

Bulonlu Birleşimlerde Kesme Kuvvetlerinin
Bulonlara Dağılımının İncelenmesi

Özcan Ateş

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran, 2008

Distribution Of Shear Forces On Bolts
On Bolted Connections

Özcan Ateş

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Civil Engineering

June, 2008

Bulonlu Birleşimlerde Kesme Kuvvetlerinin
Bulonlara Dağılımının İncelenmesi

Özcan Ateş

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Prof. Dr. Eşref ÜNLÜOĞLU

Haziran, 2008

Özcan Ateş'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Bulonlu Birleşimlerde Kesme Kuvvetlerinin Bulonlara Dağılımının İncelenmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye : Prof. Dr. Eşref ÜNLÜOĞLU

Üye : Prof. Dr. Hasan GÖNEN

Üye : Prof. Dr. Nejat KIRAÇ

Üye : Doç. Dr. Nevzat KIRAÇ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mizan DOĞAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada bulonlu birleşimlerde, uygulanan kuvvetler altında, bulonlara gelen kesme kuvvetlerinin dağılımı incelenmiştir. Bu incelemede yardımcı olarak SAP 2000 V11.0.0 paket programı kullanılmıştır. SAP 2000 V11.0.0 programında incelenmek istenen modellemeler yapılmış, bu modellere belirli kuvvetler etki ettirilmiştir. Bu kuvvetlerin etkisinde, kesme kuvvetlerinin bulonlara dağılımı belirlenmiştir.

İlk olarak SAP 2000 V11.0.0 programında modellemenin nasıl yapıldığı anlatılmıştır. Tek tesirli ve çift tesirli birleşimler modellenmiştir. Bu modellerde bulonlar tek sıra ve iki sıra olarak yerleştirilmiş, çeşitli adette bulon kullanılmıştır. Bulonlar arası mesafeler değiştirilip yeni modeller oluşturulmuştur. Tüm bu modellere sabit kuvvetler uygulanarak bulonlara gelen kesme kuvvetleri belirlenmiştir. Aynı modellerin teorik hesapları yapılmış ve teoride bulonlara gelen kesme kuvvetleri belirlenmiştir. Modellemelerden ve teorik hesaplardan elde edilen kesme kuvveti değerleri karşılaştırılmıştır. Sonuçlar tablolar ve grafikler halinde gösterilmiştir.

Bu tez çalışmasının amacı, kesme kuvvetlerinin bulonlara dağılımını belirlemek, bulonlar arası mesafenin değişmesinin kesme kuvvetlerinin dağılımını nasıl etkilediğini gözlemlemektir.

Anahtar kelimeler: Bulon, Bulonlarda Kesme Kuvveti, Bulonlarda Yük Dağılımı, Çelik Yapılarda Birleşim Araçları

SUMMARY

In this thesis, distribution of shear forces on bolts on bolted connections under the effects of constant forces is analyzed. These analysis are performed with Csi SAP 2000 V11. Models are designed in Sap 2000 and constant forces applied to the models. Distribution of the shear forces on bolts is determined, under these forces.

Firstly designing of models in Sap 2000 is explained. Single shear and double shear connections are modelled. In these models olts are placed as one row and two rows, various numbers of bolt are used. New models are designed by changing the spacing between the bolts. Constant forces are applied to all these models and shear forces on the bolts are determined. Also theoritical values of shear forces on the bolts fort he same models are calculated. Theoritical values and values achieved from Sap 2000 for shear forces are compared. The results are displayed as tables and graphics.

Aim of this thesis is determining the distribution of shear forces on bolts and observing how is the distribution of shear forces affected by changing the spacing between the bolts.

Keywords: Bolts, Shear Forces On The Bolts, Load Distribution On The Bolts, Connection Members On Steel Structures

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın meydana gelmesinde, bana bilgi ve deneyimleriyle yardımcı olan, değerli hocam, danışmanım sayın Prof. Dr. Eşref ÜNLÜOĞLU'na, benden yardımlarını esirgemeyen, nişanlım Sinem ATALAY'a, değerli dostum Emrah İPEKÇİ'ye, hayatım boyunca maddi ve manevi olarak her zaman yanımda olan ve beni destekleyen aileme en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Özcan ATEŞ

Haziran-2008

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvi
TABLolar DİZİNİ	xxvi
KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ	xxviii
 1. GİRİŞ	 1
2. ÇELİK YAPILARDA BİRLEŞİM ARAÇLARI	4
2.1. Perçinler	5
2.2. Bulonlar	5
2.2.1. Bulon çeşitleri	6
2.2.1.1. Normal bulonlar	6
2.2.1.2. Yüksek mukavemetli bulonlar	12
2.3. Kaynak	12
2.3.1. Ergitme kaynakları	13
2.3.2. Basınç kaynakları	13
3. SAP 2000 DE MODELLEME	14
4. SAP 2000 İLE YAPILAN BULON BİRLEŞİMLERİNDE YÜK DAĞILIMI	24
4.1. Tek Tesirli Tek Sıra	25
4.1.1. 1 bulonlu birleşim	25
4.1.2. 2 bulonlu birleşim	26
4.1.3. 3 bulonlu birleşim	28
4.1.4. 4 bulonlu birleşim	30
4.1.5. 5 bulonlu birleşim	32

İÇİNDEKİLER (devam)

	Sayfa
4.1.6. 6 bulonlu birleşim	34
4.2. Çift Tesirli Tek Sıra	36
4.2.1. 1 bulonlu birleşim.....	36
4.2.2. 2 bulonlu birleşim.....	37
4.2.3. 3 bulonlu birleşim.....	39
4.2.4. 4 bulonlu birleşim.....	40
4.2.5. 5 bulonlu birleşim.....	42
4.2.6. 6 bulonlu birleşim.....	44
4.3. Tek Tesirli İki Sıra	46
4.3.1. 2 bulonlu birleşim.....	46
4.3.2. 4 bulonlu birleşim.....	48
4.3.3. 6 bulonlu birleşim.....	50
4.3.4. 8 bulonlu birleşim.....	52
4.3.5. 10 bulonlu birleşim.....	54
4.3.6. 12 bulonlu birleşim.....	57
4.4. Çift Tesirli İki Sıra	59
4.4.1. 2 bulonlu birleşim.....	59
4.4.2. 4 bulonlu birleşim.....	61
4.4.3. 6 bulonlu birleşim.....	63
4.4.4. 8 bulonlu birleşim.....	65
4.4.5. 10 bulonlu birleşim.....	68
4.4.6. 12 bulonlu birleşim.....	70
4.5. Moment Etkisindeki Bulonlar	73
4.5.1. Tek sıra 2 bulonlu birleşim	73
4.5.2. Tek sıra 3 bulonlu birleşim	77
4.5.3. Çift sıra 4 bulonlu birleşim.....	82
4.5.4. Çift sıra 6 bulonlu birleşim	86
4.5.5. Şaşırtmalı 3 bulonlu birleşim.....	92
5. HESAP VE SAP 2000 DEN ELDE EDİLEN SONUÇLARIN GRAFİK OLARAK İNCELENMESİ.....	97
5.1. Tek Tesirli Tek Sıra 2 Bulonlu Birleşim.....	97

İÇİNDEKİLER (devam)

	Sayfa
5.2. Tek Tesirli Tek Sıra 3 Bulonlu Birleşim.....	97
5.3. Tek Tesirli Tek Sıra 4 Bulonlu Birleşim.....	98
5.4. Tek Tesirli Tek Sıra 5 Bulonlu Birleşim.....	99
5.5. Tek Tesirli Tek Sıra 6 Bulonlu Birleşim.....	99
5.6. Tek Tesirli Tek Sıra 2 Bulonlu Birleşim (8d).....	100
5.7. Tek Tesirli Tek Sıra 3 Bulonlu Birleşim (8d).....	101
5.8. Tek Tesirli Tek Sıra 4 Bulonlu Birleşim (8d).....	101
5.9. Tek Tesirli Tek Sıra 5 Bulonlu Birleşim (8d).....	102
5.10. Tek Tesirli Tek Sıra 6 Bulonlu Birleşim (8d).....	103
5.11. Çift Tesirli Tek Sıra 2 Bulonlu Birleşim.....	103
5.12. Çift Tesirli Tek Sıra 3 Bulonlu Birleşim.....	104
5.13. Çift Tesirli Tek Sıra 4 Bulonlu Birleşim.....	105
5.14. Çift Tesirli Tek Sıra 5 Bulonlu Birleşim.....	105
5.15. Çift Tesirli Tek Sıra 6 Bulonlu Birleşim.....	106
5.16. Çift Tesirli Tek Sıra 2 Bulonlu Birleşim (8d).....	107
5.17. Çift Tesirli Tek Sıra 3 Bulonlu Birleşim (8d).....	107
5.18. Çift Tesirli Tek Sıra 4 Bulonlu Birleşim (8d).....	108
5.19. Çift Tesirli Tek Sıra 5 Bulonlu Birleşim (8d).....	109
5.20. Çift Tesirli Tek Sıra 6 Bulonlu Birleşim (8d).....	109
5.21. Tek Tesirli İki Sıra 2 Bulonlu Birleşim.....	110
5.22. Tek Tesirli İki Sıra 4 Bulonlu Birleşim.....	111

İÇİNDEKİLER (devam)

	Sayfa
5.23. Tek Tesirli İki Sıra 6 Bulonlu Birleşim.....	111
5.24. Tek Tesirli İki Sıra 8 Bulonlu Birleşim.....	112
5.25. Tek Tesirli İki Sıra 10 Bulonlu Birleşim.....	113
5.26. Tek Tesirli İki Sıra 12 Bulonlu Birleşim.....	113
5.27. Tek Tesirli İki Sıra 2 Bulonlu Birleşim (8d).....	114
5.28. Tek Tesirli İki Sıra 4 Bulonlu Birleşim (8d).....	115
5.29. Tek Tesirli İki Sıra 6 Bulonlu Birleşim (8d).....	115
5.30. Tek Tesirli İki Sıra 8 Bulonlu Birleşim (8d).....	116
5.31. Tek Tesirli İki Sıra 10 Bulonlu Birleşim (8d).....	117
5.32. Tek Tesirli İki Sıra 12 Bulonlu Birleşim (8d).....	117
5.33. Çift Tesirli İki Sıra 2 Bulonlu Birleşim.....	118
5.34. Çift Tesirli İki Sıra 4 Bulonlu Birleşim.....	119
5.35. Çift Tesirli İki Sıra 6 Bulonlu Birleşim.....	119
5.36. Çift Tesirli İki Sıra 8 Bulonlu Birleşim.....	120
5.37. Çift Tesirli İki Sıra 10 Bulonlu Birleşim.....	121
5.38. Çift Tesirli İki Sıra 12 Bulonlu Birleşim.....	121
5.39. Çift Tesirli İki Sıra 2 Bulonlu Birleşim (8d).....	122
5.40. Çift Tesirli İki Sıra 4 Bulonlu Birleşim (8d).....	123
5.41. Çift Tesirli İki Sıra 6 Bulonlu Birleşim (8d).....	123
5.42. Çift Tesirli İki Sıra 8 Bulonlu Birleşim (8d).....	124
5.43. Çift Tesirli İki Sıra 10 Bulonlu Birleşim (8d).....	125

İÇİNDEKİLER (devam)

	Sayfa
5.44. Çift Tesirli İki Sıra 12 Bulonlu Birleşim (8d).....	126
5.45. Moment Etkisinde Tek Sıra 2 Bulonlu Birleşim (4d).....	127
5.46. Moment Etkisinde Tek Sıra 2 Bulonlu Birleşim (6d).....	128
5.47. Moment Etkisinde Tek Sıra 2 Bulonlu Birleşim (8d).....	128
5.48. Moment Etkisinde Tek Sıra 3 Bulonlu Birleşim (4d).....	129
5.49. Moment Etkisinde Tek Sıra 3 Bulonlu Birleşim (6d).....	130
5.50. Moment Etkisinde Tek Sıra 3 Bulonlu Birleşim (8d).....	130
5.51. Moment Etkisinde İki Sıra 4 Bulonlu Birleşim (4d).....	131
5.52. Moment Etkisinde İki Sıra 4 Bulonlu Birleşim (6d).....	132
5.53. Moment Etkisinde İki Sıra 4 Bulonlu Birleşim (8d).....	132
5.54. Moment Etkisinde İki Sıra 6 Bulonlu Birleşim (4d).....	133
5.55. Moment Etkisinde İki Sıra 6 Bulonlu Birleşim (6d).....	134
5.56. Moment Etkisinde İki Sıra 6 Bulonlu Birleşim (8d).....	134
5.57. Moment Etkisinde Şaşırtmalı 3 Bulonlu Birleşim (4d).....	135
5.58. Moment Etkisinde Şaşırtmalı 3 Bulonlu Birleşim (6d).....	136
5.59. Moment Etkisinde Şaşırtmalı 3 Bulonlu Birleşim (8d).....	136
6. BULONLAR ARASI MESAFENİN DEĞİŞTİRİLMESİNİN BULONLARA GELEN KESME KUVVETLERİNE ETKİSİNİN GRAFİK OLARAK İNCELENMESİ.....	138
6.1. Tek Tesirli Tek Sıra 2 Bulonlu Birleşim.....	138
6.2. Tek Tesirli Tek Sıra 3 Bulonlu Birleşim.....	138
6.3. Tek Tesirli Tek Sıra 4 Bulonlu Birleşim.....	139

İÇİNDEKİLER (devam)

	Sayfa
6.4. Tek Tesirli Tek Sıra 5 Bulonlu Birleşim.....	140
6.5. Tek Tesirli Tek Sıra 6 Bulonlu Birleşim.....	140
6.6. Çift Tesirli Tek Sıra 2 Bulonlu Birleşim.....	141
6.7. Çift Tesirli Tek Sıra 3 Bulonlu Birleşim.....	142
6.8. Çift Tesirli Tek Sıra 4 Bulonlu Birleşim.....	142
6.9. Çift Tesirli Tek Sıra 5 Bulonlu Birleşim.....	143
6.10. Çift Tesirli Tek Sıra 6 Bulonlu Birleşim.....	144
6.11. Tek Tesirli İki Sıra 4 Bulonlu Birleşim.....	144
6.12. Tek Tesirli İki Sıra 6 Bulonlu Birleşim.....	145
6.13. Tek Tesirli İki Sıra 8 Bulonlu Birleşim.....	146
6.14. Tek Tesirli İki Sıra 10 Bulonlu Birleşim.....	146
6.15. Tek Tesirli İki Sıra 12 Bulonlu Birleşim.....	147
6.16. Çift Tesirli İki Sıra 4 Bulonlu Birleşim.....	148
6.17. Çift Tesirli İki Sıra 6 Bulonlu Birleşim.....	148
6.18. Çift Tesirli İki Sıra 8 Bulonlu Birleşim.....	149
6.19. Çift Tesirli İki Sıra 10 Bulonlu Birleşim.....	150
6.20. Çift Tesirli İki Sıra 12 Bulonlu Birleşim.....	150
6.21. Moment Etkisinde Tek Sıra 2 Bulonlu Birleşim.....	151
6.22. Moment Etkisinde Tek Sıra 3 Bulonlu Birleşim.....	152
6.23. Moment Etkisinde Çift Sıra 4 Bulonlu Birleşim.....	152
6.24. Moment Etkisinde Çift Sıra 6 Bulonlu Birleşim.....	153

İÇİNDEKİLER (devam)

	Sayfa
6.25. Moment Etkisinde Şaşırtmalı 3 Bulonlu Birleşim.....	154
7.ELDE EDİLEN ÇÖZÜMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	155
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	168
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	170

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Çeşitli birleşimlerde kullanılan bulon, somun ve pullar	6
2.2. Gövde İle Delik Arasında Oluşan Basınç Gerilmelerinin Yayılışı.....	8
2.2. Birleşim Araçlarının Düzenlenmesi.....	11
3.1. Sap 2000 de Yeni Model Seçilmesi.....	14
3.2. Sap 2000 de model çizimine yardımcı ızgara seçimi	15
3.3. Sap 2000 de ızgara aralıklarının ve sayısının belirlenmesi	15
3.4. Sap 2000 de ızgaraları düzenleme penceresinin açılması	16
3.5. Sap 2000 de çizilecek modele göre ızgaraların düzenlenmesi.....	16
3.6. Sap 2000 de levha malzemesinin tanımlanması	17
3.7. Sap 2000 de malzemelerin sonlu elemanlara bölünmesi	17
3.8. Sap 2000 de mesnetlerin yerleştirilmesi	18
3.9. Sap 2000 de bağlantı elemanlarının tanımlanması	19
3.10. Sap 2000 de bağlantı elemanlarının yerleştirilmesi	19
3.11. Sap 2000 de bulon malzemesinin tanımlanması	20
3.12. Sap 2000 de yükün tanımlanması	21
3.13. Sap 2000 de kuvvetin yerleştirilmesi	21
3.14. Sap 2000 de nonlinear analiz tipinin tanımlanması	22
3.15. Sap 2000 de analizin başlatılması	22
3.16. Sap 2000 de analiz sonucunda oluşan kesme kuvvetlerinin gösterilmesi....	23
4.1. Basit bir birleşimde bulonların yükü paylaşımı	24
4.2. Tek tesirli tek sıra bir bulonlu birleşim.....	25

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.3. Tek tesirli, tek sıra iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	26
4.4. Tek tesirli, tek sıra, iki bulon, bulonlar arası mesafe 8d	27
4.5. Tek tesirli tek sıra, üç bulon, bulonlar arası mesafe 4d.....	28
4.6. Tek tesirli, tek sıra, üç bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	29
4.7. Tek tesirli, tek sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	30
4.8. Tek tesirli, tek sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d.....	31
4.9. Tek tesirli, tek sıra, beş bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d.....	32
4.10. Tek tesirli, tek sıra, beş bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	33
4.11. Tek tesirli, tek sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	34
4.12. Tek tesirli, tek sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	35
4.13. Çift tesirli, tek sıra, bir bulonlu birleşim.....	36
4.14.. Çift tesirli, tek sıra, iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	37
4.15. Çift tesirli, tek sıra, iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d.....	38
4.16. Çift tesirli, tek sıra, üç bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	39
4.17. Çift tesirli, tek sıra, üç bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	40
4.18. Çift tesirli, tek sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	41
4.19. Çift tesirli, tek sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	42
4.20. Çift tesirli, tek sıra, beş bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	43
4.21. Çift tesirli, tek sıra, beş bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	44
4.22. Çift tesirli, tek sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	45
4.23. Çift tesirli, tek sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	46

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.24. Tek tesirli, iki sıra, iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	47
4.25. Tek tesirli, iki sıra, iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	48
4.26. Tek tesirli, iki sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	49
4.27. Tek tesirli, iki sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	50
4.28. Tek tesirli, iki sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	51
4.29. Tek tesirli, iki sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	52
4.30. Tek tesirli, iki sıra, sekiz bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	53
4.31. Tek tesirli, iki sıra, sekiz bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d.....	54
4.32. Tek tesirli, iki sıra, on bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	55
4.33. Tek tesirli, iki sıra, on bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	56
4.34. Tek tesirli, iki sıra, on iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	57
4.35. Tek tesirli, iki sıra, on iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	58
4.36. Çift tesirli, iki sıra, iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	59
4.37. Çift tesirli, iki sıra, iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	60
4.38. Çift tesirli, iki sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	61
4.39. Çift tesirli, iki sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	62
4.40. Çift tesirli, iki sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	63
4.41. Çift tesirli, iki sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	64
4.42. Çift tesirli, iki sıra, sekiz bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	66
4.43. Çift tesirli, iki sıra, sekiz bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	67
4.44. Çift tesirli, iki sıra, on bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	68

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.45. Çift tesirli, iki sıra, on bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	69
4.46. Çift tesirli, iki sıra, on iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	70
4.47. Çift tesirli, iki sıra, on iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	72
4.48. Moment etkisinde, tek sıra, iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d.....	73
4.49. Moment etkisinde, tek sıra, iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 6d.....	75
4.50. Moment etkisinde, tek sıra, iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d.....	76
4.51. Moment etkisinde, tek sıra, üç bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d.....	78
4.52. Moment etkisinde, tek sıra, üç bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 6d.....	79
4.53. Moment etkisinde, tek sıra, üç bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d.....	81
4.54. Moment etkisinde, iki sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d.....	82
4.55. Moment etkisinde, iki sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 6d.....	84
4.56. Moment etkisinde, iki sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d.....	85
4.57. Moment etkisinde, iki sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d.....	87
4.58. Moment etkisinde, iki sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 6d	89
4.59. Moment etkisinde, iki sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	90

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.60. Moment etkisinde, şaşırtmalı, üç bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d	92
4.61. Moment etkisinde, şaşırtmalı, üç bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 6d	94
4.62. Moment etkisinde, şaşırtmalı, üç bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d	95
5.1. Tek tesirli tek sıra 2 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması	97
5.2. Tek tesirli tek sıra 3 bulon kullanılarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması	98
5.3. Tek tesirli tek sıra 4 bulon kullanılarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması	98
5.4. Tek tesirli tek sıra 5 bulon kullanılarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması	99
5.5. Tek tesirli tek sıra 6 bulon kullanılarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması	100
5.6. Tek tesirli tek sıra 2 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması	100
5.7. Tek tesirli tek sıra 3 bulon kullanılarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması	101
5.8. Tek tesirli tek sıra 4 bulon kullanılarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	102
5.9. Tek tesirli tek sıra 5 bulon kullanılarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	102
5.10. Tek tesirli tek sıra 6 bulon kullanılarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	103

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.11. Çift tesirli tek sıra 2 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	104
5.12. Çift tesirli tek sıra 3 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	104
5.13. Çift tesirli tek sıra 4 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	105
5.14. Çift tesirli tek sıra 5 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	106
5.15. Çift tesirli tek sıra 6 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	106
5.16. Çift tesirli tek sıra 2 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	107
5.17. Çift tesirli tek sıra 3 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	108
5.18. Çift tesirli tek sıra 4 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	108
5.19. Çift tesirli tek sıra 5 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	109
5.20. Çift tesirli tek sıra 6 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	110
5.21. Tek tesirli tek sıra 2 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	110
5.22. Tek tesirli iki sıra 4 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	111
5.23. Tek tesirli iki sıra 6 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	112
5.24. Tek tesirli iki sıra 8 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	112

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.25. Tek tesirli iki sıra 10 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	113
5.26. Tek tesirli iki sıra 12 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	114
5.27. Tek tesirli iki sıra 2 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	114
5.28. Tek tesirli iki sıra 4 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	115
5.29. Tek tesirli iki sıra 6 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	116
5.30. Tek tesirli iki sıra 8 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	116
5.31. Tek tesirli iki sıra 10 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	117
5.32. Tek tesirli iki sıra 12 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	118
5.33. Çift tesirli iki sıra 2 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	118
5.34. Çift tesirli iki sıra 4 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	119
5.35. Çift tesirli iki sıra 6 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	120
5.36. Çift tesirli iki sıra 8 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	120
5.37. Çift tesirli iki sıra 10 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	121
5.38. Çift tesirli iki sıra 12 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	122

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.39. Çift tesirli iki sıra 2 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	123
5.40. Çift tesirli iki sıra 4 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	123
5.41. Çift tesirli iki sıra 6 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	124
5.42. Çift tesirli iki sıra 8 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	125
5.43. Çift tesirli iki sıra 10 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	126
5.44. Çift tesirli iki sıra 12 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	127
5.45. Moment etkisinde tek sıra 2 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	127
5.46. Moment etkisinde tek sıra 2 bulon bulonlar arası mesafe 6d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	128
5.47. Moment etkisinde tek sıra 2 bulon bulonlar arası mesafe 8d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	129
5.48. Moment etkisinde tek sıra 3 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	129
5.49. Moment etkisinde tek sıra 3 bulon bulonlar arası mesafe 6d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	130
5.50. Moment etkisinde tek sıra 3 bulon bulonlar arası mesafe 8d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	131
5.51. Moment etkisinde iki sıra 4 bulon bulonlar arası mesafe 4d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	131
5.52. Moment etkisinde iki sıra 4 bulon bulonlar arası mesafe 6d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	132

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.53. Moment etkisinde iki sıra 4 bulon bulonlar arası mesafe 8d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	133
5.54. Moment etkisinde iki sıra 6 bulon bulonlar arası mesafe 4d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	133
5.55. Moment etkisinde iki sıra 6 bulon bulonlar arası mesafe 6d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	134
5.56. Moment etkisinde iki sıra 6 bulon bulonlar arası mesafe 8d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	135
5.57. Moment etkisinde şaşırtmalı 3 bulon bulonlar arası mesafe 4d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	135
5.58. Moment etkisinde şaşırtmalı 3 bulon bulonlar arası mesafe 6d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	136
5.59. Moment etkisinde şaşırtmalı 3 bulon bulonlar arası mesafe 8d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması.....	137
6.1. Tek tesirli bir sıra 2 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	138
6.2. Tek tesirli bir sıra 3 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	139
6.3. Tek tesirli bir sıra 4 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	139
6.4. Tek tesirli bir sıra 5 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	140
6.5. Tek tesirli bir sıra 6 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	141
6.6. Çift tesirli bir sıra 2 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	141
6.7. Çift tesirli bir sıra 3 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	142

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.8. Çift tesirli bir sıra 4 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	143
6.9. Çift tesirli bir sıra 5 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	143
6.10. Çift tesirli bir sıra 6 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	144
6.11. Tek tesirli iki sıra 4 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	145
6.12. Tek tesirli iki sıra 6 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	145
6.13. Tek tesirli iki sıra 8 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	146
6.14. Tek tesirli iki sıra 10 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	147
6.15. Tek tesirli iki sıra 12 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	147
6.16. Çift tesirli iki sıra 4 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	148
6.17. Çift tesirli iki sıra 6 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	149
6.18. Çift tesirli iki sıra 8 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	149
6.19. Çift tesirli iki sıra 10 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	150
6.20. Çift tesirli iki sıra 12 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	151
6.21. Moment etkisinde tek 2 bulon bulonlar arası mesafe 4d, 6d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	151

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.22. Moment etkisinde tek sıra 3 bulon bulonlar arası mesafe 4d, 6d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	152
6.23. Moment etkisinde çift sıra 4 bulon bulonlar arası dik mesafe 4d, 6d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması....	153
6.24. Moment etkisinde çift sıra 6 bulon bulonlar arası dik mesafe 4d, 6d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	153
6.25. Moment etkisinde şaşırtmalı 3 bulon bulonlar arası dik mesafe 4d, 6d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	154

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Bulon malzemelerinin sınır gerilme değerleri.....	7
2.2. Birleşim aracı payına düşen kuvvet yüzdeleri	9
2.3. Normal bulonlara ait emniyet gerilmeleri	10
2.4. Birleşim araçlarının yerleştirilmesinde kullanılan mesafeler	11
7.1. Tek tesirli ve bir sıra olarak oluşturulan modelden elde edilen kesme kuvvetleri.....	155
7.2. Tek tesirli iki sıra olarak oluşturulan modelden elde edilen kesme Kuvvetleri.....	157
7.3. tesirli ve bir sıra olarak oluşturulan modelden elde edilen kesme Kuvvetleri.....	159
7.4. Çift tesirli iki sıra olarak oluşturulan modelden elde edilen kesme kuvvetleri.....	161
7.5. Moment etkisinde tek sıra iki bulon olarak oluşturulan modelden elde edilen kesme kuvvetleri.....	163
7.6. Moment etkisinde bir sıra üç bulon olarak oluşturulan modelden elde edilen kesme kuvvetleri.....	164
7.7. Moment etkisinde çift sıra dört bulon olarak oluşturulan modelden elde edilen kesme kuvvetleri	165
7.8. Moment etkisinde çift sıra altı bulon olarak oluşturulan modelden elde edilen kesme kuvvetleri	166
7.9. Moment etkisinde şaşırtmalı üç bulon olarak oluşturulan modelden elde edilen kesme kuvvetleri	167

KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ

Simgeler

Açıklamalar

σ_B	: Bulon Kopma Mukavemeti
σ_F	: Bulon Akma Sınırı
d	: Bulon Çapı
t	: Birleştirilen Levha Kalınlığı
τ_{sem}	: Kesme Emniyet Gerilmesi
σ_{lem}	: Ezilme Emniyet Gerilmesi
N_{em}	: Birleşim Aracı Emniyet Kuvveti
n	: Birleşimdeki Bulon Adedi
e	: Bulonlar Arası Uzaklık
e_1	: Kuvvet Doğrultusuna Dik Kenara Olan Uzaklık
e_2	: Kuvvet Doğrultusuna Paralel Kenara Olan Uzaklık
V	: Kesme Kuvveti
P	: Uygulanan Kuvvet
V_i	: i nci Bulona Gelen Kesme Kuvveti
V_p	: Uygulanan Kuvvetten Dolayı Oluşan Kesme Kuvveti
M	: Uygulanan Kuvvetten Dolayı Ağırlık Merkezinde Oluşan Moment
x	: Uygulanan Kuvvetin Ağırlık Merkezine Uzaklığı
V_m	: Momentten Dolayı Oluşan Kesme Kuvveti
x_1	: Bulonlar Arası Mesafe
J_p	: Polar Atalet Momenti
r	: Bulon Ekseninin Ağırlık Merkezine Olan Uzaklığı
h	: Bulon Ekseninin Ağırlık Merkezine Düşey Uzaklığı
v	: Bulon Ekseninin Ağırlık Merkezine Yatay Uzaklığı

Kısaltmalar

Açıklamalar

DBYBHE 07	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar, 2007
TS	: Türk Standardı
Y.Ç.İ.T.Ş.	: Yapı Çeliği İşleri Teknik Şartnamesi

1.GİRİŞ

İnsanların yerleşik hayata geçmeleriyle beraber barınma sorunları da başlamıştır. Eski çağlarda vahşi hayvanlardan ve tabiatın vereceği zararlardan korunmak için açığa çıkan bu ihtiyaç, zamanla sebepler değişse de devam etmiştir.

İnsanlar barınma ihtiyaçlarını karşılamak için çeşitli yöntemler, çeşitli malzemeler kullanmışlardır. Zamanla teknolojinin ve bilimin gelişimiyle yeni malzemeler, yeni teknikler ortaya çıkmıştır. Nüfus artışına bağlı olarak hep yeni barınma yerleri arayan insanlar kendilerini çevresel faktörlerden ve doğal afetlerden korumak için her zaman daha kaliteli bir yapıyı araştırır olmuşlardır. Betonun ve çeliğin bulunması ile inşaat sektöründe büyük ilerlemeler kaydedilmiş ancak insanlar hep daha iyisini aramışlardır.

Betonun inşaat alanında kullanılmaya başlanmasıyla beraber bazı sorunlar da ortaya çıkmıştır. Betonun çekme mukavemetinin az olması betonun çekme etkisi altında hasarlara uğramasına neden olmuş bu da alternatif arayışlarına itmiştir. Betonla beraber inşaat demirinin de kullanımı ile, betonun çekme mukavemetindeki zayıflığını demirin karşılaması sağlanmış ve böylece betonarme yapılar ortaya çıkmıştır. Betonarme yapılar günümüzde en yaygın olarak kullanılan yapı biçimidir.

Diğer malzemelerde olduğu gibi betonarme yapıda beraberinde bazı sorunları ortaya çıkarmıştır. Uygulamada hataya çok açık olan betonarme yapılar ne kadar önlem alınsa, dikkat edilse de içindeki malzemelerin her birinin davranışına bağlı performans gösterdiği için, bu yapıların performansı teorik hesapları tam olarak karşılamadığı için yüksek güvenlik katsayıları kullanılmaya başlanmıştır.

Betonarmenin bu dezavantajları doğrultusunda mühendisler teorik hesaplara daha uygun yapılar üzerinde çalışmaya başlamışlar ve özelliklerini çok iyi bilebildikleri çelik yapılar önem kazanmaya başlamıştır.

Çeliğin homojen ve izotrop bir malzeme olması mühendislerin bu malzemenin özelliklerini net olarak açıklayabilmelerini sağlamış, böylece çelik yapılar her geçen gün önem kazanmıştır.

Çelik elemanların özelliklerinin iyi bilinmesi mühendisleri çelik yapıların kritik bölgelerini incelemeye yoğunlaştırmıştır. Çelik yapıların kritik bölgeleri olarak birleşim bölgeleri belirlenmiştir. Çelik elemanları birbirine bağlamak için zamanla çeşitli yöntemler geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Bu da bu yöntemlerin hesapları için çeşitli teoriler gelişmesine neden olmuştur.

Günümüzde kullanılan birleşim araçları perçin, bulon, kaynaktır. Bunlardan perçinin zaman içinde kullanımı azalmıştır. Kaynak yöntemlerinin gelişmesi ve kaynağın bulonlara göre maliyetinin az olması kaynağı en çok kullanılan birleşim aracı haline getirmiştir. Bunun yanında bulonların sökölüp takılabilmesi, uygulama kolaylığı ve başka yerde tekrar kullanılabilme özelliği sayesinde gün geçtikçe kullanım alanı artmıştır. Bulonların kullanımındaki artış, mühendisleri bu birleşim aracının hesap yöntemleri üzerinde araştırmaya sevk etmiştir.

Bu anlamda yapılan çalışmalarda bulonlara gelen yükler belirlenmeye çalışılmıştır. Örneğin kolon kiriş alın levhalı bulonlu birleşim düzeneği oluşturulmuş. Bu düzeneğe kesme kuvveti, moment ve eksenel kuvvet altında test edilmiştir. Aynı düzeneğe sonlu elemanlar yöntemiyle de çözümlenmiş ve her iki çözüm yönteminin sonunda da üst sıradaki bulonlara alt sıradakilere göre daha fazla yük geldiği belirlenmiştir. (Butterworth,...?)

1960 lı yıllarda yapılan araştırmalar sonucunda, çok bulonlu birleşimlerin dayanımını hesaplamak için bir düzeltme faktörü belirlenmiş, her bir bulona gelen yük bu düzeltme faktörüyle çarpılıp hepsinin toplanmasıyla birleşimin dayanımı tesbit edilmiştir. (Soltis and Wilkinson, 1990)

Bu çalışma da bulonlara gelen kesme kuvvetlerinin hesap yöntemini incelemeye dayalı bir çalışmadır. Bilgisayar ortamında modellemeler yapılmış, bu modellerin nonlineer analiz yöntemiyle çözümleri yapılmış ve bulonlara gelen kesme kuvvetleri belirlenmiştir.

Oluşturulan modellerin, ayrıca hesap yöntemleriyle çözümleri yapılmıştır. Bilgisayar ortamında bulunan sonuçlarla, hesap yöntemiyle bulunan sonuçlar karşılaştırılmış ve bu hesap yönteminin doğruluğu incelenmiştir.

2.ÇELİK YAPILARDA BİRLEŞİM ARAÇLARI

Çelik yapılar profillerin ve levhaların birleştirme araçlarıyla birleştirilmesiyle teşkil edilirler. Birleşim araçlarının görevi birleştirdikleri parçaların beraber çalışmalarını sağlamaktır. Bu nedenle birleştirilen parçalar arasında meydana gelebilecek gerilmelerin birleşim araçlarıyla güvenli bir şekilde aktarılmaları lazımdır. Birleşim araçlarının bu gerilmeleri güvenli bir şekilde aktarmaları için yapılan hesaplarda kullanılacak olan emniyet gerilmeleri ilerdeki sayfalarda verilmiştir. (Tablo 2.3)

Çelik yapılarda kullanılan birleşim araçları;

Perçin

Bulon

Kaynak tır.

Yapılan birleşimin tahrip edilmeden sökülüp sökülememesine göre birleşimler iki türdür:

1.Sökülemeyen birleşimler

2.Sökülebilen birleşimler

Perçin ve kaynak aracılığıyla yapılan bir birleşimin, daha sonra, birleştirilen elemanlara zarar vermeden sökülmesi imkansızdır. Bu nedenle perçin ve kaynak sökülemeyen birleşim araçlarıdır.

Bulonlu bir birleşim istenilen zamanda, hiçbir tahribat olmadan rahatça sökülebilir, başka bir yerde aynı veya değişik bir amaçla kullanılabilir. Bu nedenle, bulon sökülebilen birleşim aracı olarak bilinir.

Perçinlerin günümüzde pek kullanım alanı kalmamıştır. Eski yapıların kontrol hesaplarının yapılması dışında pek rastlanılmaz.

2.1.Perçinler

Yuvarlak çelikten preslemek suretiyle elde edilirler. Silindirik gövdeli, yuvarlak iki başı olan, gövdesinde kesme delik çevresinde ezilme tesiriyle yük taşıyan, birleştirilecek parçalarda açılan deliklere vurulmak suretiyle yerleştirilen çelik birleşim araçlarına perçin denir.

Perçin başının şekline göre iki tip perçin vardır; yuvarlak başlı perçin, gömme başlı perçin. Yerine vurulmamış perçine ham perçin denir. Ham perçinin gövde çapı delik çapından 1mm daha küçük olur. Ham perçinin bir tarafında bulunan başa nizam başı denir. Ham perçin, perçin ocağında kızıl dereceye kadar ısıtıldıktan sonra deliğine konur. Vurulmak suretiyle diğer tarafta nizam başının simetriği olan bir baş oluşturulur. Bu başa da kapak başı adı verilir. Perçinin, vurulma sırasında gövdesi şişer, konduğu delikle arasında olan 1 mm lik fark kapanarak, perçin deliğe tam olarak oturur.

Bu çalışmada bulonlar kullanıldığı için perçin hesaplarından burada bahsedilmeyecektir.

2.2.Bulonlar

Bulon(cıvata) silindirik gövdeli, altıgen başlıklı, ucunda spiral diş açılmış kısmı bulunan, sökülebilen birleşim aracıdır. Önceden açılmış deliklere yerleştirirler ve diş açılmış uca, altına pul(rondela) koymak suretiyle altıgen somun takılır. (Bknz Şekil 2.1) Bulon başının dönmemesi için bir anahtarla bulon başı tutulur ve diğer bir anahtarla somun takılmak suretiyle birleşim tamamlanmış olur. Yerine takılması son derece kolay olduğu için şantiyede yapılan montaj birleşimlerinin bulonlu birleşim olması tercih edilir. Pahalı olduğundan atölye birleşimlerinde bulon kullanılmaz.



Şekil 2.1. Çeşitli birleşimlerde kullanılan bulon, somun ve pullar

Deprem yükleri etkisindeki elemanların birleşim ve eklerinde kullanılacak bulonlar ISO 8.8 , 10.9 veya daha yüksek kalitede olacaktır. Deprem yükleri etkisinde olmayan elemanların birleşim ve ekleri ile temel bağlantı detaylarında ISO 4.6 ve 5.6 kalitesinde bulonlar kullanılabilir. (DBYBHE ,2007)

2.2.1.Bulon çeşitleri

Bulonlar genel olarak iki gruba ayrılır:

- 1-Normal bulonlar
- 2-Yüksek mukavemetli bulonlar(HV bulonları)

2.2.1.1.Normal bulonlar

Kuvvet aktarmaları perçinlerdeki gibidir, yani gövdede kesme ve delik çevresinde ezilme gerilmelerine göre hesaplanırlar. Ülkemizde de Avrupa ülkelerinde olduğu gibi metrik sistemdeki bulonlar kullanılır ve (M) harfiyle tanımlanır.

Normal bulonlarda dikkat edilmesi gereken çok önemli bir konu, dış açılmamış gövde kısmının boyu, birleştirilen elemanların toplam kalınlığından birkaç mm uzun olmasıdır. Somunun altına konulan pul sayesinde, bu fazlalığa rağmen somunun sıkılması sağlanır. Cıvata başının veya somunun oturduğu yüzler eğik ise, somunların veya cıvata başlarının altına pahlı özel pullar konulmalıdır. (TS 648, 1980)

Normal bulonlar iki çeşittir:

- 1-Kaba bulonlar
- 2-Uygun bulonlar

Kaba bulonlarla uygun bulonlar arasında iki bakımdan fark vardır. Birincisi kaba bulonlarda bulon gövde çapı delik çapından 1mm azdır. Uygun bulonlarda ise, bulon gövde çapı delik çapına eşittir. Yüksek yapılarda 20 ila 30 mm lik çaplarda 0,3 mm kadar tolerans kabul edilir. Daha küçük çaplarda bu tolerans lineer olarak azaltılır. İkinci olarak kaba bulonlarda dış açılmış kısmın haricindeki gövde kısmı işlenmemiştir. Bu sebeple gövde siyah ve düzgün olmayan bir görünüme sahiptir. Gövde çapının delik çapından küçük alınmasının nedeni de budur. Uygun bulon yuvasına tam uyum sağlar ve yapıda kalıcı deformasyonlara neden olmaz. Moment ve büyük kuvvet aktaran eklerde ve köprülerde uygun bulonlar kullanılır. Kaba bulonların perçin ve uygun bulonlarla beraber çalışması kabul edilemez. (TS 648, 1980)

Normal bulonlar 4.6 (St37 den yapılarda) ve 5.6 (St52 den yapılarda) kalitesindeki çelik malzemeye üretilirler. (Tablo 2.1) (Karaduman, 2005)

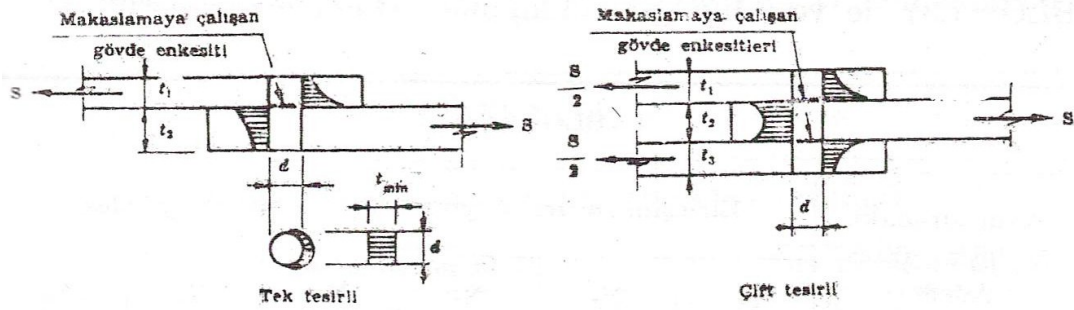
Tablo 2.1. Bulon malzemelerinin sınır gerilme değerleri

	kg/mm ²	
Karakteristik değerleri	4.6	5.6
Kopma mukavemeti σ_B	4.10=40	5.10=50
Akma sınırı σ_F	0,6.40=24	0,6.50=30

Bulon, birleşimlerde gövde eksenine dik etki alacak şekilde kullanılır ve bu durumda da gövdelerinde kesme gerilmeleri veya gövdeleri ile delik cidarı arasında basınç gerilmeleri oluşur. Gövdeye paralel etki aktarmada çekme gerilmeleri oluşur. Bulonlar çekme gerilmeleri altında da çalıştırılırlar, bu halde bulonun en zayıf kesiti olan dış açılmış kısımdaki dış dibi en kesiti göz önünde tutulur.

Birleşim aracının gövdesinde kesmeye çalışan kesit adedi, onun tek tesirli veya çift tesirli çalışma durumunu ortaya çıkarır. Şekil 2.1. de tek ve çift tesirli birleşim aracı ve gövde ile delik arasında oluşan basınç gerilmelerinin yayılımı görülmektedir. Bu yayılımı üniform olmamakla beraber, hesaplarda şu kabuller yapılmaktadır:

- 1- Silindirik olan basınç yüzeyi, (d x t) düzlemsel alana çevrilir.
- 2- Üniform olmayan dağılışı yerine ortalama gerilmeler göz önünde tutulur.



Şekil 2.2. Gövde ile delik arasında oluşan basınç gerilmelerinin yayılımı (Odabaşı,1997)

Bir bulonun aktardığı kuvvetler;

- 1- kesmeye göre;

$$N_{S1} = (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot \tau_{sem} \text{ (tek tesirlide)}$$

$$N_{S2} = 2(\pi \cdot d^2 / 4) \cdot \tau_{sem} \text{ (çift tesirlide)}$$

- 2- ezilmeye göre;

$$N_L = d \cdot t_{min} \cdot \sigma_{lem}$$

$$t_{min} = \min(t_1, t_2) \quad \text{(tek tesirlide)}$$

$$t_{min} = \min[t_2, (t_1 + t_3)] \quad \text{(çift tesirlide)}$$

şeklinde hesaplanır. Herhangi bir birleşimde, gövde eksenine dik bir (S) kuvvetinin aktarılmasında,

-birleşim aracının emniyet kuvveti

$$N_{em} = \min [(N_{S1} \text{ veya } N_{S2}), N_L] \text{ bulunur.}$$

-Birleşimde kullanılması gereken birleşim aracı adedi,
 $n \geq S / N_{em}$ olarak hesaplanır.

Bu hesap tarzında, çubuk kuvvetinin, bir sıra üzerindeki birleşim araçlarına üniform dağıldığı varsayımı yapılmaktadır. Gerçekte kuvvetin dağılışı, birleştirilen elemanların ve kullanılan birleşim araçlarının elastikliğiyle çok yakından ilgilidir. Yapılan deneyler, bu dağılışın 'Tablo 2.2' de verildiği gibi olduğunu ortaya çıkarmıştır. (Odabaşı, 1997)

Tablo 2.2. Birleşim aracı payına düşen kuvvet yüzdeleri

Aynı sıradaki birleşim aracı adedi	Birleşim aracı payına düşen kuvvet yüzdesi					
	N1	N2	N3	N4	N5	N6
3	35,1	29,8	35,1			
4	27,9	22,1	22,1	27,9		
5	23,8	18,1	16,2	18,1	23,8	
6	21	15,7	13,3	13,3	15,7	21

Bu değerlere göre üniformaluktan sapma oranları;

Birleşim aracı sayısı: 3 4 5 6

Sapma oranı(%) : 5 12 19 26 şeklindedir.

Sapma oranının (%20) yi aşmaması, emniyet sınırları içinde varsayılmaktadır. Dolayısıyla, aynı sıra üzerinde (5) taneden fazla bulon kullanılmasına izin verilmemektedir. Genel olarak her parça en az iki perçin veya civatayla birleştirilmelidir. Sadece ikinci derece önemli bazı birleşimlerde iki taneden az bulonla birleşim yapılması kabul edilebilir. (TS 648, 1980)

Aktarılabak kuvvetin bulon gövde eksenine paralel olması halinde,

$$N_{em} = F_g \times \sigma_{zem}$$

$$F_g = \pi \cdot (0,86d)^2 / 4 \text{ (bulonda, dış dibi alanı) şeklinde hesaplanır.}$$

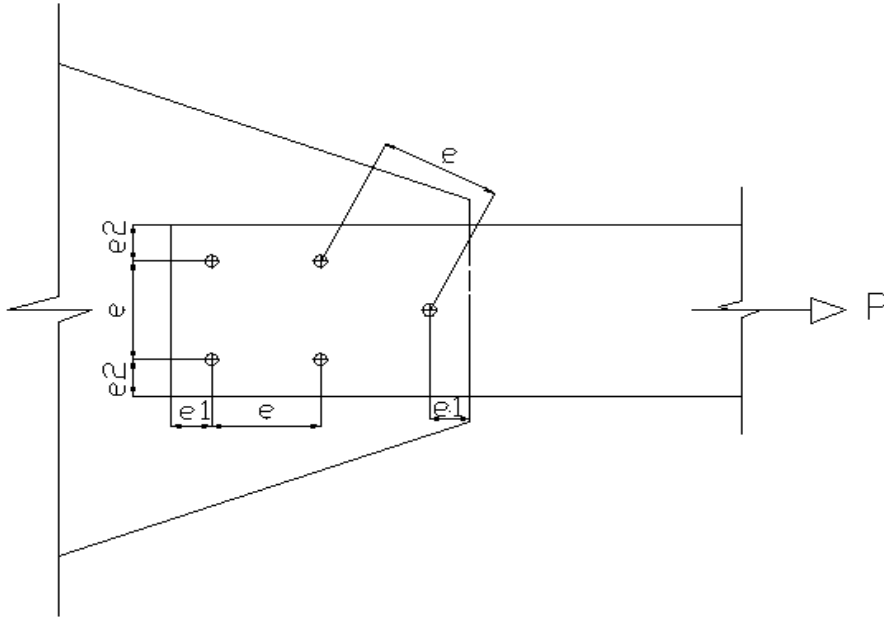
Yukarıdaki kuvvetlerin hesaplanmasında kullanılacak emniyet gerilmeleri değerleri yükleme durumuna, birleşim aracı türüne ve ana malzeme kalitesine göre Tablo 2.3 ‘ten alınmalıdır.(Deren vd., 2003)

Tablo 2.3.Normal bulonlara ait emniyet gerilmeleri (kg/cm²)

Bulon cinsi	Uygun bulonlar									
Ana malzeme	St 37		St 52		Kaba bulonlar		Ankraj bulonları			
Bulon malzemesi	4.6 (4D)		5.6 (5D)		4.6 (4D)		4.6 (4D)		5.6 (5D)	
Yükleme hali	(H)	(HZ)	(H)	(HZ)	(H)	(HZ)	(H)	(HZ)	(H)	(HZ)
Makaslama em. Ger.	1400	1600	2100	2400	1120	1260				
Ezilme em. Ger.	2800	3200	4200	4800	2400	2700				
Çekme em. Ger.	1120	1120	1500	1500	1120	1120	1120	1120	1500	1500

Tablodan da görüldüğü gibi (St52) ile yapılmış yapılarda kaba bulonların uygulanması söz konusu değildir. Zorunlu olarak kullanılacaklarsa (St37) malzemesiyle yapılan yapılardaki emniyet gerilmeleri geçerli olmalıdır.

Bulonlu birleşimde bulonları yerleştirmede de bazı kurallara uyulması zorunludur.



Şekil 2.2. Birleşim araçlarının düzenlenmesi

Şekil 2.2. de gösterilen ;

e: bulonlar arasındaki uzaklık

e₁: kuvvet doğrultusuna dik kenara olan uzaklık

e₂: kuvvet doğrultusuna paralel kenara olan uzaklık

bunlarla ilgili şartlar Tablo 2.4 'te verilmiştir. (Odabaşı, 1997)

Tablo 2.4. Birleşim araçlarının yerleştirilmesinde kullanılan mesafeler

Uzaklık	Binalar için		Köprüler için	
	min.	max.	min.	max.
e	3.5d	8d,15t	3.5d	6d,12t
e ₁	2d	3d,6t	2d	3d,6t
e ₂	1.5d	3d,6t	1.5d	3d,6t
d=birleşim aracı çapı t=birleşimdeki en ince kalınlık				

tabloda maksimum değerler için iki değer, örneğin (8d) ve (15t) gibi, verilmiştir. Bu iki değerden küçük olanı en büyük uzaklık olarak alınmalıdır.

2.2.1.2.Yüksek mukavemetli bulonlar:

Yüksek mukavemetli çelikten yapılan bulonlardır. Kullanılan çelik 10.9 kalitesindedir. ($\sigma_{\max}=\sigma_B=10 \times 10 = 100 \text{ kg/mm}^2$, $\varepsilon =0,2$ için $\sigma_{0,2} = 0.9 \times 10 = 90 \text{ kg/mm}^2$ dir.)

İki türlü yüksek mukavemetli bulon söz konusudur:

1-SL VE SLP: Kesme ve delik çevresinde ezilmeye göre yük taşıyan yüksek mukavemetli bulonlar.

2-GV ve GVP: Sürtünme kuvvetine göre yük taşıyanlar.

SL ve SLP bulonlarının hazırlanışı, normal bulonlardaki gibidir. Gövde çapı (d) ile delik çapı(D) arasında bulunan ilişki de, $D-d \leq 1 \text{ mm}$ ise SL birleşimi; $D-d \leq 0,3 \text{ mm}$ ise SLP birleşimi söz konusudur.

GV ve GVP bulonlarında da gövde çapıyla delik çapı arasındaki ilişki SL-SLP birleşimlerinde olduğu gibidir. Bu birleşimlerdeki bulonlara öngerme kuvveti uygulanır ve gövde eksenine dik doğrultudaki kuvvet, bir elemandan diğerine temas yüzeylerinde oluşan sürtünme etkileriyle aktarılır.

Öngermeli bulonlar için, sertleştirilmiş düz(veya gerektiğinde eğimli) rondelalar aşağıda belirtildiği gibi kullanılır.

1- 8.8 bulonlar için bir rondela bulon başı veya somundan hangisi dönecekse onun altında,

2- 10.9 bulonlar için rondelalar her iki tarafta kullanılır. (Y.Ç.İ.T.Ş., 2007)

2.3.Kaynak

Aynı veya benzer alaşımlı metallerin ısı etkisi altında birleştirilmesine kaynak denir. Bu birleştirme sırasında, bazı kaynak yöntemlerinde aynı veya benzer alaşımlı ilave bir metal (kaynak teli, kaynak elektrodu) kullanılır, bazılarında ise ilave metal kullanılmaz.

Kaynaklama için metaller ya ergime derecesine kadar ısıtılıp sıvı kıvamına getirilir veya kızıl dereceye kadar ısıtılıp plastik kıvama getirilir. Buna göre başlıca iki kaynak grubu vardır:

- 1- Ergitme kaynakları
- 2- Basınç kaynakları

2.3.1. Ergitme kaynakları

Ergitme kaynağında birleştirilecek parçaların birbirine kaynaklanacak kısımları ile ilave metal ergime derecesine kadar ısıtılır ve ergiyerek birleşen kısımların soğuması sonunda birleşim sağlanmış olur. Isı kaynağı olarak elektrik enerjisi ve gaz alevi kullanılır. Buna göre ergitme kaynakları iki gruba ayrılır:

- 1-Elektrik arkı kaynakları
- 2-Gaz kaynağı

2.3.2. Basınç kaynakları

Bu kaynak yöntemlerinde, parçaların birbirine kaynaklanacak kısımları kızıl dereceye (plastik kıvama) kadar ısıtılıp, basınç veya darbe uygulanmak suretiyle birleşim sağlanır.

