analiz y yönü deplasman miktarının tanımlanması…… 73
Şekil 4.32. Nonlinear analiz y yönü kaydedilecek iterasyon sayısı…….. 73
Şekil 4.33. Nonlinear analiz y yönü parametreleri…… 74
Şekil 4.34. Kolon uçlarına plastik mafsalların atanması……... 75
Şekil 4.35. Kolonlara atanan plastik mafsal değerleri…….. 76
Şekil 4.36. Kiriş uçlarına plastik mafsalların atanması……. 77
Şekil 4.37. Kirişlere atanan plastik mafsal değerleri……. 78
Şekil 4.38. 4 katlı yapı x yönü kapasite eğrisi…….. 79
Şekil 4.39. 4 katlı yapı y yönü kapasite eğrisi…….. 81
Şekil 4.40. 4 katlı yapı x yönü 1. itme adımında oluşan plastik mafsallar……... 83
Şekil 4.41. 4 katlı yapı x yönü 22. (son) itme adımında oluşan plastik mafsallar 83
Şekil 4.42. Etaps yeni model tanımı……. 84
Şekil 4.43. Yapıların aks ve kat bilgileri…….. 85

Şekil 4.44. Etaps malzeme tanımlama ileti kutusu…….. 86
Şekil 4.45. Beton özelliklerinin tanımlanması……. 87
Şekil 4.46. Kolon boyutlarının tanımlanması…….. 88
Şekil 4.47. Kolon donatı bilgi girişi……. 88
Şekil 4.48. Etaps ile kiriş boyutlarının tanımlanması…….. 91
Şekil 4.49. Kiriş donatılarının atanması…….. 92
Şekil 4.50. 4 katlı yapının çerçeve sisteminin oluşturulması…….. 93
Şekil 4.51. Aks seçim ileti kutusu…… 94
Şekil 4.52. Kolonların atanması…… 95
Şekil 4.53. Etaps yük tanımlama ileti kutusu…… 96
Şekil 4.54. Kirişlere zati yüklerin atanması…….. 98
Şekil 4.55. Kirişlere hareketli yüklerin atanması……. 99
Şekil 4.56. Kirişlere duvar yüklerinin atanması…… 101
Şekil 4.57. Kolon mesnet özelliklerinin tanımlanması……. 102
Şekil 4.58. 4 katlı yapı x yönü deplasman değerleri……. 104
Şekil 4.59. 4 katlı yapı y yönü deplasman değerleri……. 105
Şekil 4.60. Nonlinear analiz seçeneklerinin tanımlanması……... 105
Şekil 4.61. Nonlinear analizde düşey yüklerin esas alındığı aşama……. 106
Şekil 4.62. Nonlinear analiz x yönü yatay yüklerin tanımlanması……... 107
Şekil 4.63. Nonlinear analiz y yönü yatay yüklerin tanımlanma……. 108
Şekil 4.64. Kolon uçlarına plastik mafsalların atanması……... 109
Şekil 4.65. Kolonlara atanan plastik mafsal değerleri……... 110
Şekil 4.66. Kiriş uçlarına plastik mafsalların atanması……. 111
Şekil 4.67. Kirişlere atanan plastik mafsal değerleri……..……... 112
Şekil 4.68. 4 katlı yapı x yönü kapasite eğrisi…….. 113
Şekil 4.69. 4 katlı yapı y yönü kapasite eğrisi…….. 115
Şekil 4.70. 4 katlı yapı x yönü 1. itme adımında oluşan plastik mafsallar……... 117
Şekil 4.71. 4 katlı yapı x yönü 30. (son) itme adımında oluşan plastik mafsallar 117
Şekil 4.72. Sap 2000 yeni model ileti kutusu…… 118
Şekil 4.73. Sap2000 uzay çerçeve ileti kutusu…….. 119
Şekil 4.74. Sap2000 malzeme tanımlama ileti kutusu…….. 120
Şekil 4.75. Sap2000 beton özelliklerinin tanımlanması…… 121

Şekil 4.76. Sap2000 kesit özeliklerinin tanımlanması ileti kutusu……... 121
Şekil 4.77. Sap2000 ile kolon boyutlarının tanımlanması…… 122
Şekil 4.78. Kolon donatı bilgi girişi…….. 123
Şekil 4.79. Sap2000 ile kiriş boyutlarının tanımlanması…….. 128
Şekil 4.80. Kiriş donatılarının atanması…… 128
Şekil 4.81. Sap2000 ile çubuklara kesit atanması……. 129
Şekil 4.82. Sap2000 ile çubuklara kolon kesitlerinin atanması…… 130
Şekil 4.83. Sap2000 yük tanımlama ileti kutusu……... 131
Şekil 4.84. Kirişlere zati yüklerin atanması…….. 132
Şekil 4.85. Kirişlere hareketli yüklerin atanması……. 133
Şekil 4.86. Kirişlere duvar yüklerinin atanması…… 135
Şekil 4.87. Kolon mesnet özelliklerinin tanımlanması……. 136
Şekil 4.88. Sap2000 analiz başlatma ileti kutusu…… 139
Şekil 4.89. 4 katlı yapının deplasman yapmış kesiti…… 140
Şekil 4.90. 4 katlı yapı x yönü tepe deplasman değeri……. 140
Şekil 4.91. Nonlinear analiz seçeneklerinin tanımlanması…….. 142
Şekil 4.92. Nonlinear analizde düşey yüklerin esas alındığı aşama……. 143
Şekil 4.93. Nonlinear analiz düşey yük parametreleri…….. 143
Şekil 4.94. Nonlinear analiz parametreleri…… 144
Şekil 4.95. Nonlinear analiz x yönü yatay yüklerin tanımlanması……... 145
Şekil 4.96. Nonlinear analiz x yönü deplasman miktarının tanımlanması…… 145
Şekil 4.97. Nonlinear analiz x yönü kaydedilecek iterasyon sayısı…….. 146
Şekil 4.98. Nonlinear analiz x yönü parametreleri…… 146
Şekil 4.99. Nonlinear analiz y yönü yatay yüklerin tanımlanması……... 147
Şekil 4.100. Nonlinear analiz y yönü deplasman miktarının tanımlanması…… 148
Şekil 4.101. Nonlinear analiz y yönü kaydedilecek iterasyon sayısı…….. 148
Şekil 4.102. Nonlinear analiz y yönü parametreleri…… 149
Şekil 4.103. Kolon uçlarına plastik mafsalların atanması……. 150
Şekil 4.104. Kolonlara atanan plastik mafsal değerleri……... 151
Şekil 4.105. Kiriş uçlarına plastik mafsalların atanması……... 152
Şekil 4.106. Kolonlara atanan plastik mafsal değerleri……..…….. 153
Şekil 4.107. 7 katlı yapı x yönü kapasite eğrisi…… 154

Şekil 4.108. 7 katlı yapı y yönü kapasite eğrisi…… 156
Şekil 4.109. 7 katlı yapı x yönü 1. ve son itme adımında oluşan plastik mafsallar……... 158
Şekil 4.110. 7 katlı yapı y yönü 1. ve son itme adımında oluşan plastik mafsallar…….. 158
Şekil 4.111. Etaps yeni model tanımı…….. 159
Şekil 4.112. Yapıların aks ve kat bilgileri…… 160
Şekil 4.113. Etaps malzeme tanımlama ileti kutusu……. 161
Şekil 4.114. Beton özelliklerinin tanımlanması…… 162
Şekil 4.115. Kolon boyutlarının tanımlanması……. 163
Şekil 4.116. Kolon donatı bilgi girişi…… 163
Şekil 4.117. Etaps ile kiriş boyutlarının tanımlanması……. 168
Şekil 4.118. Kiriş donatılarının atanması……. 169
Şekil 4.119. 7 katlı yapının çerçeve sisteminin oluşturulması……. 170
Şekil 4.120. Aks seçim ileti kutusu…….. 171
Şekil 4.121. Etaps yük tanımlama ileti kutusu……. 174
Şekil 4.122. Kirişlere zati yüklerin atanması…… 175
Şekil 4.123. Kirişlere hareketli yüklerin atanması…… 176
Şekil 4.124. Kirişlere duvar yüklerinin atanması……. 178
Şekil 4.125. Kolon mesnet özelliklerinin tanımlanması……... 179
Şekil 4.126. 7 katlı yapı x yönü deplasman değerleri……... 182
Şekil 4.127. 7 katlı yapı y yönü deplasman değerleri……... 183
Şekil 4.128. Nonlinear analiz seçeneklerinin tanımlanması……. 183
Şekil 4.129. Nonlinear analizde düşey yüklerin esas alındığı aşama…… 184
Şekil 4.130. Nonlinear analiz x yönü yatay yüklerin tanımlanması……. 185
Şekil 4.131. Nonlinear analiz y yönü yatay yüklerin tanımlanması……. 186
Şekil 4.132. Kolon uçlarına plastik mafsalların atanması…… 187
Şekil 4.133. Kolonlara atanan plastik mafsal değerleri……. 188
Şekil 4.134. Kiriş uçlarına plastik mafsalların atanması…….. 189
Şekil 4.135. Kirişlere atanan plastik mafsal değerleri……... 190
Şekil 4.136. 7 katlı yapı x yönü kapasite eğrisi…… 191
Şekil 4.137. 7 katlı yapı y yönü kapasite eğrisi…… 193

Şekil 4.138. 7 katlı yapı x yönü 1. ve son itme adımlarında oluşan plastik mafsallar ……. 195
Şekil 4.139. 7 katlı yapı y yönü 1. ve son itme adımlarında oluşan plastik mafsallar ……. 195
Şekil 5.1. 4 katlı ve 7 katlı örnek yapıların x vey yönü kapasite eğrileri…….. 200
Şekil 5.2. Sap2000 ile elde edilen 4 katlı ve 7 katlı yapıların kapasite eğrileri… 201
Şekil 5.3. Etaps programı ile elde edilen 4 katlı ve 7 katlı yapıların kapasite eğrileri……...…… 202
Şekil 5.4. 4 katlı yapıların kapasite eğrileri…….. 203
Şekil 5.5. 7 katlı yapıların kapasite eğrileri…….. 203

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1 Betonarme kirişler için dogrusal olmayan modelleme parametreleri plastik dönme hasar sınırları (ATC 40 ve FEMA 273)…….. 23
Çizelge 3.2 Betonarme kolonlar için dogrusal olmayan modelleme parametreleri plastik dönme hasar sınırları (ATC 40 ve FEMA 273) 24
Çizelge 3.3. C0 modal katılım katsayısı değerleri…… 27
Çizelge 3.4. Cm efektif kütle çarpanı değerleri…… 28
Çizelge 3.5 Efektif sönümün belirlenmesinde kullanılan katsayılar…… 35
Çizelge 3.6 Efektif periyodun belirlenmesinde kullanılan katsayılar……... 35
Çizelge 3.7 Taşıyıcı elemanların performans seviyeleri……... 38
Çizelge 3.8 Tasıyıcı olmayan elemanların performans seviyeleri…… 40
Çizelge 3.9 Bina yapısal performans seviyeleri…… 41
Çizelge 4.1. Binaların tasarım kriterleri…… 43
Çizelge 4.2. 4 katlı bina kolon bilgileri……. 45
Çizelge 4.3. 7 katlı bina kolon bilgileri……. 46
Çizelge 4.4. Kolonların atanacağı çubuk numaraları…… 57
Çizelge 4.5. Kirişlere aktarılan yükler…….. 59
Çizelge 4.6. Kirişlere aktarılacak yükler ve seçilecek çubuk numaraları……. 60
Çizelge 4.7. Deprem yüklerinin belirlenmesi……... 63
Çizelge 4.8. X yönü periyot hesabı…….. 66
Çizelge 4.9. Y yönü periyot hesabı…….. 66
Çizelge 4.10. 4 Katlı betonarme yapı x yönü taban kesme kuvveti-yerdeğitirme değerleri ve hasar düzeyleri…… 80
Çizelge 4.11. 4 Katlı betonarme yapı y yönü taban kesme kuvveti-yerdeğitirme değerleri ve hasar düzeyleri…… 82
Çizelge 4.12. Kirişlere aktarılan yükler…… 97
Çizelge 4.13. 4 Katlı betonarme yapı x yönü taban kesme kuvveti-yerdeğitirme değerleri ve hasar düzeyleri…… 114
Çizelge 4.14. 4 Katlı betonarme yapı y yönü taban kesme kuvveti-yerdeğitirme değerleri ve hasar düzeyleri…… 116

Çizelge 4.15. Kolonların atanacağı çubuk numaraları…….. 130
Çizelge 4.16. Kirişlere aktarılan yükler…… 132
Çizelge 4.17. Kirişlere aktarılacak yükler ve seçilecek çubuk numaraları……... 134
Çizelge 4.18. Deprem yüklerinin belirlenmesi……. 137
Çizelge 4.19. X yönü periyot hesabı……. 141
Çizelge 4.20. Y yönü periyot hesabı……. 141
Çizelge 4.21. 7 Katlı betonarme yapı x yönü taban kesme kuvveti-yerdeğitirme değerleri ve hasar düzeyleri…… 155
Çizelge 4.22. 7 Katlı betonarme yapı y yönü taban kesme kuvveti-yerdeğitirme değerleri ve hasar düzeyleri…… 157
Çizelge 4.23. Kirişlere aktarılan yükler…… 174
Çizelge 4.24. 7 Katlı betonarme yapı x yönü taban kesme kuvveti-yerdeğitirme değerleri ve hasar düzeyleri…… 192
Çizelge 4.25. 7 Katlı betonarme yapı y yönü taban kesme kuvveti-yerdeğitirme değerleri ve hasar düzeyleri…… 194
Çizelge 5.1. 4 katlı yapıda katlara etkiyen fiktif yükler ve hesaplanan deplasman değerleri…….. 196
Çizelge 5.2. 7 katlı yapıda katlara etkiyen fiktif yükler ve hesaplanan deplasman değerleri…….. 196
Çizelge 5.3. Yapı kütleleri ve periyot değerleri…… 197
Çizelge 5.4. Yapıların performans noktasındaki taban kesme kuvvetleri ve deplasman değerleri……. 198
Çizelge 5.5. Kapasite eğrisi performans sonuçları…… 198
Çizelge 5.6. 4 katlı örnek yapının “Birim Enerji” değerleri……. 200
Çizelge 5.7. 7 katlı örnek yapının “Birim Enerji” değerleri……. 200
Çizelge 5.8. Sap2000 programı ile analiz edilen yapıların “Birim Enerji” değerleri…… 201
Çizelge 5.9. Etaps programı ile analiz edilen yapıların “Birim Enerji” değerleri 201
Çizelge 6.1. 4 katlı yapıların itme analizi sonuçları……. 206
Çizelge 6.2. 7 katlı yapıların itme analizi sonuçları……. 206

1. GİRİŞ

Yapıların deprem davranışını ve performans seviyelerinin incelenmesi günümüz deprem mühendisliğinin önemli konuları arasındadır. Yurdumuzda geçmişte birçok deprem meydana gelmiş ve büyük can ve mal kayıpları olmuştur. Bu kayıpları önlemek amacıyla yapıların olmuş veya olabilecek depremlere karşı dayanımlarının kontrol edilmesi gerekmektedir. Bir yapının geçerli deprem yönetmelik ve standartlara uygun biçimde tasarlanması yapının deprem karşısında nasıl davranacağı konusunda yeterli bilgi vermemektedir. Yapıların deprem karşısındaki davranışını belirlemede lineer ve lineer olmayan analiz metotları geliştirilmiştir.

Depreme karşı dayanıklılık dizayn çalışmaları göstermiştir ki, bir yapı güçlü bir yer hareketinde elastik olmayan deformasyonlar yaparak harekete karşı koyabilir. Bu nedenlerle elastik olmayan bu deformasyonları tahmin edebilmek için yapının lineer olmayan özellikleri dikkate alan bir analize ihtiyaç vardır. Lineer olmayan zaman tanım alanında hesap yöntemi, kapasite spektrum yöntemi gibi analiz metotları kullanılmaktadır. Zaman tanım alanında hesap yöntemi binanın dinamik yüklere karşı hareketlerini inceleyen bir metottur. Tekrarlı yükler altında taşıyıcı sistem davranışını tanımlayan iç kuvvet – şekil değiştirme bağıntılarının belirlenmesi ve deprem hesabında deprem ivme kayıtlarının tanımlanması gerekmektedir. Uygulama zorluğu nedeniyle fazla tercih edilmemektedir. Kapasite spektrum yöntemi ise mevcut yapıların onarılmasında ve güçlendirilmesinde çok yararlı bir yöntemdir. Bu metot yapıların depreme karşı belli bir kapasiteye sahip olduklarını hızlı bir şekilde göstermek için kullanılır. Bu metotta yapının yanal yük - deplasman ilişkisi kolaylıkla belirlenip hangi elemanlarının daha önce göçebileceği bulunabilmektedir.

Ülkemizde meydana gelen önemli depremlerden sonra yapılan incelemeler ve farklı araştırmacılar tarafından yapılan deneysel çalışmalar, taşıyıcı olmayan bölme duvarların yatay rijitlikleri ve dayanımlarının, binanın serbest titreşim özellikleri ve yatay yük taşıma kapasitesi üzerinde önemli ölçüde etkili olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada Sap2000 ve Etaps programlarında statik itme analizinin nasıl yapıldığı detaylı olarak anlatılmıştır. Denizli Üniversitesi'nde 2005 yılında Özmen tarafından yapılan tezde kullanılan 4 katlı ve 7 katlı betonarme bina modelleri bu tez çalışmasında örnek modeller olarak alınmıştır. 4 katlı ve 7 katlı betonarme binalar Sap2000 ve Etaps programları kullanılarak statik itme analizleri yapılarak programlar arasında oluşabilecek farklılıklar belirlenmeye çalışılmıştır. Örnek modellerin sonuçları ile yeni analizleri yapılan modellerin sonuçları karşılaştırılarak yapılan kabullerin statik itme analizini nasıl etkilediği belirlenmeye çalışılmıştır

.

2. KONUYLA İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Son yıllarda özellikle kentsel alanlarda meydana gelen depremlerde yapılardaki hasarların ekonomik etkisinin çok büyük olması, depreme dayanıklı yapı tasarımında hasar kontrolünün de göz önüne alınması gerektiğini göstermiştir. Buna bağlı olarak, geleneksel kuvvete dayalı tasarımın yerini alması için performansa (deprem güvenliğine) dayalı tasarım ve değerlendirme ile ilgili çalışmalar önem kazanmıştır. Çeşitli yönetmeliklerce tasarlanan yapılardan öngörülen hedefler, yönetmeliklerce yer alan çeşitli koşullar (süneklik koşulları, yer değiştirme sınırlandırmaları vb.) ile sağlatılmaya çalışılmaktadır. Ancak geleneksel deprem tasarımı ile yapının deprem performansının belirlenmesi mümkün değildir. Bunun için lineer olmayan dinamik veya statik analiz yöntemlerinin kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Betonarme binaların deprem karşısında davranışları hakkındaki bilgilerin, zaman ilerledikçe mevcut kabul edilen çözüm yöntemlerinin yetersiz kaldığının ortaya çıkması ve bilgisayar programlarında ve çözüm yöntemlerindeki hızlı ilerleyiş, deprem davranışının daha gerçekçi modellenebilmesi ve daha karmaşık çözüm yöntemlerinin denenmesini mümkün kılmıştır.

Bu yöntemlerden biri olan statik itme yöntemi, depreme maruz kalmış veya deprem yaşamamış ancak yapıldığı tarih itibariyle yeni yönetmeliklere uymayan mevcut yapıların incelenmesi sırasında hangi bölgelerinde hasar oluşacağını görmek açısından oldukça kullanışlıdır. Son yıllarda, deprem etkisi altındaki binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesinde statik itme analizi ile performans değerlendirmesine yönelik birçok çalışma yapılmıştır.

2.1. Türkiye'de Yapılmış Çalışmalar

İrtem, Türker, Hasgül (2002) tarafından yapılan çalışmada, Türk Deprem Yönetmeliğinin ana ilkesi olarak öngörülen genel performans hedefleri değerlendirilmiştir. Çalışmada az ve orta katlı çerçeve ve çok katlı perde-çerçeve

yapıları temsil eden üç tipik betonarme yapı (3, 6 ve 10 katlı) örnek olarak seçilmiştir. Ele alınan ve ABYYHY(1998)'e göre tasarlanan yapıların performanslarının (deprem güvenlikleri) aynı kriterlere (FEMA 356 ve ATC 40'da tanımlanan) göre değerlendirilmesine rağmen önemli farklılıklar gösterebildiği belirlenmiştir. Az katlı yapıda tasarım depremi için öngörülenin çok üzerinde bir performans elde edilirken, orta katlı yapıda öngörülenin altında bir performans elde edilmektedir. Ancak, bu değerlendirmelerin, performans hedeflerinin tanımlanmasındaki faklılıklara bağlı olarak değişebileceği görülmektedir. Bu nedenle, yönetmelikte performans ve hasar düzeyi tanımlamalarına ayrıca bunların belirlenebilmesi için lineer olmayan analiz yöntemlerine ayrıntılı olarak yer verilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Güney, Boduroğlu (2004) tarafından yapılan çalışmada, söz konusu dinamik dış etkiler altında genel olarak bilinen ve bilinmeyen burulma kaynakları ortaya matematik olarak konulmuş, yazılan program algoritması bu etkileri yansıtacak şekilde düzenlenmiştir. Daha sonra çeşitli yapı sistemleri için lineer olan ve olmayan, duvarlı ve duvarsız modeller kurulmuş, bu modellere burulma kaynakları parametrik olarak yansıtılmış, yazılan program sayesinde sistemler çeşitli yapı modelleri için analiz edilerek değişimler parametrik olarak izlenmiştir. Malzeme bakımından lineer kabul edilen ve edilmeyen sistemler arasında gerek hesaplama gerekse davranış olarak ciddi farklar söz konusudur. Lineer davranış kabulü, küçük ve orta şiddette yapıya etkiyen deprem etkileri için lineer elastik sınırın çoğu zaman aşılmaması veya aşılsa bile ciddi ölçüde fark meydana getirecek seviyelere çıkmadığı görülmüştür.

Alemdar Z. (2004) tarafından yapılan çalışmada, binaların gerçekte lineer davranmadıkları göz önüne alınarak lineer olmayan dinamik analiz (lineer olmayan zaman tanım alanında hesap yöntemi) sonuçları esas alınmıştır. Yapılan analizlerde Kocaeli-Ambarlı (1999), Düzce (1999), Northridge (1994) ve Kobe (1995) depremlerinin ivme kayıtları kullanılmıştır. Analizler sonucunda, binaya etkiyen taban kesme kuvveti ve göreli kat ötelemeleri tüm deprem kayıtları için hesaplanmış ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Yapıların deprem hareketi altında gerçek davranışı sonuçlara yansıtabilmesi ve daha gerçekçi bir yöntem olması nedeni ile lineer olmayan dinamik analizin yaygın kullanıma sahip olması gerektiği vurgulanmıştır.

Korkmaz, Uçar (2006) tarafından yapılan çalışmada, yapı sistemlerinin doğrusal olmayan davranışları ve dolgu duvarlarının yapısal davranışa etkileri

üzerinde durulmuştur. Yapı sistemlerinin performansının belirlenmesinde elastik ötesi statik itme analizleri kullanılmıştır. Örnek olarak üç açıklıklı 10 katlı betonarme iki farklı çerçeve tipi (dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız) seçilmiş, yapılan elastik ötesi statik itme analizleri sonuçlarından elde edilen kapasite eğrileri, kat yatay yer değiştirmeleri ve göreli kat ötelemeleri ile sistemlerde plastik kesitlerin oluştuğu yerler ile katlardaki maksimum plastik dönme değerleri hesaplanmış olup yapılarda dolgu duvarların analiz sonuçlarını önemli oranda değiştirdiği belirlenmiştir.

Korkmaz A. (2007) tarafından yapılan çalışmada, betonarme yapıların güçlendirilmesinde çelik çapraz elemanlar ele alınarak yapının deprem performansına olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla mevcut sıradan yapı sistemlerini karakterize etmek amacıyla 10 katlı betonarme çerçeve yapı ele alınarak, bu yapıya çelik çapraz elemanlarla farklı şekillerde güçlendirme uygulanmıştır. Güçlendirilmiş yapı sistemlerinin mevcut yapı sistemine göre yapısal davranışındaki değişim incelenmiştir.

2.2. Yurtdışında Yapılmış Çalışmalar

Moghadam A.S., Tso W.K. (1995) tarafından yapılan çalışmada, simetrik olmayan yüksek katlı yapı sistemlerinde deprem esnasında büyük hasarlara neden olan burulma düzensizliğinin hasar seviyesine etkisini göstermek üzere, simetrik olmayan yapılarda doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemlerinin kullanımı üzerinde durulmuştur.

Habibullah ve Pyle (1998) tarafından FEMA ve ATC-40' daki yapı performans seviyeleri kullanılarak yapıların üç boyutlu doğrusal olmayan artımsal itme analizinin nasıl yapılacağı anlatılmıştır.

Coleman ve Spacone (2001) tarafından yapılan çalışmada kolon ve kirişlerde plastik mafsalların nerelerde meydana geldiği gösterilmiştir.

Chopra ve Goel (2002) tarafından yapılan bir çalışmada binaların deprem davranışlarını belirlemek amacıyla modal artımsal itme analizi ile plastik mafsal noktaları belirlenmiştir.

Antoniou S., Rovithakis A. ve Pinho R. (2002) tarafından yapıların elastik ötesi davranışlarının çeşitli kademelerinde, elemanların değişen rijitliklerine ve yapı sisteminin dinamik özelliklerine bağlı olarak, yapı sisteminin yatay yük değişimini dikkate alan ve yüksek mod etkilerini içeren doğrusal olmayan statik arımsal itme analizi yöntemi kullanılmıştır.

3. YAPILARIN DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Son yıllarda meydana gelen büyük depremler kentsel alanlarda deprem riskinin azalmanın aksine arttığı gerçeğini ortaya çıkarmıstır. Bu olumsuz durumu tersine döndürmenin en etkin yolu, deprem mühendisliğinde hali hazırda kullanılan yöntemlerden daha gerçekçi yöntem ve kavramlar gelistirmektir. Bu noktadan hareketle ortaya çıkan performansa dayalı analiz, ön görülen bir deprem etkisi altında incelenen yapının, yapısal ve yapısal olmayan elemanlarında, kullanım amacı ve ekonomik kaygılar göz önünde bulundurularak hedeflenmis olan performans seviyesinin sağlanıp, sağlanamadığını belirleyebilmek için gelistirilmis bir deprem mühendisliği yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, sahip oldugu ilkelere uyum gösterecek analiz yöntemleri gerektirmiş ve bunun sonucunda geleneksel kuvvete dayalı tasarımın yerine, yer değiştirmeye baglı analiz yöntemleri ön plana çıkmıstır.

Yer değistirmeye bağlı performans kriterlerini esas alan yapısal degerlendirme ve tasarım kavramı, özellikle son yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nin deprem bölgelerindeki mevcut yapıların deprem güvenliklerinin daha gerçekçi olarak belirlenmesi ve yeterli güvenlikte olmayan yapıların güçlendirilmesi çalışmaları esnasında ortaya konulmuş ve geliştirilmistir. Amerika Birleşik Devletlerinin California eyaletinde 1989 yılında meydana gelen Loma Prieta ve 1994'deki Northridge depremlerini neden olduğu büyük hasar, deprem etkileri altında yeterli bir dayanımı öngören performans kriterlerine alternatif olarak, yer değiştirmeye bağlı daha gerçekçi performans kriterlerini esas alan yöntemlerin geliştirilmesi ihtiyacını da ortaya koymustur. (Özer, 2000)

Bu gereksinimleri karşılamak amacıyla, ATC tarafından ATC 40, FEMA tarafından FEMA 273, 356 raporları yayınlanmıştır. Daha sonra, bu çalışmaların sonuçları irdelenerek geliştirilmesi amacıyla ATC 55 projesi yürütülmüş ve bu projeden FEMA 440 taslak raporu hazırlanmıştır.

3.1. Betonarme Yapı Elemanlarının Doğrusal Olmayan Davranışları

3.1.1 Temel Varsayımlar

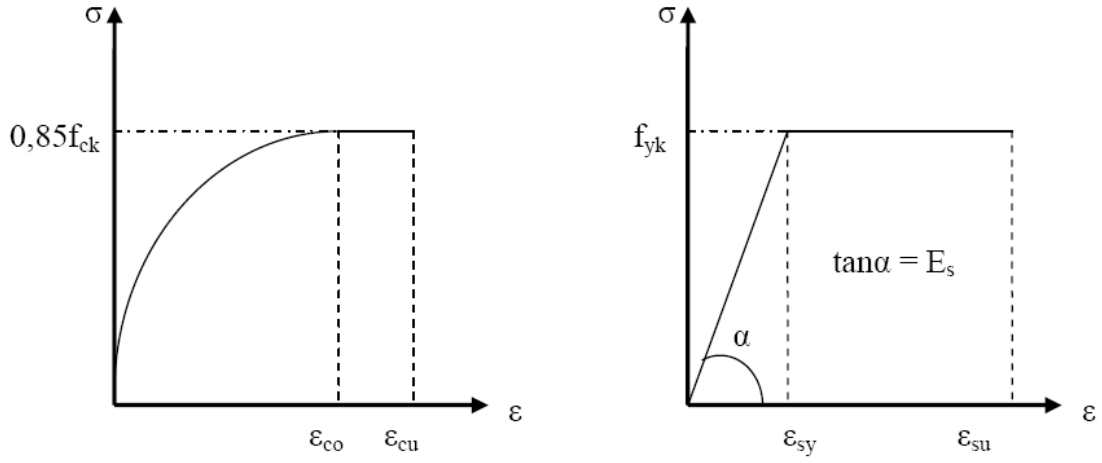
Eğilme momenti ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerde şekil değiştirme ilişkilerinin belirlenmesinde aşağıdaki varsayımlar yapılmaktadır.

1) Düzlem kesitler, şekil değiştirmeden sonrada düzlem kalırlar. (Bernouli- Navier Hipotezi). Kesitteki her noktanın kesit düzlemine dik dogrultudaki şekil değiştirmesi tarafsız eksene dik olan uzaklığıyla orantılı olmaktadır (Özer E. 2004).

2) Beton ve donatı çeliği arasında tam aderans vardır. Tarafsız eksene esit uzaklıktaki beton elemanı ile donatı çeliği eşit miktarda şekil değiştirme yapmaktadır (Özer E. 2004).

3)Betonun çekme dayanımı çok küçük olduğu için hesaba katılmamaktadır ya da kesit çatladıktan sonra betonun çekme dayanımı ihmal edilmektedir (Özer E. 2004).

Genel olarak donatı çeliği ve betonun gerilme-şekil değiştirme bağıntısı için yapılan kabuller Şekil 3.1 de gösterilmiştir. Kaynaklarda sargı etkisinin de göz önüne alınabildigi beton modelleri de mevcuttur. (Kırçıl, M.S. ve Ark. 2003)



Şekil3.1 Beton ve Çelik gerilme şekil değiştirme modeli

Betonun gerilme-şekil değiştirme bağıntısında;

f_{ck}: Betonun karakteristik basınç dayanımını,

ε_{co}: Betonda plastik şekil değiştirmelerin başlamasına karşı gelen birim kısalmayı,

ε_{cu}: Betonda izin verilen en büyük birim kısalmayı göstermektedir. Betonda plastik şekil değiştirmelerin ε_{co} =0,002 değerinde başladığı kabul edilmektedir. Beton en üst basınç lifindeki birim kısalmaların ε_{cu} = 0,003 – 0,004 sınır değerine ulaşmasıyla betonun ezilerek taşıma gücünü kaybettigi varsayılmaktadır (TS-500 2000).

Donatı çeliği gerilme-şekil değiştirme bağıntısında;

E_s: Donatı çeliği elastisite modulünü,

f_{yk}: Donatı çeliği akma gerilmesini,

ε_{sy}: Akma durumuna karşılık gelen birim uzamayı,

ε_{su}: Kopma durumuna karşılık gelen çelik birim uzama değerini

göstermektedir.

Bu ilişkide çeliğin peklesmesi ihmal edilmistir. Donatı çeliğinin en büyük uzaması olan εsu değeri için TS 500'de bir sınırlama yoktur. Genel olarak ε_{su} değeri için 0,01 değeri önerilmektedir (TS-500 2000).

3.1.2 Betonarme Kesitlerde Akma Koşulları

Dış yükler altındaki yapı sistemlerinde yüklerin artması neticesinde kesit tesirlerinin belirli sınır değerlere erişmesi halinde; akma, kırılma veya büyük şekil değiştirmeler sonucu taşıma gücü kaybı oluşur. Bir kesitin taşıyabileceği kesit zorları (M, N, T) bileşkesinin en büyük değerini gösteren bu durum kırılma olarak

adlandırılmaktadır (Özer E. 2004). Betonarme kesitlerde, kesitin tasıma gücünü ifade (3.1) bağıntısına kırılma şartı denilmektedir ve genel olarak;

$$K (M, N, T)= 0 \quad (3.1)$$

şeklinde yazılabilir. Kayma şekil değiştirmeleri, eğilme ve uzama şekil değiştirmelerinin yanında ihmal edilirse kırılma şartı (3.2) bağıntısıyla ifade edilir;

$$K (M, N) = 0 \quad (3.2)$$

Eğik eğilme etkisi altındaki bir betonarme kesit için:

$$K (Mx, My,N) =0 \quad (3.3)$$

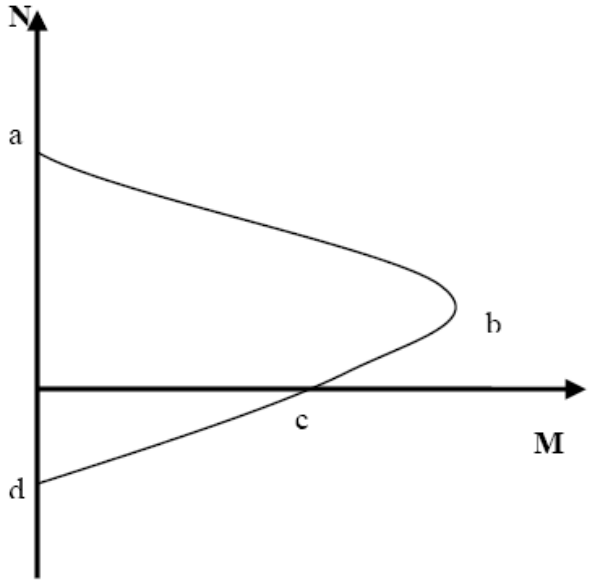
bağıntısı şeklinde yazılabilir. Bu bağıntıda Mx ve My kesite iki yönde etkiyen eğilme momentlerini, N normal kuvveti göstermektedir. Güç tükenmesine karşılık gelen çeşitli kesit şekil değiştirme durumları için (Mx, My, N) değerleri bulunabilir. Doğrusal olmayan bir fonksiyon olan bu bağıntının eksen takımına taşınması sonucu kırılma yüzeyleri elde edilir. Güç tükenmesi durumuna karşılık gelen bu yüzeyin içinde kalan noktalarda hesaplanan kesit tesirleri takımını kesit tasıyabilmektedir. Yüzeyin üzerinde yer alan noktalara karşı gelen kesit zorları takımı için kesit sınır değerdedir ve yüzeyin dışında yer alan durumları kesit taşıyamamaktadır.

3.1.2.1 Bileşik Eğilme Etkisi Altındaki Betonarme Kesitler

Mx, eğilme momenti ve N eksenel kuvveten oluşan bileşik eğilme etkisi altındaki betonarme bir kesite kırılma koşulu bağıntı;

$$K (Mx, N) = 0 \quad (3.4)$$

şeklindedir. Bu bağıntı dik koordinat sistemine taşındığı zaman Şekil 3.2'deki kapalı bir eğri elde edilir.



Şekil 3.2 Birleşik eğilme durumu için akma eğrisi

Bu eğri Mx ve N kesit tesirlerinin çeşitli değerlerine karşılık gelen güç tükenmesi durumlarını temsil eder. a noktası eksenel basınç durumuna karşı gelen noktadır ve bu durumda betonarme kesitin taşıdığı basınç kuvveti,

$$N=0{,}85\ fck\ Ac + fyk\ As \qquad (3.5)$$

(3.5) bağıntısıyla hesaplanabilmektedir (TS-500 2000). d noktası eksenel çekme durumuna karşı gelen noktadır ve bu durumda betonarme kesitin taşıdığı çekme kuvveti,

$$N=fyk\ As \qquad (3.6)$$

(3.6) bağıntısıyla hesaplanabilmektedir. Ac beton en kesit alanı, As ise kesitteki toplam donatı alanını göstermektedir. c noktası basit eğilme durumuna, b noktasıda kesitin en büyük moment taşıma gücüne sahip olduğu duruma karşılık gelmektedir.

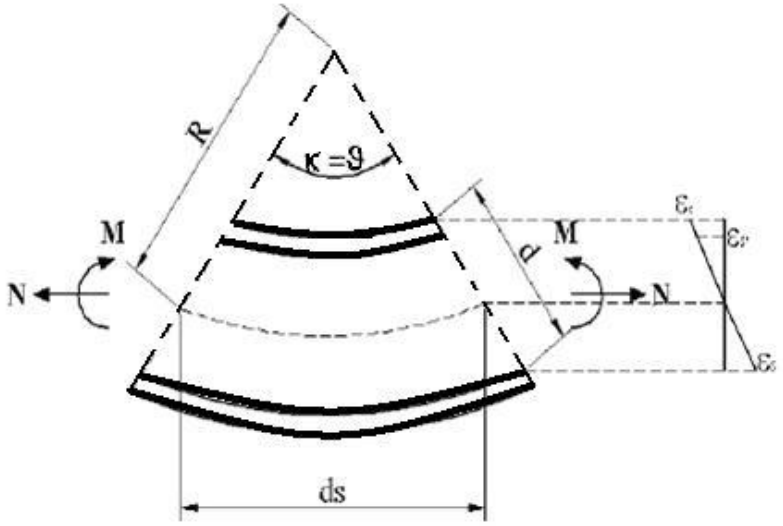
3.1.2.2 Betonarme Kesitlerde Moment-Eğrilik Bağıntısı

Normal boyuttaki yapı elemanlarında oluşan şekil değiştirmelerin çoğu, eğilmeden dolayı meydana gelen şekil değiştirmeler sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple eğilme etkisindeki yapı elemanlarının dış yük-şekil değiştirme özelikleri genellikle kesitlerin moment-eğrilik ilişkisine bağlıdır.

Yapı sistemlerinin malzeme özelikleri bakımından doğrusal hesap yöntemleriyle çözümlenmesinde, yapı elemanlarının rijitlikleri farklı yük seviyeleri için değişmemektedir. Kesit tesirleri ile kesit rijitlikleri arasında doğrusal bir bağıntının olduğu kabul edildiği için, yapı sistemi yük parametresi ile kesit zorları ve aynı zamanda sistem deplasmanları arasında doğrusal bir bağıntı vardır. Eğilme momenti etkisindeki kesitlerde, eğilme momenti ve kesit rijitliği arasındaki bağıntı

$$EI = M / \chi \tag{3.7}$$

ifadesiyle verilmektedir. Bu bağıntıda EI kesit eğilme rijitliği, ise kesit eğriliğidir. Eğrilik birim uzunluktaki elemandaki dönme olarak tanımlanmaktadır. Sonsuz küçük eğilmeye maruz bir kiriş parçasında ortaya çıkacak şekil değiştirme Şekil 3.3'de gösterilmiştir.

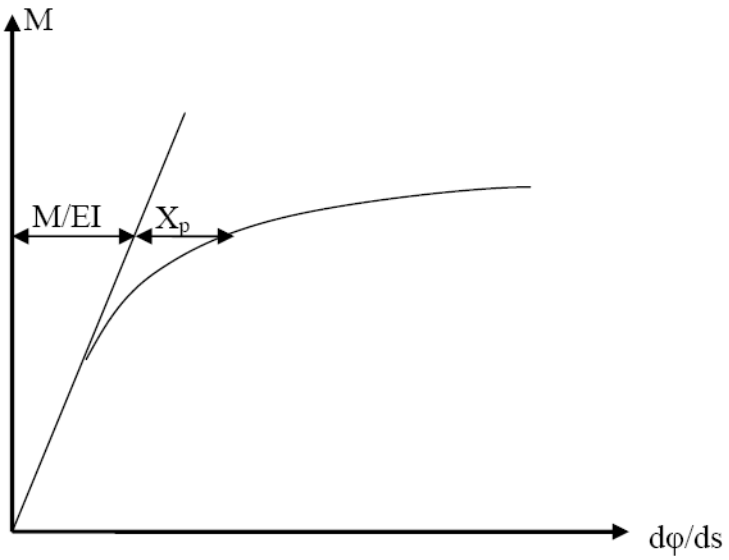


Şekil 3.3 Eğilme etkisindeki kesit şekil değiştirmeleri

Eğilme momenti etkisindeki kesitlerde, moment ve eğrilik arasındaki başlangıçtaki doğrusal olan bağıntı kesit zorları artıkça bozulmaktadır. Doğrusal olmayan hesapta, eğilme momenti etkisi altındaki kesitlerin doğrusal olmayan davranısını hesaba yansıtan moment-eğrilik bağıntıları kullanılmaktadır. Sabit eksenel yük altında kesit eğriliği,

$$\chi = \frac{d\varphi}{ds} = \frac{M}{EI} + \chi_p \tag{3.8}$$

Denklem (3.8) ifadesiyle verilmektedir. M / EI ifadesi doğrusal şekil değiştirmeleri, χ_p terimi doğrusal olmayan şekil değiştirmeleri göstermektedir (Sekil 3.4).

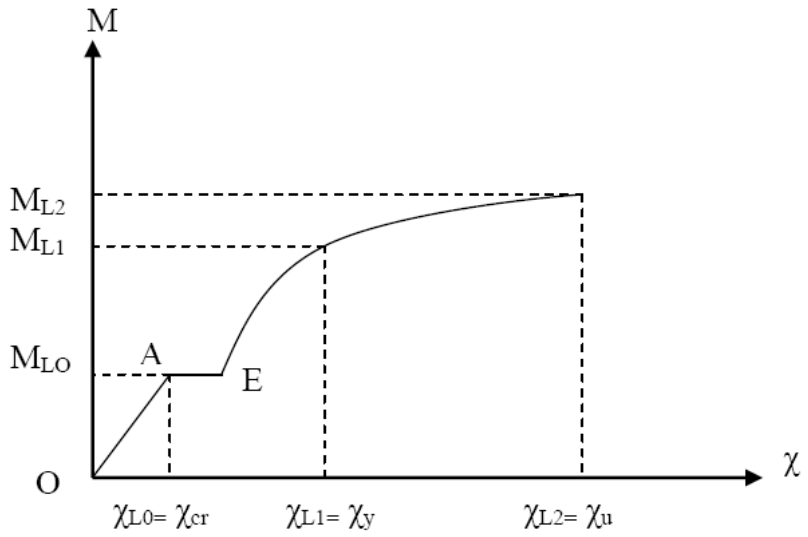


Şekil 3.4 Doğrusal ve doğrusal olmayan şekil değiştirmeler

Sabit eksenel kuvvet altında artan eğilme momenti ile zorlanan betonarme çubukların moment-eğrilik iliskişi üç ayrı bölümden oluşmaktadır. Sekil 3.5 (M_{cr}-χ_{cr}) betonarme kesitin çekme gerilmesi alan dış lifindeki çatlakların başladıgı durumdur. Bu bölgede oluşan çekme gerilmesinin, beton çekme dayanımına (f_{ck}) eşit olması kesite çatlakların başladıgını göstermektedir.

Bu bölgeye kadar eğilme momenti ve kesit eğriliği arasındaki oran kesitin eğilme rijitligine (EI) eşittir. I, kesitin tümüne ait olan atalet momentidir. Kesite

çekme bölgesinde çatlamaların başlamasına neden olan M_{L0} momentidir. Bu noktadan sonra betonun çekme gerilmesi almadığı kabul edilir.



Şekil 3.5 Betonarme kesitlerde moment eğrilik ilişkisi

(M_y-χ_y) sınır durumu kesite plastik şekil değiştirmelerin başladığı noktadır ve My kesit akma momenti olarak kabul edilir. Beton dış basınç lifinde veya çekme donatısında plastik şekil değiştirmelerin başlamasına karşı gelir. Plastik şekil değiştirmelerin betonda yaklaşık olarak 0,002 değerinde, çelikte ise akma gerilmesine ulaşılmasıyla başladığı kabul edilir. Plastik şekil değistirmelerin çekme donatısında başlaması durumunda eğri daha çok yatıklaşmaktadır.

(M_u-χ_u) sınır durumu kesitin taşıma gücüne ulaştığı kabul edilen sınır durumdur. Bu durumdaki kesitin taşıdığı M_{L2} momenti kesitin taşıma gücünü göstermektedir. Bu duruma beton basınç bölgesi en üst lifindeki birim kısalmanın χ_{cu} sınır değerine ulaşarak betonun ezilmesiyle ya da çekme donatısındaki şekil değiştirmenin χ_{su} değerine ulaşarak çekme donatısının izin verilen en büyük sekil değiştirmeyi yapmasıyla ulaşılır.

Beton basınç bölgesinin ezilmesiyle meydana gelen kırılmaya gevrek kırılma durumu denilmektedir. Yapı elemanlarında tasıma kapasitelerine yaklaşıldıkça oluşan şekil değiştirmelerin gözlenip, duruma göre önlem alınabilmesi için gevrek kırılma istenmeyen bir durumdur. Bunun için yönetmeliklerde kesitlerin çekme

bölgelerindeki donatı oranları, kesite beton basınç bölgesinin ezilmesiyle çekme donatısının kopmasının aynı ana denk gelen dengeli donatı oranı denilen orandan bir miktar küçük kalacak şekilde sınırlandırılmıstır. Artan kesit zorları altında beton basınç bölgesinde ezilme olmadan, çekme donatısının akma şekil değiştirmesine ulaşıp, belirli bir süre aktıktan sonra kesitin kırılması istenen bir mekanizmadır. Bu şekilde kesitin göçmesi sünek kırılma olarak adlandırılmaktadır.

Gerçekte yapı çeliğinin kopma şekil değiştirmesi büyük oranlara çıksa da, yapı sistemlerinin tasarımında büyük şekil değiştirmelerin önlene bilmesi için kesitlerin boyutlandırılmasında kullanılan çeliğin en büyük şekil değiştirmesi gerçek kopma değerinden küçük bir değer alınarak sınırlandırılmıstır. Böylece, bir bakıma kesitlerin dönme kapasitesi kontrol altına alınmıstır.

Kesite kırılma sırasındaki toplam şekil değistirmenin doğrusal şekil değistirmeye oranı kesit sünekligi olarak tanımlanmaktadır. Egilme sünekliği bakımından betonarme bir kesitin sünekliği,

$$M_x = \frac{\chi_u}{\chi_y} \tag{3.9}$$

Denklem (3.9) ifadesiyle verilir. χ_y çekme donatısının akma şekil değiştirmesine ulaştığı andaki kesit eğriliğini, χ_u kesitin kopma durumunda erişebileceği eğriliği göstermektedir. Kesit sünekliğini etkileyen başlıca faktörler aşağıda sıralanmıstır.

a) Çekme donatısı oranının artması kesit tasıma gücünü ve χ_y değerini artırmaktadır ancak χ_u azaldığı için ve kesit sünekligi de azalır.

b) Çekme donatısı akma gerilmesinin artmasıyla χ_y değeri artar, χ_u azalır ve kesit sünekliği azalır.

c) Basınç donatısı oranının artmasıyla χ_y değeri az da olsa artar, χ_u ile birlikte kesit sünekliğide artar.

d) Beton dayanımının artmasıyla veya betonarme elemanda sargı donatısı oranının artmasıyla χ_y değeri azalır, χ_u değeri artar ve kesit sünekliği artmıs olur.

e) Kesitteki eksenel kuvvetin artması genelikle kesit sünekligini azaltmaktadır.

3.1.3. Plastik Mafsal Hipotezi

Doğrusal olmayan davranış gösteren yapı sistemlerinde, doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin plastik mafsala verilen belirli kesitlerde toplandığı varsayımı yapılmaktadır. Asağıdaki bölümde, bu kesitlerde yük-yer değiştirme bağıntısının elde edilmesi konusuna değinilmistir.

Yeter derecede sünek yapı sistemlerinde (çelik yapılar ve belli koşullarda betonarme), plastik mafsal hipotezi esas alınarak yapılan hesaplar önemli derecede kısalabilmektedir. Toplam şekil değiştirmelerin, en büyük doğrusal şekil değiştirmelere oranı olarak tanımlanan süneklik oranının büyük olduğu ve doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin plastik mafsal adı verilen küçük bir bölgeye yayıldıgı, bunun dışındaki bölgelerde sistemin doğrusal-elastik davrandığı varsayılabilir. Bu hipoteze "plastik mafsal hipotezi" adı verilir. Bu hipotezde, çubuk elemanı üzerinde lp uzunluğundaki bir bölgede toplanmış olan plastik (dogrusal-olmayan) şekil değiştirmelerin Denklem (3.10) ve (3.11) (FEMA-356).

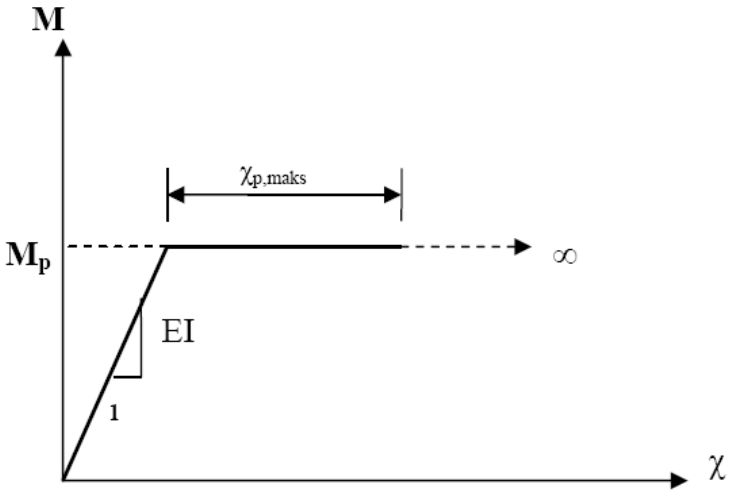
$$\varphi_P = \int_0^{lp} \chi_P * ds \tag{3.10}$$

$$Lp = 0{,}5\ d \tag{3.11}$$

şeklinde plastik mafsal olarak tanımlanan bölgede toplandıgı kabul edilmistir. p; plastik mafsalın dönmesini göstermektedir. Plastik mafsal hipotezinin uygulanması, gerçek moment-eğrilik bağıntısının (3,12) ve (3,13) Şeklinde iki doğru parçasından ideallestirilmesine karşı gelmektedir. İdealleştirilmiş bir moment-eğrilik bağıntısı Şekil 3,6'da sunulmustur (FEMA-356).

$$M \le M_P \Rightarrow \chi = \frac{M}{EI} \tag{3.12}$$

$$M = M_P \Rightarrow \chi \to \chi_{pmaks} \tag{3.13}$$



Şekil 3.6 İdeallestirilmis Moment–Egrilik bağıntısı

Artan dış yükler altında plastik mafsalın dönmesi artarak dönme kapasitesi adı verilen bir sınır değere eşit olunca, meydana gelen büyük plastik şekil değiştirmeler nedeniyle kesit kullanılamaz duruma gelir. Yapı sisteminin bir veya birden çok kesitindeki plastik mafsal dönmelerinin dönme kapasitesine ulaşması ise yapının göçmesine neden olur.

Plastik dönme kapasitesini etkileyen faktörlerin başlıcaları:

• Beton ve çeliğin σ–ε eğrilerini belirleyen ε_{cu} ve ε_{su} sınır birim boy değişimlerine,

• Betonarme betonunun ε_{cu} sınır birim boy değerini etkileyen sargı donatısı oranı,

• Plastik bölge uzunluğunu etkileyen kesit yüksekliği,

• Eğilme momenti diyagramının şekli.

Plastik mafsal hipotezinin esasları genel olarak aşağıda verilmistir:

• Bir kesite eğilme momenti artarak M_p plastik moment değerine esit olunca, o kesite bir plastik mafsal olusur. Daha sonra kesitteki eğilme momenti $M=M_p$ olarak sabit kalır ve kesit serbestçe döner. Plastik mafsaldaki φ_p plastik dönmesi artarak maksimum φ degerine ulaşınca kesit dönme kapasitesine ulaşır ve kullanılamaz duruma gelir.
• Plastik mafsallar arasında sistem, doğrusal-elastik davranır.

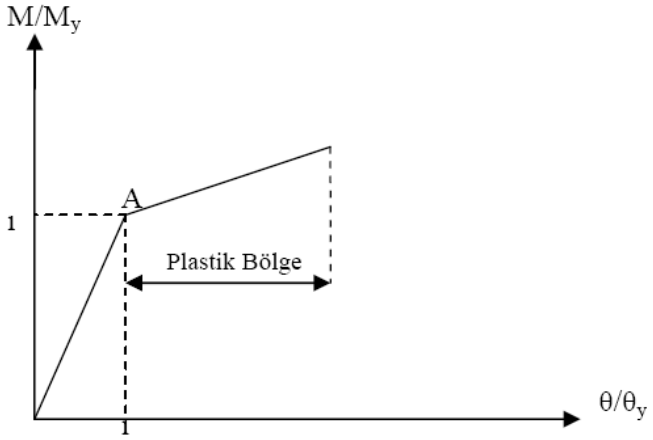
• Kesite eğilme momentine ek olarak normal kuvvet de etkiyorsa, M_p plastik momenti yerine, kesitteki N normal kuvvetine bağlı olarak karşılıklı etki diyagramından bulunan indirgenmis plastik moment M_p değeri kullanılır.

3.1.4 Plastik Mafsal Türleri

3.1.4.1 M3 Plastik Mafsalı

M3 mafsalı betonarme çubuklarda eğilme momenti ve dönme arasındaki iliskiyi tanımlamaktadır. Sabit eksenel kuvvet ve tek eksenli eğilme etkisi altındaki kesitlerin doğrusal olmayan davranısını tanımlamak için kullanılmaktadır. Çalışmada kiriş elemanlarda M3 mafsal tipi kullanılmıstır.

Şekil 3.7'de gösterilen M3 plastik mafsalı moment – dönme ilişkisinde momentler kesite plastik şekil değiştirmelerin başladığı My momentine göre, dönme değerleri ise kesite plastik sekil değiştirmelerin başladığı θ_y dönmesine göre normallestirilmis sekilde ifade edilmektedir. Kesite plastik şekil değiştirmelerin başladığı duruma A noktası karşılık gelmektedir .



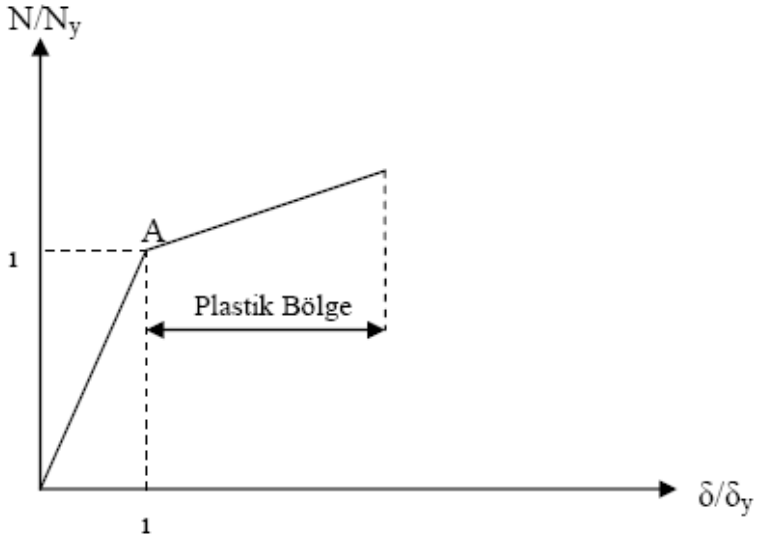
Şekil 3.7 M3 mafsalı moment-dönme ilişkisi

3.1.4.2 PMM Plastik Mafsalı

Bileşik veya eğik eğilme etkisi altındaki betonarme çubuklarda eğilme momenti normal kuvvet arasındaki etkilesiminin tanımlanması için PMM mafsalı kullanılmaktadır. Kesite ait elde edilen akma yüzeyi egrilerinin ideallestirilmis sekli mafsal özelikleri olarak tanımlanmaktadır. Çalışmada kolon elemanlarında PMM mafsal tipi kullanılmıstır .

3.1.4.3 P Plastik Mafsalı

Sadece eksenel yük etkisi altındaki çubuk elemanlarda normal kuvvet – şekil değiştirme ilişkisinin tanımlanması için P mafsalı kullanılmaktadır. Gergi çubukları veya dolgu duvarlar bu mafsal tipinin kullanımının uygun oldugu elemanlardır. P mafsalına ait şekil değiştirme ilişkisi Şekil 3.8'de verilmiştir .



Şekil 3.8 P mafsalı normal kuvvet-şekil değiştirme ilişkisi

3.1.4.4 V Plastik Mafsalı

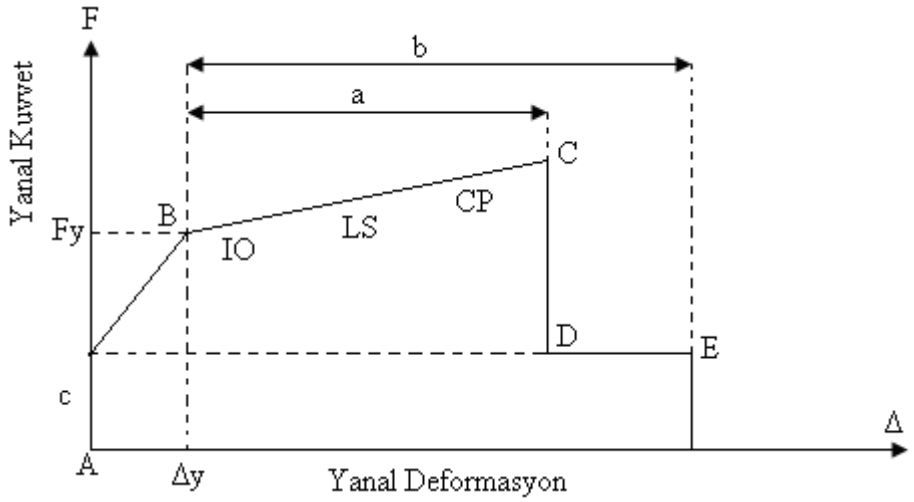
Kesme kuvveti düzeyinin yüksekliğinden dolayı kesme göçmesi ortaya çıkabilecek elemanlarda kullanılır. Yetersiz etriye bulunan elemanlar, yüksek kirişler, bağ kirişleri, yüksekliği az olan perdeler bu tip elemanlara örnektir.

3.1.4.5 T Plastik Mafsalı

Burulma mafsalıdır. Saplama kirişlerin bağlandığı çerçeve kirişlerinde kullanılabilmektedir.

3.1.5. Sap 2000 ve Etaps Programı İle Pushover Analizi

Eleman uçlarında meydana gelmesi muhtemel plastik mafsallar yolu ile Sap2000 ve Etaps programlarında nonlineer davranış gerçekleşmektedir. Her kesit için plastik mafsal tanımlamalarının yapılması gerekmektedir. Plastik mafsal davranışı kuvvet ile deplasman arasındaki ilişkiye bağlı olarak tanımlanmaktadır. Programlarda sadece çubuk elemanlarda plastik mafsal tanımlanabildiği için taşıyıcı elemanlar çubuk eleman olarak modellenmelidir.

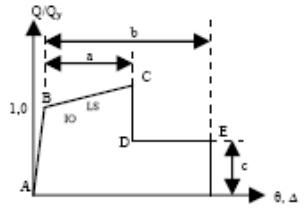


Şekil 3.9 İdealleştirilmiş kuvvet-deformasyon ilişkisi (FEMA-273,1997)

Şekil 3.17'de görüldüğü üzere bir mafsalın yanal kuvvet, yanal deformasyon ilişkisini gösteren idealleştirilmiş kuvvet-deformasyon ilişkisi diyagramı gösterilmektedir. Plastik mafsallara ait özellikler, bir kesitteki deformasyon ve buna karşılık gelen iç kuvvet değerinin, performans seviyelerine karşılık gelen noktaların işaretlendiği bir grafik ile verilmektedir. Bu performans seviyeleri; Hemen Kullanım (IQ), Can Güvenliği (LS), Yapı Stabilitesi (CP) aşamalarından meydana gelmektedir. Burada B noktası akmanın meydana geldiği noktayı, E noktası ise kesitteki göçmenin meydana geldiği noktayı göstermektedir. ATC-40 ve FEMA – 273'de yapısal elemanlara ait plastik mafsal özellikleri verilmektedir.

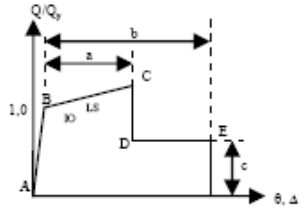
Sap 2000 ve Etaps programlarında ATC-40 ve FEMA-273'ün dikkate alınmasıyla önceden tanımlanmış olarak, farklı tanımlamaları olan mafsal tipleri mevcuttur. Kullanıcı isterse bu hazır mafsal tiplerini kullanabileceği gibi farklı özelliklere sahip mafsal tipleride tanımlayabilmektedir. Plastik mafsallara ait davranış parametreleri aşağıda çizelgelerde tanımlanmıştır.

Çizelge 3.1 Betonarme kirişler için dogrusal olmayan modelleme parametreleri plastik dönme hasar sınırları (ATC 40 ve FEMA 273)

	Modelleme Parametreleri		Hasar Sınırları			
	Plastik Dönme		Dayanım Oranı	Plastik Dönme Performans Seviyesi		
Mevcut Kesit Özellikleri	**a**	**b**	**c**	**IO**	**LS**	**CP**
i. Eğilme etkisindeki kirişler						
$\frac{\rho-\rho'}{\rho_{bal}}$ Sargı Etkisi $\frac{V}{b_w d\sqrt{fc}}$				*(MN)*	*(GV)*	*(GÇ)*
≤ 0,0 Var ≤ 3	0,025	0,05	0,20	0,01	0,02	0,025
≤ 0,0 Var ≥ 6	0,02	0,04	0,20	0,005	0,01	0,02
≤ 0,5 Var ≤ 3	0,02	0,03	0,20	0,005	0,01	0,02
≤ 0,5 Var ≤ 6	0,015	0,02	0,20	0,005	0,005	0,015
≤ 0,0 Yok ≤ 3	0,02	0,03	0,20	0,005	0,01	0,02
≤ 0,0 Yok ≤ 6	0,01	0,015	0,20	0,0015	0,005	0,01
≤ 0,5 Yok ≤ 3	0,01	0,015	0,20	0,005	0,01	0,01
≤ 0,5 Yok ≤ 6	0,005	0,01	0,20	0,0015	0,005	0,005
ii. Kesme kuvveti etkisindeki kirişler						
Etriye aralığı ≤ d/2	0,003	0,02	0,20	0,0015	0,002	0,003
Etriye aralığı > d/2	0,003	0,01	0,20	0,0015	0,002	0,003
iii. Açıklık donatısında bindirme veya kenetlenme yetersizliği olan kirişler						
Etriye aralığı ≤ d/2	0,003	0,02	0,00	0,0015	0,002	0,003
Etriye aralığı > d/2	0,003	0,01	0,00	0,0015	0,002	0,003
iv. Düğüm noktalarında yetersizlik olan kirişler						
	0,015	0,03	0,20	0,01	0,01	0,015

1.Elemanda birden çok kesit özelliği mevcutsa (i, ii, iii, iv) en olumsuz sayısal değerler kabul edilir.
2.Sargı etkisi" var" kabul edilen kirişlerde sıklaştırma bölgelerinde etriye aralığı ≤d/3 değerinden küçük olmak zorundadır. Normal ve yüksek sünek kirişlerde etriyeler tarafından sağlanan kesme dayanımının
tasarım kuvvetinin en az %75'i kadar olacaktır.Aksi halde sargı etkisi ihmal edilecektir.
3.Ara değerler arasında doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

Çizelge 3.2 Betonarme kolonlar için dogrusal olmayan modelleme, parametreleri plastik dönme hasar sınırları (ATC 40 ve FEMA 273)

 Mevcut Kesit Özellikleri			Modelleme Parametreleri		Hasar Sınırları			
			Plastik Dönme		Dayanım Oranı	Plastik Dönme Performans Seviyesi		
			a	b	c	IO	LS	CP
Eğilme etkisindeki kolonlar								
$\frac{\rho-\rho'}{\rho_{bal}}$	Sargı Etkisi	$\frac{V}{b_w d\sqrt{fc}}$				*(MN)*	*(GV)*	*(GÇ)*
≤ 0,1	Var	≤ 3	0,020	0,030	0,20	0,005	0,015	0,020
≤ 0,1	Var	≥ 6	0,016	0,024	0,20	0,005	0,012	0,016
≥ 0,4	Var	≤ 3	0,015	0,025	0,20	0,003	0,012	0,015
≥ 0,4	Var	≤ 6	0,012	0,020	0,20	0,003	0,010	0,012
≤ 0,1	Yok	≤ 3	0,006	0,015	0,20	0,005	0,005	0,006
≤ 0,1	Yok	≤ 6	0,005	0,012	0,20	0,005	0,004	0,005
≥ 0,4	Yok	≤ 3	0,003	0,010	0,20	0,002	0,002	0,003
≥ 0,4	Yok	≤ 6	0,002	0,008	0,20	0,002	0,002	0,002
Kesme kuvveti etkisindeki kolonlar								
Tüm durumlarda			---	---	---	---	---	---
Boyuna donatısında bindirme veya kenetlenme yetersizliği olan kolonlar								
Etriye aralığı ≤ d/2			0,01	0,02	0,40	0,005	0,005	0,010
Etriye aralığı > d/2			0,00	0,01	0,20	0,000	0,000	0,000
Eksenel yük düzeyi 0,70P_0' ı aşan kolonlar								
Etriyeli			0,015	0,025	0,02	0,00	0,005	0,010
Diğer tüm durumlarda			---	---	---	---	---	---
1.Elemanda birden çok kesit özelliği mevcutsa (i, ii, iii, iv) en olumsuz sayısal değerler kabul edilir. 2.Sargı etkisi" var" kabul edilen kolonlarda sıklaştırma bölgelerinde etriye aralığı ≤d/3 değerinden küçük olmak zorundadır.Normal ve yüksek sünek kirişlerde etriyeler tarafından sağlanan kesme dayanımının tasarım kuvvetinin en az %75'i kadar olacaktır.Aksi halde sargı etkisi ihmal edilecektir. 3.135^0 kancasız etriyeli kolonlar sargısız kabul edilecektir. Bu tip kolonlarda kuvvet kontrollü analize izin verilir. 4. Ara değerler arasında doğrusal enterpolasyon yapılabilir.								

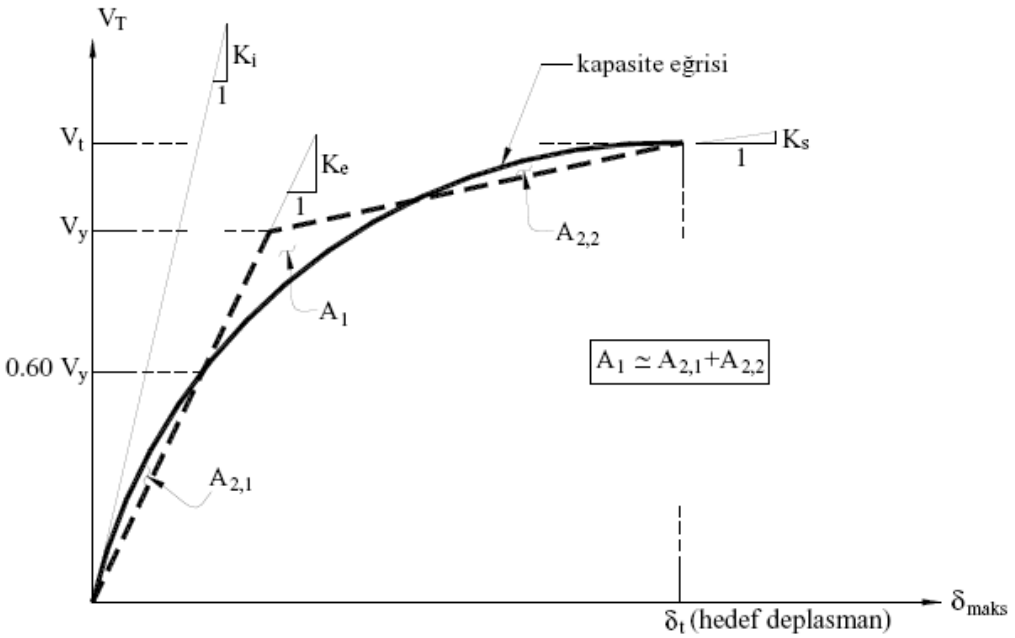
ρ = Kirişteki çekme donatısı oranı
ρb = Dengeli donatı oranı
fc'= Beton hesap dayanımı
P = Eksenel tasarım kuvveti
ρ'= Kirişteki basınç donatısı oranı
bw,d = Eeleman kesit boyutları
Ag = Kkolon kesit alanı
V = Tasarım kesme kuvveti

3.2 Statik İtme Analizi Yöntemleri

Yerdeğiştirmeye bağlı performans kriterlerini esas alan ve doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi ile kapasite eğrisi belirlenen yapı sistemlerinin performanslarının degerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmakta olan yöntemler FEMA 356 ve 440' da açıklanmıs olan Deplasman Katsayıları Yöntemi ve ATC 40' da açıklanmıs olan Kapasite Spektrumu Yöntemi' dir. Her iki yöntemde de, yapı sisteminin davranışında birinci mod etkileri esas alınmaktadır.

