

**FARKLI YÖNTEMLERLE MODELLENEN BETONARME PERDE
DAVRANIŞININ İRDELENMESİ**

İlkay ÇETİN

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Onur TUNABOYU

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Kasım 2021

ÖZET

FARKLI YÖNTEMLERLE MODELLENEN BETONARME PERDE DAVRANIŞININ İRDELENMESİ

İlkay ÇETİN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Bilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kasım 2021

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Onur TUNABOYU

Ülkemiz aktif fay hatlarının üzerinde bulunduğu için depreme dayanıklı betonarme yapıların tasarımı Türkiye’de önem arz etmektedir. Betonarme perde duvarlar, yapının depreme dayanıklılığının artırılmasında katkısı yüksek olan betonarme taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Perdeler, yatay yüklerin karşılanması konusunda son derece etkili elemanlardır. Yapıdaki bazı mimari gereksinimlerden dolayı, farklı enkesit tiplerine sahip betonarme perdeler sıkça modellenmektedir. Betonarme U-perde bunlardan en çok kullanılan kesit tiplerinden birisidir. Betonarme yapılarda genellikle merdiven sahanlıklarında, asansör boşlukları etrafında özellikle yüksek katlı yapılarda sıklıkla tercih edilmektedir. Bu çalışmada çekirdek bölgesinde betonarme U-perde elemanına sahip taşıyıcı betonarme çerçeve sistemli yapı tasarlanmıştır. Tasarımı yapılan bu yapının Program A, Program B, Program C ve Program D olmak üzere 4 farklı yapısal analiz programında modelleri oluşturularak doğrusal analizleri yapılmış ve analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Tasarlanan bu modellerde U-perde elemanı, farklı yöntemlerle modellenerek sistem üzerindeki davranışı irdelenmiştir. Bu çalışmada 4 farklı yapısal analiz programında oluşturulan modellerin TBDY-2018 yönetmeliğine göre tasarım aşamaları tüm detaylarıyla gösterilmiş ve oluşturulan modellerin analiz sonuçlarının karşılaştırılmasına 6.bölümde yer verilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Betonarme u-perde, Betonarme perde, Doğrusal analiz, Orta-kolon model, Çubuk model

ABSTRACT

INVESTIGATION OF REINFORCED CONCRETE SHEARWALL BEHAVIOR MODELED BY DIFFERENT METHODS

İlkay ÇETİN

Department of Civil Engineering

Programme in Structure

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, November 2021

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Onur TUNABOYU

Since our country is located on active fault lines, the design of earthquake resistant reinforced concrete is significant in Turkey. Reinforced concrete shear walls are reinforced concrete system elements that have a high contribution in increasing the earthquake resistance of the building. Reinforced concrete shear walls have a great influence on bearing horizontal loads. Due to some architectural requirements for the buildings, reinforced concrete shear walls with different cross-section types are frequently modeled. U-shaped reinforced concrete shear wall is one of the most widely used section types. It is often preferred in reinforced concrete structures, usually in stairway landings, around wellhole, especially in high-rise buildings. In this study, a reinforced concrete frame system structure with a reinforced concrete U- shaped shear wall element in the center is designed. Linear analyzes of this designed structure were made by creating models in 4 different structural analysis programs, namely Program A, Program B, Program C and Program D, and the analysis results were compared. In these designed models, the U-shaped shear wall element is modeled by utilizing different methods and its behavior on the system is analyzed. In this study, the design stages of the models created in 4 different structural analysis programs are shown in all details according to the TBEC 2018 and the comparison of the analysis results of the created models is given in the 6th section.

Keywords: Reinforced concrete u-shaped wall, Reinforced concrete shear wall, Linear analysis, Wide-column model, Frame element model.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde değerli bilgilerini benimle paylaşan, karşılaştığım problemlerde bilgi ve tecrübeleriyle bana yardımcı olan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Onur TUNABOYU'na teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans eğitim sürecimde bana bilgi ve tecrübeleriyle katkıda bulunan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Özlem ÇALIŞKAN'a teşekkür ederim.

Hayatımda bana verdikleri emek ve değerleriyle yanımda olan aileme saygılarımla.

İlkay ÇETİN



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

İlkay ÇETİN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI.....	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	3
3. BETONARME PERDELERİN YAPISAL VE DAVRANIŞSAL ÖZELLİKLERİ.....	10
3.1. Betonarme Perde ve Çerçevenin Karşılıklı Etkileşimi	12
3.2. Betonarme Perdelerin Tasarım Esasları	13
3.3. Betonarme Perdenin Plana Yerleştirilmesi	15
3.4. Betonarme Perdeli Taşıyıcı Sistemler	16
3.5. Çekirdek Taşıyıcı Sistemler	16
4. DOĞRUSAL ANALİZLER İÇİN BETONARME PERDELERİN MODELLEME YÖNTEMLERİ	17
4.1. Orta Kolon Modelleme Yöntemi	18
4.2. Çubuk Eleman Modelleme Yöntemi	20
4.3. Fiktif Kirişler	21
4.4. Kabuk Eleman Modelleme Yöntemi	22
5. SAYISAL ÖRNEKLER	24

5.1. Yapının Program A’da Modellenmesi.....	33
5.1.1. PP _D A1 modelinin oluşturulması.....	33
5.1.2. PP _O A1 modelinin oluşturulması.....	36
5.1.3. PP _{AA} 1 modelinin oluşturulması.....	37
5.2. Yapının Program B’de Modellenmesi	41
5.2.1. PP _D B1 modelinin oluşturulması.....	41
5.2.2. PP _O B1 modelinin oluşturulması.....	43
5.3. Yapının Program C’de Modellenmesi.....	45
5.3.1. PP _D C1 modelinin oluşturulması.....	45
5.3.1.1. Aks ölçülerinin oluşturulması	45
5.3.1.2. Malzeme özelliklerinin tanımlanması.....	47
5.3.1.3. Elemanların kesit özelliklerinin ve etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması	47
5.3.1.4. Deprem yüklerinin modele tanımlanması.....	53
5.3.1.5. Kat kütlelerinin ve rijit diyaframın modele tanımlanması.....	56
5.3.1.6. Rigid end zone tanımlanması	59
5.3.1.7. Mesnetlerin tanımlanması.....	60
5.3.1.8. Modal analiz parametrelerinin tanımlanması ve analiz yapılması.....	61
5.3.1.9. Modelin analizi, yön kabulleri ve analiz sonuçlarının gösterimi	63
5.3.2. PP _O C1 Modelinin Oluşturulması	69
5.3.2.1. Aks ölçülerinin oluşturulması	69
5.3.2.2. Malzeme özelliklerinin tanımlanması.....	71
5.3.2.3. Elemanların kesit özelliklerinin ve etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması	71
5.3.2.4. Deprem yüklerinin modele tanımlanması.....	75
5.3.2.5. Kat kütlelerinin ve rijit diyaframın modele tanımlanması ve perdenin sonlu elemanlara bölünmesi.....	78
5.3.2.6. Mesnet tanımlamalarının yapılması.....	82
5.3.2.7. Kat kesitlerinin oluşturulması	83
5.3.2.8. Rigid end zone tanımlanması	85

5.3.2.9. Modal analiz parametrelerinin tanımlanması ve analizin yapılması.....	86
5.3.2.10. Modelin analizi ve analiz sonuçlarının gösterimi.....	89
5.3.3. PP _{OC2} modelinin oluşturulması.....	94
5.3.3.1 Aks ölçülerinin oluşturulması.....	94
5.3.3.2. Malzeme özelliklerinin tanımlanması.....	95
5.3.3.3. Elemanların kesit özelliklerinin tanımlanması ve perdenin sonlu elemanlara bölünmesi.....	96
5.3.3.4. Deprem yüklerinin modele tanımlanması.....	98
5.3.3.5. Kütle kaynağının seçilmesi.....	99
5.3.3.6. Mesnet tanımlamalarının yapılması.....	100
5.3.3.6. Kat kesitlerinin oluşturulması.....	101
5.3.3.7. Modal analiz parametrelerinin tanımlanması ve analizin yapılması.....	103
5.3.3.8. Modelin analizi ve analiz sonuçlarının gösterimi.....	106
5.4. Yapının Program D’de Modellenmesi.....	111
5.4.1. PP _{OD1} modelinin oluşturulması.....	111
6. ANALİZ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	143
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	178
KAYNAKÇA	179
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 5.1. PP _D A1 Modeli Kolon Betonarme Kesit Ölçüleri	28
Tablo 5.2. PP _O A1 Modeli Kolon Betonarme Kesit Ölçüleri	28
Tablo 5.3. PP _A A1 Modeli Kolon Betonarme Kesit Ölçüleri	29
Tablo 5.4. PP _D B1 Modeli Kolon Betonarme Kesit Ölçüleri.....	30
Tablo 5.5. PP _O B1 Modeli Kolon Betonarme Kesit Ölçüleri.....	30
Tablo 5.6. PP _D C1 Modeli Kolon Betonarme Kesit Ölçüleri.....	31
Tablo 5.7. PP _O C1 Modeli Betonarme Kesit Ölçüleri	32
Tablo 5.8. PP _O C2 Modeli Betonarme Kesit Ölçüleri	32
Tablo 5.9. PP _O D1 Modeli Betonarme Kesit Ölçüleri	32
Tablo 5.10. Tüm Modellemeler için Döşemelerin Sabit ve Hareketli Yük Değerleri	32

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Farklı enkesit geometrilerine sahip betonarme perdeler.....	2
Şekil 3.1. Yatay yük etkisi altında betonarme perde davranışı	10
Şekil 3.2. Betonarme perdelerde oluşan güç tükenmeleri	11
Şekil 3.3. Betonarme perde-çerçeve etkileşimi	12
Şekil 3.4. Yönetmeliğe göre betonarme perde tasarım esasları.....	14
Şekil 3.5. Betonarme perdeli-çerçeve sistemlerde mafsallaşma.....	15
Şekil 3.6. Betonarme perdeli sistemlerin deprem etkisi davranışı bakımından plandaki durumu	15
Şekil 3.7. İki doğrultu arasındaki rijitlik farkından dolayı hatalı ve doğru çözümler.....	16
Şekil 3.8. Yapı planında betonarme perde yerleşimine göre düşük ve yüksek burulma rijitliği örnekleri	16
Şekil 3.9. Çekirdek taşıyıcı sistem örneği	17
Şekil 4.1. Betonarme u-perdenin orta kolon modeli	19
Şekil 4.2. Orta kolon modeli betonarme perdenin enkesit merkezleri.....	20
Şekil 4.3. Betonarme u-perdenin çubuk eleman modeli	21
Şekil 4.4. Betonarme U-perdenin kabuk eleman modeli	23
Şekil 5.1. Modellenen yapının kat kalıp planı	24
Şekil 5.2. Yeniden tasarlanan kat kalıp planı	25
Şekil 5.3. Çalışmada kullanılacak nihai kat kalıp planı	26
Şekil 5.4. Çalışmada kullanılacak yapının nihai çatı katı kat kalıp planı.....	26
Şekil 5.5. Çalışmada kullanılan yapının üç boyutlu modeli.....	27
Şekil 5.6. Poligon perde detaylı kesit ölçüleri (mm).....	31
Şekil 5.7. Bu çalışmada kullanılacak yön kabullerinin perde planında gösterilmesi.....	31
Şekil 5.8. PP _D A1 modelinin kalıp planı	33
Şekil 5.9. Eskişehir Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü binası koordinatları ve deprem verileri.....	34
Şekil 5.10. PP _D A1 modelinin malzeme bilgileri.....	35
Şekil 5.11. PP _D A1 modelinin yapı genel bilgileri.....	35
Şekil 5.12. PP _O A1 modelinin kat planı	36
Şekil 5.13. PP _O A1 modelinin malzeme bilgileri.....	37
Şekil 5.14. PP _O A1 modelinin yapı bilgileri.....	37

Şekil 5.15. PP _{AA} 1 modelinin kat planı	38
Şekil 5.16. PP _{AA} 1 modelinin malzeme bilgileri.....	39
Şekil 5.17. PP _{AA} 1 modelinin yapı bilgileri.....	39
Şekil 5.18. PP _{AA} 1 modeli x yönü deprem yüklemesi kolon elemanların analiz sonuçları (kNm)	40
Şekil 5.19. PP _{AA} 1 modeli x yönü deprem yüklemesi perde elemanların analiz sonuçları (kNm)	40
Şekil 5.20. PP _{AA} 1 modeli y yönü deprem yüklemesi kolon elemanların analiz sonuçları (kNm)	40
Şekil 5.21. PP _{AA} 1 modeli y yönü deprem yüklemesi perde elemanların analiz sonuçları (kNm)	40
Şekil 5.22. PP _{DB} 1 modelinin kat planı	41
Şekil 5.23. PP _{DB} 1 modelinin malzeme bilgileri.....	42
Şekil 5.24. PP _{OB} 1 modelinin deprem ve yapı bilgileri	42
Şekil 5.25. PP _{OB} 1 modelinin kat planı	43
Şekil 5.26. PP _{OB} 1 modelinin malzeme bilgileri.....	44
Şekil 5.27. PP _{OB} 1 modelinin deprem ve yapı bilgileri	44
Şekil 5.28. PP _{DC} 1 modelinin aks ölçüleri (mm)	46
Şekil 5.29. PP _{DC} 1 modelinin kat planı ve üç boyutlu görünümü.....	46
Şekil 5.30. PP _{DC} 1 modelinin betonarme malzeme özellikleri	47
Şekil 5.31. Etkin kesit rijitlikleri çarpan katsayıları.....	48
Şekil 5.32. PP _{DC} 1 modeli 300x300 kolon elemanının kesit özellikleri ve etkin kesit rijitlikleri.....	49
Şekil 5.33. PP _{DC} 1 modeli 300x400 kolon elemanının kesit özellikleri ve etkin kesit rijitlikleri.....	49
Şekil 5.34. PP _{DC} 1 modeli 400x300 kolon elemanının kesit özellikleri ve etkin kesit rijitlikleri.....	50
Şekil 5.35. PP _{DC} 1 modeli 250x500 kiriş elemanının kesit özellikleri ve etkin kesit rijitlikleri.....	51
Şekil 5.36. PP _{DC} 1 modeli normal katlardaki bağlantı kiriş elemanını kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri	51
Şekil 5.37. PP _{DC} 1 modeli çatı katındaki bağlantı kiriş elemanının kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri	52

Şekil 5.38. PP _D C1 modeli 1750x250 perde elemanın kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri.....	53
Şekil 5.39. PP _D A1 modelinin analiz sonuçlarından alınan deprem yükleri (kN).....	54
Şekil 5.40. PP _O C1 modelinin merkezine deprem yüklerinin yüklenmesi için nokta tanımlanması.....	54
Şekil 5.41. PP _D C1 modeline deprem yüklerinin yüklenmesi	55
Şekil 5.42. PP _D C1 modeline yüklenen deprem yükleri ve momentleri (kN)	55
Şekil 5.43. PP _D A1 modelinin analiz sonuçlarından alınan kat kütleleri (kN).....	56
Şekil 5.44. PP _D A1 modelinin analiz sonuçlarından alınan yapı burulma kütle atalet momenti (m ⁴).....	56
Şekil 5.45. PP _D C1 modeline kat kütleleri ve yapı burulma kütle momentinin yüklenmesi (kN).....	57
Şekil 5.46. PP _D C1 modeline kütle kaynağının tanımlanması.....	58
Şekil 5.47. PP _D C1 modeline rijit diyaframın tanımlanması	58
Şekil 5.48. PP _D C1 modeline rigid end zone tanımlanması	59
Şekil 5.49. PP _D C1 modeline mesnetlerin tanımlanması.....	60
Şekil 5.50. PP _D C1 modeline modal analiz parametrelerinin tanımlanması	61
Şekil 5.51. PP _D A1 modeli analizi sonrasında yapı periyot değerinin ekrana getirilmesi	62
Şekil 5.52. PP _D C1 modeli analizi sonrasında yapı periyot değerinin ekrana getirilmesi	62
Şekil 5.53. PP _D A1 x yönü deprem yüklemesi modeli moment yönleri	63
Şekil 5.54. PP _D A1 modeli y yönü deprem yüklemesi moment yönleri	63
Şekil 5.55. Program c elemanlar için global eksen gösterimleri	64
Şekil 5.56. Program c noktalar için local eksen gösterimleri	64
Şekil 5.57. PP _D C1 modeli mesnet noktaları	65
Şekil 5.58. PP _D C1 modelinin analiz sonuçlarının tablo üzerinden ekrana getirilmesi	65
Şekil 5.59. PP _D A1 modeli U-perde elemanları X yönü deprem yüklemesi 1.kat analiz sonuçları (kNm)	66
Şekil 5.60. PP _D A1 modeli U-perde elemanları Y yönü deprem yüklemesi 1. kat analiz sonuçları (kNm)	66

Şekil 5.61. PP _D C1 modeli U-perde elemanları X yönü deprem yüklemesi 1.kat analiz sonuçları (kN)	66
Şekil 5.62. PP _D C1 modeli U-perde elemanları Y yönü deprem yüklemesi 1.kat analiz sonuçları (kN)	66
Şekil 5.63. PP _D C1 modeli U-perde elemanları X yönü deprem yüklemesi 1. kat moment sonuçları (kNm).....	67
Şekil 5.64. PP _D C1 modeli U-perde elemanları Y yönü deprem yüklemesi 1.kat moment sonuçları (kNm).....	67
Şekil 5.65. PP _D C1 modeli tepe deplasmanların hesaplanacağı noktaların işaretlenmesi	68
Şekil 5.66. PP _D C1 modeli x yönü deprem yüklemesi perde tepe deplasmanları (mm).....	68
Şekil 5.67. PP _D C1 modeli y yönü deprem yüklemesi perde tepe deplasmanları (mm).....	69
Şekil 5.68. PP _O C1 modelinin aks ölçülerinin oluşturulması (mm).....	70
Şekil 5.69. PP _O C1 modelinin kat planı ve modellenmenin üç boyutlu görünümü.....	70
Şekil 5.70. PP _O C1 modelinin betonarme malzeme özellikleri	71
Şekil 5.71. PP _O C1 modeli 300x300 kolon elemanının kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri.....	72
Şekil 5.72. PP _O C1 modeli 300x400 kolon elemanının kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri.....	72
Şekil 5.73. PP _O C1 modeli 400x300 kolon elemanının kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri.....	73
Şekil 5.74. PP _O C1 modeli 250x500 kiriş elemanının kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri.....	74
Şekil 5.75. PP _O C1 modeli bağlantı kiriş elemanının kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri.....	74
Şekil 5.76. PP _O C1 modeli perde elemanının kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri.....	75
Şekil 5.77. PP _O A1 modelinin analiz sonuçlarından alınan deprem yükleri	76
Şekil 5.78. PP _O C1 modeline deprem yüklerinin yükleneceği noktanın oluşturulması.....	76
Şekil 5.79. PP _O C1 modeline deprem yüklerinin yüklenmesi	77
Şekil 5.80. PP _O C1 modeline yüklenen deprem yükleri ve momentleri (kN)	77

Şekil 5.81. PP ₀ A1 modelinin analiz sonuçlarından alınan kat kütleleri (kN).....	78
Şekil 5.82. PP ₀ A1 modelinin analiz sonuçlarından alınan yapı burulma kütle atalet momenti (m ⁴).....	78
Şekil 5.83. PP ₀ C1 modeline kat kütleleri ve yapı burulma kütle momentinin yüklenmesi (kN).....	79
Şekil 5.84. PP ₀ C1 modeline kütle kaynağının tanımlanması.....	79
Şekil 5.85. PP ₀ C1 modelinde u-perdenin sonlu elemanlara bölünmesi (mm).....	80
Şekil 5.86. PP ₀ C1 modelinde sonlu elemanlara bölünmüş perdenin kesit görünümü.....	81
Şekil 5.87. PP ₀ C1 modeline rijit diyaframın tanımlanması	82
Şekil 5.88. PP ₀ C1 modeline mesnetlerin tanımlanması.....	83
Şekil 5.89. PP ₀ C1 modeli kat kesitlerini oluşturmak için elemanların gruplandırılması	84
Şekil 5.90. PP ₀ C1 modeli kat kesitlerini oluşturmak için gruplandırma yapılması	84
Şekil 5.91. PP ₀ C1 modelinde kat kesitlerinin oluşturulması	85
Şekil 5.92. PP ₀ C1 modeline rigid end zone tanımlanması	86
Şekil 5.93. PP ₀ C1 modeline modal analiz parametrelerinin tanımlanması	87
Şekil 5.94. PP ₀ A1 modeli analizi sonrasında yapı periyot değerinin ekrana getirilmesi	88
Şekil 5.95. PP ₀ C1 modeli analizi sonrasında yapı periyot değerinin ekrana getirilmesi	88
Şekil 5.96. PP ₀ C1 modelinde perde analiz sonuçlarının tablo olarak ekrana getirilmesi	89
Şekil 5.97. PP ₀ C1 modelinin x yönü deprem yüklemesi analiz sonuçları (kN).....	90
Şekil 5.98. PP ₀ C1 modelinin y yönü deprem yüklemesi analiz sonuçları (kN).....	90
Şekil 5.99. PP ₀ A1 modeli x yönü deprem yüklemesi analiz sonuçları (kNm)	91
Şekil 5.100. PP ₀ A1 modeli y yönü deprem yüklemesi analiz sonuçları (kNm)	91
Şekil 5.101. PP ₀ C1 modeli tepe deplasman sonuçlarının elde edileceği noktanın seçilmesi	92
Şekil 5.102. PP ₀ C1 modeli x yönü deprem yüklemesi tepe deplasman sonuçları (mm).....	93
Şekil 5.103. PP ₀ C1 modeli y yönü deprem yüklemesi tepe deplasman sonuçları (mm).....	93

Şeki 5.104. PP ₀ C2 modelinin aks ölçüleri (mm).....	94
Şekil 5.105. PP ₀ C2 modelinin kat planı ve üç boyutlu görünümü.....	95
Şekil 5.106. PP ₀ C2 modelinin betonarme malzeme özellikleri	96
Şekil 5.107. PP ₀ C2 modelinde u-perde elemanın kesit özelliklerinin tanımlanması	97
Şekil 5.108. PP ₀ C2 modelinin sonlu elemanlara ayrılması (mm).....	97
Şekil 5.109. PP ₀ A1 modelinin analiz sonuçlarından alınan deprem yükleri (kN)	98
Şekil 5.110. PP ₀ C2 modelinde deprem yüklerinin yükleneceği noktalar	98
Şekil 5.111. PP ₀ C2 modeline deprem yüklerinin tanımlanması	99
Şekil 5.112. PP ₀ C2 modeline kütle kaynağının tanımlanması.....	100
Şekil 5.113. PP ₀ C2 modeline mesnetlerin tanımlanması.....	101
Şekil 5.114. PP ₀ C2 modeli kat kesitlerini oluşturmak için elemanların gruplandırılması	102
Şekil 5.115. PP ₀ C2 modeli kat kesitlerini oluşturmak için gruplandırma yapılması ...	102
Şekil 5.116. PP ₀ C2 modelinde kat kesitlerinin oluşturulması	103
Şekil 5.117. PP ₀ C2 modeli modal analiz parametrelerinin tanımlanması	104
Şekil 5.118. PP ₀ C2 modeli analiz sonrası yapı periyot değerinin ekrana getirilmesi	105
Şekil 5.119. PP ₀ D1 modeli analiz sonrası yapı frekans değerinin ekrana getirilmesi	105
Şekil 5.120. PP ₀ C2 modelinde perde analiz sonuçlarının tablo olarak ekrana getirilmesi	106
Şekil 5.121. PP ₀ C2 modelinin x yönü deprem yüklemesi analiz sonuçları (kN).....	107
Şekil 5.122. PP ₀ C2 modelinin y yönü deprem yüklemesi analiz sonuçları (kN).....	107
Şekil 5.123. PP ₀ D1 modeli x yönü deplasman analiz sonuçları (mm)	108
Şekil 5.124. PP ₀ D2 modeli y yönü gerilme analiz sonuçları (mm).....	109
Şekil 5.125. PP ₀ C2 modeli x yönü deprem yüklemesi perde elemanı tepe deplasmanları (mm)	110
Şekil 5.126. PP ₀ C2 modeli y yönü deprem yüklemesi perde elemanı tepe deplasmanları (mm)	110
Şekil 5.127. PP ₀ D1 modeli yapısal analiz seçeneğinin işaretlenmesi	111
Şekil 5.128. PP ₀ D1 kullanılacak birim sisteminin seçilmesi	112
Şekil 5.129. PP ₀ D1 modelinin kilit noktalarının oluşturulması	112
Şekil 5.130. PP ₀ D1 modeli kilit noktalarının birleştirilerek alana dönüştürülmesi	113

Şekil 5.131. PP ₀ D1 modeli alan elemanın isim gösterim özelliğinin açılması	114
Şekil 5.132. PP ₀ D1 modeli alan elemanın oluşumu ve gösterimi	114
Şekil 5.133. PP ₀ D1 modeli alan elemanın yüksekliğinin arttırılması	115
Şekil 5.134. PP ₀ D1 modelindeki alan elemanın hacim elemana dönüştürülmesi	116
Şekil 5.135. PP ₀ D1 modeli u-perdeyi temsil eden hacim eleman	116
Şekil 5.136. PP ₀ D1 modeli eleman tanımlaması yapılması	117
Şekil 5.137. PP ₀ D1 modeline solid 65 elemanı tanımlanması	118
Şekil 5.138. PP ₀ D1 modelinin tanımlanmış elemanı	118
Şekil 5.139. PP ₀ D1 modelinin malzeme ve özelliklerinin tanımlanması	119
Şekil 5.140. PP ₀ D1 modelinin malzeme birim ağırlığının tanımlanması	120
Şekil 5.141. C30 beton sınıfı için gerilme-şekil değiştirme eğrisi	121
Şekil 5.142. PP ₀ D1 modeli solid65 malzemesine gerilme-şekil değiştirme verilerinin girişi	121
Şekil 5.143. PP ₀ D1 modeli beton gerilme-şekil değiştirme eğrisi	122
Şekil 5.144. PP ₀ D1 modeli betonun malzeme özelliklerinin girilmesi	123
Şekil 5.145. PP ₀ D2 modeline yapı çeliğinin elastisite modülünün ve poisson oranının tanımlanması	124
Şekil 5.146. PP ₀ D2 modeline yapı çeliğinin akma dayanımının tanımlanması	124
Şekil 5.147. PP ₀ D2 modelinde yapı çeliği gerilme-şekil değiştirme eğrisi	125
Şekil 5.148. PP ₀ A1 modelinin boyuna ve yatay donatı oranları tablosu	126
Şekil 5.149. PP ₀ D2 modeline dağınık yöntemle donatı oranlarının tanımlanması	126
Şekil 5.150. PP ₀ D2 modelinde tanımlanan kesitlerin atanması	127
Şekil 5.151. PP ₀ D1 modelinin sonlu elemanlara bölünmesi (mm)	128
Şekil 5.152. PP ₀ D1 modelinin sonlu elemanlara bölünmesi ve görünümü	128
Şekil 5.153. PP ₀ D1 modeline ankastre mesnet atanması	129
Şekil 5.154. PP ₀ D1 modeline deprem yüklerinin yüklenmesi	130
Şekil 5.155. PP ₀ D1 modeli 5 katlı u-perde modeli	130
Şekil 5.156. PP ₀ D1 modeline yerçekimi ivmesi girilmesi	131
Şekil 5.157. PP ₀ D1 modeli analiz sonuç ekranı	131
Şekil 5.158. PP ₀ D1 modeli doğrusal olmayan malzeme özelliklerinin silinmesi	132
Şekil 5.159. PP ₀ D1 modelinin nihai modelinin üç boyutlu görünümü	133
Şekil 5.160. PP ₀ D1 modelinin x yönü deplasman sonuçları (mm)	133
Şekil 5.161. PP ₀ D1 modelinin y yönü deplasman sonuçları (mm)	134

Şekil 5.162. PP _{OC1} modeli x yönü deplasman sonuçları (mm)	134
Şekil 5.163. PP _{OC1} modeli y yönü deplasman sonuçları (mm)	135
Şekil 5.164. PP _{OC1} modeline mod sayılarının girilmesi.....	136
Şekil 5.165. PP _{OC1} modeli modal analiz sonuçları.....	136
Şekil 5.166. PP _{OD1} modelinin modal analizinin yapılması	137
Şekil 5.167. PP _{OD1} modelinde mod sayılarının belirlenmesi	138
Şekil 5.168. PP _{OD1} modelinin frekans değerleri.....	138
Şekil 5.169. PP _{DA1} modelinin 13 katlı yapısının planı ve dış görünümü	139
Şekil 5.170. PP _{OA1} modelinin 13 katlı yapısının planı ve dış görünümü	140
Şekil 5.171. PP _{AA1} modelinin 13 katlı yapısının planı ve dış görünümü	140
Şekil 5.172. PP _{DB1} modelinin 13 katlı yapısının planı ve dış görünümü.....	141
Şekil 5.173. PP _{OB1} modelinin 13 katlı yapısının planı ve dış görünümü.....	141
Şekil 5.174. PP _{DC1} modelinin 13 katlı yapısının planı ve dış görünümü.....	142
Şekil 5.175. PP _{OC1} modelinin 13 katlı yapısının planı ve dış görünümü.....	142
Şekil 6.1. Dikdörtgen perde modelleri periyot sonuçları (sn)	143
Şekil 6.2. Poligon perde modelleri periyot sonuçları (sn).....	144
Şekil 6.3. Program c ve program d modelleri u-perde periyot sonuçları (sn)	144
Şekil 6.4. Program a tüm modeller periyot sonuçları (sn).....	145
Şekil 6.5. Program b tüm modeller periyot sonuçları (sn)	146
Şekil 6.6. Program c tüm modeller periyot sonuçları (sn).....	146
Şekil 6.7. Dikdörtgen perde modelleri s106 elemanı x yönü deprem yüklemesi x yönü deplasman sonuçları (mm).....	147
Şekil 6.8. Dikdörtgen perde modelleri s107 elemanı x yönü deprem yüklemesi x yönü deplasman sonuçları (mm).....	148
Şekil 6.9. Dikdörtgen perde modelleri s108 elemanı x yönü deprem yüklemesi x yönü deplasman sonuçları (mm).....	148
Şekil 6.10. Dikdörtgen perde modelleri s106 elemanı y yönü deprem yüklemesi y yönü deplasman sonuçları (mm).....	149
Şekil 6.11. Dikdörtgen perde modelleri s107 elemanı y yönü deprem yüklemesi y yönü deplasman sonuçları (mm).....	150
Şekil 6.12. Dikdörtgen perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi y yönü deplasman sonuçları (mm).....	150

Şekil 6.13. Poligon perde modelleri s108 elemanı x yönü deprem yüklemesi x yönü deplasman sonuçları (mm).....	151
Şekil 6.14. Poligon perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi y yönü deplasman sonuçları (mm).....	152
Şekil 6.15. Dikdörtgen perde ve panel perde modelleri s106 elemanı x yönü deprem yüklemesi x yönü deplasman sonuçları (mm).....	153
Şekil 6.16. Dikdörtgen perde ve panel perde modelleri s107 elemanı x yönü deprem yüklemesi x yönü deplasman sonuçları (mm).....	154
Şekil 6.17. Dikdörtgen perde ve panel perde modelleri s108 elemanı x yönü deprem yüklemesi x yönü deplasman sonuçları (mm).....	154
Şekil 6.18. Dikdörtgen perde ve panel perde modelleri s106 elemanı y yönü deprem yüklemesi y yönü deplasman sonuçları (mm).....	155
Şekil 6.19. Dikdörtgen perde ve panel perde modelleri s107 elemanı y yönü deprem yüklemesi y yönü deplasman sonuçları (mm).....	156
Şekil 6.20. Dikdörtgen perde ve panel perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi y yönü deplasman sonuçları (mm).....	156
Şekil 6.21. PP _{OC2} ve PP _{OD1} modellerinin x yönü deplasman sonuçları (mm).....	157
Şekil 6.22. PP _{OC2} ve PP _{OD1} modellerinin y yönü deplasman sonuçları (mm).....	158
Şekil 6.23. Dikdörtgen perde modelleri s106 elemanı x yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)	159
Şekil 6.24. Dikdörtgen perde modelleri s107 elemanı x yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)	159
Şekil 6.25. Dikdörtgen perde modelleri s108 elemanı x yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)	160
Şekil 6.26. Dikdörtgen perde modelleri s106 elemanı y yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)	161
Şekil 6.27. Dikdörtgen perde modelleri s107 elemanı y yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)	161
Şekil 6.28. Dikdörtgen perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)	162
Şekil 6.29. Poligon perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)	163

Şekil 6.30. Dikdörtgen perde modelleri s107 elemanı x yönü deprem yüklemesi vx kesme kuvvetleri (kN)	164
Şekil 6.31. Dikdörtgen perde modelleri s106 elemanı y yönü deprem yüklemesi vy kesme kuvvetleri (kN)	164
Şekil 6.32. Dikdörtgen perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi vy kesme kuvvetleri (kN)	165
Şekil 6.33. Poligon perde modelleri s108 elemanı x yönü deprem yüklemesi vx kesme kuvvetleri (kN).....	166
Şekil 6.34. Dikdörtgen perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi vy kesme kuvvetleri (kN)	166
Şekil 6.35. Dikdörtgen perde modelleri s107 elemanı x yönü deprem yüklemesi mx momentleri (kNm).....	167
Şekil 6.36. Dikdörtgen perde modelleri s106 elemanı y yönü deprem yüklemesi my momentleri (kNm).....	168
Şekil 6.37. Dikdörtgen perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi my momentleri (kNm).....	168
Şekil 6.38. Poligon perde modelleri s108 elemanı x yönü deprem yüklemesi mx momentleri (kNm).....	169
Şekil 6.39. Poligon perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi my momentleri (kNm).....	170
Şekil 6.40. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s106 elemanı x yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)	171
Şekil 6.41. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s107 elemanı x yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)	171
Şekil 6.42. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s108 elemanı x yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)	172
Şekil 6.43. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s106 elemanı y yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)	173
Şekil 6.44. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s107 elemanı y yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)	173
Şekil 6.45. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)	174

Şekil 6.46. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s107 elemanı x yönü deprem yüklemesi v_x kesme kuvvetleri (kN)	175
Şekil 6.47. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s106 elemanı y yönü deprem yüklemesi v_y kesme kuvvetleri (kN)	175
Şekil 6.48. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi v_y kesme kuvvetleri (kN)	176
Şekil 6.49. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s107 elemanı x yönü deprem yüklemesi m_x momentleri (kNm)	176
Şekil 6.50. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s106 elemanı y yönü deprem yüklemesi m_y momentleri (kNm)	177
Şekil 6.51. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi m_y momentleri (kNm)	177

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
C_z	: Hareketli Yük Azaltma Katsayısı
D	: Dayanım Fazlalığı Katsayısı
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
H_{cr}	: Kritik Perde Yüksekliği
H_k	: Kat Yüksekliği
H_w	: Perde Boy Uzunluğu
I	: Yapı Önem Katsayısı
L_w	: Perde Uzunluğu
M_{DEV}	: Betonarme Perdenin Tabanında Deprem Yüklerinden Meydana Gelen Devrilme Momenti
M_o	: Binanın Tamamının Deprem Yüklerinden Tabanda Meydana Gelen Toplam Devrilme Momenti
n	: Hareketli Yük Katsayısı
PGA	: En Büyük Yer İvmesi
PGV	: En Büyük Yer Hızı
PP _{DA} 1	: Dikdörtgen Perde Program A Modeli
PP _{OA} 1	: Poligon Perde Program A Modeli
PP _{AA} 1	: Panel Perde Program A Modeli
PP _{DB} 1	: Dikdörtgen Perde Program B Modeli
PP _{OB} 1	: Poligon Perde Program B Modeli
PP _{DC} 1	: Dikdörtgen Perde Program C Modeli
PP _{OC} 1	: Poligon Perde Program C Modeli
PP _{OC} 2	: U-perde Program C Modeli
PP _{OD} 1	: U-perde Program D Modeli
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
S_s	: Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı
S_1	: 1 Saniye için Spektral İvme Katsayısı
T	: Periyot
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

β : Modal Analiz Minimum Yük Oranı (Düzensiz Yapı)
 β_v : Dinamik Büyütme Katsayısı

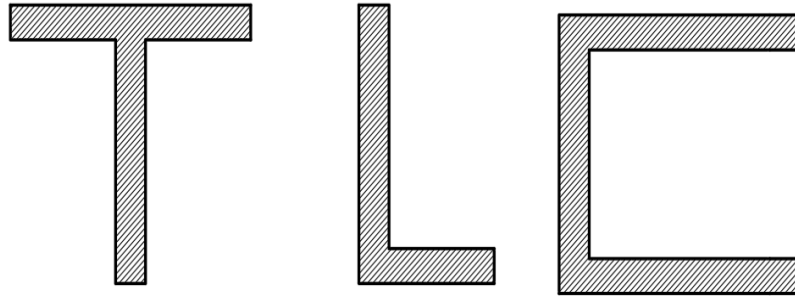


1. GİRİŞ

Ülkemiz ve dünya genelinde etkili doğal afet türü olan depremler can ve mal kayıplarına yol açmaktadır. Bu kayıpları önlemek ve minimum düzeye indirmek için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Türkiye'nin büyük bir bölümü aktif fay hatlarının üzerinde yer almaktadır. Bu nedenle ülkemizde tasarlanacak betonarme yapıların depreme dayanıklı olması önem arz etmektedir. Betonarme taşıyıcı bir sistemde depreme dayanıklılıkta katkısı yüksek olan taşıyıcı eleman betonarme perde duvarlardır. Betonarme perdeler yatay yüklerin taşınması için aktif olarak kullanılmaktadır.

Türkiye'de son yıllarda nüfus yoğunluğunun artması sonucunda çok katlı yapılara gereksinim artmıştır. Betonarme yapının yüksekliğinin artması sonucunda deprem ve rüzgâr gibi yatay yüklerin yapıya etkisi artmaktadır. Taşıyıcı sistemlerin yüksekliklerinin artması betonarme perdelerin önemini arttırmaktadır. Perdeli çerçeve sistemde perde taşıyıcı elemanları, rijitlikleri fazla olması nedeniyle deprem ve rüzgârdan oluşan yatay yüklerin çoğunu karşılamaktadır. Yapıda yatay yükler etkisi altında yer değiştirmelerin sınırlandırılması tasarımın temel amaçlarından biridir. Betonarme perdeler yapıda yatay ötelenmeleri önemli derecede azaltmaktadır. Betonarme yapılarda perde kullanılması yapının yatay yük kapasitesini arttırmakta ve yatay yer değiştirmeleri sınırlandırmaktadır. Betonarme perdeler yapıya etkileyen kat kesme kuvvetinin büyük bölümünü karşılamakta ve kolonlara etkileyen kesme kuvveti önemli derecede azalmaktadır. Bu nedenler ile deprem bölgelerinde yapısal hasarları önlemek için betonarme perde kullanımı önem arz etmektedir. Betonarme perdeli çerçevelerin, deprem yüklerinin tamamının çerçeveye taşındığı sistemlere göre çok daha iyi bir davranış göstermektedir.

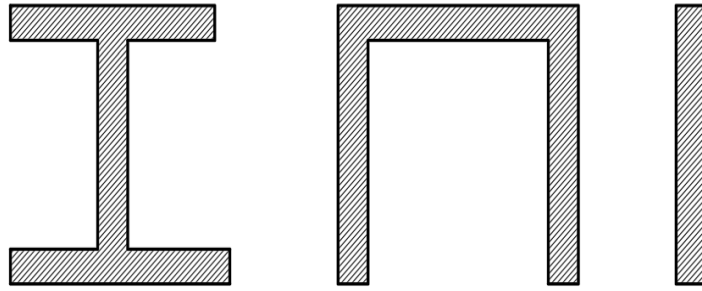
Yapı tasarım aşamasında mühendisler, plana yerleştirilecek perde duvar yerleşimine ve miktarına karar kılmaktadır. Bu seçim için öncelikle yerleşim parametreleri ve perde duvar miktarının yapı davranışı ve deprem güvenliği üzerindeki etkilerinin çözümlenmesi gerekmektedir. Mimari gereksinimler ve deprem doğrultularında daha etkili davranış gösterilmesi amacıyla Şekil 1.1'de gösterilen C, H, I, L, T ve U gibi farklı enkesit tiplerine sahip betonarme perdeler tasarlanabilmektedir. Bu tip farklı geometrilere sahip betonarme perdeler birden fazla modelleme yöntemi ile modellenabilmektedir. Bu çalışmanın konusu U enkesit geometrisine sahip betonarme perdeyi yapının çekirdek bölgesine yerleştirerek farklı modellemelerle incelemektir.



T Kesit

L Kesit

C Kesit



I Kesit

U Kesit

Dikdörgen Kesit

Şekil 1.1. Farklı enkesit geometrilerine sahip betonarme perdeler

Koçak (2015) yüksek lisans tezinde, U enkesite sahip betonarme bir perdeyi farklı yöntemlerle modelleyerek, farklı metotlar yardımıyla analizlerini DBYBHY 2007 yönetmeliğine göre yapmıştır. Bu çalışmada U enkesit geometrisine sahip betonarme perde TBDY 2018’de belirtilen koşullar ve modelleme yöntemlerine göre modellenecektir. Tasarlanacak modeller, mevcut yönetmelikteki analiz yöntemleriyle analiz ederek kıyası yapılacaktır. Bu çalışmanın temel amacı U-perdeyi farklı yöntemlerle modelleyerek modeller arasındaki farklılıkları irdelemek ve bu yöntemler arasından en güvenilir tasarıma ulaşabilmektir. Çalışmada Program A, Program B, Program C ve Program D olmak üzere iki farklı yapısal analiz programı kullanılacaktır. İlk olarak sayısal örnekte iki program arasında aynı modeller aynı malzeme özellikleri ve deprem verileri altında incelenecek ve çıkan analiz sonuçları arasında kıyaslama yapılarak analiz sonuçlarının karşılaştırılması yapılacaktır. İkinci olarak ise Program A’da U perdeyi üç farklı metotla modelleyerek bu program içerisinde modellerin analiz sonuçlarının karşılaştırılması yapılacak ve modeller arası çıkan farklılıklar incelenecektir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Aktan (2009) çalışmasında, yapıya etkiyen yatay yüklerin karşılanmasındaki önemi yüksek olan betonarme perdeler üzerinde araştırmalar yapmıştır. Yatay yük taşıyan elemanları çalışmasında sınıflandırmıştır. Betonarme perdelerin kesitlerini düzenleme şekilleri, davranışları ve planda yerleştirilmesi hakkında bilgiler sunmuştur. Yatay kuvvetlere karşı modellemede gerekli olan dayanım, rijitlik ve süneklik gibi parametreler üzerinde incelemelerde bulunmuştur. Betonarme perdelerdeki hasar türleri ve göçme şekilleri konusunda bilgiler sunmuştur. 8 farklı kalıp planı üzerinden perdelerin planda farklı yerleşim sonucunda davranış değişikliklerini incelemelerde bulunmuştur. Bir kalıp planını salt çerçeve sistemden, diğer kalıp planlarını betonarme perdeli çerçeve sistemden oluşturmuştur. Yapıları 3 kat, 6 kat ve 10 kat olmak üzere farklı katsayıları ile tasarlamıştır. Yapı zemin sınıfındaki etkisini araştırabilmek için farklı deprem bölgelerinde tasarım yapmıştır. Bulduğu sonuçlar üzerinden betonarme perdelerin aldığı kesme kuvvetinin oranı, göreceli kat ötelemesi, yapıda oluşan deplasmanlar ve burulma katsayılarını karşılaştırmıştır.

Erken (2012) çalışmasında, konut olarak kullanılacak mimari plan için 5 farklı taşıyıcı sistem planı önermiştir. Kullandığı perde tipi farklılıklarını etkileyen deprem kuvvetleri altında kesit ve yer değiştirmelerini incelemiştir. Tasarım kuvvetleri üzerindeki farklılıkları araştırmıştır. 1 bodrum kat ve 9 normal kattan oluşan konut amaçlı mimari plan kullanmıştır. Betonarme yapının analiz ve tasarımında CSI Berkeley SAP2000(Structural Analysis Program) ve CSI Column paket programlarını kullanmıştır. Taşıyıcı sistemde kolon ve kirişleri çubuk eleman olarak, perde ve döşeme elemanlarını sonlu eleman ağı ile kabuk eleman olarak modellemiştir. Sonlu elemanlara böldüğü döşeme elemanları için her kata rijit diyafram atayarak kayma çerçevesi kabulünü modelde sağlamıştır. Eşdeğer deprem yükü deprem kuvvetleri el hesabı yardımıyla bulunan kat yatay kuvvetlerini rijit diyaframlara etkitmiştir. Hesapladığı kat kütlelerini SAP2000 programına ayrıca tanıtmıştır. Kiriş kolon ve perde elemanlarının donatılarını Column ve SAP2000 programıyla tayin etmiştir. Enine donatıları sünek eleman şartlarını dikkate alarak Excel üzerinden hesaplamıştır. Düğüm noktası, kesme dayanımı ve güçlü kolon zayıf kiriş kontrollerini Excel yardımıyla kontrol etmiştir. Elde ettiği 5 farklı yapıda mod analiz yardımıyla ortaya çıkan yapı karakteristik periyotlarına ulaşmasından sonra Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi için statik analiz yapmıştır. Mod birleştirme yöntemi için

dinamik analiz yapmıştır. Bu yaptığı hesaplar sonucunda yapı davranış katsayıları, elastik deprem yükü azaltma katsayıları, ikinci merteye etkileri ve yapı düzensizlikleri gibi elde ettiği çıktılar üzerinden karşılaştırma yapmıştır. Seçtiği kombinasyonlarda kesitlerde oluşan en olumsuz kesit zorları altında birinci normal kat kiriş, kolon ve perde elemanlarının kesit hesaplarında gerekli kesit alanlarını hesaplamıştır. Bu hesaplama sonrasında gerekli boyuna ve enine donatı miktarlarına ulaşmıştır. Bu hesapların ardından kesme kuvveti ve güçlü kolon zayıf kiriş tahkiklerini yaparak hesaplarını tamamlamıştır. Bunların sonucunda taşıyıcı sistemde farklı perde kullanımının neticeleri üzerinde sonuçlara varmıştır.

Güllü (2013) çalışmasında, betonarme perdelerin düzlem içi tersinir tekrarlanır yükler altında doğrusal olmayan davranışını elde eden iki boyutlu sonlu eleman modeli sunmuştur. Model tersinir tekrarlanır yük koşullarına uyumlu, iki boyutlu sonlu eleman modellemesi için uygunluğu olan sabit çatlak açısı modelleme yaklaşımını incelemiştir. Narin betonarme perdelerde beklenmeyen kesme akması ile doğrusal olmayan kayma deformasyonları için deneysel gözlemler sonucunda uyumunu sağlamayı hedeflemiştir. Analitik model, tekrarlanır yükler altında doğrusal olmayan kesme davranışı, süneklik, dayanım, yanal rijitlik gibi davranışsal özellikleri makul hassasiyetle temsil edebildiğini gözlemlemiştir. Analitik modelde doğrusal olmayan yük-deplasman davranış tahmininde plastik deplasman, rijitlik kaybı ve daralma gibi davranışları da gözlemlemiştir. Sunduğu sonlu eleman modelini MATLAB programında kodlamıştır. Deplasman kontrollü doğrusal olmayan çözüm stratejileri kullanarak analizler yapmıştır. Narin perdeler için analitik sonuçlar ile deneysel sonuçları karşılaştırmıştır. Davranış tahminlerinde doğruluk payı içeren sonuçlara ulaşmıştır. Analitik model için parametrik sonuçlar içinde karşılaştırma yapmıştır. Gövde donatı oranı, eksenel yük seviyesi, eleman sayısı, narinlik oranı gibi davranış parametreleri için değişimleri incelemiştir.

Çolakoğlu (2014) çalışmasında, DBYBHY (2007) e göre U ve H şekline sahip betonarme perdelerin farklı burulma ve yatay yük etkileri altındaki doğrusal ve doğrusal olmayan davranışlarını incelemiştir. Sonlu eleman metodunu kullanarak ANSYS programını kullanmıştır. ANSYS programını kullanarak betonarme elemanların nasıl modelleneceğini ve malzeme davranışına yönelik kabulleri belirtmiştir. Öncesinde laboratuvar ortamında uygulanmış H şekilli betonarme perde verilerini kullanarak ANSYS programında doğrusal ve doğrusal olmayan analizler yapmıştır. Bunun

sonrasında U şekilli betonarme perde farklı değer ve yönlerde sahip yükler altında analiz yapmıştır. Betonarme perdeye ait yük-deplasman eğrileri, deformasyon şekilleri ve moment eğrilik ilişkilerini belirterek dikdörtgen kesite sahip olmayan betonarme perde elemanların inelastik davranışını açıklamıştır.

Yılmaz (2014) çalışmasında, konsol perdelerde yaptığı parametrik çalışmalar perdeli çerçeve sistem için genişletmiştir. Konsol perdeler üzerinde elde ettiği yeni bulguları daha önce yapılan konsol perdeli sistemler üzerinden perde çerçeve sistem sonuçlarıyla karşılaştırmıştır. Çalışmasında belirlediği parametrik ölçütler yardımıyla literatürdeki perde modelleri üzerinde çalışmıştır. Bu perde modellerini mevcut deney sonuçlarıyla karşılaştırmıştır ve çalışma uygunluğunu göstermiştir.

Koçak (2015) çalışmasında, U-perde modelleme yöntemlerinden birinci olarak U kesiti meydana getiren 3 adet dikdörtgen perde modelini fiktif kirişlerle kat seviyesine bağlayarak oluşturulan yöntemi ele almıştır. İkinci yöntem olarak U perdenin rijitlik merkezinden tanımlanmış poligon kolon modelleme tekniği ile diğer yapı elemanlarına fiktif çubuklarla bağlayarak oluşturulmasını ele almıştır. İki farklı modelleme yönteminde kabuk elemanlar yardımıyla hazırladığı referans modelini doğrusal ve doğrusal olmayan davranışlar altında kıyaslamıştır. Doğrusal olmayan davranış için muhtemel plastikleşme bölgeleri üzerinde plastik mafsallı kabulü ile çalışmıştır. Kabuk elemanlarda katmanlaşmış malzeme modelleri ile çalışmıştır. U-perde modelleme prensiplerini incelemek ve geliştirmek üzere altı kattan oluşan üç farklı betonarme yapı modeli hazırlamış ve U-perdenin diğer taşıyıcı elemanlarla birlikte çalışmasını gözlemlemiştir.

Şahin (2015) çalışmasında, birinci modun dikkate alındığı Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde elastik ötesi davranışı dikkate almadığı için kesme kuvveti tahmininde yetersiz kaldığını öngörmüştür. Perde kesme kuvvetindeki artışın gevrek kırılmalara sebebiyet verdiğini birçok araştırmanın gösterdiğini belirtmiştir. Elastik ötesi durumda perde kesme kuvvetlerinde oluşan bu artış dinamik büyütme katsayısı (β_v) ile Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007 de belirtilmiştir. Çalışmasında bu katsayı ile ilgili 1,0 ve 1,5 olarak ifade edilen dinamik büyütme katsayısı (β_v), davranış katsayısı (R), periyod (T), perde boy/en oranı (H_w/L_w) değişkenlerini incelemiştir. Elastik ötesi analizler sonucunda (β_v) katsayısının sabit bir tek sayı olarak tanımlamayı yetersiz bulmuştur. Çalışmasında dinamik büyütme katsayısı (β_v) için grafik tabanlı yaklaşım önermiştir. Türkiye Deprem

Yönetmeliği 2007 tarafından önerilen kesme kuvvet dağılımının yetersiz olduğunu belirtmiş, kesme kuvvet dağılımı için bir eğri önerisinde bulunmuştur.

Özcan (2015) çalışmasında, perde duvarların kesme tasarımını etkileyen kesme donatısı ve perde duvar kalınlığını incelemiştir. Farklı kontrol modelleri oluşturmuş bu iki değişken için etkileri araştırmıştır. Çalışmasında Türkiye’de tasarlanmış ve kullanılmakta olan 43 katlı yapıyı kullanmıştır. Bu yapı başka bir çalışmada kullanılmış ve bu çalışmadan aldığı deprem performansının analizini kendi çalışmasında özet şeklinde vermiştir. Perde duvar kalınlığını yapı kesme ve genel davranışına etkisini incelemiştir. Bu yapıda farklı perde duvar kalınlıkları ile modellemesini yapmış tasarıma dair parametrelerin değişimini lineer analiz yaparak araştırmıştır. Çalışmasının diğer bölümünde kesme donatı miktarını değiştirerek modeller oluşturmuştur. Bu oluşturduğu modelleri zaman tanım alanında analiz yaparak yapı davranışı üzerindeki etkilerini araştırmıştır.

Güneş (2017) çalışmasında, 4 farklı kat planında ve her kat planının 4,8,12 kat tasarımında simetrik şekilde yerleştirilmiş dikdörtgen şekilli betonarme perdelerin binanın muhtelif yerlerine farklı yerleşim geometrisi ve adet ile yerleşimi üzerinden performans ve dinamik analizlerini yapmıştır. Bu farklılıkların betonarme yapının davranışı üzerindeki etkilerini araştırmıştır.

Hasnalbant (2017) çalışmasında, L şekilli betonarme perde elemanının eksenel yük ve iki eksenli eğilme etkisindeki davranışını analitik ve deneysel olarak araştırmıştır. 4 farklı en kesit oranlarında, eşit kol uzunluğunda $\frac{1}{2}$ ölçekli numuneler hazırlamıştır. L şekilli betonarme perde için kesit oranı değişiminin perde davranışı üzerindeki araştırmış ve sismik performansını değerlendirmiştir. Yatay yükü simetri eksenine doğrultusunda uygulamıştır. Eksenel yük seviyesini %10 uygulamıştır. En kesit oranlarını 3,5,8,10 olarak belirlemiştir. Numunelerin alt ve üst uçlarına döşemeler teşkil etmiştir. Temel için alt ucunda 30 cm kalınlığında ve eksenel ve yatay yük uygulaması için üst ucu 20 cm kalınlığında döşeme oluşturmuştur. Numunelerinin net yüksekliği 150 cm ve toplam yüksekliği ise 200 cm’dir. Düşey donatı 10 mm çapında, yatay donatı 8 mm çapındadır. Araştırma sonucunda en kesit oranı 3 olan kolon, en kesit oranı 5 olan konsol perde, en kesit oranı 8 ve 10 olanlar kısa perde duvar davranışı göstermiştir.

Othman (2017) çalışmasında, betonarme perdelerin plandaki yerleşimi ve perdelerdeki boşluk oranının yapının deprem etkisi altındaki davranışına etkisini araştırmıştır. Bu davranışı incelemek için 5,10, 20 ve 30 katlı yapıları ele almıştır. Farklı perde yerleşimi ve boşluk oranlarını kontrol etmek için tasarımlar yapmış ve analiz yapmıştır. Analiz sonuçlarında global ötelenme oranı, doğal titreşim periyodu, perdelerin taban kesme kuvveti ve göreceli kat ötelenmesi oranını karşılaştırmıştır.

Doğru (2018) çalışmasında, mevcut bir okul binasının doğrusal olmayan statik itme analizi yardımıyla deprem performansını inceleyerek farklı zemin sınıflarının deprem performansına etkisi üzerinde araştırmalarda bulunmuştur. Betonarme perde ile güçlendirilen yapılarda perdenin performans üzerindeki etkisinin zemin tipi değişimi ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Performans analizini Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 de bulunan doğrusal olmayan yöntemlerden Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile analizlerini yapmıştır. Türkiye Deprem Yönetmeliği 1975 yönetmeliğine göre tasarlanmış 5 katlı betonarme çerçeveli okul yapısının SAP 2000 programında analitik modelini oluşturmuştur. DBYBHY 2007 yönetmeliğine göre deprem performans analizini yapmıştır. Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıfları için analizlerini tamamlamıştır. Araştırmasının sonucunda okul yapısının DBYBHY 2007 yönetmeliğinin öngördüğü performans seviyesini sağlamadığının tespitini yapmıştır. Okul yapısının güçlendirmesine karar vermiştir. Binaya betonarme perde eklenmesi ile güçlendirilmesini tercih etmiştir. Çalışmasında betonarme perde eklendikten sonra mevcut yapının performans hedefinin sağlandığının tespitini yapmıştır. Zeminin sıkılaştıkça performans üzerindeki etkinliğinin arttığının yapısal hasarın azaldığının sonucuna varmıştır.

Ersoy (2018) çalışmasında, Antalya İl Özel idaresine ait 17 katlı eski hizmet binasındaki betonarme perdenin aniden yıkılmasının sebepleri üzerinde çalışmalar yapmıştır. Bu yapının mimari planı V şeklindedir. Malzeme kalitesinin yapının tasarımına göre düşük olduğunun tespitini yapmıştır. Deprem olmadığı halde yapıda bulunan büyük boyutlara sahip betonarme perdelerin varlığında yapının hasar görmesi bu durumun göstergesi olduğunu savunmuştur. Çalışmasında bu yapıyı SAP2000 programında analitik olarak modellemiştir. Perdelerin taşıma kapasiteleri ve deprem davranışına katkıları üzerinde çalışmalar yapmıştır. Bu amaçla doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerle yapıyı analiz etmiştir. Doğrusal yöntem olarak Mod Birleştirme yöntemini, doğrusal olmayan yöntem olarak Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesabı

kullanmıştır. Doğrusal olmayan modelde sisteme plastik mafsallar tanımlayarak doğrusal olmama durumunu sağlamıştır. İncelemesini yaptığı binada perdedeki hasarın kesme hasarı olduğunu tanımlamıştır. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesapta 7 adet deprem ivme kaydı kullanmıştır ve ilgili yönetmelikte verilen tasarım spektrumuna ölçeklemiştir. Bu yöntemlerle elde ettiği kesme kuvvetleri yardımıyla perde kesme kuvvetlerinin perde taşıma gücüyle karşılaştırmalarını yapmış ve mevcut perdelerin yetersizliğini tespit etmiştir. Sonuç olarak tasarımı düzgün yapılmamış perde elemanlar deprem davranışını iyileştirmenin aksine daha kötü hale getirebilmektedir.

Kaya (2018) çalışmasında, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 (DBYBHY-2007) kapsamında deprem yükü hesap yöntemi olan Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemini kullanarak betonarme perdeli çerçeveli yapıların farklı doğrultularına çeşitli boyutlarda perde yerleştirmiştir. Bu yerleşimin deprem davranışına etkisinin analizini yapmıştır.

Kalaycı (2018) çalışmasında, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) 2007’de belirtilen doğrusal olmayan elastik analiz yöntemlerinden Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemini kullanarak mevcut yapıların deprem performansının analizini yapmıştır. İnceleme yaptığı model yapı 1. derece deprem bölgesinde Z4 zemin sınıfı üzerine inşa edilmiş 3 katlı okul yapısıdır. Seçtiği modelde taşıyıcı sistemin deprem performansını karşılayan minimum perde boyutlarıyla tasarımını yapmıştır. Sonrasında oluşturduğu perdeleri planda farklı yerlere konumlandırarak kombinasyonlar oluşturmuştur. Perde boyutlarını, yönetmeliği sağlayacak şekilde arttırmıştır. Bunun sonucunda analizlerini yaparak bu değişkenlerin deprem performansı üzerinde etkilerini değerlendirmiştir.

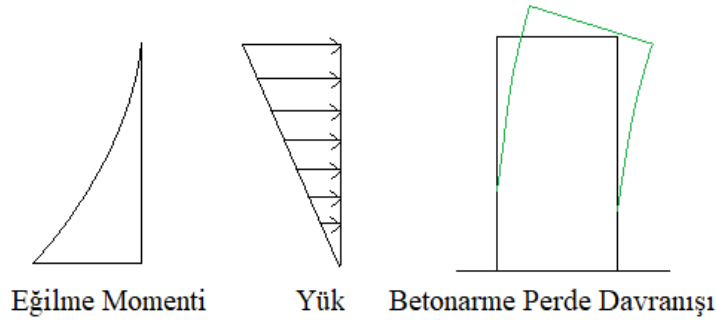
Yüksel (2018) çalışmasında, betonarme perde oranının yapının deprem performansının üzerindeki etkisini araştırmıştır. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 yönetmeliğinin 7.bölümündeki doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemini kullanmıştır. 20 katlı 2 farklı yapı modeli oluşturarak bu hesap yöntemiyle analizlerini yapmıştır. SAP2000 programında sonlu elemanlar analizi kullanarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizler yapmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda hasar durumları, yer değiştirme değerleri ve yapının deprem performansının sağlamlasının kontrollerini yapmıştır. Deprem etkisi altındaki betonarme perdeli çerçeveli sistemde kolonlarda

hasara sebep olan plastik dönme miktarının azaldığını tespit etmiştir. Kolonlarda oluşan mafsalsal sayısında da azalma olmuştur. Bu sayede perdeli sistemin yapıda hedeflenen deprem performansı seviyesindeki katkısının öneminin büyük olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Susam (2019) çalışmasında, taşıyıcı elemanların donatı oranlarını değiştirerek 13 farklı model oluşturmuştur. Aynı geometri, farklı donatı oranına sahip bu taşıyıcı elemanlar üzerinden yatay ve düşey yükler etkisi altında deprem performansı değerlendirmesi yapmıştır. Belirlediği sistemin ön tasarımına yönelik minimum donatı oranı önermiştir. Taşıyıcı sistemi betonarme perdeli çerçeve sistemden oluşan iki doğrultuda tek açıklıklı 8 katlı betonarme yapı olarak seçmiştir. Sistemin bir aksını sonlu elemanlar programı yardımıyla doğrusal olmayan analiz ile hesaplamıştır. Başlangıç modelini Türk standart ve yönetmeliklerine uygun, minimum değerlerden seçmiştir. Sonraki modellerde aynı geometriye sahip elemanlarda donatı oranını arttırarak yeni modeller oluşturmuştur. ANSYS sonlu elemanlar programını bu analizlerinde kullanmıştır. Elde ettiği sonuçlar yardımıyla kolon-kiriş-perde elemanların sünekliklerini ve yatay yük taşıma kapasitelerini hesaplayarak ön tasarımda minimum donatı oranları üzerinde çalışmalarını tamamlamıştır.

3. BETONARME PERDELERİN YAPISAL VE DAVRANIŞAL ÖZELLİKLERİ

Betonarme perdeler yatay yüklerin taşınmasında etkili olarak kullanılan taşıyıcı elemanlardır. Betonarme perdeler çerçeve ile beraber olduğu durumda perdelerin rijitlikleri fazla olduğu için deprem ve rüzgârdan oluşan yatay yüklerin çoğunu karşılamaktadırlar. Betonarme perdelerin yatay yükleri karşılamasının temsili Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Taşıyıcı sistemlerin yükseklikleri arttığı durumda yatay yüklerin karşılanmasında perdeler daha da önemli bir eleman olarak karşımıza çıkmaktadır. Betonarme perdeler deprem bölgelerinde yapının yatay yük kapasitesini arttırmakla beraber yer değiştirmeleri sınırlandırdığı için yapıda hasarları önlemek açısından etkili davranmaktadır. Yapıların bodrum katlarında da zemin itkisini karşılamak için betonarme perdeler kullanılmaktadır. Düşey düzlemde bulunan bu betonarme perdelere etkiyen dış yükler yatay ve düşey düzlemlerde oluşmaktadır. Bu betonarme perdelerin tasarımında normal kat bina döşemelerine benzer kurallar kullanılmaktadır (Celep, 2015).

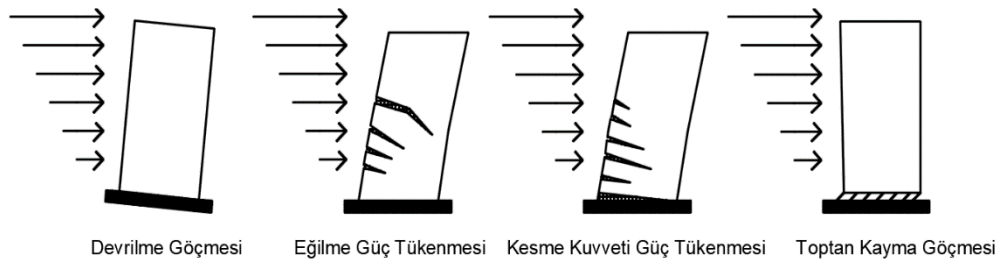


Şekil 3.1. Yatay yük etkisi altında betonarme perde davranışı

Betonarme perde elemanlar, kat seviyesinde kat döşemeleri ile bağlanması nedeniyle ince kesitlerine rağmen genellikle yanal burkulma tehlikesi söz konusu olmamaktadır. Kat döşemelerinin yanal diyafram gibi davranması nedeni ile betonarme perdelerde burkulmaya neden olan kritik boyun betonarme perde yüksekliği yerine kat yüksekliği kabul edilmesi daha uygun olmaktadır. Konsol betonarme perdeler yatay yüklerden oluşan eğilme momentinin yanı sıra düşey yüklerden gelmekte olan eksenel normal kuvvet etkisi altındadır. Betonarme perdenin kesitinin tasarımı karşılıklı etki diyagramından yararlanarak tasarlanabilmektedir. Kesit tasarımında bulunmakta olan

düşey donatıların hesaba katılmasıyla ekonomik sonuçlar elde edilmektedir. Betonarme perdelerin yapının diğer taşıyıcı elemanlarından biri olan kolonlar ile kıyaslaması yapılırsa, perdelerin rijitlikleri nedeniyle önemli bir eğilme momenti taşımalarına rağmen aynı oranda büyük normal kuvvetlerin etkisi altında olmamaktadırlar. Bu nedenle betonarme perdelerin kesitlerinde eğilme momenti etkilidir. Bu durum özellikle betonarme perdelerin temellerinde bir problem oluşturmaktadır. Normal kuvvet daha küçük değere sahip olduğu için temelde çekme gerilmesini önlemek veya gerilmesiz alanı küçültmek için büyük betonarme perde temeli yapılması veya komşu kolonları da içerisine almakta olan, bu nedenle normal kuvveti arttırılmış bir temel yapılması gerekmektedir. Betonarme perdelerin taşıyıcı sistemle bir bütünlük sağlaması ve kat döşemelerinden gelen düşey kuvvetlerin alabilmesi için döşeme ile betonarme perde elemanın arasında gerekli bağın oluşturulması önem arz etmektedir (Celep, 2015).

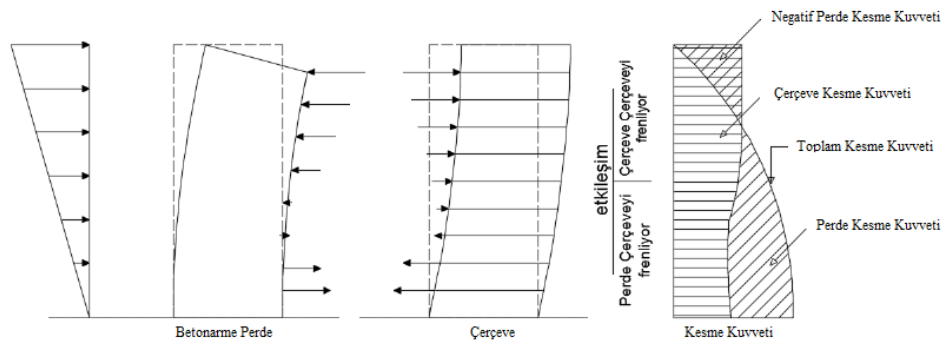
Konsol betonarme perdelerde güç tükenmesi Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Bunlardan birincisi perdenin en büyük moment kısmında elastik ötesi eğilme şekil değiştirmenin artarak kesit güç tükenmesinin meydana gelmesini göstermektedir. Sünek tür olan bu güç tükenmesinin dışındaki kesme kuvveti nedeniyle oluşan eğik çekme gerilemelerinin sonucunda oluşan güç tükenmesi veya yetersiz donatı bindirme eklerinden dolayısıyla oluşan güç tükenmeleri gevrek tür olduğu için önlenmesi gerekmektedir. İş derzinin bütünleşmemesinin sonucu olarak toptan kayma göçmesi oluşabilmektedir. Yapı temelinde eğilme momentinin karşılanamaması nedeniyle oluşan devrilme göçmesi de ani olarak ortaya çıkmaktadır. Betonarme perde kesitinin kesme kuvveti kapasitesiyle donatı kenetlenme kapasitesi, eğilme kapasitesinden daha yüksek tutulmasıyla aşırı zorlanmalar sonucuyla oluşan güç tükenmesinin gevrek tür olmasının önlenmesi gerekmektedir (Celep, 2015).



Şekil 3.2. Betonarme perdelerde oluşan güç tükenmeleri (Celep, 2015)

3.1. Betonarme Perde ve Çerçevenin Karşılıklı Etkileşimi

Perde elemanının ve çerçevenin birlikte bulunduğu sistemde perde-çerçevenin karşılıklı etkileşimi Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Çerçeveler üzerinde, yatay yer değiştirmelerde deprem yüklerinden oluşan yatay kat kesme kuvvetlerinin etkisi olmaktadır. Üst katlara doğru gidildiğinde çerçeveye etkiyen kat kesme kuvvetleri azalmakta ve bununla birlikte üst katlarda yatay ötelenme de düşük olmaktadır. Alt katlarda ise bu durumun tam tersi bir durum olarak kat kesme kuvvetleri artmakta fakat bu oranda yatay ötelenme rijitliği artmamaktadır. Alt katlarda kat kesme kuvvetinin ötelenme rijitliğine oranı üst katlara göre daha büyük bir değer göstermiş olduğundan alt katlarda katlar arası görelî ötelenmeler üst katlara göre daha büyüktür. Konsol kolon davranışı gösteren betonarme perde davranışı yatay yer değiştirme eğimi sıfırdan başlamakta ve üst katlara doğru artış göstermektedir. Bu tür iki farklı davranışa sahip perde ve çerçeve sistemlerin birlikte kullanılmasıyla oluşan yük taşıma sistemlerinin yapı yüksekliği fazla olduğu durumlarda alt katlarda perde davranışı çerçeve davranışını sınırlamakla beraber sonuç olarak Şekil 3.3'te belirtilen negatif kesme kuvvetleri oluşmaktadır. Genellikle çok katlı yapılarda oluşan bu durum perde ve çerçevenin rijitliğine bağılı olarak değişim göstermektedir. Yapılarda kat sayısı az olduğu durumda perde rijitliği fazla ise çerçevenin yer değiştirmesi perde elemanlar tarafından sınırlanmaktadır. Bu durumda binaya etkiyen yatay kuvvetin büyük bir bölümü perde elemanlar tarafından karşılanmaktadır (Celep ve Kumbasar, 2004).



Şekil 3.3. Betonarme perde-çerçeve etkileşimi (Celep ve Kumbasar, 2004)

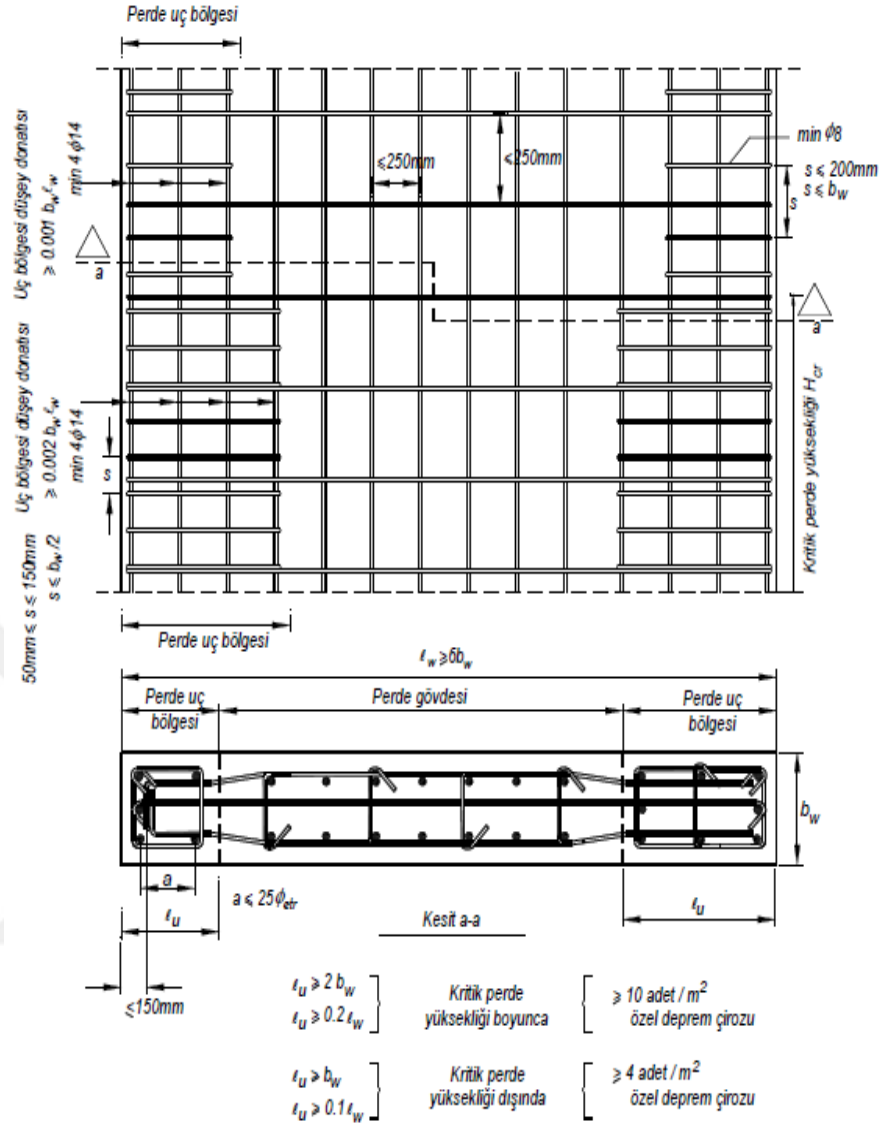
3.2. Betonarme Perdelerin Tasarım Esasları

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018' de betonarme perde ile ilgili bazı tasarım esasları belirtilmiştir. TBDY 2018 madde 7.6.1.2'de betonarme perdelerin planda uzun kenarının kalın kenarına oranı en az altı olan taşıyıcı sistem elemanı olduğu ve madde 7.6.1.3'te dikdörtgen, U, L, T enkesit şekline sahip betonarme perdelerin gövde bölgesindeki perde kalınlığı 250mm'den ve kat yüksekliğinin 1/16'sından küçük olamayacağı belirtilmiştir.

