

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAPIŞTIRICI MALZEME İLE BİRLEŞTİRİLMİŞ Z TİPİ
BAĞLANTILARIN MEKANİK ANALİZİ**

Bahattin İŞCAN

Tez Yöneticisi
Prof. Dr. Aydın TURGUT

DOKTORA TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2007

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAPIŞTIRICI MALZEME İLE BİRLEŞTİRİLMİŞ Z TİPİ
BAĞLANTILARIN MEKANİK ANALİZİ**

Bahattin İŞCAN

Tez Yöneticisi:
Prof. Dr. Aydın TURGUT

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2007

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPIŞTIRICI MALZEME İLE BİRLEŞTİRİLMİŞ Z TİPİ BAĞLANTILARIN MEKANİK ANALİZİ

Bahattin İŞCAN

Doktora Tezi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu tez, ... tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği /oyçokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Aydın TURGUT (Fırat Ün. Makine Müh. Mekanik A.B.D.)

Üye: Prof. Dr. Sami AKSOY (Dokuz Eylül Ün. Makine Müh. Mekanik A.B.D.)

Üye: Prof. Dr. Mehmet ÜLKER (Fırat Ün. İnşaat Müh. Mekanik A.B.D.)

Üye: Yrd. Doç. Dr. Muhammet KARATON (Fırat Ün. İnşaat Müh. Mekanik A.B.D.)

Üye: Yrd. Doç. Dr. Mustafa GÜR (Fırat Ün. Makine Müh. Mekanik A.B.D.)

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Sayın Prof.Dr. Aydın TURGUT'a, bulk numunelerimin deneyleri sırasında bana atölyelerindeki çekme makinelerini kullandıran Erzurum Atatürk Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölüm Başkanına ve Sayın Prof. Dr. Adnan ÖZEL'e, çalışmamın başından en sonuna kadar her türlü desteği ve bilgisini esirgemeyen Sayın Yrd Doç. Dr. Mustafa GÜR, Yrd. Doç. Dr. Şemsettin TEMİZ'e ve M. Yavuz SOLMAZ'a ayrıca geceli gündüzlü çalışmalarım sırasında manevi destek veren aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	iv
TABLolar LİSTESİ	xxx
SİMGELER LİSTESİ.....	xxxi
ÖZET	xxxii
ABSTRACT	xxxiii
1. GİRİŞ	1
2. YAPIŞTIRICILAR.....	15
2.1. Giriş.....	15
2.2. Yapıştırıcılar.....	17
2.2.1. Yapıştırıcı Çeşitleri.....	18
2.2.1.1. Kimyasal Tipleri açısından Yapıştırıcılar.....	19
2.2.1.2. Formları Açısından Yapıştırıcılar.....	20
2.2.2. Yüksek Sıcaklıklara Dayanaklı Yapısal Yapıştırıcılar.....	22
2.3. Yapıştırılacak Yüzeylerin Hazırlanması.....	24
2.3.1. Genel Yüzey Hazırlama Yöntemleri.....	25
2.3.2. Alüminyum ve Alaşımların Uygulanan Özel Yüzey İşlemleri.....	28
2.3.3. Primerler.....	29
2.4. Sık Karşılaşılan Yüzeyler ve Yapıştırmaya Uygunluklar.....	30
2.4.1. Alüminyum ve Alaşımlar.....	30
2.4.2. Standart Çelik Alaşımları.....	30
2.4.3. Çinko Kaplamalı Çelik.....	31
2.4.4. İşlenmiş Çinko Kaplamalı Çelik.....	31
2.4.5. PVC Kaplamalı Çelik.....	31
2.4.6. Boyalı Çelik Paneller.....	31
2.4.7. Paslanmaz Çelik Alaşımlar.....	31
2.4.8. Termoset GPR(Cam lifi takviyeli plastik)......	31
2.4.9. Akrilik Yüzeyli Termoset GRP.....	31
2.4.10 Ahşap Yüzeyli termoset GRP.....	32
2.4.11. CFRP (Karbon Lifi takviyeli Plastik)......	32
2.4.12. Naylon.....	32
2.4.13. Poliölefin.....	32
2.4.14. Poliüretan.....	32

2.4.15 PVC.....	32
2.5. Yapıştırıcıların Uygulanması.....	32
2.5.1. Sıvı Yapıştırıcıların Yapışması.....	32
2.5.2. Film Yapıştırıcıların Yapışması.....	33
2.6 Montaj.....	34
2.6.1. Hidrolik / Pnömotik Basınç İle Basınçlardan Isıtılmış Levhalar.....	34
2.6.2. Sabit Aparatlar.....	34
2.6.3. Vakum Torbası.....	34
2.6.4. Basıncılı Fırın (Autoclave).....	35
2.6.5. Kaynak ve Perçin Yardımı ile Yapışma.....	36
2.7. Sertleştirme.....	36
2.8. Yapışmanın Test Edilmesi ve İncelenmesi.....	37
3. YAPIŞMA BİRLEŞMESİNİN GERİLME ANALİZİ.....	38
3.1. Giriş.....	38
3.2. Yapışma İle Birleşme Dizaynı.....	38
3.3. Çekme Gerilme Maruz Yapışma Birleşmesinin Analitik Olarak İncelenmesi.....	39
3.3.1. Yapışma Birleşme Modeli.....	39
3.3.2. Yapışma Birleşme Modelinde Yapıştırıcının Analiz Edilmesi.....	40
3.3.3. Δx Uzunluğundaki Yapışma Kesiti İçin Denge Denkleminin Bulunması.....	42
3.3.4. Üst Levha İçin Çekme ve Kayma Gerilmelerinin Bulunması.....	44
3.3.5. Alt Levha İçin Çekme ve Kayma Gerilmelerinin Bulunması.....	51
3.3.6. Analitik İncelemede Kullanılan Modelin Boyutlandırılması ve Gerilme Dağılımlarının Grafik Olarak Bulunması.....	58
4. PROBLEMİN TANIMLANMASI.....	60
4.1. Yapıştırıcıların Gerilme-Şekil Değiştirme Özelliklerinin Belirlenmesi.....	64
4.2. Bulk Numunelerin Mekanik Davranışının Belirlenmesi.....	64
4.3. Ansys Sonlu Elemanlar Yazılımı.....	67
5. GRAFİKLER YARDIMIYLA GERİLMELERİN İNCELENMESİ.....	70
5.1. Birinci Tip Yapıştırıcı (E Yapıştırıcısı).....	70
5.1.1. (a) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma.....	70
5.1.2. (b) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma.....	76
5.1.3. (θ) Açısına Göre Karşılaştırma.....	79
5.2. İkinci Tip Yapıştırıcı (W Yapıştırıcısı).....	83
5.2.1. (a) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma.....	83
5.2.2. (b) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma.....	84

5.2.3. (θ) Açısına Göre Karşılaştırma.....	79
5.3. E ve W Tipi Yapıştırıcıların Karşılaştırılması.....	86
5.3.1 (a) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma.....	86
5.3.2 (b) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırılması.....	90
5.3.3 (θ) Açısına Göre Karşılaştırma.....	91
5.4. GENEL SONUÇLAR.....	95
KAYNAKLAR.....	97
Ek.1. Birinci Tip Yapıştırıcı (E Yapıştırıcısı)	104
Ek.1.1. (a) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma.....	104
Ek.1.2. (b) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma.....	128
Ek.1.3. (θ) Bindirme Açısına Göre Karşılaştırma.....	152
Ek.2. İkinci Tip Yapıştırıcı (W Yapıştırıcısı)	168
Ek.2.1. (a) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma.....	168
Ek.2.2. (b) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma.....	193
Ek.2.3. (θ) Bindirme Açısına Göre Karşılaştırma.....	220
Ek.3. E ve W Tipi Yapıştırıcıların Karşılaştırılması.....	238
Ek.3.1. (a) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma.....	238
Ek.3.2. (b) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma.....	264
Ek.3.3. (θ) Bindirme Açısına Göre Karşılaştırma.....	291

ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1 Yapışma Birleşme Modeli.....	39
Şekil 3.2 Yapışma Kesitine Gelen Yükler.....	40
Şekil 3.3 Δx Yapışma Kesitinin Yer değiştirmeleri.....	41
Şekil 3.4 Yapıştırıcı Kesiti.....	41
Şekil 3.5 Denge Durumunda Yapışma Kesiti.....	42
Şekil 3.6 Üst Levhanın Yapışma Kesitine Gelen Yükler.....	44
Şekil 3.7 Üst Levha İçin Sınır Şartları.....	48
Şekil 3.8 Alt Levhanın Yapışma Kesitine GelenYükler.....	52
Şekil 3.9 Alt Levha İçin Sınır Şartları.....	55
Şekil 3.10 Yapışma Birleşme Modelinin Boyutlandırılması.....	58
Şekil 4.1 Yapıştırıcı ile birleştirilmiş Z tipi bağlantı.....	60
Şekil 4.2. Çekme deneylerinin yapılması ve kopmanın gerçekleşmesi.....	63
Şekil 4.3. Bulk numuneler için standart çekme numunesi (ISO 527-2).....	64
Şekil 4.4. Bulk numunelerin çekilmesinde kullanılan üniversal (SHIMADZU) çekme cihazının ön görünüşü.....	65
Şekil 4.5. Birinci tür yapıştırıcı (E yapıştırıcısı) bulk numunelerin gerilme-şekil değiştirme diyagramı.....	66
Şekil 4.6. İkinci tür yapıştırıcının (W yapıştırıcısının) bulk numunelerin gerilme-şekil değiştirme diyagramı.....	66
Şekil 4.7. Numunelerin meshlenmiş hali.....	68
Şekil 5.1. $a= 30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	70
Şekil 5.2. $a= 30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için S_x 'in $b=13\text{ mm}$ iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	71
Şekil 5.3. $a= 30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için S_x 'in $b=25\text{ mm}$ iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	71
Şekil 5.4. $a= 30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	72

Şekil 5.5. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için S_y 'nin $b=13$ mm iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	72
Şekil 5.6. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için S_y 'nin $b=25$ mm iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	73
Şekil 5.7. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	73
Şekil 5.8. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için S_{xy} 'nin $b=13$ mm iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	74
Şekil 5.9. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için S_{xy} 'nin $b=25$ mm iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	74
Şekil 5.10. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	75
Şekil 5.11. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $Seqv$ 'nin $b=13$ mm iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	75
Şekil 5.12. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $Seqv$ 'nin $b=25$ mm iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	76
Şekil 5.13. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	76
Şekil 5.14. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	77
Şekil 5.15. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	77
Şekil 5.16. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	78
Şekil 5.17. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	78
Şekil 5.18. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	79
Şekil 5.19. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	79
Şekil 5.20. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	80
Şekil 5.21. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	80
Şekil 5.22. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_y 'nin $b=13$ mm iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	81
Şekil 5.23. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_y 'nin $b=25$ mm iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	81
Şekil 5.24. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	82
Şekil 5.25. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_{xy} 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	82
Şekil 5.26. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	83
Şekil 5.27. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	86
Şekil 5.28. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	86

Şekil 5.29. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	87
Şekil 5.30. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	87
Şekil 5.31. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	88
Şekil 5.32. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	88
Şekil 5.33. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	89
Şekil 5.34. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	89
Şekil 5.35. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	91
Şekil 5.36. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	91
Şekil 5.37. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	92
Şekil 5.38. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	92
Şekil 5.39. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	93
Şekil 5.40. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_{xy} 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	93
Şekil 5.41. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	94
Şekil 5.42. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	94
Şekil E.1. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	104
Şekil E.2. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	104
Şekil E.3. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	105

Şekil E.4. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	105
Şekil E.5. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	106
Şekil E.6. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	106
Şekil E.7. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	107
Şekil E.8. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	107
Şekil E.9. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	108
Şekil E.10. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	108
Şekil E.11. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	109
Şekil E.12. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	109
Şekil E.13. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	110
Şekil E.14. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	110
Şekil E.15. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	111
Şekil E.16. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	111
Şekil E.17. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	112
Şekil E.18. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	112
Şekil E.19. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	113
Şekil E.20. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	113

Şekil E.21. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	114
Şekil E.22. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	114
Şekil E.23. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	115
Şekil E.24. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	115
Şekil E.25. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	116
Şekil E.26. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	116
Şekil E.27. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	117
Şekil E.28. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	117
Şekil E.29. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	118
Şekil E.30. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	118
Şekil E.31. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	119
Şekil E.32. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	119
Şekil E.33. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	120
Şekil E.34. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	120
Şekil E.35. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	121
Şekil E.36. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	121
Şekil E.37. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	122

Şekil E.38. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	122
Şekil E.39. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	123
Şekil E.40. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	123
Şekil E.41. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	124
Şekil E.42. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	124
Şekil E.43. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	125
Şekil E.44. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	125
Şekil E.45. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	126
Şekil E.46. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	126
Şekil E.47. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	127
Şekil E.48. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	127
Şekil E.49. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=30\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	128
Şekil E.50. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=30\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	128
Şekil E.51. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=30\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	129
Şekil E.52. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=30\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	129
Şekil E.53. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=30\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	130
Şekil E.54. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=30\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	130

Şekil E.55. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	131
Şekil E.56. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	131
Şekil E.57. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken Sx 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	132
Şekil E.58. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken Sx 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	132
Şekil E.59. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken Sy 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	133
Şekil E.60. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken Sy 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	133
Şekil E.61. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken Sxy 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	134
Şekil E.62. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken Sxy 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	134
Şekil E.63. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	135
Şekil E.64. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	135
Şekil E.65. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sx 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	136
Şekil E.66. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sx 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	136
Şekil E.67. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sy 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	137
Şekil E.68. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sy 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	137
Şekil E.69. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sxy 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	138
Şekil E.70. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sxy 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	138
Şekil E.71. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	139

Şekil E.72. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	139
Şekil E.73. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sx 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	140
Şekil E.74. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sx 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	140
Şekil E.75. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sy 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	141
Şekil E.76. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sy 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	141
Şekil E.77. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sxy 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	142
Şekil E.78. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sxy 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	142
Şekil E.79. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	143
Şekil E.80. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	143
Şekil E.81. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sx 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	144
Şekil E.82. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sx 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	144
Şekil E.83. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sy 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	145
Şekil E.84. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sy 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	145
Şekil E.85. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sxy 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	146
Şekil E.86. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sxy 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	146
Şekil E.87. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	147
Şekil E.88. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	147

Şekil E.89. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	148
Şekil E.90. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	148
Şekil E.91. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	149
Şekil E.92. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	149
Şekil E.93. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	150
Şekil E.94. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	150
Şekil E.95. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	151
Şekil E.96. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	151
Şekil E.97. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	152
Şekil E.98. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	152
Şekil E.99. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	153
Şekil E.100. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	153
Şekil E.101. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	154
Şekil E.102. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	154
Şekil E.103. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	155
Şekil E.104. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	155
Şekil E.105. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	156

Şekil E.106. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	156
Şekil E.107. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	157
Şekil E.108. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	157
Şekil E.109. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	158
Şekil E.110. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	158
Şekil E.111. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	159
Şekil E.112. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	159
Şekil E.113. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	160
Şekil E.114. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	160
Şekil E.115. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	161
Şekil E.116. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	161
Şekil E.117. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	162
Şekil E.118. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	162
Şekil E.119. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	163
Şekil E.120. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	163
Şekil E.121. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	164
Şekil E.122. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	164

Şekil E.123. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	165
Şekil E.124. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	165
Şekil E.125. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	166
Şekil E.126. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	166
Şekil E.127. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	167
Şekil E.128. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	167
Şekil E.129. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	168
Şekil E.130. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	168
Şekil E.131. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	169
Şekil E.132. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	170
Şekil E.133. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	170
Şekil E.134. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	171
Şekil E.135. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	171
Şekil E.136. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	172
Şekil E.137. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	172
Şekil E.138. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	173
Şekil E.139. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	173

Şekil E.140. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	174
Şekil E.141. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	174
Şekil E.142. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	175
Şekil E.143. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	175
Şekil E.144. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	176
Şekil E.145. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	176
Şekil E.146. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	177
Şekil E.147. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	177
Şekil E.148. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	178
Şekil E.149. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	178
Şekil E.150. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	179
Şekil E.151. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	179
Şekil E.152. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	180
Şekil E.153. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	180
Şekil E.154. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	181
Şekil E.155. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	181
Şekil E.156. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	182

Şekil E.157. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	182
Şekil E.158. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	183
Şekil E.159. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	183
Şekil E.160. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	184
Şekil E.161. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	184
Şekil E.162. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	185
Şekil E.163. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	185
Şekil E.164. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	186
Şekil E.165. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	186
Şekil E.166. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	187
Şekil E.167. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	187
Şekil E.168. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=13\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	188
Şekil E.169. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	188
Şekil E.170. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	189
Şekil E.171. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	190
Şekil E.172. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	190
Şekil E.173. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	191

Şekil E.174. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	191
Şekil E.175. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	192
Şekil E.176. $a=30\text{ mm}$ ve $a=45\text{ mm}$ için $b=25\text{ mm}$ ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	192
Şekil E.177. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=30\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	193
Şekil E.178. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=30\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	193
Şekil E.179. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=30\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	194
Şekil E.180. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=30\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	194
Şekil E.181. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=30\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	195
Şekil E.182. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=30\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	195
Şekil E.183. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=30\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	196
Şekil E.184. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=30\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	196
Şekil E.185. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=45\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	197
Şekil E.186. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=45\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	197
Şekil E.187. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=45\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	198
Şekil E.188. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=45\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	198
Şekil E.189. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=45\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	199
Şekil E.190. $b=13\text{ mm}$ ve $b=25\text{ mm}$ için $a=45\text{ mm}$ ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	199

Şekil E.191. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	200
Şekil E.192. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	200
Şekil E.193. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sx 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	201
Şekil E.194. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sx 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	201
Şekil E.195. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sy 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	202
Şekil E.196. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sy 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	202
Şekil E.197. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sxy 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	203
Şekil E.198. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sxy 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	203
Şekil E.199. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	204
Şekil E.200. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	204
Şekil E.201. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sx 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	205
Şekil E.202. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sx 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	205
Şekil E.203. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sy 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	205
Şekil E.204. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sy 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	205
Şekil E.205. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sxy 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	206
Şekil E.206. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sxy 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	206
Şekil E.207. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	207

Şekil E.208. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	207
Şekil E.209. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sx 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	208
Şekil E.210. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sx 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	208
Şekil E.211. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sy 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	209
Şekil E.212. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sy 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	209
Şekil E.213. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sxy 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	210
Şekil E.214. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sxy 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	210
Şekil E.215. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	211
Şekil E.216. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	211
Şekil E.217. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sx 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	212
Şekil E.218. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sx 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	212
Şekil E.219. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sy 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	213
Şekil E.220. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sy 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	213
Şekil E.221. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sxy 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	214
Şekil E.222. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sxy 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	214
Şekil E.223. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	215
Şekil E.224. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	215

Şekil E.225. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	216
Şekil E.226. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	216
Şekil E.227. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	217
Şekil E.228. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	217
Şekil E.229. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	218
Şekil E.230. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	218
Şekil E.231. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	219
Şekil E.232. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	219
Şekil E.233. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	220
Şekil E.234. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	220
Şekil E.235. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	221
Şekil E.236. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	221
Şekil E.237. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	222
Şekil E.238. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	222
Şekil E.239. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	223
Şekil E.240. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	223
Şekil E.241. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	224

Şekil E.242. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	224
Şekil E.243. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	225
Şekil E.244. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	225
Şekil E.245. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	226
Şekil E.246. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	226
Şekil E.247. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	227
Şekil E.248. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	227
Şekil E.249. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	228
Şekil E.250. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	228
Şekil E.251. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	229
Şekil E.252. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	229
Şekil E.253. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	230
Şekil E.254. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	230
Şekil E.255. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	231
Şekil E.256. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	231
Şekil E.257. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	232
Şekil E.258. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	232

Şekil E.259. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	233
Şekil E.260. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	233
Şekil E.261. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	234
Şekil E.262. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	235
Şekil E.263. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	235
Şekil E.264. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	236
Şekil E.265. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	236
Şekil E.266. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	236
Şekil E.267. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	237
Şekil E.268. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	237
Şekil E.269. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	238
Şekil E.270. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	238
Şekil E.271. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	239
Şekil E.272. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	239
Şekil E.273. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	240
Şekil E.274. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	240
Şekil E.275. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	241

Şekil E.276. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	241
Şekil E.277. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	242
Şekil E.278. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	242
Şekil E.279. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	243
Şekil E.280. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	243
Şekil E.281. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	244
Şekil E.282. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	244
Şekil E.283. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	245
Şekil E.284. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	245
Şekil E.285. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	246
Şekil E.286. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	246
Şekil E.287. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	247
Şekil E.288. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	247
Şekil E.289. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	248
Şekil E.290. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	248
Şekil E.291. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	249
Şekil E.292. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	249

Şekil E.293. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	250
Şekil E.294. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	250
Şekil E.295. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	251
Şekil E.296. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	251
Şekil E.297. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	252
Şekil E.298. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	253
Şekil E.299. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	253
Şekil E.300. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	254
Şekil E.301. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	254
Şekil E.302. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	255
Şekil E.303. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	255
Şekil E.304. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	256
Şekil E.305. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	256
Şekil E.306. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	257
Şekil E.307. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	257
Şekil E.308. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	258
Şekil E.309. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	258

Şekil E.310. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	259
Şekil E.311. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	259
Şekil E.312. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	260
Şekil E.313. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	260
Şekil E.314. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	261
Şekil E.315. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	261
Şekil E.316. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	262
Şekil E.317. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	263
Şekil E.318. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	263
Şekil E.319. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	264
Şekil E.320. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	264
Şekil E.321. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	265
Şekil E.322. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	265
Şekil E.323. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	266
Şekil E.324. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	266
Şekil E.325. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	267
Şekil E.326. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	267

Şekil E.327. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	268
Şekil E.328. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	268
Şekil E.329. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sx 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	269
Şekil E.330. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sx 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	269
Şekil E.331. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sy 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	270
Şekil E.332. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sy 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	270
Şekil E.333. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sxy 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	270
Şekil E.334. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Sxy 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	271
Şekil E.335. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	271
Şekil E.336. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	272
Şekil E.337. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sx 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	272
Şekil E.338. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sx 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	273
Şekil E.339. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sy 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	273
Şekil E.340. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sy 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	274
Şekil E.341. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sxy 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	274
Şekil E.342. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sxy 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	275
Şekil E.343. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	275

Şekil E.344. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	276
Şekil E.345. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sx 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	276
Şekil E.346. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sx 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	277
Şekil E.347. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sy 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	277
Şekil E.348. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sy 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	278
Şekil E.349. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sxy 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	278
Şekil E.350. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Sxy 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	279
Şekil E.351. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	279
Şekil E.352. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	280
Şekil E.353. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken Sx 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	280
Şekil E.354. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken Sx 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	281
Şekil E.355. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken Sy 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	281
Şekil E.356. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken Sy 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	282
Şekil E.357. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken Sxy 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	282
Şekil E.358. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken Sxy 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	283
Şekil E.359. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	283
Şekil E.360. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	284

Şekil E.361. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	284
Şekil E.362. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	285
Şekil E.363. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	285
Şekil E.364. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	286
Şekil E.365. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	286
Şekil E.366. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	287
Şekil E.367. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	287
Şekil E.368. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	288
Şekil E.369. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	288
Şekil E.370. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	289
Şekil E.371. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	289
Şekil E.372. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	289
Şekil E.373. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	290
Şekil E.374. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	290
Şekil E.375. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	291
Şekil E.376. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	291
Şekil E.377. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	292

Şekil E.378. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	292
Şekil E.379. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	293
Şekil E.380. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	293
Şekil E.381. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	294
Şekil E.382. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	294
Şekil E.383. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_{eqv} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	295
Şekil E.384. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_{eqv} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi.....	295

TABLoların LİSTESİ

Tablo	Sayfa
Tablo 4.1 Plakaların ölçüleri.....	61
Tablo 4.2 Sertleşme öncesi 1. tür yapıştırıcının fiziksel özellikleri.....	61
Tablo 4.3 Oda sıcaklığında 7 gün bekledikten sonra 1. tür yapıştırıcının Performans Değerleri.....	61
Tablo 4.4 Sertleşme öncesi 2. tür yapıştırıcının fiziksel özellikleri.....	62
Tablo 4.5 Oda sıcaklığında 7 gün bekledikten sonra 2. tür yapıştırıcının Performans Değerleri.....	62
Tablo 4.6 Yapıştırıcıların mekanik özellikleri.....	67
Tablo.4.7 Birinci tür yapıştırıcının (E yapıştırıcı) analiz ve deneysel yüklerinin karşılaştırılması(13 mm).....	68
Tablo.4.8 İkinci tür yapıştırıcının (W yapıştırıcı) analiz ve deneysel yüklerinin karşılaştırılması(13 mm).....	69

SİMGELER LİSTESİ

Ψ	: Yüzey enerjisi
θ	: Temas açısı , $^{\circ}$
$\tau_{\min}$	: Minimum kayma gerilmesi, Kg / mm ²
$\tau_{\max}$	: Maximum kayma gerilmesi, Kg / mm ²
$t_{\min}$	: Minimum levha kalınlığı, mm
t	: Katı sac kalınlığı, mm
b	: Birleşmede iki perçin arasındaki mesafe
z	: Yapışma birleşmesinin genişliği, m
l	: Yapışma uzunluğu, m
l_1	: Üst levhanın yapışma uzunluğu, m
l_2	: Alt levhanın yapışma uzunluğu, m
F	: Birim genişlik başına uygulanan çekme kuvveti, N / m
σ_1	: t_1 kalınlığındaki levhanın çekme gerilmesi, GPa
σ_2	: t_2 kalınlığındaki levhanın çekme gerilmesi, GPa
τ	: İki levha arasındaki kayma gerilmesi, GPa
ϵ_1	: Üst levhanın birim uzaması
ϵ_2	: Alt levhanın birim uzaması
k	: Katılık parametresi
u_1	: Üst levhanın yer değiştirmesi, m
u_2	: Alt levhanın yer değiştirmesi, m
E_1	: Üst levhanın elastik modülü, GPa
E_2	: Alt levhanın elastik modülü GPa
G	: Yapıştırıcının kayma modülü, GPa
γ	: Kayma birim uzaması
A	: Alt levhanın kesit alanı, m ²
$S_x = \sigma_x$	: x yönündeki çekme gerilmesi (MPa)
$S_y = \sigma_y$	: y yönündeki çekme gerilmesi (MPa)
$S_{xy} = \sigma_{xy}$	:Kayma gerilmesi(MPa)
$Seqv = \sigma_{vonmisses}$	:Von Misses gerilmesi(MPa)

ÖZET

Doktora Tezi

YAPIŞTIRICI MALZEME İLE BİRLEŞTİRİLMİŞ Z TİPİ BAĞLANTILARIN MEKANİK ANALİZİ

Bahattin İŞCAN

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

2007, Sayfa :295

Günümüzde birleştirme yöntemi olarak yapıştırıcıların kullanımı hızlı bir şekilde artmaktadır. Başarılı bir yapıştırmada en önemli parametreleri bulmak için birçok araştırma, geliştirme ve mühendislik çalışmaları yapılmıştır.

Bu çalışmada Z şeklinde bükülmüş ve değişik yapıştırıcılarla yapıştırılmış çelik sacların gerilme analizi yapılmıştır. Çalışmada yapıştırıcı kalınlığı sabit (0.20 mm) alınarak a, b bindirme mesafeleri ve bindirme açıları($\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$) değiştirilerek analiz gerçekleştirilmiştir. Analizde Sonlu Elemanlar Metodu(SEM) kullanılmıştır. Bu metodun en yaygın programı olarak kullanılan Ansys(10.0) tercih edilmiştir. Elde edilen sonuçlar grafiklerle gösterilerek pekiştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gerilme analizi, yapıştırıcı, Ansys, Sonlu Elemanlar Metodu(SEM).

ABSTRACT

PhD Thesis

MECHANICAL ANALYSIS OF ADHESIVE MATERIALS WITH BONDED Z TYPE

Bahattin İŞCAN

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

2007, Page : 295s

The usage of adhesives as connecting on method is increasing rapidly in todays world. Many of research, development and engineering have been made to find the most important parameters for a success adhesion.

In this study, stress analysis of Z type bonded sheet that connected with various adhesives has been investigated. The adhesive thickness was constant (0.20 mm), a and b lap joint length and lap joint angles ($\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$) were varied for analysis. The Finite Element Method (FEM) with most common software of Ansys(10.0). The experimental and mathematical obtained data have been showed with graphs.

Key Words : Stress analysis, adhesive, Ansys, finite element method (FEM).

1. GİRİŞ

Havacılık endüstrisinin öncülüğünde 1940'lerden günümüze hafif ve yüksek dayanımlı malzemelerde hızlı gelişmeler meydana gelmiştir. Kompozit malzemeler ve onların üretim yöntemlerinde özellikle son 15 yılda önemli atılımlar gerçekleştirilmiştir. Bu durum hava taşıtlarının birçok parçasında polimer matris kompozitlerin yeni uygulama alanı bulmasına sebep olmuştur [1]. Kompozit malzemelerdeki bu hızlı gelişim, yapısal elemanların birleştirme yöntemlerinde etkili ve güvenilir ilerlemelerin ortaya çıkmasını, dolayısıyla mekanik birleştirme yöntemlerinden uzaklaşmasını zorunlu hale getirmiştir [2].

Kompozit ve plastiklerin birleştirilmesinde, farklı malzeme tercih edildiklerinden birleştirme yöntemi olarak yapıştırıcıların kullanımı hızlı bir şekilde artmaktadır. Yapıştırma; kaynak, lehim, perçin vs. yanında endüstriyel bir birleştirme yöntemi olarak kullanılmaya başlandığından bu yana, başarılı bir yapıştırma için en önemli parametreleri bulmak amacıyla birçok araştırma, geliştirme ve mühendislik çalışması yapılmıştır [3, 4].

Yapıştırıcının mekanik özelliklerinin belirlenmesi, güvenilirliği ve tekrarlanabilirliğinde yaşanan zorluklar, bu teknolojinin benimsenmesinde güçlüklerle karşılaşılmasına sebep olmaktadır. Bir yapıştırma bağlantısında kompleks gerilmelerin analizi ve yapısal tasarımında yapıştırıcı tabakasının iki temel özelliğinden dolayı zorluklarla karşılaşılır.

- Polimerik yapıştırıcının visko-elastoplastik davranışının bir yansıması olan gerilme şekil değiştirme davranışındaki non-lineerlik.
- Yapıştırıcı tabakasındaki üç boyutlu gerilme durumu.

Yapısal yapıştırıcıların doğru olarak tespit edilmiş mekanik özelliklerine, yapıştırma bağlantısının tasarımında hasar kriterlerini belirlemek ve yüklü bağlantıdaki gerilme dağılımlarını hesaplayabilmek için ihtiyaç duyulur. Böyle özellikler bulk numuneler ve plastik için geliştirilmiş standart deney yöntemleri veya yapıştırıcı tabakasında uniform ve tek eksenli gerilme durumunu temin edecek önlemler almak şartıyla bağlantıları kullanılarak belirlenir.

Uygun boyutlu bulk numunelerin elde edilebilirliği farklı yükleme ve çevre şartlarında mühendislik plastikleri için geliştirilen ve standartlaştırılan yöntemleri kullanarak mekanik özelliklerin belirlenmesine olanak sağlayacaktır. Bu durum hem daha doğru hem daha ucuzdur. Bulk numunelerin hazırlanması üzerine az sayıda çalışma yapılmıştır. Aynı zaman da bu

alışmalar numune üretimi hakkında çok az bilgi verir. Bulk numunelerin üretimi üzerine hazırlanmış standartlarda, yapıştırıcı bir kalıp içerisine dökülür. Daha sonra kalıp üzerindeki bir levha yardımıyla basınç uygulanır. Yapıştırıcı i çerçevede yer alır. Kullanılan yapıştırıcının hacmi i çerçevenin sınırladığından daha fazladır. Bu fazlalık basınç uygulamasıyla dış ve silikon eveveler arasına akar. Daha sonra, gerekli krleşme şartları uygulanarak numunelerin üretimi gerçekleştirilir (5-7). Bu tekniği kullanarak; Sharon ve diğ. [8] , Dodiuk ve diğ. [9] ve Jeandrau [10] epoksi yapıştırıcılardan bulk numuneler üretmiş ve elde ettikleri numunelerin test sonuçlarının tekrarlanabilirliklerini araştırmışlardır. Sonuçta, bulk numunelerin hazırlanmasında karşılaşılan temel problemlerin hava kabarcıkları ve ekzotermik krleşme reaksiyonlarından kaynaklanan porozite olduğunu bildirmişlerdir. Porozite, vakum altında yapıştırıcıdaki gazın giderilmesiyle veya döküm öncesi ısıtılarak viskozitenin düşürülmesiyle azaltılabilir [6,7].

Lees ve diğ., [11], el ile karıştırılmış iki bileşenli yapıştırıcıyı izole edilmiş enjektör içerisinde yaklaşık 3500 d/d, 10 dakika santrifjlemişlerdir. Santrifüjleme sonucunda; hava kabarcıkları, yapıştırıcıdan daha az yoğun olduğu için oluşan girdabın merkezine doğru hareket edeceğinden giderilmiştir. Bu işlem kullanılarak elde edilen numunelerde porozite son derece azalmış ve bu numunelerin test edilmesinden elde edilen mekanik özelliklerin tekrar edilebilirlik oranının daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Duncan ve diğ. [12], farklı krleşme şartlarına sahip dört farklı yapısal yapıştırıcı kullanarak bulk numune hazırlama yöntemleri üzerine çalışmışlardır. Yaptıkları alışmalar sonucunda bulk numune hazırlamada kullanılan yöntemlerin aşağıda belirtilen özelliklerin gerekliliğini göstermişlerdir.

- İki bileşenli yapıştırıcı sistemlerinde düzgün karışım temin edilmesi
- Oluşabilecek hava kabarcıklarını minimize olması
- Aşırı ekzotermik reaksiyonlardan kaçınılması
- Yabancı maddelerin oluşturduğu birikmeleri minimize edilmesi
- Pratik olması

Bulk numunelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde, şekil değişimlerini hesaplayabilmek için çekme veya kayma gerilimleri altında numunede oluşan küçük deformasyonların ölçülmesi gereklidir. Karşılaşılan bazı problemlerde uygulanan kuvvetin llmesine rağmen, yer değiştirmelerin belirlenmesi şekil değişim oranı ve şiddetine ,

yapıştırıcının mukavemetine bağımlı olduğundan bu tür ölçümlerin yapılması zordur ve ölçüm cihazlarından kaynaklanan hatalar söz konusudur [13].

Duncan ve diğ. [14], çekme ve kayma yükü altında bu tip ölçüm yapan çeşitli cihaz tiplerinin performanslarının karşılaştırılması üzerine çalışmışlardır. Ölçüm yapan cihazların doğruluğu ve uygulanabilirliği şekil değiştirme oranı ve test edilen yapıştırıcının dayanımına bağımlı olduğundan, bu cihazların hem yüksek dayanımlı hem de esnek yapıştırıcılar üzerinde denemiştir. Burada yüksek dayanımlı ve esnek yapıştırıcı kavramı elastisite modülüne göre yapılmıştır. Elastisite modülü 1-4 GPa arasında olan yapıştırıcılar yüksek dayanımlı, 0.01-1 GPa arasında olanlar ise esnek yapıştırıcı grubuna girmektedir.

Dean ve diğ. [15], yukarıda bahsedilen çalışmanın devamı niteliğindeki araştırmalarında, hem plastik materyallerin çeşitli standart deneylerinde belirtilen hem de bir yapıştırma bağlantısındaki yapıştırıcı kalınlığı ile karşılaştırılmasına imkan sağlayacak şekilde 0.5-4 mm arasında değişen kalınlıklarda bulk numuneler hazırlayarak, yapıştırıcının mekanik özelliklerinin kalınlıkla değişip değişmediğini incelemiştir. Numuneler arasındaki değişebilirliğin gözlenebilmesi için, dört ayrı tipte yapısal yapıştırıcıdan (bir ve iki bileşenli epoksiler, iki bileşenli poliüretan ve iki bileşenli akrilik) farklı kalınlıklarda numuneler hazırlayarak test etmişlerdir. Yaptıkları çekme deney sonuçları, numune kalınlığı ile malzeme özelliklerinin (elastisite modülü, kopma dayanımı, çekme dayanımı vb.) değişmediğini göstermiştir. Çalışmalarında sonuç olarak; kalın numunelerin üretilmesinin zor oluşu ve çok ince numunelerin ise extensometre ağırlığıyla burkulmaya maruz kalmalarından dolayı 2-3 mm kalınlıkları arasındaki numunelerden daha doğru ve uygun veriler elde edildiğini belirtmişlerdir.

Bağlantı formunda numuneler kullanılarak yapıştırıcıların mekanik özellikleri, silindirik alın bağlantı veya tek tesirli bindirme bağlantı numunelerine tek eksenli yüklerin uygulanması ile belirlenir [16]. Bağlantıdaki yapıştırıcı tabakasının kalınlığı genellikle çok küçük olduğundan (0.1-0.5 mm), bu tabakadan rutin olarak yüksek doğruluk oranlarında şekil değişim miktarının belirlenmesi zordur. Aynı zamanda: yapıştırma bağlantısının hasarı genellikle yapıştırılan malzemenin özellikleri ve boyutları, pervaz geometrisi, bağlantı geometrisi gibi karmaşık ve çok eksenli gerilme durumları karşısında oluşur. Bu yüzden bazı durumlarda yapıştırıcının mekanik özelliklerinin bağlantı formundaki numunelerle tespiti silindirik alın bağlantı numunelerinin tek eksenli çekme deneyinde elde edilen verilerde olduğu gibi hatalı sonuçlar üretir. Diğer taraftan, bir yapıştırıcının bağlantı formundaki numuneler kullanılarak elde edilen mekanik özelliklerinin, bulk formdaki numunelerden elde edilenlerle aynı olup olmadığı konusu ile ilgili tartışmalar vardır. Yapılan bazı çalışmalarda yukarıda değinilen iki tip numune kullanılarak elde edilen mekanik özellikler arasında farklılıkların olduğu iddia edilmiş ve uzun

yıllar yapıştırıcı tabakasının kalınlığı azaldıkça, yapıştırıcının elastik modülünün artacağına inanılmıştır [17,18]. Ancak son zamanlarda yapılan çalışmalar aynı kürleşme şartlarında bulk ve bir bağlantıdaki yapıştırıcı tabakasının mekanik özelliklerinin benzer olduğunu göstermiştir [10]. Ayrıca Lilleheden[19] farklı kalınlılara sahip yapıştırıcı tabakasına sahip bağlantı formundaki numuneler ile bulk numuneler kullanarak yaptığı deneylerden elastik özelliklerin yapıştırıcı tabakası kalınlığında bağımsız olduğunu ileri sürmüştür, bulk ve bağlantı formundan elde edilen mekanik özellikler arasında fark olduğunu iddia eden yayınların hatalı olduğunu ve bu hataların aşağıda belirtilen sebeplerden kaynaklandığını bildirmiştir.

- Bulk ve yapıştırma bağlantısının kürleşme şartlarındaki farklılıktan dolayı yapıştırıcının farklı özellikler sergilemesi.
- Bağlantı formundaki numunelerde yapıştırıcıda oluşan yük durumunun iyi tanımlanamaması ve kompleks gerilimlerin oluşması,
- Yeterince hassas olmayan ölçüm sistemleri.

Bulk numunelerden elde edilen mekanik özelliklerin bir yapıştırma bağlantısında kullanıldığında ne yönde etki oluşturduğu yani yapıştırma bağlantısından elde edilen özelliklerle, bulk yapıştırıcı numunelerinden elde edilen özelliklerin örtüşüp örtüşmediğinin tespit edilmesi gerekmektedir. Duncan ve diğ. [20], esnek yapıştırıcılar kullanarak ürettikleri bulk numune ve farklı geometrik şekillere sahip yapıştırma bağlantılarında deneysel ve sayısal çalışmalar yapmışlar ve istatistiksel yöntemleri kullanarak bulk yapıştırıcının çekme dayanımı ile, bağlantının dayanımı arasındaki ilişkinin formüllerle ifade edilebileceğini bildirmişlerdir.

Yapıştırma bağlantılarının uygun bir şekilde tasarlanması, yapıştırıcı tabakasını riskli bölge olmaktan çıkartacaktır. Bu yapıştırıcıdan önce yapıştırılan malzemede oluşan hasarın göz önünde tutulması demektir [21]. Verilen bir yükleme durumu için bağlantıda dayanımın tahmini bazı faktörlerin anlaşılmasına bağlıdır. Temelde bu faktörle; yük ve yükün büyüklüğü, yapısal geometri, yapıştırıcı ve yapıştırılan malzemenin mekaniksel özellikleridir. Bununla birlikte bir yapıştırma bağlantısının dayanımının tahmini o kadarda kolay bir iş değildir. Teorik analizler, deneysel çalışmalarla desteklenmelidir. Bazı durumlarda yapılan deneysel çalışmaların, teorik analizlerden daha iyi sonuçlar verebileceği göz ardı edilmemelidir [22].

Yapıştırma bağlantılarının mekanik davranışının tespit edildiği farklı deneysel yöntemler olmasına rağmen, basit geometrileri, üretim süreçlerinin kolay oluşundan dolayı, yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantılarının deneysel yöntemlerde kullanımı

daha yaygındır [23,25]. Birçok yapıştırma bağlantı modeli de tek tesirli bindirme bağlantı geometrisi kullanılarak geliştirilmiştir [26].

Tek tesirli bindirme bağlantısı geometrisinden dolayı, çekmeye zorlandığında eksantrik bir yükleme durumu söz konusudur. Bu durumda numunelerde eğilme momentinin ve dolayısıyla yapıştırmanın yapıldığı serbest uçlarda dönmelerin oluşmasına neden olur. Yapıştırılan malzemelerdeki dönmeler ise, yapıştırmanın yapıldığı bölgede soyulma gerilimlerini oluşturur. Bu soyulma gerilimleri yapıştırmanın yapıldığı serbest uçlarda oldukça önemlidir ve sonuçta hasarın bu bölgeden başlamasına neden olur. Özellikle ASTM D1002 ve ASTM D3165'te kullanılan numuneler çekme deneyine tabi tutulduğunda oluşan bu soyulma gerilimleri yapıştırıcı özellikleri üzerine araştırma yapanların karşılaştığı güncel problemlerdir. Aslında; yapıştırıcının kayma modülü, akma dayanımı gibi özellikler bu iki yöntemle belirlenmez. Bu iki yöntem; sadece farklı yapıştırıcı sistemlerinin karşılaştırılması ve bağlantının dayanımı hakkında bilgi sağlar. Gerçek bağlantı yapılandırmasına çok yakın bir yapılandırma oluşturduğundan, tek tesirli bindirme bağlantı geometrisinin bu deneysel yöntemlerde kullanımı büyük fayda sağlar.

Guess ve diğ. [27], iki farklı yapıştırıcı ve farklı kalınlıklarda yapıştırılan malzeme kullanarak ürettikleri yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantılarının kayma dayanımları üzerine analitik ve deneysel olarak çalışmışlardır. İnce numuneler üzerinde yaptıkları analizlerde kayma dayanımlarının çok düşük ve bu tipteki numunelerin hasarlarında soyulma gerilmesinin rolünün büyük olduğunu göstermişlerdir. Kalın yapıştırılan malzeme kullanarak ürettikleri numunelerde ise yukarıda bahsedilenlerin tersine bir durumun oluştuğunu bildirmişlerdir.

Bir yapıştırma bağlantısının analizinde, analitik ve sayısal olmak üzere iki temel yaklaşım vardır. İlk yaklaşımda, sınır şartları ve diferansiyel denklemlerden oluşan bir formülasyon söz konusudur. Bu denklemlerin çözümü bağlantının herhangi bir noktasındaki gerilme değerini verir. İkinci yaklaşımda ise diferansiyel denklemlerin çözümleri sayısal yöntemlerle elde edilir. Her iki yöntemde de yapıştırma bağlantısını oluşturan elemanların (yapıştırıcı ve yapıştırılan malzeme) elastik ve elastik-plastik davranışı dikkate alarak analiz yapılabilir.

Yapıştırma bağlantılarının teorik modellerinin gelişimi 50 yılı aşan bir süreçte gerçekleşmiştir. Volkersen [28], yapıştırılan malzemelerin sadece çeki yükünden dolayı deforme olduğunu yapıştırıcının ise kayma deformasyonuna uğradığını kabul ederek analizini yapmıştır. Bu analiz eksantrik(merkez dışı) yüklemeden dolayı oluşan eğilme momentinin etkisini içermez. Bindirmenin yapıldığı bölgenin serbest uçlarından oluşan eğilme momenti

yapıştırma bağlantısının dayanımı üzerinde oldukça büyük bir etkiye sahiptir ve bağlantıdaki gerilme dağılımları belirlenirken mutlaka dikkate alınmalıdır. Bu etki ilk defa Goland ve diğ. [29] tarafından yapılan çalışmada dikkate alınmıştır. Onlar, sadece bağlantıda oluşan hasar üzerine yapıştırıcı tabakasındaki soyulma gerilimlerinin önemli değil aynı zamanda gerilme dağılımlarını belirlenmesinde eğilme momentinden kaynaklanan dönemlerin rolüne de açıklık getirerek yapıştırma bağlantılarının gerilme analizi üzerine literatüre önemli bir katkıda bulunmuşlardır. Daha sonra yapılan çalışmalar, Goland ve diğ. [29] kayma veya kalınlık boyunca oluşan yer değişmelerin ihmal edilerek kurdukları modelin eksik yanları üzerine yoğunlaşmışlardır.

Bu çalışmada oldukça tartışılabilir olan varsayım alt ve üst yapıştırılan malzemenin bindirmenin yapıldığı bir bölgede bütün olarak düşünülmesidir. Hart-Smith [30], Goland ve diğ. [29] ile aynı varsayımları yapmış ancak, alt ve üst yapıştırılan malzemelerde oluşan deformasyonları ayrı ayrı dikkate almıştır. Onun analizi tek tesirli bindirme bağlantısının davranışını anlamada oldukça önemli bakış açısı sağlamıştır. Oplinger [31] yaptığı çalışmada, yukarıda bahsedilen analizleri daha gerçekçi bir modelle yeniden gözden geçirmiştir. Analizinde, alt ve üst yapıştırılan malzemede oluşan büyük dönmelerin ve yapıştırıcı tabakasındaki kayma deformasyonların etkisini dikkate almıştır.

Tsai ve diğ.[32], yapıştırmanın olduğu yapıldığı bölgenin serbest uçlarındaki momentlerin hesaplanması üzerine büyük dönmelerin etkisini analiz etmişler ve yapılan yapıştırma bağlantısı kısa ise, serbest uçlarda oluşan momentler üzerine dönmelerin etkisinin ihmal edilebileceğini ifade etmişlerdir. Bununla birlikte Tsai ve diğ. [33], büyük bindirme uzunlukları için Goland ve diğ. [29] analizinin doğru sonuçlar vermediğini, kısa bindirme uzunlukları içinse oldukça doğru sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Hart-Smith tarafından yapılan analiz, Goland ve diğ. [29] analizinden daha doğru sonuçlar vermesine rağmen, bu doğruluk büyük deformasyonları içermediğinden hala kısa bindirmeli uzunluklar için geçerlidir. Oplinger'in modelinde, yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantısının tüm elemanlarındaki büyük dönmeler dikkate alınarak serbest uçlardaki momentler elde edildiğinden, herhangi bir bindirme uzunluğu için oldukça doğru sonuçlar verir. Li ve diğ. [34], geometrik olarak non-lineer etkileri de göz önünde bulundurarak sonlu elemanlar yöntemiyle gerilme ve eğilme momenti üzerine geometrik faktörlerin etkisini incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçları deneysel sonuçlarla destekleyerek Oplinger'in teorik modeliyle karşılaştırmışlardır.

Wu ve diğ. [35], Goland ve diğ. [29] analizinin noksan yanları üzerine çalışmışlardır. Onlar, farklı kalınlık ve uzunluktaki, farklı yapıştırılan malzemeler kullanılarak oluşturulmuştur tek tesirli bindirme bağlantıları üzerine geliştirdikleri yöntemi uygulamışlardır.

Yukarıda bahsedilen modellerin tümü gerçekçi olmayan ve bağlantı uçlarında oluşan maksimum kayma gerilmesini içerir [26]. Bu problem uçlarda kayma gerilimlerinin sıfır olduğu bir model geliştiren Renton ve diğ. [27] tarafından çözülmüştür. Allman [36], bindirmenin yapıldığı bölgenin serbest uçlarında kayma gerilimlerini sıfır veren ve yapıştırıcı kalınlığı boyunca soyulma gerilimlerinin lineer varyasyonla değişimine izin veren bir model geliştirmiştir. Chen ve diğ. [37], bağlantının serbest uçlarında kayma gerilmesinin sıfır çıktığı bir formülasyon oluşturmuşlardır. Kalamkarov [38] ve Her [39], yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantısında elastisite teorisini kullanarak teorik analiz yapmışlardır.

Sawa ve diğ. [40], çekme yüküne maruz farklı yapıştırılan malzemelerin yapıştırılması ile oluşturulmuş tek tesirli bindirme bağlantısını iki boyutlu elastisite teorisini kullanılarak analiz etmişlerdir. Ara yüzeyde oluşan gerilme dağılımı üzerine, yapıştırılan malzeme kalınlığı, yapıştırıcı tabakasının kalınlığı ve yapıştırılan malzemelerin elastisite modül farklarından oluşan etkileri analiz etmişlerdir. Yapıştırılan malzeme kalınlığı ve elastisite modülünün yapıştırmanın yapıldığı bölgenin serbest uçlarında oluşan gerilme dağılımları üzerine son derece büyük bir etkisinin olduğunu göstermişlerdir.

Yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantıları için geliştirilen analitik çözümler üzerine yapılan bu çalışmalar yapıştırma bağlantılarının mekanik davranışlarının anlaşmasına yönelik önemli bir bakış açısı sağlar. Ayrıca, tasarım kısıtlarının kurulduğu parametrik çalışmalarda ve deney planlamasında oldukça faydalıdır. Bununla birlikte, gerçek uygulamalarda bu yöntemlerin kısıtlayıcı varsayımları ve teorisinin kurulduğu geometrilere dolayısıyla oldukça sınırlıdır. Bu yöntemlerin çoğu üç boyutlu analizin gerekli olduğu yerlere direkt olarak uygulanmaz.

Bilgisayarlarda meydana gelen hızlı gelişimler sayısal yöntemlerin kullanımını daha çekici ve uygulanabilir hale getirmiş ve farklı yük şartlarında düzensiz geometrilerin modellenerek analizine imkân sağlamıştır.

Analitik yöntemler, yapıştırıcı tabakasındaki gerilme dağılımlarının belirlenmesinde lineer elastik analiz seviyesinde bile sınır şartlarını sağlamaz ve yetersizdir. Diğer taraftan sayısal yöntemler gerilme durumu, şekil değiştirme oranı, zaman ve sıcaklığa bağımlı olan gerilme-şekil değiştirme verilerinin kullanımını gerektirir. Bu durum ise yapıştırıcının mekanik özelliklerinin tek eksenli çekme ve kayma yükleri altında belirlenmesini gerektirir. Son zamanlarda yapılan birçok araştırmada, yapısal yapıştırıcıların gerilme-şekil değiştirme özelliklerinin tek eksenli bası ve çeki yükleri altında farklı davranış sergilediğini ortaya koymuştur [41,43].

Gali ve diğ. [43] yapıştırıcının mekanik davranışı üzerine deviatorik ve hacimsel gerilme bileşenlerinin etkilerini lineer, non-lineer, plastik deformasyon seviyelerinde dikkate alan bir gerilme-şekil değiştirme kavramı sunmuşlardır. Ortaya koydukları çözüm yöntemi basit tek eksenli gerilme durumundan elde edilen deneye dayalı veriler yardımıyla çok eksenli gerilimlere maruz yapıştırıcı tabakasının sayısal analizine olanak sağlar.

Bigwood ve diğ. [44], yapıştırıcı tabakasındaki kayma ve soyulma gerilimlerini temsil eden diferansiyel denklemleri çözmüş ve elde ettikleri sonuçları, sonlu elemanlar yöntemi kullanarak elde ettikleri sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Daha sonra yaptıkları çalışmalarında ise, sonlu farklar ve sonlu elemanlar çözüm teknikleri yardımıyla yapıştırma bağlantıları üzerinde elasto-plastik gerilme analizi yapmışlardır [45-46].

Lee [47], Voltera integral eşitliklerini kullanarak non-lineer malzeme özellikleri ve farklı yapıştırılan malzeme geometrileri için sayısal bir çözüm yöntemi geliştirilmiş ve bu yöntemin diğer sayısal yöntemlere göre daha doğru ve kararlı sonuçlar verdiğini ileri sürmüştür.

Sonlu elemanlar, mekanik sistemlerin analizinde kullanılan önemli ve lineer bölge içerisinde yapılan analizlerde basit ve oldukça etkili bir yöntemdir. Genel yük ve yer değiştirme şartlarında karmaşık geometrilerin analizine imkan sağlar. Bu yaklaşım bir yapıştırma bağlantısında kullanılacaksa, dikkate değer sonuçlar elde etmek için özellikle yapıştırıcı tabakasında sonlu elemanlar ağının çok iyi yapılmasını gerektirir [48].

Yapıştırma bağlantılarının analizinde sonlu elemanlar yönteminin kullanıldığı çok sayıda çalışma vardır. Yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantısında ilk sonlu elemanlar analizi Wooley ve Carver tarafından yapılmıştır.

Haris ve diğ. [49], yapıştırıcı ve yapıştırılan malzemelerin elastik-plastik davranışları yanında geometrik olarak non-lineer etkileri de dikkate aldıkları bir sonlu elemanlar modeli geliştirmişlerdir. Yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantısı kullanarak hem pervazlı hem de pervazsız modeller üzerinde analizler yapmışlardır. Yapıştırılan malzemelerde von-Mises akma kriterini, dayanımı yüksek yapıştırıcılar için ise modifiye edilmiş von-Mises akma kriterini kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçları teorik ve deneysel sonuçlarla karşılaştırmışlardır.

Jeandrau [50], sonlu elemanlar yöntemini kullanarak farklı yapıştırma bağlantılarının burulma ve çekme yükleri altında elastik, elastik-plastik ve plastik gerilme dağılımlarını incelemiştir.

Tsai ve diğ. [51], yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantısında geometrik olarak non-lineer deformasyonları ve yapıştırıcı tabakasındaki gerilme dağılımlarını

deneysel, sayısal ve teorik analizini yapmışlar ve her üç yöntemle elde ettikleri sonuçların uyum içinde olduğunu ifade etmişlerdir.

Wu ve diğ. [52], tasarım amacına yönelik olarak yapısal yapıştırma bağlantıları için basitleştirilmiş sonlu eleman modelleri sunmuşlardır. Çalışmalarında, yapıştırıcı tabakası dört noktalı izoparametrik dörtgen elemanlarla modellenirken, yapıştırılan malzemeyi hem kiriş hem de izoparametrik elemanlarla modellemişlerdir.

Mortensen ve diğ. [53], farklı bindirme biçimlerindeki yapıştırma bağlantılarının tasarımı ve analizi için birleştirilmiş bir yöntem geliştirmişlerdir. Analizlerinde, yapıştırılan malzemeleri kiriş veya levha gibi modellerken, yapıştırıcı tabakasının hem elastik hem de elastik olmayan davranışını dikkate alarak modellerini oluşturmuşlardır. Geliştirdikleri analiz prosedürünün etkili, güvenilir ve oldukça doğru sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Lang ve diğ. [54], yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantısında, sonlu elemanlar yöntemini kullanarak bindirmenin yapıldığı bölgenin ortada kalan kısmının çıkarıldığı bir model kurarak gerilme analizi yapmışlar ve elde ettikleri sonuçları yapıştırıcı tabakası çıkarılmasında kurulmuş modelden elde ettikleriyle karşılaştırmışlardır. Sonuçta yapıştırıcı tabakasının çıkarıldığı modelde oluşan maksimum gerilme dağılımında diğer modele göre önemli bir artışın olmadığını ifade etmişlerdir.

Sancaktar ve diğ. [55], tek tesirli bindirme bağlantılarının dayanım ve deformasyon davranışı üzerine yapıştırılan malzemedeki oluşturulan çentikğin etkisini incelemişlerdir. Önce, sonlu elemanlar yöntemini kullanarak optimum çentik yeri, boyutları ve geometrisinin tespitini yapmışlardır. Bu parametrik çalışmalardan sonra daha detaylı sonlu elemanlar analizi ile bu verilerin farklı hasar kriterlerine uygulanabilirliğini değerlendirmek için deneysel sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Deneysel sonuçlar çentikli numunelerin dayanımını, olmayanlardan %29 daha fazla olduğunu göstermişlerdir. Sonlu elemanlar analizlerinde ise pik gerilme değerinde %27'lik bir azalma olduğunu rapor etmişlerdir.

Pandey ve diğ. [56], yapıştırma bağlantılarında, yapıştırıcı tabakasının elastoviskoplastik davranışını dikkate alarak sonlu elemanlar yöntemiyle gerilme analizi yapmışlardır. Analizlerinde yapıştırılan malzemeleri elastik davranış sergilediklerini varsayarken, yapıştırıcı tabakasının akma davranışında modifiye edilmiş von-Mises akma kriterini kullanmışlardır. Sonuçta, bindirme uzunluğundaki artışla maksimum soyulma (peel stres) ve kayma gerilimlerinde azalmanın olduğunu ve gerilme dağılımları üzerinde sınır şartlarının son derece önemli etkisinin bulunduğunu ifade etmişlerdir.

Li ve diğ. [57], kompozit tek tesirli bindirme bağlantısında sonlu elemanlar yöntemini kullanarak yapıştırıcı tabakası kalınlığı boyunca gerilme ve şekil değiştirme dağılımları belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. Analizlerinden elde ettikleri sonuçların, Tsai ve diğ. [58] tarafından yapılan deneysel sonuçlarla uyum içinde olduğunu belirterek, pik kayma ve soyulma gerilimlerinin yapıştırıcı tabakası kalınlığı ve elastik modülün artışıyla arttığını belirtmişlerdir.

Bir yapıştırma bağlantısında gerilme dağılımı incelenirken genellikle bindirmenin yapıldığı serbest uçlarda oluşan pervazın etkisi dikkate alınmaz. Bilindiği gibi, pervazın varlığı bindirmenin yapıldığı serbest uçlarda gerilme yığılmalarını azalttığından pik gerilme değerlerini düşürür ve bağlantı dayanımını artırır. Bununla birlikte pik gerilmelerdeki bu azalma, sadece pervazın varlığına değil aynı zamanda geometrisi ve boyutlarına da bağlıdır. Lang ve diğ. [59], yaptıkları araştırmada farklı boyut ve gerilmelerdeki pervazların tek tesirli bindirme bağlantısını dayanımı üzerine etkisini incelemişlerdir. Tsai ve diğ. [60] ise, çekme yüküne maruz pervazlı ve pervazsız yapıştırıcı ile birleştirilmiş kompozit tek tesirli bindirme bağlantılarında deneysel ve sayısal analiz yaparak, pervazın soyulma ve kayma gerilmelerinde büyük düşüş meydana getirdiğini göstermişlerdir.

Yapıştırma bağlantısı hazırlanırken uygulanan yüzey hazırlama yöntemi, ısıtma ve soğutma oranı, birleştirme işlemi süresince uygulanan basınç, erime ve yeniden kristalleşme sıcaklığında kalma süresi bağlantının dayanımı üzerinde büyük etkiye sahiptir. Yapıştırıcı ve yapıştırılan malzemelerin mekanik özellikleri arasındaki fark yukarıda bahsedilen özelliklerle birleşince yapıştırıcı-yapıştırılan malzeme ara yüzeylerinde artık gerilme oluşumuna neden olur. Ara yüzeydeki iç gerilmelerin varlığı yapıştırma bağlantısının performansı üzerinde farklı etkiler oluşturabilir [61]. Bu etkiler ara yüzeyde oluşan gerilmelerin karakterine bağlıdır ve bağlantının performansı üzerinde büyük etkiye sahiptir [62].

Adams ve diğ. [63], sıcaklık veya küreleşme ile yapıştırıcıdaki büzülme veya yapıştırılan malzemelerdeki uygunsuzluk nedeniyle oluşan ısı etkileri, yapıştırma bağlantısının gerilme dağılımlarında ve dayanımında önemli değişimlere sebep olduğunu göstermişlerdir.

Apalak ve diğ. [64], büyük yer değiştirmelerin etkisini dikkate alarak yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantısında yapıştırıcı ve yapıştırılan malzemelerin ısı özelliklerindeki uyumsuzluktan dolayı oluşan gerilmeleri, sonlu eleman yöntemiyle incelenmiştir. Yaptıkları detaylı analizlerin sonucunda, bağlantıdaki en kritik bölgenin yapıştırıcı-yapıştırılan malzeme ara yüzeylerin serbest uçları olduğunu, alt ve üst yapıştırılan malzeme yüzeylerinde büyük ısı gerilmelerin oluştuğunu ifade etmişlerdir.

Apalak ve diğ.[65], silindirik tek tesirli bindirme bağlantısı üzerinde sonlu elemanlar yöntemiyle yaptıkları diğer bir çalışmada, yapıştırıcı tabakasının serbest uçlarında ciddi gerilme

yığılmaları ve bunun sonucu olarak silindirik tek tesirli bindirme bağlantısında dikkate değer deformasyonların oluştuğunu göstermişler ve aynı zamanda bindirme uzunluğundaki artışın, yapıştırıcı tabakasının pik gerilme değerlerinde düşüşe sebep olduğunu bildirmişlerdir.

Heterojen yapıların özellikle yapıştırma bağlantılarının sonlu elemanlar yöntemiyle analizi, ara yüzeylerdeki gerilme vektörlerinin sürekliliğini sağlayamazsa çözümlerde hataların oluşumuna neden olur. Ara yüzeyde oluşan süreksizlik; yapıştırıcının mekanik özelliklerinin, yapıştırılan malzemeninkinden çok farklı oluşundan dolayıdır. Cheikh ve diğ. [66], geliştirdikleri yöntemin analiz süresinde önemli bir azalmayla birlikte, heterojen yapıların ara yüzeylerinde oluşan gerilmelerin sürekliliğini de sağlayan bir yöntem geliştirmişlerdir.

Yapıştırma bağlantılarında optimum dayanımın ince yapıştırıcı tabakalarında elde edildiği bilinir (0.1-0.5 mm). Yapıştırma bağlantıları üzerine yapılmış analitik analizlerde yapıştırıcı tabaka kalınlığındaki artışla, bağlantı dayanımında artış gözlenir.

Analitik çözümlerdeki bu hata eğilimi, Gleich ve diğ. [67] tarafından incelenmiş ve yapıştırıcı tabakasında kalınlık boyunca oluşan gerilme dağılımları bu hataların temel sebebi olduğunu ileri sürmüşlerdir. Literatürde, yapıştırıcı tabakasının kalınlığındaki artışla bağlantının hasar yükünde meydana gelen düşüşün temel nedenleri üzerine birçok hipotez vardır. Bu hipotezler aşağıda verilen dört ana başlık altında toplanabilir.

- Eğilmenin etkisi
- Yetersiz akma ve kırılma kriterleri
- Porozite ve mikro çatlaklar
- Ara yüzey gerilmeleri

Bütün teorik analizler; bağlantıdaki eğilmeler üzerine yapıştırıcı tabakasının kalınlığını içerir. Bu tabaka kalınlığındaki artış kayma ve soyulma gerilmelerinde, hasardaki artış anlamına gelir. Böyle bir durumda yukarıda anlatılan etkiye ters düşeceğinden, bu hipotezi geçersiz kılar. Crocombe [68], kurduğu modelde yapıştırıcı tabaka kalınlığındaki artışla gerilmelerdeki düşüşe rağmen kullandığı akma kriteriyle, tabaka kalınlığındaki artışla hasar yükünde düşüş olduğunu göstermiş ve bunun sebebinin daha kalın yapıştırıcı tabakalarında akmanın, ince olanlara göre daha hızlı gerçekleştiğinden dolayı olduğunu ileri sürmüştür. Ancak, Gleich ve diğ. [67]'e göre bu hipotez gevrek karakterli yapıştırıcılar için akma oluşmadan hasar meydana geldiğinden geçerli değildir. Adams ve diğ. [69], kalın yapıştırıcı tabakasının daha fazla porozite ve mikro çatlaklar içerdiğini ileri sürmüşlerdir. Bununla birlikte, çatlağın başladığı yerin veya porozite ve mikro çatlak sayısının tam olarak belirlenememesi bu hipotezi geçersiz kılar [67]. Sawa ve diğ. [70], tek tesirli bindirme bağlantısında kalınlığın etkisini incelemişlerdir. Onlar, ara yüzeyde

serbest uçlara yakın bölgede oluşan gerilmelerin yapıştırıcı kalınlığının artmasıyla arttığını keşfetmişlerdir. Bu ara yüzeyde oluşan gerilmelerin yapıştırıcı kalınlığının belirlenmesinde önemli rol oynadığı anlamına gelmektedir [67].

Bir yapıştırma bağlantısındaki gerilme dağılımları bir veya iki boyutlu sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak dikkate değer bir doğrulukta analiz imkânı sağlayabilir. Bununla birlikte, iki boyutlu analizlerin uygulanamayacağı veya uygulanabilir doğrulukta sonuçlar üretmeyeceği durumlar vardır. Tek tesirli bindirme bağlantısında bile genişlik boyunca oluşan gerilme dağılımlarının doğru olarak belirlenmesi isteniyorsa, üç boyutlu analiz gerekebilir. Bu şekilde yapılmış bir analizden elde edilecek en önemli avantaj özel varsayımların yapılmasına gerek duyulmamasıdır, dezavantajı ise veri hazırlamadaki zorluk ve bilgisayar analizi için gereken süredir [58, 71, 72].

Andruet ve diğ. [73], yapıştırma bağlantılarının mekanik davranışını tahmin edebilmek amacıyla iki ve üç boyutlu sonlu elemanlar modeli geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modellerde, büyük deformasyonlara maruz kalan yapıştırma bağlantılarının geometrik olarak lineer olmayan davranışı dikkate almışlar ve daha uygun çözümleme için seferberlik derecesinin de azalma sağlamışlardır.

Pandey ve diğ. [74], geometri ve malzeme özelliklerinden kaynaklanan lineer olmayan etkileri dikkate alarak yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantısındaki sonlu eleman yöntemiyle üç boyutlu visko-plastik gerilme analizi yapmışlar. Üç boyutlu analiz sonuçlarını, iki boyutlu analizlerle karşılaştırdıklarında farklılıklarının olduğunu ifade etmişlerdir.

Tong ve diğ. [75], geliştirdikleri sonlu elemanlar programı yardımıyla çatlak içeren elemanların yapıştırıcı ile tamir sonrası yük altındaki davranışlarını geometrik ve malzemeden kaynaklanan non-lineer etkileri dikkate alarak incelemişlerdir.

You ve diğ. [76], yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantılarının dayanımı üzerine pervaz içerisinde yerleştirilmiş farklı şekil ve boyutlardaki metalik parçaların etkisini incelemişlerdir. Deneysel çalışmalar pervaz içerisindeki metalik parçalar bağlantının kayma dayanımı arttırdığını göstermişlerdir.

Daha evvel yapıştırma birçok endüstriyel alanda kullanılan popüler bir birleştirme tekniği olduğundan bahsedilmişti. Son zamanlarda ince levhaların presle şekillendiği metal endüstrisinde yapıştırıcı ve birleştirme yöntemi büyük ilgi görmektedir. Bu tip üretim süreçlerinde yapıştırma ile birleştirme işlemi genellikle en son safhada gerçekleştirilir. Böyle geleneksel süreçler yerine yapıştırma işlemi, metallere uygulanan presleme işlemiyle aynı anda

gerçekleştirilebilirse mükemmel bir üretim tekniği olacaktır. Bununla birlikte bu yeni üretim tekniği, yapıştırıcı tabakasındaki büyük kayma deformasyonlarından dolayı, levhalarda geometrik kusurlar ve deleminasyon(kalkma) gibi zorlukları da beraberinde getirir. Bu zorlukların giderilmesi üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır [77, 78].

Takiguchi ve diğ. [77], yapıştırılmış ince metal tabakalarına büyük deformasyon oranlarında şekil verilip verilmeyeceği üzerine çalışmalardır. Araştırmalarında yapıştırılmış metal tabakalarının davranışını, hem V eğme deneyleri (ISO 14679 ve ISO 15108) hem de sayısal benzetimle incelemiştir. Sonuçta bindirme mesafeleri uzun ince metal tabakalarına, büyük deformasyon oranlarında şekil verilebileceğini bildirmişlerdir.

Özel ve diğ. [79], farklı özelliklere sahip iki farklı yapıştırıcı kullanılarak oluşturulmuş ve dört noktadan eğme yüküne maruz tek tesirli bindirme bağlantısında sonlu elemanlar yöntemiyle gerilme analizi yapmışlar ve elde ettikleri sonuçları deneysel verilerle karşılaştırmışlardır. Sayısal analizle, yapıştırılan malzeme kalınlığının bağlantı performansı üzerine son derece önemli bir etkisinin olduğunu göstermişlerdir.

Apalak[80], yapıştırıcı ve yapıştırılan malzemelerin gerilme-şekil değiştirme davranışlarını belirledikten sonra bu verileri kullanarak eğilme momentine maruz tek tesirli bindirme bağlantılarında sonlu elemanlar yöntemiyle gerilme analizi yapmıştır. Sonuçta, alüminyum yapıştırılan malzemelerde son derece büyük plastik deformasyonların oluştuğunu ve bindirmenin yapıldığı sağ serbest uçta başlayan çatlağın ilerlemesinin, sol taraftakinden tamamen farklı olduğunu sayısal analiz sonuçları deneysel verilerle destekleyerek göstermiştir.

Apalak [80], küçük şekil değişim-büyük yer değiştirme teorisine dayalı sonlu elemanlar yöntemiyle yapıştırılmış köşe bağlantısında geometrik olarak lineer olmayan gerilme analizi yapmıştır. Analizlerinde, büyük yer değiştirmeleri ve dönmeleri dikkate alan bu teorisinin hesaplama zamanını uzatmasına rağmen daha doğru ve gerçekçi sonuçlar verdiğini göstermiştir. Aynı zamanda yükleme durumuna bağlı olarak, geometrik parametrelerin pik gerilmeler üzerinde dikkate değer etkiler oluşturduğunu bildirmiştir.

Yamaguchi ve diğ. [81], rijit yapıştırılan malzemeler kullanılarak üretilmiş L ve T tipi yapıştırma bağlantıların dayanımlarını deneysel ve teorik olarak incelemiştir. Yapıştırma bağlantılarının dayanımı ile ilgili türettikleri formüllerin deneysel sonuçlarla uyum içerisinde olduğunu ifade etmişlerdir.

Liu ve diğ. [82], eğilme momentine maruz yapıştırma bağlantılarında elastisite teorisini kullanarak gerilme analizi yapan bir formülasyon geliştirmişler ve bağlantının dayanımı tam olarak tahmin edebilmek için sonlu elemanlar yöntemiyle elasto-plastik gerilme analizi

yapmışlardır. Sonuçta yapıştırılan malzemelerin elastisite modülü arttıkça bağlantı dayanımının arttığını göstermişlerdir.

Amijima ve diğ. [83], dört noktadan eğme yüküne maruz tek tesirli bindirme bağlantısında gerilme analizi yapan bir sonlu elemanlar programı geliştirmişlerdir. Bağlantı dayanımı ile ilgili yaptıkları sayısal analizlerin deneysel sonuçlarla uyum içinde olduğunu göstermiştir.

Olia ve diğ. [84], genel eğilme deformasyonlarını içeren ve bindirmenin yapıldığı bölgenin merkezinde boşluk içeren bir yapıştırma bağlantısında gerilme analizi yapmak için uygun bir yöntem geliştirmişlerdir. Sonuçta boşluk bindirmenin serbest uçlarına çok yakın olmadığı sürece gerilme dağılımlarını pek etkilemediğini ifade etmişlerdir.

2. YAPIŞTIRICILAR

2.1. Giriş

Yapıştırıcılar, birbirine geçen zincir moleküllerden oluşmaktadır. Bu zincir yapı doğal değil yapaydır.

Yüksek teknolojiyle üretilen yapıştırıcılar o kadar dayanıklı ki, yapıştırıcının uygulandığı birleşme yerine bir şey olamamakla beraber zaman zaman metalin kendisi kırılmaktadır. Ancak adhezyon kuvveti, iyi bir yapışmanın tek ön koşulu değildir. Aksi takdirde su çok iyi yapıştırıcı olurdu. Çünkü suyun yüzeyi oldukça yüksek tutma kapasitesine sahiptir. Ama akıcı olduğu için yapıştırma etkisi bulunmamaktadır. Burada ikinci bir kuvvet olan yapıştırıcı maddedeki moleküllerin tek tek sahip oldukları iç tutunma kuvveti “kohezyon” devreye girmektedir. Bu kuvvet sadece katı ortamlarda etki gösterdiği için, yapıştırıcılar başta akıcı (adhezyon kuvveti devrede) olmakla birlikte sonradan katılaşmaktadır(kohezyon kuvveti devreye giriyor).

Bu sıvıdan katıya doğru geçme olayı, yapışkanın türüne bağlı olarak, hava, sıcaklık ya da morötesi ışınlar aracılığıyla gerçekleşmektedir. Ya da yapışkanın içine ikinci bir bileşen olarak özel karıştırıcılar eklenmektedir. Bunlar, yapıştırıcının sertleşmesini sağlayan kimyasal tepkime başlatır. Sıvıdan katıya geçiş özelliği sayesinde, su bile, buza dönüştüğünde iyi bir yapıştırıcı olarak kullanılabilir. Buz, farklı malzemeleri birbirine çok iyi bağlayıp, dayanıklı hale getirir. Ancak, endüstriyel kullanımlar için uygun değildir.

Polivinil asetat, metil selüloz, poliklor butadien ya da siyan akrilat ve poliüretan, son yıllarda özellikle tercih edilen sentetik yapıştırıcılardandır. Bütün bunların hepsinin ortak noktası, monomer(tek parçalı), oligomer ya da prepolimerler gibi küçük moleküllerin yapıtaşlarının, kimyasal tepkime sonucu polimer(çok parçalı) adı verilen makro moleküllere dönüşmeleridir. Bu büyük moleküller, tek parçalı moleküllerden belirgin olarak daha yüksek kohezyon kuvvetine sahiptirler.

Günümüzde endüstride özellikle otomobil yapımında yapısal yapıştırıcılar kullanılmaktadır. Vidaların, perçinlerin başarısız olduğu, kaynakların kırıldığı yerlerde yapıştırıcı çok başarılı olmaktadır. Yapıştırılarak tutturulan karoser taşıyıcıları, 90 (MPa) gibi büyük bir kuvvetle test edildiğinde, birleşme yerlerinin zarar görmediği ancak çeliğin parçalandığı gözlenmiştir

Yapıştırma teknolojisinin sağladığı bu avantajlar, otomobil yapımcılarında heyecan yaratmıştır. Yapıştırılan şeritler katlandığı için; karoserlerin, bir bükülme ya da buruşma

sırasında daha çok enerji emebilmekte, bu da karoserlerin kaza anındaki tepkisini en sağlıklı düzeye yükseltmektedir.

Klasik yapıştırıcılar, çarpışma anında, milisaniye gibi çok kısa sürelik bir itmeyle bile dökülüp dağılabilmektedir. Buna karşın, ileri teknoloji ile üretilen kimyasal yapıştırıcılar, yastık görevi yapan lastik parçacıklar içermekte ve yapıştırılan yerlerde oluşturulan çatlaklar bu yumuşak lastik parçacıklara kadar ilerleyip, burada durdurulmaktadır. Yeni bir çatlağın oluşabilmesi için, yeniden daha büyük bir enerji gerekir. Bu yapısal yapışma, karoserin burulma ve bükülme direncini yükselterek dayanıklılığı yüzde 10-30 oranında arttırmaktadır.

Anaerop yapıştırıcılar, titreşimlerin bağlantıları gevşetebildiği her yerde sağlam bir montaj gerçekleştirmektedir. Bu nedenle anaerop yapıştırıcıyla parçaları birleştirilen çamaşır makineleri, teleferik ya da vinç sistemleri, işletme dişlisi ve pompalar çoktan günlük hayatın bir parçası olmuştur. Adhezyon ve kohezyon kuvvetinin doğada ne kadar önemli rol üstlendiği hayvanlar ve bitkilerde gözlemlenmiştir.

Yapıştırıcılar çelik gemi yapımında 300 yıldır kullanılmaktadır. Gemi çeliğinin gelişimi, 2. Dünya Savaşının hemen akabinde perçin yerine kaynak olarak teknolojisinin uygulanması, pasla savaş yöntemlerinin gelişmesi ve boya teknolojisindeki yenilikler sac tekneleri sağlam ve güvenilir tekne isteyen yatırımcıların dikkate almaları gereken bir alternatif haline getirmiştir.

Özellikle uzun gezilere, dünya seyahatine çıkmayı planlayan gezginler metal tekneleri yeğlemektedir. Saç tekneler aynı ebatlardaki CTP ve ahşap teknelere göre daha ağırdırlar. Yapım, bakım ve tamirleri neredeyse dünyanın her köşesinde ve kısıtlı imkânlarla bile mümkün olabilmektedir. Alüminyum tekneler bakım gerektirmemeleri, hatta aslında boyaya da ihtiyaç duymamaları, işleme kolaylıkları(ancak kaynak işlemine göre biraz uzmanlık gerektirir) ve hafiflikleri yanında sağlamlıkları nedeniyle iddialı ve pahalı tekneler, büyük yatlar çok sık rastlanan önemli ürünlerdir. Alüminyum tekneler elektriksel korozyona karşı iyi korunabilmektedir.

2.2. Yapıştırıcılar

Yapıştırıcı, malzemeleri bir arada tutan madde olarak tanımlanır. Yapışma, iki yüzeyi moleküller, iyonlar ve atomlar arası etkileşimden dolayı oluşan çekim kuvvetleriyle bir arada tutturulması olarak tanımlanır. Yapıştırıcılar sıvı, katı, macun ve bant gibi birçok fiziksel şekilde olabilir. Yapısal ve yapısal olmayan yapıştırma işlemi olarak iki temel yapıştırıcı ile birleştirme tipi vardır. Yapısal yapıştırma, yapının sürekliliğini kaybetmeden yük taşıyabilen yapıştırıcı ile birleştirme sistemidir. Yapısal birleştirme işleminde yapısal yapıştırıcılar kullanılır.

Yapısal yapıştırıcılar, yükleri yapışan parçalar arasında iletmede kullanılan yapıştırıcılardır. Yapısal yapıştırıcılar, uzay sanayi, otomotiv endüstrisi, gemicilik vb. birçok alanda kullanılmaktadır.

Yapıştırıcıların en büyük fonksiyonu parçaları bir araya getirerek birleştirmektir. Geleneksel mekanik birleştirme yöntemlerinden daha uygun bir gerilme dağılımı sağlayarak yük iletimi sağlamak mümkündür. Bununla birlikte yapıştırıcılar daha düşük maliyet ve ağılıkta bağlantının oluşturulmasına ek olarak mekanik birleştirme yöntemlerine eşdeğer veya daha fazla bağlantı dayanımı sağlayabilmektedir.

Yapıştırma bağlantılarının avantaj ve dezavantajları üzerine yoğun bir şekilde çalışılmıştır. Bu çalışmalarda yapıştırma bağlantılarının avantaj ve dezavantajları aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

Avantajları:

- Düzgün gerilme dağılımı ve daha büyük yük taşıma alanı temin edilmesi,
- Herhangi bir şekilde ince ve kalın malzemelerin birleştirilmesi,
- Benzer veya farklı malzemelerin birleştirilmesi,
- Yorulma ve tekrarlı yük dayanımı,
- Düzgün yüzeyli birleştirme olanağı,
- Değişik ortamlara karşı bağlantıda yalıtım olanağı sağlaması,
- Birçok teknolojiye kolaylıkla uygulanabilir olması,
- Isı ve elektrik iletkenliğine karşı yalıtkan olarak kullanılabilmesi,
- Yüksek darbe ve titreşim sönümleme kabiliyeti,
- Dikkat çekici dayanım/ağırlık oranı,
- Mekanik birleştirme yöntemlerinden daha kolay ve ucuz olması,
- Sıkı geçme bağlantılarında dayanımı yükseltmesi,
- Sert ve yumuşak olan iki ayrı parçanın hasar görmeden birleşmesini sağlaması,
- Sızdırmazlık sağlaması,
- Klasik bağlantı şekillerine göre daha hafif olması,
- Cıvata, perçin gibi elemanlarca oluşturulan yüzey bozuklukları yapıştırıcı ile birleştirildiği zaman sistemde düzelme elde edilmesi,
- Yapıştırıcı kullanılması ile tüm yapışma alanı boyunca düzenli bir gerilme elde edilmesi,
- Talaşlı imalat maliyetleri azalması ve daha kaliteli üretim gerçekleştirilmesi.

Dezavantajları:

- Parçaların birleştirilmesinin zor olması, yüzey hazırlığı ve temizliği gerektirmesi,
- Yapıştırıcının mekanik özellikleri zaman ve sıcaklığa bağımlılık göstermesi
- Düşük soyulma dayanımı ve darbe dayanımı,

- Bağlantı ya da yapıştırıcının performansı ile ilgili verilerdeki eksiklikler,
- Yapıştırma bağlantısının ömrü maruz kaldığı çevresel etkilere bağımlı olması,
- Metal yapıştırıcıların en önemli dezavantajı sıcaklık etkisidir. Metal yapıştırıcılar belirli bir geçiş sıcaklığına sahiptirler. Bu sıcaklık değerleri üzerinde mukavemet değerlerinin oldukça düşmesi,
- Ortam şartlarını uygun hale getirmek ve uygulama ekipmanlarını sağlamak gerekir. Bu koşulları sağlamanın da maliyeti oldukça yükseltmesi,
- Metal yapıştırıcı uygulanan yüzeye tam olarak yayılmayabilir. Eksik yayılma mukavemetin düşmesine neden olması,
- Nemli ve kimyasal ortamlar bazı yapıştırıcıların özelliklerini kötü yönde etkiler ve mukavemetlerinin düşmesini sağlaması,
- Metal yapıştırıcılarının bazı çeşitleri devamlı yükleme durumunda sürünme gösterebilirler.

Yapıştırıcılar mukavemetleri açısından, yapısal ve yapısal olmayan yapıştırıcılar olarak iki ana gruba ayrılır. Yapısal yapıştırıcılar; esnek, ısıya ve sıvıya dayanıklı ve yüksek kayma mukavemetine sahiptirler. Ses altı yolcu uçaklarında kullanılan yapısal yapıştırıcıların kayma mukavemeti olarak kıymete değer bir sürekliliğe sahip olmak gerekir. Elastik uzama bakımından, yapıştırıcıları sadece düzenli olarak yorulma yükleri ile sınırlamak gerekir. Ama aynı zamanda yapıştırıcının, çatlaklar etrafında oluşan yükleri için de ekstra uzama kapasitesine sahip olması istenir.

Yapıştırıcılar kullanmadan önce film, macun, sıvı ve toz gibi çeşitli formlarda olabilirler. İyi bir yapışma için yapıştırıcı kalınlığı, 0.05 ile 0.15 mm arasında olmalıdır. Yapışma öncesi birleşme yüzeylerinin temiz olması, yapışma işleminin en can alıcı ve nihai ürünün kalitesini etkileyen en önemli noktadır. Ayrıca yapıştırıcının kuruma süresince kalınlık kaybı da tasarım ve analiz açısından göz önüne alınması gereken bir kriterdir.

Bütün yapıştırıcılar, kimyasal yapılarından dolayı kabuklaşma süresine sahiptirler. Yani uzun ömürlü malzemelerdir. Bu süre birkaç yıla kadar değişebilir. Kabuklaşma süresini doldurmuş yapıştırıcılar kullanma yapışmanın mukavemetini düşürür.

Yapışma için kullanılan yapıştırıcı ve yapışma astarları uygun soğuk hava depolarında saklanmalıdır [85].

2.2.1. Yapıştırıcı Çeşitleri

Günümüzde kullanılan modern yapıştırıcılar, kimyasal tipleri ve formları açısından iki ana grup olarak sınıflandırılır [86].

- Kimyasal tipleri açısından yapıştırıcılar
- Formları açısından yapıştırıcılar

2.2.1.1. Kimyasal Tipleri açısından Yapıştırıcılar

Yapıştırıcılar kimyasal tipleri açısından;

Kimyasal reaksiyon ile sertleşen yapıştırıcılar ve fiziksel değişim ile sertleşen yapıştırıcılar olarak iki ana gruba ayrılır

a) Kimyasal Reaksiyon İle Sertleşen Yapıştırıcılar

En güçlü yapıştırıcılar kimyasal reaksiyon ile sertleşirler. Bu tip yapıştırıcılara, yapısal yapıştırıcılar da denir. Günümüzde kullanılan kimyasal reaksiyon ile sertleşen kimyasal yapıştırıcı tipleri ve özellikleri şöyledir:

- **Anaerobikler**

Sızdırmazlık amacıyla kullanılan bu yapıştırıcılar, hava ile teması ortadan kalkması ile sertleşir. Emniyet ve sızdırmazlık için kullanılırlar. Akrilik olarak bilinen sentetik reçine esaslıdırlar.

- **Cyanoacrylate'ler**

Yapıştırıcılar özel bir tipi olan cyanoacrylate'ler, yapıştırılacak olan yüzeyler üzerindeki nemim reaksiyonu ile sertleşirler. Çok kısa sürede kuruyan bu yapıştırıcılar plastik parçaların için oldukça uygundur.

- **Sertleştirilmiş Akrilikler**

Akriliklerin düzenlemiş bir tipi olan bu yapıştırıcılar, oldukça hızlı sertleşirler. Yüksek mukavemet ve sertlik isteyen yerlerde kullanılırlar. Reçine ve katalizör olarak iki parçalıdır. Yapışma yüzeylerinin birine reçine, diğerine katalizör tatbik edilir.

- **Epoksiler**

Epoksi yapıştırıcılar, epoksi reçine ile sertleştiriciden oluşur. Epoksi yapıştırıcılar ile son derece mukavemetli yapışmalar elde edilir. Çok farklı tipte malzemeleri yapıştırmak için kullanılabilirler. Tek bileşenli, iki bileşenli ve film olarak üç farklı formdadırlar.

- **Poliüretanlar**

Poliüretan yapıştırıcılar, iki bileşenli ve hızlı sertleşen yapıştırıcılardır. Darbe mukavemetine dayanıklıdır. Cam esaslı kumaşları yapıştırmak için oldukça uygundur. Hızlı kuruma için makine ile yapıştırıcının uygulanması gerekir. Genellikle yapışma astarı ile beraber kullanılırlar.

- **Modifiye Edilmiş Fenolikler**

Yüksek mukavemet gerektiren metal ile metal, metal ile ağaç ve metal ile kompozit esaslı fren pabucu yapışmaları için oldukça iyidir. Sertleşmesi için, ısı ve basınç uygulamak gerekir.

b) Fiziksel Değişim İle Sertleşen Yapıştırıcılar

Kimyasal reaksiyon ile sertleşen yapıştırıcılara nazaran, fiziksel değişim ile sertleşen yapıştırıcılar, daha düşük yapışma mukavemetine sahiptirler. Bu yapıştırıcılara, yapısal olmayan yapıştırıcılar da denir. Endüstride oldukça yaygın kullanım alanına sahip fiziksel değişim ile sertleşen yapıştırıcı tipleri şöyledir:

- **Sıcak Eriyikler**

Sıcak eriyikler polimer esastır. Hafif yüklere maruz kalacak şekilde dizayn edilmiş yapıları, hızlıca birleştirmek için kullanılırlar.

- **Kauçuk Yapıştırıcılar**

Eriyik esaslı kauçuk yapıştırıcılar, su ortamının ya da çözülmenin kaybolması ile sertleşirler. Yüke maruz kalan yapışmalar için uygun değildir.

- **PVA'lar (Polyvinyl Acetates)**

Ağaç ve karton gibi gözenekli malzemelerin yapışması için uygundur. Endüstride oldukça geniş kullanım alanına sahiptirler.

- **Basınç Gerektirmeyen Yapıştırıcılar**

Teyp ve etiket için uygun olan bu tip yapıştırıcılar sertleşmemelerine rağmen çevre şartları durumlarını değiştirebilirler. Yüke maruz kalan yapışmalar için uygun değildir.

2.2.1.2. Form Açısından Yapıştırıcılar

Modern yapıştırıcılar, macun, sıvı ve toz gibi çeşitli formlarda olabilirler. Kullanım yeri olarak çeşitli gruplarda değerlendirilebilir. Bu gruplar:

a) Macun tipi yapıştırıcılar

b) Film tipi yapıştırıcılar

- c) Düşük vizkoziteli yapıştırıcılar
- d) Düşük yoğunluklu yapıştırıcılar
- e) Reçineler
- f) Köpükler

a) Macun Tipi Yapıştırıcılar

Metal ya da kompozit parçaları birleştirmek için kullanılan iki bileşenli, oda sıcaklığında sertleşen yapıştırıcılardır. Bu yapıştırıcıların yüksek viskoziteye sahip olanları, mükemmel yakın yapışma sağlar. Bu yapıştırıcılar 80°C'nin altındaki sıcaklıklarda sertleşir. Sabit ısıtma gerektiğinde ısı yorgani kullanmak gerekir. Yapıştırıcı kalınlığının 0.1 ile 0.2 mm arasında olması, yapışma için yeterlidir. Karışım oranlarına dikkat edilmez ise, uygulama süresi göreceli olarak düşer. Bu yapıştırıcıların viskoziteleri düşük olduğundan düşey yüzeylerde ya da düşey yapışmalarda kullanılmazlar.

Bu grubun bazı ticari örnekleri,

REDUX408, EA9309, EA9321, EC1838 B/A, EA934NA, EA 9390, EA9330, ARALDITE

b) Film Tipi Yapıştırıcılar

Film tipi yapıştırıcılar, metalik ya da kompozit malzemelerin yapıştırılması ya da yapışmasına yardım etmesi için kullanılan epoksi esaslı malzemelerdir. Çok geniş kullanım alanına sahiptirler.

Kompozit malzemelerin tamirleri için kalın filmler (300 gr/m²), metal parçaların tamirleri için ise ince filmler (150 gr/m²) kullanılır.

Bu gruba ait bazı ticari örnekler;

REDUX312.06, FM73.06, FM123-5.06, EA9628NW.06, AF163/2K.06, FM300K dır.

c) Düşük Vizkoziteli Yapıştırıcılar

Bu yapıştırıcılar, epoksi reçine esaslıdır. Oda sıcaklığında ya da yüksek sıcaklıklarda(120-180°C) sertleşir.

Düşük vizkoziteli yapıştırıcılar, petek yapıları veya sandviç levhaların kenarlarını doldurmak için kullanılır. Bu yapıştırıcılar, birleşmeler içindeki süreksizliklere karşı daha fazla kayma mukavemetine sahip olmalarından dolayı, yapısal bütünlüğü korurlar. Kuruma süresi içinde köpürmez ve genişlemezler. Bu yüzden bu yapıştırıcıları belli bir yerde hapsetmek için özel bir aparata veya korumaya gerek yoktur.

Bu grubun bazı ticari örnekleri ise şunlardır;

ARALDITE AV134, ARALDITE AY105, EC2216 B/A, EA954, EA959, HYSOL EA 9309

d) Düşük Yoğunluklu Yapıştırıcılar

Düşük yoğunluklu yapıştırıcılar; iki bileşenli, oda sıcaklığında sertleşebilen yapıştırıcılardır. Bu yapıştırıcılar

a) göçük ya da dolgu tipi tamiri

b) kompozit kumaş tabakalarının yapıştırılması

c) mükemmel yapışması istenen iki parçanın yapıştırılması

için kullanılır. Optimum yapışma, kuruma eğrisine göre, sertleşme işlemi sona erdikten sonra yapılabilir. Karışma oranı yanlış yapılırsa, yapıştırıcının uygulama süresi göreceli olarak düşer.

Bu grubun bazı ticari örnekleri ise şunlardır;

EC3524 B/A, EC3439 HT, EC3500 B/A, EC404 B/A, BOSTIC E5260

e) Reçineler

Kompozit kumaşların emdirilmesi için kullanılan, iki parçalı düşük viskoziteli epoksi reçinelerdir. Optimum yapışma kuruma eğrisine göre sertleşme işlemi tamamen sona erdikten sonra elde edilebilir. Karışma oranı yanlış yapılırsa uygulama süresi göreceli olarak düşer.

Bu grubun bazı ticari örnekleri şunlardır;

ARALDITE LY564-1, EPICOTE 816, RESİN EUROPFOX 730

f) Köpükler

Köpükler, kuruma süresince genişleyen epoksi esaslı yapıştırıcılardır. Bu yapıştırıcılar birleşmedeki boşlukları doldurur ve birleşen parçalarının tümünü birbirine kuvvetlice yapıştırır. Köpük kalınlığının en az 2 mm olması istenir.

Bu grubun bazı ticari örnekleri şunlardır;

REDUX204, FM33, F41, HYSOL THERMO FOAM 3050, AF3024

2.2.2. Yüksek Sıcaklıklara Dayanaklı Yapısal Yapıştırıcılar

Genel olarak yapıştırıcılar metal, seramik ve polimer malzemelerden oluşur [87]. Polimer, organik esaslı malzemeler oldukları için, yüksek sıcaklıklara dayanma mukavemetleri düşüktür.

Polimer esaslı yapıştırıcılar, termosetler ve termoplastikler olarak iki gruba ayrılır [88]. Termosetler ve termoplastikler arasındaki en önemli fark, termosetlerin sertleşmesi için moleküler yapıda çapraz bağların oluşması gerektiren, termoplastikler böyle bağ oluşturmazlar. Ayrıca termoplastiklerin ısıtılıp soğutulduklarında önce şekillerini tekrar kazanabilmeleri mümkünken termosetler sertleştikten sonra, tekrar ısıtıldıklarında bozulurlar.

Termoset malzemeler genelde termoplastikler malzemelerden daha serttirler ve yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır. Termoset malzemelerin üretim zamanı, termoplastik malzemelere nazaran çok daha uzundur.

Bilindiği gibi yapıştırıcılar, belirli bir sıcaklığın üzerinde kimyasal özelliğini kaybederler. Yapıştırıcıların kimyasal özelliğini kaybettiği bu sıcaklığa, yumuşama noktası adı verilir. Yumuşama noktası yüksek değere sahip olan yapıştırıcılar, yüksek sıcaklıklara dayanıklı yapıştırıcılardır. Bu yapıştırıcılara metalik yapıştırıcılar da denilebilir.

Bütün polimer malzemelerin yumuşama noktası düşüktür. Bu yüzden yapıştırıcının yüksek sıcaklığa dayanımı arttırmak için, yapıştırıcının kimyasal bileşimdeki fenolik ve epoksi reçine oranını artırmak ya da polimer oranını düşürmek gerekir.

Metal yapıştırıcılar olarak bilinen yüksek sıcaklığa dayanıklı, çok çeşitli malzemeler arasında mükemmel yapışma sağlayan fenolik esaslı yapıştırıcılar, ideal şartlarda ve ideal oranlarda karıştırılması sonucunda, yapıştırıcıda kırılganlık olmaksızın yüksek sıcaklıklarda yüksek mukavemet vermenin yanında iyi bir dolgu malzemesi olarak da kullanılır.

2.3. Yapıştırılacak Yüzeylerin Hazırlanması

Yapıştırma bağlantıları, yapıştırıcı ve yüzeyler arasında tam temas olmamasından olumsuz etkilenirler. Başarılı bir yapıştırma için tasarımda, uygun yüzey hazırlama yöntemi ve uygun yapıştırıcı belirlenmelidir.

Yüzey hazırlığı, yapıştırıcı kullanarak yapılan birleştirme yönteminin en kritik aşamasıdır. Yüzey hazırlamanın amacı; sürekli ve yüksek dayanımlı bir yapıştırma bağlantısı sağlayacak yapıştırılan malzeme yüzeylerinin oluşturulabilmesidir. Pratik olmamasına karşın, yapıştırılacak malzemelerin, oksit, boya, krom ve fosfor gibi tabakaların araya girmeden yapıştırıcıyla direkt temas etmesi istenir. Bu tabakalar “Zayıf Sınır Tabakalar” olarak adlandırılır. Böylece bu tabakaları ihtiva eden malzemeleri yapıştırma yöntemiyle bir araya

getirme çabası, tozlu bir yüzeye basınca hassas bant uygulamasına benzer. Bu şartlar altında yapıştırıcı, yapıştırılacak malzeme yüzeyleri ile asla temas içinde olmayacaktır [13].

Yapıştırma için yapılan yüzey hazırlık yönteminin seçimi sistemli bir yaklaşım gerektirir. Görünürde olan ya da olmayan birçok faktör bu seçimi etkiler. Parça boyutu kullanılan donanımlar görünürde olan faktörler arasındadır. Bağlantı dayanımının zayıflamasına neden olabilecek banyoda aktif kimyasalların hızlı tüketimi veya yabancı materyallerin toplanması daha az görünürde olan faktörlere örnek olarak verilebilir.

Tatmin edici bir yüzey hazırlığı yapılmadığı takdirde bağlantı, yapıştırıcı-yüzey temas bölgesinden kopacaktır. Doğru yüzey hazırlama yapıldığında, yapıştırıcı ve/veya astardan beklenen kuvveti elde edecek, edebilecek ve kopmalar yapıştırıcının kohezyon kuvvetinin aşılması ve yapıştırıcı tabakasının ikiye ayrılması şeklinde olacaktır. Yüzey hazırlama, yalnızca yapıştırma bağlantısının başlangıçtaki dayanımı için değil, aynı zamanda uzun süreli dayanımı için de çok önemlidir.

Yapışma kuvveti büyük ölçüde yapıştırılacak yüzeyler ile yapıştırıcı arasındaki adhezyon kuvveti tarafından belirlenir. Yapıştırıcılar, aynı veya farklı malzemeden yapılmış yüzeyler arasında bir çeşit köprüdür.

Yapışma mekanizması şunlara bağlıdır:

- Yapıştırıcı yüzeye yapışma kuvveti- adhezyon
- Yapıştırıcının iç kuvveti- kohezyon

Adhezyon iki farklı maddenin temas yüzeylerindeki yapışma kuvvetidir. Van der Waals kuvvetleri olarak adlandırılan çekim ve yüzeye tutunma fiziksel kuvvetleri yapışmada en önemli faktördür. Eğer yapıştırıcı, mekanik olarak işlenmiş yüzeylerdeki pürüzlere tam olarak temas edemezse, bu moleküller arası kuvvetler oldukça zayıflar. Bu nedenle yapıştırıcının yüzey pürüzlerine tam olarak nüfuz etmesi ve bütün yüzeyi ıslatması gerekir. Dolayısıyla, yapıştırmanın kuvveti hem yüzeyin ıslatılmasına(maksimum moleküler arası temas için), hem de yüzeyin yapışması özelliklerine bağlıdır. Belirli bir yapıştırıcı yüzey gerilimi için ıslatma, yapıştırıcı sürülen yüzeyin yüzey gerilimine ve yapıştırıcının viskozitesine bağlıdır. Yüzeyde kirlerin bulunması da ıslatmayı olumsuz etkiler[13].

Kohezyon, yapıştırıcı moleküller arasında bulunan ve yapıştırıcıyı bir arada tutan kuvvettir. Kohezyonu etkileyen kuvvetler şunlardır:

- Moleküller arası çekim(van der Waals) kuvvetleri
- Polimer moleküllerinin kendi aralarında kenetlenmesi

Bir zincirin kuvveti en zayıf halkası tarafından belirlenmesi kuralına uygun olarak, yapıştırma işleminde adhezyon ve kohezyon kuvvetleri yaklaşık eşit olmalıdır. Adhezyon kuvvetleri şu şekilde artırılabilir.

- Yağ alma veya mekanik aşındırma ile istenmeyen yüzey tabakalarının temizlenmesi,
- Primer ile kaplayarak aktif bir yüzey oluşturulması,
- Aşındırma, düşük plazma işlemi vs. ile yüzey etkinliklerinin değiştirilmesi.

Yüzey hazırlama yöntemleri en azından, yağı, gresi ve yüzeye tutunma kuvveti yapıştırıcınınkinden az olabilecek kaplamaları temizlemelidir. Birçok plastik ve metal malzemede, basit zımparalama veya uzun çözeltiye temizleme yöntemi kullanılır. Ancak bazı metallerde, iyi bir yapışma veya uzun vadeli ortam şartlarına dayanım elde etmek için bu basit yüzey hazırlama yöntemleri yeterli olmayabilir.

2.3.1. Genel Yüzey Hazırlama Yöntemleri

Yapıştırılacak malzemelerin yüzeylerinin hazırlanması yapıştırma sürecindeki en önemli basamakların başında gelmektedir. Bağlantının dayanımı ve sürekliliği yapıştırıcı ile temas halinde olarak daldırma yanında, mekanik aşındırma, kimyasal temizleme ve asitle dağlamaya kadar birkaç yöntemin bir arada uygulanmasıyla da yapılabilir. Düşük ve orta derecede bağlantı dayanımının istediği yerlerde yoğun bir şekilde yüzey hazırlığının yapılmasına gerek yoktur. Ancak, yüksek bağlantı dayanımı, sürekliliği ve verimliliğin istendiği yerlerde, dikkatli ve kontrollü bir yüzey hazırlama süreci gereklidir. Yüzey hazırlama yöntemlerinin seçiminde aşağıdakiler dikkate alınmalıdır.

- Bağlantı dayanımı,
- Süreklilik ve hizmet edilen çevre,
- Yapıştırılacak malzeme üzerindeki kirlenici unsurların türü ve miktarı,
- Yapıştırılacak malzeme

Yapıştırılacak malzemelerin yüzeylerindeki, oksit tabakası ve yağ, boya tabakaları gibi kirlenici unsurların kaldırılması bağlantı dayanımı dikkate değer bir şekilde artırır. İyi bir yapışma işlemi için plastik ve elastomerler yüzey hazırlama işlemine metallerden daha çok bağımlıdır. Yüzeyler, aşağıda verilen ön hazırlama yöntemlerinden biri veya bir kaçının beraber uygulanmasıyla hazırlanır.

a) Yapıştırılacak Yüzeylerin Yağdan Arındırılması

Mümkün olan en iyi yapışmayı elde etmek için yapıştırılacak yüzeylerden yağ, gres toz ve diğer kalıntıların tamamen temizlenmesi gerekir. Kalıntı bırakmadan buharlaşan çözeltiler buna uygundur.

Trikloretilen, metiletilketon, aseton en iyi yağ çözücülerdir. Bu çözeltilerle ıslatılan yüzeyler kurulandıktan sonra birkaç dakika buharlaşmanın tamamlanması için bekletilir.

Eğer yüksek miktarlı imalatlar için özel yağ alma banyoları kullanılıyorsa, temizlik banyosunun kirlenmemesi için çok kirli yüzeylere ön-temizlik yapılması tavsiye edilir. Buharlı yağ alma sistemleri çok sık kullanılır. Bu yöntemle buharlaşmış temizleyici ile temas ettiğinde, yüzeyler üzerinde yoğunlaşır. Oluşan sıvı yüzeylerde kalmış kir ve gres parçacıklarını temizler.

Yağ alma, çoğunlukla tamamen kapalı makinelerde çözeltiler ile yapılır. Birçok uygulamada yüzeylere hızlı ve etkili bir temizleyici ön-işlem yapılması yeterlidir. Bu şekilde yüzeyler yağ, gres, kir ve diğer kalıntılardan temizlenir ve yapıştırma için hazır olur. Çözeltiler ile temizlik yapılırken daha iyi netice almak için, yüzeylerden kiri ayıran kimyasal işlem mekanik olarak da desteklenebilir(bir temizlik bezi ile ovalamak, fırçalamak).

Yapıştırılacak yüzeydeki yağ, gres vb. gibi kirlenici unsurlar deterjan kullanılarak da temizlenebilir. Parçalar 66-99⁰C de suya daldırılır. Sonra hemen saf suda iyice çalkaladıktan sonra kurutulur. Genellikle, kullanılan deterjanın alkalın esaslı olması tavsiye edilir. Alkalın veya asit bazlı sulu temizleyiciler her zaman korozyon önleyici içerirler. Bunlar eğer temizleme sonrası yüzeyde kalırsa, yapışma kuvvetini azaltabilir veya yapıştırıcının kürlenmesini engelleyebilir. Eğer bu tür temizlik sistemleri kullanılacaksa, mutlaka önceden testler yapılmalıdır. Her durumda tüm yüzeyler iyice durulanmalı veya silinmelidir. Alkalın esaslı deterjanlarla temizleme tek başına pas gibi kalıntıları temizleyemez ve diğer yüzey hazırlama yöntemleri ile birlikte kullanılır.

b) Mekanik Aşındırma

Kirli metal yüzeyler çoğunlukla bir oksit tabakasıyla kaplıdır ve bu tabaka yağ alma ile temizlenmez. Böyle durumlarda; kumlama, zımparalama, taşlama veya tel fırça ile fırçalama gibi mekanik ön-işlem gereklidir.

Yapıştırma bağlantılarının dayanımı üzerine yüzey pürüzlülüğünün önemli derecede etkisi vardır. Bu etki malzemenin yüzey alanını artırarak sağlanır. Dolayısıyla malzeme ve yapıştırıcı arasındaki kimyasal bağlar artar. Zımparalama geniş yüzeyleri temizlemek için iyi bir yöntemdir. Çok kalın zımpara kullanmamak kaydıyla, bu yöntemle istenen yüzey pürüzlülüğü elde edilir. Bu yöntemde yüzey pürüzlülüğünü iyi seçmek önemlidir. Bağlantı dayanımı genellikle yüzey pürüzlülüğünün derecesine bağlıdır. Aşırı pürüzlü yüzeyler bağlantıda

boşluklar oluşturacağından dayanımı olumsuz yönde etkiler. Farklı metaller için tavsiye edilen aşındırıcı boyutları,

Çelik	Kuru zımparalama	80-100 mesh
Paslanmaz çelik	Islak zımparalama	140-325 mesh
Alüminyum	Islak zımparalama	140-325 mesh
Prinç	Islak zımparalama	140-325 mesh

Taşıma, zımparalama veya fırçalama sonrası, tüm kalıntıların temizlenmesi için parçalara yağ alma işlemi uygulanmalıdır. Çok kirli parçalar mekanik işlem öncesi yağdan arındırılmalıdır ki, kullanılan zımpara veya taş yüzeylerdeki kirleri bulaştırmasın. Pratikte mekanik ön-işlem metotlarının kullanılması çok kolay olup genellikle yeterli yapışma kuvveti sağlarlar.

c) Kimyasal Ön-İşlem

Yapıştırılacak yüzeylere kimyasal işlem uygulanması, yüzey hazırlama yöntemlerinin en etkilisidir. Bu yöntemle, yüzeyin kimyasal ve fiziksel özelliklerinde değişimler oluşturulur. Birleştirilecek bölge genellikle kromik asit gibi çözeltiler içerisine daldırılır. Sonra; parçalar hemen saf suya daldırılır, iyice çalkalanır ve kurutulur. Kimyasal aşınma sonucunda, malzeme yüzeyine negatif gruplar eklenmesi ve yapıştırıcının mekanik olarak kenetlenebileceği gözenekler açılması nedeniyle yüzeyde değişim meydana gelir. Bu işlemin neticesinde malzeme değişebilir. Aşındırıcı çözeltilerin uygulanması ve atık yönünden giderek pahalı olması nedeniyle bu yöntemin sanayide kullanımı sınırlıdır. Ancak, maksimum dayanımın elde edilebilmesi için, kimyasal veya elektrolitik ön işlem gereklidir.

d) Birleştirilmiş Yüzey Hazırlama Yöntemleri

En iyi yapıştırma özelliği sağlanabilmesi için gerekli birden daha fazla temizleme yöntemi istenir. Yapıştırılacak yüzeylerin hazırlanmasında genellikle aşağıda sıralanan üç basamağın gerçekleştirilmesi tavsiye edilmektedir.

- Yağ alma
- Mekanik aşındırma
- Kimyasal ön-işlem

2.3.2. Alüminyum ve Alaşımların Uygulanan Özel Yüzey İşlemleri

Alüminyum ve alaşımları uzun süre boyunca çevre şartlarına maruz kaldığında, özellikle yüzeylerin hazırlanmasında kimyasal ön işlemlerin kullanılmasının oldukça etkili bir yöntem olduğu bulunmuştur. Alüminyum alaşımların yüzey hazırlığında kullanılan iki temel yöntem vardır(asitle dağlama ve anotlama). Hem asitle dağlama hem de anotlama işlemlerinde genellikle fosforik asit ya da kromik asit kullanılır. Elektrolitik olarak yüzeyde koruyucu bir oksit tabakasının oluşturulduğu anotlama işlemi yalnız alüminyum alaşımlarına uygulanır. Diğer metal yüzeylerine uygulanmaz. Fosforik asitle anotlamada yüzeyin yapışma kabiliyeti ve korozyon dayanımı artırmak için fosforik asit kullanarak, yapışma yüzeyinde kristal bir film tabaka oluşturulur. Parçalar fosforik asit çözeltisine daldırıldığında, yüzeyde çinko fosfat veya demir fosfat kristalleri görülür.

Sülfürik asit-dikromat çözeltisi alüminyum ve alaşımlarının yüzey hazırlanmasında kullanılan etkili, kontrol edilebilir ve güvenilir bir yöntemdir. Bu çözelti uzay ve havacılık endüstrilerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kromik asitle anotlama, bir metal yüzeyinde kromik asit çözeltisi kullanılarak kristal olmayan film tabakasının oluşturulduğu bir süreçtir. Bu yöntem uygulandığı yüzeyin yapışma ve korozyon dayanımını artırır.

Alüminyum özellikle yüksek nem ortamı gibi zor çevresel şartlara maruz kalacaksa, korozyondan korunma, alüminyum yüzeylerinin hazırlığında düşünülmesi gereken en önemli parametredir. Çözeltiyle temizleme ve mekanik aşındırma işlemleri, çevresel dayanımı gerekli olduğu yerlerde korozyon dayanımı oluşturmadıklarından dolayı tavsiye edilmez.

Alüminyum yüzeyleri hazırlarken aşağıda anlatılan yol izlenir.

- a) Yağ ve gres atıklarının yüzeyden temizlenebilmesi için asetonla yıkama,
- b) Perkloretilen buharıyla yağ giderme işlemi
- c) Aşağıda kimyasal bileşenleri verilen çözeltilerden birine belirli bir sıcaklık ve sürede daldırma

Sülfürik Asit/Sodyum Dikromat Çözeltisi;

• Sülfürik asit(66 ⁰ Be)	287,9-310 g/l
• Sodyum dikromat	28-67,3 g/l
• Alüminyum alaşımı-2024	1,5 g/l
• Sıcaklık	66-71 ⁰ C
• Daldırma süresi	12-15 dakika

Sülfürik Asit/Ferik Sülfat Çözeltisi;

- Sülfürik asit (6,5-9,5 N) %27-35 (ağırlıkça)
- Ferik sülfat 135-165 g/l
- Sıcaklık 60-65°C
- Daldırma süresi 10-12 dakika

d) 40°C deki suya 1-2- dakika daldırma

e) Oda sıcaklığındaki saf suya daldırma,

f) 60°C deki fırında kurutma

Yüzey hazırlığı yapılan parçalar toz ve kirden korunmalı ve 48 saat içinde yapıştırma işlemi gerçekleştirilmelidir. Yaklaşık 4,5 g/l çözelti için 20 m²'lik bir alüminyum yüzeyinin hazırlanması yeterlidir.

2.3.3. Primerler

Primerler, yapıştırma, işleminde yapışmanın kuvvetli ve uzun ömürlü olması için kullanılırlar, fakat yapıştırıcının kürleşmesine katkıları yoktur. Bir birleşme sisteminde primerlerin temel görevleri,

- Temizleme sonrası yapıştırılacak malzeme yüzeylerinin korunması
- Yapıştırılacak malzemelerin serbest yüzey enerjilerinin ayarlanması
- Ara yüzey malzemelerinin reolojik özelliklerinin ayarlanması
- Yapıştırıcı ile yapıştırılan malzeme arasında karşılıklı etkinin olduğu yüzeyin iyileştirilmesi
- Yapıştırılacak yüzey ile yapıştırıcı arasında kimyasal köprü oluşturarak yapışabilme özelliğini artırmaktadır.

Belirli uygulamalarda koruyucu olarak primerlerin kullanımı uygun bir yöntem olabilir. Ancak bu üretim maliyetleri artırır. Diğer taraftan, doğru primerleme gerekli kimyasal reaksiyonların oluşturulmasında oldukça önemli olacaktır. Primerler genellikle organik çözücü içerisinde yapıştırıcının seyreltilmiş çözeltisidir ve uygulandığı yüzeyde kurutulduktan sonra 0.0015-0.051 mm arasında film tabaka oluşturur. Birçok yapısal yapıştırıcı ile birlikte primerler, soyulma dayanımının artırılması ve korozyonun önlenmesi amacıyla kullanılır. Ayrıca,

yapıştırıcının uygulanması ile yüzey hazırlığı arasında geçen zaman aralığının uzamasını sağlar. Örneğin alüminyumda, yüzey hazırlığı arasında geçen zaman aralığının uzamasını sağlar. Örneğin alüminyumda yüzey hazırlığı yapıldıktan sonra en geç 12 saat içerisinde yapıştırıcının uygulanması gerekmektedir. Primerin kullanılmasıyla bu süre 30 gün hatta 6 aya kadar uzatılabilir. Bu süreç birleştirme öncesi çok sayıda parçanın depolanmasına imkân sağlamaktadır. Primerler uygulandıklarında tamamıyla kürleşmezler. Bu yüzden oda sıcaklığında yada 66°C de 30-60 dakika arasında kurutulurlar. Böylece fiziksel zararlardan ve kirletici unsurlardan korunabilen yüzeyin oluşmasını sağlarlar.

2.4. Sık Karşılaşılan Yüzeyler ve Yapıştırmaya Uygunluklar

Yapıştırılmış bir bağlantının başarısındaki kritik faktörlerden biri, yapıştırılan yüzeylerin durumudur. Her yüzeyin kendisine has özellikleri vardır. Gerek yapılmış olduğu malzemeden gelen gerekse üretim esnasında kazanılan önleyici kaplamalardır. Aşağıda sık karşılaşılan malzemeler ve yapıştırılmaya uygunlukları konusunda bilgiler verilmektedir.

2.4.1. Alüminyum ve Alaşımlar

Yüzey temiz görünür, fakat yapıştırıcının gerçek alüminyum yüzeyine yapışma kuvvetini zayıflatan ince oksit tabakası vardır. Bazı oksit tabakaları, herhangi bir yüzey hazırlığı yapmadan güçlü yapışma sağlayacak kadar kararlı olabilirler. Yüzey işleminden hemen sonra oksit tabakası tekrar oluşmaya başlar. Maksimum adhezyon kuvveti elde etmek için yapıştırma işlemi derhal yapılmalıdır.

2.4.2. Standart Çelik Alaşımları

Yumuşak çelik alaşımlarının yüzeyleri genel olarak yapıştırmaya uygundur.

2.4.3. Çinko Kaplamalı Çelik

- Gerçek çelik yüzeyi ile yapıştırıcı arasındaki bağı zayıflatan bir oksit tabakası vardır.
- Yapıştırıcı uygulandığında, çinko kaplama çelik yüzeyinden ayrılabilir.
- Çinkonun çelikten ayrılmasını önlemek için kimyasal işlem gerektirebilir.

2.4.4. İşlenmiş Çinko Kaplamalı Çelik

- İşlenmiş yüzeyin yapıştırılması uygun ve güvenli değildir.
- Bazı kimyasal işlemler, yapıştırılabilir yüzeyler sağlayabilir.

2.4.5. PVC Kaplamalı Çelik

PVC kaplamalı yumuşak çelik yüzeylerde yapısal bağlantılar kurulamaz. Güçlendirilmiş akrilik yapıştırıcılar PVC yüzeyine kuvvetli şekilde yapışırlar.

2.4.6. Boyalı Çelik Paneller

- Boyalı çelik panel yüzeylerinde bağlantılar kurulamaz.
- Birçok Cyabond yapıştırıcısı boyalı çelik panellere kuvvetli şekilde yapışırlar.
- Cyabond yapıştırıcıları İnce çelik panellere en yüksek adhezyon kuvveti sağlarlar.

2.4.7. Paslanmaz Çelik Alaşımlar

- Cyabond güçlendirilmiş akrilik ve tek elemanlı epoksiler bu alaşımlara kuvvetli şekilde yapışırlar.
- Uygulamaya bağlı olarak kimyasal yüzey işlemi gerekli olabilir.
- Birçok durumda, zımpara ve solvent ile yapılan yüzey hazırlığı yeterlidir.

2.4.8. Termoset GPR(Cam lifi takviyeli plastik)

Cyabond güçlendirilmiş akrilik, tek elemanlı epoksi ve poliüretan yapıştırıcıları bu yüzeylere kuvvetli şekilde yapışırlar. Yüzeyinden aktive edilen güçlendirilmiş akrilikler, büyük yapısal yapıştırıcılar için yeterli boşluk doldurma kabiliyetinde olmayabilirler.

2.4.9. Akrilik Yüzeyli Termoset GRP

- Bu malzemelerin akrilik yüzeylerinde yapısal bağlantılar oluşturulamaz.
- Cyabond'un ön-karışımı güçlendirilmiş akrilikleri, akrilik yüzeylerde maksimum adhezyon kuvveti sağlarlar.
- Akrilik yapıştırıcıların yapıştırıcı ve sertleştiricisi, sıvı halde akrilik yüzey ile uzun süre temas ederlerse gerilim çatlamlarına neden olurlar.

2.4.10 Ahşap Yüzeyli termoset GRP

- Ahşap-yüzeyli termoset GRP'ler genel olarak yapıştırmaya uygundur.
- Birçok Cyabond yapıştırıcısı bu yüzeylerde yüksek adhezyon kuvvetine sahiptir.

2.4.11. CFRP (Karbon Lifi Takviyeli Plastik)

Bu yapısal kompozit malzemeler genellikle epoksi bazlıdır. Birçok Cyabond yapıştırıcısı özellikle güçlendirilmiş akrilikler ile kuvvetli şekilde yapıştırılabilir.

2.4.12. Naylon

Yeterli yapışma elde etmek için yoğun yüzey işlemi gerekli olabilir.

2.4.13. Poliolefin

Yeterli yapışma elde etmek için yoğun yüzey işlemi gerekli olabilir.

2.4.14. Poliüretan

Yapıştırılması zor olan yüzeylerde Poliüretan ve güçlendirilmiş akrilik yapıştırıcıları, bu yüzeylere kuvvetli şekilde yapışırlar.

2.4.15 PVC(Polivinilklorür)

Ön karıştırmalı güçlendirilmiş akrilikler, sert ve yumuşak PVC yüzeylerinde en yüksek adhezyon kuvveti sağlarlar. Cyanoacrylate ve solvent bazlı yapıştırıcılar ile sert ve yumuşak PVC yüzeylerde yeterli yapışma sağlarlar.

2.5. Yapıştırıcıların Uygulanması

Yapıştırıcılar genel olarak sıvı ve film formunda olduklarından yapışma işlemi de, yapıştırıcının formuna göre ikiye ayrılır; sıvı yapıştırıcıların yapışması ve film yapıştırıcıların yapışması

2.5.1. Sıvı Yapıştırıcıların Yapışması

Yapışma astarı kuruduktan sonra ve sıvı yapıştırıcıları uygulamadan önce yapıştırılacak yüzeyler temiz ve kuru olmalıdır. Sıvı yapıştırıcılar en az iki bileşenden oluşur. Yapışma öncesi bunları belirli oranlarda karıştırılması gerekir. Karıştırma işleminin ve karışım oranlarının yanlış yapılması, yapışmanın kalitesini etkiler. Bu yüzden karıştırma işlemi itina ile yapılmalıdır.

Yapışma işleminde iki parçadan fazla parça kullanılıyorsa, yapışma işleminin yapılmadığı yüzeyler maskelenmelidir. İlk yapışma işlemi bitikten sonra bu maskeler açılmalı, temizlenmeli ve bir sonraki yapışma kademesine geçilmelidir. Eğer yapıştırılacak yüzeyler eğriliğe sahipse, yapıştırıcı kalınlığı merdane ile ayarlanmalıdır. Ayrıca yapışma işleminde hava kabarcığı yapmamaya da özen gösterilmelidir.

2.5.2. Film Yapıştırıcıların Yapışması

Film yapıştırıcıların bir yüzünde release paper backing(serbest yüzey bağı) ve diğer yüzeyinde de polyethylene leave(polyetilen ayırıcı) adı verilen iki koruyucu tabakası vardır. Her ikisi de yapışmadan önce sökülür. Film yapıştırıcıların uygulanmasında, kullanılan yaygın iki yöntem vardır.

a) Koruyucu tabakalar sökülmeden istenilen ölçülerde film yapıştırıcı kesilerek release paper backing(serbest yüzey bağı) sökülür. Ön işlemi görmüş yapışma yüzeylerine film yapıştırıcı yapıştırılır. Daha sonra polyethylene interleave (polyetilen ayırıcı) kenardan başlayarak film yüzeyine paralel olarak çekme yoluyla sökülerek diğer yapışacak olan parça film yapıştırıcının yüzeyine yapıştırılır.

b) Kesme yüzeyi üzerinde, film yapıştırıcı uzunluğu boyunca açılarak polyethylene interleave(polyetilen ayırıcı) sökülür. Ön işlem görmüş yapışma yüzeyine film yapıştırıcı yapıştırılır. Yapıştırma yüzeyinin kenarlarından film yapıştırıcı kesilerek release paper backing(serbest yüzey bağı) sökülür. Diğer parça bu yüzeye yapıştırılır.

Film yapıştırıcılar esas olarak kurudurlar ve yapışma yüzeylerine kolayca yapışırlar. Yapışma oranı, film üzerindeki sıcaklığa ve gereken yapışmayı artırmak için uygulanan ilave ısıya bağlıdır.

Film yapıştırıcıların en çok kullanıldığı yerlerden biride turbofan tipi uçak motorlarıdır. Uçak motorlarında ses yalıtımı amacıyla gözenekli bir yapıya sahip akustik paneller kullanılır. Akustik panel, delikli levha ile metal bal peteklerinin birbirine film yapıştırıcı kullanılarak birleştirilmesi ile imal edilir. Delikli yüzeye sahip akustik levhaların, metal bal peteklerine film yapıştırıcılar ile yapıştırılmasında karşılaşılan en büyük problem, deliklerin yapıştırıcı ile tıkanmasıdır.

Bu deliklerin tıkanması, motorların sesinin artmasına ve performansın düşmesine neden olur. Delikli yüzeye sahip metal levhalar ile metal bal peteklerinin yapışması esnasında deliklerin tıkanması, film yapıştırıcıların ağ biçiminde oluşma işlemine tabii tutulması ile azaltılabilir.

Ağ biçiminde oluşma işlemi geniş alanların yapışmasında, her iki tarafındaki koruyucu tabakası sökülmüş film yapıştırıcının sıcak hava akımından geçirilerek metal bal petekleri yapıştırılması ile yapılır. Daha küçük alanların yapışması için bu işlem, 80-110⁰C'deki fırınlarda film yapıştırıcıların kısaca ısıtılması ile yapılır. Pratik olarak, her bir bal peteği hücrelerine sıcak prob(çubuk) ile yapıştırıcıya nüfuz ettirerek ağ biçiminde oluşma hızlandırılabilir. Bu olay özellikle akustik panellerin tamirinde oldukça önemlidir.

Montaj

Yapıştırılacak parçaların kuruma sıcaklığına erişinceye kadar (yani yapıştırıcının kuruma sıcaklığına erişinceye kadar), yapıştırıcıların akma ve erime ihtimalleri vardır. İyi bir yapıştırma elde etmek için birleştirilecek parçaların, yapıştırıcı sertleşinceye kadar hareketsiz, dengeli ve hiçbir gerilmeye maruz kalmadan beraber olarak sabitlenmesi gerekir. Bu işlem, yapışacak parçaların tipine ve yapıştırıcının formuna bağlıdır. Ayrıca yapışma işleminin

yapıldığı oda şartları da çok önemlidir. Yapıştırma işlemi çeşitli aparatlar kullanılarak yapılabilir.

2.6.1. Hidrolik / Pnomotik Basınç İle Isıtılmış Levhalar

Bu yöntem sandviç panel gibi geniş düz yüzeye sahip parçalar için oldukça uygundur. Isıtma genellikle uygun bir donanım, otomatik kuruma devirlerine programlanabilen makinelerin yardımı ile ısıtılmış yağ, hava akımı veya elektrik kullanılarak ısıtılan levhalar ile yapılır. İlave aparat kullanılarak, açılı ve eğrisel yapışmalar da bu yöntem ile gerçekleştirilir.

2.6.2. Sabit Aparatlar

Çeşitli bükümlere sahip karmaşık parçaların yapışmasında, esneyebilen mengenelerden oluşan sabit aparatları kullanmak gerekir. Bu sabit aparatlar, yayları ile yapışma parçalarına basınç uygulayarak parçaların fırın içinde, hareketsiz ve dengeli olarak sertleşmesine izin verir.

2.6.3. Vakum Torbası

Genelde kompozit parçaların imalinde iki yöntem kullanılır. Birincisi ıslak metot, ikincisi ise prepreg metodudur. Her iki metot ile kompozit parça imalatında vakum torbası kullanılması vazgeçilmez bir donanımdır.

Islak metot yöntemi, ilk modern kompozit parçaların imalatında kullanılan bir tekniktir. Bu yöntemde, fiberler önceden hazırlanmış bir kalıba serilerek, üzerlerine fırça ile reçine emdirilir. Böylece hazırlanan iki katın üzerine parçada istenilen kalınlığı sağlayacak şekilde diğer katlar serilir ve sertleşmeye bırakılır. Sertleştirme işlemi, çoğu zaman oda sıcaklıklarında gerçekleştirilir. Bu yöntem genelde cam elyafı polyesterlerden üretilen kompozit parçaların imalatında kullanılır.

Kompozit parça imalinde kullanılan prepreg metodu ise oldukça basit ve hızlı bir metottur. Yöntemin basit olmasından kaynaklanan bazı avantajları vardır. Örneğin reçine önceden fibere emdirildiğinden imalat esnasında fiberin kullanımı son derece kolaydır. Islak metot ile kompozit parça imalinde, reçinenin fiberi ıslatabilme özelliği iyi olmayabilir. Bundan dolayı reçinenin kalınlığının ayarlanması oldukça zordur. Bu da sertleşme sonrası kompozit parça üzerinde çok kalın ya da ince bölgenin oluşmasına neden olur. Prepreg metodu ile kompozit parça imalinde böylesine bir dezavantaj yoktur.

Eğriliğe sahip parçaların sıcak hava ile ya da fırında sertleşmesi esnasında vakum uygulamanın iki büyük amacı vardır; Birincisi yapışmayı hızlandırmak, ikincisi ise yapışan katlar arasında yapıştırıcının sertleşmesi esnasında oluşan hava kabarcıklarını gidermektir. Yapıştırılan yüzeyler hava çantası denilen çantalar içine alarak vakum yapılır. Çok yaygın bir yöntemdir.

İşlem gereği zorunluluk olmamasına karşılık parçayı sertleşme esnasında vakum torbalarına alarak ve parça içerisindeki hava kabarcıklarının vakum ile emilmesi, katların daha iyi yapışmasını sağlar. Bu da imal edilen kompozitin kalitesini artırır. Gerçekte vakum torbası kullanmanın amacı budur.

2.6.4. Basınçlı Fırın (Autoclave)

Büyük, karmaşık ve eğrilerden dolayı yüksek basınç gerektiren parçalar, basınçlı fırın aracılığıyla sertleştirilir[88]. Aynı anda birkaç değişik yapışma birleşmeleri basınçlı fırın içine konulabilir. Basınçlı fırın pahalıdır. Burada sertleştirme süreci göreceli olarak düşer. Genel olarak bir basınçlı fırın sistemi, basınçlı bir kabın içerisinde önceden belirlenen bir program çerçevesinde karmaşık kimyasal reaksiyonların oluşmasına imkân sağlar. Son yıllarda gerek malzeme gerekse de üretimdeki gelişme sonucu 760⁰C ve 6,9 MPa'a kadar dayanıklı basınç fırın sistemleri geliştirilmiştir. Bir basınçlı fırının belli başlı sistemleri, basınca dayanıklı kap, basıncı sağlayan akışkan, akışkanın ısıtılmasıdır. Gazı uniform olarak basınçlı fırında dağıtabilmesi için gerekli kaynaklar ise akışkana basınç uygulayabilmek, vakum torbası içerisindeki parçaya vakum uygulayabilmek ve operasyon parametrelerini kontrol edebilmek için gerekli alt sistemlerdir.

Basınçlı fırında sertleştirilecek parçalar için genellikle metal veya kompozit kalıplar kullanılır. Bu kalıpların basınçlı fırın içerisindeki basınç ve sıcaklığa dayanıklı olmaları zorunludur. Basınçlı fırın, sadece vakum ile sağlayabilecek basıncın çok üzerinde bir basınç sağladığından basınç sağladığından basınçlı fırında pişirilen parçaların kalitesi çok daha iyidir.

Günümüzde 8 m çapında ve 30 m uzunluğunda basınçlı fırınlar mevcuttur. Basınçlı fırın satın alınması ve işletilmesindeki en önemli parametreler, basınçlı fırın içerisindeki ısı akışkanının çok düşük toleranslar içerisinde her yerde aynı olabilmesi, yalıtımın kalitesi, iyi ve kolay işletilebilir kontrol sistemi ve özellikle yüksek sıcaklık ve basınçta yangın riskini azaltıcı sistemlerin varlığıdır. Basınçlı fırının ısıtılması elektrik, doğalgaz, kızgın madeni yağların dolaşımı ve buhar ile gerçekleştirilebilir.

Basınçlı fırında sertleştirilmiş parçalar, basıncsız pişirilen parçalara nazaran çok daha kaliteli olduklarından basınçlı fırın özellikle havacılık sanayisinde kompozit parça üretiminde ve metal/ metal yapıtırmada vazgeçilmez bir donanım durumuna gelmiştir.

2.6.5. Kaynak ve Perçin Yardımı ile Yapışma

Çok geniş ve birçok parçadan oluşan yapılarda yapışma ile birlikte yapışma hattı boyunca spot-kaynağı ya da perçinleme en iyi yöntemdir.

2.6.6. Sertleştirme

Yapıştırıcılar tipik olarak oda sıcaklığında sıvı halde ya da sıvıya yakın olabilmeleri amacı ile önce düşük molekül ağırlığına sahip olacak şekilde formüle edilirler. Yapışma işleminden sonra ise birleşmenin istenilen şekil ya da mukavemette olabilmesi için, yapıştırıcının sertleştirilmesi gerekir.

Sertleştirme işlemi, yapıştırıcının basınç ve sıcaklık altında kimyasal olarak çapraz bağ oluşturmaktır. Şüphesiz sertleştirme parametreleri, nihai parçada istenen en iyi özelliklere göre belirlenir. Kompozit parça imalatında ve metal yapıştırmada en önemli parametreler zaman, sıcaklık, basınç, ısıtma hızı, vakum ve soğutma hızıdır.

Prepreglerin sertleşmesi ise, hidrostatik basıncın sabit tutularak sıcaklığın belirli bir hızda artırılması esasına dayanır. Yapıştırıcının viskozitesi, sıcaklık artışı ile azalır. Bu azalışın nihai parça üzerinde şu tip olumlu etkileri vardır;

- Yapıştırıcının içerisindeki su ve havanın uzaklaştırılmasına yardım eder.
- Sertleşme esnasında yapıştırıcının önce sıvı hale gelmesi, imalatla kullanılan istenmeyen solventlerin uzaklaştırılmasına yardım eder.
- Kompozit parçanın en iyi performans göstermesi için yapıştırıcının her bir fiberi kaplaması çok önemli ve kritik bir faktördür. Sertleşme esnasındaki düşük viskozite bu işleme yardımcı olur.
- Nihai parçada istenen reçine oranı tipik olarak başlangıçtaki prepreg'den %10-20 daha azdır. İşte bu fazla reçine, sertleşme esnasında reçinenin düşük viskoziteye sahip olduğu anda kolaylıkla emilir.

Isıtması süresinin sonuna doğru diğer bir deyişle sertleşme sıcaklığına inildikçe, reçine moleküllerinin yoğunluğu yavaş yavaş başlayan çapraz bağlanmadan dolayı azalır. Sonuçta yeterli sayıda çapraz bağlar oluşması ile jelleşme başlar. Bu sırada artık parça sıvı halden katı hale gelmeye başlar. Reçinenin viskozitesi artık artmaya başlamıştır. İşte bu faz değişikliğinin olduğu sıcaklığa, dinamik jelleşme sıcaklığı(Tgel) denir.

