

28535

T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BEZAYAĞI VE DİMİ DOKUNMUŞ % 100 PAMUKLU KUMAŞLARDA EĞİLME  
DAVRANIŞI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YASEMİN KAVUŞTURAN

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

BURSA, EYLÜL 1993

T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BEZAYAĞI VE DİMİ DOKUNMUŞ % 100 PAMUKLU KUMAŞLARDA EĞİLME  
DAVRANIŞI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YASEMİN KAVUŞTURAN

Sınav Günü : 7.9.1993

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Halil Rifat ALPAY (Danışman)

Doç. Dr. Mehmet Tasmacı

Doç. Dr. Yusuf Ulcay

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DANIŞMANLIK KURULU

## ÖZ

Bu çalışmada bezayağı ve dimi dokunmuş % 100 pamuklu kumaşlarda eğilme davranışı araştırılmıştır.

İlk bölümde çalışmanın amacı ve hedefleri ile kumaşların eğilme özelliklerine dair bazı temel tanımlamalar sunulmuştur.

İkinci bölümde konu ile ilgili kaynaklar özet halinde verilmiştir.

Üçüncü bölümde çalışmalarda kullanılan kumaşların özellikleri, kullanılan test aletleri ve özellikleri verilmiş, daha sonra çalışma yöntemi ve çeşitli kumaş özelliklerinin ölçüm yöntemleri anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde yapılan ölçümler sonucunda elde edilen bulgular verilmiştir.

Beşinci bölümde ise bulgulardan yararlanılarak, kumaşların eğilme özellikleri hakkında yorumlar yapılmıştır.

TR YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON BİRİMİ

## **ABSTRACT**

In this study, bending behavior of plain and twill woven 100 % cotton fabrics are examined.

In the first chapter, the purpose and aims of the study and some basic definitions relevant to bending behavior of fabrics are presented.

In the second chapter a summary of the literature survey is given.

In the third chapter, properties of fabrics used throughout the experimental work, testing procedures and measurements of various fabric properties are explained.

In the Fourth chapter, experimental results are presented.

In the fifth chapter, with the aim of experimental results, bending properties of fabrics are discussed.

ÇİZELGE LİSTESİ	
ŞEKİL LİSTESİ	
TERİMLER VE SEMBOLLER	
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
2.1. Genel Eğilme Bağlılıkları	6
2.1.1. Hooke Kanunu	6
2.1.2. Hooke Kanunu'nun Genel Hali	9
2.1.3. Eğilme	11
2.1.3.1. Çubukların Eğilmesi	11
2.1.3.1.1. Eşit Dağılımı Yayılı Yüklü Konsol Kirişin Eğilmesi	22
2.1.3.1.2. Levhaların Eğilmesi	23
2.2. Liflerin Eğilme Davranışı	27
2.3. İpliklerin Eğilme Davranışı	36
2.4. Kumaşların Eğilme Davranışı	42
3. MATERYAL VE YÖNTEM	76
3.1. Kullanılan Materyal ve Aygıtlar	76
3.1.1. Materyal	76
3.1.2. Aygıtlar	76
3.2. Yöntem ve Deney Düzenekli	77
3.2.1. Kumaşı Oluşturan İpliklerin Numara Tayini	77
3.2.2. Kumaşlarda Atkı ve Çözgü Sıklığının Tayini	77
3.2.3. Kumaşı Oluşturan İpliklerin Büküm Tayini	77
3.2.4. Kumaşlardan Çıkarılan İpliklerde Kısalma Oranının Tayini	78
3.2.5. Kumaşın Metrekare Ağırlığının Tayini	79
3.2.6. Kumaş Kalınlığının Tayini	80
3.2.7. İplik Eğilme Rijitliğinin Tayini	80
3.2.8. Kumaşların İlk Yük Uzama Modülünün Tayini	81
3.2.9. Kumaşların Eğilme Dayanımının Tayini	82
3.2.10. Kumaşların Eğilme Eğrilerinin Tayini	83
4. BULGULAR	86
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	216
ÖZET	219
KAYNAKLAR	220
TEŞEKKÜR	222
ÖZGEÇMİŞ	223

## ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No:

Çizelge 2.1. Eşit filament fleksibilitesini sağlamak için gerekli filament denyeleri . . . . .	30
Çizelge 2.2. Yaklaşık dairesel enine kesitli lifler . . . . .	36
Çizelge 4.1. 1 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	87
Çizelge 4.2. 2 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	89
Çizelge 4.3. 3 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	91
Çizelge 4.4. 4 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	93
Çizelge 4.5. 5 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	95
Çizelge 4.6. 6 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	97
Çizelge 4.7. 7 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	99
Çizelge 4.8. 8 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	101
Çizelge 4.9. 9 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	104
Çizelge 4.10. 10 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	106
Çizelge 4.11. 11 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	108
Çizelge 4.12. 12 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	111
Çizelge 4.13. 13 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	114
Çizelge 4.14. 14 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	116
Çizelge 4.15. 15 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	118
Çizelge 4.16. 16 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	120
Çizelge 4.17. 17 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	122
Çizelge 4.18. 18 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	125
Çizelge 4.19. 19 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	128
Çizelge 4.20. 20 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	130
Çizelge 4.21. 21 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	134
Çizelge 4.22. 22 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	136
Çizelge 4.23. 23 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	138
Çizelge 4.24. 24 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	140
Çizelge 4.25. 25 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	142
Çizelge 4.26. 26 Numaralı kumaşın deneysel bulguları . . . . .	144

Çizelge 4.27.	27 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	146
Çizelge 4.28.	28 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	148
Çizelge 4.29.	29 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	152
Çizelge 4.30.	30 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	154
Çizelge 4.31.	31 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	156
Çizelge 4.32.	32 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	158
Çizelge 4.33.	33 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	160
Çizelge 4.34.	34 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	163
Çizelge 4.35.	35 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	166
Çizelge 4.36.	36 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	169
Çizelge 4.37.	37 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	171
Çizelge 4.38.	38 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	173
Çizelge 4.39.	39 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	175
Çizelge 4.40.	40 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	178
Çizelge 4.41.	41 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	180
Çizelge 4.42.	42 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	182
Çizelge 4.43.	43 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	185
Çizelge 4.44.	44 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	187
Çizelge 4.45.	45 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	190
Çizelge 4.46.	46 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	193
Çizelge 4.47.	47 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	195
Çizelge 4.48.	48 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	197
Çizelge 4.49.	49 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	199
Çizelge 4.50.	50 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	201
Çizelge 4.51.	51 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	203
Çizelge 4.52.	52 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	205
Çizelge 4.53.	53 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	207
Çizelge 4.54.	54 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	210
Çizelge 4.55.	55 Numaralı kumaşın deneysel bulguları	212

## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa no:

Şekil 2.1.	Bir ucundan yüklenmiş prizmatik çubuk . . . . .	7
Şekil 2.2.	Kuvvet - birim uzama diyagramı . . . . .	7
Şekil 2.3 . .	$\sigma_x$ gerilmesinin etkisi altındaki küp . . . . .	9
Şekil 2.4. .	Üç eksenli gerilme hali 3 ayrı bir eksenli gerilme haline dönüşür. . . . .	10
Şekil 2.5.	Simetri ekseninde sabit eğilme momentine maruz kalmış simetrik kesit . . . . .	11
Şekil 2.6.	İki ucundan sadece M eğilme momentine maruz çubuğun eğilmesi	12
Şekil 2.7.	Deforme olmamış kiriş . . . . .	13
Şekil 2.8.	$M_b$ eğilme momentine maruz bir kiriş elemanının deformasyonu . .	14
Şekil 2.9.	Sadece eğilmedeki stres dağılımının değeri, $M_b$ eğilme momenti olmak zorundadır. . . . .	15
Şekil 2.10.	Şekil (2.9.a)'daki kirişin $\Delta A$ birim alanına etki eden kuvvet . . . . .	16
Şekil 2.11.	Sıfır kabul edilen $\sigma_y$ , $\sigma_z$ ve $\tau_{yz}$ enine gerilmeleri . . . . .	18
Şekil 2.12.	Başlangıçta dikdörtgen olan kirişin, simetri düzleminde sadece eğilmeye maruz kalması sonucu deforme olmuş hali . . . . .	19
Şekil 2.13.	Bir lastik silginin; anticlastik eğrilik alacak şekilde eğilmesi .	19
Şekil 2.14.	$X_y$ düzleminde eğilmiş kirişin tarafsız ekseninin geometrisi . . . . .	20
Şekil 2.15.	Eşit dağılmış yayılı yüklü konsol kirişin eğilmesi . . . . .	22
Şekil 2.16.	Kenarları boyunca eşit dağılmış olan dış momentler tarafından eğilen dikdörtgen levha . . . . .	23
Şekil 2.17.	$x_z$ ve $y_z$ düzlemlerine paralel iki çift düzlem ile levhadan kesilmiş bir eleman . . . . .	24
Şekil 2.18.	Peirce'in halka ilmek yapısı . . . . .	32
Şekil 2.19.	Logaritma filament deneyi - logaritma filament eğilme rijitliği grafiği . . . . .	34
Şekil 2.20.	Backer'in sabit yarıçaplı bir halka halinde eğilmiş iplik yapısı . . . .	37
Şekil 2.21.	İplikteki lif helisinin kesiti . . . . .	41
Şekil 2.22.	Peirce'in katılık modeli . . . . .	47



Şekil 2.23.	Eğilme uzunluğu - açı grafiği . . . . .	49
Şekil 2.24.	Olofsson'un eğilme ölçüm aleti . . . . .	50
Şekil 2.25.	30 saniyelik aralıklarla okunan eğilme ölçüm sonuçları . . . . .	51
Şekil 2.26.	Olofsson'un zamanın etkisini ölçen eğilme aleti . . . . .	51
Şekil 2.27.	Kumaş eğilme histerizisi test aleti . . . . .	54
Şekil 2.28.	Kumaş eğilme histerisizi test aletinin diyagramı . . . . .	55
Şekil 2.29.	Tipik eğilme histerisizi eğrisi . . . . .	55
Şekil 2.30.	Grosberg'in lif arakesit modeli . . . . .	56
Şekil 2.31.	Kawabata'nın eğilme test aletinin şeması . . . . .	59
Şekil 2.32.	Kawabata eğilme modeli . . . . .	59
Şekil 2.33.	KES-FB2 ve KES-F2 modeli eğilme test aletinin prensibi . . . . .	60
Şekil 2.34.	KES-F2 ve KES- FB2 ile eğilmenin test edilmesi . . . . .	61
Şekil 2.35.	KES-F test aletinden kaydedilen eğri . . . . .	61
Şekil 2.36.	Kumaş eğildikten sonraki iplik konfigürasyonu . . . . .	62
Şekil 2.37.	Clap, Peng ve Ghosh'un eğilme test düzeneği . . . . .	65
Şekil 2.38.	Bezayağı dokunmuş kumaşın elastika modeli . . . . .	66
Şekil 2.39.	Planar elastikanın serbest yapı diyagramı . . . . .	67
Şekil 2.40.	Ghosh, Batra ve Barker ile Olofsson'un sonuçlarının kıyaslanması . . . . .	67
Şekil 2.41.	Ghosh, Batra ve Barker ile Olofsson'un sonuçlarının kıyaslanması . . . . .	68
Şekil 2.42.	Wei'nin giriş metodunun temeli . . . . .	69
Şekil 2.43.	Ucunda kuvvet çifti olan giriş . . . . .	73
Şekil 2.44.	Çift parametrelili giriş testi . . . . .	75

Şekil 4.1.	1 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	87
Şekil 4.2.	1 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	88
Şekil 4.3.	2 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	89
Şekil 4.4.	2 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	90
Şekil 4.5.	3 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	91
Şekil 4.6.	3 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	92
Şekil 4.7.	4 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	93
Şekil 4.8.	4 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	94
Şekil 4.9.	5 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	95
Şekil 4.10.	5 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	96
Şekil 4.11.	6 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	97
Şekil 4.12.	6 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	98
Şekil 4.13.	7 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	99
Şekil 4.14.	7 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	100
Şekil 4.15.	8 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	102
Şekil 4.16.	8 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	103
Şekil 4.17.	9 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	104
Şekil 4.18.	9 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	105
Şekil 4.19.	10 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	106
Şekil 4.20.	10 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	107
Şekil 4.21.	11 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	109

Şekil 4.22.	11 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	110
Şekil 4.23.	12 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	112
Şekil 4.24.	12 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	113
Şekil 4.25.	13 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	114
Şekil 4.26.	13 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	115
Şekil 4.27.	14 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	116
Şekil 4.28.	14 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	117
Şekil 4.29.	15 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	118
Şekil 4.30.	15 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	119
Şekil 4.31.	16 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	120
Şekil 4.32.	16 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	121
Şekil 4.33.	17 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	123
Şekil 4.34.	17 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	124
Şekil 4.35.	18 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	126
Şekil 4.36.	18 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	127
Şekil 4.37.	19 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	128
Şekil 4.38.	19 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	129
Şekil 4.39.	20 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	131
Şekil 4.40.	20 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	133
Şekil 4.41.	21 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	134
Şekil 4.42.	21 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı	

	c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	135
Şekil 4.43.	22 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	136
Şekil 4.44.	22 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	137
Şekil 4.45.	23 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	138
Şekil 4.46	23 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	139
Şekil 4.47.	24 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	140
Şekil 4.48.	24 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	141
Şekil 4.49.	25 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	142
Şekil 4.50.	25 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	143
Şekil 4.51.	26 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	144
Şekil 4.52.	26 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	145
Şekil 4.53.	27 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	146
Şekil 4.54.	27 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	147
Şekil 4.55.	28 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	149
Şekil 4.56.	28 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	151
Şekil 4.57.	29 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	152
Şekil 4.58.	29 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	153
Şekil 4.59.	30 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	154
Şekil 4.60.	30 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	155
Şekil 4.61.	31 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	156
Şekil 4.62.	31 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı	

	c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	157
Şekil 4.63.	32 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	158
Şekil 4.64.	32 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	159
Şekil 4.65.	33 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	161
Şekil 4.66.	33 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	162
Şekil 4.67.	34 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	164
Şekil 4.68.	34 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	165
Şekil 4.69.	35 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	167
Şekil 4.70.	35 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	168
Şekil 4.71.	36 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	169
Şekil 4.72.	36 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	170
Şekil 4.73.	37 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	171
Şekil 4.74.	37 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	172
Şekil 4.75.	38 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	173
Şekil 4.76.	38 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	174
Şekil 4.77.	39 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	176
Şekil 4.78.	39 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	177
Şekil 4.79.	40 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	178
Şekil 4.80.	40 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	179
Şekil 4.81.	41 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	180
Şekil 4.82.	41 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	181

Şekil 4.83.	42 Numaralı kumaşa ait a) çözümlü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	183
Şekil 4.84.	42 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	184
Şekil 4.85.	43 Numaralı kumaşa ait a) çözümlü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	185
Şekil 4.86.	43 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	186
Şekil 4.87.	44 Numaralı kumaşa ait a) çözümlü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	188
Şekil 4.88.	44 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	189
Şekil 4.89.	45 Numaralı kumaşa ait a) çözümlü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	191
Şekil 4.90.	45 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	192
Şekil 4.91.	46 Numaralı kumaşa ait a) çözümlü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	193
Şekil 4.92.	46 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	194
Şekil 4.93.	47 Numaralı kumaşa ait a) çözümlü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	195
Şekil 4.94.	47 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	196
Şekil 4.95.	48 Numaralı kumaşa ait a) çözümlü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	197
Şekil 4.96.	48 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	198
Şekil 4.97.	49 Numaralı kumaşa ait a) çözümlü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	199
Şekil 4.98.	49 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	200
Şekil 4.99.	50 Numaralı kumaşa ait a) çözümlü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	201
Şekil 4.100.	50 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	202
Şekil 4.101.	51 Numaralı kumaşa ait a) çözümlü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	203
Şekil 4.102.	51 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	204
Şekil 4.103.	52 Numaralı kumaşa ait a) çözümlü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	205

Şekil 4.104.	52 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	206
Şekil 4.105.	53 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	208
Şekil 4.106.	53 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	209
Şekil 4.107.	54 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	210
Şekil 4.108.	54 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	211
Şekil 4.109.	55 Numaralı kumaşa ait a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri . . . . .	212
Şekil 4.110.	55 Numaralı kumaşa ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	213
Şekil 4.111.	Kağıdın eğilme eğrileri . . . . .	214
Şekil 4.112.	Kağıda ait a) uzunluk - alan b) uzunluk - uç kod farkı c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri . . . . .	215

## TERİMLER VE SEMBOLLER

P	Yük
$\Delta$	Uzama
$\sigma$	Gerilme
$\epsilon$	Şekil değiştirme ya da birim uzama
A	Çubuğun kesit alanı
L	Çubuğun uzunluğu
E	Malzemenin Young Modülü
$\nu$	Poisson oranı
$\rho$	Eğrilik yarıçapı
$\Delta\theta$	Dönme açısı
$M_b$	Eğilme momenti
$I_z$	Tarafsız eksene göre kesitin atalet momenti
$\tau_r$	Kayma gerilmesi
$\Phi$	Açı
R	Kuvvet
f	Sehim
t	Birim uzunluktaki tur sayısı
$\tau_F$	Burulma rijitliği
q	Eğilme modülü
$c_e$	Eğilme uzunluğu
$R_s$	Kumaş katılığı oranı
$q_i$	İpliğin eğilme modülü
$\mu$	Sürtünme katsayısı
$d_e$	Enine kesit yüksekliği
u	İplik kesitindeki tüm lifleri eğme ihtiyacının sonucu olan basınç kuvveti
g	Yerçekim sabiti
m	Birim materyal uzunluğunun kesiti
J	Eğit enine kesit alanındaki filament çapı yada genişliğinin ortalaması
D	Filament denyesi
s	Filament yoğunluğu
R	Şekil faktörü
k,n	Sabit sayılar



- G Eğilme rijitliği  
 $\rho$  Lif yoğunluğu  
f Rezonans frekansı  
 $N_f$  İplik enine kesitinde yer alan toplam lif sayısı  
 $P_y$  Ortalama iplik paketleme faktörü



## 1. GİRİŞ

Yiyecekten, barınacak yerden sonra insanlar en çok giyim eşyasına ihtiyaç duyarlar. Giyimin esas fonksiyonu insan vücudunu soğuk, sıcak, yağmur, kar gibi çeşitli hava şartlarından ve herhangi bir mekaniksel değme sonucu oluşabilecek yaralanmalardan korumaktır. Toplum halinde yaşamının sonucu olarak giyim "örtünme" işlevini de yerine getirmektedir.

Giyim eşyası bir ihtiyacı karşılamak için kullanılmakla beraber aynı zamanda bir süs, zerafet ve sanat konusu durumuna da gelmiştir. Bugün kadın, erkek herkes, giyimine zevk bakımından da özen göstermektedir.

Giyisilerden ne bekliyoruz ?

Giyisi insan vücuduna uygun olmalı, kişinin hareketlerine uyum gösterebilmelidir. Esnek olmalı ancak deformasyonu kalıcı olmamalıdır. Düşük yükler altında dahi kolayca deforme olabilmeli yani kolay şekil değiştirebilmelidir. İnce olmalı, buna karşın kolayca yırtılmamalıdır. İnsan sağlığına uygun olmalıdır.(Kawabata, 1989)

Kumaşlar tüm bu isteklere cevap verdikleri için mekaniksel konfor açısından giysi için uygun bir materyal olarak kabul edilmektedir. Özellikle doğal liflerden yapılan kumaşlar insanın fizyolojik özelliklerine oldukça uygundur.(Kawabata, 1989)

Tüm bu özellikler, giysilik materyal olarak kullanılacak kumaş açısından yeterli olmasına rağmen, tüketiciler sürekli daha iyi ve daha konforlu kumaşın arayışı içindedirler.(Kawabata, 1989)

Kumaş sadece giyim amacıyla kullanılmaz. Ev döşemesi, teknik ve özel amaçlar için de kullanılır. Ne amaçla kullanılacak olursa olsun, her tekstil yüzeyinden, kullanılacağı amaca uygun tutumda olmasını bekleriz. Tüketiciler ve tekstil uzmanları tutumu; giyim, ev döşemesi gibi alanlarda kumaş kalitesinin değerlendirilmesinde temel faktör olarak görmektedirler.

Son yıllarda çeşitli sentetik lifler, yeni tekstil ürünleri, iplik proseslerindeki teknolojik gelişmeler, kumaşlar ve bitim işlemlerinin tanıtılması ile spesifik kumaş kalitelere olan ihtiyacın artması sebebiyle kumaş tutumu üzerinde pek çok araştırma yapılmıştır.

Genel olarak kumaş tutumunun saptanması için iki metod vardır: subjektif (kişiden kişiye değişen) ve objektif metotlar. Subjektif değerlendirme, tekstil ürünleri açısından tüketici tercihlerini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Kumaşın mekanik özelliklerinden ileri gelen fiziksel uyarıcılar tarafından oluşturulan dokunma hissini neden olduğu psikolojik reaksiyon şeklinde tanımlanabilir. Bu metotta tutumu tanımlayabilmek için; sert, gevşek, kıvrak gibi sıfatlar kullanılır. Kumaş tutumunun esrarengiz duyumsal tasvirini yapan yüzden fazla sıfatın listesi çeşitli araştırmacılar tarafından hazırlanmıştır. Birlikçiler arasındaki iletişim güçlükleri, kültürel tercihler ve değerlendirme duyarlılığının düşük olması nedeniyle bu sıfatların kişiden kişiye değişiklik göstermesi, araştırmacıları oldukça basit bazı objektif testler yardımıyla tutumu ölçebilme çalışmalarına yönlendirmiştir.

Objektif değerlendirme, kumaş tutumu ve bazı fiziksel yada mekanik kumaş özellikleri arasında objektif bağıntılar bulmayı hedefler. Çeşitli tipteki yükler ve bu yüklerin sonucu olarak kumaşta oluşan deformasyonlar arasındaki bağıntılar bilindiğinde, özel amaçlar için kumaş dizaynı yapılabilmesi sağlanmış olacaktır. Çok iyi mekanik özelliklere sahip bir kumaşın minimum maliyetle üretilebilmesi önemli bir konudur ve çeşitli açılardan araştırılması gerekir. Üretimi tesadüfe bırakmamak, hedeflenen kumaşı elde edebilmek amacıyla ;

-kumaştan beklenen özellikleri sağlayabilmek için en önemli faktörlerin neler olduğunu ve

-bu faktörlerin hangi parametrelerden etkilendiğini tespit etmekle bir mühendislik yaklaşımının sonucu olarak yeni ve daha uygun kumaşların dizaynı sağlanmış olacaktır.

Tutuma etki eden öğeler çeşitli araştırmacılar tarafından belirlenmiştir:

Kumaş katılığı, pürüzlülük, kalınlık, gramaj, buruşma düzelmesi gibi...Bu faktörler kumaşın tipine ve son kullanım yerine bağlı olarak daha az yada daha çok önemli olabilirler. Örneğin bir ipekli kumaşın canlılığı, yünlü kumaşın ise kalınlığı ve sıcaklığı, paraşütlük kumaşta hava geçirgenliği, cep astarlığında aşınma dayanımı bu kumaşlar için en önemli özelliklerdir. Giyim eşyaları ve perde, masa örtüsü v.b. döşemelik kumaşlarda ise küçük kuvvetler altında oluşan deformasyonlar ve kullanım sırasında meydana gelen az yada çok kalıcı olan veya zamana bağlı olan

deformasyonlar önemlidir.

Kumaşın mekaniksel özellikleri esas alınarak kumaş performansının değerlendirilebilmesi, ilk olarak 1930 'lu yıllarda Peirce tarafından başlatılmıştır. Peirce kumaşın mekaniksel özellikleri üzerine çalışarak, kumaş tutumunun mühendislik alanında değerlendirilmesi gerektiğini ileri sürmüştür. Bu metot hala pek çok tekstil sahasında yaygın olarak kullanılan en basit ve kullanışlı metottur. Peirce kumaş katılığının ölçüsü olarak kullanılacak türlü nicelikleri şöyle sıralamıştır: Eğilme uzunluğu, eğilme rijitliği, kalınlık, sertlik yada basınca karşı direnç, eğilme modülü, basınç modülü, yoğunluk, uzayabilirlik. Bu niceliklerin pek çoğu kumaşın eğilme uzunluğunun ölçümüne bağlı olduğundan bu miktarın belirlenmesi büyük önem taşır.

1969 yılında Kawabata ve Niwa, tekstil fabrikalarındaki uzmanlarla birlikte kumaş tutumuna dair ön incelemelere başlamış, daha sonra 1972 de Japon Tekstil Makineleri Birliğinin sponsorluğunda Tutumun Değerlendirilmesi ve Standardizasyonu Komitesi'ni (HESC) oluşturmuşlardır.

Komitenin amacı, mekaniksel konfor açısından en iyi kalitenin ne olduğunu açıklamaktır. Bu amaçla ön tutum ve toplam tutum gibi kavramlar üzerinde duran komite, tutumun objektif olarak ölçümü şu parametreleri belirlemiştir:

- Gerilme Deformasyonu
- Makaslama
- Eğilme
- Yanal Sıkıştırma
- Yüzey Karakteristikleri
- Kumaş Konstrüksiyonu

Tekstil strüktürlerinin pek çok kullanım şartındaki performansı büyük ölçüde eğilme davranışına bağlıdır. Örneğin bir giysilik kumaşın dökümlülüğünün makaslama rijitliği yanında eğilme rijitliğine de bağlı olduğu çok iyi bilinir.

-Uyku tulumlarının katlanmasında

-Tentelerin dalgalanmasında eğilme davranışının önemli olduğu açıktır. Konveyör bantları, hava destekli strüktürler ve benzeri endüstriyel kumaşlarda; dokunmuş kumaşın eğilme davranışı kritik bir öneme sahiptir.(Ghosh, Batra, Barker,

1990) Kumaşın eğilme davranışı pekçok araştırmacının odağı olmuş, pekçok araştırmada da kumaşın eğilme özelliklerinin teorik modellenmesi yada çeşitli metotlar kullanılarak gerçek ölçümü üzerinde durulmuştur. (Clapp, Peng, Ghosh, 1990)

Mehrtens ve Mc Alister, örgü spor gömlekler için yaptıkları subjektif bir çalışmada, giyim konforundaki en büyük avantajın düşük eğilme yada eğilebilme rijitliği ve daha düşük sürtünmeli liflerince gösterilen kaşındırmadan kaynaklandığını buldular.

Yünlü kumaş kalitesinin geliştirilmesi amacıyla yapılan bir araştırmada, üretim şartlarının eğilme üzerine etkileri incelenmiş, dağılımın:

% 2.5 Taraklama

% 20.8 İplik

% 34.7 Dokuma

% 33.7 Bitim

% 8.3 Diğer işlemler şeklinde olduğu görülmüştür.(Fujiwara,1987)

Kumaş tutumunun objektif olarak değerlendirilmesinin sonuçları konfeksiyon alanına da yansımıştır. Halen ülkemizde kumaş tutumu, dikilebilirliği ve konforu hakkında elbiseyi diken kişi (terzi yada konfeksiyoncu) kendine göre değerlendirmeler yapıp karara varmaktadır. Oysa kumaşın mekaniksel özellikleri ölçülerek kumaşın tutumu, dikilebilirliği ve diğer birçok özelliği hakkında herhangi bir uzmana gerek kalmadan bilgi sahibi olmak mümkündür. Kumaş deformasyonunun tahmin edilebilmesi için bilgisayar modellerinin geliştirilmesi, giyim endüstrisinde otomasyonun gerçekleştirilmesi için önemli bir görevdir. Örneğin masa üzerine kumaş yayılmasının simülasyonu gibi pek çok konuda kumaş eğilmesi çalışmalarının sonuçlarından yararlanılmaktadır.(Clapp, Peng, 1991)

Kumaşın eğilme rijitliğinin iplik eğilme rijitliğini yansıtacağı umulmasına rağmen ikisi arasındaki bağıntı oldukça komplekstir. Bir yandan örgü diğer yandan da üzerine uygulanan bitim işlemleri ile ilgilidir. İpliğin eğilme davranışı ise, sırasıyla bileşen liflerin mekanik özellikleri ve iplik strüktürü ile belirlenmiştir. Bu etkileşimleri anlayabilmek ihtiyacı yıllar boyunca pek çok araştırmacı tarafından duyulmuştur. En genel anlamda dokunmuş kumaşın eğilme mekanizmasının tamamen anlaşılabilmesi için şu bilgilere ihtiyaç duyulur:

-Kumaşın eğilme rijitliği ile kumaşın yapısal özellikleri arasındaki ilişkiler

-Kumaşın eğilme rijitliği ile deneysel olarak ölçülen yada bileşen lifler ve iplik strüktürünün özelliklerinden belirlenen; bileşen ipliklerin gerilme / eğilme özellikleri arasındaki ilişkiler.(Ghosh, Batra, Barker, 1990)

Bu araştırmada, kumaşların eğilme özellikleri geniş bir açıdan incelenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla öncelikle konu ile ilgili literatür taranmış, bu kaynaklar özet halinde verilmiştir.

Yapılan kaynak araştırmalarının sonucunda, bugüne kadar önerilen eğilme ölçüm metotlarının bir çoğunun Peirce'in eğilme modeline dayandığı, bu modelin ise eğilme sırasında kumaşın çizdiği eğri için tam eşitliği elde edemediği ve eşitliğin tam integre edilemediği görülmüştür.

Bu araştırmada, karşılaşılan eksiklikleri giderebilmek ve kumaşların gerçek eğilme davranışlarını gözlemleyebilmek amacıyla, yeni bir eğilme ölçüm metodu önerilmiştir.

Bu metotta belirli kumaş uzunluklarının kendi ağırlıkları altında çizdikleri eğriler hazırlanan eğilme aleti yardımıyla çizilmiş, çeşitli tiplerdeki kumaşların eğilme özellikleri incelenmiştir.

## 2.KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bir kumaşın eğilme davranışı, bileşimindeki ipliklerin özellikleri ile kumaşın yapısına, ipliklerin eğilme davranışı ise lif özellikleri ile iplik yapısına bağlıdır.

Dokunmuş kumaşın eğilme davranışının bütünüyle anlaşılabilmesi için; liflerin, ipliklerin ve kumaşların eğilme davranışı ayrı ayrı incelenmelidir.

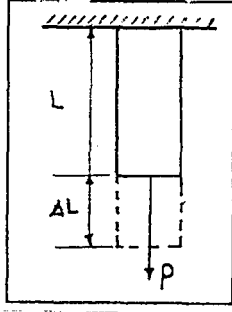
Kumaşlar eğilirken rijit yapılardan farklı davranırlar. Çünkü lifler, eğilmeden kaynaklanan lokal deformasyonları yerleştirmek için birbirlerine göre bağlı olarak hareket edebilirler. Buna rağmen, kumaşların eğilme davranışı incelenirken rijit cisimlerin temel eğilme bağıntılarından yararlanılmıştır. Bu sebeple, kumaşların eğilmesi konusunda yapılan çalışmaları genel eğilme bağıntıları, liflerin eğilme davranışı, ipliklerin eğilme davranışı ve kumaşların eğilme davranışı olarak dört ayrı başlık altında özetlemek yararlı olacaktır.

### 2.1.Genel Eğilme Bağıntıları

Fiziğin en eski ve en önemli bölümü olan mekanik, katı cisimlere etki eden kuvvetler arasındaki bağıntıyı, hareket ve denge olaylarını ele alır. Mukavemet ise cisimlerin ideal katı cisimler olmadığını ve değeri küçük de olsa, şekil değiştirmenin başlı başına dikkate değer bir konu olduğunu kabul ederek; dışarıdan cisime uygulanan yükler ile bunların cisim içindeki etkileri arasındaki bağıntıyı inceler. Eğilme bir mukavemet konusu olarak ele alınmıştır. Bazı temel mukavemet kanunlarını ele alalım:

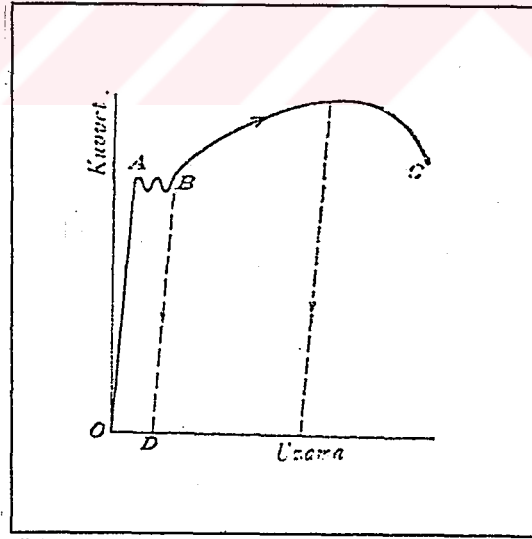
#### 2.1.1.Hooke Kanunu

Şekil 2.1' deki gibi bir ucundan yüklü prizmatik bir çubuğu ele alalım. P yükünün etkisinin sonucu olarak çubukta  $\Delta L$  kadar uzama meydana gelir. Bu tür bir çubuğun uzaması üzerinde yapılan deney çeşitli yapı malzemeleri üzerinde tekrarlanmış ve çubuğa uygulanan kuvvet ile meydana gelen uzama arasındaki bağıntı bir diyagram halinde verilmiştir. (Şekil 2.2)



**Şekil 2.1** Bir ucundan yüklenmiş prizmatik çubuk

Diyagram üzerinde 3 farklı bölge görülebilir: OA, AB ve BC. OA bölgesinde, diyagram esas itibariyle bir doğrudur. A'daki yük kaldırılacak olursa, kuvvet-uzama diyagramı, aynı OA çizgisi boyunca O'ya geri döner. Yani yükün boşaltılmasından sonra kalıcı uzama yoktur. Bu bölgeye "Elastik Bölge" denir. A noktasındaki gerilme "orantı sınırı" dir. Orantı sınırını deneyle tayin etmek için duyarlı ölçü aletlerine (ekstansometre) ihtiyaç vardır ve bu sınırı kesin olarak tayin etmek güçtür.



**Şekil 2.2** Kuvvet - birim uzama diyagramı (Hartog, 1966)

AB bölgesinde yük kaldırılrsa da çubuk eski haline dönemez, kalıcı (plastik) şekil değişimi olan bu bölge "plastik bölge" olarak bilinir. BC bölgesinde ise, şekil



değiştirmeler çok büyür ve çubuk boyun verip kopar. Mukavemet hesaplamaları elastik bölge içinde yapılır. (Hartog, 1966)

Bir cismin OA bölgesindeki elastik - lineer davranışı, ilk defa 1678 yılında Robert Hooke tarafından formüle edilmiştir. "Kuvvet ne kadarsa uzama da o kadardır" şeklinde ifade edilen bu kanun Hooke Kanunu olarak bilinir ve şöyle formüle edilmiştir:

$$\frac{\sigma}{\epsilon} = \text{sabit} \quad (2.1)$$

$\sigma$ =Gerilme

$\epsilon$ =Şekil değiştirme yada birim uzama

1807 yılında Thomas Young, Hooke Kanunu'na daha kesin bir şekil vermiştir.

Young'a göre ;

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad , \quad \epsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2.2)$$

ise,

$$\Delta L = \frac{P \cdot L}{A \cdot E} \quad (2.3)$$

olur.

P=Çubuğu uzatan kuvvet (kgf)

L=Çubuğun uzunluğu (cm)

$\Delta L$ =Çubuğun toplam uzaması (cm)

E=Malzemenin Elastiklik Modülü (Young Modülü)(kgf/cm<sup>2</sup>)

A=Çubuğun Kesit alanı (cm<sup>2</sup>) (Curun, 1981)

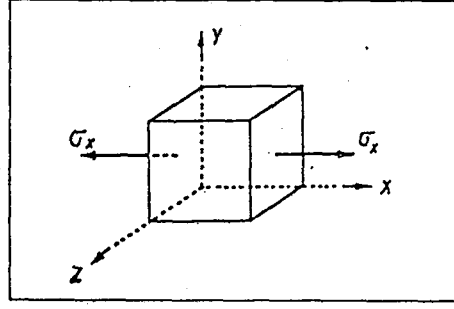
Hooke Kanununun geçerliliği şunlara bağlıdır:

- 1.Kuvvet aksenal olmalıdır.
- 2.Malzeme yapısı homojen ve izotrop olmalıdır.
- 3.Cisim "elastik malzemeden" yapılmış olmalıdır.
- 4.Malzemenin kesiti sabit olmalıdır.

Hooke kanunu, bir çubuğa tek bir gerilmenin tesir etmesi halinde doğrudur.

Çekme doğrultusuna dik bir doğrultuda elemanın eninde meydana gelen değişme

burada gözönüne alınmamıştır. Deneyler sonucunda çubuğun boyu uzarken kesitinin daraldığı görülmüştür. Kuvvete dik kenarlardaki kısalmanın kuvvet doğrultusundaki uzamaya oranı sabittir. Poisson (1781-1840) tarafından tanımlanan bu oran  $\nu$  ile gösterilir ve Poisson oranı olarak bilinir.



**Şekil 2.3**  $\sigma_x$  gerilmesinin etkisi altındaki küp. (Pakdemirli, 1973)

Şekil 2.3 'de de görüldüğü gibi  $\sigma_x$  gerilmesinin etkisi altında ve kenarları birim uzunlukta (1.1.1) olan kübün, kuvvete paralel kenarları  $\epsilon_x$  kadar uzadığı halde, kuvvete dik kenarları  $\epsilon_y$  ve  $\epsilon_z$  kadar kısalır ve  $\epsilon_y = \epsilon_z$  olur. Buna göre,

$$\epsilon_y = \epsilon_z = -\nu \cdot \epsilon_x \quad (2.4)$$

yazılabilir.  $\epsilon_x = \sigma_x / E$  olduğuna göre;

$$\epsilon_y = \epsilon_z = -\nu \cdot \frac{\sigma_x}{E} \quad (2.5)$$

elde edilir. Basit çekme halinde cisimlerin hacminin hiç bir zaman azalmadığını, arttığını veya sabit kaldığını deneyler ortaya koymuştur. Buna dayanarak Poisson oranının sınırlı değerler alacağı söylenebilir.  $\nu \leq 0.5$  olmak zorundadır.

### 2.1.2.Hooke Kanununun Genel Hali

Üç eksenli gerilme halini şekil 2.4 'de görüldüğü gibi, üç ayrı "bir eksenli" gerilme halinde ayırdığımızı düşünelim. Herbir basit hale ait birim şekil değiştirmeler hesaplanarak süperpoze edilirse;

$$\epsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} - \nu \cdot \frac{\sigma_y}{E} - \nu \cdot \frac{\sigma_z}{E} = \frac{1}{E} \cdot [ \sigma_x - \nu \cdot ( \sigma_y + \sigma_z ) ] \quad (2.6)$$

$$\epsilon_y = -\nu \cdot \frac{\sigma_x}{E} + \frac{\sigma_y}{E} - \nu \cdot \frac{\sigma_z}{E} = \frac{1}{E} \cdot [ \sigma_y - \nu \cdot ( \sigma_x + \sigma_z ) ] \quad (2.7)$$

$$\epsilon_z = -\nu \cdot \frac{\sigma_x}{E} - \nu \cdot \frac{\sigma_y}{E} + \frac{\sigma_z}{E} = \frac{1}{E} \cdot [ \sigma_z - \nu \cdot ( \sigma_x + \sigma_y ) ] \quad (2.8)$$

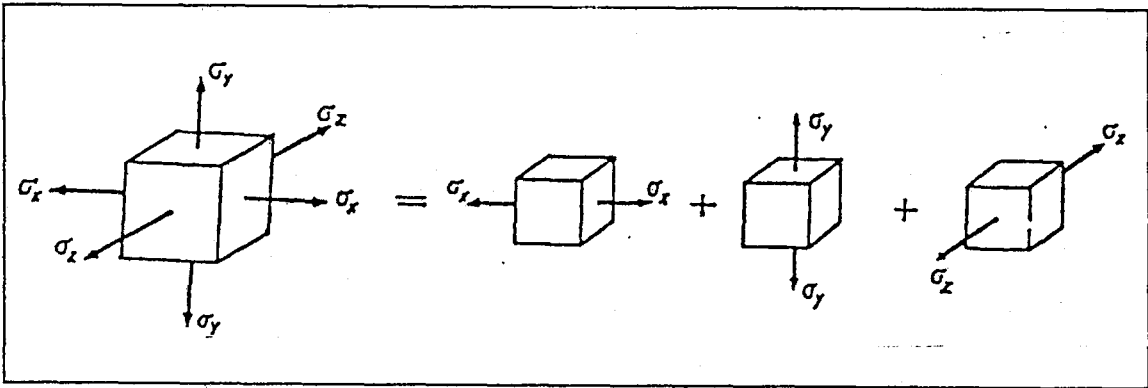
bulunur.

Bir cisimde düzlem şekil değiştirme, üçüncü eksendeki değişimden çok büyükse, üçüncü eksendeki şekil değiştirme ihmal edilir. Buna göre  $\epsilon_z=0$  alındığında,

$$\epsilon_x = \frac{1}{E} \cdot [ ( 1 - \nu^2 ) \cdot \sigma_x - \nu \cdot ( 1 + \nu ) \cdot \sigma_y ]$$

$$\epsilon_y = \frac{1}{E} \cdot [ ( 1 - \nu^2 ) \cdot \sigma_y - \nu \cdot ( 1 + \nu ) \cdot \sigma_x ] \quad (2.9)$$

bulunur. (Pakdemirli, 1973)



Şekil 2.4 Üç eksenli gerilme hali 3 ayrı bir eksenli gerilme haline dönüştürülmüştür. (Pakdemirli, 1973)

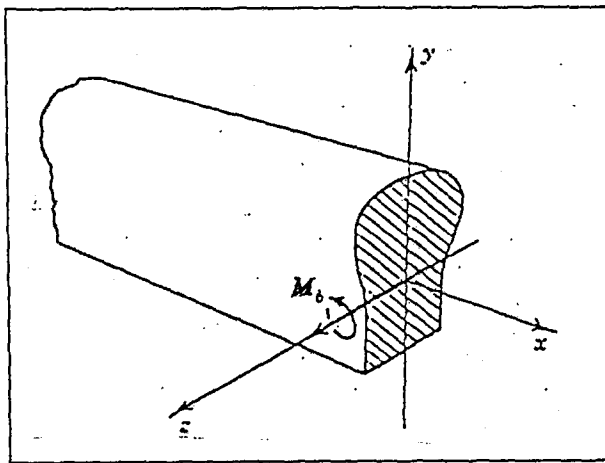
### 2.1.3.Eğilme

Yapı elemanları boyutları arasındaki farklara göre 3 sınıfa ayrılır: Çubuklar (kirişler), levha-plak-kabuklar ve diğer cisimler. Çubuklarda, iki boyut diğer üçüncüsü yanında çok küçüktür, yani çubuklar ince ve uzun cisimlerdir. Levha, plak ve kabuklarda ise, yalnız bir boyut diğer ikisine göre küçüktür. Küçük olan bu boyuta genellikle kalınlık denir.

#### 2.1.3.1.Çubukların Eğilmesi

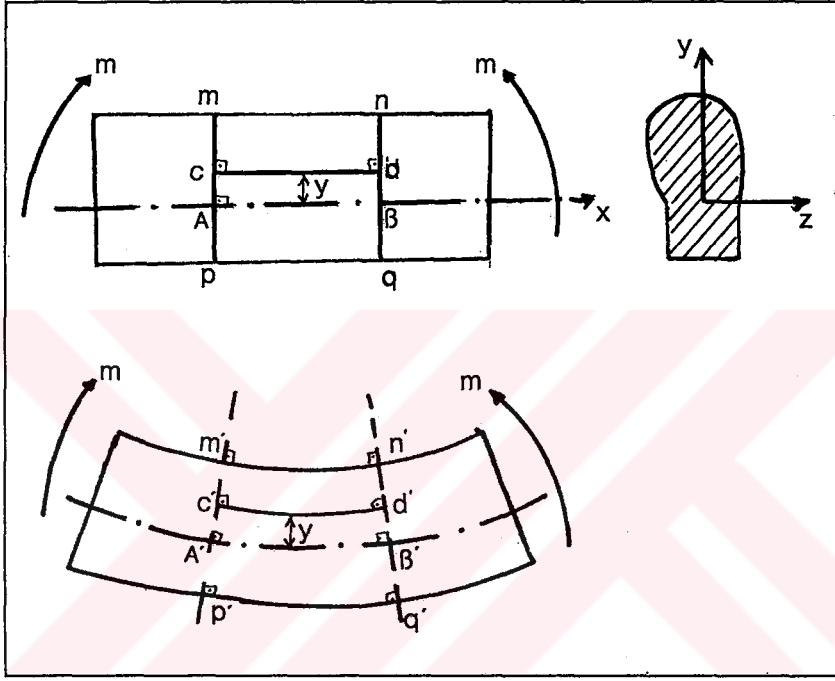
Çubuk mukavemeti aslında basittir ancak diğer cisimlerin hesabına esas olması açısından önemlidir. Çubuk mukavemetinin 4 basit hali vardır: Eksenel normal kuvvet, kesme kuvveti, burulma momenti ve eğilme momenti. (İnan, 1988)

Çubukların eğilmesini incelemek amacıyla; simetrik kesitli, kesiti çubuk boyunca sabit ve sadece eğilme momenti etkisi altında olan bir çubuğu gözönüne alalım. Eğilme momenti çubuğun uzunluğu boyunca sabit kalsın. Bu tarzdaki eğilmeye " basit eğilme" denir. Çubuk  $y$  eksenine göre simetrik olduğu için bu eksene kesitin " simetri eksenini" adını veriyoruz. (Şekil 2.5)



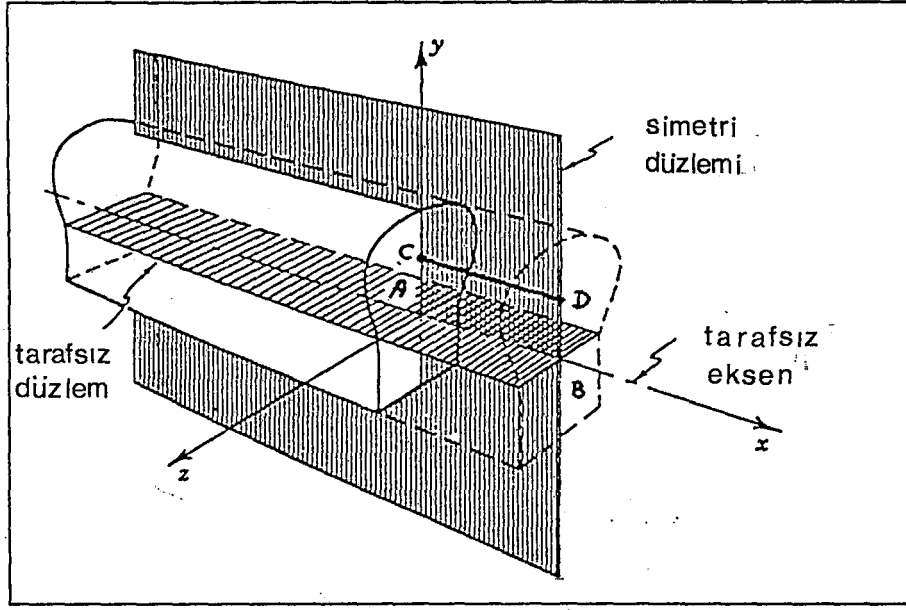
Şekil 2.5 Simetri düzleminde sabit eğilme momentine maruz kalmış simetrik kesit (Lardner, 1959)

Uygulanan momentin etkisi ile, başlangıçta doğru olan ve x eksenine paralel olan çubuk eksen, çubuk şekil değiştirdikten sonra simetriden dolayı xy düzlemi içinde bulunan bir eğri olur. Bu eğriye " elastik eğri " denir. Çubuğu eğen kuvvet çiftlerinin içinde bulunduğu düzlem (kuvvetler düzlemi) ile elastik eğrinin içinde bulunduğu düzlemin (eğilme düzlemi) üstüste olduğu bu tür eğilmelere " düz eğilme " adı verilir.



**Şekil 2.6** İki ucundan sadece  $M$  eğilme momentine maruz çubuğun eğilmesi.

Eğilme sonucunda çubuğu oluşturan liflerin boyları değişir. Şekil 2.6 'da görüldüğü gibi,  $PQ$  lifi uzayarak  $P'Q'$  halini alır.  $MN$  lifi ise kısalır ve  $M'N'$  durumuna gelir. Bu arada  $AB$  lifi gibi, boy değiştirmeyen lifler de vardır. Böyle liflerin bulunduğu düzleme " tarafsız düzlem ", tarafsız düzlemlerle çubuk kesitinin arakesitine ise " tarafsız eksen " adı verilir. Şekil 2.7 'de,  $xz$  tarafsız düzlem,  $z$  tarafsız eksenidir.



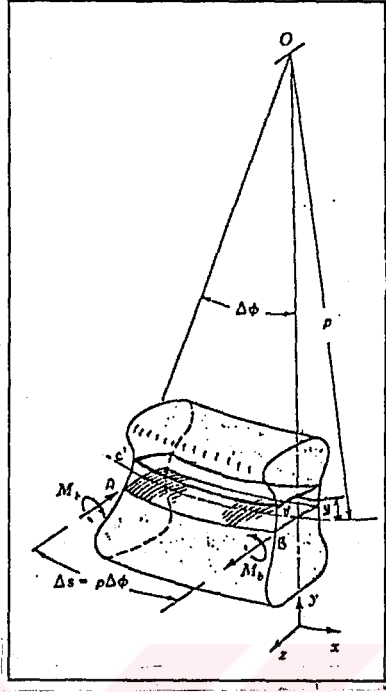
**Şekil 2.7** Deforme olmamış kiriş (Lardner, 1959)

Eğilmede, kiriş liflerinin boylarının değişmesine sebep olan gerilmeler, kiriş kesitine dik doğrultudaki normal gerilmelerdir. Alt liflerde çekme, üst liflerde ise basınç olan bu gerilmeler tarafsız ekseninde sıfır değerini alır. Gerilme dağılımını elde etmek için çubuk kesitlerinin şekil değiştirmeden sonra nasıl bir duruma geldiklerini bilmek gerekir.

Eğilmede kirişin dik kesitleriyle ilgili ve Bernoulli-Navier adı ile anılan hipotez şudur:

1. Dik kesitler, eğilmeden sonra da, düzlem kalırlar.
2. Dik kesitler, eğilmeden sonra, elastik eğriye dik kalır.

Böylece birbirine paralel olan kesitlerin eğilme sonunda birbirine göre döndükleri anlaşılmaktadır. Bu şekil değiştirmeyi incelemek üzere  $\Delta s$  boyunda bir kiriş elemanını ele alalım. (Şekil 2.8) (İnan, 1988)



**Şekil 2.8**  $M_b$  eğilme momentine maruz bir kiriş elemanının deformasyonu (Lardner, 1959)

Elemanın sağ kesit yüzeyi, sol kesit yüzeyine göre  $\Delta\theta$  kadar dönmüş olacaktır. Her iki kesit düzlem ve elastik eğriye dik kaldığına göre, uzantıları elastik eğrinin eğrilik merkezi olan O'da kesişeceklerdir. Eğrilik merkezinden eksene olan uzaklığa eğrilik yarıçapı denir ve  $\rho$  ile gösterilir. Şekil 8'den,  $\rho$  ile  $\Delta\theta$  arasındaki bağıntı;

$$ds = \rho \cdot \Delta\theta$$

$$\frac{1}{\rho} = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta s} = \frac{d\theta}{ds} \quad (2.10)$$

olarak bulunur. Görülüyor ki, eğrilik yarıçapı cismin birim boyundaki dönme açısıdır.

Bernoulli-Navier hipotezine dayanarak, liflerdeki uzama oranlarını hesaplamak amacıyla öncelikle tarafsız eksenden  $y$  kadar uzaktaki CD lifinin birim uzamasını bulalım:

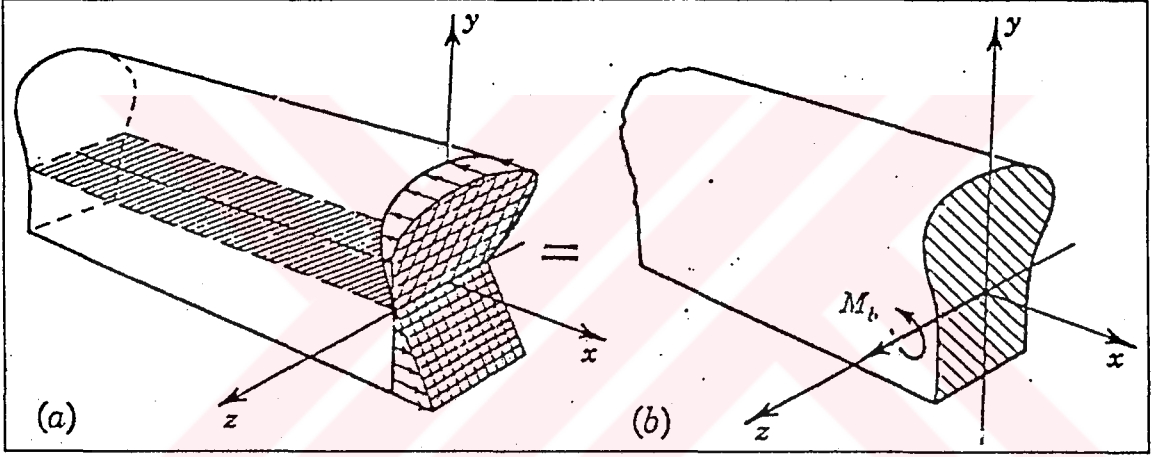
$$CD = AB = \rho\theta$$

$$C'D' = (\rho - y) \cdot \theta$$

$$\epsilon = \frac{C'D' - CD}{CD} = \frac{(\rho - y) \cdot \theta - \rho \cdot \theta}{\rho \cdot \theta} = -\frac{y}{\rho} \quad (2.11)$$

Cismin Hooke Kanunu'na uyduğunu da kabul edersek normal gerilme için aşağıdaki bağıntıyı elde ederiz:

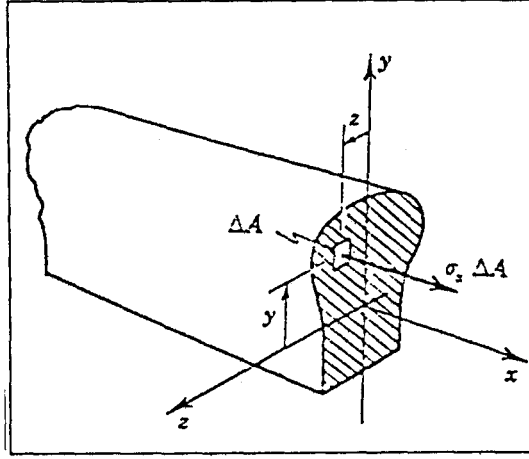
$$\sigma = E \cdot \epsilon = -\frac{E}{\rho} \cdot y \quad (2.12)$$



**Şekil 2.9** Sadece eğilmedeki stres dağılımının değeri,  $M_b$  eğilme momenti olmak zorundadır. (Lardner, 1959)

Eşitlik (2.12)'den de görüldüğü gibi, eğilmede meydana gelen  $\sigma$  normal gerilmeleri,  $y$  mesafesiyle orantılıdır ve pozitif  $y$  değerleri için altta çekme üstte basınç gerilmesidir. Bu gerilme dağılımı şekil 2.9 'da gösterilmiştir.





**Şekil 2.10** Şekil (2.9.a.)'daki kirişin  $\Delta A$  birim alanına etki eden kuvvet. (Lardner, 1959)

Denge, kirişin enine kesiti üzerindeki gerilme dağılımının bileşkesinin  $M_b$  eğilme momentine eşit olmasını gerektirir. Kesit üzerinde  $\Delta A$  elemanını gözönüne alalım. Bu elemana gelen kuvvet  $\sigma_x \cdot \Delta A$  dir. Denge şartlarını şöyle ifade edebiliriz:

$$\sum F_x = \int_A \sigma_x \cdot dA = 0 \quad (2.13)$$

$$\sum M_y = \int_A z \cdot \sigma_z \cdot dA = 0 \quad (2.14)$$

$$\sum M_z = - \int_A y \cdot \sigma_x \cdot dA = M_b \quad (2.15)$$

(2.12) ifadesini (2.13)'de yazarsak,

$$\int_A - \frac{E}{\rho} \cdot y \cdot dA = - \frac{E}{\rho} \cdot \int_A y \cdot dA = 0 \quad (2.16)$$

bulunur. Eşitliğin sağlanabilmesi için, kesitin tarafsız eksene göre statik momenti olan

$$\int_A y \cdot dA$$

ifadesinin sıfır olması gerekir. Bu ise "tarafsız eksenin, kesitin ağırlık merkezinden geçmesini" gerektirir. Eşitlik (2.12), eşitlik (2.15) de yazılırsa,

$$- \int_A y \cdot \left( - \frac{E}{\rho} \cdot y \right) \cdot dA = \frac{E}{\rho} \cdot \int_A y^2 \cdot dA = M_b \quad (2.17)$$

bulunur. (Lardner, 1959)

$$\int_A y^2 \cdot dA$$

ifadesi, kesitin z tarafsız eksenine göre atalet momentidir ve  $I_z$  ile gösterilir. Bu durumda eşitlik,

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M_b}{E \cdot I_z} \quad (2.18)$$

şeklini alır. Eğriliğin momentle orantılı olacağı önemli sonuçlardan biridir.  $E \cdot I_z$  çarpımına çubuğun eğilme rijitliği denir. Eşitlik (2.18)'i (2.11) ve (2.12) eşitliklerinde yazarsak, şu bağıntıları elde ederiz:

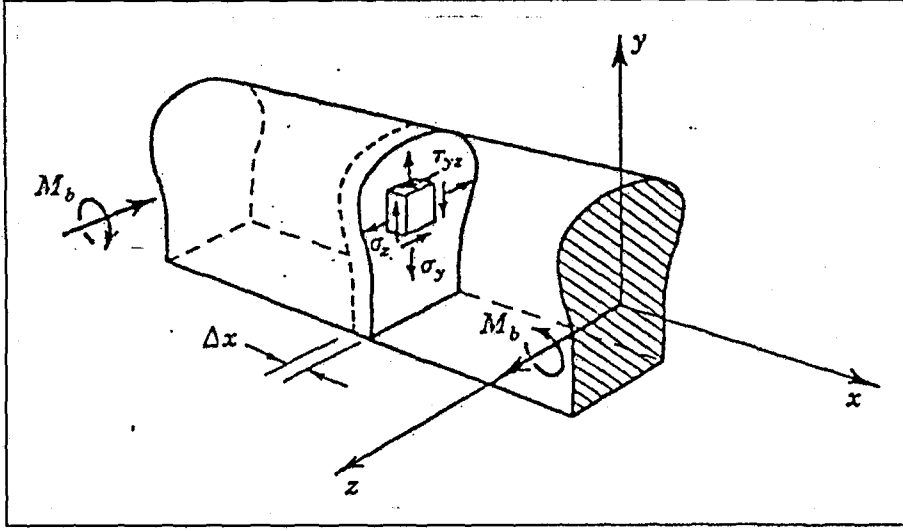
$$\epsilon_x = - \frac{M_b \cdot y}{E \cdot I_z} \quad (2.19)$$

$$\sigma_x = - \frac{M_b \cdot y}{I_z} \quad (2.20)$$

$\sigma_y = \sigma_z = \tau_{yz} = 0$  kabulü ve (2.20) eşitliğini Hooke Kanununda yazarak, aşağıdaki enine şekil değiştirme bileşenlerini elde ederiz.

$$\epsilon_y = \epsilon_z = - \nu \cdot \epsilon_x = - \frac{M_b \cdot y}{E \cdot I_z} \quad (2.21)$$

Bu nedenle kirişin enine kesitinde bir deformasyon vardır. Enine kesit düzlemindeki normal şekil değiştirmeler, aksenal normal şekil değiştirmelerle ters yönlü orantılıdır. Aksenal normal şekil değiştirme kirişin alt tarafında çekme üst tarafında ise basınç



Şekil 2.11  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$  ve  $\tau_{yz}$  enine gerilimleri sıfır kabul edilmiştir. (Lardner, 1959)

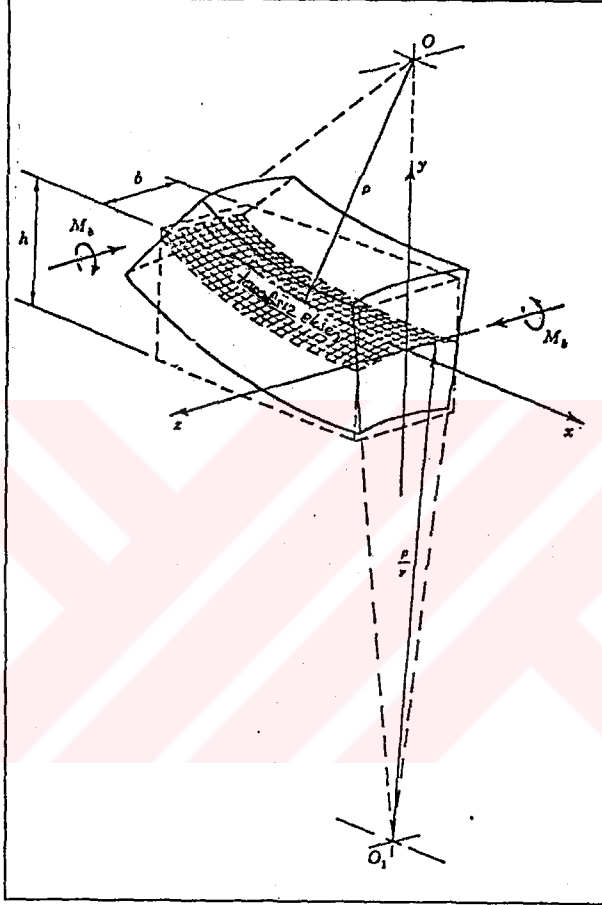
halinde olduğundan, enine kesitin üst kısmı uzarken, alt kısımları kısalır. Başlangıçta dikdörtgen olan kirişin, deforme olmuş hali şekil 2.12 de gösterilmiştir. Görülüyor ki deformasyondan sonra tarafsız yüzeyin  $-v.(1/\rho)$  eğriliğine sahip bir daire yayı haline gelecektir. Kirişin bu enine eğimi "anticlastic eğrilik" olarak adlandırılır, bu durumu eniyi lastik bir silginin parmaklar arasında şekil 2.13 deki gibi eğilmesinde görürüz. (Lardner, 1959)

Buraya kadar, kirişin bir kesiti boyunca kısmi deformasyon ve gerilim dağılımını inceledik. Ancak kirişin her yerindeki deformasyonları incelemedik. Şekil 2.8'i incelemeye devam edelim. Kirişin uzun boyutu x doğrultusunda, eğilme ise xy düzleminde olacaktır.

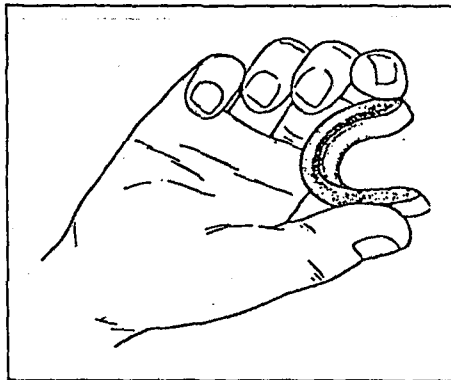
Tarafsız eksenin eğriliği, bir elemanın sadece eğilmedeki deformasyonunu tanımlar. Bu durumu, eğilme momentinin kirişin uzunluğu boyunca değiştiği "genel eğilme" durumuna genişletmek için, bir sadeleştirme kabulü yapıyoruz: Değişken bir eğilme momentine eşlik etmesi zorunlu olan makaslama kuvvetinin toplam deformasyon üzerine önemli bir katkı yapmadığını kabul ediyoruz. Şüphesiz, makaslama nedeniyle bazı ilave deformasyonlar olacaktır. Bununla beraber, uzun, ince kirişler için bu ilave deformasyon, eğilmeyle karşılaştırıldığında ihmal edilebilecek değerdedir. Bu kabüle dayanarak kirişin eğriliğini yine

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d\theta}{ds} = \frac{M_b}{E \cdot I_z} \quad (2.22)$$

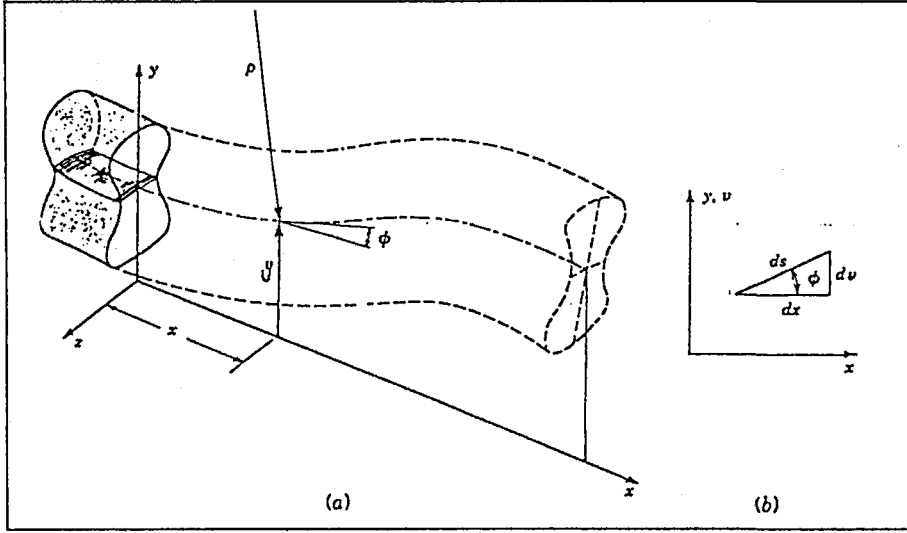
ifadesi ile gösterebiliriz.



**Şekil 2.12** Başlangıçta dikdörtgen olan kirişin, simetri düzleminde sadece eğilmeye maruz kalması sonucu deforme olmuş hali. (Lardner, 1959)



**Şekil 2.13** Bir lastik silginin "anticlastic eğrilik" alacak şekilde eğilmesi. (Lardner)



Şekil 2.14 Xy düzleminde eğilmiş kirişin tarafsız ekseninin geometrisi. (Lardner, 1959)

Şekil 2.14 'den tarafsız eksenin eğimini tanımlayalım:

$$\frac{dy}{dx} = \tan \theta \quad (2.23)$$

Bu ifadenin yay uzunluğu olan (s)'ye göre türevini alalım:

$$\frac{d^2y}{dx^2} \cdot \frac{dx}{ds} = \sec^2 \theta \cdot \frac{d\theta}{ds}$$

$$\frac{d\theta}{ds} = \frac{d^2y}{dx^2} \cdot \frac{dx}{ds} \cdot \cos^2 \theta \quad (2.24)$$

bulunur. Şekil (2.14.b)' den şu ifadeyi yazabiliriz:

$$\cos \Phi = \frac{dx}{ds} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}}$$

$$\frac{d\Phi}{ds} = \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left(1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}} \quad (2.25)$$

(2.25) eşitliğini, (2.22)'de yazarsak,  $M_b$  x'in fonksiyonu olarak bilinirken v'nin determinasyonu için nonlineer bir diferansiyel eşitlik buluruz:

$$\frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}} = \frac{M_b}{E \cdot I}$$

Şekil 2.14 'deki eğim açısı küçük olduğu zaman  $dv/dx$  birime oranla küçüktür. Eğer (2.25) eşitliğinin sağ tarafında, paydadaki  $(dv/dx)^2$  'yi ihmal edersek, eğrilik için basit bir yaklaşım elde ederiz:

$$\frac{d\theta}{ds} \approx \frac{d^2y}{dx^2} \quad (2.26)$$

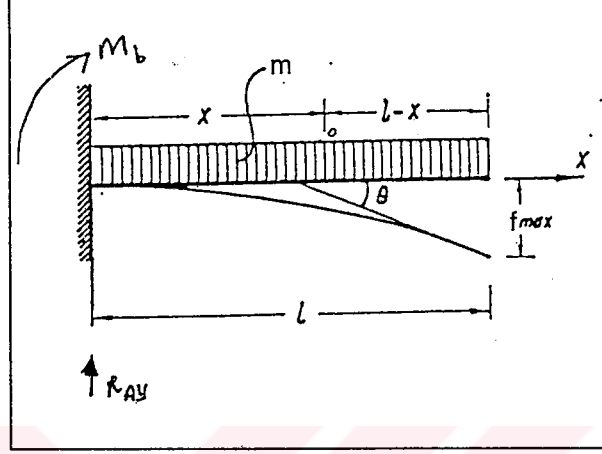
Bu ifadeyi (2.22)'de yazarsak, enine yerdeğiştirme ile ilgili eğilme momentinin lineer diferansiyel eşitliğini elde ederiz.

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M_b}{E \cdot I} \quad (2.27)$$

Bu bağıntı sadece küçük eğilme açıları için geçerli olan eğrilik yaklaşımını içermesine rağmen "moment - eğrilik bağıntısı" olarak adlandırılır. Bu ifadenin

birinci integrali eğimi, ikinci integrali ise sehimi verir. (Lardner, 1959)

### 3.1.3.1.1. Eşit Dağılmış Yayılı Yüklü Konsol Kirişin Eğilmesi



Şekil 2.15 Eşit dağılmış yayılı yüklü konsol kirişin eğilmesi. (Pakdemirli, 1973)

Şekil 2.15 'den şu eşitlikleri yazabiliriz:

$$\sum F_y = 0 \quad R_{AY} = m \cdot L \quad (2.28)$$

$$\sum M_A = 0 \quad M_b + m \cdot L \cdot \left( \frac{L}{2} \right) = 0 \quad , \quad M_b = - \frac{m \cdot L^2}{2} \quad (2.29)$$

$$\sum M_0 = 0 \quad - \frac{m \cdot L^2}{2} + m \cdot L \cdot x - m \cdot x \cdot \left( \frac{x}{2} \right) = M_b \quad (2.30)$$

(2.27) eşitliğinden,

$$E \cdot I_z \cdot \frac{d^2 y}{dx^2} = M_b = - \frac{m \cdot x^2}{2} - \frac{m \cdot L^2}{2} + m \cdot L \cdot x \quad (2.31)$$

$x=0$  için  $dy/dx=0$  olmalıdır. (2.32) eşitliğinden  $c_1=0$  olur.

$f=0$  olmalıdır. (2.33) eşitliğinden  $c_2=0$  olur.

$$E \cdot I_z \cdot \frac{dy}{dx} = - \frac{m \cdot x^3}{6} - \frac{m \cdot L^2 \cdot x}{2} + \frac{m \cdot L \cdot x^2}{2} + c_1 \quad (2.32)$$

$$E \cdot I_z \cdot f = - \frac{m \cdot x^4}{24} - \frac{m \cdot L^2 \cdot x^2}{4} + \frac{m \cdot L \cdot x^3}{6} + c_1 \cdot x + c_2$$

$x=L$  için  $dy/dx = \tan \theta$

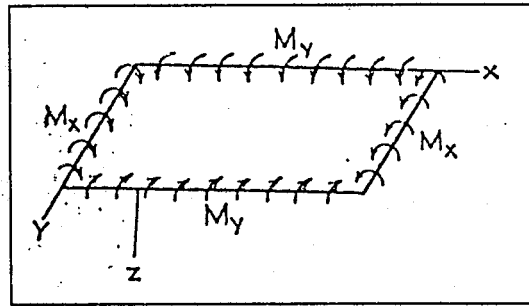
$$\frac{dy}{dx} = \tan \theta = \frac{m}{2 \cdot E \cdot I_z} \cdot \left( - \frac{L^3}{3} - L^3 + L^3 \right) = - \frac{m \cdot L^3}{6 \cdot E \cdot I_z} \quad (2.34)$$

$$f = \frac{m}{24 \cdot E \cdot I_z} \cdot \left( -L^4 - 6 \cdot L^4 + 4 \cdot L^4 \right) = - \frac{m \cdot L^4}{8 \cdot E \cdot I_z} \quad (2.35)$$

Böylece, eşit dağılmış yayılı yük ile yüklenmiş konsol kiriş için maksimum eğim (2.34) ve maksimum sehim (2.35) ifadelerini bulmuş olduk.

### 2.1.3.2. Levhaların Eğilmesi

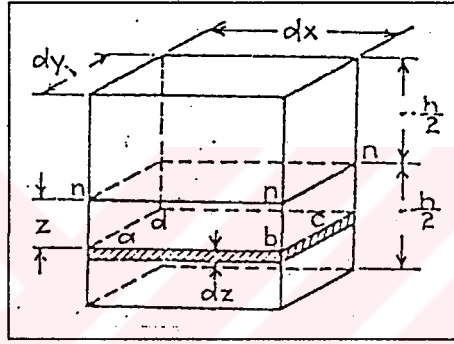
Levhaların eğilmesi durumunda ise, kiriş eğimlerinin birbirine dik iki yöndeki kombinasyonu vardır. Levhaların kenarları boyunca üniform olarak dağılmış olan dış momentler tarafından dikdörtgen levhanın eğildiği durumu inceleyelim. (Şekil 16)



**Şekil 2.16** Kenarları boyunca eşit dağılmış olan dış momentler tarafından eğilen dikdörtgen levha (Timoshenko ve Gere, 1963)



Levhanın alt ve üst yüzeylerinin tam ortasında bulunan orta düzlem, xy eksenlerinin kenarları boyunca uzanan xy düzlemi olarak alınacaktır. Z eksenine ise orta düzleme dik ve aşağı doğru pozitif alınmıştır.  $M_x$  ve  $M_y$  sırasıyla y ve x eksenlerine paralel kenarların birim uzunluğu başına eğilme momentlerini gösterir. Bu momentlerin levhanın üst yüzeyine basınç uyguladıkları konumda pozitif oldukları kabul edilmiştir. Levha kalınlığı h ile gösterilir ve levhanın diğer boyutlarına oranla küçük kabul edilir. Şekil 2.17 'deki gibi xz ve yz düzlemlerine paralel iki çift düzlem ile levhalardan kesilmiş bir elemanı ele alalım.



**Şekil 2.17** xz ve yz düzlemlerine paralel iki çift düzlem ile levhadan kesilmiş bir eleman. (Timoshenko ve Gere, 1963)

Bu elemanın yanal yüzlerinin levhanın eğilmesi süresince düz kaldığı ve tarafsız eksenler etrafında döndüğü kabul edilerek eğilme süresince levha orta düzleminin herhangi bir deformasyona maruz kalmadığı bu yüzden de tarafsız yüzey olduğu sonucuna varabiliriz.  $1/\rho_x$  ve  $1/\rho_y$ ; sırasıyla xz ve yz düzlemlerine paralel kesitlerdeki bu tarafsız yüzeylerin eğrilik yarıçapı olsun ve aşağı doğru konveks eğilme durumunda pozitif alınsın. Kirişlerin eğilme bağıntılarını buraya uyarlırsak;

$$\epsilon_x = \frac{z}{\rho_x} \quad \epsilon_y = \frac{z}{\rho_y} \quad (2.36)$$

Genel Hooke Kanunu'ndan şu bağıntılarımız vardı:

$$\epsilon_x = \frac{1}{E} \cdot (\sigma_x - \nu \cdot \sigma_y) \quad \epsilon_y = \frac{1}{E} \cdot (\sigma_y - \nu \cdot \sigma_x) \quad (2.37)$$

Buradan abcd tabakasındaki gerilimler için ;

$$\sigma_x = \frac{E \cdot z}{1 - \nu^2} \cdot \left( \frac{1}{\epsilon_x} + \nu \cdot \frac{1}{\epsilon_y} \right)$$

$$\sigma_y = \frac{E \cdot z}{1 - \nu^2} \cdot \left( \frac{1}{\epsilon_y} + \nu \cdot \frac{1}{\epsilon_x} \right) \quad (2.38)$$

eşitliklerini elde ederiz. Bu gerilimler abcd levhasının tarafsız yüzeyden itibaren uzaklığı olan  $z$  mesafesi ile orantılıdır ve eğik levhanın eğrilik değerine göre değişir. Şekil 2.17'deki elemanın yanal yüzeyleri üzerine etki eden iç kuvvetler dış momentlere eşitlenirse şu denklemler elde edilir:

$$\int_{-h/2}^{h/2} \sigma_x \cdot z \cdot dy \cdot dz = M_x \cdot dy$$

$$\int_{-h/2}^{h/2} \sigma_y \cdot z \cdot dx \cdot dz = M_y \cdot dx \quad (2.39)$$

(2.38) eşitliğini (2.39) eşitliğinde yazarsak,

$$\int_{-h/2}^{h/2} \left[ \frac{E \cdot z}{1 - \nu^2} \cdot \left[ \frac{1}{\epsilon_x} + \nu \cdot \frac{1}{\epsilon_y} \right] \right] \cdot 2 \cdot dy \cdot dz = M_x \cdot dy$$

$$M_x = \left[ \frac{E}{1 - \nu^2} \cdot \int_{-h/2}^{h/2} z^2 \cdot dz \right] \cdot \left[ \frac{1}{\epsilon_x} + \nu \cdot \frac{1}{\epsilon_y} \right] = D \cdot \left( \frac{1}{\epsilon_x} + \nu \cdot \frac{1}{\epsilon_y} \right)$$

$$M_y = \left[ \frac{E}{1 - \nu^2} \cdot \int_{-h/2}^{h/2} z^2 \cdot dz \right] \cdot \left[ \frac{1}{\epsilon_y} + \nu \cdot \frac{1}{\epsilon_x} \right] = D \cdot \left( \frac{1}{\epsilon_y} + \nu \cdot \frac{1}{\epsilon_x} \right)$$

$$G = \frac{E}{1-\nu^2} \cdot \int_{-h/2}^{h/2} z^2 \cdot dz = \frac{E \cdot h^3}{(1-\nu^2) \cdot 12} \quad (2.40)$$

$G$ , levhanın eğilme rijitliğidir kirişlerin eğilmesi durumundaki  $E.I_z$  ifadesinin yerini tutar. Levha ve kiriş eğilme rijitliği ifadeleri kıyaslanırsa; levha rijitliğinin aynı kesite sahip bir kirişin rijitliğinin  $1/(1-\nu^2)$  katı kadar fazla olduğunu görürüz. Eğilme süresince levhanın orta düzleminde gerginlik olmadığı kabulü, genellikle levhanın çökmeleri kalınlığa kıyasla küçük olduğu sürece doğrudur. Levha çökmeleri kalınlığa kıyasla yeterince küçük değilse, levha orta yüzeyinde bazı deformasyonlar oluşacak ve bunların levhadaki gerilim dağılımı incelenirken gözönüne alınmaları gerekecektir.