Betonarme perdeler için yönetmelikte belirtilen bu minimum koşullar, donatı yerleşimi gibi imalat kolaylıklarını sağlamanın yanı sıra yangın gibi risk koşullarında yaşanacak olumsuz etkileri en aza indirmek için belirlenmiştir. Deprem yatay kuvvetlerine maruz kalan perde taşıyıcı elemanların kalınlıkları, stabilitesinin ve dayanımının artması için kalınlıklarının artırılması gereklidir. Betonarme perde kesitinin her iki ucunda büyük gerilmeler oluşmasından dolayı donatılar bu perde uç bölgelerinde yoğunlaşmaktadır. Bu yüzden perde uç kısımlarında başlık bölgeleri oluşturulmaktadır. Eğer mevcut perdeye diğer doğrultuda başka bir perde birleşmesi durumunda uç bölgeler bu perdenin içerisinde oluşturulabilmektedir. Oluşturulan bu uç bölgeler betonarme perdenin yanal stabilitesini arttırmaktadır. Betonarme perdelerde donatı oranlarının farklılık gösterdiği kritik perde yüksekliğinin tanımı Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'in 7.6.2.2. maddesine göre temel üzerinden veya perdenin plandaki uzunluğunun %20'den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren H_{cr} yüksekliğinin $2\ell_w$ değerini aşmaması, aşağıdaki denklem 3.1'in koşullarını sağlaması gerekir.

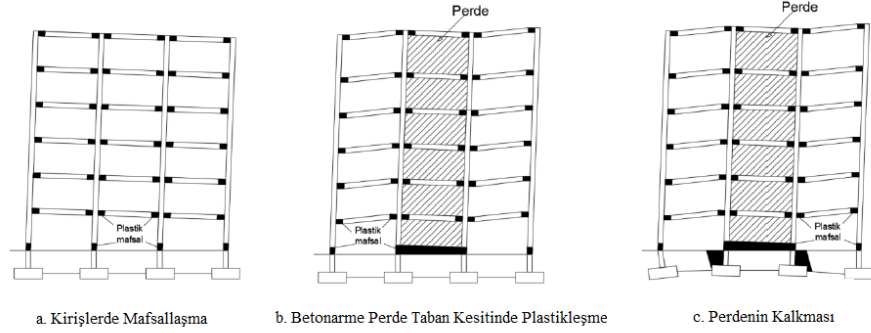
$$2\ell_w \geq H_{cr} \geq \max [\ell_w; H_w/6] \quad (3.1)$$

Buradaki H_w yüksekliği perdenin temel üzerinden veya brüt kesit eğilme rijitliğinin yarıya indiği (plandaki uzunluğunun %20'den daha fazla küçülmesi veya kesit genişliğinin yarıdan fazla küçülmesi) seviyesinden itibaren perde yüksekliğidir. Betonarme perdelerde uç bölgelerdeki donatı koşulları için yönetmeliğin 7.6.5.1 maddesinde H_{cr} boyunca toplam düşey donatı alanının perde brüt kesit alanına oranının en az 0.002 olması gerekmektedir. H_{cr} dışında ise bu oranın en az 0.001 olması gerekmektedir. TBDY-2018'e göre betonarme perdeler için minimum koşullar ve bunun haricindeki uygulanması gereken temel kurallar Şekil 3.4'te belirtilmiştir (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018).



Şekil 3.4. Yönetmeliğe göre betonarme perde tasarım esasları (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018)

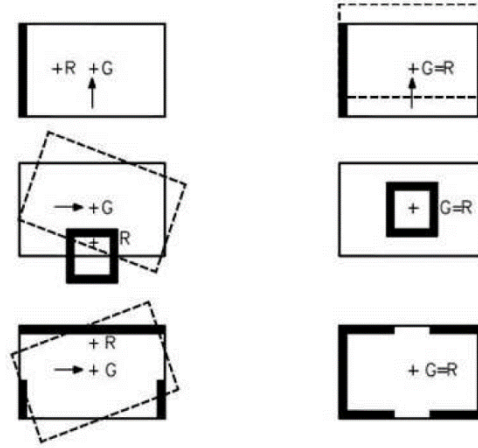
Betonarme salt çerçeve ve betonarme perdeli çerçeve sistemde oluşan plastik mafsallık bölgeleri örnekleri Şekil 3.5'te gösterilmiştir. Şekil 3.5'te birinci sistem kolon ve kiriş taşıyıcı elemanından oluşan betonarme salt çerçeve sistemde mafsallık büyük oranda kiriş elemanlarda oluşmuştur. Bunun neticesinde mafsallaşmanın bir yere yoğunlaşmaması sonucunda çerçeve sistemde toptan göçme meydana gelmemiştir. Şekil 3.5'te tüm kiriş elemanlarda ve betonarme perde mesnet kesitinde mafsallaşma oluşmuştur. Bunun sonucunda sistem sünek bir davranış sergilemektedir. Şekil 3.5'te betonarme perde temel kısmında oluşan çekme kuvvetlerinden dolayı, temel rijit hareket etmektedir. Bu davranış biçimi sünek olmamakla beraber, betonarme perde üzerindeki normal kuvvet seviyesinin düşük olduğunu göstermektedir (Celep ve Kumbasar, 2004).



Şekil 3.5. Betonarme perdeli-çerçeve sistemlerde mafsallaşma (Celep ve Kumbasar, 2004)

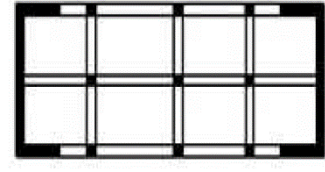
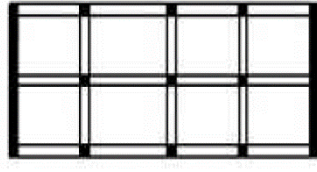
3.3. Betonarme Perdenin Plana Yerleştirilmesi

Betonarme perdenin simetrik olduğu durumlar tercih edilmelidir. Simetrik olmadığı durumlarda dış merkezliğin neden olduğu burulma etkilerinden dolayı bu tip kullanımlardan uzak durulması gerekmektedir (Celep ve Kumbasar, 2004).



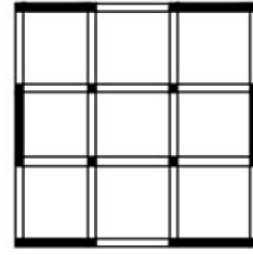
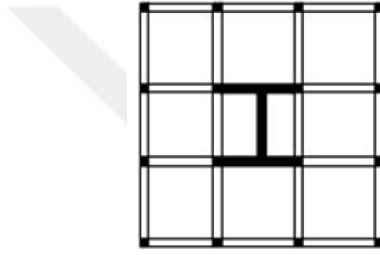
Şekil 3.6. Betonarme perdeli sistemlerin deprem etkisi davranışı bakımından plandaki durumu (Celep ve Kumbasar, 2004)

Planda perde elemanının yerleşiminde dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise iki doğrultu arasında büyük rijitlik farkı oluşturacak perde yerleşiminden kaçınılması gerekmektedir (Celep ve Kumbasar, 2004).



Şekil 3.7. İki doğrultu arasındaki rijitlik farkından dolayı hatalı ve doğru çözümler (Celep ve Kumbasar, 2004)

Rijit perde elemanların yapının dış yüzeyine yerleştirilmesi yapının burulma rijitliğini arttırmaktadır (Celep ve Kumbasar, 2004).



Şekil 3.8. Yapı planında betonarme perde yerleşimine göre düşük ve yüksek burulma rijitliği örnekleri (Celep ve Kumbasar, 2004)

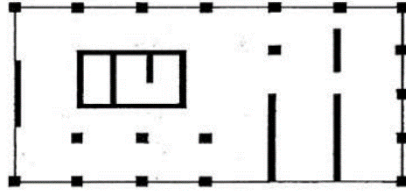
3.4. Betonarme Perdeli Taşıyıcı Sistemler

Düşey yükler için genellikle çerçeve sistemler yeterli olmaktadır ancak çerçeveli sistemlerde yatay kuvvetleri karşılayabilmek için daha büyük boyutlarda taşıyıcı elemanlar kullanılmaktadır. Bu tip durumlarda maliyetin çok fazla olması sebebiyle betonarme perde kullanımı daha doğru olacaktır. Yüksek yapılarda deprem ve rüzgâr yükleri nedeniyle boyutlandırmada belirleyici etken yatay ötelenmelerdir. Büyük ataletlere sahip betonarme perdeler yapının rijitliğini artırarak ötelenmeleri sınırlamaktadır (Doğangün, 2007).

3.5. Çekirdek Taşıyıcı Sistemler

Yanal kuvvetlerin etkisi yüksek yapılarda daha fazladır. Bu etkiyi karşılayabilmek ve yanal stabiliteyi arttırmak için merdiven, asansör, şaft, tuvalet gibi bölümlerin etrafına boşluklu veya boşluksuz betonarme perdeler kullanılmaktadır. Bu kapalı poligonlar

temelden konsol kiriş davranışı göstermektedirler ve yapının planında simetrik dağılmasıyla daha etkili davranış sergilemektedirler. Merkeze konumlandırılmaması durumlarında burulmaya yol açabilmektedirler. Bu sistemlerde kolon elemanların rijitlikleri kiriş elemanların rijitliklerinden daha fazladır (Özlü, 2015).



Şekil 3.9. Çekirdek taşıyıcı sistem örneği (Özlü, 2015)

4. DOĞRUSAL ANALİZLER İÇİN BETONARME PERDELERİN MODELLEME YÖNTEMLERİ

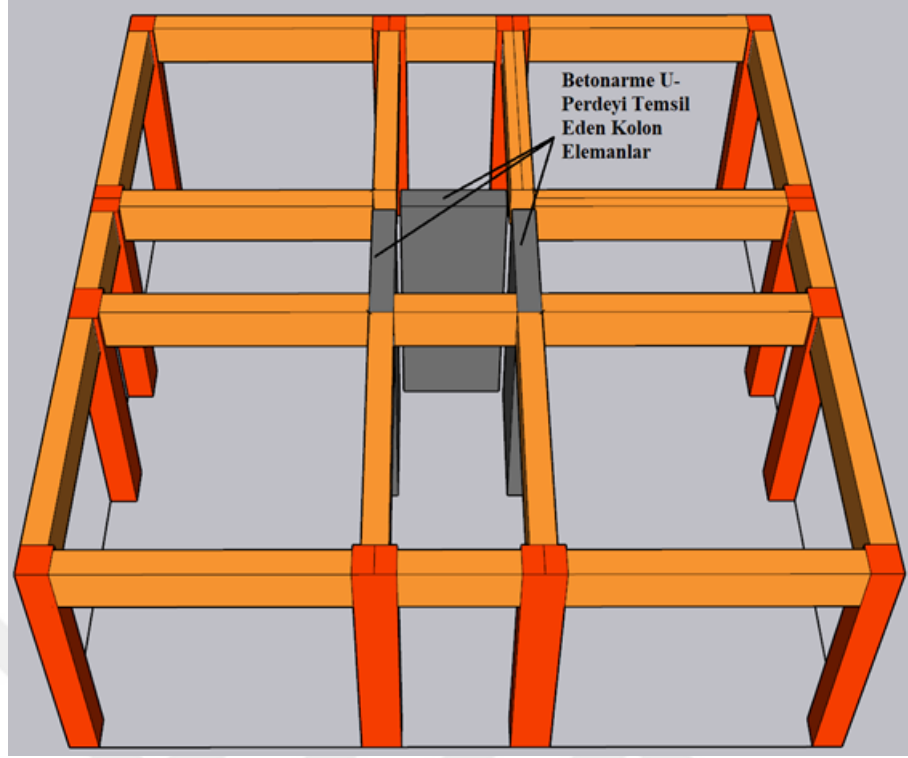
Betonarme perde elemanlarda modellenmesinde kullanılan yaklaşımların doğru yapılması, mod şekilleri ve doğal titreşim periyotlarının anlaşılmasında buna bağlı olarak yapı karakteristik özelliklerinin doğru çıkmasında etkilidir. Yapıya etkiyen deprem kuvvetleri, yapının belirleyici bu özelliklerine göre tayin edilir. Betonarme perde elemanın davranışının gerçeği yansıtma oranı ne kadar yüksekse yapıya ait diğer elemanlarda oluşacak iç kuvvetler o kadar gerçeğe yakın olacaktır (Koçak, 2015). Betonarme yapıların analizinde kullanılan literatüre geçmiş bazı modelleme yöntemlerine bu çalışmada yer verilecektir.

Taşıyıcı sistemlerin modellenmesinde Dayanım Göre Tasarım kapsamında doğrusal hesaplarda kullanılacak modelleme yöntemleri TBDY-2018’de belirtilmiştir. Betonarme perdeler uzunluğunun kalınlığına oranı en az 6 olan taşıyıcı yapı elemanlarıdır. Yönetmeliğin 4.5.3.5 maddesinde I, C, L, T, U kesitli betonarme perdelerde perde kollarının ayrı ayrı modellenip hesaplandığı modelleme tekniklerinin, bu kesite sahip betonarme perdeler için kullanılmayacağını belirtilmiştir. Bu tez çalışmasında ayrı ayrı modelleme tekniğine yer verilerek, diğer modelleme yöntemleriyle arasındaki analiz sonuçlarının kıyaslaması yapılacaktır. I, C, L, T, U en kesit şekline sahip betonarme perdeler hem düzlem içi hem düzlem dışı yerdeğiştirmelere ilişki kabuk sonlu elemanlarla modellenmesi yapılması gerektiği yönetmelikte belirtilmiştir. Bu enkesit

şekline sahip betonarme perdelerin plandaki en büyük perde kolu uzunluğunun, toplam perde yüksekliğine oranı $\frac{1}{2}$ 'yi aşmadığı tasarımlarda ekseni enkesit ağırlık merkezinden geçen eşdeğer çubuk sonlu eleman yöntemiyle modellenebileceği TBDY-2018'de belirtilmiştir.

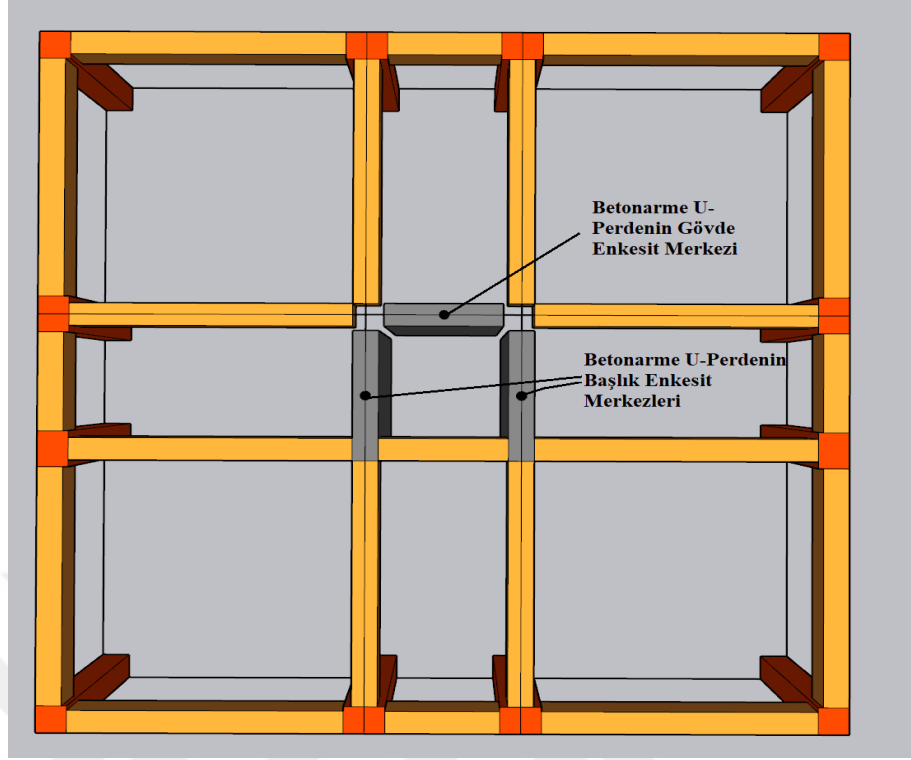
4.1. Orta Kolon Modelleme Yöntemi

Orta kolon eleman modeli betonarme perde duvar elemanların analiz modellemelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem, betonarme perdenin rijitliğine eşit bir çubuk elemanla birlikte kat seviyesindeki diğer kiriş elemanlara yük aktarımı sağlamak için kullanılan fiktif elemanlarca yapıyla bütünleşmiş bir modelleme tekniğidir. Bu modelleme yönteminin diğer ismi ise Eşdeğer Çubuk Eleman Yöntemi'dir. Bu yöntem kullanılmaya başlandığında düzlemsel perde duvar modellemelerinde kullanılmış daha sonrasında düzlemsel olmayan perde duvar modellemelerinde bu yöntem kullanılmıştır. Bu modelleme yönteminde düzlemsel olmayan betonarme perdelerin başlık ve gövde bölümlerinin kesitleri her biri için ayrı ayrı belirlenmiş merkezlerde tanımlanmış kolon elemanlar yardımıyla temsil edilmiştir. Bu model üç boyutlu olarak Şekil 4.1'de gösterilmiştir (Koçak, 2015).



Şekil 4.1. Betonarme u-perdenin orta kolon modeli

Bu modelleme yönteminin en büyük avantajı Eksenel Kuvvet, Kesme Kuvveti ve Moment değerlerinin, temsil edilen bu kolon elemanlar üzerinden kolayca elde edilebilmesidir. Bu kolon elemanlar Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Betonarme perde elemanın başlık ve gövde bölümlerinin kesitlerinde meydana gelen ve yöne bağlı kesme kuvvetlerinin dağılımı bu yöntemle daha güvenilir elde edilmektedir (Koçak, 2015).

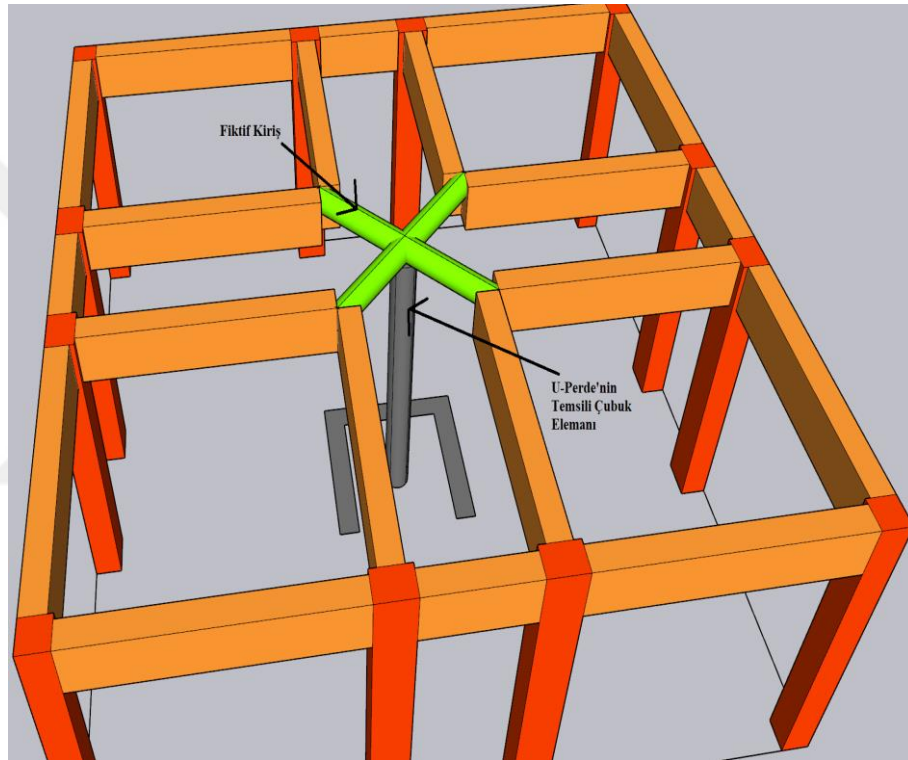


Şekil 4.2. Orta kolon modeli betonarme perdenin enkesit merkezleri

4.2. Çubuk Eleman Modelleme Yöntemi

Çubuk eleman modelleme yönteminde betonarme U-perdeyi oluşturan tüm kesit, U-perdenin rijitlik merkezinde tek bir eleman olarak tanımlanmıştır. Kat seviyelerinde U-perde kesitinin tanımlanmış olduğu merkezlerden çıkan fiktif kirişler, diyaframla U-perdeye bağlı olan diğer kat kiriş elemanlarının uçlarına bağlantısı sağlanmaktadır. Bu model üç boyutlu olarak Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Betonarme U-perde kesitinin tek parça çubuk eleman olarak modellenmesi nedeniyle kesite gelen kuvvetlerin burulma momenti oluşturmaması önemli bir konudur. Eleman kesitine ait kayma merkezi ve rijitlik merkezi, U-perdelerde aynı noktada değildir. Bu yüzden elemana ait hazırlanacak model, burulma etkileriyle tasarlanmalıdır. Ancak kesitin elastik ötesi davranışlarında kayma merkezinin de plastik şekil değiştirmelerin etkisiyle değiştiği düşünülerek, bu kesiti doğru efektif bir kayma merkezinde tanımlamak oldukça zor olmalıdır. Bununla birlikte kayma merkezine tanımlanacak olan bir çubuk eleman yardımıyla yapılan analizler sonucu fiktif elemanların uç noktalarında gerçeği yansıtmayan düşey deplasmanlar oluşması, bu modelde bir dezavantajdır. Modellenen betonarme U-perdenin burulma rijitliğinin tüm yapının burulma rijitliğine oranının göreceli olarak düşük olan

sistemlerde, çubuk elemanın betonarme perdenin rijitlik merkezine tanımlanması yanlış bir metot olarak değerlendirilmemektedir. Bu modelleme yönteminde yapının betonarme tasarımı için gerekli olan kesme kuvvetinin U-perde elemanının başlık ve gövde kısımları için ayrı ayrı elde edilememesi bu yöntemin başka bir dezavantajıdır. Fakat bunun yanında bu yöntemin kullanışlı ve basit olmasıyla beraber piyasadaki betonarme yapıların analiz programlarında kolaylıkla uygulanabilmesi çubuk modelin önemli avantajlarıdır (Koçak, 2015).



Şekil 4.3. Betonarme u-perdenin çubuk eleman modeli

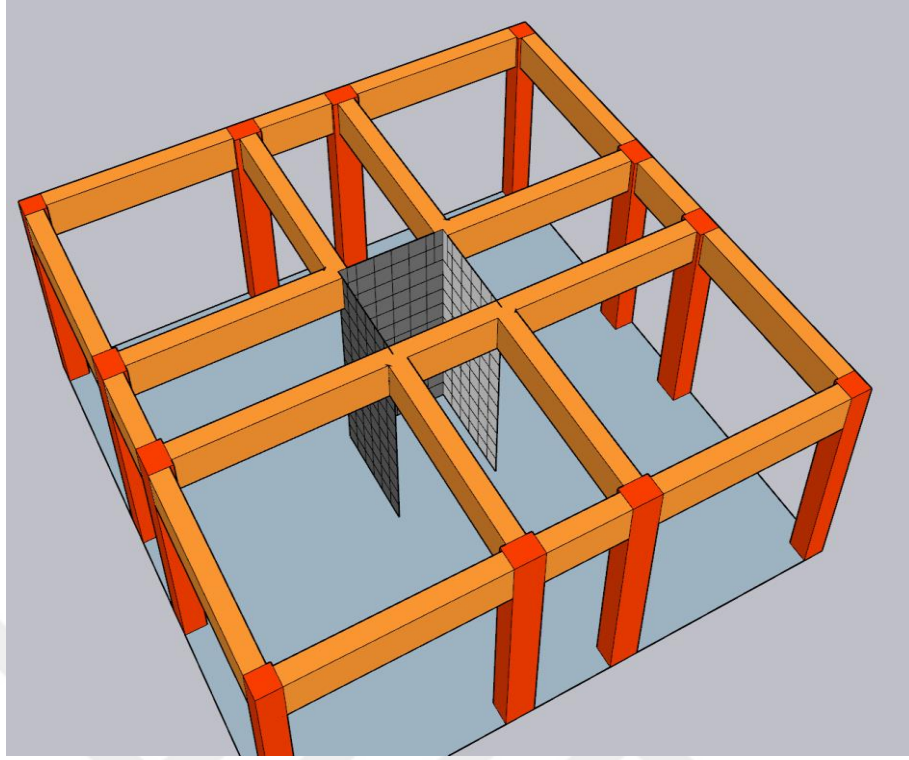
4.3. Fiktif Kirişler

Betonarme perdeyi temsil eden taşıyıcı yapı elemanlarını, yapının tümüyle beraber çalıştırma amacıyla fiktif kiriş elemanlar kullanılır. Fiktif kiriş elemanların rijitlikleri çok önemlidir. Bu elemanlar betonarme perdenin yüksekliğine, boyuna, kalınlığına göre farklı davranış sergilemektedir. Göreli rijitlik burada sistemi etkilemektedir. Fiktif kirişlerin çok rijit olması durumunda betonarme perdeyi de gereğinden fazla rijit hale getirmesiyle yapıda ötelenme ve burulma davranışını olumsuz olarak etkilemektedir. Çubuk eleman modellemesi ve orta kolon modellemelerinde

kullanılmakta olan fiktif kiriş elemanlarda dairesel kesit kullanılması sonucunda tüm yönlerde eşit atalet momentlere sahip olması gerekmektedir. Bu yöntemlerin sonucunda U-perde gibi burulma öncelikli davranış potansiyeli olan taşıyıcı elemanlarda dairesel fiktif elemanlar kullanılarak modellenen elemanın rijitliği tüm doğrultular üzerinde benzer mertebede olacaktır (Koçak, 2015).

4.4. Kabuk Eleman Modelleme Yöntemi

Günümüz bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle işlemci kapasiteleri artmış ve bununla birlikte kabuk eleman modelleme yöntemi yapı analizlerinde çok sık kullanılan modelleme yöntemlerinden biri olmaktadır. Sonlu elemanlar analiz yöntemi ile birlikte kullanılan kabuk eleman modelleme yöntemi analiz sonuçlarında diğer modelleme yöntemlerine göre daha güvenilir olarak kabul edilmektedir. Bu yöntemde betonarme U-perdenin geometrisini oluşturan tüm kesit belirli mesafelerde aralıklara bölünerek sonlu sayıda elemanlar oluşturulmakta ve betonarme perdenin kalınlığına göre modellenmektedir. Betonarme perdeli sistemlerde kabuk eleman modelleme yöntemi sayesinde daha gerçeğe yakın analiz sonuçları elde edilmektedir. Bu modelleme yöntemi Şekil 4.4'te gösterilmiştir (Koçak, 2015).



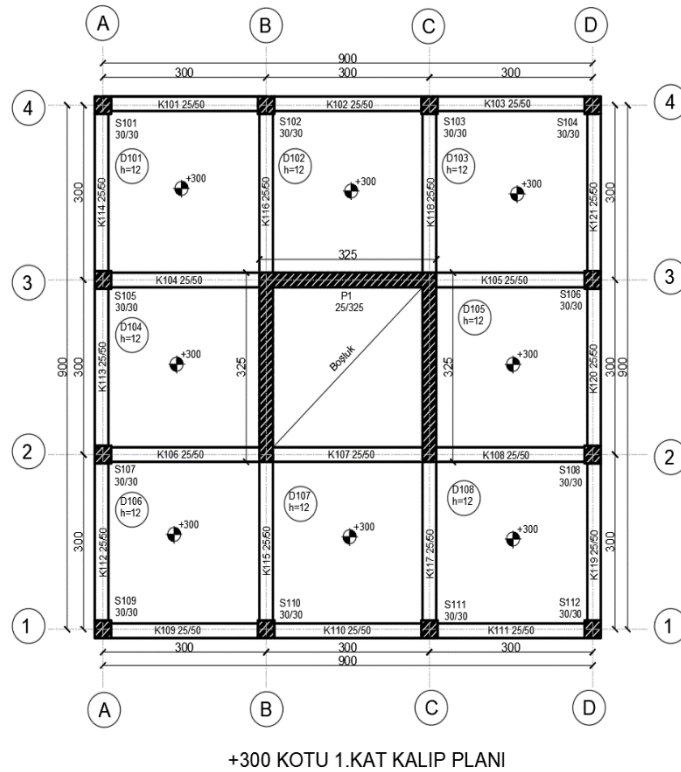
Şekil 4.4. Betonarme U-perdenin kabuk eleman modeli

Bu modelleme yönteminde tasarım mühendisinin belirlemesi gereken iki önemli parametre kabuk elemanı boyutu ve sayısıdır. Bu yöntemin yaklaşık bir yöntem olması sebebiyle betonarme perdeyi tasarlayan mühendis, çözümünden en iyi analiz sonucunu alabilmek için en uygun sayıda parçalara bölmelidir. Çok sayıda kabuk ağının olması çözümde doğru sonuca yaklaştıracaktır fakat bu yüzden bilgisayarda yapılan analiz süreleri uzamakta ve belirli mertebeden sonra hesap karmaşılaşmaktadır. Bu modelleme yöntemi, farklı geometrik kesitlere sahip perdeleri kolayca modellemeyi sağlamaktadır. Birbirleriyle etkili karmaşık perde duvar sisteminin modellemesi bu yöntemle kolaylaşır. Fakat elde edilen analiz sonuçları sonlu elemanlar yoluyla çözüldüğü için oluşturulan model için belirlenen çözüm parametreleri analiz sonucunu etkilemektedir. Çözüm süresi diğer yöntemlere göre daha uzundur. Analiz sonuçları betonarme perdenin bölünen her bir sonlu elemanı için elde edilir (Koçak, 2015).

5. SAYISAL ÖRNEKLER

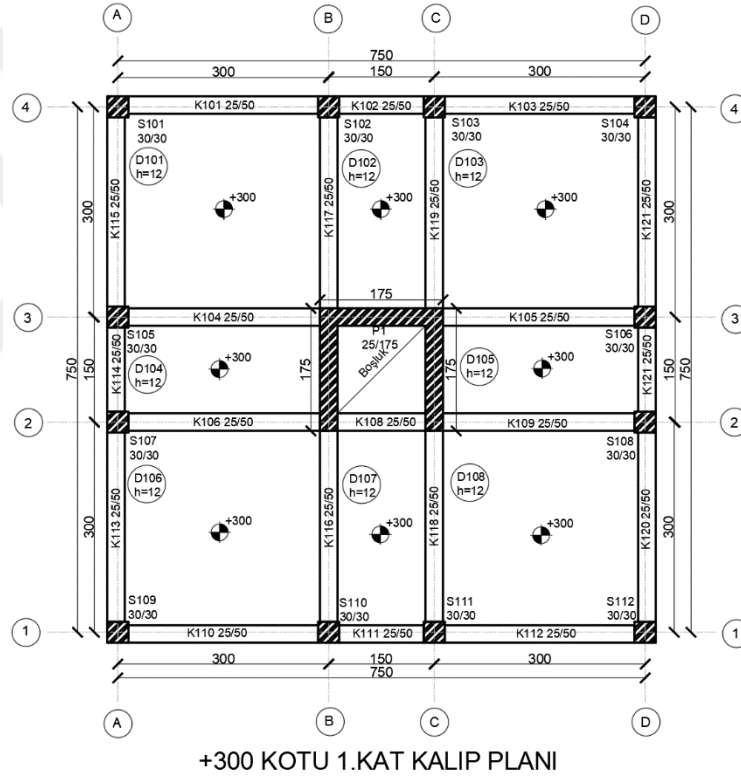
Betonarme yapılarda mimari gereksinimler nedeniyle plandaki geometrileri farklılık gösteren perde elemanlar arasında en çok kullanılan taşıyıcı elemanlardan biri U şeklindeki betonarme perdelerdir. Yapıda genellikle çekirdek bölgede veya asansör bölgesine konumlandırılan U-perdeler, bulunduğu yapı sistemine her iki doğrultuda yüksek rijitlik sağlar. Bu çalışmada U-perdeye sahip betonarme bir yapı tasarlanacak ve 3 farklı şekilde modellenmesi yapılacaktır. Bu perdenin davranışı, oluşturulan farklı modellerle, etkileyen parametreler üzerinden irdelenecektir.

Bu çalışmada kullanılmak üzere X ve Y düzlemlerinde 3 açıklıklı ve açıklıkları 3 m olan bir kalıp planı tasarlanmıştır. Tasarlanan kalıp planı Şekil 5.1’de verilmiştir. Yapıdaki tüm kat yükseklikleri 3 metredir. 5 kata sahip bu yapıda kullanılan beton sınıfı C30 ve betonarme çeliği B420C’dir. Yapının kolonları TBDY-2018’e göre minimum kolon boyutları olan 30x30cm olarak belirlenmiştir. Merkezinde bulunan U tipi çekirdek perde, yönetmelikteki minimum perde kalınlığı olan 25 cm olarak seçilmiştir. Yapıda 25x325cm U-betonarme perde kullanılmıştır. Döşeme kalınlıkları 12 cm seçilmiştir.



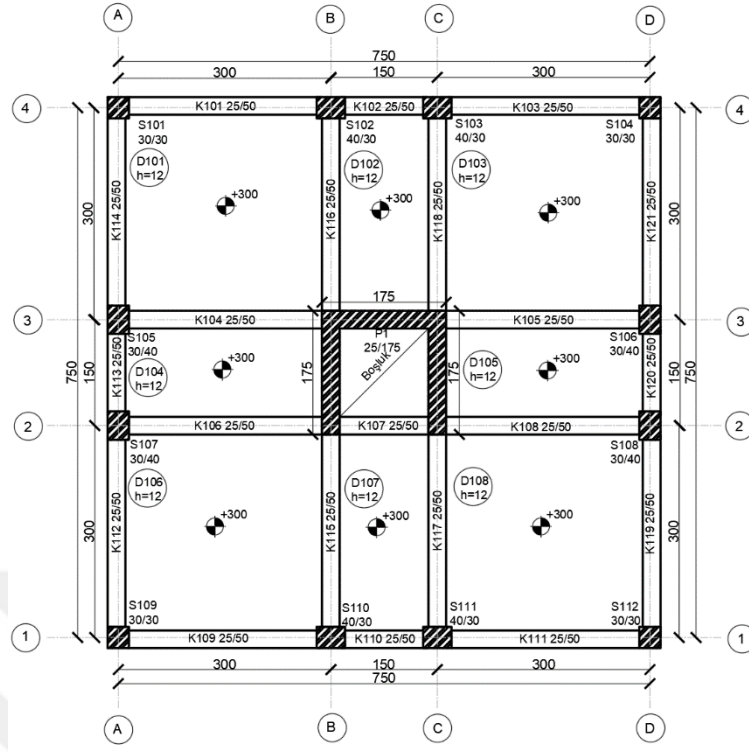
Şekil 5.1. Modellenen yapının kat kalıp planı

Yapının yerel ivme değerleri hesabında kullanılacak konumu Eskişehir Teknik Üniversitesi, İki Eylül Kampüsü, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü binası olarak belirlenmiştir. Yerel ivme değerleri AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritalarından belirtilen konum için alınmıştır. Yapının analizi ilk olarak Program A ortamında yapılmıştır. Yapının merkezinde bulunan U-perdenin oldukça rijit davranış göstermesi ve boyut etkisi nedeniyle tekrar tasarımına başvurulmuştur. U perde boyutu 25x175 cm olarak yeniden boyutlandırılmış ve yapı analiz edilmiştir. Tasarlanan yeni kalıp planı Şekil 5.2’de verilmiştir.

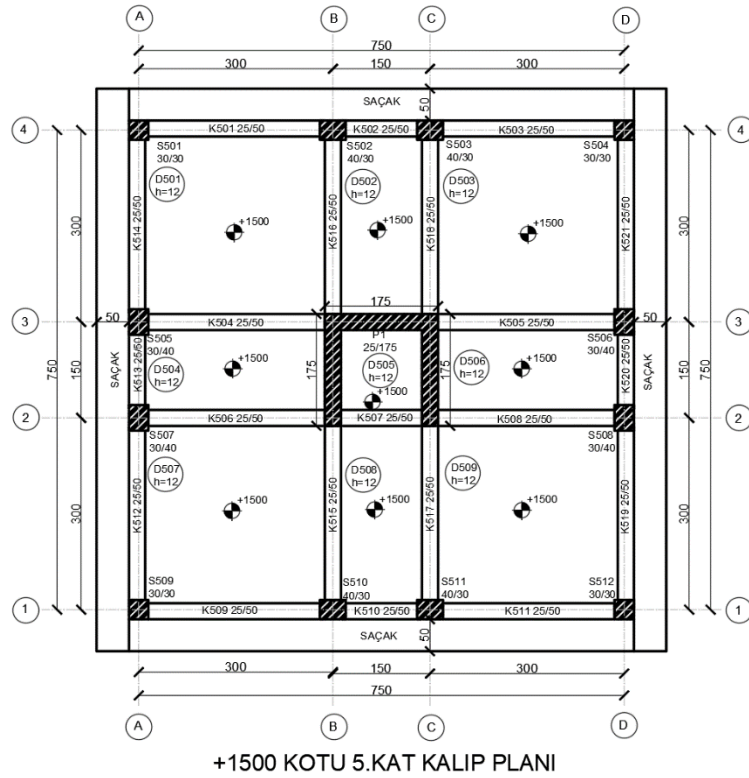


Şekil 5.2. Yeniden tasarlanan kat kalıp planı

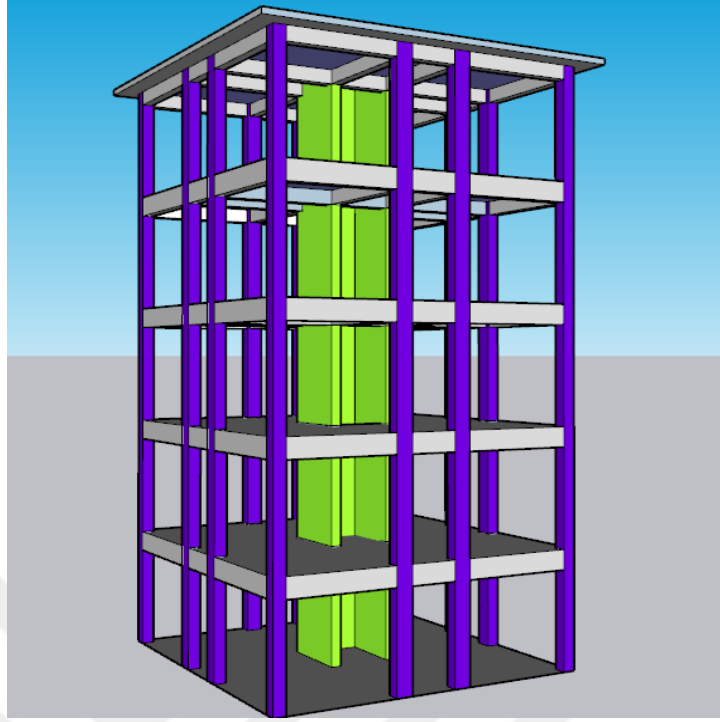
Analiz sonuçlarında kolonların kuşatılmışlık kontrolünü sağlanmadığı görülmüştür. Bu koşulu sağlamayan kolonlar yeniden boyutlandırılmıştır. Kolon boyutları arttırılmış ve yeniden analiz yapılmıştır. Yeniden modellenen yapının nihai kat kalıp planı Şekil 5.3’te verilmiştir. Çalışmada kullanılacak yapının 5.kat kalıp planı Şekil 5.4’te verilmiştir. Yapının 3 boyutlu model görünümü Şekil 5.5’te verilmiştir. Çalışmada bu plan kullanılacaktır.



Şekil 5.3. Çalışmada kullanılacak nihai kat kalıp planı



Şekil 5.4. Çalışmada kullanılacak yapının nihai çatı katı kat kalıp planı



Şekil 5.5. Çalışmada kullanılan yapının üç boyutlu modeli

Yapıda merkezde bulunan U perdenin farklı yöntemler ile modellenerek, yapının performansına etkisi ve belirlenen parametrelere göre değişimi irdelenecektir.. U-perdenin Program A’da 3 farklı modeli, Program B, Program C ve Program D’de ise 2 farklı modeli oluşturulacaktır. Oluşturulan bu modeller için her bir modele verilen özel kısaltmayla adlandırılacaktır. P_D kısaltması dikdörtgen perdeyi, P_O kısaltması poligon perdeyi, P_A kısaltması panel perdeyi, A1 kısaltması Program A yapısal analiz programını, B1 kısaltması Program B yapısal analiz programını, C1 kısaltması Program C yapısal analiz programını, D1 kısaltması Program D sonlu elemanlar analiz programını temsil etmektedir. PP_DA1 Dikdörtgen Perde Program A Modelini, PP_OA1 Poligon Perde Program A Modelini, PP_AA1 Panel Perde Program A Modelini, PP_DB1 Dikdörtgen Perde Program B Modelini, PP_OB1 Program B Poligon Perde Modelini, PP_DC1 Dikdörtgen Perde Program C Modelini, PP_OC1 Poligon Perde Program C Modelini, PP_OC2 U-Perde Program C Modelini, PP_OD1 U-Perde Program D Modelini temsil etmektedir. PP_DA1 modelinin kolon elemanlarının kesit ölçüleri Tablo 5.1’de, PP_OA1 modelinin kolon elemanlarının kesit ölçüleri Tablo 5.2’de PP_AA1 modelinin kolon kesit ölçüleri Tablo 5.3’te verilmiştir.

Tablo 5.1. *PP_DA1 Modeli Kolon Betonarme Kesit Ölçüleri*

Eleman	Kesit Tipi	Bx(mm)	By(mm)
S101	Kare Kolon	300	300
S102	Dikdörtgen Kolon	400	300
S103	Dikdörtgen Kolon	400	300
S104	Kare Kolon	300	300
S105	Dikdörtgen Kolon	300	400
S106	Dikdörtgen Perde	250	1750
S107	Dikdörtgen Perde	1750	250
S108	Dikdörtgen Perde	250	1750
S109	Dikdörtgen Kolon	300	300
S110	Dikdörtgen Kolon	300	400
S111	Dikdörtgen Kolon	300	400
S112	Kare Kolon	300	300
S113	Dikdörtgen Kolon	400	300
S114	Dikdörtgen Kolon	400	300
S115	Kare Kolon	300	300

Tablo 5.2. *PP_OA1 Modeli Kolon Betonarme Kesit Ölçüleri*

Eleman	Kesit Tipi	Bx(mm)	By(mm)
S101	Kare Kolon	300	300
S102	Dikdörtgen Kolon	400	300
S103	Dikdörtgen Kolon	400	300
S104	Kare Kolon	300	300
S105	Dikdörtgen Kolon	300	400
S106	Dikdörtgen Kolon	300	400
S107	Dikdörtgen Kolon	300	400
S108	Poligon Perde	Bakınız Şekil 5.6.	
S109	Dikdörtgen Kolon	300	400
S110	Kare Kolon	300	300
S111	Dikdörtgen Kolon	400	300
S112	Dikdörtgen Kolon	400	300
S113	Kare Kolon	300	300

Tablo 5.3. PP_{AA1} Modeli Kolon Betonarme Kesit Ölçüleri

Eleman	Kesit Tipi	Bx(mm)	By(mm)
S101	Kare Kolon	300	300
S102	Dikdörtgen Kolon	400	300
S103	Dikdörtgen Kolon	400	300
S104	Kare Kolon	300	300
S105	Dikdörtgen Kolon	300	400
S106	Dikdörtgen Kolon	250	300
S107	Dikdörtgen Kolon	250	300
S108	Dikdörtgen Kolon	300	400
S109	Dikdörtgen Kolon	300	400
S110	Dikdörtgen Kolon	250	300
S111	Dikdörtgen Kolon	250	300
S112	Dikdörtgen Kolon	300	400
S113	Kare Kolon	300	300
S114	Dikdörtgen Kolon	400	300
S115	Dikdörtgen Kolon	400	300
S116	Kare Kolon	300	300
P122	Panel Perde	250	3000
P123	Panel Perde	250	3000
P124	Panel Perde	250	3000

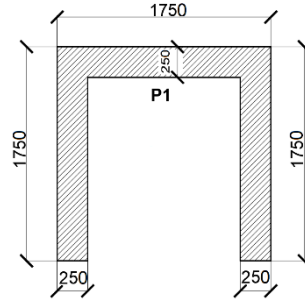
PP_DB1 modelinin kolon kesit ölçüleri Tablo 5.4'te ve PP_OB1 modelinin kolon kesit ölçüleri Tablo 5.5'te, PP_DC1 modelinin kolon kesit ölçüleri Tablo 5.5'te, PP_OC1 modelinin kolon kesit ölçüleri Tablo 5.6'da PP_DD1 modelindeki perde kesit ölçüleri Tablo 5.7'de, PP_OD1 modelindeki perde kesit ölçüleri Tablo 5.8'de detaylı olarak gösterilmiştir. Oluşturulan modellerdeki tüm kirişlerin genişlikleri 250 mm, kiriş yükseklikleri 500mm'dir. Modellerin tamamında tüm döşemelerinin kalınlıkları 120mm'dir. Tüm döşemelere ait sabit ve hareketli yükleme değerleri Tablo 5.7'de gösterilmiştir. Program A, Program B ve Program C'de her döşeme için aynı sabit yük ve hareketli yük değerleri kullanılacaktır. Program D için bu programlardan alınan analiz sonucu verilerine göre tasarım yapılacaktır. Bu çalışmada kullanılacak yön kabulleri Şekil 5.7'de gösterilmiştir.

Tablo 5.4. *PP_DB1 Modeli Kolon Betonarme Kesit Ölçüleri*

Eleman	Kesit Tipi	Bx(mm)	By(mm)
S1	Kare Kolon	300	300
S2	Dikdörtgen Kolon	400	300
S3	Dikdörtgen Kolon	400	300
S4	Kare Kolon	300	300
S5	Dikdörtgen Kolon	300	400
S6	Dikdörtgen Kolon	300	400
S7	Dikdörtgen Kolon	300	400
S8	Dikdörtgen Kolon	300	400
S9	Kare Kolon	300	300
S10	Dikdörtgen Kolon	400	300
S11	Dikdörtgen Kolon	400	300
S12	Kare Kolon	300	300
P1	Dikdörtgen Perde	250	1750
P2	Dikdörtgen Perde	1750	250
P3	Dikdörtgen Perde	250	1750

Tablo 5.5. *PP_OB1 Modeli Kolon Betonarme Kesit Ölçüleri*

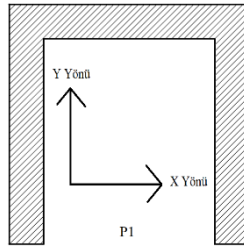
Eleman	Kesit Tipi	Bx(mm)	By(mm)
S1	Kare Kolon	300	300
S2	Dikdörtgen Kolon	400	300
S3	Dikdörtgen Kolon	400	300
S4	Kare Kolon	300	300
S5	Dikdörtgen Kolon	300	400
S6	Dikdörtgen Kolon	300	400
S7	Dikdörtgen Kolon	300	400
S8	Dikdörtgen Kolon	300	400
S9	Kare Kolon	300	300
S10	Dikdörtgen Kolon	400	300
S11	Dikdörtgen Kolon	400	300
S12	Kare Kolon	300	300
P1	Poligon Perde	Bakınız Şekil 5.6.	



Şekil 5.6. Poligon perde detaylı kesit ölçüleri (mm)

Tablo 5.6. PP_{DC1} Modeli Kolon Betonarme Kesit Ölçüleri

Eleman	Kesit Tipi	Bx(mm)	By(mm)
S1	Kare Kolon	300	300
S2	Dikdörtgen Kolon	400	300
S3	Dikdörtgen Kolon	400	300
S4	Kare Kolon	300	300
S5	Dikdörtgen Kolon	300	400
S6	Dikdörtgen Kolon	300	400
S7	Dikdörtgen Kolon	300	400
S8	Dikdörtgen Kolon	300	400
S9	Kare Kolon	300	300
S10	Dikdörtgen Kolon	400	300
S11	Dikdörtgen Kolon	400	300
S12	Kare Kolon	300	300
P1	Dikdörtgen Perde	250	1750
P2	Dikdörtgen Perde	1750	250
P3	Dikdörtgen Perde	250	1750



Şekil 5.7. Bu çalışmada kullanılacak yön kabullerinin perde planında gösterilmesi

Tablo 5.7. PP_oC1 Modeli Betonarme Kesit Ölçüleri

Eleman	Kesit Tipi	Bx(mm)	By(mm)
S1	Kare Kolon	300	300
S2	Dikdörtgen Kolon	400	300
S3	Dikdörtgen Kolon	400	300
S4	Kare Kolon	300	300
S5	Dikdörtgen Kolon	300	400
S6	Dikdörtgen Kolon	300	400
S7	Dikdörtgen Kolon	300	400
S8	Dikdörtgen Kolon	300	400
S9	Kare Kolon	300	300
S10	Dikdörtgen Kolon	400	300
S11	Dikdörtgen Kolon	400	300
S12	Kare Kolon	300	300
P1	Poligon Perde	Bakınız Şekil 5.6.	

Tablo 5.8. PP_oC2 Modeli Betonarme Kesit Ölçüleri

Eleman	Kesit Tipi	Bx(mm)	By(mm)
P1	Poligon Perde	Bakınız Şekil 5.6.	

Tablo 5.9. PP_oD1 Modeli Betonarme Kesit Ölçüleri

Eleman	Kesit Tipi	Bx(mm)	By(mm)
P1	Poligon Perde	Bakınız Şekil 5.6.	

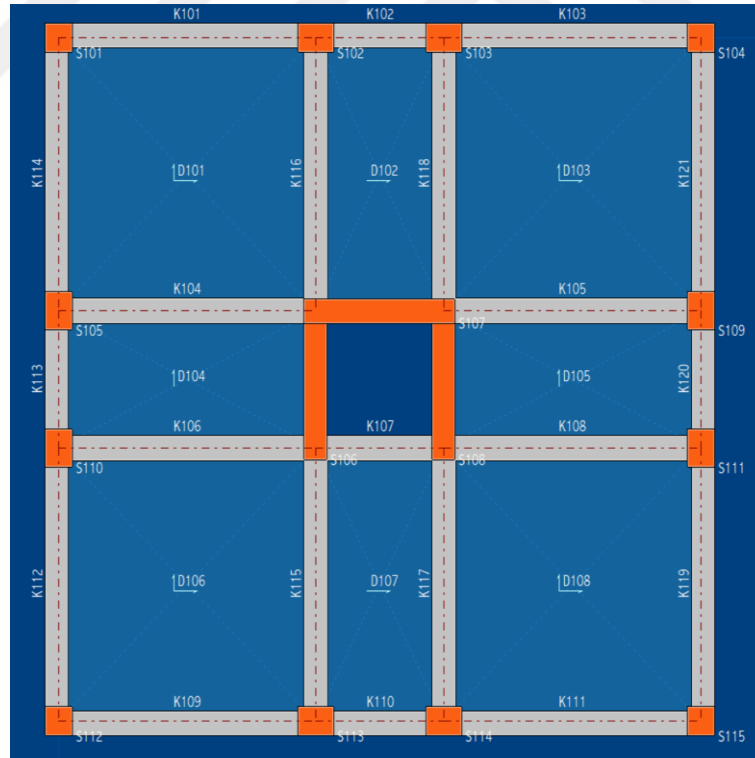
Tablo 5.10. Tüm Modellemeler için Döşemelerin Sabit ve Hareketli Yük Değerleri

Eleman	Yük Tipi	Yük Değeri(kN/m ²)
Döşeme	Sabit Yük	1.67
Döşeme	Hareketli Yük	1.96

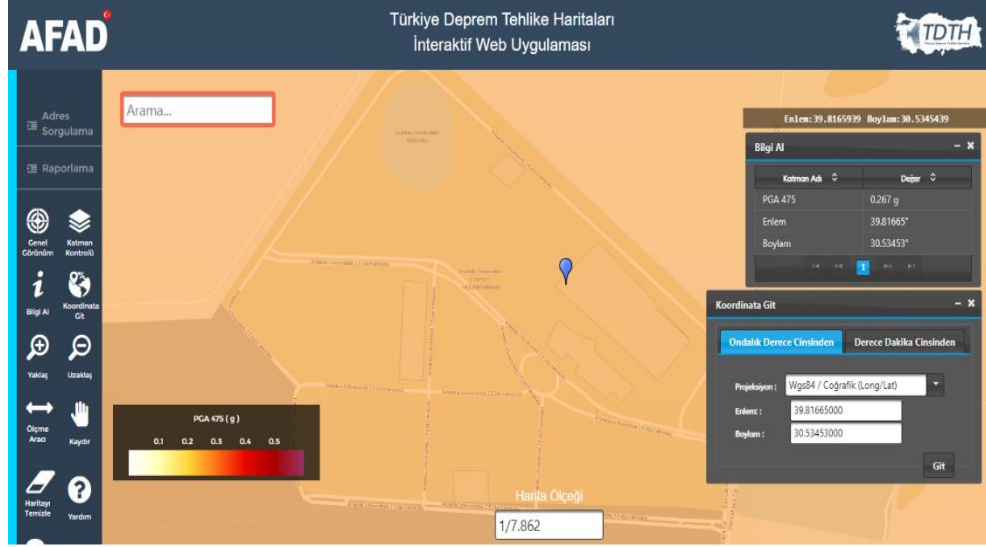
5.1. Yapının Program A’da Modellenmesi

5.1.1. PP_DA1 modelinin oluşturulması

Şekil 5.8’de ki modelde U perdenin dikdörtgen perde şeklindeki tasarımı yapılmıştır. Yapı 5 kat olarak modellenmiştir. Deprem parametreleri için Şekil 5.9’ da görüldüğü gibi AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları sistemi üzerinden Eskişehir Teknik Üniversitesi, İki Eylül Kampüsü yerleşkesindeki İnşaat Mühendisliği Bölümü binasının koordinatları sisteme girilmiş ve yapı tasarımında kullanılacak gerekli parametreler hesaplanmıştır. Bu parametreler Program A ortamına aktarılmıştır. TBDY 2018’in 4.5.3.5 maddesine göre enkesitinin şekli U olan perde kollarının ayrı ayrı modellenip hesaplandığı modelleme teknikleri U perde için kullanılmayacaktır. Bu model daha önceki deprem yönetmeliklerinde izin verilen bu tasarıma göre yapılan yapıların yeni yönetmelikteki şartlara göre tasarımı yapılan yapılarla karşılaştırmasını yapmak için tasarlanmıştır.



Şekil 5.8. PP_DA1 modelinin kalıp planı



Çıktılar

$$S_s = 0.631 \quad S_1 = 0.173 \quad PGA=0.267 \quad PGV=16.220$$

Şekil 5.9. Eskişehir Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü binası koordinatları ve deprem verileri

Yapı bilgileri girişinde mevcut yapıda boşluksuz betonarme perde bulunduğu için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=7$ olarak girilmiştir. Bu parametreye bağlı olarak Dayanım Fazlalığı Katsayısı $D=2,5$ olarak belirlenmiştir. Yapı konut olarak tasarlandığı için Yapı Önem Katsayısı $I=1$ olarak girilmiş ve Hareketli Yük Katsayısı $n=0,3$ olarak, Hareketli Yük Azaltma Katsayısı $C_z=1$ olarak eklenmiştir. Zemin sınıfı ZA seçilmiştir. Yapı zemini kil olarak belirlenmiş, Zemin Yatak Kat Sayısı ve Zemin Taşıma Gücü Gerilmesi bu zemin cinsi için sisteme girilmiştir. Deprem Yüğü Eksantrisitesi $=0,05$ olarak belirlenmiş ve sistem düzensiz yapı katsayısı $\beta=0,9$ olarak programa tanıtılmıştır. Yapı malzemesi olarak C30 beton sınıfı ve B420-C çeliği programa girilmiştir. 5 katlı yapının analizi yapılmıştır. Analiz sonrasında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'in 4.3.2.4 (a) maddesinde belirtilen perdenin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} 'in o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_o 'ın $1/3$ 'ünden fazla olamayacaktır şartını sağlamadığı için madde 4.3.2.4' te belirtildiği gibi Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R yerine $(4/5)R$ göz önüne alınacaktır. $R=5,6$ seçilerek tekrar analiz yapılmıştır. PP_DA1 modelinin malzeme bilgileri Şekil 5.10'da gösterilmiştir. PP_DA1 modelinin Eskişehir Teknik Üniversitesi, İki Eylül

Kampüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Binasının konumu kullanılarak girilen deprem verileri ve diğer yapı bilgileri Şekil 5.11’da gösterilmiştir.

STA4-CAD YAPI MALZEMESİ [Ok] [X]

PLAK - ASMOLEN

BETON	CELIK	CELIK PROFIL
C30 (fck=300 kg/cm ²)	fyk=4200 kg/cm ² - B420C	YAPISAL CELIK
		St37 / S235 / Fe360

ONGERMELI PREFABRIK PLAK

BETON	CELIK	
C30 (fck=300 kg/cm ²)	Grade 250	

HAZIR NERVURLU PLAK

BETON	CELIK	
C30 (fck=300 kg/cm ²)	fyk=5000 kg/cm ² - B500C	

KIRIS - KOLON

BETON	CELIK	ETRIYE
C30 (fck=300 kg/cm ²)	fyk=4200 kg/cm ² - B420C	fyk=4200 kg/cm ² - B420C

TEMELLER

BETON	CELIK	ETRIYE
C30 (fck=300 kg/cm ²)	fyk=4200 kg/cm ² - B420C	fyk=4200 kg/cm ² - B420C

Şekil 5.10. PP_DA1 modelinin malzeme bilgileri

YAPI GENEL BİLGİLERİ [X]

Yapı Proje İsmi		Kolon Perde Modeli
Kat Sayısı	5	
Spektral ivme Katsayısı (DD2)	Sds/Sdi	0.505/0.138
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	Rx/Ry	5.6/5.6
Dayanım Fazlalığı Katsayısı	D	2.5
Deprem Yapı Önem Katsayısı	I	1
Hareketli Yük Katsayısı	n	0.3
Deprem Yüğü Alt Yüksekliği	Hx/Hy (m)	0
Zemin Yatak Katsayısı	Ko (kN/m ³)	10000
Zemin Taşıma Gücü Gerilmesi	qt (kN/m ²)	100
Hareketli Yük Azaltma Katsayısı	Cz	1
Deprem Yüğü Eksantirisitesi		0.05
Modal Analiz Min. Yük Oranı	B	0.9
Üst Kat no (TDY için)		5
Aplikasyon Kot Farkı	(m)	0

YS. CERCEVE + YS. PERDE

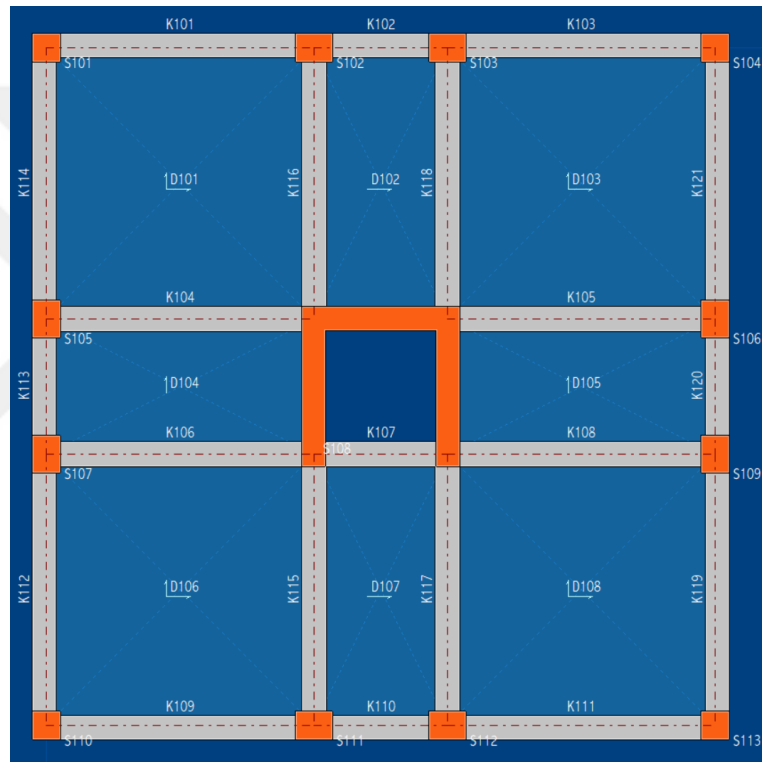
Yeni YAPI PROJESİ DEPREM STANDARDI: TBDY2018 TASARIM STANDARDI: TS500t

Diagram: kat sayısı, Fdt, deprem alt kotu, BAP

Şekil 5.11. PP_DA1 modelinin yapı genel bilgileri

5.1.2. PP_OA1 modelinin oluşturulması

İkinci modelde yapının planında U perde haricinde bir değişikliğe gidilmemiş sadece U perdenin tasarımı birinci modelden farklı olarak poligon perde olarak tasarlanmıştır. Bu tasarım şekil 5.12’de belirtilmiştir. Bu modelin analizi de dikdörtgen perde için belirlenen parametreler üzerinden yapılmıştır. PP_OA1 modelinin malzeme bilgileri şekil 5.13’te gösterilmiştir. PP_OA1 modelinin deprem verileri ve diğer yapı bilgileri şekil 5.14’te detaylı olarak gösterilmiştir.



şekil 5.12. PP_OA1 modelinin kat planı

STA4-CAD YAPI MALZEMESİ [Ok] [X]

PLAK - ASMOLEN

BETON: C30 (fck=300 kg/cm²)

CELIK: fyk=4200 kg/cm²- B420C

CELIK PROFIL: YAPISAL CELIK: St37 / S235 / Fe360

ONGERMELI PREFABRIK PLAK

BETON: C30 (fck=300 kg/cm²)

CELIK: Grade 250

HAZIR NERVURLU PLAK

BETON: C30 (fck=300 kg/cm²)

CELIK: fyk=5000 kg/cm²- B500C

KIRIS - KOLON

BETON: C30 (fck=300 kg/cm²)

CELIK: fyk=4200 kg/cm²- B420C

ETRIYE: fyk=4200 kg/cm²- B420C

TEMELLER

BETON: C30 (fck=300 kg/cm²)

CELIK: fyk=4200 kg/cm²- B420C

ETRIYE: fyk=4200 kg/cm²- B420C

Şekil 5.13. PP_oA1 modelinin malzeme bilgileri

YAPI GENEL BİLGİLERİ [X]

Yapı Proje İsmi	Poligon Perde Modeli	
Kat Sayısı	5	UserKey
Spektral ivme Katsayısı (DD2)	Sds/Sd1	0.505/0.138
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	Rx/Ry	5.6/5.6
Dayanım Fazlalığı Katsayısı	D	2.5
Deprem Yapı Önem Katsayısı	I	1
Hareketli Yük Katsayısı	n	0.3
Deprem Yüğü Alt Yüksekliği	Hx/Hy (m)	0
Zemin Yatak Katsayısı	Ko (kN/m ³)	10000
Zemin Taşıma Gücü Gerilmesi	qt (kN/m ²)	100
Hareketli Yük Azaltma Katsayısı	Cz	1
Deprem Yüğü Eksantirisitesi		0.05
Modal Analiz Min. Yük Oranı	B	0.9
Üst Kat no (TDY için)		5
Aplikasyon Kot Farkı	(m)	0

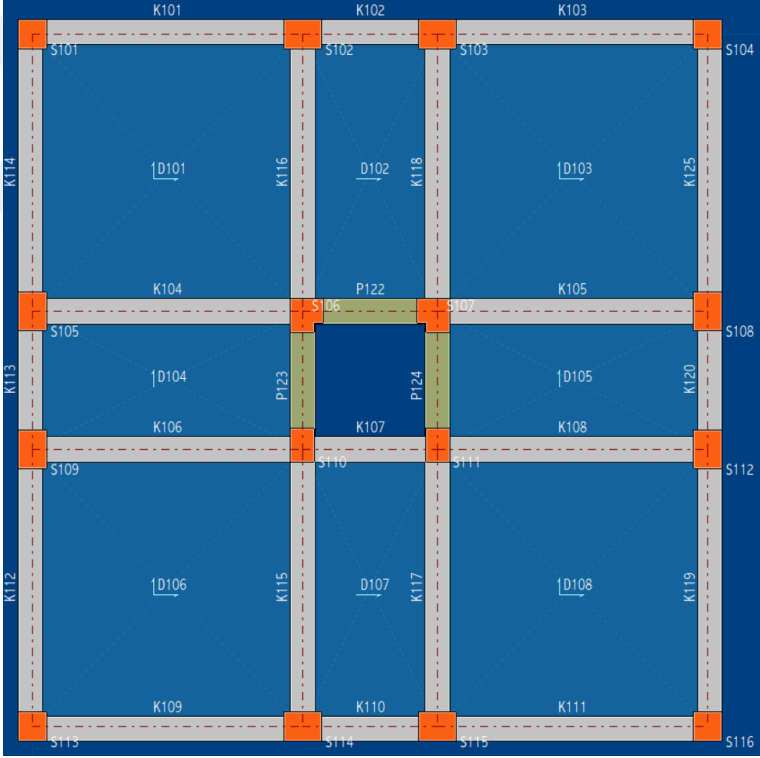
YS. CERCEVE + YS. PERDE

YENİ YAPI PROJESİ DEPREM STANDARDI: TBDY2018 TASARIM STANDARDI: TS500t

Şekil 5.14. PP_oA1 modelinin yapı bilgileri

5.1.3. PP_AA1 modelinin oluşturulması

Üçüncü modelde ise yalnızca poligon perdenin yerine panel perde tasarımı gidilmiş ve planda başka bir değişiklik yapılmamıştır. Paneller mevcut kat yüksekliğinde 3 m tasarlanmıştır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'in 7.6.2.3 maddesinde dikdörtgen kesitli perdelerde kritik perde yüksekliğinde uç bölge uzunluğu perdenin plandaki uzunluğunun %20'sinden az olamayacak koşulu ile 7.6.2.4 maddesindeki perde



Şekil 5.15. PP_{A1} modelinin kat planı

STA4-CAD YAPI MALZEMESİ OK X

PLAK - ASMOLEN

BETON	CELIK	CELIK PROFİL
C30 (fck=300 kg/cm ²)	f _{yk} =4200 kg/cm ² - B420C	YAPISAL CELİK
		St37 / S235 / Fe360

ONGERMELİ PREFABRİK PLAK

BETON	CELIK	
C30 (fck=300 kg/cm ²)	Grade 250	

HAZIR NERVURLU PLAK

BETON	CELIK	
C30 (fck=300 kg/cm ²)	f _{yk} =5000 kg/cm ² - B500C	

KIRIS - KOLON

BETON	CELIK	ETRIYE
C30 (fck=300 kg/cm ²)	f _{yk} =4200 kg/cm ² - B420C	f _{yk} =4200 kg/cm ² - B420C

TEMELLER

BETON	CELIK	ETRIYE
C30 (fck=300 kg/cm ²)	f _{yk} =4200 kg/cm ² - B420C	f _{yk} =4200 kg/cm ² - B420C

Şekil 5.16. PP_AA1 modelinin malzeme bilgileri

YAPI GENEL BİLGİLERİ X

Yapı Proje İsmi	Panel Perde Modeli	
Kat Sayısı	5	UserKey
Spektral ivme Katsayısı (DD2)	S_{ds}/S_{d1}	0.505/0.138
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	R_x/R_y	5.6/5.6
Dayanım Fazlalığı Katsayısı	D	2.5
Deprem Yapı Önem Katsayısı	I	1
Hareketli Yük Katsayısı	n	0.3
Deprem Yüğü Alt Yüksekliği	H_x/H_y (m)	0
Zemin Yatak Katsayısı	K_o (t/m³)	1000
Zemin Taşıma Gücü Gerilmesi	q_t (t/m²)	10
Hareketli Yük Azaltma Katsayısı	C_z	1
Deprem Yüğü Eksantrisitesi		0.05
Modal Analiz Min. Yük Oranı	β	0.9
Üst Kat no (TDY için)		5
Aplıkasyon Kot Farkı	(m)	0

YS. CERCEVE + YS. PERDE

Yeni YAPI PROJESİ **DEPREM STANDARDI: TBDY2018** **TASARIM STANDARDI: TS500t**

Diagram: A schematic diagram of a 5-story building frame. The diagram shows a grid of columns and beams. Labels include "kat sayısı" (number of floors), "F_{0.05}" (lateral force coefficient), "deprem alt kotu" (earthquake base level), and "BAP" (base plate).

Şekil 5.17. PP_AA1 modelinin yapı bilgileri

S106	Deprem+X	S107	Deprem+X	S110	Deprem+X	S111	Deprem+X
Üst Mx	5.94	Üst Mx	5.94	Üst Mx	3.46	Üst Mx	3.46
Alt Mx	7.95	Alt Mx	7.95	Alt Mx	4.11	Alt Mx	4.11
Üst My	-0.61	Üst My	0.61	Üst My	-0.47	Üst My	0.47
Alt My	-0.01	Alt My	0.01	Alt My	0.02	Alt My	-0.02
Tx	4.63	Tx	4.63	Tx	2.52	Tx	2.52
Ty	-0.21	Ty	0.21	Ty	-0.15	Ty	0.15
Nz	-105.05	Nz	105.05	Nz	-33.19	Nz	33.19

Şekil 5.18. PP_{A1} modeli x yönü deprem yüklemesi kolon elemanların analiz sonuçları (kNm)

P122	Üst Mx	Alt Mx	Üst My	Alt My	Nz	Tx	Ty
Deprem+X	77.72	113.16	0.00	0.00	0.0	63.63	0.00
P123	Üst Mx	Alt Mx	Üst My	Alt My	Nz	Tx	Tv
Deprem+X	5.21	7.40	-8.95	1.38	-92.9	4.20	-2.52
P124	Üst Mx	Alt Mx	Üst My	Alt My	Nz	Tx	Ty
Deprem+X	5.21	7.40	8.95	-1.38	92.9	4.20	2.52

Şekil 5.19. PP_{A1} modeli x yönü deprem yüklemesi perde elemanların analiz sonuçları (kNm)

S106	Deprem+Y	S107	Deprem+Y	S110	Deprem+Y	S111	Deprem+Y
Üst Mx	0.13	Üst Mx	0.15	Üst Mx	-0.35	Üst Mx	-0.07
Alt Mx	0.13	Alt Mx	0.14	Alt Mx	-0.28	Alt Mx	-0.14
Üst My	4.05	Üst My	4.45	Üst My	3.37	Üst My	3.74
Alt My	6.27	Alt My	6.78	Alt My	5.23	Alt My	5.68
Tx	0.08	Tx	0.10	Tx	-0.21	Tx	-0.07
Ty	3.44	Ty	3.75	Ty	2.87	Ty	3.14
Nz	-92.79	Nz	-93.91	Nz	109.59	Nz	117.34

Şekil 5.20. PP_{A1} modeli y yönü deprem yüklemesi kolon elemanların analiz sonuçları (kNm)

P122	Üst Mx	Alt Mx	Üst My	Alt My	Nz	Tx	Tv
Deprem+Y	2.20	2.03	3.18	5.60	-117.3	1.41	2.93
P123	Üst Mx	Alt Mx	Üst My	Alt My	Nz	Tx	Ty
Deprem+Y	-0.25	-0.21	51.36	90.60	30.2	-0.15	47.32
P124	Üst Mx	Alt Mx	Üst My	Alt My	Nz	Tx	Ty
Deprem+Y	-0.01	-0.09	57.18	98.29	35.8	-0.03	51.82

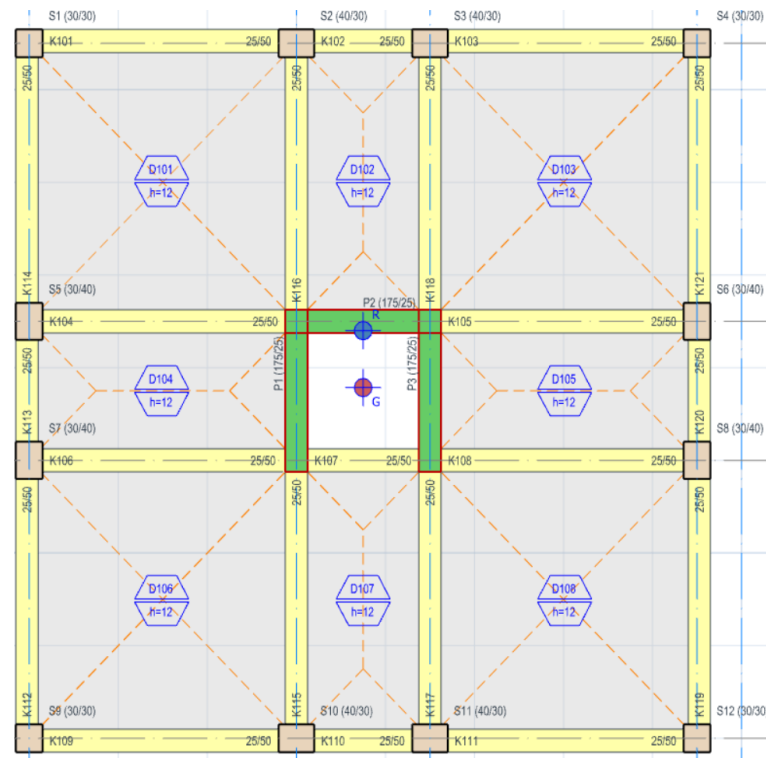
Şekil 5.21. PP_{A1} modeli y yönü deprem yüklemesi perde elemanların analiz sonuçları (kNm)

5.2. Yapının Program B’de Modellenmesi

Program B’de modeli, Program A’daki deprem verileriyle beraber betonarme kesit ve malzeme özellikleri tamamen aynı şekilde alınarak oluşturulmuştur. Buradaki amaç iki program arasındaki aynı modeller üzerinden analiz sonuçları karşılaştırmaktır.