2.6.7. Yapışmanın Test Edilmesi ve İncelenmesi

Yapışma işlemi sona erdikten sonra, yapışmanın kalitesini ve performansını görmek için, tahribatlı(Destructive) ya da tahribatsız(Non-destructive) testler uygulanır. Ayrıca seri imalat için, First Article Inspection denilen ilk ürün kontrolü yapılır ve seri imalata devam edilir.

Tahribatsız testler, ultrasonik veya X-ray yöntemleri ile gerçekleştirilir. Bu yöntem ile yapışmada bozukluk ve ayrılmanın olmadığı kontrol edilir.

Tahribatlı testler de ise, yapışmanın istenilen mukavemet değerlerini karşılayıp karşılamadığı ve dayanıklı olup olmadığı kontrol edilir. Bu testler ise, çekme, basma ve ayrılma testleridir.

3. YAPIŞMA BİRLEŞMESİNİN GERİLME ANALİZİ

3.1. Giriş

Bu bölümde, çekme gerilmesine maruz basit bir model yardımı ile yapışma birleşmesi analitik ve nümerik olarak incelenecektir. Analitik incelemeden sonra elde edilen formüller yardımı ile çekme gerilmesine maruz model boyutlandırılarak çeşitli grafikler elde edilecektir. Elde edilen grafikler nümerik incelemede kullanılacak ANSYS programı yardımıyla elde edilen grafiklerle karşılaştırılarak değerlendirilecektir.

3.2. Yapışma İle Birleşme Tasarımı

Yapışma ile birleşme tasarımında temel prensip, birleşenler arasında yükün emniyetli bir şekilde transferini gerçekleştirilerek emniyetli, ekonomik ve yüksek performansa sahip yapıştırıcı ile birleşmenin tasarlanmasıdır[89]. Emniyetli, ekonomik ve yüksek performanslı bir birleşmeyi yapıştırıcı ile tasarlamak; genel olarak yapışma birleşmesi için yapılan gerilme analizlerine ve yapıştırıcının taşıyabileceği maksimum yükü tespit etmek için yapılan güvenilir testlere bağlıdır.

Emniyetli tasarım, yapıştırıcının taşıyabileceği maksimum gerilmeler ile tasarımda hesaplanan gerilmelerin karşılaştırılması ile gerçekleştirilir. Hesaplanan gerilmelerin, izin verilebilir gerilmelerin altında olması istenir. Yüksek performanslı tasarım, yapışma birleşmesinin ömrünü tespit etmek için yapılan yorulma testleri ile yapışma birleşmesini ömrünün bulunması ile gerçekleştirilir. Ekonomik tasarım, yapışma birleşmenin ağırlığını minimize etme ve yapışma birleşmesinin maliyeti azaltma ile gerçekleştirilir. Yapışma ile birleşme tasarımında, bu üç kriterin sağlanması ve birbirleri ile uyumlu olması gerekir.

Yapıştırıcı ile birleşme tasarımında; yapıştırıcının yapışma uzunluğu boyunca davranışı, bağlantı elemanları ile yapılan birleşmelerde bağlantı elemanlarının birleşme uzunluğu boyunca davranışı ile benzer olmasıdır. Bağlantı elemanı ile birleşmede; birleşme uzunluğunun her iki ucundaki bağlantı elemanları, diğer yerlerdeki bağlantı elemanlarına göre daha fazla yük taşır. Doğal olarak gerilme konsantrasyonları bu bölgede oluşur. Aynı şekilde yapışma ile birleşmede de, yapışma uzunluğunun uç kısımlarında gerilme konsantrasyonlarının minimize edilmesi gerekir.

Yapışma birleşmeleri genel olarak çekme, kayma, basma, yarıma ve ayrılma yüklerine maruz kalır. Yapışma birleşmeleri çekme, kayma ve basma yüklerine karşı mukavemetli olmalarına rağmen, yarıma ve ayrılma kuvvetlerine karşı zayıftır[90]. Yapıştırıcı ile birleşme

tasarımında, yapının hangi tip yüklemeye maruz kalacağı önceden tespit edilmelidir. Yükleme tipi tayin edildikten sonra gerilme analizi yapmak için, yapışma düzlemindeki gerilme dağılımını temsil eden uygun, basit bir model kurulması gerekir. Gerilme analizi; analitik, nümerik ve deneysel olmak üzere üç değişik yol ile yapılabilir.

3.3. Çekme Gerilmesine Maruz Yapışma Birleşmesinin Analitik Olarak İncelenmesi

3.3.1. Yapışma Birleşme Modeli

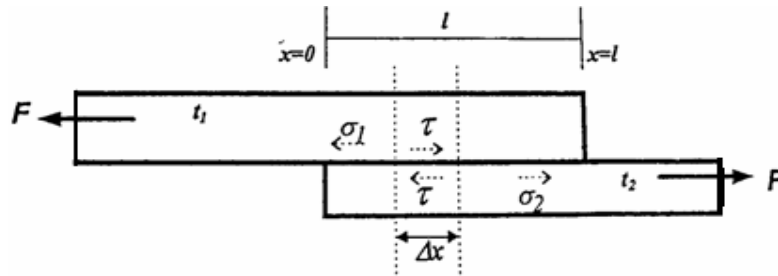
Genel olarak yapışma ile birleşmenin mukavemeti; birleşen parçaların büyüklüğüne, kalınlığına, elastik modülüne, yapıştırıcının kayma modülüne, yapışma uzunluğuna, yapışma yüzeylerinin ön işlemlerine, yapışma işlemine ve yapışma birleşmesinin maruz kalacağı şartlara bağlıdır.

Yapışma ile birleşmeyi analiz etmeden önce, çeşitli kabuller yapılabilir.

Bunlar;

- a) Levhalar arasında mükemmel bir yapışma vardır.
- b)Yapıştırıcının kalınlığı, yapışma uzunluğu boyunca sabittir.
- c)Yapışma birleşmesi, sadece çekme kuvvetine maruzdur.

Şekil 3.1, çekme gerilmesine maruz kalan; l yapışma uzunluğuna sahip, birim genişlikte, t_1 ve t_2 kalınlığında iki levhanın yapıştırıcı ile birleşmesini temsil eden modeli göstermektedir.



Şekil 3.1 Yapışma Birleşme Modeli

F : Birim genişlik başına uygulanan çekme kuvvetini,

σ_1 : t_1 kalınlığındaki levhanın çekme gerilmesini,

σ_2 : t_2 kalınlığındaki levhanın çekme gerilmesini,

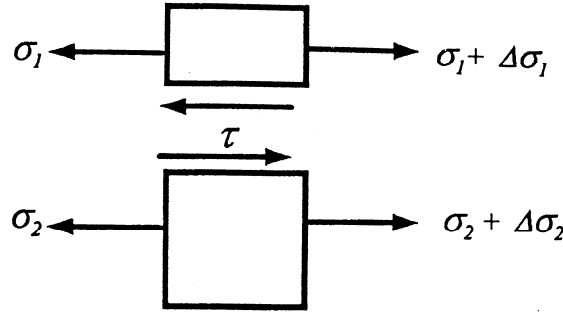
τ : İki levha arasındaki kayma gerilmesini,

t_1 : Üst levhanın kalınlığını,

t_2 : Alt levhanın kalınlığını,

l : Yapışma uzunluğunu göstermektedir.

Yapışma birleşme modelinde, Δx uzunluğundaki yapışma kesitine gelen yükler, şekil 3.2’de gösterildiği gibi temsil edilebilir.



Şekil 3.2 Yapışma Kesitine Gelen Yükler

3.3.2. Yapışma Birleşme Modelinde Yapıştırıcının Analiz Edilmesi

Gerilme, uzama ile doğru orantılıdır [91]. Levhalar arasında yükün bir levhadan diğer levhaya aktarılması iki levha arasındaki kayma gerilmesi ile sağlanır. Levhalar arasındaki kayma gerilmesi, alt ve üst levhaların yer değiştirmesi ile ilgilidir. Levhalar arasındaki kayma gerilmesi için, aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$\tau = k(u_1 - u_2) \quad (3.1)$$

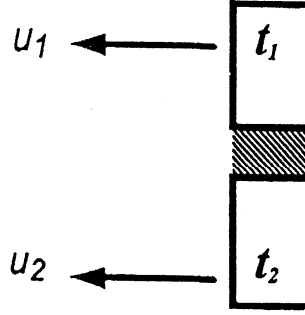
Burada,

k : Katılık parametresi,

u_1 : Üst levhanın yer değıştirmesi,

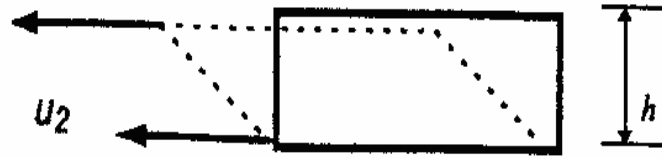
u_2 : Alt levhanın yer değıştirmesini göstermektedir.

Denklem (3.1), yapışma uzunluğu boyunca kayma gerilmesinin oluşabilmesi için, levhalar arasında göreceli bir kaymanın oluşması gerektiğini belirtiyor.



Şekil 3.3 Δx Yapışma Kesitinin Yer değıştirmeleri

Şekil 3.3.'te Δx uzunluğunda h kalınlığında bir yapıştırıcı kesitinin yükleme durumunda davranışı gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Yapıştırıcı Kesiti

Δx uzunluğunda, h kalınlığındaki yapıştırıcı kesiti için;

$$\tau = G\gamma \quad (3.2)$$

$$\gamma = \frac{(u_1 - u_2)}{h} \quad (3.3)$$

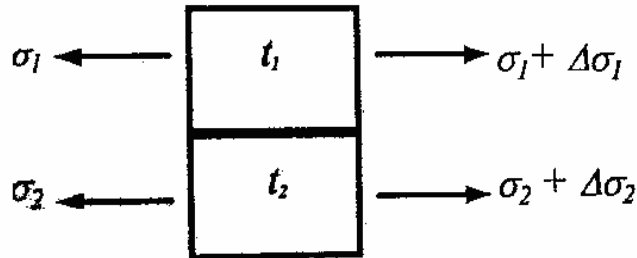
şeklinde yazılabilir. 3.1 ve 3.2 denklemleri birbirine eşitlenir ve gerekli düzenlemeler yapılarak bu eşitlikte 3.3 denklemi yerine konursa, k katılık parametresi için aşağıdaki denklem bulunur.

$$k = \frac{G}{h} \quad (3.4)$$

3.1 denklemindeki k katılık parametresi; G kayma modülüne ve yapıştırıcı kalınlığına bağlıdır. Katılık parametresi k ; yapıştırıcının kalınlığı ile ters, yapıştırıcının kayma modülü ile doğru orantılıdır.

3.3.3. Δx Uzunluğundaki Yapışma Kesiti İçin Denge Denkleminin Bulunması

Şekil 3.5, denge durumunda olan Δx uzunluğundaki yapışma kesitini göstermektedir. Δx uzunluğundaki yapışma kesiti için denge denklemi yazılırsa, kayma gerilmesinden bağımsız, çekme gerilmeleri arasında denklemler bulunur.



Şekil 3.5 Denge Durumunda Yapışma Kesiti

$$\sigma_1.t_1 + \sigma_2.t_2 = \sigma_1.t_1 + \sigma_2.t_2 + \Delta\sigma_1.t_1 + \Delta\sigma_2.t_2 \quad (3.5)$$

3.5 denge denkleminde gerekli düzenlemeler yapılır, her iki tarafı Δx bölünür ve diferansiyel hale getirilirse, denge denklemi;

$$\frac{d\sigma_1}{dx} = -\frac{t_2}{t_1} \cdot \frac{d\sigma_2}{dx} \quad (3.6)$$

şeklini alır. Her iki tarafın integrali alınırsa,

$$\sigma_1 = -\frac{t_2}{t_1} \sigma_2 + C \quad (3.7)$$

olarak bulunur. 3.7 denklemindeki C bilinmeyeni, sınır şartlarından bulunabilir.

$$x=0 \text{ için} \quad \sigma_1 = \frac{F}{t_1} \quad \sigma_2 = 0$$

Sınır şartları 3.7 denklemindeki yerine konursa,

$$C = \frac{F}{t_1}$$

olarak bulunur. C bilinmeyeni yerine konursa,

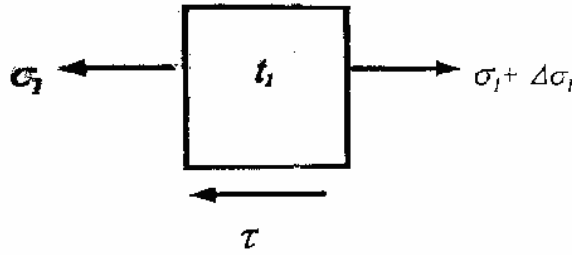
$$\sigma_1 = \frac{F}{t_1} - \frac{t_2}{t_1} \sigma_2 \quad (3.8)$$

$$\sigma_2 = \frac{F}{t_2} - \frac{t_1}{t_2} \sigma_1 \quad (3.9)$$

3.8 ve 3.9 denklemleri; Δx uzunluğundaki yapışma kesiti için kayma gerilmesinden bağımsız, çekme gerilmelerinin birbirleri ile ilişkisini gösteren denklemlerdir.

3.3.4. Üst Levha İçin Çekme ve Kayma Gerilmelerinin Bulunması

Şekil 3.6,'da Δx uzunluğundaki yapışma kesiti için üst levhanın maruz kaldığı yükleri gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Üst Levhanın Yapışma Kesitine Gelen Yükler

Birim genişlik için, şekil 3.6'ya göre denge denklemi yazılırsa,

$$\tau \Delta x = \Delta\sigma_1 t_1 \quad (3.10)$$

bulunur. Her iki taraf Δx 'e bölünür ve diferansiyel hale getirilirse,

$$\tau = \frac{d\sigma_1}{dx} t_1 \quad (3.11)$$

elde edilir. 3.11 ve daha önce yazılan denklem(3.1)'deki τ 'lar eşitlenirse,

$$k(u_1 - u_2) = \frac{d\sigma_1}{dx} t_1 \quad (3.12)$$

bulunur. Her iki tarafın dx 'e göre türevini alarak,

$$\frac{k}{t_1} \left(\frac{du}{dx} - \frac{du_2}{dx} \right) = \frac{d^2 \sigma_1}{dx^2} \quad (3.13)$$

bulunur. Burada,

$$\frac{du_1}{dx} = \varepsilon_1 \quad \text{ve} \quad (3.14)$$

$$\frac{du_2}{dx} = \varepsilon_2 \quad (3.15)$$

şeklindedir.

ε_1 ve ε_2 , sırasıyla üst ve alt levhaların birim uzamalarını göstermektedir. Yerine konursa,

$$\frac{k}{t_1} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) = \frac{d^2 \sigma_1}{dx^2} \quad (3.16)$$

bulunur. ε_1 ve ε_2 için aşağıdaki gibi gerilme-birim uzama denklemleri yazılabilir. Burada,

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E_1} \quad \text{ve} \quad (3.17)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\sigma_2}{E_2} \quad (3.18)$$

şeklindedir.

Denklem(3.17) ve (3.18), denklem(3.16)'da yerine konursa,

$$\frac{k}{t_1} \left(\frac{\sigma_1}{E_1} - \frac{\sigma_2}{E_2} \right) = \frac{d^2 \sigma_1}{dx^2} \quad (3.19)$$

bulunur. Denklem(3.19)'de, σ_1 ve σ_2 olmak üzere iki bilinmeyen vardır. Daha önce bulunan denklem(3.9), denklem(3.19)'da yerine konursa,

$$\frac{k}{t_1} \left[\frac{\sigma_1}{E_1} - \frac{1}{E_2} \left(\frac{F}{t_2} - \frac{t_1}{t_2} \sigma_1 \right) \right] = \frac{d^2 \sigma_1}{dx^2} \quad (3.20)$$

elde edilir. Bulunan bu ikinci dereceden bir bilinmeyenli diferansiyel denklem düzenlenerek aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\frac{d^2 \sigma_1}{dx^2} - \beta^2 \sigma_1 = -A_1 \quad (3.21)$$

Burada,

$$\beta = \sqrt{k \left(\frac{1}{E_1 t_1} + \frac{1}{E_2 t_2} \right)} ,$$

$$k = \frac{G}{h} \quad ve$$

$$A_1 = F \frac{k}{E_2 t_2 t_1}$$

şeklindedir.

Denklem(3.21), yapışma uzunluğu boyunca üst levhanın çekme gerilmesini göstermektedir. Bu denklem, ikinci dereceden bir bilinmeyenli diferansiyel denklemdir. Bu

diferansiyel denklemin genel çözümü, özel ve tamamlayıcı çözüm olmak üzere iki aşamada yapılabilir.

- Özel Çözüm

Özel çözüm için eşitliğin sağ tarafına göre, aşağıdaki gibi birinci dereceden bir denklem önerilebilir.

$$R(x) = S_1x + S_2 \quad (3.22)$$

Bu denklemin türevleri alınırsa,

$$R'(x) = S_1 \quad (3.23)$$

$$R''(x) = 0 \quad (3.24)$$

bulunur. Denklem(3.23) ve (3.24)'ü denklem(3.21)'de yerine konursa, S_1 ve S_2 bilinmeyenleri,

$$S_1 = 0 \quad (3.25)$$

$$S_2 = \frac{A_1}{\beta^2} \quad (3.26)$$

şeklinde bulunur. Denklem(3.25) ve (3.26)'ü, denklem(3.22)'de yerine konursa özel çözüm,

$$R(x) = \frac{A_1}{\beta^2} \quad (3.27)$$

olarak elde edilir.

- Tamamlayıcı Çözüm

Tamamlayıcı çözüm için, ikinci dereceden bir bilinmeyenli denklem(3.21)'in sol tarafına uygun olarak, aşağıdaki gibi hiperbolik bir denklem önerilebilir.

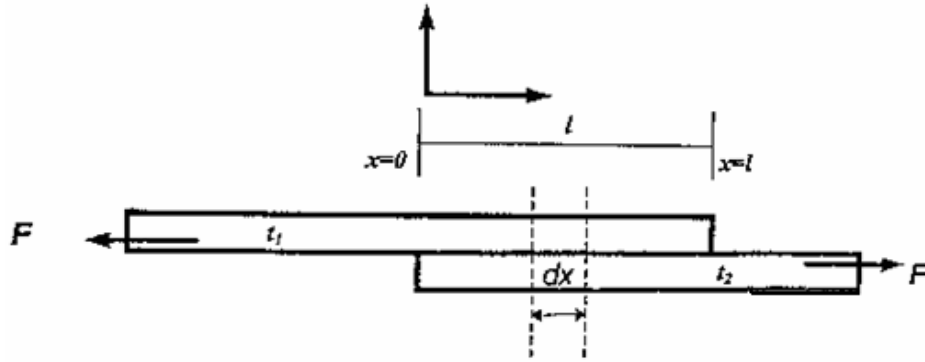
$$U_1 = A_2 \sinh(\beta x) + A_3 \cosh(\beta x) \quad (3.28)$$

Özel ve tamamlayıcı çözümler elde edildikten sonra, denklem(3.21)'in genel çözümü; özel ve tamamlayıcı çözümlerin toplamıdır. Şimdi genel çözüm yazılırsa,

$$\sigma_1 = \frac{A_1}{\beta^2} + A_2 \sinh(\beta x) + A_3 \cosh(\beta x) \quad (3.29)$$

elde edilir. Denklem(3.29)'daki A_1 , A_2 ve A_3 bilinmeyenleri sınır şartlarından bulunur.

$$\begin{aligned} (1) \quad x=0 \quad \sigma_1 &= \frac{F}{t_1} \\ (2) \quad x=l \quad \sigma_1 &= 0 \end{aligned}$$



Şekil 3.7 Üst Levha İçin Sınır Şartları

(1) nolu sınır şartından,

$$A_3 = \frac{F}{t_1} - \frac{A_1}{\beta^2} \quad (3.30)$$

(2) nolu sınır şartından

$$A_2 = -\frac{\left(A_3 \cosh(\beta l) + \frac{A_1}{\beta^2}\right)}{\sinh(\beta l)} \quad (3.31)$$

bulunur. A_1, A_2 ve A_3 bilinmeyenleri yeniden düzenlenirse,

$$A_1 = \left(\frac{F}{t_1}\right) - \frac{k}{E_2 t_2} \quad (3.32)$$

$$A_1 = -\left(\frac{F}{t_1}\right) \left(\frac{1}{E_1 t_1 + E_2 t_2}\right) \left[\frac{E_2 t_2 \cosh(\beta l) + E_1 t_1}{\sinh(\beta l)}\right] \quad (3.33)$$

$$A_3 = \left(\frac{F}{t_1}\right) \left(\frac{E_2 t_2}{E_1 t_1 + E_2 t_2}\right) \quad (3.34)$$

elde edilir. 3.32, 3.33 ve 3. 34 denklemleri, 3.29 denkleminde yerine konursa,

$$A_3 = \left(\frac{F}{t_1}\right) \left(\frac{1}{E_1 t_1 + E_2 t_2}\right) \left[E_2 t_2 \cosh(\beta x) + E_1 t_1 - (E_2 t_2 \cosh(\beta l) + E_1 t_1) \frac{\sinh(\beta x)}{\sinh(\beta l)}\right] \quad (3.35)$$

bulunur. Denklem(3.35)'de; F , birim genişlik başına üst levhaya uygulanan çekme kuvvetini göstermektedir. Bu değer üst levhaya uygulanan çekme kuvvetini göstermektedir. Bu değer üst levha kalınlığı t_1 'e bölünürse, yapışma uzunluğu dışında üst levhanın marız kaldığı çekme gerilmesi elde edilir.

$$\sigma_{\infty 1} = \frac{F}{t_1} \quad (3.36)$$

3.36 denklemi, 3.35 denkleminde yerine konur ve boyutsuzlandırılırsa, üst levha için yapışma uzunluğu boyunca çekme gerilmesi dağılımını gösteren denklem(3.37) elde edilir.

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{\infty 1}} = \left(\frac{1}{E_1 t_1 + E_2 t_2} \right) \left[E_2 t_2 \cosh\left(\beta l \left(\frac{x}{l}\right)\right) + E_1 t_1 - (E_2 t_2 \cosh(\beta l) + E_1 t_1) \frac{\sinh\left(\beta l \left(\frac{x}{l}\right)\right)}{\sinh(\beta l)} \right] \quad (3.37)$$

Burada,

$$\beta = \sqrt{k \left(\frac{1}{E_1 t_1} + \frac{1}{E_2 t_2} \right)} \quad \text{ve}$$

$$k = \frac{G}{h}$$

şeklindedir.

Üst levha için, yapışma uzunluğu boyunca çekme gerilmesi dağılımını gösteren denklem(3.37) bulunduğundan sonra, denklem(3.11)'in yardımı ile yapışma uzunluğu boyunca kayma gerilmesi dağılımı bulunabilir.

$$\tau = \frac{d\sigma_1}{dx} t_1$$

Yukarıdaki denklemde, 3.29 denklemi yerine konursa,

$$\left(\frac{A_1}{\beta^2} + A_2 \sinh(\beta x) + A_3 \cosh(\beta x) \right) t_2 \quad (3.38)$$

elde edilir. Denklem(3.38)'in türevi alınırsa,

$$\tau = t_1 \beta (A_2 \cosh(\beta x) + A_3 \sinh(\beta x)) \quad (3.39)$$

bulunur. Denklem(3.33) ve (3.34)'ü, denklem(3.39)'da yerine konursa,

$$\tau = \left(\frac{F}{t_1}\right)\left(\frac{\beta t_1}{E_1 t_1 + E_2 t_2}\right) \left[E_2 t_2 \sinh(\beta x) - (E_2 t_2 \cosh(\beta l) + E_1 t_1) \frac{\cosh(\beta x)}{\sinh(\beta l)} \right] \quad (3.40)$$

elde edilir. Denklem(3.40)'ta, gerekli düzenlemeler yapılarak boyutsuzlandırılırsa, üst levha için yapışma uzunluğu boyunca kayma gerilmesi dağılımını gösteren denklem(3.41) bulunur.

$$\frac{\tau}{\sigma_{\infty 1}} = \left(\frac{\beta x}{E_1 t_1 + E_2 t_2}\right) \left[E_2 t_2 \sinh\left(\beta l \left(\frac{x}{l}\right)\right) - (E_2 t_2 \cosh(\beta l) + E_1 t_1) \frac{\cosh\left(\beta l \frac{x}{l}\right)}{\sinh(\beta l)} \right] \quad (3.41)$$

Burada,

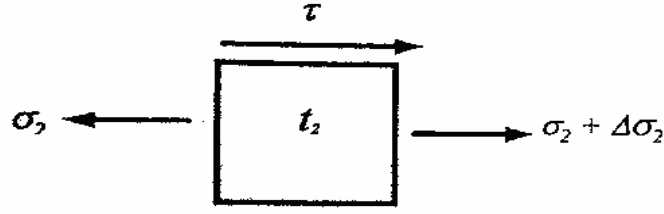
$$\beta = \sqrt{k \left(\frac{1}{E_1 t_1} + \frac{1}{E_2 t_2} \right)} \quad ve$$

$$k = \frac{G}{h}$$

ile verilir.

3.3.5. Alt Levha İçin Çekme ve Kayma Gerilmelerinin Bulunması

Δx uzunluğundaki yapışma kesiti için levhanın maruz kaldığı yükler şekil 3.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8 alt Levhanın Yapışma Kesitine Gelen Yükler

Birim genişlik için, şekil 3.8'e göre denge denklemi yazılırsa,

$$-\tau\Delta x = \Delta\sigma_2 t_2 \quad (3.42)$$

bulunur. Her iki taraf Δx 'e bölünür ve diferansiyel hale getirilirse,

$$\tau = -\frac{d\sigma_2}{dx} t_2 \quad (3.43)$$

elde edilir. Denge denklemi, denklem(3.43) ve (3.1)'de τ 'lar eşitlenirse,

$$k = (u_1 - u_2) = -\frac{d\sigma_2}{dx} t_2 \quad (3.44)$$

bulunur. Her iki tarafın dx 'e göre türevini alarak,

$$\frac{k}{t_2} = \left(\frac{du_2}{dx} - \frac{du_1}{dx} \right) = \frac{d^2\sigma_2}{dx^2} \quad (3.45)$$

bulunur. Denklem(3.45)'te, denklem(3.14) ve (3.15) yerine konursa,

$$\frac{k}{t_2} (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) = \frac{d^2\sigma_2}{dx^2} \quad (3.46)$$

bulunur. Denklem(3.47) ve (3.18), denklem(4.46)'da yerine konursa,

$$\frac{k}{t_2} \left(\frac{\sigma_2}{E_2} - \frac{\sigma_1}{E_1} \right) = \frac{d^2 \sigma_2}{dx^2} \quad (3.47)$$

bulunur. Denklem(3.47)'de , σ_1 ve σ_2 olmak üzere iki bilinmeyen vardır. Daha önce bulunan denklem(3.8)'i, denklem(3.47)'de yerine konursa,

$$\frac{k}{t_2} \left[\frac{\sigma_2}{E_2} - \frac{1}{E_1} \left(\frac{F}{t_1} - \frac{t_2}{t_1} \sigma_2 \right) \right] = \frac{d^2 \sigma_2}{dx^2} \quad (3.48)$$

elde edilir. Bulunan bu ikinci dereceden bir bilinmeyen diferansiyel denklem düzenlenerek aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\frac{d^2 \sigma_2}{dx^2} - \beta^2 \sigma_2 = -B_1 \quad (3.49)$$

Burada,

$$\beta = \sqrt{k \left(\frac{1}{E_1 t_1} + \frac{1}{E_2 t_2} \right)} ,$$

$$k = \frac{G}{h} \quad ve$$

$$B_1 = \left(\frac{F}{t_2} \right) \frac{k}{E_1 t_1}$$

şeklindedir.

Denklem(3.49) yapışma uzunluğu boyunca alt levhanın çekme gerilmesini göstermektedir. Bu denklem, ikinci dereceden bir bilinmeyenli diferansiyel denklemdir. Bu diferansiyel denklemin genel çözümü; özel ve tamamlayıcı çözüm olmak üzere iki aşamada yapılabilir.

- Özel Çözüm

Özel çözüm için aşağıdaki gibi birinci dereceden bir denklem önerilebilir.

$$f''(x) = M_1x - M_2 \quad (3.50)$$

3.50 denkleminin türevleri alınırsa,

$$f'(x) = M_1x - M_2 \quad (3.51)$$

$$f''(x) = 0 \quad (3.52)$$

bulunur. Denklem(3.51) ve (3.52)'yi; denklem(3.50)'de yerine konursa,

$$M_1 = 0 \quad (3.53)$$

$$M_2 = \frac{B_1}{\beta^2} \quad (3.54)$$

şeklinde bulunur. Denklem(3.53) ve (3.54)'ü; denklem(3.50)'de yerine konulursa özel çözüm,

$$f(x) = \frac{B_1}{\beta^2}x^2 \quad (3.55)$$

olarak elde edilir.

- Tamamlayıcı Çözüm

Tamamlayıcı çözüm için, ikinci dereceden bir bilinmeyenli 3.49 diferansiyel denkleminin sol tarafına göre aşağıdaki gibi hiperbolik bir denklem önerilebilir.

$$U_2 = B_2 \sinh(\beta x) + B_3 \cosh(\beta x) \quad (3.56)$$

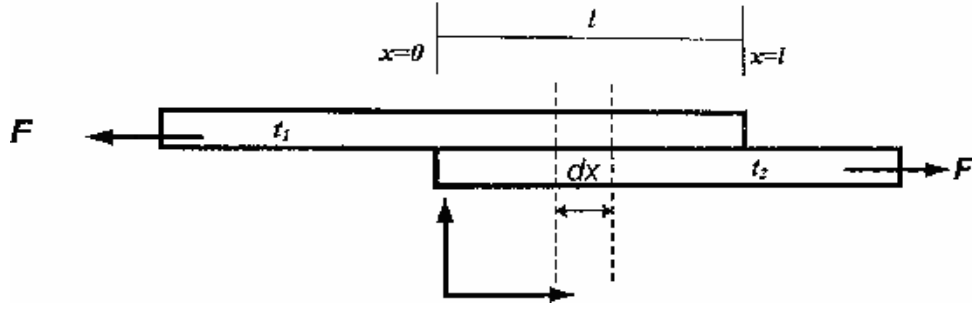
Denklem(3.49)'un genel çözümü; özel ve tamamlayıcı çözümlerin toplamıdır. Şimdi genel çözüm yapılırsa,

$$\sigma_2 = \frac{B_1}{\beta^2} + B_2 \sinh(\beta x) + B_3 \cosh(\beta x) \quad (3.57)$$

elde edilir. Denklem(3.57)'de; B_1 , B_2 ve B_3 bilinmeyenleri sınır şartlarında bulunur.

$$(1) \ x=0 \quad \sigma_2=0$$

$$(2) \ x=1 \quad \sigma_2= F/t_2$$



Şekil 3.9 Alt Levha İçin Sınır Şartları

(1) nolu sınır şartından,

$$B_3 = \frac{B_1}{\beta^2} \quad (3.58)$$

(2) nolu sınır şartından,

$$B_2 = \frac{\left(\frac{F}{t_2} - \frac{B_1}{\beta^2} (1 - \cosh(\beta l)) \right)}{\sinh(\beta l)} \quad (3.59)$$

bulunur. B_1 , B_2 ve B_3 denklemleri yeniden düzenlenirse,

$$B_1 = \left(\frac{F}{t_2} \right) \frac{k}{E_1 t_1} \quad (3.60)$$

$$B_2 = \left(\frac{F}{t_2} \right) \left(\frac{1}{E_1 t_1 + E_2 t_2} \right) \left[\frac{E_1 t_1 + E_2 t_2 \cosh(\beta l)}{\sinh(\beta l)} \right] \quad (3.61)$$

$$B_3 = - \left(\frac{F}{t_2} \right) \left(\frac{E_2 t_2}{E_1 t_1 + E_2 t_2} \right) \quad (3.62)$$

elde edilir. Denklem(3.60), (3.61) ve (3.62)'yi; denklem(3.57)'de yerine konulursa,

$$\sigma_2 = \left(\frac{F}{t_2}\right) \left(\frac{1}{E_1 t_1 + E_2 t_2}\right) \left[(E_1 t_1 + E_2 t_2 \cosh(\beta l)) \frac{\sinh(\beta x)}{\sinh(\beta l)} - E_2 t_2 \cosh(\beta x) + E_2 t_2 \right] \quad (3.63)$$

bulunur. Denklem(3.63)'te ; F , birim genişlik başına alt levhaya uygulanan çekme kuvvetini göstermektedir. Bu değer alt levha kalınlığı t_2 'ye bölünürse, yapışma uzunluğu dışında alt levhanın maruz kaldığı çekme gerilmesi bulunur.

$$\sigma_{\infty 2} = \frac{F}{t_2} \quad (3.64)$$

Denklem(3.64), denklem(3.63)'de yerine konur ve boyutsuzlandırılırsa, alt levha için yapışma uzunluğu boyunca çekme gerilmesi dağılımını gösteren 3.65 denklemi elde edilir.

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_{\infty 2}} = \left(\frac{1}{E_1 t_1 + E_2 t_2}\right) \left[(E_1 t_1 + E_2 t_2 \cosh(\beta l)) \frac{\sinh(\beta l(\frac{x}{l}))}{\sinh(\beta l)} + E_2 t_2 \left(1 - \cosh(\beta l(\frac{x}{l}))\right) \right] \quad (3.65)$$

Burada,

$$\beta = \sqrt{k \left(\frac{1}{E_1 t_1} + \frac{1}{E_2 t_2} \right)} \quad \text{ve}$$

$$k = \frac{G}{h}$$

şeklindedir.

Alt levha için, yapışma uzunluğu boyunca çekme gerilmesi dağılımını gösteren denklem(3.65) bulunduğundan sonra, denklem(3.43) yardımıyla yapışma uzunluğu boyunca kayma gerilmesi dağılımı bulunabilir.

$$\tau = -\frac{d\sigma_2}{dx} t_2$$

Yukarıdaki denklemde, denklem(3.57) yerine konulursa,

$$\tau = -\frac{d}{dx} \left(\frac{B_1}{\beta^2} + B_2 \sinh(\beta x) + B_3 \cosh(\beta x) \right) \quad (3.66)$$

elde edilir. Denklem(3.66)'nın türevi alınır,

$$\tau = -t_2 \beta (B_2 \cosh(\beta x) + B_3 \sinh(\beta x)) \quad (3.67)$$

bulunur. Denklem(3.61) ve (3.62)'yi; denklem(3.67)'de yerine konulursa,

$$\tau = -\left(\frac{F}{t_2}\right) \left(\frac{\beta t_2}{E_1 t_1 + E_2 t_2}\right) \left[(E_1 t_1 + E_2 t_2 \cosh(\beta l)) \frac{\cosh(\beta x)}{\sinh(\beta l)} - E_2 t_2 \sinh(\beta x) \right] \quad (3.68)$$

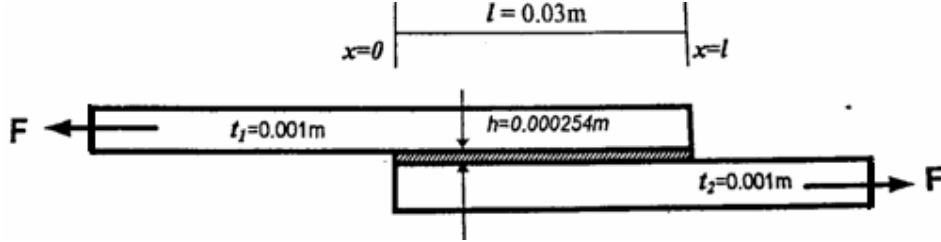
elde edilir. Denklem(3.68)'de, gerekli düzenlemeler yapılarak boyutsuzlandırılırsa, alt levha için yapışma uzunluğu boyunca kayma gerilmesi dağılımını gösteren denklem(3.69) bulunur.

$$\frac{\tau}{\sigma_{\infty 1}} = \left(\frac{\beta x}{E_1 t_1 + E_2 t_2}\right) \left[E_2 t_2 \sinh\left(\beta l \left(\frac{x}{l}\right)\right) - (E_2 t_2 \cosh(\beta l) + E_1 t_1) \frac{\cosh\left(\beta l \left(\frac{x}{l}\right)\right)}{\sinh(\beta l)} \right] \quad (3.69)$$

3.3.6. Analitik İncelemede Kullanılan Modelin Boyutlandırılması

Denklem(3.37), (3.41), (3.65) ve (3.69) çekme gerilmesine maruz kalan, l yapışma uzunluğuna sahip yapışma birleşmesini temsil eden model için, kayma ve çekme gerilimlerinin

yapışma uzunluğu boyunca dağılımını göstermektedir. Elde edilen bu denklemler yardımı ile, analitik incelemede kullanılan şekil 3.10’da gösterildiği gibi boyutlandırılarak yapışma uzunluğu boyunca çekme ve kayma gerilimlerinin; yapışma uzunluğu, yapıştırıcı kalınlığı, elastik modül ve levha kalınlığı ile değişimlerini gösteren çeşitli grafikler bulunabilir.



Şekil 3.10 Yapışma Birleşme Modelinin Boyutlandırılması

Boyutlandırma Değişkenleri;

t_1 : 0.001 m (üst levhanın kalınlığı)

t_2 : 0.001 m (alt levha kalınlığı)

l : 0.03 m (yapışma uzunluğu)

h : 0.000254 m (yapıştırıcı kalınlığı)

E_1 : 72 GPa (üst levhanın elastik modülü)

E_2 : 72 GPa (alt levhanın elastik modülü)

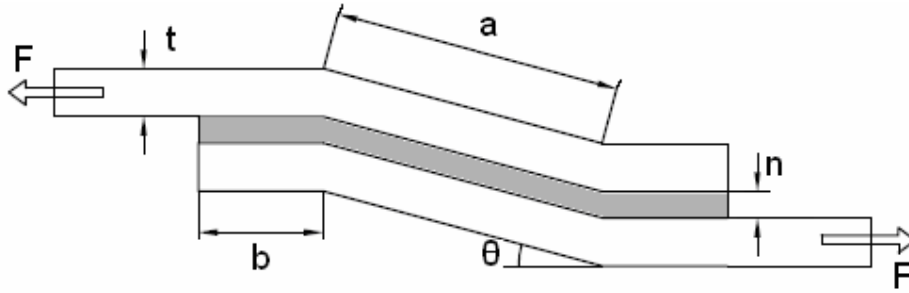
G : 1 GPa (yapıştırıcının kayma modülü)

4. PROBLEMİN TANIMLANMASI

Bu çalışmada amaç; Z-tipi bağlantılarda, oldukça yaygın bir şekilde kullanılan adhesive bağlantıların direngenliğinin ve yapıştırıcı tabakasında ve de yapıştırılan malzemede oluşan davranışların farklı sınır şartları altındaki tavrının tespit edilmesi ve tasarımcıya mümkün olan en yüksek yük taşıma kabiliyetine sahip değişik geometrilerdeki bağlantı tipi ve boyutlarının parametrik olarak verilmesidir.

Uygulanacak yöntem olarak; öncelikle adhesive bağlantıların birleştirme teknikleri incelenecek ve adhesive bağlantılara etki eden faktörler incelenecektir. Değişik tip adhesive bağlantı geometrileri ve yapıştırıcı türleri ele alınarak en uygun geometri ve yapıştırıcı malzeme belirlendikten sonra farklı parametrelerde numuneler hazırlanacaktır. Çalışmanın ilk aşamasında numuneler üretilecek, ikinci aşamasında gerekli deneyler yapılacak, üçüncü aşamada Ansys programında yüklemeler yapıp, karşılaştırma yapıldıktan sonra sonuçlar değerlendirilecektir.

Bu çalışmada yapıştırıcı malzeme ile birleştirilmiş Z tipi bağlantıların çekme yüküne maruz halde oluşan gerilme dağılımları incelenmiştir. Bindirme mesafesi a ve b olarak ayrılmıştır. a bindirme mesafesi 30 ve 45 mm, b bindirme mesafesi ise 13 ve 25 mm olarak alınmıştır. İki ayrı özelliklere sahip yapıştırıcı kullanılmıştır. 15, 30 ve 45 derecelik eğimler olmak üzere üç ayrı eğim üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Numunelerin ölçüleri ve yapıştırıcıların özellikleri aşağıda tablolar halinde verilmiştir.



Şekil 4.1 Yapıştırıcı ile birleştirilmiş Z tipi bağlantı

Yapıştırılan levhaların elastisite modülü 210 GPa, poisson oranı 0.32, kayma gerilmesi 81 GPa, akma dayanımı 2200 kg/cm^2 ($\text{Fe}_{49}\text{Cr}_{15}\text{Mo}_{14}\text{C}_{18}\text{B}_3\text{Er}_1$) olan malzemeden seçilmiştir. Plakaların ölçüleri tablo 4.1’de verilmiştir. Her plakadan 8’er tane imal edilmiş olup, plakalar yapıştırılıp 4’er tane numune elde edilmiştir. Çekme deneyleri numuneler aynı eksenlerden çekilmek üzere tampon parçalarla desteklenmiştir.

Tablo 4.1 Plakaların ölçüleri

Numune No	Plakanın Boyu	a	b	θ
1	118	30	13	15
2	130	30	25	15
3	102	45	13	15
4	115	45	25	15
5	122	30	13	30
6	134	30	25	30
7	109	45	13	30
8	121	45	25	30
9	128	30	13	45
10	140	30	25	45
11	118	45	13	45
12	130	45	25	45

Yapıştırıcı olarak da iki ayrı türde yapıştırıcı kullanılmıştır.

Birinci tür yapıştırıcı (E yapıştırıcısı); yüksek mukavemetli, çekme yapmayan, kristal şeffaflığında, suya ve kimyasallara karşı dirençli, hava şartlarına ve solventlere geniş ısı aralığında mükemmel dayanımı olan bir yapıştırıcı. Birinci tür yapıştırıcının fiziksel özellikleri ve performans değerleri aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 4.2 Sertleşme öncesi 1. tür yapıştırıcının fiziksel özellikleri

Renk	Şeffaf
Karışım Oranı, Hacimce	1:1
Karışım Viskozitesi	8.000 cps
Karışım ile çalışma süresi	10 dakika
Fonksiyonel Kuruma Süresi	2 saat
Özgül Hacim	0.91 cm ³ /gr
Safılık	%100

Tablo 4.3 Oda sıcaklığında 7 gün bekledikten sonra 1. tür yapıştırıcının Performans Değerleri

Yapışma Mukavemeti (Çelikte)	158 kg/cm ²
Çalışma Isı Ağırlığı (Kuru ortamda)	-40 derece - +93 derece
Yoğunluk	1.10 gr/cm ³
Sertlik	83 D
Elektriksel Darbe Mukavemeti	600 volt/mil
Basınç Mukavemeti	770 kg/cm ²
Termal İletkenlik Katsayısı	0.83

Bu çalışmada kullanılan ikinci tür yapıştırıcı (W yapıştırıcısı); sertleştikten sonra geniş bir sıcaklık aralığında basınç, yük, hava şartları ve neme karşı mükemmel direnç gösteren ve aşırı yüzey temizliği gerektirmeyen bir yapıştırıcı türüdür. 2. tür yapıştırıcının fiziksel özellikleri ve performans değerleri aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 4.4 Sertleşme öncesi 2. tür yapıştırıcının fiziksel özellikleri

Renk	Kırık beyaz
Viskozite	55,000 cps
Özgül Hacim	0.99 gr/cm ³
Karışım sonrası maksimum uygulama süresi	3 dakika
İlk kuruma süresi	15 dakika
Tam kuruma süresi	4 saat
Safılık	%100

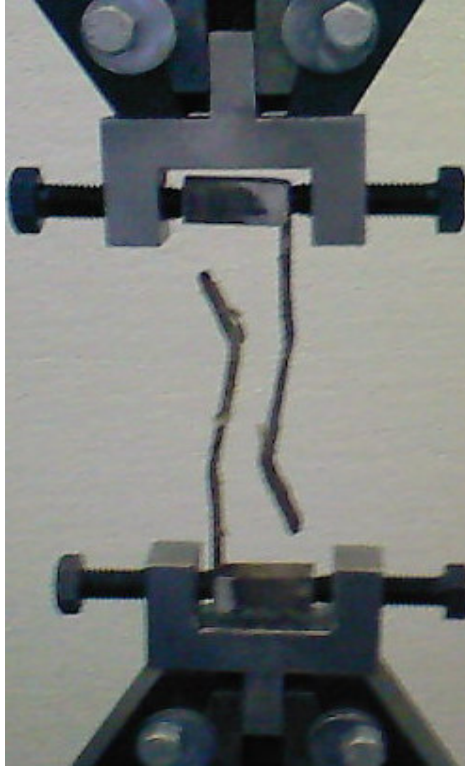
Tablo 4.5 Oda sıcaklığında 7 gün bekledikten sonra 2. tür yapıştırıcının Performans Değerleri

Yapışma mukavemeti (Kumlanmış çelikte)	210kg/cm ²
T – Soyulma mukavemeti	35-40 pli
Darbe mukavemeti	22 ft.lb./in.
Shore sertliği	78 D
Gerilmede esneme kabiliyeti	%15-20

Çekme deneyleri, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği'nde bulunan çekme makinesinde 1 mm/dak'lık çene hızlarında yapılmıştır. Deneyler şekil 4.2,'de numuneleri çekmeye başladıktan sonra ilk sıyrılma olayının görülmesi(şekil 4.2.a) ve kopmanın yapıştırıcı bölgesinde gerçekleşmesi(şekil 4.2.b) görülmektedir.



a) Çekme başlangıcında görülen sıyrılma

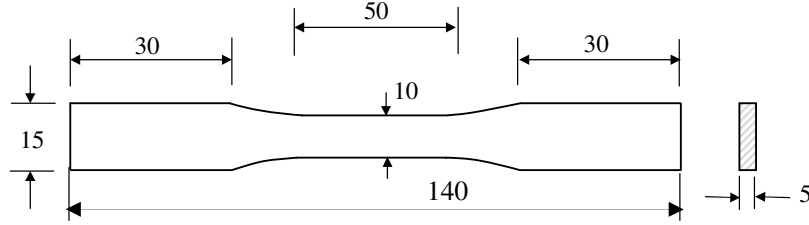


b) Yapıştırıcı bölgesinde kopmanın gerçekleşmesi

Şekil 4.2. Çekme deneylerinin yapılması ve kopmanın gerçekleşmesi

4.1. Yapıştırıcıların Gerilme-Şekil Değiştirme Özelliklerinin Belirlenmesi

Yapıştırma bağlantısının gerilme analizinde kullanılmak üzere, İzmir’de bulunan İzoreel firmasında bulk numuneler için kalıp üretilmiştir. Daha sonra yapıştırıcıların her birinden de kalıp boyutlarına uygun olarak bulk numuneler dökülüp hazırlanmıştır(şekil 4.3.). ASTM E8(1999)’de tanımlanan çekme deney prosedürü uygulanarak gerilme-şekil değiştirme davranışı tespit edilmiştir.



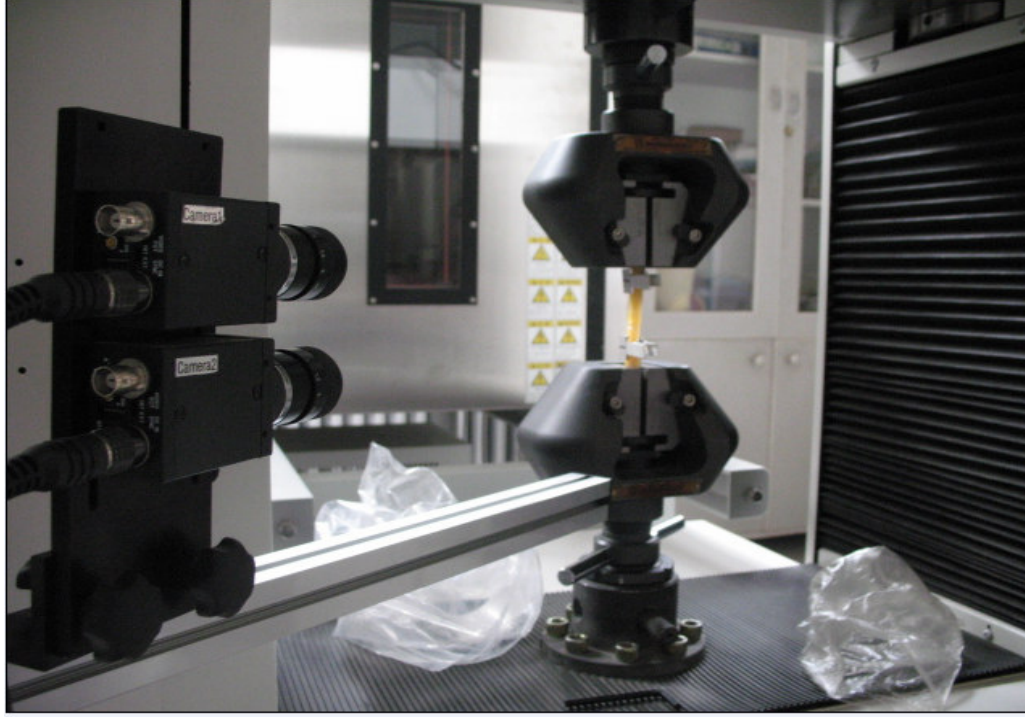
Şekil 4.3. Bulk numuneler için standart çekme numunesi (ISO 527-2)

4.2. Bulk Numunelerin Mekanik Davranışının Belirlenmesi

Genellikle mekanik davranış, yük altında malzemelerin bünyesinde meydana gelen gerilme-şekil değiştirmeleri açıklayan en genel kavramdır. Yapıştırıcıların mekanik davranışları, plastikler için geliştirilmiş standartlara uygun olarak hazırlanmış numunelerin çekme cihazına bağlanıp tek eksenli gerilme uygulanması ile belirlenebilir.

Bulk numunelerin çekme deneyleri; şekil 4.4.a ve şekil 4.4.b’de görülen bilgisayar kontrollü Shimadzu (100 kN) üniversal test cihazında video extensiometre kullanılarak yapılmıştır. Çekme deneyleri 1 mm/dk’lık çene hızı ile oda sıcaklığında ve %50 nem ortamında yapılmıştır. Hata oluşumunu engellemek için, numunelerin serbest uçları çekme cihazının çenelerine tutturulurken mümkün olduğunca eşit basınç uygulanmaya çalışılmıştır. Ayrıca eksenlemeye dikkat edilmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda birinci tür yapıştırıcının (E yapıştırıcısının) bulk numunelerin şekil(4.5)’te görülen gerilme-şekil değiştirme diyagramı elde edilmiştir.

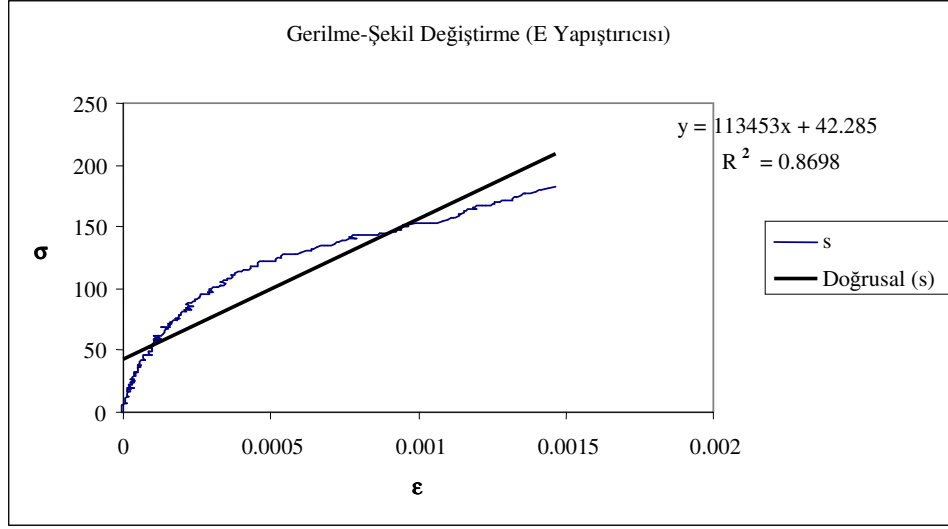


a) Bulk numunelerin çekilmesinde kullanılan universal (SHIMADZU) çekme cihazının ön görünüşü



b) Bulk numunelerin çekilmesinde kullanılan universal (SHIMADZU) çekme cihazının yan görünüşü

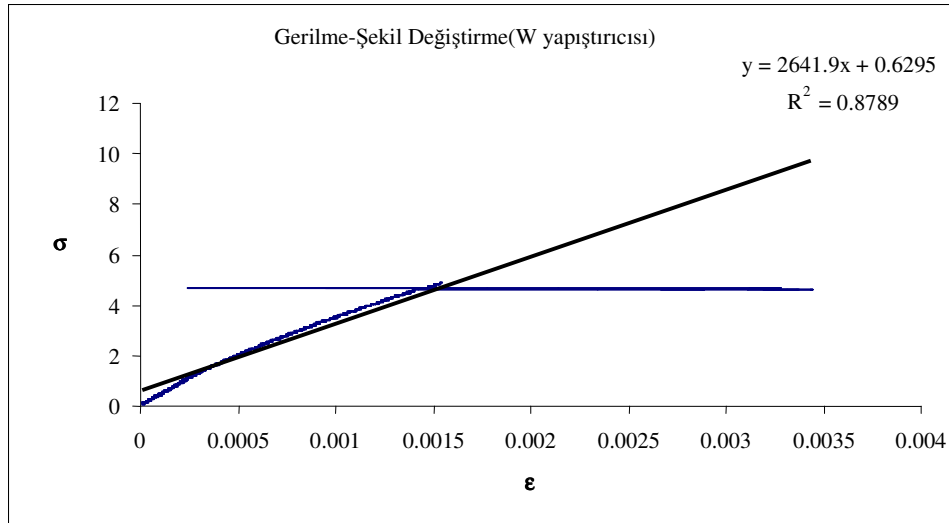
Şekil 4.4. Bulk numunelerin çekilmesinde kullanılan universal (SHIMADZU) çekme cihazının görünüşü



Şekil 4.5. Birinci tür yapıştırıcı (E yapıştırıcısı) bulk numunelerin gerilme-şekil değiştirme diyagramı

Gerilme-şekil değiştirme diyagramında görüldüğü gibi eğri yaklaşık bir doğrudur (Şekil 4.5.). Çünkü doğruluk oranı grafikte de görüldüğü gibi 0.8698'dir. Yani yaklaşık bir doğru olduğu için numune akmaya uğramadan kopmuştur. Bundan dolayı elastik gerilme analizi yapılmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda ikinci tür yapıştırıcının (W yapıştırıcısının) bulk numunelerinden Şekil(4.6)'da görülen gerilme-şekil değiştirme diyagramı elde edilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi elde edilen eğri yaklaşık bir doğrudur. Eğrinin doğruluk oranı 0.8789 olduğundan yaklaşık bir doğrudur. Bu nedenle yapıştırıcıda elastik gerilme analizi yapılmıştır.



Şekil 4.6. İkinci tür yapıştırıcının (W yapıştırıcısının) bulk numunelerin gerilme-şekil değiştirme diyagramı

Yapıştırıcılardan yapılan bulk numunelerin çekilmeleri sonucunda tablo 4.6.'da görülen mekanik değerler elde edilmiştir.

Tablo 4.6. Yapıştırıcıların mekanik özellikleri

Yapıştırıcı	Test Metodu	Birim	E yapıştırıcı	W yapıştırıcı
Elastisite modülü	ISO 178	(MPa)	1680.55	1924.57
Poisson oranı	ISO 527	(---)	0.28	0.30

Tablo 4.6.'daki değerler bulunduktan sonra sayısal analiz bölümüne geçilmiştir. Bu bölümde Ansys programı kullanılmıştır.

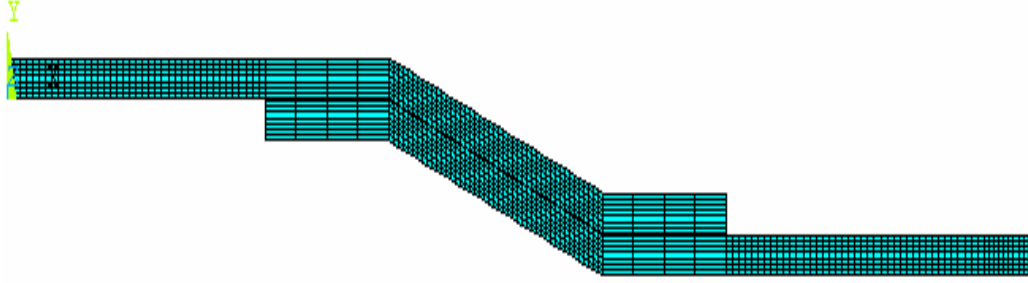
4.3. Ansys Sonlu Elemanlar Yazılımı

Ansys programı, mühendisliğin tüm alanlarında kullanılabilen genel amaçlı, modüler bir programdır. 1970 yılında ABD'de geliştirilmiş bir program olup, lineer veya lineer olmayan sistemlerde statik, dinamik, akışkanlar mekaniği, ısı transferi ve elektromagnetik analiz imkânlarına sahiptir. Ansys(Swanson Analysis System)'in başlıca kullanım alanları şunlardır;

- Mukavemet ve gerilme analizleri
- Doğal frekans hesapları
- Deprem hesapları
- Derin çekme ve metal şekillendirme
- Elektrik motorlarının manyetik alan hesapları
- Metal yorulması hesapları

Sonlu elemanlar ağı yapıldıktan sonra yükleme ve sınır koşulları belirlenir ve programa işlenir. Bu aşamada problemin çok iyi yorumlanması ve modele gelen yükleri doğru bir şekilde belirlenmesi gerekir.

Çalışmamızda Ansys'in 10.0 versiyonu kullanılmıştır. Geometriyi oluşturmak için ilk önce noktalar(keypoint) oluşturulmuştur. Daha sonra noktaların birleştirilmesi ile çizgiler(line), çizgilerin birleştirilmesi ile alanlar(area) oluşturulmuştur. Daha sonra geometri sonlu elemana(mesh) bölünmüştür. Meshleme şekil 4.7.'de görüldüğü gibi yapılmıştır.



Şekil 4.7. Numunelerin meshlenmiş hali

Daha sonra kompozit malzemenin ve yapıştırıcıların mekanik değerleri girilmiştir. En sonunda da gerekli yükler verilmiştir. Bu noktadan sonra program çözümüne başlanmıştır. Çözüm esnasında numunelerin kopma yükünü bulmak için her numuneye has bir yaklaşım programı yapılmıştır. İkinci tür yapıştırıcı (E yapıştırıcı) için elde edilen bulk numune maksimum değeri olan 181.9632952 MPa ile Ansys'te elde edilen maksimum Von Misses değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu değer bulk numunenin maksimum gerilme değerine yaklaştığında E yapıştırıcısı ile yapıştırılmış her bir numune için kopma gerilmesi bulunmuş demektir. Bulunan değer yapışma alanı ile çarpması sonucu numunenin kopma yükü bulunmuş olur. Aynı işlem ikinci tür yapıştırıcının (W) bulk numunesinden elde edilen 3177.379 MPa için de yapılmıştır.

Tablo 4.7.'de E yapıştırıcısı için Ansys programında elde edilen değerler deneysel değerlerle karşılaştırılmıştır. Tablo 4.8.'de de W yapıştırıcısı için Ansys programında elde edilen değerler deneysel değerlerle karşılaştırılmıştır. Yükleri elde etmek için 13 genişlik, kalınlık olan 3 mm ile çarpılıp kopma yükleri elde edilmiştir(gerilme çekme alanı ile çarpılmıştır.). Çünkü numunelerimiz 3 mm'lik saç malzemedan yapılmıştır.

Tablo 4.7. Birinci tür yapıştırıcının (E yapıştırıcı) analiz ve deneysel yüklerinin karşılaştırılması

Numune No	Deneysel (Bulk) Max. Gerilme (N/mm^2)	ANSYS(SEM) Gerilmesi (N/mm^2)	Ansys Uygulama Yükü(N)	Deneysel Kopma Yükü(N)	Yaklaşım Oranı (Deneysel Y./Ansys Y.)
1	3.629193	3.660	142.740	135.323	1.0548096
2	3.629193	3.906	152.334	144.357	1.0552588
3	3.629193	3.771	147.069	138.263	1.0636902
4	3.629193	3.849	150.111	140.258	1.0702491
5	3.629193	3.722	145.158	134.986	1.075356
6	3.629193	3.839	149.721	138.492	1.0810805
7	3.629193	3.777	147.303	135.174	1.0897288
8	3.629193	3.775	147.225	135.008	1.0904909
9	3.629193	3.694	144.066	131.349	1.0968184
10	3.629193	3.731	145.509	131.981	1.1024996
11	3.629193	3.705	144.495	130.352	1.1084985
12	3.629193	3.665	142.935	129.115	1.1070364

Tablo 4.8. İkinci tür yapıştırıcının (W yapıştırıcı) analiz ve deneysel yüklerinin karşılaştırılması

Numune No	Deneyisel (Bulk) Max. Gerilme (N/mm^2)	ANSYS(SEM) Gerilmesi (N/mm^2)	Ansys Uygulama Yükü(N)	Deneyisel Kopma Yükü(N)	Yaklaşım Oranı (Deneyisel Y./Ansys Y.)
1	4.871554	4.920	191.88	185.640	1.0336134
2	4.871554	4.792	186.888	184.640	1.012175
3	4.871554	4.842	188.838	184.348	1.0243561
4	4.871554	5.006	195.234	190.351	1.0256526
5	4.871554	4.880	190.320	186.420	1.0209205
6	4.871554	4.913	191.607	186.835	1.0255413
7	4.871554	4.870	189.930	184.152	1.0313763
8	4.871554	4.869	189.891	183.248	1.0362514
9	4.871554	4.832	188.448	182.113	1.0347861
10	4.871554	4.908	191.412	185.654	1.0310147
11	4.871554	4.866	189.774	183.325	1.035178
12	4.871554	4.850	189.150	182.159	1.0383786

Her numuneden 4'er tane deney yapılmıştır. Birkaç numunenin sonuçları dengesiz çıktığından dikkate alınmamış olup, diğer sonuçların ortalamaları dikkate alınmıştır

Hem W yapıştırıcısı hem de E yapıştırıcısının yaklaşım oranlarına bakıldığında deneysel değerlerin analiz değerlerine yakın çıkmış olduğu görülmüştür.

Ansys programından elde edilen sonuçlar tablolar haline getirilmiştir. Ayrıca her bir numune için ansys yardımıyla grafikler çizilmiştir. Sonuçların karşılaştırılabilmesi için de gerilme değerleri excele dönüştürülmüş ve grafikler çizilmiştir(5. bölüm).

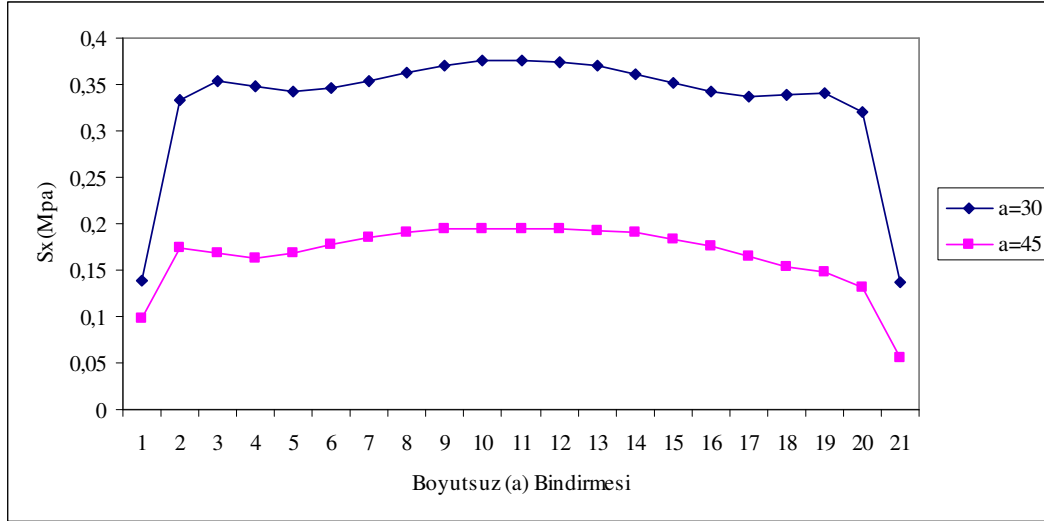
5. GRAFİKLER YARDIMIYLA GERİLMELERİN İNCELENMESİ

Bu çalışmada yapıştırıcı malzeme ile birleştirilmiş Z tipi bağlantıların çekme yüküne maruz halde oluşan gerilme dağılımları incelenmiştir. Bindirme mesafesi a ve b olarak ayrılmıştır. a bindirme mesafesi 30 ve 45 mm, b bindirme mesafesi ise 13 ve 25 mm olarak alınmıştır. İki ayrı özelliklere sahip yapıştırıcı kullanılmıştır. Farklı özelliklere sahip iki yapıştırıcı kullanılmıştır. 15°, 30° ve 45°'lik eğimler olmak üzere üç ayrı eğim üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

Sonlu elemanlar analizi ile bulunan değerler excele aktarılıp grafikler çizilmiştir. Burada iki tip yapıştırıcı ve iki ayrı genişlik için ayrı ayrı karşılaştırmalar yapılmıştır. Ayrıca burada yapıştırıcılar arası mukayeseler yapılarak irdelenmiştir.

5.1. Birinci Tip Yapıştırıcı (E Yapıştırıcısı)

5.1.1. (a) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma

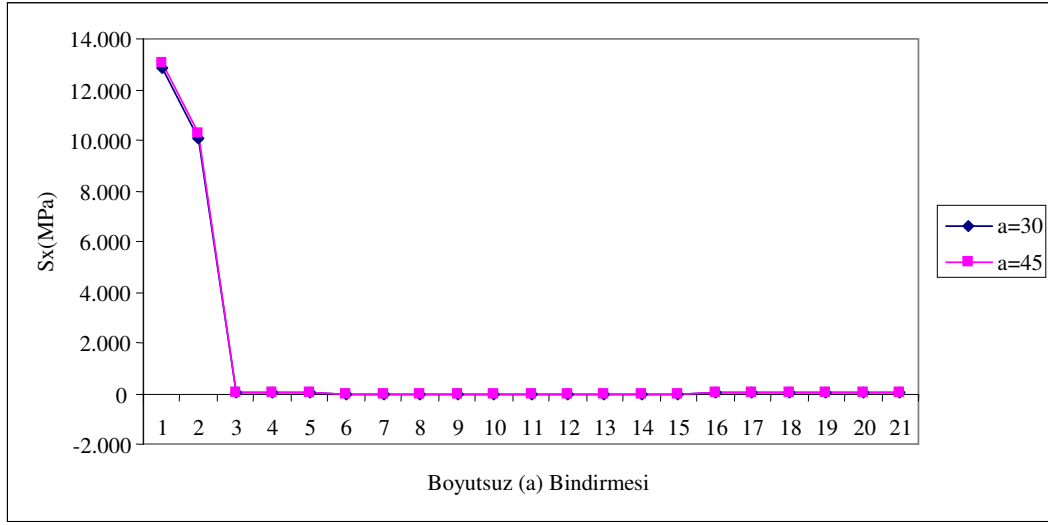


Şekil 5.1. a= 30 mm ve a=45 mm için Sx'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

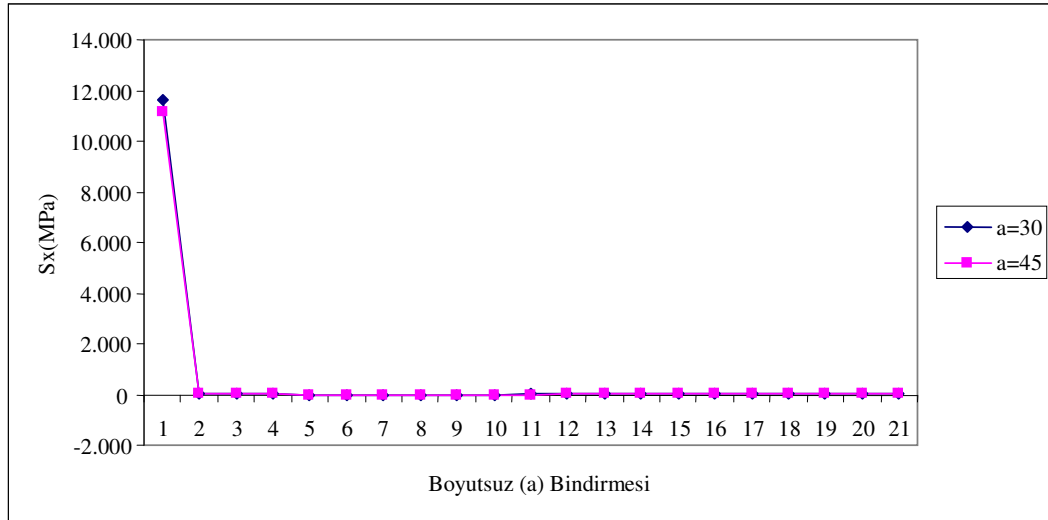
b=13 mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° ve b=25 mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° iken a=30 mm ve a=45 mm için a bindirme mesafesinde Sx'in şekil 5.1.'deki gibi azaldığı gözlenmiştir.

Şekil 5.2'de görüldüğü gibi b=13 mm iken b bindirme mesafesinde Sx'in arttığı gözlenmiştir.

Şekil 5.3'te görüldüğü gibi b=25 mm iken b bindirme mesafesinde Sx'in azaldığı gözlenmiştir.

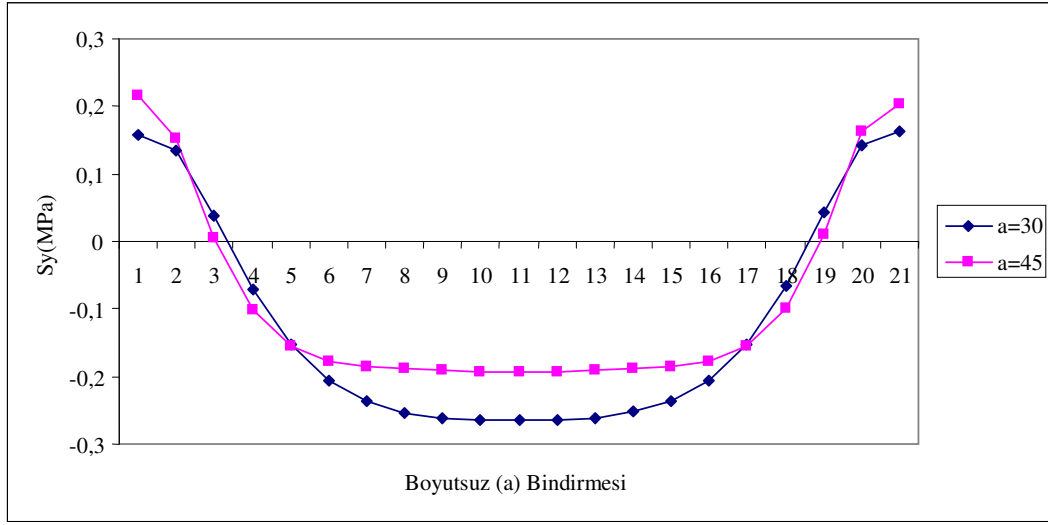


Şekil 5.2. a= 30 mm ve a=45 mm için S_x 'in b=13 mm iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



Şekil 5.3. a= 30 mm ve a=45 mm için S_x 'in b=25 mm iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

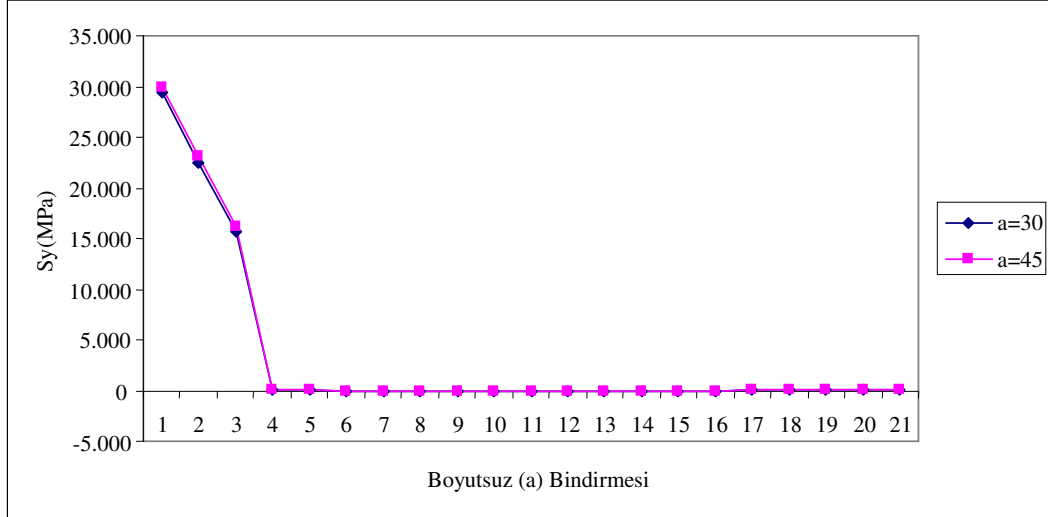
b=13 mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ ve b=25 mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ iken a=30 mm ve a=45 mm için a bindirme mesafesinde S_y 'nin şekil 5.4.'teki gibi azaldığı gözlenmiştir.



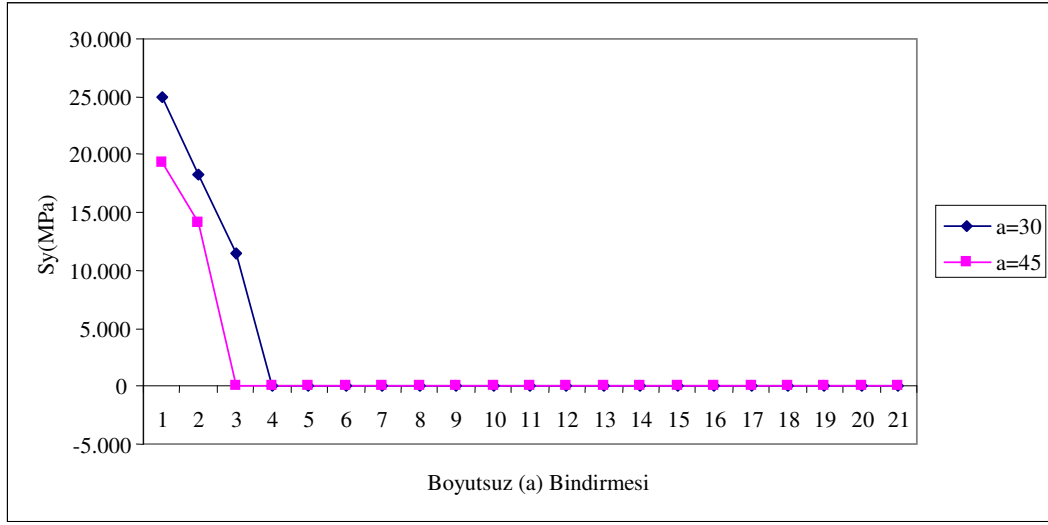
Şekil 5.4. a= 30 mm ve a=45 mm için S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

Şekil 5.5'te görüldüğü gibi $b=13$ mm iken b bindirme mesafesinde S_y 'nin arttığı gözlenmiştir.

Şekil 5.6'da görüldüğü gibi $b=25$ mm iken b bindirme mesafesinde S_y 'nin azaldığı gözlenmiştir.

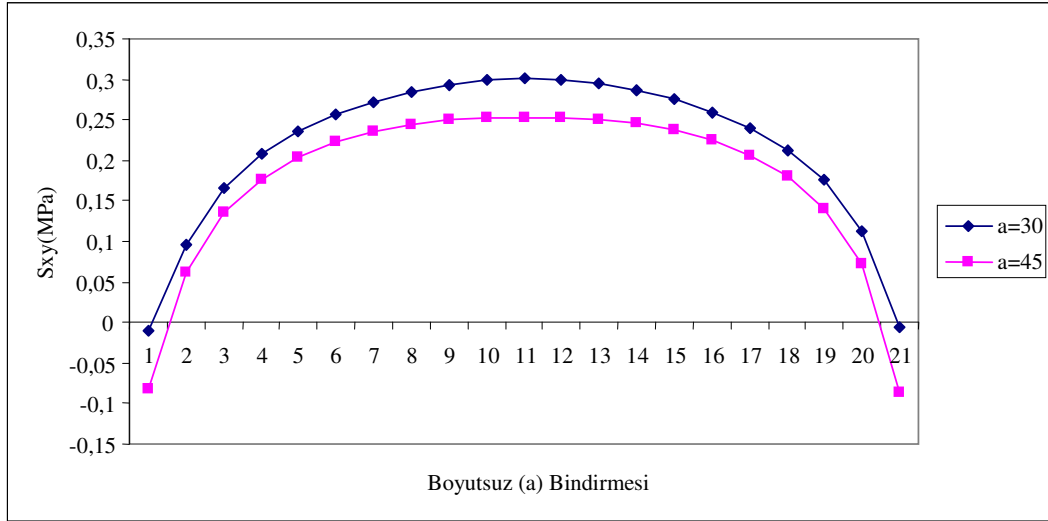


Şekil 5.5. a= 30 mm ve a=45 mm için S_y 'nin $b=13$ mm iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



Şekil 5.6. a= 30 mm ve a=45 mm için Sy'nin b=25 mm iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

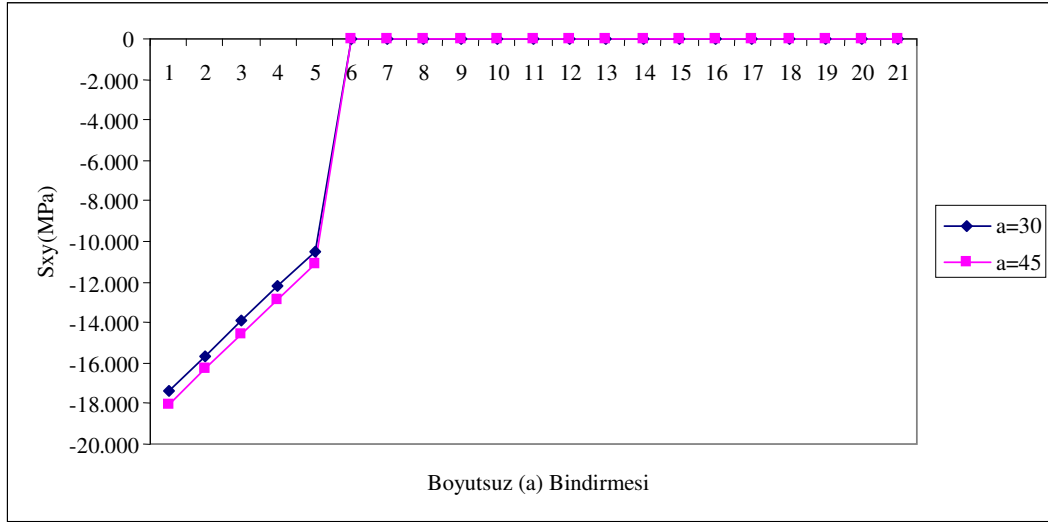
b=13 mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° ve b=25 mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° iken a=30 mm ve a=45 mm için a bindirme mesafesinde Sxy'nin Şekil 5.7.'deki gibi azaldığı gözlenmiştir. En büyük Sxy gerilmeleri ortalarda gerçekleşmiştir.



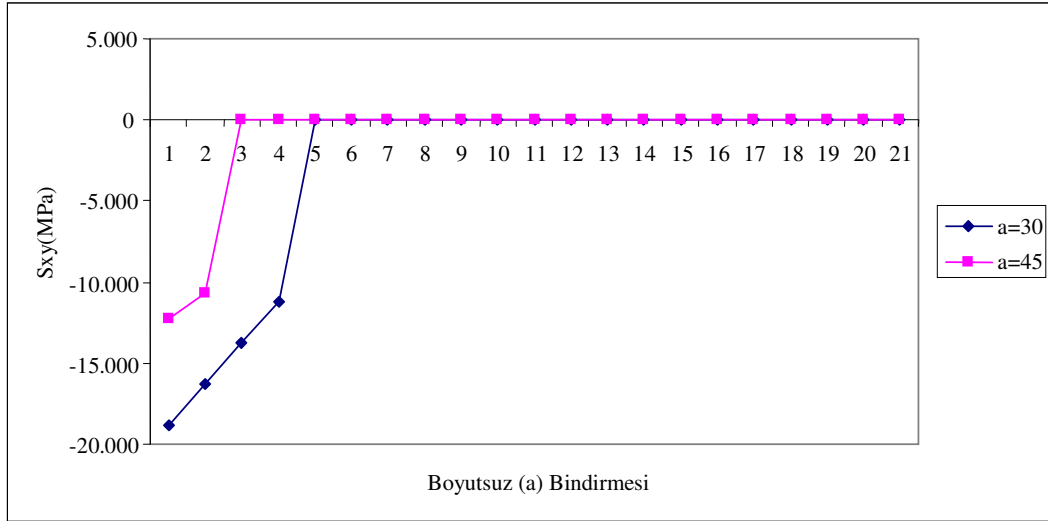
Şekil 5.7. a= 30 mm ve a=45 mm için Sxy'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

Şekil 5.8'de görüldüğü gibi b=13 mm iken b bindirme mesafesinde Sxy gerilmelerinin azaldığı gözlenmiştir.

Şekil 5.9'da görüldüğü gibi b=25 mm iken b bindirme mesafesinde Sxy gerilmelerinin arttığı gözlenmiştir.

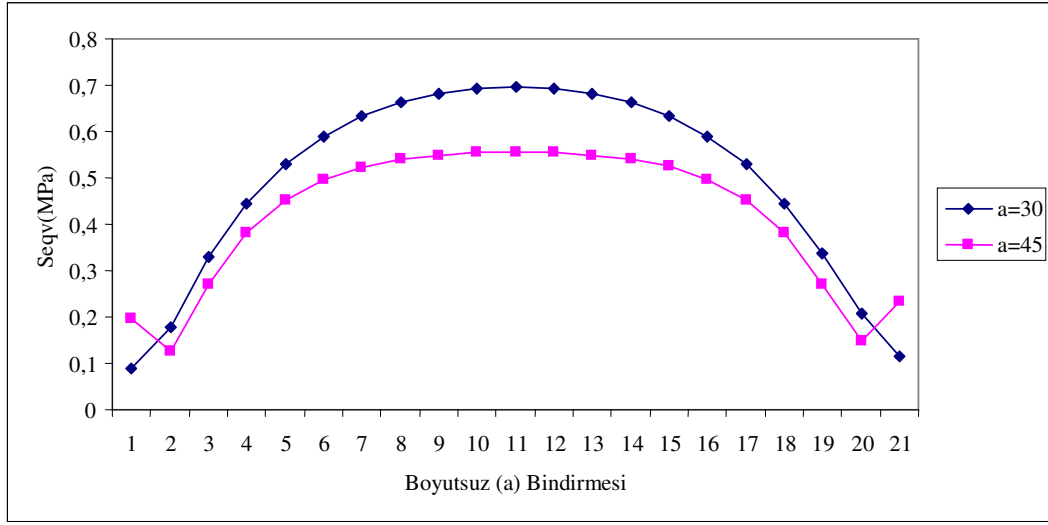


Şekil 5.8. a= 30 mm ve a=45 mm için S_{xy} 'nin b=13 mm iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



Şekil 5.9. a= 30 mm ve a=45 mm için S_{xy} 'nin b=25 mm iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

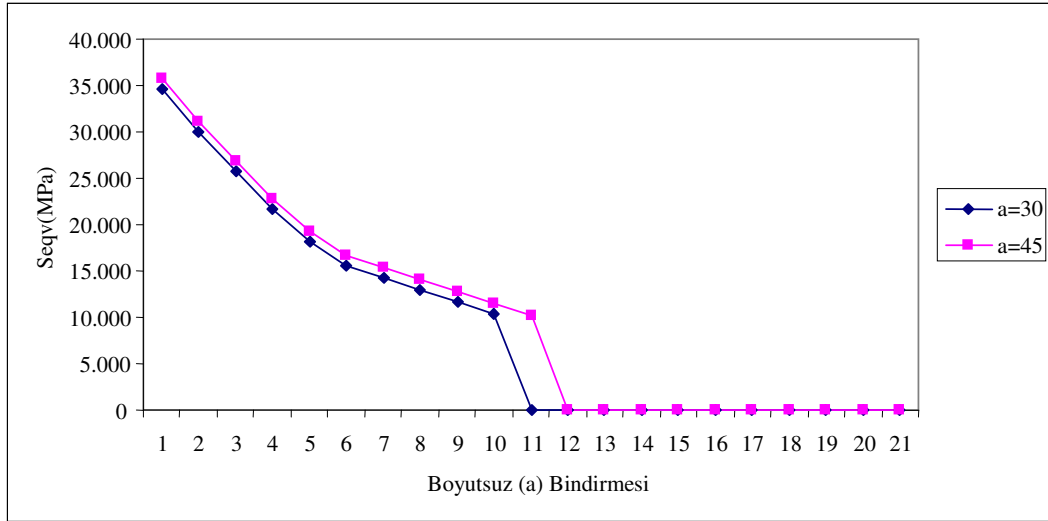
b=13 mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° ve b=25 mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° iken a=30 mm ve a=45 mm için a bindirme mesafesinde $Seqv$ (Von Misses)'nin şekil 5.10.'daki gibi azaldığı gözlenmiştir. En büyük S_{xy} gerilmeleri ortalarda gerçekleşmiştir. Her iki uç kısımda gerilmelerin arttığı görülmüştür.



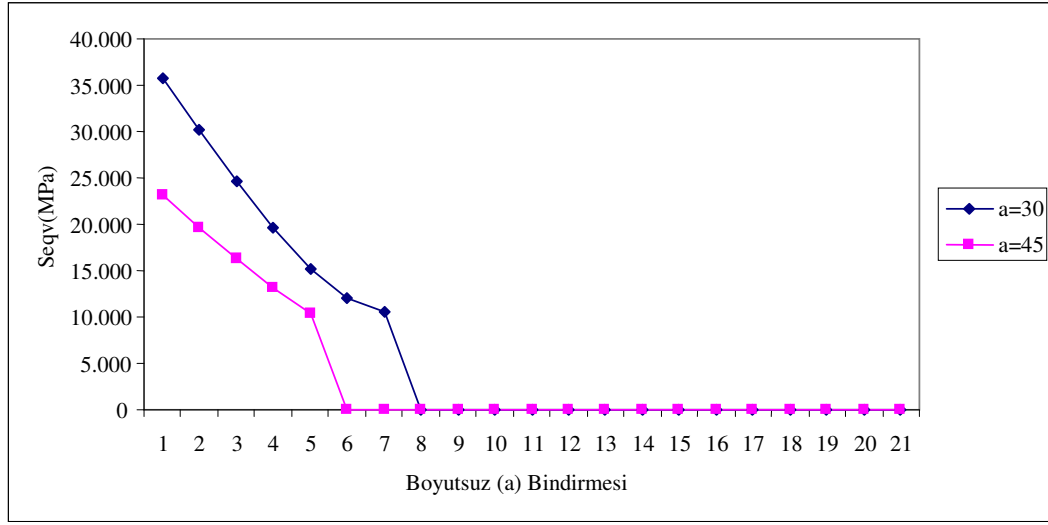
Şekil 5.10. a= 30 mm ve a=45 mm için Seqv'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

Şekil 5.11'de görüldüğü gibi b=13 mm iken b bindirme mesafesinde Seqv'nin arttığı gözlenmiştir. Artma özellikle grafiğin sol tarafında meydana gelmiştir.

Şekil 5.12'de görüldüğü gibi b=25 mm iken b bindirme mesafesinde Seqv'nin azaldığı gözlenmiştir. Azalma özellikle grafiğin sol tarafında meydana gelmiştir.



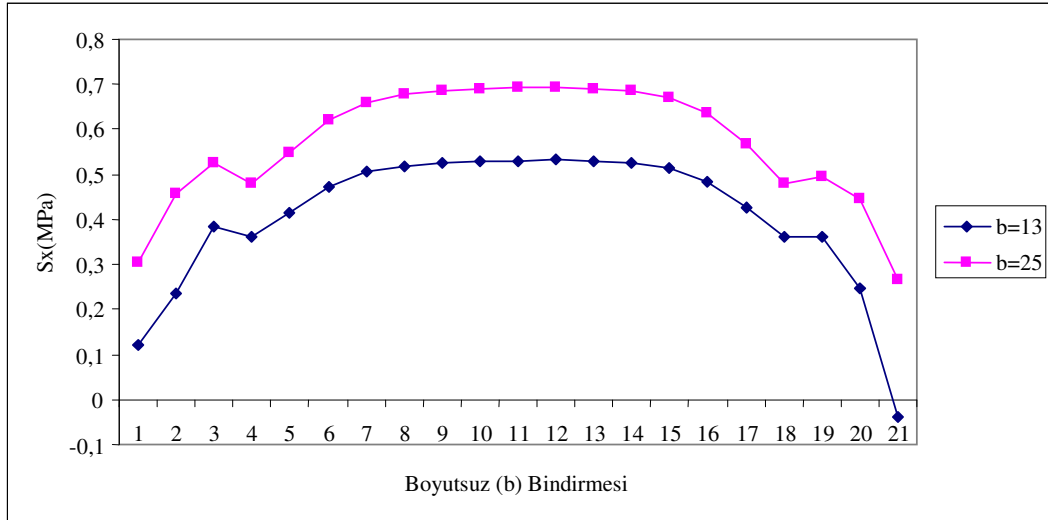
Şekil 5.11. a= 30 mm ve a=45 mm için Seqv'nin b=13 mm iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



Şekil 5.12. a= 30 mm ve a=45 mm için Seqv'nin b=25 mm iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

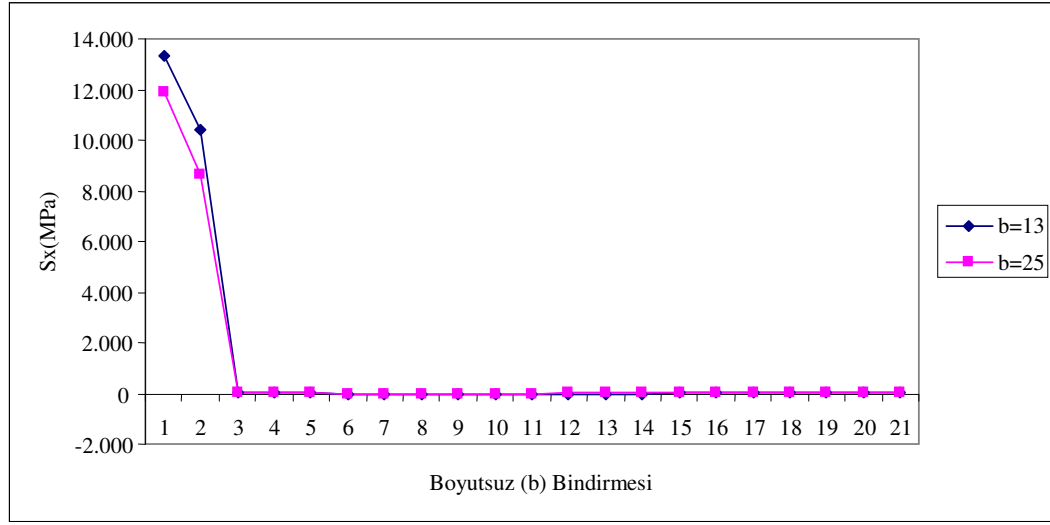
5.1.2. (b) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma

a=30 mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° ve a=45 mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° iken b=13 mm ve b=25mm için a bindirme mesafesinde Sx'in şekil 5.13.'teki gibi arttığı gözlenmiştir.



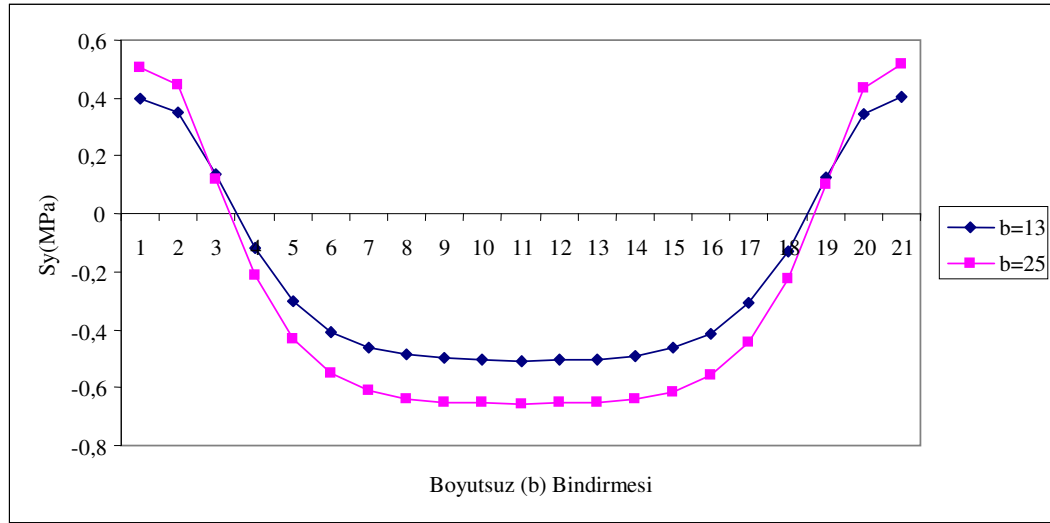
Şekil 5.13. b= 13 mm ve b=25 mm için Sx'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

Şekil 5.14'te görüldüğü gibi a=30 ve 45 mm iken b bindirme mesafesinde Sx'in her iki durumda da azaldığı gözlenmiştir.



Şekil 5.14. b= 13 mm ve b=25 mm için S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

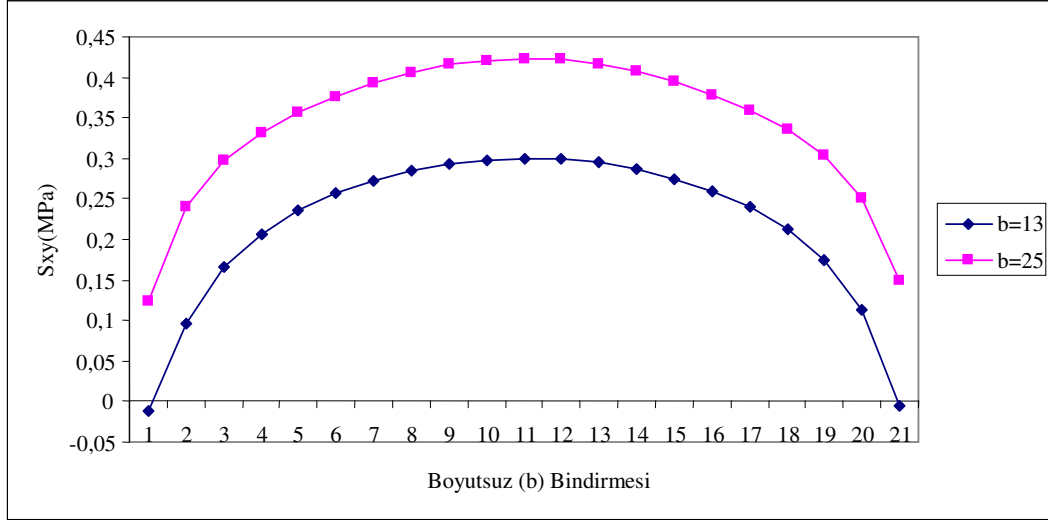
$a=30$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ ve $a=45$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ iken $b=13$ mm ve $b=25$ mm için a bindirme mesafesinde S_y 'nin şekil 5.15.'teki gibi azaldığı gözlenmiştir.



Şekil 5.15. b= 13 mm ve b=25 mm için S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

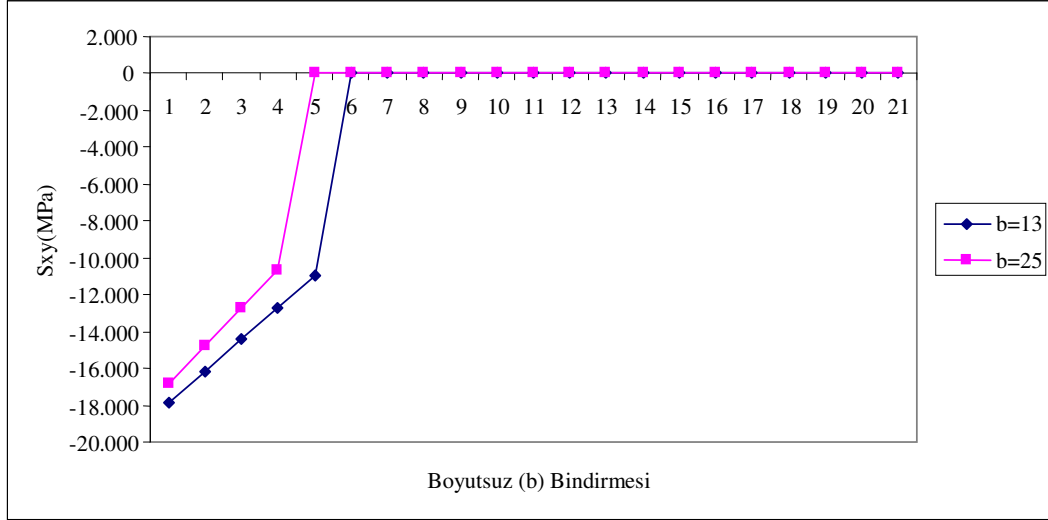
$a=30$ ve 45 mm iken b bindirme mesafesinde S_y 'nin grafiği şekil 5.6'ya benzer olup her iki durumda da azaldığı gözlenmiştir.

$a=30$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ ve $a=45$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ iken $b=13$ mm ve $b=25$ mm için a bindirme mesafesinde S_{xy} 'nin şekil 5.16.'daki gibi arttığı gözlenmiştir.



Şekil 5.16. b= 13 mm ve b=25 mm için S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

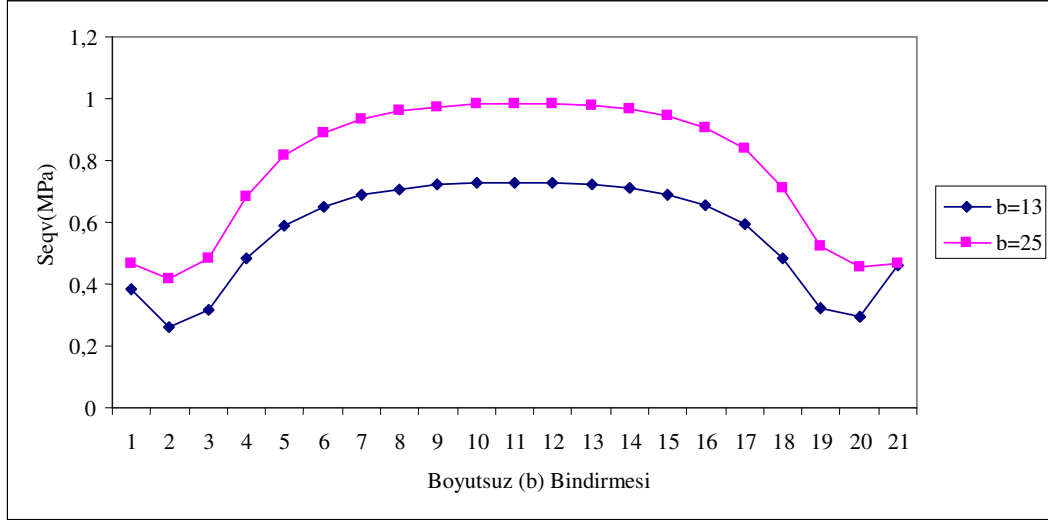
Şekil 5.17'de görüldüğü gibi $a=30$ ve 45 mm iken b bindirme mesafesinde S_{xy} 'nin her iki durumda da arttığı gözlenmiştir.



Şekil 5.17. b= 13 mm ve b=25 mm için S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

$a=30$ mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° ve $a=45$ mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° iken $b=13$ mm ve $b=25$ mm için a bindirme mesafesinde $Seqv$ 'nin şekil 5.18.'deki gibi arttığı gözlenmiştir.

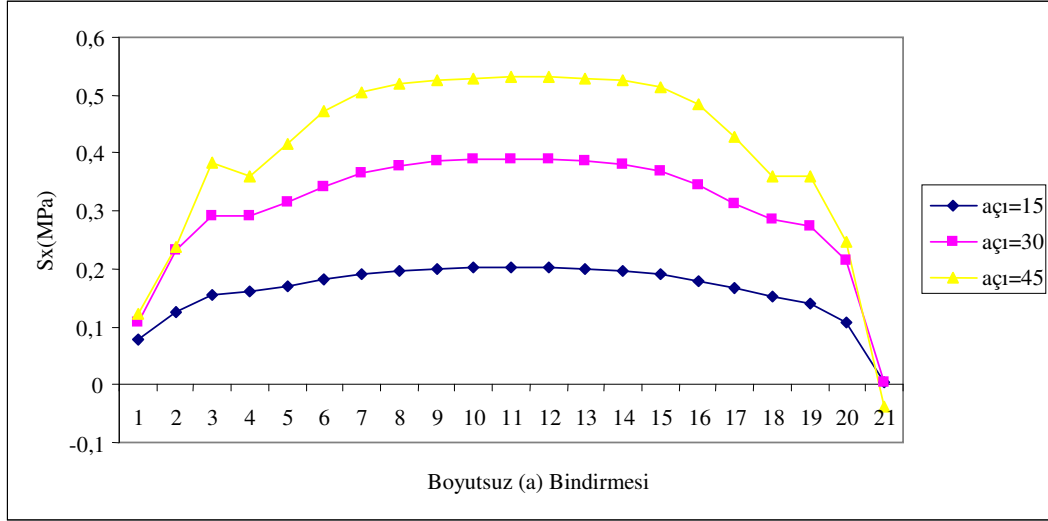
$a=30$ ve 45 mm iken b bindirme mesafesinde $Seqv$ 'nin dağılımı şekil 5.12'ye benzer olup her iki durumda da azaldığı gözlenmiştir. Gerilmelerdeki azalma miktarı şekil 5.12'ye göre daha düşük gerçekleşmiştir.



Şekil 5.18. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

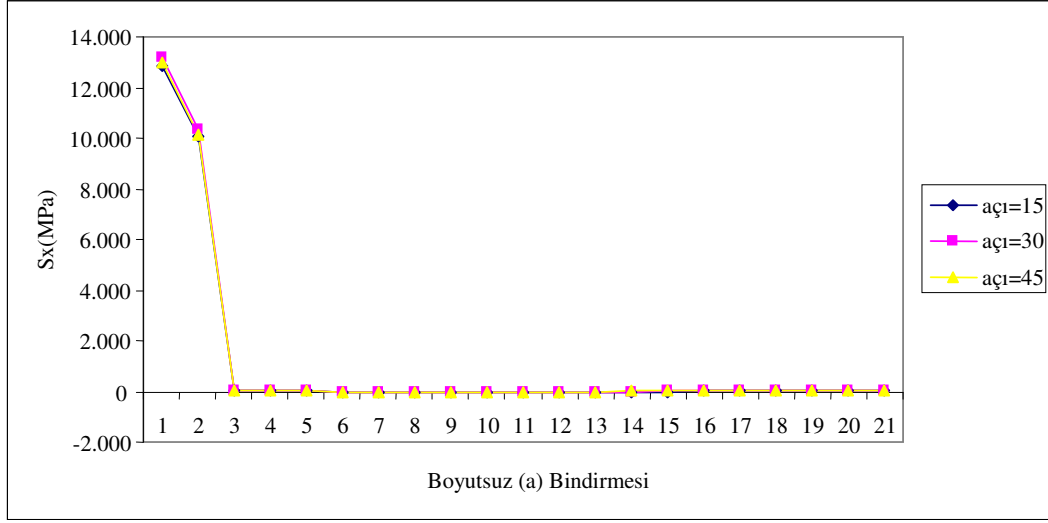
5.1.3. (θ) Açısına Göre Karşılaştırma

$a=30$ mm, 45 mm ve $b=13$ mm, 25 mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için a bindirme mesafesinde Sx 'in şekil 5.19.'daki gibi arttığı gözlenmiştir.



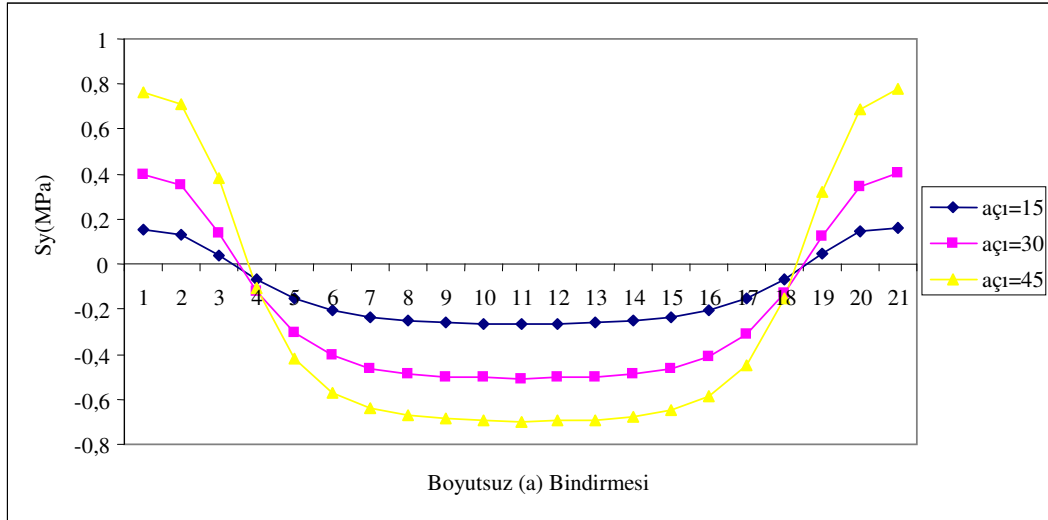
Şekil 5.19. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için Sx 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

$a=30$ mm, 45 mm ve $b=13$ mm, 25 mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için b bindirme mesafesinde Sx 'in şekil 5.20.'de görüldüğü gibi açı 15° 'den 30° 'ye çıkarken arttığı, 30° 'den 45° 'ye çıkarken ise azaldığı gözlenmiştir.



Şekil 5.20. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

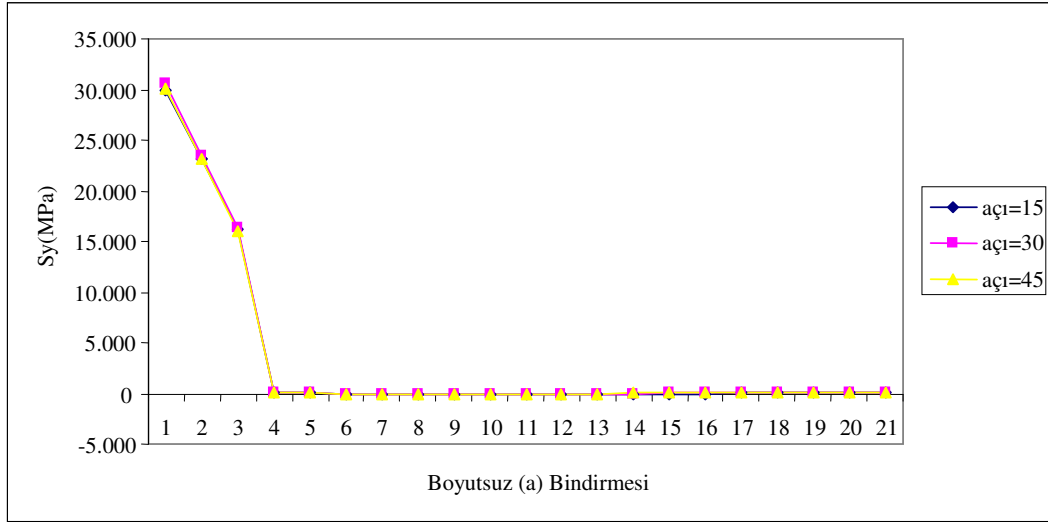
$a=30$ mm, 45 mm ve $b=13$ mm, 25 mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için a bindirme mesafesinde S_y 'nin şekil 5.21.'deki gibi azaldığı gözlenmiştir.



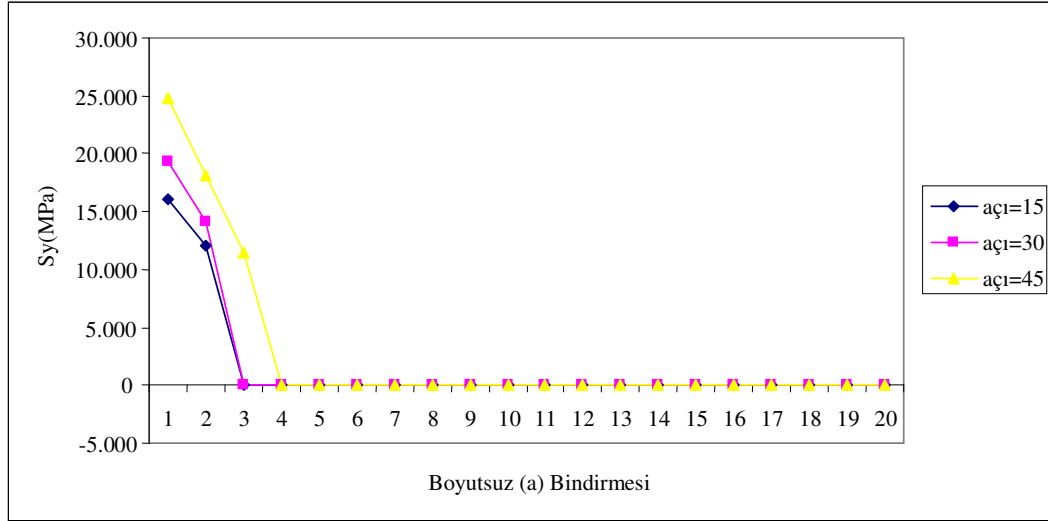
Şekil 5.21. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

$a=30$ mm, $b=13$ mm ve $a=45$ mm, $b=13$ mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için b bindirme mesafesinde S_y 'nin şekil 5.22.'de görüldüğü gibi açı 15° 'den 30° 'ye çıkarken arttığı, 30° 'den 45° 'ye çıkarken ise azaldığı gözlenmiştir.

$a=30$ mm, $b=25$ mm ve $a=45$ mm, $b=25$ mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için b bindirme mesafesinde S_y 'nin şekil 5.23.'de görüldüğü gibi açı 15° 'den 30° 'ye ve 45° 'ye çıkarken arttığı gözlenmiştir.



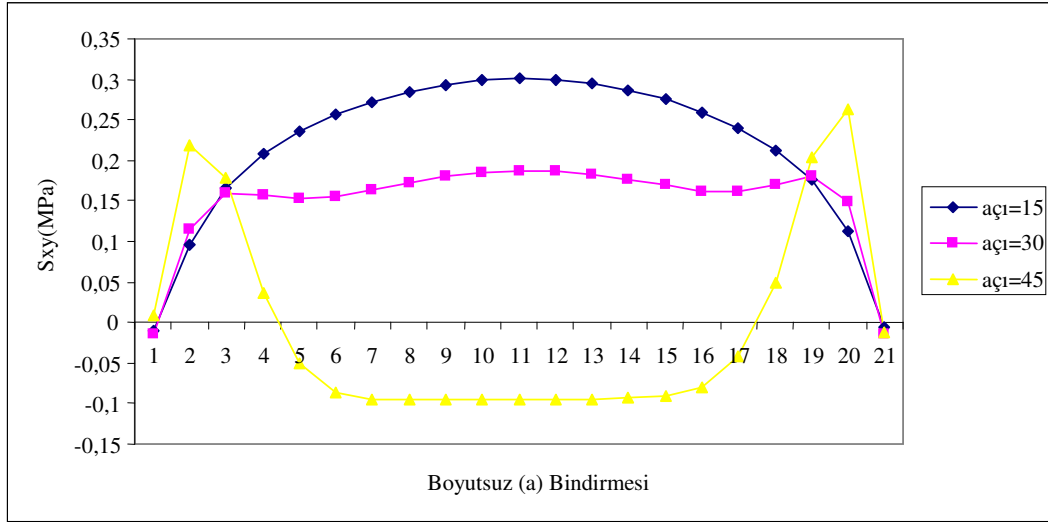
Şekil 5.22. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_y 'nin $b=13$ mm iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



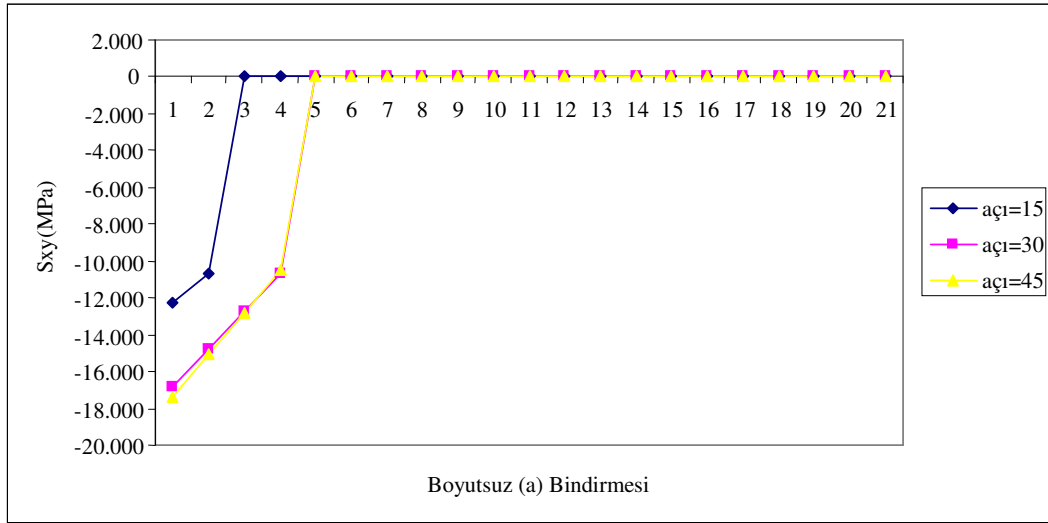
Şekil 5.23. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_y 'nin $b=25$ mm iken (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

$a=30$ mm, 45 mm ve $b=13$ mm, 25 mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için a bindirme mesafesinde S_{xy} 'nin şekil 5.24.'deki gibi azaldığı gözlenmiştir.

$a=30$ mm, 45 mm ve $b=13$ mm, 25 mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için b bindirme mesafesinde S_{xy} 'nin şekil 5.25.'te görüldüğü gibi azaldığı gözlenmiştir.



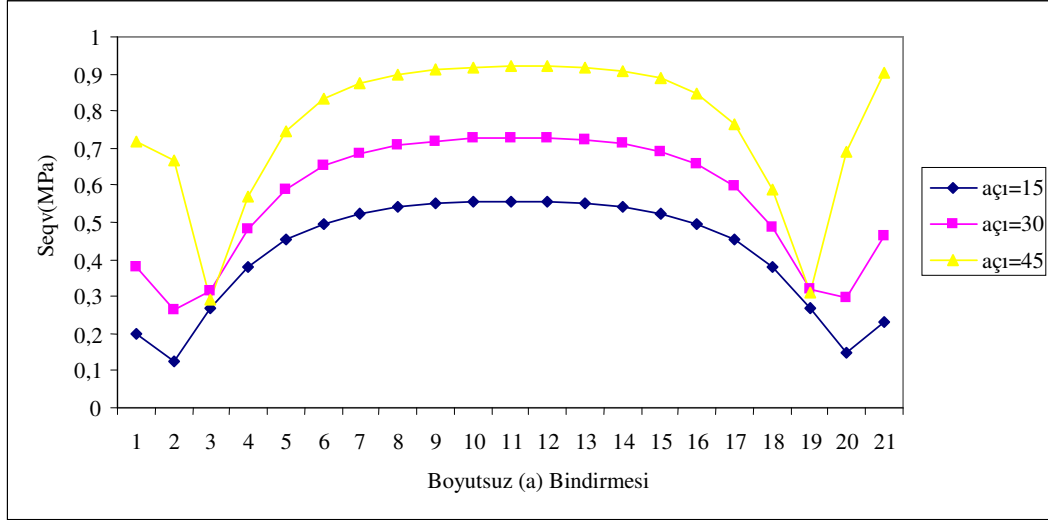
Şekil 5.24. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



Şekil 5.25. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_{xy} 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

$a=30$ mm, 45 mm ve $b=13$ mm, 25 mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için a bindirme mesafesinde $Seqv$ 'nin şekil 5.26.'daki gibi arttığı gözlenmiştir.

$a=30$ mm, $b=13$ mm ve $a=45$ mm, $b=13$ mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için b bindirme mesafesinde $Seqv$ 'nin şekil 5.22.'deki grafiğe benzer olarak açı 15° 'den 30° 'ye çıkarken arttığı, 30° 'den 45° 'ye çıkarken ise azaldığı gözlenmiştir.



Şekil 5.26. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için Seq_v 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

5.2. İkinci Tip Yapıştırıcı (W Yapıştırıcısı)

5.2.1. (a) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma

$b=13$ mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° ve $b=25$ mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° iken $a=30$ mm ve $a=45$ mm için a bindirme mesafesinde S_x 'in değişim grafiği şekil 5.1.'e benzer olup azaldığı gözlenmiştir. Ancak sayısal değerler olarak daha yüksek değerler oluşmuştur.

$b=13$ mm iken b bindirme mesafesinde S_x 'in değişim grafiği Şekil 5.2'ye benzer olup gerilmelerin arttığı gözlenmiştir. Ancak sayısal değerler olarak daha yüksek değerler oluşmuştur

$b=25$ mm iken b bindirme mesafesinde S_x 'in değişim grafiği Şekil 5.3'e benzer olup gerilmelerin azaldığı gözlenmiştir.

$b=13$ mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° ve $b=25$ mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° iken $a=30$ mm ve $a=45$ mm için a bindirme mesafesinde S_y 'nin değişim grafiği şekil 5.4.'e benzer olup gerilmelerin azaldığı gözlenmiştir.

$b=13$ mm iken b bindirme mesafesinde S_y 'nin değişim grafiği Şekil 5.5'e benzer olup gerilmelerin arttığı gözlenmiştir.

$b=25$ mm iken b bindirme mesafesinde S_y 'nin değişim grafiği Şekil 5.6'ya benzer olup gerilmelerin azaldığı gözlenmiştir.

$b=13$ mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° ve $b=25$ mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° iken $a=30$ mm ve $a=45$ mm için a bindirme mesafesinde S_{xy} 'nin d eğişim grafiği şekil 5.7.'ye benzer olup azaldığı gözlenmiştir. En büyük S_{xy} 'nin ortalarında gerçekleştiği görülmüştür.

$b=13$ mm iken b bindirme mesafesinde S_{xy} 'nin değişim grafiği Şekil 5.8'e benzer olup gerilmelerin azaldığı gözlenmiştir.

$b=25$ mm iken b bindirme mesafesinde S_{xy} 'nin değişim grafiği Şekil 5.9'a benzer olup gerilmelerin arttığı gözlenmiştir.

$b=13$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ ve $b=25$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ iken $a=30$ mm ve $a=45$ mm için a bindirme mesafesinde $Seqv$ (Von Misses)'nin değişim grafiği şekil 5.10.'a benzer olup gerilmelerin azaldığı gözlenmiştir. En büyük S_{xy} 'nin orta kısımda gerçekleştiği ve her iki uç kısımda da gerilmelerin arttığı görülmüştür.

$b=13$ mm iken b bindirme mesafesinde $Seqv$ 'nin değişim grafiği Şekil 5.11'e benzer olup gerilmelerin arttığı gözlenmiştir. Artma özellikle grafiğin sol tarafında meydana gelmiştir.

$b=25$ mm iken b bindirme mesafesinde $Seqv$ 'nin değişim grafiği Şekil 5.12'ye benzer olup gerilmelerin azaldığı gözlenmiştir. Azalma özellikle grafiğin sol tarafında meydana gelmiştir.

5.2.2. (b) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma

$a=30$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ ve $a=45$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ iken $b=13$ mm ve $b=25$ mm için a bindirme mesafesinde S_x 'in değişim grafiği şekil 5.13.'e benzer olup gerilmelerin arttığı gözlenmiştir.

$a=30$ ve 45 mm iken b bindirme mesafesinde S_x 'in değişim grafiği Şekil 5.14'e benzer olup gerilmelerin her iki durumda da azaldığı gözlenmiştir.

$a=30$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ ve $a=45$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ iken $b=13$ mm ve $b=25$ mm için a bindirme mesafesinde S_y 'nin değişim grafiği şekil 5.15.'e benzer olup gerilmelerin azaldığı gözlenmiştir.

$a=30$ ve 45 mm iken b bindirme mesafesinde S_y 'nin değişim grafiği şekil 5.6'ya benzer olup her iki durumda da azaldığı gözlenmiştir.

$a=30$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ ve $a=45$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ iken $b=13$ mm ve $b=25$ mm için a bindirme mesafesinde S_{xy} 'nin değişim grafiği şekil 5.16.'ya benzer olup gerilmelerin arttığı gözlenmiştir.

$a=30$ ve 45 mm iken b bindirme mesafesinde S_{xy} 'nin değişim grafiği Şekil 5.17'ye benzer olup gerilmelerin her iki durumda da arttığı gözlenmiştir.

$a=30$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ ve $a=45$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ iken $b=13$ mm ve $b=25$ mm için a bindirme mesafesinde $Seqv$ 'nin değişim grafiği şekil 5.18.'e benzer olup gerilmelerin arttığı gözlenmiştir.

$a=30$ ve 45 mm iken b bindirme mesafesinde $Seqv$ 'nin değişim grafiği şekil 5.12'ye benzer olup her iki durumda da gerilmelerin azaldığı gözlenmiştir. Gerilmelerdeki azalma miktarı şekil 5.12'ye göre daha düşük gerçekleşmiştir.

5.2.3. (θ) Açısına Göre Karşılaştırma

$a=30$ mm, 45 mm ve $b=13$ mm, 25 mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için a bindirme mesafesinde S_x 'in değişim grafiği şekil 5.19.'a benzer olup gerilmelerin arttığı gözlenmiştir.

$a=30$ mm, 45 mm ve $b=13$ mm, 25 mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için b bindirme mesafesinde S_x 'in değişim grafiği şekil 5.20.'ye benzer olup gerilmelerin, açı 15° 'den 30° 'ye çıkarken arttığı, 30° 'den 45° 'ye çıkarken ise azaldığı gözlenmiştir.

$a=30$ mm, 45 mm ve $b=13$ mm, 25 mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için a bindirme mesafesinde S_y 'nin değişim grafiği şekil 5.21.'e benzer olup gerilmelerin azaldığı gözlenmiştir.

$a=30$ mm, $b=13$ mm ve $a=45$ mm, $b=13$ mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için b bindirme mesafesinde S_y 'nin değişim grafiği şekil 5.22.'ye benzer olup gerilmelerin, açı 15° 'den 30° 'ye çıkarken arttığı, 30° 'den 45° 'ye çıkarken ise azaldığı gözlenmiştir.

$a=30$ mm, $b=25$ mm ve $a=45$ mm, $b=25$ mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için b bindirme mesafesinde S_y 'nin değişim grafiği şekil 5.23.'e benzer olup gerilmelerin, açı 15° 'den 30° 'ye ve 30° 'den 45° 'ye çıkarken arttığı gözlenmiştir.

$a=30$ mm, 45 mm ve $b=13$ mm, 25 mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için a bindirme mesafesinde S_{xy} 'nin değişim grafiği şekil 5.24.'e benzer olup gerilmelerin azaldığı gözlenmiştir.

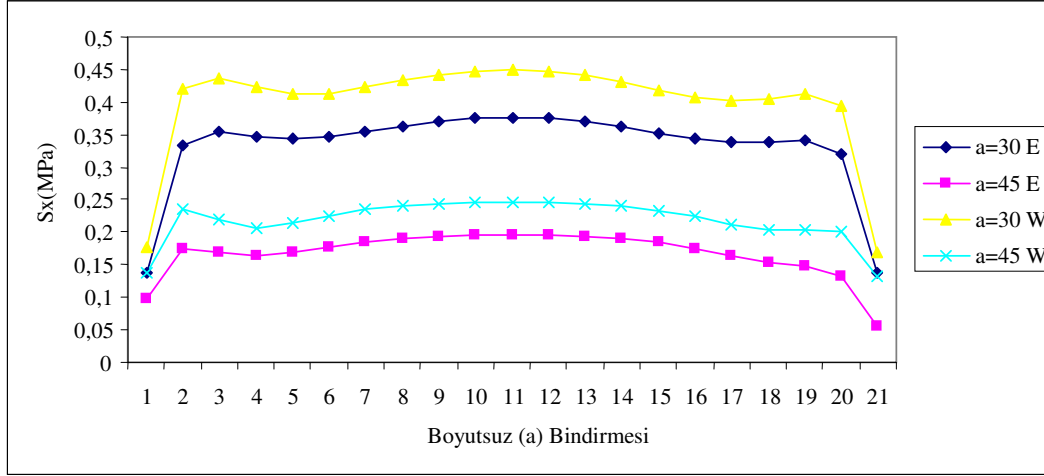
$a=30$ mm, 45 mm ve $b=13$ mm, 25 mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için b bindirme mesafesinde S_{xy} 'nin değişim grafiği şekil 5.25.'e benzer olup gerilmelerin azaldığı gözlenmiştir.

$a=30$ mm, 45 mm ve $b=13$ mm, 25 mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için a bindirme mesafesinde $Seqv$ 'nin değişim grafiği şekil 5.26.'ya benzer olup gerilmelerin arttığı gözlenmiştir.

$a=30$ mm, $b=13$ mm ve $a=45$ mm, $b=13$ mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için b bindirme mesafesinde $Seqv$ 'nin değişim grafiği şekil 5.22.'ye benzer olup gerilmelerin, açı 15° 'den 30° 'ye çıkarken gerilmelerin arttığı, 30° 'den 45° 'ye çıkarken ise gerilmelerin azaldığı gözlenmiştir.

5.3. E ve W Tipi Yapıştırıcıların Karşılaştırılması

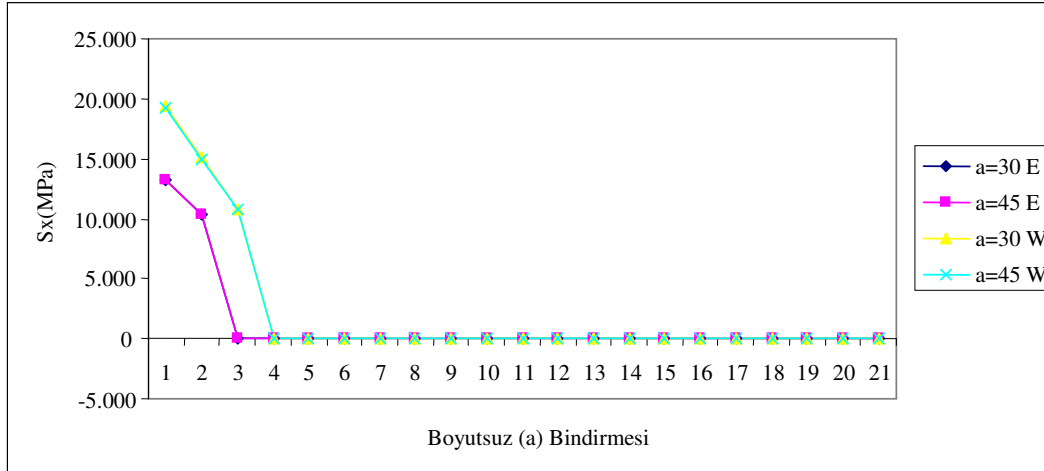
5.3.1 (a) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma



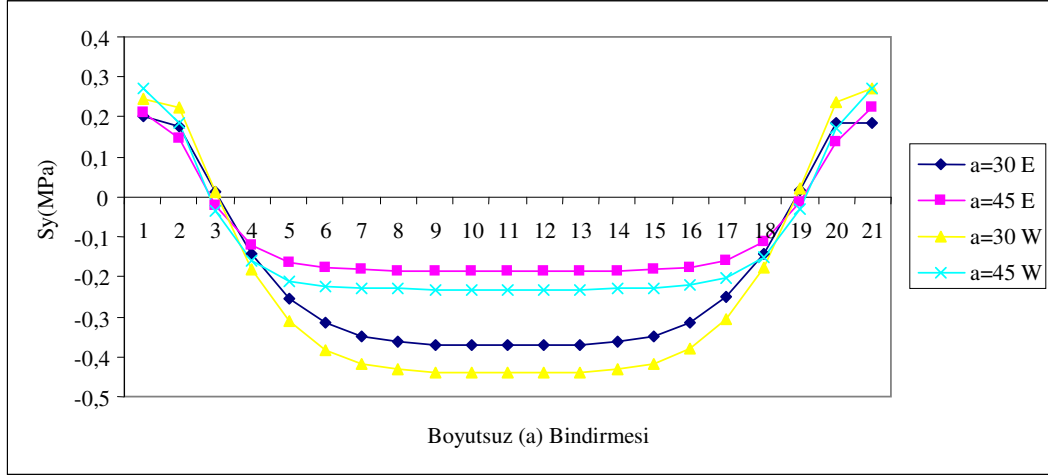
Şekil 5.27. a= 30 mm ve a=45 mm için S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

$b=13$ mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° ve $b=25$ mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° iken $a=30$ mm ve $a=45$ mm için a bindirme mesafesinde şekil 5.27.'deki gibi E tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_x gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_x gerilmelerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Şekil 5.28.'de görüldüğü gibi b bindirme mesafesinde E tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_x gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_x gerilmelerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir.

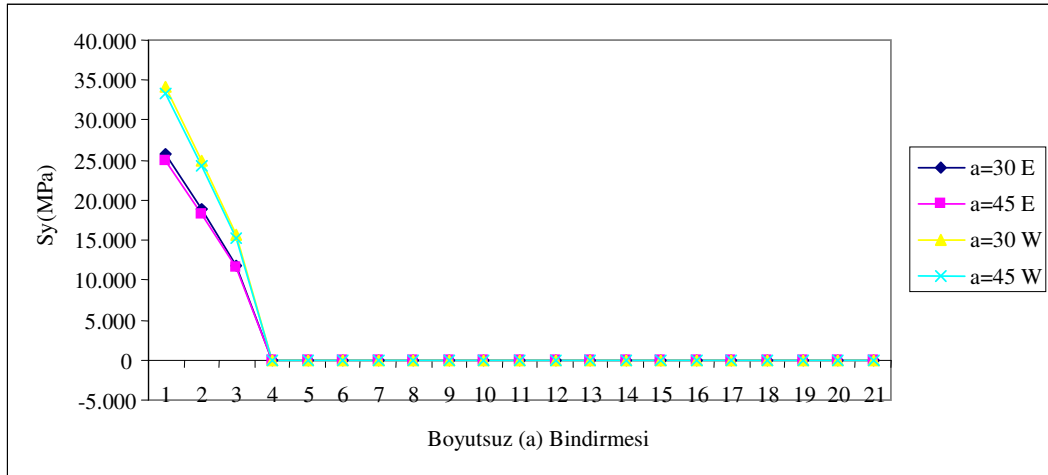


Şekil 5.28. a= 30 mm ve a=45 mm için S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



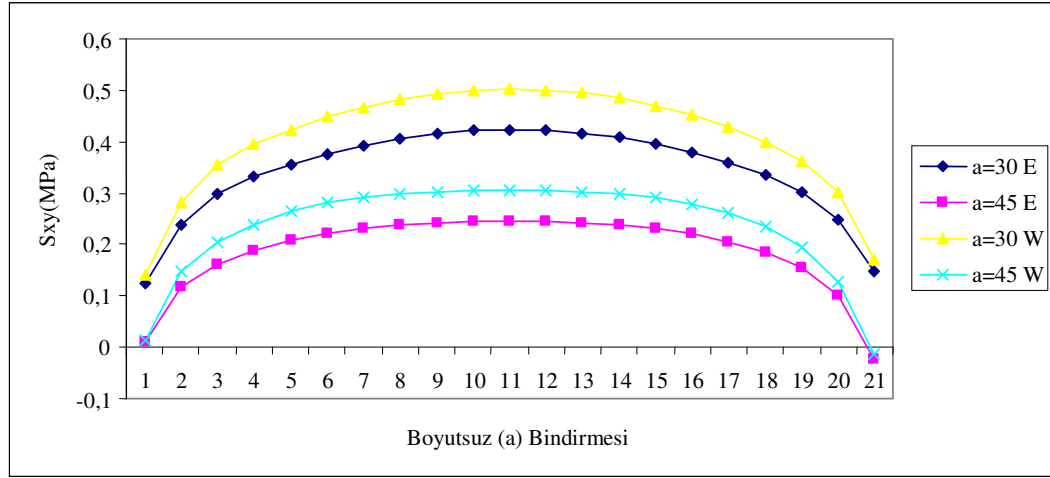
Şekil 5.29. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

$b = 13$ mm, $\theta = 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ ve $b = 25$ mm, $\theta = 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ iken $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için a bindirme mesafesinde Şekil 5.29'daki gibi E tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_y gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_y gerilmelerinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir.