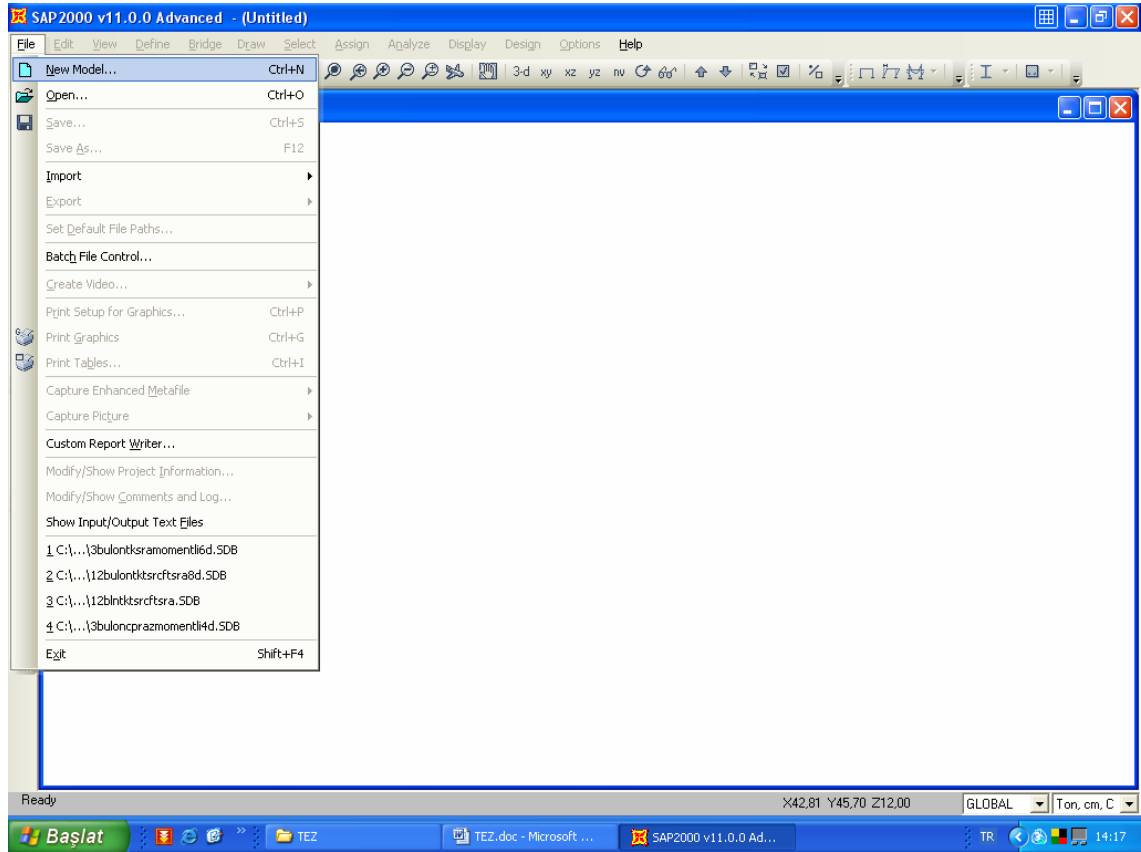
Hafif çelik yapılarda kullanılan “elektrik direnç kaynağı” , çelik yapılarda kullanılan yegane basınç kaynağı metodudur. Elektrik direnç kaynağı nokta kaynağı ve kordon kaynağı şeklinde olur.

3. SAP 2000 DE MODELLEME

Bu çalışmada modelleri oluştururken sap 2000 programından faydalanılmıştır. Yapılan modellemenin anlaşılabilmesi için, tek tesirli bir bulonlu birleşimin sap 2000 de modelleme örneği bu bölümde ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

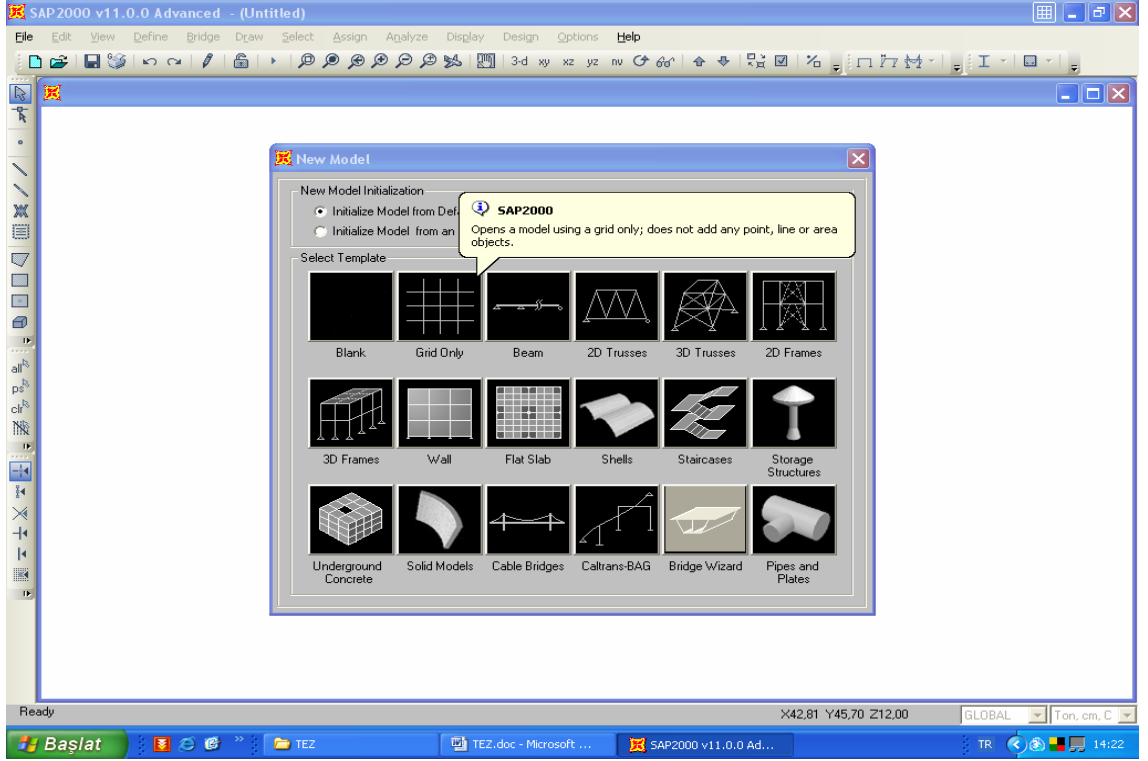
Modeli, sap 2000 programında oluştururken, önce sap2000 ana ekranında sağ alt köşede, modelde kullanılacak birimler seçilmiştir.

File menüsünden new model seçilmiştir.



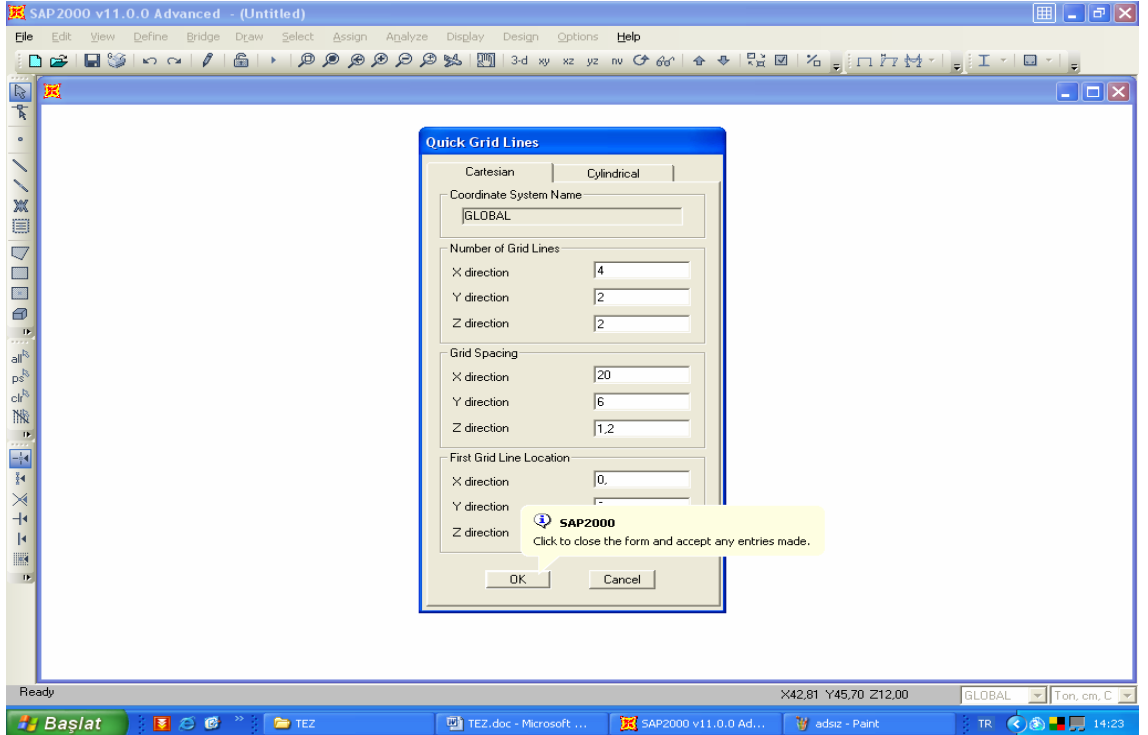
Şekil 3.1. Sap 2000 de yeni model seçimi

Açılan pencereden grid only seçeneği seçilmiştir.



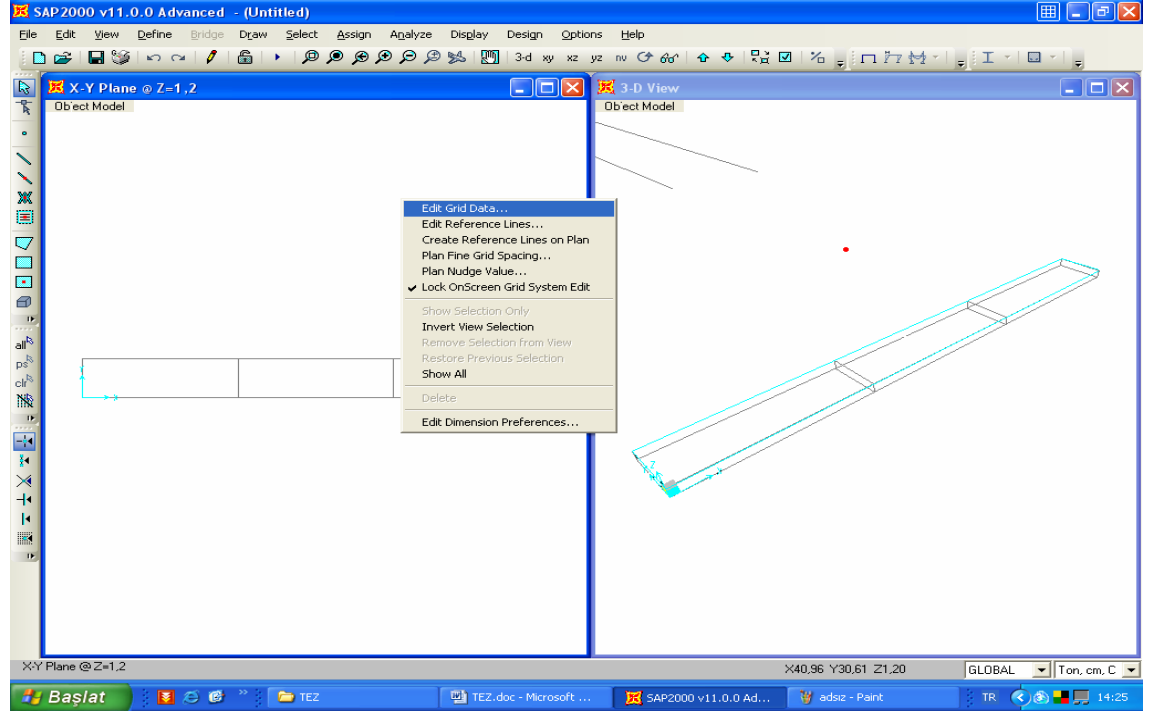
Şekil 3.2. Sap 2000 de model çizimine yardımcı ızgara seçimi

Yapılacak modele göre grid sayısı ve gridler arası mesafe şeklindeki gibi seçilmiştir.



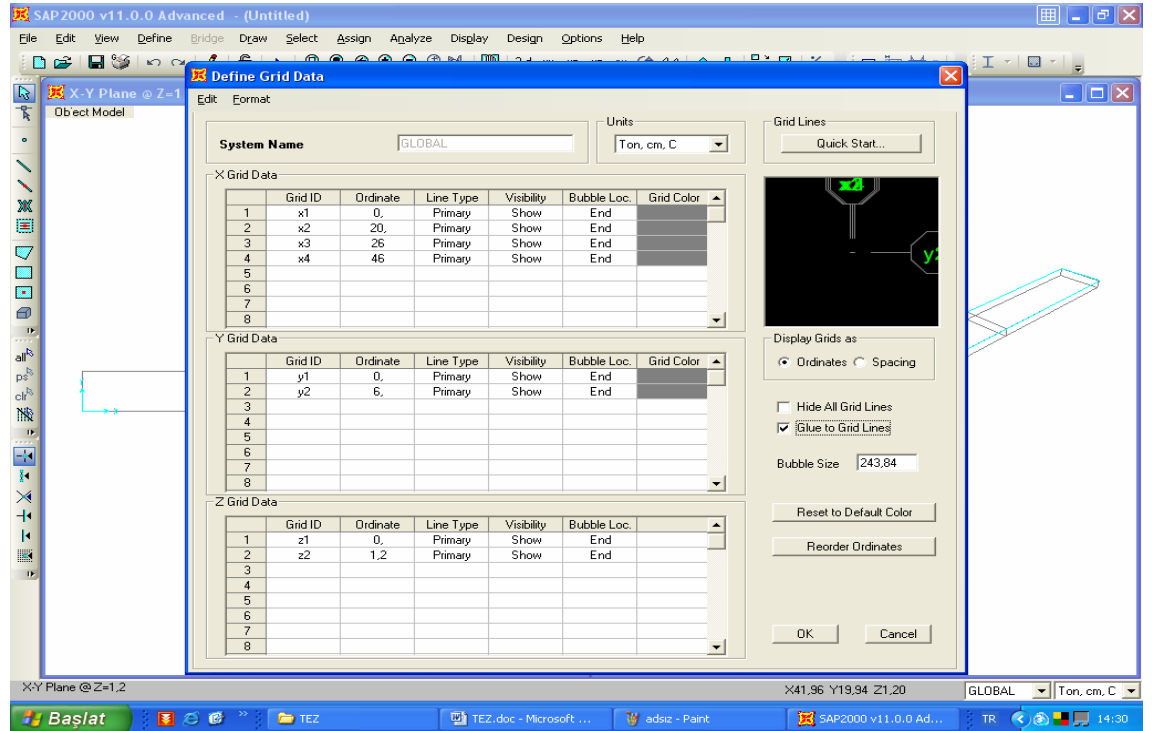
Şekil 3.3. Sap 2000 de ızgara aralıklarının ve sayısının belirlenmesi

Ekranı boş bir yere sağ tıklayıp edit grid data seçilmiştir.



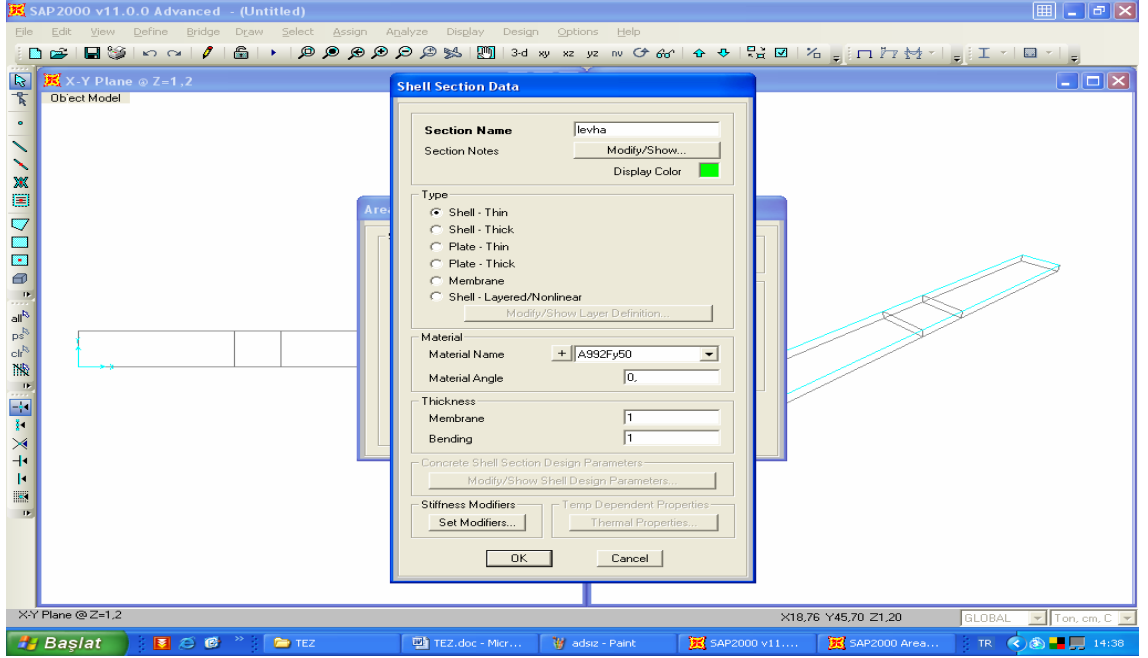
Şekil 3.4. Sap 2000 de ızgaraları düzenleme penceresinin açılması

Açılan pencerede modify /show system seçeneği tıklanmıştır. Açılan pencerede x yönündeki gridlerde oluşturulacak modele göre gerekli değişiklikler yapılmıştır.



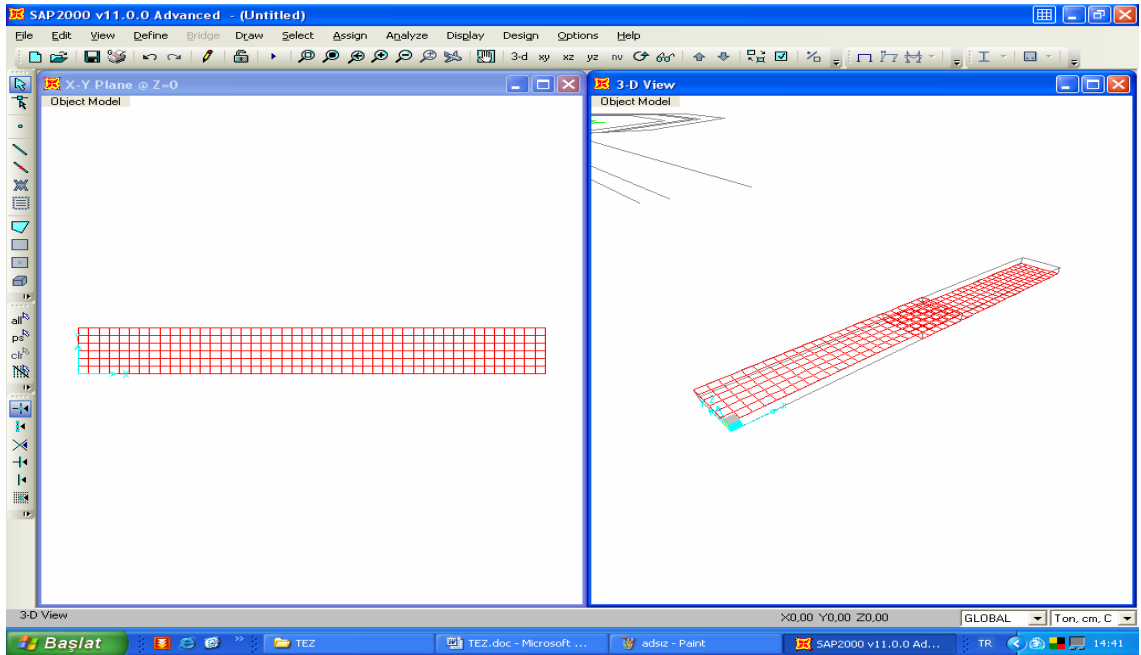
Şekil 3.5. Sap 2000 de çizilecek modele göre ızgaraların düzenlenmesi

Define > area sections > add new section sekmelerinden şekilde görüldüğü gibi levha malzemeleri tanımlanmıştır.



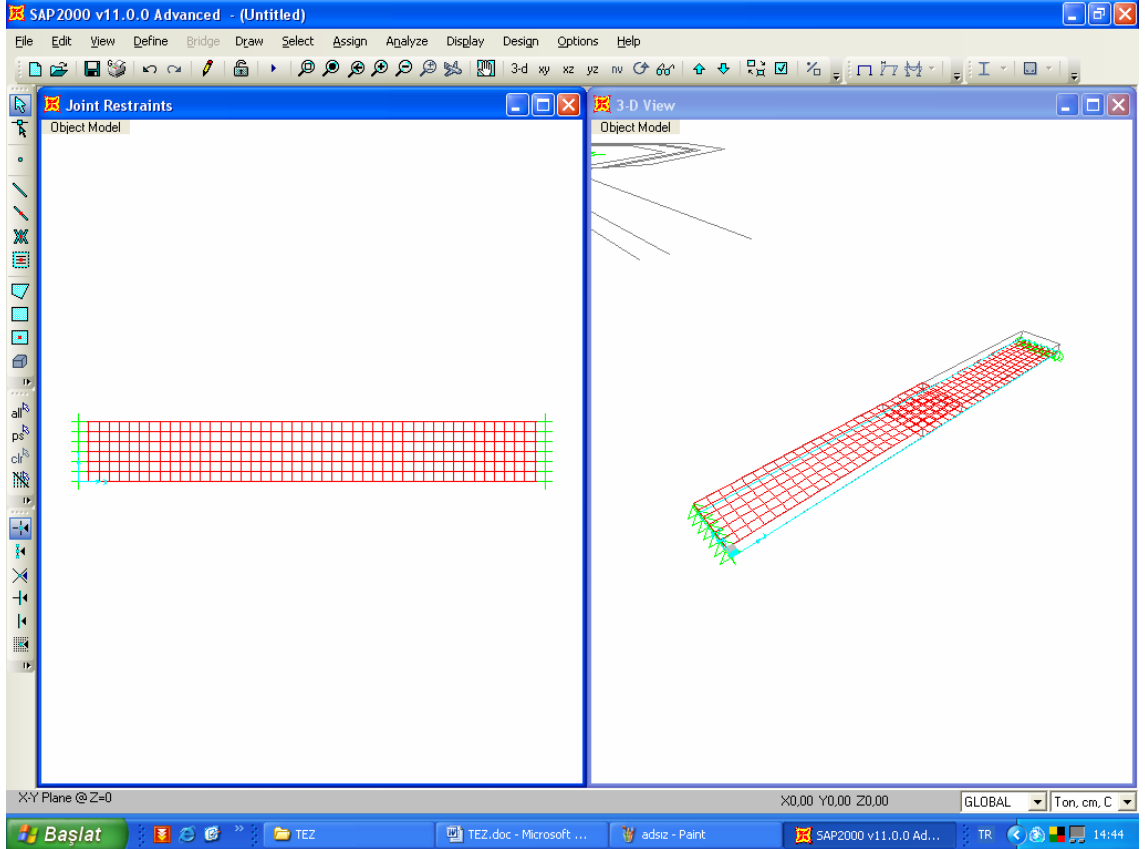
Şekil 3.6. Sap 2000 de levha malzemesinin tanımlanması

Draw > draw rectangular area sekmesiyle malzemeler gridler üzerine yerleştirilmiştir. Malzemeler seçildikten sonra edit > edit areas > divide areas sekmesinden malzemeler gerekli sayıda sonlu elemanlara bölünmüştür.



Şekil 3.7. Sap 2000 de malzemelerin sonlu elemanlara bölünmesi

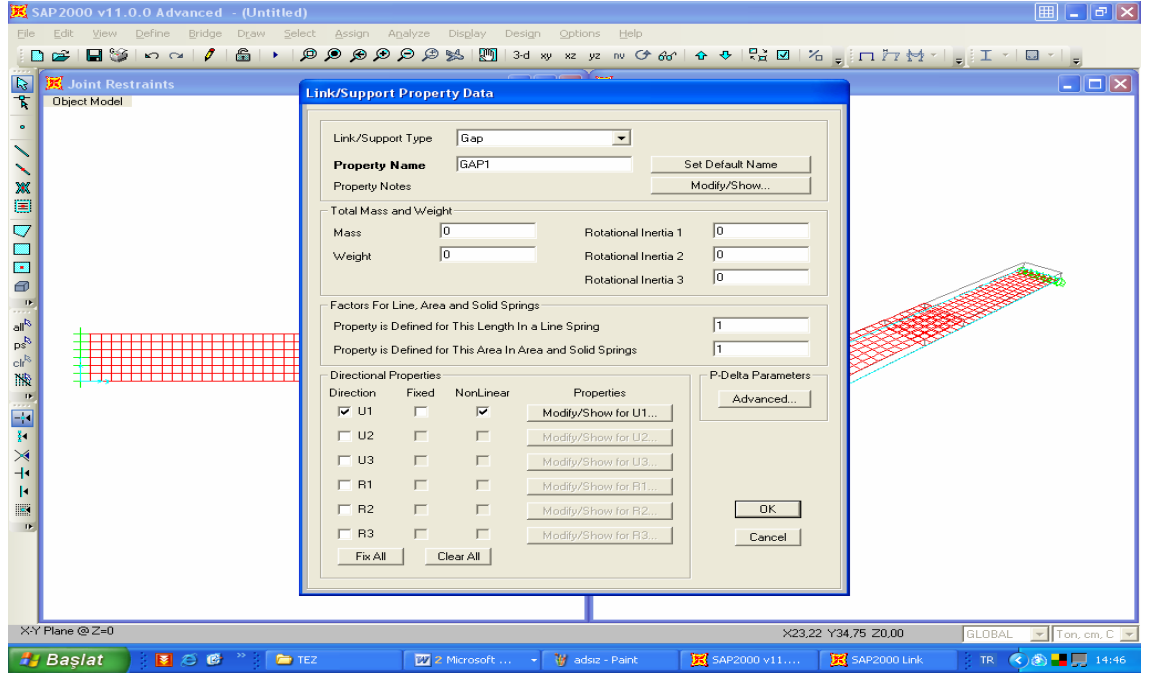
Assign > joints > restraints sekmesinden bir taraf sabit bir taraf hareketli olacak şekilde mesnetler konulmuştur.



Şekil 3.8. Sap 2000 de mesnetlerin yerleştirilmesi

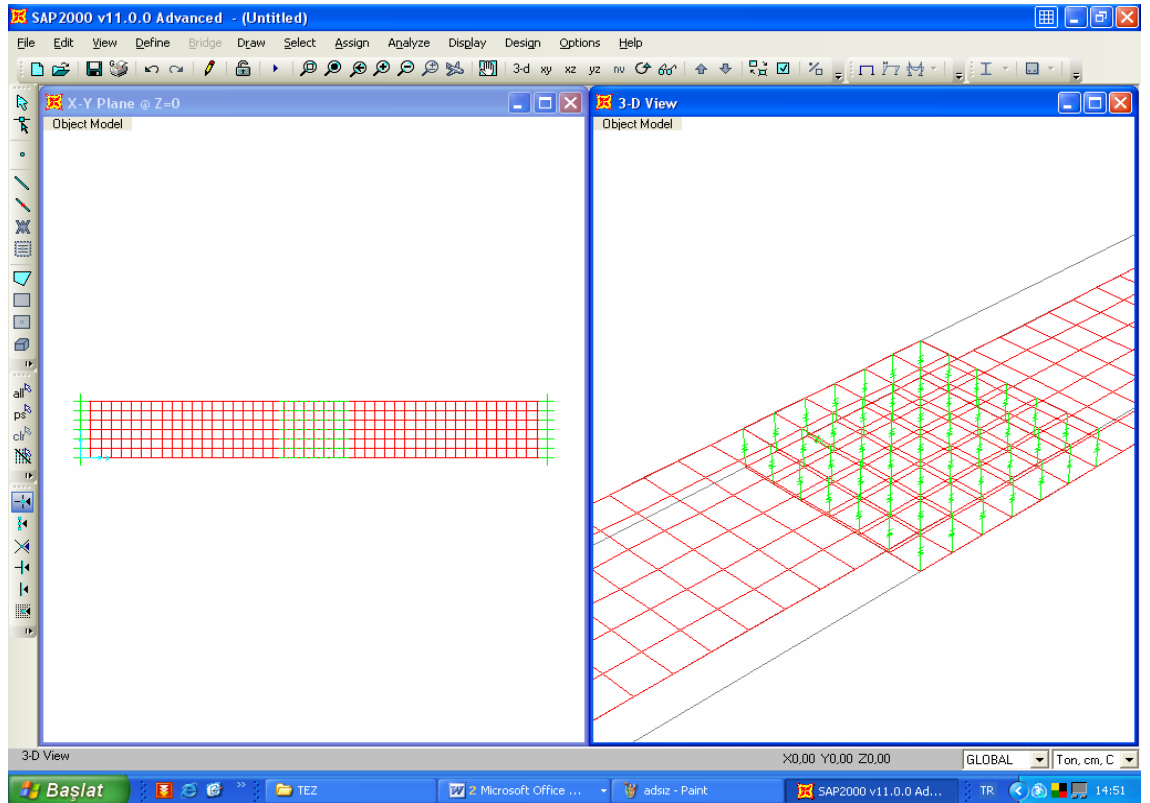
Sap 2000 programında aynı düzlemde birden fazla alan elemanı tanımlanamamaktadır. Bunun için levhalar arası mesafe bırakılıp, araya yük aktarımı için gap adı verilen elemanlar tanımlanmalıdır. (<http://www.comp-engineering.com>)

Levhalar arası yük aktarımını sağlamak için define > link/support properties sekmesinden Şekil 3.9 daki gibi gap elemanları tanımlanmıştır.



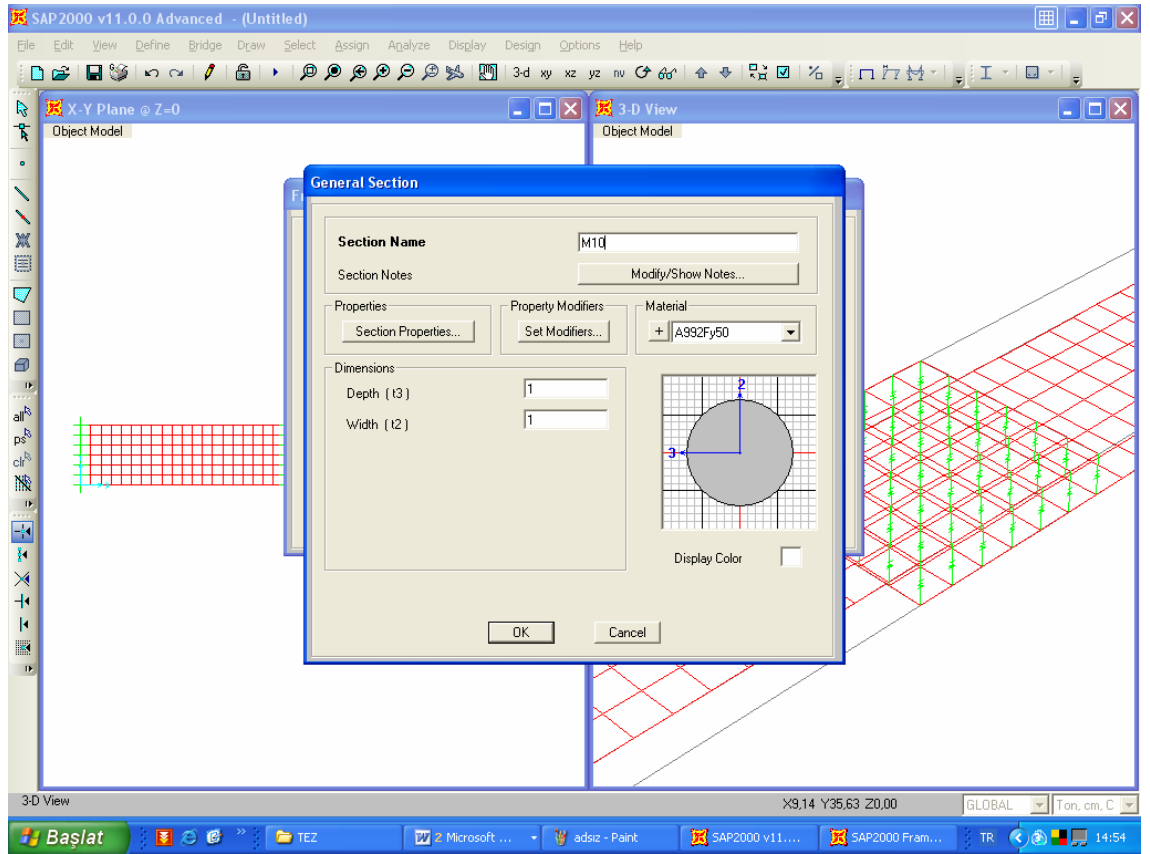
Şekil 3.9. Sap 2000 de bağlantı elemanlarının tanımlanması

Draw > draw 2 joint link sekmesi seçilerek gap elemanları, levhaların birbirine yük aktaracağı noktalarda, meshlerin köşe noktalarını birleştirecek şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 3.10. Sap 2000 de bağlantı elemanlarının yerleştirilmesi

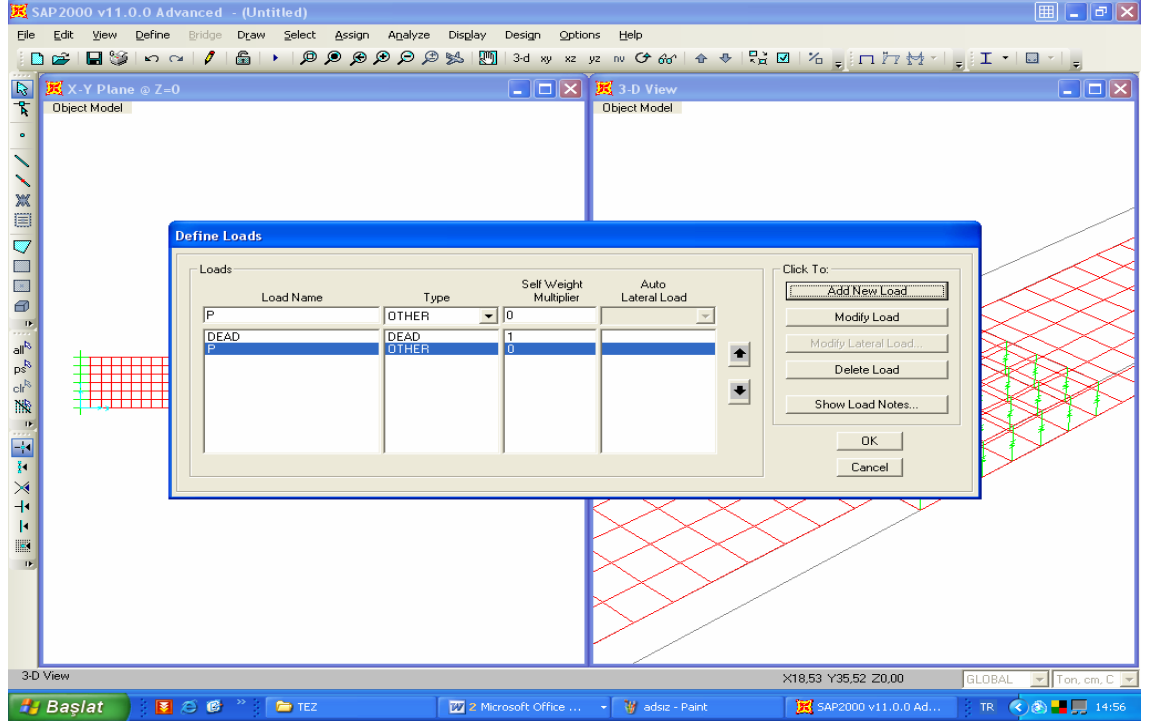
Define > frame sections > add new property sekmesinden other ve general seçildikten sonra Şekil 3.11 deki gibi bulon malzemesi tanımlanmıştır. Bulon malzemesi olarak dairesel kesitli çelik tanımlanmıştır. Bu dairesel kesitin çapı 1 cm seçilmiştir. Bu da M10 bulonuna tekabül etmektedir.



Şekil 3.11. Sap 2000 de bulon malzemesinin tanımlanması

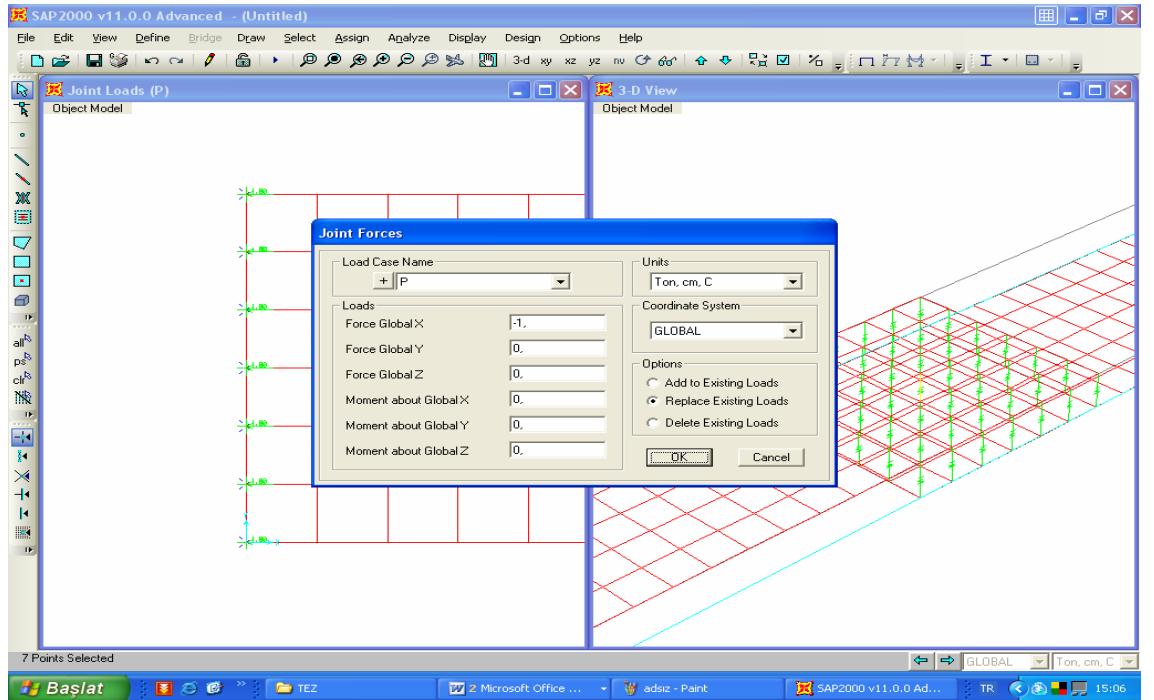
Draw > draw frame/cable/tendon sekmesi seçilip bulon levhalar arasında oluşturulacak modele göre, bulonlar arası mesafe ve levhanın kenarlarına olan mesafe ayarlanarak üst levhanın belirlenen yerinden alt levhaya meshlerin kesişim noktasına gap elemanlarının yerleştirildiği gibi oluşturulmalıdır..

Define > load cases > add new load sekmesinden şekildeki gibi P yükü tanımlanmıştır.



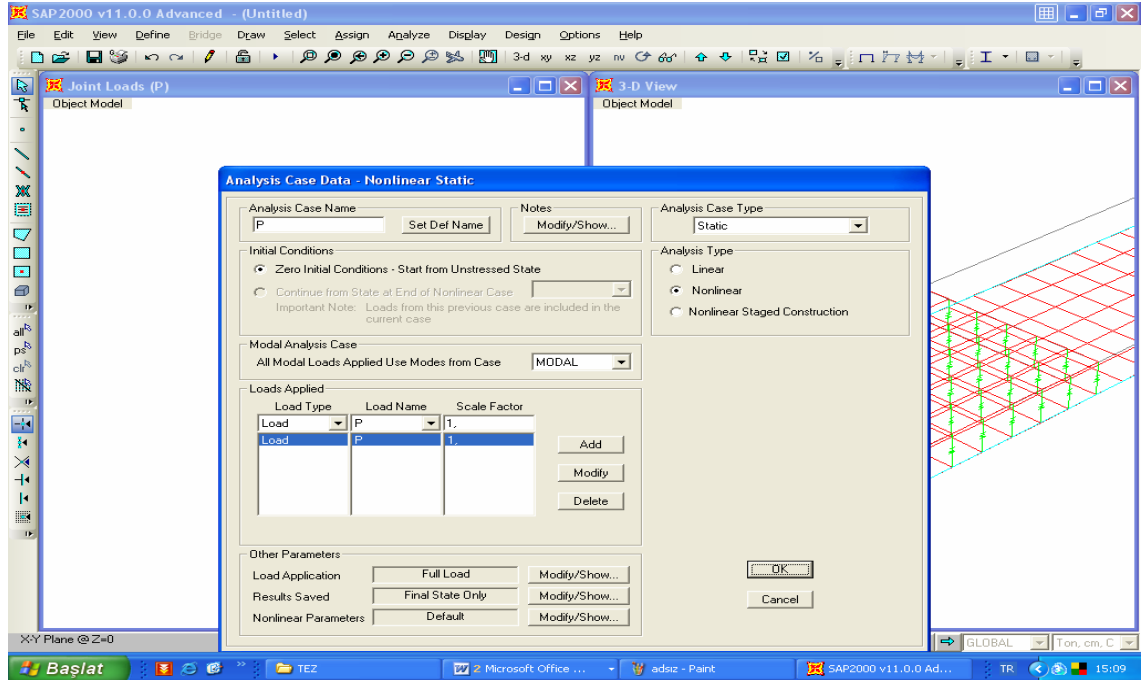
Şekil 3.12. Sap 2000 de yükün tanımlanması

Assign > joint loads > forces sekmesinden, yük şekilde görüldüğü gibi levhanın meshlerinin köşe noktalarına eşit gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Toplamı 7 ton etmektedir. Diğer levhaya da benzer şekilde ters yönde yük yerleştirilmiştir.



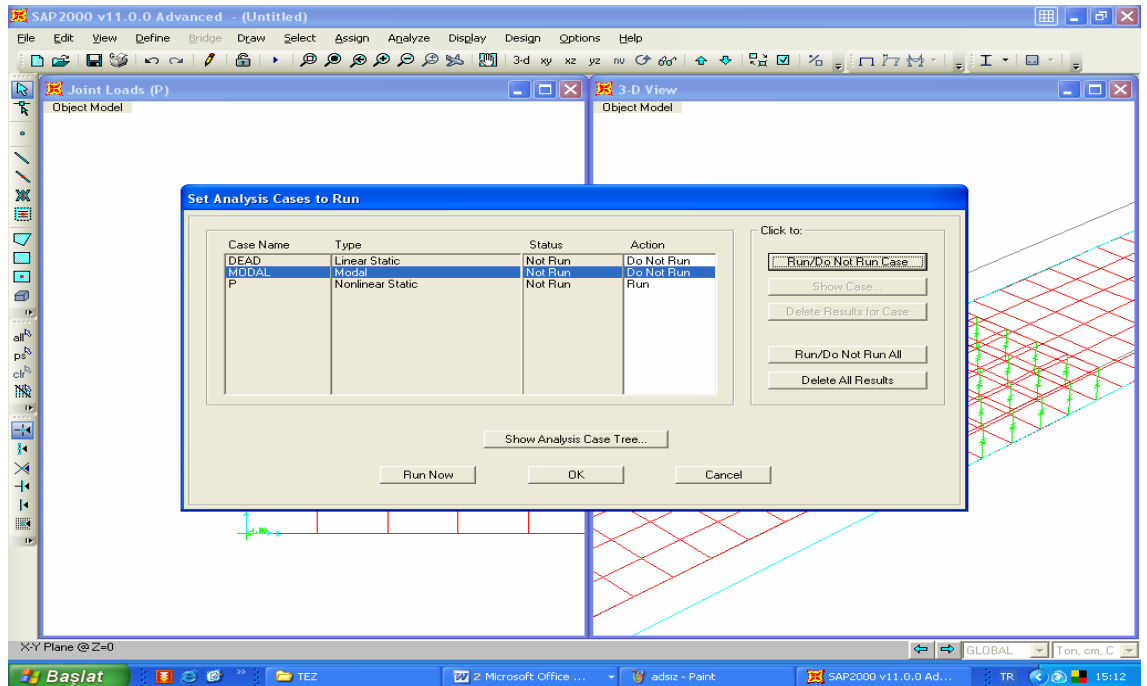
Şekil 3.13. Sap 2000 de kuvvetin yerleştirilmesi

Define > analysis cases P yükünü seçip modify/ show case seçilerek şekildeki gibi P yükü altında nonlinear analiz yapmak için nonlinear seçeneği seçilmiştir.



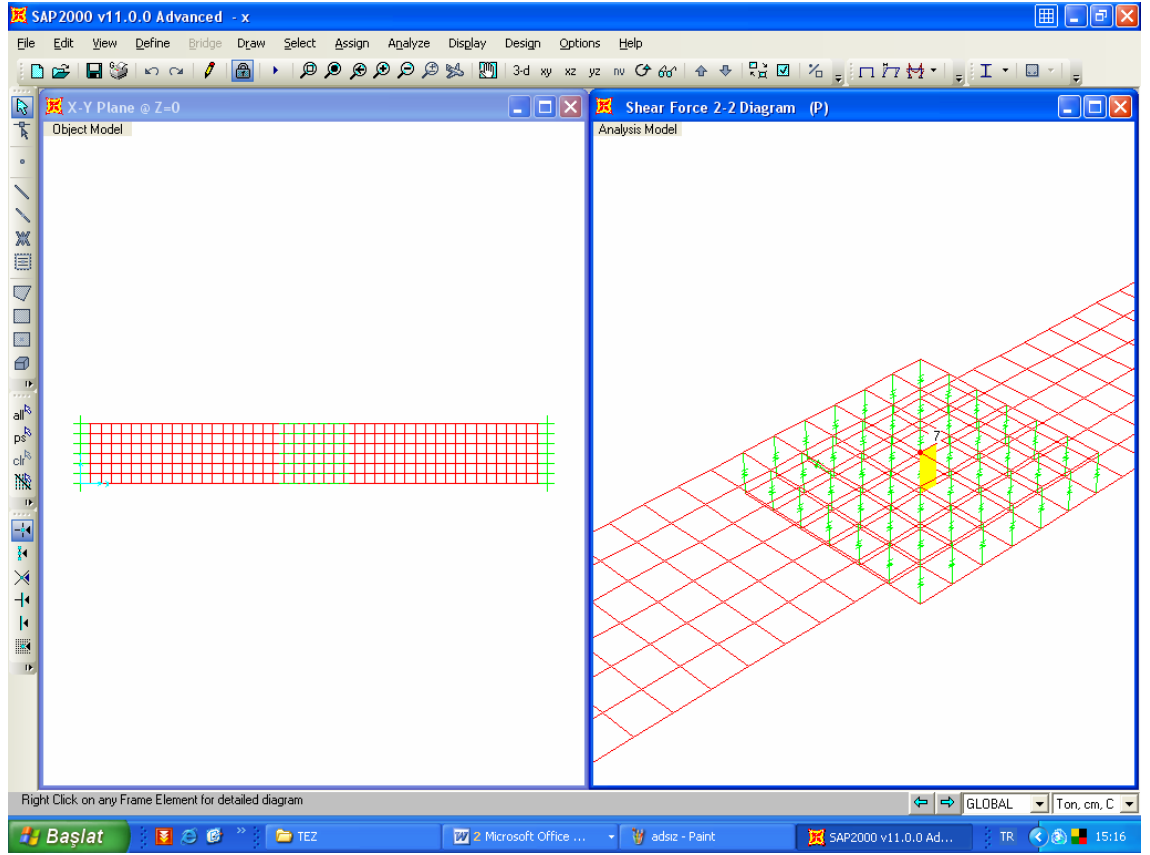
Şekil 3.14. Sap 2000 de nonlinear analiz tipinin tanımlanması

Model kaydedildikten sonra, analyse > run analysis sekmesinden dead ve modal analizler şekildeki gibi kapatılıp run now butonuna basılmıştır.



Şekil 3.15. Sap 2000 de analizin başlatılması

Show forces /stresses > frame sections sekmesinden shear 2-2 seçilmiş ve aşağıdaki grafik elde edilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi bu bulona gelen kesme kuvveti 7 ton dur. Yani toplam yüke eşittir.

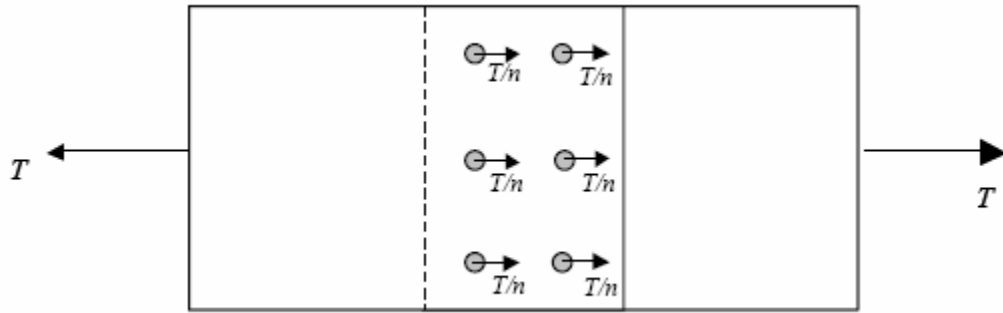


Şekil 3.16. Sap 2000 de analiz sonucunda oluşan kesme kuvvetlerinin gösterilmesi

Yukarıda verilen modelleme örneği bu çalışmada modelleri nasıl oluşturduğumuzu açıklamak için verilmiştir. Bu örnek, çalışmadaki 1 bulonlu, tek tesirli ve tek sıra bulona karşılık gelmektedir. Diğer modellerde bu şekilde oluşturulup sonuçlar elde edilmiştir.

4. SAP 2000 İLE YAPILAN BULON BİRLEŞİMLERİNDE YÜK DAĞILIMI

Kesme etkisindeki bulonlu birleşimlerde, bulonlara gelen kesme kuvvetlerinin hesaplarda bulonlara lineer olarak dağıldığı kabul edilir. Basit bir birleşimde tüm bulonlar yükü eşit olarak paylaşır. Toplam kuvvet bulon sayısına bölünerek, her bir bulona gelen yük belirlenmiş olur. (Şekil 4.1) (Varma, ..?)



Şekil 4.1. Basit bir birleşimde bulonların yükü paylaşımı

Bu çalışmadaki amaç; bilgisayar ortamında deneysel düzeneğe eşdeğer bir modelleme yapıp, nonlinear analiz yöntemiyle bulonlara gelen kesme kuvvetlerinin belirlenmesi ve bulunan sonuçların hesaplarda kullanılan değerlerle karşılaştırılmasıdır.

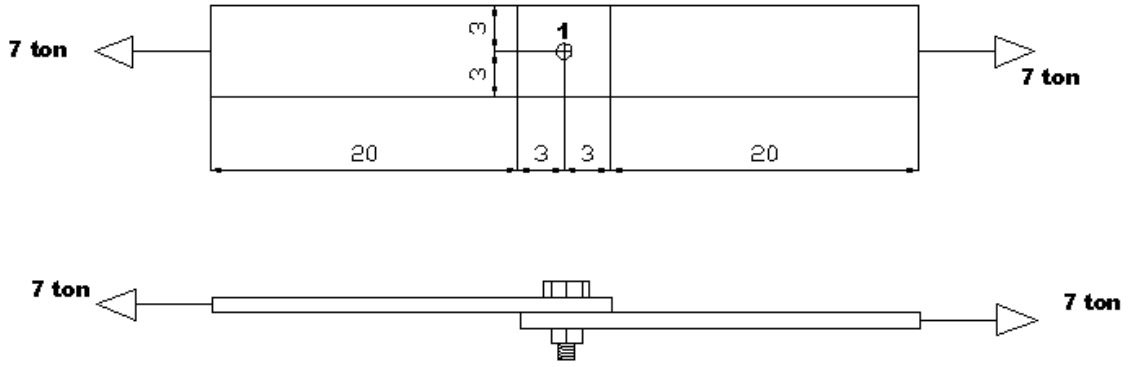
Buradan yola çıkarak, tek sıra ve çift sıra olarak bulonlar yerleştirilmiş, bulon sayılarında değişiklik yapılmış, bulonlar arası mesafeler değiştirilerek ve tek tesirli, çift tesirli birleşimler ele alınarak araştırma yapılmıştır. Yapılan modellemeler ve bulunan sonuçlar sırasıyla açıklanmıştır.