Levha eğriliği ifadesi, kirişlerin basit eğilmesi için çıkarılan ifade ile benzerdir:

$$\frac{1}{\rho_x} = - \frac{d^2W}{dx^2} \quad \frac{1}{\rho_y} = - \frac{d^2W}{dy^2} \quad (2.41)$$

$$M_x = -D \cdot \left( \frac{d^2W}{dx^2} + \nu \cdot \frac{d^2W}{dy^2} \right) \quad (2.42)$$

$$M_y = -D \cdot \left( \frac{d^2W}{dy^2} + \nu \cdot \frac{d^2W}{dx^2} \right) \quad (2.43)$$

Bu eşitlikler, verilen  $M_x$  ve  $M_y$  momentlerini sağlayan levhanın çökme yüzeyini tanımlar.  $M_y=0$  olan özel durumda şekil 2.16 'daki dikdörtgen levha kiriş gibi eğilir. (2.43) eşitliğinde  $M_y=0$  yazılır ise,

$$\frac{d^2W}{dy^2} = -\nu \cdot \frac{d^2W}{dx^2} \quad (2.44)$$

bulunur. Bu durumda, levha ters işaretli iki eğriliğe sahiptir, anticlastic yüzey şeklinde eğilmiştir. (Timoshenko ve Gere, 1963)

## 2.2. Liflerin Eğilme Davranışı

D.Finlasyon (1946) filament boyutlarının tekstil ürünlerinin özellikleri üzerine yaptığı etkileri incelenmiş, en belirgin olanın iplik yada kumaş fleksibilitesine olan etkisi olduğunu belirtmiştir.

Finlayson'a göre fleksibilite, tekstilcilere aşına olan çeşitli durumlarda kendini gösteren bir özelliktir. Döküm, tutum, buruşma kolaylığı, buruşma düzemesi, yumuşaklık, gevşeklik kolayca akla gelen etkilerdir. Kumaşların döküm, tutum vb. özelliklerinde değişme olabilmesi, iplik ve kumaşların yapılarına bağlı olan kompleks bir duruma dayanır. Ancak iplik ve kumaş yapısına bağlı olan tüm etkiler elimine edildiğinde geriye filamentlerin doğal karakteri ile ilgili olan faktörler kalır. Bu faktörler hem filamentlerin boyutlarından hem de bunlardan oluşan materyalin fiziksel özelliklerinden etkilenir ve bir filamentin eğilmesini, kendi ağırlığı yada seçilen bir süre maruz bırakıldığı yük altında eğilen, desteklenmiş kiriş olarak incelemeye çok uygundur.

Üniform kesitli bir kirişin kenarlarının, kendi ağırlığı altındaki sehim;

$$f = \frac{m \cdot g \cdot l^4}{8 E I} \quad (2.45)$$

eşitliğiyle, uygulanan ağırlık altındaki sehim ise;

$$f = \frac{F l^3}{3 E I} \quad (2.46)$$

ile verilir. Burada, f sehim, L kiriş uzunluğu, E Young Modülü, I enine kesitin atalet momenti, F uygulanan yük, m birim materyal uzunluğunun kütlesi, g yerçekimi sabitidir.

Tekstil filament, iplik ve kumaşlarının eğilmesini içeren pratik problemlerde, eğilme; materyalin tek başına ağırlığı altındaki eğilmesi ile materyale kıyasla büyük olan yük altındaki eğilmesinin karışımıdır. Finlayson, genelde daha önemli olduğundan (2.46) eşitliğini kullanmış, filamentin enine kesitini eliptik ve eğilmenin ise küçük eksen doğrultusunda olduğunu kabul etmiştir.

$$\text{Elipsin Atalet Momenti} = \frac{\pi a^3 b}{64}$$

R = Yassılma Oranı = b/a

Burada a, küçük b ise büyük eksenini ifade etmektedir. **J**, eşit enine kesit alanındaki filament çapı yada genişliğinin ortalamasıdır.

$$\mathbf{J} = \sqrt{a b}$$

$$\text{Elips Alanı} = \frac{\pi a b}{4}$$

ise, (2.46) eşitliği şu formda yazılabilir:

$$\frac{f}{F} = \frac{64 I^3}{3 \pi E a^3 b} = \frac{64 I^3 R}{3 \pi E \mathbf{J}^4} \quad (2.47)$$

(2.47) ifadesinden görülüyor ki, materyalin alacağı sehim; lifin yada ipliğin desteklenmemiş uzunluğunun kübü ile artar yani lif yada ipliğin yapı içinde, bağlantılar arası mesafe arttıkça materyalin yumuşaklığı artacaktır.

Filamentin fleksibilitesi, yassılma oranı ile doğru, elastiste modülü ve çapın dördüncü kuvveti ile ters orantılıdır. D filament deneyi olmak üzere,

$$D = \frac{J^2 \cdot s}{141.5} \quad (2.48)$$

bağıntısı, (2.47) eşitliğinde yerine yazılıp, sayısal sabitler ihmal edilirse, filament fleksibilitesi,

$$\frac{f}{F l^3} \propto \frac{R s^2}{E D^2} \quad (2.49)$$

bulunur. Burada  $s$ , filament yoğunluğudur. Eşitlik, filament fleksibilitesinin yoğunluğun karesiyle doğru, filament denyesinin karesiyle ters orantılı olduğunu gösterir. Tekstil liflerinde mümkün olan yoğunluk aralığı küçük olduğu için, bu sayıların kareleri dahi alınsa, 1.30 - 2.43 gibi bir değerde olan bu aralık, Young modülü ve filament denyesine kıyasla daha küçüktür.

Bu aşamadan sonra, bazı ilginç lifler için, eşit filament fleksibilitesi verecek filament denyesi değerlerini hesaplayan Finlasyon, aşağıdaki eşitliği kullanmıştır:

$$D = K s \sqrt{\frac{R}{E}} \quad (2.50)$$

Burada,  $K$  doğal ipek için bilinen veriye karşı gelmesi için, 15 'e eşitlenmiş keyfi sabittir.

**Çizelge 2.1.** Eşit filament fleksibilitesini sağlamak için gerekli filament deneyleri.

Lif	s (gm/cc)	R	N (gm/den)	E (Kg/mm <sup>2</sup> )	D
Doğal İpek	1.33	1.7	59.6	713	0.97
Celanese	1.33	1.5	23	275	1.47
Viskoz	1.56	1.35	57	800	0.96
Naylon	1.14	1.1	25	256	1.11
Fortison	1.56	1.2	116.6	1637	0.63
Cam	2.54	1.0	322	7362	0.44

Çizelge 2.1 'den de görüldüğü gibi ipeğin fleksibilitesine ulaşabilmek için Fortison 0.63, cam 0.44 denye olmalıdır. 2,5 denye selüloz asetata denk olabilmek için 1.6 denye viskoz kullanılmalıdır.

Finlayson'un, filamentlerin fleksibilitesinin bunlardan yapılan ipliklerin fleksibilitesini nasıl etkilediğini bulmak amacıyla yaptığı deneyler göstermiştir ki, büküm düşük olduğunda filament boyutlarının etkisi, iplik üzerinde açıkça kendini gösterir. Ancak büküm arttıkça, filament boyutlarının etkisi giderek azalır, bu durumda ipliğin fleksibilitesi daha çok iplik boyutuna bağlıdır.

Perce (1930), ölçülebilir bir nicelik olarak kumaş tutumu adlı çalışmasında, çeşitli ilmek formlarının çok yumuşak materyallerin diriliğini ölçmek için kullanılacağı ve bu metotların heriki uçtan pozitif çenelerle tutulması nedeniyle, bükülme yada bükümün etkisinin azaltılmasını sağladığını, en yararlı olanın kalp şekli olduğunu, halka formunun ise iplikler için pratik olarak kullanılmaya en uygun metot olduğunu anlatmıştır.

Halka ilmek metodunda, iplik yada filament parçası, 360 derecelik bir daire şeklinde eğilip, uçlarından bağlanır. Dışarıdan uygulanan ağırlık ile halkada oluşturulan sehim ölçülür. Eğilme rijitliği şöyle ifade edilmiştir:

$$G = 9.81 k \mathbf{P} L^3 \frac{\cos\theta}{\tan\theta} \quad ( m N mm^2 ) \quad (2.51)$$

$$k=0.0047$$

$\mathbf{P}$ = Uygulanan yük (gr)

$$\theta = 493 f/L$$

L=Halkanın çevresel uzunluğu

f =Uygulanan yükün etkisi altında, dairenin alt ucunun sehimi (cm)

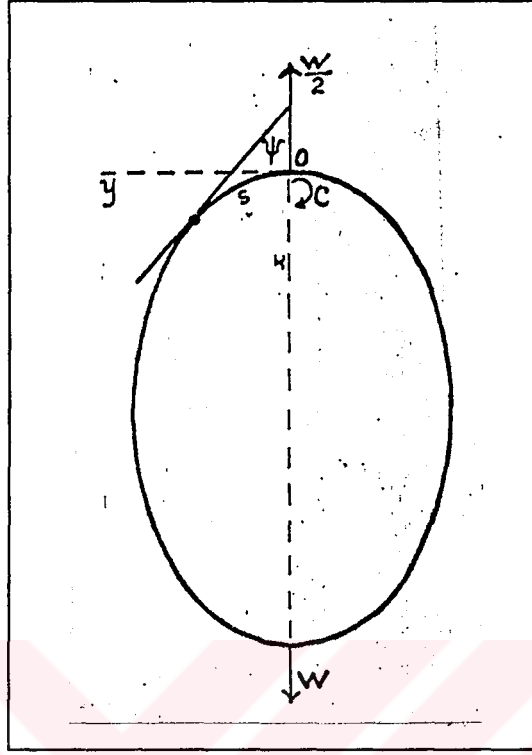
Carlene (1950), lif ve iplik eğilme rijitlikleri arasındaki bağıntıyı en basit iplik strüktürü olan tek, düşük bükümlü kontinü filament iplik için araştırmış, eğilme rijitliğinin ölçümü için kullanılacak metodun basitçe uygulanabilmesine, hem tek lifler hem de iplikler için uygun ve tekrarlanabilir olmasına dikkat etmiştir.

Liflerin eğilme rijitliklerini ölçmek için geliştirilmiş çeşitli metodlar vardır. Khayatt ve Chamberlain, bir yün lifini basit kiriş olarak yükleyerek eğilme modülünü ölçmüş, Sen benzer bir tekniği paralel ve yanyana bulunan 150 jüt lifinden oluşmuş bir parça için kullanmıştır. Carlene tarafından geliştirilen bir başka metotta naylon filamentleri, uçların kenarında serbestçe desteklenmiş kirişler olarak ele alınarak modifiye formdaki Cambridge Eksansometresi ile merkezden yüklenmiştir. Bu metot, çalışma için seçilen incelikteki filamentleri tutabilmeye yetecek kadar duyarlı değildir.

Carlene'e göre bu metodların pek azı tek filamentler için uygun olmasına rağmen, büküm kaybını önlemek ve iplikleri kompakt lif toplulukları olarak koruyabilmek için her iki ucundan tutulması gerektiğinden iplikler için uygundur. İplikler, heriki ucundan tutturulmuş ve merkezde yüklenmiş bir kiriş olarak kabul edilebilir; ancak ipliği gerilim uygulanmaksızın, tekrarlanabilir tarzda bağlayabilmek oldukça güçtür. Bu problem, ipliğin belli bir gerilim altında bağlanması ile kısmen çözülebilir.

Bu sistem için, yük-sehim bağlantıları incelendiğinde, eşitliğin eğilme rijitliği terimini içeren kullanışsız bir hiperbolik trigonometrik fonksiyonun bölümlerinden oluştuğu görülür. Bu sebeple sözedilen yaklaşım metodu terkedilmiş ve orijinali Peirce tarafından geliştirilen halka ilmek metodu kullanılmıştır. Carlene bu metodun deneysel prosedürünü kritik olarak inceleyip modifiye etmiş, hem iplik hem de filamentlerin eğilme rijitliğini ölçmek için kullanmıştır.





**Şekil 2.18** Peirce'in halka ilmek yapısı.

Basit bir kirişin eğilme rijitliği, Young Modülü ve denyenin karesiyle doğru, şekil faktörü ve yoğunluğun karesiyle ters orantılı olarak değişmektedir. Diğer faktörler sabitken, eğilme rijitliği denyenin karesiyle doğru orantılı olacaktır.

İplik ve filament eğilme rijitlikleri arasındaki bağıntı kolayca gösterilebilir: Eğer rijiditenin belirlenmesinde iplik strüktürü önemli bir rol oynarsa, o zaman filament denyesinin logaritmasına karşı, iplik rijitliğinin iplikteki filament sayısına bölünmesiyle hesaplanan filament rijiliğinin logaritması arasında çizilen grafik, log filament denyesine karşı deneysel olarak belirlenen tek lif rijiditelerinin grafiğinden belirgin olarak farklı olacaktır. Eğer iplik strüktürünün etkisi çok azsa, o zaman bu 2 eğri uyumlu olacaktır. Caurtoulds viskoz iplikleri için bu tür bir eğri şekil 2.19 'da gösterilmiştir.

Deneylerin sonuçları şöyledir:

1. Aynı denyedeki iplikte filament sayısı arttıkça, ipliğin eğilme rijitliği değeri azalmakta, iplik daha fleksibil olmaktadır.

2. Denyesiyle aynı sayıda filament değerine sahip iplikler için filament sayısı arttıkça ipliğin eğilme rijitliği değeri de artmaktadır. ( 60 denye / 60 filament iplikte  $0.39 \text{ gcm}^2 \cdot 10^{-3}$  iken, 75 denye / 75 filament iplikte  $0.59 \text{ gcm}^2 \cdot 10^{-3}$  )

Carlene'e göre filamentlerin eğilme rijitliği ile denyeleri arasındaki bağıntı şu eşitlikle ifade edilebilir :

$$G = k D^n$$

G= Filament eğilme rijiditesi

k=Sabit

n=İkiden küçük bir tamsayı (İsotropik bir materyal çubuğunun eğilmesinin teorik incelemelerinden alınmış bir değerdir.)

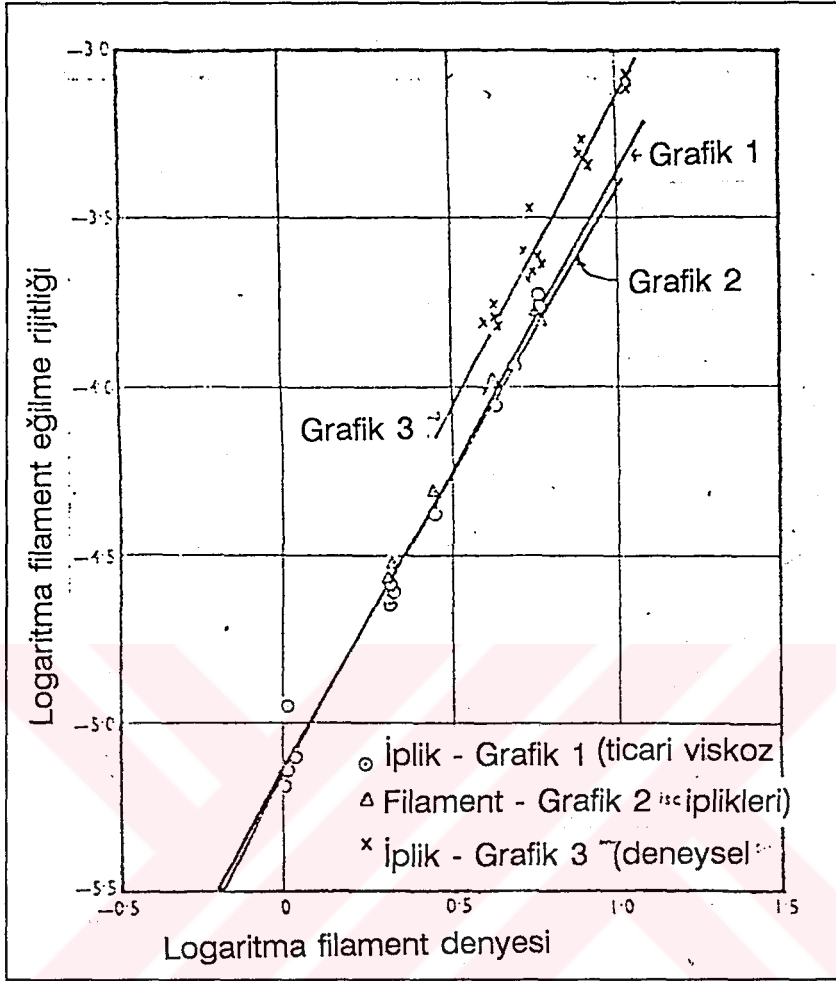
İç kısmına kıyasla kabuğunda daha yüksek oryantasyona sahip, oldukça tırtıklı filamentler için teorik değerden sapma daha büyük olma eğilimindedir. Carlene 'in çalıştığı filament denyesi ve sayısı aralığında, düşük bükümlü, kontinü filamentli tek iplikler için ipliğin eğilme rijitliği gerçekte bileşen liflerin rijiditelerinin basit toplamıdır.

Homojen ve isotropik materyaller için eğilme ve gerilmeden elde edilen Young modülü değerleri aynıdır. Tekstil liflerinin anisotropik yapısı nedeniyle, bu iki modül farklı olacaktır. Bu iki değer karşılaştırılarak bir lifin radyal - çapsal- homojenitesi bulunabilir.

Meredith (1952), pek çok tekstil lifinin sert bir kabuk ve daha yumuşak bir içten oluştuğunu, eğilme sırasında dış yüzeylerin iç yüzeylere kıyasla daha çok gerilmesi nedeniyle, yün lifleri hariç, eğilme modülünün gerilme modülünden daha yüksek olmasına neden olacağını göstermiş, ancak bu durumu destekleyecek yeterli şekil ve veri sağlayamamıştır.

Finlayson bu iki modülün uyumunun ölçüm doğruluğu ile sağlanabileceğini söylerken, protein liflerin eğilme modülünü inceleyen Khayatt ve Chamberlain, bu liflerin eğilme modülünün, Young Modülünden daha düşük olduğunu gözlemiştir.

Carlene, deneysel viskoz filamentlerinin enine kesitlerini elips kabul ederek, eğilme modülerini hesaplamış; Young Modülü değerlerini ise tek filament üzerindeki Cambridge ekstansometresi ile ölçmüş, sonuçta bu iki değer arasında tam bir bağıntı kuramamıştır.



Şekil 2.19 Logaritma filament deneyi - logaritma filament eğilme rijitliği grafiği.

Guthrie, Morton ve Oliver (1954), bir seri lif için eğilme rijitliği ölçümlerini statik ve dinamik metodlarla, bükülme rijitliğini ise basit bir dinamik metod ile yapmıştır. Statik metod, Khayatt ve Chamberlain tarafından tanıtılan metoda uyularak, bir uçtan tutturulup diğer uçtan yüklenen kısa filament uzunluğunun sehimini ölçmekten ibarettir. Sehim mikrometre okülerli mikroskopla ölçülmüştür. Lifen rijitliği giriş eğilmesine dair standart formülden hesaplanır. Ölçüm yapılırken 1 mg'lik yükleme adımları verilmesine özen gösterilmiş, ilk 20 saniye içinde ölçüm yapılmıştır.

Dinamik metotta ise numune bir ucundan tuturulmuş, serbest ucundan çekilip bırakılmak suretiyle, doğal frekansında titreştirilmiş, çubuğun doğal frekansı ölçülerek eğilme rijiditesi hesaplanmıştır. Bu metod statik metotla karşılaştırıldığında, daha az deneysel güçlüğü sahiptir. 40 -20 Kc/s frekans

aralığında çalışılmıştır. Rijitlik şu ifadeden hesaplanır.

$$G = \frac{4 \pi^2 A \rho l^4 f^2}{m^4} \quad (2.52)$$

A= Lifin enine kesit alanı

f=Rezonans Frekansı

G=Eğilme Rijitliği

$\rho$ =Lif Yoğunluğu

l=Lif Uzunluğu

m,  $\cos m \cdot \cosh m = -1$  eşitliğinin çözümüdür.

Yaklaşık dairesel kesitli lifler için elde edilen sonuçlar çizelge 2.2 'de gösterilmiştir. Stretching modülü, 2.5 gr/denye /dakika yükleme oranında Cliff test aletinde ölçülmüştür.

Birim lif denyesi için rijidite, ölçülen rijiditenin, lifin denyesinin karesine bölünmesiyle hesaplanabilir. Esneme modülü ölçülürken kullanılan uzama oranı statik eğilme metodundakinden yaklaşık 100 kez büyüktür. Buyüzden tablodaki esneme modülü değerleri % 20 azaltılırsa bu iki değer direk olarak kıyaslanabilir ve sonuçta tüm akrilik, polyamid ve polyester lifler için eğilme modülü, esneme modülünden daha büyük olur. Bu sonuç, Meredith'in söylediği genel durumu destekler.

Yazarlar, deney sonuçlarını şöyle özetlemiştir:

1. Dinamik metotla ölçülen lif eğilme rijiditeleri, statik metotla ölçülen lif eğilme rijiditelerine kıyasla daima daha büyüktür. Dairesel enine kesitli lifler için eğilme modülü hesaplanmış, pekçok durumda; çekme modülünün dinamik ve statik eğilme modülleri arasında yer aldığı görülmüştür. Statik ve dinamik değerler arasındaki farklılıklar zaman etkisine bağlı olarak incelenmiştir. Farklı deneylerdeki fibroların eğilme rijiditeleri lif denyesinin 1.96 katı ile değişir. Akrilikler yüksek , protein lifleri düşük eğilme rijitliklerine sahiptir.

2. Belirli lifler için, kontinü filamentler, stapellere kıyasla daha yüksek eğilme ve daha düşük bükülme rijiditelerine sahiptir.

Çizelge 2.2 Yaklaşık dairesel enine kesitli lifler.

Tip	Lif	Denye	Rijidite/Denye <sup>2</sup> .10 <sup>-3</sup> dıncm <sup>2</sup> /den		Eğilme Modülü .10 <sup>10</sup> dın/cm <sup>2</sup>		Esneleme Modülü. 10 <sup>10</sup> dın/cm <sup>2</sup>
			Statik	Dinamik	Statik	Dinamik	
Akrilik	x51	1.63	5.61	7.68	7.3	10	7.0
Akrilik	x51	3	3.82	7.34	4.97	9.55	3.1
Polyamid	Naylon	3,6,15	2.18	3.72	2.88	4.92	3.0
Polyamid	Perlon	2.63	1.5	3.1	2.06	4.25	2.2
Polyamid	Rilsan	3.09	1.82	2.73	2.04	3.06	2.1
Polyester	Dacron	2.2	4.59	6.29	8.9	12.2	12.5
Polyester	Terilen	2.12	6.29	8.36	12.2	16.2	13.4
Polyester	Terilen	4.02	2.97	5.34	5.75	10.3	7.25
Protein	Yün	64s	0.7	2.58	1.19	4.44	2.3
Rejenere protein	Ardil	5.29	.7	2.13	1.19	3.61	3.3
	Fibrolan	3.8	1.55	2.70	2.64	4.6	3.7
	Merinos	3	2.17	3.59	3.69	6.12	2.8

### 2.3. İpliklerin Eğilme Davranışı

Backer (1952), " sabit yarıçaplı bir halka halinde eğilmiş " ipliklerin ideal geometrisini çıkarmak için yaptığı çalışmada, ipliğin eğilmesi esnasında liflerin hareketinin iki ekstrem durumunu incelemiştir.

1. Liflerin birbirlerine göre tamamen serbest hareket etmesi durumu.

2. Liflerin birbirlerine göre serbest olmayan hareket durumu. ( Yüksek bükümlü, yoğun-sıkı paketlenmiş iplik yapısı )

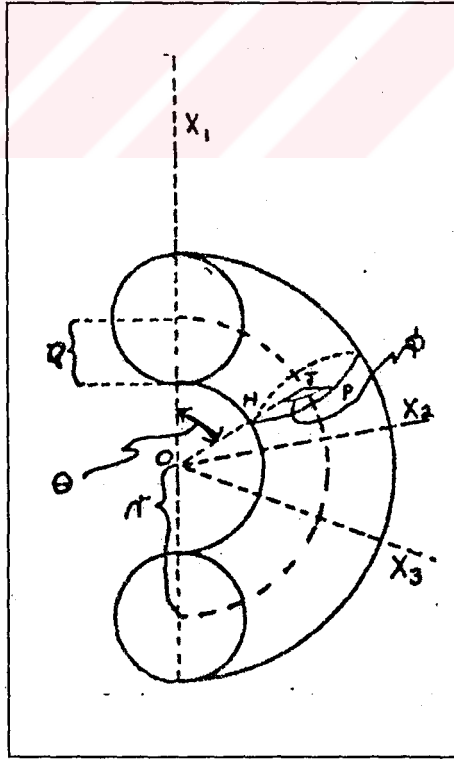
Birbirine bir lif çapı mesafede yeralan, aynı merkezli silindirik yüzeyler üzerinde bulunduğu kabul edilen kontinü filamentlerden oluşan iplik, yapının temel elemanı olarak ele alınmıştır. En dıştaki lifte oluşan maksimum helis açısına karşılık iplik ekseninde sıfır helis açısı vardır. Çözümlü ipliğinin, atkı ipliği etrafında eğildiği kabul edilmiştir.

$a$  = Çözümlü ipliği yarıçapı,  $r$  = Halka yarıçapı

$x_3$  = Atkı eksenini,  $\lambda = \phi / \theta$

P noktasından geçen ark uzunluğunun diferansiyel elemanı;

$$\frac{ds}{d\theta} = \sqrt{\frac{(r - a \cos\phi)^2}{\lambda^2} + a^2} \quad (2.53)$$



Şekil 2.20 Backer 'ın sabit yarıçaplı bir halka halinde eğilmiş iplik yapısı

Chow ve Schwarz,  $ds$  'in iplik eksenini etrafında lifin tam bir turu boyunca integralini almakla, eğilmiş iplikte lif ilmeğinin uzunluğunun eğilmeden önceki uzunluğuna eşit olduğunu göstermiştir. Bunun sonucu olarak, eğer iplikteki lifler eğimlerini serbestçe değiştirebiliyorlarsa, ipliğin eğilmesi sırasında lif deformasyonu olmayacaktır. Bu kabul Czitary' nin " tel kabloların eğilme deformasyonu " analizinde yapılmıştır. Diğer yandan, eğer aşırı sürtünme ilmek içindeki lif hareketini önlerse, halkadaki liflerde deformasyon olacaktır. İplik eğilmesindeki aksenal lif deformasyonu:

$$E = \frac{ds - ds_0}{ds_0} = \sqrt{\frac{\left(\frac{r}{a} - \cos \phi\right)^2 + \lambda^2}{\left(\frac{r}{a}\right)^2 + \lambda^2}} \quad (2.57)$$

$ds =$  İplik eğik iken,  $ds_0$  düz iplik için  $dQ$  açısına karşılık gelen lif yolu uzunluğudur. Relatif büküm  $\lambda$  ve  $r/a$ ,  $E$  ile doğru orantılıdır.

$Q = \pi/2$  ise:  $E = 0$

$Q = 180$  derece ise: Maksimum çekme, pozitif deformasyon

$Q = 0$  derece ise: Maksimum sıkışma, negatif deformasyon

Eğilme yorgunluğu ve buruşma dirençlerinin maksimum olabilmesi için, lifler arasında minimum sürtünme ve daha açık bir iplik yapısı olması gerekir. Böylece bükümlü yapıların eğilmesinden dolayı oluşan gerilme uzamaları bir minimum değerde tutulabilir. Yüksek bükümlü kamgarların, düşük bükümlü strayhgarnlardan çok daha kalıcı buruşmalar vermesi böyle açıklanabilir. Kamgaran ve stayhgarnların kırışıklıkları gözlenirken bulunan farklılıklar, katta ulaşılan eğriliğin relatif yarıçapından kaynaklanır. Ancak bu analiz lif hareket serbestliğinin geniş bir eğrilik alanı içinde uzamayı elimine edebildiğini gösterir. İpliklerin içindeki sürtünme davranışı ve paketlenme büyük önem taşımaktadır.

Plat, Klein ve Hamburger (1959), Backer'in analizini geliştirerek lif özellikleri ve iplik strüktürünün tek ipliğin eğilme rijitliği üzerine yaptığı etkiyi incelemişlerdir.

Liflerin elastik, isotropik, lineer gerilim deformasyon davranışı gösterdiği kabul edilen çalışmada, tamamen serbest ve hiç serbest olmayan lif hareketi durumları analiz edilmiş, iplik eğilme rijitliği ifadeleri, şöyle formüle edilmiştir:

$$(E I)_{serbest} = (M_B)_y \rho = N_f E_f I_f f_1 (Q_{os}) \quad (2.55)$$

$$(E I)_{serbestolmayan} = \frac{4 N_f^2 E_f I_f}{P_y} f_2 (Q_{os}) \quad (2.56)$$

Burada,  $(M_B)_y$  = İpliğin eğilme momenti

$N_f$  = İplik enine kesitinde yer alan toplam lif sayısı

$I_f$  = Lifin atalet momenti

$\rho$  = Eğrilik yarıçapı

$Q_{os}$  = Eğilmeden önce bükümlü ipliğin yüzey helis açısı

$P_y$  = Ortalama iplik paketleme faktörü

$Q_{os}$  büküm açısı 0-35 aralığında değişirken,  $f_2 (Q_{os}) / f_1 (Q_{os})$  oranı 1/4 - 1/5 aralığında değişir ve yaklaşık olarak sabittir. Bu sebeple, serbest olmayan lif hareketi durumundaki iplik eğilme rijitliği, serbest lif hareketi durumundaki eğilme rijitliğinin  $N_f/P_y$  katı kadar büyüktür.

Livesey ve Owen (1964), bükümlü bir ipliğin teorik minimum eğilme rijitliği ifadesini çıkarmıştır. Bu teoride esasen "deforme olmuş" geometrinin, pratikte ilk geometriden farklı olmadığını kabul eden Castiliagno işlemi kullanılmıştır. İplik için şu kabuller yapılmıştır:

1. İplik, birim eksen uzunluğu başına aynı sayıda dönüş yapan, ortak merkezli helislerden oluşan bir sistemdir.

2. İpliğin paketleme yoğunluğu enine kesit boyunca sabittir. Herhangi bir eleman parçasında, lif eksenine dik bir düzlemde, birim alana düşen lif sayısı sabittir.

3. İplik eğildiğinde lifler arasında etkileşim olmadığı kabul edilecektir. İpliğin eğilme rijitliği, tüm lif helislerinin eğilme rijitliklerinin toplamına eşittir. Bu sebeple problem iki bölüme ayrılarak çözülmüştür.

a) Tek lif helisinin eğilme rijitliğinin hesabı.



$$\tan \theta = 2 \pi t r = \alpha r \quad (2.57)$$

Tek lif helisinin eğilme rijitliği şöyle ifade edilir:

$$G_H = \frac{1}{\left[ (1 + \alpha^2 r^2)^{\frac{1}{2}} \left[ \frac{1}{G_F} + \frac{\alpha^2 r^2}{2 (1 + \alpha^2 r^2)} \left( \frac{1}{\tau_F} - \frac{1}{G_F} \right) \right] \right]} \quad (2.58)$$

Burada,  $t$  = Birim uzunluktaki tur sayısı

$r$  = Helis yarıçapı

$\alpha$  = Birim uzunluktaki radyansda büküm sayısı

$\tau_F$  = Helisi oluşturan tek lifin burulma rijitliği

$G_F$  = Helisi oluşturan tek lifin eğilme rijitliği

$G_B$  = Helisin eğilme rijitliği =  $\rho \mu$

$\theta$  = Helis açısı

$\theta = 0$  ise  $\alpha = 0$  ve  $G_H = G_F$

$\theta = \pi.2$  ise  $\alpha . r > 1$

komşu helis turlarını ayırmak için  $h = 1/t$  yazarsak,

$$G_H = \frac{G_F \tau_F h}{[\pi r (G_F + \tau_F)]} \quad (2.59)$$

Bu sonuç, Timoshenko tarafından verilen sıkı sarılmış helisin eğilme rijitliği sonucu ile uyumludur.

b) Tüm ipliğin eğilme rijitliğinin hesabı

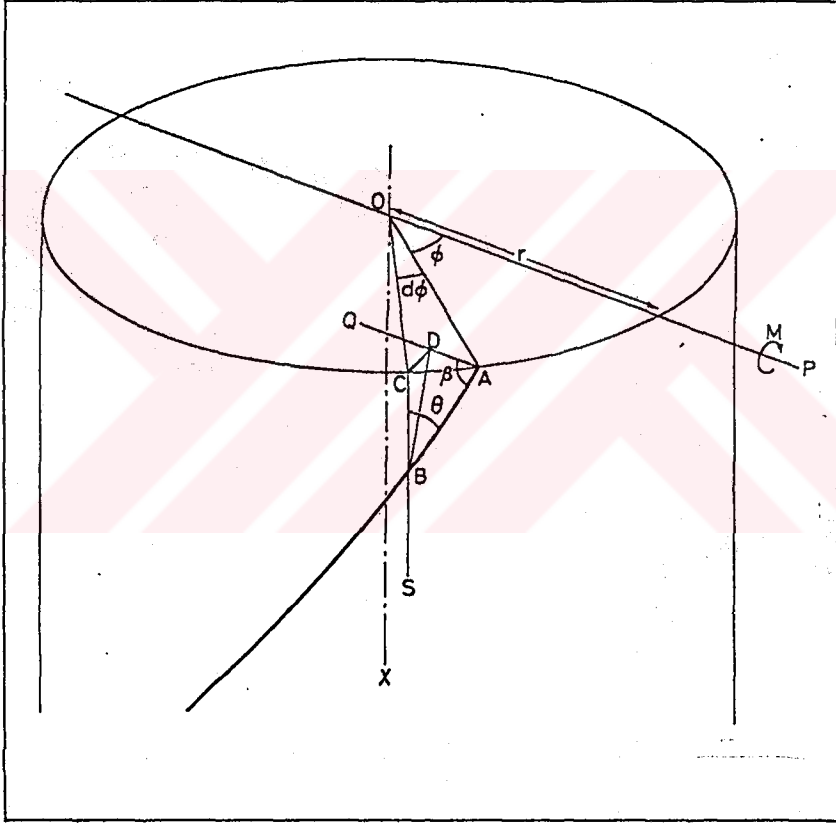
İplik eğilme rijitliği ( $G_y$ ) şöyle tanımlanmıştır:

$$G_y = \frac{N G_F 2 \pi}{\alpha^2 \left( 1 + \frac{G_F}{\tau_F} \right)} \log_e \left[ 1 + \frac{\alpha^2 + a^2}{2} \left( 1 + \frac{G_F}{\tau_F} \right) \right] \quad (2.60)$$

Burada,  $G_y =$  İplik eğilme rijitliği,

$a =$  İplik yarıçapı

$N =$  Bir paralel yığının dik enine kesitindeki birim alan başına lif sayısıdır.



Şekil 2.21 İplikteki lif helisinin kesiti.

Kolayca ölçülemeyeceğinden, eşitlikten  $N$ ' in elimine edilebilmesi için şu ifade kullanılır.

$$\frac{m}{m_f} = N \pi a^2, N = \frac{m}{\pi a^2 m_f} \quad (2.61)$$

$m$  = İpliğin birim uzunluğu başına kütle

$m_f$  = Lifin birim uzunluğu başına kütle

Bu durumda eşitlik,

$$G_Y = G_F \frac{m}{m_f} 2.303 \left[ \frac{2}{\alpha^2 a^2 \left( 1 + \frac{G_F}{\tau_F} \right)} \right] \log_{10} \left[ 1 + \frac{\alpha^2 a^2 \left( 1 + \frac{G_F}{\tau_F} \right)}{2} \right] \quad (2.62)$$

olur. Burada  $G_F \cdot (m/m_f)$  ifadesi bükümsüz bir ipliğin eğilme rijitliğini gösterirken eşitliğin diğer kısmı iplikteki büküm için düzeltme olarak kabul edilebilir.

#### 2.4. Kumaşların Eğilme Davranışı

Peirce (1930), katılık - gevşeklik, sertlik - yumuşaklık, pürüzlü - pürüzsüz oluş gibi özelliklerin materyalin tutumunun belirlenmesinde önemli değerler olduğunu, tutumun ölçülebilir bir nicelik olarak ifade edilebilmesi için,

- dokunularak hissedilen duyguların analiz edilip,

- ölçümlerle sayısal değerler saptanması gerektiğini söylemiştir. Peirce kumaş

katılığının ölçüsü olarak kullanılacak türlü nicelikleri şöyle sıralamıştır:

- 1.Eğilme Uzunluğu (c)
- 2.Eğilme Rijitliği (G)
- 3.Kalınlık (d)
- 4.Sertlik yada Basınca Karşı Direnç (H)
- 5.Eğilme Modülü (q)
- 6.Basınç Modülü (h)
- 7.Yoğunluk (A)
- 8.Uzayabilirlik (q')

Peirce, bu nicelikleri şöyle açıklamıştır:

Eğilme Uzunluğu : (c), (cm)

Eğilme rijitliğinin gramaja oranının küpkökü, belirli bir uzunluktaki kumaşın kendi ağırlığı altında eğildiği kumaş uzunluğunu ölçtüğü için bu orana eğilme uzunluğu adı verilmiştir. Katı kumaşların yeterli miktarda eğilebilmeleri için gerekli uzunluk daha çoktur. Bu yüzden yüksek eğilme uzunluğu değerlerinin anlamı kumaşın katı oluşudur, eğilme uzunluğu yüksek olan kumaşlar çok dökümlülük göstermezler. Özetle eğilme uzunluğu, tekstil mamüllerinin dökümlülüğünü belirten bir etkidir.

Eğilme Rijitliği : (G),(mgm.cm)

Mamülün eğilmeye karşı gösterdiği dirençtir. Birim endeki tekstil mamülünün gerilim uygulanmadan, birim kavis yarıçapına eğilmesi durumunda her iki ucuna uygulanan momenttir. Eğilme rijitliği dokunarak yapılmış katılık testi olarak da tanımlanabilir. Elde muayene edildiğinde sert hissedilen tekstil mamüllerinin eğilme dayanımı yüksektir. Eğilme rijitliğinin hesabı eğilme uzunluğu bilindiği zaman son derece kolaydır. Sadece kumaş gramajının ölçülmesi gerekir. Eğilme rijitliği materyalin eğilmesi sırasında oluşan gerçek kuvvetleri ölçer. İki kumaş kendi ağırlıkları altında eşit uzunlukta eğilebilir ancak bunlardan ağır olanı eğilmeye karşı daha dirençlidir.

$$EğilmeUzunluğu = \sqrt[3]{eğilmerijitliği/gramaj} \quad (2.63)$$

Kalınlık :

Kumaş tutumunda etkili olması yanında kendi başına da değer taşır. Mikrometre kadranlı ölçüm aleti ile test edilir. Kalınlık ölçümü için kullanılan pedal alanları ve katılan ekstra ağırlıklar ölçüm sonuçlarını etkiler. Bu yüzden karşılaştırma yapılacak kumaşların kalınlıkları aynı şartlar altında ölçülür. Kumaştaki düzensizlikler, varyasyonlar nedeniyle kalınlık belirsizlikleri oluşur. Bunu önlemek için numune birkaç kat halinde ölçülebilir. Bu durumda bulunan değer tek katın ölçüm sonucundan küçük olur.

Sertlik :

Kumaşın kalınlığı, üzerine uygulanan basınca bağlı olarak değişmektedir. Bu miktarlar arasındaki bağıntı materyalin sertliğinin ölçüsüdür. Sayısal bir değer

almak için şu ifade kullanılır:

Sertlik = Basınç Farkı / Kalınlık farkı

Eğilme Modülü :

Kumaş katılığının esas değeri  $q=12.G/d^3$  ile ifade edilen eğilme modülünden hesaplanabilir. Eğilme rijitliği numune kalınlığından çok etkilenir, çünkü kalın bir şeridi eğmek için gereken kuvvet ince bir şerit için gerekenden daha fazladır. Kalınlık iki kat artınca eğilme rijitliği 8 kat artar. Kumaşın kalınlığı bilindiğinde numune boyutlarından bağımsız olarak bir değer elde etmek mümkündür.

Metal yada diğer üniform materyalden yapılmış bir numune için bu miktar, materyalin eğilmeye karşı spesifik dayanımını anlatır ve uzamaya karşı dirençle kesinlikle ilgilidir. Ancak kumaş gibi strüktürel bir materyal için bu yolla hesaplanan modül pek aynı anlama gelmese de materyal katılığının yada farklı kalınlıklarda dokunmuş kumaşların karşılaştırılmasında kullanılabilir. Pamuklu kumaşlarda ise kompaktlığın ölçüsü olarak kabul edilebilir. Aslında bu, lif ve ipliklerin adhezyon derecesine bağlıdır.

Basınç Modülü :

Kalınlık farklılığının orjinal kalınlığa bölünmesiyle elde edilen gerginlik olarak alınabilir. Bu oran temelde materyal kompaktlığına göre değişir. Eğilme modülüyle bağlantısı yüksektir. Basınç modülü, sert kumaşların yüzey düzgünsüzlüğünden de etkilenir.

Yoğunluk :

Yoğunluk = Gramaj ( $gr/cm^2$ ) / Kalınlık (cm) şeklinde ifade edilir. Yoğunluk kompaktlığın da ölçüsüdür. Ama daha çok iplikler arasındaki boşluk oranı ile ilgilidir.

Uzayabilirlik:

Kumaş ellendiğinde uzamaya karşı direncinin değerlendirilmesi kolaydır ve bu nicelik kişinin tutum konusundaki kararını da etkileyecektir. Uzayabilirlik gerilme stresinin otografik şerit testinden bulunan Young Modülüne oranı olarak tanımlanabilir.

Uzayabilirlik kelimenin basit anlamıyla sadece eğilme kolaylığını değil, darbe yada kırılma olmaksızın geniş açıyla eğilme kapasitesini de ilgilendirir. Üniform

metal çubukta Young modülü ve eğilme modülü farksızdır. Bir kumaşta ise, iç yapıda (strüktür) eğilmeye karşı direnç ile gerilmeye karşı direnç birbirinden farklıdır, ancak bunlar arasında genel bir bağıntı bulunmuştur. Katı kumaşlar daha az uzayabilirler.

Kumaş katılığının ölçüsü olarak kullanılabilecek olan niceliklerin pek çoğu eğilme uzunluğuna bağlı olduğu için Peirce, bir ucu yatay olarak tespit edilmiş dikdörtgen biçimli kumaşın kendi ağırlığı altında yataydan sapsmasını (eğilme) ölçecek bir alet tanımlamıştır. Bu aletten ölçülen açı matematiksel ifadelerle eğilme uzunluğu denilen, kumaşın döküm kalitesini belirten özel bir sayıya dönüştürülmüştür.

Peirce, kumaş metallere kıyasla daha yumuşak ve çok çeşitli yapılarda olduğu için, metaller için kullanılan çok küçük sapsmalar ve son derece küçük şekil değiştirmelerin matematiksel analizinin kumaş için yeterli olmadığını, geniş sapsmalar ve eğilme rijitliği arasında bir bağıntı elde edebilmek için ilk adımın gerçek diferansiyel eşitliği elde etmek olduğunu belirtmiştir. Genelde bu ifade bilinen fonksiyonlar gibi integrali alınamayan bir formdadır.

Peirce, deneysel sonuçlara uygulanabilecek ifadeler elde etmek amacıyla, geniş eğilmeler için de doğru sonuçlar verecek olan, çok küçük eğilme bağıntılarını dönüştürmüştür. Peirce analizinin temelini "numune eğimin eğilme momenti ile orantılı olduğu üniform, ince bir levhadır" kabulüne dayandırmış, gramaj ile eğilme rijitliği arasındaki  $S = G/W$  oranının, salınan numune uzunluğu ( $l$ ) ve numunenin uç noktasının yataydan açısal sapsması olan  $\theta$  ya bağlı olarak çözülebilmesi için çalışmalar yapmıştır. Bu durumda eğilme uzunluğu

$$c_e = \sqrt[3]{S}$$

olur. Son derece küçük eğilmeler için genel ifade şöyledir:

$$S = \frac{l^4}{8 \delta}$$

$\delta$  = Serbest uca yapılan baskı

$l$  = Sarkma uzunluğu

Sarkma arttığı zaman ağırlığın baskısı yada momenti eğilmeyle azaltıldığı için bu formülün  $S$  için çok yüksek değer verdiğini söyleyen Peirce, formülü  $\theta$  ya göre ifade etmiştir.

$$S = \frac{l^3}{8 \tan \theta}$$

Bu durum daha büyük bir aralıkta doğru yaklaşım sağlamakla birlikte yine de geniş sapmalar için düzeltmeler gerekmektedir.

Peirce'a göre en basit düzeltme  $\theta=0$  için 1 verecek,  $\theta$  arttıkça azalan sonuç verecek bir katsayı olan  $\cos m \theta$  dir. Burada  $m$  belirlenecek kesir,  $\xi$  şeridinin  $P$  noktasının serbest uçtan itibaren mesafesidir.  $\psi$  bu  $P$  noktasındaki teğetin yatayla yaptığı açıdır. 2.18 ve 2.22 eşitliklerinde, büyük yerdeğiştirme durumu için moment ifadesi yerine yazılmıştır:

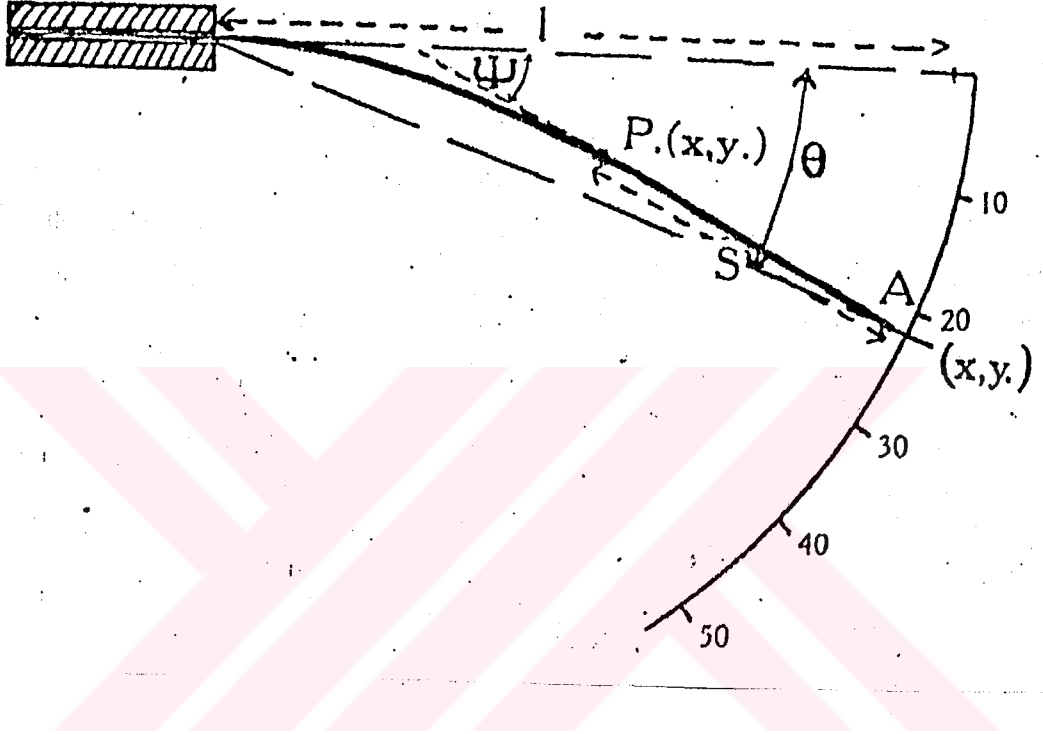
$$\frac{d\psi}{ds} = \frac{-M}{EI} = \frac{W}{EI} \cdot dx \cdot \xi$$

$$\frac{d^2\psi}{ds^2} = \frac{-W}{EI} \xi \frac{dx}{ds}$$

$$\frac{d^2\psi}{ds^2} = -\frac{\xi \cos \psi}{S} \quad (2.64)$$

Kendi ağırlıkları altında çizilen elastika formlarının pekçoğuna uygulanabilecek olan bu ifadenin bilinen fonksiyonlar gibi integrali alınamadığından deneysel metot uygulanmıştır. Hummel ve Morton bu formülü daha inandırıcı temellere oturtmuştur. En uygun sonucu verecek olan ifade şudur:

$$S = \frac{l^3 \cos 0.5 \theta}{8 \tan \theta} \quad (2.65)$$



Şekil 2.22. Peirce'in katılık modeli

Tekstil yüzeylerinin katılığı için Peirce tarafından tanımlanan giriş testi, katılığın subjektif olarak değerlendirilmesinde uyumlu sonuçlar verdiği için standart katılık testi olarak kabul edilmiştir. Bununla birlikte bu testin uygulanmasında kullanılacak en iyi teknik yeterince tanımlanmamıştır.

Abbot (1951), Peirce'in çalışmasını modifiye etmeye çalışmıştır. Yapılan araştırmaların sonucunda, test edilen kumaş şeridinin uzunluğunu etkilediği sonucuna varılmıştır.

Peirce zayıf malzemeler için sarkma uzunluğunun 20-30 derece arasında sapma verecek şekilde seçilmesi gerektiğini söylemiştir. Çünkü çok kısa uzunluklar gözlemlerdeki hataların da artması anlamına gelir. İngiliz Standartlar Enstitüsünde ise 20-40 derece açı verecek sarkma uzunlukları önerilmiştir. Ancak böyle bir ifade



için sebep gösterilmemiş ve bunu kanıtlayacak deneysel ispat verilmemiştir.

Bu sebeple, her kumaştan 4 çözüğü, 4 de atkı yönüne paralel olmak üzere toplam 8 numune kesilmiş ve her numunede 4 ölçüm yapılmıştır. Bulunan sonuçların aritmetik ortası alınarak atkı ve çözüğü yönlerindeki değer; bu iki değer geometrik ortası alınarak da kumaşın eğilme uzunluğunu ifade eden değer bulunmuştur. Alınan sonuçlar eğilme uzunluğu ile eğilme açısı ( $\theta$ ) arasında çizilen grafik üzerine işaretlenmiştir.

Abbott, bu grafik incelendiğinde, eğilme uzunluğundaki varyasyonların büyük olmadığı, ancak ölçüm yapılacak en tatminkar aralığın 40-50 derece arası olduğunun görülebileceğini söylemiştir. Abbott'a göre, bu aralık tüm kumaşlar için eğilme uzunluğunun enaz değiştiği alandır, ve Peirce 20-30 derece arasını uygun bir ranj olarak önerirken hesaplama metodunun 30 dereceye kadar olan değerlerde daha yüksek açılarda olan değerlere kıyasla daha doğru olduğunu düşünmüş olabilir. Bununla beraber, bazı durumlarda eğilme uzunluğunun meyilli, yani eğim açısı, 20-30 derece bölgesinde uygun bir aralık oluşturamayacak kadar büyüktür.

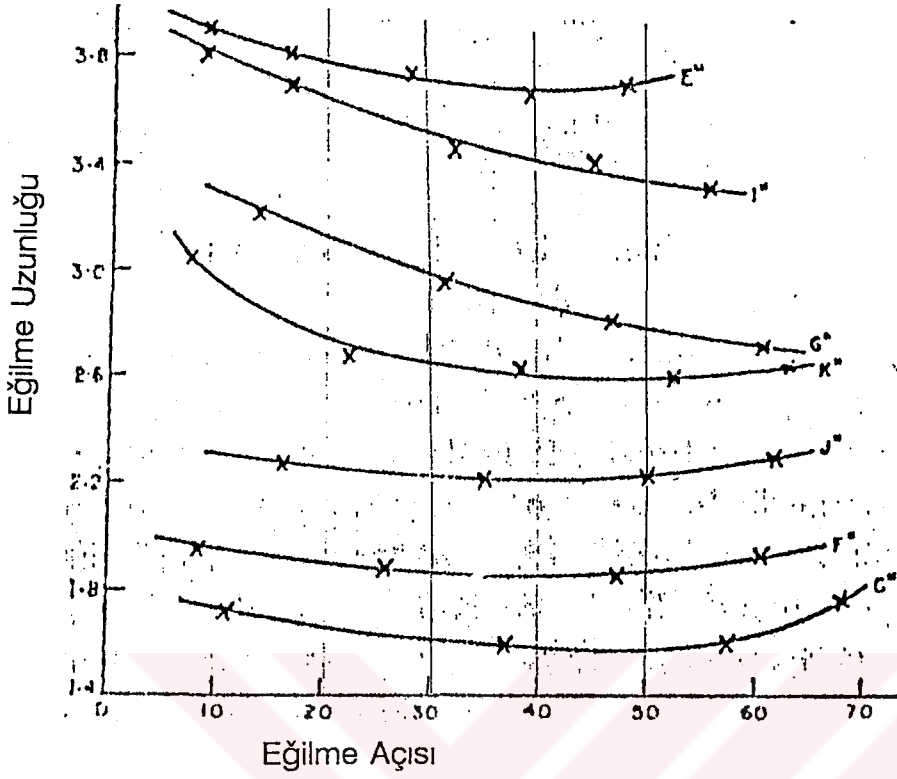
Bu kararın ışığında Abbot; Chu, Cummings ve Teixeira'nın kullandığı metot olan "belli bir sarkma uzunluğuna karşılık gelen açığı ölçmek yerine belli bir açığa karşılık gelen sarkma uzunluğunun ölçülmesi"ne önem vermiştir. Tüm kumaşların sarkmasına dair standart bir uzunluk seçmenin uygun olmadığı açıktır. Bu yüzden Abbot 40-50 derece arasında standart bir açı seçilebileceğini söylemiştir.

$$\text{-40 derece için: } c/l = 0.519$$

$$\text{-50 derece için: } c/l = 0.456$$

40-50 derece aralığı,  $c/l$  için yaklaşık olarak 0.5 değerini verdiği için, Abbot açığı 41 derece seçerek  $c/l=0.5$  olmasını sağlamıştır. Böylece 41 derecelik eğim açısı için eğilme uzunluğu sarkma uzunluğunun yarısına eşit olur.

Bu metodun kabulü ile hem hesaplamalar hemde ölçüm yapılacak alet basitleştirilmiştir. Böylece yatay ve eğik iki düzlem ile cm skalalı bir cetvel sayesinde eğilme uzunluğunun ölçülebilmesi sağlanmıştır. Bugün Türk Standartlarında kullanılan alet 41.5 derecelik açı ile  $c/l$  oranının 0.5 kabul edilmesi temeline dayanır.



Şekil 2.23. Eğilme uzunluğu - açı grafiği

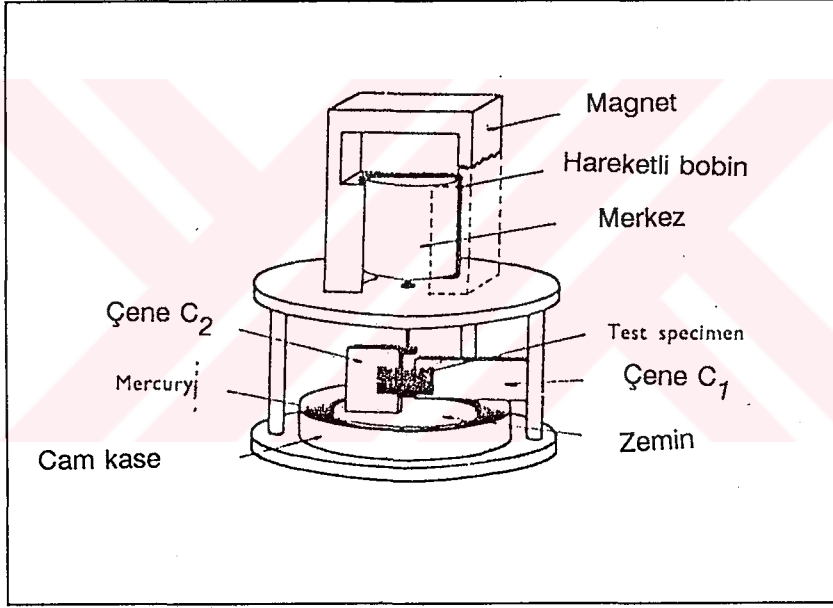
Olofson (1959), eğilme efektinin dışarıdan uygulanan kuvvet çifti tarafından oluşturulduğu bir eğilme ölçüm aleti tanımlamıştır. Olofson, bu alette homojen bir test numunesini kuvvet çifti yardımıyla eğmiş ve daire yayı şekline getirmiştir, eğilme momentine karşı gelen eğrilik değerini ölçerek eğilme rijitliği değerini  $G = m \rho$  eşitliğinden hesaplamış; böylece komplike matematiksel hesaplamaları  $G$  ve basitleştirme kabullerini önlediğini söylemiştir. Bu alet şematik olarak şekil 2.23 de gösterilmektedir.

Olofson test prosedürünü şöyle özetlemiştir:

Test numunesi, düşey  $c_1$  ve  $c_2$  kısıkaçlarıyla tutturulur.  $c_1$  sehpaye monte edilmiştir,  $c_2$  ise civa üzerinde yüzmektedir. Kolayca değişebilen ve ölçülebilen eğilme momentine ulaşmak için yüzen kısıkaç, oynar elektriksel bobine taşınır. Bu bobin, sabit magnetler ve gövde tarafından ayarlanan magnetik bir alanda dikey eksen etrafında döner. Akım cereyan ettiğinde, bobin oynar bobin galvanometresindeki bobin gibi davranacaktır. İş test numunesiyle kendi kendine yer değiştirir ve

numunenin eğilme momenti, galvanometre yaylarının dengeli momentine dönüşür. Yukarıda açıklandığı gibi eğilmiş numune bir dairesel yay formunu alır. Şamandra iğ ve mil yatağının galvanometredekiyle neden aynı olamayacağını açıklayacak şekilde yana doğru taşınabilmelidir. Eğrilik yarıçapı, bobin boyunca akımın değişmesiyle değişebilen eğilme momentine bağlıdır. Moment, akımla orantılı olduğu için sıradan bir miliampermetre vasıtasıyla kolaylıkla tespit edilir. Eğrilik, bobinin açısal sapması  $\alpha$  olarak okunur.  $\alpha$  bobin ve magnetlerin daima karşılıklı aynı pozisyonda olması için gövdenin merkezi ekseninde dönen magnetik sistemin pozisyonundan belirlenir.

Ölçümlerin bazı örnekleri şekil 2.24'de gösterilmiştir.



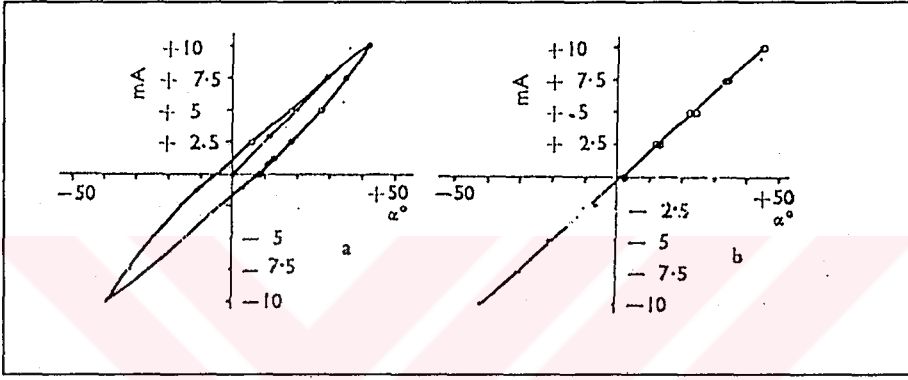
Şekil 2.24. Olofson'un eğilme ölçüm aleti.

Bu aletin zamanın etkisini ölçmede yeterli olamayacağını söyleyen Olofson, tamamlayıcı bir metot önermiştir. Bu metotta küçük numuneler keyfi olarak seçilen uzun bir süre için sabit eğrilik değerine eğilirler ve yük kaldırıldıktan sonra düzelebilirlik istendiği kadar uzun bir periyot için incelenebilir.

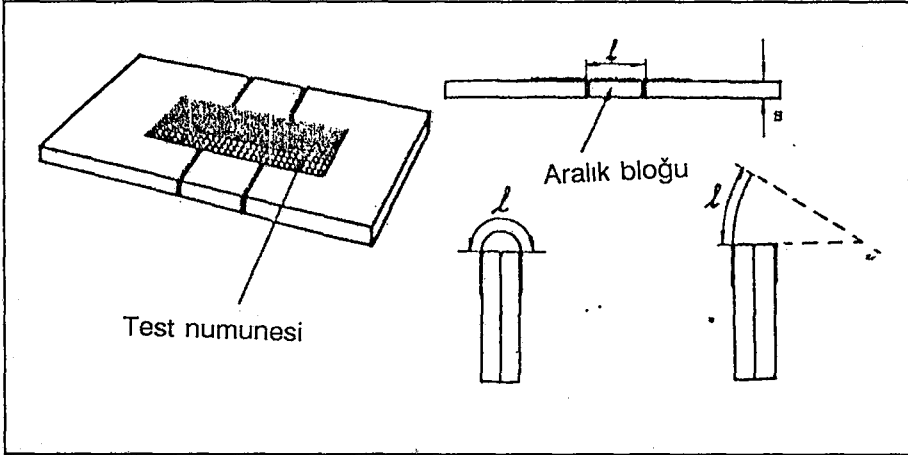
Olofson deneyi şöyle özetlemiştir:

Numune küçük bir ölçüm bloğu vasıtasıyla birleştirilen iki plaka üzerine sabitlenmiştir. Plakaların kalınlığı istenen eğrilik yarıçapı kadar alınmıştır. İki

plaka arasındaki mesafe  $l$  dir. İki plaka biraraya getirilerek  $l$  uzunluğu  $\pi$  levha kalınlığına eşit yarım daire formuna getirilir. Numune bu formda istenen periyot kadar tutulduktan sonra plakalardan biri boyunca kesilir ve bir daire yayı şeklini alması sağlanır. Bu yayın yarıçapı zamanın etkisi ile önce hızlı daha sonra gittikçe yavaş bir şekilde artar. Yükün kaldırılmasından sonra, eğrilik metal bir ayna yardımıyla büyütülen görüntü ölçülür. Ölçüm için basit bir izdüşüm aparatı yapılmıştır.



Şekil 2.25. 30 saniyelik aralıklarla okunan eğilme ölçüm sonuçları.



Şekil 2.26 Olofson'un zamanın etkisini de ölçen eğilme aleti.

Livesey ve Owen (1963), kumaşın eğilebilme rijiditesiyle tek lifin eğilebilme rijiditesi arasındaki bağıntıyı incelemiş, minimum kumaş eğilebilme rijiditesi için matematiksel bir formül türetmiştir.

$$G_{\min} = \frac{N G_y}{1 + c} \quad (2.66)$$

Burada c, kesirli kıvrımdır. 2.66 ve 2. eşitliklerinden,

$$G_{\min} = N G_F \frac{m}{m_F} 2.303 \left[ \frac{2}{\alpha^2 a^2 \left( 1 + \frac{G_F}{T_F} \right)} \right] \log_{10} \left[ 1 + \frac{\alpha^2 a^2 \left( 1 + \frac{G_F}{T_F} \right)}{2} \right] \frac{1}{(1 + c)} \quad (2.67)$$

Yazarlar deneyler sonucunda, büküm düzeltme faktörünün 0,70-0,95, kıvrım düzeltme faktörünün ise 0,8-1 aralığında değiştiğini, bu sebeple de toplam düzeltme faktörünün 0,55-0,9 aralığında değişebileceğini bulmuştur.

Livesey ve Owen, 2.66 eşitliğini lifleri arasında etkileşim olmayan kumaş için çıkarılmış, tüm liflerin, ipliğe katı çubuk formu verecek kadar sıkı bir şekilde birbirine bağlandığı durumda ise, silindirik çubuğun eğilme rijitliğinden,

$$G_y = G_F \left( \frac{m}{m_f} \right)^2 \quad (2.68)$$

yazmışlardır. Buradan da teorik maximum G bulunur.

$$G_{\max} = N G_F \frac{\left( \frac{m}{m_f} \right)^2}{1 + c} \quad (2.69)$$

Yazarlara göre, kumaşlar çoğunlukla teorik minimum eğilme rijitliği değerine yakın değerler verirdikleri için kumaş katılığı oranı (Rs) tanımlamak yararlı olacaktır.

$$R_s = \frac{G}{G_{\min}} \quad (2.70)$$

$G$  = Gözlenen kumaş eğilme rijitliği değeri.

Bu oran lifler arasındaki etkileşimler ve lif eğilme rijitliğinin kumaşın eğilme rijitliğine yaptığı relatif etkiyi gösterir.

Livesey ve Owen deneyler sonucunda, incelenen çeşitli bezayağı dokunmuş mamul kumaşlarda  $R_s$  değerinin 1-10 aralığında değiştiğini, eğilmiş viskoz rayon ve selüloz triasetat kumaşların  $\sim 1$ , eğilmiş naylon ve terilen kumaşların  $\sim 3 - 6$ , pamukluların yaklaşık olarak orta değerler verdiğini bulmuştur. Bu değerler orta derecede sıkı kumaşlar içindir. Sıklık arttıkça  $R_s$  oranı da artar. Yüksek  $R_s$  değeri adhezyon yada iplik, lif parçalarının eğilmesinin geometrik sınırlamasından değil de, kısmende olsa lifler arasındaki sürtünmeden kaynaklanır.

Yazarların geometrik sınırlama ve sürtünmenin etkilerini ayırmak için dizayn ettiği, eğilimdeki histeresiz ölçen alet şekil 2.27 da görülmektedir. Yapılan test kumaşın eğilme davranışı hakkında detaylı bilgi sağlar.

Şekilden de görüldüğü gibi AB numunesi bir ucundan C döner çenesine tutturulurken, diğer ucu uzun ve hafif olan P işaretleme koluna iliştilir. Bu kol yerçekiminin (ağırlığın) hareketi altında numunedeki çifti sağlar. Üzeri derecelere bölünmüş olan D skalası, 15 cm çaplıdır.

Testedilen numune 0,5 cm boyunda, 1 inç genişliğindedir. Deney sonucu aletten  $\beta$  ve  $\theta$  açıları okunur ve  $\alpha = \beta - \theta$  bağıntısından faydalanılarak  $\alpha$  hesaplanır.  $\alpha$  ve  $\theta$  'nin pratik değer aralığında, numunedeki ortalama çift,

$$W g ( L + 0.35 ) \sin \theta$$

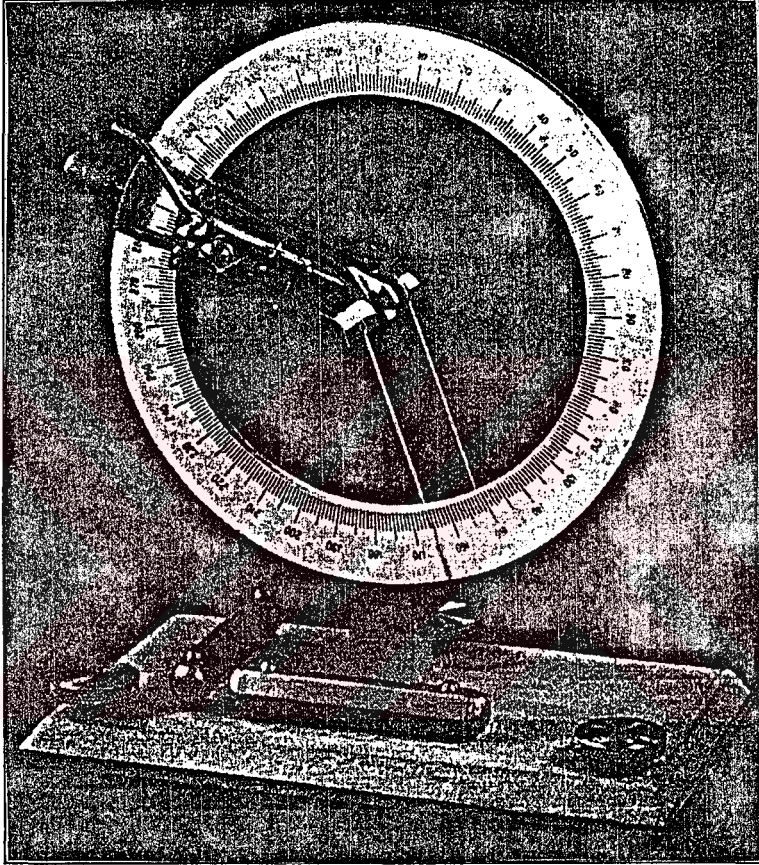
olur. Burada,

$W$  = işaret çubuğunun kütlesi ( gr )

$L$  = Numunenin B ucundan ağırlık merkezine uzaklığıdır. ( cm )

Genellikle elde edilen eğrilerden biri şekilde 2.29 da gösterilmiştir. OC bölgesi

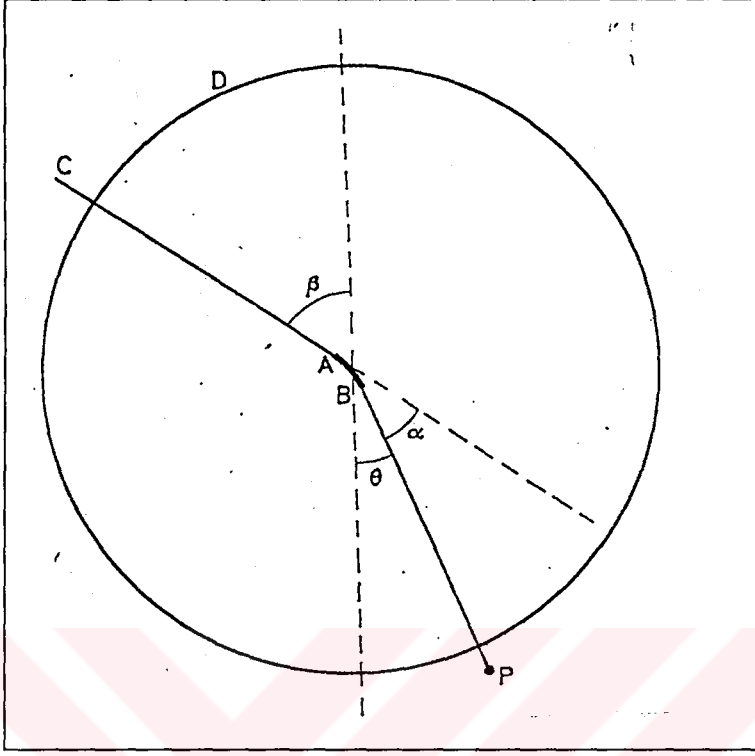
residual eğrilik olarak adlandırılır ve pratikte bu mesafe  $CD / 2$  den hesaplanır.  $100 AC/OA$  değeri yüzde eğilme düzelmesi olarak adlandırılır. Bu değeri  $100 ( AC + BD ) / AB$  den hesaplamak daha iyidir. Benzer olarak, tekrar sıfır eğriliği oluşturacak çift " Coercive çift " diye adlandırılır.  $EF / 2$  den hesaplanır. Bu deneysel verilerde tüm çift değerleri numune enine bölünür bu yüzden de birimler dyn, cm/cm olur.



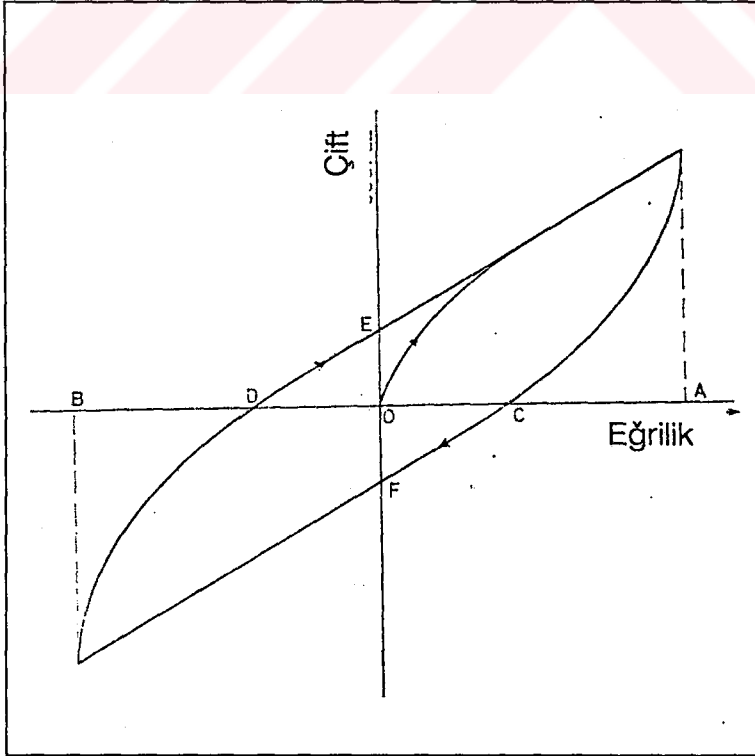
**Şekil 2.27.** Kumaş eğilme histerizisi test aleti.

Dokunmuş kumaşların sadece atkı yada çözgü yönlü olarak eğilmesine dair çeşitli çalışmalar göstermiştir ki, eğilme rijitliği 3 bileşenden oluşur.

1. Eğilme doğrultusunda uzanan ipliklerin eğilme direnci
2. İplikler arasındaki etkileşimler
3. sürtünme ile elde edilen sınırlamalar



Şekil 2.28. Kumaş eğilme histerезisi test aletinin diyagramı.



Şekil 2.29. Tipik eğilme histerезisi eğrisi.

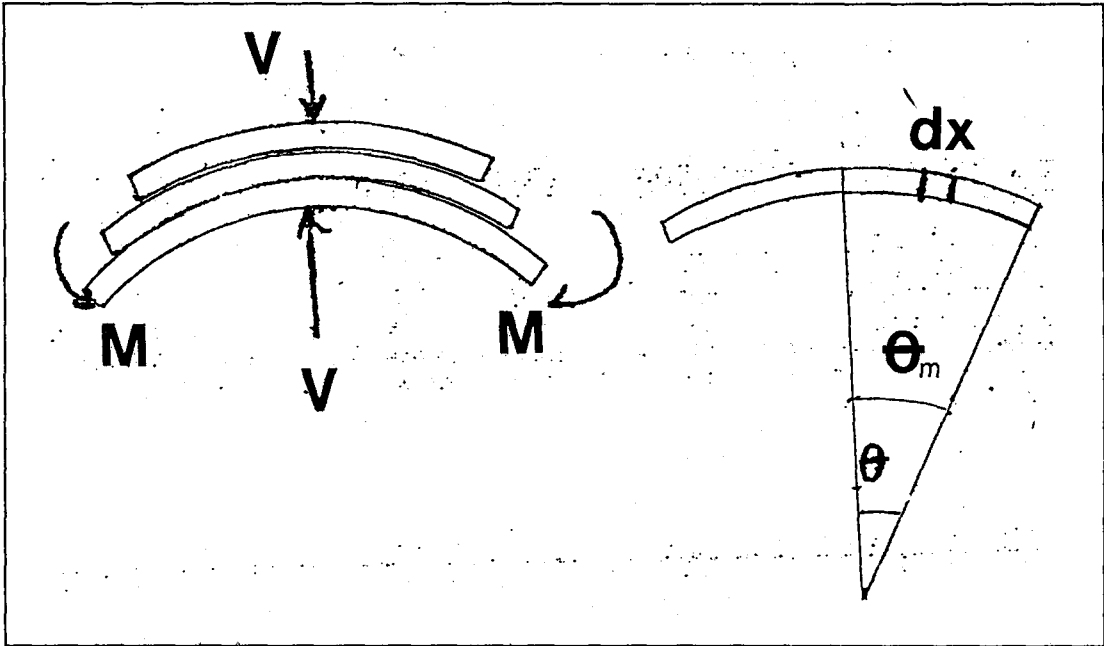


P.Grosberg (1966), bu sürtünme sınırlamalarının nasıl ortaya çıktığını göstermek ve deneysel sonuçlara göre belirlemek için yaptığı çalışmada, dokunmuş kumaştaki ipliklerde yer alan liflerin iki bölgeden geçtiğini belirtmiştir:

1. İpliklerin basınç altında olduğu atkı ve çözö arasında ki kesişme bölgesi. Bu bölgede lifler bir sürtünme direncine neden olmaksızın birbirlerinin önünden geçemezler.

2. İpliğin bir kesişme noktasından diğerine uzandığı bölge.

Grosberg e göre, iplik ve kumaşın eğilmesi normal olarak, gerilme sırasında olabilecek eğilme eğrisinin dış yüzeyi üzerindeki lifleri kapsar. Bu lifler arasındaki gerilmede bir farklılık olacaktır. Bu fark lifleri aşağıya doğru ve birbiriyle temas halinde tutacaktır. Sürtünme direncini aşan iki gerilme arasında farklılık olduğu zaman dış yüzeydeki lifler geriye kayacaktır. Tüm lifler bu şekilde kaydığı zaman hepsi teker teker hareket edecektir ancak, görülebilecektir ki, tüm lif arakesitlerindeki sınırlı sürtünme kuvvetlerinin sonucu olarak çiftler oluşacaktır. Bu çiftin değerini belirlemek için ilk olarak şekil 2.30 da  $V$  ile gösterilen bir kuvvet yardımı ile sıkıştırılan levhaların tümünün gözönüne alınması önerilmiştir. Şekilde  $M$ , levhayı eğmek için uygulanması gereken dış moment çifti,  $V$  levha üzerinde üniform dağılmış olan kuvvet,



Şekil 2.30. Grosberg in lif arakesit modeli.

$$M_0 = \frac{1}{4} \mu V d \quad (2.71)$$

$$V = \frac{16 q_i \sin \theta}{\rho^2} \quad (2.71)$$

Burada  $q_i$  ipliğin eğilme modülü,  $P$  karşı iplik sisteminin aralığı,  $q$  dokuma açısı ( eğrinin orta noktasındaki açı ),  $V$  kesişim noktasında etkili kuvvettir.  $\beta$ ,  $\alpha$  da yazılarak,

$$M_0 = \frac{4 \mu m \sin \theta d}{\rho^2} \quad (2.72)$$

bulunur.

Grosberg, (2.72) eşitliğinin kumaşın eğilme davranışını tanımladığını, bununla beraber, iplik levhalardan oluşmuyorsa ve üstelik  $V$  kuvveti hesaplandığı gibi, liflerin sadece alt tabakaları üzerine etki ediyorsa ve bu  $V$  kuvveti iplik kıvrımı şeklinde her lifi eğmeyi gerektiren küçük kuvvetlerin sayısının toplamıdır demiştir.

Grosberg bu durumu analiz edebilmek için, liflerin farklı katlarda yer aldığı ve herbir kat üzerine etki eden basınç kuvvetinin, üst kattaki kuvvet ile bu kattaki lifleri kıvrımlı formlarına eğmek için gerekli kuvvetin toplamına eşit olduğunu kabul etmiştir. Bu durumda kumaşın eğilme eşitliği şu hali alır.

$$M > M_0 \Rightarrow M - M_0 = \frac{B}{\rho}$$

$$M_0 = \frac{1}{8} \mu V d$$

$M < M_0$  iken levhalar katı cisim gibi davranır, kayma yoktur. Burada

$$M > M_0 \Rightarrow M = \frac{n^2 M}{\rho} \quad (2.73)$$

Burada

M = Uygulanan eğilme momenti

B = Kumaşın eğilme rijitliği

$\mu$  = Sürtünme katsayısı

d = Enine kesit yüksekliği

$\rho$  = Kumaşın eğrilik yarıçapı

n = Enine kesitteki lif sayısı

M = Herhangi bir kattaki lif sayısı

V = İplik kesitindeki tüm lifleri eğme ihtiyacının sonucu olan basınç kuvveti

$M_0$  = Sürtünme sınırlaması çiftidir.