3.2.1 Deplasman Katsayıları Yöntemi

FEMA 356 ve 440' da açıklanmış olan Deplasman Katsayısı Yöntemi, kapasite ve istemin birbirine bağlı oldugu esasına dayanmaktadır. Bu yöntemde, yerdeğiştirme sayısal bir şekilde belirlenmektedir. Bu yöntemde önce VT taban kesme kuvveti ile δmaks tepe noktası yerdeğiştirmesi arasındaki ilişkiyi belirleyen kapasite eğrisi elde edilir. Kapasite eğrisinin çizilmesinde, yapının birinci doğal periyoduna ve etkin olan modlara bağlı olarak uygun bir yatay yük dağılımı seçilir. Sabit düşey yükler ve orantılı olarak artan yatay yükler altında, doğrusal olmayan teoriye göre hesap yapılarak kapasite eğrisi elde edilir. Daha sonra bu eğri, birincisinin eğimi elastik rijitligi (Ke), ikincisinin egimi ise elastoplastik rijitligi (Ks) temsil eden iki doğru parçasından oluşacak şekilde ideallestirilir. İdealleştirme yapılırken, gerçek ve idealleştirilmiş kapasite diyagramlarının altında kalan alanların esit olması ve Ke eğimli doğrunun kapasite eğrisini kestiği noktanın ordinatının, Ke ve Ks eğimli doğruların kesistiği noktanın ordinatının 0,60 katı olması koşulları esas alınır. Ancak iki dogrunun kesim noktası baslangıçta bilinmediğinden, bir deneme-yanılma yöntemi uygulanması gerekir.



Şekil 3.10 İki doğru parçası ile idealleştirilen kapasite eğrisi

Kapasite eğrisi bu şekilde ideallestirildikten sonra, yapının efektif periyodu (Te), Denklem (3.14) ile hesaplanmaktadır.

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \tag{3.14}$$

Ti: Hesap yapılan dogrultudaki elastik dogal periyot
Te: Yapının etkin dogal periyodu
Ki: Yapının elastik yanal rijitligi
Ke: Yapının elastik efektif rijitligi

Yapı sisteminin etkin periyot degeri (Te) belirlendikten sonra, yapının performans seviyesinin kontrolünün yapılacağı hedef deplasman (δt) asağıdaki gibi hesaplanmaktadır (FEMA 440).

$$\delta_T = C_0 C_1 C_2 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \tag{3.15}$$

Denklem (3.15)' deki katsayılar aşağıda açıklanmaktadır.

C0: Çok serbestlik dereceli sistemin tepe noktasının yatay yerdeğiştirmesi ile eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin spektral yerdeğiştirmesi arasındaki ilişkiyi oluşturan modal katılım katsayısıdır. C0 katsayısı farklı şekilde hesaplanabilmektedir.

Deplasman kontrolünün yapıldığı noktaya ait birinci modal katılım çarpanı olarak alınabilir. Deplasman kontrolünün yapıldığı noktada, hedef deplasmanına ulaşmış yapının deforme olmuş şekline ait şekil vektörü kullanılarak hesaplanan modal katılım çarpanı olarak alınabilir. Yapının tasıyıcı sistem özelliğine, kullanılan yatay yük dagılımına ve yapının kat adedine bağlı olarak Çizelge 3.3' den belirlenebilir.

Çizelge 3.3. C0 modal katılım katsayısı değerleri

Kat Adedi	Kesme Türü Yapılar		Diğer Yapılar
	Üçgen Yük Dağılımı	Üniform Yük Dağılımı	Herhangi Bir Yük Dağılımı
1	1.0	1.0	1.0
2	1.2	1.15	1.2
3	1.2	1.2	1.3
5	1.3	1.2	1.4
+10	1.3	1.2	1.5

Çizelge 3.3' de kesme tipi olarak adlandırılan yapılar, tüm katlarında, yüksekliğin artmasıyla birlikte katlar arası ötelenme miktarlarının azaldığı yapılar olarak tanımlanmaktadır. Çizelgeda bulunmayan kat adedine ait C0 katsayısının belirlenmesinde enterpolasyon yapılması önerilmektedir.

C1: Doğrusal elastik yerdeğiştirmeyi, beklenen maksimum doğrusal olmayan yerdeğiştirmeye dönüştüren katsayıdır ve aşağıdaki gibi belirlenebilmektedir.

$$C_1 = 1 + \frac{R - 1}{aT_e^2} \tag{3.16}$$

Denklem 3.16'de Te, yapının etkin periyodunu göstermektedir. a katsayısı, FEMA 356' da tanımlanan B, C ve D zemin sınıfları için sırasıyla 130, 90 ve 60 olarak alınmaktadır. R degeri ise, elastik olmayan dayanım talebinin akma dayanımına oranı olarak tanımlanmaktadır ve denklem 3.17 ile elde edilmektedir (FEMA 440).

$$R = \frac{S_a}{V_y / W} C_m \qquad (3.17)$$

Denklem (3.17)' de, Sa yapının birinci doğal titreşim periyoduna karşılık gelen spektral ivme, Vy iki dogru parçası ile ideallestirilmiş kapasite eğrisinin akma dayanımı, Cm ise efektif kütle çarpanı olarak tanımlanmaktadır.

Cm çarpanı, yapının taşıyıcı sistemi ve kat adedine bağlı olarak Çizelge 3.4' den belirlenebilir. Birinci doğal titreşim periyodu 1,00 saniyeden büyük yapılarda Cm=1,00 olarak alınabilir.

Çizelge 3.4. Cm efektif kütle çarpanı değerleri

Kat Sayısı	**B.Arme Çerçeve**	**B.Arme Perde**	**B.Arme Destek-Payanda**	**Çelik Çerçeve**	**Eş Merkezli Çaprazlı Çelik Çerçeve**	**Dış Merkezli Çaprazlı Çelik Çerçeve**	**Diğer**
1-2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
≥ 3	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0

Birinci doğal titreşim periyodu bir saniyeden büyük yapılarda C1=1,00 olarak alınabilir.

C2: Histerisiz enerji seklinin etkisini hesaba katan düzeltme katsayısıdır ve Denklem (3.18) ile belirlenmektedir.

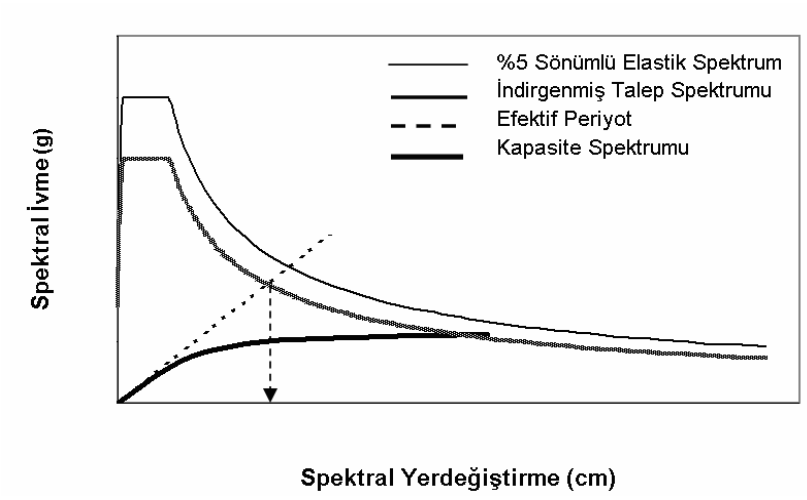
$$C_2 = 1 + \frac{1}{800}\left(\frac{R-1}{T}\right)^2 \qquad (3.18)$$

Birinci doğal titreşim periyodu 0,7 saniyeden büyük yapılarda C_2=1,00 olarak alınabilir. Öngörülen deprem etkisi altındaki hedef yerdeğistirme bulunduktan sonra,

performans hedefinin gerçekleşip gerçeklesmediği kontrol edilir. Bunun için, sisteme ait büyüklükler kendilerine ait sınır değerler ile karşılaştırılmaktadır.

3.2.2 Kapasite Spektrumu Yöntemi

Artan deprem yükleri altındaki bir yapıda doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler meydana gelir. Bu şekildeğiştirmeler yapının sönümünü arttırır ve dolayısıyla deprem talebini azaltır. Kapasite spektrumu yönteminde, yapıda meydana gelen doğrusal olmayan şekildeğiştirmelere bağlı olarak, elastik talep spektrumu indirgenerek kapasite ve talebin eşit oldugu nokta belirlenir. Performans noktası adı verilen bu noktada, yapıdan istenen performans hedefinin gerçekleşip gerçekleşmediği kontrol edilir (Sekil 3.10). Bu yöntemde üç temel büyüklüğün belirlenmesi gerekmektedir. Bunlar kapasite, yerdeğiştirme talebi ve performans noktasıdır.

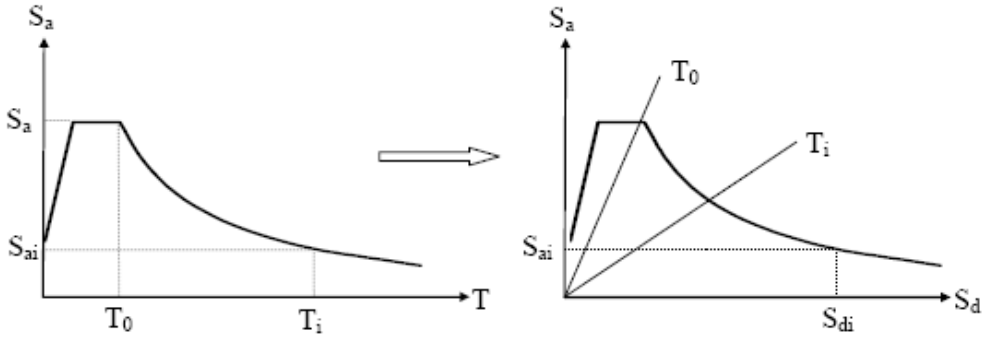


Şekil 3.11 Kapasite spektrumu yöntemi ile performans noktasının belirlenmesi

Kapasite Spektrumu Yöntemi' nde ilk aşama dikkate alınan deprem hareketini temsil etmek üzere, talep spektrumunun tanımlanmasıdır. Talep spektrumunun tanımlanmasında, %5 sönümlü elastik davranış spektrumundan yararlanılmaktadır.

%5 sönümlü elastik davranış spekturumu, daha sonra kapasite spektrumu ile karşılaştırılabilmek amacıyla, Spektral İvme-Periyot (Sa-T) formatından, Denklem (3.19) ile spektral ivme-spektral yerdeğiştirme formatına (Sa-Sd) dönüştürülmektedir (Sekil 3.11).

$$S_{di} = S_{ai} \frac{T^2}{4\pi^2} \tag{3.19}$$



Şekil 3.12 Talep spektrumunun spektral ivme-spektral yerdeğiştirme formatına dönüştürülmesi

Bu yöntemde diğer bir aşama ise, yapıya ait kapasite eğrisinin elde edilmesidir. Yapının yatay yük taşıma kapasitesini gösteren kapasite eğrisinin elde edilebilmesi için, yapı sabit düşey yükler ve aralarındaki oran sabit kalarak artan yatay yükler altında, malzeme ve geometri değişimleri bakımından doğrusal olmayan teoriye göre hesaplanarak limit duruma ulaşıncaya kadar izlenmektedir. Her yük degeri için, toplam kesme kuvveti (VT) ve buna karşılık gelen tepe noktası yerdeğiştirmesi (δmaks) arasındaki ilişkinin belirlenmesi ile yapının kapasite eğrisi elde edilmektedir.

Kapasite Spektrumu Yöntemi ile yapının performans noktası belirlenirken, doğrusal olmayan statik artımsal analizi sonucu elde dilen kapasite eğrisi, talep spektrumu ile karsılaştırılmak üzere spektral formata dönüştürülmektedir. Fakat talep spektrumu tek serbestlik dereceli sisteme ait olduğundan, çok serbestlik dereceli sisteme ait kapasite eğrisinin eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme dönüştürülmesi gerekmektedir.

Bu dönüştürme işlemi için asağıdaki denklemler kullanılmaktadır.

$$Sa = \frac{V_T / W}{\alpha_1} \tag{5.20}$$

$$S_d = \frac{\delta_{maks}}{PF_1 \phi_{tepe,1}} \tag{5.21}$$

Yukarıdaki denklemlerde kullanılan α_1 ve PF1 terimleri ise aşağıdaki formülden hesaplanmaktadır.

$$\alpha_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^{N}(w_i \phi_{i,1} / g)\right]^2}{\left[\sum_{i=1}^{N}(w_i / g)\right]\left[\sum_{i=1}^{N}(w_i \phi_{i,1}^2 / g)\right]} \tag{5.22}$$

$$PF_1 = \left[\frac{\sum_{i=1}^{N} w_i \phi_{i,1} / g}{\sum_{i=1}^{N} w_i \phi_{i,1}^2 / g}\right] \tag{5.23}$$

Denklemlerde kullanılan terimler aşağıda açıklanmaktadır:

Sa : Spektral ivme

Sd : Spektral yerdeğiştirme

VT : Toplam taban kesme kuvveti

W : Yapının toplam ağırlıgı

1 : Birinci moda ait modal kütle katsayısı

δmaks : Yapının tepe noktası yerdegistirmesi

PF1 : Birinci moda ait modal katılım çarpanı

ϕ tepe,1 : Birinci normal moda ait yapının en üst katındaki genlik

ϕ i,1 : Birinci moda ait (i) nolu kattaki genlik

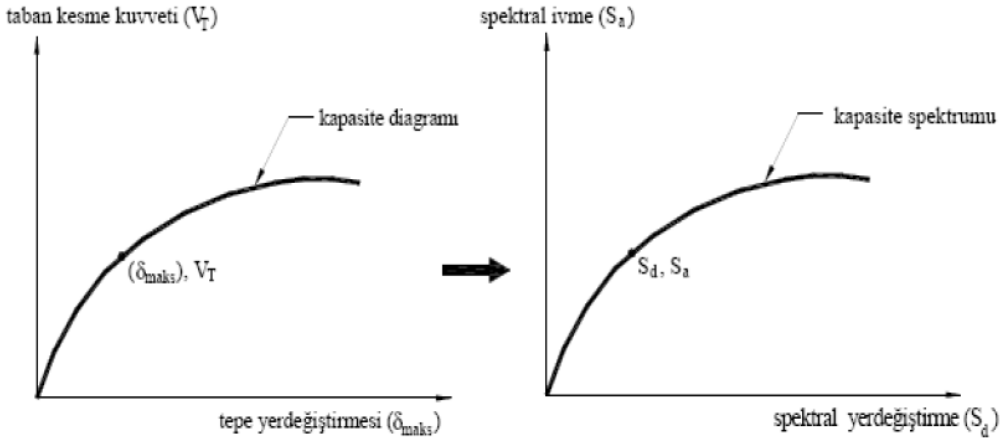
N : Yapının toplam kat adedi

wi : (i) nolu katın agırlıgı

g : Yerçekim ivmesi

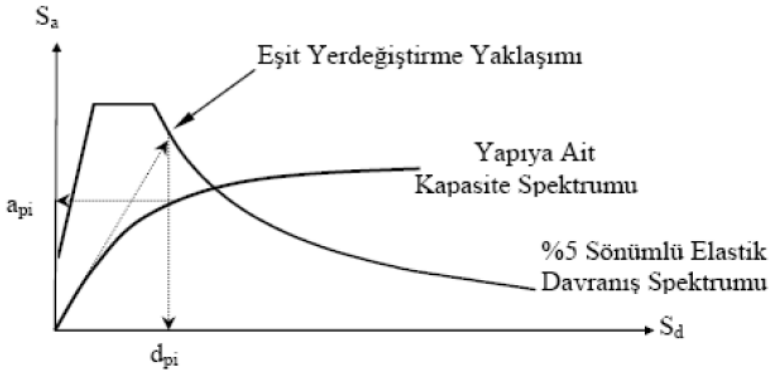
wi/g : (i) nolu katın kütlesi

Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesinde ilk adım, birinci moda ait modal katılım çarpanı (PF1) ve birinci moda ait modal kütle çarpanının (1) hesaplanmasıdır. Bu değerler bulunduktan sonra, kapasite eğrisinin üzerindeki her noktaya ait spektral ivme (Sa) ve spektral yerdegistirme (Sd) değerleri hesaplanarak yapıya ait kapasite spektrumu oluşturulmaktadır (Sekil 3.12).



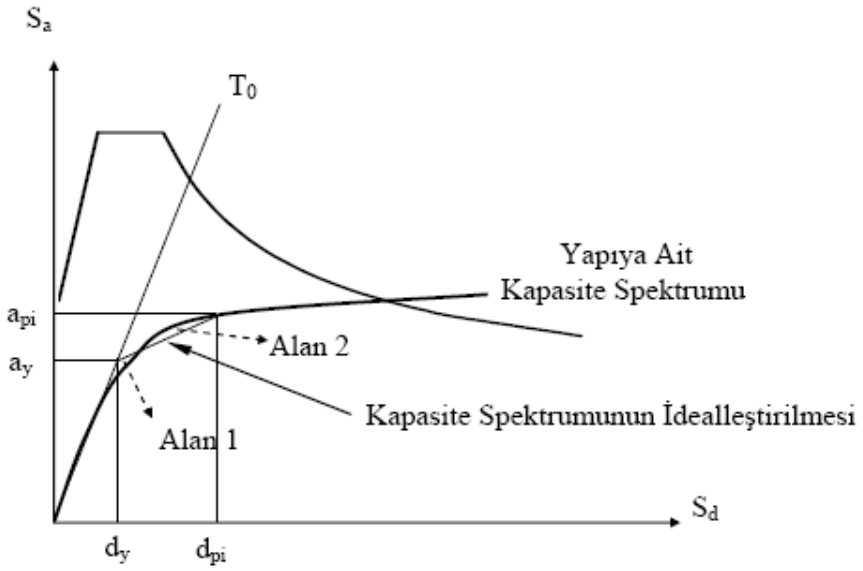
Şekil 3.13 Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi

Kapasite spektrumunun elde edilmesinden sonra, spektral ivme-spektral yerdeğiştirme formatına dönüstürülmüş olan talep spektrumu ile kapasite spektrumu aynı grafik üzerine çizilebilir. Bu adım gerçekleştirildikten sonra, eşit yerdeğiştirme yaklaşımından yararlanılarak tahmini bir performans noktası seçilmektedir. Seçilen performans noktasına ait spektral ivme-spektral yerdeğiştirme koordinat değerleri api ve dpi olarak Şekil 3.13' de gösterilmiştir.



Sekil 3.14 Tahmini performans noktasının belirlenmesi

Diğer bir adım ise, kapasite spektrumunun iki doğru parçası ile idealleştirilmesidir. İdealleştirme işlemi, spektral talebin uygun bir şekilde azaltılması ve efektif sönüm değerinin belirlenebilmesi için gereklidir. Yapıya ait kapasite spektrumu üzerinde, eşit yerdeğistirme yaklaşımından yararlanılarak tahmini olarak belirlenen performans noktası da dikkate alınarak, kapasite spektrumu iki doğru parçası ile idealleştirilebilir. İdealleştirme işlemi yapılırken, kapasite spektrumu eğrisinin altında kalan alan (Alan 2) ile iki doğru parçası ile idealleştirilmiş eğrinin altında kalan alanın (Alan 1) eşit olmasına dikkat edilmelidir (Sekil 3.14).



Şekil 3.15 Kapasite spektrumunun idealleştirilme işlemi

Şekil 3.14' de gösterilen terimler aşağıda açıklanmıstır:

ay : İki doğru parçası ile idealleştirilen kapasite spektrumunda, akma noktasına karşılık gelen spektral ivme değeri

dy : İki doğru parçası ile idealleştirilen kapasite spektrumunda, akma noktasına karşılık gelen spektral yerdeğiştirme değeri

api : Tahmini performans noktasına ait spektral ivme değeri

dpi : Tahmini performans noktasına ait spektral yerdeğiştirme değeri

Sonraki adımda, Denklem (3.24) ve Denklem (3.25)' den yararlanarak elastik sonrası rijitlik (α) ve süneklik degerleri (μ) hesaplanmaktadır (FEMA 440, 2004).

$$\alpha = \frac{\left(a_{pi} - a_y\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)} \tag{3.24}$$

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y} \tag{3.25}$$

Hesaplanan elastik sonrası rijitlik (α) ve süneklik (μ) değerlerinden yararlanılarak yapının efektif sönüm değeri (βeff) ve efektif periyodu (Teff) hesap edilir.

FEMA 440' da efektif viskoz sönüm değerleri, yapıların elastik ötesi davranışlarını temsil eden histeretik model tipine ve elastik sonrası rijitlik (α) değerine bağlı olarak verilmektedir. Yatay yerdeğiştirmelerin artmasıyla birlikte yatay rijitliklerin azaldığı betonarme yapılarda, histeretik model olarak azalan rijitlik modeli kullanılmaktadır. Buna göre, efektif sönüm degeri (βeff), süneklik oranının (μ) farklı değerleri için aşağıda verilen denklemler ile hesaplanmaktadır (FEMA 440, 2004).

$1.0 < \mu < 4.0$ için $\beta_{eff} = A(\mu\text{-}1)^2 + B(\mu\text{-}1)^3 + \beta_0$ (3.26a)

$4.0 < \mu < 6.5$ için $\beta_{eff} = C + D(\mu\text{-}1) + \beta_0$ (3.26b)

$\mu > 6.5$ için $\beta_{eff} = E\left[\frac{F(\mu-1)-1}{F(\mu-1)^2}\right]\left(\frac{T_{eff}}{T_0}\right)^2 + \beta_0$ (3.26c)

Yukarıdaki denklemlerde, β_0 baslangıç sönüm oranı %5 olarak tanımlanmaktadır. Denklemlerdeki diğer katsayılar ise, Çizelge 3.5' e bağlı olarak belirlenebilir.

Çizelge 3.5 Efektif sönümün belirlenmesinde kullanılan katsayılar

Histeretik Model Tipi	α (%)	A	B	C	D	E	F
Azalan Rijitlik	0	5.1	-1.1	12	1.4	20	0.62
	2	5.3	-1.2	11	1.6	20	0.51
	5	5.6	-1.3	10	1.8	20	0.38
	10	5.3	-1.2	9.2	1.9	21	0.37
	20	4.6	-1.0	9.6	1.3	23	0.34

Efektif periyodu (Teff) değerinin hesaplanmasında kullanılan denklemler ise aşağıda verilmektedir (FEMA 440, 2004).

$1.0 < \mu < 4.0$ için $T_{eff} = [G(\mu\text{-}1)^2 + H(\mu\text{-}1)^3 + 1]\, T_0$ (3.27a)

$4.0 < \mu < 6.5$ için $T_{eff} = [I + J(\mu - 1) + 1]\, T_0$ (3.27b)

$\mu > 6.5$ için $T_{eff} = \left(K\left[\sqrt{\frac{(\mu - 1)}{1 + L(\mu - 2)}} - 1 \right] + 1 \right) T_0$ (3.27c)

Efektif periyodun (Teff) bulunmasında kullanılan katsayılar Çizelge 3.6' da verilmektedir.

Çizelge 3.6 Efektif periyodun belirlenmesinde kullanılan katsayılar

Histeretik Model Tipi	α (%)	G	H	I	J	K	L
Azalan Rijitlik	0	0.17	-0.032	0.10	0.19	0.85	0.00
	2	0.18	-0.034	0.22	0.16	0.88	0.02
	5	0.18	-0.037	0.15	0.16	0.92	0.05
	10	0.17	-0.034	0.26	0.12	0.97	0.10
	20	0.13	-0.027	0.11	0.11	1.00	0.20

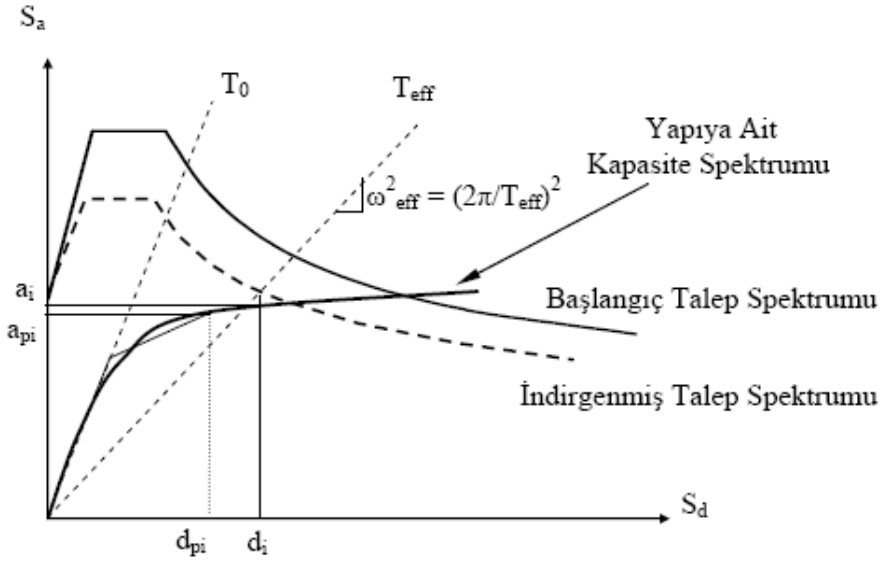
Hesaplanan efektif sönüme (βeff) bağlı olarak %5 sönümlü elastik davranış spektrumunu indirgemek için kullanılan sönüm katsayısı B(βeff), Denklem (3.15)' e bağlı olarak belirlenmektedir.

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln \beta_{eff}(\%)} \tag{3.28}$$

Sönüm katsayısı B(βeff) kullanılarak, spektral ivme değerleri Denklem (3.29) ile indirgenmektedir (FEMA 440, 2004).

$$(S_a)_\beta = \frac{(S_a)_{\%5}}{B(\beta_{eff})} \tag{3.29}$$

İndirgenmiş spektral ivme değerleri kullanılarak, davranış spektrumu indirgenebilir. İndirgenen davranış spektrumu ile efektif periyodun (Teff) kesiştiği noktanın spektral yerdeğiştirme değeri (di) okunur. (di), maksimum yerdeğiştirme değeridir. Maksimum spektral ivme değeri (ai) değeri ise, kapasite spektrumu üzerinde (di) spektral yerdeğiştirme değerine karşılık gelen (ai) değeridir (Şekil 3.15).



Şekil 3.16 Performans noktasının belirlenmesi

Belirlenen bu spektral yerdeğiştirme değeri (di), başlangıçta tahmin edilen spektral yerdeğiştirme değerine kabul edilebilir derecede yakın ise (0.95dpi ≤di ≤ 1.05 dpi) performans noktasının koordinatları (di, ai) olarak belirlenir. Aksi taktirde, (di, ai) noktası veya tahmini olarak seçilecek başka bir nokta performans noktası olarak kabul edilip aynı işlemler tekrarlanır.

Bulunan bu spektral değerler, Denklem (3.17) ve (3.18) kullanılarak, toplam taban kesme kuvveti (VT) ve maksimum tepe noktası yerdeğiştirmesi değerine (δmaks) dönüştürülür.

$$V_T = \alpha_1 S_a W \tag{3.30}$$

$$\delta_{maks} = PF_1 \varnothing_{tepe,1} S_d \tag{3.31}$$

3.3 Performans Hedefi

Belirli bir deprem hareketi altında, bina için öngörülen yapısal performans, performans hedefi olarak tanımlanır. Yapısal performans, bir yapıyı oluşturan taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlarının performans seviyeleri ile tanımlanmaktadır. Bir yapı için, birden fazla yer hareketi altında farklı performans seviyeleri öngörülebilir. Buna çok seviyeli performans hedefi denir.

3.3.1 Performans Seviyeleri

Performans seviyeleri, verilen bir yapı için, verilen bir deprem etkisi altında öngörülen hasar miktarının sınır durumlarıdır. Bu sınır durumlar, binadaki taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarın miktarına, bu hasarın can güvenligi bakımından bir tehlike oluşturup oluşturmamasına, deprem sonrasında binanın kullanıp kullanılmamasına ve hasarın neden olduğu ekonomik kayıplara bağlı olarak belirlenir.

Yapısal performans seviyesi, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Dolayısıyla her yapısal performans seviyesi, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyelerinin bir kombinezonu olarak belirlenir.

3.3.1.1 Tasıyıcı Elemanlar İçin Performans Seviyeleri

Bir yapının yapısal performans seviyesi, dört ayrı yapısal performans seviyesinden ve iki yapısal performans aralığından oluşmaktadır. ATC 40 ve FEMA 356' da, taşıyıcı elemanlar için tanımlanan performans seviyeleri ve performans aralıkları Çizelge 3.7' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7 Taşıyıcı elemanların performans seviyeleri

Performans Seviyesi	Performans Aralığı	Kod
Hemen Kullanım		S-1
	Hasar Kontrol	S-2
Can Güvenliği		S-3
	Sınırlı Güvenlik	S-4
Göçmenin Önlenmesi		S-5

Çizelgeda kodları ile belirtilen taşıyıcı elamanların performans seviyeleri ve aralıkları aşağıda ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.

1) Hemen Kullanım Performans Seviyesi (S-1): Taşıyıcı sistem hasarı çok azdır. Mevcut yapının deprem öncesindeki dayanım, rijitlik ve sünekligi deprem sonrasında da aynen korunmaktadır.

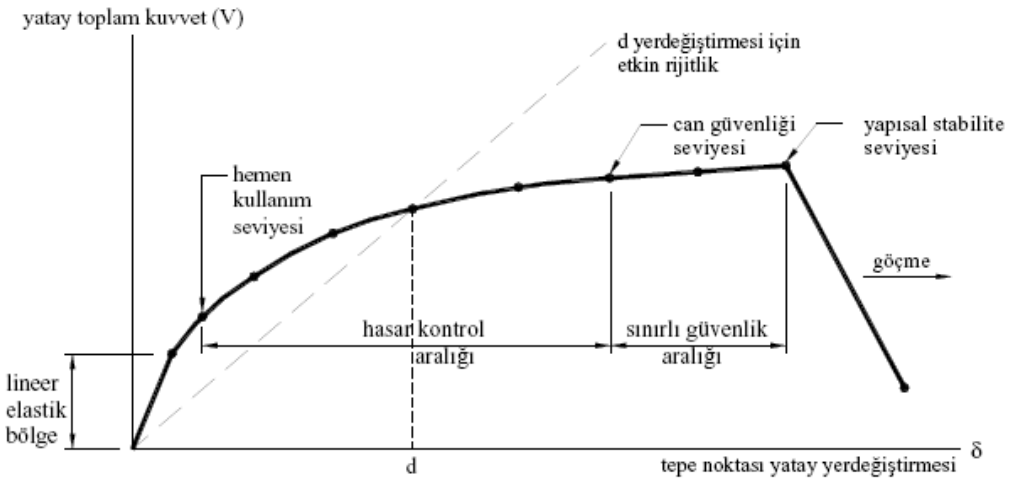
2) Hasar Kontrol Performans Aralıgı (S-2): Deprem sonrasında yapıda oluşan hasarın, hemen kullanım ile can güvenligi performans seviyeleri arasında bulunduğu performans aralığıdır.

3) Can Güvenligi Performans Seviyesi (S-3): Taşıyıcı sistemde önemli hasar oluşabilir. Buna karşılık bölgesel veya toptan göçme söz konusu değildir. Deprem sırasında yaralanmalar olabilir. Ancak, bu yaralanmalar yapısal hasarlar ile ilgili değildir. Yapısal hasar kaynaklı ölüm riski çok düşüktür.

4) Sınırlı Güvenlik Performans Aralıgı (S-4): Bu aralıkta taşıyıcı elemanların performansları tamamen can güvenliği koşullarını sağlamayabilir, ancak göçmenin önlenmesi performans seviyesinden daha yüksektir.

5) Göçmenin Önlenmesi Performans Seviyesi (S-5): Yapıyı bölgesel veya toptan göçme sınırına getiren ağır hasar durumunu temsil eder. Taşıyıcı elemanlarda büyük hasar oluşmuş, dayanım ve rijitliklerde önemli azalmalar meydana gelmiştir. Bununla beraber, yapının taşıma kapasitesi düsey yükleri taşımaya devam etmek için yeterlidir. Yapı stabilitesini korumakla birlikte, önemli oranda can güvenliği riski bulunmaktadır.

Yukarıda tanımlanan performans seviyeleri ve aralıkları, kapasite eğrisi olarak tanımlanan toplam yatay kuvvet-tepe noktası yatay yerdeğiştirme (V-δ) sekli üzerinde gösterilmistir Şekil (3.16).



Şekil 3.17 Kapasite eğrisinde performans seviyeleri ve aralıkları

3.3.1.2 Taşıyıcı Olmayan Elemanlar İçin Performans Seviyeleri

ATC 40 ve FEMA 356' da, taşıyıcı olmayan elemanlar için tanımlanan performans seviyeleri Çizelge 3.6' da gösterilmiştir.

Çizelge 3.8 Tasıyıcı olmayan elemanların performans seviyeleri

Performans Seviyesi	Kod
Kullanıma Devam	N-A
Hemen Kullanım	N-B
Can Güvenliği	N-C
Azaltılmış Hasar	N-D
Performansın Dikkate Alınmadığı Seviye	N-E

Çizelgede kodları ile belirtilen taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyeleri aşağıda ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.

1) Kullanıma Devam Performans Seviyesi (N-A): Taşıyıcı olmayan elemanlar ile tesisatta ve diğer ekipmanda hasar oluşmaz veya ihmal edilebilecek kadar az hasar meydana gelir. Bu hasar, yapının ve ekipmanın kullanımını engellemez.

2) Hemen Kullanım Performans Seviyesi (N-B): Taşıyıcı olmayan elemanlarda, ekipman ve tesisatta hasar oluşabilir. Bazı eleman ve ekipmanın onarılması ve/veya değiştirilmesi gerekebilir. Kullanım bakımından ortaya çıkabilecek kısıtlamalar kısa zamanda giderilerek yapı kullanılmaya devam eder.

3) Can Güvenligi Performans Seviyesi (N-C): Taşıyıcı olmayan elemanlarda, ekipman ve tesisatta hasar oluşabilir. Binanın içinde veya dışındaki ağır elemanlarda, yaralanmalara neden olabilecek makine devrilmesi**,** kopmalar, düşmeler söz konusu değildir. Tesisat ve ekipmanda onarım ihtiyacı doğar.

4) Azaltılmıs Hasar Performans Seviyesi (N-D): Taşıyıcı olmayan elemanlarda, ekipman ve tesisatta ciddi hasar meydana gelebilir. Ancak, dış cephe kaplamalarının

dökülmesi, asma tavanların düşmesi gibi insanların gruplar halinde yaralanmalarına neden olabilecek hasar oluşmaz.

5) Performansın Dikkate Alınmadığı Seviye (N-E): Bazı hallerde, yapının davranışını ve kullanımını etkilemeyen bazı ikincil elemanlar için performansın dikkate alınmasına gerek olmayabilir.

3.4 Bina Performans Seviyeleri

Binanın toplam yapısal performans seviyesi, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Çizelge 3.8' de bu performans seviyelerinin olası kombinezonları yer almaktadır. Çizelgede KÖ ile belirtilen kombinezonlar, kullanılması önerilmeyen performans seviyelerini göstermektedir.

Çizelge 3.9 Bina yapısal performans seviyeleri

Taşıyıcı Olmayan Eleman Performans Seviyeleri	Taşıyıcı Eleman Performans Seviyeleri				
	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5
N-A	1-A	2-A	KÖ	KÖ	KÖ
N-B	1-B	2-B	3-B	KÖ	KÖ
N-C	1-C	2-C	3-C	4-C	5-C
N-D	KÖ	2-D	3-D	4-D	5-D
N-E	KÖ	KÖ	3-E	4-E	5-E

Çizelgede verilen performans kombinezonlarının başlıcaları aşağıda sıralanmıstır. Bir binaya ait performans hedefinin belirlenmesinde, çok kere bu performans birleşimlerinden biri esas alınmaktadır.

1-A: Kullanıma Devam Yapısal Performans Seviyesi (S1+NA): Binada hasar yoktur veya kolaylıkla onarabilecek düzeyde sınırlı hasar mevcuttur. Yapı sistemi deprem öncesi dayanım, rijitlik ve sünekligini aynen korumaktadır. Bina, kullanıma devam edebilecek durumdadır.

1-B: Hemen Kullanım Performans Seviyesi (S1+NB): Oldukça az yapısal hasar vardır. Yapı, orijinal dayanım ve rijitligini önemli ölçüde korumaktadır. Yapısal olmayan elemanlar güvenlidir ve genellikle çalışabilir durumdadır. Deprem sırasında yaralanma riski oldukça düşüktür.

3-C: Can Güvenligi Performans Seviyesi (S3+NC): Yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda belirli ölçülerde hasar mevcuttur. Yapı deprem öncesi dayanım ve rijitliginin bir bölümünü kaybetmiş durumdadır. Ancak yapısal ve yapısal olmayan elemanların can güvenligini tehdit etmesi söz konusu değildir. Yapı onarılmaya muhtaçtır ve onarılmadan kullanılması uygun değildir.

5-E: Göçmenin Önlenmesi Performans Seviyesi (S5+NE): Yapı taşıyıcı sistemi ancak düşey yükler altında stabilitesini korumaktadır. Binanın artçı depremlere karşı dayanımı kalmamıştır ve kullanılmaması gerekir. Onarılması da çok kere pratik veya ekonomik bakımdan uygun değildir.

4. MATERYAL VE METOT

Çalışma kapsamında hiçbir düzensizliği olmayan 2 adet betonarme bina kullanılmıştır. İncelenen yapılar Özmen 2005 yüksek lisans tezinden alınmıştır. Örnek yapılar 4 katlı ve 7 katlı olarak tasarlanmıştır. Yapıların boyutları ve donatı miktarları örnek tezde alınan değerler aynen bu çalışmada da alınmıştır.

4.1. Bina Bilgileri

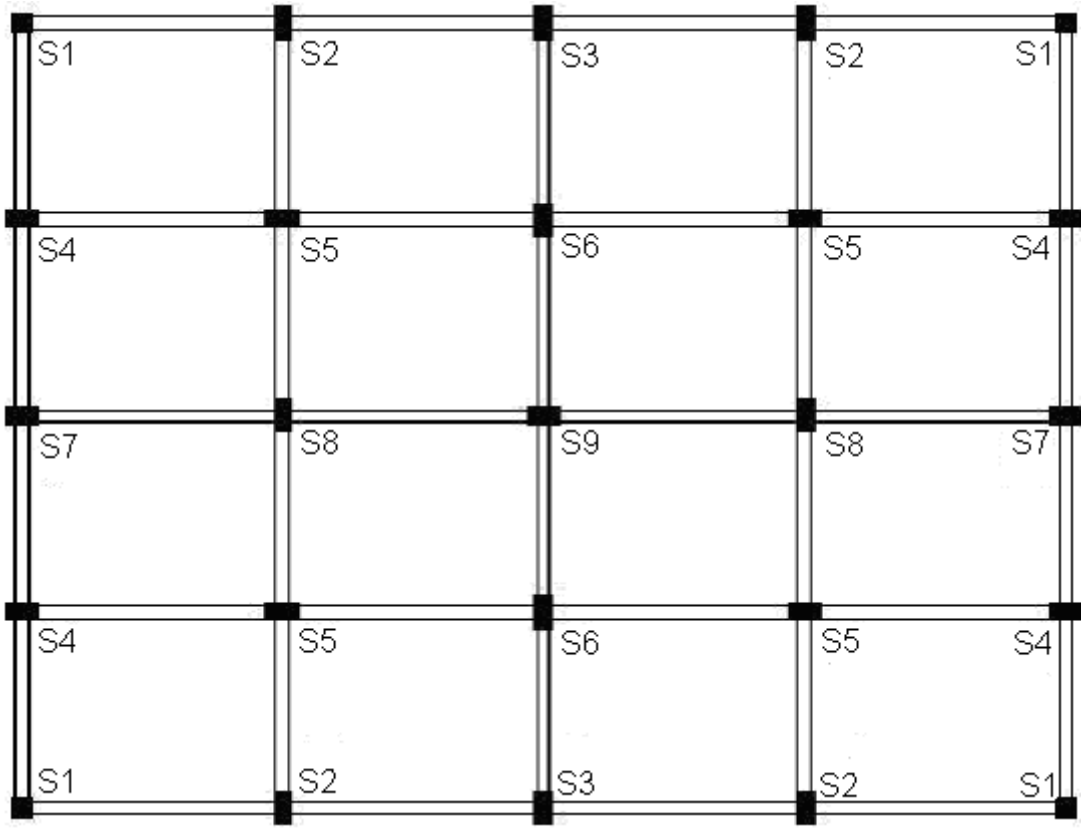
4 katlı ve 7 katlı olarak hazırlanan bina modellerinin geometrik özellikleri aynıdır. X yönünde 4x4m=16m, y yönünde 4x3m=12m boyutlarındadır. Şekil 3.1.'de kat planı gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Binaların tasarım kriterleri

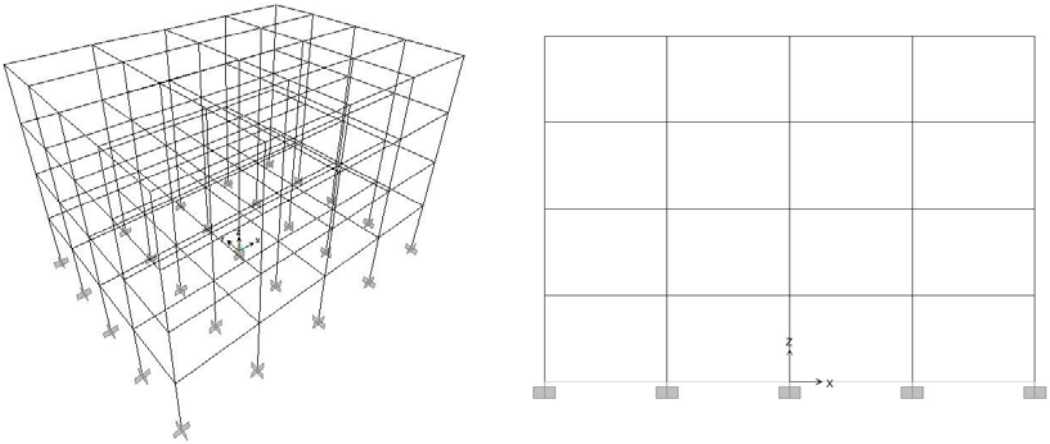
Geometrik Özellikler	X-Boyut	16m
	Y-Boyut	12m
	Kat Yüksekliği	2,8m
Malzeme Özellikleri	Beton Sınıfı	C16
	Çelik Sınıfı	S220
Yük tanımları	Hareketli Yük (Normal Kat)	0,2 t/m^2
	Hareketli Yük (Çatı Kat)	0,15 t/m^2
	Zati Yük (Normal Kat)	0,47 t/m^2
	Zati Yük (Çatı Kat)	0,45 t/m^2
	Duvar Yükü	0,6 t/m
	Hareketli Yük azaltma katsayısı (n)	0,3
Zemin özellikleri	Yerel Zemin Sınıfı	Z3
Deprem Bölgesi	1. Derece	0,4g

Yapıda döşeme kalınlığı 12 cm alınmıştır. Çatı kat hariç diğer tüm kirişlerin üstünde dolgu duvar olduğu varsayılmıştır.

Kolon isimlendirmeleri Şekil-3.1.'de gösterilmiştir. Kiriş boyutları 4 katlı yapı için 20x50 cm, 7 katlı yapı için 25x60 cm olarak seçilmiştir. Kolon boyutları ve donatı miktarları 4 katlı ve 7 katlı yapılar için ayrı ayrı Çizelge 3.2 ve Çizelge3.3'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Binaların plan görünüşü ve kolon isimlendirmeleri



a) 3 boyutlu görünüş b) 2 boyutlu görünüş

Şekil 4.2. 4 katlı binanın üç ve iki boyutlu görünüşü

Çizelge 4.2. 4 katlı bina kolon bilgileri

Kat	**Kolon No**		**X Boyut (cm)**	**Y Boyut (cm)**	**Donatı**	
	Planda Verilen	**Programa Girilen**			**Başlık**	**Gövde**
Zemin Kat	S1	1S1	30	30	2x3Ø14	-
	S2,S3,S6,S8	1S2	25	50	2x4Ø16	2x1Ø14
	S4,S5,S7,S9	1S3	50	25	2x4Ø14	2x1Ø14
1. Normal Kat	S1	1S1	30	30	2x3Ø14	-
	S2,S3,S6,S8	1S2	25	50	2x4Ø14	2x1Ø14
	S4,S5,S7,S9	1S3	50	25	2x4Ø14	2x1Ø14
2. Normal Kat	S1	1S1	30	30	2x3Ø14	-
	S2,S3,S6,S8	2S2	25	40	2x4Ø14	-
	S4,S5,S7,S9	2S3	40	25	2x4Ø14	-
3. Normal Kat	S1	1S1	30	30	2x3Ø14	-
	S2,S3,S6,S8	2S2	25	40	2x4Ø14	-
	S4,S5,S7,S9	2S3	40	25	2x4Ø14	-

Çizelge 4.3. 7 katlı bina kolon bilgileri

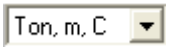
Kat	Kolon No		X Boyut (cm)	Y Boyut (cm)	Donatı	
	Planda Verilen	Programa Girilen			Başlık	Gövde
Zemin Kat	S1	1S1	40	40	2x5Ø14	2x1Ø14
	S2,S3,S6,S8	1S2	30	60	2x6Ø16	2x1Ø14
	S4,S5,S7,S9	1S3	60	30	2x6Ø16	2x1Ø14
1. Normal Kat	S1	1S1	40	40	2x5Ø14	2x1Ø14
	S2,S3,S6,S8	1S2	30	60	2x6Ø16	2x1Ø14
	S4,S5,S7,S9	1S3	60	30	2x6Ø16	2x1Ø14
2. Normal Kat	S1	1S1	40	40	2x5Ø14	2x1Ø14
	S2,S3,S6,S8	1S2	30	60	2x6Ø16	2x1Ø14
	S4,S5,S7,S9	1S3	60	30	2x6Ø16	2x1Ø14
3. Normal Kat	S1	2S1	35	35	2x3Ø14	2x1Ø14
	S2,S3,S6,S8	2S2	25	50	2x3Ø14	2x2Ø14
	S4,S5,S7,S9	2S3	50	25	2x3Ø14	2x2Ø14
4. Normal Kat	S1	2S1	35	35	2x3Ø14	2x1Ø14
	S2,S3,S6,S8	2S2	25	50	2x3Ø14	2x2Ø14
	S4,S5,S7,S9	2S3	50	25	2x3Ø14	2x2Ø14
5. Normal Kat	S1	3S1	30	30	2x3Ø14	-
	S2,S3,S6,S8	3S2	25	40	2x4Ø14	-
	S4,S5,S7,S9	3S3	40	25	2x4Ø14	-
6. Normal Kat	S1	3S1	30	30	2x3Ø14	-
	S2,S3,S6,S8	3S2	25	40	2x4Ø14	-
	S4,S5,S7,S9	3S3	40	25	2x4Ø14	-

4 katlı ve 7 katlı yapı örnekleri Sap2000 v 8.11. ve Etaps v 9.0. programları kullanılarak statik itme analizleri yapılmıştır. Bahsedilen programlarla statik itme analizinin nasıl yapıldığı adım adım anlatılmıştır. Her model için taban kesme kuvveti ve tepe deplasman değerleri bulunarak grafikleri elde edilmiştir.

4.2. 4 Katlı Betonarme Yapının Sap 2000 Programı İle Analizi

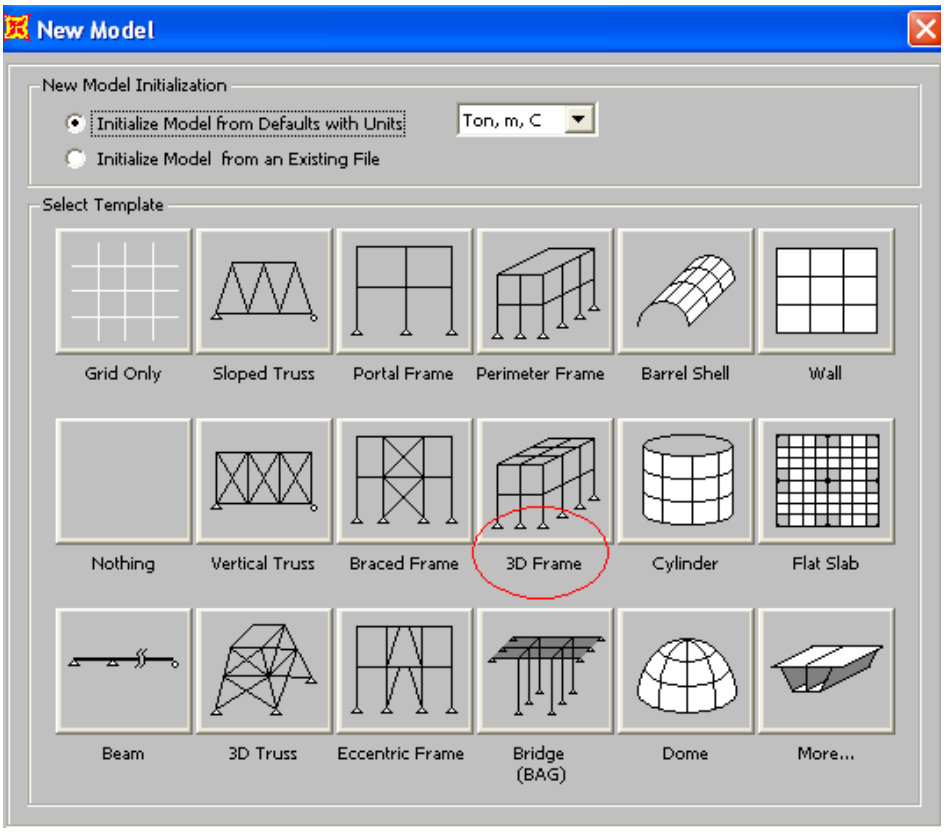
Bu bölümde 4 katlı betonarme binanın Sap2000 programı kullanılarak statik itme analizinin nasıl yapıldığı anlatılmaktadır. Statik itme analizinde Sap2000 programının 8.1.1 versiyonu kullanılmıştır.

4.2.1. Sistem Modelinin Oluşturulması

Konum çubuğunun sağındaki açılır liste kutusundan 

Ton,m,C olarak birimler seçilir.

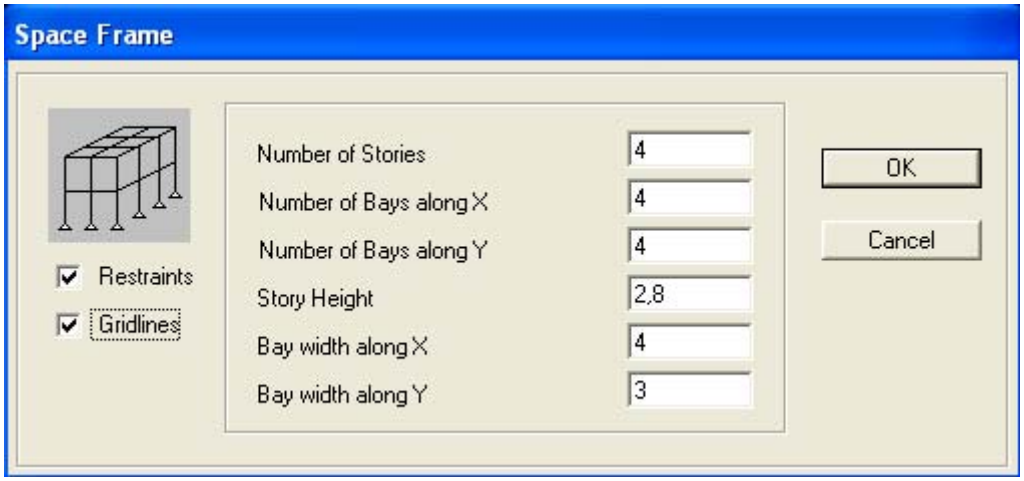
Üst bölümdeki , New Model düğmesine basılır. (File Menüsünden New Model... seçeneğini tıklanarak da aynı işlem gerçekleştirilebilir.) Daha sonra ekrana gelecek olan New Model ileti kutusunda **3D Frame** düğmesine basılır.



Şekil 4.3. Sap 2000 yeni model ileti kutusu

Ekrana gelecek olan **Space Frame** bölümünde;

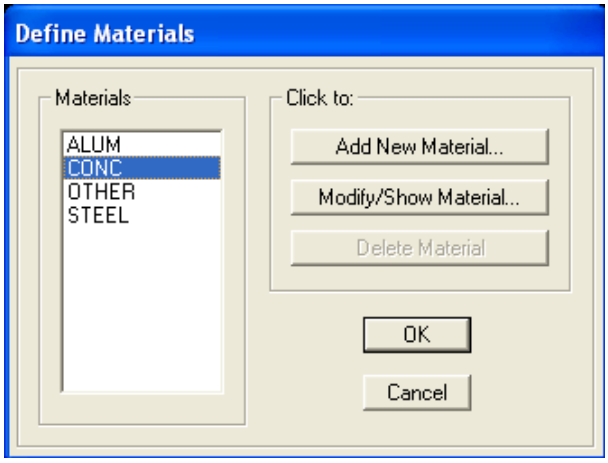
- Number of Stories : 4
- Number of Bays along x : 4
- Number of Bays along y : 4
- Story Height :2,8
- Bay width along x : 4
- Bay width along x : 3 yazılır ve OK tuşuna basılır.



Şekil 4.4. Sap2000 uzay çerçeve ileti kutusu

4.2.2. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması

Define menüsünden Materials... komutu seçilir. Ekrana gelen define materials menüsünün sol tarafında Materials kısmında bulunan CONC seçilir ve sağ tarafta bulunan Click to bölümünden Modify/Show Material... seçeneği tıklanır.



Şekil 4.5. Sap2000 malzeme tanımlama ileti kutusu

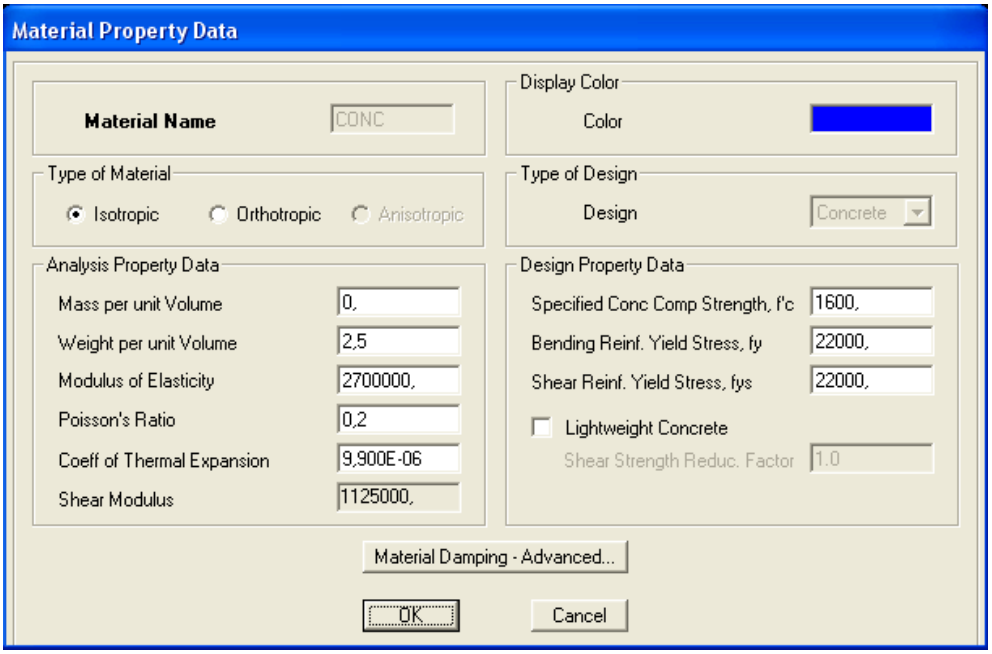
Ekrana gelen **Material Property Data** kısmında;

- Mass per unit valume yazı kutucuğuna : 0,
- Weight per unit volume yazı kutucuğuna : 2.5,
- Modulus of elasticity yazı kutucuğuna : 27E5
- Poisson's ratio : 0,2 yazılır,

Design Property Data kısmında;

- Specified Conc Comp Strength,f'c yazı kutucuğuna : 1600,
- Bending Reinf. Yield Stress, fy yazı kutucuğuna : 22000,
- Shear Reinf. Yield Stress, fys yazı kutucuğuna : 22000, yazılır.

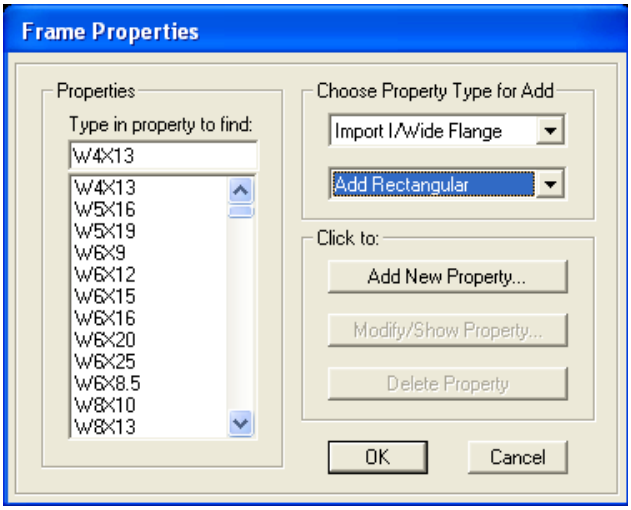
2 kez OK tuşuna basılarak malzeme olarak kullanılan betonun özellikleri tanımlanır.



Şekil 4.6. Sap2000 beton özelliklerinin tanımlanması

4.2.3. Kesit Özelliklerinin Tanımlanması

Define menüsünde **Define/Cable Sections...** komutunu seçilir. Ekrana gelecek olan ileti kutusunda kolon kesitlerini tanımlamak için, ikinci açılır liste kutusundan **Add Rectangular** düğmesine basılır. Click to bölümünden Add New Property... düğmesi tıklatılır.

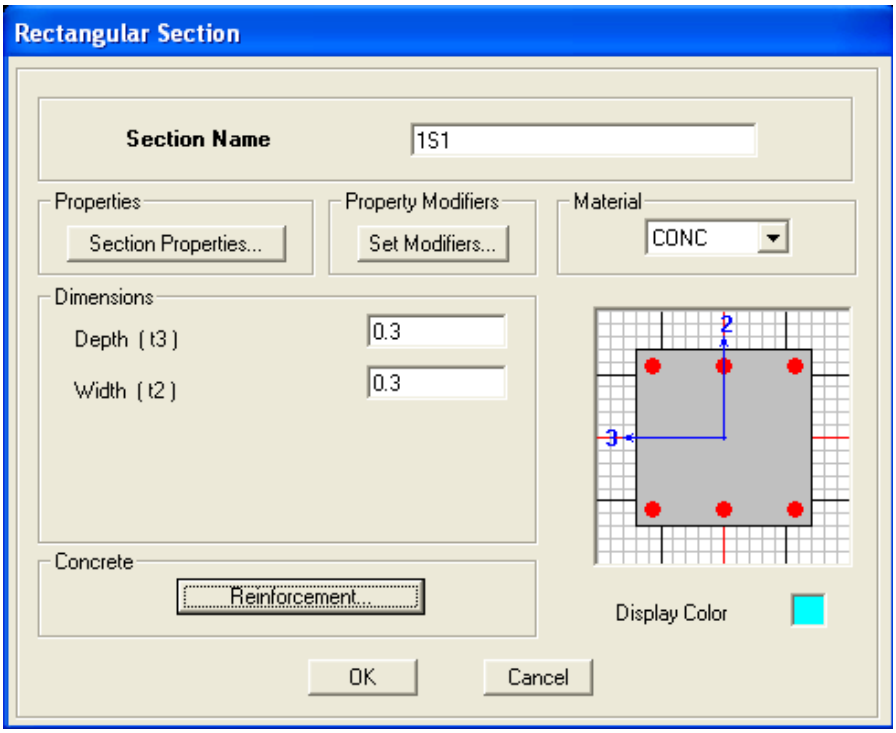


Şekil 4.7. Sap2000 kesit özeliklerinin tanımlanması ileti kutusu

Ekrana gelen ileti kutusunda;

- Sections Name yazı kutucuğuna : **1S1,**
- Depth (t3) yazı kutucuğuna : **0,30**,
- Width (t2) yazı kutucuğuna : **0,30**,

Material açılır penceresinden **CONC** seçili hale getirilir.



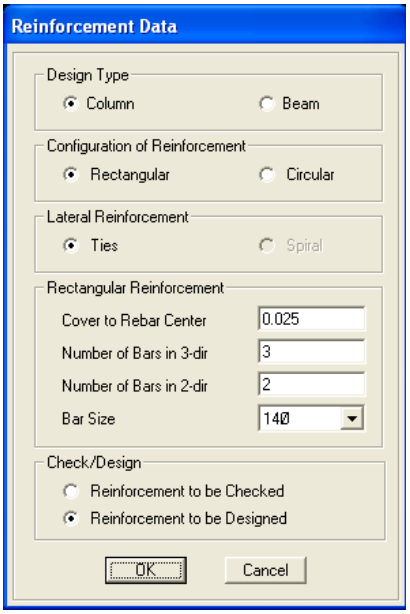
Şekil 4.8. Sap2000 ile kolon boyutlarının tanımlanması

Alt kısımda Concrete bölümü eklenecektir. **Reinforcement...** düğmesine basılarak Reinforcement Data menüsüne ulaşılır. Burada kolon ve kirişlerin donatı miktarları ve pas payları gibi bilgiler girilmektedir.

Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **3**
- Number of Bars in 2-dir : **2**
- Bar size : **14Ø**

olarak değiştirilir.



Şekil 4.9. Kolon donatı bilgi girişi

2 kez OK tuşuna basılarak Frame Properties menüsüne ulaşılır.
Add New Property düğmesini tıklanır.

Section name kısmına **1S2** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir,

- Depth (t3) : **0,25**
- Wdth (t2) : **0,50** yazılır,

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.
Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **3**
- Number of Bars in 2-dir : **4**
- Bar size : **16Ø** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Frame Properties menüsüne ulaşılır.

Add New Property düğmesine tıklanır.

Section name kısmına **1S3** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir,

- Depth (t3) : **0,5**
- Wdth (t2) : **0,25** yazılır,

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **4**
- Number of Bars in 2-dir : **3**
- Bar size : **14Ø** olarak yazılır.

2 kez OK tuşuna basarak Frame Properties menüsüne ulaşılır.

Add New Property düğmesini tıklanır.

Section name kısmına **2S2** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir.

- Depth (t3) : **0,25**
- Wdth (t2) : **0,4** yazılır,

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **3**

- Number of Bars in 2-dir : **4**
- Bar size : **14Ø** olarak yazılır.

2 kez OK tuşuna basılarak Frame Properties menüsüne ulaşılır,

Add New Property düğmesi tıklanır.

Section name kısmına **2S3** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir.

- Depth (t3) : **0,4**
- Wdth (t2) : **0,25** yazılır,

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

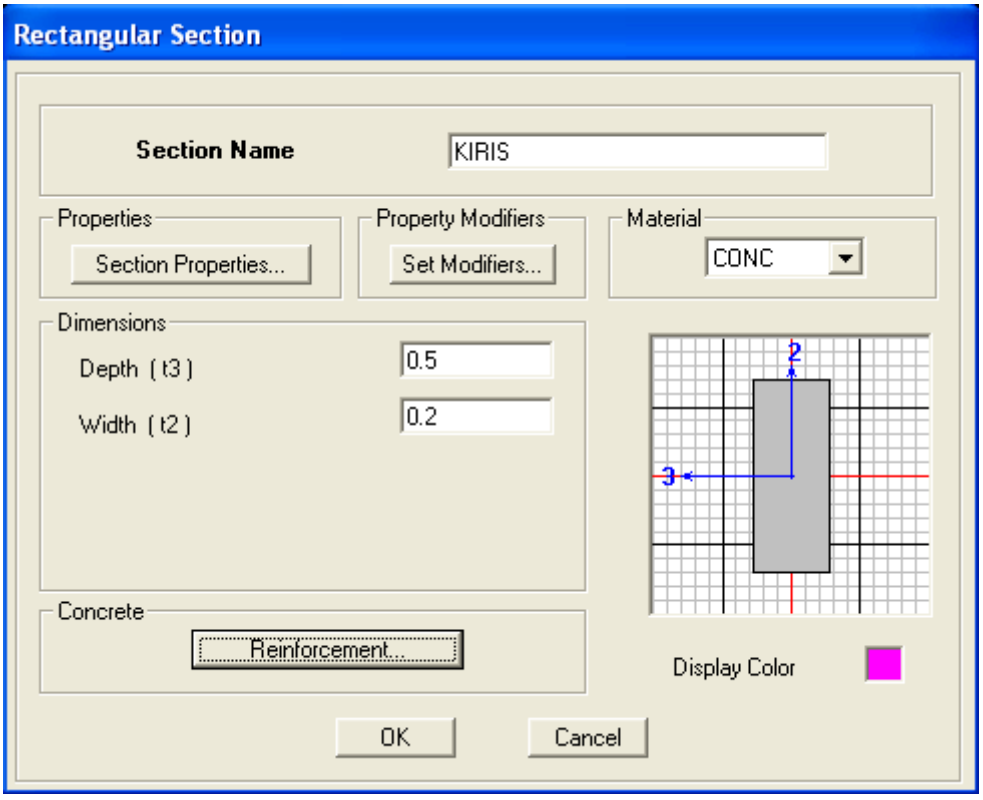
- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **3**
- Number of Bars in 2-dir : **4**
- Bar size : **14Ø** olarak yazılır.

2 kez OK tuşuna basarak Frame Properties menüsüne ulaşılır.

Add New Property düğmesi tıklanır.

Section name kısmına **KIRIS** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir,

- Depth (t3) : **0,5**
- Wdth (t2) : **0,2** yazılır.



Şekil 4.10. Sap2000 ile kiriş boyutlarının tanımlanması

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusu tıklanır.

Reinforcement Data bölümünde

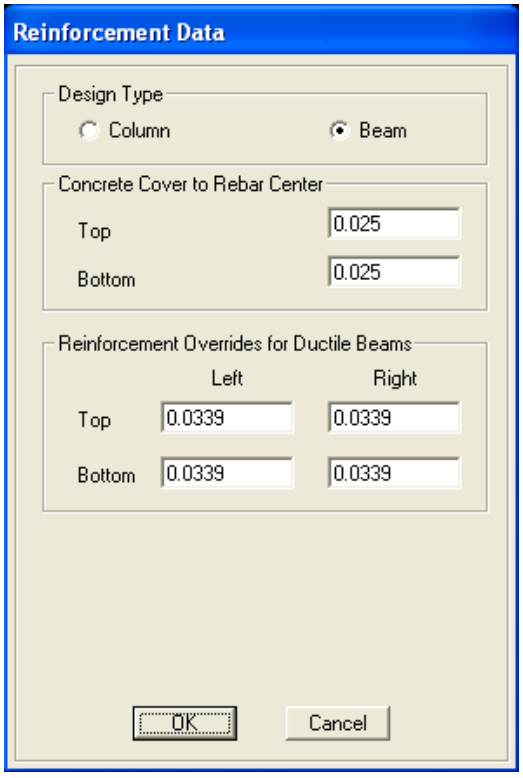
Design Type bölümünde Beam seçilir.

Concrete cover to reber center bölümüne

- Top : **0,025**
- Bottom : **0,025**

Reinforcemnet Overrides for Ductule Beams bölümünde kiriş donatı alanı kısmına 0.0339 değeri girilir.