4.1. Tek Tesirli Tek Sıra

4.1.1. 1 bulonlu birleşim

Bu modelde bir adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil4.2)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Tek tesirli tek sıra bir bulonlu birleşim

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

V = kesme kuvveti

P = uygulanan kuvvet

n = bulon sayısı

$$V = 7 / 1 = 7 \text{ ton}$$

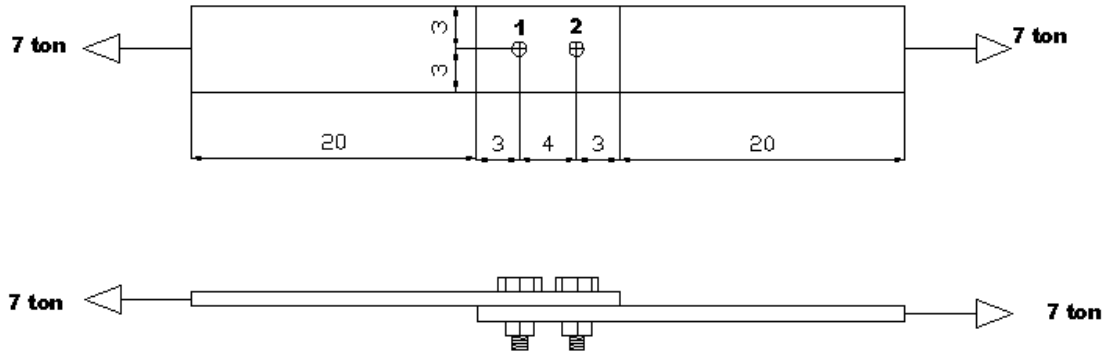
Sap 2000 den elde edilen sonuç = 7 ton

4.1.2. 2 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde iki adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil 4.3)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Tek tesirli, tek sıra iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 2 = 3,5 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç ;

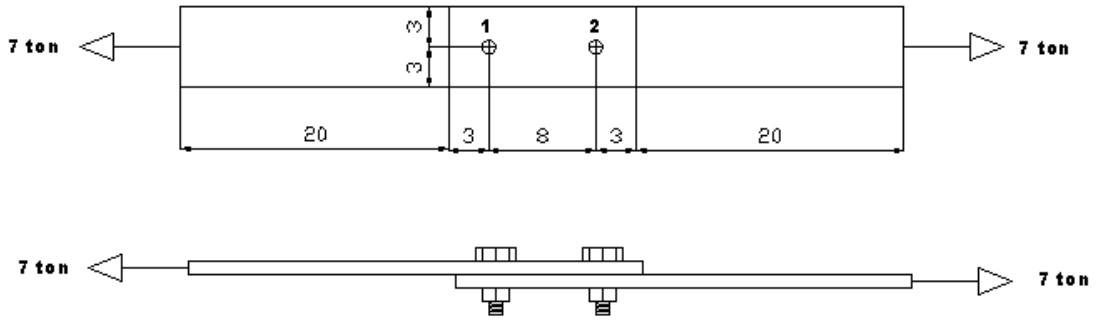
$$V_1 = 3,5 \text{ ton}$$

$$V_2 = 3,5 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde iki adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil4.4)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.4. Tek tesirli, tek sıra, iki bulon, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 2 = 3,5 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç ;

$$V_1 = 3,5 \text{ ton}$$

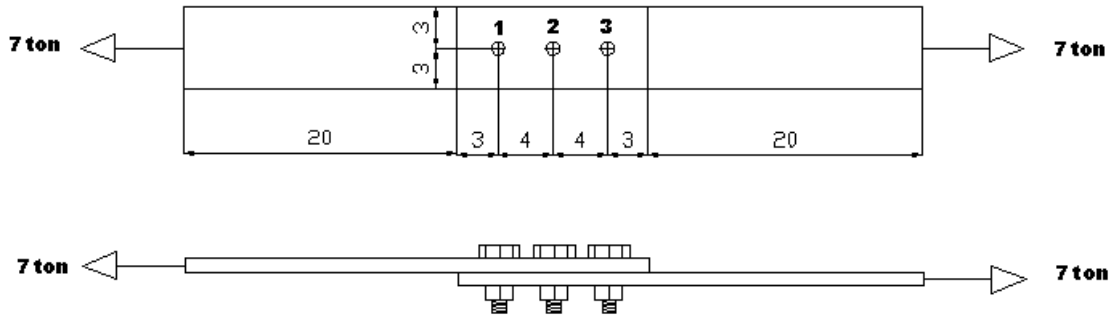
$$V_2 = 3,5 \text{ ton}$$

4.1.3. 3 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde üç adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil 4.5)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.5. Tek tesirli tek sıra, üç bulon, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 3 = 2,333333 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 2,406131 \text{ ton}$$

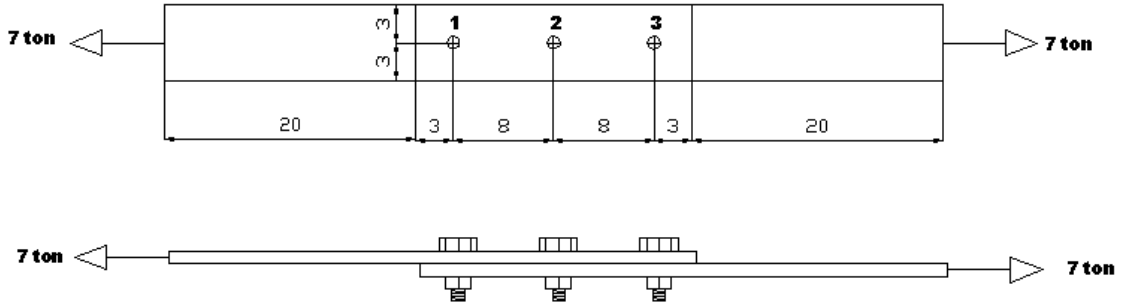
$$V_2 = 2,187738 \text{ ton}$$

$$V_3 = 2,406131 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde üç adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil 4.6)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.6. Tek tesirli, tek sıra, üç bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 3 = 2,333333 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 2,449384 \text{ ton}$$

$$V_2 = 2,101232 \text{ ton}$$

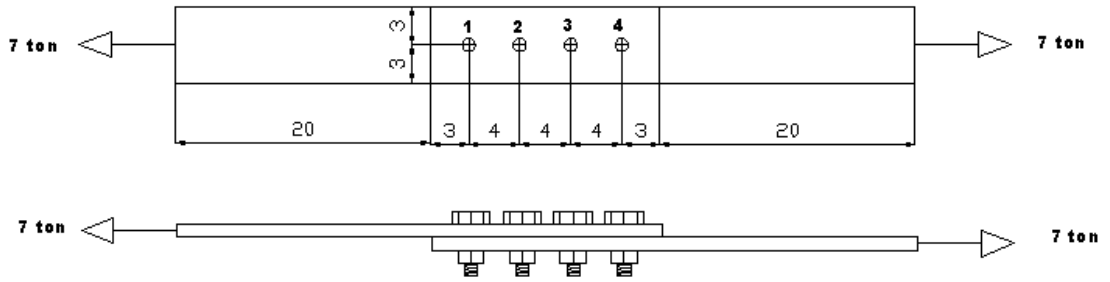
$$V_3 = 2,449384 \text{ ton}$$

4.1.4. 4 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde dört adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil 4.7)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.7. Tek tesirli, tek sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 4 = 1,75 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,901504 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,598496 \text{ ton}$$

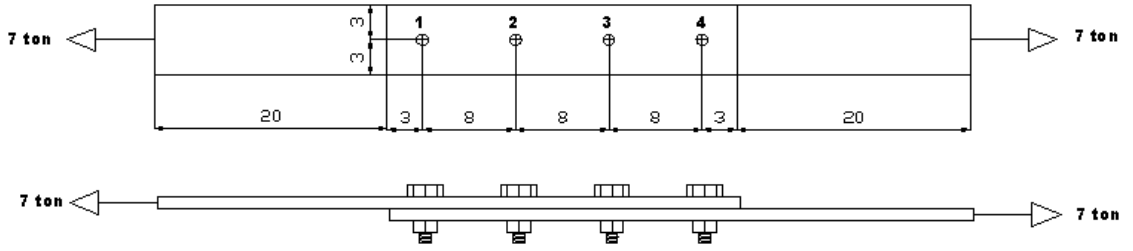
$$V_3 = 1,598496 \text{ ton}$$

$$V_4 = 1,901504 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde dört adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil 4.8)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.8. Tek tesirli, tek sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 4 = 1,75 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,974279 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,525721 \text{ ton}$$

$$V_3 = 1,525721 \text{ ton}$$

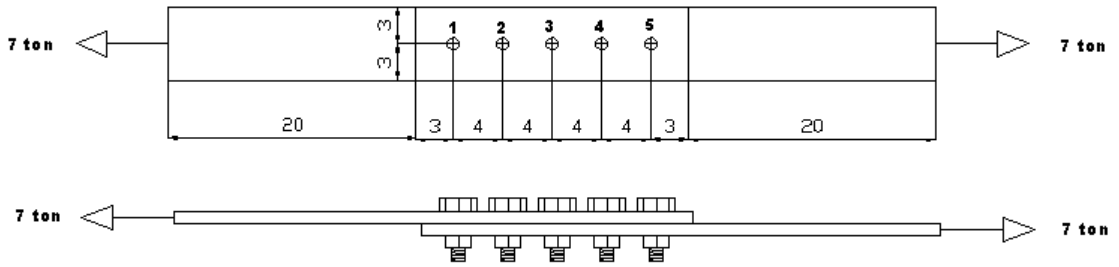
$$V_4 = 1,974279 \text{ ton}$$

4.1.5. 5 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde beş adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil 4.9)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.9. Tek tesirli, tek sıra, beş bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 5 = 1,4 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,622425 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,286561 \text{ ton}$$

$$V_3 = 1,182029 \text{ ton}$$

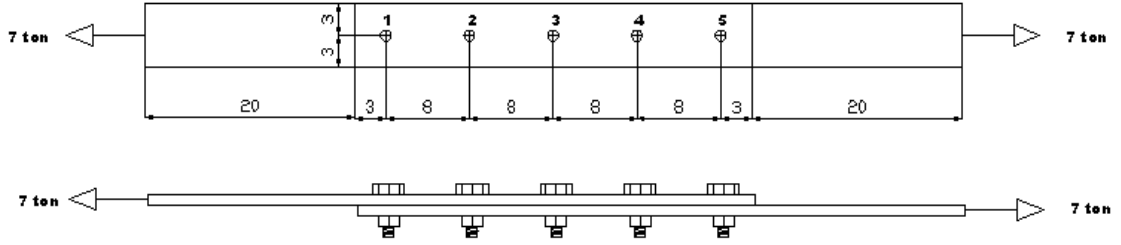
$$V_4 = 1,286561 \text{ ton}$$

$$V_5 = 1,622425 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde beş adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil 4.10)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.10. Tek tesirli, tek sıra, beş bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V=P/ n$$

$$V= 7/5 = 1,4 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1= 1,708989 \text{ ton}$$

$$V_2= 1,238916 \text{ ton}$$

$$V_3= 1,10419 \text{ ton}$$

$$V_4= 1,238916 \text{ ton}$$

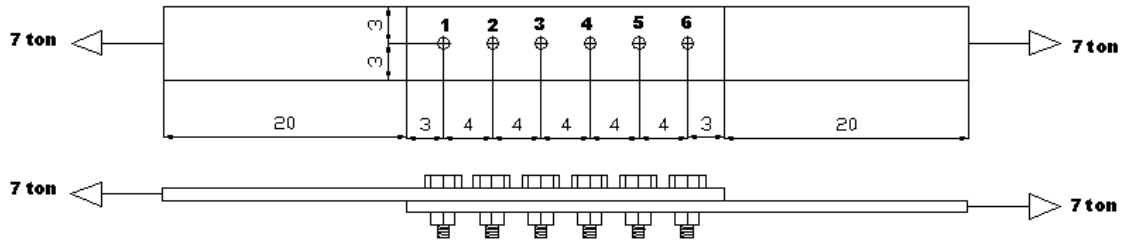
$$V_5= 1, 708989 \text{ ton}$$

4.1.6. 6 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde altı adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil 4.11)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.11. Tek tesirli, tek sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 6 = 1,166667 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,449055 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,103218 \text{ ton}$$

$$V_3 = 0,947727 \text{ ton}$$

$$V_4 = 0,947727 \text{ ton}$$

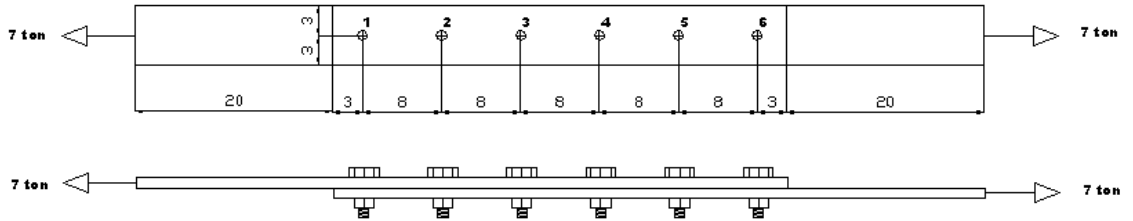
$$V_5 = 1,103218 \text{ ton}$$

$$V_6 = 1,449055 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde altı adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil 4.12)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.12. Tek tesirli, tek sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 6 = 1,166667 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,538058 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,073868 \text{ ton}$$

$$V_3 = 0,888075 \text{ ton}$$

$$V_4 = 0,888075 \text{ ton}$$

$$V_5 = 1,073868 \text{ ton}$$

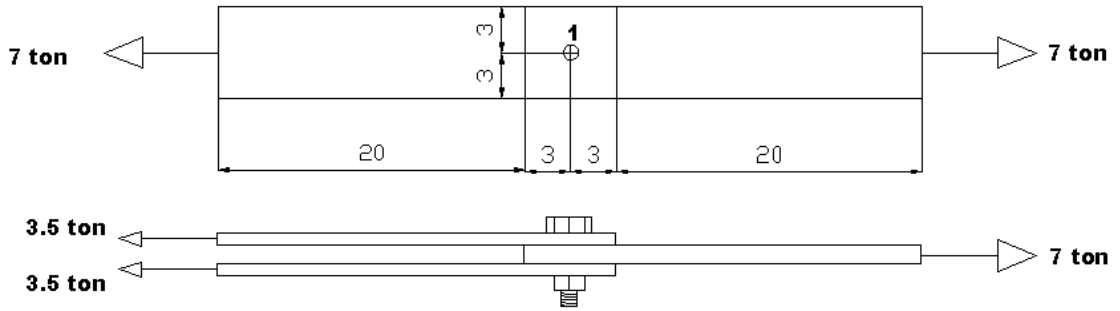
$$V_6 = 1,538058 \text{ ton}$$

4.2. Çift Tesirli Tek Sıra

4.2.1. 1 bulonlu birleşim

Bu modelde bir adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 0,8 cm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.13)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.13. Çift tesirli, tek sıra, bir bulonlu birleşim

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 1 = 7 \text{ ton}$$

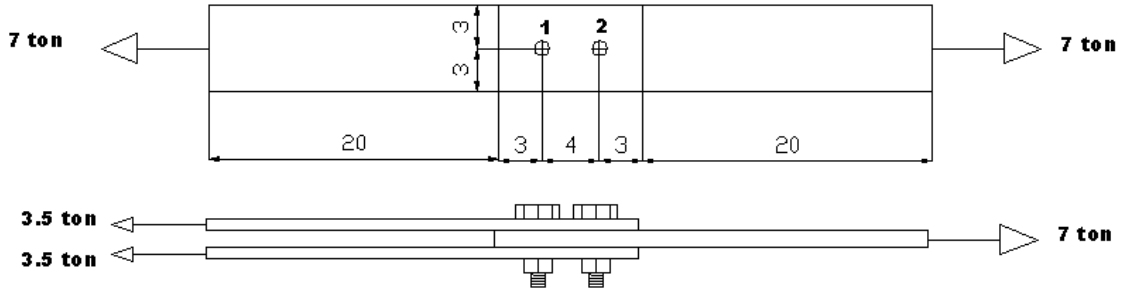
Sap 2000 den elde edilen sonuç = 7 ton

4.2.2. 2 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde iki adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 8mm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.14)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulonlara gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.14. Çift tesirli, tek sıra, iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 2 = 3,5 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç ;

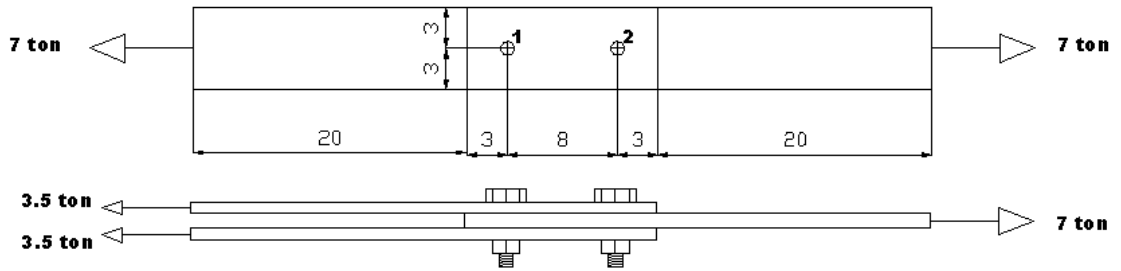
$$V_1 = 3,449578 \text{ ton}$$

$$V_2 = 3,550422 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde iki adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 8mm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.15)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.15. Çift tesirli, tek sıra, iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 2 = 3,5 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç ;

$$V_1 = 3,475524 \text{ ton}$$

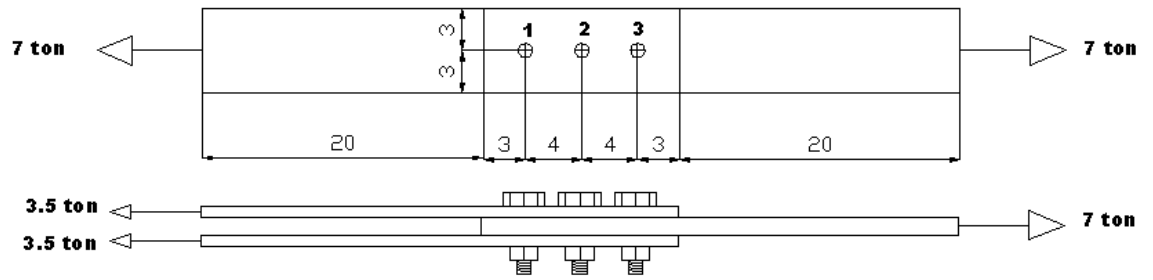
$$V_2 = 3,524476 \text{ ton}$$

4.2.3. 3 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde üç adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 8mm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.16)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.16. Çift tesirli, tek sıra, üç bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 3 = 2,333333 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 2,322972 \text{ ton}$$

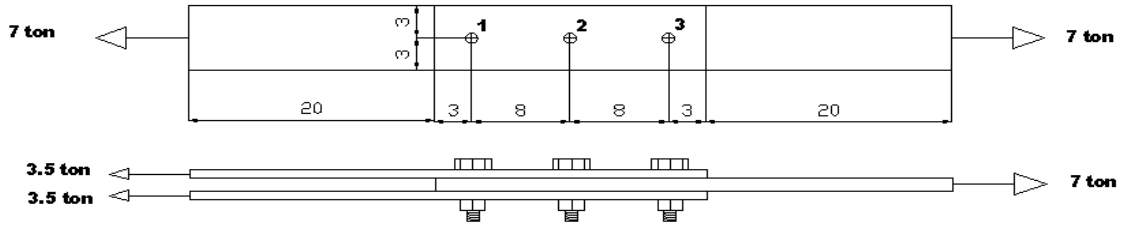
$$V_2 = 2,288014 \text{ ton}$$

$$V_3 = 2,389016 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde üç adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın köşelerine olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 8mm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.17)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.17. Çift tesirli, tek sıra, üç bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d
Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 3 = 2,333333 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 2,2162 \text{ ton}$$

$$V_2 = 2,229616 \text{ ton}$$

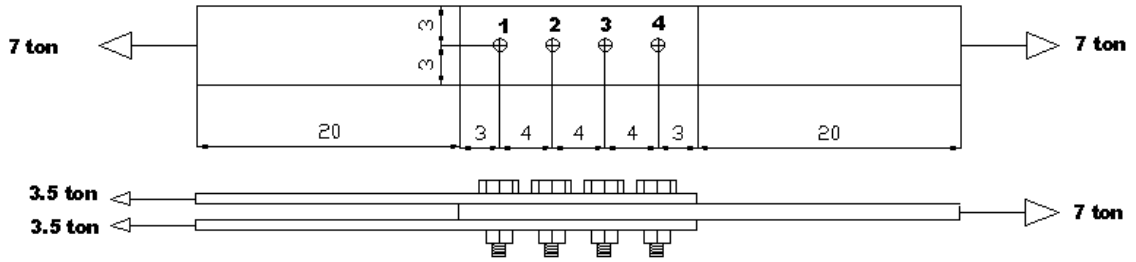
$$V_3 = 2,554182 \text{ ton}$$

4.2.4. 4 bulonlu birleşim**A)**

Bu modelde dört adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların

kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 8mm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.18)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.18. Çift tesirli, tek sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 4 = 1,75 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,75724 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,677006 \text{ ton}$$

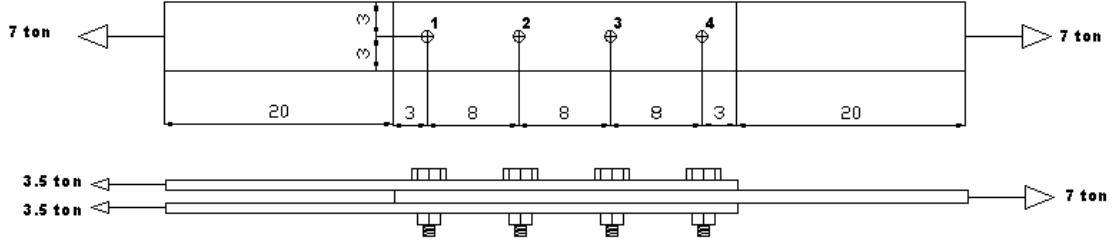
$$V_3 = 1,710548 \text{ ton}$$

$$V_4 = 1,855206 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde dört adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 8mm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.19)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.19. Çift tesirli, tek sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 4 = 1,75 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,645412 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,544756 \text{ ton}$$

$$V_3 = 1,69836 \text{ ton}$$

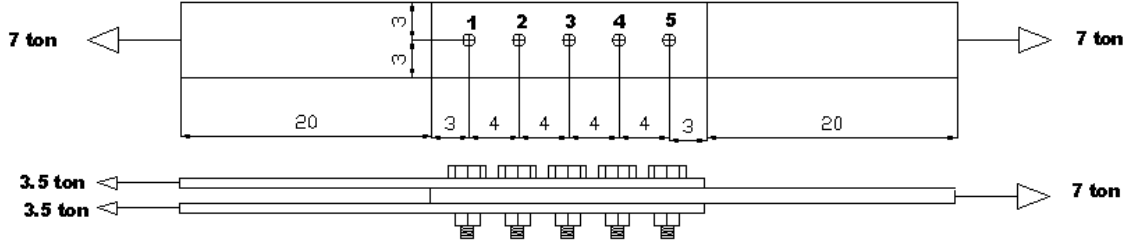
$$V_4 = 2,111472 \text{ ton}$$

4.2.5. 5 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde beş adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 0,8 cm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.20)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.20. Çift tesirli, tek sıra, beş bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 5 = 1,4 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,43093 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,322412 \text{ ton}$$

$$V_3 = 1,305352 \text{ ton}$$

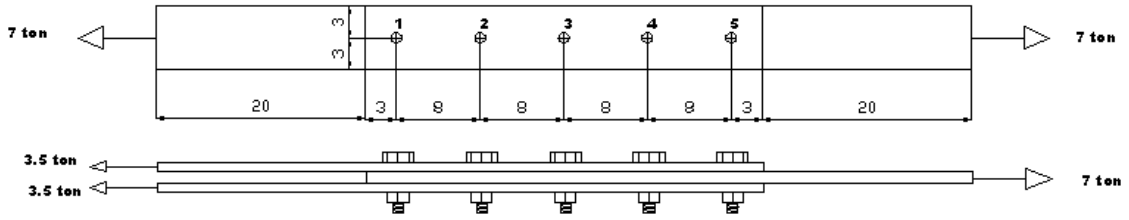
$$V_4 = 1,385136 \text{ ton}$$

$$V_5 = 1,556168 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde beş adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 0,8 cm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.21)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.21. Çift tesirli, tek sıra, beş bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 5 = 1,4 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,465506 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,269658 \text{ ton}$$

$$V_3 = 1,230006 \text{ ton}$$

$$V_4 = 1,369124 \text{ ton}$$

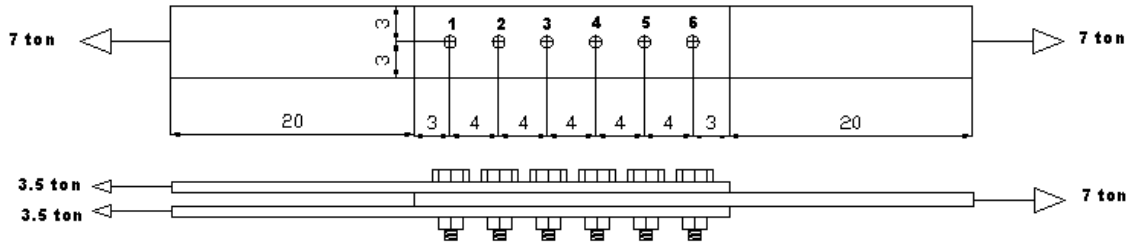
$$V_5 = 1,665706 \text{ ton}$$

4.2.6. 6 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde altı adet bulon kullanılmış, bulunun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 0,8 cm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.22)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.22. Çift tesirli, tek sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 6 = 1,166667 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,223802 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,097588 \text{ ton}$$

$$V_3 = 1,046602 \text{ ton}$$

$$V_4 = 1,075084 \text{ ton}$$

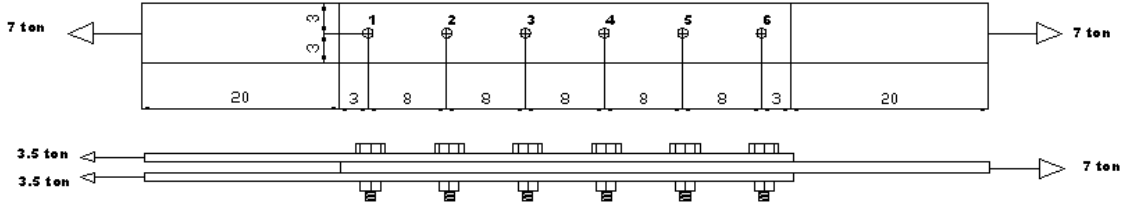
$$V_5 = 1,185882 \text{ ton}$$

$$V_6 = 1,372042 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde altı adet bulon kullanılmış, bulonun levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 0,8 cm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.23)

Levhalara 7 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.23. Çift tesirli, tek sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 7 / 6 = 1,166667 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,28024 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,056368 \text{ ton}$$

$$V_3 = 0,961744 \text{ ton}$$

$$V_4 = 1,003228 \text{ ton}$$

$$V_5 = 1,188766 \text{ ton}$$

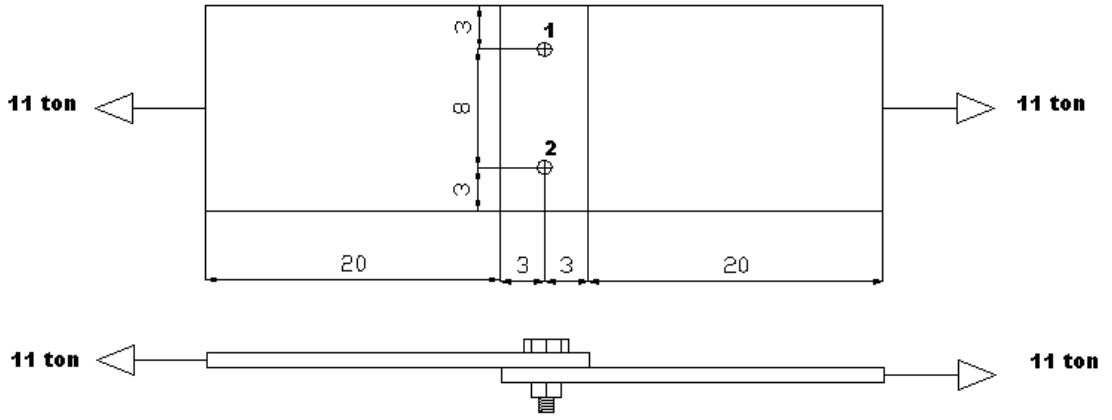
$$V_6 = 1,509656 \text{ ton}$$

4.3. Tek Tesirli İki Sıra

4.3.1. 2 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde iki adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil 4.24)



Şekil 4.25. Tek tesirli, iki sıra, iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 11 / 2 = 5,5 \text{ ton}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 5,49975 \text{ ton}$$

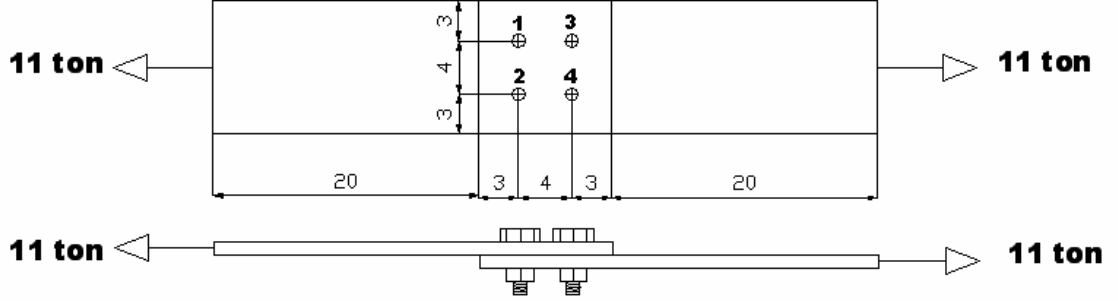
$$V_2 = 5,49975 \text{ ton}$$

4.3.2. 4 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde dört adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil 4.26)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.26. Tek tesirli, iki sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 11 / 4 = 2,75 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç ;

$$V_1 = 2,75 \text{ ton}$$

$$V_2 = 2,75 \text{ ton}$$

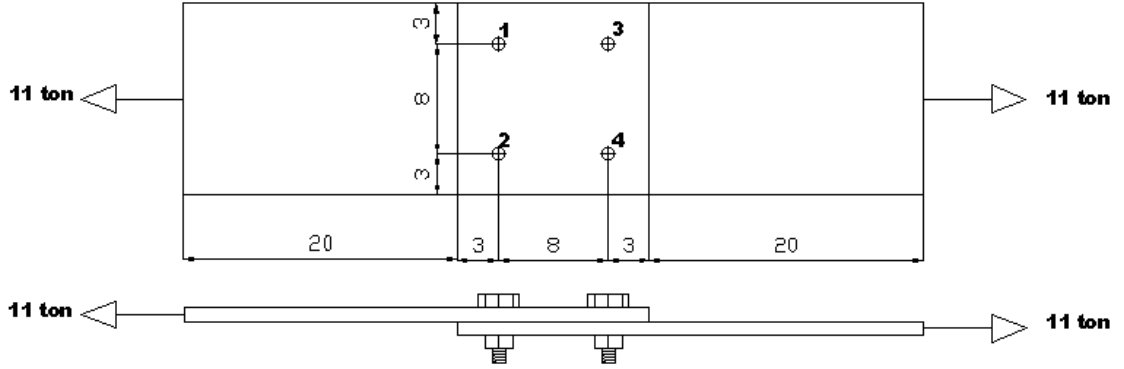
$$V_3 = 2,75 \text{ ton}$$

$$V_4 = 2,75 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde dört adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil 4.27)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.27. Tek tesirli, iki sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 11 / 4 = 2,75 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç ;

$$V_1 = 2,75 \text{ ton}$$

$$V_2 = 2,75 \text{ ton}$$

$$V_3 = 2,75 \text{ ton}$$

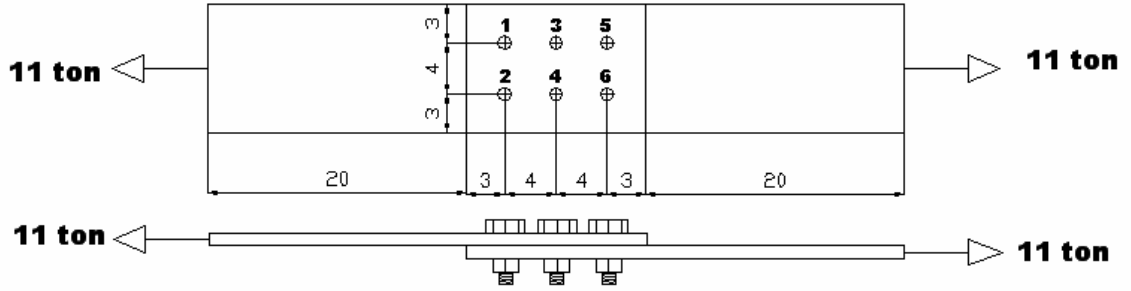
$$V_4 = 2,75 \text{ ton}$$

4.3.3. 6 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde altı adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil 4.28)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.28. Tek tesirli, iki sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulonlara gelen kesme kuvveti;

$$V=P/ n$$

$$V= 11/6 = 1,833333 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1= 1,901056 \text{ ton}$$

$$V_2= 1,901056 \text{ ton}$$

$$V_3= 1,697888 \text{ ton}$$

$$V_4= 1,697888 \text{ ton}$$

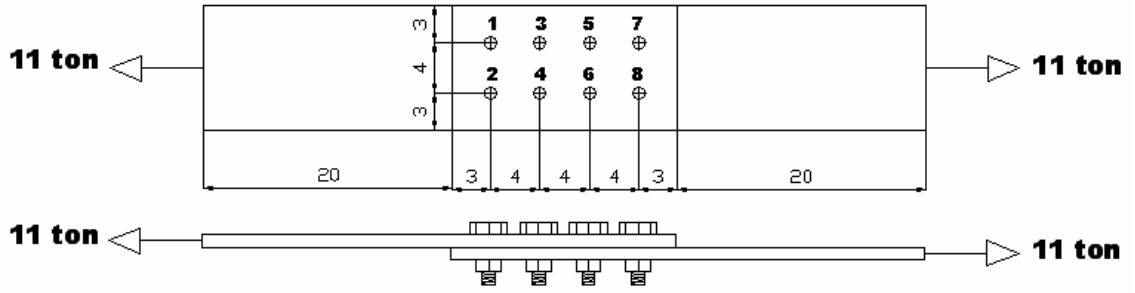
$$V_5= 1,901056 \text{ ton}$$

$$V_6= 1,901056 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde altı adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil 4.29)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.30. Tek tesirli, iki sıra, sekiz bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 11 / 8 = 1,375 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,514461 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,514461 \text{ ton}$$

$$V_3 = 1,235539 \text{ ton}$$

$$V_4 = 1,235539 \text{ ton}$$

$$V_5 = 1,235538 \text{ ton}$$

$$V_6 = 1,235538 \text{ ton}$$

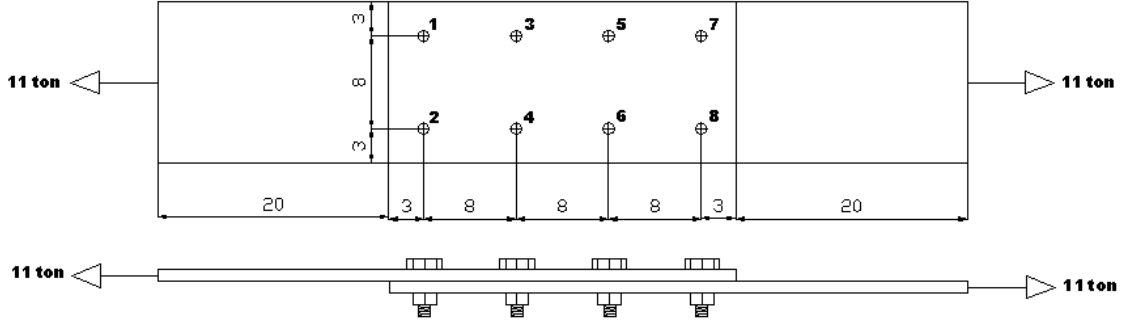
$$V_7 = 1,514462 \text{ ton}$$

$$V_8 = 1,514462 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde sekiz adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil 4.31)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.31. Tek tesirli, iki sıra, sekiz bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 11 / 8 = 1,375 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,528127 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,528127 \text{ ton}$$

$$V_3 = 1,221872 \text{ ton}$$

$$V_4 = 1,221872 \text{ ton}$$

$$V_5 = 1,221872 \text{ ton}$$

$$V_6 = 1,221872 \text{ ton}$$

$$V_7 = 1,528127 \text{ ton}$$

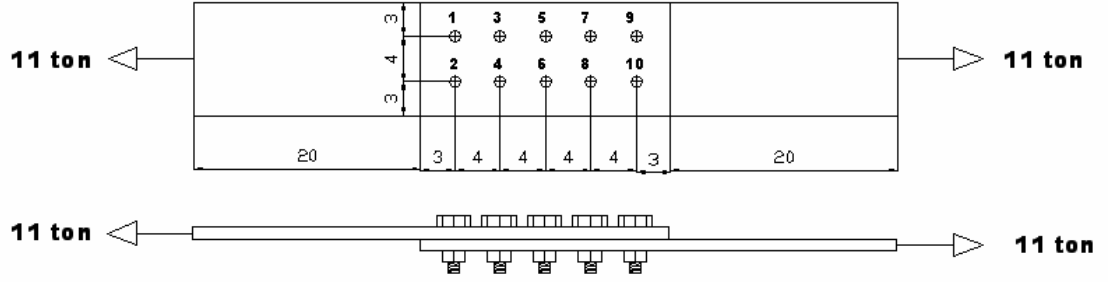
$$V_8 = 1,528127 \text{ ton}$$

4.3.5. 10 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde on adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil 4.32)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.32. Tek tesirli, iki sıra, on bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 11 / 10 = 1,1 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,303221 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,303221 \text{ ton}$$

$$V_3 = 0,995722 \text{ ton}$$

$$V_4 = 0,995722 \text{ ton}$$

$$V_5 = 0,902115 \text{ ton}$$

$$V_6 = 0,902115 \text{ ton}$$

$$V_7 = 0,995721 \text{ ton}$$

$$V_8 = 0,995721 \text{ ton}$$

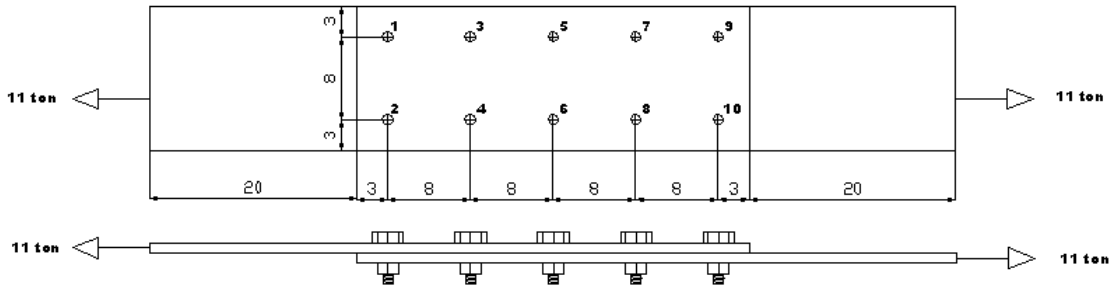
$$V_9 = 1,303221 \text{ ton}$$

$$V_{10} = 1,303221 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde on adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil 4.33)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.33. Tek tesirli, iki sıra, on bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d
Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V=P/ n$$

$$V=11/10 = 1,1 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1= 1,313224 \text{ ton}$$

$$V_2= 1,313224 \text{ ton}$$

$$V_3= 0,989552 \text{ ton}$$

$$V_4= 0,989552 \text{ ton}$$

$$V_5= 0,894447 \text{ ton}$$

$$V_6= 0,894447 \text{ ton}$$

$$V_7= 0,989551 \text{ ton}$$

$$V_8= 0,989551 \text{ ton}$$

$$V_9 = 1,313224 \text{ ton}$$

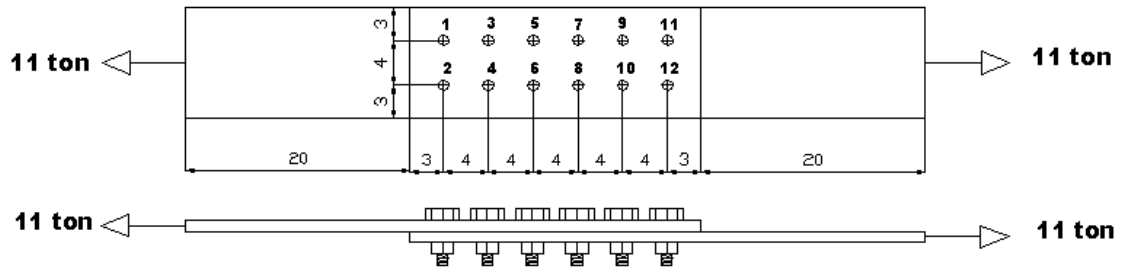
$$V_{10} = 1,313224 \text{ ton}$$

4.3.6. 12 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde oniki adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil 4.34)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.34. Tek tesirli, iki sıra, on iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 11 / 12 = 0,916667 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,172948 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,172948 \text{ ton}$$

$$V_3 = 0,857541 \text{ ton}$$

$$V_4 = 0,857541 \text{ ton}$$

$$V_5 = 0,719511 \text{ ton}$$

$$V_6 = 0,719511 \text{ ton}$$

$$V_7 = 0,719511 \text{ ton}$$

$$V_8 = 0,719511 \text{ ton}$$

$$V_9 = 0,857541 \text{ ton}$$

$$V_{10} = 0,857541 \text{ ton}$$

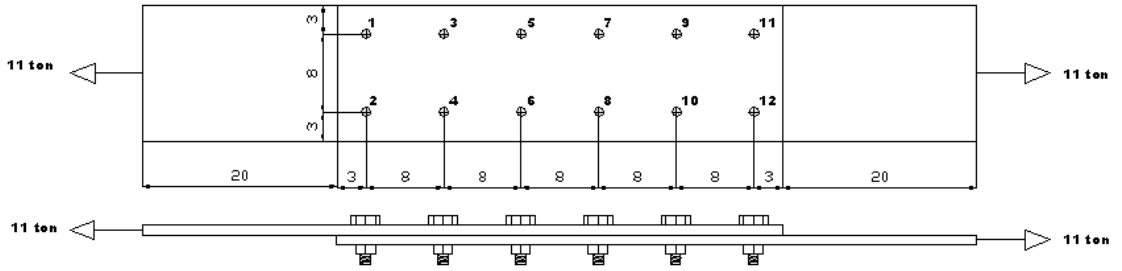
$$V_{11} = 1,172948 \text{ ton}$$

$$V_{12} = 1,172948 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde oniki adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı 1 cm dir. (Şekil 4.35)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.35. Tek tesirli, iki sıra, on iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 11 / 12 = 0,916667 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,175402 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,175402 \text{ ton}$$

$$V_3 = 0,853897 \text{ ton}$$

$$V_4 = 0,853897 \text{ ton}$$

$$V_5 = 0,720699 \text{ ton}$$

$$V_6 = 0,720699 \text{ ton}$$

$$V_7 = 0,720699 \text{ ton}$$

$$V_8 = 0,720699 \text{ ton}$$

$$V_9 = 0,853897 \text{ ton}$$

$$V_{10} = 0,853897 \text{ ton}$$

$$V_{11} = 1,175402 \text{ ton}$$

$$V_{12} = 1,175402 \text{ ton}$$

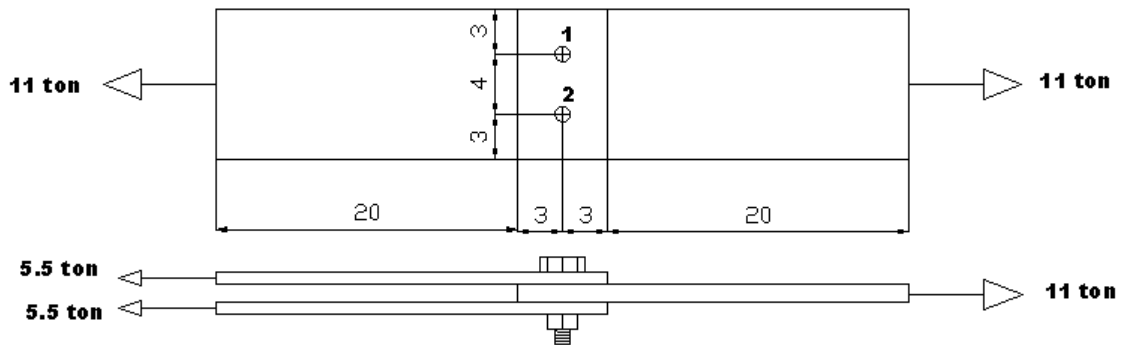
4.4. Çift Tesirli İki Sıra

4.4.1. 2 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde iki adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 0,8 cm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.36)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulonlara gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.36. Çift tesirli, iki sıra, iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V=P/ n$$

$$V_{1,2}= 11/2 = 5,5 \text{ ton}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

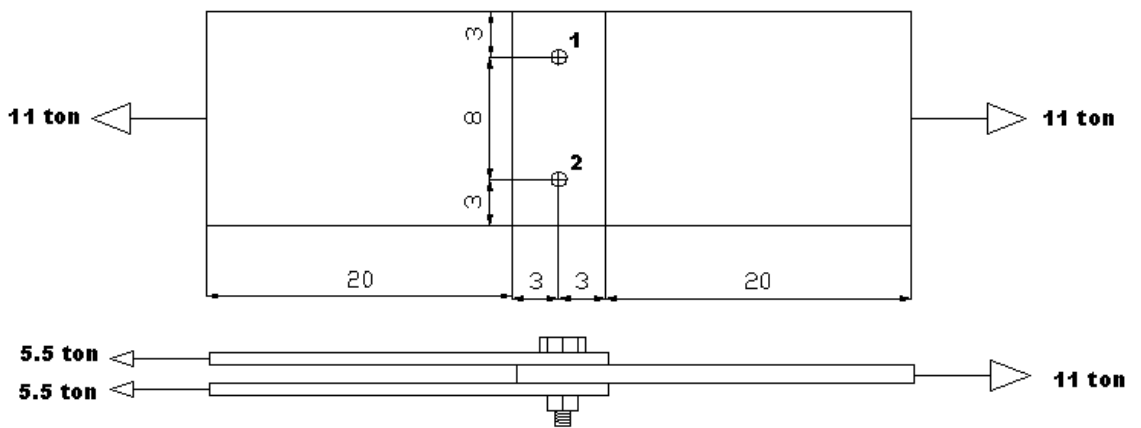
$$V_1= 5,440524 \text{ ton}$$

$$V_2= 5,559476 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde iki adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 0,8 cm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.37)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulonlara gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.37. Çift tesirli, iki sıra, iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 11 / 2 = 5,5 \text{ ton}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 5,499998 \text{ ton}$$

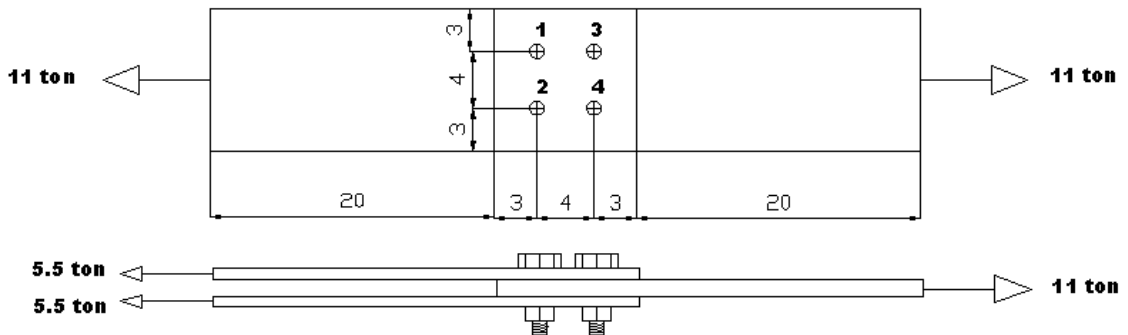
$$V_2 = 5,499998 \text{ ton}$$

4.4.2. 4 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde dört adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 0,8 cm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.38)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.38. Çift tesirli, iki sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 11/4 = 2,75 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç ;

$$V_1 = 2,701432 \text{ ton}$$

$$V_2 = 2,701432 \text{ ton}$$

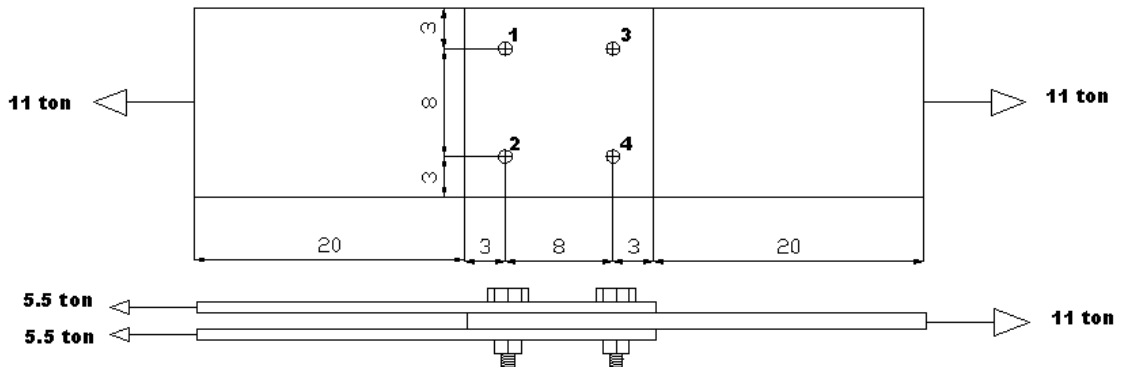
$$V_3 = 2,798568 \text{ ton}$$

$$V_4 = 2,798568 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde dört adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 0,8 cm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.39)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.39. Çift tesirli, iki sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 11 / 4 = 2,75 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç ;

$$V_1 = 2,733812 \text{ ton}$$

$$V_2 = 2,733812 \text{ ton}$$

$$V_3 = 2,766186 \text{ ton}$$

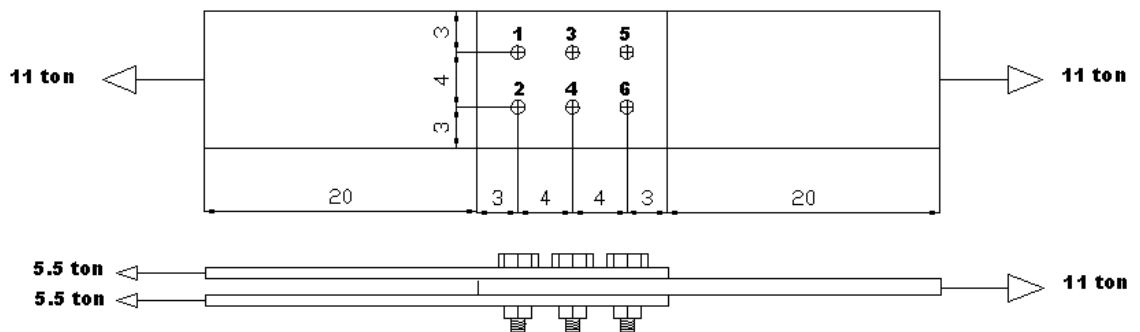
$$V_4 = 2,766186 \text{ ton}$$

4.4.3. 6 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde altı adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 0,8 cm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.40)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.40. Çift tesirli, iki sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulonlara gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 11 / 6 = 1,833333 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,76828 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,76828 \text{ ton}$$

$$V_3 = 1,77553 \text{ ton}$$

$$V_4 = 1,77553 \text{ ton}$$

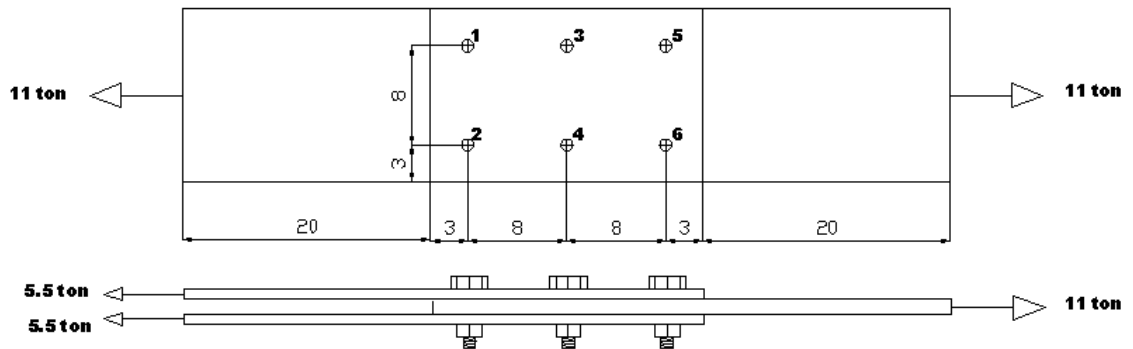
$$V_5 = 1,95619 \text{ ton}$$

$$V_6 = 1,95619 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde altı adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 0,8 cm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.41)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.41. Çift tesirli, iki sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulonlara gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 11 / 6 = 1,833333 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,82103 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,82103 \text{ ton}$$

$$V_3 = 1,781358 \text{ ton}$$

$$V_4 = 1,781358 \text{ ton}$$

$$V_5 = 1,89761 \text{ ton}$$

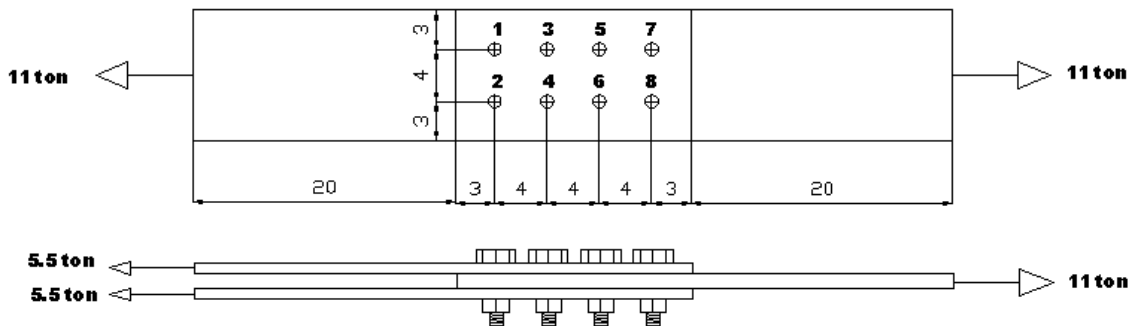
$$V_6 = 1,89761 \text{ ton}$$

4.4.4. 8 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde sekiz adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 0,8 cm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.42)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.42. Çift tesirli, iki sıra, sekiz bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V=P/ n$$