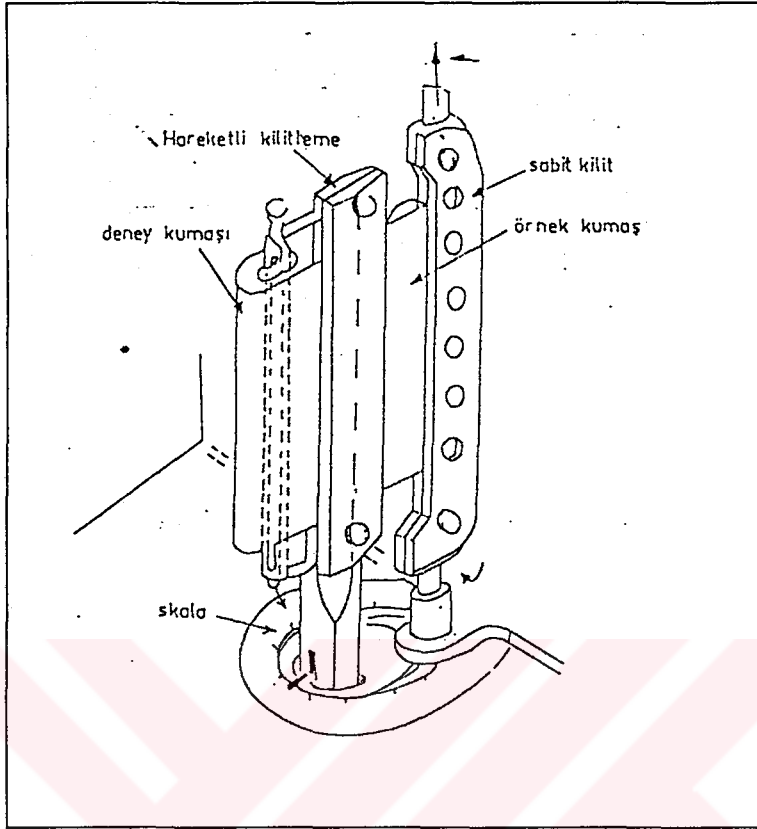
Grosberg, iplik modelde tanımlandığı gibi davranıyorsa kayma oluşmayan kumaş kesitinde çok yüksek eğilme modülüne sahip olacaktır ve bu modül, aşağı yukarı lif sayısı ile tek lif rijiditesi değerinin toplamının çarpımı ise iplik oldukça rijit kabul edilebilecektir demiştir. Buradan şu ifadeyi yazmak mümkündür.

Kawabata (1972), yalın eğilme durumunda kumaşın moment eğim bağıntısını direk olarak ölçmek için bir alet geliştirmiştir. Bu alette, kumaş düzenli olarak artan bir eğilmeye maruz bırakılarak eğilmeye karşı gelen moment değeri kaydedilmektedir. Bu teknik ile kumaşın gerçek nonlineer eğilme davranışları ölçülebilir. Ancak küçük eğilmeler için moment eğim bağıntılarının çözümü güçtür.

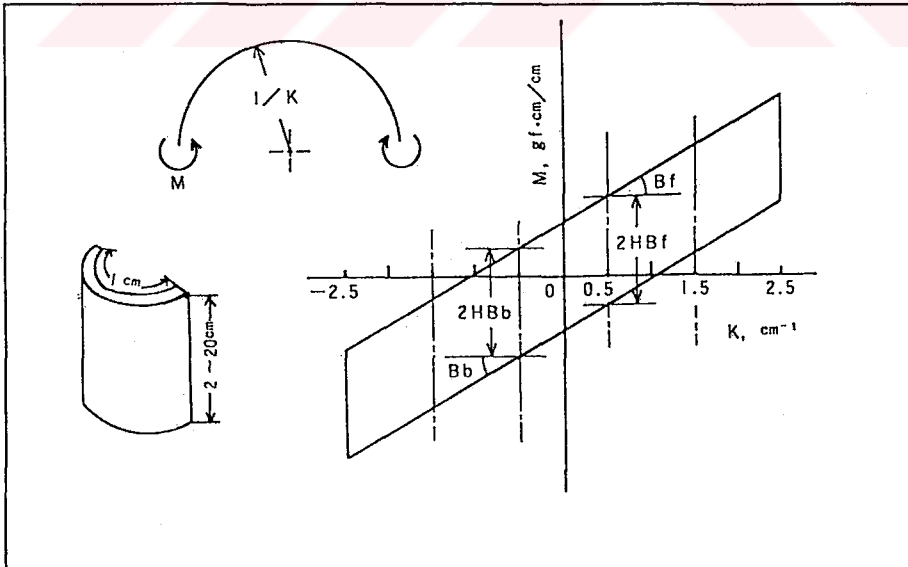
Bu metotda bir ucu sabitlenip diğer ucu hareketli çene ile hareket ettirilmek suretiyle numneye bir eğrilik kazandırılır. Numunenin efektif ölçüleri 2.5 cm uzunluk ve 1 cm genişliktir. Numune, şekil 2.31 deki gibi eğilir. Numunenin boyuna yönde uzunluğu 2 cm 20 cm arasında uygun bir değerde seçilebilir. Eğilme - 2.5 ve 2.5 cm<sup>-1</sup> K eğrilik değerleri arasında 0.5 cm<sup>-1</sup> /sec oranı ile değişir.

B birim uzunluk başına eğilme uzunluğu (gfc<sup>2</sup> /cm),

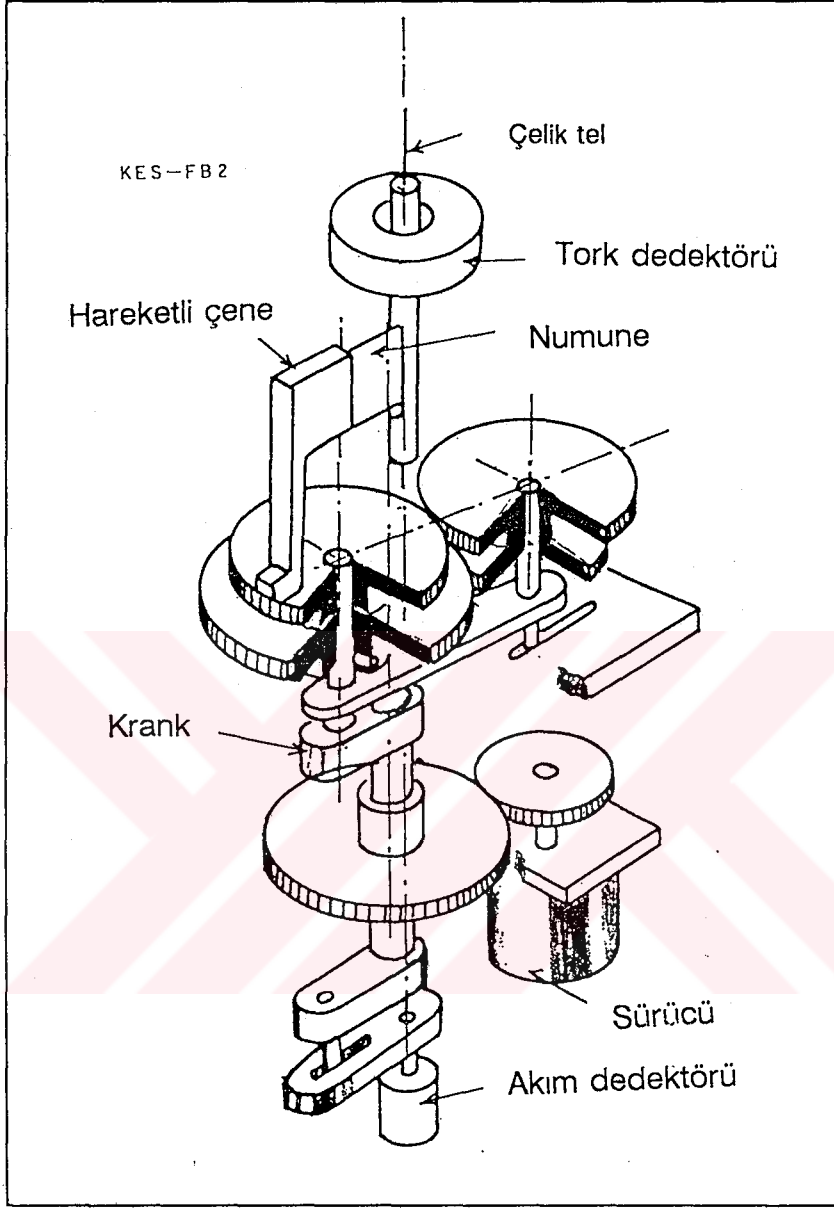
2HB birim uzunluk başına histerezis momentidir.(gfc<sup>2</sup> /cm)



Şekil 2.31. Kawabata'nın eğilme test aletinin şeması.



Şekil 2.32. Kawabata eğilme modeli.

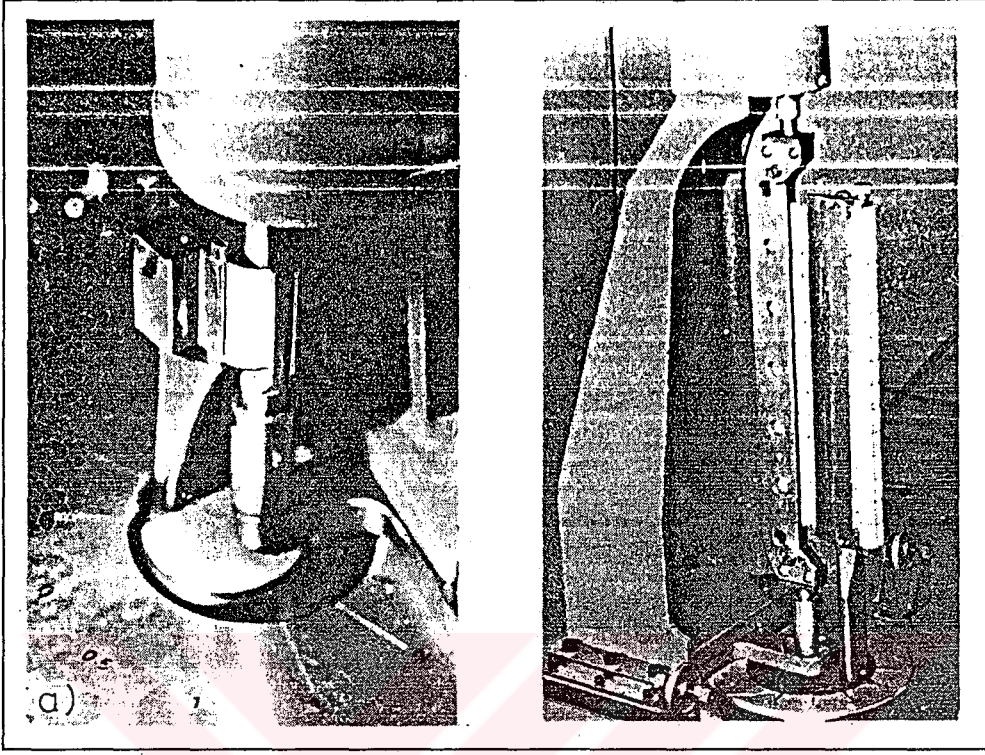


**Şekil 2.33.** KES-FB2 ve KES-F2 modeli eğilme test aletinin prensibi.

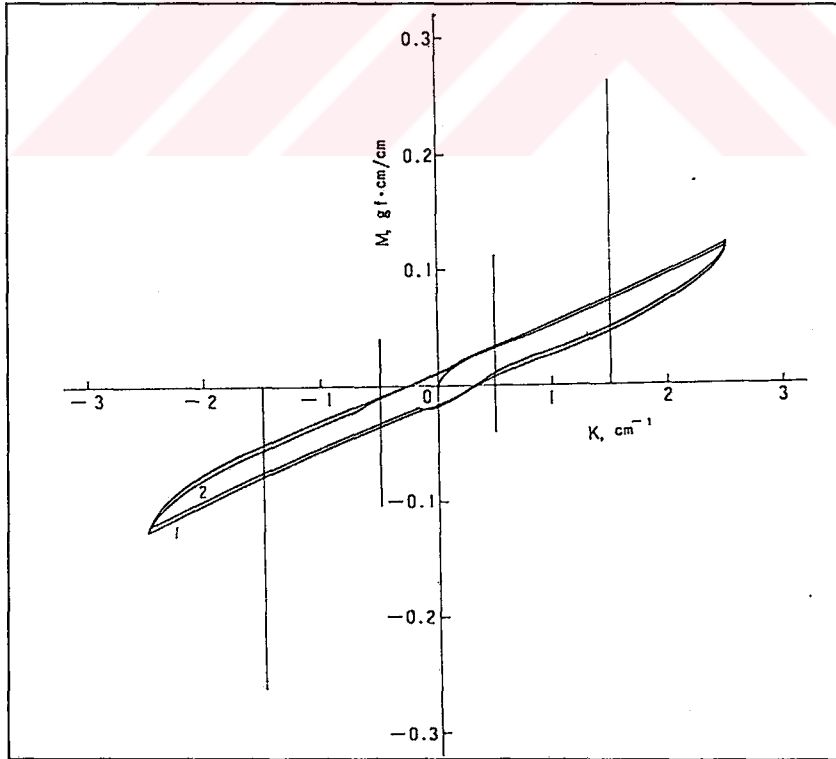
Abbot, Grosberg ve Leaf (1973), ipliklerin dairesel ve sıkıştırılmaz olduğunu ve temas noktalarında iplikler arasında yayılı yükler bulunduğunu kabul eden bezayağı dokunmuş kumaşın eğilmesi modelini kurmuşlardır. Şekil 2.34 kumaş eğildikten sonraki iplik konfigürasyonunu göstermektedir. Yazarlar buldukları sonuçları şöyle özetlemişlerdir. Burada,

$B_y$  = İplik eğilme rijitliği

$B_f$  = İplik başına kumaş rijitlik modülüdür.



Şekil 2.34. KES-F2 ve KES-FB2 ile eğilmenin test edilmesi.



Şekil 2.35. KES-F test aletinden kaydedilen eğri.(1 çözgü,2 atkı)



Shanahan ve Hearle (1978), bu durumlardan birinin kendilerine ait eğik kumaş için basitleştirilmiş geometrisini kullanmakla ve geometriden enerji fonksiyonları elde etmek için standart QAS kompüter sistemlerini kullanmakla kısmen basit olarak çözülebileceğini göstermişlerdir. Basitleştirilmiş geometrilerinde, sadece terbiye edilmemiş duruma uygulanan  $\beta_1 = \beta_2 + y$  kabul etmişlerdir ve de AB yi her zaman düzgün bir çizgi olarak kabul etmişlerdir.

İkinci kabul henüz cevaplanmamış tam kuvvet çözümüyle makul uyum gösteren sonuçlar üretse de Shanahan ve Hearle yapılacak bu tür bir karşılaştırmaya izin verecek olan metotlarını kullanarak herhangi bir değeri hesaplayamamışlardır.

Jong ve Postle (1977), bezayağı dokunmuş kumaşların eğilme analizi için genelleştirilmiş enerji metodunu da kullanmışlardır. Bu metot diğer iki faktörü de içine almaya uygundur.

1. Kısmen fikse edilmiş kumaşlar da analiz edilebilir.

2. İpliğin sıkıştırılmaz olduğunu kabul etmek çok gerekli değildir ancak iplik eğik olduğunda enine kesit şeklinde değişikliğe izin vermesi mümkündür. Bununla beraber, bu yazarlarca anlatılan hesaplamalarda ikinci olasılığın kullanıldığı açık değildir.

Bu yazarlarca kullanılan eğrilik baskısı tanımını diğer dokunmuş kumaş modellerinden herhangi birine basitçe bağlamak mümkün değildir ancak  $B_f / B_y$  oranı benzer şartların uygulandığı diğer metotlarda elde edilen değerlerden daha büyük olacağı açıktır. Örneğin fikse olmamış kumaşlar için de Jong ve Postle, burada nokta temas olduğunda birimden daha büyük  $B_f / B_y$  değerleri elde etmiştir.

Grosberg (1980), tüm bu incelemelerin bazı ilginç sonuçlarını şöyle sıralamıştır:

1. İpliğin eğilme rijitliği yaklaşık olarak bileşen liflerin eğilme rijitliklerinin toplamına eşittir.



2. Bununla birlikte ipliklerin ilk eğilmesi, sürtünme sınırlaması nedeniyle nonlineerdir.

3. Kumaşın eğilme rijitliği genellikle bileşen ipliklerin eğilme rijitliğinden daha büyüktür. Bu oran;

- Karşı iplik sisteminin karışması nedeniyle iplik eğilmesi üzerinde daha geniş zorlama var iken,

-Kumaş daha az kalitede fikse olmuşsa (yani  $K_0 \Rightarrow 0$ ) daha büyük hale gelir.

4. Eğilmeye karşı sürtünme rezistansı sadece ilk eğilme eğrisinin eğimini etkiler.

5. Eğilmeye karşı ilk sürtünme rezistansı, terbiye derecesi arttıkça azalır. Sıfır haline geldiği durum, kumaşın tam terbiye olduğu durumdur.

6. Sürtünme dayanımı terbiye olmamış kumaşlar için eğrilik yarıçapı ile sabit kalır, ancak kısmen terbiye edilmiş kumaşlar için eğrilikler artar ve tamamen terbiye olmuş kumaşlar için sıfırdan, dikkate değer bir değere değişir.

Clap, Peng ve Ghosh (1980), Grosbergin teorisine kumaşın ağırlığının etkisini ilave etmek suretiyle, bu teorileri geliştirmiş, destek kiriş testi sırasında kaydedilen kartezyen koordinatlarındaki şekil değiştirmiş kumaşın biçimine ait verileri kullanan, moment eğim bağıntısını dolaylı olarak ölçecek bir metot geliştirmişlerdir.

Yazarlar, eğilmiş bir kumaş numunesinden moment eğrilik verilerini hesaplayabilmek için prosedürü şöyle açıklamışlardır:

1. Polar koordinatlar serisini oluşturmak için  $(x_i, y_i)$  koordinat serisinin kullanılması.

2.  $M_i$  momentlerinin hesaplanması: Destek kiriş testinde keyfi bir s noktasında bulunan enine kesitteki iç eğilme momenti kumaşın kendi ağırlığından kaynaklanır.

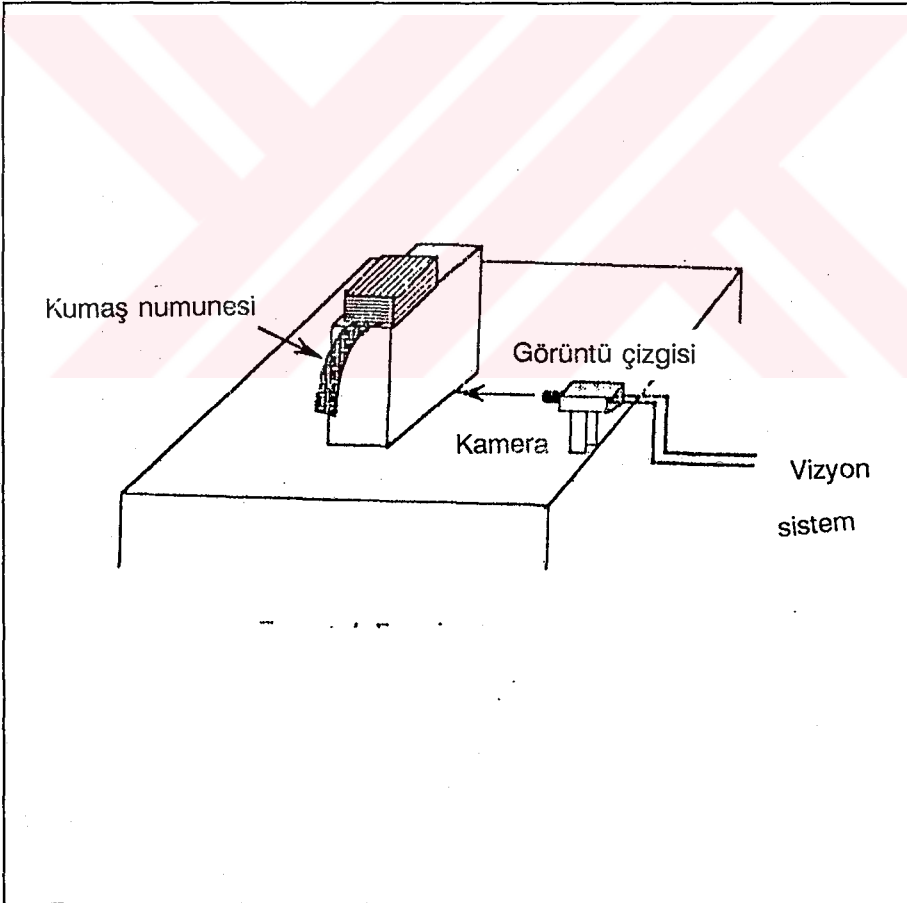
3.  $K_i = d\theta_i / ds$  eğrilerinin hesaplanması.

3.adımın sonunda moment- eğrilik koordinatlarını kumaş için hesaplayan yazarlar bu verileri nonlineer eğilme katılığının tahmininde kullanmıştır.

Eğilme katılığı değerleri KES-FB2 test aleti ile ölçülmüştür. Bir destek kumaş numunesini tutmak ve şekil 2.35 de görüldüğü gibi sabit uç yada destek sınır

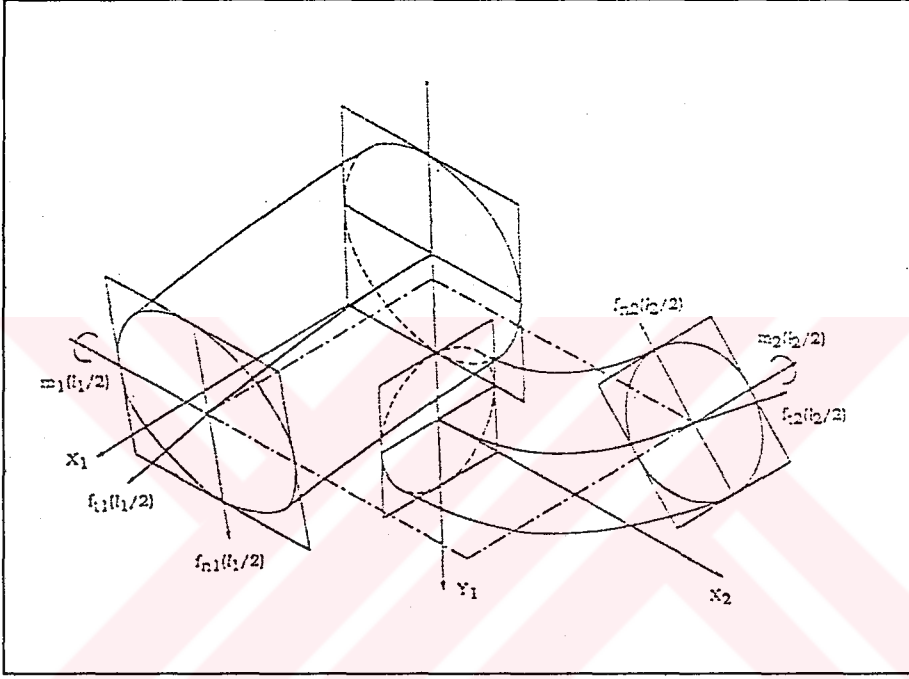
şartlarına getirmek için kullanılmış, desteğin yüzeyi yatay bir düzlem üzerine yerleştirilmiştir. Kumaşın eğilme şekli IRI görüntü hazırlama vizyon sistemiyle gösterilmiş, kumaş eğrisinin resmi sistem tarafından dijitize edilmiştir. Kumaşın resimsi koordinatları kaydedilmiş ve x-y koordinatlarına dönüştürülmüştür. Kumaş numunelerinin moment-eğim bağıntısını hesaplamak için programın giriş değerleri olarak kumaş koordinatlarının ölçülen verileri kullanılmıştır.

Yazarlar, nümerik simülasyonların sonuçlarından, ideal durumda tahmini kumaş moment-eğrilik bağıntısının kumaş koordinatlarına dair giriş verileri yeterince doğru olduğu zaman gerçek çözüme çok yaklaşıcağını kanıtlamışlardır. Yazarlar bu metodun, çok katı kumaşlar için sınırlı uygulanabilir olduğunu belirtmişlerdir.



**Şekil 2.37** Clap, Peng ve Ghosh un eğilme test düzeneği.

Ghosh, Batra ve Barker (1989), elastika temeline dayanan tamamıyla eğilme durumunda bezayağı dokunmuş kumaşların hesaplanmasına ait bir model geliştirmişlerdir. İplik momenti - eğrilik bağıntısı lineer olarak incelenmiştir. İpliklerin üstüste geçtiği noktalardaki çeşitli temas şartlarını da inceleyen yazarlar, ipliklerin terbiye olmamış yani kumaştan çıkarılmaları durumunda tamamıyla kıvrımsız olacak bir yapıda olduğunu kabul etmişlerdir.



**Şekil 2.38.** Bezayağı dokunmuş kumaşın elastika modeli

Kumaş eğilme rijitliğini elde etmek için, enerjinin korunumu prensibini kullanan yazarlar, ipliklerde saklanan deformasyon enerjisinin sadece eğilme deformasyonundan kaynaklandığını ve çözgü - atkı ipliklerinin temas bölgelerindeki deformasyon enerjileri ile ( $U_c$ ), serbest bölgelerdeki deformasyon enerjilerinin toplamı olduğunu belirtmişlerdir.

Temas bölgelerindeki üniform eğrilik nedeniyle eğik durumda :

$$U_{ci} = \frac{A_i ( B_1 i + B_2 j )}{d} \quad (2.74)$$

Oysa planar durumda şöyle ifade edilir:

$$U_{ci} = \frac{2 A_i B_i}{d_i} \quad (2.75)$$

b ve 0 üsleri, kumaşın eğik ve planar konfigürasyonlarına karşılık gelir. İpliklerin serbest kısımlarındaki deformasyon enerjisini  $U_f$ , 2.75 eşitliğinin sırasıyla planar  $U_{fi}$  ve eğik  $U_{fi}$  durumları için integre edilerek elde eden yazarlar, planar konfigürasyondaki toplam deformasyon enerjisi  $U_T$  yi şöyle ifade etmişlerdir:

$$U_T = \sum ( 2 U_{fi} + U_{ci} ) \quad (2.7)$$

Burada, planar konfigürasyonun serbest kısmındaki 1/4 örgünün deformasyon enerjisinin, eğik durumda incelenen (1/2) örgü ile uyuşabilmesi için 2 ile çarpılmıştır. Benzer şekilde, toplam deformasyon enerjisi eğik durum için  $U_T$  şöyle ifade edilebilir:

$$U_T = \sum ( U_{fi} + U_{ci} ) \quad (2.77)$$

Bu yüzden de yazarlar eğilmeden kaynaklanan toplam deformasyon enerjisi değişimini şöyle vermişlerdir:

$$\Delta U_T = U_T - U_T \quad (2.78)$$

Bu değeri eğilme düzleminde yer alan iplik başına dışarıdan uygulanan, kumaşı  $\psi$  açısına eğecek olan eğilme momenti  $M_F$  in yaptığı işe eşitleyerek:

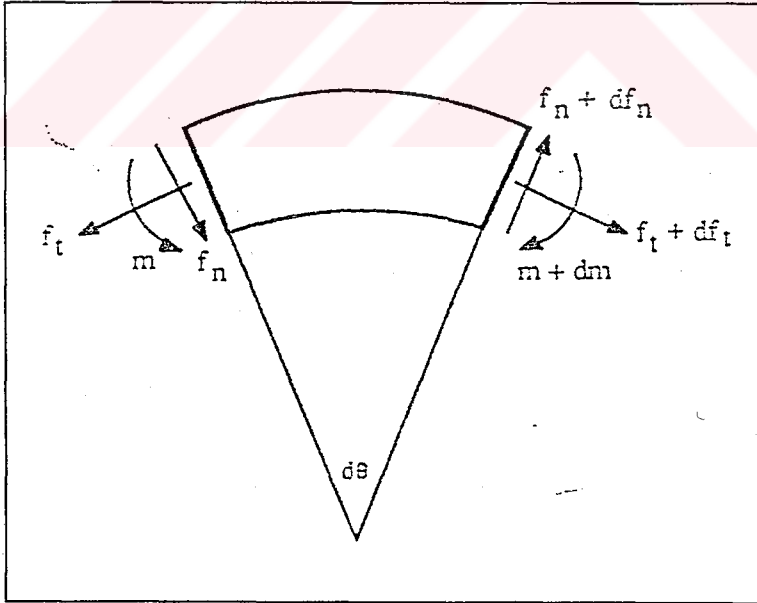
$$\frac{M_F \psi}{2} = \Delta U_T \quad (2.79)$$

bağıntısı bulan yazarlar, lineer kumaş eğilme davranışı kabul ederek,

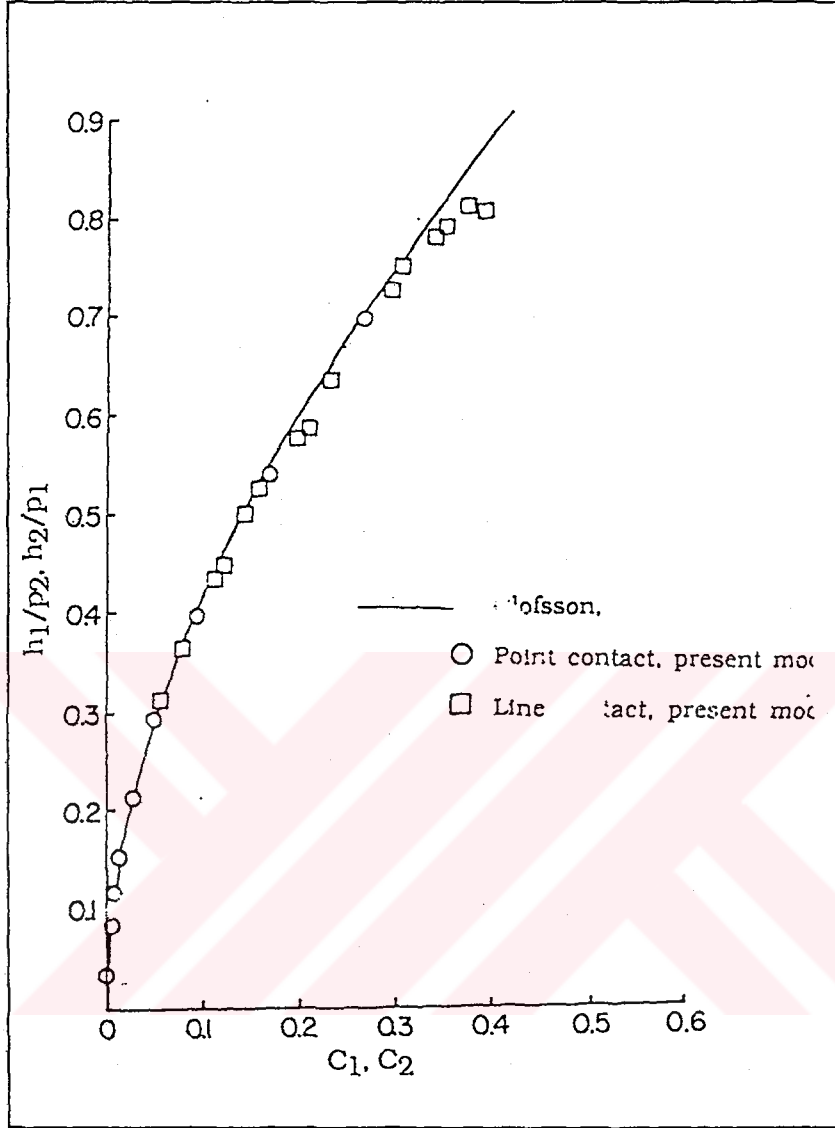
$$A_F = \frac{2 \Delta U_T}{K_F \cdot \Psi_L} \quad (2.80)$$

bağıntısını yazmışlardır.

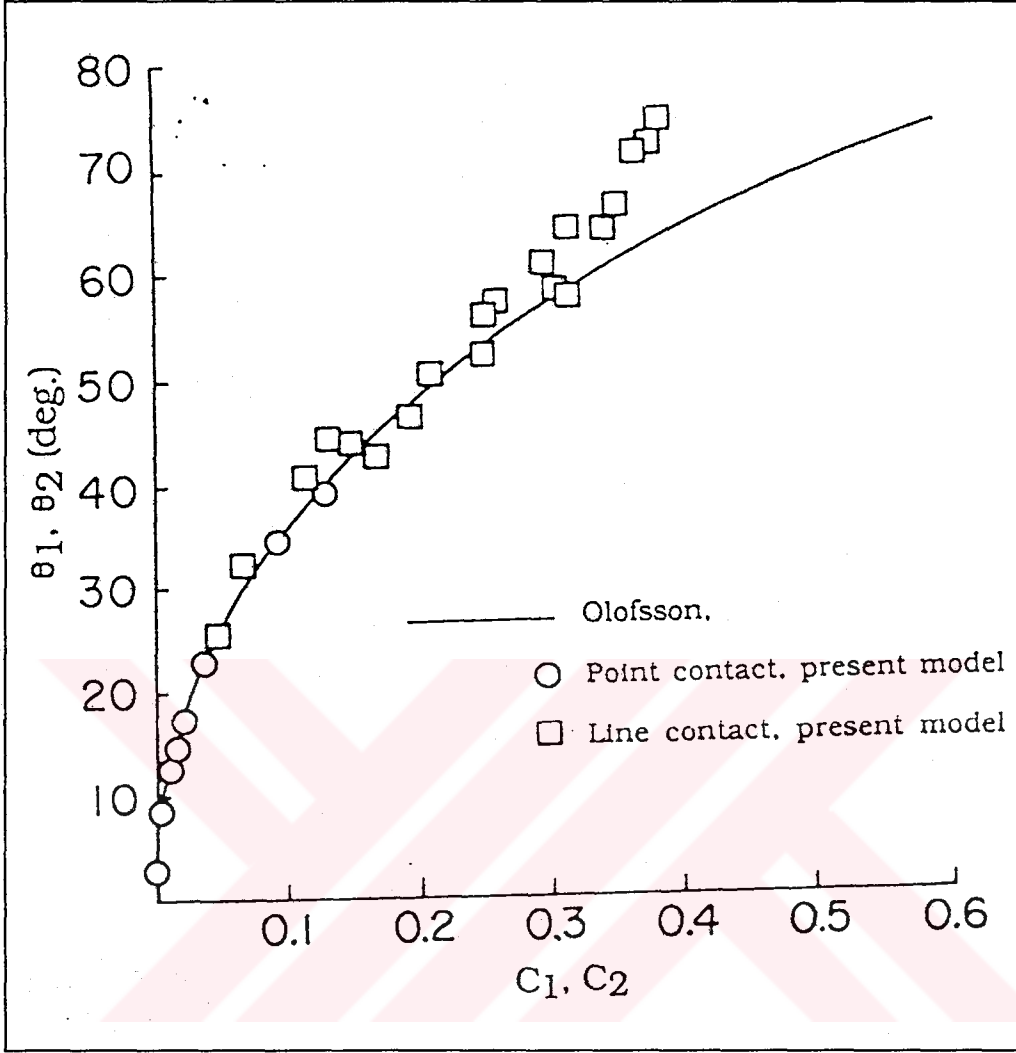
Planar kumaş modelini geçerli kılabilmek için, buradan elde edilen sonuçlar önceki araştırmacılarca verilenlerle karşılaştırılmış, sonuç grafik halinde verilmiştir. Önerilen modelle elde edilen sonuçların Olofsson'un sonuçları ile uyumunun düşükten ortaya dek olan kıvrım değerleri için mükemmel olduğunu belirten yazarlar yüksek kıvrım değerlerinden uyumun yetersizliğini Olofsson'un yanal basınçta gerçekten sıkıştırılabilir iplikler kabulüne atfetmişlerdir. Yani Olofsson'un modelindeki üstüste geçilen bölgelerde iplik çapları, bu modellerde olduğu gibi zorlanacağı kabul edilmeyecektir.



Şekil 2.39. Planar elastikanın servest yapı diyagramı.



Şekil 2.40. Ghosh, Batra ve Barker ile Olofsson un sonuçlarının kıyaslanması.



**Şekil 2.4**. Ghosh, Batra ve Barker ile Olofsson un sonuçlarının kıyaslanması.

Yazarlar bu çalışmanın 3. bölümünde, bilineer iplik eğilme davranışını incelemişlerdir. Önceki modelde iplikleri fikse edilmemiş yani kumaştan çıkarıldıklarında tamamen düzelecek şekilde kabul eden ekip, bu bölümde iki farklı model için çeşitli fikse şartlarını incelemiştir.

Bilineer iplik eğilme davranışını matematiksel olarak şöyle ifade edilebilir:

$$M = A \alpha K - K^* \leq K \leq K^*$$

$$M = (\alpha - 1) A K^* + A K \quad K > K^*$$

$$M = (1 - \alpha) A K^* + A K \quad K < K^*$$

burada  $K^*$  iplik eğilme diriliğinin düştüğü eğrilik değeridir.  $\alpha$  son dirik ilk dirik farkıdır.

Yazarlar sonuçları şöyle özetlemiştir:

Önerilen iki model, planar kumaş strüktürü sıkışmaya yaklaştığı için kumaşın eğilme rijitliğinde hızlı bir artışa sebep olur. Bu bileşen ipliklerin uzayamama ve yanal olarak sıkışamama kabullerinin sonucudur.

Artan fikse derecelerinin önerilen iki modelde de kumaş eğilme rijitliğini artıracakları bulunmuştur. Artış genellikle ilk serbest kumaştan daha yüksektir. Artış miktarı, fikse derecesiyle orantılıdır. İlave olarak eğilme süresince karşı iplik kıvrımında da artış vardır.

Gerçek kumaş eğilme rijitliğinin tahmin edilebilmesi için model yanal iplik sıkışması ve eksenel uzamayı da içermelidir.

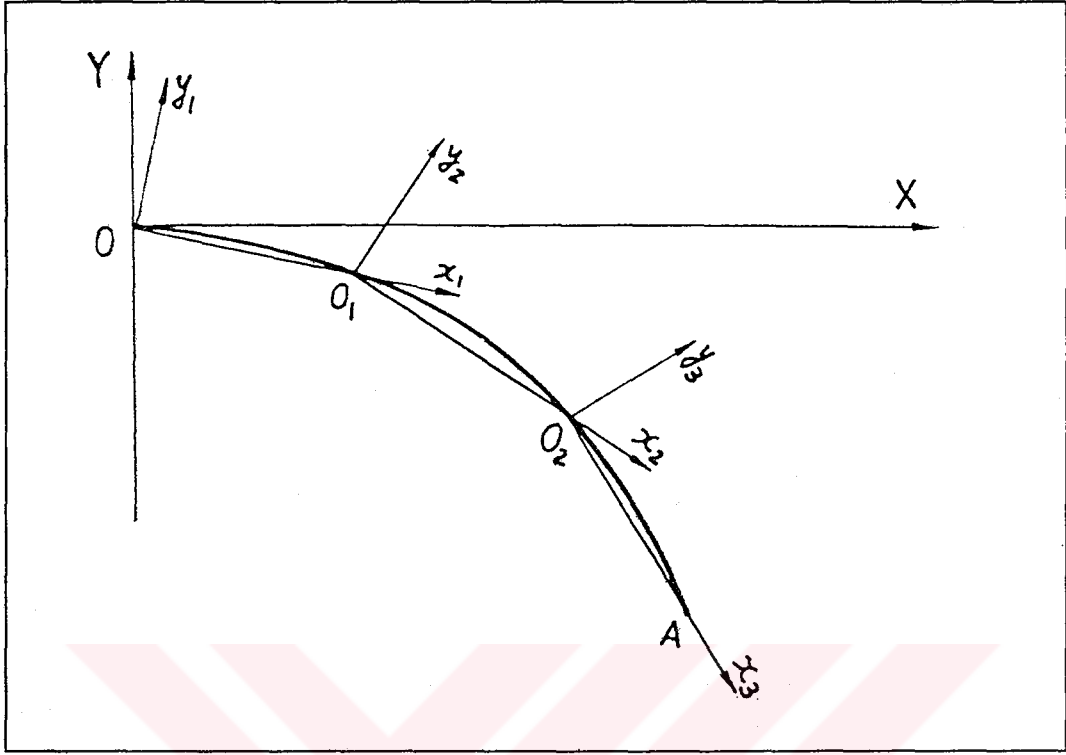
Wei (1989), kiriş katılık testine ait yaklaşık teorik bir analiz yapmıştır. Bu analizin esası kirişin geniş sapmaları probleminin, ayrı ayrı kesitlerin birleşimi olacak tek bir kirişe gelen küçük sapmalar problemleri dizisine indirgenebileceği kabulüne dayanır. Şekil 2.40 da OA kirişi 3 bölüme ayrılmıştır:

-O O<sub>1</sub>

-O<sub>1</sub> O<sub>2</sub>

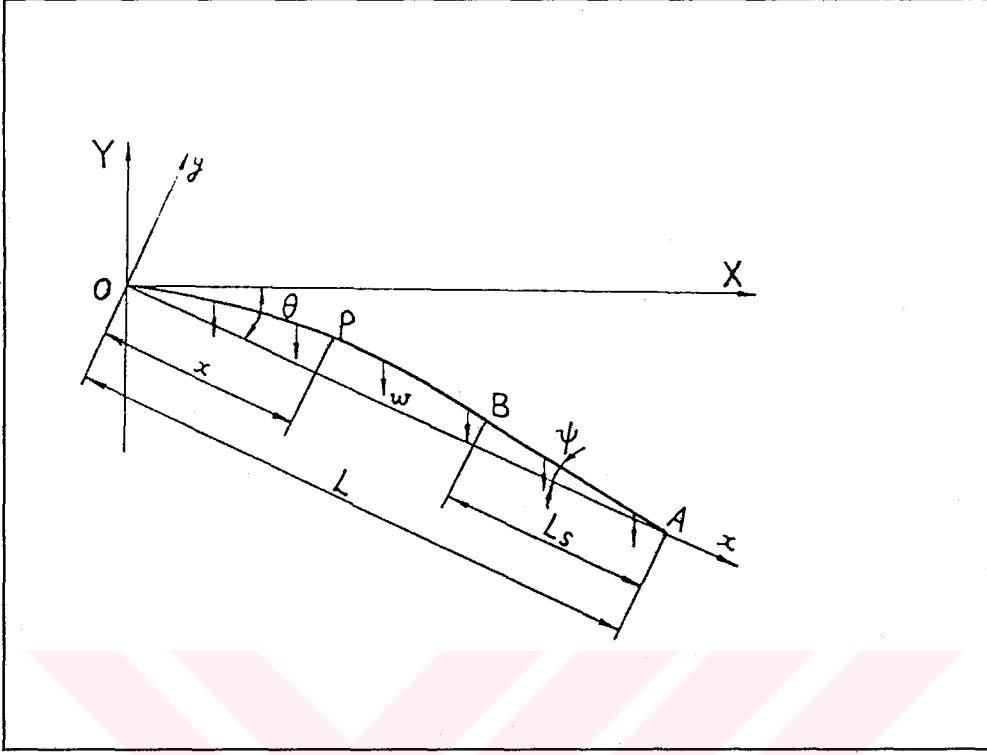
-O<sub>2</sub> A





**Şekil 2.42.** Wei nin kiriş metodunun temeli.

Her kesitte kirişin gösterilmiş olan koordinat sistemleri dizisine kıyasla küçük sapmalara sahip olduğu kabul edilmiştir. Wei ye göre, ne kadar çok kesit varsa metodun doğruluğu da o kadar iyidir. Bununla beraber pekçok amaçlar için sadece bir kiriş kullanmanın (yani metodun ilk yaklaşımı) yeterli olduğu gösterilmiştir diyen Wei Şekil 2.41 de görüldüğü gibi serbest ucuna  $M_0$  kuvvet çifti etki eden destek kirişi gözönüne almıştır.



Şekil 2.43. Ucunda kuvvet çifti olan kiriş.

Wei,

$$B = \frac{M_0 L}{2 \theta}$$

eşitliğini kullanarak kirişin eğilme rijitliğini hesaplamıştır. Burada,

$M_0$  :Uygulanan kuvvet çifti

L: Kiriş boyu

$\tau$ : Kirişin son sapma pozisyonudur.

Daha sonra bu problemi çözmek için kiriş metodu uygulayan Wei, bu prensibe uygun olarak kirişin bu koordinat sistemine göre küçük bir sapmayasahip olduğu ve küçük sapmalar metodu ile çözülebileceğini söylemiştir. Buradan OXY koordinat sisteminde temel diferansiyel eşitlik

$$B_y = -M_0$$

bu eşitlik integre edilirse:

$$B_y = -M_0 x + C$$

$$B_y = - 0.5 M_0 x^2 + Cx + D$$

bulmuştur. C, D keyfi sabitlerdir.

Sabitlenmiş 0 noktasındaki sınır şartları;

$$x=0 \quad y=0 \quad y=\tan\theta$$

serbest A noktasında ise;

$$x=L_1 \quad y=0$$

olur.  $L_1 = OA$  kiriş uzunluğudur. Bu şartları yukarıdaki eşitliklerde yazan Wei, şu sonuca varmıştır:

$$B = \frac{M_0 L_1}{2 \tan\theta}$$

$L_1 = L$  ve  $\tan \theta = \theta$  alan Wei sonucu:

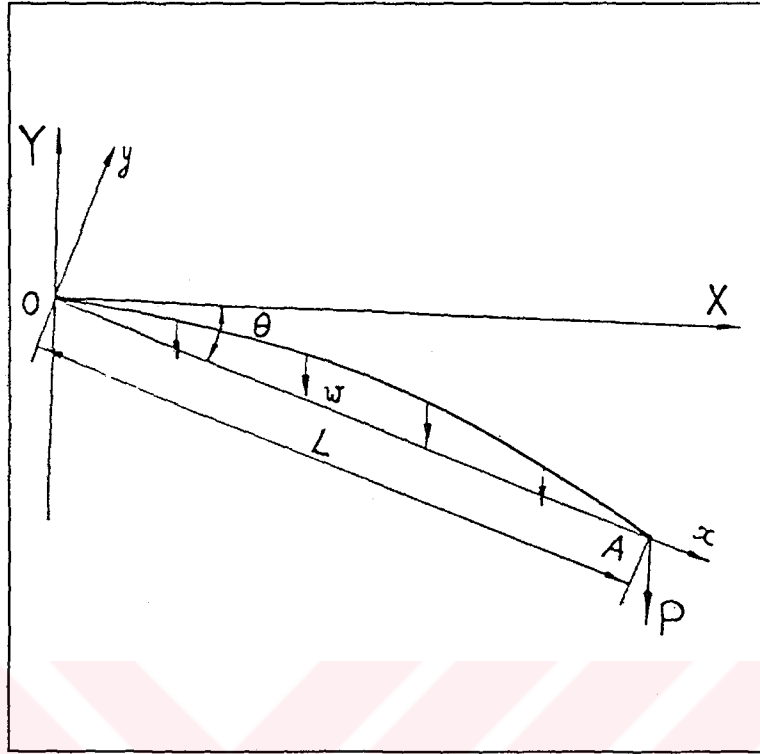
$$B = \frac{M_0 L}{2 \theta}$$

bulmuştur. Bu sonuç  $B = M_0 L / 2\theta$  ifadesi ile dektir.

Kendi ağırlığı altında eğilmekte olan kumaşın birim genişlik ve L uzunluğundaki bir şeridi için, m birim alan başına ağırlık olmak üzere ;

kumaşın eğilme eğrisi iki bölümden oluşur:

1. Bu kısımda  $M \leq M_0$  olduğundan, düzgün bir AB uç kısmı
2.  $M > M_0$  olduğundan eğik BO kısmı



Şekil 2.44. Çift parametrelili kiriş testi

### **3. Materyal ve Yöntem**

#### **3.1. Kullanılan Materyal ve Aygıtlar.**

##### **3.1.1. Materyal**

Bu araştırmada, çözgü ve atkı materyalleri % 100 pamuk olan, bezayağı ve dimi örgülerde 45 kumaş numunesi kullanılmıştır. Bu kumaşların bir kısmının mamul, diğer bir kısmının ham ve mamul halleri için ölçümler yapılmıştır. Ayrıca pamuklu kumaş terbiyesinde ana işlemler olan haşıl sökme , merserize, kasarlama, şardonlama, kalenderleme ile boyama, baskı ve apreleme sonrasında kumaşların eğilme özelliğinin hangi oranda değiştiğini saptamak amacıyla bu işlemler sonrasında alınan numuneler için de ölçümler yapılmıştır. Kumaş ve kağıdın eğilme özellikleri arasındaki farklılıkları saptayabilmek amacıyla bir kağıt numunesi için de eğilme eğrileri çizilmiştir.

Diğer elyaf türlerinin eğilme özellikleri hakkında da fikir edinebilmek için, % 100 yün ; polyester, naylon, ipek, viskon kumaşlar da kullanılmıştır.

Araştırmada kullanılan numuneler Bursa, Eskişehir, İstanbul, İzmir, Adana ve Mersin'deki çeşitli firmalardan temin edilmiştir.

##### **3.1.2. Aygıtlar**

Tartım işlemlerinde, 0,001 g'lık hassasiyete sahip olan Mettler firmasının 3 serisi hassas terazisinden yararlanılmıştır. Kumaşı oluşturan ipliklerin büküm tayininde James H. Heal firmasının 73 AB modeli büküm makinası, kumaştan çıkarılan ipliklerde kısalma oranının belirlenmesinde ise Shirley Developments'in 0.5 mm duyarlıklı Crimp Tester cihazı kullanılmıştır. Kumaş kalınlığı ölçüm sonuçları 0.01 mm hassasiyete sahip olan Alman DM 100 kalınlık ölçüm cihazı ile bulunmuştur. Kumaşın ilk yük uzama modülünün belirlenmesinde, Instron firmasının 4301 serisi mukavemet cihazı kullanılmıştır. Kumaşların eğilme dayanımı Shirley Developments'in katılık test aleti ile ölçülmüştür. Kumaşların eğilme eğrileri, özel

olarak yaptırılan eğilme aletinden yararlanılarak çizilmiştir.

## 3.2. Yöntem ve Deney Düzenegi

### 3.2.1. Kumaş Oluşturan İpliklerin Numara Tayini

Kullanılan kumaşları oluşturan ipliklerin numara tayininde, T.S.E.255'e göre atkı ve çözgü yönünde boyu 50 cm., eni 50 iplik ihtiva edecek şekilde ikişer dikdörtgen kesilmiştir. Deney numuneleri, en az 24 saat standart atmosfer şartlarında bekletilmiştir. 50 cm. boyunda, 50'şer iplik demetler oluşturulmuş ve hassas terazide bu demetler tartılmıştır.

T.S.E. 254 standardına uygun olarak % kılma oranı (e) tesbit edilmiş ve  $25 \cdot (1+e)$  (m.), formülüne göre hesaplanan iplik uzunluğu kullanılarak, T.S.E.244 sayılı standart gereğince iplik numarası tesbit edilmiştir.

### 3.2.2. Kumaşlarda Atkı ve Çözgü Sıklığının Tayini

Atkı ve çözgü sıklığının belirlenmesinde T.S.E. 250 standardının " 10 x 10 cm'lik numunede tel tel sayma " metodundan yararlanılmıştır.

Kumaş numuneleri, 10 x 10 cm boyutlarında kesildikten sonra, T.S.E.240 standardına uygun olarak standart atmosfer şartlarında kondisyonlanmıştır. Çözgü teli sayımı için, kumaştan çözgü ipliklerinin uçları sayıma uygun hale gelene kadar atkı ipliği çekilmiş ve bir iğne ile çözgü iplikleri tel tel sayılmıştır.

Atkı ipliğinin sayımı için ise, kumaştan belirli bir miktar çözgü ipliği çekilmiş ve aynı işlem tekrar edilmiştir. Her numune için üç deney yapılmış ve ölçümlerin aritmetik ortalaması, iplik/cm. olarak tesbit edilmiştir.

### 3.2.2. Kumaş Oluşturan İpliklerin Büküm Tayini

T.S.E.256'ya göre büküm ölçme aletinin 25 + 0,5 cm'lik çeneleri arasına

yerleştirilen tek katlı ipliklerden büküm açma ve kapama yöntemlerine göre büküm tesbit edilmiştir. Çift katlı ipliklerde ise katlı büküm, büküm açma usulüne göre ölçülmüştür.

Standart atmosfer şartlarında (  $20 + 2$  °C sıcaklık, %  $65 + 2$  izafi rutubet ) bükülü iplikler için 20 , tek kat iplikler için 40 deney yapılmıştır.

İpliğin dokuma sebebiyle kılmasını gidermek için ön gerilim ağırlığı uygulanmıştır. Ön gerilim ağırlığı ;

144 Nm'den ince iplikler için :  $750 / \text{Nm} \text{ (g)}$

144 Nm'den kalın iplikler için :  $200 / \text{Nm} + 4 \text{ (g)}$

formülleri ile hesaplanmıştır.

Deney sonuçları, büküm/metre olarak tesbit edilmiş ve ölçümlerin aritmetik ortalaması alınmıştır.

### 3.2.4. Kumaşlardan Çıkarılan İpliklerde Kısılma Oranının Tayini

Bu yöntemin esası, kumaş içinde ve belli bir boydaki ipliğin çıkartılması ve uygun bir kuvvetle gerilip düzeltilmiş boyunun ölçülmesidir.

T.SE.254'e uygun olarak, uzun kenarları çözüğü ve atkı yönlerine paralel ve en az 10 iplik içerecek genişlikte,  $250 + 0,25$  mm. uzunluğunda dikdörtgenler işaretlenmiştir ve bu işaretleme iplik kumaştan çıkarıldığında işareti kolayca görebilecek biçimde yapılmıştır. Kullanılan aygıtın çene tipine bağlı olarak dikdörtgenin dar kenarlarından yeterince pay bırakılarak şeritler kesilmiştir. Bu numuneler T.S.E.240'a göre 24 saat kondisyonlanmıştır.

Kısılma ölçme aygıtının çeneler arası mesafesi  $250 + 0,25$  mm'ye ayarlanmıştır. İpliğin kıvrımlarını giderecek ve boyuna uzamasına olanak vermeyecek şekilde ipliğe gerilim uygulanmıştır. Bu gerilimi sağlayacak germe yükü, iplik bir büyüteçle incelenerek, kıvrımlar tamamen kayboluncaya değin yüklemekle saptanmıştır.

İpliğin dokuma sebebiyle kılma yüzdesi,

$$e = \frac{l_i - l_k}{l_k} \cdot 100$$

bağıntısıyla hesaplanmıştır. Atkı ve çözüğü için ayrı ayrı 10 ölçüm yapılmış ve aritmetik ortalaması alınmıştır.

$e$  = İpliğin dokuma sebebiyle kısalma yüzdesi,

$l_i$  = Kıvrımları giderilmiş iplik boyu (mm ),

$l_k$  = Kumaşın yada kumaş içindeki ipliğin boyu ( mm )

### 3.2.5 Kumaşın Metre Kare Ağırlığının Tayini

Kumaşın metre kare ağırlığının belirlenmesinde T.S.E.251 standardının "10 x 10 cm 'lik numune ile metrekare ağırlığı tayini " metodundan yararlanılmıştır. Kırıksıklıkları düzeltmek için numuneler ütülenmiş ve bu işlemten sonra T.S.E.240 standardına göre standart atmosfer şartlarında bekletilmiştir.

Kumaşın farklı bölgelerinden 2 numune alınmıştır. Kesilen deney numuneleri hassas terazide tartılmış ve elde edilen sonuçların 100 ile çarpılması sonucu kumaşın metre kare ağırlığı bulunmuştur.

### 3.2.6. Kumaş Kalınlığının Tayini

Kumaş kalınlığı, kumaşın en yüksek ve en düşük yüzeyleri arasındaki mesafenin belirlenmiş bir basınç altında ölçülmesiyle tesbit edilir.

Deney numuneleri A.S.T.M.D 1776'da belirtildiği gibi 24 saat kondisyonlanmıştır ve ölçümler standart atmosfer şartlarında yapılmıştır. ASTM.D1777 standardına uygun olarak katlı buruşuk veya kenara yakın olmayan, 10 ayrı yerden ölçümler alınmıştır.

Kalınlık ölçüm cihazının basıç ayağı daireseldir ve çapı (5.6) cm.dir. İlave ağırlık kullanılmadan ölçüm yapılmıştır. Numune üzerine basınç uygulandıktan 5 sn. sonra, saat tipi kadrandan 0,01 mm. duyarlılıkla sonuçlar okunmuştur.



Sonuçların aritmetik ortalaması alınmış ve ortalama kumaş kalınlığı hesaplanmıştır.

### 3.2.7. İplik Eğilme Rijitliğinin Tayini

İplik Eğilme Rijitliği, Peirce (1930) tarafından önerilen ağırlıklı halka metodu ile tesbit edilmiştir. Bu yöntemle göre iplik eğilme rijitliği,

$$G = 9.81 k W L^3 \frac{\cos \theta}{\tan \theta} \quad ( m N m m^2 )$$

ile ifade edilir. Burada

$W$  = uygulanan yük (kg)

$L$  = halkanın çevre uzunluğu ( mm )

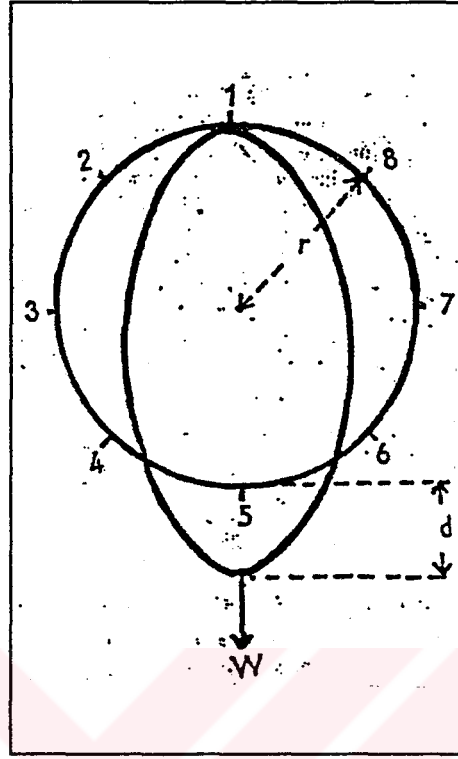
$\theta$  =  $493 \cdot (d/L)$  (derece)

$d$  = yük altındaki halkanın yerdeğiştirmesi (mm )

$k = 0,0047$ 'dir.

Yapılan deneylerde sehim 10 mm olarak alınmış, dolayısıyla değişken sayısı ( $W$ ) bire indirilmiştir.

Carlene'nin (1950), geliştirdiği metoda göre, iplik halkaları, üzeri jelatin kağıdı ile kaplı, 2.5 cm çaptaki rijit cam çubuk üzerine düğüm atmak suretiyle elde edilmiştir. Selofan tüp üzerine baskı yapılarak, oluşturulmuş olan ilmek halkası minimum tutuş ile serbest bırakılmıştır. Hazırlanan halkalar standart ortam şartlarında 24 saat kondisyonlanmıştır. İlmekler bu süre boyunca siyah bir ped üzerine yayılmıştır. İplik halkalarından düzgün olanları deneylerde kullanılmıştır. Bu halkalar yatay duran bir metal kancaya asıldıktan sonra, en alt noktaya ağırlık takılarak çap değişimi arka tarafta bulunan cetvel yardımıyla okunmuştur.



**Şekil 3.1.** Ağırlıklı halka formu

Ölçme sırasında halka üzerinde bulunan düğümün Carlene'in (1950) tavsiye ettiği gibi 2 noktasına gelmesi sağlanmıştır. Carlene, ipliklerin ağırlıklı halka metoduyla eğilme rijitliklerinin ölçümü konusunda yaptığı çalışmalarda, en güvenilir sonucun bu noktadan alındığını deneysel olarak göstermiştir. Eğrilik yarıçapındaki değişme en az bu noktada olduğundan, düğüm yerinin yol açacağı hata bu noktada en alt düzeye indirilmeye çalışılmıştır. Deneysel olarak 0,004 g ile 0.235 g arasında değişen ağırlıklar kullanılmıştır. Her bir iplik için 10 ölçüm yapılmış ve ortalama değer hesaplanmıştır.

### 3.2.8. Kumaşların İlk Yük Uzama Modülünün Tayini

Kumaşların ilk yük uzama modülünün tayininde ASTM 1388-64 standardından yararlanılmıştır. Metot, numuneyi uzunluğu boyunca uygulanan yük altında belli bir süre içinde kopartmak esasına dayanır. Standart atmosfer şartlarında

kondisyonlanan kumaş numuneleri, 1 inç x 16 inç boyutlarında dikdörtgen biçiminde; çözgü ve atkı yönünde çözgü ve atkıya paralel olacak şekilde, iplik takip edilerek kesilmiştir. Aletin çeneleri arası mesafe  $3 \pm 0,05$  inç, kopma hızı  $20 \pm 3$  s içinde kopacak şekilde ayarlanmıştır.

Çözgü yönünde 5, atkı yönünde 8 ölçüm yapılmış, ölçümlerin ortalaması alınmıştır.

### 3.2.9. Kumaşların Eğilme Dayanımının Tayini

Kumaşların eğilme dayanımlarının belirlenmesinde T.S.E. 1409 standardından yararlanılmıştır. Kondisyonlanan kumaş numunelerinden 22,5 cm x 15 cm boyutunda dikdörtgen biçiminde, uzun kenarı çözgüye paralel olacak şekilde 4 (çözgü numuneleri) ve dik olacak şekilde dörder (atkı numuneleri) deney numunesi kesilir. Deney numunelari çözgü numunelerinde aynı çözgü iplikleri atkı numunelerinde ise, aynı atkı iplikleri olmayacak şekilde birbirlerinden farklı yerlerden kesilmiştir. Kenarlardan uçlardan kırılmış ve katlanmış yerlerden deney numunesi alınmamıştır. Aşırı derecede kırılan veya bükülen kumaşlar iki düzey arasında hafifçe sıkıştırılarak birkaç saat bekletildikten sonra denenmiştir.

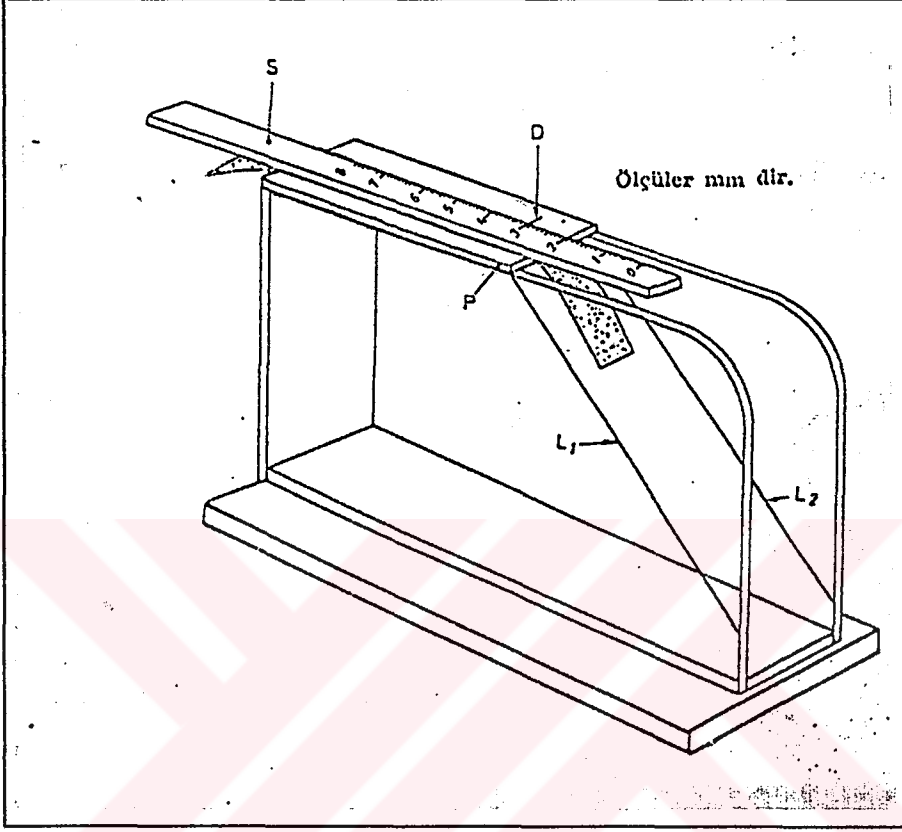
Deney numunesi, bir ucu P düzleminin kenarı ile üst üste gelecek ve S sürgüsünün O çizgisi D başlangıç çizgisiyle çakışacak şekilde, düzlem ile sürgü arasına yerleştirilmiştir. Sürgü öne doğru yavaş yavaş kaydırılmak sureti ile numunenin kendi ağırlığı altında eğilerek düzlem kenarından sarkması sağlanmıştır. Numunenin ucu  $L_1$  ve  $L_2$  çizgilerine değince sürgü durdurulmuş ve skaladan sarkma uzunluğu okunmuştur. Eğer deney numunesi kıvrılırsa, ucunun orta noktası  $L_1$  ve  $L_2$  çizgileriyle karşılaştırılmıştır. Her deney numunesinde, her iki yüz sırayla, yukarı gelecek şekilde ilk kez bir ve sonra diğer ucu için ayrı ayrı olmak üzere toplam 4 ölçme yapılmış, çözgü veya atkı sarkma uzunluğu X (cm) bütün ölçmelerin ortalaması olarak hesaplanmıştır. Eğilme uzunluğu (c) ve eğilme dayanımı (G) aşağıdaki formüllerden hesaplanmıştır.

$$C = X/2, \text{ cm}$$

$$G = 0,1 W C^3 \text{ mg.cm}$$

Burada;

$W =$  Tekstil mamulünün  $m^2$  ağırlığı ( $g/m^2$ )'dir.



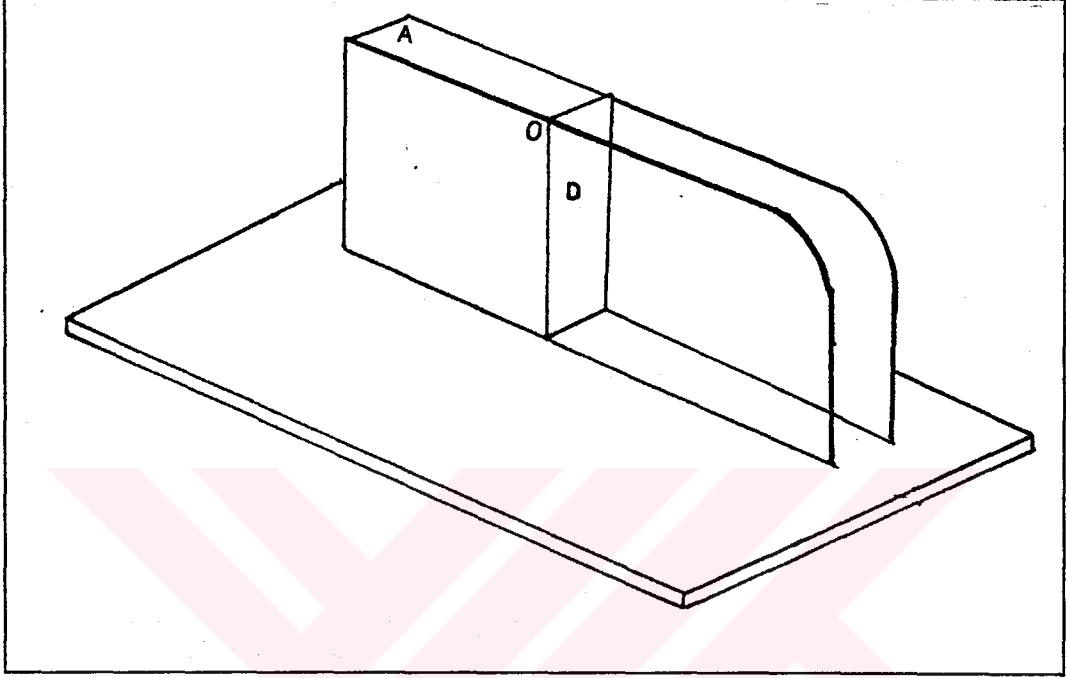
Şekil 3.2. Değişmez açılı eğilme cihazı

### 3.2.10. Kumaşların Eğilme Eğrilerinin Tayini

Kumaşların eğilme eğrilerinin çizilmesi için, özel olarak yaptırılan eğilme aleti kullanılmıştır. Eğilme aletinin yapımında, zamanla kuruyup bükülmesini veya reçine salmasını önlemek amacıyla, fırınlanmış gürgen kullanılmıştır. Geniş bir kumaş tipi aralığında çalışma yapabilmek amacıyla, aletin boyutları 29,8 cm x 29,5 cm x 7,5 cm seçilmiştir. Hava ceyranının etkilerinden korunmak ve kumaş eğrilerini düzgün çizebilmek için aletin iki kenarına cam yüzeyler konulmuştur. Bu cam yüzeyler, çizim kolaylığı sağlamak amacıyla ileri geri hareket edebilecek şekildedir ve kenarları traşlanmıştır.

Aletin A yüzeyi sarkma uzunluğunu ölçebilmek için cm olarak bölmelenmiştir.

Kumaşın yüzeye takılmasını, hırpalanmasını önlemek amacıyla tüm ahşap yüzeylere cam cila yapılmıştır. Rahat çalışmayı sağlayabilmek amacıyla aletin alt zemini 50 cm x 70 cm x 2,8 cm boyutlarında seçilmiştir.



**Şekil 3.3.** Kumaşların eğilme eğrilerinin çizildiği eğilme aleti.

Yapılan ön denemelerde kumaş numunesinin C bölgesinde oluşturduğu yükselmeyi önlemek için, kumaşın üzerine 30 cm x 4,9 cm x 4 cm boyutlarındaki kenarları traşlanmış cam levha, 0 noktasından 2 mm ileri olacak şekilde yerleştirilmiştir. Kumaş numuneleri kondisyonlandıktan sonra çözü ve atkıya paralel olacak şekilde, iplik takip edilerek 2,5 cm x 29 cm boyutlarında kesilmiştir. Uzun kenarı çözü ipliklerine paralel olan numuneler çözü; atkı ipliklerine paralel olan numuneler atkı numunesi olarak seçilmiştir.

Kesilen numuneler, deney sonuçlarını etkileyebileceğinden; fazla ellenmemeye çalışılmıştır. Çizim yapmak için; numunenin bir ucu 0 noktasına çakışacak şekilde A yüzeyi üzerine yerleştirilmiş, üzerine cam levha konmuştur, numune 1 cm ileri kaydırılarak kumaşın oluşturduğu eğri cam yüzey üzerine yerleştirilen asetat kağıt üzerine çizilmiştir. Bu işlem 1'er cm kaydırılmak suretiyle,

-kumaş numunesi D yüzeyine değene kadar

-ya da eğri asimptotik olmaya başlayana dek tekrarlanmıştır.

Çizilen eğriler, milimetrik kağıda yerleştirilerek eğrilerin altında kalan alanlar hesaplanmıştır.



#### 4. BULGULAR

Bu araştırmada yapılan deneylerin sonuçları:

1. Kumaşların yapısal parametreleri için çizelgeler,

2. Çizilen kumaş eğilme eğrileri

3. Kumaş eğrilerinden elde edilen

- uzunluk (cm) - alan ( $\text{mm}^2$ )

- uzunluk (cm) - uç kod farkı (mm)

- uzunluk (cm) - alan . kumaş kütlesi ( $\text{g/cm}^2$ ) grafikleri olmak üzere uç

grup halinde verilmiştir. Burada:

- destek noktasından itibaren sarkan kumaş uzunluğu : uzunluk,

- eğrinin altında kalan alan : alan,

- kumaşın uç noktasının kumaşın kendisini hiç taşımaması durumuna göre ne kadar yukarıda olduğunu gösteren mesafe : uç kod farkı olarak adlandırılmıştır.

Bir kumaş hakkında kolayca fikir edinebilmeyi sağlamak amacıyla, her bir kumaşın parametrelerinin bulunduğu izelge, özü ve atkı eğilme eğrileri ve grafikler ard arda yerleştirilmiş, kumaşların eğilme eğrileri 1:2 ölçekle verilmiştir. Grafiklerde  $\square$  özü, + ise atkı ipliklerini simgelemektedir.

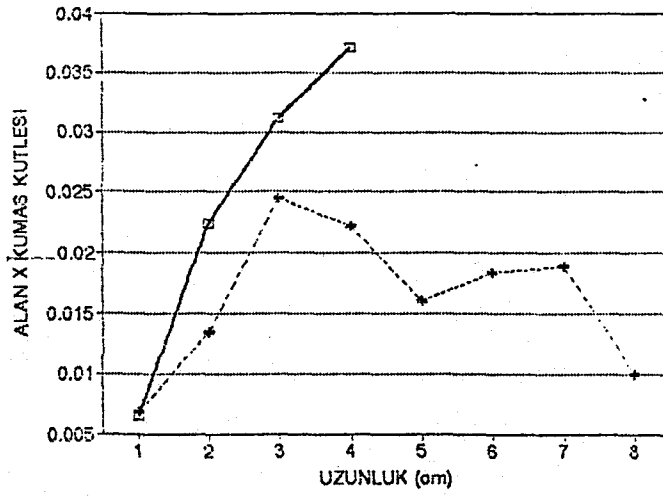
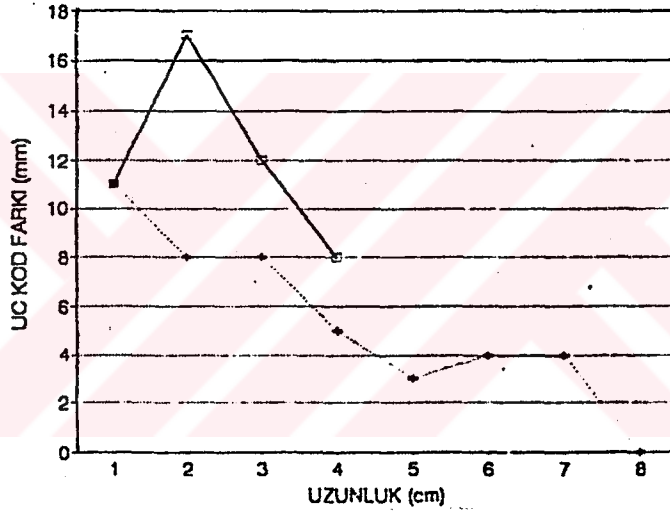
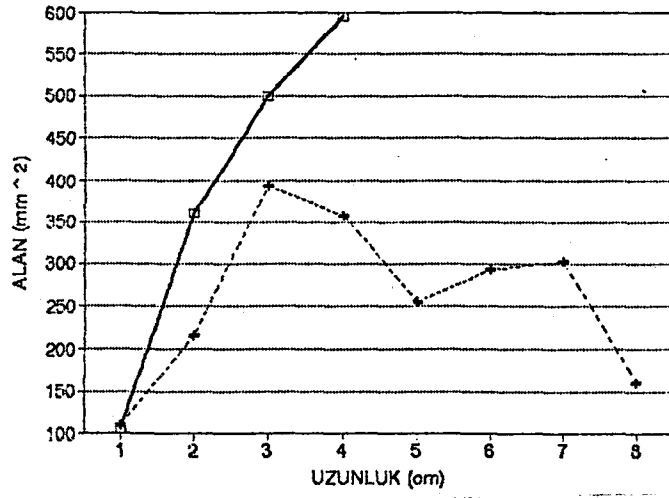
Çizelge 4.1. 1 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	1 (Mamul Kumaş)					
Kullanım Alanı	Tülbent					
Özellik	Çözü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_e$	33.29	0.44	1.33	30.00	0.65	2.18
Büküm T (Tur/m)	946 Z	14.4	4.69	1074 Z	10.92	1.02
Sıklık n (İplik/cm)	18.25	4.5	2.46	15.05	0.25	1.66
Kvrım c	1.24	0.26	0.2	7.18	0.59	8.28
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0.2312	0.311	1.3	0.2282	0.08	3.5
Büküm Faktörü $m$	126.58			150.69		
Örtme Faktörü K	8.02			6.97		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	180.1	17.3	9.58	208.5	7.7	3.7
Eğilme Uzunluğu (cm)	20	1.2536	6.27	18.09	2.15	11.90
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	49.96			36.97		
Eğilme Modülü q	31.67			23.44		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	62.45	0.49	0.79	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0.2665	0.0147	5.52	Kumaş Yoğunluğu		0.2343



Şekil 4.1. 1 Numaralı kumaşa ait, a) çözü b) atkı eğilme eğrileri

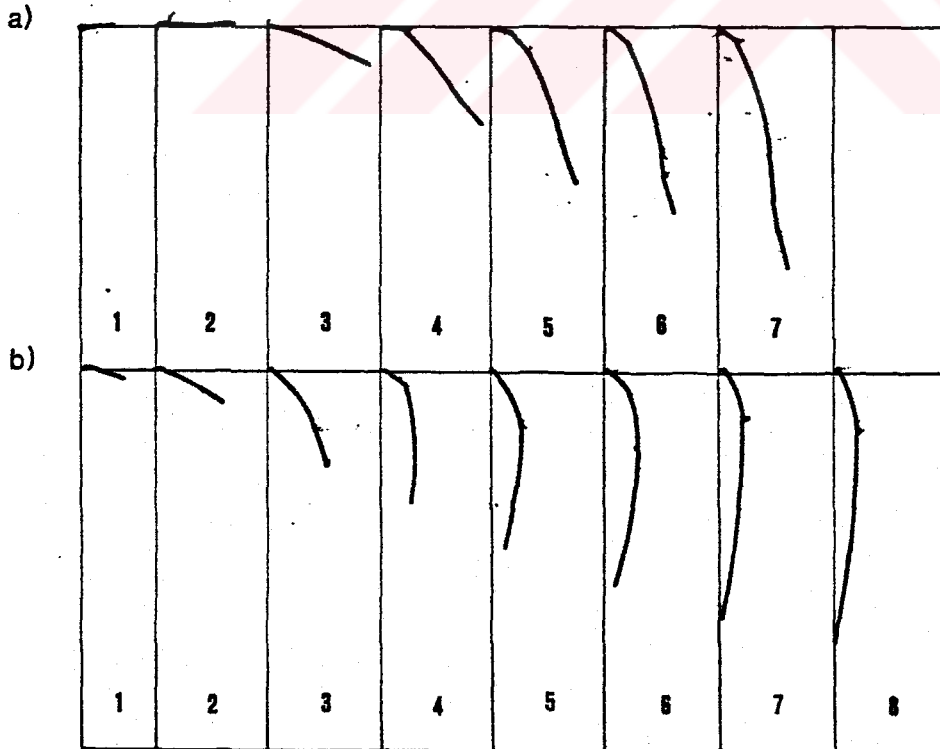




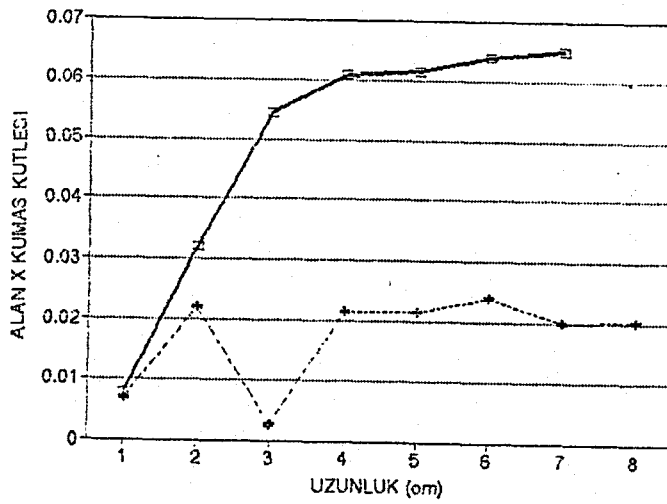
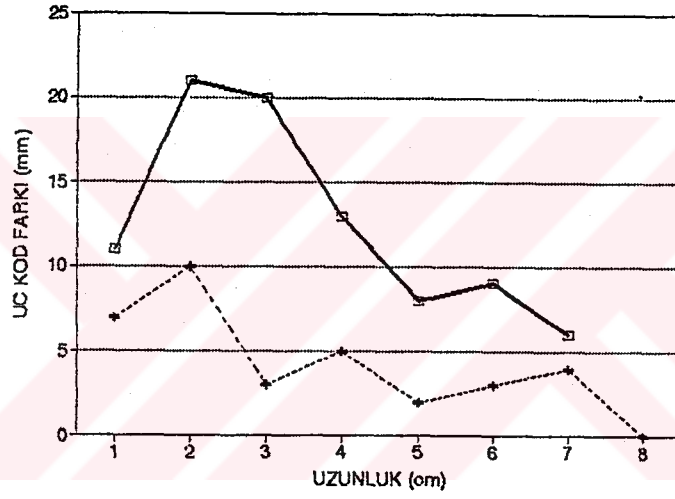
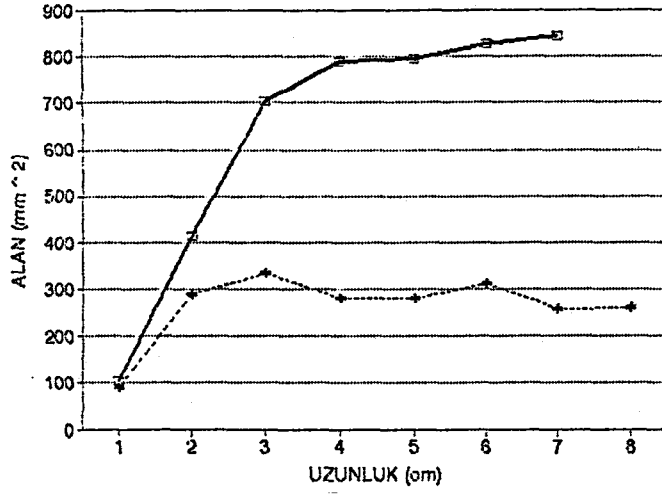
Şekil 4.2. 1 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri.