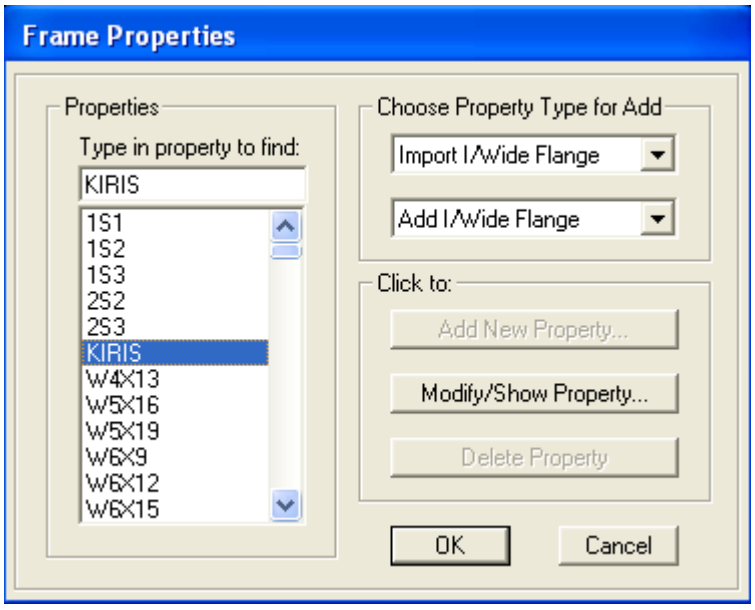
3 kez OK tuşuna basılır.



Şekil 4.11. Kiriş donatılarının atanması

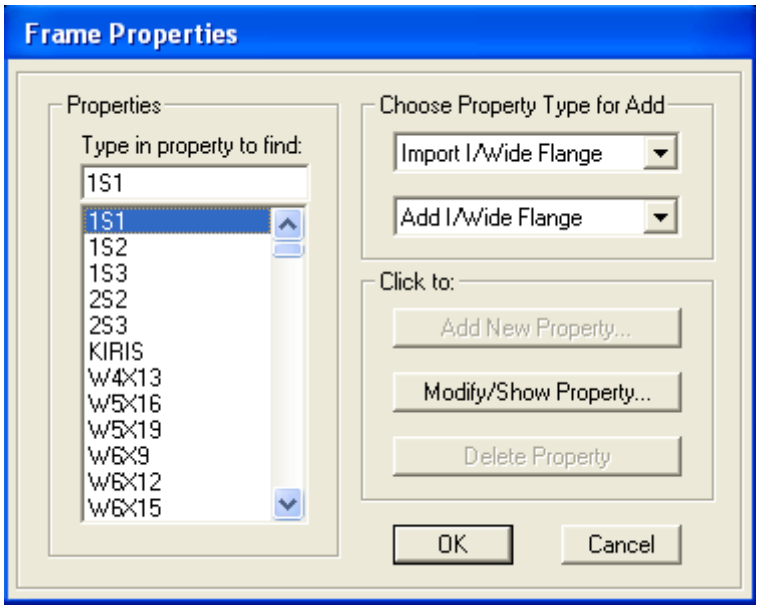
4.2.4. Kesitlerin Elemanlara Atanması

Ekranın sağ tarafında olan X-Y Plane üzeri tıklanarak aktif hale getirilir. tuşuna basılarak Z=11.2 m kotuna gelinir. Mause ile şeklin tamamı pencere içerisine alınarak yardımıyla Z=8.4, Z=5.6 ve Z=2.8 koordinatlarına gelinir her katta yatay elemanları pencere içerisine alarak seçilir. Assign Menüsünden Frame/Cable seçeneğinden Sections... düğmesine tıklanır. Ekrana gelen Frame Properties menüsünden KIRIS seçeneği seçilir ve OK tuşuna basılır. tuşuna vaya F4 tuşuna basılarak kesit isimleri yazıları yok edilebilir.



Şekil 4.12. Sap2000 ile çubuklara kesit atanması

xz tuşuna basarak xz düzlemine geçilir. Set Display Options tuşuna tıklanır. Frame/Cables kısmında Labels seçeneği tıklanır. OK tuşuna basılır. Ekranda X-Z düzleminde elemanların numaraları gözükecektir. 17,18,19,20 ve 97,98,99,100 nolu çubuklar seçilir tuşuna basılır 1,2,3,4 ve 81,82,83,84 nolu çubuklar seçilir Assign Menüsünden Frame/Cable seçeneğinden Sections... düğmesi tıklanır. Ekrana gelen Frame Properties menüsünden 1S1 seçeneği seçilir ve OK tuşuna basılır. tuşuna vaya F4 tuşuna basılır.



Şekil 4.13. Sap2000 ile çubuklara kolon kesitlerinin atanması

Diğer kolonlarda yukarıda 1S1 kolonu atamasında olduğu gibi yapılacaktır. Aşağıda seçilecek çubuk numaraları ve atanacak kesit ismi tablo halinde verilmiştir.

Çizelge 4.4. Kolonların atanacağı çubuk numaraları

Kolon No	**Seçilecek Çubuk Numaraları**
1S2	21,22,41,42,61,62,29,30,69,70,53,54,37,38,57,58,77,78
1S3	13,14,33,34,73,74,93,94,9,10,49,50,89,90,5,6,25,26,65,66,85,86
2S2	23,24,43,44,63,64,39,40,59,60,79,80,55,56,31,32,71,72,47,48
2S3	7,8,27,28,67,68,87,88,11,12,51,52,91,92,15,16,35,36,75,76,95,96

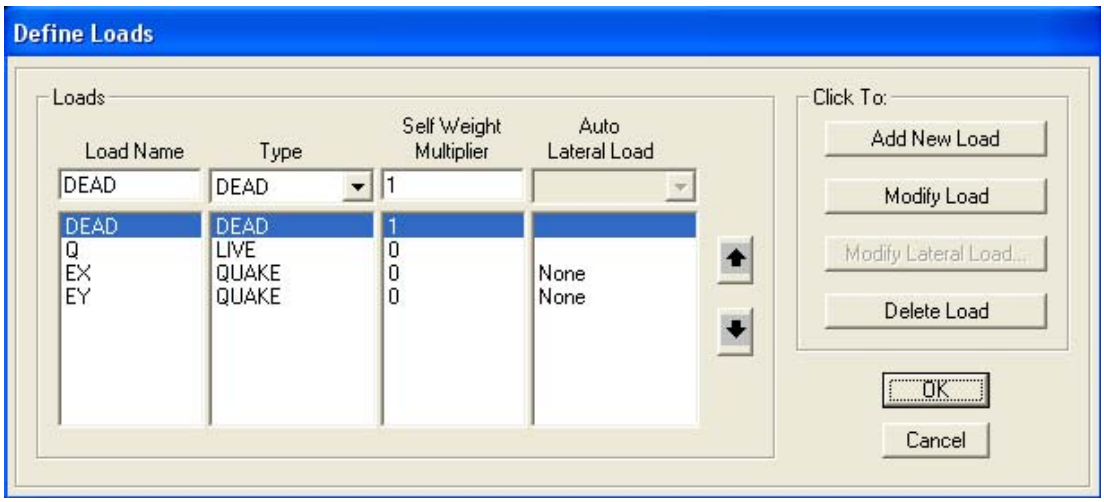
4.2.5. Yüklerin Tanımlanması

Define menüsünden **Load Cases…** komutu seçilir,

Load Name kısmına **Q** yazılır, Type açılır listeden **LIVE** seçeneğini seçilir. Add New Load tuşuna basılır.

Load Name kısmına **EX** yazılır, Type açılır listeden **QUAKE** seçeneğini seçilir. Add new Load tuşuna basılır.

Load Name kısmına **EY** yazılır, Add new Load tuşuna basılır. OK tuşuna basılır.



Şekil 4.14. Sap2000 yük tanımlama ileti kutusu

4.2.6. Yüklerinin Atanması

Döşemelere normal katlarda verilen yükler;

Zati yük : 0,470 t/m^2

Hareketli yük : 0,200 t/m^2,

Çatı katında;

Zati yük : 0,450 t/m^2

Hareketli yük : 0,150 t/m^2, olarak verilecektir.

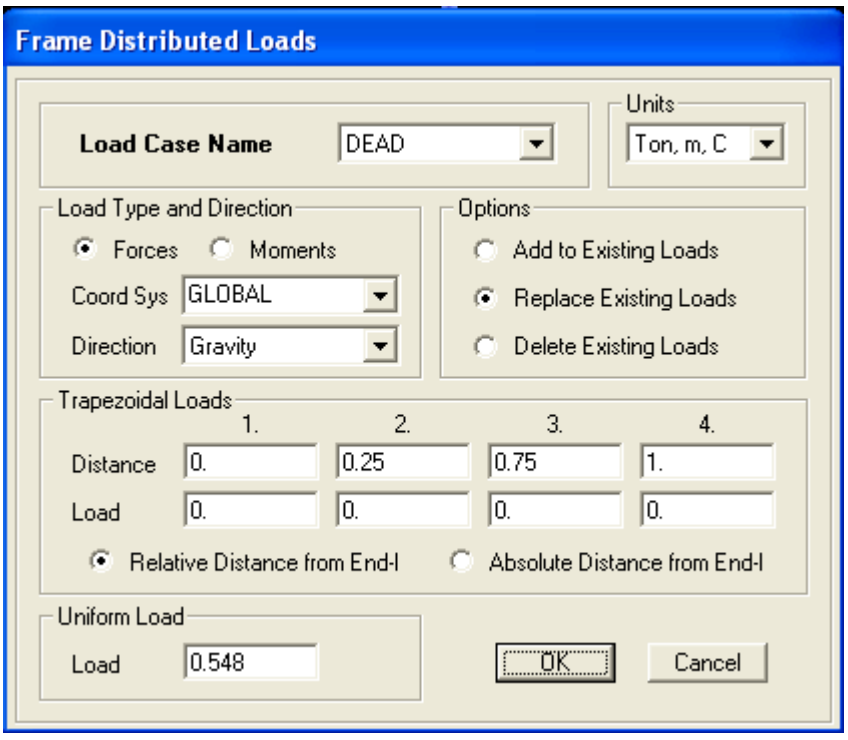
Çatı kat hariç diğer katlarda kirişler dolgu duvar yükü olarak 0,600 t/m yük verilecektir.

Döşemelere verilecek yüklerden, kirişlere aktarılacak yükler hesap edilmiştir. Bu yükler aşağıda Çizelge olarak verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kirişlere aktarılan yükler

Kat	Yükleme	Döşeme Yükü (t/m^2)	Kirişlere Aktarılan Yükler (t/m)		Duvar Yükü (t/m)
			Kısa Kenar	Uzun Kenar	
N	g	0,470	0,470	0,572	0,600
	q	0,200	0,200	0,244	
Ç	g	0,450	0,450	0,548	-
	q	0,150	0,150	0,183	

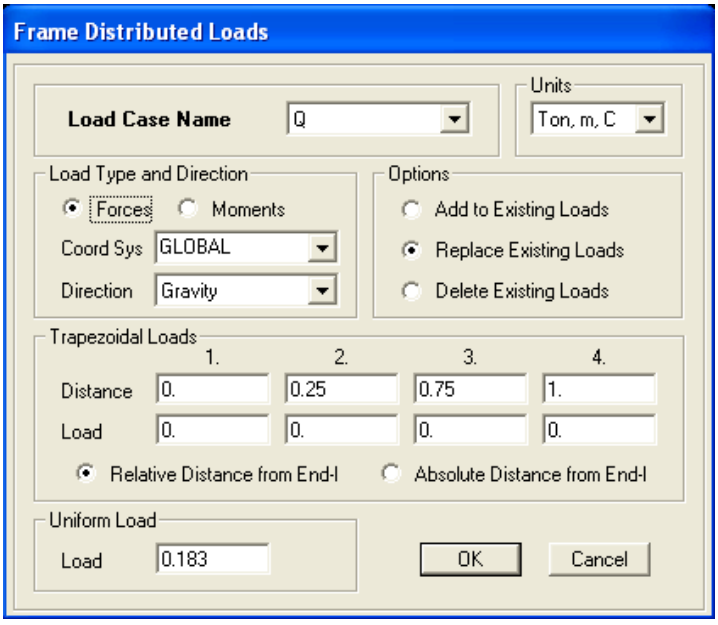
xy tuşuna basılarak X-Y düzlemine geçilir. yardımıyla Z=11.2 koordinatına gelinir. Burada 104,108,112,116,168,172,176,180 nolu çubuklar seçilir. Assign menüsünden Frame Loads Distributed... komutu seçilir. Ekrana yükleme durumlarını belirlenmesini sağlayacak menü gelir. Uniform Load bölümüne **0,548** yazılır ve OK tuşuna basılır.



Şekil 4.15. Kirişlere zati yüklerin atanması

tuşuna basılarak son seçilen çubuklar tekrar seçili hale gelecektir.

Assign menüsünden Frame Loads Distributed... komutu tekrar seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan Q yüklemesini seçilir ve Uniform Load kısmına **0,183** yazılarak OK tuşuna basılır.



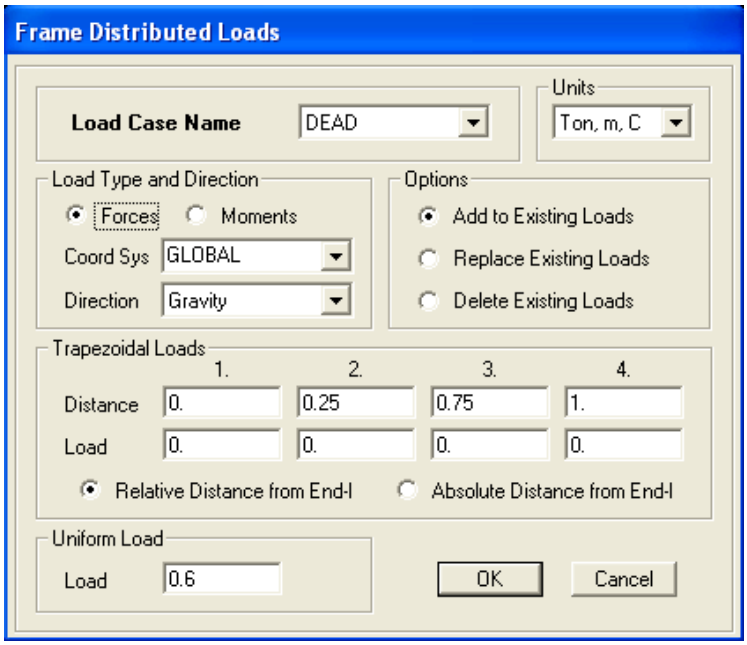
Şekil 4.16. Kirişlere hareketli yüklerin atanması

Diğer kirişlere de yük aktarımı yukarda anlatıldığı gibi yapılacaktır. Aşağıdaki Çizelgede seçilecek çubuk numaraları ve aktarılacak yük miktarları ve türleri verilmiştir.

Çizelge 4.6. Kirişlere aktarılacak yükler ve seçilecek çubuk numaraları

Yük No	**Yük Miktarı (t/m)**	**Seçilecek Çubuk No**
DEAD	1,096	120,124,128,132,136,140,144,148,152,156,160,164
Q	0,366	
DEAD	0,450	184,188,192,196,248,252,256,260
Q	0,150	
DEAD	0,900	200,204,208,212,216,220,224,228,232,236,240,244
Q	0,300	
DEAD	0,572	101,105,109,113,165,169,173,177,102,106,110,114,
Q	0,244	166,170,174,178,103,107,111,115,167,171,175,179.
DEAD	1,144	119,123,127,131,135,139,143,147,151,155,159,163,
Q	0,488	118,122,126,130,134,138,142,146,150,154,158,162, 117,121,125,129,133,137,141,145,149,153,157,161.
DEAD	0,470	181,185,189,193,245,249,253,257,182,186,190,194,
Q	0,200	246,250,254,258,183,187,191,195,247,251,255,259.
DEAD	0,940	199,203,207,211,215,219,223,227,231,235,239,243,
Q	0,400	198,202,206,210,214,218,222,226,230,234,238,242, 197,201,205,209,213,217,221,225,229,233,237,241.

tuşuna basılır. tuşuna basılarak X-Y Plane @ Z=2,8 koordinatına gelinir buradaki bütün kirişler seçilir yardımıyla Z=5,6 koordinatına gelinir bütün kirişler seçilir son olarak yardımıyla Z=8,4 koordinatına gelinir ve bütün kirişler seçilir Assign menüsünden Frame Loads Distributed... komutu seçilir. Load Case Name açılır kutusundan **DEAD** yüklemesi seçilir Options bölümünde Add to Existing Loads seçeneğini işaretlenir. Uniform Load kısmına **0,6** yazılır ve OK tuşuna basılır. Kirişlere duvar yükleri yukarıda anlatıldığı gibi atanır.



Şekil 4.17. Kirişlere duvar yüklerinin atanması

tuşuna basılır. tuşuna basılarak X-Y Plane @ Z=0 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden Joint içerisinde Restraints... seçeneğini tıklanır. Bütün dönme ve serbestlikleri seçili hale getirilerek OK tuşuna basılır.



Şekil 4.18. Kolon mesnet özelliklerinin tanımlanması

tuşuna basılarak X-Y Plane @ Z=2.8 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden Joint içerisinde **Constraints...** seçeneği tıklanır. Choose Constraint Type for Add açılır kutusundan **Diaphragm** seçeneğini seçilir, Add New Constraint butonuna basılır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

tuşuna basılarak X-Y Plane @ Z=5.6 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden Joint içerisinde **Constraints...** seçeneği tıklanır. Choose Constraint Type for Add açılır kutusundan **Diaphragm** seçeneğini seçilir, Add New Constraint butonuna basılır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

tuşuna basılarak X-Y Plane @ Z=8.4 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden Joint içerisinde **Constraints...** seçeneği tıklanır. Choose Constraint Type for Add açılır kutusundan **Diaphragm** seçeneğini seçilir, Add New Constraint butonuna basılır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

tuşuna basılarak X-Y Plane @ Z=11.2 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden Joint içerisinde **Constraints...** seçeneği tıklanır. Choose Constraint Type for Add açılır kutusundan **Diaphragm** seçeneğini seçilir, Add New Constraint butonuna basılır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır. Rijit diyaframlar anlatıldığı gibi herkata ayrı ayrı tanımlanır.

4.2.7. 4 Katlı Yapı Yatay Yüklerinin Belirlenmesi

Çizelge 4.7. Yatay fiktif yüklerin belirlenmesi

			Kat Sabit Yük	Kat Hareketli Yük	Kat Ağırlığı	Kat Kütlesi	(wi x hi)	(wi x hi) / ∑(wi x hi)
Kat	Yükseklik	Hi (m)	g (ton)	q (ton)	w (ton)	m (ton)		
1	2.8	2.8	230.14	38.4	241.66	24.634	676.648	0.119
2	2.8	5.6	230.14	38.4	241.66	24.634	1353.296	0.238
3	2.8	8.4	226.46	38.4	237.98	24.259	1999.032	0.352
4	2.8	11.2	138.62	28.8	147.26	15.011	1649.312	0.290
					868.56		5678.288	

Set Display Options tuşuna basılır. Frame/Cables kısmında Labels seçeneğini kaldırılır. Joints kısmında Labels seçeneğini işaretlenir. OK tuşuna basılır. Bu şekilde ekranda düğüm numaraları gözükür.

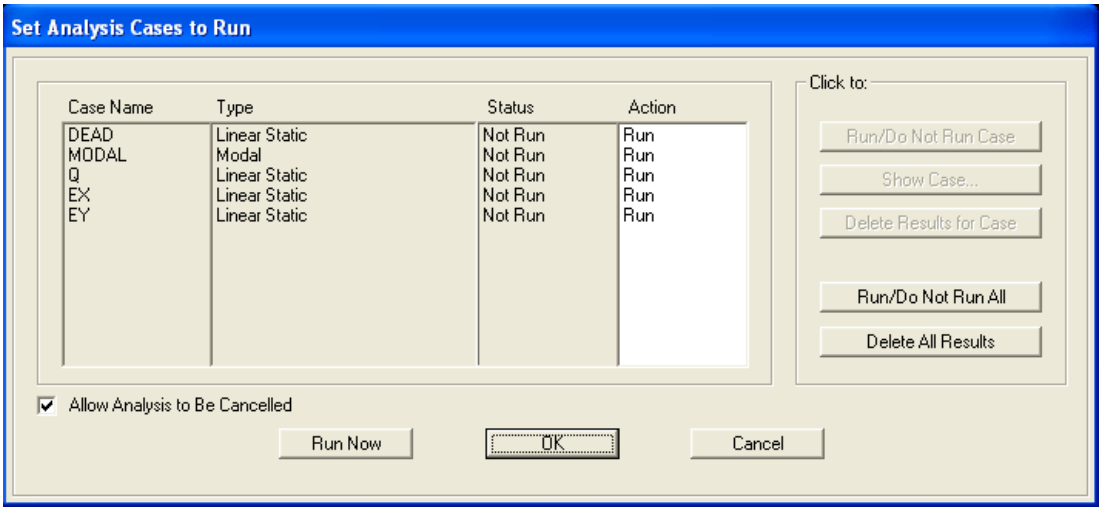
65 nolu düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneğini işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesi seçilir, Force Global X kutusuna **0.290** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneğini işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.290** yazılıp OK tuşuna basılır.

tuşuna basarak alt kata **Z=8,4** koordinatına gelinir. **64 nolu** düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesi seçilir, Force Global X kutusuna **0.352** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.352** yazılır ve OK tuşuna basılır.

tuşuna basılarak alt kata **Z=5,6** koordinatına gelinir. **63 nolu** düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesi seçilir, Force Global X kutusuna **0.238** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneğini işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.238** yazılıp OK tuşuna basılır.

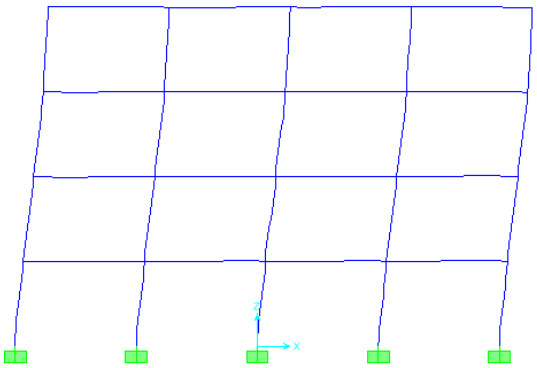
tuşuna basılarak alt kata **Z=2,8** koordinatına gelinir. **62 nolu** düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesi seçilir, Force Global X kutusuna **0.119** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.119** yazılıp OK tuşuna basılır.

Analyze menüsünden Run Analysis (F5) düğmesine basılarak analiz işlemine geçilir. Ekrana gelen Set Analysis Cases to Run ileti kutusunda Run Now düğmesine basılır. Sistemin analiz edilebilmesi için kaydedilmesi gerekmektedir. Projenin ismini 4 katlı olarak yazılarak kaydedilir.



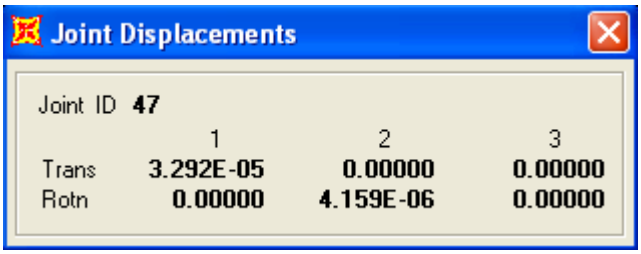
Şekil 4.19. Sap2000 analiz başlatma ileti kutusu

Analiz işlemi tamamlandıktan sonra Display menüsünden Show Deformed Shape komutu seçilir Case/Combo Name kısmında EX yüklemesi seçilir ve OK tuşuna basılır. Sol pencerede Deformed Shape (EX) deplasman şekli görülmektedir. xz tuşuna basılarak xz düzlemine geçilir. Burada her kat için oluşan deplasman miktarları görsel olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.20. 4 katlı yapının deplasman yapmış kesiti

Mause ile düğüm noktalarında sağ tuşla basılırsa düğüm noktalarında oluşan deplasman miktarları görülebilir. 1,2 ve 3 ifadeleri x,y ve z koordinatlarını ifade etmektedir. Trans yer değiştirme miktarını Rotn dönme miktarlarını göstermektedir.



Şekil 4.21. 4 katlı yapı x yönü tepe deplasman değeri

Y yönünde deplasman miktarlarını görmek için ise Display menüsünden Show Deformed Shape komutu seçilir Case/Combo Name kısmında EY yüklemesi seçilir ve OK tuşuna basılır. Elde edilen deplasman miktarları aşağıda Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.10 da verilmiştir.

4.2.7.1. 4 Katlı Yapı X Yönü Periyot Hesabı

Çizelge 4.8. X yönü periyot hesabı

Kat	Kat Kütlesi m (ton)	Y Yönü *dfi*	dfi^2	$mi\ dfi^2$	$Fi\ dfi$	$T_{1X} = 2\pi[\frac{m_i x df_i^2}{F_i x df_i}]^{\frac{1}{2}}$
1	24.634	0.00003292	1.08373E-09	2.66966E-08	3.92288E-06	0.55
2	24.634	0.00007615	5.79882E-09	1.42848E-07	1.81487E-05	
3	24.259	0.00011590	1.34328E-08	3.25865E-07	4.08024E-05	
4	15.011	0.00013580	1.84416E-08	2.76831E-07	3.94444E-05	
				7.72242E-07	0.000102318	

4.2.7.2. 4 Katlı Yapı Y Yönü Periyot Hesabı

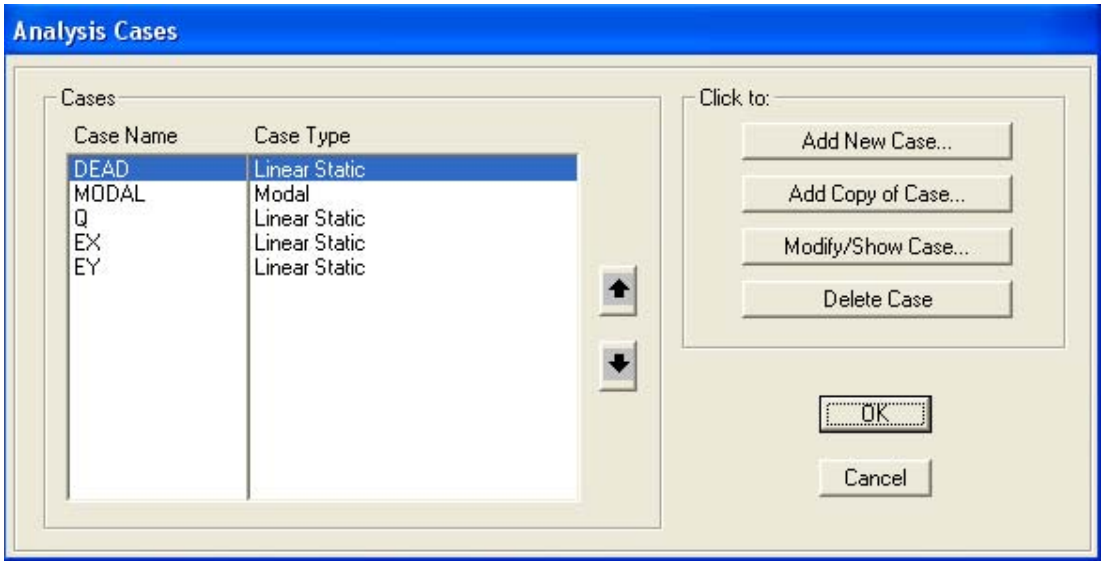
Çizelge 4.9. Y yönü periyot hesabı

Kat	Kat Kütlesi m (ton)	Y Yönü *dfi*	dfi^2	$mi\ dfi^2$	$Fi\ dfi$	$T_{1Y} = 2\pi[\frac{m_i x df_i^2}{F_i x df_i}]^{\frac{1}{2}}$
1	24.634	0.00003244	1.05235E-09	2.59237E-08	3.86568E-06	0.54
2	24.634	0.00007351	5.40372E-09	1.33115E-07	1.75195E-05	
3	24.259	0.0001114	1.241E-08	3.01052E-07	3.92182E-05	
4	15.011	0.0001305	1.70303E-08	2.55645E-07	3.79049E-05	
				7.15736E-07	9.85083E-05	

Kilidi açmak için  işareti tıklanır ekrana gelen uyarıya tamam diyerek kapatılır.

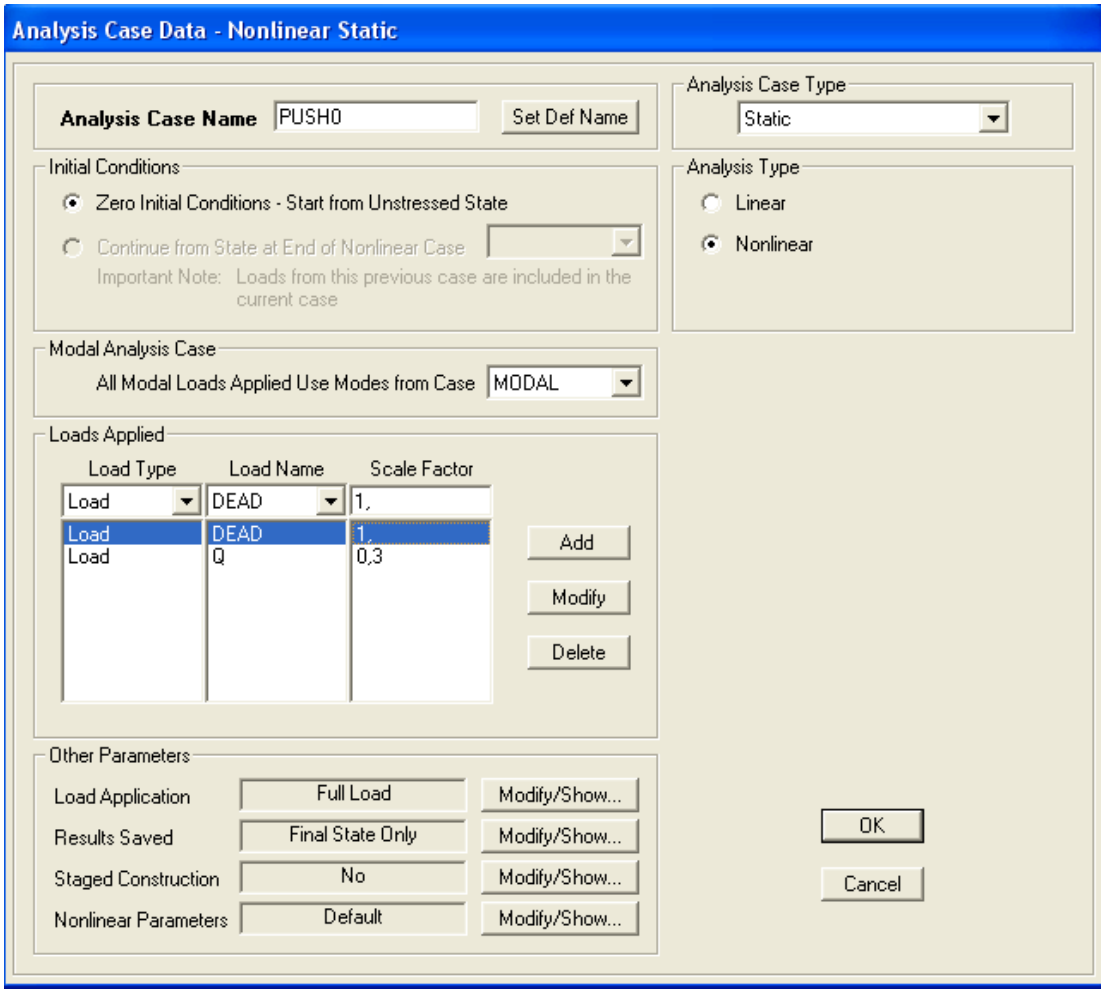
4.2.8. Analiz Seçeneklerinin Belirlenmesi

Define menüsünden Analysis Cases... seçeneği tıklanır. Burada Add New Case tıklanarak Data menüsüne ulaşılır.



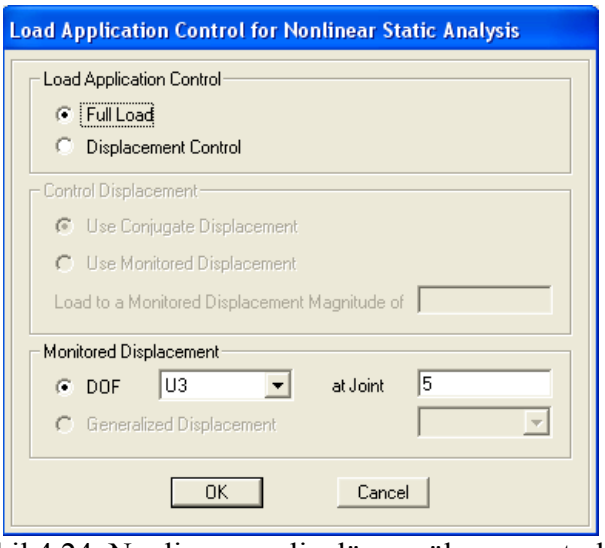
Şekil 4.22. Nonlinear analiz seçeneklerinin tanımlanması

- Analysis Case Name kısmına **PUSH0** yazılır.
- Analiz Type kısmında Nonlinear işaretlenir.
- Loads Applied kısmında Load Type kısmı Load olarak seçilerek, Load Name açılır kutudan **DEAD** seçilir, Scala Factor kısmına **1** yazılarak Add tuşu tıklanır.
- Load Name açılır kutusundan **Q** seçilir ve Scale Factor kısmına **0,3** yazılarak Add tuşuna basılarak statik itme analizinin başlangıç koşulları olan düşey yüklemeler tanımlanır.



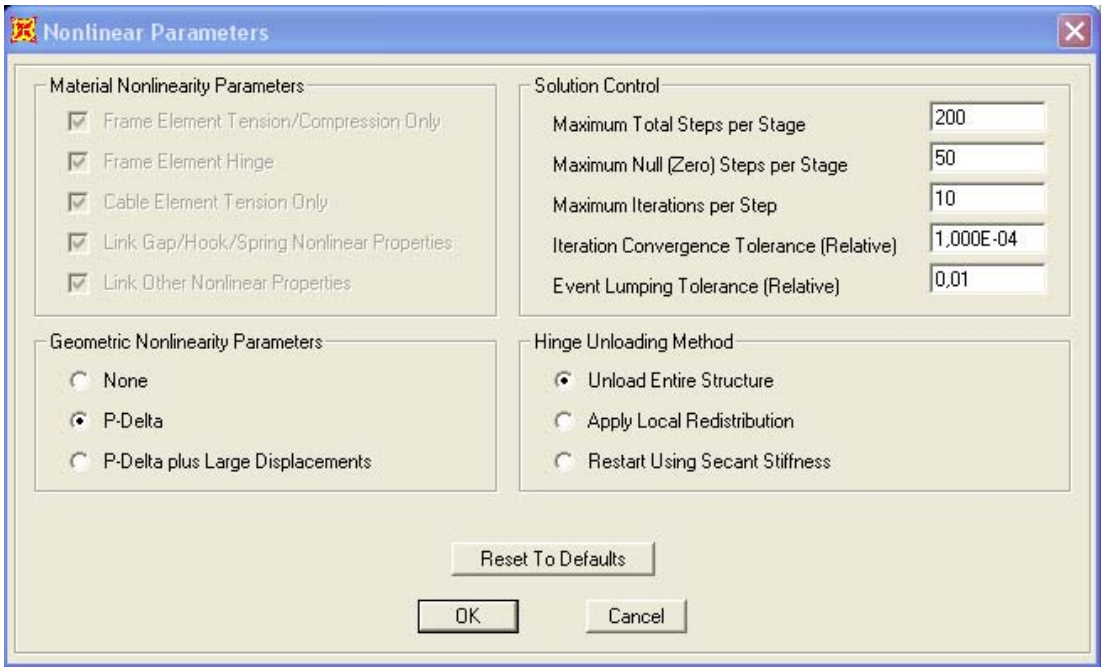
Şekil 4.23. Nonlinear analizde düşey yüklerin esas alındığı aşama

Load Application seçeneğinde Modify/Show… tıklanarak Monitored Displacement kısmında U1, U3 olarak değiştirilip OK tuşuna basılır.



Şekil 4.24. Nonlinear analiz düşey yük parametreleri

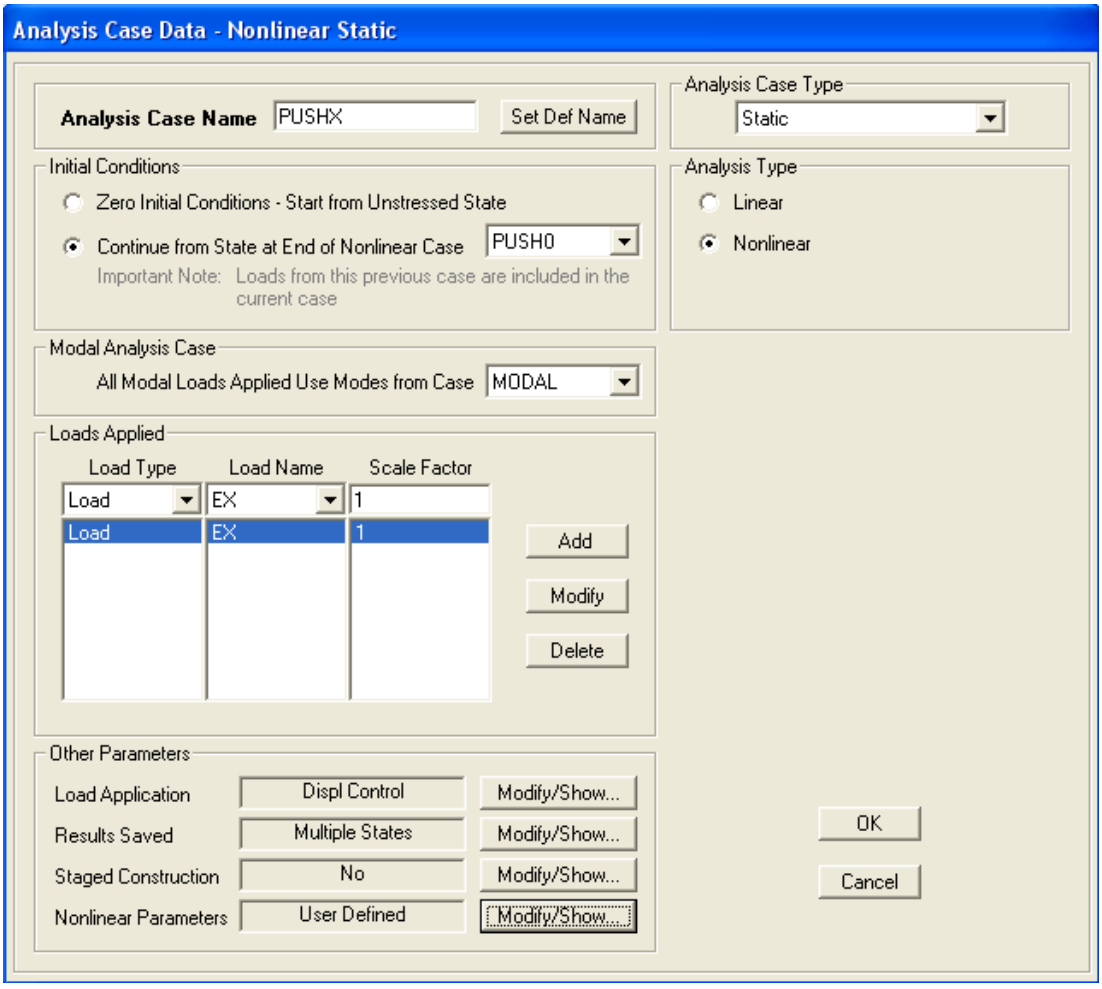
Nonlinear Parameters seçeneğinde Modify/Show… seçeneği tıklanarak P-Delta seçilir.



Şekil 4.25. Nonlinear analiz parametreleri

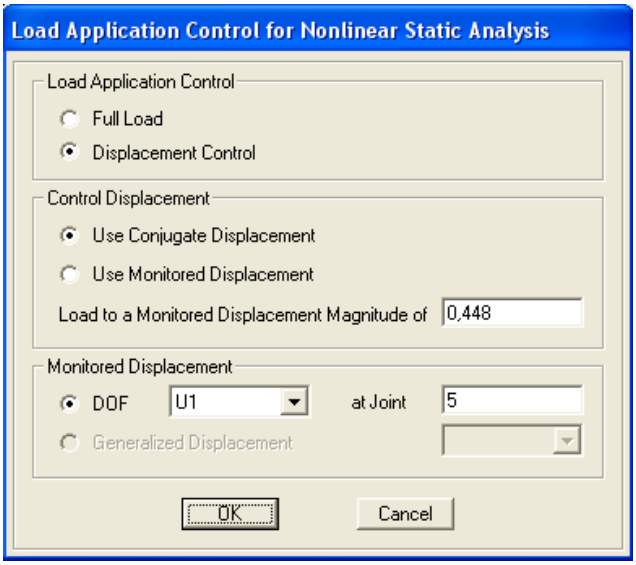
2 kez OK tuşuna basılır. Tekrar Add New Case… tuşuna basılır.

- Analysis Case Name kısmına **PUSHX** yazılır.
- Analiz Type kısmında Nonlinear işaretlenir.
- Continue from State at End of Nonlinear Case kımı seçilerek açılır pencereden **PUSH0** seçilir.
- Loads Applied kısmında Load Type kısmı Load olarak seçilerek, Load Name açılır kutudan **EX** seçilir, Scala Factor kısmına **1** yazılarak Add tuşu tıklanır.



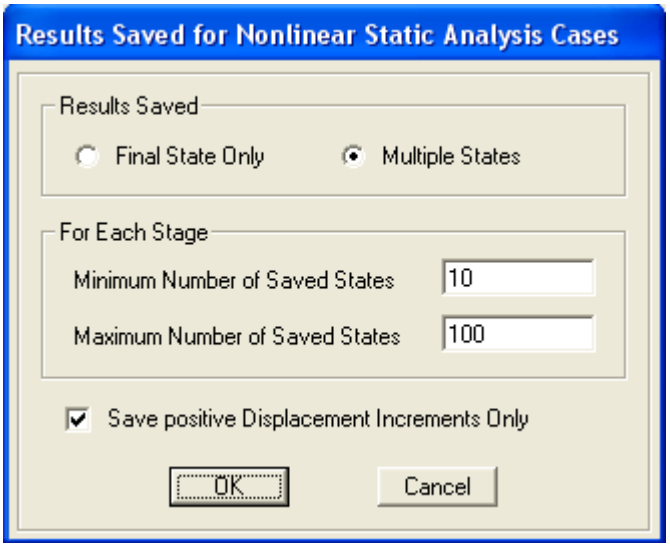
Şekil 4.26. Nonlinear analiz x yönü yatay yüklerin tanımlanması

Load Application seçeneğinde Modify/Show… tıklanarak Diplacement Control aktif hale getirilir. OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.



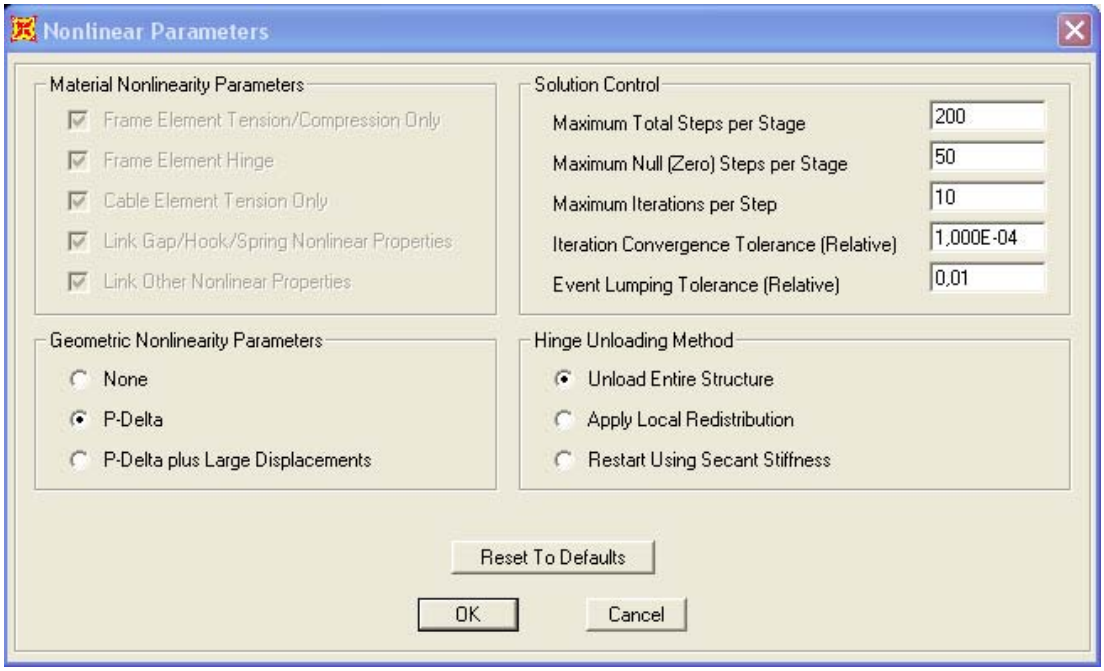
Şekil 4.27. Nonlinear analiz x yönü deplasman miktarının tanımlanması

Results Saved seçeneğinde Modify/Show… tıklanarak Multiple States seçili hale getirilir. OK tuşuna basılır.



Şekil 4.28. Nonlinear analiz x yönü kaydedilecek iterasyon sayısı

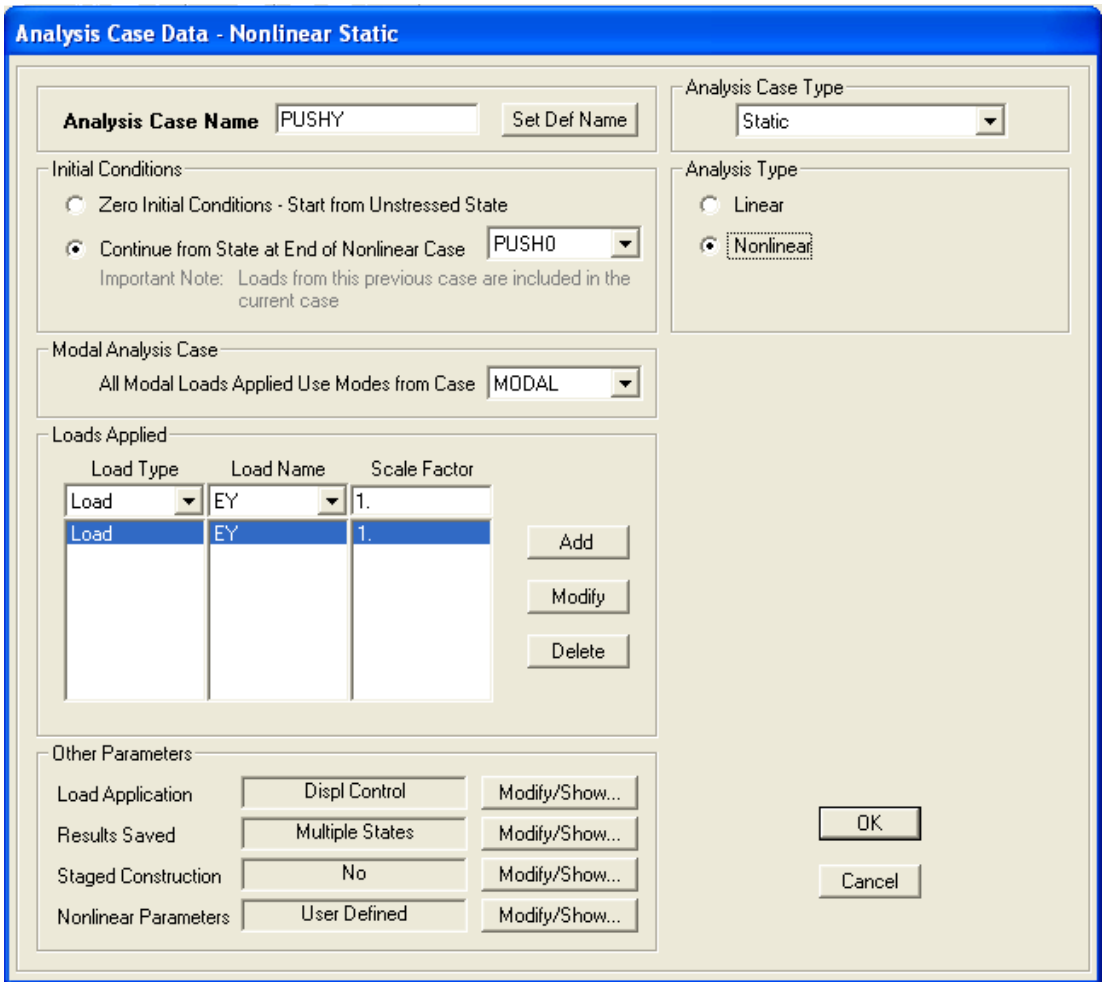
Nonlinear Parameters seçeneğinde Modify/Show… seçeneği tıklanarak P-Delta seçilerek 2. mertebe etkileri dikkate alınır.



Şekil 4.29. Nonlinear analiz x yönü parametreleri

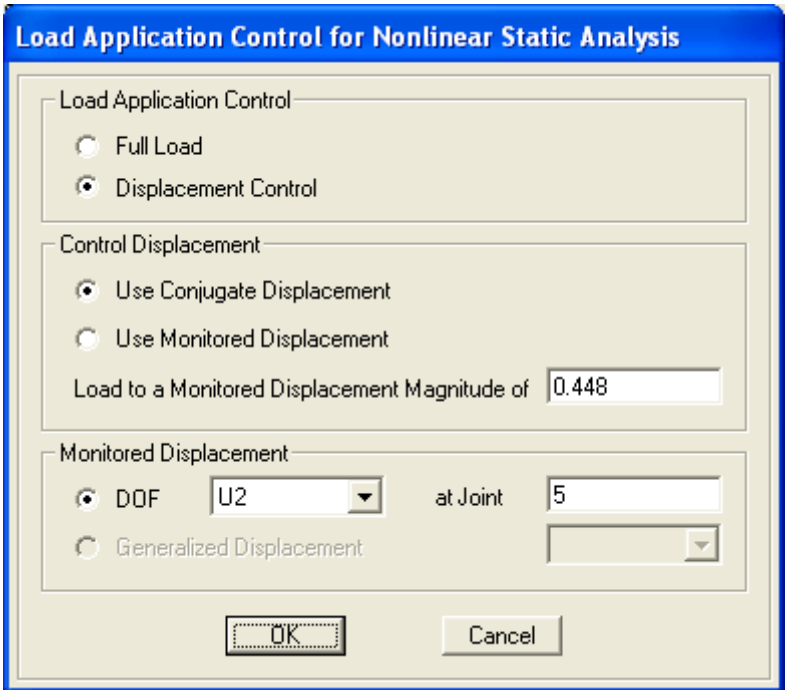
2 kez OK tuşuna basılır. Tekrar Add New Case… tuşuna basılır.

- Analysis Case Name kısmına **PUSHY** yazılır.
- Analiz Type kısmında Nonlinear işaretlenir.
- Continue from State at End of Nonlinear Case kımı seçilerek açılır pencereden **PUSH0** seçilir.
- Loads Applied kısmında Load Type kısmı Load olarak seçilerek, Load Name açılır kutudan **EX** seçilir, Scala Factor kısmına **1** yazılarak Add tuşu tıklanır.



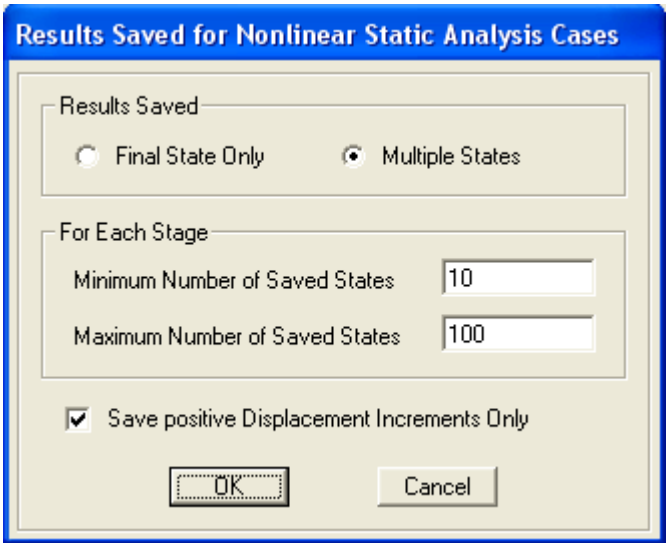
Şekil 4.30. Nonlinear analiz y yönü yatay yüklerin tanımlanması

Load Application seçeneğinde Modify/Show… tıklanarak Diplacement Control aktif hale getirilir. OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.



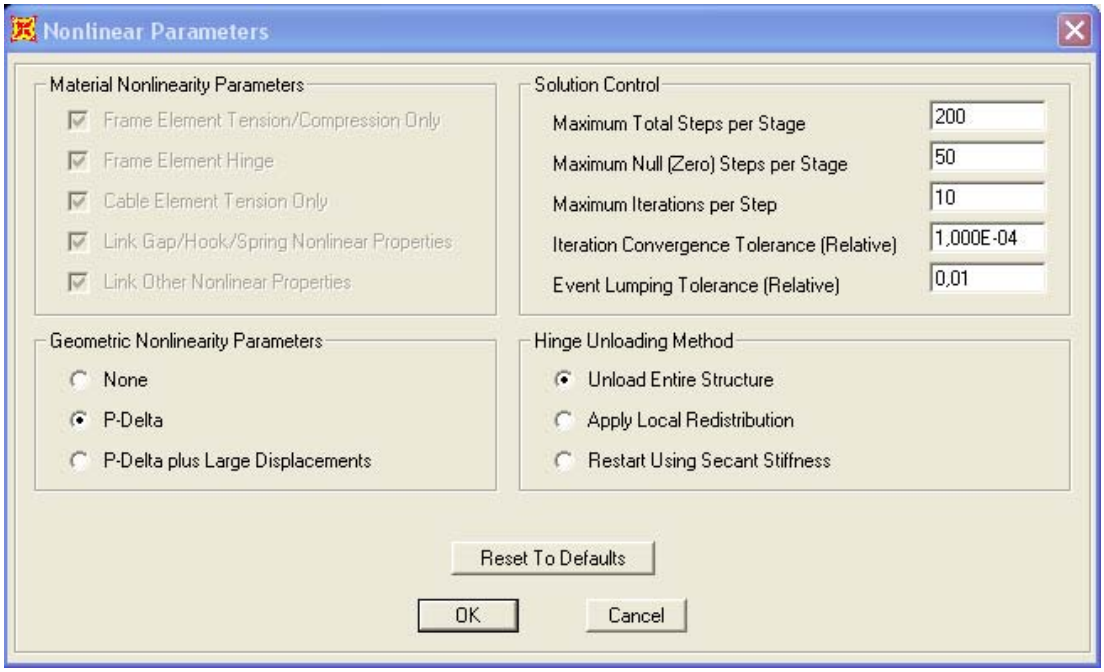
Şekil 4.31. Nonlinear analiz y yönü deplasman miktarının tanımlanması

Results Saved seçeneğinde Modify/Show… tıklanarak Multiple States seçili hale getirilir. OK tuşuna basılır.



Şekil 4.32. Nonlinear analiz y yönü kaydedilecek iterasyon sayısı

Nonlinear Parameters seçeneğinde Modify/Show… seçeneği tıklanarak P-Delta seçilir.

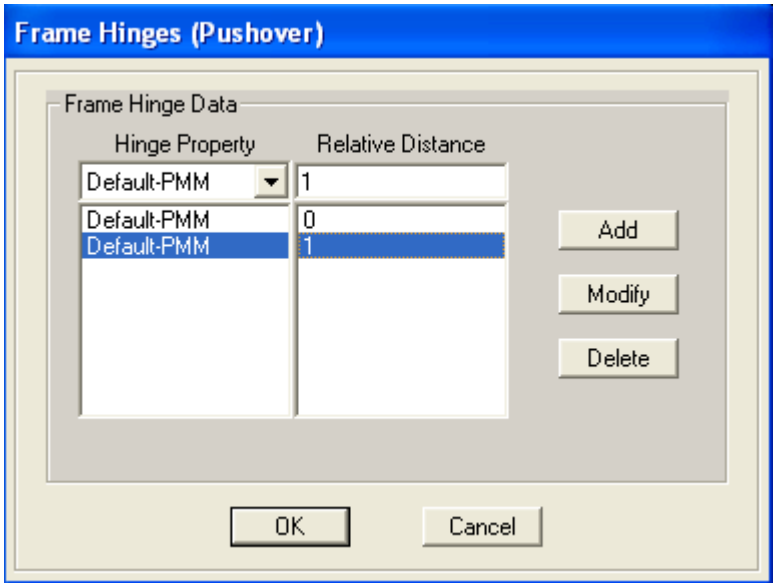


Şekil 4.33. Nonlinear analiz y yönü parametreleri

3 kez OK tuşuna basılarak nonlinear analiz seçeneği tanımlanmış olur.

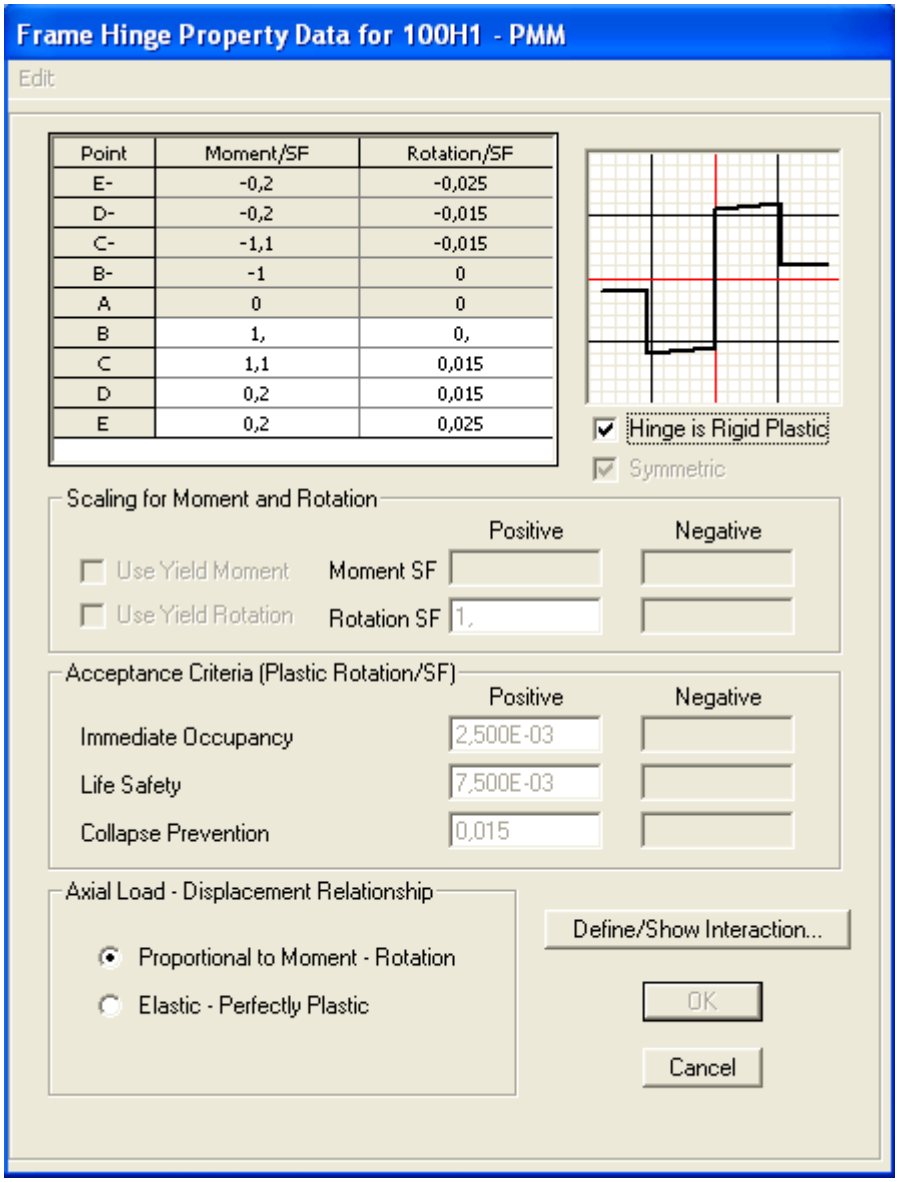
4.2.9. Plastik Mafsalların Atanması

Select menüsünden Frame/Cable Sections komutu seçilir, açılan menü içerisinden **1S1,1S2,1S3,2S2,2S3** kolonlarını seçilir. OK tuşuna basılır. Assign menüsünden Frame/Cable içerisinde **Hinges...** komutu tıklanır. Açılan Frame Hinges (Pushover) menüsünde Hinge Property açılır kutusundan **Default-PMM** seçilir ve Relative Distance kutusuna 0 yazılarak Add tuşuna basılır. Relative Distance kutusuna 1 yazılarak Add tuşuna tekrar basılır. OK tuşuna basılarak kolonlara plastik mafsal atamaları yapılmış olur.



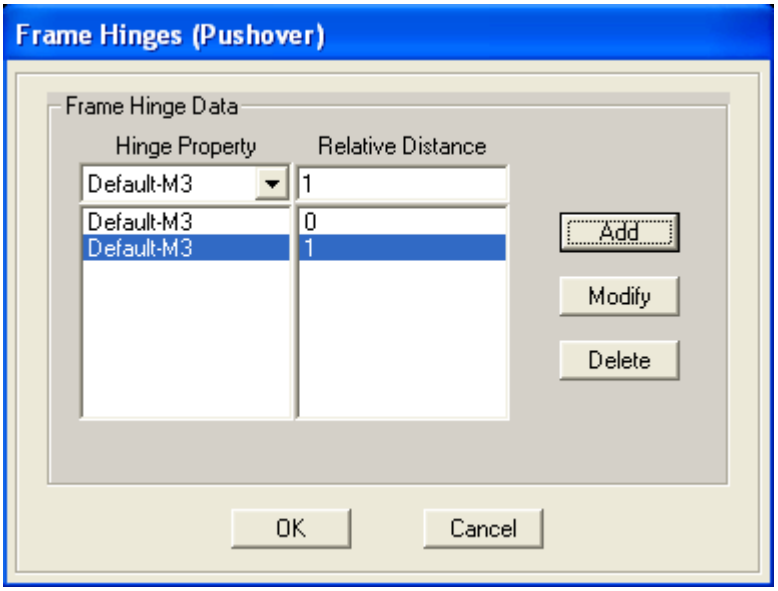
Şekil 4.34. Kolon uçlarına plastik mafsalların atanması

Define menüsünden Hinge Properties… komutu seçilir. Define Frame Hinge Properties menüsü ekrana gelir. Altta bulunan Show Genarated Props seçeneği işaretlenirse ekrana atanan plastik mafsallar gelir. Defined Hinges Props kısmında 100H1 seçilir Modify / Show Property… tıklanır. Data menüsü ekrana gelir burada Modify / Show For PMM tıklanır. Seçilen kolona atanan moment-dönme bağıntıları ve hasar sınır değerleri buradan kontrol edilir.



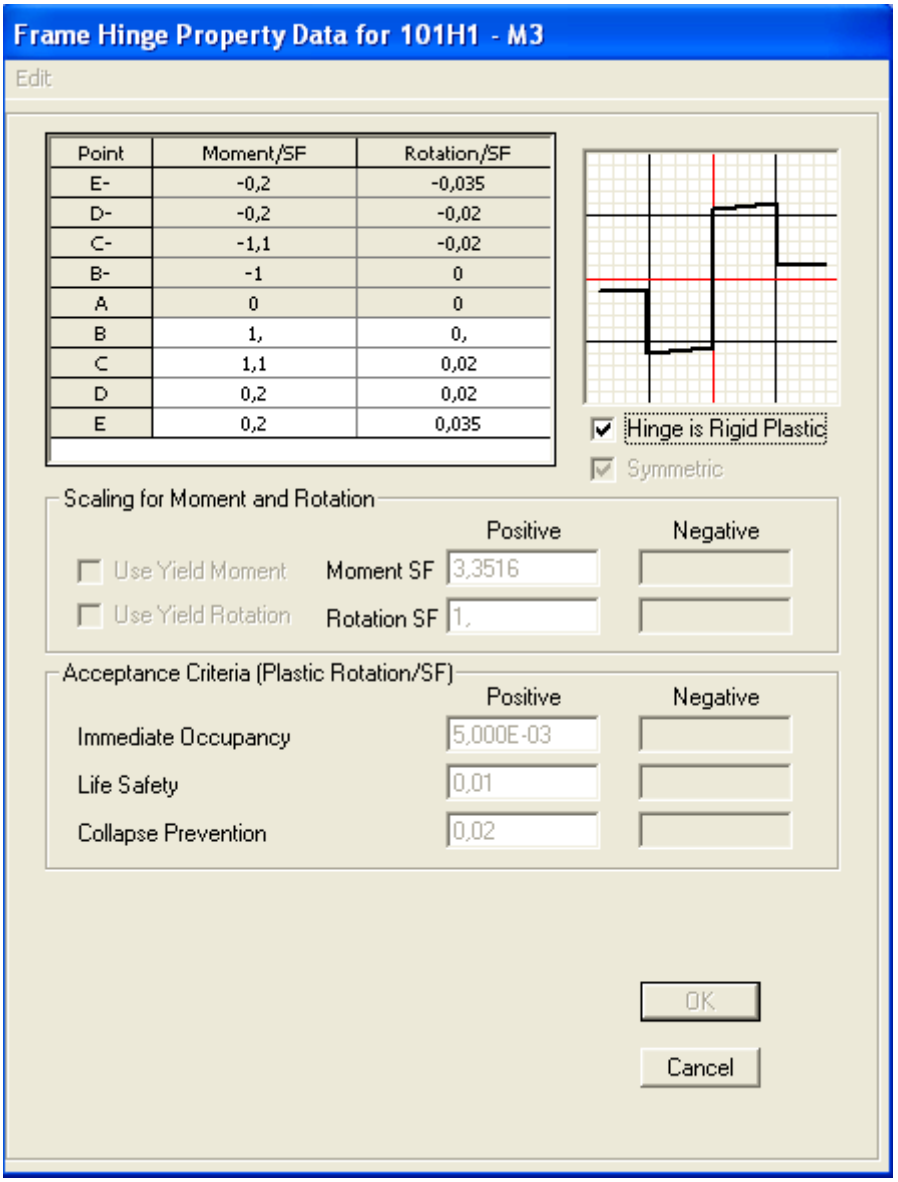
Şekil 4.35. Kolonlara atanan plastik mafsal değerleri

Select menüsünden Frame/Cable Sections komutu seçilir, açılan menü içerisinden KIRIS seçilir. OK tuşuna basılır. Assign menüsünden Frame/Cable içerisinde Hinges... komutu tıklanır. Açılan Frame Hinges (Pushover) menüsünde Hinge Property açılır kutusundan **Default-M3** seçilir ve Relative Distance kutusuna 0 yazılıp Add tuşuna basılır. Relative Distance kutusuna 1 yazılıp Add tuşuna tekrar basılır. OK tuşuna basılarak kirişlerin plastik mafsal atamaları yapılmış olur.



Şekil 4.36. Kiriş uçlarına plastik mafsalların atanması

Define menüsünden Hinge Properties… komutu seçilir. Define Frame Hinge Properties menüsü ekrana gelir. Altta bulunan Show Genarated Props seçeneği işaretlenirse ekrana atanan plastik mafsallar gelir. Defined Hinges Props kısmında 100H1 seçilir Modify / Show Property… tıklanır. Data menüsü ekrana gelir burada Modify / Show For PMM tıklanır. Seçilen kolona atanan moment-dönme bağıntıları ve hasar sınır değerleri buradan kontrol edilir.