$V= 11/8 = 1,375$ ton = her bir bulona gelen kesme kuvveti

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1= 1,31139 \text{ ton}$$

$$V_2= 1,31139 \text{ ton}$$

$$V_3= 1,263238 \text{ ton}$$

$$V_4= 1,263238 \text{ ton}$$

$$V_5= 1,349618 \text{ ton}$$

$$V_6= 1,349618 \text{ ton}$$

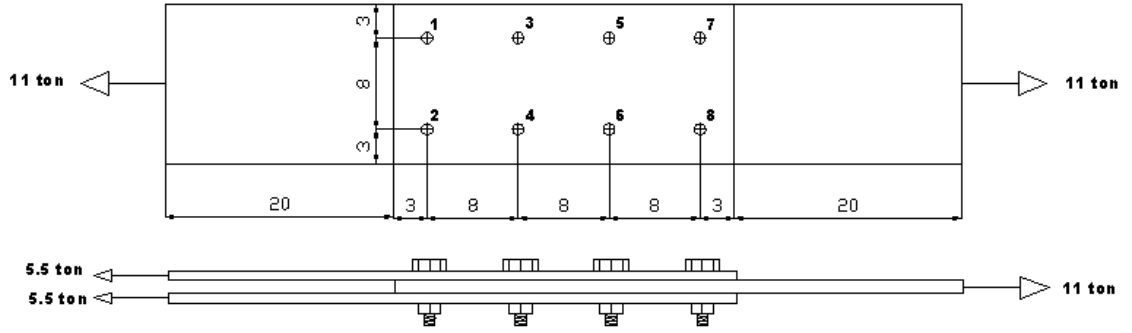
$$V_7= 1,575752 \text{ ton}$$

$$V_8= 1,575752 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde sekiz adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 0,8 cm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.43)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.43. Çift tesirli, iki sıra, sekiz bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 11 / 8 = 1,375 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,387434 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,387434 \text{ ton}$$

$$V_3 = 1,287356 \text{ ton}$$

$$V_4 = 1,287356 \text{ ton}$$

$$V_5 = 1,326586 \text{ ton}$$

$$V_6 = 1,326586 \text{ ton}$$

$$V_7 = 1,498622 \text{ ton}$$

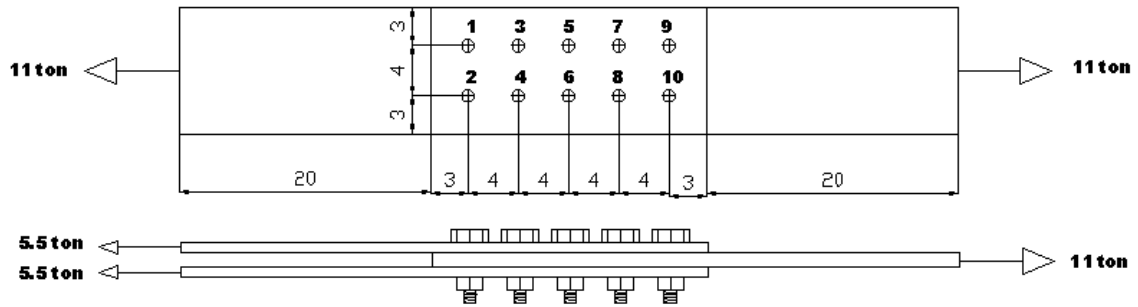
$$V_8 = 1,498622 \text{ ton}$$

4.4.5. 10 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde on adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 0,8 cm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.44)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.44. Çift tesirli, iki sıra, on bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 11 / 10 = 1,1 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,04765 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,04765 \text{ ton}$$

$$V_3 = 0,966196 \text{ ton}$$

$$V_4 = 0,966196 \text{ ton}$$

$$V_5 = 0,988552 \text{ ton}$$

$$V_6 = 0,988552 \text{ ton}$$

$$V_7 = 1,123036 \text{ ton}$$

$$V_8 = 1,123036 \text{ ton}$$

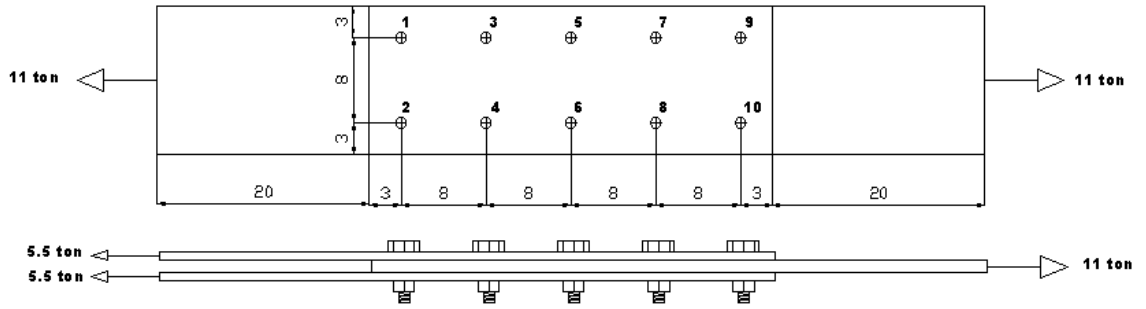
$$V_9 = 1,374568 \text{ ton}$$

$$V_{10} = 1,374568 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde on adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 0,8 cm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.45)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.45. Çift tesirli, iki sıra, on bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 11 / 10 = 1,1 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 1,142334 \text{ ton}$$

$$V_2 = 1,142334 \text{ ton}$$

$$V_3 = 1,010754 \text{ ton}$$

$$V_4 = 1,010754 \text{ ton}$$

$$V_5 = 0,984808 \text{ ton}$$

$$V_6 = 0,984808 \text{ ton}$$

$$V_7 = 1,080576 \text{ ton}$$

$$V_8 = 1,080576 \text{ ton}$$

$$V_9 = 1,281526 \text{ ton}$$

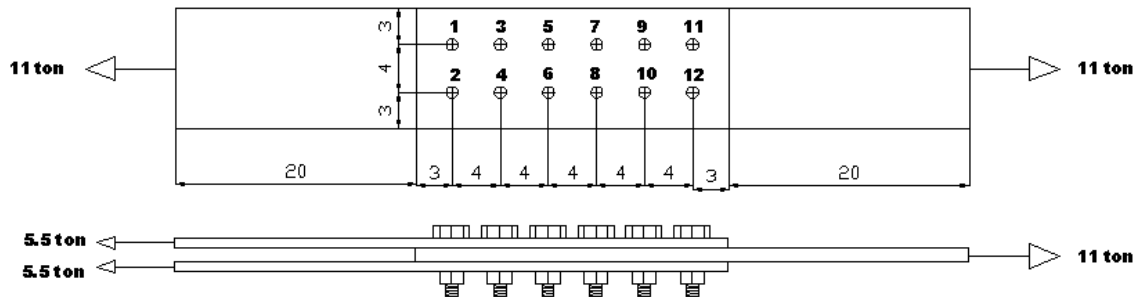
$$V_{10} = 1,281526 \text{ ton}$$

4.4.6. 12 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde oniki adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 0,8 cm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.46)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.46. Çift tesirli, iki sıra, on iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V=P/ n$$

$$V= 11/12 = 0,916667 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1= 0,881582 \text{ ton}$$

$$V_2= 0,881582 \text{ ton}$$

$$V_3= 0,779382 \text{ ton}$$

$$V_4= 0,779382 \text{ ton}$$

$$V_5= 0,760334 \text{ ton}$$

$$V_6= 0,760334 \text{ ton}$$

$$V_7= 0,828608 \text{ ton}$$

$$V_8= 0,828608 \text{ ton}$$

$$V_9= 0,991964 \text{ ton}$$

$$V_{10}= 0,991964 \text{ ton}$$

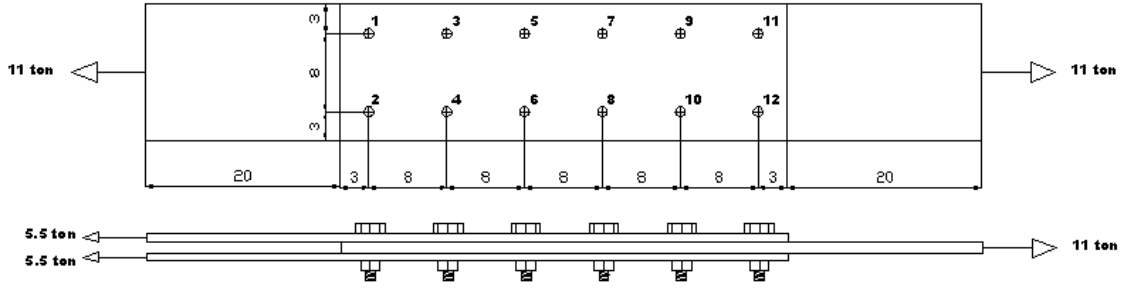
$$V_{11}= 1,25813 \text{ ton}$$

$$V_{12}= 1,25813 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde oniki adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm , bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levhalar 0,8 cm sağ taraftaki levha 1,2 cm dir. (Şekil 4.47)

Levhalara 11 tonluk çekme kuvveti uygulanmış ve bulona gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.47. Çift tesirli, iki sıra, on iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V = P / n$$

$$V = 11 / 12 = 0,916667 \text{ ton} = \text{her bir bulona gelen kesme kuvveti}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 0,991238 \text{ ton}$$

$$V_2 = 0,991238 \text{ ton}$$

$$V_3 = 0,840084 \text{ ton}$$

$$V_4 = 0,840084 \text{ ton}$$

$$V_5 = 0,776222 \text{ ton}$$

$$V_6 = 0,776222 \text{ ton}$$

$$V_7 = 0,805926 \text{ ton}$$

$$V_8 = 0,805926 \text{ ton}$$

$$V_9 = 0,934152 \text{ ton}$$

$$V_{10} = 0,934152 \text{ ton}$$

$$V_{11} = 1,152372 \text{ ton}$$

$$V_{12} = 1,152372 \text{ ton}$$

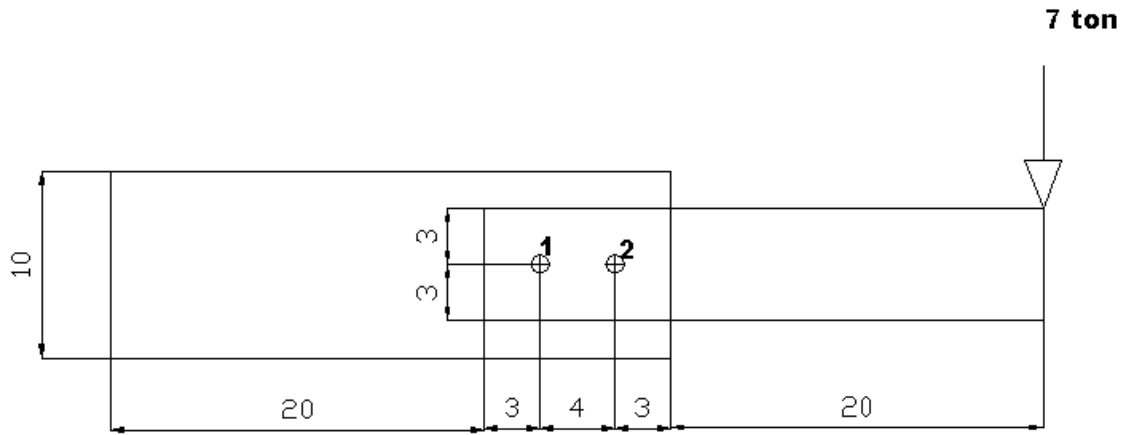
4.5.Moment Etkisindeki Bulonlar

4.5.1. Tek sıra 2 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde iki adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levha 1,2 cm sağ taraftaki levha 8 cm dir. (Şekil 4.48)

Levhalara 7 tonluk, bulon gövde eksenine dik, bulonlarda moment etkisi yaratacak kuvvet uygulanmış ve bulonlara gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.48. Moment etkisinde, tek sıra, iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulonlara gelen kesme kuvveti;

$$V_p = P/n$$

$$V_p = 7/2 = 3,5 \text{ ton}$$

$$M = P.x$$

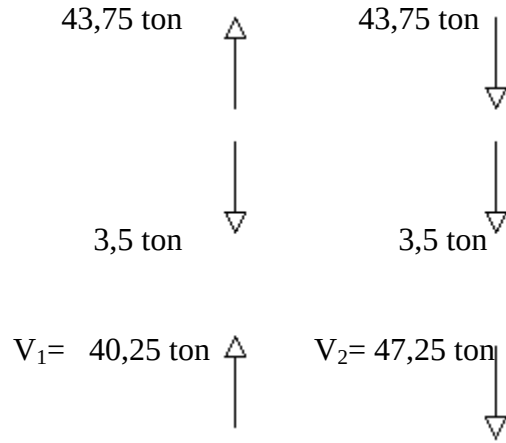
$$M = 7 \cdot 25 = 175 \text{ ton.cm}$$

$$V_m = M / x_1$$

$$V_m = M / 4 = 175 / 4 = 43,75 \text{ ton}$$

x : kuvvetin ağırlık merkezine uzaklığı

x_1 : bulonlar arası mesafe



Sap 2000 den elde edilen sonuç;

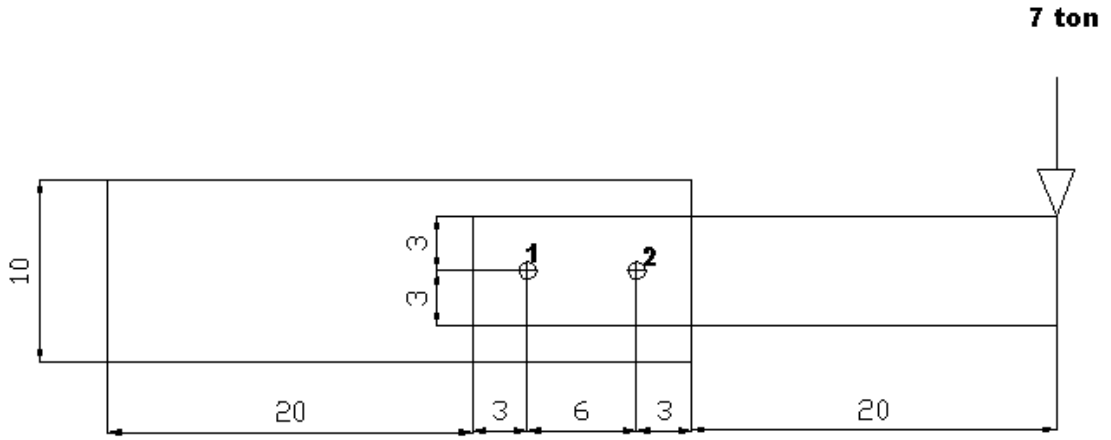
$$V_1 = 38,1889$$

$$V_2 = 45,1889$$

B)

Bu modelde iki adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 6 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levha 1,2 cm sağ taraftaki levha 0,8 cm dir. (Şekil 4.49)

Levhalar 7 tonluk, bulon gövde eksenine dik, bulonlarda moment etkisi yaratacak kuvvet uygulanmış ve bulonlara gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.49. Moment etkisinde, tek sıra, iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 6d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V_p = P/n$$

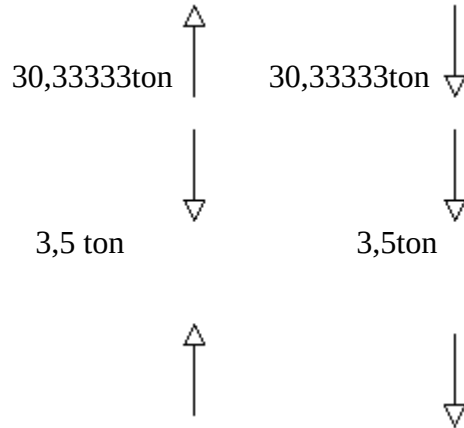
$$V_p = 7/2 = 3,5 \text{ ton}$$

$$M = P \cdot x$$

$$M = 7 \cdot 26 = 182 \text{ ton.cm}$$

$$V_m = M / x_1$$

$$V_m = M / 6 = 182 / 6 = 30,33333 \text{ ton}$$



$$V_1 = 26,83333 \text{ ton} \quad V_2 = 33,83333 \text{ ton}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

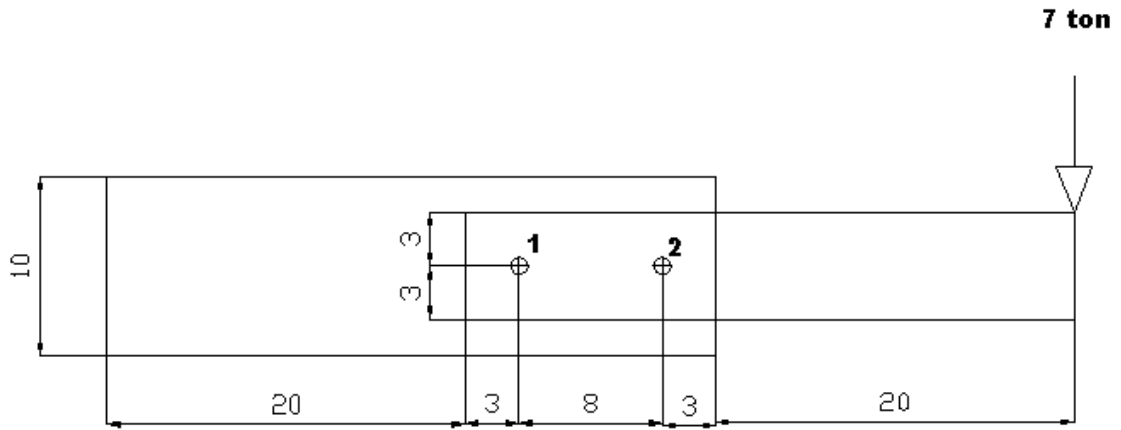
$$V_1 = 26,57548 \text{ ton}$$

$$V_2 = 33,57548 \text{ ton}$$

C)

Bu modelde iki adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levha 1,2 cm sağ taraftaki levha 0,8 cm dir. (Şekil 4.50)

Levhalara 7 tonluk, bulon gövde eksenine dik, bulonlarda moment etkisi yaratacak kuvvet uygulanmış ve bulonlara gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.50. Moment etkisinde, tek sıra, iki bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V_p = P/n$$

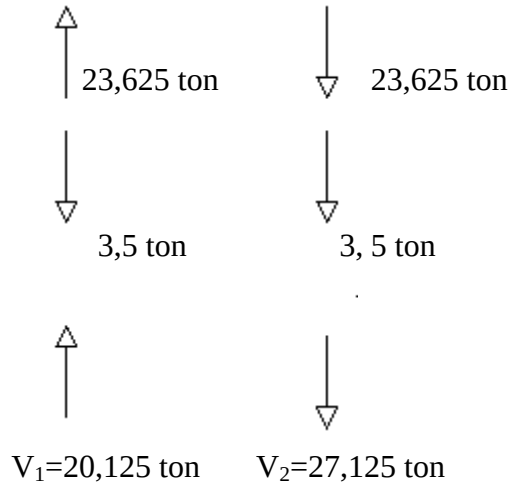
$$V_p = 7/2 = 3,5 \text{ ton}$$

$$M = P.x$$

$$M = 7 \cdot 27 = 189 \text{ ton.cm}$$

$$V_m = M / x_1$$

$$V_m = M / 8 = 189 / 8 = 23,625 \text{ ton}$$



Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 19,7852 \text{ ton}$$

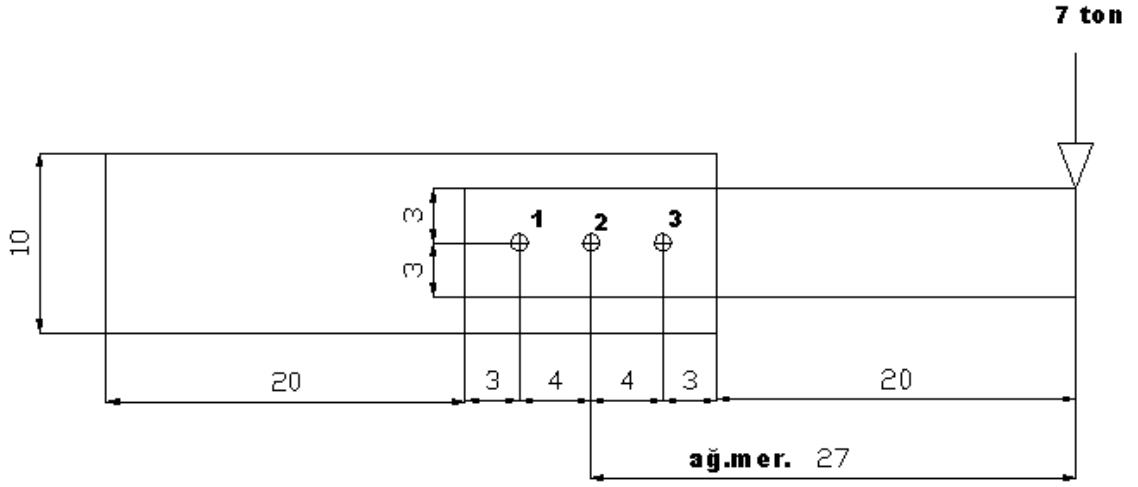
$$V_2 = 26,7852 \text{ ton}$$

4.5.2. Tek sıra 3 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde üç adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levha 1,2 cm sağ taraftaki levha 0,8 cm dir. (Şekil 4.51)

Levhalara 7 tonluk, bulon gövde eksenine dik, bulonlarda moment etkisi yaratacak kuvvet uygulanmış ve bulonlara gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.51. Moment etkisinde, tek sıra, üç bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V_p = P/n$$

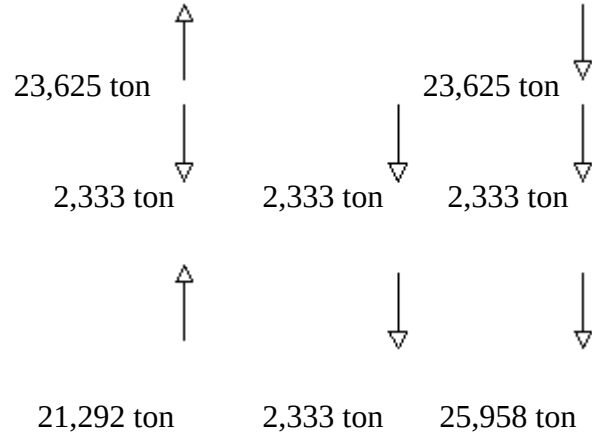
$$V_p = 7/3 = 2,333 \text{ ton}$$

$$M = P.x$$

$$M = 7 \cdot 27 = 189 \text{ ton.cm}$$

$$V_m = M / x_1$$

$$V_m = M / 8 = 189 / 8 = 23,625 \text{ ton}$$



Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 20,55872 \text{ ton}$$

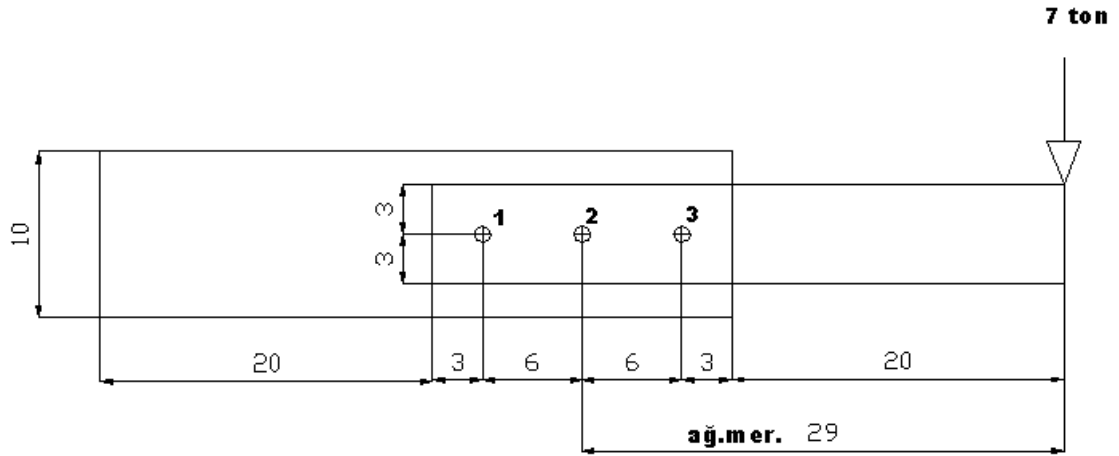
$$V_2 = 1,685665 \text{ ton}$$

$$V_3 = 25,87305 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde üç adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın köşelerine olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 6 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levha 1,2 cm sağ taraftaki levha 0,8 cm dir. (Şekil 4.52)

Levhalara 7 tonluk, bulon gövde eksenine dik, bulonlarda moment etkisi yaratacak kuvvet uygulanmış ve bulonlara gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.52. Moment etkisinde, tek sıra, üç bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 6d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V_p = P/n$$

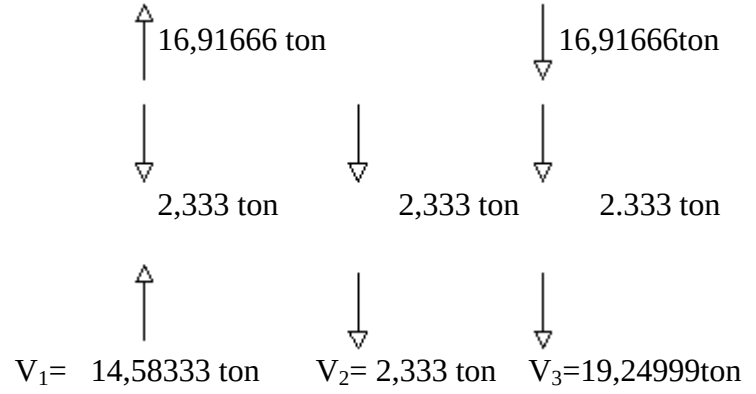
$$V_p = 7/3 = 2,333 \text{ ton}$$

$$M = P.x$$

$$M = 7 \cdot 29 = 203 \text{ ton.cm}$$

$$V_m = M / x_1$$

$$V_m = M / 12 = 203 / 12 = 16,91666 \text{ ton}$$



Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 11,69821 \text{ ton}$$

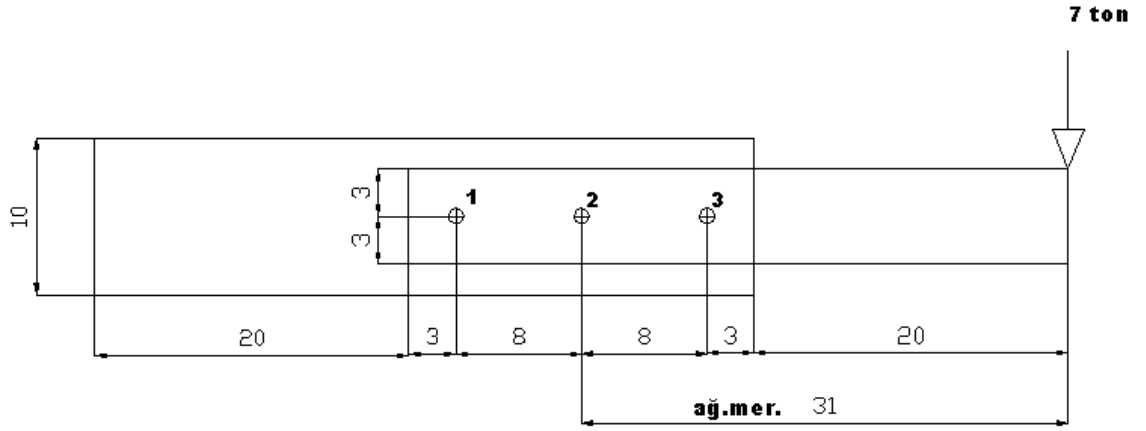
$$V_2 = 3,284767 \text{ ton}$$

$$V_3 = 21,98298 \text{ ton}$$

C)

Bu modelde üç adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levha 1,2 cm sağ taraftaki levha 0,8 cm dir. (Şekil 4.53)

Levhalara 7 tonluk, bulon gövde eksenine dik, bulonlarda moment etkisi yaratacak kuvvet uygulanmış ve bulonlara gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.53. Moment etkisinde, tek sıra, üç bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$V_p = P/n$$

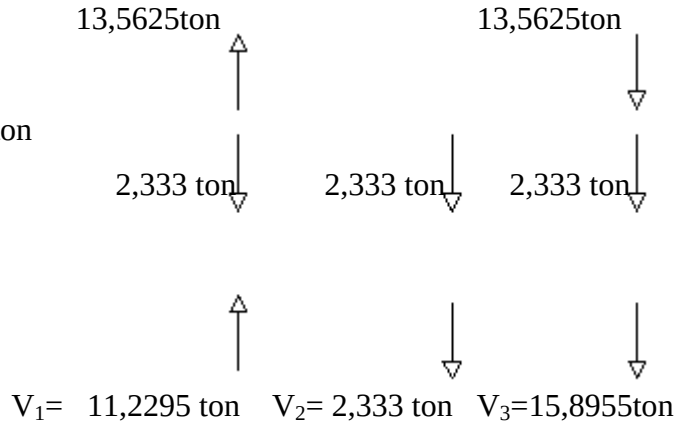
$$V_p = 7/3 = 2,333 \text{ ton}$$

$$M = P.x$$

$$M = 7 \cdot 31 = 217 \text{ ton.cm}$$

$$V_m = M / x_1$$

$$V_m = M / 16 = 217 / 16 = 13,5625 \text{ ton}$$



Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 10,02931 \text{ ton}$$

$$V_2 = 0,109824 \text{ ton}$$

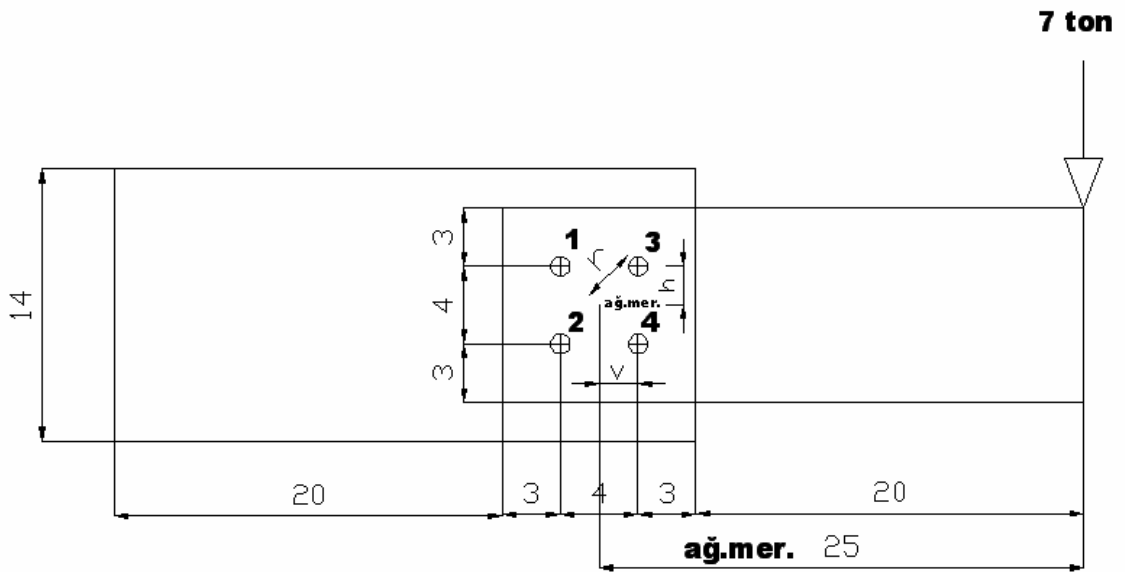
$$V_3 = 16,91949 \text{ ton}$$

4.5.3.Çift sıra 4 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde dört adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levha 1,2 cm sağ taraftaki levha 0,8 cm dir. (Şekil 4.54)

Levhalara 7 tonluk, bulon gövde eksenine dik, bulonlarda moment etkisi yaratacak kuvvet uygulanmış ve bulonlara gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.54. Moment etkisinde, iki sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$M_x = P \cdot x$$

$$M_x = 7 \cdot 25 = 175 \text{ ton.cm}$$

$$J_p = 4 \cdot r^2 = 4 \cdot 8 = 32 \text{ cm}^2$$

$$H_M = (M_x / J_p) \cdot h$$

$$H_M = (175 / 32) \cdot 2 = 10,94 \text{ ton}$$

$$V_M = (M_x / J_p) \cdot v$$

$$V_M = (175 / 32) \cdot 2 = 10,94 \text{ ton}$$

$$V_p = M_x / n$$

$$V_p = 7 / 4 = 1,75 \text{ ton}$$

$$R_{1,2} = \sqrt{(10,94 - 1,75)^2 + 10,94^2} = 14,29 \text{ ton}$$

$$R_{3,4} = \sqrt{(10,94 + 1,75)^2 + 10,94^2} = 16,75 \text{ ton}$$

$$\text{Sonuç; } V_1 = 14,29 \text{ ton}$$

$$V_2 = 14,29 \text{ ton}$$

$$V_3 = 16,75 \text{ ton}$$

$$V_4 = 16,75 \text{ ton}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 14,02484 \text{ ton}$$

$$V_2 = 14,02484 \text{ ton}$$

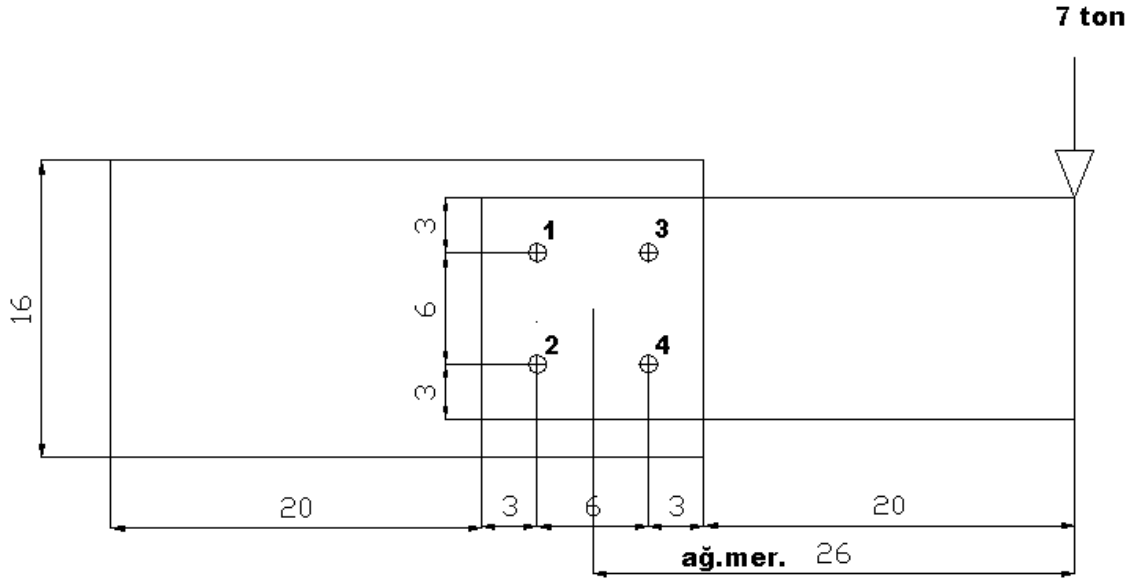
$$V_3 = 16,46583 \text{ ton}$$

$$V_4 = 16,46583 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde dört adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 6 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levha 1,2 cm sağ taraftaki levha 0,8 cm dir. (Şekil 4.55)

Levhalara 7 tonluk, bulon gövde eksenine dik, bulonlarda moment etkisi yaratacak kuvvet uygulanmış ve bulonlara gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.55. Moment etkisinde, iki sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 6d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$M_x = P \cdot x$$

$$M_x = 7 \cdot 26 = 182 \text{ ton.cm}$$

$$J_p = 4 \cdot r^2 = 4(v^2 + h^2) = 4 \cdot 18 = 72 \text{ cm}^2$$

$$H_M = (M_x / J_p) \cdot h$$

$$H_M = (182 / 72) \cdot 3 = 7,58333 \text{ ton}$$

$$V_M = (M_x / J_p) \cdot v$$

$$V_M = (182 / 72) \cdot 3 = 7,58333 \text{ ton}$$

$$V_p = P / n$$

$$V_p = 7 / 4 = 1,75 \text{ ton}$$

$$R_{1,2} = \sqrt{(7,58333 - 1,75)^2 + (7,58333)^2} = 9,56737 \text{ ton}$$

$$R_{3,4} = \sqrt{(7,58333 + 1,75)^2 + (7,58333)^2} = 12,02572 \text{ ton}$$

(Erşen)

$$\text{Sonuç; } V_1 = 9,56737 \text{ ton}$$

$$V_2 = 9,56737 \text{ ton}$$

$$V_3 = 12,02572 \text{ ton}$$

$$V_4 = 12,02572 \text{ ton}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 9,61125 \text{ ton}$$

$$V_2 = 9,61125 \text{ ton}$$

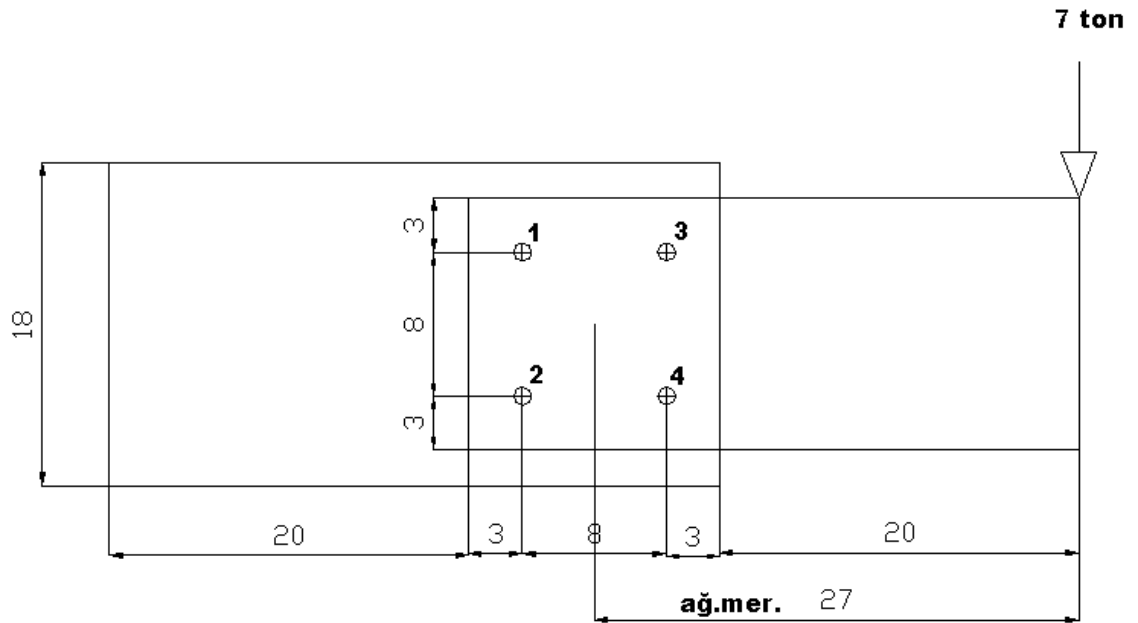
$$V_3 = 12,06824 \text{ ton}$$

$$V_4 = 12,06824 \text{ ton}$$

C)

Bu modelde dört adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levha 1,2 cm sağ taraftaki levha 0,8 cm dir. (Şekil 4.56)

Levhalara 7 tonluk, bulon gövde eksenine dik, bulonlarda moment etkisi yaratacak kuvvet uygulanmış ve bulonlara gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.56. Moment etkisinde, iki sıra, dört bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$M_x = P \cdot x$$

$$M_x = 7 \cdot 27 = 189 \text{ ton.cm}$$

$$J_p = 4 \cdot r^2 = 4 \cdot 32 = 128 \text{ cm}^2$$

$$H_M = (M / J_p) \cdot h$$

$$H_M = (189 / 128) \cdot 4 = 5,90625 \text{ ton}$$

$$V_M = (M / J_p) \cdot v$$

$$V_M = (189 / 128) \cdot 4 = 5,90625 \text{ ton}$$

$$V_p = P / n$$

$$V_p = 7 / 4 = 1,75 \text{ ton}$$

$$R_{1,2} = \sqrt{(5,90625 - 1,75)^2 + (5,90625)^2} = 7,22206 \text{ ton}$$

$$R_{3,4} = \sqrt{(5,90625 + 1,75)^2 + (5,90625)^2} = 9,66964 \text{ ton}$$

Sonuç;

$$V_1 = 7,22206 \text{ ton}$$

$$V_2 = 7,22206 \text{ ton}$$

$$V_3 = 9,66964 \text{ ton}$$

$$V_4 = 9,66964 \text{ ton}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 7,26188 \text{ ton}$$

$$V_2 = 7,26188 \text{ ton}$$

$$V_3 = 9,5591 \text{ ton}$$

$$V_4 = 9,5591 \text{ ton}$$

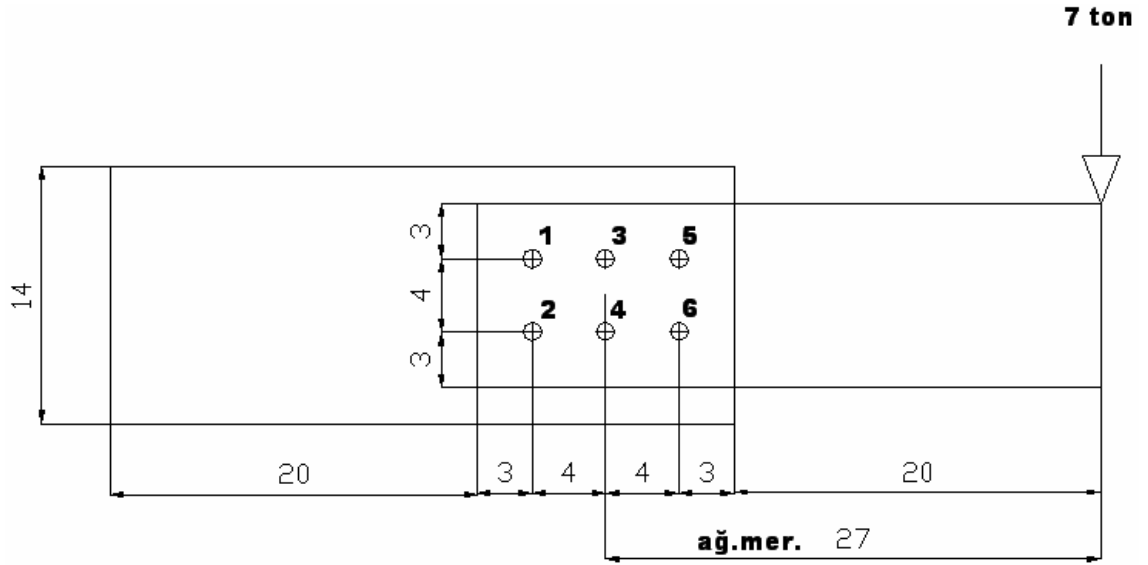
4.5.4.Çift sıra 6 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde altı adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların

kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levha 1,2 cm sağ taraftaki levha 0,8 cm dir. (Şekil 4.57)

Levhalara 7 tonluk, bulon gövde eksenine dik, bulonlarda moment etkisi yaratacak kuvvet uygulanmış ve bulonlara gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.57. Moment etkisinde, iki sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$M_x = P \cdot x$$

$$M_x = 7 \cdot 27 = 189 \text{ ton.cm}$$

$$J_p = 4 \cdot 20 + 2 \cdot 4 = 88 \text{ cm}^2$$

$$H_M = (M / J_p) \cdot h$$

$$H_M = (189 / 88) \cdot 2 = 4,29546 \text{ ton}$$

$$V_M = (M / J_p) \cdot v$$

$$V_M = (189 / 88) \cdot 4 = 8,59092 \text{ ton}$$

$$V_p = P / n$$

$$V_p = 7 / 6 = 1,16667 \text{ ton}$$

$$R_{1,2} = \sqrt{(8,59092 - 1,16667)^2 + (4,29546)^2} = 8,57732 \text{ ton}$$

$$R_{3,4} = \sqrt{(4,29546)^2 + (1,16667)^2} = 4,451078 \text{ ton}$$

$$R_{5,6} = \sqrt{(8,59092 + 1,16667)^2 + (4,29546)^2} = 10,61547 \text{ ton}$$

Sonuç;

$$V_1=8,57732\text{ton}$$

$$V_2 = 8,57732 \text{ ton}$$

$$V_3 = 4,451078 \text{ ton}$$

$$V_4 = 4,451078 \text{ ton}$$

$$V_5 = 10,61547 \text{ ton}$$

$$V_6 = 10,61547 \text{ ton}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1= 8,00952 \text{ ton}$$

$$V_2 = 8,00952 \text{ ton}$$

$$V_3 = 6,249492 \text{ ton}$$

$$V_4 = 6,249492 \text{ ton}$$

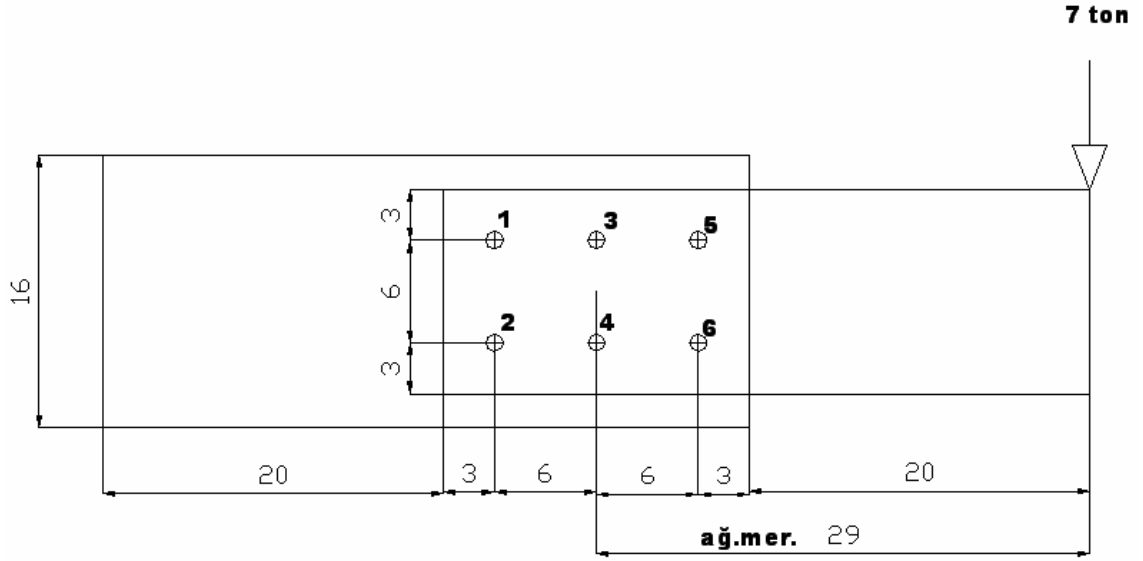
$$V_5 = 11,14645 \text{ ton}$$

$$V_6 = 11,14645 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde altı adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 6 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levha 1,2 cm sağ taraftaki levha 0,8 cm dir. (Şekil 4.58)

Levhalara 7 tonluk, bulon gövde eksenine dik, bulonlarda moment etkisi yaratacak kuvvet uygulanmış ve bulonlara gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.58. Moment etkisinde, iki sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 6d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$M_x = P \cdot x$$

$$M_x = 7 \cdot 29 = 203 \text{ ton.cm}$$

$$J_p = 4 \cdot 45 + 2 \cdot 3^2 = 198 \text{ cm}^2$$

$$H_M = (M / J_p) \cdot h$$

$$H_M = (203 / 198) \cdot 3 = 3,07576 \text{ ton}$$

$$V_M = (M / J_p) \cdot v$$

$$V_M = (203 / 198) \cdot 6 = 6,15151 \text{ ton}$$

$$V_p = P / n$$

$$V_p = 7 / 6 = 1,16667 \text{ ton}$$

$$R_{1,2} = \sqrt{(6,15151 - 1,16667)^2 + (3,07576)^2} = 5,85738 \text{ ton}$$

$$R_{3,4} = \sqrt{(3,07576)^2 + (1,16667)^2} = 3,289592 \text{ ton}$$

$$R_{5,6} = \sqrt{(6,15151 + 1,16667)^2 + (3,07576)^2} = 7,93826 \text{ ton}$$

Sonuç;

$$V_1 = 5,85738 \text{ ton}$$

$$V_2 = 5,85738 \text{ ton}$$

$$V_3 = 3,289592 \text{ ton}$$

$$V_4 = 3,289592 \text{ ton}$$

$$V_5 = 7,93826 \text{ ton}$$

$$V_6 = 7,93826 \text{ ton}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 5,50358 \text{ ton}$$

$$V_2 = 5,50358 \text{ ton}$$

$$V_3 = 4,666792 \text{ ton}$$

$$V_4 = 4,666792 \text{ ton}$$

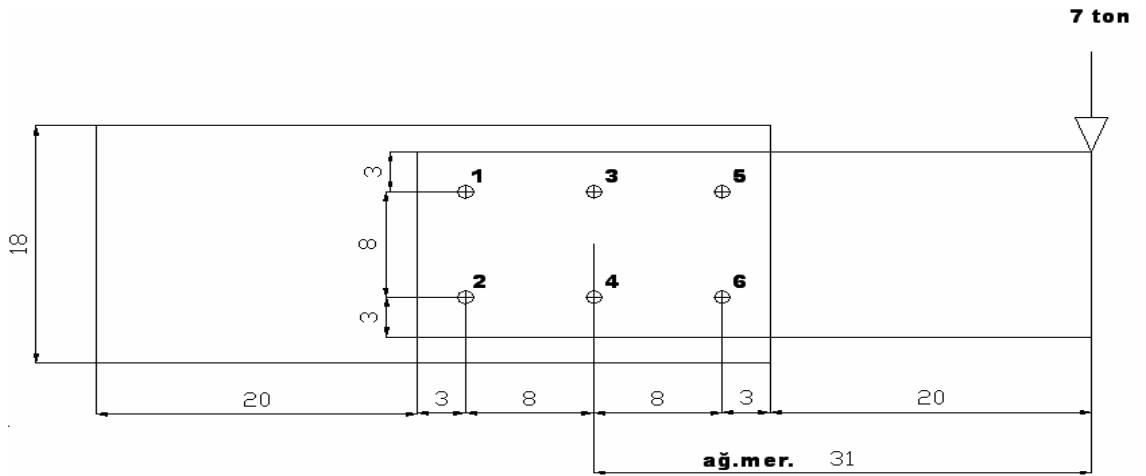
$$V_5 = 8,45176 \text{ ton}$$

$$V_6 = 8,45176 \text{ ton}$$

C)

Bu modelde altı adet bulon kullanılmış, bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levha 1,2 cm sağ taraftaki levha 0,8 cm dir. (Şekil 4.59)

Levhalara 7 tonluk, bulon gövde eksenine dik, bulonlarda moment etkisi yaratacak kuvvet uygulanmış ve bulonlara gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.59. Moment etkisinde, iki sıra, altı bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$M_x = P \cdot x$$

$$M_x = 7 \cdot 31 = 217 \text{ ton.cm}$$

$$J_p = 4 \cdot 80 + 2 \cdot 4^2 = 352 \text{ cm}^2$$

$$H_M = (M / J_p) \cdot h$$

$$H_M = (217 / 352) \cdot 4 = 2,46591 \text{ ton}$$

$$V_M = (M / J_p) \cdot v$$

$$V_M = (217 / 352) \cdot 8 = 4,93182 \text{ ton}$$

$$V_p = P / n$$

$$V_p = 7 / 6 = 1,16667 \text{ ton}$$

$$R_{1,2} = \sqrt{(4,93182 - 1,16667)^2 + (2,46591)^2} = 4,500785 \text{ ton}$$

$$R_{3,4} = \sqrt{(2,46591)^2 + (1,16667)^2} = 2,727972 \text{ ton}$$

$$R_{5,6} = \sqrt{(4,93182 + 1,16667)^2 + (2,46591)^2} = 6,578168 \text{ ton}$$

Sonuç;

$$V_1 = 4,500785 \text{ ton}$$

$$V_2 = 4,500785 \text{ ton}$$

$$V_3 = 2,727972 \text{ ton}$$

$$V_4 = 2,727972 \text{ ton}$$

$$V_5 = 6,578168 \text{ ton}$$

$$V_6 = 6,578168 \text{ ton}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 4,462368 \text{ ton}$$

$$V_2 = 4,462368 \text{ ton}$$

$$V_3 = 3,837296 \text{ ton}$$

$$V_4 = 3,837296 \text{ ton}$$

$$V_5 = 7,034675 \text{ ton}$$

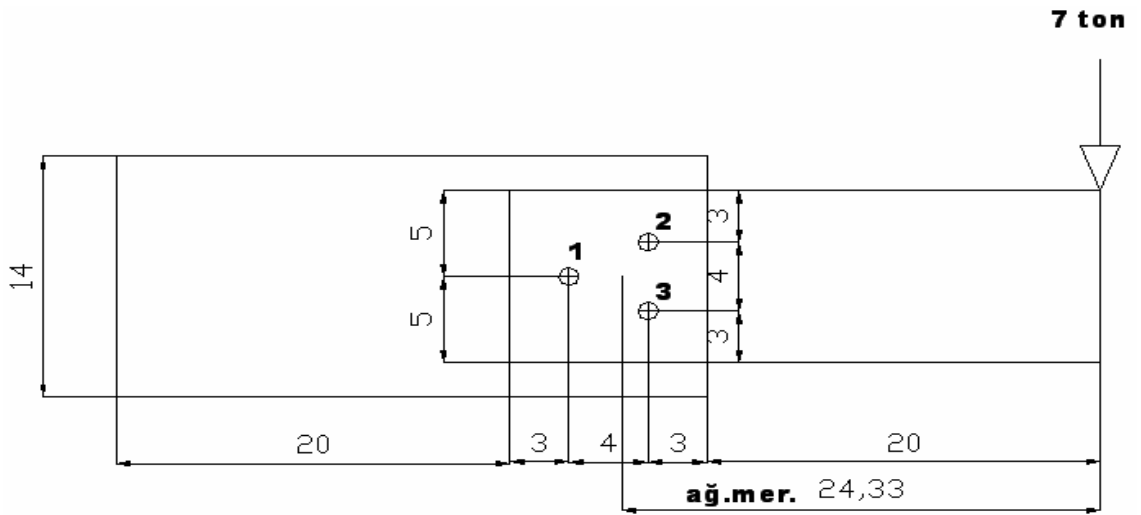
$$V_6 = 7,034675 \text{ ton}$$

4.5.5.Şaşırtmalı 3 bulonlu birleşim

A)

Bu modelde üç adet bulon kullanılmış, şaşırtmalı olarak yerleştirilmiş, kenardaki bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 4 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levha 1,2 cm sağ taraftaki levha 0,8 cm dir. (Şekil 4.60)

Levhalara 7 tonluk, bulon gövde eksenine dik, bulonlarda moment etkisi yaratacak kuvvet uygulanmış ve bulonlara gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.60. Moment etkisinde, şaşırtmalı, üç bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 4d
Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$M_x = P \cdot x$$

$$M_x = 7 \cdot 24,333 = 170,331 \text{ ton.cm}$$

$$J_p = (2,666)^2 + 2 \cdot (2,4037)^2 = 18,66311 \text{ cm}^2$$

$$H_M = (M / J_p) \cdot h$$

$$H_{M(2,3)} = (170,331 / 18,66311) \cdot 2 = 18,253228 \text{ ton}$$

$$V_M = (M / J_p) \cdot v$$

$$V_{M(2,3)} = (170,331 / 18,66311) \cdot 1,333 = 12,165776 \text{ ton}$$

$$V_{M(1)} = (170,331 / 18,66311) \cdot 2,666 = 24,331553 \text{ ton}$$

$$V_p = P / n$$

$$V_p = 7 / 3 = 2,333333 \text{ ton}$$

$$V_1 = 24,331553 - 2,333333 = 21,99822 \text{ ton}$$

$$R_{2,3} = \sqrt{(18,253228)^2 + (12,165776 + 2,333333)^2} = 23,311038 \text{ ton}$$

Sonuç;

$$V_1 = 21,99822 \text{ ton}$$

$$V_2 = 23,311038 \text{ ton}$$

$$V_3 = 23,311038 \text{ ton}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 20,361198 \text{ ton}$$

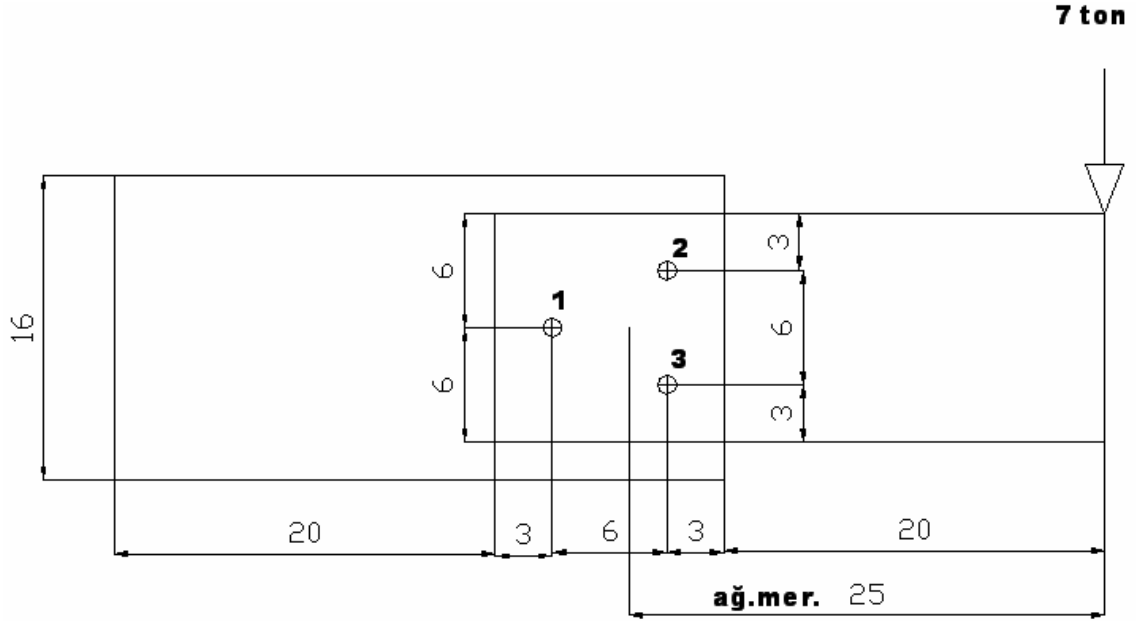
$$V_2 = 23,83981 \text{ ton}$$

$$V_3 = 23,839814 \text{ ton}$$

B)

Bu modelde üç adet bulon kullanılmış, şaşırtmalı olarak yerleştirilmiş, kenardaki bulonların levhanın köşelerine olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 6 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levha 1,2 cm sağ taraftaki levha 0,8 cm dir. (Şekil 4.61)

Levhalara 7 tonluk, bulon gövde eksenine dik, bulonlarda moment etkisi yaratacak kuvvet uygulanmış ve bulonlara gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.61. Moment etkisinde, şaşırtmalı, üç bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 6d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$M_x = P \cdot x$$

$$M_x = 7 \cdot 25 = 175 \text{ ton.cm}$$

$$J_p = 4^2 + 2 \cdot (\sqrt{13})^2 = 42 \text{ cm}^2$$

$$H_M = (M / J_p) \cdot h$$

$$H_{M(2,3)} = (175 / 42) \cdot 3 = 12,5 \text{ ton}$$

$$V_M = (M / J_p) \cdot v$$

$$V_{M(2,3)} = (175 / 42) \cdot 2 = 8,333333 \text{ ton}$$

$$V_{M(1)} = (175 / 42) \cdot 4 = 16,666667 \text{ ton}$$

$$V_p = 7 / 3 = 2,333333 \text{ ton}$$

$$V_1 = 16,666667 - 2,333333 = 14,333334 \text{ ton}$$

$$R_{2,3} = \sqrt{(12,5)^2 + (8,333333 + 2,333333)^2} = 16,432521 \text{ ton}$$

Sonuç;

$$V_1 = 14,333334 \text{ ton}$$

$$V_2 = 16,432521 \text{ ton}$$

$$V_3 = 16,432521 \text{ ton}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 12,86538 \text{ ton}$$

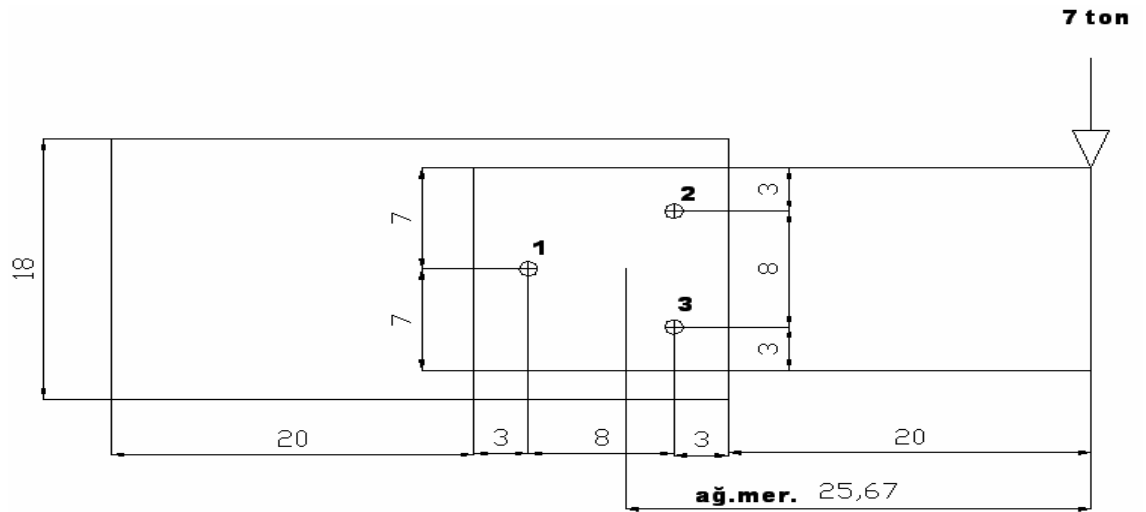
$$V_2 = 16,92561 \text{ ton}$$

$$V_3 = 16,92561 \text{ ton}$$

C)

Bu modelde üç adet bulon kullanılmış, şaşırtmalı olarak yerleştirilmiş, kenardaki bulonların levhanın kenarlarına olan mesafesi 3 cm, bulonlar arası mesafe 8 cm olarak alınmıştır. Modeldeki levhaların kalınlığı; şekilde sol tarafta görülen levha 1,2 cm sağ taraftaki levha 0,8 cm dir. (Şekil 4.62)

Levhalara 7 tonluk, bulon gövde eksenine dik, bulonlarda moment etkisi yaratacak kuvvet uygulanmış ve bulonlara gelen kesme kuvveti belirlenmiştir.