Çizelge 4.2. 2 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	2 (Mamul Kumaş)					
Kullanım Alanı	Mermersahi Kumaş					
Özellik	Çözgü			Atkı		
	Pamuk			Pamuk		
Hammadde	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_g$	32.46	0.17	0.54	31.32	0.24	0.77
Büküm T (Tur/m)	970.2	29.18	3.00	976.2	26.43	2.71
Sıklık n (İplik/cm)	22.5	0	0	17.85	0.15	0.84
Kıvrım c	0.3922	0.8267	210.81	9.9070	0.5364	5.41
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0.1483	0.056	38.39	0.086	0.016	19.08
Büküm Faktörü $m$	130.88			133.97		
Örtme Faktörü K	10.01			8.09		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	442.6	18.9	4.26	237.5	12.0	5.04
Eğilme Uzunluğu (cm)	2.15	1.6432	7.64	1.83	2.1132	11.55
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	76.58			47.08		
Eğilme Modülü q	47.47			29.18		
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	X	S	% CV			
	77.05	0.3536	0.45	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0.2685	0.0218	8.14	Kumaş Yoğunluğu		0.2869



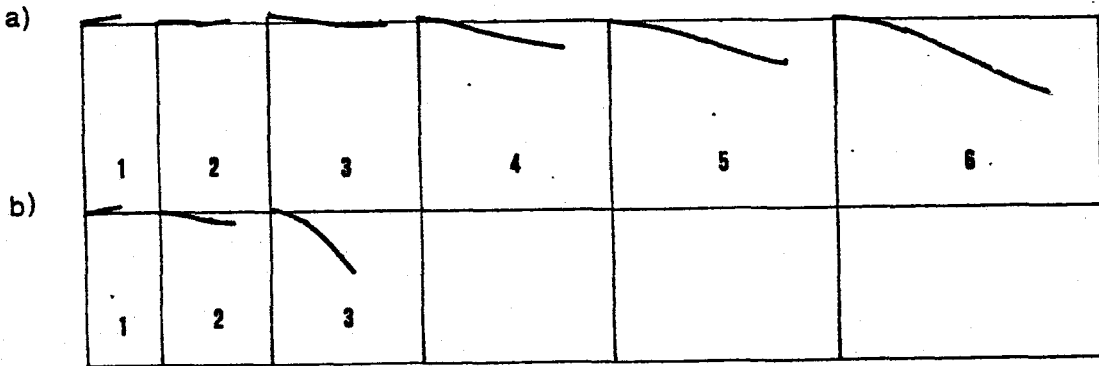
Şekil 4.3 2 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



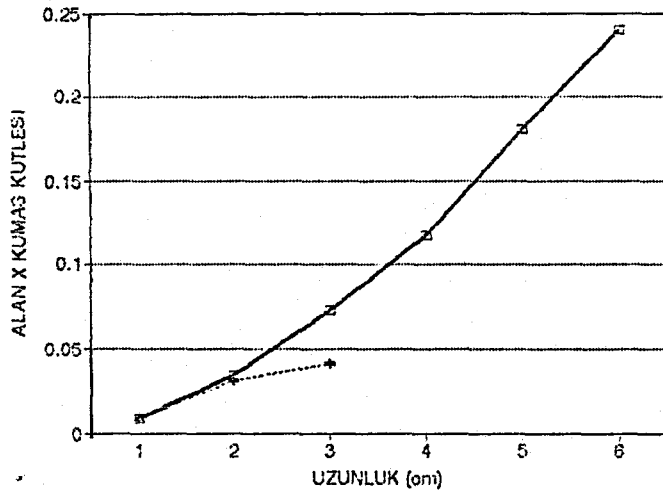
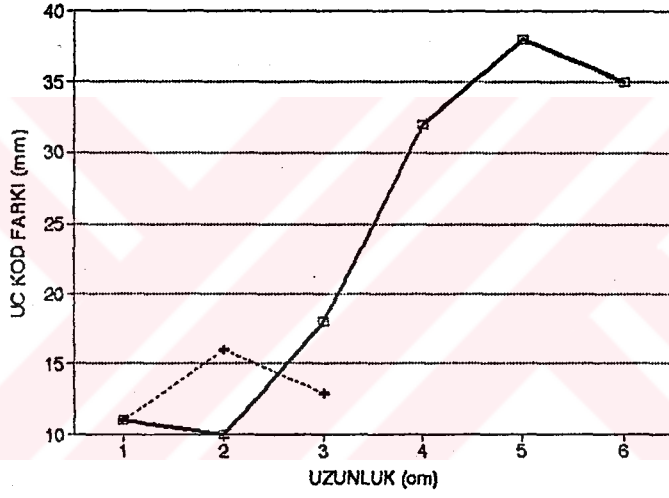
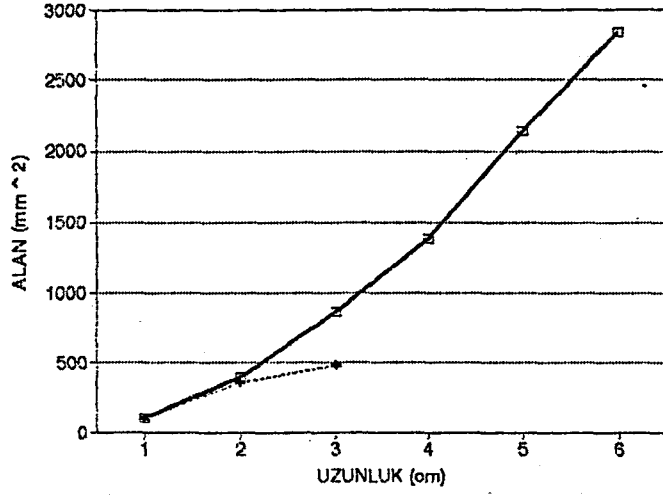
Şekil 4.4. 2 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.3. 3 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	3 (Ham Haşılı Kumaş)					
Kullanım Alanı	Yapışkan Teja Kumaşı					
Özellik	Çözgü			Atkı		
	Pamuk (Karde)			Pamuk (Karde)		
Hammadde	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_g$	24,9	0,14	0,58	27,19	0,47	0,17
Büküm T (Tur/m)	502 Z	7,46	1,50	836 Z	26,88	3,21
Sıklık n (iplik/cm)	20	0	0	15,9	0	0
Kıvrım c	2,2669	0,2416	10,65	6,8131	0,8948	13,13
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,72	0,92	12,73	0,1578	0	0
Büküm Faktörü $m$	77,17			123,31		
Örtme Faktörü K	10,15			7,73		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	242,7	9,1	3,75	116,3	1,8	1,55
Eğilme Uzunluğu (cm)	4,4	4,0496	9,20	2,02	1,2093	5,9905
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	720,66			69,60		
Eğilme Modülü q	155,75			15,04		
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	X	S	% CV	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
	84,6	0	0			
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,3815	0,0171	4,49	Kumaş Yoğunluğu		0,2218



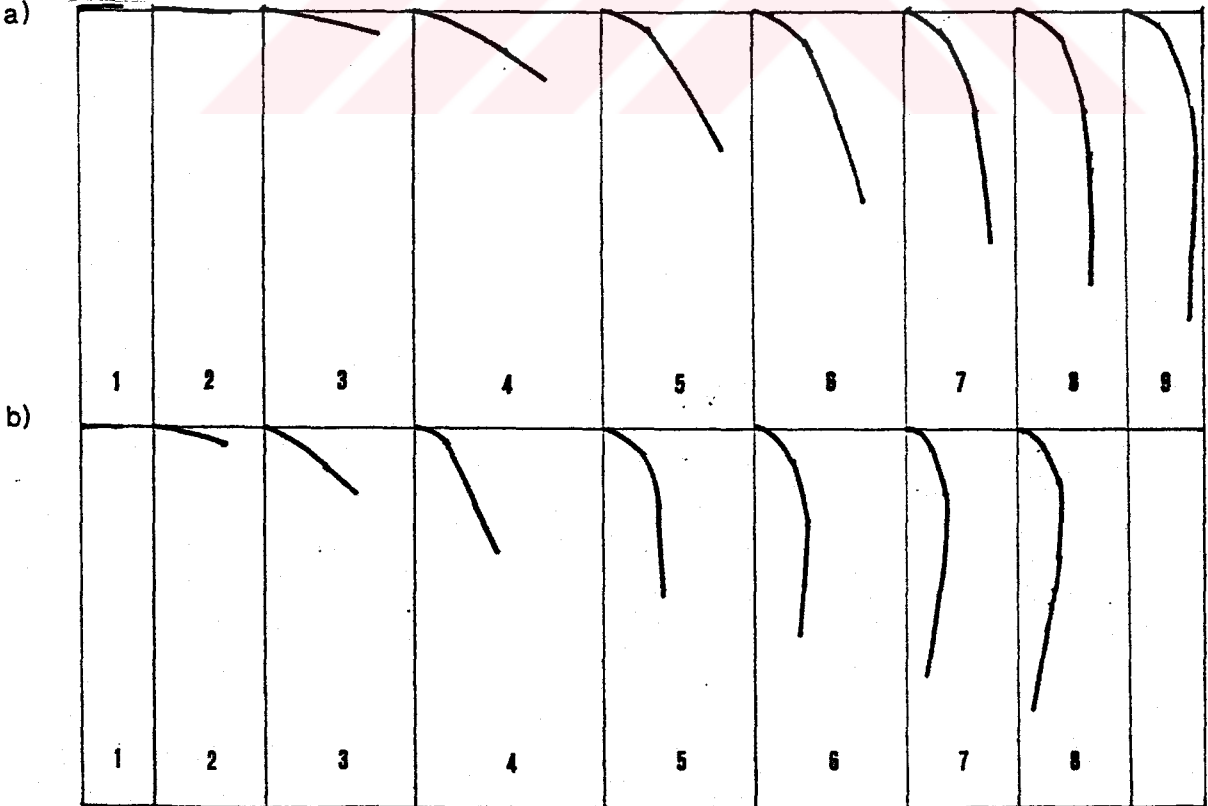
Şekil 4.5 3 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



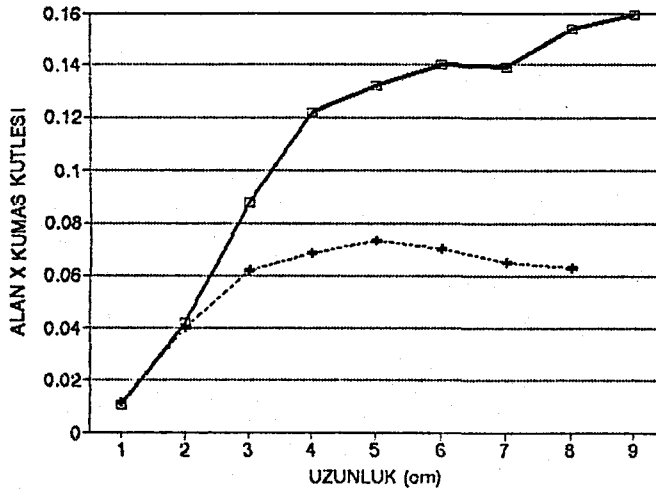
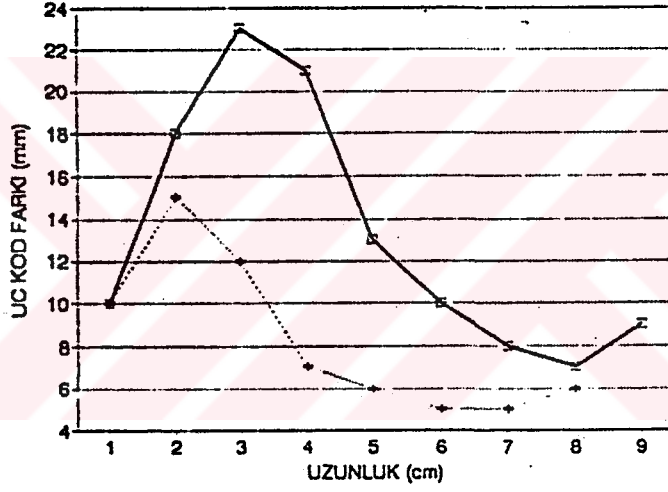
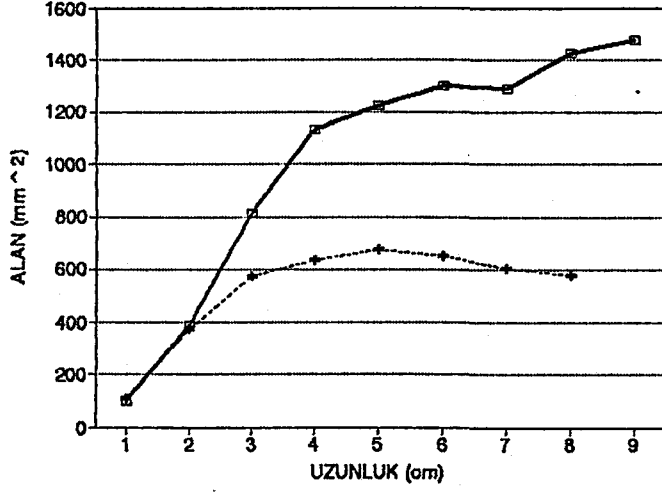
Şekil 4.6. 3 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.4. 4 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	4 ( 3 No'lu Kumaşın mamul yapışkanlı hal)					
Kullanım Alanı	Yapışkan tela kumaşı					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk (Karde)			Pamuk (Karde)		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_g$	21,51	0,01	0,071	20,24	0,05	0,26
Büküm T (Tur/m)	873 Z	33,39	3,83	941 Z	21,11	2,24
Sıklık n (iplik/cm)	21,13	0,23	1,09	15,46	0,06	0,37
Kvrnm c	1,9599	0,3139	16,01	6,1201	0,2907	4,75
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,5322	0,849	15,95	0,1704	0,05	30,13
Büküm Faktörü $m$	144,59			160,77		
Örtme Faktörü K	11,55			8,7191		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	322,5	10,5	3,25	107,6	5,2	4,88
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,33	0,9463	4,06	2,08	1,6124	7,77
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	136,18			96,31		
Eğilme Modülü q	41,03			29,02		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	107,8	3,5355	3,27	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,3415	0,0047	1,38	Kumaş Yoğunluğu		0,3157



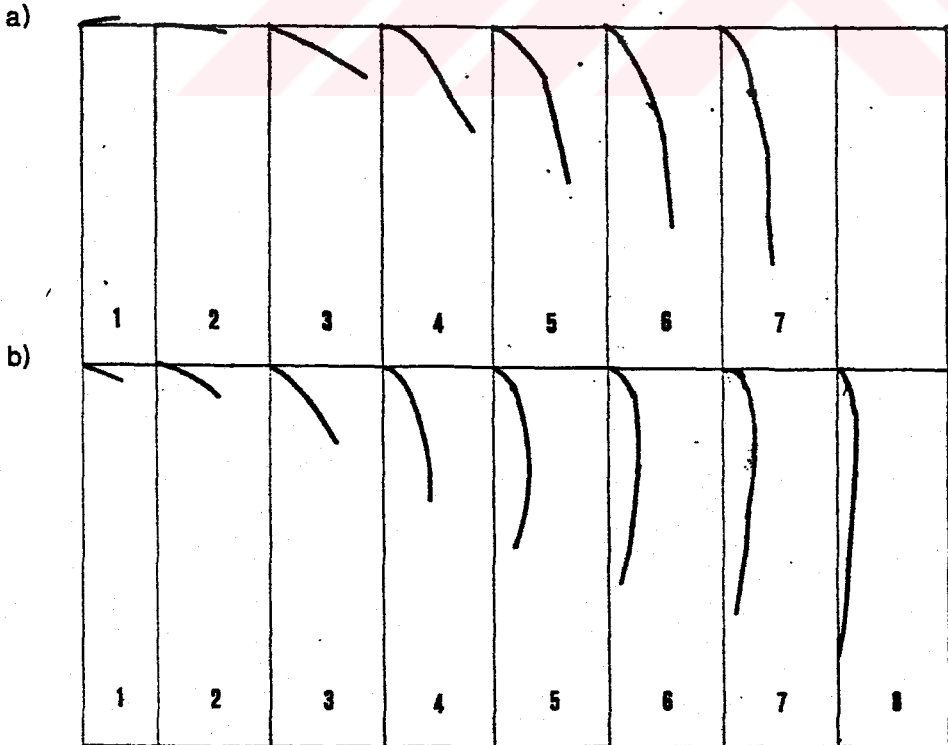
Şekil 4.7. 4 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



Şekil 4.8. 4 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

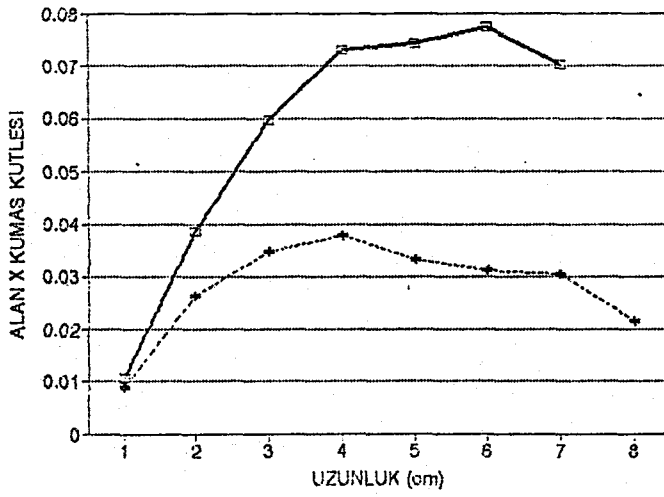
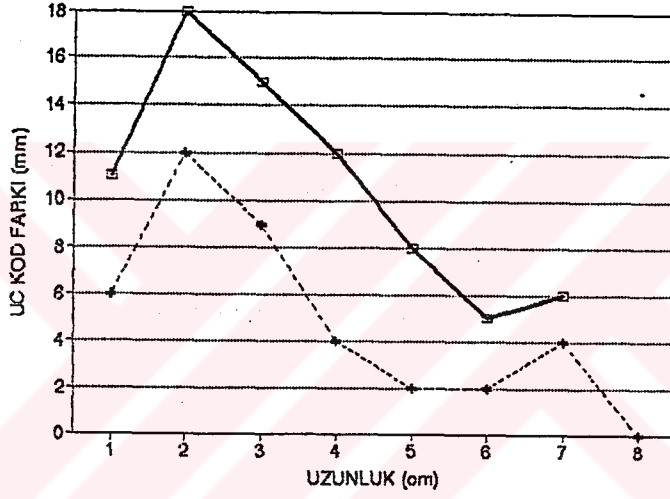
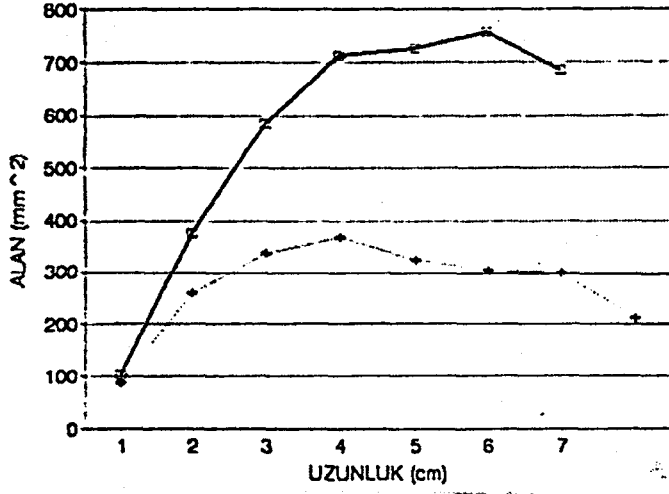
Çizelge 4.5. 5 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	5 (Mamul Kumaş)					
Kullanım Alanı	İnce Çamaşırılık Kumaş					
Özellik	Çözüğü			Atkı		
	Pamuk			Pamuk		
Hammadde	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_e$	26,93	0,31	1,16	24,37	0,11	0,44
Büküm T (Tur/m)	824 Z	49,33	5,99	875 Z	49,21	5,62
Sıklık n (iplik/cm)	23,3	0,09	0,42	18,7	0,09	0,53
Kvrım c	2,4197	0,1699	7,02	11,4084	0,4665	4,09
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,4491	0,631	14,05	0,1367	0,0366	26,79
Büküm Faktörü $m$	122,02			136,22		
Örtme Faktörü K	11,39			9,61		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	460,5	19,7	4,27	245,5	11,9	4,84
Eğilme Uzunluğu (cm)	21,15	1,3363	6,2154	1,8947	1,4252	7,53
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	101,72			69,51		
Eğilme Modülü q	41,17			28,14		
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	X	S	% CV	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
	102,35	0,2121	0,21			
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,3095	0,0196	6,35	Kumaş Yoğunluğu		0,3307



Şekil 4.9. 5 Numaralı kumaşa ait, a) çözüğü b) atkı eğilme eğrileri

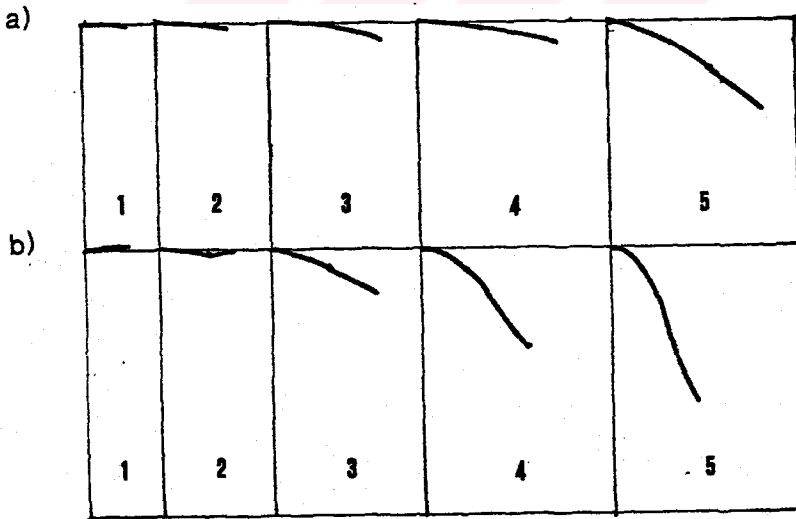




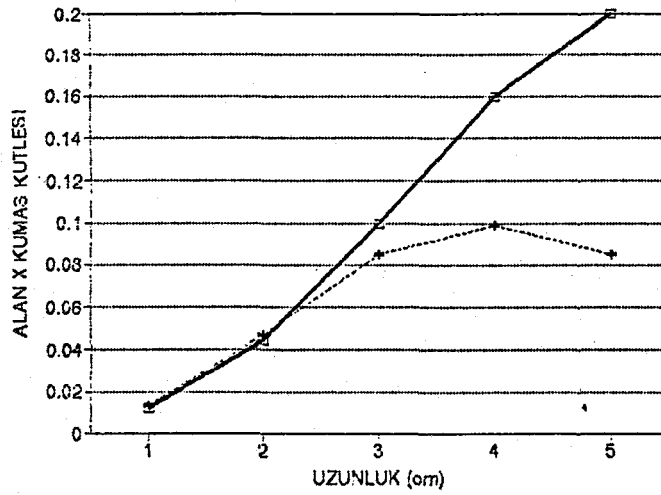
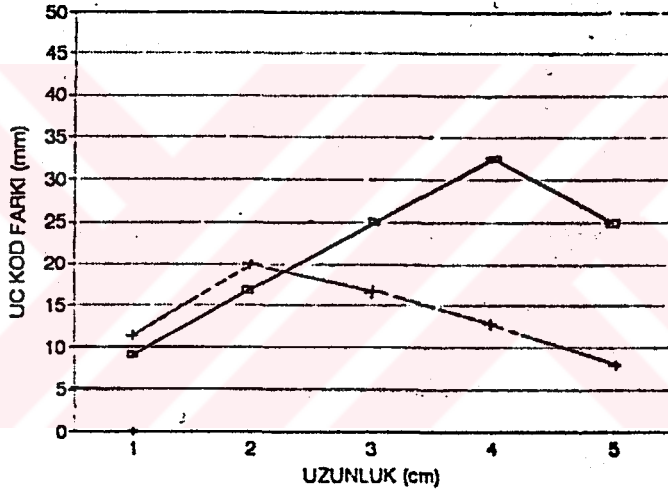
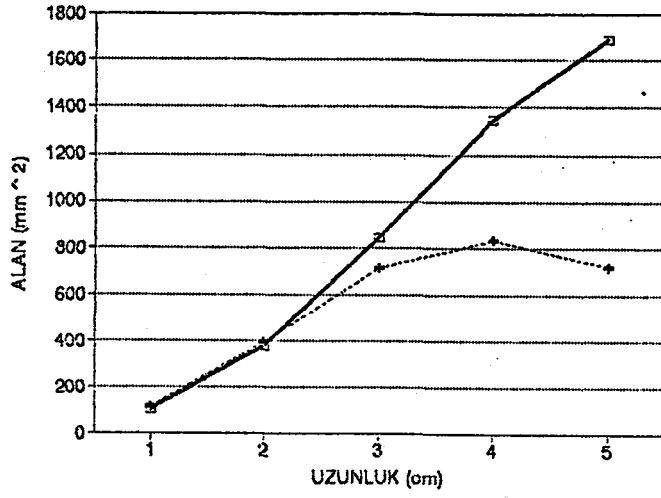
Şekil 4.10. 5 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.6. 6 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	6( Ham Haşılı Kumaş)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk (Karde)			Pamuk (Karde)		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_e$	25,58	0,02	0,079	28,32	0,05	0,18
Büküm T (Tur/m)	821 Z	29,95	3,64	927 Z	27,52	2,97
Sıklık n (İplik/cm)	25,83	0,15	0,59	23,3	0,36	1,55
Kvrım c	8,9243	0,322	3,61	7,6446	0,4831	6,32
İplik Eğilme Rijitliği ( $mNm^2$ )	0,1619	0,0084	5,19	0,0789	0	0
Büküm Faktörü $m$	124,87			133,99		
Örtme Faktörü K	12,95			11,10		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	202,9	11,3	5,54	148,0	3,3	2,23
Eğilme Uzunluğu (cm)	3,6969	3,4998	9,47	2,2856	1,2796	5,59
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	599,05			141,56		
Eğilme Modülü q	79,68			18,83		
	X	S	% CV			
Gramaj W ( $g/m^2$ )	118,65	1,7678	1,49	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,4485	0,0184	4,11	Kumaş Yoğunluğu		0,2645



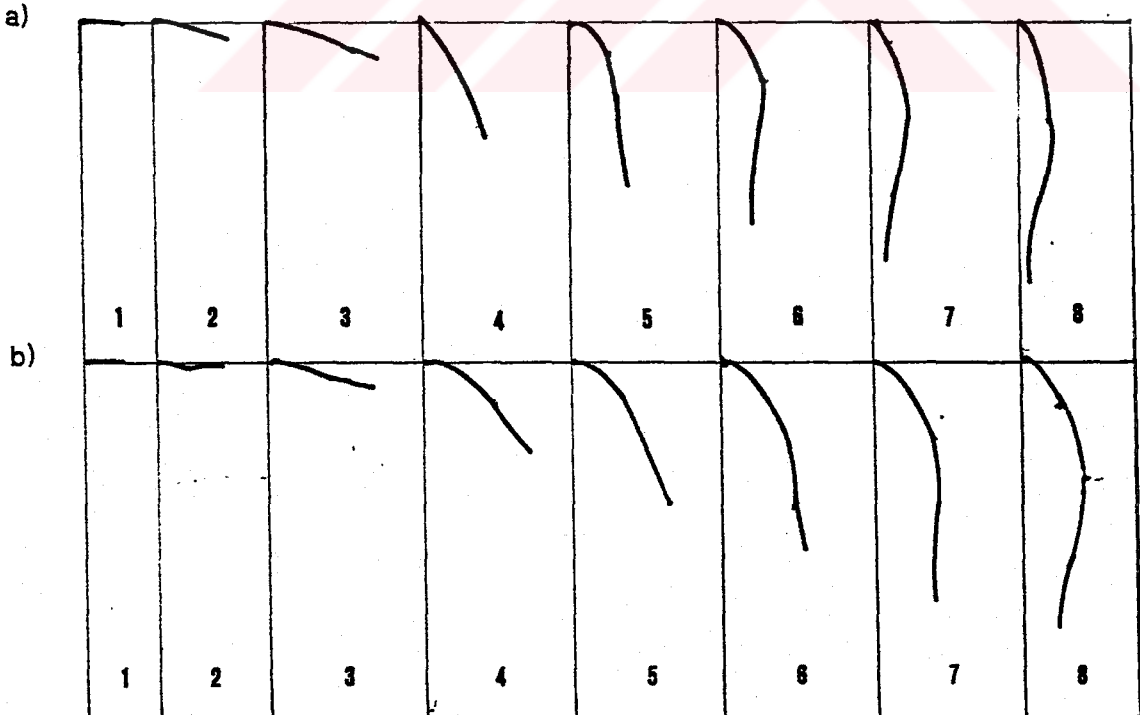
Şekil 4.116 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



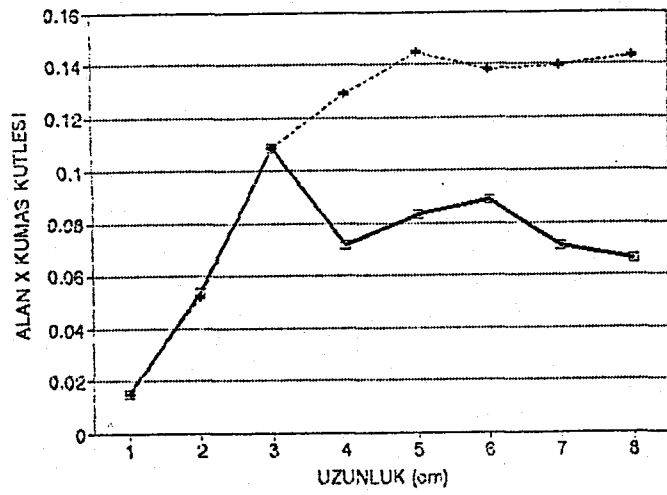
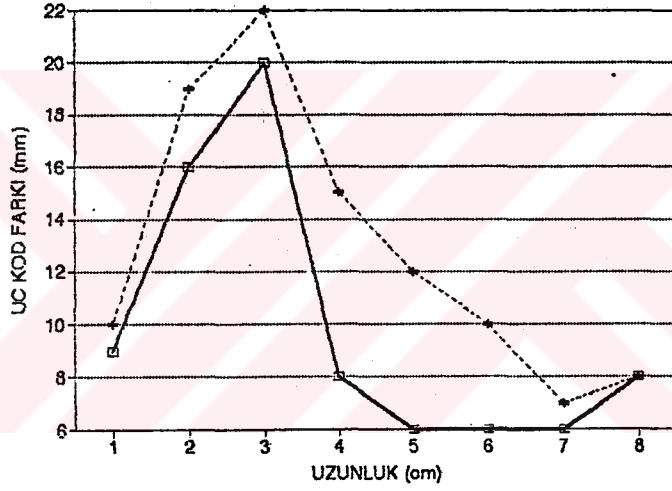
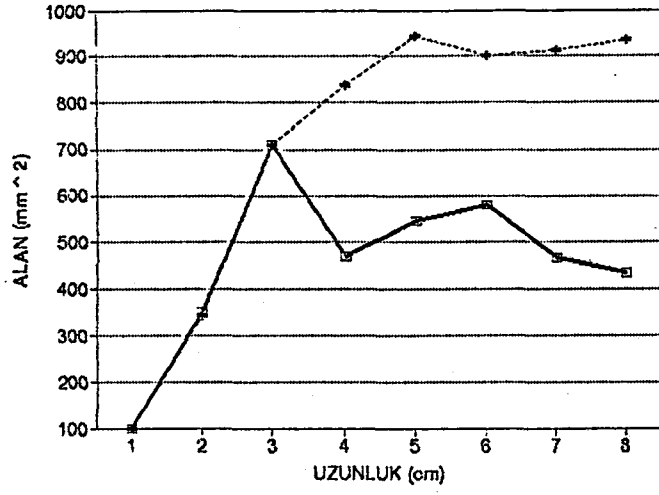
Şekil 4.12. 6 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.7. 7 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	7 (6 No'lu Kumaşın Mamul Baskılı Hali)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim					
Özellik	Çözgü			Atkı		
	Pamuk (Karde)			Pamuk (Karde)		
Hammadde	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_e$	22,89	0,09	0,39	19,75	0,04	0,18
Büküm T (Tur/m)	575 Z	42,56	7,39	593 Z	33,65	5,67
Sıklık n (iplik/cm)	25,65	0,14	0,58	22,85	0,14	0,66
Kvrım c	17,3542	0,3229	1,86	14,1766	0,3424	2,41
İplik Eğilme Rijitliği ( $mNm^{-2}$ )	0,0788	0	0	0,1157	0,02	20,12
Büküm Faktörü $m$	92,40			102,58		
Örtme Faktörü K	13,59			13,04		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	208,8	0,4	0,20	216,6	15,6	7,18
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,1938	2,2867	10,42	2,05	1,4259	6,9659
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	161,85			123,56		
Eğilme Modülü q	22,19			16,94		
Gramaj W ( $g/m^2$ )	X	S	% CV			
	153,3	2,4042	1,57	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,444	0,0227	5,11	Kumaş Yoğunluğu		03453



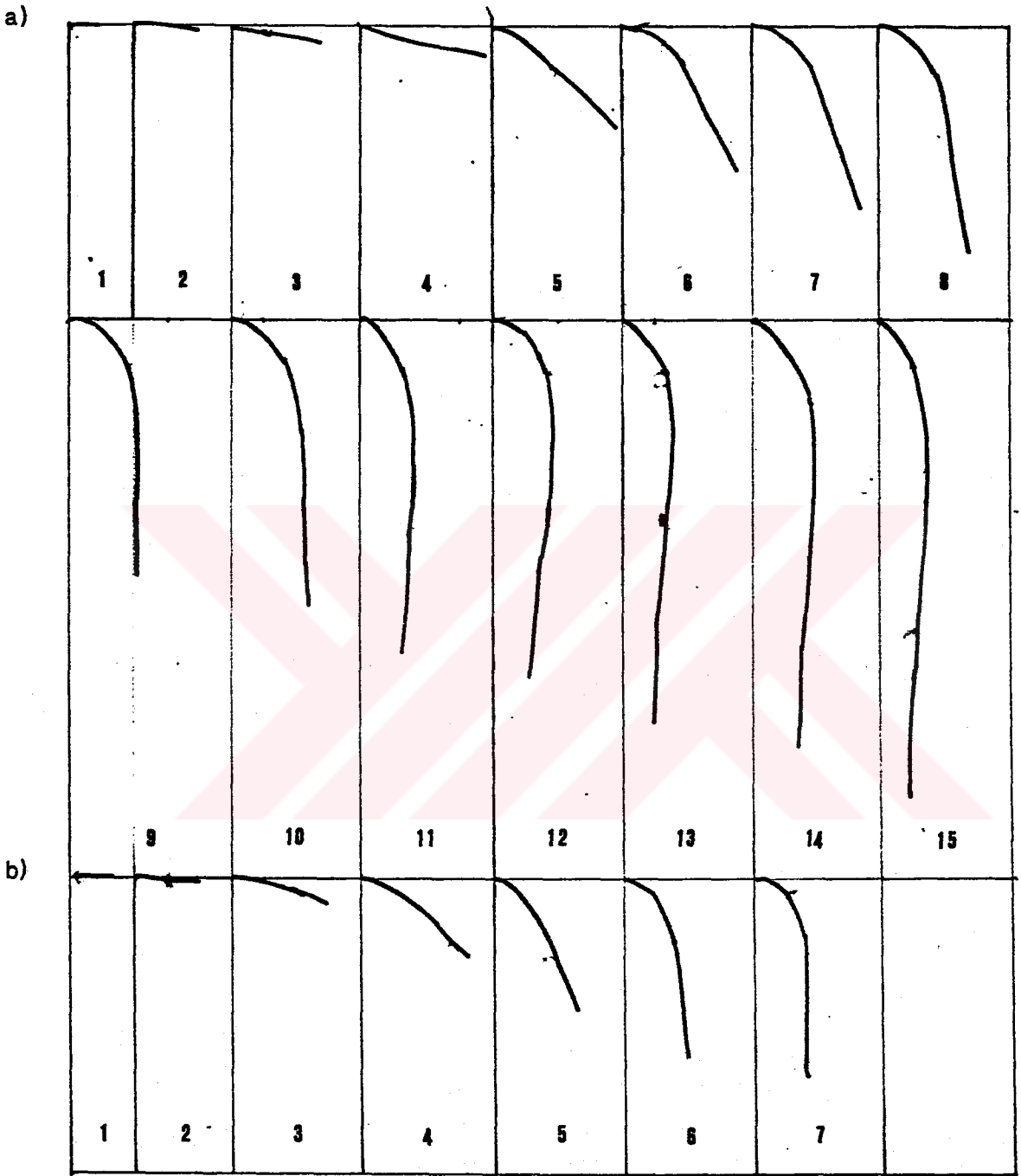
Şekil 4.137 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



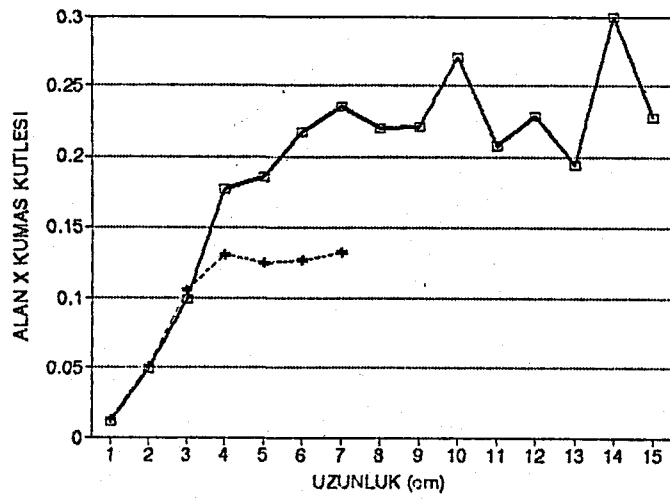
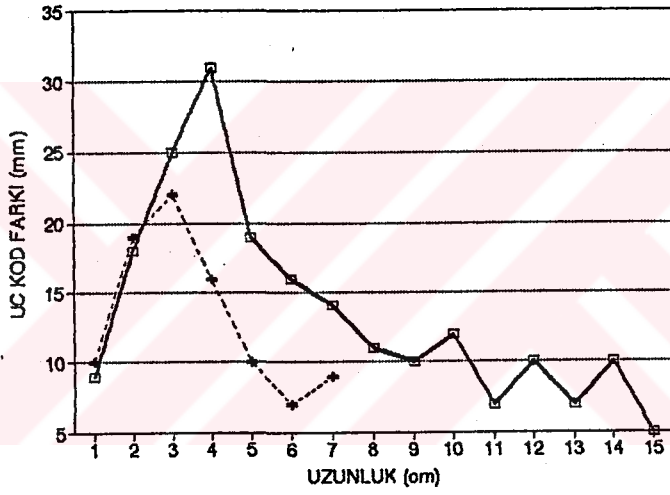
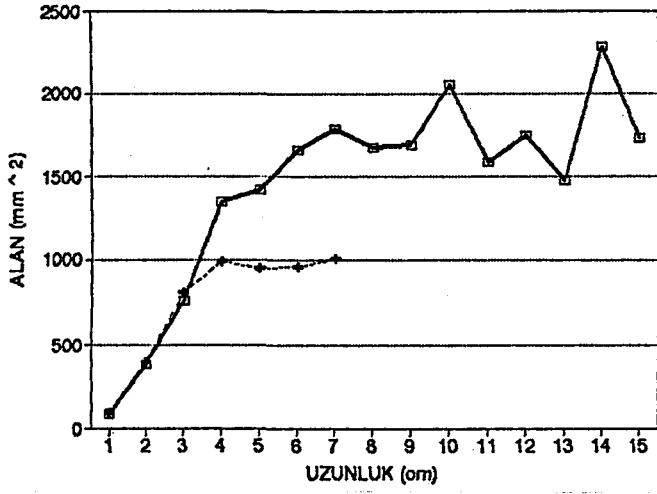
Şekil 4.14. 7 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.8. 8 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	8 (Ham Haşılı Kumaş)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk (Karde)			Pamuk (Karde)		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_e$	18,429	0,04	0,23	19,55	0,07	0,037
Büküm T (Tur/m)	540 Z	43,94	8,13	666 Z	20,63	3,09
Sıklık n (İplik/cm)	19,4	0	0	19,2333	0,1528	0,791
Kvrım c	8,1551	0,2654	3,25	8,4571	0,3684	4,36
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,259	0,031	12,05	0,2156	0,01	4,87
Büküm Faktörü m	96,73			115,72		
Örtme Faktörü K	11,46			11,03		
İlik Yük-Uzama Modülü E (MPa)	214,1	7,8	3,64	184,1	4,5	2,45
Eğilme Uzunluğu (cm)	3,9516	4,7927	12,13	2,2063	0,8920	4,04
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	809,23			140,84		
Eğilme Modülü q	101,74			17,71		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	131,15	0,6364	0,49	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,497	0,1059	2,32	Kumaş Yoğunluğu		0,2869



Şekil 4.158 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri

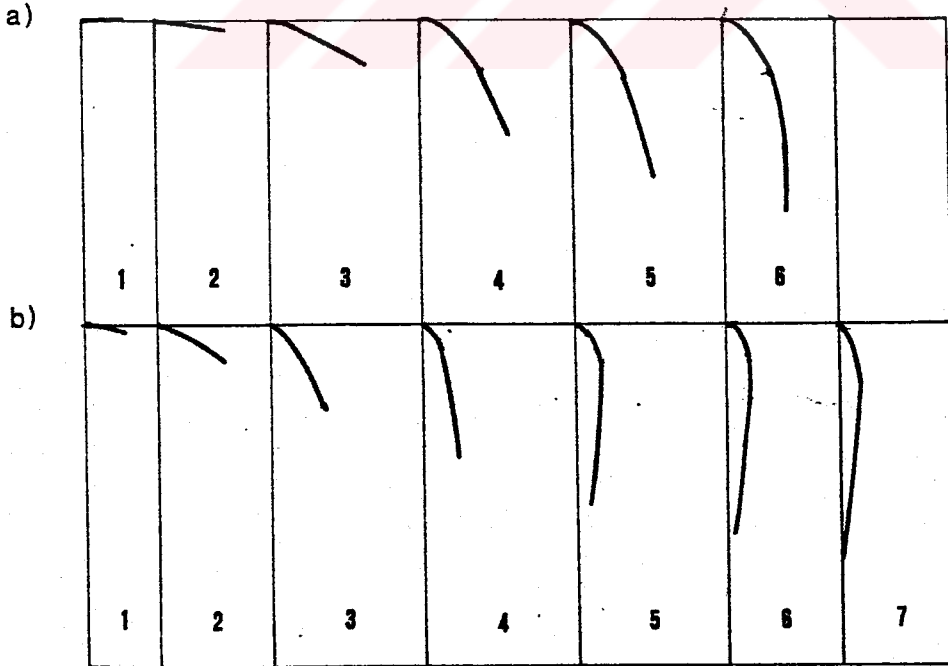


Şekil 4.16. 8 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

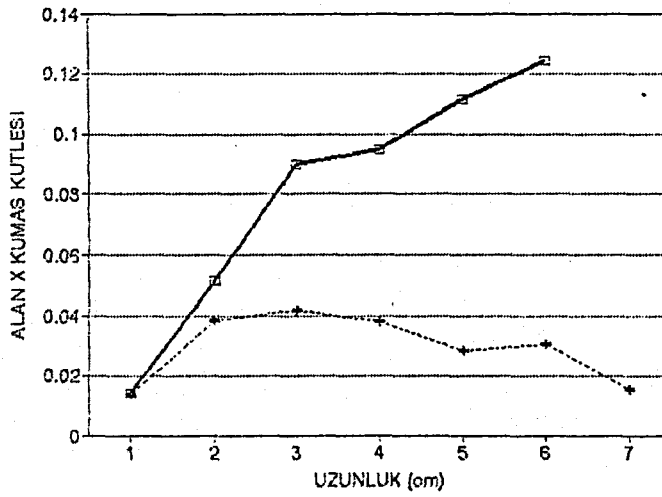
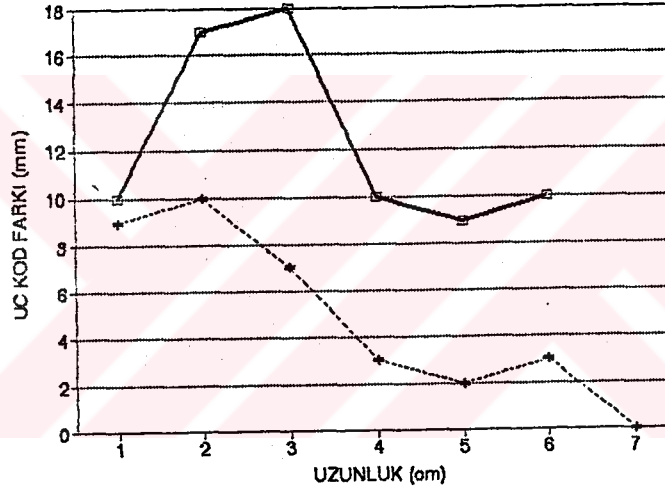
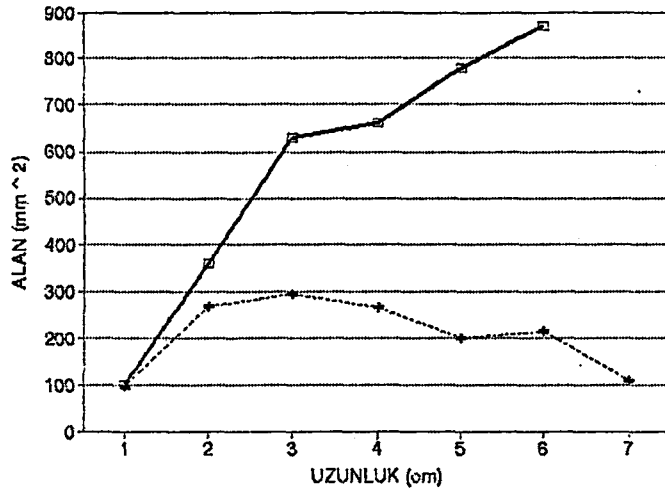


Çizelge 4.9. 9 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	9 (8 No'lu Kumaşın Mamul Baskılı halı)					
Kullanım Alanı	Üst giyim					
Özellik	Çözüğü			Atkı		
Hammadde	Pamuk (Karde)			Pamuk (Karde)		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_g$	18,40	0,26	1,399	17,36	0,28	1,64
Büküm T (Tur/m)	563 Z	44,57	7,91	569 Z	31,23	5,49
Sıklık n (İplik/cm)	23	0	0	16,9	0,19	1,18
Kvrım c	2,3815	0,2163	9,08	18,2460	0,3291	1,80
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,1651	0,0165	9,96	0,1083	0,016	15,19
Büküm Faktörü $m$	100,90			104,97		
Örme Faktörü K	13,59			10,28		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	335,1	26,3	7,85	145,1	5,9	4,03
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,4406	1,4285	5,85	1,85	0,966	5,22
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	207,92			90,51		
Eğilme Modülü $q$	44,06			19,18		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	142,95	2,4749	1,73	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,384	0,0074	1,92	Kumaş Yoğunluğu		03722



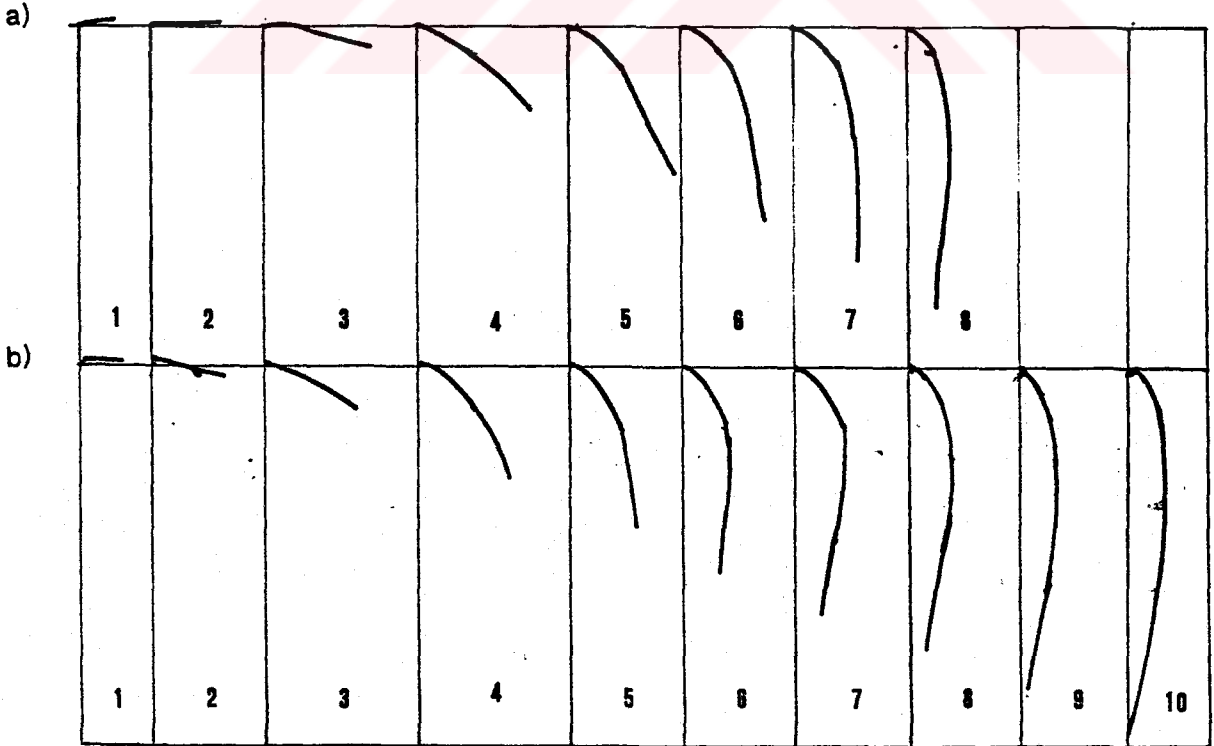
Şekil 4.179 Numaralı kumaşa ait, a) çözüğü b) atkı eğilme eğrileri



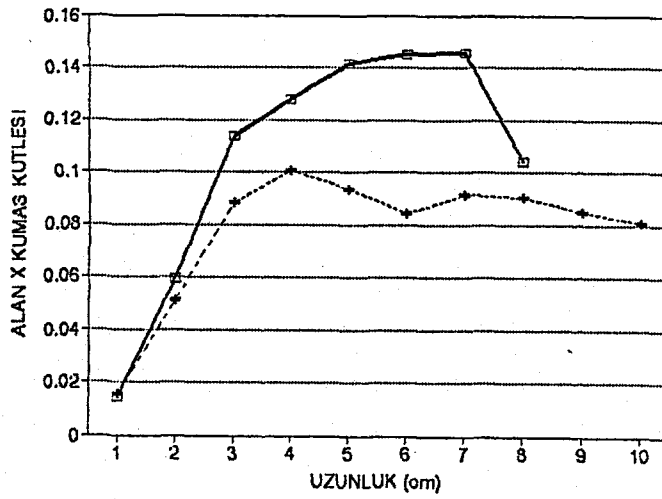
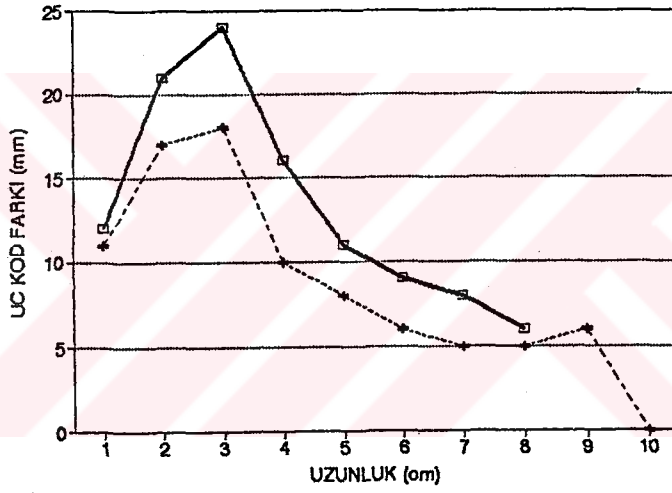
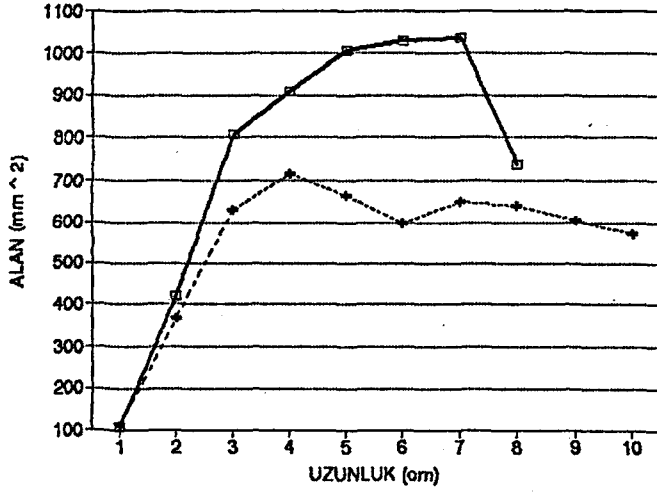
Şekil 4.18. 9 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.10. 10 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	10 (Mamul Kumaş)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim (Gömlelik)					
Özellik	Çözü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_e$	21,67	0,02	0,13	21,56	0,39	1,83
Büküm T (Tur/m)	701 Z	44,57	6,36	776 Z	49,37	6,36
Sıklık n (iplik/cm)	26,46	0,11	0,43	21,43	0,15	0,71
Kıvrım c	7,4747	0,3757	5,02	7,6792	0,4452	5,79
İplik Eğilme Rijitliği ( $mNm^2$ )	0,1893	0,043	22,82	0,1483	0,03	22,48
Büküm Faktörü m	115,75			128,55		
Örtme Faktörü K	14,41			11,70		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	430,7	15,6	3,62	371,4	12,1	3,27
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,3063	0,7719	3,34	2,1344	0,7238	3,39
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	172,53			136,73		
Eğilme Modülü q	30,26			23,98		
	X	S	% CV			
Gramaj W ( $g/m^2$ )	140,53	0,56	0,40	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,409	0,0213	5,21	Kumaş Yoğunluğu		0,344



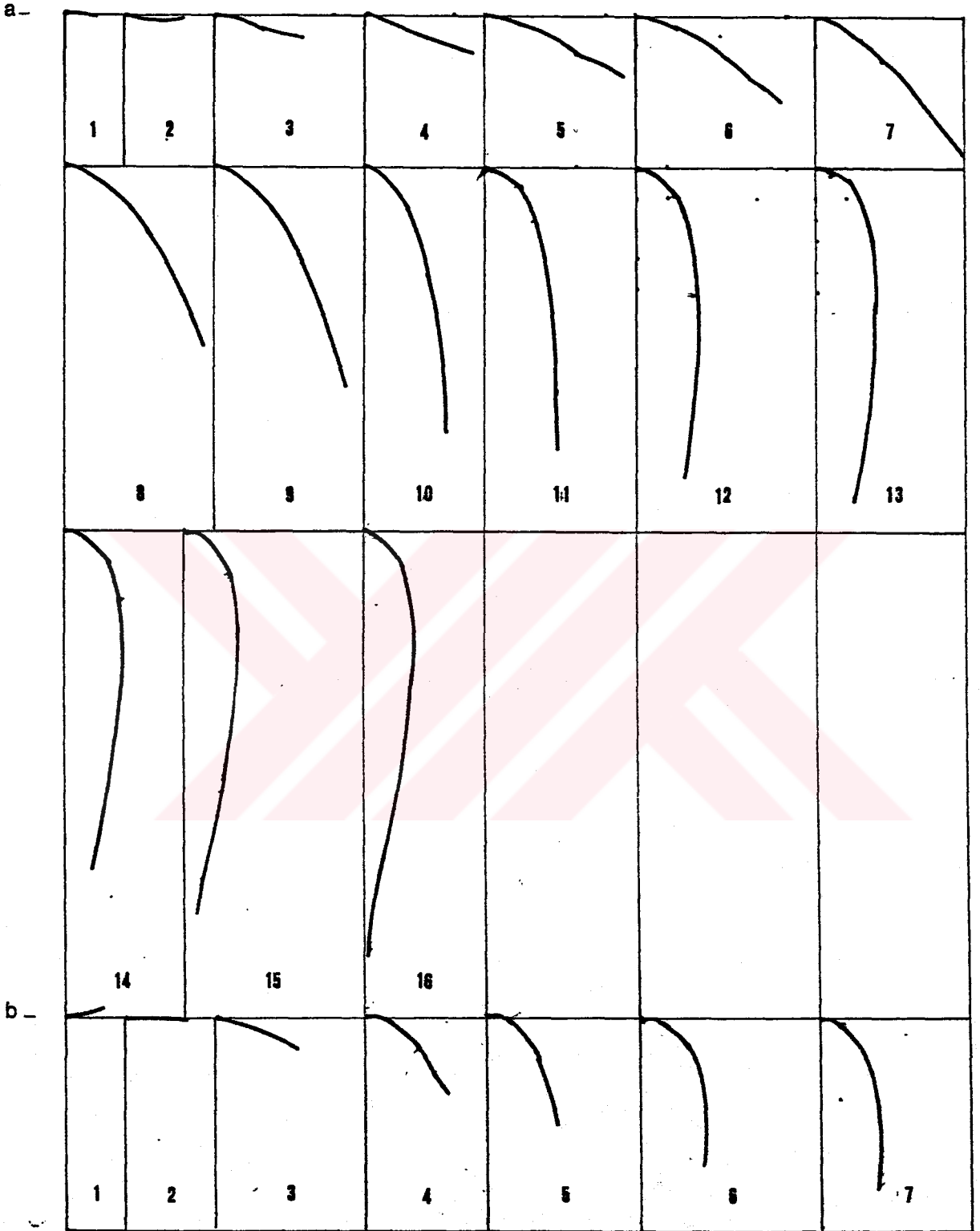
Şekil 4.19. 10 Numaralı kumaşa ait, a) çözü b) atkı eğilme eğrileri



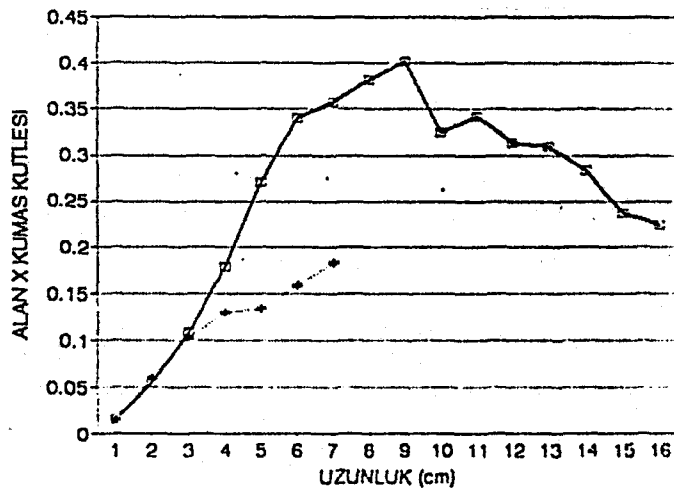
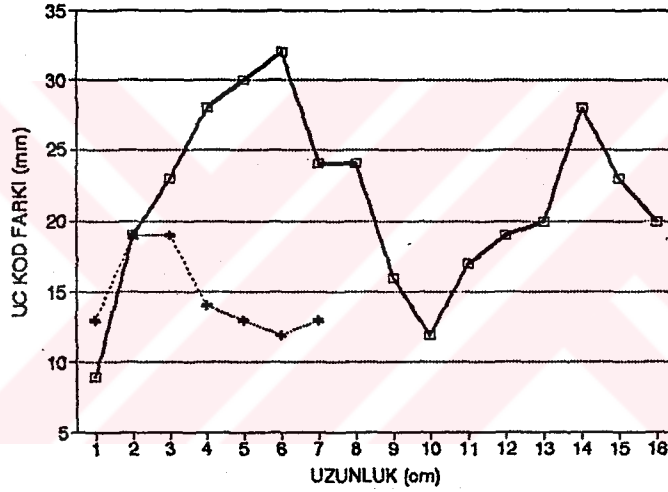
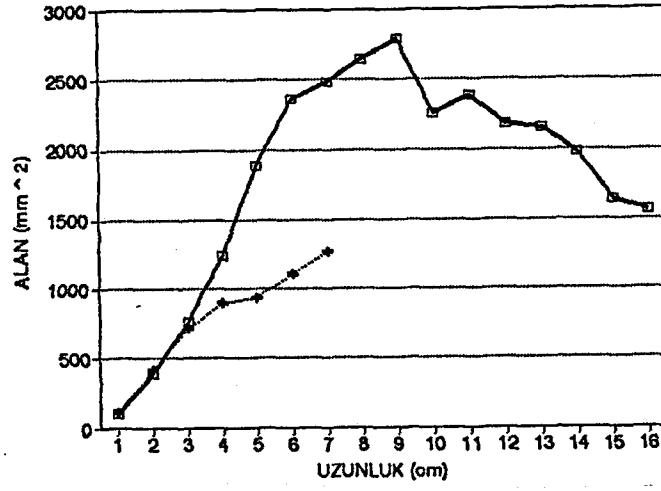
Şekil 4.20. 10 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.11. 11 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	11 (Haşılı Ham Kumaş)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim					
Özellik	Çözü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_e$	17,49	0,11	0,66	18,73	0,15	0,82
Büküm T (Tur/m)	620 Z	48,81	7,86	728 Z	46,11	6,32
Sıklık n (iplik/cm)	21,8	0	0	19,4	0	0
Kvrım c	6,4359	0,3842	5,969	7,131	0,3767	5,28
İplik Eğilme Rijitliği ( $mNm^2$ )	0,2209	0	0	0,1252	0,0378	30,22
Büküm Faktörü $m$	114,10			11,36		
Örtme Faktörü K	13,21			11,36		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	293,7	17,7	6,01	250,0	3,6	1,44
Eğilme Uzunluğu (cm)	3,9125	3,0193	7,71	2,1	0,5477	2,60
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	863,89			133,64		
Eğilme Modülü q	92,00			14,23		
	X	S	% CV			
Gramaj W ( $g/m^2$ )	144,3	1,1314	0,78	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,483	0,0113	2,35	Kumaş Yoğunluğu		0,2988



Şekil 4.21: 11 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri

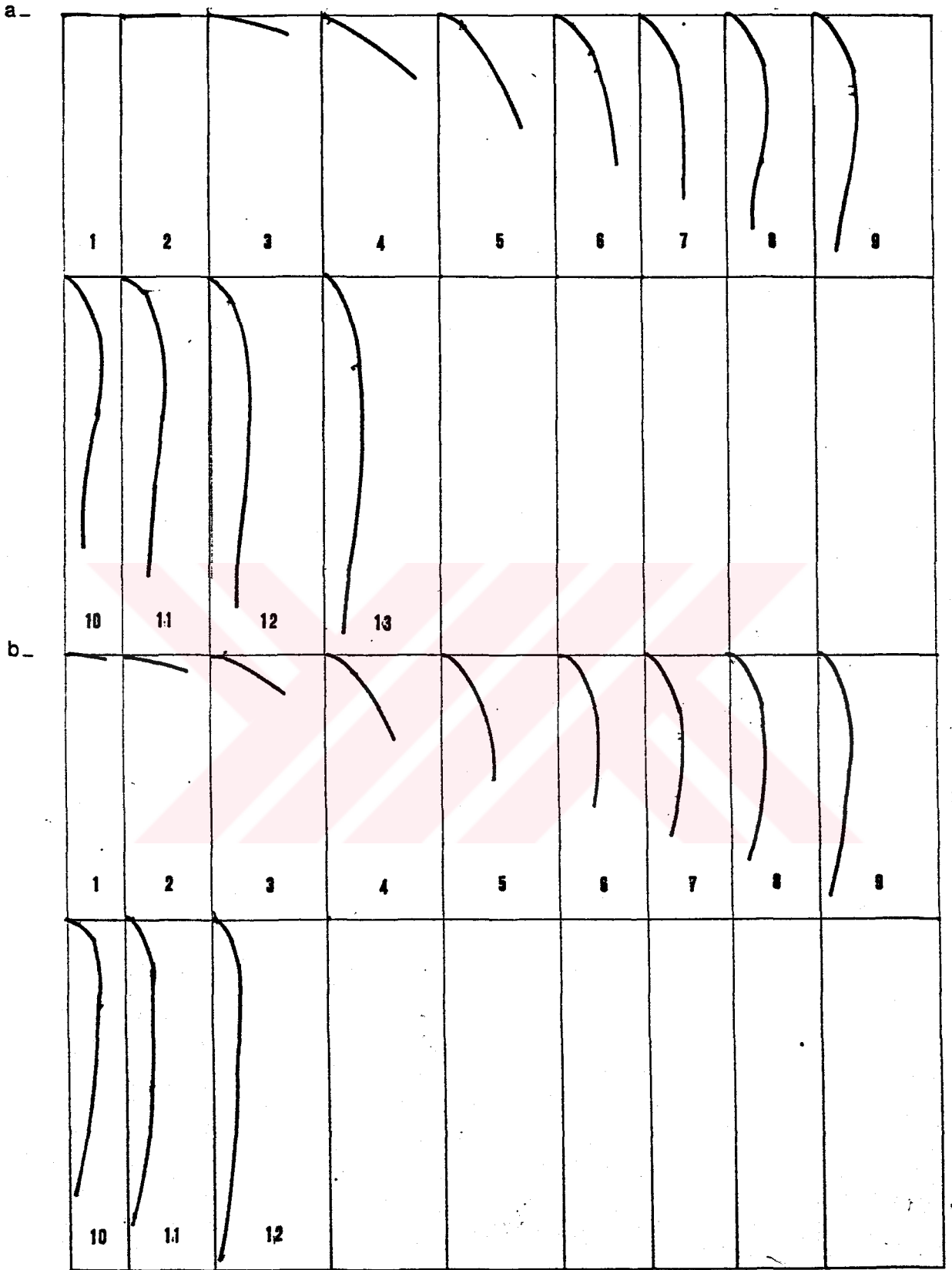


Şekil 4.22. 11 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

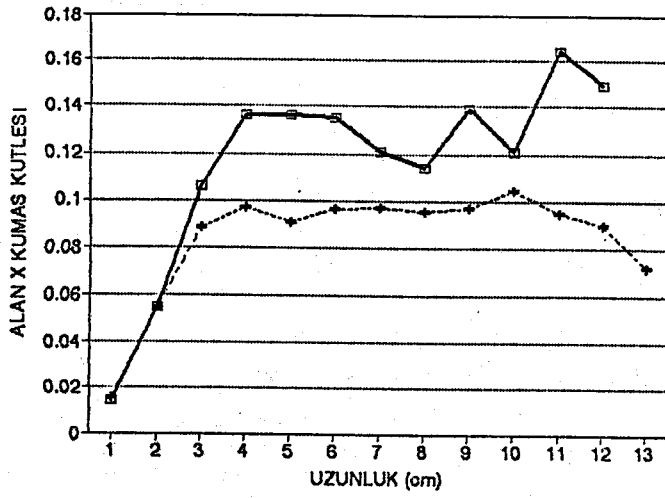
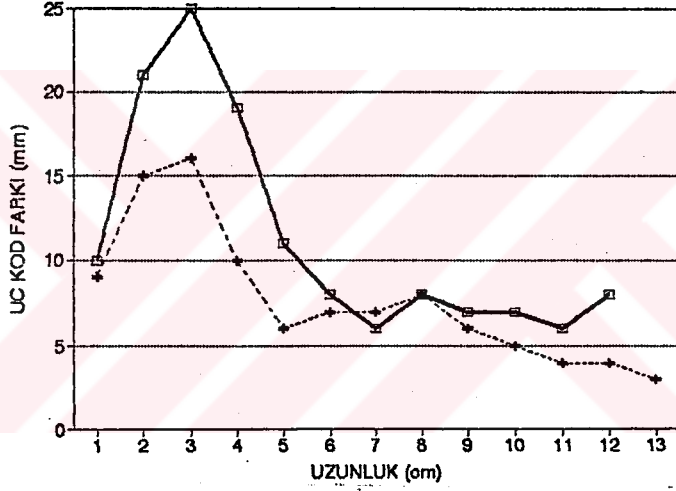
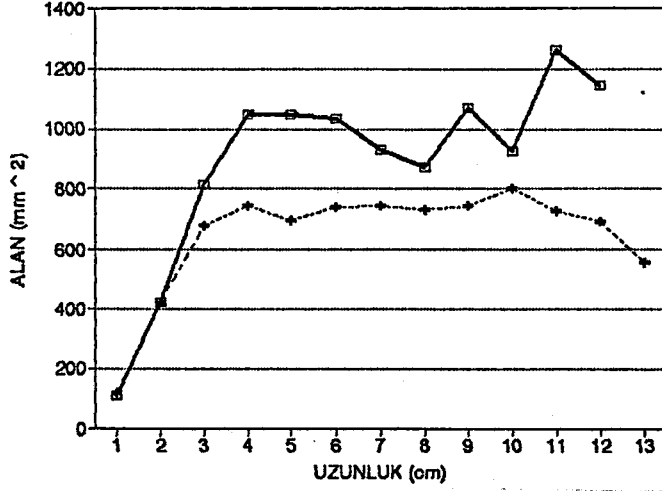
Çizelge 4.12. 12 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	12 (11 No'lu Kumaşın Mamul Baskılı Halli)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_g$	20,47	0,10	0,51	18,16	0,22	1,25
Büküm T (Tur/m)	725 Z	48,9	6,74	749 Z	39,97	5,33
Sıklık n (iplik/cm)	23,5	0,10	0,42	18,5335	0,0577	0,31
Kvrım c	4,5787	0,3990	8,71	7,8010	0,7257	9,30
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,1578	0	0	0,1619	0,008	5,19
Büküm Faktörü $m$	123,18			135,15		
Örtme Faktörü K	13,17			11,02		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	429,7	11,2	2,61	194,1	6,7	3,44
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,4219	0,999	4,12	2,235	1,5705	6,75
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	185,19			163,82		
Eğilme Modülü q	28,85			25,52		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	130,35	0,7778	0,59	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,4255	0,0532	12,51	Kumaş Yoğunluğu		0,3063





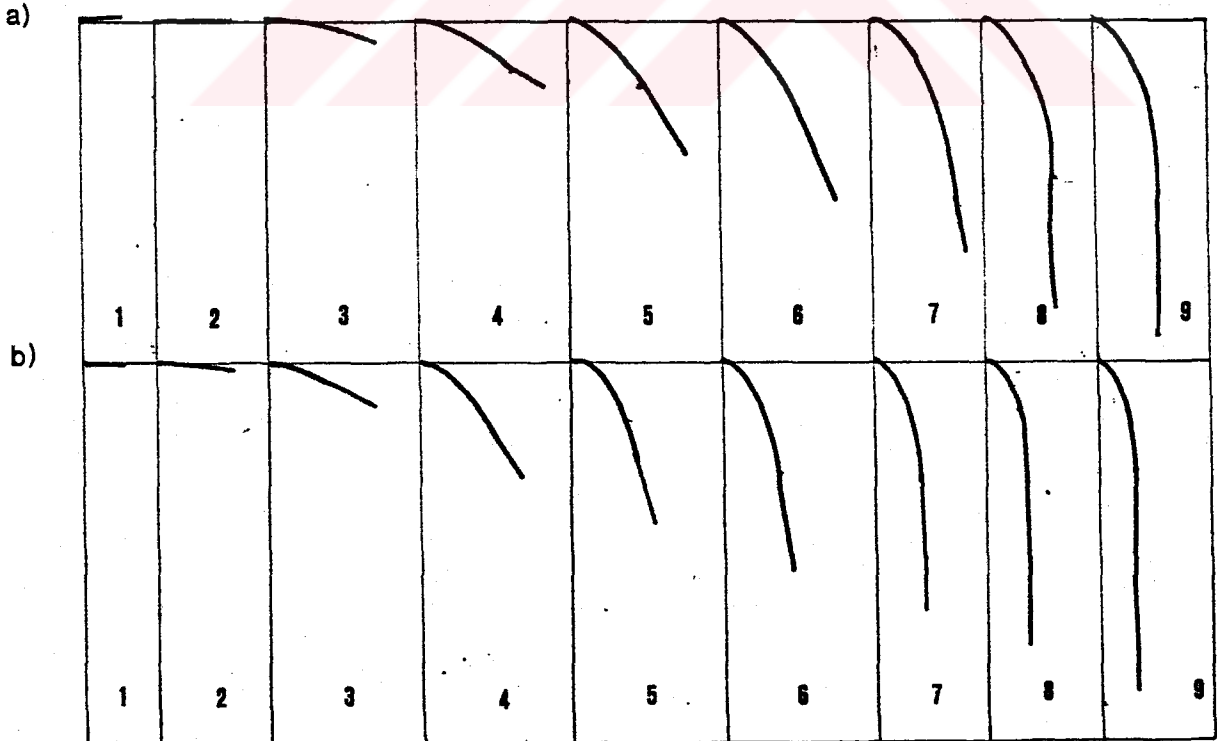
Şekil 4.23. 12 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



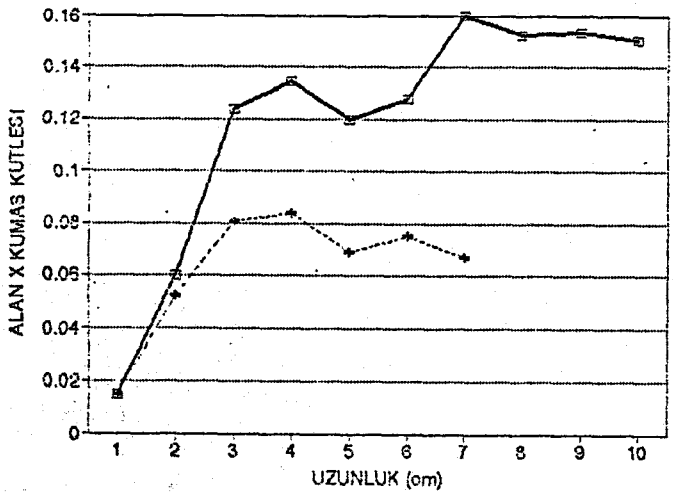
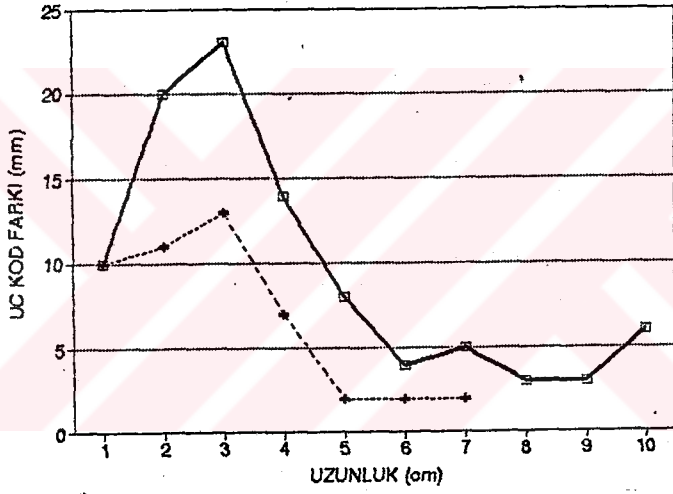
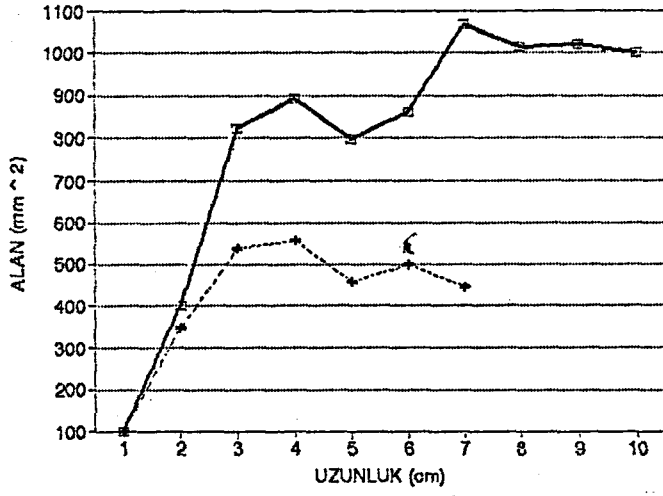
Şekil 4.24. 12 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.13. 13 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	13 (Apreli Kumaş)					
Kullanım Alanı	Çarşaflık					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_a$	20,65	0	0	18,79	0,07	0,40
Büküm T (Tur/m)	595	38,11	6,39	647	40,68	6,29
Sıklık n (İplik/cm)	24,7	0,09	0,40	22,95	0,15	0,65
Kıvrım c	2,3809	0,3339	14,02	9,8276	0,3355	3,41
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,184	0	0	0,1367	0,0288	21,06
Büküm Faktörü $m$	100,72			114,72		
Örtme Faktörü K	13,78			13,42		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	583,2	10,0	1,72	415,9	11,7	2,82
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,8313	1,4008	4,94	2,4063	0,8732	3,62
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	332,51			204,18		
Eğilme Modülü q	60,87			37,38		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	146,55	2,4749	1,68	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,4032	0,0394	9,79	Kumaş Yoğunluğu		0,3635