5.2.1. PP_DB1 modelinin oluşturulması

Program B dikdörtgen perde modeli, Program A dikdörtgen perde model verilerinin tamamen aynısı ile oluşturulmuştur. Bu oluşturulan modelin analiz sonuçları Program A analiz sonuçlarıyla kıyaslanarak aradaki farklılıklar yorumlanacaktır. Model, Şekil 5.22’de gösterilmiştir. Bu modelin tasarımı Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018’e göre uygun değildir. TBDY 2018 ‘in 4.5.3.5 maddesine göre enkesitinin şekli U olan perde kollarının ayrı ayrı modellenip hesaplandığı modelleme teknikleri U perde için kullanılmayacaktır. Bu model, Program A dikdörtgen kolon modelinde olduğu gibi tasarımı sadece verileri karşılaştırmak ve en güvenli tasarımı göstermek içindir. PP_DB1 modelinin malzeme bilgileri Şekil 5.23’te gösterilmiştir. PP_DB1 modelinin deprem verileri ve yapıya ait diğer bilgiler Şekil 5.24’te detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.22. PP_{DB1} modelinin kat planı

Analiz Formu

Analiz Öncesi Model Seçenekleri Analiz Analiz Sonrası Model İhrac Raporlar

Proje Parametreleri ve Yüklemeler

Proje Parametreleri Deprem Parametreleri Yükleme Kombinasyonları Rüzgar ve Yatay Kat Yükleri

Malzeme Bilgileri (Varsayılan)

	Malzeme	Donatı Çeliği Sınıfları
Kolonlar	C30	S420
Perdeler	C30	S420
	Düğey Gövde Donatısı	S420
	Yatay Gövde Donatısı	S420
Kirişler	C30	S420
Plak Döğemeler	C30	S420
Nervür Döğemeler	C30	S420
Temeller	C30	S420
Etriyeler		S420

Malzemeleri Düzenle

Eleman Birim Ağırlığı: 2.500 t/m3
Aşmolen Birim Ağırlığı: 0.450 t/m3
Isıl Genleşme Katsayısı: 0.00001 1/°C

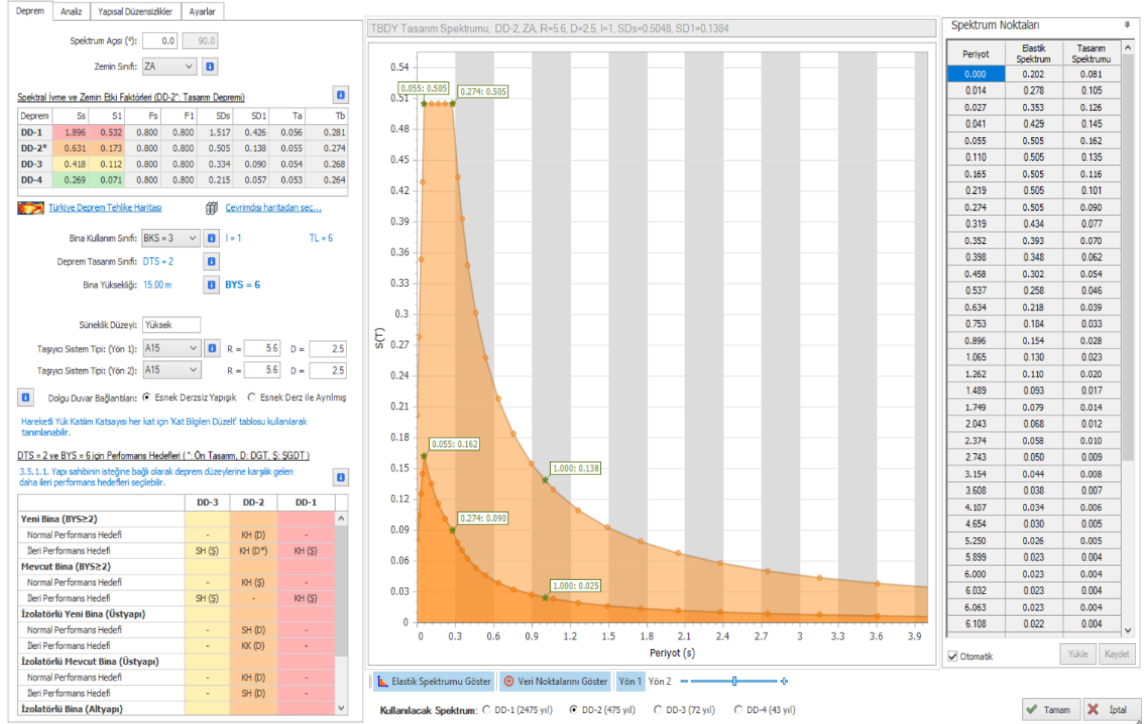
Analiz tekrarlandığı bina modeli SE Temel Modeli ile birleştirilecektir.

Yönetmelikler:
TS500-2000, TSC 2016 (LRFD), TS 498
TBDY 2018

Yardım F1 Kapat

Şekil 5.23. PP_DB1 modelinin malzeme bilgileri

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği - TBDY 2018 Parametreleri (Yeni Bina)



Şekil 5.24. PP_OB1 modelinin deprem ve yapı bilgileri

Analiz Öncesi

Model Seçilebilir

Analiz Sonrası

Model İhrac

Raporlar

Proje Parametreleri ve Yüklemeler

Proje Parametreleri

Deprem Parametreleri

Yükleme Kombinasyonları

Rüzgar ve Yatay Kat Yükleri

Malzeme Bilgileri (Varsayılan)

	Malzeme	Donatı Çeliği Sınıfı
Kolonlar	C30	S420
Perdeler	C30	S420
	Düğey Gövde Donatısı	S420
	Yatay Gövde Donatısı	S420
Kirişler	C30	S420
Plak Döğemeler	C30	S420
Nervür Döğemeler	C30	S420
Temeller	C30	S420
Etriyeler		S420

Malzemeleri Düzenle

Eleman Birim Ağırlığı:

2.500 t/m3

Asmolen Birim Ağırlığı:

0.450 t/m3

Isıl Genleşme Katsayısı:

0.00001 1/°C

Analiz tekrarlandığı bina modeli SE Temel Modeli ile birleştirilecektir.

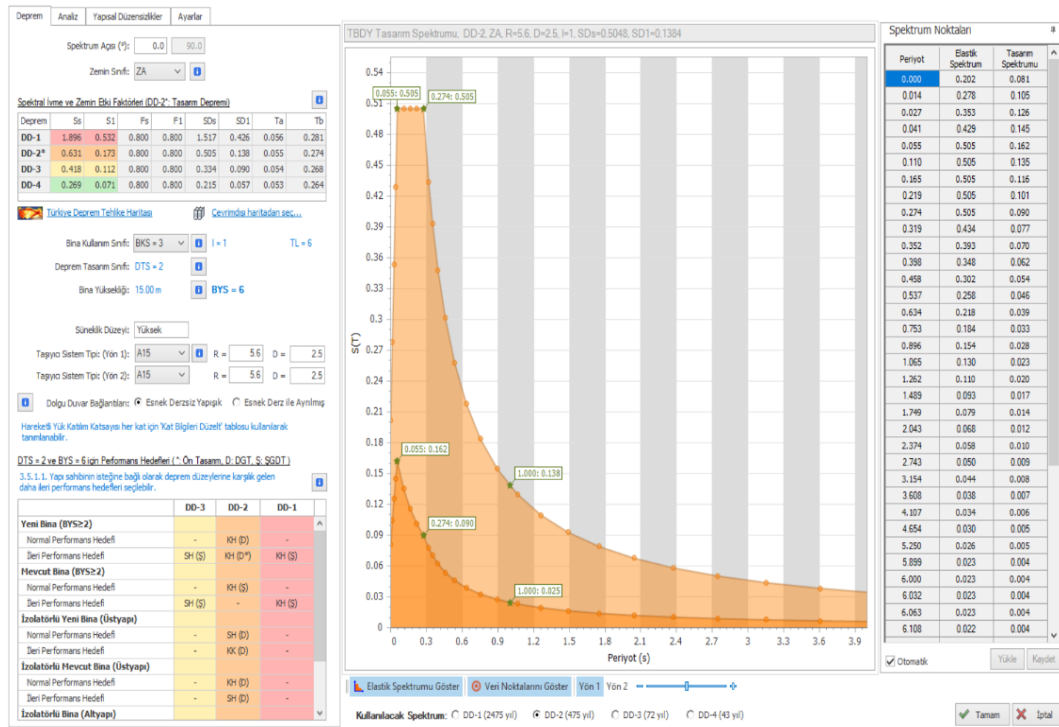
Yönetmelikler:
TS500-2000, TSC 2016 (LRFD), TS 498
TBDY 2018

Yardım F1

Kapat

Şekil 5.26. *PP₀B1* modelinin malzeme bilgileri

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği - TBDY 2018 Parametreleri (Yeni Bina)



Şekil 5.27. *PP₀B1 modelinin deprem ve yapı bilgileri*

5.3. Yapının Program C’de Modellenmesi

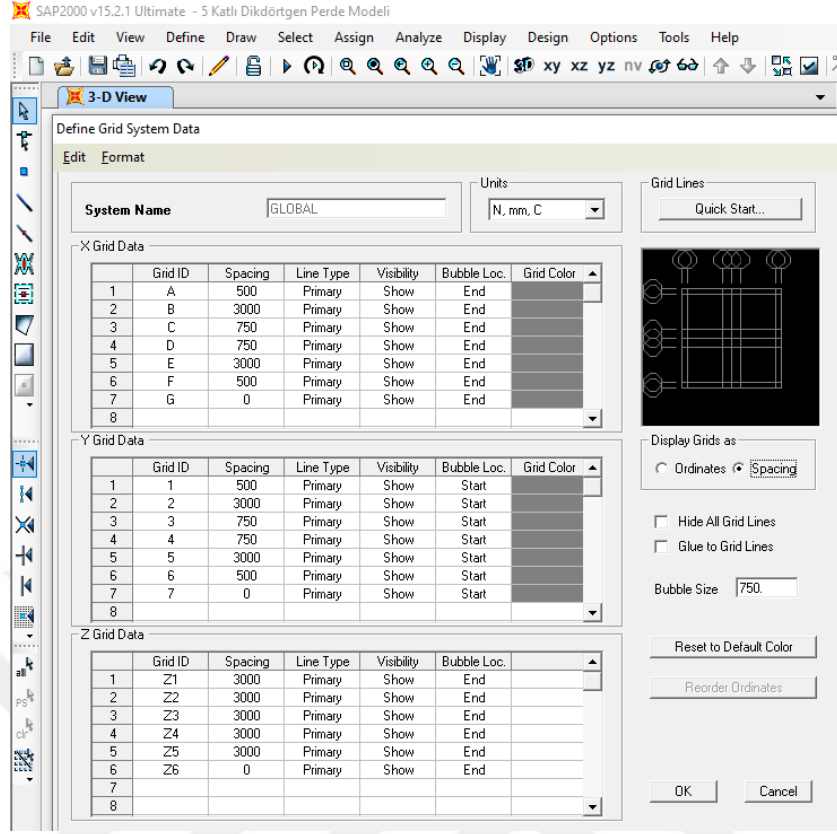
Program C’de iki farklı model oluşturulmuştur. İki model için deprem verileri Program A’nın deprem analiz sonuçlarından alınarak, Eskişehir Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü binasının ZA zemin sınıfı için deprem verileri girilmiştir. Malzemelerin tanımlanması, taşıyıcı elemanların kesit özelliklerinin tanımlanması, deprem verilerinin girilmesi, rijit diyafram tanımlanması ve kat kütlelerinin girilmesi bu bölümde tüm detaylarıyla gösterilecektir.

5.3.1. PP_DC1 modelinin oluşturulması

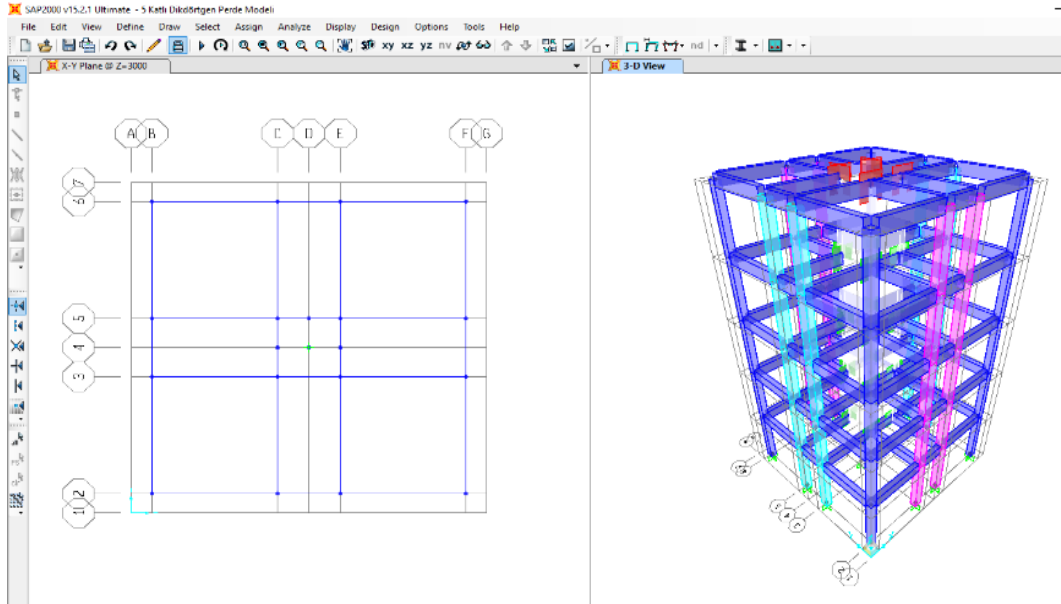
Program C’de oluşturulan dikdörtgen perde modeli, Program A ve Program B’de oluşturulan dikdörtgen perde modellerindeki taşıyıcı eleman kesit ölçüleriyle oluşturulmuştur. Tasarlanan kalıp planı ölçülerinde akslar yerleştirilerek kat yüksekliği boyunca taşıyıcı elemanlar çubuk eleman olarak çizilmiştir. Oluşturulan bu çubuk elemanlara bu model için tasarlanan kolon kesit özellikleri tayin edilmiştir. U-perde 3 adet dikdörtgen perde eleman olarak atanmıştır. Yapıdaki perde elemanlar birbirlerine bağlantı kirişi yardımı ile bağlanmıştır. Döşemeler atanmamış döşeme yükleri kiriş elemanlara aktarılmıştır.

5.3.1.1. Aks ölçülerinin oluşturulması

Modelin aks ölçüleri Program A ve B’de oluşturulan kalıp planının aynısı olarak alınmış kat yükseklikleri de girilerek aks tanımlama menüsünden Program C ortamına tanımlanmıştır. Bu modele ait aks ölçüleri planı Şekil 5.28’de gösterilmiştir. Tanımlanan aks ölçüleri sonrasında oluşan yapının kat planı ve modellemenin üç boyutlu görünümü Şekil 5.29’da gösterilmiştir.



Şekil 5.28. PP_DC1 modelinin aks ölçüleri (mm)



Şekil 5.29. PP_DC1 modelinin kat planı ve üç boyutlu görünümü

5.3.1.2. Malzeme özelliklerinin tanımlanması

Betonarme elemanların malzeme özellikleri malzeme oluşturma menüsünden oluşturulmuştur. Beton malzemesi kullanıcı, beton seçeneğinden C30/37 betonun özellikleri girilmiş ve malzeme ağırlığı 0 olarak seçilmiştir. Betonarme çeliği ise kullanıcı, yapı çeliği seçeneğinden malzeme birim ağırlığı girilerek B420C betonarme çeliği tanımlanmıştır. PP_DC1 modelinin malzeme bilgileri Şekil 5.30'da gösterilmiştir.

The image shows two side-by-side screenshots of the 'Material Property Data' dialog box. The left window is for 'Concrete' (C30) and the right window is for 'Rebar' (S420). Both windows show various material properties like Modulus of Elasticity, Poisson's Ratio, and Compressive Strength.

Property	Concrete (C30)	Rebar (S420)
Material Name and Display Color	C30	S420
Material Type	Concrete	Rebar
Weight per Unit Volume	0	76.9729
Mass per Unit Volume	0	7.849
Modulus of Elasticity, E	31800000	1.999E+08
Poisson's Ratio, U	0.2	0
Coefficient of Thermal Expansion, A	1.000E-05	1.170E-05
Shear Modulus, G	13250000	0
Specified Concrete Compressive Strength, f _c	27579	
Minimum Yield Stress, F _y		413685.5
Minimum Tensile Stress, F _u		620528.2
Expected Yield Stress, F _{ye}		455054
Expected Tensile Stress, F _{ue}		682581

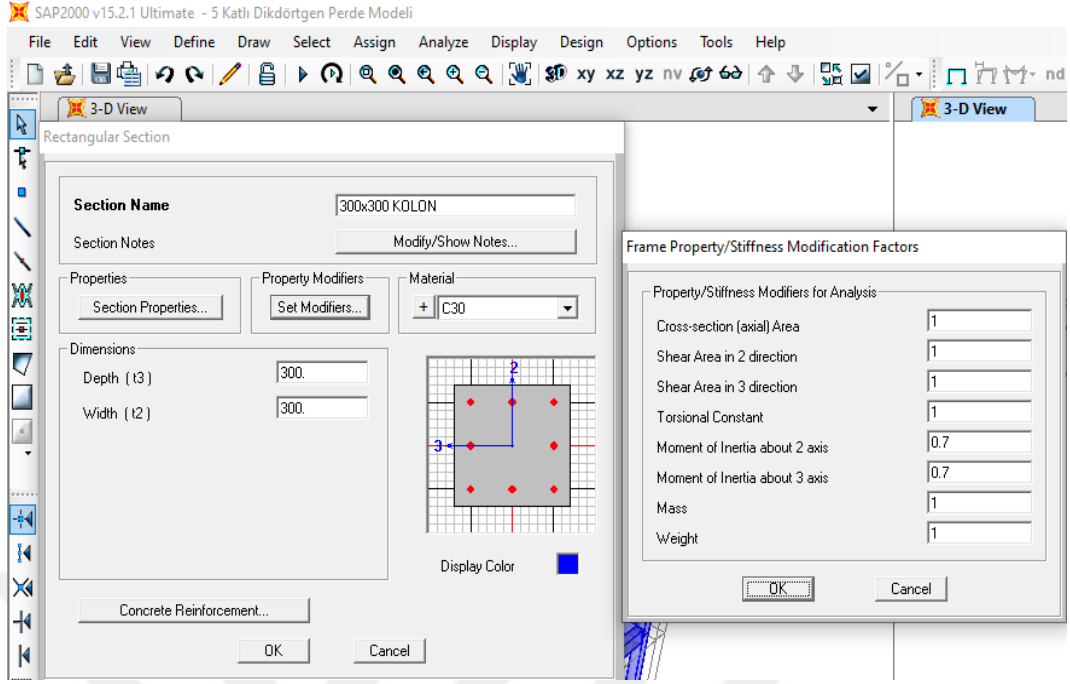
Şekil 5.30. PP_DC1 modelinin betonarme malzeme özellikleri

5.3.1.3. Elemanların kesit özelliklerinin ve etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması

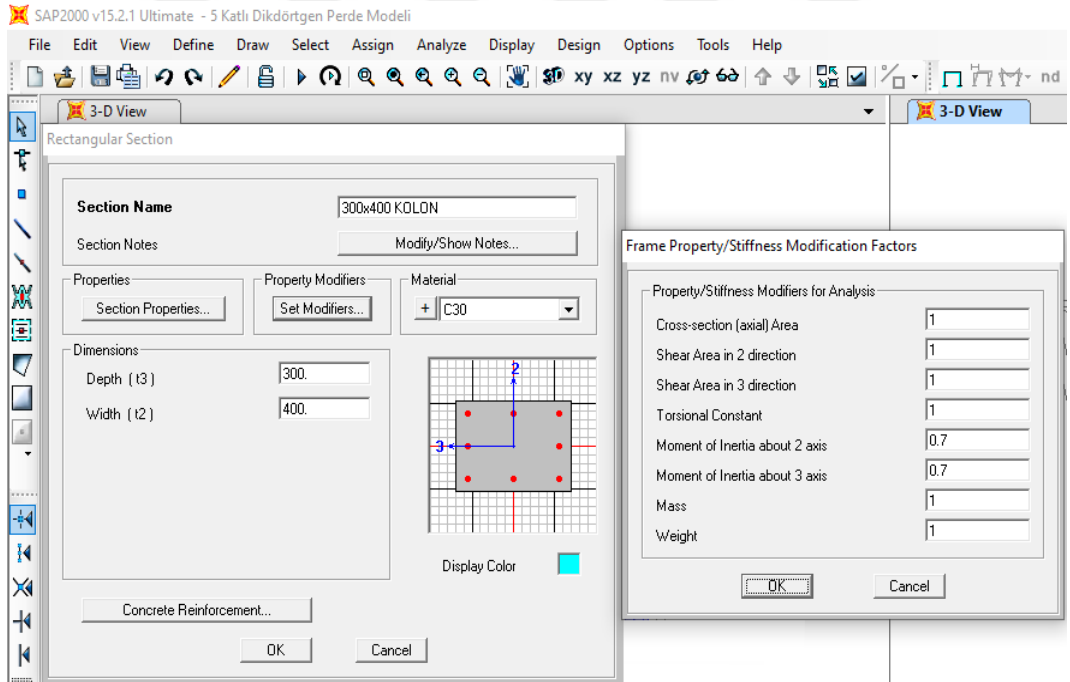
PP_DC1 modelindeki tüm elemanlarının kesit özelliklerinin tanımlanması ve etkin kesit rijitlikleri çarpanlarının tanımlanması aşağıdaki şekillerde tüm detaylarıyla gösterilmiştir. Şekil 5.31'de TBDY 2018'e göre etkin kesit rijitlikleri çarpanlarının tablosu verilmiştir. Program C'de oluşturulan modellerde bu tablodaki veriler kullanılarak tüm taşıyıcı betonarme elemanların kesitleri oluşturulacaktır. Şekil 5.32'de 300x300 kolon elemanının, Şekil 5.33'te 300x400 kolon elemanının, Şekil 5.34'te 400x300 kolon elemanının kesit özellikleri ve etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması gösterilmiştir.

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
<i>Perde – Döşeme (Düzlem İçi)</i>	<i>Eksenel</i>	<i>Kayma</i>
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
<i>Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
<i>Çubuk eleman</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

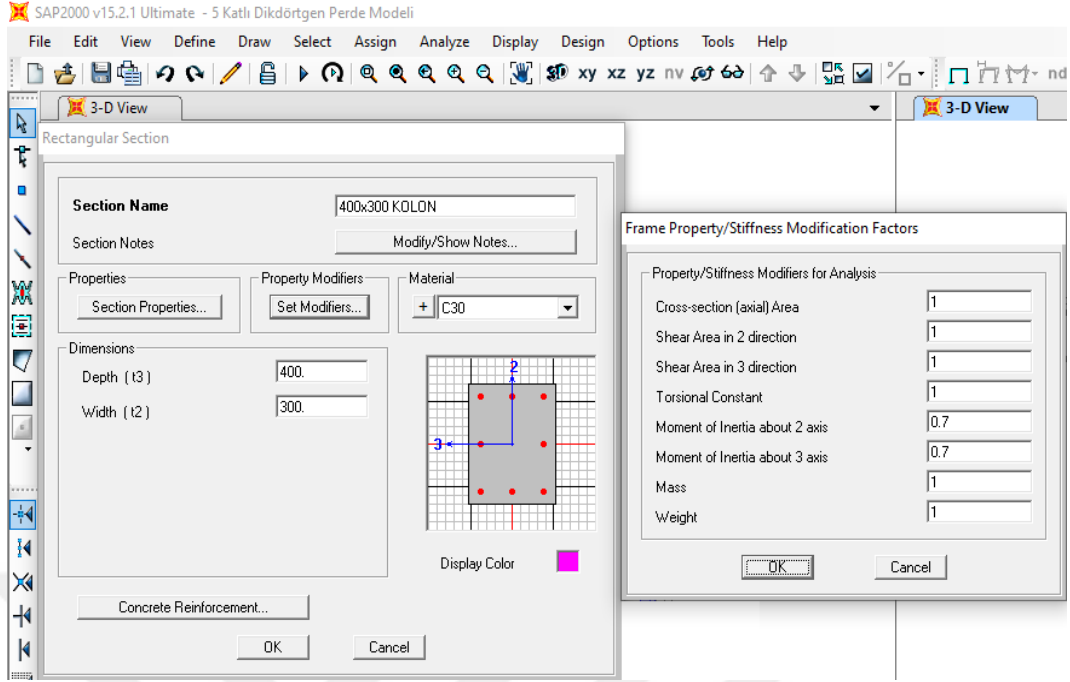
Şekil 5.31. Etkin kesit rijitlikleri çarpan katsayıları (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018)



Şekil 5.32. PP_DC1 modeli 300x300 kolon elemanın kesit özellikleri ve etkin kesit rijitlikleri

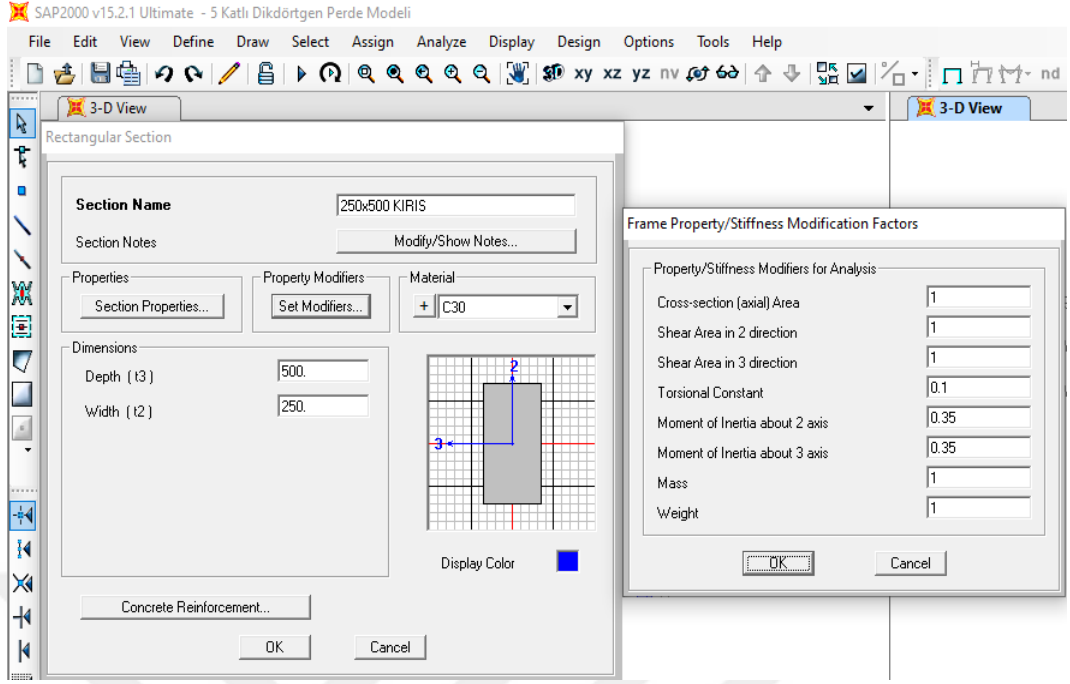


Şekil 5.33. PP_DC1 modeli 300x400 kolon elemanın kesit özellikleri ve etkin kesit rijitlikleri

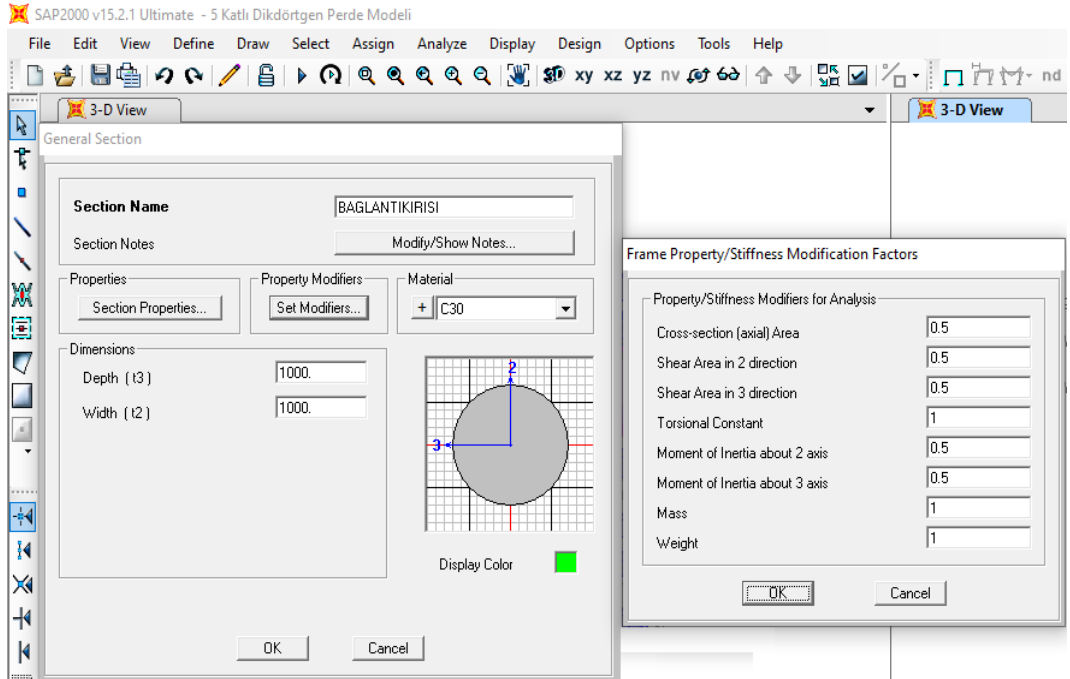


Şekil 5.34. PP_DC1 modeli 400x300 kolon elemanın kesit özellikleri ve etkin kesit rijitlikleri

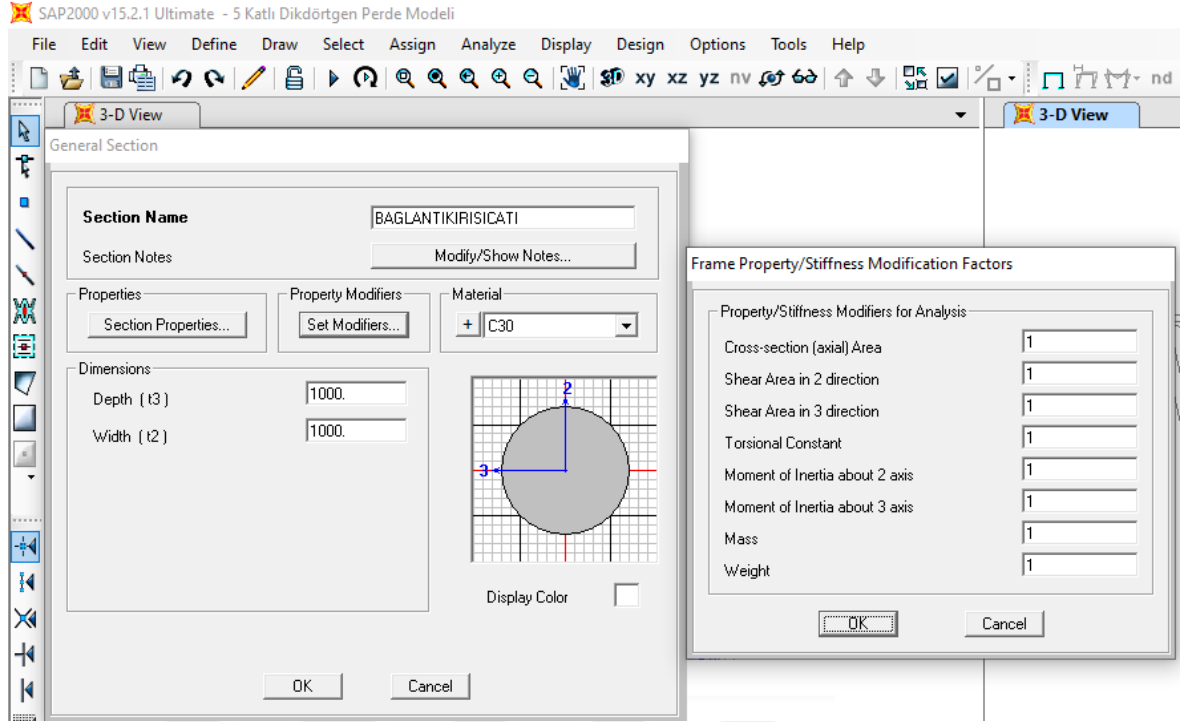
Daha sonrasında kiriş elemanlarının kesit özellikleri ve etkin kesit rijitlikleri tanımlanmıştır. Bağlantı kiriş elemanları 2 farklı tipte tasarlanmıştır. 250x500 kirişin kesit özellikleri ve etkin kesit rijitlikleri Şekil 5.35'te, normal katlarda kullanılan bağlantı kirişinin kesit özellikleri ve etkin kesit rijitlikleri Şekil 5.36'da ve yapının son katında kullanılan bağlantı kirişinin kesit özellikleri ve etkin kesit rijitlikleri Şekil 5.37'de tüm detaylarıyla gösterilmiştir.



Şekil 5.35. PP_DC1 modeli 250x500 kiriş elemanın kesit özellikleri ve etkin kesit rijitlikleri

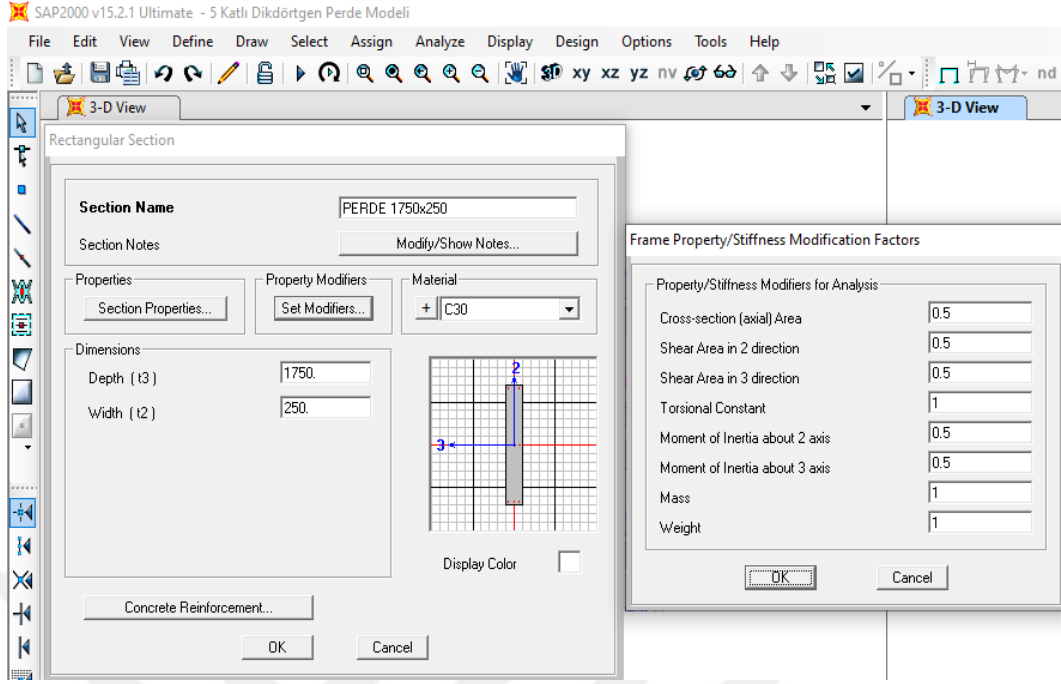


Şekil 5.36. PP_DC1 modeli normal katlardaki bağlantı kiriş elemanın kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri



Şekil 5.37. PP_DC1 modeli çatı katındaki bağlantı kiriş elemanının kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri

Son olarak perde elemanlarının kesit özellikleri ve etkin kesit rijitlikleri Şekil 5.38’de gösterilmiştir. Oluşturulan perde eleman, local eksen yönünde -90 derece döndürülerek diğer yöndeki perde elemanlar oluşturulmuştur. Bu nedenle tek bir kesit oluşturulmuştur.



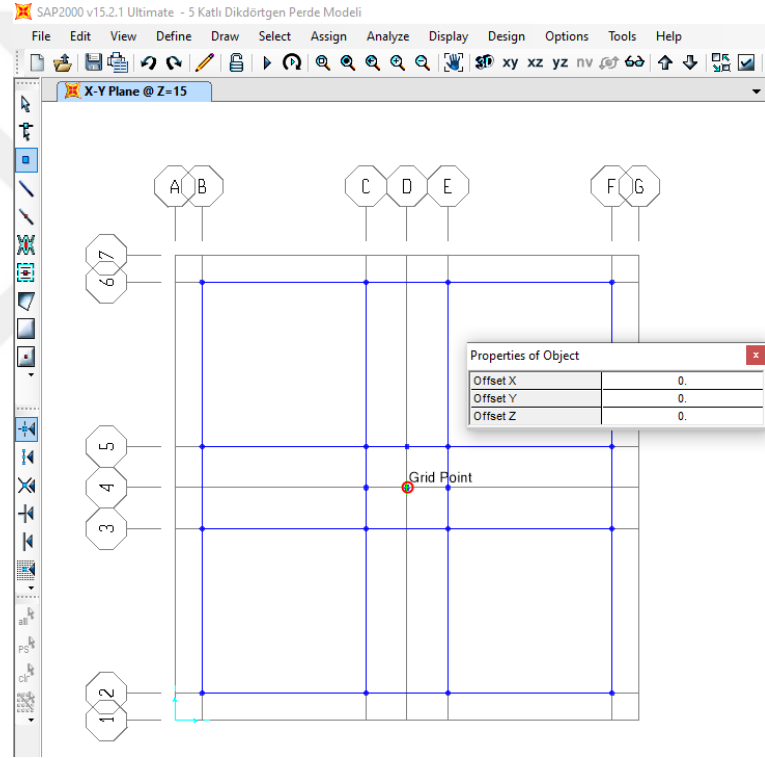
Şekil 5.38. PP_DC1 modeli 1750x250 perde elemanının kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri

5.3.1.4. Deprem yüklerinin modele tanımlanması

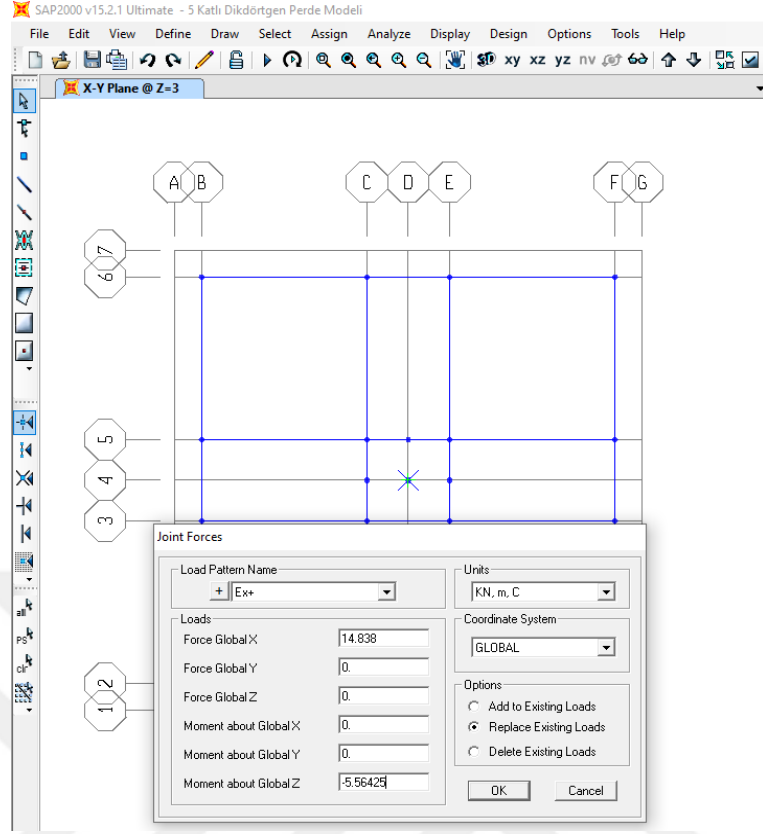
PP_DC1 modelinin deprem yükleri PP_DA1 modelinin deprem yükleri alınarak yüklenmiştir. Program A ortamında yapı tasarlandıktan sonra analizi yapılmış ve analiz sonuçlarından deprem kuvvetleri x ve y yönü olmak üzere her iki yönde de Şekil 5.39'da gösterildiği gibi alınarak Program C ortamına aktarılmıştır. PP_DC1 modelinde deprem yüklemesinin yapılabilmesi için yapının tam orta noktasına nokta tanımlanmış ve Şekil 5.40'ta gösterilmiştir. Yüklemeler bu noktaya yapılarak Program A ortamında oluşturulan tüm modellerdeki kat seviyelerindeki deprem yükleri Program C ortamına bu şekilde aktarılmış ve yapılan yüklemeler Şekil 5.41'de gösterilmiştir. Deprem kuvvetleri ilgili eksenlere kuvvet olarak girilmiş ve bu kuvvet değeri binanın yükleme doğrultusundaki uzunluğu ile çarpılarak %5'i alınmış ve bu değer o kuvvetle birlikte moment olarak girilmiştir. Yapılan işlemler sonucu oluşan tüm kuvvet ve momentler Şekil 5.42'de tüm detaylarıyla gösterilmiştir.

DEPREM KUVVETİ (kN)			
	Z YÖNÜ		Y YÖNÜ
Kat no	Deprem yükü	Deprem yükü	Kat tipi
5	69.116	93.062	UST KAT
4	34.117	42.512	NORMAL
3	25.808	30.553	NORMAL
2	20.820	28.085	NORMAL
1	14.838	19.848	NORMAL
Σ	164.698	214.060	GENEL

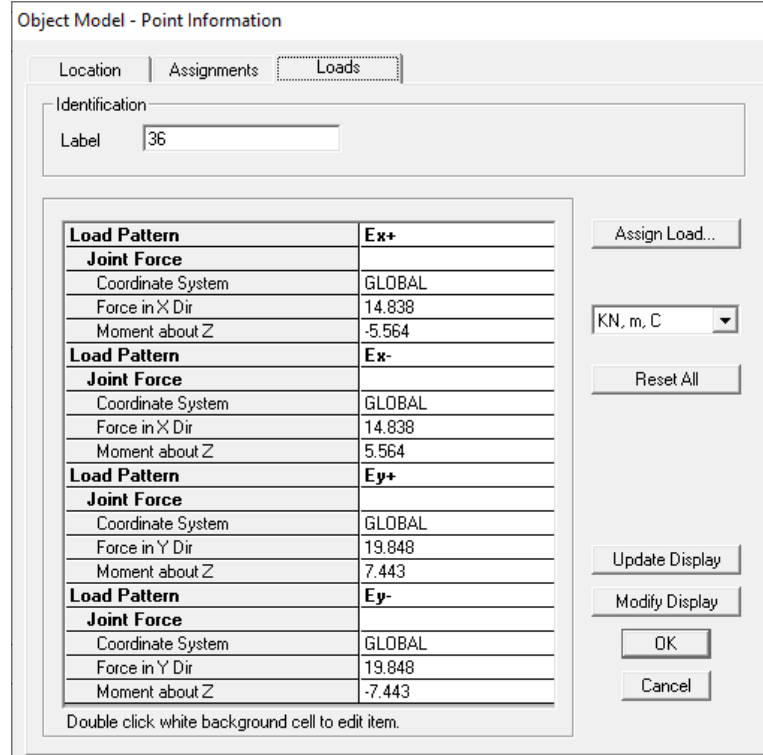
Şekil 5.39. PP_DA1 modelinin analiz sonuçlarından alınan deprem yükleri (kN)



Şekil 5.40. PP_OC1 modelinin merkezine deprem yüklerinin yüklenmesi için nokta tanımlanması



Şekil 5.41. PP_{DC1} modeline deprem yüklerinin yüklenmesi



Şekil 5.42. PP_{DC1} modeline yüklenen deprem yükleri ve momentleri (kN)

5.3.1.5. Kat kütlelerinin ve rijit diyaframın modele tanımlanması

Yüklenen deprem yükleri sonrasında oluşturulan noktaya PP_DA1 modelinden alınan kat kütlelerinin yüklemesi yapılmıştır. Program A ortamından alınan kat kütleleri Şekil 5.43'te gösterilmiştir. Kat kütleleri, Program C ortamında nokta seçilerek atama menüsünden, nokta, kütleler seçilerek bu menü içerisinde kütle seçeneği işaretlenerek local eksen 1, local eksen 2 yönünde Program A'dan alınan kütleler yer çekimi ivmesine bölünerek yüklenmiştir. Bununla birlikte Program A analiz sonuçlarından alınan Şekil 5.44'te gösterilen yapı burulma kütle atalet momenti ile her katın kütleleri çarpılarak local eksen 3 yönünde moment olarak atanmıştır. Şekil 5.45'te kat kütlelerinin PP_DC1 modeline yüklenmesi gösterilmiştir.

KAT KÜTLESİ (kN)		
Kat (dyf)	H (m)	ΣW_k
5	15.00	691.128
4	12.00	611.091
3	9.00	611.091
2	6.00	611.091
1	3.00	611.091
Wt =		3135.491

Şekil 5.43. PP_DA1 modelinin analiz sonuçlarından alınan kat kütleleri (kN)

YAPI BURULMA KÜTLE ATALET MOMENTİ				
$J_{mass} = (I_x + I_y) / A$				
Kat	A (m ²)	I _x (m ⁴)	I _y (m ⁴)	J _{mass} (m ²)
5	72.25	435.01	435.01	12.04
4	54.00	263.25	263.25	9.75
3	54.00	263.25	263.25	9.75
2	54.00	263.25	263.25	9.75
1	54.00	263.25	263.25	9.75

Şekil 5.44. PP_DA1 modelinin analiz sonuçlarından alınan yapı burulma kütle atalet momenti (m⁴)

Joint Masses

Specify Joint Mass

☒ As Mass
☐ As Weight
☐ As Volume and Material Property

Material

Mass Direction

Coordinate System

Mass

Local 1 Axis Direction
Local 2 Axis Direction
Local 3 Axis Direction

Mass Moment of Inertia

Rotation About Local 1 Axis
Rotation About Local 2 Axis
Rotation About Local 3 Axis

Options

☐ Add to Existing Masses
☒ Replace Existing Masses
☐ Delete Existing Masses

Units

Şekil 5.45. PP_{DCI} modeline kat kütleleri ve yapı burulma kütle momentinin yüklenmesi (kN)

Kat kütleleri tanımlandıktan sonra kütle kaynağını seçmek için tanımlama menüsünden, kütle kaynağı seçilerek eleman ve kat kütleleri işaretlenmiş ve Şekil 5.46’da gösterilmiştir. Daha sonrasında her kat için rijit diyafram tanımlaması yapılmıştır. Rijit diyafram tanımlama, kat seviyesindeki tüm noktalar seçilerek, nokta kısıtlamaları menüsünden yeni diyafram eklenerek tanımlanmıştır. Her kata ayrı rijit diyafram tanımlaması yapılmış ve Şekil 5.47’de gösterilmiştir.

Define Mass Source

Mass Definition

☒ From Element and Additional Masses

☐ From Loads

☐ From Element and Additional Masses and Loads

Define Mass Multiplier for Loads

Load	Multiplier
G	

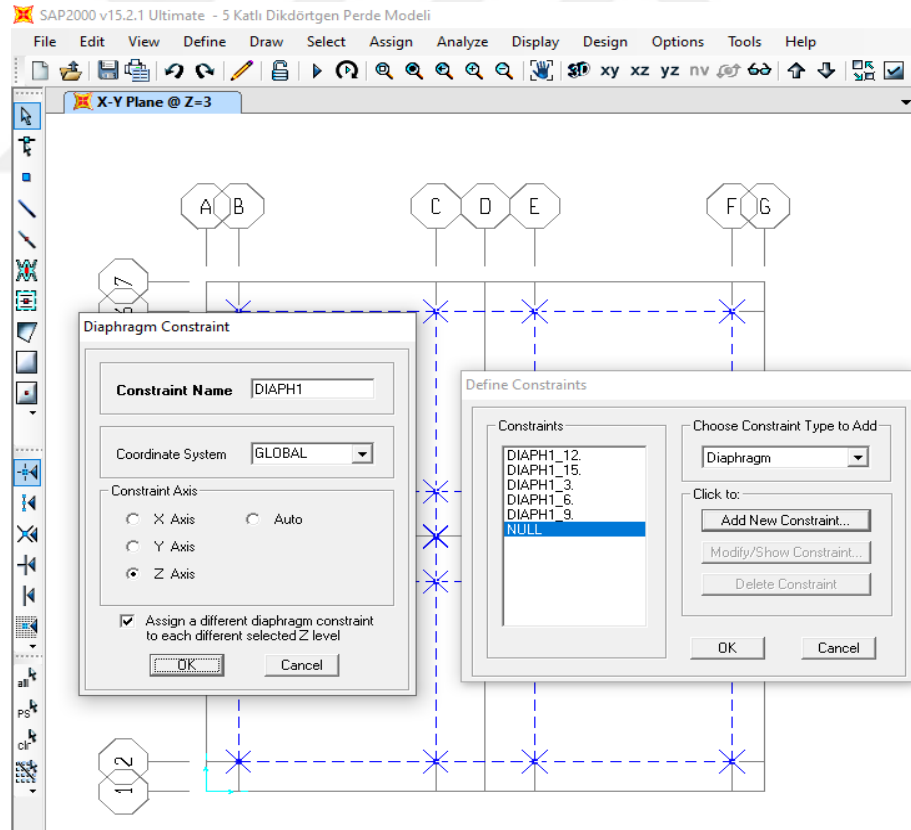
Add

Modify

Delete

OK Cancel

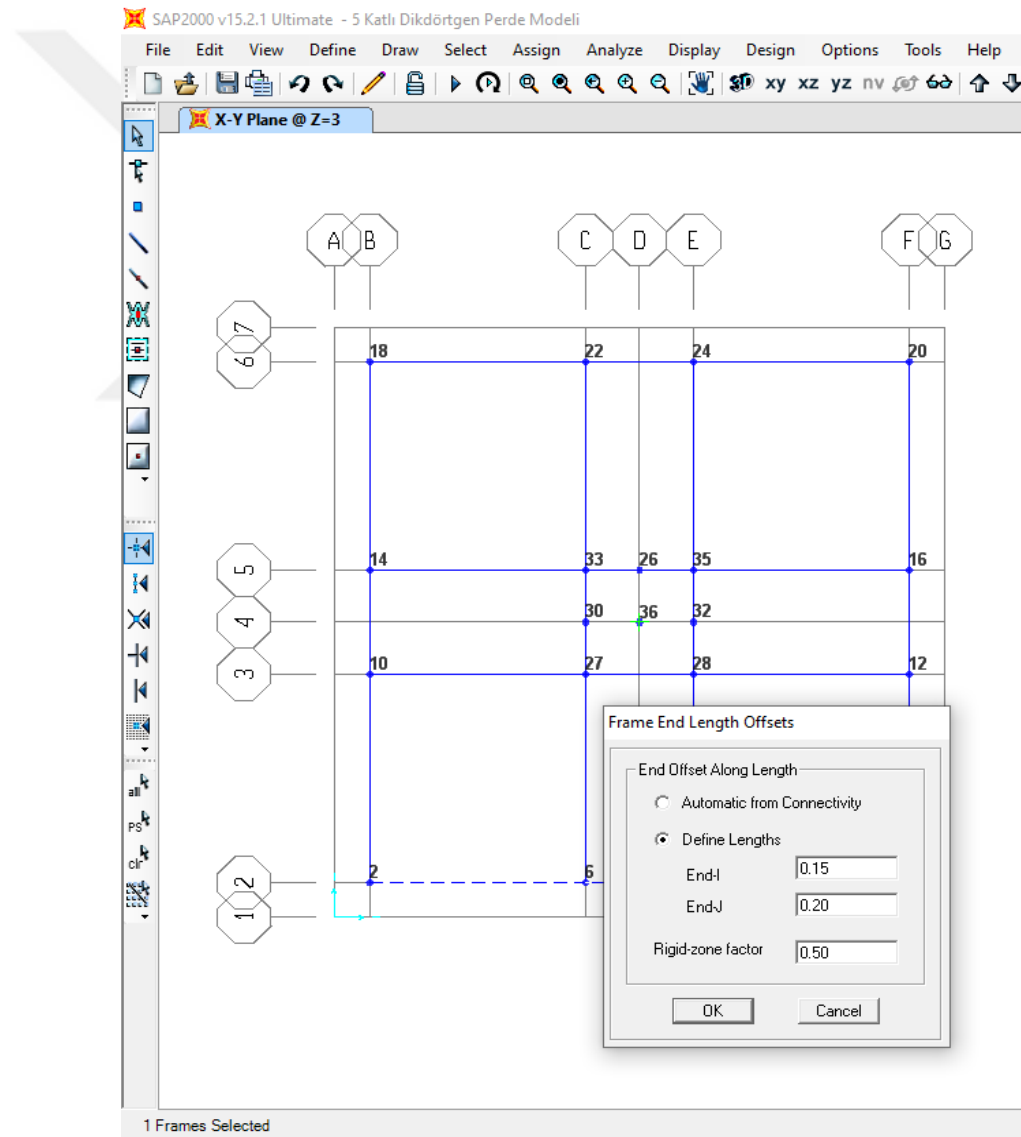
Şekil 5.46. PP_DC1 modeline kütle kaynağının tanımlanması



Şekil 5.47. PP_DC1 modeline rijit diyaframın tanımlanması

5.3.1.6. Rigid end zone tanımlanması

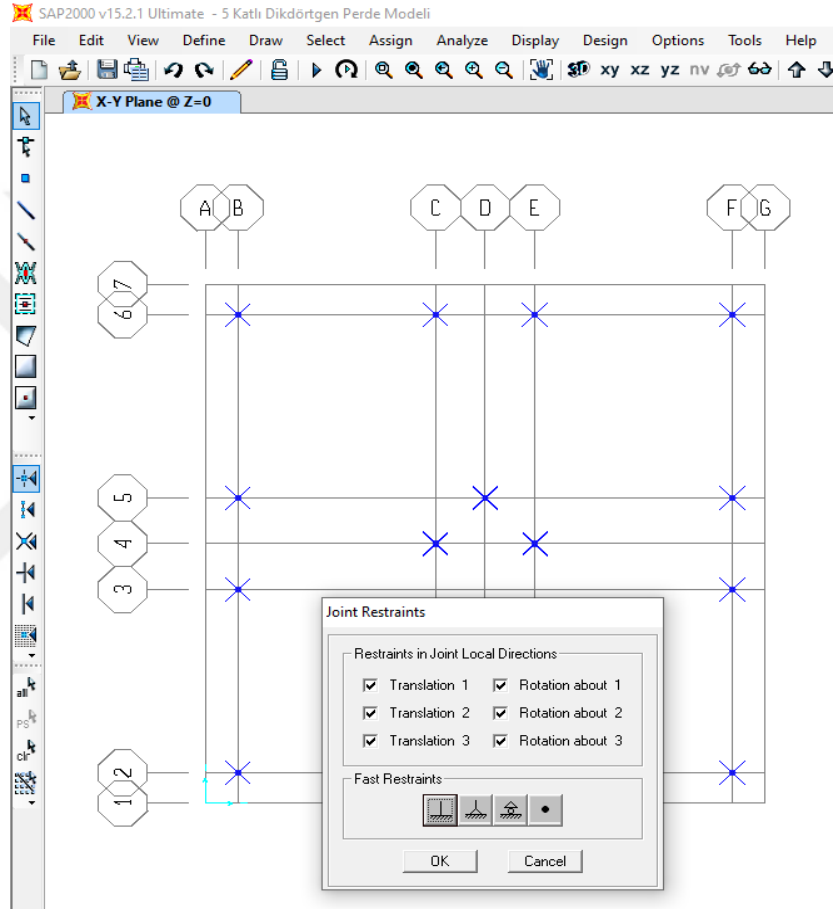
Modele rigid end zone tanımlaması yapılabilmesi için atama menüsünden çubuk eleman seçilerek, bitiş uzunluğu seçilerek her bir kiriş elemana rigid end zone tanımlaması yapılmıştır. Şekil 5.48’de görüldüğü gibi atama yapılan kirişte akstan aksa olarak tanımlanarak i ve j uçlarında kolonların boyut uzunluklarının yarısının değerleri girilmiştir. Rigid zone faktörü ise Program A’nın 0.5 kabul ettiği düşünülerek girilmiştir. Bu tanımlama tüm kiriş elemanlarda yapılmıştır. İ çubuk elemanlarda çizime başlanan ilk uç, j ise son uç noktasıdır.



Şekil 5.48. PP_DC1 modeline rigid end zone tanımlanması

5.3.1.7. Mesnetlerin tanımlanması

PP_DC1 modelinin son olarak mesnet tanımlamaları yapılmıştır. Mesnet tanımlanması atama menüsünden nokta seçeneği seçilerek kısıtlamalar menüsüne gidilmiş ve yapının zemin seviyesindeki tüm noktalar işaretlenerek ankastre mesnet ataması Şekil 5.49'da ki gibi yapılmıştır.



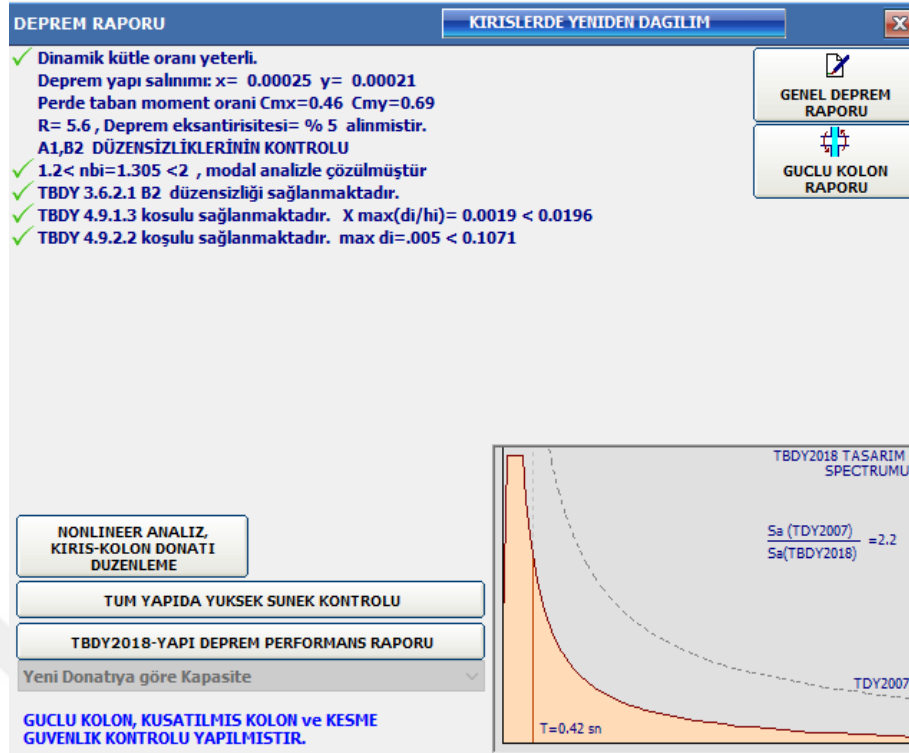
Şekil 5.49. PP_DC1 modeline mesnetlerin tanımlanması

5.3.1.8. Modal analiz parametrelerinin tanımlanması ve analiz yapılması

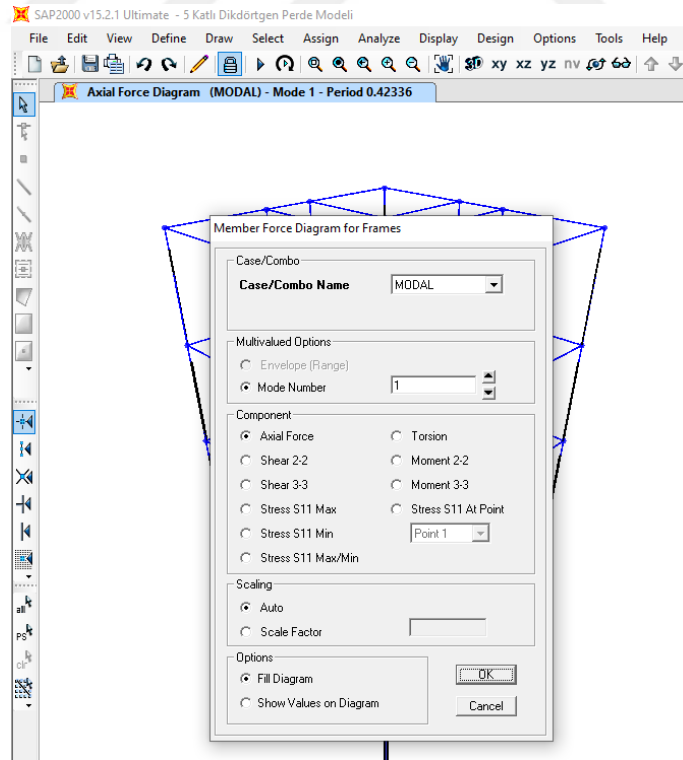
Modal analiz için tanımlama menüsünden yük durumları seçeneğinden modal yük seçeneği işaretlenerek geliştirme menüsünden mod sayısı 15 olarak seçilmiş ve Şekil 5.50’de gösterilmiştir. Analiz seçeneğinden modelin analizi yapılarak yapı periyotlarına, aksenal, kesme ve moment değerlerine, perde elemanlarının tepe deplasman değerlerinin sonuçlarına bakılmıştır.

Şekil 5.50. PP_DC1 modeline modal analiz parametrelerinin tanımlanması

Modal analizler yapıldıktan sonra Program A ve Program C arasında oluşturulan tüm 5 kattan 13 kata kadar yapılan modellemelerde yapının periyot değerleri aynı gelmektedir. Program A ortamında yapının periyot değerinin gösterimi Şekil 5.51’de gösterilmiştir. Program C ortamında yapının periyot değerinin gösterimi araç çubuğundan grafik sonuçlarını gösteren menü işaretlenerek, çubuk eleman menüsünden modal seçeneği işaretlendiği zaman araç çubuğunun hemen altında Şekil 5.52’de ki gibi yapının periyot sonucunu göstermektedir.



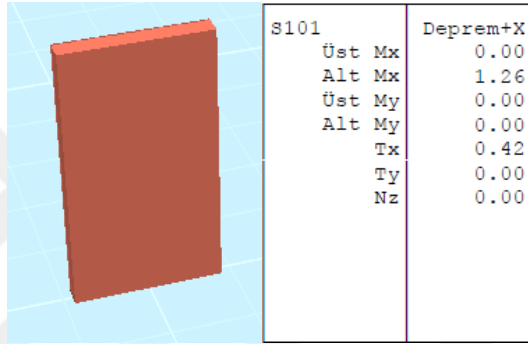
Şekil 5.51. PP_DA1 modeli analizi sonrasında yapı periyot değerinin ekrana getirilmesi



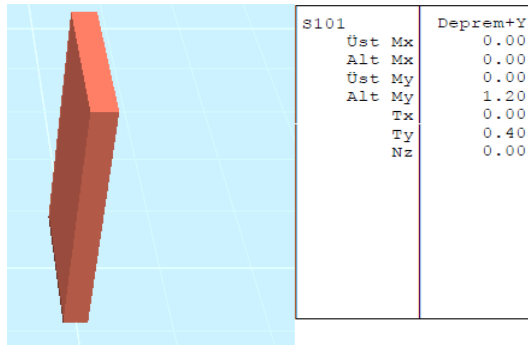
Şekil 5.52. PP_DC1 modeli analizi sonrasında yapı periyot değerinin ekrana getirilmesi

5.3.1.9. Modelin analizi, yön kabulleri ve analiz sonuçlarının gösterimi

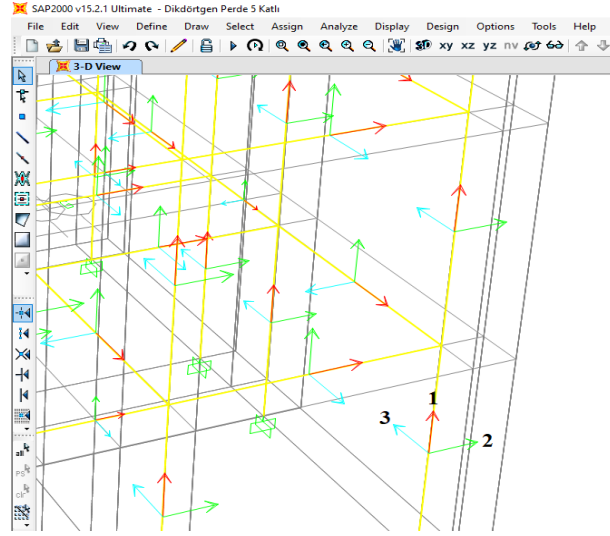
Sonuç karşılaştırılması için kullanılan eksenler Program A için Şekil 5.53 ve Şekil 5.54'te gösterilmiştir. Deprem yüklemesi durumlarına göre güçlü eksenler şekillerde gösterilmiştir. Program C'de elemanlar için kullanılan global eksenler Şekil 5.55'te gösterilmiştir. Program C'de noktalar için kullanılan local eksenler Şekil 5.56'da gösterilmiştir. Bu model için sonuçların karşılaştırılmasında kullanılan noktaların kat görünümü üzerindeki gösterimi Şekil 5.57'de gösterilmiştir. Kırmızı eksen 1 yönünü, yeşil eksen 2 yönünü, mavi eksen 3 yönünü göstermektedir.



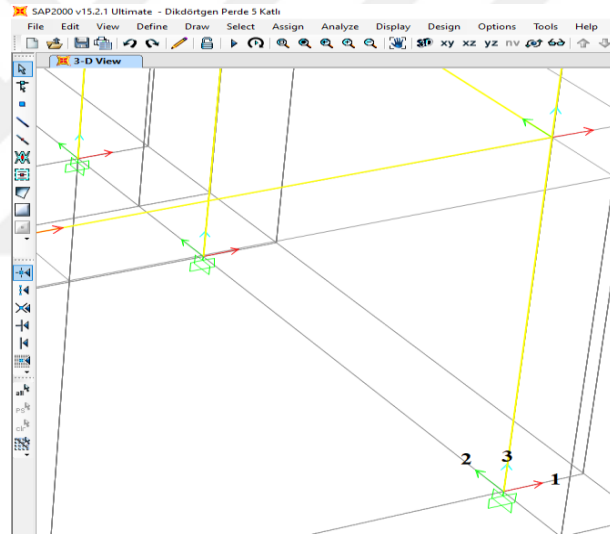
Şekil 5.53. PP_DA1 x yönü deprem yüklemesi modeli moment yönleri



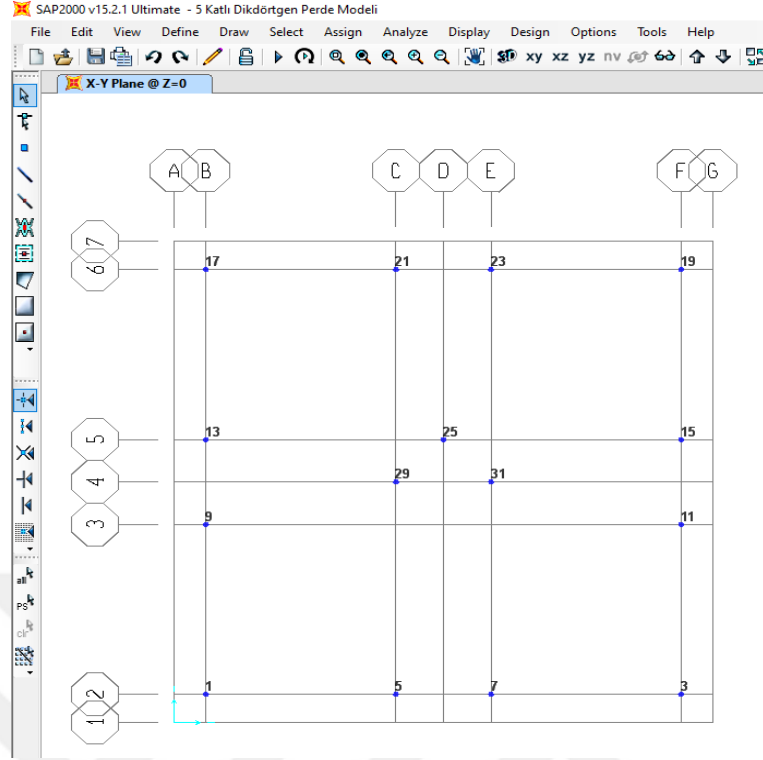
Şekil 5.54. PP_DA1 modeli y yönü deprem yüklemesi moment yönleri



Şekil 5.55. Program c elemanlar için global eksen gösterimleri

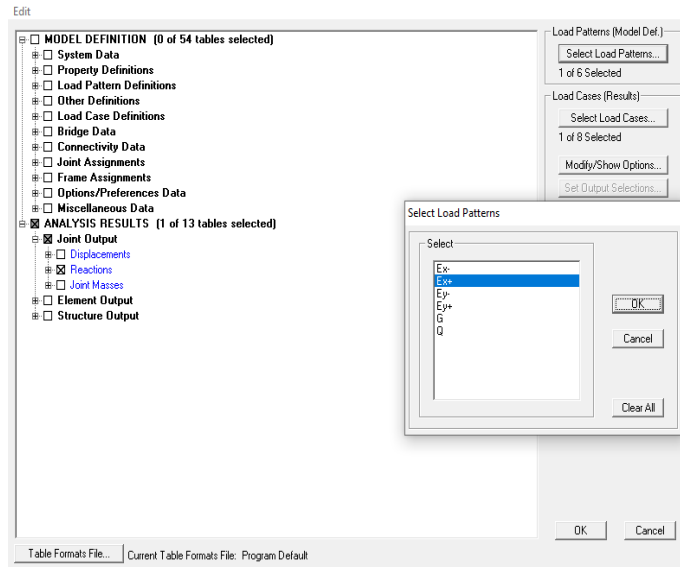


Şekil 5.56. Program c noktalar için local eksen gösterimleri



Şekil 5.57. PP_DC1 modeli mesnet noktaları

Analiz sonuçlarının gösterimi için görüntüle menüsünden, tabloları göster seçeneğinden, yük durumlarından deprem yüklemeleri işaretlenerek, nokta çıktılarından reaksiyon işaretlenerek tablo şeklinde gösterimleri Şekil 5.58’de ki gibi yapılmıştır.



Şekil 5.58. PP_DC1 modelinin analiz sonuçlarının tablo üzerinden ekrana getirilmesi

PP_DA1 modelinde X yönü +%5 deprem yüklemesi durumu için 1.kat U-perde elemanlarının sonuçları ekrana getirilmiş ve Şekil 5.59'da gösterilmiştir. PP_DA1 modelinde Y yönü +%5 deprem yüklemesi durumu için 1.kat U-perde elemanlarının sonuçları ekrana getirilmiş ve Şekil 5.60'ta gösterilmiştir. PP_DC1 modelinin analizleri yapılmış ve X yönü +%5 deprem yüklemesi için 1.kat U-perde elemanlarının sonuçları ekrana getirilmiştir. Sonuçlar Şekil 5.61'de gösterilmiştir. PP_DC1 modelinin Y yönü +%5 deprem yüklemesi için 1.kat U-perde elemanlarının analiz sonuçları Şekil 5.62'de gösterilmiştir.

S106	Deprem+X	S107	Deprem+X	S108	Deprem+X
Üst Mx	8.98	Üst Mx	40.16	Üst Mx	7.46
Alt Mx	13.81	Alt Mx	249.89	Alt Mx	13.17
Üst My	20.09	Üst My	-0.12	Üst My	-35.55
Alt My	32.95	Alt My	0.09	Alt My	-19.37
Tx	7.60	Tx	96.68	Tx	6.88
Ty	17.68	Ty	-0.01	Ty	-18.31
Nz	-161.07	Nz	250.69	Nz	-101.23

Şekil 5.59. PP_DA1 modeli U-perde elemanları X yönü deprem yüklemesi 1.kat analiz sonuçları (kNm)

S106	Deprem+Y	S107	Deprem+Y	S108	Deprem+Y
Üst Mx	-1.27	Üst Mx	-9.18	Üst Mx	-1.08
Alt Mx	-0.53	Alt Mx	10.20	Alt Mx	-0.46
Üst My	11.09	Üst My	2.81	Üst My	46.41
Alt My	221.47	Alt My	5.76	Alt My	255.15
Tx	-0.60	Tx	0.34	Tx	-0.51
Ty	77.52	Ty	2.86	Ty	100.52
Nz	-459.22	Nz	22.56	Nz	437.98

Şekil 5.60. PP_DA1 modeli U-perde elemanları Y yönü deprem yüklemesi 1. kat analiz sonuçları (kNm)

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F3 KN
29	Ex+	LinStatic	-250.415
25	Ex+	LinStatic	-0.000002869
31	Ex+	LinStatic	250.415

Şekil 5.61. PP_DC1 modeli U-perde elemanları X yönü deprem yüklemesi 1.kat analiz sonuçları (kN)

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F3 KN
29	Ey+	LinStatic	291.676
25	Ey+	LinStatic	-129.455
31	Ey+	LinStatic	-137.676

Şekil 5.62. PP_DC1 modeli U-perde elemanları Y yönü deprem yüklemesi 1.kat analiz sonuçları (kN)

S106, S107, S108 elemanlarına Program C’de karşılık gelen noktalar sırasıyla 29,25,31 noktalarıdır. X yönü deprem yüklemesinde S107 elemanı için Program A eksenel kuvvet etkisini göstermektedir. Program C’de ise S107 elemanına karşılık gelen 31 noktasına tanımlı elemanda X yönü deprem yüklemeli durumunda eksenel kuvvet oluşmamaktadır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018’e göre U- perde modellemesi için ayrı ayrı modelleme yönteminin kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir. İki program arasında çıkan bu farklılıkta bu modelleme yönteminin kullanılmaması gerektiğini desteklemektedir. PP_DC1 modelin 29,25,31 noktaları için analiz sonuçlarının moment değerleri X yönü deprem yüklemesi için Şekil 5.63’te verilmiştir. Y yönü deprem yüklemesi için moment değerleri Şekil 5.64’te verilmiştir. Analiz sonuçlarının oluşturulan tüm modeller için karşılaştırılmasına bu çalışmanın 6.bölümde yer verilecektir.

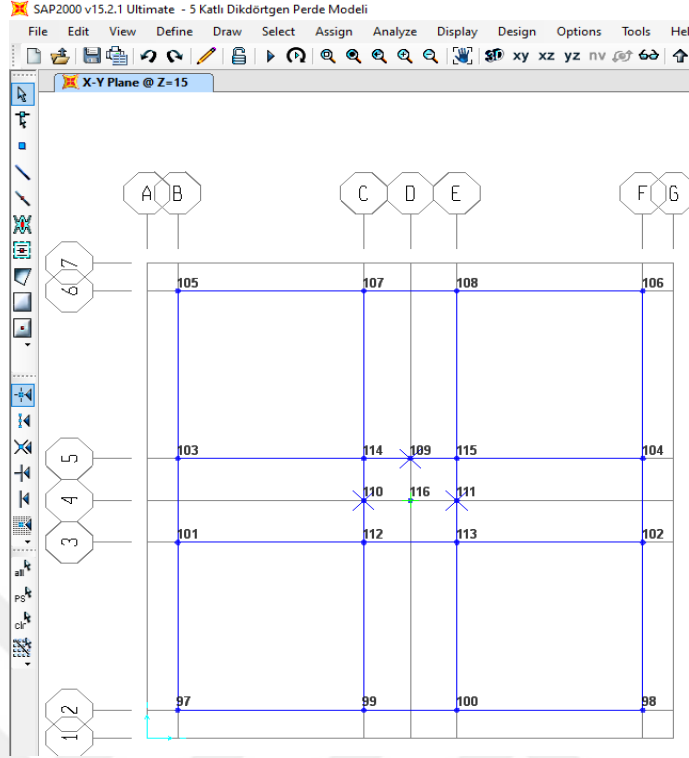
Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	M1 KN-m	M2 KN-m
29	Ex+	LinStatic	-1.8938	-8.3324
25	Ex+	LinStatic	-0.0000001654	-249.604
31	Ex+	LinStatic	1.8938	-8.3324

Şekil 5.63. PP_DC1 modeli U-perde elemanları X yönü deprem yüklemesi 1. kat moment sonuçları (kNm)

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	M1 KN-m	M2 KN-m
29	Ey+	LinStatic	250.8347	-0.3718
25	Ey+	LinStatic	7.6374	3.6254
31	Ey+	LinStatic	275.251	-0.3626

Şekil 5.64. PP_DC1 modeli U-perde elemanları Y yönü deprem yüklemesi 1.kat moment sonuçları (kNm)

Elde edilen analiz sonuçları ekrana getirildikten sonra perde elemanının tepe deplasmanları sonuç ekranına getirilecektir. Bu işlem için perde elemanlarında her bir eleman için tepe noktası Şekil 5.65’te ki gibi seçilerek tablo şeklinde gösterimi için görüntüle menüsünden, tabloları göster seçeneğinden analiz sonuçları kısmından nokta çıktılarını seçilerek istenilen deprem yüklemesi için deplasman seçeneği işaretlenmiştir. Perde elemanının tepe deplasman sonuçları x yönü deprem yüklemesi için Şekil 5.66’da görüldüğü gibi ekrana getirilmiştir. Daha sonrasında y yönü deprem yüklemesi için Şekil 5.67’de görüldüğü gibi sonuçlar ekrana getirilmiştir.