Şekil 4.62. Moment etkisinde, şaşırtmalı, üç bulonlu birleşim, bulonlar arası mesafe 8d

Hesap yöntemiyle bulona gelen kesme kuvveti;

$$M_x = P \cdot x$$

$$M_x = 7 \cdot 25,667 = 179,669 \text{ ton.cm}$$

$$J_p = (5,333)^2 + 2 \cdot (4,808)^2 = 74,666667 \text{ cm}^2$$

$$H_M = (M / J_p) \cdot h$$

$$H_{M(2,3)} = (179,669 / 74,666667) \cdot 4 = 9,6251249 \text{ ton}$$

$$V_M = (M / J_p) \cdot v$$

$$V_{M(2,3)} = (179,669 / 74,666667) \cdot 2,667 = 6,41755 \text{ ton}$$

$$V_{M(1)} = (179,669 / 74,666667) \cdot 5,333 = 12,832698 \text{ ton}$$

$$V_p = 7 / 3 = 2,333333 \text{ ton}$$

$$V_1 = 12,832698 - 2,333333 = 10,499368 \text{ ton}$$

$$R_{2,3} = \sqrt{(9,6251249)^2 + (6,41755 + 2,333333)^2} = 13,0084945 \text{ ton}$$

Sonuç;

$$V_1 = 10,499368 \text{ ton}$$

$$V_2 = 13,0084945 \text{ ton}$$

$$V_3 = 13,0084945 \text{ ton}$$

Sap 2000 den elde edilen sonuç;

$$V_1 = 9,802707 \text{ ton}$$

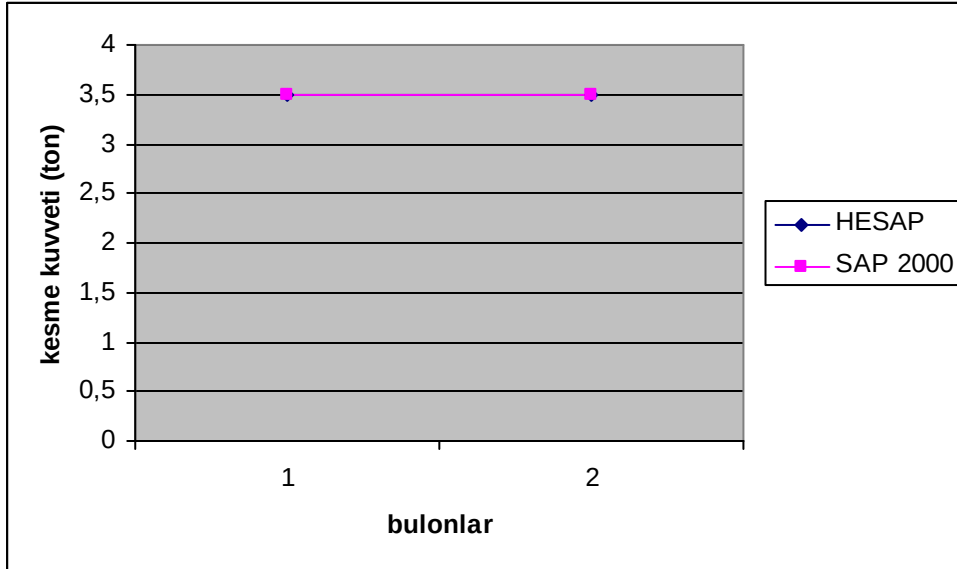
$$V_2 = 14,88345 \text{ ton}$$

$$V_3 = 14,88345 \text{ ton}$$

5.HESAP VE SAP 2000 DEN ELDE EDİLEN SONUÇLARIN GRAFİK OLARAK İNCELENMESİ

5.1. Tek Tesirli Tek Sıra 2 Bulonlu Birleşim

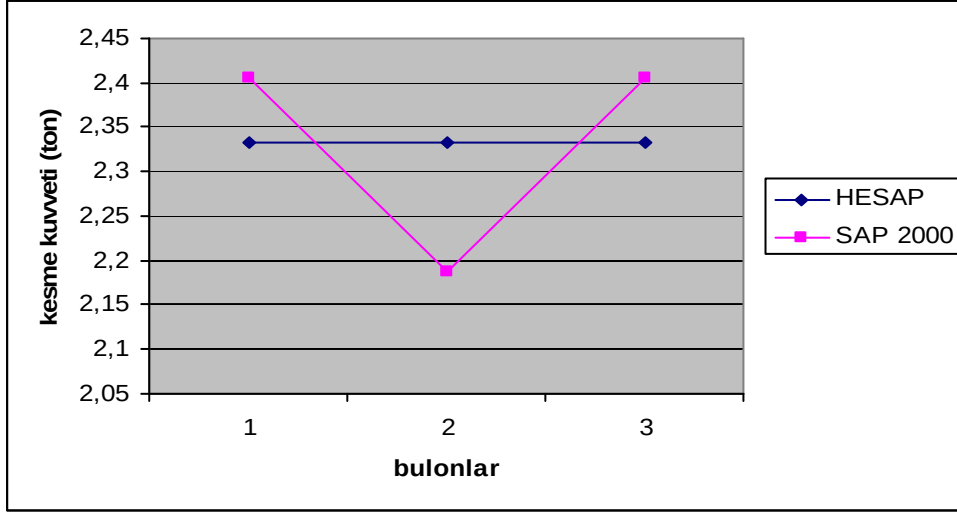
Şekil 5.1 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde her iki bulonda da hesap ve Sap 2000 modellemesinden aynı sonuçlar elde edilmiştir. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.1. Tek tesirli tek sıra 2 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.2. Tek Tesirli Tek Sıra 3 Bulonlu Birleşim

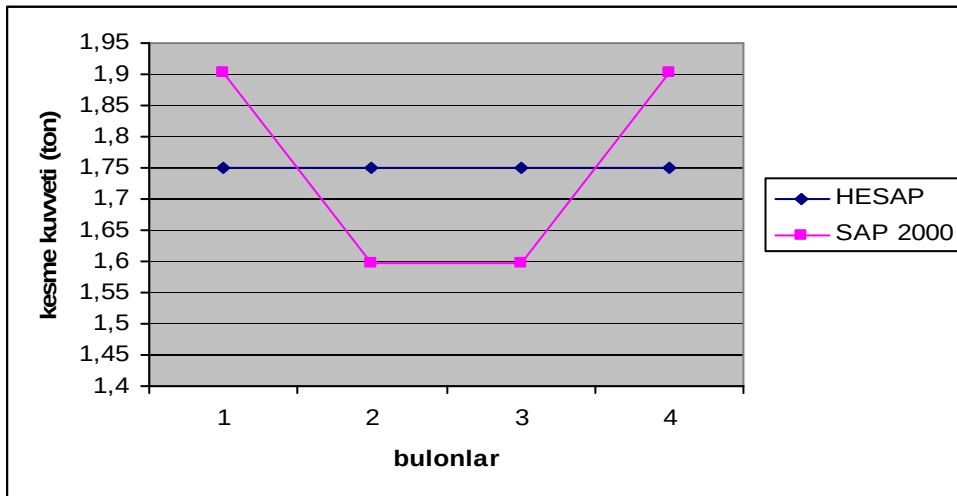
Şekil 5.2 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde 1. ve 3. bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değerler, hesaplardan elde edilen değerlerden daha büyük değerlerdir. İkinci bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplarda elde edilenden daha küçüktür. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.2. Tek Tesirli Tek Sıra 3 bulon kullanılarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.3. Tek Tesirli Tek Sıra 4 Bulonlu Birleşim

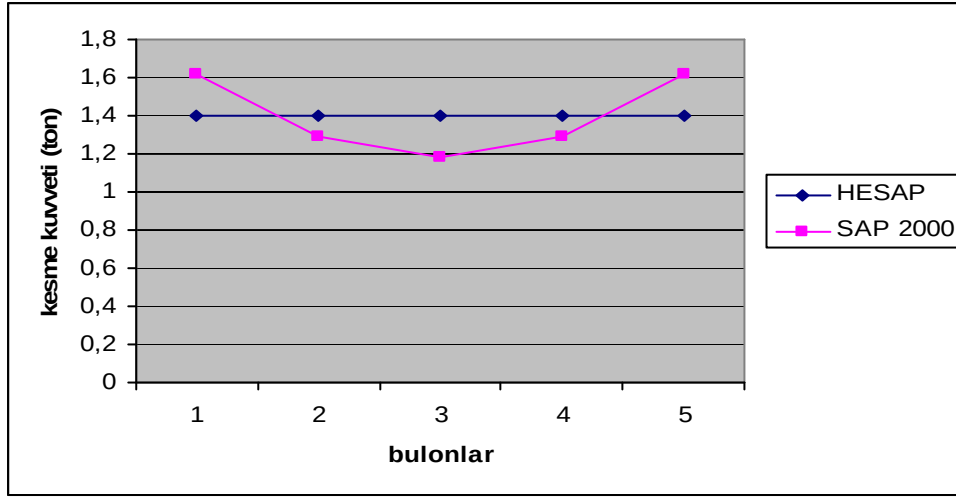
Şekil 5.3 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde 1. ve 4. bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değerler hesaplardan elde edilen değerlerden daha büyüktür. İkinci ve üçüncü bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplarda elde edilenden daha küçüktür. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.3. Tek Tesirli Tek Sıra 4 bulon kullanılarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.4. Tek Tesirli Tek Sıra 5 Bulonlu Birleşim

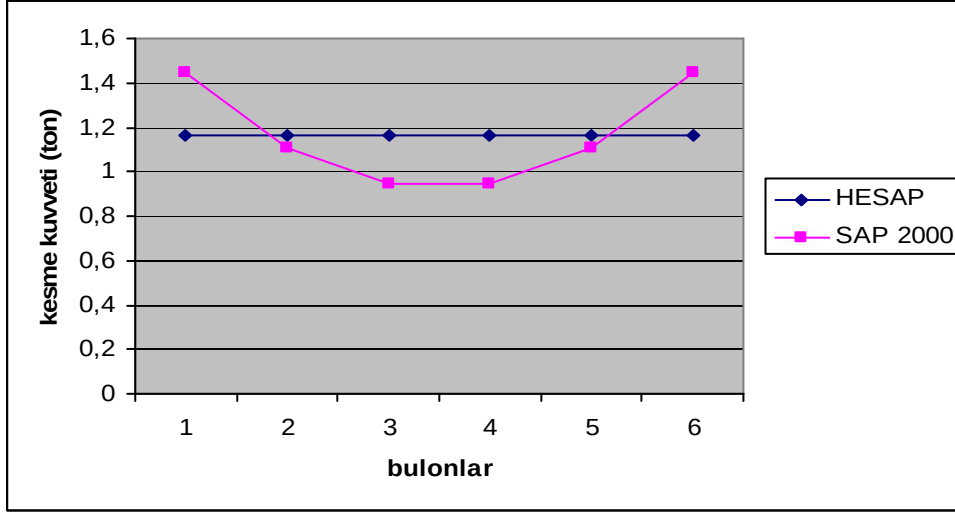
Şekil 5.4 te görüldüğü gibi oluşturulan modelde 1. ve 5. bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değerler hesaplardan elde edilen değerlerden daha büyüktür. İkinci ve üçüncü ve dördüncü bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplardan elde edilenden daha küçüktür. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.4. Tek Tesirli Tek Sıra 5 bulon kullanılarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.5. Tek Tesirli Tek Sıra 6 Bulonlu Birleşim

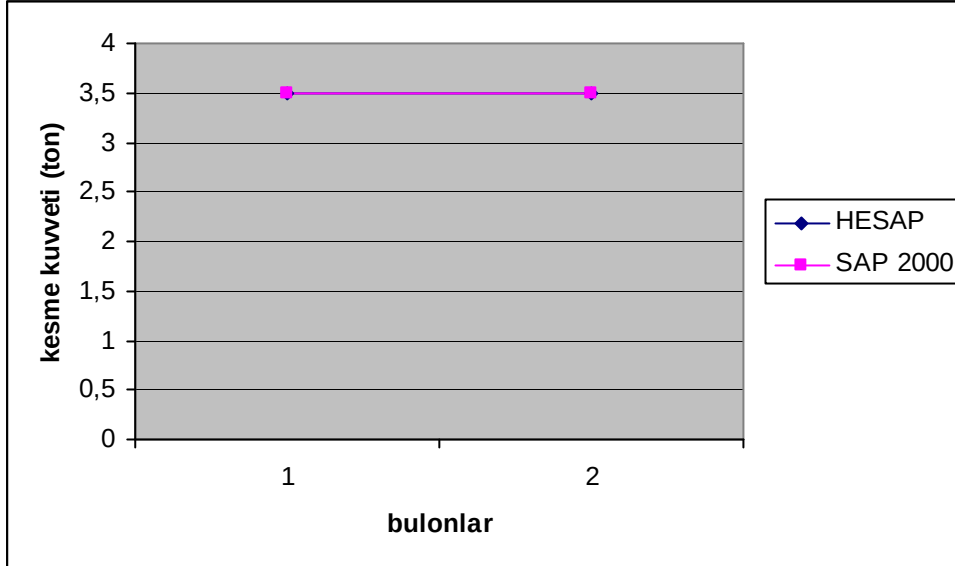
Şekil 5.5 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde 1. ve 6. bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değerler hesaplardan elde edilen değerlerden daha büyüktür. İkinci ve beşinci bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplardan elde edilen değerden daha küçük ancak çok yakın bir değerdir. Üçüncü ve dördüncü bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değerler hesaplardan elde edilen değerlerden daha küçüktür. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.5. Tek Tesirli Tek Sıra 6 bulon kullanılarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.6. Tek Tesirli Tek Sıra 2 Bulonlu Birleşim

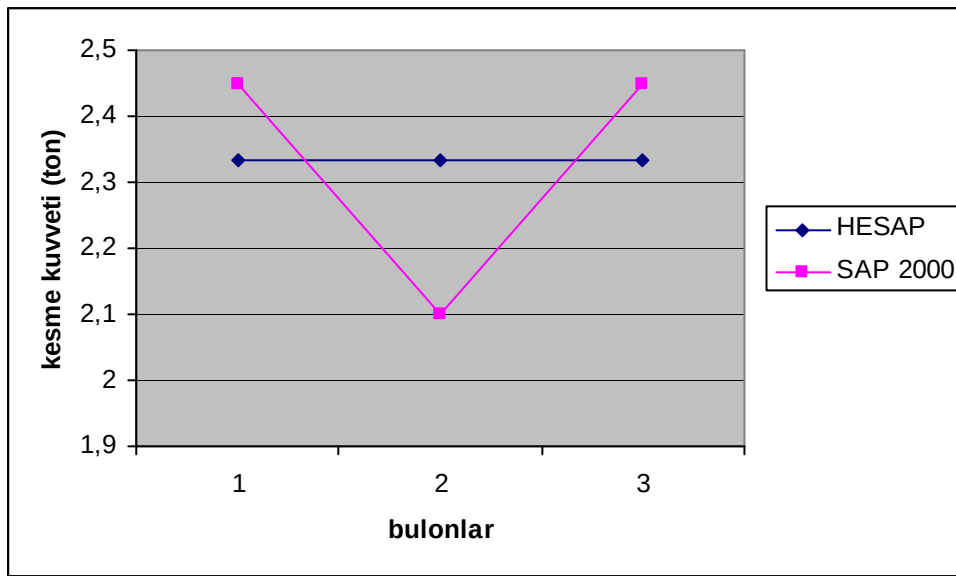
Şekil 5.6 da görüldüğü gibi oluşturulan modelde her iki bulonda da hesap ve Sap 2000 modellemesinden aynı sonuçlar elde edilmiştir. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.6. Tek tesirli tek sıra 2 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.7. Tek Tesirli Tek Sıra 3 Bulonlu Birleşim

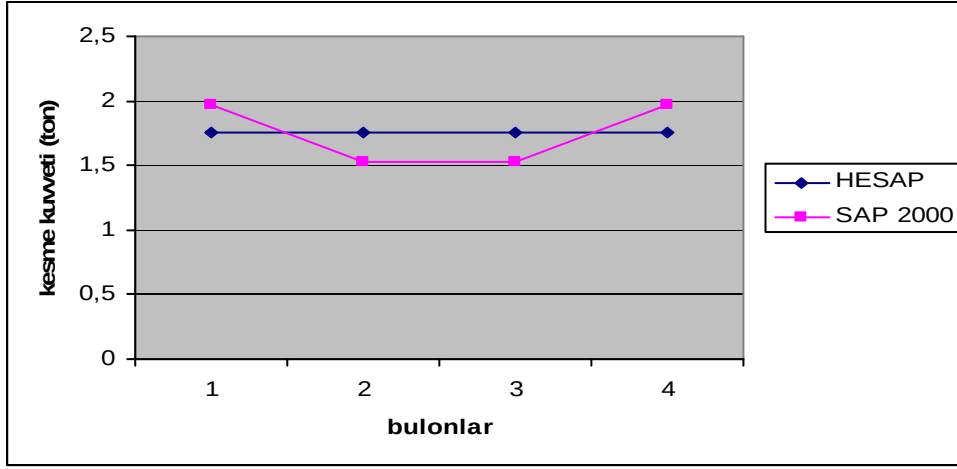
Şekil 5.7 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde 1. ve 3. bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değerler, hesaplardan elde edilen değerlerden daha büyük değerlerdir. İkinci bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplarda elde edilenden daha küçüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.7. Tek Tesirli Tek Sıra 3 bulon kullanılarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.8. Tek Tesirli Tek Sıra 4 Bulonlu Birleşim

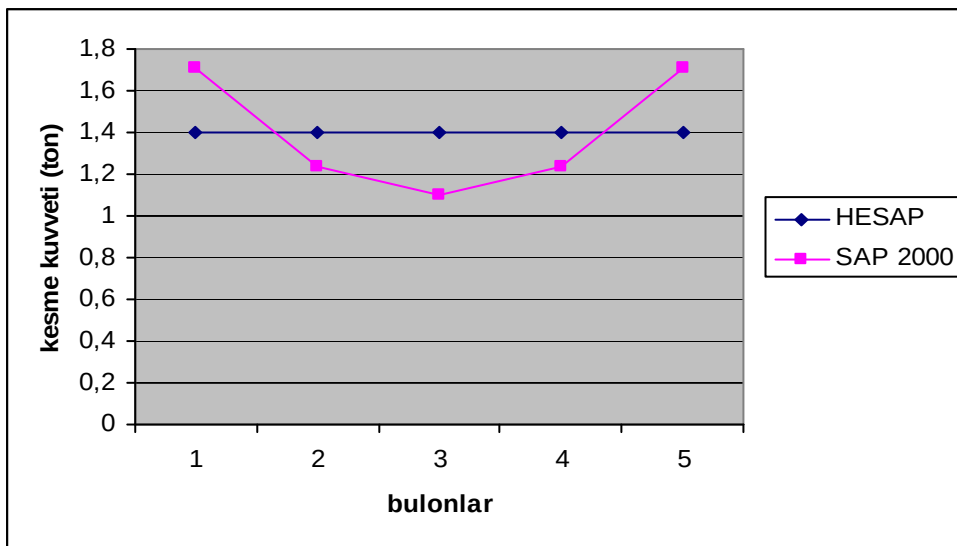
Şekil 5.8 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde 1. ve 4. bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değerler hesaplardan elde edilen değerlerden daha büyüktür. İkinci ve üçüncü bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplarda elde edilenden daha küçüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.8. Tek Tesirli Tek Sıra 4 bulon kullanılarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.9. Tek Tesirli Tek Sıra 5 Bulonlu Birleşim

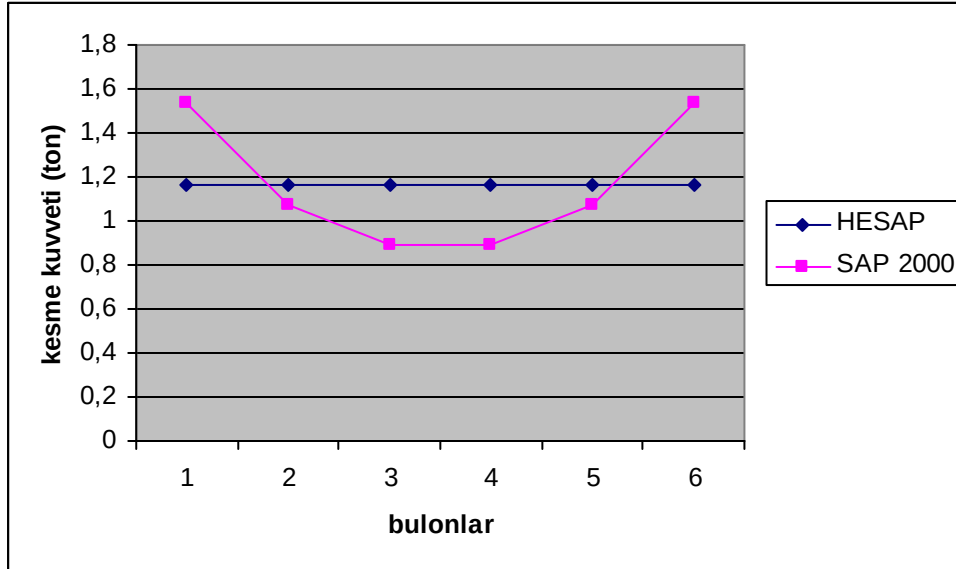
Şekil 5.9 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde 1. ve 5. bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değerler hesaplardan elde edilen değerlerden daha büyüktür. İkinci ve üçüncü ve dördüncü bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplardan elde edilenden daha küçüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.9. Tek Tesirli Tek Sıra 5 bulon kullanılarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.10. Tek Tesirli Tek Sıra 6 Bulonlu Birleşim

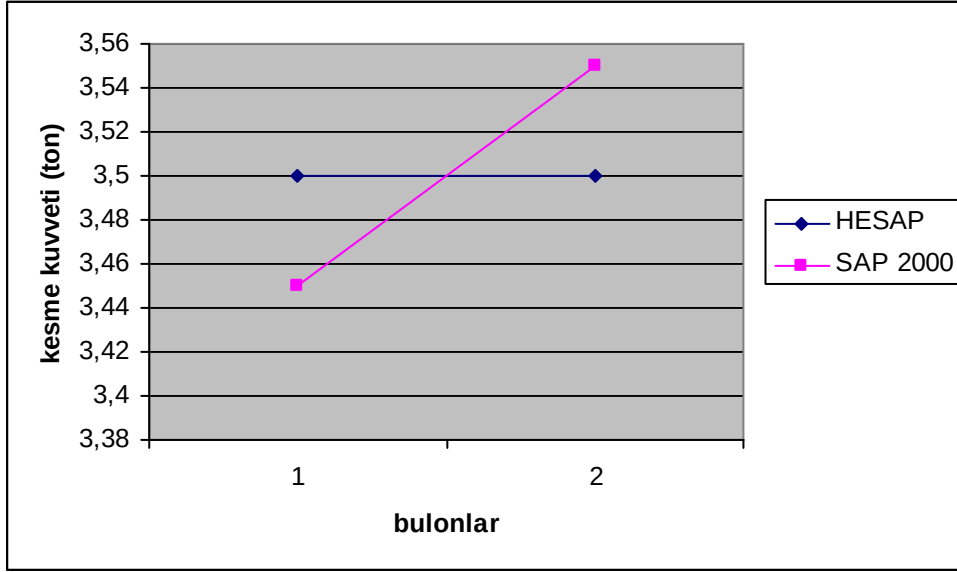
Şekil 5.10 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde 1. ve 6. bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değerler hesaplardan elde edilen değerlerden daha büyüktür. İkinci ve beşinci bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplardan elde edilen değerden daha küçük ancak çok yakın bir değerdir. Üçüncü ve dördüncü bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değerler hesaplardan elde edilen değerlerden daha küçüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.10. Tek Tesirli Tek Sıra 6 bulon kullanılarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.11. Çift Tesirli Tek Sıra 2 Bulonlu Birleşim

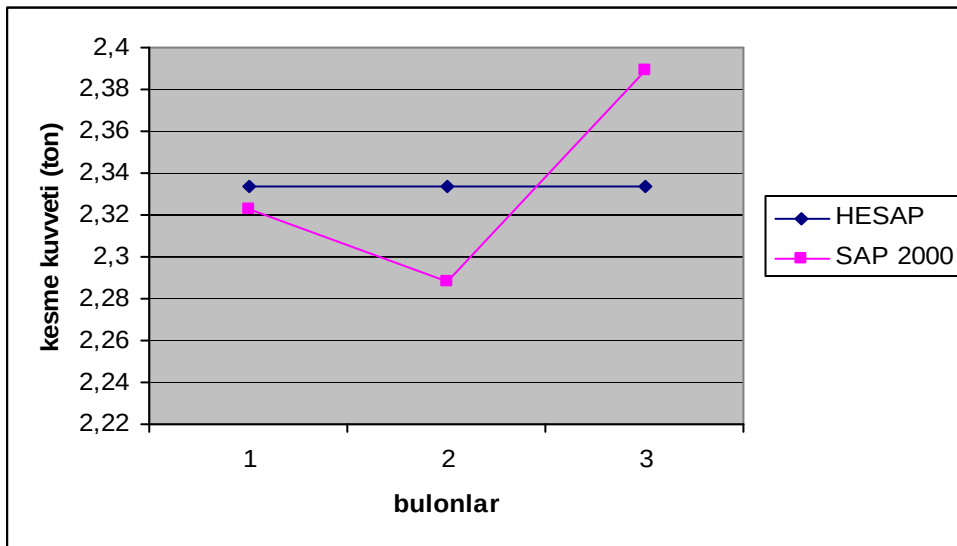
Şekil 5.11 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplara göre daha düşüktür. İkinci bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplara göre daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.11. Çift tesirli tek sıra 2 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.12. Çift Tesirli Tek Sıra 3 Bulonlu Birleşim

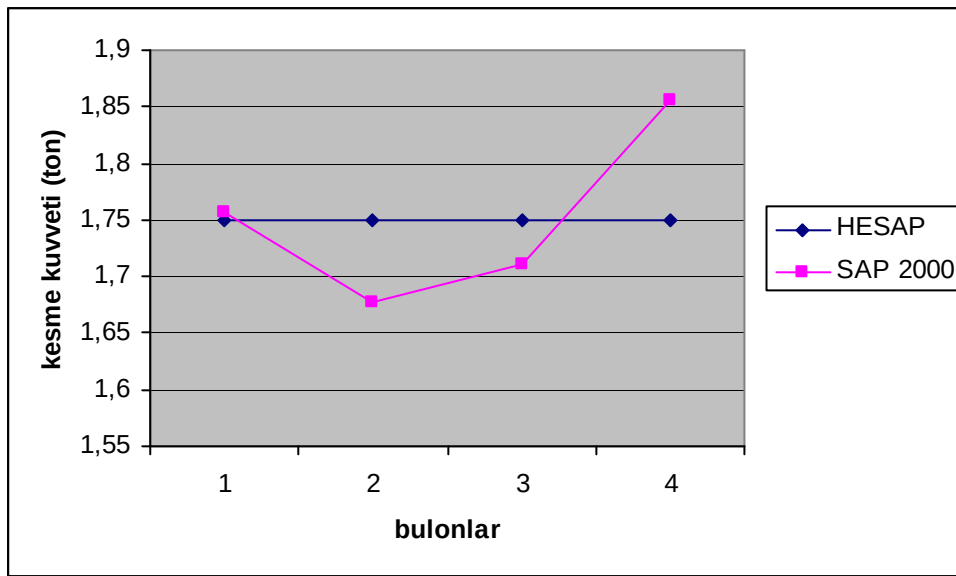
Şekil 5.12 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci ve ikinci bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplara göre daha düşüktür. Üçüncü bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplara göre daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.12. Çift tesirli tek sıra 3 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.13. Çift Tesirli Tek Sıra 4 Bulonlu Birleşim

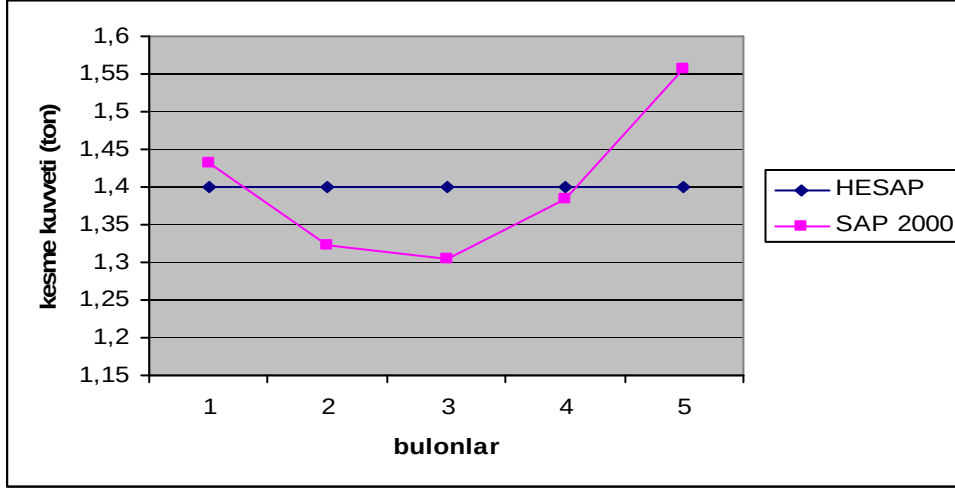
Şekil 5.13 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci bulonun Sap 2000 değeri ve hesap değeri hemen hemen eşittir. İkinci ve üçüncü bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplara göre daha düşüktür. Dördüncü bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplara göre daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.13. Çift tesirli tek sıra 4 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.14. Çift Tesirli Tek Sıra 5 Bulonlu Birleşim

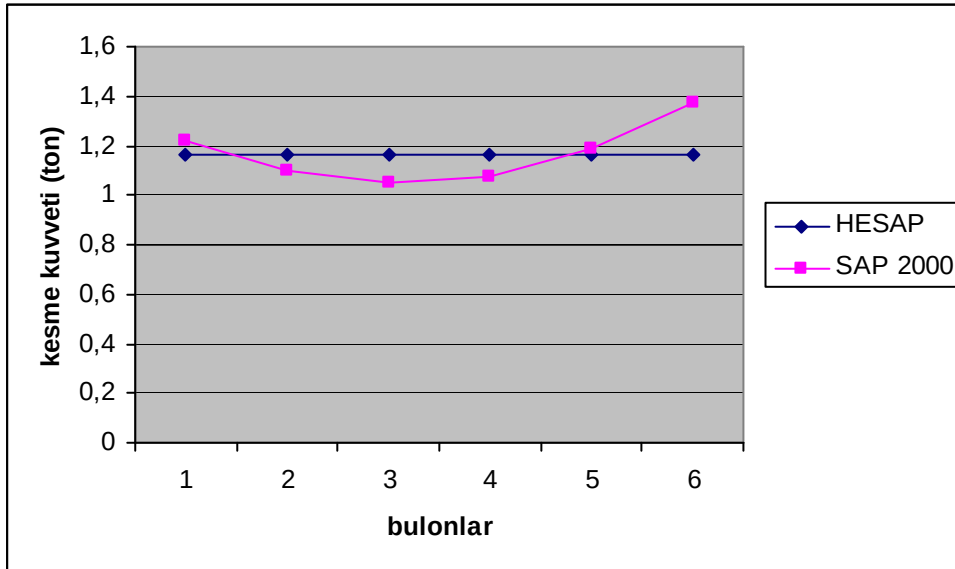
Şekil 5.14 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci bulonun Sap 2000 değeri ve hesap değerinden bir miktar fazladır. İkinci ve üçüncü bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplara göre daha düşüktür. Dördüncü bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplara göre daha küçük ancak çok yakın bir değerdir. Beşinci bulonun Sap 2000 den elde edilen değeri hesaplardan bulunan değere göre daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.14. Çift tesirli tek sıra 5 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.15. Çift Tesirli Tek Sıra 6 Bulonlu Birleşim

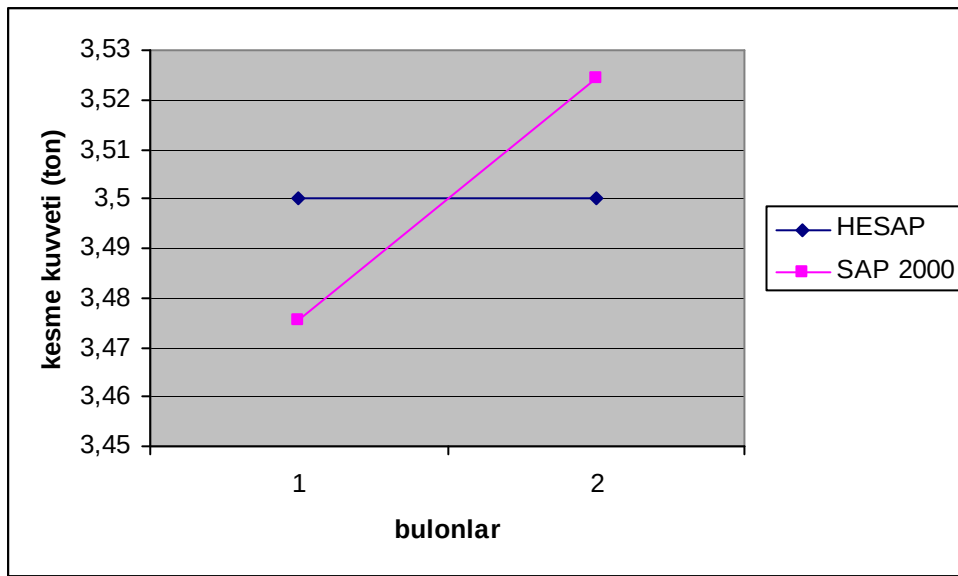
Şekil 5.15 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci ve beşinci bulonun Sap 2000 değeri ve hesap değerinden bir miktar fazladır. İkinci ve üçüncü ve dördüncü bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplara göre daha düşüktür. Altıncı bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplara göre daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.15. Çift tesirli tek sıra 6 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.16. Çift Tesirli Tek Sıra 2 Bulonlu Birleşim

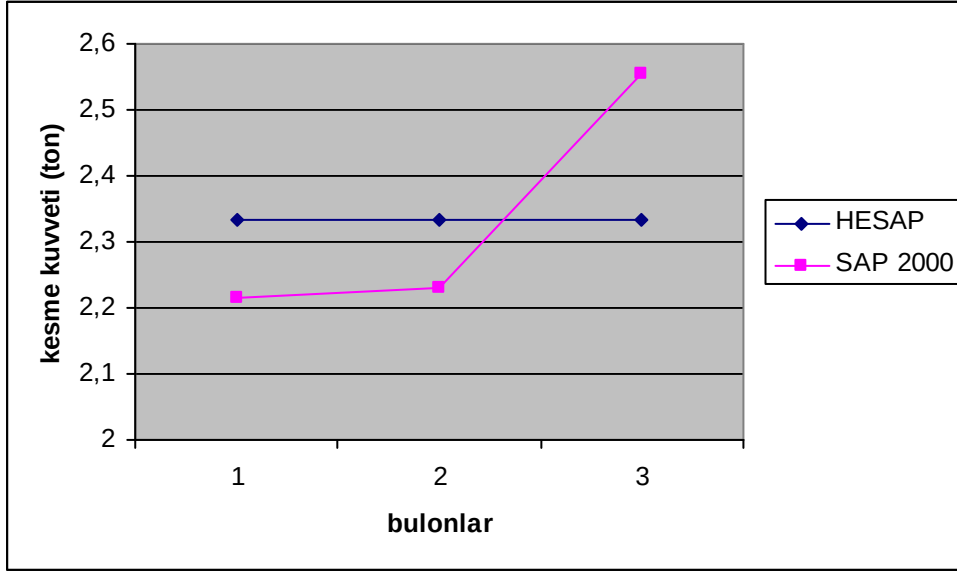
Şekil 5.16 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplara göre daha düşüktür. İkinci bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplara göre daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.16. Çift tesirli tek sıra 2 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.17. Çift Tesirli Tek Sıra 3 Bulonlu Birleşim

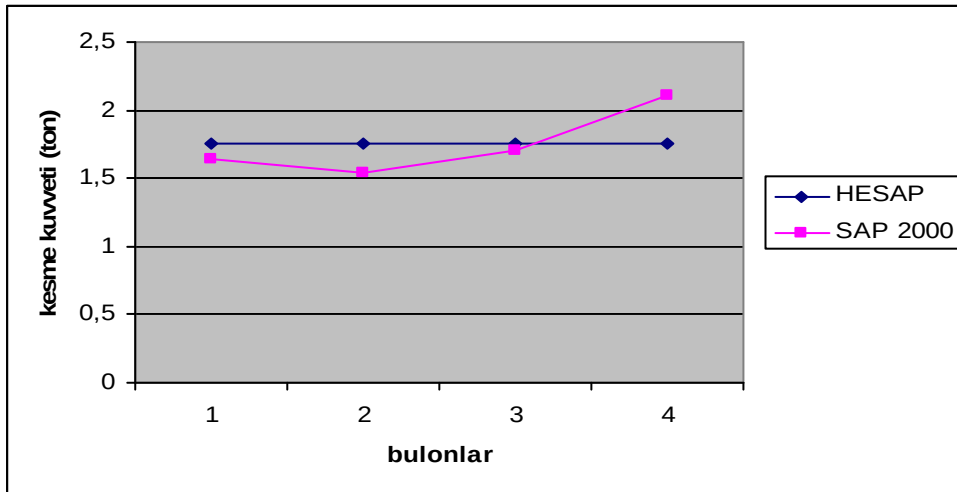
Şekil 5.17 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci ve ikinci bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplara göre daha düşüktür. Üçüncü bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplara göre daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.17. Çift tesirli tek sıra 3 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.18. Çift Tesirli Tek Sıra 4 Bulonlu Birleşim

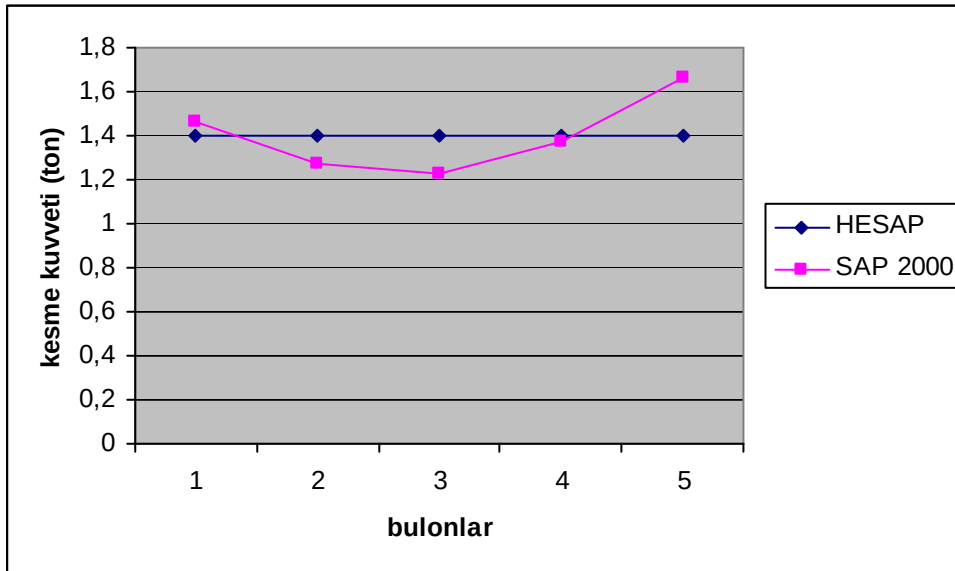
Şekil 5.18 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci ikinci ve üçüncü bulonun Sap 2000 değeri hesap değerinden küçüktür ancak üçüncü bulonun değeri çok yakındır. Dördüncü bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplara göre daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.18. Çift tesirli tek sıra 4 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.19. Çift Tesirli Tek Sıra 5 Bulonlu Birleşim

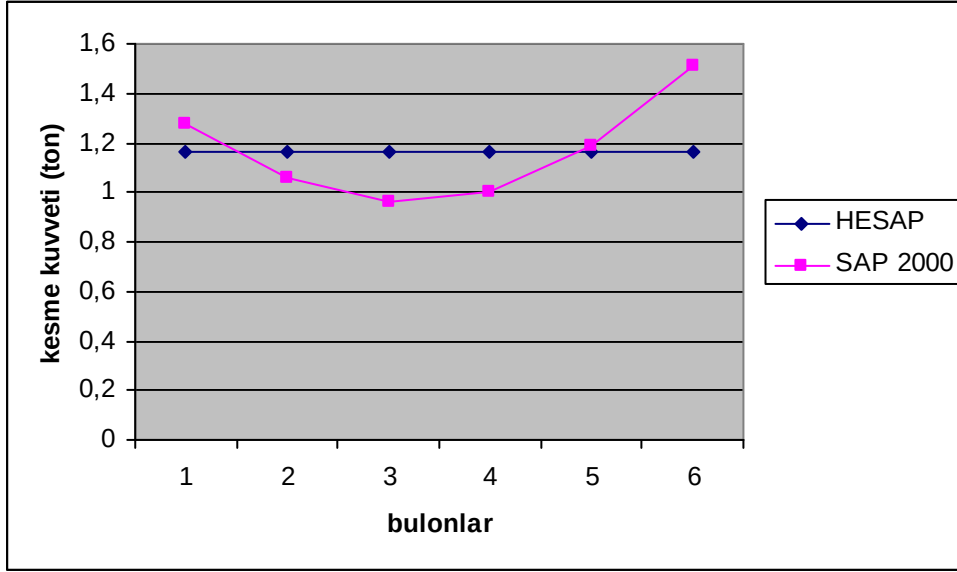
Şekil 5.19 da görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci bulonun Sap 2000 değeri ve hesap değerinden bir miktar fazladır. İkinci ve üçüncü bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplara göre daha düşüktür. Dördüncü bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplara göre daha küçük ancak çok yakın bir değerdir. Beşinci bulonun Sap 2000 den elde edilen değeri hesaplardan bulunan değere göre daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.19. Çift tesirli tek sıra 5 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.20. Çift Tesirli Tek Sıra 6 Bulonlu Birleşim

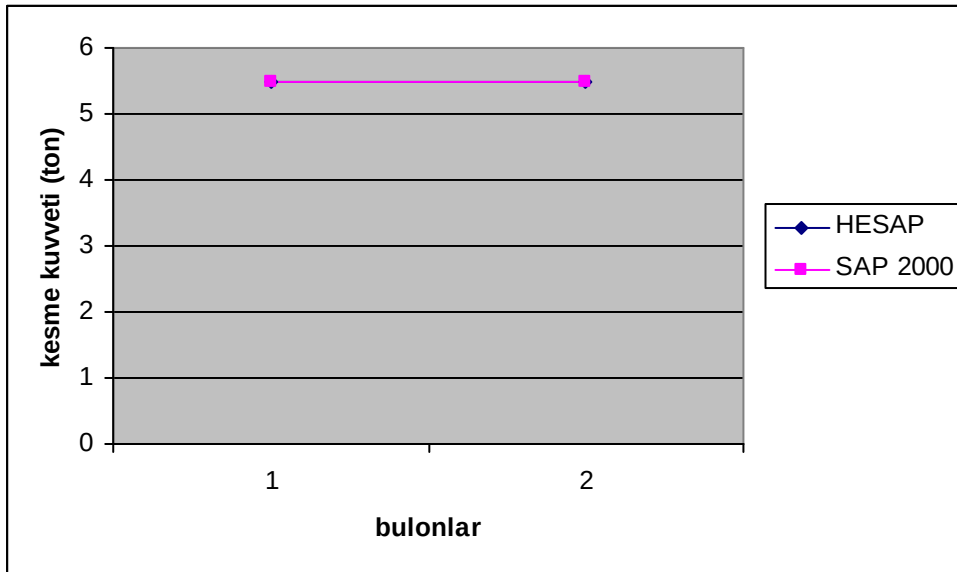
Şekil 5.20 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci ve beşinci bulonun Sap 2000 değeri ve hesap değerinden bir miktar fazladır. İkinci ve üçüncü ve dördüncü bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplara göre daha düşüktür. Altıncı bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplara göre daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.20. Çift tesirli tek sıra 6 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.21. Tek Tesirli İki Sıra 2 Bulonlu Birleşim

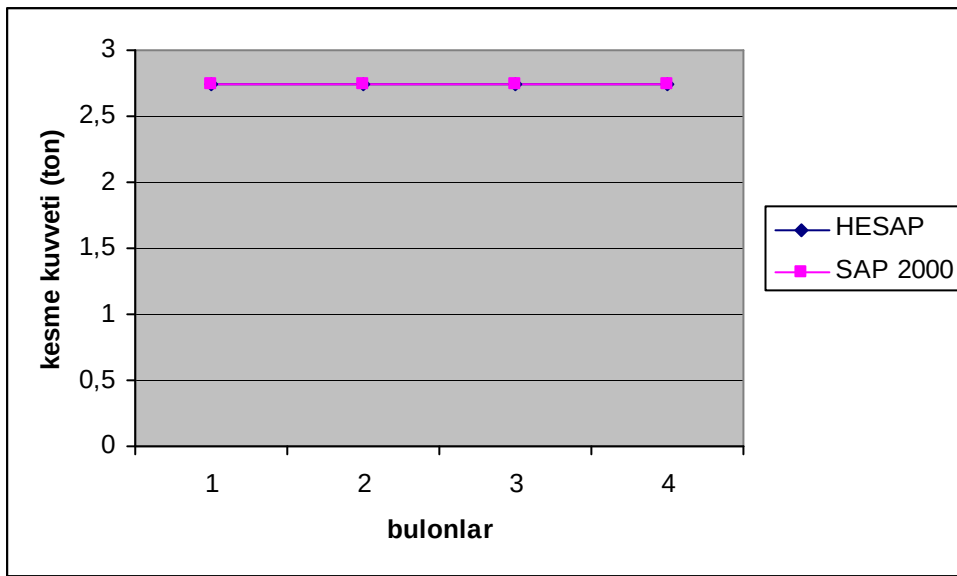
Şekil 5.21 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde her iki bulonda da hesap ve Sap 2000 modellemesinden aynı sonuçlar elde edilmiştir. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.21. Tek tesirli tek sıra 2 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.22. Tek Tesirli İki Sıra 4 Bulonlu Birleşim