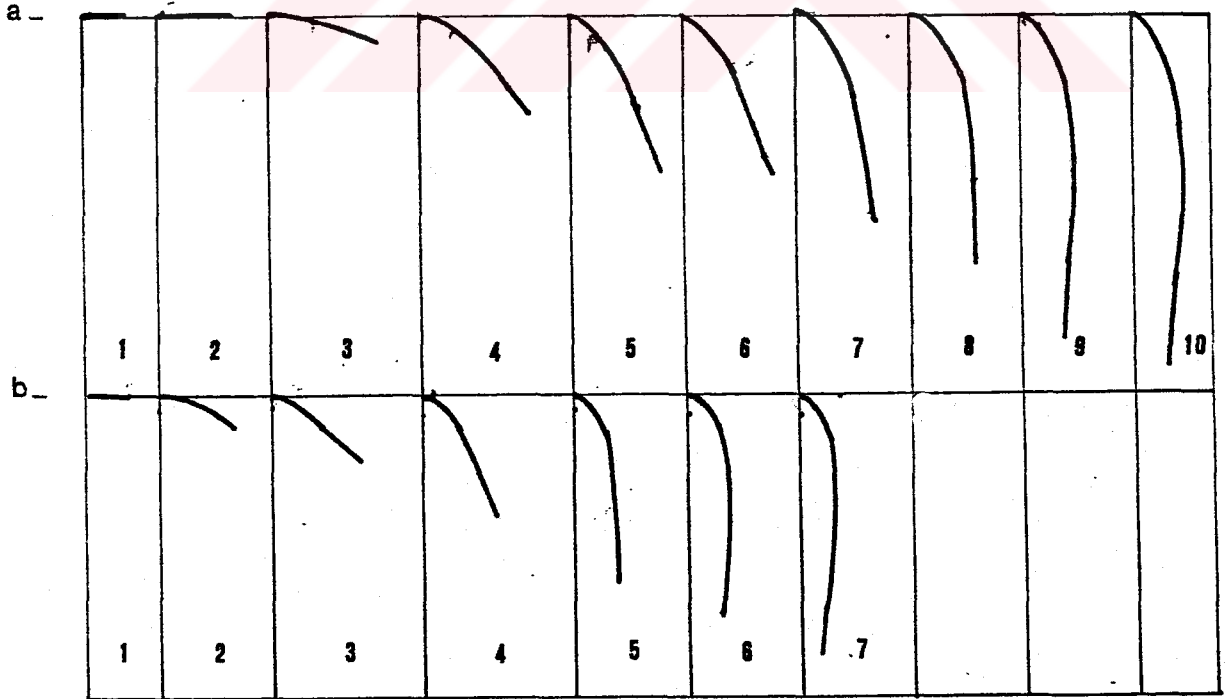
Şekil 4.25. 13 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



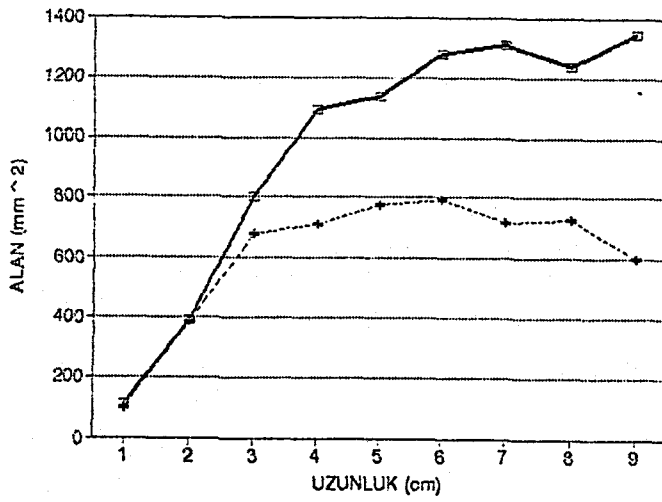
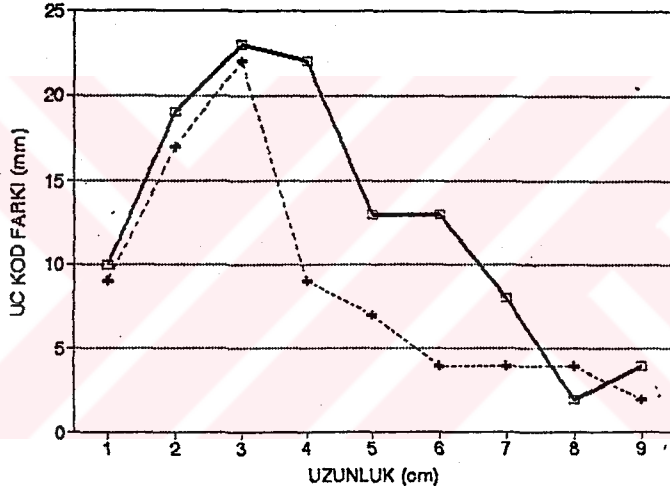
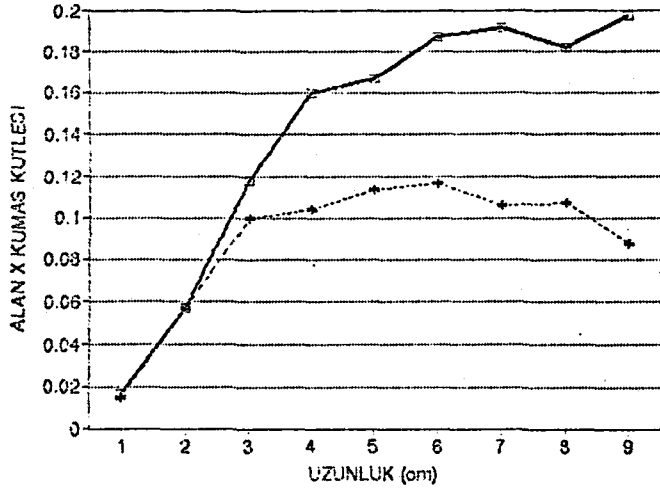
Şekil 4.26. 13 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.14. 14 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	14 (13 No'lu Kumaşın Kalenderlenmiş Hali)					
Kullanım Alanı	Çarşaflık					
Özellik	Çözü			Atkı		
	Pamuk			Pamuk		
Hammadde	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_e$	19,90	0,18	0,91	18,87	0,75	13,30
Büküm T (Tur/m)	629 Z	31,54	5,02	685 Z	28,42	4,14
Sıklık n (iplik/cm)	25,75	0,25	1,61	22,8	0,09	0,43
Kvrım c	2,7237	0,0	0,0	9,5124	0,79	8,35
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,1735	0,0144	8,29	0,163	0,0117	7,21
Büküm Faktörü $m$	108,38			121,29		
Örtme Faktörü K	14,63			13,30		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	652,7	31,0	4,74	466,0	9,9	2,11
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,5938	1,7783	6,85	2,2766	0,84	3,70
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	262,09			177,22		
Eğilme Modülü q	78,97			53,39		
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	X	S	% CV			
	150,2	1,5556	1,03	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,3415	0,0208	6,09	Kumaş Yoğunluğu		0,4398



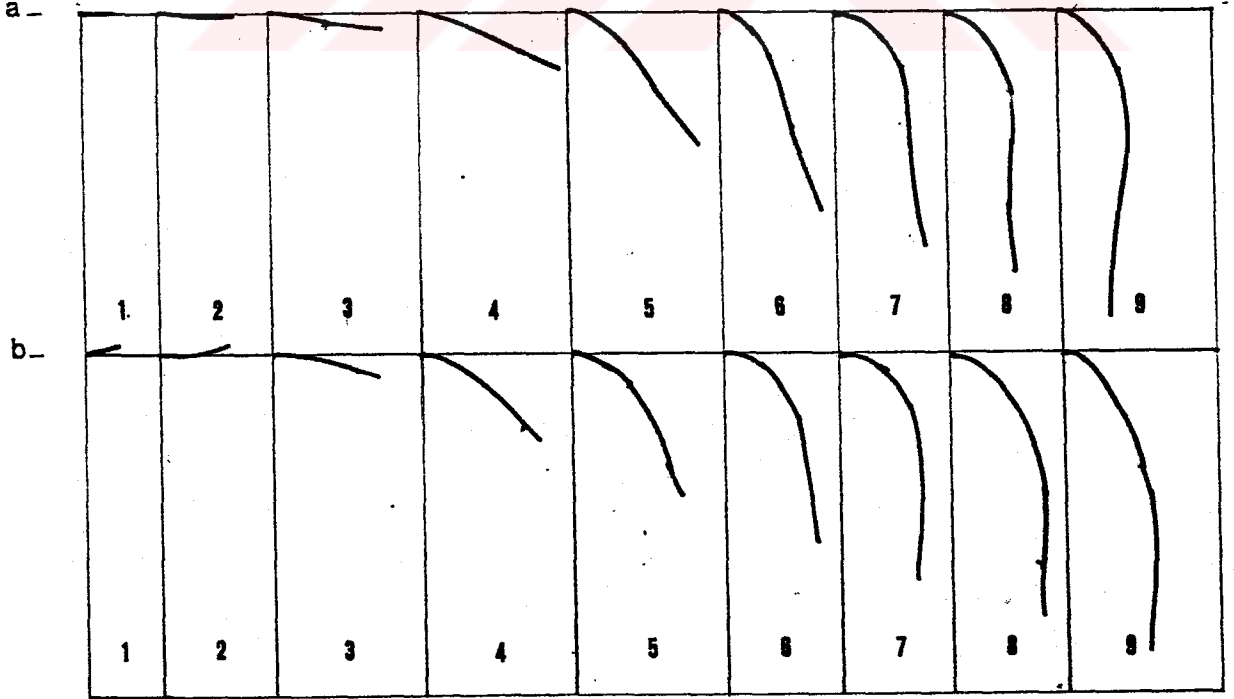
Şekil 4.27: 14 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



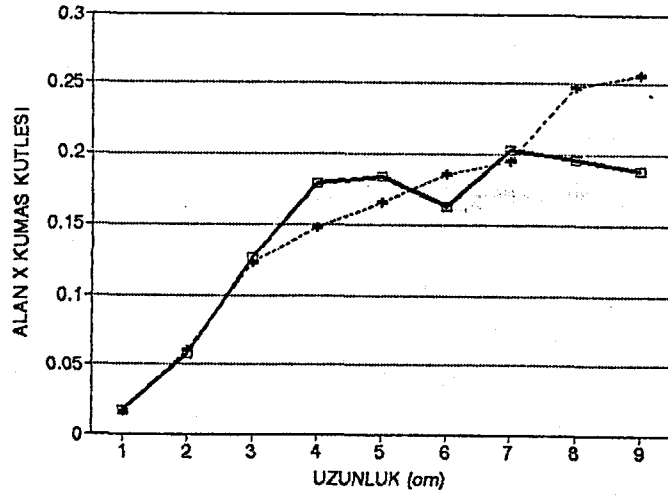
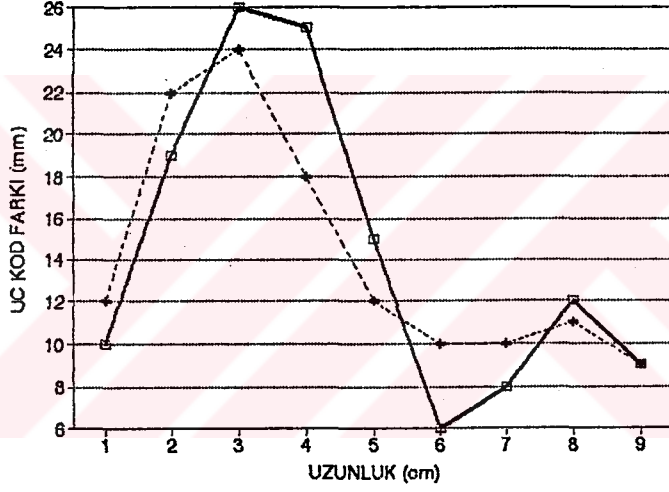
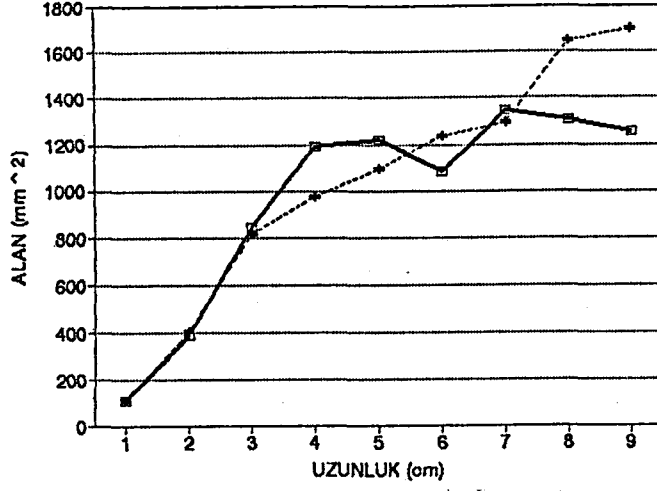
Şekil 4.28. 14 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.15. 15 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	15 (Haşılı Ham Kumaş)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_e$	17,89	0,164	0,91	19,57	0,25	1,29
Büküm T (Tur/m)	658 Z	37,1479	5,63	785 Z	35,01	4,45
Sıklık n (İplik/cm)	25,33	0,60	2,37	20,86	0,11	0,55
Kıvrım c	5,5999	0,0386	6,25	7,8609	0,4137	5,26
İplik Eğilme Rijitliği ( $mNm^{-2}$ )	0,1893	0,0386	20,41	0,2367	0	0
Büküm Faktörü $m$	119,69			136,34		
Örtme Faktörü K	15,18			11,96		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	371,0	15,9	4,29	322,6	10,4	3,22
Eğilme Uzunluğu (cm)	3,5234	4,2734	12,12	2,3031	0,6944	3,01
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	656,76			183,46		
Eğilme Modülü $q$	82,41			23,02		
	X	S	% CV			
Gramaj W ( $g/m^2$ )	150,2	0,9899	0,6591	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,4573	0,0164	3,5947	Kumaş Yoğunluğu		0,3284



Şekil 4.29. 15 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri

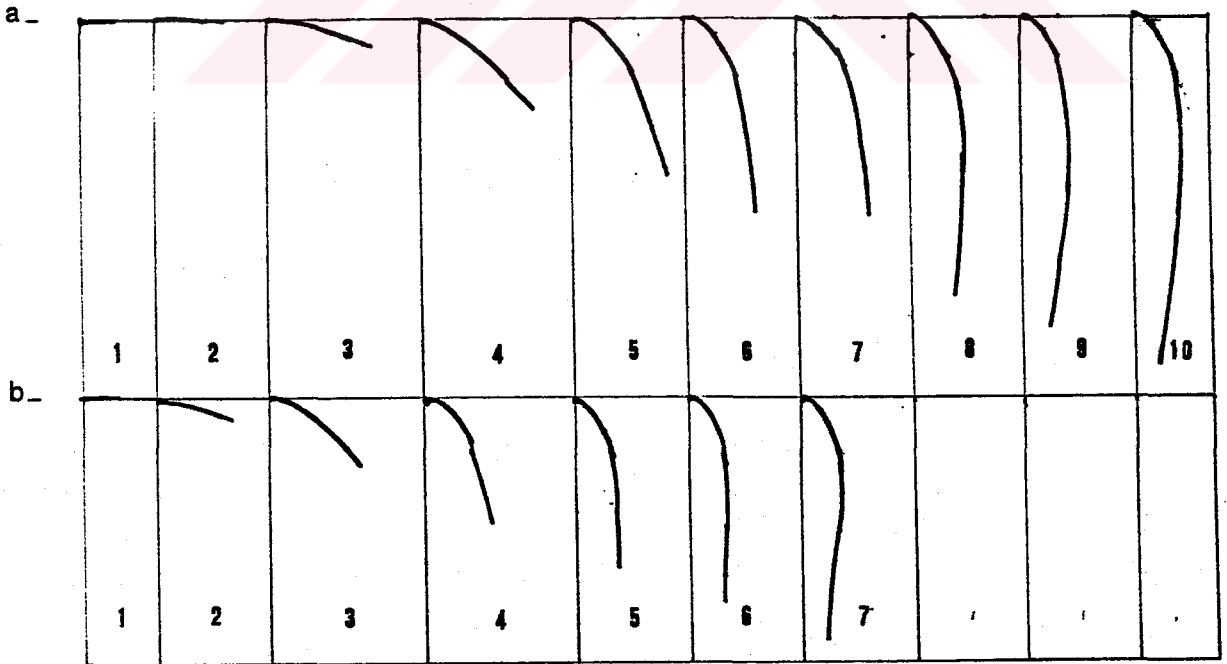


Şekil 4.30. 15 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

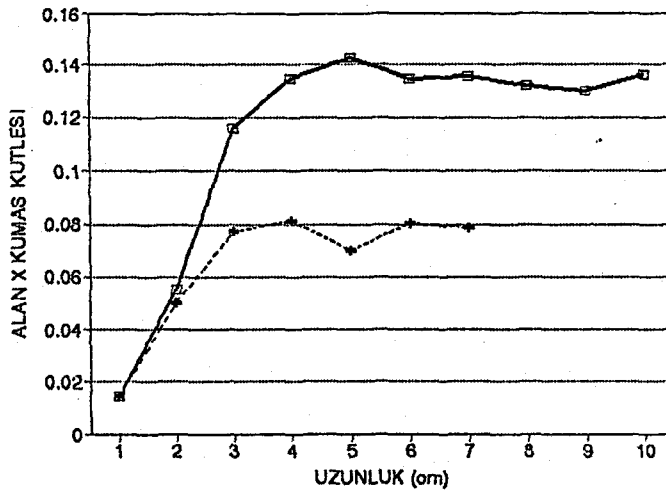
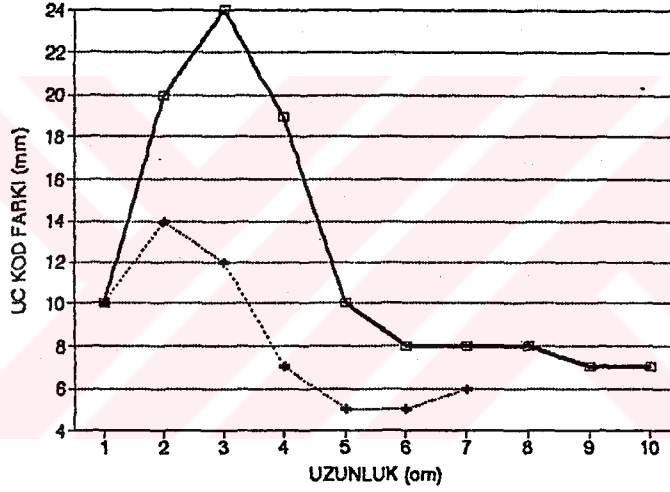
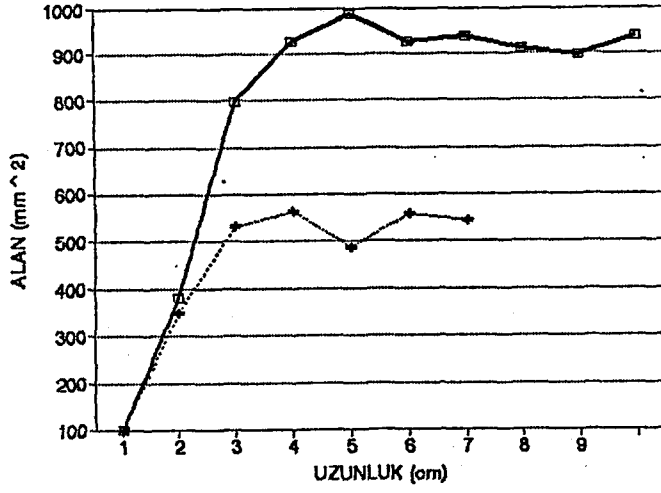


Çizelge 4.16. 16 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	16 (15 No'lu Kumaşın Mamul Baskılı Halî)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim					
Özellik	Çözü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_e$	21,52	0,16	0,75	19,24	0,42	2,19
Büküm T (Tur/m)	817 Z	42,70	5,22	796 Z	30,6	3,84
Sıklık n (İplik/cm)	20,93	0,11	0,55	20,93	0,05	0,27
Kvrım c	5,5986	0,5283	9,43	12,734	0,7884	6,19
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,1041	0,0309	29,69	0,0894	0,0129	14,40
Büküm Faktörü $m$	135,35			139,55		
Örtme Faktörü K	11,44			12,1		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	450	9,9	2,20	239,9	6,6	2,76
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,25	1,0645	4,73	2,0031	0,9031	4,50
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	164,59			116,12		
Eğilme Modülü q	34,88			24,61		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	144,55	2,7577	1,90	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,3840	0,0087	2,28	Kumaş Yoğunluğu		0,3763



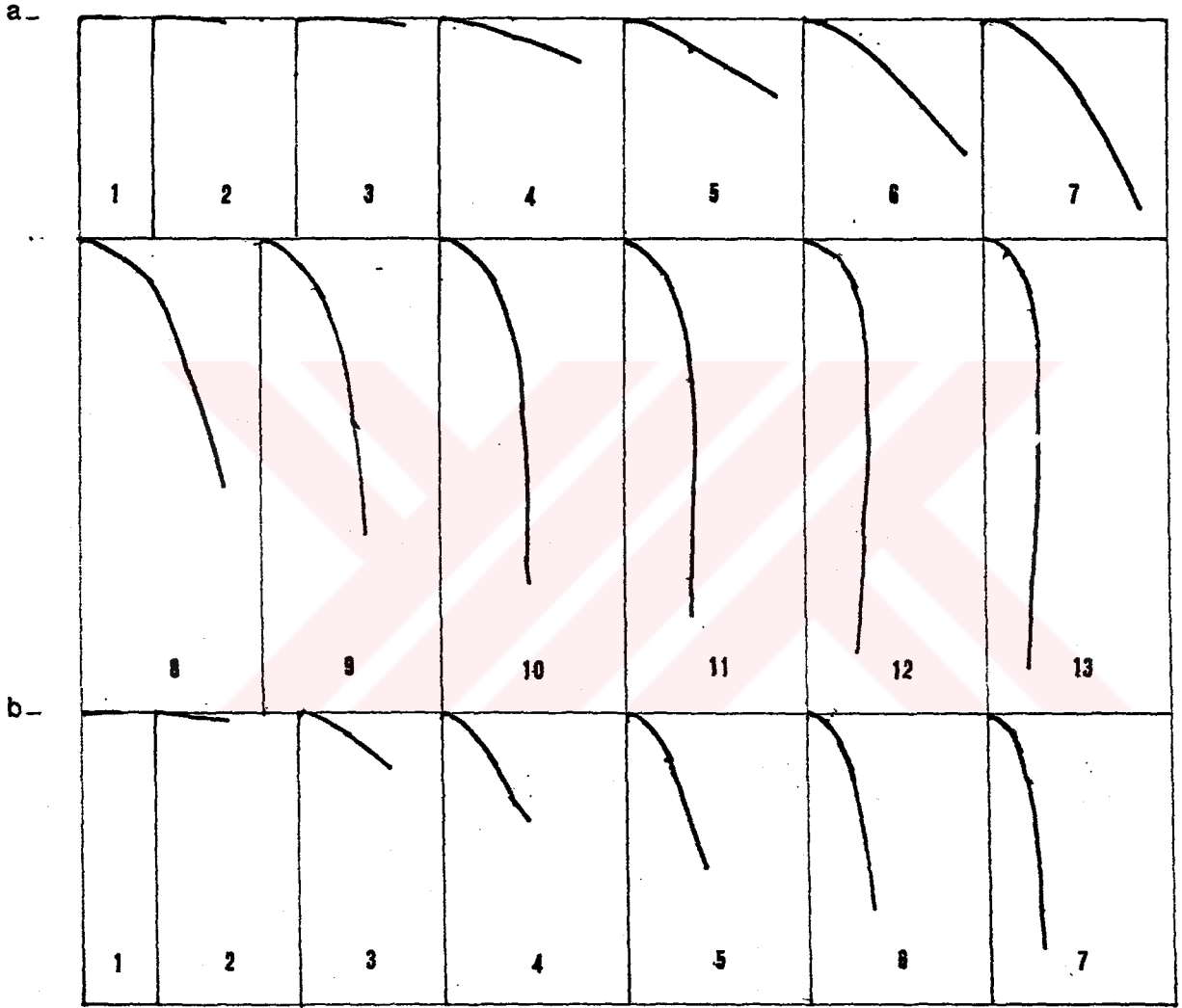
Şekil 4.31: 16 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



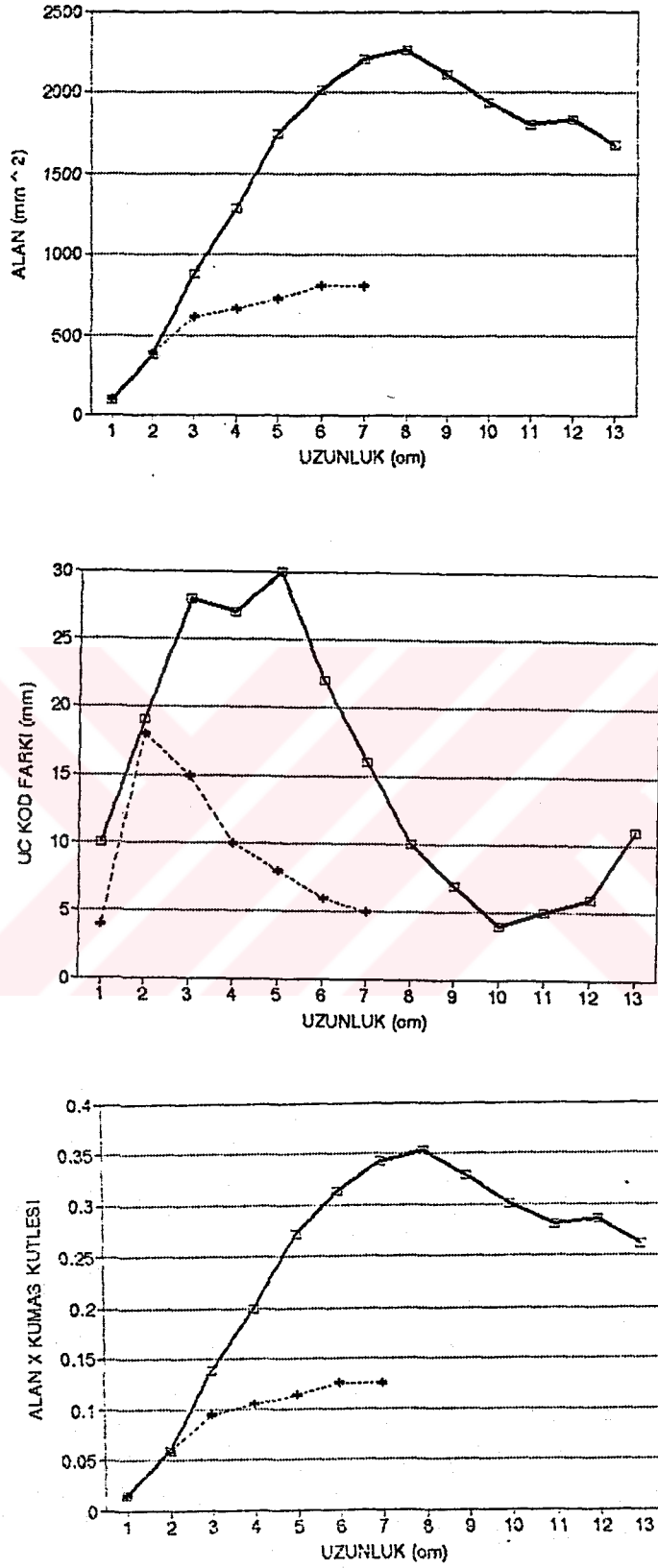
Şekil 4.32. 16 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.17. 17 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	17 (Mamul Kumaş)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim (Chambre)					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk (Karde)			Pamuk (Karde)		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_6$	20,35	0,11	0,55	19,88	0,04	0,24
Büküm T (Tur/m)	663	54,53	8,21	707	24,09	3,40
Sıklık n (İplik/cm)	26,23	0,28	1,10	21	0,2	0,95
Kvrım c	11,5022	0,3976	3,45	10,1999	0,3464	0,39
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,60	0,04	7,59	0,2682	0,04	16,10
Büküm Faktörü $m$	113,08			121,97		
Örtme Faktörü K	14,74			11,94		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	349,5	9,0	2,59	279,5	6,6	2,37
Eğilme Uzunluğu (cm)	3,7312	1,7689	4,74	2,45	1,1832	4,82
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	809,08			229,05		
Eğilme Modülü $q$	111,90			31,68		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	155,75	2,8991	1,86	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,4427	0,0179	4,05	Kumaş Yoğunluğu		0,3518



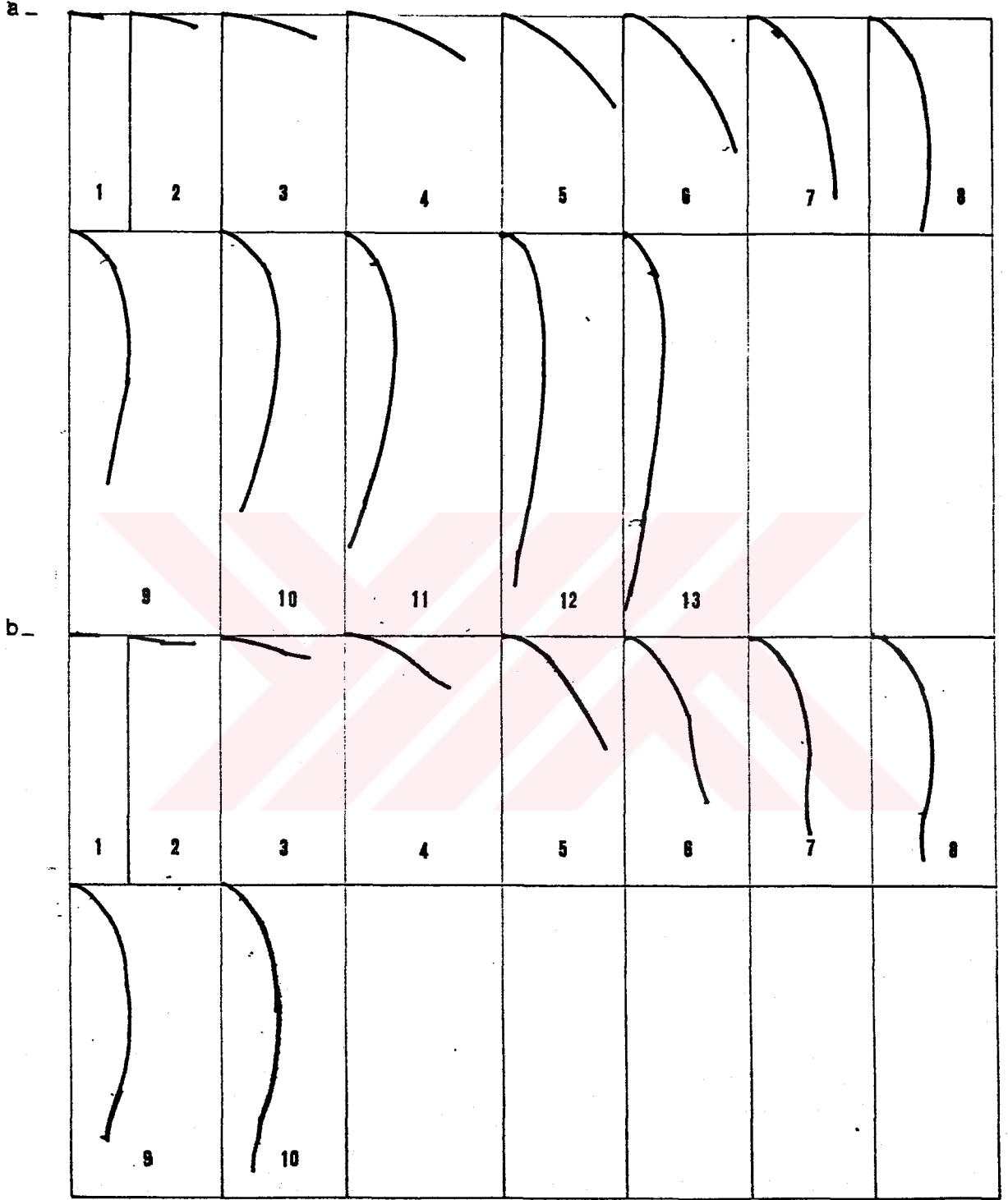
Şekil 4.33. 17 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



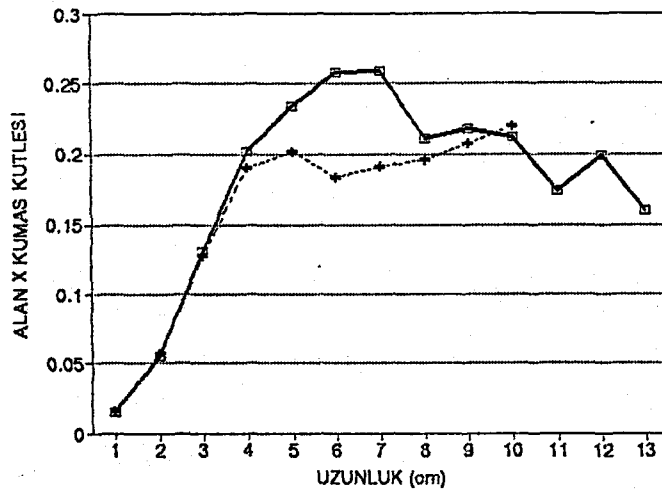
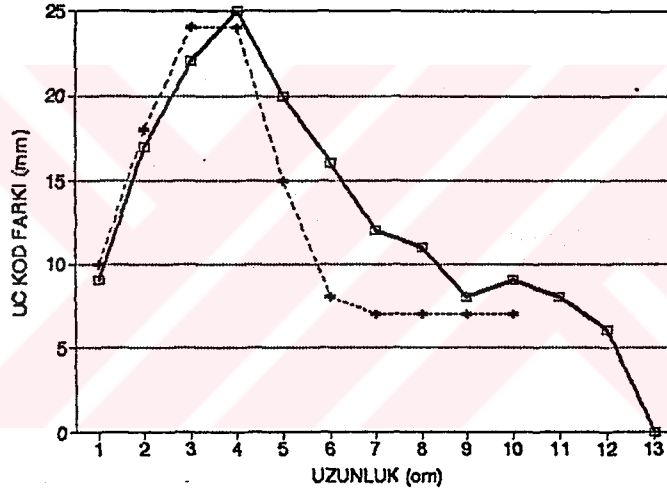
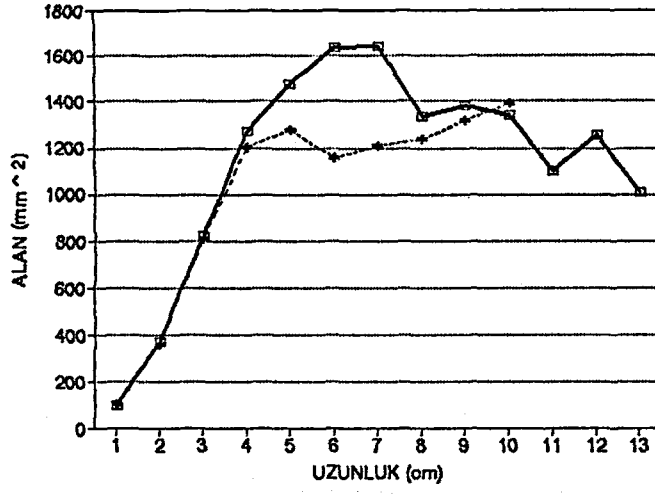
Şekil 4.34. 17 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.18. 18 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	18 (Ham Haşılı Kumaş)					
Kullanım Alanı	Üst Giyimlik Kreton Kumaş					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_e$	18,44	0,02	0,11	19,04	0	0
Büküm T (Tur/m)	574	46,79	8,15	691	31,97	4,63
Sıklık n (İplik/cm)	22,26	0,05	0,25	24,05	0,25	1,03
Kıvrım c	9,5501	0,3727	3,90	6,9245	0,1899	2,74
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,1578	0	0	0,1578	0	0
Büküm Faktörü $m$	102,74			121,85		
Örtme Faktörü K	13,15			13,97		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	210,7	13,3	6,30	222,0	7,2	3,25
Eğilme Uzunluğu (cm)	3,0638	2,25	7,34	2,9682	1,5569	5,24
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	454,09			411,89		
Eğilme Modülü q	39,66			35,97		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	157,9	1,2728	0,80	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,516	0,013	2,53	Kumaş Yoğunluğu		0,306



Şekil 4.35. 18 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri

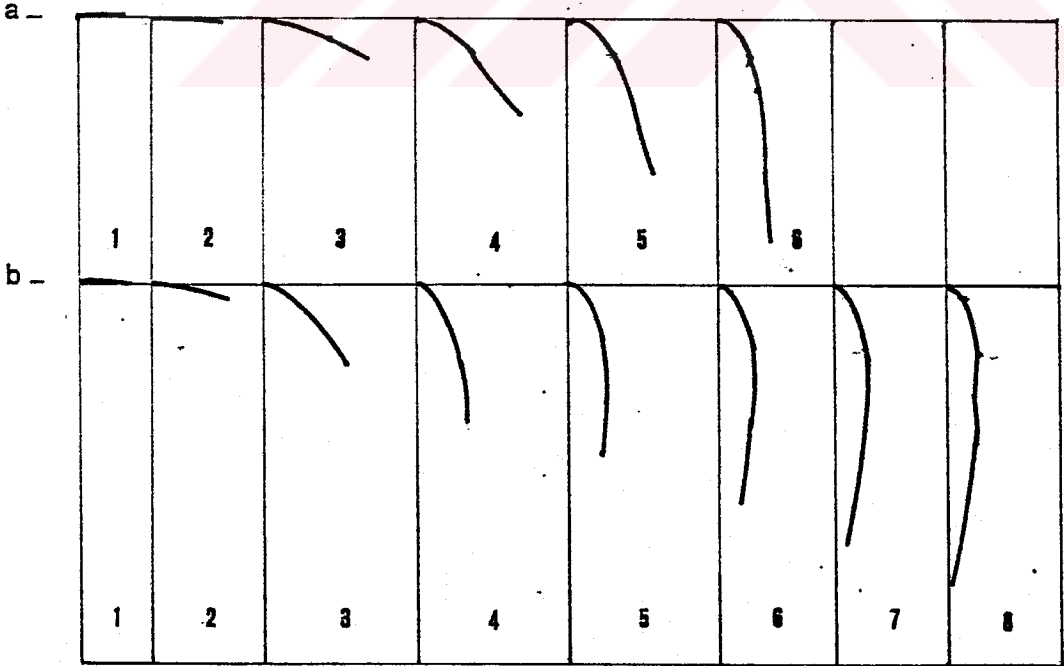


Şekil 4.36. 18 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

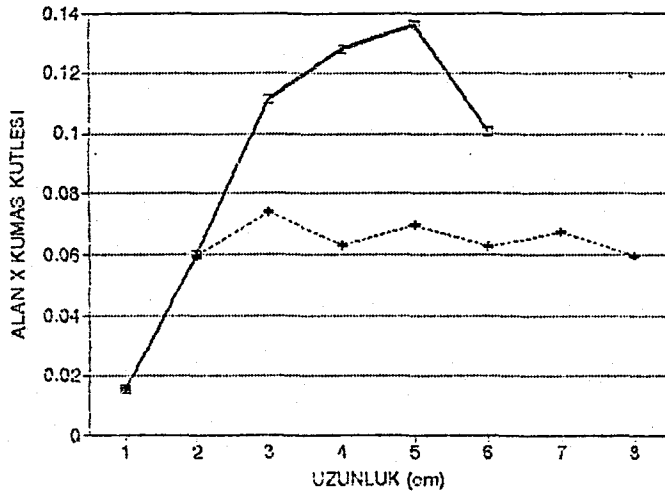
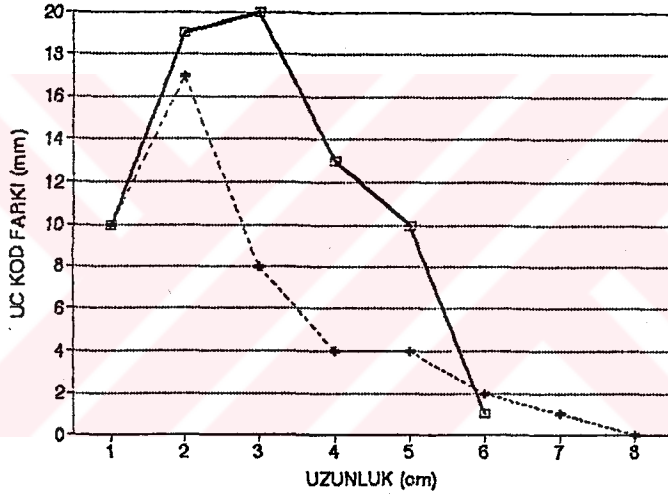
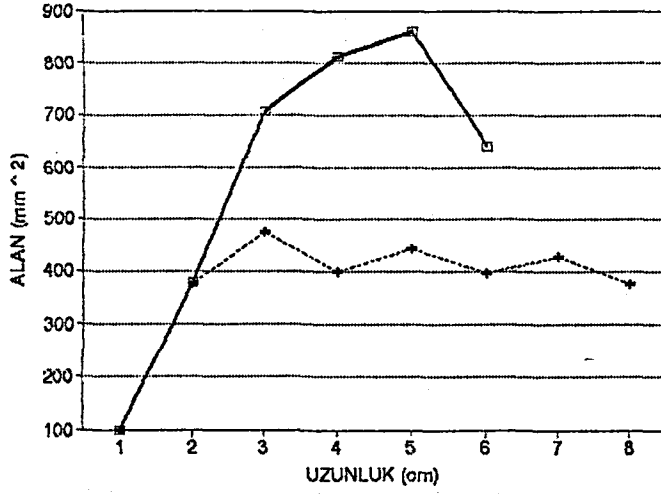


Çizelge 4.19. 19 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	19 (18 No'lu Kumaşın Baskılı Mamul Hall)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim					
Özellik	Çözü			Atkı		
	Pamuk			Pamuk		
Hammadde	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_e$	17,22	0,02	0,16	22,93	0,01	0,06
Büküm T (Tur/m)	643 Z	40,75	6,32	584 Z	21,83	3,73
Sıklık n (İplik/cm)	24,2	0,19	0,82	22,9	0	0
Kıvrım c	3,099	0,4618	14,90	12,4030	0,2752	2,21
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,2682	0,043	16,10	0,1893	0,028	15,21
Büküm Faktörü $m$	120,02			93,81		
Örtme Faktörü K	14,78			12,12		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	331,8	18,9	5,71	231,4	5,5	2,39
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,4156	1,1360	4,70	2,1282	0,9481	4,45
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	222,15			155,90		
Eğilme Modülü q	38,82			26,54		
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	X	S	% CV			
	157,6	0,9899	0,62	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,4095	0,0252	6,15	Kumaş Yoğunluğu		0,3849



Şekil 4.37. 19 Numaralı kumaşa ait, a) çözü b) atkı eğilme eğrileri

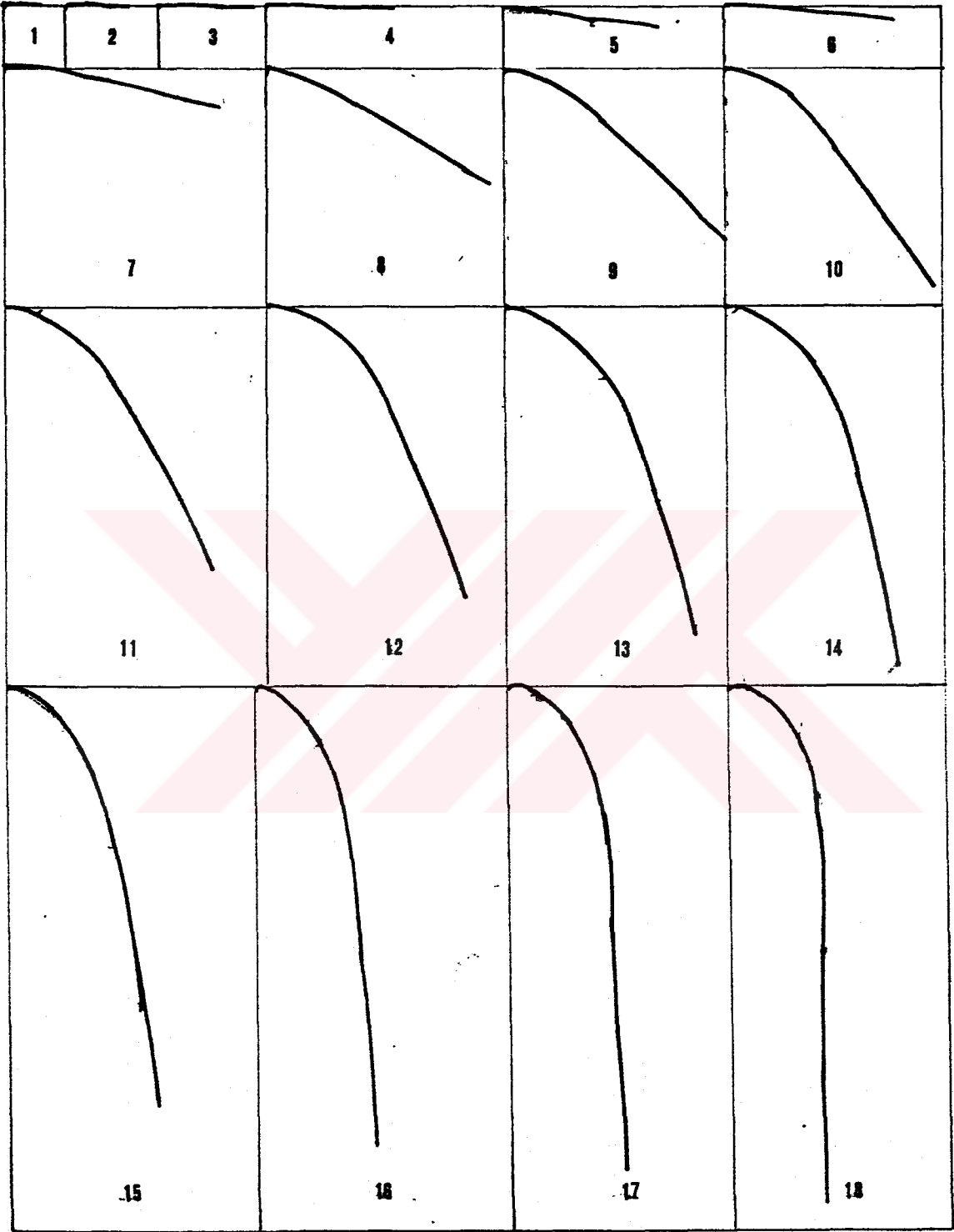


Şekil 4.38. 19 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

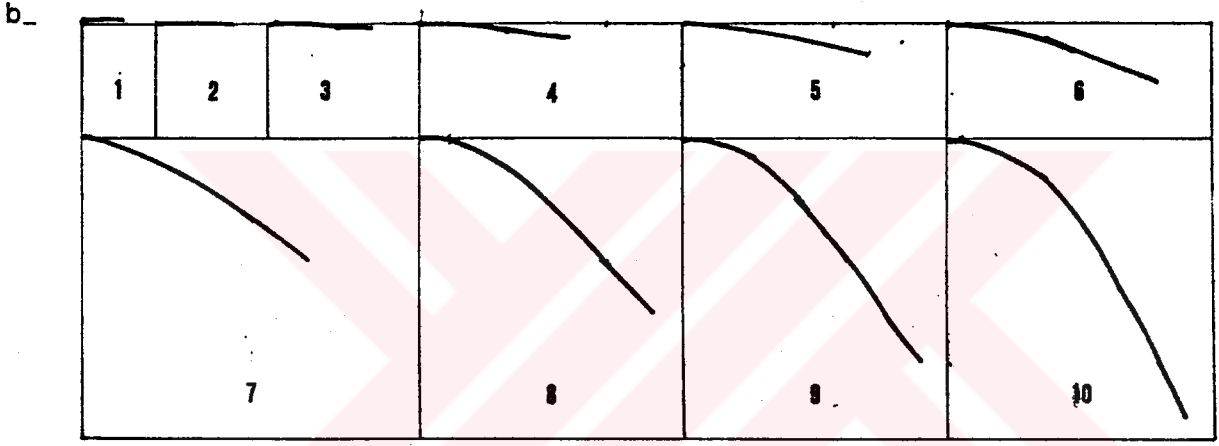
Çizelge 4.20. 20 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	20 (19 No'lu Kumaşın Sert Apreli Hali)					
Kullanım Alanı	Yaka Astarlığı					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_e$	18,77	0,35	1,88	18,3018	0,0973	0,5316
Büküm T (Tur/m)	519 Z	70,26	13,52	542 Z	82,12	15,14
Sıklık n (İplik/cm)	23,5	0,1	0,42	22,5667	0,2082	0,92
Kvrım c	1,3414	0,2191	15,88	4,9419	0,3614	7,31
İplik Eğilme Rijitliği (mNm <sup>2</sup> )	1,2485	0,2852	22,84	0,936	0	0
Büküm Faktörü $m$	92,18			98,26		
Örtme Faktörü K	13,75			13,37		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	355,9	15,9	4,46	169,1	4,9	2,92
Eğilme Uzunluğu (cm)	5,475	1,3416	2,45	5,1719	0,6046	1,16
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	2488,0			2097,37		
Eğilme Modülü q	459,57			387,42		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	151,6	1,556	1,02	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,402	0,0131	3,27	Kumaş Yoğunluğu		0,3771

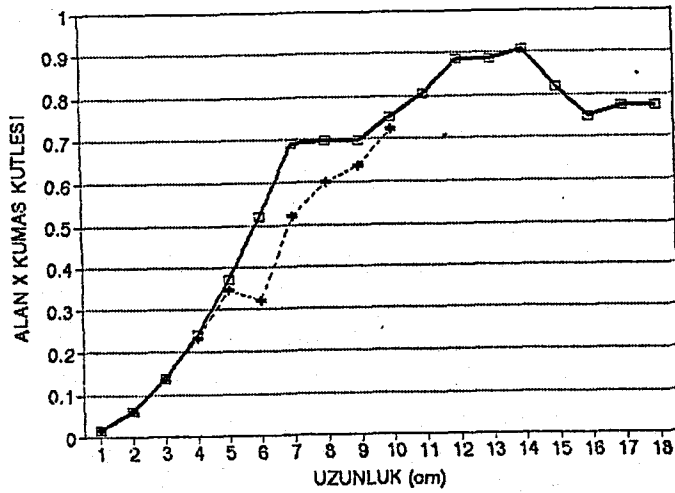
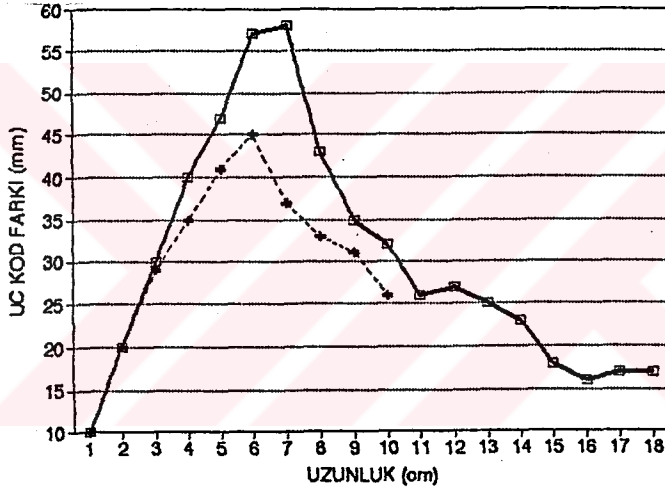
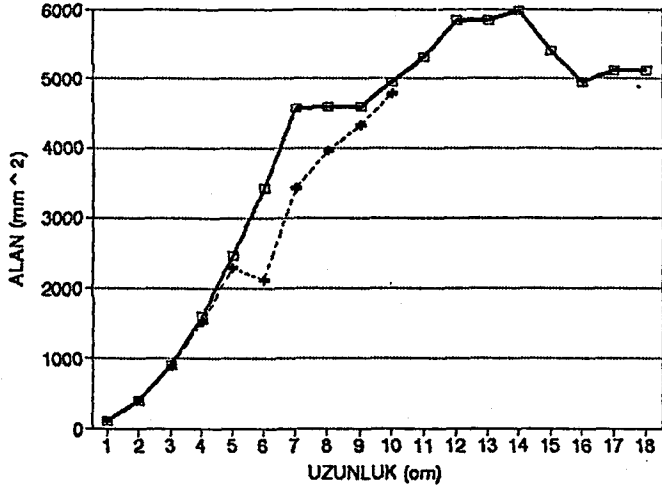
a.



Şekil 4.39. a) 20 Numaralı kumaşa ait çözgü eğilme eğrileri



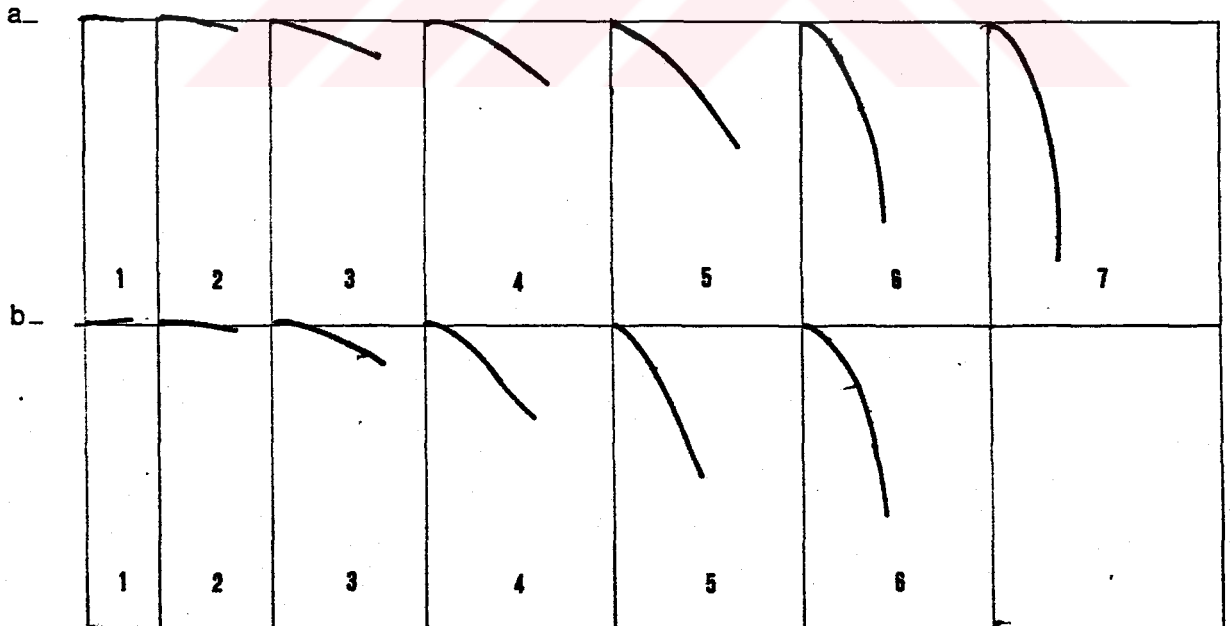
Şekil 4.39. b) 20 Numaralı kumaşa ait atkı eğilme eğrileri



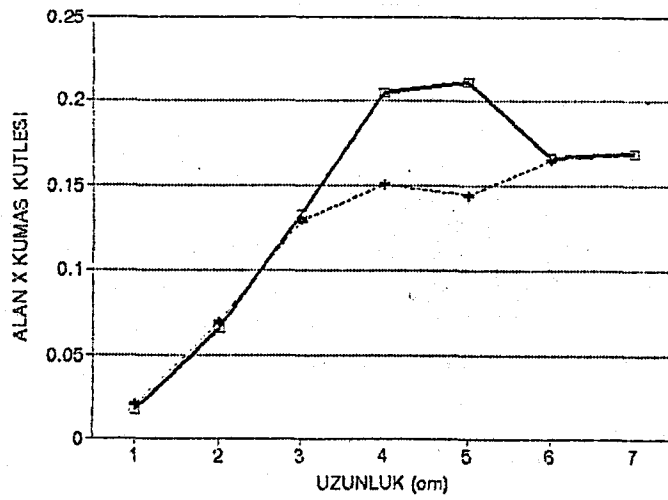
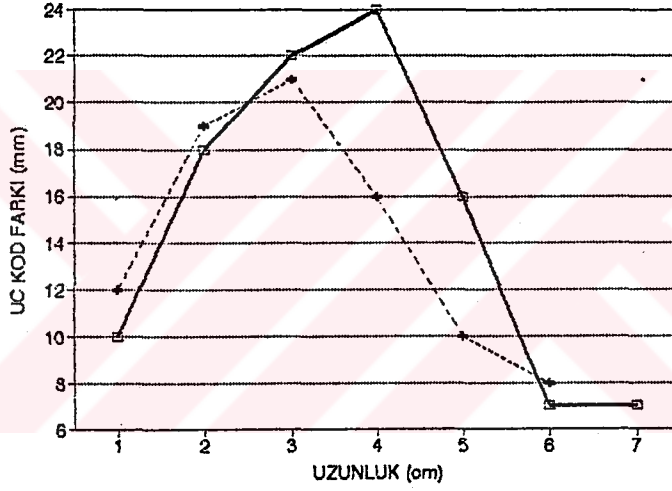
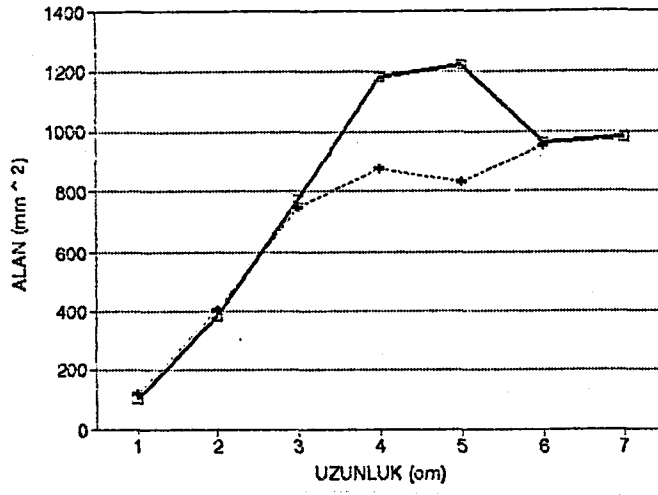
Şekil 4.40. 20 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.2. 21 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	21 (Haşılı Ham Kumaş)					
Kullanım Alanı	Çarşaflık Kumaş					
Özellik	Çözü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_e$	17,63	0,03	0,21	20,39	0,12	0,63
Büküm T (Tur/m)	634 Z	26,76	4,22	719 Z	34,68	4,82
Sıklık n (İplik/cm)	25	0,1	0,4	24,05	0,05	0,20
Kvrım c	10,4887	0,4269	4,07	8,7554	0,1892	02,16
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,2062	0,03415	16,56	0,1525	0,0105	6,89
Büküm Faktörü $m$	116,0831			122,4024		
Örtme Faktörü K	15,0992			13,5062		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	363,1	10,9	3,01	553,9	15,2	4,30
Eğilme Uzunluğu (cm)	3,5188	5,6624	16,09	2,3188	2,3157	9,98
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	751,05			214,94		
Eğilme Modülü $q$	78,99			22,61		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	172,35	3,3234	1,92	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,485	0,0168	3,47	Kumaş Yoğunluğu		0,3554



Şekil 4.41. 21 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri

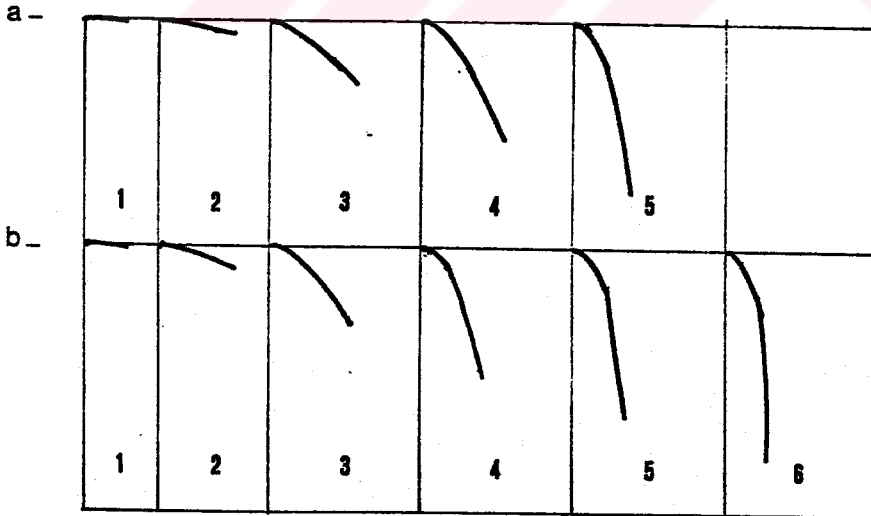


Şekil 4.42. 21 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

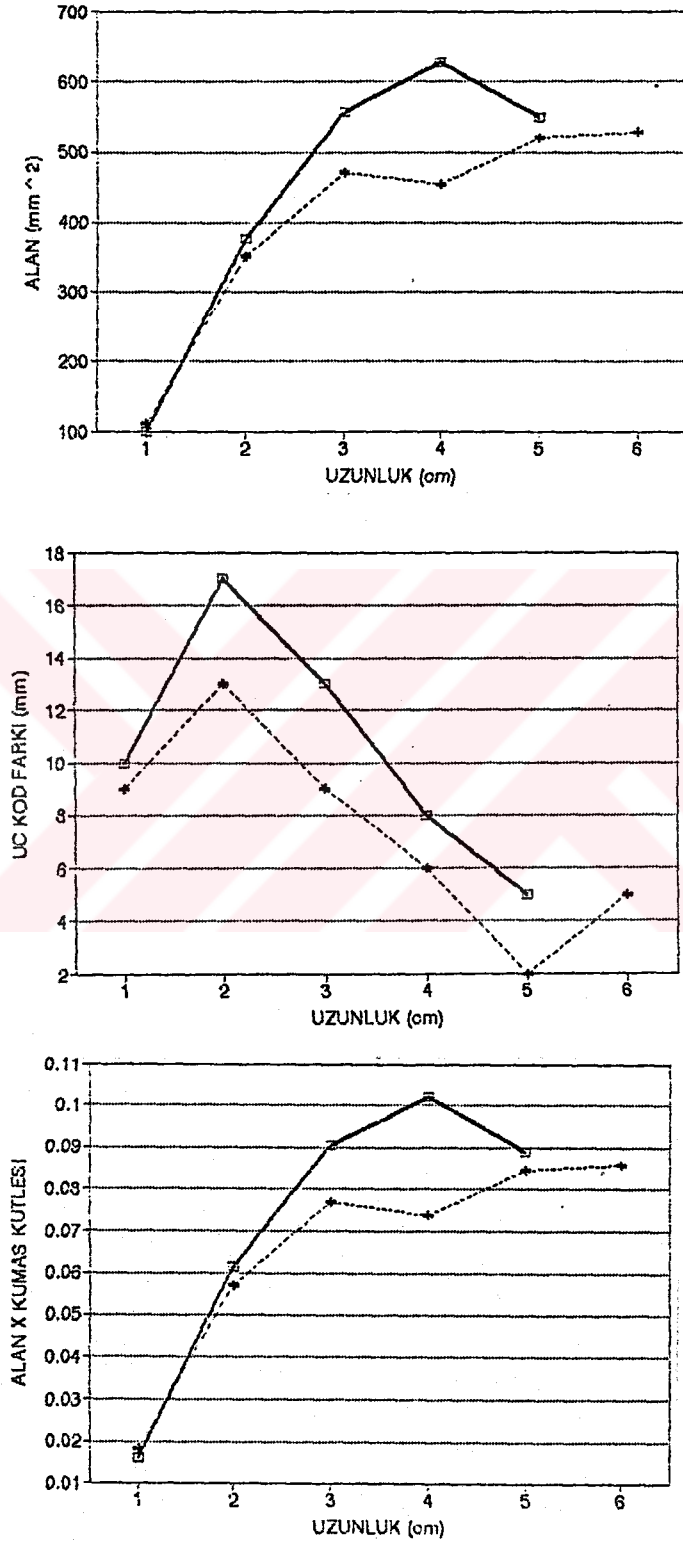


Çizelge 4.22. 22 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	22 (21 No'lu Kumaşın Haşılı Sökülmüş Hal)					
Kullanım Alanı	Çarşaflık					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_g$	20,38	0,07	0,36	19,9511	0,098	0,4914
Büküm T (Tur/m)	726	46,6	6,41	774	22,9	2,96
Sıklık n (İplik/cm)	26,2	0,0999	0,38	24,4	0,3	1,22
Kıvrım c	12,9420	0,2283	1,76	10,0070	0,1452	1,45
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,2682	0,0386	14,40	0,2367	0	0
Büküm Faktörü $m$	123,67			133,18		
Örtme Faktörü K	14,71			13,85		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	336,2	12,1	3,61	316,8	7,1	2,25
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,1844	0,9784	4,47	2,1343	0,8310	3,89
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	169,44			158,07		
Eğilme Modülü q	17,44			16,27		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	162,65	3,3234	2,04	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,4885	0,1055	2,16	Kumaş Yoğunluğu		0,3329



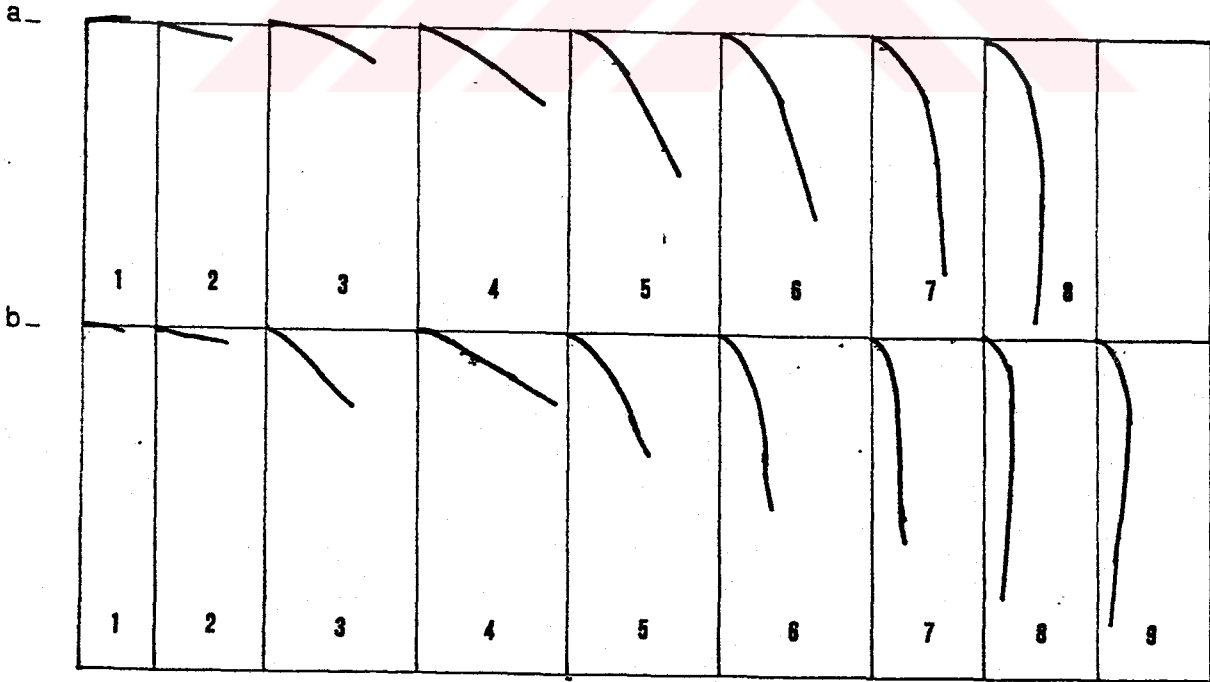
Şekil 4.43. 22 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



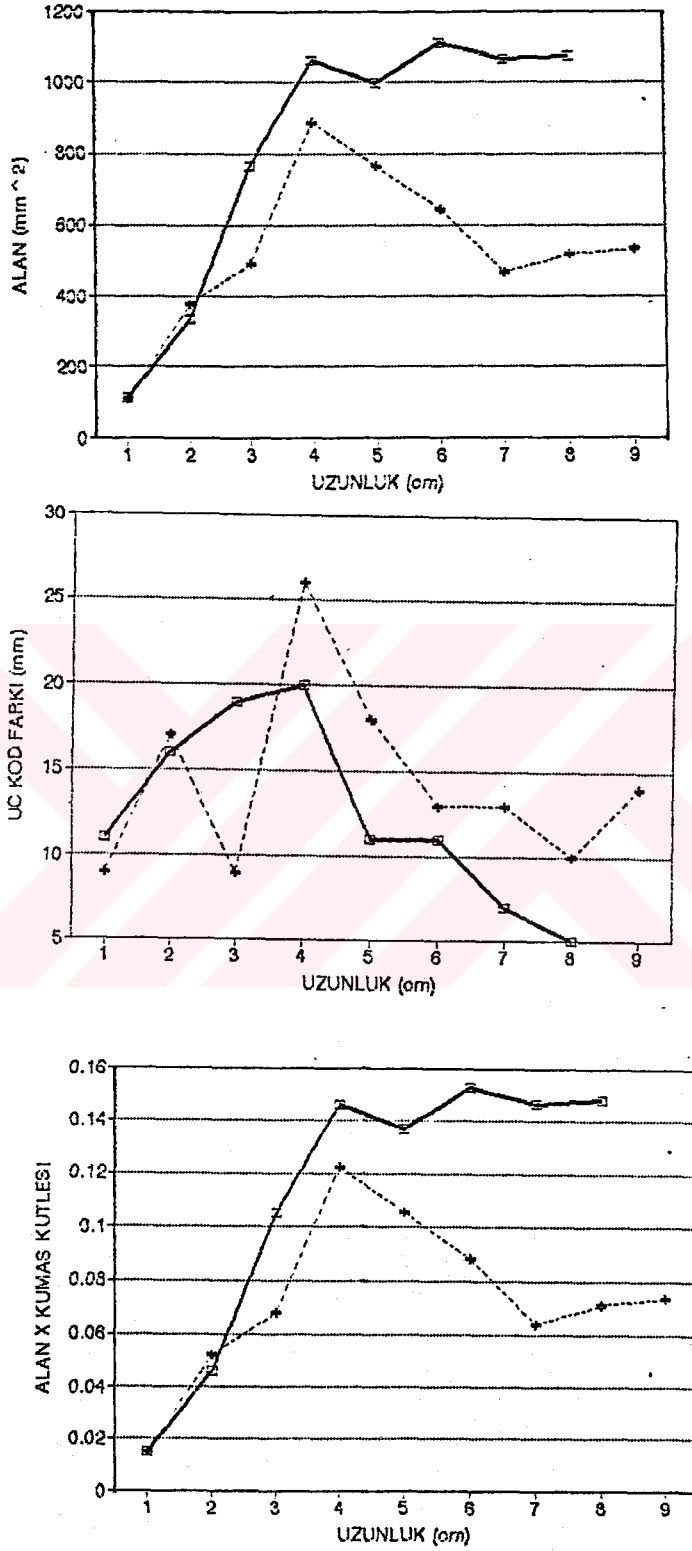
Şekil 4.44. 22 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Şizelge 4.23. 23 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	23 (21 No'lu Kumaşın Kasarlanmış halı)					
Kullanım Alanı	Çarşaflık					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_g$	22,42	0,13	0,58	22,39	0,108	0,48
Büküm T (Tur/m)	730 Z	28,98	3,96	744 Z	31,47	31,47
Sıklık n (İplik/cm)	25,9	0,3	1,15	22,75	0,14	0,65
Kıvrım c	3,5987	0,1917	5,32	10,0711	0,2893	2,87
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,1893	0,03865	20,41	0,1946	0,036	18,33
Büküm Faktörü $m$	118,56			120,84		
Örtme Faktörü K	13,8711			12,1917		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	574,5	11,9	2,06	378,2	23,6	6,24
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,5938	1,3479	5,19	2,1438	0,6781	3,16
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	240,25			135,81		
Eğilme Modülü q	49,74			28,12		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	137,8	1,9799	1,43	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,387	0,021	5,31	Kumaş Yoğunluğu		0,3561



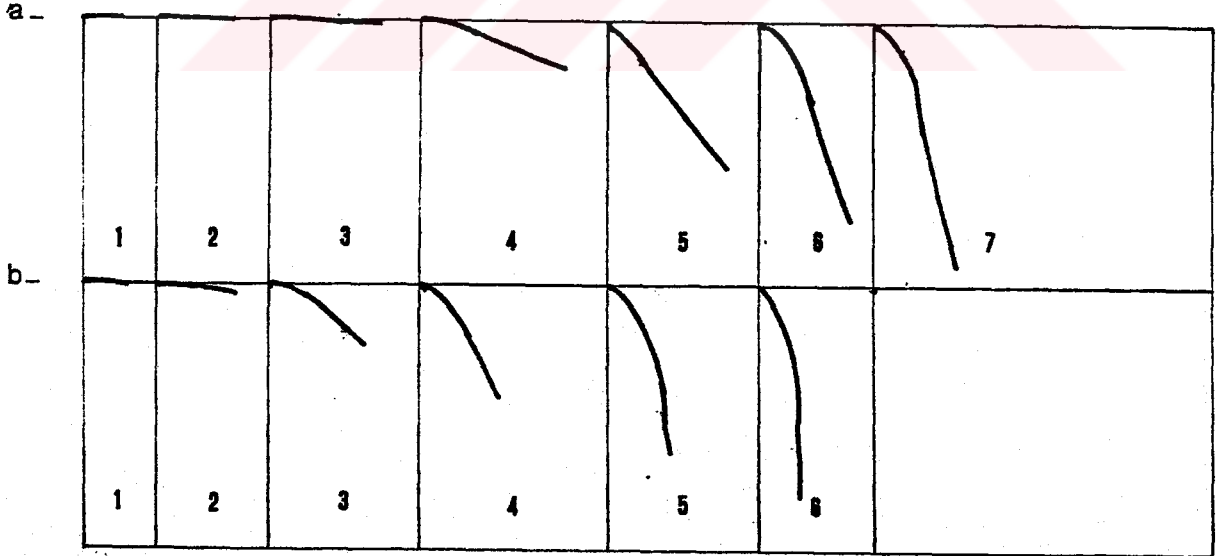
Şekil 4.45. 23 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



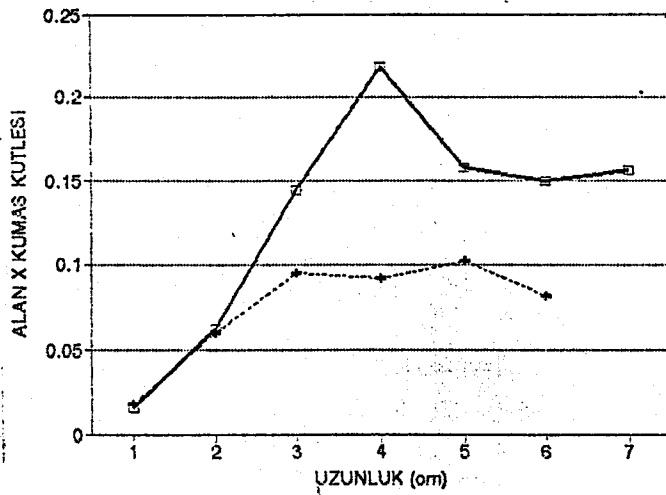
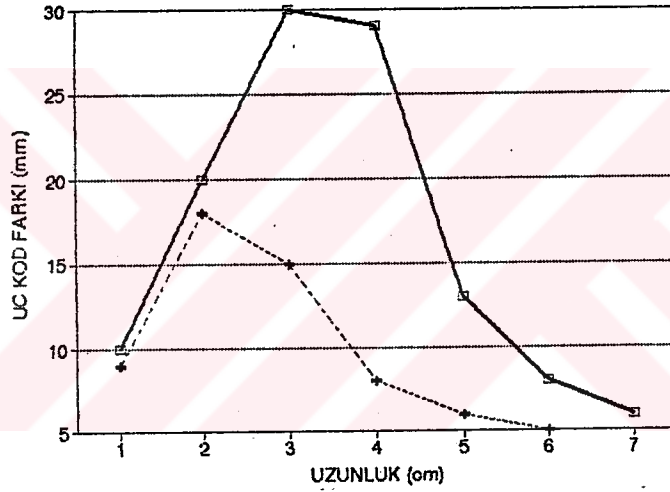
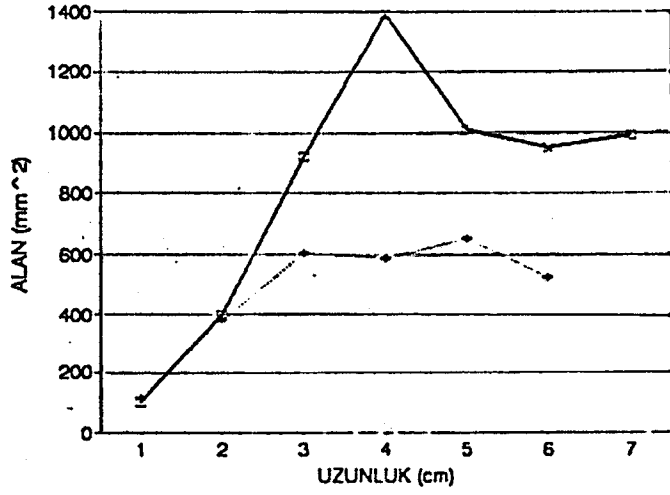
Şekil 4.46. 23 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri.