Şekil 5.65. PP_{DC1} modeli tepe deplasmanların hesaplanacağı noktaların işaretlenmesi

Joint Displacements

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Joint Displacements

	Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
▶	109	Ex+	LinStatic	3.669185	-0.0000003205	1.00000001297	0.00000001135	0.000254	0.000004362
	110	Ex+	LinStatic	3.672456	-0.003272	0.178646	-0.000002693	0.000066	0.000004362
	111	Ex+	LinStatic	3.672456	0.003271	-0.178646	0.000002693	0.000066	0.000004362

Record: 1 of 3

Add Tables... Done

Şekil 5.66. PP_{DC1} modeli x yönü deprem yüklemesi perde tepe deplasmanları (mm)

Joint Displacements

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

	Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
▶	109	Ey+	LinStatic	-0.046802	4.946258	-0.18496	-0.000191	-0.000003575	0.000131
	110	Ey+	LinStatic	0.051286	4.84817	0.075938	-0.00036	-0.00002	0.000131
	111	Ey+	LinStatic	0.051286	5.044346	0.081431	-0.00037	0.000021	0.000131

Record: 1 of 3

Add Tables... Done

Şekil 5.67. $PP_D C1$ modeli y yönü deprem yüklemesi perde tepe deplasmanları (mm)

5.3.2. $PP_O C1$ Modelinin Oluşturulması

5.3.2.1. Aks ölçülerinin oluşturulması

Program C’de oluşturulan poligon perde modelinde dikdörtgen perde modelinde kullanılan yapının aynısı modellenerek oluşturulmuş fakat U-perde elemanı çubuk eleman olarak modellenmeyip, kabuk eleman olarak modellenmesi yapılmıştır. Modelin öncelikle aks ölçüleri oluşturulmuş ve Şekil 5.68’de gösterilmiştir. Tanımlanan aks ölçüleri sonrasında oluşan yapının kat planı ve yapının üç boyutlu görünümü Şekil 5.69’da gösterilmiştir.

Define Grid System Data

Edit Format

System Name: GLOBAL Units: N, mm, C

Grid Lines: Quick Start...

X Grid Data

	Grid ID	Spacing	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	A	500	Primary	Show	End	
2	B	3000	Primary	Show	End	
3	C	750	Primary	Show	End	
4	D	750	Primary	Show	End	
5	E	3000	Primary	Show	End	
6	F	500	Primary	Show	End	
7	G	0	Primary	Show	End	
8						

Y Grid Data

	Grid ID	Spacing	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	1	500	Primary	Show	Start	
2	2	3000	Primary	Show	Start	
3	3	750	Primary	Show	Start	
4	4	750	Primary	Show	Start	
5	5	3000	Primary	Show	Start	
6	6	500	Primary	Show	Start	
7	7	0	Primary	Show	Start	
8						

Z Grid Data

	Grid ID	Spacing	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	Z1	3000	Primary	Show	End	
2	Z2	3000	Primary	Show	End	
3	Z3	3000	Primary	Show	End	
4	Z4	3000	Primary	Show	End	
5	Z5	3000	Primary	Show	End	
6	Z6	0	Primary	Show	End	
7						
8						

Display Grids as:

☐ Ordinates ☒ Spacing

☐ Hide All Grid Lines

☐ Glue to Grid Lines

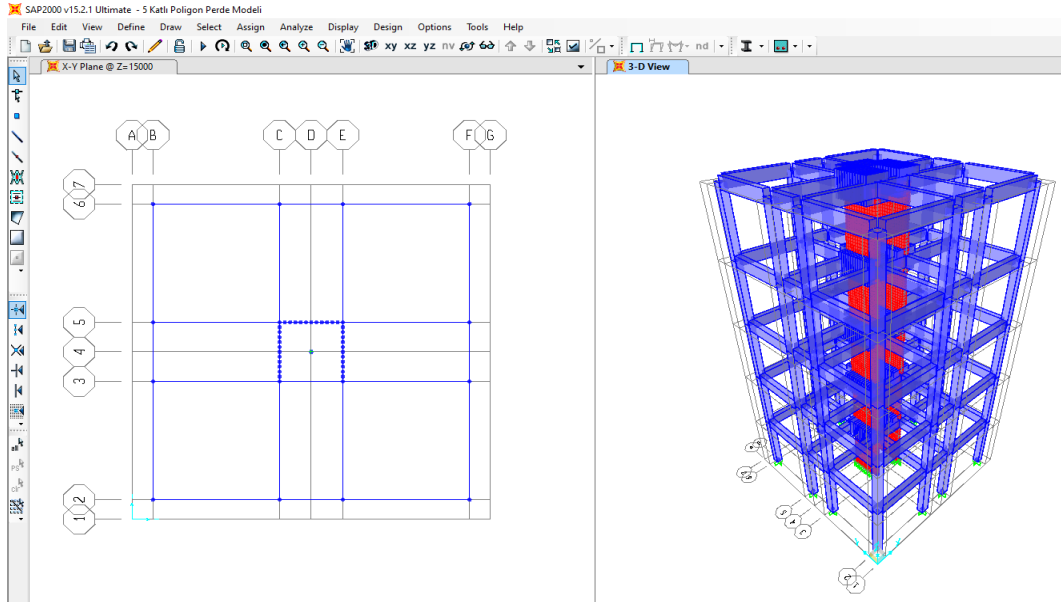
Bubble Size: 750

Reset to Default Color

Reorder Ordinates

OK Cancel

Şekil 5.68. PPoC1 modelinin aks ölçülerinin oluşturulması (mm)



Şekil 5.69. PPoC1 modelinin kat planı ve modellemenin üç boyutlu görünümü

5.3.2.2. Malzeme özelliklerinin tanımlanması

PPoC1 modelinde ilk olarak betonarme malzemesi olarak beton elemanı tanımlanmıştır. Tanımlama menüsünden, malzemeler seçeneğinden yeni malzeme oluşturularak kullanıcı tanımlı C30/37 betonu oluşturulmuştur. Betonarme çeliği yine aynı menüden kullanıcı tanımlı, yapı çeliği malzemesi olarak tanımlanarak B420C çeliği oluşturulmuş ve bu iki malzemenin özellikleri Şekil 5.70’te gösterilmiştir.

The image shows two side-by-side screenshots of the 'Material Property Data' dialog box in a software application. The left dialog is for 'Concrete' (C30/37) and the right is for 'Rebar' (B420C). Both dialogs have a similar layout with sections for General Data, Weight and Mass, Isotropic Property Data, and Other Properties.

Concrete (C30/37) Dialog:

- General Data:** Material Name and Display Color: C30/37, Material Type: Concrete, Material Notes: Modify/Show Notes...
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume: 0, Mass per Unit Volume: 0, Units: KN, m, C
- Isotropic Property Data:** Modulus of Elasticity, E: 31800000, Poisson's Ratio, U: 0.2, Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.000E-05, Shear Modulus, G: 13250000
- Other Properties for Concrete Materials:** Specified Concrete Compressive Strength, f_c: 27579, ☐ Lightweight Concrete, Shear Strength Reduction Factor: (empty)
- ☐ Switch To Advanced Property Display, OK, Cancel

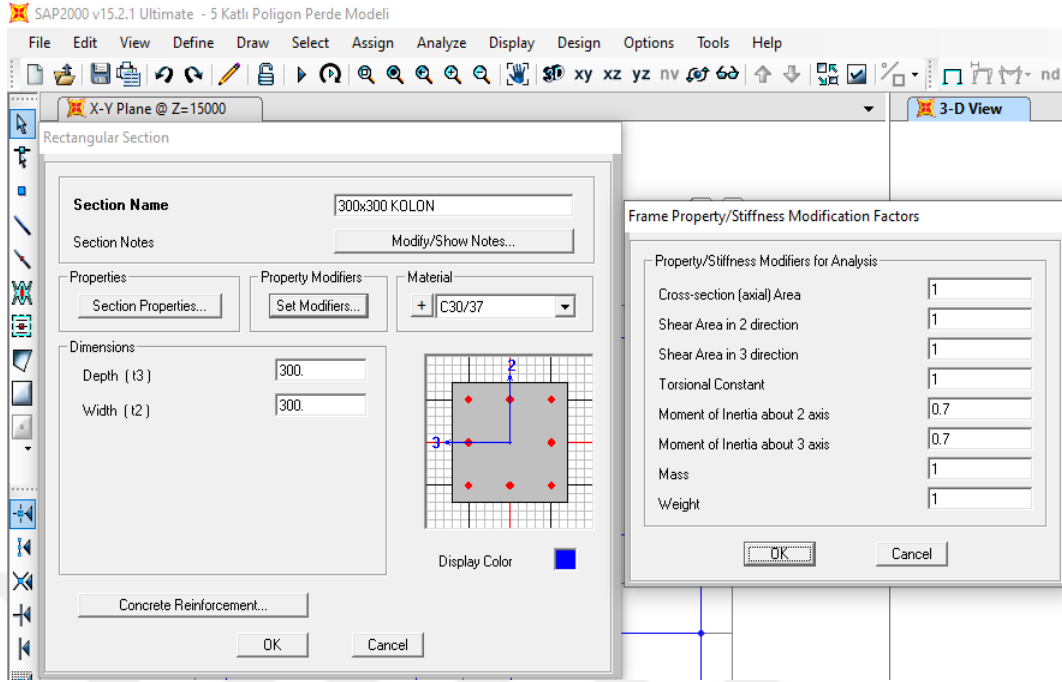
Rebar (B420C) Dialog:

- General Data:** Material Name and Display Color: B420C, Material Type: Rebar, Material Notes: Modify/Show Notes...
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume: 76.9729, Mass per Unit Volume: 7.849, Units: KN, m, C
- Uniaxial Property Data:** Modulus of Elasticity, E: 1.999E+08, Poisson's Ratio, U: 0, Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05, Shear Modulus, G: 0
- Other Properties for Rebar Materials:** Minimum Yield Stress, F_y: 413685.5, Minimum Tensile Stress, F_u: 620528.2, Expected Yield Stress, F_{ye}: 455054, Expected Tensile Stress, F_{ue}: 682581
- ☐ Switch To Advanced Property Display, OK, Cancel

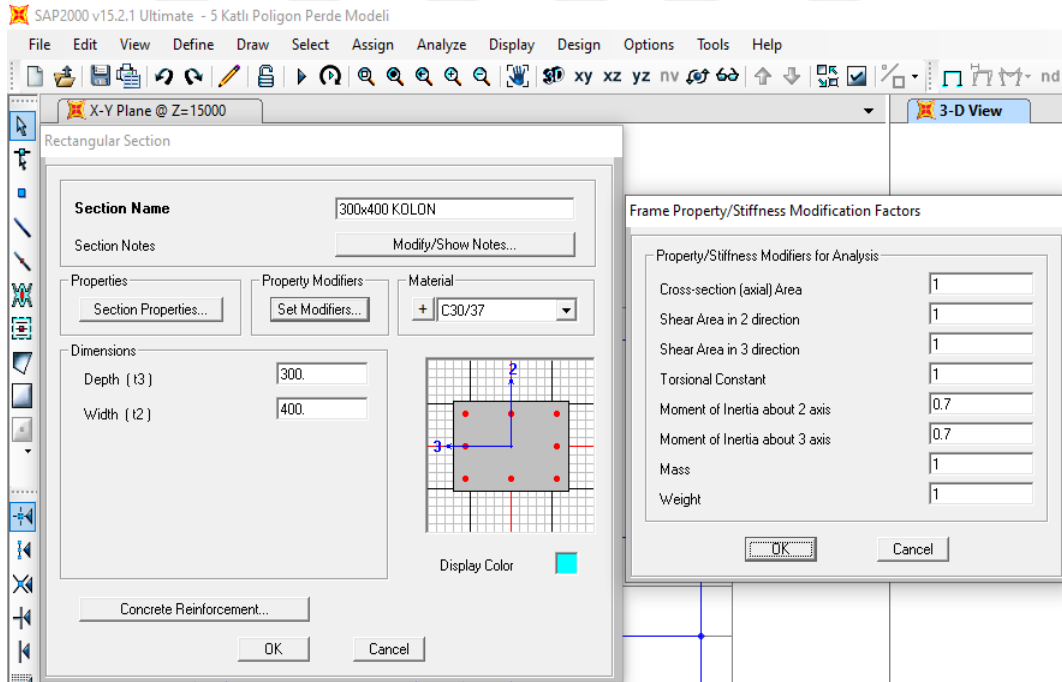
Şekil 5.70. PPoC1 modelinin betonarme malzeme özellikleri

5.3.2.3. Elemanların kesit özelliklerinin ve etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması

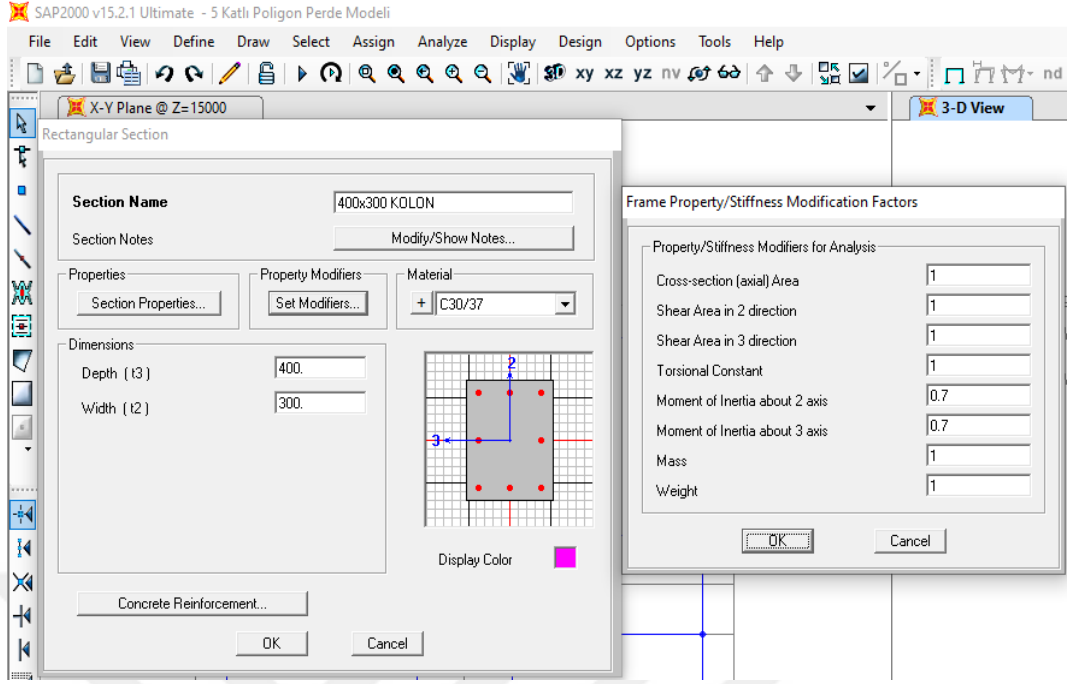
PPoC1 modelinde ilk olarak kolon elemanlar modellenmiştir. Kolon elemanlar çubuk eleman olarak modellenmiştir. 300x300 kolon elemanının kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri Şekil 5.71’de gösterilmiştir. 300x400 kolon elemanının kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri Şekil 5.72, 400x300 kolon elemanının ise Şekil 5.73’te tüm detaylarıyla gösterilmiştir.



Şekil 5.71. PP₀C1 modeli 300x300 kolon elemanının kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri

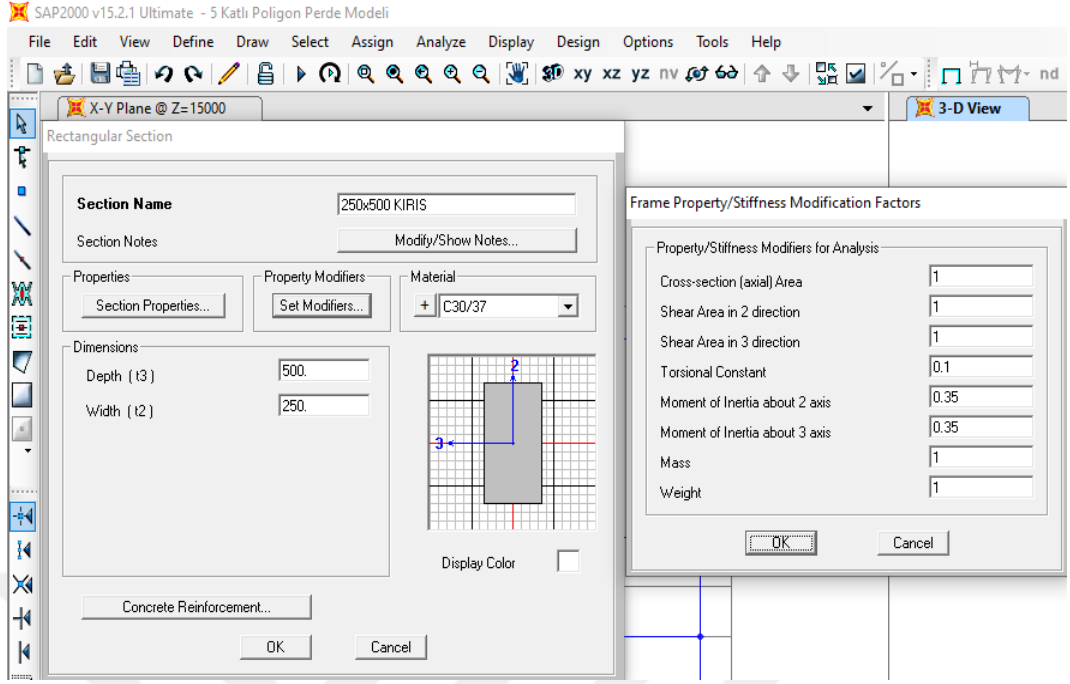


Şekil 5.72. PP₀C1 modeli 300x400 kolon elemanının kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri

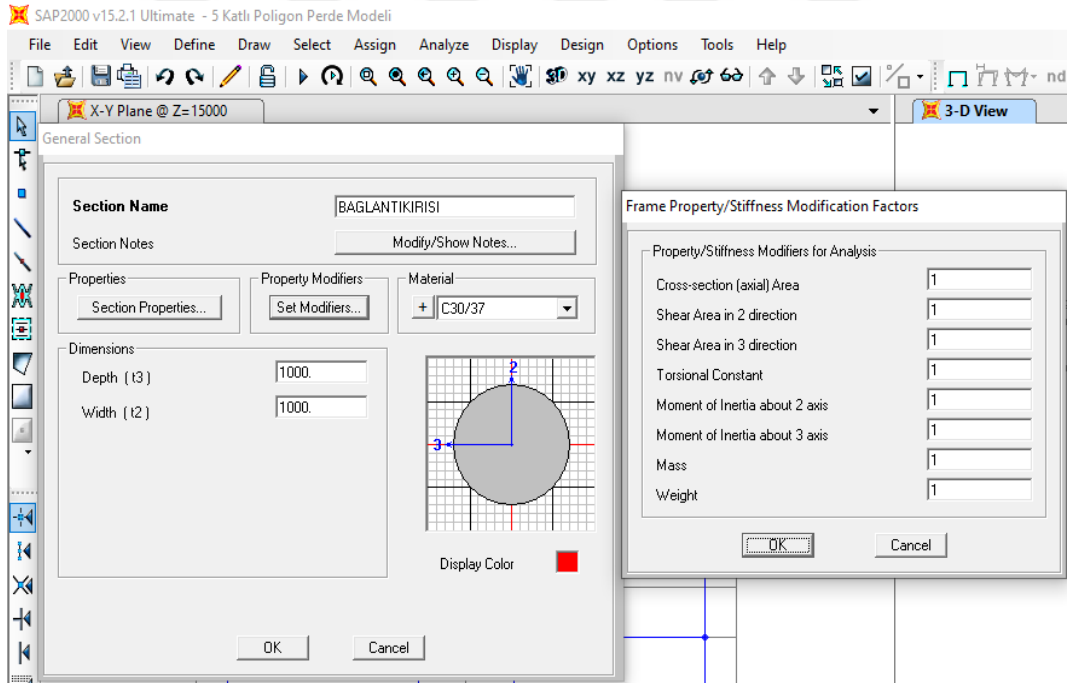


Şekil 5.73. PP₀C1 modeli 400x300 kolon elemanının kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri

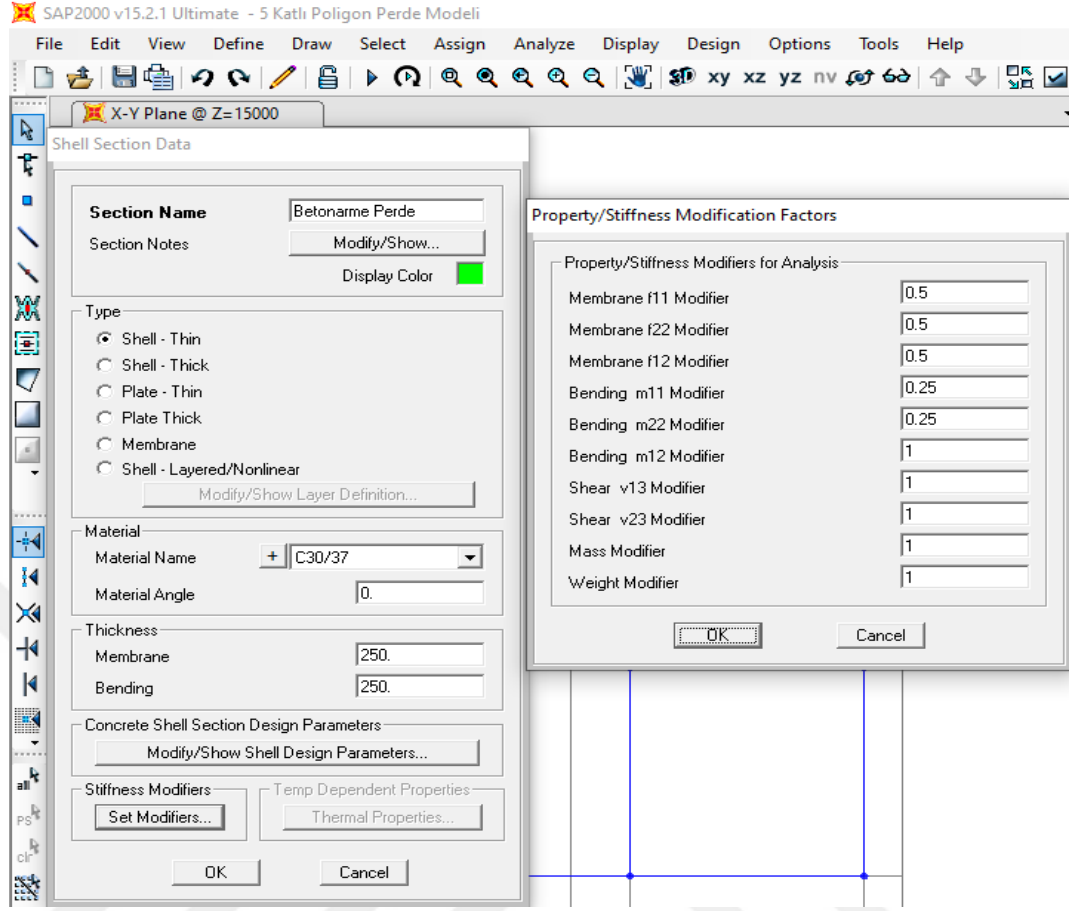
Daha sonrasında 25x500 kiriş elemanın kesit özellikleri atanmış ve Şekil 5.74'te gösterilmiştir. Oluşturulacak U-perde elemanına, dikdörtgen perde modelinde olduğu gibi bağlantı kirişi tanımlaması yapılmış ve Şekil 5.75'te bu kesitin bilgileri detaylı olarak gösterilmiştir. U-perde elemanı bu modelde tanımlama menüsünden, kesit özelliklerinden, alan seçeneğinden 250mm kalınlığında tanımlanmış ve daha öncesinde Şekil 5.31'de belirtilmiş olan TBDY 2018 yönetmeliğine göre etkin kesit rijitlikleri tanımlanarak Şekil 5.76'da U-perde elemanının kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri gösterilmiştir.



Şekil 5.74. PP_oC1 modeli 250x500 kiriş elemanının kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri



Şekil 5.75. PP_oC1 modeli bağlantı kiriş elemanının kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri



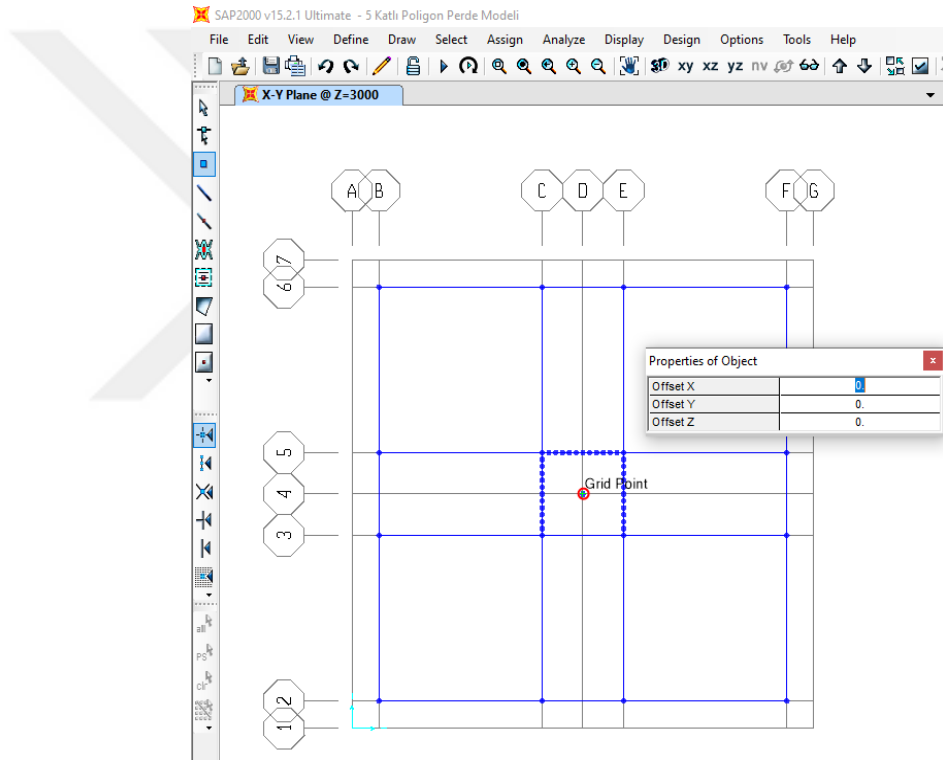
Şekil 5.76. PP₀C1 modeli perde elemanının kesit bilgileri ve etkin kesit rijitlikleri

5.3.2.4. Deprem yüklerinin modele tanımlanması

PP₀C1 modelinin deprem yükleri PP₀A1 modelinin deprem yüklerinden alınmıştır. Program A ortamında yapılan analiz sonrasında oluşan ve Şekil 5.77’de gösterilen deprem kuvvetleri x ve y yönlü olmak üzere her iki yönde de Program C ortamına aktarılacaktır. Bu kuvvetlerin atanacağı nokta yapının merkezine nokta tanımlamasıyla atanmış ve Şekil 5.78’de gösterilmiştir.

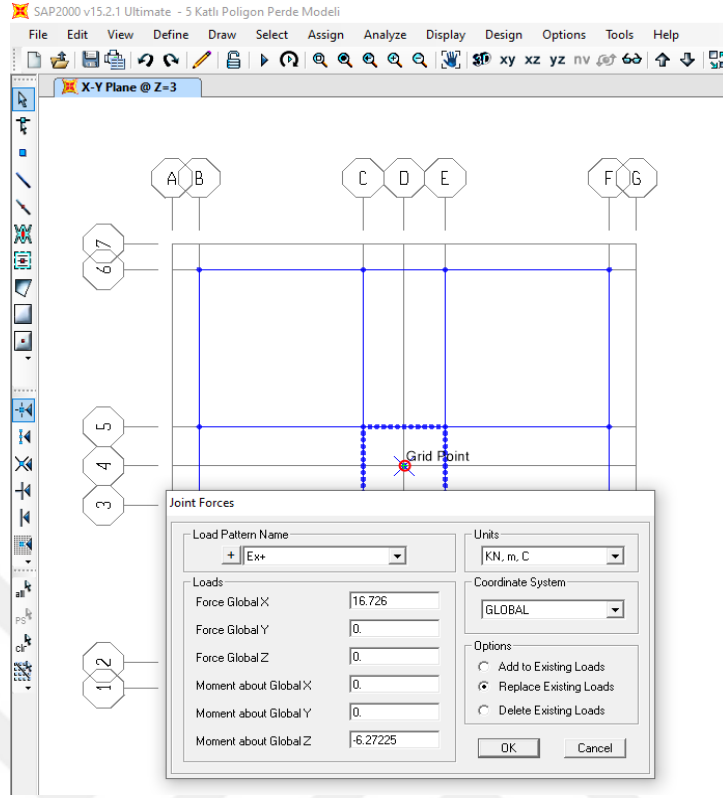
DEPREM KUVVETİ (kN)			
		X YÖNÜ	Y YÖNÜ
Kat no	Deprem yükü	Deprem yükü	Kat tipi
5	78.384	75.325	UST KAT
4	31.684	30.886	NORMAL
3	24.269	24.182	NORMAL
2	23.014	21.476	NORMAL
1	16.726	15.926	NORMAL
Σ	174.077	167.795	GENEL

Şekil 5.77. PPoA1 modelinin analiz sonuçlarından alınan deprem yükleri



Şekil 5.78. PPoC1 modeline deprem yüklerinin yükleneceği noktanın oluşturulması

Oluşturulan bu noktaya deprem yükleri Program A'dan alınarak Şekil 5.79'da ki gibi yüklenmiştir. Deprem kuvvetleri ilgili yönlerde yüklendikten sonra kuvvet ile yüklendiği doğrultudaki yapının uzunluğu ile çarpımı yapılarak ve yüzde %5'i moment olarak o noktaya her kat seviyesinde yüklenmiş ve Şekil 5.80'de gösterilmiştir.



Şekil 5.79. PP_oC1 modeline deprem yüklerinin yüklenmesi

Object Model - Point Information

Location | Assignments | **Loads**

Identification
Label: 36

Load Pattern	Ex+
Joint Force	
Coordinate System	GLOBAL
Force in X Dir	16.726
Moment about Z	-6.2723
Load Pattern	Ex-
Joint Force	
Coordinate System	GLOBAL
Force in X Dir	16.726
Moment about Z	6.2723
Load Pattern	Ey+
Joint Force	
Coordinate System	GLOBAL
Force in Y Dir	15.926
Moment about Z	5.9723
Load Pattern	Ey-
Joint Force	
Coordinate System	GLOBAL
Force in Y Dir	15.926
Moment about Z	-5.9723

Assign Load...
KN, m, C
Reset All
Update Display
Modify Display
OK
Cancel

Double click white background cell to edit item.

Şekil 5.80. PP_oC1 modeline yüklenen deprem yükleri ve momentleri (kN)

5.3.2.5. Kat kütlelerinin ve rijit diyaframın modele tanımlanması ve perdenin sonlu elemanlara bölünmesi

Yüklenen deprem yükleri sonrasında PP₀A1 modelinin analizi yapılmış ve sonrasında hesaplanan kat kütleleri PP₀C1 modelinde yapının merkezinde oluşturulan noktaya aktarılmıştır. Program A'nın analiz sonuçlarından alınan kat kütleleri Şekil 5.81'de gösterilmiştir. Kat kütleleri, yapının merkezindeki nokta seçilerek atama menüsünden, nokta, kütleler seçilerek bu menü içerisinde kütle seçeneği işaretlenerek local eksen 1, local eksen 2 yönünde Program A'dan alınan kütleler yer çekimi ivmesine bölünerek yüklenmiştir. Bununla birlikte Program A analiz sonuçlarından alınan Şekil 5.82'de gösterilen yapı burulma kütle atalet momenti ile her katın kütleleri çarpılarak local eksen 3 yönünde moment olarak her kat seviyesindeki noktaya atanmıştır. Şekil 5.83'te kat kütlelerinin PP₀C1 modeline yüklenmesi gösterilmiştir. Kütleler yüklendikten sonra kütle kaynağı Şekil 5.84'te ki gibi eleman ve tanımlanan kütlelerden belirtilmiştir.

KAT KÜTLESİ (kN)		
Kat (dyf)	H (m)	ΣW_k
5	15.00	681.577
4	12.00	601.820
3	9.00	601.820
2	6.00	601.820
1	3.00	601.820
		Wt = 3088.858

Şekil 5.81. PP₀A1 modelinin analiz sonuçlarından alınan kat kütleleri (kN)

YAPI BURULMA KÜTLE ATALET MOMENTİ $J_{mass} = (I_x + I_y) / A$				
Kat	A (m ²)	I _x (m ⁴)	I _y (m ⁴)	J _{mass} (m ²)
5	72.25	435.01	435.01	12.04
4	54.00	263.25	263.25	9.75
3	54.00	263.25	263.25	9.75
2	54.00	263.25	263.25	9.75
1	54.00	263.25	263.25	9.75

Şekil 5.82. PP₀A1 modelinin analiz sonuçlarından alınan yapı burulma kütle atalet momenti (m⁴)

Joint Masses

Specify Joint Mass

☒ As Mass

☐ As Weight

☐ As Volume and Material Property

Material

Mass Direction

Coordinate System

Mass

Local 1 Axis Direction

Local 2 Axis Direction

Local 3 Axis Direction

Mass Moment of Inertia

Rotation About Local 1 Axis

Rotation About Local 2 Axis

Rotation About Local 3 Axis

Options

☐ Add to Existing Masses

☒ Replace Existing Masses

☐ Delete Existing Masses

Units

Şekil 5.83. PP₀C1 modeline kat kütleleri ve yapı burulma kütle momentinin yüklenmesi (kN)

Define Mass Source

Mass Definition

☒ From Element and Additional Masses

☐ From Loads

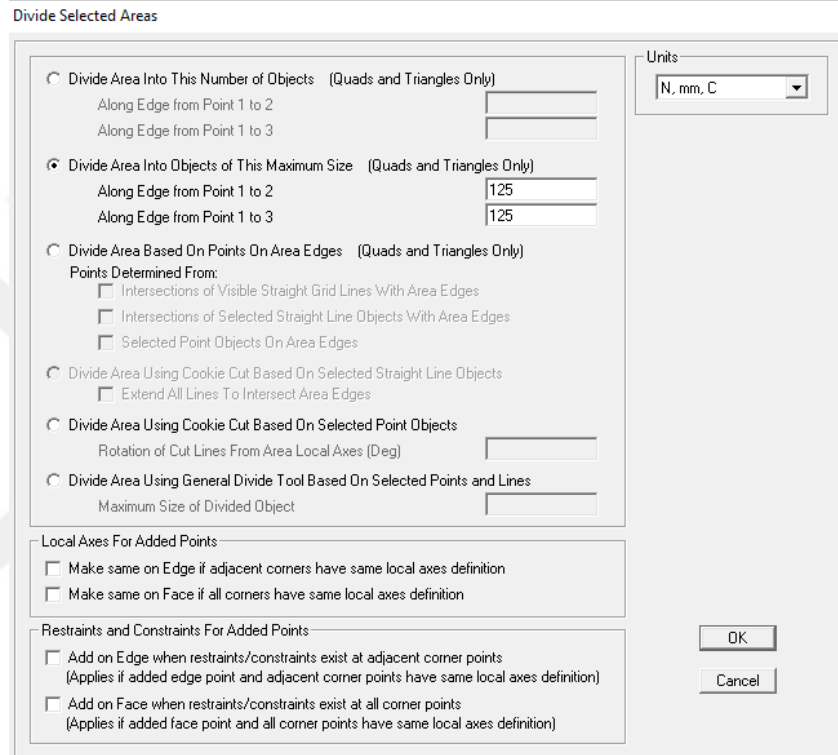
☐ From Element and Additional Masses and Loads

Define Mass Multiplier for Loads

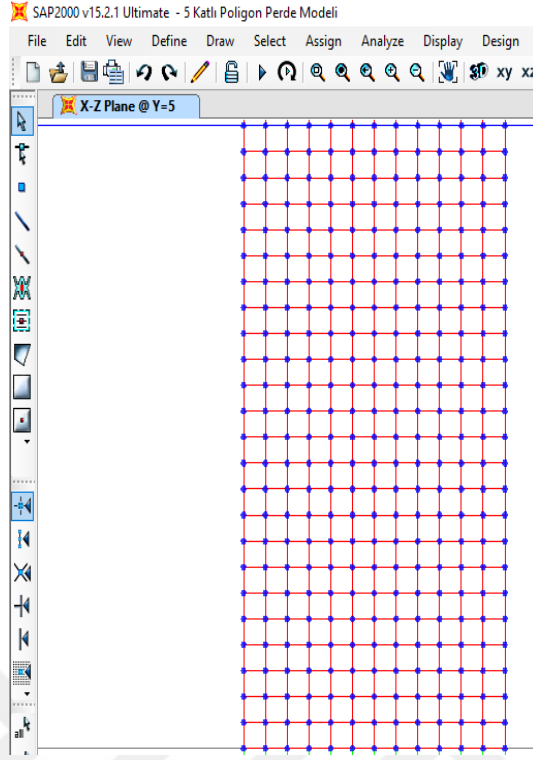
Load	Multiplier
G	

Şekil 5.84. PP₀C1 modeline kütle kaynağının tanımlanması

Kütleler yüklendikten sonra modeldeki perde elemanın seç menüsünden seçimi yapılarak araç çubuğundaki düzenle menüsünden alan düzenleme seçeneği işaretlenerek alanları bölme menüsüne girilmiştir. Bu menüde oluşturulan perde elemanını 125mm sonlu elemanlara bölerek ayırma işlemi gerçekleştirilmiş ve Şekil 5.85'te gösterilmiştir. Sonlu elemanlara ayrılan U-perdenin görünümü Şekil 5.86'da gösterilmiştir.

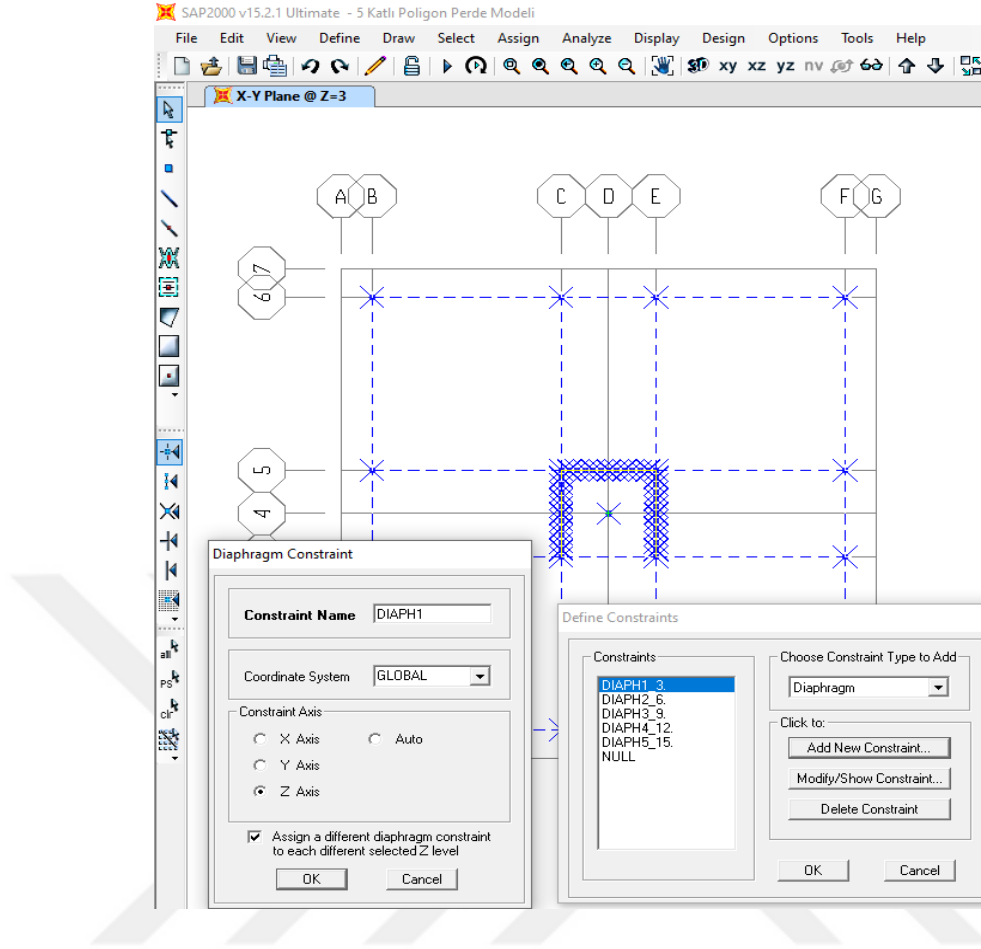


Şekil 5.85. PPoC1 modelinde u-perdenin sonlu elemanlara bölünmesi (mm)



Şekil 5.86. PP_{oCI} modelinde sonlu elemanlara bölünmüş perdenin kesit görünümü

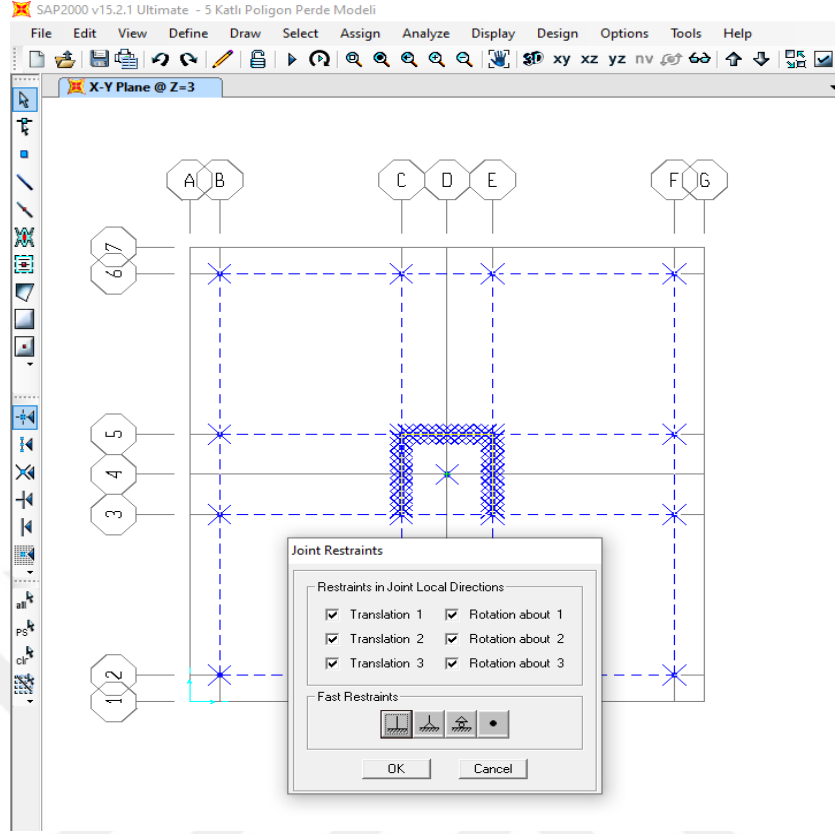
Perde elemanı sonlu elemanlara ayrıldıktan sonra rijit diyafram tanımlaması her kat seviyesinde ayrı ayrı yapılacaktır. Rijit diyafram tanımla menüsünden, nokta kısıtlamaları menüsünden yeni diyafram eklemesi yapılarak daha sonrasında araç çubuğunda bulunan atama menüsünden her kat seviyesi için ayrı ayrı atanmıştır. Yapılan bu rijit diyafram tanımlaması Şekil 5.87’de gösterilmiştir.



Şekil 5.87. PP_oC1 modeline rijit diyaframın tanımlanması

5.3.2.6. Mesnet tanımlamalarının yapılması

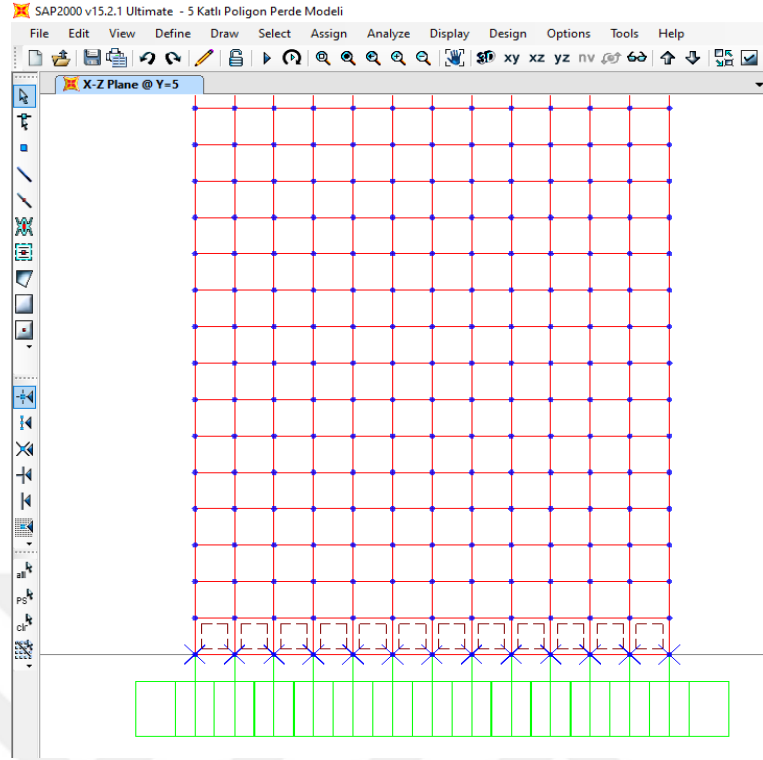
PP_oC1 modelinin son olarak mesnet tanımlamaları yapılacaktır. Mesnet tanımlaması atama menüsünden nokta seçeneği seçilerek kısıtlamalar menüsüne gidilmiş ve yapının zemin seviyesindeki tüm noktalar işaretlenerek ankastre mesnet ataması Şekil 5.88’de ki gibi yapılmıştır.



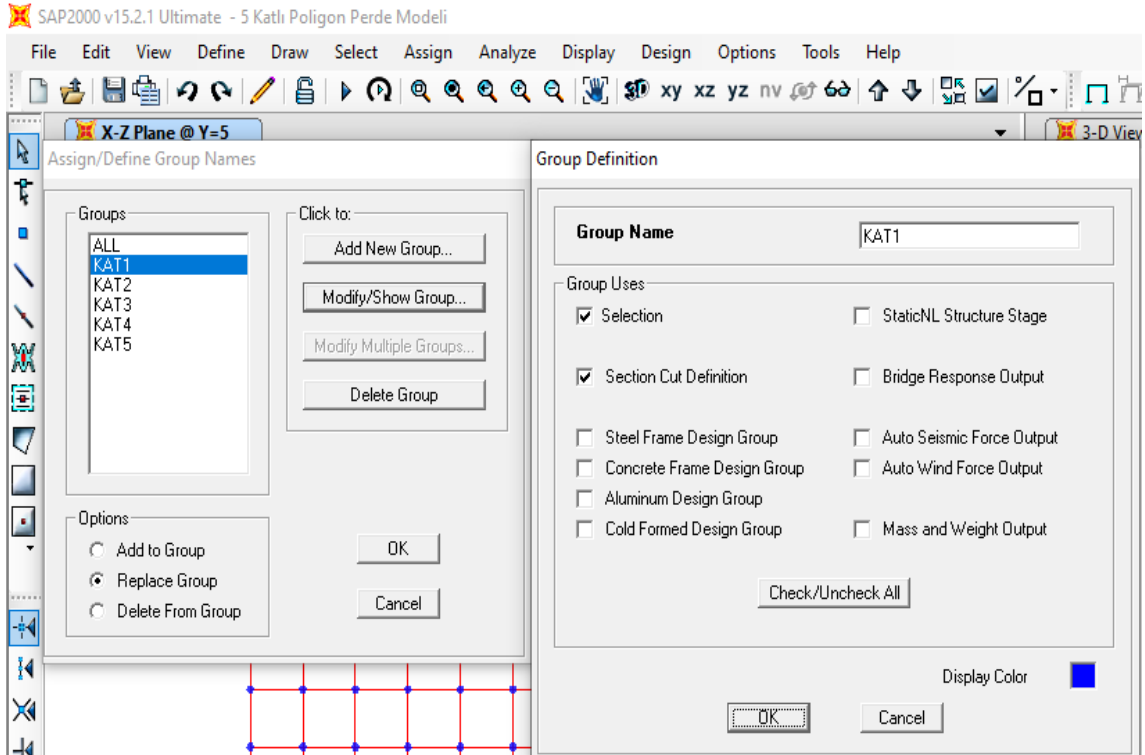
Şekil 5.88. PPoC1 modeline mesnetlerin tanımlanması

5.3.2.7. Kat kesitlerinin oluşturulması

PPoC1 modeline sonlu elemanlara ayrılan perde elemanının eksenel kuvvet, kesme kuvveti ve moment gibi değerlerin gösterimini yapabilmek için kat kesitlerinin oluşturulması gerekmektedir. Kat kesitlerini oluşturmak için ilk olarak U-perdenin her kat seviyesinde bağlandığı noktaları ve buradaki sonlu elemanları seçerek grup oluşturulması gerekmektedir. Seçilen bu noktalar Şekil 5.89’da gösterilmiştir. Seçim işleminin ardından araç çubuğundan atama menüsünden, grup ataması, yeni grup seçilerek Şekil 5.90’da ki gibi her kat seviyesi için ayrı ayrı grup oluşturulması gerekmektedir. Daha sonrasında oluşturulan bu gruplar, kat kesitlerine atanmıştır. Tanımlama menüsünden kat kesiti seçeneği işaretlenerek, yeni kat kesiti Şekil 5.91’de ki gibi atanmıştır.



Şekil 5.89. PP_oC1 modeli kat kesitlerini oluşturmak için elemanların gruplandırılması



Şekil 5.90. PP_oC1 modeli kat kesitlerini oluşturmak için gruplandırma yapılması

Section Cut Data

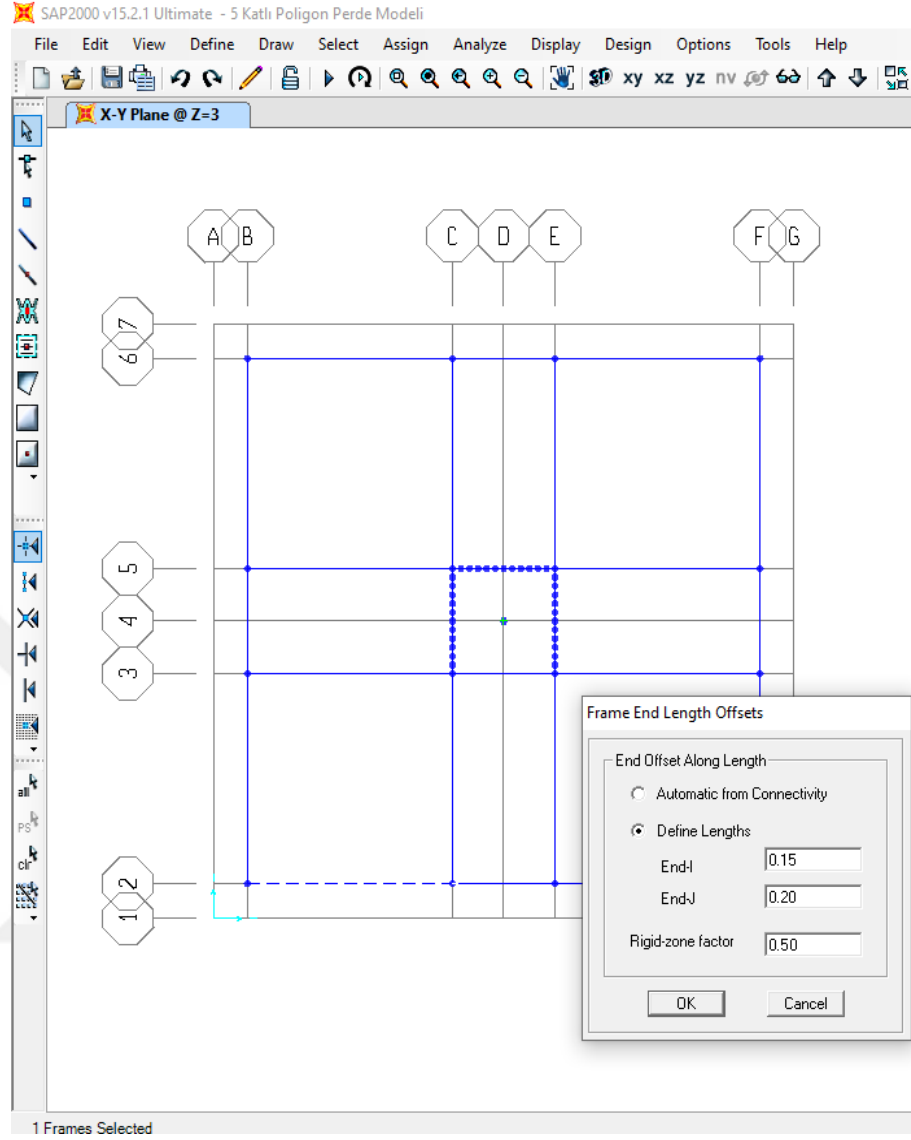
Edit

Section Cut Name KAT1	Coordinate System GLOBAL	Units KN, m, C
Section Cut Defined By ☒ Group ☐ Quadrilateral Cutting Planes	Results Reported Are On This Side of Elements ☒ Top ☐ Bottom	
Section Cut Group Group KAT1		
Section Cut Result Type ☐ Analysis (F1, F2, F3, M1, M2, M3) ☒ Design (P, V2, V3, T, M2, M3)		
Results Reported at this Location ☒ Default ☐ User Defined X Coordinate Y Coordinate Z Coordinate		
Section Cut Local Axes Orientation - Design ☒ Wall ☐ Spandrel ☐ Slab Wall: Local 1 axis is parallel to global Z. 2 and 3 axes lie in global XY plane.		
Angle from Global X to Local 2 0		

Şekil 5.91. PPoC1 modelinde kat kesitlerinin oluşturulması

5.3.2.8. Rigid end zone tanımlanması

Rigid end zone tanımlanması atama menüsünden çubuk eleman seçeneği içerisinde bitiş uzunluğu kısmından yapılmıştır. Modeldeki tüm kiriş elemanlar için tanımlanmış ve örnek bir kiriş eleman için tanımlaması Şekil 5.92’de gösterilmiştir.



Şekil 5.92. PP_oC1 modeline rigid end zone tanımlanması

5.3.2.9. Modal analiz parametrelerinin tanımlanması ve analizin yapılması

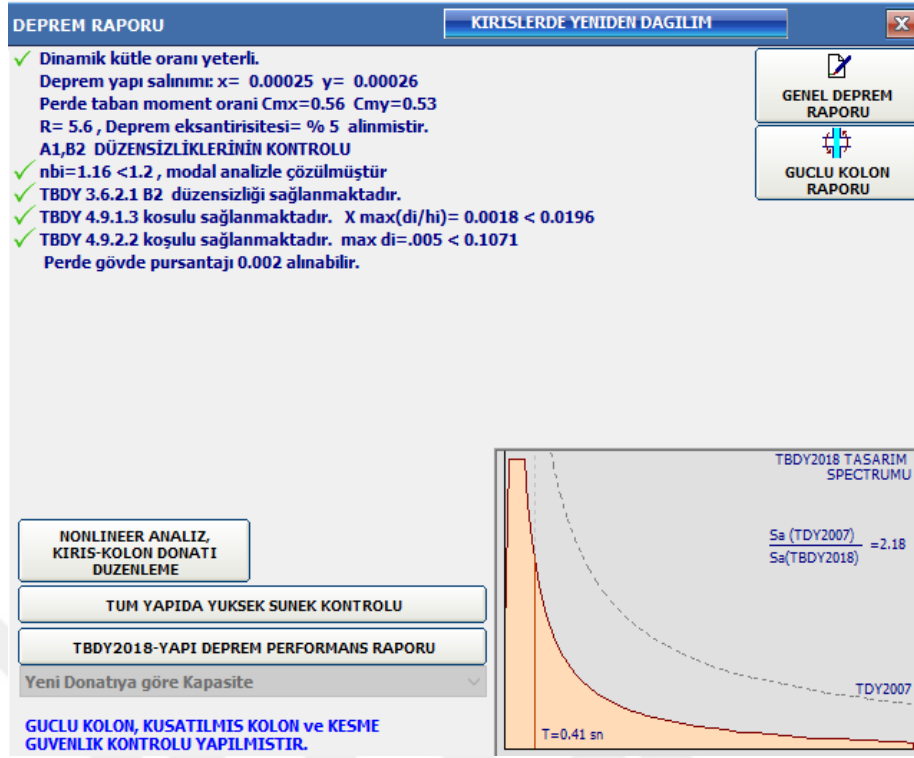
Modal analiz için tanımla menüsünden yük durumları seçeneğinden modal yük seçeneği işaretlenerek geliştirme menüsünden mod sayısı 15 olarak seçilmiş ve Şekil 5.93'te gösterilmiştir. Modelin analizi yapılarak yapı periyotlarına, eksenel, kesme ve moment değerlerine, perde elemanlarının tepe deplasman değerlerinin sonuçlarına bakılmıştır.

Load Case Data - Modal

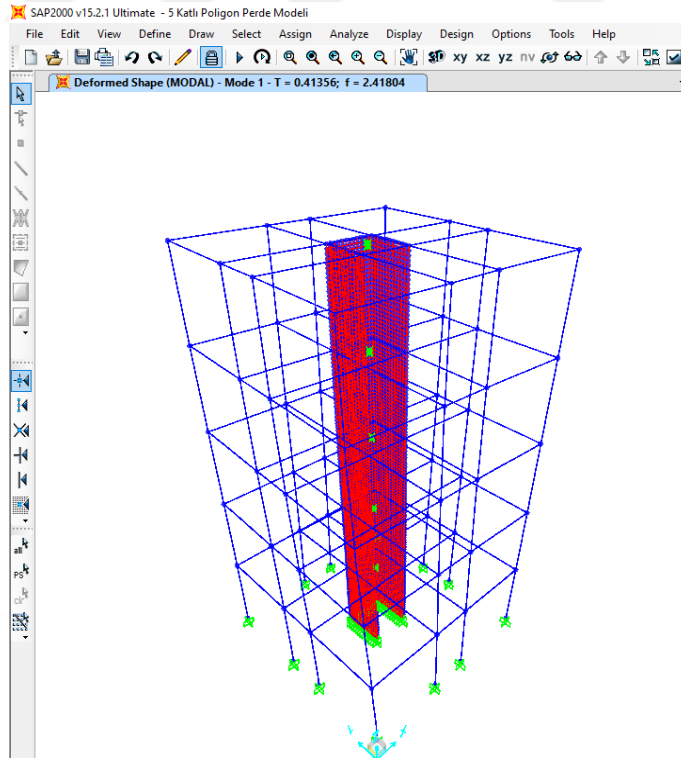
Load Case Name MODAL Set Def Name	Notes Modify/Show...	Load Case Type Modal Design...
Stiffness to Use ☒ Zero Initial Conditions - Unstressed State ☐ Stiffness at End of Nonlinear Case Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case	Type of Modes ☒ Eigen Vectors ☐ Ritz Vectors	
Number of Modes Maximum Number of Modes: 15 Minimum Number of Modes: 1		
Loads Applied ☐ Show Advanced Load Parameters		
Other Parameters Frequency Shift (Center): 0. Cutoff Frequency (Radius): 0. Convergence Tolerance: 1.000E-09 ☒ Allow Automatic Frequency Shifting		
		OK Cancel

Şekil 5.93. PPoC1 modeline modal analiz parametrelerinin tanımlanması

Modal analizler yapıldıktan sonra Program A ve Program C arasında oluşturulan 5 kattan 13 kat sayısına kadar olan tüm poligon perde modellerinde yapıların periyotları aynı gelmektedir. Program A ortamında yapının periyot değerinin gösterimine Şekil 5.94'te yer verilmiştir. Program C ortamında araç çubuğundaki grafik sonuçları gösterim seçeneğinden modal analiz sonucu seçilerek araç çubuğunun hemen altında Şekil 5.95'teki gibi yapının periyot değeri ekrana getirilmektedir.



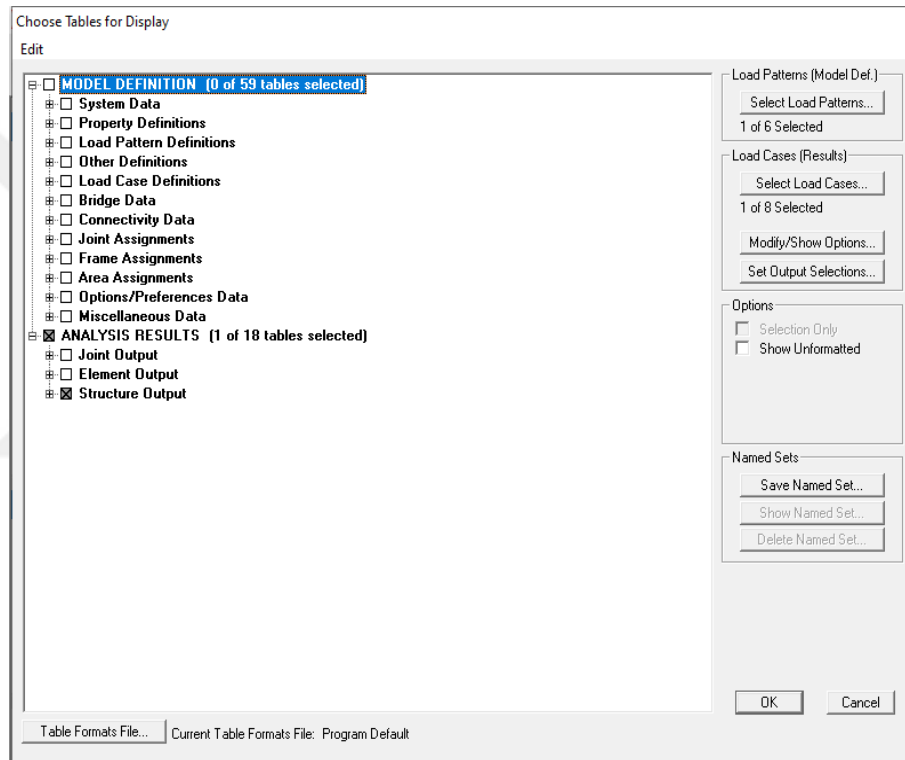
Şekil 5.94. PP₀A1 modeli analizi sonrasında yapı periyot değerinin ekrana getirilmesi



Şekil 5.95. PP₀C1 modeli analizi sonrasında yapı periyot değerinin ekrana getirilmesi

5.3.2.10. Modelin analizi ve analiz sonuçlarının gösterimi

PPoC1 modeline analiz sonuçlarının tablo şeklinde gösterimi için görüntüle menüsünden, tabloları göster seçeneğinden yük durumlarından istenilen deprem yüklemeleri işaretlenerek, yapı çıktısı kısmından diğer çıktı öğeleri işaretlenerek sonuçlar ekrana Şekil 5.96’da olduğu gibi getirilmektedir. Şekil 5.97’de x yönü deprem yüklemesi ekrana getirilen kuvvet değerleri gösterilmiştir. Şekil 5.98’de ise y yönü deprem yüklemesi ekrana getirilmiştir.



Şekil 5.96. PPoC1 modelinde perde analiz sonuçlarının tablo olarak ekrana getirilmesi

Section Cut Forces - Design

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Section Cut Forces - Design

	SectionCut Text	OutputCase Text	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
►	KAT1	Ex+	LinStatic	-0.004055	-126.206	0.04	95.1358	0.1512	-601.8266
	KAT2	Ex+	LinStatic	-0.002848	-97.727	0.028	74.5011	0.0578	-293.1356
	KAT3	Ex+	LinStatic	-0.001435	-75.258	0.018	57.6776	0.0049	-88.5513
	KAT4	Ex+	LinStatic	000000007404	0.00000001268	0.0000007629	0.000000462	-0.00001159	-0.0000009195
	KAT5	Ex+	LinStatic	0.00007821	-55.326	-0.0008294	37.1745	-0.0428	185.1637

Record: 1 of 5

Add Tables...

Done

Şekil 5.97. PP₀C1 modelinin x yönü deprem yüklemesi analiz sonuçları (kN)

Section Cut Forces - Design

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Section Cut Forces - Design

	SectionCut Text	OutputCase Text	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
►	KAT1	Ey+	LinStatic	16.329	1.689	-123.071	-12.2978	-496.0769	8.8399
	KAT2	Ey+	LinStatic	12.247	1.093	-84.922	-12.8688	-212.6901	3.6832
	KAT3	Ey+	LinStatic	7.09	0.794	-65.002	-11.1989	-65.6081	0.7376
	KAT4	Ey+	LinStatic	000000001775	-0.00001138	0.00000002381	0.0000009343	0.000004201	-0.00002135
	KAT5	Ey+	LinStatic	-0.149	0.534	-58.375	-6.7854	134.4338	-2.8817

Record: 1 of 5

Add Tables...

Done

Şekil 5.98. PP₀C1 modelinin y yönü deprem yüklemesi analiz sonuçları (kN)

Bu sonuçlar PP₀A1 modelinin analiz sonuçları ile karşılaştırılacaktır. PP₀A1 modelinde X yönü +%5 deprem yüklemesi durumu için 1.kat U-perde elemanlarının sonuçları ekrana getirilmiş ve Şekil 5.99’da gösterilmiştir. PP_DA1 modelinde Y yönü +%5 deprem yüklemesi durumu için 1.kat U-perde elemanlarının sonuçları ekrana getirilmiş ve Şekil 5.100’de gösterilmiştir.

S108	Deprem+X
Üst Mx	-323.05
Alt Mx	736.23
Üst My	0.00
Alt My	0.00
Tx	137.73
Ty	0.00
Nz	0.00

Şekil 5.99. PP₀A1 modeli x yönü deprem yüklemesi analiz sonuçları (kNm)

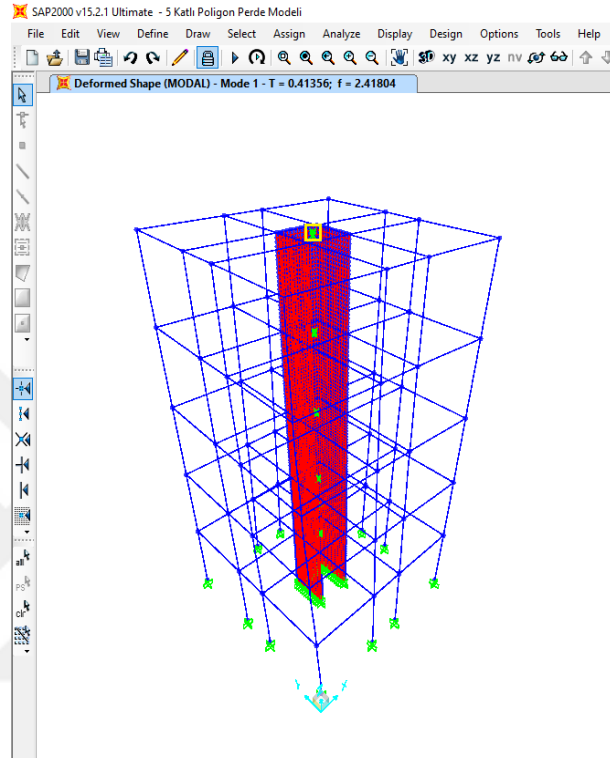
S108	Deprem+Y
Üst Mx	-0.37
Alt Mx	1.00
Üst My	-202.58
Alt My	585.63
Tx	0.21
Ty	127.68
Nz	1.12

Şekil 5.100. PP₀A1 modeli y yönü deprem yüklemesi analiz sonuçları (kNm)

Analiz sonuçlarından görüldüğü üzere Program A ve Program C’de aynı yapının modellenerek yapısal analizinin yapılmasının ardında aynı periyot değerlerinin gelmesine karşılık Program C’de perde üzerinde hesaplanan moment değerlerinin Program A’daki perde üzerinde hesaplanan moment değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Buradaki sonuç farklılıklarının aynı yapıda Program A ve Program C’nin rijitlik kabullerindeki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Elde edilen analiz sonuçları ekrana getirildikten sonra perde elemanının tepe deplasmanları sonuç ekranına getirilecektir. Bu işlem için perde elemanının tepe noktası Şekil 5.101’de ki gibi seçilerek tablo şeklinde gösterimi için görüntüle menüsünden, tabloları göster seçeneğinden analiz sonuçları kısmından nokta çıktıları seçilerek istenilen deprem yüklemesi için deplasman seçeneği işaretlenmiştir. Perde elemanının tepe

deplasman sonuçları x yönü deprem yüklemesi için Şekil 5.102’de görüldüğü gibi ekrana getirilmiştir. Daha sonrasında y yönü deprem yüklemesi için Şekil 5.103’te görüldüğü gibi sonuçlar ekrana getirilmiştir.



Şekil 5.101. PP₀C1 modeli tepe deplasman sonuçlarının elde edileceği noktanın seçilmesi

Joint Displacements

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

	Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
▶	116	Ex+	LinStatic	3.047649	-0.000775	0	0	0	0.000087

Record: 1 of 1

Add Tables... Done

Şekil 5.102. PP_oC1 modeli x yönü deprem yüklemesi tepe deplasman sonuçları (mm)

Joint Displacements

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

	Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
▶	116	Ey+	LinStatic	0.068038	3.125626	0	0	0	0.0001

Record: 1 of 1

Add Tables... Done

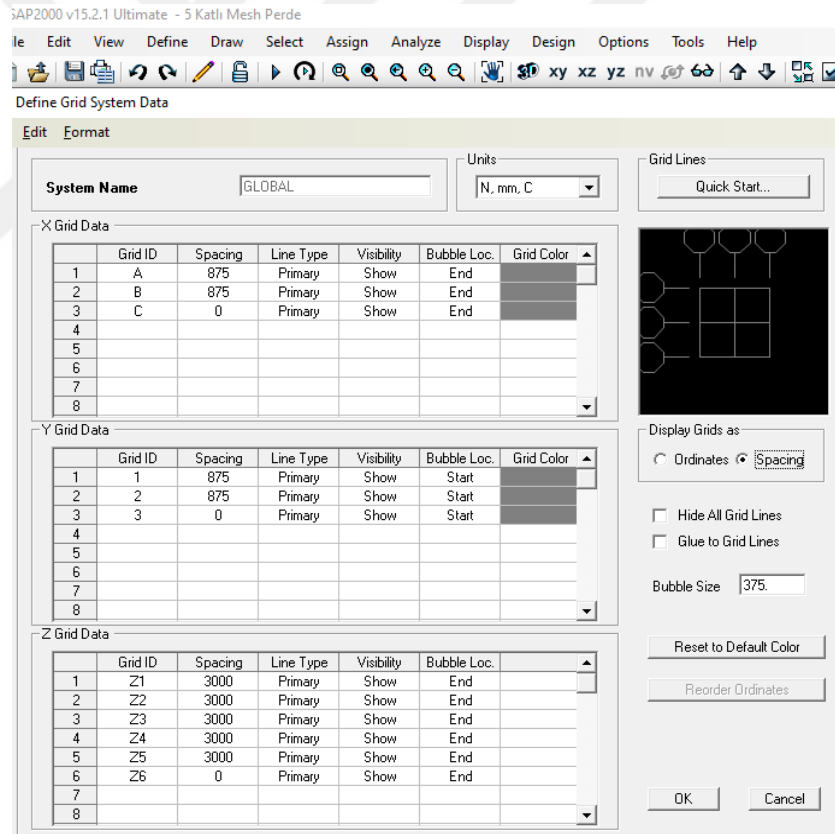
Şekil 5.103. PP_oC1 modeli y yönü deprem yüklemesi tepe deplasman sonuçları (mm)

5.3.3. PPoC2 modelinin oluşturulması

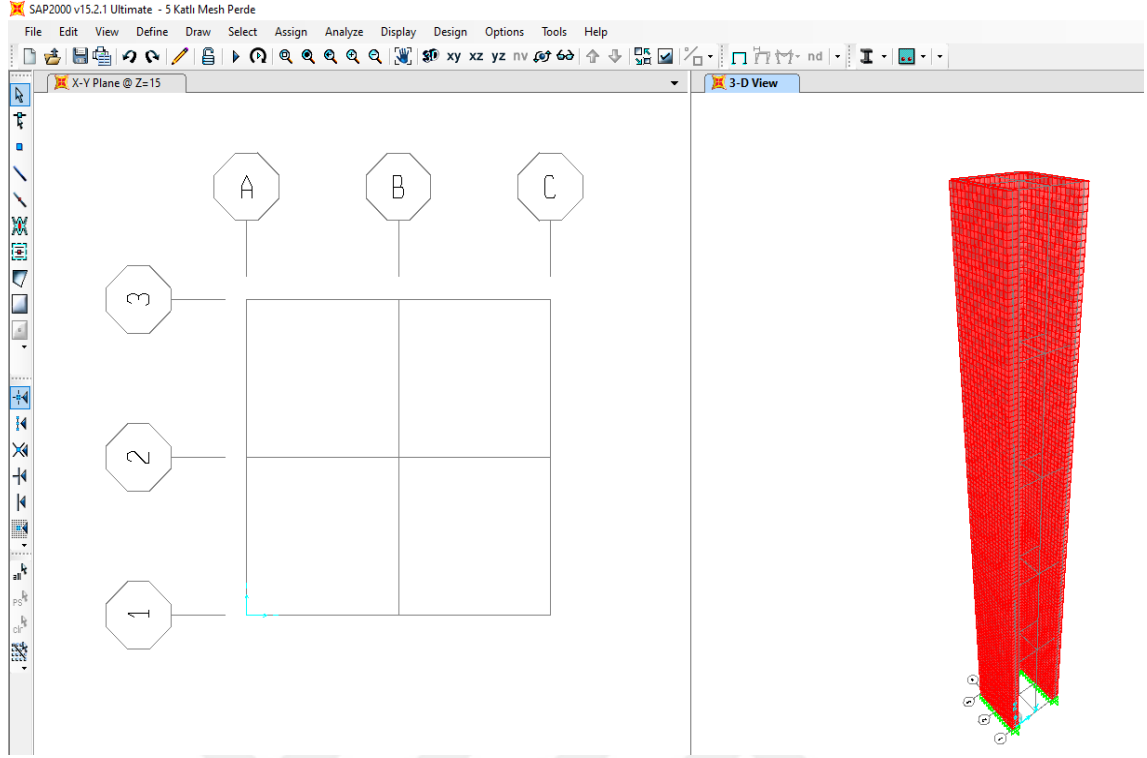
Yapının Program C’de oluşturulacak PPoC2 modeli poligon perde elemanının modellenmesi olacaktır. Program D ortamında oluşturulacak poligon perde modeli ile bu modelin analiz sonuçları arasında karşılaştırma yapılacaktır. Bu model ilk olarak 5 katlı yapı için oluşturulacak daha sonrasında bu yapı 13 kat sayısına kadar modellenecektir.