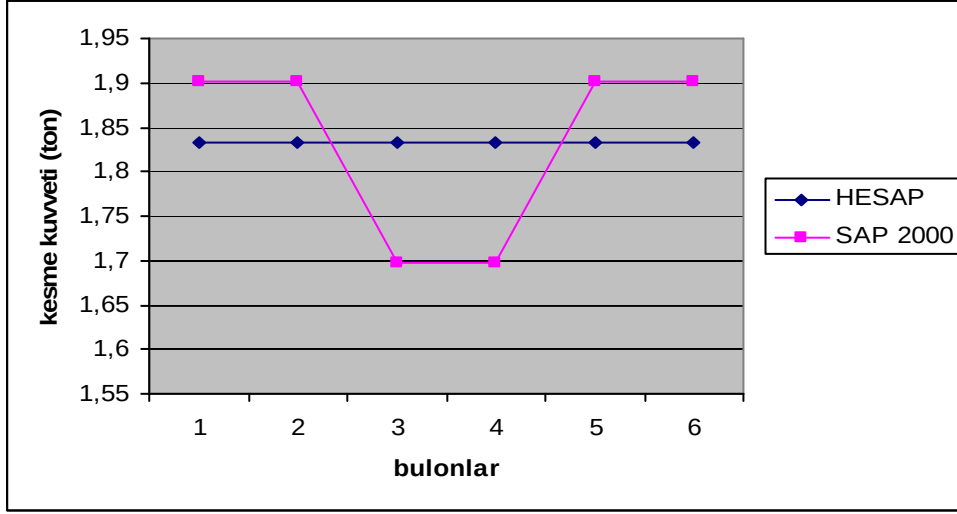
Şekil 5.22 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde dört bulonda da hesap ve Sap 2000 modellemesinden aynı sonuçlar elde edilmiştir. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.22. Tek tesirli iki sıra 4 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.23. Tek Tesirli İki Sıra 6 Bulonlu Birleşim

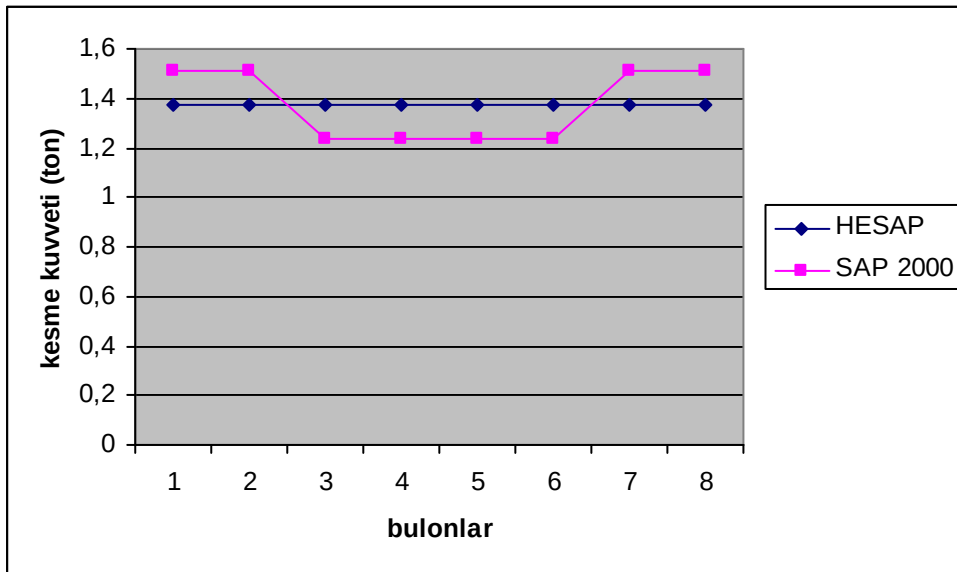
Şekil 5.23 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci, ikinci, beşinci, altıncı bulonlarda Sap 2000 modellemesinden elde edilen sonuçlar hesaplardan daha büyüktür. Üçüncü ve dördüncü bulonların Sap 2000 den elde edilen değerler hesaplardan daha küçüktür. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.23. Tek tesirli iki sıra 6 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.24. Tek Tesirli İki Sıra 8 Bulonlu Birleşim

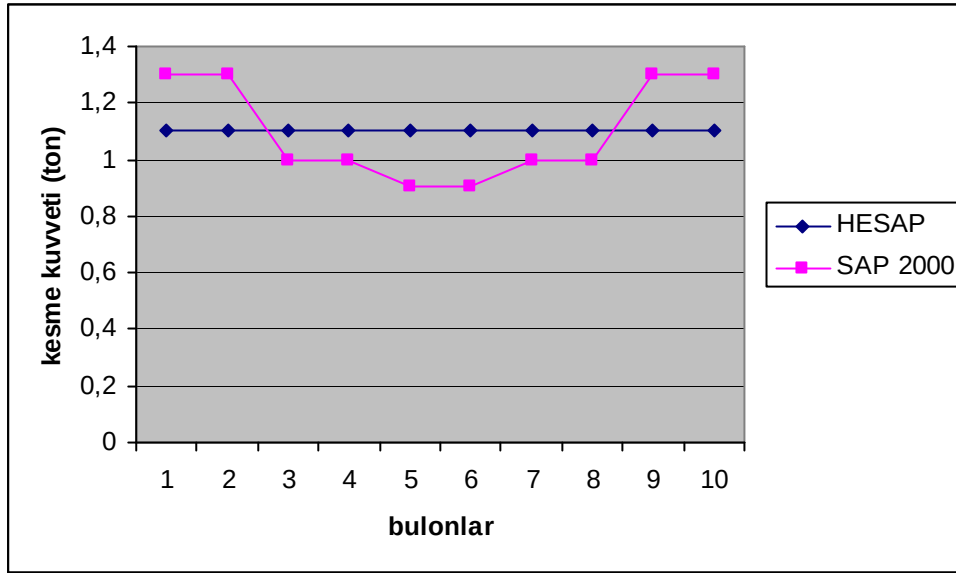
Şekil 5.24 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci, ikinci, yedinci, sekizinci bulonlarda Sap 2000 modellemesinden elde edilen sonuçlar hesaplardan daha büyüktür. Üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı bulonların Sap 2000 den elde edilen değerler hesaplardan daha küçüktür. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.24. Tek tesirli iki sıra 8 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.25. Tek Tesirli İki Sıra 10 Bulonlu Birleşim

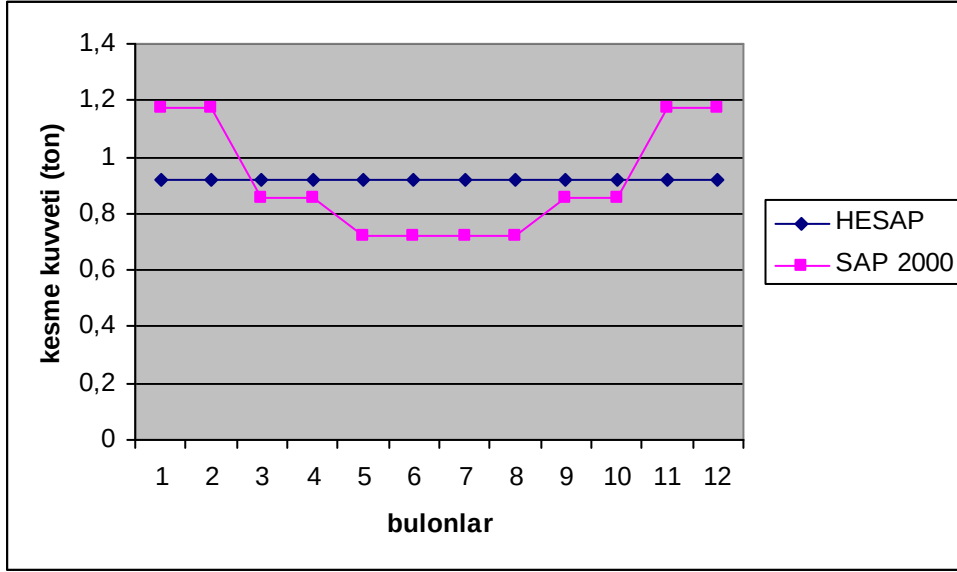
Şekil 5.25 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci, ikinci, dokuzuncu, onuncu bulonlarda Sap 2000 modellemesinden elde edilen sonuçlar hesaplardan daha büyüktür. Üçüncü, dördüncü, beşinci, altıncı, yedinci ve sekizinci bulonların Sap 2000 den elde edilen değerler hesaplardan daha küçüktür. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.25. Tek tesirli iki sıra 10 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.26. Tek Tesirli İki Sıra 12 Bulonlu Birleşim

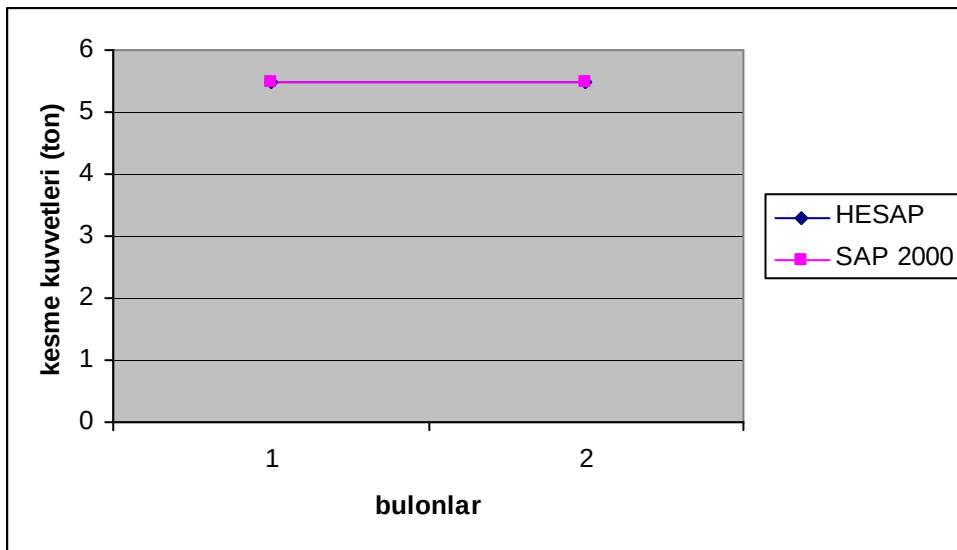
Şekil 5.26 da görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci, ikinci, onbirinci, onikinci bulonlarda Sap 2000 modellemesinden elde edilen sonuçlar hesaplardan daha büyüktür. Üçüncü, dördüncü, beşinci, altıncı, yedinci, sekizinci, dokuzuncu ve onuncu bulonların Sap 2000 den elde edilen değerleri hesaplardan daha küçüktür. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.26. Tek tesirli iki sıra 12 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.27. Tek Tesirli İki Sıra 2 Bulonlu Birleşim

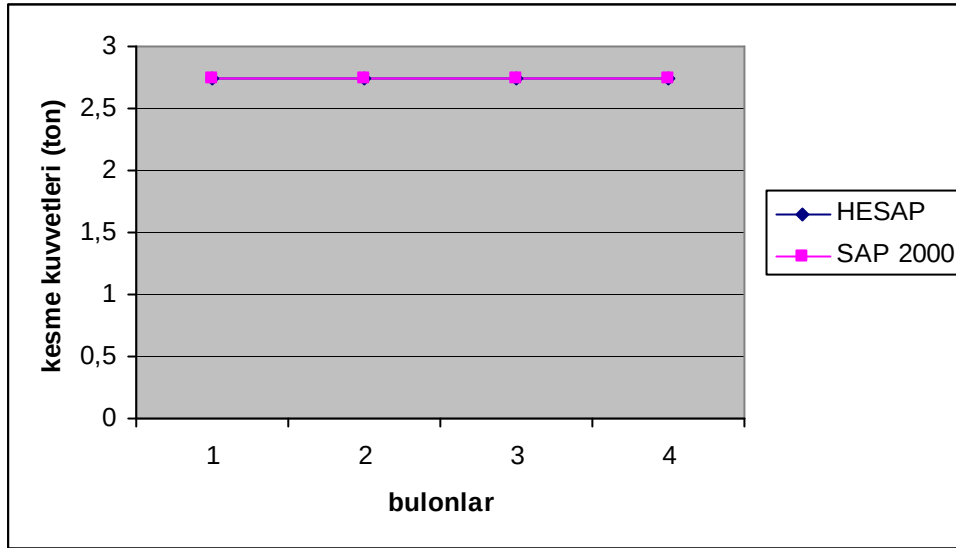
Şekil 5.27 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde her iki bulonda da hesap ve Sap 2000 modellemesinden elde edilen değerler birbirine eşittir. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.27. Tek tesirli iki sıra 2 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.28. Tek Tesirli İki Sıra 4 Bulonlu Birleşim

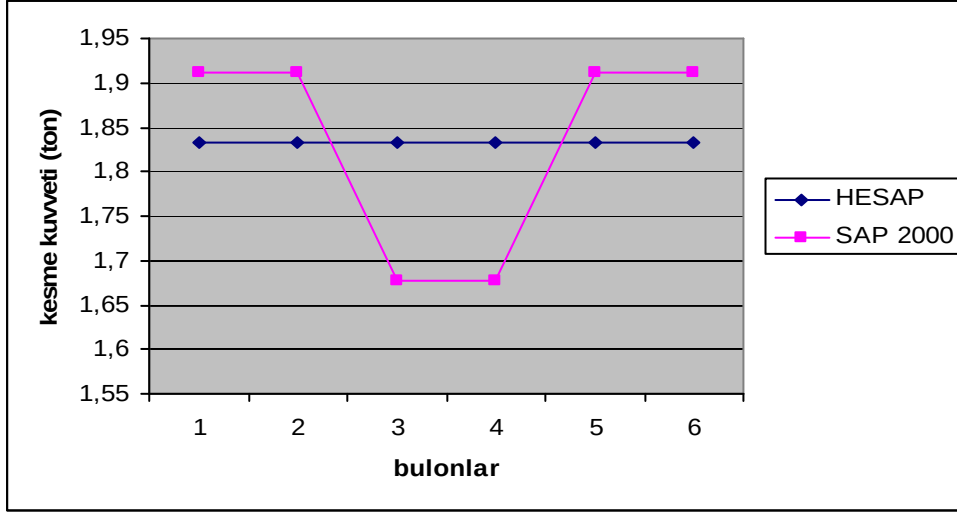
Şekil 5.28 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde dört bulonda da hesap ve Sap 2000 modellemesinden elde edilen değerler birbirine eşittir. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.28. Tek tesirli iki sıra 4 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.29. Tek Tesirli İki Sıra 6 Bulonlu Birleşim

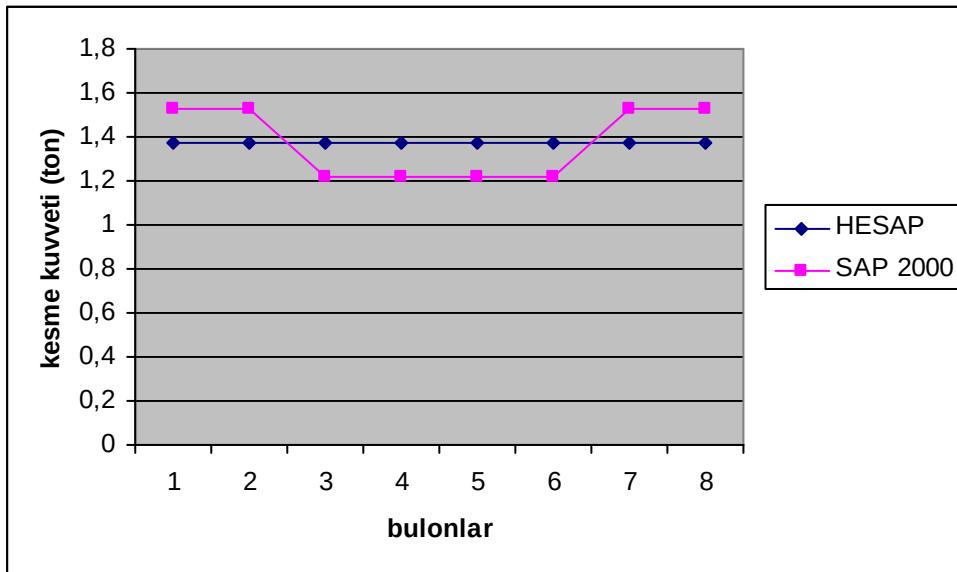
Şekil 5.29 da görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci, ikinci, beşinci ve altıncı bulonlarda Sap 2000 modellemesinden elde edilen değerler hesaplardan daha yüksektir. Üçüncü ve dördüncü bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değerler hesaplardakinden daha küçüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.29. Tek tesirli iki sıra 6 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.30. Tek Tesirli İki Sıra 8 Bulonlu Birleşim

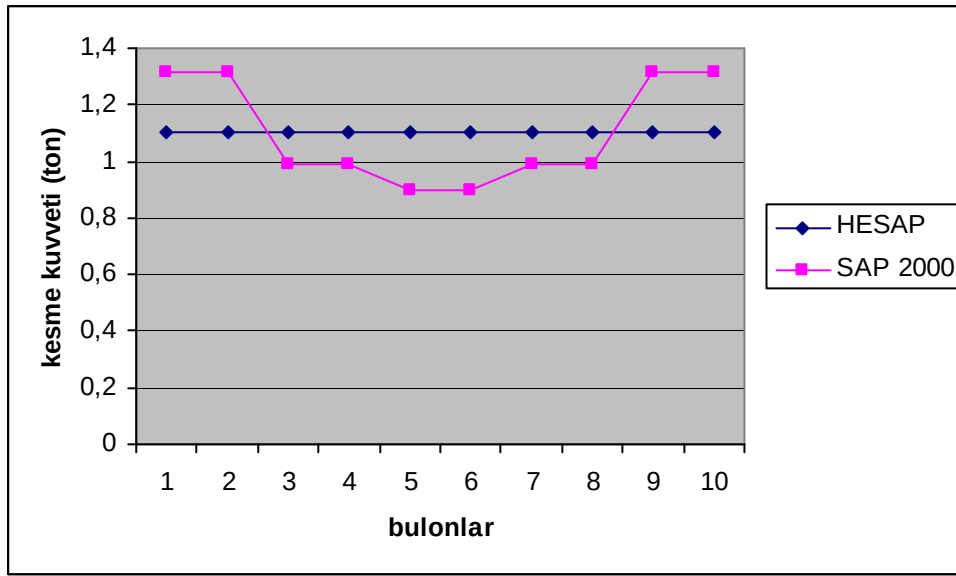
Şekil 5.30 da görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci, ikinci, yedinci ve sekizinci bulonlarda Sap 2000 modellemesinden elde edilen değerler hesaplardan daha yüksektir. Üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değerler hesaplardakinden daha küçüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.30. Tek tesirli iki sıra 8 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.31. Tek Tesirli İki Sıra 10 Bulonlu Birleşim

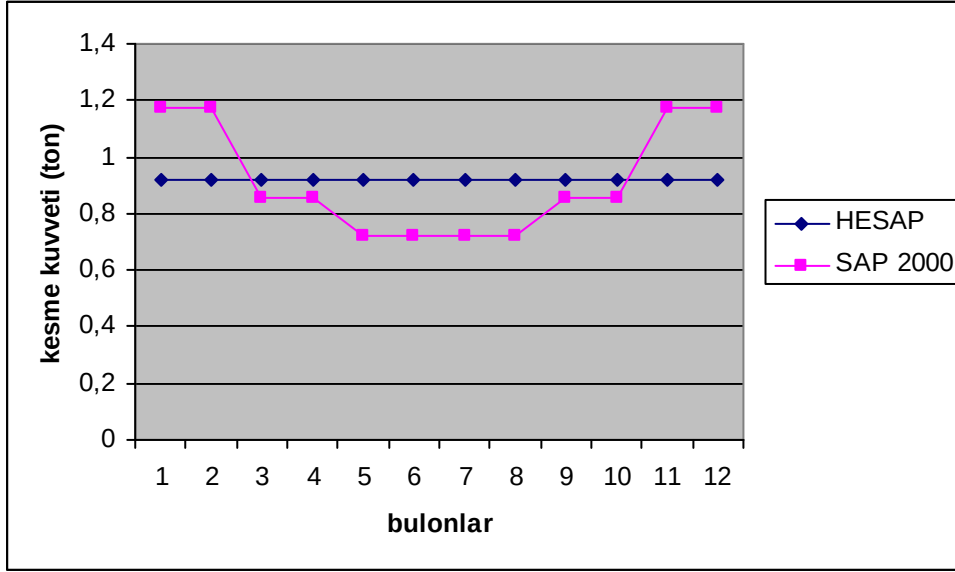
Şekil 5.31 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci, ikinci, dokuzuncu ve onuncu bulonlarda Sap 2000 modellemesinden elde edilen değerler hesaplardan daha yüksektir. Üçüncü, dördüncü, beşinci, altıncı, yedinci ve sekizinci bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değerler hesaplardakinden daha küçüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.31. Tek tesirli iki sıra 10 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.32. Tek Tesirli İki Sıra 12 Bulonlu Birleşim

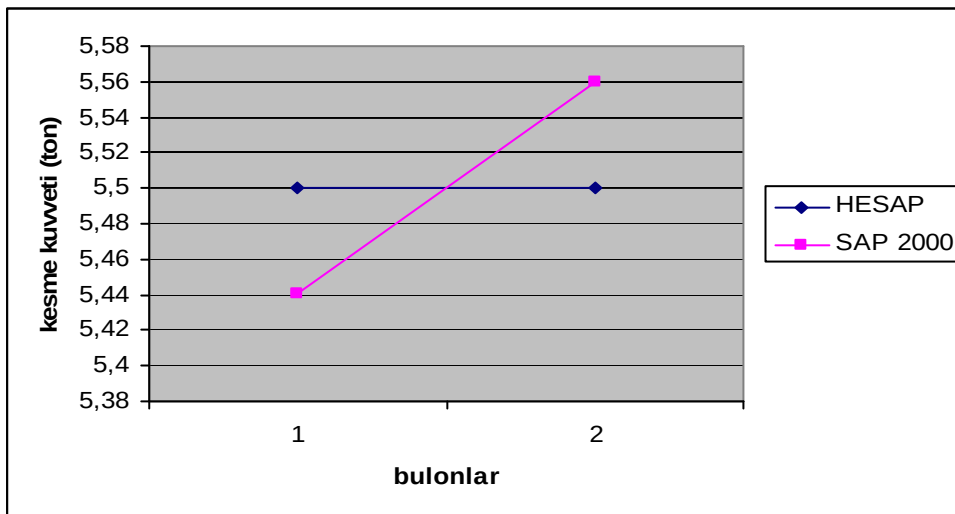
Şekil 5.32 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci, ikinci, onbirinci ve onikinci bulonlarda Sap 2000 modellemesinden elde edilen değerler hesaplardan daha yüksektir. Üçüncü, dördüncü, beşinci, altıncı, yedinci, sekizinci, dokuzuncu ve onuncu bulonlarda Sap 2000 den elde edilen değerler hesaplardakinden daha küçüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.32. Tek tesirli iki sıra 12 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.33. Çift Tesirli İki Sıra 2 Bulonlu Birleşim

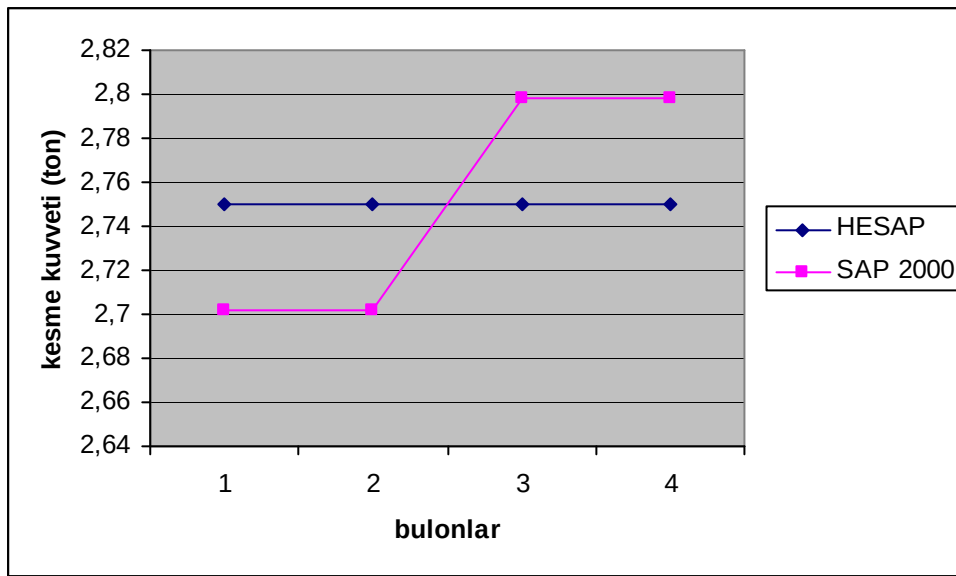
Şekil 5.33 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci bulonda Sap 2000 modellemesinden elde edilen değer hesaptan daha küçüktür. İkinci bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaptan daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.33. Çift tesirli iki sıra 2 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.34. Çift Tesirli İki Sıra 4 Bulonlu Birleşim

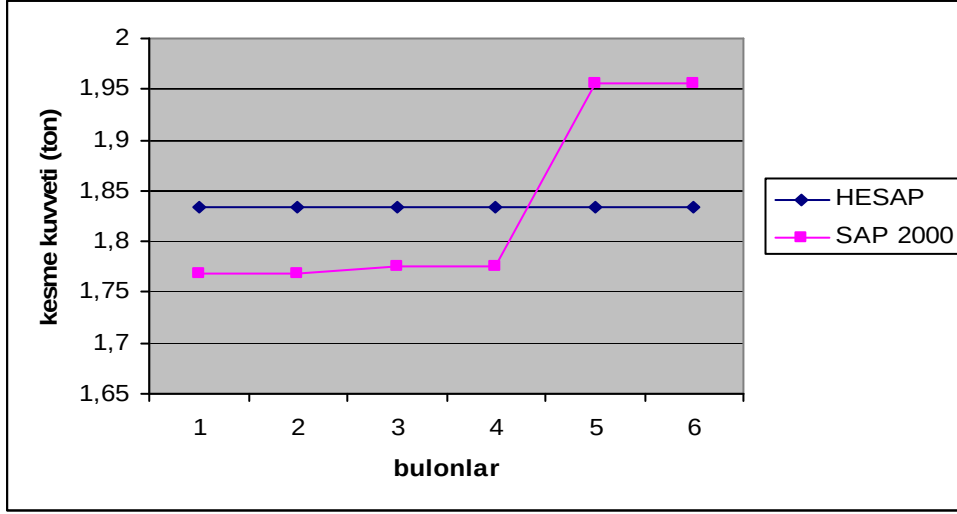
Şekil 5.34 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci ve ikinci bulonda Sap 2000 modellemesinden elde edilen değer hesaptan daha küçüktür. Üçüncü ve dördüncü bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaptan daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.34. Çift tesirli iki sıra 4 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.35. Çift Tesirli İki Sıra 6 Bulonlu Birleşim

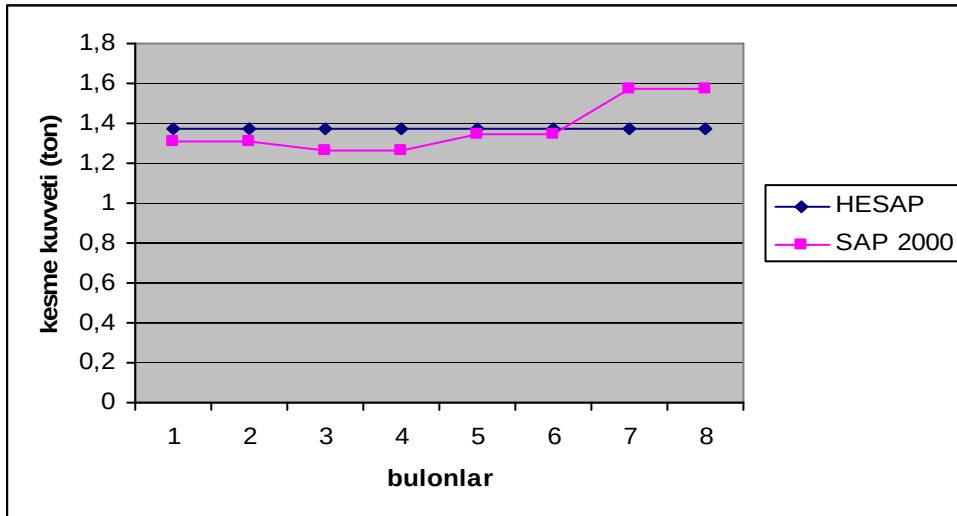
Şekil 5.35 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü bulonda Sap 2000 modellemesinden elde edilen değer hesaptan daha küçüktür. Beşinci ve altıncı bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaptan daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.35. Çift tesirli iki sıra 6 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.36. Çift Tesirli İki Sıra 8 Bulonlu Birleşim

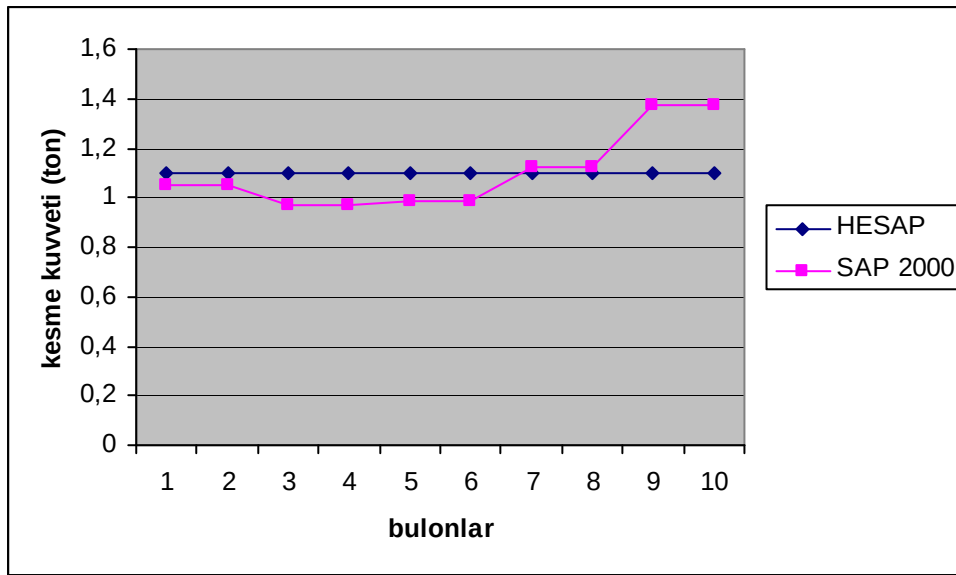
Şekil 5.36 da görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı bulonda Sap 2000 modellemesinden elde edilen değer hesaptan daha küçüktür. Ancak hesaplardan elde edilen değerlere yakındır. Yedinci ve sekizinci bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaptan daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.36. Çift tesirli iki sıra 8 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.37. Çift Tesirli İki Sıra 10 Bulonlu Birleşim

Şekil 5.37 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı bulonda Sap 2000 modellemesinden elde edilen değer hesaptan daha küçüktür. Ancak hesaplardan elde edilen değerlere yakındır. Yedinci, sekizinci, dokuzuncu ve onuncu bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaptan daha büyüktür. Ancak yedinci ve sekizinci bulonların değerleri hesaplara çok yakındır. Bulonlar arası mesafe 4d dir.

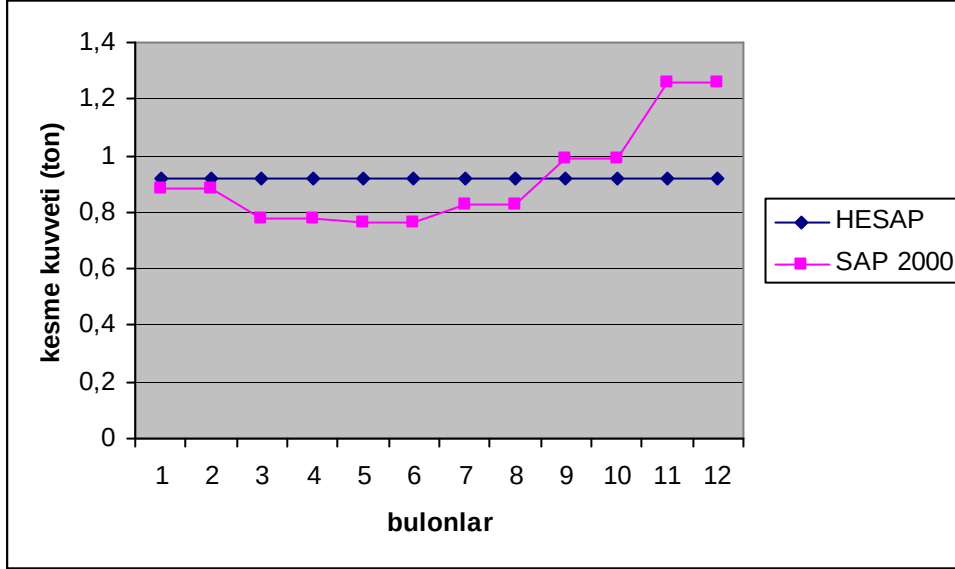


Şekil 5.37. Çift tesirli iki sıra 10 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.38. Çift Tesirli İki Sıra 12 Bulonlu Birleşim

Şekil 5.38 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci, altıncı, yedinci ve sekizinci bulonda Sap 2000 modellemesinden elde edilen değer hesaptan daha küçüktür. Ancak hesaplardan elde edilen değerlere yakındır. Dokuzuncu, onuncu, onbirinci ve onikinci bulonda Sap 2000 den elde edilen değer

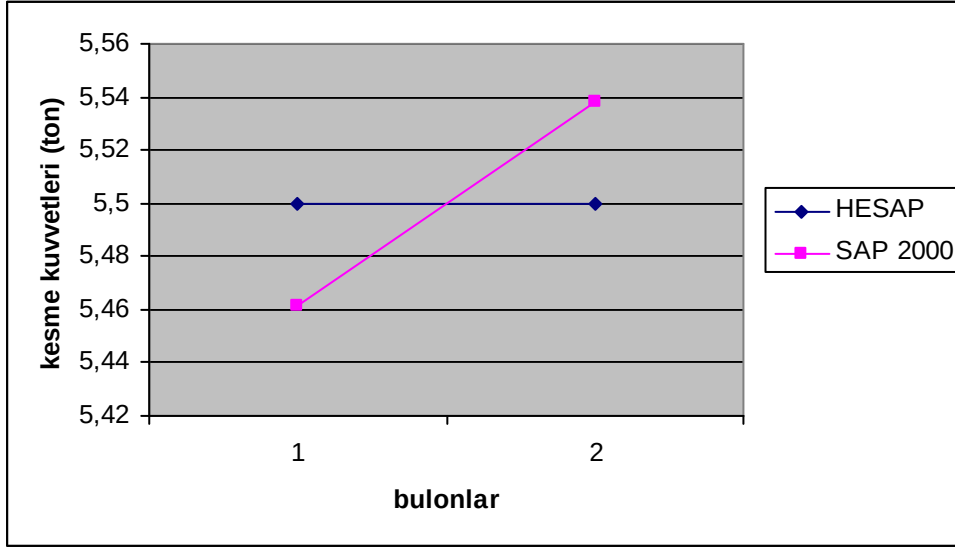
hesaptan daha büyüktür. Ancak dokuzuncu ve onuncu bulonların değerleri hesaplara çok yakındır. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.38. Çift tesirli iki sıra 12 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.39. Çift Tesirli İki Sıra 2 Bulonlu Birleşim

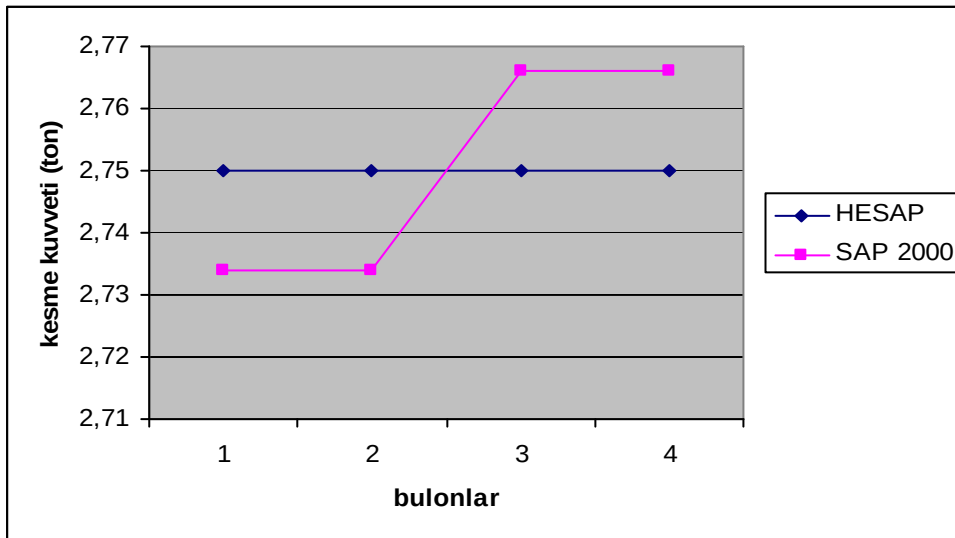
Şekil 5.39 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci bulonda Sap 2000 modellemesinden elde edilen değer hesaptan daha küçüktür. İkinci bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaptan daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.39. Çift tesirli iki sıra 2 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.40. Çift Tesirli İki Sıra 4 Bulonlu Birleşim

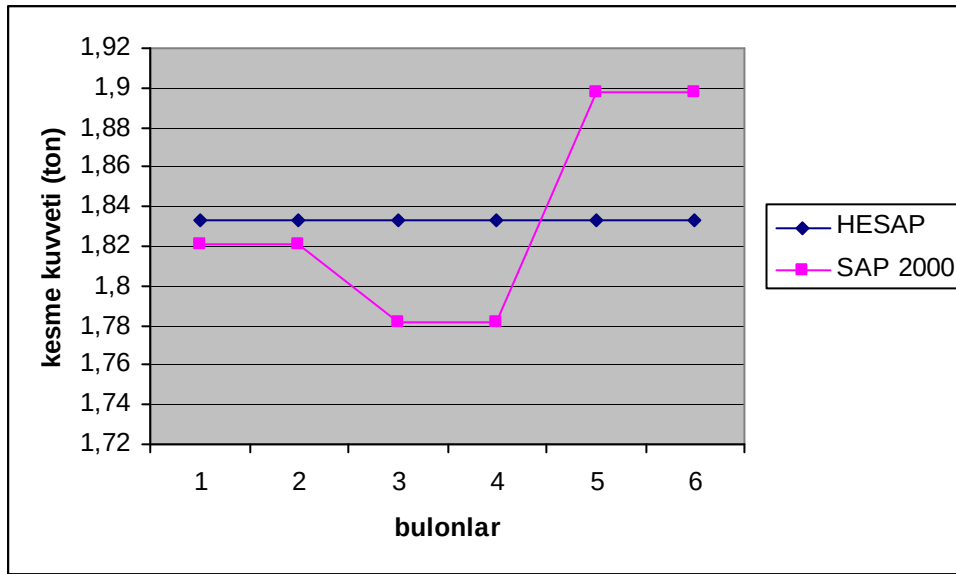
Şekil 5.40 da görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci ve ikinci bulonda Sap 2000 modellemesinden elde edilen değer hesaptan daha küçüktür. Üçüncü ve dördüncü bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaptan daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.40. Çift tesirli iki sıra 4 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.41. Çift Tesirli İki Sıra 6 Bulonlu Birleşim

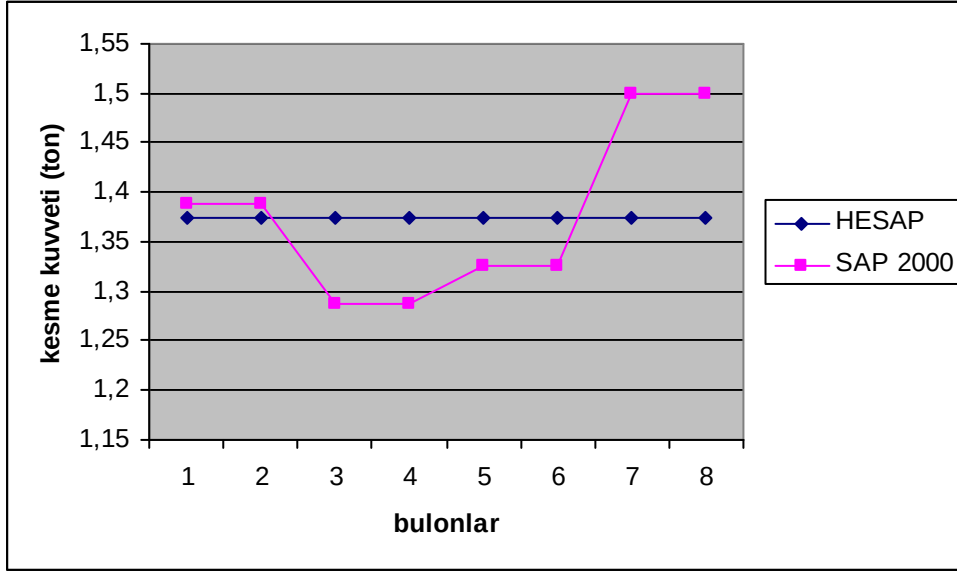
Şekil 5.41 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü bulonda Sap 2000 modellemesinden elde edilen değer hesaptan daha küçüktür. Beşinci ve altıncı bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaptan daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.41. Çift tesirli iki sıra 6 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.42. Çift Tesirli İki Sıra 8 Bulonlu Birleşim

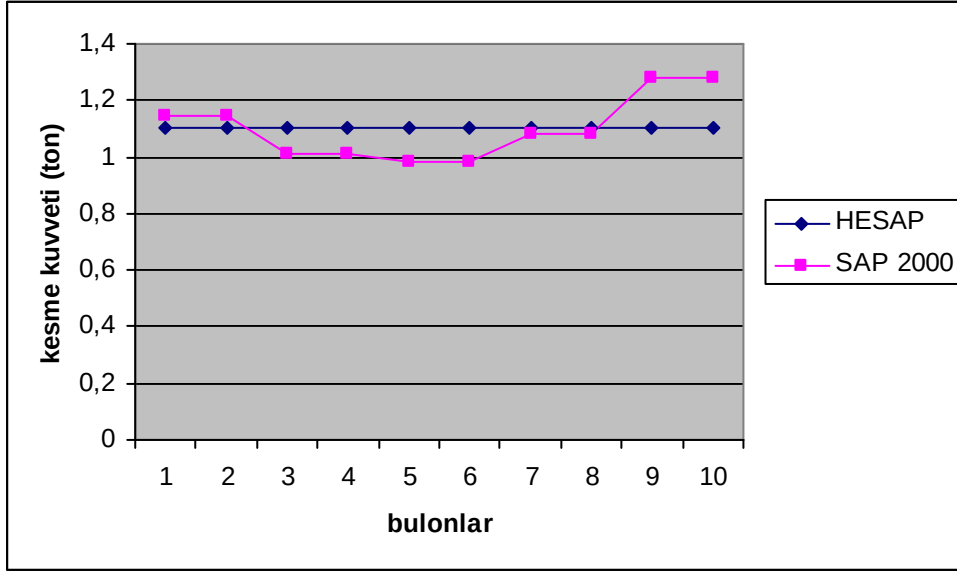
Şekil 5.42 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci ve ikinci bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplardan çok az büyüktür. Üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı bulonda Sap 2000 modellemesinden elde edilen değer hesaptan daha küçüktür. Yedinci ve sekizinci bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaptan daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.42. Çift tesirli iki sıra 8 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.43. Çift Tesirli İki Sıra 10 Bulonlu Birleşim

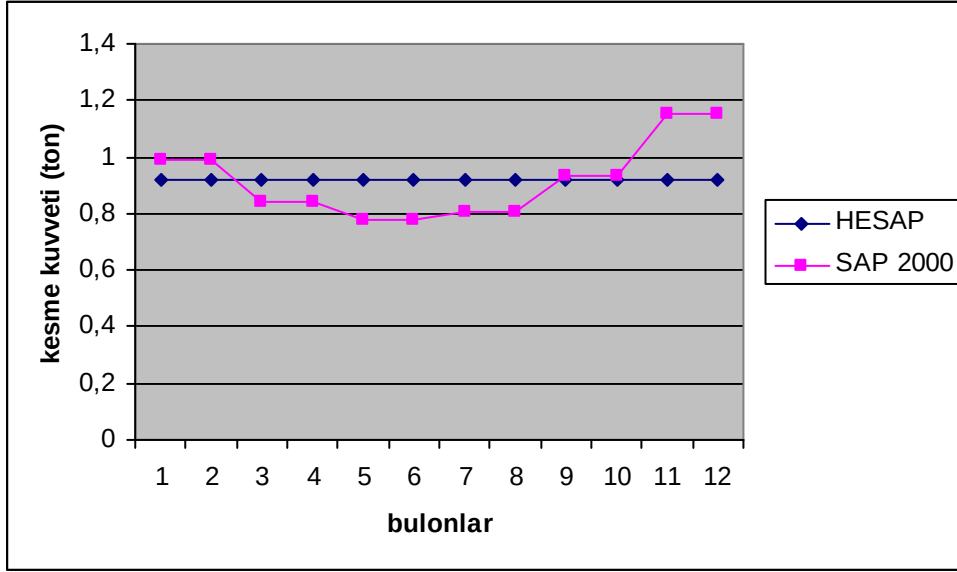
Şekil 5.43 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci ve ikinci bulonda Sap 2000 den elde edilen sonuç hesaplardan büyük ancak çok yakındır. Üçüncü, dördüncü, beşinci, altıncı, yedinci ve sekizinci bulonda Sap 2000 modellemesinden elde edilen değer hesaptan daha küçüktür. Ancak hesaplardan elde edilen değerlere yakındır. Dokuzuncu ve onuncu bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaptan daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.43. Çift tesirli iki sıra 10 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.44. Çift Tesirli İki Sıra 12 Bulonlu Birleşim

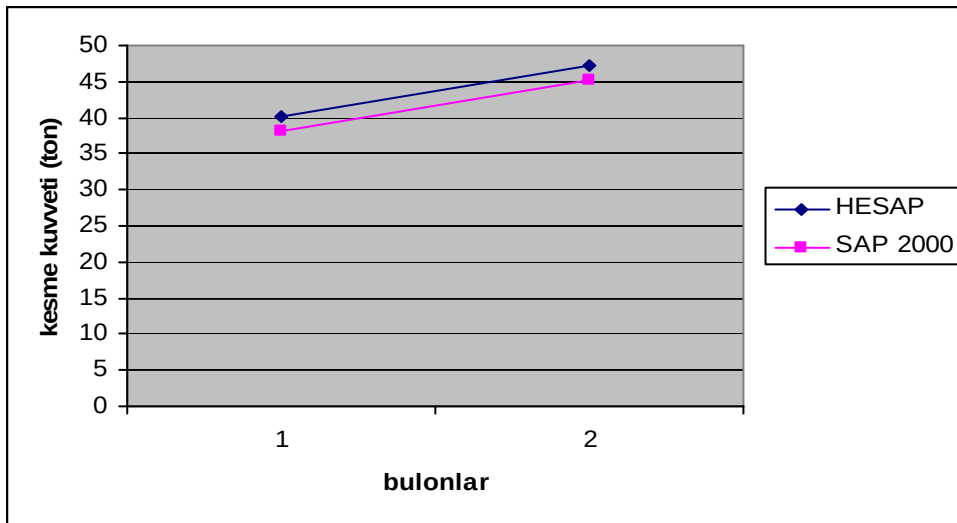
Şekil 5.44 de görüldüğü gibi oluşturulan modelde birinci ve ikinci bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaplardan büyük ancak yakındır. Üçüncü, dördüncü, beşinci, altıncı, yedinci ve sekizinci bulonda Sap 2000 modellemesinden elde edilen değer hesaptan daha küçüktür. Ancak hesaplardan elde edilen değerlere yakındır. Dokuzuncu, onuncu, onbirinci ve onikinci bulonda Sap 2000 den elde edilen değer hesaptan daha büyüktür. Ancak dokuzuncu ve onuncu bulonların değerleri hesaplara çok yakındır. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.44. Çift tesirli iki sıra 12 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.45. Moment Etkisinde Tek Sıra 2 Bulonlu Birleşim (4d)

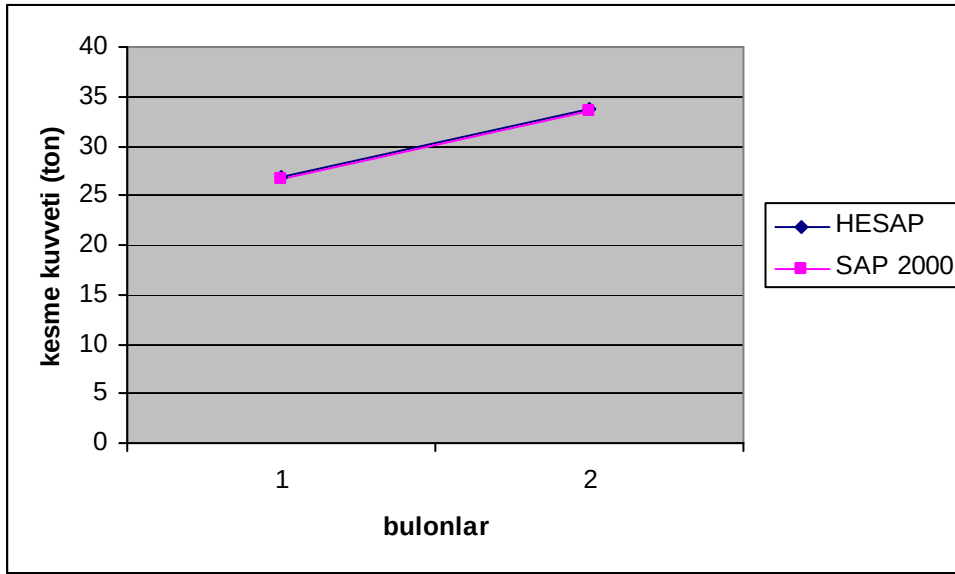
Şekil 5.45 te görüldüğü gibi Sap 2000 değerleri hesaptakilerden küçüktür. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.45. Moment etkisinde tek sıra 2 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.46. Moment Etkisinde Tek Sıra 2 Bulonlu Birleşim (6d)

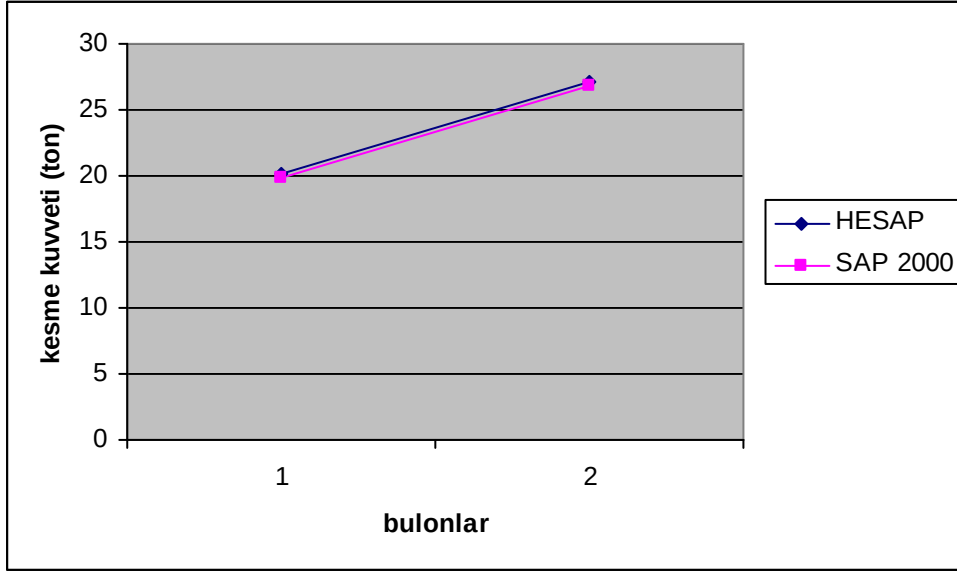
Şekil 5.46 da görüldüğü gibi Sap 2000 değerleri hesaptakilerle hemen hemen aynıdır. Bulonlar arası mesafe 6d dir.