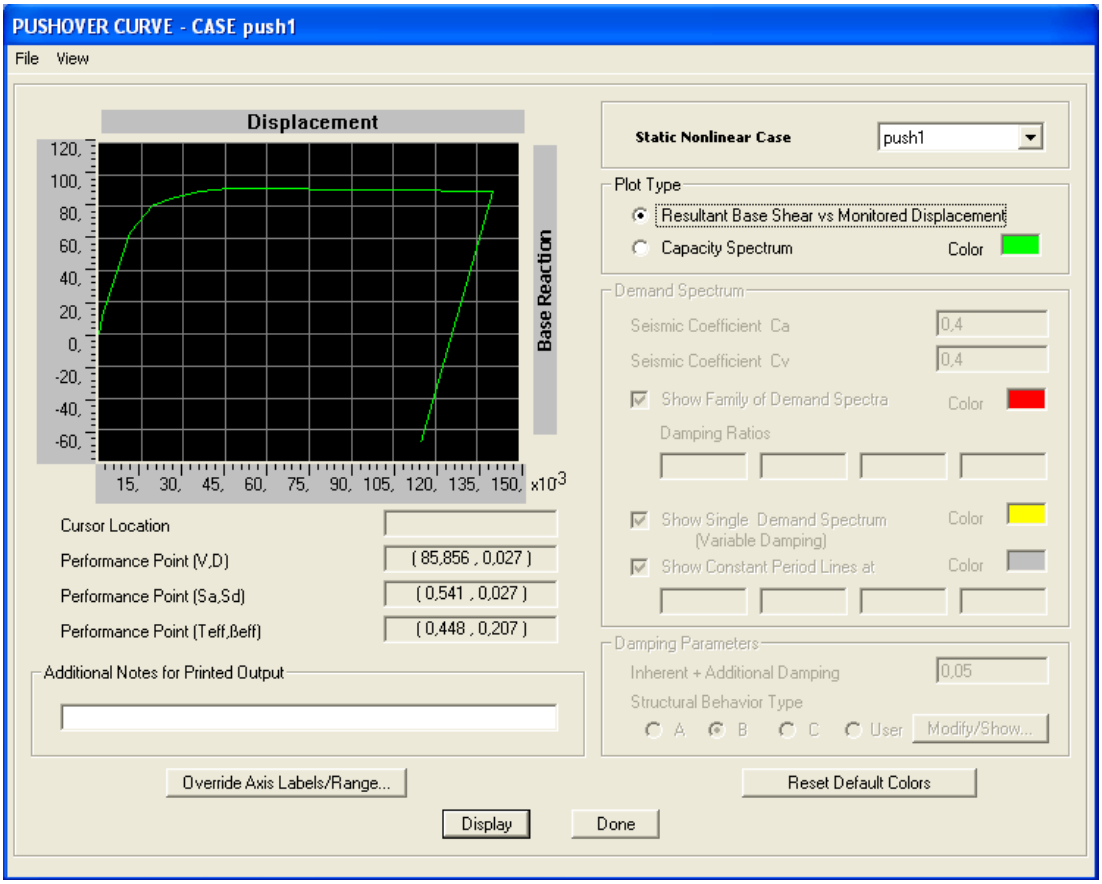
Şekil 4.37. Kirişlere atanan plastik mafsal değerleri

Ekranın sağ tarafında bulunan X-Y düzlemini sağ üst köşesinden tuşuna basılarak kapatılır. Ekranda sadece 3-D View görünümü kalır.

Analyze menüsünden Run Analysis (F5) düğmesine basılarak analiz işlemine geçilir.

4.2.10. Sap2000 Programı İle 4 Katlı YapıAnaliz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Analiz tamamlandıktan sonra Display menüsünden Show Statik Pushover Curve… seçeneği seçilir. Burada pushover analizi sonuçları yer almaktadır. Statik Nonlinear Case açılır penceresinden analiz türü seçilir. Analiz seçeneği seçildikten sonra sol tarafta taban kesme kuvveti ve deplasman grafiği görüntülenir. Yapının performans noktasında elde edilen değerler sol alt kısımda verilir.



Şekil 4.38. 4 katlı yapı x yönü kapasite eğrisi

Plot Type seçeneğinden Capacity Spectrum seçeneği tıklanılarak yapının performans noktası gösterilir.

Resultant base shear vs monitored displacement seçili halde iken, File menüsünden Display Tables Seçeneği tıklanır. Pushover curve menüsü ekrana gelir. Burada yapılan iterasyonlara göre yapının elemanlarında oluşan hasar düzeyleri gösterilmektedir. Performans noktasında oluşan taban kesme kuvveti ve deplasman

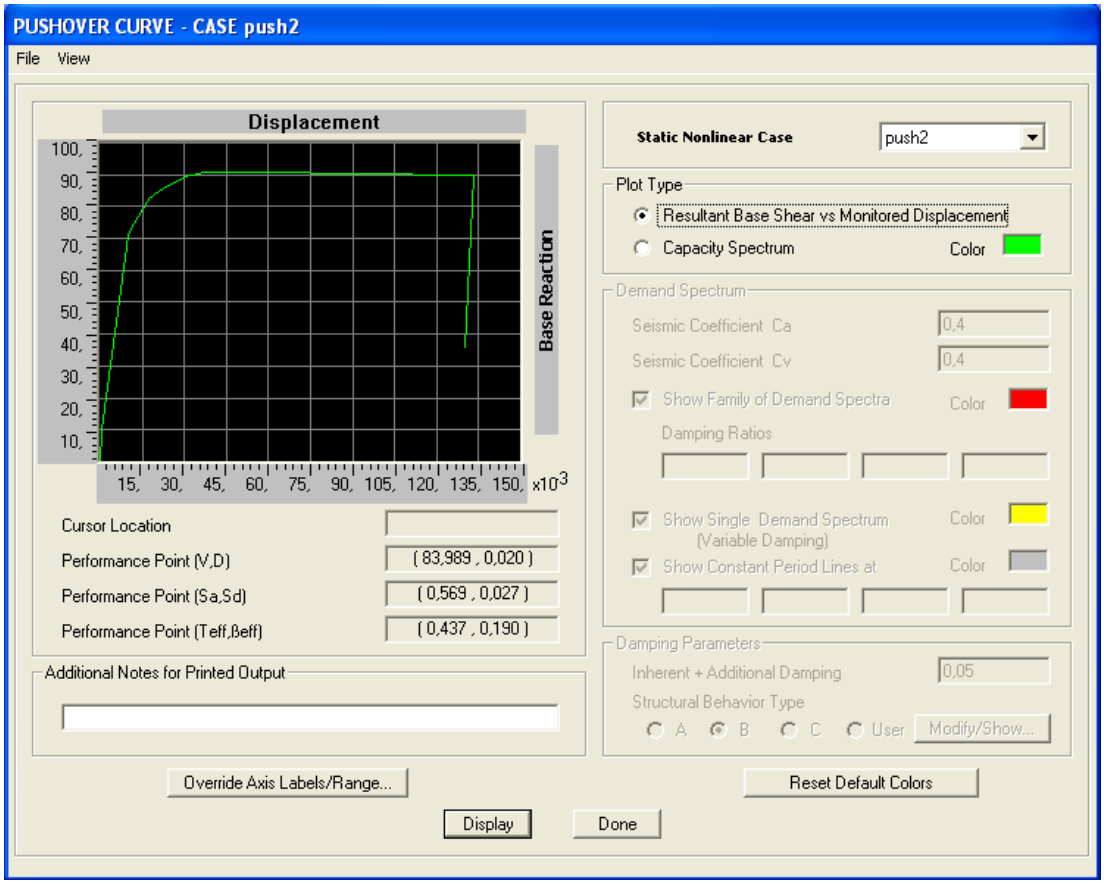
değerinin çizelgede yeri belirlenir. Bu iterasyon adımında çubuk elemanlarda oluşan hasar durumlarına göre yapının geneli için performans düzeyi belirlenir.

Çizelge 4.10 4 katlı betonarme yapı x yönü taban kesme kuvveti-yerdeğiştirme değerleri ve hasar düzeyleri

Step	Displacement	Base Force	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	TOTAL
0	1,41E-05	0	520	0	0	0	0	0	0	0	520
1	9,76E-04	11,2873	518	2	0	0	0	0	0	0	520
2	0,0108	63,7588	439	81	0	0	0	0	0	0	520
3	0,0113	65,0959	436	84	0	0	0	0	0	0	520
4	0,0191	80,3599	394	126	0	0	0	0	0	0	520
5	0,0197	80,9714	393	127	0	0	0	0	0	0	520
6	0,0258	85,2783	377	141	2	0	0	0	0	0	520
7	0,0317	87,8976	373	139	8	0	0	0	0	0	520
8	0,0356	89,2488	355	144	21	0	0	0	0	0	520
9	0,0416	90,6365	354	133	33	0	0	0	0	0	520
10	0,0461	91,3541	340	115	65	0	0	0	0	0	520
11	0,0519	91,4934	338	107	75	0	0	0	0	0	520
12	0,0604	91,3239	338	83	99	0	0	0	0	0	520
13	0,0689	91,1545	337	64	116	3	0	0	0	0	520
14	0,0809	90,9128	335	54	107	24	0	0	0	0	520
15	0,0901	90,7258	329	60	64	67	0	0	0	0	520
16	0,0986	90,5472	328	61	48	83	0	0	0	0	520
17	0,1071	90,3678	326	61	34	99	0	0	0	0	520
18	0,1156	90,1877	324	62	18	116	0	0	0	0	520
19	0,1283	89,9038	320	64	6	130	0	0	0	0	520
20	0,1368	89,7134	320	64	6	130	0	0	0	0	520
21	0,1407	89,6256	320	64	6	129	0	1	0	0	520
22	0,1147	-68,393	320	64	6	128	0	1	1	0	520

4 katlı betonarme yapının Sap 2000 programı ile statik itme analizi yapılmış yapının performans noktası belirlenmiştir. Her iterasyon adımında yapı elemanlarında oluşan hasar düzeyleri belirlenmiştir. Betonarme yapının x yönünde performans noktasında elde edilen taban kesme kuvveti değeri Vt=85,86 ton, deplasman miktarı 2,7 cm olarak hesap edilmiştir. Yapımız 7. iterasyonda performans noktasına ulaşmıştır. 4 katlı betonarme yapının x yönünde Can Güvenliği Performans Düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Statik Nonlinear Case açılır penceresinden push2 seçeneği seçilir ekrana y yönünde yapının taban kesme kuvveti ve yatay deplasman değerleri ekrana gelir.



Şekil 4.39. 4 katlı yapı y yönü kapasite eğrisi

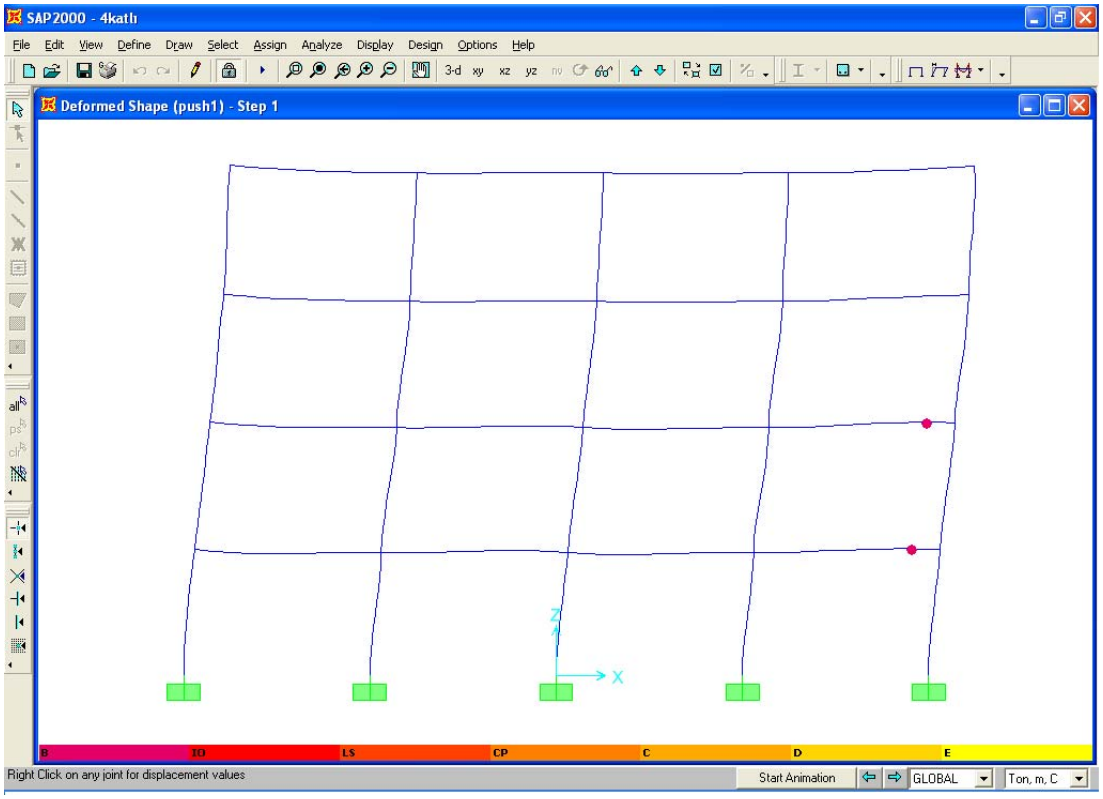
Resultant base shear vs monitored displacement seçili halde iken, File menüsünden Display Tables Seçeneği tıklanır. Pushover curve menüsü ekrana gelecektir.

Çizelge 4.11 4 katlı betonarme yapı y yönü taban kesme kuvveti-yerdeğiştirme değerleri ve hasar düzeyleri

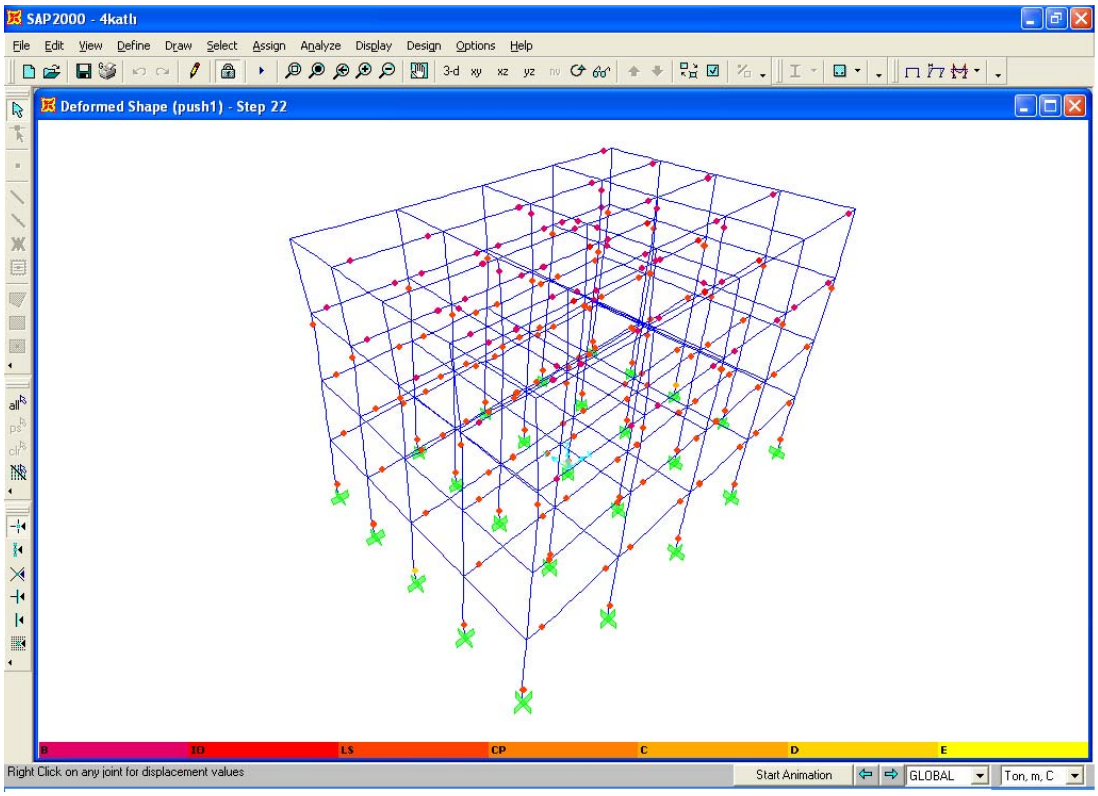
Step	Displacement	Base Force	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	TOTAL
0	5,55E-06	0	520	0	0	0	0	0	0	0	520
1	5,61E-04	10,2715	519	1	0	0	0	0	0	0	520
2	0,0097	70,9243	427	93	0	0	0	0	0	0	520
3	0,0103	72,2667	424	96	0	0	0	0	0	0	520
4	0,0165	81,7584	397	120	3	0	0	0	0	0	520
5	0,0171	82,2929	395	121	4	0	0	0	0	0	520
6	0,0226	85,728	382	127	11	0	0	0	0	0	520
7	0,0314	89,6347	357	137	26	0	0	0	0	0	520
8	0,0324	89,859	355	137	28	0	0	0	0	0	520
9	0,037	90,7596	343	138	39	0	0	0	0	0	520
10	0,0398	90,8557	341	134	45	0	0	0	0	0	520
11	0,0455	91,0098	335	122	63	0	0	0	0	0	520
12	0,0491	90,9673	333	110	77	0	0	0	0	0	520
13	0,0582	90,8561	331	83	101	5	0	0	0	0	520
14	0,0667	90,7443	325	71	107	17	0	0	0	0	520
15	0,0827	90,5246	323	66	90	41	0	0	0	0	520
16	0,0912	90,4074	323	63	63	71	0	0	0	0	520
17	0,1068	90,1816	317	69	25	109	0	0	0	0	520
18	0,1156	90,0415	311	73	26	110	0	0	0	0	520
19	0,1251	89,8603	306	76	18	120	0	0	0	0	520
20	0,1331	89,7011	306	76	14	121	0	3	0	0	520
21	0,13	35,539	304	78	14	121	0	3	0	0	520

Betonarme yapının y yönünde performans noktasında elde edilen taban kesme kuvveti değeri Vt=83,99 ton, deplasman miktarı 2 cm olarak hesap edilmiştir. Yapımız 6. iterasyonda performans noktasına ulaşmıştır. 4 katlı betonarme yapının y yönünde Can Güvenliği Performans Düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Display menüsünden Show Deformed Shape seçeneği tıklanır. Ekrana Deformed Shape menüsü ekrana gelir. Case / Combo Name açılır penceresinden push1 seçeneği seçilir. OK tuşuna basılır. Ekrana 1. itme adımında oluşan deformasyon gelecektir. Sağ alttaki ok yardımıyla diğer itme adımları ve bu adımlarda oluşan plastik mafsallar gösterilebilir.



Şekil 4.40. 4 katlı yapı x yönü 1. itme adımında oluşan plastik mafsallar



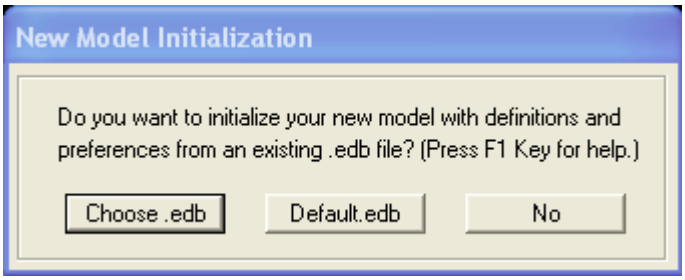
Şekil 4.41. 4 katlı yapı x yönü 22. (son) itme adımında oluşan plastik mafsallar

4.3. 4 Katlı Betonarme Yapının Etaps Programı İle Analizi

Bu bölümde 4 katlı betonarme binanın Etpas programı kullanılarak statik itme analizinin nasıl yapıldığı anlatılmaktadır. Statik itme analizinde Etaps programının 9.0.0 versiyonu kullanılmıştır.

4.3.1. Sistem Modelinin Oluşturulması

Konum çubuğunun sağındaki açılır liste kutusundan Ton-m Ton,m olarak birimler seçilir. Üst bölümdeki , New Model düğmesine basılır. (File Menüsünden New Model... seçeneğini tıklayarak da aynı işlem gerçekleştirilebilir.) Ekrana gelecek olan New Model Initialization menüsünde Default.edb komutu seçilir.



Şekil 4.42. Etaps yeni model tanımı

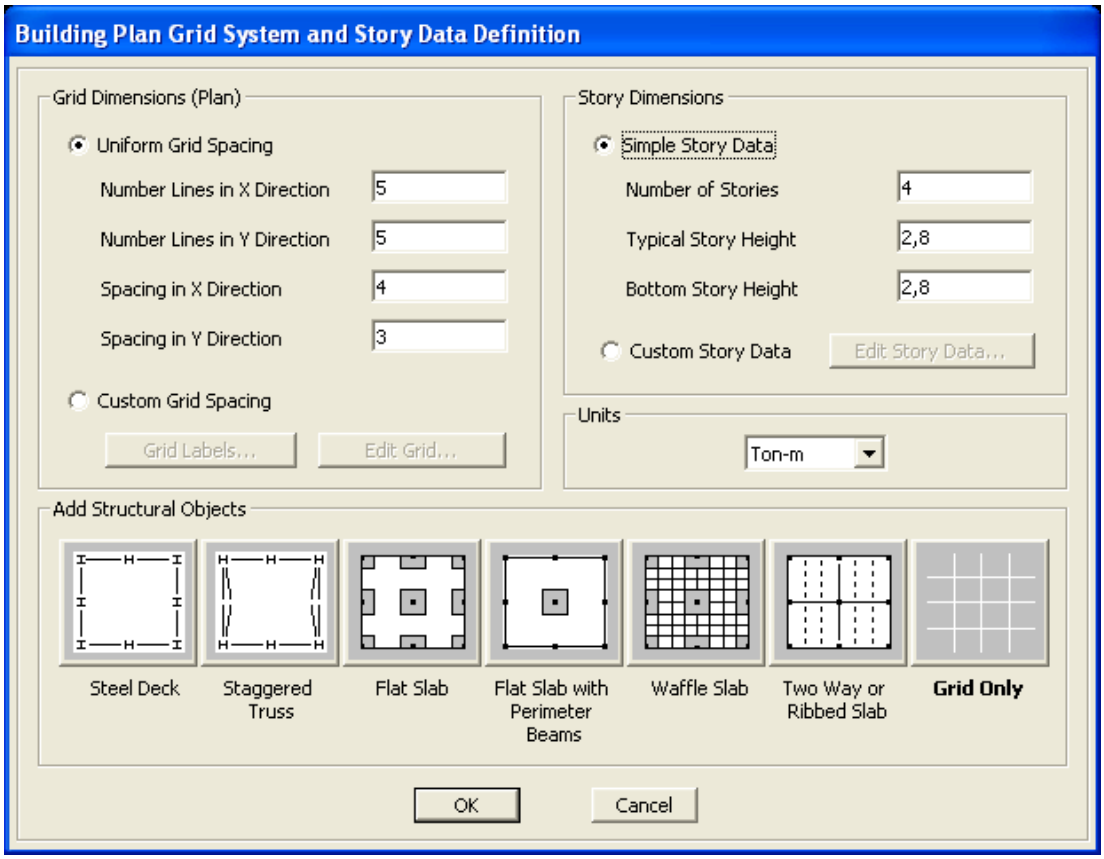
Ekrana gelen Building Plan Grid System and Story Data Definition menüsünde;

Grid Dimensions (Plan) bölümünde;

- Number Lines in X Direction : 5
- Number Lines in Y Direction : 5
- Spacing in X Direction : 4
- Spacing in Y Direction : 3

Story Dimensions bölümünde;

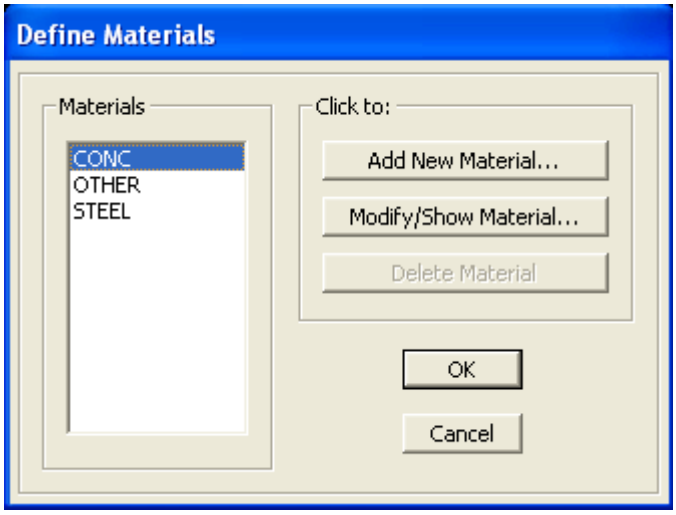
- Number of Stories : 4
- Typical Story Height : 2.8
- Bottom Story Height : 2.8 yazılır OK tuşuna basılır.



Şekil 4.43. Yapıların aks ve kat bilgileri

4.3.2. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması

Define menüsünden Material Properties... komutu seçilir. Ekrana gelen Define Materials menüsünün sol tarafında Materials kısmında bulunan CONC seçilerek sağ tarafta bulunan Click to bölümünden Modify/Show Material... seçeneği tıklanır.



Şekil 4.44. Etaps malzeme tanımlama ileti kutusu

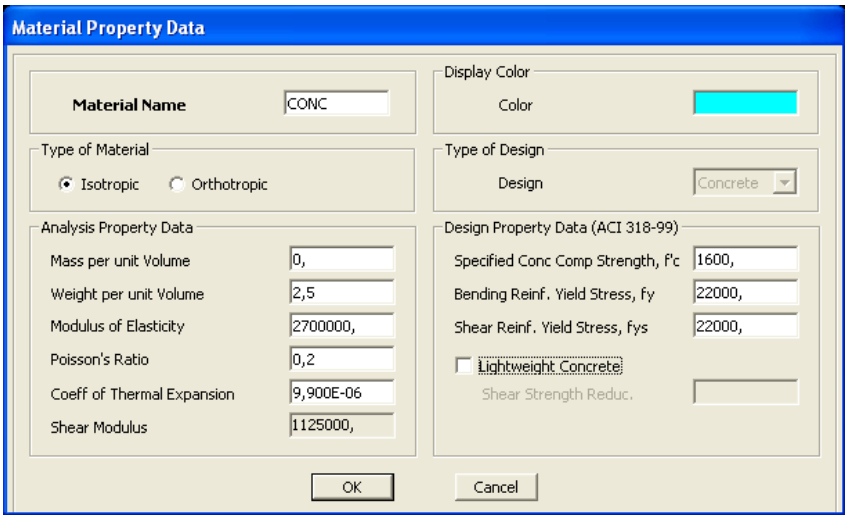
Ekrana gelen **Analysis Property Data** kısmında;

- Mass per unit Valume yazı kutucuğuna : 0,
- Weight per unit volume yazı kutucuğuna : 2.5,
- Modulus of elasticity yazı kutucuğuna : 27E5
- Poisson's ratio : 0,2 yazılır,

Design Property Data kısmında;

- Specified Conc Comp Strength,f'c yazı kutucuğuna : 1600,
- Bending Reinf. Yield Stress, fy yazı kutucuğuna : 22000,
- Shear Reinf. Yield Stress, fys yazı kutucuğuna : 22000, yazılır.

2 kez OK tuşuna basılır.



Şekil 4.45. Beton özelliklerinin tanımlanması

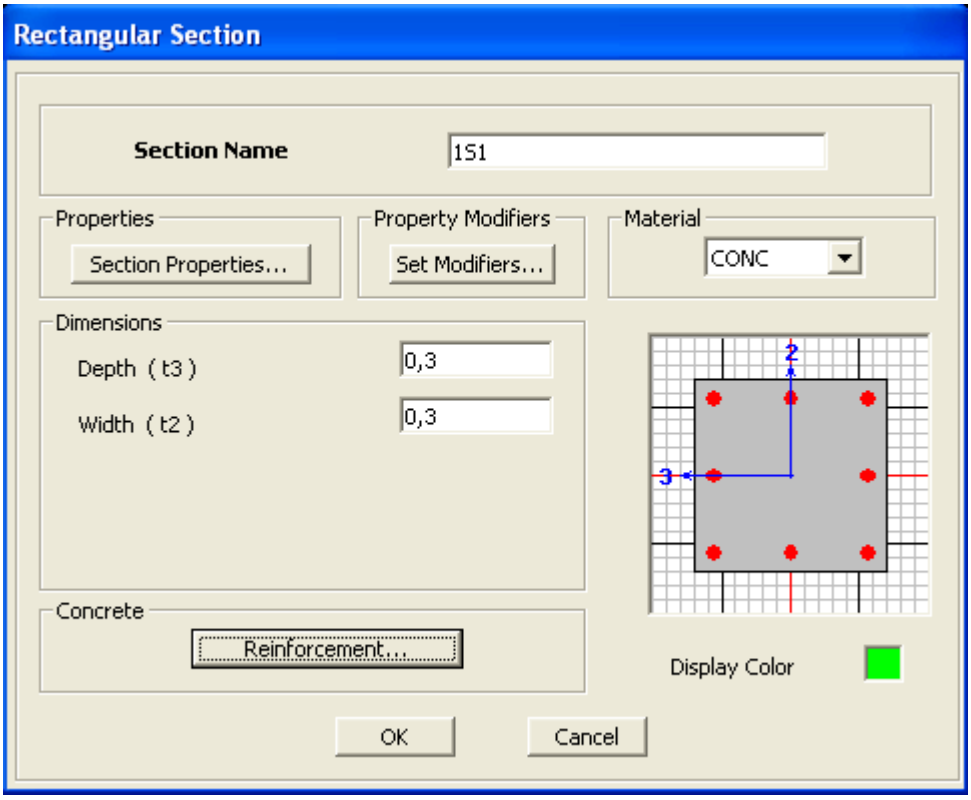
4.3.3. Kesit Özelliklerinin Tanımlanması

Define menüsünde **Frame Sections...** komutunu seçilir. Ekrana gelecek olan ileti kutusunda kolon kesitlerini tanımlamak için, ikinci açılır liste kutusundan **Add Rectangular** düğmesine basılır.

Ekrana gelen ileti kutusunda;

- Sections Name yazı kutucuğuna : **1S1,**
- Depth (t3) yazı kutucuğuna : **0,30**,
- Width (t2) yazı kutucuğuna : **0,30**,

Material açılır penceresinden **CONC** seçili hale getirilir.



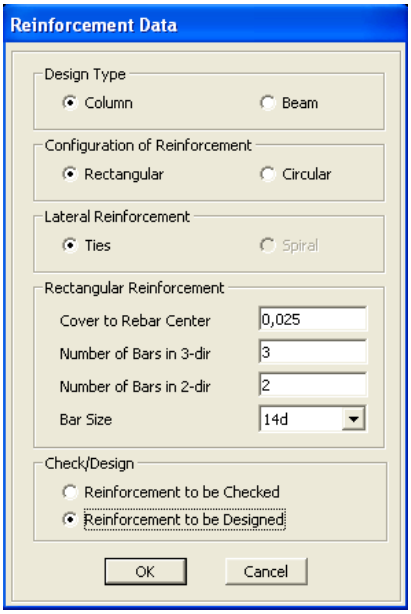
Şekil 4.46. Kolon boyutlarının tanımlanması

Alt kısımda Concrete bölümü eklenecektir. **Reinforcement...** düğmesine basılarak Reinforcement Data menüsüne ulaşılır. Burada kolon ve kirişlerin donatı miktarları ve pas payları gibi bilgiler girilmektedir.

Reinforcement Data bölümünde Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **3**
- Number of Bars in 2-dir : **2**
- Bar size : **14d**

olarak yazılır.



Şekil 4.47. Kolon donatı bilgi girişi

2 kez OK tuşuna basılarak Define Frame Properties menüsüne ulaşılır.
İkinci açılır pencereden Add Rectangular seçeneği seçilir,

Section name kısmına **1S2** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir,

- Depth (t3) : **0,25**
- Wdth (t2) : **0,50** yazılır,

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.
Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **3**
- Number of Bars in 2-dir : **4**
- Bar size : **16d** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Define Frame Properties menüsüne ulaşılır.
İkinci açılır pencereden Add Rectangular seçeniği seçilir,

Section name kısmına **1S3** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir

- Depth (t3) : **0,5**
- Wdth (t2) : **0,25** yazılır,

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **4**

- Number of Bars in 2-dir : **3**
- Bar size : **14d** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Define Frame Properties menüsüne ulaşılır.
İkinci açılır pencereden Add Rectangular seçeniği seçilir,

Section name kısmına **2S2** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir.

- Depth (t3) : **0,25**
- Wdth (t2) : **0,5** yazılır,

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **3**
- Number of Bars in 2-dir : **4**
- Bar size : **14d** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Define Frame Properties menüsüne ulaşılır.
İkinci açılır pencereden Add Rectangular seçeniği seçilir,

Section name kısmına **2S3** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir.

- Depth (t3) : **0,5**
- Wdth (t2) : **0,25** yazılır,

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

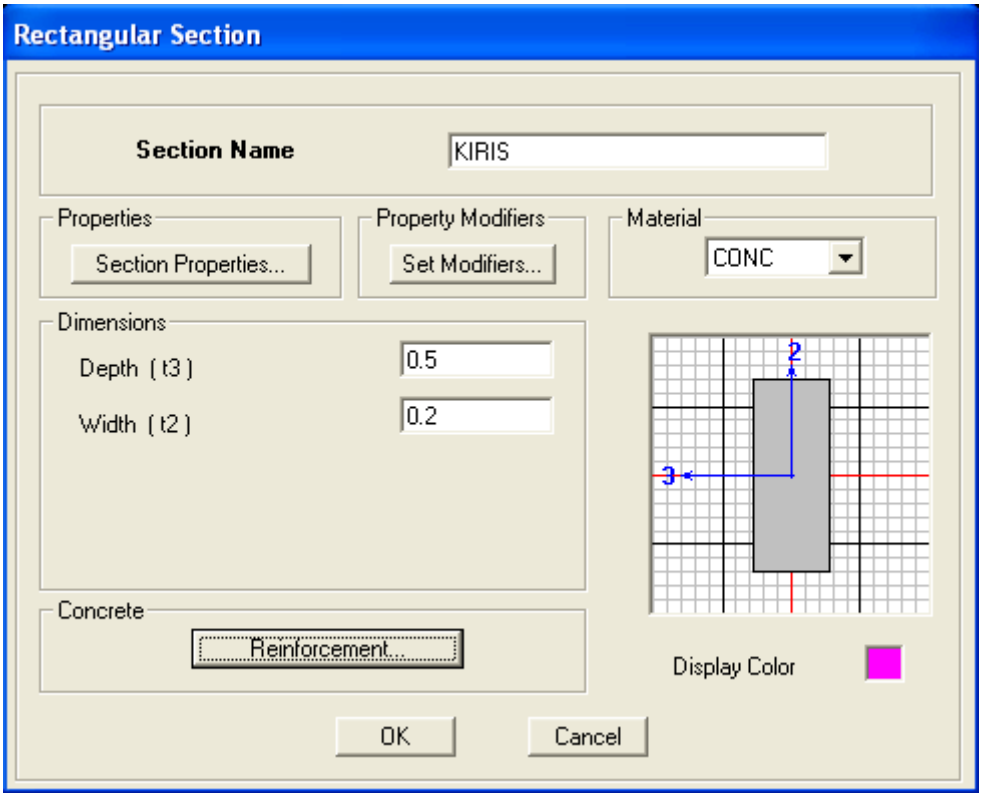
Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **3**
- Number of Bars in 2-dir : **4**
- Bar size : **14d** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Define Frame Properties menüsüne ulaşılır.
İkinci açılır pencereden Add Rectangular seçeneği seçilir,

Section name kısmına **KIRIS** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir,

- Depth (t3) : **0,5**
- Wdth (t2) : **0,2** yazılır.



Şekil 4.48. Etaps ile kiriş boyutlarının tanımlanması

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

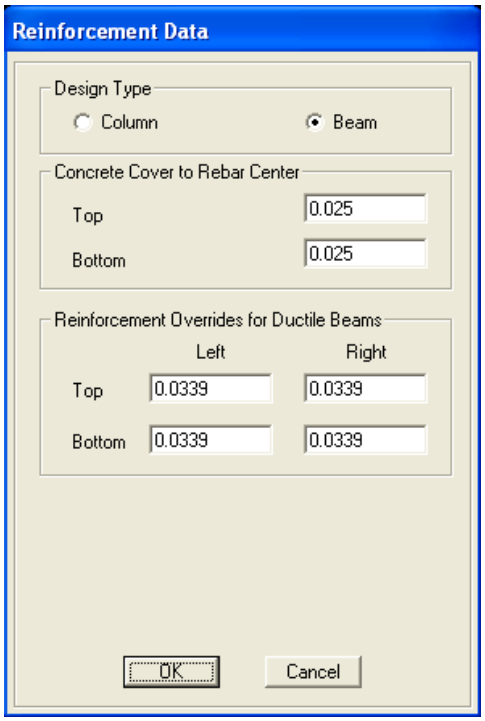
Reinforcement Data bölümünde

Design Type bölümünde Beam seçilir.

Concrete cover to reber center bölümüne

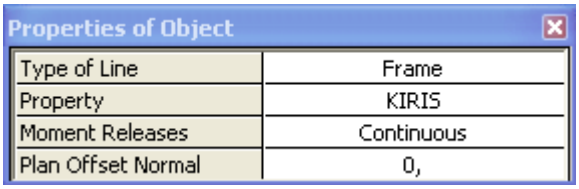
- Top : **0,025**
- Bottom : **0,025**

Reinforcemnet Overrides for Ductule Beams bölümünde kiriş donatı alanı kısmına 0.0339 değeri girilerek 3 kez OK tuşuna basılır.

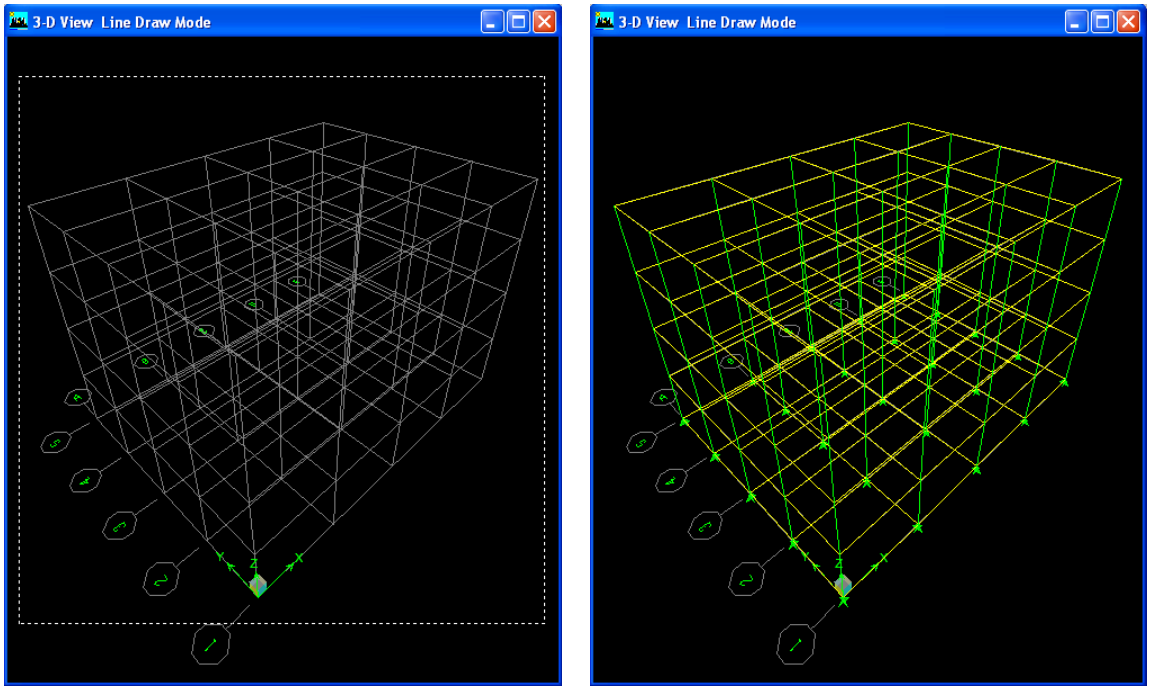


Şekil 4.49. Kiriş donatılarının atanması

Draw menüsünden Draw Line Objects seçeneğinden; Create Lines in Region or at Clicks (Plan, Elev, 3D) komutu seçilir. Property of Object menüsü ekrana gelecektir. Property açılır kutusundan KIRIS seçeneği seçilir.



3-D View Line Draw Mode penceresinde aşağıdaki şeklin sol kısmında gözüktüğü gibi mause ile pencere içine alınarak gridlerin tamamı seçilir. Şeklin sağ tarafındaki görünüm elde edilecektir.

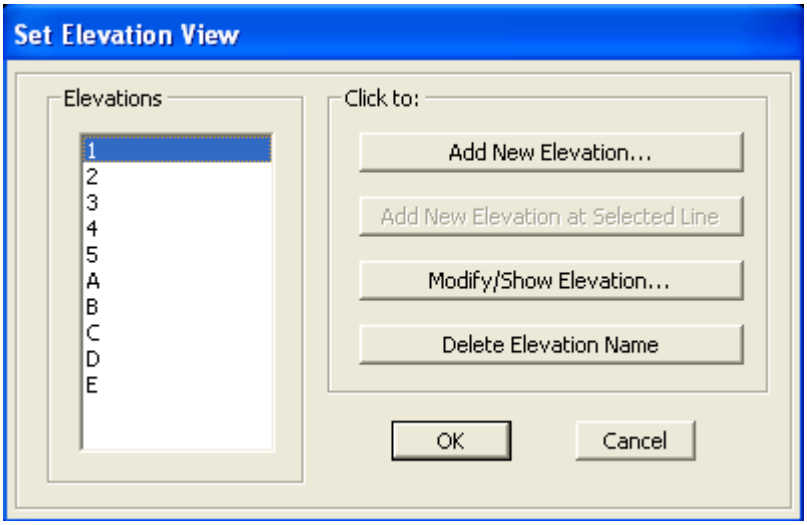


Şekil 4.50. 4 katlı yapının çerçeve sisteminin oluşturulması

Plan görünüşünü (sol kısım) üzerine tıklayarak aktif hale getirilir, Move Up in List tuşuna 1 kez basılır. Plan View – BASE – Elevation 0 koordinatına gelinir. Burada plan görünüşünün tamamını mause ile pencere içerisine alınarak seçilir ve klavyeden Delete düğmesine basılır.

4.3.4. Kesitlerin Elemanlara Atanması

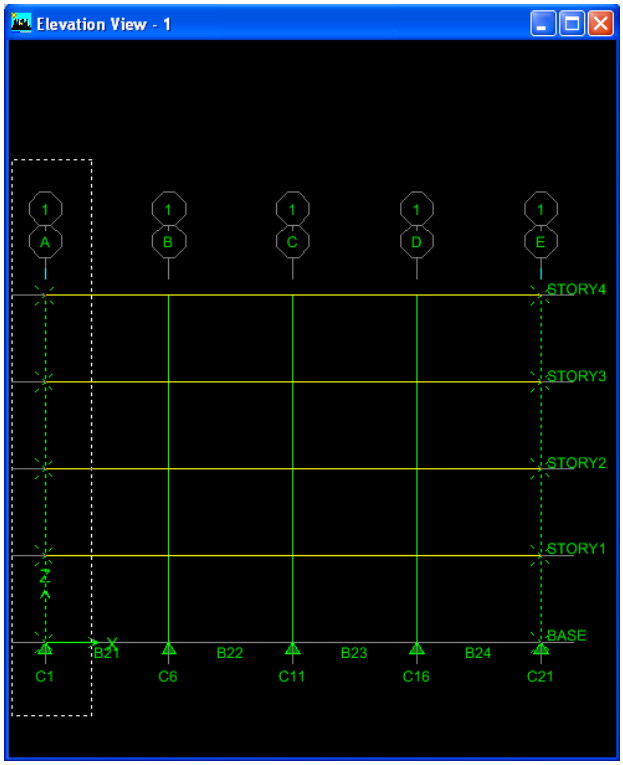
Set Elevation View… tuşuna basılır.



Şekil 4.51. Aks seçim ileti kutusu

Ekranda aks bilgileri gösterilecektir. OK tuşuna basılarak menüden çıkılır. Elevation View-1 görünümü ekrana gelecektir. Set Building View Options… seçeneği tıklanır, burada Object View Options seçeneğinden Line Labels seçeneğini aktif hale getirilir. OK tuşuna basılarak menüden çıkılır. Ekranda kiriş ve kolonların numaraları alt kısımda gözükecektir.

1A aksında bulunan C1 kolonunu ve 1E aksında bulunan C21 kolonu 4 kat birlikte pencere içerisine alarak seçilir yardımıyla Elevation View – 5 koordinatına gidilir 5A ve 5E de bulunan C5 ve C25 kolonları seçilir, **Assign** menüsünden, **Frame/Line** içerisinde **Frame Section...** seçeneğini tıklanır. Açılan Assign Frame Properties menüsünden **1S1** seçeneğini tıklatılıp OK tuşuna basılır.



Şekil 4.52. Kolonların atanması

5B, 5C, 5D akslarında bulunan C10, C15, C20 kolonlarının ilk 2 katı seçilir, tuşuna 1 kez basılır Elevation View – 4 koordinatına geçilir, burada 4C aksında bulunan C14 kolonunun ilk 2 katı seçilir, tuşuna 1 kez basılır Elevation View – 3 koordinatına geçilir, 3B ve 3D akslarında bulunan C8 ve C18 kolonlarının ilk 2 katı seçilir. Aynı şekilde Elevation View – 2 koordinatında 2C aksında bulunan C12 kolonunun ilk 2 katı ve Elevation View – 1 koordinatında 1B, 1C, 1D akslarında bulunan C6, C11, C16 kolonları seçilir. **Assign** menüsünden, **Frame/Line** içerisinde **Frame Section...** seçeneğini tıklanır. Açılan Assign Frame Properties menüsünden **1S2** seçeneğini tıklanıp OK tuşuna basılır.

1S2 kolonları ilk iki kat olarak tanımlandı. Bu kolonların son iki katı 2S2 olarak tanımlanacaktır. 1S1 kolonu için seçilen kolonların son iki katı seçilerek düğmesine tıklayarak 2S2 kolon ataması yapılır.

Elevation View – 2 aksına gelin 2A, 2B, 2D, 2E akslarında bulunan C2, C7, C17, C22 nolu kolonların ilk 2 katı seçilir, Elevation View – 3 aksına gelinir 3A, 3C, 3E akslarında bulunan C3, C13, C23 kolonları seçilir, Elevation View – 4 aksına

geçilir burada 4A, 4B, 4D, 4E akslarında bulunan C4, C9, C19, C24 kolonlarının ilk 2 katı seçilir düğmesine tıklanarak 1S3 kolon ataması yapılır. Seçilen 1S3 kolonu için seçilen kolonların son iki katı seçilerek düğmesine tıklanarak 2S3 kolon ataması yapılır.

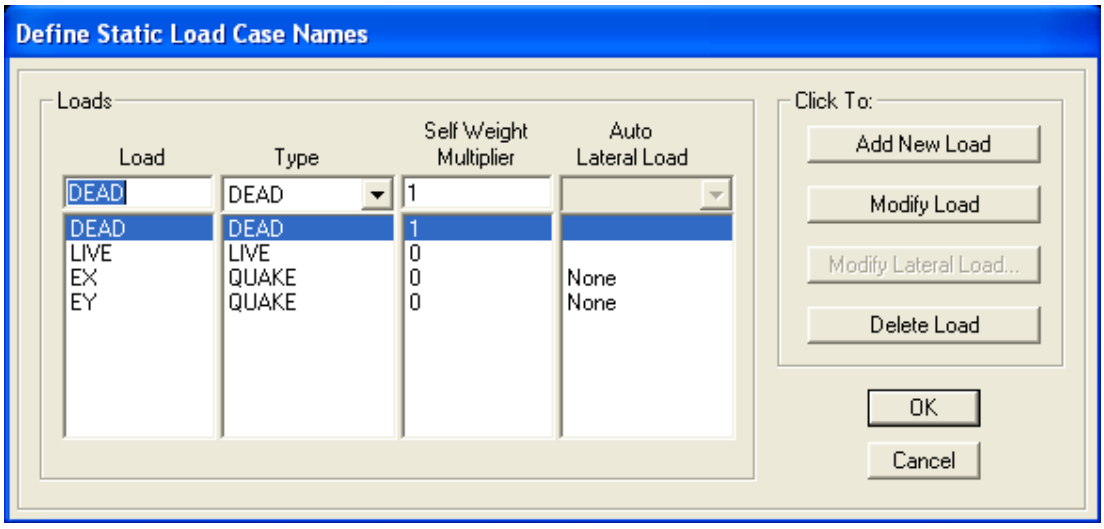
4.3.5. Yüklerin Tanımlanması

Define menüsünden **Static Load Cases…** komutu tıklanır,

Zati yük ve hareketli yük tanımlamaları mevcut olarak yer almaktadır.

Load Name kısmına **EX** yazılır, Type açılır listeden **QUAKE** seçeneği tıklanır. Add new Load tuşuna basılır.

Load Name kısmına **EY** yazılır, Add new Load tuşuna basılır. OK tuşuna basılır.



Şekil 4.53. Etaps yük tanımlama ileti kutusu

4.3.6. Yüklerinin Atanması

Döşemelere normal katlarda;

Zati yük : 0,470 t/m^2

Hareketli yük : 0,200 t/m^2,

Çatı katında;

Zati yük : 0,450 t/m^2

Hareketli yük : 0,150 t/m^2, olarak verilecektir.

Çatı kat hariç diğer katlarda kirişler dolgu duvar yükü olarak 0,600 t/m yük verilecektir.

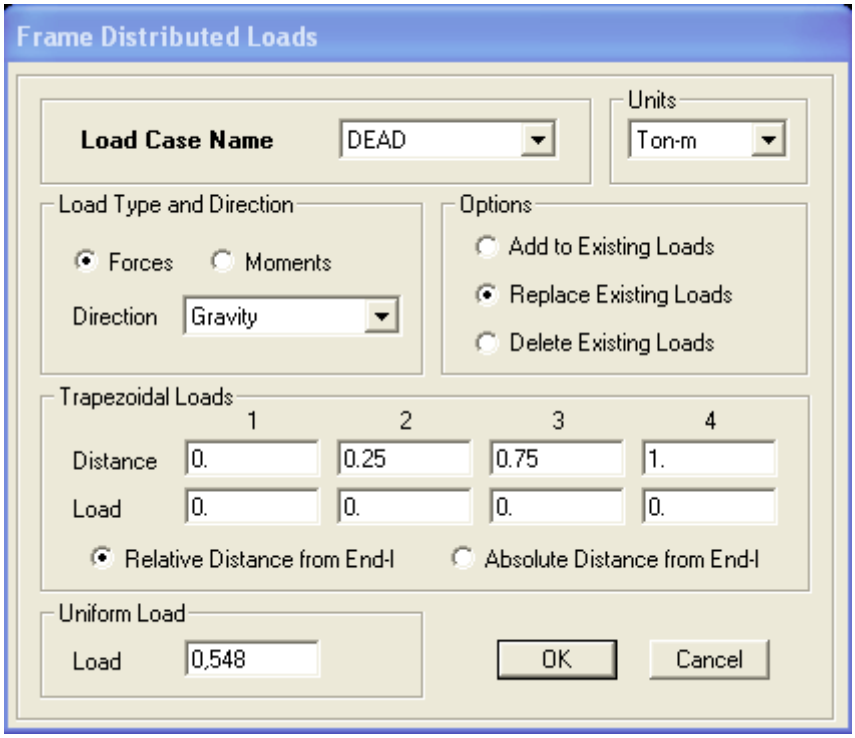
Döşemelere verilecek yüklerden, kirişlere aktarılacak yükler hesap edilmiştir. Bu yükler aşağıda tablo olarak verilmiştir.

Çizelge 4.12. Kirişlere aktarılan yükler

Kat	Yükleme	Döşeme Yükü (t/m^2)	Kirişlere Aktarılan Yükler (t/m)		Duvar Yükü (t/m)
			Kısa Kenar	Uzun Kenar	
N	g	0,470	0,470	0,572	0,600
	q	0,200	0,200	0,244	
Ç	g	0,450	0,450	0,548	-
	q	0,150	0,150	0,183	

tuşuna basılır. Ekranda çıkan Select Plan Level ileti kutusunda STORY4 seçeneği şeçili durumdadır, OK tuşuna basılır. 4. katın plan görünüşü ekrana gelecektir. tuşuna basılır. Sadece numaralandırmalar ekranda gözükecektir.

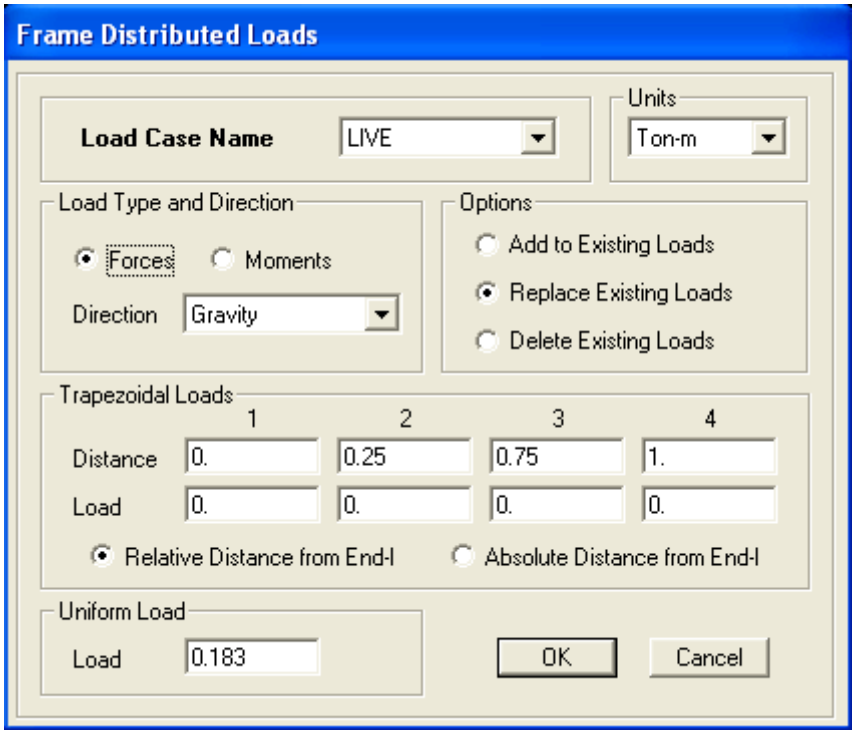
1 ve **5** aksında bulunan kirişler seçilir, Assign menüsünden Frame/Line Loads Distributed... komutu seçilir. Ekrana yükleme durumlarını belirlenmesini sağlayacak menü gelecektir. Uniform Load bölümüne **0,548** yazılır ve OK tuşuna basılır.



Şekil 4.54. Kirişlere zati yüklerin atanması

tuşuna basılarak son seçilen çubuklar tekrar seçili hale gelecektir.

Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan LIVE yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,183** yazılır ve OK tuşuna basılır.



Şekil 4.55. Kirişlere hareketli yüklerin atanması

2,3,4 nolu akslarda bulunan kirişler seçilir, Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan DEAD yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **1,096** yazılır ve OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan LIVE yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,366** yazılıp ve OK tuşuna basılır.

A ve E nolu akslarda bulunan kirişler seçilir, Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan DEAD yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,45** yazılır ve OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan LIVE yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,15** yazılır ve OK tuşuna basılır.

B,C ve D nolu akslarda bulunan kirişler seçilir, Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan DEAD yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,90** yazılarak OK tuşuna basılır. tuşuna basılır.

Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan LIVE yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,30** yazılır ve OK tuşuna basılır.

tuşu yardımıyla Plan View – STORY 3 koordinatına gelinir.

1 ve 5 nolu akslarda bulunan kirişler seçilir, Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan DEAD yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,548** yazılır ve OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan LIVE yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,183** yazılır ve OK tuşuna basınız.

2,3,4 nolu akslarda bulunan kirişler seçilir, Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan DEAD yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **1,096** yazılır ve OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan LIVE yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,366** yazılır ve OK tuşuna basılır.

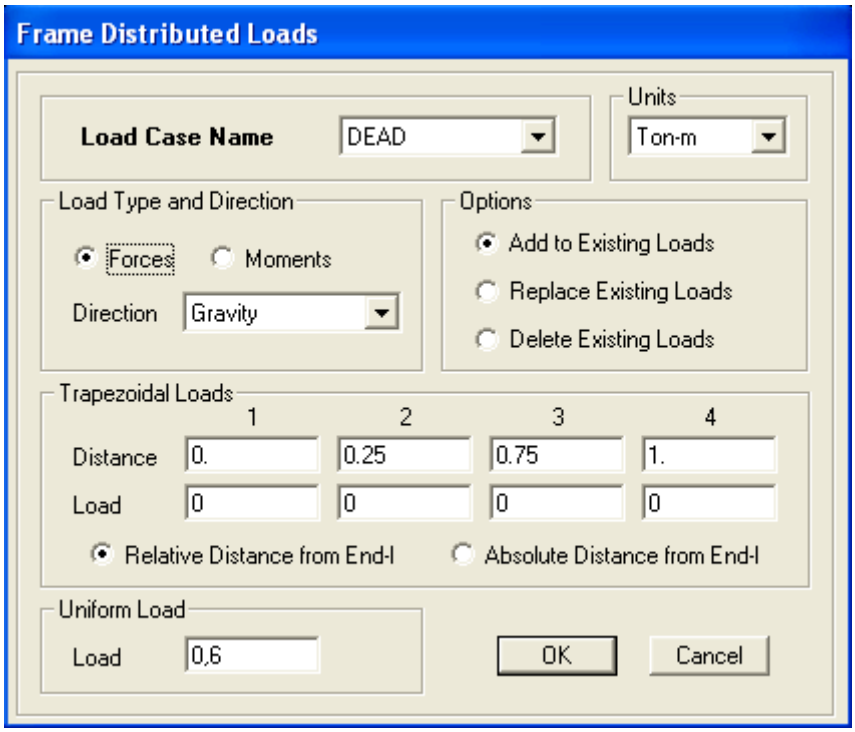
A ve E nolu akslarda bulunan kirişler seçilir, Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan DEAD yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,45** yazılır ve OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan LIVE yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,15** yazılır ve OK tuşuna basılır.

B,C ve D nolu akslarda bulunan kirişler seçilir, Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan DEAD yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,90** yazılır ve OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan LIVE yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,30** yazılır ve OK tuşuna basılır.

Yukarıda verilen kiriş yüklemeleri 1. ve 2 . katta da aynen yapılacaktır. tuşu yardımıyla 2 kata ve 1 kat koordinatına gelinir, yukarıdaki gibi bahsedilen akslardaki kirişleri seçerek yüklemeler yapılır.

4.3.6.1. Duvar Yüklemesi

1, 2 ve 3. normal katlardaki kirişlerin tamamı seçilir. Assign Frame Distributed Loads... komutunu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan DEAD yüklemesini seçilir ve Uniform Load kısmına **0,60** yazılır, Opions bölümünde Add to Existing Loads seçeneği işaretlenir ve OK tuşuna basılır.



Şekil 4.56. Kirişlere duvar yüklerinin atanması

4.3.7. Mesnet Koşullarının Tanımlanması

tuşuna basılır. tuşuna basılarak Plan View - Base koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden Joint içerisinde Restraints... seçeneği tıklanır. Bütün dönme ve serbestlikleri seçili hale getirilir ve OK tuşuna basılır.



Şekil 4.57. Kolon mesnet özelliklerinin tanımlanması

4.3.8. Rijit Diyaframların Atanması

tuşuna basılarak STORY1 Elevation=2.8 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden **Joint/Point** içerisinde **Diaphragms...** seçeneği tıklanır. Açılan Assign Diaphragm penceresinde **Modify Show Diaphragm** seçeneği tıklanır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

tuşuna basılarak STORY2 Elevation=5.6 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden **Joint/Point** içerisinde **Diaphragms...**

seçeneği tıklanır. Açılan Assign Diaphragm penceresinde **Add New Diaphragm** seçeneği tıklanır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

tuşuna basılarak STORY3 Elevation=8.4 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden **Joint/Point** içerisinde **Diaphragms...** seçeneği tıklanır. Açılan Assign Diaphragm penceresinde **Add New Diaphragm** seçeneği tıklanır. 2 kez OK tuşuna basarak menüden çıkılır.

tuşuna basarak STORY4 Elevation=11.2 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden **Joint/Point** içerisinde **Diaphragms...** seçeneği tıklanır. Açılan Assign Diaphragm penceresinde **Add New Diaphragm** seçeneği tıklanır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

Her kat için rijit diyafram tanımlanmış oldu. tuşuna basılır.

4.3.9. Yatay Yüklerin Atanması

tuşuna basılır açılan pencereden Object View Options seçeneğinden Line Labels seçeneği kaldırılır, Point Labels seçeneği işaretlenir. OK tuşuna basılır.

13 nolu düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint/Point Loads seçeneğinden Force komutu seçilir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesi seçilir, Force Global X kutusuna **0.290** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.290** yazılıp OK tuşuna basılır.

tuşuna basılarak alt kata **Z=8,4** koordinatına gelinir. **13 nolu** düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint/Point Loads seçeneğinden Force komutu seçilir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesi seçilir, Force Global X kutusuna **0.352** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. seçeneği işaretleyin. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.352** yazılıp OK tuşuna basılır.

tuşuna basılarak alt kata **Z=5,6** koordinatına gelinir. **13 nolu** düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint/Point Loads seçeneğinden Force komutu seçilir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesi seçilir, Force Global X kutusuna **0.238** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.238** yazılıp OK tuşuna basılır.

tuşuna basılarak alt kata **Z=2,8** koordinatına gelinir. **13 nolu** düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint/Point Loads seçeneğinden Force komutu seçilir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesi seçilir, Force Global X kutusuna **0.119** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.119** yazılıp OK tuşuna basılır.

Analyze menüsünden Run Analysis (F5) düğmesine basılarak analiz işlemine geçilir. Sistemin analiz edilebilmesi için kaydedilmesi gerekmektedir. Projenin ismini 4 katlı olarak yazılır ve kaydedilir.

Analiz işlemi tamamlandıktan sonra Display menüsünden **Show Deformed Shape...** komutu seçilir Load kısmında EX Static Load yüklemesi seçilir ve OK tuşuna basılır. Sağ pencerede Deformed Shape (EX) deplasman şekli görülmektedir. Son katta herhangi bir düğüm notasında sağ tuşa basılarak Point Displacements menüsü ekrana getirilir. Burada o kat için deplasman değerleri gösterilmektedir. Lateral Drifts... kutusu tıklanırsa her kat için deplasman değerleri ekrana gelecektir.

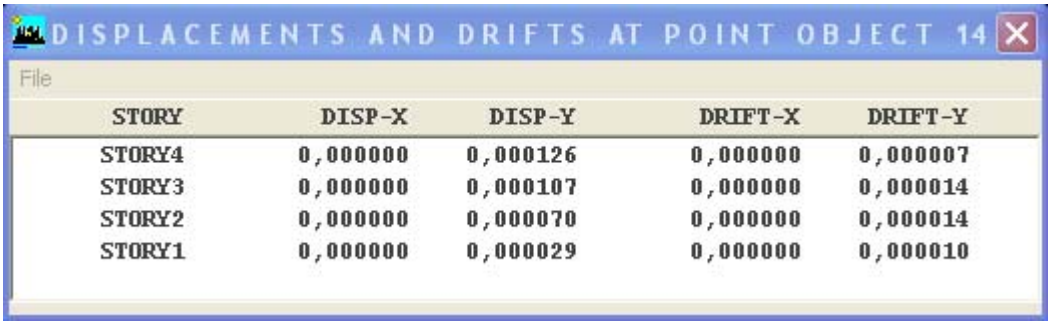
DISPLACEMENTS AND DRIFTS AT POINT OBJECT 5

File

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY4	0,000132	0,000004	0,000007	0,000000
STORY3	0,000112	0,000004	0,000014	0,000000
STORY2	0,000072	0,000004	0,000015	0,000000
STORY1	0,000030	0,000003	0,000011	0,000001

Şekil 4.58. 4 katlı yapı x yönü deplasman değerleri

Show Deformed Shape... komutu seçilir. Load kısmında EY Static Load yüklemesi seçilir ve OK tuşuna basılır. Sağ pencerede Deformed Shape (EX) deplasman şekli görülmektedir. Son katta herhangi bir düğüm notasında sağ tuşa basılarak Point Displacements menüsünü ekrana getirilir. Burada o kat için deplasman değerleri gösterilmektedir. Lateral Drifts... kutusu tıklanırsa her kat için deplasman değerleri ekrana gelecektir.

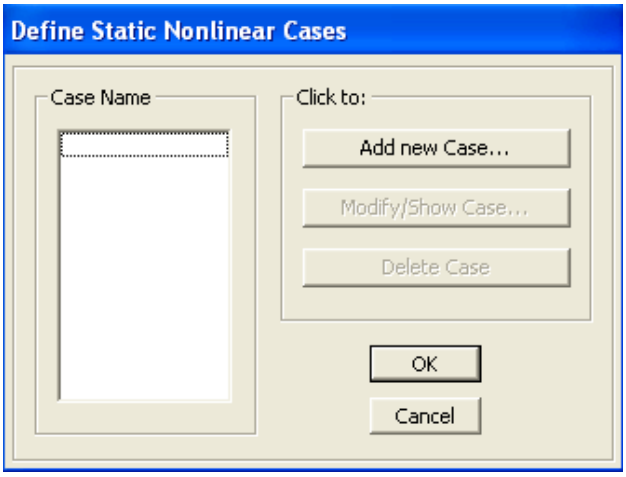


STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY4	0,000000	0,000126	0,000000	0,000007
STORY3	0,000000	0,000107	0,000000	0,000014
STORY2	0,000000	0,000070	0,000000	0,000014
STORY1	0,000000	0,000029	0,000000	0,000010

Şekil 4.59. 4 katlı yapı y yönü deplasman değerleri

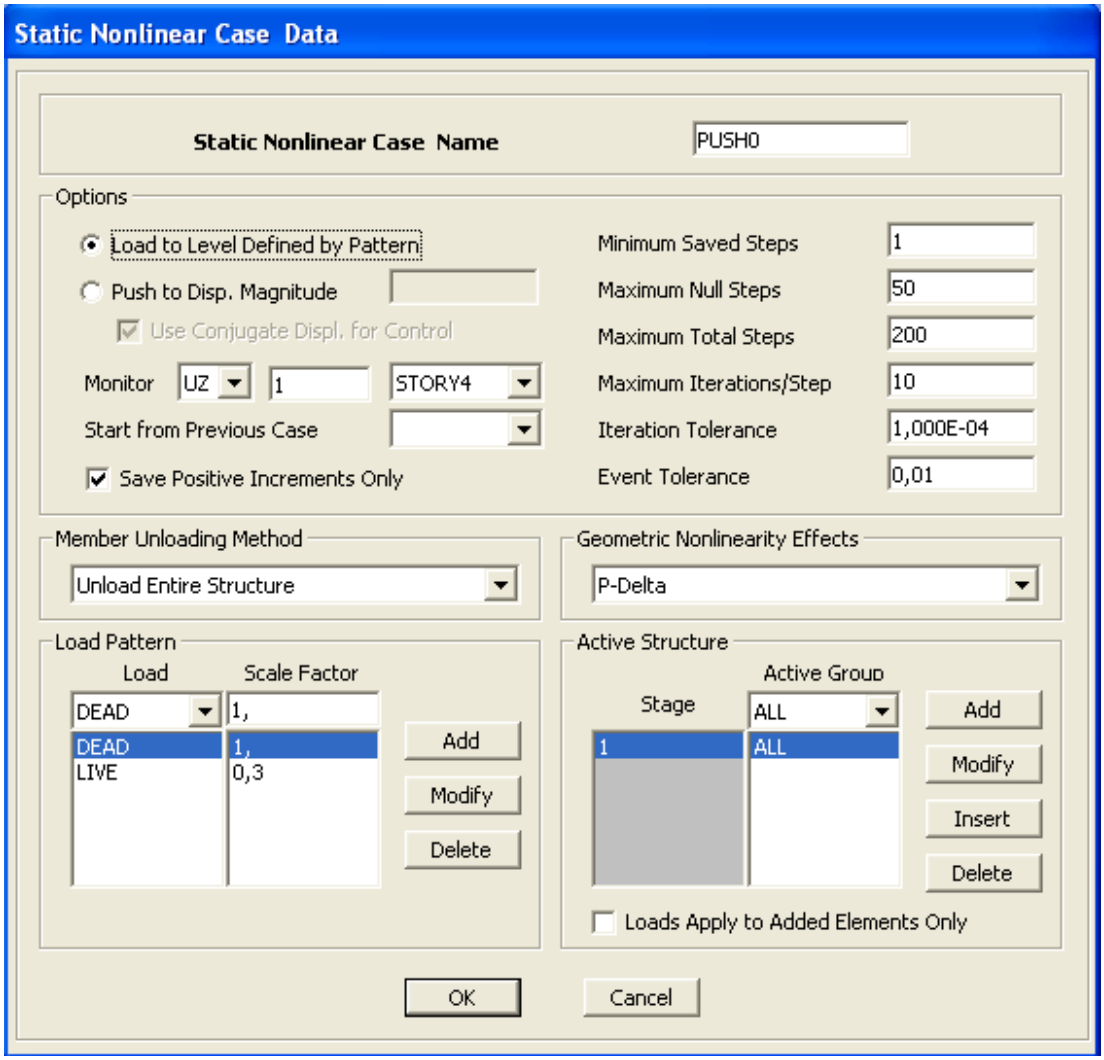
4.3.10. Statik İtme Analizinin Yapılması

Analiz tamamlandıktan sonra Define menüsünden Static Nonlinear/Pushover Cases... komutu tıklanır. Ekrana gelen ileti kutusunda Add new Case... düğmesine basılır.