5.3.3.1 Aks ölçülerinin oluşturulması

Aks ölçülerinin tanımlanması U-perde elemanının tasarlanan ölçülerine göre Program C ortamına girilmiş ve Şekil 5.104’te gösterilmiştir. Oluşturulan kat planı ve PPoC2 modelinin üç boyutlu görünümü Şekil 5.105’te gösterilmiştir.



Şeki 5.104. PPoC2 modelinin aks ölçüleri (mm)



Şekil 5.105. PP_oC2 modelinin kat planı ve üç boyutlu görünümü

5.3.3.2. Malzeme özelliklerinin tanımlanması

Betonarme elemanların malzeme özellikleri malzeme oluşturma menüsünden oluşturulmuştur. Beton malzemesi avrupa standart, beton seçeneğinden C30/37 betonu seçilerek tanımlanmıştır. Betonarme çeliği ise kullanıcı, yapı çeliği seçeneğinden malzeme birim ağırlığı 0 girilerek B420C betonarme çeliği tanımlanmıştır. PP_oC2 modelinin malzeme bilgileri Şekil 5.106’da gösterilmiştir.

Şekil 5.106. PP_oC2 modelinin betonarme malzeme özellikleri

5.3.3.3. Elemanların kesit özelliklerinin tanımlanması ve perdenin sonlu elemanlara bölünmesi

Akslar tanımlandıktan sonra perde elemanının kesit tanımlaması yapılmıştır. Araç çubuğundan tanımlana menüsünden kesit tanımlaması seçilerek alan kesit tanımlaması menüsüne girilmiş ve perde elemanı Şekil 5.107’de ki gibi tanımlanmıştır. U-betonarme perde elemanı oluşturulduktan sonra düzenleme menüsünden, alan düzlenene alan bölme seçeneğinden tüm yapıda 125 mm aralıklar ile sonlu elemanlara bölünmüştür. Bu işlem Şekil 5.108’de gösterilmiştir.

Shell Section Data

Section Name

Section Notes

Display Color

Type

☒ Shell - Thin

☐ Shell - Thick

☐ Plate - Thin

☐ Plate Thick

☐ Membrane

☐ Shell - Layered/Nonlinear

Material

Material Name

Material Angle

Thickness

Membrane

Bending

Concrete Shell Section Design Parameters

Stiffness Modifiers

Temp Dependent Properties

Şekil 5.107. PP₀C2 modelinde u-perde elemanın kesit özelliklerinin tanımlanması

Divide Selected Areas

☐ Divide Area Into This Number of Objects (Quads and Triangles Only)

Along Edge from Point 1 to 2

Along Edge from Point 1 to 3

☒ Divide Area Into Objects of This Maximum Size (Quads and Triangles Only)

Along Edge from Point 1 to 2

Along Edge from Point 1 to 3

☐ Divide Area Based On Points On Area Edges (Quads and Triangles Only)

Points Determined From:

☐ Intersections of Visible Straight Grid Lines With Area Edges

☐ Intersections of Selected Straight Line Objects With Area Edges

☐ Selected Point Objects On Area Edges

☐ Divide Area Using Cookie Cut Based On Selected Straight Line Objects

☐ Extend All Lines To Intersect Area Edges

☐ Divide Area Using Cookie Cut Based On Selected Point Objects

Rotation of Cut Lines From Area Local Axes (Deg)

☐ Divide Area Using General Divide Tool Based On Selected Points and Lines

Maximum Size of Divided Object

Local Axes For Added Points

☐ Make same on Edge if adjacent corners have same local axes definition

☐ Make same on Face if all corners have same local axes definition

Restrains and Constraints For Added Points

☐ Add on Edge when restrains/constraints exist at adjacent corner points
(Applies if added edge point and adjacent corner points have same local axes definition)

☐ Add on Face when restrains/constraints exist at all corner points
(Applies if added face point and all corner points have same local axes definition)

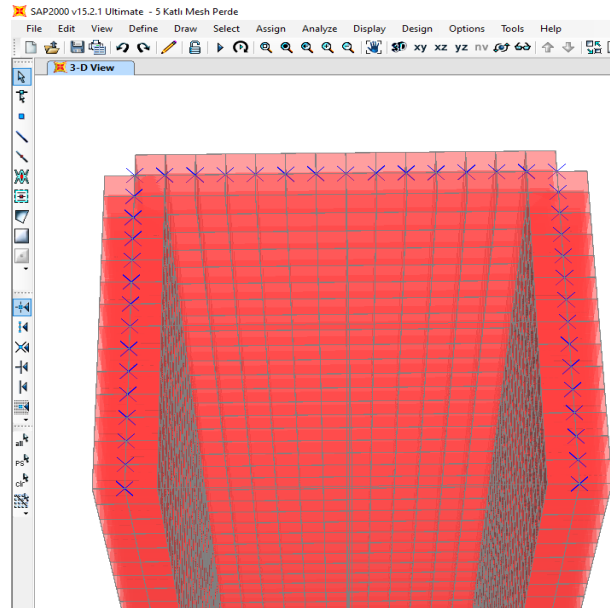
Şekil 5.108. PP₀C2 modelinin sonlu elemanlara ayrılması (mm)

5.3.3.4. Deprem yüklerinin modele tanımlanması

PP_OC2 modelinin deprem yükleri, PP_OA1 modelinin analiz sonuçlarından alınarak Program C ortamına aktarılmıştır. PP_OA1 modelinin analiz sonuçlarından alınan deprem yükleri Şekil 5.109'da gösterilmiştir. Buradaki deprem yükleri PP_OC2 modelinde sonlu elemanlara ayırma işleminden sonra oluşturulan her kat seviyesindeki 43 noktaya bölünerek dağıtılmıştır. Bu noktalar Şekil 5.110'da gösterilmiştir. Noktalara yapılan yükleme Şekil 5.111'de gösterilmiştir.

DEPREM KUVVETİ (kN)			
		X YÖNÜ	Y YÖNÜ
Kat no	Deprem yükü	Deprem yükü	Kat tipi
5	78.384	75.325	UST KAT
4	31.684	30.886	NORMAL
3	24.269	24.182	NORMAL
2	23.014	21.476	NORMAL
1	16.726	15.926	NORMAL
Σ	174.077	167.795	GENEL

Şekil 5.109. PP_OA1 modelinin analiz sonuçlarından alınan deprem yükleri (kN)



Şekil 5.110. PP_OC2 modelinde deprem yüklerinin yükleneceği noktalar

Joint Forces

Load Pattern Name: + Ex

Units: N, mm, C

Coordinate System: GLOBAL

Options:

☐ Add to Existing Loads

☒ Replace Existing Loads

☐ Delete Existing Loads

OK Cancel

Joint Forces

Load Pattern Name: + Ey

Units: N, mm, C

Coordinate System: GLOBAL

Options:

☐ Add to Existing Loads

☒ Replace Existing Loads

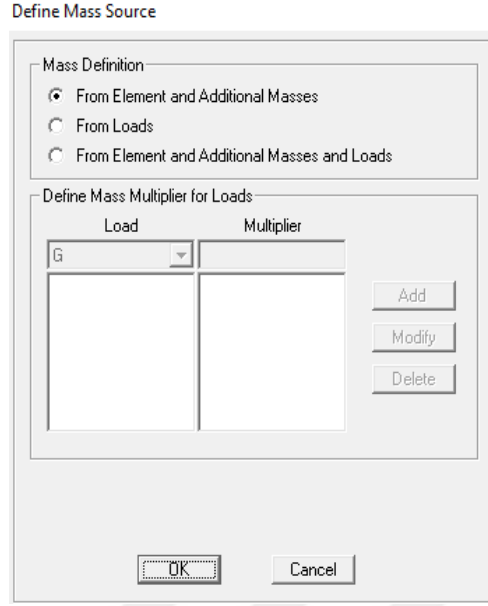
☐ Delete Existing Loads

OK Cancel

Şekil 5.111. PP_OC2 modeline deprem yüklerinin tanımlanması

5.3.3.5. Kütle kaynağının seçilmesi

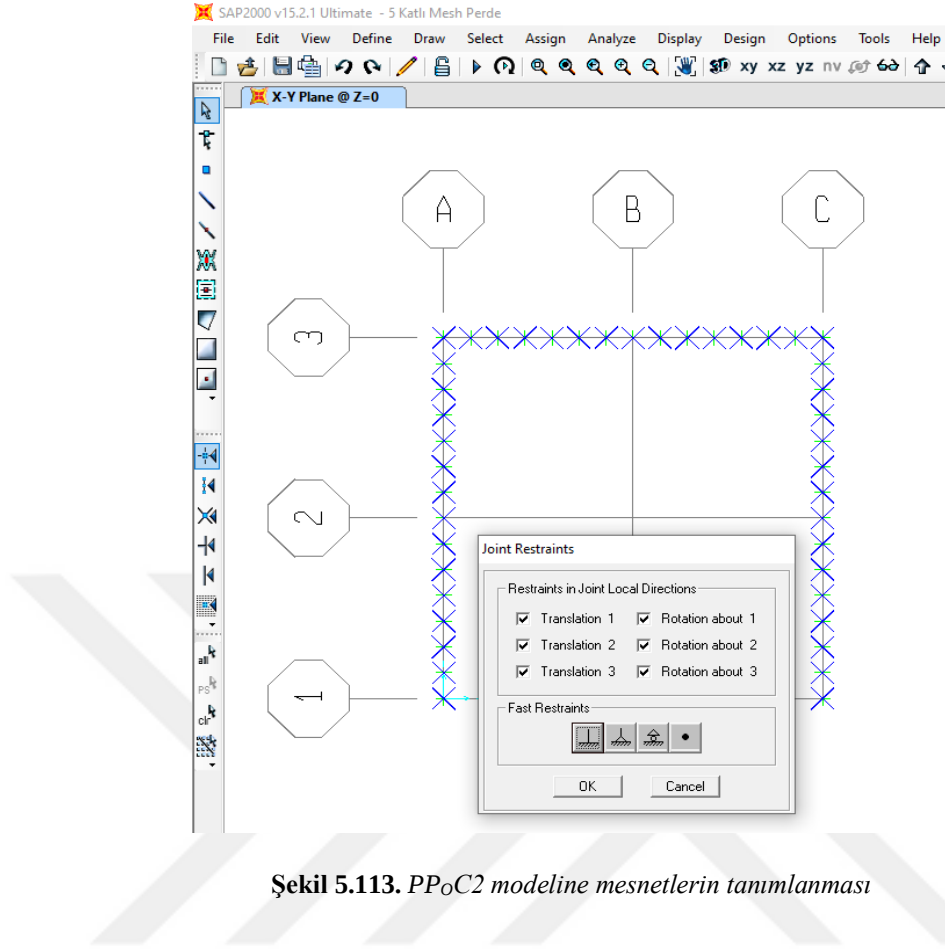
Kütle kaynağı olarak elemanların kendi ağırlıkları kullanılmıştır. Tanımlama menüsünden, kütle kaynağı seçilerek Şekil 5.112’ de ki gibi kütle kaynağı seçimi yapılmıştır.



Şekil 5.112. PP_oC2 modeline kütle kaynağının tanımlanması

5.3.3.6. Mesnet tanımlamalarının yapılması

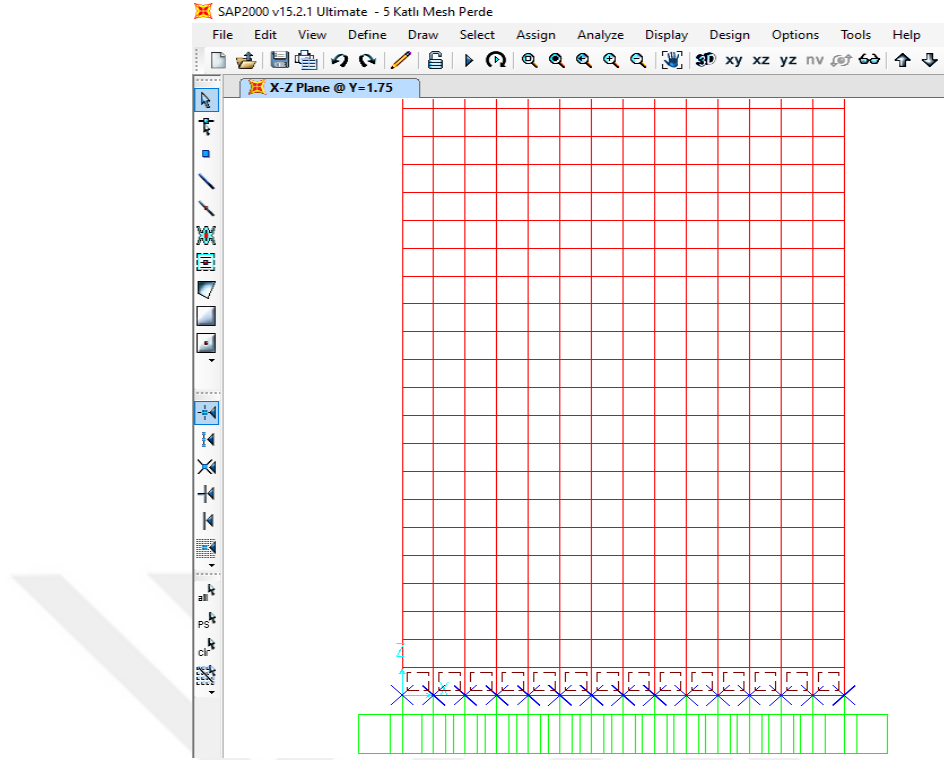
Mesnet tanımlamaları atama menüsünden, nokta kısıtlamaları seçeneği işaretlenerek zemin seviyesinde ankastre mesnet ataması yapılmış ve Şekil 5.113'te gösterilmiştir.



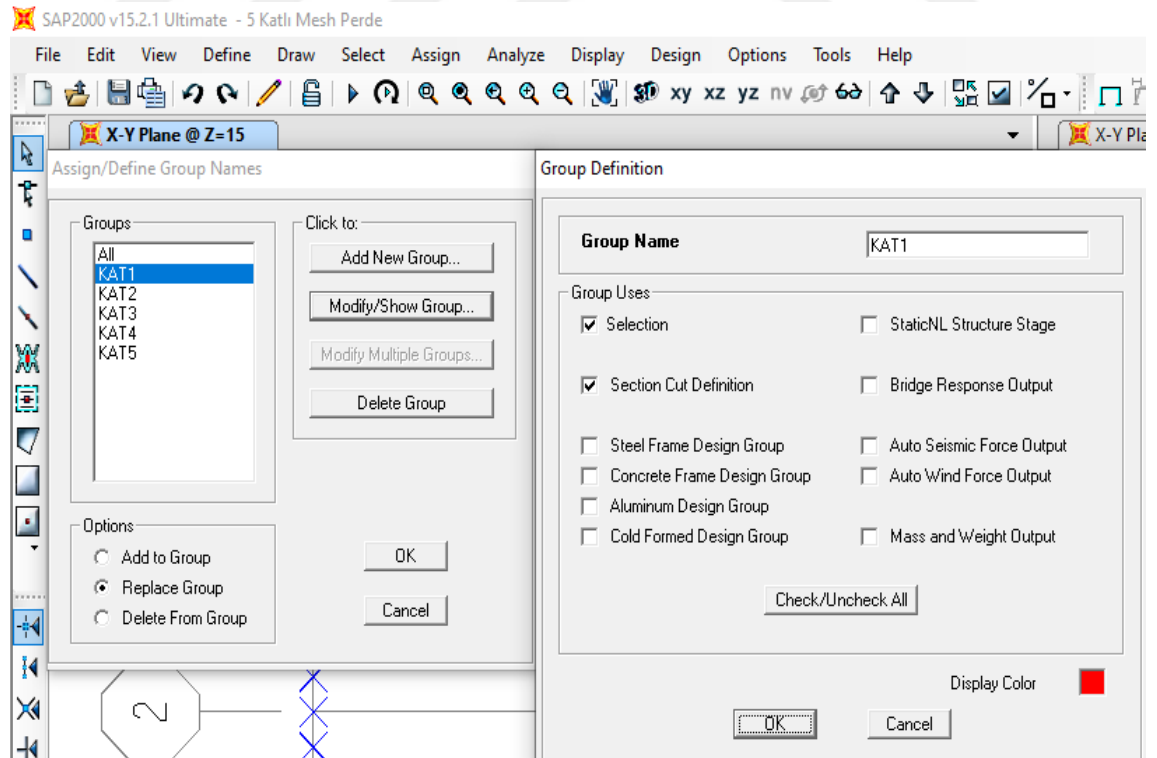
Şekil 5.113. PPoC2 modeline mesnetlerin tanımlanması

5.3.3.6. Kat kesitlerinin oluşturulması

Kat kesitlerini oluşturmak için ilk olarak U-perdenin her kat seviyesinde bağlandığı noktaları ve buradaki sonlu elemanları seçerek grup oluşturulmuştur. Seçilen bu noktalar Şekil 5.114'te gösterilmiştir. Seçim işleminin ardından araç çubuğundan atama menüsünden, grup ataması, yeni grup seçilerek Şekil 5.115'te ki gibi her kat seviyesi için ayrı ayrı grup oluşturulmuştur. Oluşturulan bu gruplar, kat kesitlerine atanmıştır. Tanımlama menüsünden kat kesiti seçeneği işaretlenerek, yeni kat kesiti Şekil 5.116'da ki gibi atanmıştır.



Şekil 5.114. PP_oC2 modeli kat kesitlerini oluşturmak için elemanların gruplandırılması



Şekil 5.115. PP_oC2 modeli kat kesitlerini oluşturmak için gruplandırma yapılması

Section Cut Data

Edit

Section Cut Name KAT1	Coordinate System GLOBAL	Units KN, m, C
Section Cut Defined By ☒ Group ☐ Quadrilateral Cutting Planes	Results Reported Are On This Side of Elements ☒ Top ☐ Bottom	
Section Cut Group Group KAT1		
Section Cut Result Type ☐ Analysis (F1, F2, F3, M1, M2, M3) ☒ Design (P, V2, V3, T, M2, M3)		
Results Reported at this Location ☒ Default ☐ User Defined X Coordinate Y Coordinate Z Coordinate		
Section Cut Local Axes Orientation - Design ☒ Wall ☐ Spandrel ☐ Slab Angle from Global X to Local 2 0	Wall: Local 1 axis is parallel to global Z. 2 and 3 axes lie in global XY plane. OK Cancel	

Şekil 5.116. PP₀C2 modelinde kat kesitlerinin oluşturulması

5.3.3.7. Modal analiz parametrelerinin tanımlanması ve analizin yapılması

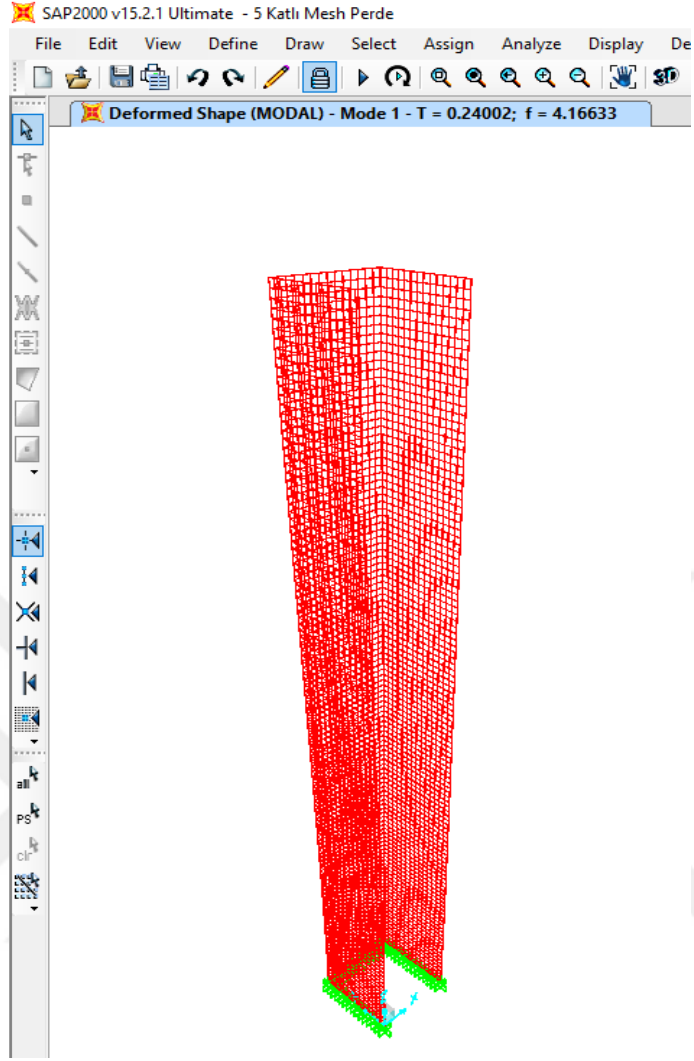
Modal analiz için tanımla menüsünden yük durumları seçeneğinden modal yük seçeneği işaretlenerek geliştirme menüsünden mod sayısı 15 olarak seçilmiş ve Şekil 5.117’de gösterilmiştir.

Load Case Data - Modal

Load Case Name MODAL Set Def Name	Notes Modify/Show...	Load Case Type Modal Design...
Stiffness to Use ☒ Zero Initial Conditions - Unstressed State ☐ Stiffness at End of Nonlinear Case Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case	Type of Modes ☒ Eigen Vectors ☐ Ritz Vectors	
Number of Modes Maximum Number of Modes: 15 Minimum Number of Modes: 1		
Loads Applied ☐ Show Advanced Load Parameters		
Other Parameters Frequency Shift (Center): 0. Cutoff Frequency (Radius): 0. Convergence Tolerance: 1.000E-09 ☒ Allow Automatic Frequency Shifting		
		OK Cancel

Şekil 5.117. PPoC2 modeli modal analiz parametrelerinin tanımlanması

Modal analizler yapıldıktan sonra Program C ve Program D arasında oluşturulan 5 kattan 13 kat sayısına kadar olan tüm poligon perde modellerinde yapıların periyotları yakın sonuçlar vermektedir. Program C ortamında araç çubuğundaki grafik sonuçları gösterim seçeneğinden modal analiz sonucu seçilerek araç çubuğunun hemen altında Şekil 5.118’de ki gibi yapının periyot değeri ekrana getirilmektedir. Program D ortamında yapının elde edilen frekans değerinden periyot değerine ulaşılarak gösterimine Şekil 5.119’da yer verilmiştir



Şekil 5.118. PP₀C2 modeli analiz sonrası yapı periyot değerinin ekrana getirilmesi

Results File: file.rst

Available Data Sets:

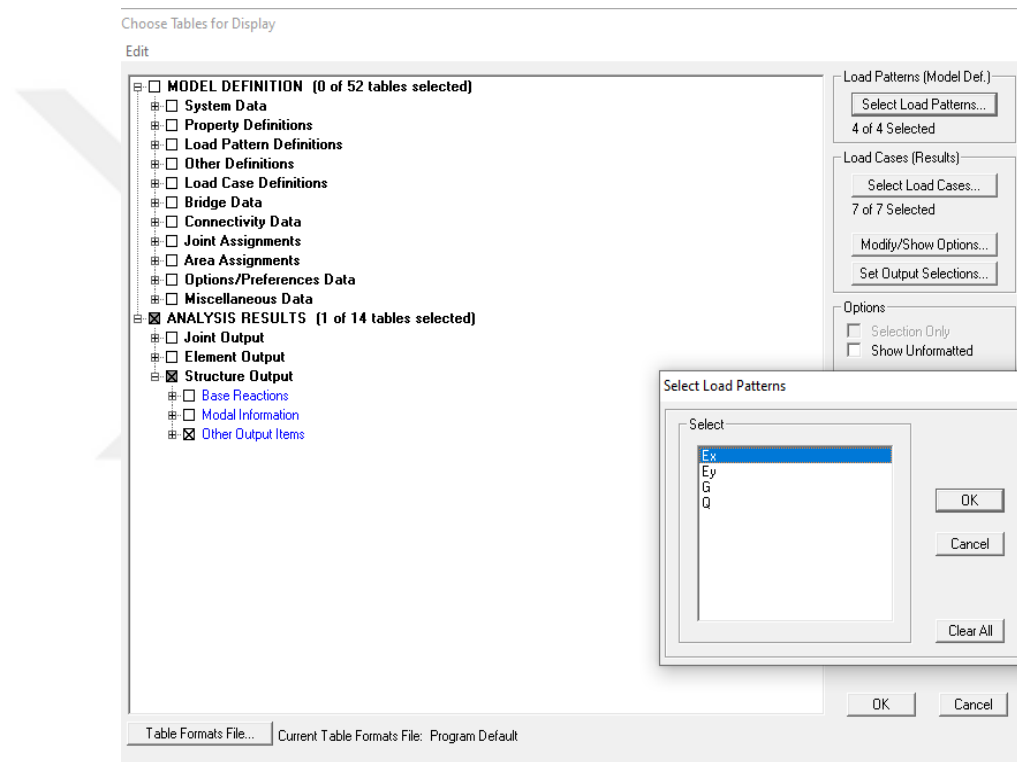
Set	Frequency	Load Step	Substep	Cumulative
1	3.9929	1	1	1
2	4.8221	1	2	2
3	11.967	1	3	3
4	16.941	1	4	4
5	27.823	1	5	5
6	34.968	1	6	6
7	35.937	1	7	7
8	39.956	1	8	8
9	48.870	1	9	9
10	52.026	1	10	10
11	56.792	1	11	11
12	60.023	1	12	12
13	61.351	1	13	13
14	70.405	1	14	14
15	76.020	1	15	15

Read Next Close

Şekil 5.119. PP₀D1 modeli analiz sonrası yapı frekans değerinin ekrana getirilmesi

5.3.3.8. Modelin analizi ve analiz sonuçlarının gösterimi

PPoC1 modeline analiz sonuçlarının tablo şeklinde gösterimi için görüntüle menüsünden, tabloları göster seçeneğinden yük durumlarından analiz sonuçları istenilen deprem yüklemeleri işaretlenerek, yapı çıktısı kısmından diğer çıktı öğeleri işaretlenerek sonuçlar ekrana Şekil 5.120’de olduğu gibi getirilmektedir. Şekil 5.121’de x yönü deprem yüklemesi ekrana getirilen kuvvet değerleri gösterilmiştir. Şekil 5.122’de ise y yönü deprem yüklemesi ekrana getirilmiştir.



Şekil 5.120. PPoC2 modelinde perde analiz sonuçlarının tablo olarak ekrana getirilmesi

Section Cut Forces - Design

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

	SectionCut Text	OutputCase Text	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
►	KAT1	Ex	LinStatic	000000001222	-198.8	000000001676	-52.5896	0.00000001842	-2252.43
	KAT2	Ex	LinStatic	000000001157	-181.95	0.00000000162	-47.0382	0.00000001343	-1656.0299
	KAT3	Ex	LinStatic	000000001281	-156.19	0000000007698	-40.3787	0000000009096	-1110.18
	KAT4	Ex	LinStatic	000000001075	-126.7	0.00000000144	-32.7548	0000000005991	-641.61
	KAT5	Ex	LinStatic	0000000006469	-87.17	000000001413	-22.5354	0000000002493	-261.51

Record: 1 of 5

Add Tables... Done

Şekil 5.121. PPoC2 modelinin x yönü deprem yüklemesi analiz sonuçları (kN)

Section Cut Forces - Design

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

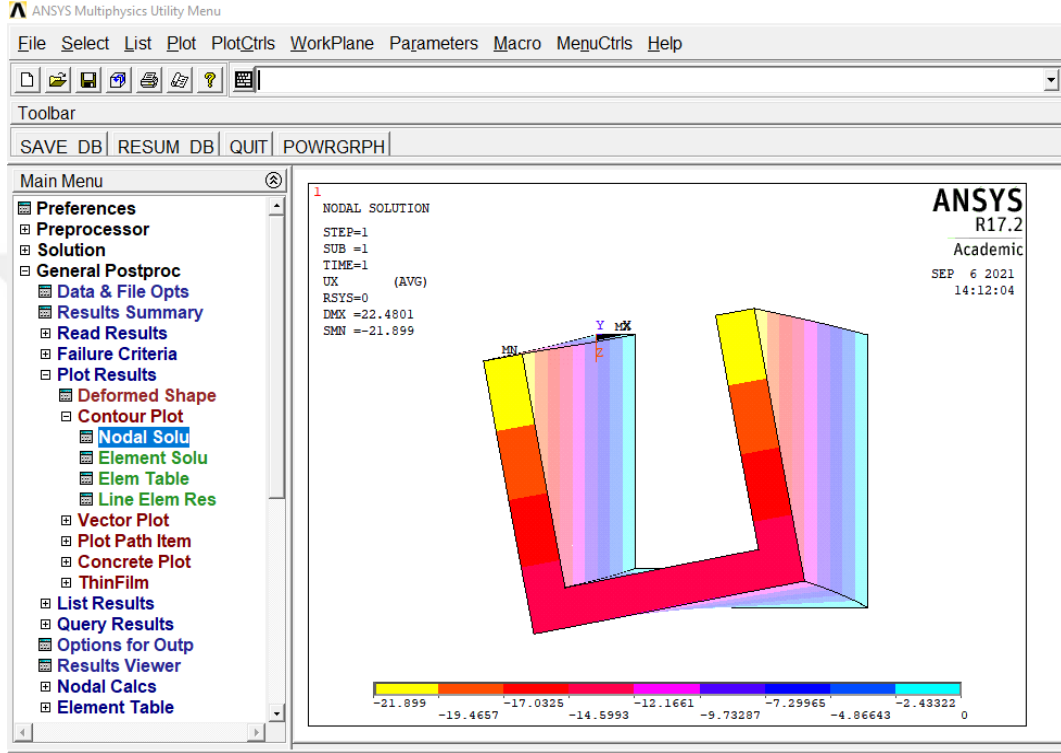
	SectionCut Text	OutputCase Text	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
►	KAT1	Ey	LinStatic	0000000002545	0000000009807	-196.46	0000000002128	-2224.59	000000001738
	KAT2	Ey	LinStatic	0000000002555	0000000001264	-180.23	0.00000000204	-1635.2099	000000001401
	KAT3	Ey	LinStatic	0000000002398	000000001024	-155.18	0000000009337	-1094.52	000000001054
	KAT4	Ey	LinStatic	0000000002064	000000001308	-124.9	0000000001617	-628.98	0000000006854
	KAT5	Ey	LinStatic	0000000001266	0000000009652	-84.76	0000000001845	-254.28	0000000003147

Record: 1 of 5

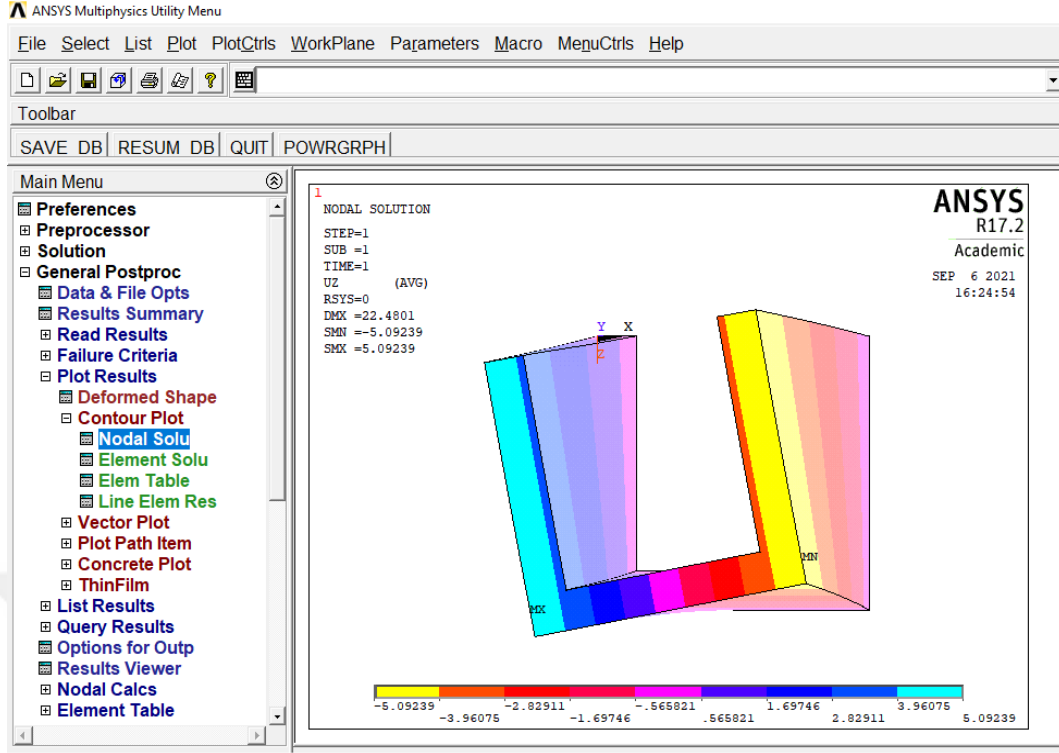
Add Tables... Done

Şekil 5.122. PPoC2 modelinin y yönü deprem yüklemesi analiz sonuçları (kN)

PPoC2 modelinden alınan bu analiz sonuçları PPoD1 modelinden alınan analiz sonuçlarıyla karşılaştırılacaktır. PPoD1 modelinin x yönü deprem yüklemesi için elde edilen analiz sonuçları Şekil 5.123'te gösterilmiştir. Y yönü deprem yüklemesi sonuçları Şekil 5.124'te gösterilmiştir.



Şekil 5.123. PPoD1 modeli x yönü deplasman analiz sonuçları (mm)



Şekil 5.124. PP₀D2 modeli y yönü gerilme analiz sonuçları (mm)

Elde edilen analiz sonuçları ekrana getirildikten sonra perde elemanının tepe deplasmanları sonuç ekranına getirilecektir. Bu işlem için perde elemanının tepe noktası seçilerek tablo şeklinde gösterimi için görüntüle menüsünden, tabloları göster seçeneğinden analiz sonuçları kısmından nokta çıktıları seçilerek istenilen deprem yüklemesi için deplasman seçeneği işaretlenmiştir. Perde elemanının tepe deplasman sonuçları x yönü deprem yüklemesi için Şekil 5.125'te görüldüğü gibi ekrana getirilmiştir. Daha sonrasında y yönü deprem yüklemesi için Şekil 5.126'da görüldüğü gibi sonuçlar ekrana getirilmiştir.

Joint Displacements

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

	Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
►	2367	Ex	LinStatic	10.583759	5.280327	-0.781848	-0.000395	0.000908	0.006035
	5001	Ex	LinStatic	16.026903	0.00000008613	0	0	0	0.006091

Record: 1 of 2

Add Tables... Done

Şekil 5.125. PPoC2 modeli x yönü deprem yüklemesi perde elemanı tepe deplasmanları (mm)

Joint Displacements

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

	Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
►	2367	Ey	LinStatic	0.000077	10.08549	-0.554948	-0.000959	-0.0000004518	1.00000008272
	5001	Ey	LinStatic	0.00000008249	10.205443	0	0	0	4.826E-14

Record: 1 of 2

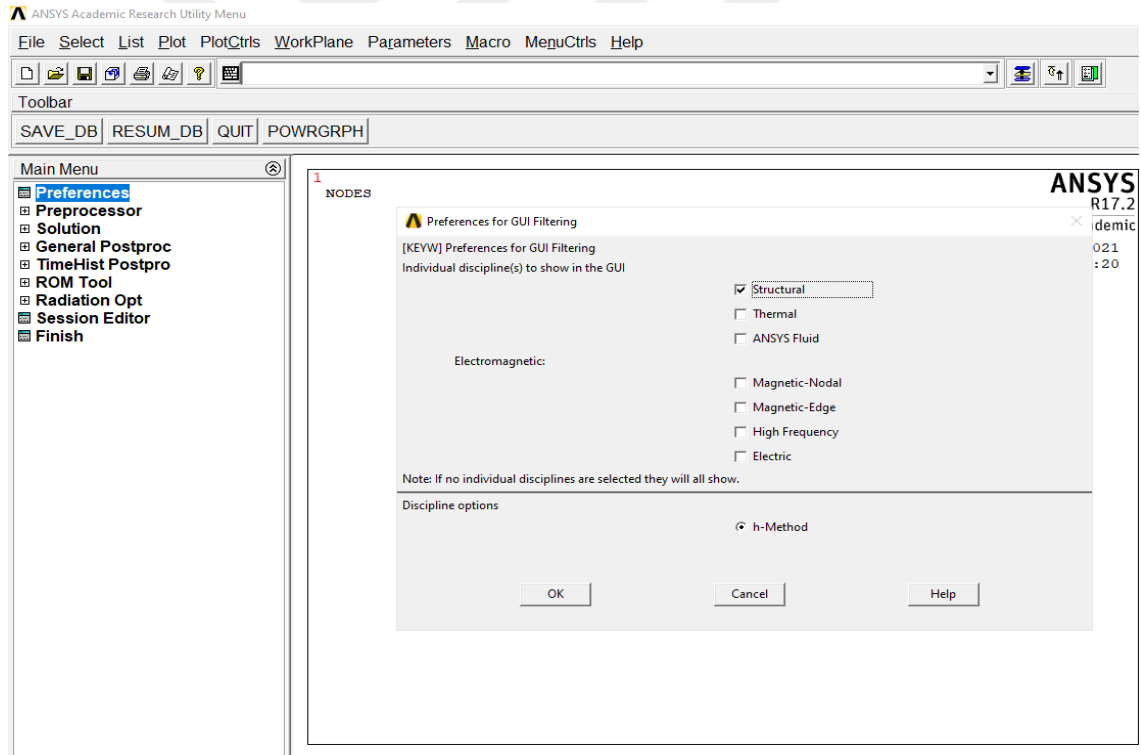
Add Tables... Done

Şekil 5.126. PPoC2 modeli y yönü deprem yüklemesi perde elemanı tepe deplasmanları (mm)

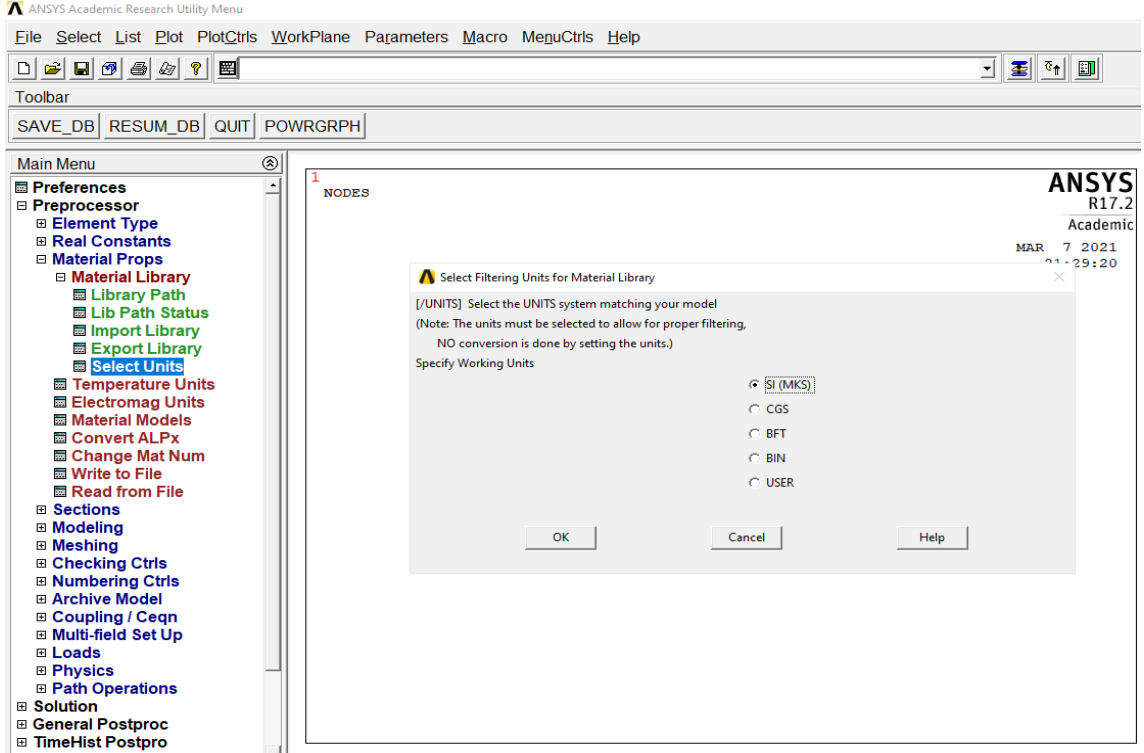
5.4. Yapının Program D’de Modellenmesi

5.4.1. PP₀D1 modelinin oluşturulması

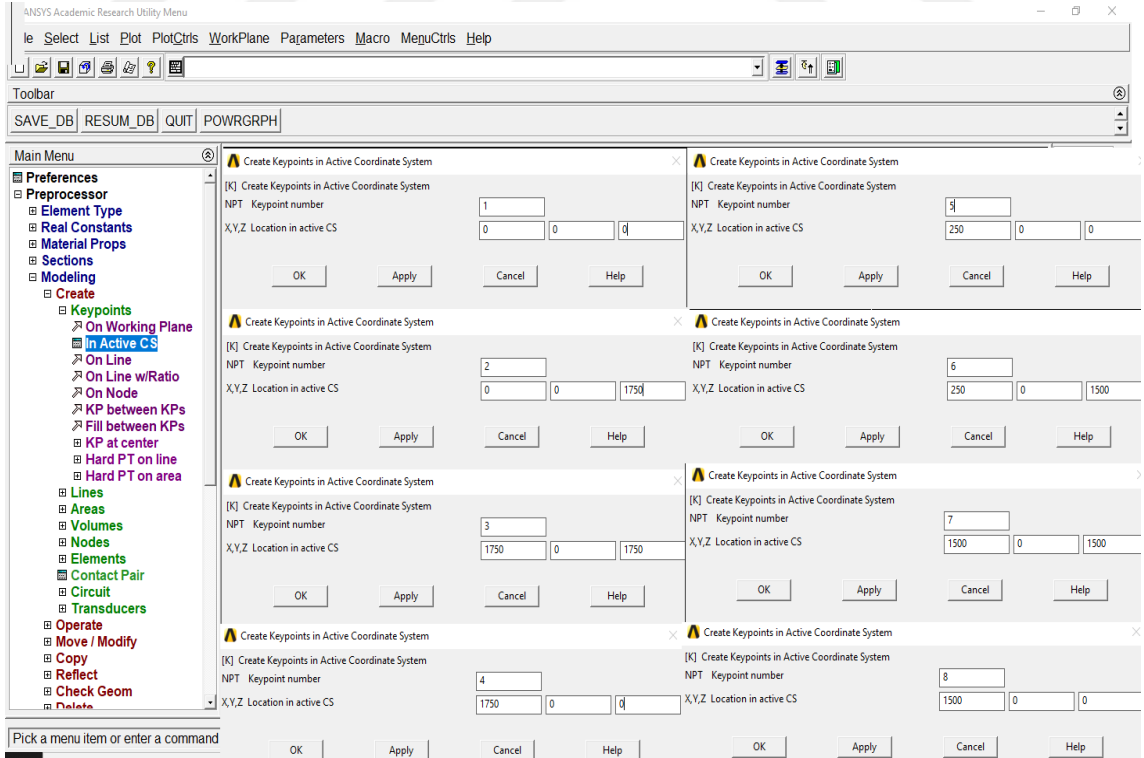
Yapının Program D ortamında poligon perde modelinin modellenmesi yapılmıştır. Bu modele PP₀D1 ismi verilmiştir. PP₀D1 modeli, PP₀A1 modelindeki deprem verileri ve malzeme verileri alınarak modellenmiştir. PP₀D1 modeli oluşturulmasında ilk olarak tercihler menüsünden yapısal seçeneği işaretlenmiştir. Bu işlem Şekil 5.127’de gösterilmiştir. Sonrasında ön-işlem, malzeme destekleri, malzeme kütüphanesi, birimleri seç seçeneğinden SI birim sistemi işaretlenmiştir. Bu modelde N,mm birimleri kullanılacaktır. Bu işlem Şekil 5.128’de gösterilmiştir. Daha sonrasında ön-işlem, modelleme, oluşturma, kilit noktalar, kilit nokta koordinatları seçeneğinden kilit noktalar oluşturulmuş ve Şekil 5.129’da gösterilmiştir.



Şekil 5.127. PP₀D1 modeli yapısal analiz seçeneğinin işaretlenmesi

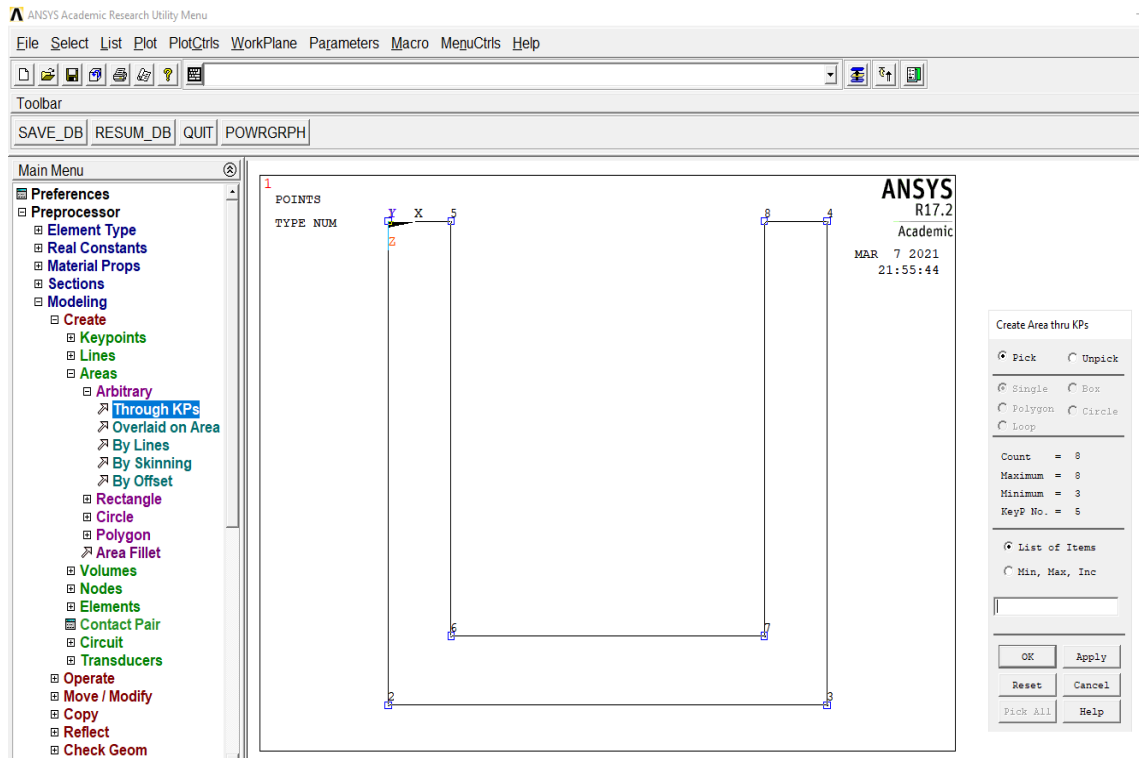


Şekil 5.128. PP₀D1 kullanılacak birim sisteminin seçilmesi

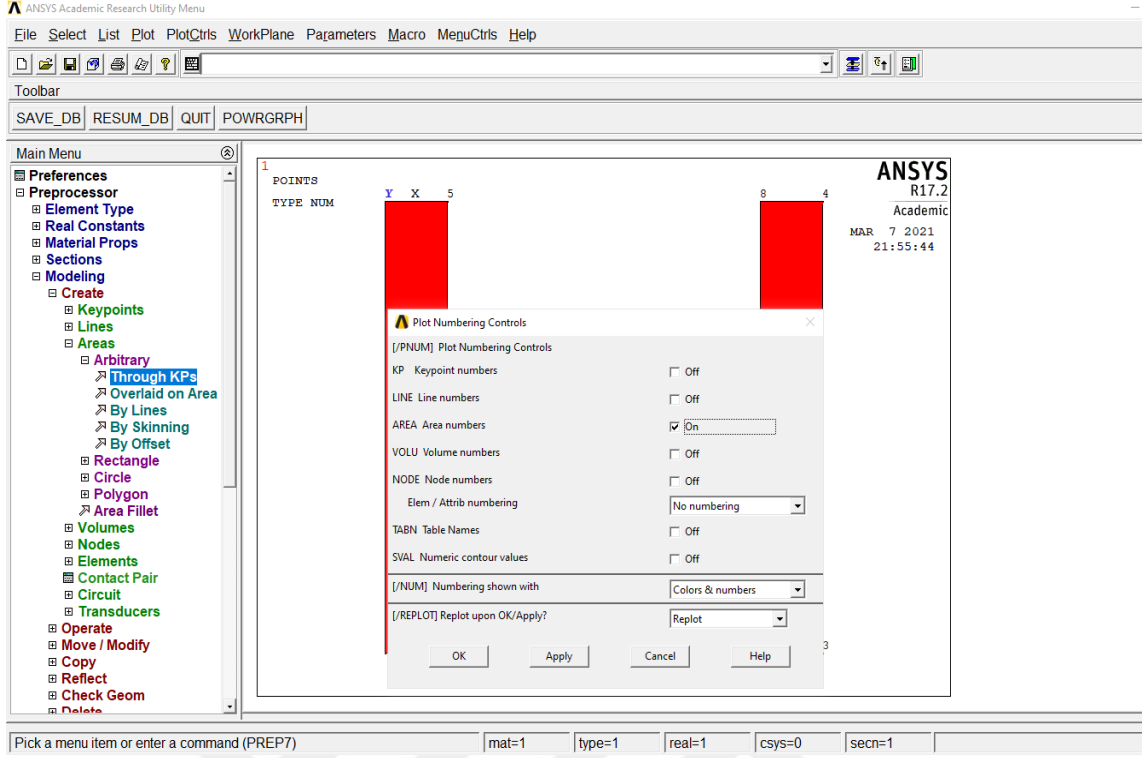


Şekil 5.129. PP₀D1 modelinin kilit noktalarının oluşturulması

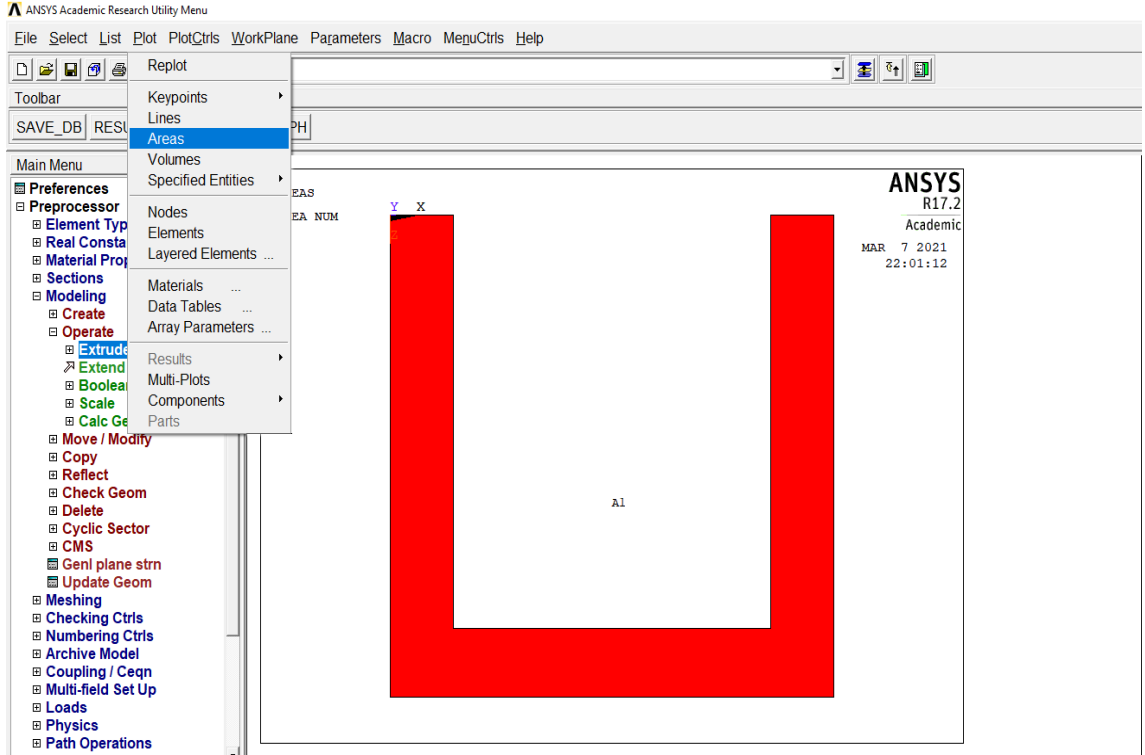
Oluşturma menüsünde bulunan alanlar seçeneğinden değişken, kilit noktalar aracılığı ile seçeneği kullanılarak saat yönünün tersine doğru oluşturulan 8 kilit noktası birleştirilerek alana dönüştürülmüş ve Şekil 5.130'da gösterilmiştir. Numaralama denetimleri sekmesinden alan numarası seçeneği açılarak gösterim sekmesinden alan gösterimi komutuyla alanların isimleri görünür hale getirilmiş ve Şekil 5.131 ve Şekil 5.132'de gösterilmiştir.



Şekil 5.130. *PP₀D1* modeli kilit noktalarının birleştirilerek alana dönüştürülmesi

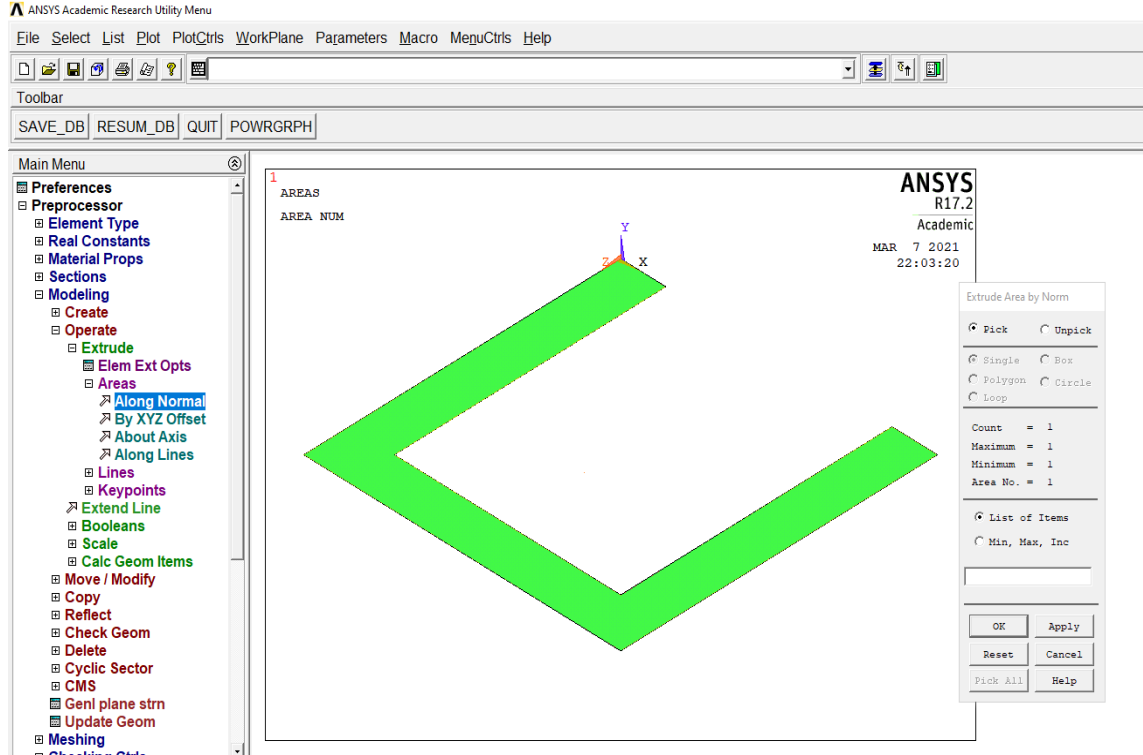


Şekil 5.131. PP_oD1 modeli alan elemanın isim gösterim özelliğinin açılması

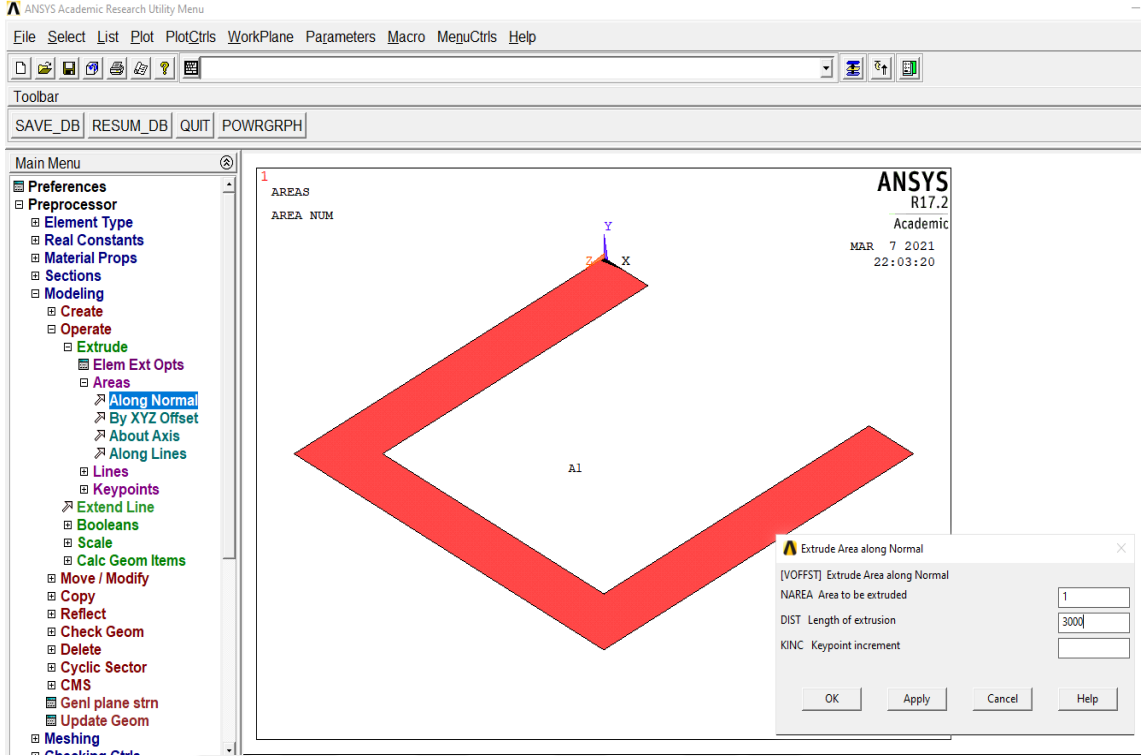


Şekil 5.132. PP_oD1 modeli alan elemanın oluşumu ve gösterimi

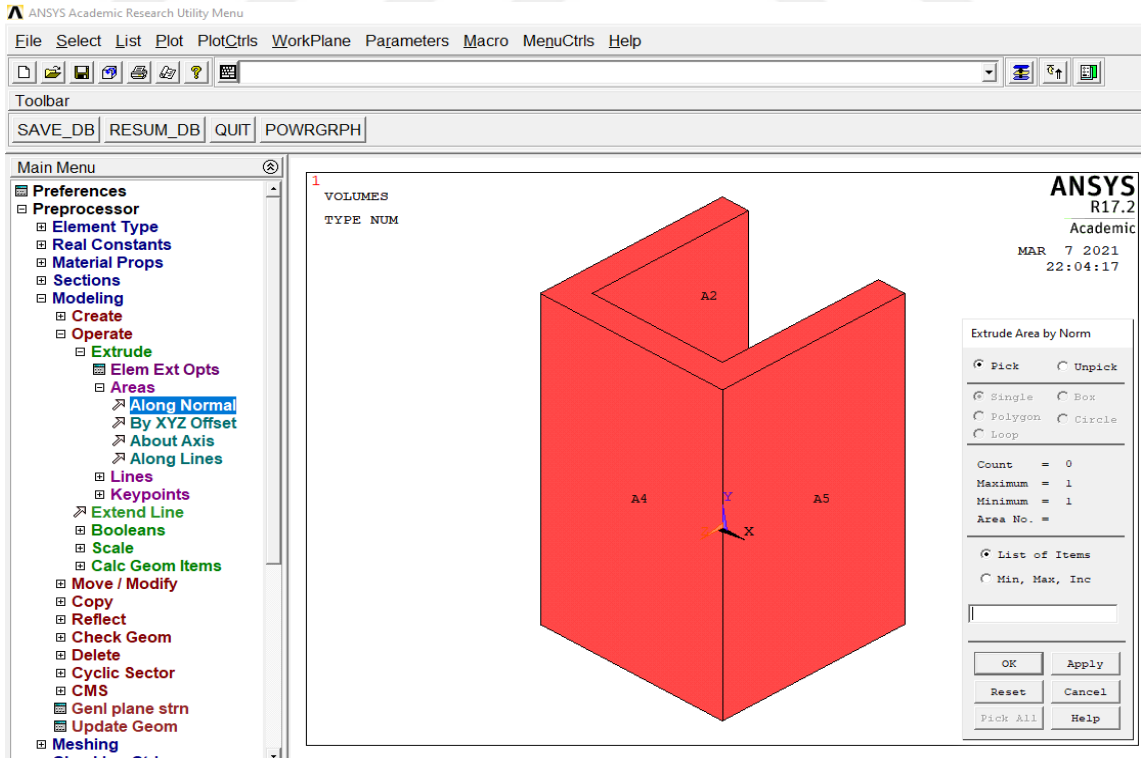
Alan elemanı çalıştır, uzatmak, eleman uzatma seçenekleri, alan, boyunca seçeneğinden alan elemanı seçilmiş ve Şekil 5.133'te gösterilmiştir. Seçilen bu alan elemanın 3000 mm yükselerek hacime dönüşmesi için Dıst kutucuğuna 3000 değeri girilmiş ve Şekil 5.134'te gösterilmiştir. Bu alan eleman hacime dönüşmüştür. U-perde elemanını temsil eden hacim elemanı Şekil 5.135'te gösterilmiştir.



Şekil 5.133. PP_oD1 modeli alan elemanın yüksekliğinin artırılması

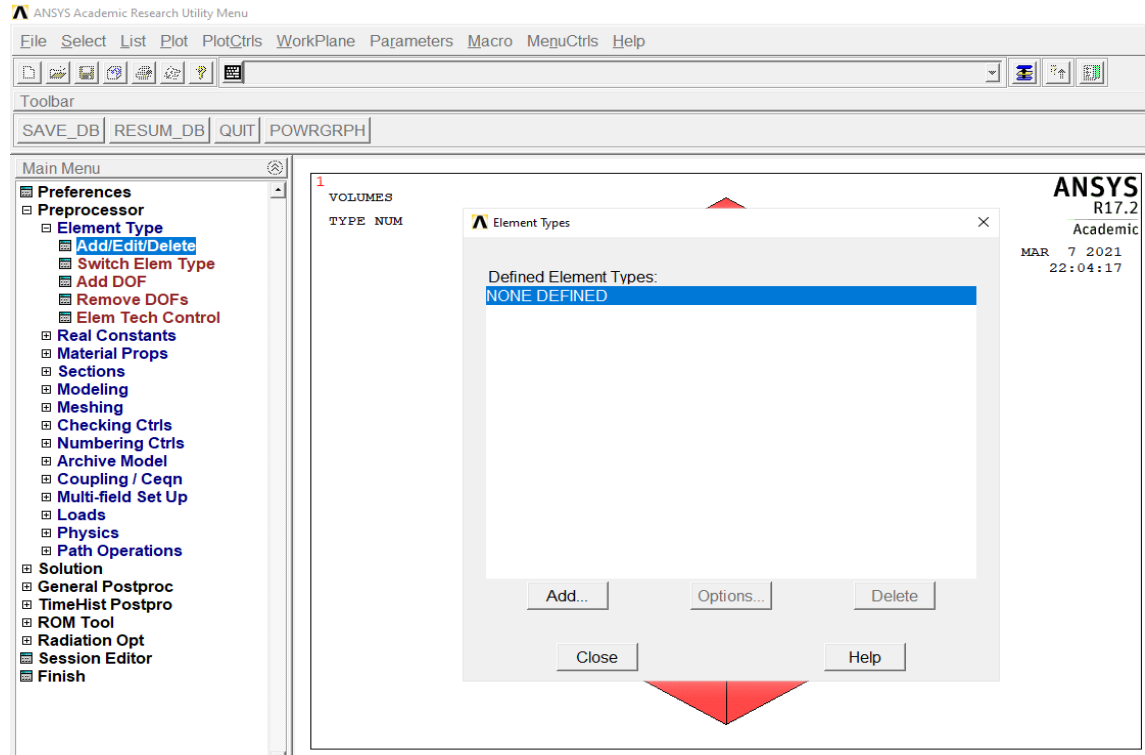


Şekil 5.134. PP₀D1 modelindeki alan elemanın hacim elemana dönüştürülmesi

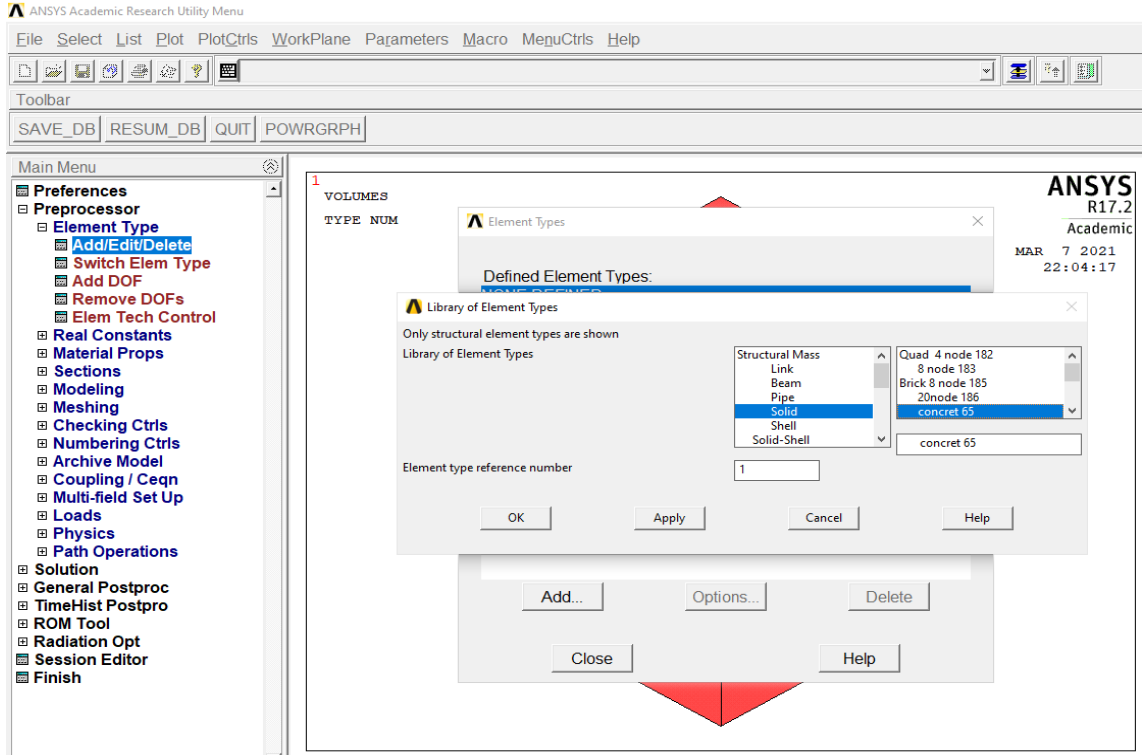


Şekil 5.135. PP₀D1 modeli u-perdeyi temsil eden hacim eleman

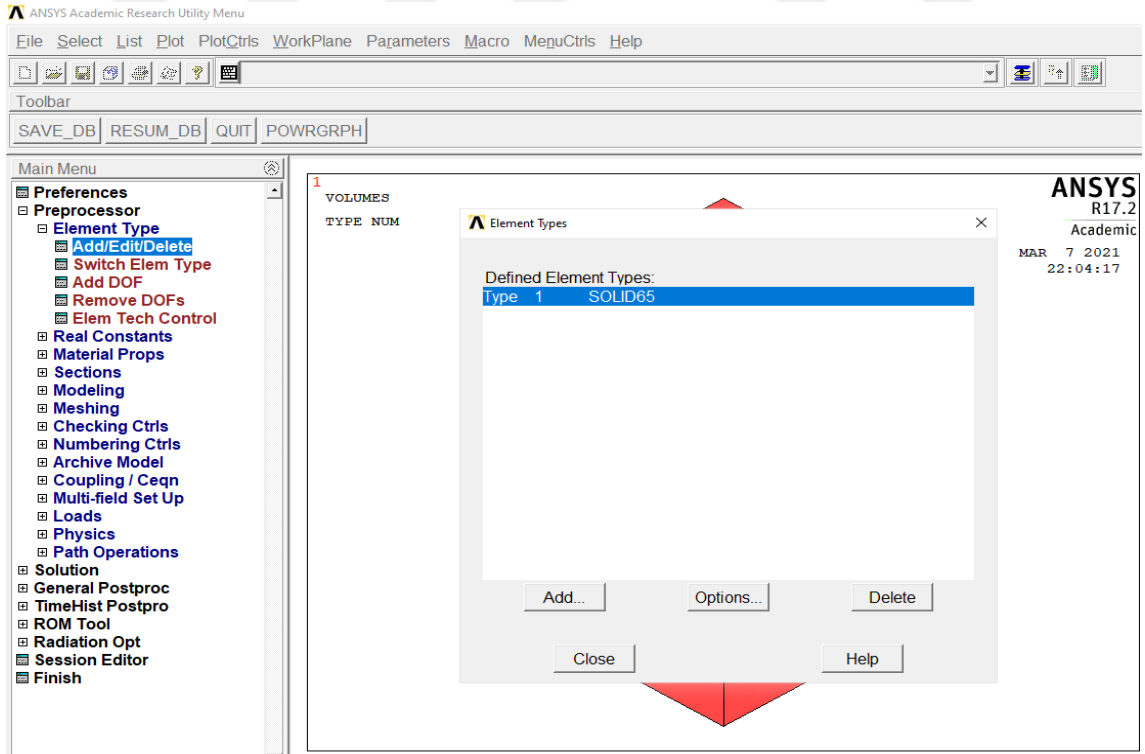
Daha sonrasında ön-işlemci, eleman tipi, ekle seçeneğinden yeni eleman tanımlamasının yapılması gerektiği Şekil 5.136'da gösterilmiştir. Solid 65 elemanının seçimi yapılmış ve Şekil 5.137'de gösterilmiştir. Bu elemanın tanımlaması yapıldıktan sonra çıkış seçeneği ile çıkış yapılmış ve tanımlanan eleman Şekil 5.138'de gösterilmiştir.



Şekil 5.136. PP₀D1 modeli eleman tanımlaması yapılması

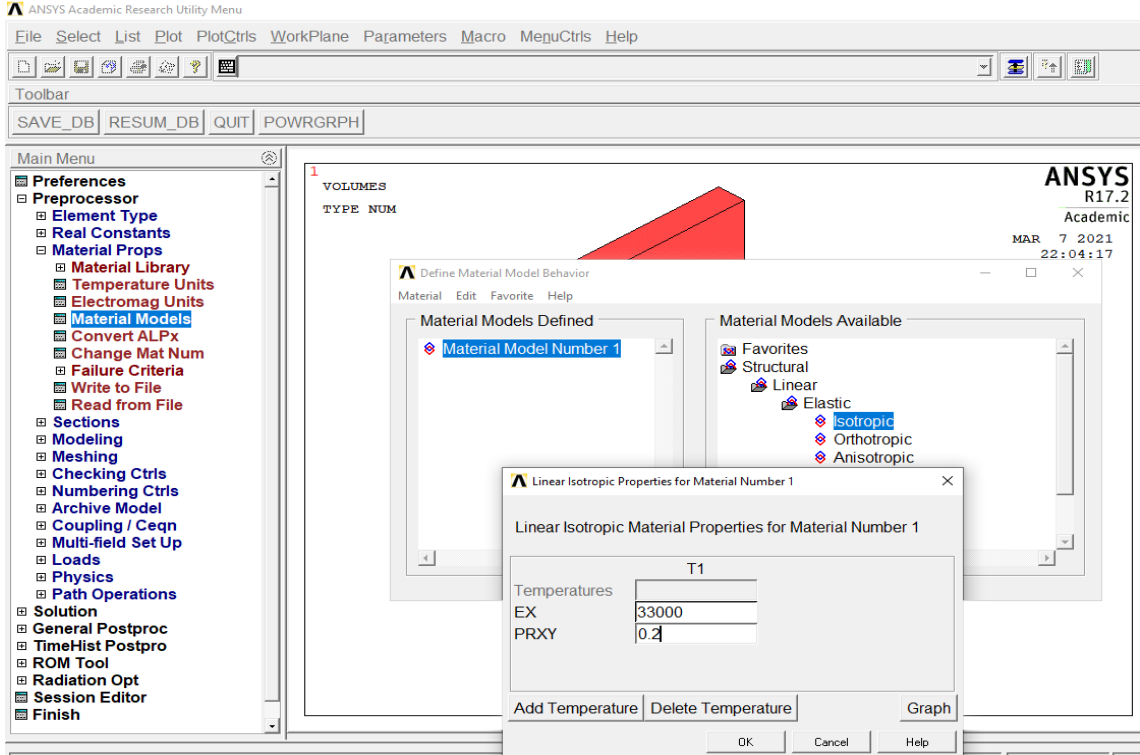


Şekil 5.137. PP₀D1 modeline solid 65 elemanı tanımlanması

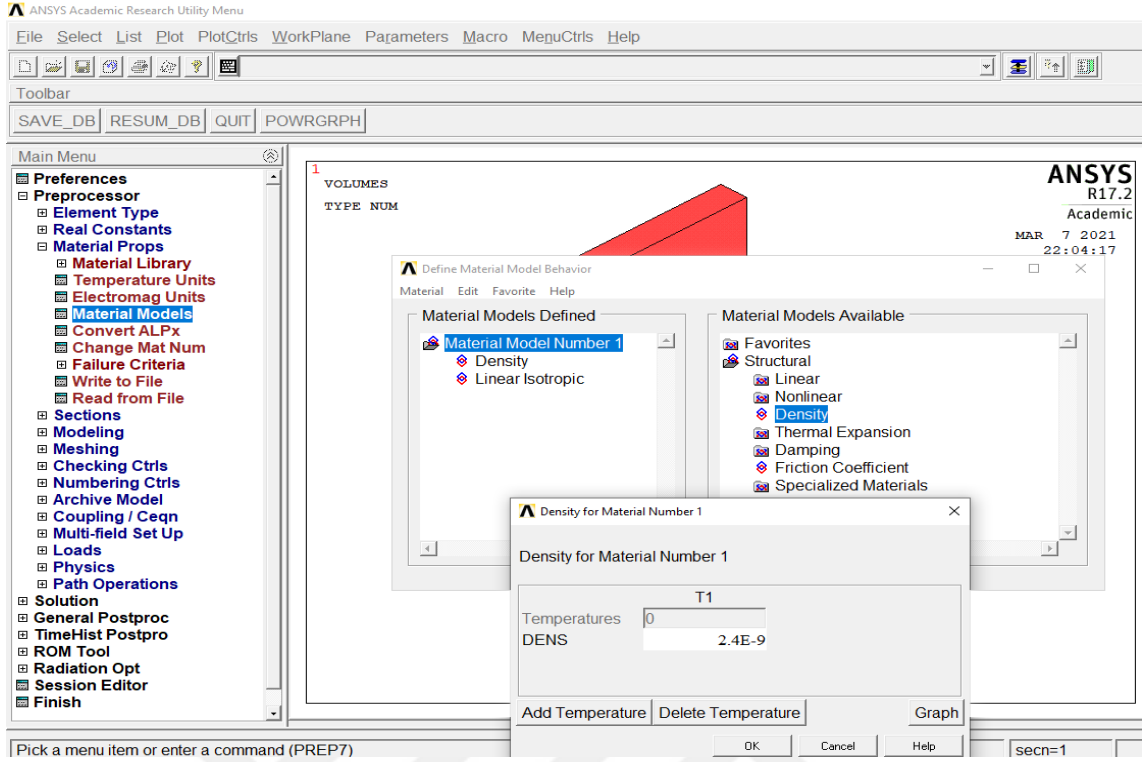


Şekil 5.138. PP₀D1 modelinin tanımlanmış elemanı

PPoD1 modelinin malzeme tanımının yapılması için ön-işlemci, malzeme destekleri, malzeme modelleri, seçeneğinden yapısal, doğrusal, elastik, izotropik eleman tanımlaması yapılmıştır. PPoC1 modelinden alınan elastisite modülü ve poisson oranı tanımlaması yapılmış ve tüm detaylarıyla Şekil 5.139’da gösterilmiştir. Malzeme birim ağırlığı girilmiş olup Şekil 5.140’ta gösterilmiştir.