Şekil 5.46. Moment etkisinde tek sıra 2 bulon bulonlar arası mesafe 6d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.47. Moment Etkisinde Tek Sıra 2 Bulonlu Birleşim (8d)

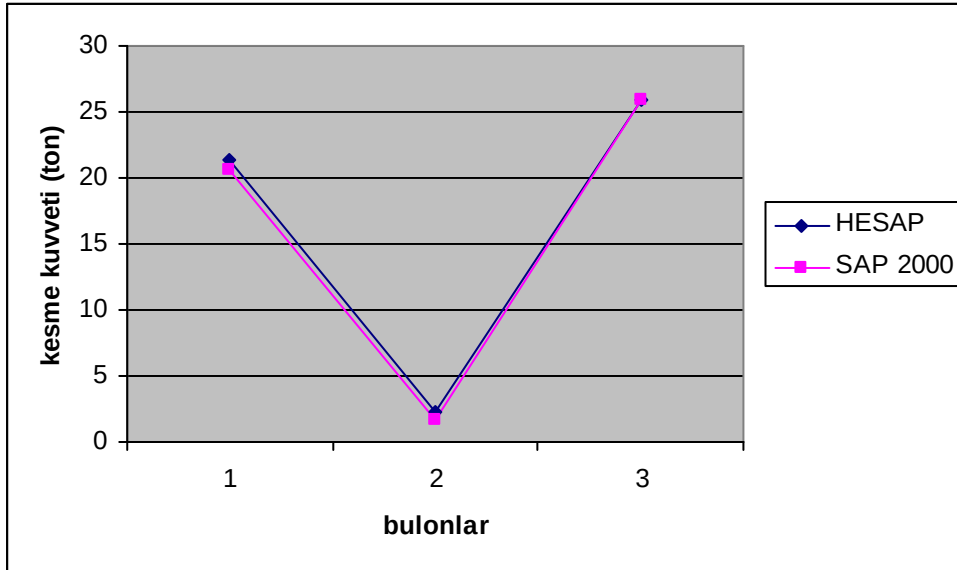
Şekil 5.47 de görüldüğü gibi Sap 2000 değerleri hesaptakilerle hemen hemen aynıdır. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.47. Moment etkisinde tek sıra 2 bulon bulonlar arası mesafe 8d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.48. Moment Etkisinde Tek Sıra 3 Bulonlu Birleşim (4d)

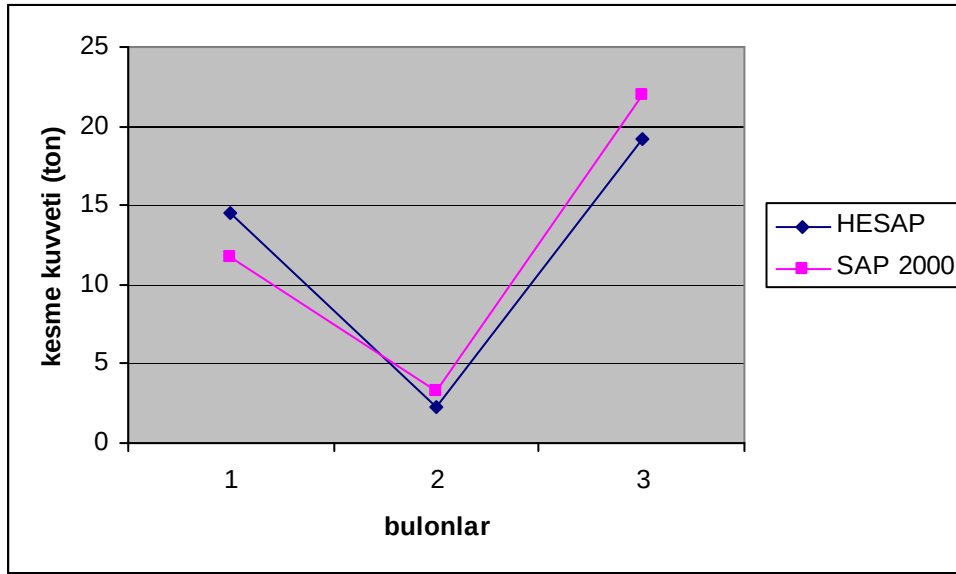
Şekil 5.48 te görüldüğü gibi Sap 2000 ve hesaplardan elde edilen değerler birbirine çok yakındır. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.48. Moment etkisinde tek sıra 3 bulon konularak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.49. Moment Etkisinde Tek Sıra 3 Bulonlu Birleşim (6d)

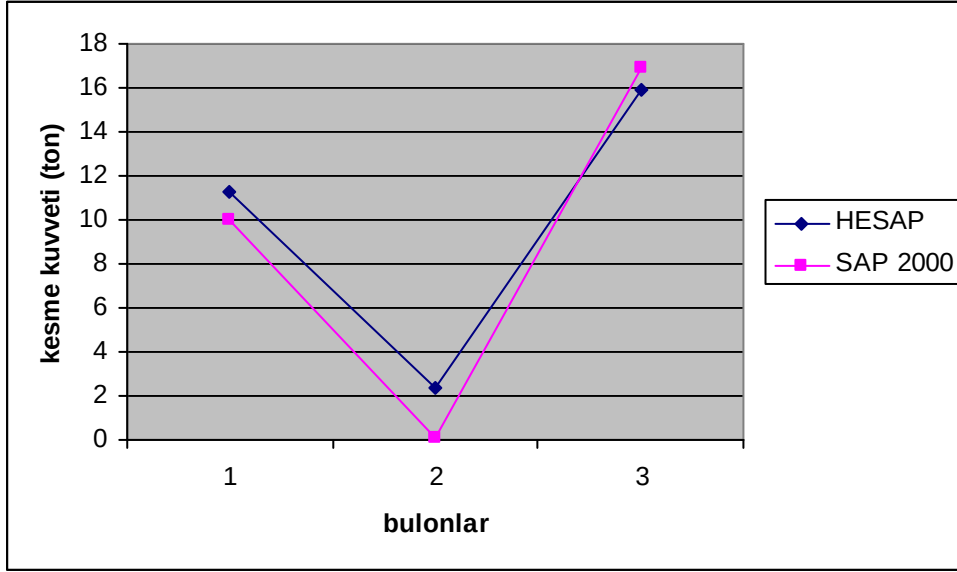
Şekil 5.49 da görüldüğü gibi birinci bulonun Sap 2000 den elde edilen değeri hesaptakinden küçüktür. İkinci ve üçüncü bulonun Sap 2000 den elde edilen değeri hesaptakilerden büyüktür. Bulonlar arası mesafe 6d dir.



Şekil 5.49. Moment etkisinde tek sıra 3 bulon bulonlar arası mesafe 6d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.50. Moment Etkisinde Tek Sıra 3 Bulonlu Birleşim (8d)

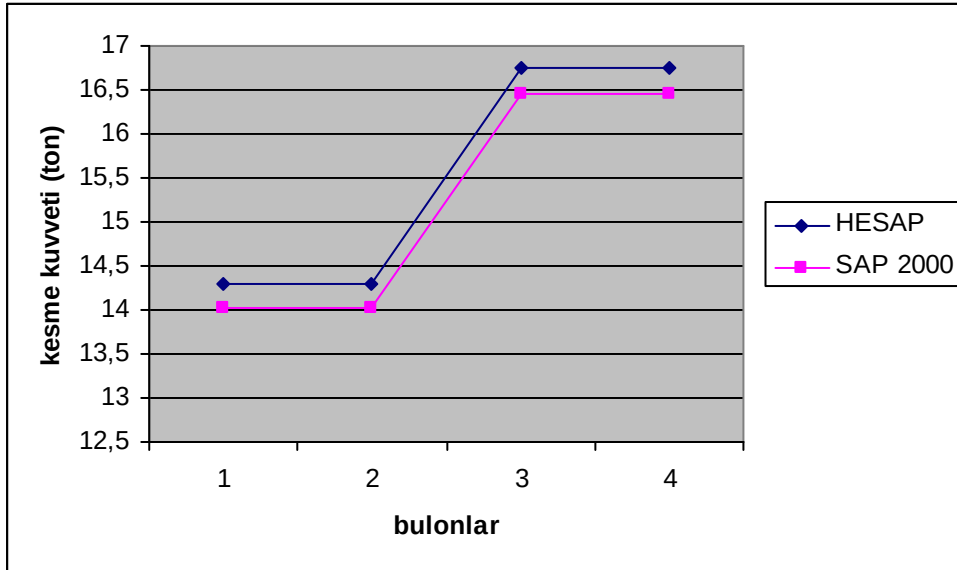
Şekil 5.50 de görüldüğü gibi birinci ve ikinci bulonlarda Sap 2000 değerleri hesaptakilerden küçüktür. Üçüncü bulonun Sap 2000 değeri ise hesaptakinden büyüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.50. Moment etkisinde tek sıra 3 bulon bulonlar arası mesafe 8d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.51. Moment Etkisinde İki Sıra 4 Bulonlu Birleşim (4d)

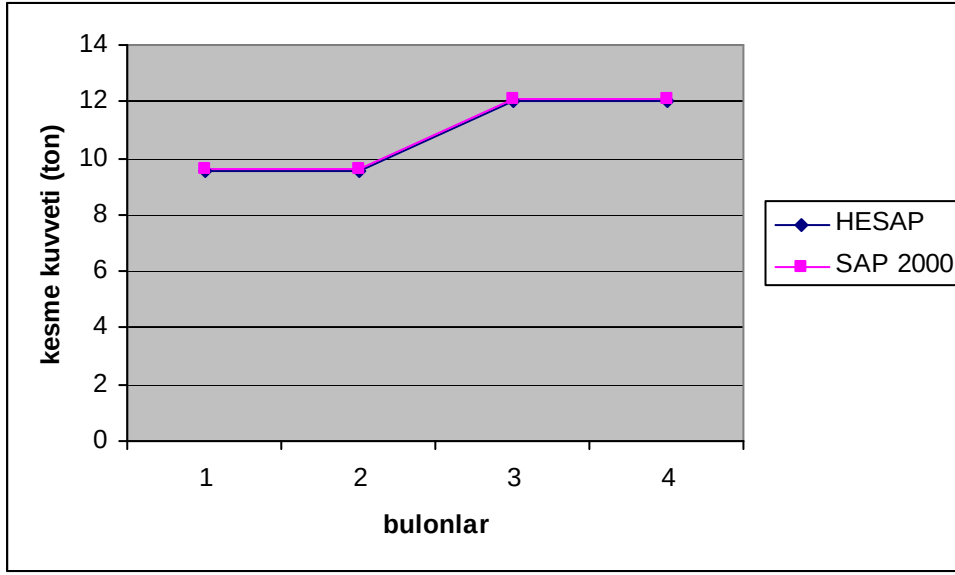
Şekil 5.51 de görüldüğü gibi Sap 2000 değerleri hesaptakilerden daha küçük ancak aradaki fark azdır. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.51. Moment etkisinde iki sıra 4 bulon bulonlar arası mesafe 4d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.52. Moment Etkisinde İki Sıra 4 Bulonlu Birleşim (6d)

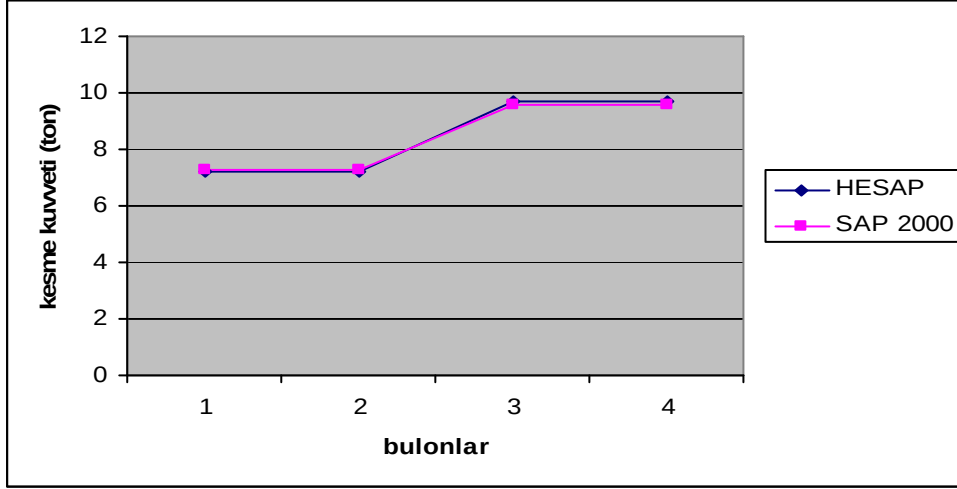
Şekil 5.52 de görüldüğü gibi hesap ve Sap 2000 den elde edilen değerler birbiriyle hemen hemen aynıdır. Bulonlar arası mesafe 6d dir.



Şekil 5.52. Moment etkisinde iki sıra 4 bulon bulonlar arası mesafe 6d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.53. Moment Etkisinde İki Sıra 4 Bulonlu Birleşim (8d)

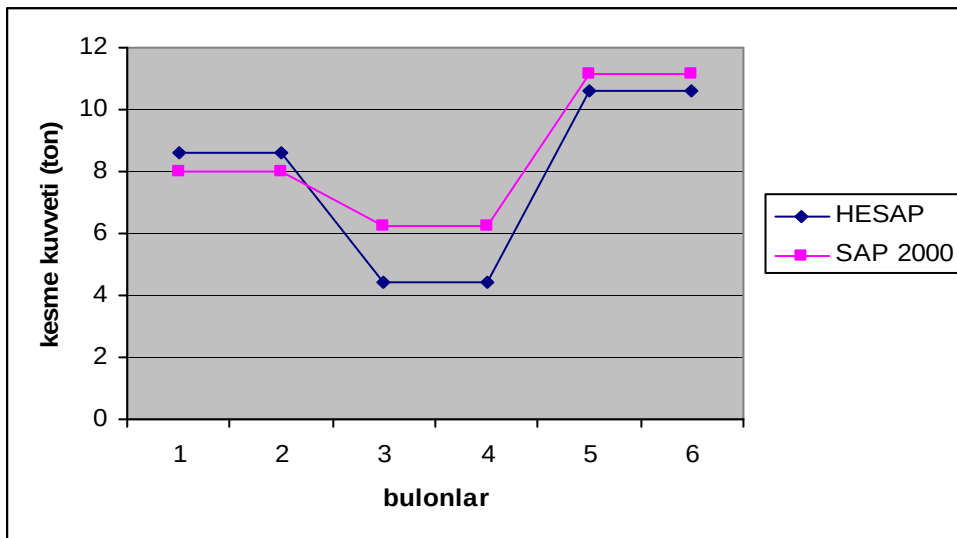
Şekil 5.53 de görüldüğü gibi hesap ve Sap 2000 den elde edilen değerler birbiriyle hemen hemen aynıdır. Bulonlar arası mesafe 8d dir.



Şekil 5.53. Moment etkisinde iki sıra 4 bulon bulonlar arası mesafe 8d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.54. Moment Etkisinde İki Sıra 6 Bulonlu Birleşim (4d)

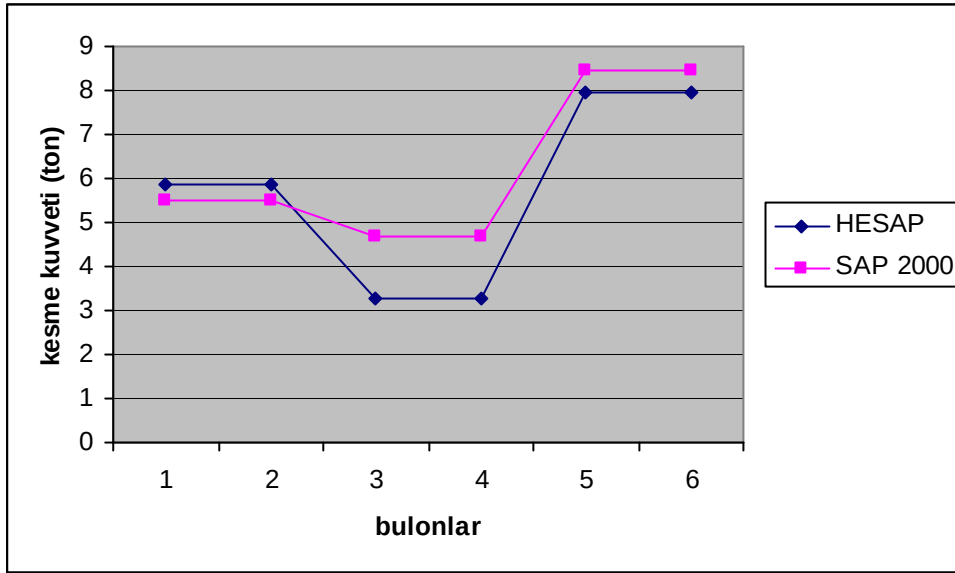
Şekil 5.54 te görüldüğü gibi birinci ve ikinci bulonların Sap 2000 den elde edilen değerleri hesaptakinden küçüktür. Üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı bulonların Sap 2000 den elde edilen değerleri hesaptakilere göre daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 4d olarak alınmıştır.



Şekil 5.54. Moment etkisinde iki sıra 6 bulon bulonlar arası mesafe 4d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.55. Moment Etkisinde İki Sıra 6 Bulonlu Birleşim (6d)

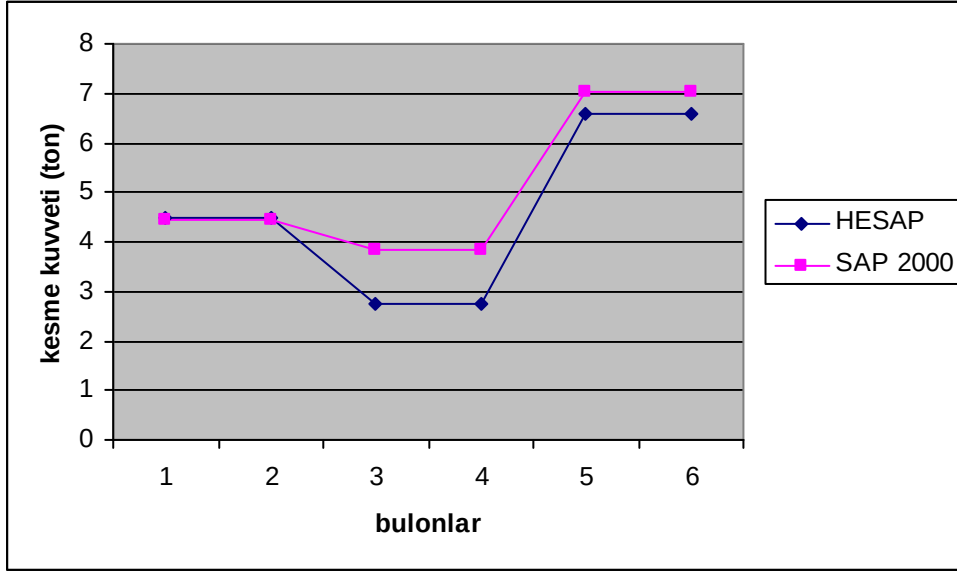
Şekil 5.55 te görüldüğü gibi birinci ve ikinci bulonların Sap 2000 den elde edilen değerleri hesaptakinden küçüktür. Üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı bulonların Sap 2000 den elde edilen değerleri hesaptakilere göre daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 6d olarak alınmıştır.



Şekil 5.55. Moment etkisinde iki sıra 6 bulon bulonlar arası mesafe 6d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.56. Moment Etkisinde İki Sıra 6 Bulonlu Birleşim (8d)

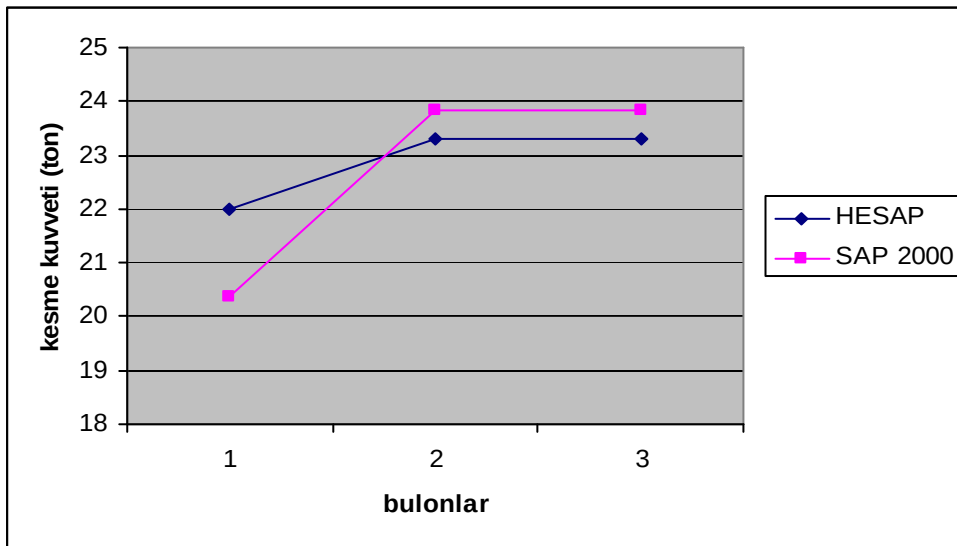
Şekil 5.56 da görüldüğü gibi birinci ve ikinci bulonların Sap 2000 den elde edilen değerleri hesaptakilerle çok yakındır. Üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı bulonların Sap 2000 den elde edilen değerleri hesaptakilere göre daha büyüktür. Bulonlar arası mesafe 8d olarak alınmıştır.



Şekil 5.56. Moment etkisinde iki sıra 6 bulon bulonlar arası mesafe 8d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.57. Moment Etkisinde Şaşırtmalı 3 Bulonlu Birleşim (4d)

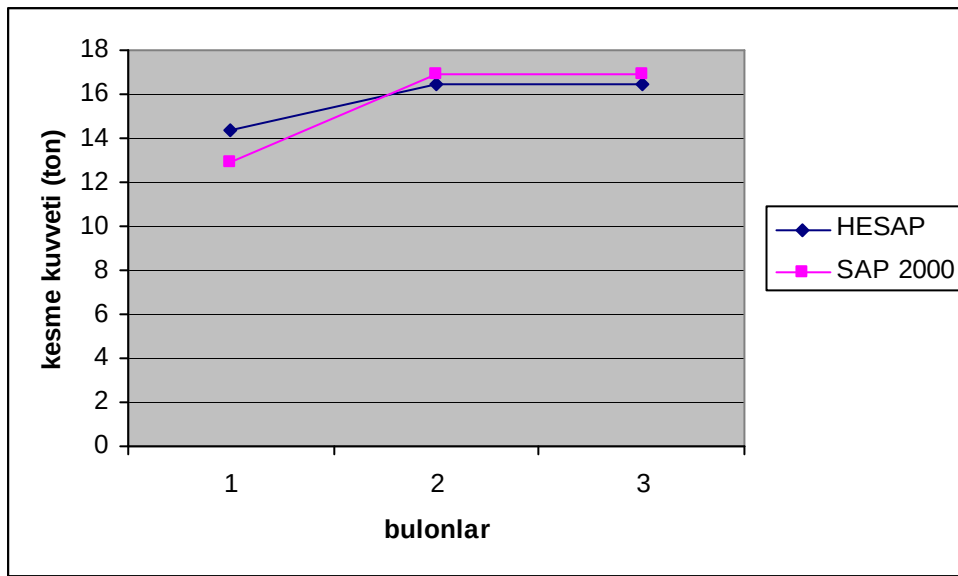
Şekil 5.57 de görüldüğü gibi birinci bulonun Sap 2000 den elde edilen değeri hesaptakinden küçüktür. İkinci ve üçüncü bulonların Sap 2000 den elde edilen değerleri hesaptakilerden büyüktür. Bulonlar arası mesafe 4d dir.



Şekil 5.57. Moment etkisinde şaşırtmalı 3 bulon bulonlar arası mesafe 4d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.58. Moment Etkisinde Şaşırtmalı 3 Bulonlu Birleşim (6d)

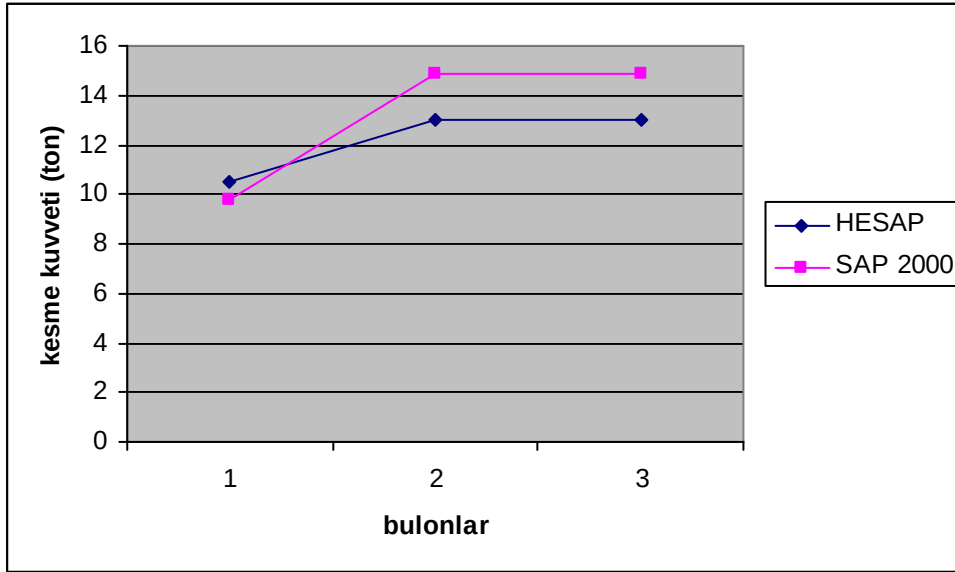
Şekil 5.58 de görüldüğü gibi birinci bulonun Sap 2000 den elde edilen değeri hesaptakinden küçüktür. İkinci ve üçüncü bulonların Sap 2000 den elde edilen değerleri hesaptakilerden büyüktür. Bulonlar arası mesafe 6d dir.



Şekil 5.58. Moment etkisinde şaşırtmalı 3 bulon bulonlar arası mesafe 6d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

5.59. Moment Etkisinde Şaşırtmalı 3 Bulonlu Birleşim (8d)

Şekil 5.59 da görüldüğü gibi birinci bulonun Sap 2000 den elde edilen değeri hesaptakinden küçüktür. İkinci ve üçüncü bulonların Sap 2000 den elde edilen değerleri hesaptakilerden büyüktür. Bulonlar arası mesafe 8d dir.

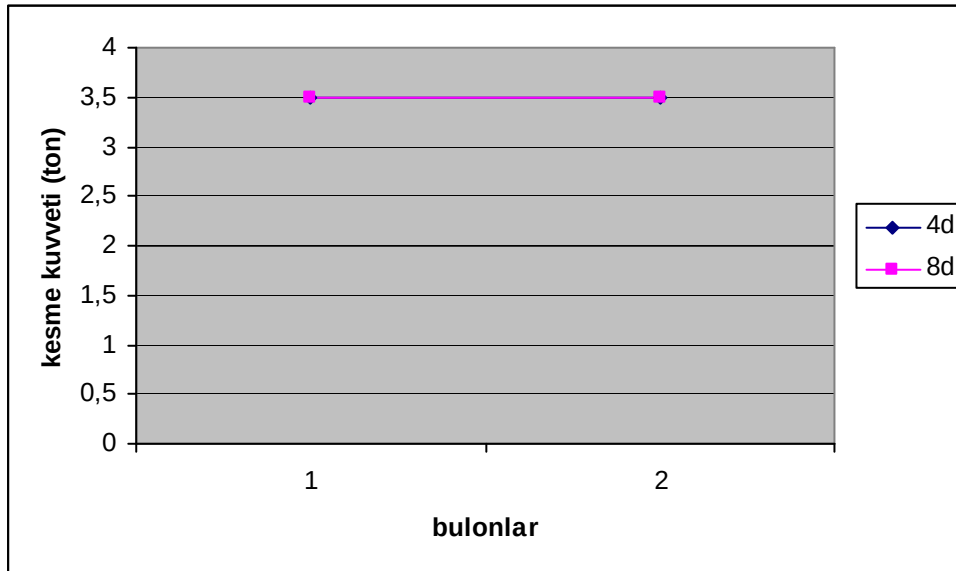


Şekil 5.59. Moment etkisinde şaşırtmalı 3 bulon bulonlar arası mesafe 8d olarak oluşturulan modelde hesap ve Sap 2000 değerlerinin karşılaştırılması

6. BULONLAR ARASI MESAFENİN DEĞİŞTİRİLMESİNİN BULONLARA GELEN KESME KUVVETLERİNE ETKİSİNİN GRAFİK OLARAK İNCELENMESİ

6.1. Tek Tesirli Bir Sıra 2 Bulonlu Birleşim

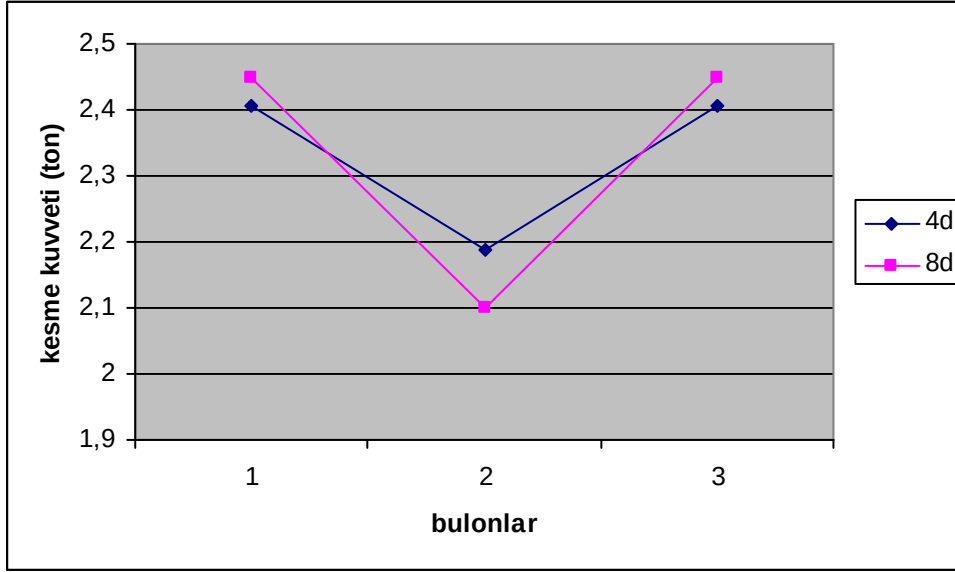
Şekil 6.1 de görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olan modellerde birinci ve ikinci bulonun değerleri değişmemiştir.



Şekil 6.1. Tek tesirli bir sıra 2 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.2. Tek Tesirli Bir Sıra 3 Bulonlu Birleşim

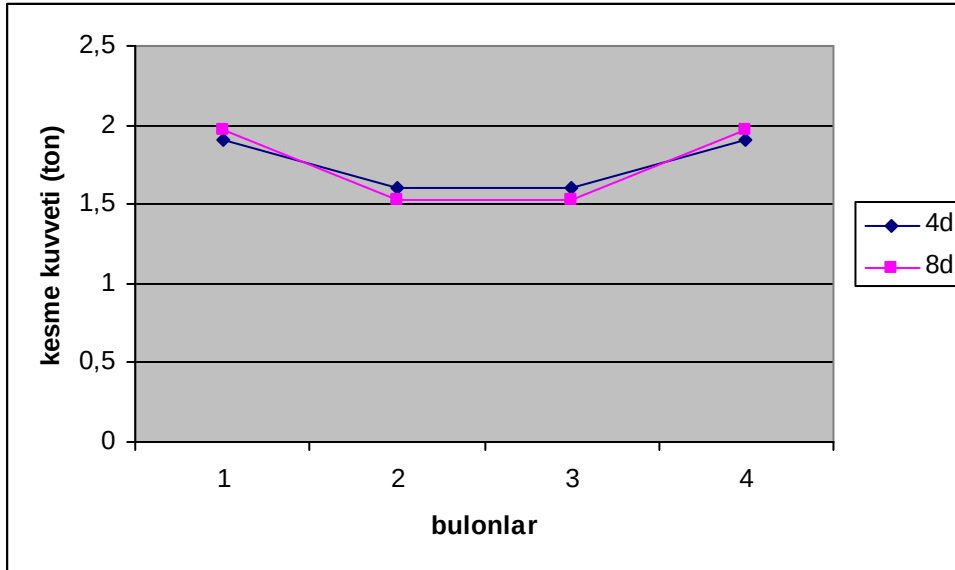
Şekil 6.2 de görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olan modellerde birinci ve üçüncü bulonun değerleri 8d mesafesinde büyük, ikinci bulonda 4d mesafesinde büyüktür.



Şekil 6.2. Tek tesirli bir sıra 3 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.3. Tek Tesirli Bir Sıra 4 Bulonlu Birleşim

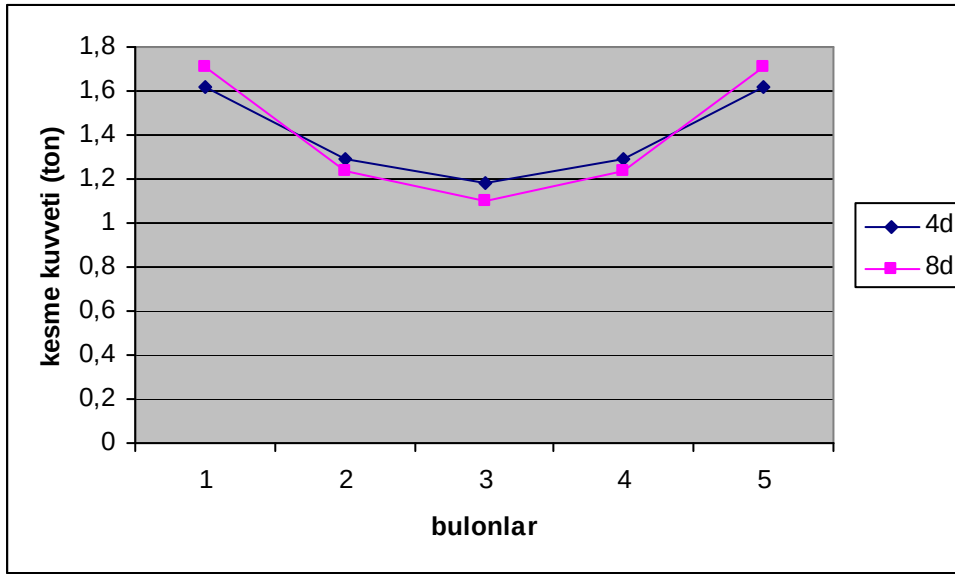
Şekil 6.3 de görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olan modellerde birinci ve dördüncü bulonun değerleri 8d mesafesinde büyük, ikinci ve üçüncü bulonda 4d mesafesinde büyüktür.



Şekil 6.3. Tek tesirli bir sıra 4 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.4. Tek Tesirli Bir Sıra 5 Bulonlu Birleşim

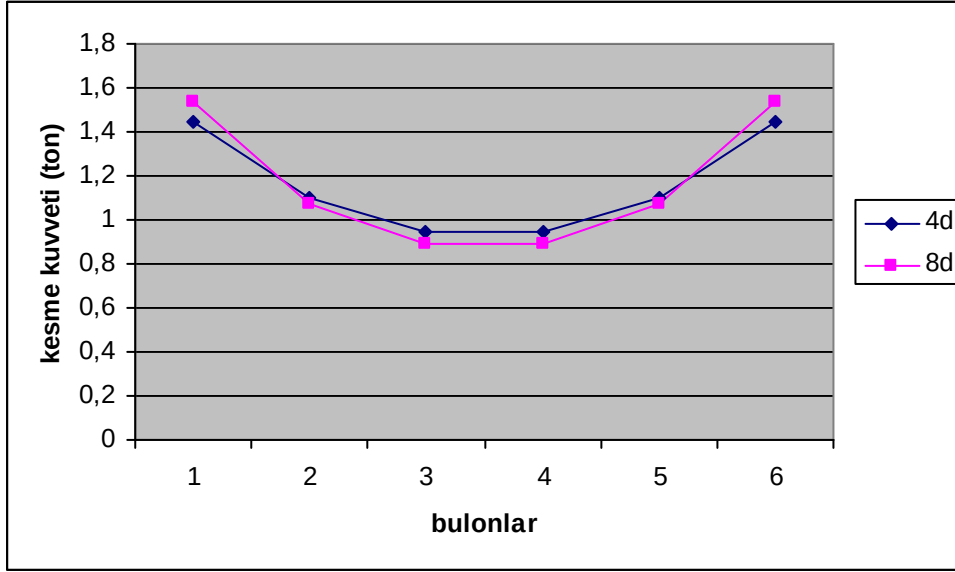
Şekil 6.4 de görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olan modellerde birinci ve beşinci bulonun değerleri 8d mesafesinde büyük, ikinci, üçüncü ve dördüncü bulonda 4d mesafesinde büyüktür.



Şekil 6.4. Tek tesirli bir sıra 5 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.5. Tek Tesirli Bir Sıra 6 Bulonlu Birleşim

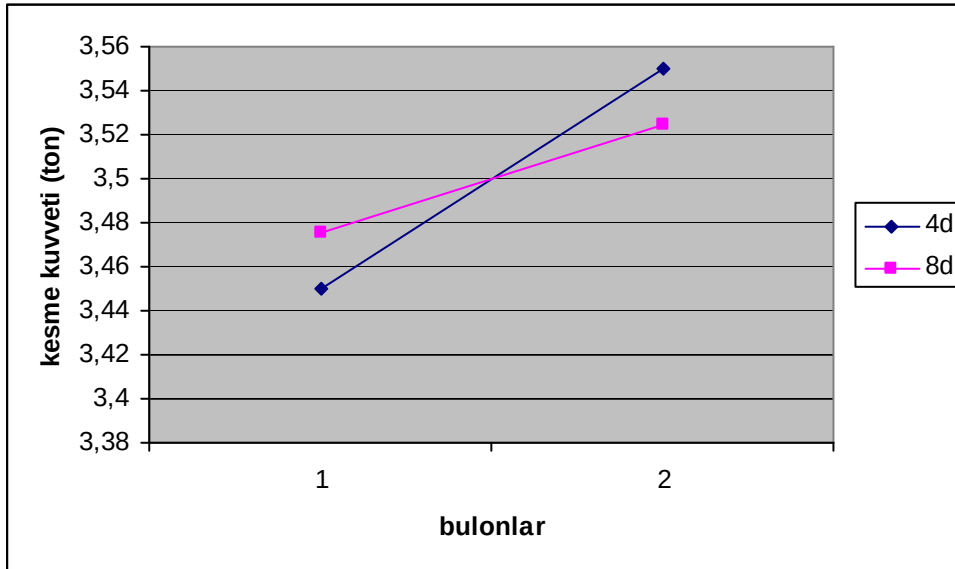
Şekil 6.5 de görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olan modellerde birinci ve beşinci bulonun değerleri 8d mesafesinde büyük, ikinci, üçüncü ve dördüncü bulonda 4d mesafesinde büyüktür.



Şekil 6.5. Tek tesirli bir sıra 6 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.6.Çift Tesirli Bir Sıra 2 Bulonlu Birleşim

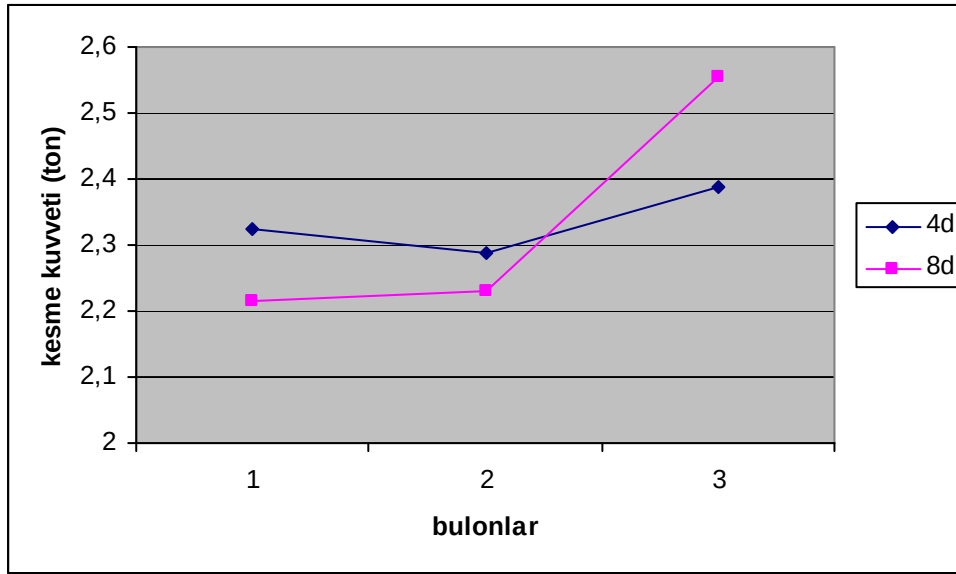
Şekil 6.6 da görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olan modellerde birinci bulonun değeri 8d mesafesinde büyük, ikinci bulonda 4d mesafesinde büyüktür.



Şekil 6.6. Çift tesirli bir sıra 2 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.7.Çift Tesirli Bir Sıra 3 Bulonlu Birleşim

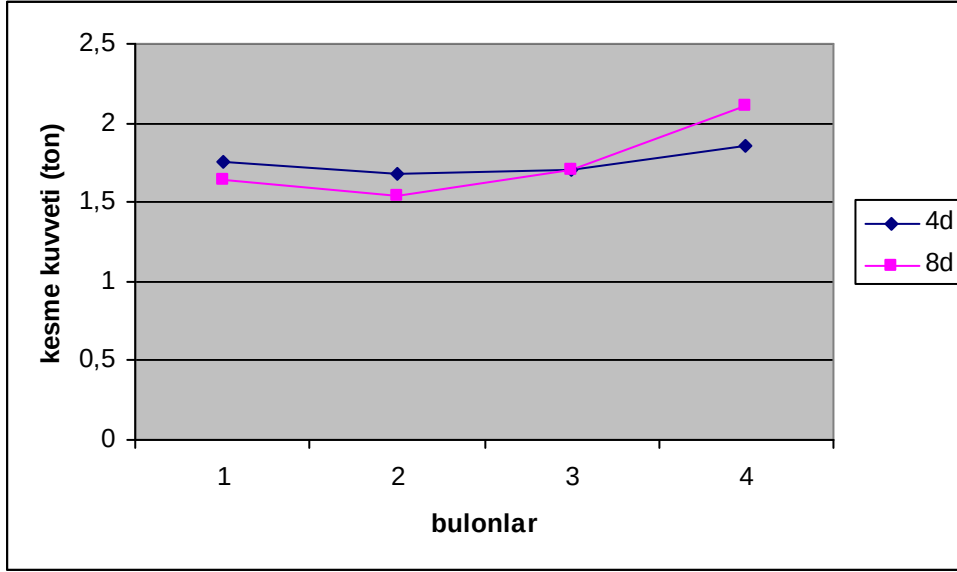
Şekil 6.7 de görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olan modellerde birinci ve ikinci bulonun değeri 4d mesafesinde büyük, üçüncü bulonda 8d mesafesinde büyüktür.



Şekil 6.7. Çift tesirli bir sıra 3 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.8.Çift Tesirli Bir Sıra 4 Bulonlu Birleşim

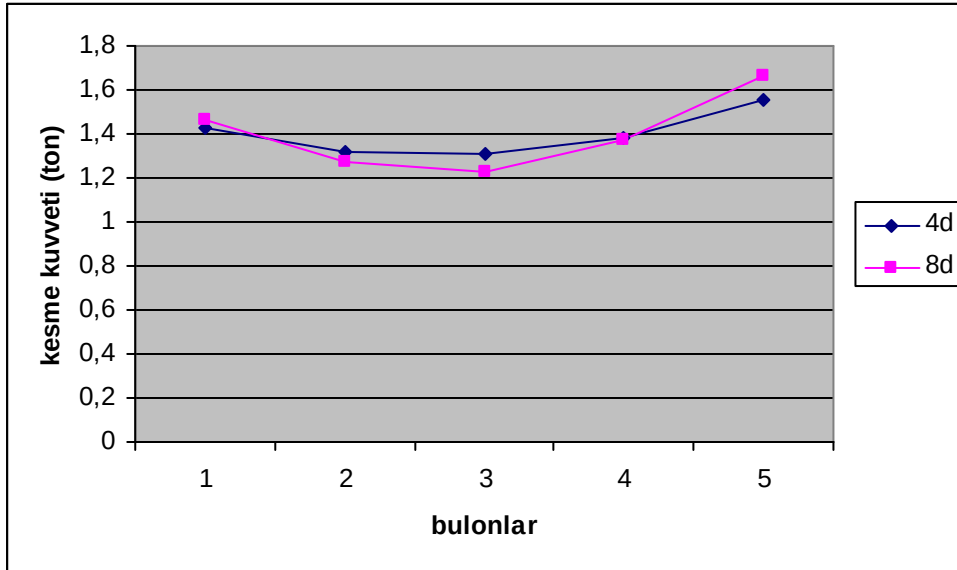
Şekil 6.8 de görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olan modellerde birinci ve ikinci bulonun değeri 4d mesafesinde büyük, üçüncü bulonda 4d mesafesinde büyüktür ancak çok yakın bir değerdir. Dördüncü bulonda 8d mesafesindeki değer büyüktür.



Şekil 6.8. Çift tesirli bir sıra 4 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.9.Çift Tesirli Bir Sıra 5 Bulonlu Birleşim

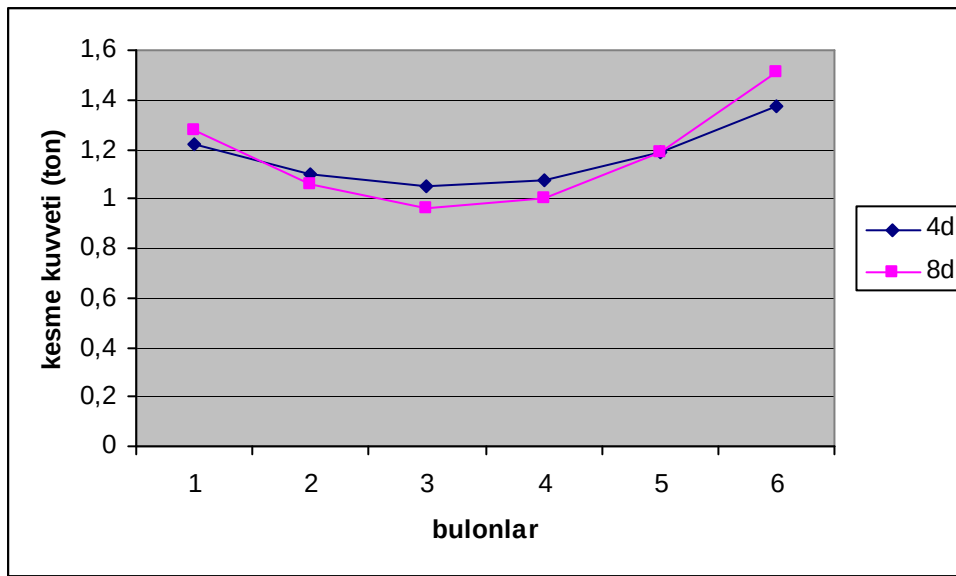
Şekil 6.9 da görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olan modellerde birinci ve beşinci bulonun değeri 8d mesafesinde büyük, ikinci, üçüncü ve dördüncü bulonda 4d mesafesinde büyüktür ancak dördüncü bulonda çok yakın bir değerdir.



Şekil 6.9. Çift tesirli bir sıra 5 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.10.Çift Tesirli Bir Sıra 6 Bulonlu Birleşim

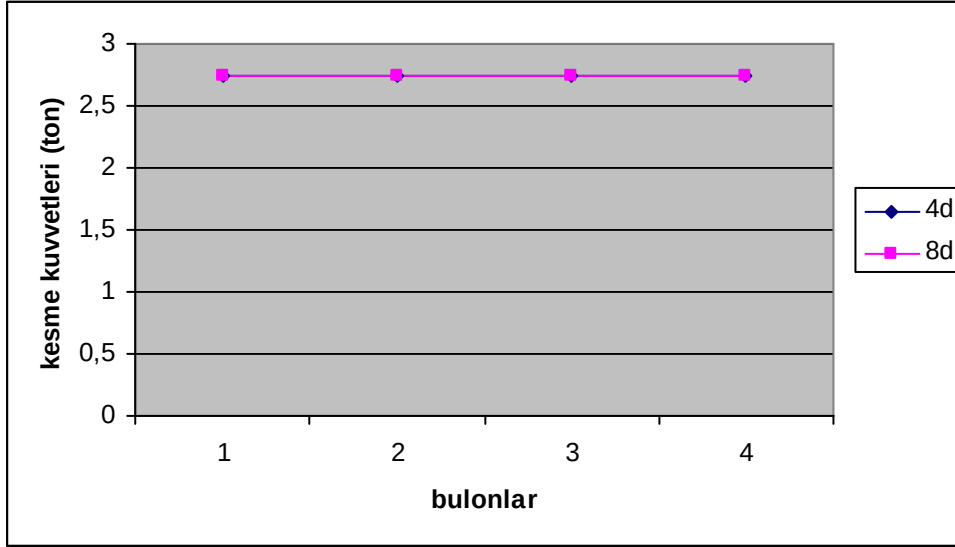
Şekil 6.10 da görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olan modellerde birinci ve altıncı bulonun değeri 8d mesafesinde büyük, ikinci, üçüncü ve dördüncü bulonda 4d mesafesinde büyüktür. Beşinci bulonda 8d mesafesinde büyüktür ancak çok yakın bir değerdir.



Şekil 6.10. Çift tesirli bir sıra 6 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.11.Tek Tesirli İki Sıra 4 Bulonlu Birleşim

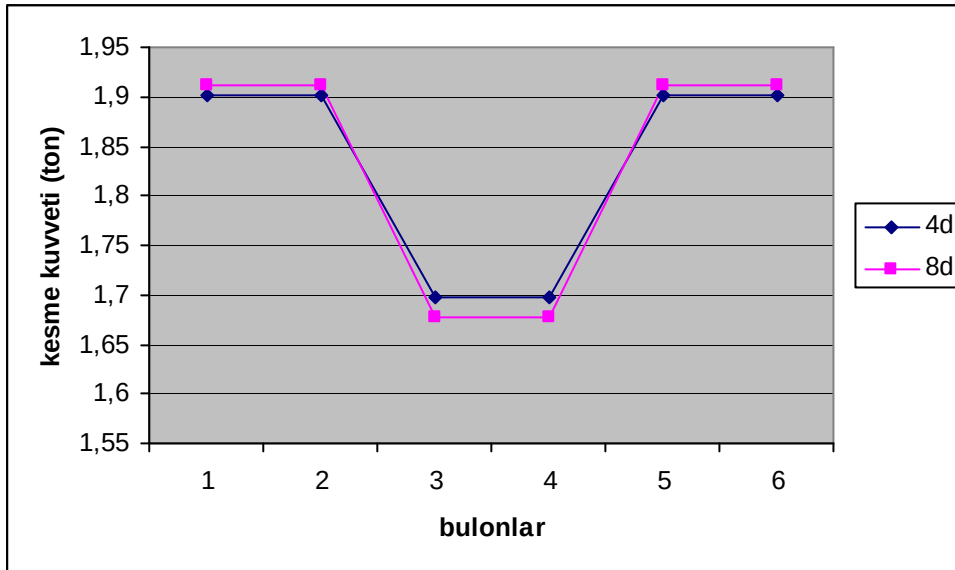
Şekil 6.11 de görüldüğü gibi, bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olan modellerde makaslama kuvveti değerlerine bakıldığında, dört bulon için de aynı değerler elde edilmiştir.



Şekil 6.11. Tek tesirli iki sıra 4 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.12. Tek Tesirli İki Sıra 6 Bulonlu Birleşim

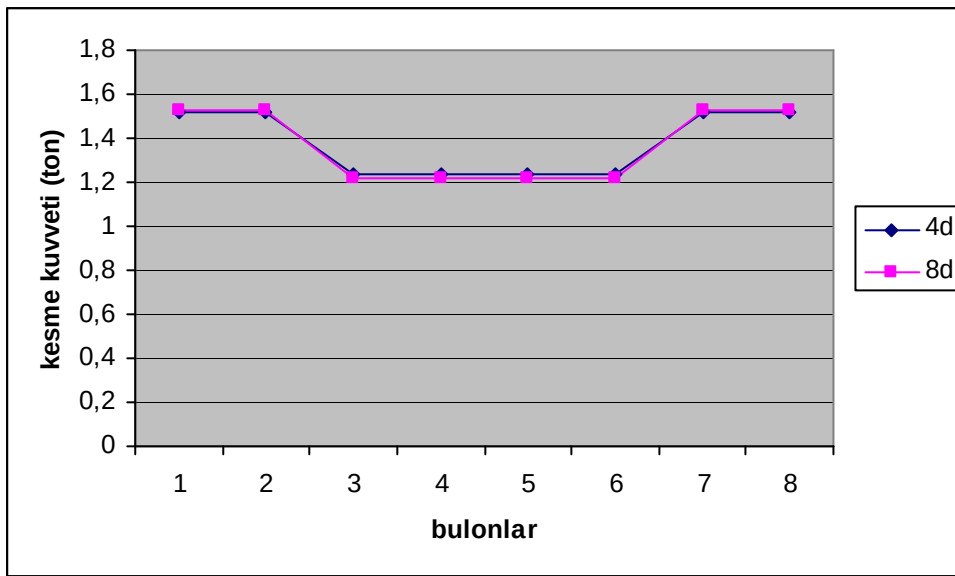
Şekil 6.12 de görüldüğü gibi birinci, ikinci, beşinci ve altıncı bulonlarda 8d mesafedeki değerler büyüktür. Üçüncü ve dördüncü bulonlarda ise 4d mesafedeki değerler büyüktür. Ancak bütün bulonlarda değerler çok yakındır.



Şekil 6.12. Tek tesirli iki sıra 6 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.13. Tek Tesirli İki Sıra 8 Bulonlu Birleşim

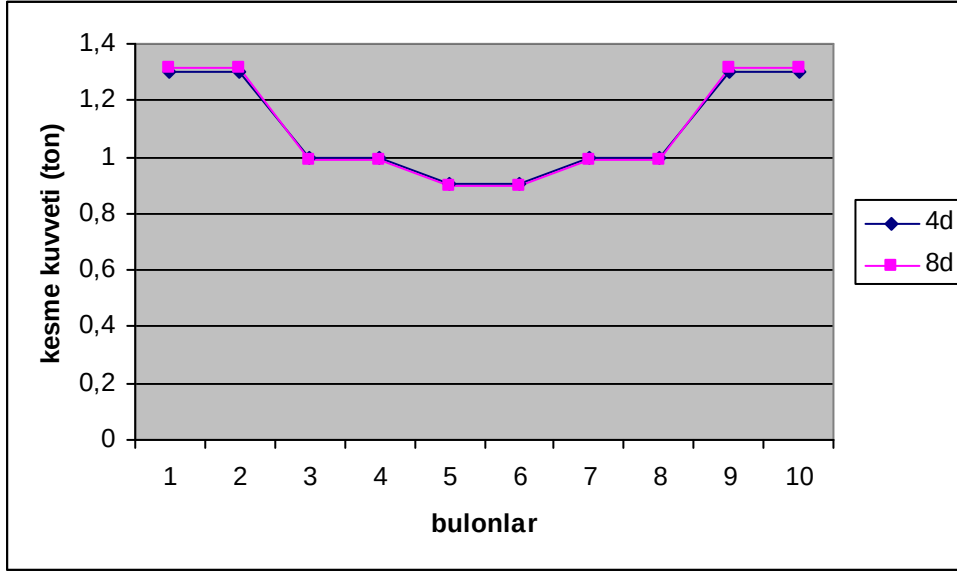
Şekil 6.13 te görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olan modellerde sekiz bulon için de değerler birbirine çok yakındır. Ancak birinci, ikinci, yedinci ve sekizinci bulonların 8d deki değerleri büyüktür. Üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı bulonların 4d deki değerleri daha büyüktür.