Çizelge 4.24. 24 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	24 (21 No'lu Kumaşın Mersevizelenmiş Halli)					
Kullanım Alanı	Çarşaflık					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_e$	21,84	0,13	0,62	21,24	0,14	0,68
Büküm T (Tur/m)	750	35,11	4,67	742	40,01	5,39
Sıklık n (İplik/cm)	27,8	0,09	0,35	23,3	0,19	0,85
Kvrım c	6,1902	0,3692	5,96	14,914	0,6162	4,13
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,1735	0,03	18,18	0,2051	0,0386	18,84
Büküm Faktörü $m$	123,46			123,78		
Örtme Faktörü K	15,08			12,082		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	419,6	19,7	4,69	521,6	13,5	4,21
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,4375	1,995	8,18	2,1375	1,0938	5,11
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	226,87			153,19		
Eğilme Modülü $q$	30,58			20,65		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	156,75	2,7577	1,75	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,4465	0,013	2,53	Kumaş Yoğunluğu		0,3511



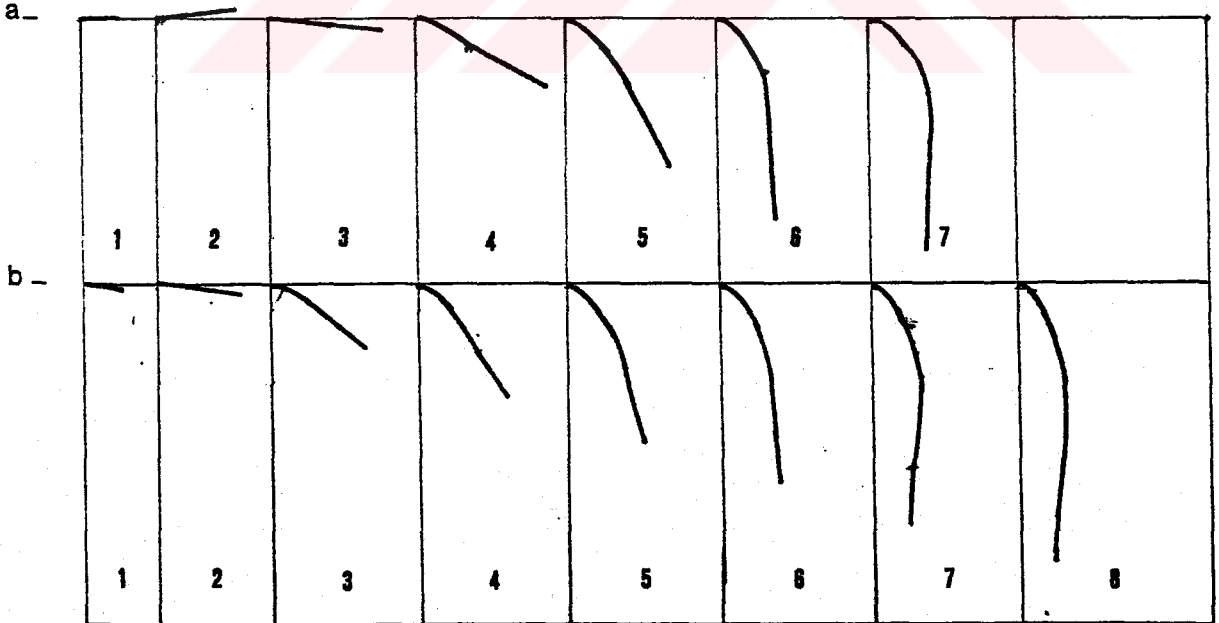
Şekil 4.47. 24 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



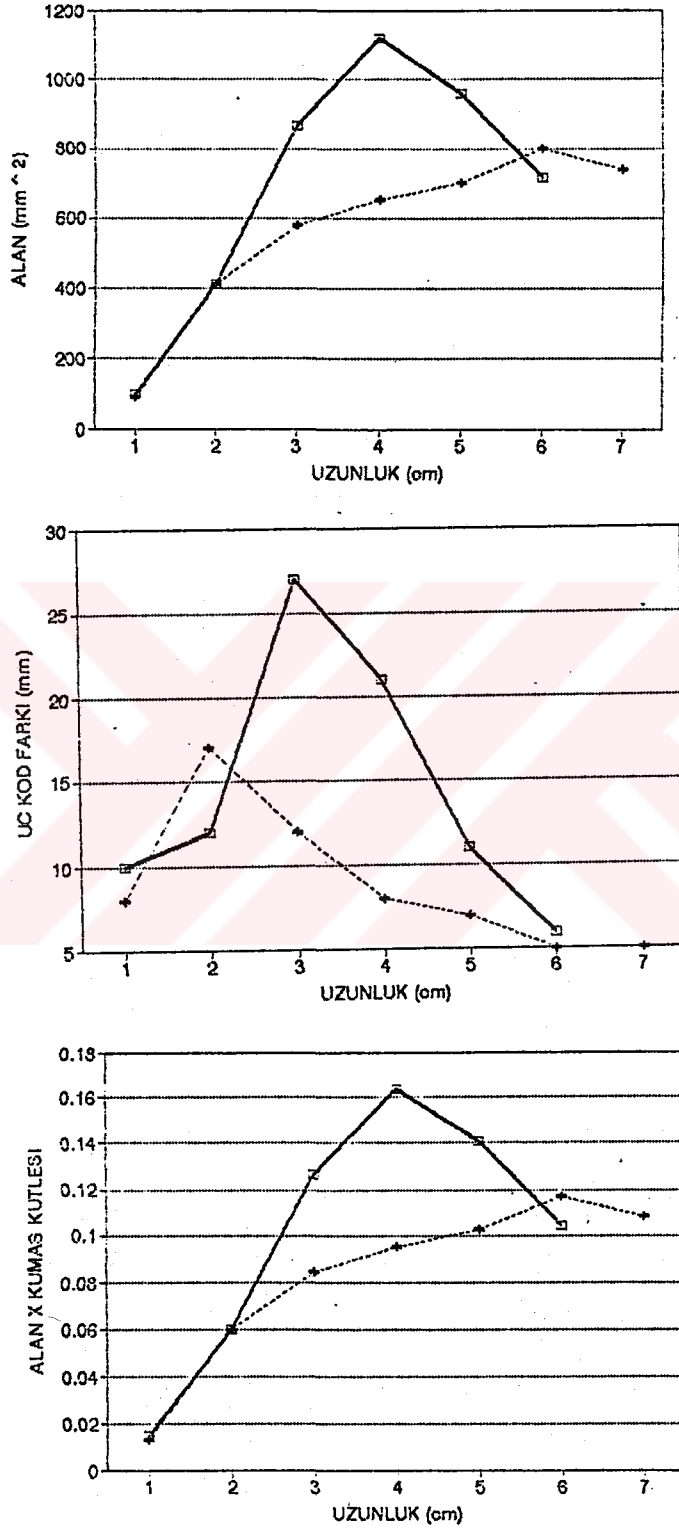
Şekil 4.48. 24 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.25. 25 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	25 (21 No'lu Kumaşın Kalenderli Hali)					
Kullanım Alanı	Çarşaflık					
Özellik	Çözüğü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_a$	21,51	0,24	1,11	20,43	0,05	0,25
Büküm T (Tür/m)	690 Z	42,13	6,10	685	21,31	3,10
Sıklık n (İplik/cm)	25,6	0,1	0,39	23,1	0,10	0,43
Kvrım c	4,3597	0,3845	8,8183	7,8495	0,40	5,13
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,1125	0,0063	1,6075	0,0985	0,03	30,90
Büküm Faktörü $m$	114,43			116,47		
Örtme Faktörü K	13,99			12,95		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	564,7	8,2	1,45	474,9	13,0	2,73
Eğilme Uzunluğu (cm)	3,065	2,0916	6,82	2,4312	0,7932	3,26
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	421,53			210,33		
Eğilme Modülü q	127,35			63,54		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	146,4	0,9899	0,67	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,3412	0,0099	2,93	Kumaş Yoğunluğu		0,4291



Şekil 4.49. 25 Numaralı kumaşa ait, a) çözüğü b) atkı eğilme eğrileri

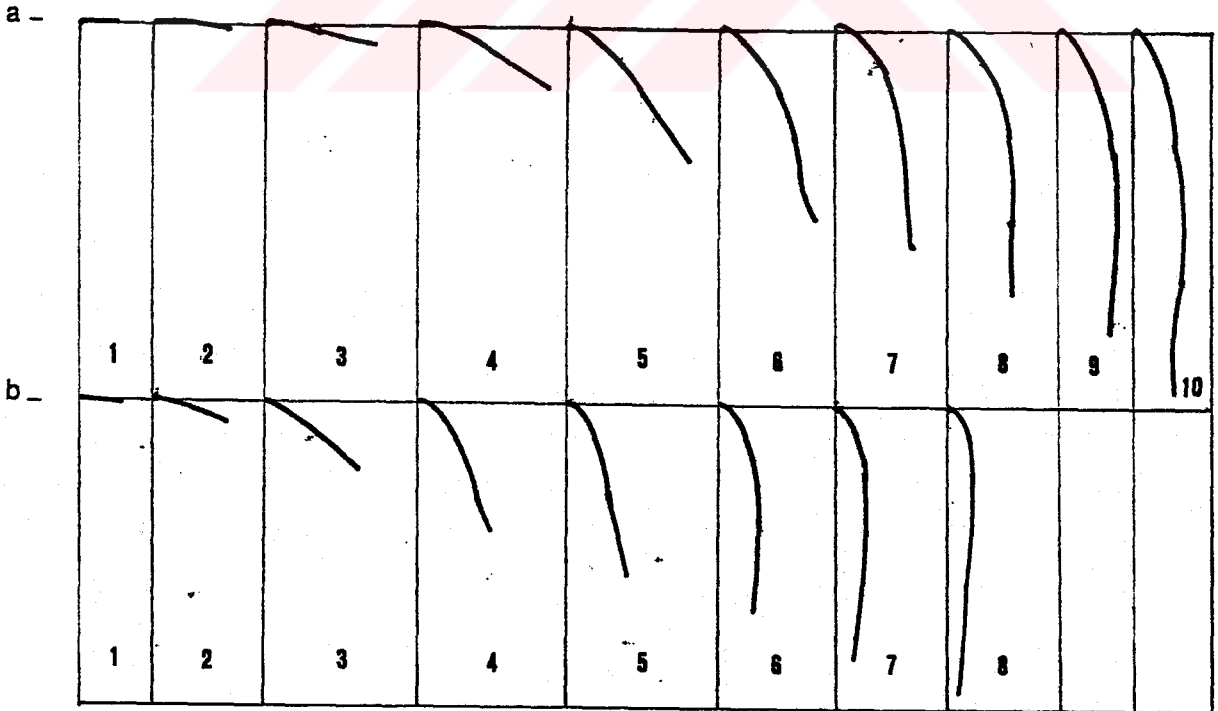


Şekil 4.50. 25 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

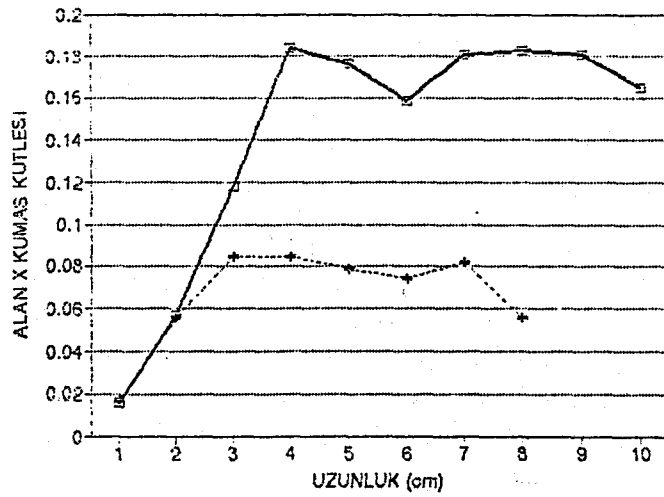
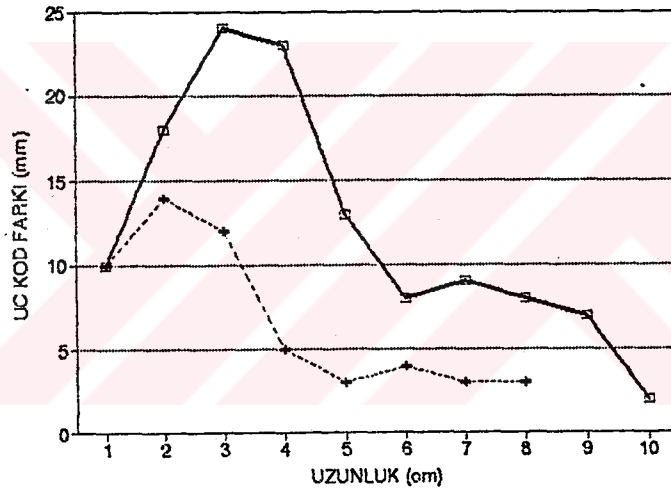
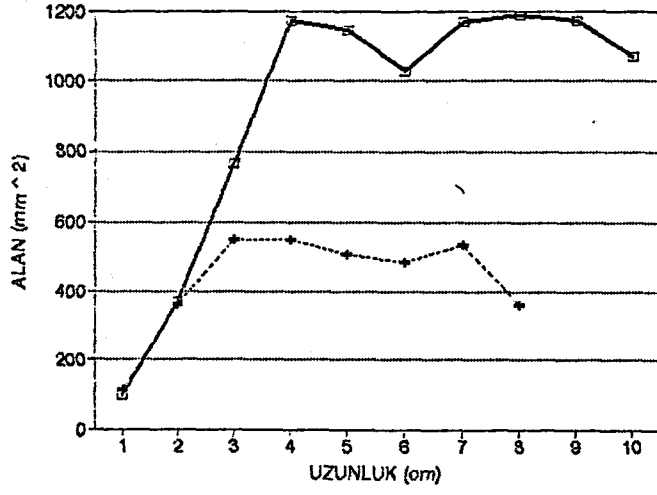


Çizelge 4.26. 26 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	26 (21 No'lu Kumaşın Şardonlu Hal)					
Kullanım Alanı	Çarşaflık					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_e$	22,66	0,01	0,07	20,76	0,06326	0,30
Büküm T (Tur/m)	730 Z	31,52	4,31	761 Z	47,165	6,19
Sıklık n (iplik/cm)	28,7	0,099	0,34	22,95	0,05	0,21
Kıvrım c	3,1002	0,2656	8,56	15,3931	0,6728	4,37
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,0830	0,0084	10,12	0,0883	0,0117	13,25
Büküm Faktörü $m$	117,93			128,47		
Örtme Faktörü K	15,28			12,77		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	444,0	15,6	3,51	268,6	9,2	3,44
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,425	1,069	4,4	3,0813	0,5303	2,54
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	219,97			451,13		
Eğilme Modülü q	24,79			50,83		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	154,25	3,0406	1,97	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,474	0,0161	3,40	Kumaş Yoğunluğu		0,3254



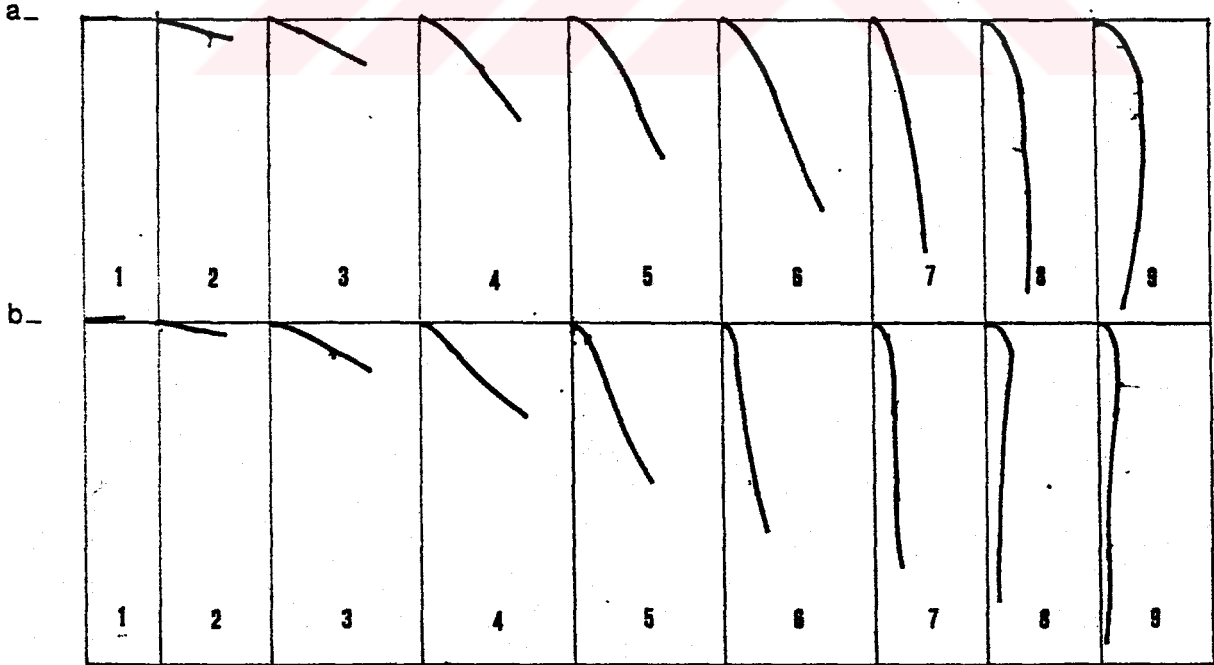
Şekil 4.51. 26 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



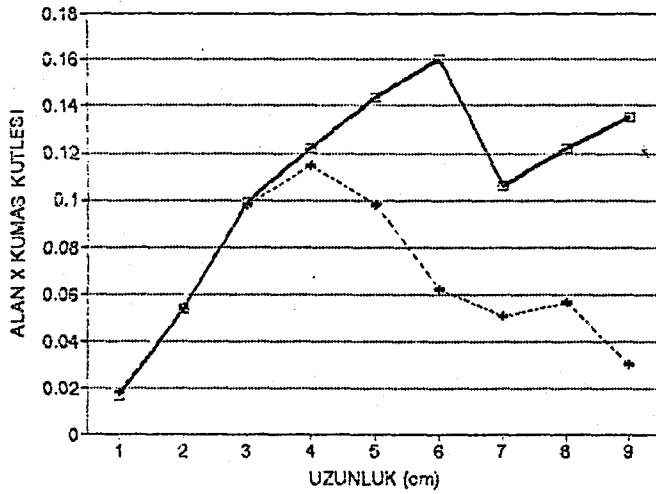
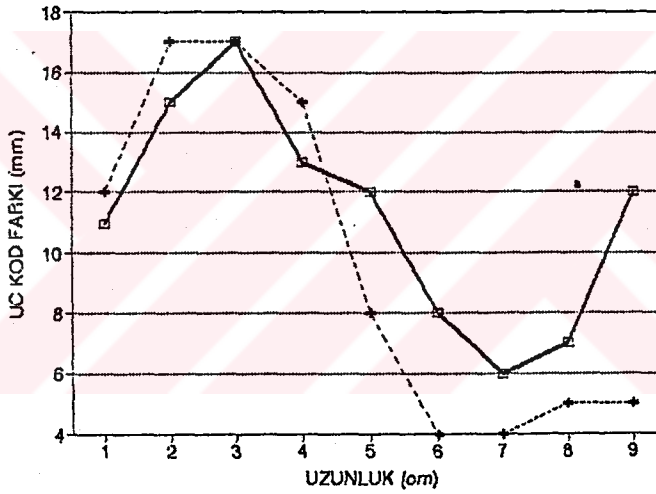
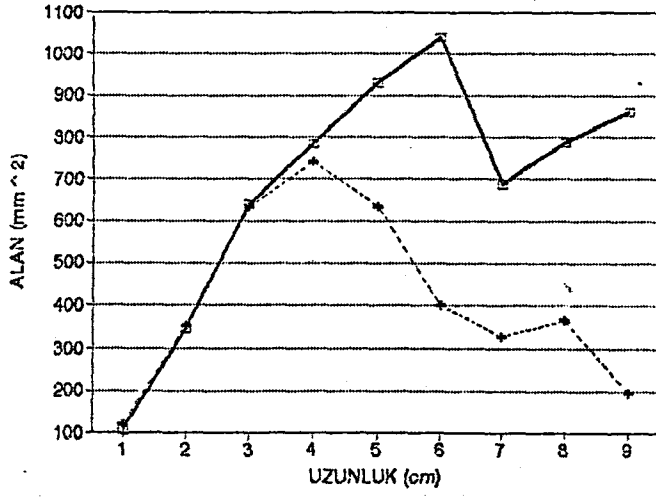
Şekil 4.52. 26 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.27. 27 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	27 (21 No'lu Kumaşın Mamul Baskılı Hali)					
Kullanım Alanı	Çarşaflık					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_e$	22,37	0,12	0,57	20,54	0,03	0,18
Büküm T (Tur/m)	780 Z	49,74	6,37	769 Z	28,98	3,76
Sıklık n (iplik/cm)	27,7	0,5	1,80	22,6	0,3	1,32
Kvrım c	4,7253	0,1987	4,20	15,595	0,5099	3,26
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,1725	0,018	10,45	0,1683	0,012	7,65
Büküm Faktörü $m$	126,86			130,48		
Örtme Faktörü K	14,85			12,6449		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	475,5	8,6	1,80	264,6	8,0	3,04
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,4344	0,9953	4,08	2,1313	1,8786	8,81
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	223,29			149,85		
Eğilme Modülü q	26,31			17,66		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	154,85	1,2021	0,77	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,467	0,029	6,22	Kumaş Yoğunluğu		0,3316



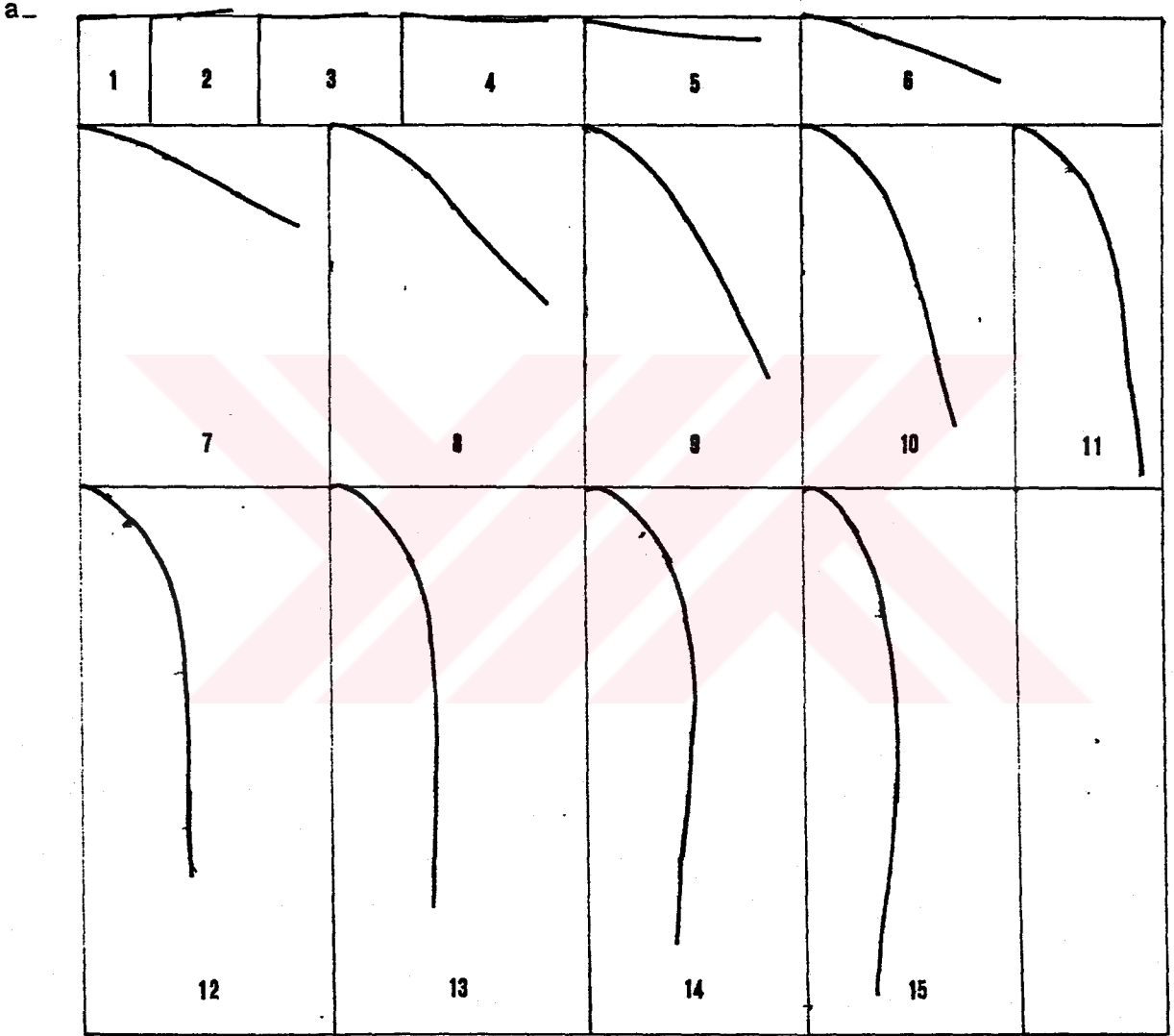
Şekil 4.53. 27 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



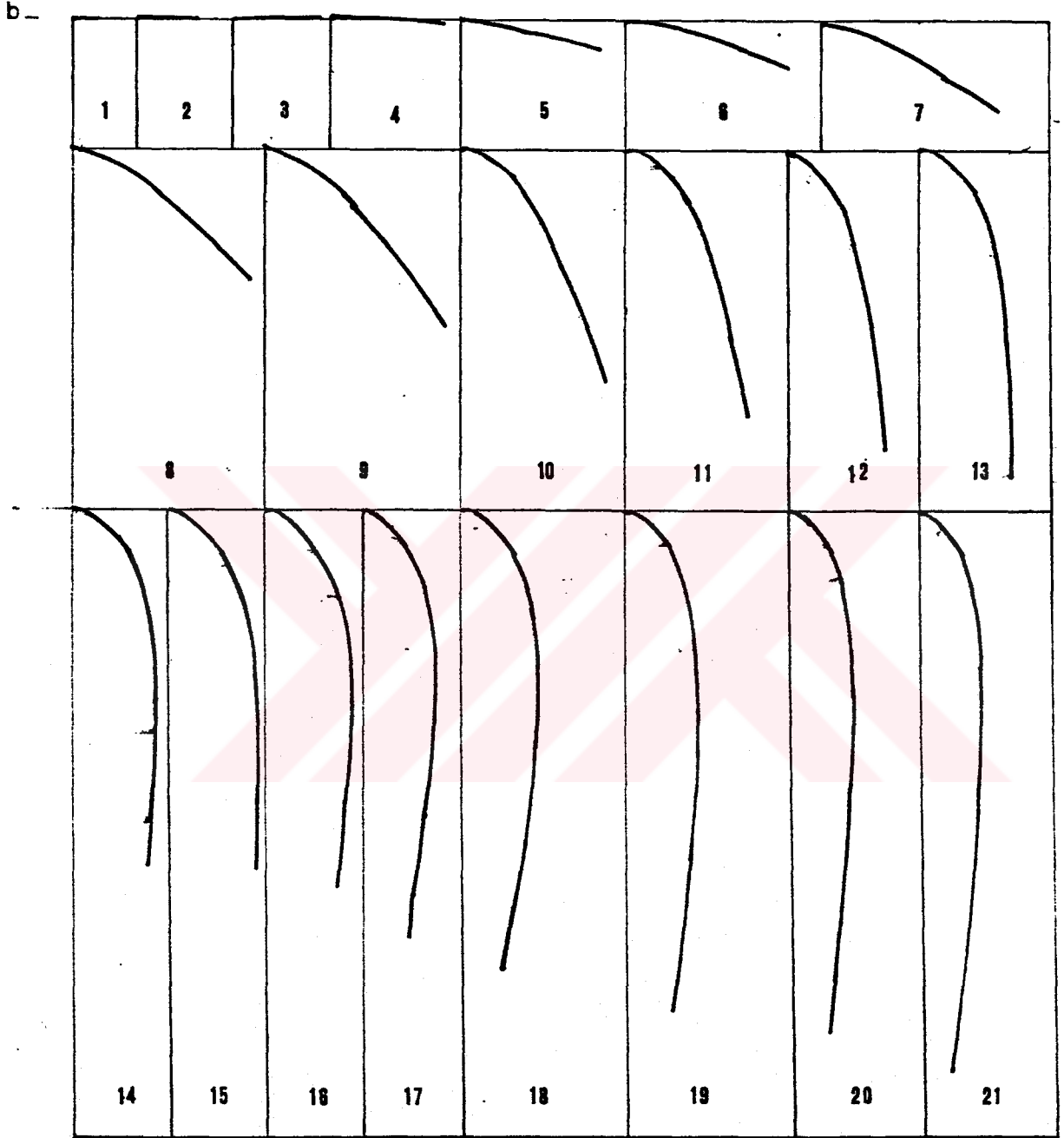
Şekil 5.54. 27 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.28. 28 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

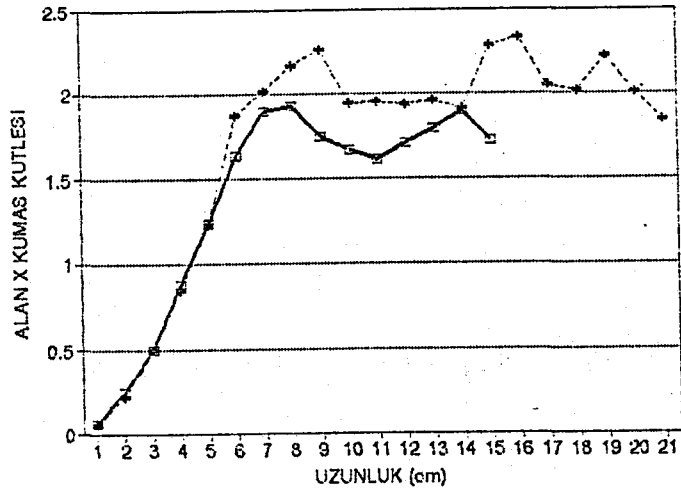
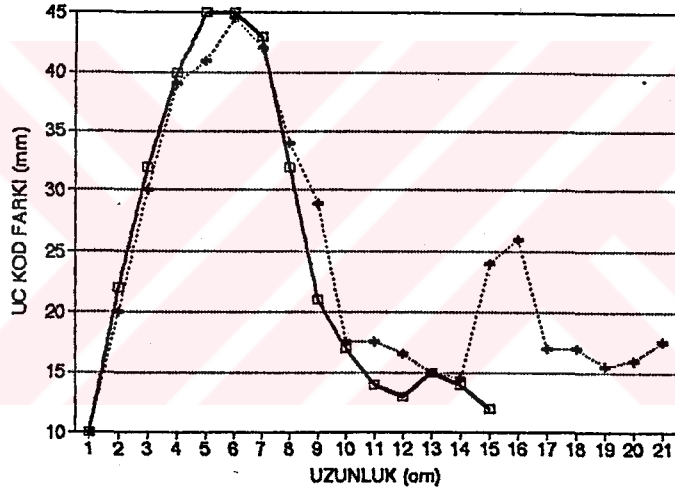
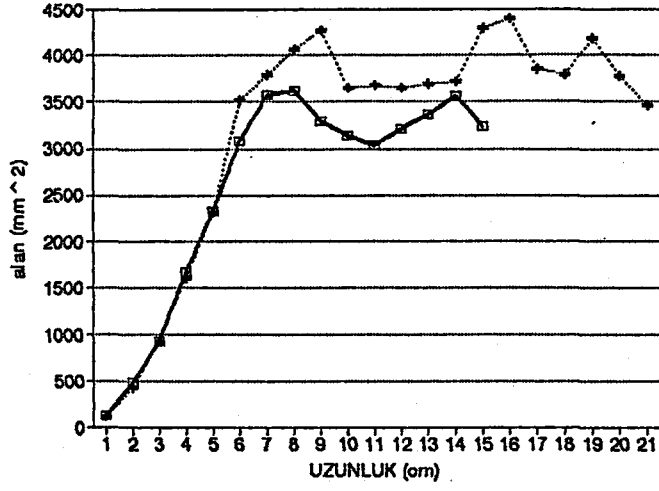
Numune No	28 (Mamul kumaş)					
Kullanım Alanı	Branda Bezi Çadır Bezi					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_e$	4,12	0,03	0,82	4,33	0,01	0,30
Büküm T (Tur/m)	134	16,0	11,93	90	966	10,74
Sıklık n (İplik/cm)	18,5	0,20	1,08	12,6	0	0
Kıvrım c	23,0749	0,4434	1,92	5,83	0,9638	16,53
İplik Eğilme Rijitliği ( $mNmm^2$ )	0.1236	0	0	0.1236	0	0
Büküm Faktörü $m$	50,75			33,22		
Örtme Faktörü K	23,1007			15,3462		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	106,1	5,1	4,79	225,9	4,5	1,99
Eğilme Uzunluğu (cm)	4,5594	2,2525	4,94	5,0781	1,8794	3,70
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	5029,67			6950,39		
Eğilme Modülü q	38,72			53,50		
	X	S	% CV			
Gramaj W ( $g/m^2$ )	530,8	2,2628	0,42	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	1,1595	0,2465	2,12	Kumaş Yoğunluğu		0,4578



Şekil 4.55. a) 28 Numaralı kumaşa ait çözgü eğilme eğrileri



Şekil 4.55. b) 28 Numaralı kumaşa ait atkı eğilme eğrileri

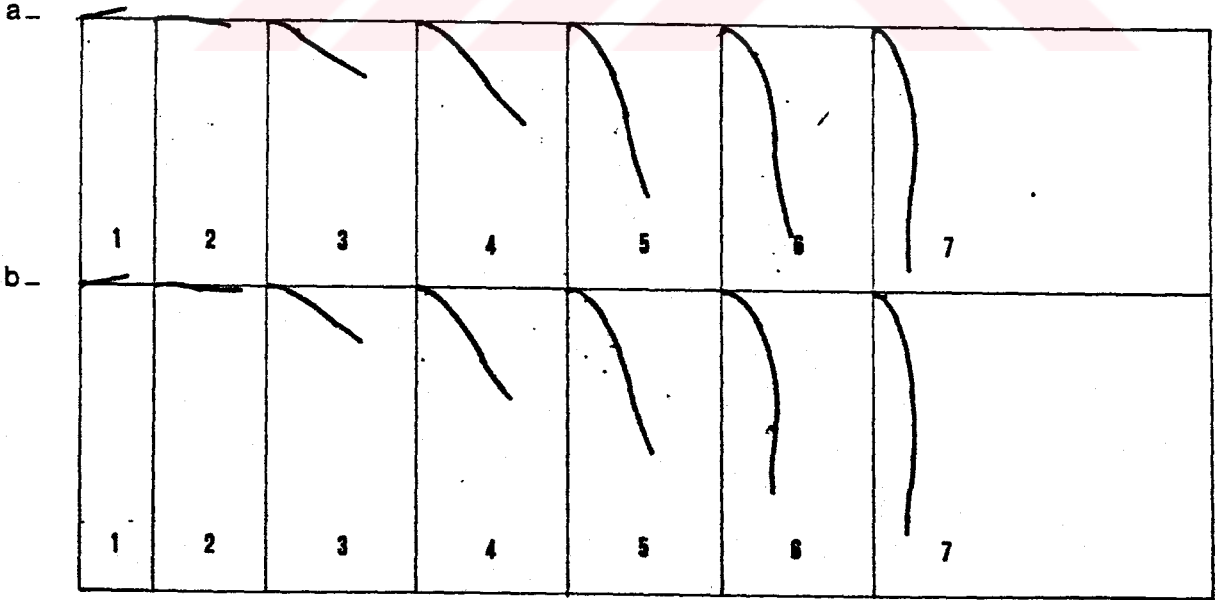


Şekil 4.56. 28 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

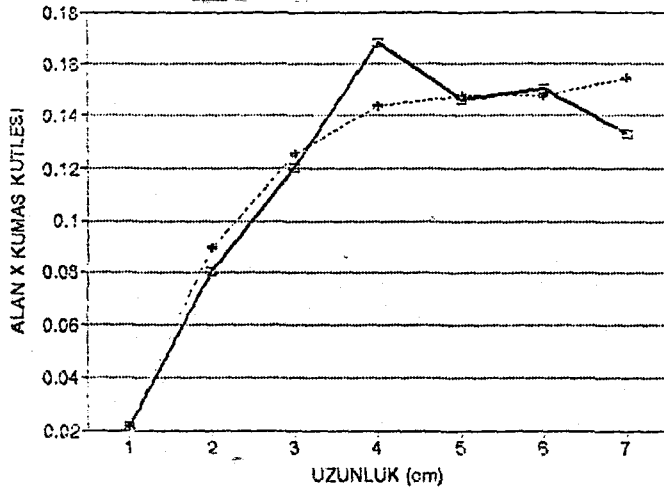
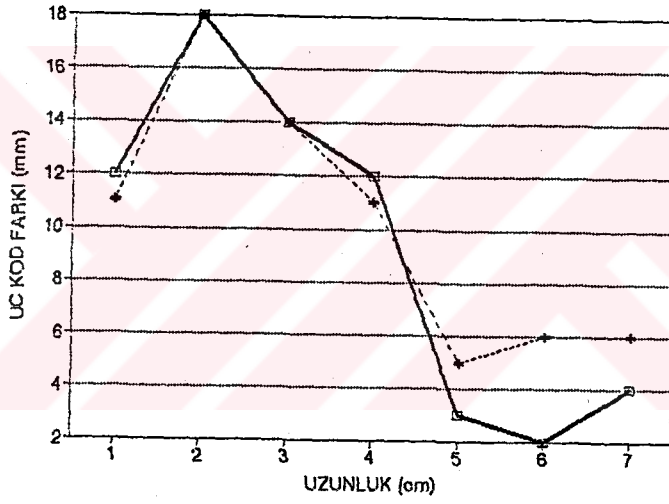
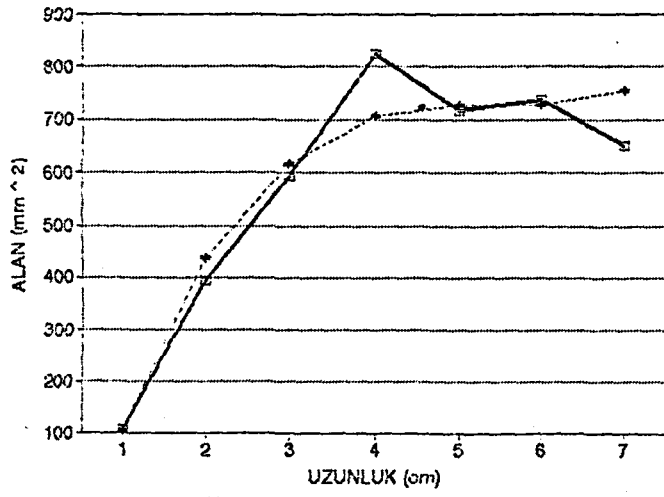


Çizelge 4.29. 29 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	29 (Mamul Şardonlu Baskılı Kumaş)					
Kullanım Alanı	Üst Giyimlik Pazen Kumaş					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_e$	25,69	0,28	1,09	8,15	0,001	0,02
Büküm T (Tur/m)	842 Z	67,89	8,06	468 Z	21,84	4,66
Sıklık n (iplik/cm)	22,5	0	0	17,4	0,10	0,57
Kvrım c	3,6199	0,6766	18,6902	17,4357	2,3143	13,27
İplik Eğilme Rijitliği (mNm <sup>2</sup> )	0,6153	0,086	14,044	0,3215	0,4093	12,7
Büküm Faktörü $m$	127,74			126,13		
Örtme Faktörü K	11,2585			15,4520		
İk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	147,9	2,3	1,57	82,74	7,65	9,24
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,3065	1,6569	7,18	2,1188	0,6512	3,07
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	250,42			194,17		
Eğilme Modülü q	3,43			2,66		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	204,15	2,8991	1,42	Dokuma Örgüsü		D /
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,9569	0,0428	4,47	Kumaş Yoğunluğu		0,2133



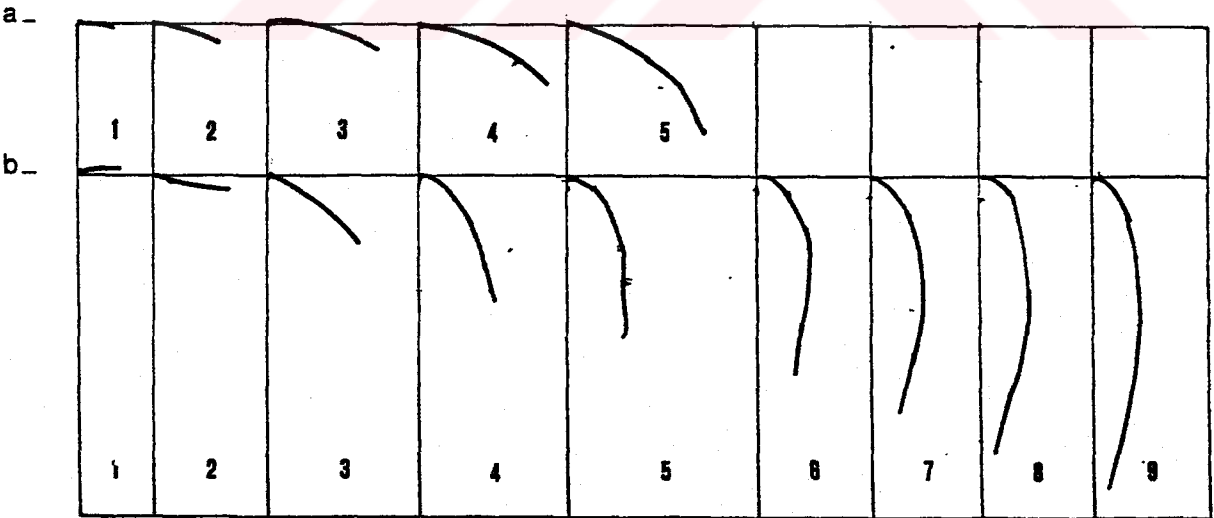
Şekil 4.57. 29 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



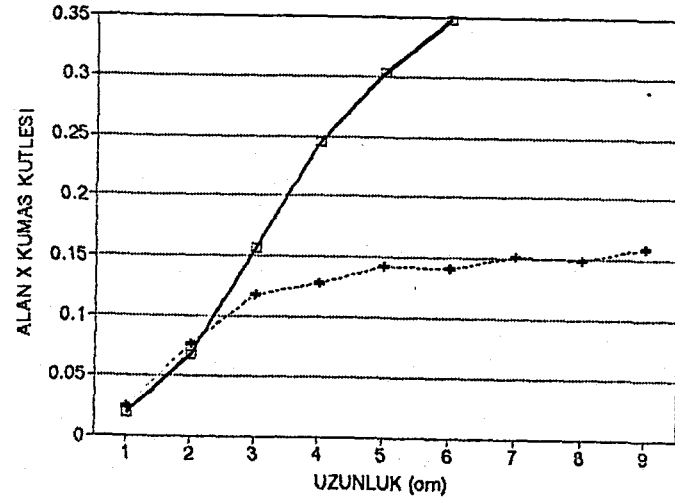
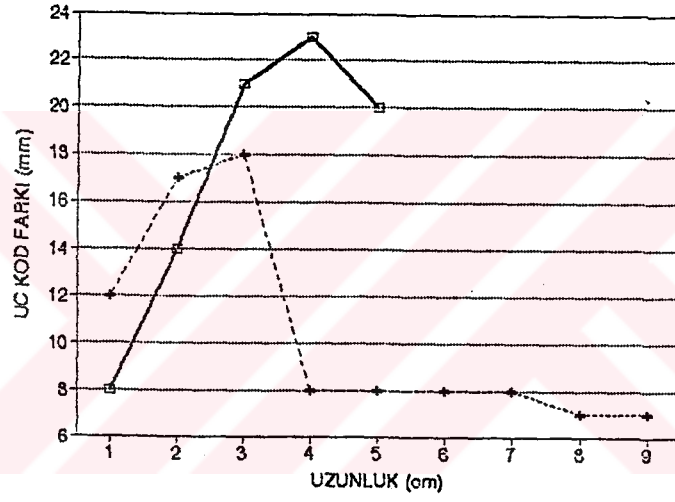
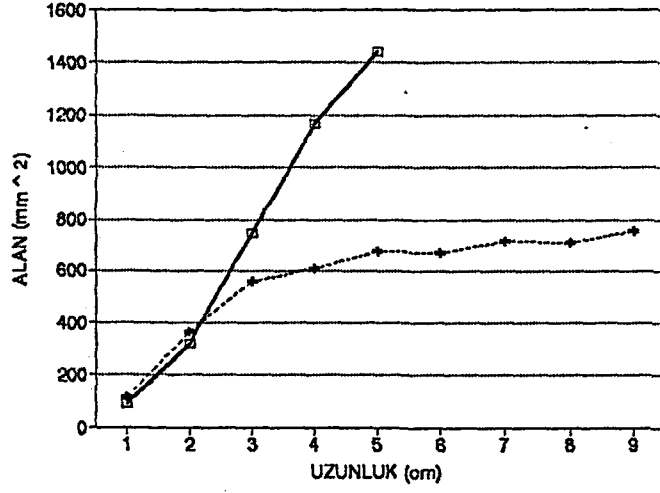
Şekil 4.58. 29 Nolu kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri.

Çizelge 4.30. 30 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	30 (Mamul Kumaş)					
Kullanım Alanı	Üst Giyimlik Diyagonal Kumaş					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_e$	11,51	0,06	0,60	11,001	0,036	0,33
Büküm T (Tur/m)	537 Z	37,1	6,89	549 Z	33,47	6,09
Sıklık n (iplik/cm)	23,7	0,19	0,84	14,83	0,05	0,38
Kıvrım c	3,2878	0,2049	6,23	11,4101	0,14	1,22
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,6094	0,3185	22,27	0,5837	0,0864	14,80
Büküm Faktörü m	121,81			127,28		
Örtme Faktörü K	17,71			11,34		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	451	8,3	1,85	226,1	6,1	2,72
Eğilme Uzunluğu (cm)	3,2125	3,1172	9,70	2,2344	0,9953	4,45
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	698,38			234,98		
Eğilme Modülü q	36,26			12,20		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	210,65	2,0506	0,97	Dokuma Örgüsü		D /
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,6137	0,0203	3,30	Kumaş Yoğunluğu		0,3412



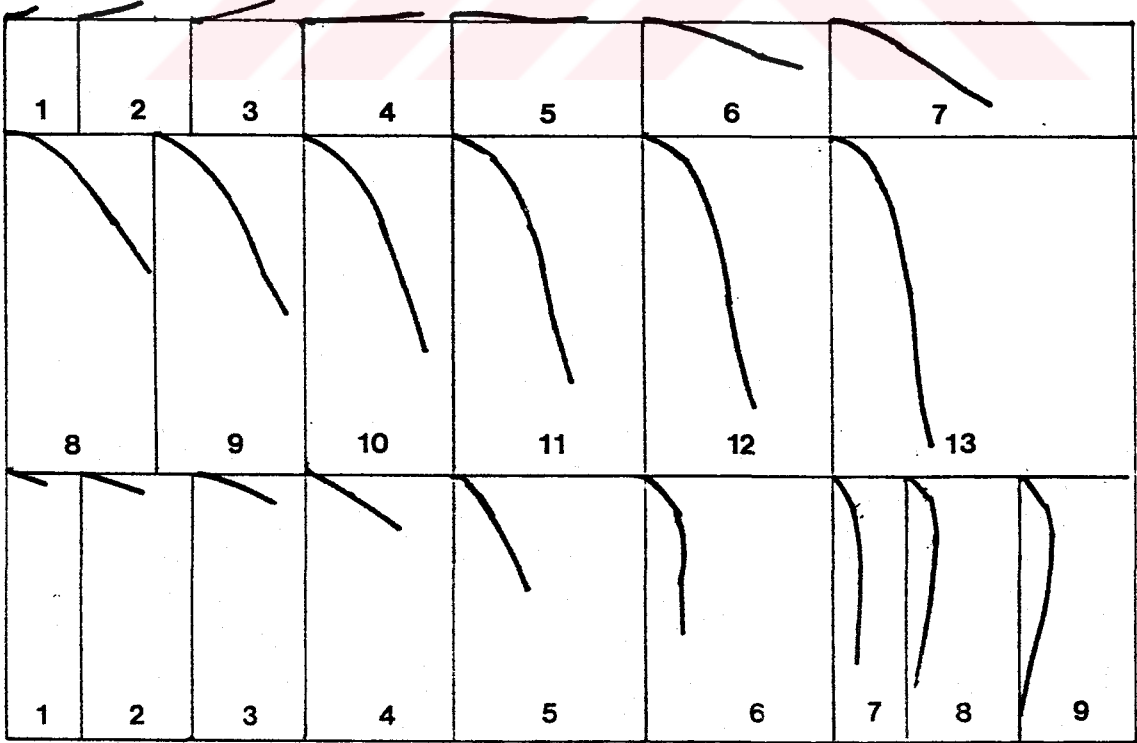
Şekil 4.59. 30 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



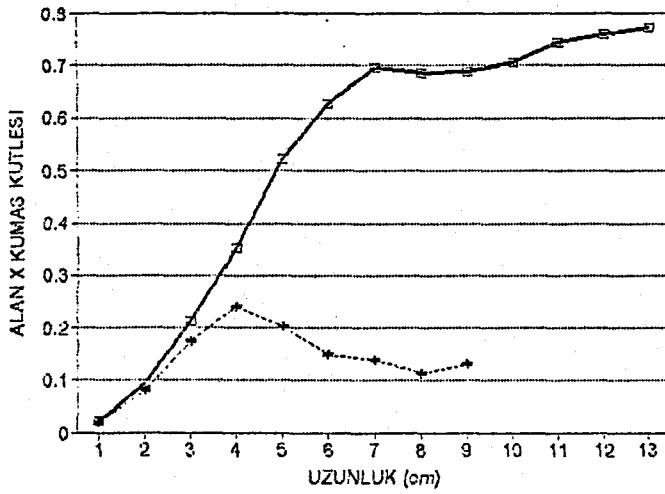
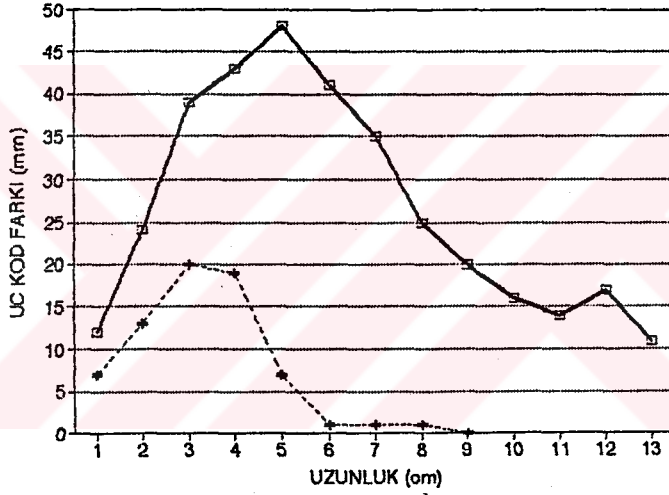
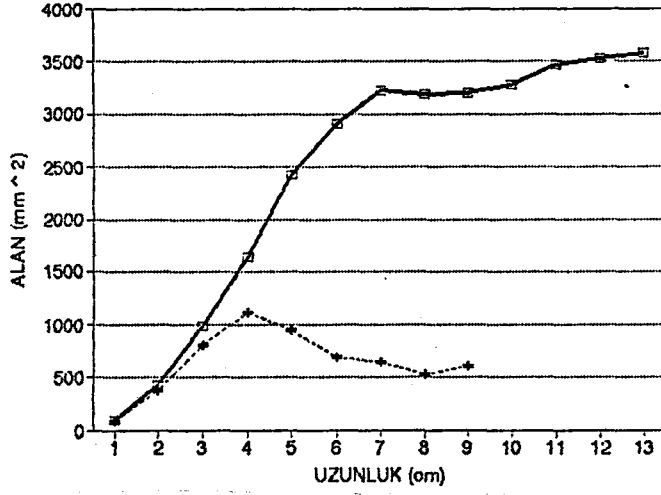
Şekil 4.60. 30 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.31. 31 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	31 Ham Blue-Jean Kumaş					
Kullanım Alanı	Spor Giyim					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk (OE)			Pamuk (OE)		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_e$	10,76	0,06	0,56	14,29	0,078	0,55
Büküm T (Tur/m)	415 Z	40,60	9,78	541 Z	25,0	4,63
Sıklık n (iplik/cm)	25,13	0,20	0,82	16,8	0	0
Kıvrım c	3,7397	1,2089	32,32	5,1229	0,2077	4,05
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,528	0,0165	3,11	0,5206	0	0
Büküm Faktörü $m$	97,23			110,25		
Örtme Faktörü K	19,43			11,27		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	376,9	4,91	1,30	214,8	5,0	2,32
Eğilme Uzunluğu (cm)	4,2188	3,5725	8,46	2,455	1,3952	5,68
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	1618,08			318,86		
Eğilme Modülü q	93,11			18,35		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	215,5	0,1414	0,0066	Dokuma Örgüsü		D 2 / 1
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,593	0,0149	2,52	Kumaş Yoğunluğu		0,3634



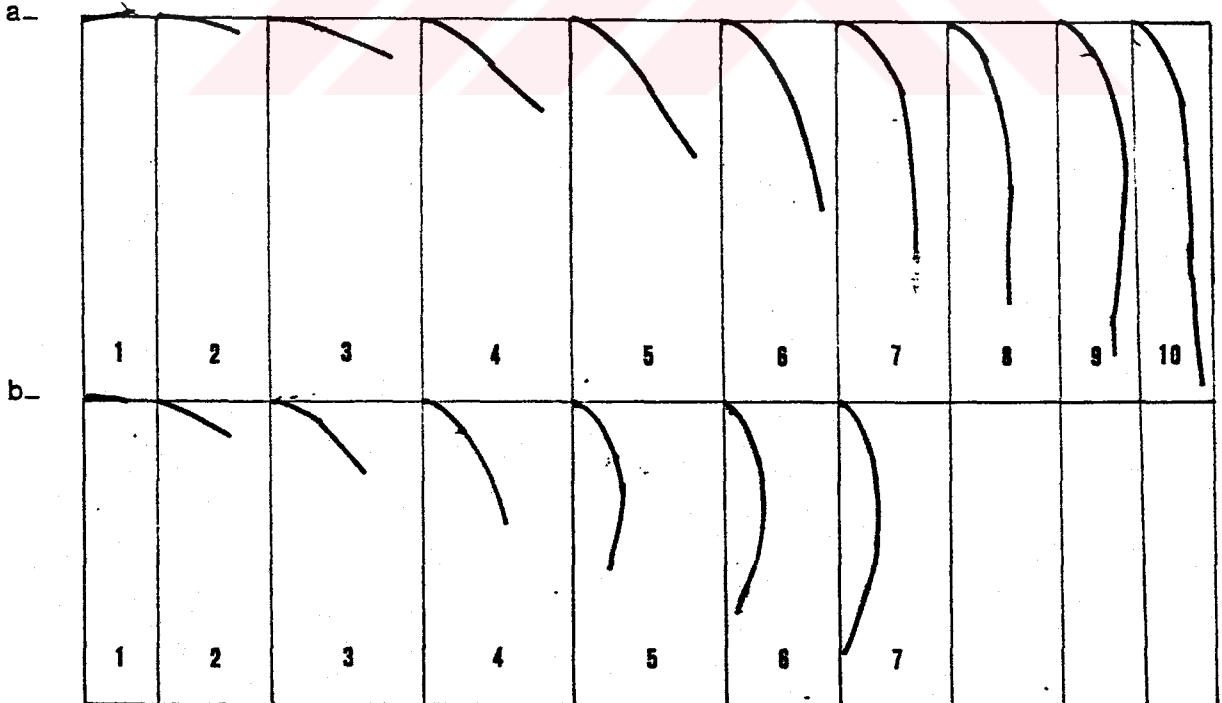
Şekil 4.61: 31 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



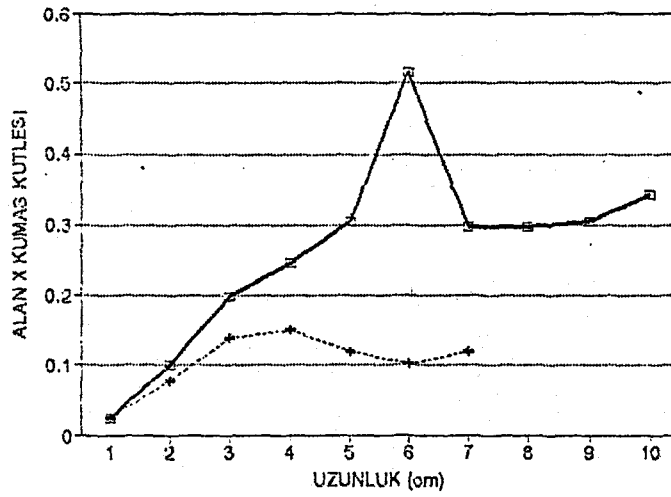
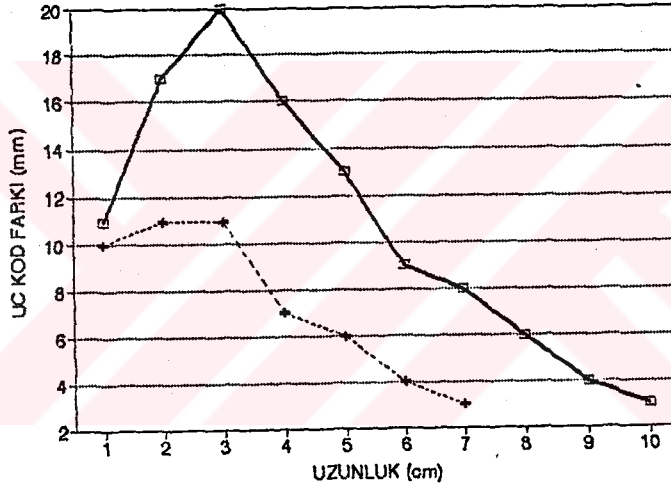
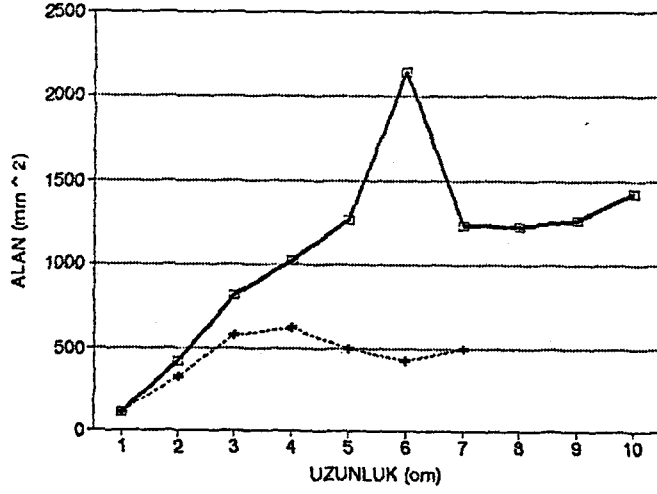
Şekil 4.62. 31 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.32. 32 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	32 (31 No'lu Kumaşın Yıkanmış Hali)					
Kullanım Alanı	Spor Giyimlik (Blue-jean)					
Özellik	Çözü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_e$	11,96	0,03	0,31	14,61	0,06	0,45
Büküm T (Tur/m)	521 Z	16,66	3,19	563 Z	22,94	4,07
Sıklık n (İplik/cm)	26,56	0,05	0,21	19,06	0,20	1,09
Kvrım c	15,9798	0,2612	1,63	8,1884	0,3388	4,13
İplik Eğilme Rijitliği ( $mNm^2$ )	1,1843	0,1874	15,82	0,47015	0,155	32,99
Büküm Faktörü $m$	115,85			113,27		
Ötme Faktörü K	19,48			12,65		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	213,9	10,05	4,7	154,6	5,0	3,21
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,6844	2,0143	7,5037	2,2825	1,0466	4,5852
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	464,92			285,81		
Eğilme Modülü q	12,36			7,60		
	X	S	% CV			
Gramaj W ( $g/m^2$ )	240,35	0,3536	0,14	Dokuma Örgüsü		D 2/1 Z
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,767	0,03	3,91	Kumaş Yoğunluğu		03133



Şekil 4.63. 32 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri

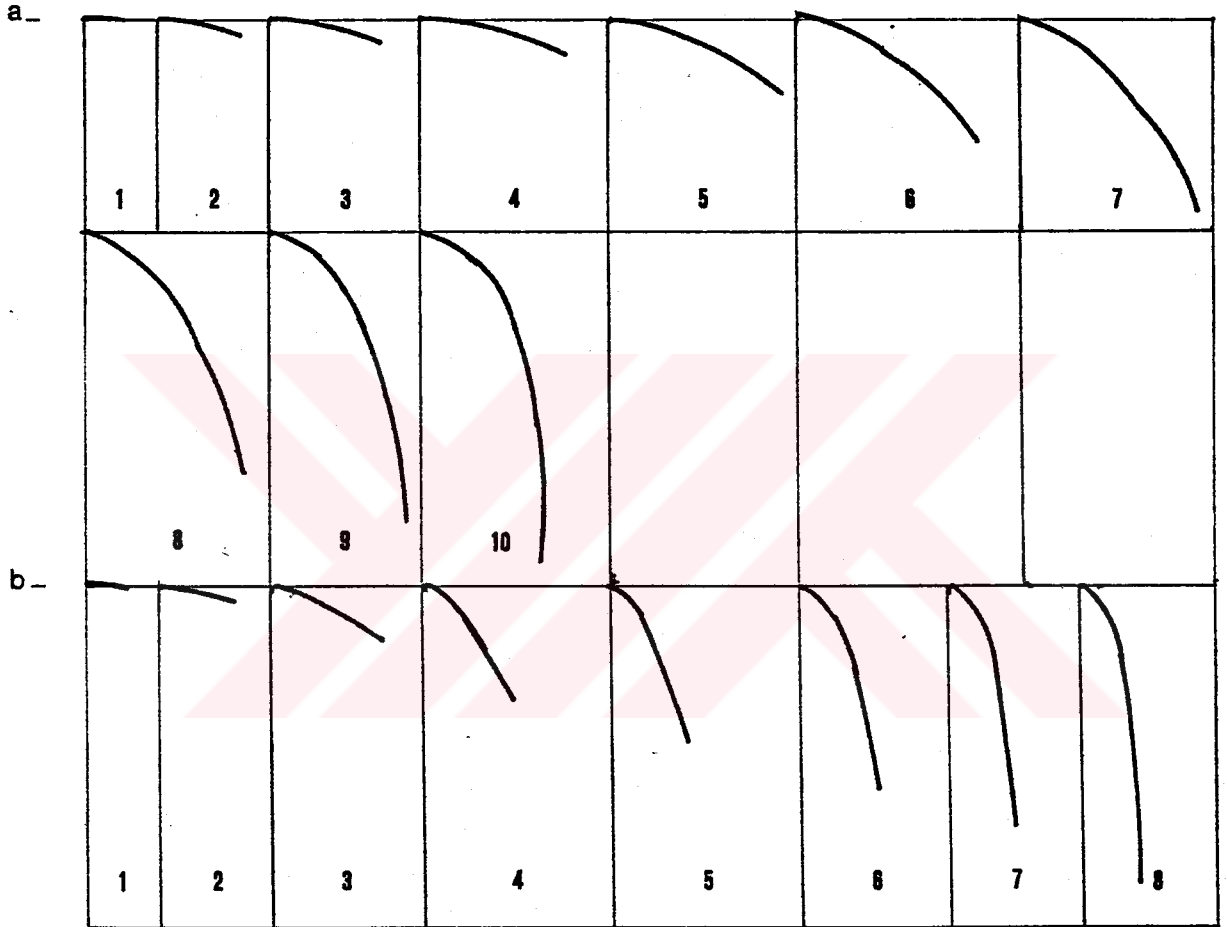


Şekil 4.64. 32 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

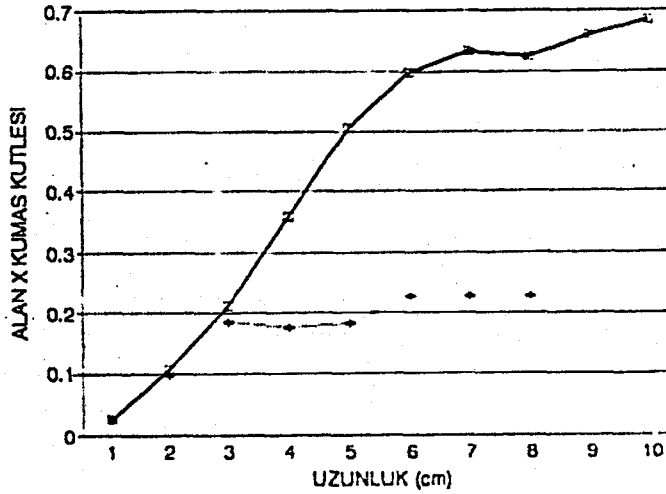
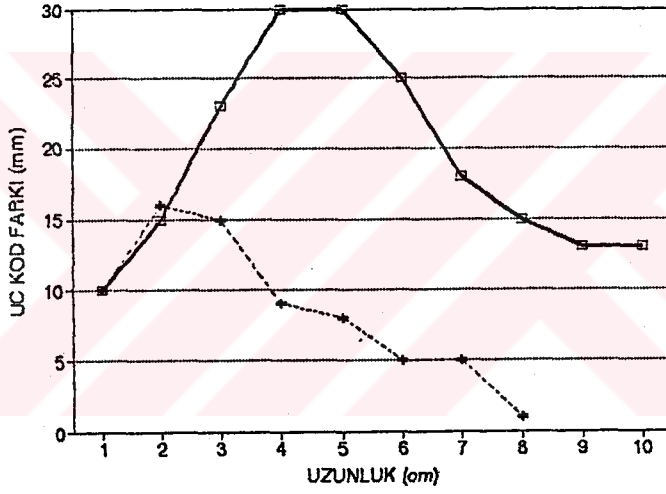
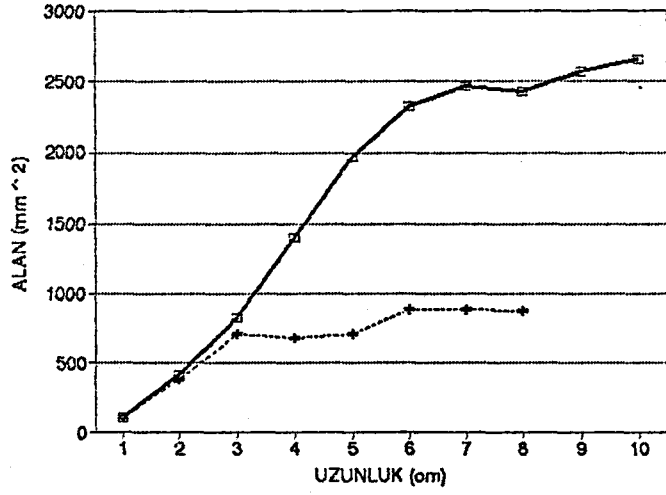


Çizelge 4.33. 33 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	33 (31 No'lu Kumaşın Mamul Hali)					
Kullanım Alanı	Spor Giyimlik Blue-jean					
Özellik	Çözü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_p$	10,57	0,023	0,21	13,62	0,03	0,25
Büküm T (Tur/m)	426 Z	29,48	6,92	561 Z	33,99	6,06
Sıklık n (İplik/cm)	26	0,17	0,66	18,7	0	0
Kvrım c	14,0587	0,3255	2,31	7,9862	0,2284	2,85
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,3197	0,0094	2,94	0,2998	0,0353	11,77
Büküm Faktörü $m$	100,73			116,93		
Örtme Faktörü K	20,27			12,84		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	305,9	11,5	3,75	200	1,4	0,69
Eğilme Uzunluğu (cm)	4,15	2,1292	5,13	2,2625	1,1328	5,00
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	1838,29			297,88		
Eğilme Modülü $\sigma$	81,37			13,19		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	257,2	4,1012	1,59	Dokuma Örgüsü		D 2/1 Z
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,6472	0,00553	0,85	Kumaş Yoğunluğu		0,3974



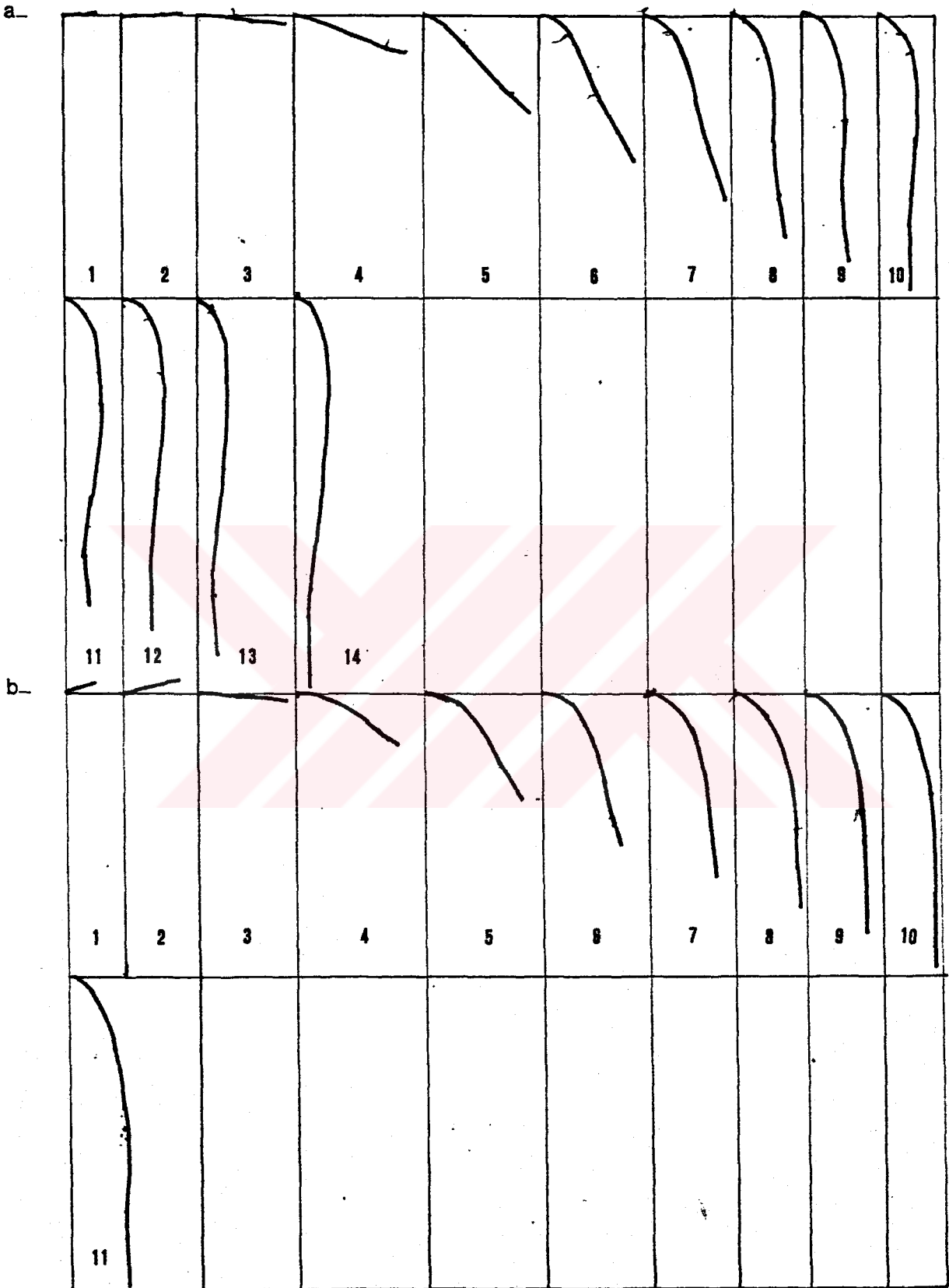
Şekil 4.65. 33 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



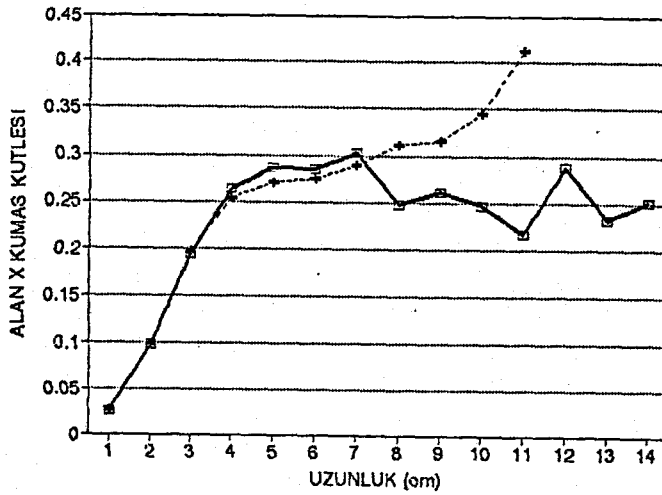
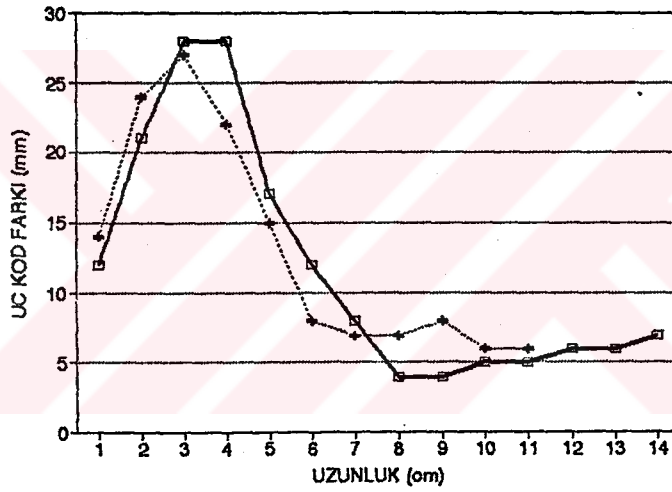
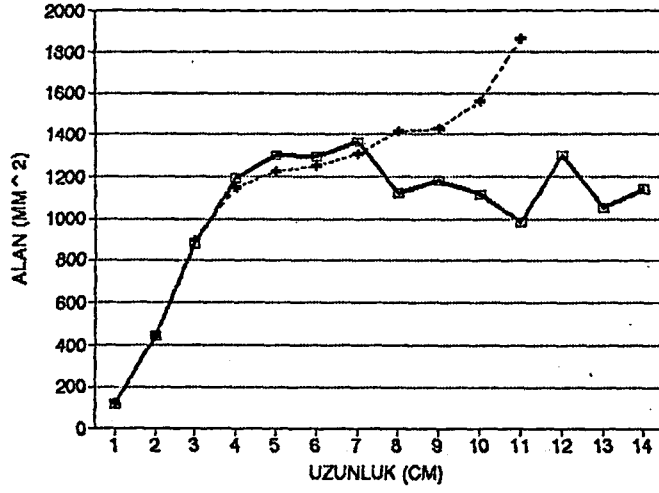
Şekil 4.66. 33 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.34. 34 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	34 (Ham Hasırlı Kumaş)					
Kullanım Alanı	Üst Giyimlik Divitlin Kumaş					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_e$	17,51	0,03	0,21	7,71	0,01	0,14
Büküm T (Tur/m)	636 Z	32,79	5,15	440 Z	17,62	4,0
Sıklık n (iplik/cm)	21,5	0	0	18,333	0,57	0,31
Kıvrım c	8,5537	0,7740	9,4	6,4706	0,4219	6,51
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,6784	0	0	0,7573	0	0
Büküm Faktörü $m$	116,97			121,71		
Örtme Faktörü K	13,0296			16,74		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	212,8	7,6	3,56	315,4	11,3	3,59
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,9406	5,8173	1,97	2,2384	1,0119	4,24
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	562,21			299,72		
Eğilme Modülü q	14,271			7,61		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	221,1	0,8485	0,38	Dokuma Örgüsü		D 3/1
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,779	0,0245	3,15	Kumaş Yoğunluğu		0,2838



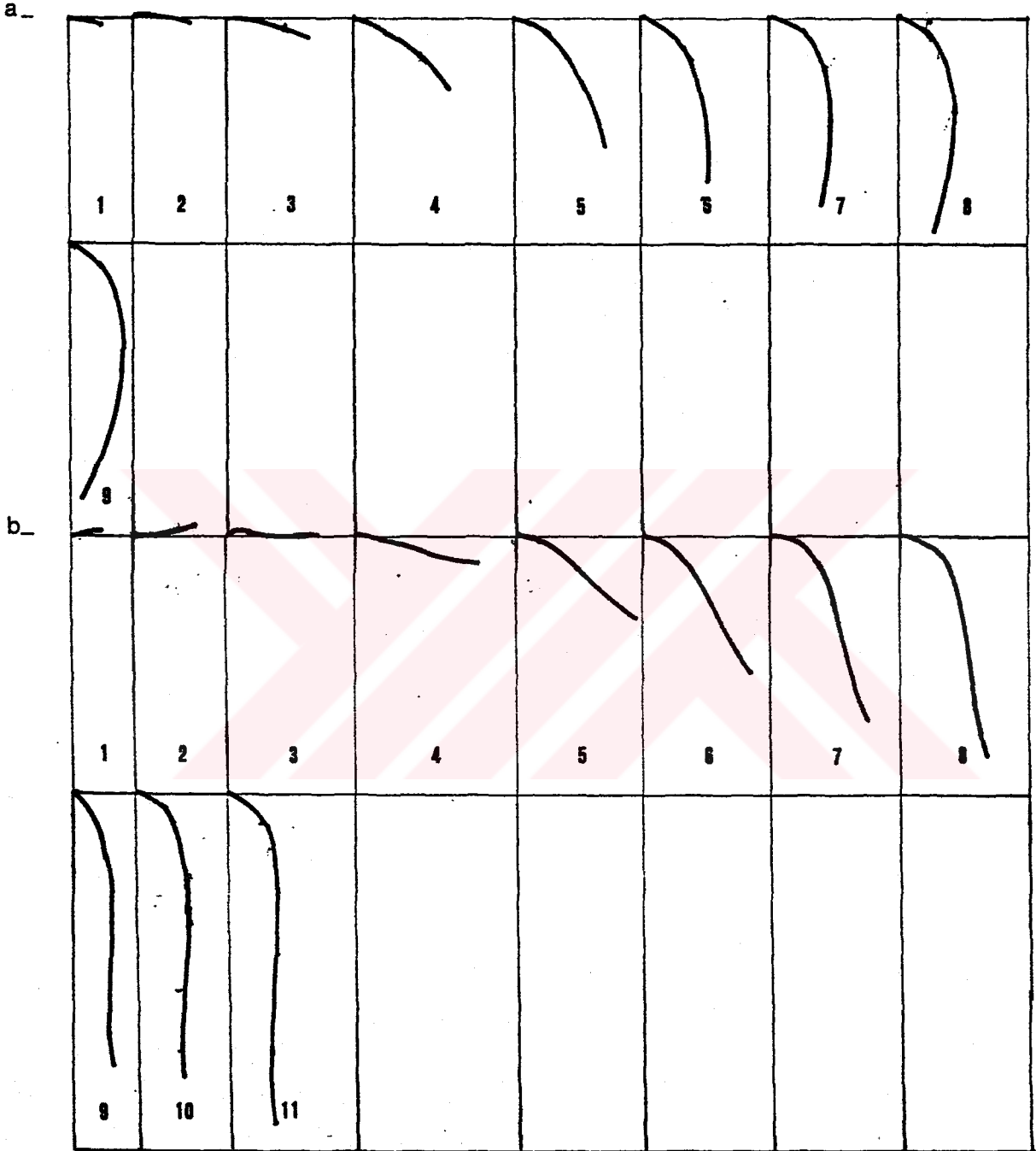
Şekil 4.67. 34 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