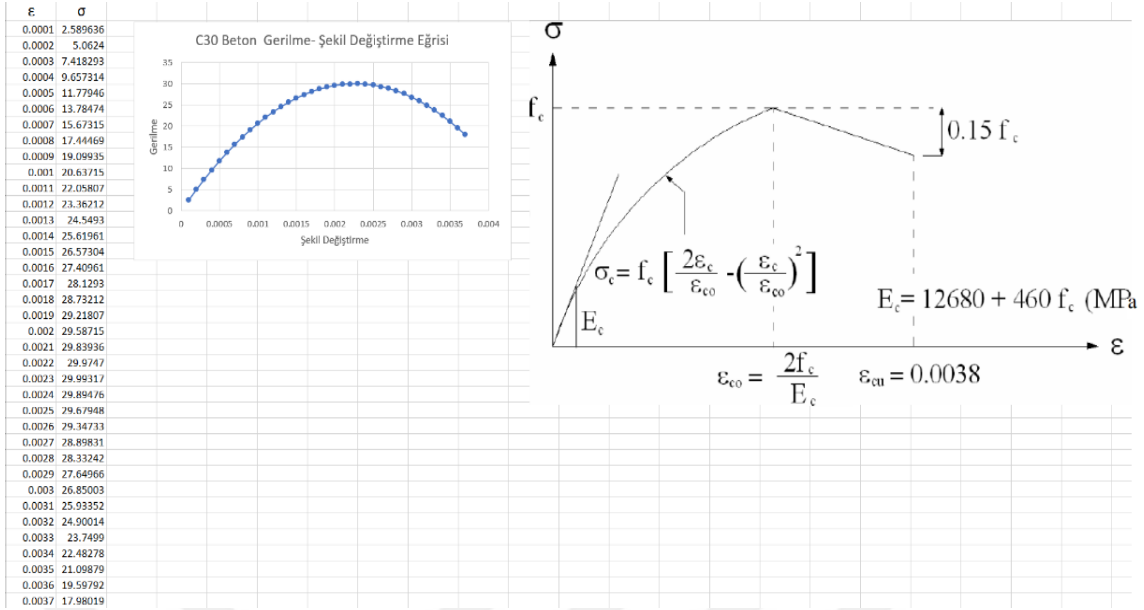


Şekil 5.139. PPoD1 modelinin malzeme ve özelliklerinin tanımlanması

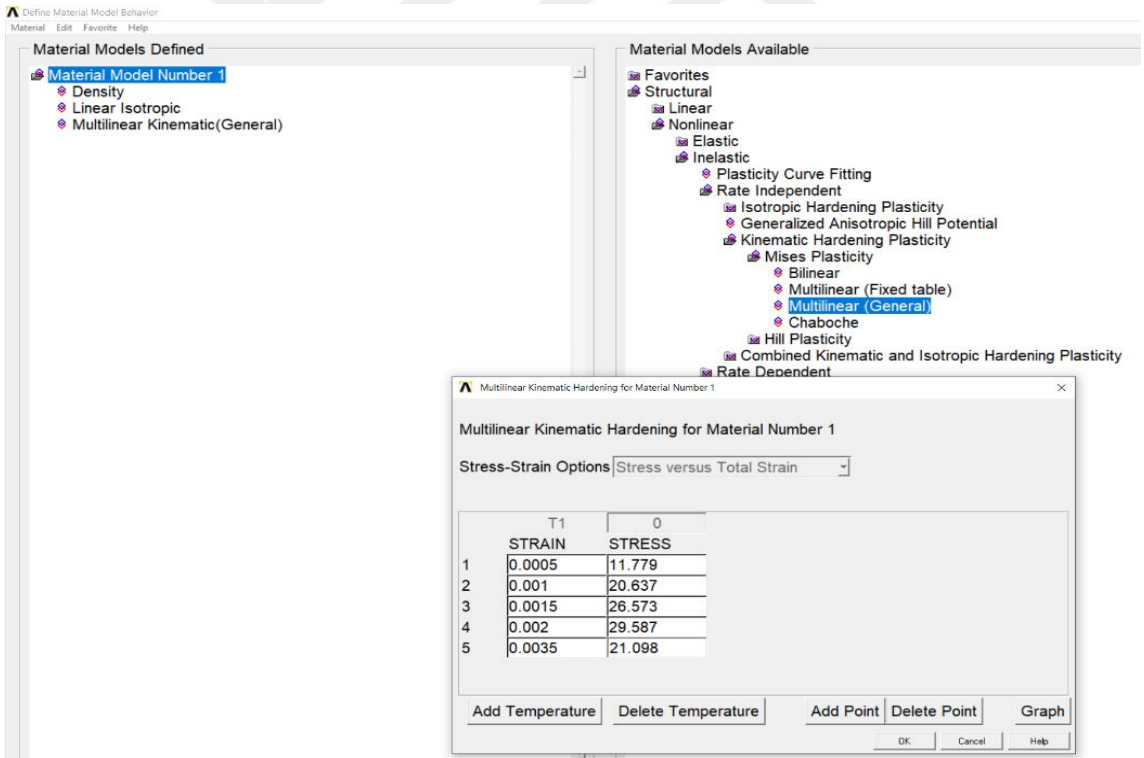


Şekil 5.140. PP_oD1 modelinin malzeme birim ağırlığının tanımlanması

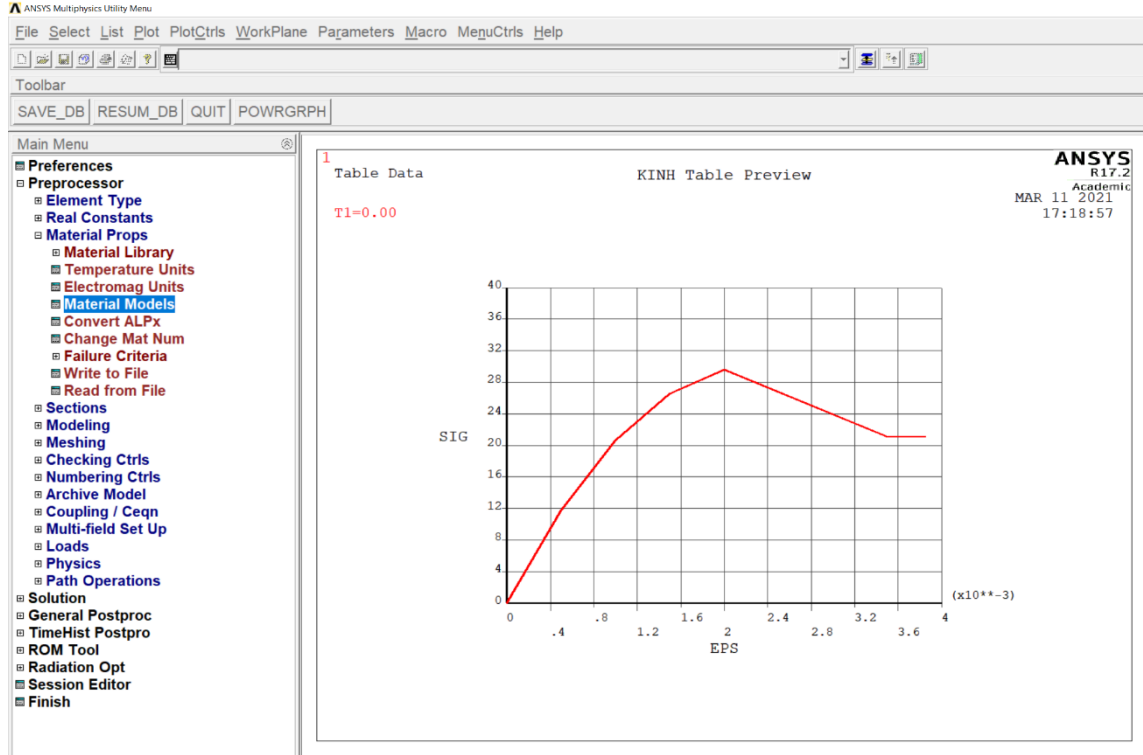
Betonun doğrusal olmayan malzeme davranışını tanımlayabilmek için Program D ortamında yapısal, doğrusal olmayan, elastik olmayan, bağımsız oran, çok doğrusal kinematik sertleşen plastiklik, mises plastiklik, çok doğrusal (genel), seçeneği kullanılmıştır. Bu seçenekten C30 sınıfı beton için Hognestad Modeline göre gerilme-şekil değiştirme eğrisi tanımlanmıştır. Bu tanımlanan eğrinin başlangıç eğimi C30 beton için tanımlanan doğrusal malzemenin elastisite modülüne eşit olmalıdır. Girilen değerlerin hesaplanması Şekil 5.141’de gösterilmiştir. Bu menüde ilgili değerler girilmesi Şekil 5.142’de gösterilmiştir. Değerler girildikten sonra grafik düğmesine basarak malzemenin gerilme-şekil değiştirme eğrisi ekrana getirilmiş ve Şekil 5.143’te gösterilmiştir (Altunışık , Günaydın, Genç, ve Okur, 2018).



Şekil 5.141. C30 beton sınıfı için gerilme-şekil değiştirme eğrisi

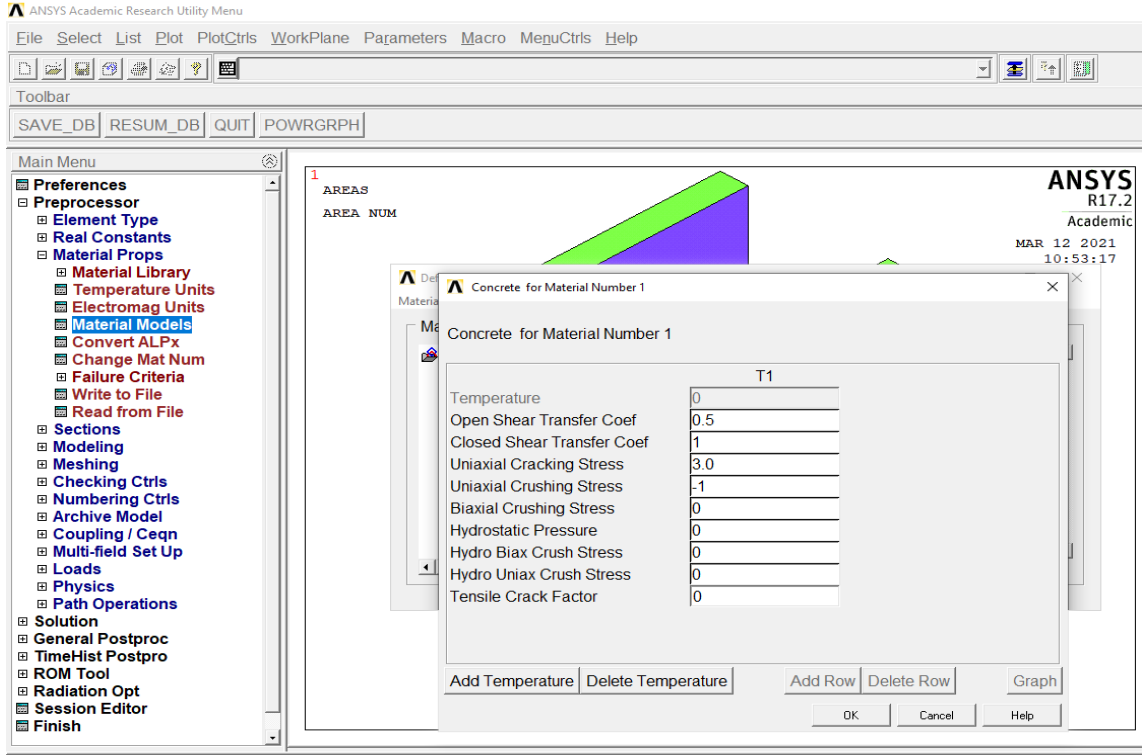


Şekil 5.142. PP₀D1 modeli solid65 malzemesine gerilme-şekil değiştirme verilerinin girişi



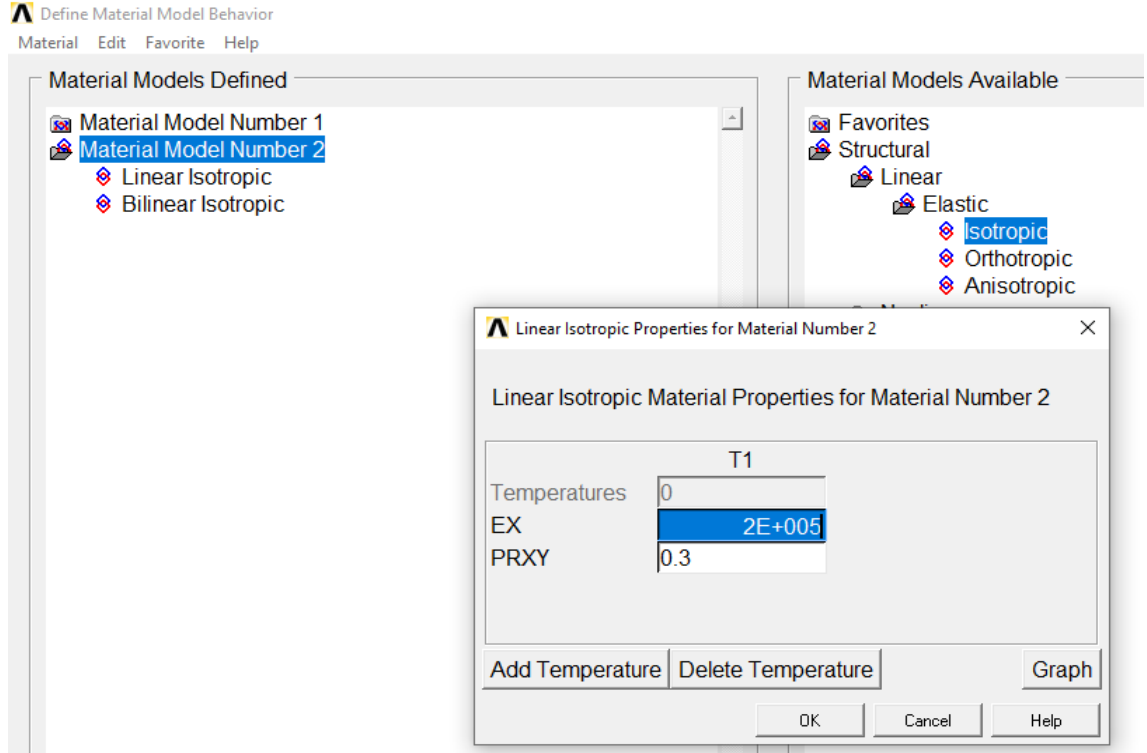
Şekil 5.143. PP₀D1 modeli beton gerilme-şekil değiştirme eğrisi

Betonun üç eksenli gerilme altında göçme yüzeyini tanımlamak için Program D Willam ve Wranke'nin geliştirdiği modeli kullanmaktadır. Bundan dolayı beton menüsü içerisinde betonda oluşan açık ve kapalı çatlaklarda oluşan kesme transfer katsayıları yakınsama problemlerinin oluşmaması için 1 olarak Program D'ye girişi yapılmıştır. Bunun anlamı çatlaklarda kayma gerilmelerinin tamamının aktarıldığının kabulünün varsayımının yapılmış olmasıdır. Betonun çekme dayanımının değeri yaklaşık bir değer olan maksimum basınç dayanımı olan 30 MPa'nın 1/10'u olan 3 MPa alınmıştır. Program D ortamında ezilme çatlağı modeli ile ilgili problemler olduğu ve ilgili değer -1 olarak girildiği Şekil 5.144'te tüm detaylarıyla gösterilmiştir (Susam, 2019).

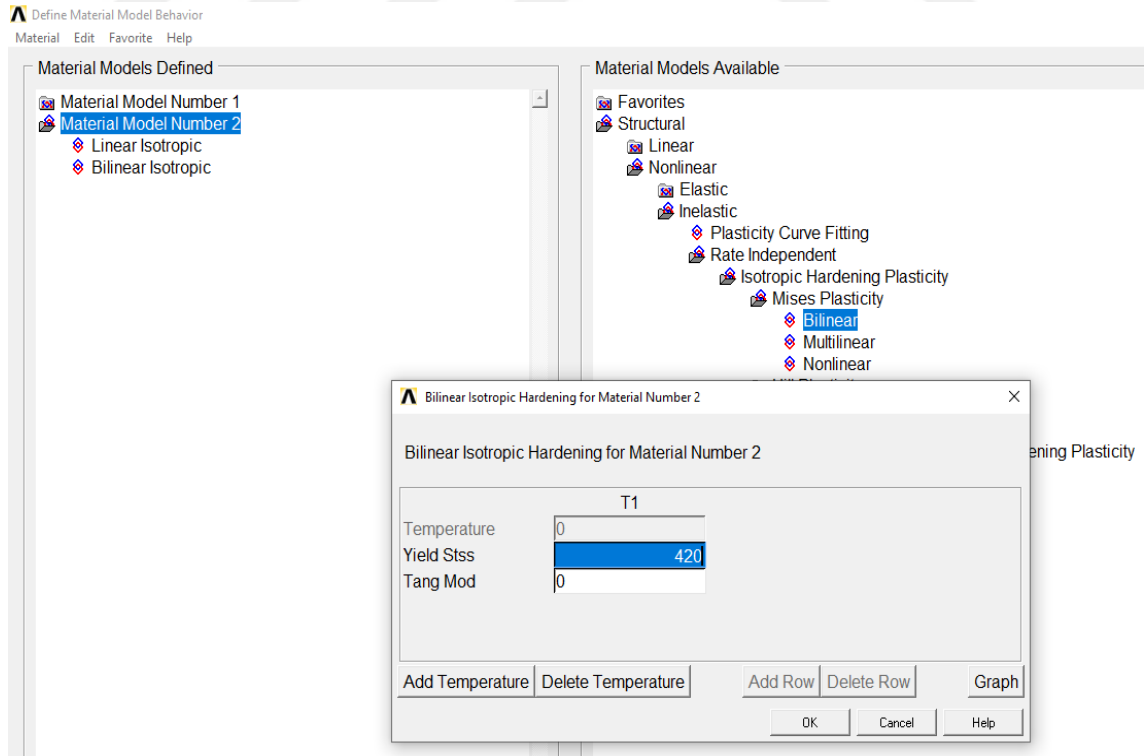


Şekil 5.144. PP₀D1 modeli betonun malzeme özelliklerinin girilmesi

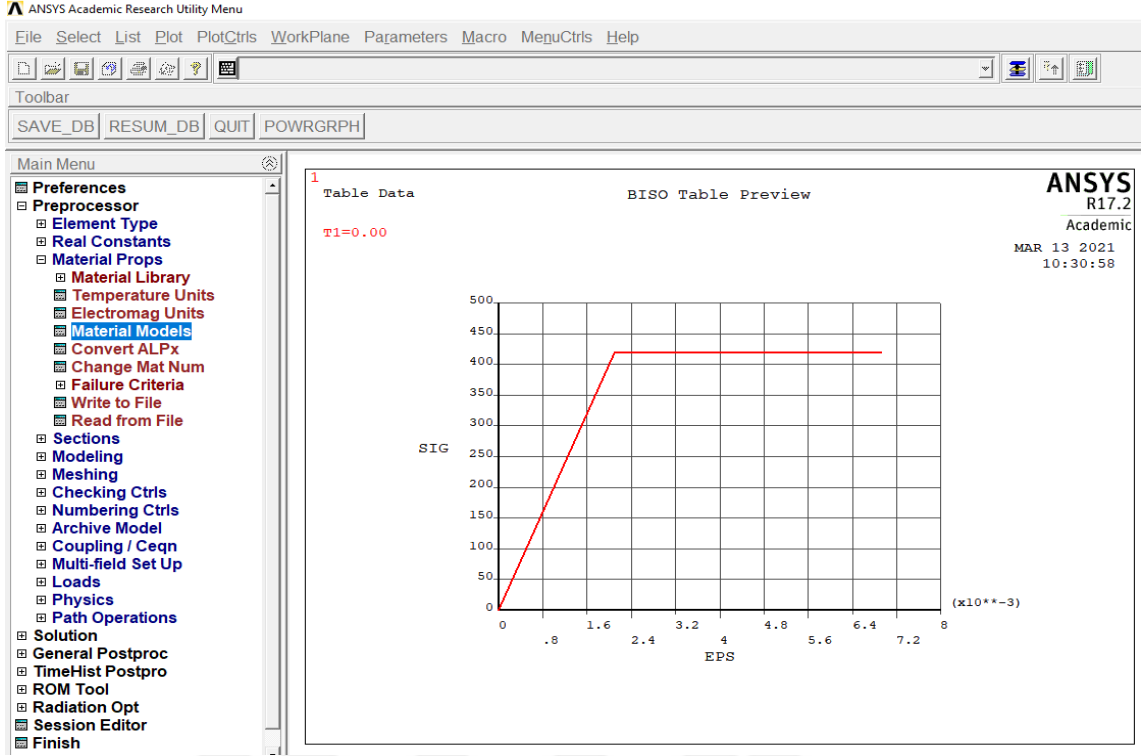
Program D’de betonarme çeliği ile ilgili malzeme ekleme menüsünden yeni malzeme tanımlanmıştır. Doğrusal elastik olan betonarme çeliğinin elastisite modülü ve poisson oranı değerlerinin tanımlanması Şekil 5.145’te gösterilmiştir. Çeliğin akma dayanımı olan 420 MPa değeri Şekil 5.146’da gösterilmiş ve malzemenin gerilme-şekil değiştirme eğrisi Şekil 5.147’de gösterilmiştir.



Şekil 5.145. PP₀D2 modeline yapı çeliğinin elastisite modülünün ve poisson oranının tanımlanması



Şekil 5.146. PP₀D2 modeline yapı çeliğinin akma dayanımının tanımlanması

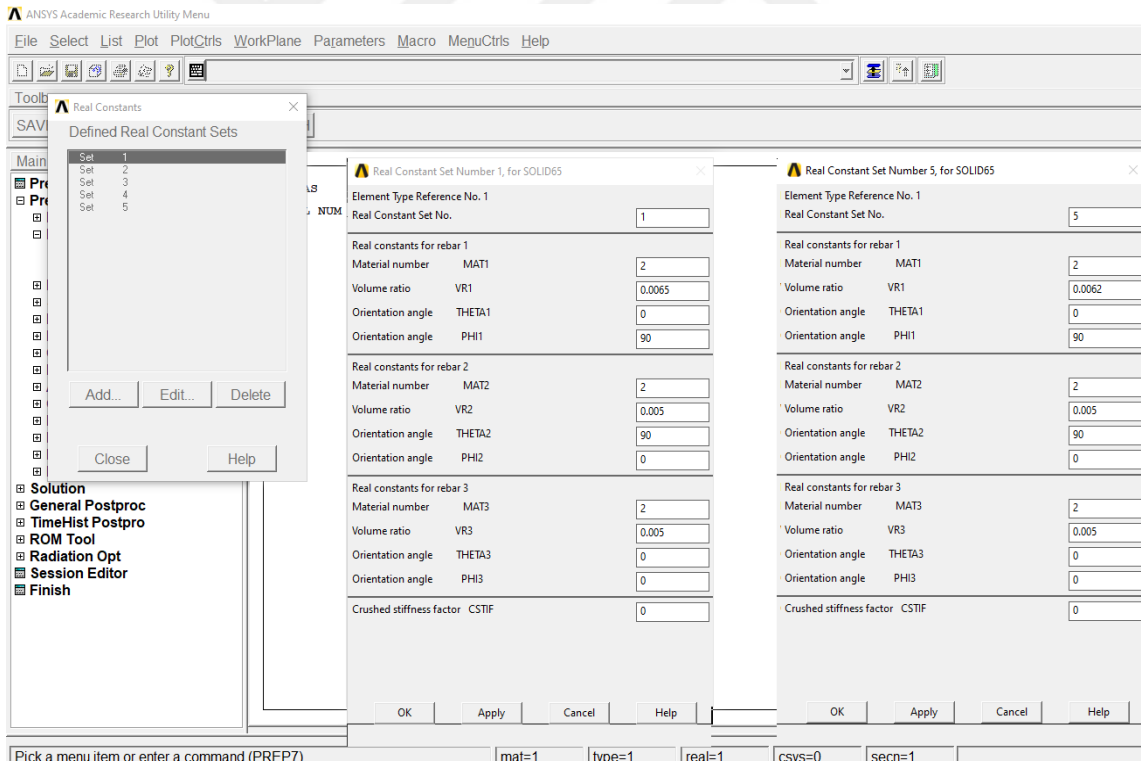


Şekil 5.147. PP₀D2 modelinde yapı çeliği gerilme-şekil değiştirme eğrisi

Donatı elemanı tanımlandıktan sonra donatı oranının girilmesi gerekmektedir. U-Perde elemanına donatı oranı smeared (yayılmış) model olarak girilecektir. Gerçek sabit menüsünden her kat seviyesi için U-perde elemanına PP₀A1 modelinden alınan donatı oranları değerleri girilmiştir. Donatı oranları Program D ortamına aktarılırken sol taraftaki gerçek sabit menüsünden açılan ekrandan her kat seviyesi için tanımlanan U-perde eleman için ayrı ayrı donatı oranları girilmiştir. Burada ilk olarak malzeme özelliği numaralandırılarak girilmiş daha sonrasında Program A'dan alınan donatı oranı değeri girilmiştir. Daha sonrasında θ (theta) açısı donatının x-y düzlemi ile yaptığı açığı ifade etmektedir. $\emptyset$ (phi) açısı ise donatının x eksenine ile yaptığı açığı ifade etmektedir. Boyuna donatı için θ açısı 0 derece $\emptyset$ 90 derece olarak girilmiştir. Çift kollu etriye için θ açısı 90 derece ve 0 derece olarak $\emptyset$ açısı ise 0 derece olarak Program D ortamına girilmiştir. Etriye aralığı sıkılaştırma bölgesi için 80 mm olarak alınmıştır. Bu donatı oranları Program A ortamında Şekil 5.148'de gösterilmiştir. Donatı oranlarının Program D'ye girilmesi Şekil 5.149'da gösterilmiştir.

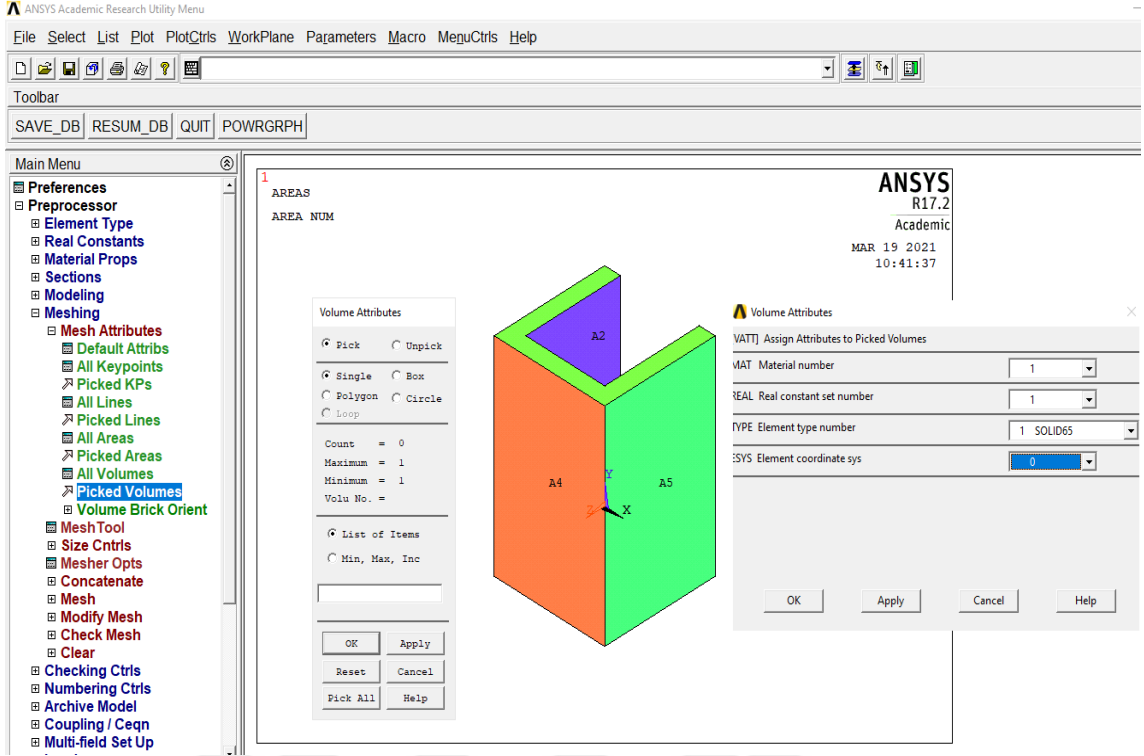
KOLON	DONATI	As/Ac
S508	30ø12+26ø14	=0.0062
S408	30ø12+26ø14	=0.0062
S308	30ø12+26ø14	=0.0062
S208	30ø12+26ø14	=0.0062
S108	22ø12+34ø14	=0.0065
DONATI : ø8/16/ [8] (etriye) 22ø12+34ø14		

Şekil 5.148. PP₀A1 modelinin boyuna ve yatay donatı oranları tablosu



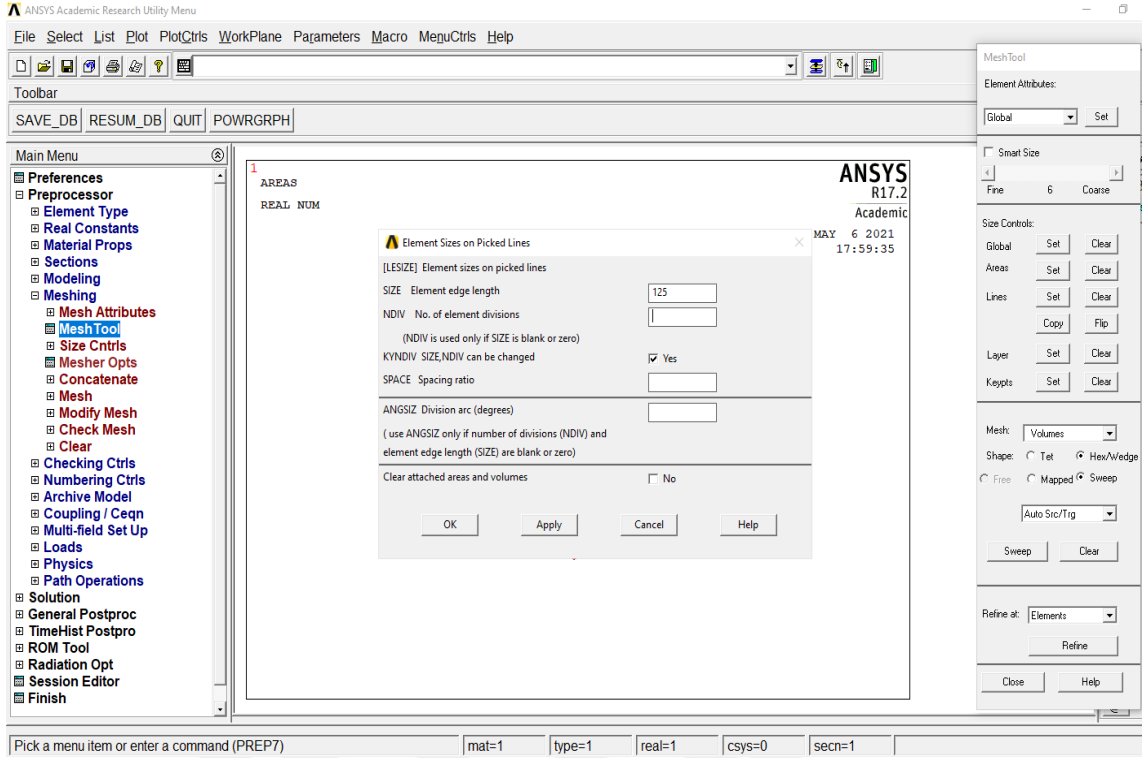
Şekil 5.149. PP₀D2 modeline dağılık yöntemle donatı oranlarının tanımlanması

İlk olarak belirleyici özellikleri elemana tanımla menüsünden ilgili donatı oranları her kat seviyesindeki perde elemanlara tanıtılmış ve Şekil 5.150’de gösterilmiştir.

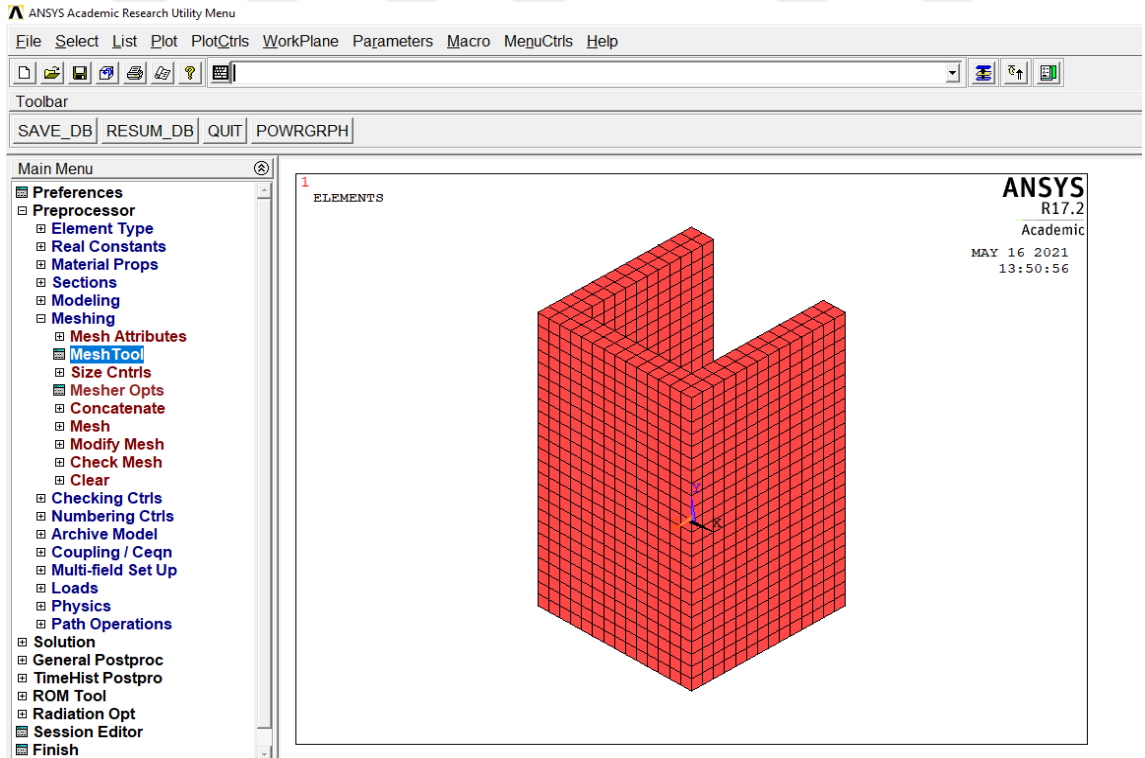


Şekil 5.150. PP₀D2 modelinde tanımlanan kesitlerin atanması

Model sonlu elemanlara bölünmüştür. Sonrasında sonlu elemanlara ayırma işlemi sonlu eleman tanımlama menüsünden çizgiler seçilerek sonlu eleman uzunlukları Program C ile benzer şekilde 125mm aralıklar ile yapılmış ve Şekil 5.151’de gösterilmiştir. Daha sonrasında hex/sweep seçeneği ile model sonlu elemanlara bölünerek Şekil 5.152’de gösterilmiştir.

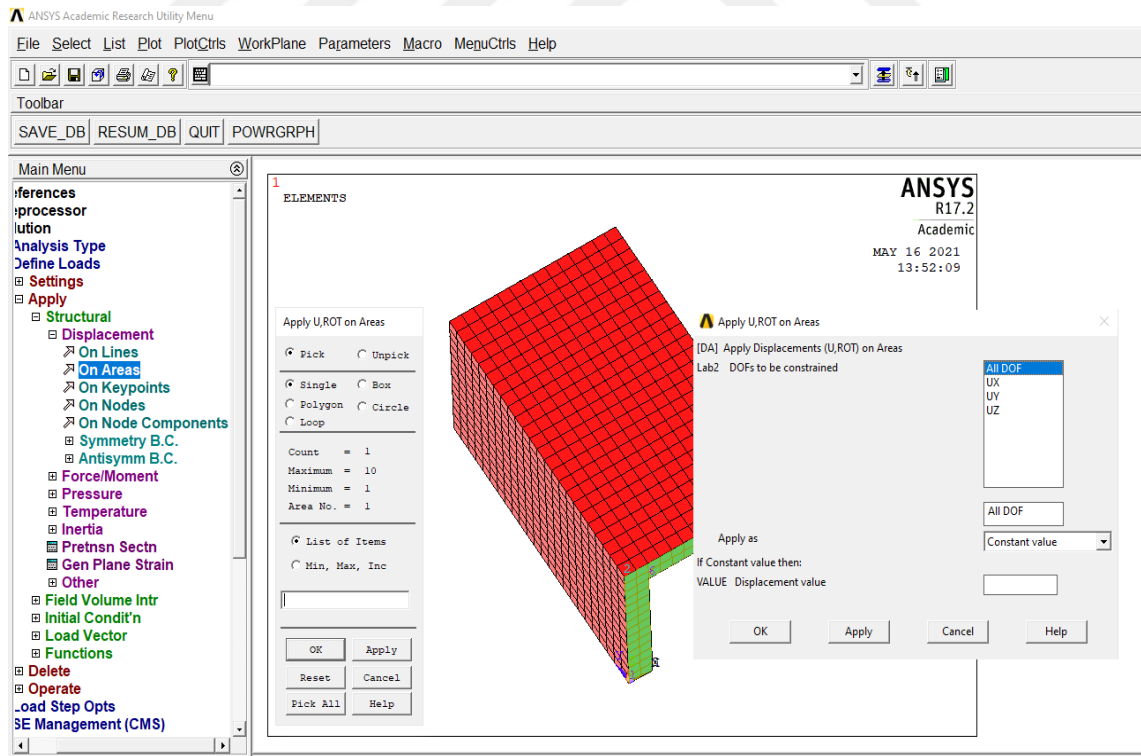


Şekil 5.151. PP_{OD1} modelinin sonlu elemanlara bölünmesi (mm)

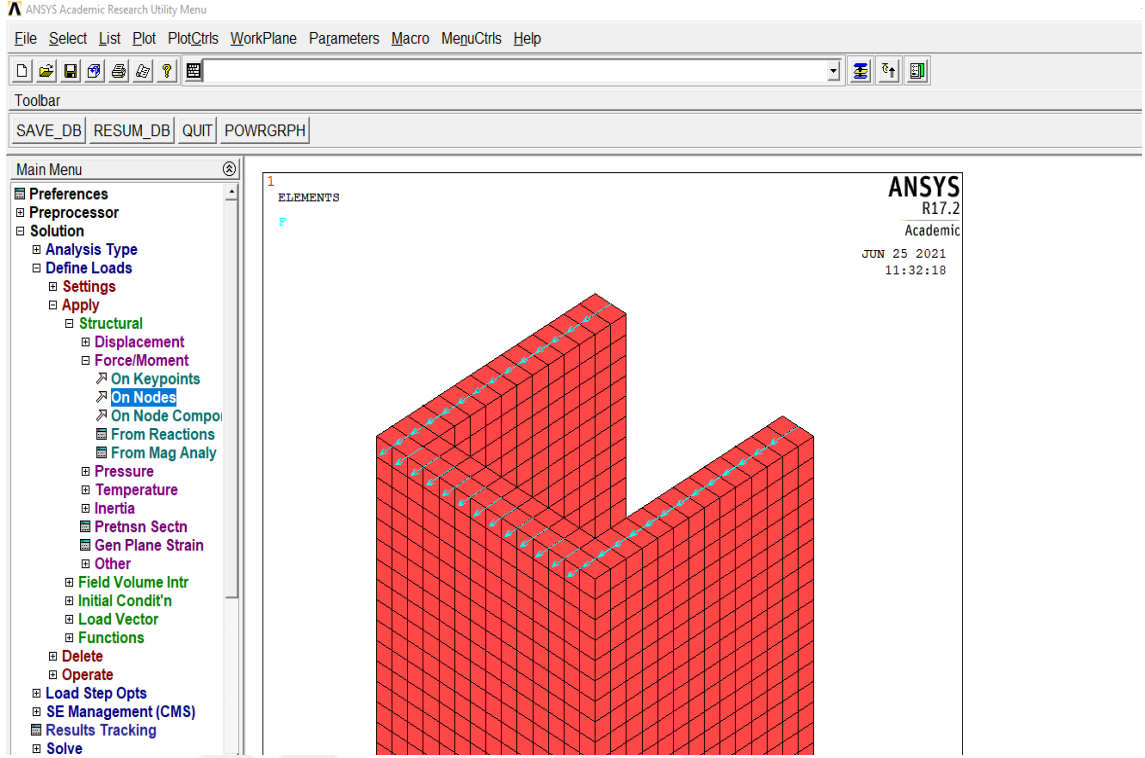


Şekil 5.152. PP_{OD1} modelinin sonlu elemanlara bölünmesi ve görünümü

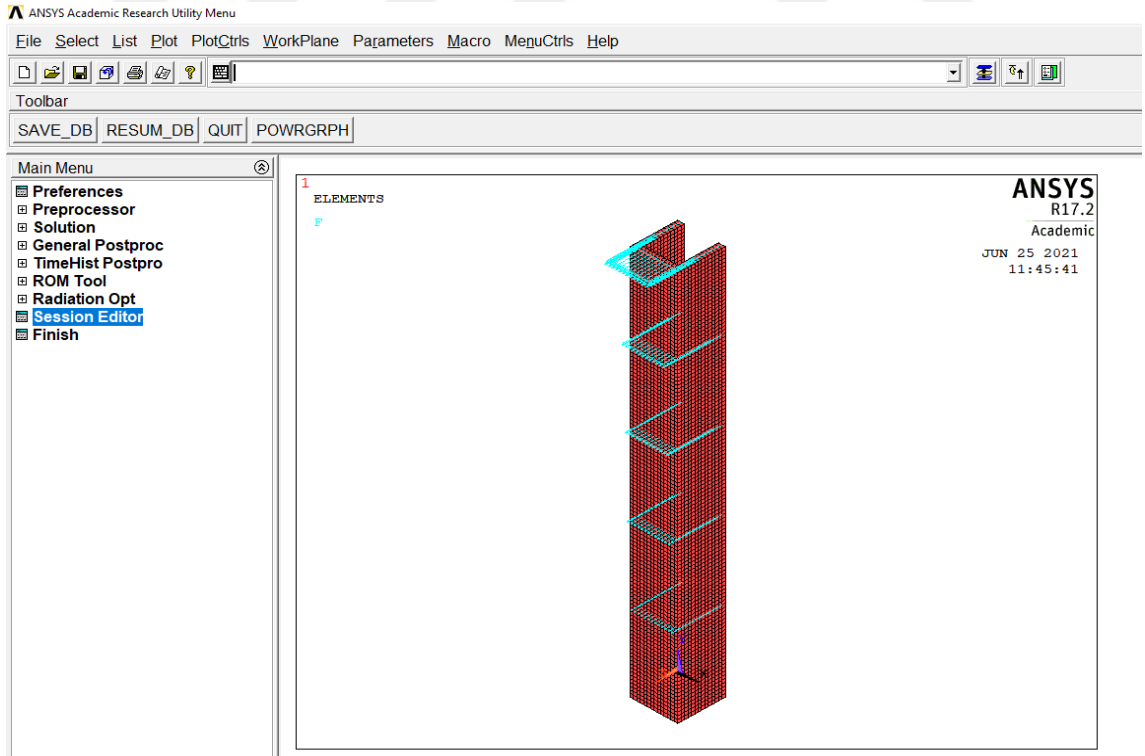
Daha sonrasında deplasman, alan seçeneğinden ankastre mesnet ataması yapılmış ve Şekil 5.153'te gösterilmiştir. PP₀C1 modelinden deprem yük verileri alınmış ve her kat için N birimine çevrilerek kuvvet ve moment yükleme seçeneğinden her kat seviyesinde bulunan 40 noktaya eşit bir şekilde Program C'deki yönleriyle yüklenmiş ve Şekil 5.154'te gösterilmiştir. Bu işlemler yapıldıktan sonra aynı yöntemlerle modellemeler üst katlar için yapılmış ve 5 katlı U-perde yapısı modellenmiştir. Modellenen bu yapı Şekil 5.155'te gösterilmiştir. Modellenen bu yapıya yük yükleme menüsünden eylemsizlik seçeneğinden yer çekimi menüsünden yer çekimi ivmesi tanımlanmış ve Şekil 5.156'da gösterilmiştir. Çözüm seçeneğinden sistemin analizi yapılmış fakat analiz sonucunda Program D doğrusal olmayan analizi de hesaplarına dahil etmiştir. Analiz sonuç ekranı Şekil 5.157'de gösterilmiştir. Program A, Program B ve Program C'de yapılan analizler doğrusal analizlerdir. Bundan dolayı Program D'deki malzeme tanımlarından doğrusal olmayan malzeme davranışları çıkartılmış ve Şekil 5.158'de gösterilmiştir.



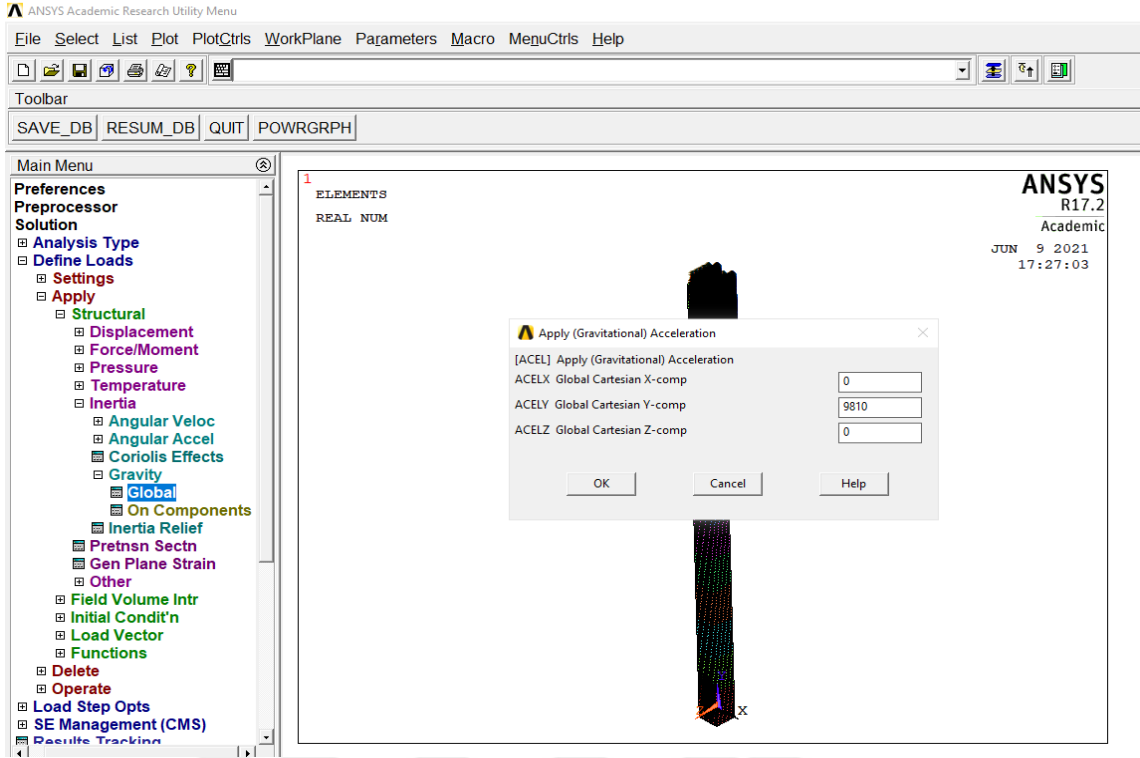
Şekil 5.153. PP₀D1 modeline ankastre mesnet atanması



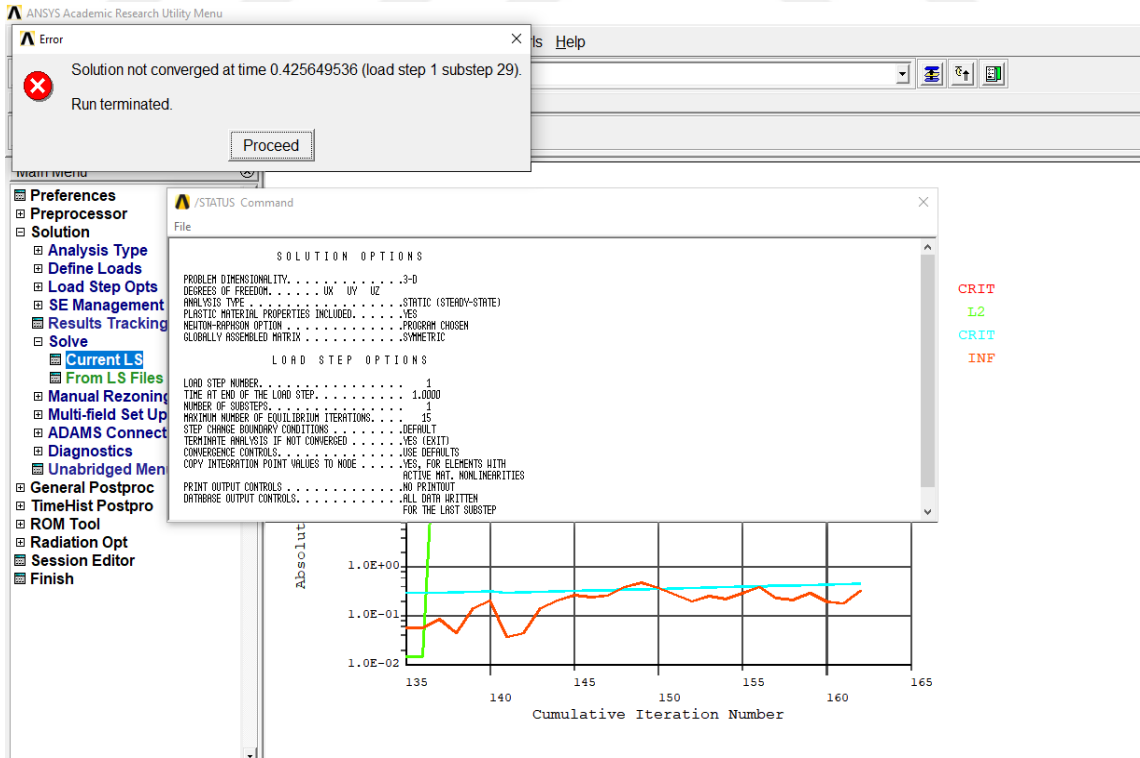
Şekil 5.154. PP_oD1 modeline deprem yüklerinin yüklenmesi



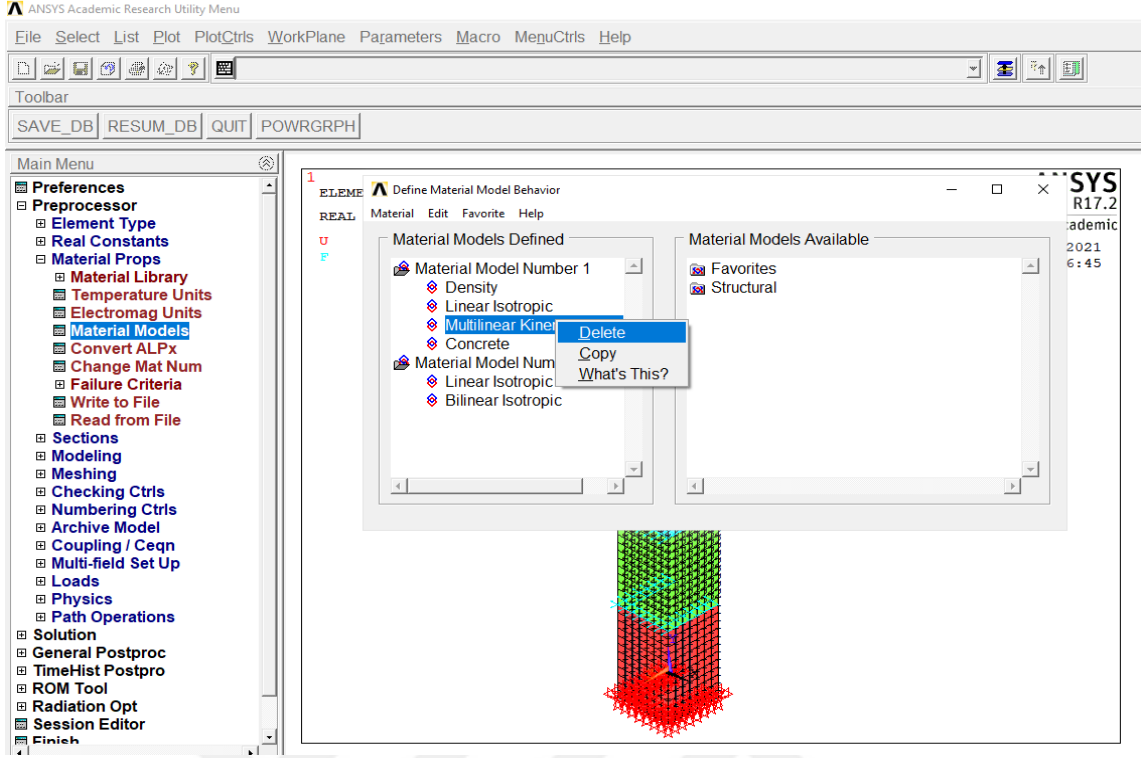
Şekil 5.155. PP_oD1 modeli 5 katlı u-perde modeli



Şekil 5.156. PP₀D1 modeline yerçekimi ivmesi girilmesi

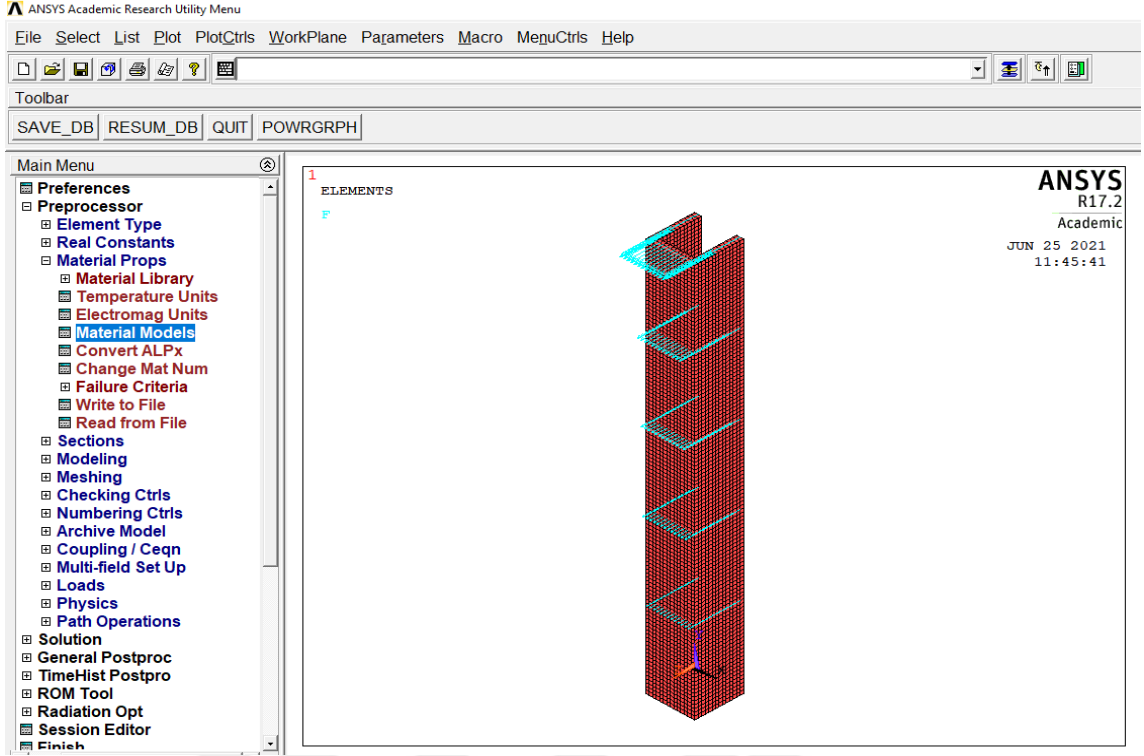


Şekil 5.157. PP₀D1 modeli analiz sonuç ekranı

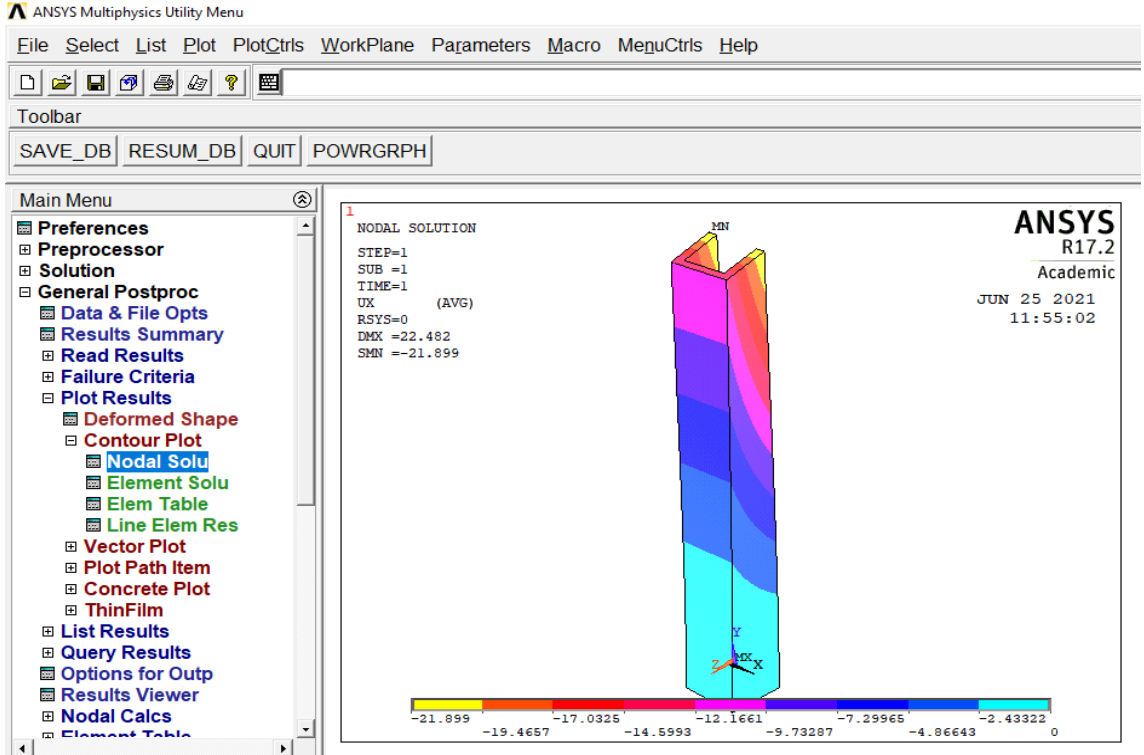


Şekil 5.158. PP_oD1 modeli doğrusal olmayan malzeme özelliklerinin silinmesi

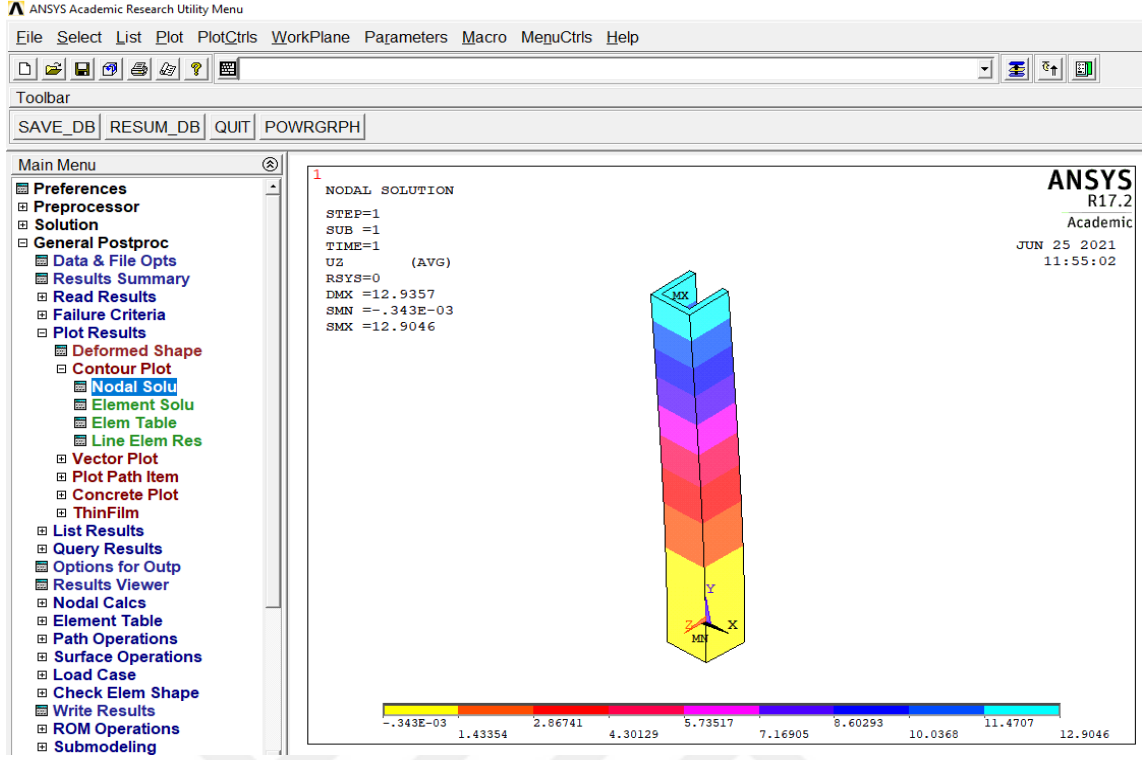
Betonun çoklu doğrusal malzeme davranışı beton davranışı altındaki doğrusal olmayan özellikleri çıkartılmıştır. Çelik eleman için girilen çift doğrusal izotropik davranışı malzeme modelinden çıkartılmıştır. Model tekrardan oluşturulmuş ve 3 boyutlu görünümü Şekil 5.159’da gösterilmiştir. Bu model analizi yapıldıktan sonra aynı deprem yükleriyle yüklenen PP_oC1 modeliyle karşılaştırılmıştır. Öncelikle tepe deplasman değerlerinin karşılaştırılması yapılmış ve sonuçlar birbirine yakın çıkmıştır. PP_oD1 modelinin x yönü deplasman analiz sonuçları Şekil 5.160’ta gösterilmiştir. PP_oD1 modelinin y yönü deplasman analiz sonuçları Şekil 5.161’de gösterilmiştir. PP_oC1 modelinin x yönü deplasman analiz sonuçları Şekil 5.162’de gösterilmiştir. PP_oC1 modelinin y yönü deplasman analiz sonuçları Şekil 5.163’te gösterilmiştir.



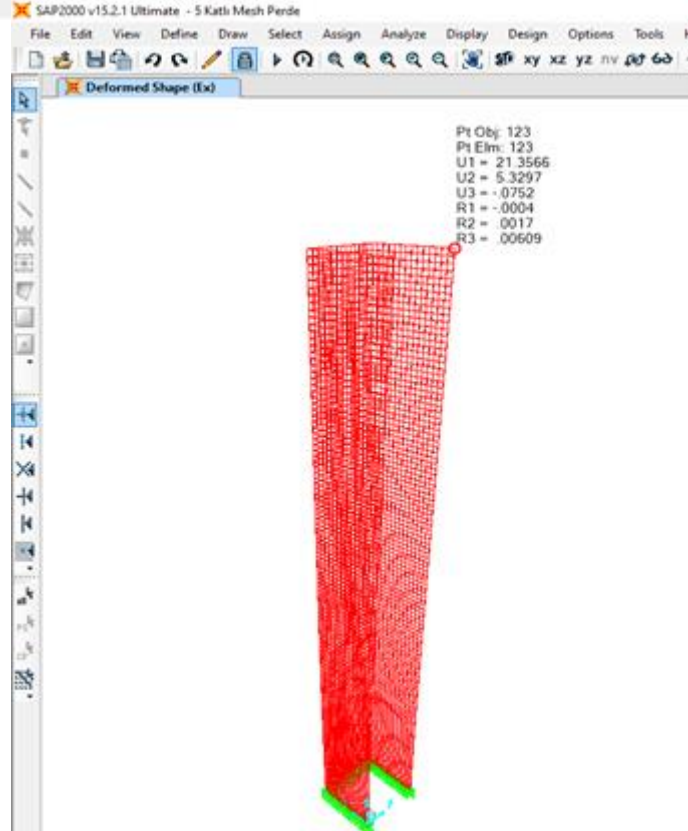
Şekil 5.159. PPoD1 modelinin nihai modelinin üç boyutlu görünümü



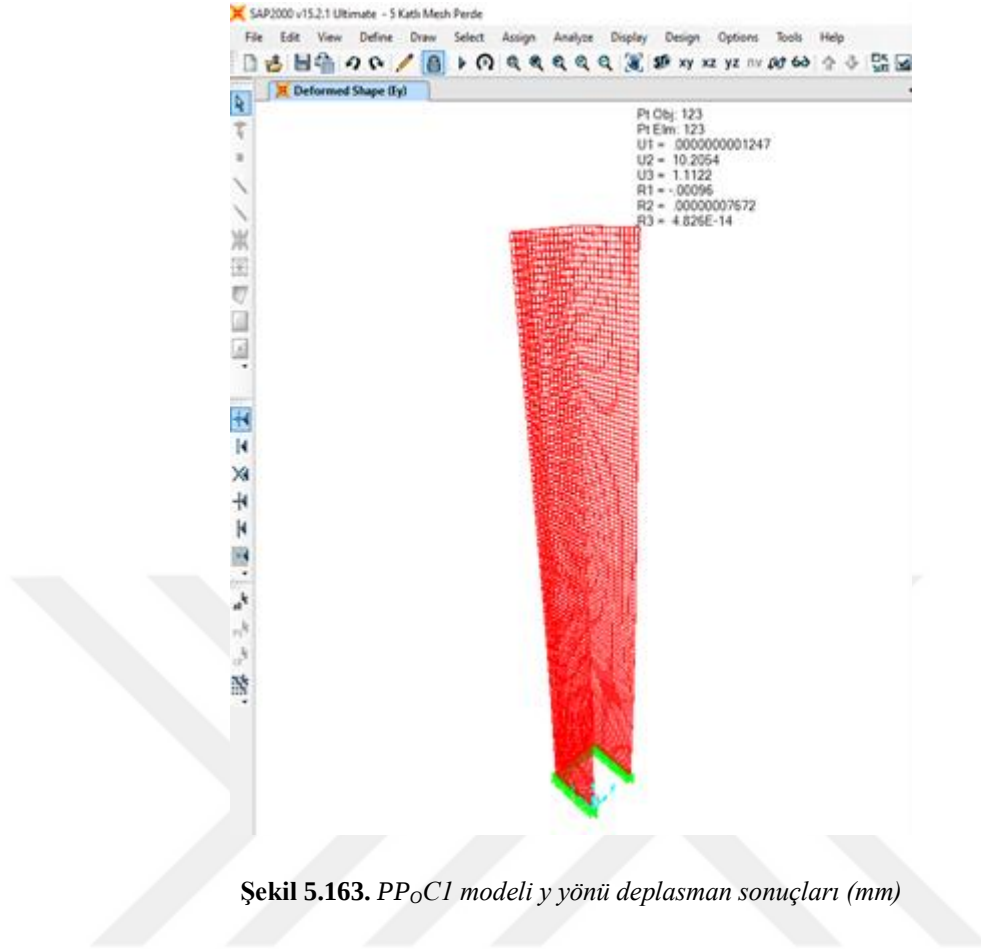
Şekil 5.160. PPoD1 modelinin x yönü deplasman sonuçları (mm)



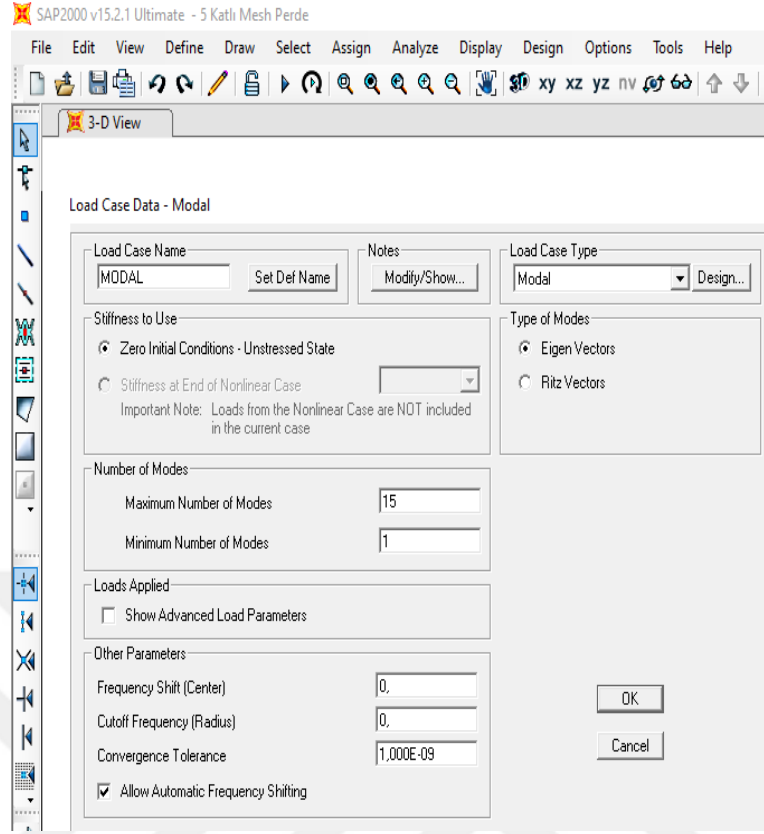
Şekil 5.161. PP_{0D1} modelinin y yönü deplasman sonuçları (mm)



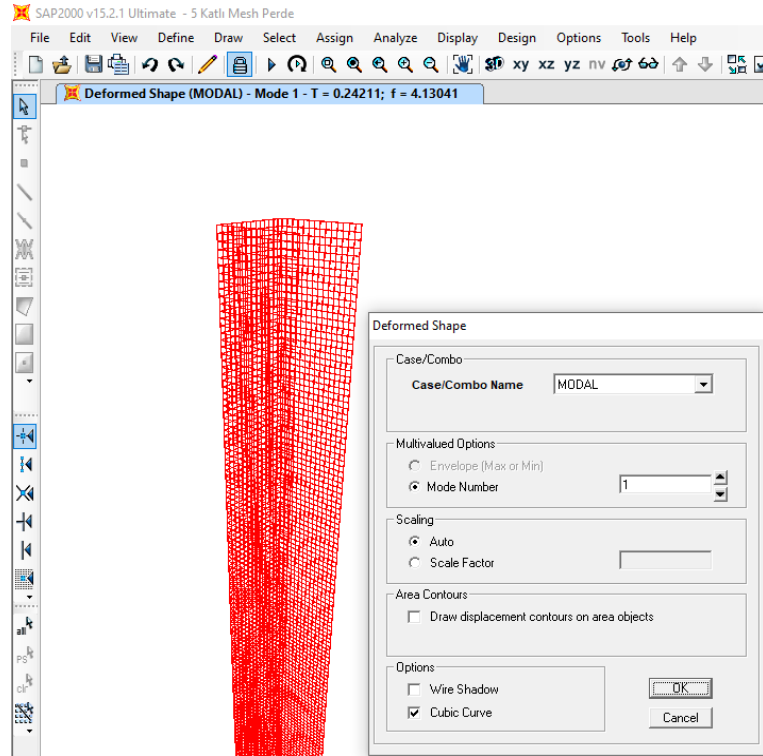
Şekil 5.162. PP_{0C1} modeli x yönü deplasman sonuçları (mm)



Deplasman sonuçları her iki programdaki aynı modelleme için yakın sonuçlar vermektedir. Donatılı model için deplasman azalması gözlenmektedir. PP_oC1 ve PP_oD1 modelleri için modal analizler yapılmıştır. Öncelikle Program C ortamında mod sayısı 15'e çıkartılmıştır. Bu işlem Şekil 5.164'te gösterilmiştir. PP_oC1 modelinin modal analizi yapılmış ve 5 katlı model için periyot sonuçları Şekil 5.165'te gösterilmiştir.