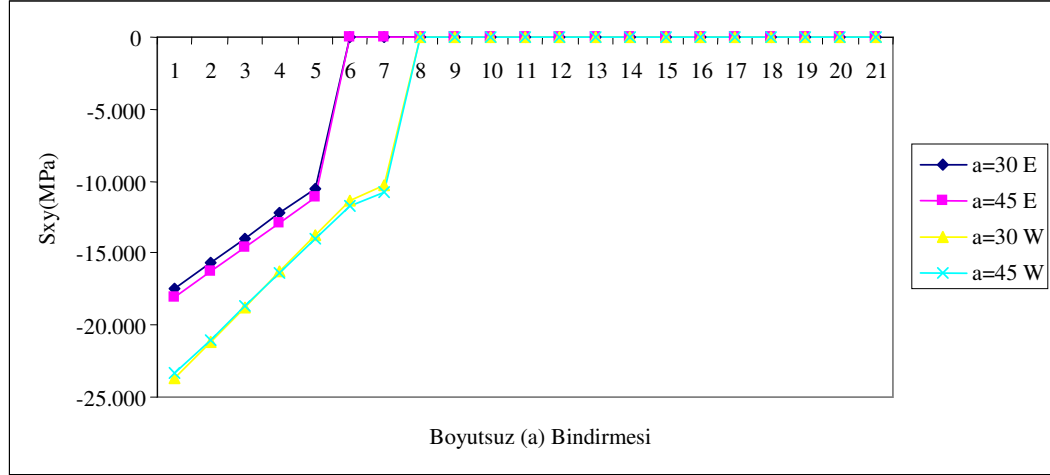
Şekil 5.30. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

Şekil 5.30'da görüldüğü gibi b bindirme mesafesinde E tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_y gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_y gerilmelerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir.



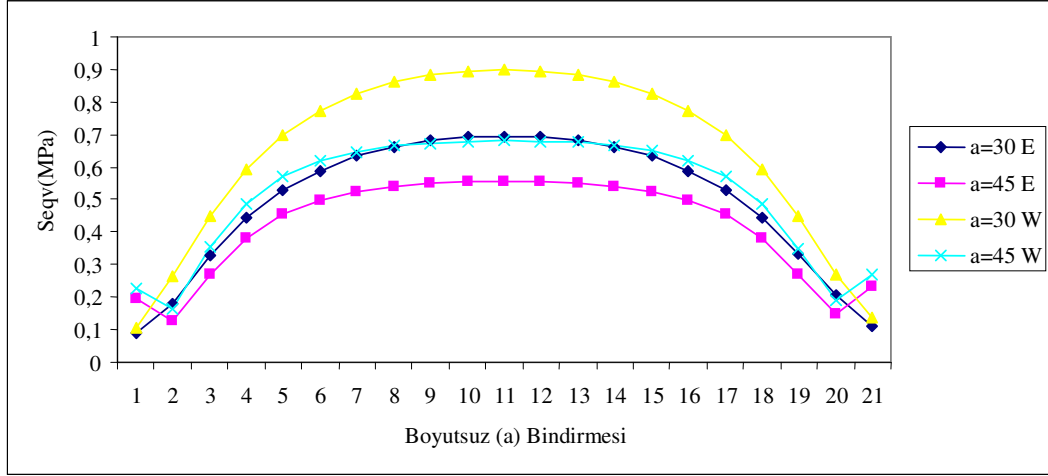
Şekil 5.31. a= 30 mm ve a=45 mm için S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

$b=13$ mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° ve $b=25$ mm, $\theta=15^\circ$, 30° , 45° iken $a=30$ mm ve $a=45$ mm için a bindirme mesafesinde şekil 5.31'deki gibi E tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_{xy} gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_{xy} gerilmelerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir.



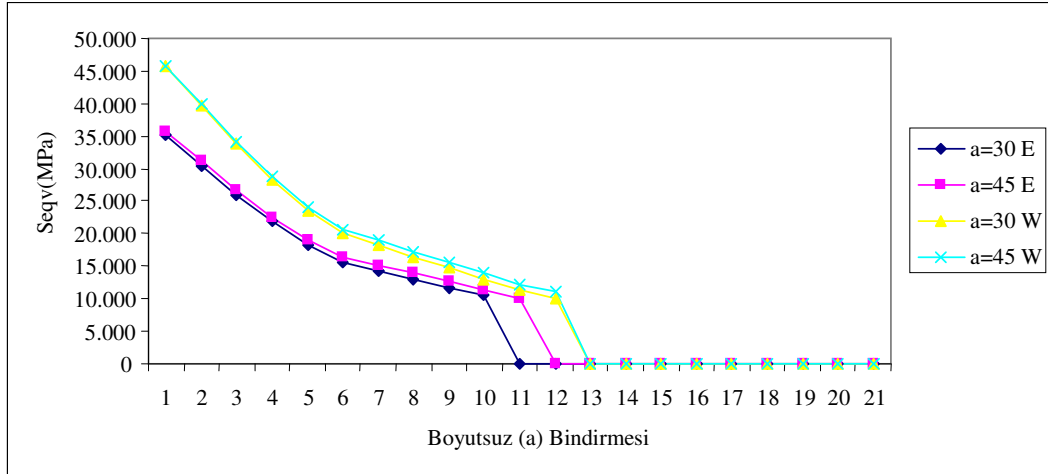
Şekil 5.32. a= 30 mm ve a=45 mm için S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

Şekil 5.32'de görüldüğü gibi b bindirme mesafesinde E tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_{xy} gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_{xy} gerilmelerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir.



Şekil 5.33. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

$b = 13$ mm, $\theta = 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ ve $b = 25$ mm, $\theta = 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ iken $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için a bindirme mesafesinde şekil 5.33.'teki gibi E tipi yapıştırıcıda meydana gelen $Seqv$ (Von Misses) gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen $Seqv$ gerilmelerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir.



Şekil 5.34. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

Şekil 5.34.'te görüldüğü gibi b bindirme mesafesinde E tipi yapıştırıcıda meydana gelen $Seqv$ (Von Misses) gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen $Seqv$ gerilmelerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir.

5.3.2 (b) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırılması

$a=30$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ ve $a=45$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ iken $b=13$ mm ve $b=25$ mm için a bindirme mesafesinde şekil 5.27.'deki gibi E tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_x gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_x gerilmelerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Şekil 5.28.'de görüldüğü gibi b bindirme mesafesinde E tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_x gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_x gerilmelerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir.

$b=13$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ ve $b=25$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ iken $b=13$ mm ve $b=25$ mm için a bindirme mesafesinde şekil 5.29'daki gibi E tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_y gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_y gerilmelerinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Şekil 5.30'da görüldüğü gibi b bindirme mesafesinde E tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_y gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_y gerilmelerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir.

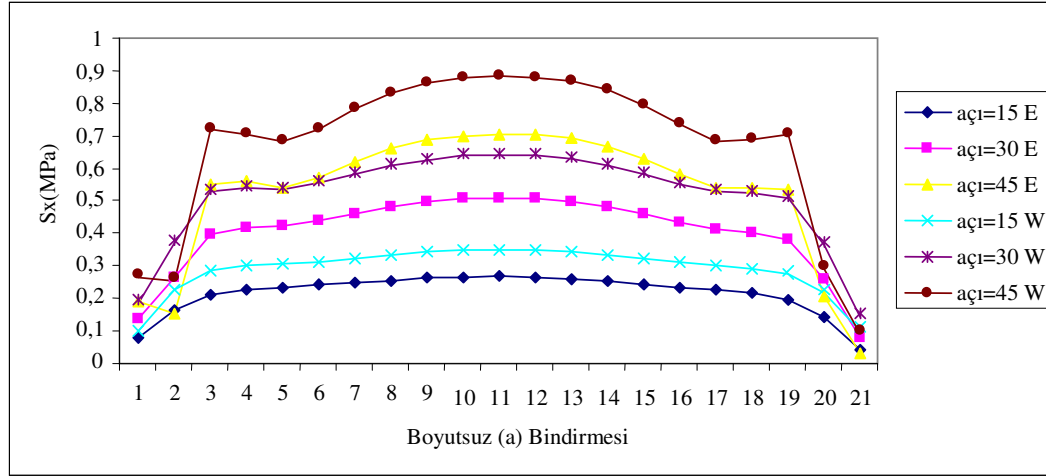
$b=13$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ ve $b=25$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ iken $b=13$ mm ve $b=25$ mm için a bindirme mesafesinde şekil 5.31'deki gibi E tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_{xy} gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_{xy} gerilmelerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Şekil 5.32'de görüldüğü gibi b bindirme mesafesinde E tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_{xy} gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_{xy} gerilmelerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir.

$b=13$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ ve $b=25$ mm, $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ iken $b=13$ mm ve $b=25$ mm için a bindirme mesafesinde şekil 5.33.'teki gibi E tipi yapıştırıcıda meydana gelen $Seqv$ (Von Misses) gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen $Seqv$ gerilmelerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir.

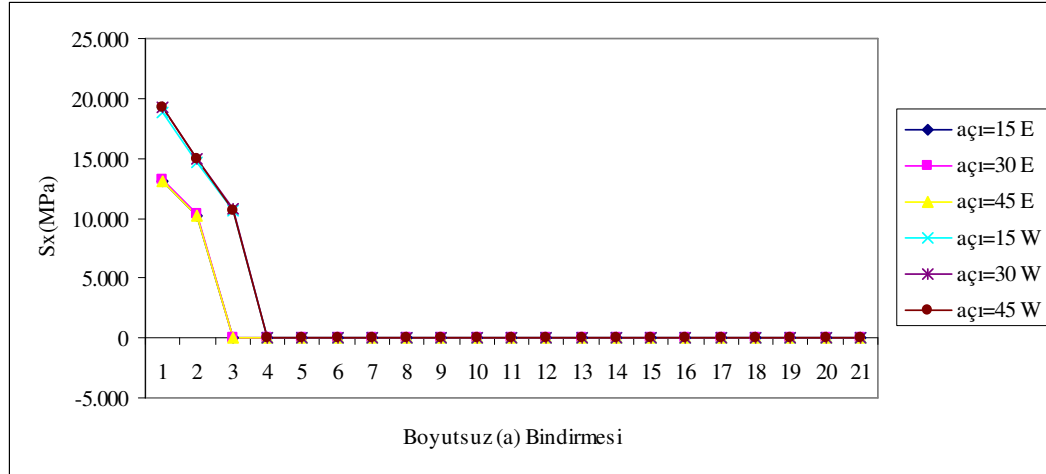
Şekil 5.34.'te görüldüğü gibi b bindirme mesafesinde E tipi yapıştırıcıda meydana gelen $Seqv$ (Von Misses) gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen $Seqv$ gerilmelerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir.

5.3.3 (θ) Açısına Göre Karşılaştırma



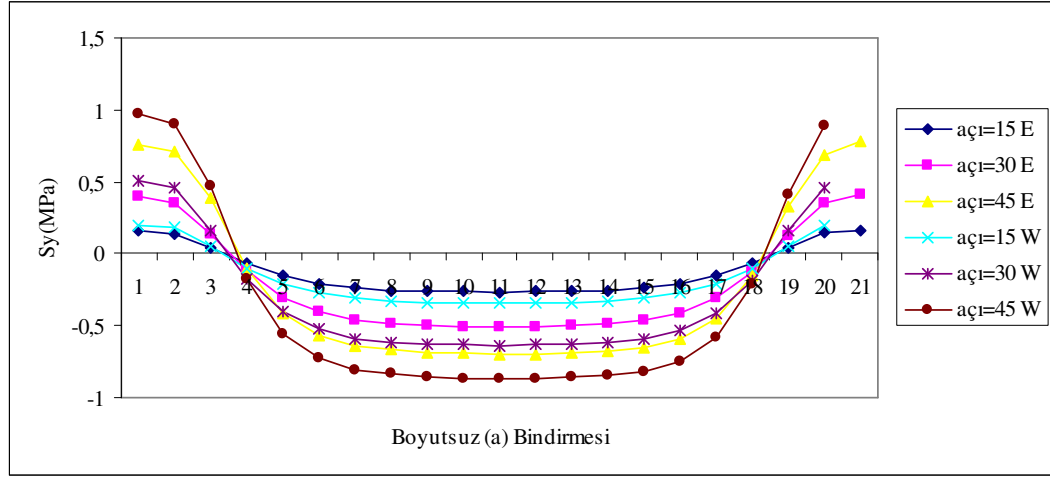
Şekil 5.35. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

$a=30$ ve 45 mm ve $b=13$ ve 25 mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için a bindirme mesafesinde şekil 5.35.'teki gibi E tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_x gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_x gerilmelerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir.



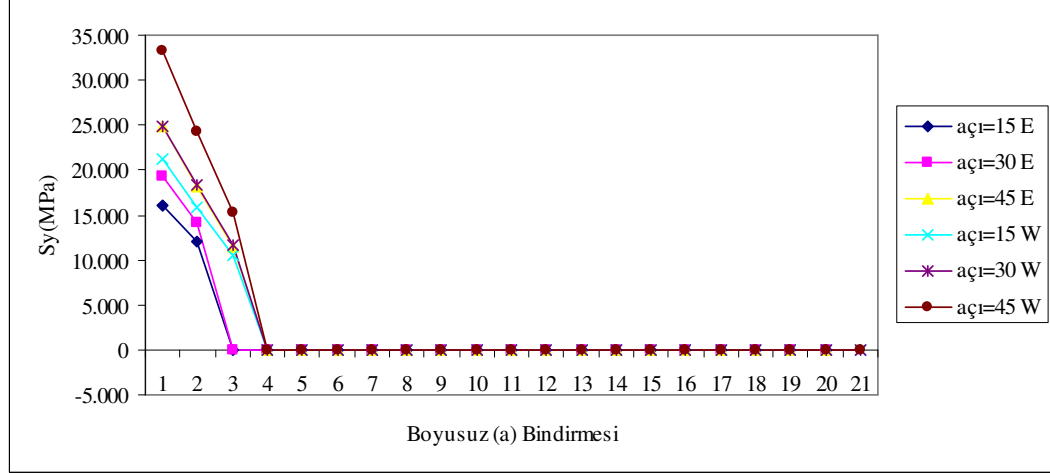
Şekil 5.36. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

Şekil 5.36.'da görüldüğü gibi b bindirme mesafesinde S_x gerilmelerinin E tipi yapıştırıcıda, W tipi yapıştırıcıya göre daha düşük olduğu gözlenmiştir.



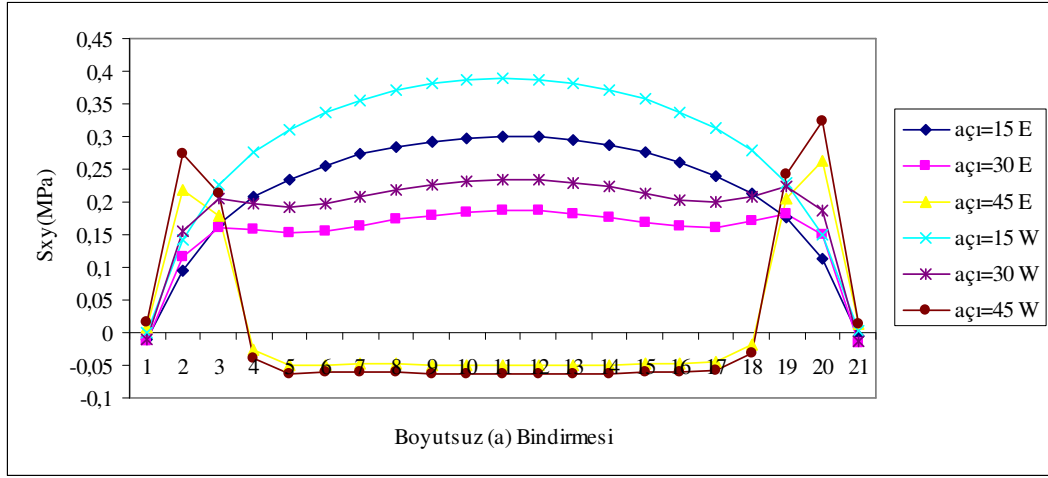
Şekil 5.37. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için Sy'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

$a=30$ ve 45 mm ve $b=13$ ve 25 mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için a bindirme mesafesinde şekil 5.37.'deki gibi E tipi yapıştırıcıda meydana gelen Sy gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen Sy gerilmelerinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir.



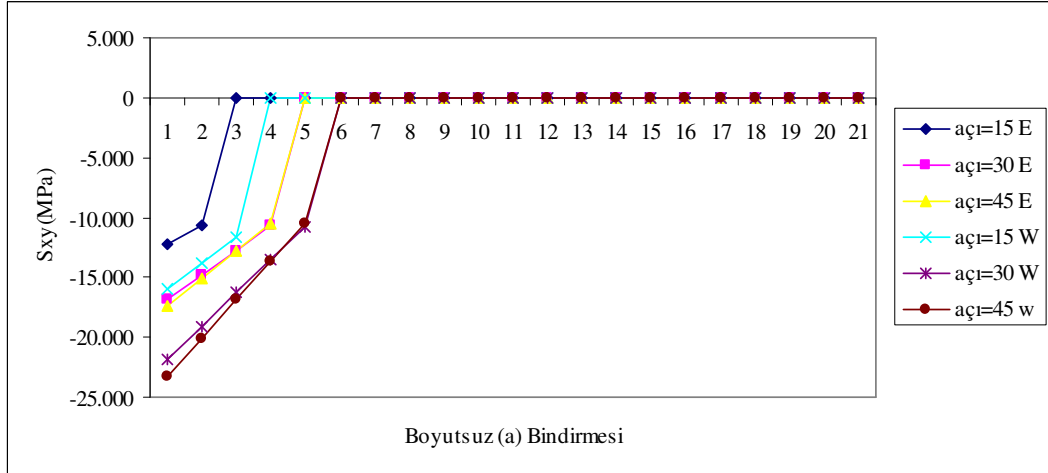
Şekil 5.38. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için Sy'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

Şekil 5.38.'de görüldüğü gibi b bindirme mesafesinde Sy gerilmelerinin E tipi yapıştırıcıda, W tipi yapıştırıcıya göre daha düşük olduğu gözlenmiştir.



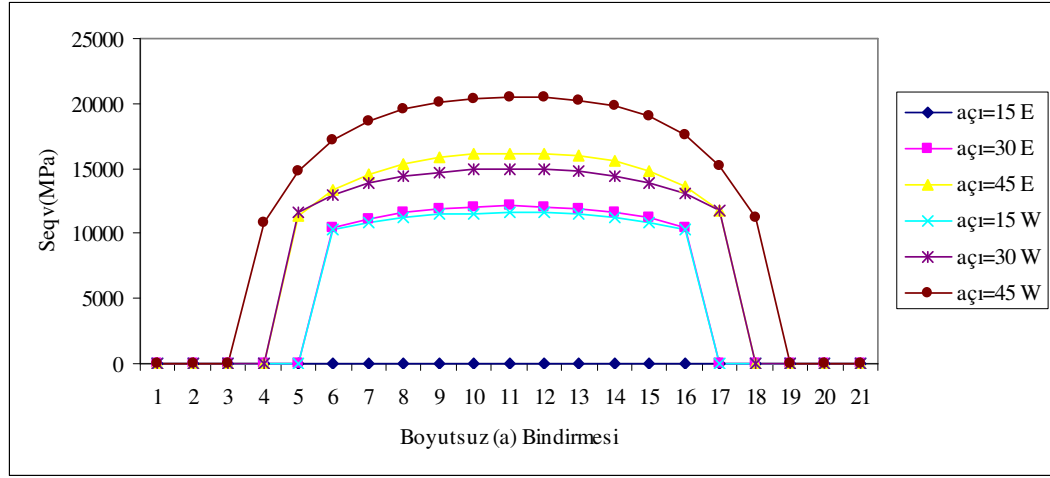
Şekil 5.39. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

$a=30$ ve 45 mm ve $b=13$ ve 25 mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için a bindirme mesafesinde Şekil 5.39.'daki gibi E tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_{xy} gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen S_y gerilmelerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir.



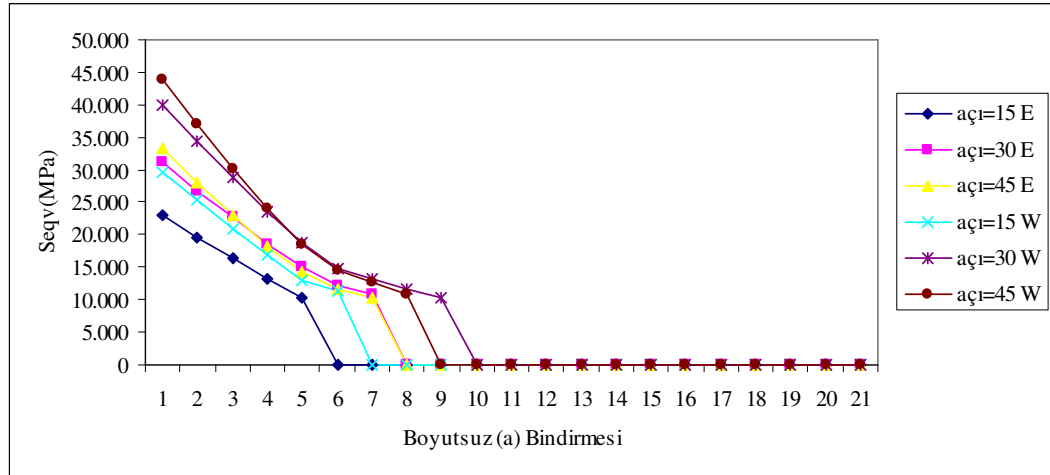
Şekil 5.40. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

Şekil 5.40.'ta görüldüğü gibi b bindirme mesafesinde S_{xy} gerilmelerinin E tipi yapıştırıcıda, W tipi yapıştırıcıya göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir.



Şekil 5.41. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için Seqv'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

$a=30$ ve 45 mm ve $b=13$ ve 25 mm iken $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için a bindirme mesafesinde şekil 5.41.'deki gibi E tipi yapıştırıcıda meydana gelen Seqv gerilmelerinin, W tipi yapıştırıcıda meydana gelen Seqv gerilmelerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir.



Şekil 5.42. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için Seqv'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

Şekil 5.42.'de görüldüğü gibi b bindirme mesafesinde Seqv gerilmelerinin E tipi yapıştırıcıda, W tipi yapıştırıcıya göre daha düşük olduğu gözlenmiştir.

5.4. GENEL SONUÇLAR

Yukarıdaki karşılaştırmalar ışığında şu sonuçlara varılmıştır;

1-) Her iki yapıştırıcıda da şekil 4.1.'de görülen $a=30$ mm ve $a=45$ mm için a bindirme mesafesinde S_x gerilmeleri azalmıştır. b mesafesinde ise $b=13$ iken S_x gerilmelerinin arttığı ancak $b=25$ mm iken azaldığı gözlenmiştir.

İki yapıştırıcıda da şekil 4.1.'de görülen $b=13$ mm ve $b=25$ mm için a bindirme mesafesinde S_x gerilmeleri artmıştır. b bindirme mesafesinde ise S_x gerilmelerinin azaldığı gözlenmiştir.

İki yapıştırıcıda da şekil 4.1.'de görülen $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için a bindirme mesafesinde S_x gerilmelerinin arttığı görülmüştür. b bindirme mesafesinde ise S_x gerilmelerinin açısı 15° 'den 30° 'ye çıkarken arttığı, 30° 'den 45° 'ye çıkarken ise azaldığı gözlenmiştir.

2-) Her iki yapıştırıcıda da şekil 4.1.'de görülen $a=30$ mm ve $a=45$ mm için a bindirme mesafesinde S_y gerilmeleri azalmıştır. b bindirme mesafesinde ise $b=13$ iken S_y gerilmelerinin arttığı ancak $b=25$ mm iken azaldığı gözlenmiştir.

İki yapıştırıcıda da şekil 4.1.'de görülen $b=13$ mm ve $b=25$ mm için a bindirme mesafesinde S_y gerilmeleri azalmıştır. $a=30$ ve 45 mm iken b bindirme mesafesinde S_y gerilmelerinin azaldığı görülmüştür.

İki yapıştırıcıda da şekil 4.1.'de görülen $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için a bindirme mesafesinde S_y gerilmeleri azalmıştır. b bindirme mesafesinde ise $b=13$ mm iken S_y gerilmelerinin açısı 15° 'den 30° 'ye çıkarken arttığı, 30° 'den 45° 'ye çıkarken ise azaldığı, $b=25$ mm iken θ açısı 15° 'den 30° 'ye ve 30° 'den 45° 'ye çıkarken arttığı görülmüştür.

3-) Her iki yapıştırıcıda da şekil 4.1.'de görülen $a=30$ mm ve $a=45$ mm için a bindirme mesafesinde S_{xy} gerilmeleri azalmıştır. b bindirme mesafesinde ise $b=13$ iken S_{xy} gerilmelerinin azaldığı ancak $b=25$ mm iken arttığı gözlenmiştir.

İki yapıştırıcıda da şekil 4.1.'de görülen $b=13$ mm ve $b=25$ mm için a bindirme mesafesinde S_{xy} gerilmeleri artmıştır. b bindirme mesafesinde ise S_{xy} gerilmelerinin arttığı görülmüştür.

İki yapıştırıcıda da şekil 4.1.'de görülen $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için a bindirme mesafesinde S_{xy} gerilmeleri azalmıştır. b bindirme mesafesinde ise S_{xy} gerilmelerinin azaldığı görülmüştür.

4-) Her iki yapıştırıcıda da şekil 4.1.'de görülen $a=30$ mm ve $a=45$ mm için a bindirme mesafesinde $Seqv$ (von Mises) gerilmeleri azalmıştır. Şekil 4.1.'de görülen b mesafesinde ise $b=13$ iken $Seqv$ gerilmelerinin arttığı ancak $b=25$ mm iken azaldığı gözlenmiştir.

İki yapıştırıcıda da şekil 4.1.'de görülen $b=13$ mm ve $b=25$ mm için a bindirme mesafesinde Seqv gerilmeleri artmıştır. $a=30$ ve 45 mm iken b bindirme mesafesinde Seqv gerilmelerinin azaldığı görülmüştür.

İki yapıştırıcıda da şekil 4.1.'de görülen $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için a bindirme mesafesinde Seqv gerilmeleri artmıştır. b bindirme mesafesinde ise Seqv gerilmeleri θ açısı 15° 'den 30° 'ye çıkarken arttığı, 30° 'den 45° 'ye çıkarken ise azaldığı görülmüştür.

5-) Yukarıdaki grafiklerde gerilme değerlerine baktığımızda W yapıştırıcısının S_x (x yönündeki çekme gerilmeleri), S_y (y yönündeki çekme gerilmeleri), S_{xy} (kayma gerilmeleri)'lerin sayısal değerleri, E yapıştırıcısının adı geçen gerilmelerinden daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi W yapıştırıcısının elastisite modülünün E yapıştırıcısının elastisite modülünden daha büyük olmasıdır.

Seqv (Von Misses) gerilmelerinde ise W yapıştırıcısının değerleri E yapıştırıcısına göre daha düşük çıkmıştır.

6-) Her iki yapıştırıcıda da şekil 5.35.'ten 5.50.'ye kadar a bindirme mesafesinde S_x , S_{xy} ve Seqv gerilmeleri azalmıştır. Aynı bölgede S_y gerilmesi ise artmıştır. b bindirme mesafesinde ise S_x , S_y , S_{xy} ve Seqv gerilmeleri azalmıştır. Ancak açığa göre S_{xy} gerilmeleri artmasına rağmen S_x , S_y ve Seqv gerilmeleri azalmıştır.

7-) Her iki yapıştırıcıda da yükleme durumuna bağlı olarak, geometrik değişimlerin maksimum gerilmeler üzerinde dikkate değer etkiler oluşturmuştur. Bu durum Apalak [80] çalışması tarafından da desteklenmektedir.

8-) Her iki yapıştırıcıda da a ve b bindirme uzunluklarındaki artışın, yapıştırıcı tabakasının gerilme değerlerinde düşüşe sebep olduğu görülmüştür. Bu durum Apalak ve diğ.[65] çalışması tarafından da desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

1. Tomblin, J.S., Yang, C. and Harter, P., 2001, Investigation of Thick Bond Line Adhesive Joint, Final Report, DOT/FAA/AR-01/33, U.S.Department of Transportation, Washington, DC.
2. Van Rijn, L.P., 1996, Towards the Fastenerless Composite Design, Composites Part A, 27 A, 915-920.
3. Aydın, M.D., Temiz, Ş. ve Özel, A., 2004, Yapısal Yapıştırıcıların Mekanik Özelliklerinin Belirlendiği DeneySEL Yöntemler, Mühendis ve Makina, 45, 536, 18.
4. Vinson, J.K., 1989, Adhesive Bonding of Polymer Composites, Polymer Engineering and Science, 29, 19, 1325-1331.
5. ISO 15166-2, 2000, Adhesives- Methods of Preparing Bulk Specimens- Part 1: Elevated Temperature Curing One-Part Systems.
6. ISO 15166-1, 1998, Adhesives- Methods of Preparing Bulk Specimens- Part 2: Two-Part Systems.
7. NFT 76-142, 1998, Methode Preparation de Plaques Adhesifs Strueturaux Pour la Realisation de Provvettes Dessai de Caracterisation (Structural Adhesives Preparation Method of Adhesive Plates for Characterization Test Pieces).
8. Sharon, G., Dodiuk, H. and Keing, S., 1989, Hygrothermal Properties of Epoxy Film Adhesives, Journal of Adhesion, 30, 87-104.
9. Dodiuk, H., Sharon, G. And Kenig, S., 1990, Hygrothermal Properties of Adhesively Bonded Joints and Their Correlation With Bulk Adhesive Properties, J. Adhesion, 33, 45-61
10. Jeandrau, J.P., 1986, Intrinsic Mechanical Characterization of Structural Adhesives, Int. J. Adhesion and Adhesives, 6, 4, 229-231.
11. Less, D.E. and Hutchinson, A.R., 1992, Mechanical Characteristics of Some Cold Cured Structural Adhesives, Int. J. Adhesion and Adhesives, 12, 3, 197-205.
12. Duncan, B.C., Girardi, M.A. and Read, B.E., 1994, The Prepartion of Bulk Adhesive Samples for Mechanical Testing, NPL Report DMM (B) 339, UK.
13. Aydın, M.D., 2003, Yapıştırıcı İle Birleştirilmiş Tek Tesirli Bindirme Bağlantısının Mekanik Özelliklerinin DeneySEL ve Teorik İncelenmesi, Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 3s.

14. Duncan , B.C. and Tomlins, P.E., 1994, Measurement of Strain in Bulk Adhesive Test Pieces, NPL Report DMM (B) 398, UK.
15. Dean, G.D. and Duncan, B.C., 1995, Tensile Behavior of Bulk Specimens of Adhesives, NPL Report DMM (B), UK.
16. Bredemo, R. and Gradin, P.A., 1986, Testing of in Situ Properties of Adhesives, Int. J. Of Adhesion and Adhesives, 6, 3, 153-156.
17. Brinson, H.F., 1982, The Viscoelastic Constitutive Modeling of Adhesives, Composites, 13, 377-382.
18. Peretz, D., 1978, Shear Stres-Strain characteristics of Adhesive Layers, Journal of Adhesion, 9, 115-122.
19. Lilleheden, L., 1994, Mechanical Properties of Adhesives in Situ and in Bulk, Int. J. Adhesion and Adhesives, 14, 1, 31-37.
20. Duncan, B.C., Hinopoulos, G., Robb, K.O. and Arranz, E., 2000, Rate and Temperature Dependet Mechanical Properties of a Flexible Adhesive, NPL Report CMMT (A) 262, UK.
21. Tomblin, J.S., Yang, C. and Harter, P., 2001, Investigation of Thick Bond Line Adhesive Joint, Final Report, DOT/FAA/AR-01/33, U.S. Department of Transportation, Washington, DC.
22. Adams, R.D. and Wake, w.C., 1984, Structural Adhesive Joints, Elsevier Applied Science Publishers, London.
23. ISO 4587, 1995, Adhesives-Determination of Tenisle Lap-Shear Strenght of Rigid-To-Rigid Bonded Assemblies.
24. ASTM D3165, 1991, Standard Test Method for Strenght Properties of Adhesives in Shear by Tension Loading of Single-Lap-Joint Laminated Assemblies.
25. ASTM D1002, 1983, Standard Test Method for Strenght Properties of Adhesives in Shear by Tension Loading (metal-to-metal).
26. Anduret, R.H., 1998,, Special 2-D and 3-D Geometrically Non-Linear Finite Elements for Analysis of Adhesively Bonded Joints, PhD, The Faculty of The Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.
27. Guess, T.R., Allred, R.E. and Gerstle, F.P., 1977, Comparasion of Lap Shear Test Specimens, Journal of Testing and Evaluation, 5, 2, 84-95.
28. Volkersen, O., 1938, Die Niekraftverteilung in Zugbeanspruchten Mit Konstanten Laschenquerschritten, Luftfahrtforschung, 15, 41-47.

29. Goland, M. and Reissner, E., 1944, The Stresses in Cemented Joints, *Journal of Applied Mechanics*, 11, A17-A27.
30. Hart-Smith, 1973, Adhesive Bonded Single Lap Joints, NASA Langley Contractor Report, NASA CR-1122236, Virginia.
31. Oplinger, D.W., 1994, Effects of Adherend Deflections on Single Lap Joints, *Int. J. Of Solids and Structures*, 31, 18, 2565-2587.
32. Tsai, M.Y. and Morton, J., 1994, An Evaluation of Analytical and Numerical Solutions to The Single Lap Joints, *Int. J. of Solids and Structures*, 31, 18, 2537-2563.
33. Tsai, M.Y. and Morton, J., 1994, A Note on Peel Stresses in Single Lap Adhesive Joint, *J. Applied Mechanics*, 61, 3, 712-15.
34. Li, G. and Sullivan, P.L., 2001, Finite Element and Experimental Studies on Single Lap Balanced Joints in Tension, *Int. J. of Adhesion and Adhesives*, 21, 211-220.
35. Wu, Z.J., Romeijn, A. and Wardenier, J., 1997, Stres Expressions of Single Lap Adhesive Joints of Dissimilar Adherents, *Composite Structures*, 38, 1-4, 273-280.
36. Allman, D.J., 1977, A Thory for Elastic Stresses in Adhesive Bonded Lap Joints, *Quarterly J. Mechanics and Applied Mathematics*, 30, 415-436.
37. Chen, D. and Cheng, S., 1983, An Analysis of Adhesive-Bonded Single Lap Joints, *Journal of Applied Mechanics*, 50, 109-115.
38. Kalamkarov, A.L., 1977, Stres Analysis in Elastic Joint Structures, *Int. J. of Mech. Sci.*, 39, 7, 873-883.
39. Her, S.C. 1999, Stres Analysis of Adhesively Bonded Lap Joints, *Composite Structures*, 47, 673-678.
40. Sawa, T., Liu, J., Nakano, K. and Tanaka, J., 2000, A Two Dimensional Stres Analysis of Single Lap Adhesive Joints of Dissimilar Adherents Subjected to Tensile Loads, *J. of Adhesion Science and Technology*, 14, 1, 43-66.
41. Wang, C.H. and Chalkley, P., 2000, Plastic Yielding of A Film Adhesive Under Multi-Axial Stresses, *Int. J. of Adhesion and Adhesives*, 20, 155-164.
42. Chalkley, P.D. and Chiu, W.K., 1993, An Improved Method for Testing The Shear Stres-Strain Behaviour of Adhesives, *Int. J. of Adhesion and Adhesives*, 13, 4, 237-242.

43. Gali, S., Dolev, G. and Ishai, O., 1981, An Effective Stress-Strain Concept in The Mechanical Characterization of Structural Adhesive Bonding, *Int. J. of Adhesion and Adhesives*, 1, 3, 135-140.
44. Bigwood, D.A. and Crocombe, A.D., 1989, Elastic Analysis and Engineering Design Formulate for Bonded Joints, *Int. J. of Adhesion and Adhesives*, 9, 4, 229-242.
45. Bigwood, D.A. and Crocombe, A.D., 1990, Non-Linear Adhesive Bonded Joint Design Analyses, *Int. J. of Adhesion and Adhesives*, 10, 1, 31-41.
46. Crocombe, A.D., Bigwood, D.A. and Richardson, G., 1990, Analyzing Structural Adhesive Joints for Failure, *Int. J. of Adhesion and Adhesives*, 10, 3, 167-178.
47. Lee, K.J., 1995, The Non-Linear Analysis of Tapered Bonded Joints, *Computes and Structures*, 56, 4, 637-643.
48. Duncan, B. and Dean, G., 2003, Measurement and Models for Design with Modern Adhesives, *Int. J. of Adhesion and Adhesives*, 23, 141-149.
49. Haris, J.A. and Adams, R.D., 1984, Strength Prediction of Bonded Single Lap Joints by Non-Linear Finite Element Method, *Int. J. of Adhesion and Adhesives*, 4, 2, 65-78.
50. Jeandrou, J.P., 1991, Analysis and Design Data for Adhesively Bonded Joints, *Int. J. of Adhesion and Adhesives*, 11, 2, 71-79.
51. Tsai, M.Y. and Morton, J., 1995, An Experimental Investigation of Non-Linear Deformations in Single Lap Joints, *Mechanics of Materials*, 20, 183-194.
52. Wu, G. and Crocombe, A.D., 1996, Simplified Finite Element Modeling of Structural Adhesive Joints, *Computers and Structures*, 61, 2, 385-391.
53. Mortensen, F. And Thomsen, O.T., 1997, Simplified Linear and Non-Linear Analysis of Stepped and Scarfed Adhesive Bonded Lap Joints Between Composite Laminates, *Composite Structures*, 38, 281-294.
54. Lang, T.P. and Mallick, P.K., 1999, The Effect of Recessing on The Stress in Adhesively Bonded Single Lap Joints, *Int. J. of Adhesion and Adhesives*, 19, 257-271.
55. Sancaktar, E. And Simmons, S.R., 2000, Optimization of Adhesively Bonded Single Lap Joints by Adherent Notching, *J. of Adhesion Science and Technology*, 14, 11, 1363-1404.
56. Pandey, P.C., Shankaragouda, H. and Singh, A.K., 1999, Non-Linear Analysis of Adhesively Bonded Lap Joints Considering Visco-Plasticity in Adhesives, *Computers and Structures*, 70, 387-413.

57. Li, G., Sullivan, P.L. and Thring, R.W., 1999, Non-Linear Finite Element Analysis of Stress and Strain Distributions Across The Adhesive Thickness in composite Single Lap Joints, *Composite Structures*, 46, 395-403.
58. Tsai, M.Y. and Morton, J., 1994, Three-Dimensional Deformation of A Single Lap Joint, *J. Strain Analysis*, 29, 1, 137-145.
59. Lang, T.P. and Mallick, P.K., 1998, Effect of Spew Geometry on Stresses in Single Lap Adhesive Joints, *Int. J. of Adhesion and Adhesives*, 19, 257-271.
60. Tsai, M.Y. and Morton, J., 1995, The Effect of A Spew Fillet on Adhesive Stress Distributions in Laminated Composite Single Lap Joints, *Composite Structures*, 32, 123-131.
61. Ramani, K. and Zhao, W., 1997, The Evaluation of Residual Stresses in Thermoplastic Bonding to Metals, *Int. J. of Adhesion and Adhesives*, 17, 353-357.
62. Shin, K.C. and Lee, J.J., 2000, Prediction of The Tensile Load-Bearing Capacity of A Co-Cured Single Lap Joint Considering Residual Thermal Stress, *J. of Adhesion Science and Technology*, 14, 13, 1691-1704.
63. Adams, R.D., Coppedale, J., Mallick, V. and Al-Hamdan, H., 1992, The Effect of Temperature on The Strength of Adhesive Joints, *Int. J. of Adhesion and Adhesives*, 12, 3, 185-190.
64. Apalak, M.K. and Güneş, R., 2002, On Non-Linear Thermal Stresses in An Adhesively Bonded Single Lap Joint, *Computes and Structures*, 80, 85-98.
65. Apalak, M.K., Güneş, R. and Fidanc, L., 2003, Geometrically Non-Linear Thermal Stress Analysis of An Adhesively Bonded Tubular Single Lap Joint, *Finite Elementes in Analysis and Design*, 39, 155-174.
66. Cheikh, M., Coorevits, P. And Lored, A., 2001, Modeling The Stress Vector Continuity at The Interface of Bonded Joints, *Int. J. of Adhesion and Adhesives*, 21, 249-257.
67. Gleich, D.M., Van Tooren, M.J.L. and Beukers, A., 2001, Analysis and Evaluation of Bondline Thickness Effects on Failure Load in Adhesively bonded Structures, *Journal of Adhesion Science and Technology*, 15, 9, 1091-1101.
68. Crocombe, A.D., 1989, Global Yielding As A Failure Criterion for Bonded Joints, *Int. J. of Adhesion and Adhesives*, 9, 3, 145-153.
69. Adams, R.D., and Peppiatt, N.A., 1974, Stress Analysis of Adhesive-Bonded Lap Joints. *Journal of Strain Analysis*, 9, 185-190.

70. Sawa, T. And Uchida, H., 1997, A Two Dimensional Stres Analysis and Strenght Evaluation of Hand Adhesive Butt Joints Subjected to Tensile Loads, Journal of Adhesion Science and Technology, 11, 6, 811-833.
71. Wang, C.H. and Rose, L.R.F., 1997, Determination of Trei-Axial Stresses in Bonded Joints, Int. J. of Adhesion and Adhesives, 17, 1, 17-25.
72. Gonçalves, J.P.M., Mouraa, M.F.S.F. and Castro, P.M.S.T., 2002, A Three Dimensional Finite Element Model for Stres Analysisi of Adhesive Joints, Int. J. of Adhesion and Adhesives, 22, 357-365.
73. Andruet, R.H., Dillard, D.A. and Holzer, M.H., 2001, Two and Three Dimensional Geometrical Nonlinear Finite Elements for Analysisi of Adhesive Joints, Int. J. of Adhesion and Adhesives, 21, 17-34.
74. Pandey, P.C. and Narasimhan, S., 2001, Three-Dimensional Non-Linear Analysisi of Adhesively Bonded Lap Joints Considering Visco-Plasticity in Adhesives, Computures and Structures, 79, 769-783.
75. Tong, L. And Sun, X., 2003, Nonlinear Stres Analysis for Bonded Patch to Curved Thin Walled Structures, Int. J. of Adhesion and Adhesives, 23, 349-364.
76. You, M., Zheng, Y., Zeng, X.L. and Liu, W.J., 2003, Effect of Metal As Part of Filet on The Tensile Shear Strenght of Adhesively Bonded Single Lap Joints, Int. J. of Adhesion and Adhesives, 23, 365-369.
77. Takiguchi, M. and Yoshida, F., 2001, Plastic Bending of Adhesive Bonded Sheet Metals, Journal of Materials Processing Tech, 113, 743-748.
78. Liu, J. and Sawa, T., 2001, Stres Analysis and Strenght Evaluation of Single Lap Adhesive Joints Combined With Rivets Under External Bending Moment, J. Adhesion Sci. Technol, 15, 1, 43-61.
79. Özel, A., Kadioğlu, F., Sen, S. and Sadeler, R., 2003, Finite Element Analysis of Adhesive Joints in Four Point Bending Load, Journal of Adhesion, 79, 7, 683-697.
80. Apalak, M.K., 2000, Geometrically Non-Linear Analysis of An Adhesively Bonded Modified Double Containment Corner Joint-I, Journal of Adhesion Science and Technology, 9, 1159-1177.
81. Yamaguchi, Y. And Sato, S., 1986, Stres Distribution and Mechanical Strenght of T and L Type Adhesive Bonded Joints Subjected to Applied Bending Moments, Int. J. of Adhesion and Adhesives, 6, 2, 81-87.

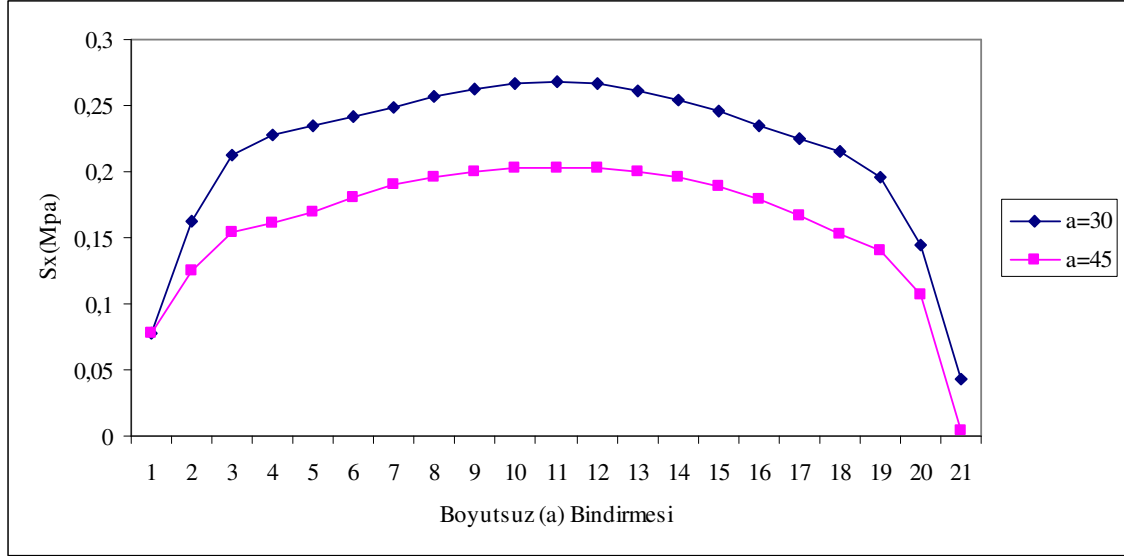
82. Liu, J. and Sawa, T., 2000, Stres Analysis and Strenght Evaluation of Single Lap Band Adhesive of Dissimilar adherends Subjected to External Bending Moment, Journal of Adhesion Science and Technology, 14, 1, 67-92.
83. Amijiam, S. and Fuji, T., 1989, Extension of A One Dimensional Finite Element Model Program for Analyzing Elastic-Plastic Stres and Progressive Failure of Adhesive Bonded Joints, Int. J. of Adhesion and Adhesives, 9, 4, 243-249.
84. Olia, M. and Rossettos, J.N., 1996, Analysis of Adhesively Bonded Joints With Gaps Subjected to Bending, Int. J. of Soild Structures, 33, 18, 2681-2693.
85. Airbus Industrie, 1995, Process and Material Specification: Bonding of Aluminum Alloys, France.
86. Ciba-Geigy, 1993, Ciba Composite: Redux Bonding Techonology, duxford-Chambridge, Pub. No. RGU 201A.
87. Ljungstorm, o. And Rayner, C.A.A., 1957, Bonded Aircraft Structures: Design Aspects of Bonded Structures 1 and High Temperature Adhesives, Duxford-Chambridge.
88. Aktaş, R. ve Otobatmaz, I., 1995, Kompozit Malzemeler ve Havacılık Sanayindeki Uygulamaları, Seminer Notları, Ankara.
89. Krieger, R.B., 1990, Adhesives and Sealants: Adhesives Bonding Design and Analysis, ASM International Committee, Engineered Materials Handbook, 3, 459-476.
90. Morrissey, M.A. and Johnson, W.R., 1985, Douglas Aircraft Company Design Handbook: Adhesives and Cements, California.
91. Kotil, T., 1991, Ceramic Composites: Experimental and Analytical Study of SiC/Si₃N₄ Composites, The University of Michigan, Michigan.
92. Turgut, A., and Sancaktar, E., (1991) The Effects of Cure and Loading Conditions on Fiber-Matrix Adhesion, The Adhesion Society, v.41, 24-26.
93. Turgut, A., and Sancaktar, E., (1992), Viscoelastic and Processing Effects on The Fiber Matrix İnterphase Strength, Journal of Adhesion, v.38, 111-129.
94. Turgut, A., Gür, M., ve Arslan, N., (1995), Birleştirmelerde Kullanılan Yapıştırıcı Malzemelerin Polimerleştirme Sıcaklığının ve Süresinin Çekme Mukavemeti ve Elastisite Modülüne Etkilerinin Araştırılması, Uluslararası Havacılık ve İleri Teknolojiler Sempozyumu, İ.T.Ü., İstanbul.

Ekler

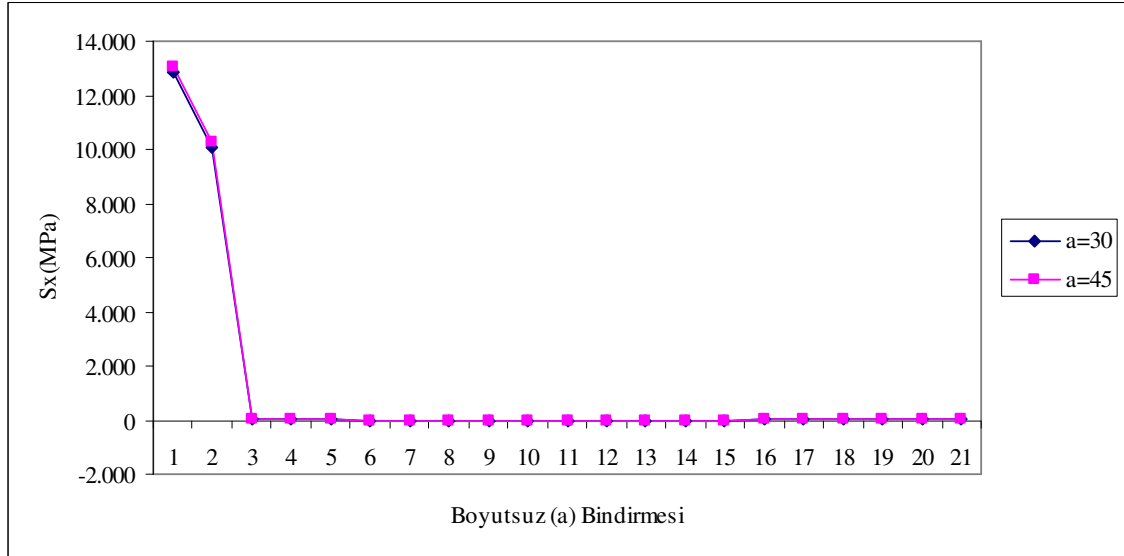
Sonlu elemanlar analizi ile bulunan değerler excele aktarılıp grafikler çizilmiştir. Burada iki tip yapıştırıcı için ayrı ayrı karşılaştırmalar yapılmıştır. Ayrıca burada yapıştırıcılar arası mukayeseler yapılarak grafiklere aktarılmıştır.

Ek.1. Birinci Tip Yapıştırıcı (E Yapıştırıcısı)

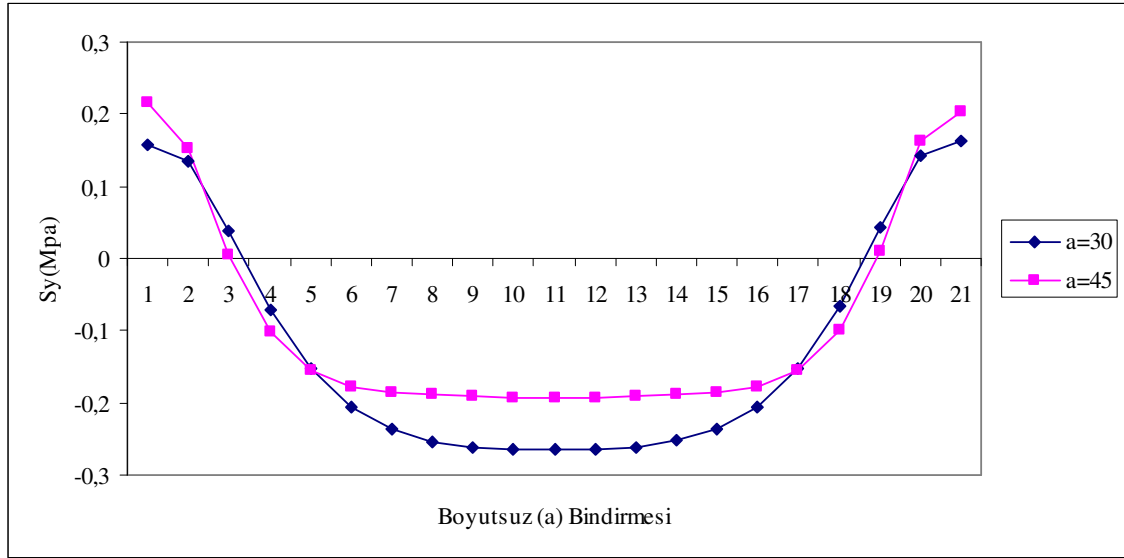
Ek.1.1. (a) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma



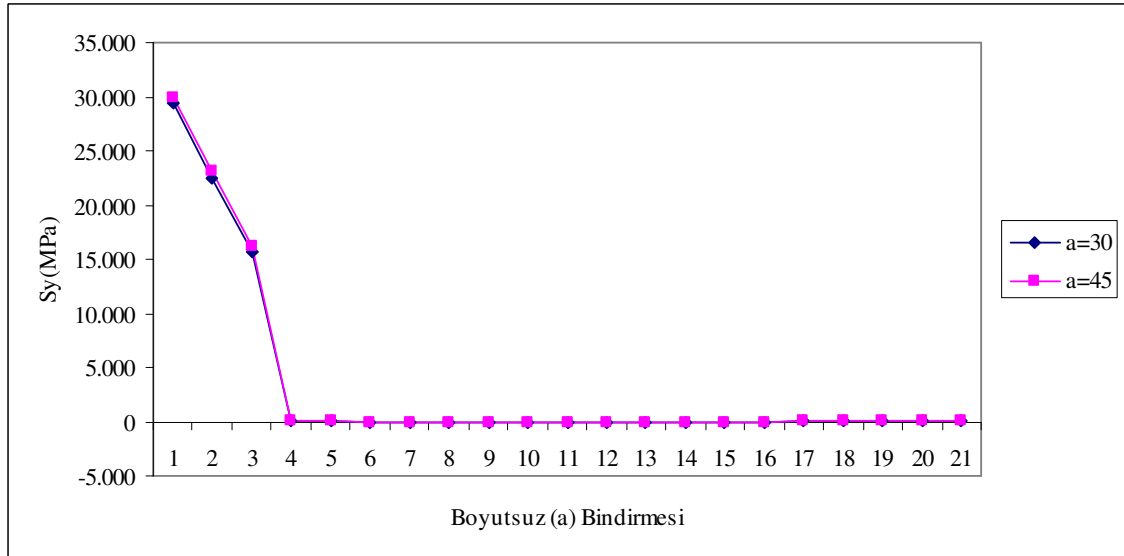
Şekil E.1. a= 30 mm ve a=45 mm için b=13 mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



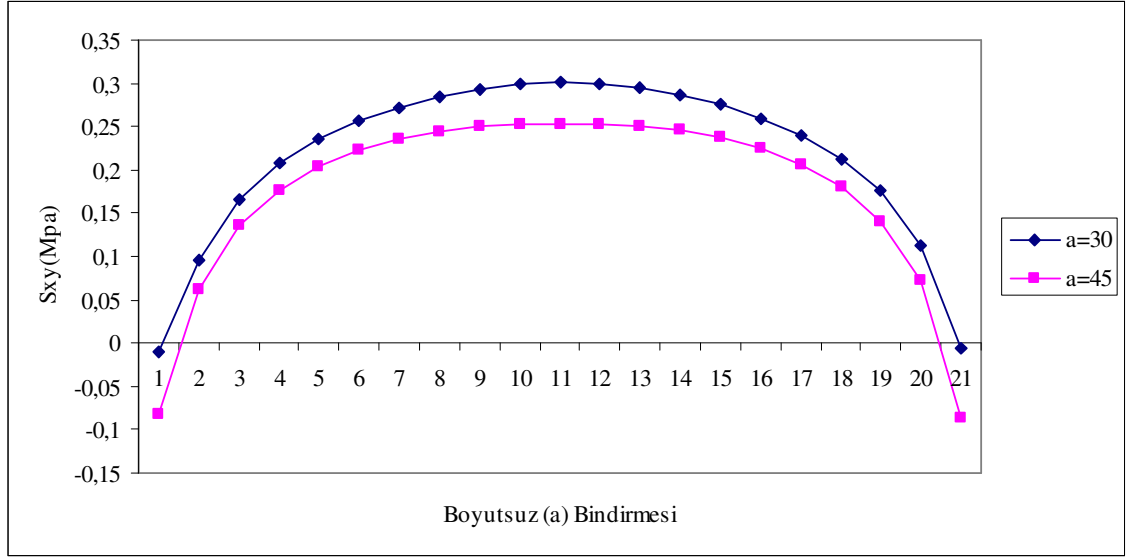
Şekil E.2. a= 30 mm ve a=45 mm için b=13 mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



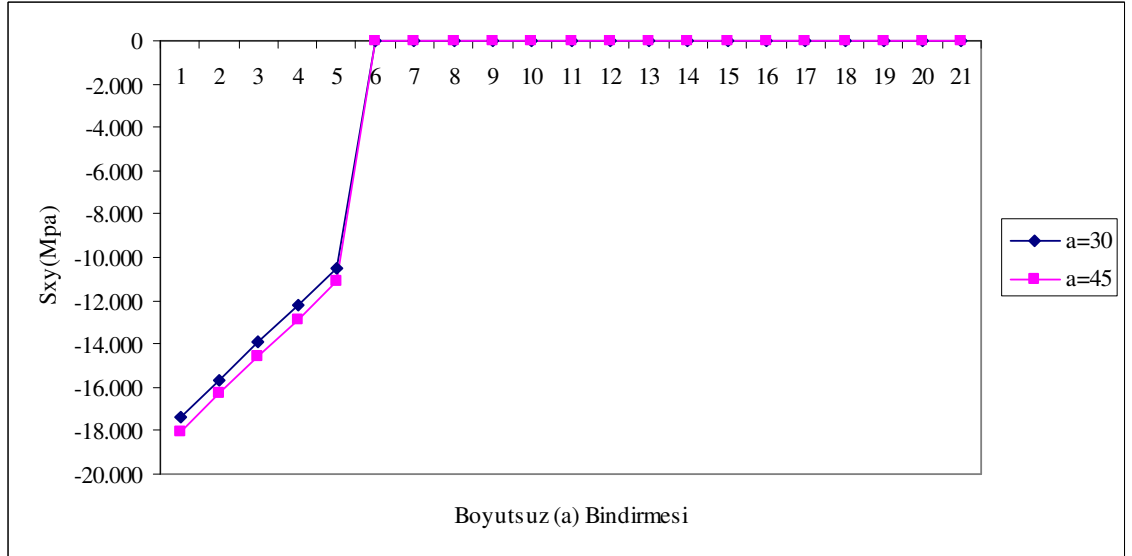
Şekil E.3. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



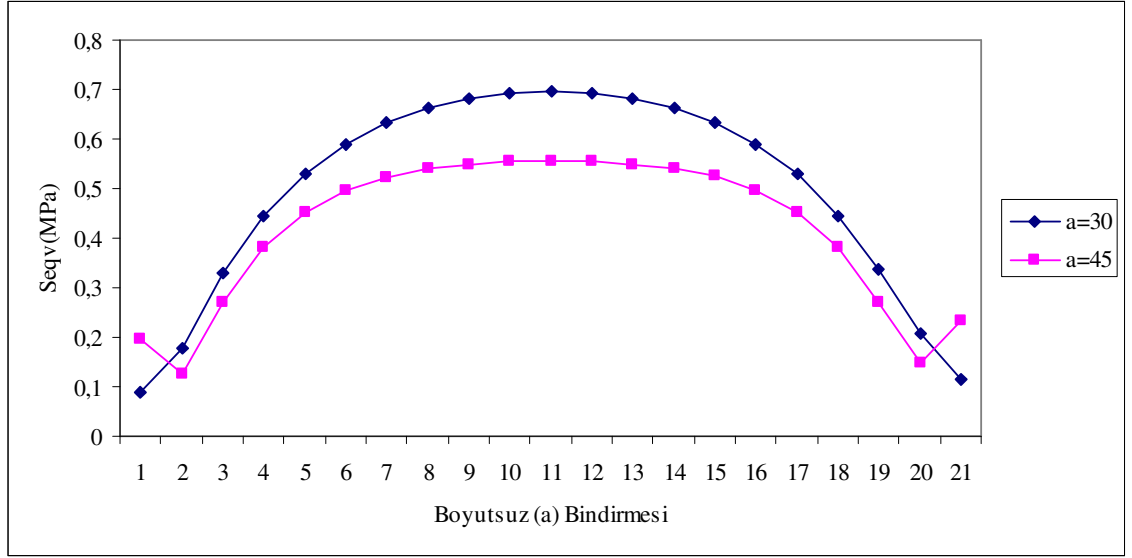
Şekil E.4. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



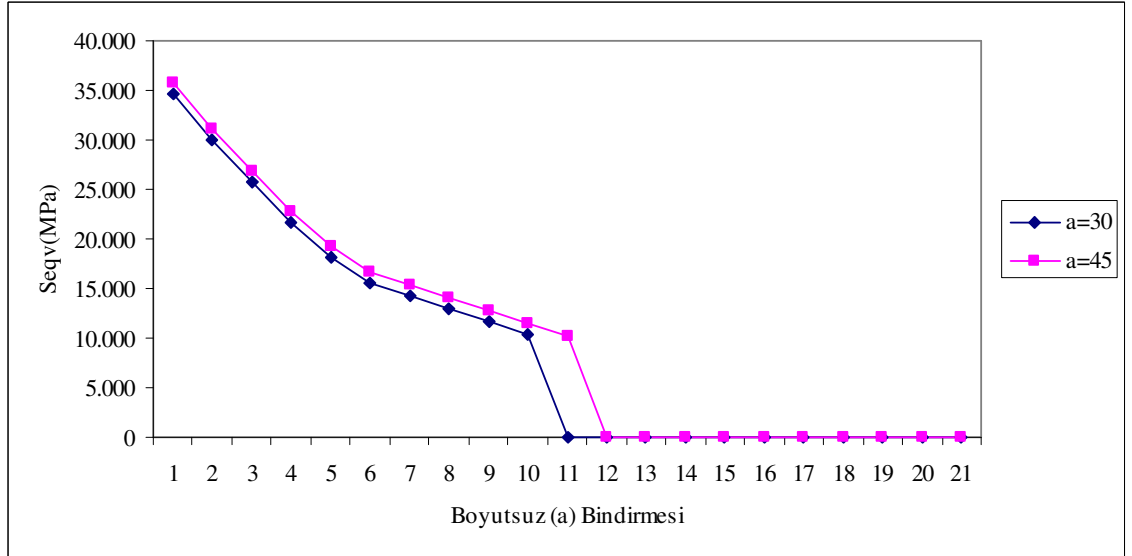
Şekil E.5. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



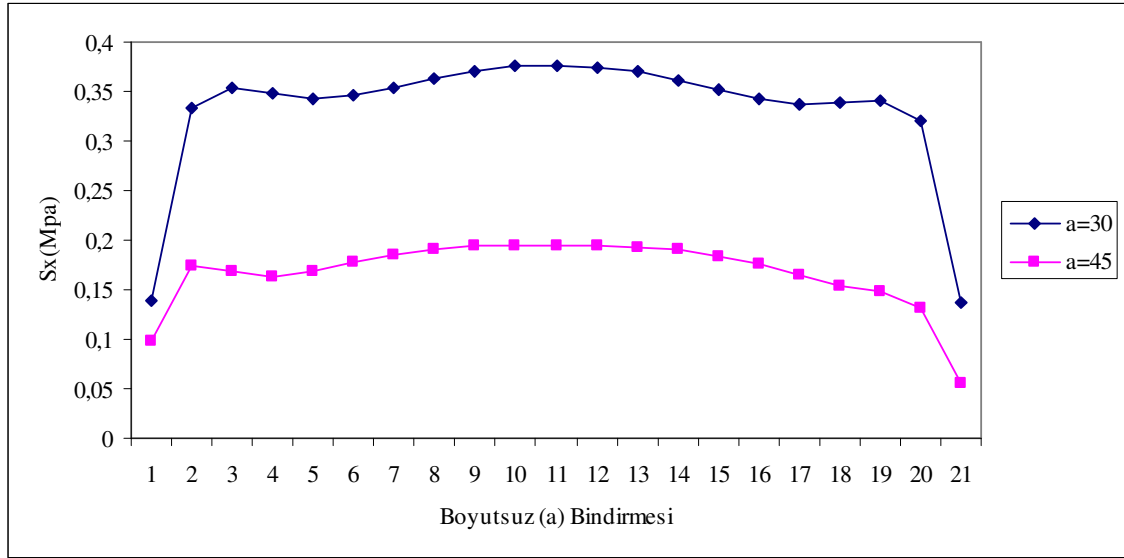
Şekil E.6. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



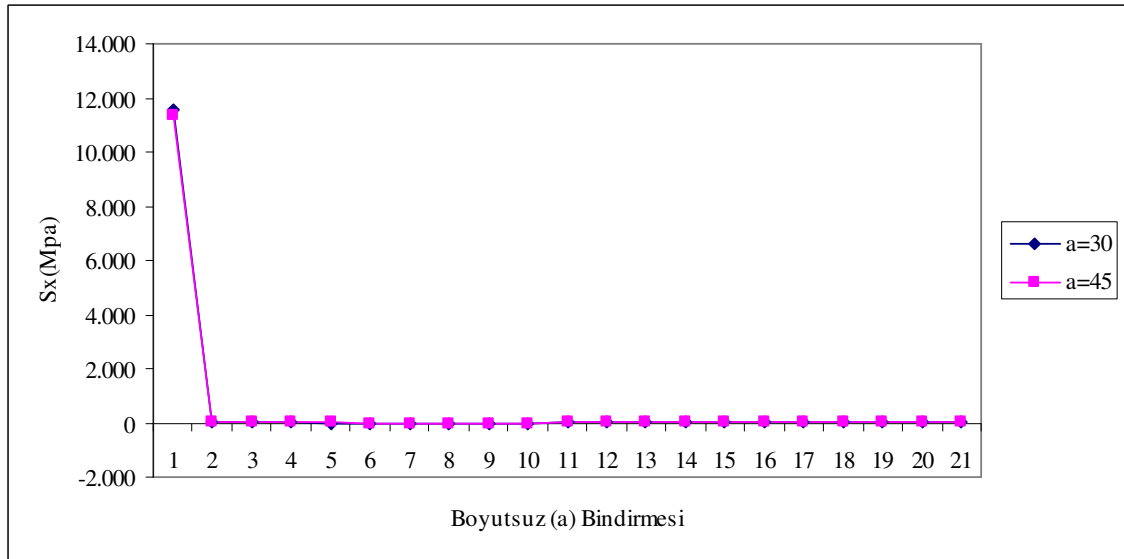
Şekil E.7. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



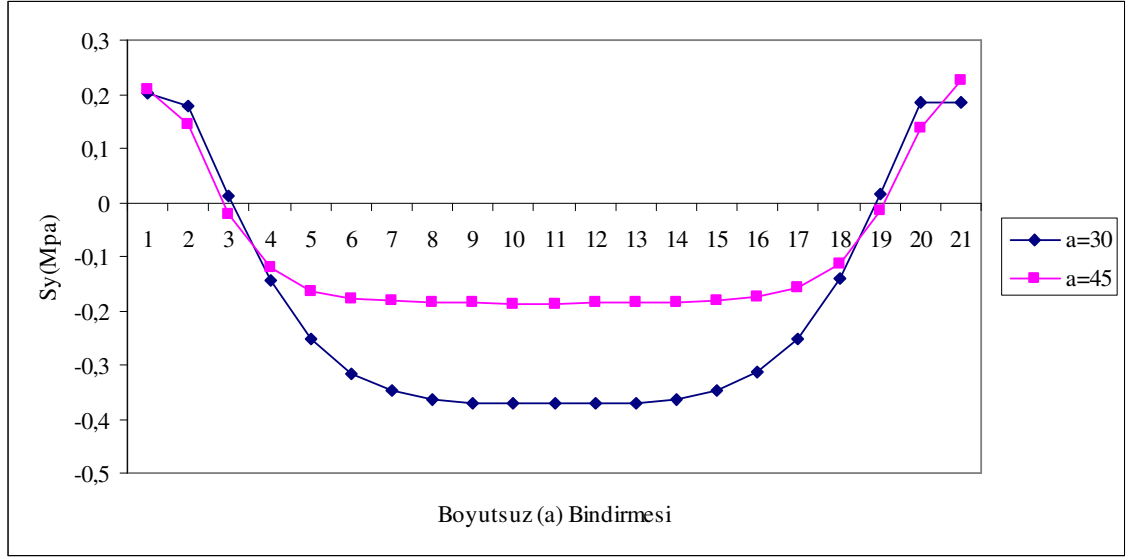
Şekil E.8. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



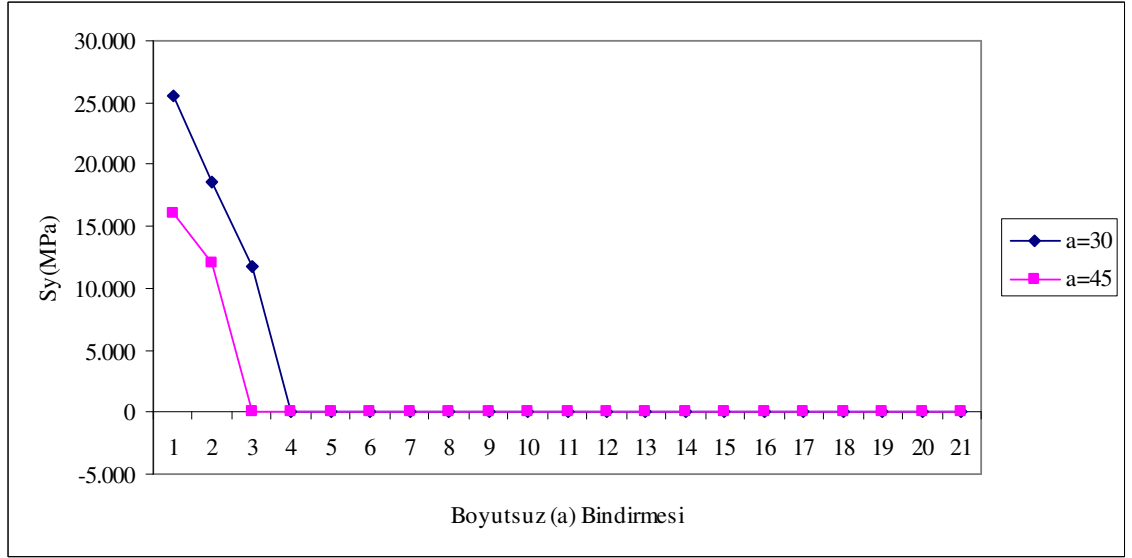
Şekil E.9. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



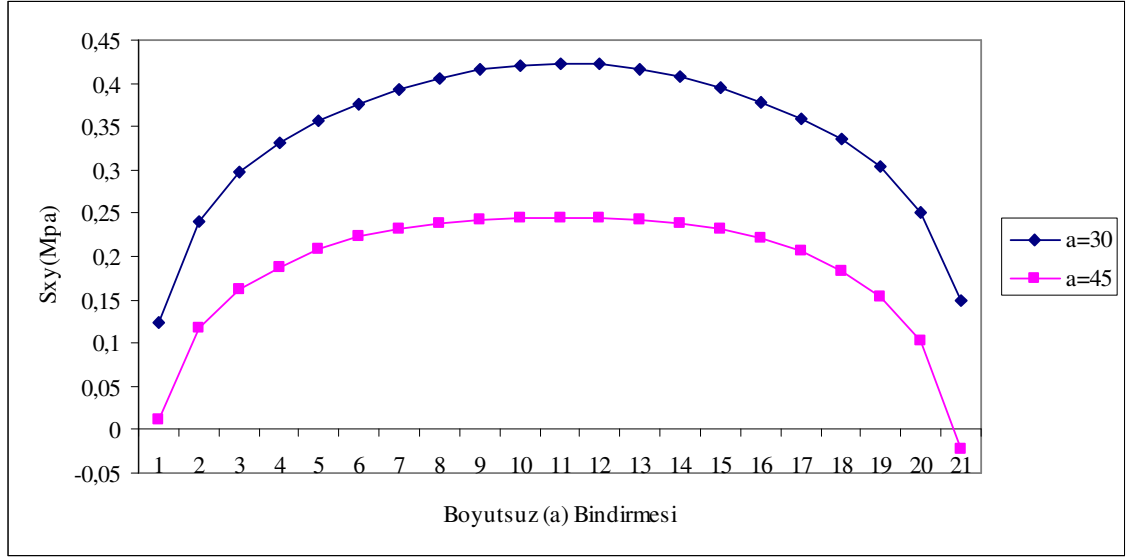
Şekil E.10. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



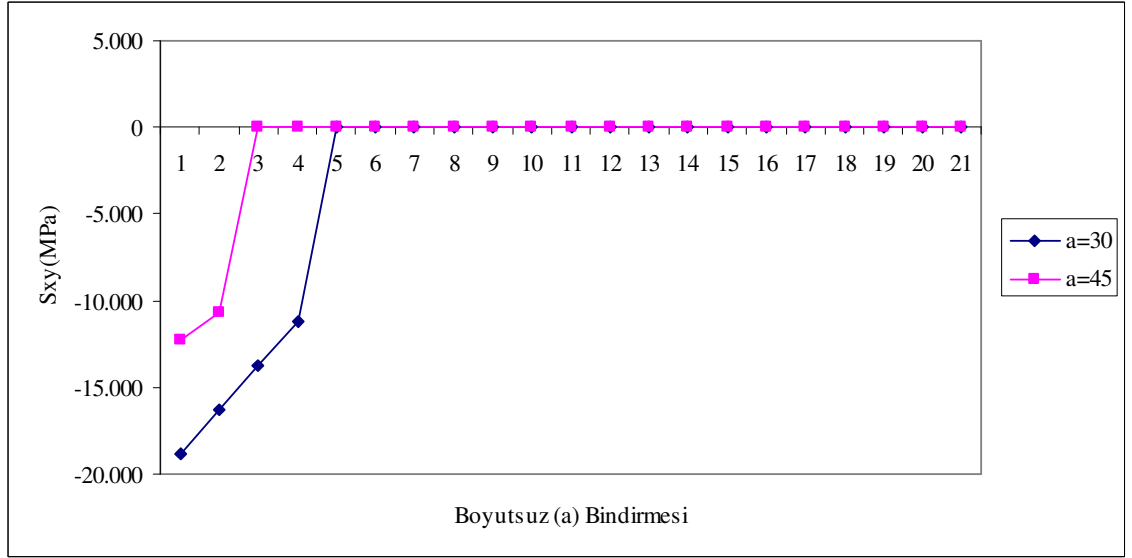
Şekil E.11. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



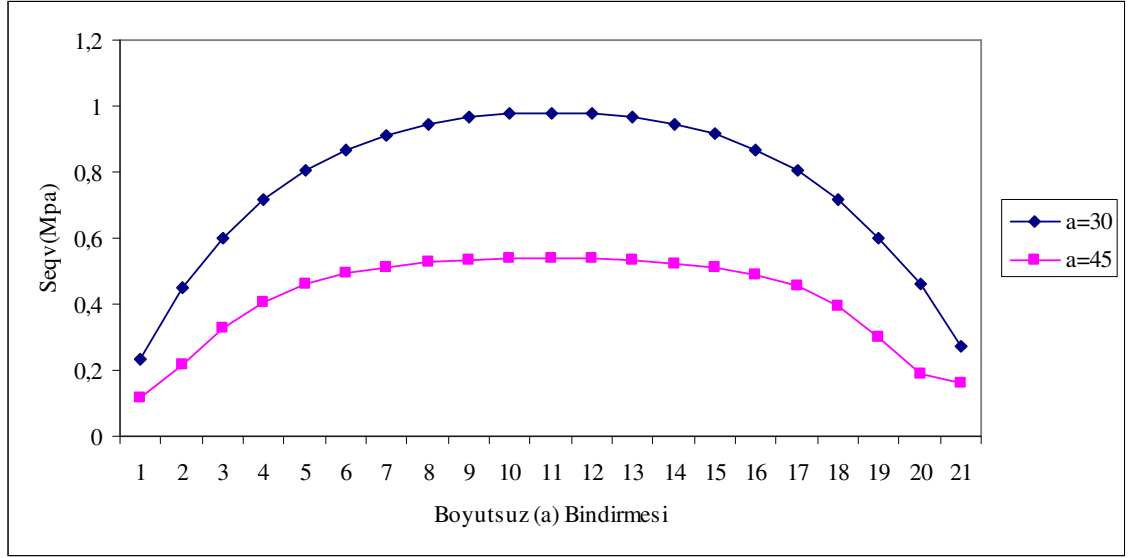
Şekil E.12. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



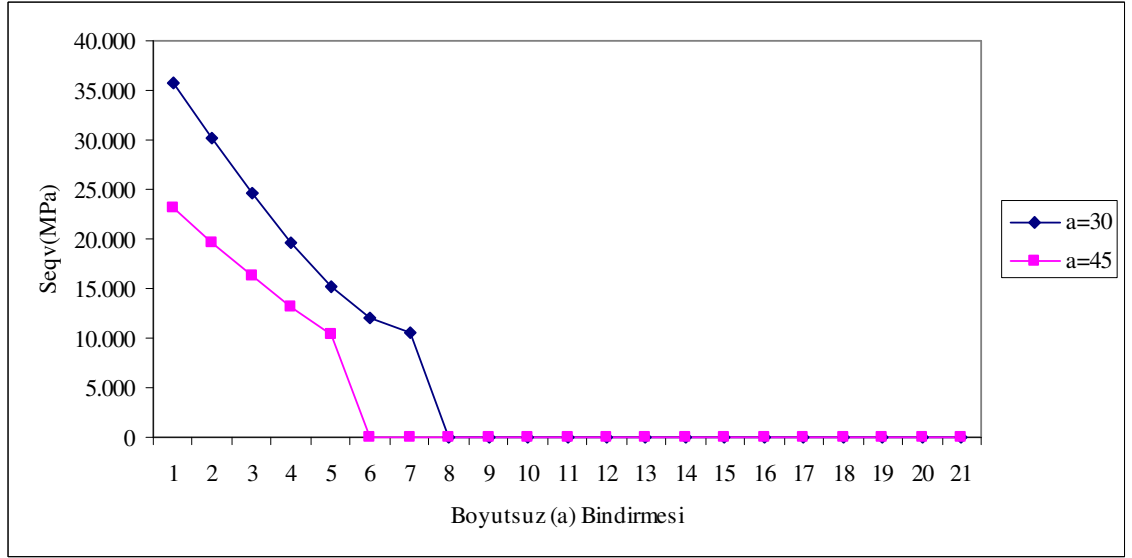
Şekil E.13. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



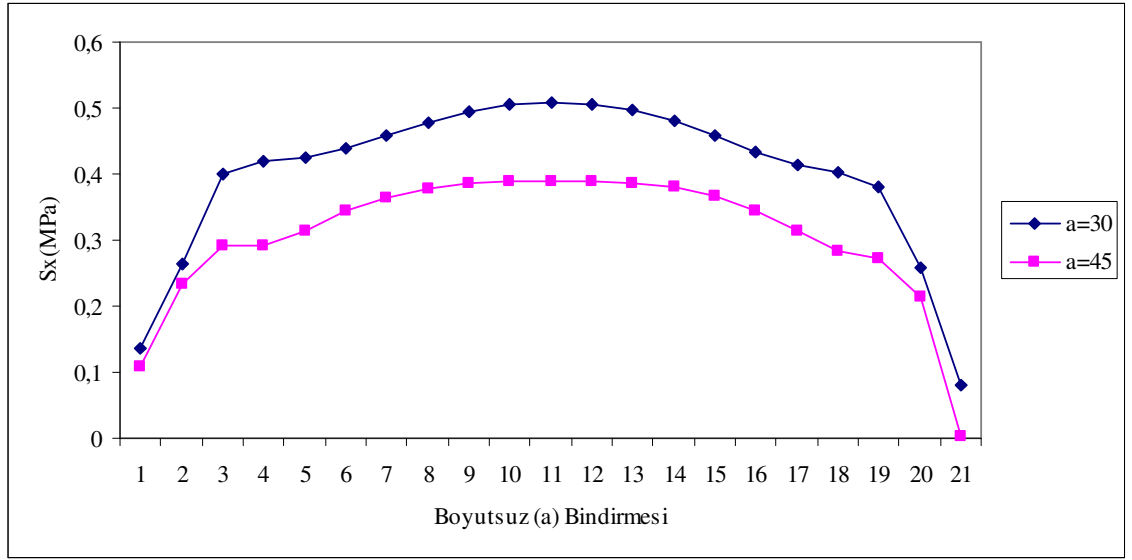
Şekil E.14. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



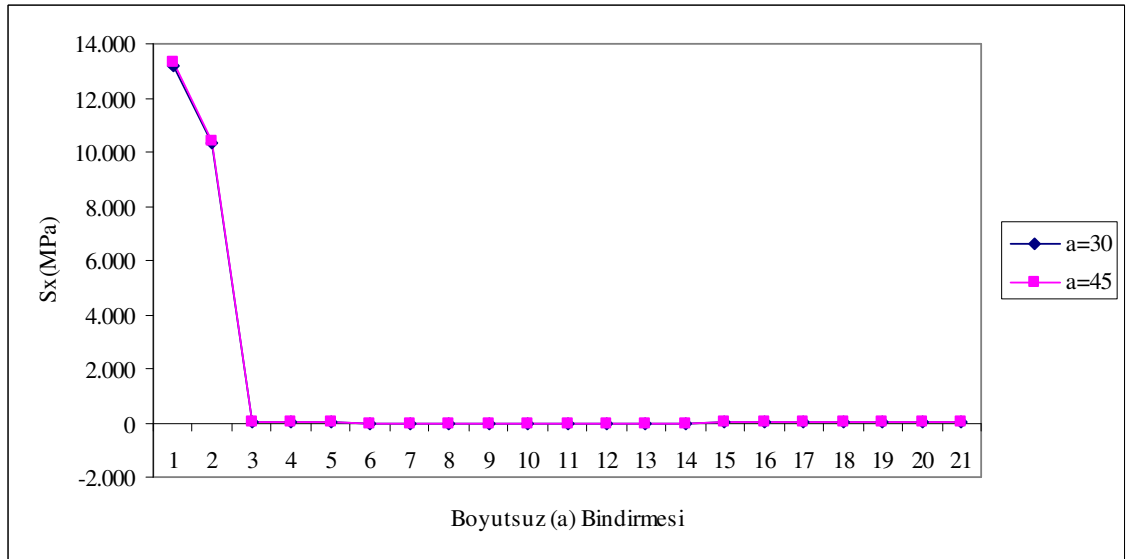
Şekil E.15. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken Seq_v 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



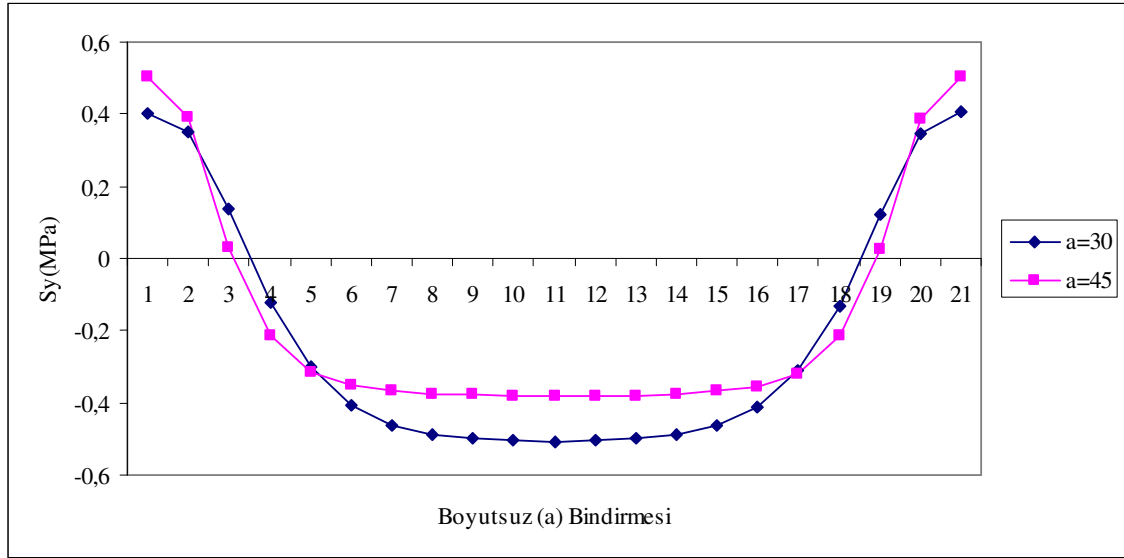
Şekil E.16. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken Seq_v 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



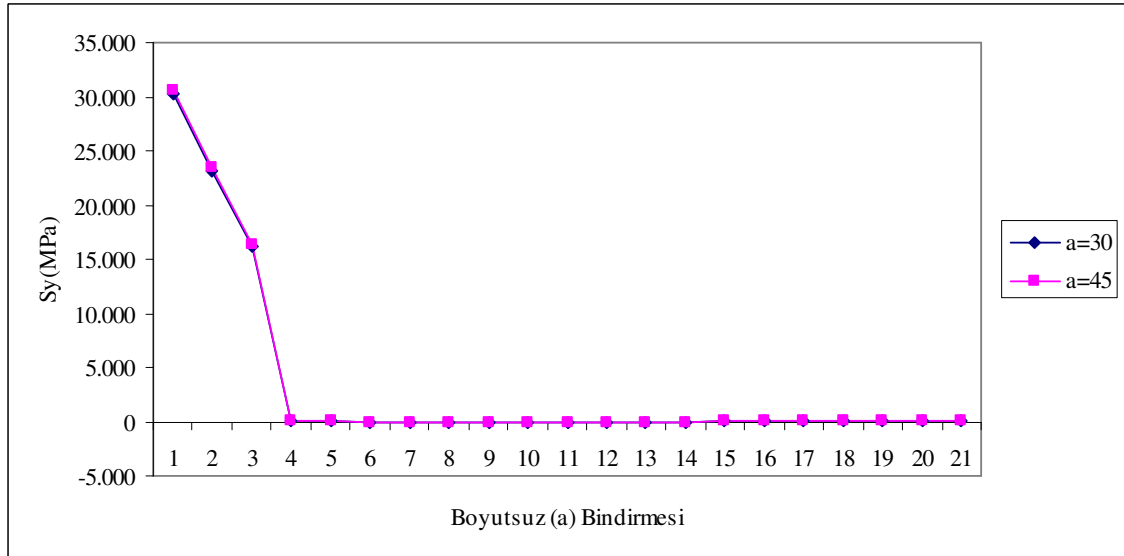
Şekil E.17. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



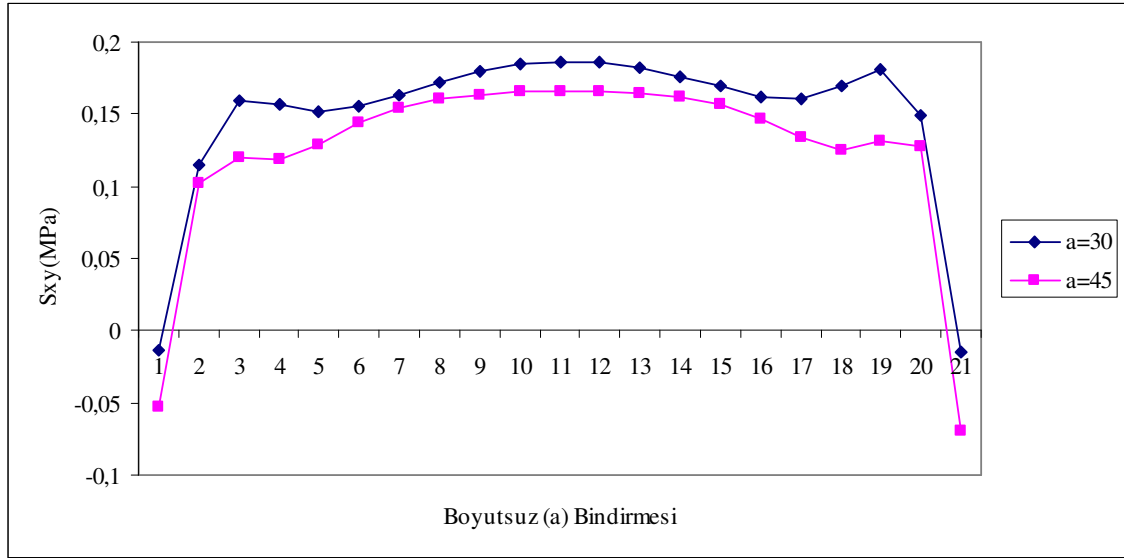
Şekil E.18. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



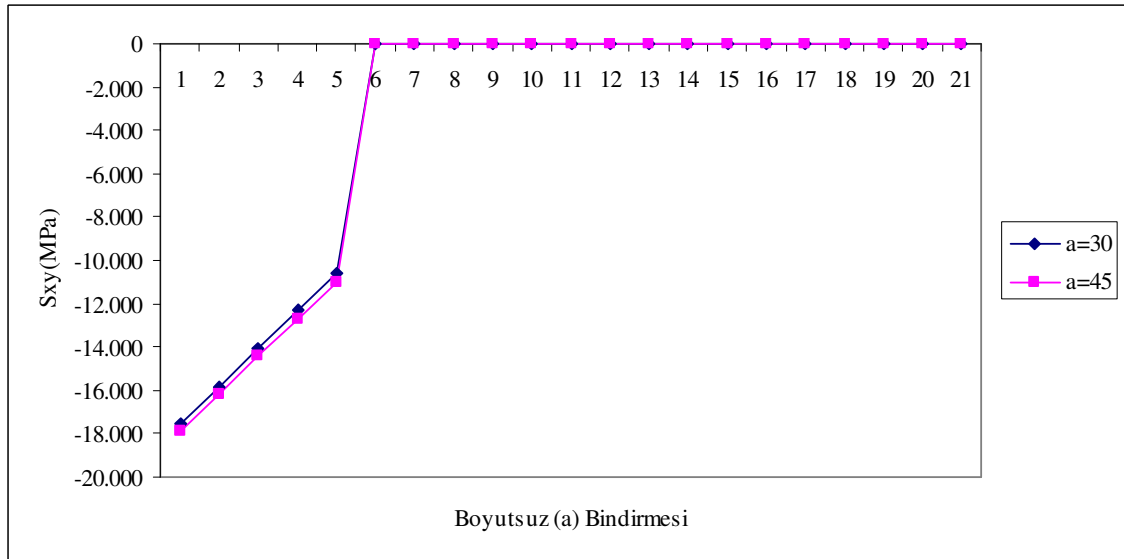
Şekil E.19. a= 30 mm ve a=45 mm için b=13 mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



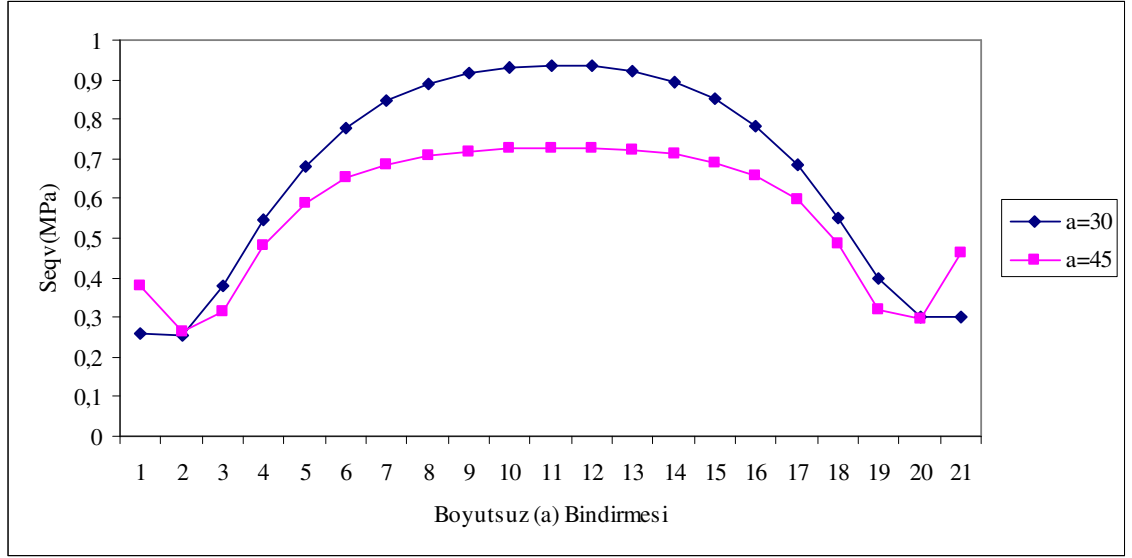
Şekil E.20. a= 30 mm ve a=45 mm için b=13 mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



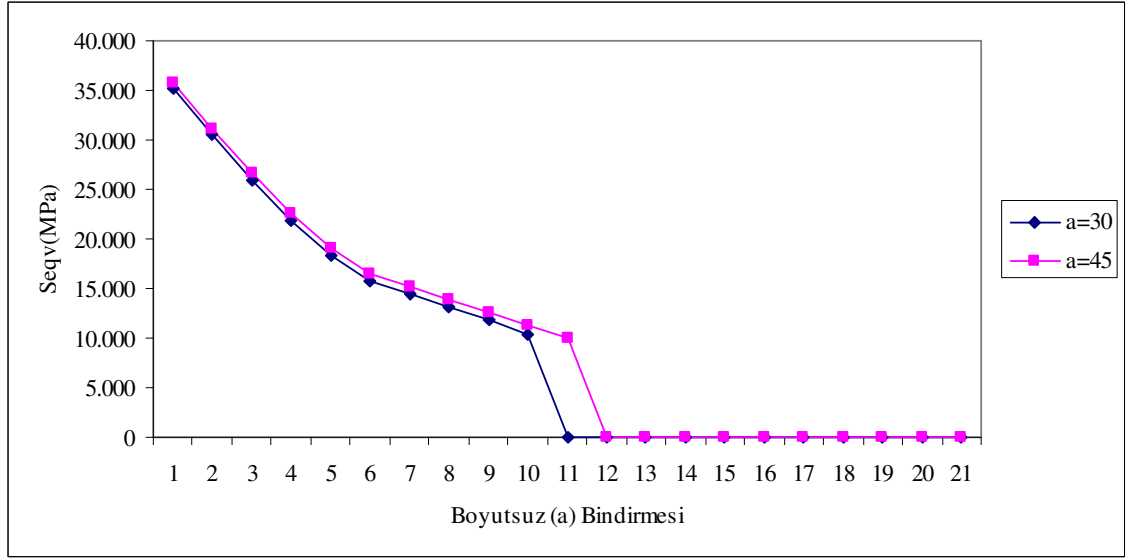
Şekil E.21. a= 30 mm ve a=45 mm için b=13 mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



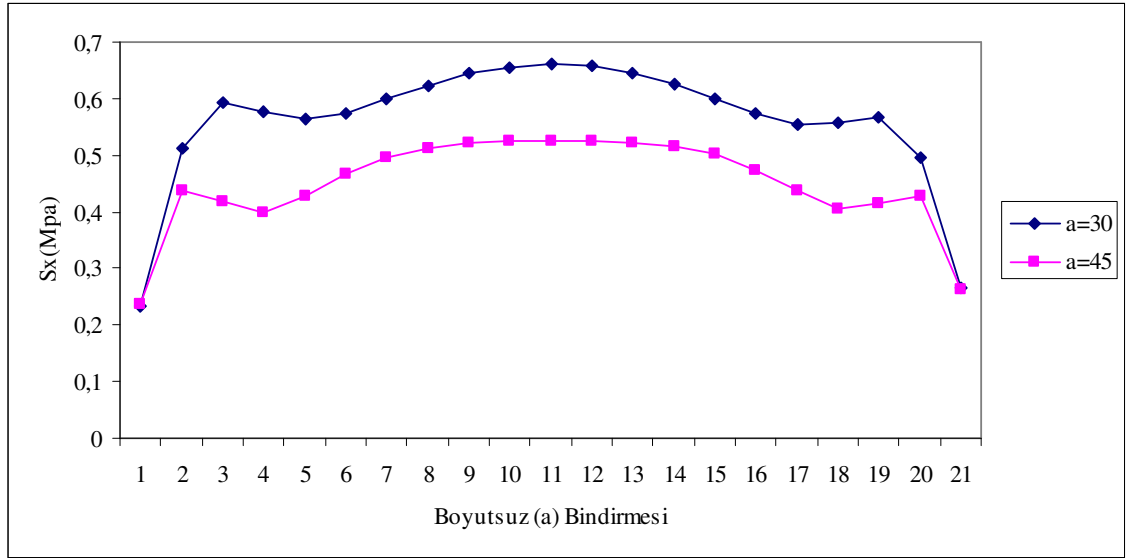
Şekil E.22. a= 30 mm ve a=45 mm için b=13 mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



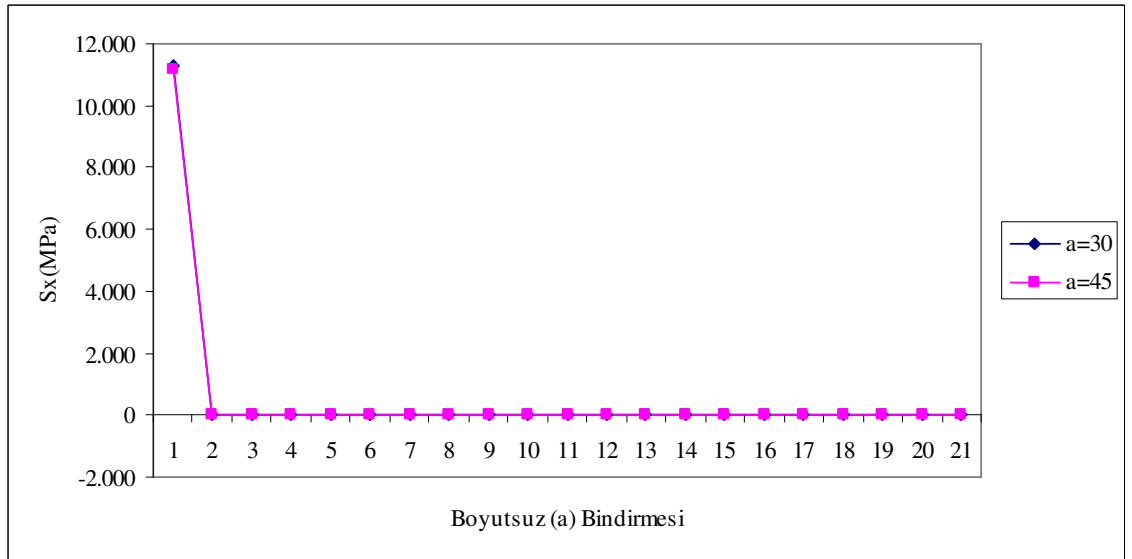
Şekil E.23. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Seq_v 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



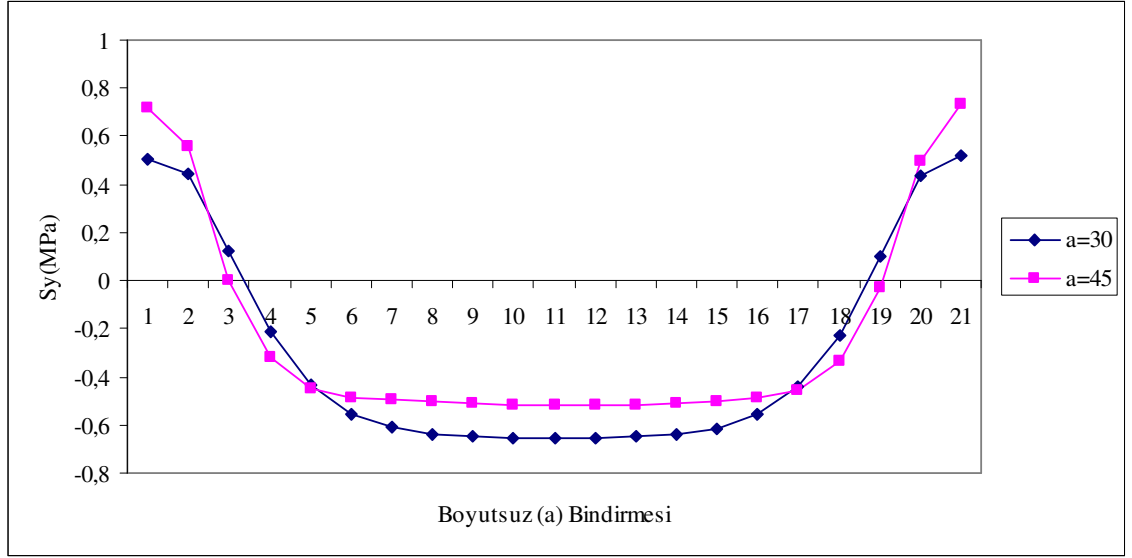
Şekil E.24. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Seq_v 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



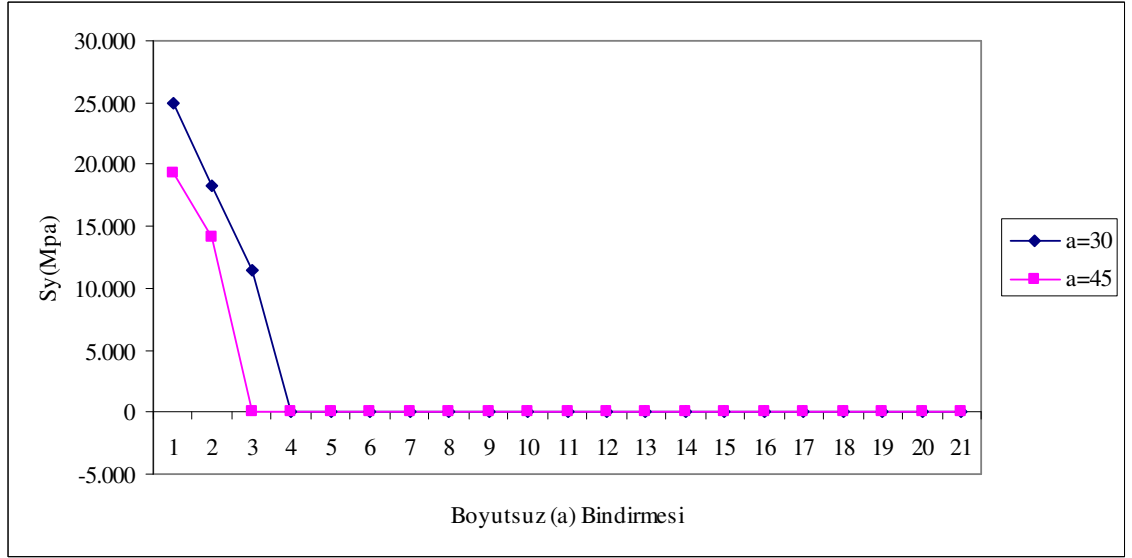
Şekil E.25. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



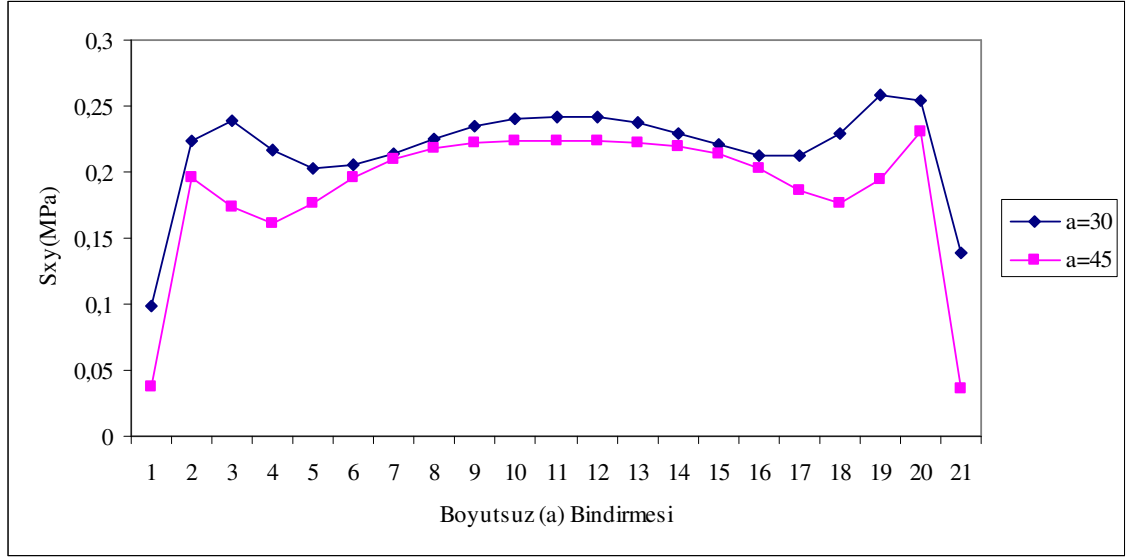
Şekil E.26. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



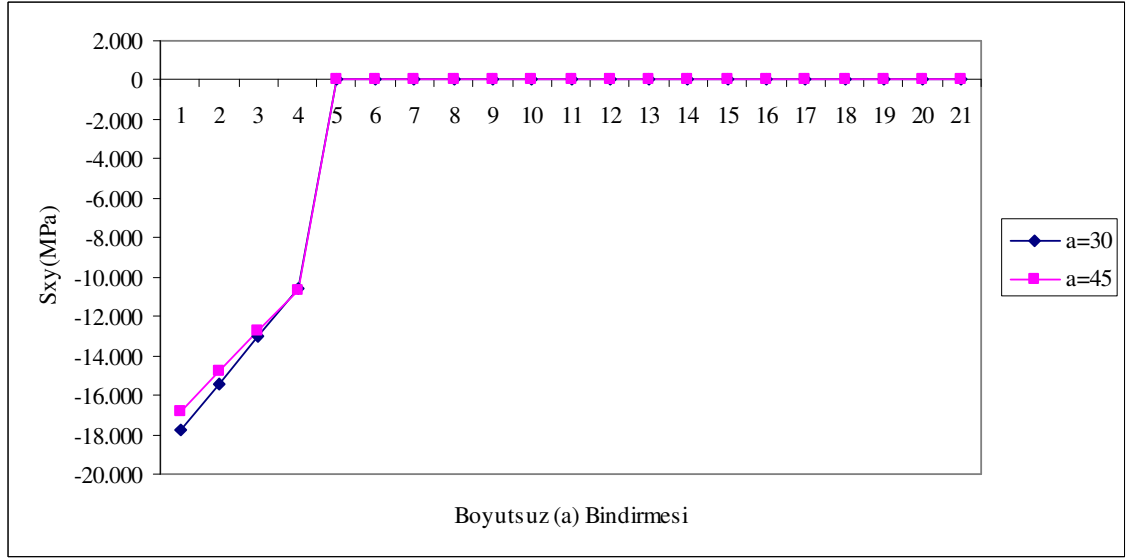
Şekil E.27. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



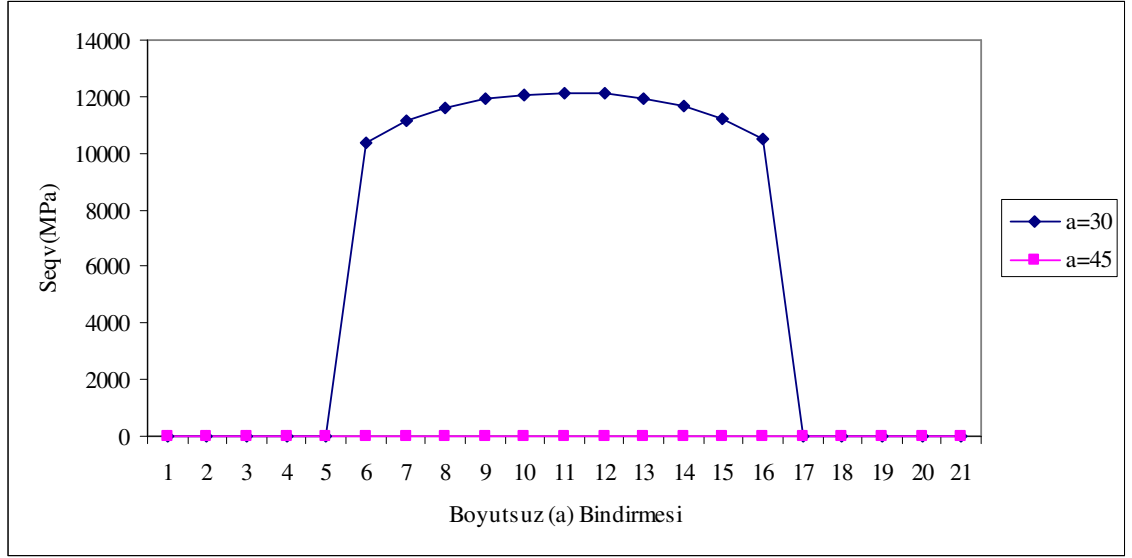
Şekil E.28. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



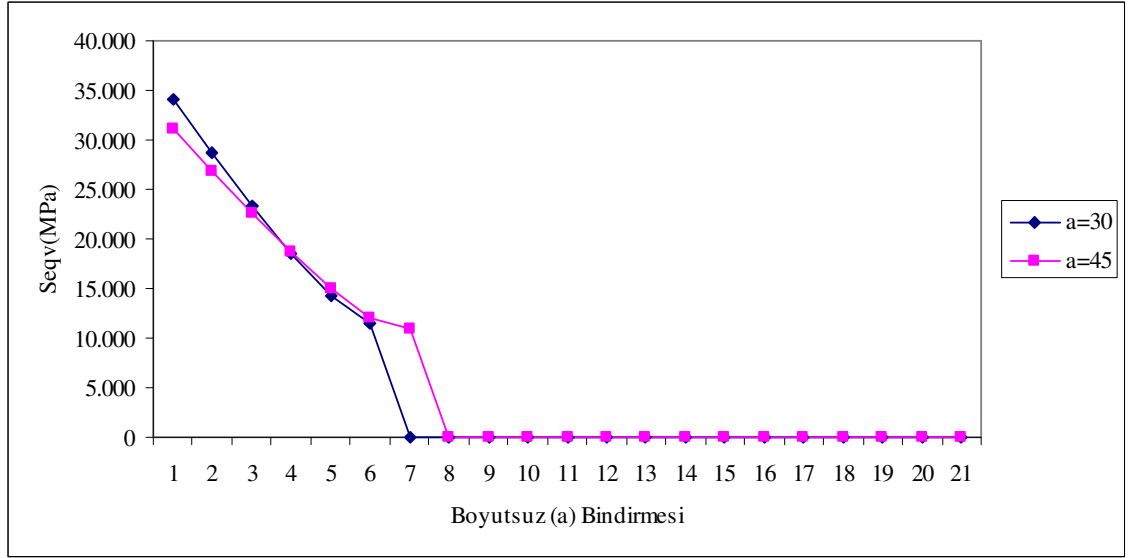
Şekil E.29. a= 30 mm ve a=45 mm için b=25 mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



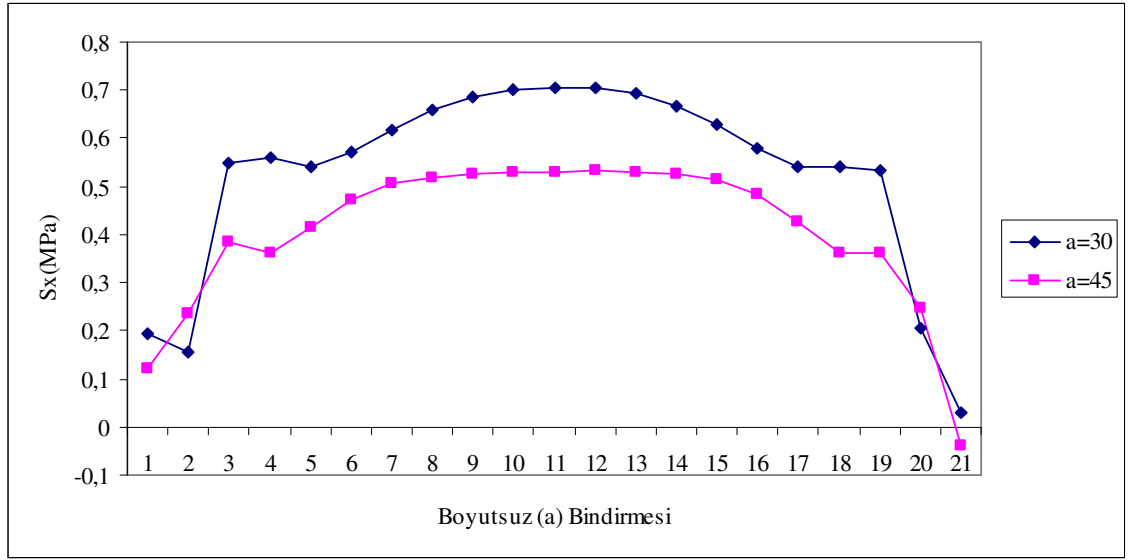
Şekil E.30. a= 30 mm ve a=45 mm için b=25 mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



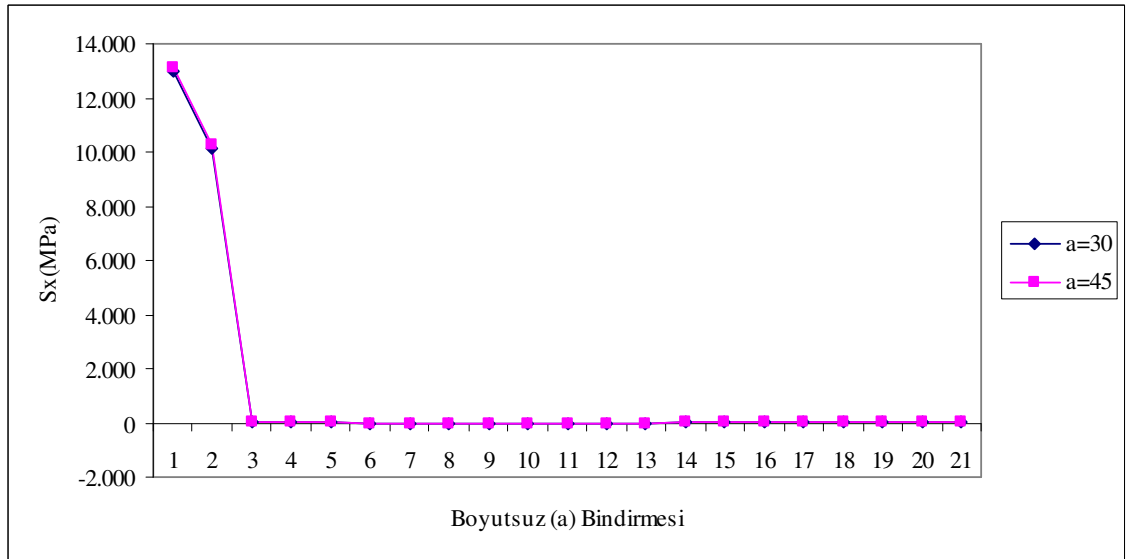
Şekil E.31. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



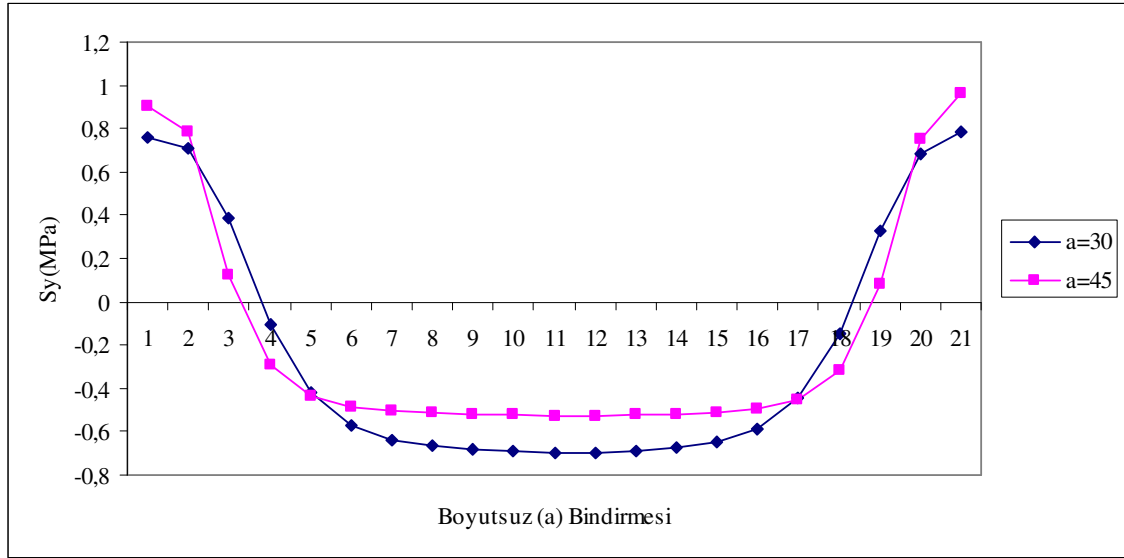
Şekil E.32. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



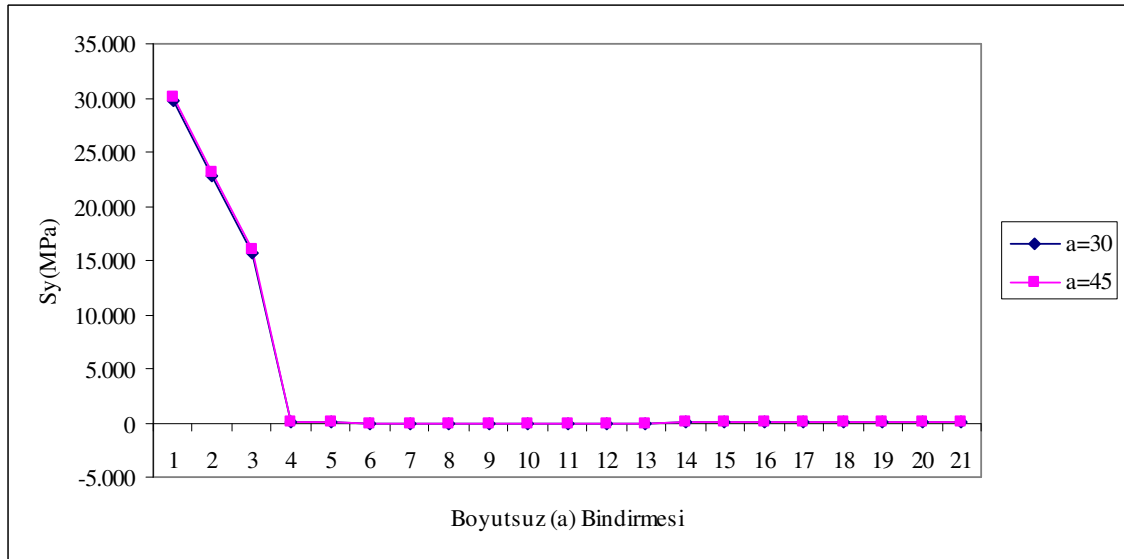
Şekil E.33. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



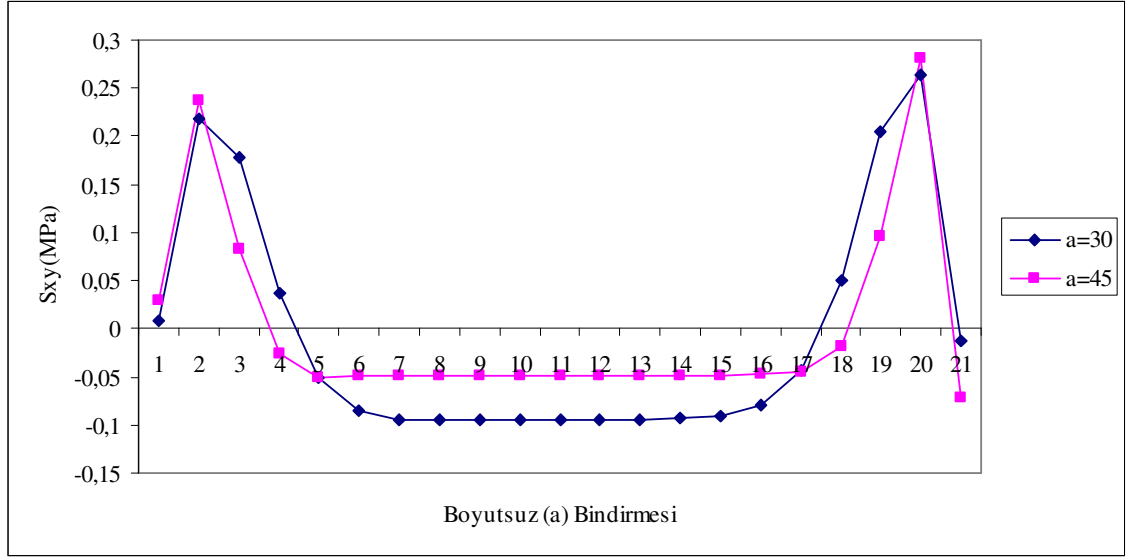
Şekil E.34. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



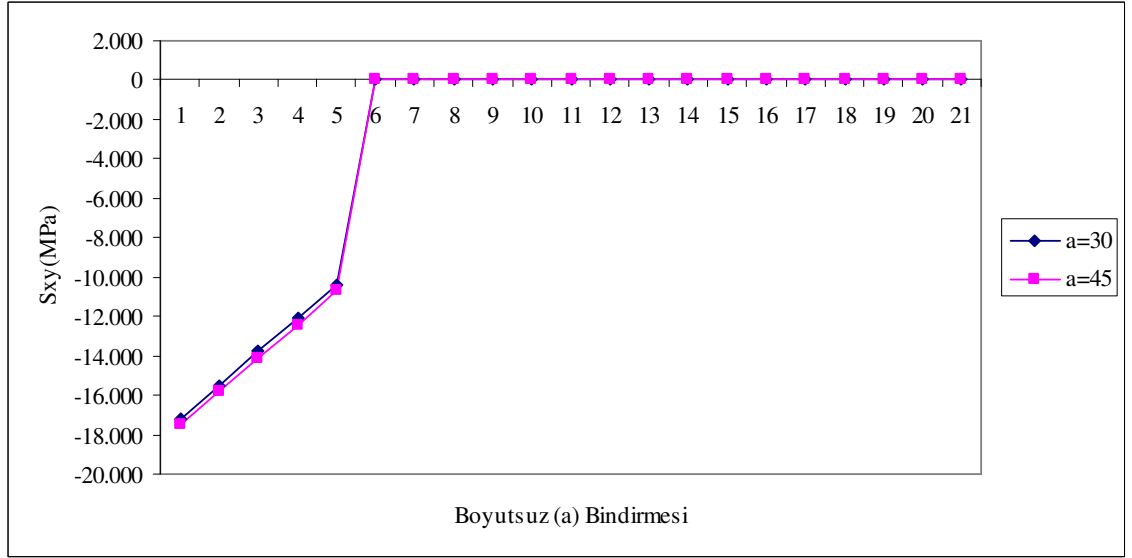
Şekil E.35. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



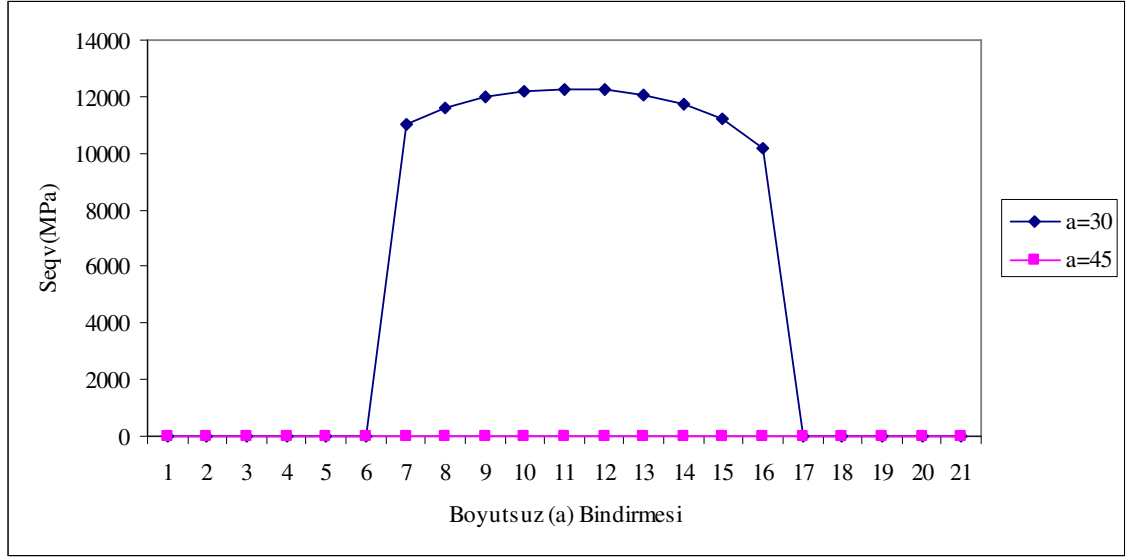
Şekil E.36. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



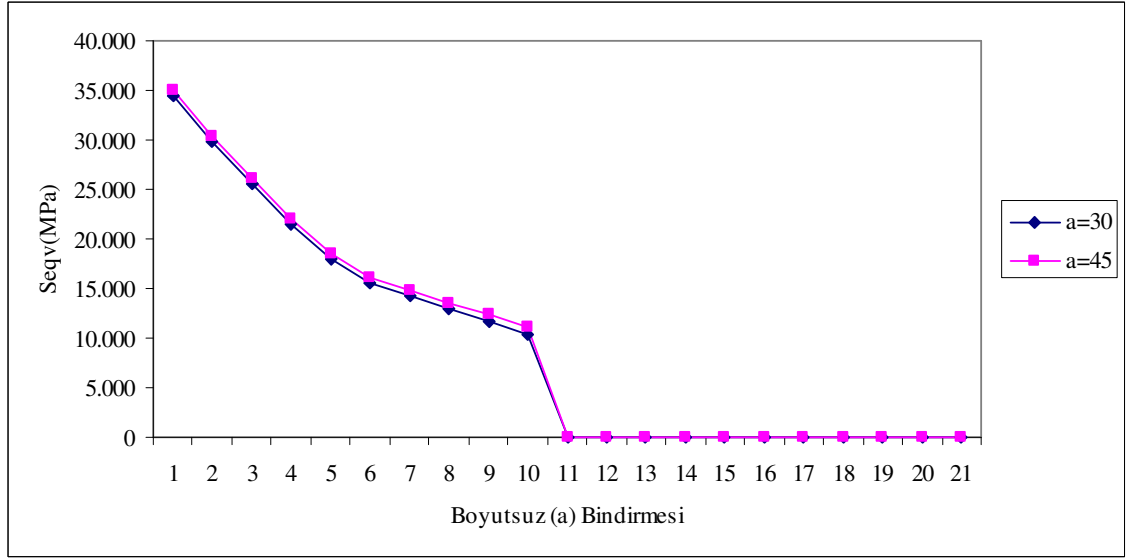
Şekil E.37. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



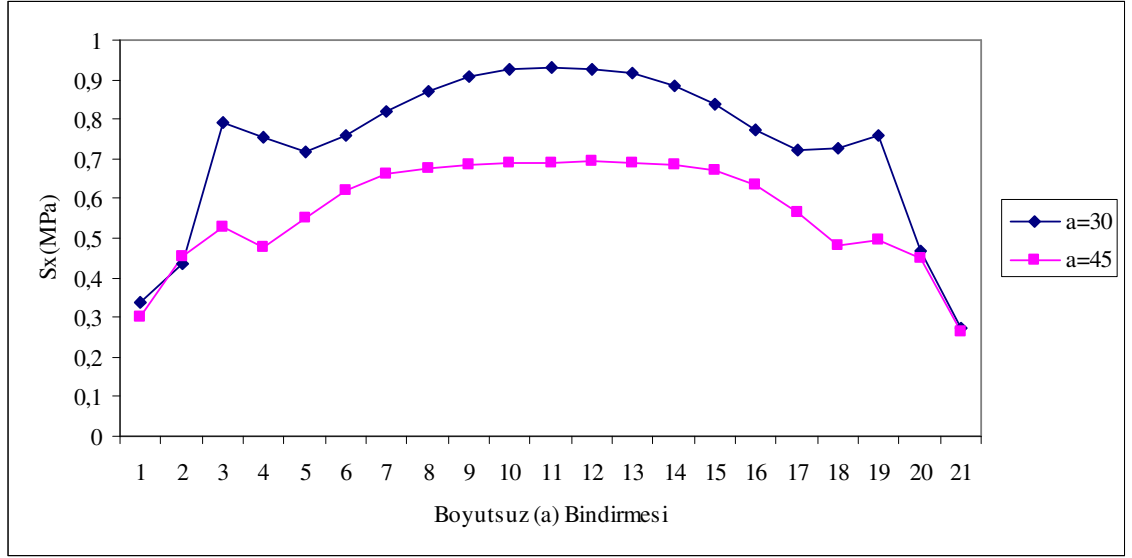
Şekil E.38. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



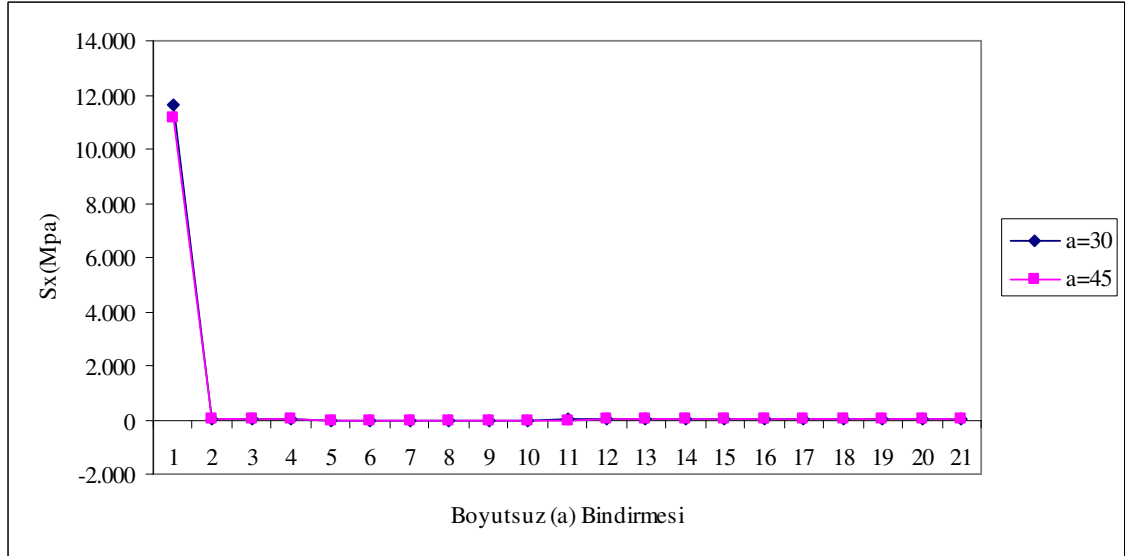
Şekil E.39. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



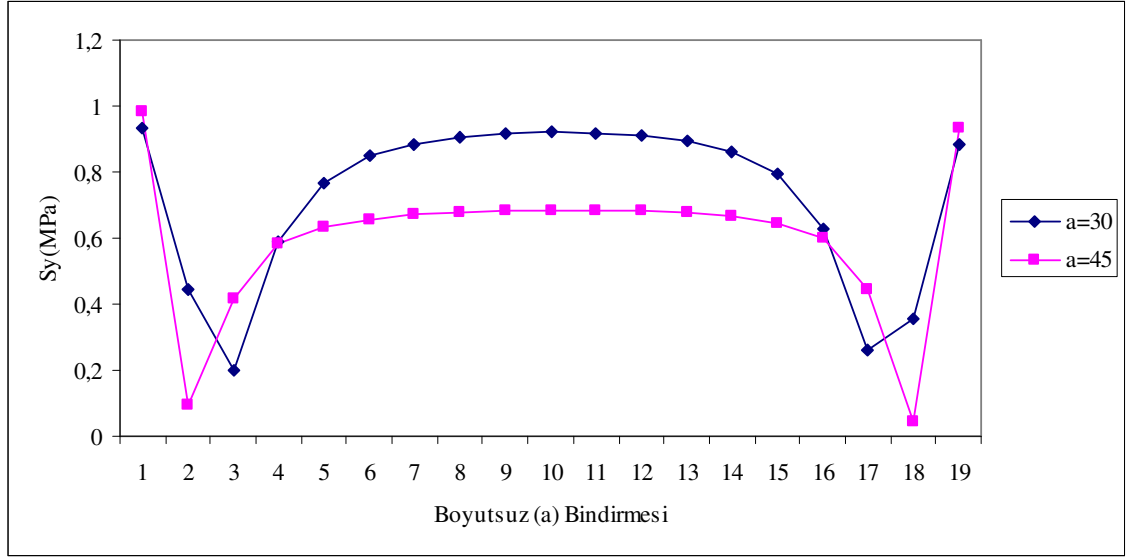
Şekil E.40. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