Şekil 6.13. Tek tesirli iki sıra 8 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.14. Tek Tesirli İki Sıra 10 Bulonlu Birleşim

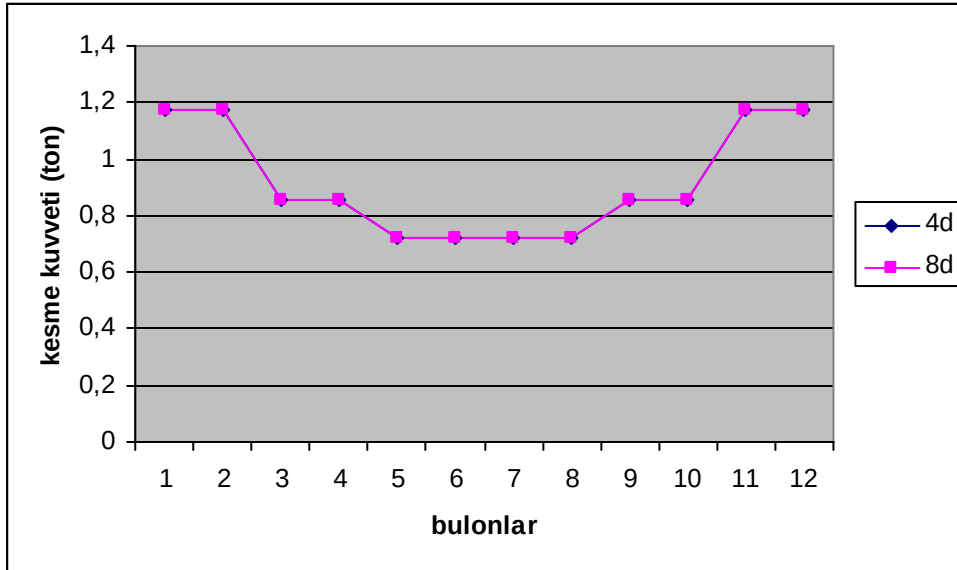
Şekil 6.14 te görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olan modellerde birinci, ikinci, dokuzuncu ve onuncu bulonlarda 8d deki değerler daha büyük, diğerlerinde 4d deki değerler daha büyüktür. Ancak on bulon için de değerler birbirine çok yakındır.



Şekil 6.14. Tek tesirli iki sıra 10 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.15. Tek Tesirli İki Sıra 12 Bulonlu Birleşim

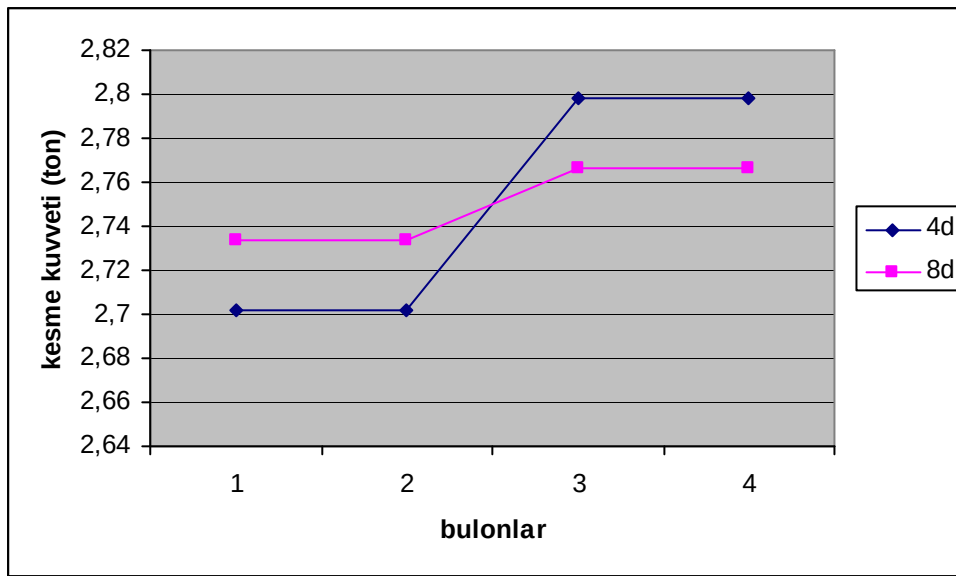
Şekil 6.15 te görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olan modellerde oniki bulon için de çok yakın değerler elde edilmiştir.



Şekil 6.15. Tek tesirli iki sıra 12 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.16.Çift Tesirli İki Sıra 4 Bulonlu Birleşim

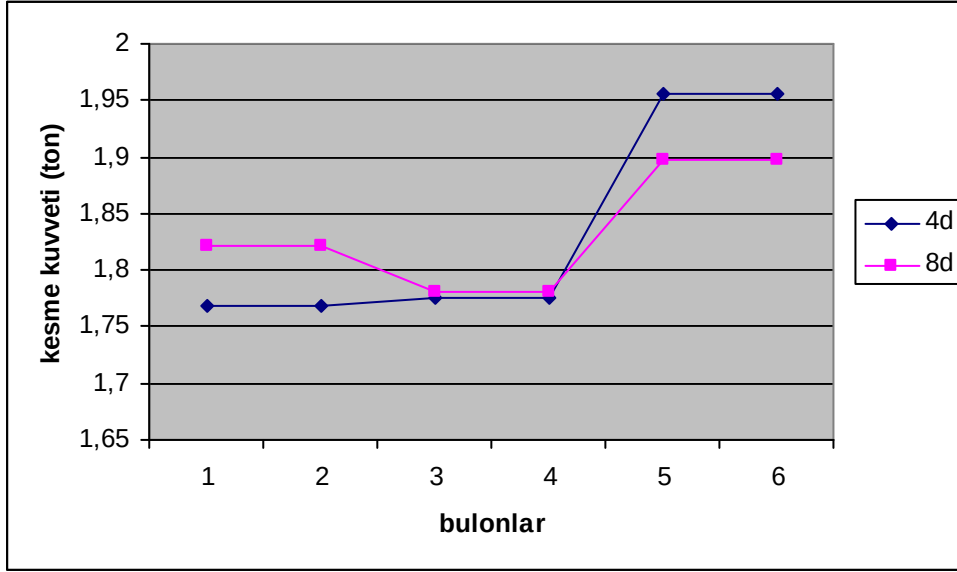
Şekil 6.16 da görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olan modellerde birinci ve ikinci bulonlarda 8d deki değerler daha büyük, üçüncü ve dördüncü bulonlarda 4d deki değerler daha büyüktür.



Şekil 6.16. Çift tesirli iki sıra 4 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.17.Çift Tesirli İki Sıra 6 Bulonlu Birleşim

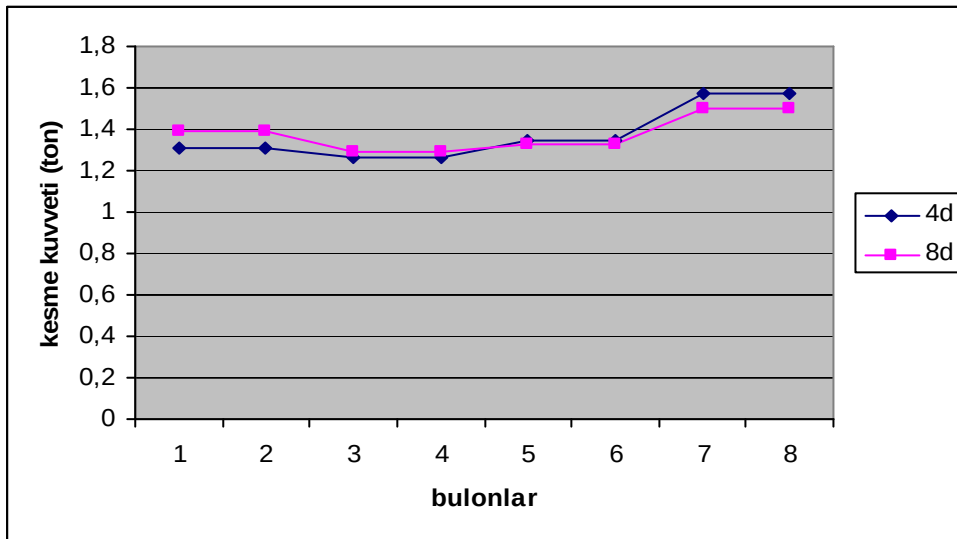
Şekil 6.17 de görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olan modellerde birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü bulonlarda 8d deki değerler daha büyüktür. Ancak ü üçüncü ve dördüncü bulonlardaki değerler çok yakındır. Beşinci ve altıncı bulonlarda 4d deki değerler daha büyüktür.



Şekil 6.17. Çift tesirli iki sıra 6 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.18.Çift Tesirli İki Sıra 8 Bulonlu Birleşim

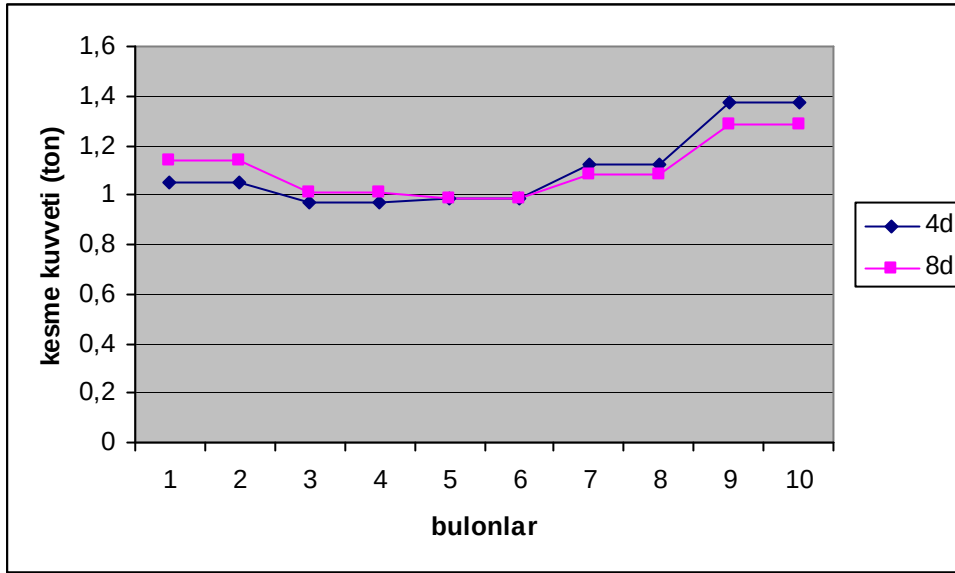
Şekil 6.18 de görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olan modellerde birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü bulonlarda 8d deki değerler daha büyüktür. Ancak üçüncü ve dördüncü bulonlardaki değerler çok yakındır. Beşinci, altıncı, yedinci ve sekizinci bulonlarda 4d deki değerler daha büyüktür. Ancak beşinci ve altıncı bulonlardaki değerler çok yakındır.



Şekil 6.18. Çift tesirli iki sıra 8 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.19.Çift Tesirli İki Sıra 10 Bulonlu Birleşim

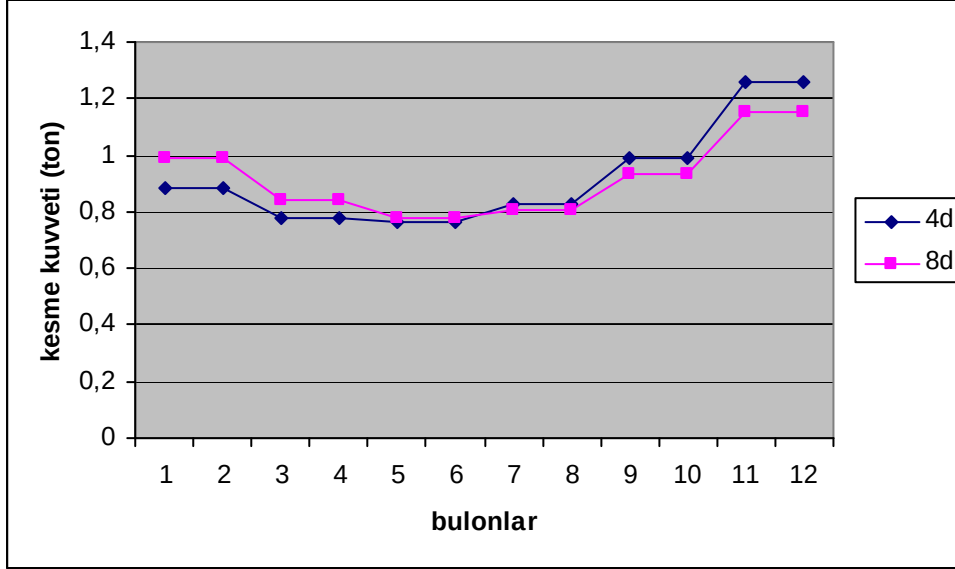
Şekil 6.19 da görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olan modellerde birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü bulonlarda 8d deki değerler daha büyüktür. Ancak üçüncü ve dördüncü bulonlardaki değerler çok yakındır. Beşinci, altıncı, yedinci, sekizinci, dokuzuncu ve onuncu bulonlarda 4d deki değerler daha büyüktür. Ancak beşinci, altıncı, yedinci ve sekizinci bulonlardaki değerler çok yakındır.



Şekil 6.19. Çift tesirli iki sıra 10 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.20.Çift Tesirli İki Sıra 12 Bulonlu Birleşim

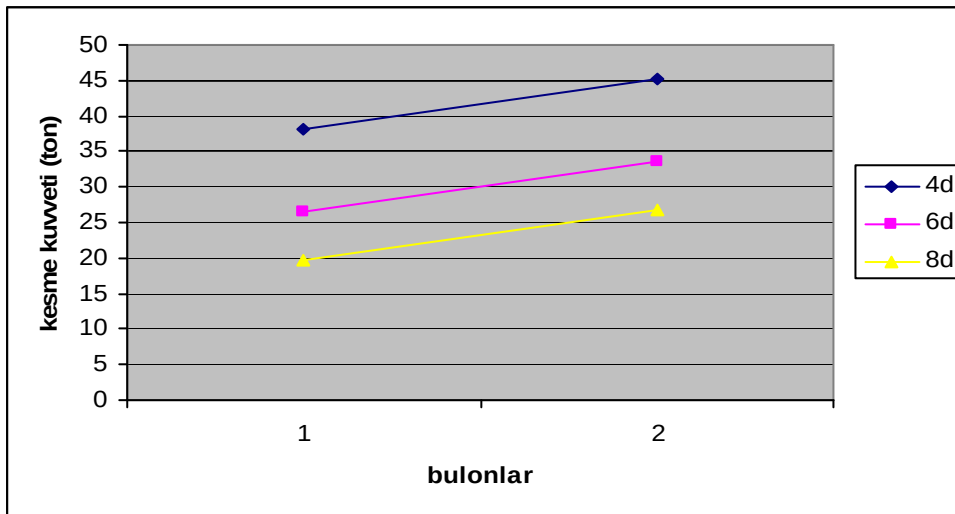
Şekil 6.20 de görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olan modellerde birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı bulonlarda 8d deki değerler daha büyüktür. Ancak beşinci ve altıncı bulonlardaki değerler çok yakındır. Yedinci, sekizinci, dokuzuncu, onuncu, onbirinci ve onikinci bulonlarda 4d deki değerler daha büyüktür. Ancak yedinci ve sekizinci bulonlardaki değerler çok yakındır.



Şekil 6.20. Çift tesirli iki sıra 12 bulon bulonlar arası mesafe 4d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.21. Moment Etkisinde Tek Sıra 2 Bulonlu Birleşim

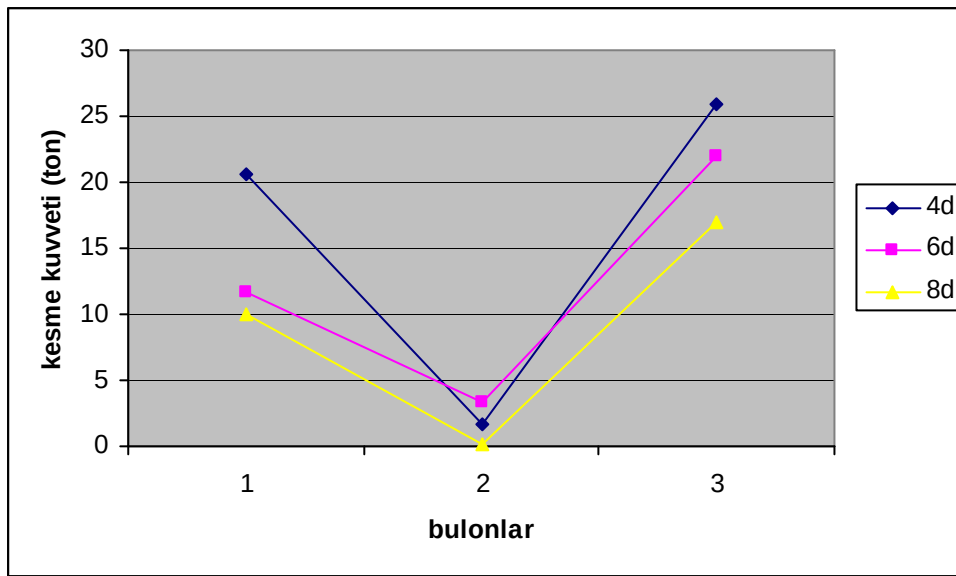
Şekil 6.21 de görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d, 6d ve 8d olan modellerde her iki bulon için de en büyük değer 4d, daha sonra 6d ve en küçük değer 8d mesafede elde edilmiştir.



Şekil 6.21. Moment etkisinde tek 2 bulon bulonlar arası mesafe 4d, 6d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.22.Moment Etkisinde Tek Sıra 3 Bulonlu Birleşim

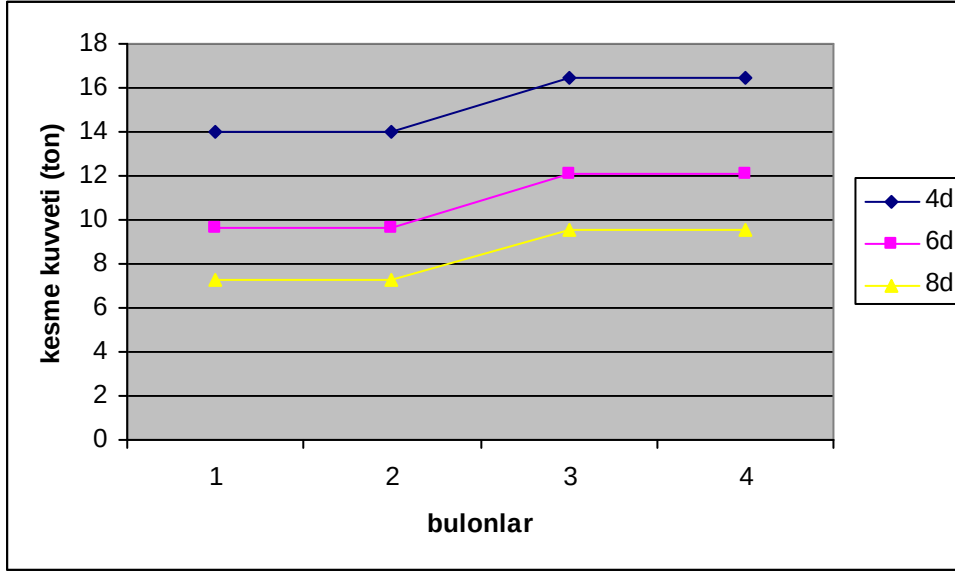
Şekil 6.22 de görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d, 6d ve 8d olan modellerde birinci ve üçüncü bulonlarda en büyük değer 4d mesafede daha sonra 6d ve en küçük 8d mesafedekidir. İkinci bulonda ise en büyük 6d daha sonra 4d ve en küçük değer 8d mesafede elde edilmiştir.



Şekil 6.22. Moment etkisinde tek sıra 3 bulon bulonlar arası mesafe 4d, 6d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.23.Moment Etkisinde Çift Sıra 4 Bulonlu Birleşim

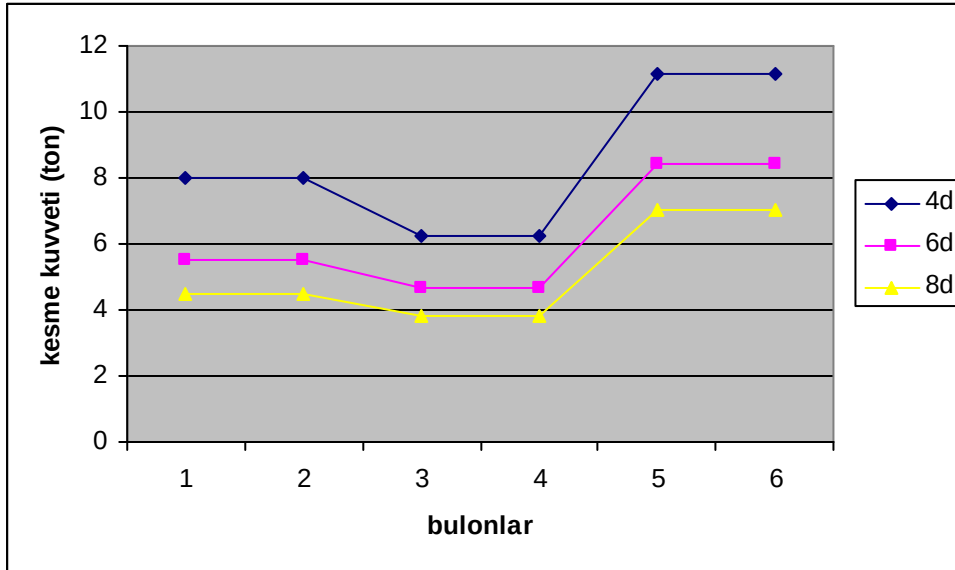
Şekil 6.23 de görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d, 6d ve 8d olan modellerde bulonların hepsinde en büyük değer 4d mesafede daha sonra 6d ve en küçük 8d mesafedekidir.



Şekil 6.23. Moment etkisinde çift sıra 4 bulon bulonlar arası dik mesafe 4d, 6d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.24. Moment Etkisinde Çift Sıra 6 Bulonlu Birleşim

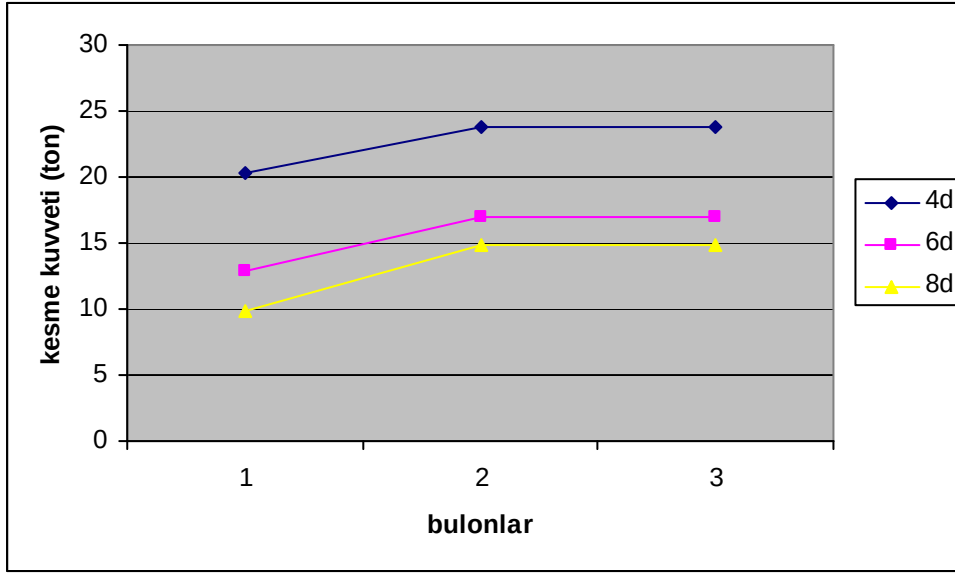
Şekil 6.24 te görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d, 6d ve 8d olan modellerde bulonların hepsinde en büyük değer 4d mesafede daha sonra 6d ve en küçük 8d mesafedekidir.



Şekil 6.24. Moment etkisinde çift sıra 6 bulon bulonlar arası dik mesafe 4d, 6d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

6.25.Moment Etkisinde Şaşırtmalı 3 Bulonlu Birleşim

Şekil 6.25 te görüldüğü gibi bulonlar arası mesafe 4d, 6d ve 8d olan modellerde bulonların hepsinde en büyük değer 4d mesafede daha sonra 6d ve en küçük 8d mesafedekidir.



Şekil 6.25. Moment etkisinde şaşırtmalı 3 bulon bulonlar arası dik mesafe 4d, 6d ve 8d olarak oluşturulan modelde kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

7. ELDE EDİLEN ÇÖZÜMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Tek ve çift tesirli olarak incelenen bulonlu birleşimlerde, bir sıra ve iki sıra olarak, çeşitli adette bulonlar yerleştirilmiştir. Bu bulonların aralarındaki mesafeler değiştirilerek, bulonlara gelen kesme kuvvetleri incelenmiştir. Bulunan değerler ve hesaplardan elde edilen sonuçlar 4. bölümde ayrıntılı olarak verilmiştir. Sonuçlar grafik olarak incelenip, karşılaştırmalar yapılmıştır.

Tek tesirli ve bir sıra olarak oluşturulan modellerde, uçlardaki bulonların birbirine eşit ve hesaplardan elde edilen sonuçlara göre daha büyük değerler aldığı görülmüştür. Ortalardaki bulonların ise uç bulonlara göre daha küçük kesme kuvvetlerine maruz kaldığı gözlemlenmiştir. Ortalardaki bulonlar aynı zamanda, hesaplardan elde edilen kesme kuvvetlerinden de daha küçük değerler almıştır.

Bulonlar arası mesafeler artırıldığında uçlardaki bulonlara gelen kesme kuvvetlerinin arttığı, ortalardaki bulonlarda ise azaldığı gözlemlenmiştir. (Tablo 7.1)

Tablo 7.1.Tek tesirli ve bir sıra olarak oluşturulan modelden elde edilen kesme kuvvetleri

	BULONLARA GELEN KESME KUVVETLERİ					
	TEK TESİRLİ BİR SIRA					
	KUVVET=7 TON BULON ARA MESAFESİ=4d					
	1 BULON			2 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	7	7	0	3,5	3,5	0
2.BULON				3,5	3,5	0
	3 BULON			4 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	2,333333	2,406131	3,119915	1,75	1,901504	8,657371
2.BULON	2,333333	2,187738	-6,23979	1,75	1,598496	-8,65737
3.BULON	2,333333	2,406131	3,19915	1,75	1,598496	-8,65737
4.BULON				1,75	1,901504	8,657371

	5 BULON			6 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	1,4	1,622425	15,8875	1,166667	1,449055	24,20468
2.BULON	1,4	1,286561	-8,10279	1,166667	1,103218	-5,43848
3.BULON	1,4	1,182029	-15,5694	1,166667	0,947727	-18,7663
4.BULON	1,4	1,286561	-8,10279	1,166667	0,947727	-18,7663
5.BULON	1,4	1,622425	15,8875	1,166667	1,103218	-5,43848
6.BULON				1,166667	1,449055	24,20468

	KUVVET=7 TON BULON ARA MESAFESİ=8d					
	1 BULON			2 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	7	7	0	3,5	3,5	0
2.BULON				3,5	3,5	0
	3 BULON			4 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	2,333333	2,449384	4,973615	1,75	1,974279	12,81594
2.BULON	2,333333	2,101232	-9,94719	1,75	1,525721	-12,8159
3.BULON	2,333333	2,449384	4,973615	1,75	1,525721	-12,8159
4.BULON				1,75	1,974279	12,81594
	5 BULON			6 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	1,4	1,708989	22,07064	1,166667	1,538050	31,83351
2.BULON	1,4	1,238916	-11,506	1,166667	1,073868	-7,9542
3.BULON	1,4	1,10419	-21,1293	1,166667	0,888075	-23,8793
4.BULON	1,4	1,238916	-11,506	1,166667	0,888075	-23,8793
5.BULON	1,4	1,708989	22,07064	1,166667	1,073868	-7,9542
6.BULON				1,166667	1,538058	31,83351

Tek tesirli ve iki sıra olarak oluşturulan modellerde, tek tesirli ve bir sıra olarak oluşturulan modellerdeki gibi uçlardaki bulonların hesaplardan elde edilen değerlere göre daha büyük kesme kuvvetleri aldığı görülmüştür. Ortalardaki bulonlar hesaplardan elde edilen değerlere ve uçlardaki bulonlara gelen kesme kuvvetlerine göre daha küçük değerler almışlardır.

Bulonlar arası mesafeler artırıldığında uçlardaki bulonlara gelen kesme kuvvetleri artmış, ortalandaki bulonlara gelen kesme kuvvetleri ise azalmıştır.(Tablo 7.2)

Tablo 7.2.tek tesirli iki sıra olarak oluşturulan modelden elde edilen kesme kuvvetleri

	TEK TESİRLİ İKİ SIRA					
	KUVVET=11 TON BULON ARA MESAFESİ=4d					
	2 BULON			4 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	5,5	5,5	0	2,75	2,75	0
2.BULON	5,5	5,5	0	2,75	2,75	0
3.BULON				2,75	2,75	0
4.BULON				2,75	2,75	0
	6 BULON			8 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	1,83333	1,901056	3,693982	1,375	1,514461	10,14262
2.BULON	1,83333	1,901056	3,693982	1,375	1,514461	10,14262
3.BULON	1,83333	1,697888	-7,38791	1,375	1,235539	-10,1426
4.BULON	1,83333	1,697888	-7,38791	1,375	1,235539	-10,1426
5.BULON	1,83333	1,901056	3,693982	1,375	1,235538	-10,1427
6.BULON	1,83333	1,901056	3,693982	1,375	1,235538	-10,1427
7.BULON				1,375	1,514462	10,14269
8.BULON				1,375	1,514462	10,14269
	10 BULON			12 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	1,1	1,303221	18,47464	0,916667	1,172948	27,95792
2.BULON	1,1	1,303221	18,47464	0,916667	1,172948	27,95792
3.BULON	1,1	0,995722	-9,47982	0,916667	0,857541	-6,45011
4.BULON	1,1	0,995722	-9,47982	0,916667	0,857541	-6,45011
5.BULON	1,1	0,902115	-17,9895	0,916667	0,719511	-21,5079
6.BULON	1,1	0,902115	-17,9895	0,916667	0,719511	-21,5079
7.BULON	1,1	0,995721	-9,47991	0,916667	0,719511	-21,5079
8.BULON	1,1	0,995721	-9,47991	0,916667	0,719511	-21,5079
9.BULON	1,1	1,303221	18,47464	0,916667	0,857541	-6,45011
10.BULON	1,1	1,303221	18,47464	0,916667	0,857541	-6,45011
11.BULON				0,916667	1,172948	27,95792
12.BULON				0,916667	1,172948	27,95792

Tablo 7.2. (devam)

	KUVVET=11 TON BULON ARA MESAFESİ=8d					
	2 BULON			4 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	5,5	5,5	0	2,75	2,75	0
2.BULON	5,5	5,5	0	2,75	2,75	0
3.BULON				2,75	2,75	0
4.BULON				2,75	2,75	0
	6 BULON			8 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	1,833333	1,911633	4,27091	1,375	1,528127	11,13650909
2.BULON	1,833333	1,911633	4,27091	1,375	1,528127	11,13650909
3.BULON	1,833333	1,676732	-8,54187	1,375	1,221872	-11,1365818
4.BULON	1,833333	1,676732	-8,54187	1,375	1,221872	-11,1365818
5.BULON	1,833333	1,911633	4,27091	1,375	1,221872	-11,1365818
6.BULON	1,833333	1,911633	4,27091	1,375	1,221872	-11,1365818
7.BULON				1,375	1,528127	11,13650909
8.BULON				1,375	1,528127	11,13650909
	10 BULON			12 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	1,1	1,313224	19,384	0,916667	1,175402	28,2256261
2.BULON	1,1	1,313224	19,384	0,916667	1,175402	28,2256261
3.BULON	1,1	0,989552	-10,0407	0,916667	0,853897	-6,84763387
4.BULON	1,1	0,989552	-10,0407	0,916667	0,853897	-6,84763387
5.BULON	1,1	0,894447	-18,6866	0,916667	0,720699	-21,3783195
6.BULON	1,1	0,894447	-18,6866	0,916667	0,720699	-21,3783195
7.BULON	1,1	0,989551	-10,0408	0,916667	0,720699	-21,3783195
8.BULON	1,1	0,989551	-10,0408	0,916667	0,720699	-21,3783195
9.BULON	1,1	1,313224	19,384	0,916667	0,853897	-6,84763387
10.BULON	1,1	1,313224	19,384	0,916667	0,853897	-6,84763387
11.BULON				0,916667	1,175402	28,2256261
12.BULON				0,916667	1,175402	28,2256261

Çift tesirli ve bir sıra olarak oluşturulan modelde, bölüm 4.2 deki şekillere göre sağ uçtaki bulonların hesaplardan daha büyük kesme kuvvetleri aldığı görülmüştür. Bulonlara gelen kuvvetlerin uçlardan ortalara doğru gidildiğinde azaldığı gözlemlenmiştir. Orta sıradaki bulonlardan sağ uca yakın olanlar, sol uca yakın olanlara göre daha büyük değerler almıştır.

Bulon sayısı artırıldığında uçlardaki bulonların toplam kuvvetten payına düşen yüzdenin arttığı ortalandaki bulonlarda ise bu yüzdenin azaldığı gözlemlenmiştir.

Bulonlar arası mesafenin artırılmasıyla bölüm 4.2 deki şekillere göre sağ uçtaki bulonlara gelen kesme kuvvetleri artmış, ortadaki bulonlarda ise azalmıştır. Sol uçtaki bulonlarda; 5. bulona kadar, bulonlar arası mesafenin artırılmasıyla bulonlara gelen kesme kuvvetleri azalmış, 5 ve 6 bulon kullanılan modellerde, bulonlar arası mesafenin artmasıyla, bulonlara gelen kesme kuvvetleri artmıştır. (Tablo 7.3)

Tablo 7.3. çift tesirli ve bir sıra olarak oluşturulan modelden elde edilen kesme kuvvetleri

	ÇİFT TESİRLİ BİR SIRA					
	KUVVET=7 TON BULON ARA MESAFESİ=4d					
	1 BULON			2 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	7	7	0	3,5	3,449578	-1,440629
2.BULON				3,5	3,550422	1,4406286
	3 BULON			4 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	2,333333	2,322972	-0,44404	1,75	1,75724	0,4137143
2.BULON	2,333333	2,288014	-1,94224	1,75	1,677006	-4,171086
3.BULON	2,333333	2,389016	2,386415	1,75	1,710548	-2,2544
4.BULON				1,75	1,855206	6,0117714
	5 BULON			6 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	1,4	1,43093	2,209286	1,166667	1,223802	4,8972843
2.BULON	1,4	1,322412	-5,542	1,166667	1,097588	-5,921055
3.BULON	1,4	1,305352	-6,76057	1,166667	1,046602	-10,29128
4.BULON	1,4	1,385136	-1,06171	1,166667	1,075084	-7,849969
5.BULON	1,4	1,556168	11,15486	1,166667	1,185882	1,6469995
6.BULON				1,166667	1,372042	17,603566
	KUVVET=7 TON BULON ARA MESAFESİ=8d					
	1 BULON			2 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	7	7	0	3,5	3,475524	-0,699314
2.BULON				3,5	3,524476	0,6993143
	3 BULON			4 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	2,333333	2,2162	-5,01999	1,75	1,645412	-5,976457
2.BULON	2,333333	2,229616	-4,44501	1,75	1,544756	-11,72823
3.BULON	2,333333	2,554182	9,464958	1,75	1,69836	-2,950857
4.BULON				1,75	2,111472	20,655543

	5 BULON			6 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	1,4	1,465506	4,679	1,166667	1,28024	9,7348258
2.BULON	1,4	1,269658	-9,31014	1,166667	1,056368	-9,454197
3.BULON	1,4	1,230006	-12,1424	1,166667	0,961744	-17,56482
4.BULON	1,4	1,369124	-2,20543	1,166667	1,003228	-14,00905
5.BULON	1,4	1,665706	18,979	1,166667	1,188766	1,8941995
6.BULON				1,166667	1,509656	29,399049

Çift tesirli ve iki sıra olarak oluşturulan modellerde bölüm 4.2 deki şekillere göre sağ uçtaki bulonların hesaplardan daha büyük değerler aldığı görülmüştür. Ortalardaki ve sol uçtaki bulonlara gelen kesme kuvvetleri hesaplara göre daha düşüktür.

Bulonlar arası mesafenin artmasıyla sağ uçtaki ve ortanın sağ uca yakın olan bulonlardaki kesme kuvvetlerinde azalma, sol uç ve ortanın sol uca yakın bulonlarına gelen kesme kuvvetlerinde ise artış gözlemlenmiştir.

Bulonlar arası mesafenin artmasıyla sekiz, on ve oniki bulondan oluşan modellerin sol ucundaki bulonlara gelen kesme kuvvetleri, hesaplardan elde edilen kuvvetlerden daha büyük çıkmıştır.

Bulon sayısının artması uçlardaki bulonlara gelen kesme kuvveti değerlerinin, toplam kesme kuvvetinden payına düşen yüzde artmıştır.(Tablo 7.4)

Tablo 7.4. Çift tesirli iki sıra olarak oluşturulan modelden elde edilen kesme kuvvetleri

ÇİFT TESİRLİ İKİ SIRA						
KUVVET=11 TON BULON ARA MESAFESİ=4d						
	2 BULON			4 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	5,5	5,440524	-1,08138	2,75	2,701432	-1,766109
2.BULON	5,5	5,559476	1,081382	2,75	2,701432	-1,766109
3.BULON				2,75	2,798568	1,7661091
4.BULON				2,75	2,798568	1,7661091
	6 BULON			8 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	1,833333	1,76828	-3,54835	1,375	1,31139	-4,626182
2.BULON	1,833333	1,76828	-3,54835	1,375	1,31139	-4,626182
3.BULON	1,833333	1,77553	-3,15289	1,375	1,263238	-8,128145
4.BULON	1,833333	1,77553	-3,15289	1,375	1,263238	-8,128145
5.BULON	1,833333	1,95619	6,701292	1,375	1,349618	-1,845964
6.BULON	1,833333	1,95619	6,701292	1,375	1,349618	-1,845964
7.BULON				1,375	1,575752	14,600145
8.BULON				1,375	1,575752	14,600145
	10 BULON			12 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	1,1	1,04765	-4,75909	0,916667	0,881582	-3,827453
2.BULON	1,1	1,04765	-4,75909	0,916667	0,881582	-3,827453
3.BULON	1,1	0,966196	-12,164	0,916667	0,779382	-14,97654
4.BULON	1,1	0,966196	-12,164	0,916667	0,779382	-14,97654
5.BULON	1,1	0,988552	-10,1316	0,916667	0,760334	-17,0545
6.BULON	1,1	0,988552	-10,1316	0,916667	0,760334	-17,0545
7.BULON	1,1	1,123036	2,094182	0,916667	0,828608	-9,606433
8.BULON	1,1	1,123036	2,094182	0,916667	0,828608	-9,606433
9.BULON	1,1	1,374568	24,96073	0,916667	0,991964	8,2142152
10.BULON	1,1	1,374568	24,96073	0,916667	0,991964	8,2142152
11.BULON				0,916667	1,25813	37,250496
12.BULON				0,916667	1,25813	37,250496

Tablo 7.4 (devam)

KUVVET=11 TON BULON ARA MESAFESİ=8d						
	2 BULON			4 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	5,5	5,461574	-1,08138	2,75	2,733812	-0,5886545
2.BULON	5,5	5,538426	1,081382	2,75	2,733812	-0,5886545
3.BULON				2,75	2,766186	0,58858182
4.BULON				2,75	2,766186	0,58858182
	6 BULON			8 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	1,833333	1,82103	-0,6710728	1,375	1,387434	0,90429091
2.BULON	1,833333	1,82103	-0,6710728	1,375	1,387434	0,90429091
3.BULON	1,833333	1,781358	-2,8350005	1,375	1,287356	-6,3741091
4.BULON	1,833333	1,781358	-2,8350005	1,375	1,287356	-6,3741091
5.BULON	1,833333	1,89761	3,50601882	1,375	1,326586	-3,5210182
6.BULON	1,833333	1,89761	3,50601882	1,375	1,326586	-3,5210182
7.BULON				1,375	1,498622	8,99069091
8.BULON				1,375	1,498622	8,99069091
	10 BULON			12 BULON		
	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim	HESAP	ÇÖZÜM	% değişim
1.BULON	1,1	1,142334	3,84854545	0,916667	0,991238	8,13501522
2.BULON	1,1	1,142334	3,84854545	0,916667	0,991238	8,13501522
3.BULON	1,1	1,010754	-8,1132727	0,916667	0,840084	-8,3545061
4.BULON	1,1	1,010754	-8,1132727	0,916667	0,840084	-8,3545061
5.BULON	1,1	0,984808	-10,472	0,916667	0,776222	-15,321267
6.BULON	1,1	0,984808	-10,472	0,916667	0,776222	-15,321267
7.BULON	1,1	1,080576	-1,7658182	0,916667	0,805926	-12,080832
8.BULON	1,1	1,080576	-1,7658182	0,916667	0,805926	-12,080832
9.BULON	1,1	1,281526	16,5023636	0,916667	0,934152	1,90745385
10.BULON	1,1	1,281526	16,5023636	0,916667	0,934152	1,90745385
11.BULON				0,916667	1,152372	25,7132634
12.BULON				0,916667	1,152372	25,7132634

Sapma oranının (Tablolarda % değişim) %20 yi aşmaması, emniyet sınırları içinde varsayılmaktadır. Dolayısıyla, aynı sıra üzerinde 5 taneden fazla bulon kullanılmasına izin verilmemektedir.(Odabaşı,1997)

Elde edilen sonuçlar uçlardaki bulonlara fazla yük geldiğini, ortalara doğru yükün azalarak dağıldığını göstermektedir. Bu çalışmada görülen, tek sıra birleşimlerde 6 bulonlu birleşimler, iki sıralı birleşimlerde de 12 bulonlu birleşimlerin uçlardaki bulonlarda sapma yüzdeleri %20 leri aşmıştır.

Moment etkisindeki bulonlarda, tek sıra ve iki bulon olarak oluşturulan modelde bulonlara gelen kesme kuvvetlerinin hesaplardan elde edilen kesme kuvvetlerine göre daha düşük değerler aldığı görülmüştür.

Bulonlar arası mesafenin artmasıyla bulonlara gelen kesme kuvvetleri azalmıştır. (Tablo 7.5)

Tablo 7.5. Moment etkisinde tek sıra iki bulon olarak oluşturulan modelden elde edilen kesme kuvvetleri

TEK SIRA 2 BULON KUVVET=7 TON			
	4d		
	HESAP	ÇÖZÜM	% DEĞİŞİM
1.BULON	40,25	38,1889	-5,12074534
2.BULON	47,25	45,1889	-4,3621164
	6d		
	HESAP	ÇÖZÜM	% DEĞİŞİM
1.BULON	26,83333	26,575481	-0,96092807
2.BULON	33,83333	33,575481	-0,76211535
	8d		
	HESAP	ÇÖZÜM	% DEĞİŞİM
1.BULON	20,125	19,7852	-1,6884472
2.BULON	27,125	26,7852	-1,25271889

Tek sıra ve üç bulon olarak oluşturulan modellerde, bulonlar arası mesafe 4d olduğunda bulonlara gelen kesme kuvvetleri hesaplardan elde edilenlerden küçüktür. Bulonlar arası mesafe 6d bırakıldığında soldaki bulonun hesaplardan küçük, ortadaki ve sağ uçtaki bulonun ise hesaplardakinden daha büyük değerler aldığı görülmüştür. 8d mesafede ise sol uçtaki ve ortadaki bulonun hesaplara göre daha küçük, sağ uçtaki bulonun ise hesaplardan daha büyük değer aldığı gözlemlenmiştir. (Tablo 7.6)

Tablo 7.6. Moment etkisinde bir sıra üç bulon olarak oluşturulan modelden elde edilen kesme kuvvetleri

TEK SIRA 3 BULON KUVVET=7 TON			
	4d		
	HESAP	ÇÖZÜM	% DEĞİŞİM
1.BULON	21,292	20,55872	-3,443931993
2.BULON	2,333	1,685665	-27,74689241
3.BULON	25,958	25,87305	-0,327247862
	6d		
	HESAP	ÇÖZÜM	% DEĞİŞİM
1.BULON	14,58333	11,69821	-19,78369824
2.BULON	2,33333	3,284767	40,77592968
3.BULON	19,24999	21,98298	14,19733205
	8d		
	HESAP	ÇÖZÜM	% DEĞİŞİM
1.BULON	11,2295	10,02931	-10,68780444
2.BULON	2,333	0,109824	-95,29258465
3.BULON	15,8955	16,91949	6,44201189

Çift sıra ve dört bulon kullanılarak oluşturulan modellerde 4d ara mesafesinde bulonlara gelen kesme kuvvetleri hesaplardakinden küçüktür. Bulonlar arası mesafe 6d bırakıldığında elde edilen kesme kuvveti değerleri hesaplardan elde edilenlerden büyüktür. 8d mesafede sol uçtaki bulonlara gelen kesme kuvvetleri hesaplardakinden büyük, sağ uçtakilerin değerleri ise hesaplardakinden küçüktür.

Bulonlar arası mesafenin artırılmasıyla bulonlara gelen kesme kuvveti değerleri azalmıştır. (Tablo 7.7)

Tablo 7.7. Moment etkisinde çift sıra dört bulon olarak oluşturulan modelden elde edilen kesme kuvvetleri

ÇİFT SIRA 4 BULON KUVVET=7 TON			
	4d		
	HESAP	ÇÖZÜM	% DEĞİŞİM
1.BULON	14,29	14,02484	-1,85556333
2.BULON	14,29	14,02484	-1,85556333
3.BULON	16,75	16,46583	-1,69653731
4.BULON	16,75	16,46583	-1,69653731
	6d		
	HESAP	ÇÖZÜM	% DEĞİŞİM
1.BULON	9,56737	9,61125	0,458642239
2.BULON	9,56737	9,61125	0,458642239
3.BULON	12,02572	12,06824	0,353575503
4.BULON	12,02572	12,06824	0,353575503
	8d		
	HESAP	ÇÖZÜM	% DEĞİŞİM
1.BULON	7,22206	7,26188	0,551366231
2.BULON	7,22206	7,26188	0,551366231
3.BULON	9,66964	9,5591	-1,14316562
4.BULON	9,66964	9,5591	-1,14316562

Çift sıra ve altı bulon kullanıldığında soldaki bulonlara gelen kesme kuvvetleri hesaplardakilerden küçük, ortadaki ve sağ uçtakilerin değerleri hesaplardakilerden büyüktür.

Bulonlar arası mesafelerin artırılmasıyla bulonlara gelen kesme kuvvetleri azalmıştır. (Tablo 7.8)

Tablo 7.8. Moment etkisinde çift sıra altı bulon olarak oluşturulan modelden elde edilen kesme kuvvetleri

ÇİFT SIRA 6 BULON KUVVET=7 TON			
	4d		
	HESAP	ÇÖZÜM	% DEĞİŞİM
1.BULON	8,57732	8,00952	-6,61978334
2.BULON	8,57732	8,00952	-6,61978334
3.BULON	4,451078	6,249492	40,40400999
4.BULON	4,451078	6,249492	40,40400999
5.BULON	10,61547	11,146453	5,001973535
6.BULON	10,61547	11,146453	5,001973535
	6d		
	HESAP	ÇÖZÜM	% DEĞİŞİM
1.BULON	5,85738	5,50358	-6,04024325
2.BULON	5,85738	5,50358	-6,04024325
3.BULON	3,289592	4,666792	41,86537419
4.BULON	3,289592	4,666792	41,86537419
5.BULON	7,93826	8,45176	6,468671976
6.BULON	7,93826	8,45176	6,468671976
	8d		
	HESAP	ÇÖZÜM	% DEĞİŞİM
1.BULON	4,500785	4,462368	-0,85356221
2.BULON	4,500785	4,462368	-0,85356221
3.BULON	2,727972	3,837296	40,66478688
4.BULON	2,727972	3,837296	40,66478688
5.BULON	6,578168	7,034675	6,939728508
6.BULON	6,578168	7,034675	6,939728508

Şaşırtmalı olarak yerleştirilen üç bulonlu birleşim modellerinde, sol uçtaki bulona gelen kesme kuvveti hesaplara göre düşük, iki sıra olan bulonlara gelen kuvvetler, hesaplardakilerden daha büyüktür.

Bulonlar arası mesafenin artırılmasıyla bulonlara gelen kesme kuvvetleri azalmıştır. (Tablo 7.9)

Tablo 7.9. Moment etkisinde şaşırtmalı üç bulon olarak oluşturulan modelden elde edilen kesme kuvvetleri

ŞAŞIRTMALI 3 BULON KUVVET=7 TON			
	4d		
	HESAP	ÇÖZÜM	% DEĞİŞİM
1.BULON	21,99822	20,361198	-7,44161118
2.BULON	23,311038	23,83981	2,268333139
3.BULON	23,311038	23,83981	2,268333139
	6d		
	HESAP	ÇÖZÜM	% DEĞİŞİM
1.BULON	14,333334	12,865376	-10,241567
2.BULON	16,432521	16,925612	3,000702083
3.BULON	16,432521	16,925612	3,000702083
	8d		
	HESAP	ÇÖZÜM	% DEĞİŞİM
1.BULON	10,499368	9,802707	-6,63526605
2.BULON	13,008495	14,883451	14,41332431
3.BULON	13,008495	14,883451	14,41332431

8.SONUÇ VE ÖNERİLER

Tek ve çift tesirli olarak incelenen bulonlu birleşimlerde, bir sıra ve iki sıra olarak, çeşitli adette bulonlar yerleştirilmiştir. Bu bulonların aralarındaki mesafeler değiştirilerek, bulonlara gelen kesme kuvvetleri incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda bulonlara eşit yük dağılacığı kabulüne göre farklar meydana gelmiştir.

Tek tesirli birleşimlerde uçlardaki bulonlar birbirine eşit ve hesaplardan elde edilen değerlerden büyük çıkmıştır. Bu farklar 3 bulonlu birleşimlerde %3 ler civarındayken, bulonlar arası mesafenin artmasıyla ve bulon adedinin artmasıyla %32 lere kadar çıkmaktadır. Ortalardaki bulonlarda ise elde edilen değerler uçtaki bulonlara ve hesaplardan elde edilen sonuçlara göre daha küçük değerlerdir. Buradaki farklar 3 bulonlu birleşimlerde %2 lerdeyken, bulonlar arası mesafenin artması ve bulon sayısının artmasıyla %23 lere kadar çıkmıştır.

Bulonlar arası mesafenin artmasıyla uçlardaki bulonlara gelen kesme kuvvetlerinin arttığı, ortalandakilerde ise azaldığı görülmüştür.

Çift tesirli birleşimlerde sağ uçtaki (tek levhanın olduğu taraftaki) bulonlardaki kesme kuvvetleri, hesaplardan elde edilenlerden daha büyüktür. Bu farklar %2 ile %29 arasında değişmektedir. Burada da bulonlar arası mesafenin artması ve bulon adedinin artmasıyla aradaki farklar büyümektedir. Ortadaki ve sol uçlardaki(iki levhanın olduğu taraftaki) bulonlar hesaplardaki değerlerden daha küçük değerler almışlardır. Ancak bulon sayısının artmasıyla, iki levhanın bulunduğu taraftaki uç bulonların değerleri hesaplardan elde edilen değerleri aşmıştır. Bu uç bulonlarla hesaplardan elde edilenler arasındaki farklar %1 den daha az iken bulonlar arası mesafenin artması ve bulon adedinin artmasıyla %10 'a yaklaşmıştır. Ortalardaki bulonlarda ise farklar %2 civarlarından, bulonlar arası mesafenin artması ve bulon adedinin artmasıyla %17 değerlerine ulaşmıştır.

Moment etkisindeki bulonlu birleşimlerde bulonlar arası mesafenin az olduğu modellerde hesaplardan elde edilen kesme kuvvetlerine göre daha küçük değerlere ulaşılmıştır. Bulonlar arası mesafenin artmasıyla uygulanan kuvvete yakın uçtaki bulonlara gelen kesme kuvvetlerinde azalma elde edilmesine rağmen hesaplardan elde edilen değerlerle aradaki farklar azalmıştır. Bu farklardaki azalma sonucunda, hesaplardan elde edilen değerler aşılmıştır. Bu farklar %7 lere ulaşmıştır. Bulonlar arası mesafenin artmasıyla, kuvvete uzak uçtaki bulonlara gelen kesme kuvvetleri ile hesaplardan elde edilen sonuçlar arasındaki farklarda azalma gözlenmiştir.

Şaşırtmalı olarak yerleştirilen 3 bulonlu birleşimlerde kuvvete uzak uçtaki bulona gelen kesme kuvveti hesaplardan elde edilenlerden küçük, kuvvete yakın bulonlarda ise hesaplardan elde edilenlerden büyüktür. Bulonlar arası mesafenin artmasıyla kuvvete yakın bulonlara gelen kesme kuvvetleri ile hesaplardan elde edilenler arasındaki farklarda artış olmuştur.

Tüm bu çalışmalar doğrultusunda bulon hesapları yapan mühendislerin dikkat etmesi gereken nokta; uçlardaki bulonların teorik hesaplardan elde edilen değerlerden daha büyük olması nedeniyle, birleşimlerin uçlarındaki bulonların kesme kuvvetlerini taşıyabilmesi için belirli bir yük artırma katsayısı kullanarak, birleşimi güvenli bir hale getirmektir.

Bu çalışmadan yola çıkılarak yapılabilecekler; bulonların levhaların kenarlarına olan mesafelerinin değişiminin, bulonlara gelecek kesme kuvvetlerine etkisinin incelenmesi, bu yük dağılımlarıyla orantılı olarak bir yük artırma katsayısı belirlenmesidir.

KAYNAKLAR

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar, Ankara, 158 s

Butterworth, J., Finite element analysis of structural steelwork beam to column bolted connections, Constructional Research Unit, School of Science and Technology, University of Teasside, U.K., 14 p

Deren, H., Uzgider, E. ve Piroğlu, F., 2003, Çelik yapılar, Çağlayan Kitabevi, 814 s

Erşen, N. , Çelik yapılar ve çözümlenmiş problemler, Birsen Yayınevi Ltd. Şti. , 263 s

Karaduman, M. , 2005, Çelik yapılar, Atlas Yayın Dağıtım Ltd. Şti. , 197 s

Odabaşı, Y. , 1997, Ahşap ve çelik yapı elemanları, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., 479 s

Soltis, L.A. and Wilkinson, T.L., 1990, Bolted-connection design, Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 21 p

Tem Mühendislik, 2005, Sap 2000 ile Detaylı Çerçeve Analizi, <http://www.comp-engineering.com>

Türk Standartları Enstitüsü, 1980, TS 648/Aralık 1980 Çelik yapıların hesap ve yapım kuralları, Ankara, 48 s

KAYNAKLAR(devam)

Türk Yapısal Çelik Derneği, 2007, Yapı çeliği işleri teknik şartnamesi, Teknik Yayınlar Serisi-3, İstanbul, 86 s

Varma, A., Design of steel structures-Bolted connection, 23 p