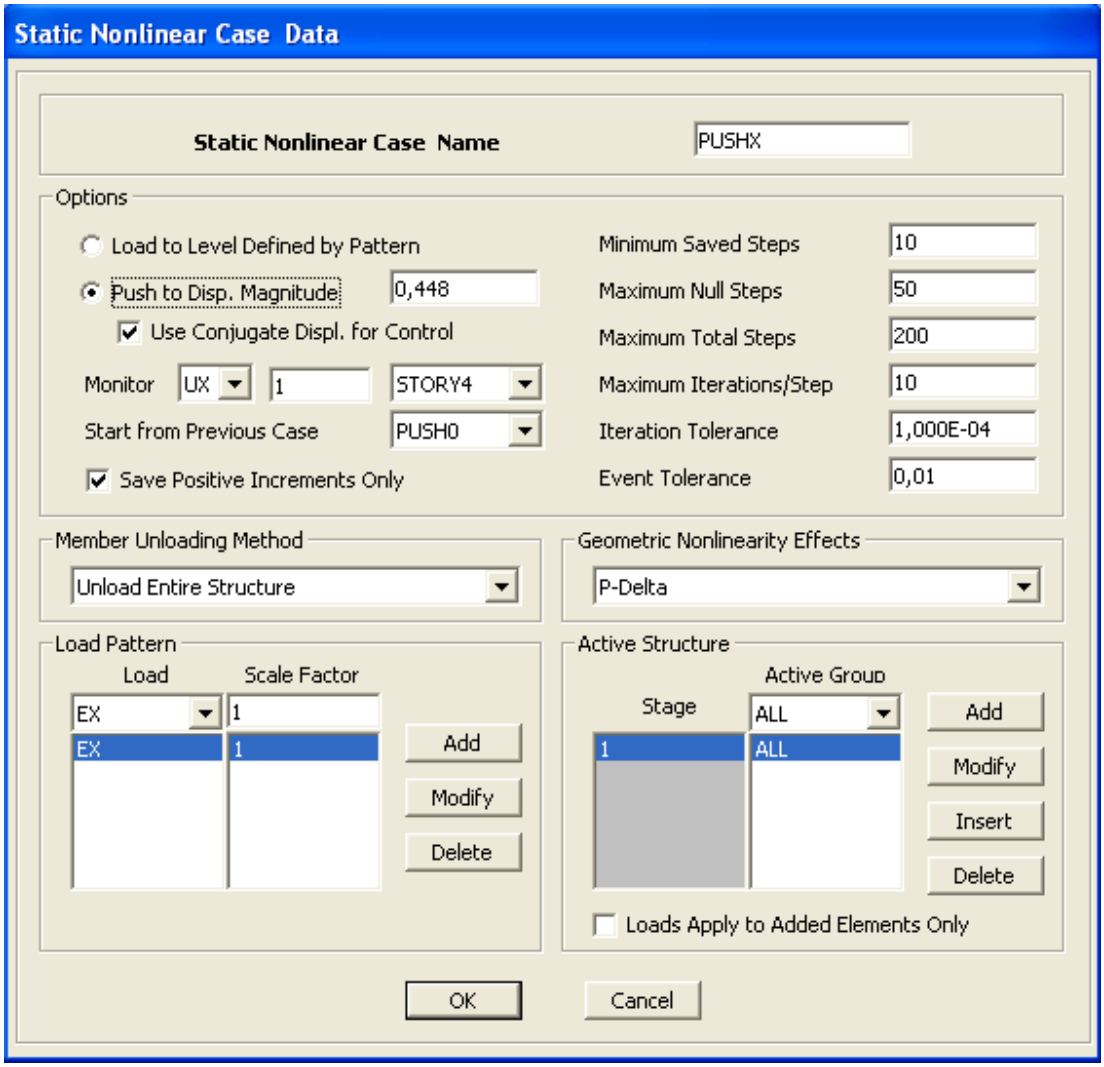
Şekil 4.60. Nonlinear analiz seçeneklerinin tanımlanması

Açılan pencerede Static Nonlinear Case Name kutusuna **PUSH0** yazılır. Monitor kısmında **UX** yönünü **UZ** olarak değiştirilir. Load Pattern bölümünde Load; **DEAD**, Scale Factor; **1** iken Add tuşuna basılır. Load açılır penceresinden **LIVE** yüklemesi seçilir, Scale Factor kısmına **0,3** yazılır ve Add tuşuna basılır.



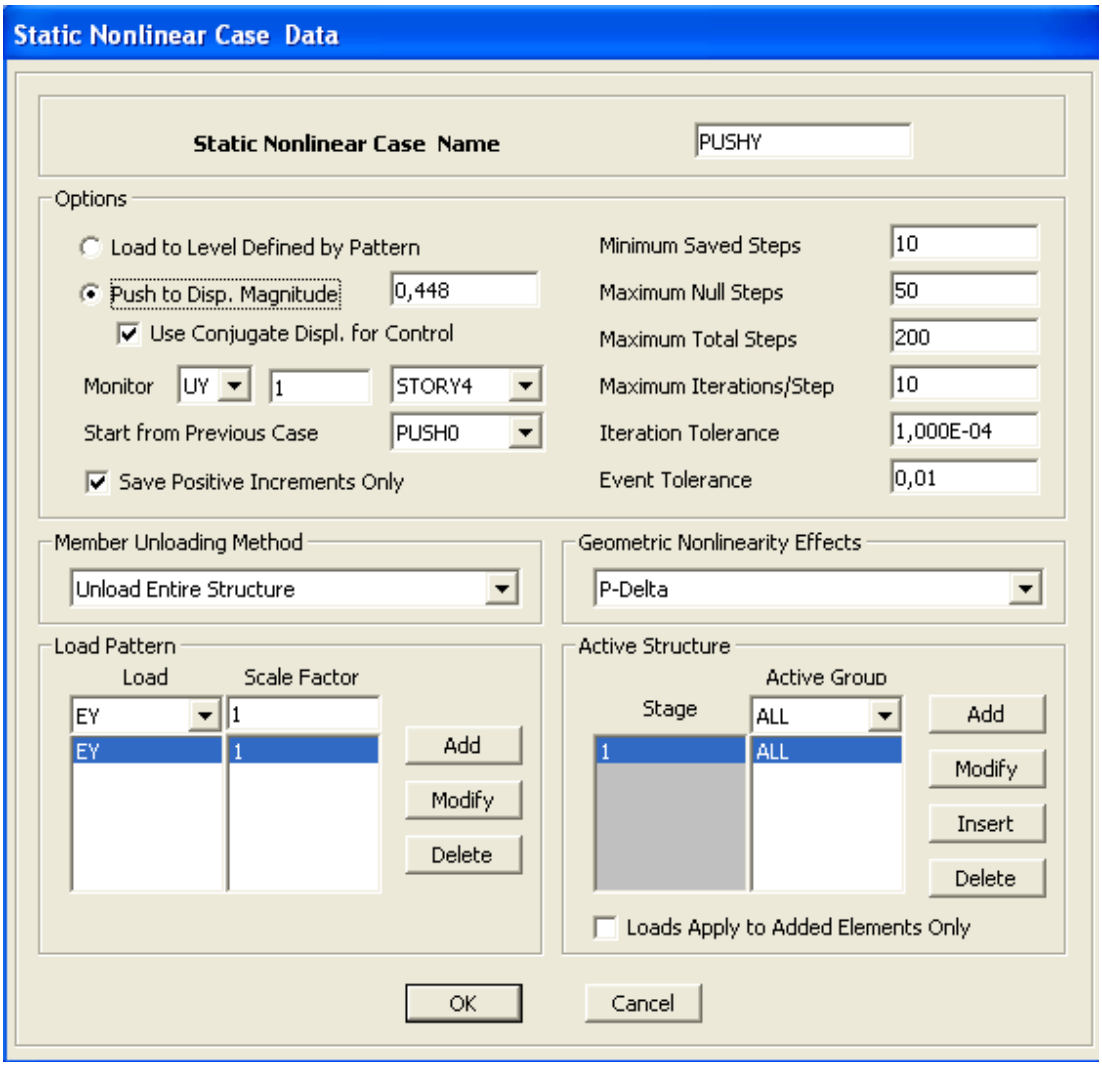
Şekil 4.61. Nonlinear analizde düşey yüklerin esas alındığı aşama

1 kez OK tuşuna basılır. Tekrar Add new Case... düğmesine basılır Static Nonlinear Case Name kutusuna **PUSHX** yazılır. Strart from Previous Case açılır kutusundan **PUSH0** seçilir. Load açılır penceresinden **EX** yüklemesi seçilir, Scale Factor kısmına **1** yazılır ve Add tuşuna basılır.



Şekil 4.62. Nonlinear analiz x yönü yatay yüklerin tanımlanması

1 kez OK tuşuna basılır. Tekrar Add new Case... düğmesine basılır Static Nonlinear Case Name kutusuna **PUSHY** yazılır. Monitor kısmında **UX** yönünü **UY** olarak değiştirilir. Strart from Previous Case açılır kutusundan **PUSH0** seçilir. Load açılır penceresinden **EY** yüklemesi seçilir, Scale Factor kısmına **1** yazılır ve Add tuşuna basılır.



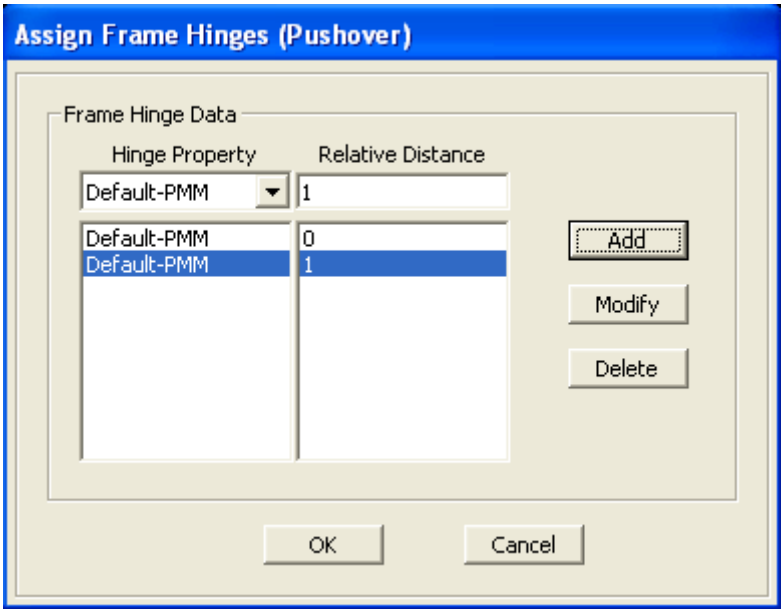
Şekil 4.63. Nonlinear analiz y yönü yatay yüklerin tanımlanması

2 kez OK tuşuna basılarak nonlinear analiz parametresinden çıkılır.

4.3.11. Plastik Mafsalların Atanması

Select menüsünden **by Frame Sections...** komutu seçilir. Ekrana gelen kesit isimlerinden 1S1,1S2,1S3,2S2,2S3 kolonlarını seçilir. OK tuşuna basılır.

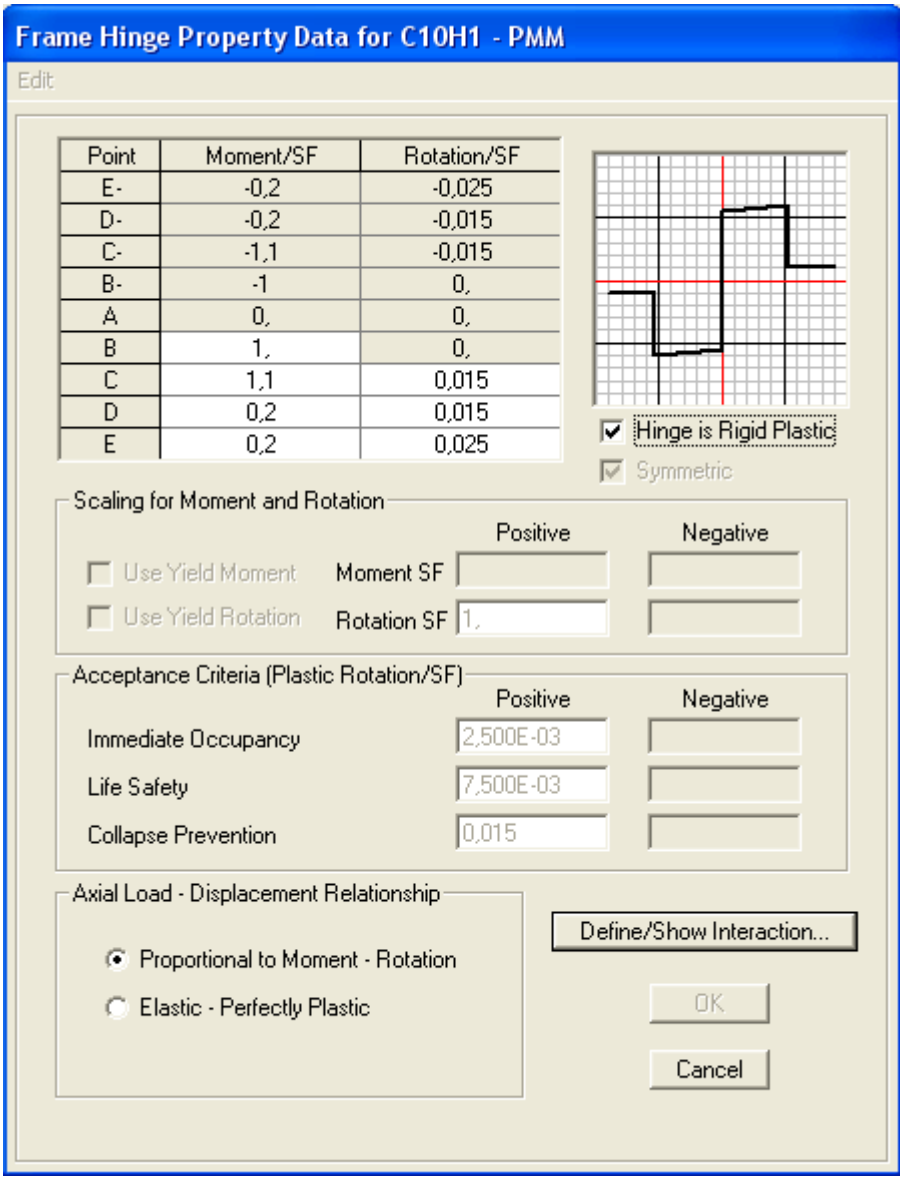
Assign menüsünden Frame/Line içerisinde **Frame Nonlinear Hinges...** seçeneği tıklanır. Hinge Property açılır penceresinden Default-PMM seçeneği seçilir Add tuşuna basılır, Relative Distance kutusuna 1 yazılır tekrar Add tuşuna basılır.



Şekil 4.64. Kolon uçlarına plastik mafsalların atanması

OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

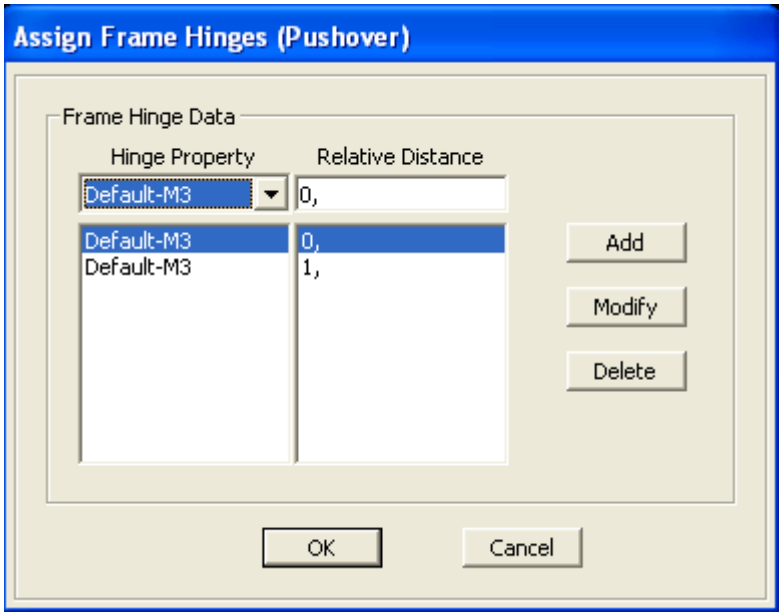
Define menüsünden Hinge Properties… komutu seçilir. Define Frame Nonlinear Hinge Properties menüsü ekrana gelir. Altta bulunan Show Genarated Props seçeneği işaretlenirse ekrana atanan plastik mafsallar gelir. Defined Hinges Props kısmında C10H1 seçilir Modify / Show Property… tıklanır. Data menüsü ekrana gelir burada Modify / Show For PMM tıklanır. Seçilen kolona atanan moment-dönme bağıntıları ve hasar sınır değerleri buradan kontrol edilir.



Şekil 4.65. Kolonlara atanan plastik mafsal değerleri

Select menüsünden **by Frame Sections...** komutu seçilir. Ekrana gelen kesit isimlerinden KIRIS seçilir. OK tuşuna basılır.

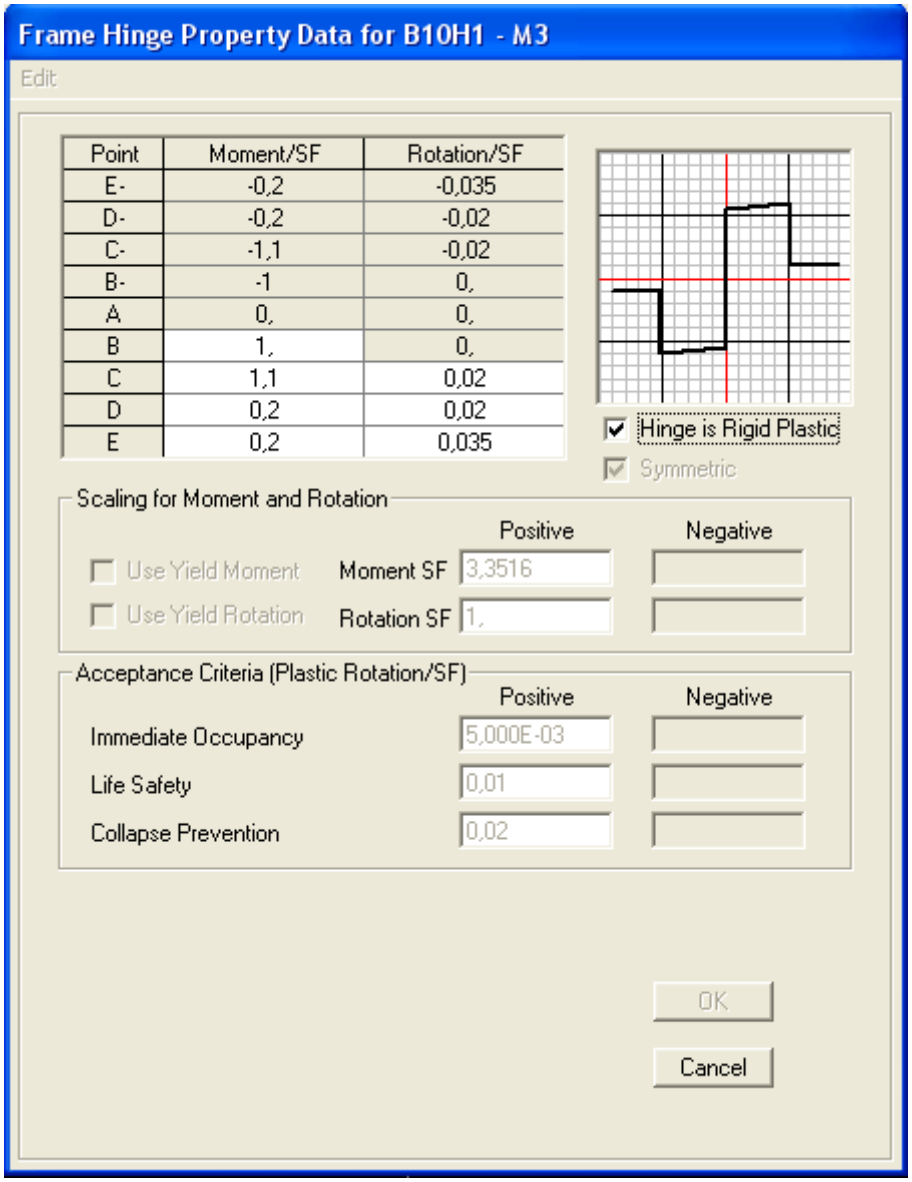
Assign menüsünden Frame/Line içerisinde **Frame Nonlinear Hinges...** seçeneği tıklanır. Hinge Property açılır penceresinden Default-M3 seçeneği seçilir Add tuşuna basılır, Relative Distance kutusuna 1 yazılır tekrar Add tuşuna basılır.



Şekil 4.66. Kiriş uçlarına plastik mafsalların atanması

OK tuşuna basılarak menüden çıkılır. tuşuna basılır.

Define menüsünden Hinge Properties… komutu seçilir. Define Frame Nonlinear Hinge Properties menüsü ekrana gelir. Altta bulunan Show Genarated Props seçeneği işaretlenirse ekrana atanan plastik mafsallar gelir. Defined Hinges Props kısmında B10H1 seçilir Modify / Show Property… tıklanır. Data menüsü ekrana gelir burada Modify / Show For M3 tıklanır. Seçilen kirişe atanan moment-dönme bağıntıları ve hasar sınır değerleri buradan kontrol edilir.



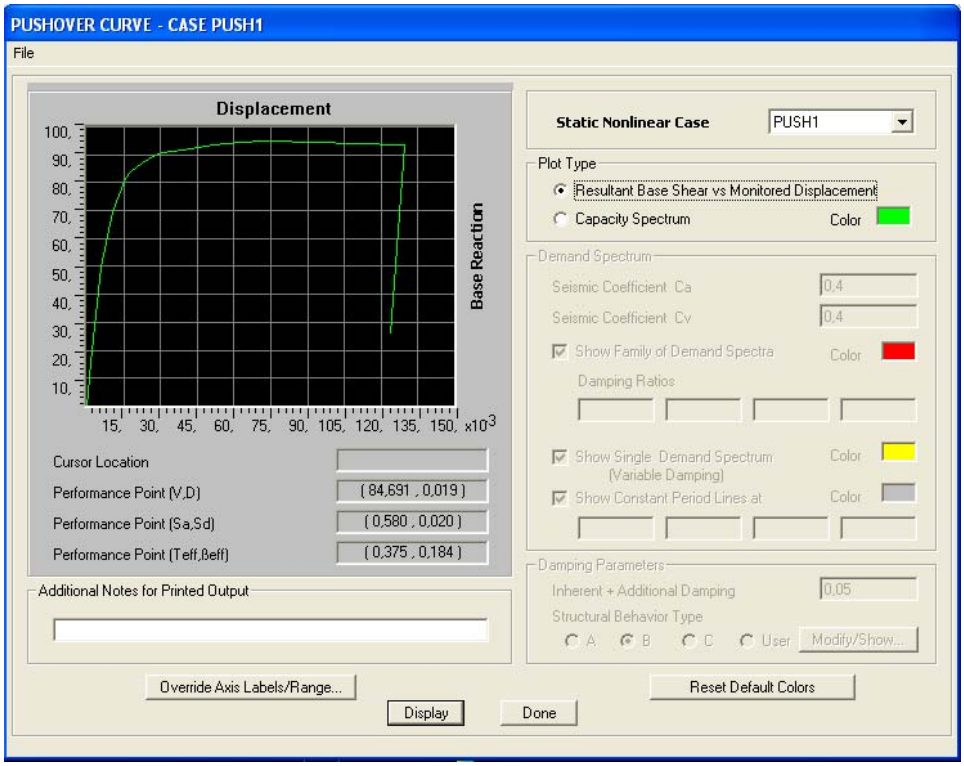
Şekil 6.67. Kirişlere atanan plastik mafsal değerleri

Analysis menüsünden Run Static Nonlinear Analysis seçeneği işaretlenir.

4.3.12. Etaps Programı İle 4 Katlı Yapı Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Analiz tamamlandıktan sonra Display menüsünden Show Statik Pushover Curve… seçeneği seçilir. Burada pushover analizi sonuçları yer almaktadır. Statik

Nonlinear Case açılır penceresinden analiz türünü seçebiliriz. Analiz seçeneğini seçtikten sonra sol tarafta taban kesme kuvveti ve deplasman grafiği görüntülenecektir. Yapının performans noktasında elde edilen değerler sol alt kısımda verilmektedir.



Şekil 4.68. 4 katlı yapı x yönü kapasite eğrisi

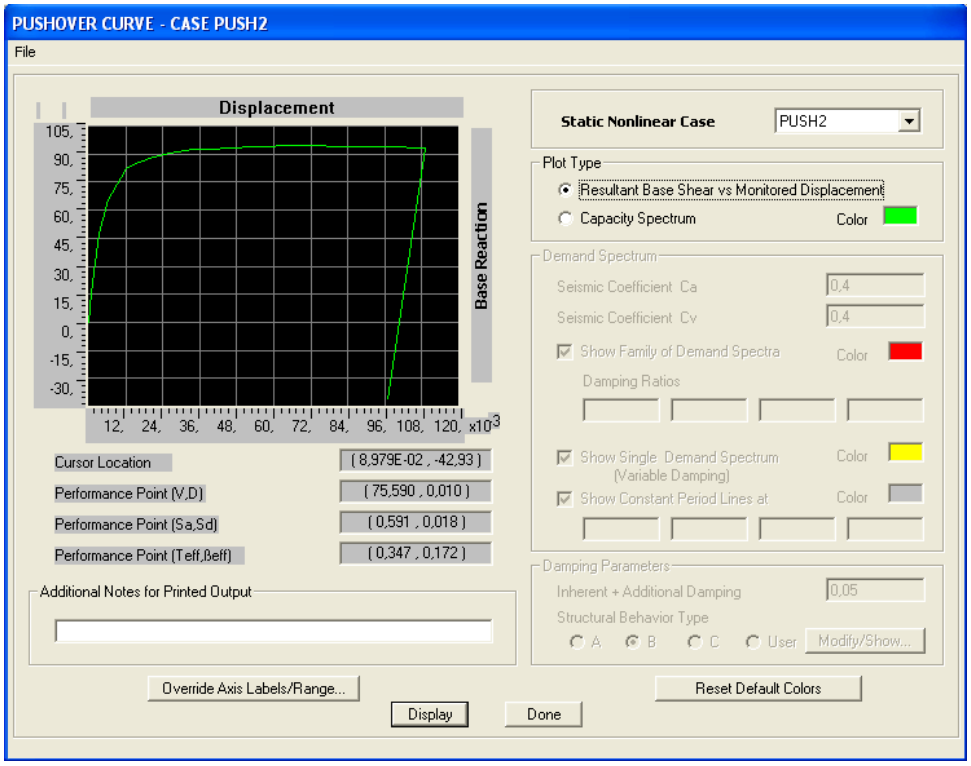
Resultant base shear vs monitored displacement seçili halde iken, File menüsünden Display Tables Seçeneği tıklanır. Pushover curve menüsü ekrana gelir. Burada yapılan iterasyonlara göre yapının elemanlarında oluşan hasar düzeyleri gösterilmektedir. Performans noktasında oluşan taban kesme kuvveti ve deplasman değerinin çizelgede yeri belirlenir. Bu iterasyon adımında çubuk elemanlarda oluşan hasar durumlarına göre yapının geneli için performans düzeyi belirlenir.

Çizelge 4.13 4 katlı betonarme yapı x yönü taban kesme kuvveti-yerdeğiştirme değerleri ve hasar düzeyleri

Step	Displacement	Base Force	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	TOTAL
0	1,42E-05	0	516	4	0	0	0	0	0	0	520
1	0,0013	15,5726	476	44	0	0	0	0	0	0	520
2	0,0059	49,7699	441	79	0	0	0	0	0	0	520
3	0,0107	69,5817	421	99	0	0	0	0	0	0	520
4	0,0159	81,5527	407	113	0	0	0	0	0	0	520
5	0,0172	83,605	403	117	0	0	0	0	0	0	520
6	0,0176	84,0971	394	125	1	0	0	0	0	0	520
7	0,0227	87,1646	383	132	5	0	0	0	0	0	520
8	0,0279	89,7198	375	130	15	0	0	0	0	0	520
9	0,0307	90,7297	373	118	29	0	0	0	0	0	520
10	0,0352	91,4473	365	100	55	0	0	0	0	0	520
11	0,0425	92,3929	362	65	93	0	0	0	0	0	520
12	0,0514	93,3445	357	61	102	0	0	0	0	0	520
13	0,0573	93,9336	351	60	106	3	0	0	0	0	520
14	0,0633	94,4529	338	70	94	18	0	0	0	0	520
15	0,0712	94,9225	330	76	91	23	0	0	0	0	520
16	0,0731	94,9828	327	79	79	35	0	0	0	0	520
17	0,0768	94,9361	327	79	58	56	0	0	0	0	520
18	0,0813	94,8114	327	77	45	71	0	0	0	0	520
19	0,0858	94,6866	327	71	37	85	0	0	0	0	520
20	0,0903	94,5619	327	67	29	97	0	0	0	0	520
21	0,0947	94,4371	327	53	35	105	0	0	0	0	520
22	0,0992	94,3124	326	52	37	105	0	0	0	0	520
23	0,1037	94,1876	326	52	37	105	0	0	0	0	520
24	0,1082	94,0624	324	54	37	105	0	0	0	0	520
25	0,1127	93,9371	324	52	39	105	0	0	0	0	520
26	0,1171	93,8104	324	51	40	105	0	0	0	0	520
27	0,1216	93,6837	324	49	42	105	0	0	0	0	520
28	0,1261	93,557	324	49	42	104	0	1	0	0	520
29	0,1296	93,4594	324	49	42	103	0	1	1	0	520
30	0,1239	25,8656	520	0	0	0	0	0	0	0	520

4 katlı betonarme yapının Etaps programı ile statik itme analizi yapılmış yapının performans noktası belirlenmiştir. Her iterasyon adımında yapı elemanlarında oluşan hasar düzeyleri belirlenmiştir. Betonarme yapının x yönünde performans noktasında elde edilen taban kesme kuvveti değeri Vt=84,69 ton, deplasman miktarı 1,9 cm olarak hesap edilmiştir. Yapımız 7. iterasyonda performans noktasına ulaşmıştır. 4 katlı betonarme yapının x yönünde Can Güvenliği Performans Düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Statik Nonlinear Case açılır penceresinden push2 seçeneği seçilir ekrana y yönünde yapının taban kesme kuvveti ve yatay deplasman değerleri ekrana gelir.



Şekil 4.69. 4 katlı yapı y yönü kapasite eğrisi

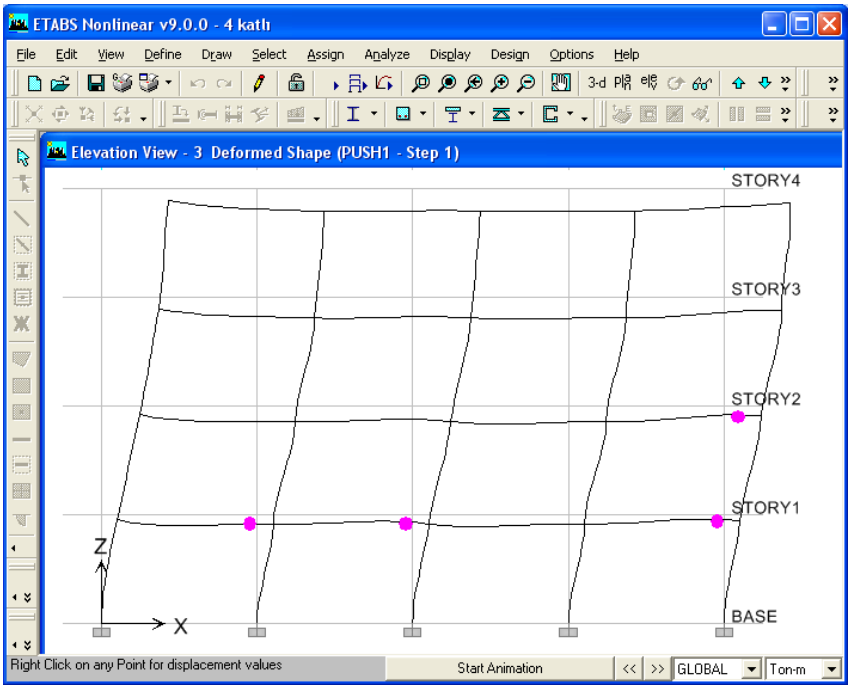
Resultant base shear vs monitored displacement seçili halde iken, File menüsünden Display Tables Seçeneği tıklanır. Pushover curve menüsü ekrana gelir.

Çizelge 4.14 4 katlı betonarme yapı y yönü taban kesme kuvveti-yerdeğiştirme değerleri ve hasar düzeyleri

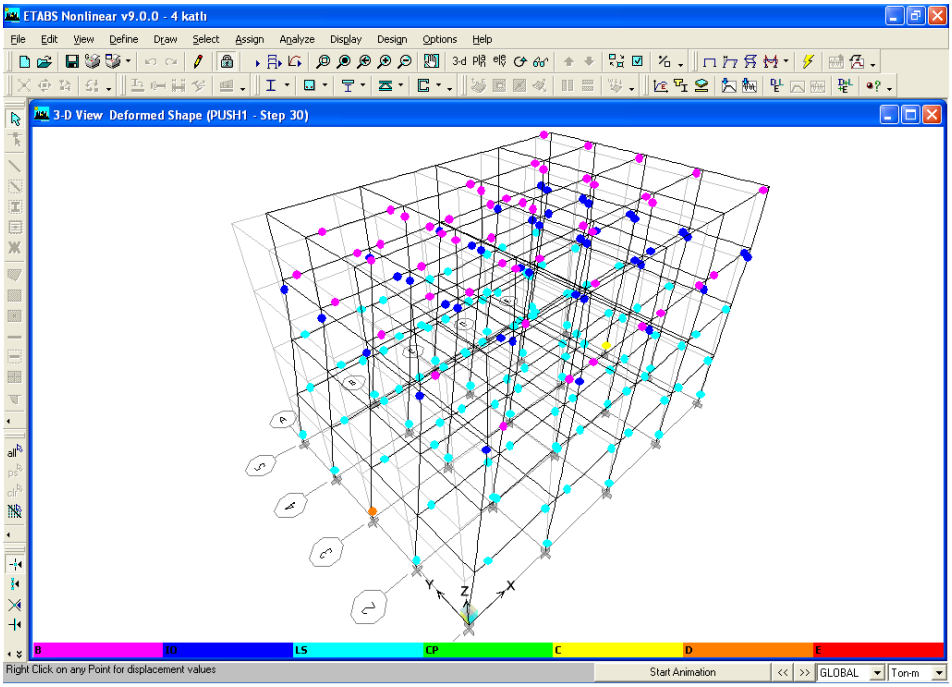
Step	Displacement	Base Force	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	TOTAL
0	6,45E-06	0	519	1	0	0	0	0	0	0	520
1	8,56E-04	15,6932	484	36	0	0	0	0	0	0	520
2	0,0034	47,4872	457	63	0	0	0	0	0	0	520
3	0,0065	65,6533	421	97	2	0	0	0	0	0	520
4	0,0124	82,1418	407	107	6	0	0	0	0	0	520
5	0,0144	84,4482	398	103	19	0	0	0	0	0	520
6	0,0198	87,8069	386	113	21	0	0	0	0	0	520
7	0,0245	90,0464	378	113	29	0	0	0	0	0	520
8	0,0284	91,4379	374	93	53	0	0	0	0	0	520
9	0,0342	92,3263	363	96	61	0	0	0	0	0	520
10	0,0393	92,8633	362	73	80	5	0	0	0	0	520
11	0,046	93,4049	356	64	85	15	0	0	0	0	520
12	0,0531	93,9459	354	59	88	19	0	0	0	0	520
13	0,0582	94,2311	346	67	82	25	0	0	0	0	520
14	0,0633	94,4968	340	69	84	27	0	0	0	0	520
15	0,0659	94,5848	337	72	78	33	0	0	0	0	520
16	0,0677	94,5897	335	74	72	39	0	0	0	0	520
17	0,0687	94,5794	335	71	63	51	0	0	0	0	520
18	0,0732	94,4563	331	73	45	71	0	0	0	0	520
19	0,081	94,2402	331	67	39	83	0	0	0	0	520
20	0,0855	94,1165	329	56	40	95	0	0	0	0	520
21	0,09	93,9927	327	52	36	105	0	0	0	0	520
22	0,0963	93,812	327	52	36	105	0	0	0	0	520
23	0,1008	93,6832	327	52	36	105	0	0	0	0	520
24	0,1053	93,5545	327	52	36	104	0	1	0	0	520
25	0,1093	93,4407	324	55	36	103	0	1	1	0	520
26	0,097	-41,437	520	0	0	0	0	0	0	0	520

Betonarme yapının y yönünde performans noktasında elde edilen taban kesme kuvveti değeri Vt=75,59 ton, deplasman miktarı 1,0 cm olarak hesap edilmiştir. Yapımız 4. iterasyonda performans noktasına ulaşmıştır. 4 katlı betonarme yapının x yönünde Can Güvenliği Performans Düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Display menüsünden Show Deformed Shape seçeneğini tıklanır. Ekrana Deformed Shape menüsü ekrana gelecektir. Case / Combo Name açılır penceresinden push1 seçeneği seçilir OK tuşuna basılır. Ekrana 1. itme adımında oluşan deformasyon gelecektir. Sağ alttaki ok yardımıyla diğer itme adımları ve bu adımlarda oluşan plastik mafsallar gösterilebilir.



Şekil 4.70. 4 katlı yapı x yönü 1. itme adımında oluşan plastik mafsallar

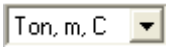


Şekil 4.71. 4 katlı yapı x yönü 30. (son) itme adımında oluşan plastik mafsallar

4.4. 7 Katlı Betonarme Yapının Sap 2000 Programı İle Analizi

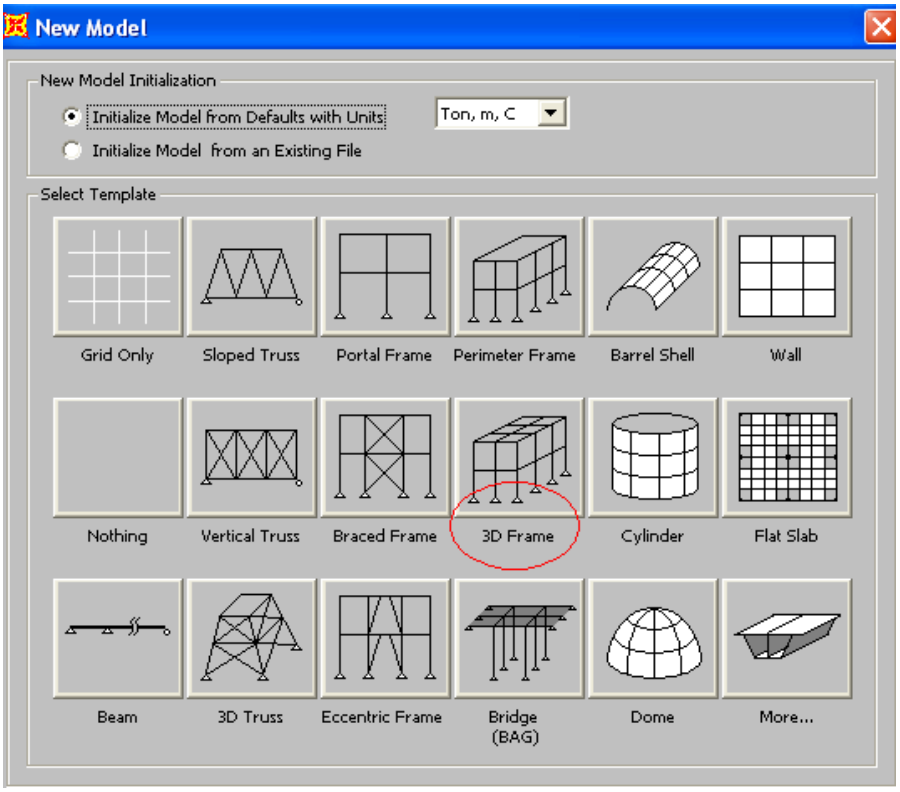
Bu bölümde 7 katlı betonarme binanın Sap2000 programı kullanılarak statik itme analizinin nasıl yapıldığı anlatılmaktadır.

4.4.1. Sistem Modelinin Oluşturulması

Konum çubuğunun sağındaki açılır liste kutusundan 

Ton,m,C olarak birimler seçilir.

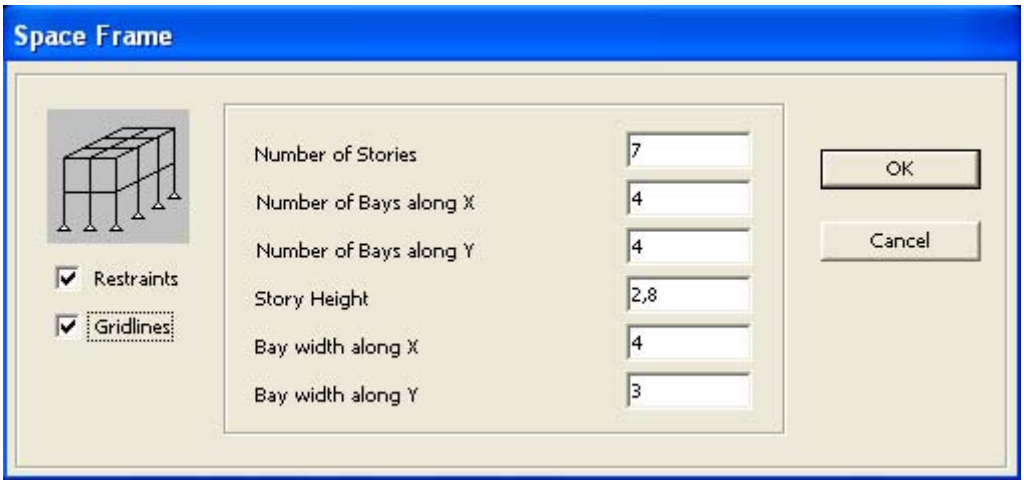
Üst bölümdeki , New Model düğmesine basılır. (File Menüsünden New Model... seçeneğini tıklayarak da aynı işlem gerçekleştirilebilir.) Daha sonra ekrana gelecek olan New Model ileti kutusunda **3D Frame** düğmesine basılır.



Şekil 4.72. Sap 2000 yeni model ileti kutusu

Ekrana gelecek olan **Space Frame** bölümünde;

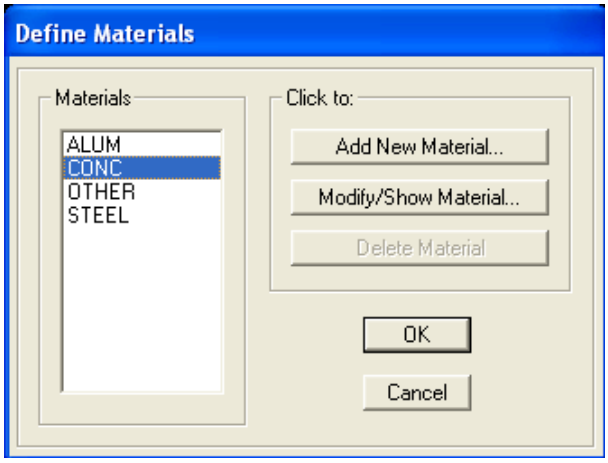
- Number of Stories : 7
- Number of Bays along x : 4
- Number of Bays along y : 4
- Story Height :2,8
- Bay width along x : 4
- Bay width along x : 3 yazılır ve OK tuşuna basılır.



Şekil 4.73. Sap2000 uzay çerçeve ileti kutusu

4.4.2. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması

Define menüsünden Materials... komutu seçilir. Ekrana gelen define materials menüsünün sol tarafında Materials kısmında bulunan CONC üzeri tıklanır ve sağ tarafta bulunan Click to bölümünden Modify/Show Material... seçeneği tıklanır.



Şekil 4.74. Sap2000 malzeme tanımlama ileti kutusu

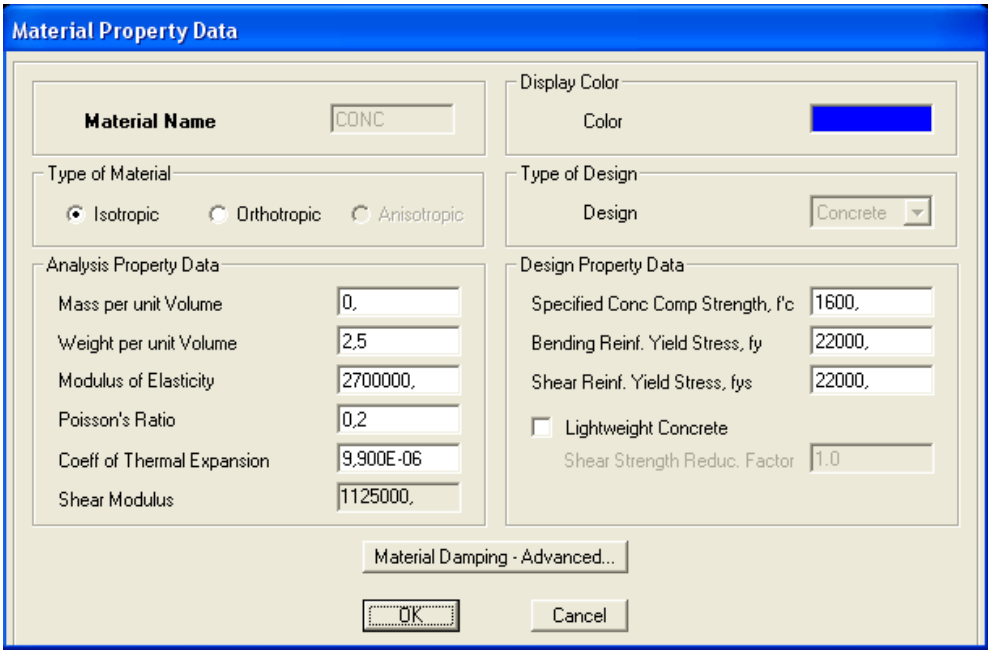
Ekrana gelen **Material Property Data** kısmında;

- Mass per unit Valume yazı kutucuğuna : 0,
- Weight per unit volume yazı kutucuğuna : 2.5,
- Modulus of elasticity yazı kutucuğuna : 27E5
- Poisson's ratio : 0,2 yazılır,

Design Property Data kısmında;

- Specified Conc Comp Strength,f'c yazı kutucuğuna : 1600,
- Bending Reinf. Yield Stress, fy yazı kutucuğuna : 22000,
- Shear Reinf. Yield Stress, fys yazı kutucuğuna : 22000, yazılır.

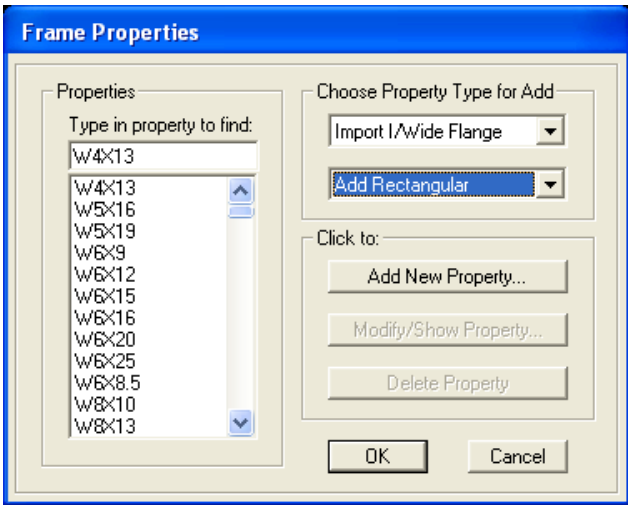
2 kez OK tuşuna basılır. Malzeme olarak kullanılan betonun özellikleri bu şekilde tanımlanır.



Şekil 4.75. Sap2000 beton özelliklerinin tanımlanması

4.4.3. Kesit Özelliklerinin Tanımlanması

Define menüsünde **Define/Cable Sections...** komutu seçilir. Ekrana gelecek olan ileti kutusunda kolon kesitlerini tanımlamak için, ikinci açılır liste kutusundan **Add Rectangular** düğmesine basılır. Click to bölümünden Add New Property... düğmesine tıklanır.

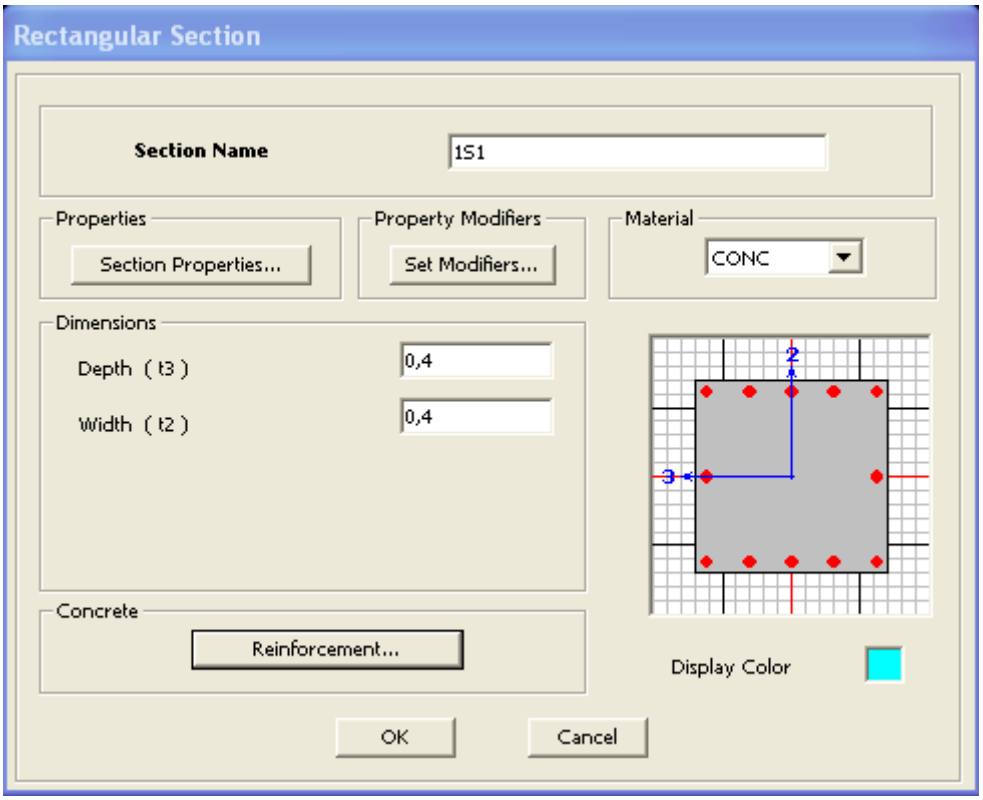


Şekil 4.76. Sap2000 kesit özeliklerinin tanımlanması ileti kutusu

Ekrana gelen ileti kutusunda;

- Sections Name yazı kutucuğuna : **1S1,**
- Depth (t3) yazı kutucuğuna : **0,40**,
- Width (t2) yazı kutucuğuna : **0,40**,

Material açılır penceresinden **CONC** seçilir.



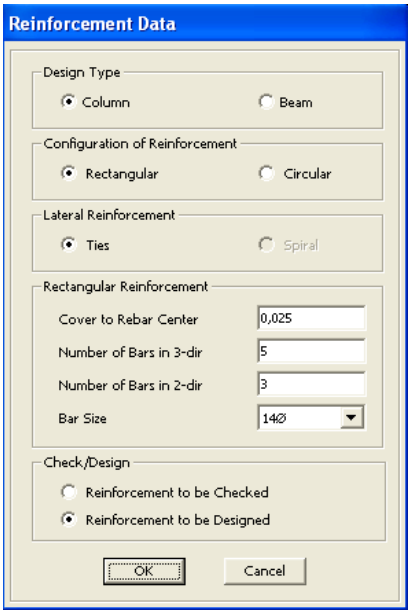
Şekil 4.77. Sap2000 ile kolon boyutlarının tanımlanması

Alt kısımda Concrete bölümü eklenecektir. **Reinforcement...** düğmesine basılarak Reinforcement Data menüsüne ulaşılır. Burada kolon ve kirişlerin donatı miktarları ve pas payları gibi bilgiler girilmektedir.

Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **5**
- Number of Bars in 2-dir : **3**
- Bar size : **14Ø**

olarak yazılır.



Şekil 4.78. Kolon donatı bilgi girişi

2 kez OK tuşuna basılarak Frame Properties menüsüne ulaşılır.
Add New Property düğmesi tıklanır.

Section name kısmına **1S2** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir,

- Depth (t3) : **0,30**
- Wdth (t2) : **0,60** yazılır,

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusu tıklanır.
Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **3**
- Number of Bars in 2-dir : **6**
- Bar size : **16Ø** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Frame Properties menüsüne ulaşılır.

Add New Property düğmesi tıklanır.

Section name kısmına **1S3** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir.

- Depth (t3) : **0,60**
- Wdth (t2) : **0,30** yazılır.

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusu tıklanır.

Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **6**
- Number of Bars in 2-dir : **3**
- Bar size : **16Ø** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Frame Properties menüsüne ulaşılır.

Add New Property düğmesi tıklanır.

Section name kısmına **2S1** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir.

- Depth (t3) : **0,35**
- Wdth (t2) : **0,35** yazılır.

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **3**

- Number of Bars in 2-dir : **3**
- Bar size : **14Ø** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Frame Properties menüsüne ulaşılır.

Add New Property düğmesi tıklanır.

Section name kısmına **2S2** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir.

- Depth (t3) : **0,25**
- Wdth (t2) : **0,50** yazılır.

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **4**
- Number of Bars in 2-dir : **3**
- Bar size : **14Ø** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basarak Frame Properties menüsüne ulaşılır.

Add New Property düğmesini tıklanır.

Section name kısmına **2S3** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir.

- Depth (t3) : **0,50**
- Wdth (t2) : **0,25** yazılır.

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

Reinforcement Data bölümünde

Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **3**
- Number of Bars in 2-dir : **4**
- Bar size : **14Ø** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Frame Properties menüsüne ulaşılır.

Add New Property düğmesi tıklanır.

Section name kısmına **3S1** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir.

- Depth (t3) : **0,30**
- Wdth (t2) : **0,30** yazılır.

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **3**
- Number of Bars in 2-dir : **2**
- Bar size : **14Ø** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Frame Properties menüsüne ulaşılır.

Add New Property düğmesini tıklanır.

Section name kısmına **3S2** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir.

- Depth (t3) : **0,25**
- Wdth (t2) : **0,40** yazılır.

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **2**
- Number of Bars in 2-dir : **4**
- Bar size : **14Ø** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Frame Properties menüsüne ulaşılır.

Add New Property düğmesi tıklanır.

Section name kısmına **3S3** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir.

- Depth (t3) : **0,40**
- Wdth (t2) : **0,25** yazılır.

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

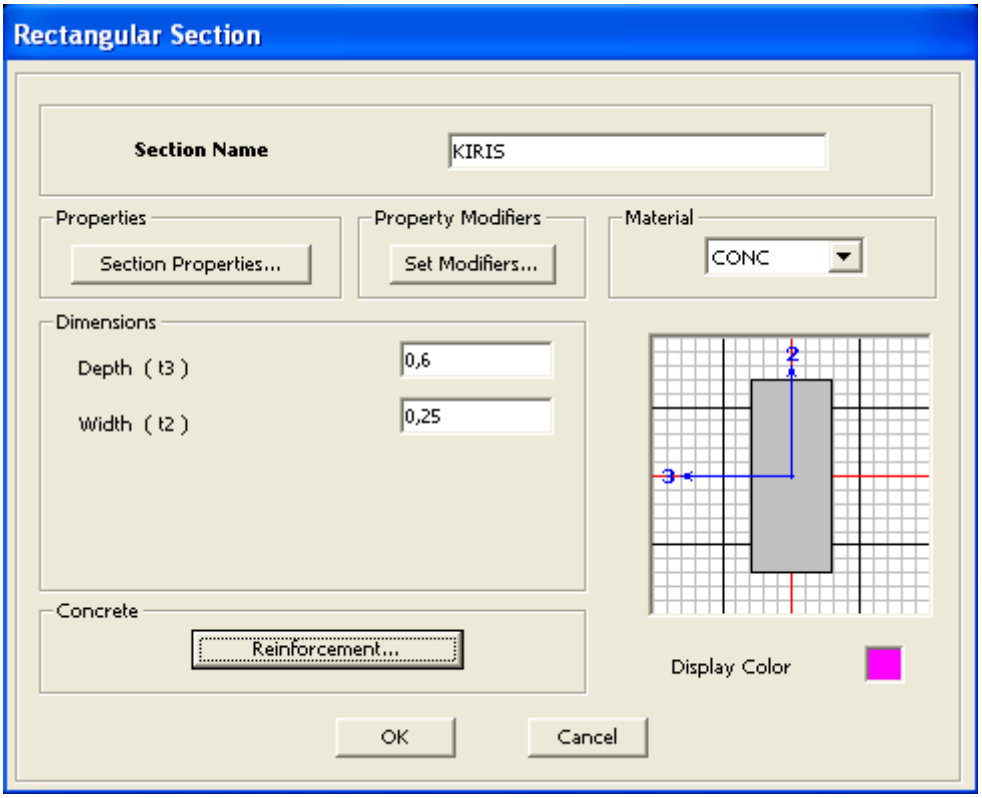
- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **4**
- Number of Bars in 2-dir : **2**
- Bar size : **14Ø** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Frame Properties menüsüne ulaşılır.

Add New Property düğmesi tıklanır.

Section name kısmına **KIRIS** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir,

- Depth (t3) : **0,60**
- Wdth (t2) : **0,25** yazılır.



Şekil 4.79. Sap2000 ile kiriş boyutlarının tanımlanması

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

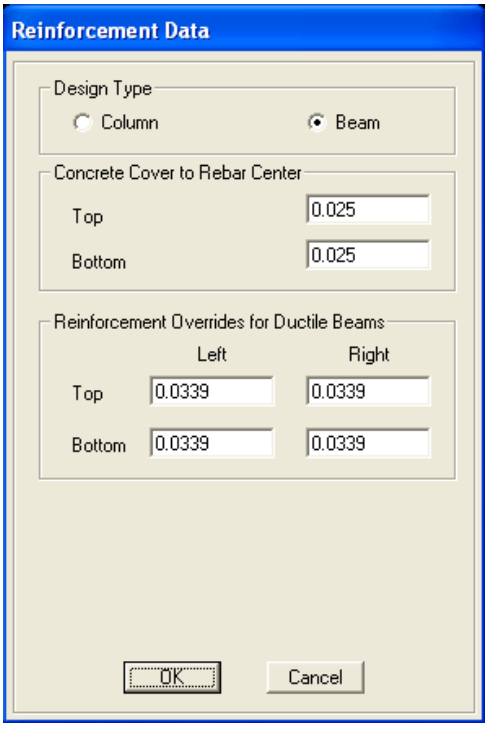
Reinforcement Data bölümünde

Design Type bölümünde Beam seçilir.

Concrete cover to reber center bölümüne

- Top : **0,025**
- Bottom : **0,025**

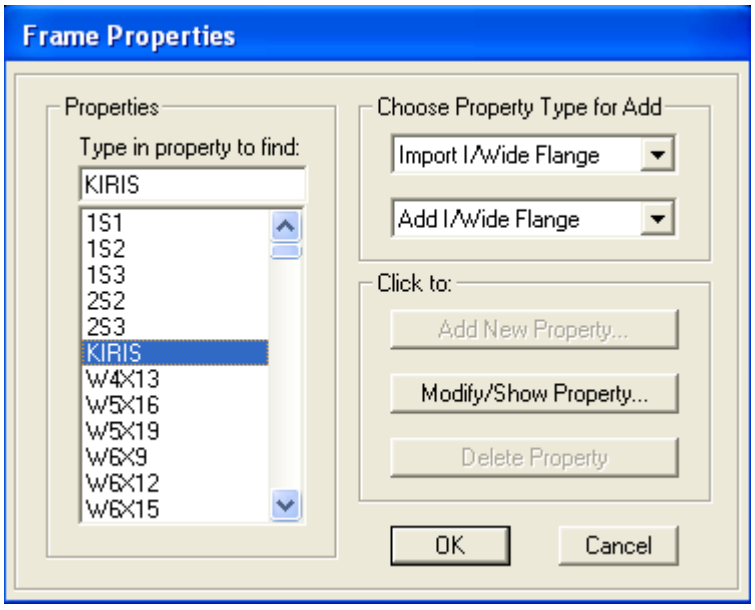
Reinforcemnet Overrides for Ductule Beams bölümünde kiriş donatı alanı kısmına 0.0339 değeri girilerek 3 kez OK tuşuna basılır.



Şekil 4.80. Kiriş donatılarının atanması

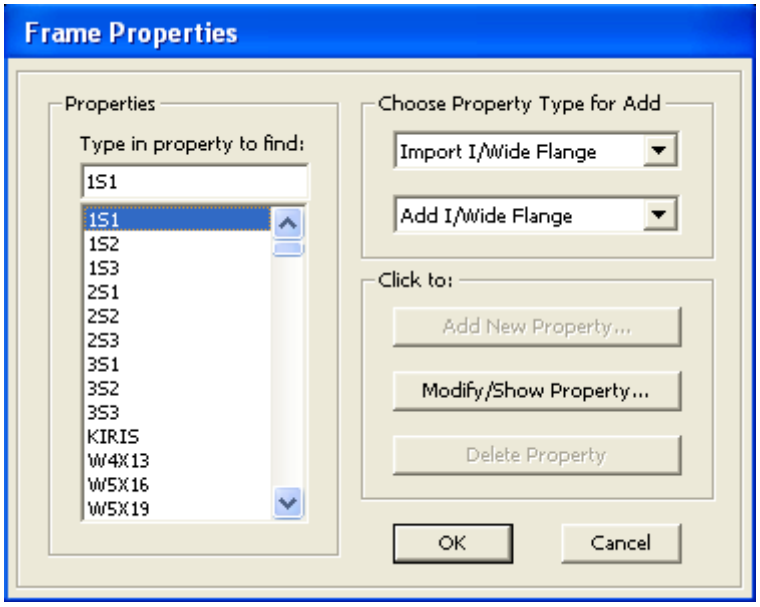
4.4.4. Kesitlerin Elemanlara Atanması

Ekranın sağ tarafında olan X-Y Plane üzeri tıklanarak aktif hale getirilir. tuşuna basılarak Z=19.6 m kotuna gelinir. Mause ile şeklin tamamı pencere içerisine alınır yardımıyla Z=16.8, Z=14, Z=11.2, Z=8.4, Z=5.6 ve Z=2.8 koordinatlarına gelinir her katta yatay elemanları pencere içerisine alarak seçilir. Assign Menüsünden Frame/Cable seçeneğinden Sections... düğmesine tıklanır. Ekrana gelen Frame Properties menüsünden KIRIS seçeneği seçilir ve OK tuşuna basılır. tuşuna vaya F4 tuşuna basılarak kesit isimleri yazıları yok edilir.



Şekil 4.81. Sap2000 ile çubuklara kesit atanması

xz tuşuna basılarak xz düzlemine geçilir. Set Display Options tuşuna tıklanır. Frame/Cables kısmında Labels seçeneği tıklanır. OK tuşuna basılır. Ekranda X-Z düzleminde elemanların numaraları gözükmektedir. 29,30,31,169, 170,171 nolu çubuklar seçilir tuşuna basılır 1,2,3 ve 141,142,143 nolu çubuklar seçilir Assign Menüsünden Frame/Cable seçeneğinden Sections... düğmesine tıklanır. Ekrana gelen Frame Properties menüsünden 1S1 seçeneği seçilir ve OK tuşuna basılır. tuşuna vaya F4 tuşuna basılır.



Şekil 4.82. Sap2000 ile çubuklara kolon kesitlerinin atanması

Diğer kolonlarda yukarıda 1S1 kolonu atamasında olduğu gibi yapılacaktır. Aşağıda tabloda seçilecek çubuk numaraları ve atanacak kesit isimleri tablo halinde verilmiştir.

Çizelge 4.15. Kolonların atanacağı çubuk numaraları

Kolon No	**Seçilecek Çubuk Numaraları**
1S2	36,37,38,71,72,73,106,107,108,78,79,80,50,51,52,120,121,122,92,93,94,64,65, 66,99,100,101,134,135,136
1S3	8,9,10,43,44,45,113,114,115,148,149,150,15,16,17,85,86,87,155,156,157,22,23, 24,57,58,59,127,128,129,162,163,164
2S1	4,5,144,145,32,33,172,173
2S2	39,40,74,75,109,110,81,82,53,54,123,124,95,96,67,68,102,103,137,138
2S3	11,12,46,47,116,117,151,152,18,19,88,89,158,159,25,26,60,61,130,131,165,166
3S1	34,35,174,175,6,7,146,147
3S2	41,42,76,77,111,112,83,84,55,56,125,126,97,98,69,70,104,105,139,140
3S3	13,14,48,49,118,119,153,154,20,21,90,91,160,161,27,28,62,63,132,133,167,168

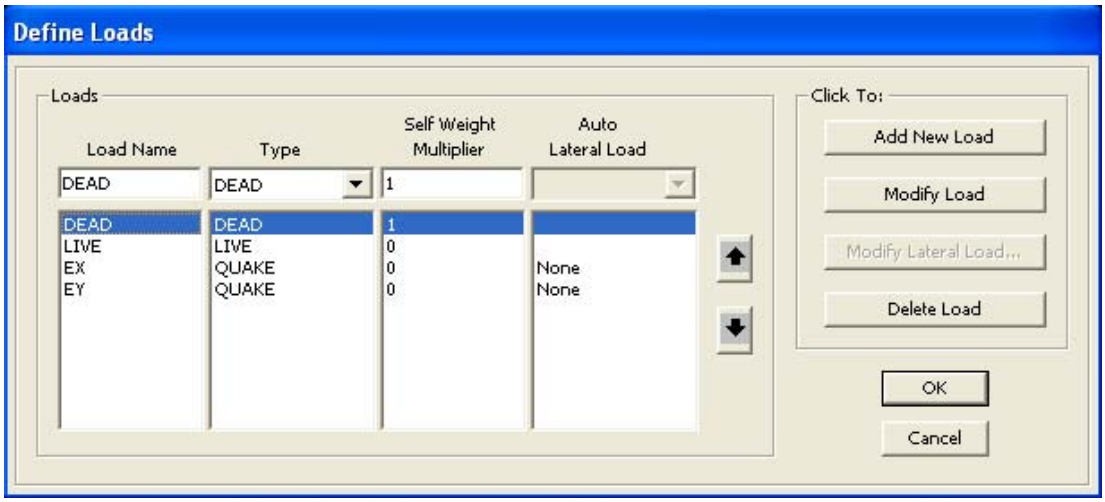
4.4.5. Yüklerin Tanımlanması

Define menüsünden **Load Cases…** komutu seçilir,

Load Name kısmına **LIVE** yazılır, Type açılır listeden **LIVE** seçeneği tıklanır. Add New Load tuşuna basılır.

Load Name kısmına **EX** yazılır, Type açılır listeden **QUAKE** seçeneği tıklanır. Add new Load tuşuna basılır.

Load Name kısmına **EY** yazılır, Add new Load tuşuna basılır. OK tuşuna basılır.



Şekil 4.83. Sap2000 yük tanımlama ileti kutusu

4.4.6. Yüklerinin Atanması

Döşemelere normal katlarda verilen yükler;

Zati yük : 0,470 t/m^2

Hareketli yük : 0,200 t/m^2,

Çatı katında;

Zati yük : 0,450 t/m^2

Hareketli yük : 0,150 t/m^2, olarak verilecektir.

Çatı kat hariç diğer katlarda kirişler dolgu duvar yükü olarak 0,600 t/m yük verilecektir.

Döşemelere verilecek yüklerden, kirişlere aktarılacak yükler hesap edilmiştir. Bu yükler aşağıda tablo olarak verilmiştir.