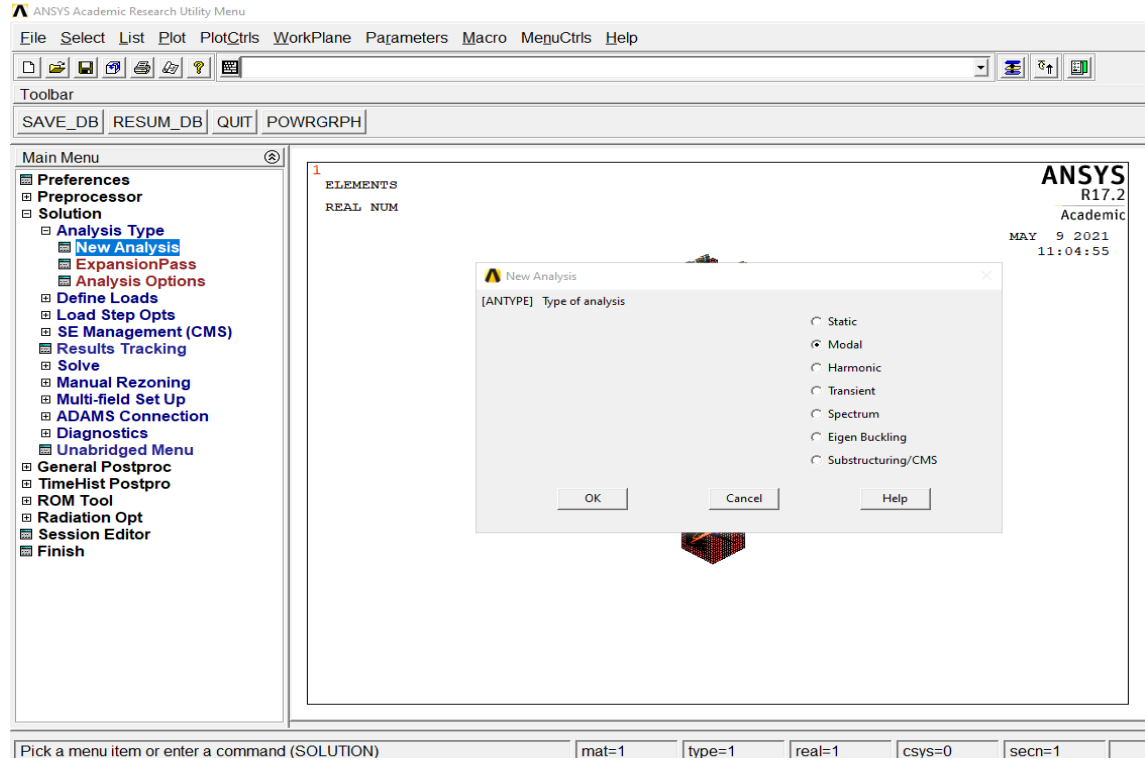


Şekil 5.164. PPoC1 modeline mod sayılarının girilmesi

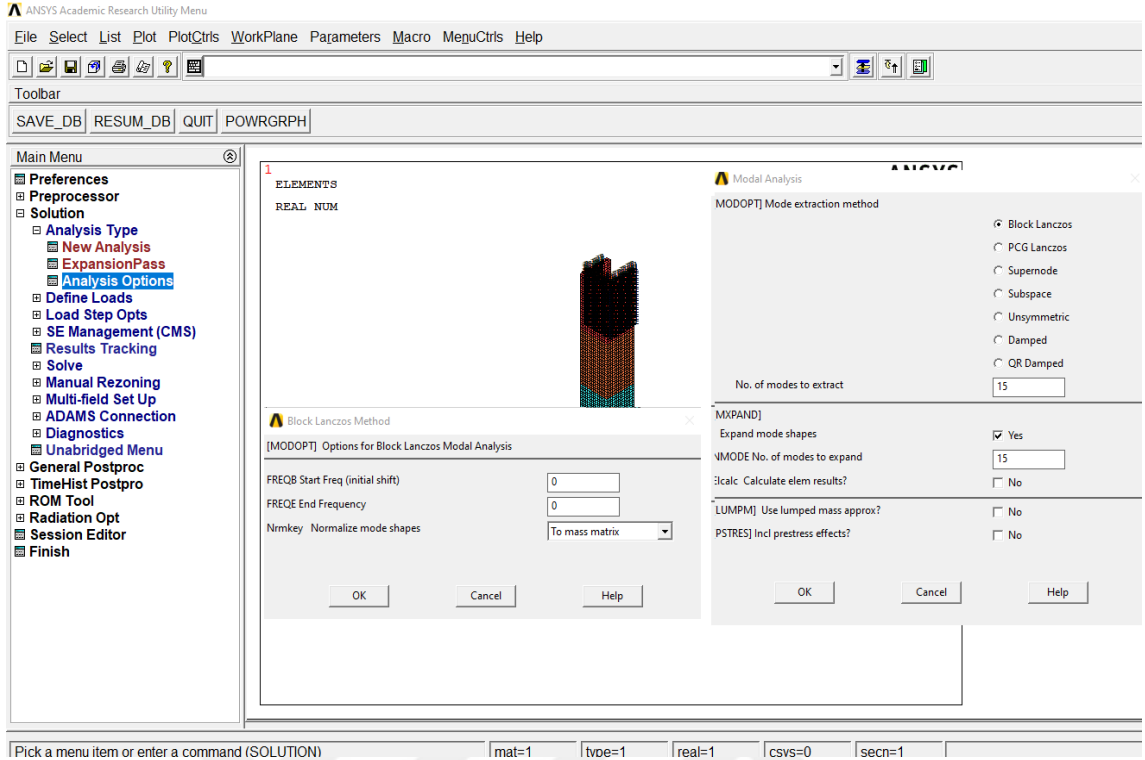


Şekil 5.165. PPoC1 modeli modal analiz sonuçları

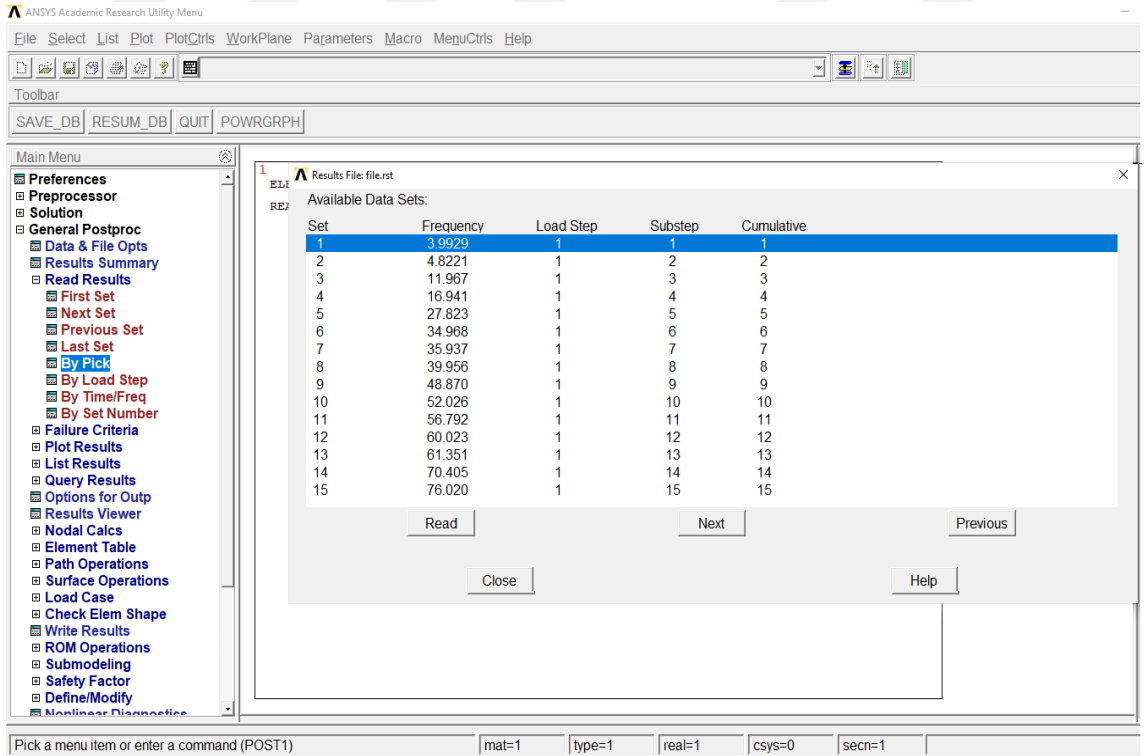
PPoD1 modeli içinde ilk olarak analiz tipinde modal analiz seçilmiş ve Şekil 5.166'da gösterilmiştir. Daha sonrasında mod sayıları 15 olarak Program D ortamına girilmiş ve Şekil 5.167'de detaylı olarak gösterilmiştir. PPoD1 modelinin modal analizi yapılarak frekans değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Şekil 5.168'de gösterilmiştir. Bu değerlerin çarpma işlemlerine göre tersi elde edilerek periyot değerleri elde edilmiştir.



Şekil 5.166. PPoD1 modelinin modal analizinin yapılması

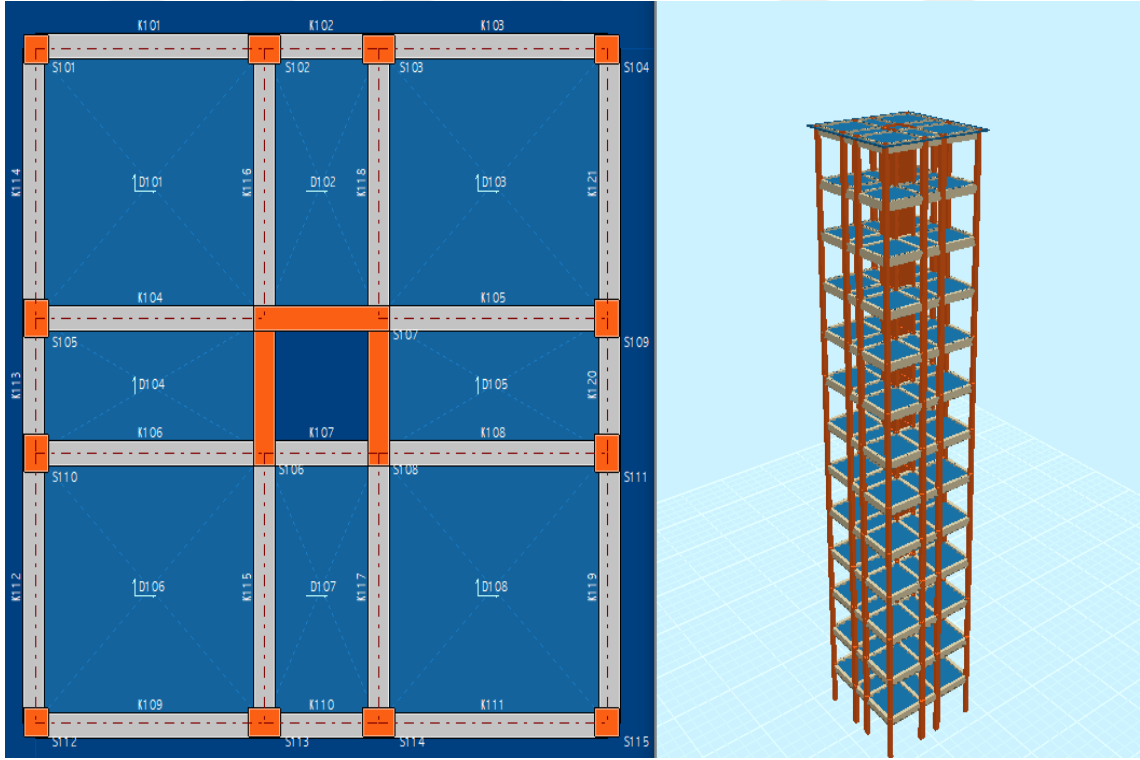


Şekil 5.167. PP₀D1 modelinde mod sayılarının belirlenmesi

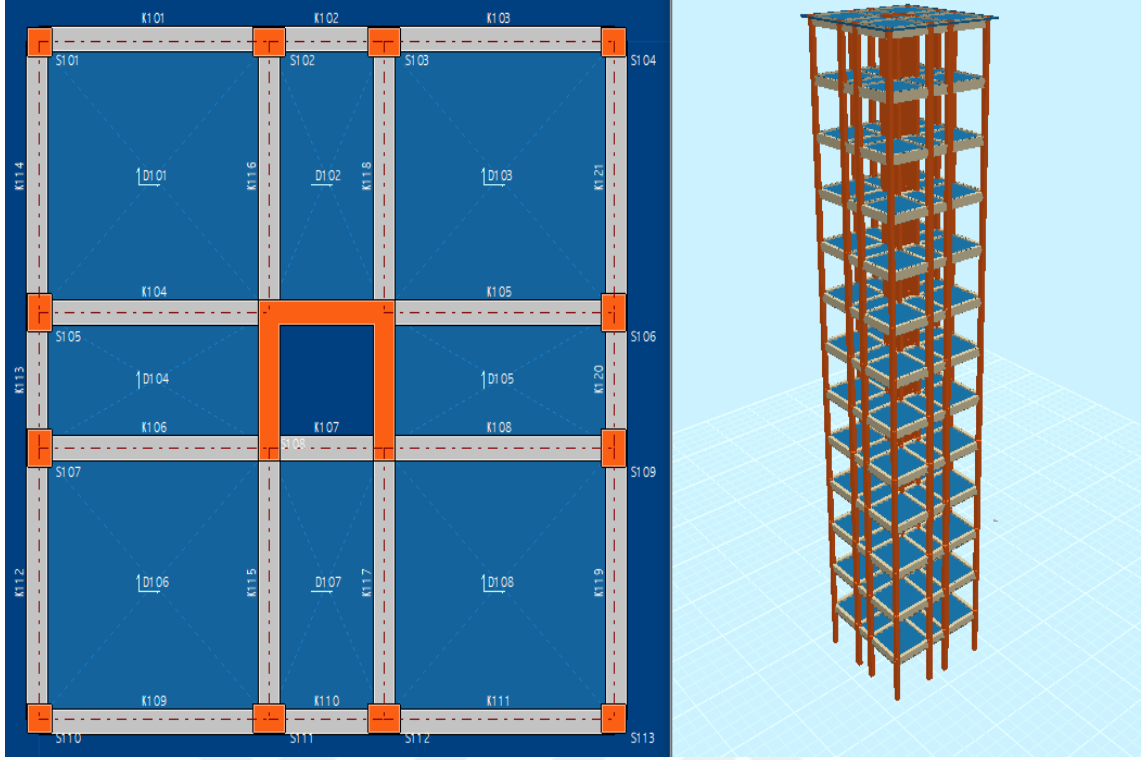


Şekil 5.168. PP₀D1 modelinin frekans değerleri

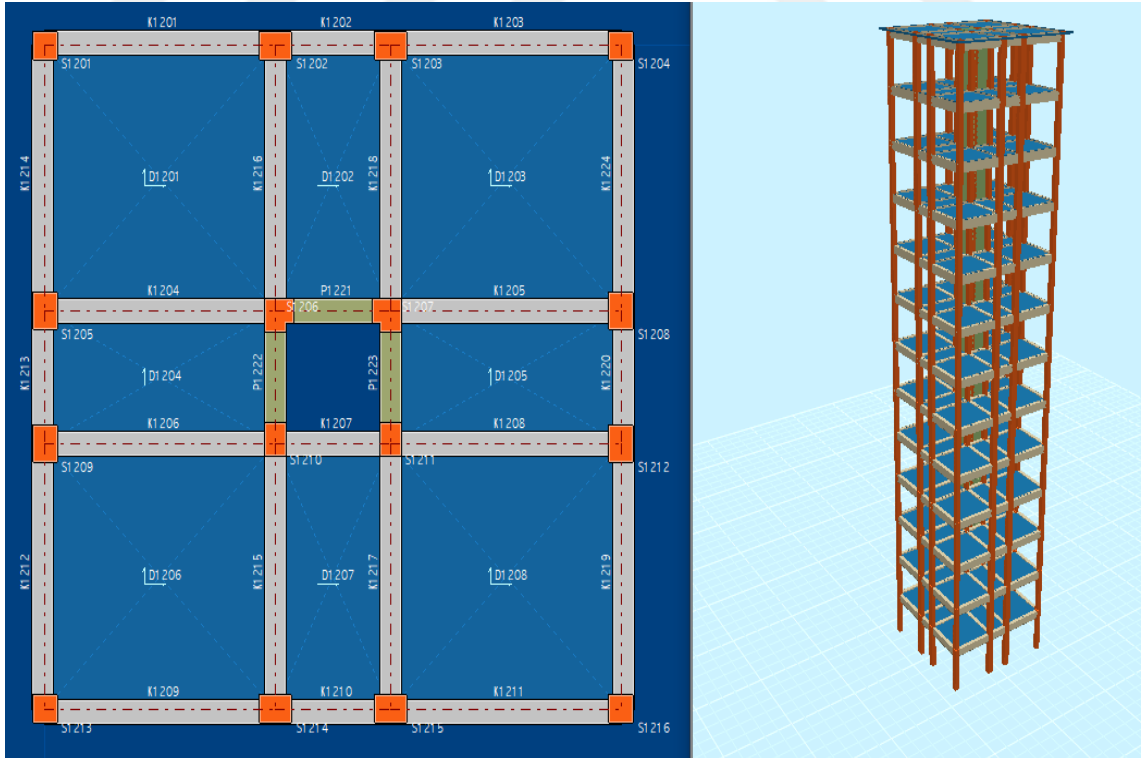
Bu modellerin arasındaki analiz sonuçlarının karşılaştırılmasına 6.bölümde tüm detaylarıyla yer verilecektir. Program A, Program B ve Program C’de oluşturulan 5 katlı yapı modelleri birer kat sayısı arttırılarak ardışık şekilde 13 kata kadar modellenmiştir. Program D’deki u-perde modelinin de bu modellere göre kat sayısı arttırılmıştır. Tüm bu modellemeler için 4 programda yapılan doğrusal analizler sonucunda modellerin analiz sonuçlarının karşılaştırılmasına bu çalışmanın 6.bölümünde detaylı bir şekilde yer verilmiştir. Program A’da oluşturulan PP_DA1 modelinin 13 katlı yapının görünümü Şekil 5.169’da gösterilmiştir. Program A’da oluşturulan PP_OA1 modelinin 13 katlı yapının görünümü Şekil 5.170’te gösterilmiştir. Program A’da oluşturulan PP_AA1 modelinin 13 katlı yapının görünümü Şekil 5.171’de gösterilmiştir. Program B’de oluşturulan PP_DB1 modelinin 13 katlı yapının görünümü Şekil 5.172’de gösterilmiştir. Program B’de oluşturulan PP_OC1 modelinin 13 katlı yapının görünümü Şekil 5.173’te gösterilmiştir. Program C’de oluşturulan PP_OC1 modelinin 13 katlı yapının görünümü Şekil 5.174’te gösterilmiştir. Program C’de oluşturulan PP_OC2 modelinin 13 katlı yapının görünümü Şekil 5.175’te gösterilmiştir.



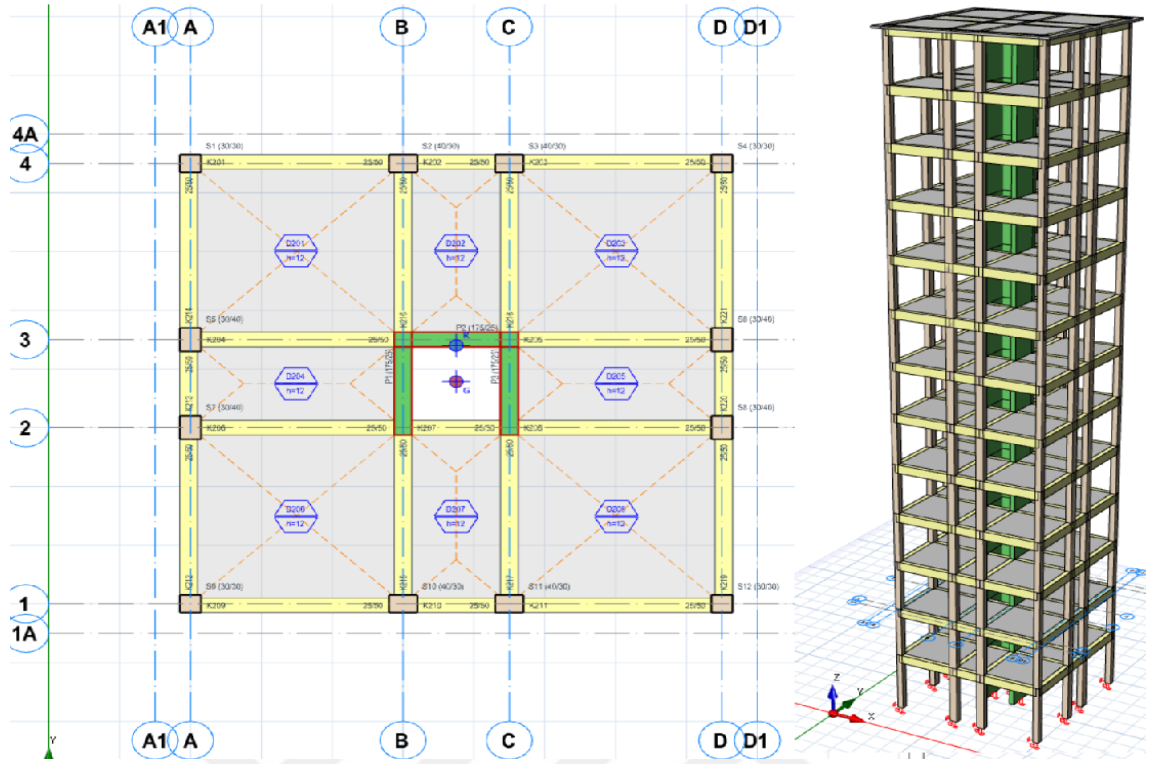
Şekil 5.169. PP_DA1 modelinin 13 katlı yapısının planı ve dış görünümü



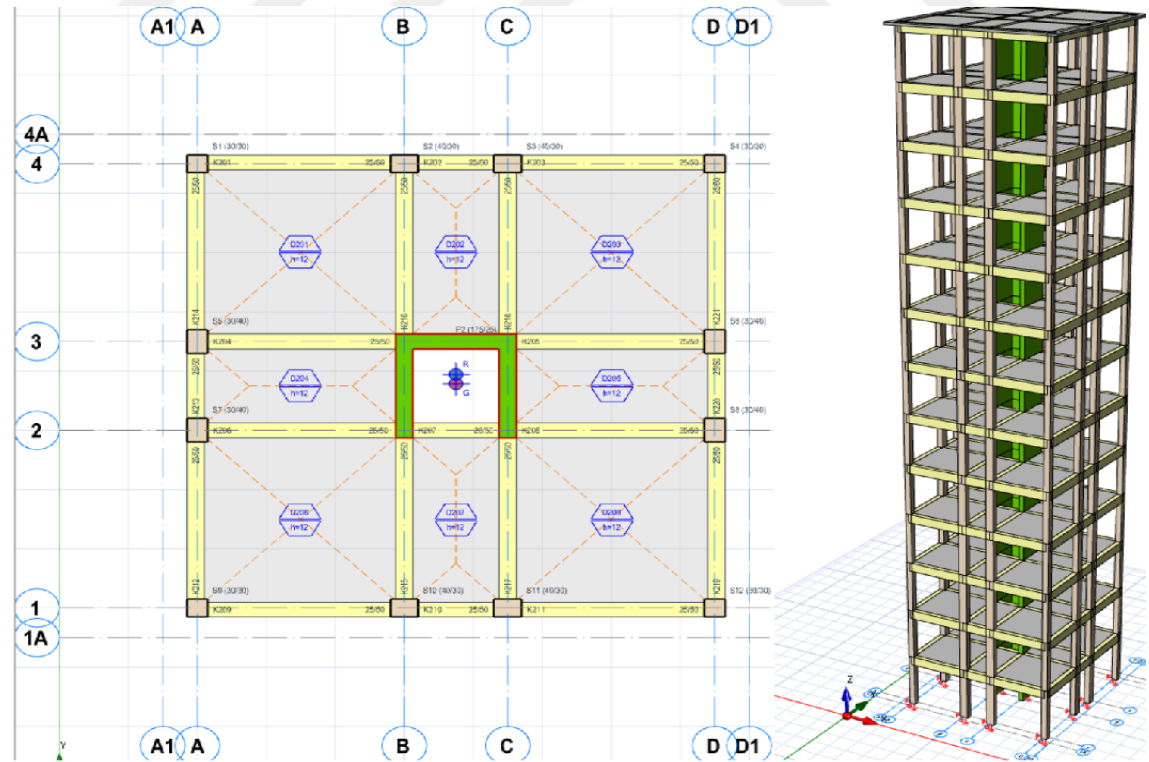
Şekil 5.170. PP_oA1 modelinin 13 katlı yapısının planı ve dış görünümü



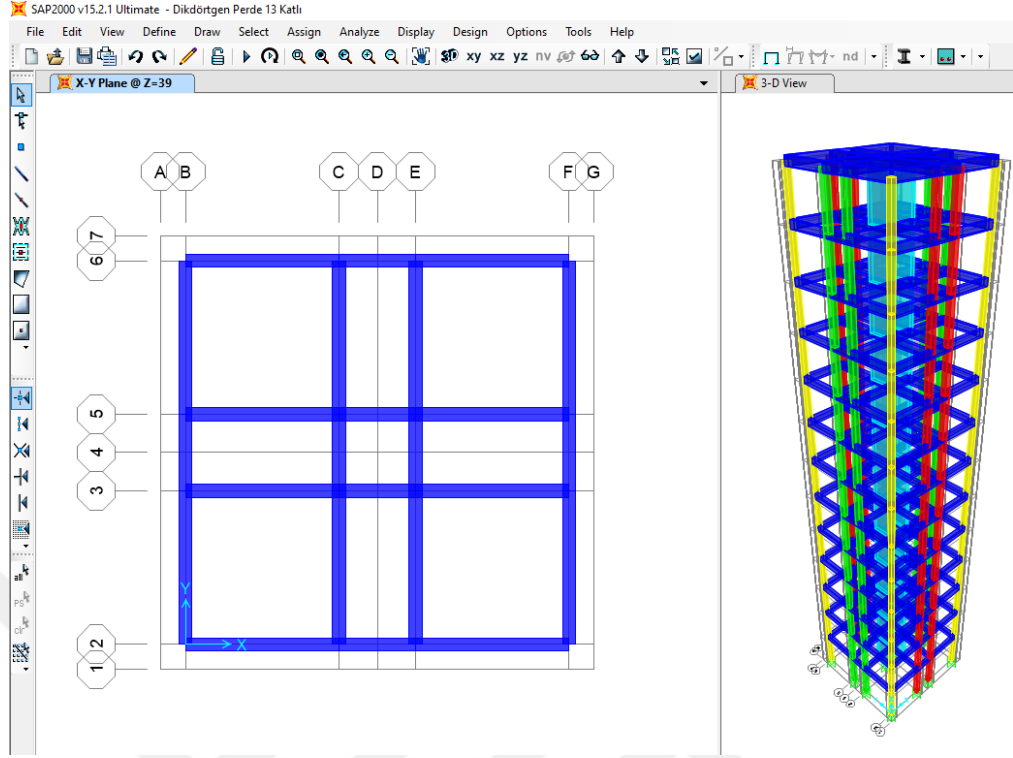
Şekil 5.171. PP_AA1 modelinin 13 katlı yapısının planı ve dış görünümü



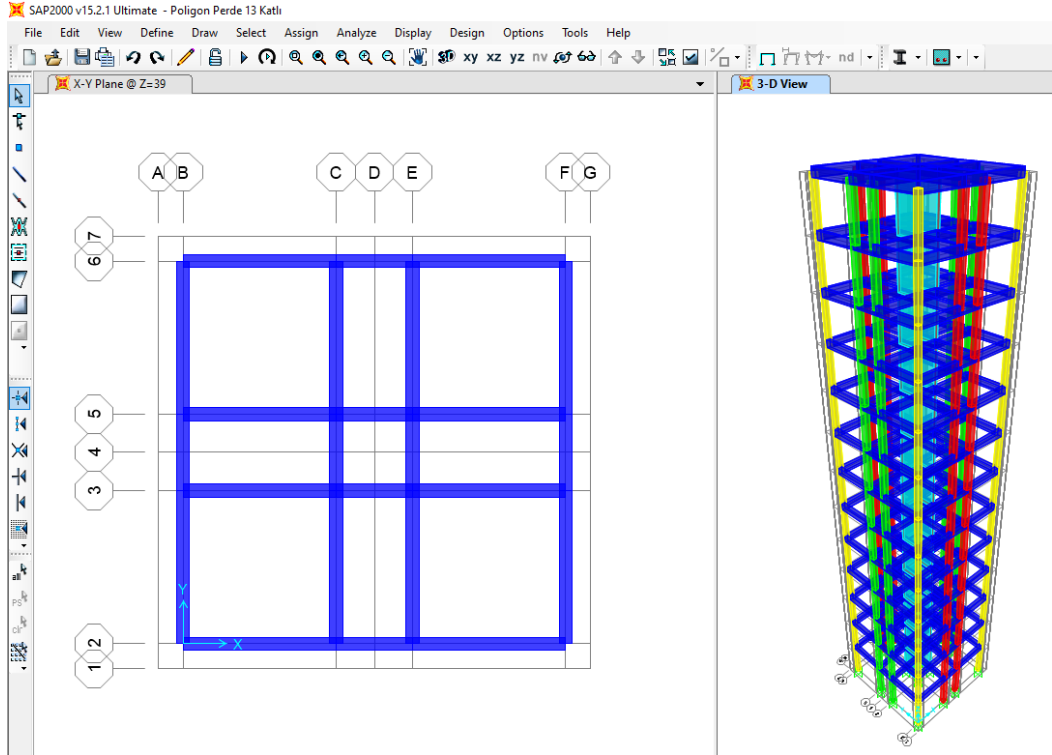
Şekil 5.172. PP_DB1 modelinin 13 katlı yapısının planı ve dış görünümü



Şekil 5.173. PP_OB1 modelinin 13 katlı yapısının planı ve dış görünümü



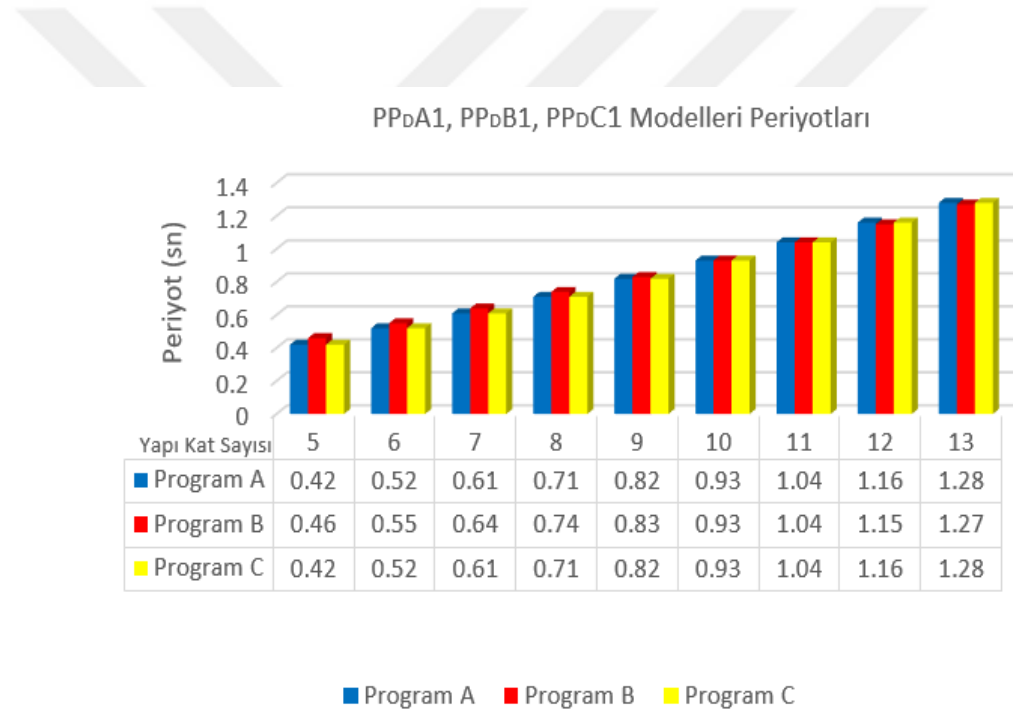
Şekil 5.174. PP_{DCI} modelinin 13 katlı yapısının planı ve dış görünümü



Şekil 5.175. PP_{OCI} modelinin 13 katlı yapısının planı ve dış görünümü

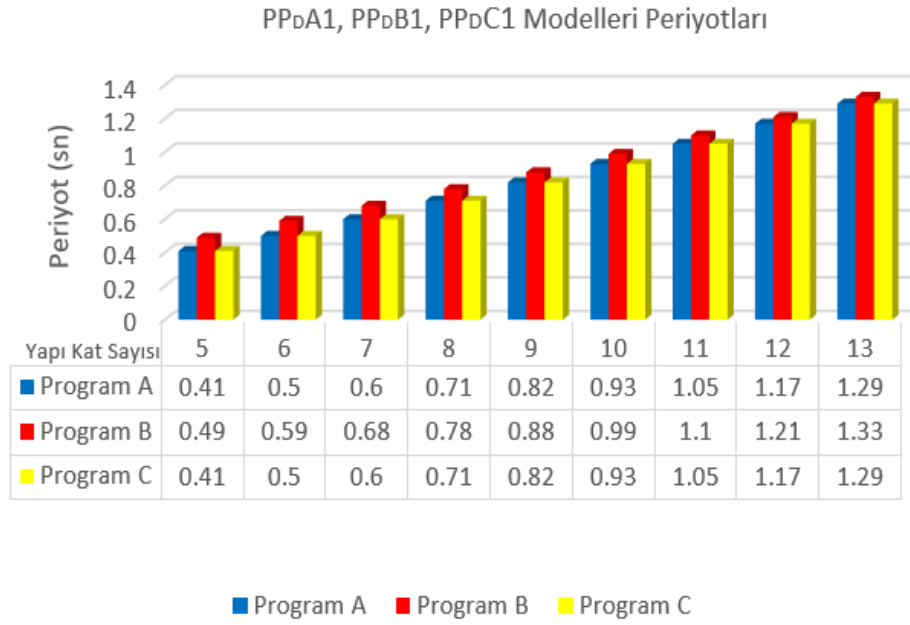
6. ANALİZ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Oluşturulan tüm modellerin analizleri yapılarak bu bölümde analiz sonuçları grafiksel olarak gösterilmiş ve yorumlanmıştır. Modeller arasında yapı periyotları, deplasman, eksenel kuvvet, kesme kuvveti ve moment karşılaştırmaları yapılmıştır. Öncelikli olarak modellerde yapı periyotlarının sonuçları grafiksel olarak gösterilmiştir. Dikdörtgen perde ile oluşturulan modellerinin yapı periyotları Şekil 6.1’de gösterilmiştir. Program A ile Program C arasında aynı yapı periyot değerlerine ulaşılmıştır. Program B’de ise modelin kat ağırlıklarının Program A ve C’ye göre fazla hesaplamasından dolayı periyot değerleri daha büyük olarak analiz sonuçlarına yansımıştır. Kat sayısı yükseldikçe Program B’nin rijitlik kabulünden dolayı diğer iki programa yapı periyotları yaklaşmıştır.



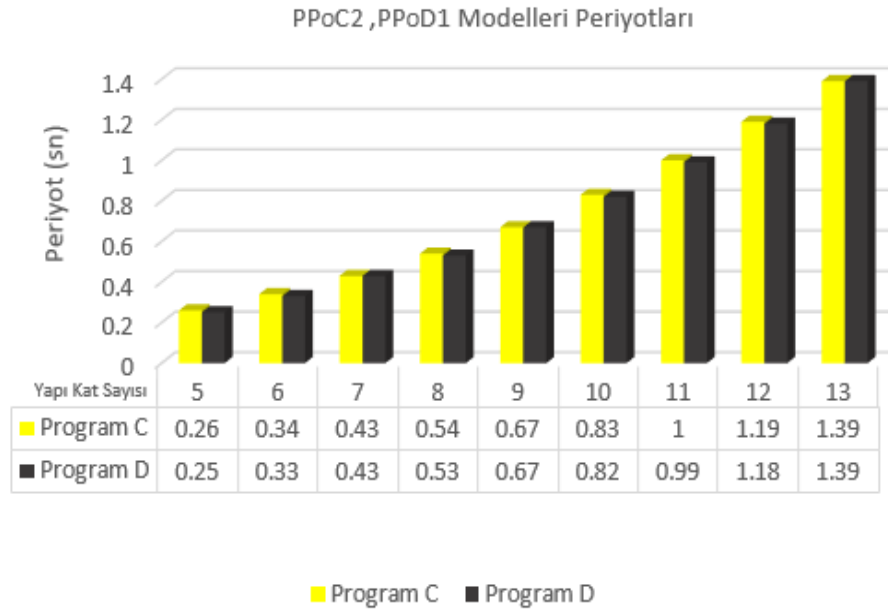
Şekil 6.1. Dikdörtgen perde modelleri periyot sonuçları (sn)

Poligon perde ile oluşturulan yapı modellerinin analizi yapıldıktan sonra sonuçlanan yapı periyotları Şekil 6.2’de gösterilmiştir. Program A ve Program C arasında aynı yapı periyot sonuçları elde edilmiştir. Program B’de yapı periyotları A ve C’ye göre kat ağırlıklarının daha büyük hesaplanmasından dolayı daha büyük yapı periyotları hesaplanmıştır.



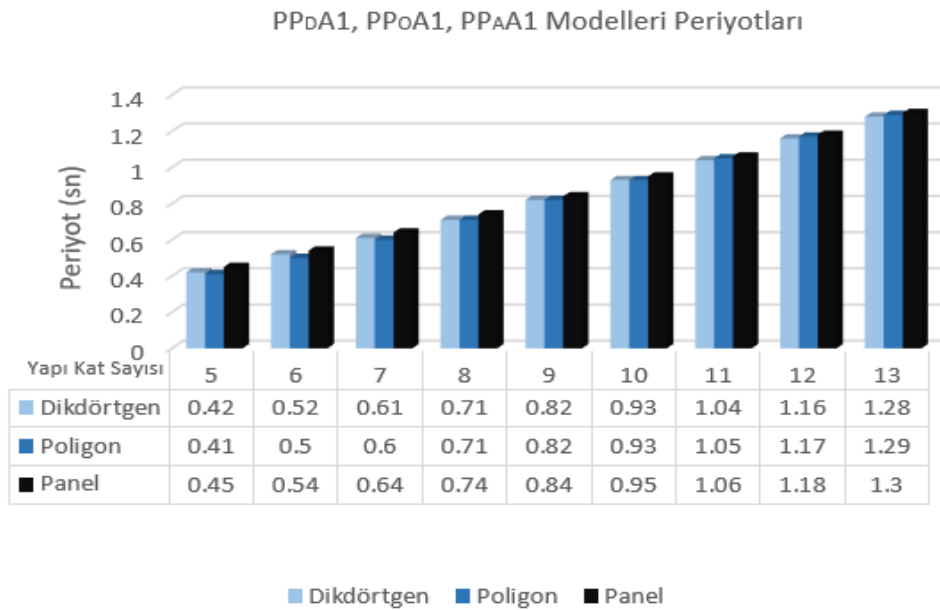
Şekil 6.2. Poligon perde modelleri periyot sonuçları (sn)

Program C’de oluşturulan U-Perde Modeli ile Program D’de oluşturulan U-Perde Modeli arasında periyot karşılaştırılması Şekil 6.3’te gösterilmiştir. Bu iki model arasında aynı periyot sonuçları elde edilmiştir.



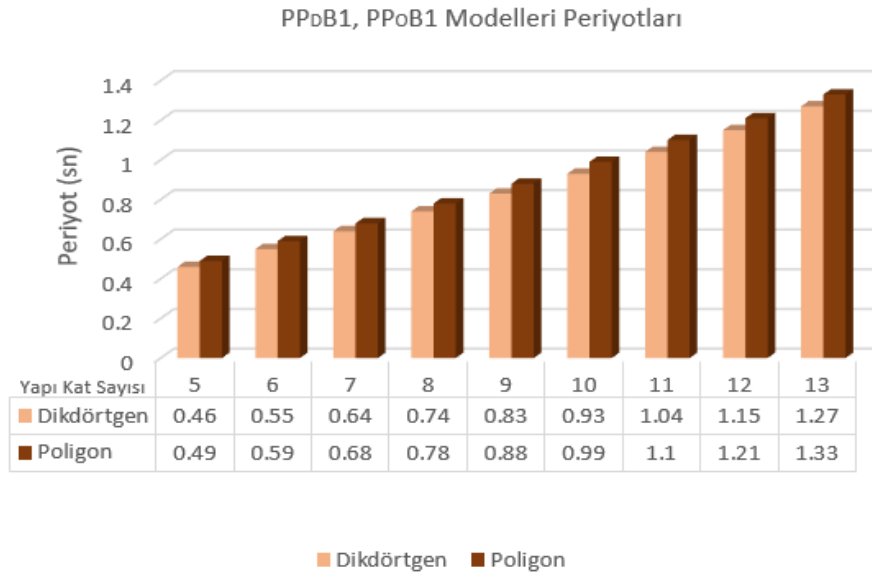
Şekil 6.3. Program c ve program d modelleri u-perde periyot sonuçları (sn)

Daha sonrasında oluşturulan tüm modeller oluşturuldukları her yapısal analiz programında karşılaştırılmıştır. Dikdörtgen, Poligon ve Panel Perde Modellerinin oluşturuldukları Program A ortamındaki yapı periyotları sonuçlarının karşılaştırılması Şekil 6.4'te gösterilmiştir. Dikdörtgen ve Poligon perde modellerinde aynı yapı periyotları elde edilmesine karşın Panel perde modelinde daha büyük yapı periyotları hesaplanmıştır. Bunun sebebinin kolon başlıkları ile panel perde elemanın bütünleşik modellenmesinden dolayı yapı kütleindeki artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir.



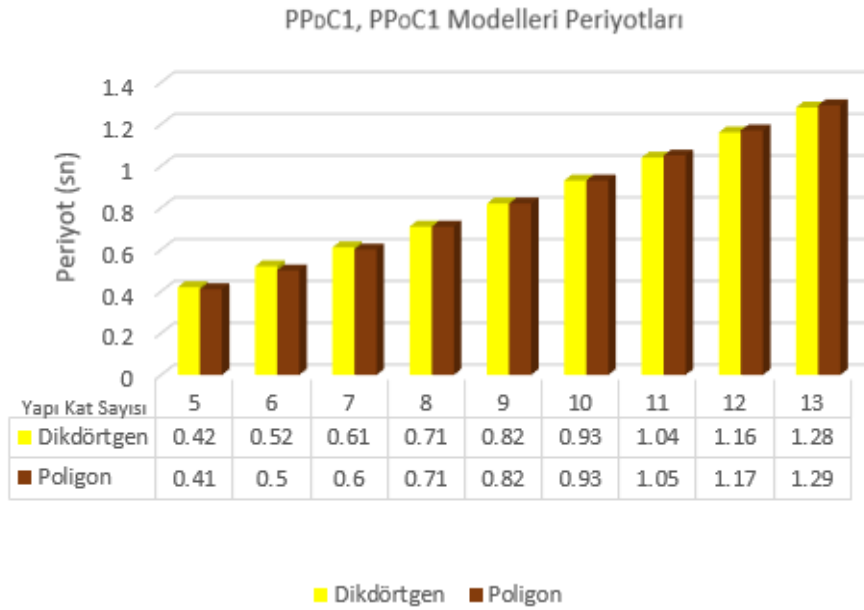
Şekil 6.4. Program a tüm modeller periyot sonuçları (sn)

Program B'de oluşturulan Dikdörtgen ve Poligon Perde Modellerinin yapı periyotlarının karşılaştırılması Şekil 6.5'te gösterilmiştir. Program B'de rijitlik kabulünün farklı olmasından dolayı modeller arasında bir periyot farklılığı oluşturduğu düşünülmektedir. Poligon perde ile oluşturulan modellerde, dikdörtgen perde ile oluşturulan modellere göre daha büyük yapı periyotları elde edilmiştir.



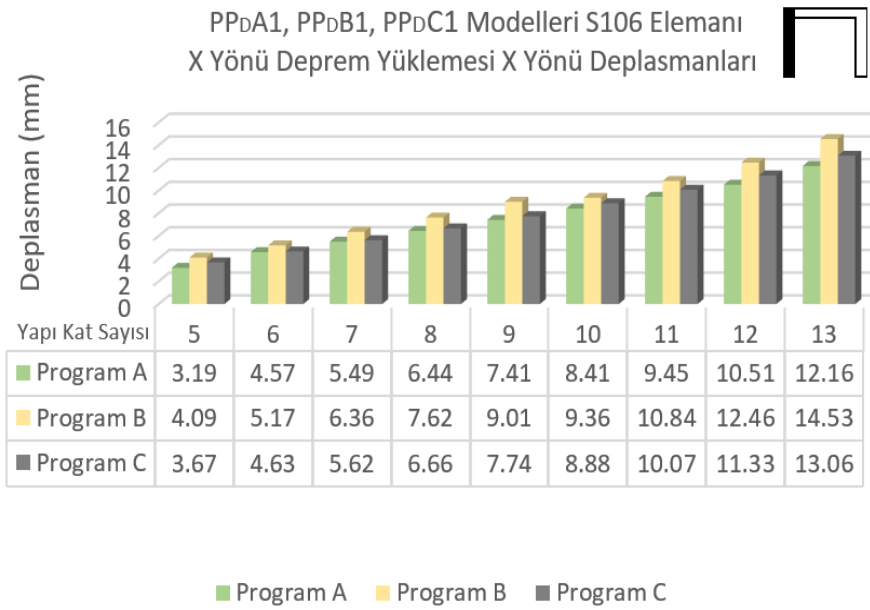
Şekil 6.5. Program b tüm modeller periyot sonuçları (sn)

Program C’de oluşturulan Dikdörtgen ve Poligon Perde Modellerinde aynı yapı periyotları elde edilmiş ve Şekil 6.6’da gösterilmiştir.



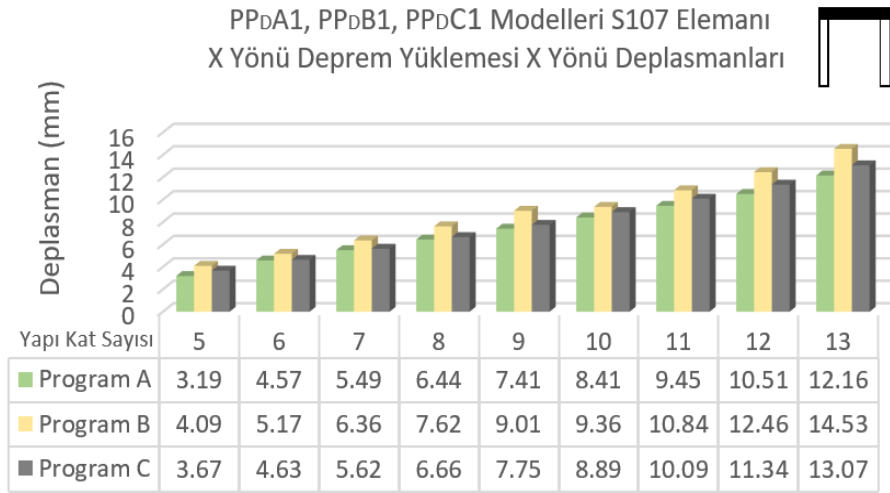
Şekil 6.6. Program c tüm modeller periyot sonuçları (sn)

Yapı periyotlarından sonra deplasman değerleri arasında karşılaştırılma yapılmıştır. Öncelikle Dikdörtgen Perde Modellerinde S106 elemanı için Program A, Program B ve Program C’de x yönü deprem yüklemesi durumunda x yönü deplasman sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma Şekil 6.7’de gösterilmiştir. Deplasman sonuçlarında S106 elemanında yakın sonuçlar elde edilmiştir. Grafikselsel gösterimde ilgili elamanın U-Perde planındaki konumu sağ üst köşede gösterilmiştir.

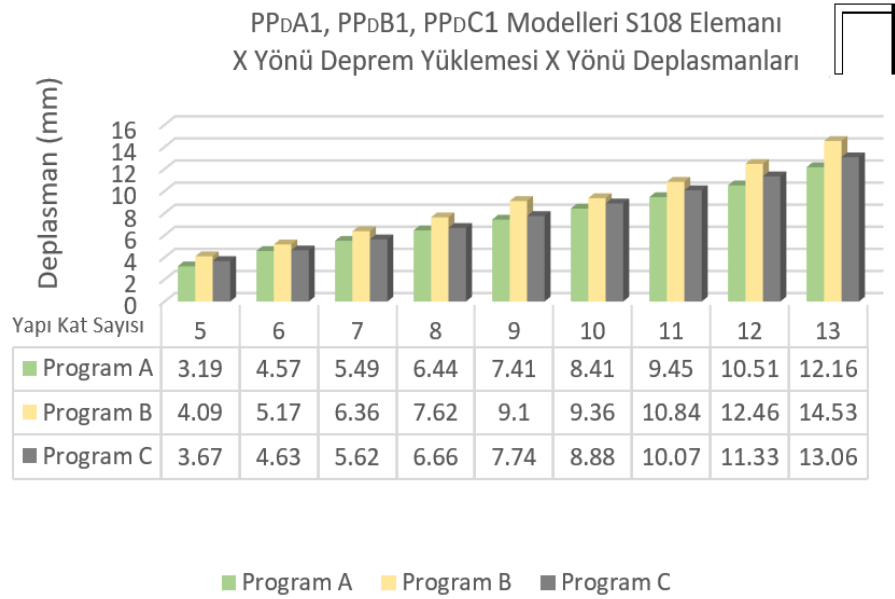


Şekil 6.7. Dikdörtgen perde modelleri s106 elemanı x yönü deprem yüklemesi x yönü deplasman sonuçları (mm)

Daha sonrasında Dikdörtgen Perde Modelinde diğer eleman olan S107 elemanı için deplasman sonuç karşılaştırılması yapılmış ve Şekil 6.8’de gösterilmiştir. S107 elemanı içinde deplasman sonuçlarında yakın değerler elde edilmiştir. Son olarak Dikdörtgen Perde Modellerindeki S108 elemanın deplasman analiz sonuçları Şekil 6.9’da gösterilmiştir. Program A, Program B ve Program C’de yakın deplasman sonuçları elde edilmiştir.

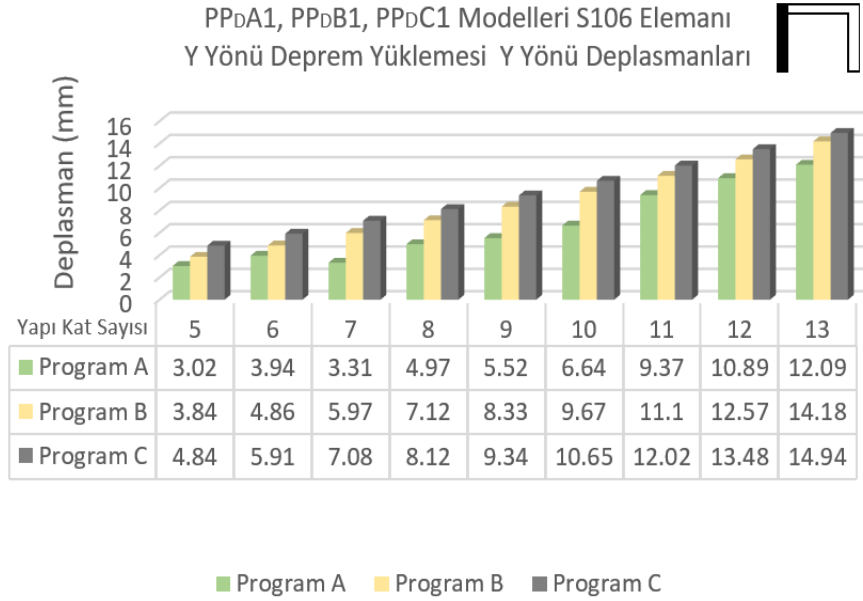


Şekil 6.8. Dikdörtgen perde modelleri s107 elemanı x yönü deprem yüklemesi x yönü deplasman sonuçları (mm)



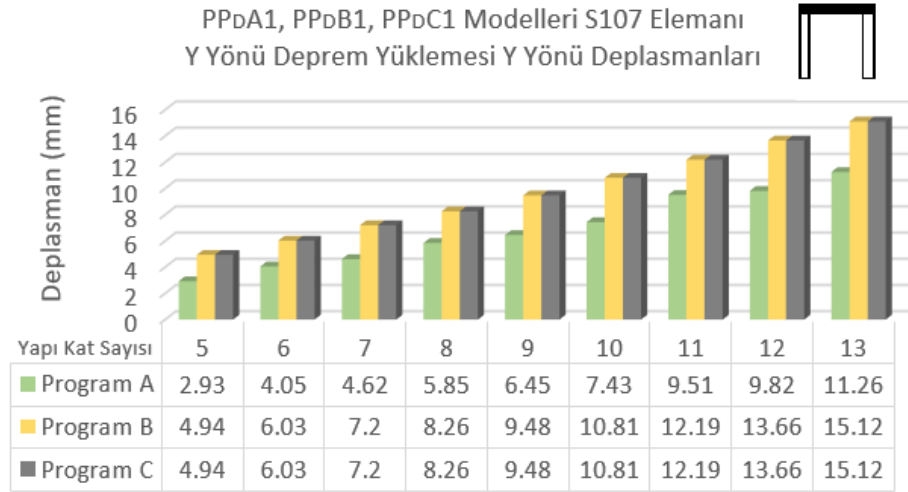
Şekil 6.9. Dikdörtgen perde modelleri s108 elemanı x yönü deprem yüklemesi x yönü deplasman sonuçları (mm)

Deplasman sonuçlarında diğer bir karşılaştırma ise y yönü deprem yüklemesi durumu için y yönü deplasman sonuçları karşılaştırılmasıdır. S106 elemanı için deplasman sonuçları Şekil 6.10'da gösterilmiştir. Üç programda da yakın deplasman sonuçları edilmiştir.

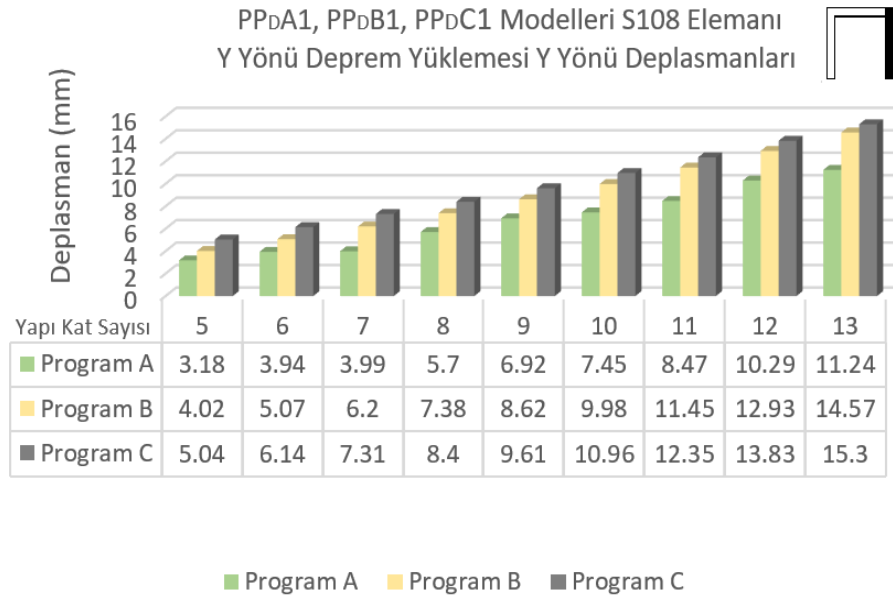


Şekil 6.10. Dikdörtgen perde modelleri s106 elemanı y yönü deprem yüklemesi y yönü deplasman sonuçları (mm)

Daha sonrasında S107 elemanı için deplasman sonuçları Şekil 6.11'de gösterilmiştir. Yakın deplasman değerleri elde edilmiş ve S108 elemanı için yapılan deplasman analiz sonuçları da Şekil 6.12'de gösterilmiş ve yakın deplasman sonuçları elde edilmiştir. Bu deplasman sonuçları arasındaki küçük deplasman farklılıklarının Dikdörtgen Perde Modellemesi ile oluşturulan U-Perde elemanındaki bu perde elemanların, farklı enkesit özellikleri ve rijitliklerine sahip bağlantı giriş elemanlarıyla bağlanmasından dolayı bu farklılıkların oluştuğu düşünülmektedir.

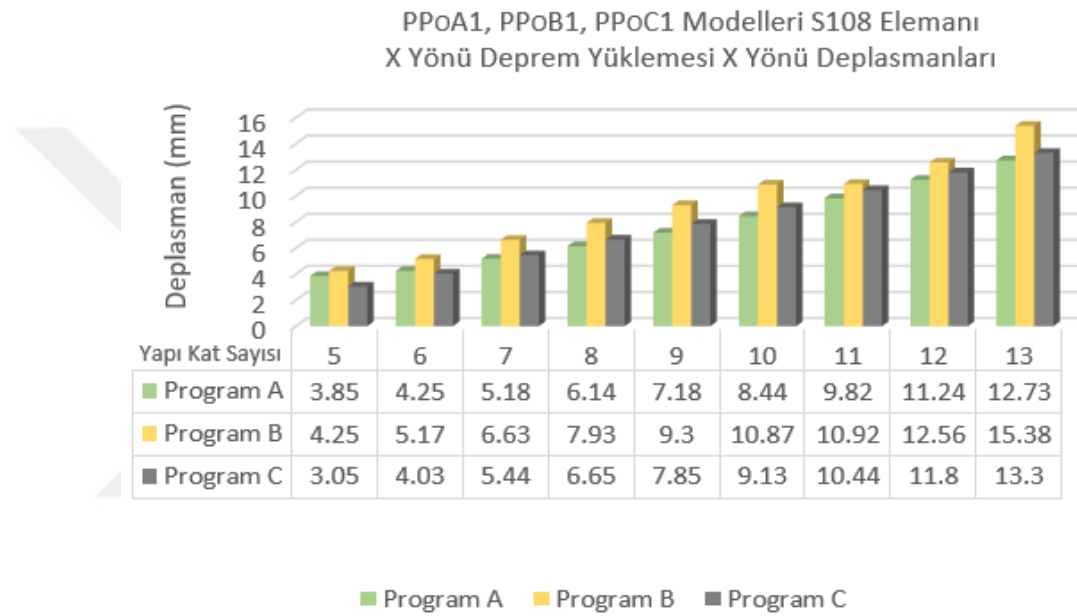


Şekil 6.11. Dikdörtgen perde modelleri s107 elemanı y yönü deprem yüklemesi y yönü deplasman sonuçları (mm)

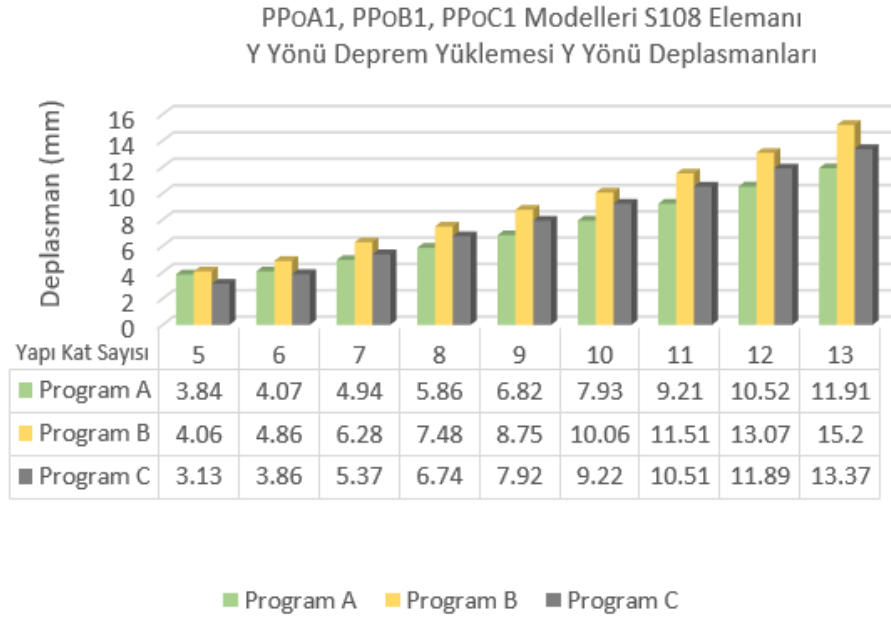


Şekil 6.12. Dikdörtgen perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi y yönü deplasman sonuçları (mm)

Dikdörtgen Perde Modellerinden sonra Poligon Perde Modelleri için deplasman sonuçları karşılaştırılması yapılmıştır. X yönü deprem yüklemesi sonuçları Şekil 6.13'te gösterilmiştir. Y yönü deprem yüklemesi sonuçları Şekil 6.14'te gösterilmiştir. Program A, Program B ve Program C'de poligon perdede yakın deplasman sonuçları hesaplanmıştır. Program B'de oluşan Program A ve Program C'ye göre küçük farklılıkların elemanların rijitliklerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



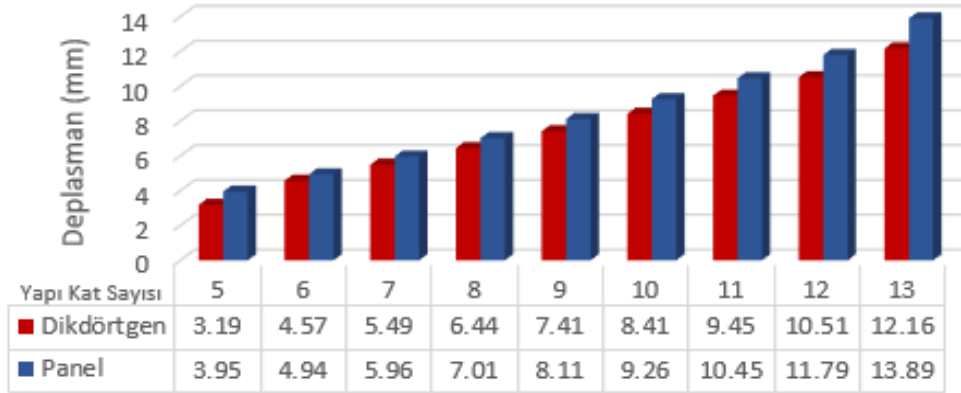
Şekil 6.13. Poligon perde modelleri s108 elemanı x yönü deprem yüklemesi x yönü deplasman sonuçları (mm)



Şekil 6.14. Poligon perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi y yönü deplasman sonuçları (mm)

Dikdörtgen perde modelleri arasındaki deplasman farkları programlar arası karşılaştırıldıktan sonra, Program A’da oluşturulan Dikdörtgen Perde Modeli ve Panel Perde Modeli arasında deplasman sonuçları karşılaştırılması yapılmıştır. X yönü deprem yüklemesi durumunda x yönü deplasmanları karşılaştırılmıştır. S106 elemanının deplasman sonuçları Şekil 6.15’te gösterilmiştir. Her iki modelde yakın deplasman sonuçları elde edilmiştir.

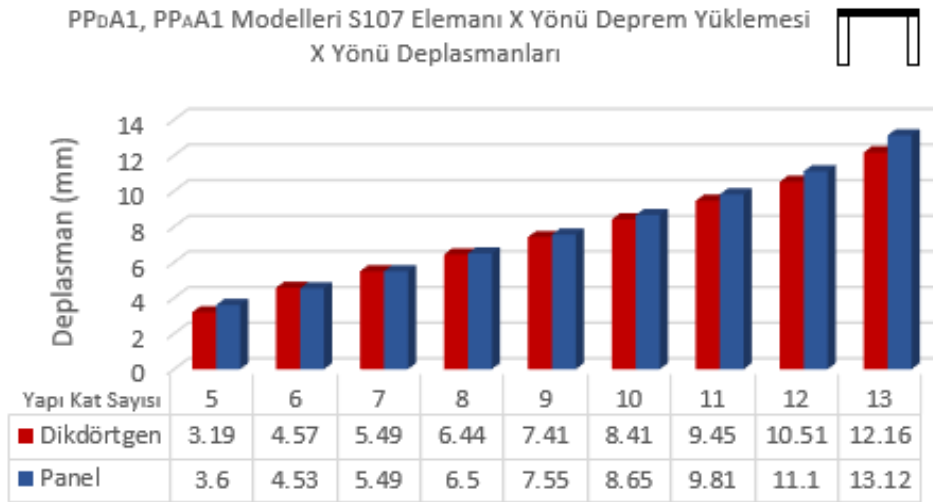
PPdA1, PPdA1 Modelleri S106 Elemanı X Yönü Deprem Yükleme
X Yönü Deplasmanları



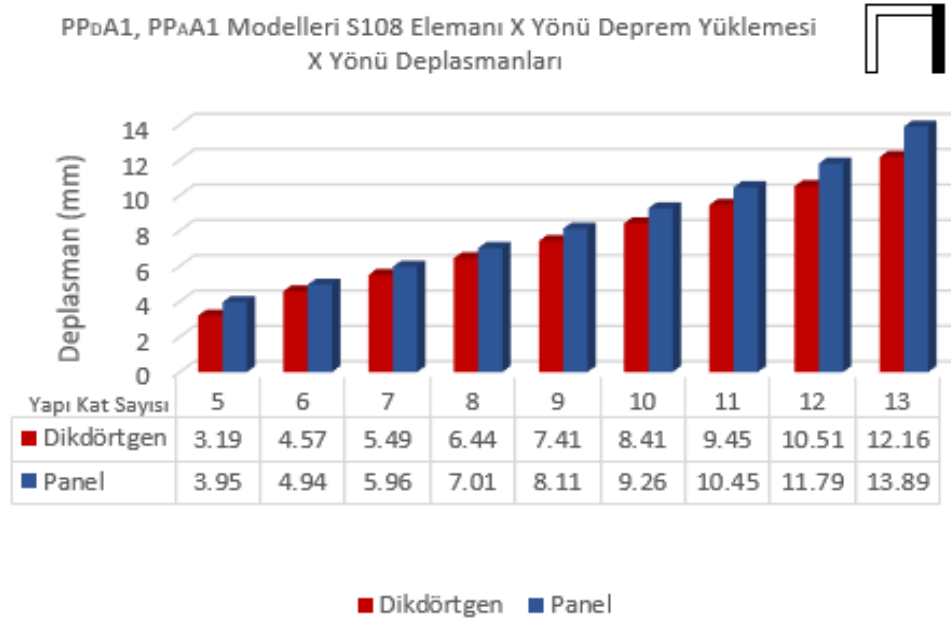
■ Dikdörtgen ■ Panel

Şekil 6.15. Dikdörtgen perde ve panel perde modelleri s106 elemanı x yönü deprem yüklemesi x yönü deplasman sonuçları (mm)

Daha sonrasında S107 elemanında deplasman sonuçları karşılaştırılmış ve Şekil 6.16'da gösterilmiştir. Yakın deplasman sonuçları elde edilmiştir. Son olarak S108 elemanı için analiz edilen deplasman sonuçları Şekil 6.17'de gösterilmiş ve bu iki modelde de yakın deplasman sonuçları elde edilmiştir.

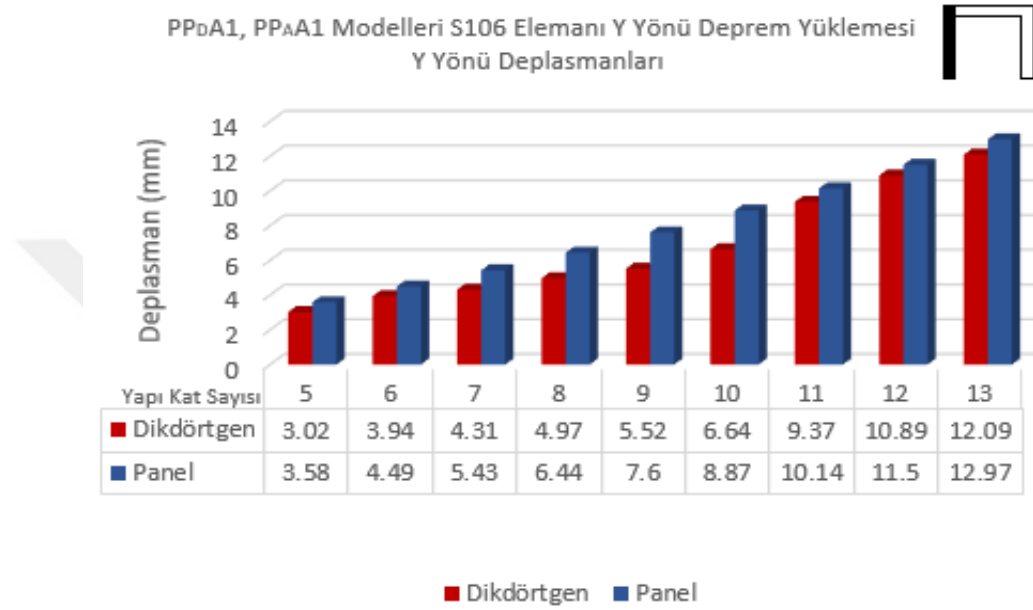


Şekil 6.16. Dikdörtgen perde ve panel perde modelleri s107 elemanı x yönü deprem yüklemesi x yönü deplasman sonuçları (mm)



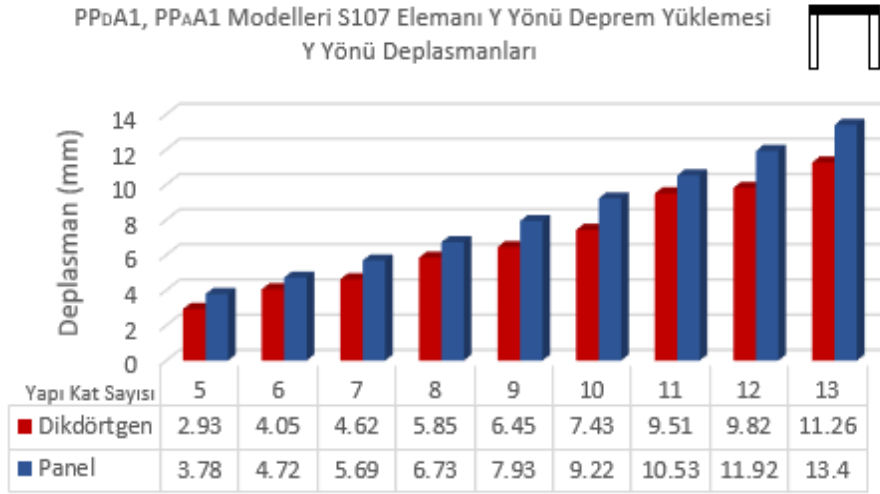
Şekil 6.17. Dikdörtgen perde ve panel perde modelleri s108 elemanı x yönü deprem yüklemesi x yönü deplasman sonuçları (mm)

X yönü deprem yüklemesi durumundan sonra Y yönü deprem yüklemesi Y yönü deplasman analiz sonuçları arasında karşılaştırma yapılmıştır. S106 elemanı için yapılan deplasman sonuçları karşılaştırması Şekil 6.18’de gösterilmiştir. S106 elemanı için yakın deplasman sonuçları elde edilmiştir.

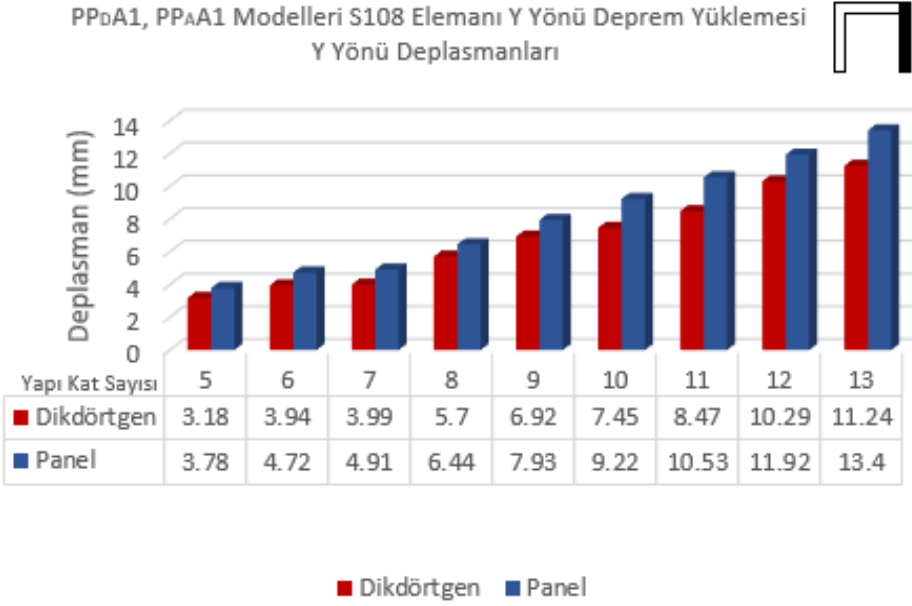


Şekil 6.18. Dikdörtgen perde ve panel perde modelleri s106 elemanı y yönü deprem yüklemesi y yönü deplasman sonuçları (mm)

Daha sonrasında S107 için dikdörtgen ve panel perde ile oluşturulan modeller arasında karşılaştırılma yapılmış ve Şekil 6.19’da gösterilmiştir. Son olarak u-perdenin S108 elemanında deplasman sonuç karşılaştırılması Şekil 6.20’de gösterilmiştir. Yapılan bu karşılaştırmalarda yakın deplasman sonuçları elde edilmiştir. Sonuçlar arasındaki küçük farklılıkların modelleme yöntemine bağlı olarak değişim gösterdiği tahmin edilmektedir.