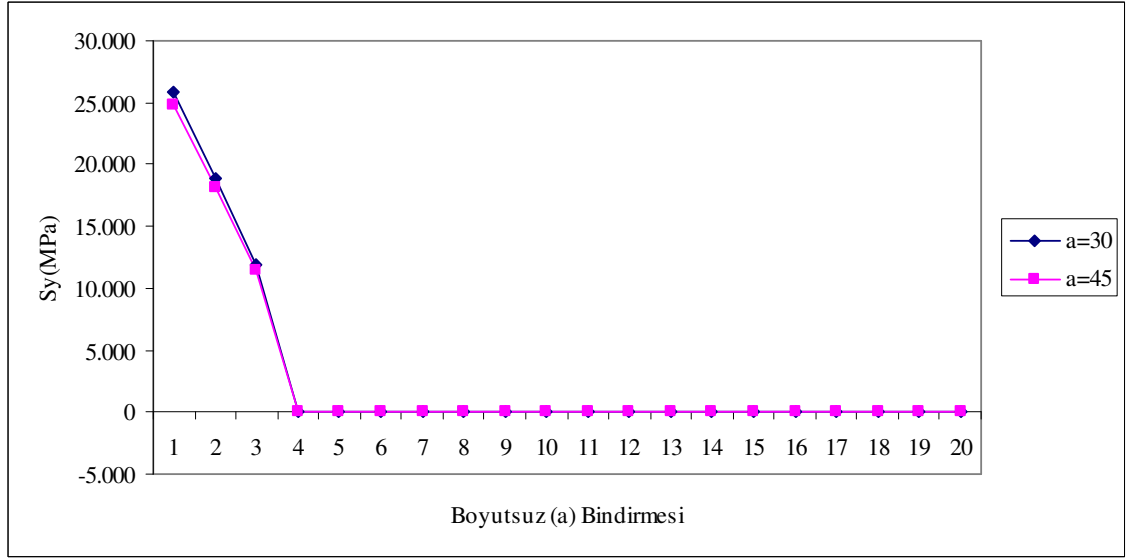
Şekil E.41. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



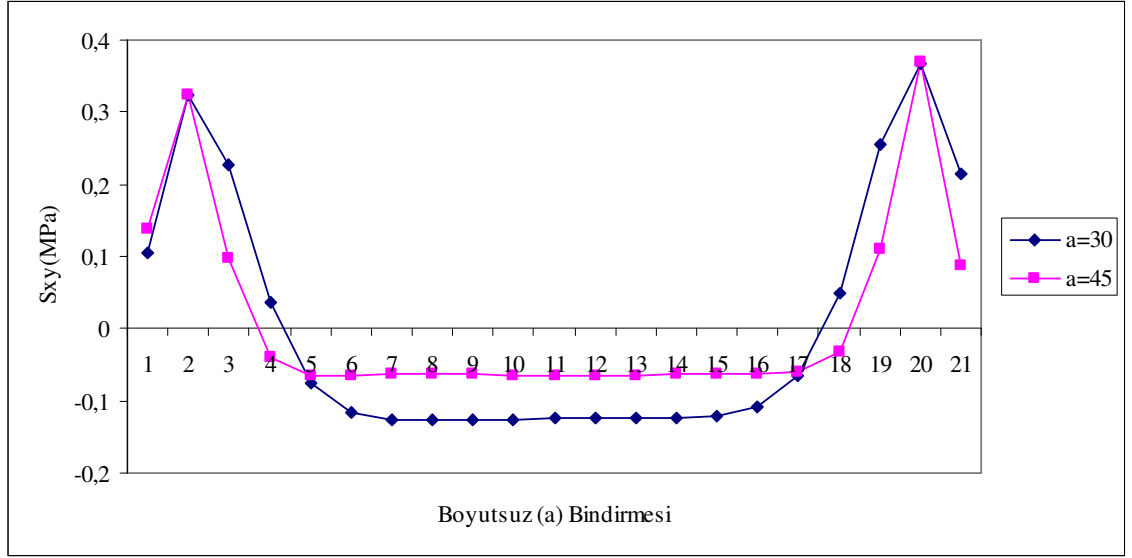
Şekil E.42. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



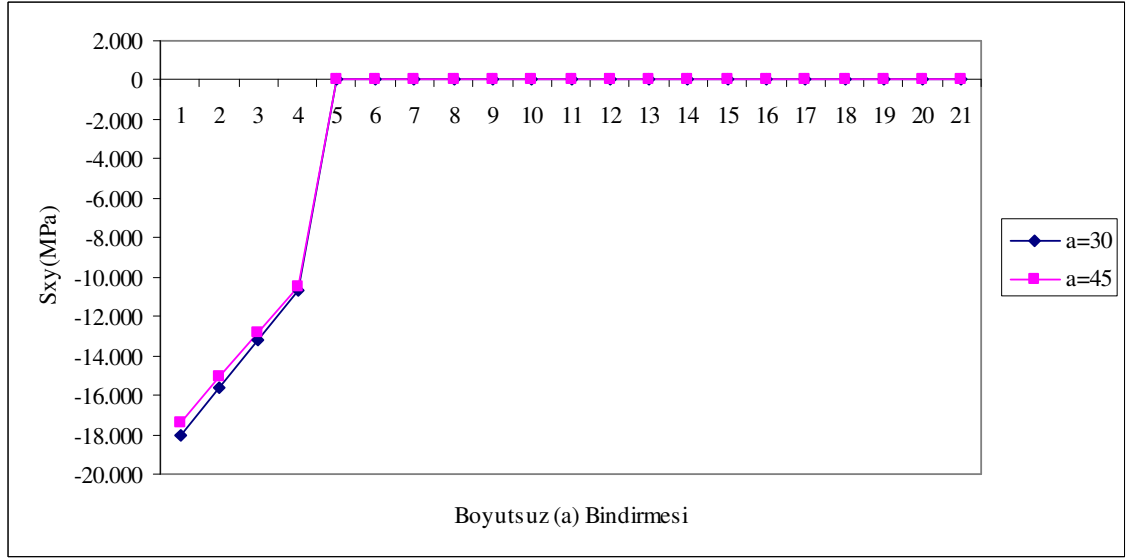
Şekil E.43. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



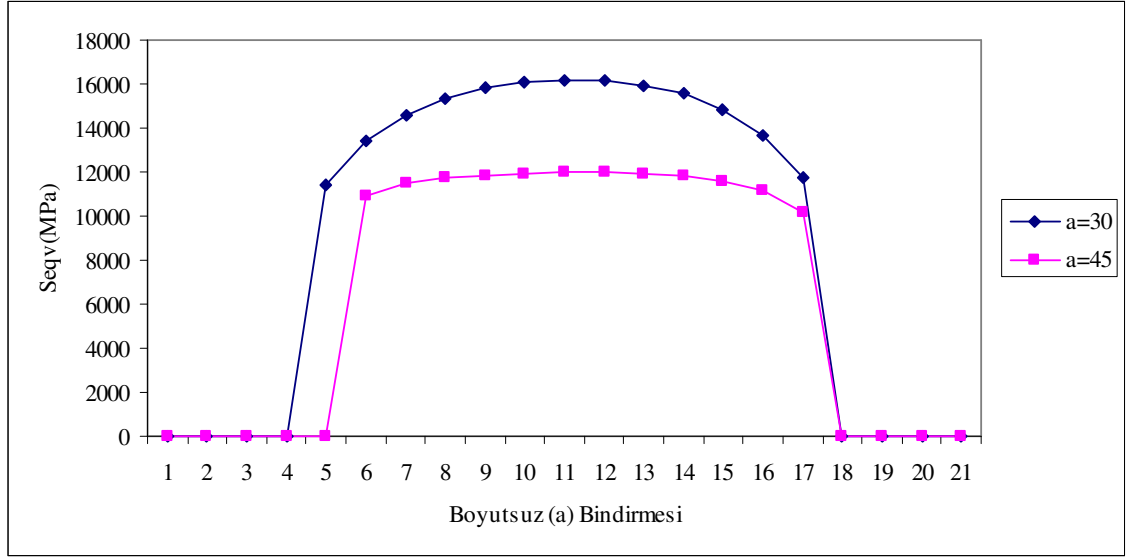
Şekil E.44. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



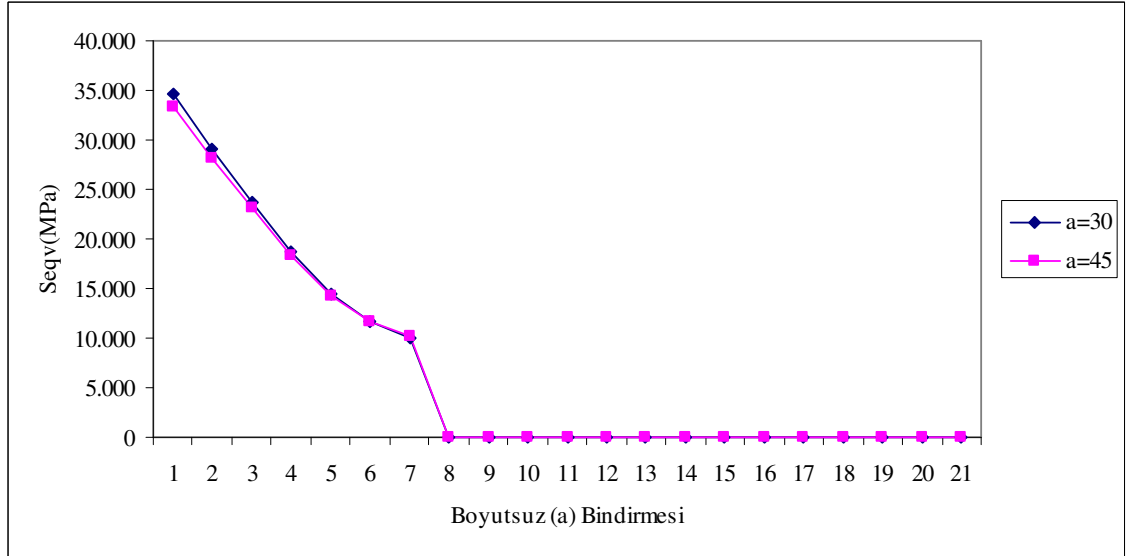
Şekil E.45. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



Şekil E.46. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

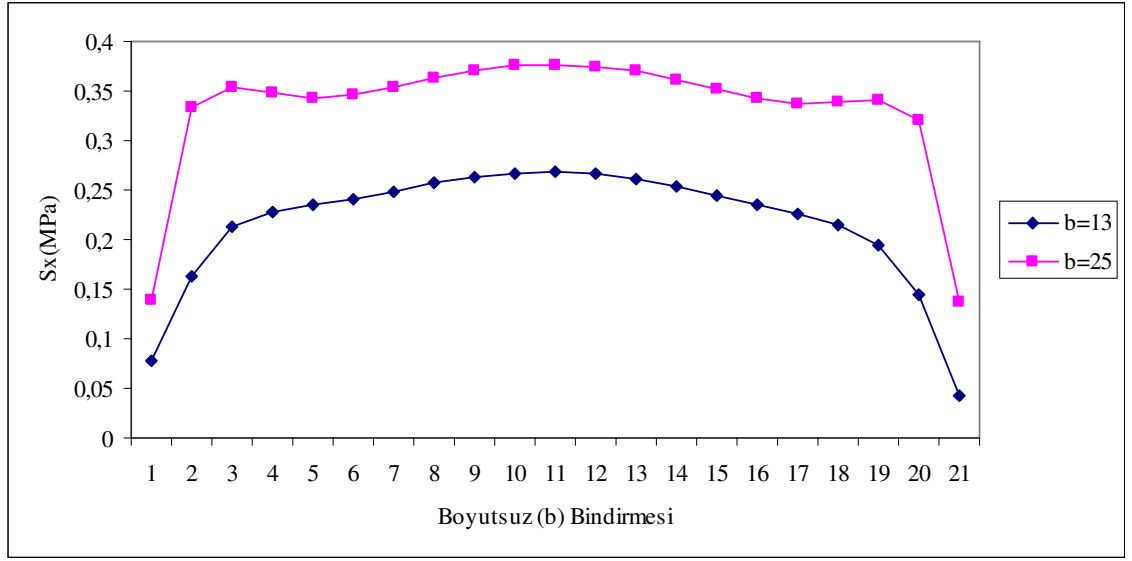


Şekil E.47. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Seq_v 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

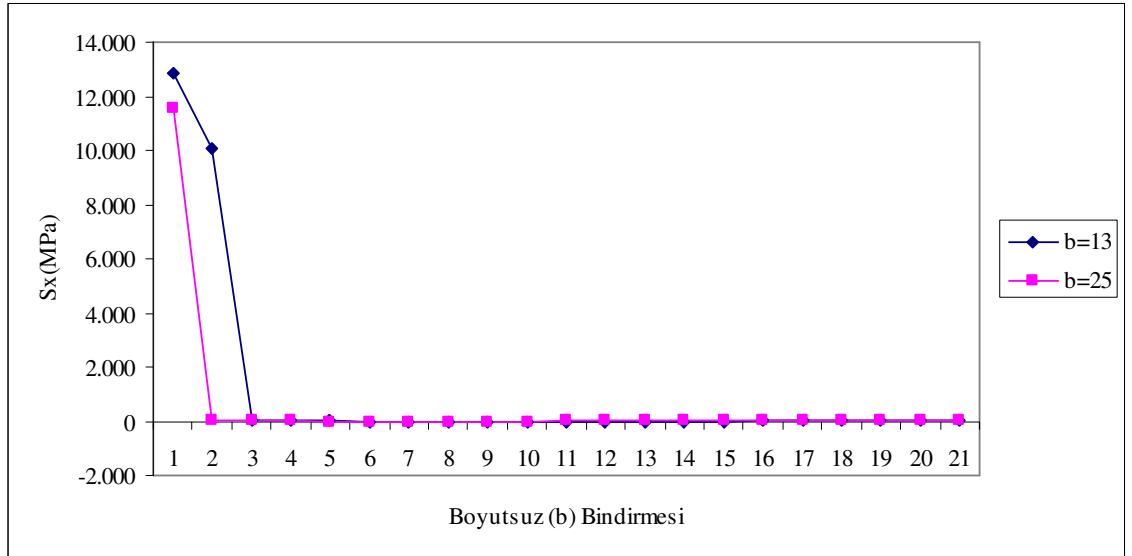


Şekil E.48. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Seq_v 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

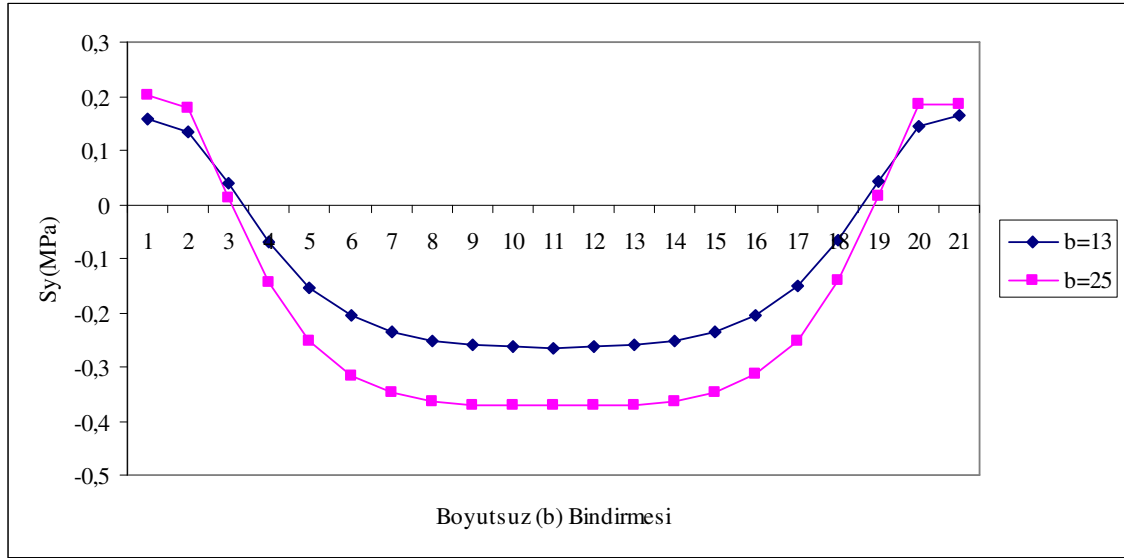
Ek.1.2. (b) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma



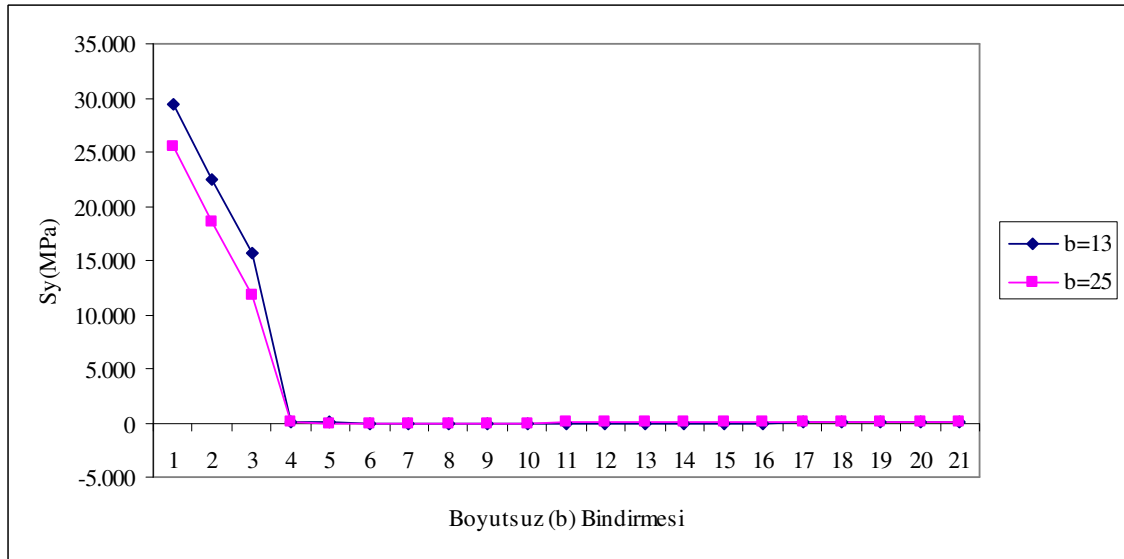
Şekil E.49. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



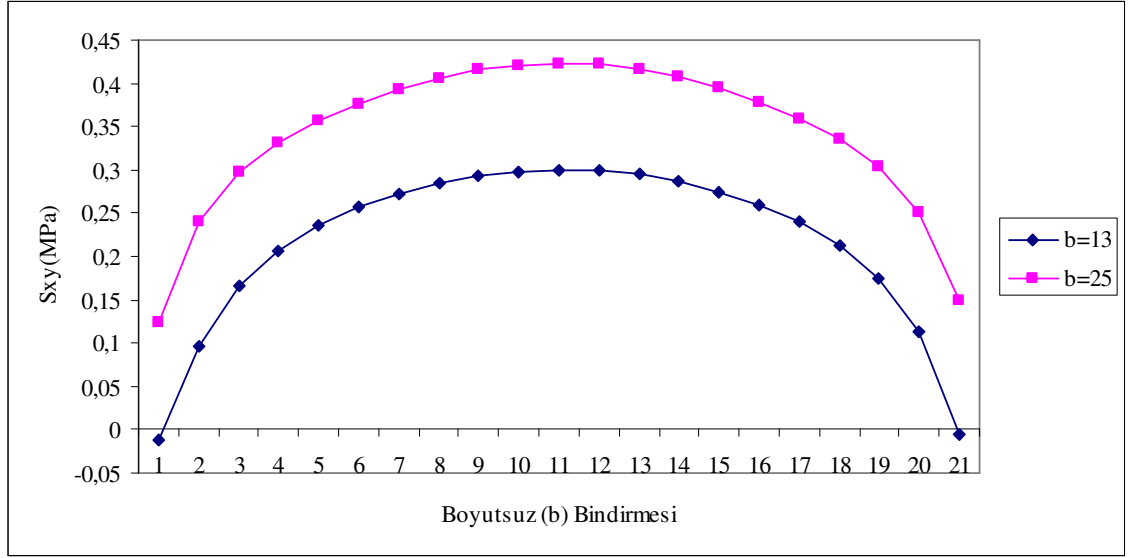
Şekil E.50. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



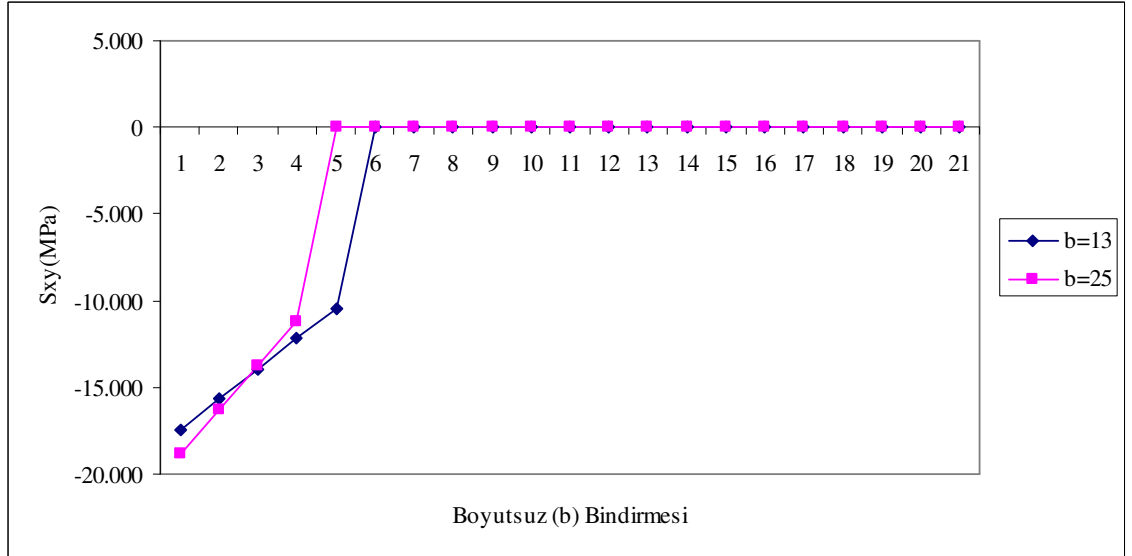
Şekil E.51. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



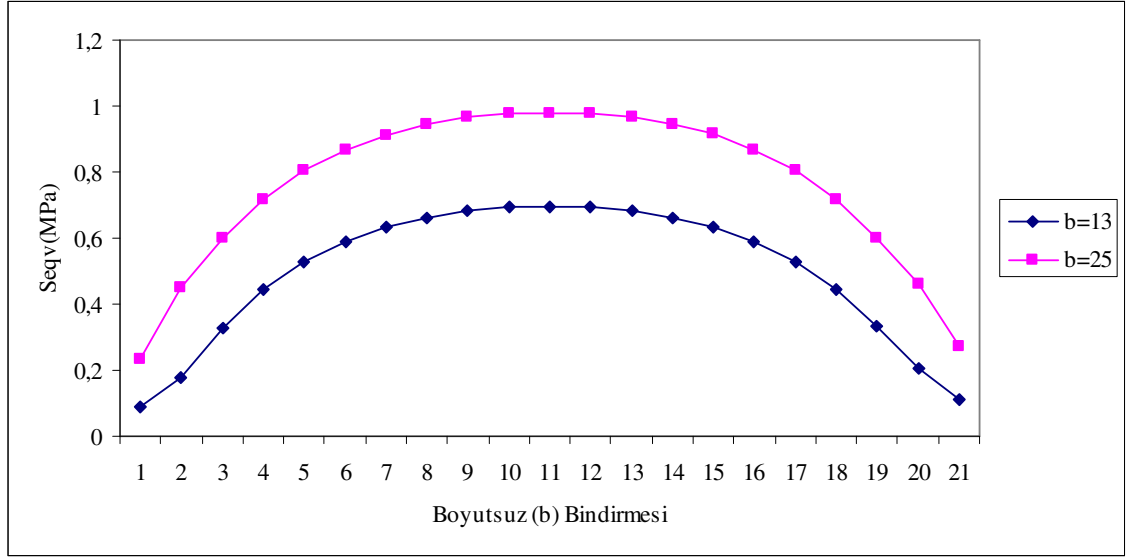
Şekil E.52. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



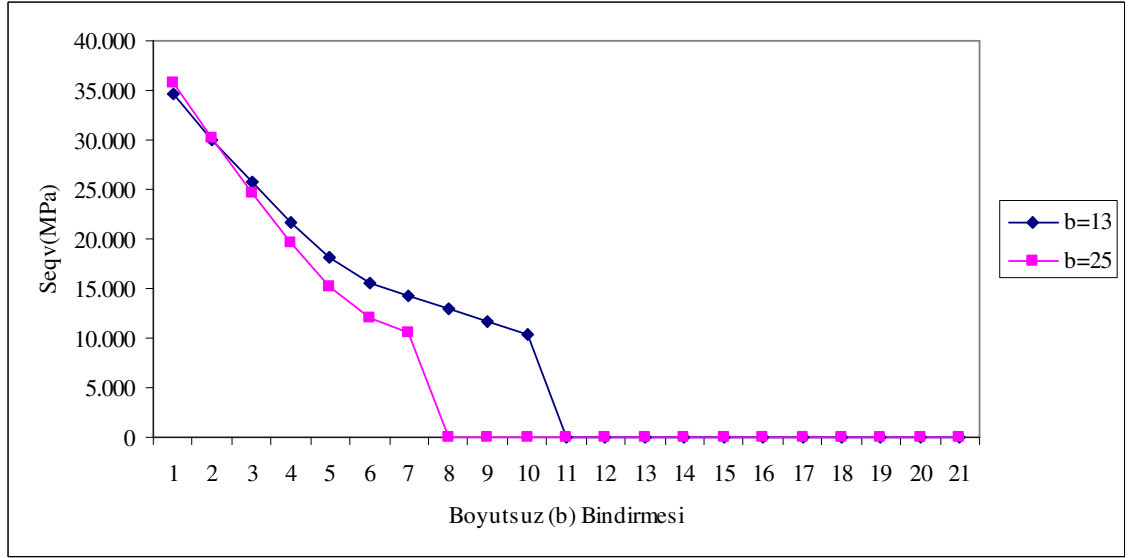
Şekil E.53. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



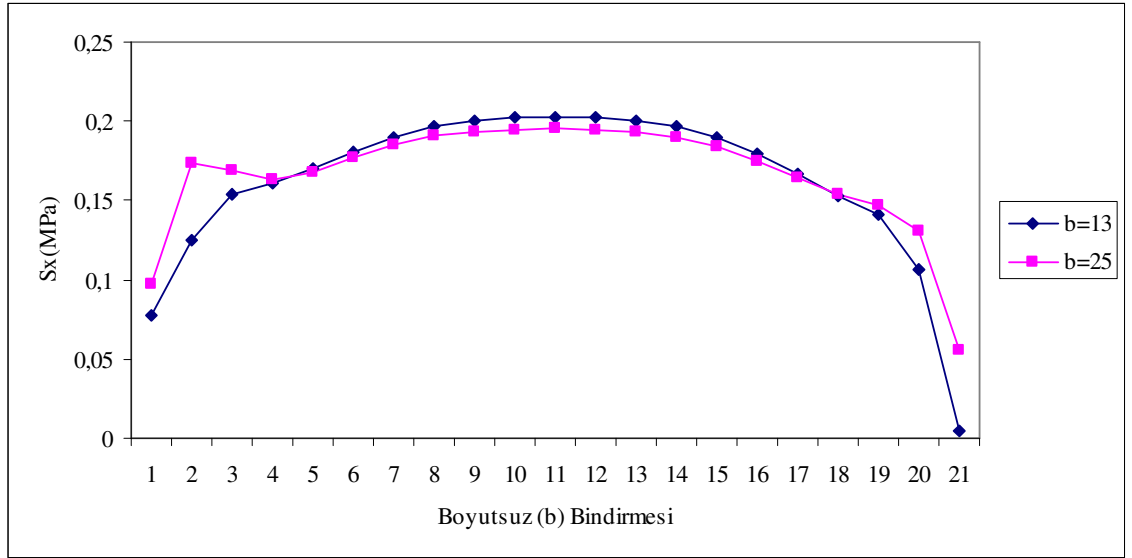
Şekil E.54. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



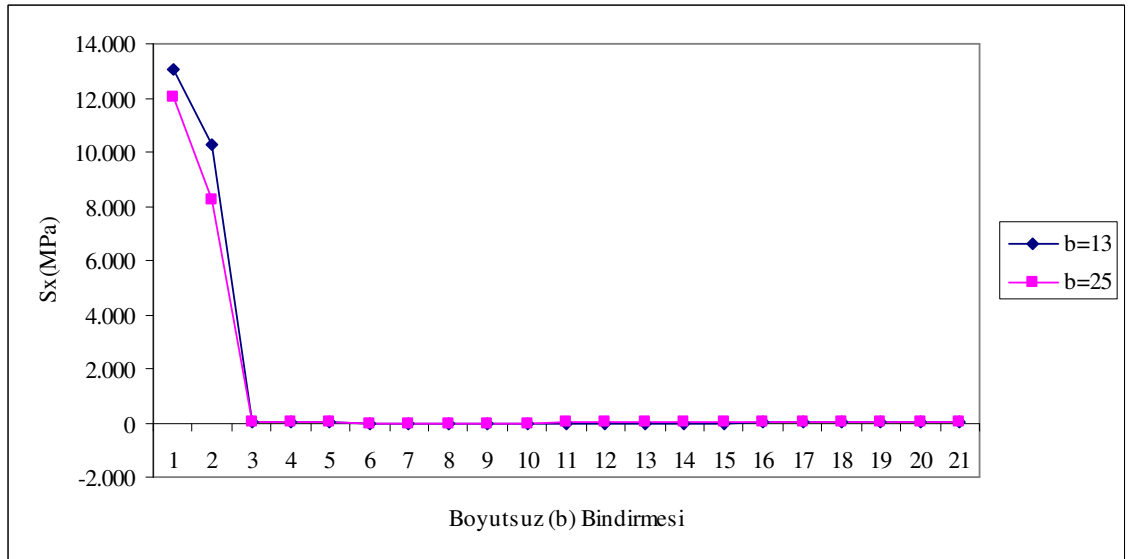
Şekil E.55. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



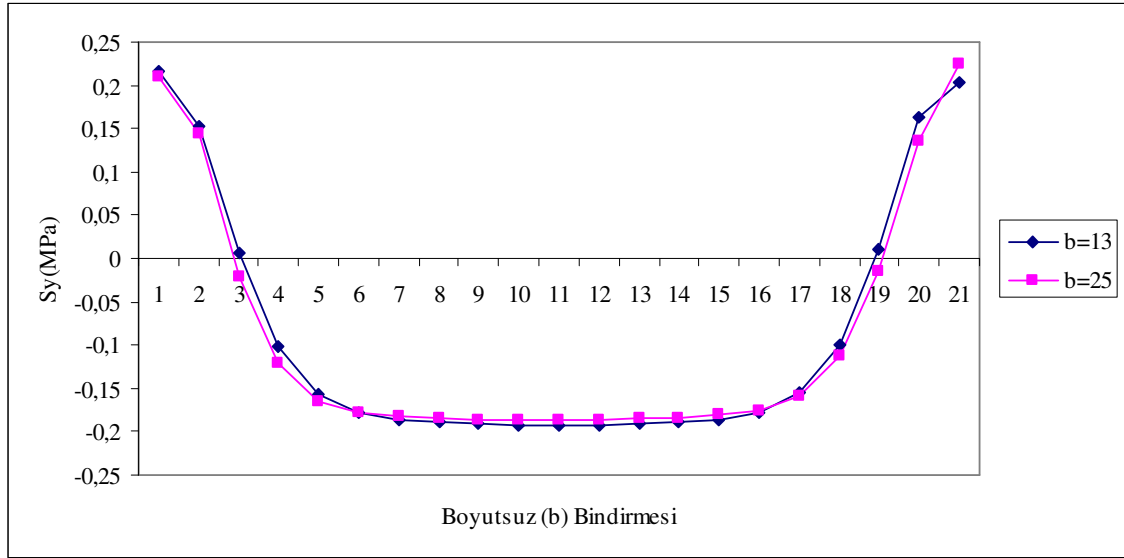
Şekil E.56. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



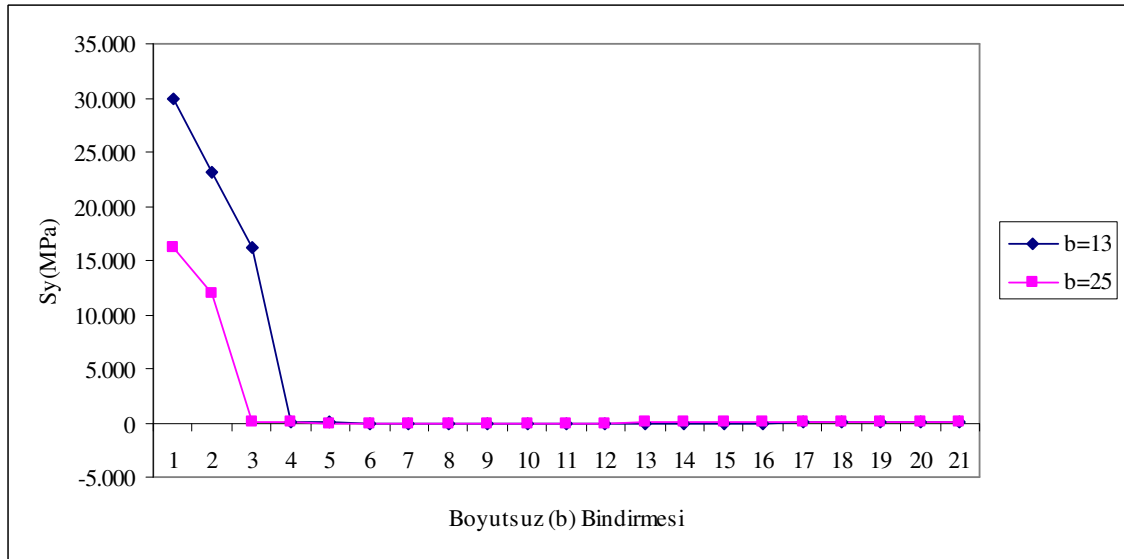
Şekil E.57. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



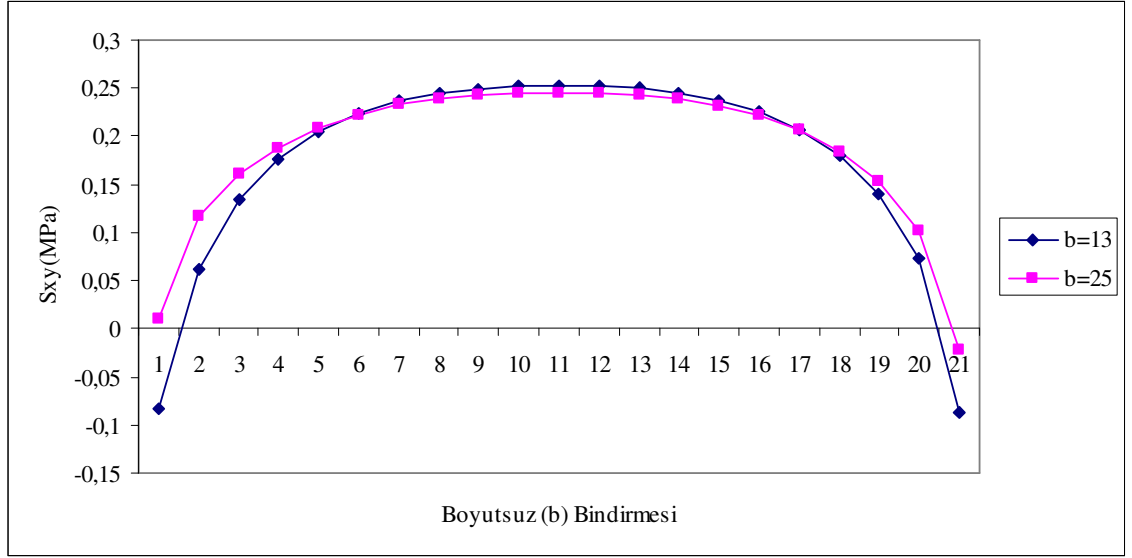
Şekil E.58. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



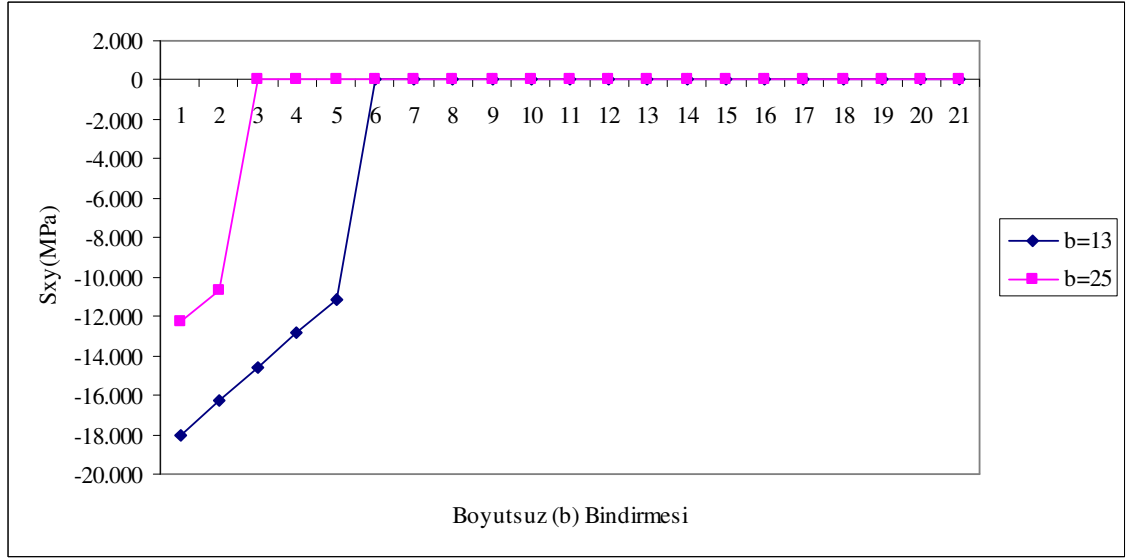
Şekil E.59. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



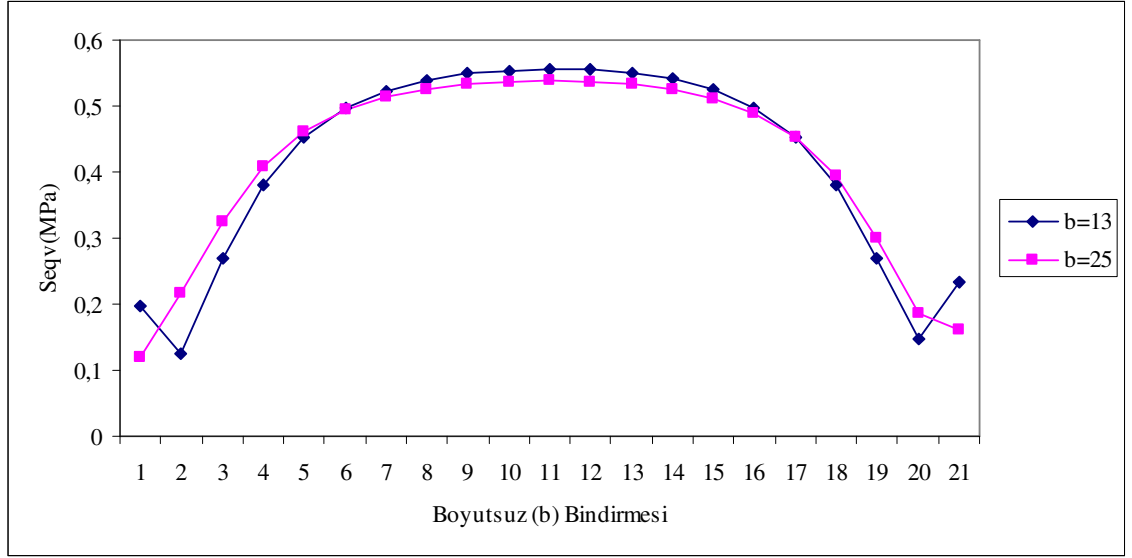
Şekil E.60. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



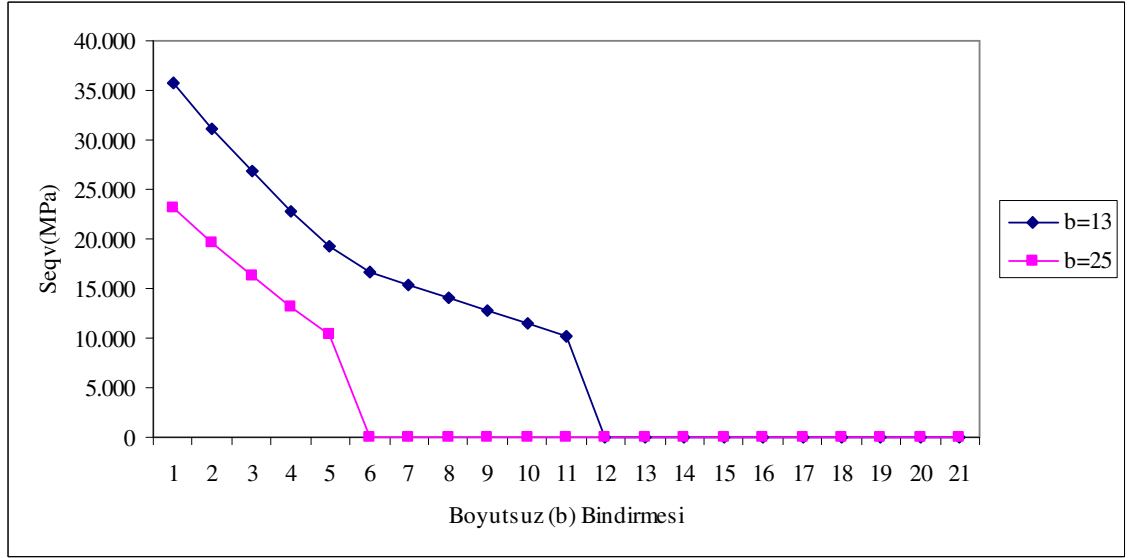
Şekil E.61. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



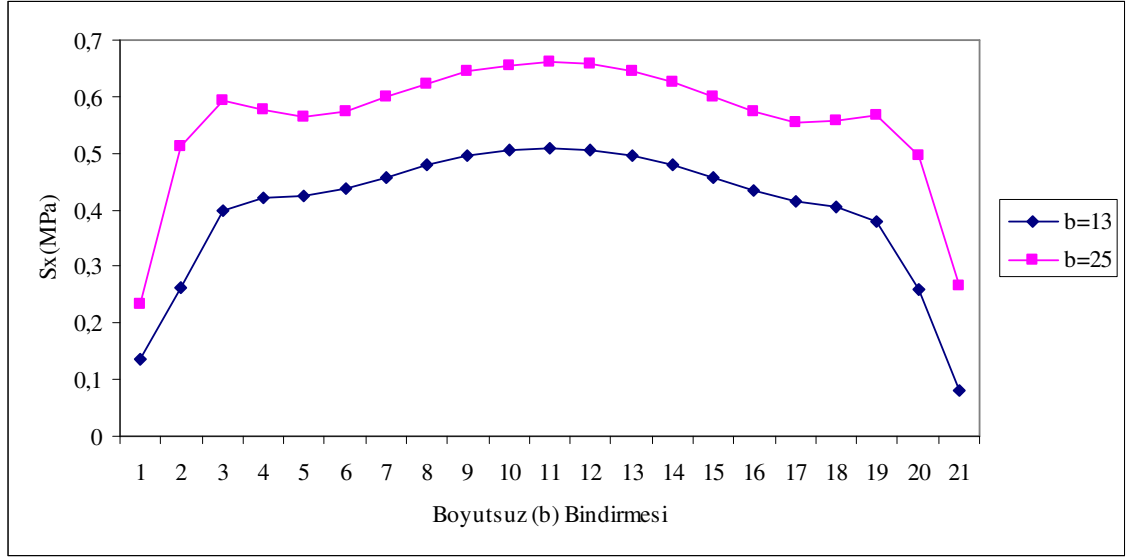
Şekil E.62. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



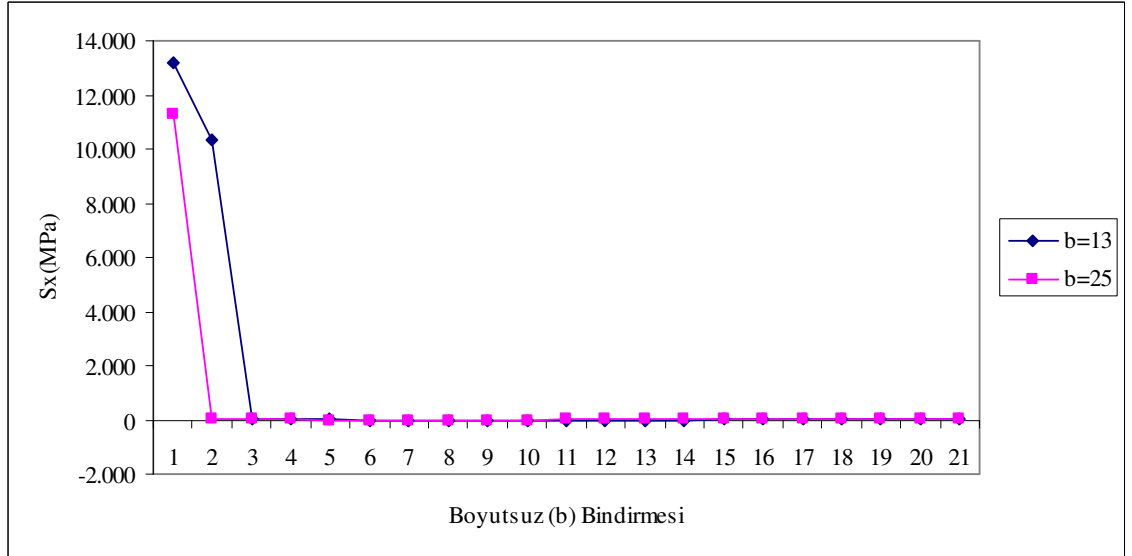
Şekil E.63. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken Seq_v 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



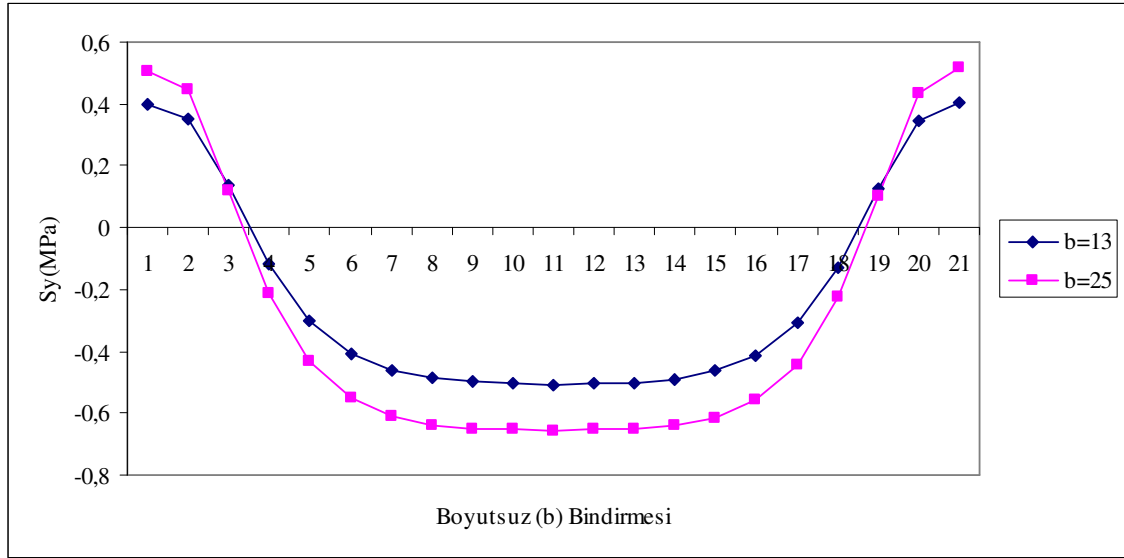
Şekil E.64. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken Seq_v 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



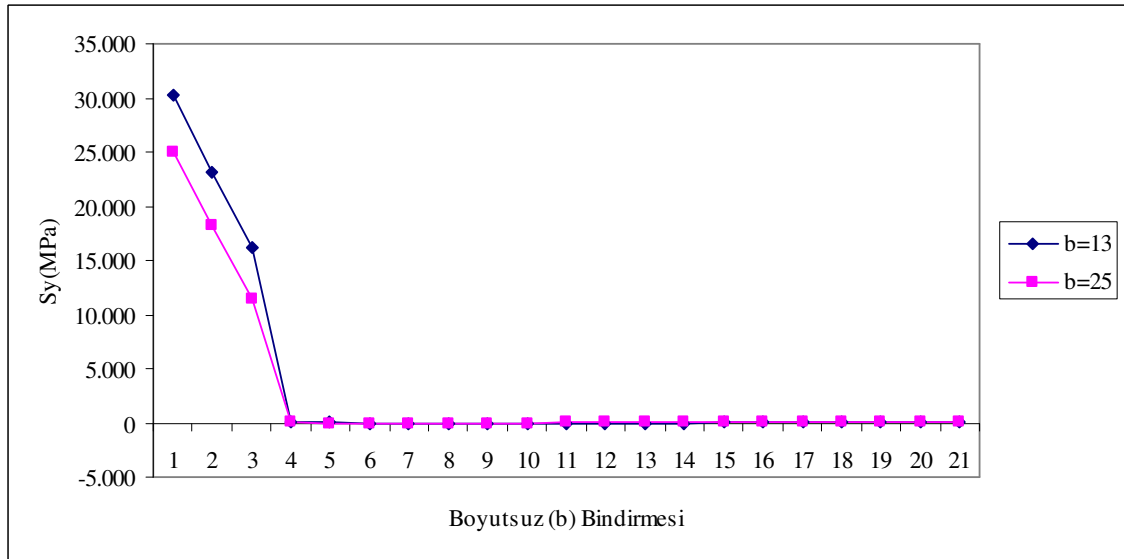
Şekil E.65. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



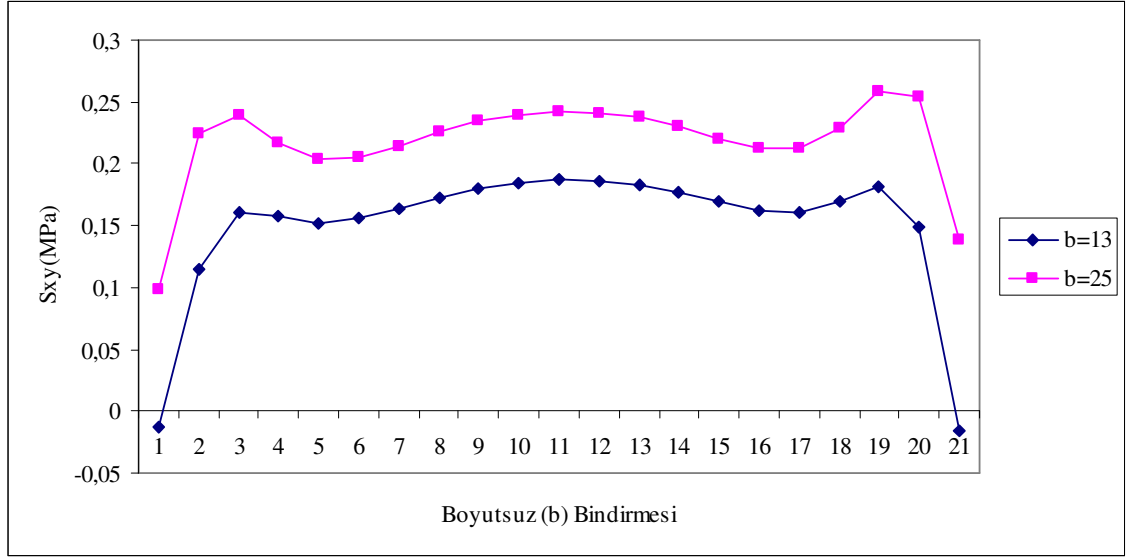
Şekil E.66. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



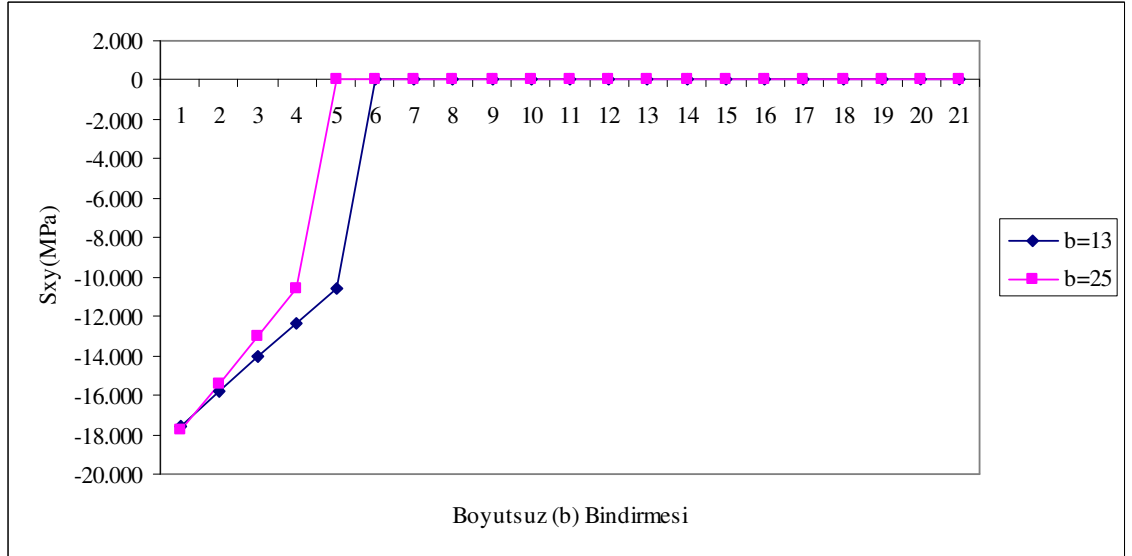
Şekil E.67. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



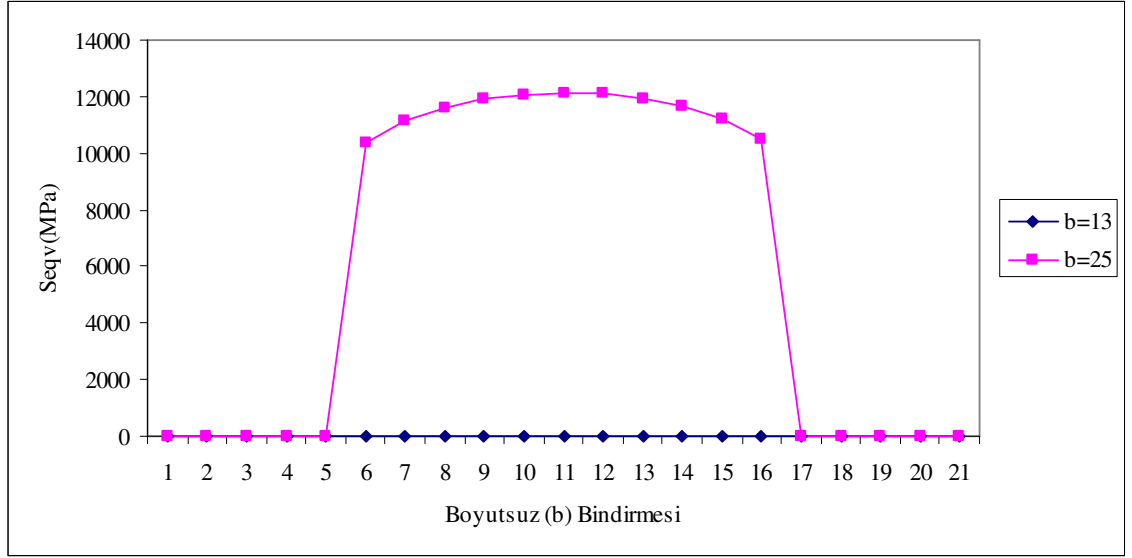
Şekil E.68. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



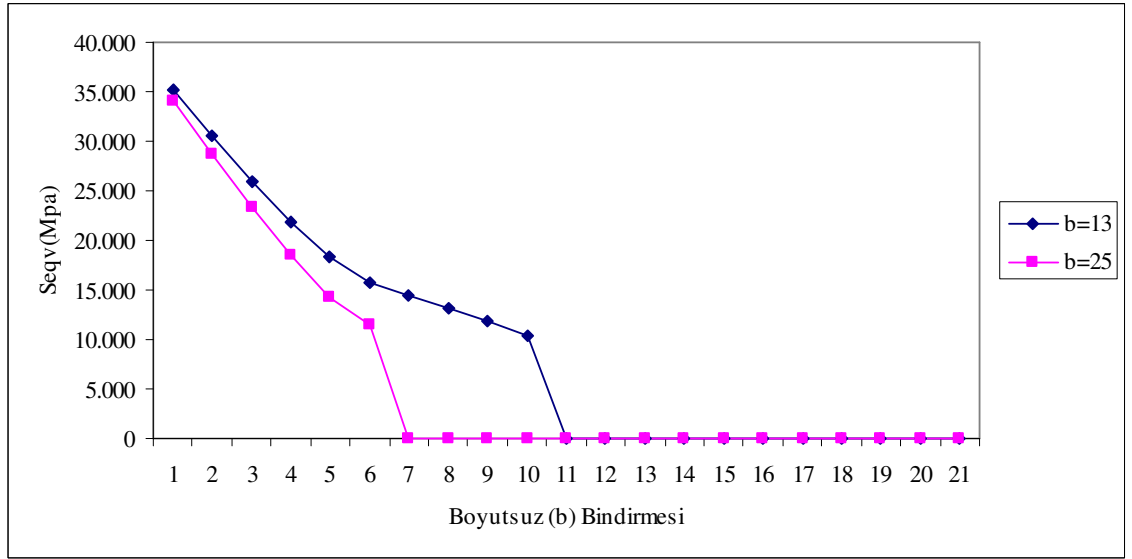
Şekil E.69. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



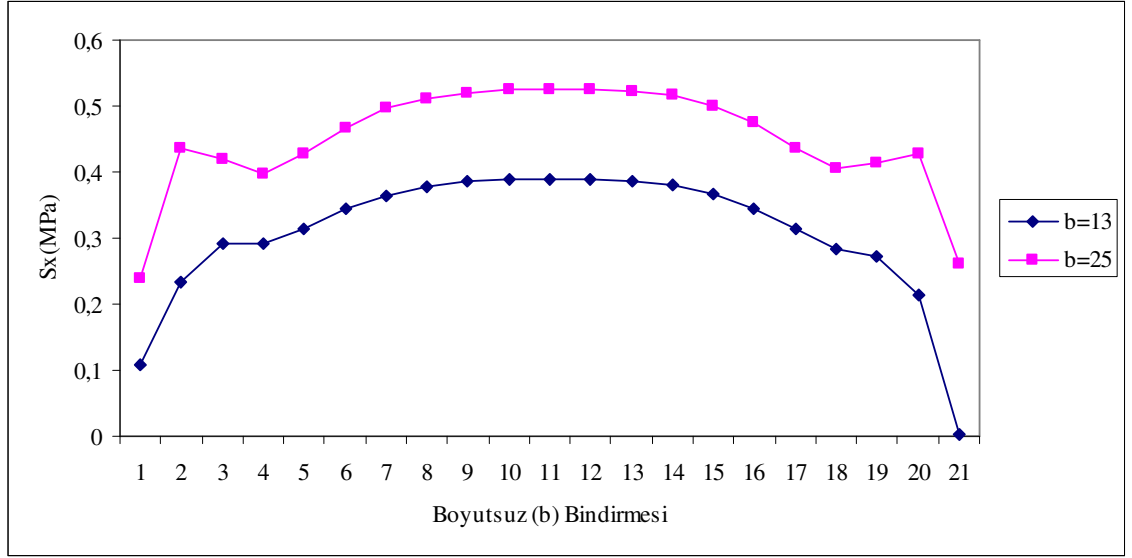
Şekil E.70. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



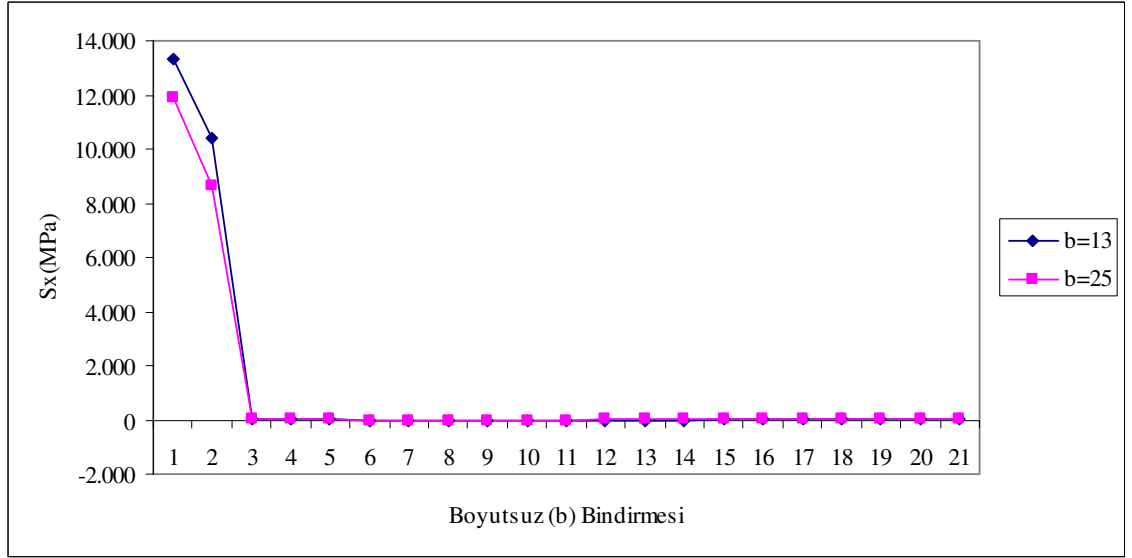
Şekil E.71. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



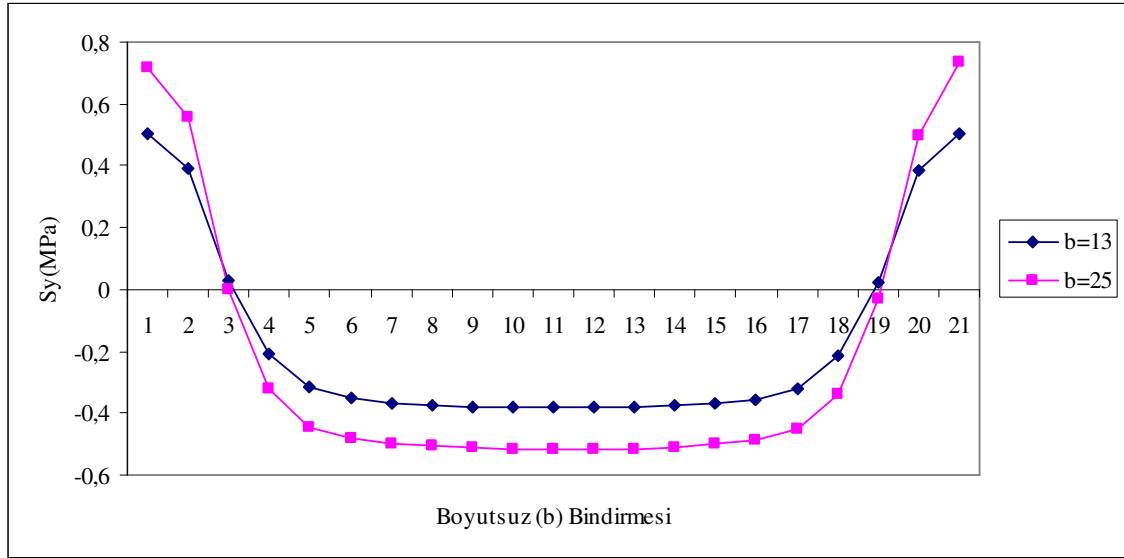
Şekil E.72. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



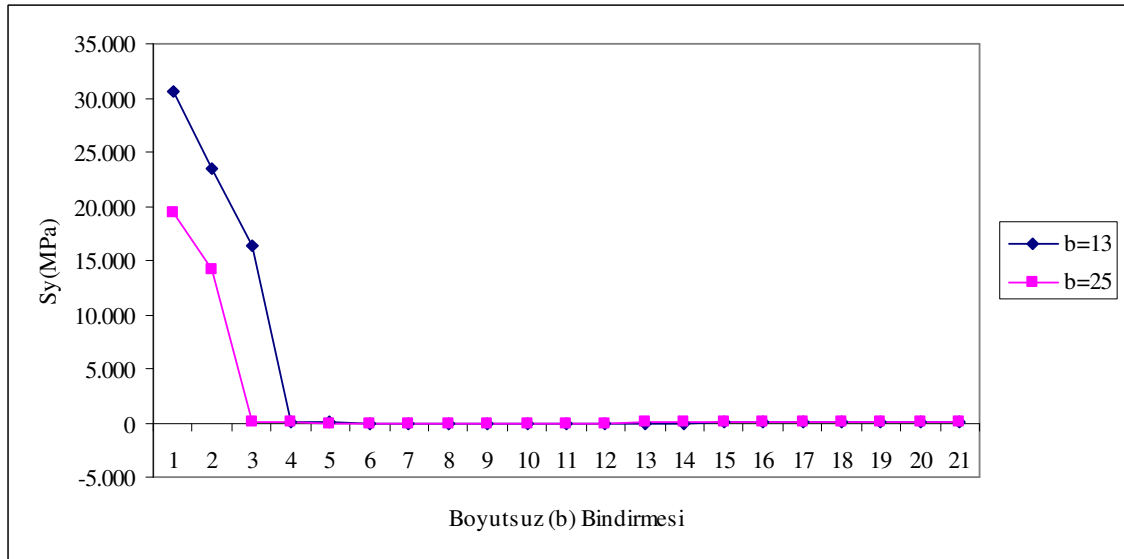
Şekil E.73. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



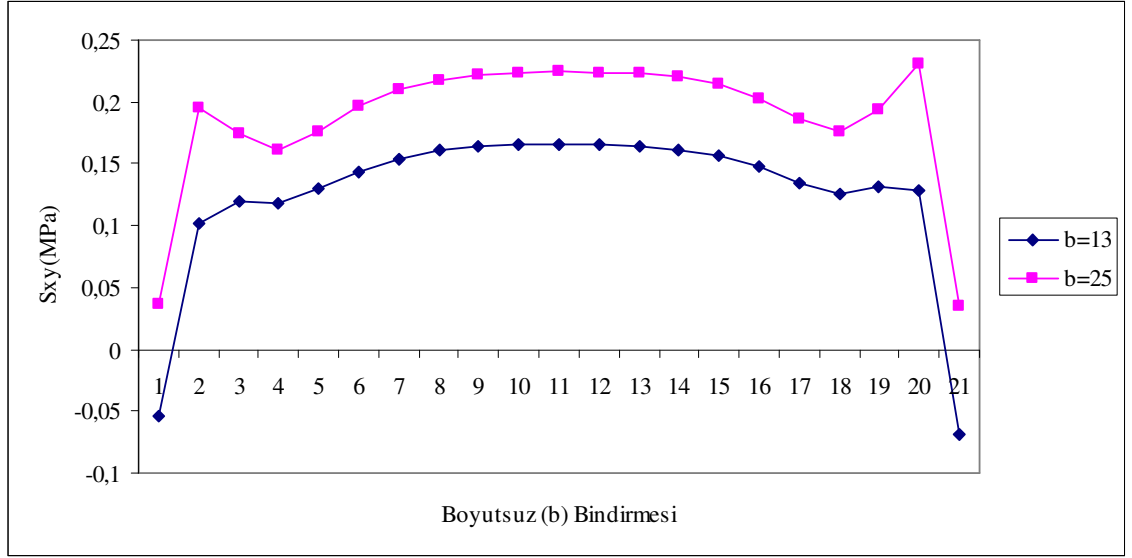
Şekil E.74. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



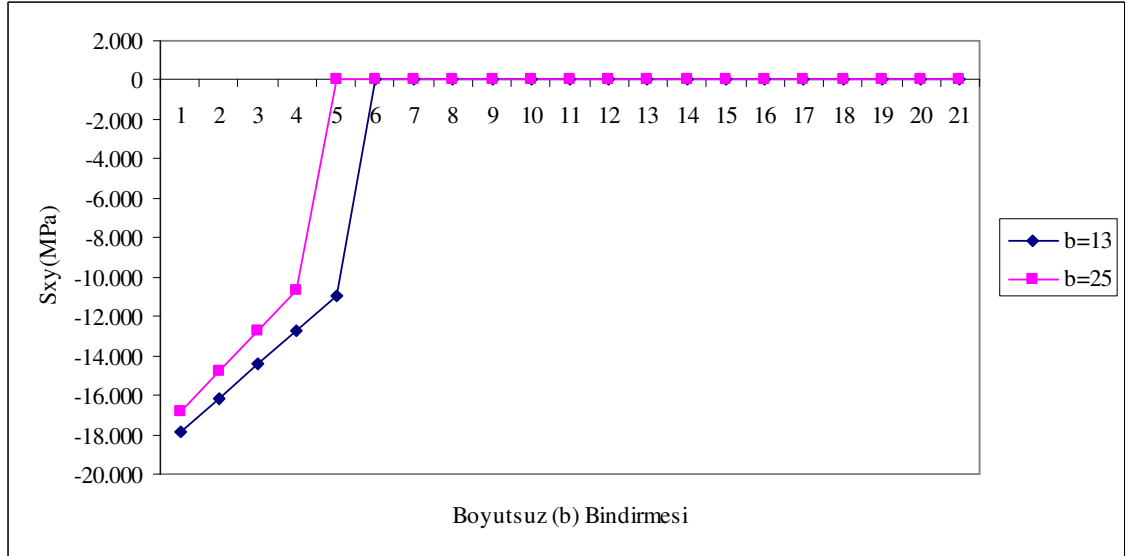
Şekil E.75. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



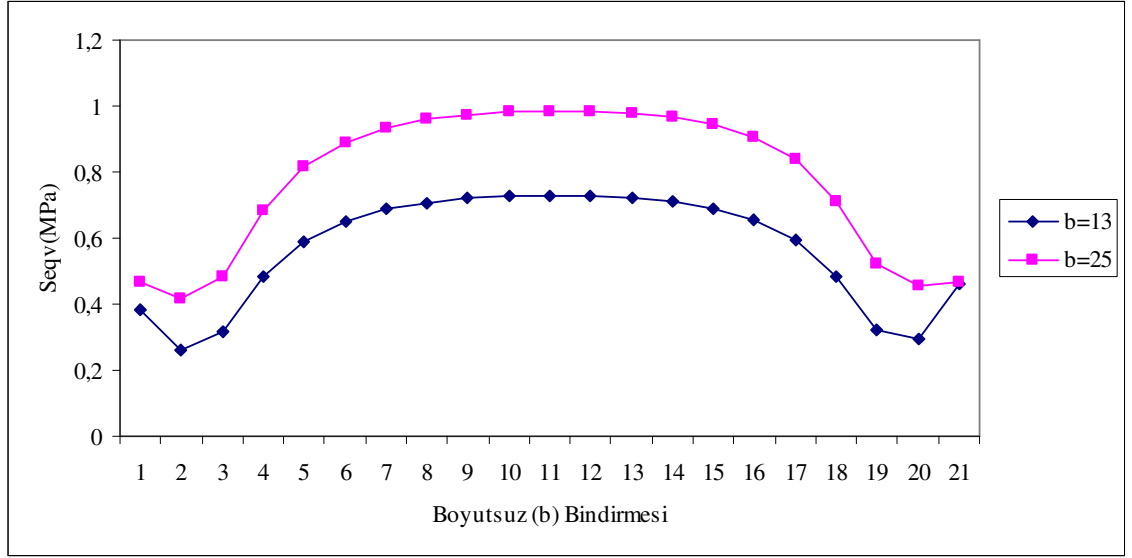
Şekil E.76. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



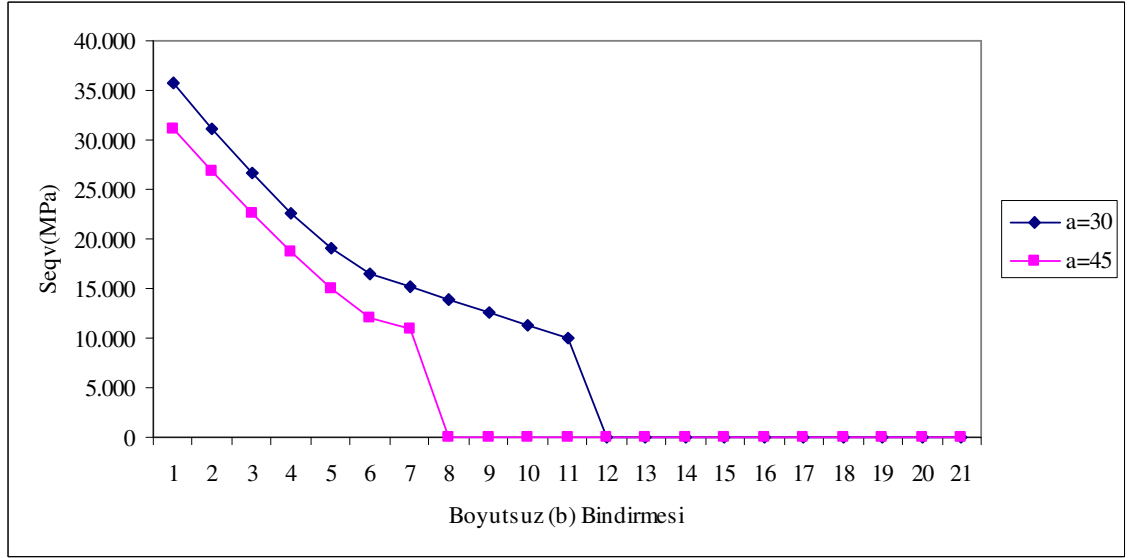
Şekil E.77. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



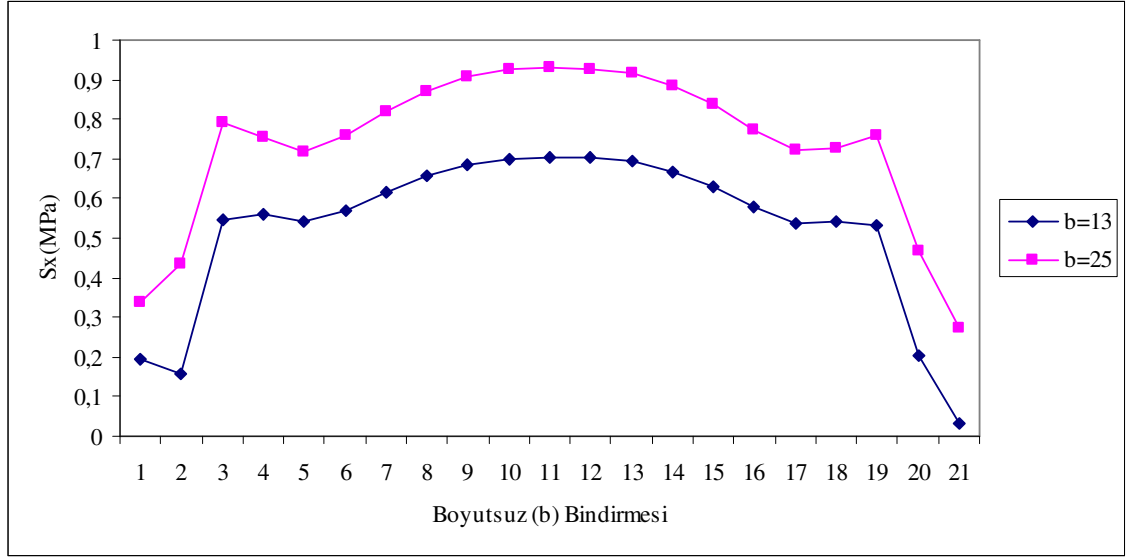
Şekil E.78. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



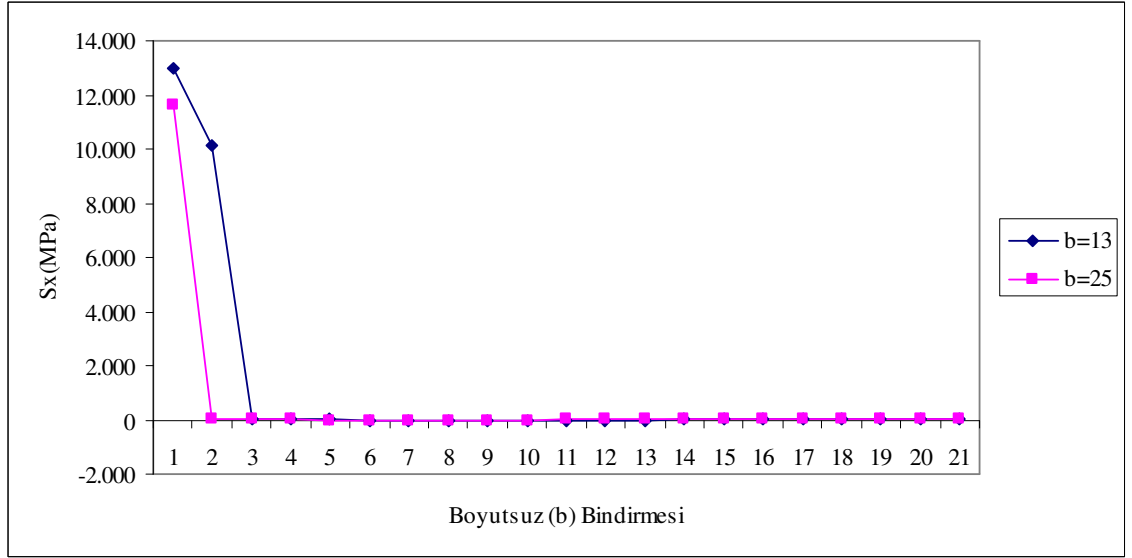
Şekil E.79. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Seq_v 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



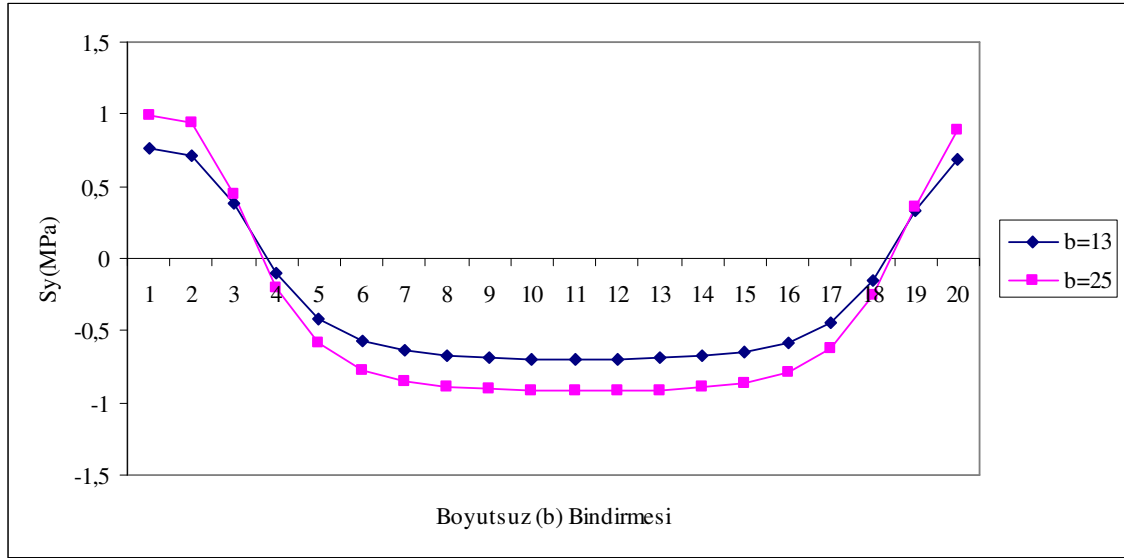
Şekil E.80. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Seq_v 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



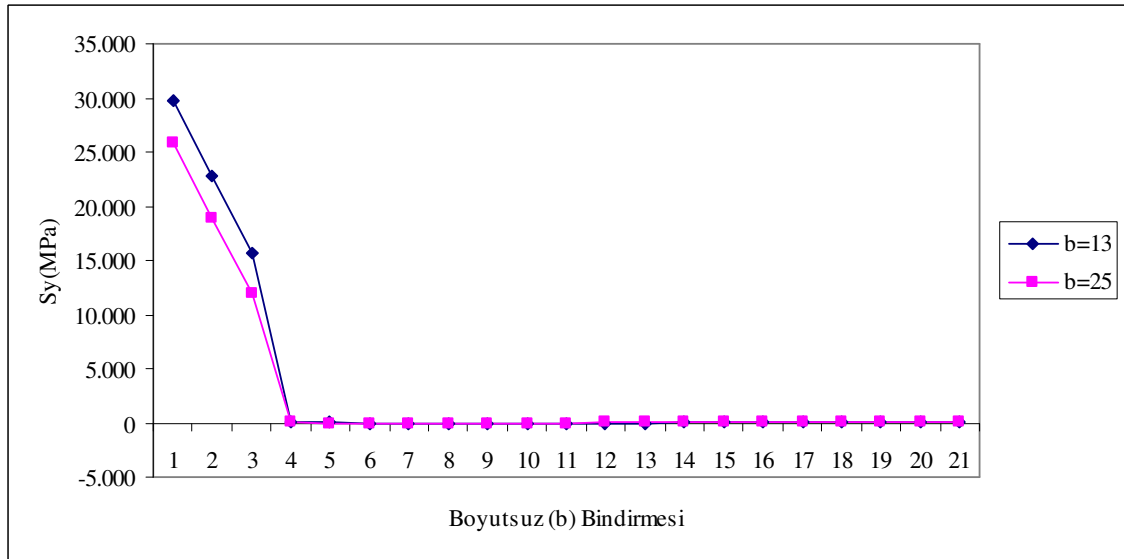
Şekil E.81. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



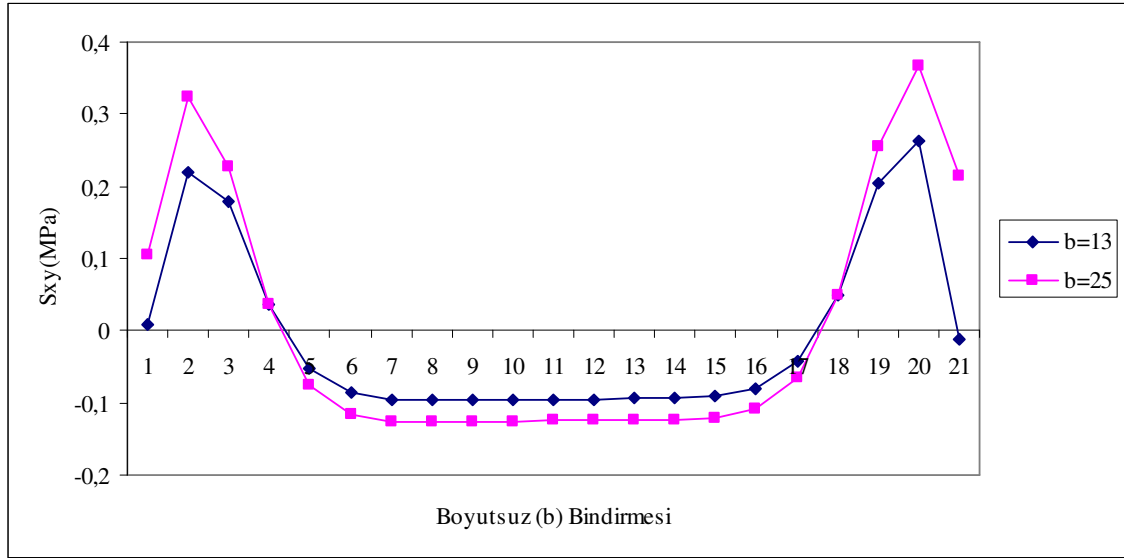
Şekil E.82. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



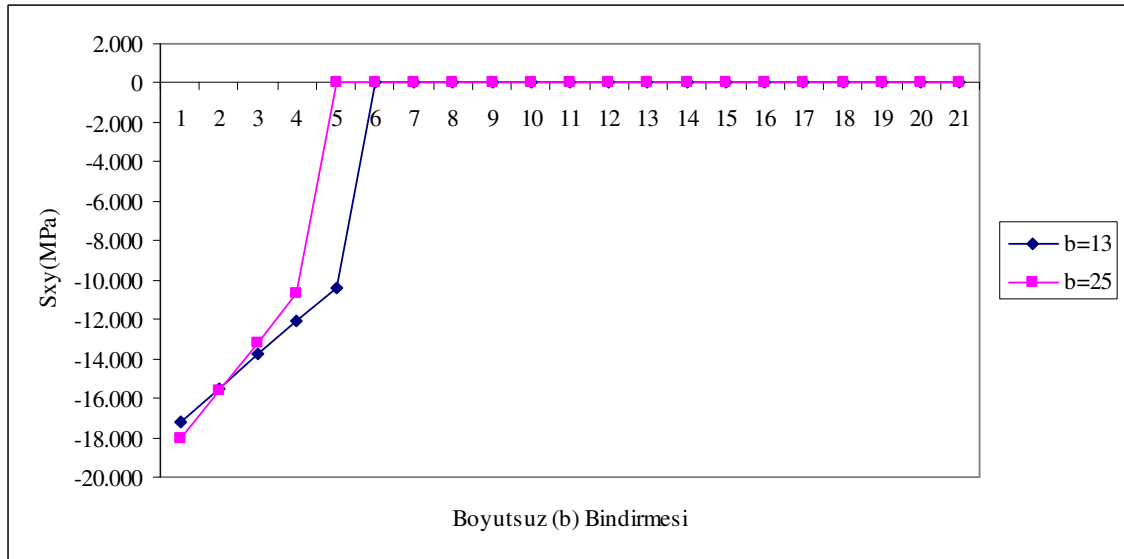
Şekil E.83. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



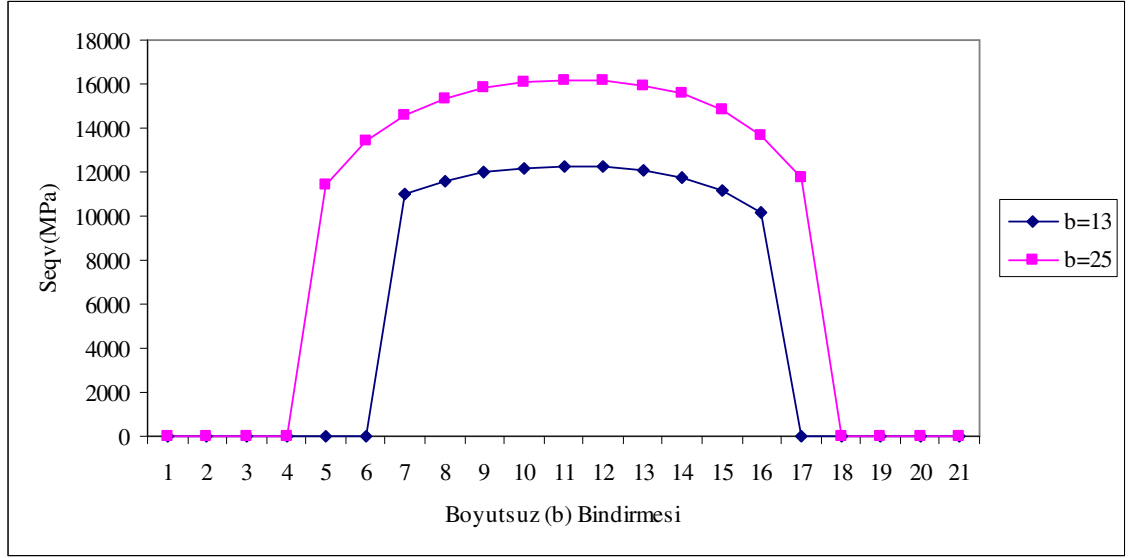
Şekil E.84. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



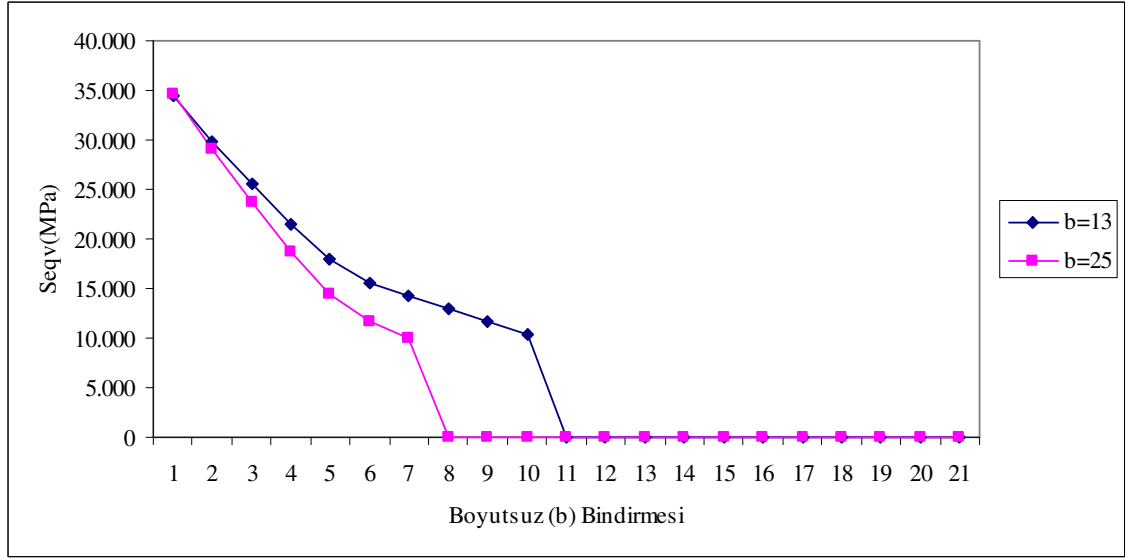
Şekil E.85. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



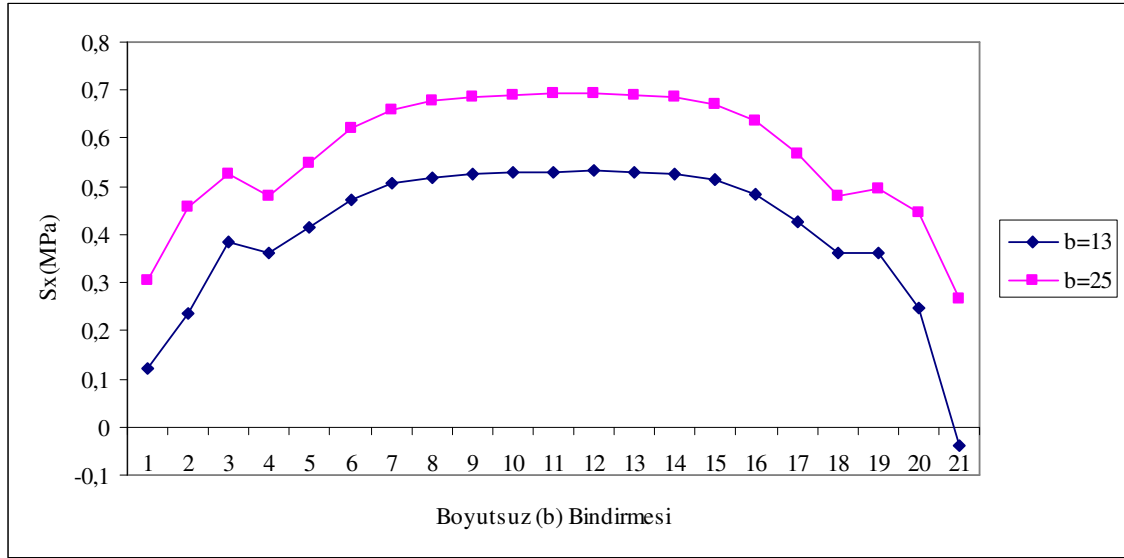
Şekil E.86. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



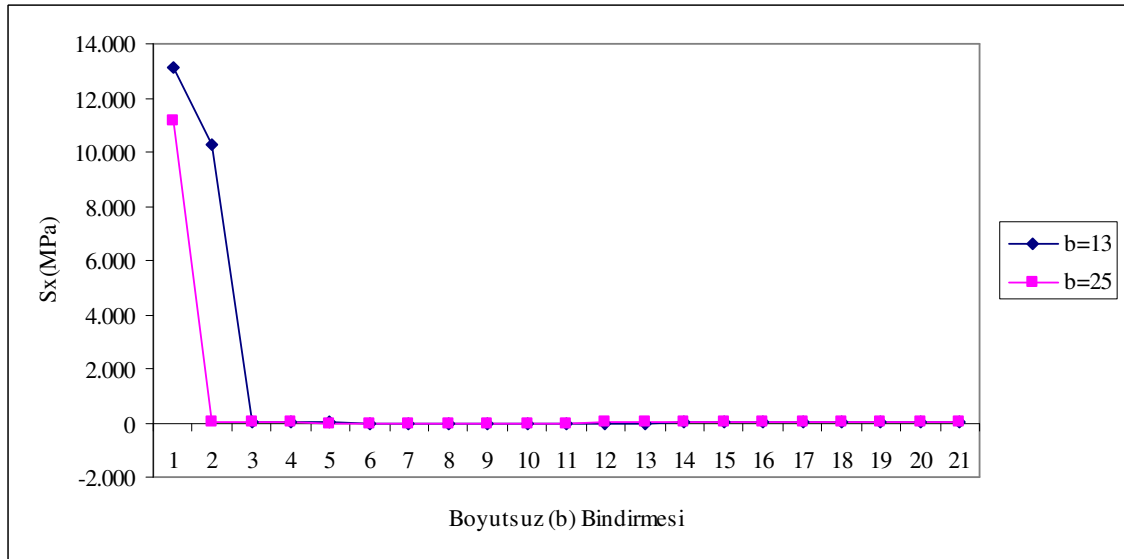
Şekil E.87. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Seq_v 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



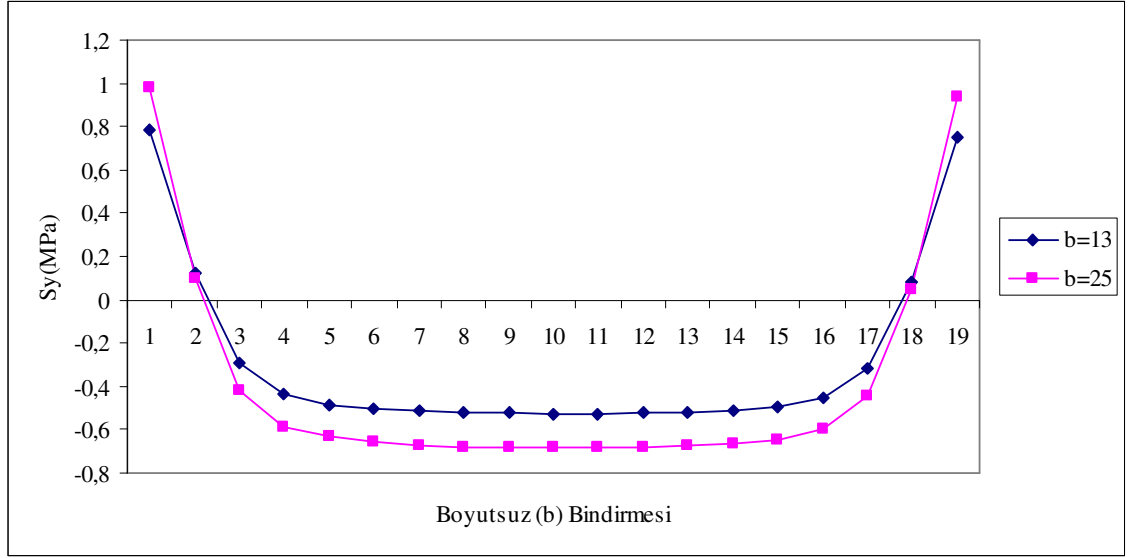
Şekil E.88. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Seq_v 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



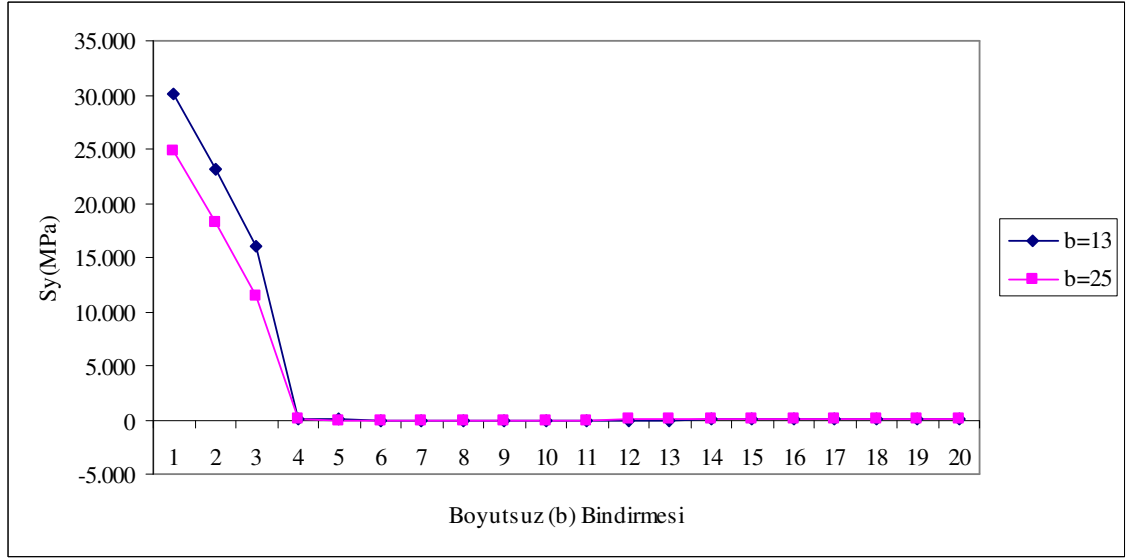
Şekil E.89. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



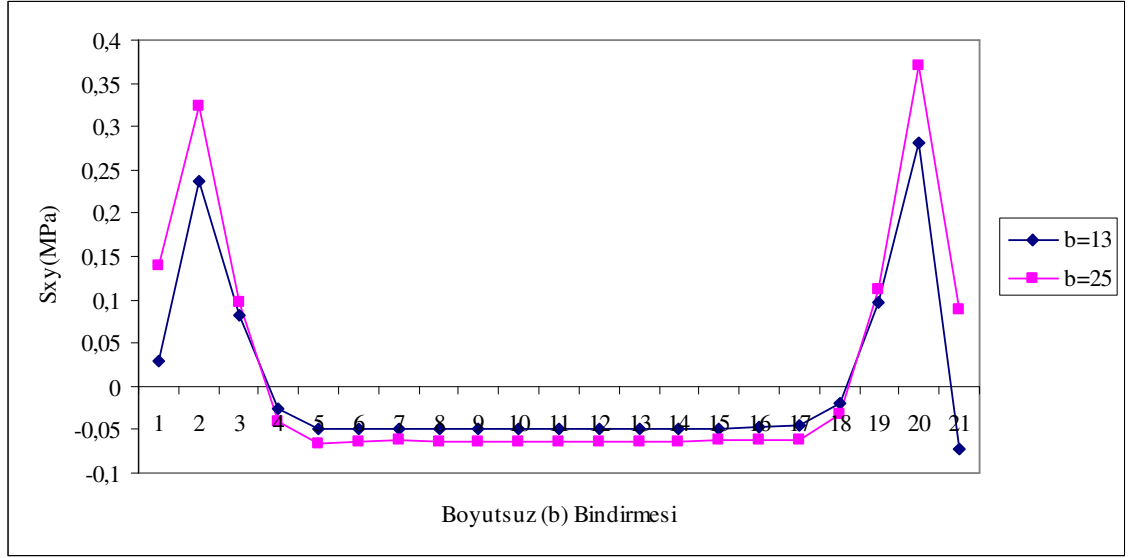
Şekil E.90. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



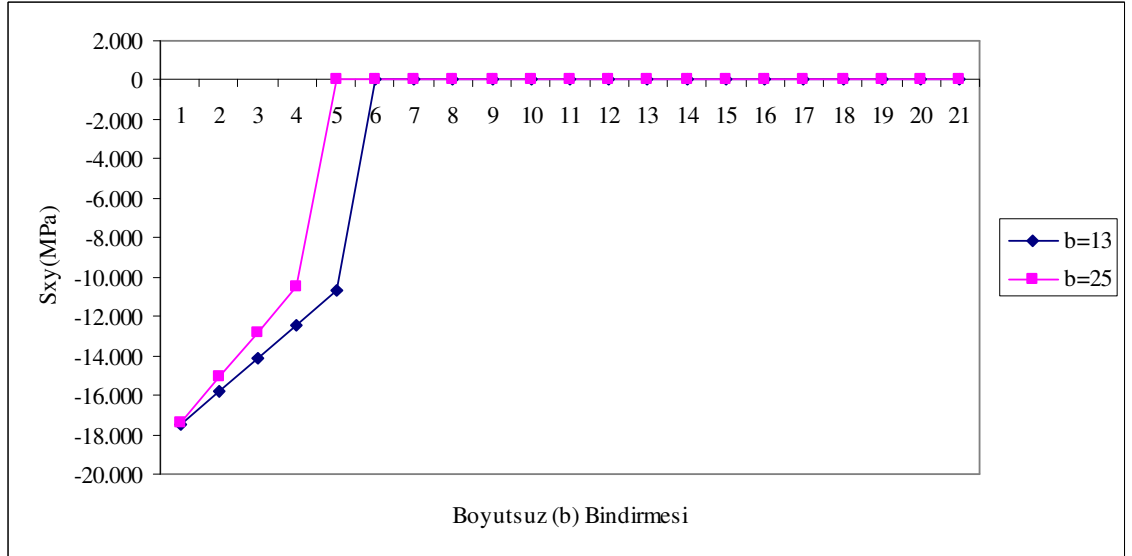
Şekil E.91. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



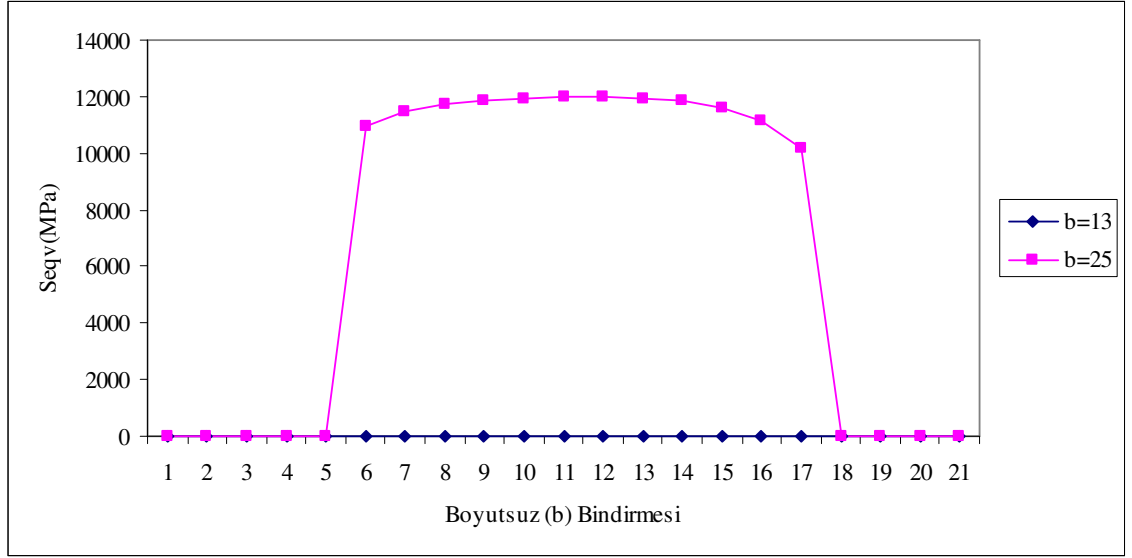
Şekil E.92. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



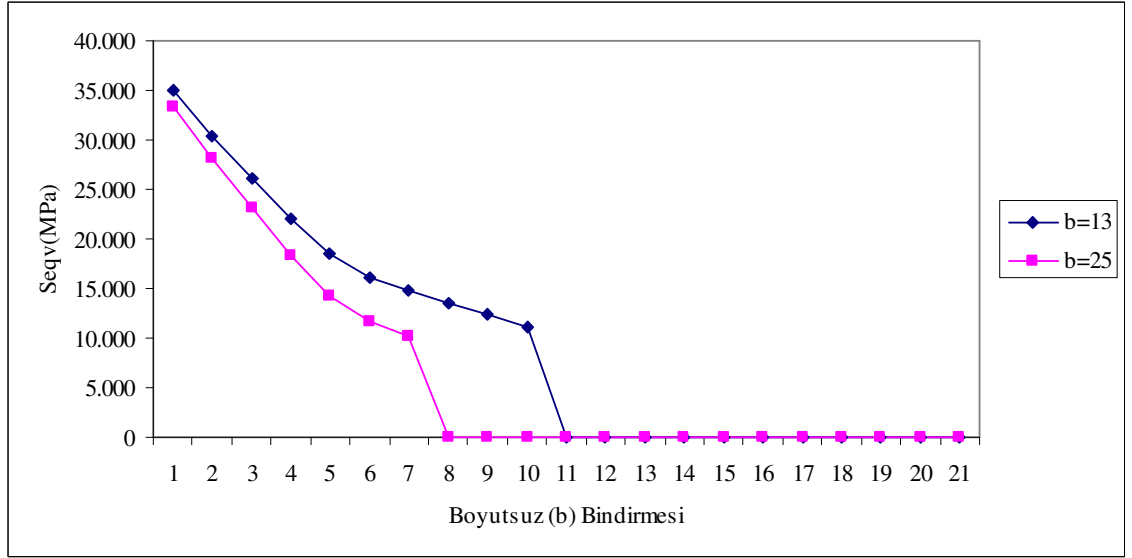
Şekil E.93. b=13 mm ve b=25 mm için a=45 mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



Şekil E.94. b=13 mm ve b=25 mm için a=45 mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

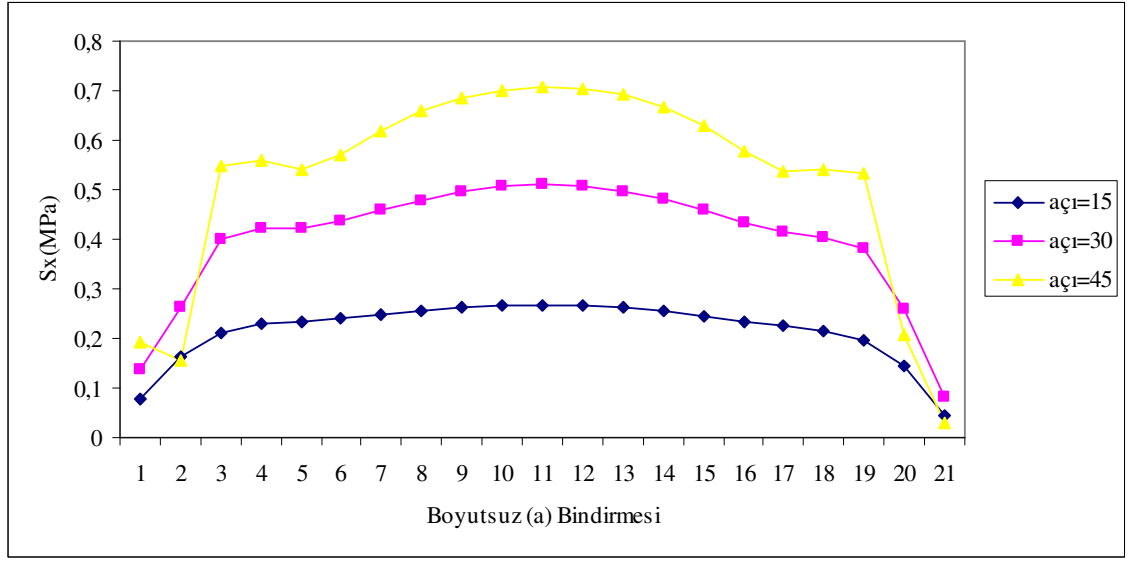


Şekil E.95. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Seq_v 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

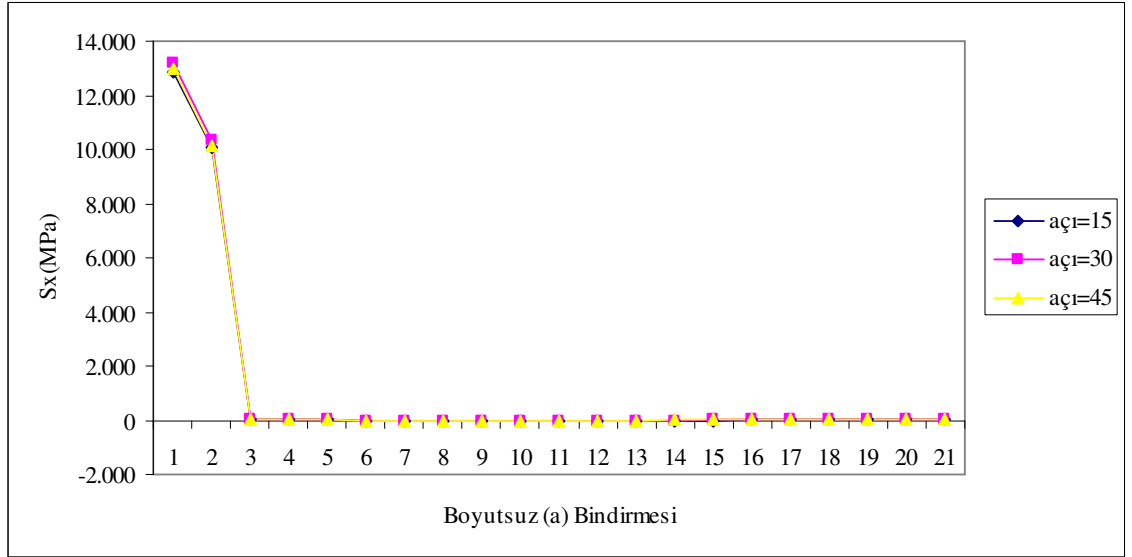


Şekil E.96. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Seq_v 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

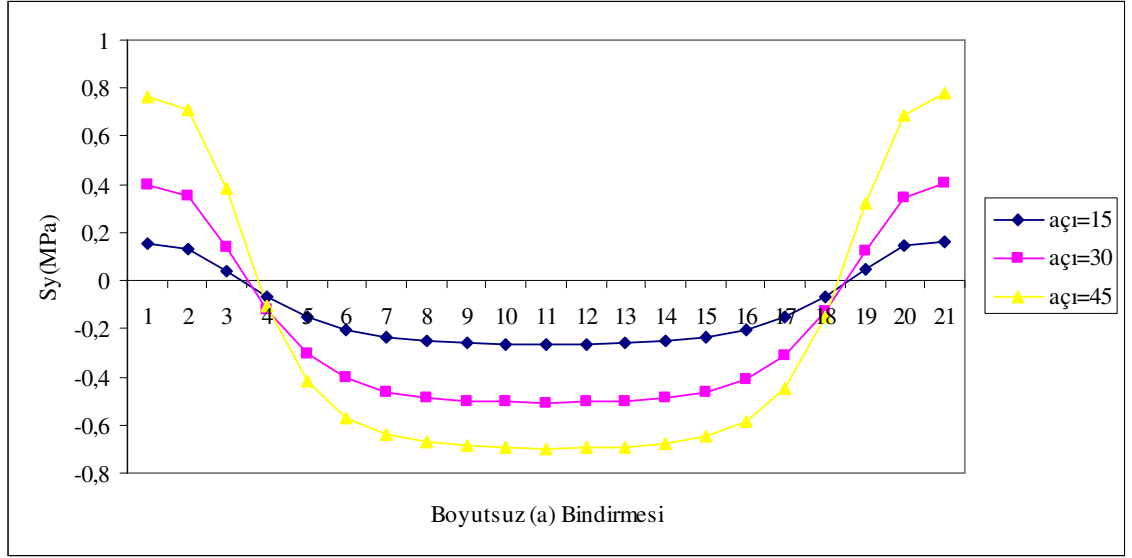
Ek.1.3. (θ) Bindirme Açısına Göre Karşılaştırma



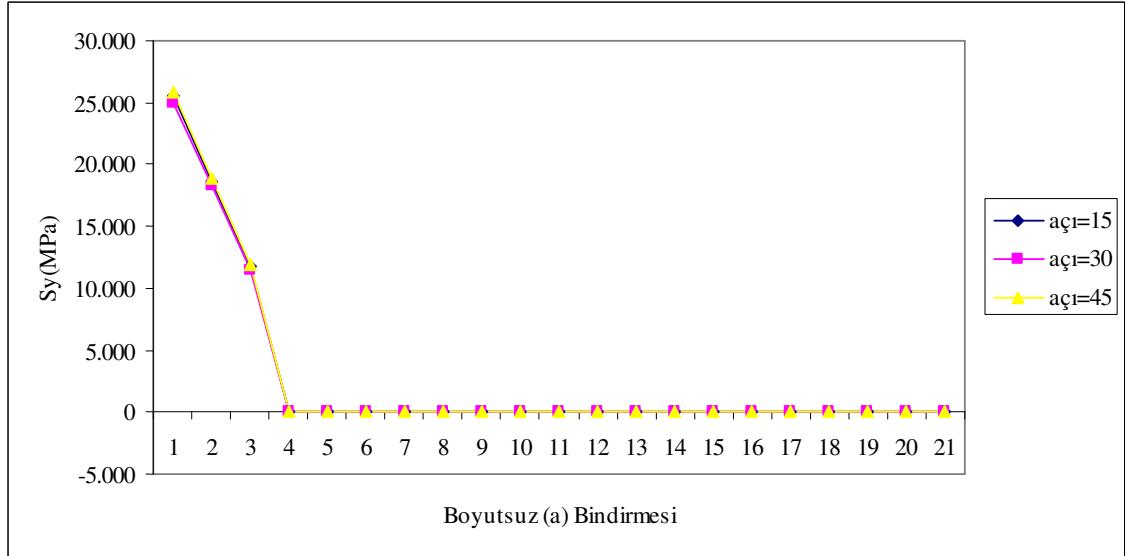
Şekil E.97. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



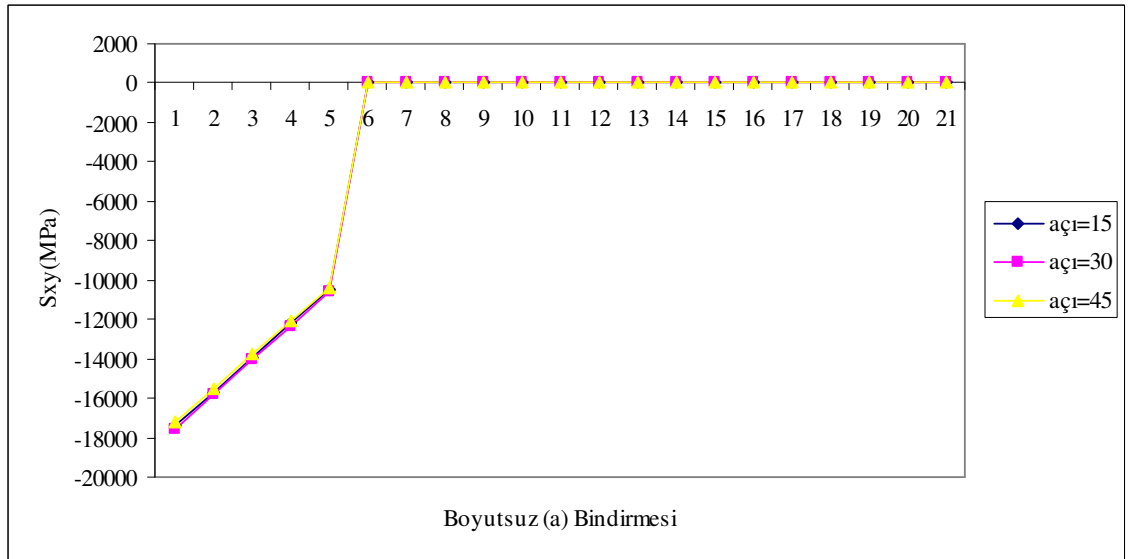
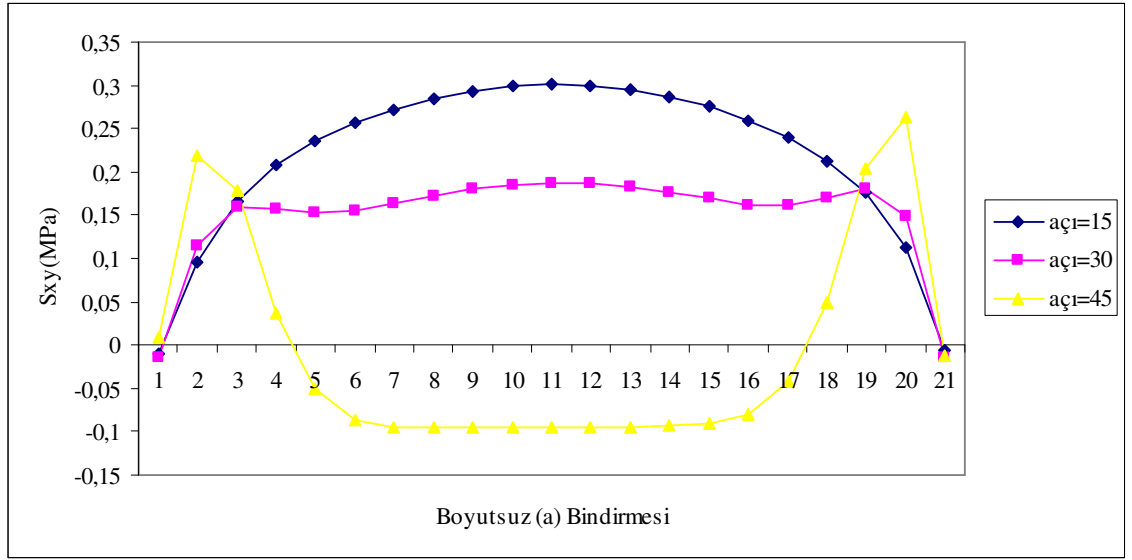
Şekil E.98. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

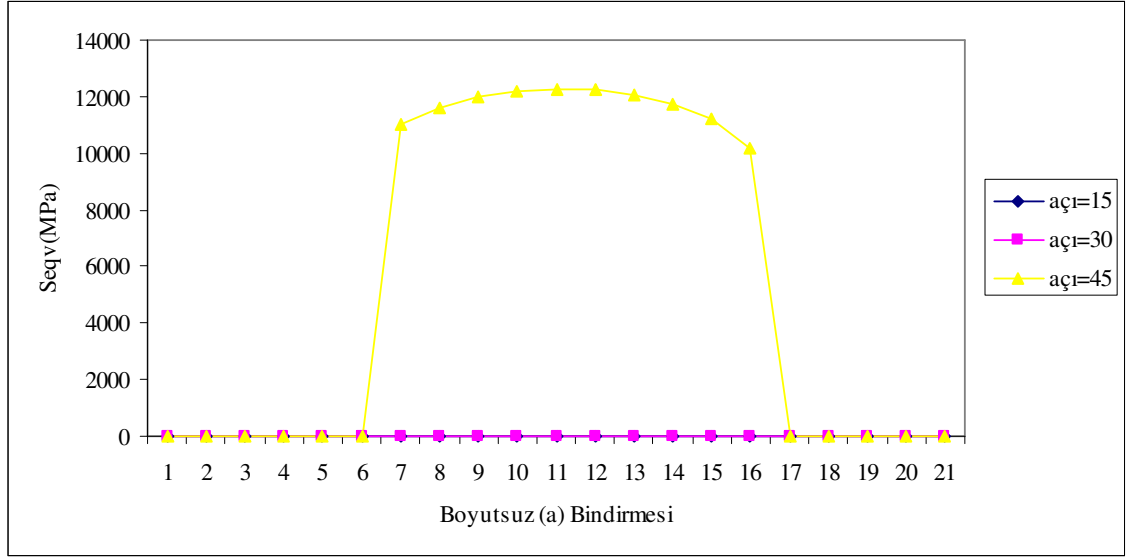


Şekil E.99. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

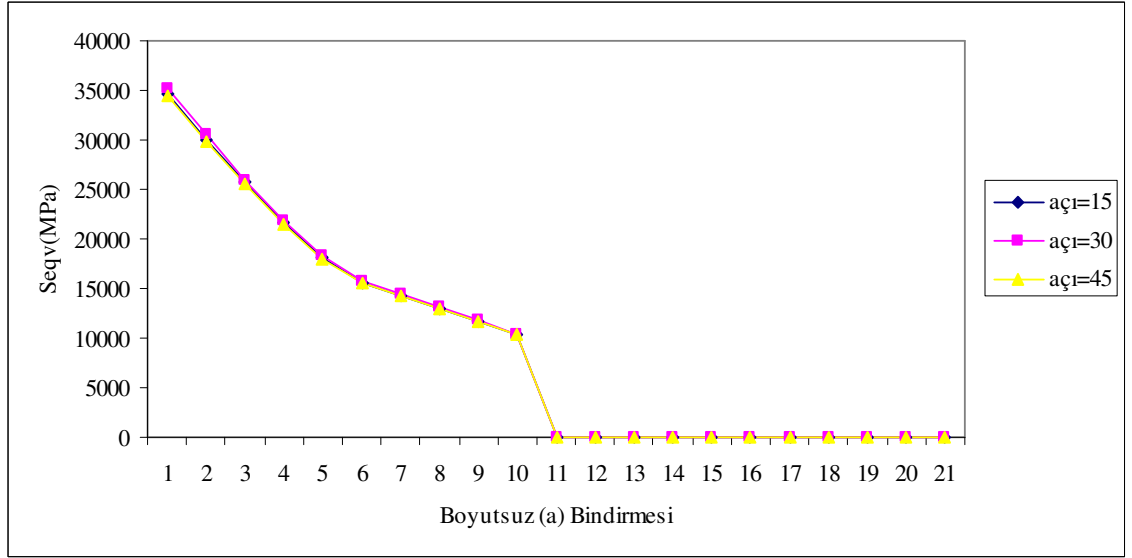


Şekil E.100. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

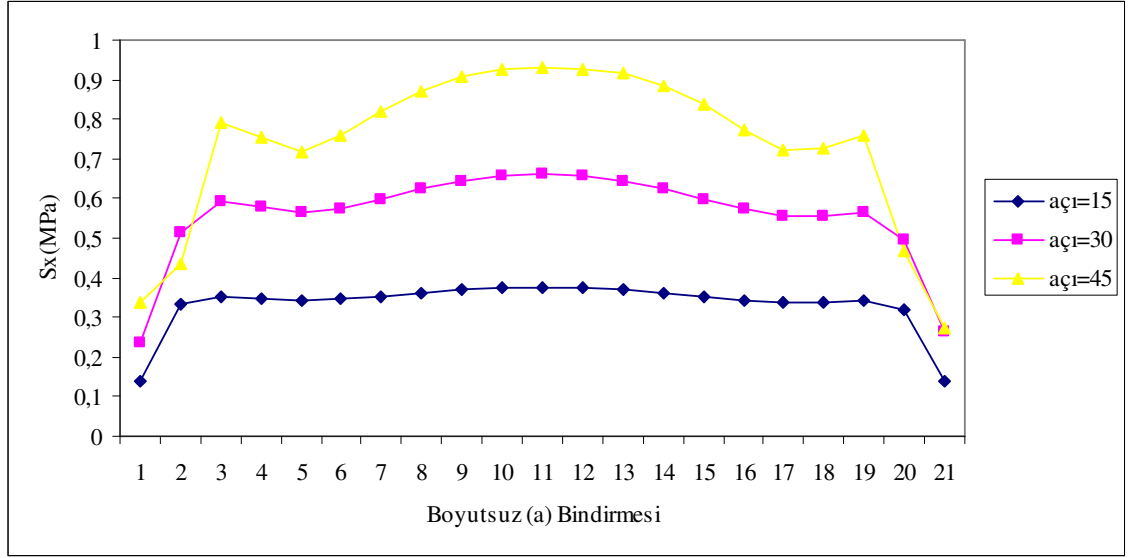




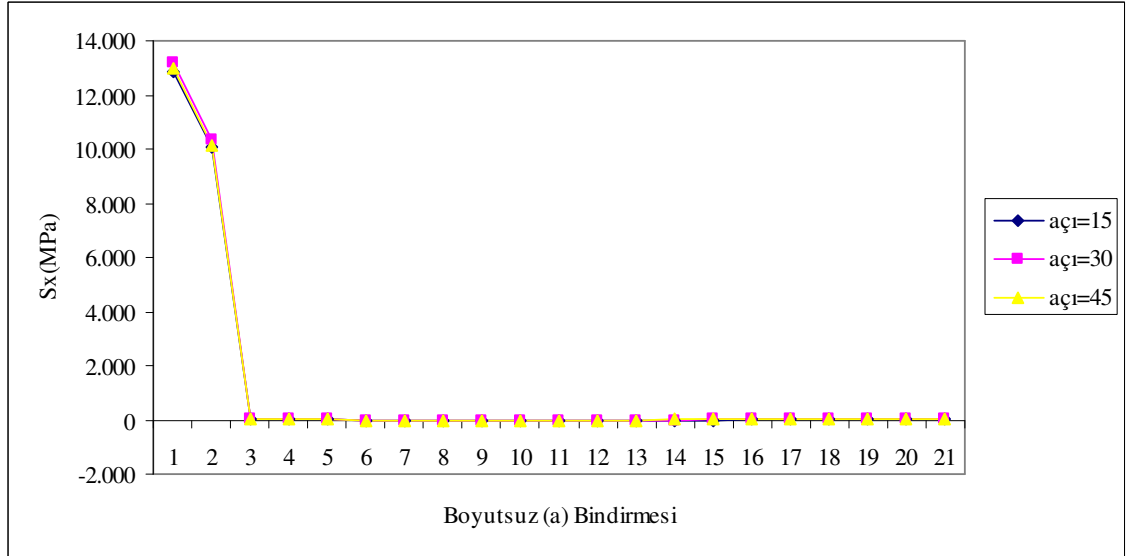
Şekil E.103. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken Seqv'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



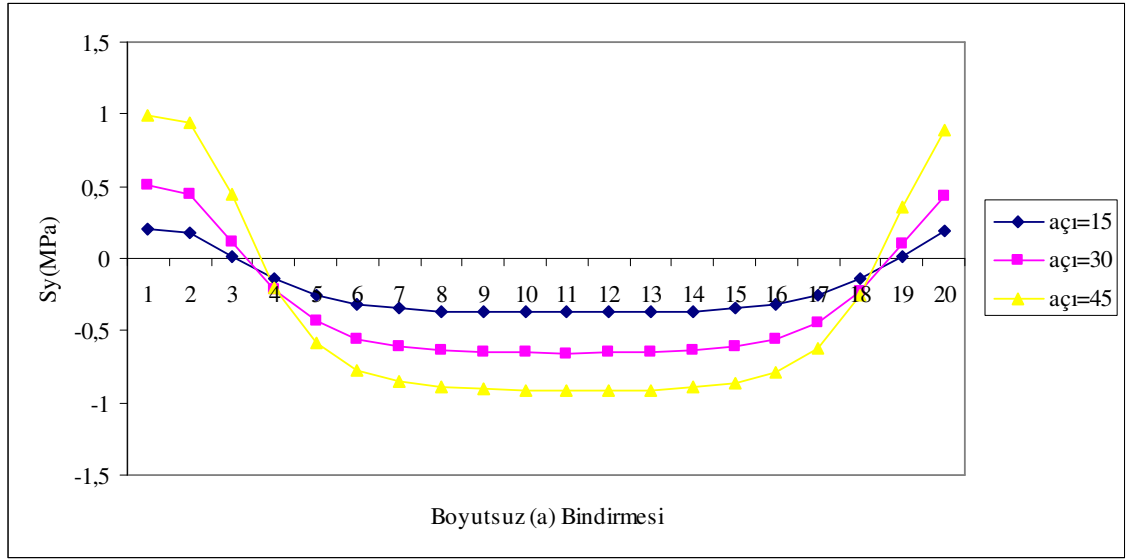
Şekil E.104. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken Seqv'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



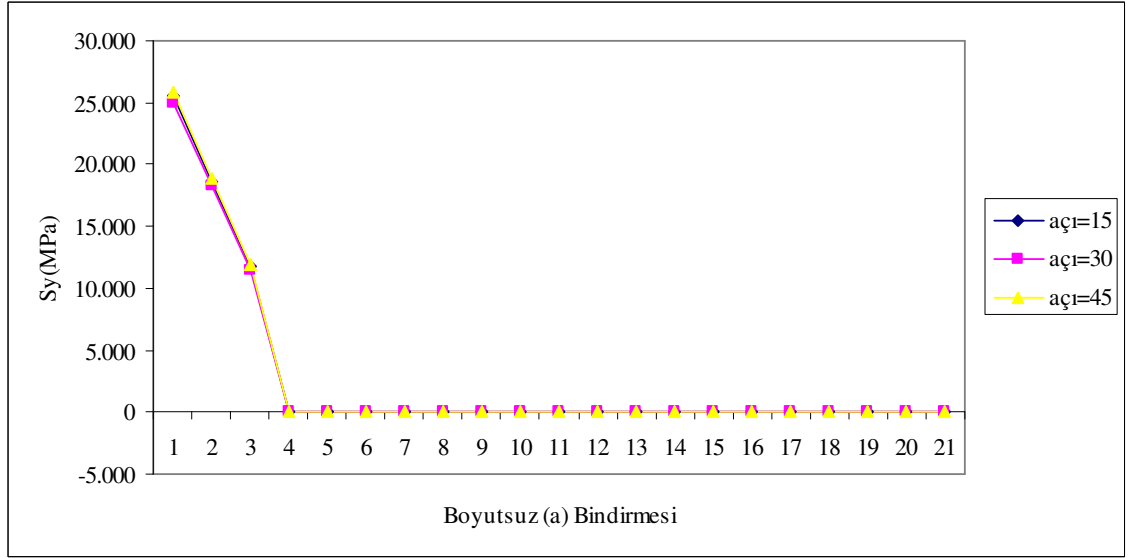
Şekil E.105. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



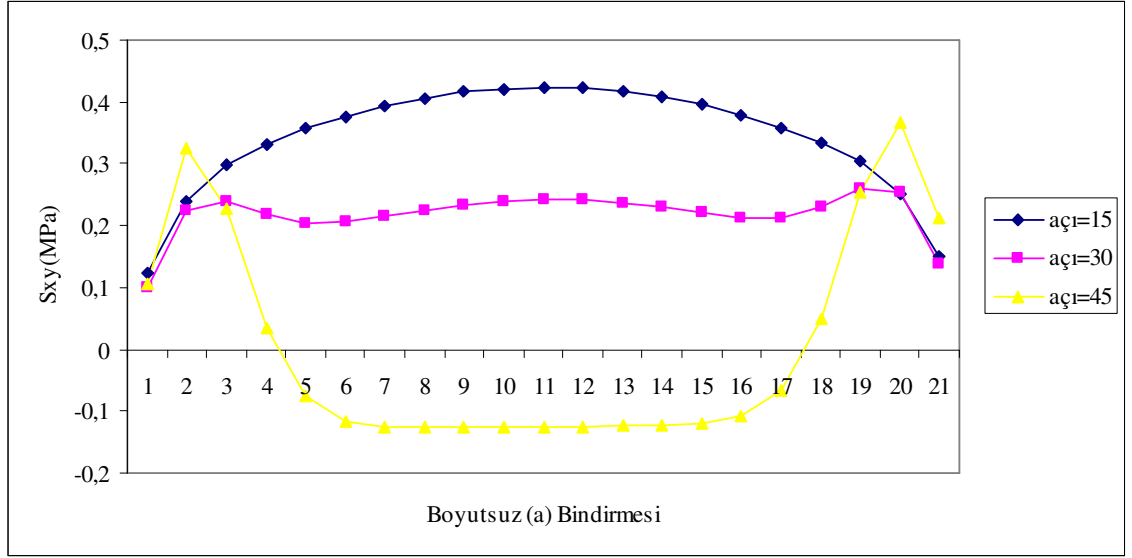
Şekil E.106. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