Çizelge 4.16. Kirişlere aktarılan yükler

Kat	Yükleme	Döşeme Yükü (t/m^2)	Kirişlere Aktarılan Yükler (t/m)		Duvar Yükü (t/m)
			Kısa Kenar	Uzun Kenar	
N	g	0,470	0,470	0,572	0,600
	q	0,200	0,200	0,244	
Ç	g	0,450	0,450	0,548	-
	q	0,150	0,150	0,183	

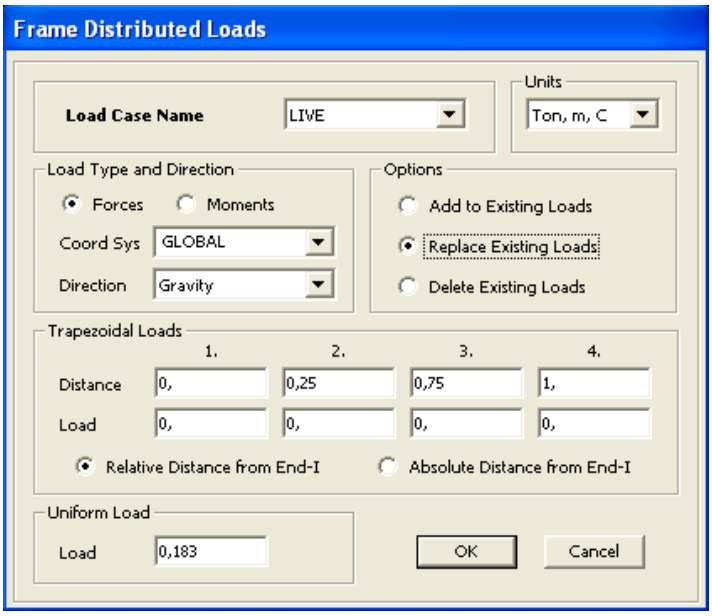
xy tuşuna basılarak X-Y düzlemine geçilir. yardımıyla Z=19.6 koordinatına gelinir. Burada 182,189,196,203,294,301,308,315 nolu çubuklar seçilir Assign menüsünden Frame Loads Distributed... komutu seçilir. Ekrana yükleme durumlarını belirlenmesini sağlayacak menü gelecektir. Uniform Load bölümüne **0,548** yazılır ve OK tuşuna basılır.



Şekil 4.84. Kirişlere zati yüklerin atanması

tuşuna basılır son seçilen çubuklar tekrar seçili hale gelecektir.

Assign menüsünden Frame Loads Distributed... komutu tekrar seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan Q yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,183** yazılarak OK tuşuna basılır.



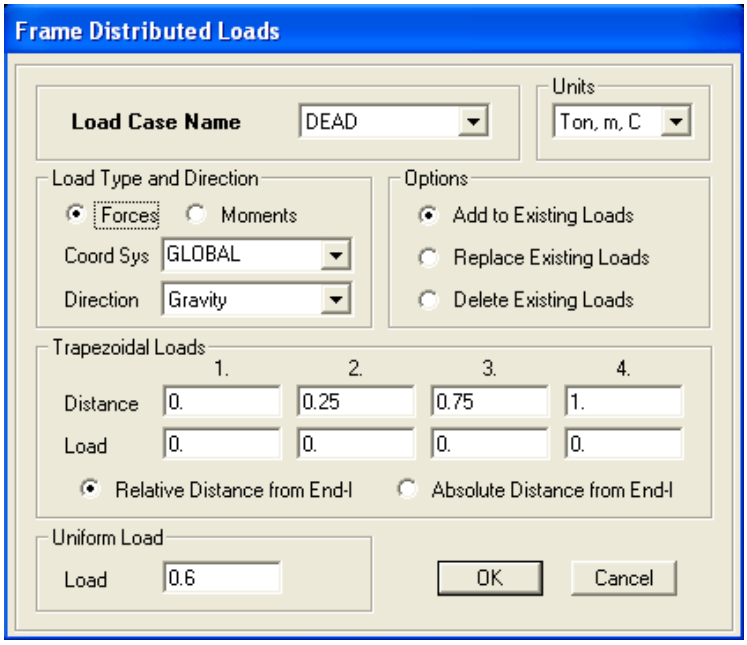
Şekil 4.85. Kirişlere hareketli yüklerin atanması

Diğer kirişlere de yük aktarımı yukarda anlatıldığı gibi yapılacaktır. Aşağıdaki tabloda seçilecek çubuk numaraları ve aktarılacak yük miktarları ve türleri verilmiştir.

Çizelge 4.17. Kirişlere aktarılacak yükler ve seçilecek çubuk numaraları

Yük No	Yük Miktarı (t/m)	Seçilecek Çubuk No
DEAD	1,096	210,217,224,231,238,245,252,259,266,273,280,287
Q	0,366	
DEAD	0,450	322,329,336,343,434,441,448,455
Q	0,150	
DEAD	0,900	350,357,364,371,378,385,392,399,406,413,420,427
Q	0,300	
DEAD	0,572	176,183,190,197,288,295,302,309, 177,184,191,198,289,296,303,310, 178,185,192,199,290,297,304,311, 179,186,193,200,291,298,305,312, 180,187,194,201,292,299,306,313, 181,188,195,202,293,300,307,314.
Q	0,244	
DEAD	1,144	204,211,218,225,232,239,246,253,260,267,274,281, 205,212,219,226,233,240,247,254,261,268,275,282, 206,213,220,227,234,241,248,255,262,269,276,283, 207,214,221,228,235,242,249,256,263,270,277,284, 208,215,222,229,236,243,250,257,264,271,278,285, 209,216,223,230,237,244,251,258,265,272,279,286.
Q	0,488	
DEAD	0,470	316,323,330,337,428,435,442,449, 317,324,331,338,429,436,443,450, 318,325,332,339,430,437,444,451, 319,326,333,340,431,438,445,452, 320,327,334,341,432,439,446,453, 321,328,335,342,433,440,447,454.
Q	0,200	
DEAD	0,940	344,351,358,365,372,379,386,393,400,407,414,421, 345,352,359,366,373,380,387,394,401,408,415,422, 346,353,360,367,374,381,388,395,402,409,416,423, 347,354,361,368,375,382,389,396,403,410,417,424, 348,355,362,369,376,383,390,397,404,411,418,425, 349,356,363,370,377,384,391,398,405,412,419,426.
Q	0,400	

 tuşuna basılır.  tuşuna basılarak X-Y Plane @ Z=2,8 koordinatına gelinir buradaki bütün kirişler seçilir  yardımıyla diğer katlara geçilir X-Y Plane @ Z=19,6 koordinatında bulunan kirişler hariç diğer katlarda bulunan kirişlerin tamamı seçilir, Assign menüsünden Frame Loads  Distributed... komutu seçilir. Load Case Name açılır kutusundan **DEAD** yüklemesi seçilir. Options bölümünde Add to Existing Loads seçeneği tıklanır. Uniform Load kısmına **0,6** yazılır ve OK tuşuna basılır. Kirişlere duvar yükleri bu şekilde atanır.



Şekil 4.86. Kirişlere duvar yüklerinin atanması

tuşuna basılır. tuşuna basılarak X-Y Plane @ Z=0 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden Joint içerisinde Restraints... seçeneği tıklanır. Bütün dönme ve serbestlikleri seçili hale getirilir ve OK tuşuna basılır.



Şekil 4.87. Kolon mesnet özelliklerinin tanımlanması

tuşuna basılarak X-Y Plane @ Z=2.8 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden Joint içerisinde **Constraints...** seçeneği tıklanır. Choose Constraint Type for Add açılır kutusundan **Diaphragm** seçeneği seçilir, Add New Constraint butonuna basılır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

tuşuna basılarak X-Y Plane @ Z=5.6 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden Joint içerisinde **Constraints...** seçeneği tıklanır. Choose Constraint Type for Add açılır kutusundan **Diaphragm** seçeneği seçilir, Add New Constraint butonuna basılır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

tuşuna basılarak X-Y Plane @ Z=8.4 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden Joint içerisinde **Constraints...** seçeneği tıklanır. Choose Constraint Type for Add açılır kutusundan **Diaphragm** seçeneği seçilir, Add New Constraint butonuna basılır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

tuşuna basılarak X-Y Plane @ Z=11.2 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden Joint içerisinde **Constraints...** seçeneği tıklanır. Choose Constraint Type for Add açılır kutusundan **Diaphragm** seçeneği seçilir, Add New Constraint butonuna basılır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

tuşuna basılarak X-Y Plane @ Z=14 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden Joint içerisinde **Constraints...** seçeneği tıklanır. Choose Constraint Type for Add açılır kutusundan **Diaphragm** seçeneği seçilir, Add New Constraint butonuna basılır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

tuşuna basılarak X-Y Plane @ Z=16.8 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden Joint içerisinde **Constraints...** seçeneği tıklanır. Choose Constraint Type for Add açılır kutusundan **Diaphragm** seçeneği seçilir, Add New Constraint butonuna basılır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

tuşuna basılarak X-Y Plane @ Z=19.6 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden Joint içerisinde **Constraints...** seçeneği tıklanır. Choose Constraint Type for Add açılır kutusundan **Diaphragm** seçeneği seçilir, Add New Constraint butonuna basılır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır. Rijit diyafram her kat için bu şekilde tanımlanır.

4.4.7. 7 Katlı Yapı Yatay Yüklerinin Belirlenmesi

Çizelge 4.18. Deprem yüklerinin belirlenmesi

			Kat Sabit Yük	Kat Hareketli Yük	Kat Ağırlığı	Kat Kütlesi	*(wi x hi)*	*(wi x hi) / ∑(wi x hi)*
Kat	**Yükseklik**	**Hi (m)**	**g (ton)**	**q (ton)**	**w (ton)**	**m (ton)**		
1	2,80	2,80	257,68	38,40	269,20	27,44	753,76	0,041
2	2,80	5,60	257,68	38,40	269,20	27,44	1507,52	0,081
3	2,80	8,40	257,68	38,40	269,20	27,44	2261,28	0,122
4	2,80	11,20	248,55	38,40	260,07	26,51	2912,73	0,157
5	2,80	14,00	248,55	38,40	260,07	26,51	3640,91	0,196
6	2,80	16,80	243,96	38,40	255,48	26,04	4292,06	0,231
7	2,80	19,60	156,12	28,80	164,76	16,80	3229,30	0,174
					1747,97		18597,56	

Set Display Options tuşuna tıklanır. Frame/Cables kısmında Labels seçeneği kaldırılır. Joints kısmında Labels seçeneği işaretlenir. OK tuşuna basılır. Bu şekilde ekranda düğüm numaraları gözükür.

tuşuna basılarak **Z=19,6** koordinatına gelinir. **104 nolu** düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesini seçilir, Force Global X kutusuna **0.174** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.174** yazılıp OK tuşuna basılır.

tuşuna basılarak **Z=16,8** koordinatına gelinir. **103 nolu** düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesini seçilir, Force Global X kutusuna **0.231** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign menüsünden Joint Loads

kısmında Forces... seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.231** yazılıp OK tuşuna basılır.

tuşuna basılarak **Z=14** koordinatına gelinir. **102 nolu** düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesini seçilir, Force Global X kutusuna **0.196** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.196** yazılıp OK tuşuna basılır.

tuşuna basılarak **Z=11,2** koordinatına gelinir. **101 nolu** düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesini seçilir, Force Global X kutusuna **0.157** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.157** yazılıp OK tuşuna basılır.

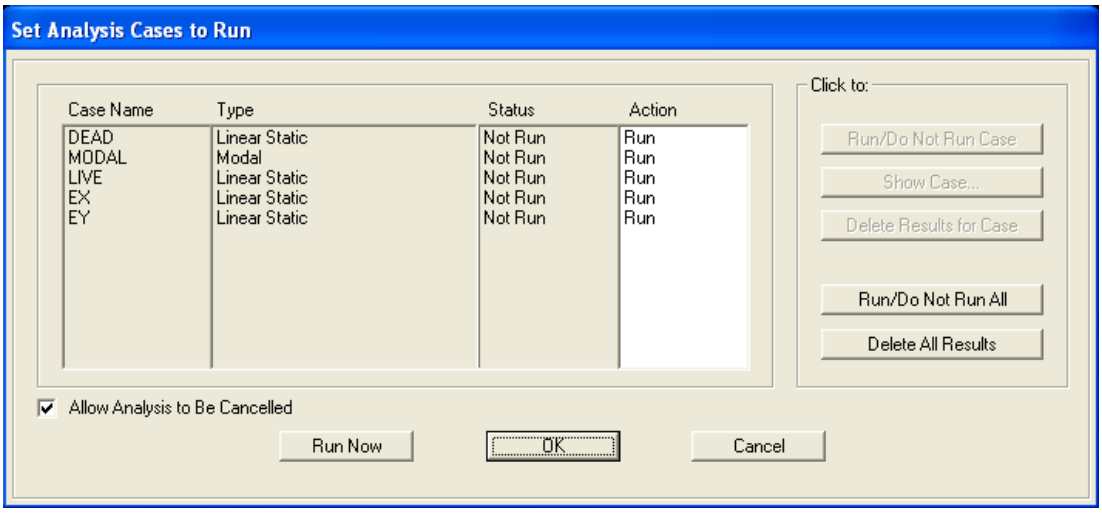
tuşuna basılarak **Z=8,4** koordinatına gelinir. **100 nolu** düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesini seçilir, Force Global X kutusuna **0.122** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.122** yazılıp OK tuşuna basılır.

tuşuna basılarak **Z=5,6** koordinatına gelinir. **99 nolu** düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesini seçilir, Force Global X kutusuna **0.081** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.081** yazılıp OK tuşuna basılır.

tuşuna basılarak **Z=2,8** koordinatına gelinir. **98 nolu** düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint Loads kısmında Forces... seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesini seçilir, Force Global X kutusuna **0.041** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign menüsünden Joint Loads

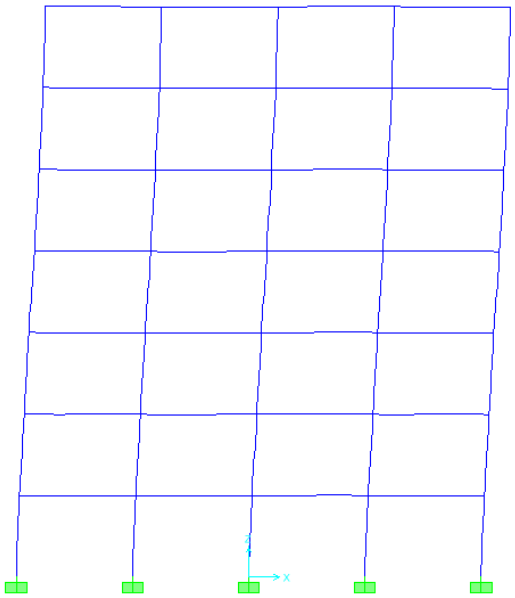
kısmında Forces... seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.041** yazılıp OK tuşuna basılır.

Analyze menüsünden Run Analysis (F5) düğmesine basılarak analiz işlemine geçilir. Ekrana gelen Set Analysis Cases to Run ileti kutusunda Run Now düğmesine basılır. Sistemin analiz edilebilmesi için kaydedilmesi gerekmektedir. Projenin ismini 7 katlı olarak yazılır ve kaydedilir.



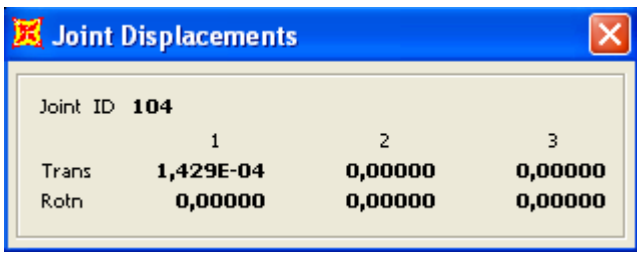
Şekil 4.88. Sap2000 analiz başlatma ileti kutusu

Analiz işlemi tamamlandıktan sonra Display menüsünden Show Deformed Shape komutu seçilir Case/Combo Name kısmında EX yüklemesi seçilir ve OK tuşuna basılır. Sol pencerede Deformed Shape (EX) deplasman şekli görülmektedir. xz tuşuna basılarak xz düzlemine geçilir. Burada her kat için oluşan deplasman miktarları görsel olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.89. 4 katlı yapının deplasman yapmış kesiti

Mause ile düğüm noktalarında sağ tuşla basılırsa düğüm noktalarında oluşan deplasman miktarları görülebilir. 1,2 ve 3 ifadeleri x,y ve z koordinatlarını ifade etmektedir. Trans yer değiştirme miktarını Rotn dönme miktarlarını göstermektedir.



Şekil 4.90. 4 katlı yapı x yönü tepe deplasman değeri

Y yönünde deplasman miktarlarını görmek için ise Display menüsünden Show Deformed Shape komutu seçilir Case/Combo Name kısmında EY yüklemesi seçilir ve OK tuşuna basılır. Elde edilen deplasman Çizelge3.17'de verilmiştir.

4.4.7.1. 7 Katlı Yapı X Yönü Periyot Hesabı

Çizelge 4.19. X yönü periyot hesabı

Kat	Kat Kütlesi m (ton)	Y Yönü *dfi*	dfi^2	$mi\ dfi^2$	$Fi\ dfi$	$T_{1X} = 2\pi[\frac{m_i x df_i^2}{F_i x df_i}]^{\frac{1}{2}}$
1	27,44	0,00001615	2,61E-10	7,15733E-09	6,5456E-07	0.759
2	27,44	0,00003926	1,54E-09	4,22967E-08	3,18242E-06	
3	27,44	0,00006184	3,82E-09	1,04941E-07	7,51914E-06	
4	26,51	0,00008929	7,97E-09	2,11358E-07	1,39845E-05	
5	26,51	0,0001119	1,25E-08	3,3195E-07	2,19071E-05	
6	26,04	0,0001326	1,76E-08	4,57905E-07	3,06023E-05	
7	16,80	0,0001429	2,04E-08	3,42963E-07	2,48133E-05	
				1,49857E-06	0,000102663	

4.4.7.2. 7 Katlı Yapı Y Yönü Periyot Hesabı

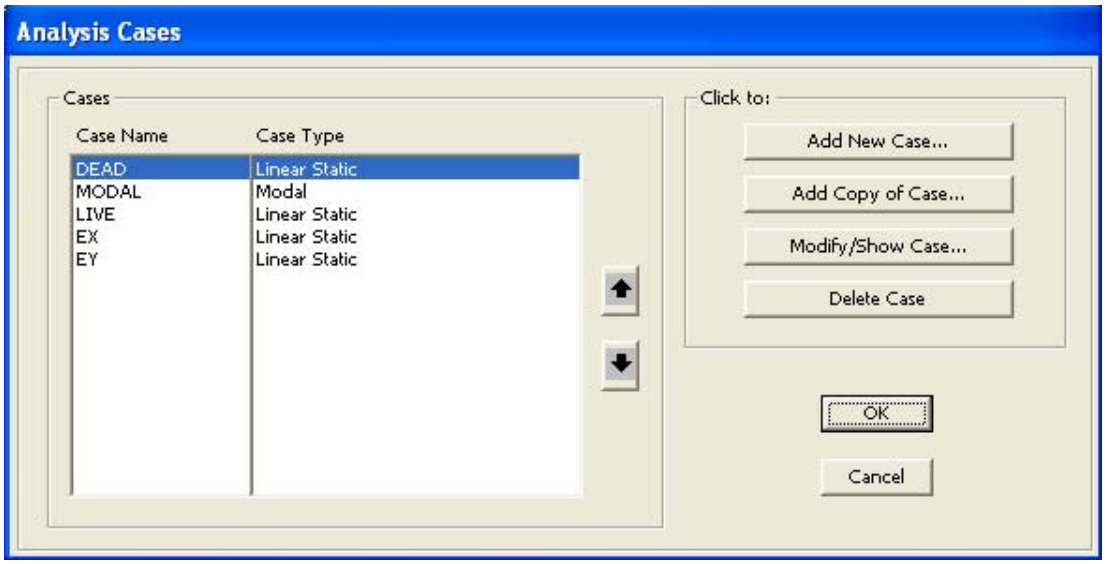
Çizelge 4.20. Y yönü periyot hesabı

Kat	Kat Kütlesi m (ton)	Y Yönü *dfi*	dfi^2	$mi\ dfi^2$	$Fi\ dfi$	$T_{1Y} = 2\pi[\frac{m_i x df_i^2}{F_i x df_i}]^{\frac{1}{2}}$
1	27,441	0,00001595	2,54E-10	6,98116E-09	6,46454E-07	0,753
2	27,441	0,00003812	1,45E-09	3,9876E-08	3,09001E-06	
3	27,441	0,00005983	3,58E-09	9,823E-08	7,27474E-06	
4	26,510	0,00008709	7,58E-09	2,01071E-07	1,36399E-05	
5	26,510	0,0001098	1,21E-08	3,19608E-07	2,14959E-05	
6	26,043	0,0001309	1,71E-08	4,46239E-07	3,02099E-05	
7	16,795	0,0001417	2,01E-08	3,37227E-07	2,46049E-05	
				1,44923E-06	0,000100962	

Kilidi açmak için  işareti tıklanır ekrana gelen uyarıya tamam diyerek kapatılır.

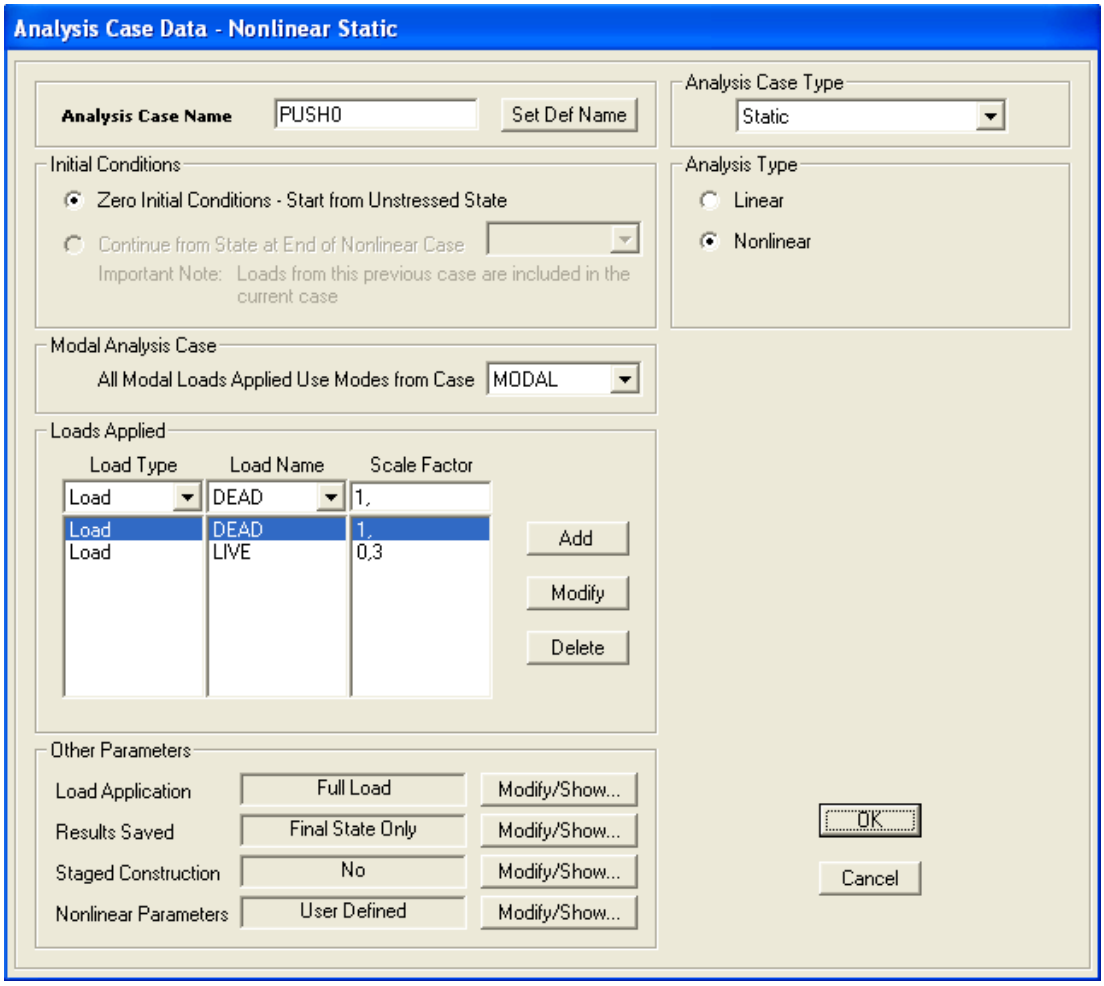
4.4.8. Analiz Seçeneklerinin Belirlenmesi

Define menüsünden Analysis Cases... seçeneği tıklanır. Burada Add New Case tıklanılarak Data menüsüne ulaşılır.



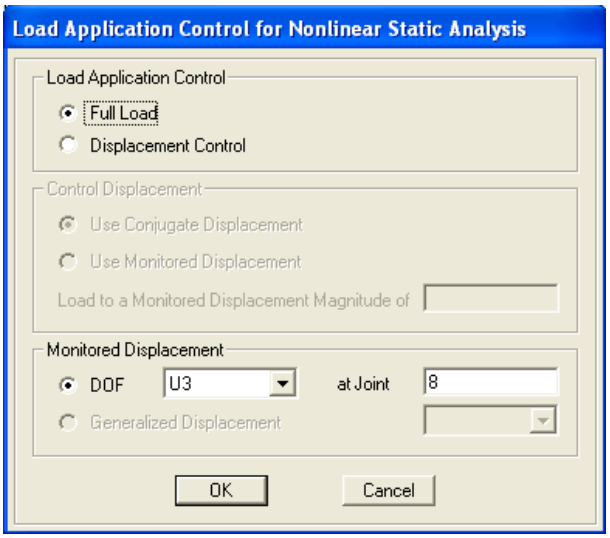
Şekil 4.91. Nonlinear analiz seçeneklerinin tanımlanması

- Analysis Case Name kısmına **PUSH0** yazılır.
- Analiz Type kısmında Nonlinear işaretlenir.
- Loads Applied kısmında Load Type kısmı Load olarak seçilir, Load Name açılır kutudan **DEAD** seçilir, Scala Factor kısmına **1** yazılarak Add tuşu tıklanır.
- Load Name açılır kutusundan **Q** seçilir ve Scale Factor kısmına **0,3** yazılarak Add tuşuna basılarak statik itme analizinin başlangıç koşulları olan düşey yüklemeler tanımlanır.



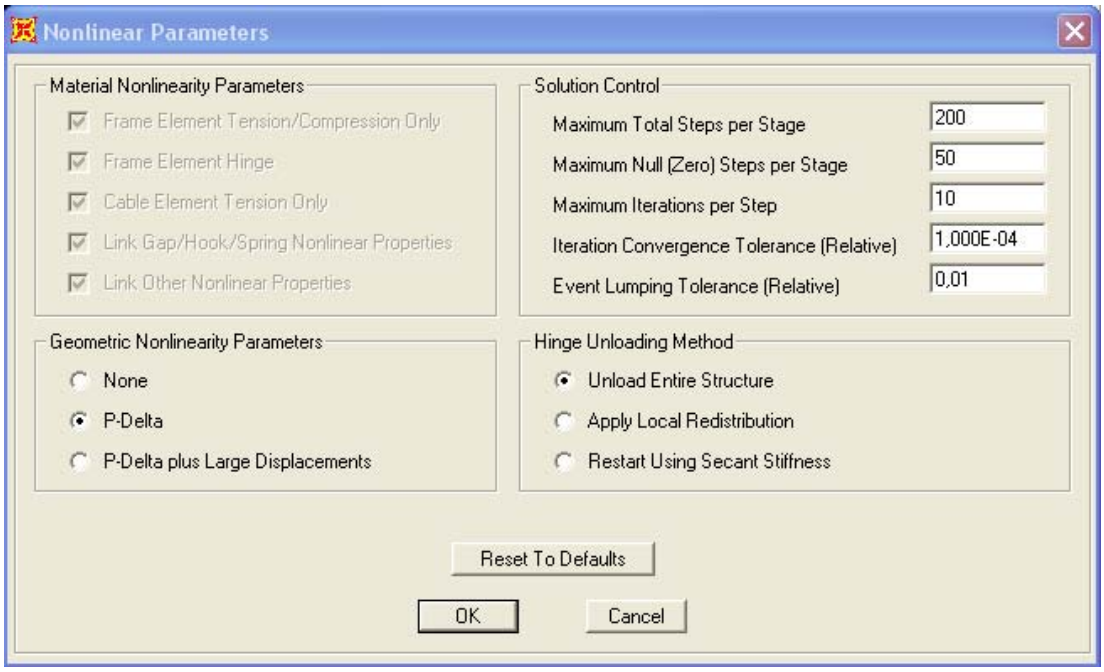
Şekil 4.92. Nonlinear analizde düşey yüklerin esas alındığı aşama

Load Application seçeneğinde Modify/Show… tıklanarak Monitored Displacement kısmında U1 yerine U3 seçilir OK tuşuna basılır.



Şekil 4.93. Nonlinear analiz düşey yük parametreleri

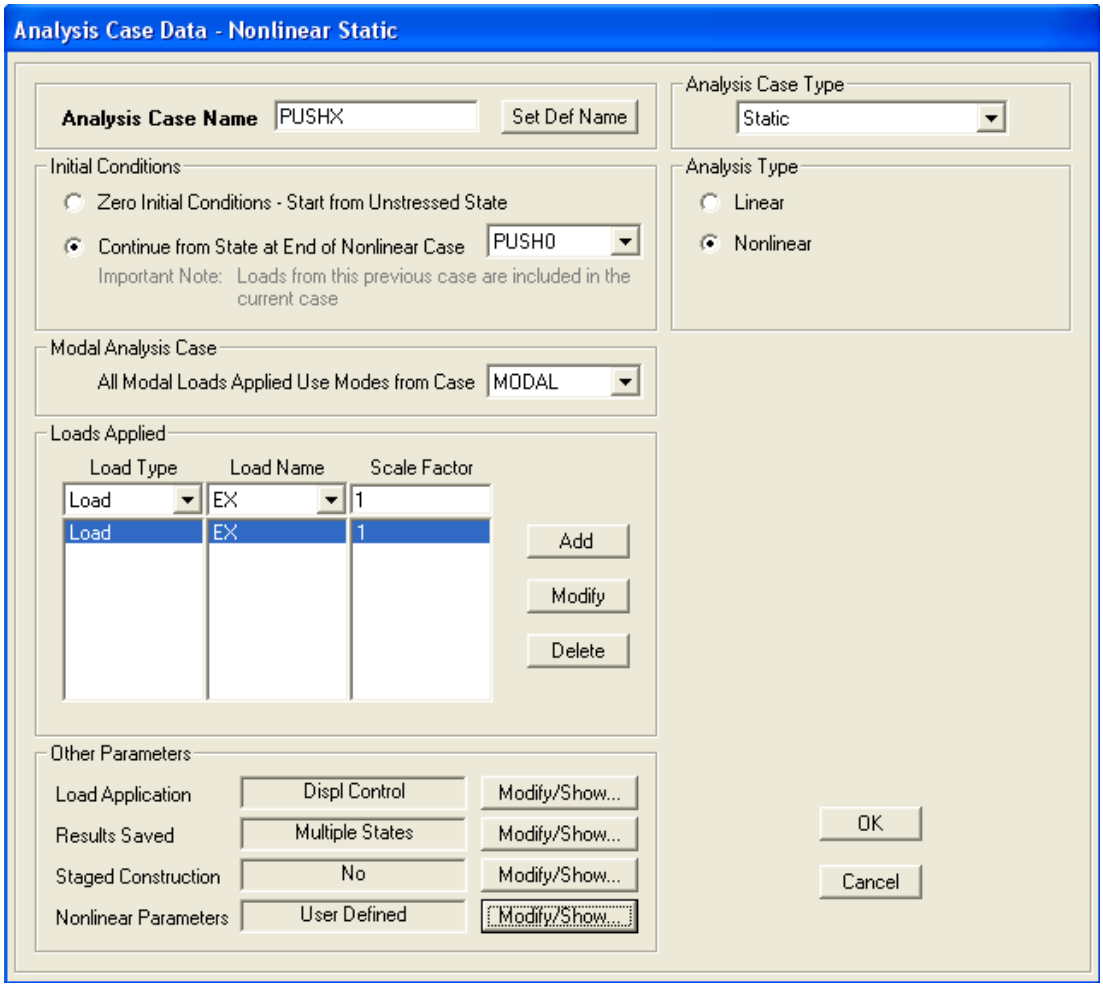
Nonlinear Parameters seçeneğinde Modify/Show… seçeneği tıklanarak P-Delta seçilir.



Şekil 4.94. Nonlinear analiz parametreleri

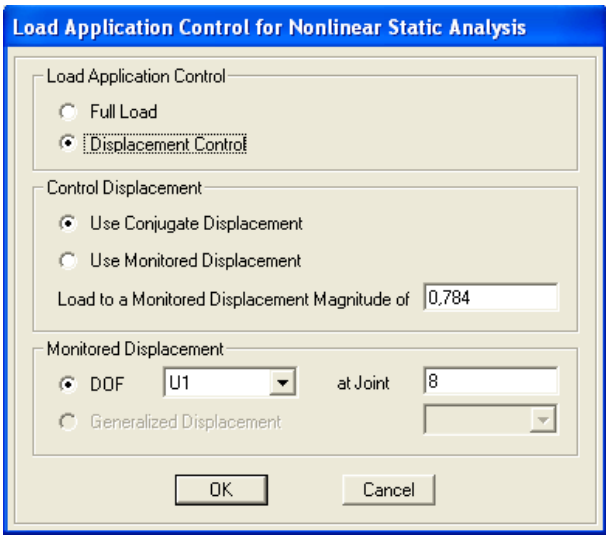
2 kez OK tuşuna basılır. Tekrar Add New Case… tuşuna basılır.

- Analysis Case Name kısmına **PUSHX** yazılır.
- Analiz Type kısmında Nonlinear işaretlenir.
- Continue from State at End of Nonlinear Case kısmı seçilerek açılır pencereden **PUSH0** seçilir.
- Loads Applied kısmında Load Type kısmı Load olarak seçilir, Load Name açılır kutudan **EX** seçilir, Scala Factor kısmına **1** yazılarak Add tuşu tıklanır.



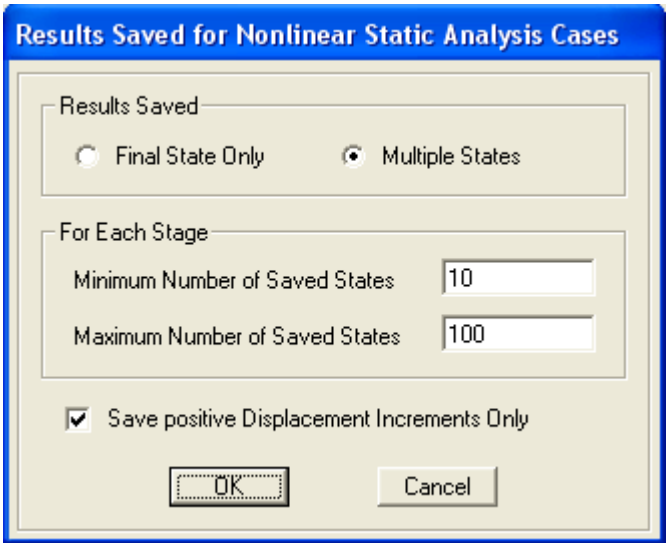
Şekil 4.95. Nonlinear analiz x yönü yatay yüklerin tanımlanması

Load Application seçeneğinde Modify/Show… tıklanarak Diplacement Control aktif hale getirilir. OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.



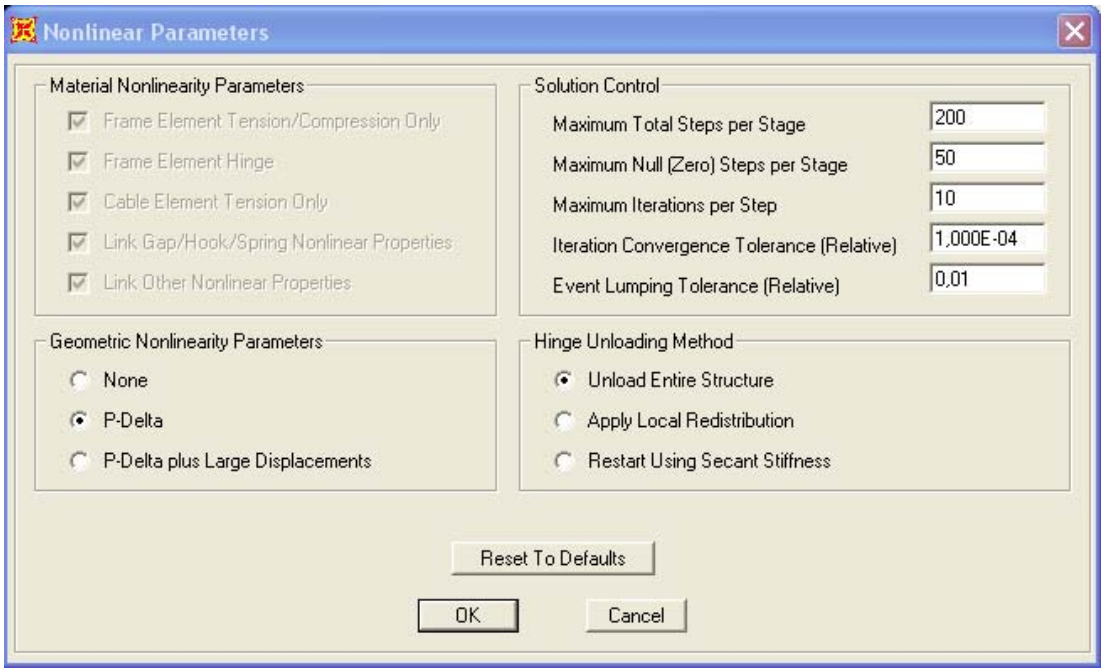
Şekil 4.96. Nonlinear analiz x yönü deplasman miktarının tanımlanması

Results Saved seçeneğinde Modify/Show… tıklanarak Multiple States seçili hale getirilir. OK tuşuna basılır.



Şekil 4.97. Nonlinear analiz x yönü kaydedilecek iterasyon sayısı

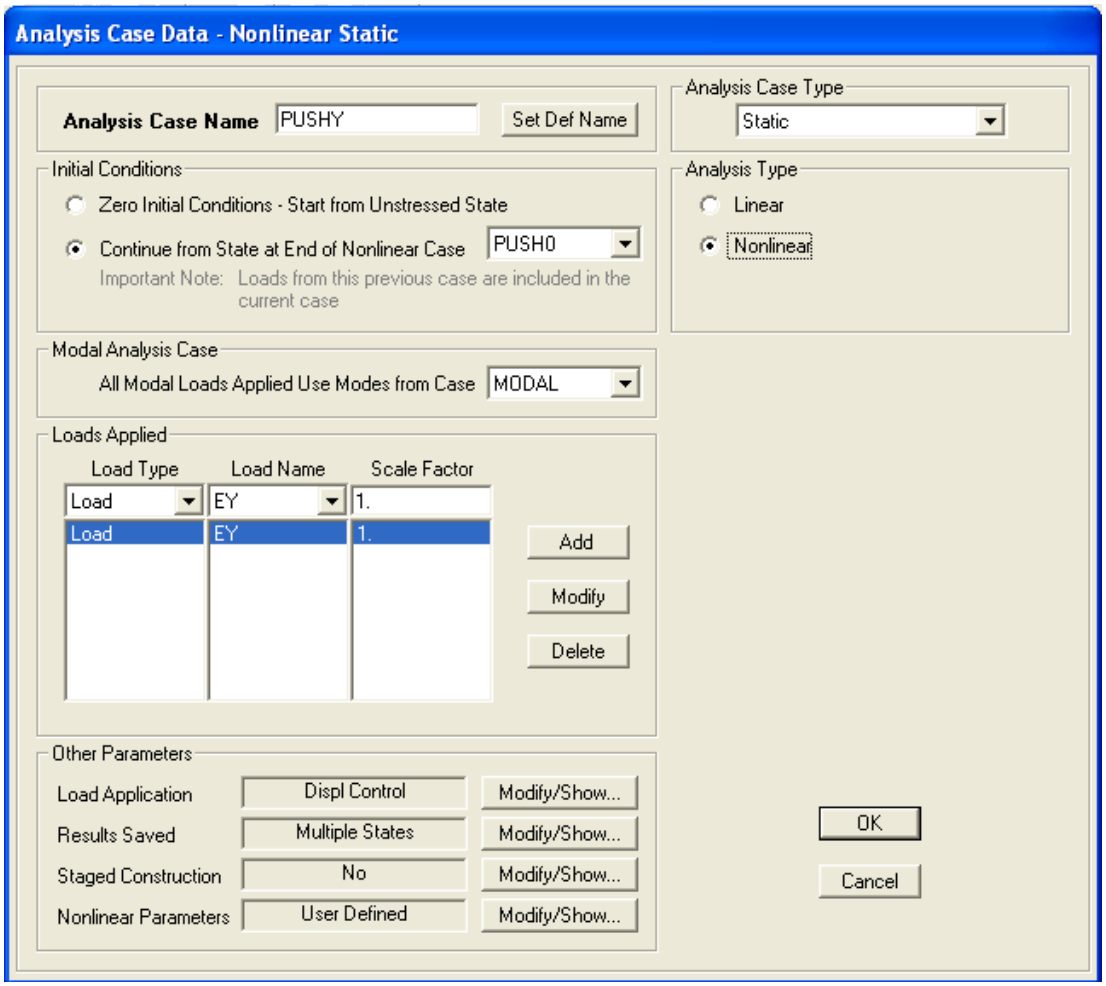
Nonlinear Parameters seçeneğinde Modify/Show… seçeneği tıklanarak P-Delta seçilir.



Şekil 4.98. Nonlinear analiz x yönü parametreleri

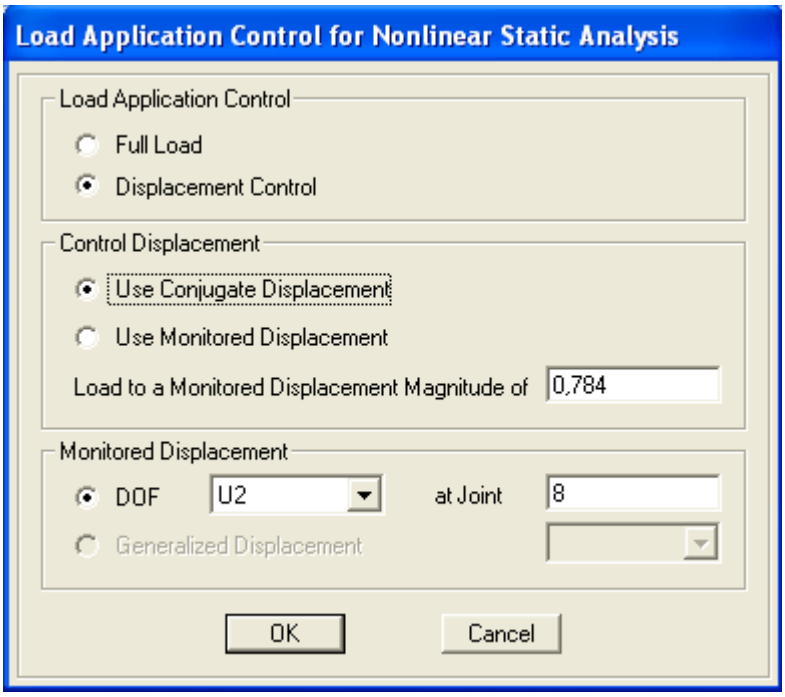
2 kez OK tuşuna basınız. Tekrar Add New Case… tuşuna basılır.

- Analysis Case Name kısmına **PUSHY** yazılır.
- Analiz Type kısmında Nonlinear işaretlenir.
- Continue from State at End of Nonlinear Case kısmı seçilerek açılır pencereden **PUSH0** seçilir.
- Loads Applied kısmında Load Type kısmı Load olarak seçilir, Load Name açılır kutudan **EX** seçilir, Scala Factor kısmına **1** yazılarak Add tuşu tıklanır.



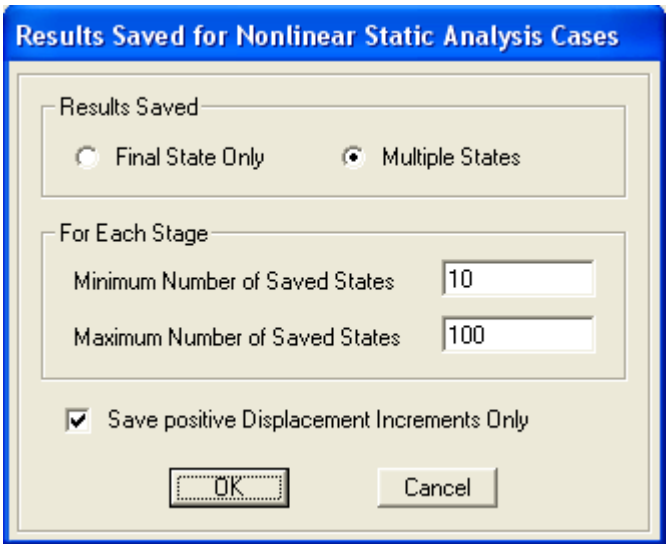
Şekil 4.99. Nonlinear analiz y yönü yatay yüklerin tanımlanması

Load Application seçeneğinde Modify/Show… tıklanarak Diplacement Control aktif hale getirilir. OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.



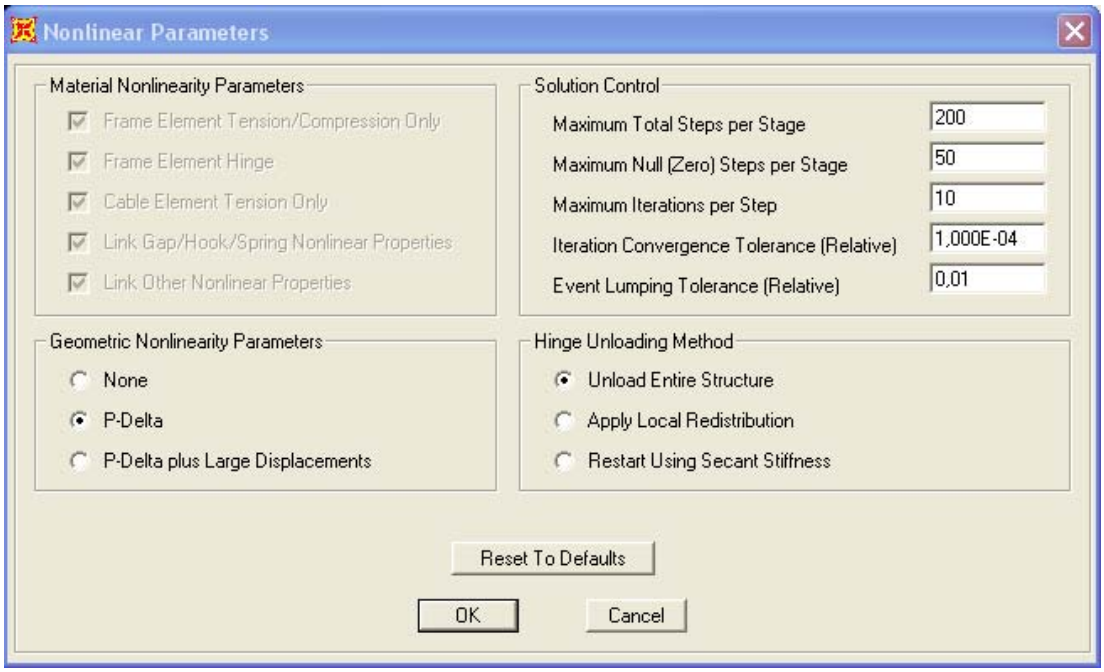
Şekil 4.100. Nonlinear analiz y yönü deplasman miktarının tanımlanması

Results Saved seçeneğinde Modify/Show… tıklanarak Multiple States seçili hale getirilir. OK tuşuna basılır.



Şekil 4.101. Nonlinear analiz y yönü kaydedilecek iterasyon sayısı

Nonlinear Parameters seçeneğinde Modify/Show… seçeneği tıklanarak P-Delta seçilir.

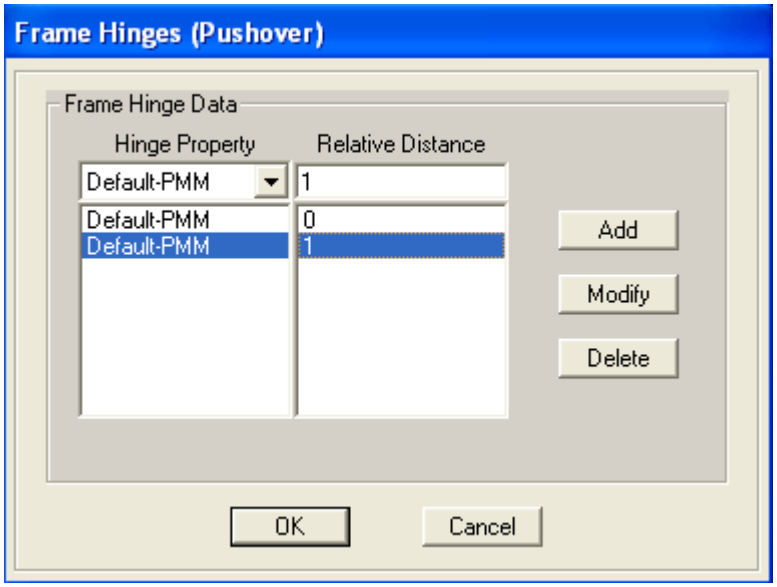


Şekil 4.102. Nonlinear analiz y yönü parametreleri

3 kez OK tuşuna basılarak nonlinear analiz seçeneği tanımlanmış olur.

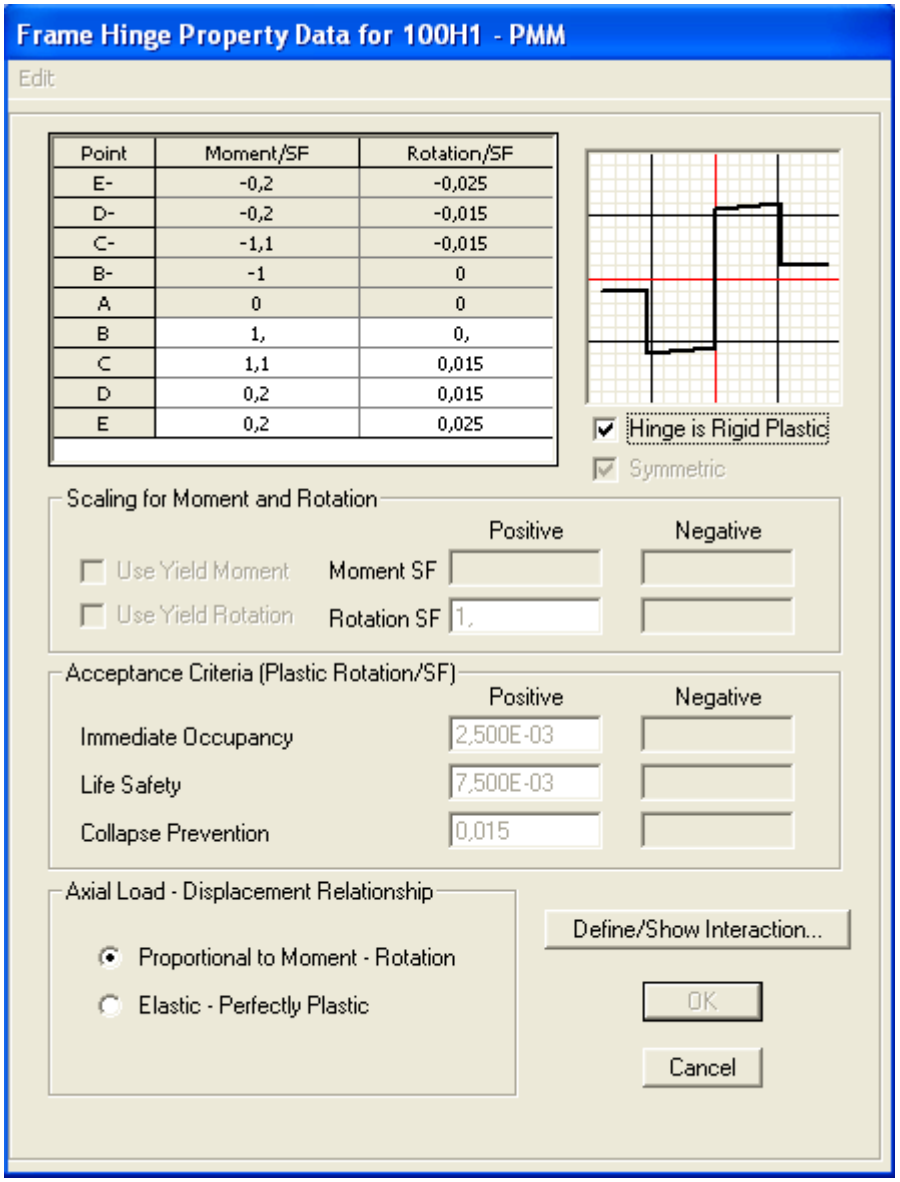
4.4.9. Plastik Mafsalların Atanması

Select menüsünden Frame/Cable Sections komutu seçilir açılan menü içerisinden **1S1,1S2,1S3,2S1,2S2,2S3,3S1,3S2,3S3** kolonlarını seçilir. OK tuşuna basılır. Assign menüsünden Frame/Cable içerisinde **Hinges...** komutu tıklanır. Açılan Frame Hinges (Pushover) menüsünde Hinge Property açılır kutusundan **Default-PMM** seçilir ve Relative Distance kutusuna 0 yazılarak Add tuşuna basılır. Relative Distance kutusuna 1 yazılır Add tuşuna tekrar basılır. OK tuşuna basılarak kolonlara plastik mafsal atamaları yapılır.



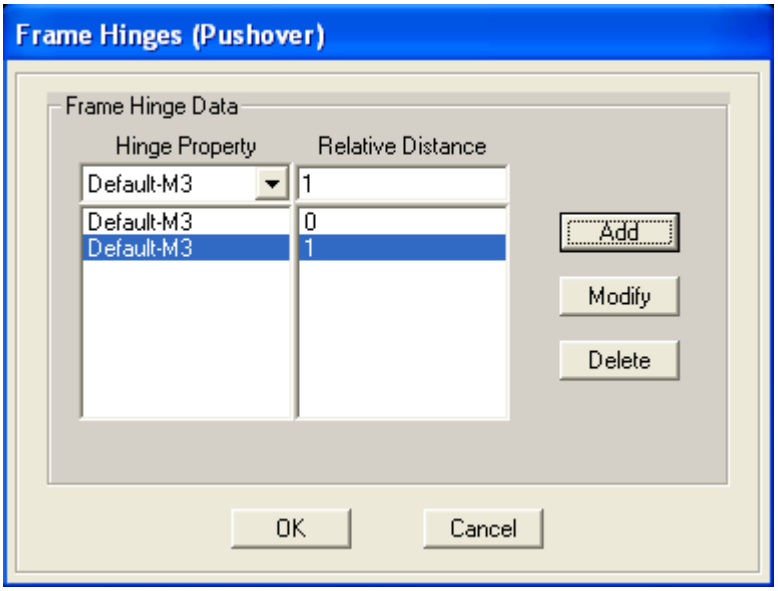
Şekil 4.103. Kolon uçlarına plastik mafsalların atanması

Define menüsünden Hinge Properties… komutu seçilir. Define Frame Hinge Properties menüsü ekrana gelir. Altta bulunan Show Genarated Props seçeneği işaretlenirse ekrana atanan plastik mafsallar gelir. Defined Hinges Props kısmında 100H1 seçilir Modify / Show Property… tıklanır. Data menüsü ekrana gelir burada Modify / Show For PMM tıklanır. Seçilen kolona atanan moment-dönme bağıntıları ve hasar sınır değerleri buradan kontrol edilir.



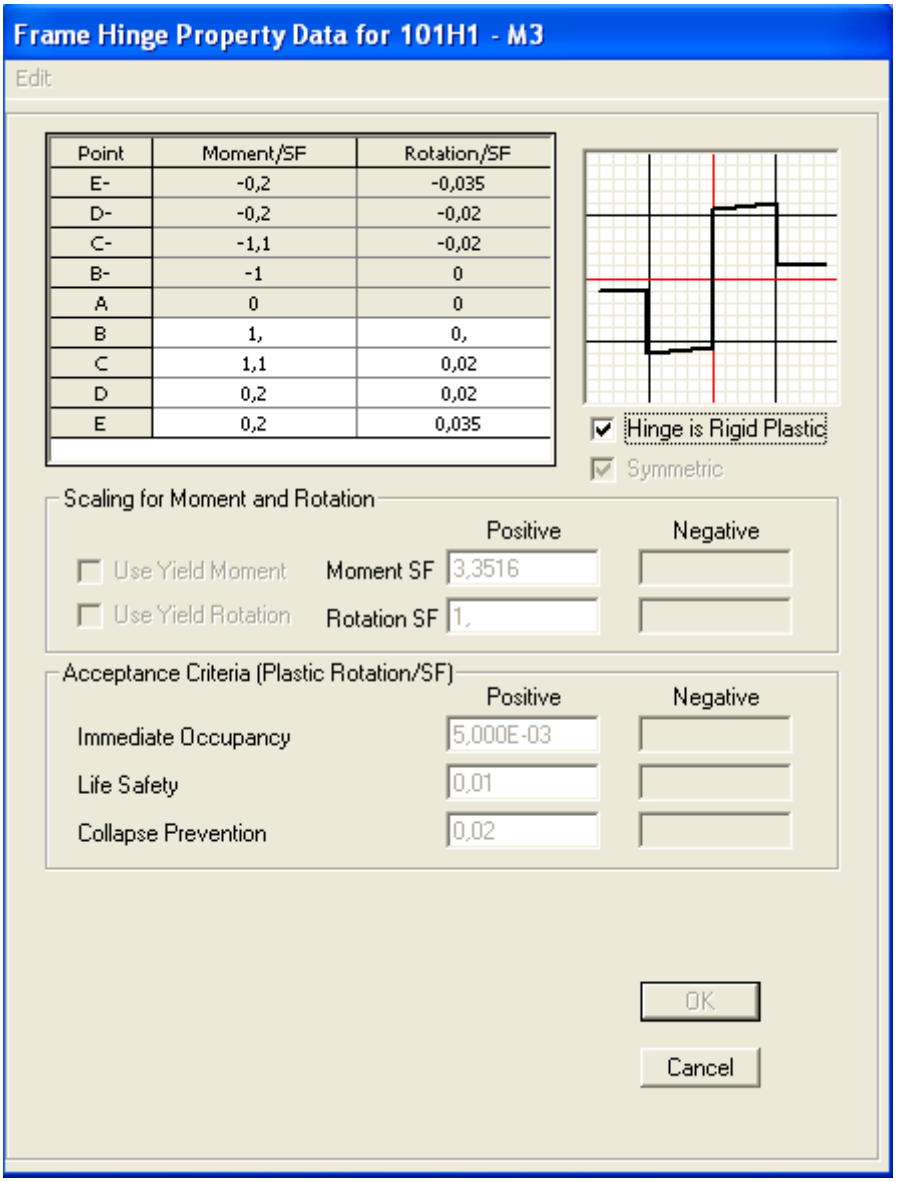
Şekil 4.104. Kolonlara atanan plastik mafsal değerleri

Select menüsünden Frame/Cable Sections komutu seçilir açılan menü içerisinden **KIRIS** seçilir. OK tuşuna basılır. Assign menüsünden Frame/Cable içerisinde Hinges... komutu tıklanır. Açılan Frame Hinges (Pushover) menüsünde Hinge Property açılır kutusundan **Default-M3** seçilir ve Relative Distance kutusuna 0 yazılıp Add tuşuna basılır. Relative Distance kutusuna 1 yazılır Add tuşuna tekrar basılır. OK tuşuna basılarak kirişlerin plastik mafsal atamaları yapılır.



Şekil 4.105. Kiriş uçlarına plastik mafsalların atanması

Define menüsünden Hinge Properties… komutu seçilir. Define Frame Hinge Properties menüsü ekrana gelir. Altta bulunan Show Genarated Props seçeneği işaretlenirse ekrana atanan plastik mafsallar gelir. Defined Hinges Props kısmında 100H1 seçilir Modify / Show Property… tıklanır. Data menüsü ekrana gelir burada Modify / Show For PMM tıklanır. Seçilen kolona atanan moment-dönme bağıntıları ve hasar sınır değerleri buradan kontrol edilir.



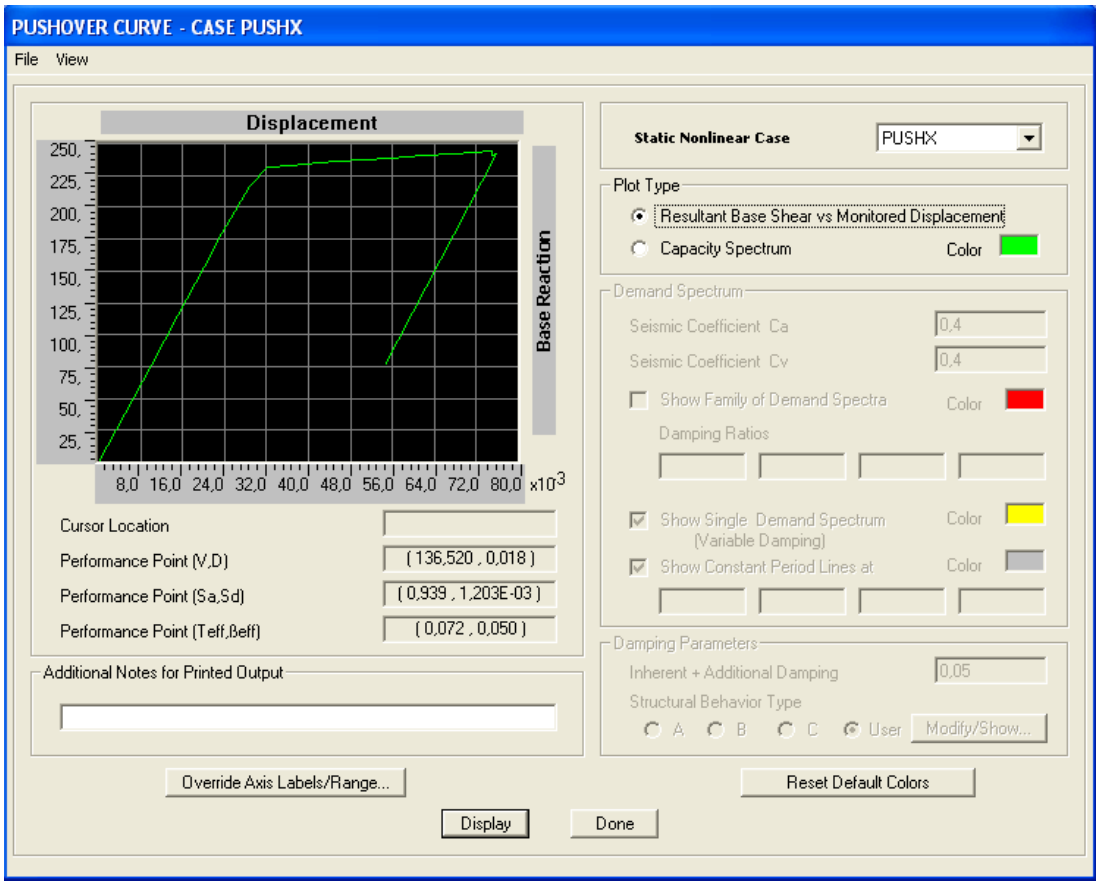
Şekil 4.106. Kirişlere atanan plastik mafsal değerleri

Ekranın sağ tarafında bulunan X-Y düzlemini sağ üst köşesinden tuşuna basılarak kapatılır. Ekranda sadece 3-D View görünümü kalır.

Analyze menüsünden Run Analysis (F5) düğmesine basılarak analiz işlemine geçilir.

4.4.10. Sap2000 Programı İle 7 Katlı YapıAnaliz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Analiz tamamlandıktan sonra Display menüsünden Show Statik Pushover Curve… seçeneğini seçilir. Burada pushover analizi sonuçları yer almaktadır. Statik Nonlinear Case açılır penceresinden analiz türü seçilebilir. Analiz seçeneğini seçtikten sonra sol tarafta taban kesme kuvveti ve deplasman grafiği görüntülenecektir.



Şekil 4.107. 7 katlı yapı x yönü kapasite eğrisi

Resultant base shear vs monitored displacement seçili halde iken, File menüsünden Display Tables Seçeneği tıklanır. Pushover curve menüsü ekrana gelir. Burada yapılan iterasyonlara göre yapının elemanlarında oluşan hasar düzeyleri gösterilmektedir. Performans noktasında oluşan taban kesme kuvveti ve deplasman

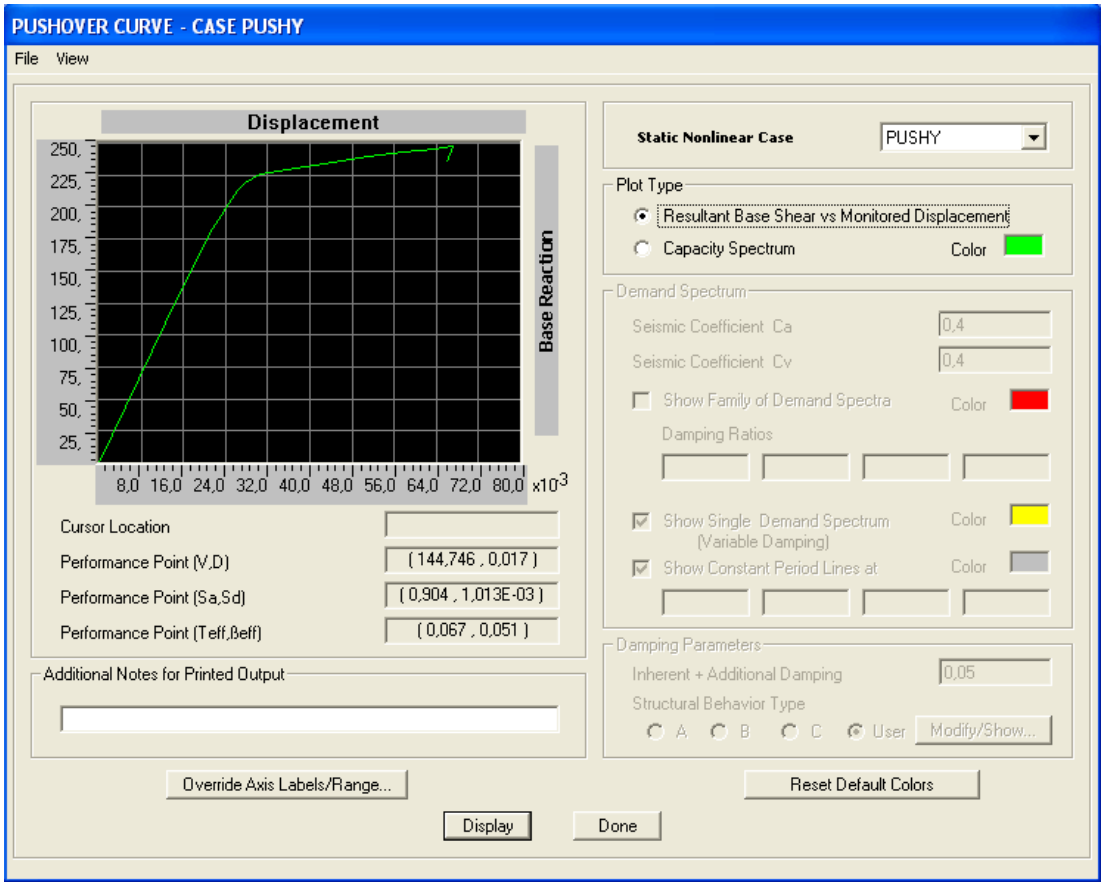
değerinin çizelgede yeri belirlenir. Bu iterasyon adımında çubuk elemanlarda oluşan hasar durumlarına göre yapının geneli için performans düzeyi belirlenir.

Çizelge 4.21 7 katlı betonarme yapı x yönü taban kesme kuvveti-yerdeğiştirme değerleri ve hasar düzeyleri

Step	Displacement	Base Force	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	TOTAL
0	1,41E-05	0	910	0	0	0	0	0	0	0	910
1	0,005	38,2542	910	0	0	0	0	0	0	0	910
2	0,01	76,5085	910	0	0	0	0	0	0	0	910
3	0,015	114,7627	910	0	0	0	0	0	0	0	910
4	0,02	153,017	910	0	0	0	0	0	0	0	910
5	0,0235	179,3856	909	1	0	0	0	0	0	0	910
6	0,0289	216,6711	872	38	0	0	0	0	0	0	910
7	0,0319	230,6574	829	81	0	0	0	0	0	0	910
8	0,0322	231,3572	824	86	0	0	0	0	0	0	910
9	0,0324	231,8947	818	92	0	0	0	0	0	0	910
10	0,0327	232,1169	815	95	0	0	0	0	0	0	910
11	0,0363	233,2482	811	98	1	0	0	0	0	0	910
12	0,0454	235,9981	799	61	50	0	0	0	0	0	910
13	0,0506	237,5638	794	66	50	0	0	0	0	0	910
14	0,0556	239,0231	787	73	20	30	0	0	0	0	910
15	0,0619	240,8141	780	80	0	50	0	0	0	0	910
16	0,0676	242,3649	772	88	0	50	0	0	0	0	910
17	0,075	244,3566	770	90	0	49	0	1	0	0	910
18	0,075	240,5865	770	90	0	49	0	0	1	0	910
19	0,0752	240,8043	770	90	0	49	0	0	1	0	910
20	0,0759	241,7435	770	90	0	47	0	2	1	0	910
21	0,0545	75,7136	770	90	0	45	0	2	3	0	910

7 katlı betonarme yapının Sap 2000 programı ile statik itme analizi yapılmış yapının performans noktası belirlenmiştir. Her iterasyon adımında yapı elemanlarında oluşan hasar düzeyleri belirlenmiştir. Betonarme yapının x yönünde performans noktasında elde edilen taban kesme kuvveti değeri Vt=136,52 ton, deplasman miktarı 1,8 cm olarak hesap edilmiştir. Yapımız 4. iterasyonda performans noktasına ulaşmıştır. 7 katlı betonarme yapının x yönünde Hemen Kullanım Performans Düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Statik Nonlinear Case açılır penceresinden pushy seçeneği seçilirse ekrana y yönünde yapının taban kesme kuvveti, yatay deplasman değerleri ekrana gelecektir.