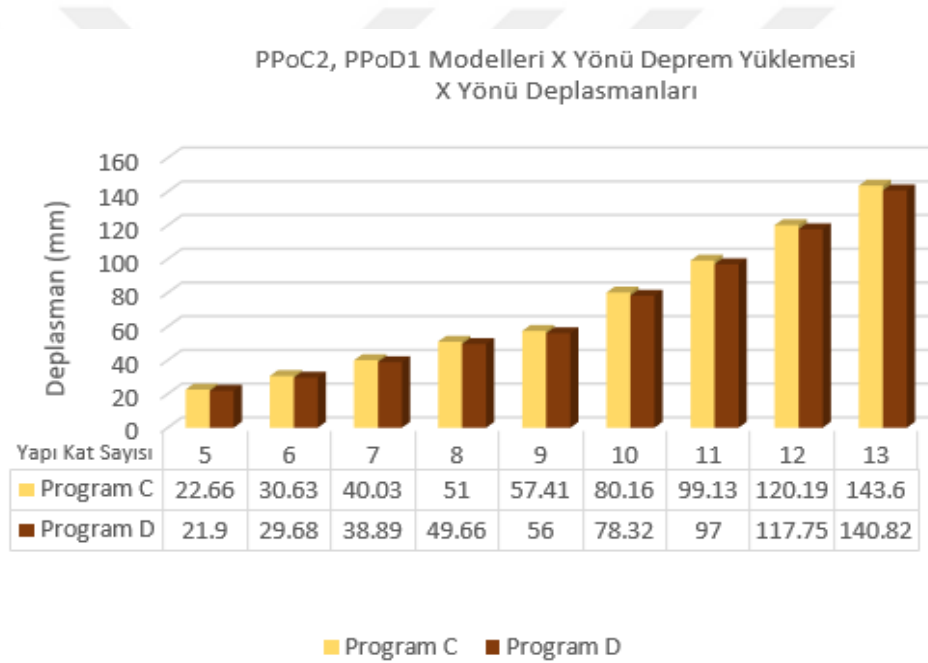


Şekil 6.19. Dikdörtgen perde ve panel perde modelleri s107 elemanı y yönü deprem yüklemesi y yönü deplasman sonuçları (mm)

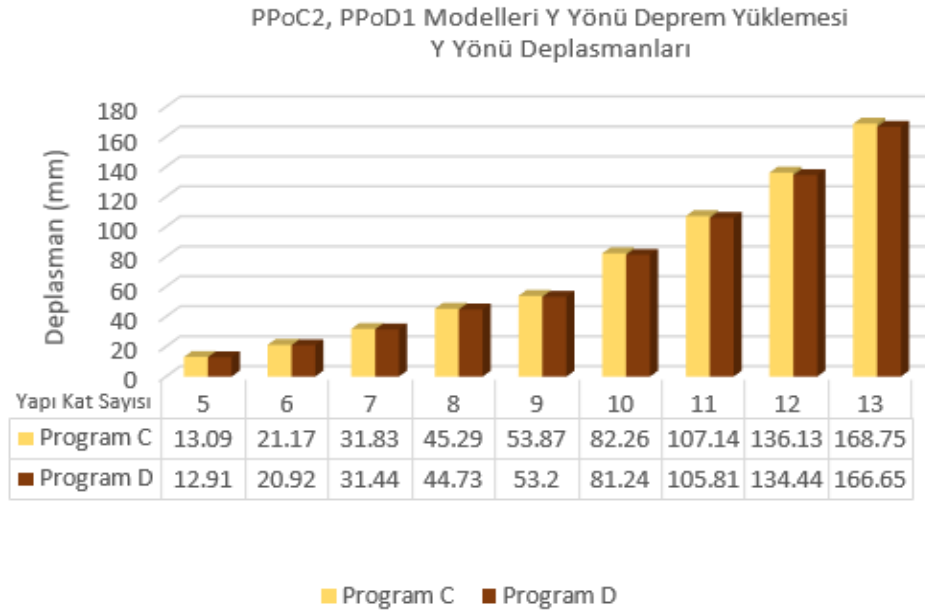


Şekil 6.20. Dikdörtgen perde ve panel perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi y yönü deplasman sonuçları (mm)

Program C ortamında modellenen U-Perde Modeli ile Program D ortamında modellenen U-Perde Modeli arasında deplasman karşılaştırmaları x ve y yönü deprem yüklemeleri için yapılmıştır. Program C ve Program D’de X yönü deprem yüklemesi x yönü deplasmanlarının karşılaştırması Şekil 6.21’de gösterilmiştir. Y yönü deprem yüklemesi y yönü deplasmanlarının karşılaştırılması Şekil 6.22’de gösterilmiştir. Her iki yöndeki karşılaştırmada da u-perde elemanında yakın deplasman sonuçları elde edilmiştir. Bu sonuçlar arasındaki küçük farklılıkların iki program arasında kullanılan malzeme ve eleman özelliklerinden kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir. Program C’de her iki yönde de daha büyük deplasmanlar elde edilmiştir.

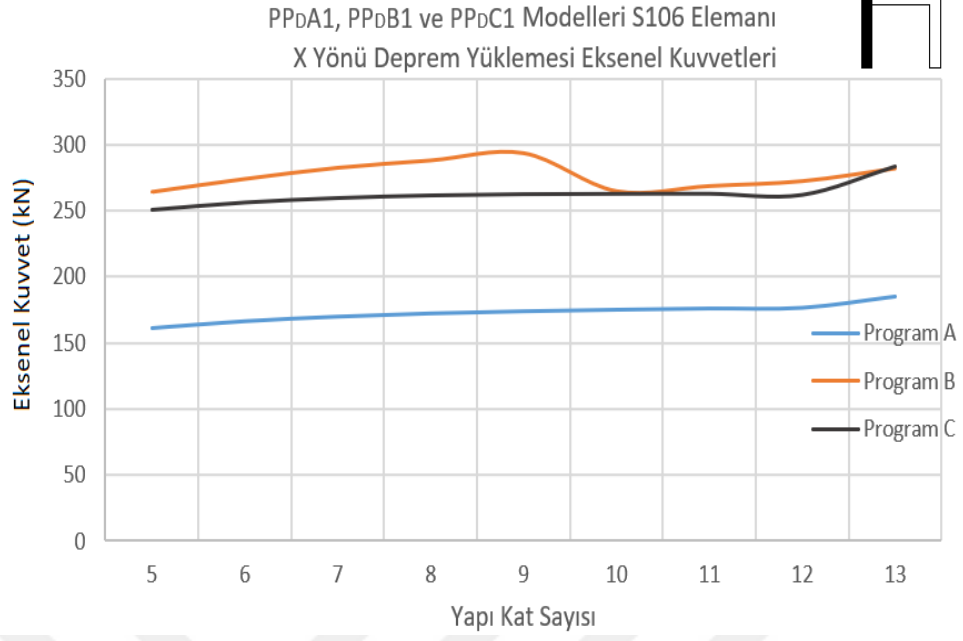


Şekil 6.21. PP_OC2 ve PP_OD1 modellerinin x yönü deplasman sonuçları (mm)

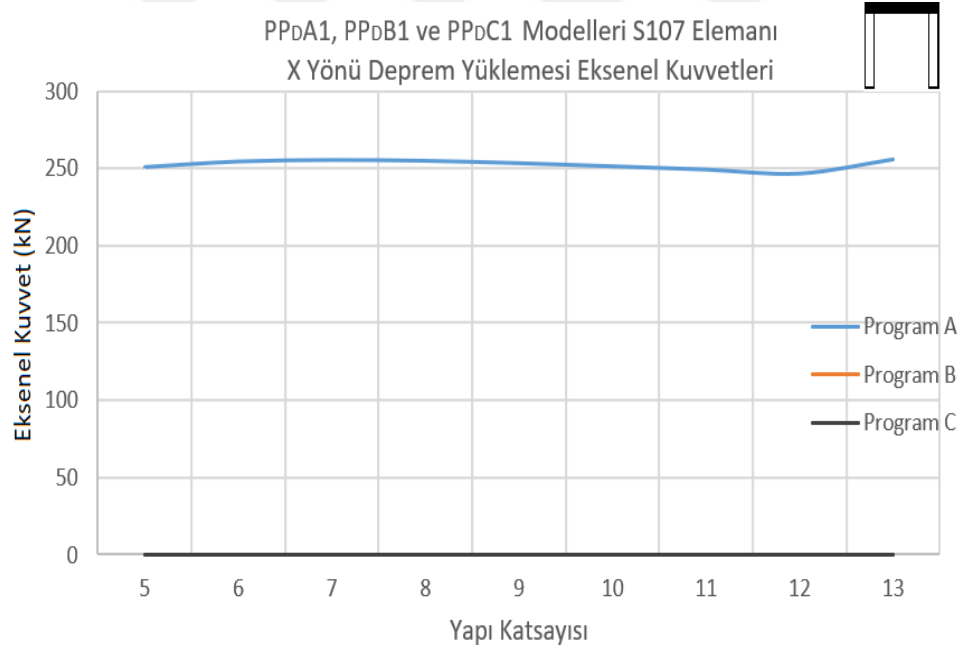


Şekil 6.22. PPoC2 ve PPoD1 modellerinin y yönü deplasman sonuçları (mm)

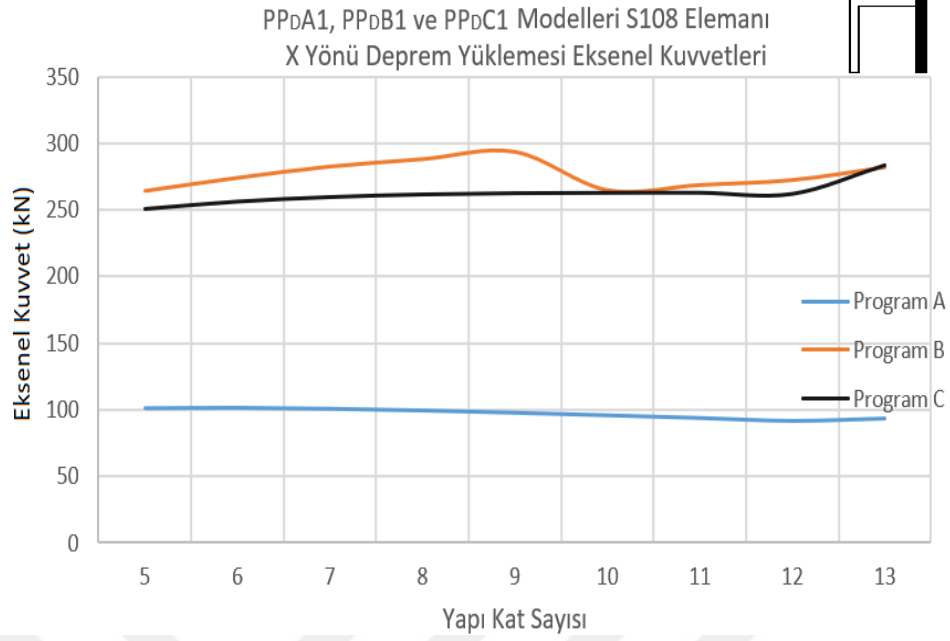
Yapı periyotları ve perde elemanların deplasmanları karşılaştırıldıktan sonra iç kuvvetlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Eksenel kuvvet, kesme kuvveti, momentler perde elemanında modeller arası karşılaştırılmıştır. İlk olarak dikdörtgen perde modellemesi ile oluşturulan modellerde S106 elemanının X yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri Şekil 6.23'te ki gibidir. Program B ve Program C yakın sonuçlar vermekte olup, Program A' da analiz edilen modelde daha uzak sonuçlar elde edilmiştir. Daha sonrasında S107 elemanının eksenel kuvvet sonuçları Şekil 6.24'te ki gibidir. Program B ve Program C'de elemanın eksenel kuvvetleri sıfır olarak hesaplanmıştır. Program A'da ise eksenel kuvvet değeri hesaplanmıştır. Buradaki sonuçlara bakılarak Program A'da oluşturulan dikdörtgen perde modelinde perde elemanlar arasındaki bağlantının tam olarak sağlanamadığını ve bu durumun analiz sonuçlarına yansıdığı düşünülmektedir. Son olarak S108 elemanının eksenel kuvvet sonuçları Şekil 6.25'te ki gibidir. Burada da görüldüğü üzere Program A, diğer iki programdan uzak sonuç vermiştir.



Şekil 6.23. Dikdörtgen perde modelleri s106 elemanı x yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)

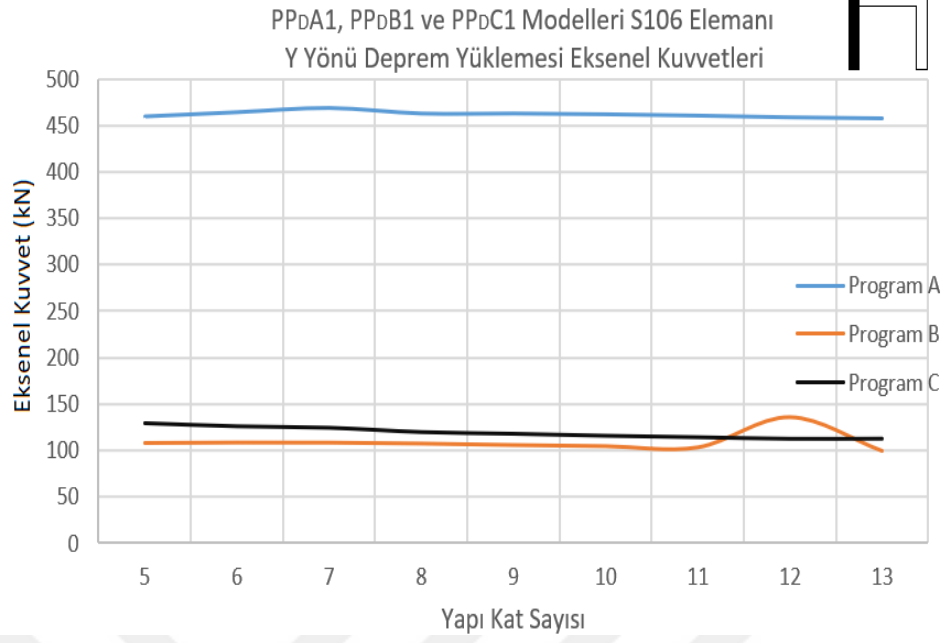


Şekil 6.24. Dikdörtgen perde modelleri s107 elemanı x yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)

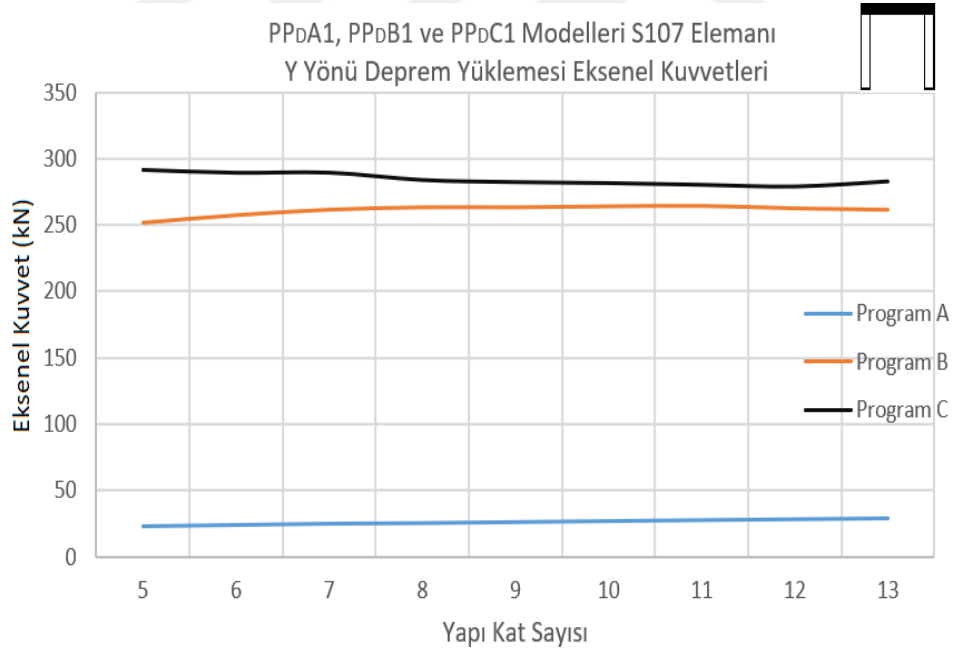


Şekil 6.25. Dikdörtgen perde modelleri s108 elemanı x yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)

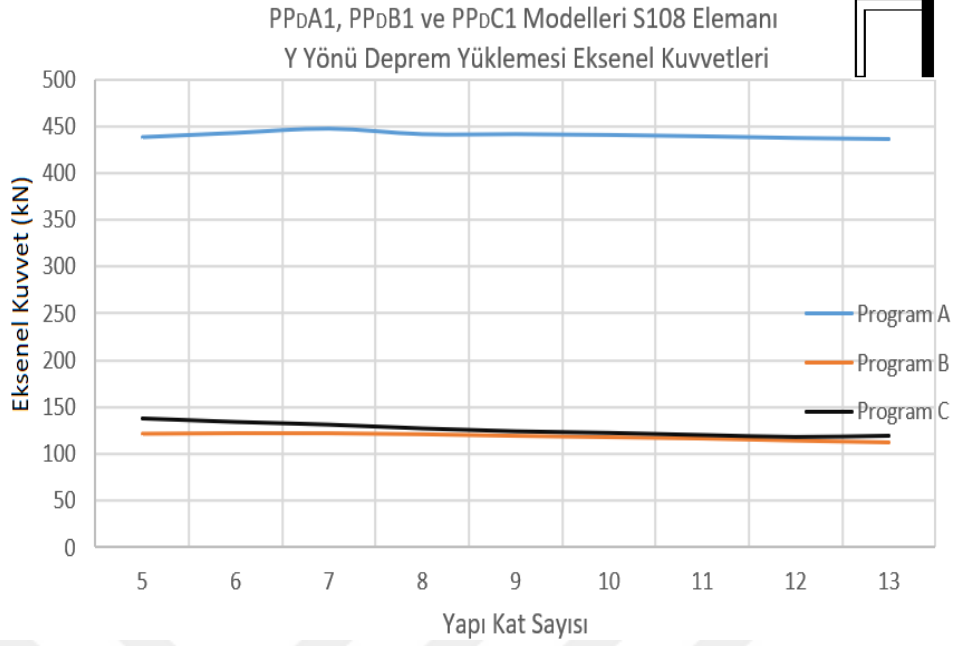
Dikdörtgen Perde Modellerinde, X yönü deprem yüklemesi durumundan sonra Y yönü deprem yüklemesi durumu için eksenel kuvvet sonuçları incelenmiştir. S106 elemanının y yönü eksenel kuvvet analiz sonuçları Şekil 6.26’da belirtilmiştir. S107 elemanının eksenel kuvvet analiz sonuçları Şekil 6.27’de gösterilmiş ve son perde elemanı S108 elemanının ise Şekil 6.28’de eksenel kuvvet analiz sonuçları gösterilmiştir. Bu analiz sonuçlarından görüldüğü gibi Program B ve Program C ortamında yakın sonuçlar bulunmasına karşın Program A’daki sonuçlar her iki programa göre uzak kalmıştır. Program A ortamında modellenen dikdörtgen perde elemanlar arasındaki bağlantının Program B ve Program C’deki gibi sağlanamadığı düşünülmektedir.



Şekil 6.26. Dikdörtgen perde modelleri s106 elemanı y yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)

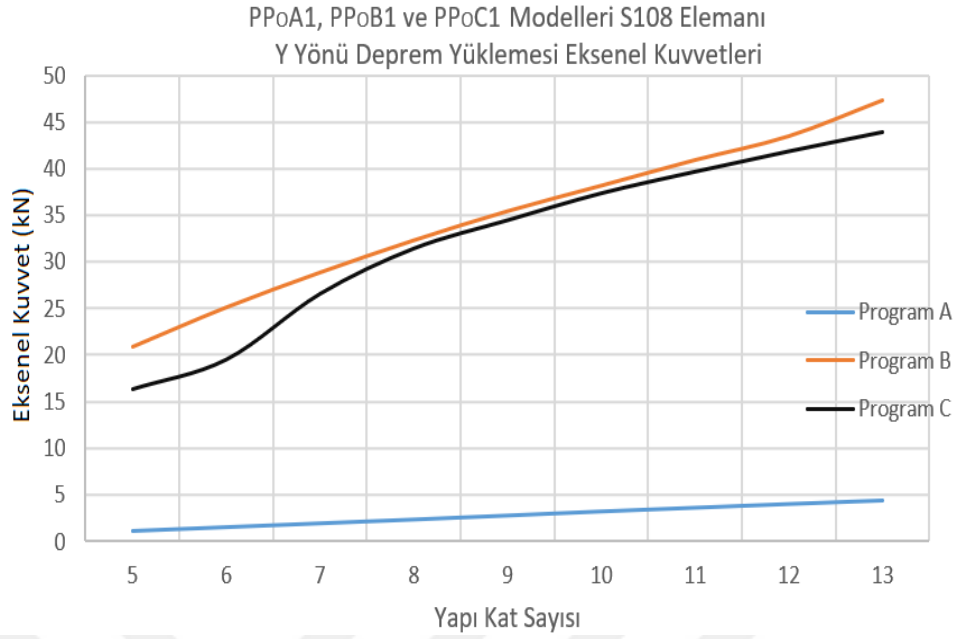


Şekil 6.27. Dikdörtgen perde modelleri s107 elemanı y yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)



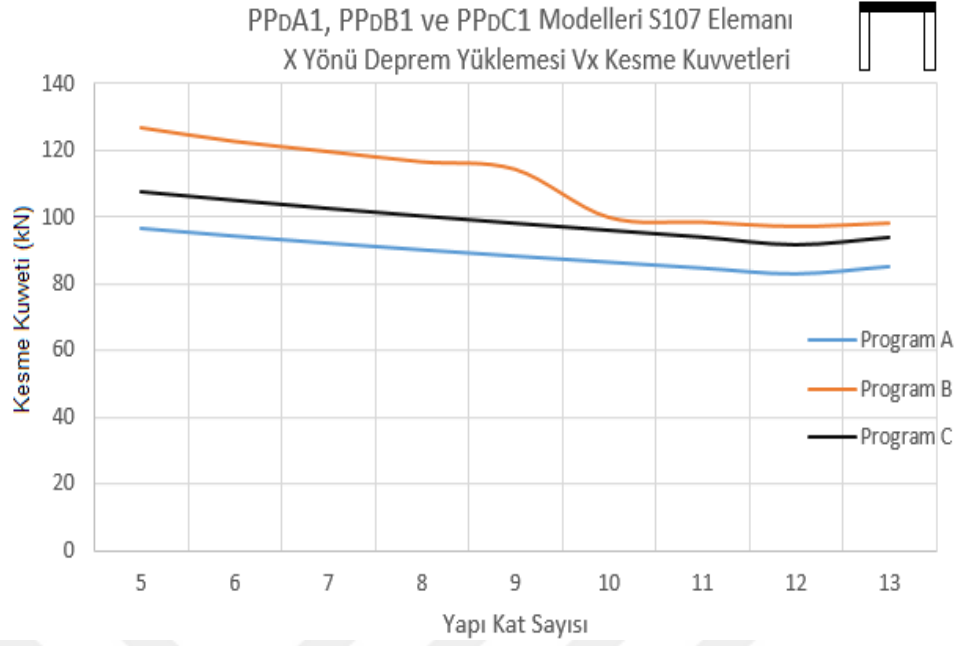
Şekil 6.28. Dikdörtgen perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)

Dikdörtgen perde modellerinde eksenel kuvvetlerin analiz sonuçlarından sonra Poligon perde modellerde eksenel kuvvet analiz sonuçları Şekil 6.29’da gösterilmiştir. X yönü deprem yüklemesi durumunda bu modellerde tüm programlarda eksenel kuvvet sonuçları sıfırdır. Y yönü deprem yüklemesi durumunda ise Program A ortamında Program B ve Program C’ye göre daha düşük eksenel kuvvetler hesaplanmıştır.

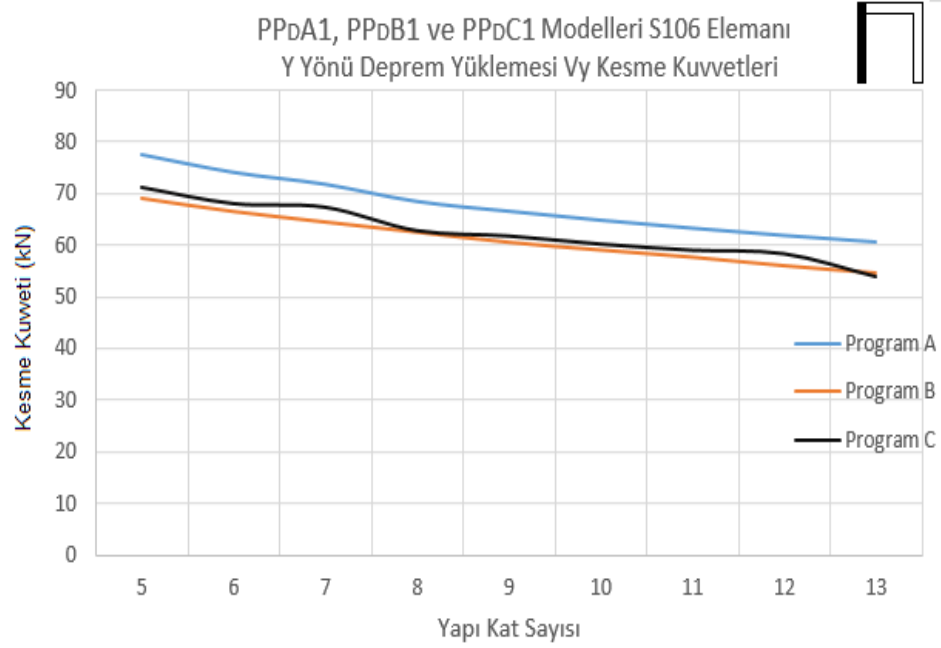


Şekil 6.29. Poligon perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)

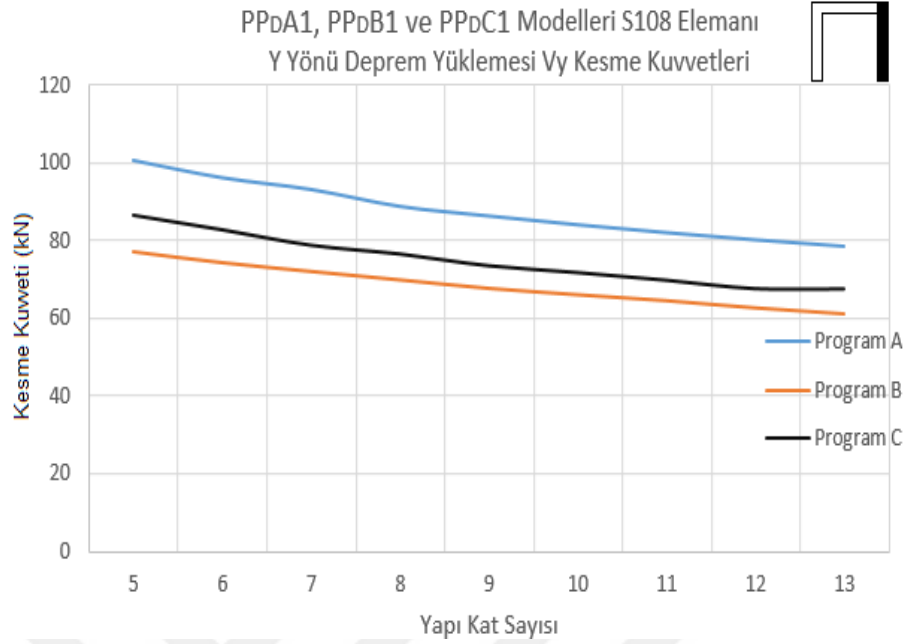
Eksenel kuvvetlerin analizi yapıldıktan sonra kesme kuvvetleri hesaplanmıştır. S107 elemanının X yönü deprem yüklemesi durumundaki X yönü kesme kuvvetleri Şekil 6.30'da ki gibidir. S107 elemanında kesme kuvveti sonuçları yakın değerlerdir. Y yönü deprem yüklemesi durumunda S106 ve S108 elemanların kesme kuvveti sonuçlarına bakılmıştır. S106 elemanı için kesme kuvveti sonuçları Şekil 6.31'de gösterilmiştir. S108 elemanı için de Şekil 6.32'de gösterilmiştir. Y yönü deprem yüklemesi durumunda da yakın kesme kuvveti sonuçlarına ulaşılmıştır.



Şekil 6.30. Dikdörtgen perde modelleri s107 elemanı x yönü deprem yüklemesi vx kesme kuvvetleri (kN)

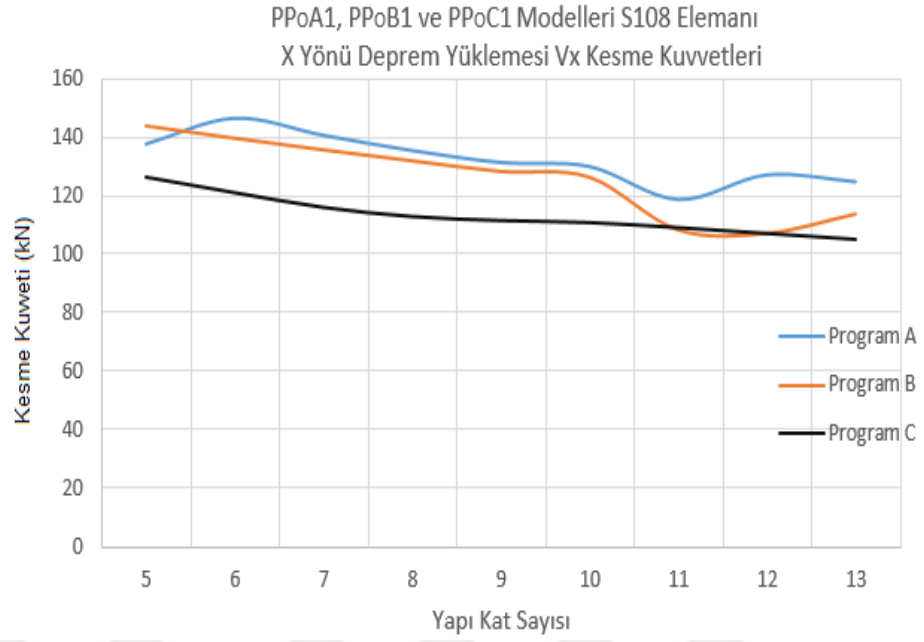


Şekil 6.31. Dikdörtgen perde modelleri s106 elemanı y yönü deprem yüklemesi vy kesme kuvvetleri (kN)

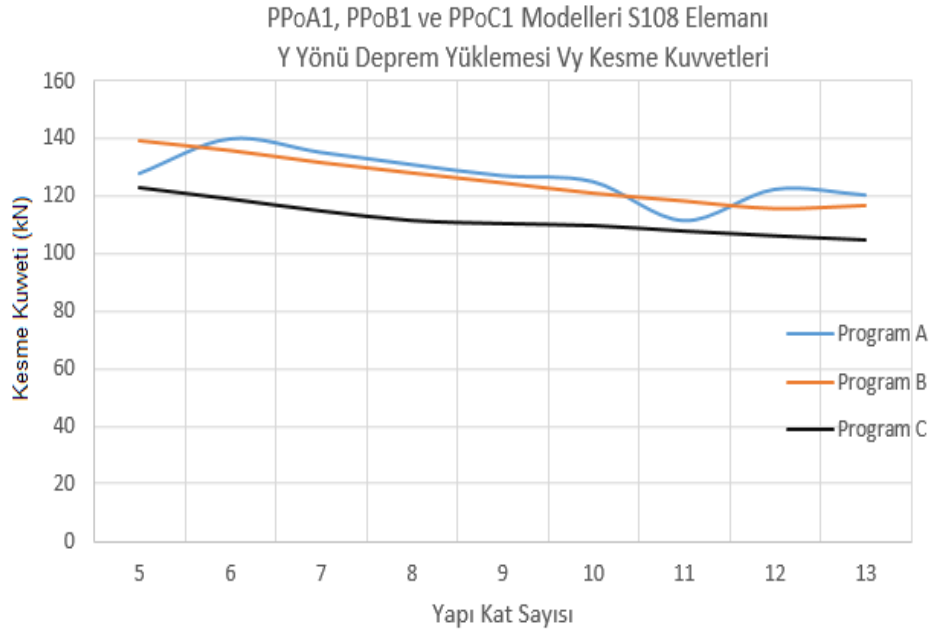


Şekil 6.32. Dikdörtgen perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi v_y kesme kuvvetleri (kN)

Dikdörtgen Perde Modellerinden sonra Poligon Perde Modelleri için de kesme kuvveti analizleri yapılmış ve X yönü için yapılan analiz sonuçları Şekil 6.33'te gösterilmiştir. Y yönü için de kesme kuvveti analiz sonuçları Şekil 6.34'te gösterilmiştir. Program A ve Program B'de kesme kuvvetleri kat sayılarının artmasına bağlı bir değişim gözlenmektedir. Kat sayısının artmasına rağmen kesme kuvvetlerinde azalma gözlenmesi yapıya etkileyen deprem kuvvetleriyle ilgili olduğu tahmin edilmektedir.

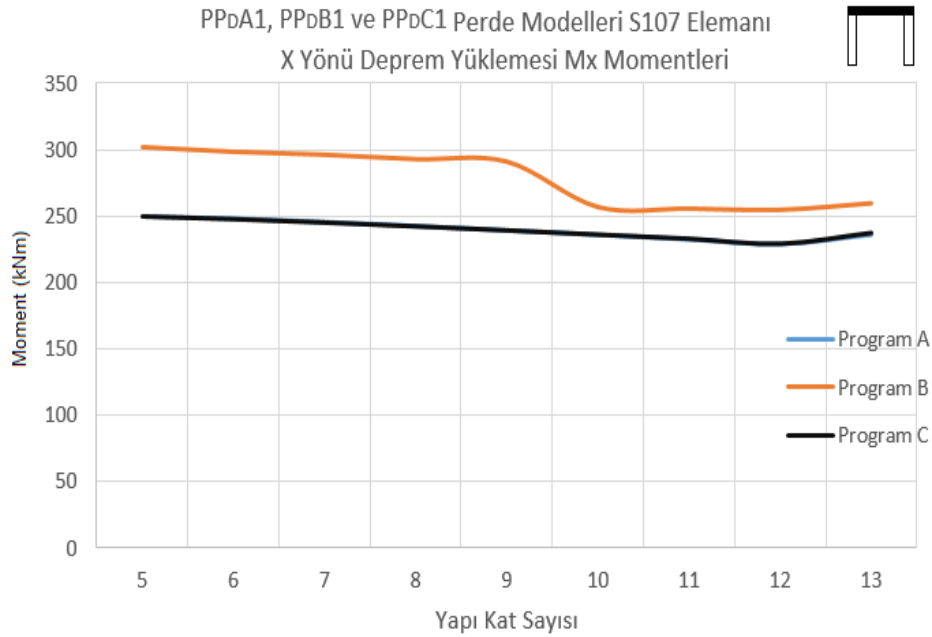


Şekil 6.33. Poligon perde modelleri s108 elemanı x yönü deprem yüklemesi v_x kesme kuvvetleri (kN)

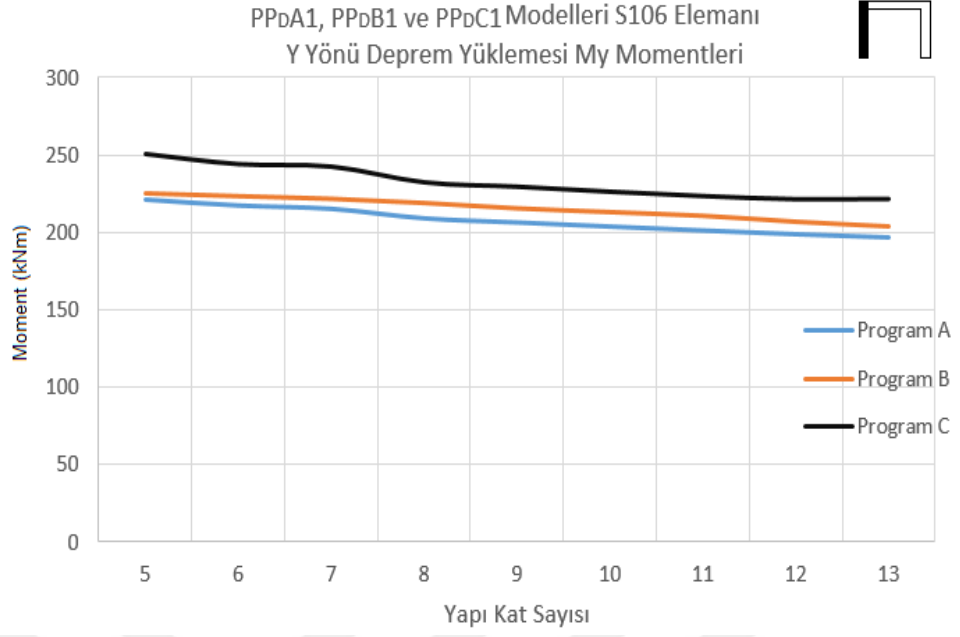


Şekil 6.34. Dikdörtgen perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi v_y kesme kuvvetleri (kN)

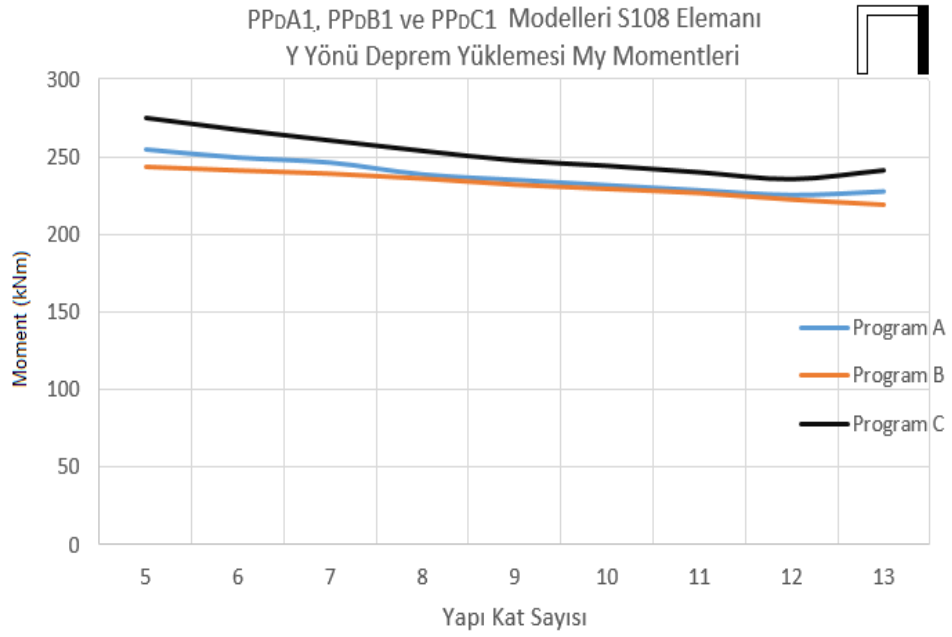
Kesme kuvvetlerinin analizleri yapıldıktan sonra momentlerin analizi Dikdörtgen Perde ve Poligon Perde modelleri için yapılmıştır. Öncelikle Dikdörtgen Perde Modellerinde X yönü deprem yüklemesi için moment sonuçları Şekil 6.35'te gösterilmiştir. Program A ve Program B'de hesaplanan momentler çok yakındır. Program C'de bu iki programa göre daha düşük momentler hesaplanmıştır. S106 ve S108 elemanlarında Y yönü deprem yüklemesi durumunda momentler hesaplanmıştır. S106 elemanının momentleri Şekil 6.36'da gösterilmiştir. S108 elemanın momentleri Şekil 6.37'de gösterilmiştir. Y yönü yüklemesinde Program C'de, Program A ve B'ye göre daha yüksek moment değerleri elde edilmiştir. Programlar arasında tanımlanan elemanların rijitliklerinin kabulünün farklı olması ve Program A'da perde elemanları arasındaki bağlantının tam olarak sağlanamaması momentlerdeki bu farklılığın sebebi olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 6.35. Dikdörtgen perde modelleri s107 elemanı x yönü deprem yüklemesi mx momentleri (kNm)

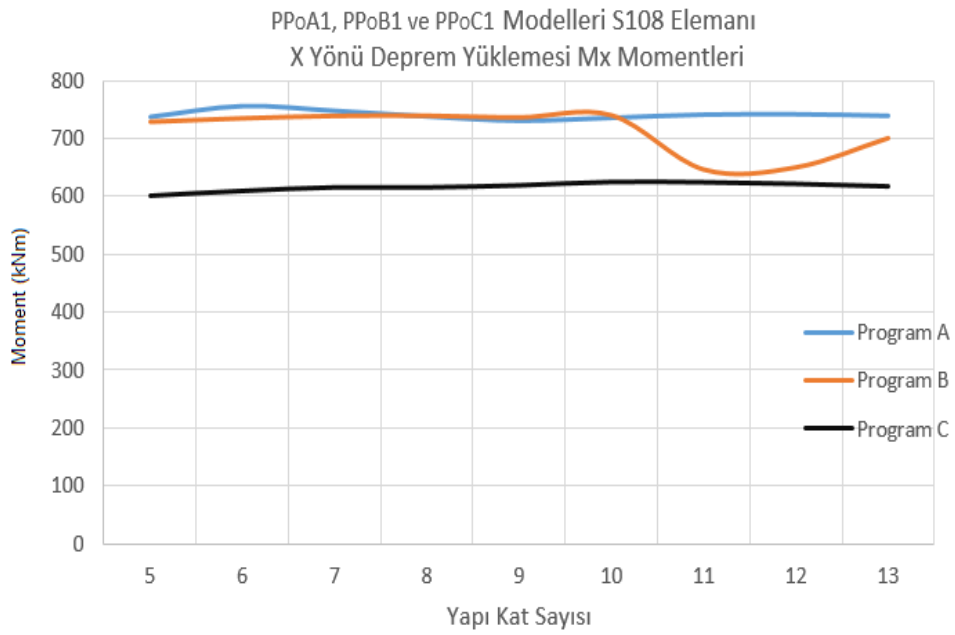


Şekil 6.36. Dikdörtgen perde modelleri s106 elemanı y yönü deprem yüklemesi my momentleri (kNm)

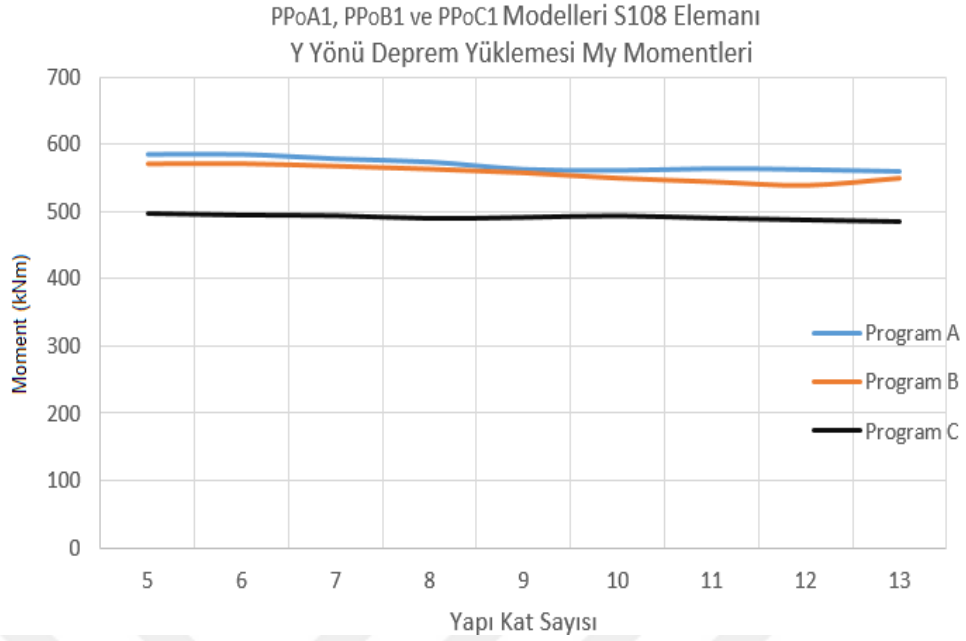


Şekil 6.37. Dikdörtgen perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi my momentleri (kNm)

Dikdörtgen Perde Modellerinin moment analizleri yapıldıktan sonra Poligon Perde Modellerinin moment analizleri yapılmıştır. Poligon Perde modelleri için X yönü deprem yüklemesi durumu moment sonuçları Şekil 6.38’de gösterilmiştir. Y yönü deprem yüklemesi durumu için moment sonuçları Şekil 6.39’da gösterilmiştir. Program A ve Program B birbirine çok yakın sonuçlar vermekte olup, Program C’de analiz edilen momentler, iki program sonuçlarından daha düşüktür. Piyasada sıkça kullanılan bu iki yapısal analiz programı, Program C’ye göre daha yüksek değerler vermektedir.

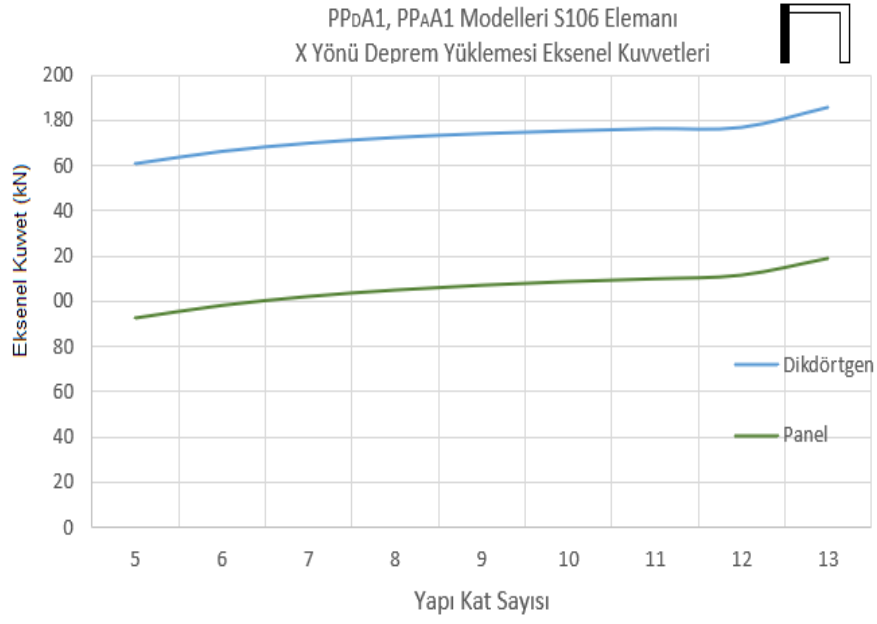


Şekil 6.38. Poligon perde modelleri s108 elemanı x yönü deprem yüklemesi mx momentleri (kNm)

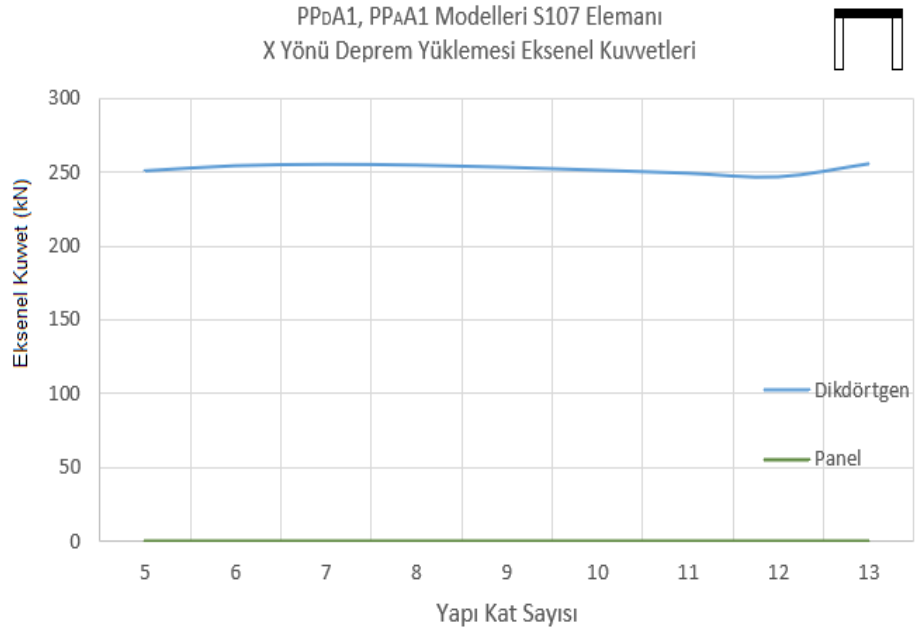


Şekil 6.39. Poligon perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi my momentleri (kNm)

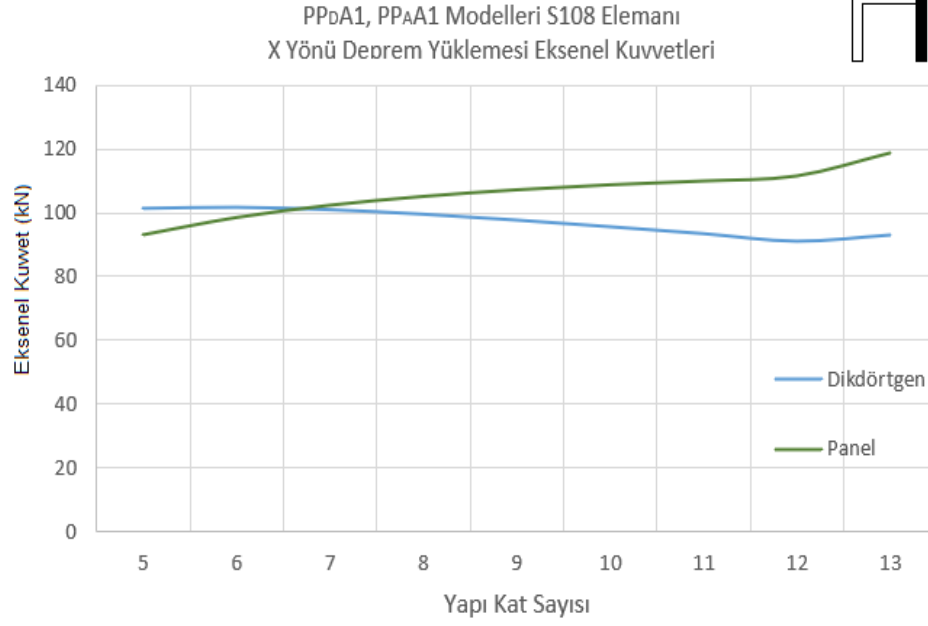
Dikdörtgen Perde ve Poligon Perde Modellerinin kendi aralarında iç kuvvet karşılaştırılması yapıldıktan sonra Dikdörtgen Perde ve Panel Perde Modellerinin karşılaştırılması yapılacaktır. S106 elemanın X yönü deprem yüklemesi durumunda eksenel kuvvetlerinin analiz sonuçları Şekil 6.40'ta gösterilmiştir. Dikdörtgen perde modellemesinde perde elemanda, panel perde elemene göre daha büyük eksenel kuvvetler oluşmaktadır. Panel perde modellemesinde başlık elemanlarla birlikte modelleme yapıldığından dolayı başlık elemanlarının da eksenel kuvvet almasının sonuçlara bu şekilde yansıdığı düşünülmektedir. S107 elemanının eksenel kuvvet sonuçları Şekil 6.41'de gösterilmiştir. Panel perdenin eksenel kuvvet almadığı fakat Dikdörtgen Perde Modellemesindeki tam olarak bağlantının sağlanamamasından dolayı S107 elemanında eksenel kuvvet oluştuğu görülmektedir. Panel perdenin davranışı Program B ve Program C'de oluşturulan Dikdörtgen Perde Modellemesindeki yakındır. S108 elemanın da da Dikdörtgen Perde Modelindeki bağlantı probleminden dolayı, Panel Perde modeliyle eksenel kuvvet sonuçları Şekil 6.42'de ki gibidir.



Şekil 6.40. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s106 elemanı x yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)



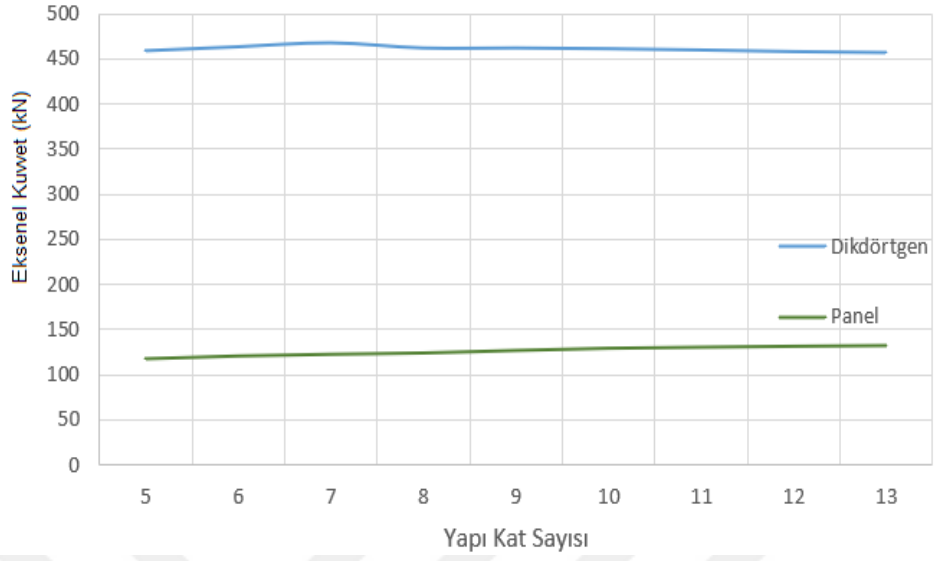
Şekil 6.41. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s107 elemanı x yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)



Şekil 6.42. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s108 elemanı x yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)

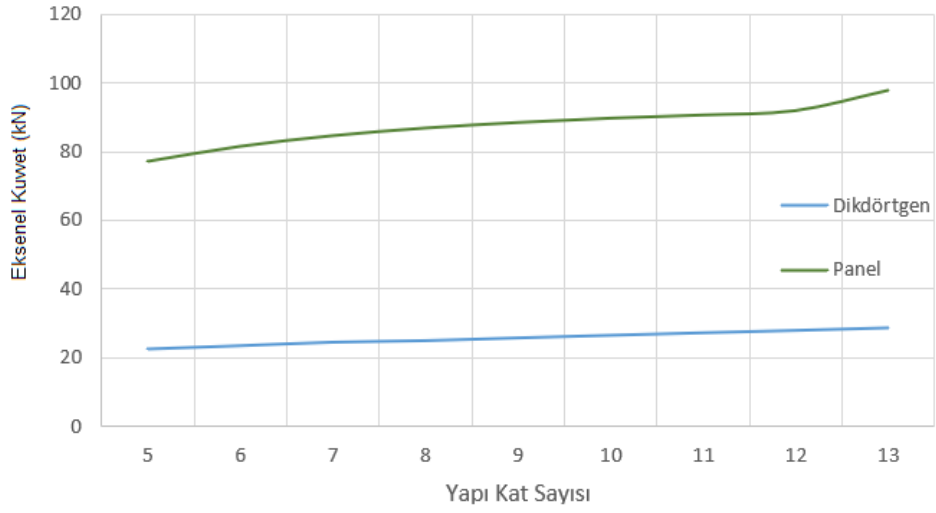
X yönü deprem yüklemesi durumundan sonra Y yönü deprem yüklemesi durumu için Dikdörtgen Perde ve Panel Perde Modelleri arasında eksenel kuvvet karşılaştırılması yapılmıştır. S106 elemanının eksenel kuvvet karşılaştırması Şekil 6.43'te gösterilmiştir. S106 ve S108 elemanlarında dikdörtgen perde modelinde hesaplanan eksenel kuvvetler, panel perdeye göre daha büyüktür. S107 elemanında ise panel perdenin eksenel kuvvet sonuçları dikdörtgen perde modeline göre daha büyüktür. Bu farklılığın Dikdörtgen Perde modellerinde S107 elemanının diğer perde elemanlara bağlantısının sağlanamamasından dolayı olduğu düşünülmektedir. S107 elemanının eksenel kuvvet sonuçları Şekil 6.44'te, S108 elemanının sonuçları ise Şekil 6.45'te gösterilmiştir.

PPdA1, PPAA1 Modelleri S106 Elemanı
Y Yönü Deprem Yükleme Eksenel Kuvvetleri

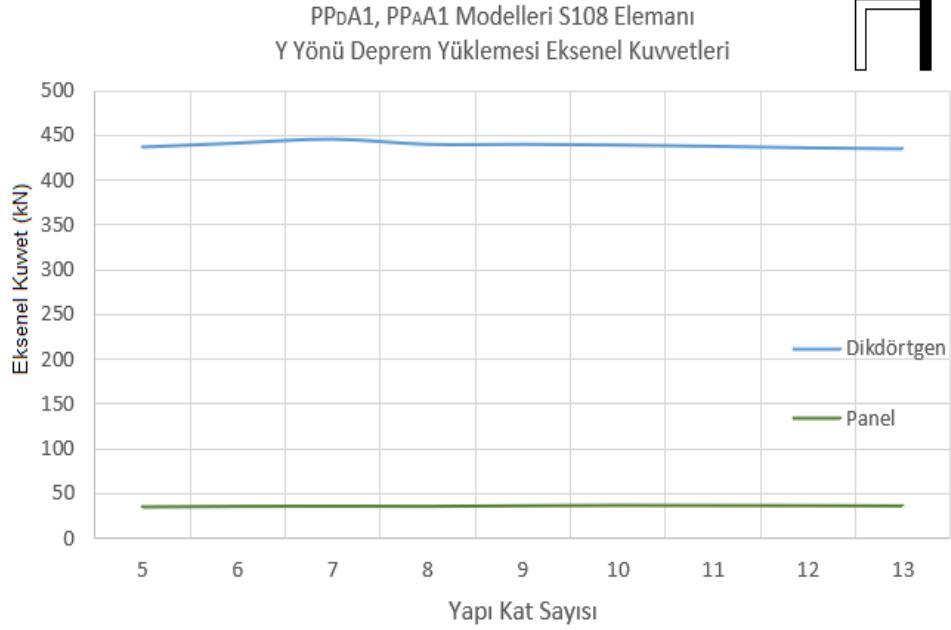


Şekil 6.43. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s106 elemanı y yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)

PPdA1, PPAA1 Modelleri S107 Elemanı
Y Yönü Deprem Yükleme Eksenel Kuvvetleri

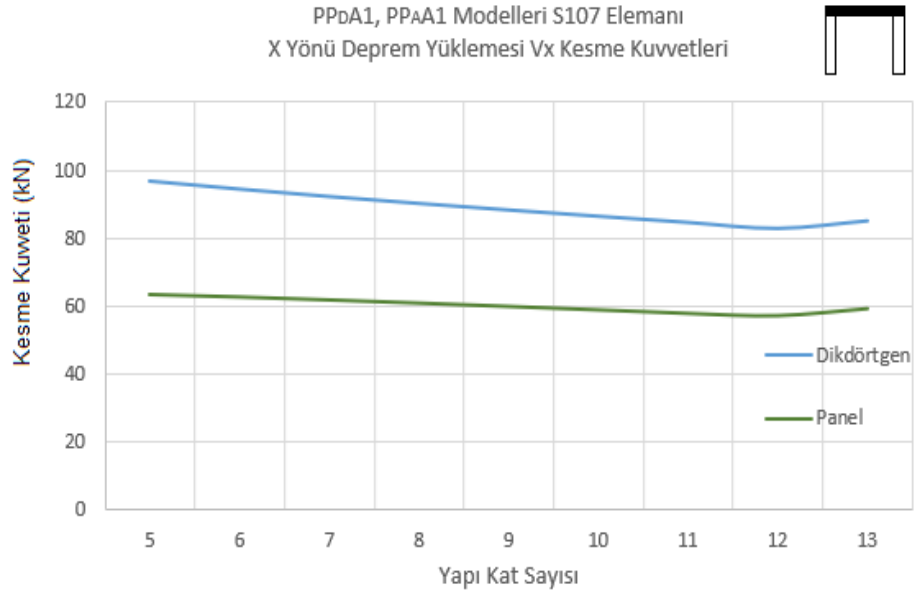


Şekil 6.44. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s107 elemanı y yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)

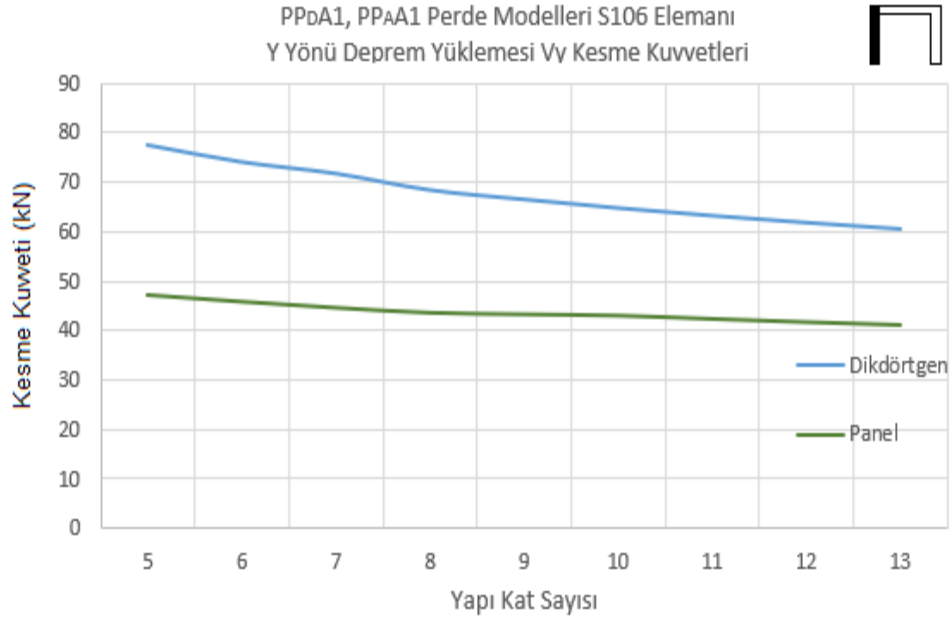


Şekil 6.45. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi eksenel kuvvetleri (kN)

Dikdörtgen Perde ve Panel Perde Modellerinde eksenel kuvvetlerden sonra kesme kuvvetleri karşılaştırılması yapılmıştır. X yönü deprem yüklemesi durumunda S107 elemanının kesme kuvvet sonuçları Şekil 6.46’da gösterilmiştir. Dikdörtgen Perde Modellerindeki kesme kuvvet Panel Perde Modellerine göre daha büyüktür. S106 elemanının Y yönü deprem yüklemesi durumundaki kesme kuvvet sonuçları Şekil 6.47’de gösterilmiştir. S108 elemanının da kesme kuvvet sonuçları Şekil 6.48’de gösterilmiştir. Dikdörtgen Perde ve Panel Perde Modellerinde moment karşılaştırılması yapılmıştır. X yönü deprem yüklemesi durumunda S107 elemanının moment sonuçları Şekil 6.49’da gösterilmiştir. Dikdörtgen Perde Modellerindeki kesme kuvvet Panel Perde Modellerine göre daha büyüktür. S106 elemanının Y yönü deprem yüklemesi durumundaki moment sonuçları Şekil 6.50’de gösterilmiştir. S108 elemanının da moment sonuçları Şekil 6.51’de gösterilmiştir. Kesme kuvvetleri X yönünde Dikdörtgen Perde Modellerinde daha büyük, Y yönünde ise Panel Perde Modellerinde daha büyüktür. S107 elemanında Dikdörtgen Perde Modelindeki bağlantının tam olarak sağlanamamasının moment sonuçlarında bu farklılığa neden olduğu düşünülmektedir.

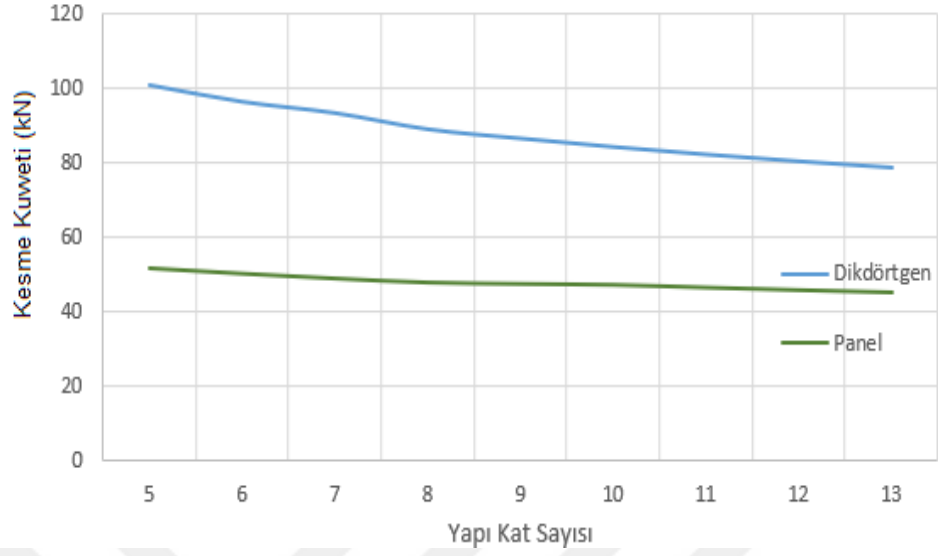


Şekil 6.46. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s107 elemanı x yönü deprem yüklemesi v_x kesme kuvvetleri (kN)



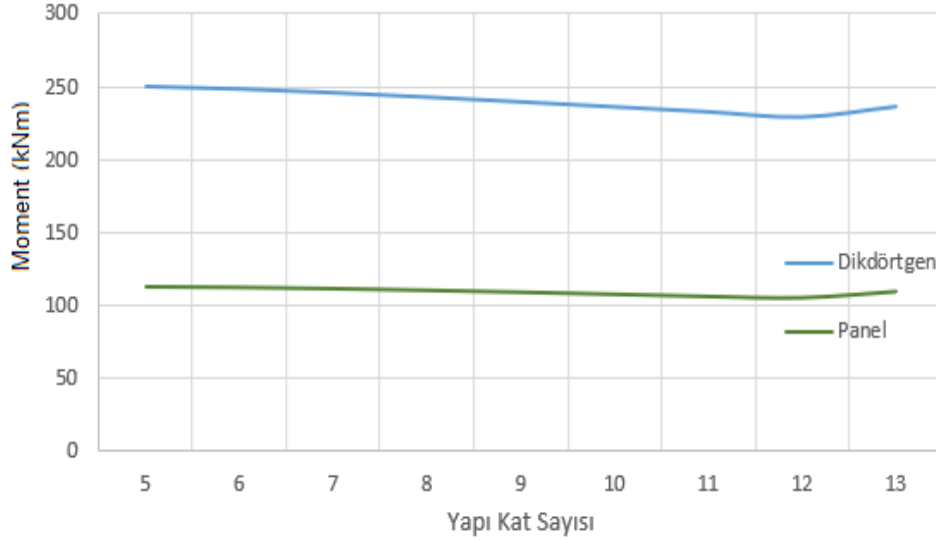
Şekil 6.47. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s106 elemanı y yönü deprem yüklemesi v_y kesme kuvvetleri (kN)

PPdA1, PPAA1 Modelleri S108 Elemanı
Y Yönü Deprem Yükleme V_y Kesme Kuvvetleri

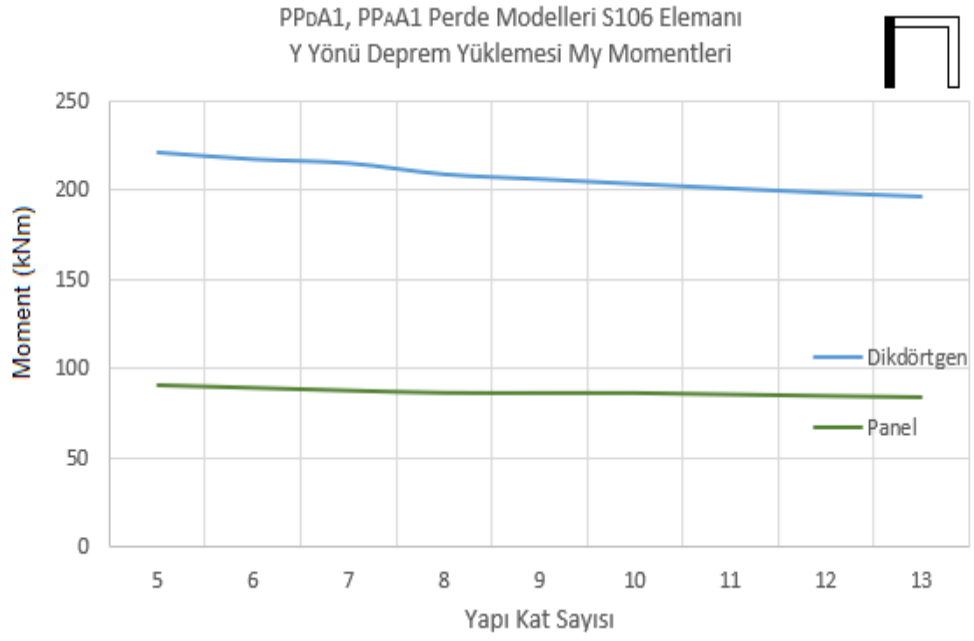


Şekil 6.48. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi v_y kesme kuvvetleri (kN)

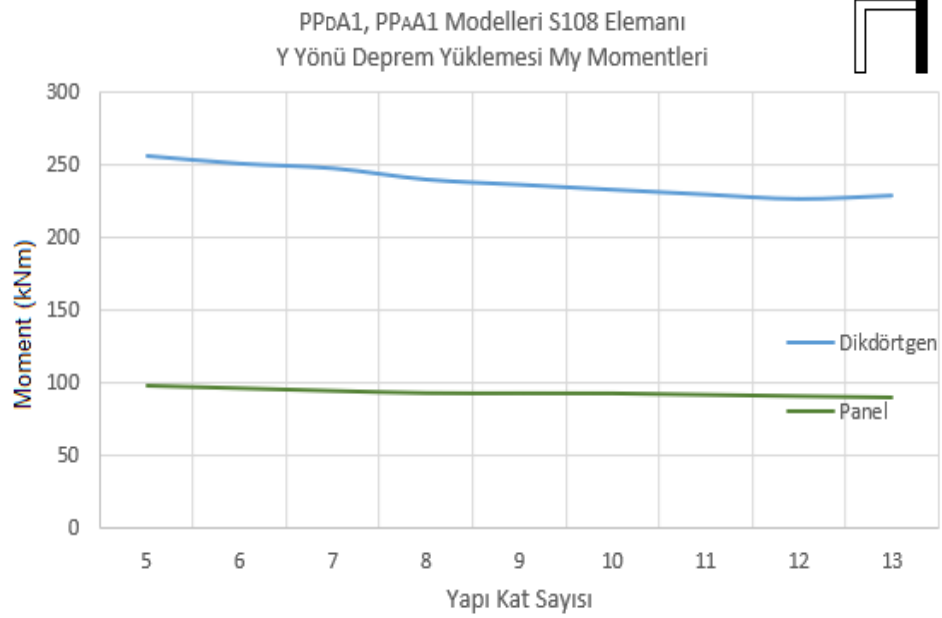
PPdA1, PPAA1 Modelleri S107 Elemanı
X Yönü Deprem Yükleme M_x Momentleri



Şekil 6.49. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s107 elemanı x yönü deprem yüklemesi m_x momentleri (kNm)



Şekil 6.50. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s106 elemanı y yönü deprem yüklemesi my momentleri (kNm)



Şekil 6.51. Dikdörtgen ve panel perde modelleri s108 elemanı y yönü deprem yüklemesi my momentleri (kNm)

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan analizler sonucunda Dikdörtgen Perde Modellemesinin güvenilir bir yöntem olmadığını, çıkan analiz sonuçları göstermektedir. U- perde elemanının betonarme yapıların tasarımında poligon kolon şeklinde sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak modellenmesi önerilmektedir. Program A ve Program B gibi piyasada sıklıkla kullanılan yapısal analiz programlarında Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının veri girişinde betonarme perdeli çerçeve sistemin Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=7$ alınarak yüksek sünek çerçeve ve perdeli sistem olarak programlara tanımlanmıştır. Fakat yönetmeliğin ilgili maddesinde belirtilen devrilme momentinin perdenin aldığı taban devrilme momentinin o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin $1/3$ 'ünden fazla olması durumunda Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R yerine $(4/5)R$ göz önüne alınmasıyla $R=5.6$ 'ya düşürülmesiyle betonarme perdeli çerçeve sistem normal sünek olarak indirgenmiştir. Bu kısımda Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'in 4.3.2.4 maddesi gereğince yapı veri girişlerinde uygulanmıştır. Bununla birlikte U-perde elemanının analiz sonuçları grafiklerinde kesme ve moment grafiklerinde dalgalanmalar görülmektedir. Bu dalgalanmaların nedenleri tasarlanan yapının her kat sayısının artması durumunda oluşturulan modellerde kat seviyesine etkileyen deprem yüklerinin değişken olmasıdır. Program A, Program B yapısal analiz programları daha çok akademik çalışmalarda kullanılan Program C'ye göre kesme ve moment sonuç grafiklerinden görüldüğü üzere daha yüksek değerler vermektedir.

KAYNAKÇA

- Aktan, S. (2009). *Betonarme binalarda perdelerin davranışa etkileri*. Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Altunışık , A., Günaydın, M., Genç, A. ve Okur, F. (2018). *İnşaat mühendisliğinde ansys uygulamaları*. Trabzon: Dynamic Academy.
- Celep, Z. (2015). *Betonarme yapılar* (8. b.). İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N. (2004). *Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı* (3. b.). İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.
- Çolakoğlu, H.E. (2014). *Dikdörtgen kesitli olmayan perdelerin davranışı ve tasarım esasları*. Yüksek Lisans Tezi. Erzurum: Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Doğangün, A. (2007). *Betonarme yapıların hesap ve tasarımı*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Doğru, M. (2018). *Farklı zemin koşullarındaki betonarme çerçevelere betonarme perde eklenmesinin davranışa etkisinin değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Erken, S. (2012). *Betonarme yapıların taşıyıcı sistem seçiminde perde yerleşiminin davranışa etkisi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ersoy, H.V. (2018). *Düzensiz betonarme perde yerleşimine sahip hasarlı bir binanın analizi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Güllü, M.F. (2013). *Finite element modeling of reinforced concrete structural walls*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Güneş, B.E. (2017). *Betonarme yapılarda perde yeri seçiminin yapısal davranış üzerine etkilerinin irdelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hasnالبant, M. (2017). *L en kesitli betonarme perde duvarların dayanım ve stabilitelerinin araştırılması*. Doktora Tezi. Kayseri: Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Kalaycı, A. (2018). *Betonarme binalarda perde yerleşiminin performansa etkisi*. Yüksek Lisans Tezi. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kaya, G. (2018). *Betonarme perde ve çerçeve yapılarında perde boyutlandırılması ve yerleşiminin deprem davranışına etkisi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Koçak, Y. (2015). *Betonarme u-perdelerin modellenmesi ve dinamik etkiler altında performansının incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Gebze: Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Othman, M.K. (2017). *Çok katlı betonarme yapılarda perdelerin planda yerleşiminin ve perdelerdeki boşlukların deprem davranışına etkisi*. Yüksek Lisans Tezi. Denizli: Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özcan, A.İ. (2015). *Yüksek yapılarda betonarme perde duvarların kesme davranışı üzerine parametrik bir çalışma*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özlü, B. (2015). *Çok katlı betonarme binalarda taşıyıcı sistem türlerinin davranışının incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Susam, N.H. (2019). *Betonarme perde duvarlı çerçevede tasarım donatı oranlarının belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şahin, H. (2015). *Bina tasarım parametreleri dikkate alınarak perde kesme kuvvet tasarımına farklı bir yaklaşım*. Doktora Tezi. Elazığ: Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. (2018). Ankara: 30364 Sayılı Resmi Gazete.
- Yılmaz, M.B. (2014). *Perde-çerçeve betonarme sistemlerde deprem etkisi altında doğrusal olmayan davranışın incelenmesi*. Doktora Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yüksel, M. (2018). *Çok katlı betonarme bir yapının deprem performansına perde duvarların etkisinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: İlkey ÇETİN

Yabancı Dil: İngilizce

Eğitim Geçmişi:

- 2018, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü.

Mesleki Birlik/Dernek/Kuruluş Üyelikleri:

- 2018, İnşaat Mühendisleri Odası, Eskişehir.