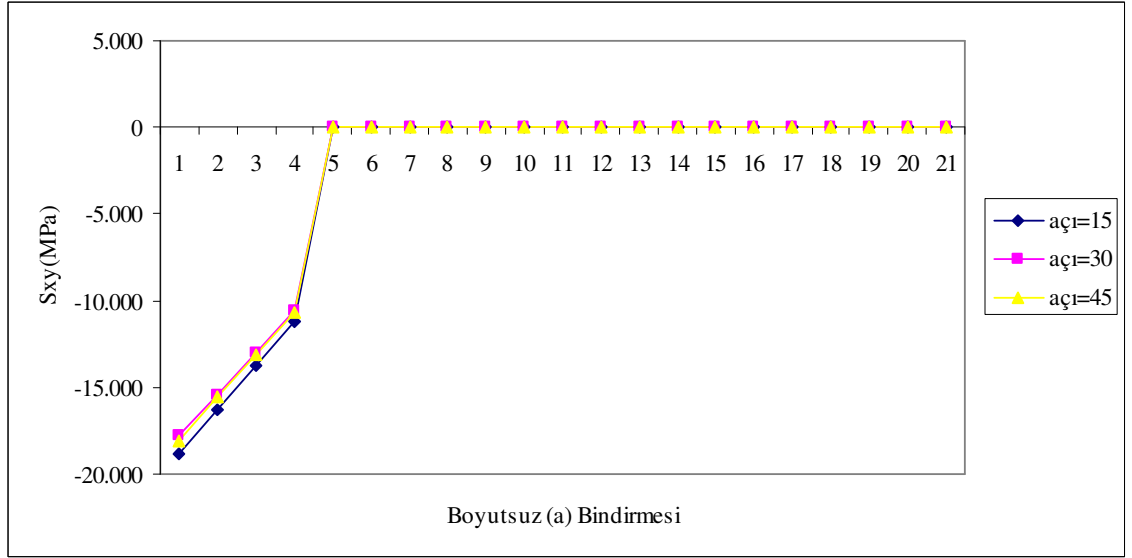
Şekil E.107. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



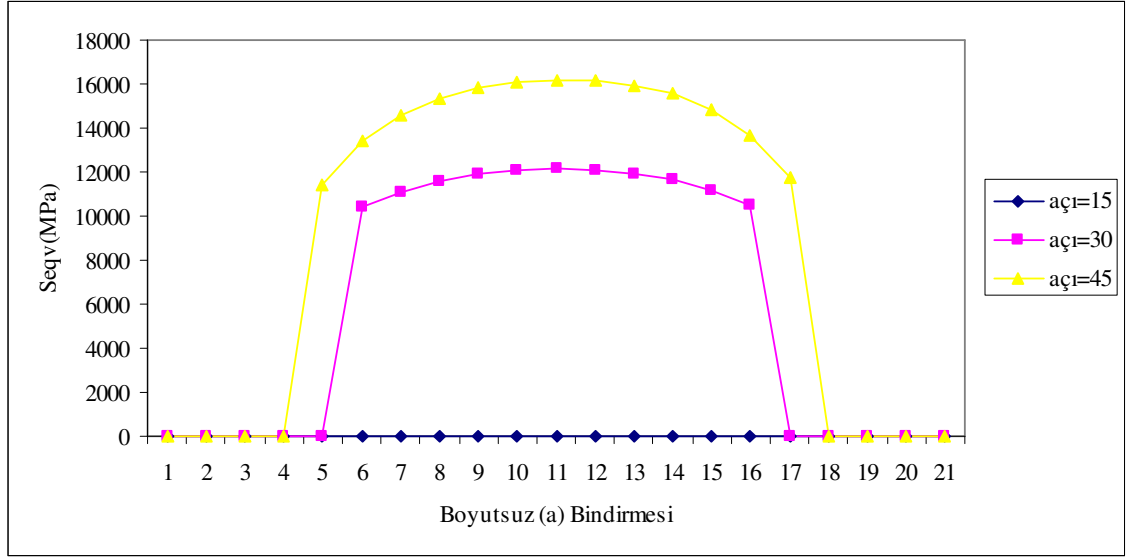
Şekil E.108. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



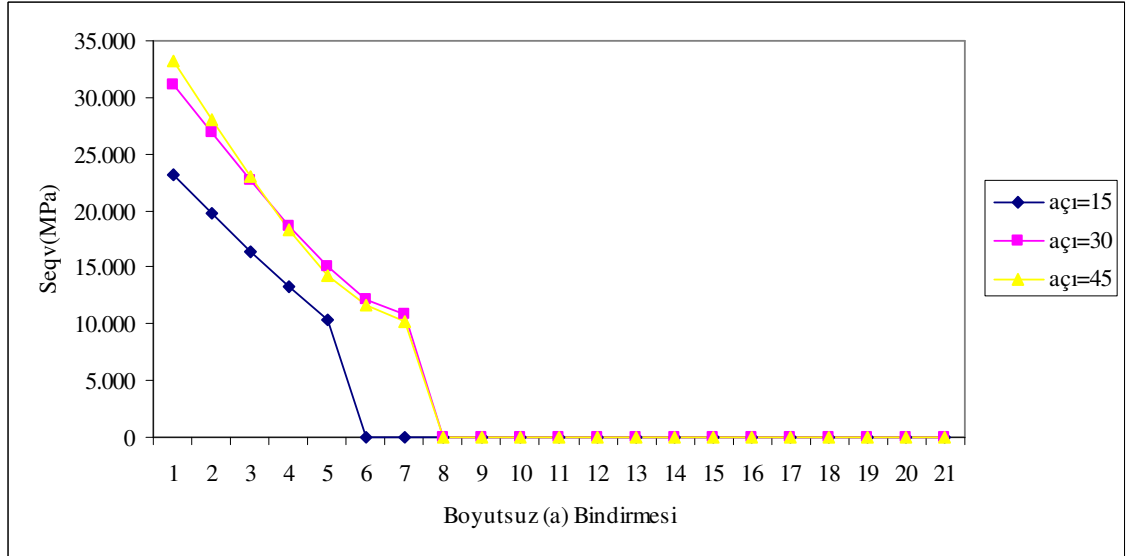
Şekil E.109. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değışimi



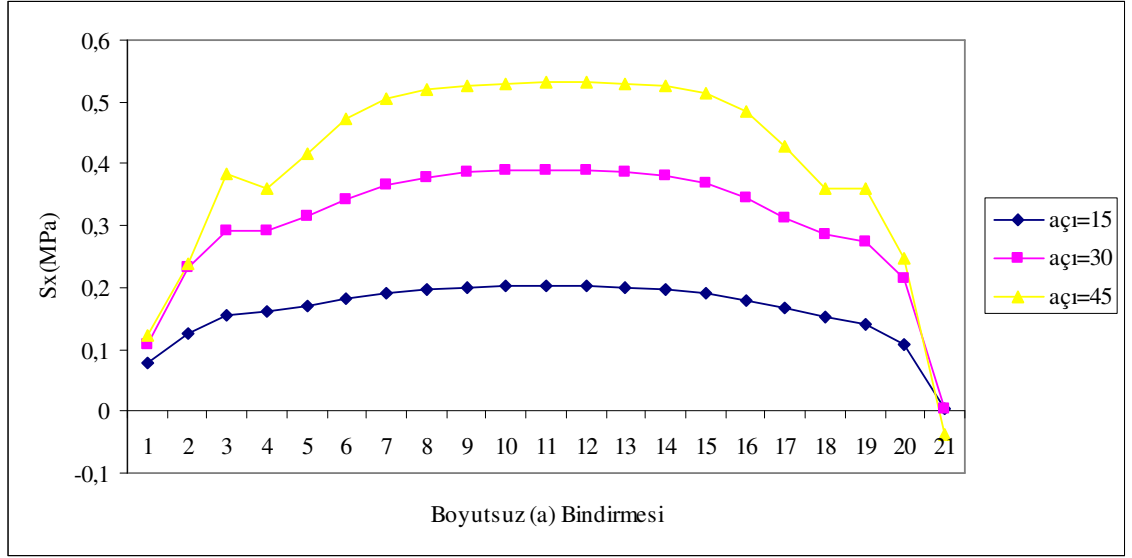
Şekil E.110. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değışimi



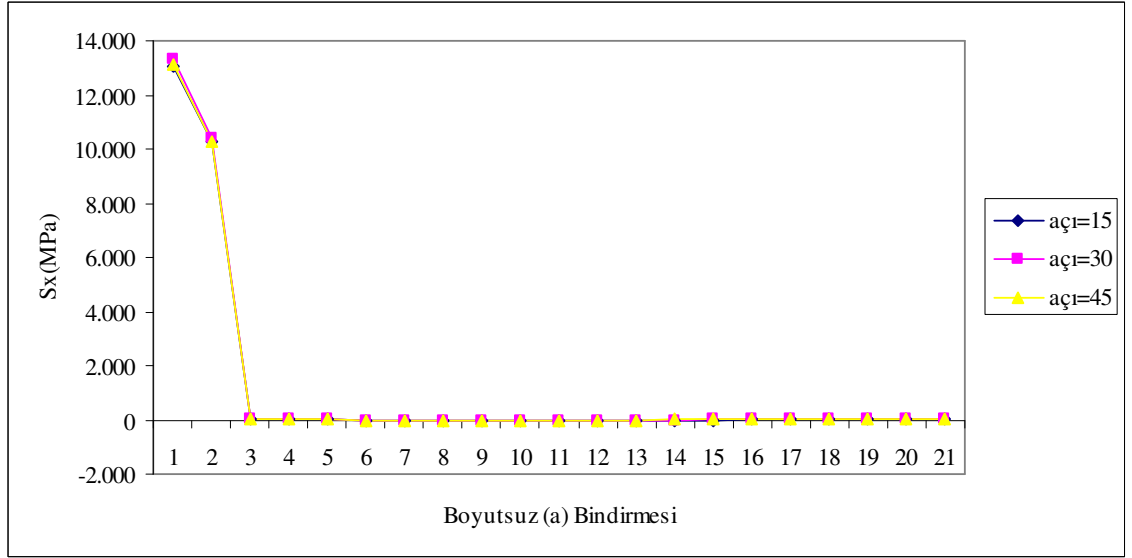
Şekil E.111. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken Seqv'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



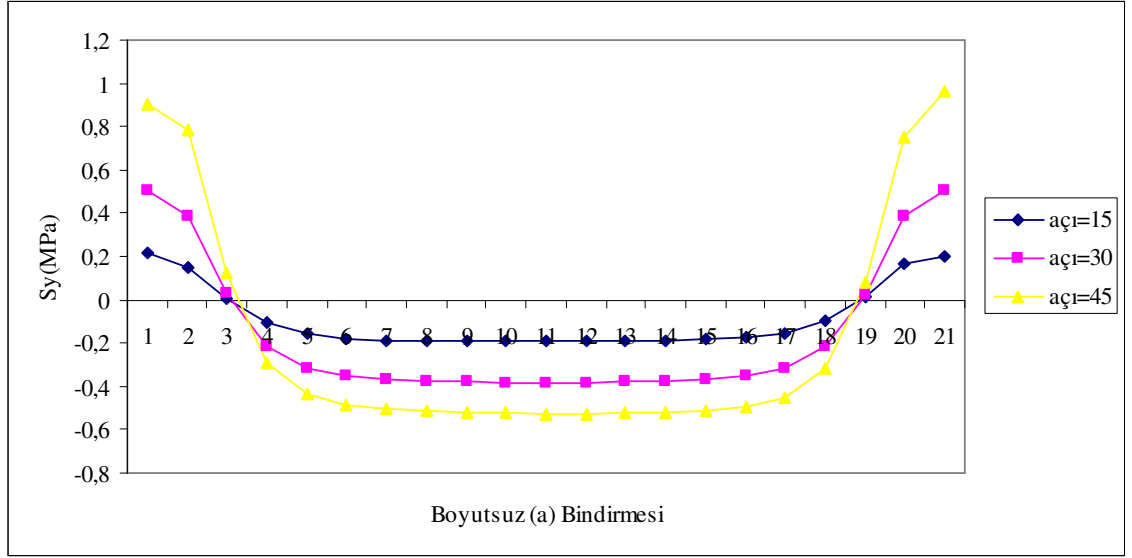
Şekil E.112. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken Seqv'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



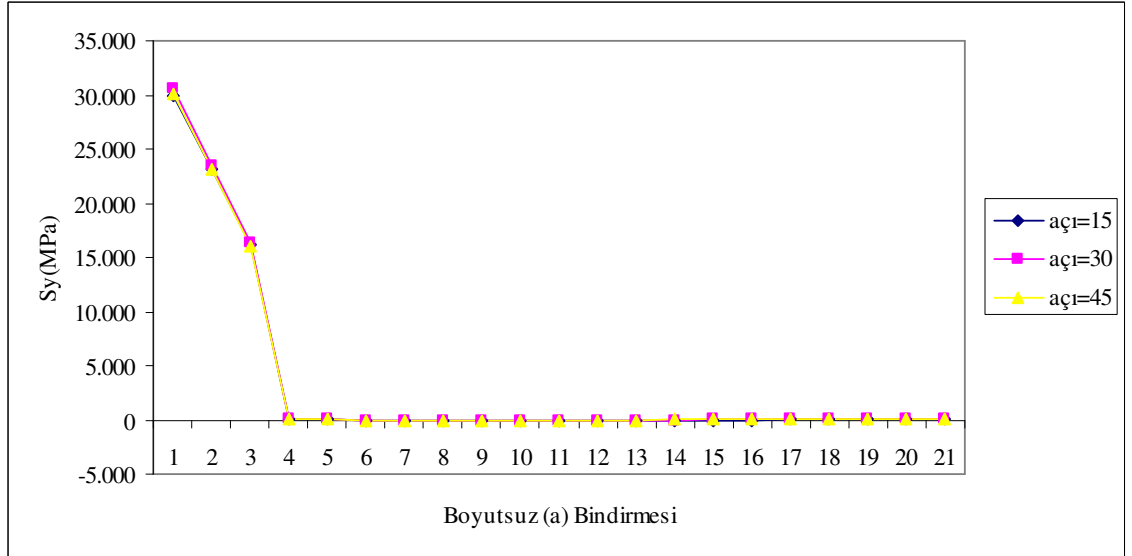
Şekil E.113. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



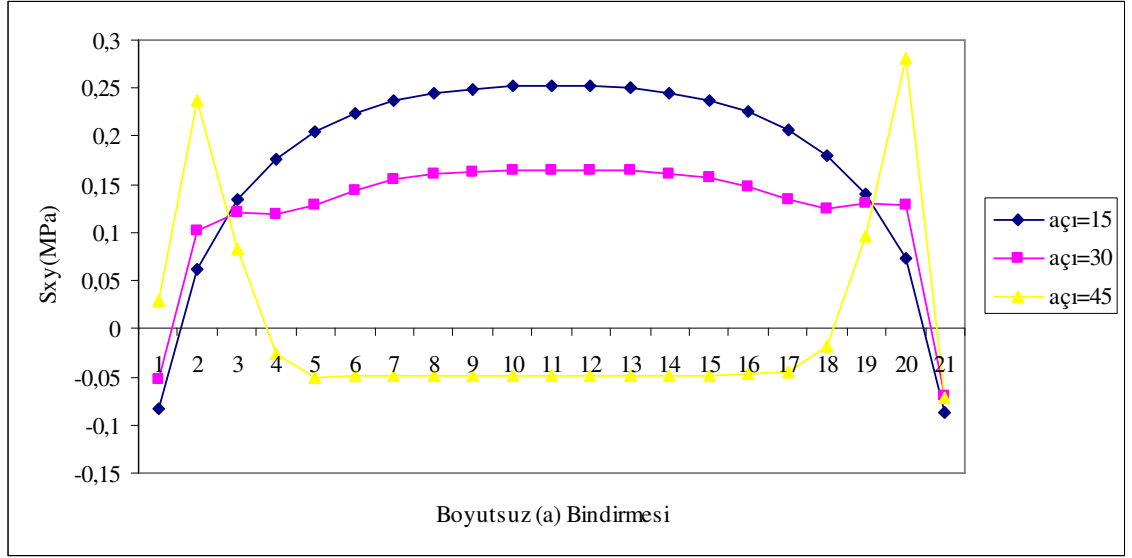
Şekil E.114. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



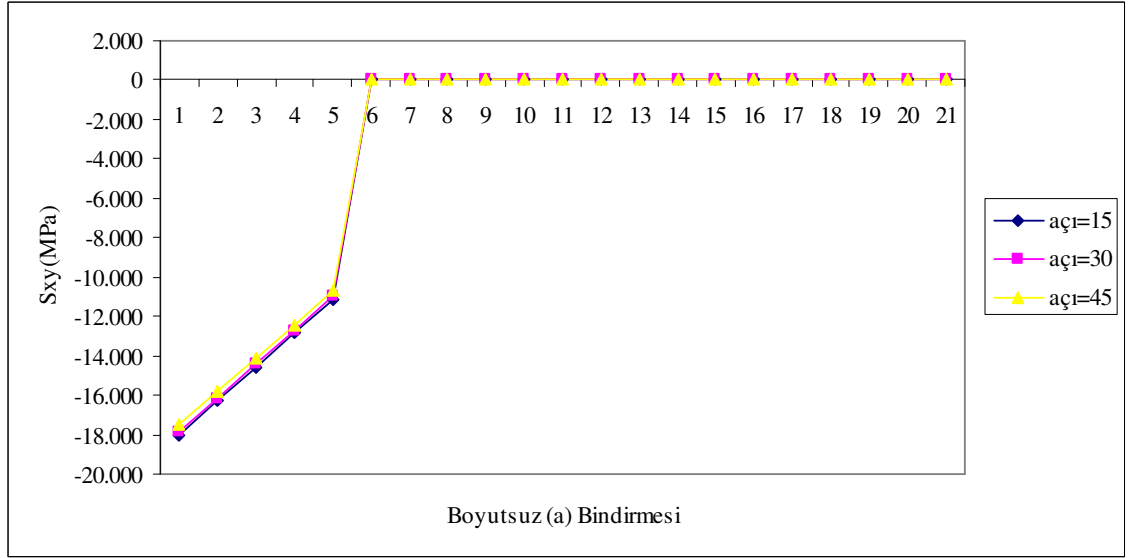
Şekil E.115. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



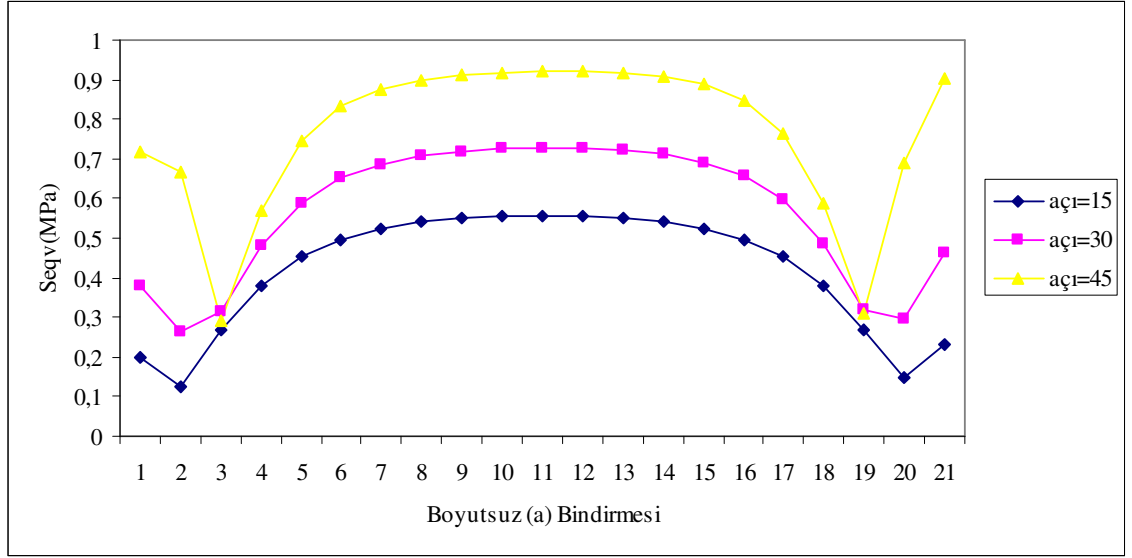
Şekil E.116. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



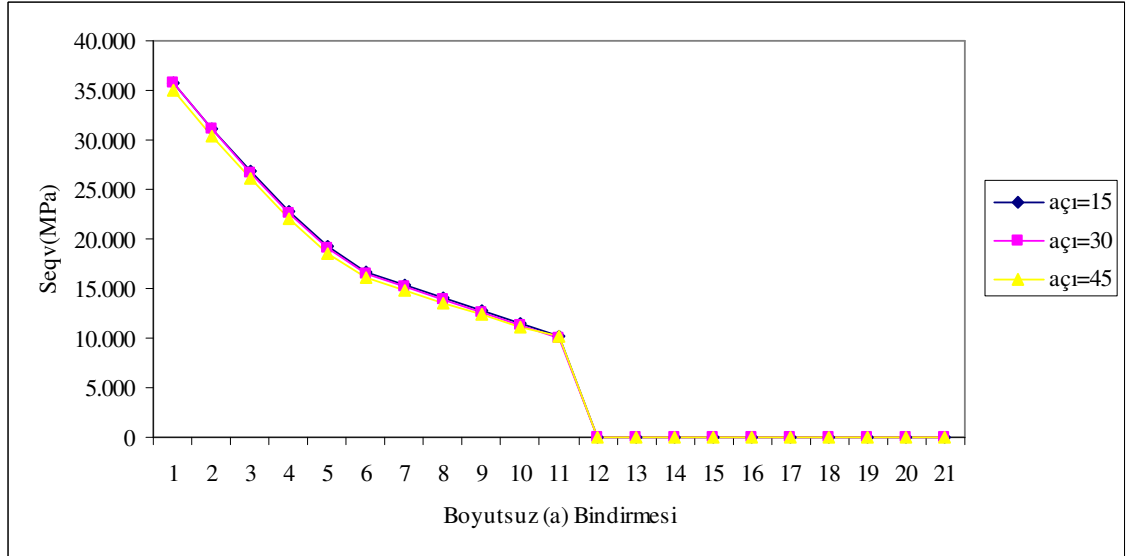
Şekil E.117. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



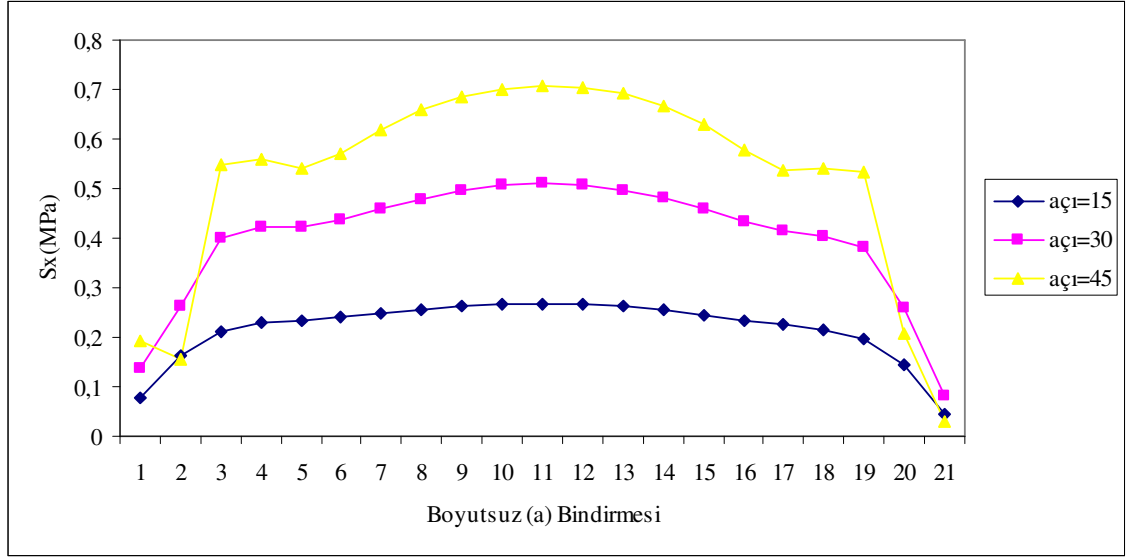
Şekil E.118. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



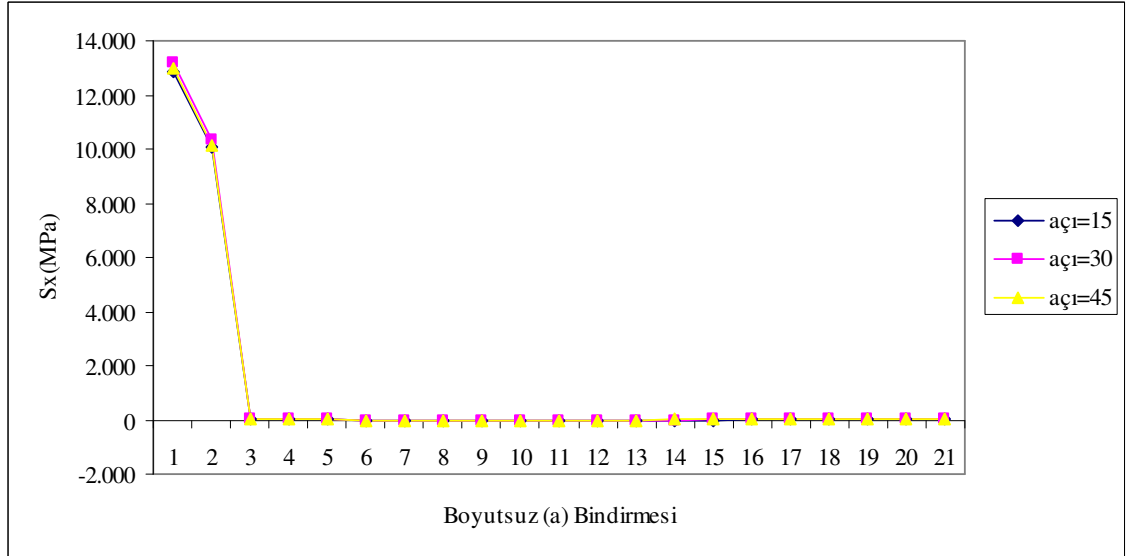
Şekil E.119. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken Seqv'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



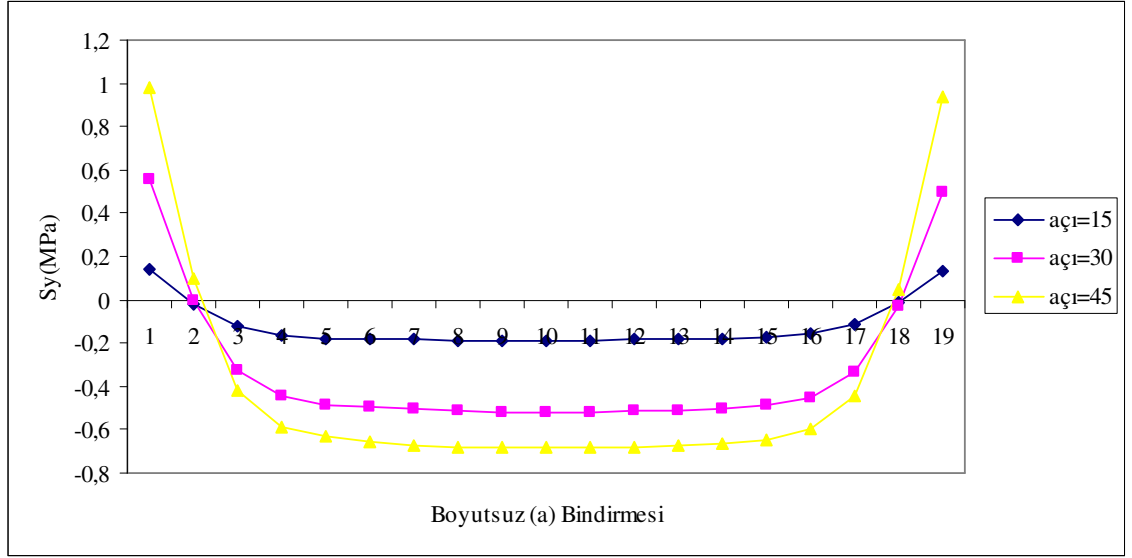
Şekil E.120. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken Seqv'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



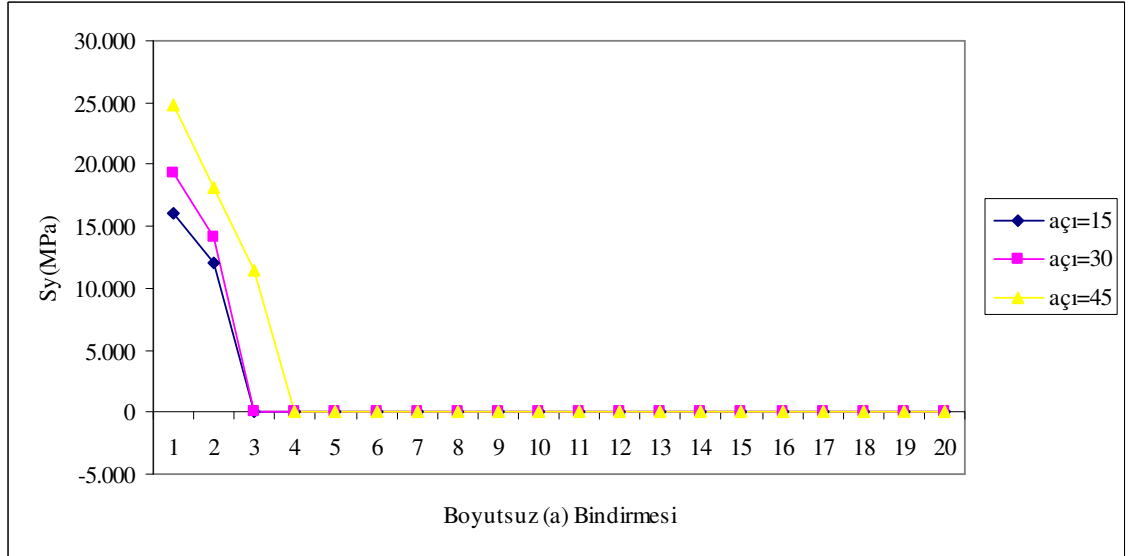
Şekil E.121. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



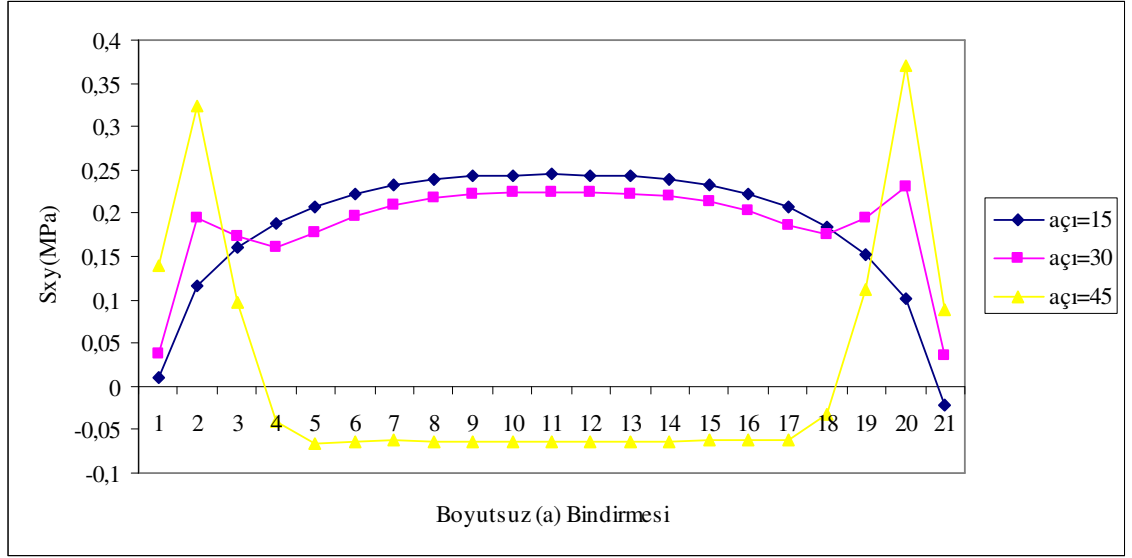
Şekil E.122. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



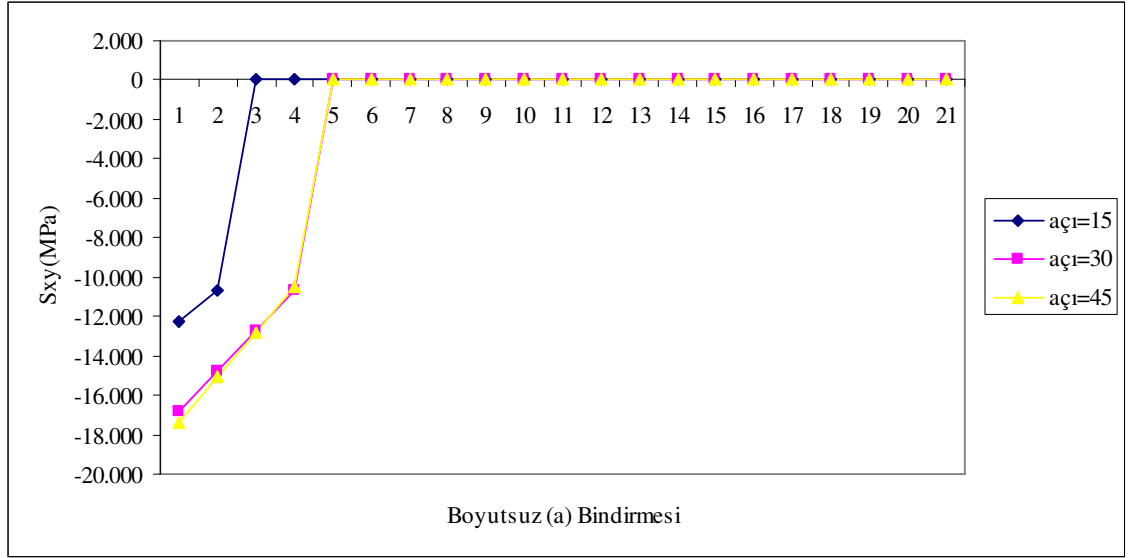
Şekil E.123. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



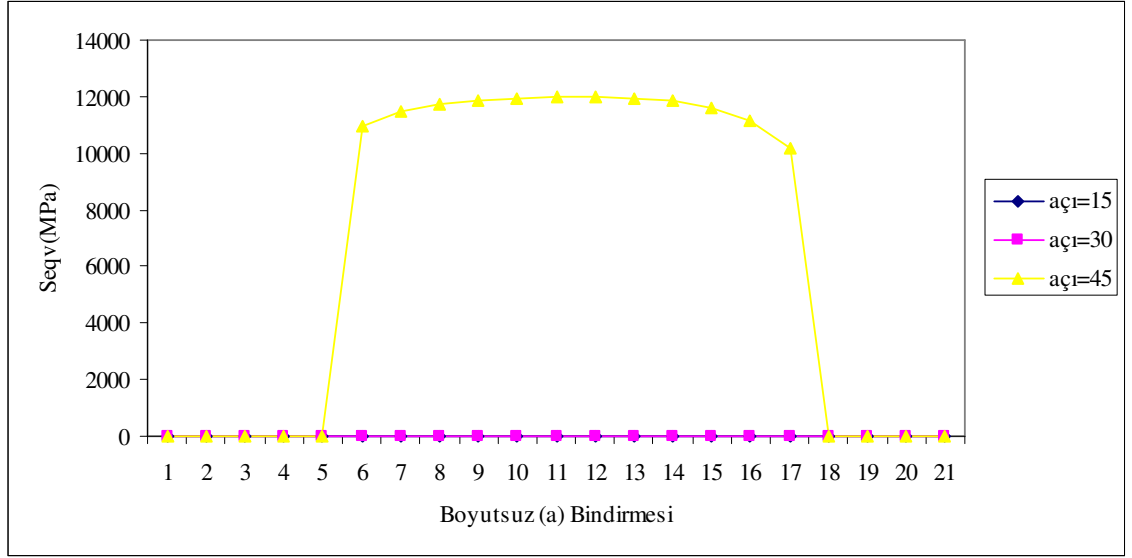
Şekil E.124. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



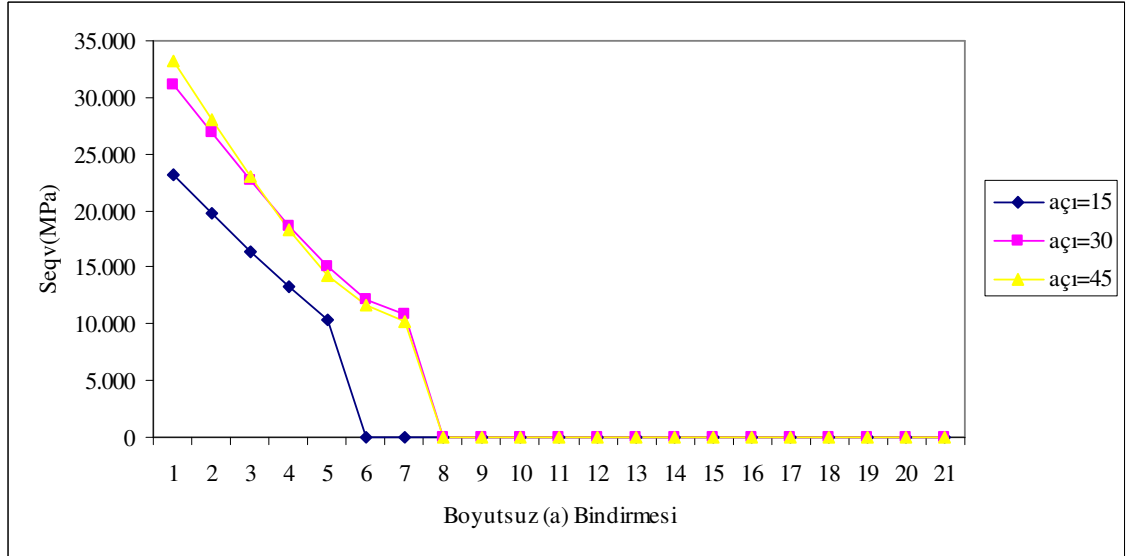
Şekil E.125. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



Şekil E.126. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



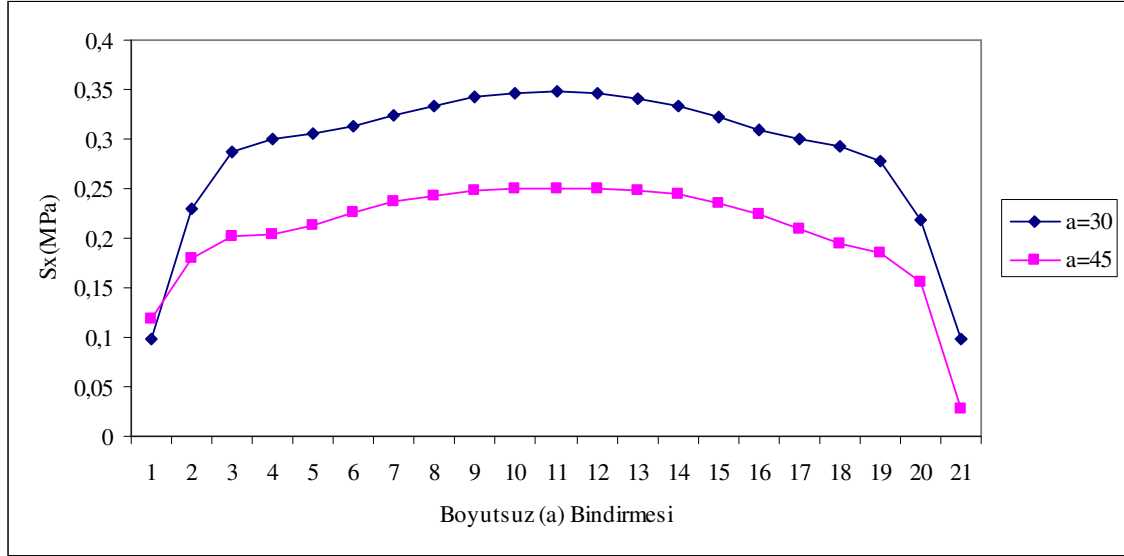
Şekil E.127. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken Seqv'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



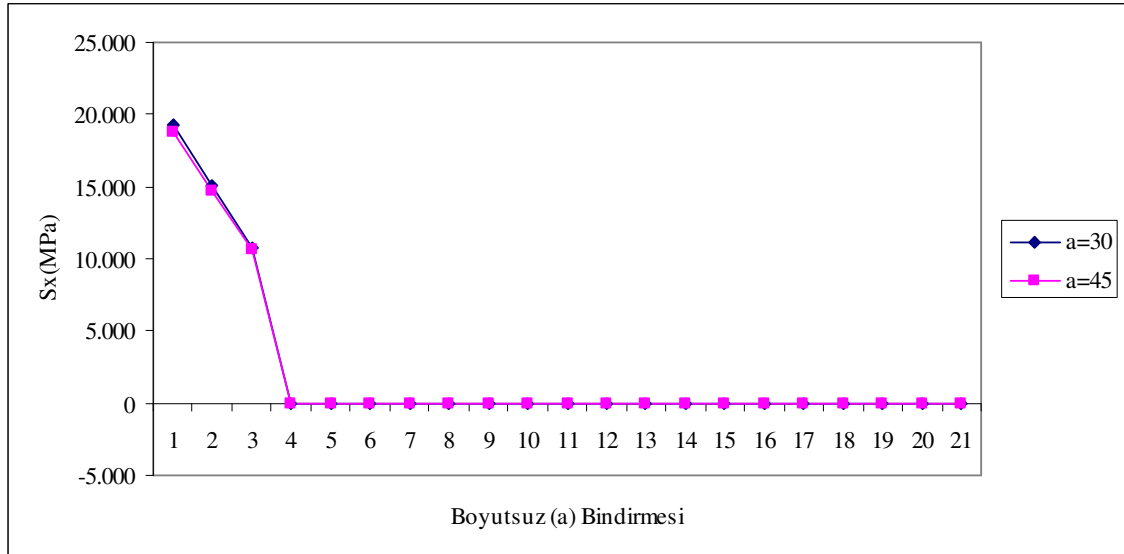
Şekil E.128. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken Seqv'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

Ek.2. İkinci Tip Yapıştırıcı (W Yapıştırıcısı)

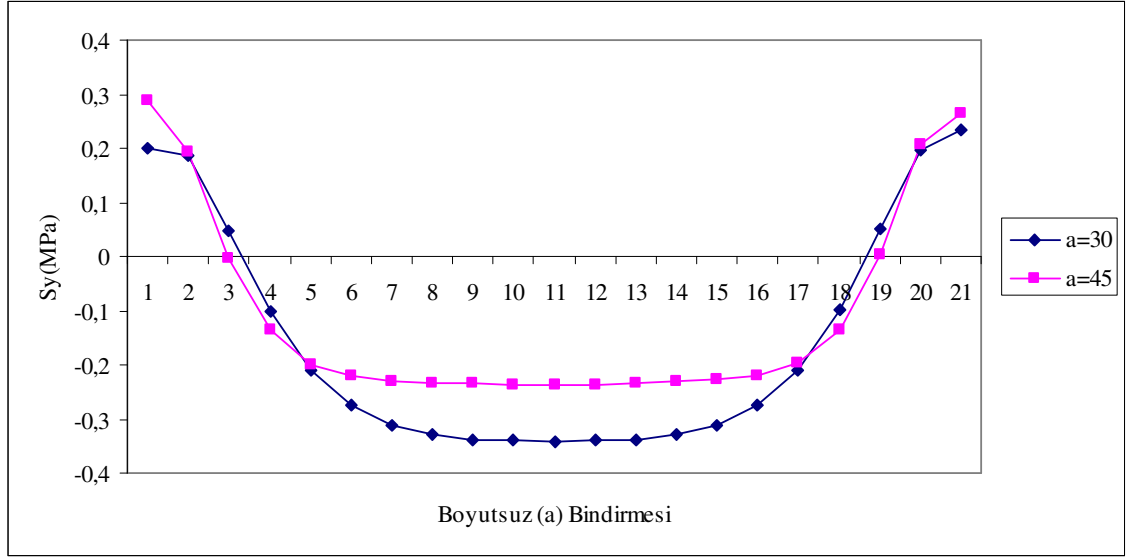
Ek.2.1. (a) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma



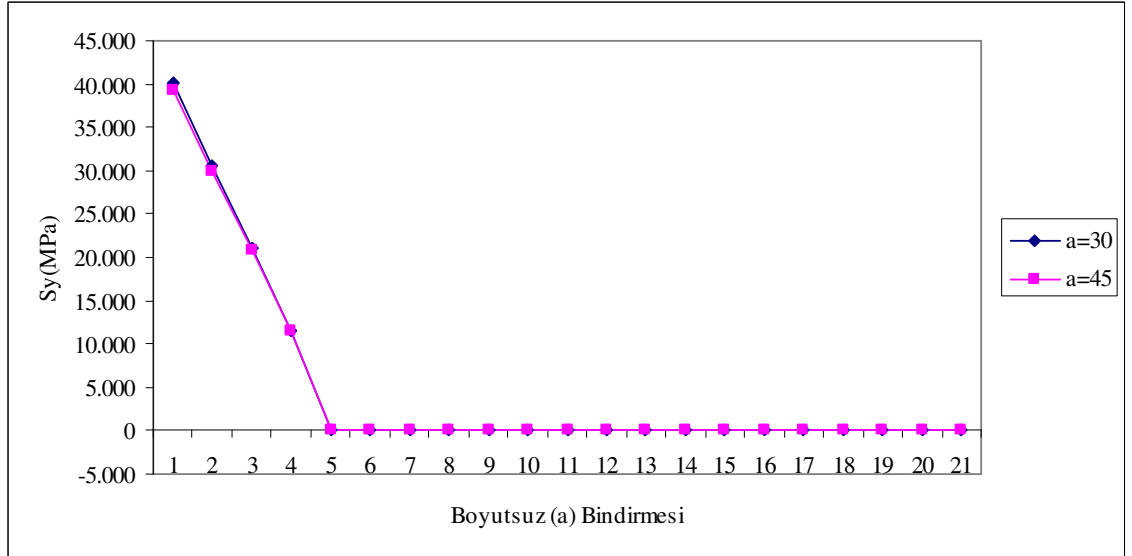
Şekil E.129. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



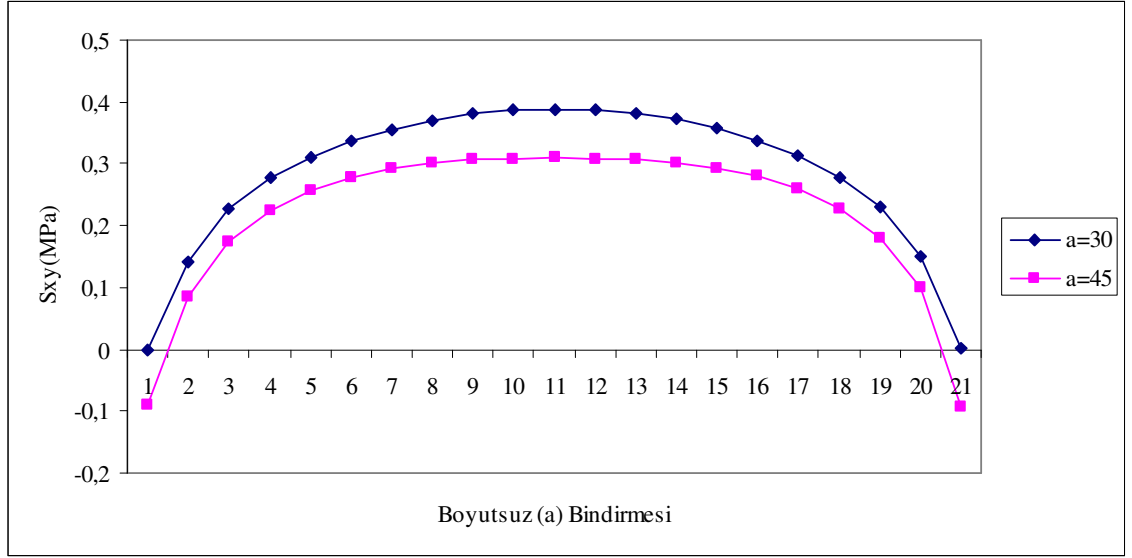
Şekil E.130. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



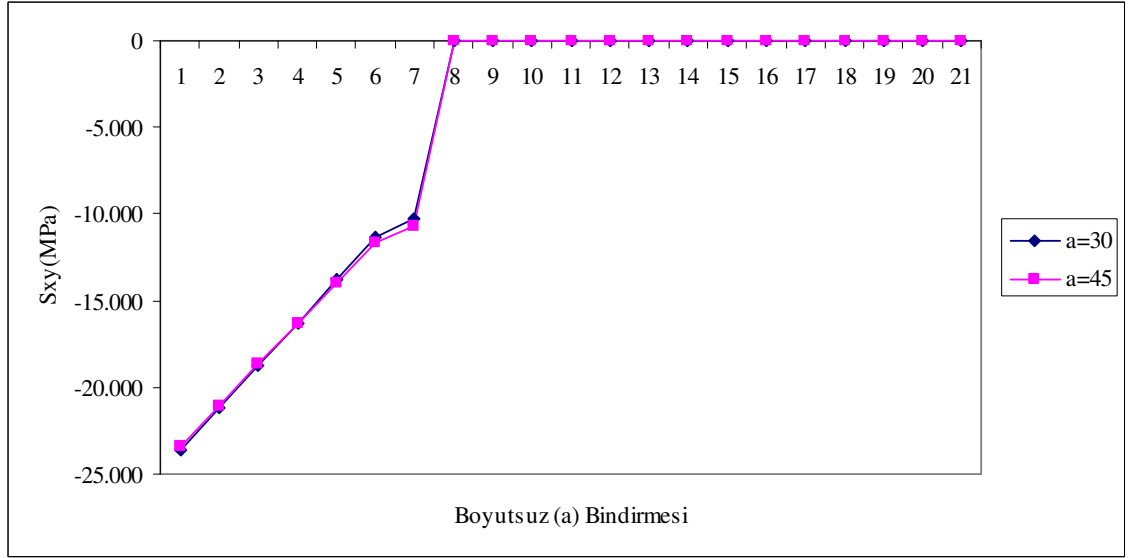
Şekil E.131. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



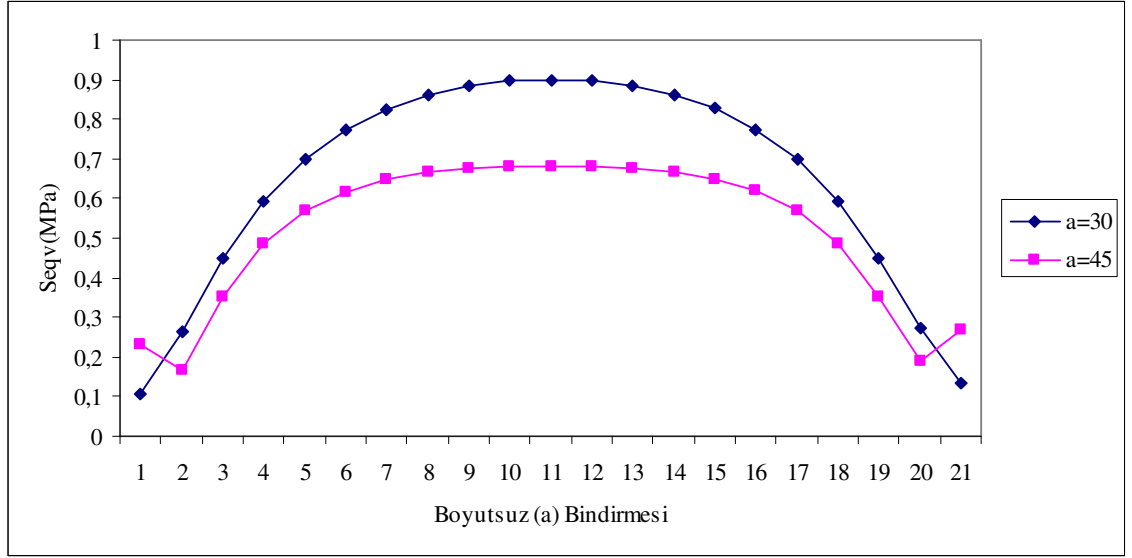
Şekil E.132. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



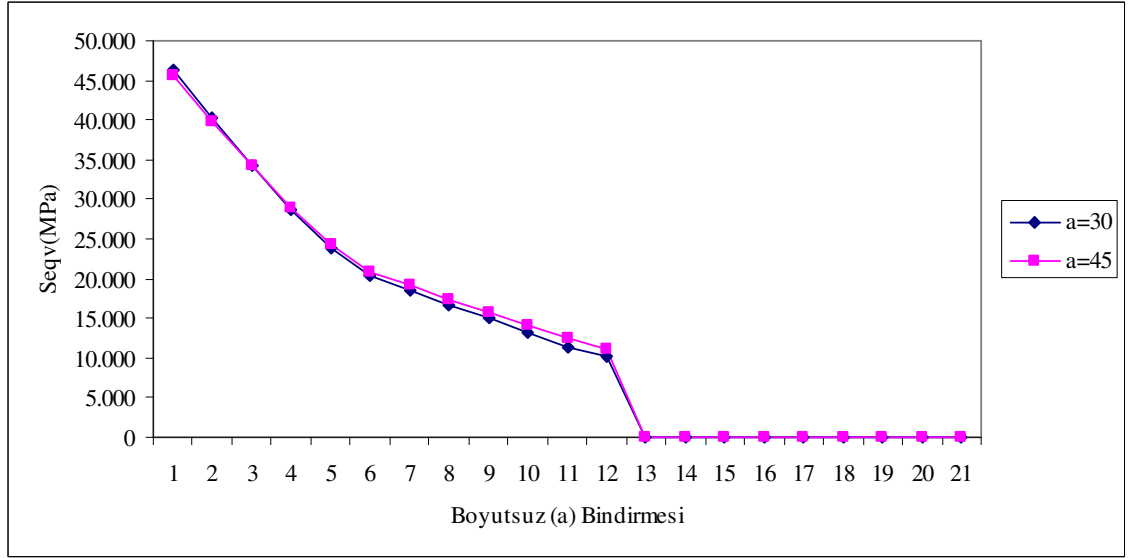
Şekil E.133. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



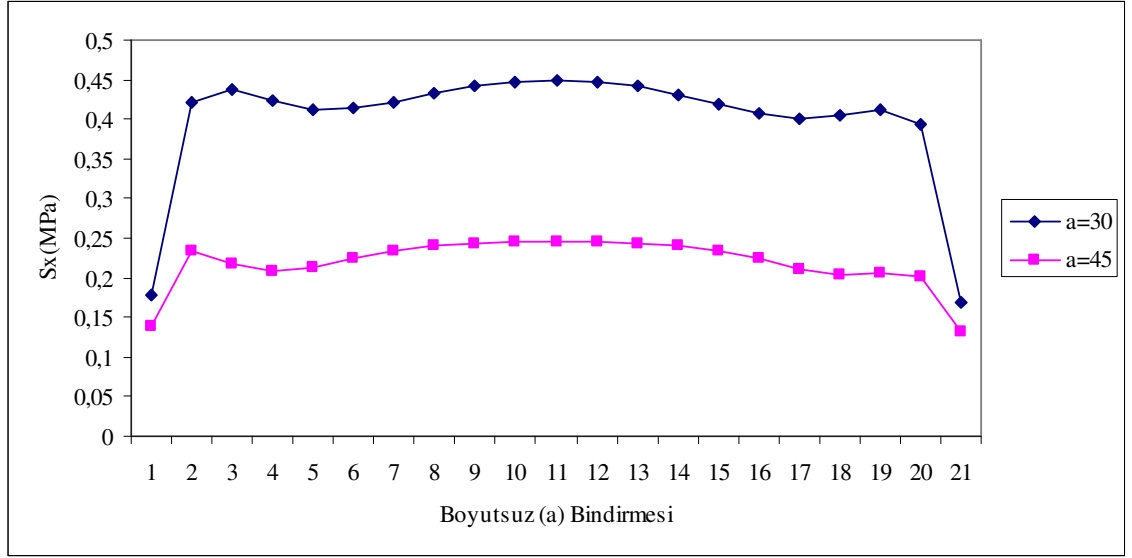
Şekil E.134. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



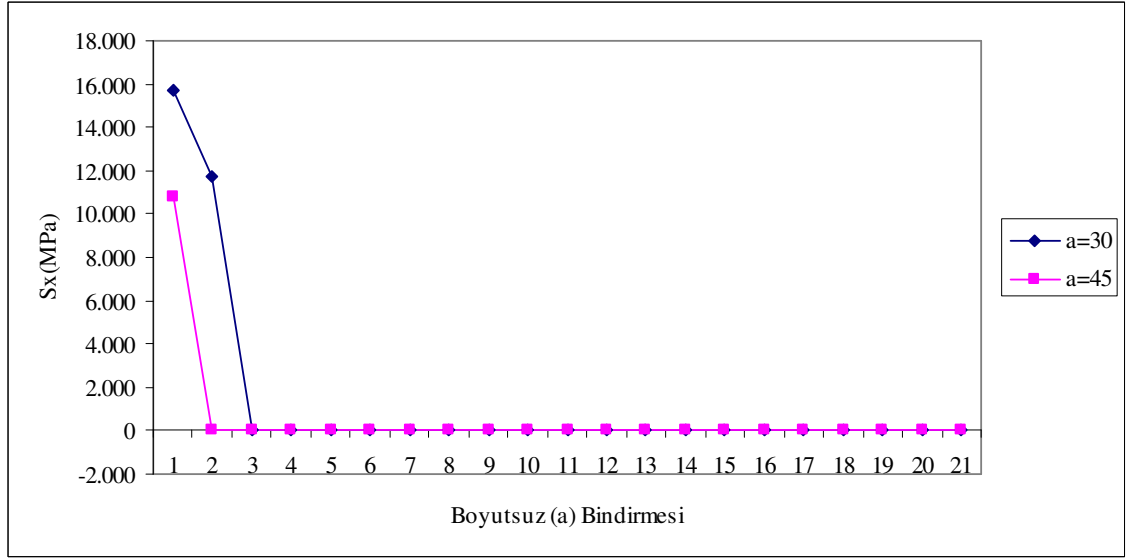
Şekil E.135. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken Seq_v 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



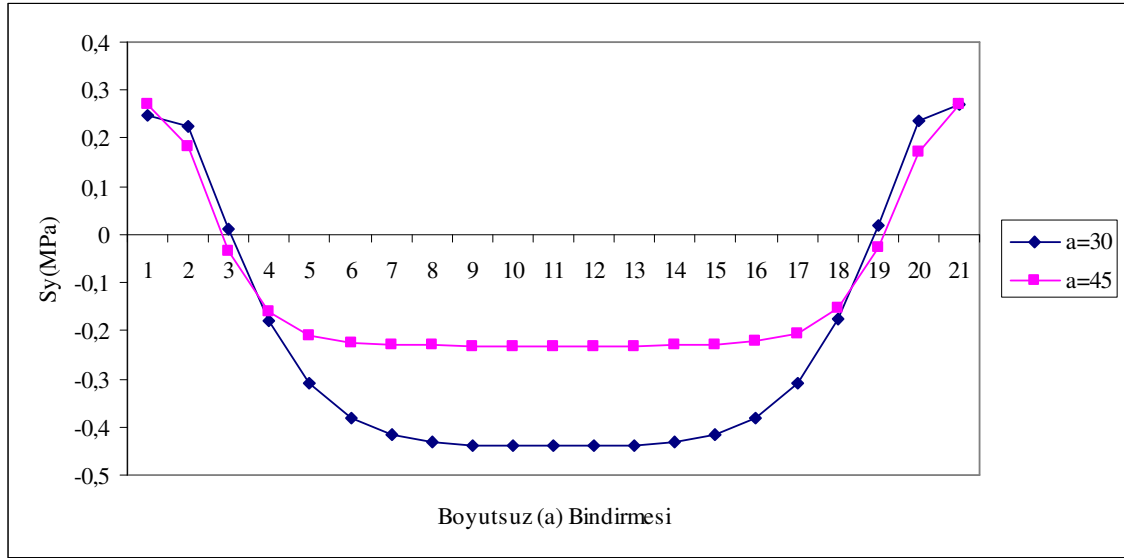
Şekil E.136. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken Seq_v 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



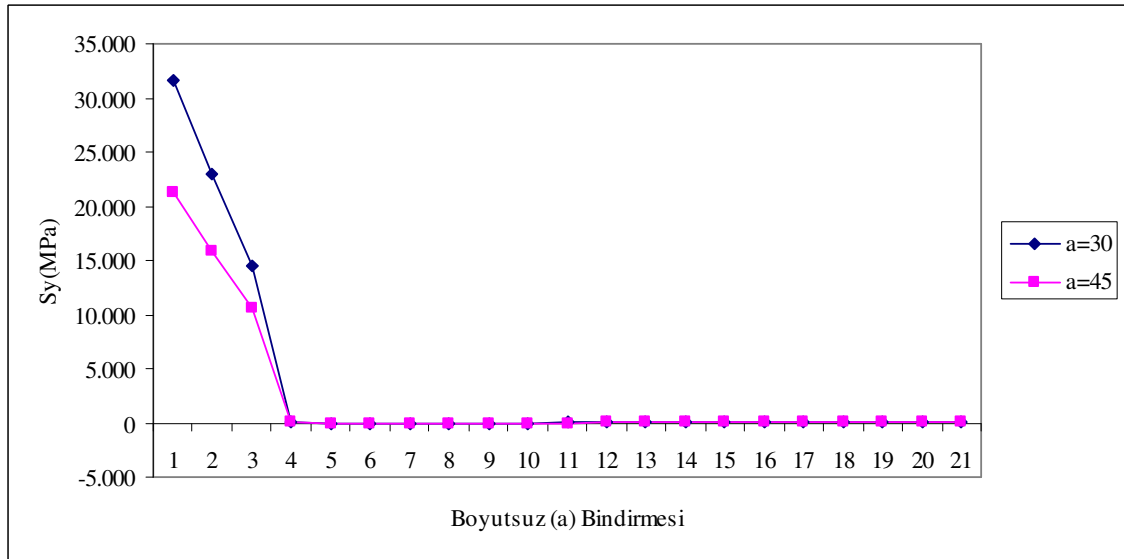
Şekil E.137. $a = 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



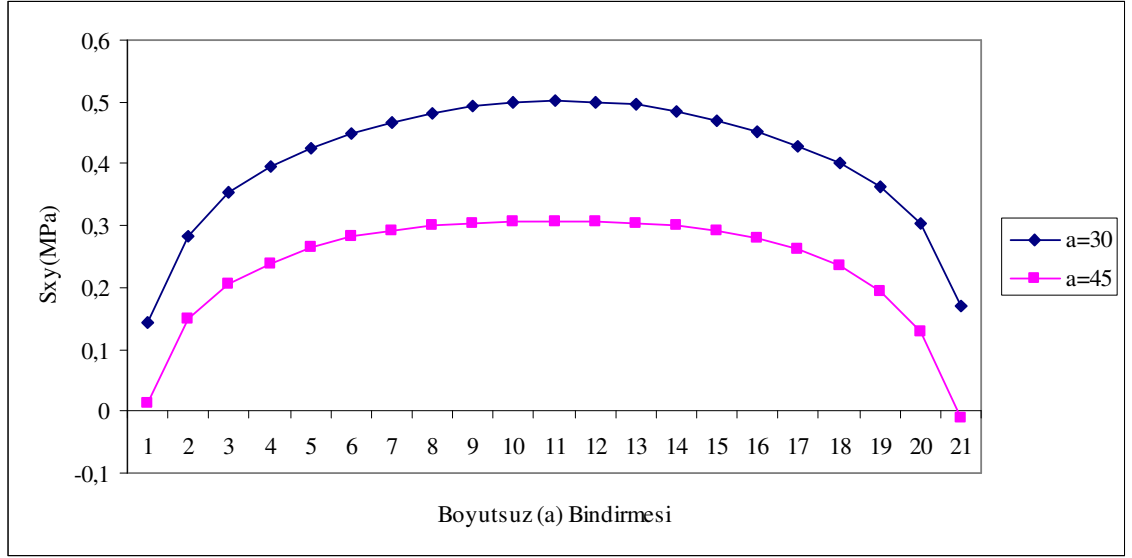
Şekil E.138. $a = 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



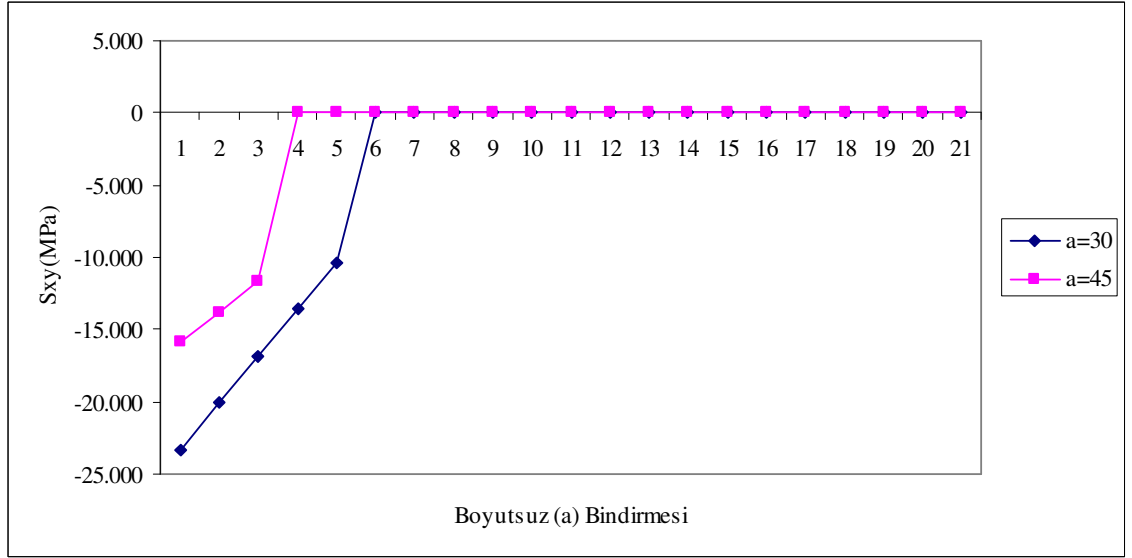
Şekil E.139. a= 30 mm ve a=45 mm için b=25 mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



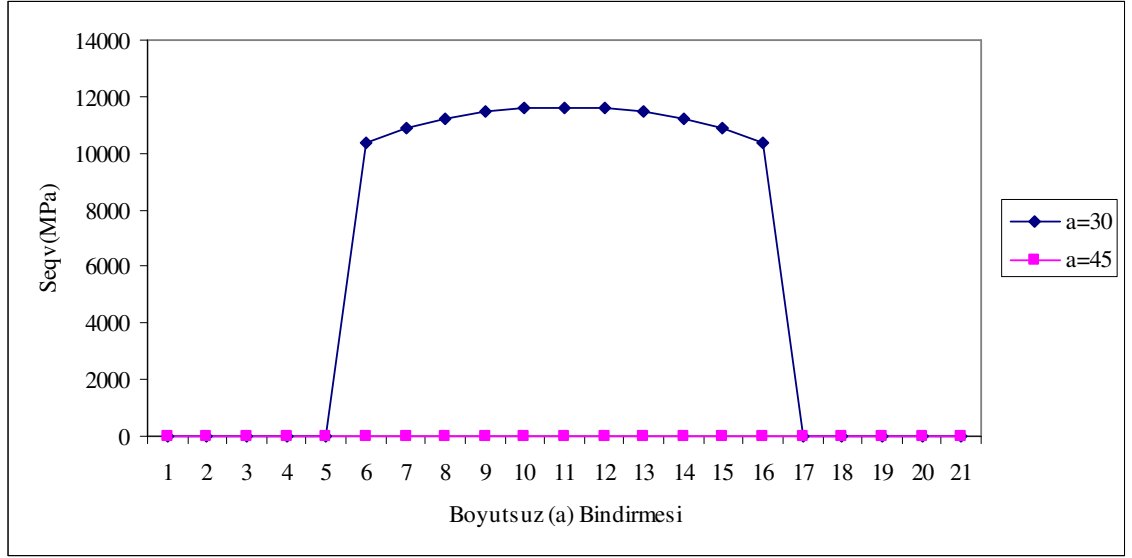
Şekil E.140. a= 30 mm ve a=45 mm için b=25 mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



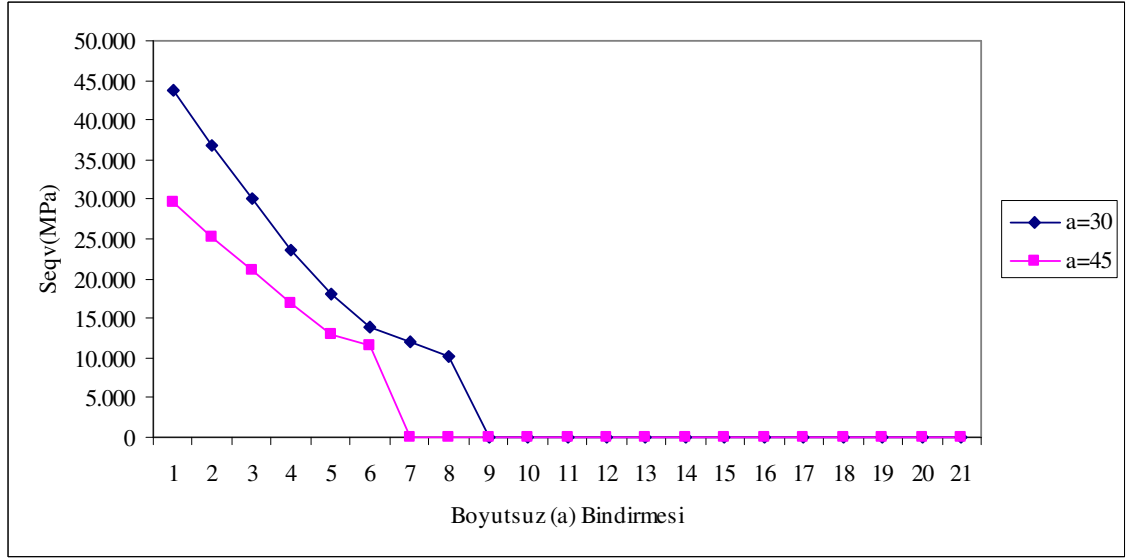
Şekil E.141. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



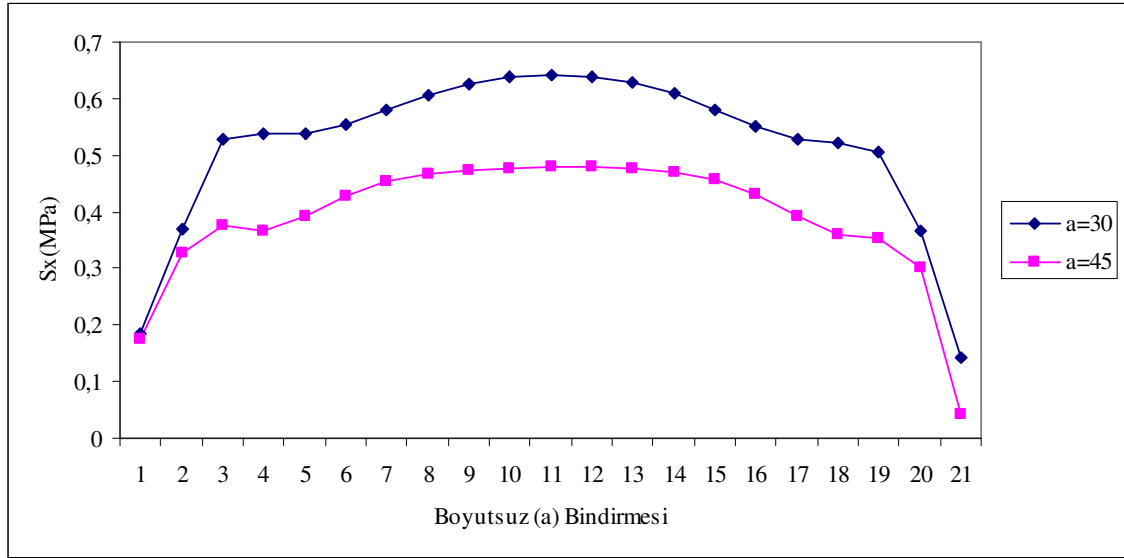
Şekil E.142. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



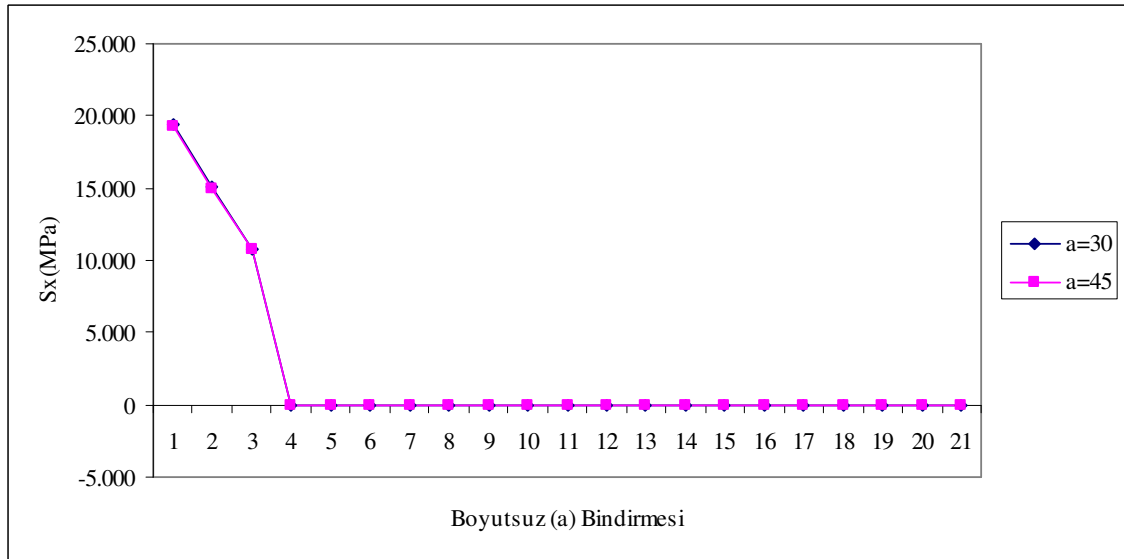
Şekil E.143. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



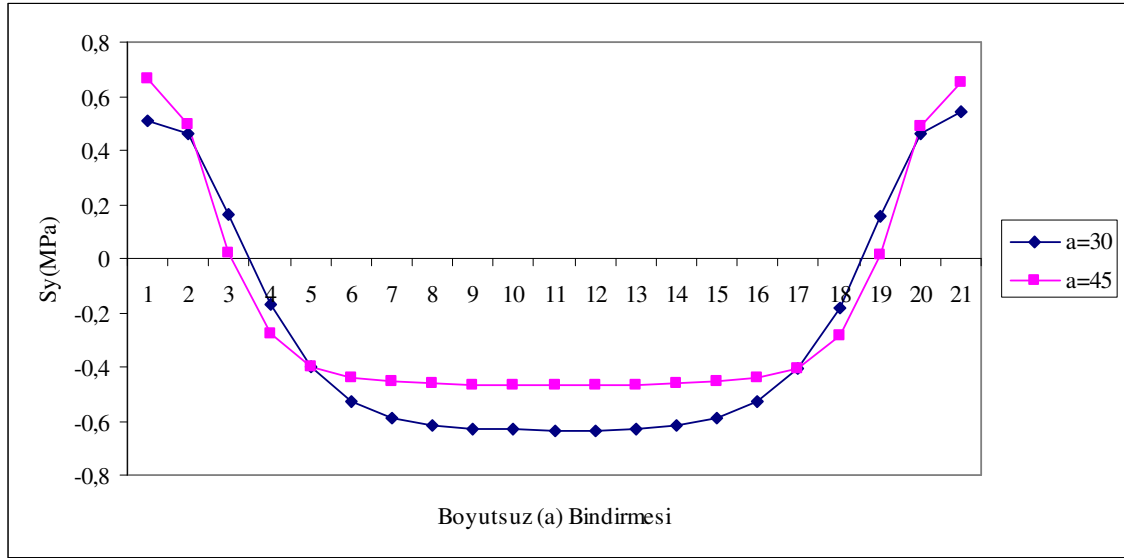
Şekil E.144. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



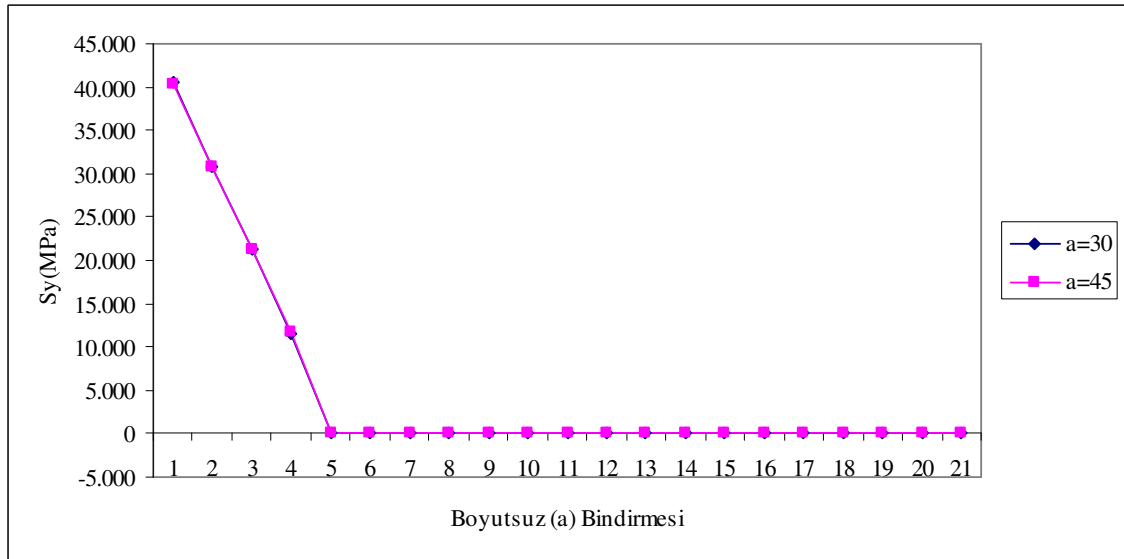
Şekil E.145. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



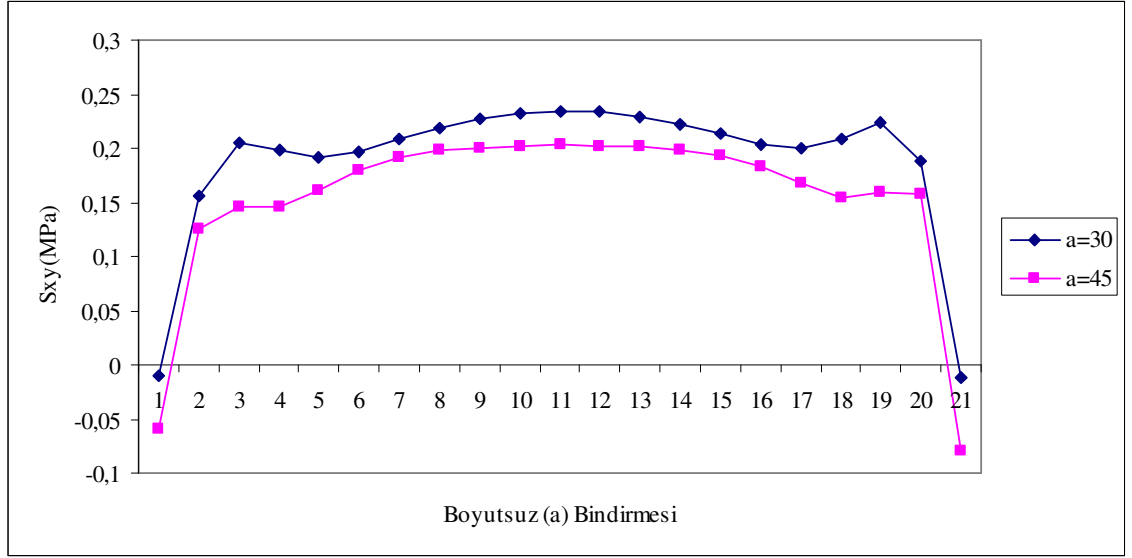
Şekil E.146. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



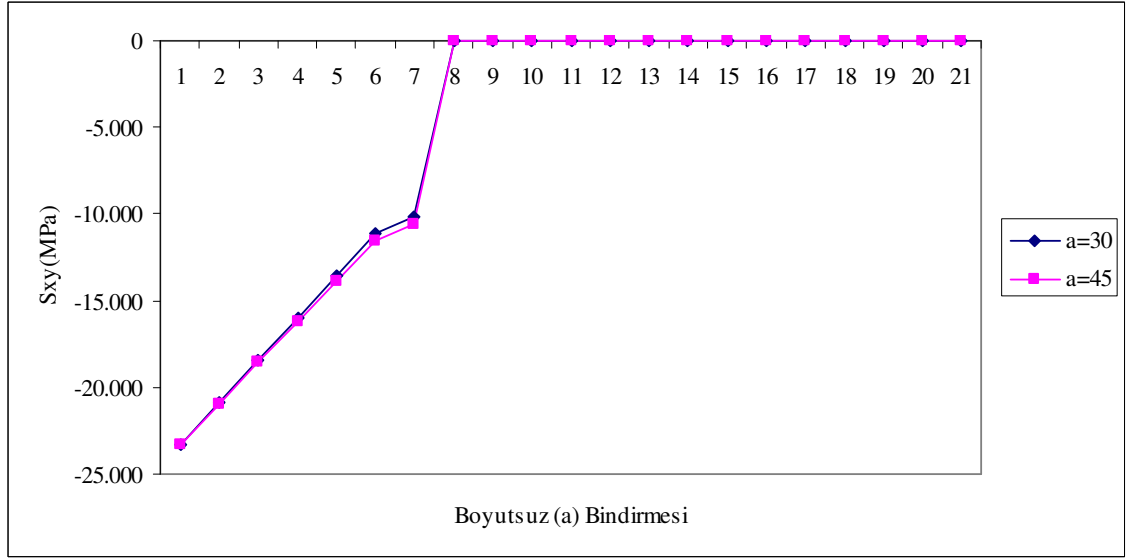
Şekil E.147. a= 30 mm ve a=45 mm için b=13 mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



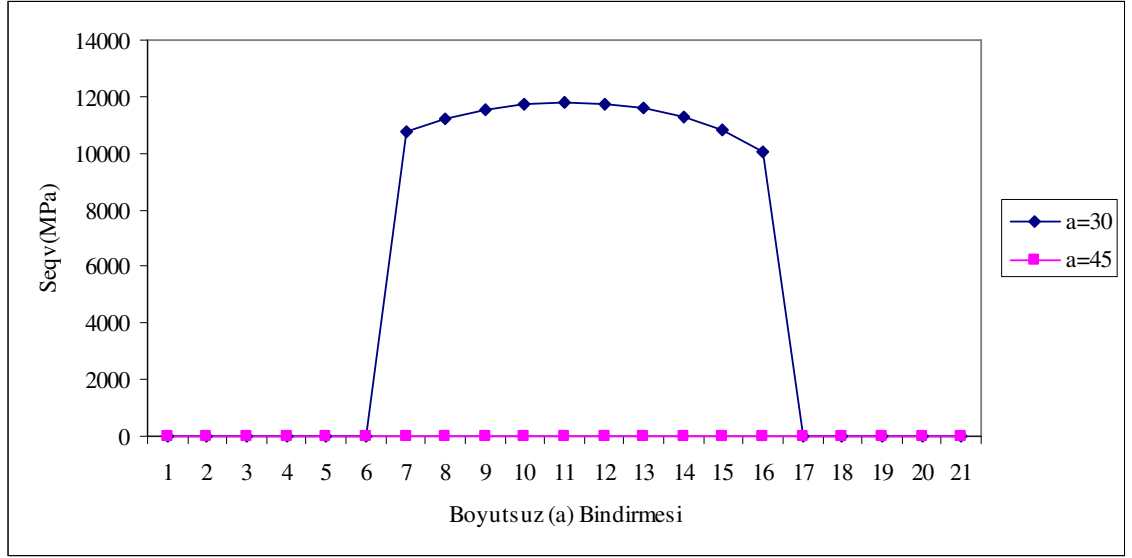
Şekil E.148. a= 30 mm ve a=45 mm için b=13 mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



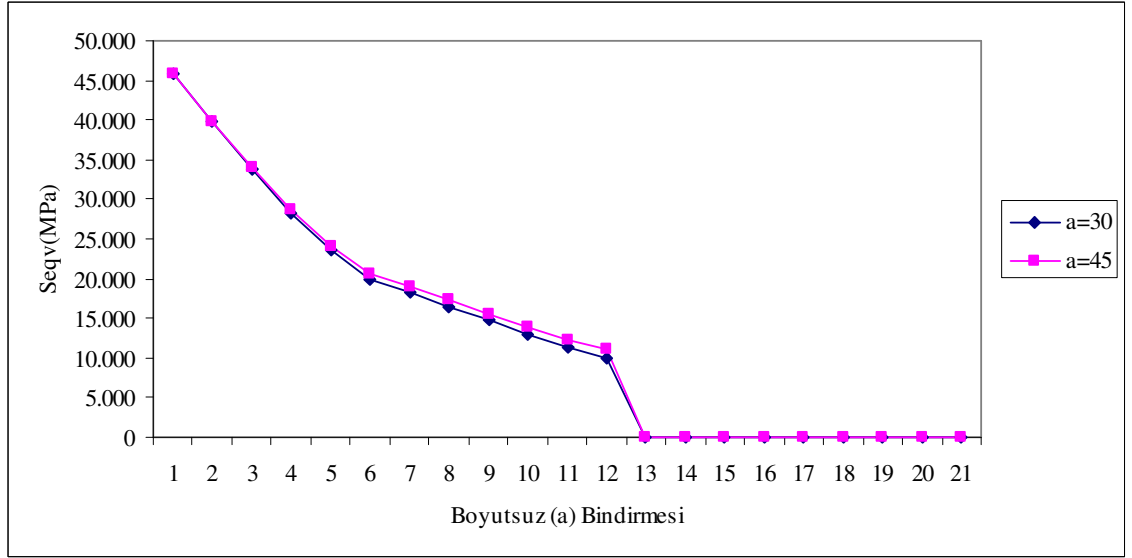
Şekil E.149. a= 30 mm ve a=45 mm için b=13 mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



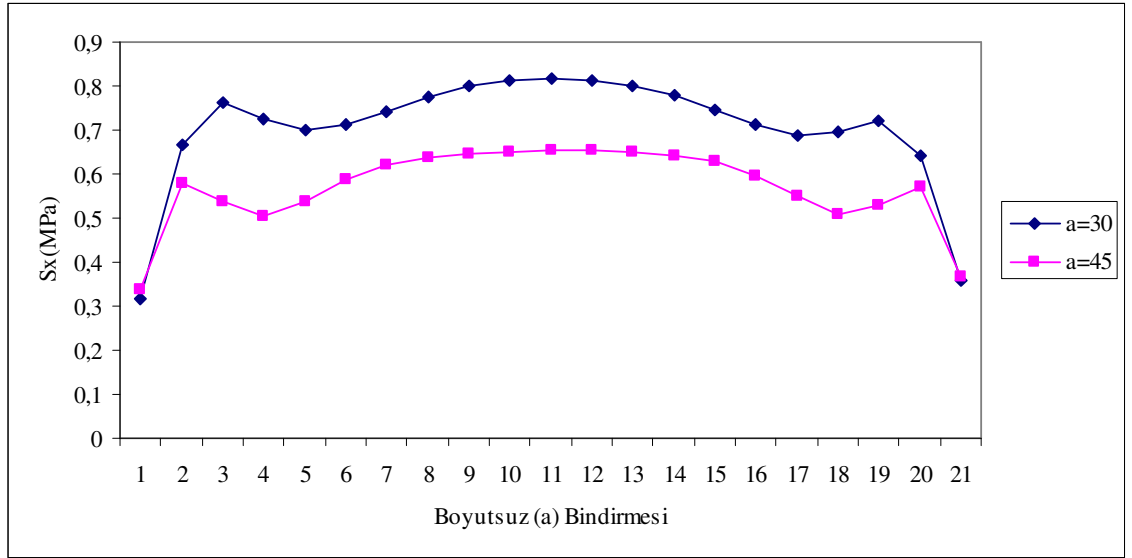
Şekil E.150. a= 30 mm ve a=45 mm için b=13 mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



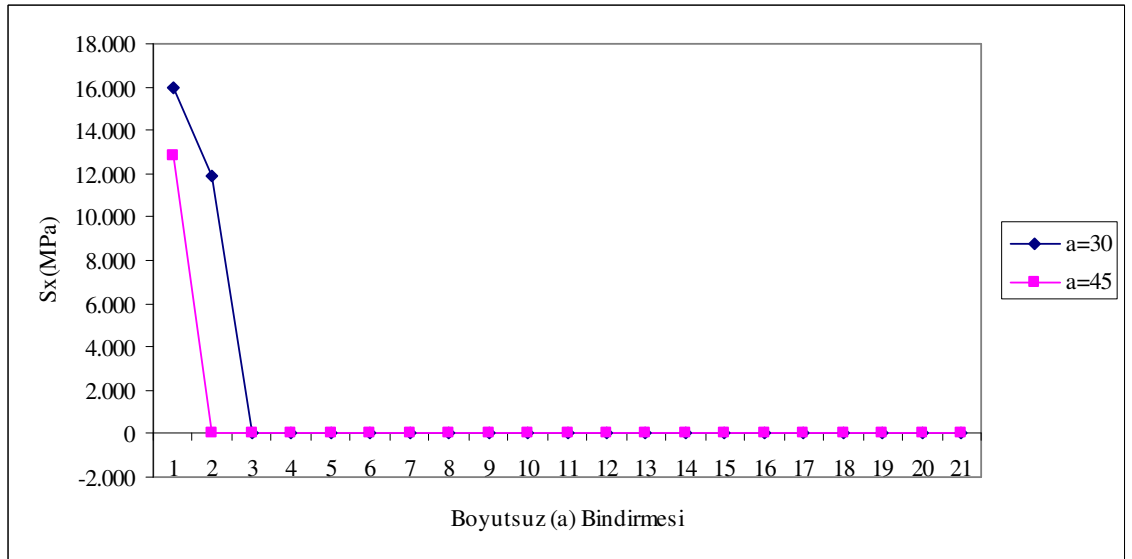
Şekil E.151. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken Seqv'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



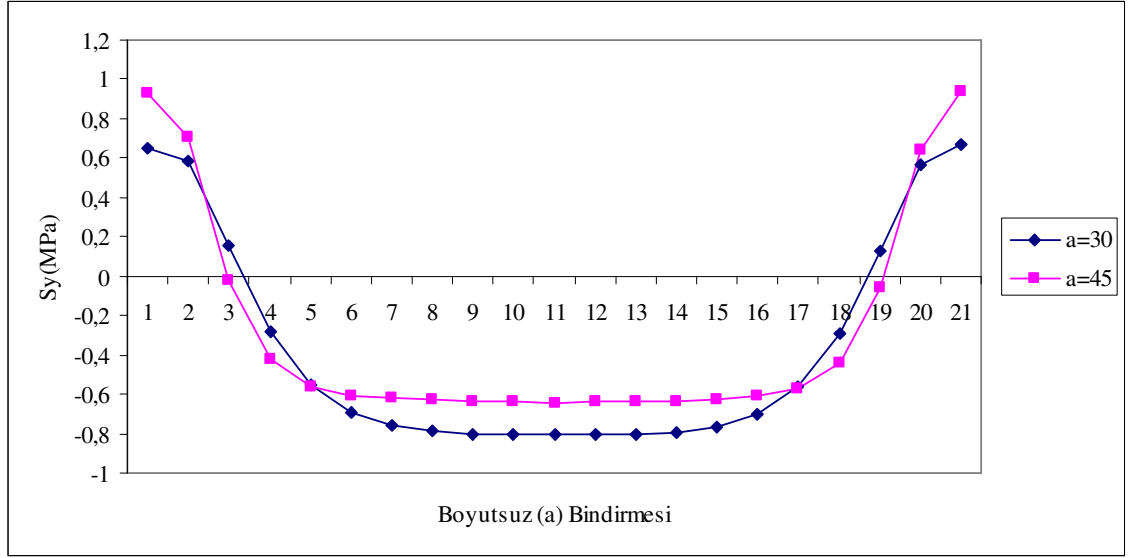
Şekil E.152. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken Seqv'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



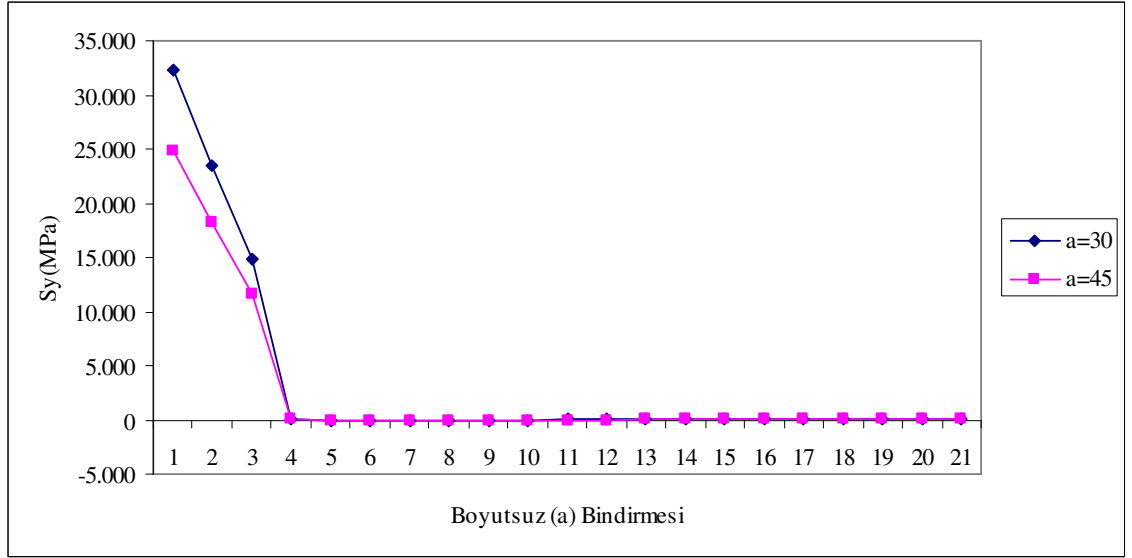
Şekil E.153. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



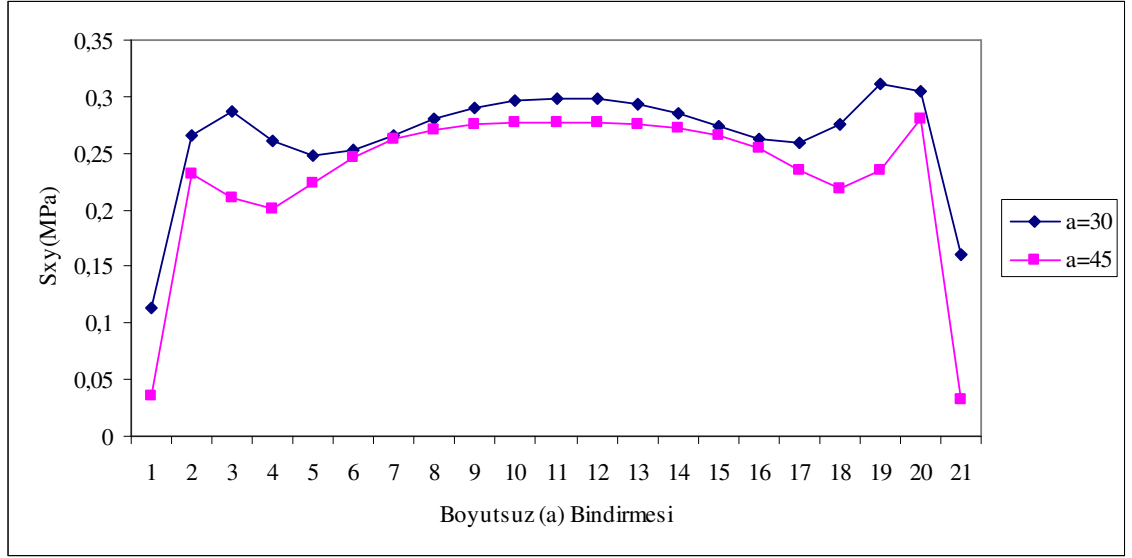
Şekil E.154. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



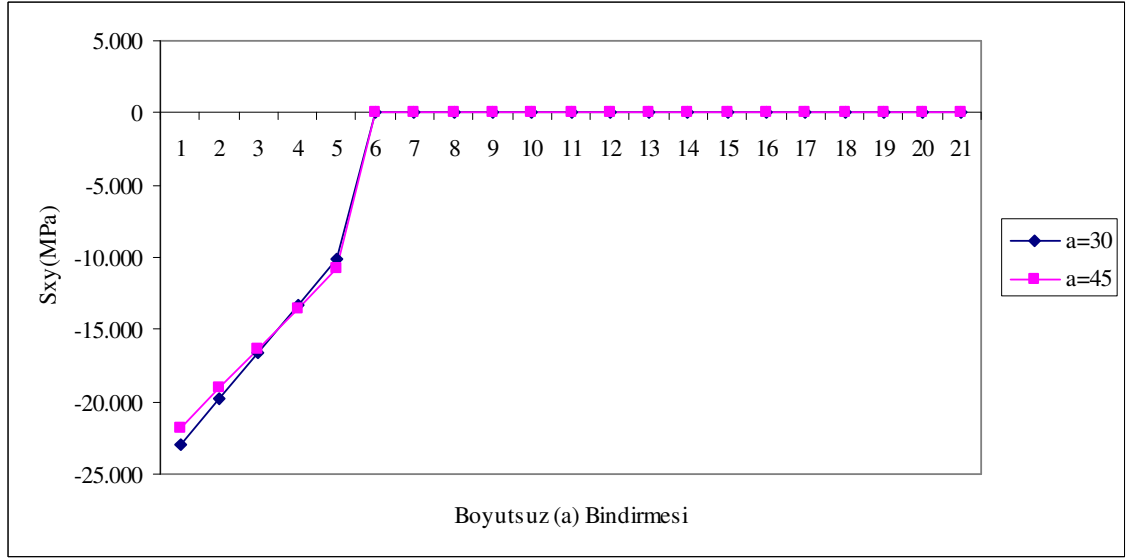
Şekil E.155. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



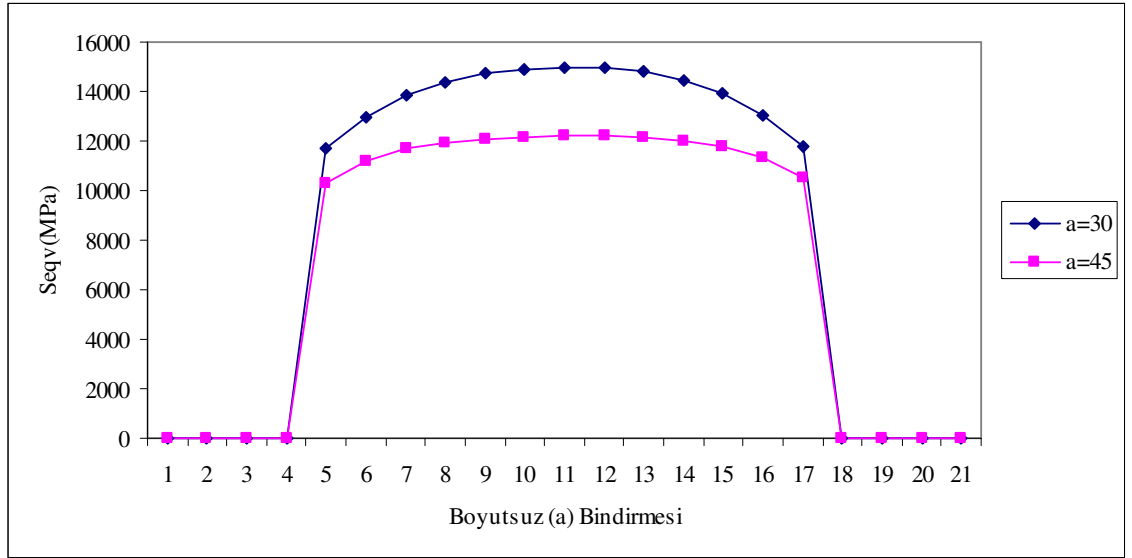
Şekil E.156. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



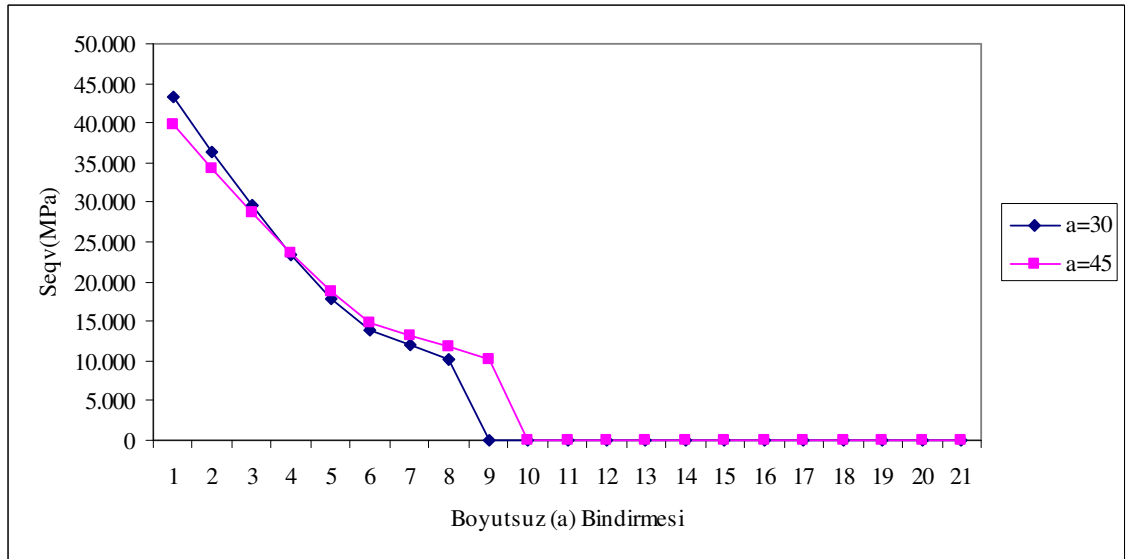
Şekil E.157. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



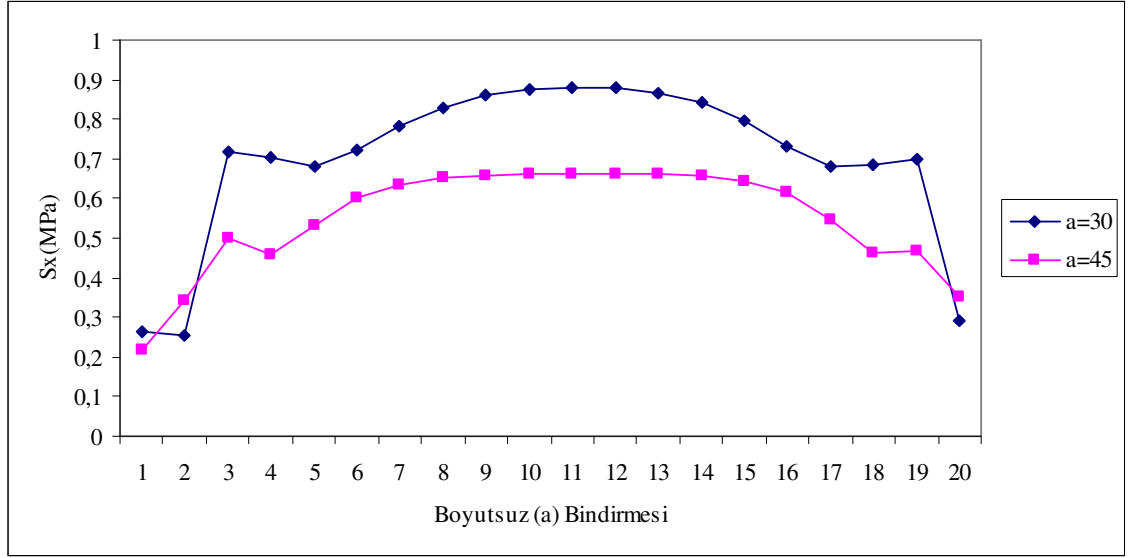
Şekil E.158. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



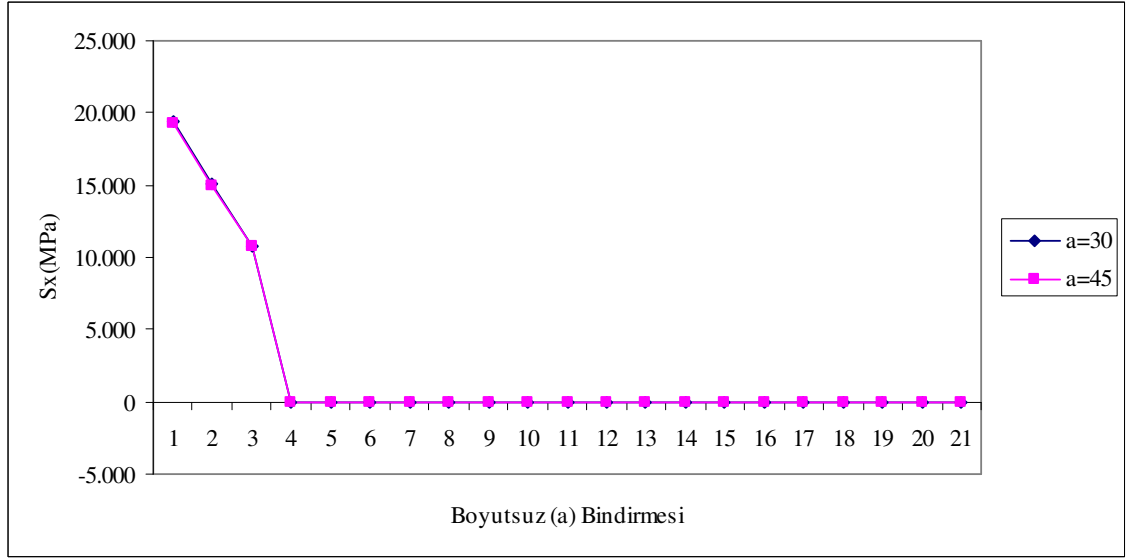
Şekil E.159. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken Seq_v 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



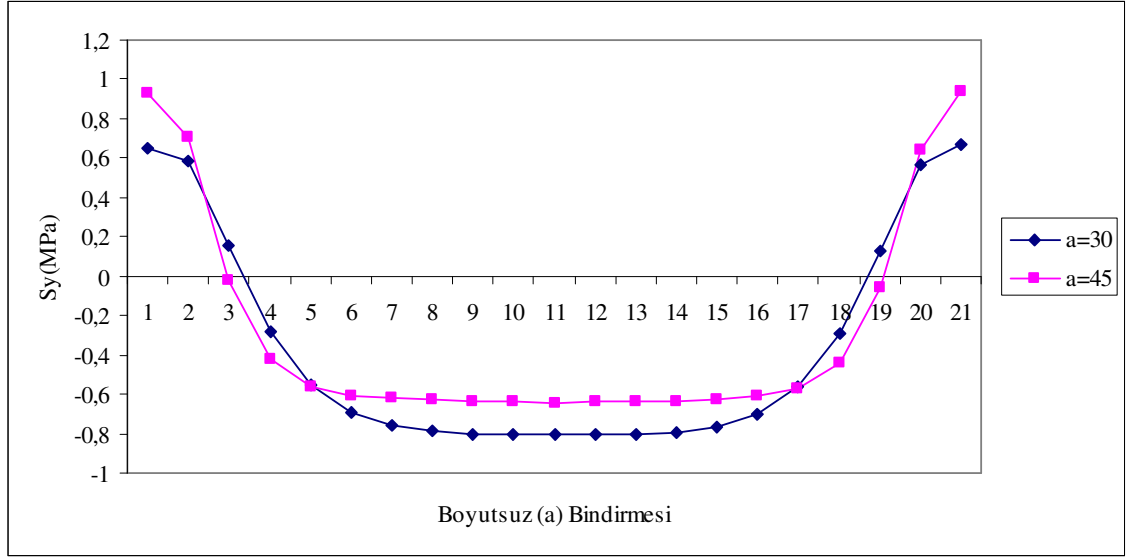
Şekil E.160. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken Seq_v 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



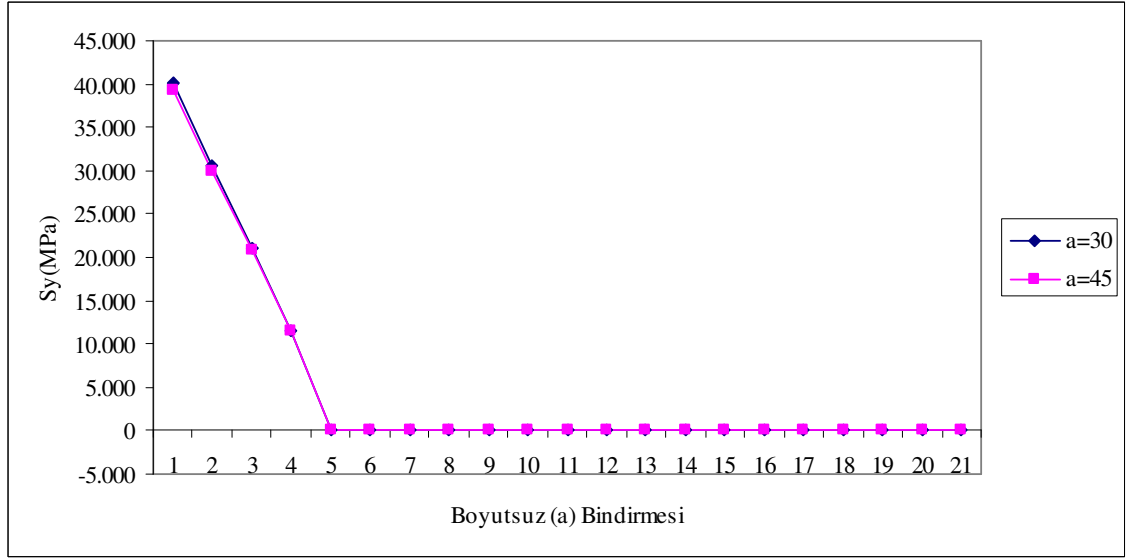
Şekil E.161. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



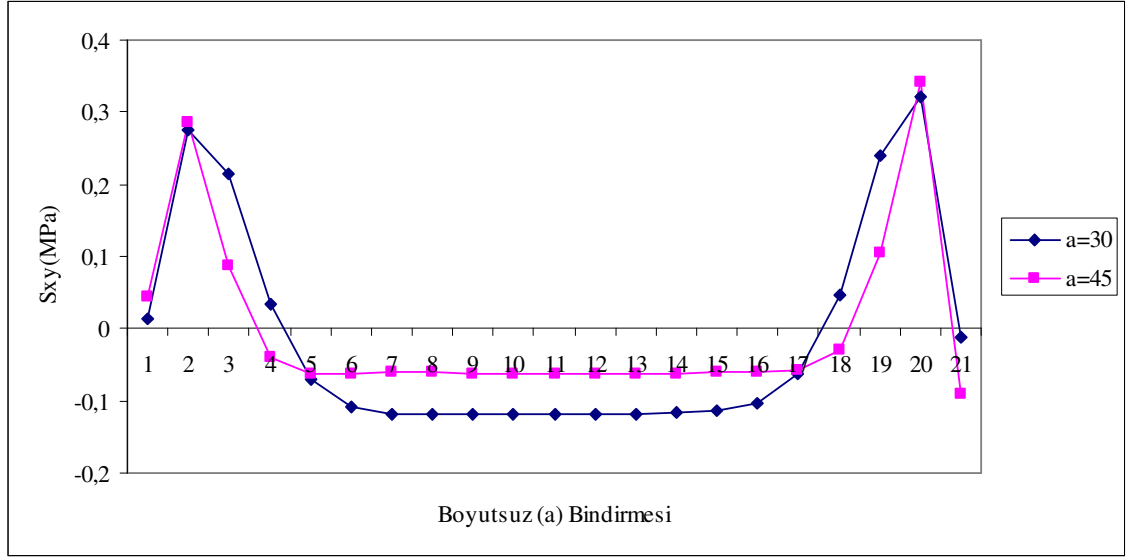
Şekil E.162. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



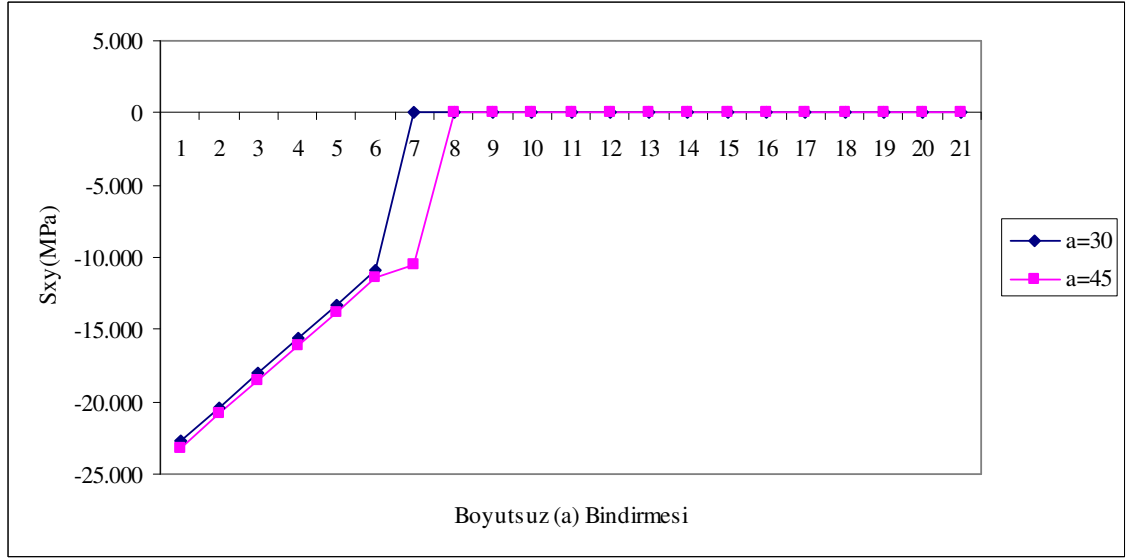
Şekil E.163. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



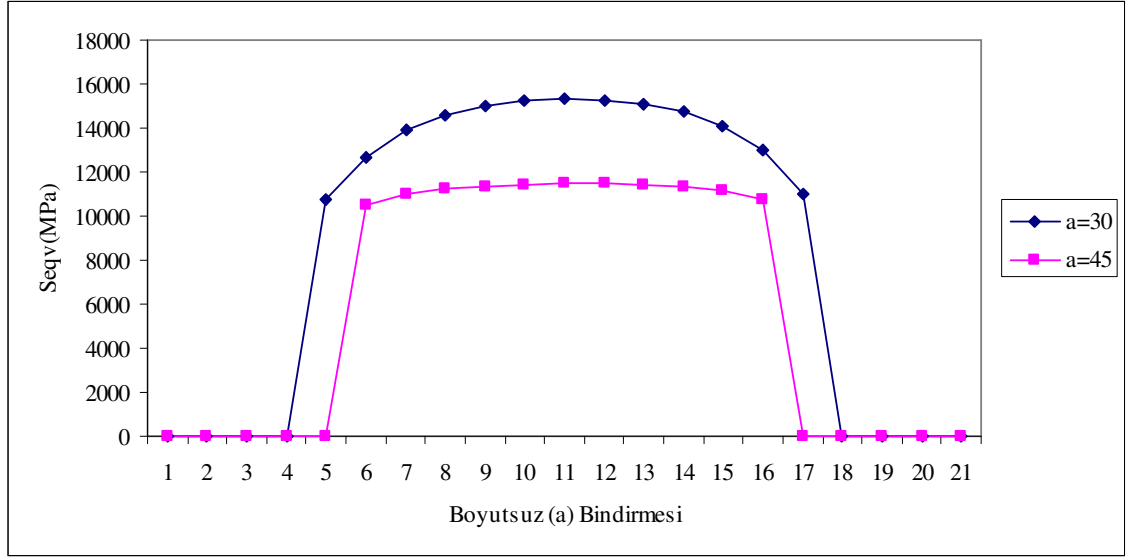
Şekil E.164. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



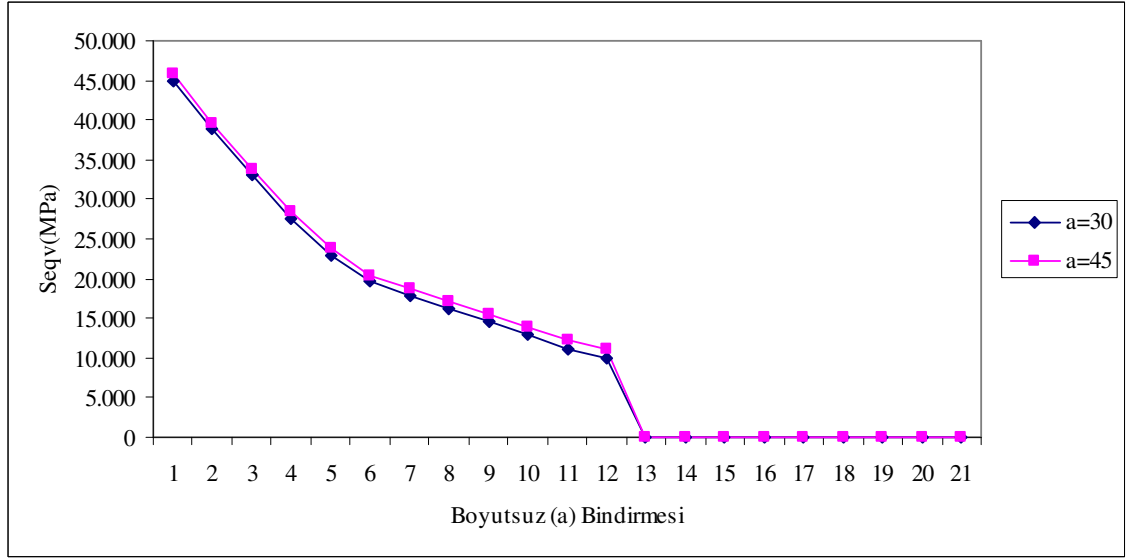
Şekil E.165. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



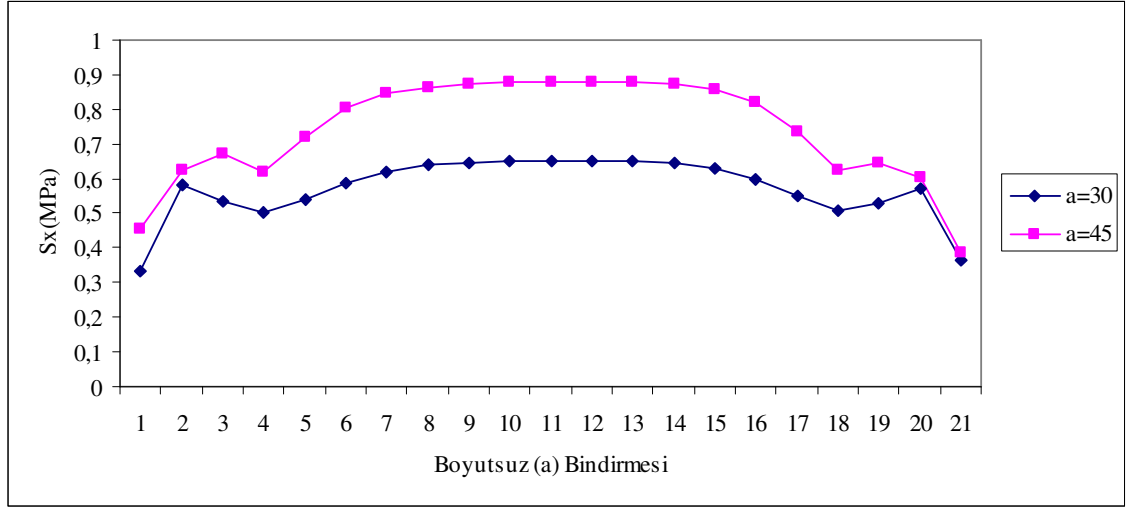
Şekil E.166. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



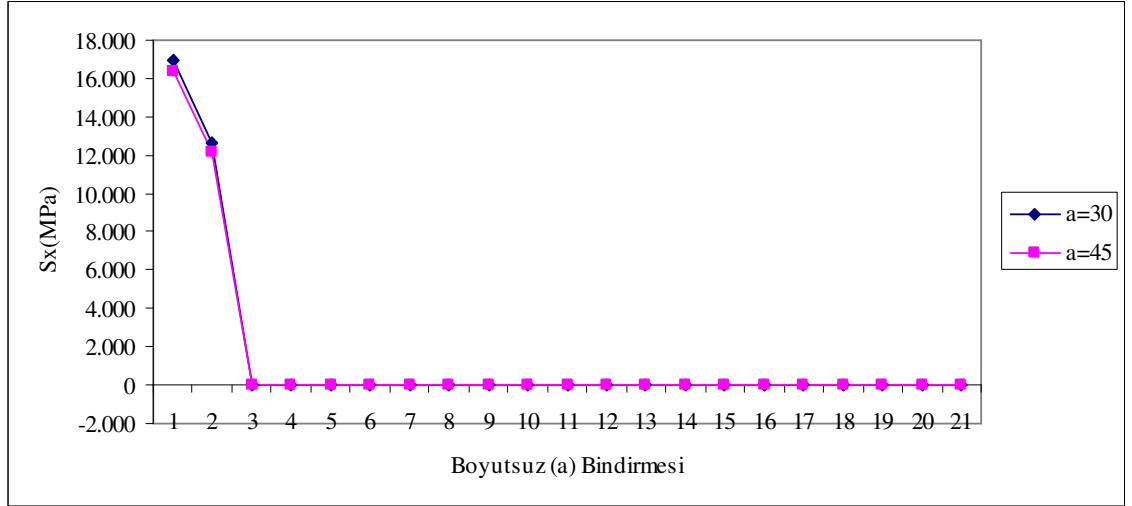
Şekil E.167. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken Seq_v 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



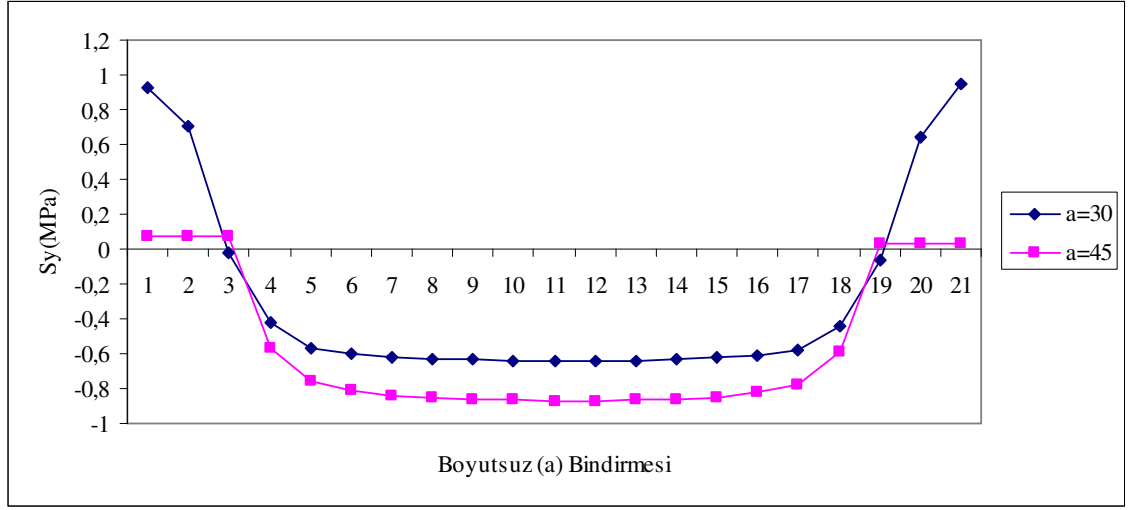
Şekil E.168. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken Seq_v 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



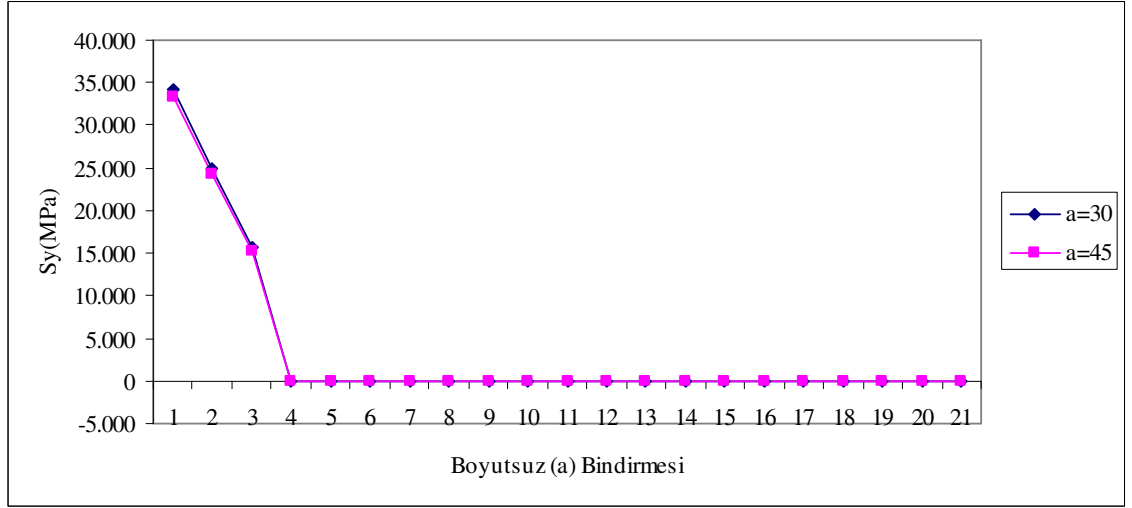
Şekil E.169. $a = 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



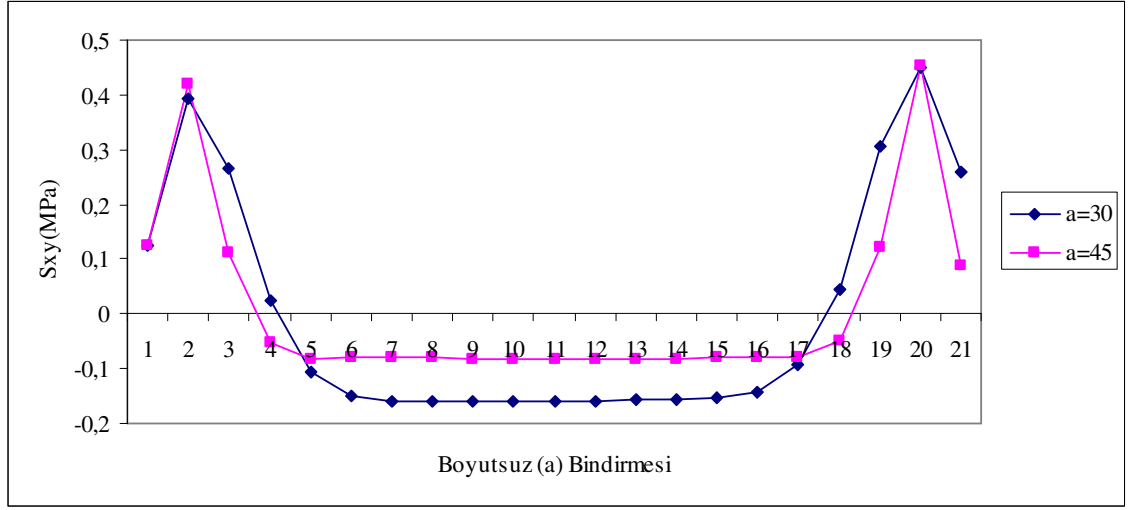
Şekil E.170. $a = 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



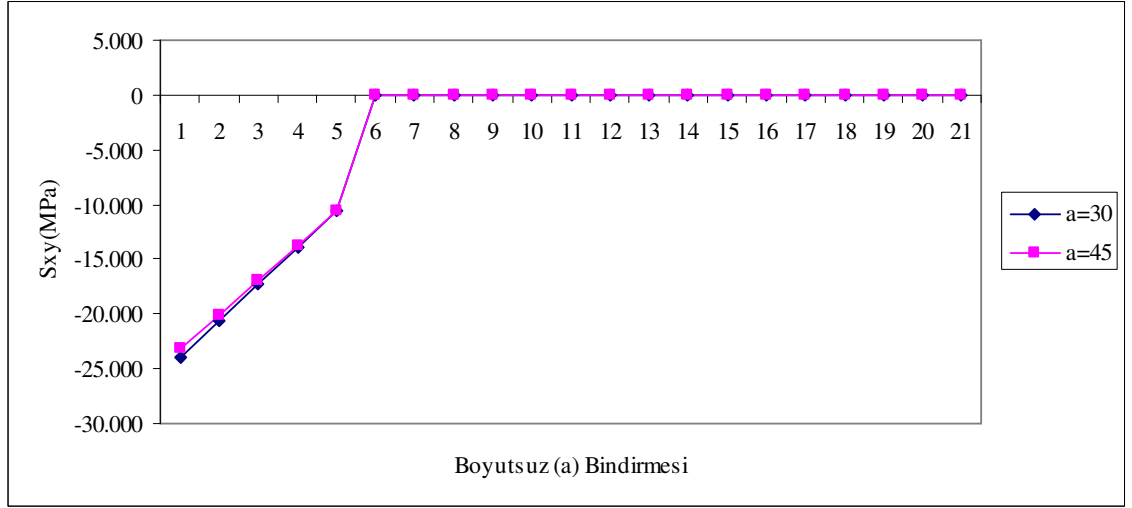
Şekil E.171. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



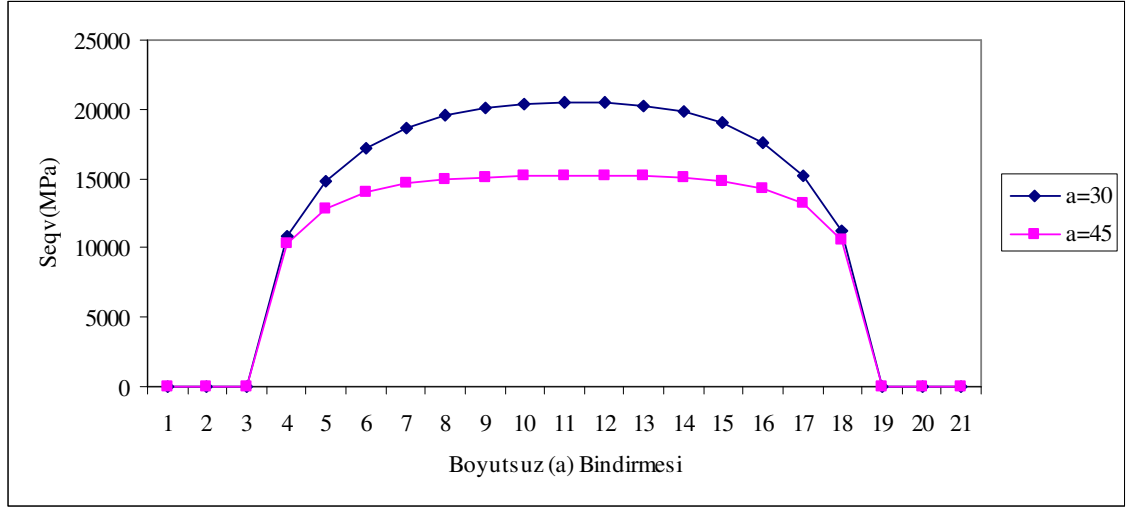
Şekil E.172. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



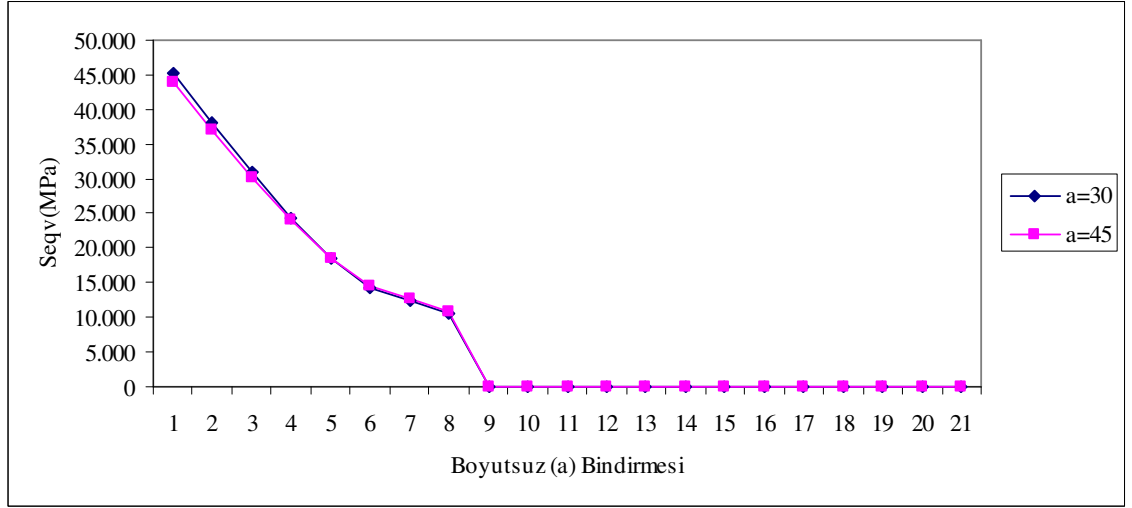
Şekil E.173. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