Şekil 4.108. 7 katlı yapı y yönü kapasite eğrisi

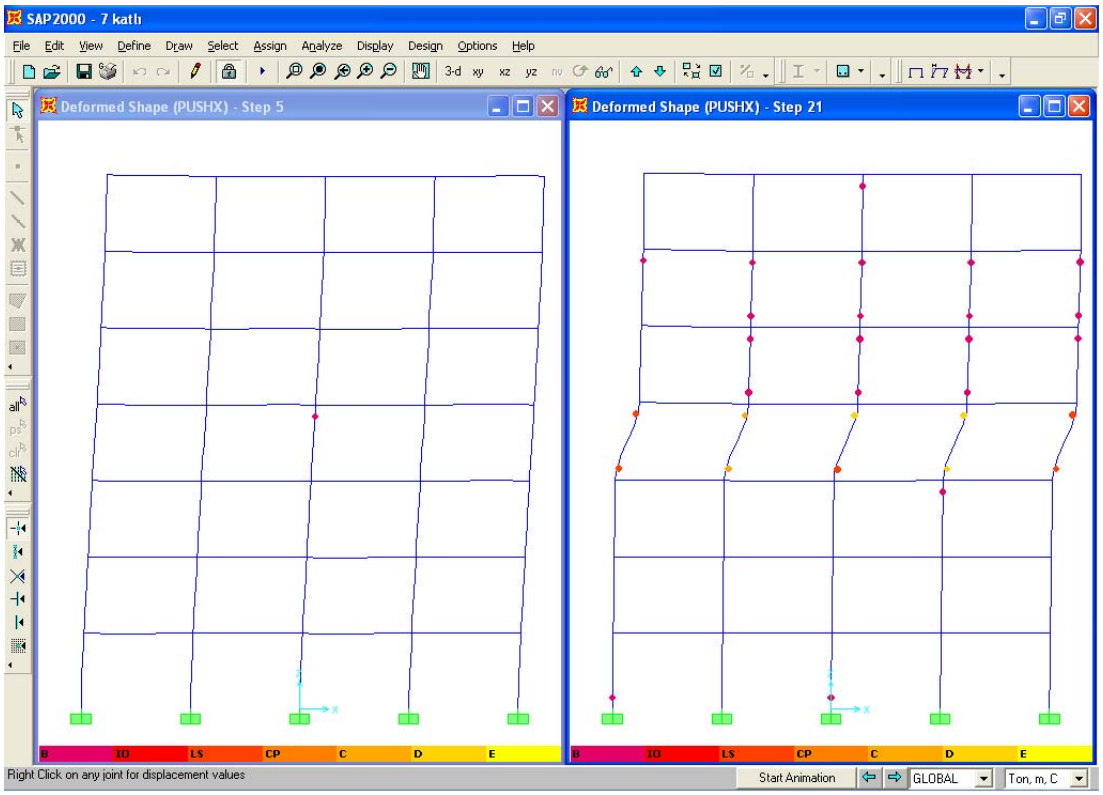
Resultant base shear vs monitored displacement seçili halde iken, File menüsünden Display Tables Seçeneği tıklanır. Pushover curve menüsü ekrana gelir. Burada yapılan iterasyonlara göre yapının elemanlarında oluşan hasar düzeyleri gösterilmektedir. Performans noktasında oluşan taban kesme kuvveti ve deplasman değerinin çizelgede yeri belirlenir. Bu iterasyon adımında çubuk elemanlarda oluşan hasar durumlarına göre yapının geneli için performans düzeyi belirlenir.

Çizelge 4.22 7 katlı betonarme yapı y yönü taban kesme kuvveti-yerdeğiştirme değerleri ve hasar düzeyleri

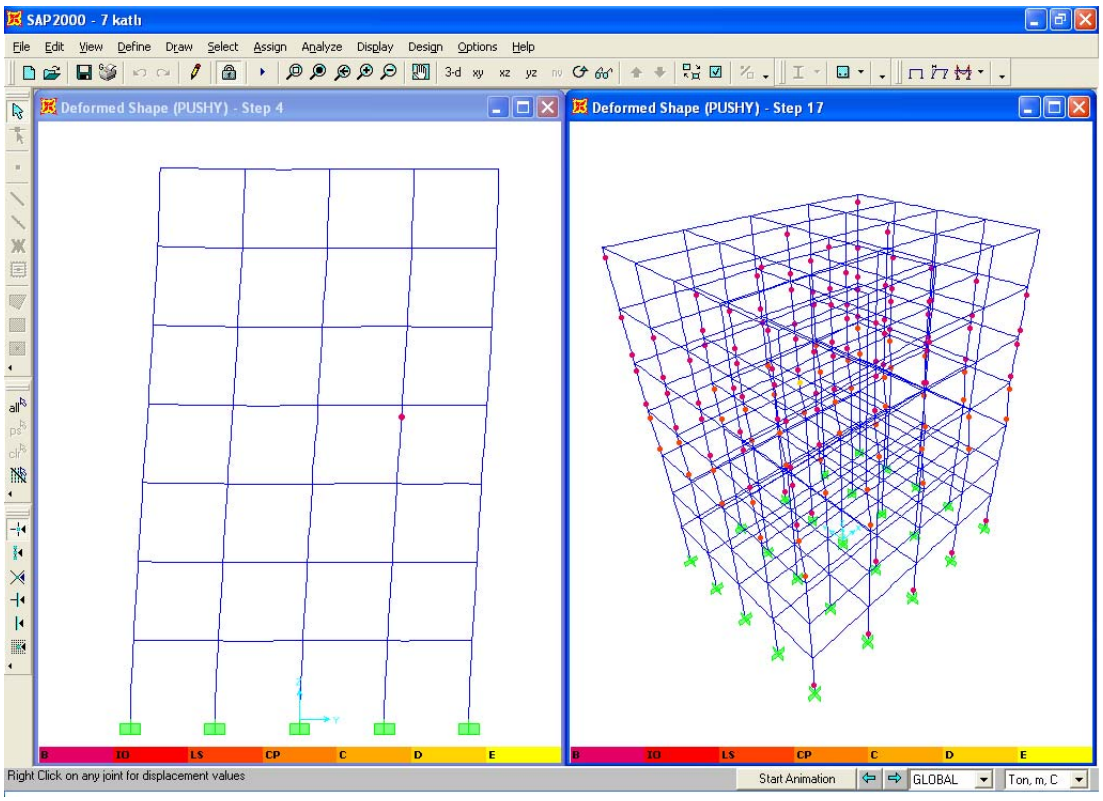
Step	Displacement	Base Force	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	TOTAL
0	8,31E-06	0	910	0	0	0	0	0	0	0	910
1	0,005	43,7486	910	0	0	0	0	0	0	0	910
2	0,01	87,4972	910	0	0	0	0	0	0	0	910
3	0,015	131,2458	910	0	0	0	0	0	0	0	910
4	0,0156	136,1852	909	1	0	0	0	0	0	0	910
5	0,0209	179,389	891	19	0	0	0	0	0	0	910
6	0,0263	212,6577	857	53	0	0	0	0	0	0	910
7	0,0278	219,1835	839	70	1	0	0	0	0	0	910
8	0,029	222,6575	835	69	6	0	0	0	0	0	910
9	0,0304	225,9775	820	81	9	0	0	0	0	0	910
10	0,034	228,5014	814	82	14	0	0	0	0	0	910
11	0,039	231,897	798	70	42	0	0	0	0	0	910
12	0,0445	235,3212	783	77	44	6	0	0	0	0	910
13	0,0511	239,2636	773	87	34	16	0	0	0	0	910
14	0,0576	242,8022	763	97	16	34	0	0	0	0	910
15	0,0639	245,934	760	100	0	50	0	0	0	0	910
16	0,0671	247,4942	757	103	0	49	0	1	0	0	910
17	0,066	234,8401	757	103	0	49	0	0	1	0	910

7 katlı betonarme yapının Sap 2000 programı ile statik itme analizi yapılmış yapının performans noktası belirlenmiştir. Her iterasyon adımında yapı elemanlarında oluşan hasar düzeyleri belirlenmiştir. Betonarme yapının x yönünde performans noktasında elde edilen taban kesme kuvveti değeri Vt=144,75 ton, deplasman miktarı 1,7 cm olarak hesap edilmiştir. Yapımız 5. iterasyonda performans noktasına ulaşmıştır. 7 katlı betonarme yapının y yönünde Hemen Kullanım Performans Düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Display menüsünden Show Deformed Shape seçeneği tıklanır. Ekrana Deformed Shape menüsü ekrana gelir. Case / Combo Name açılır penceresinden push1 seçeneği seçilir OK tuşuna basılır. Ekrana 1. itme adımında oluşan deformasyon gelir. Sağ alttaki ok yardımıyla diğer itme adımları ve bu adımlarda oluşan plastik mafsallar gösterilebilir.



Şekil 4.109. 7 katlı yapı x yönü 1. ve son itme adımında oluşan plastik mafsallar

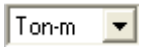


Şekil 4.109. 7 katlı yapı y yönü 1. ve son itme adımında oluşan plastik mafsallar

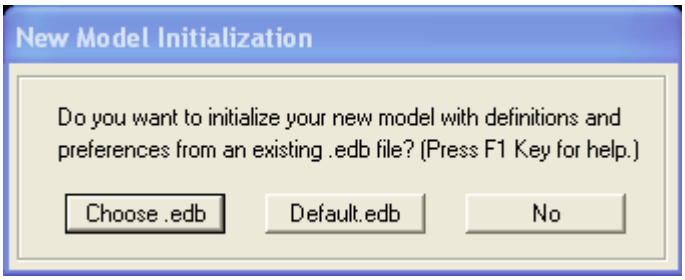
4.5. 7 Katlı Betonarme Yapının Etaps Programı İle Analizi

Bu bölümde 7 katlı betonarme binanın Etaps programı kullanılarak statik itme analizinin nasıl yapıldığı anlatılmaktadır.

4.5.1. Sistem Modelinin Oluşturulması

Konum çubuğunun sağındaki açılır liste kutusundan 

Ton,m olarak birimler seçilir. Üst bölümdeki , New Model düğmesine basılır. (File Menüsünden New Model... seçeneğini tıklayarak da aynı işlem gerçekleştirilebilir.) Ekrana gelecek olan New Model Initialization menüsünde Default.edb komutu seçilir.



Şekil 4.111. Etaps yeni model tanımı

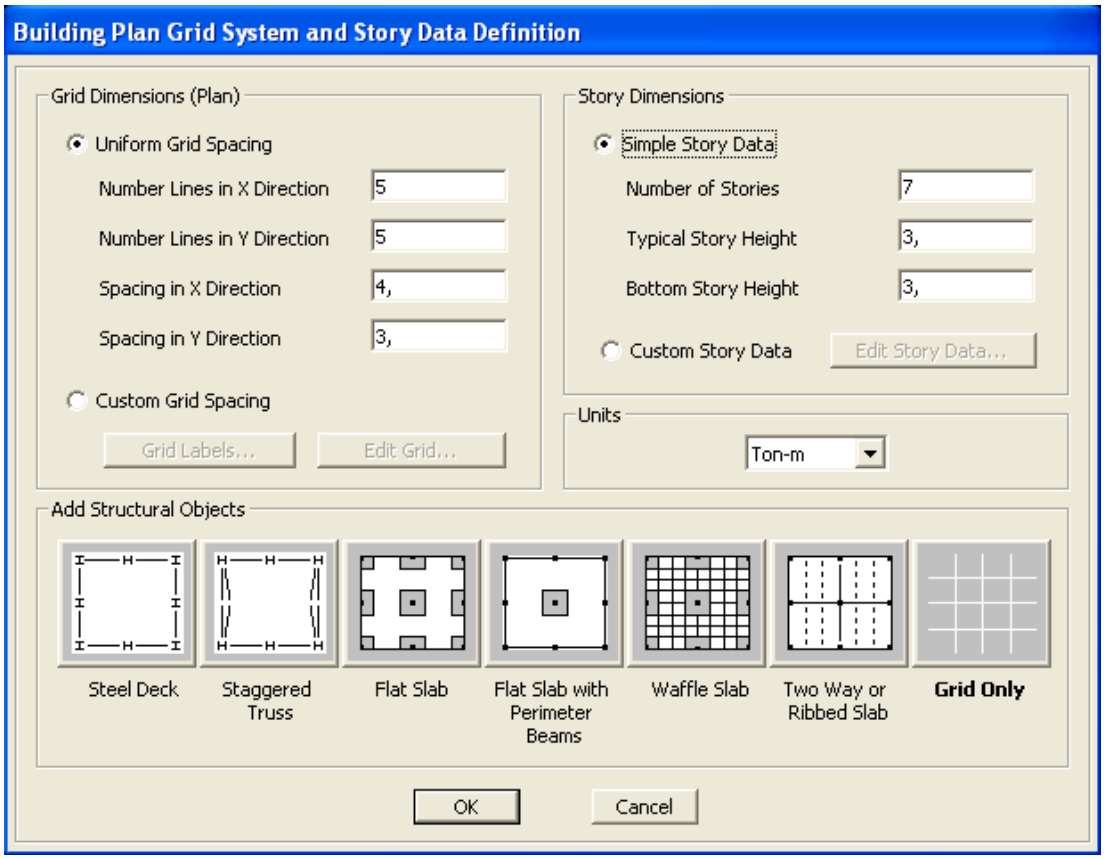
Ekrana gelen Building Plan Grid System and Story Data Definition menüsünde;

Grid Dimensions (Plan) bölümünde;

- Number Lines in X Direction : 5
- Number Lines in Y Direction : 5
- Spacing in X Direction : 4
- Spacing in Y Direction : 3

Story Dimensions bölümünde;

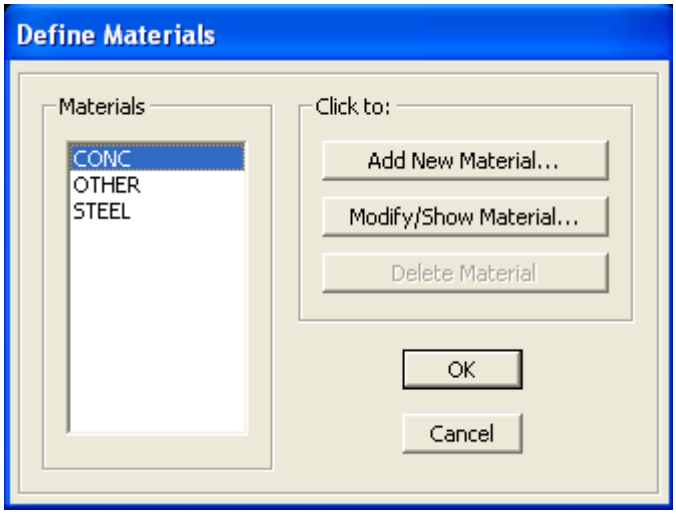
- Number of Stories : 7
- Typical Story Height : 2.8
- Bottom Story Height : 2.8 yazılır OK tuşuna basılır.



Şekil 4.112. Yapıların aks ve kat bilgileri

4.5.2. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması

Define menüsünden Material Properties... komutu seçilir. Ekrana gelen Define Materials menüsünün sol tarafında Materials kısmında bulunan CONC üzeri tıklanır ve sağ tarafta bulunan Click to bölümünden Modify/Show Material... seçeneği tıklanır.



Şekil 4.113. Etaps malzeme tanımlama ileti kutusu

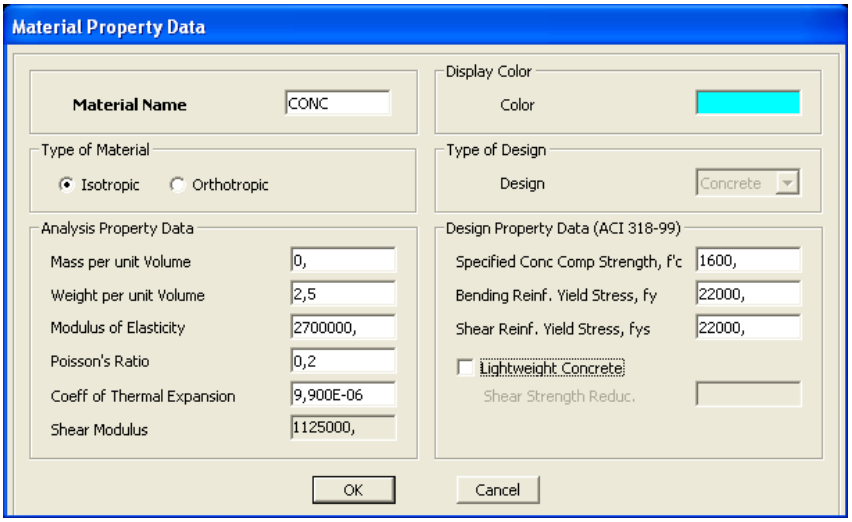
Ekrana gelen **Analysis Property Data** kısmında;

- Mass per unit Valume yazı kutucuğuna : 0,
- Weight per unit volume yazı kutucuğuna : 2.5,
- Modulus of elasticity yazı kutucuğuna : 27E5
- Poisson's ratio : 0,2 yazılır,

Design Property Data kısmında;

- Specified Conc Comp Strength,f'c yazı kutucuğuna : 1600,
- Bending Reinf. Yield Stress, fy yazı kutucuğuna : 22000,
- Shear Reinf. Yield Stress, fys yazı kutucuğuna : 22000, yazılır.

2 kez OK tuşuna basılır.



Şekil 4.114. Beton özelliklerinin tanımlanması

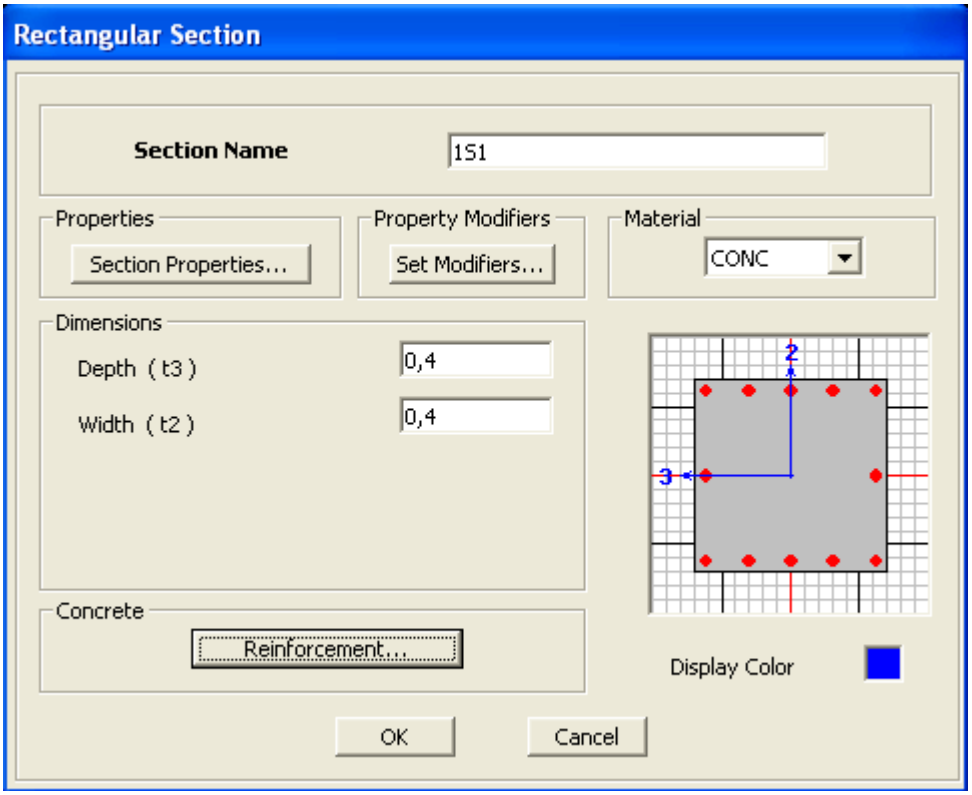
4.5.3. Kesit Özelliklerinin Tanımlanması

Define menüsünde **Frame Sections...** komutu seçilir. Ekrana gelecek olan ileti kutusunda kolon kesitlerini tanımlamak için, ikinci açılır liste kutusundan **Add Rectangular** düğmesine basılır.

Ekrana gelen ileti kutusunda;

- Sections Name yazı kutucuğuna : **1S1,**
- Depth (t3) yazı kutucuğuna : **0,40**,
- Width (t2) yazı kutucuğuna : **0,40**,

Material açılır penceresinden **CONC** seçili hale getirilir.



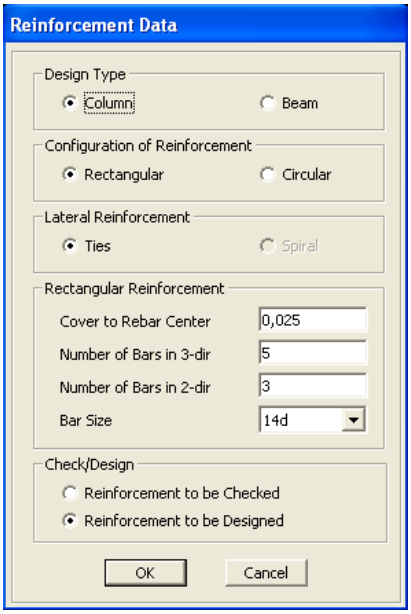
Şekil 4.115. Kolon boyutlarının tanımlanması

Alt kısımda Concrete bölümü eklenecektir. **Reinforcement...** düğmesine basılarak Reinforcement Data menüsüne ulaşılır. Burada kolon ve kirişlerin donatı miktarları ve pas payları gibi bilgiler girilmektedir.

Reinforcement Data bölümünde Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **5**
- Number of Bars in 2-dir : **3**
- Bar size : **14d**

olarak değiştirilir.



Şekil 4.116. Kolon donatı bilgi girişi

2 kez OK tuşuna basılarak Define Frame Properties menüsüne ulaşılır.
İkinci açılır pencereden Add Rectangular seçeneği seçilir,

Section name kısmına **1S2** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir,

- Depth (t3) : **0,30**
- Wdth (t2) : **0,60** yazılır,

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.
Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **3**
- Number of Bars in 2-dir : **6**
- Bar size : **16d** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Define Frame Properties menüsüne ulaşılır.
İkinci açılır pencereden Add Rectangular seçeniği seçilir,

Section name kısmına **1S3** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir

- Depth (t3) : **0,60**
- Wdth (t2) : **0,30** yazılır.

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **6**
- Number of Bars in 2-dir : **3**
- Bar size : **16d** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Define Frame Properties menüsüne ulaşılır.
İkinci açılır pencereden Add Rectangular seçeniği seçilir,

Section name kısmına **2S1** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir.

- Depth (t3) : **0,35**
- Wdth (t2) : **0,35** yazılır,

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **3**
- Number of Bars in 2-dir : **3**
- Bar size : **14d** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Define Frame Properties menüsüne ulaşılır.
İkinci açılır pencereden Add Rectangular seçeniği seçilir,

Section name kısmına **2S2** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir.

- Depth (t3) : **0,25**
- Wdth (t2) : **0,50** yazılır.

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **4**

- Number of Bars in 2-dir : **3**
- Bar size : **14d** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Define Frame Properties menüsüne ulaşılır.
İkinci açılır pencereden Add Rectangular seçeniği seçilir,

Section name kısmına **2S3** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir.

- Depth (t3) : **0,50**
- Wdth (t2) : **0,25** yazılır.

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklayınız.

Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **3**
- Number of Bars in 2-dir : **4**
- Bar size : **14d** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Define Frame Properties menüsüne ulaşılır.
İkinci açılır pencereden Add Rectangular seçeniği seçilir,

Section name kısmına **3S1** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir.

- Depth (t3) : **0,30**
- Wdth (t2) : **0,30** yazılır.

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **3**
- Number of Bars in 2-dir : **2**
- Bar size : **14d** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Define Frame Properties menüsüne ulaşılır.
İkinci açılır pencereden Add Rectangular seçeniği seçilir,

Section name kısmına **3S2** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir.

- Depth (t3) : **0,25**
- Wdth (t2) : **0,40** yazılır.

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **2**
- Number of Bars in 2-dir : **3**
- Bar size : **14d** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Define Frame Properties menüsüne ulaşılır.
İkinci açılır pencereden Add Rectangular seçeniği seçilir,

Section name kısmına **3S3** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir.

- Depth (t3) : **0,40**

- Wdth (t2) : **0,25** yazılır.

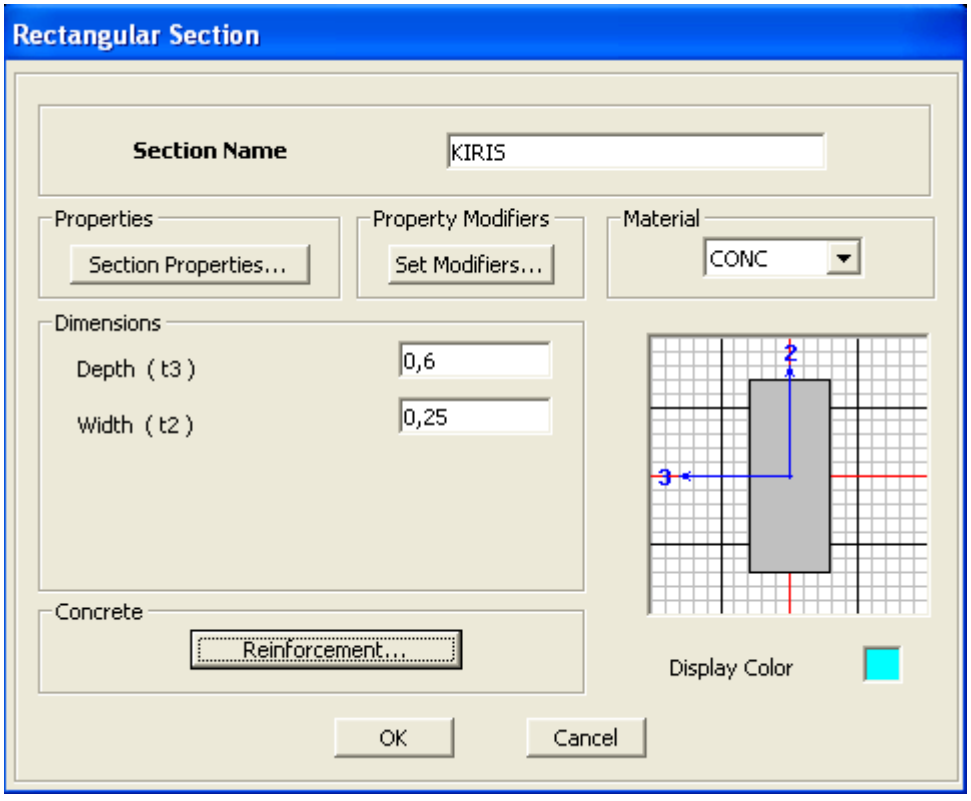
Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklayınız.
Reinforcement Data bölümünde
Rectangular Reinforcement kısmına:

- Cover to Rebar center : **0,025**
- Number of Bars in 3-dir : **3**
- Number of Bars in 2-dir : **2**
- Bar size : **14d** olarak değiştirilir.

2 kez OK tuşuna basılarak Define Frame Properties menüsüne ulaşılır.
İkinci açılır pencereden Add Rectangular seçeniği seçilir,

Section name kısmına **KIRIS** yazılır. Material açılır penceresinden CONC seçilir,

- Depth (t3) : **0,60**
- Wdth (t2) : **0,25** yazılır.



Şekil 4.117. Etaps ile kiriş boyutlarının tanımlanması

Altta concrete kısmında Reinforcement kutusuna tıklanır.

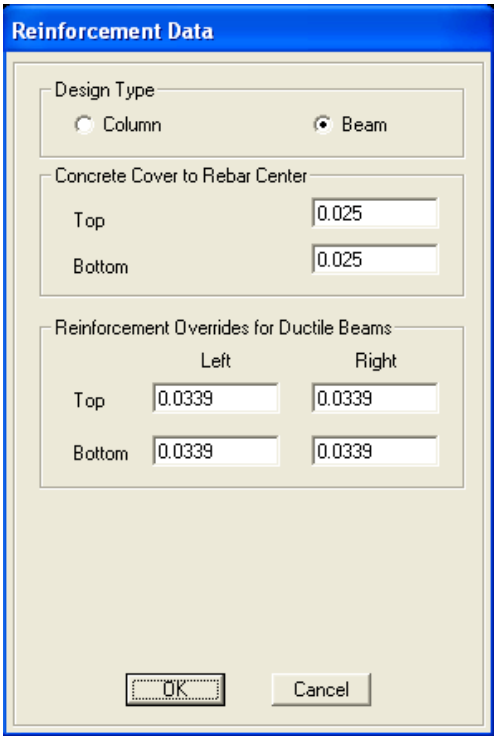
Reinforcement Data bölümünde

Design Type bölümünde Beam seçilir.

Concrete cover to reber center bölümüne

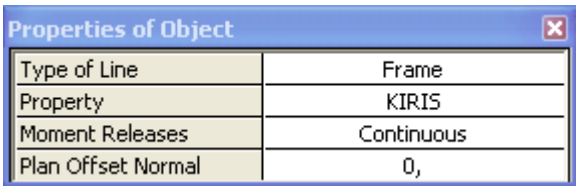
- Top : **0,025**
- Bottom : **0,025**

Reinforcemnet Overrides for Ductule Beams bölümünde kiriş donatı alanı kısmına 0.0339 değeri girilerek 3 kez OK tuşuna basılır.

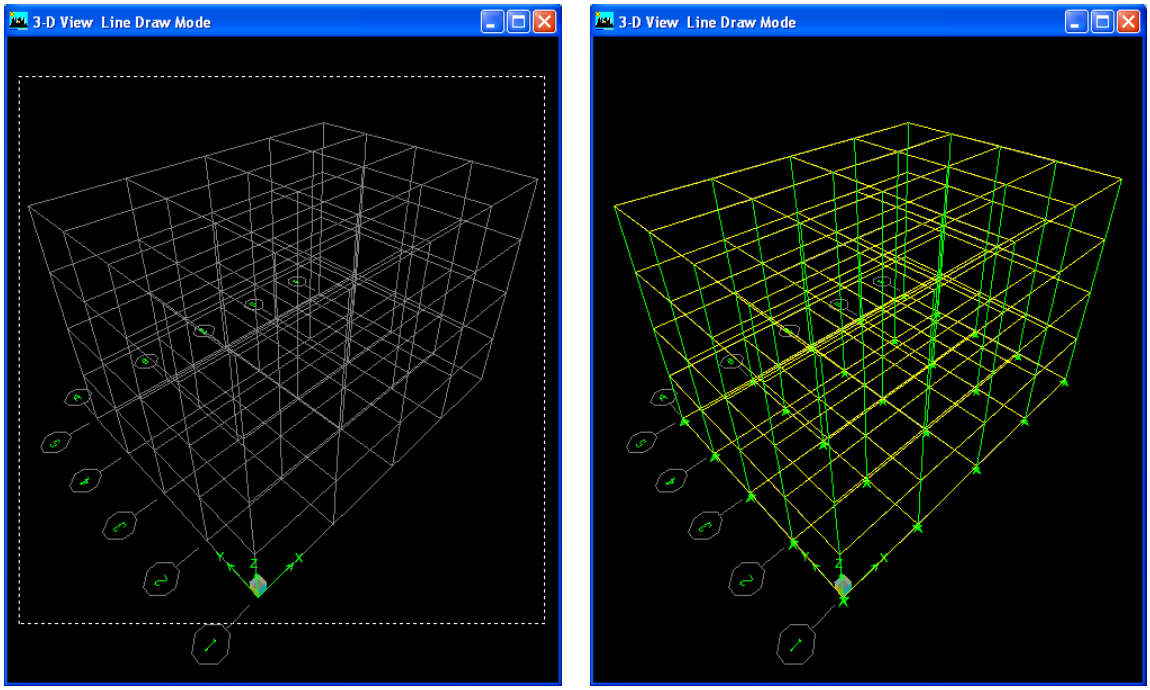


Şekil 4.118. Kiriş donatılarının atanması

Draw menüsünden Draw Line Objects seçeneğinden; Create Lines in Region or at Clicks (Plan, Elev, 3D) komutu tıklanır. Property of Object menüsü ekrana gelecektir. Property açılır kutusundan KIRIS seçeneğini seçilir.



3-D View Line Draw Mode penceresinde aşağıdaki şeklin sol kısmında gözüktüğü gibi mause ile pencere içine alınarak gridlerin tamamını seçilir. Şeklin sağ tarafındaki görünüm elde edilecektir.

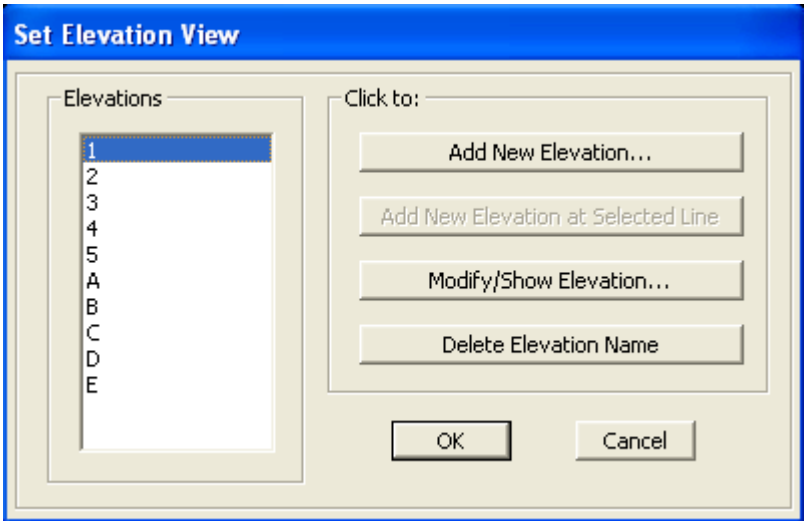


Şekil 4.119. 7 katlı yapının çerçeve sisteminin oluşturulması

Plan görünüşünü (sol kısım) üzerine tıklanılarak aktif hale getirilir, Move Up in List tuşuna 1 kez basılır. Plan View – BASE – Elevation 0 koordinatına gelinir. Burada plan görünüşünün tamamını mause ile pencere içerisine alarak seçilir ve klavyeden Delete düğmesine basılır.

4.5.4. Kesitlerin Elemanlara Atanması

Set Elevation View… tuşuna basılır.



Şekil 4.119. Aks seçim ileti kutusu

Ekranda aks bilgileri gösterilmektedir. OK tuşuna basılarak menüden çıkılır. Elevation View-1 görünümü ekrana gelecektir. Set Building View Options… seçeneği tıklanır, burada Object View Options seçeneğinden Line Labels seçeneği aktif hale getirilir. OK tuşuna basılarak menüden çıkılır. Ekranda kiriş ve kolonların numaraları alt kısımda gözükecektir.

1A aksında bulunan C1 kolonunun ve 1E aksında bulunan C21 kolonunun ilk 3 katı seçilir yardımıyla Elevation View – 5 koordinatına gidilir 5A ve 5E de bulunan C5 ve C25 kolonlarını aynı şekilde ilk 3 katı seçilir, **Assign** menüsünden, **Frame/Line** içerisinde **Frame Section...** seçeneği tıklanır. Açılan Assign Frame Properties menüsünden **1S1** seçeneğini tıklanıp OK tuşuna basılır.

5B, 5C, 5D akslarında bulunan C10, C15, C20 kolonlarının ilk 3 katı seçilir, tuşuna 1 kez basılır Elevation View – 4 koordinatı geçilir, burada 4C aksında bulunan C14 kolonunun ilk 3 katı seçilir, tuşuna 1 kez basılır Elevation View – 3 koordinatına geçilir, 3B ve 3D akslarında bulunan C8 ve C18 kolonlarının ilk 3 katı

seçilir. Aynı şekilde Elevation View – 2 koordinatında 2C aksında bulunan C12 kolonunun ilk 3 katı ve Elevation View – 1 koordinatında 1B, 1C, 1D akslarında bulunan C6, C11, C16 kolonlarınının ilk 3 katı seçilir **Assign** menüsünden, **Frame/Line** içerisinde **Frame Section...** seçeneği tıklanır. Açılan Assign Frame Properties menüsünden **1S2** seçeneği tıklanır OK tuşuna basınız.

Elevation View – 2 aksına gelinir 2A, 2B, 2D, 2E akslarında bulunan C2, C7, C17, C22 nolu kolonların ilk 3 katı seçilir, Elevation View – 3 aksına gelinir 3A, 3C, 3E akslarında bulunan C3, C13, C23 kolonlarınının ilk 3 katı seçilir, Elevation View – 4 aksına geçilir burada 4A, 4B, 4D, 4E akslarında bulunan C4, C9, C19, C24 kolonlarının ilk 3 katını seçilir düğmesine tıklanılarak **1S3** kolon ataması yapılır.

1A aksında bulunan C1 kolonunun ve 1E aksında bulunan C21 kolonunun 4. ve 5. katı seçilir yardımıyla Elevation View – 5 koordinatına gidilir 5A ve 5E de bulunan C5 ve C25 kolonları aynı şekilde ilk 4. ve 5. katı seçilir, **Assign** menüsünden, **Frame/Line** içerisinde **Frame Section...** seçeneğini tıklanır. Açılan Assign Frame Properties menüsünden **2S1** seçeneğini tıklanarak OK tuşuna basılır.

5B, 5C, 5D akslarında bulunan C10, C15, C20 kolonlarının 4. ve 5. katı seçilir, tuşuna 1 kez basılır Elevation View – 4 koordinatına geçilir, burada 4C aksında bulunan C14 kolonunun 4. ve 5. katı seçilir, tuşuna 1 kez basılarak Elevation View – 3 koordinatına geçilir, 3B ve 3D akslarında bulunan C8 ve C18 kolonlarının ilk 3 katı seçilir. Aynı şekilde Elevation View – 2 koordinatında 2C aksında bulunan C12 kolonunun ilk 3 katı ve Elevation View – 1 koordinatında 1B, 1C, 1D akslarında bulunan C6, C11, C16 kolonlarınının 4. ve 5. katı seçilip **Assign** menüsünden, **Frame/Line** içerisinde **Frame Section...** seçeneğini tıklanır. Açılan Assign Frame Properties menüsünden **2S2** seçeneğini tıklanıp OK tuşuna basılır.

Elevation View – 2 aksına gelinir 2A, 2B, 2D, 2E akslarında bulunan C2, C7, C17, C22 nolu kolonların 4. ve 5. katı seçilir, Elevation View – 3 aksına gelinir 3A, 3C, 3E akslarında bulunan C3, C13, C23 kolonlarınının 4. ve 5. katını seçilir, Elevation View – 4 aksına gelinir burada 4A, 4B, 4D, 4E akslarında bulunan C4, C9, C19, C24 kolonlarının 4. ve 5. katı seçilir düğmesine tıklanarak **2S3** kolon ataması yapılır.

1A aksında bulunan C1 kolonunun ve 1E aksında bulunan C21 kolonunun son iki katı seçilir yardımıyla Elevation View – 5 koordinatına gidilir 5A ve 5E de bulunan C5 ve C25 kolonlarını aynı şekilde son iki katı seçilir, **Assign** menüsünden, **Frame/Line** içerisinde **Frame Section...** seçeneğini tıklanır. Açılan Assign Frame Properties menüsünden **3S1** seçeneği tıklanıp OK tuşuna basılır.

5B, 5C, 5D akslarında bulunan C10, C15, C20 kolonlarının son iki katı seçilir, tuşuna 1 kez basılır Elevation View – 4 koordinatına geçilir, burada 4C aksında bulunan C14 kolonunun son iki katı seçilir, tuşuna 1 kez basılır Elevation View – 3 koordinatına geçilir, 3B ve 3D akslarında bulunan C8 ve C18 kolonlarının son iki katı seçilir. Aynı şekilde Elevation View – 2 koordinatında 2C aksında bulunan C12 kolonunun son iki katı ve Elevation View – 1 koordinatında 1B, 1C, 1D akslarında bulunan C6, C11, C16 kolonlarınının son iki katı seçilir **Assign** menüsünden, **Frame/Line** içerisinde **Frame Section...** seçeneği tıklanır. Açılan Assign Frame Properties menüsünden **3S2** seçeneği tıklanıp OK tuşuna basılır.

Elevation View – 2 aksına gelinir 2A, 2B, 2D, 2E akslarında bulunan C2, C7, C17, C22 nolu kolonların son iki katı seçilir, Elevation View – 3 aksına gelinir 3A, 3C, 3E akslarında bulunan C3, C13, C23 kolonlarınının son iki katı seçilir, Elevation View – 4 aksına geçilir burada 4A, 4B, 4D, 4E akslarında bulunan C4, C9, C19, C24 kolonlarının son iki katı seçilir düğmesine tıklanarak **3S3** kolon ataması yapılır.

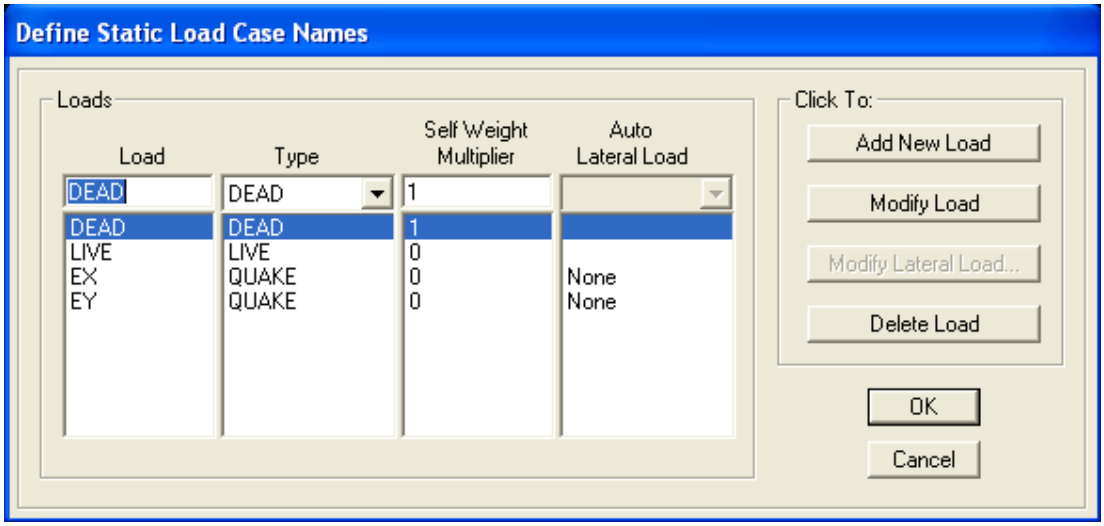
4.5.5. Yüklerin Tanımlanması

Define menüsünden **Static Load Cases…** komutu tıklanır,

Zati yük ve hareketli yük tanımlamaları mevcut olarak yer almaktadır.

Load Name kısmına **EX** yazılır, Type açılır listeden **QUAKE** seçeneğini tıklanır. Add new Load tuşuna basılır.

Load Name kısmına **EY** yazılır, Add new Load tuşuna basınız. OK tuşuna basınız.



Şekil 4.121. Etaps yük tanımlama ileti kutusu

4.5.6. Yüklerinin Atanması

Döşemelere normal katlarda;

Zati yük : 0,470 t/m^2

Hareketli yük : 0,200 t/m^2,

Çatı katında;

Zati yük : 0,450 t/m^2

Hareketli yük : 0,150 t/m^2, olarak verilecektir.

Çatı kat hariç diğer katlarda kirişler dolgu duvar yükü olarak 0,600 t/m yük verilecektir.

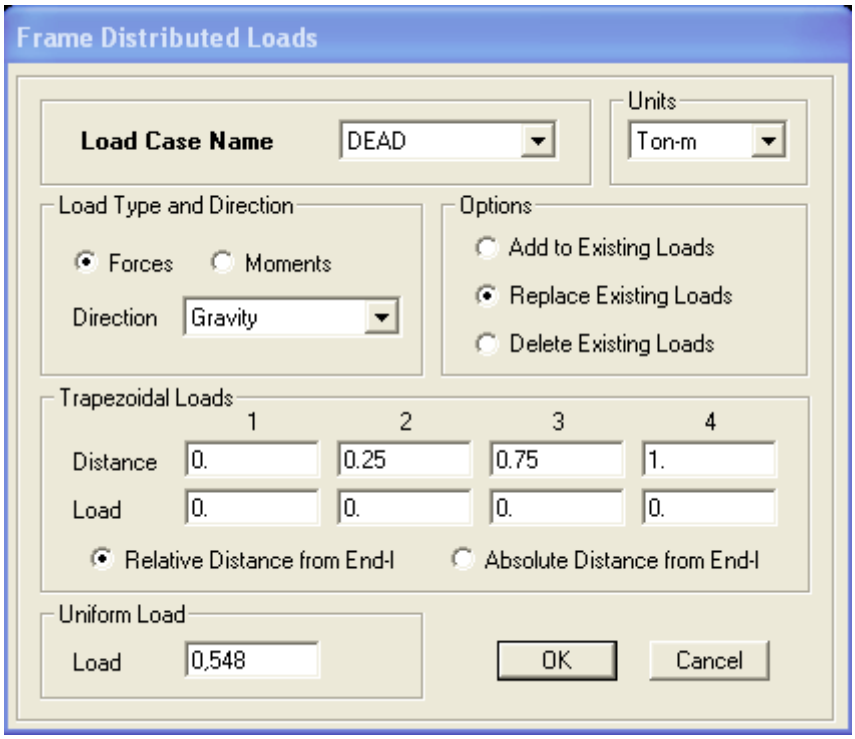
Döşemelere verilecek yüklerden, kirişlere aktarılacak yükler hesap edilmiştir. Bu yükler aşağıda tablo olarak verilmiştir.

Çizelge 4.23. Kirişlere aktarılan yükler

Kat	Yükleme	Döşeme Yükü (t/m^2)	Kirişlere Aktarılan Yükler (t/m)		Duvar Yükü (t/m)
			Kısa Kenar	Uzun Kenar	
N	g	0,470	0,470	0,572	0,600
	q	0,200	0,200	0,244	
Ç	g	0,450	0,450	0,548	-
	q	0,150	0,150	0,183	

tuşuna basılır. Ekrana gelen Select Plan Level ileti kutusunda STORY7 seçeneği şeçili durumdadır, OK tuşuna basılır. 7. katın plan görünüşü ekrana gelir. tuşuna basılır. Bu şekilde sadece numaralandırmalar ekranda gözükür.

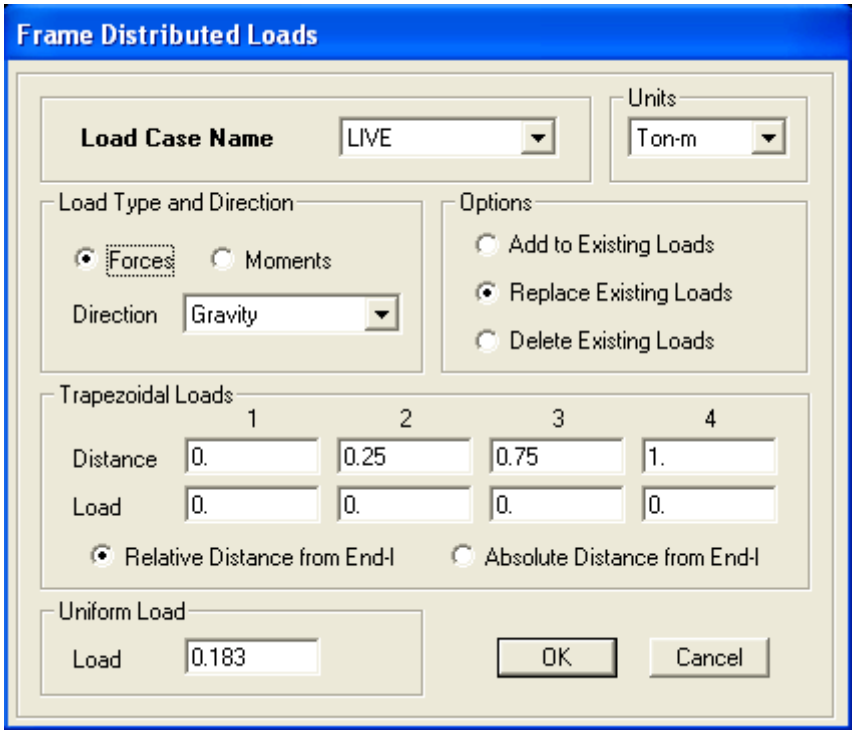
1 ve **5** aksında bulunan kirişler seçilir Assign menüsünden Frame/Line Loads Distributed... komutu seçilir. Ekrana yükleme durumlarını belirlenmesini sağlayacak menü gelecektir. Uniform Load bölümüne **0,548** yazılır ve OK tuşuna basılır.



Şekil 4.122. Kirişlere zati yüklerin atanması

tuşuna basılarak son seçilen çubuklar tekrar seçili hale gelecektir.

Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan LIVE yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,183** yazılır ve OK tuşuna basılır.



Şekil 4.123. Kirişlere hareketli yüklerin atanması

2,3,4 nolu akslarda bulunan kirişler seçilir, Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan DEAD yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **1,096** yazılır ve OK tuşuna basılır. tuşuna basılarak. Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan LIVE yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,366** yazılır ve OK tuşuna basılır.

A ve E nolu akslarda bulunan kirişler seçilir, Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan DEAD yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,45** yazılır ve OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan LIVE yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,15** yazılır ve OK tuşuna basılır.

B,C ve D nolu akslarda bulunan kirişler seçilir, Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan DEAD yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,90** yazılır ve OK tuşuna basılır. tuşuna basılır.

Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan LIVE yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,30** yazılır ve OK tuşuna basılır.

tuşu yardımıyla Plan View – STORY 6 koordinatına gelinir.

1 ve 5 nolu akslarda bulunan kirişler seçilir, Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan DEAD yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,548** yazılır ve OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan LIVE yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,183** yazılır ve OK tuşuna basılır.

2,3,4 nolu akslarda bulunan kirişler seçilir, Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan DEAD yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **1,096** yazılır ve OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan LIVE yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,366** yazılır ve OK tuşuna basılır.

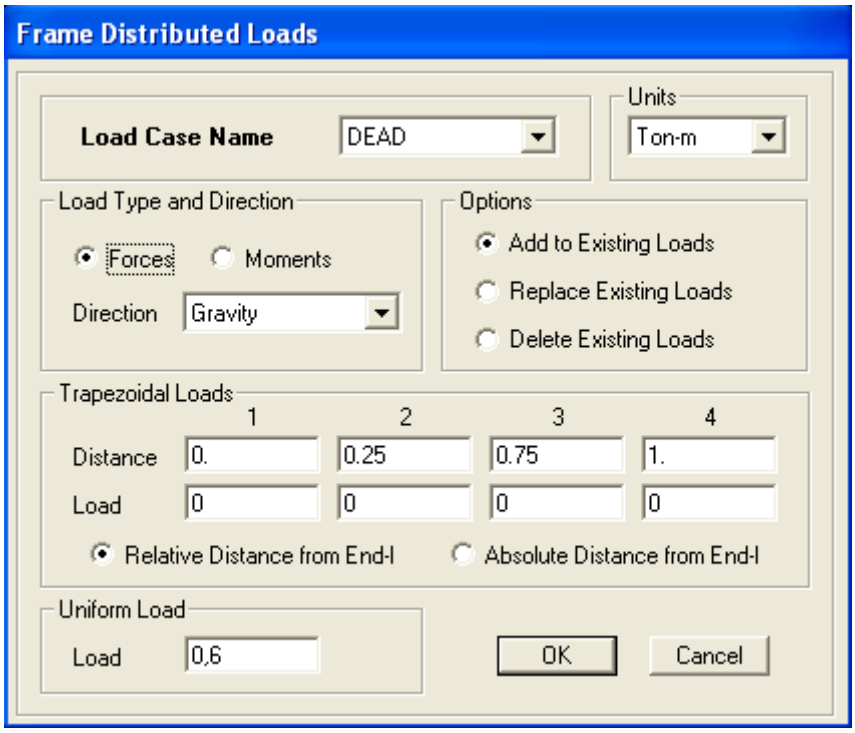
A ve E nolu akslarda bulunan kirişler seçilir, Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan DEAD yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,45** yazılır ve OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan LIVE yüklemesini seçilir ve Uniform Load kısmına **0,15** yazılır ve OK tuşuna basılır.

B,C ve D nolu akslarda bulunan kirişler seçilir, Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan DEAD yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,90** yazılır ve OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. Assign Frame Distributed Loads... komutunu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan LIVE yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,30** yazılır ve OK tuşuna basılır.

Yukarıda verilen kiriş yüklemeleri alt katlarda da aynen yapılacaktır. tuşu yardımıyla 5,4,3,2 ve 1. kat koordinatına gelinir yukarıdaki bahsedilen akslardaki kirişler seçilerek yüklemeler yapılır.

4.5.6.1. Duvar Yüklemesi

Son kat hariç normal katlardaki kirişlerin tamamını seçilir. Assign Frame Distributed Loads... komutu seçilir. Load Case Name kısmında açılır kutudan DEAD yüklemesi seçilir ve Uniform Load kısmına **0,60** yazılır, Options bölümünde Add to Existing Loads seçeneğini işaretlenir ve OK tuşuna basılır.



Şekil 4.124. Kirişlere duvar yüklerinin atanması

4.5.7. Mesnet Koşullarının Tanımlanması

tuşuna basılır. tuşuna basılarak Plan View - Base koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden Joint içerisinde Restraints... seçeneğini tıklanır. Bütün dönme ve serbestlikleri seçili hale getirilir ve OK tuşuna basılır.



Şekil 4.125. Kolon mesnet özelliklerinin tanımlanması

4.5.8. Rijit Diyaframların Atanması

tuşuna basılarak STORY1 Elevation=2.8 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden **Joint/Point** içerisinde **Diaphragms...** seçeneği tıklanır. Açılan Assign Diaphragm penceresinde **Modify Show Diaphragm** seçeneği tıklanır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

tuşuna basılarak STORY2 Elevation=5.6 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden **Joint/Point** içerisinde **Diaphragms...** seçeneğini tıklanır. Açılan Assign Diaphragm penceresinde **Add New Diaphragm** seçeneği tıklanır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

tuşuna basılarak STORY3 Elevation=8.4 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden **Joint/Point** içerisinde **Diaphragms...** seçeneğini tıklanır. Açılan Assign Diaphragm penceresinde **Add New Diaphragm** seçeneği tıklanır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

tuşuna basılarak STORY4 Elevation=11.2 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden **Joint/Point** içerisinde **Diaphragms...** seçeneğini tıklanır. Açılan Assign Diaphragm penceresinde **Add New Diaphragm** seçeneği tıklanır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

tuşuna basılarak STORY5 Elevation=14 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden **Joint/Point** içerisinde **Diaphragms...** seçeneğini tıklanır. Açılan Assign Diaphragm penceresinde **Add New Diaphragm** seçeneği tıklanır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

tuşuna basılarak STORY6 Elevation=16.8 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden **Joint/Point** içerisinde **Diaphragms...** seçeneğini tıklanır. Açılan Assign Diaphragm penceresinde **Add New Diaphragm** seçeneği tıklanır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

tuşuna basılarak STORY7 Elevation=19.6 koordinatına gelinir ve tüm şekil pencere içerisine alınır. Assign menüsünden **Joint/Point** içerisinde **Diaphragms...** seçeneğini tıklanır. Açılan Assign Diaphragm penceresinde **Add New Diaphragm** seçeneği tıklanır. 2 kez OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

Her kat için rijit diyaframlar bu şekilde tanımlanır. tuşuna basılır.

4.5.9. Yatay Yüklerin Atanması

tuşuna basılır açılan pencereden Object View Options seçeneğinden Line Labels seçeneği kaldırılır, Point Labels seçeneği işaretlenir. OK tuşuna basılır.

13 nolu düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint/Point Loads seçeneğinden Force komutu işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesi seçilir, Force Global X kutusuna **0.174** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.174** yazılıp OK tuşuna basılır.

tuşuna basılarak alt kata **Z=16.8** koordinatına gelinir. **13 nolu** düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint/Point Loads seçeneğinden Force komutu işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesi seçilir, Force Global X kutusuna **0.231** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.231** yazılıp OK tuşuna basılır.

tuşuna basılarak alt kata **Z=14** koordinatına gelinir. **13 nolu** düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint/Point Loads seçeneğinden Force komutu işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesi seçilir, Force Global X kutusuna **0.196** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.196** yazılıp OK tuşuna basılır.

tuşuna basılarak alt kata **Z=11.2** koordinatına gelinir. **13 nolu** düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint/Point Loads seçeneğinden Force komutu işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesi seçilir, Force Global X kutusuna **0.157** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.157** yazılıp OK tuşuna basılır.

tuşuna basılarak alt kata **Z=8.4** koordinatına gelinir. **13 nolu** düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint/Point Loads seçeneğinden Force komutu işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesi seçilir, Force Global X kutusuna **0.122** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.122** yazılıp OK tuşuna basılır.

tuşuna basılarak alt kata **Z=5.6** koordinatına gelinir. **13 nolu** düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint/Point Loads seçeneğinden Force komutu işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesi seçilir, Force Global X kutusuna **0.081** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.081** yazılıp OK tuşuna basılır.

tuşuna basılarak alt kata **Z=2.8** koordinatına gelinir. **13 nolu** düğüm noktası seçilir, Assign menüsünden Joint/Point Loads seçeneğinden Force komutu işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EX** yüklemesi seçilir, Force Global X kutusuna **0.041** yazılıp OK tuşuna basılır. tuşuna basılır. seçeneği işaretlenir. Load Case Name açılır kutusundan **EY** yüklemesi seçilir, Force Global Y kutusuna **0.041** yazılıp OK tuşuna basılır.

Analyze menüsünden Run Analysis (F5) düğmesine basılarak analiz işlemine geçilir. Sistemin analiz edilebilmesi için kaydedilmesi gerekmektedir. Projenin ismi 7 katlı olarak yazılır ve kaydedilir.

Analiz işlemi tamamlandıktan sonra Display menüsünden **Show Deformed Shape...** komutu seçilir. Load kısmında EX Static Load yüklemesi seçilir ve OK tuşuna basılır. Sağ pencerede Deformed Shape (EX) deplasman şekli görülmektedir. Son katta herhangi bir düğüm notasında sağ tuşa basılarak Point Displacements menüsü ekrana gelir. Burada o kat için deplasman değerleri gösterilmektedir. Lateral Drifts... kutusu tıklanırsa her kat için deplasman değerleri ekrana gelecektir.

DISPLACEMENTS AND DRIFTS AT POINT OBJECT 14

File

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY7	0,000143	0,000000	0,000004	0,000000
STORY6	0,000133	0,000000	0,000007	0,000000
STORY5	0,000112	0,000000	0,000008	0,000000
STORY4	0,000089	0,000000	0,000010	0,000000
STORY3	0,000062	0,000000	0,000008	0,000000
STORY2	0,000039	0,000000	0,000008	0,000000
STORY1	0,000016	0,000000	0,000006	0,000000

Şekil 4.126. 7 katlı yapı x yönü deplasman değerleri

Show Deformed Shape... komutu seçilir Load kısmında EY Static Load yüklemesi seçilir ve OK tuşuna basılır. Sağ pencerede Deformed Shape (EY) deplasman şekli görülmektedir. Son katta herhangi bir düğüm notasında sağ tuşa basılarak Point Displacements menüsü ekrana gelir. Burada o kat için deplasman değerleri gösterilmektedir. Lateral Drifts... kutusu tıklanırsa her kat için deplasman değerleri ekrana gelecektir.

DISPLACEMENTS AND DRIFTS AT POINT OBJECT 14

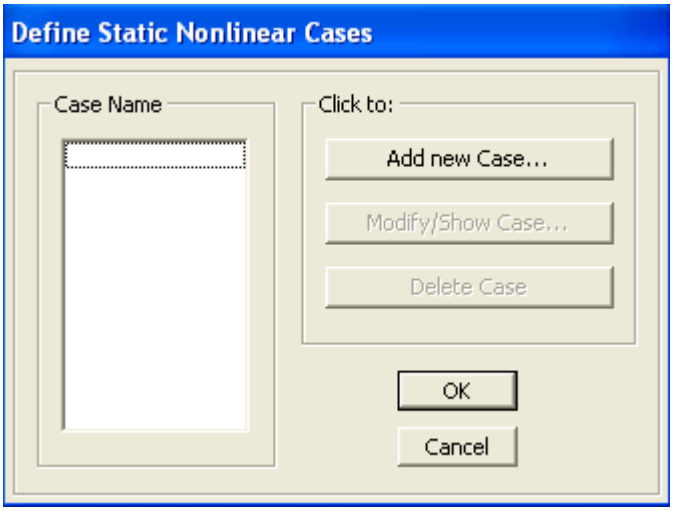
File

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY7	0,000000	0,000142	0,000000	0,000004
STORY6	0,000000	0,000131	0,000000	0,000008
STORY5	0,000000	0,000110	0,000000	0,000008
STORY4	0,000000	0,000087	0,000000	0,000010
STORY3	0,000000	0,000060	0,000000	0,000008
STORY2	0,000000	0,000038	0,000000	0,000008
STORY1	0,000000	0,000016	0,000000	0,000006

Şekil 4.127. 7 katlı yapı y yönü deplasman değerleri

4.5.10. Statik İtme Analizinin Yapılması

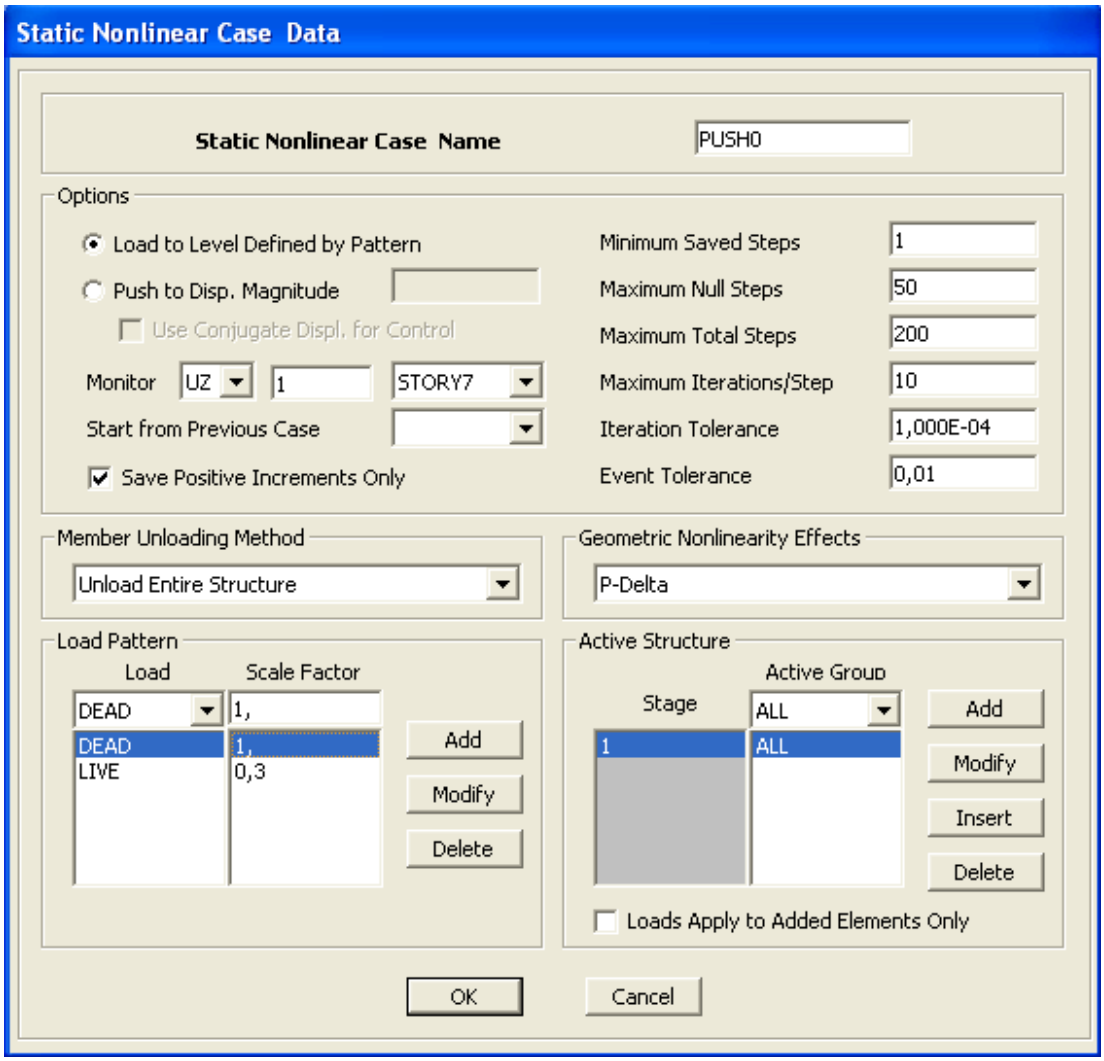
Analiz tamamlandıktan sonra Define menüsünden Static Nonlinear/Pushover Cases... komutunu tıklanır. Ekrana gelen ileti kutusunda Add new Case... düğmesine basılır.



Şekil 4.128. Nonlinear analiz seçeneklerinin tanımlanması

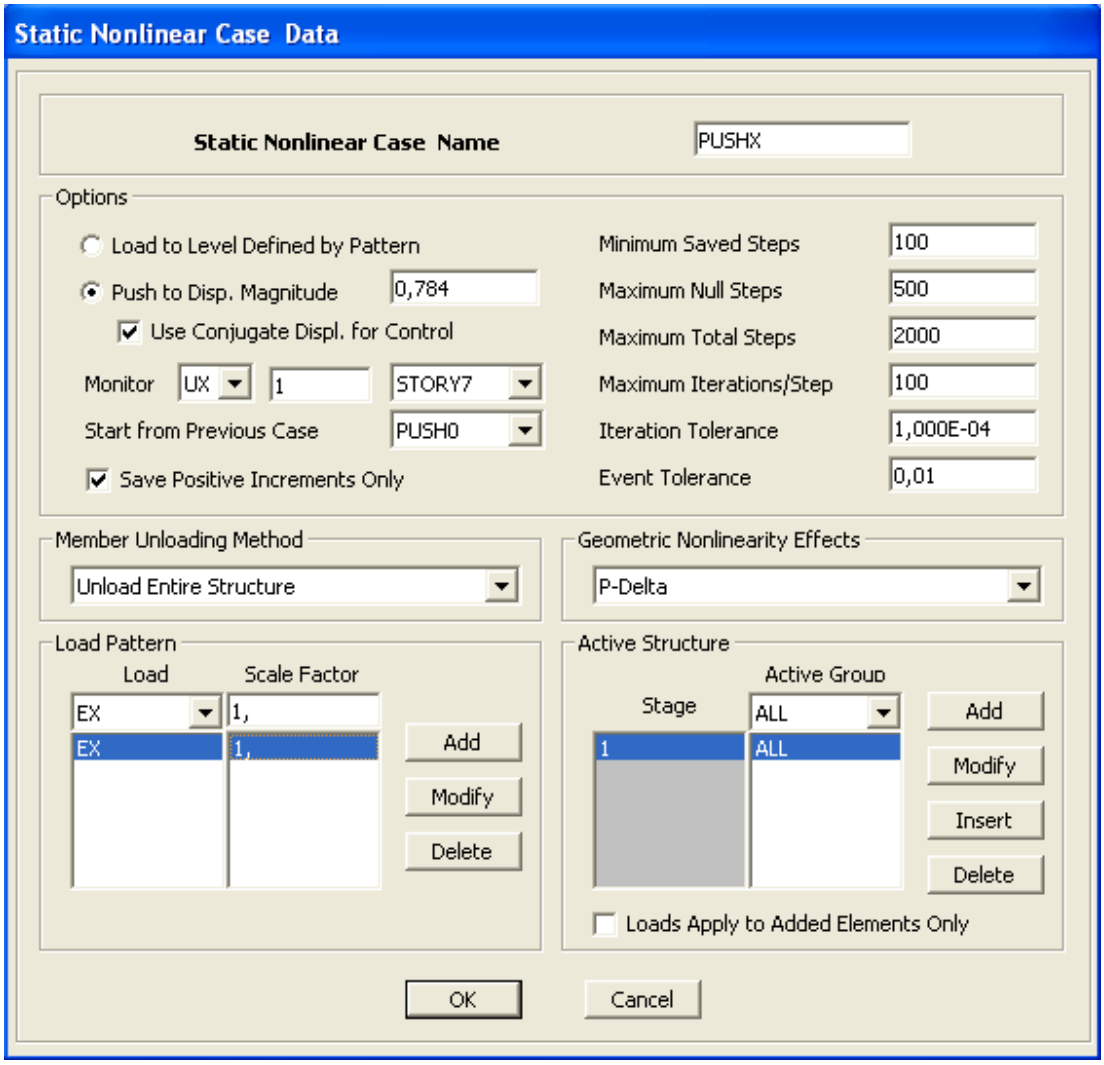
Açılan pencerede Static Nonlinear Case Name kutusuna **PUSH0** yazılır. Monitor kısmında **UX** yönü **UZ** olarak değiştirilir. Load Pattern bölümünde Load;

DEAD, Scale Factor; **1** iken Add tuşuna basılır. Load açılır penceresinden **LIVE** yüklemesi seçilir, Scale Factor kısmına **0,3** yazılır ve Add tuşuna basılır.