Şekil 4.68. 34 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

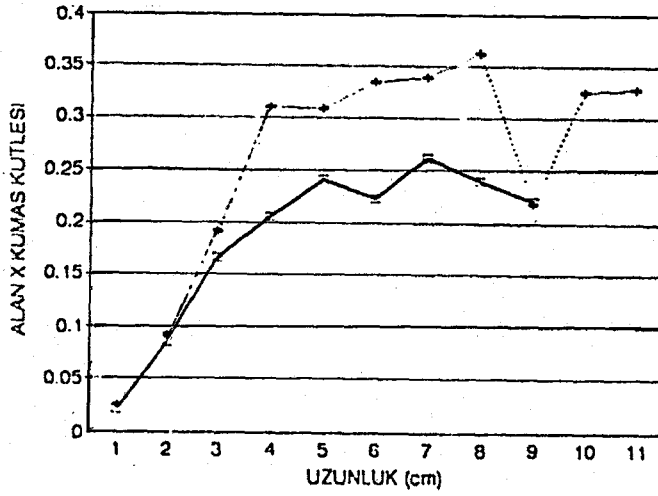
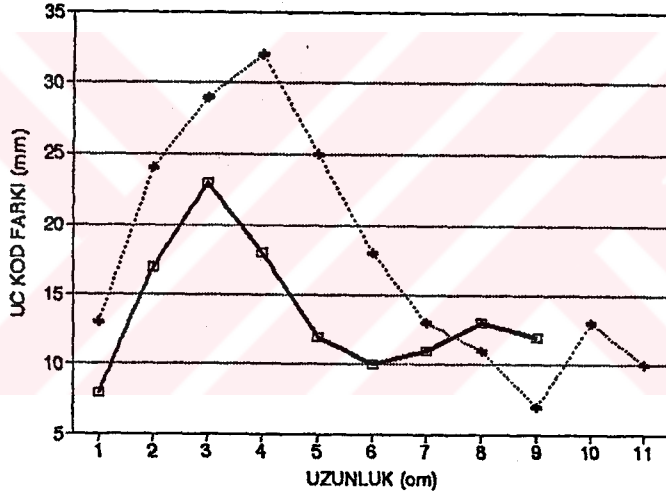
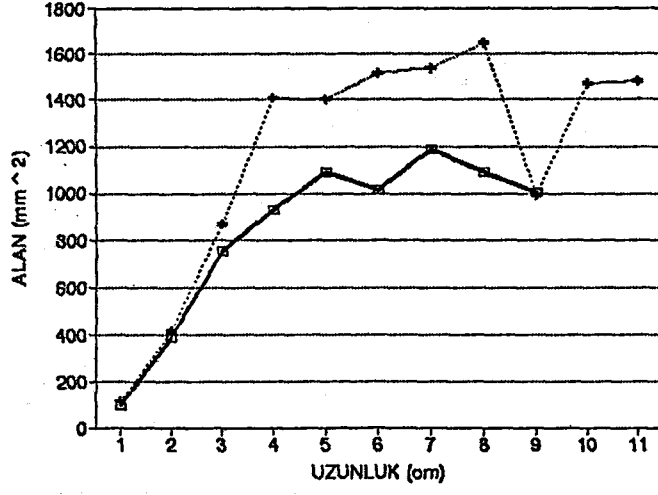
Çizelge 4.35. 35 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	35 (34 No'lu Kumaşın Mamul hali)					
Kullanım Alanı	Üst Giyimlik Divitin Kumaş					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_e$	21,05	0,04	0,20	7,62	0,05	0,72
Büküm T (Tur/m)	690 Z	52,41	7,59	488 Z	12,52	2,56
Sıklık n (İplik/cm)	24,53	0,32	1,31	18,1	0	0
Kıvrım c	3,32	0,20	6,16	10,4574	0,35	3,36
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,2362	0	0	0,5206	0	0
Büküm Faktörü $m$	115,78			135,92		
Örtme Faktörü K	13,56			16,61		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	197,4	7,8	3,97	100,3	5,2	5,15
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,8465	2,8371	9,96	2,6	1,9322	7,431
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	508,19			387,11		
Eğilme Modülü q	7,21			5,49		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	220,25	3,4648	1,57	Dokuma Örgüsü		Dimi 3/1
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,9455	0,0252	2,66	Kumaş Yoğunluğu		0,2329



Şekil 4.69. 35 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri

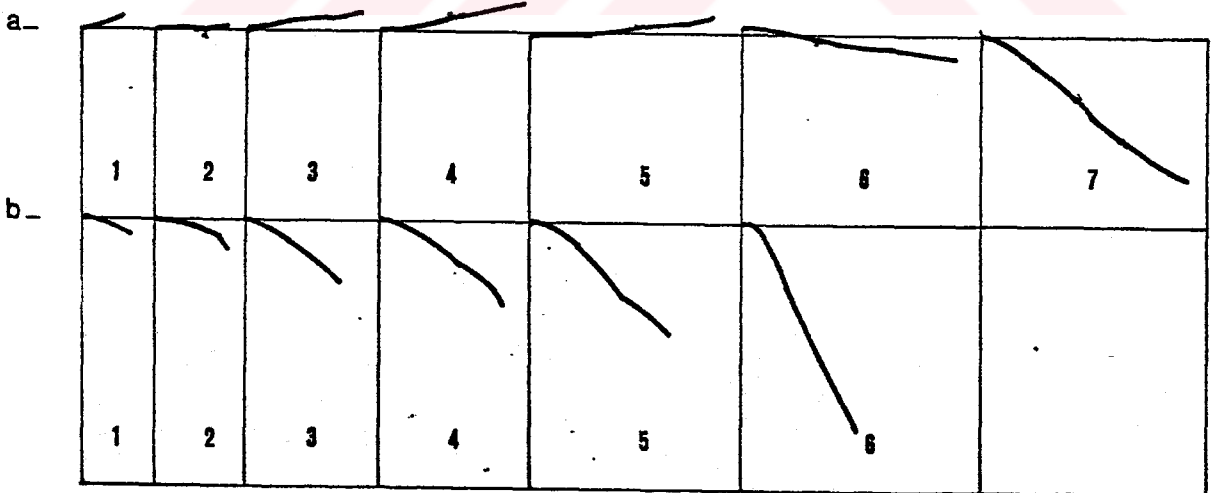




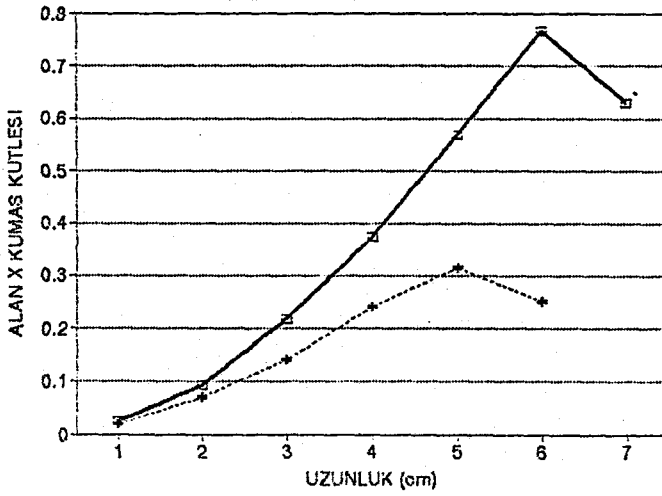
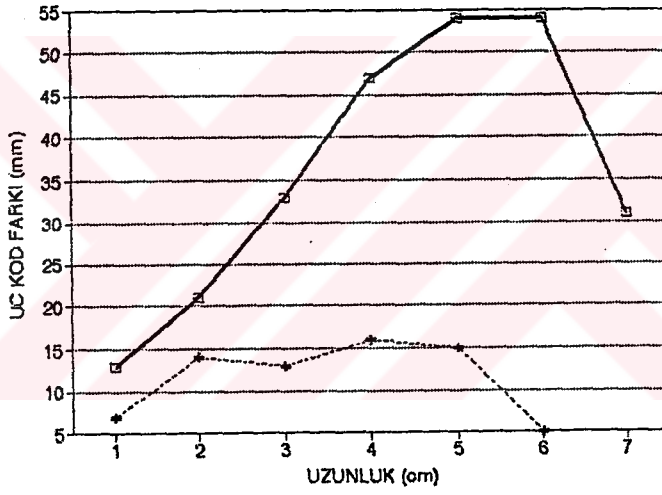
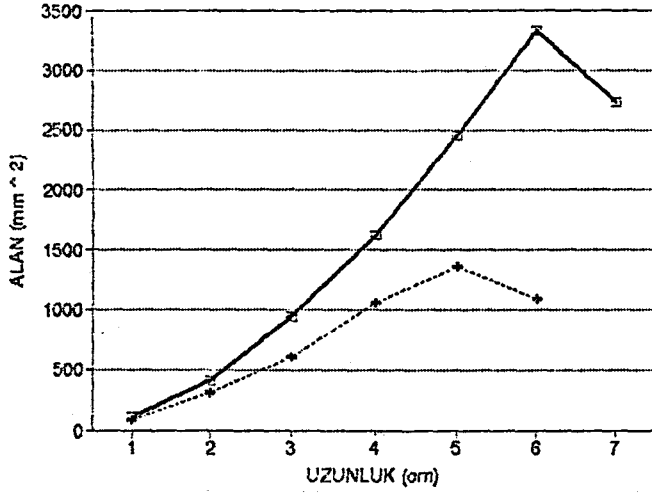
Şekil 4.70. 35 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.36. 36 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	36 Ham Haşılı Kumaş					
Kullanım Alanı	Üst Giyimlik Gabardin Kumaş					
Özellik	Çözü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_g$	17,28	0,03	0,21	20,70	0,01	0,06
Büküm T (Tur/m)	592 Z	36,13	6,09	797 Z	49,16	6,16
Sıklık n (iplik/cm)	42,23	0,20	0,49	23,26	0,11	0,49
Kıvrım c	10,7765	0,4172	0,87	4,2843	0,6616	15,44
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,2366	0	0	0,20	0	0
Büküm Faktörü $m$	109,56			134,76		
Örtme Faktörü K	25,76			12,96		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	459,4	7,8	1,70	296,3	8,4	2,82
Eğilme Uzunluğu (cm)	4,1469	6,5688	15,84	3,2065	4,9426	15,41
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	1645,53			760,56		
Eğilme Modülü q	135,68			62,71		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	230,75	1,2021	0,52	Dokuma Örgüsü		D 2/1
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,526	0,0195	371	Kumaş Yoğunluğu		0,4387



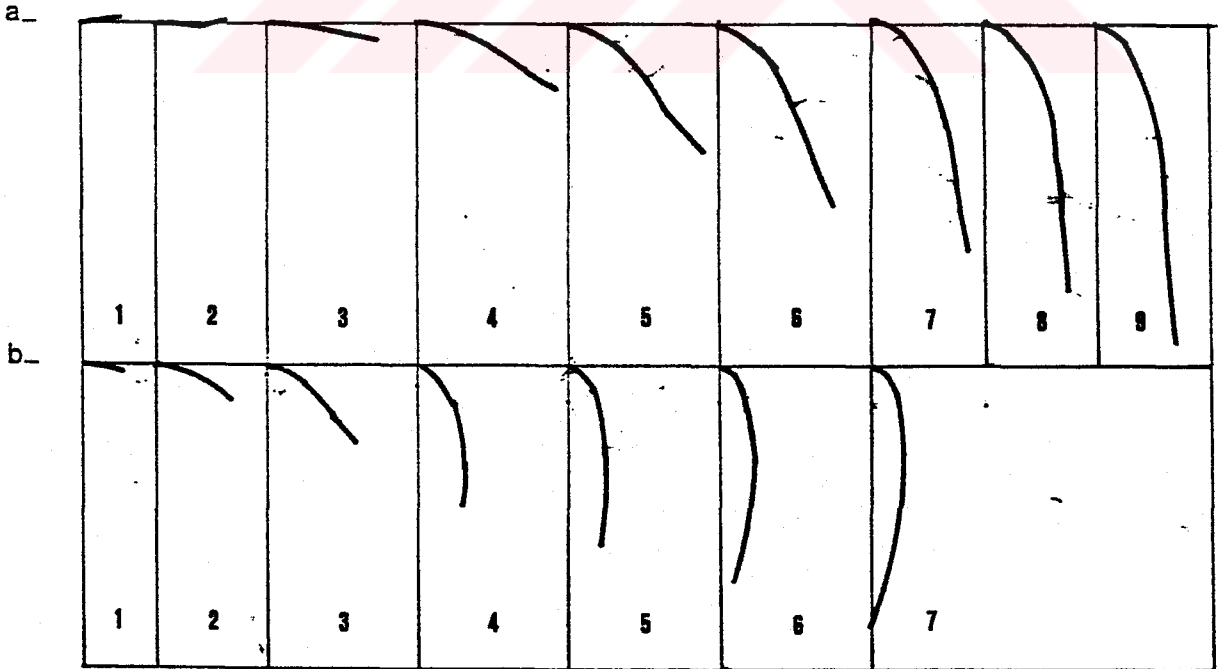
Şekil 4.71: 36 Numaralı kumaşa ait, a) çözü b) atkı eğilme eğrileri



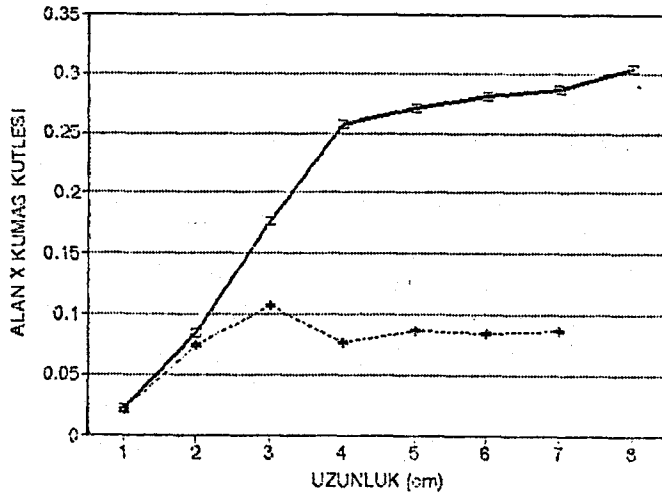
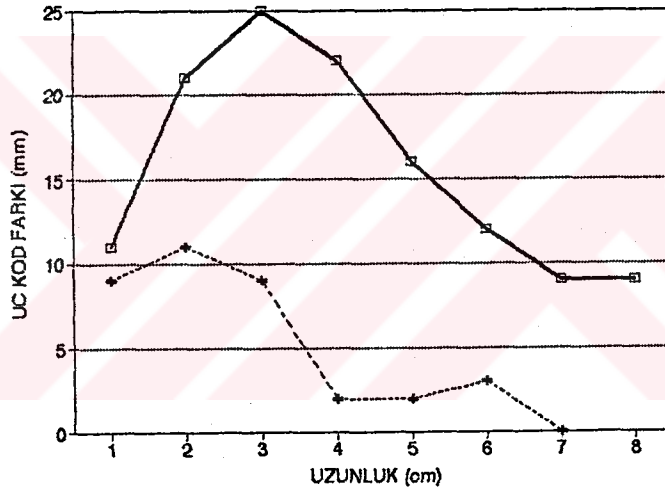
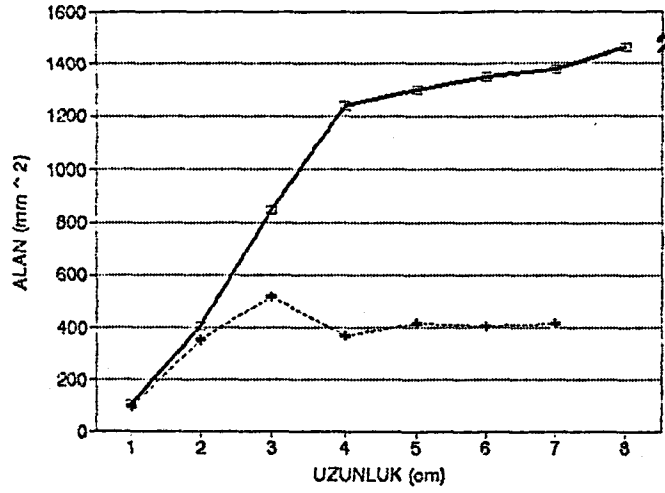
Şekil 4.72. 36 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.37. 37 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	37 (36 No'lu Kumaşın Mamul Boyalı hal)					
Kullanım Alanı	Üst Giyimlik Gabardin Kumaş					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_e$	20,55	0,05	0,26	20,03	0,07	0,38
Büküm T (Tur/m)	680 Z	66,74	9,8	678 Z	44,45	6,55
Sıklık n (İplik/cm)	39,5	0,34	0,87	21,95	0,15	0,68
Kıvrım c	6,7853	0,2911	4,28	6,0113	0,6621	11,01
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,2366	0	0	0,1578	0	0
Büküm Faktörü $m$	115,38			116,60		
Örtme Faktörü K	22,09			12,43		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	496,2	13,5	2,71	256,6	8,0	3,12
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,7188	1,6720	6,15	2,2063	1,9225	8,71
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	227,41			223,59		
Eğilme Modülü q	19,42			19,09		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	208,2	0,7071	0,33	Dokuma Örgüsü		D 2/1
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,5199	0,01086	2,09	Kumaş Yoğunluğu		0,4005



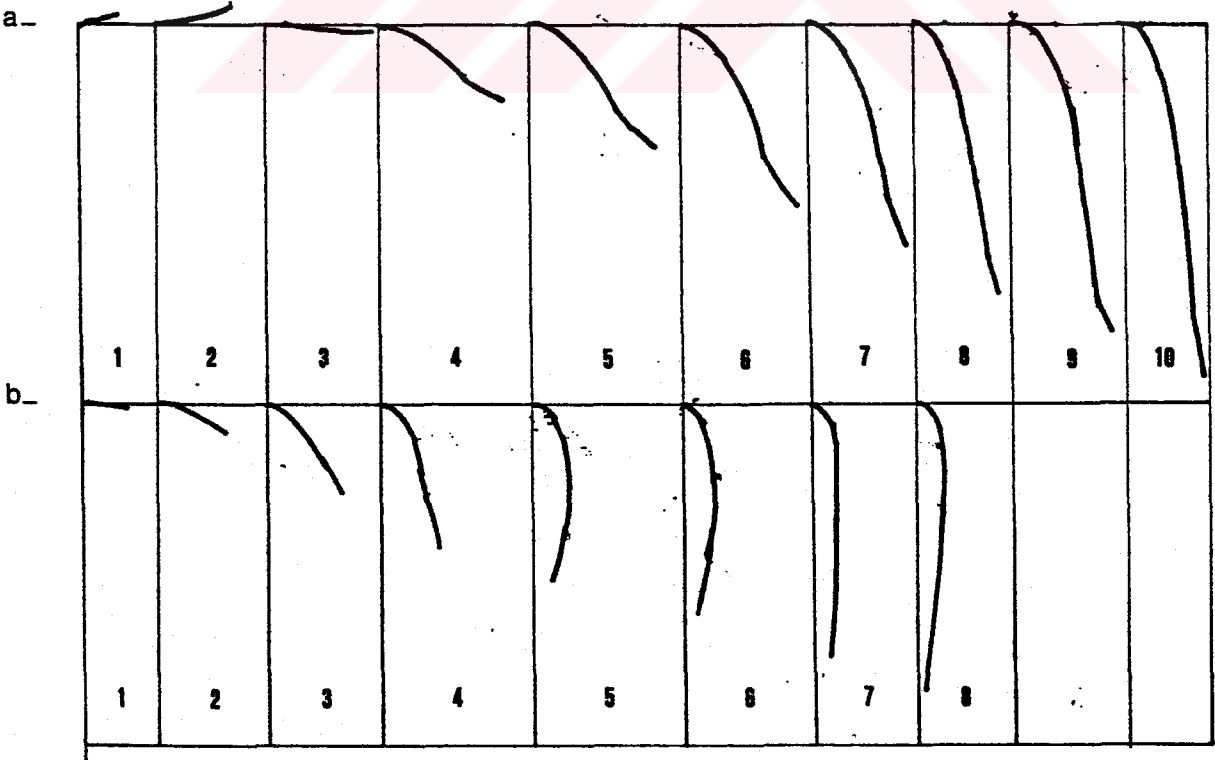
Şekil 4.73. 37 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



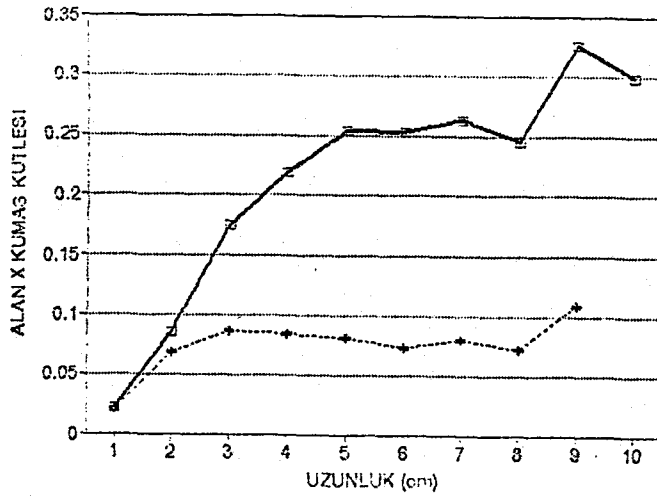
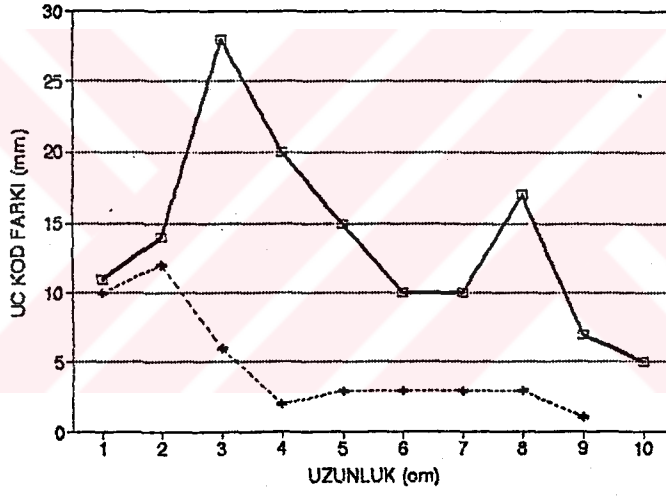
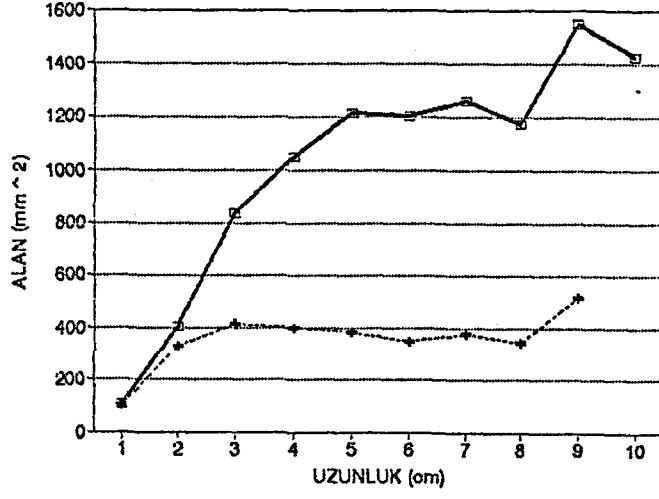
Şekil 4.74. 37 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.38. 38 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	38 (Mamul Boyalı Kumaş)					
Kullanım Alanı	Üst Giysilik Gabardın Kumaş					
Özellik	Çözü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_9$	19,92	0,33	1,67	20,70	0,28	1,35
Büküm T (Tur/m)	822 Z	30,93	3,76	816 Z	28,19	3,45
Sıklık n (iplik/cm)	45,15	0,1499	0,33	22,9	0,10	0,43
Kıvrım c	4,7247	0,3255	6,89	8,6254	0,1830	2,12
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,2366	0	0	1,252	0,03	13,98
Büküm Faktörü $m$	141,66			137,92		
Örtme Faktörü K	25,65			12,76		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	548,5	8,9	1,62	256,4	3,8	1,49
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,3658	1,7851	7,54	1,9922	1,7120	8,59
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	277,47			165,68		
Eğilme Modülü $q$	18,61			11,11		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	209,55	5,4648	1,65	Dokuma Örgüsü		D 3/1
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,5635	0,0173	3,0	Kumaş Yoğunluğu		0,3719



Şekil 4.75. 38 Numaralı kumaşa ait, a) çözü b) atkı eğilme eğrileri

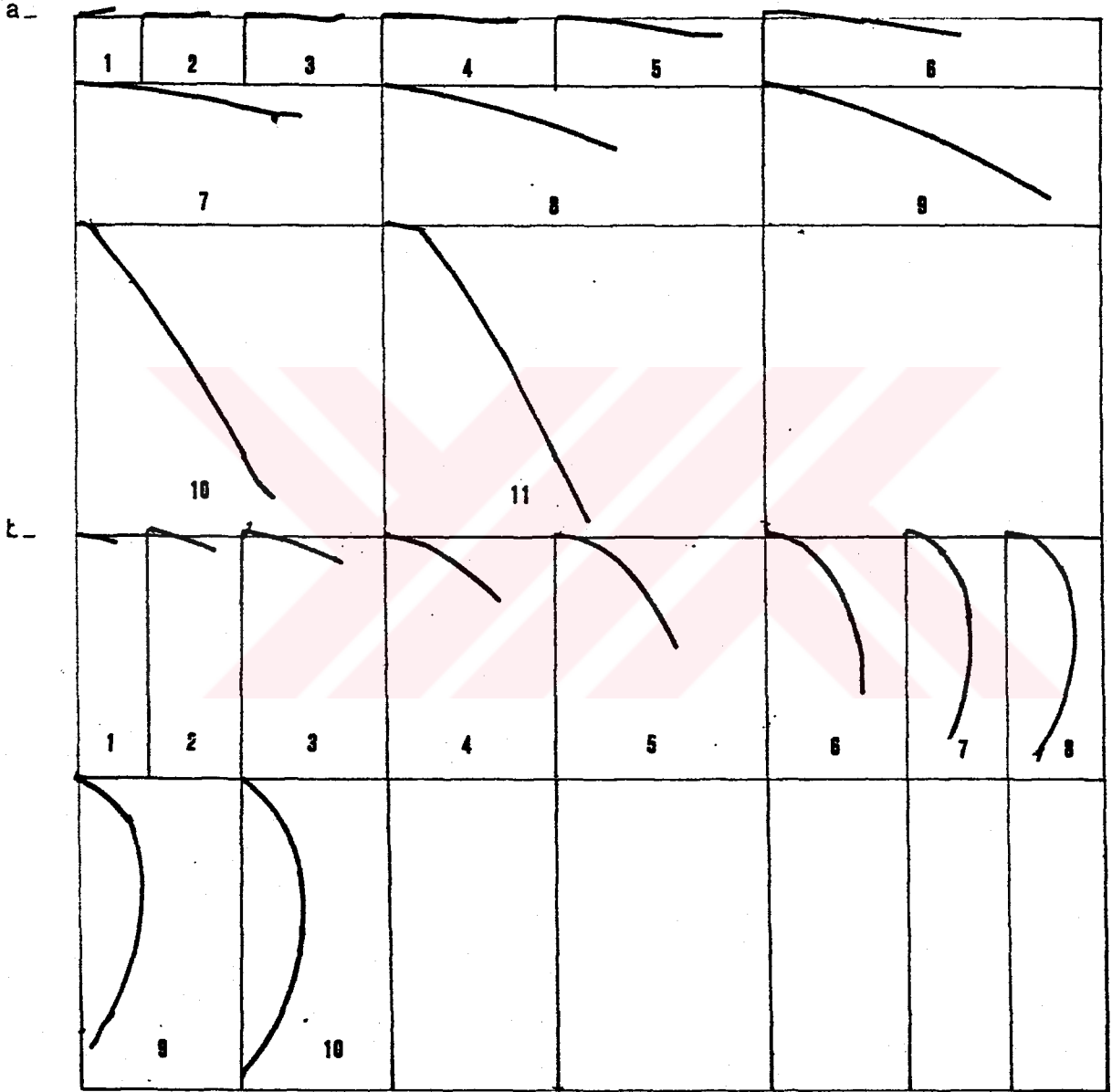


Şekil 4.76. 38 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

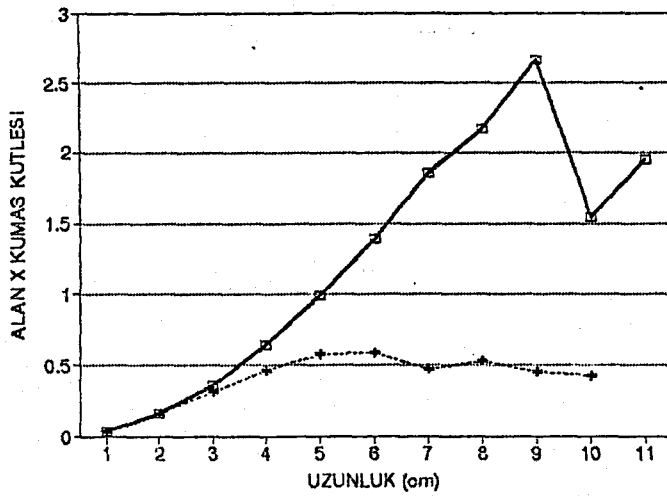
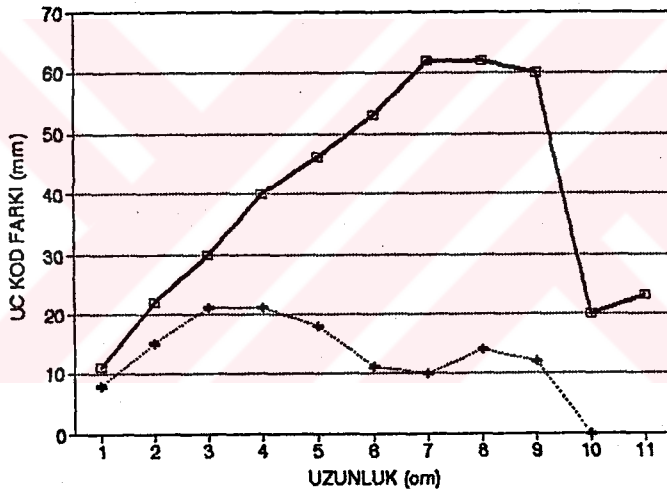
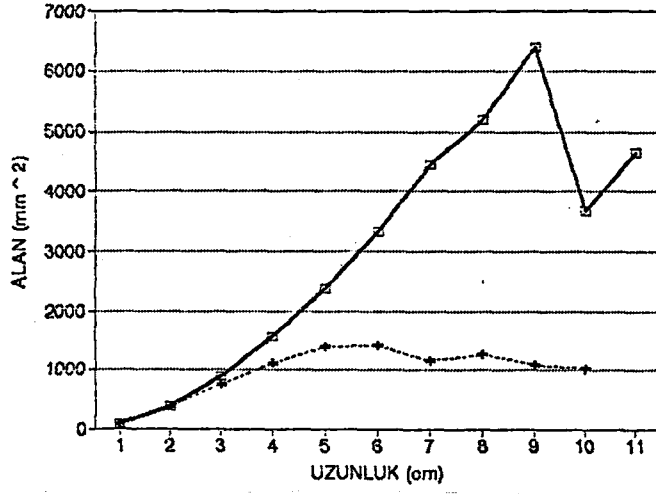
Çizelge 4.39. 39 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	39 Ham Haşılı Kumaş					
Kullanım Alanı	Üst Giysilik Kumaş					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_6$	6,27	0,0	0,07	7,35	0,01	0,21
Büküm T (Tur/m)	375	17,77	4,73	391 Z	26,06	6,65
Sıklık n (iplik/cm)	27,05	0,0	0,18	16,25	0,04	0,30
Kvnm c	11,1569	0,4263	3,82	4,9424	0,2556	5,17
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	2,35	0,2328	9,9	0,3681	0	0
Büküm Faktörü $m$	115,23			110,97		
Örtme Faktörü K	27,38			15,19		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	152,8	5,3	3,50	167,4	3,3	1,98
Eğilme Uzunluğu (cm)	6,7092	8,5366	12,72	3,6031	7,0556	19,58
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	12606,65			1952,48		
Eğilme Modülü q	42,66			6,61		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	417,4	1,4142	0,33	Dokuma Örgüsü		D 3/1
Kumaş Kalınlığı d (mm)	1,525	0,0407	3,87	Kumaş Yoğunluğu		0,2737





Şekil 4.77. 39 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atki eğilme eğrileri



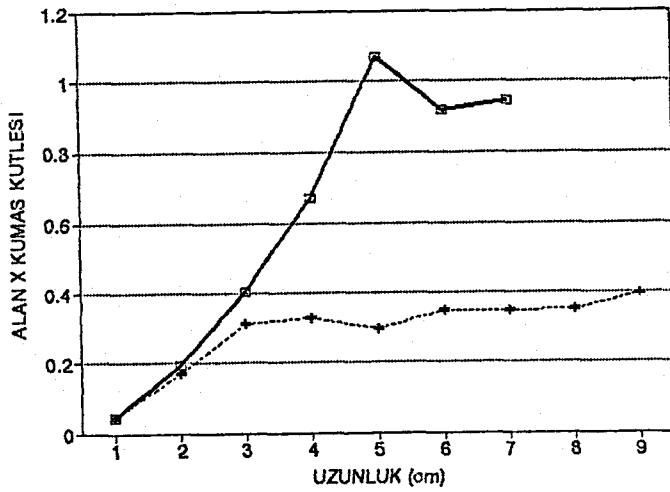
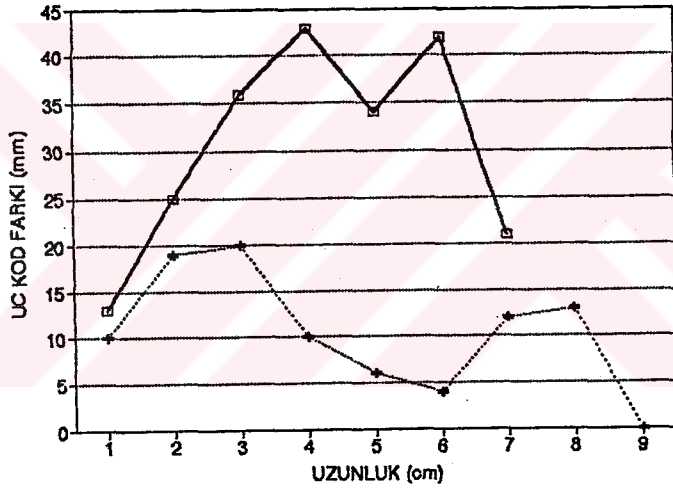
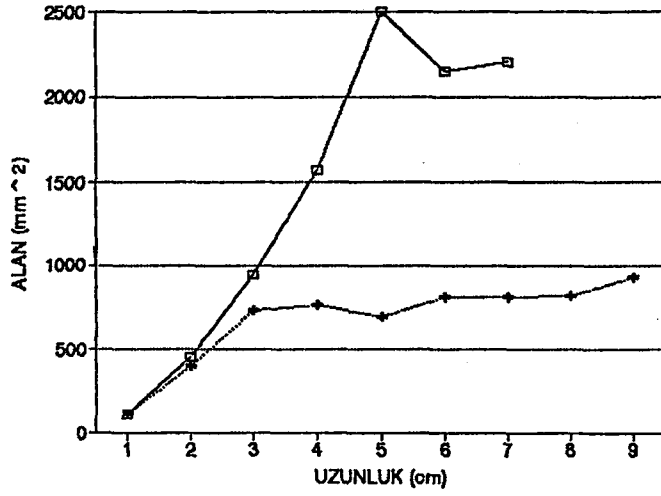
Şekil 4.78. 39 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.40. 40 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	40 (39 No 'lu Kumaşın Haşıl Sökülmüş Hal)					
Kullanım Alanı	Üst Giysilik					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_e$	7,00	0,033	0,49	7,29	0,04	0,55
Büküm T (Tur/m)	441 Z	11,75	2,66	422 Z	16,98	4,01
Sıklık n (İplik/cm)	27,2	0,09	0,36	17,6667	0,057	0,32
Kıvrım c	18,8833	0,2204	1,16	6,7159	0,2461	3,66
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,3786	0,1028	27,16	0,3313	0,0864	26,08
Büküm Faktörü $m$	128,19			120,39		
Örtme Faktörü K	26,06			16,59		
İlik Yük-Uzama Modülü E (MPa)	185,7	3,7	1,97	180,9	7,9	4,34
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,9594	5,3298	18,01	2,8	3,6009	12,86
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	1108,26			938,67		
Eğilme Modülü q	7,96			6,74		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	427,6	2,54546	0,59	Dokuma Örgüsü		D 3/1
Kumaş Kalınlığı d (mm)	1,1865	0,0509	4,29	Kumaş Yoğunluğu		0,38



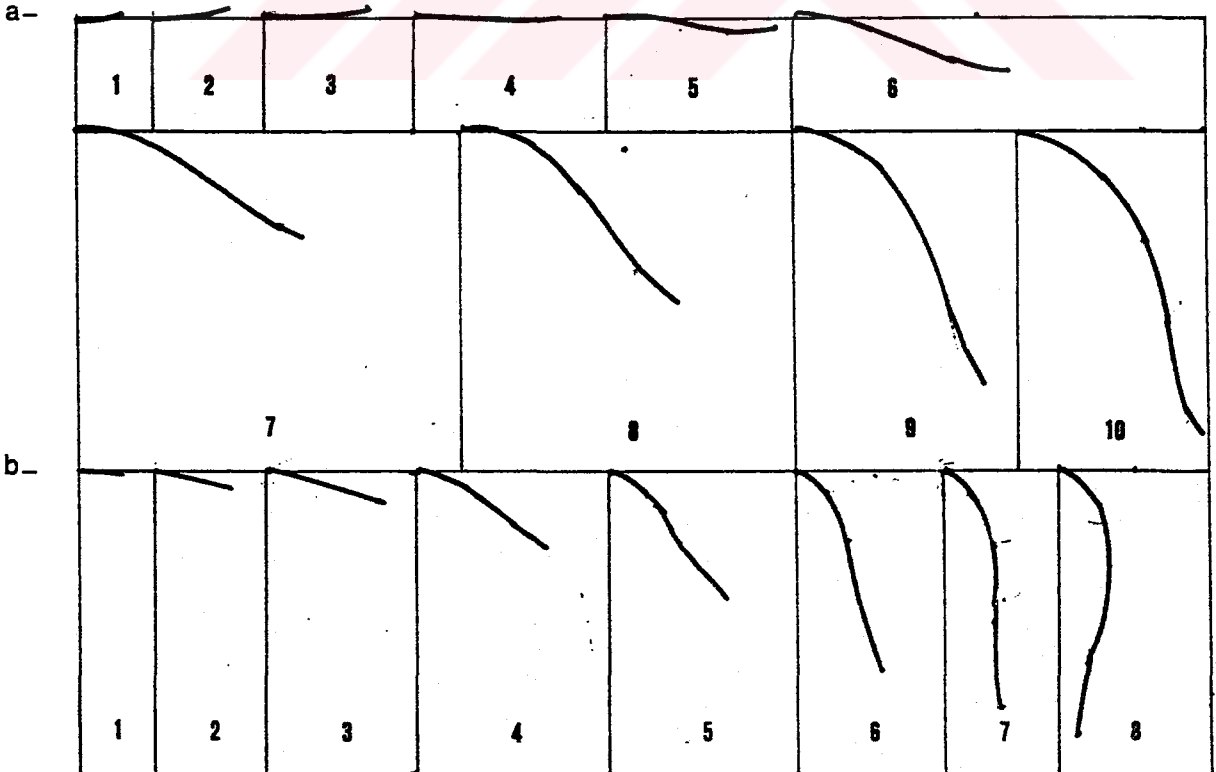
Şekil 4.79. 40 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



Şekil 4.80. 40 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

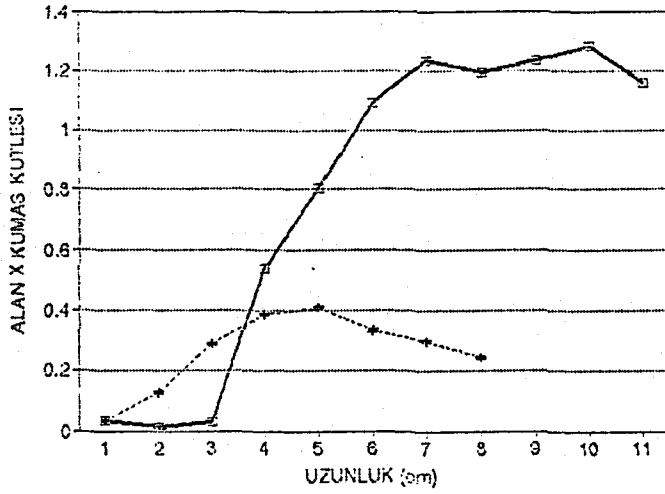
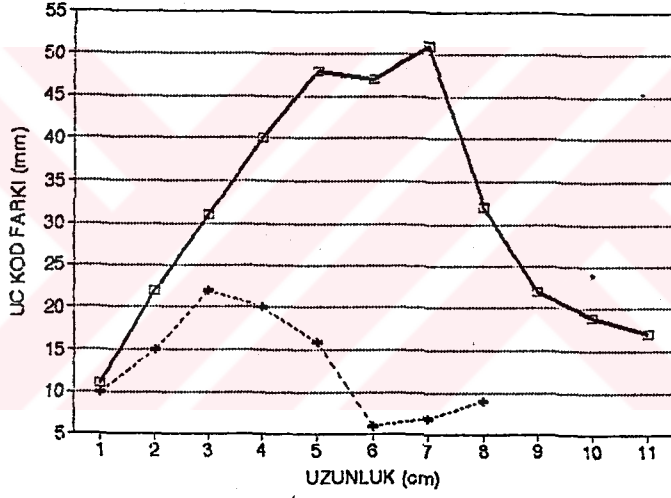
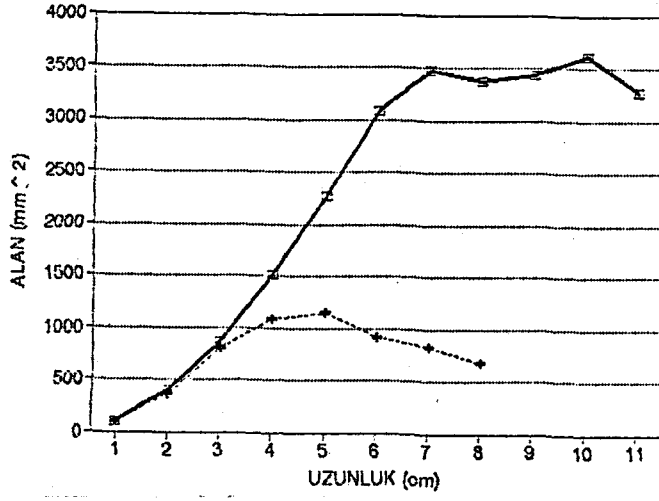
Çizelge 4.41. 41 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	41 (39 No'lu Kumaşın Açartılmış Hal)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_8$	8,03	0,02	0,30	7,43	0,02	0,30
Büküm T (Tur/m)	447 Z	11,6	2,59	387 Z	15,93	4,12
Sıklık n (iplik/cm)	27,95	0,05	0,17	15,36	0,15	0,99
Kıvrım c	6,0854	0,1574	2,58	6,9240	0,3113	4,49
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,9634	0,0329	3,41	1,0402	0,2328	22,38
Büküm Faktörü $m$	121,72			109,05		
Örtme Faktörü K	25,00			14,29		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	452,3	7,7	1,71	292,8	10,7	3,65
Eğilme Uzunluğu (cm)	4,075	1,9916	4,88	3,2875	2,9693	9,03
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	2400,18			1260,26		
Eğilme Modülü $q$	44,10			23,16		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	354,7	1,5556	0,43	Dokuma Örgüsü		D 3/1
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,8676	0,0227	2,61	Kumaş Yoğunluğu		0,4088



Şekil 4.81. 41 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri

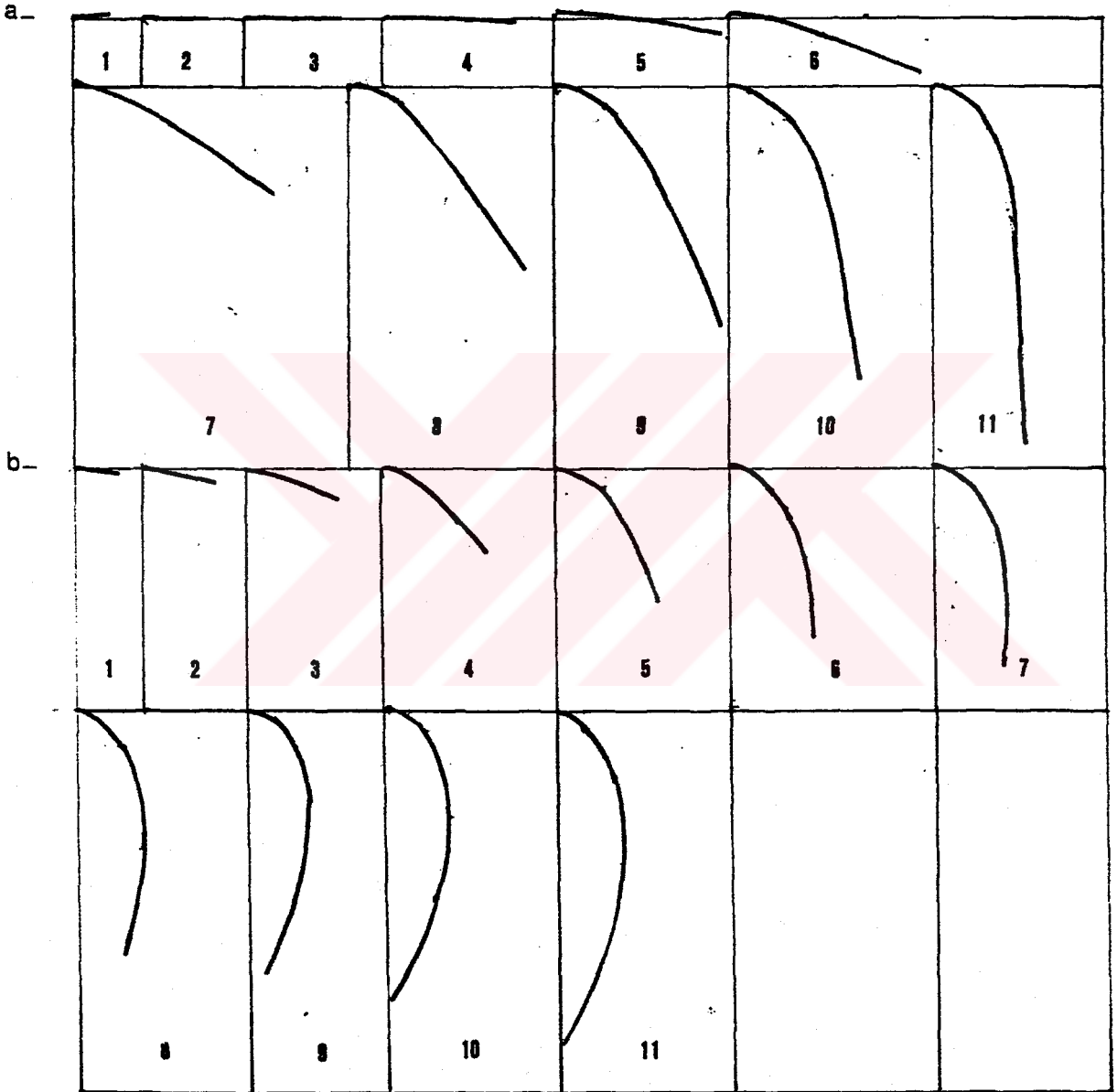
181



Şekil 4.82. 41 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

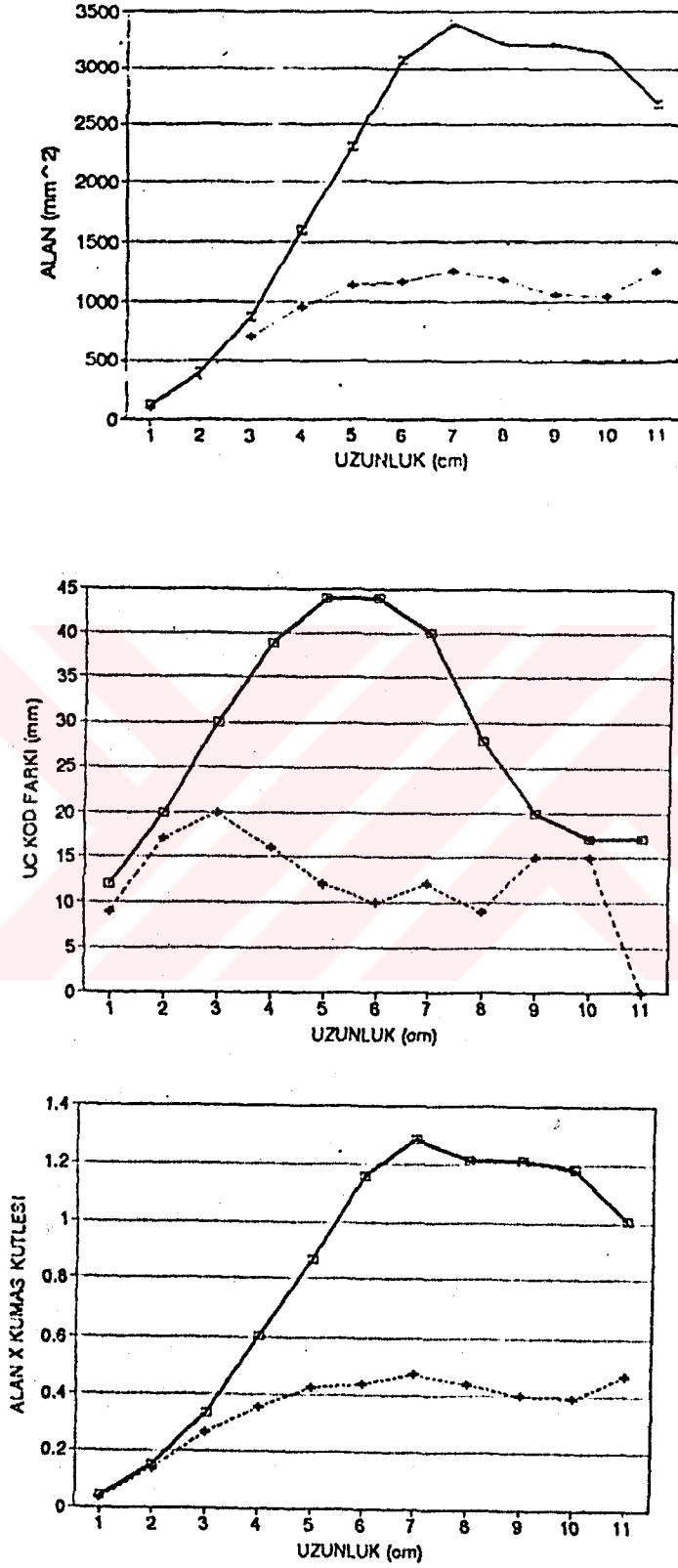
Çizelge 4.42. 42 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	42 (39 No'lu Kumaşın Boyalı Mamül Halî)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim					
Özellik	Çözü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_0$	7,71	0,02	0,28	7,54	0,02	0,38
Büküm T (Tur/m)	Z			Z		
Sıklık n (iplik/cm)	27,9	0,19	0,71	16,15	0,14	0,92
Kıvrım c	10,07	0,22	2,27	5,80	0,40	6,96
İplik Eğilme Rijitliği ( $mNm^{-2}$ )	0,235	0	0	0,235	0	0
Büküm Faktörü $m$						
Örtme Faktörü K	25,48			14,90		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	396,6	4,6	1,17	314,7	8,9	2,81
Eğilme Uzunluğu (cm)	3,6438	4,8952	13,43	3,2844	5,7813	17,60
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	1825,29			1336,74		
Eğilme Modülü $q$	35,29			25,85		
	X	S	% CV			
Gramaj W ( $g/m^2$ )	377,3	0,8485	0,22	Dokuma Örgüsü		D 3/1
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,853	0,0284	3,32	Kumaş Yoğunluğu		0,4423



Şekil 4.83. 42 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri

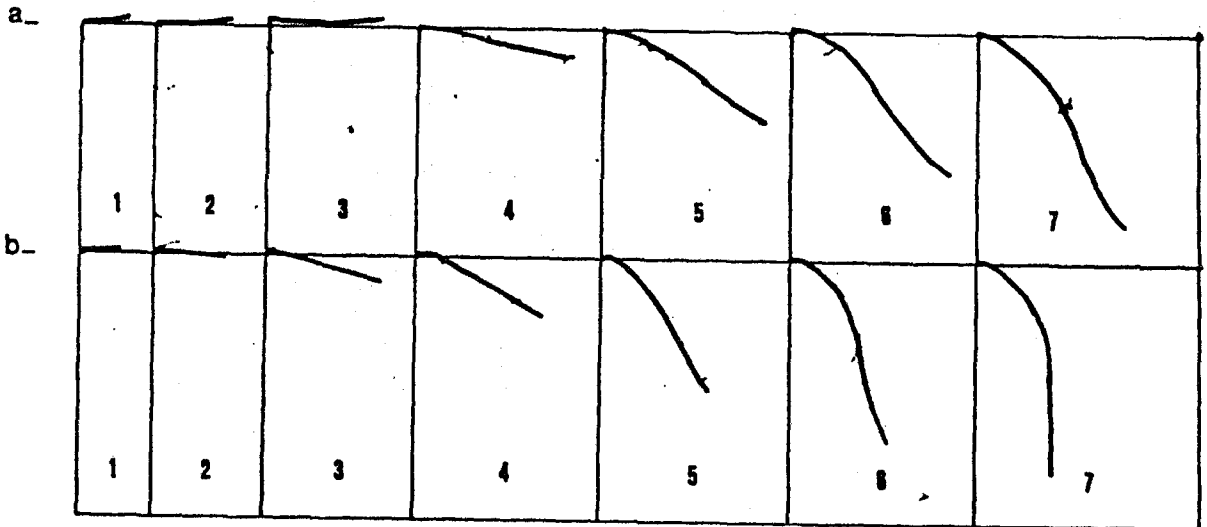




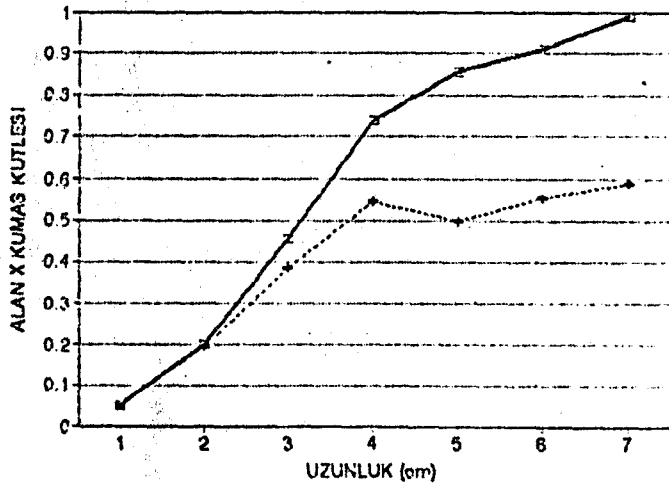
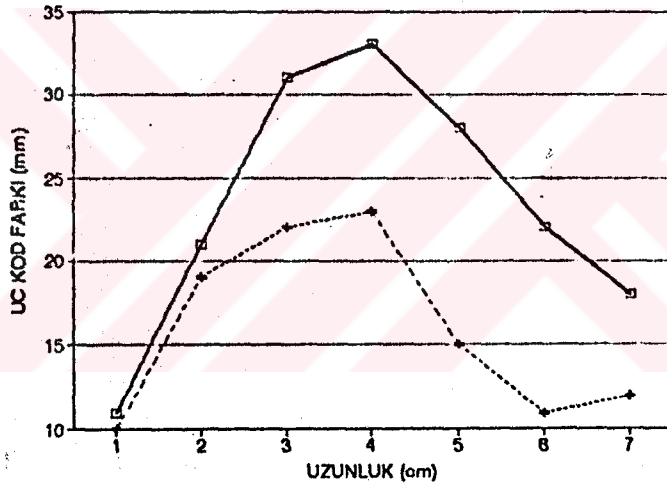
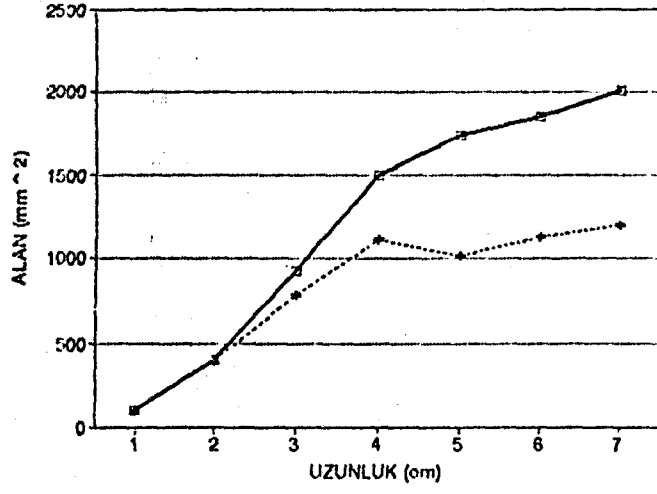
Şekil 4.84. 42 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.43. 43 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	43 (Mamul Blue Jean Kumaş)					
Kullanım Alanı	Spor Giyim					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_6$	5,79	0,04	0,76	5,15	0,10	2,11
Büküm T (Tur/m)	507 Z	20,44	4,02	372 Z	11,01	2,95
Sıklık n (İplik/cm)	24,0667	0,4041	1,67	16,2	0,2646	1,63
Körüm c	17,817	0,1208	0,67	9,1563	0,2764	3,01
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	6,1004	0	0	0,510	0	0
Büküm Faktörü $m$	162,24			126,19		
Örtme Faktörü K	25,3619			18,0952		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	180,0	3,4	1,91	212,3	6,0	2,84
Eğilme Uzunluğu (cm)	3,3438	5,0986	15,24	3,2625	3,3541	10,28
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	1844,41			1713,91		
Eğilme Modülü q	13,55			12,59		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	493,35	4,7376	0,96	Dokuma Örgüsü		D 3/1
Kumaş Kalınlığı d (mm)	1,1775	0,0293	2,49	Kumaş Yoğunluğu		0,4189



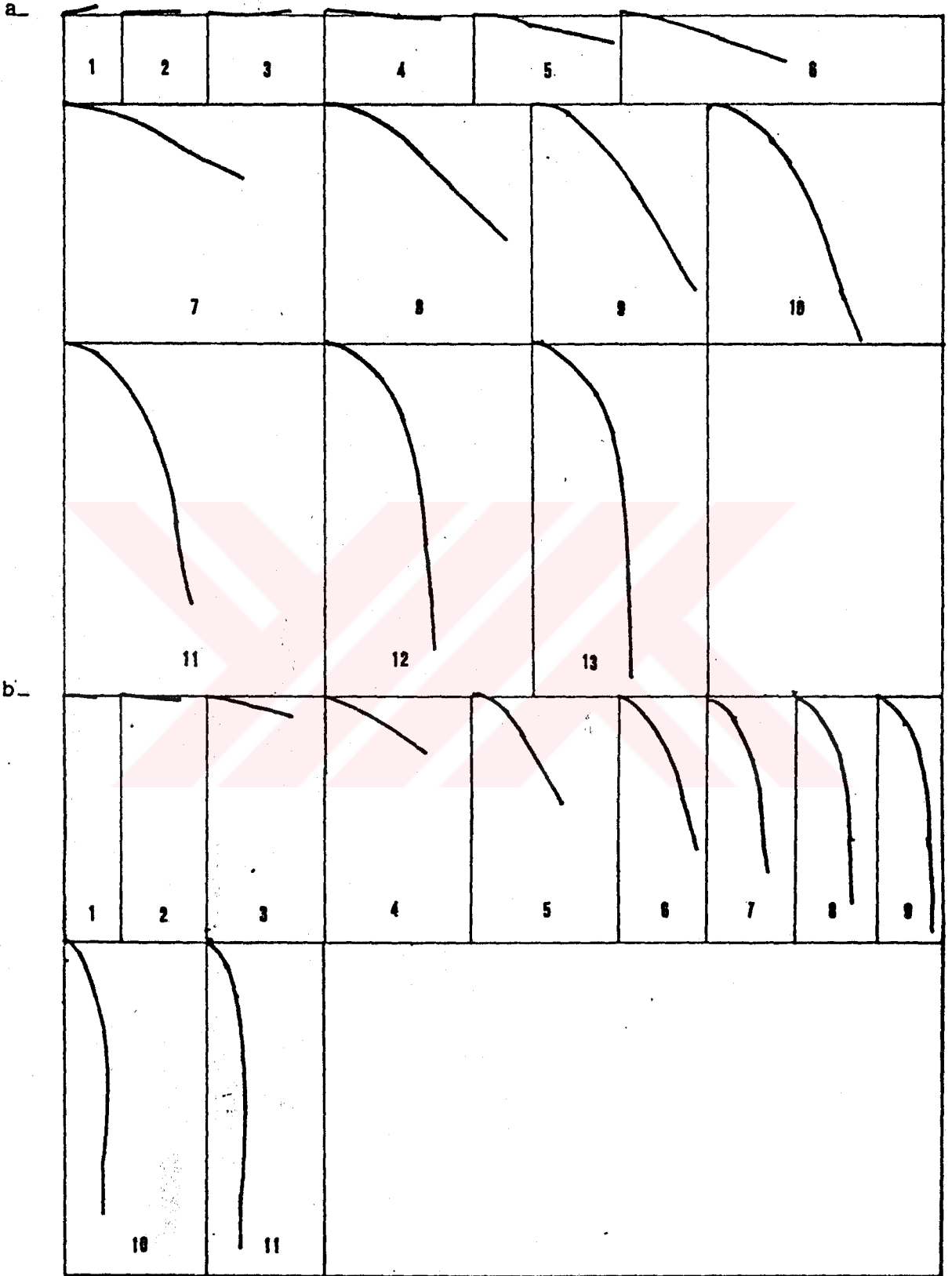
Şekil 4.85. 43 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



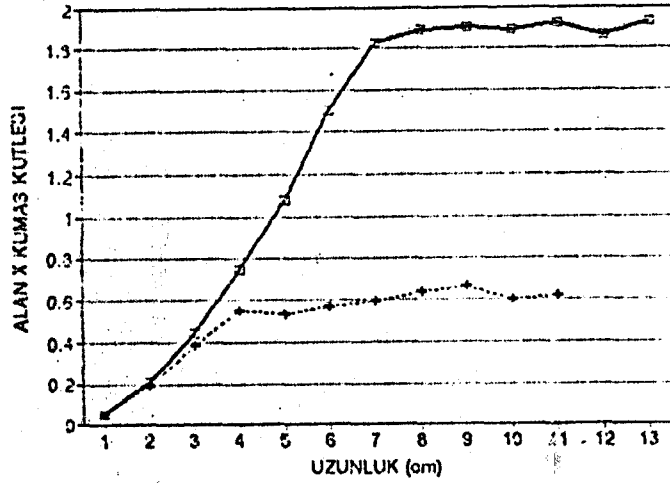
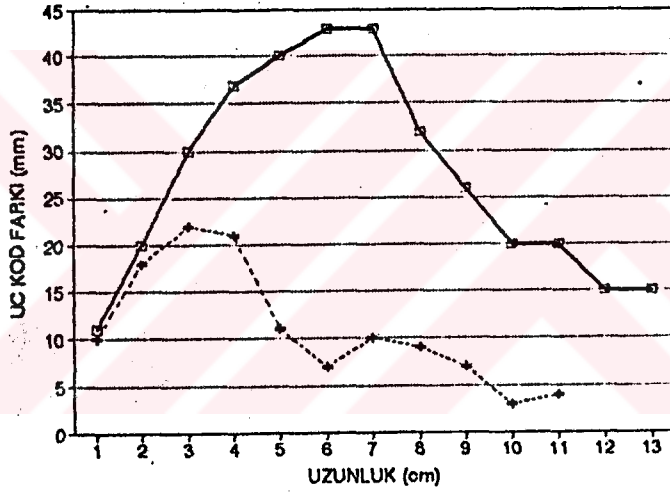
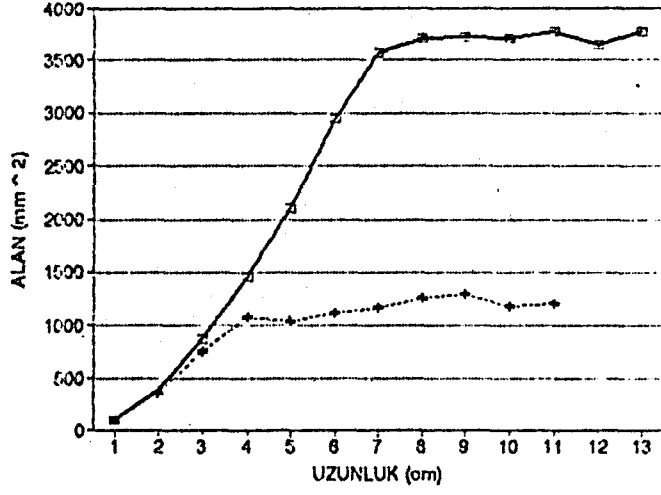
Şekil 4.86. 43 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.44. 44 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	44 Mamul Jean Kumaş					
Kullanım Alanı	Spor Giyim					
Özellik	Cözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk OE			Pamuk OE		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_0$	5,74	0,0325	0,56	5,23	0,04	0,85
Büküm T (Tur/m)	410 Z	14,5	3,54	402 Z	10	2,48
Sıklık n (iplik/cm)	24,5	0,1	0,40	16,7	0,2646	1,58
Kvrım c	20,3811	0,3115	1,52	7,9526	0,1858	2,33
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	1,5619	0,4279	27,39	0,9361	0	0
Büküm Faktörü $m$	131,64			135,36		
Örtme Faktörü K	25,92			18,51		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	183,2	5,9	3,22	197,5	5,5	2,79
Eğilme Uzunluğu (cm)	4,5469	3,2633	7,17	3,2875	2,7417	8,33
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	4806,83			1816,84		
Eğilme Modülü q	38,23			14,45		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	511,35	2,8992	0,56	Dokuma Örgüsü		D 3/1 Z
Kumaş Kalınlığı d (mm)	1,147	0,655	5,70	Kumaş Yoğunluğu		0,4458



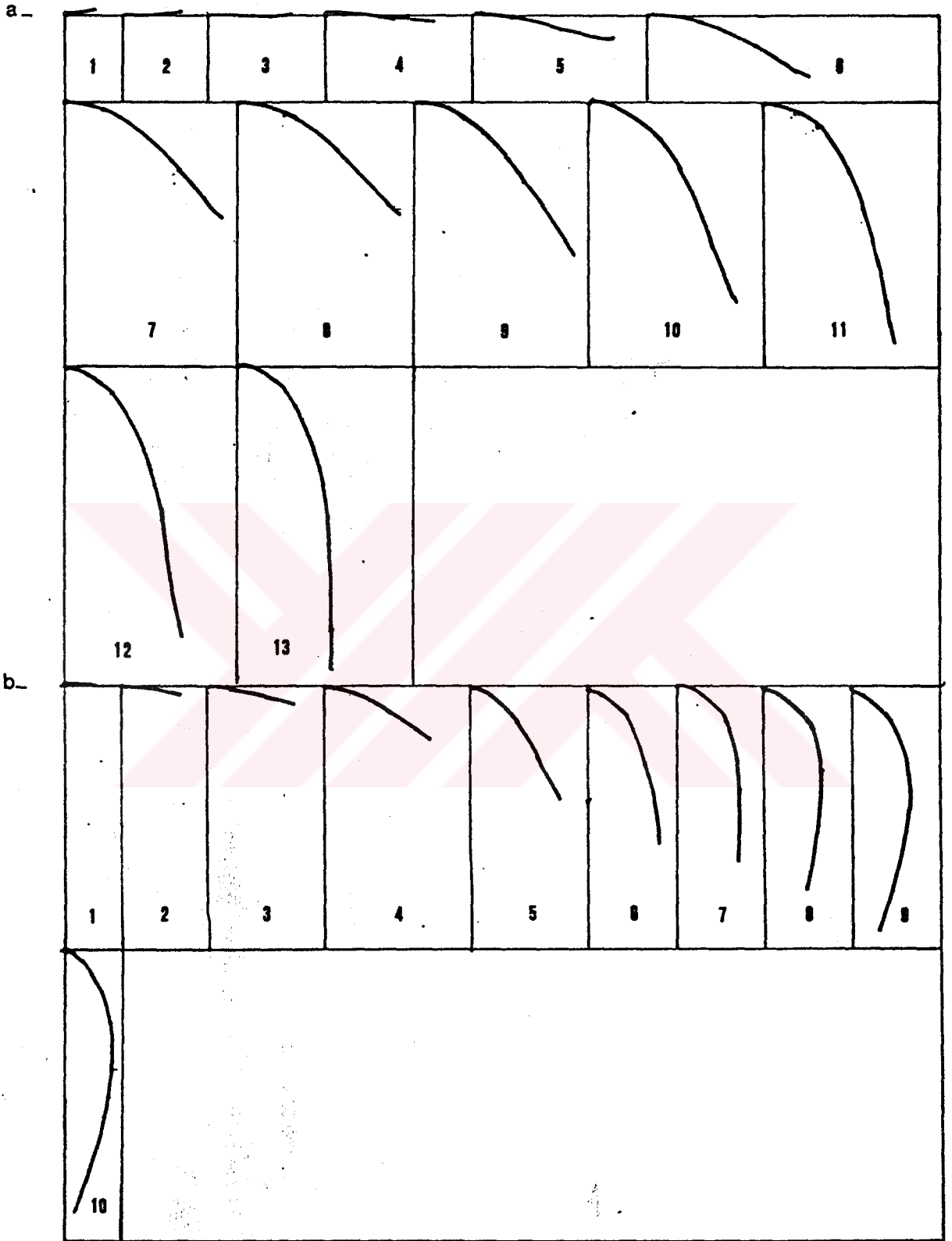
Şekil 4.87. 44 Nolu kumaşa ait, a)çözgü b) atkı eğilme eğrileri



Şekil 4.88. 44 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

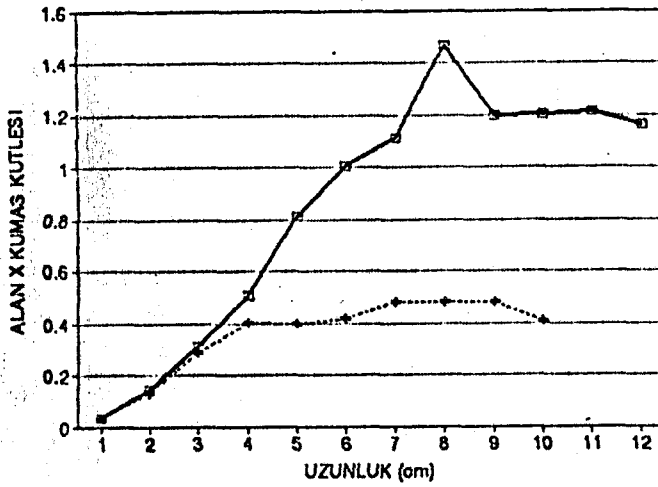
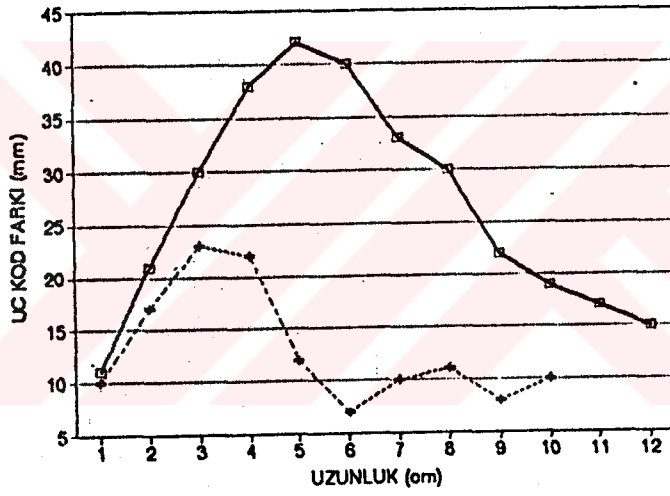
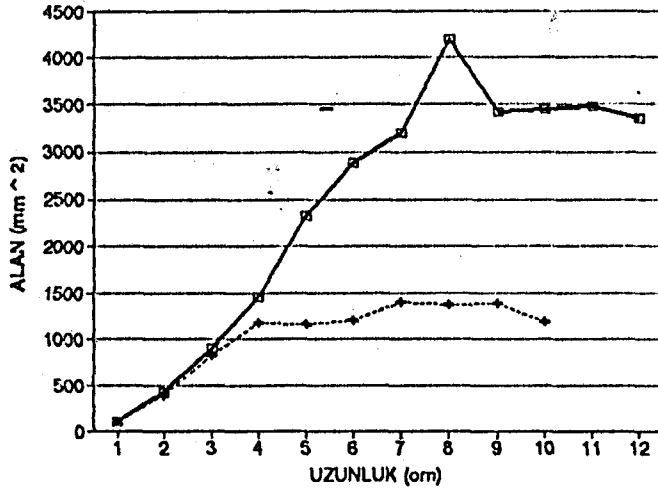
Çizelge 4.45. 45 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	45 (Mamul Boyalı Kumaş)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim					
Özellik	Cözgü			Atkı		
Hammadde	Pamuk			Pamuk		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_p$	8,29	0,05	0,67	8,44	0,03	0,40
Büküm T (Tur/m)	425 Z	21,18	4,97	430 Z	13,75	3,19
Sıklık n (iplik/cm)	29,35	0,25	0,85	16,7	0,99	0,59
Kvrım c	7,6109	0,4323	5,68	5,1565	0,5432	10,53
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,711	0,1749	24,61	0,6784	0,1116	16,44
Büküm Faktörü $m$	113,64			113,83		
Ortme Faktörü K	25,84			14,57		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	467,8	8,2	1,76	375,0	11,2	2,99
Eğilme Uzunluğu (cm)	4,0343	2,6439	6,5536	3,4093	3,0343	8,900
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	2287,08			1380,31		
Eğilme Modülü q	72,17			43,56		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	348,3	2,1213	0,60	Dokuma Çigüsü		D 3/1
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,7245	0,1234	1,70	Kumaş Yoğunluğu		04807



Şekil 4.89. 45 Nolu kumaşa ait, a)çözgü b) atkı eğilme eğrileri

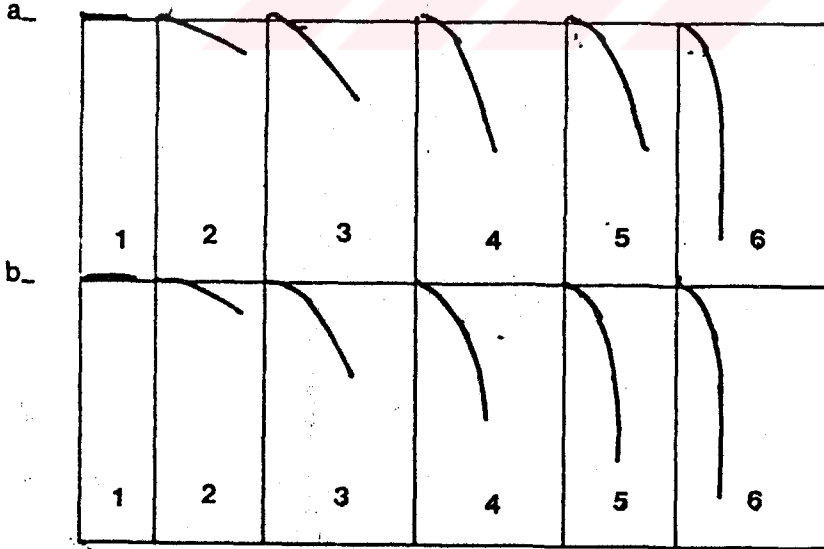




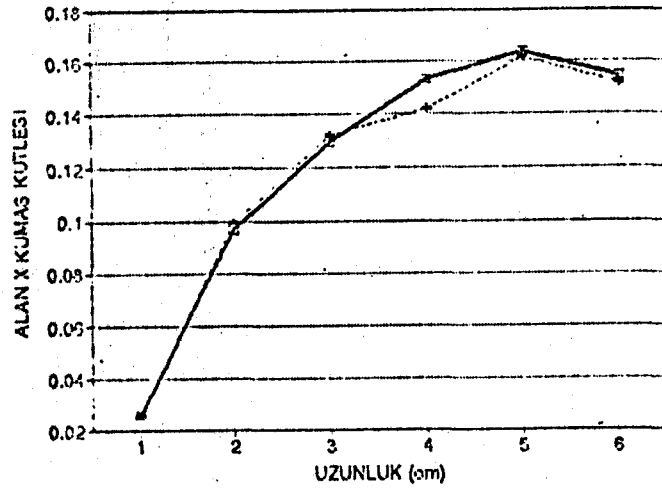
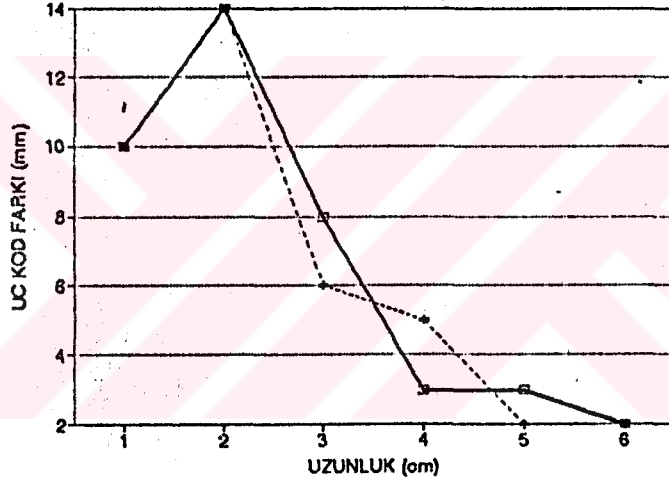
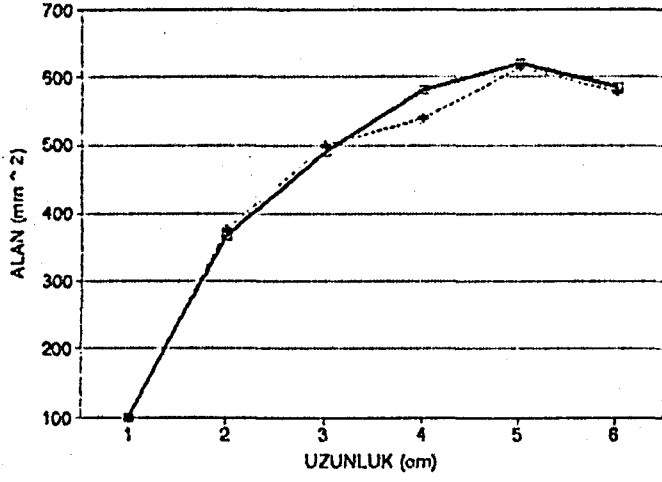
Şekil 4.90. 45 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.46. 46 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	46 (Ham Yünlü Kumaş)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Yün			Yün		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_m$	29,07	0,12	0,43	28,85	0,15	0,51
Büküm T (Tur/m)	432 S	28,56	6,6	461 S	25,97	5,63
Sıklık n (iplik/cm)	37,15	0,25	0,67	31,75	0,14	0,47
Kıvrım c	9,0879	0,5824	6,40	13,7931	0	0
İplik Eğilme Rijitliği ( $mNm^{-2}$ )	1,236	0	0	0,5206	0	0
Büküm Faktörü $m$	80,24			85,95		
Örtme Faktörü K	22,74			19,51		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	104,5	2,9	2,81	50,25	0,57	1,13
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,20625	0,9039	4,09	3,0375	0,9543	4,68
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	283,35			739,44		
Eğilme Modülü q	2,51			6,55		
	X	S	% CV			
Gramaj W ( $g/m^2$ )	263,85	0,7778	0,29	Dokuma Örgüsü		D /
Kumaş Kalınlığı d (mm)	1,1065	0,1764	1,59	Kumaş Yoğunluğu		0,2385