Şekil E.174. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

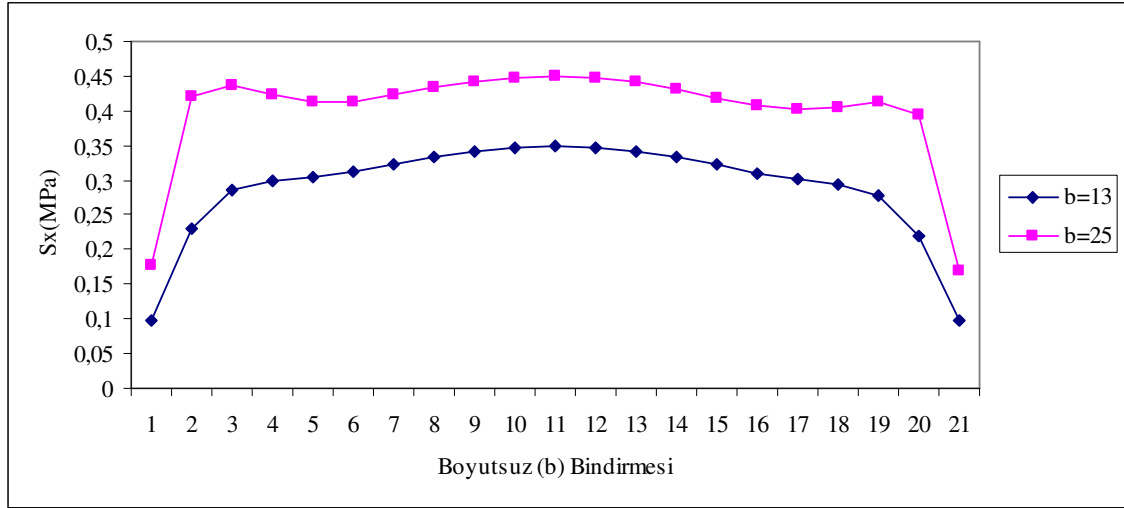


Şekil E.175. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken Seq_v 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

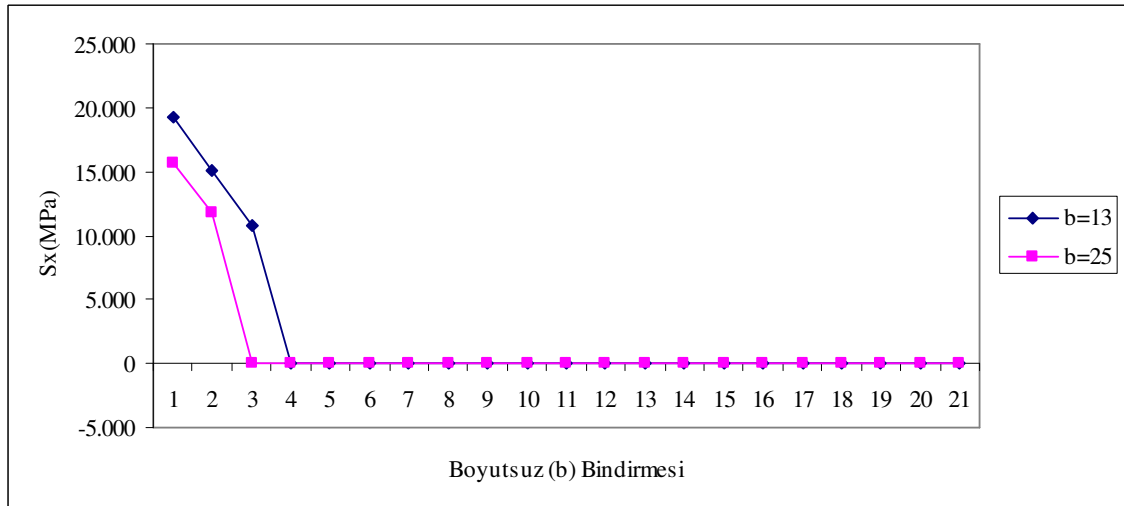


Şekil E.176. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken Seq_v 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

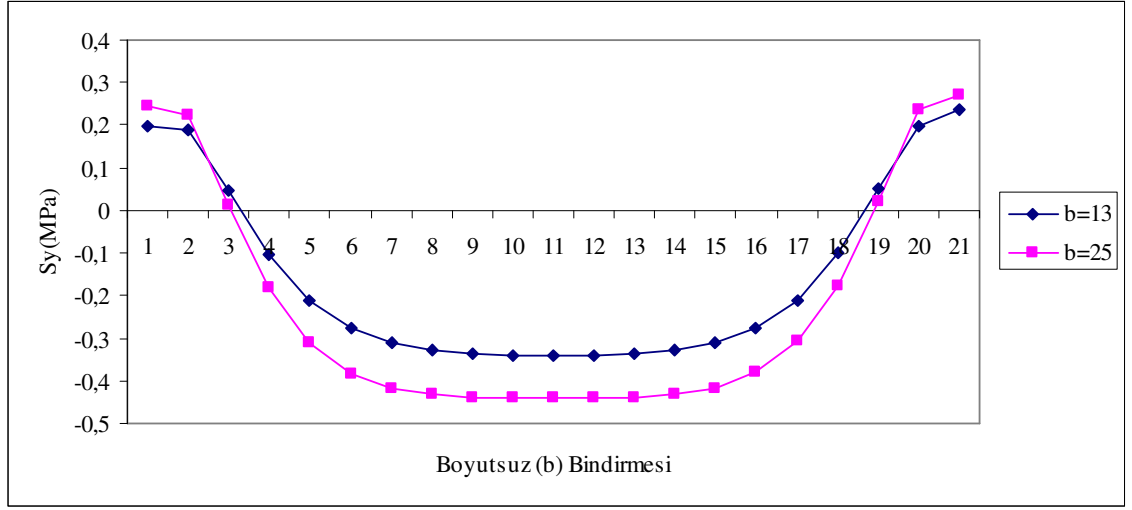
Ek.2.2. (b) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma



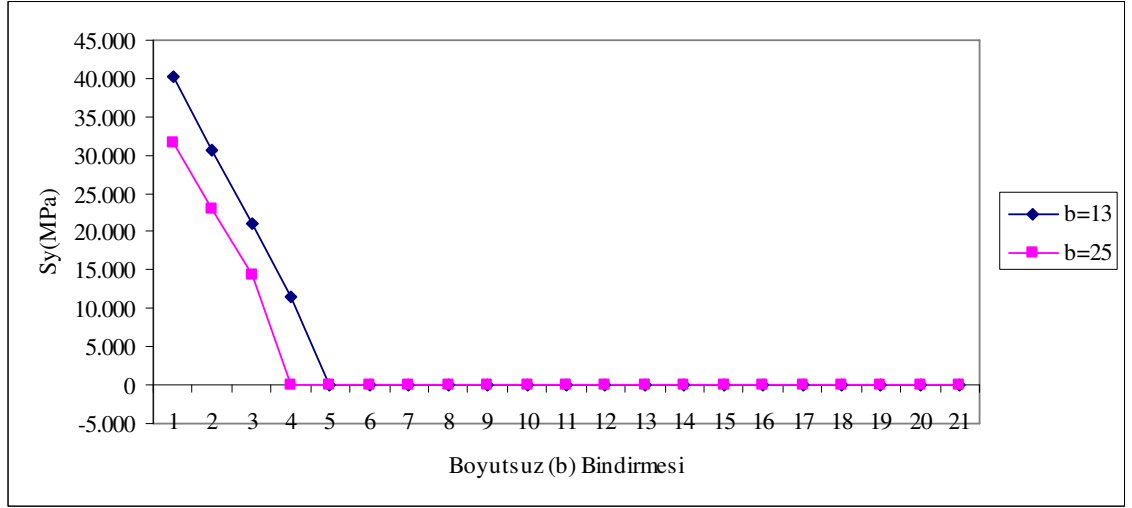
Şekil E.177. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



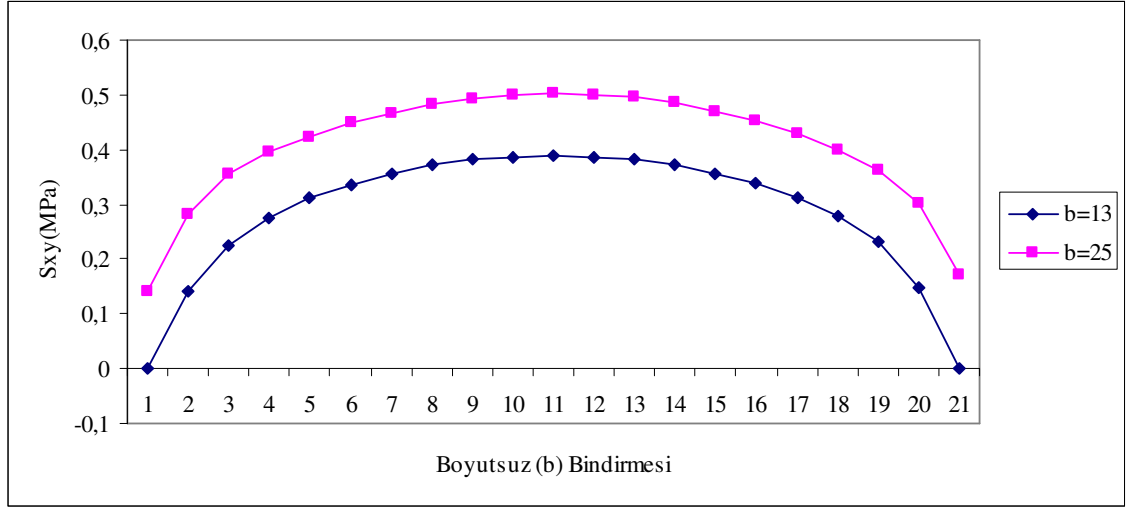
Şekil E.178. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



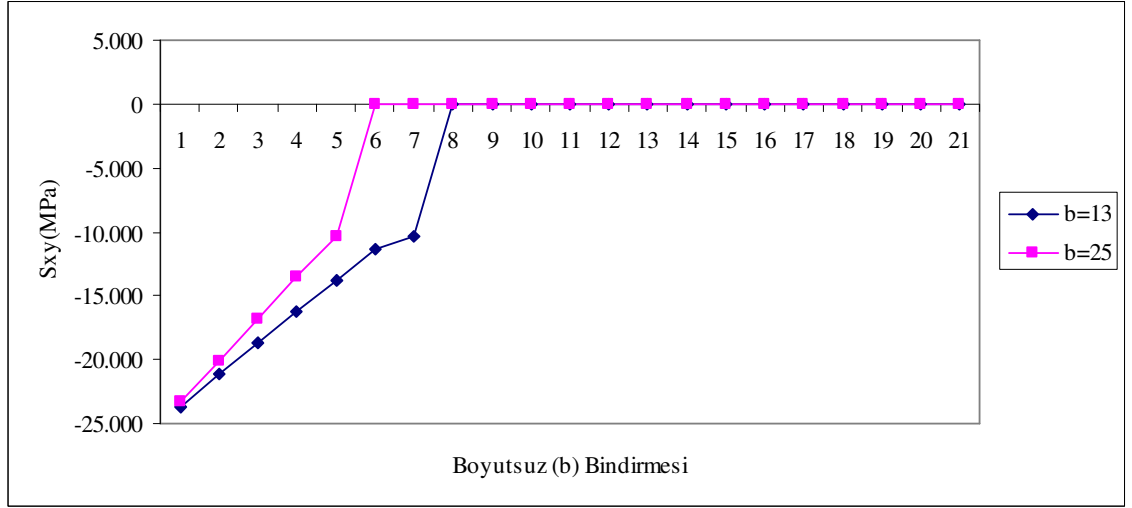
Şekil E.179. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



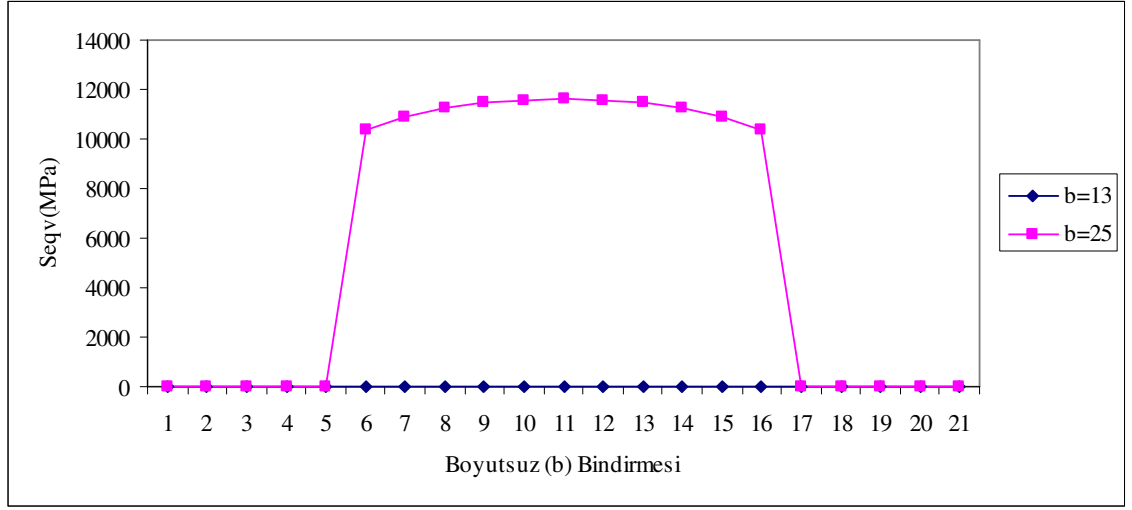
Şekil E.180. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



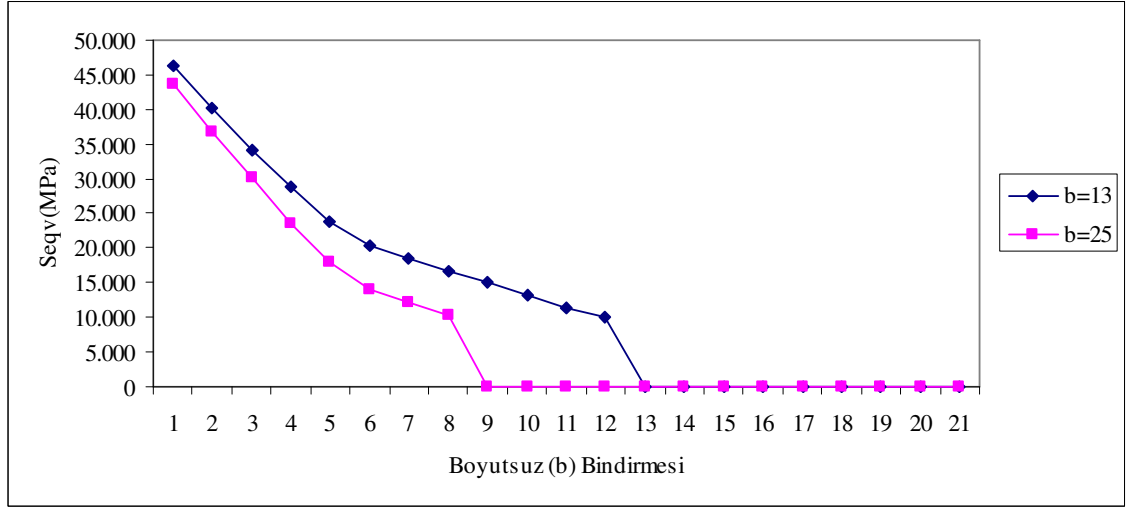
Şekil E.181. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



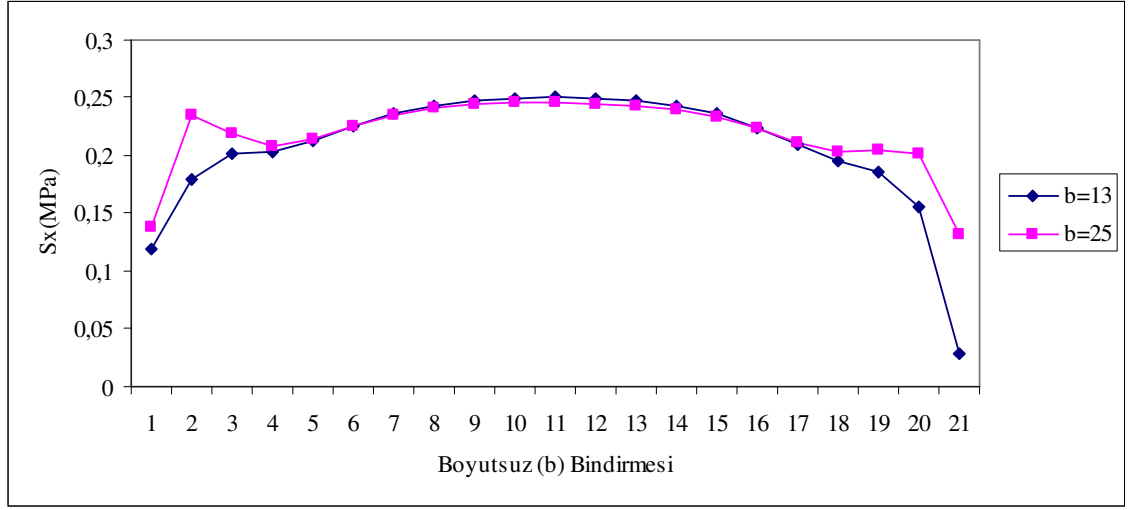
Şekil E.182. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



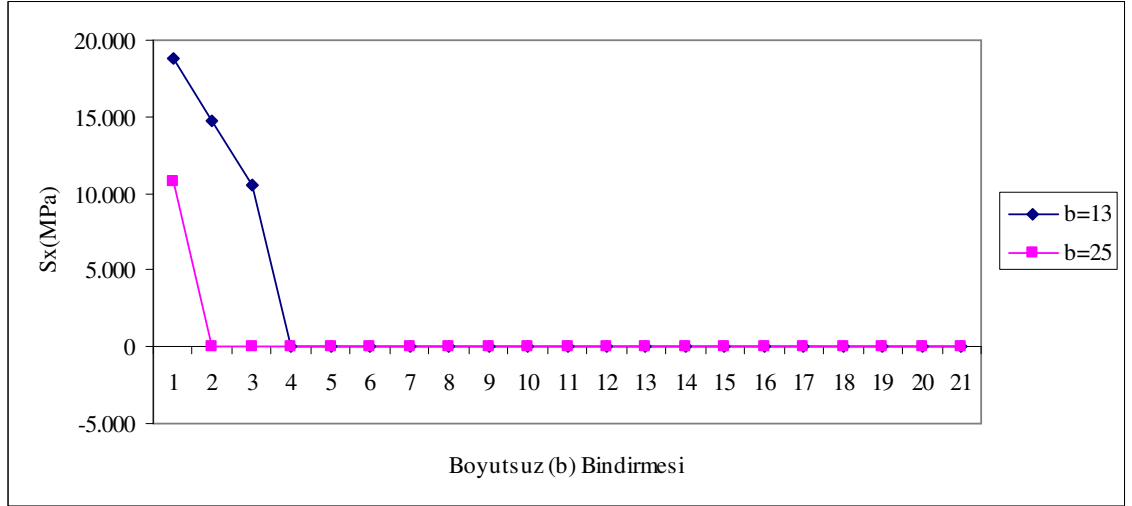
Şekil E.183. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken Seq_v 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



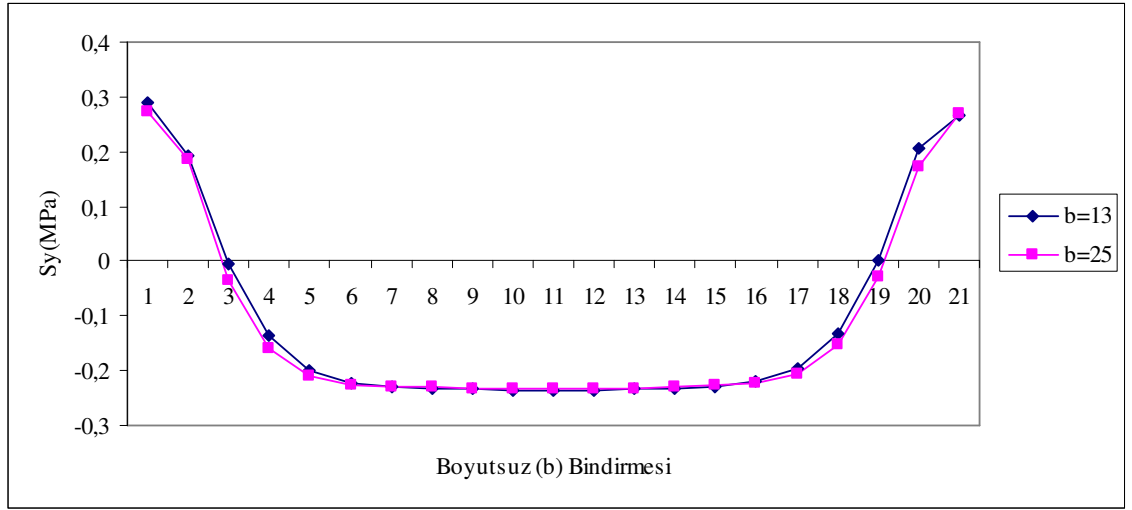
Şekil E.184. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken Seq_v 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



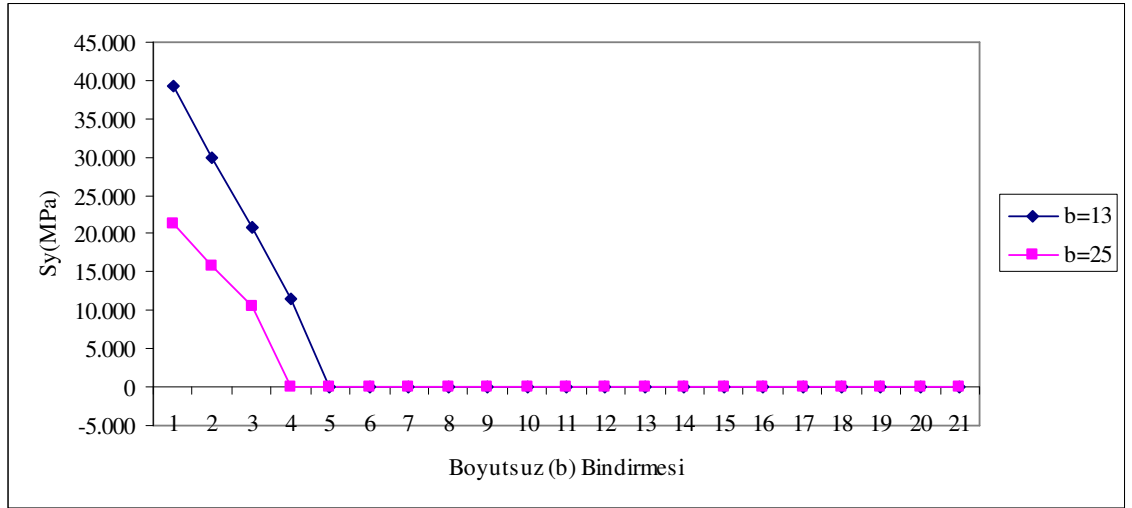
Şekil E.185. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



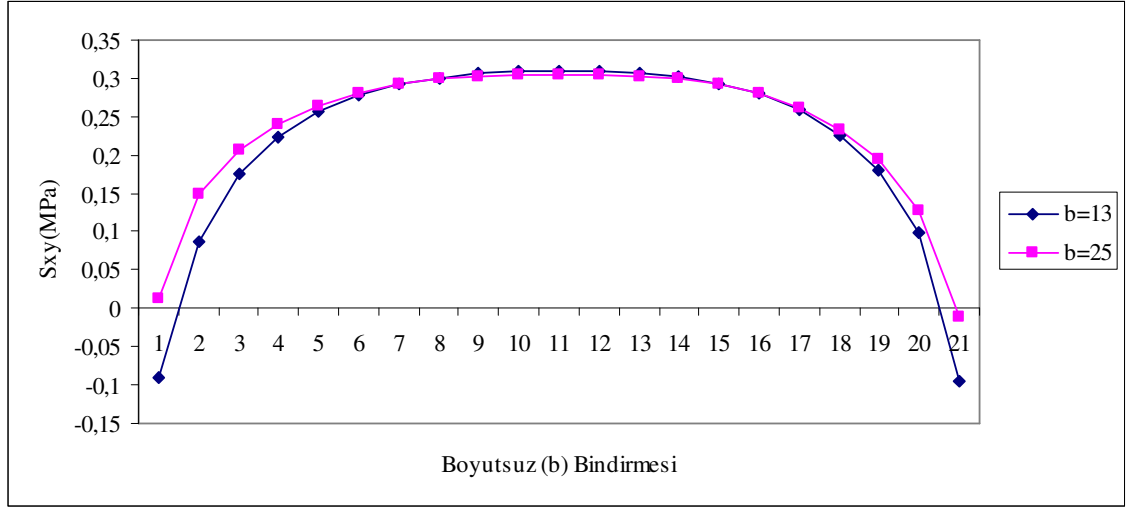
Şekil E.186. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



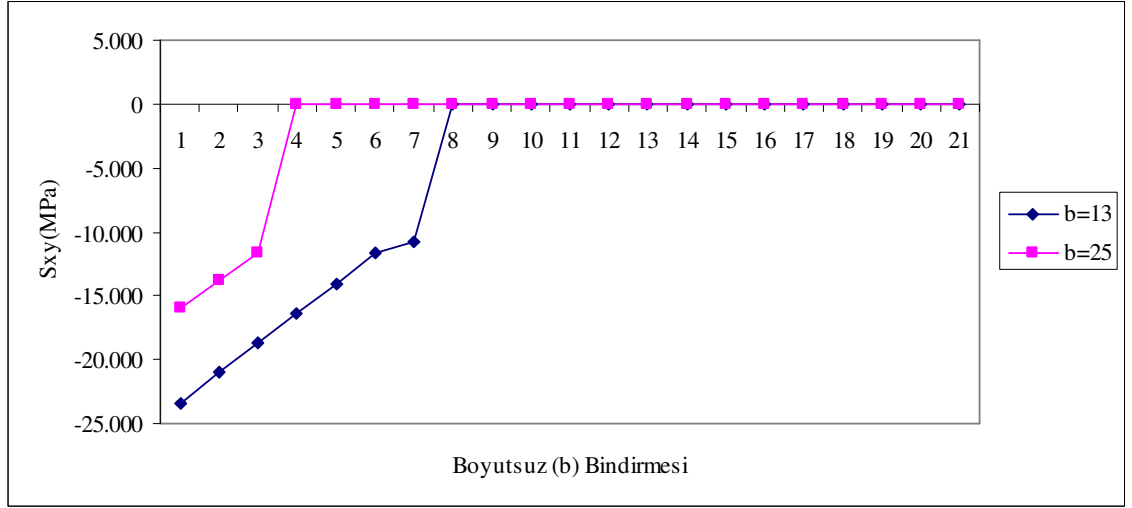
Şekil E.187. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



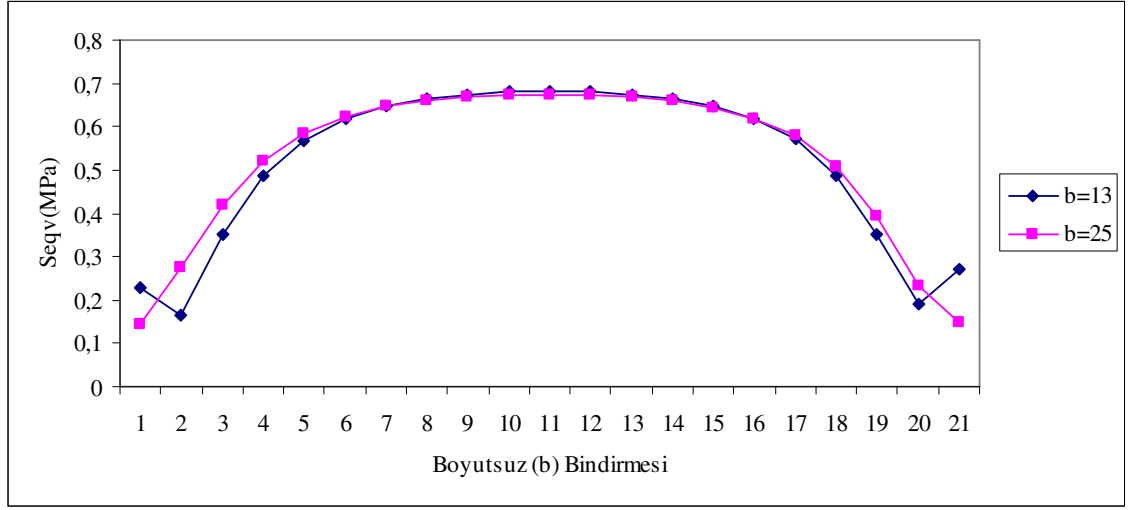
Şekil E.188. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



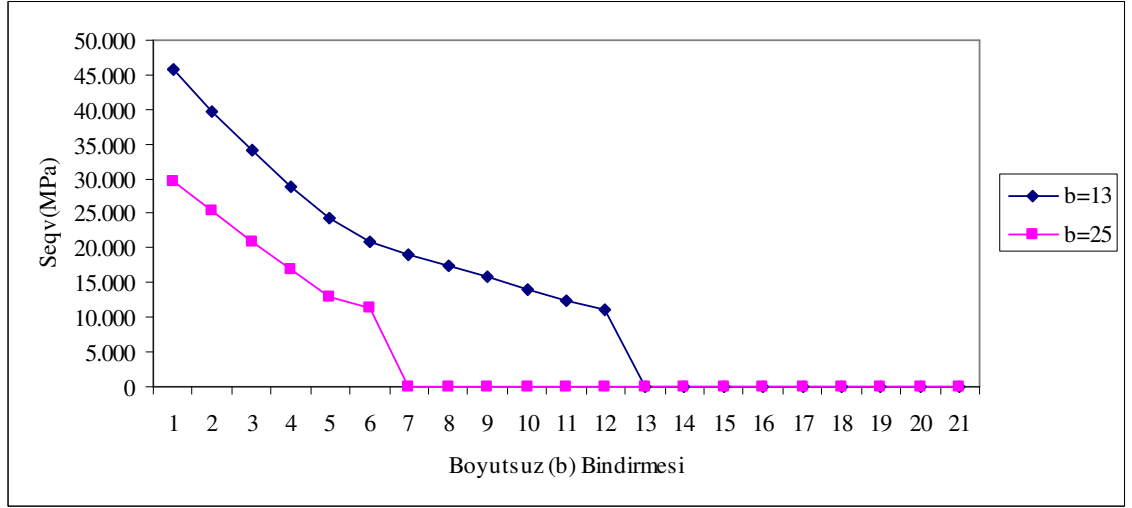
Şekil E.189. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



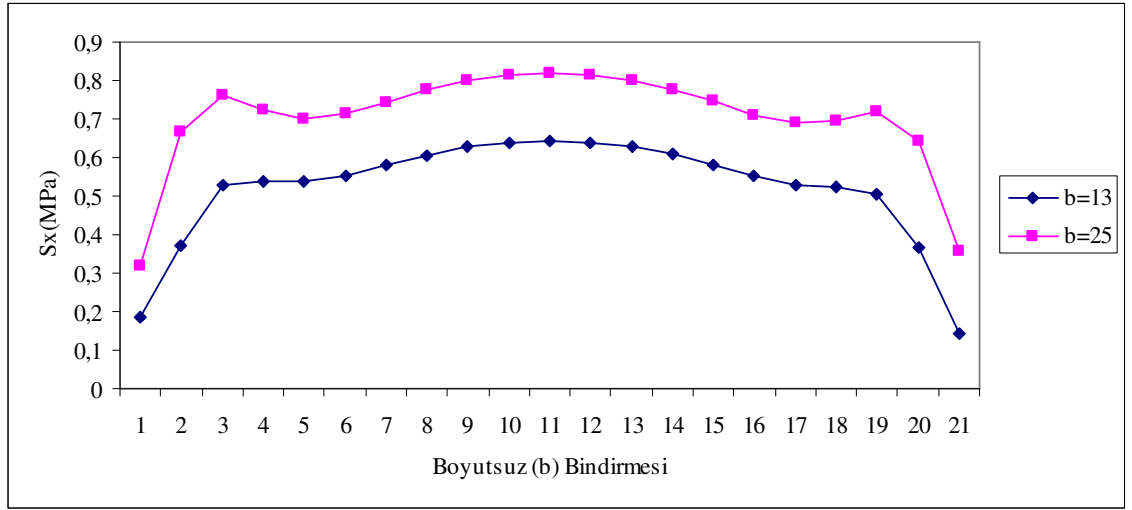
Şekil E.190. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



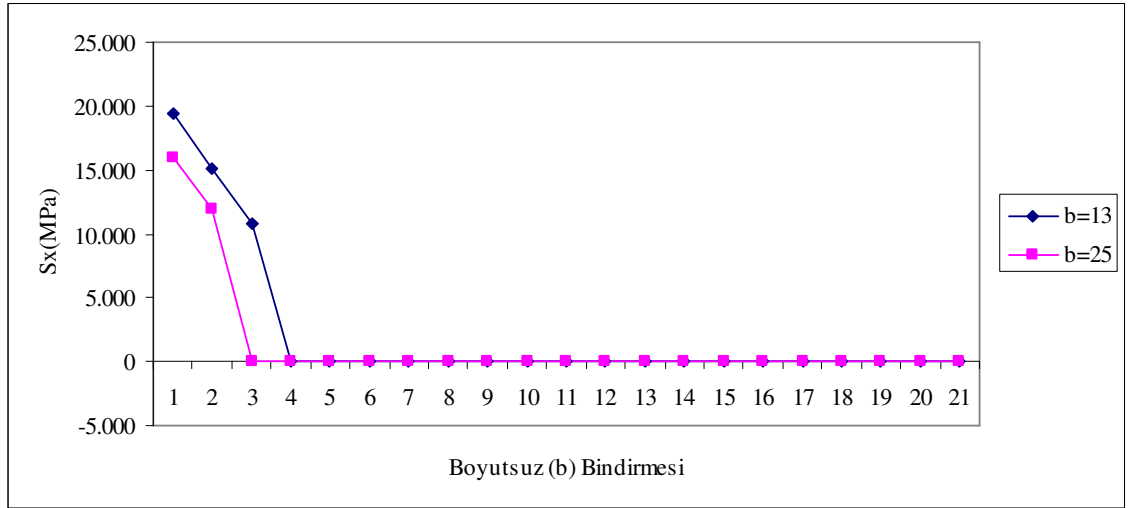
Şekil E.191. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken Seqv'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



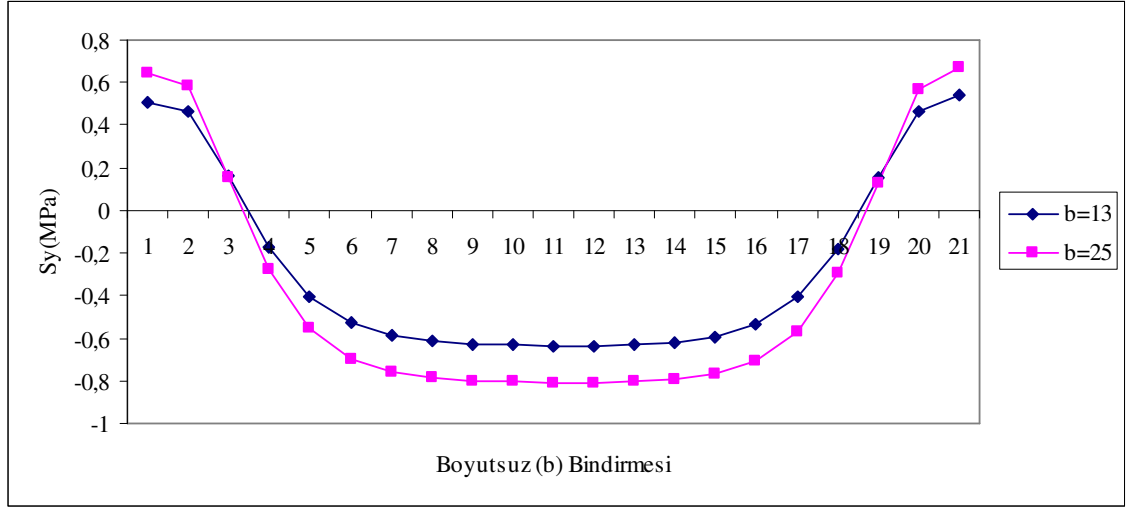
Şekil E.192. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken Seqv'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



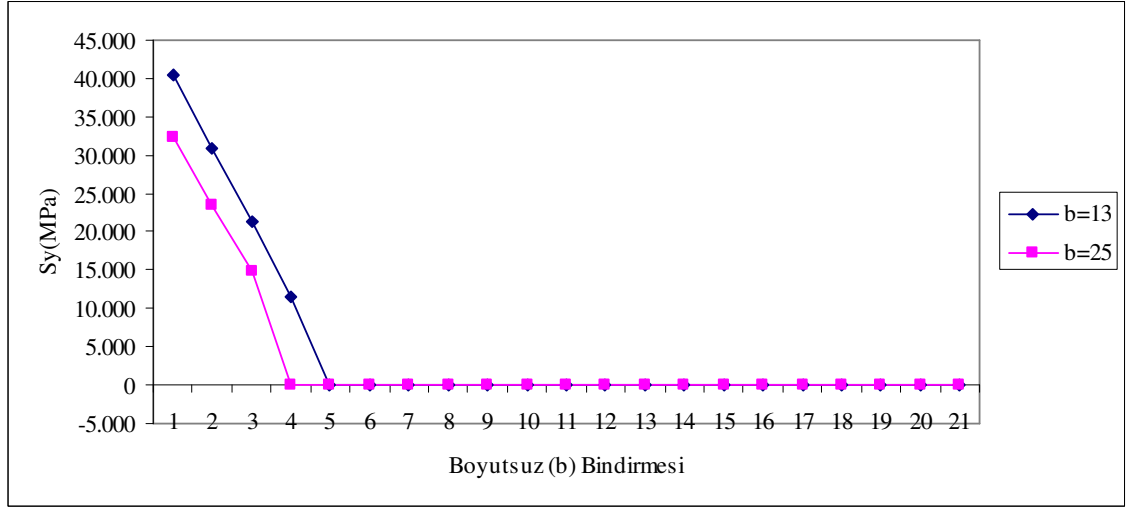
Şekil E.193. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



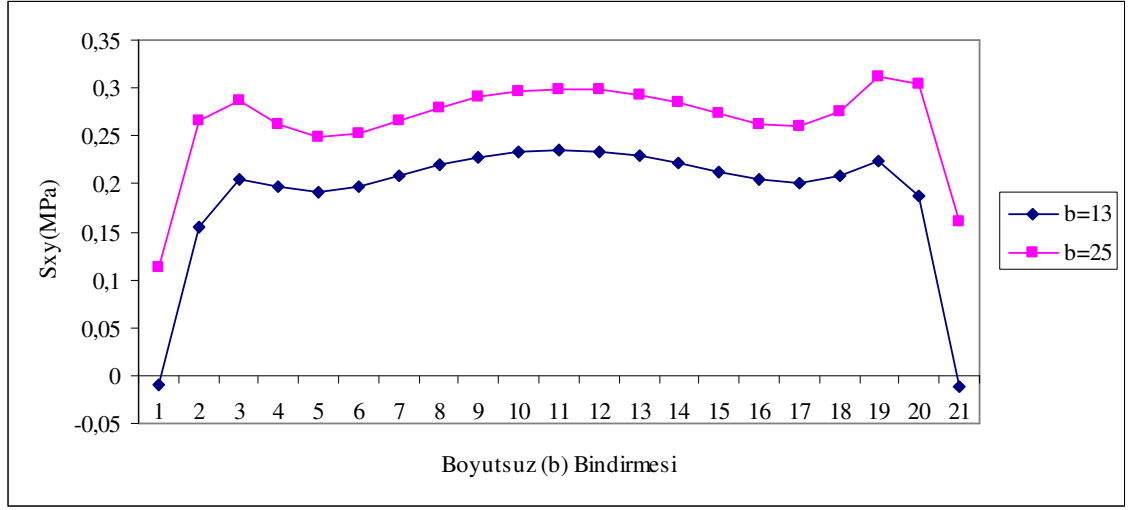
Şekil E.194. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



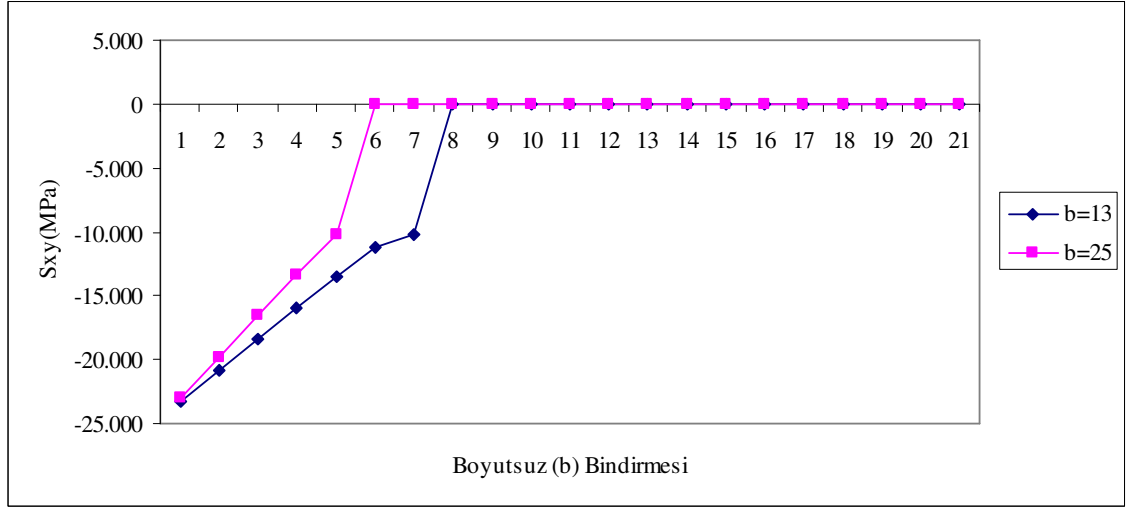
Şekil E.195. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



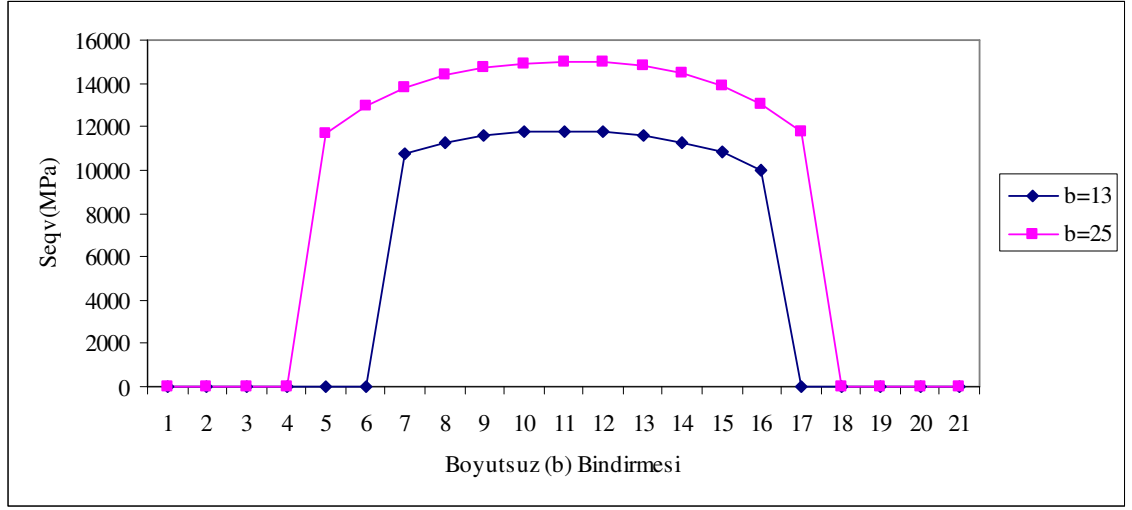
Şekil E.196. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



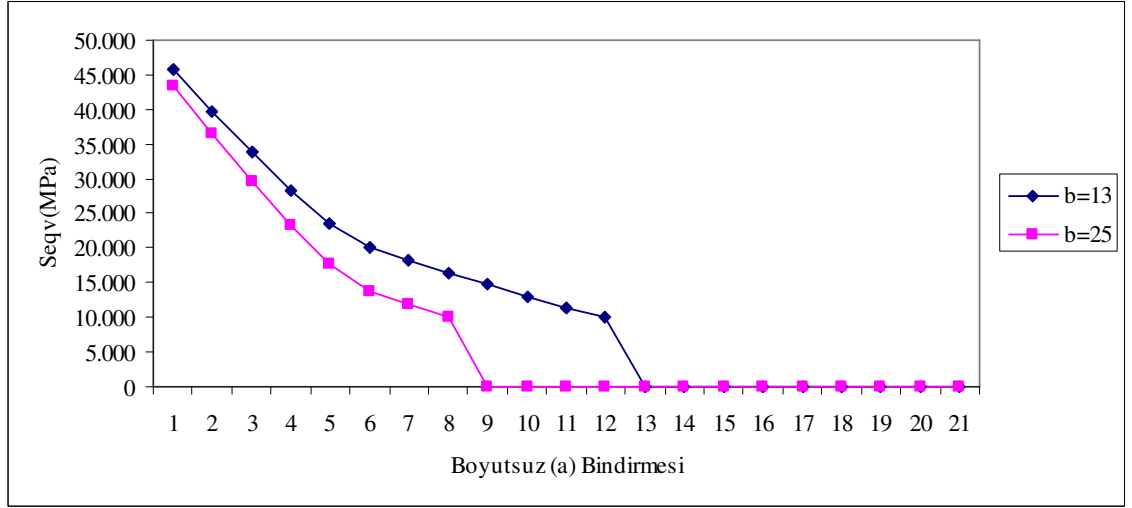
Şekil E.197. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



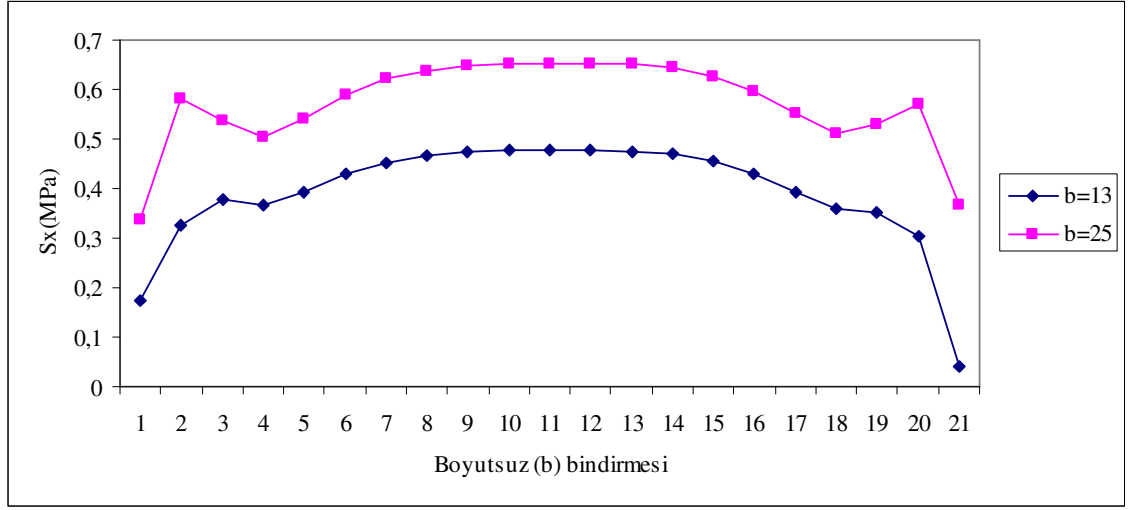
Şekil E.198. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



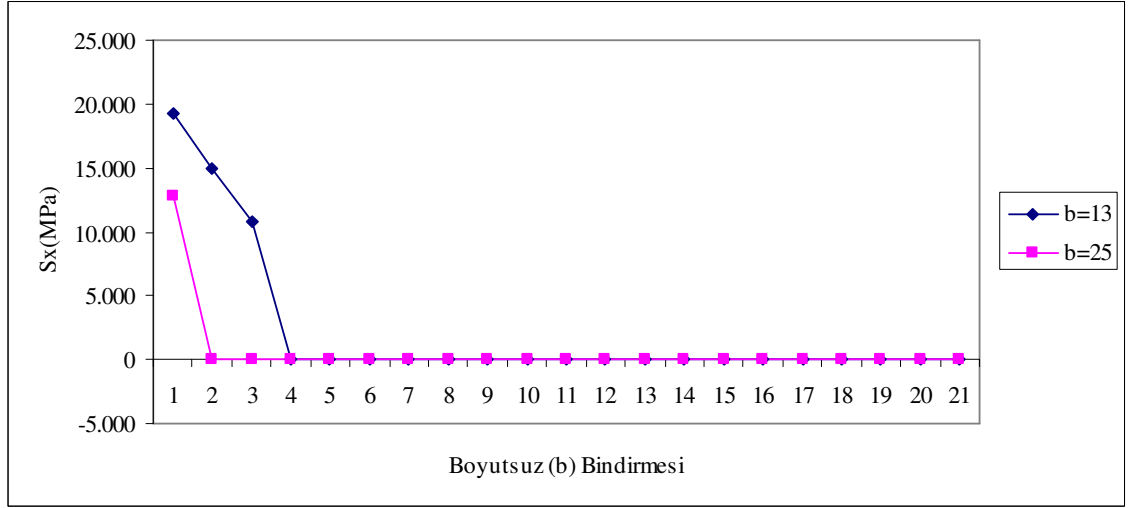
Şekil E.199. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Seq_v 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



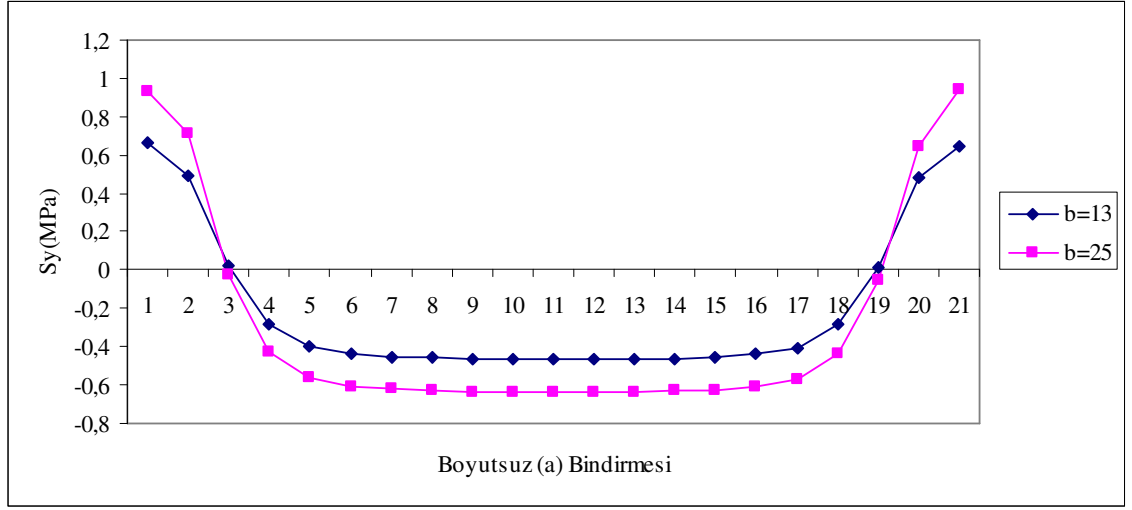
Şekil E.200. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Seq_v 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



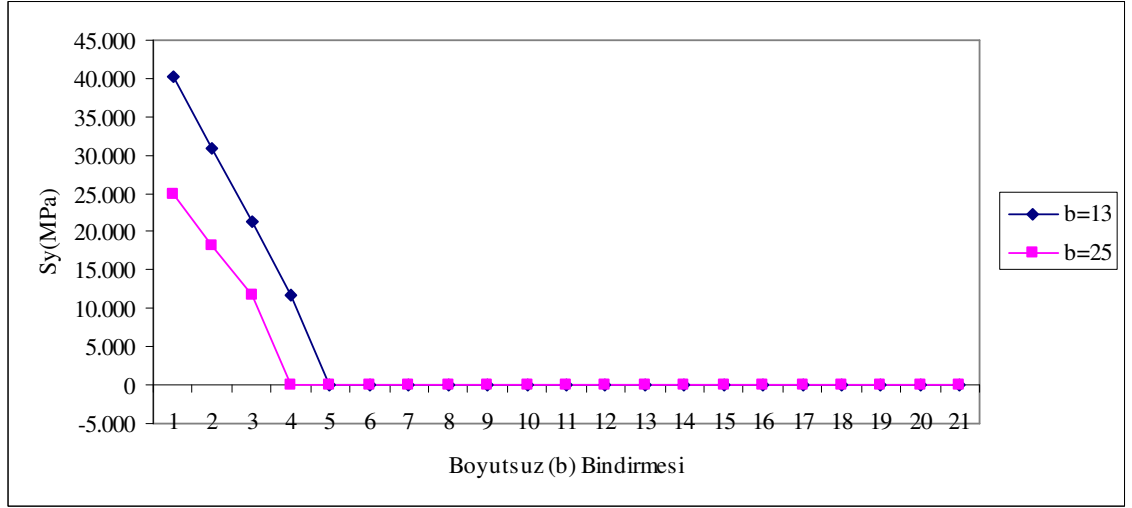
Şekil E.201. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



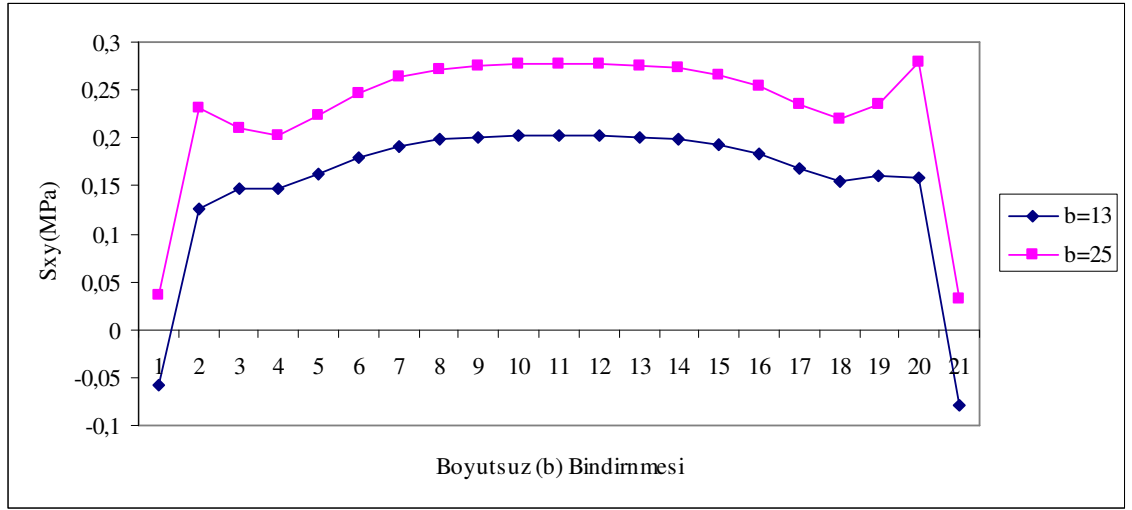
Şekil E.202. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



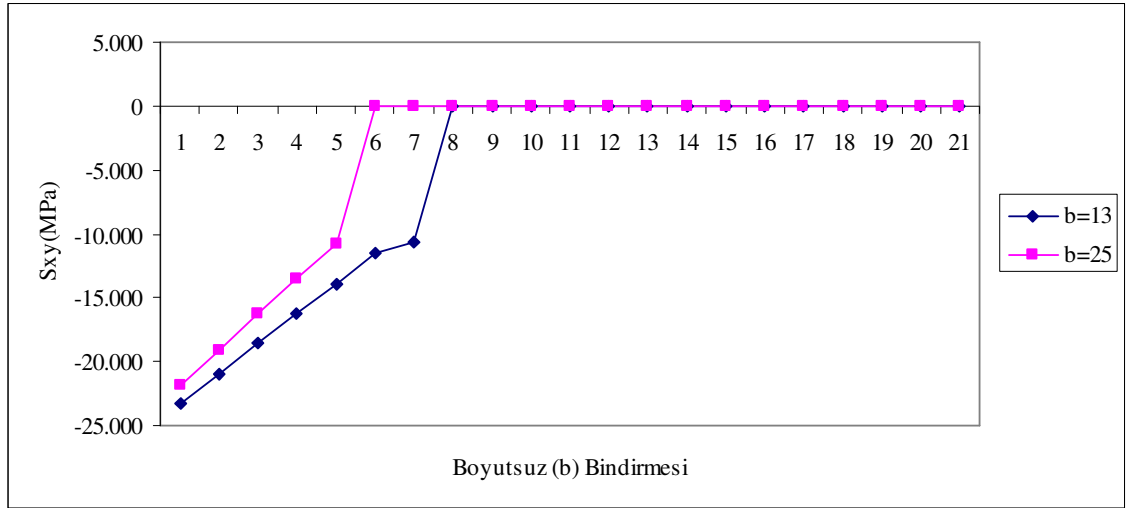
Şekil E.203. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



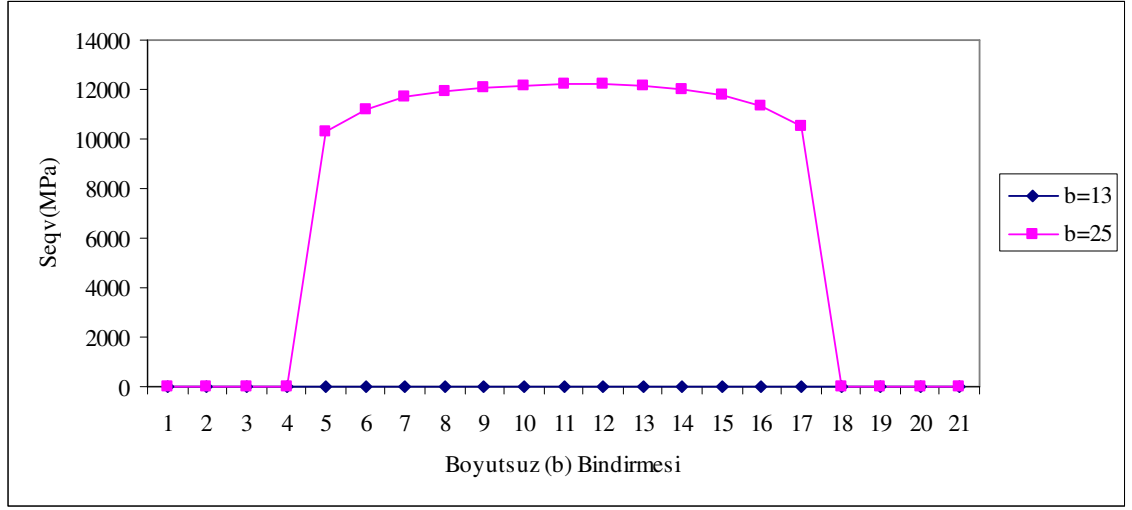
Şekil E.204. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



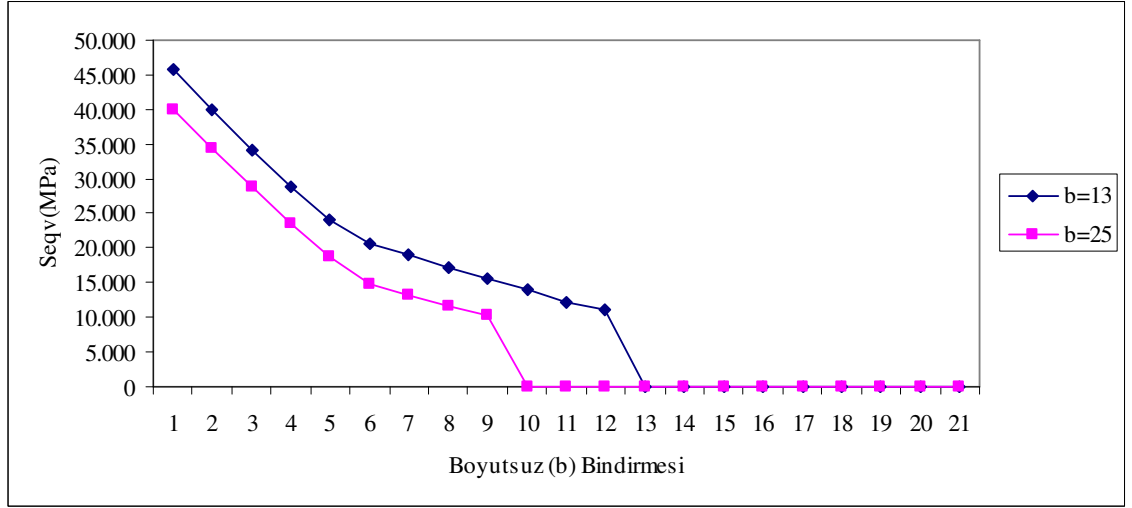
Şekil E.205. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



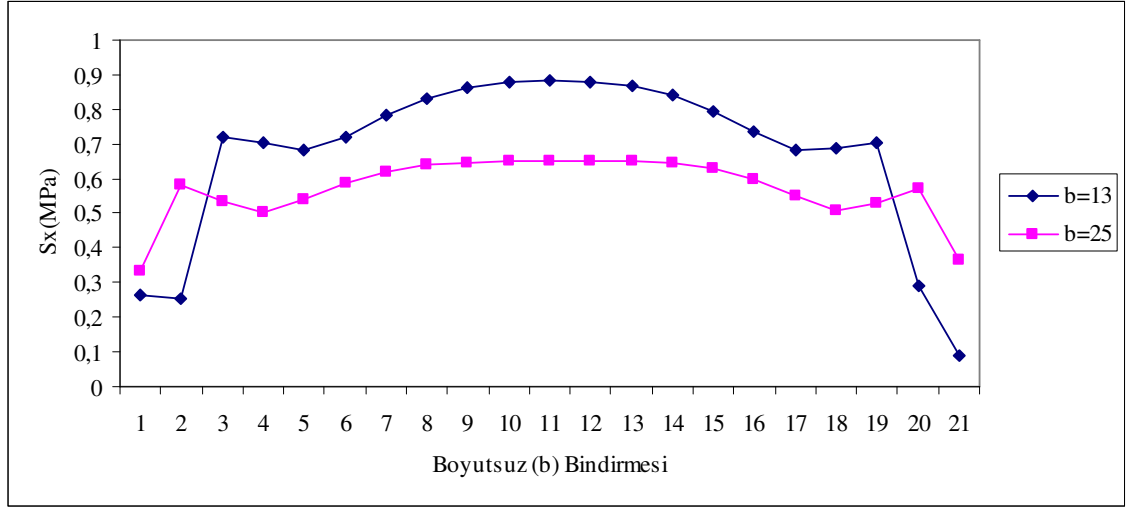
Şekil E.206. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



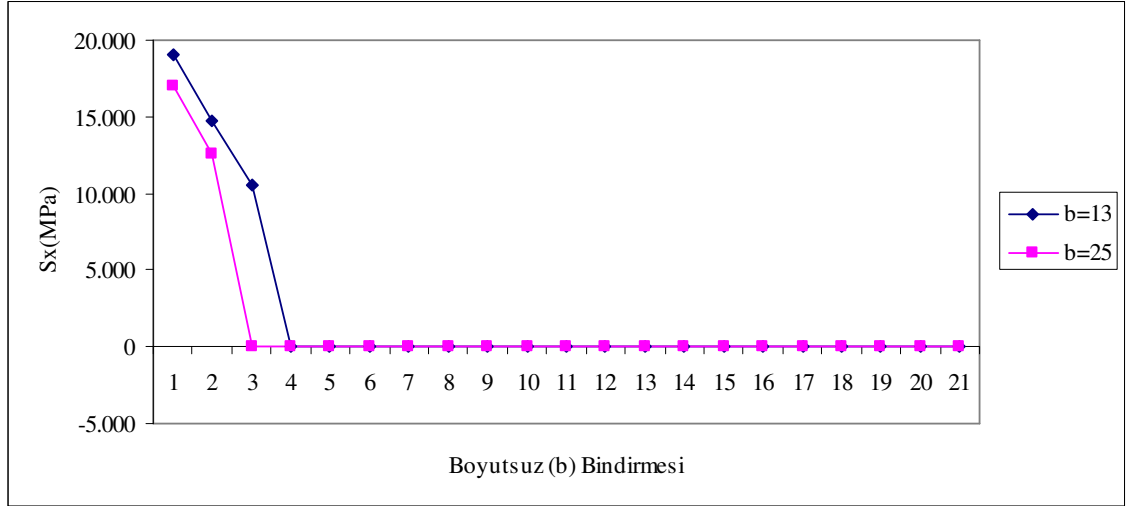
Şekil E.207. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Seqv'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



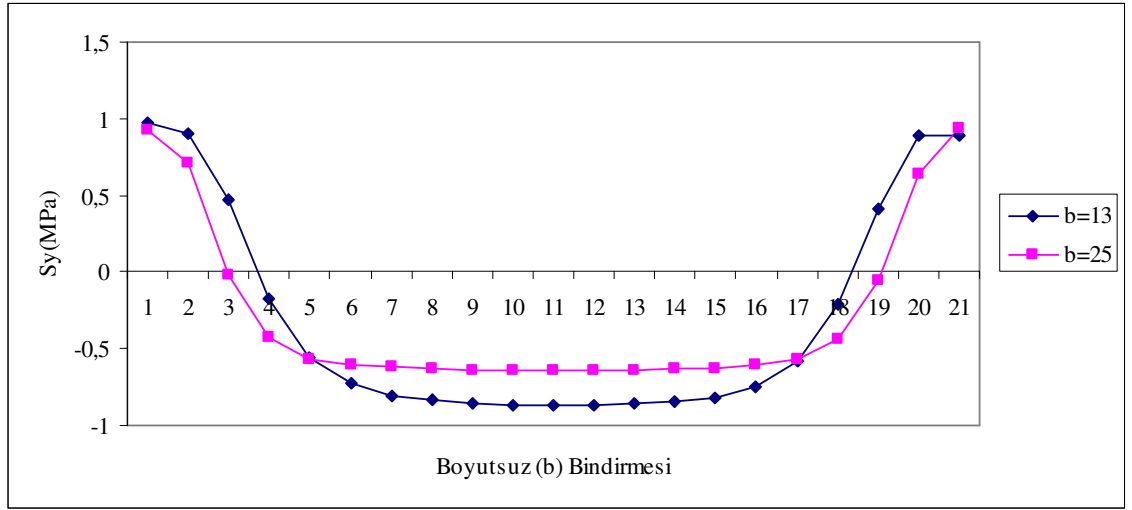
Şekil E.208. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Seqv'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



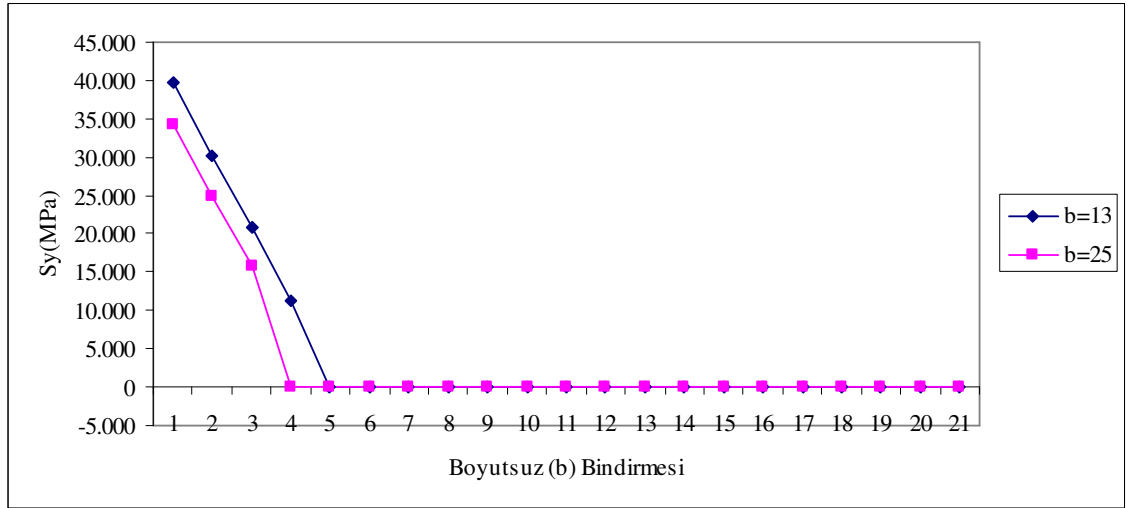
Şekil E.209. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



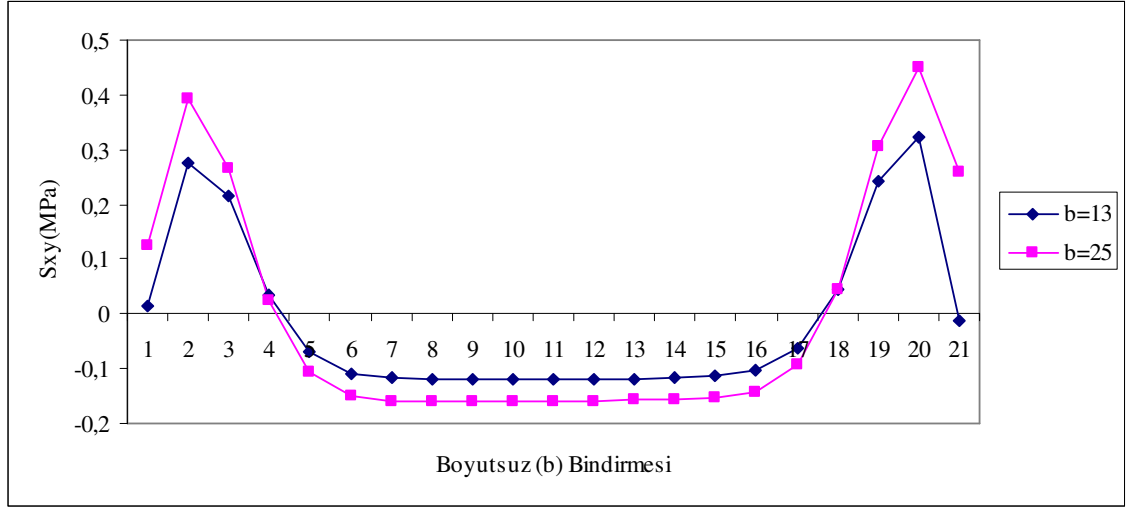
Şekil E.210. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



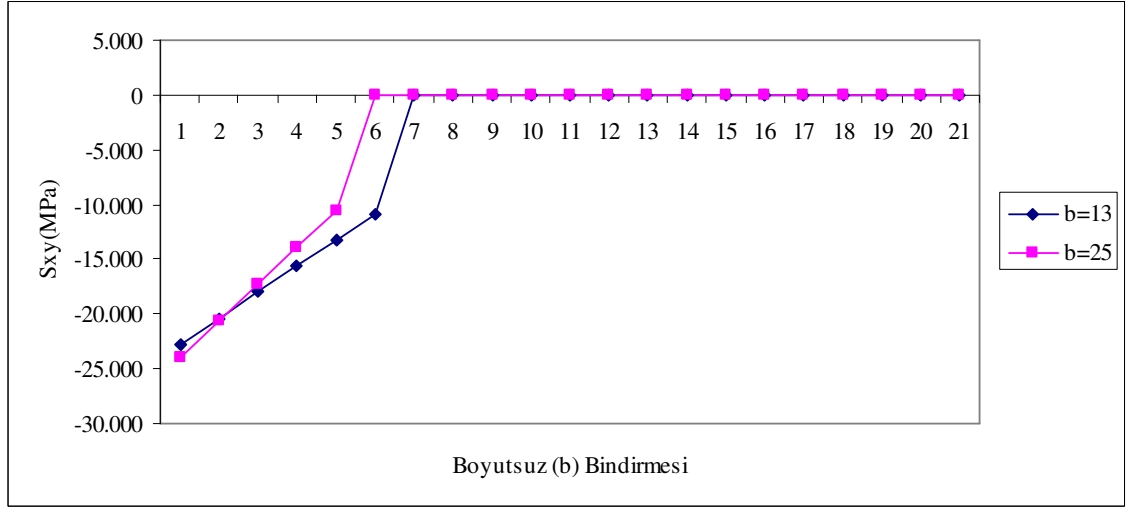
Şekil E.211. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



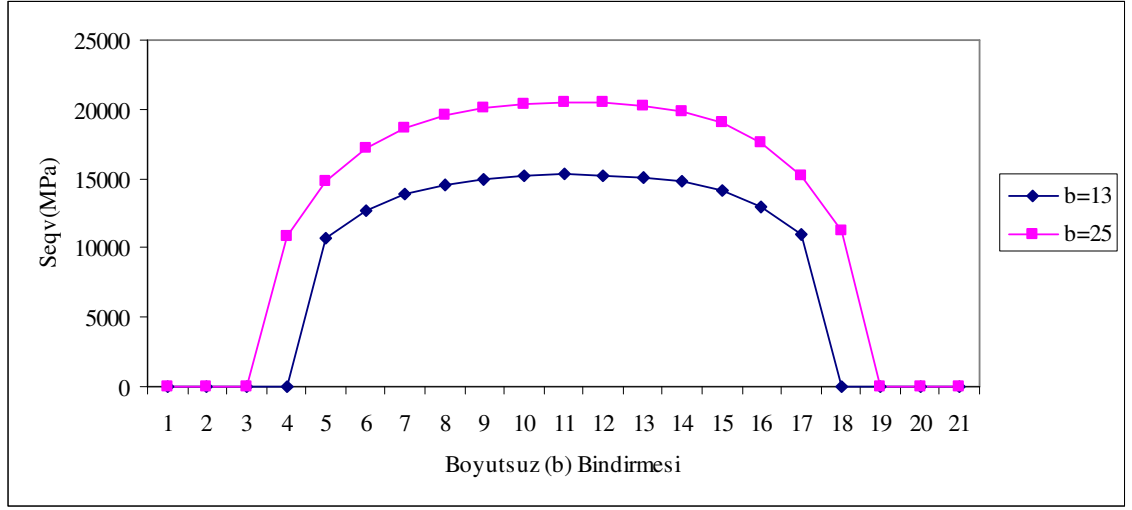
Şekil E.212. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



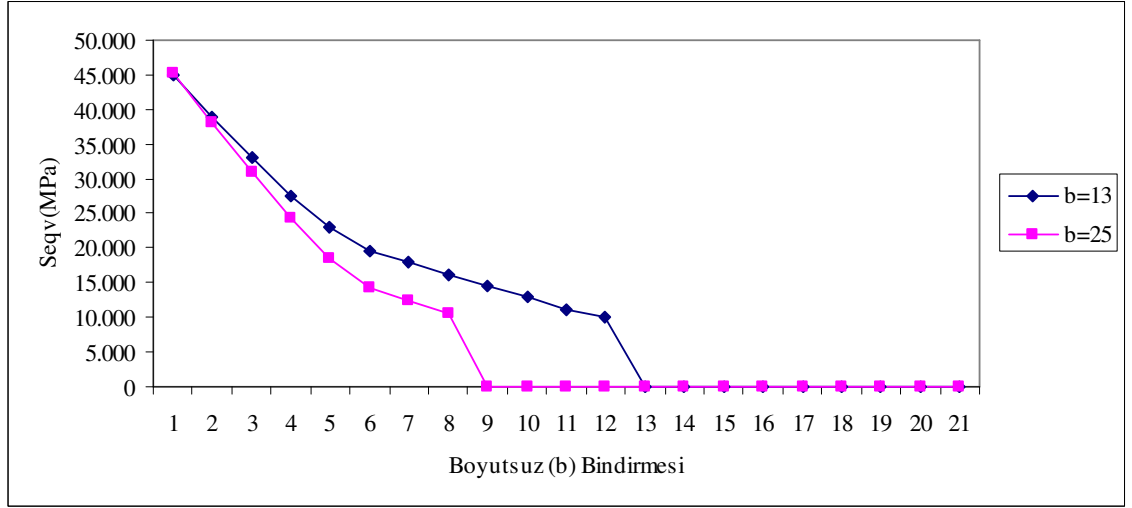
Şekil E.213. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



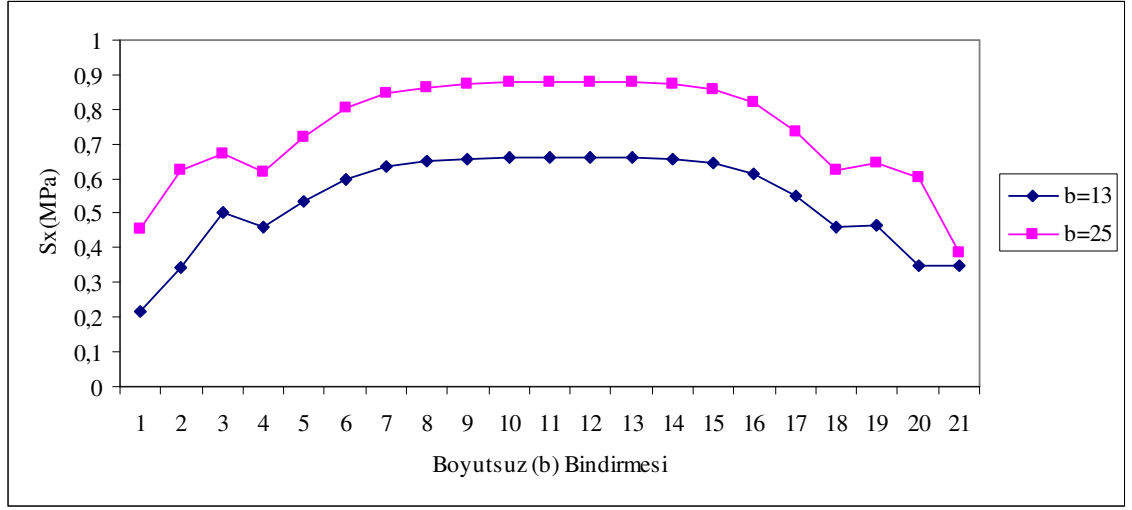
Şekil E.214. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



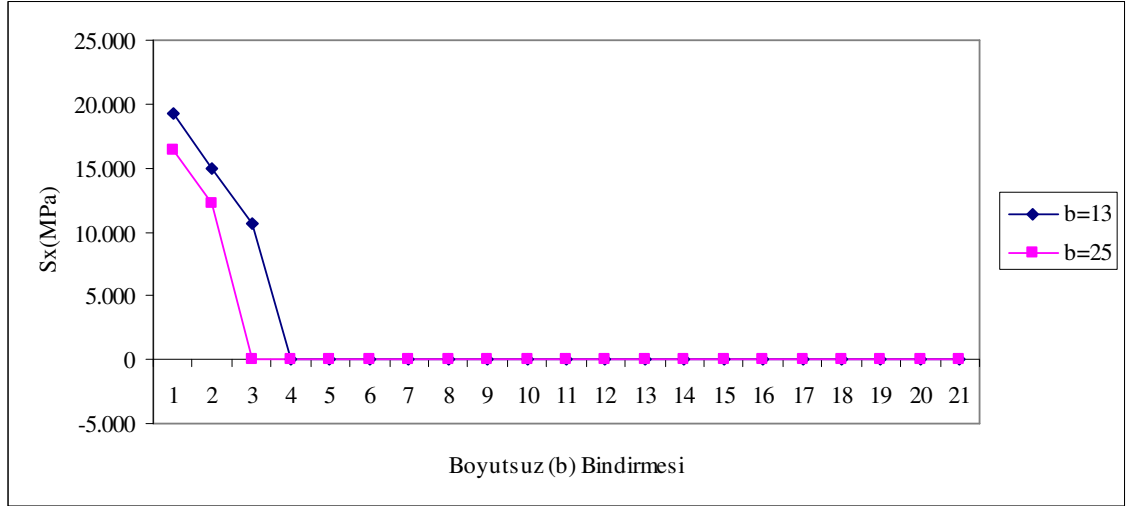
Şekil E.215. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Seq_v 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



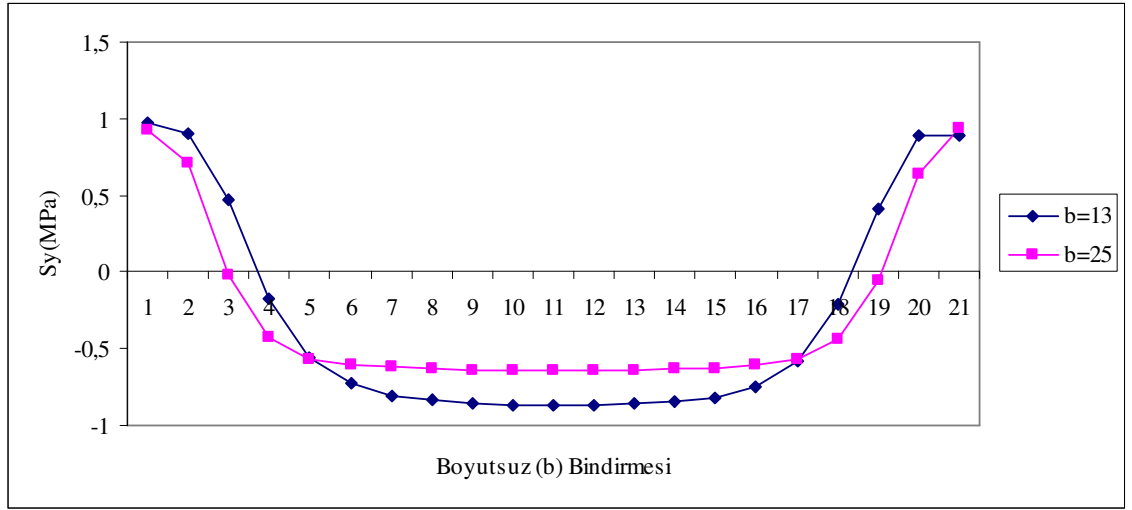
Şekil E.216. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Seq_v 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



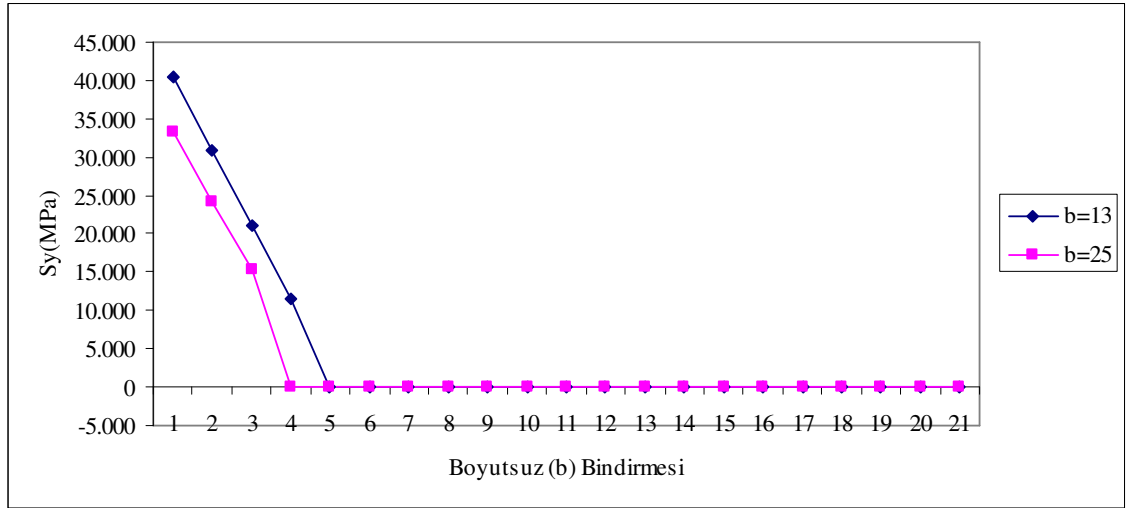
Şekil E.217. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



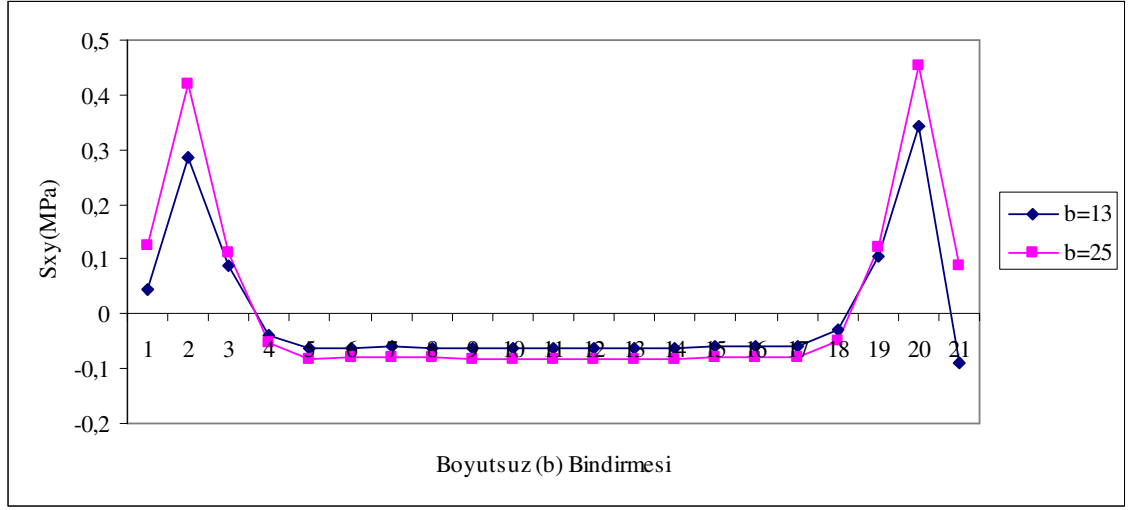
Şekil E.218. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



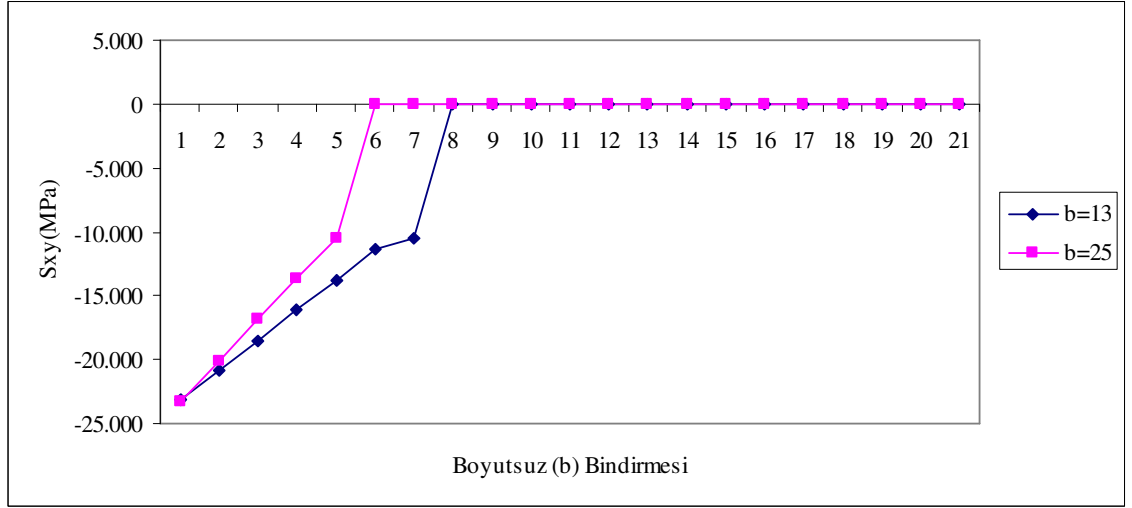
Şekil E.219. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



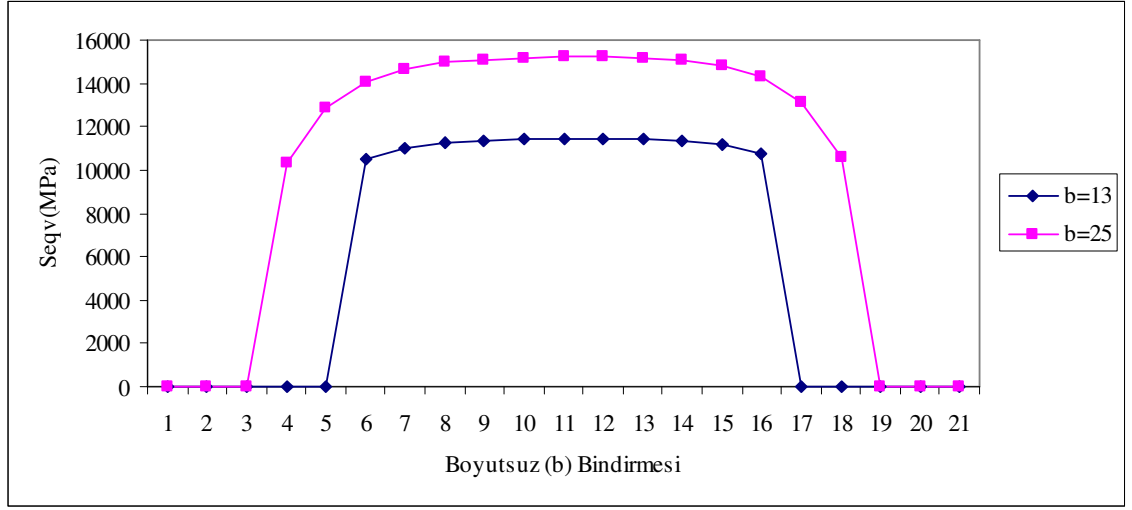
Şekil E.220. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



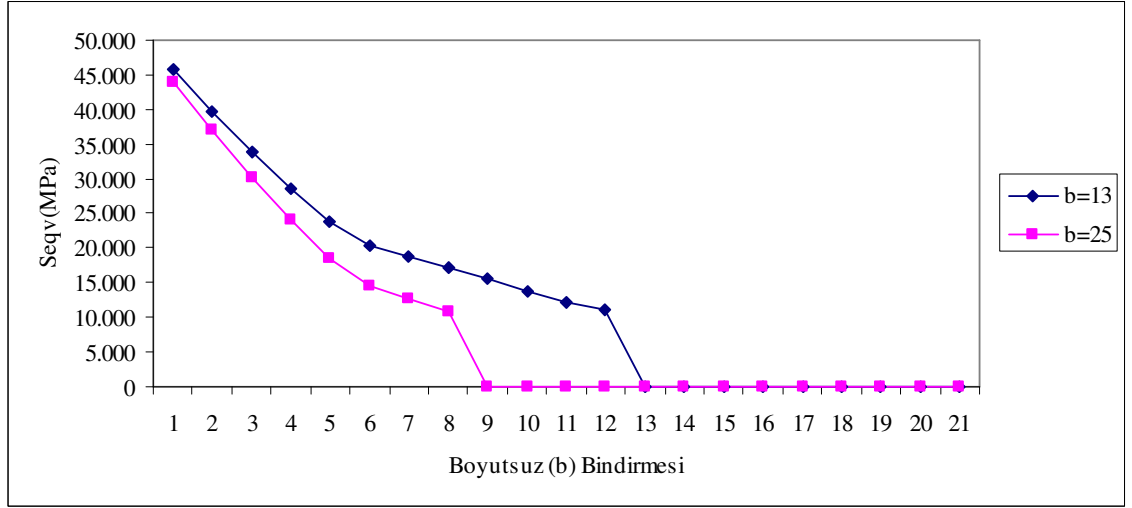
Şekil E.221. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



Şekil E.222. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

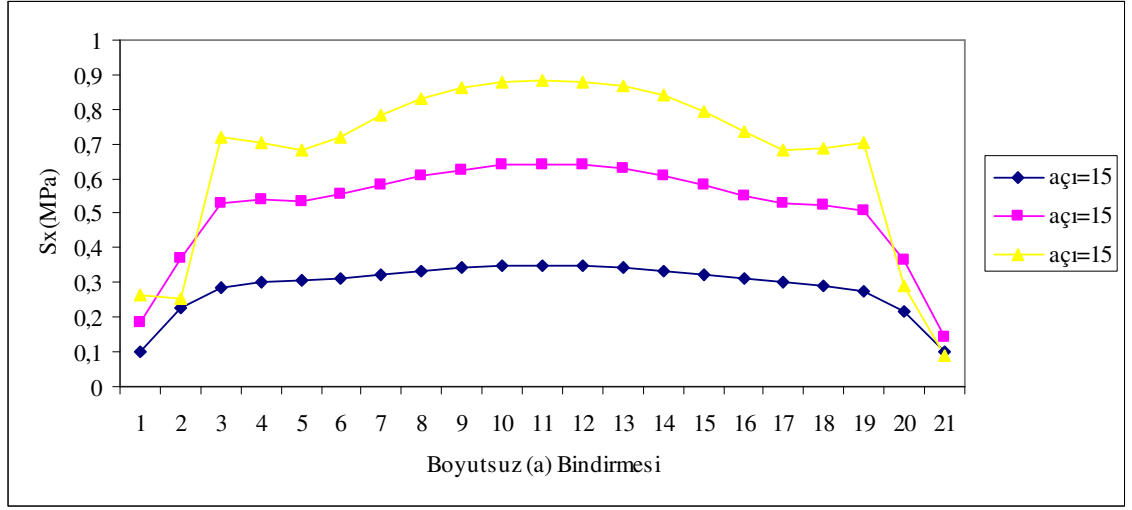


Şekil E.223. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Seq_v 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

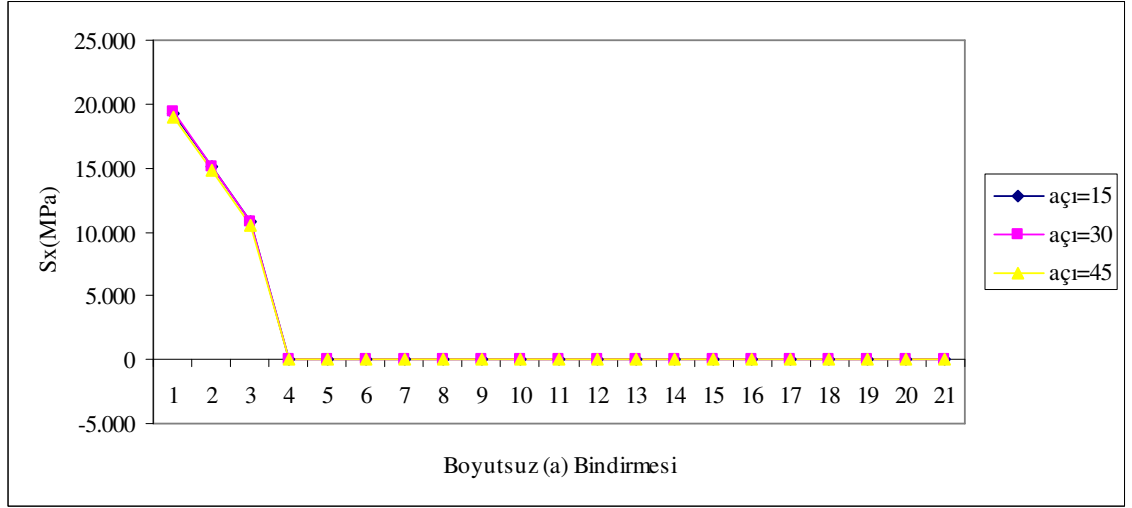


Şekil E.224. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Seq_v 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

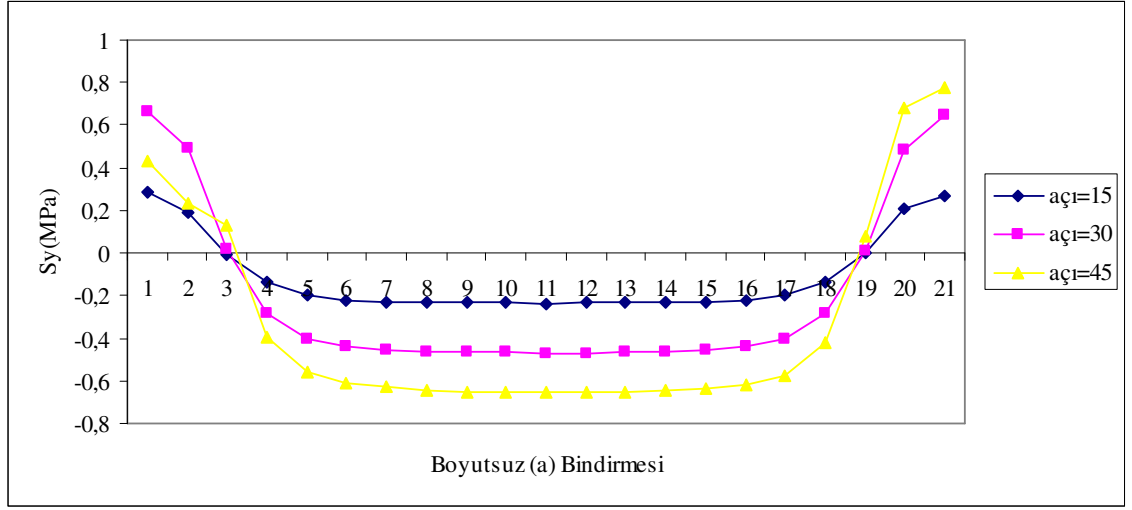
Ek.2.3. (θ) Bindirme Açısına Göre Karşılaştırma



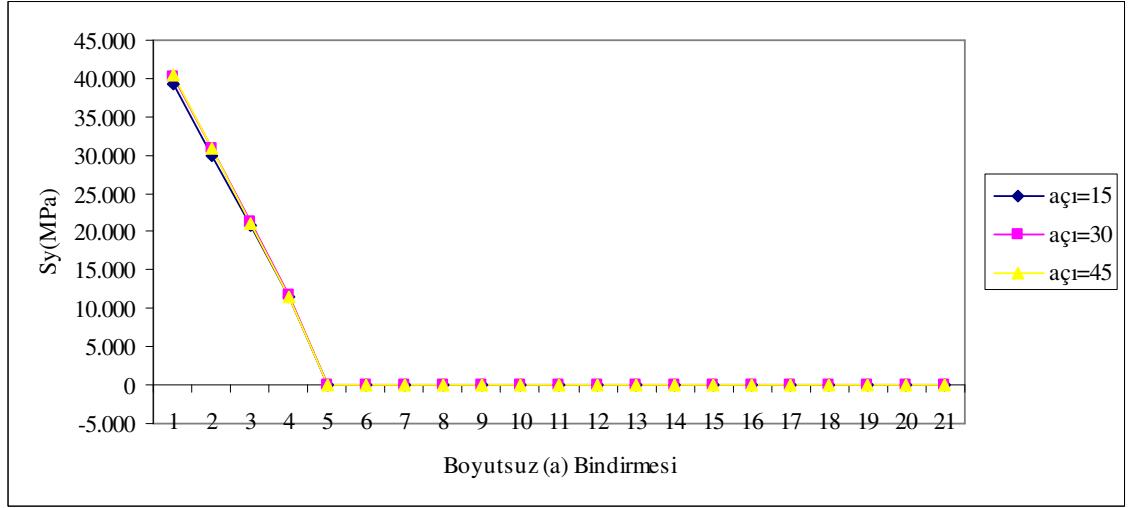
Şekil E.225. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



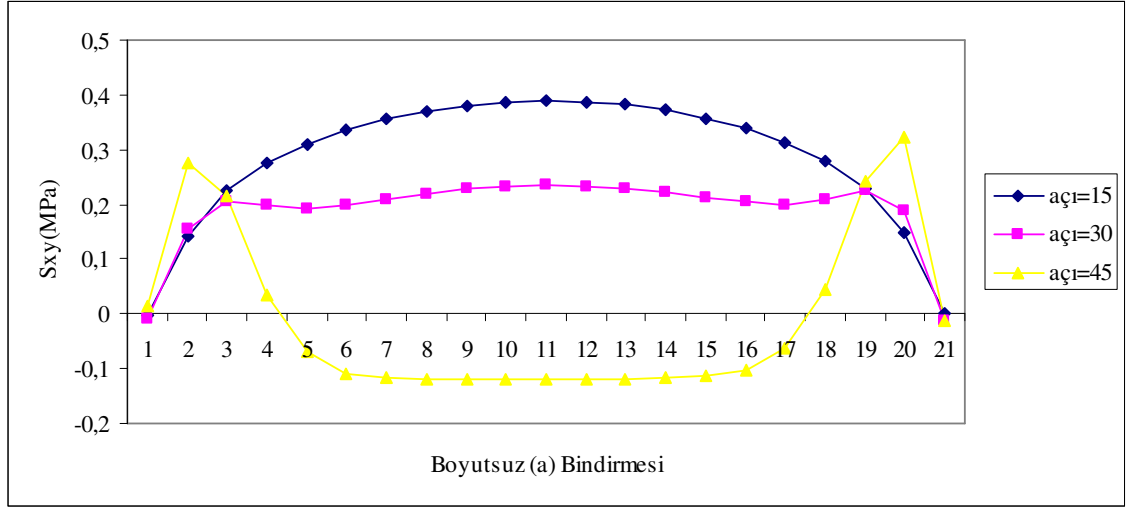
Şekil E.226. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



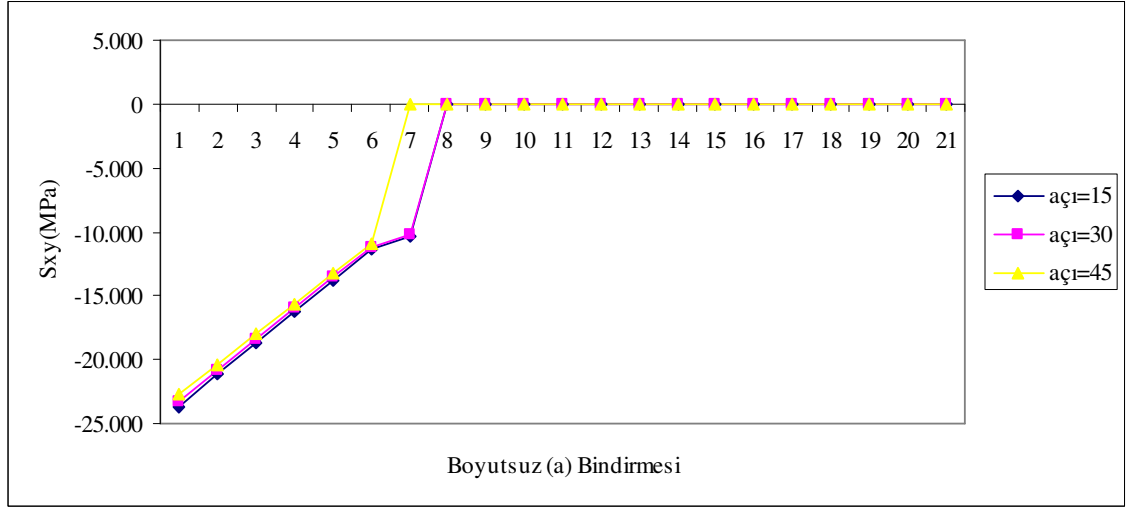
Şekil E.227. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



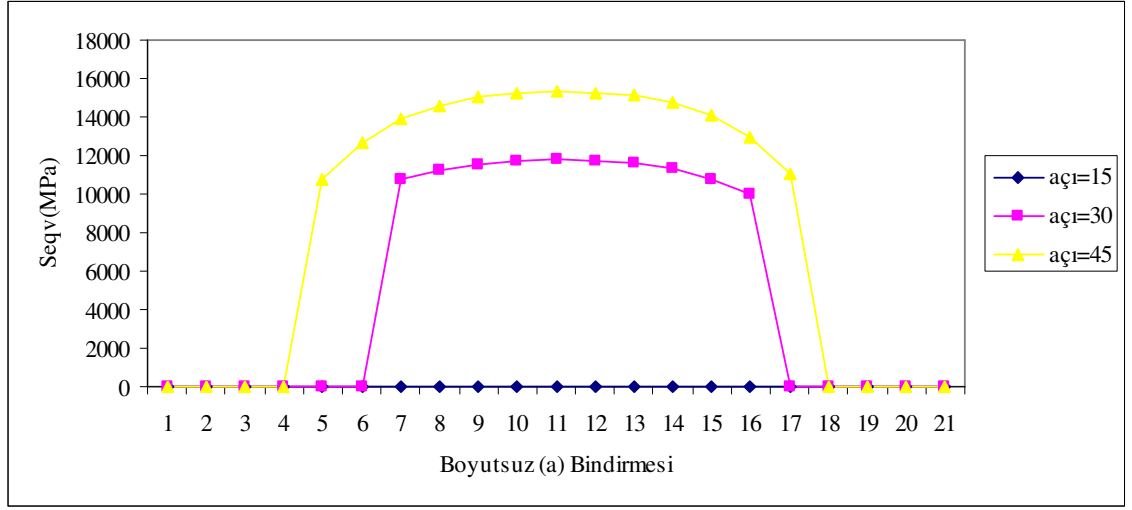
Şekil E.228. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



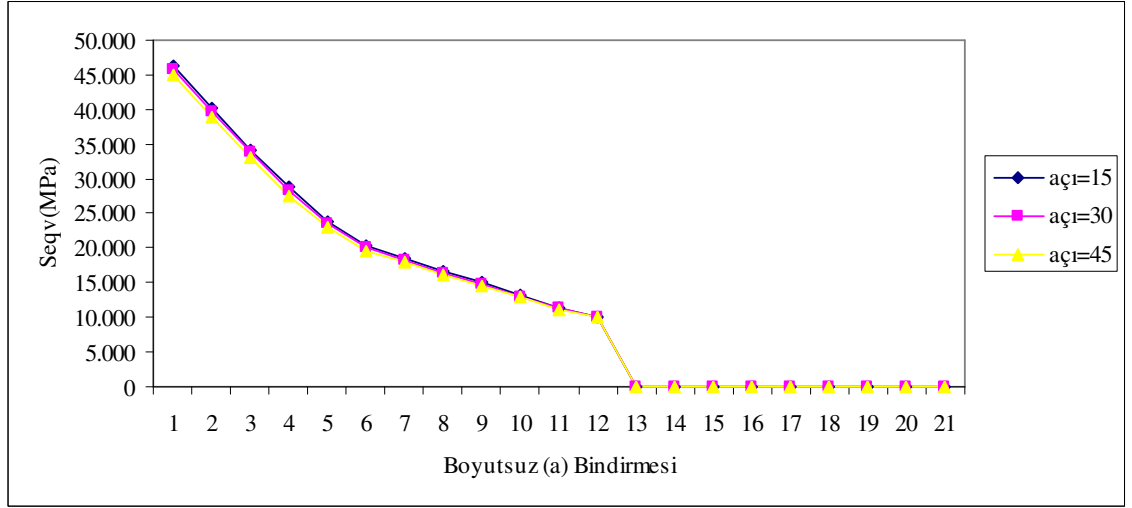
Şekil E.229. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



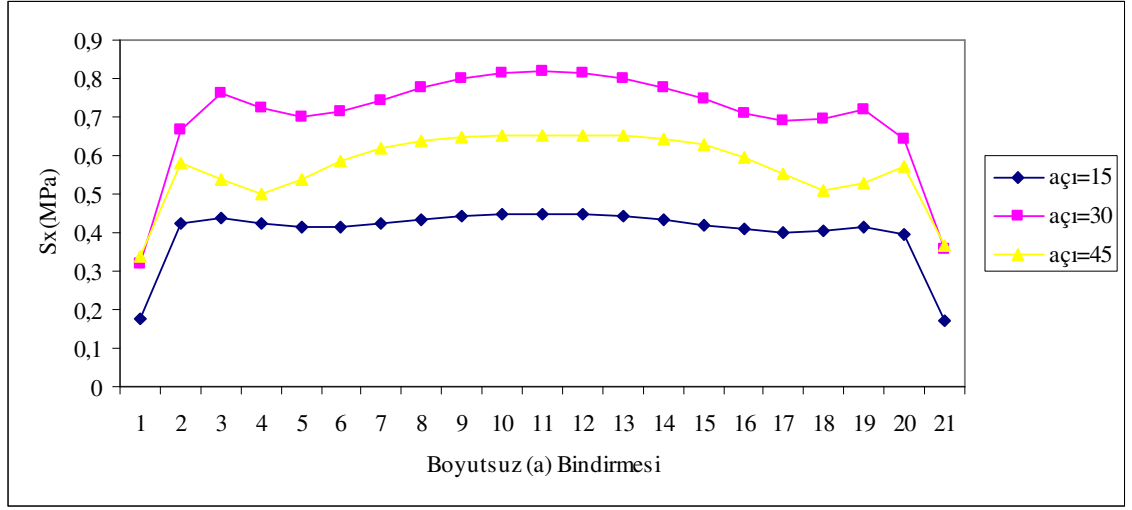
Şekil E.230. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



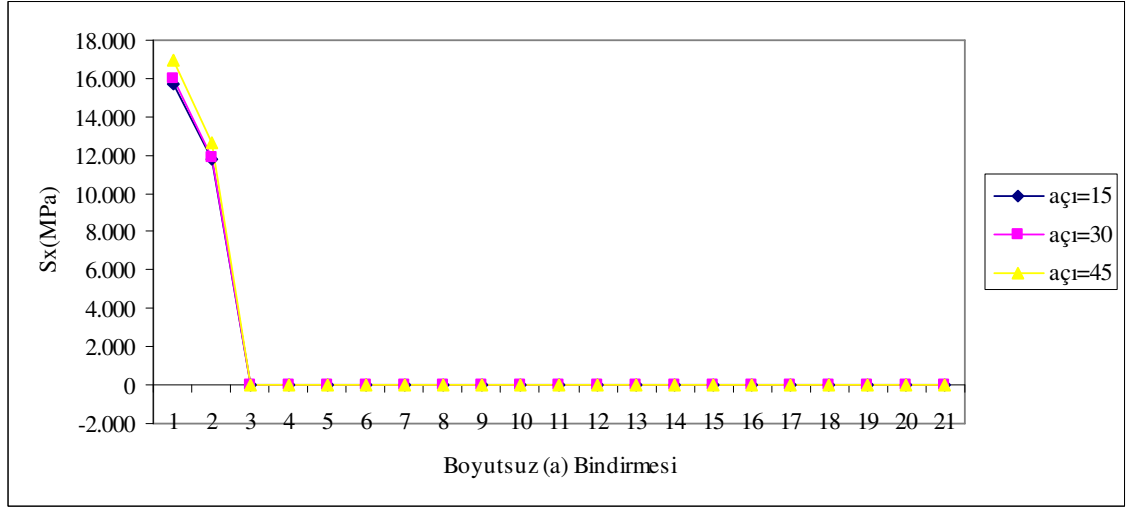
Şekil E.231. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken Seqv'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



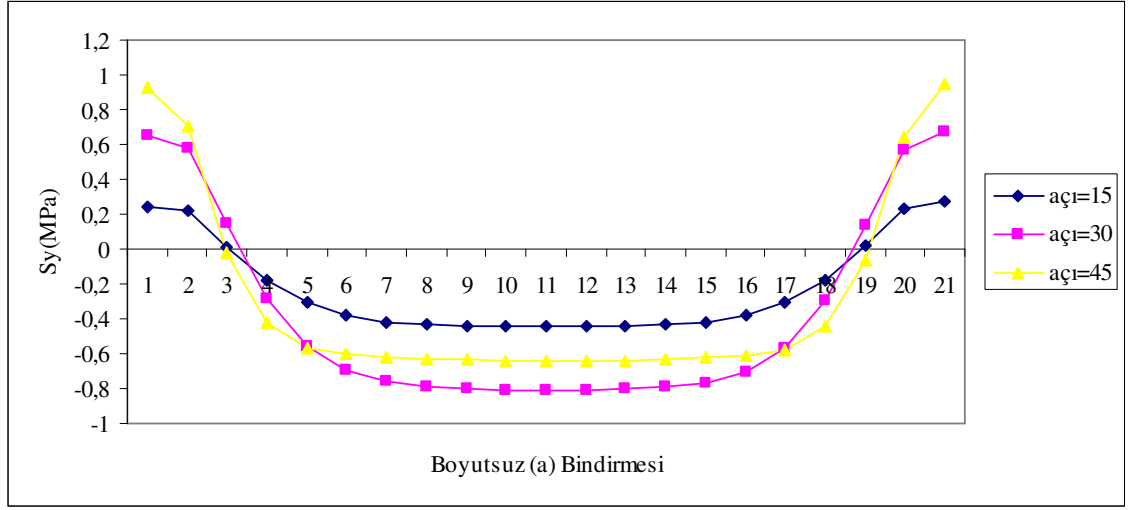
Şekil E.232. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken Seqv'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



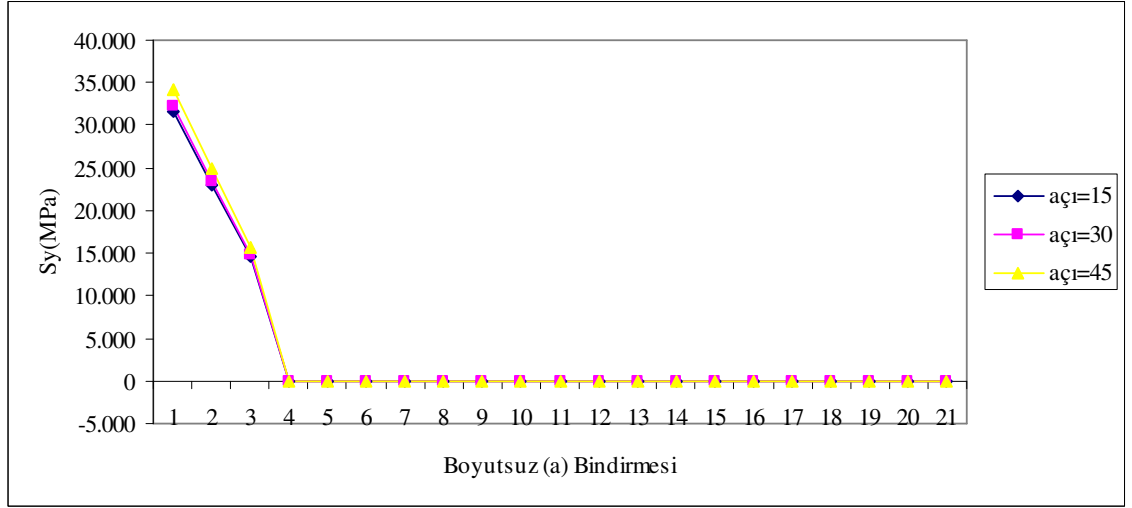
Şekil E.233. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



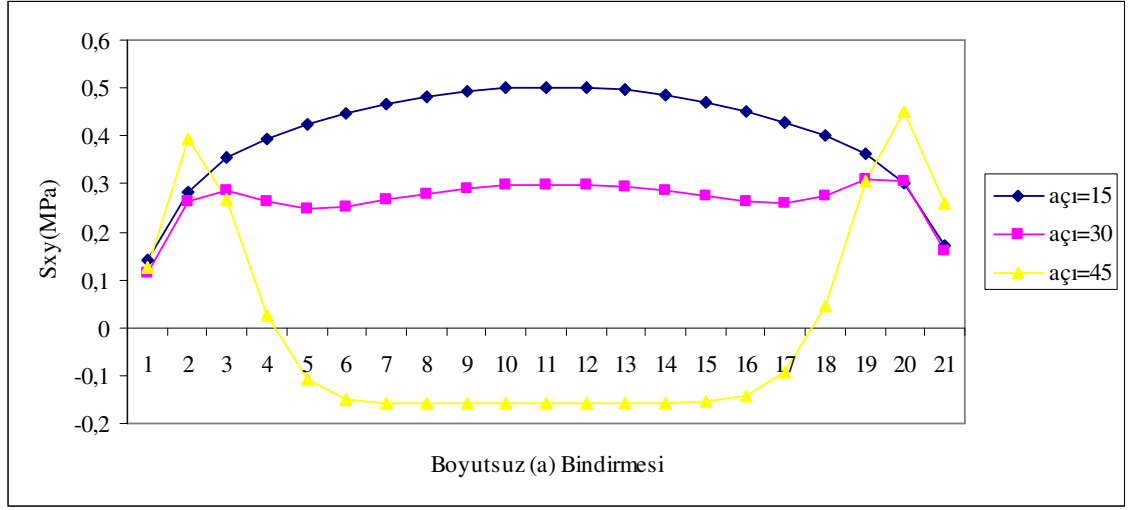
Şekil E.234. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



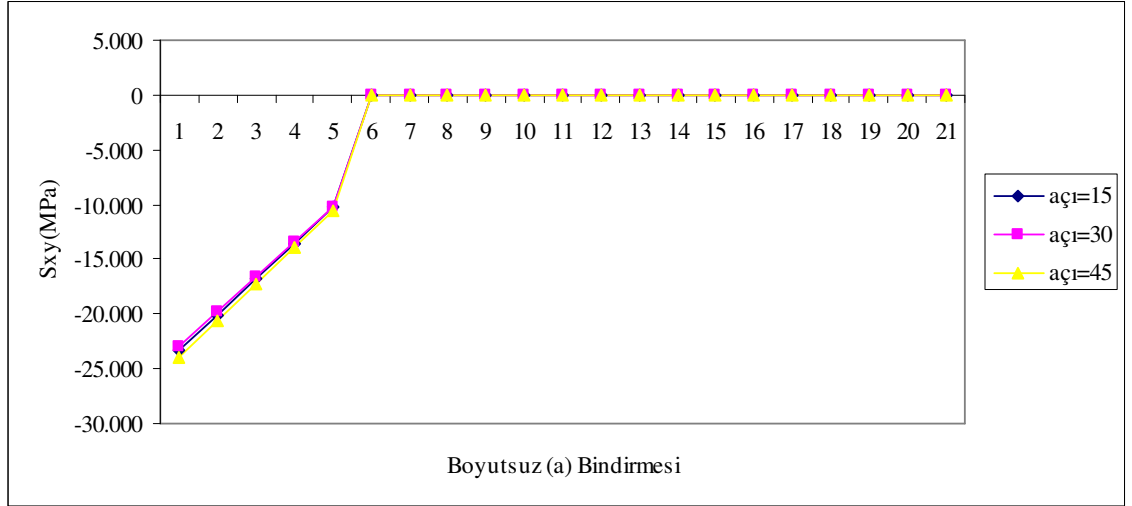
Şekil E.235. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



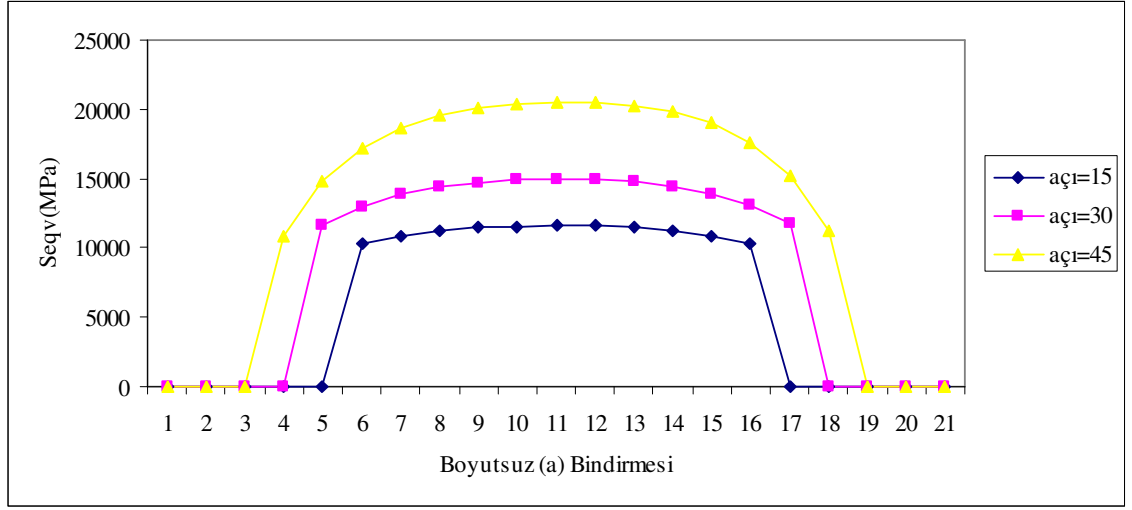
Şekil E.236. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



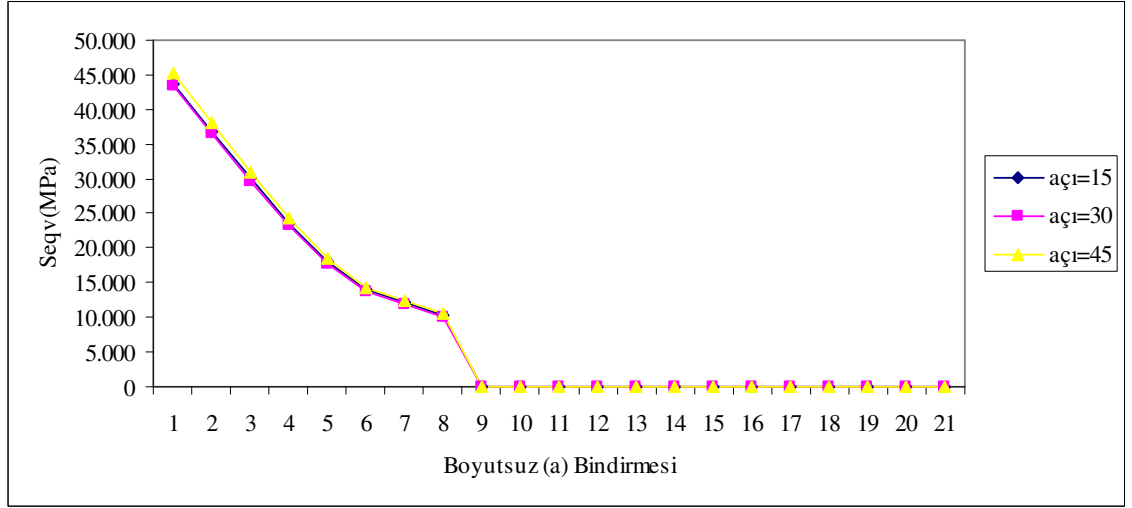
Şekil E.237. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



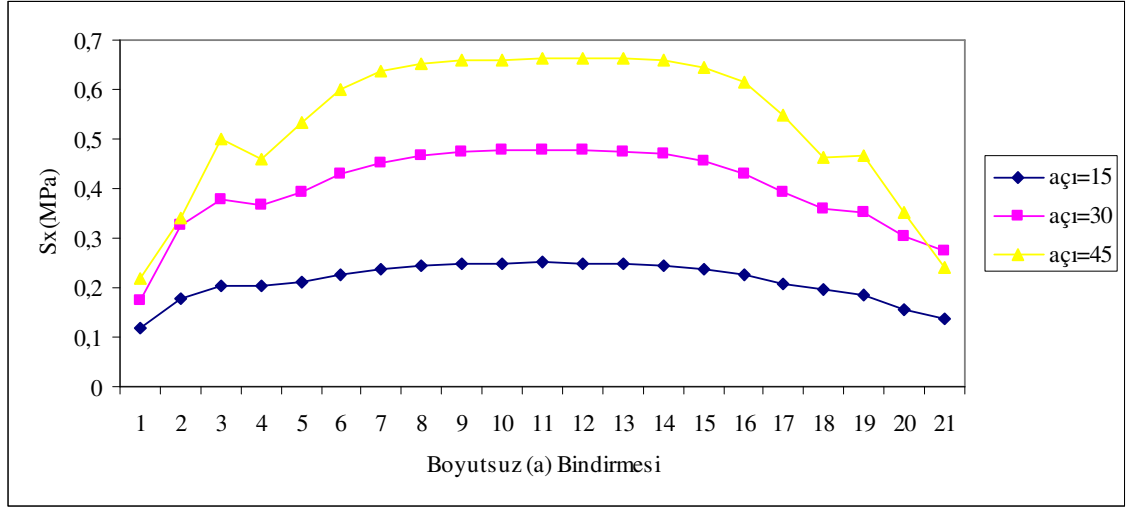
Şekil E.238. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



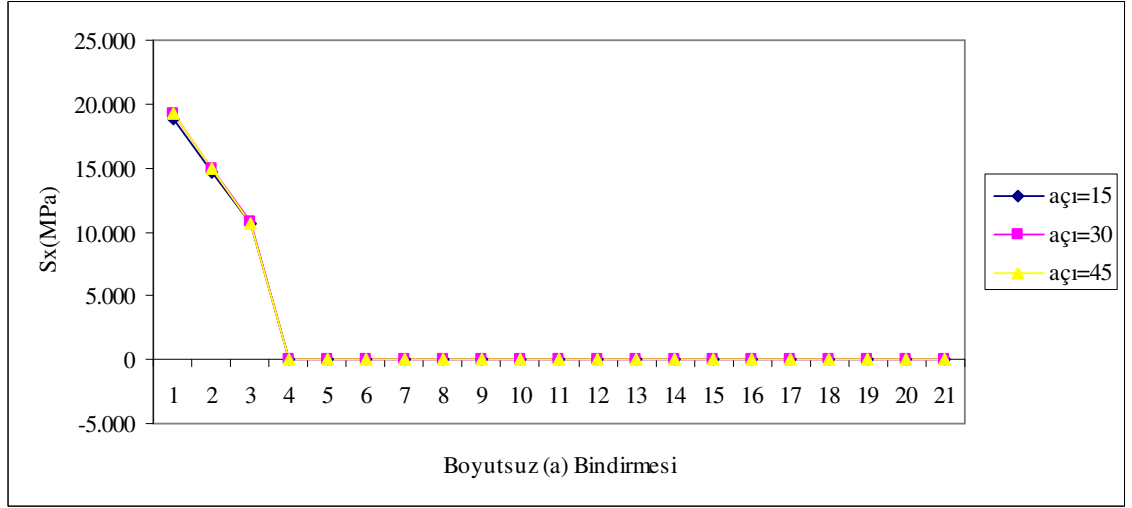
Şekil E.239. $\theta = 15^\circ$, $\theta = 30^\circ$ ve $\theta = 45^\circ$ için $a = 30$ mm ve $b = 25$ mm iken Seqv'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



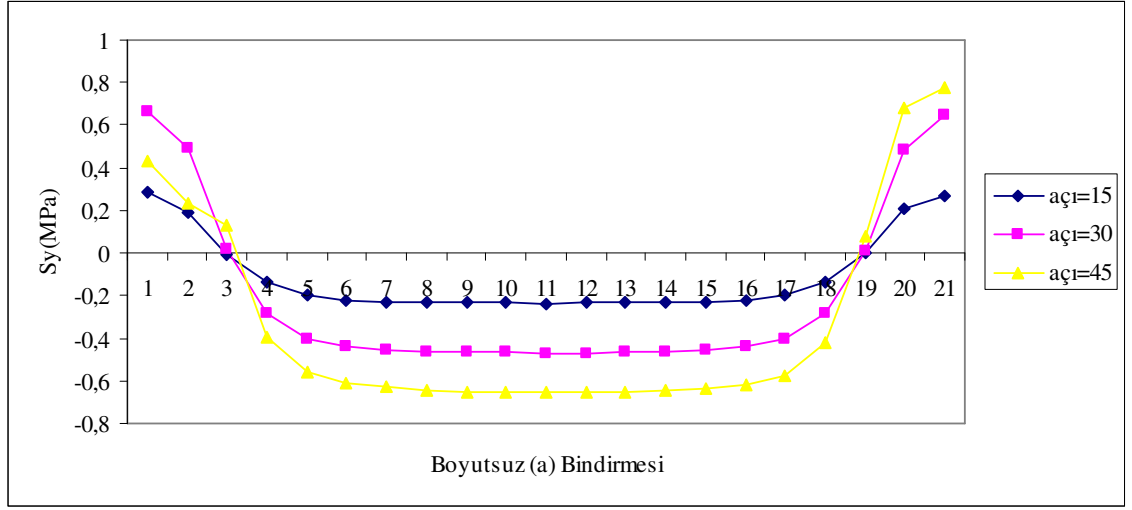
Şekil E.240. $\theta = 15^\circ$, $\theta = 30^\circ$ ve $\theta = 45^\circ$ için $a = 30$ mm ve $b = 25$ mm iken Seqv'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



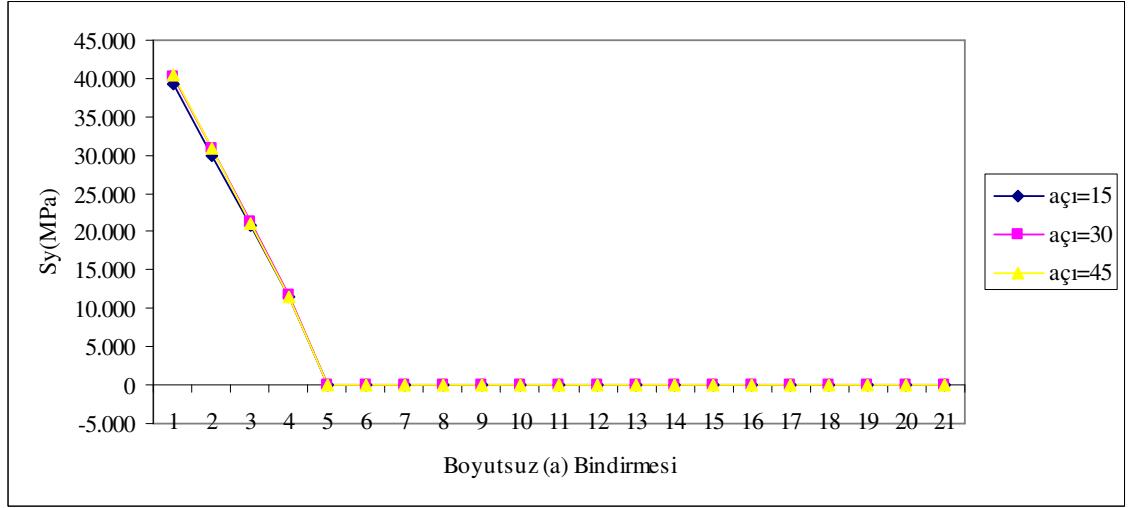
Şekil E.241. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



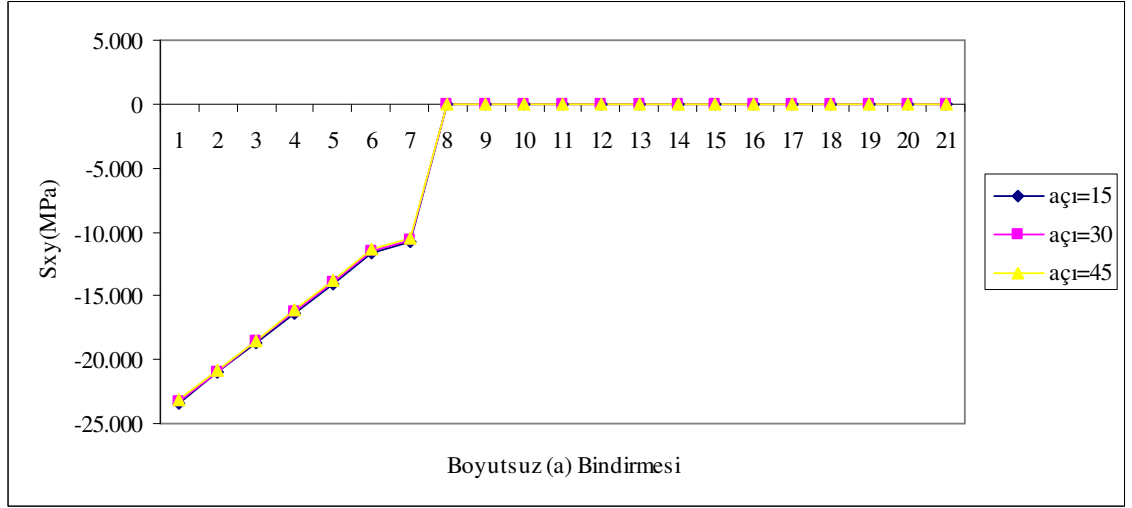
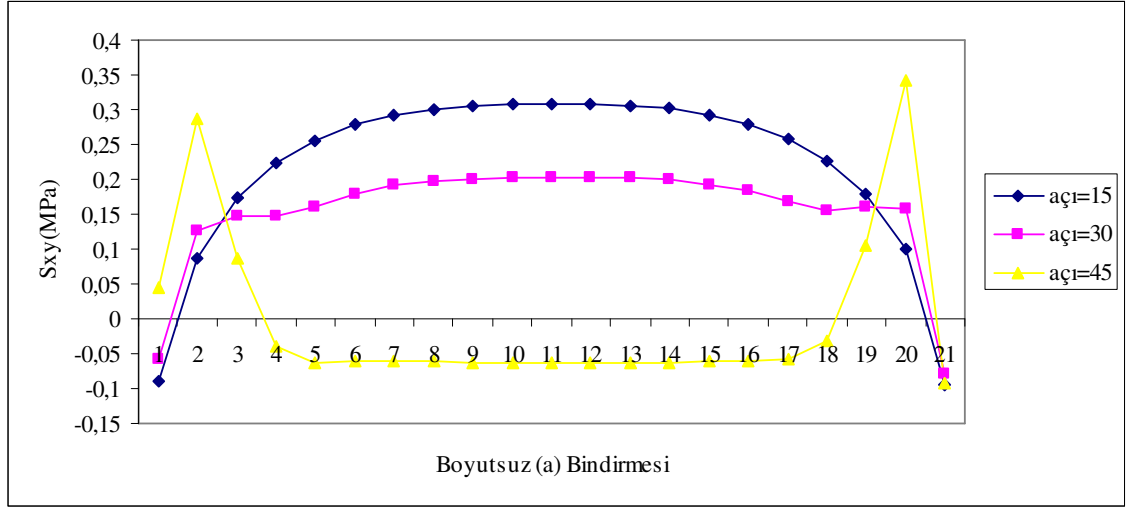
Şekil E.242. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