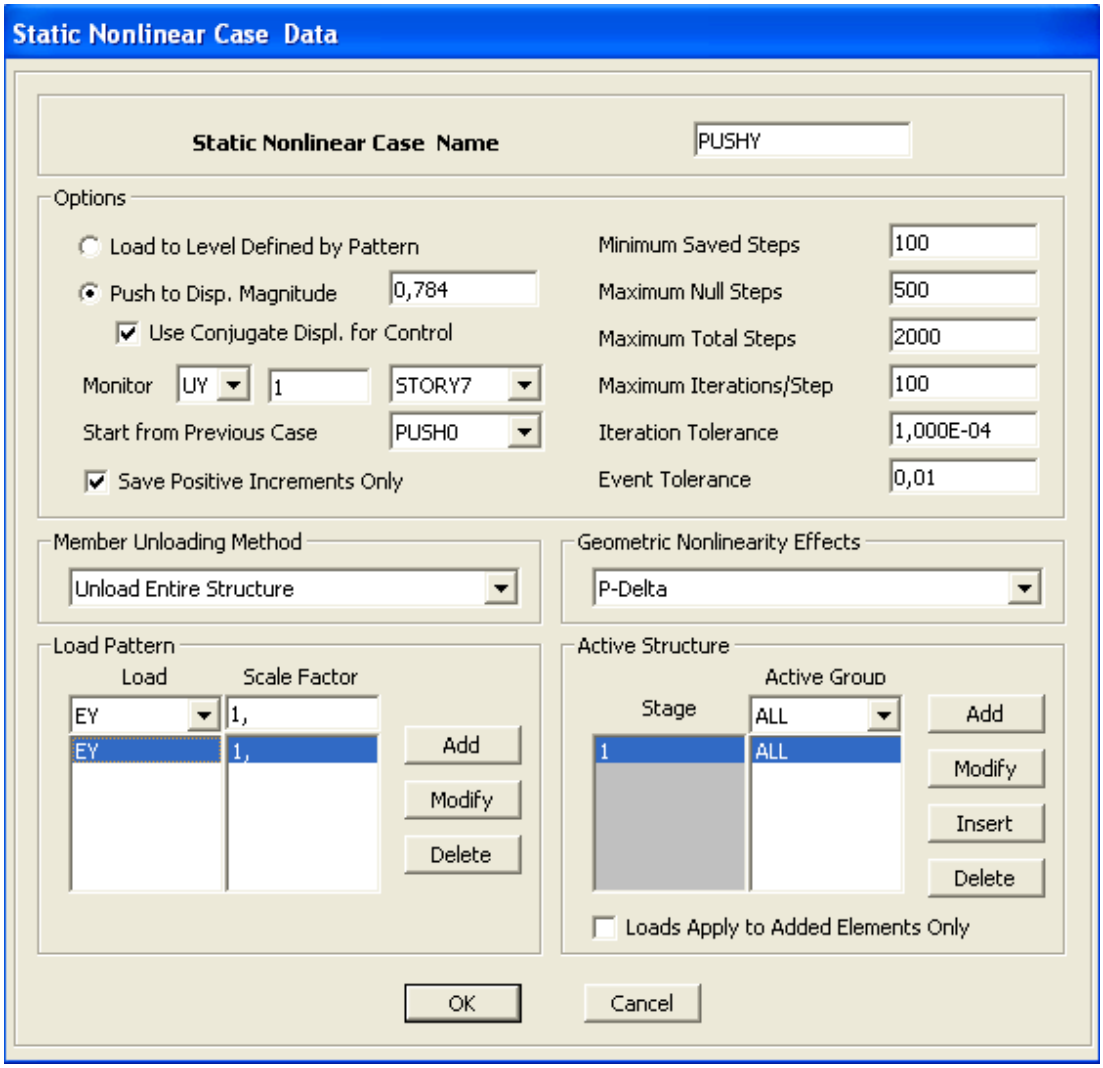
Şekil 4.129. Nonlinear analizde düşey yüklerin esas alındığı aşama

1 kez OK tuşuna basılır. Tekrar Add new Case... düğmesine basılır Static Nonlinear Case Name kutusuna **PUSHX** yazılır. Strart from Previous Case açılır kutusundan **PUSH0** seçilir. Load açılır penceresinden **EX** yüklemesi seçilir, Scale Factor kısmına **1** yazılır ve Add tuşuna basılır.



Şekil 4.130. Nonlinear analiz x yönü yatay yüklerin tanımlanması

1 kez OK tuşuna basılır. Tekrar Add new Case... düğmesine basılır Static Nonlinear Case Name kutusuna **PUSHY** yazılır. Monitor kısmında **UX** yönü **UY** olarak değiştirilir. Start from Previous Case açılır kutusundan **PUSH0** seçilir. Load açılır penceresinden **EY** yüklemesi seçilir, Scale Factor kısmına **1** yazılır ve Add tuşuna basılır.



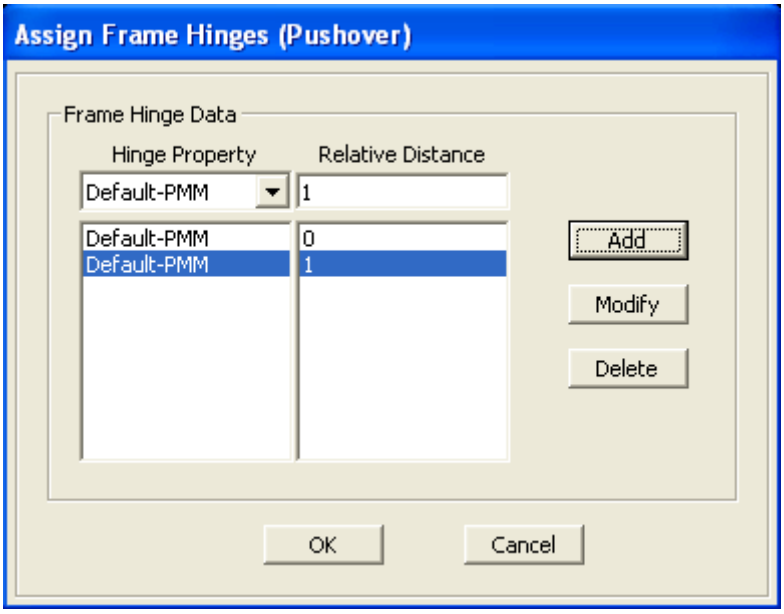
Şekil 4.131. Nonlinear analiz y yönü yatay yüklerin tanımlanması

2 kez OK tuşuna basılarak nonlinear analiz parametresinden çıkılır.

4.5.11. Plastik Mafsalların Atanması

Select menüsünden **by Frame Sections...** komutu seçilir. Ekrana gelen kesit isimlerinden 1S1,1S2,1S3,2S1,2S2,2S3,3S1,3S2,3S3 kolonları seçilir. OK tuşuna basılır.

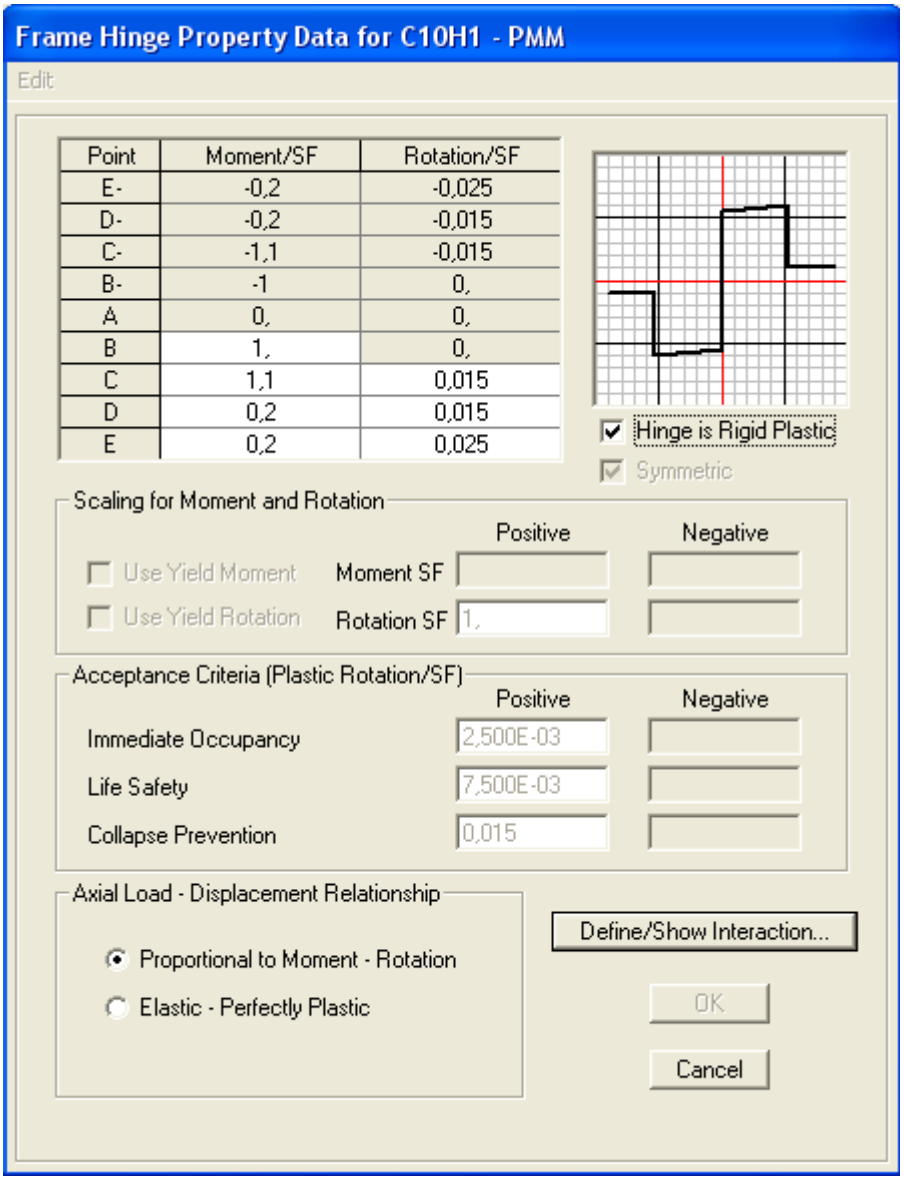
Assign menüsünden Frame/Line içerisinde **Frame Nonlinear Hinges...** seçeneği tıklanır. Hinge Property açılır penceresinden Default-PMM seçeneği seçilir Add tuşuna basılır, Relative Distance kutusuna 1 yazılır tekrar Add tuşuna basılır.



Şekil 4.132. Kolon uçlarına plastik mafsalların atanması

OK tuşuna basılarak menüden çıkılır.

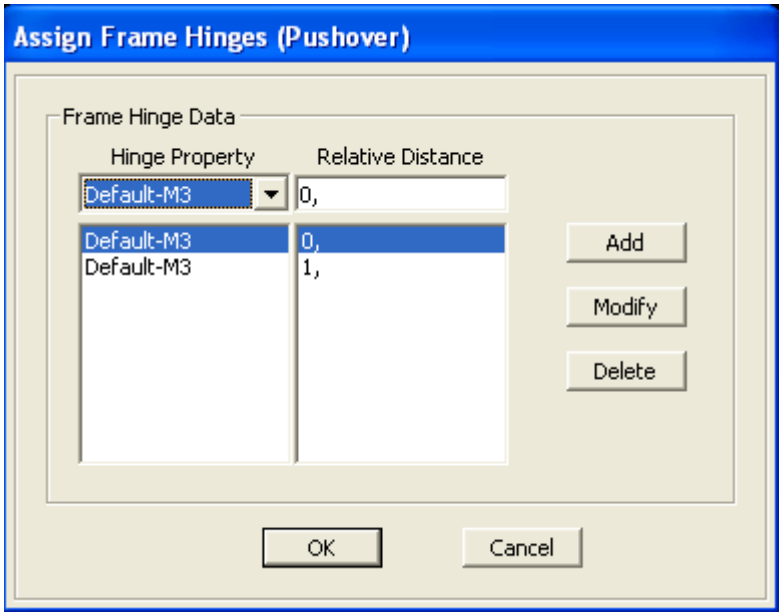
Define menüsünden Hinge Properties… komutu seçilir. Define Frame Nonlinear Hinge Properties menüsü ekrana gelir. Altta bulunan Show Genarated Props seçeneği işaretlenirse ekrana atanan plastik mafsallar gelir. Defined Hinges Props kısmında C10H1 seçilir Modify / Show Property… tıklanır. Data menüsü ekrana gelir burada Modify / Show For PMM tıklanır. Seçilen kolona atanan moment-dönme bağıntıları ve hasar sınır değerleri buradan kontrol edilir.



Şekil 4.133. Kolonlara atanan plastik mafsal değerleri

Select menüsünden **by Frame Sections...** komutu seçilir. Ekrana gelen kesit isimlerinden KIRIS seçilir. OK tuşuna basılır.

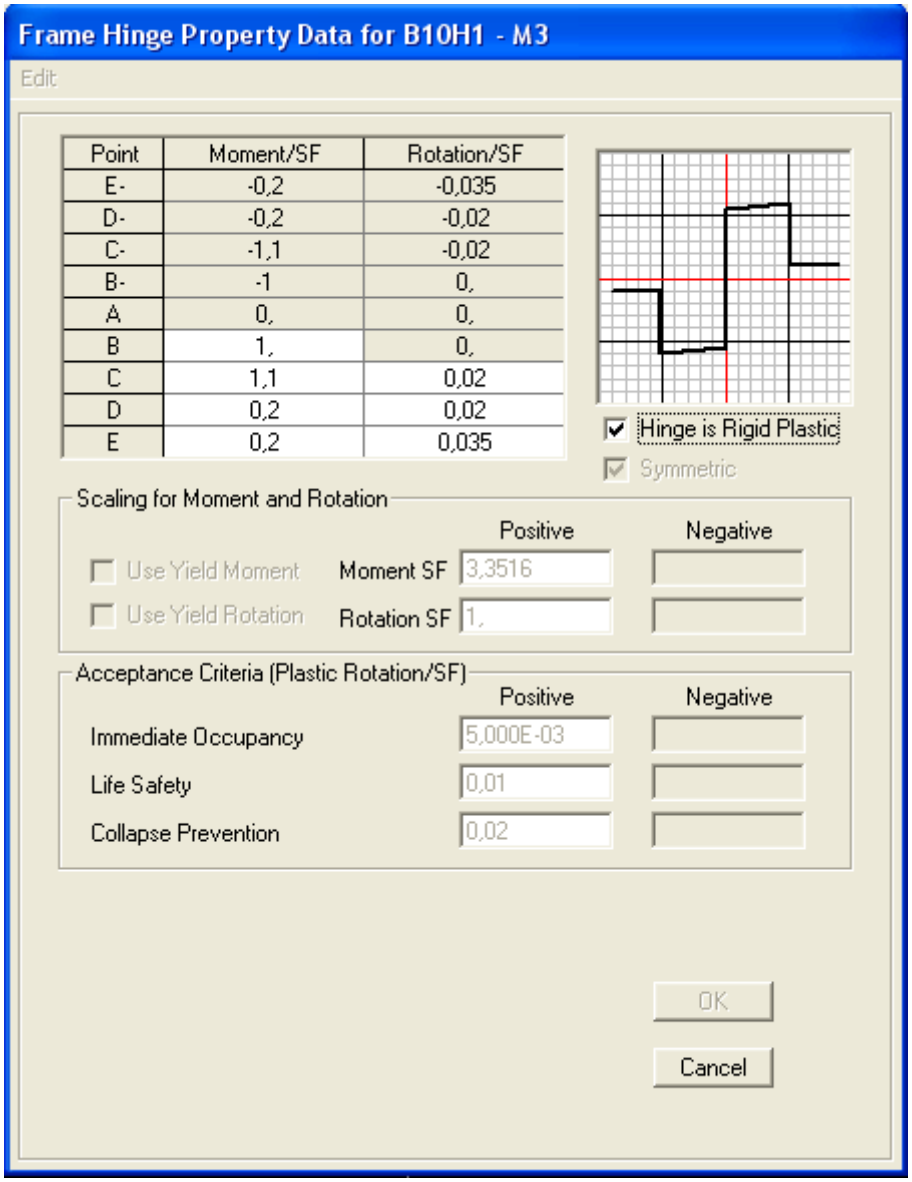
Assign menüsünden Frame/Line içerisinde **Frame Nonlinear Hinges...** seçeneği tıklanır. Hinge Property açılır penceresinden Default-M3 seçeneği seçilir Add tuşuna basılır, Relative Distance kutusuna 1 yazılır tekrar Add tuşuna basılır.



Şekil 4.134. Kiriş uçlarına plastik mafsalların atanması

OK tuşuna basılarak menüden çıkılır. tuşuna basılır.

Define menüsünden Hinge Properties… komutu seçilir. Define Frame Nonlinear Hinge Properties menüsü ekrana gelir. Altta bulunan Show Genarated Props seçeneği işaretlenirse ekrana atanan plastik mafsallar gelir. Defined Hinges Props kısmında B10H1 seçilir Modify / Show Property… tıklanır. Data menüsü ekrana gelir burada Modify / Show For M3 tıklanır. Seçilen kirişe atanan moment-dönme bağıntıları ve hasar sınır değerleri buradan kontrol edilir.



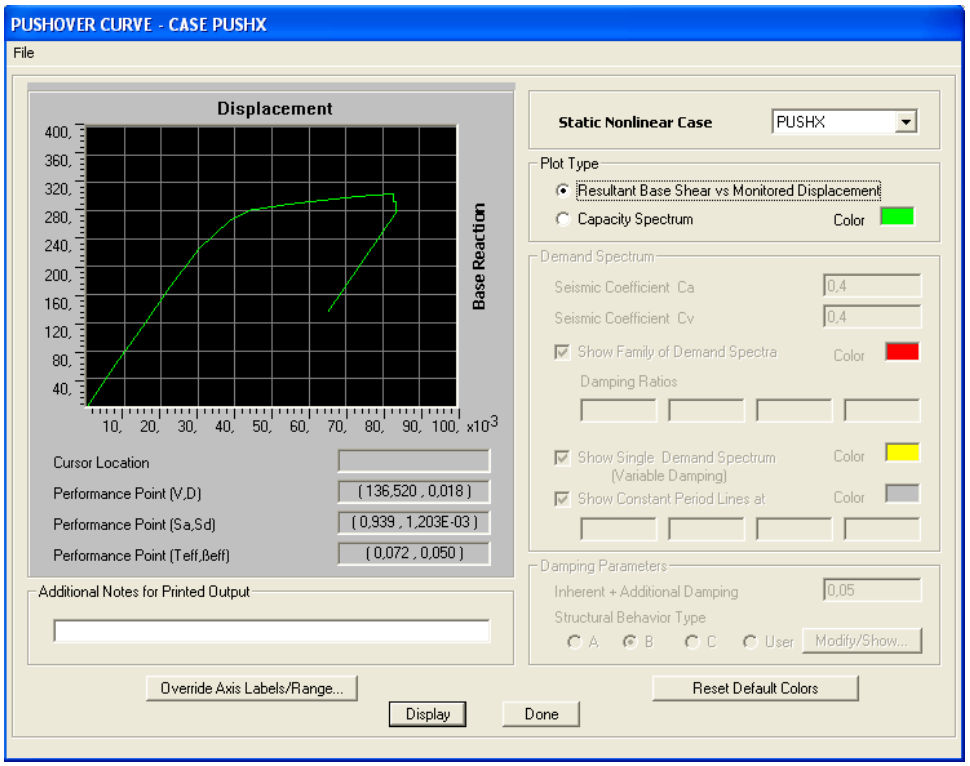
Şekil 4.135. Kirişlere atanan plastik mafsal değerleri

Analysze menüsünden Run Static Nonlinear Analysis seçeneğini işaretlenir.

4.5.12. Etaps Programı İle 7 Katlı Yapı Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Analiz tamamlandıktan sonra Display menüsünden Show Statik Pushover Curve… seçeneği seçilir. Burada pushover analizi sonuçları yer almaktadır. Statik Nonlinear Case açılır penceresinden analiz türünü seçebiliriz. Analiz seçeneğini

seçtikten sonra sol tarafta taban kesme kuvveti ve deplasman grafiği görüntülenecektir. Yapının performans noktasında elde edilen değerler sol alt kısımda verilmektedir.



Şekil 4.136. 7 katlı yapı x yönü kapasite eğrisi

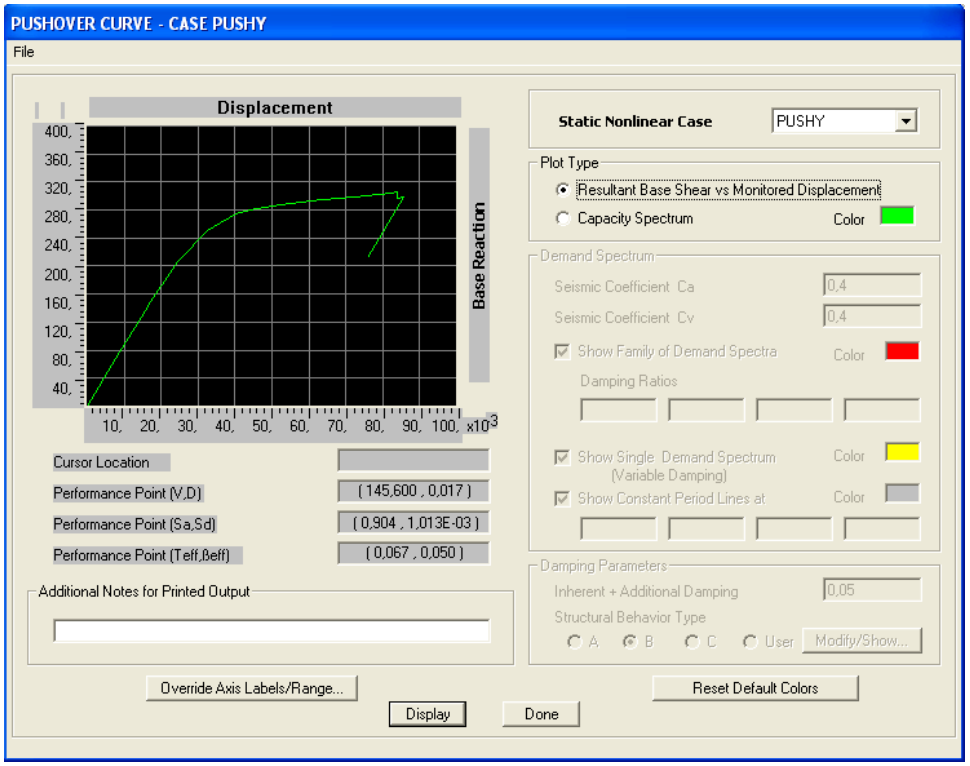
Resultant base shear vs monitored displacement seçili halde iken, File menüsünden Display Tables Seçeneği tıklanır. Pushover curve menüsü ekrana gelir. Burada yapılan iterasyonlara göre yapının elemanlarında oluşan hasar düzeyleri gösterilmektedir. Performans noktasında oluşan taban kesme kuvveti ve deplasman değerinin çizelgede yeri belirlenir. Bu iterasyon adımında çubuk elemanlarda oluşan hasar durumlarına göre yapının geneli için performans düzeyi belirlenir.

Çizelge 4.24 7 katlı betonarme yapı x yönü taban kesme kuvveti-yerdeğiştirme değerleri ve hasar düzeyleri

Step	Displacement	Base Force	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	TOTAL
0	1,41E-05	0	910	0	0	0	0	0	0	0	910
1	0,0079	59,9826	910	0	0	0	0	0	0	0	910
2	0,0157	119,9653	909	1	0	0	0	0	0	0	910
3	0,0224	171,6455	875	35	0	0	0	0	0	0	910
4	0,0303	226,7312	825	85	0	0	0	0	0	0	910
5	0,0384	265,0978	791	112	7	0	0	0	0	0	910
6	0,0445	281,7348	784	117	9	0	0	0	0	0	910
7	0,0454	282,8977	779	74	57	0	0	0	0	0	910
8	0,0544	289,0118	768	80	31	31	0	0	0	0	910
9	0,0636	295,0692	751	79	30	50	0	0	0	0	910
10	0,0729	299,9645	746	63	50	50	0	1	0	0	910
11	0,083	304,061	745	64	50	49	0	0	2	0	910
12	0,083	292,5843	745	64	50	47	0	2	2	0	910
13	0,0837	293,2065	745	64	50	45	0	2	4	0	910
14	0,0837	284,2878	745	64	50	45	0	0	6	0	910
15	0,0837	278,9871	745	64	50	42	0	3	6	0	910
16	0,0839	279,5859	745	64	50	42	0	3	5	1	910
17	0,0649	135,1708	910	0	0	0	0	0	0	0	910

7 katlı betonarme yapının Sap 2000 programı ile statik itme analizi yapılmış yapının performans noktası belirlenmiştir. Her iterasyon adımında yapı elemanlarında oluşan hasar düzeyleri belirlenmiştir. Betonarme yapının x yönünde performans noktasında elde edilen taban kesme kuvveti değeri Vt=136,52 ton, deplasman miktarı 1,8 cm olarak hesap edilmiştir. Yapımız 4. iterasyonda performans noktasına ulaşmıştır. 7 katlı betonarme yapının x yönünde Hemen Kullanım Performans Düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Statik Nonlinear Case açılır penceresinden pushy seçeneği seçilirse ekrana y yönünde yapının taban kesme kuvveti, yatay deplasman değerleri ekrana gelecektir.



Şekil 4.137. 7 katlı yapı y yönü kapasite eğrisi

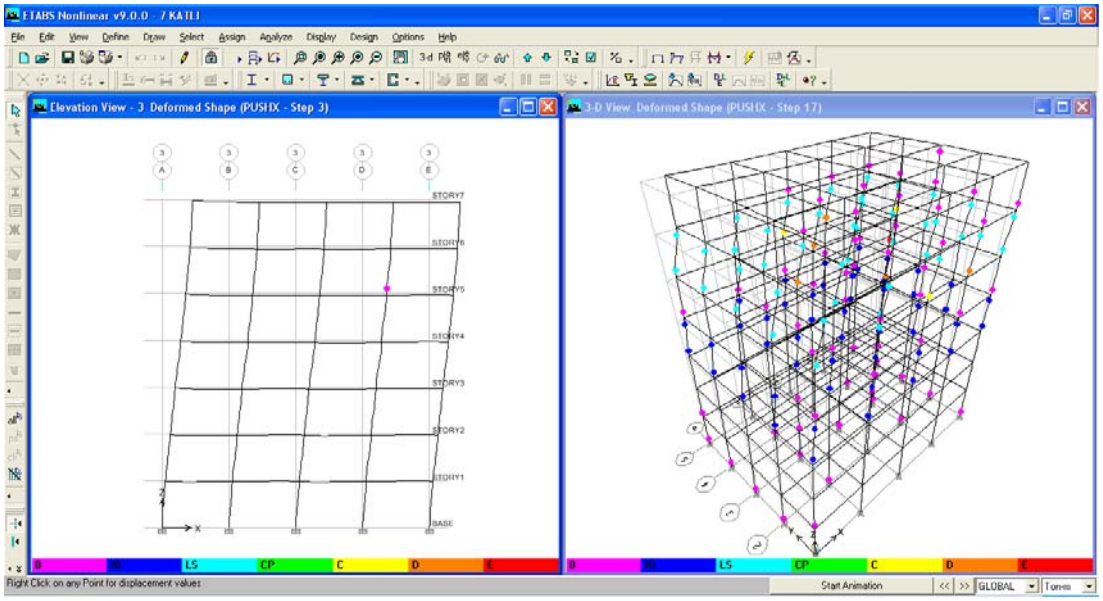
Resultant base shear vs monitored displacement seçili halde iken, File menüsünden Display Tables Seçeneği tıklanır. Pushover curve menüsü ekrana gelir. Burada yapılan iterasyonlara göre yapının elemanlarında oluşan hasar düzeyleri gösterilmektedir. Performans noktasında oluşan taban kesme kuvveti ve deplasman değerinin çizelgede yeri belirlenir. Bu iterasyon adımında çubuk elemanlarda oluşan hasar durumlarına göre yapının geneli için performans düzeyi belirlenir.

Çizelge 4.25 7 katlı betonarme yapı y yönü taban kesme kuvveti-yerdeğiştirme değerleri ve hasar düzeyleri

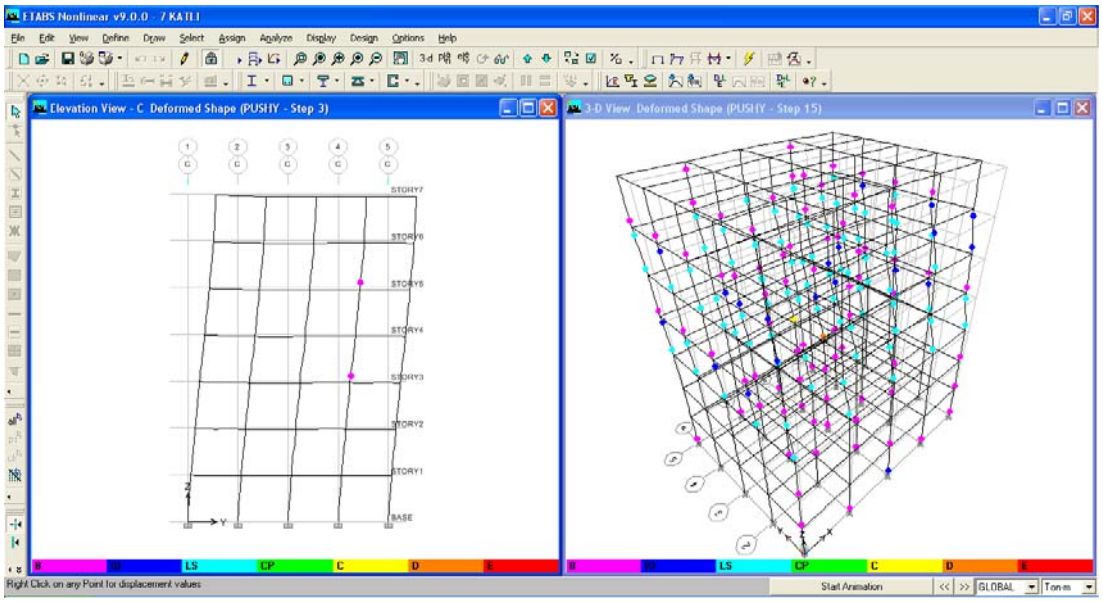
Step	Displacement	Base Force	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	TOTAL
0	8,31E-06	0	910	0	0	0	0	0	0	0	910
1	0,0078	68,5978	910	0	0	0	0	0	0	0	910
2	0,0157	137,1956	908	2	0	0	0	0	0	0	910
3	0,0164	143,2041	886	24	0	0	0	0	0	0	910
4	0,0244	206,5276	830	76	4	0	0	0	0	0	910
5	0,0327	251,318	791	105	14	0	0	0	0	0	910
6	0,0402	273,739	770	111	29	0	0	0	0	0	910
7	0,044	280,4926	757	87	66	0	0	0	0	0	910
8	0,052	287,7334	745	72	82	11	0	0	0	0	910
9	0,0637	295,0678	737	69	69	35	0	0	0	0	910
10	0,0723	299,5336	730	76	32	72	0	0	0	0	910
11	0,0823	304,7513	728	78	28	75	0	1	0	0	910
12	0,084	305,6003	728	78	24	79	0	0	1	0	910
13	0,084	296,7799	728	78	20	82	0	1	1	0	910
14	0,0857	298,4705	728	78	20	82	0	1	1	0	910
15	0,0759	212,4996	910	0	0	0	0	0	0	0	910

7 katlı betonarme yapının Sap 2000 programı ile statik itme analizi yapılmış yapının performans noktası belirlenmiştir. Her iterasyon adımında yapı elemanlarında oluşan hasar düzeyleri belirlenmiştir. Betonarme yapının x yönünde performans noktasında elde edilen taban kesme kuvveti değeri Vt=145,6 ton, deplasman miktarı 1,7 cm olarak hesap edilmiştir. Yapımız 3. iterasyonda performans noktasına ulaşmıştır. 7 katlı betonarme yapının y yönünde Hemen Kullanım Performans Düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Display menüsünden Show Deformed Shape seçeneğini tıklanır. Ekrana Deformed Shape menüsü ekrana gelecektir. Case / Combo Name açılır penceresinden push1 seçeneği seçilir OK tuşuna basılır. Ekrana 1. itme adımında oluşan deformasyon gelecektir. Sağ alttaki ok yardımıyla diğer itme adımları ve bu adımlarda oluşan plastik mafsallar gösterilebilir.



Şekil 4.138. 7 katlı yapı x yönü 1. ve son itme adımında oluşan plastik mafsallar



Şekil 4.139. 7 katlı yapı y yönü 1. ve son itme adımında oluşan plastik mafsallar

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Tez kapsamında Sap2000 ve Etaps programları ile statik itme analizinin nasıl yapılacağı detaylı olarak anlatılmıştır. Bu kapsamda 4 katlı ve 7 katlı betonarme bina örnekleri seçilmiş ve bu yapılara statik itme analizi uygulanmıştır. Seçilen yapıların tasarım kriterleri, örnek alınan tezde alınan değerler ile birebir aynı değerler alınmaya çalışılmıştır.

4 katlı ve 7 katlı yapıların zati yükleri ve hareketli yükleri hesaplanmış ve binanın toplam ağırlığı belirlenmiştir. Binanın toplam ağırlığı hesaplanırken W=G+0,3Q formülü kullanılmış olup, zati yükün tamamı etki ettirilirken hareketli yükün %30'u bina ağırlığına etki ettirilmiştir. Sap 2000 ve Etaps programlarına 4 katlı ve 7 katlı bina modelleri girildikten sonra kat ağırlıkları oranlarına göre yatay yüklemeler yapılmıştır. Elde edilen deplasman değerlerine göre deprem kuvvetleri hesap edilmiştir. Elde edilen deplasman değerleri ve hesaplanan yatay kuvvetler Çizelge 4.1.'de verilmektedir.

Çizelge 5.1. 4 katlı yapıda katlara etkiyen fiktif yükler ve hesaplanan deplasman değerleri

Kat No	$\frac{(wi \times hi)}{\sum(wi \times hi)}$	**Deplasman Değeri (m) ($x10^{-4}$) x yönü**		**Deplasman Değeri (m) ($x10^{-4}$) y yönü**	
		Sap 2000	**Etaps**	**Sap 2000**	**Etaps**
1	0.119	0,33	0,30	0,32	0,29
2	0.238	0,76	0,72	0,74	0,70
3	0.352	1,16	1,12	1,11	1,07
4	0.290	1,36	1,32	1,31	1,26

Çizelge 5.2. 7 katlı yapıda katlara etkiyen fiktif yükler ve hesaplanan deplasman değerleri

Kat No	$\frac{(wi \times hi)}{\sum(wi \times hi)}$	**Deplasman Değeri (m) ($x10^{-4}$) x yönü**		**Deplasman Değeri (m) ($x10^{-4}$) y yönü**	
		Sap 2000	**Etaps**	**Sap 2000**	**Etaps**
1	0,041	0, 16	0,16	0, 16	0,16
2	0,081	0, 39	0,39	0, 38	0,38
3	0,122	0, 62	0,62	0, 60	0,60
4	0,157	0, 89	0,89	0, 87	0,87
5	0,196	1,12	1,12	1,10	1,10
6	0,231	1,33	1,33	1,31	1,31
7	0,174	1,43	1,43	1,42	1,42

Sap2000 ve Etaps programları verilen fiktif yükler ile yapıda x ve y yönlerinde oluşan deplasman değerleri bulunmuştur. Hesaplanan değerler incelendiği zaman iki program arasında yaklaşık aynı değerler elde edilmiştir.

4 katlı ve 7 katlı betonarme bina örnekleri üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, yapıların kat ağırlıkları ve periyot değerleri hesap edilmiştir.

Çizelge 5.3. Yapı kütleleri ve periyot değerleri

Model No	**Bina Ağırlığı**	**Periyot (s)**	**Bina Yüksekliği**
	W (ton)		**H (m)**
4 Katlı Bina Modeli	869	0,55	11,2
Örnek Alınan 4 Katlı Bina Modeli	862	0,57	11,2
7 Katlı Bina Modeli	1748	0,76	19,6
Örnek Alınan 7 Katlı Bina Modeli	1723	0,78	19,6

Yapı ağırlıklarının ve periyot değerleri arasında, örnek alınan yapılar ile arasında küçük farklılıklar oluşmuştur. Bina ağırlığı 4 katlı yapıda 869 ton olarak bulunmuş ve bu yapının periyodu 0,55 saniye olarak hesap edilmiştir. 7 katlı yapıda ise bina ağırlığı 1748 ton olarak hesap edilmiş ve periyodu 0,78 saniye olarak hesaplanmıştır.

Kat ağırlıkları oranlarına göre hesap edilen yatay yükler ile 4 katlı ve 7 katlı yapı modellerine statik itme analizi yapılmıştır. Analizlerde lineer olmayan davranışın tanımlanması için plastik mafsalların tanımlanması gerekmektedir. Eksenel kuvvet ve eğik eğilmeye maruz kolonlar için PMM plastik mafsalı, eğilmeye maruz kirişler için ise M3 plastik mafsal türü belirlenmiştir. Plastik mafsallar kolon ve kirişlerin her iki ucuna otomatik olarak atanmıştır.

Analizleri yapılan 4 ve 7 katlı betonarme yapıların deprem performans düzeyleri belirlenmiştir. Çizelge 4.4.'de performans noktalarında, yapılarda hesap edilen taban kesme kuvveti ve deplasman değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.4. Yapıların performans noktasındaki taban kesme kuvvetleri ve deplasman değerleri

Model No	**Yön**	**V (ton)**	**d (m)**
4 Katlı Sap2000	x	85,856	0,027
	y	83,989	0,020
4 Katlı Etaps	x	84,691	0,019
	y	75,590	0,010
7 Katlı Sap2000	x	136,520	0,018
	y	144,746	0,017
7 Katlı Etaps	x	136,520	0,018
	y	145,600	0,017

4 katlı ve 7 katlı betonarme binaların performans noktalarındaki taban kesme kuvvetleri ile deplasman değerleri incelendiğinde programlar birbirine oldukça yakın sonuçlar vermektedir. Performans noktalarında yapı elemanlarının hangi hasar bölgesinde olduğu belirlenerek yapıların genel olarak deprem performans düzeyleri belirlenmiştir.

Çizelge 5.5. Kapasite eğrisi performans sonuçları

Model No	**Yön**	**Hasar Bölgesi**				
		A-B	**B-IO**	**IO-LS**	**LS-CP**	**Toplam**
4 Katlı Sap2000	x	373	139	8	0	520
	y	382	127	11	0	520
4 Katlı Etaps	x	383	132	5	0	520
	y	407	107	6	0	520
7 Katlı Sap2000	x	910	0	0	0	910
	y	891	19	0	0	910
7 Katlı Etaps	x	875	35	0	0	910
	y	886	24	0	0	910

4 katlı betonarme bina modelinin performans noktasında elemanların bir kısmında oluşan hasar, can güvenliği seviyesi olan IO-LS aralığına girmektedir. Diğer elemanlar ise hemen kullanım seviyesi olan A-IO aralığındadır. Sap 2000 ve Etaps programları ile yapılan her iki analizde de 4 katlı yapı can güvenliği performans düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

7 katlı betonarme bina modelinde ise performans noktasında elemanların tamamı hemen kullanım hasar düzeyindedir. Her iki programla da yapılan analizlerde birbirine yakın sonuçlar alınmıştır. 7 katlı betonarme yapı hemen kullanım performans düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

4 katlı betonarme yapıda oluşan hasar durumları incelendiği zaman ilk plastik mafsal kirişlerde oluşmaktadır. Kirişlerin birkısmında plastik mafsal oluştuktan sonra kolonlarda plastik mafsal oluşmaya başlamıştır. Hasarların ilk olarak kirişlerde daha sonra kolonlarda oluşması beklediğimiz ve istediğimiz bir durumdur. Ancak kirişler oluşabilecek yük kombinasyonlarını taşıyabilecek kapasitede olması gerekmektedir.

7 katlı betonarme yapıda oluşan hasar durumları incelendiği zaman ilk plastik mafsal kolonlarda oluşmaktadır. Sap 2000 programı ile yapılan analizlerde ilk plastik mafsal 4. katta kolonda oluşmuştur. Etaps programında yapılan analizlerde ise x yönünde ilk plastik mafsal 6. katta kolonda, y yönünde ise ilk plastik mafsal 4. ve 6. katlarda kolonlarda oluşmaktadır. Bu durum istenilen bir durum değildir. Kolonların kirişlerden daha güçlü olması gerekmektedir. Kolonlarda oluşan plastik mafsallar 4. ve 6. katta oluşmasının sebebi ise bu katlarda kolonlarda oluşan boyut küçülmesidir. Hasar oluşan kolonlarda alt katta kolon boyutu 30x60 cm iken üst katta 25x50 cm boyutuna düşmektedir. Kesit zayıflamasının olduğu yerlerde plastik mafsallar oluşmuştur.

Statik itme analizi yapılan 4 katlı ve 7 katlı yapıların yatay dayanımları ve tepe deplasman değerleri bulunmuştur. Yatay dayanımlarının bina ağırlığına, tepe deplasman değerinin bina yüksekliğine bölünmesiyle birimsiz grafikler elde edilmiştir. Bu grafikler altında kalan alan binanın enerji sönüm kapasitesini vermektedir. Yapıların depremde yıkılması deprem tarafından yapıya yüklenen enerjinin tüketilememesi ile gerçekleşir. Bu yüzden bu çalışmada enerji sönüm kapasiteleri kullanılarak örnek alınan tez ile analizlerini yapmış olduğumuz yapı modelleri karşılaştırılabilecektir. Bu yöntem sayesinde bina ağırlıkları ve yükseklikleri farklılık gösteren yapılar da birbirleri ile karşılaştırılabilecektir. Yapıların yatay dayanımlarının ağırlığa, deplasman değerinin de bina yüksekliğine bölünmesi ile elde edilen grafiğin altında kalan alan birim enerji olarak ifade edilecektir.

Çizelge 5.6. 4 katlı örnek yapının “Birim Enerji” değerleri

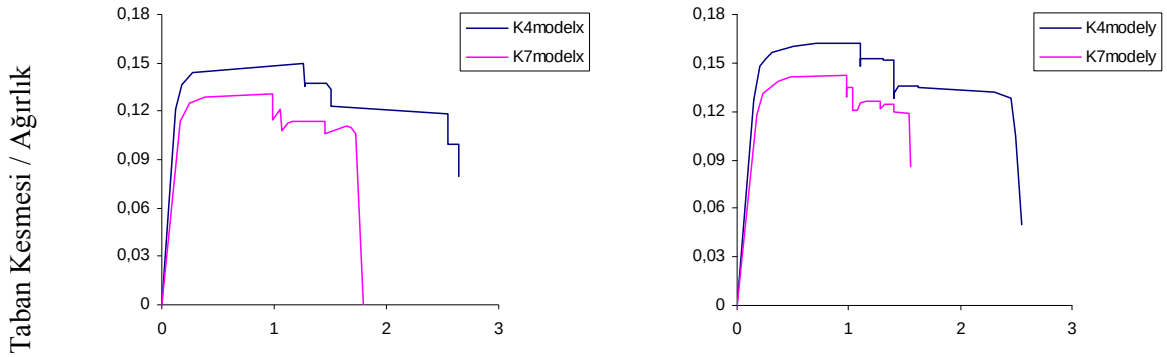
Model Adı	Yön	W (ton)	H (m)	Birim Enerji
Örnek Alınan 4 Katlı Yapı	X	862	11,2	0,345
	Y			0,352

Örnek alınan 4 katlı yapının x yönünde birim enerji değeri 0,345 olurken y yönünde 0,352 değerine ulaşmaktadır. Bina ağırlığı 862 ton, bina yüksekliği de 11,2m olarak verilmiştir.

Çizelge 5.7. 7 katlı örnek yapının “Birim Enerji” değerleri

Model Adı	Yön	W (ton)	H (m)	Birim Enerji
Örnek Alınan 7 Katlı Yapı	X	1723	19,6	0,198
	Y			0,194

7 katlı örnek yapıda ise bina yüksekliği 19,6m’ ye ulaşırken bina ağırlığı 1723 ton olarak verilmiştir. Birim enerji değerinde ise 4 katlı yapıya göre azalma meydana gelmiş x yönünde 0,198, y yönünde 0,194 değerine ulaşmıştır. Şekil 4.1.’de örnek olarak alınan 4 katlı ve 7 katlı yapıların kapasite eğrileri verilmektedir.



a) x yönü kapasite eğrileri b) y yönü kapasite eğrileri

Şekil 5.1. 4 katlı ve 7 katlı örnek yapıların x vey yönü kapasite eğrileri

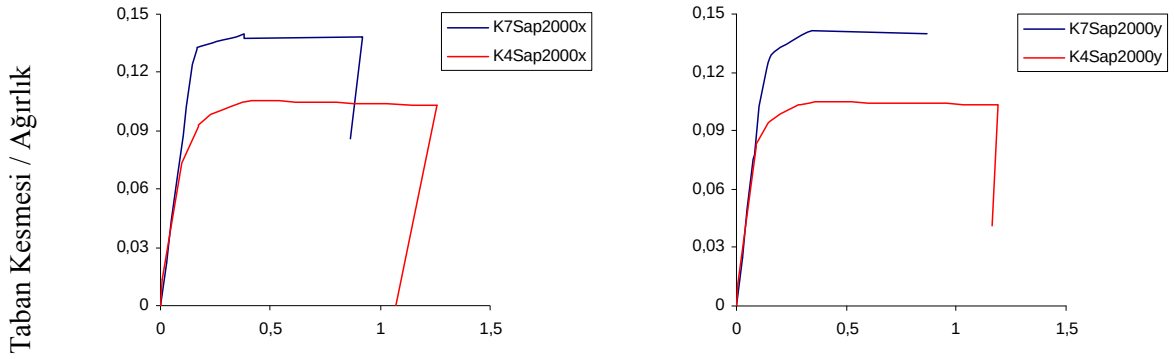
4 katlı ve 7 katlı yapıların kapasite eğrileri Şekil 4.2.’de verilmiştir. Binanın x ve y yönlerinde kapasite eğrileri incelendiği zaman benzer davranış gösterdiği

söylenebilir. Sap 2000 ve Etaps programlarında yapılan analiz sonuçları arasında da belirgin farklar oluşmamıştır.

Çizelge 5.8. Sap2000 programı ile analiz edilen yapıların "Birim Enerji" değerleri

Model Adı	Yön	W (ton)	H (m)	Birim Enerji
Sap2000 4 Katlı Yapı	X	869	11,2	0,128
	Y			0,124
Sap2000 7 Katlı Yapı	X	1748	19,6	0,124
	Y			0,121

Sap 2000 programı ile yapılan analizlerde, 4 katlı yapıda x yönünde birim enerji değeri 0,128, y yönünde ise 0,124 olarak hesaplanmıştır. 7 katlı yapıda ise x yönünde birim enerji değeri 0,124, y yönünde 0,121 olarak hesaplanmıştır. 4 katlı yapının yatay dayanımı 7 katlı yapıya göre daha düşük değerlerde iken yatay deplasman miktarı daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. 4 katlı yapının deprem davranışının daha iyi olduğu söylenebilir.



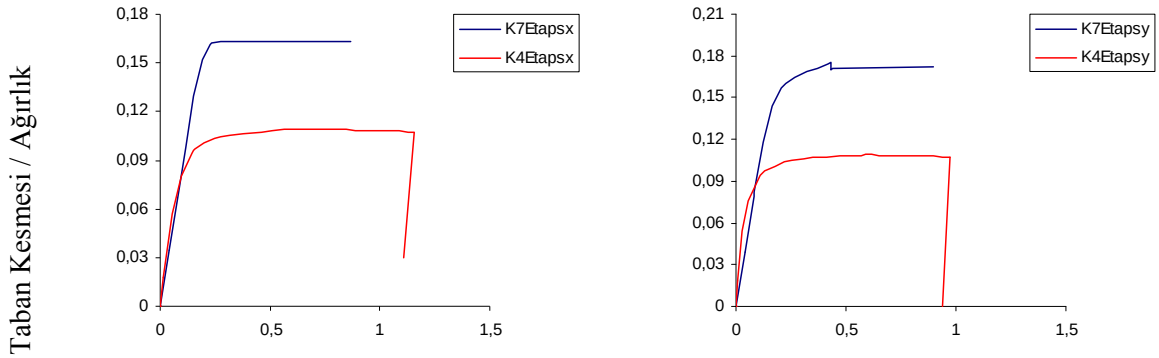
a) x yönü kapasite eğrileri b) y yönü kapasite eğrileri

Şekil 5.2. Sap2000 ile elde edilen 4 katlı ve 7 katlı yapıların kapasite eğrileri

Çizelge 5.9. Etaps programı ile analiz edilen yapıların "Birim Enerji" değerleri

Model Adı	Yön	W (ton)	H (m)	Birim Enerji
Etaps 4 Katlı Yapı	X	869	11,2	0,125
	Y			0,105
Etaps 7 Katlı Yapı	X	1748	19,6	0,118
	Y			0,090

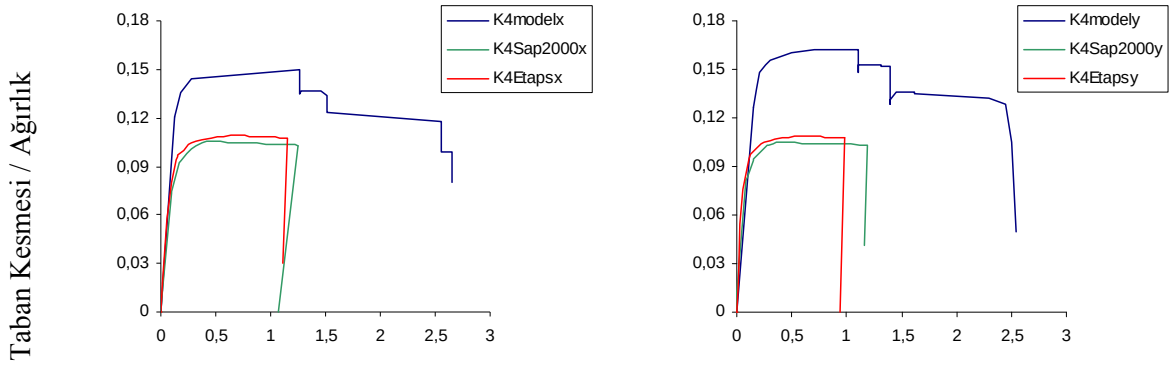
Etaps programı ile yapılan analizlerde x ve y yönlerinde birim enerji değerleri karşılaştırıldığında farklı sonuçlar oluşmuştur. 4 katlı yapıda x yönünde birim enerji değeri 0,125 olarak bulunurken y yönünde 0,105 olarak bulunmuştur. 7 katlı yapıda ise x yönünde birim enerji değeri 0,118 bulunurken y yönünde 0,09 değerine ulaşmıştır. 4 katlı ve 7 katlı yapılarda y yönünde dayanım azalması oluşmaktadır. 4 katlı yapıda yatay dayanım 7 katlı yapıya göre daha az çıkarken, deplasman miktarı daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. Birim enerji değerleri 4 katlı yapının daha yüksek değerlere ulaşmaktadır.



a) x yönü kapasite eğrileri b) y yönü kapasite eğrileri

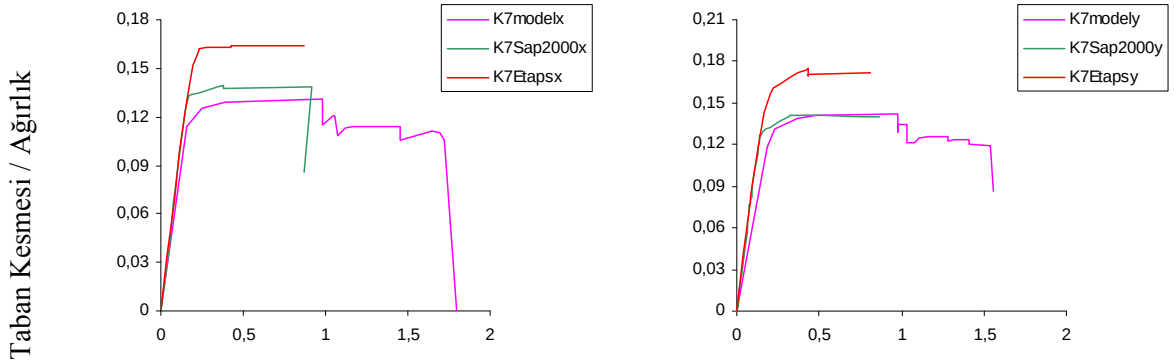
Şekil 5.3. Etaps programı ile elde edilen 4 katlı ve 7 katlı yapıların kapasite eğrileri

Sap2000 ve Etaps programları ile hazırlanan 4 katlı yapılar incelendiğinde; x yönünde %2,4 y yönünde ise %18 dayanım farklılığı oluşmuştur. 7 katlı yapılarda ise x yönünde %5,08 y yönünde %34,4 dayanım farklılığı olduğu belirlenmiştir. 4 katlı yapıda bina yatay dayanım değerleri yaklaşık aynı iken, oluşan deplasman farklılıkları nedeniyle birim enerji değerlerinde iki program arasında farklılıklar oluşmuştur. Sap2000 programı ile çözümde daha fazla deplasman değerlerine ulaşılmıştır.



a) x yönü kapasite eğrileri b) y yönü kapasite eğrileri

Şekil 5.4. 4 katlı yapıların kapasite eğrileri



a) x yönü kapasite eğrileri b) y yönü kapasite eğrileri

Şekil 5.5. 7 katlı yapıların kapasite eğrileri

Örnek alınan 4 katlı ve 7 katlı yapılar ile Sap2000 ve Etaps programları ile yapılan analizler karşılaştırıldığında 4 katlı yapıda yatay dayanım değerinin ve deplasman değerleri arasında farklar oluşmaktadır. Örnek yapının birim enerji değeri daha yüksek çıkmaktadır. 7 katlı yapı incelendiğinde ise bina yatay dayanım değerleri örnek yapıya göre daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. Örnek yapının deplasman değerleri ise daha yüksek değerlere ulaşmıştır.

Örnek alınan yapılar ile programlar ile yapılan analizlerde farklı sonuçların oluşmasının nedeni lineer olmayan davranışın tanımlanması sırasında yapılan kabullerin farklılık göstermesinden kaynaklanmaktadır.

Sap 2000 ve Etaps programlarında ATC-40 ve FEMA-273'ün dikkate alınmasıyla önceden tanımlanmış olarak; sadece moment mafsalı M3, sadece normal kuvvet mafsalı P, sadece kesme kuvveti mafsalı V2 ve hem normal kuvvet hem moment mafsalı PMM gibi mafsal tipleri mevcuttur. Tez kapsamında yapılan çalışmada Sap2000 ve Etaps programları ile modelleme yapılırken kolonlara PMM, kirişlere ise M3 tipi plastik mafsallar otomatik olarak atanmıştır. Örnek alınan çalışmada ise detaylı olarak plastik mafsal atamaları yapılmıştır. Kolon ve kirişlerin her iki ucunda oluşan kuvvet ve moment değerlerine göre her eleman için farklı tanımlamalar yapılarak plastik mafsal atamaları yapılmıştır.

Yapıların deprem davranışlarının belirlenmesinde lineer olmayan davranışının belirlenmesi için yapılan kabuller sonuçları oldukça etkilemiştir. Bu nedenle plastik mafsallar için yapılan kabuller dikkatli şekilde seçilmelidir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmamızda 4 katlı ve 7 katlı betonarme bina modelleri incelenmiştir. Daha önceden yapılmış olan bir tezden alınan 4 katlı ve 7 katlı yapı modelleri Sap2000 ve Etaps programları kullanılarak tekrar statik itme analizleri yapılmıştır. Statik itme analizinin Sap2000 ve Etaps programları ile nasıl yapılacağı tez kapsamında detaylı olarak anlatılmıştır. Statik itme analizleri yapılan 4 katlı ve 7 katlı betonarme binaların kapasite eğrileri elde edilmiştir.

Yapıların statik itme analizleri irdelenmiş yapılarda oluşan hasarların nerelerde oluşacağı belirlenmiştir. 4 katlı yapı modelinde ilk olarak kirişlerde daha sonra kolonlarda hasarlar oluşmuştur. 7 katlı yapıda ise ilk hasar kolonlarda oluşmaktadır. 7 katlı yapıda kirişlerde hasar oluşmamıştır. 7 katlı modelden elde edilen sonuç istenilmeyen bir durumdur. Kolonların kirişlerden daha güçlü olması gerekmektedir. 7 katlı yapıda dikkati çeken ikinci bir husus ise kolonlarda oluşan hasarın alt katlarda değil de üst katlarda oluşmasıdır. Bunun nedenide kolonların kesit küçültmesi yapılarak taşıma kapasitelerinin azaltılmasından kaynaklanmaktadır. Betonarme yapılarda kolonların üst katlarda küçültme yapılarak ani kesit daraltması yapılmaması gerekmektedir. Ara katlarda oluşabilecek göçme neticesinde yapının tamamı yıkılabilir ve büyük can kaybının oluşmasına sebep olabilir. Bu yüzden betonarme yapıların kolonlarında ani kesit daraltması yapılmamalır. Kesit daraltılması yapılacaksa bile bu durum detaylı olarak irdelenmelidir.

Statik itme analizleri ile yapıların performans noktaları belirlenerek yapıların deprem performans düzeyleri belirlenmiştir. Yapıların performans noktalarında hasar düzeyleri belirlenerek yapıların geneli için performans düzeyleri belirlenmiştir. 4 katlı yapının can güvenliği performans düzeyinde, 7 katlı yapının ise hemen kullanım performans düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

İncelenen yapıların kapasite eğrilerinden birim enerji değerleri hesap edilmiştir. Hesaplanan birim enerji değerleri ile yapıların enerji sönüm kapasiteleri hakkında bilgi edinilmiştir. Çizelge 5.1.'de 4 katlı yapılar için hesap edilen değerler, Çizelge5.2.'de ise 7 katlı yapılar için hesap edilen değerler yer almaktadır.

Çizelge 6.1. 4 katlı yapıların itme analizi sonuçları

Model Adı	Yön	W (ton)	H (m)	Periyot (s)	Birim Enerji
Örnek Alınan 4 Katlı Yapı	X	862	11,2	0,57	0,345
	Y				0,352
Sap2000 4 Katlı Yapı	X	869	11,2	0,55	0,128
	Y				0,124
Etaps 4 Katlı Yapı	X	869	11,2	0,55	0,125
	Y				0,105

Örnek alınan 4 katlı yapı ile Sap2000 programı ve Etaps programları ile yapılan analizler karşılaştırıldığında yapı ağırlığında ve bina periyodunda farklılıklar oluşmuştur. Birim enerji değerleri karşılaştırıldığı zaman örnek alınan yapı modelinde belirgin bir fark oluşmuştur. Sap2000 ve Etaps programları ile çözümde fazla fark oluşmamıştır. Sap2000 ve Etaps programlarında modelleme yapılırken statik analizleri etkileyebilecek olan parametreler ve lineer olmayan davranışın tanımlanmasında aynı kabuller yapılmıştır.

Analizlerde lineer olmayan davranışın tanımlanması için plastik mafsalların tanımlanması gerekmektedir. Eksenel kuvvet ve eğik eğilmeye maruz kolonlar için PMM plastik mafsalı, eğilmeye maruz kirişler için ise M3 plastik mafsal türü belirlenmiştir. Plastik mafsallar kolon ve kirişlerin her iki ucuna otomatik olarak atanmıştır. Kolon ve kirişler için tanımlanan plastik mafsalların örnek modelle farklılık göstermesinden dolayı bina yatay dayanım ve deplasman değerlerinde farklı sonuçlar oluşmasına sebep olmaktadır.

Çizelge 6.2. 7 katlı yapıların itme analizi sonuçları

Model Adı	Yön	W (ton)	H (m)	Periyot (s)	Birim Enerji
Örnek Alınan 7 Katlı Yapı	X	1723	19,6	0,78	0,198
	Y				0,194
Sap2000 7 Katlı Yapı	X	1748	19,6	0,76	0,124
	Y				0,121
Etaps 7 Katlı Yapı	X	1748	19,6	0,76	0,118
	Y				0,090

Örnek alınan 7 katlı betonarme yapı ile yeniden çözülen yapılar karşılaştırıldığı zaman birim enerji değerlerinde 4 katlı yapıda olduğu kadar değişim gözlenmemiştir. Sap2000 ve Etaps programları ile çözülen 7 katlı yapıların yatay dayanım değerleri

daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Ancak örnek yapının yatay deplasman değeri diğer iki modele oranla daha büyük değerlere ulaşmaktadır.

Sap2000 ve Etaps programları ile elde edilen taban kesme kuvveti-deplasman grafikleri incelendiği zaman; 4 katlı yapıda birbirine oldukça yakın sonuçlar alınrken, 7 katlı yapıda elde edilen grafikte farklılıklar oluşmuştur. Etaps programıda 7 katlı modelde Sap 2000 programına göre daha yüksek taban kesme kuvveti elde edilmiştir. Deplasman miktarında ise daha düşük seviyelerde kalmıştır.

Programlar her bir mafsal tipi için FEMA-273 veya ATC-40 dan ortalama bazı değerleri kullanmaktadır. Kesit özelliklerini, donatı durumunu ve tasarıma ait iç kuvvet etkilerini (moment, kesme kuvveti, normal kuvvet vb.) dikkate almamaktadır. Bu nedenle plastik mafsal özellikleri kullanıcı tarafından ilgili tablolar kullanılarak belirlenmelidir. Bu çalışmada Sap2000 ve Etaps programlarındaki hazır plastik mafsal tipleri değiştirilmeden varsayılan değerler ile kullanılmıştır.Bunun yüzünden örnek alınan modellerle yeni analizleri yapılan modeller arasında farklı sonuçlar oluşmuştur.

6.1. Analiz Sonuçlarının Genel Değerlendirilmesi ve Öneriler

Yapılan çalışma neticesinde 4 katlı ve 7 katlı yapılar incelenmiştir. Kat yüksekliği arttıkça yapının deprem karşısında dayanımın düştüğü belirlenmiştir.

Sap2000 ve Etaps programları ile yapılan analizlerde yapıların deprem performans düzeyleri ve yapı elemanlarının hasar seviyeleri birbirine yakın değerler çıkmaktadır.

Sap2000 ve Etaps programları ile elde edilen kapasite eğrileri kat sayısı arttıkça farklılık göstermektedir.

Yapıların enerji sönüm kapasitelerinin değerlendirilmesi amacıyla birim enerji değerleri hesap edilmiştir. Birim enerji değerleri kat ağırlığı ile kat yüksekliği arttıkça azalmaktadır. Bu yüzden yapıların ağırlıklarını azaltarak yapıların enerji sönüm kapasiteleri arttırılabilir.

Yapı tasarımları yapılırken kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşuluna dikkat edilmelidir.

Kolonlarda ani kesit daralması olan yerlerde hasarların oluştuğu belirlenmiştir. Kolonlarda ani kesit değişimleri yapılmamalıdır.

Örnek alınan yapılarla Sap2000 ve Etaps programları ile yapılan analizler karşılaştırıldığı zaman farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bunun nedeni ise plastik mafsallar için yapılan kabullerin farklılık göstermesinden kaynaklanmaktadır. Yapıların deprem davranışlarının incelenmesinde plastik mafsalların tanımlanması sonuçları önemli derecede etkilemektedir. Lineer olmayan davranışın tanımlanmasında daha hassas davranılmalı ve ilgili tablolar kullanılarak plastik mafsal özellikleri belirlenmelidir.

7. KAYNAKLAR

ABYYHY-1998, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

Alemdar Z. 2003 "Yapılarda deprem analizi yapmak için kullanılan değişik hesap metodları" Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Antoniou S., **Rovithakis A. and Pinho R**. **2002** "Development and verification of a fully adaptive pushover procedure," 12th European Conference on Earthquake Engineering Paper Reference 822.

Applied Technology Council. (1996). ATC 40 Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings (V.1). Washington DC.

Aydınoğlu, M. N. 2003 "An Incremental Response Spectrum Analysis Precedure Based on Inelastik Spectral Displacements for Multi-Mode Seismic Performance Eveluation", to be published in Eartquake and Structural Dynamics, Vol.1, No.1.

Aydınoğlu N., Özer E., Sucuoğlu H., 2007 Yeni Deprem Yönetmeliği ve Uygulamalı Çözümler, İMO Meslekiçi Eğitim Programı, Antalya.

Celep Z. 2007 "Mevcut Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi", İMO Meslekiçi Eğitim Kursu, Konya.

Chopra A.K., Goel R. K. 2002 "A modal pushover analysis procedure for estimating seismic demands for buildings." Earthquake Eng. Struct. Dyn., 31(3), 561-582.

Coleman J., and Spacone, **E. 2001** "Localization Issues in Nonlinear Force-Based Frame Elements." ASCE Journal of Structural Engineering, Volume 127(11), pp. 1257-1265

Federal Emergency Management Agency. (2004). FEMA 440 Improvement of Nonlinear Static Seimic Analysis Procedure. Washington DC.

Federal Emergency Management Agency. (2000). FEMA 356 Prestandart and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings. Washington DC.

Güney D., Boduroğlu M.H. and Aydın E. 2004 "Dolgu duvarların simetrik ve asimetrik yapıların lineer olmayan davranışlarına etkisi" Advances in Civil Engineering (ACE), 6th International Conference, Istanbul, Turkey, October 6-8. s:374-384.

Habibullah A., **Pyle S.**,. **1998** "Practical Three Dimensional Nonlinear. Static Pushover Analysis" Structural Magazine. Winter 1998. Berkeley, CA. USA., pp.1-2

İrtem E., Türker K. 2002, "Yapıların Deprem Yükleri Altındaki Lineer Olmayan Davranışın Belirlenmesinde Kullanılan Statik Yöntemlerin Karşılaştırılması", Balıkesir Üniversitesi, IV. Mühendislik-Mimarlık Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s.425-436.

İrtem E., Türker K., Hasgül U., 2005 "Dolgu Duvarların Betonarme Bina Davranışına Etkisi", İTÜ Mühendislik Dergisi/d Cilt 4, Sayı 4.

Kırçıl, M.S., Hancıogolu, B., Polat Z., 2003, Geleneksel Yöntemlerle Güçlendirilmiş bir Yapının Doğrusal Olmayan Analiz İle Değerlendirilmesi ,Besinci Uluslar arası Deprem Mühendisliği Konferansı 20-26 Mayıs 2003, İstanbul

Korkmaz A., Uçar T. 2006 "Betonarme Binaların Deprem Davranışında Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi" DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt 8, Sayı 1, s.101-108.

Korkmaz A. 2007 "Çelık çapraz elemanlarla güçlendirilen betonarme yapıların deprem davranışlarının incelenmesi" Doğuş Üniversitesi Dergisi, 8 (2) 2007, 191-201

Moghadam, **A.S. and Tso**, **W.K. 1995** "Inelastic Static Response of Eccentric Building", Proc. Seventh Canadian Conference on Earthquake Engineering (7CCEE), Montreal, Canada, pp. 285-292.

Özer E. (2004). "Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi", Ders Notları. 19 Aralık 2004. http://www.ins.itu.edu.tr/eozer/ysloa.htm

Özmen H.B. 2005 "Hızlı değerlendirme yöntemlerinde kullanılan parametrelerin yapı performansı üzerindeki etkilerinin incelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Denizli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

TDY-2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

TS-500, 2000, "Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları", Türk Standartları Enstitüsü , Ankara.