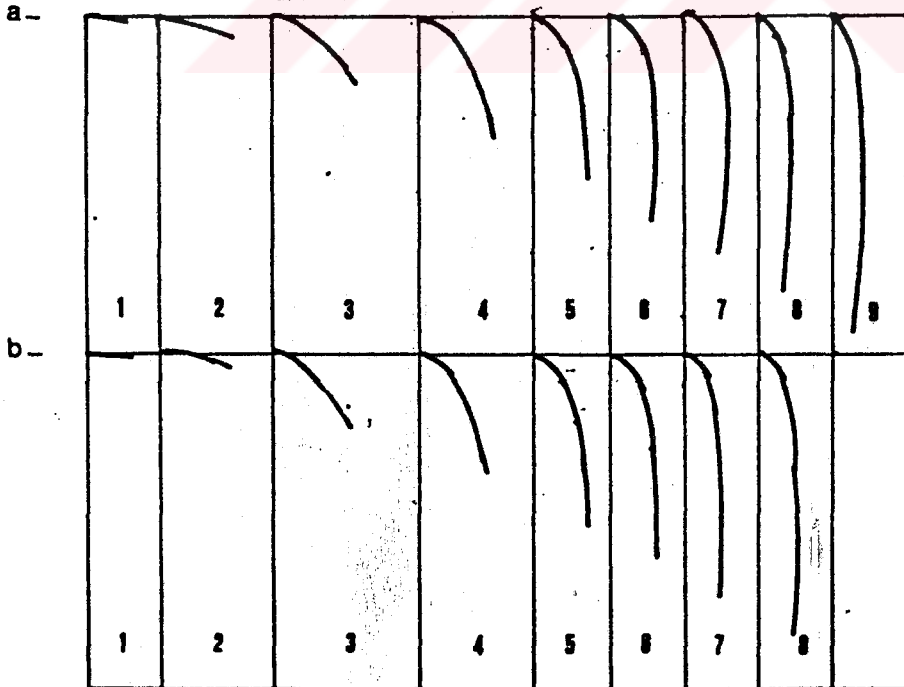
Şekil 4.91. 46 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



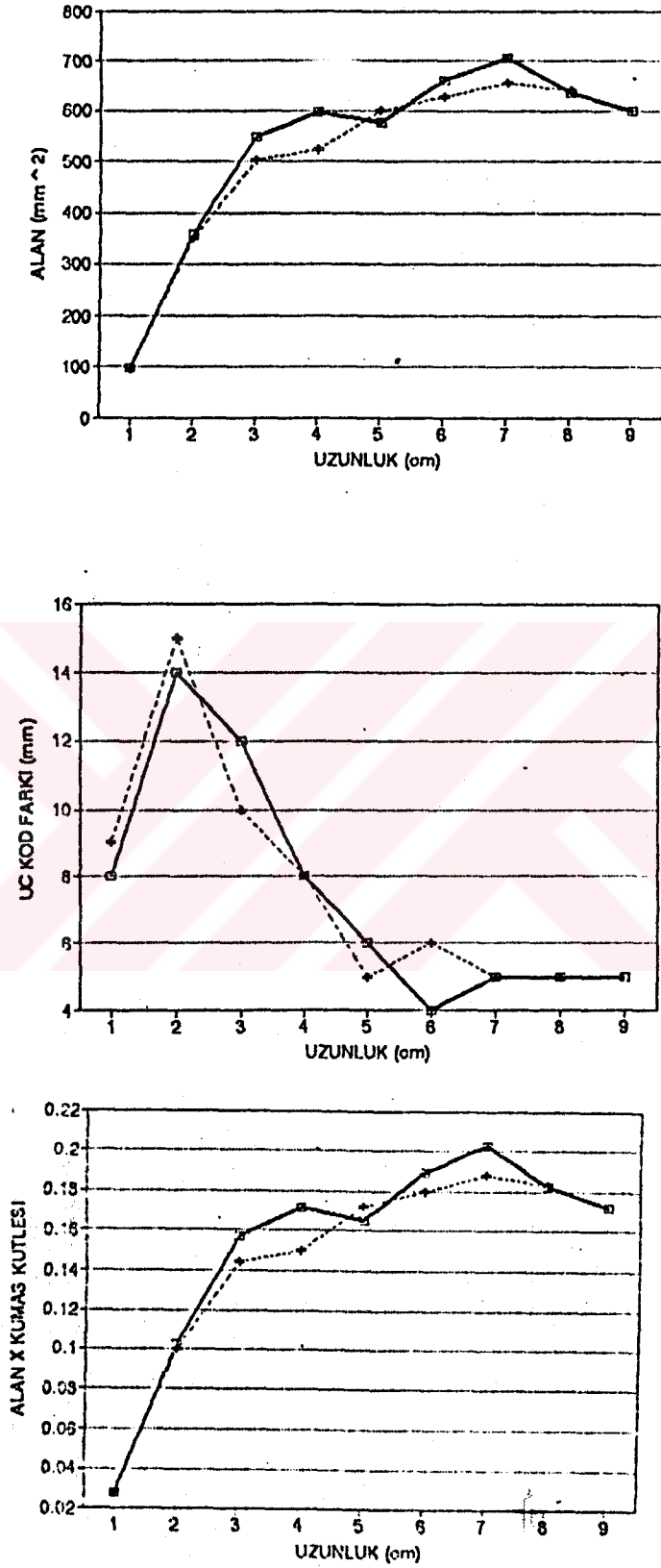
Şekil 4.92. 46 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.47. 47 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	47 (46 No'lu Kumaşın Mamul Boyalı Hal)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim					
Özellik	Çözgü			Atkı		
	Yün			Yün		
Hammadde	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_m$	28,40	0,02	0,1	28,34	0,11	0,39
Büküm T (Tur/m)	414 S	45,35	10,95	463 S	22	4,74
Sıklık n (iplik/cm)	38,45	0,35	0,91	32,7	0,1	0,30
Kıvrım c	12,8149	0,3382	2,63	16,3262	0,7853	4,81
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,3155	0	0	0,3155	0	0
Büküm Faktörü $m$	77,71			87,10		
Örtme Faktörü K	23,81			20,27		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	105,7	4,6	4,32	74,96	2,22	2,96
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,2296	0,3057	1,37	2,0906	0,3275	1,56
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	318,21			262,30		
Eğilme Modülü q	9,45			7,79		
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	X	S	% CV	Dokuma Örgüsü		D /
	287,065	3,2032	1,11			
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,7393	0,1142	1,54	Kumaş Yoğunluğu		0,3883



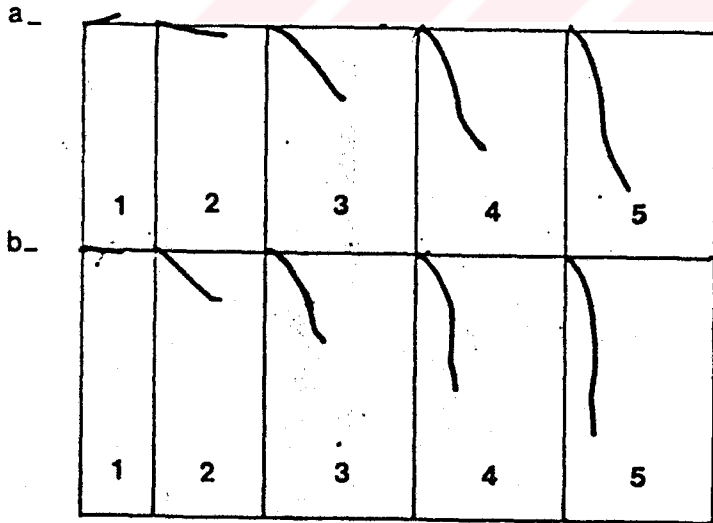
Şekil 4.93. 47 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



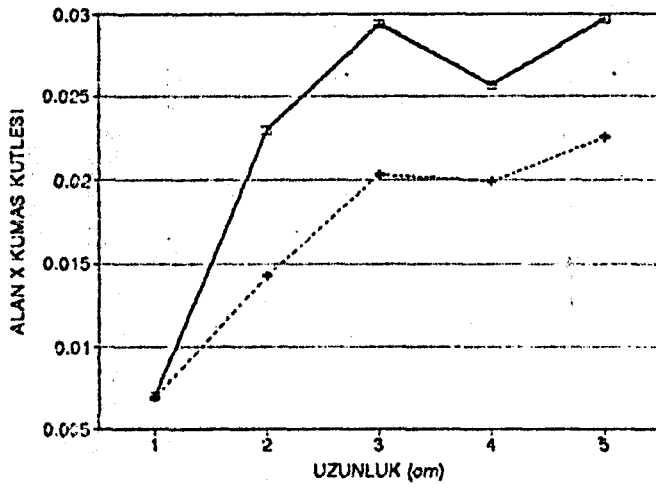
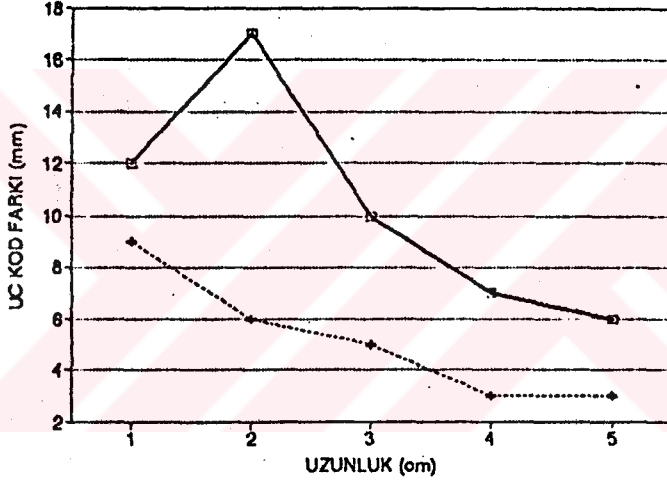
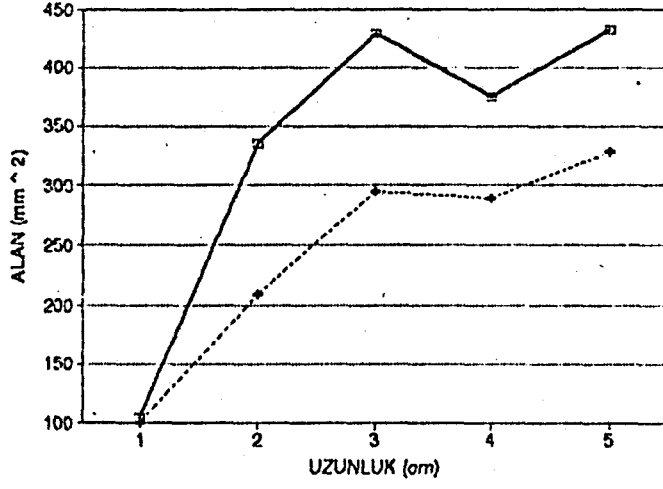
Şekil 4.94. 47 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.48. 48 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	48 ( MAMUL KUMAS)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	İPEK			İPEK		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_m$	158,55	123,18	78,68	121,29	0,5274	0,43
Büküm T (Tur/m)	-	-	-	1951 2S,2Z	152,44	7,81
Sıklık n (iplik/cm)	115	1	086	42,75	0,75	1,75
Kıvrım c	17,4907	0,3346	1,91	11,5879	1,0717	9,24
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,1578	0	0	0,1578	0	0
Büküm Faktörü $m$	-			177,3		
Örtme Faktörü K	30,066			12,81		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	236,9	0,7	0,28	303,3	6,8	2,24
Eğilme Uzunluğu (cm)	1,7	1,6690	9,817	1,7938	3,4167	19,04
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	33,65			39,53		
Eğilme Modülü q	76,13			89,44		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	0,685	0,9899	1,44	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,1744	0,02066	1,18	Kumaş Yoğunluğu		03928



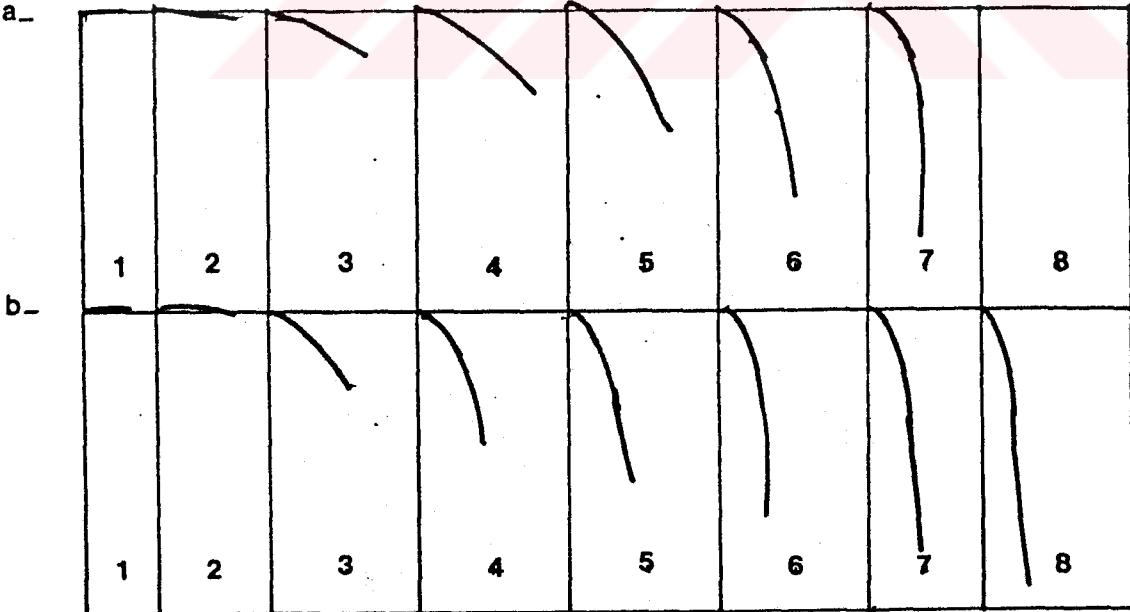
Şekil 4.95. 48 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



Şekil 4.96. 48 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

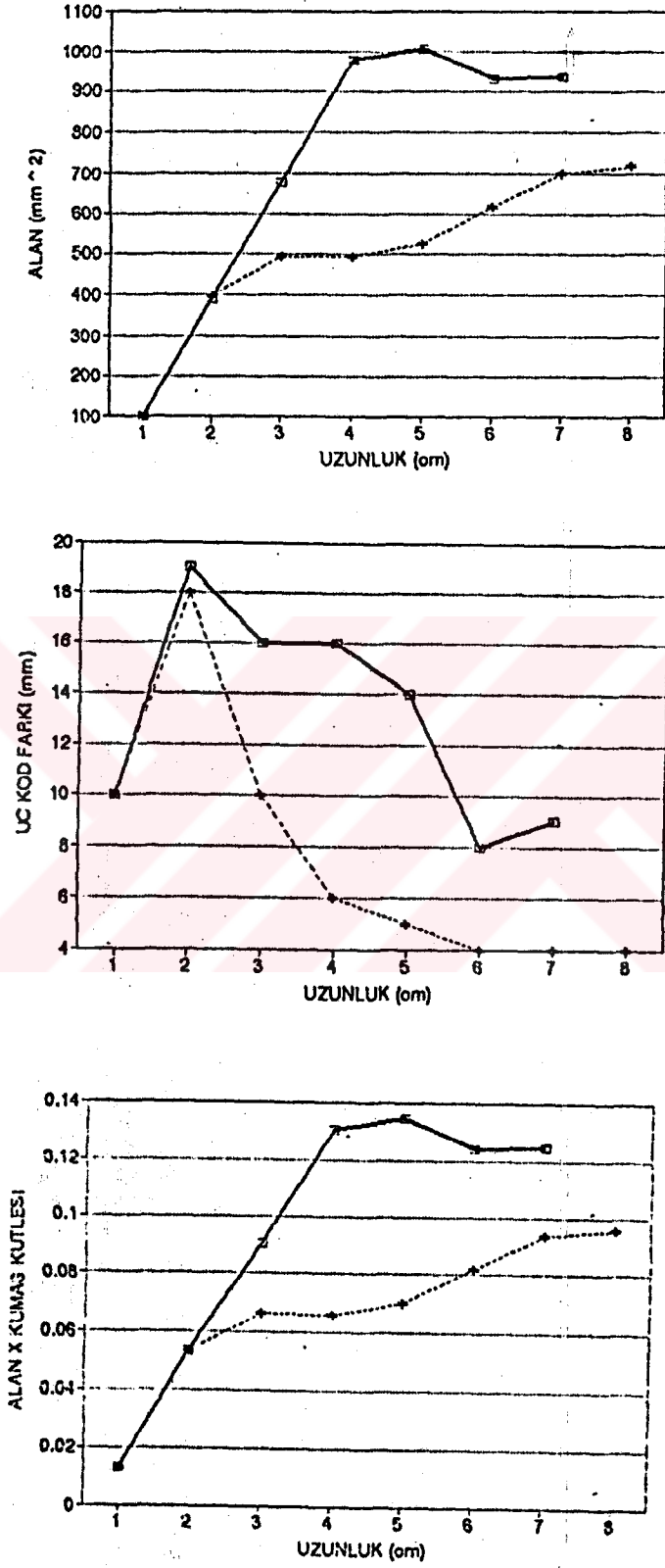
Çizelge 4.49. 49 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	49 (Ham Kumaş)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Viskon			Viskon		
	X	S	% CV	X	S	%CV
İplik Numarası $N_e$	20,00	0,42	2,13	18,64	0,15	0,83
Büküm T (Tur/m)	622 Z	38,16	6,13	758 Z	13,86	1,83
Sıklık n (İplik/cm)	25,6	0	0	17,25	0,0499	0,28
Kvrım c	8,0862	0,4779	5,91	6,4369	0,1562	2,42
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,2682	0,0432	16,10	0,2367	0	0
Büküm Faktörü $m$	106,96			135,06		
Örtme Faktörü K	14,51			10,13		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	181,9	10,4	5,74	119,0	8,0	6,72
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,7938	1,8213	6,51	1,9563	0,4173	2,13
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	291,54			100,09		
Eğilme Modülü q	44,94			15,43		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	133,7	1,6971	1,26	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,427	0,081	4,24	Kumaş Yoğunluğu		0,3131



Şekil 4.97. 49 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri

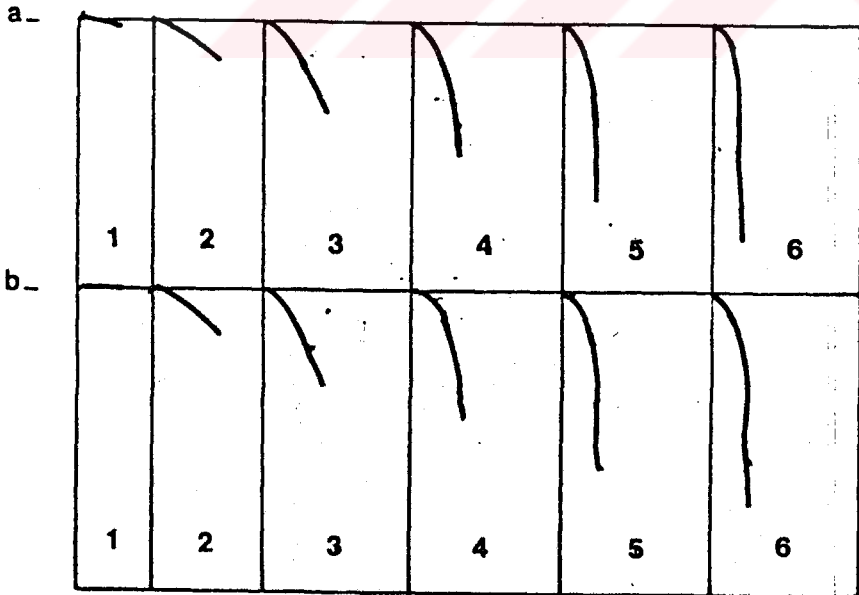




Şekil 4.98. 49 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

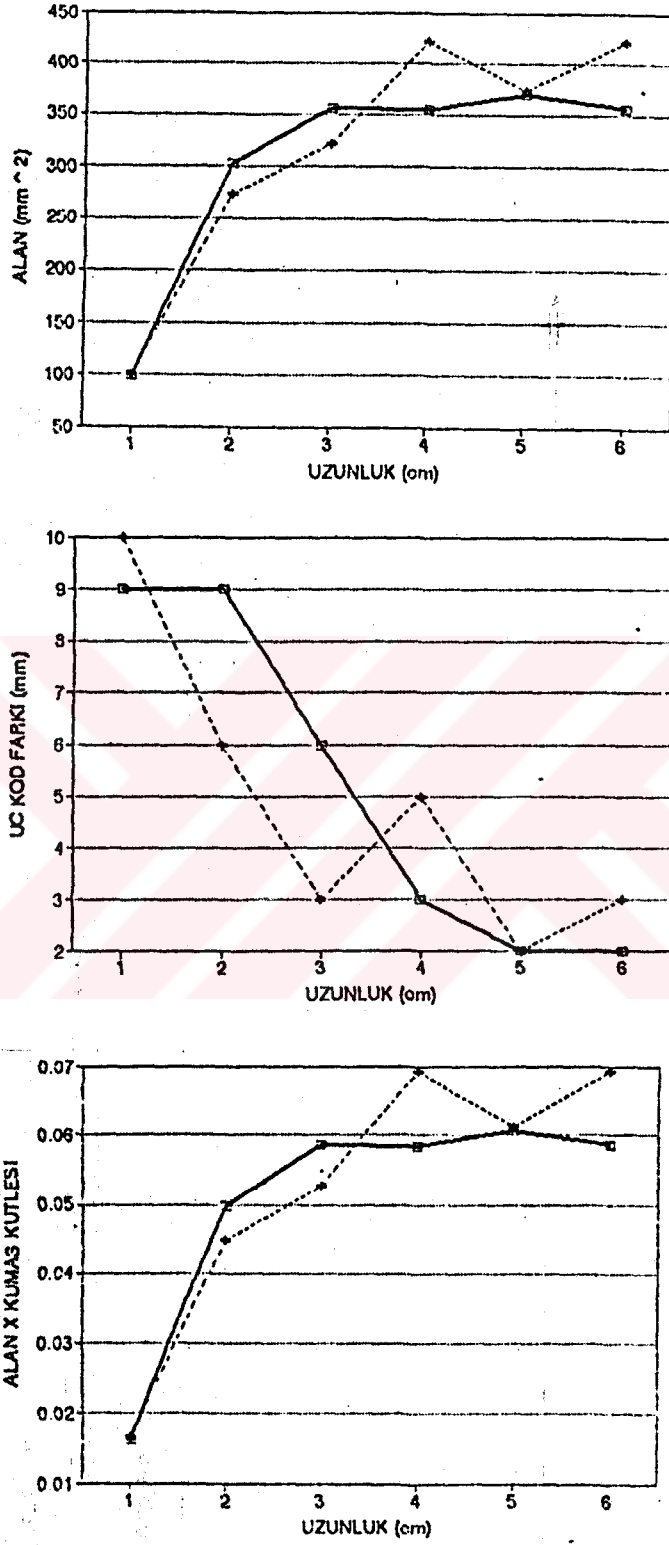
Çizelge 4.50. 50 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	50 (49 No'lu Kumaşın Mamul Baskılı Hal)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim (Gömleklik)					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Viskon			Viskon		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_e$	20,27	0,44	2,18	20,66	0,02	0,12
Büküm T (Tur/m)	759 Z	6,32	0,83	703 Z	17,77	2,53
Sıklık n (iplik/cm)	25,6	0	0	0,2419	0,0117	4,86
Kvrnm c	10,0	0,894	8,94	11,7208	0,5091	4,34
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,2367	0	0	0,2419	0,0117	4,86
Büküm Faktörü $m$	129,58			118,93		
Örtme Faktörü K	14,42			14,30		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	190,4	6,2	3,27	190,7	6,5	3,40
Eğilme Uzunluğu (cm)	1,8375	0,9161	4,98	1,8375	0,8345	4,54
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	101,78			101,78		
Eğilme Modülü $\eta$	20,12			20,12		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	164,05	1,2021	0,73	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,393	0,00919	2,33	Kumaş Yoğunluğu		0,4174



YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANİTASYON BİRİMİ

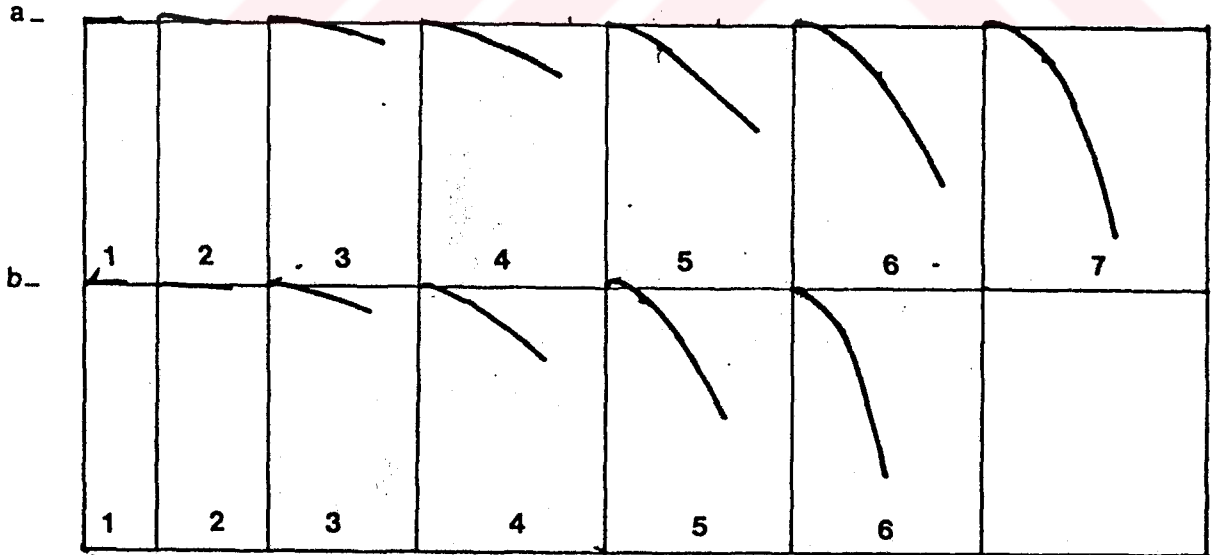
Şekil 4.99. 50 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



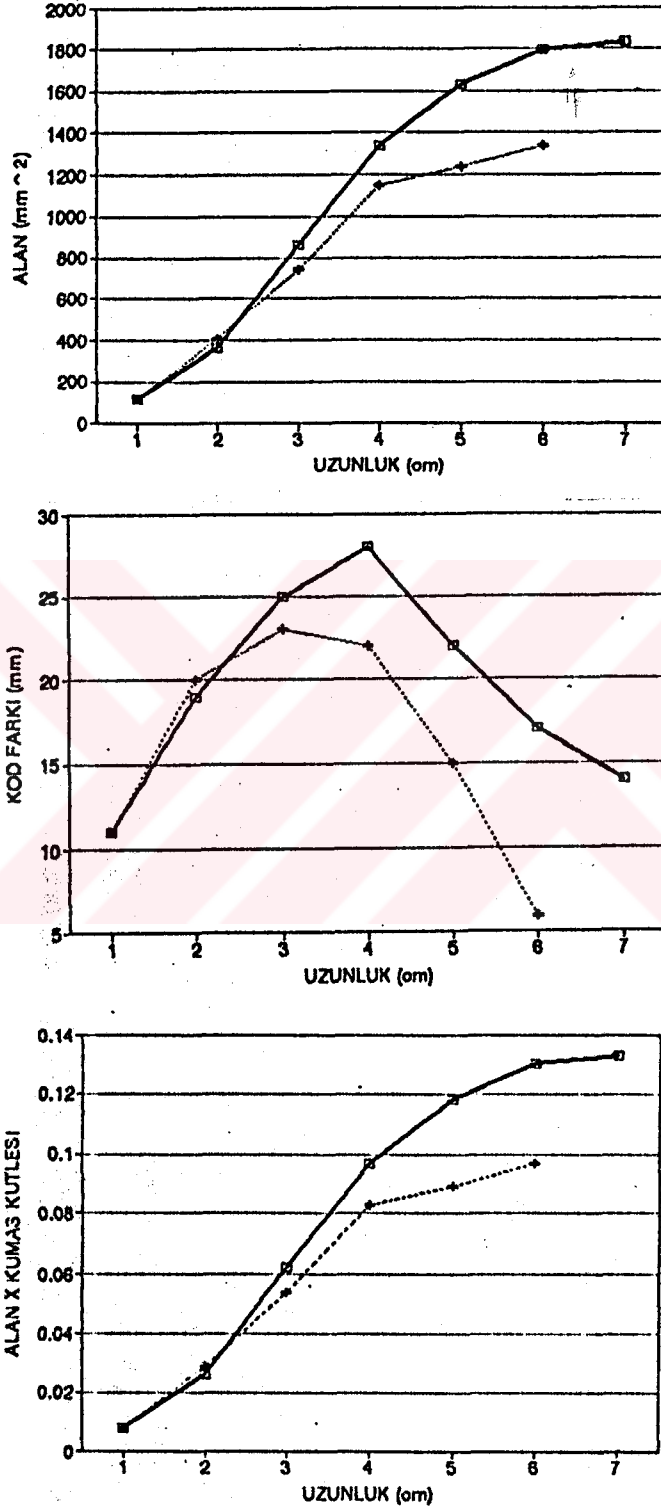
Şekil 4.100. 50 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.51. 51 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	51 (Ham Kumaş)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Naylon			Naylon		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $T_d$	77,15	0,17	0,22	71,94	0,34	0,47
Büküm T (Tur/m)	-	-	-	-	-	-
Sıklık n (İplik/cm)	48,9	0,1	0,20	31,375	0,125	0,39
Kıvrım c	8,0194	0,3702	4,61	5,5884	0,298	5,33
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	1,236	0	0	0,5206		
Büküm Faktörü $m$	-			-		
Örtme Faktörü K	14,94			9,26		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	425,3	6,1	1,43	278,1	5,7	2,05
Eğilme Uzunluğu (cm)	3,4625	2,3769	6,86	3,1844	3,4962	10,97
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	300,67			233,78		
Eğilme Modülü q	530,21			412,25		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	72,4	0,4243	0,58	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,1895	0,0043	2,31	Kumaş Yoğunluğu		0,3821



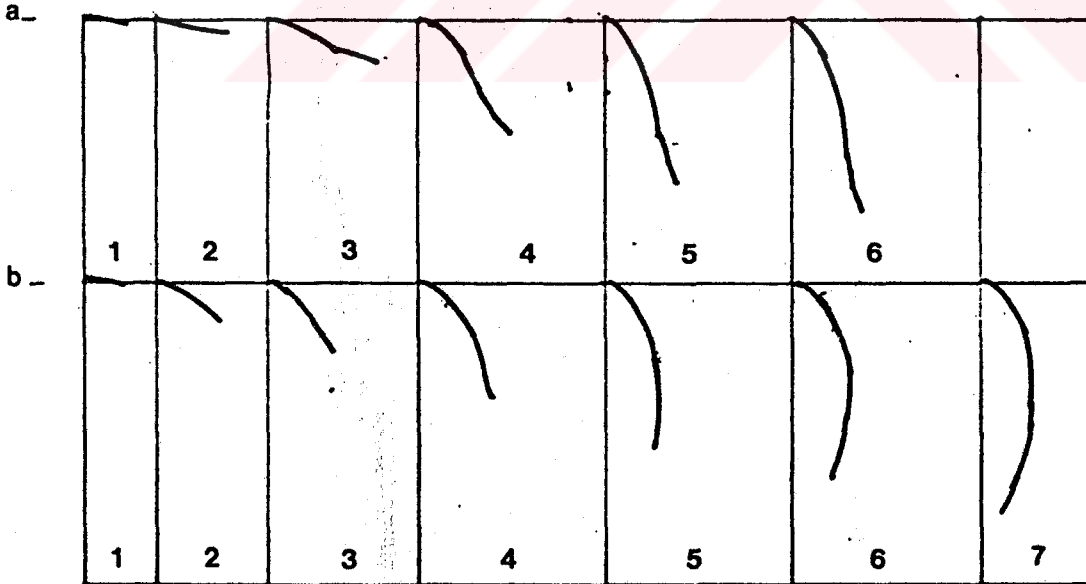
Şekil 4.101 51 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



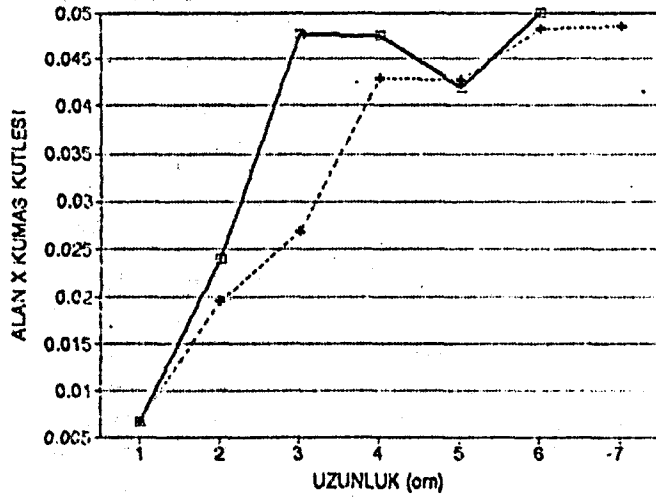
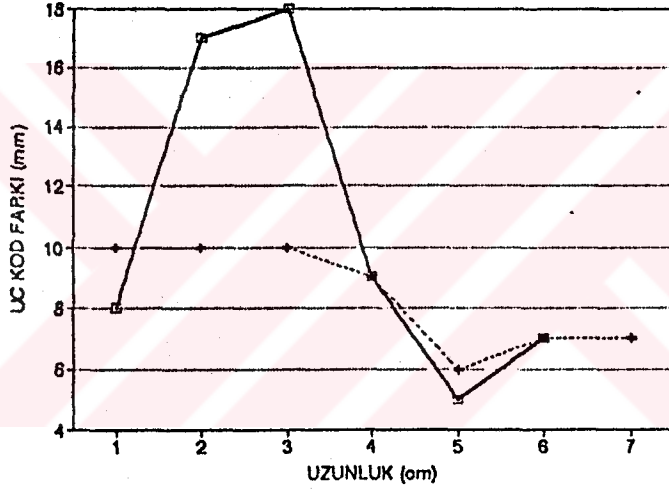
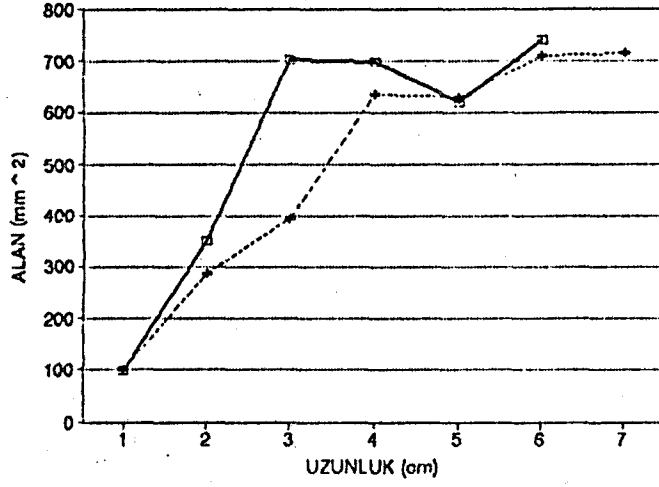
Şekil 4.102. 51 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.52. 52 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	52 (51 No'lu Kumaşın Mamul Halli)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Naylon			Naylon		
İplik Numarası T <sub>d</sub>	X	S	% CV	X	S	% CV
	72,56	1,88	2,59	73,10	0,86	1,18
Büküm T (Tur/m)	-	-	-	-	-	-
Sıklık n (iplik/cm)	52	0	0	31	0	0
Kıvrım c	5,4329	1,2637	23,25	4,651	0,4766	10,24
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,1052	0	0	0,1052	0	0
Büküm Faktörü m	-			-		
Örtme Faktörü K	15,41			9,22		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	249,5	7,5	3,01	22,9	5,1	2,31
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,225	1,4392	6,46	2,3125	0,3538	1,52
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	74,85			84,03		
Eğilme Modülü q	311,05			349,21		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	67,95	0,7071	0,10	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,1424	0,0038	2,56	Kumaş Yoğunluğu		0,4772



Şekil 4.10352 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri

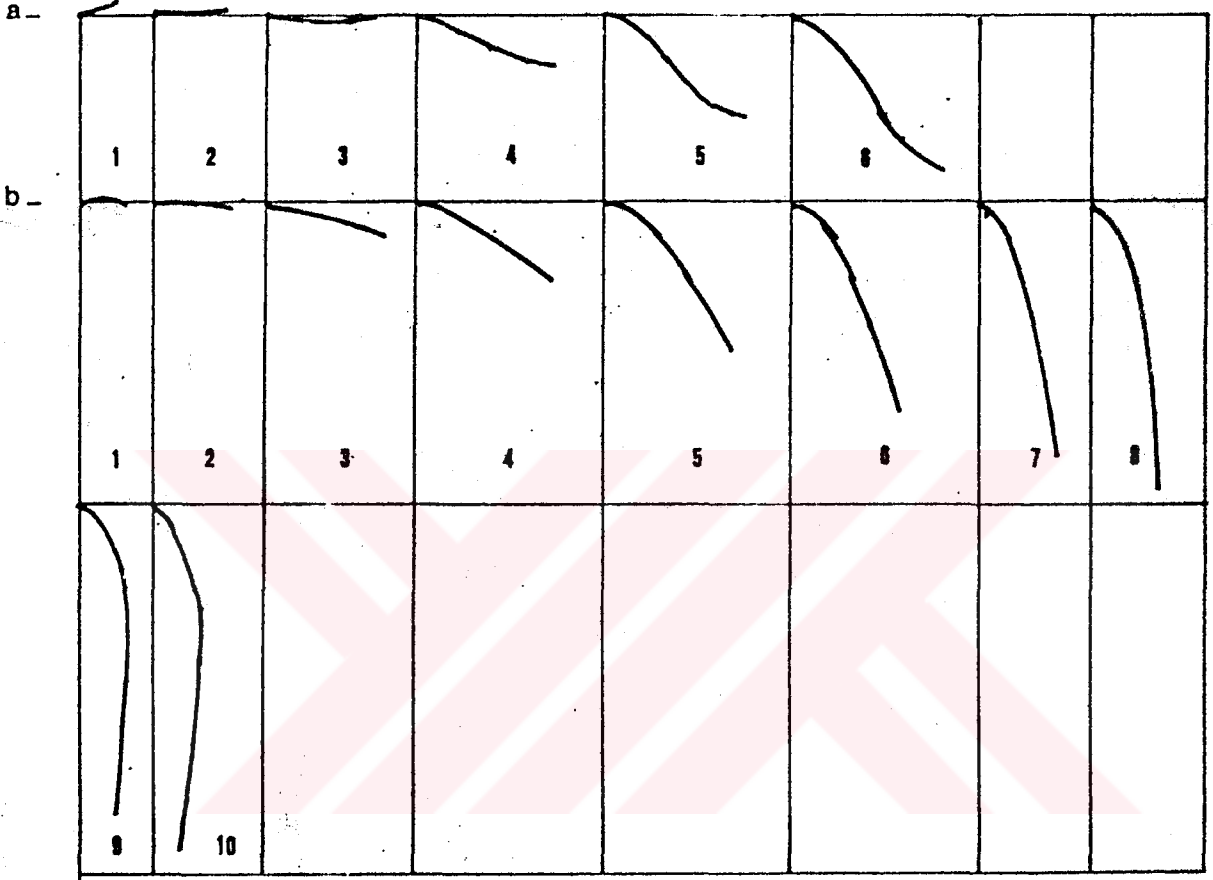


Şekil 4.104. 52 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

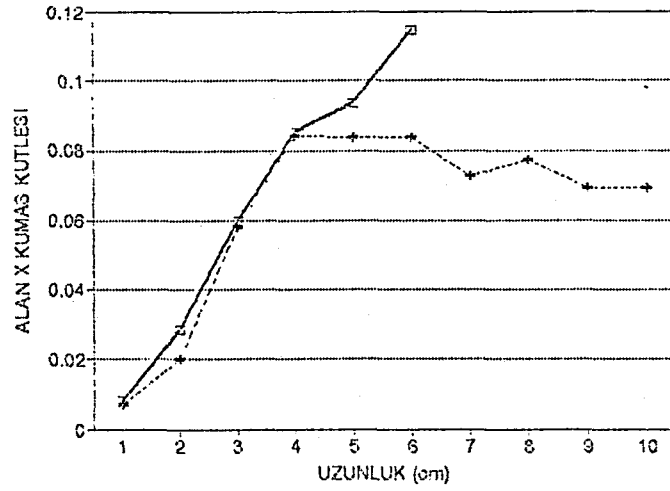
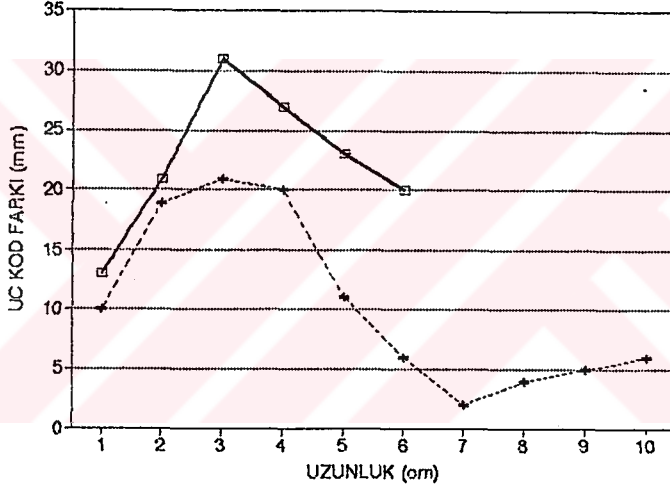
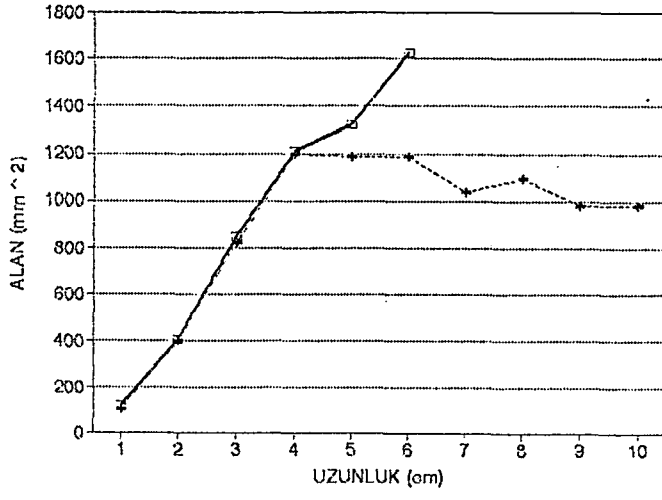
Çizelge 4.53. 53 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	53 (Ham Polyester Kumaş)					
Kullanım Alanı	Astarlık					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Polyester			Polyester		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $T_d$	101,58	0,17	0,17	97,43	0,35	0,36
Büküm T (Tur/m)	372 Z	20,19	5,42	-	-	-
Sıklık n (iplik/cm)	22,37	0,12	0,55	38,75	0	0
Kvrım c	2,9494	0,3361	11,39	2,7237	0	0
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,1052	0	0	0,0988	0,0329	33,30
Büküm Faktörü $m$	39,58			-		
Örtme Faktörü K	7,84			13,30		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	629,3	2,5	0,40	533,8	61,6	11,5
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,6	5,4576	20,99	2,7625	3,7488	13,37
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	123,91			148,63		
Eğilme Modülü q	407,13			488,33		
	X	S	% CV			
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	70,5	0,8485	1,20	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,154	0,0074	4,79	Kumaş Yoğunluğu		0,4578





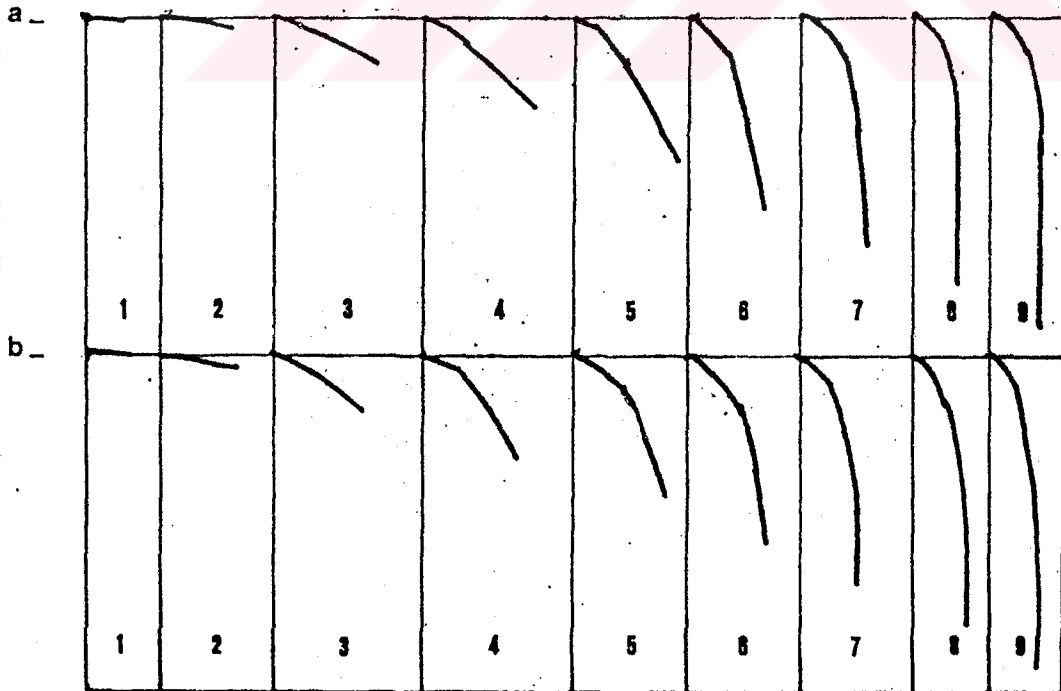
Şekil 4.105 53 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



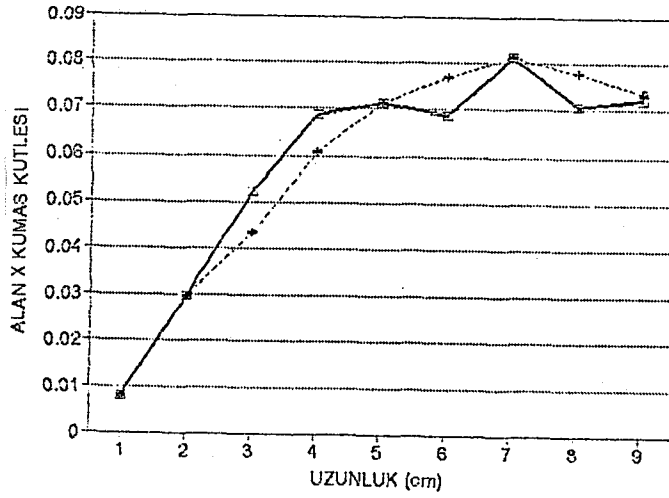
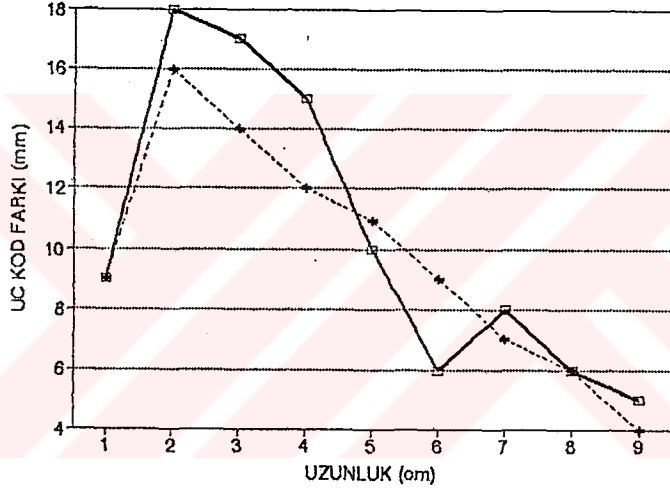
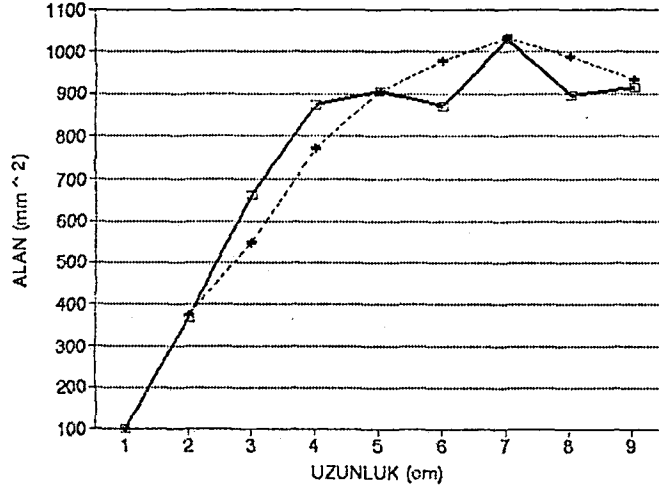
Şekil 4.106. 53 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.54. 54 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

Numune No	54 (53 No'lu Kumaşın Mamul Boyalı Halı)					
Kullanım Alanı	Astarlık					
Özellik	Çözgü			Atkı		
Hammadde	Polyester			Polyester		
	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $T_d$	94,48	0,35	0,37	108,29	1,4	1,29
Büküm T (Tur/m)	442 Z	22,52	5,09	-	-	-
Sıklık n (İplik/cm)	23,75	0,25	1,05	41	1	2,43
Kıvrım c	2,4952	0,341	13,66	2,7237	0	0
İplik Eğilme Rijitliği ( $mNm^{-2}$ )	0,1052	0	0	0,1578	0	0
Büküm Faktörü $m$	45,37			-		
Örtme Faktörü K	8,03			14,84		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	721,9	10,4	14,48	374	5,9	1,59
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,7937	0,90386	3,27	2,6938	2,5416	9,43
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	172,09			154,27		
Eğilme Modülü q	518,62			464,90		
	X	S	% CV			
Gramaj W ( $g/m^2$ )	78,9	0	0	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,1585	0,0047	2,99	Kumaş Yoğunluğu		0,4978



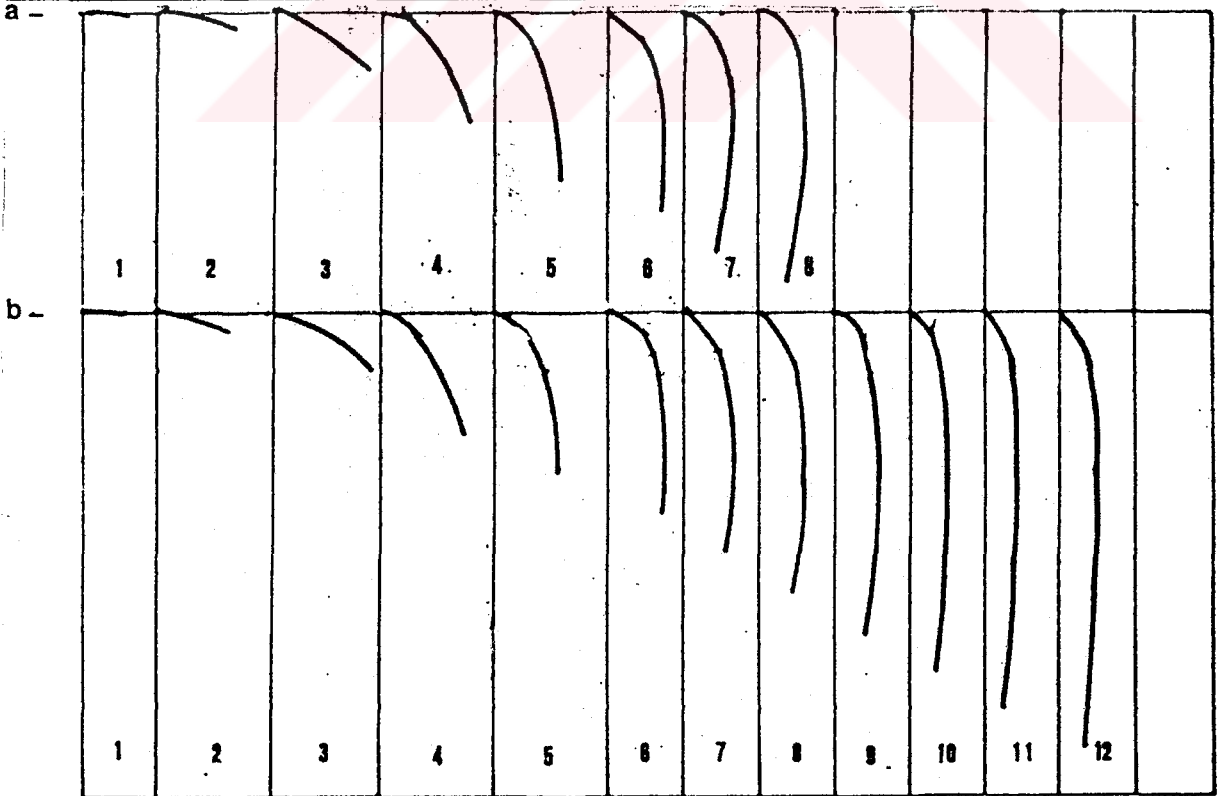
Şekil 4.107 54 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



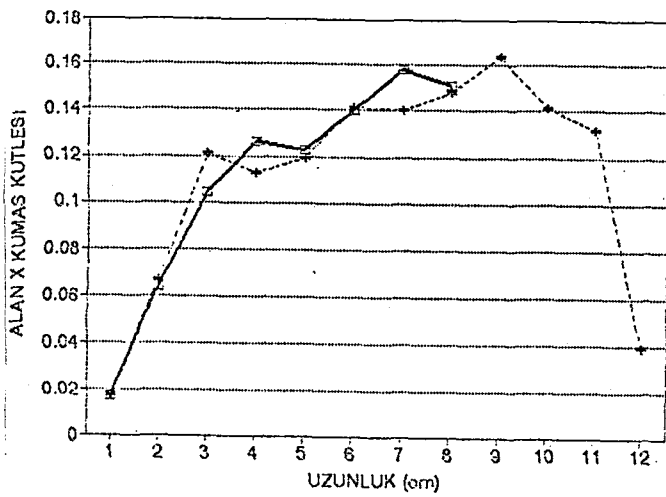
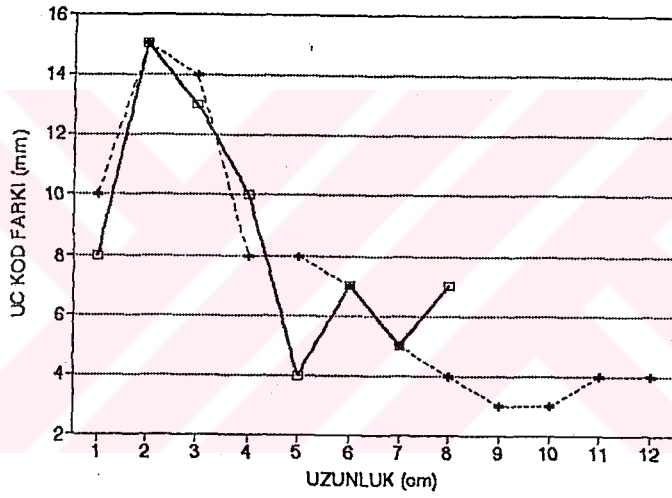
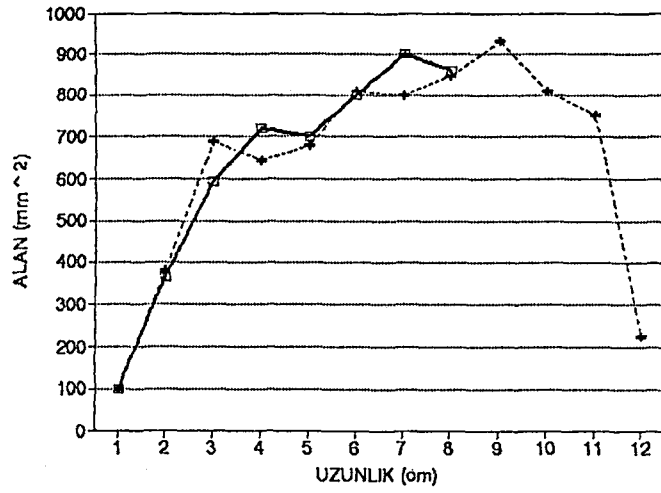
Şekil 4.108. 54 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri

Çizelge 4.55. 55 Numaralı kumaşın deneysel bulguları

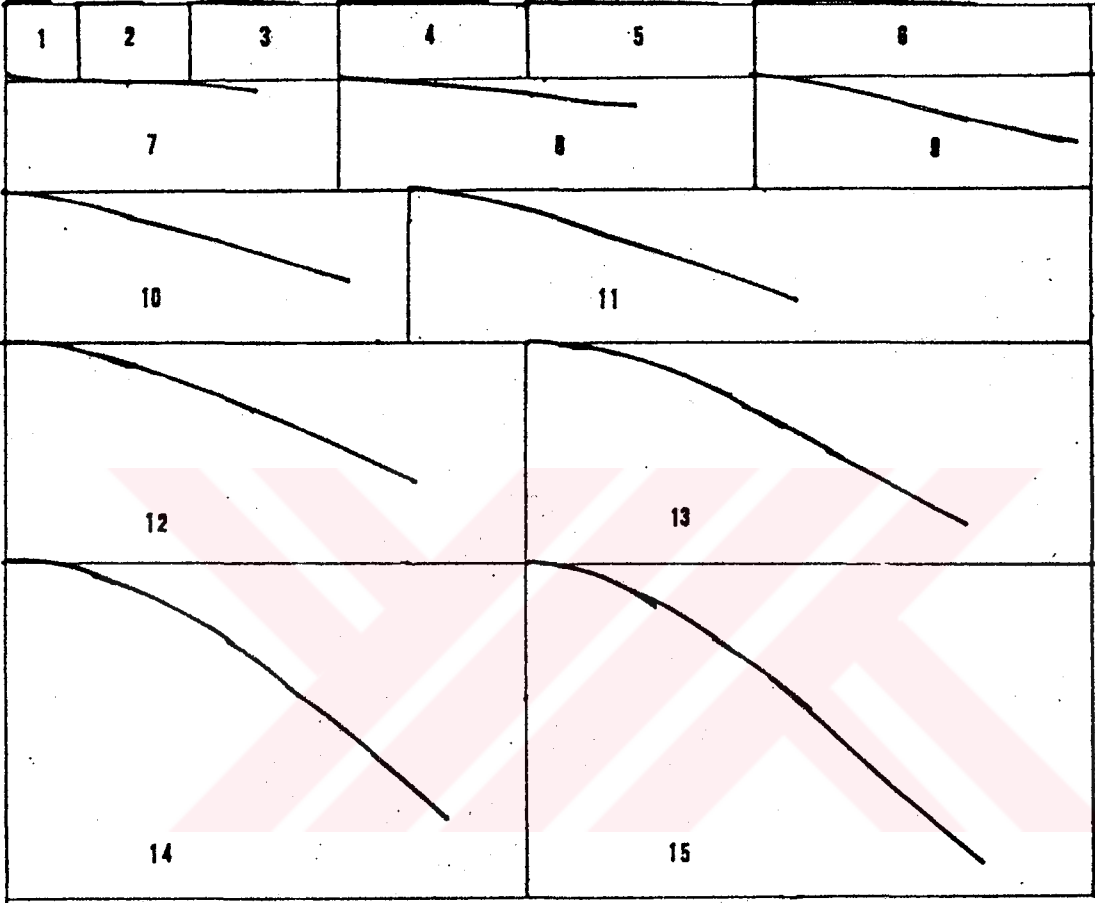
Numune No	55 (Mamul Boyalı Kumaş)					
Kullanım Alanı	Üst Giyim					
Özellik	Çözgü			Atkı		
	% Yün - % Polyester			% Yün - % Polyester		
Hammadde	X	S	% CV	X	S	% CV
İplik Numarası $N_m$	24,62	0,96	3,9	23,32	0,43	1,84
Büküm T (Tur/m)	327 Z	26,48	8,09	374 Z	17,78	4,74
Sıklık n (iplik/cm)	19,7	0,09	0,50	18,1	0,19	1,10
Kvrım c	8,2553	0,4208	5,09	6,5767	0,1914	2,90
İplik Eğilme Rijitliği (mNmm <sup>2</sup> )	0,5206	0	0	0,5206	0	0
Büküm Faktörü $m$	65,97			77,58		
Örtme Faktörü K	13,10			12,37		
İlk Yük-Uzama Modülü E (MPa)	146,7	4,2	2,85	141,7	7,3	5,18
Eğilme Uzunluğu (cm)	2,35	0	0	2,3	0,5345	2,32
Eğilme Rijitliği G (mgcm)	226,43			212,28		
Eğilme Modülü q	27,30			25,59		
Gramaj W (g/m <sup>2</sup> )	X	S	% CV	Dokuma Örgüsü		Bezayağı
	175,475	0,1060	0,06			
Kumaş Kalınlığı d (mm)	0,4634	0,0109	2,35	Kumaş Yoğunluğu		0,3765



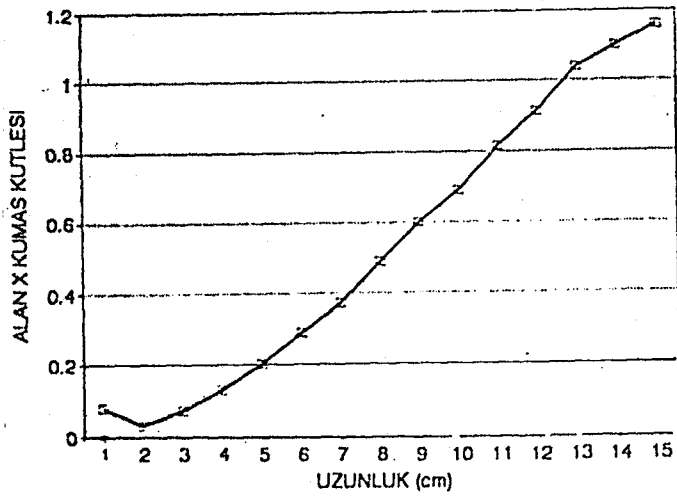
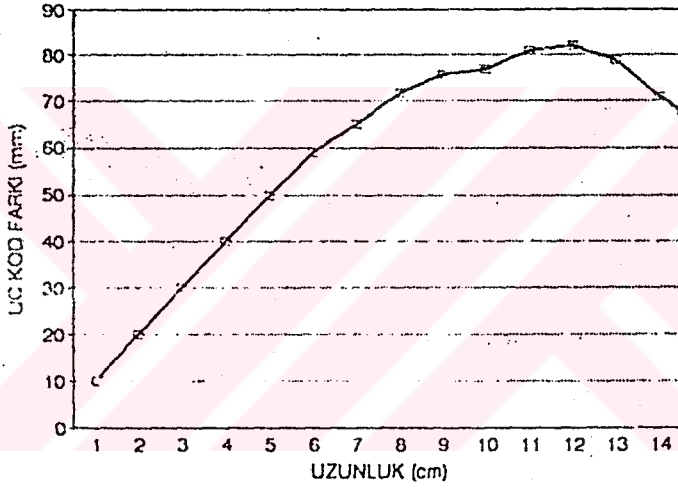
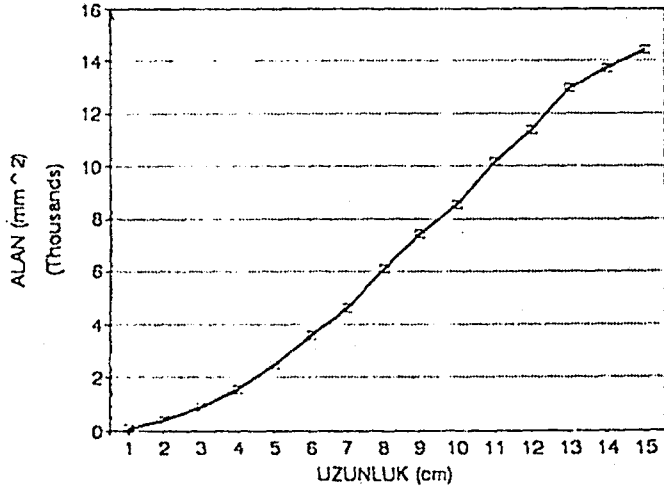
Şekil 4.109 55 Numaralı kumaşa ait, a) çözgü b) atkı eğilme eğrileri



Şekil 4.110. 55 Numaralı kumaşa ait, a) uzunluk - alan, b) uzunluk - uç kod farkı, c) uzunluk - alan . kumaş kütlesi grafikleri



Şekil 4.111. Kağıdın eğilme eğrileri



Şekil 4.112. Kağıda ait a)Uzunluk-alan b)uzunluk-uç kod farkı c)uzunluk- alan.kumaş kütlesi grafikleri



## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çeşitli tiplerdeki dokunmuş kumaşların eğilme özellikleri:

a) Standart eğilme rijitliği ölçüm metodu

b) Kumaş eğrilerinin çizilmesi olmak üzere iki şekilde incelenmiştir. Standart eğilme rijitliği ölçüm metodu ile yapılan deneylerde bulunanlar maddeler halinde özetlenirse:

Pamuklu bezayağı kumaşların:

1. Haşılı ham halleri ile boyalı baskılı halleri karşılaştırıldığında eğilme rijitliklerinin düştüğü görülmüştür.

Çözüde % 21 - 29.7

Atkıda % 63 - 87

2. Aynı numunenin ham, haşılı, baskılı ve sert apreli durumu incelenmiş

- numuneye uygulanan baskı işleminin ham haşılı hale göre çözüde % 48 atkıda ise % 38 oranında eğilme rijitliğinde azalmaya sebep olurken,

- numuneye uygulanan sert aprenin ham haşılı hale göre eğilme rijitliği değeri için çözüde % 547 atkıda 509 oranında artışa sebep olmuştur.

3. Aynı kumaş numunesi için apreli ve kalenderli durumlar incelendiğinde kalenderleme işlemi sonucunda eğilme rijitliğinin çözüde % 78 atkıda % 86 oranında azaldığı görülmüştür.

4. Aynı kumaşın ham ve yapışkan telalik mamul (karaslı) hali incelendiğinde karaslama (yapışkan madde kaplama) işlemi sonucunda çözüde eğilme rijitliği % 18.89 oranında azalırken atkı eğilme rijitliğinin % 138.38 oranında arttığı görülmüştür.

5. Bir kumaş tipi için ham haşılı, haşılı sökülmüş, kasarlı, merserizeli, boyalı, kalenderli, şardonlu ve mamul baskılı durumlar incelendiğinde eğilme rijitliği değerlerinin ham duruma kıyasla şu oranlarda değiştiği görülmüştür:

Haşıl Sökme	: % 22.5 (Çözüde)	- % 73.54 (atkı)
Kasarlama	: % 31.99	- % 63.19
Merserizeleme	: % 30.21	- % 71.27
Boyama+Kalenderleme	: % 56.12	- % 97.86
Şardonlama	: % 29.29	- % 209.86
Baskı+apreleme	: % 29.73	- % 69.72

6. Blue jean kumaş için, ham yıkanmış ve mamul durumlar incelenmiş eğilme rijitliklerinin ham duruma kıyasla,

-yıkama sonunda çözgüde % 28.7 atkıda % 89.6 oranında azaldığı görülmüştür.

-mamul durumda ise çözgüde % 113.6 oranında artarken atkıda % 93.42 oranında azaldığı görülmüştür.

7. Dimi örgüdeki bir kumaşın ham, haşıl sökme sonrası kasar sonrası ve mamul boyalı hali incelenmiş ham duruma kıyasla,

- haşıl sökmede	:	çözgüde	% 8.89	atkıda % 48
- kasarlamada	:		% 19	% 64.55
- boyalı mamul durumda	:		% 14.45	% 68.46

oranlarında değiştiği görülmüştür.

8. Dimi örgülü bir kumaşın ham ve şardonlu baskılı mamul hali incelendiğinde mamul halde ham duruma göre çözgüde % 90 azalma olurken atkı eğilme rijitliğinde % 129.16 artış olmuştur.

Diğer lif tipleri için ise sonuçlar şöyledir:

% 100 yünlü mamul boyalı kumaşta ham haline kıyasla çözgü eğilme rijitliği % 112 artarken atkı eğilme rijitliği % 35 azalmıştır.

% 100 viskon mamul baskılı kumaşta ham haline kıyasla çözgü eğilme rijitliği % 34.9 azalırken atkı eğilme rijitliği % 101.69 artmıştır.

% 100 naylon mamul boyalı kumaşta ham haline kıyasla çözgü eğilme rijitliği % 21 azalırken atkı eğilme rijitliği % 35.9 azalmıştır.

% 100 polyester mamul boyalı kumaşta ham haline kıyasla çözgü eğilme rijitliği %138.9 atkıda ise % 103.79 artmıştır.

Kumaşların kendi ağırlıkları altında çizdikleri eğriler incelendiği zaman kumaş eğilme modelinin ne tam lineer nede tam non lineer olmadığı, bu eğrilerin yapılarının:

-kumaştan kumaşa ve

-aynı kumaş içinde her cm. de farklı olduğu görülmüştür.

Daha sağlıklı bir bakış açısı elde edebilmek için bir de kağıt numunesinin eğilme eğrisi çizilmiştir. 84 gram/m<sup>2</sup> gramajlı olan bu kağıdın eğilme davranışı tüm kumaşlardan belirgin olarak farklıdır. Kağıda en yakın davranış branda bezinde görülmüştür. Kağıdın uzunluk - alan eğrisi hemen

hemen lineerdir.

Yapılan tüm incelemelerin sonucunda çeşitli araştırmacılarca önerilen lineer veya nonlineer eğilme modellerinin kumaşın eğilme davranışını tam olarak simgeleyemediği görülmüştür. Gerçek kumaş eğilme davranışı modelini elde edebilmek için, incelenen kumaş eğilme eğrilerinden yararlanılarak, kumaş parametrelerine bağlı olarak , "kumaşın eğilme eğrisi" simülasyonlarını verecek bir bilgisayar modeli tanımlanabilir.



## ÖZET

Bu çalışmada bezayağı ve dimi dokunmuş % 100 pamuklu kumaşlarda eğilme davranışı araştırılmıştır.

İlk bölümde çalışmanın amacı ve hedefleri ile kumaşların eğilme özelliklerine dair bazı temel tanımlamalar sunulmuştur. İkinci bölümde konu ile ilgili kaynaklar özet halinde verilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmalarda kullanılan kumaşların özellikleri, kullanılan test aletleri ve özellikleri verilmiş, daha sonra çalışma yöntemi ve çeşitli kumaş özelliklerinin ölçüm yöntemleri anlatılmıştır. Dördüncü bölümde yapılan ölçümler sonucunda elde edilen bulgular verilmiştir. Eğrilerin sayısal olarak değerlendirilebilmesi için destek noktasından itibaren sarkan kumaş uzunluğu ile eğrinin altında kalan alan ve kumaşın uç noktasının kumaşın kendisini hiç taşımaması durumuna göre ne kadar yukarıda olduğunu gösteren uç kod farkı ile alan . kumaş kütlesi değerleri hesaplanmış, grafikler halinde verilmiştir.

Yapılan tüm bu incelemelerin sonucunda çeşitli araştırmacılarca önerilen lineer veya nonlineer eğilme modellerinin kumaşın eğilme davranışını tam olarak simgeleyemediği görülmüştür.

## KAYNAKLAR

1. Abbot, N.j. "The measurement of stiffness in textile fabrics",TRJ, (1951), 435
2. Abbot M., Grosberg P., Leaf G.A.V. "The elastic resistance to bending of plain woven fabrics", JTI,64 (1973),346
3. Backer,S. "The mechanics of bent yarns",TRJ, 22 (1952),668
4. Carlene,P.W., JTI, 41 (1950), T 159
5. Clapp,T.G.; Peng,H.; Ghosh,T.K. "Indirect measurement of the moment curvature relationship for fabrics" TRJ, (1990), 525
6. Clapp,T.G.; Peng,H.,"A comparison of linear and nonlinear bending models for predicting fabric deformation in automated handling", JTI, 82 (1991),341
7. Curun N., "Cisimlerin Dayanımı", (Yüksek öğretmen Okulu Matbaası, Ankara 1981) sayfa 37-39
8. Çoban, S.; Cireli, A. "Tutumun sayısal olarak değerlendirilmesi", Tekstil ve Konfeksiyon ,4 (1991),247
9. Finlayson, D., "Yarns for special purposes effect of filament size", JTI,37 (1946),168
10. Fujiwara, H.,"A study on the improvement of wool fabric quality", JTMSJ, 33 (1987),78
11. Ghosh, T.K.; Batra, S.K.; Barker, R.L."The bending behaviour of plain-woven fabrics, Part I: A critical review", JTI, 81 (1990),245
- 12.Ghosh, T.K.; Batra, S.K.; Barker, R.L."The bending behaviour of plain-woven fabrics, Part II: The case of linear thread-bending behaviour, JTI, 81 (1990), 255
13. Ghosh T.K.;Batra, S.K.; Barker, R.L."The bending behavior of plain woven fabrics, Part III. The case of bilinear thread bending behavior and the effect of fabric set", JTI,81 (1990),272
14. Grosberg, P, "The mechanical properties of woven fabrics, Part II: The bending of woven fabrics", TRJ, 35 (1966), 205
15. Guthrie, J.C.; Morton, D.H., Oliver, P.H., "An investigation into bending and torsional rigidities of some fibres", JTI, 45 (1954), 912

16. M. İnan, Cisimlerin mukavemeti, İTÜ Vakfı, İstanbul, 1988, 267, 269
17. S. Kawabata; M. Niwa, "Fabric performance in clothing and clothing manufacture", JTI, 80 (1989), 19
18. L. Lardner, "An introduction to the mechanics of solids", 1959
19. Livesey, R.G.; Owen J.D., "Cloth stiffness and hysteresis in bending", JTI, 55 (1964), T 516
20. Lond., P.R.; Mohamed M.H., "Conversion of yarn to fabric", England, 1976, Merrow Publishing Co Ltd., 126-131
21. Morton, W.E.; Hearle J.W.S., "Physical properties of textile fibres, London, 1975, Heinemann Ltd, 399
22. Olofsson, E., "Some mechanical properties of viscose rayon fabrics", JTI, 50, 1959, 112
23. Owen, J.D., "The application of Searle's single and double pendulum methods to single fibre rigidity measurements", TRJ, (1964), 39
24. E. Pakdemirli, "Grofastatik Mukavemet", Ankara, 1973, Elif Matbaacılık, 149
25. Peirce, F.T., "The handle of cloth as a measurable quantity", JTI, 21 (1930), T 377
26. Platt, M.M; Klein, W.G.; Hamburger, W.J., "Some aspects of bending rigidity of single yarns", TRJ, 1959, 611
27. S. Timoshenko, J. Gere, "Theory of elastic stability", Mc Graw Hill Internatioanl Book Company, 1963, New York, 318
28. S. Timoshenko, "Cisimlerin Mukavemeti, 1. cilt, Kipaş Dağıtım, İstanbul, 1947, 1
29. Wei, M., "The theory of the cantilever stiffness test", JTI, 80 (1989) 98

## TEŞEKKÜR

Gerek Yüksek Lisans öğrenimim gerekse tez çalışmalarım sırasında gösterdiği yakın ilgi ve destek için Danışmanım Prof. Dr. Halil Rifat Alpay'a teşekkür ederim.

Kaynak teminindeki yardımları için Y. Doç. Dr. A.Kadir Bilişik'e, Nato ASI görevlisi Ms. Jean Stevenson'a, Özer Göktepe'ye teşekkür ederim.

Tez çalışmalarımda kullandığım numunelerin teminindeki yardımları için Santral Holding Genel Müdür'ü Sayın Halil Bezmen'e, Çukurova San. İşletmeleri Pazarlama Planlaması ve Üretim Takip Servis Şefi Sayın Soner Kullukçu'ya, Bozkurt Mensucat San. Fizik Lab. Şefi Sayın Işıl Özipek'e, Berdan Tekstil Genel Müdür'ü Sayın Cahit Bodur'a, İzmir Pamuk Mensucatu Genel Müdürlüğü'ne, Yıldız Tekstil Genel Müdürlüğü'ne, Sümerbank Eskişehir Basma San. ve Merinos Yünlü San. yetkililerine, İsko Denim Kalite Kontrol Şefi Sayın Özlem Oçalan'a, Uğurlar Tekstil Boya Şefi Sayın Mihriban Akyol'a, Betül Battal'a ve Ender Güçlüer'e teşekkür ederim.

Deneysel çalışmalarımın bir kısmı için laboratuvar imkanları sağlayan Sagem Kalite Kontrol Şefi Sayın İnci Orkun'a, deney aletimin yapımındaki yardımları için Uludağ Üniversitesi Ahşap Atölyesi çalışanlarına teşekkür ederim.

Tez çalışmamın her aşamasındaki destek ve yardımları için başta annem ve ağabeyim olmak üzere aileme teşekkür ederim.

## ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Bursa'da doğdu. İlkokulu Setbaşı Okulu'nda, Ortaokul ve Liseyi Bursa Kız Lisesi'nde bitirdi. 1986 yılında girdiği Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nden 1990 yılında mezun oldu.

Mezuniyet sonrası bir süre İSKO Tekstil San.'da çalıştı. Aynı yıl U.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Bu süre içinde aynı zamanda Merka Tekstil'de çalıştı. 1991 yılında U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Araştırma Görevlisi kadrosuna atandı. Halen bu göreve devam etmektedir.