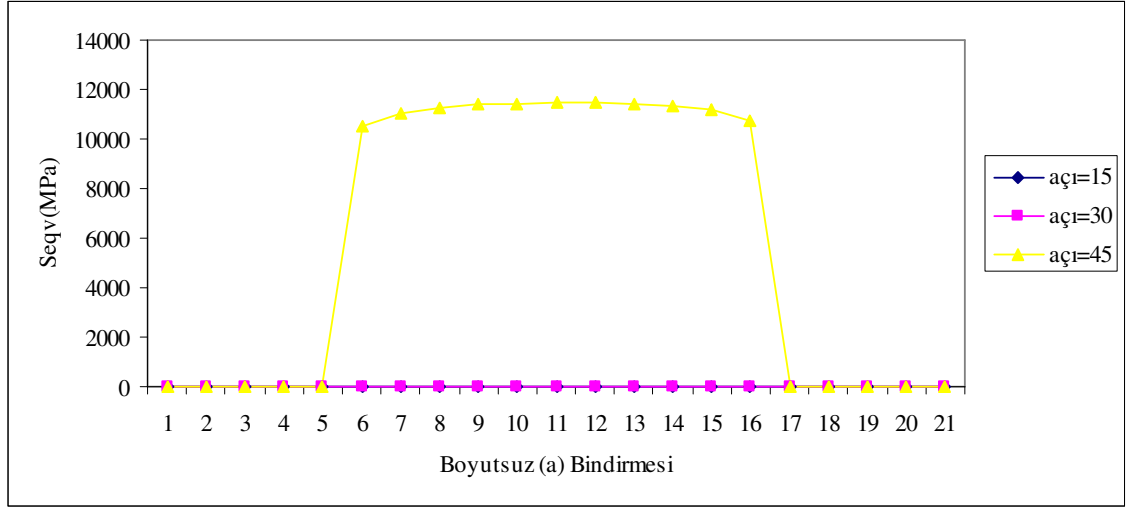


Şekil E.243. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

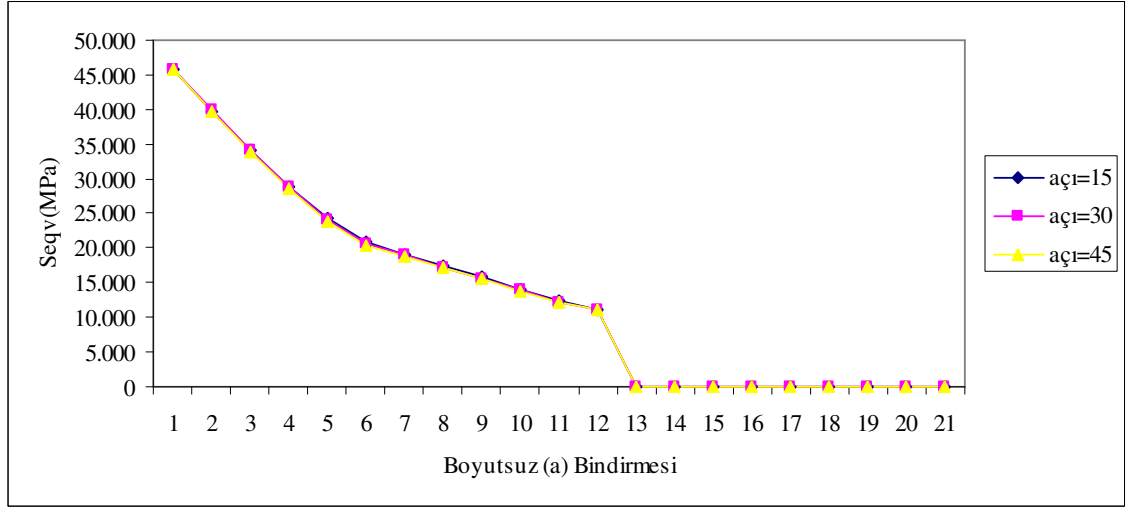


Şekil E.244. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

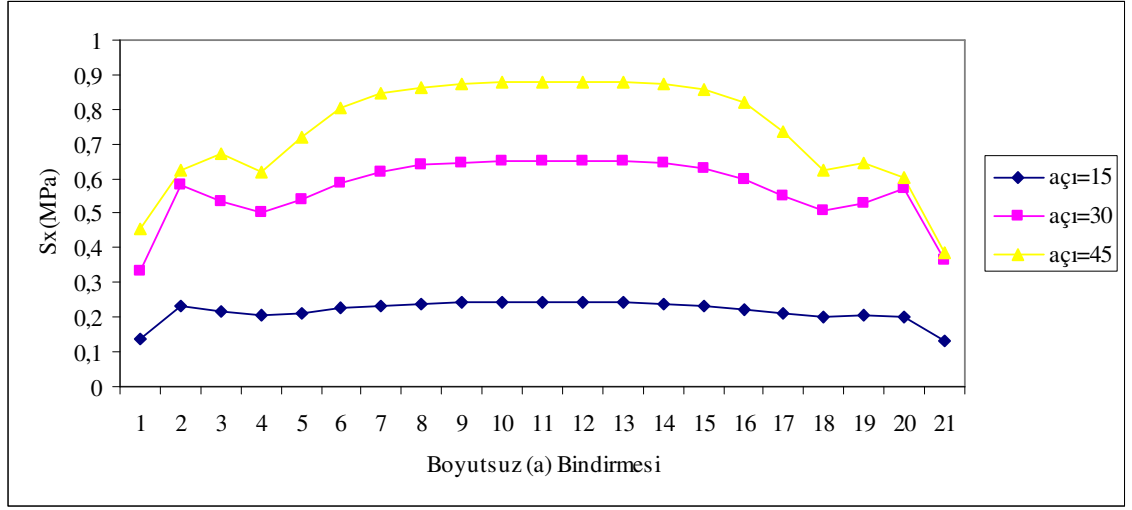




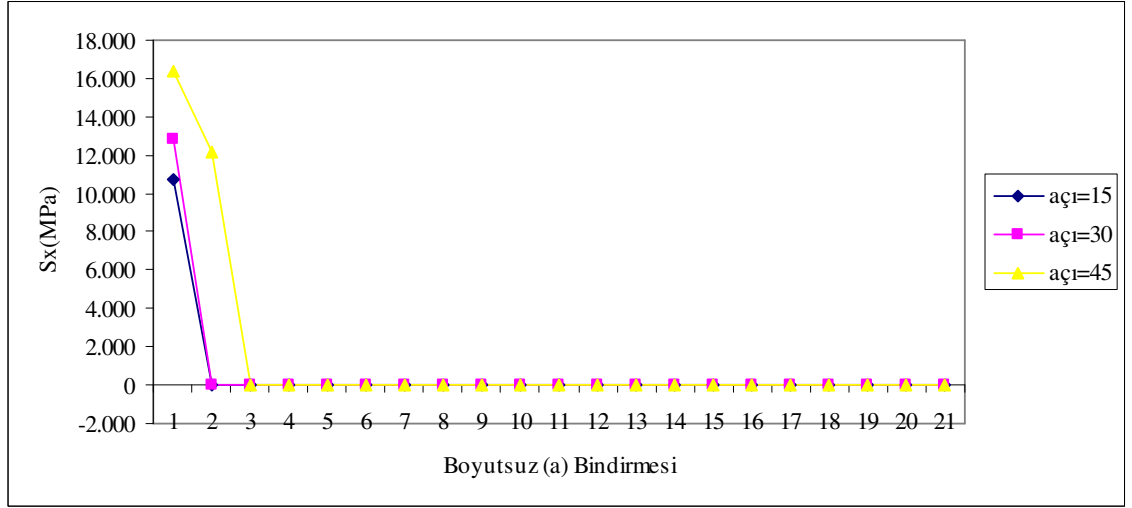
Şekil E.247. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken Seqv'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



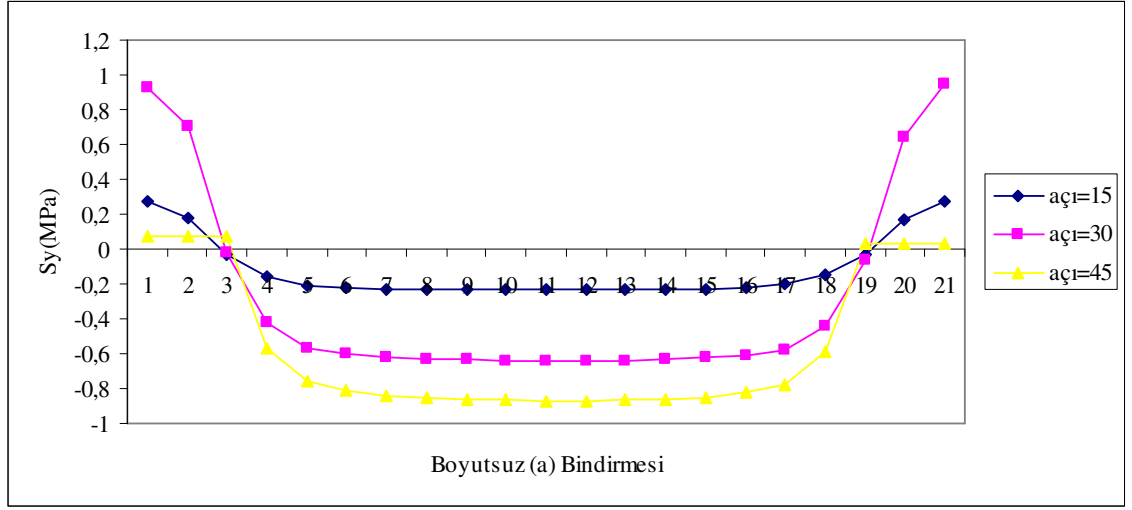
Şekil E.248. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken Seqv'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



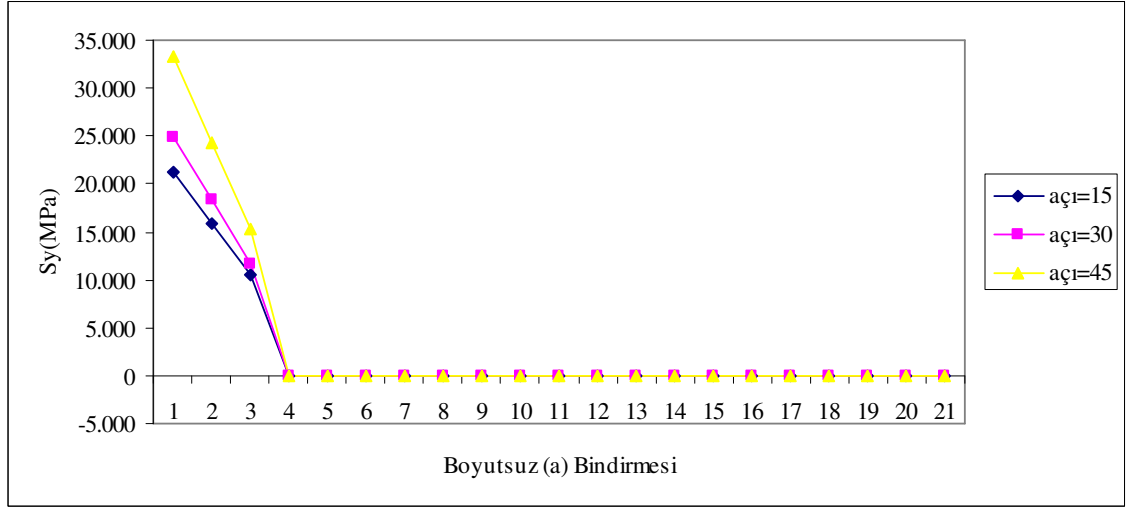
Şekil E.249. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'in (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



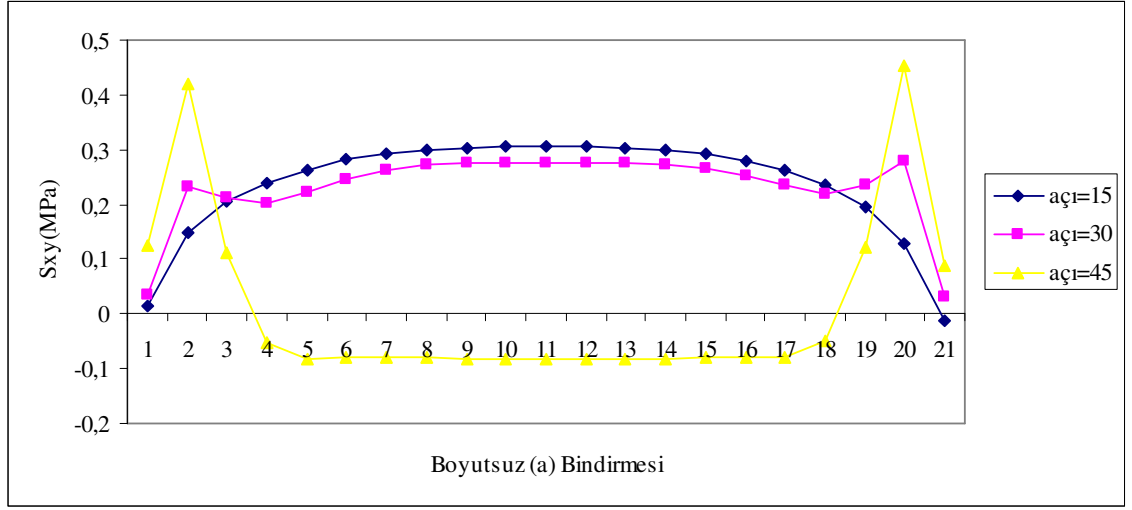
Şekil E.250. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'in (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



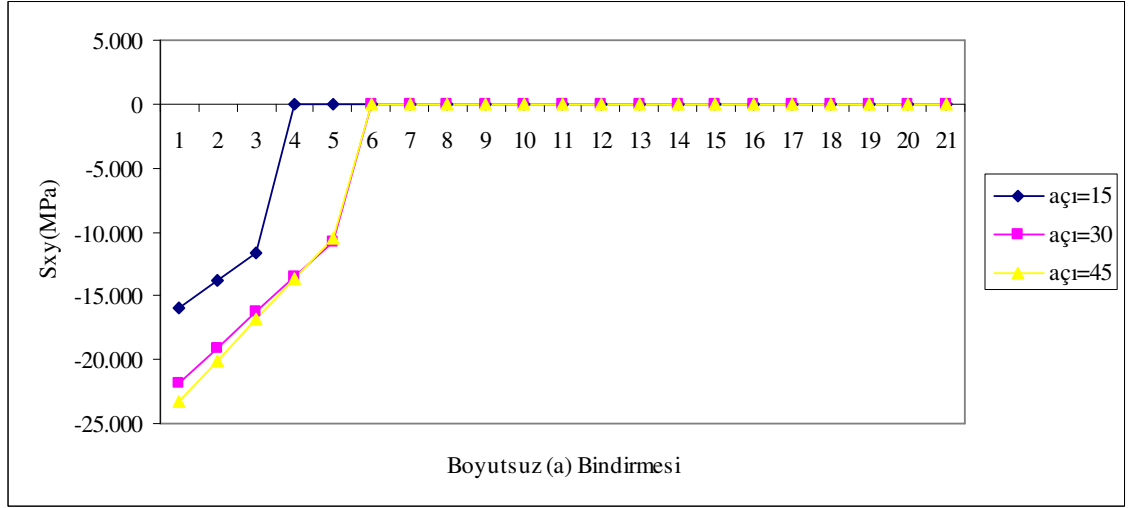
Şekil E.251. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



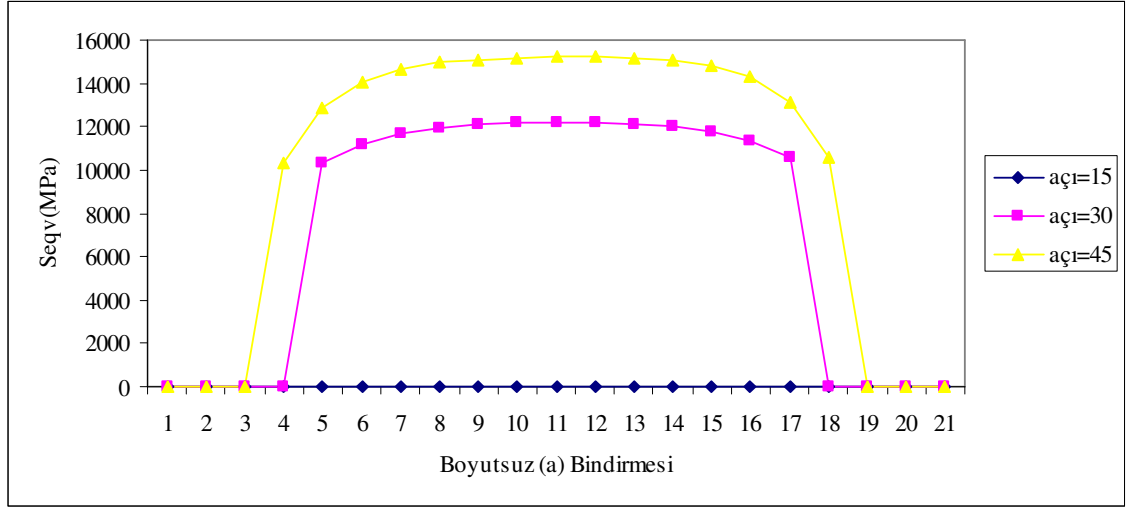
Şekil E.252. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_y 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



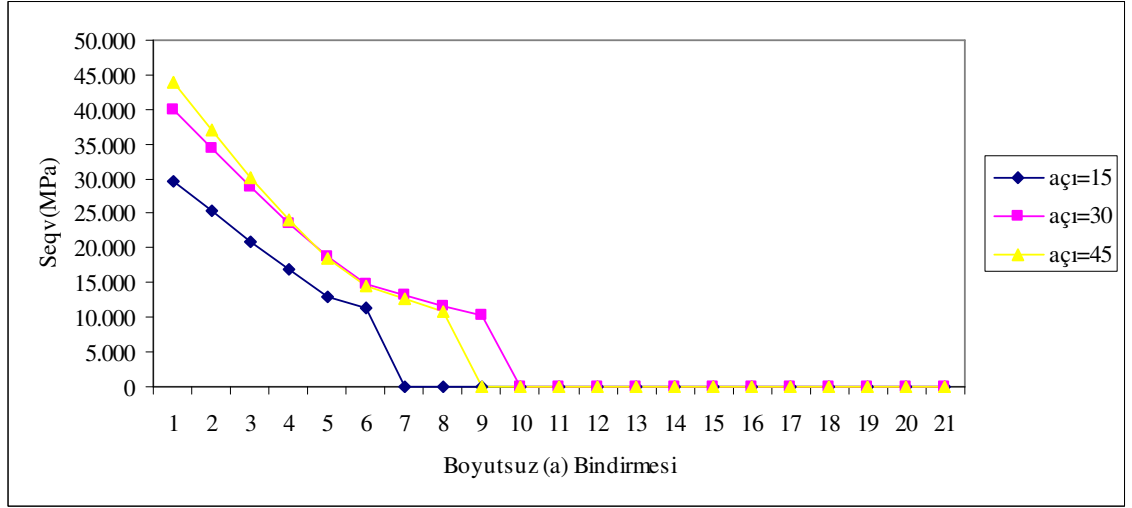
Şekil E.253. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



Şekil E.254. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



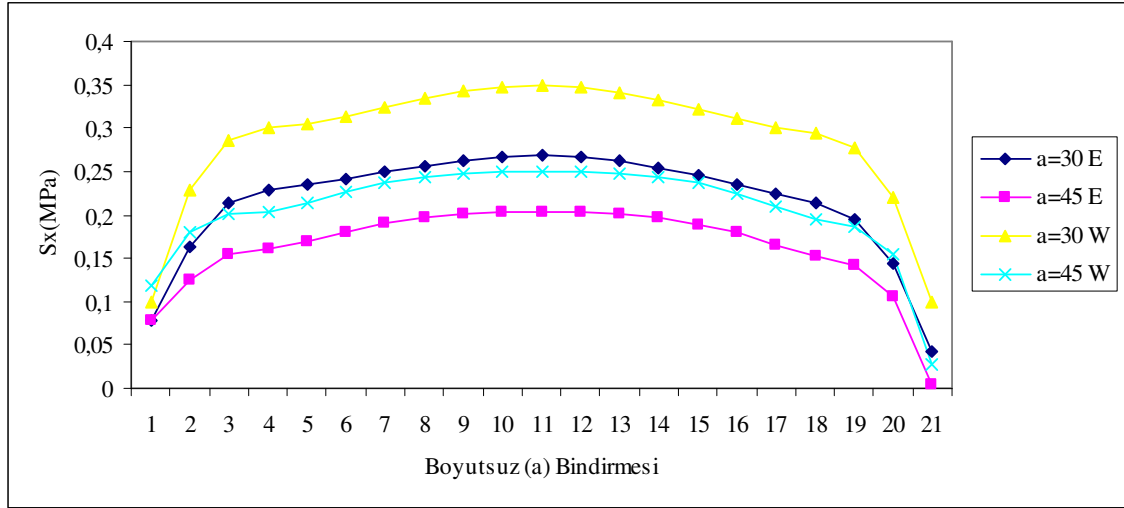
Şekil E.255. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken Seqv'nin (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



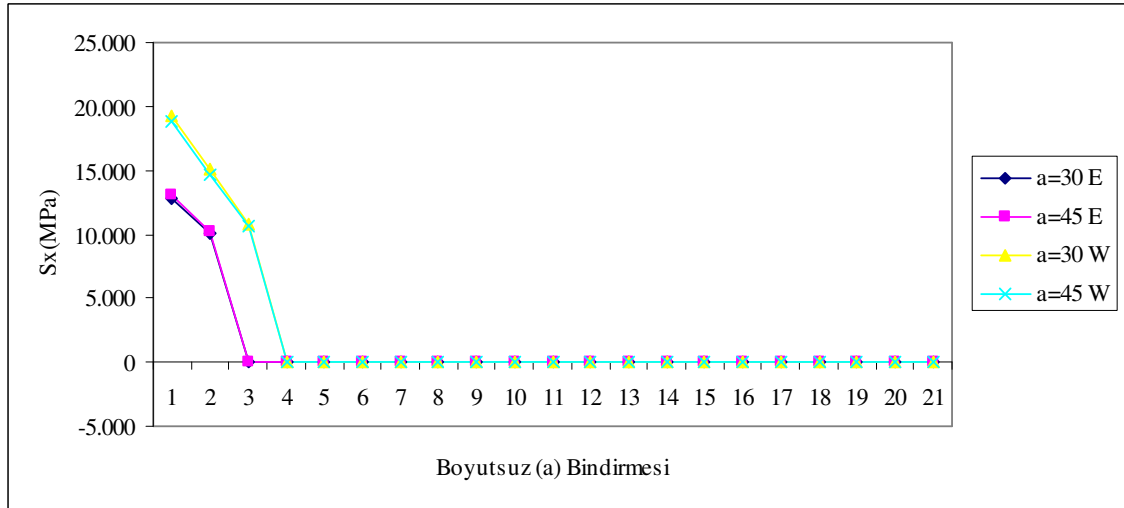
Şekil E.256. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken Seqv'nin (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

Ek.3. E ve W Tipi Yapıştırıcıların Karşılaştırılması

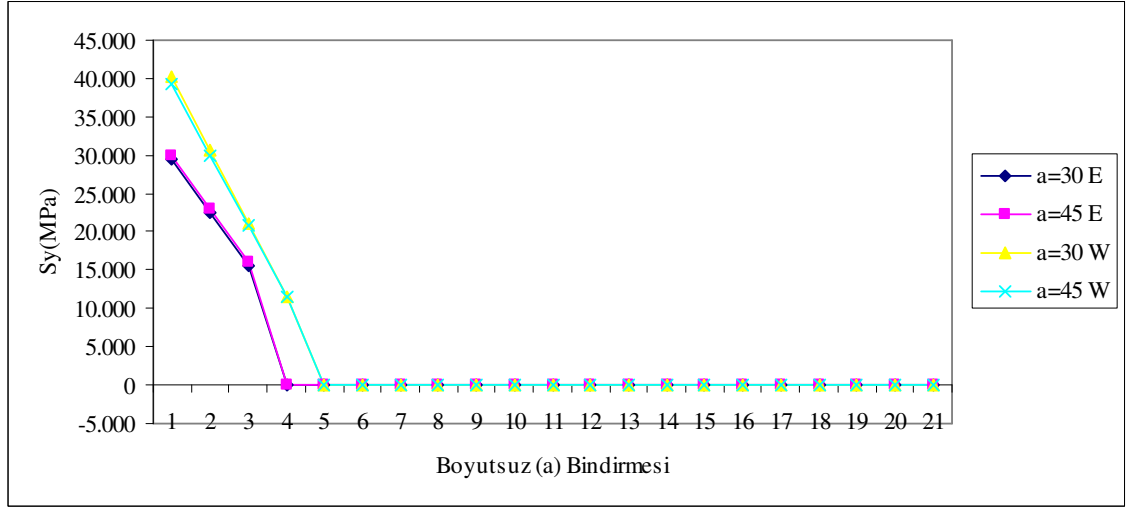
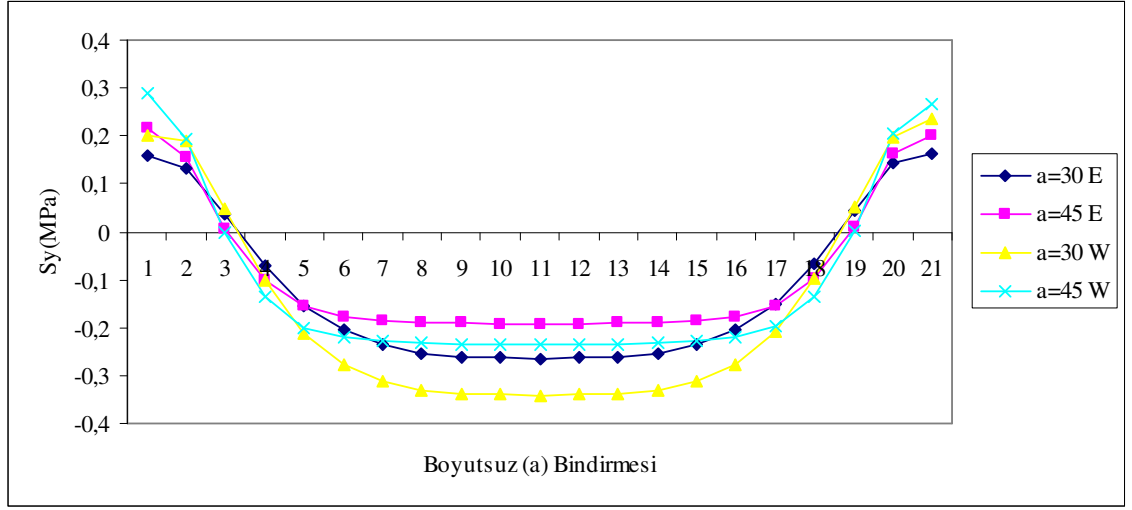
Ek.3.1. (a) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma

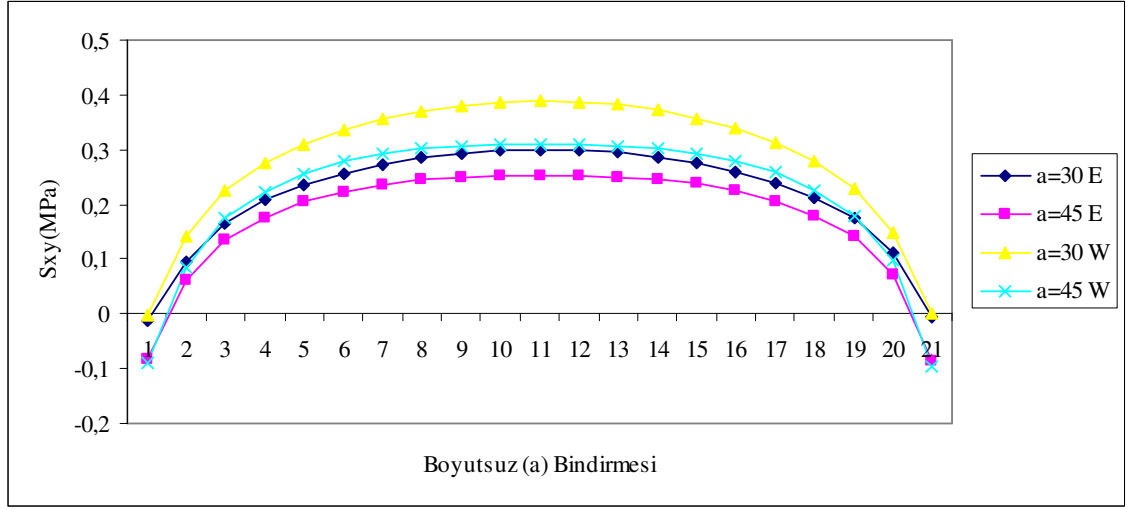


Şekil E.257. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

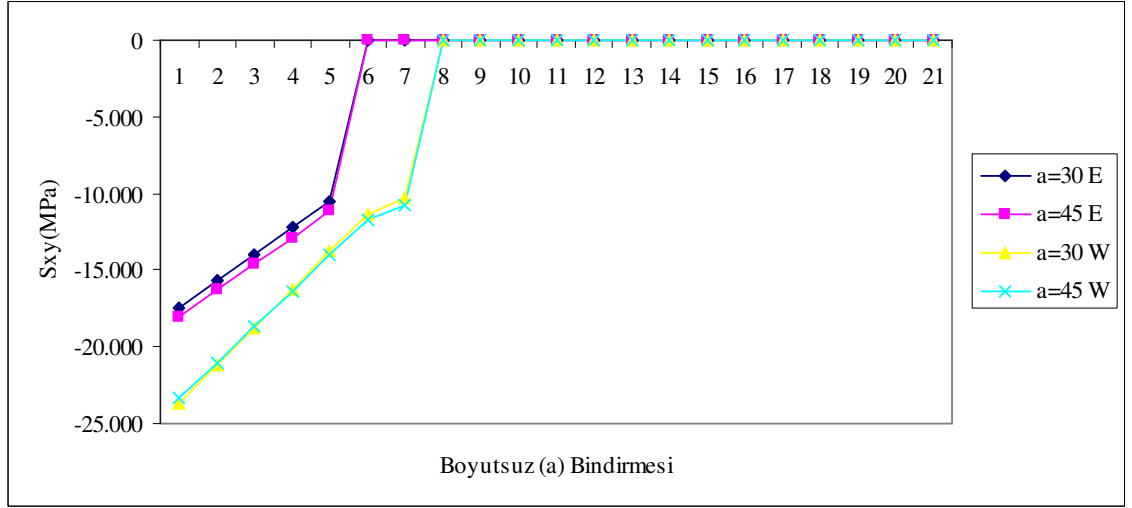


Şekil E.258. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

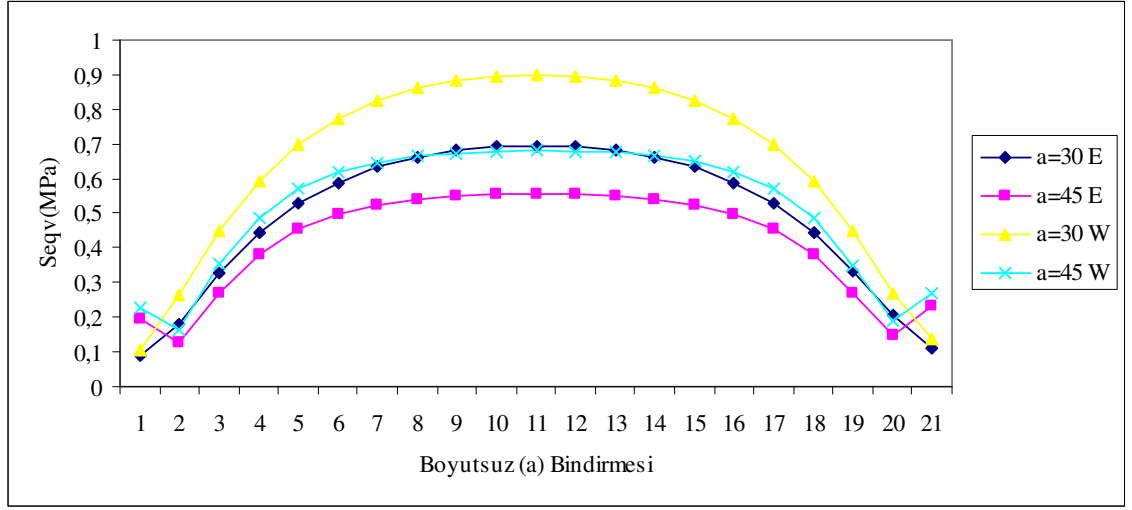




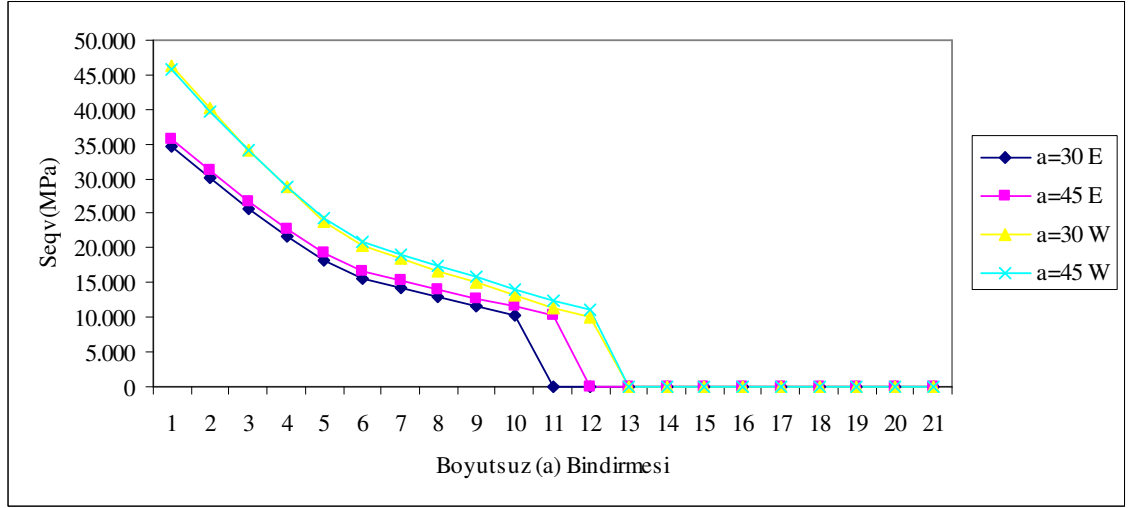
Şekil E.261. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



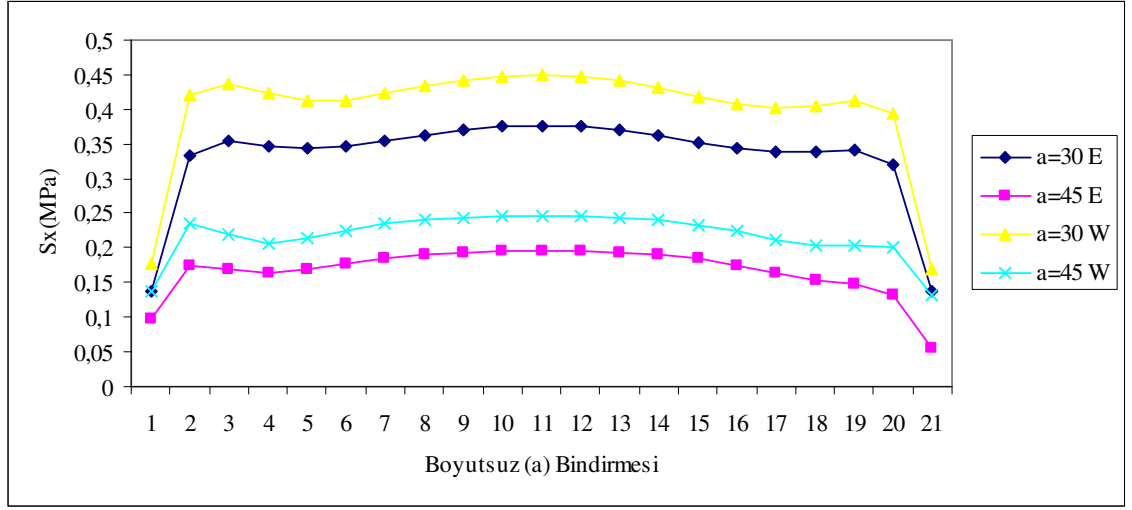
Şekil E.262. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



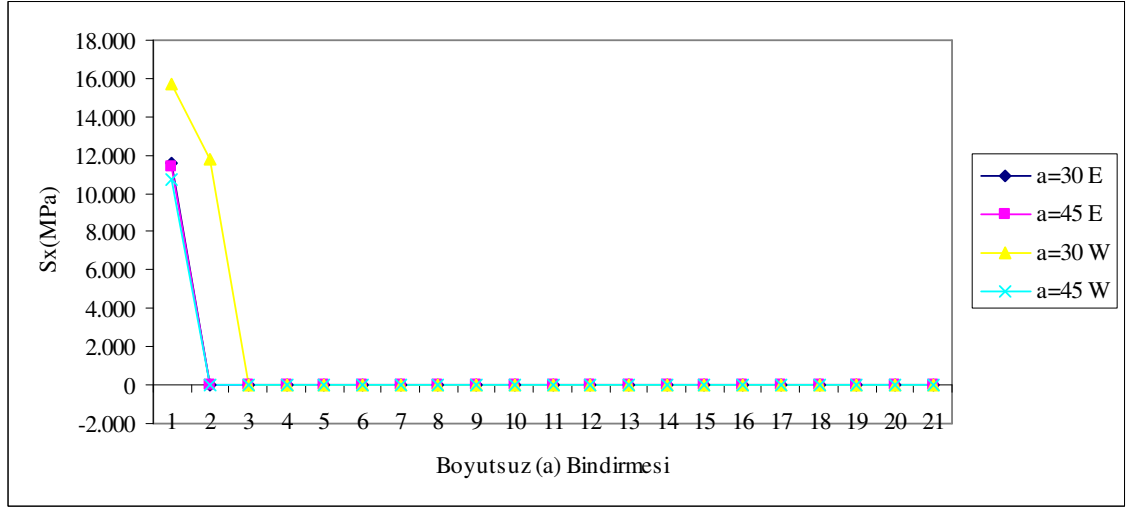
Şekil E.263. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken Seqv'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



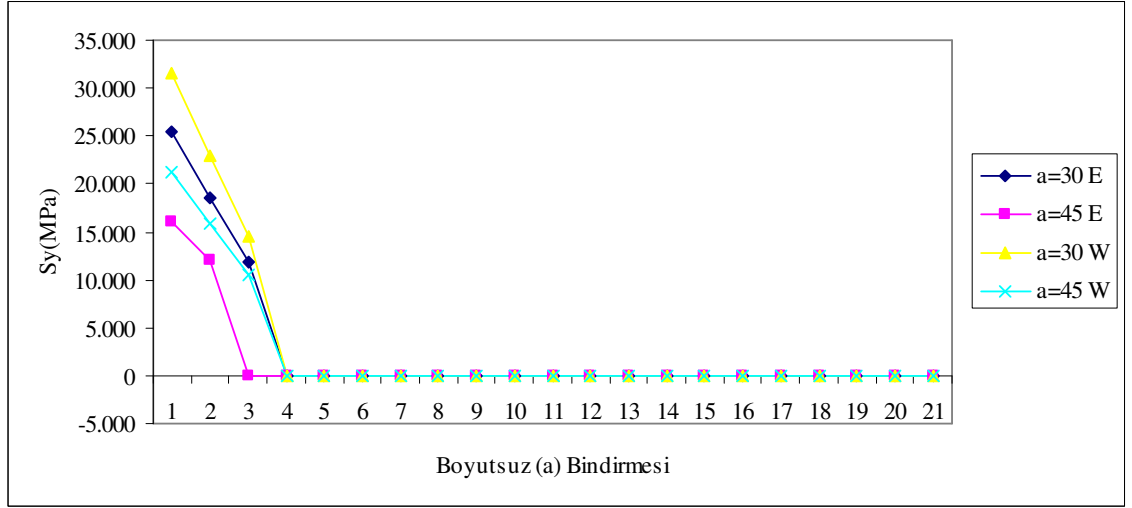
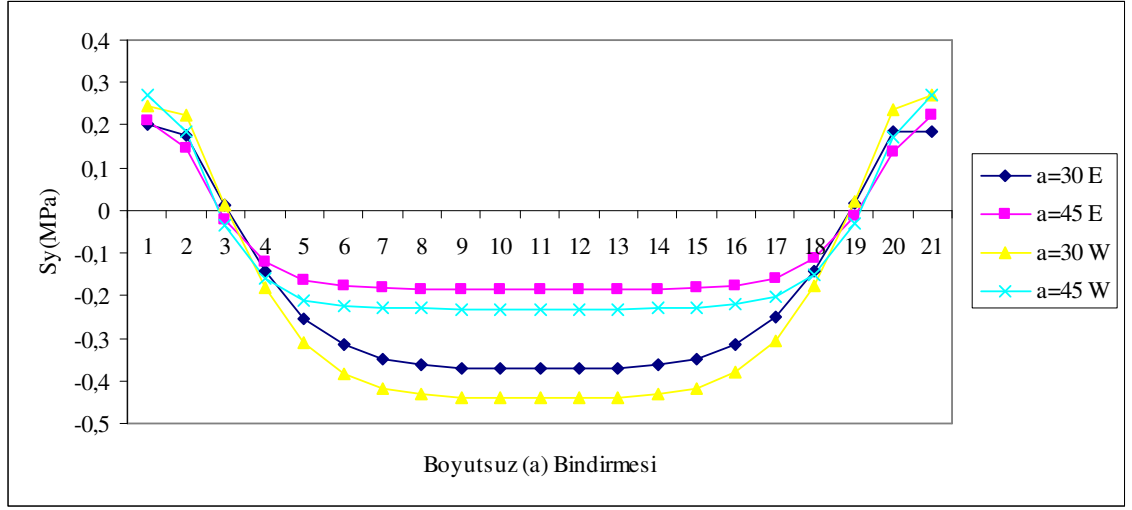
Şekil E.264. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken Seqv'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

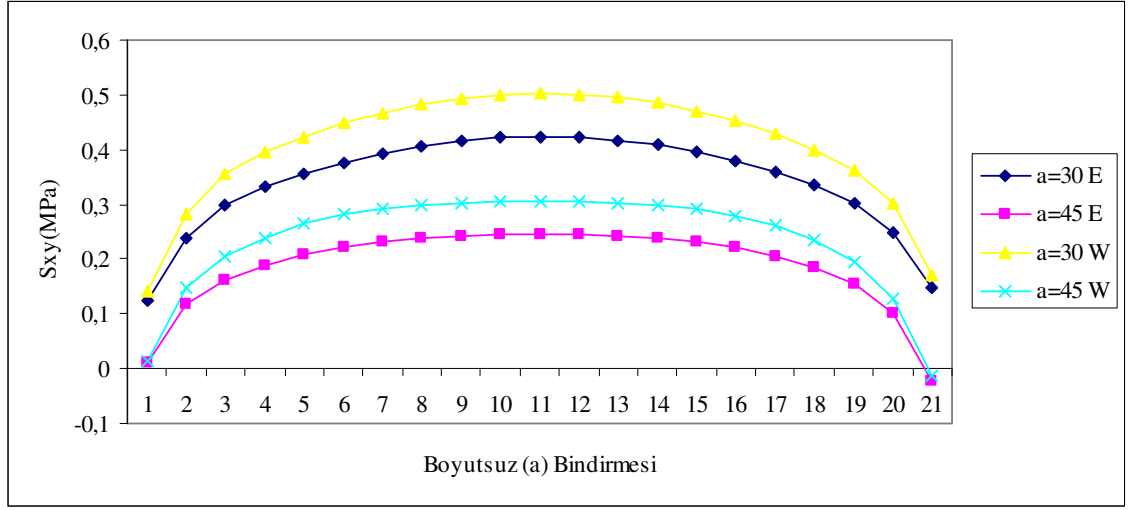


Şekil E.265. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

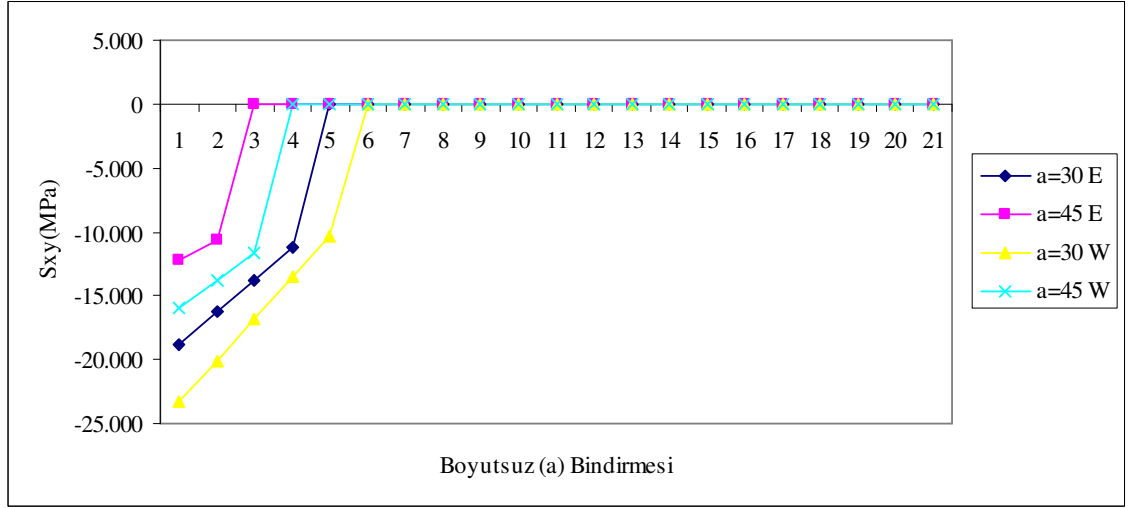


Şekil E.266. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

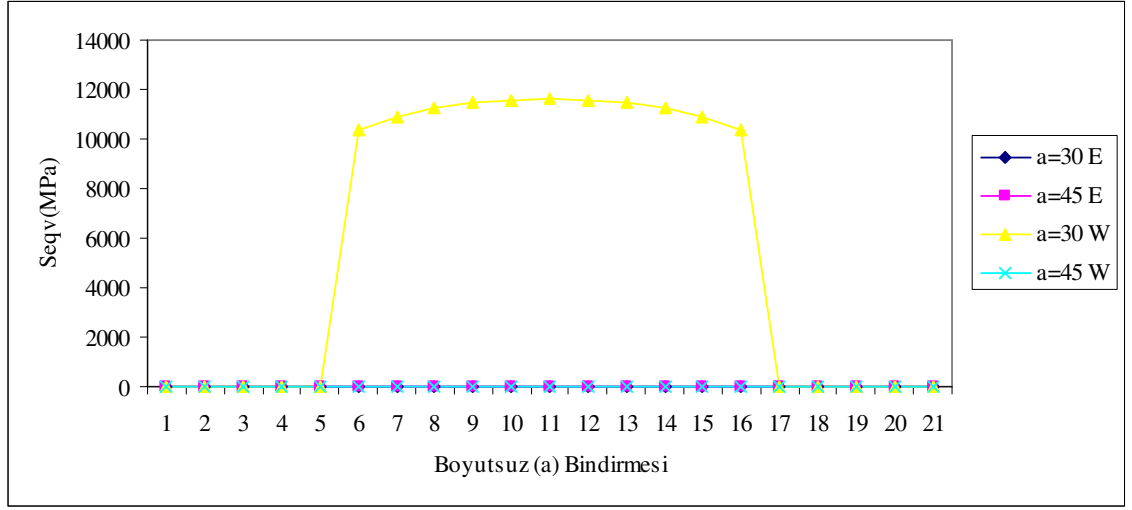




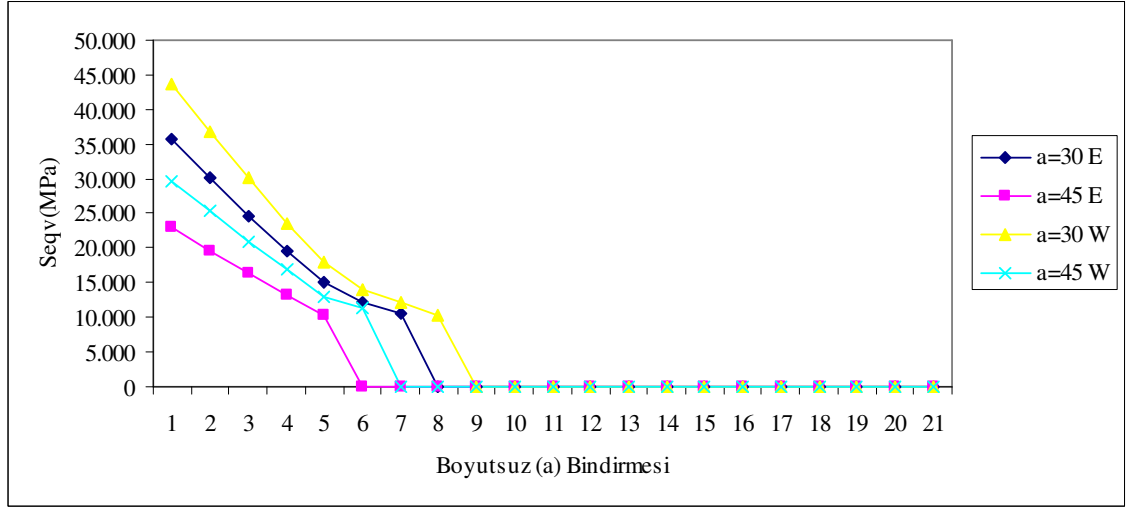
Şekil E.269. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



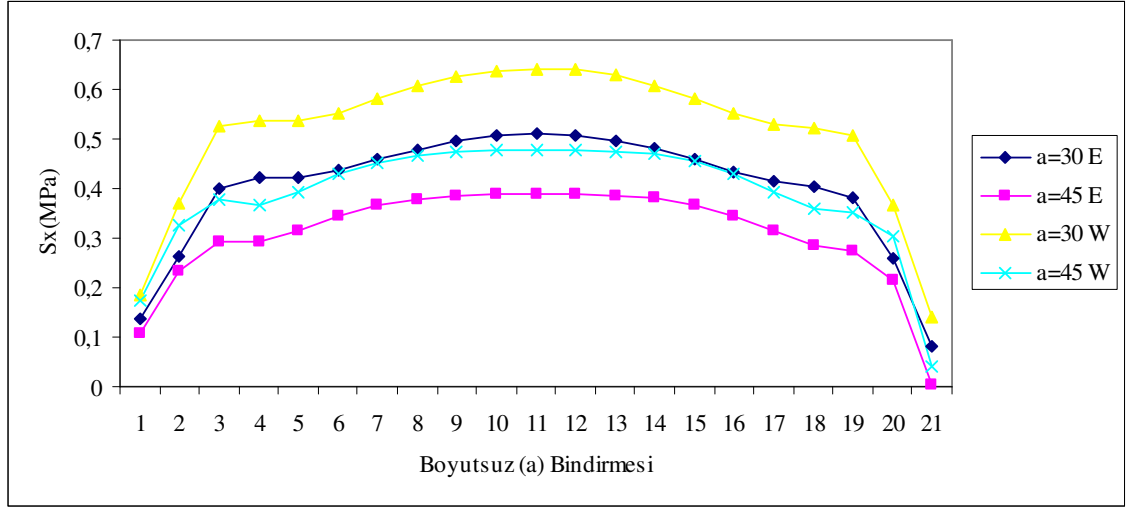
Şekil E.270. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 15^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



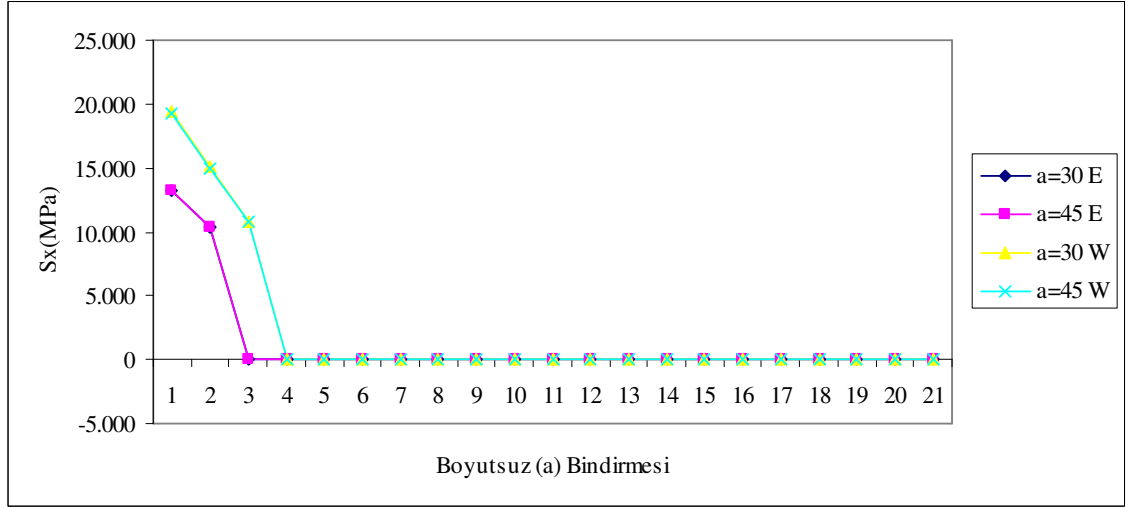
Şekil E.271. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



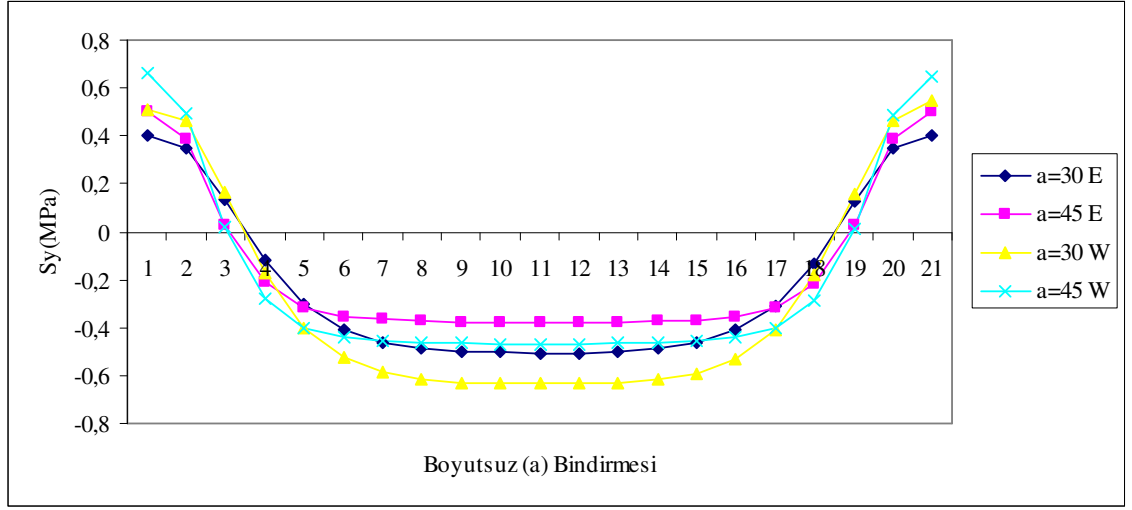
Şekil E.272. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



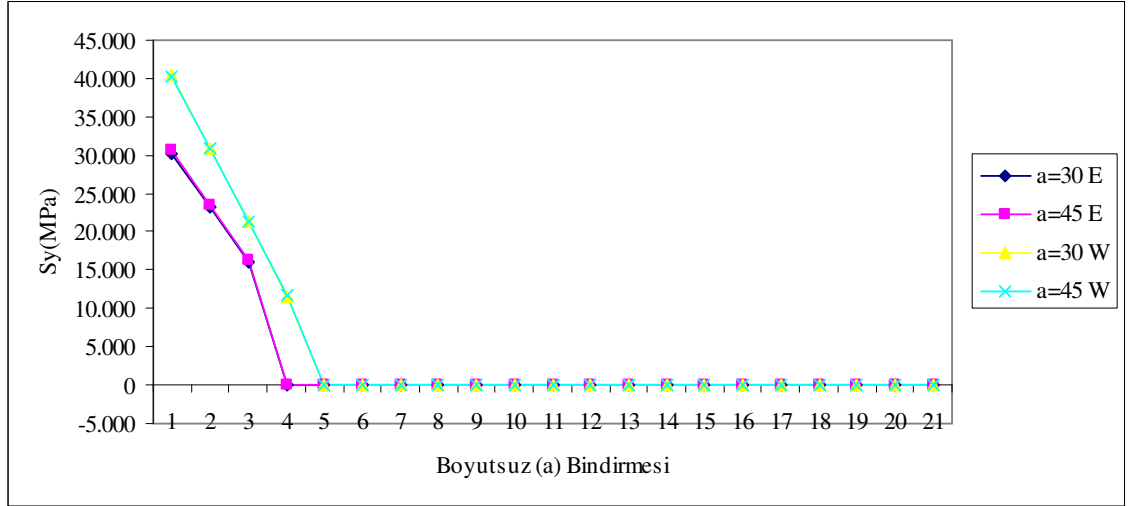
Şekil E.273. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



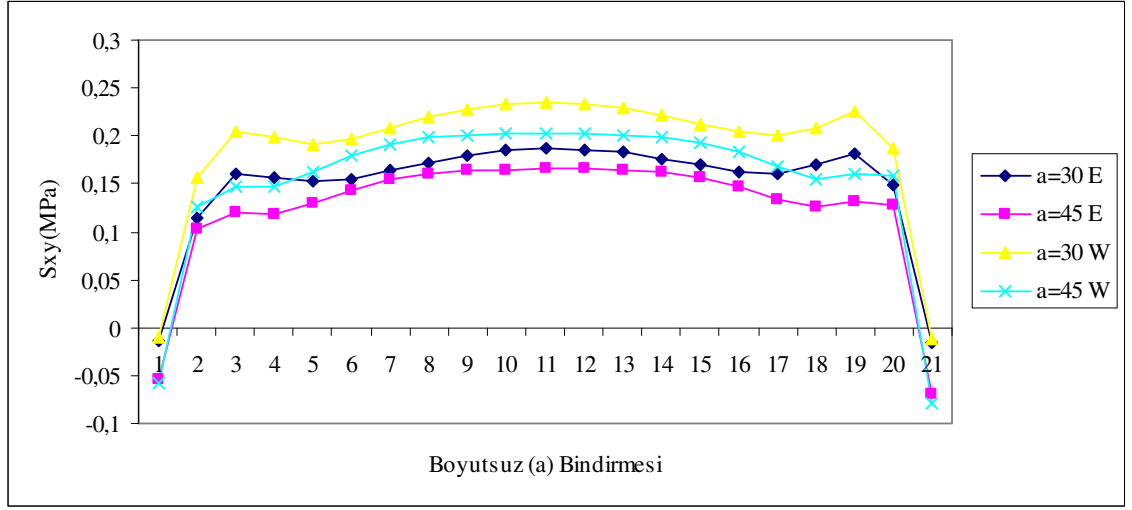
Şekil E.274. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



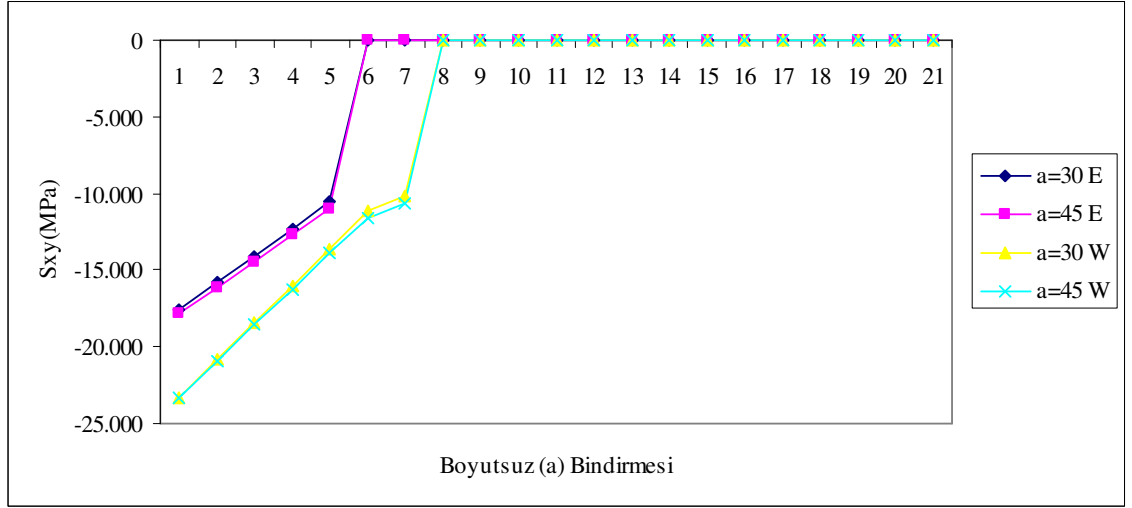
Şekil E.275. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



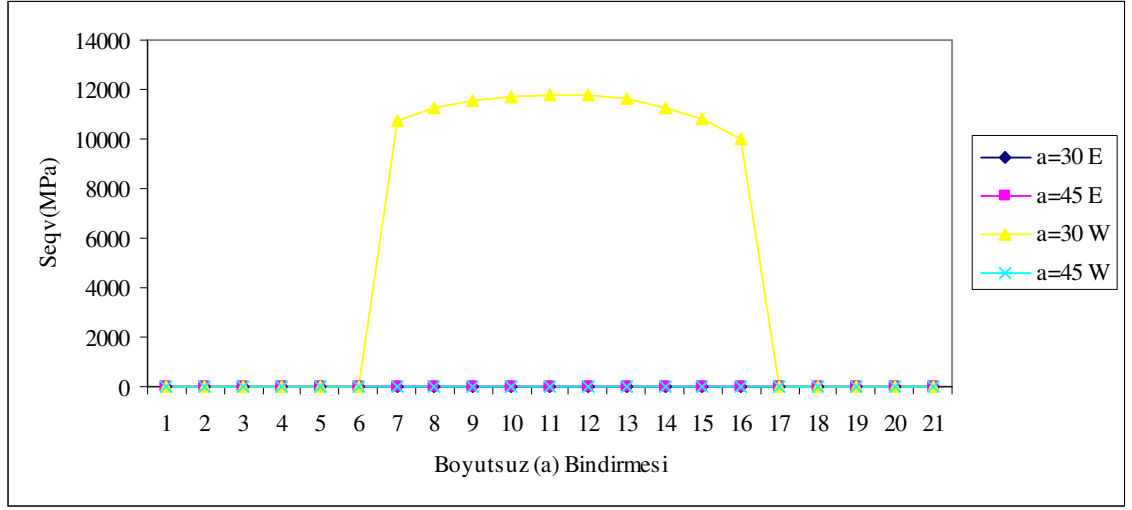
Şekil E.276. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



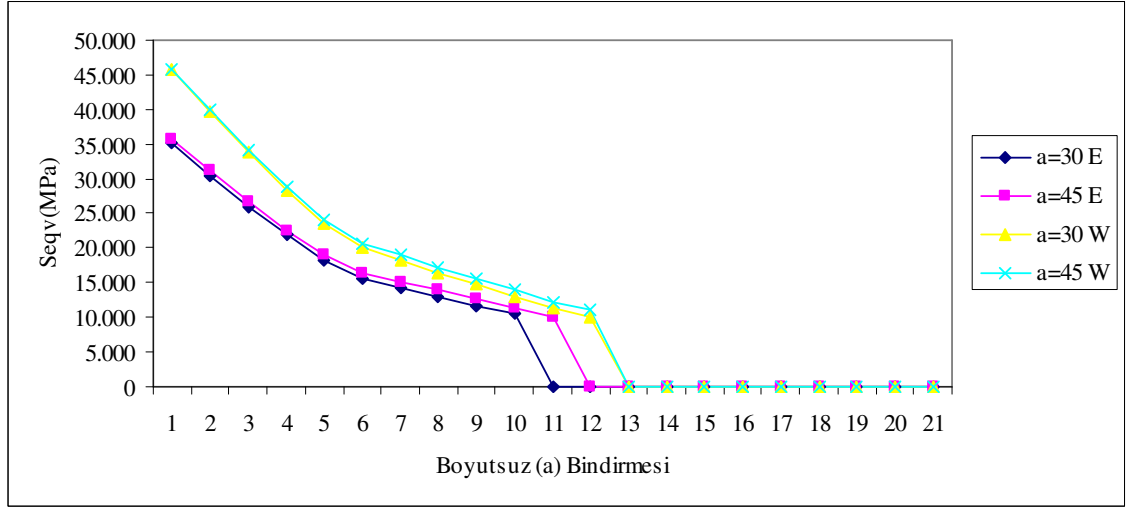
Şekil E.277. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



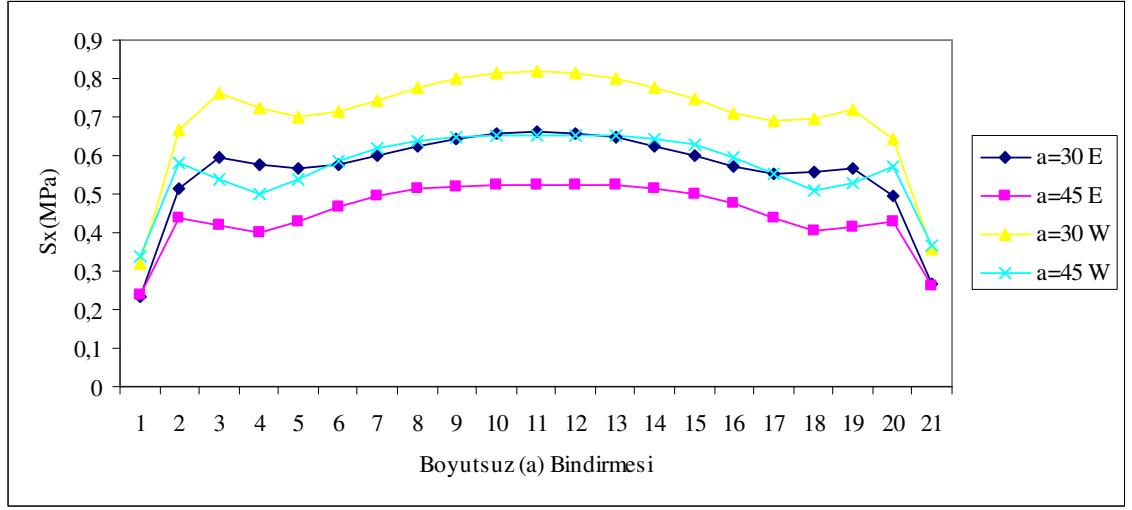
Şekil E.278. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



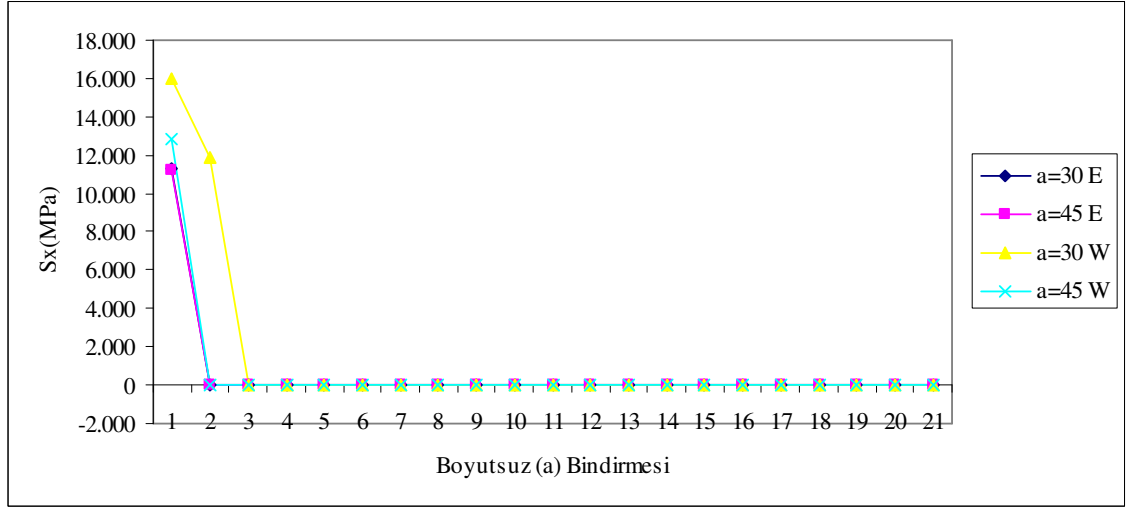
Şekil E.279. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



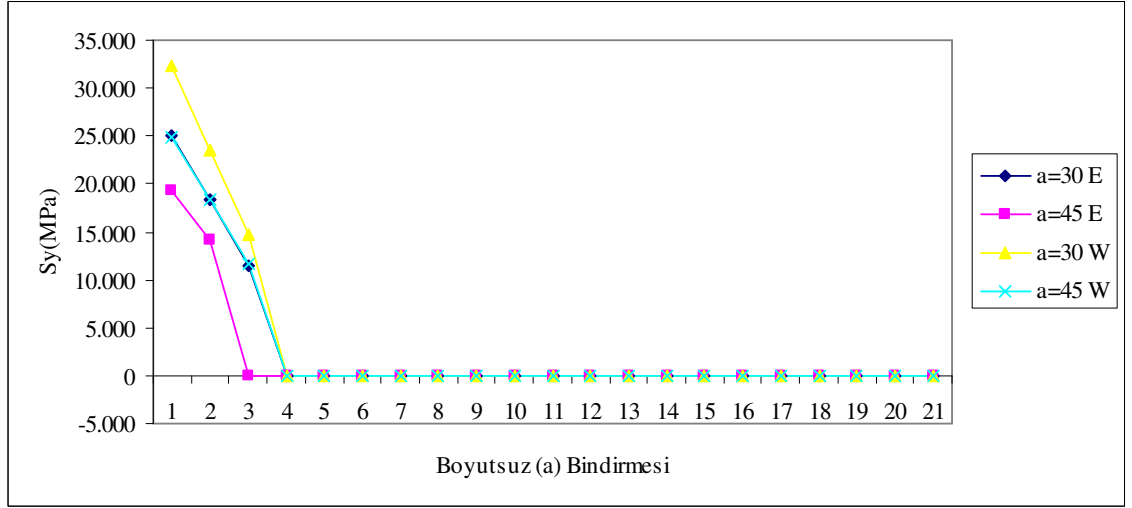
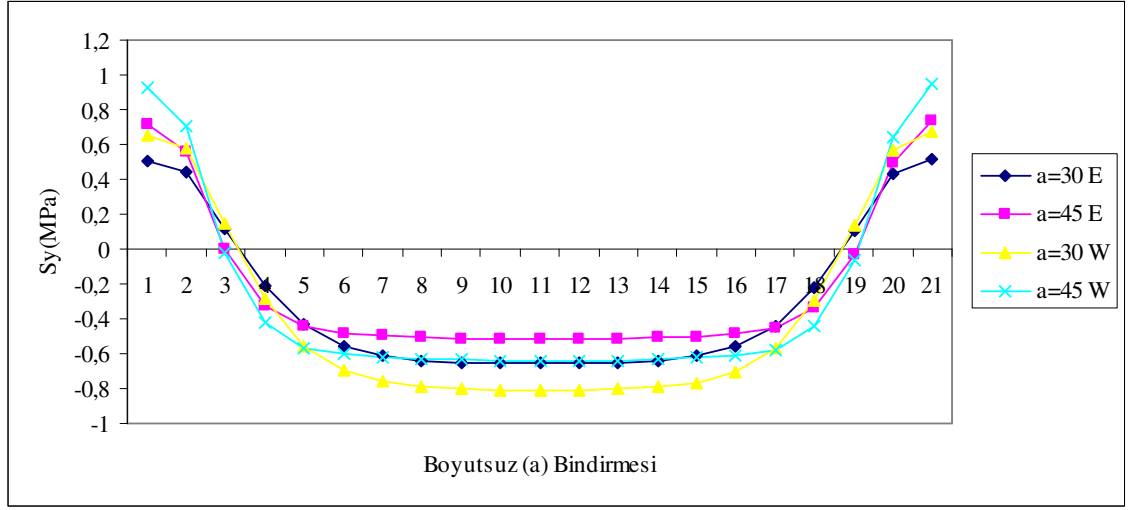
Şekil E.280. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=13$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

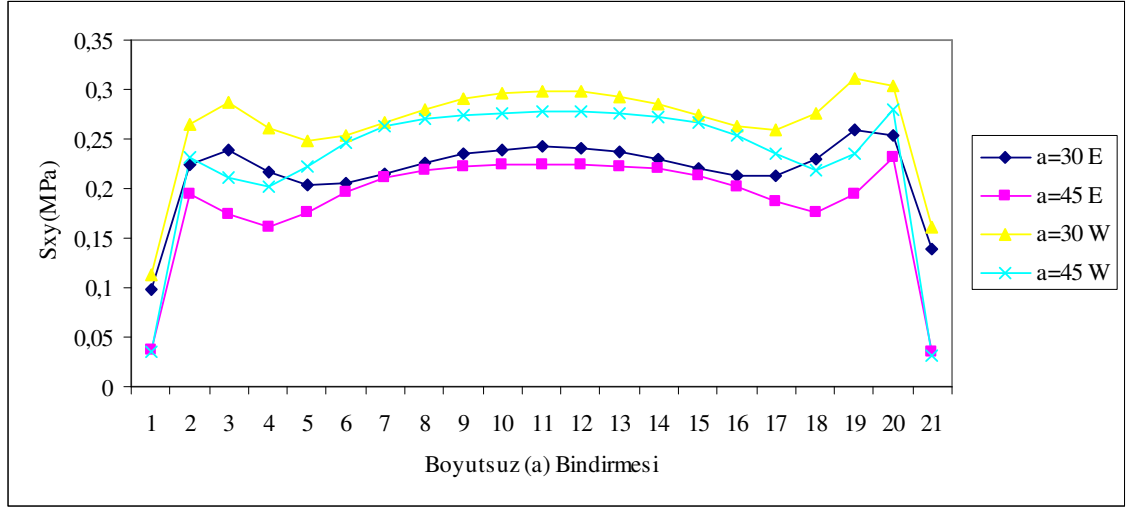


Şekil E.281. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

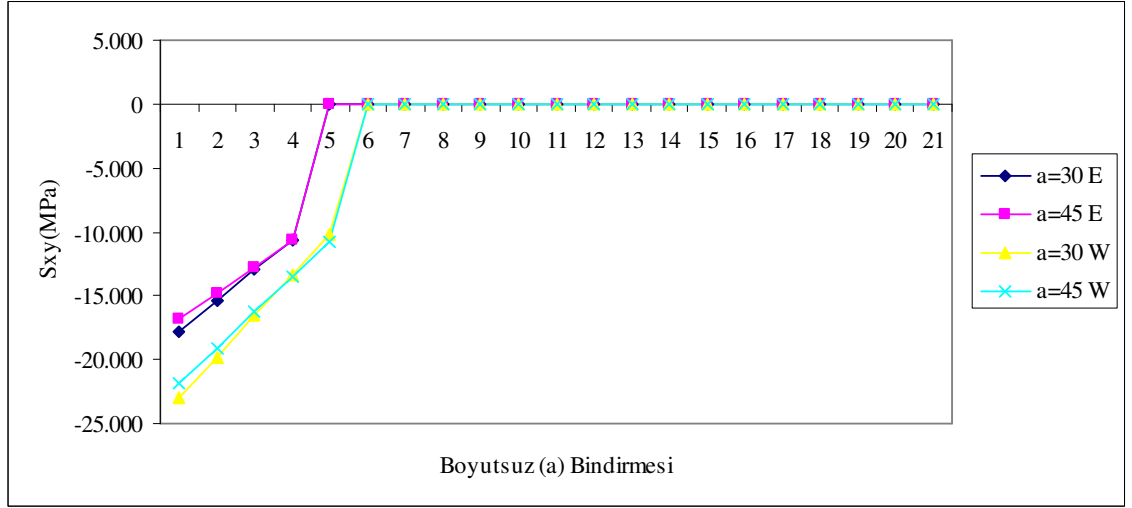


Şekil E.282. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

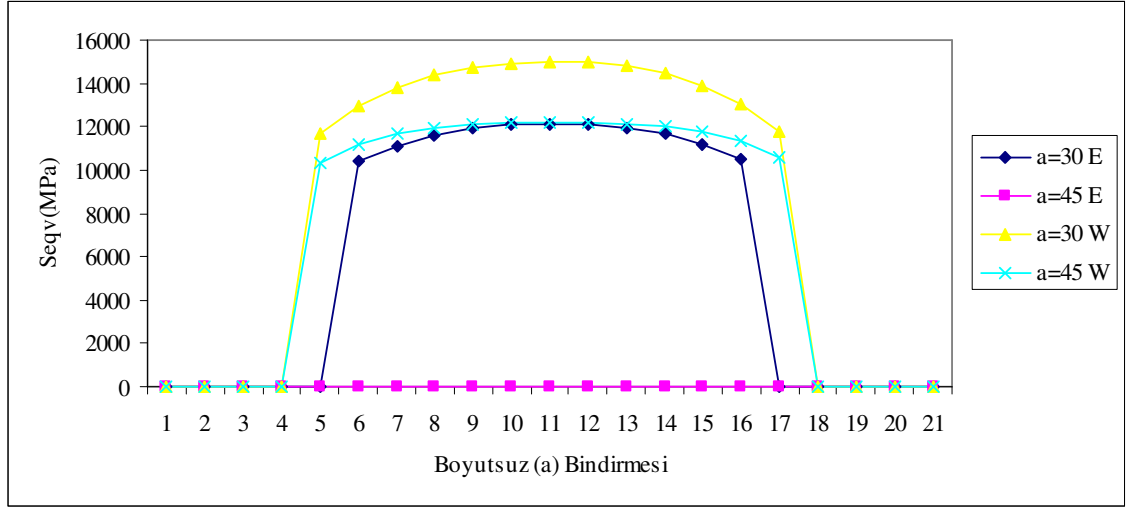




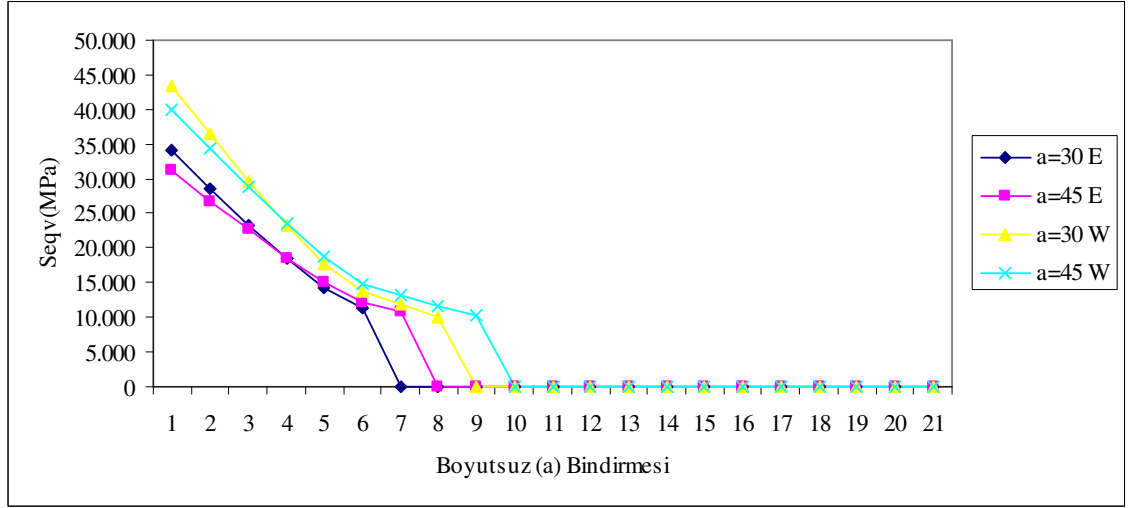
Şekil E.285. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



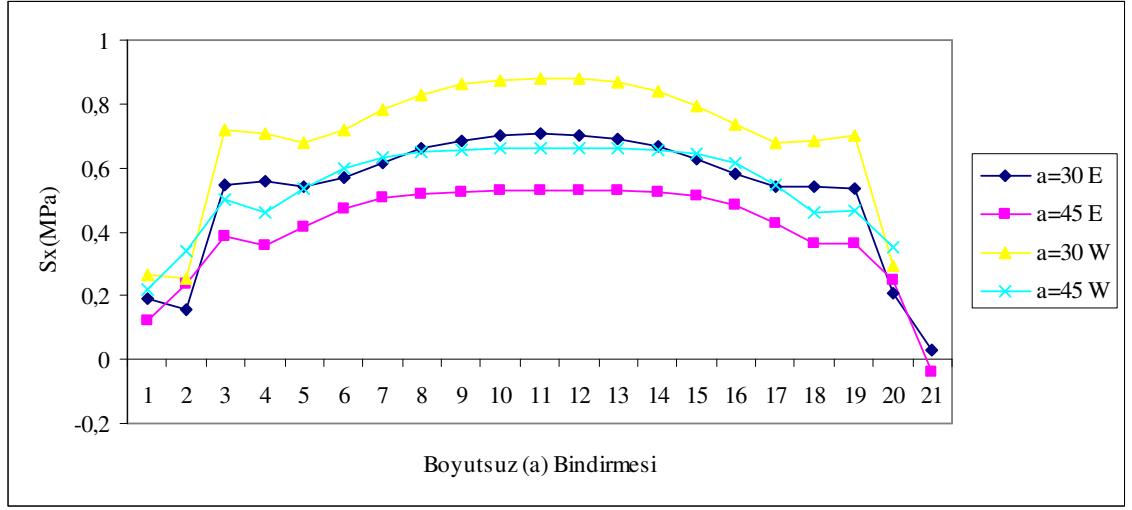
Şekil E.286. $a=30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



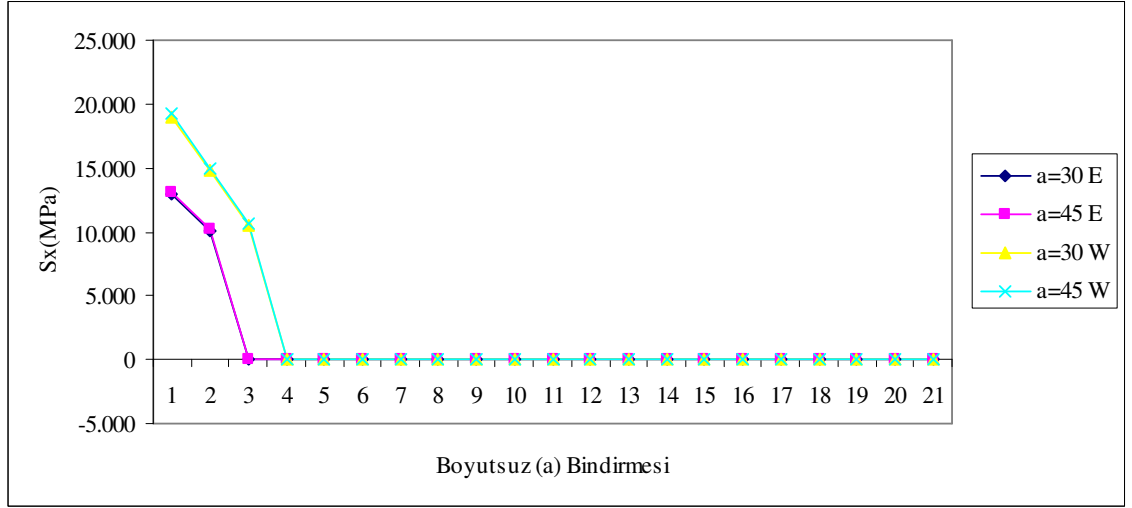
Şekil E.287. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



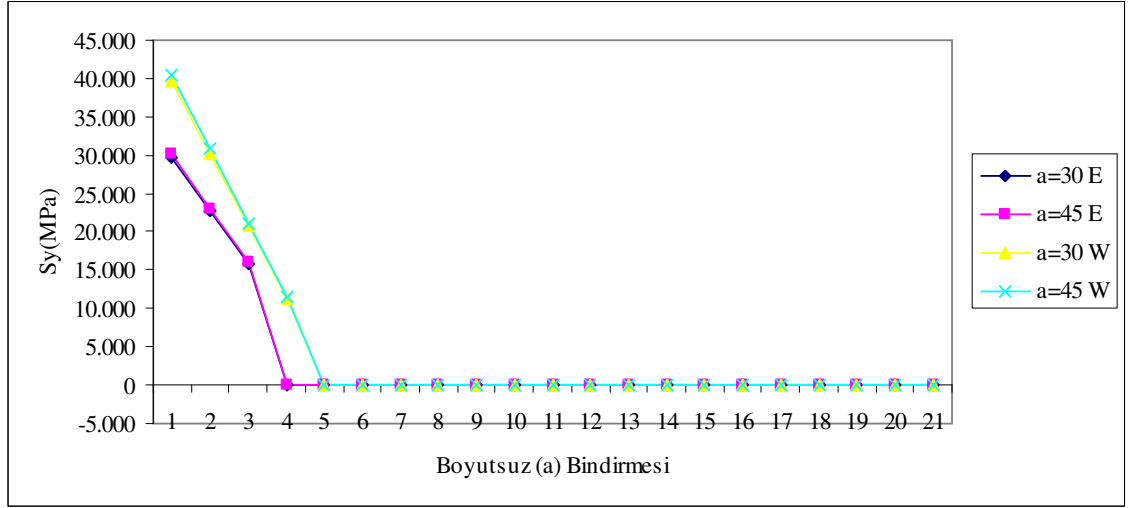
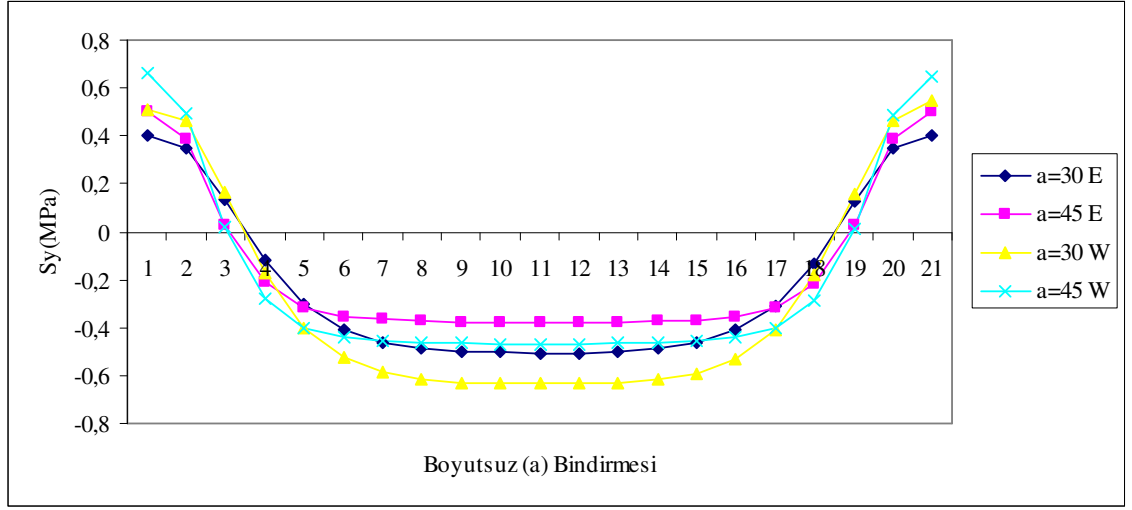
Şekil E.288. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 30^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

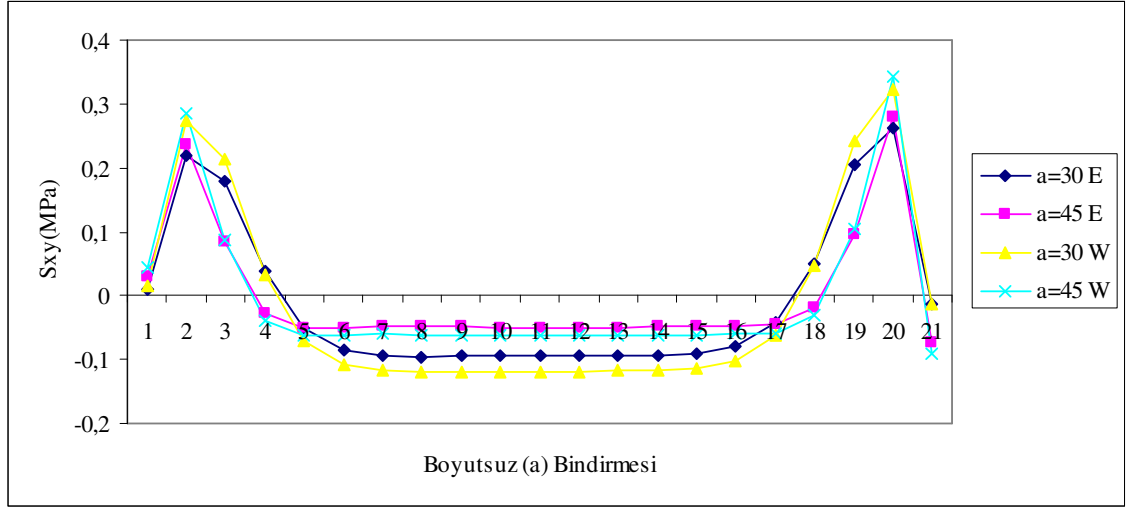


Şekil E.289. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

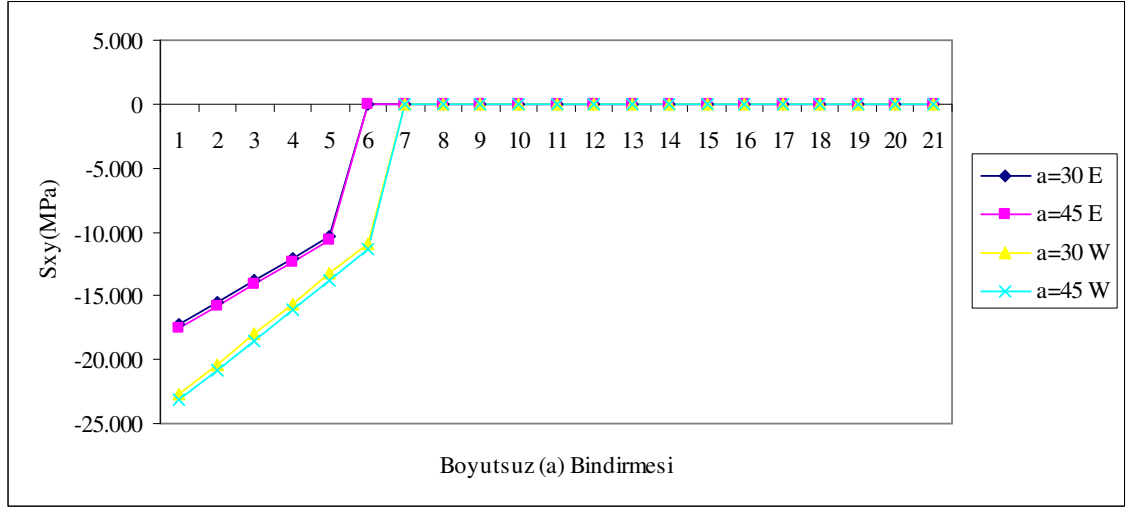


Şekil E.290. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

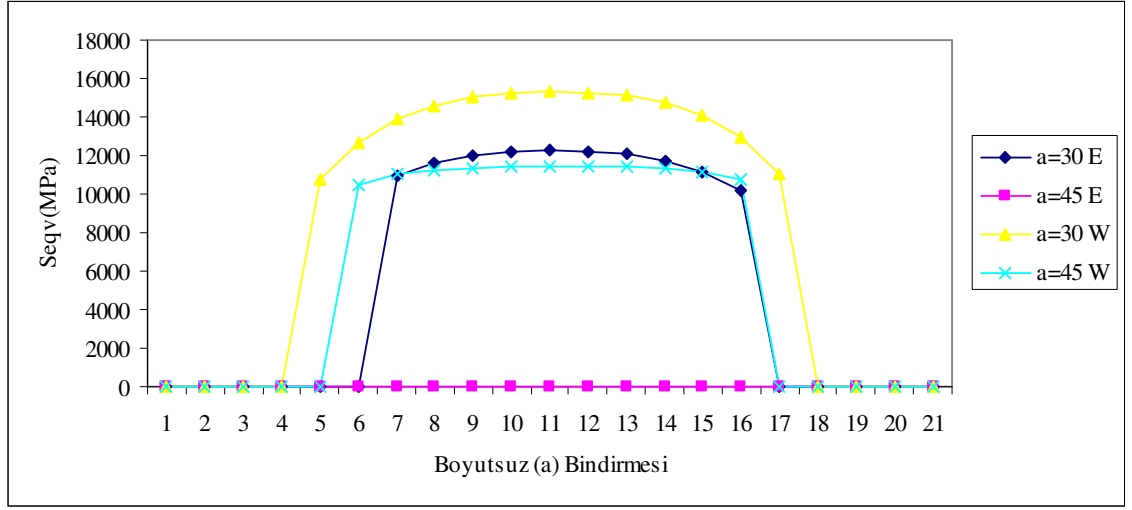




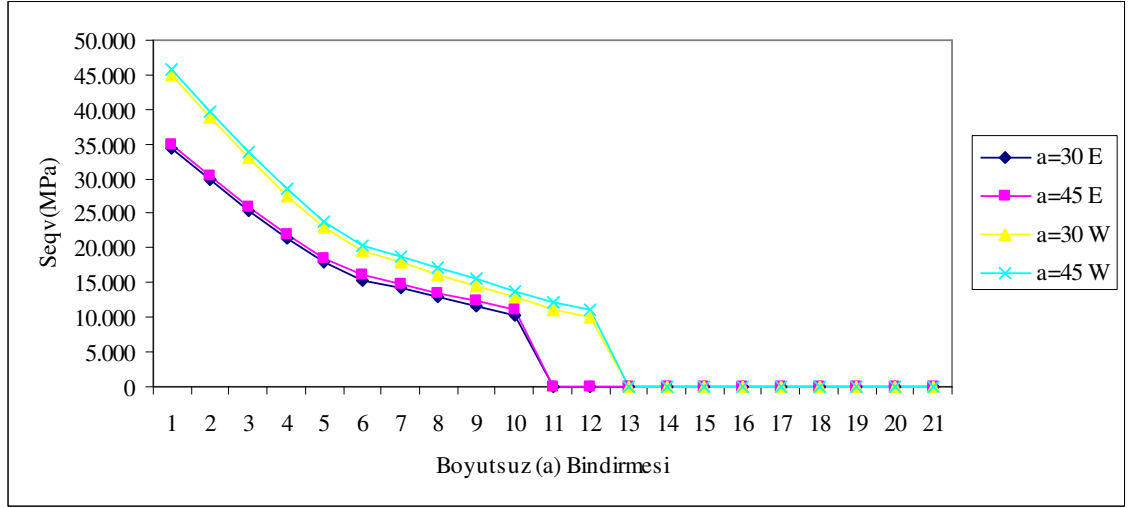
Şekil E.293. a= 30 mm ve a=45 mm için b=13 mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



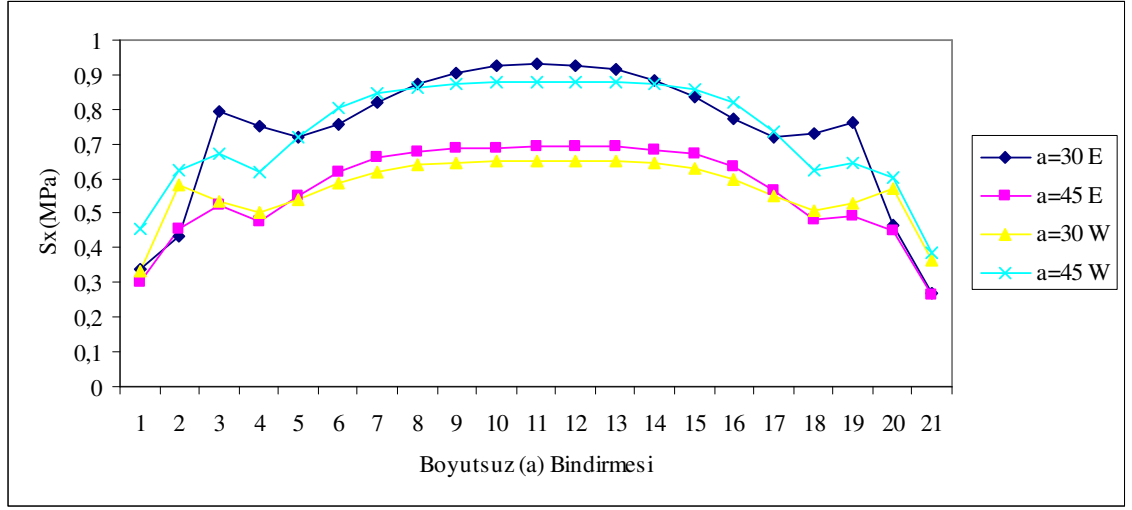
Şekil E.294. a= 30 mm ve a=45 mm için b=13 mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



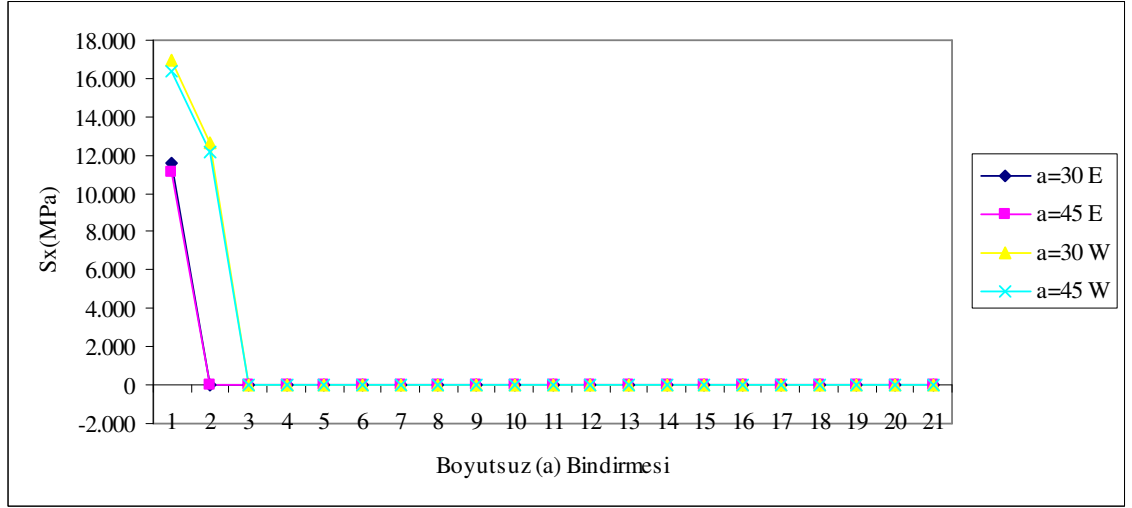
Şekil E.295. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken Seq_v 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



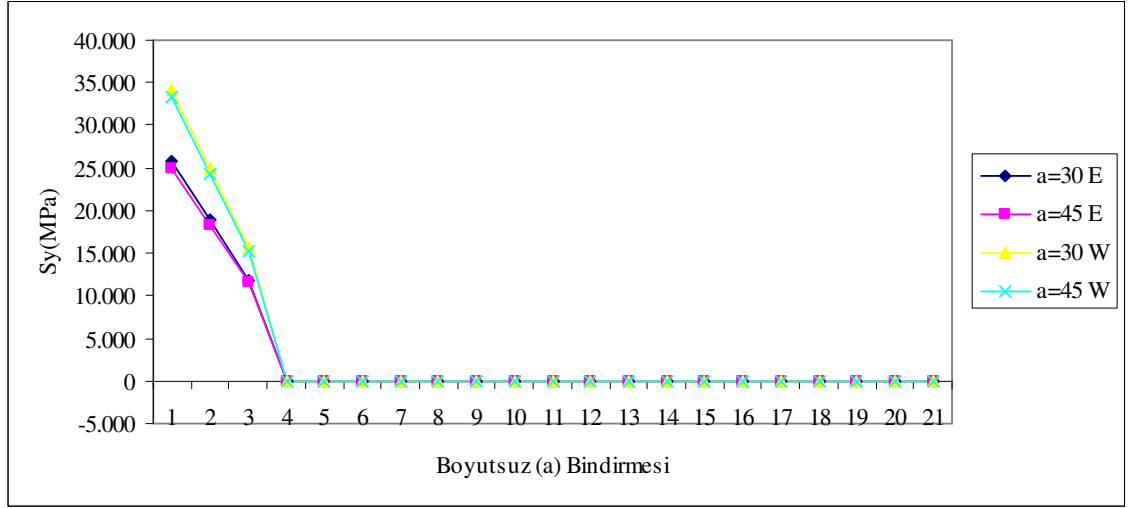
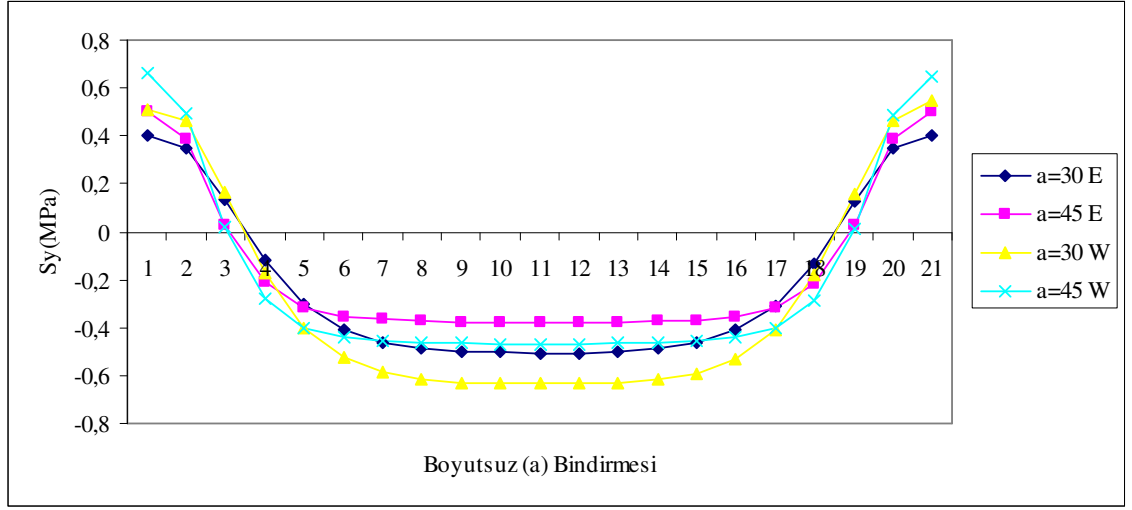
Şekil E.296. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 13$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken Seq_v 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

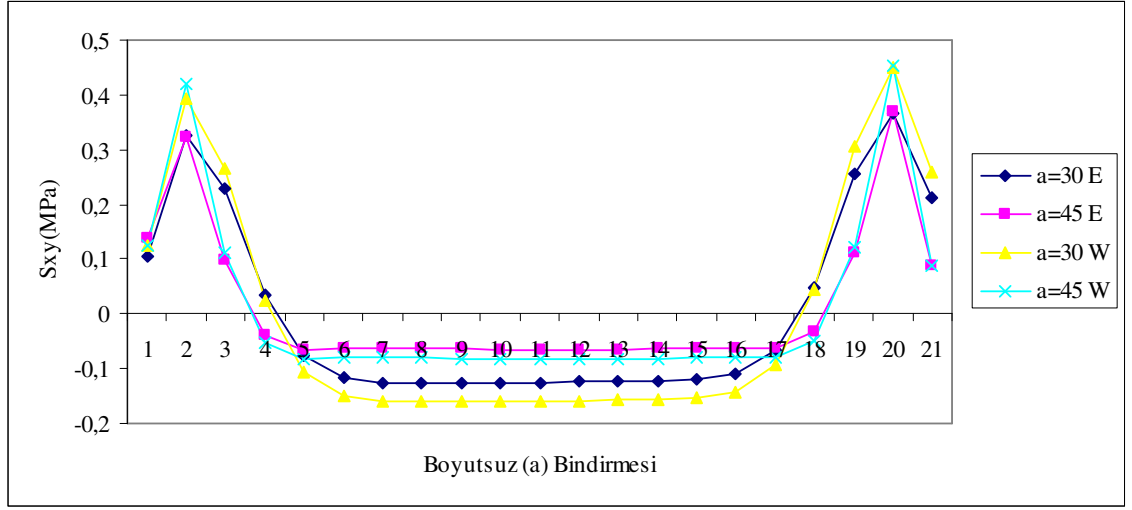


Şekil E.297. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

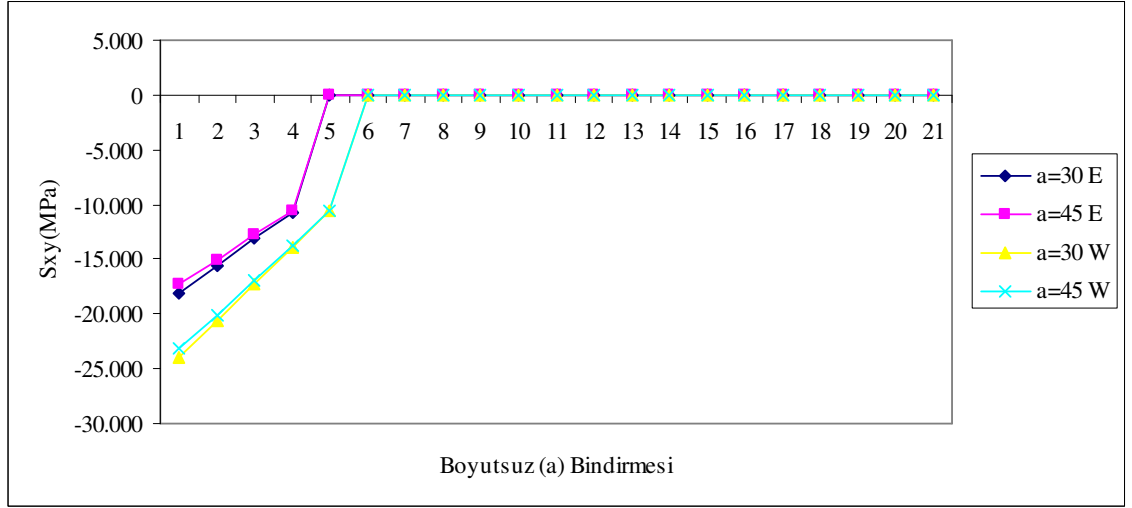


Şekil E.298. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

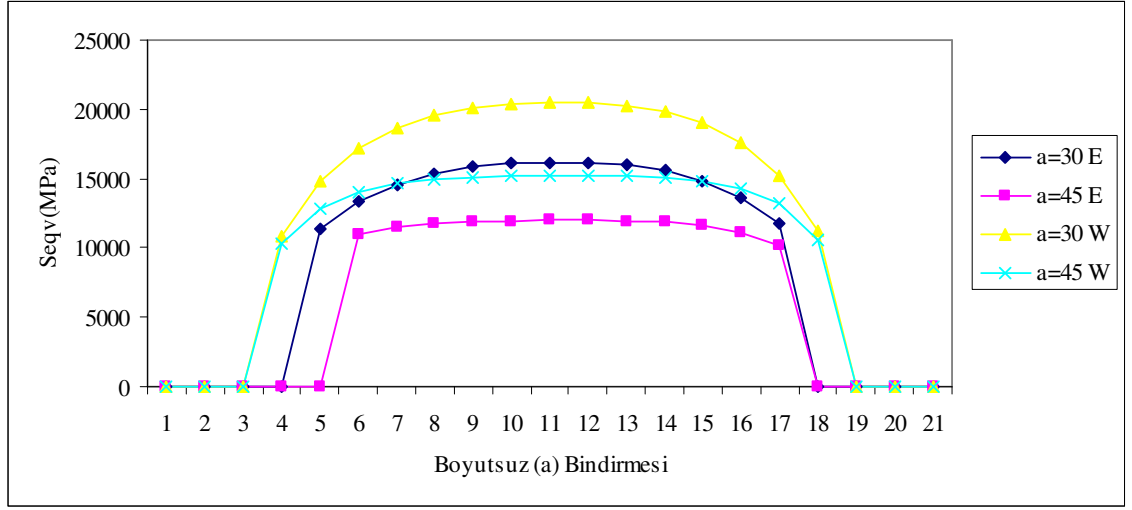




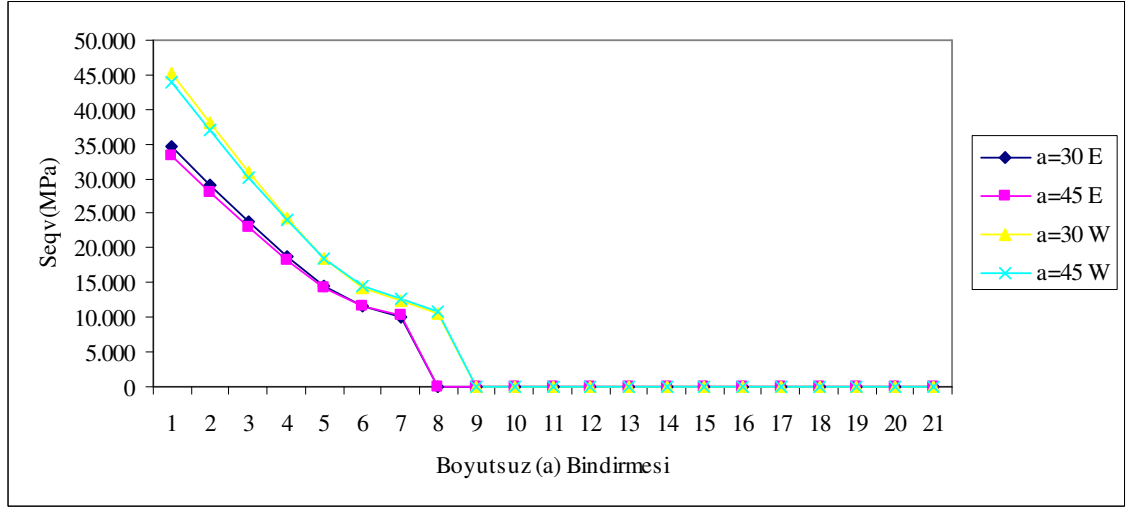
Şekil E.301. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



Şekil E.302. $a = 30$ mm ve $a = 45$ mm için $b = 25$ mm ve $\theta = 45^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

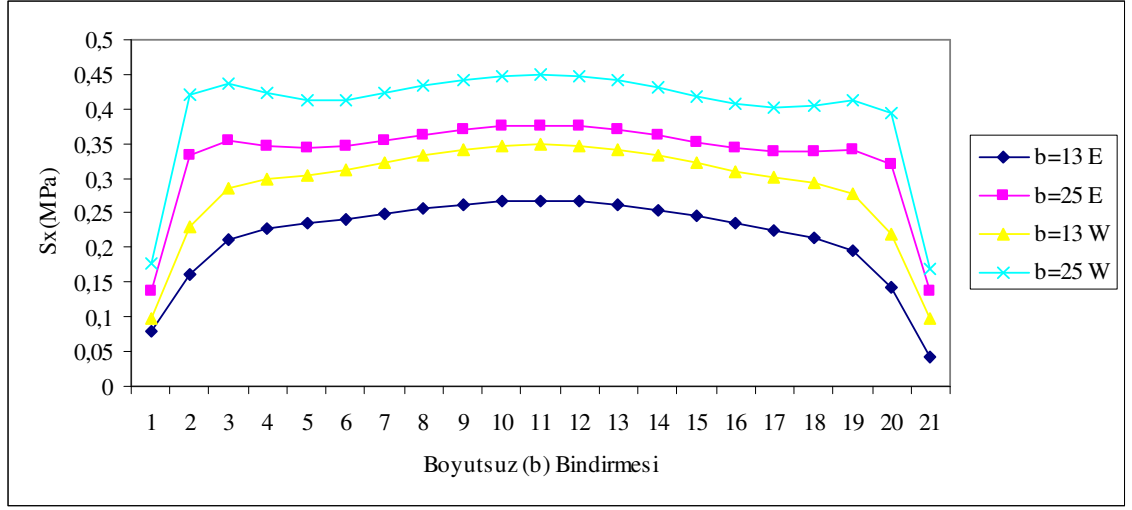


Şekil E.303. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

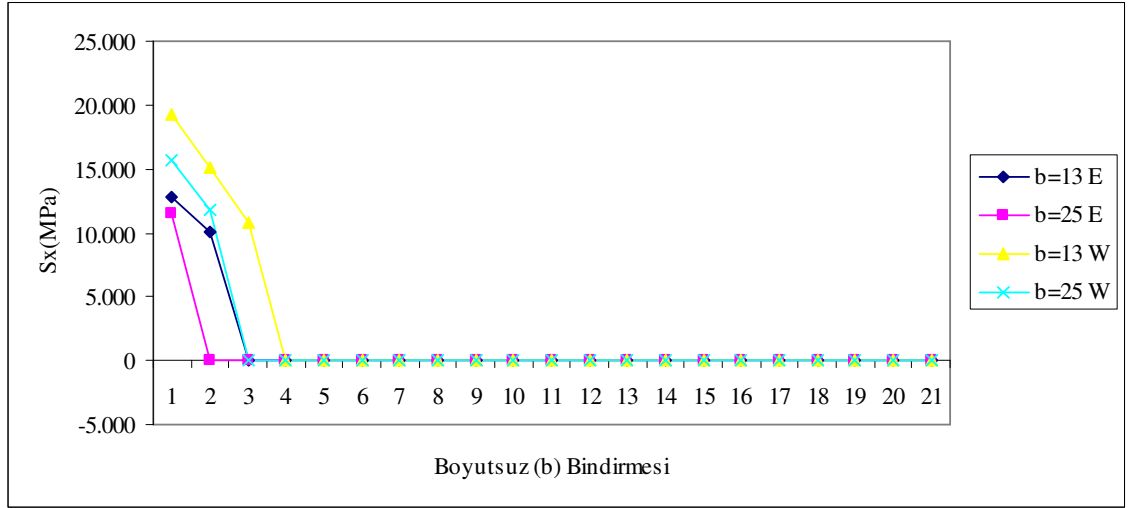


Şekil E.304. $a= 30$ mm ve $a=45$ mm için $b=25$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

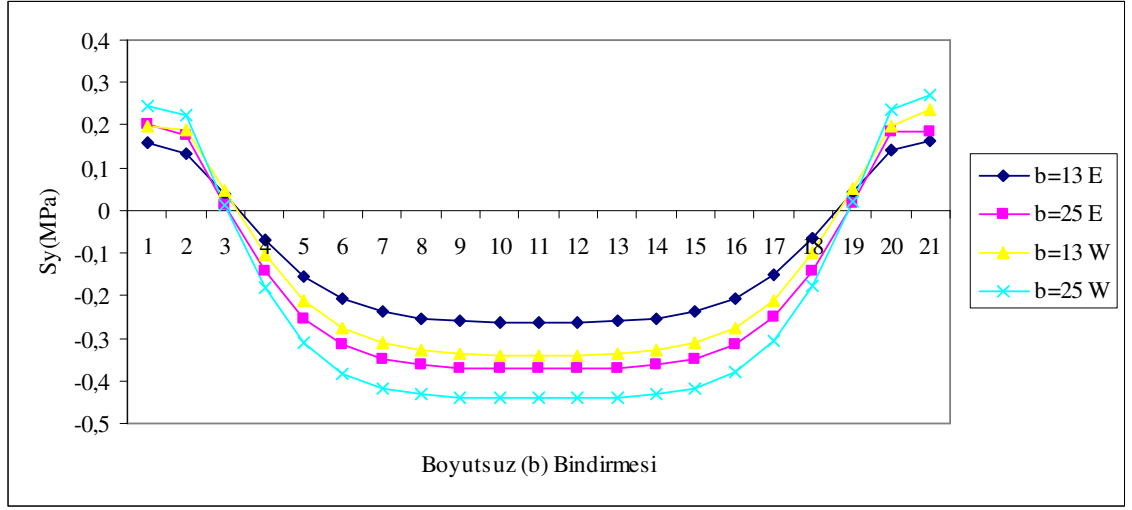
Ek.3.2. (b) Bindirme Mesafesine Göre Karşılaştırma



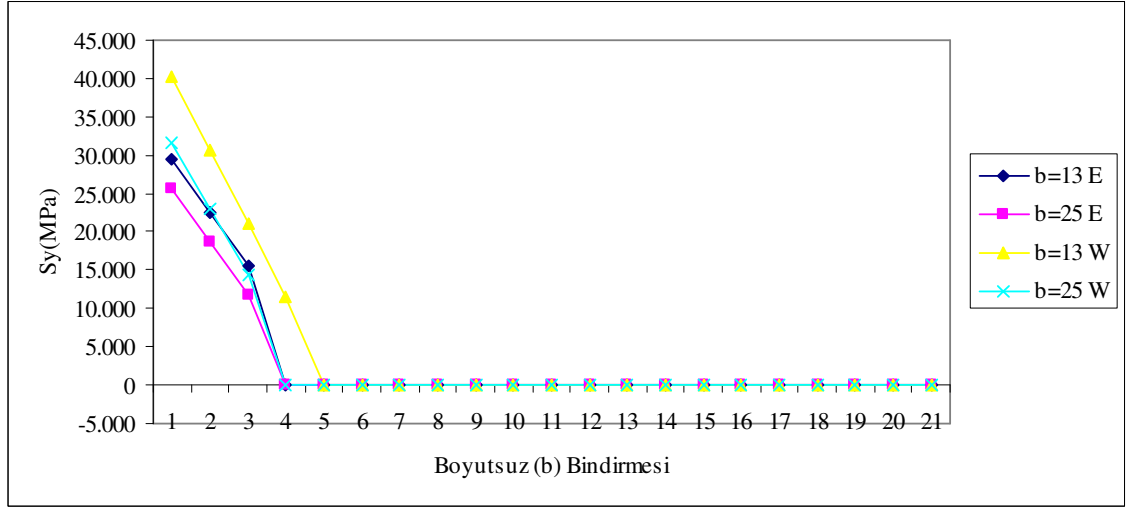
Şekil E.305. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



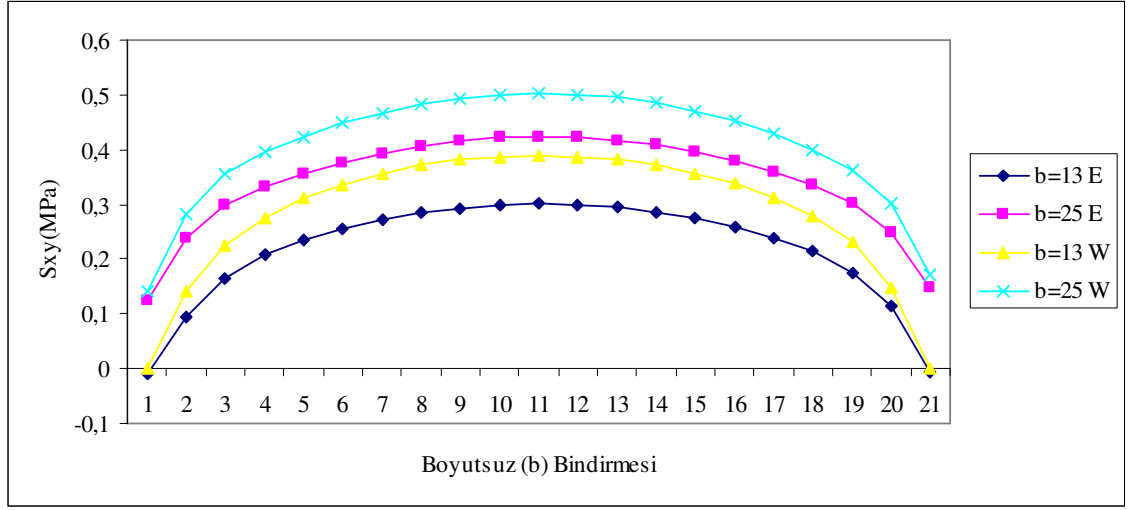
Şekil E.306. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



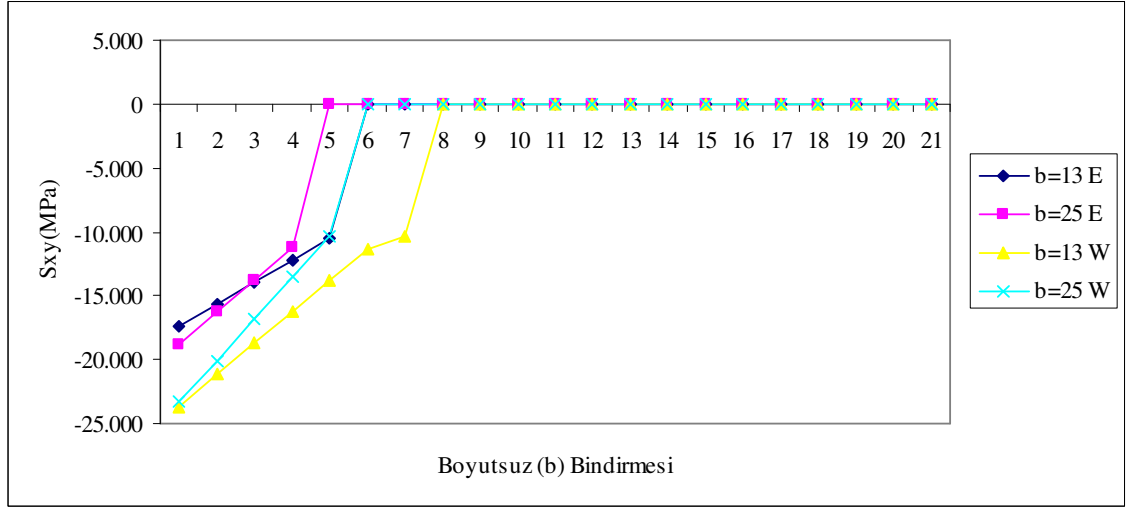
Şekil E.307. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



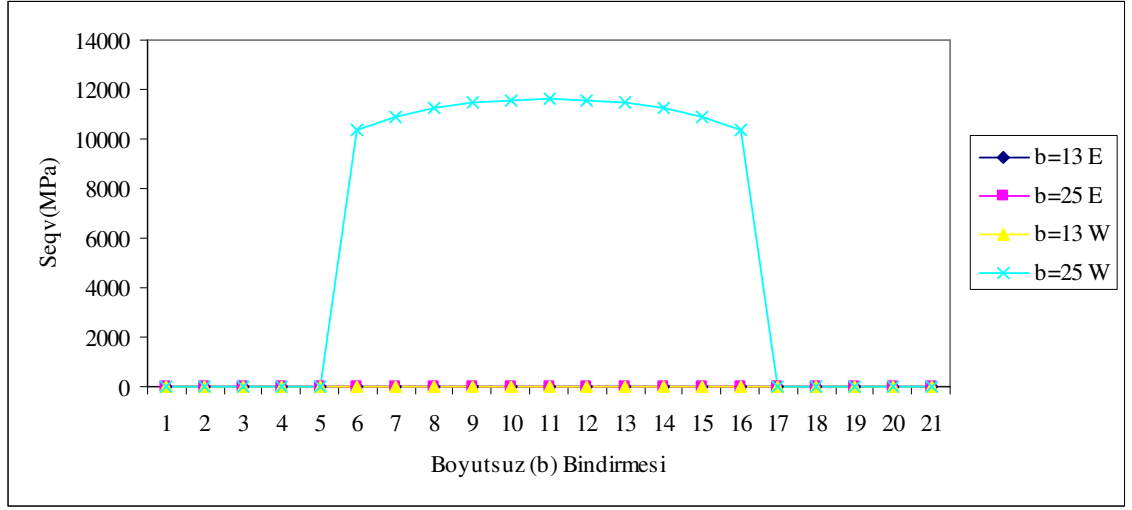
Şekil E.308. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



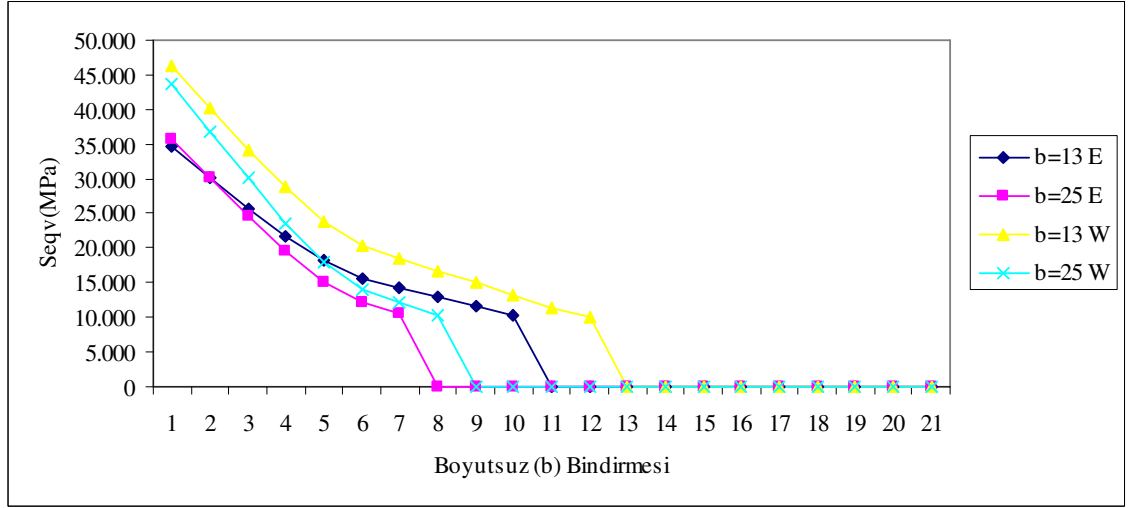
Şekil E.309. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



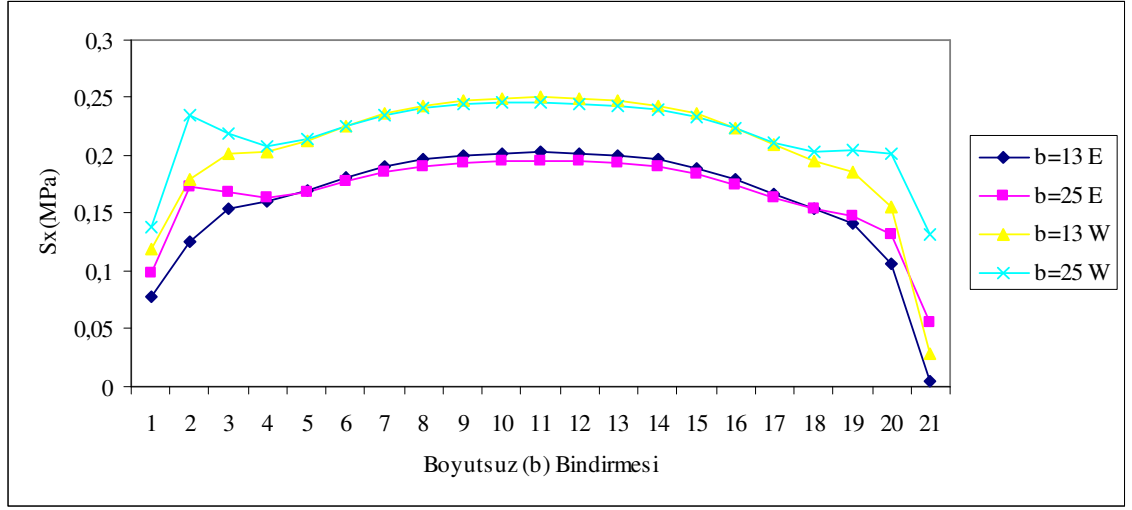
Şekil E.310. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



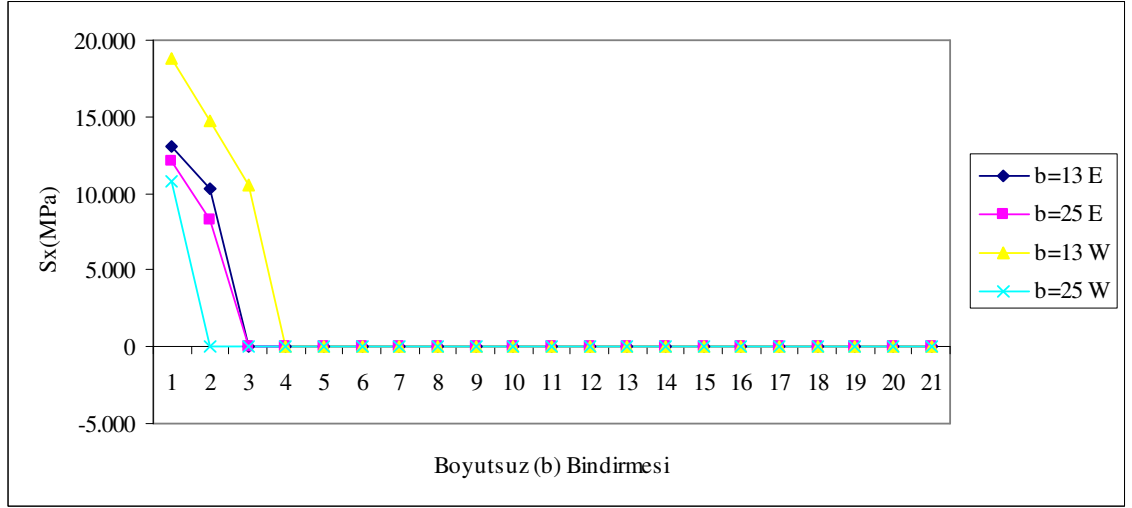
Şekil E.311. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken Seq_v 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



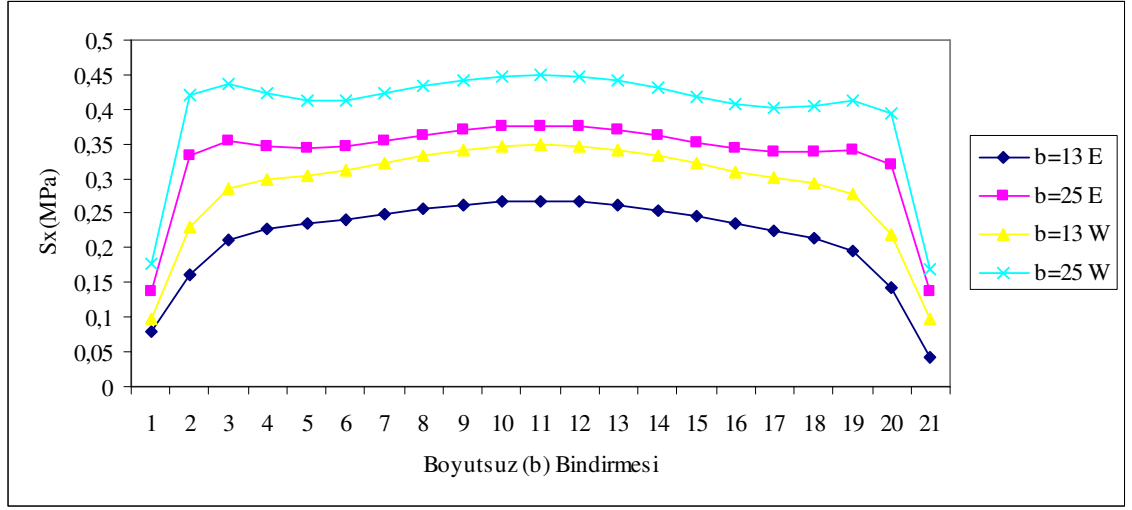
Şekil E.312. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken Seq_v 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



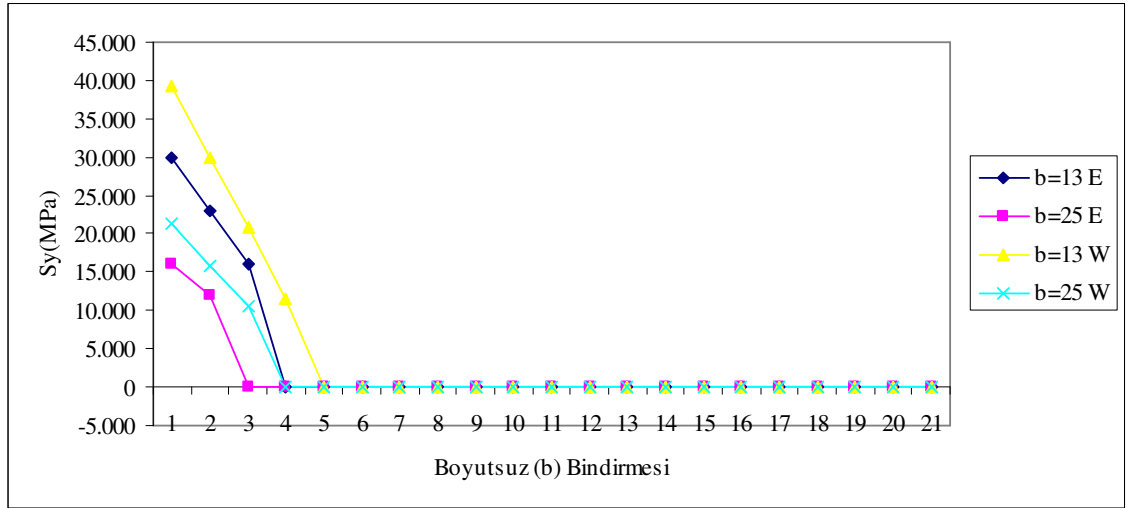
Şekil E.313. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



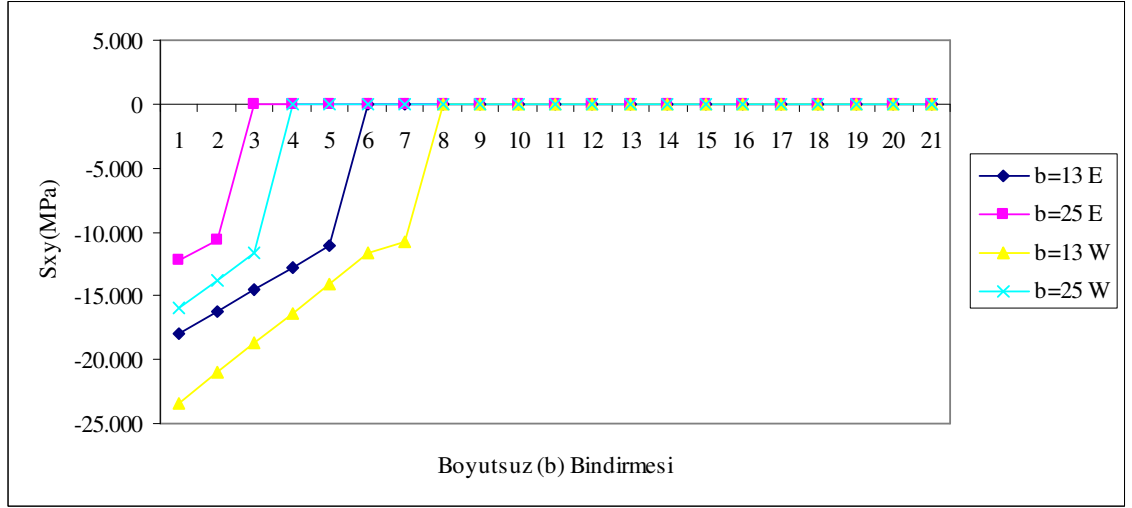
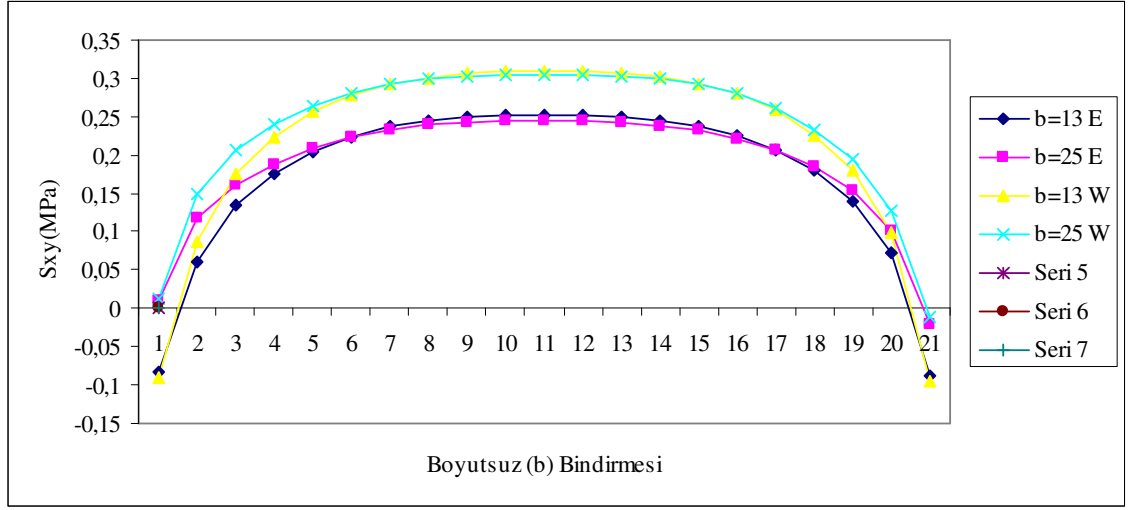
Şekil E.314. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

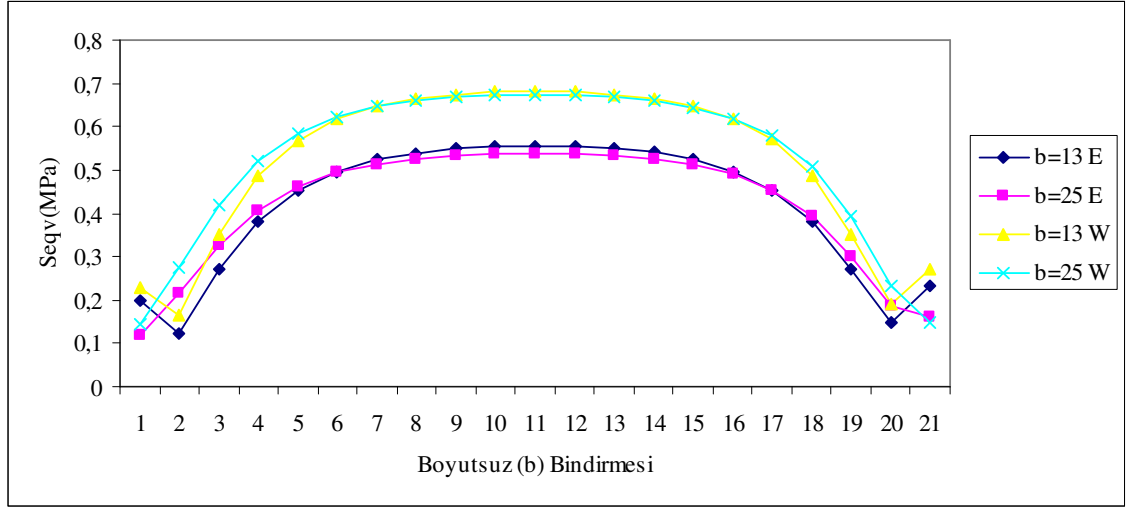


Şekil E.315. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

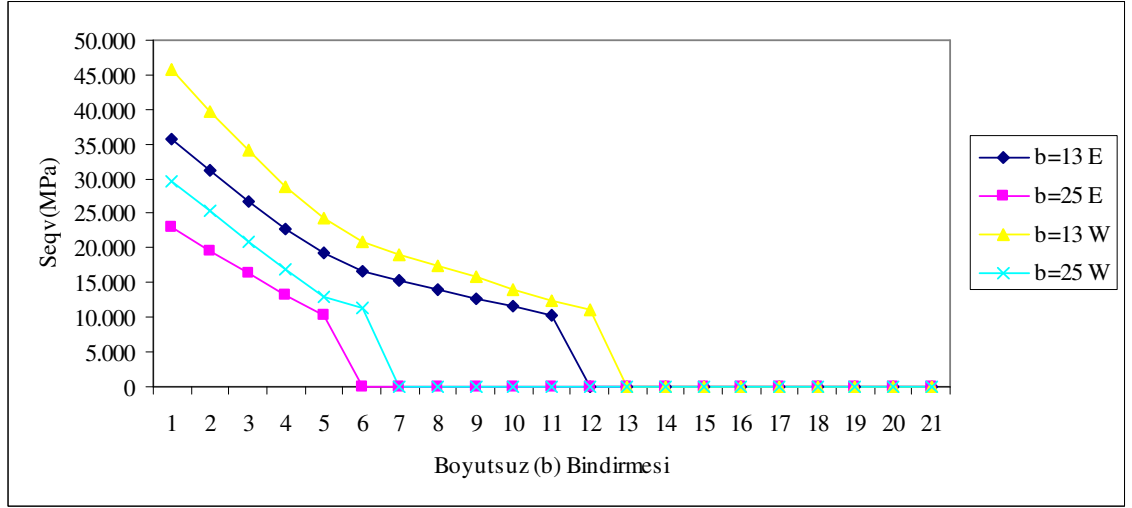


Şekil E.316. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

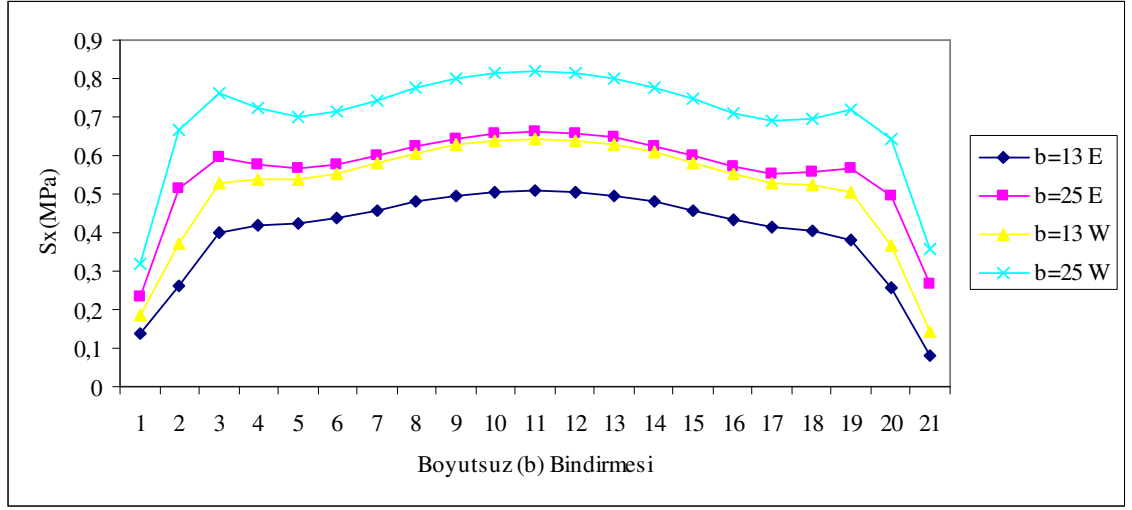




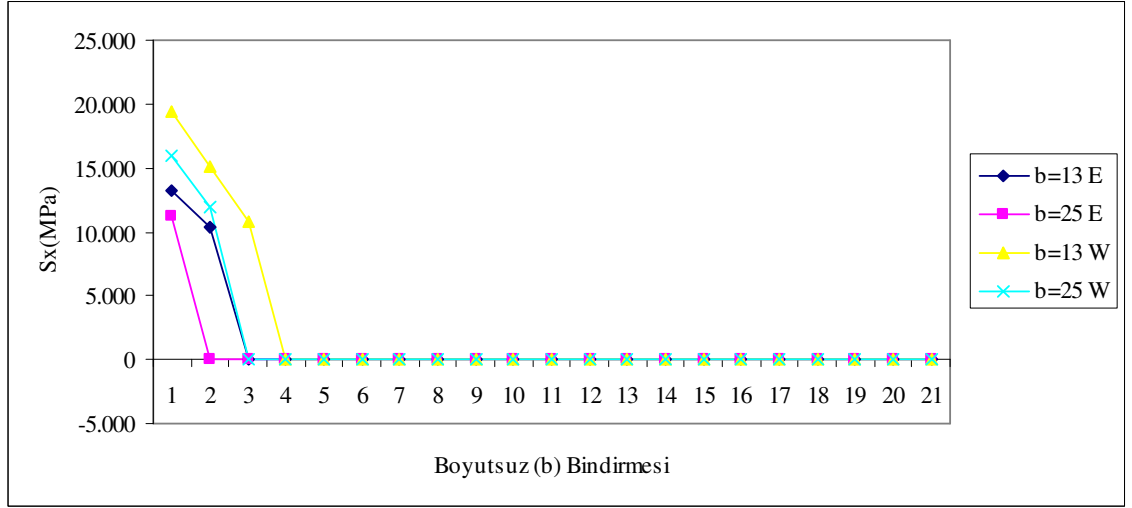
Şekil E.319. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken Seq_v 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



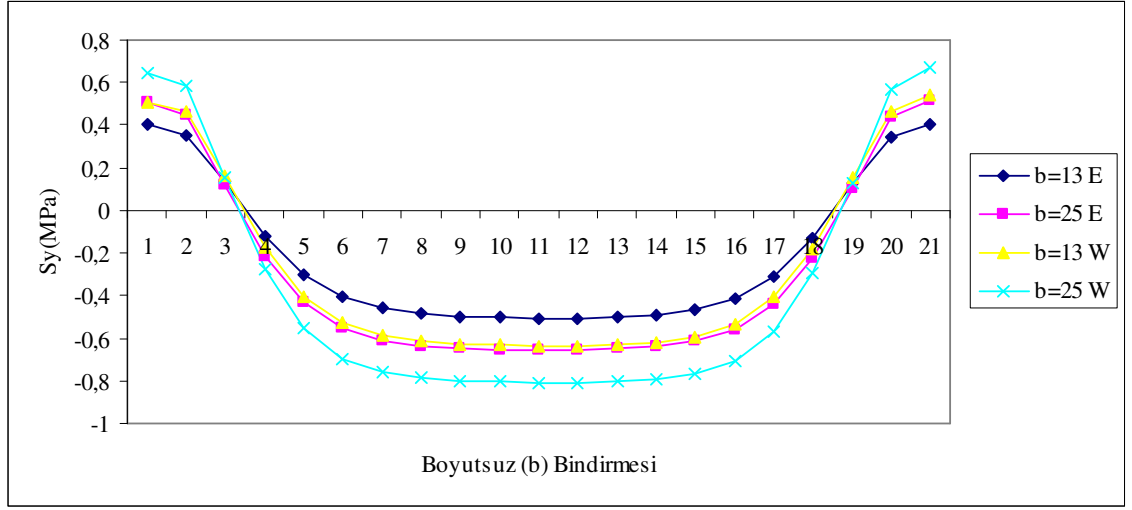
Şekil E.320. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=15^\circ$ iken Seq_v 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



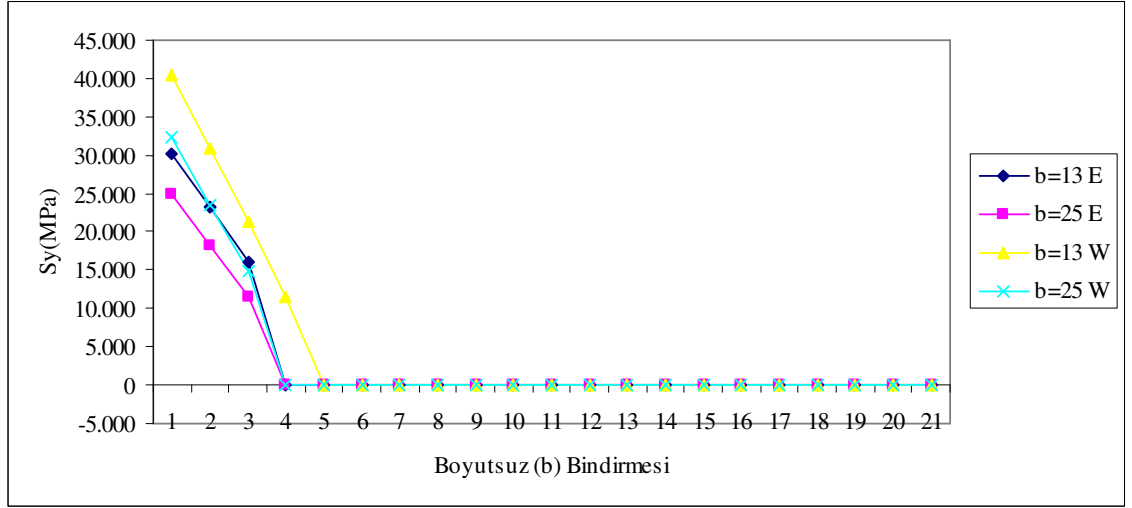
Şekil E.321. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



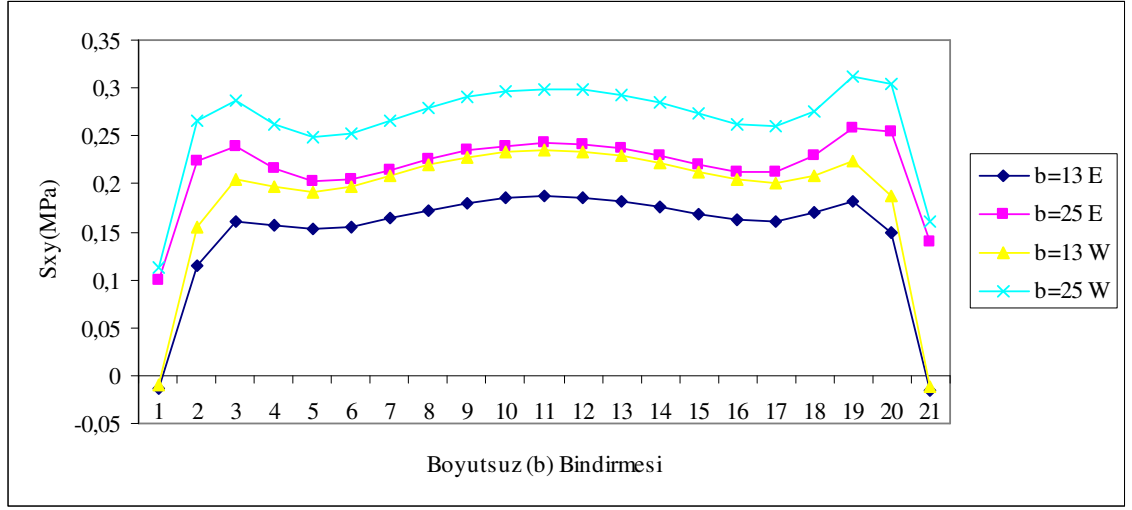
Şekil E.322. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



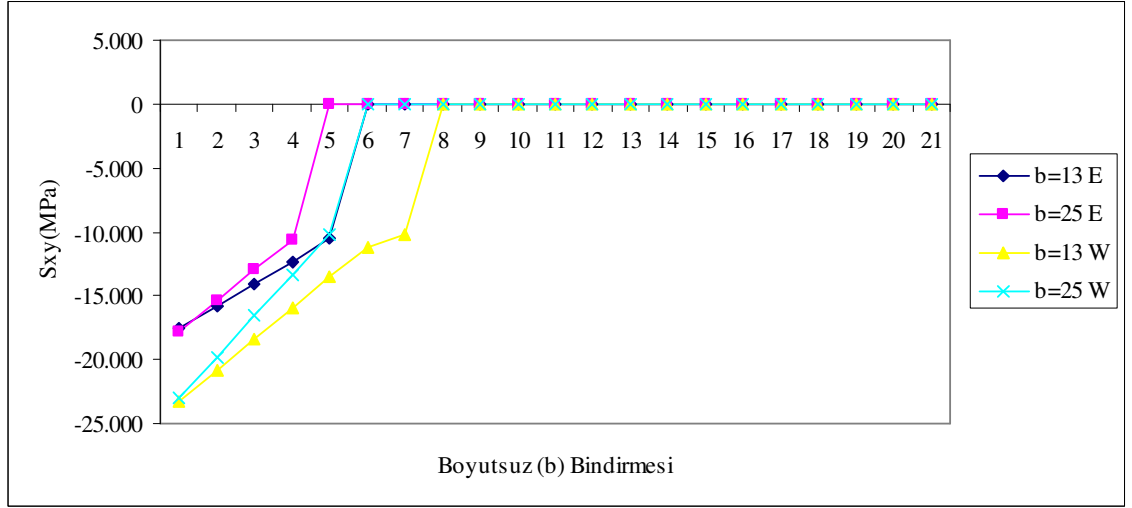
Şekil E.323. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



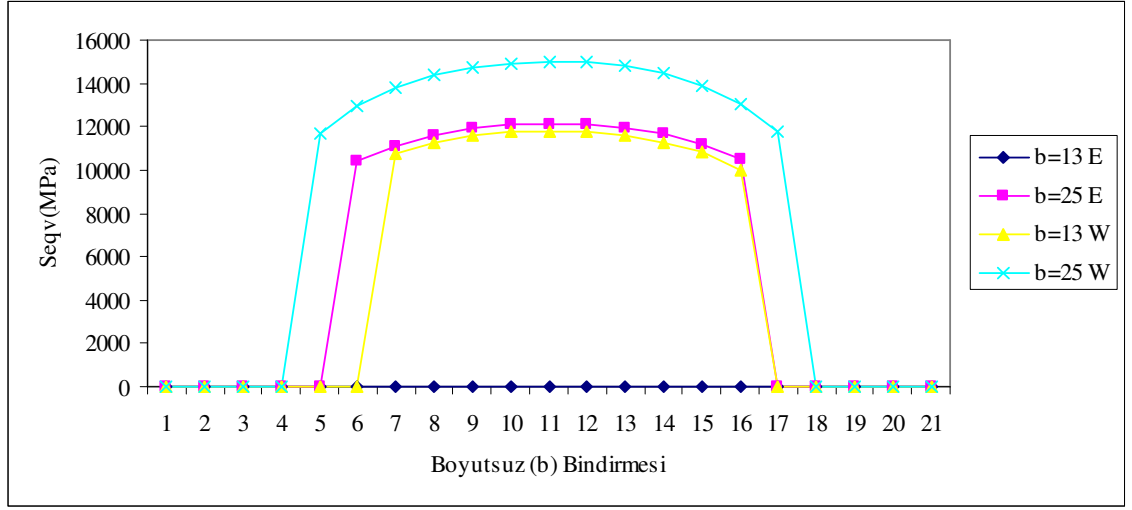
Şekil E.324. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



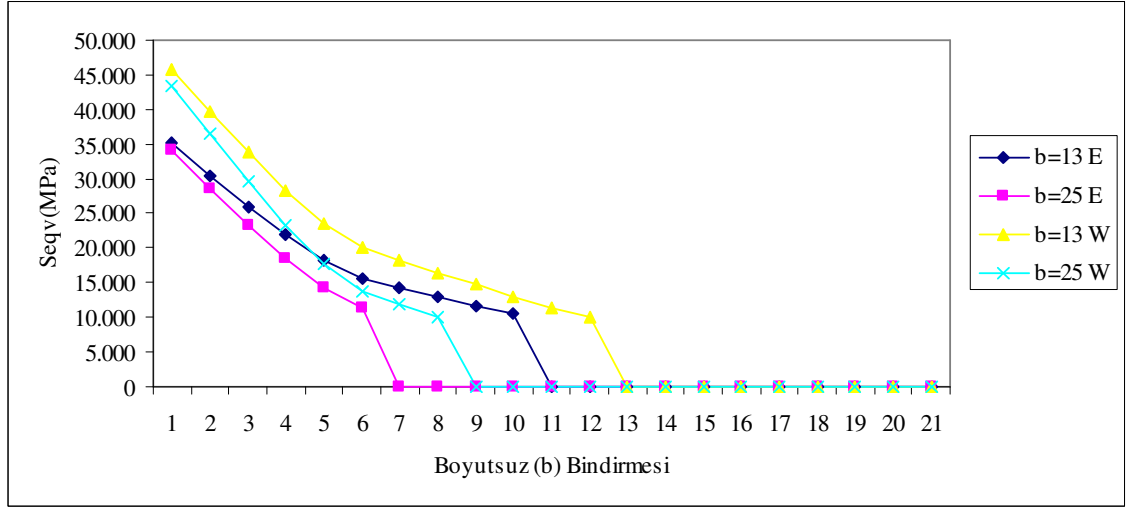
Şekil E.325. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



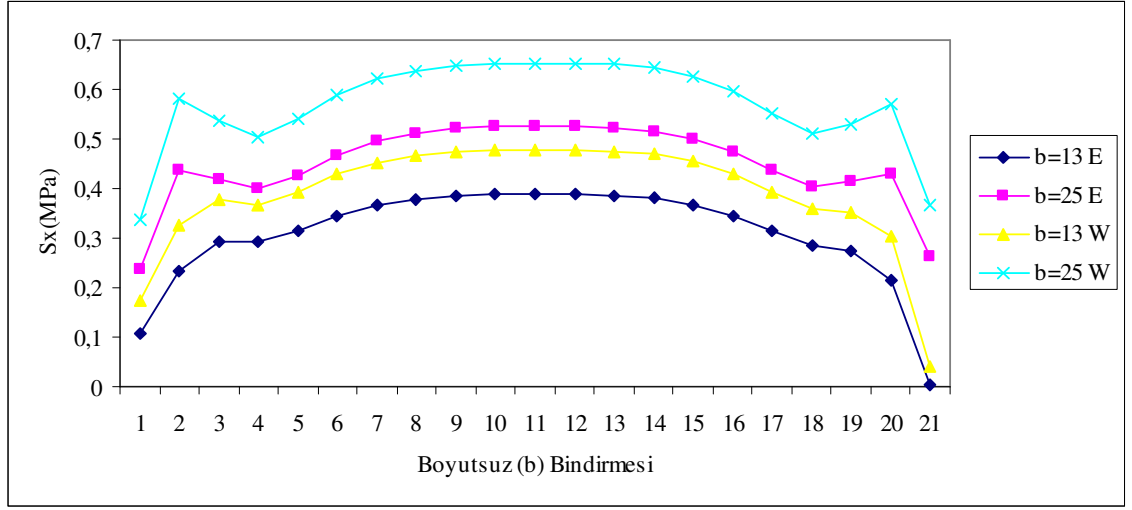
Şekil E.326. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



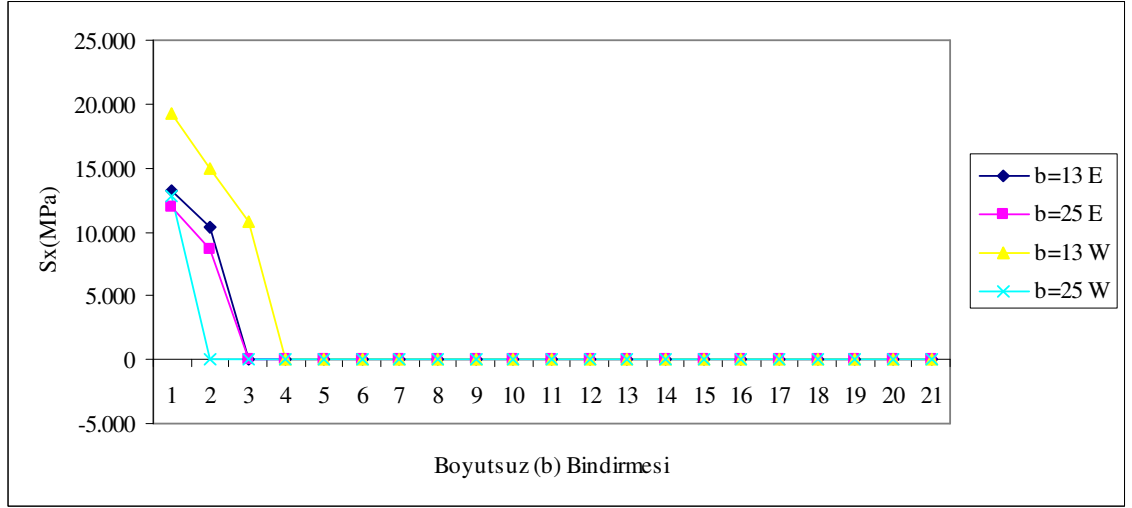
Şekil E.327. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Seq_v 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



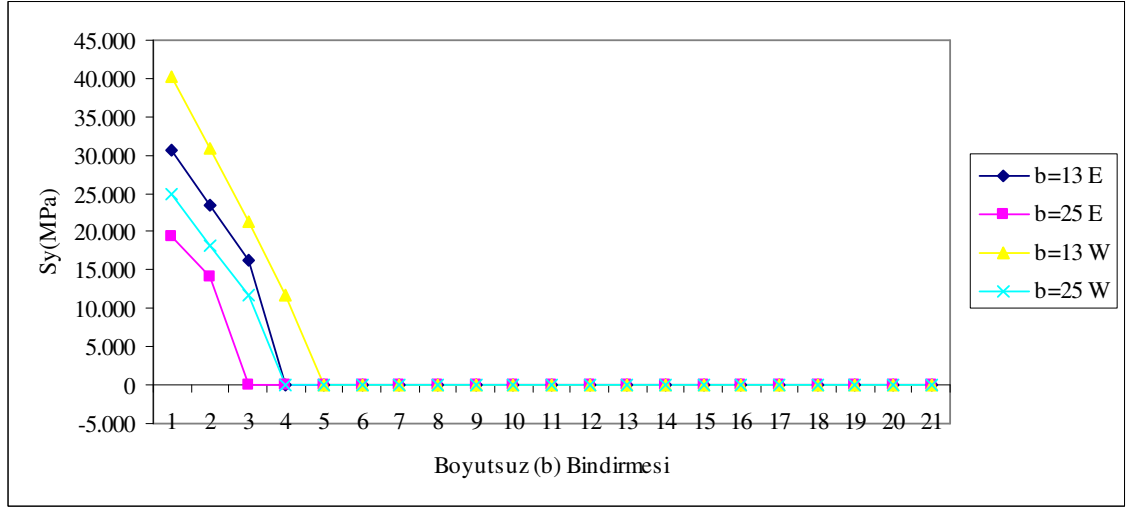
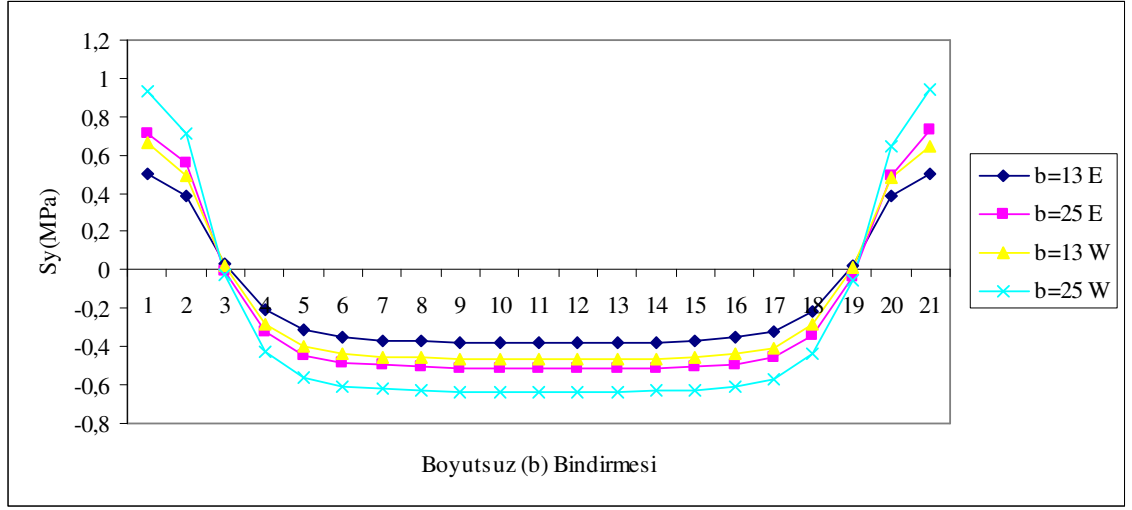
Şekil E.328. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken Seq_v 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

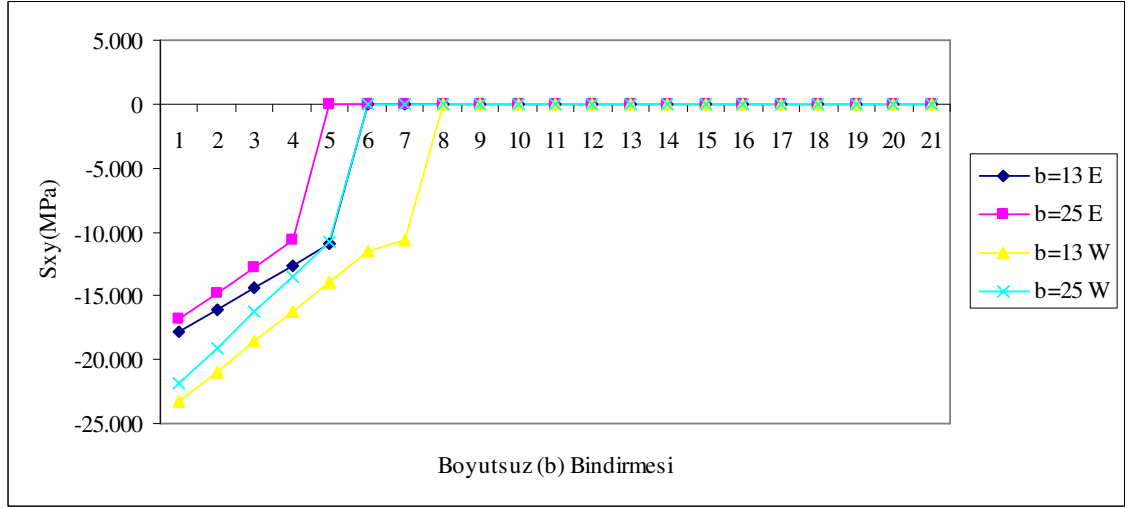
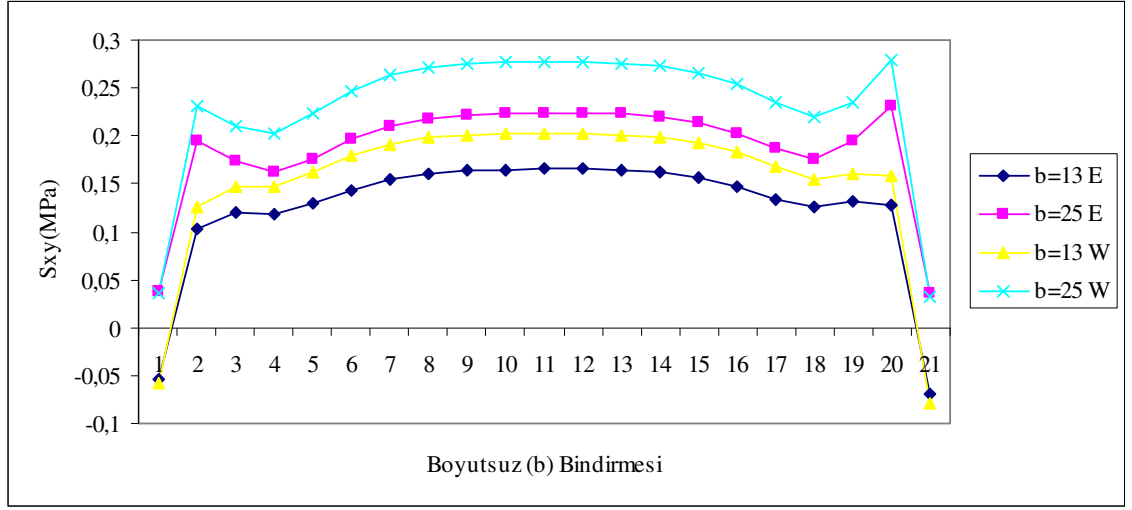


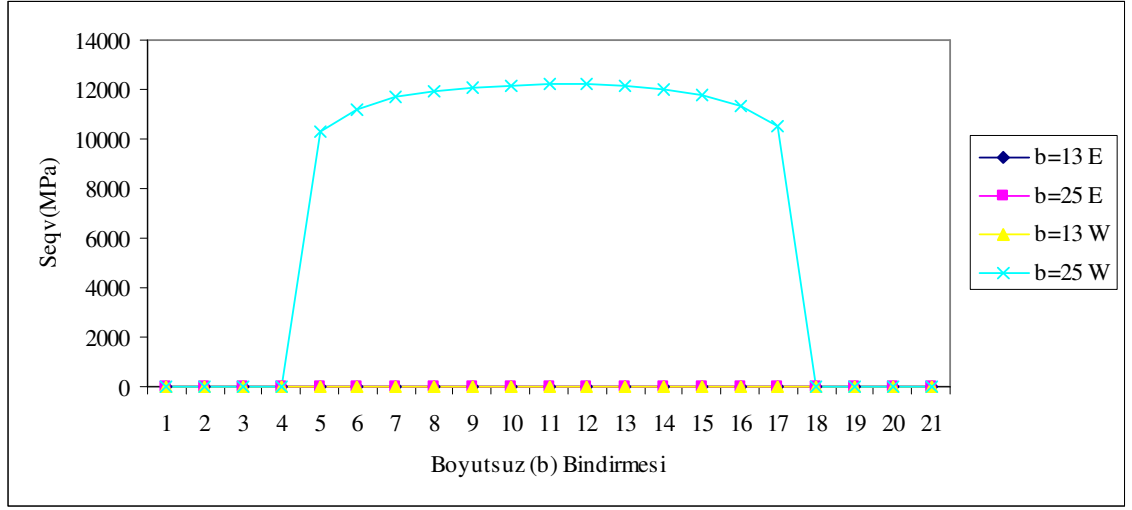
Şekil E.329. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



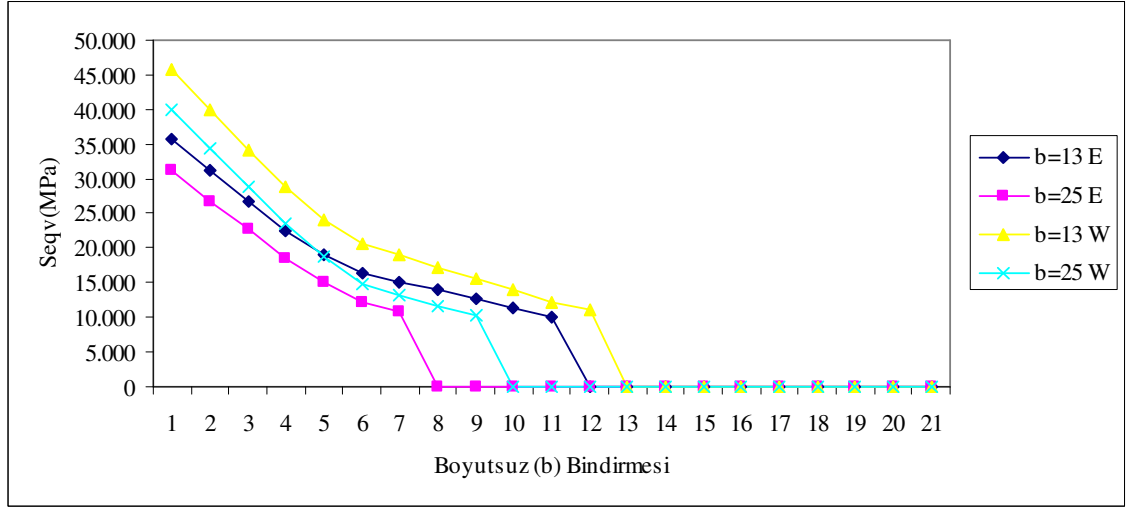
Şekil E.330. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=30^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



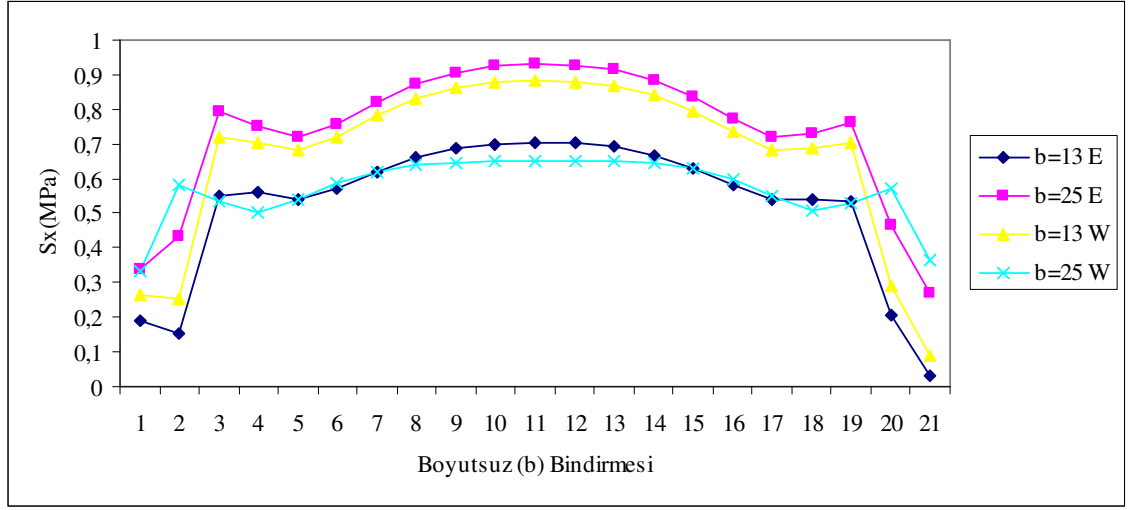




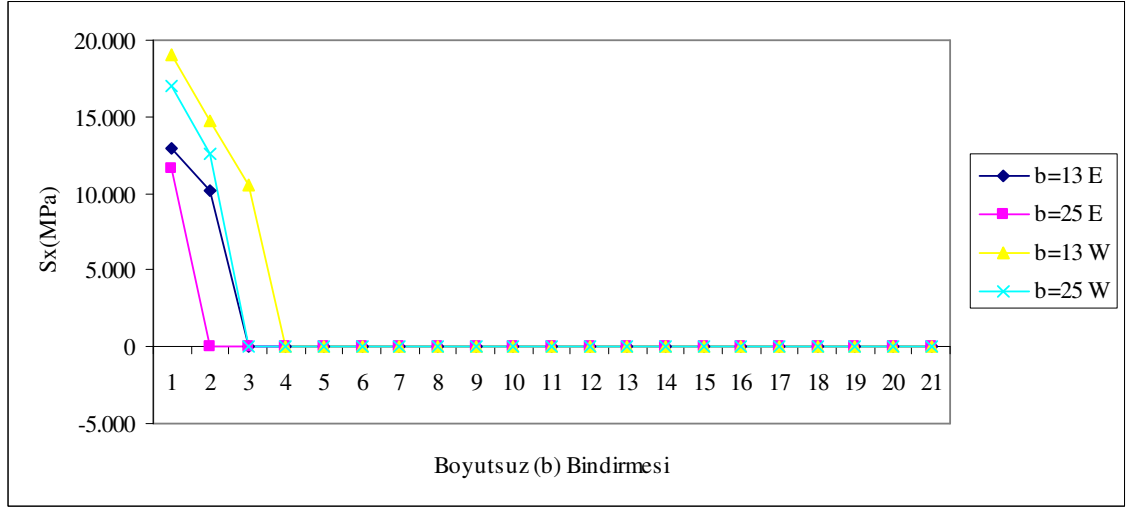
Şekil E.335. b=13 mm ve b=25 mm için a=45 mm ve $\theta=30^\circ$ iken Seqv'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



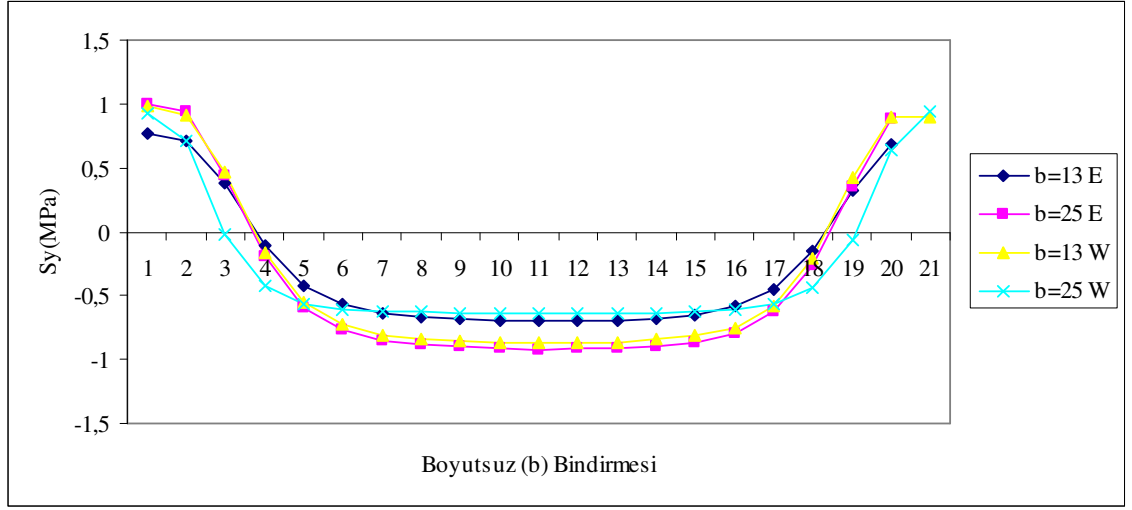
Şekil E.336. b=13 mm ve b=25 mm için a=45 mm ve $\theta=30^\circ$ iken Seqv'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



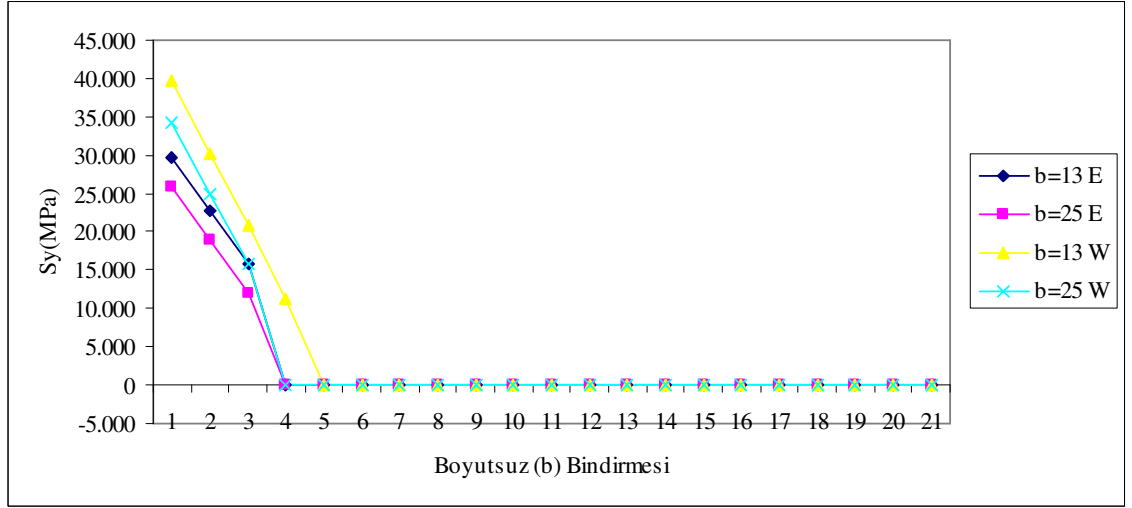
Şekil E.337. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



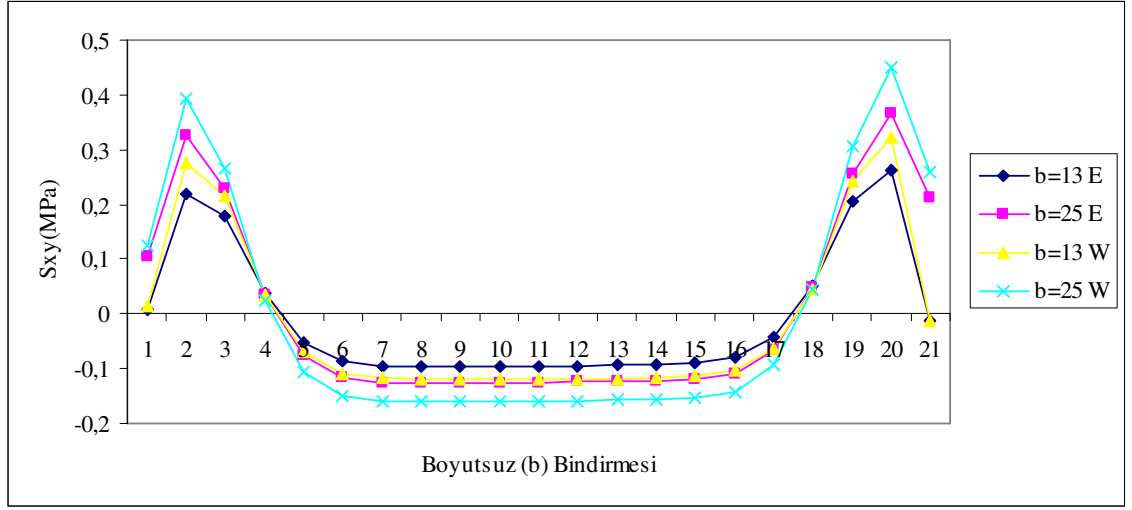
Şekil E.338. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



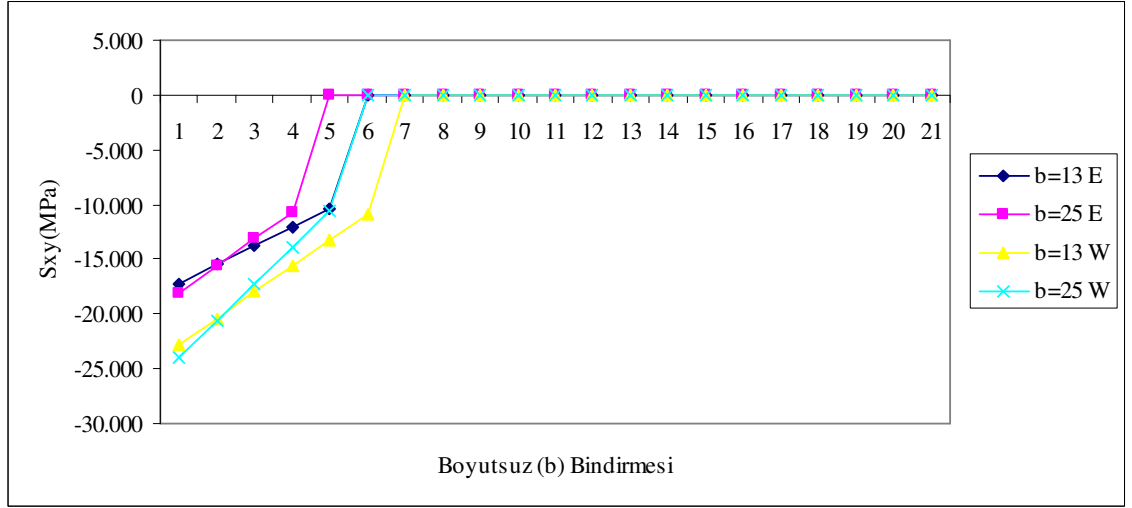
Şekil E.339. b=13 mm ve b=25 mm için a=30 mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



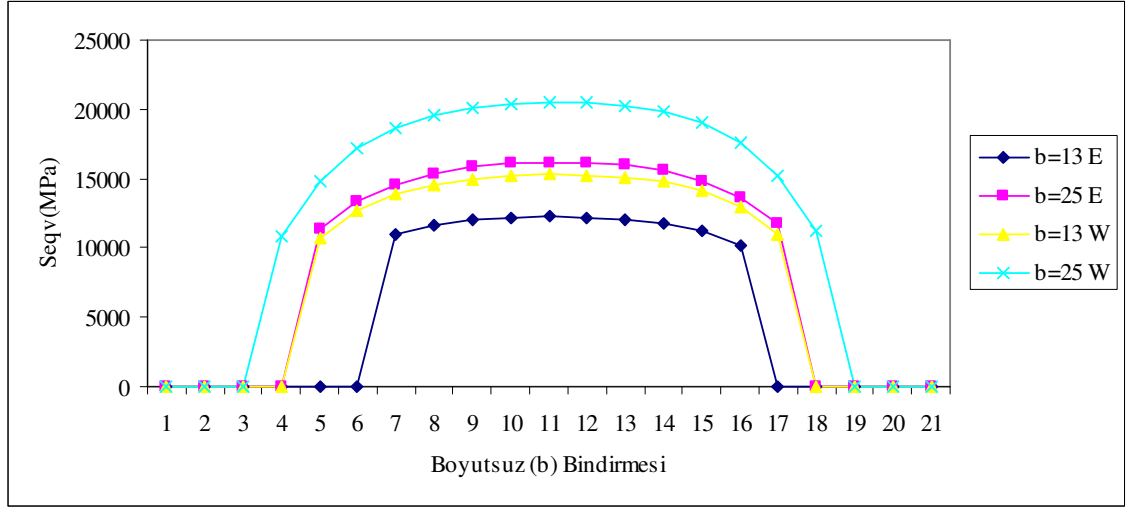
Şekil E.340. b=13 mm ve b=25 mm için a=30 mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



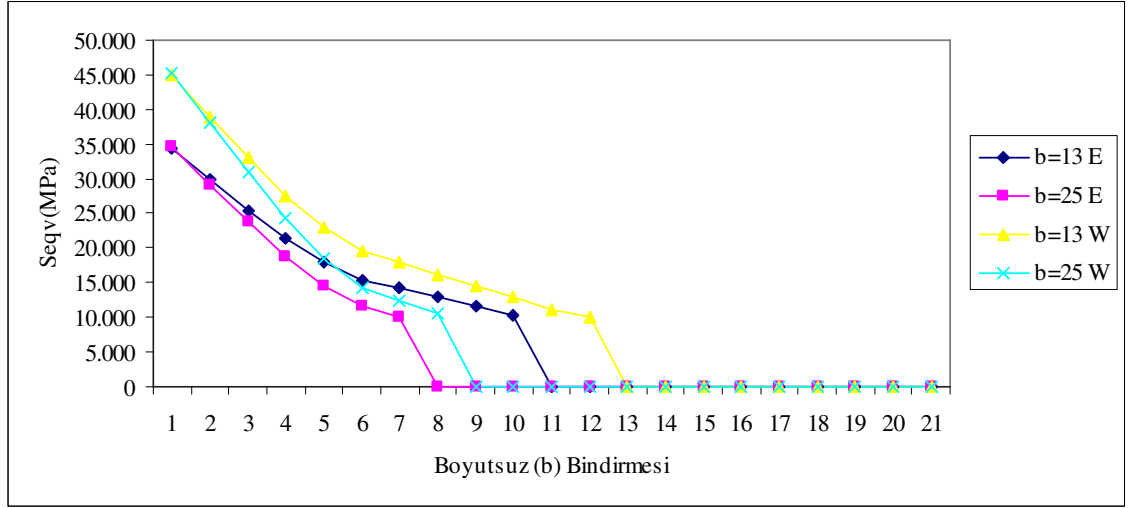
Şekil E.341. b=13 mm ve b=25 mm için a=30 mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



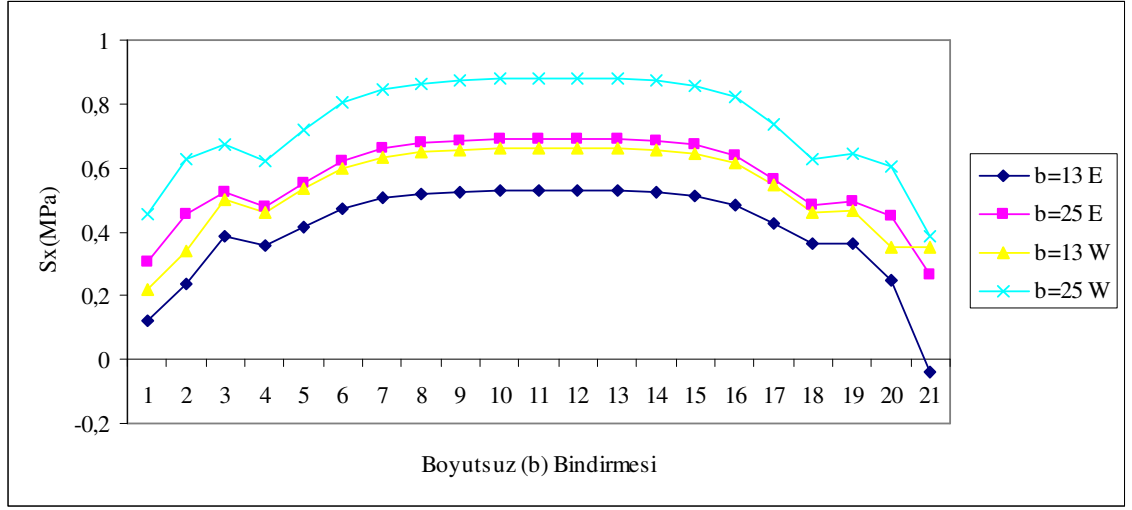
Şekil E.342. b=13 mm ve b=25 mm için a=30 mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



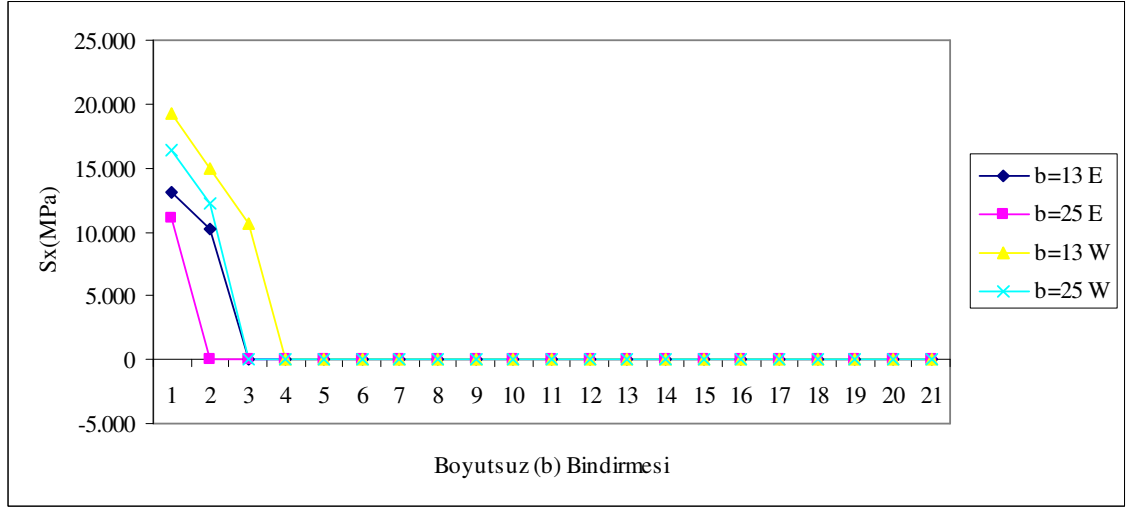
Şekil E.343. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Seq_v 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



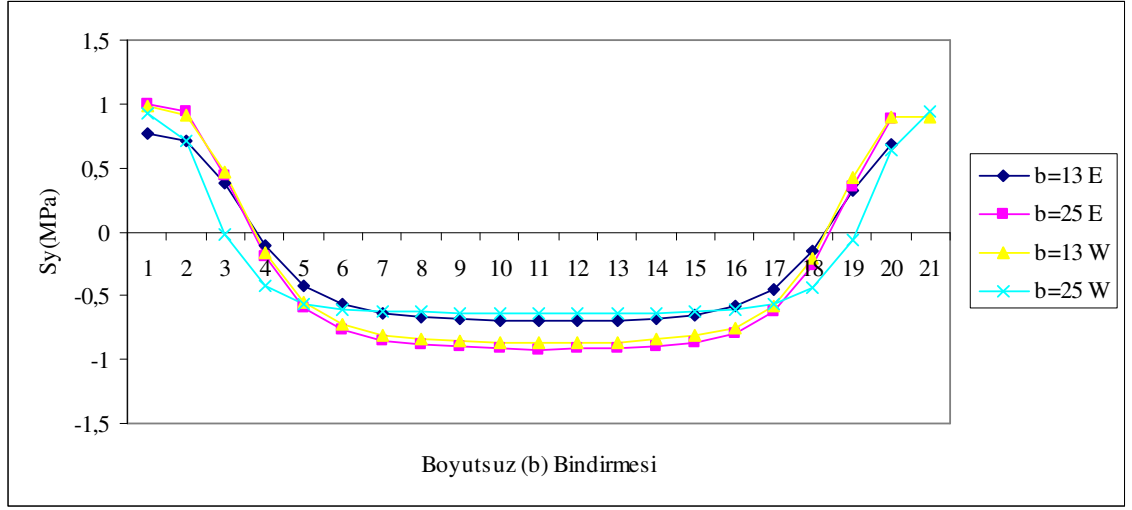
Şekil E.344. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=30$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Seq_v 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



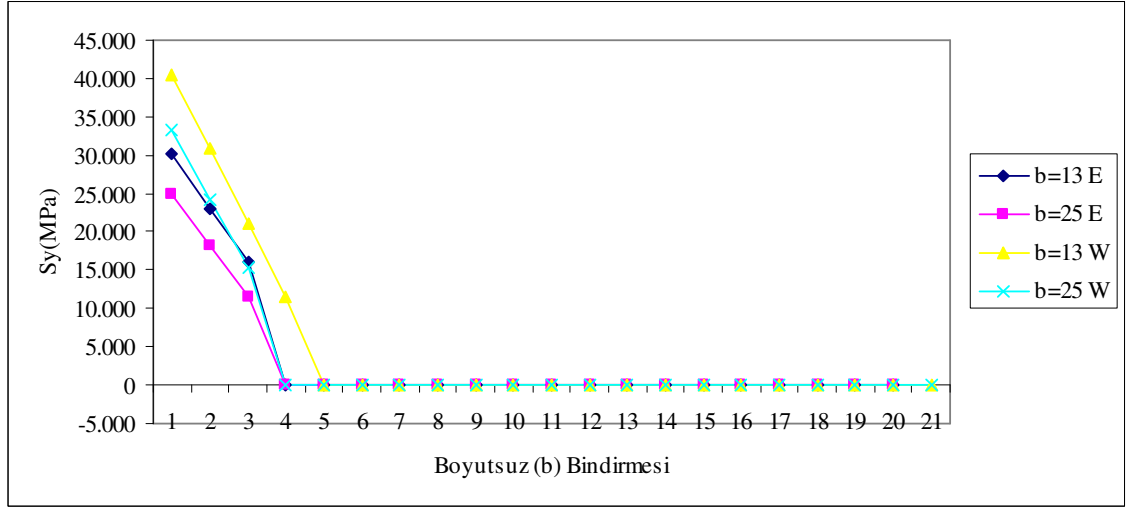
Şekil E.345. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



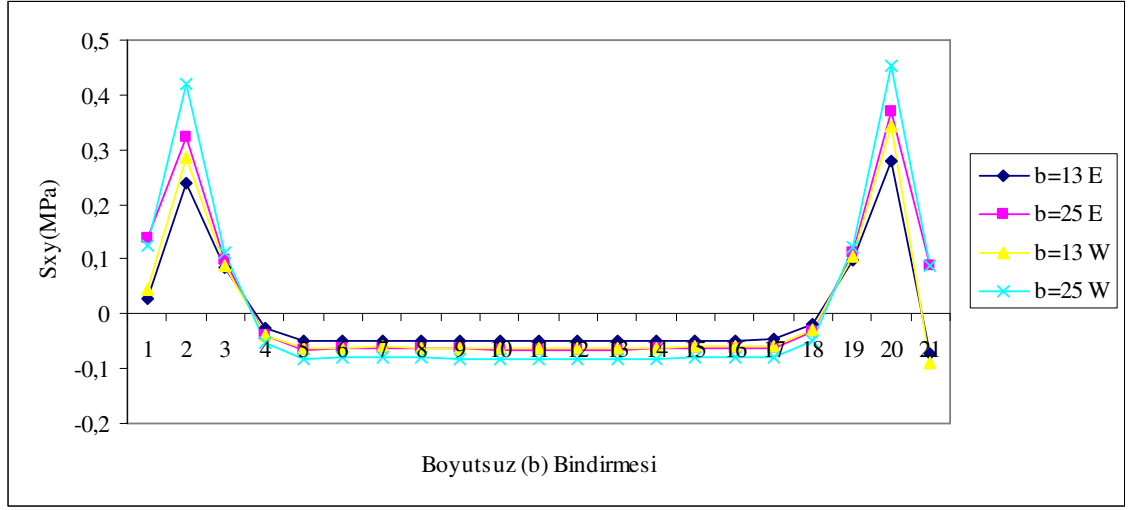
Şekil E.346. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



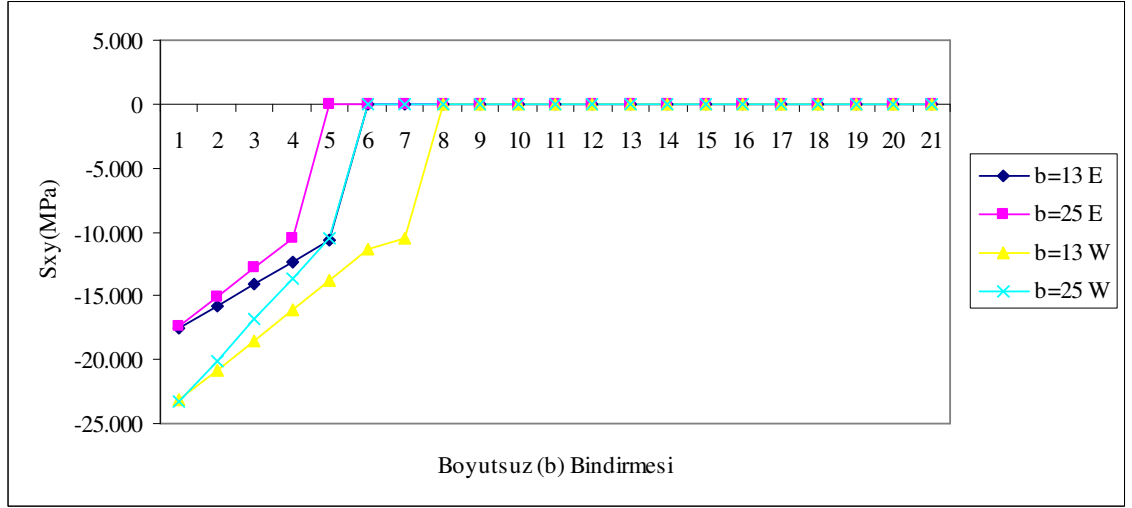
Şekil E.347. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



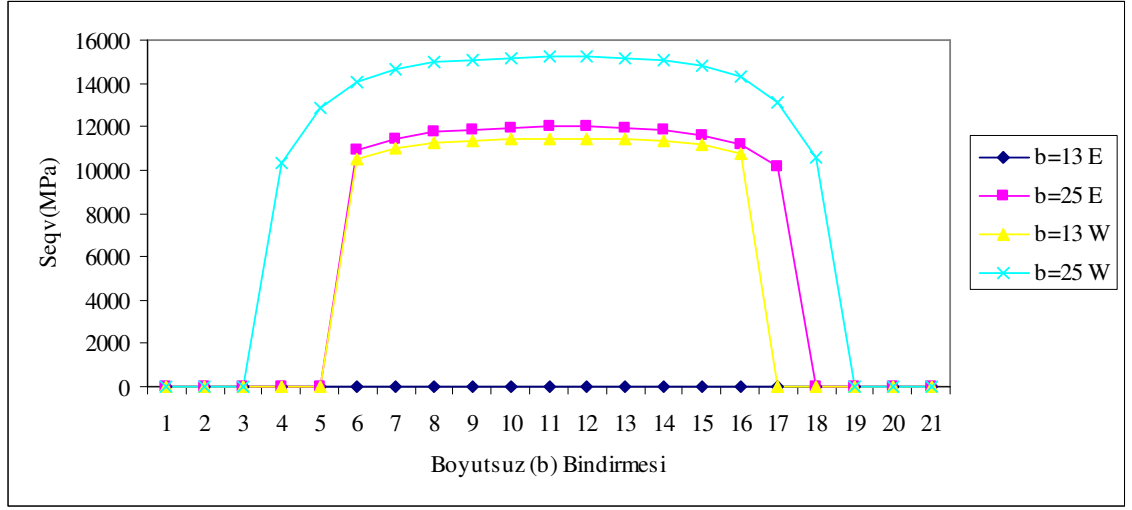
Şekil E.348. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



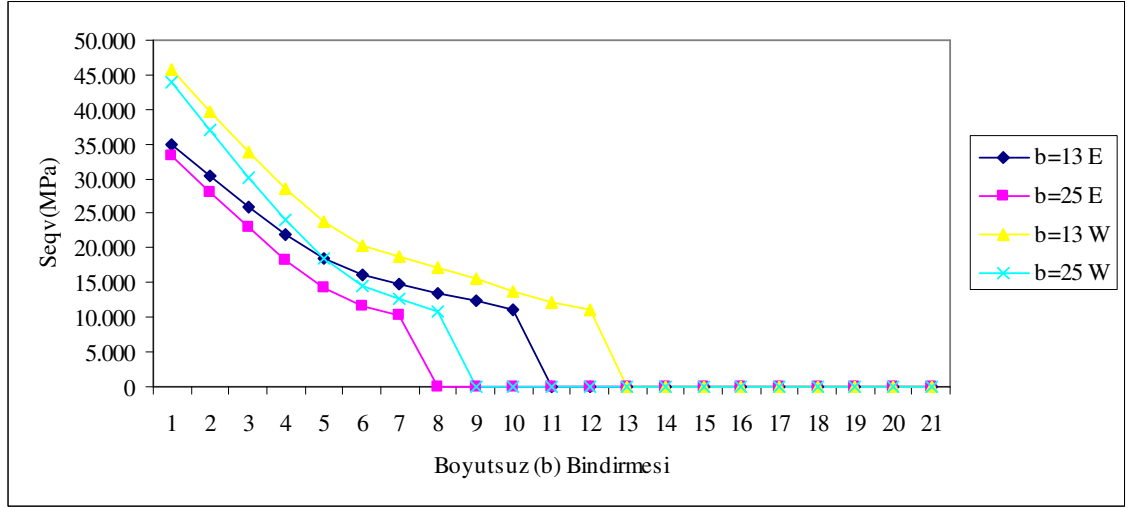
Şekil E.349. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



Şekil E.350. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

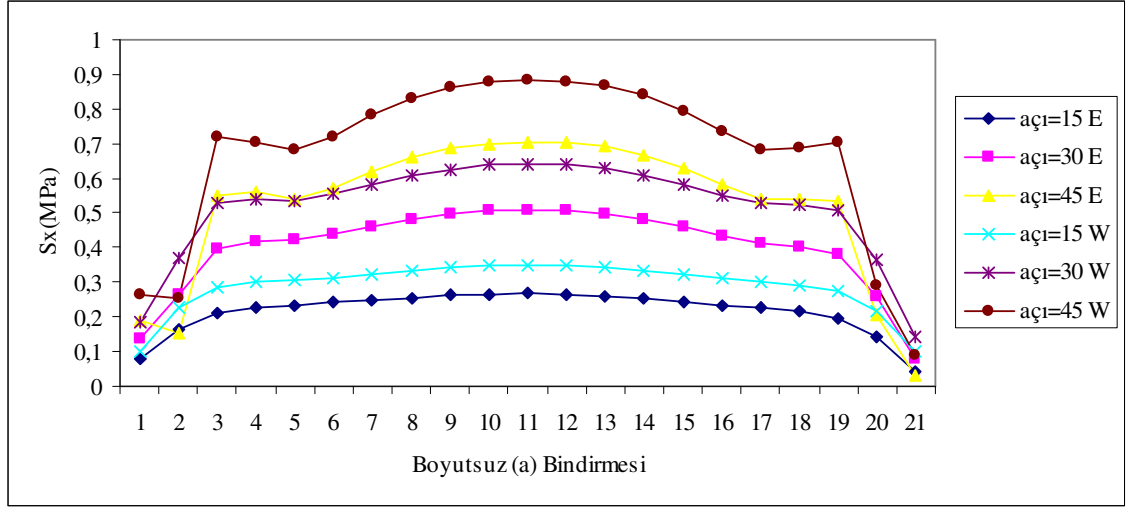


Şekil E.351. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Seqv'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

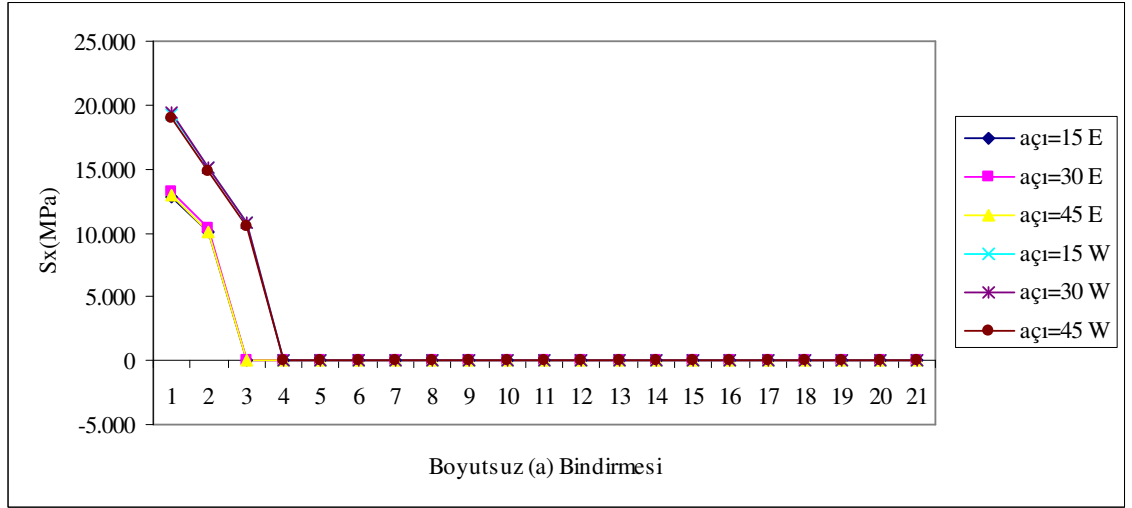


Şekil E.352. $b=13$ mm ve $b=25$ mm için $a=45$ mm ve $\theta=45^\circ$ iken Seqv'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

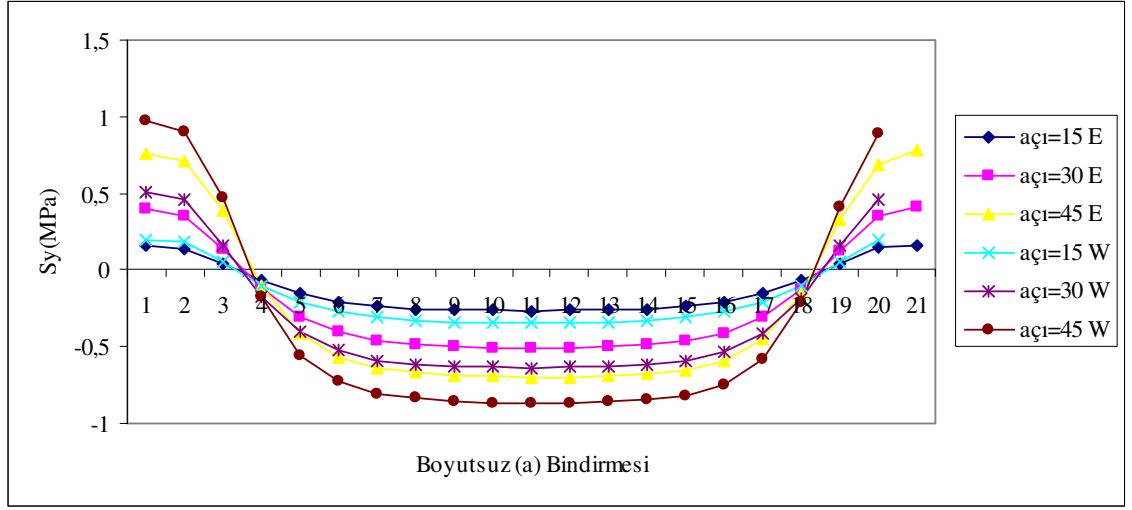
Ek.3.3. (θ) Bindirme Açısına Göre Karşılaştırma



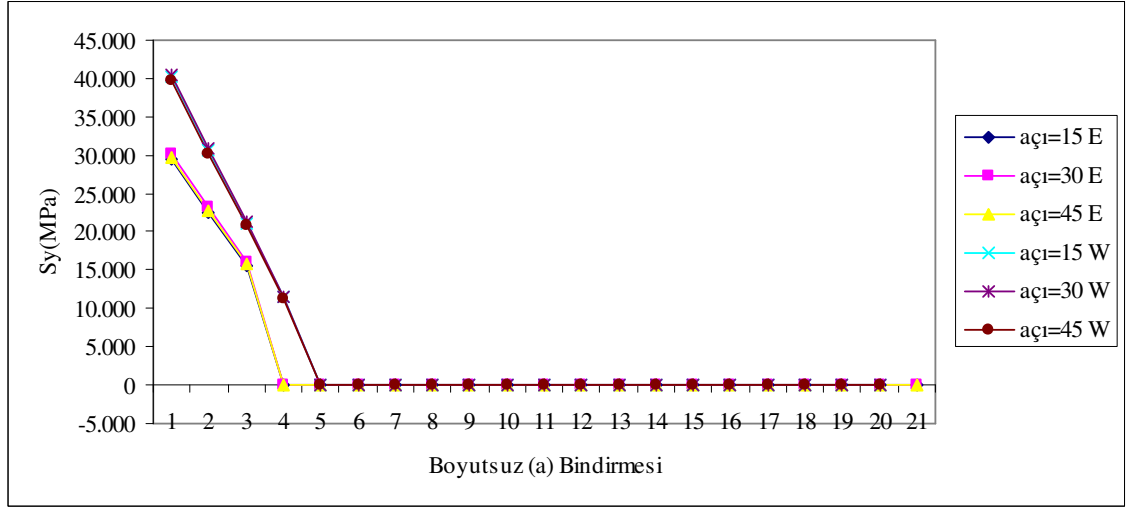
Şekil E.353. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'in E ve W yapıştırmalarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



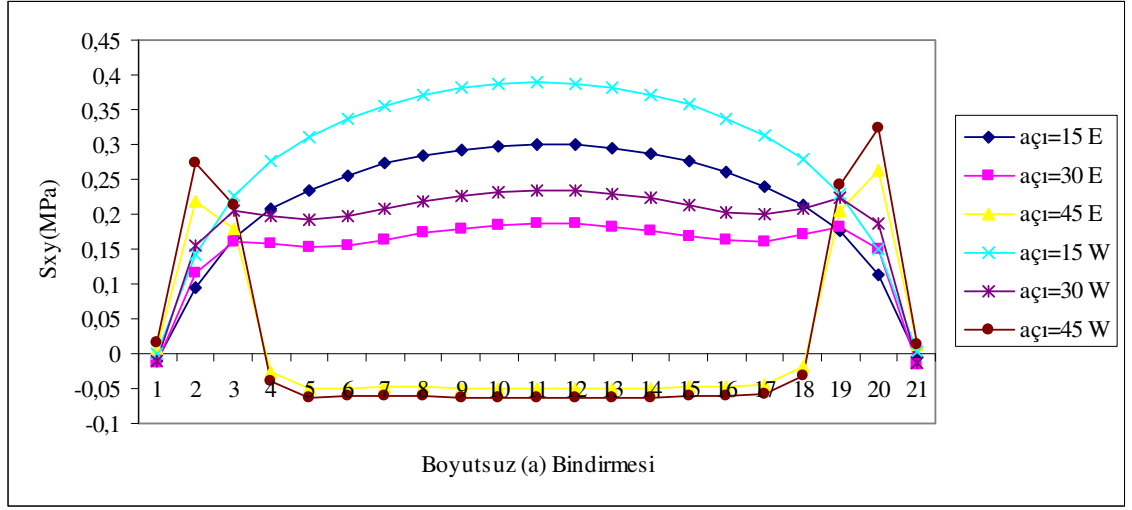
Şekil E.354. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'in E ve W yapıştırmalarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



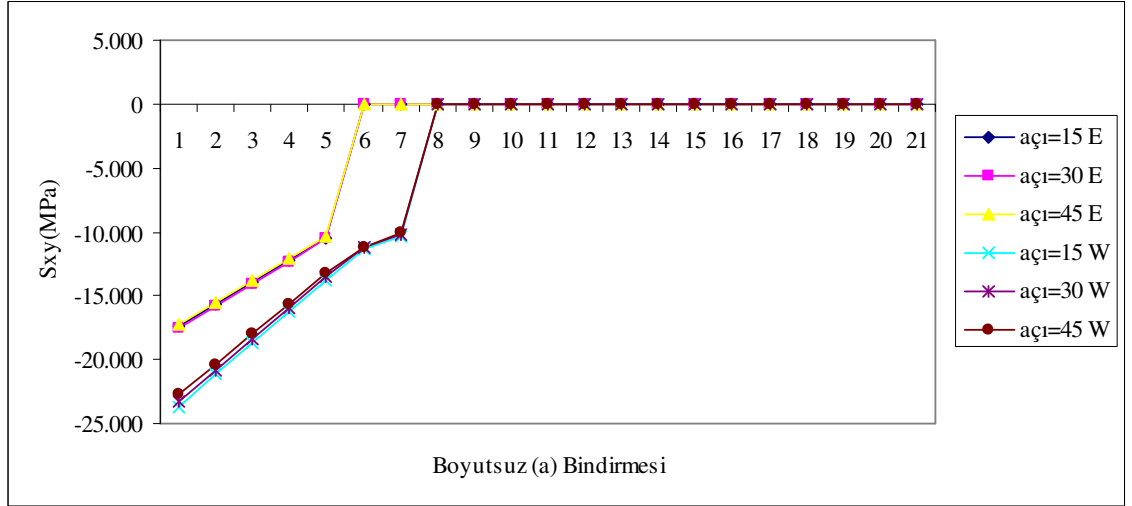
Şekil E.355. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



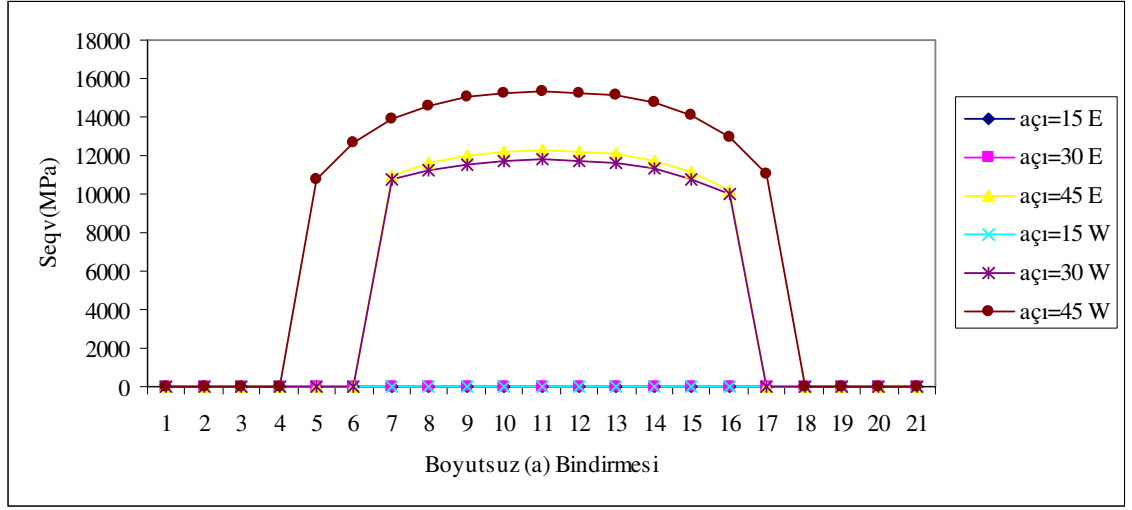
Şekil E.356. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



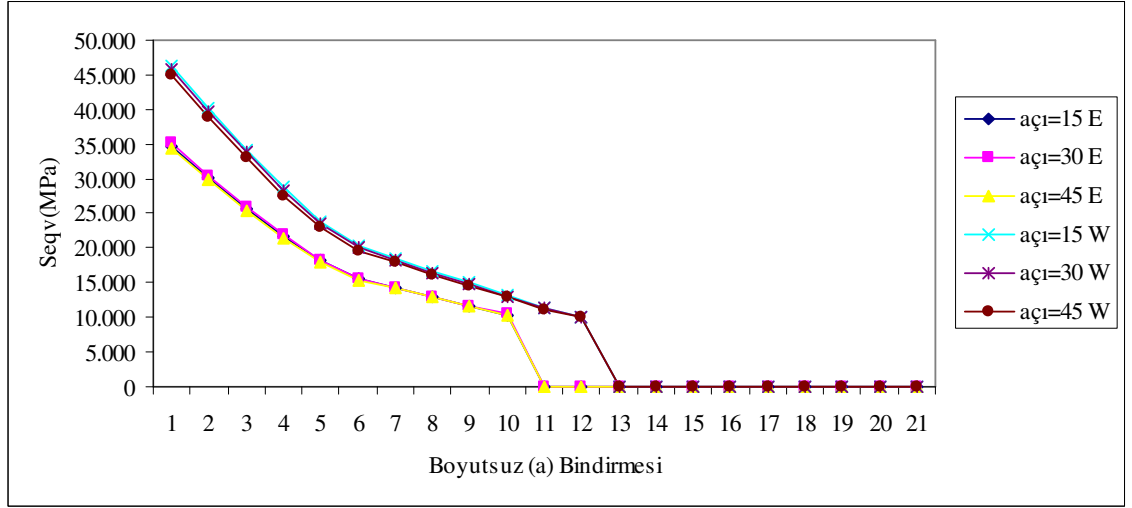
Şekil E.357. $\theta = 15^\circ$, $\theta = 30^\circ$ ve $\theta = 45^\circ$ için $a = 30$ mm ve $b = 13$ mm iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



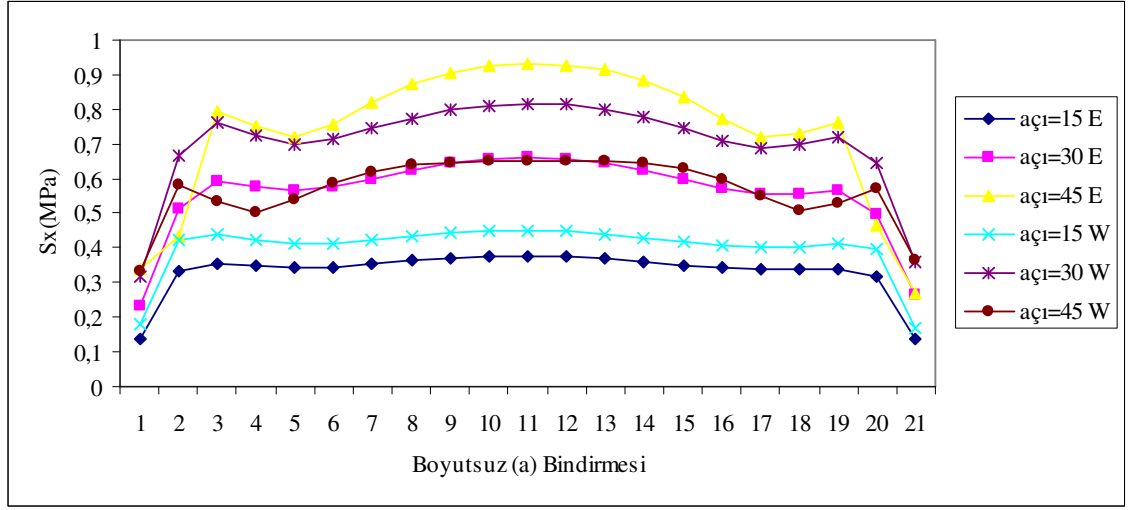
Şekil E.358. $\theta = 15^\circ$, $\theta = 30^\circ$ ve $\theta = 45^\circ$ için $a = 30$ mm ve $b = 13$ mm iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



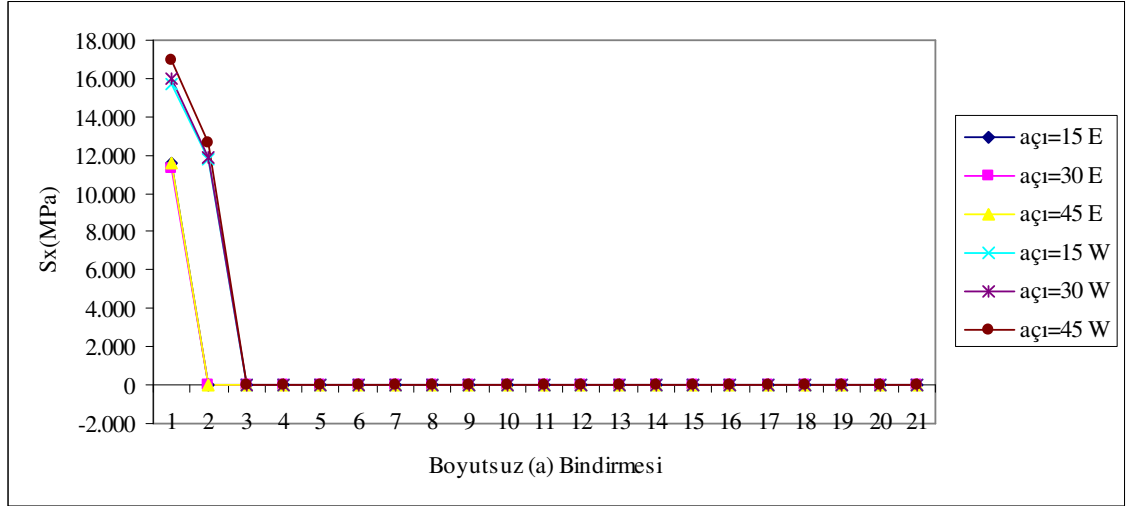
Şekil E.359. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken Seq_v 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



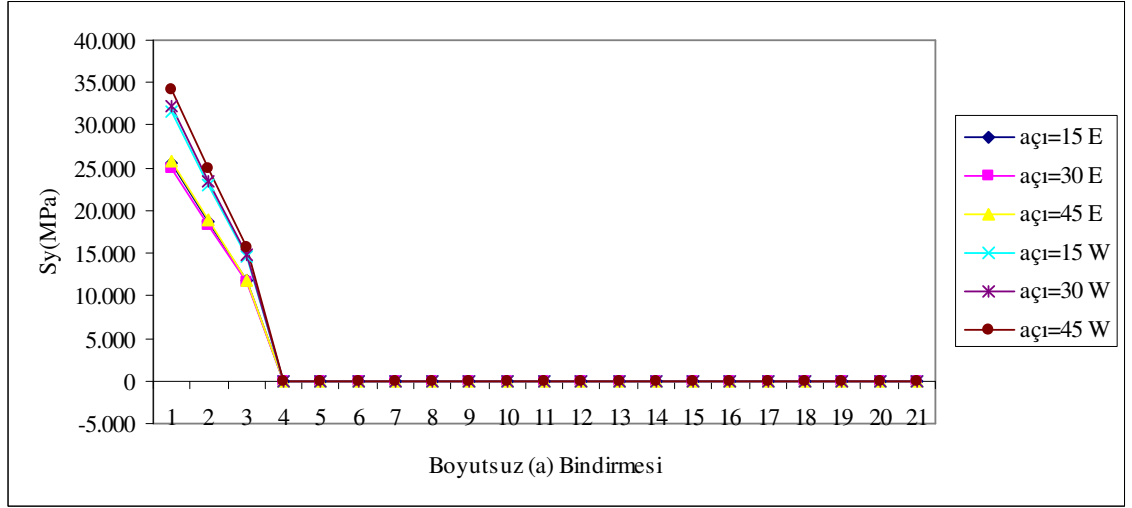
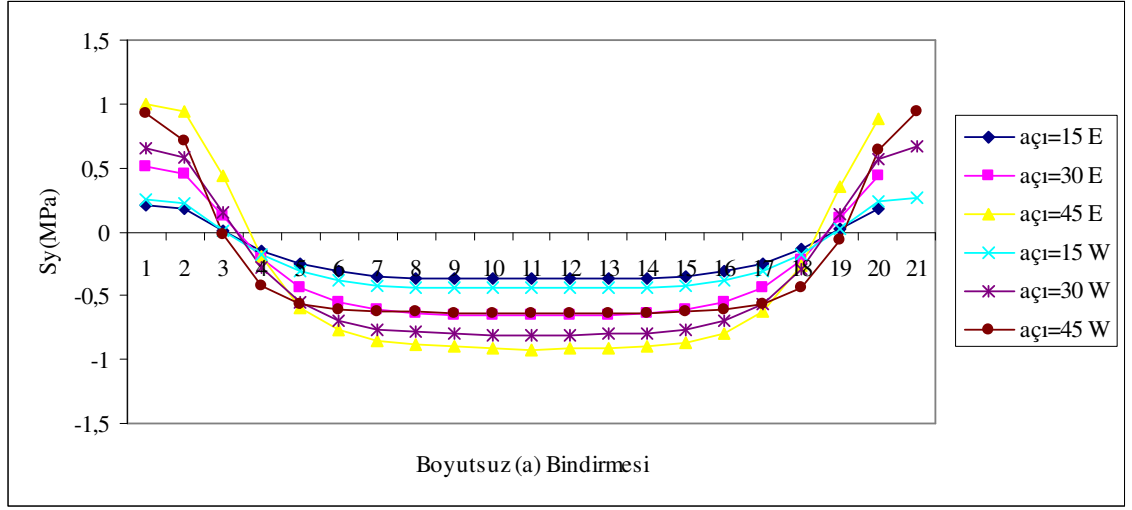
Şekil E.360. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=13$ mm iken Seq_v 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

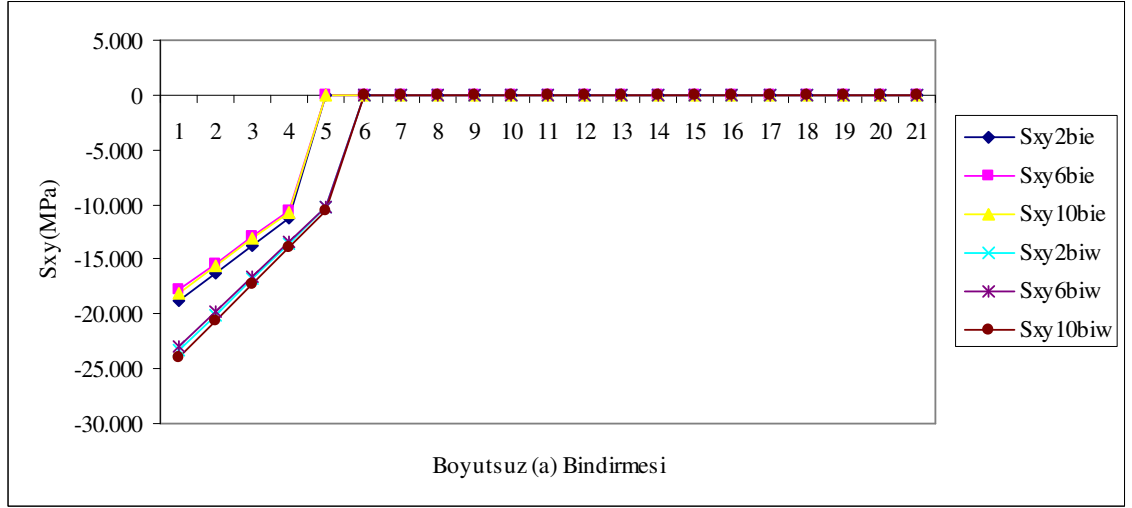
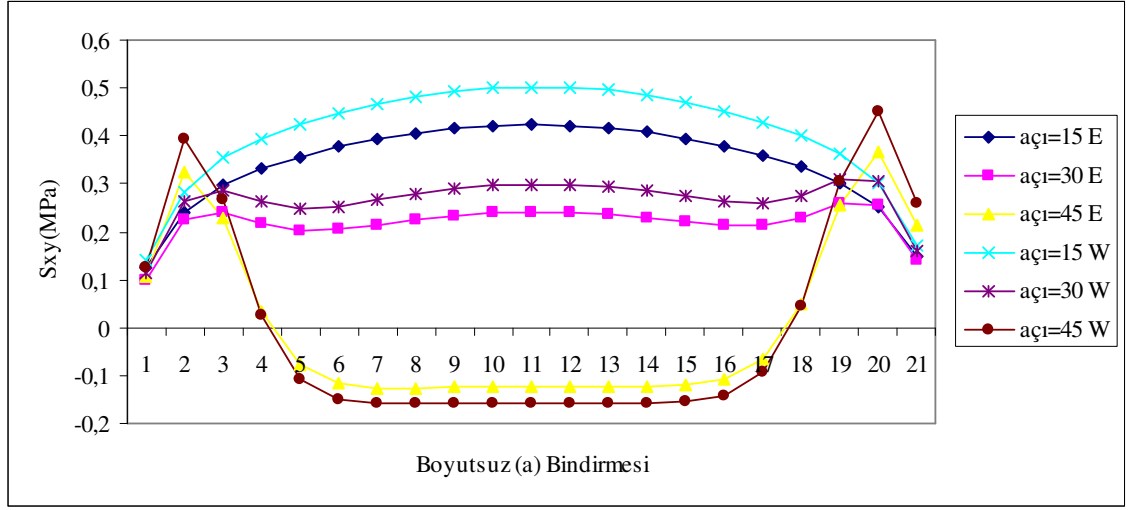


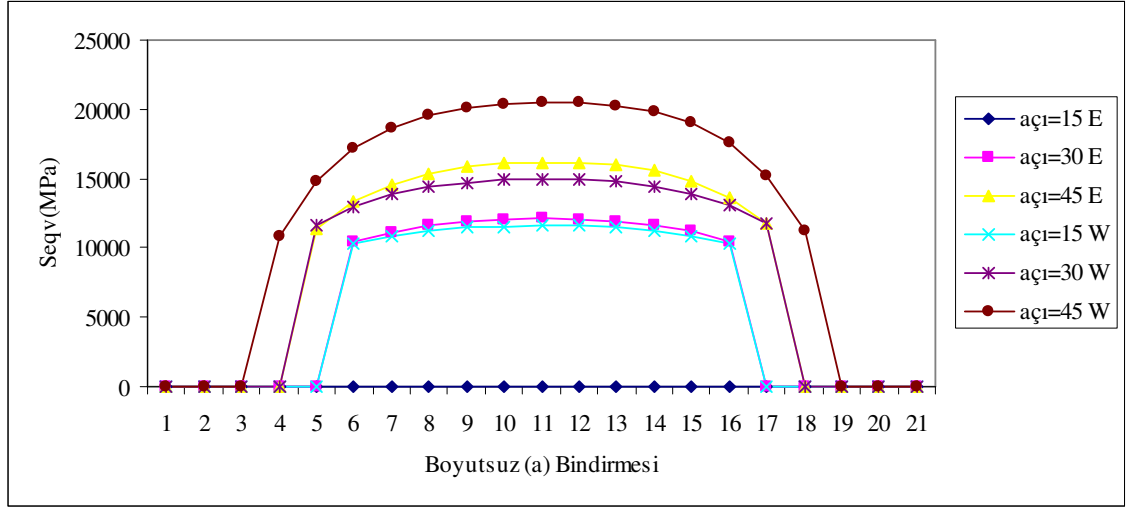
Şekil E.361. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



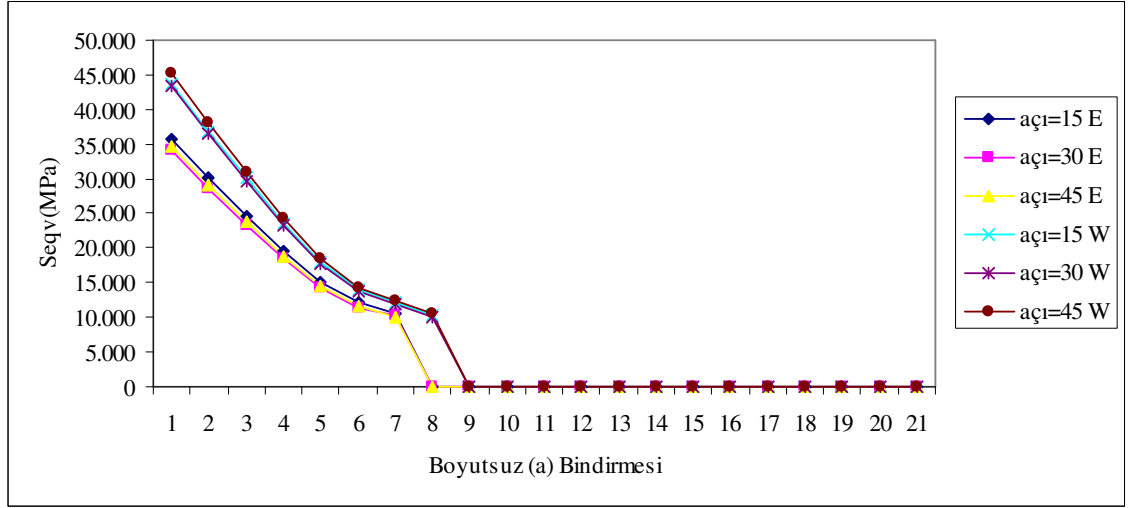
Şekil E.362. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



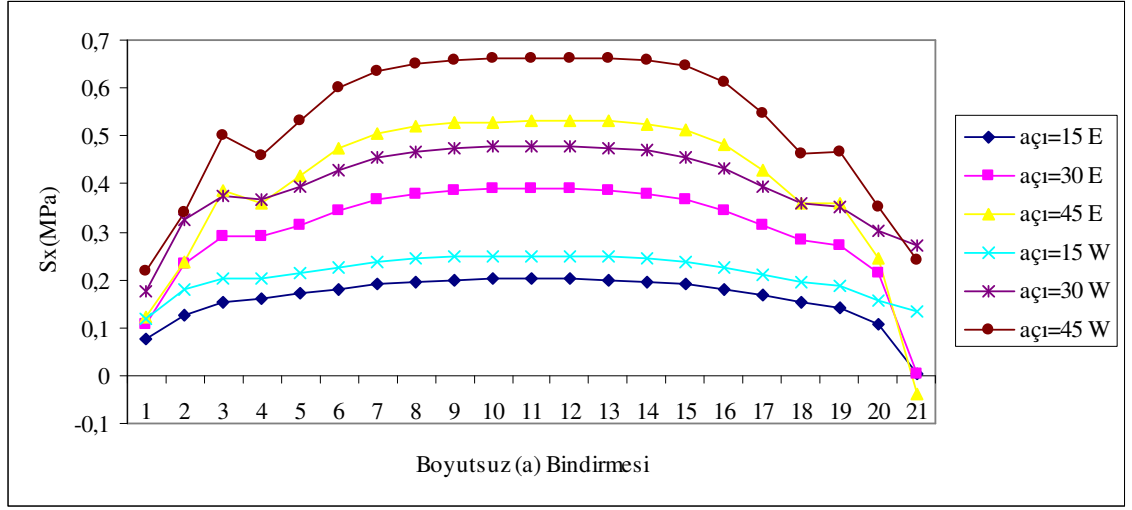




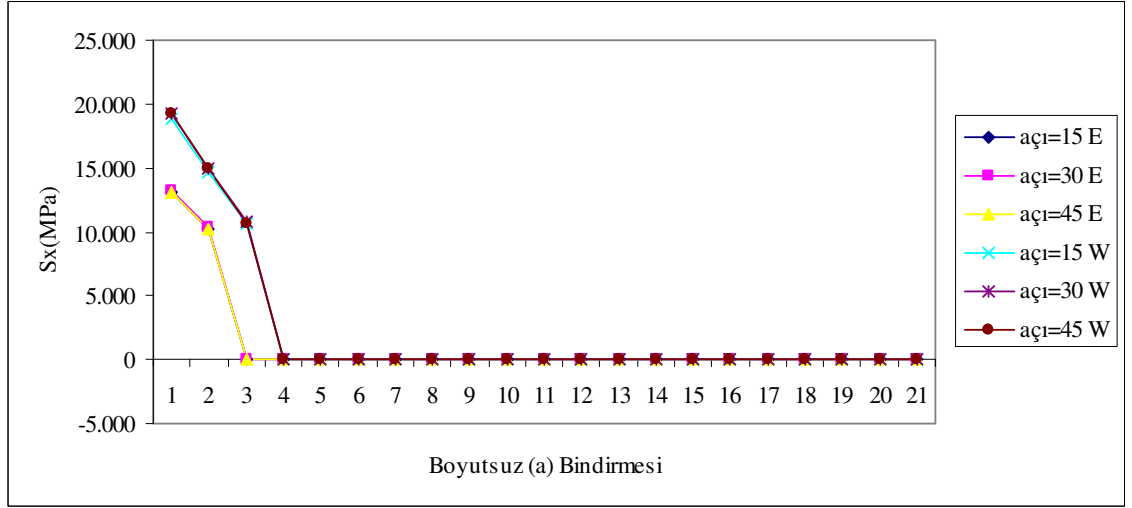
Şekil E.367. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken Seq_v 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



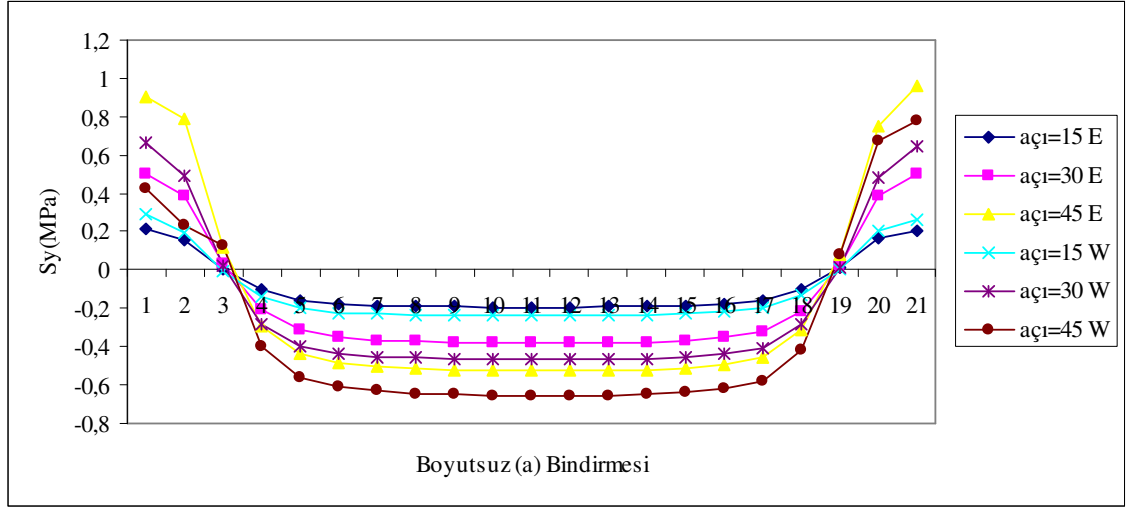
Şekil E.368. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=30$ mm ve $b=25$ mm iken Seq_v 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



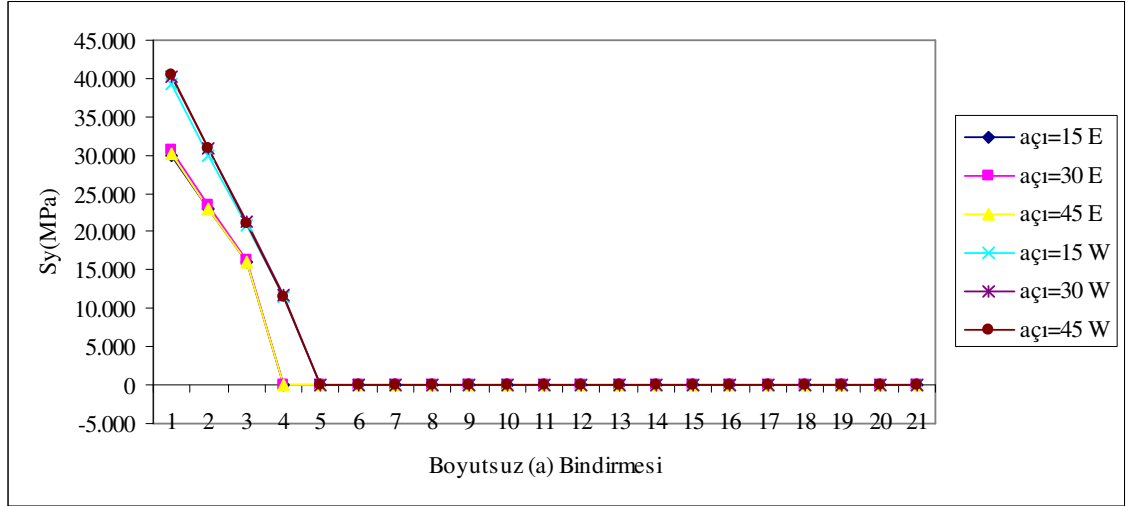
Şekil E.369. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



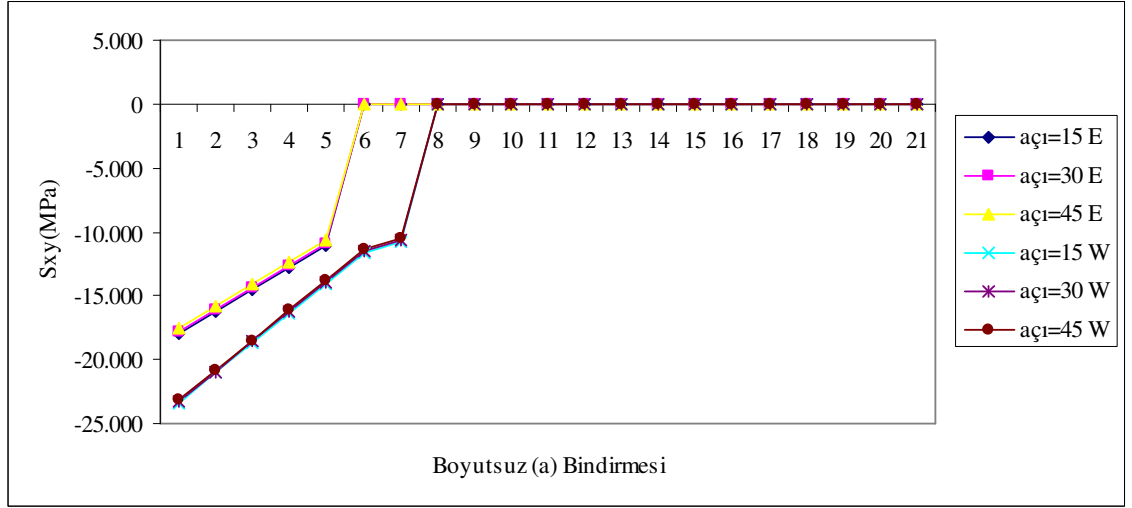
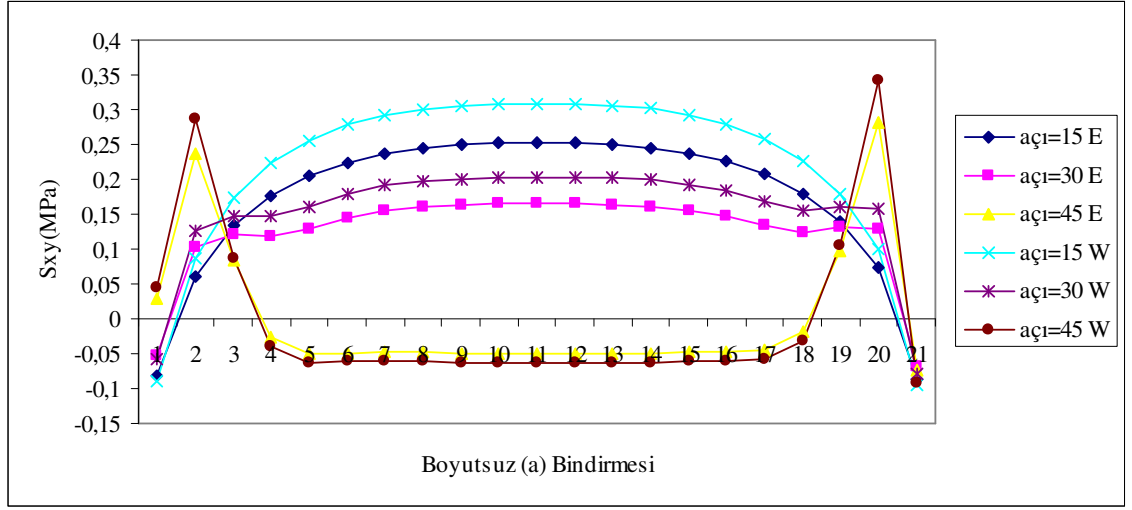
Şekil E.370. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

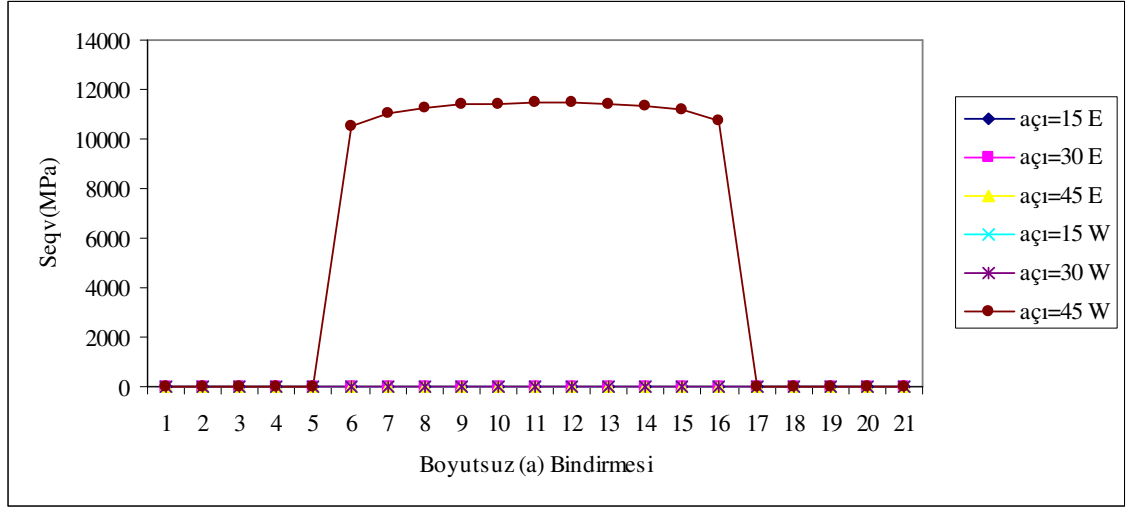


Şekil E.371. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

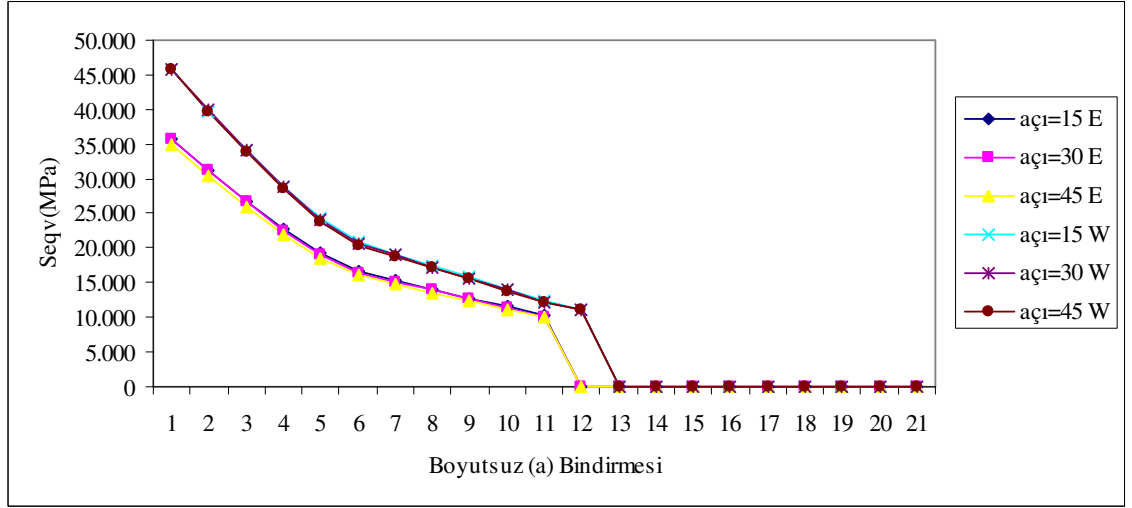


Şekil E.372. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken S_y 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

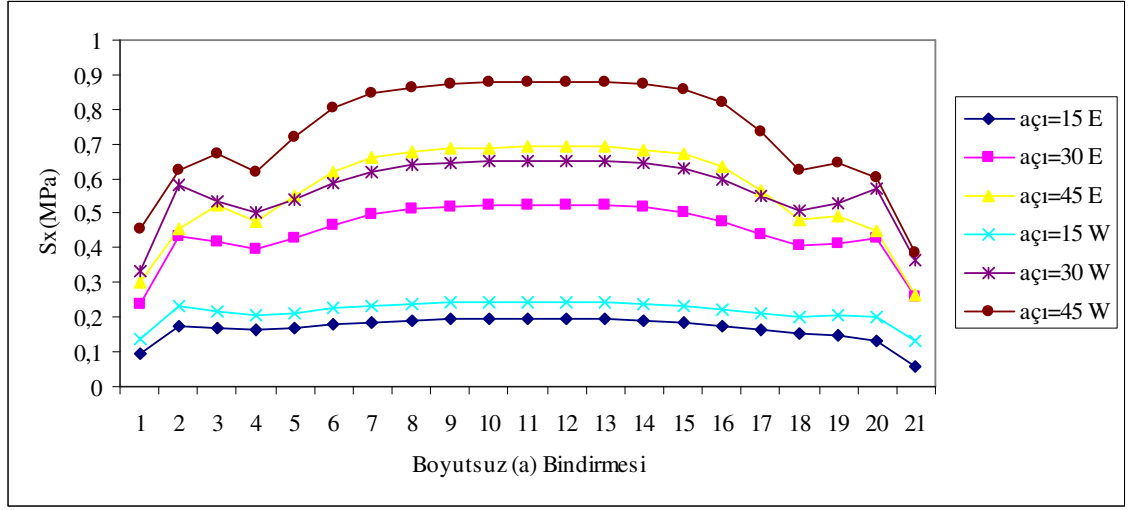




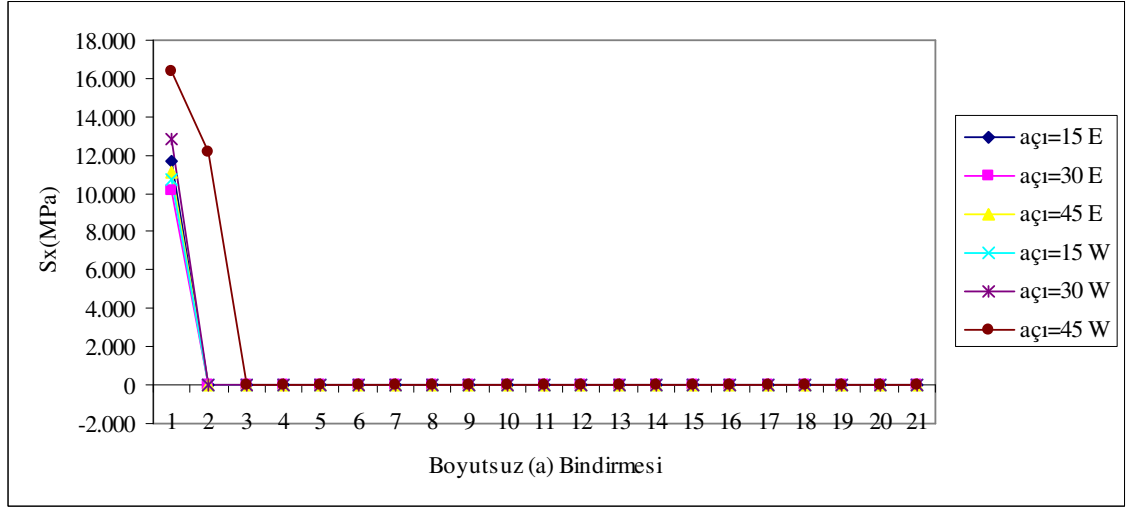
Şekil E.375. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



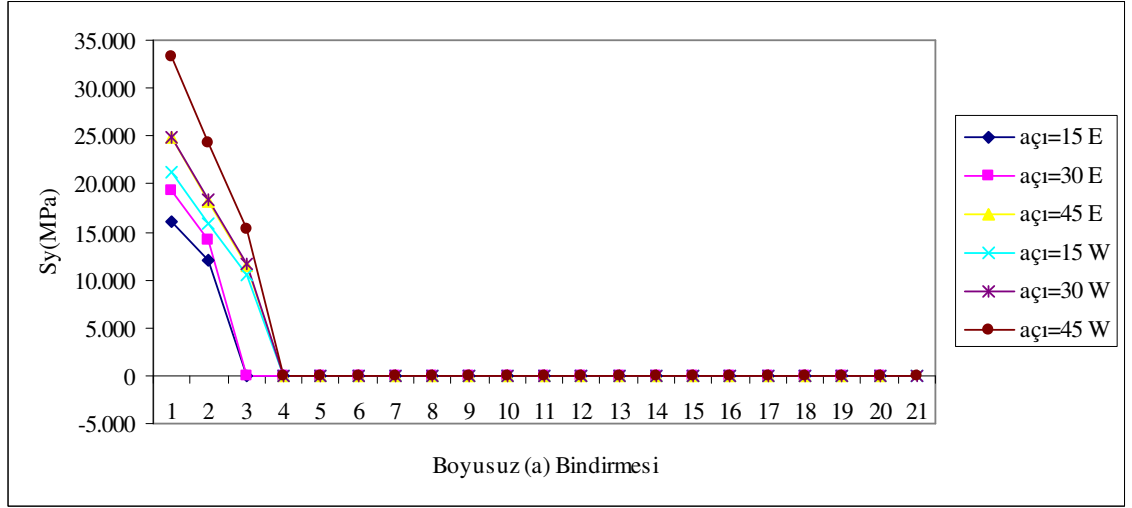
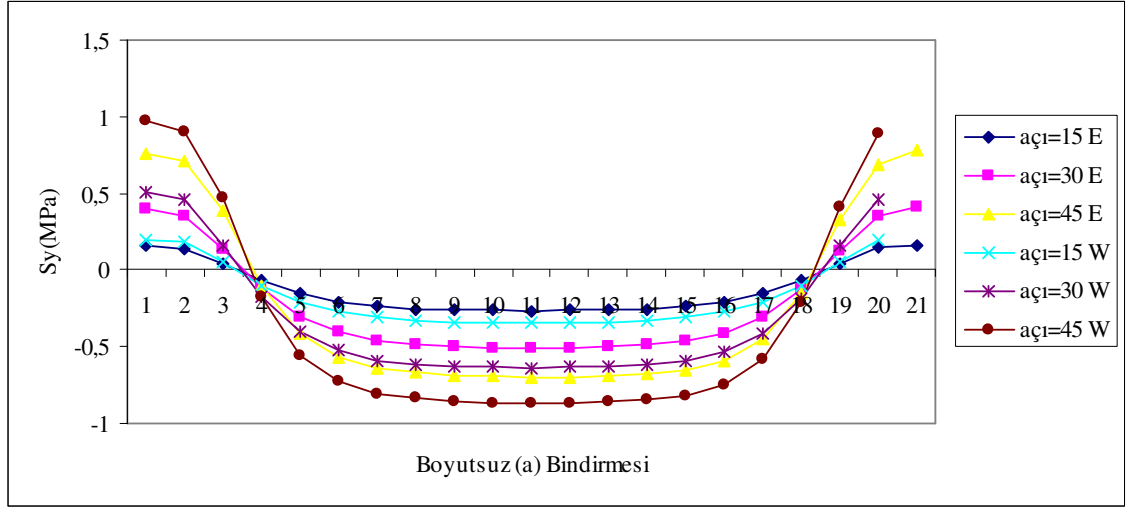
Şekil E.376. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=13$ mm iken $Seqv$ 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

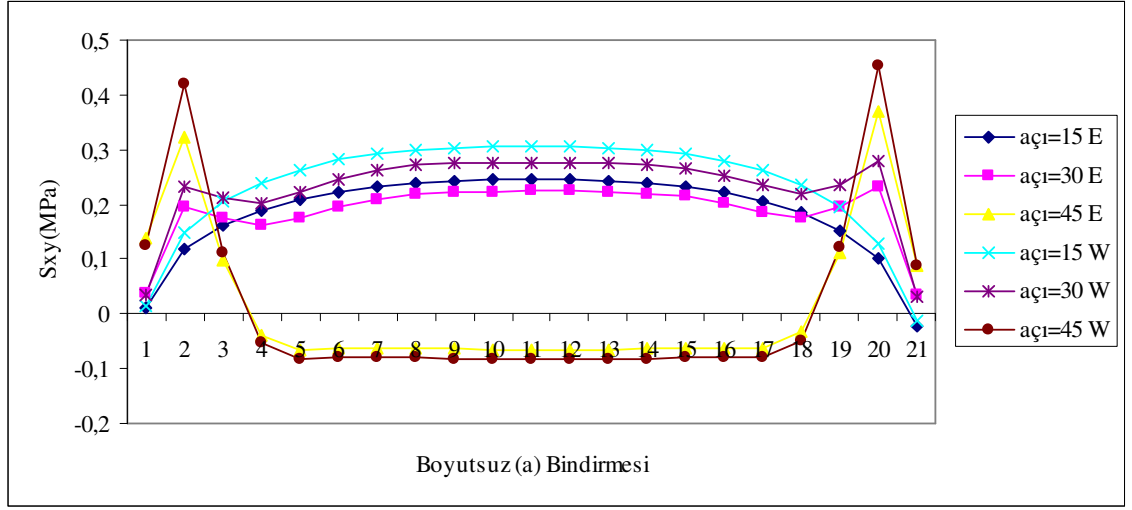


Şekil E.377. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi

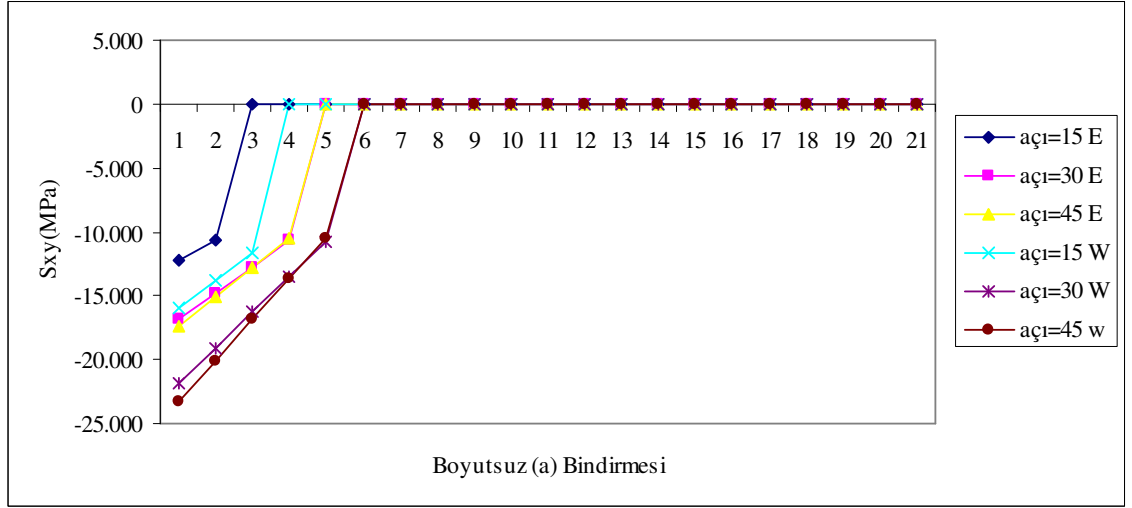


Şekil E.378. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_x 'in E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi

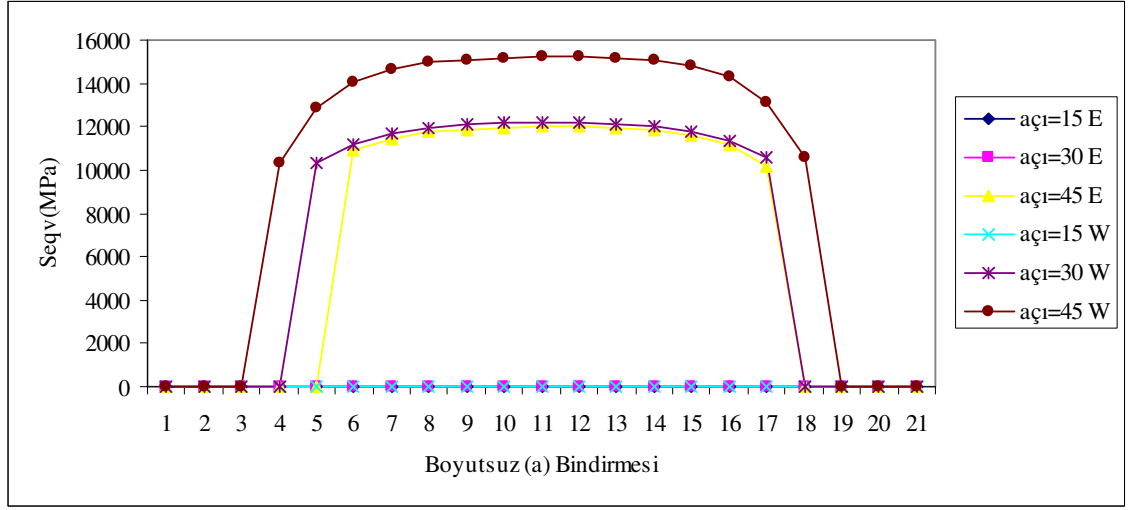




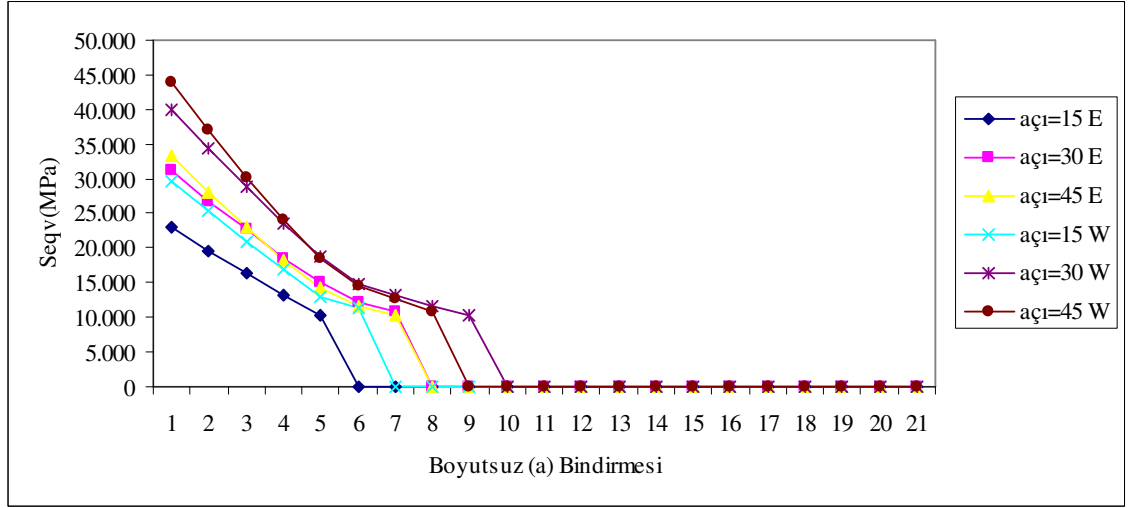
Şekil E.381. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



Şekil E.382. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken S_{xy} 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi



Şekil E.383. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken Seq_v 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (a) bindirme mesafesi boyunca değişimi



Şekil E.384. $\theta=15^\circ$, $\theta=30^\circ$ ve $\theta=45^\circ$ için $a=45$ mm ve $b=25$ mm iken Seq_v 'nin E ve W yapıştırıcılarının karşılaştırılmasında (b) bindirme mesafesi boyunca değişimi