

# PAMUKLU DOKUMA KUMAŞLARIN EĞİLME DİRENÇLERİ VE DÖKÜMLÜLÜK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA (\*)

Yard. Doç. Dr. Ayşe OKUR  
E.Ü. Müh. Fak. Tekstil Müh. Böl. İZMİR

*Bu yazıda kumaşların dökümlülük ve eğilme özellikleri konusunda çeşitli araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen çalışmalar özetlenmiş ve kumaşların eğilme direncinin ölçülmesi amacıyla ASTM D 4032'deki ölçüm metodundan esinlenerek yapılan "Dairesel Eğilme Ölçeleri"ne ilişkin bilgiler ile pamuklu dokuma kumaşlarda dökümlülük katsayısı ile eğilme direnci arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılan deneysel çalışmanın sonuçları verilmiştir.*

## A STUDY ON BENDING STIFFNESS AND DRAPABILITY OF COTTON WOVEN FABRICS

*In this article, the studies carried out by several researchers about drapability and bending properties of fabrics are summarized, and information related to a "Circular Bending Tester" that is inspired by the method of measurement in ASTM D 4032 to measure the bending stiffness of fabrics is given along with the results of experimental work carried out for the purpose of determining the relation between bending stiffness and drape coefficient in cotton woven fabrics.*

### 1. GİRİŞ

Dokuma kumaş, çok ince liflerden meydana gelen tek veya daha fazla katlı ipliklerin çeşitli keşişme düzenleri ile birbirine bağlanarak oluşturduğu karmaşık bir yapıdır. Kumaş oluşumunda en önemli nokta kumaşı oluşturan bileşenlerin moleküler bağlarla değil, basitçe sürtünmeyle birarada tutulmalarıdır. Kumaşın mekanik ve estetik davranışı lif tipinden iplik numarasına, sıklığa ve örgü tipine kadar birçok faktöre bağlıdır. Dokuma kumaşlar kağıt, plastik, ince metal plakalar gibi materyallerden farklı olarak özel bir deformasyon yeteneğine sahiptirler. Bu durum çok uzun yıllar önce fark edilmiş, fakat bilimsel açıdan ve mühendislik açısından tamamen anlaşılması ve açıklanması gerçekleştirilememiştir.

Son yıllarda tekstil ve konfeksiyon endüstrisinde çalışan araştırmacı ve teknologlar objektif kumaş ölçüm teknolojisi üzerinde yoğun olarak çalışmaktadırlar. Bu çalışmalar ile rutin

kalite kontrol programlarında standart test metodları ile belirlenen fiziksel ve mekanik özelliklerin yanı sıra dökümlülük, sertlik-yumuşaklık, tutum gibi duygusal özelliklerin de objektif olarak ölçülebilmesini ve gerektiğinde fiziksel ve mekanik kumaş özelliklerinden hareketle önceden tahmin edilebilmesini sağlayacak bağlantıların kurulması amaçlanmaktadır.

Objektif kumaş ölçüm teknolojisi konusunda çalışan araştırmacıların ilgi duyduğu özelliklerden biri de dökümlülüktür. Araştırmacılar tarafından kabaca "bir kısmı desteklenen bir kumaşın kendi ağırlığı ile deformasyonu" olarak tanımlanan dökümlülük kumaşların doğal giysi materyali olarak kullanımları açısından çok önemli olan bir özelliğidir (Şekil 1 ve 2). Dokunmuş materyallerin dökümlülüğü objektif kumaş ölçümü çalışmalarından, hatta araştırmacıların kumaşların mekanik özelliklerini ayrıntılı olarak incelemeye başlamalarından çok daha önce

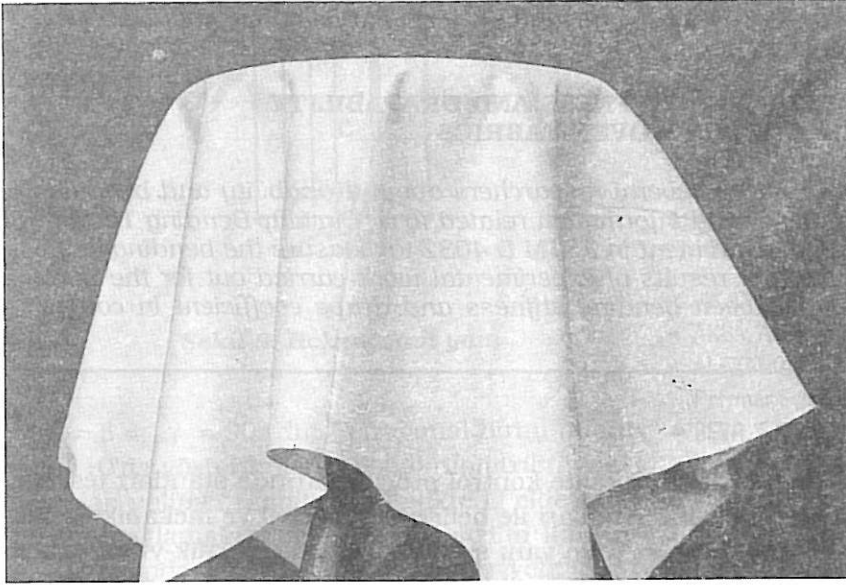
(\*) Bu araştırma Ege Üniversitesi Araştırma Fon Saymanlığı tarafından desteklenmiştir.

sanatçı ve heykeltıraşların ilgisini çekmiş, bu kişiler tarafından artistik bir araç olarak kullanılmıştır. Bu durum eski Roma heykellerindeki uzun elbiselerin dalgalanmasında, Rönesans tablolarında resmedilmiş kumaşlarda ve 18. yüzyılın kabarık, dalgalı giysilerinde açıkça görülmektedir.

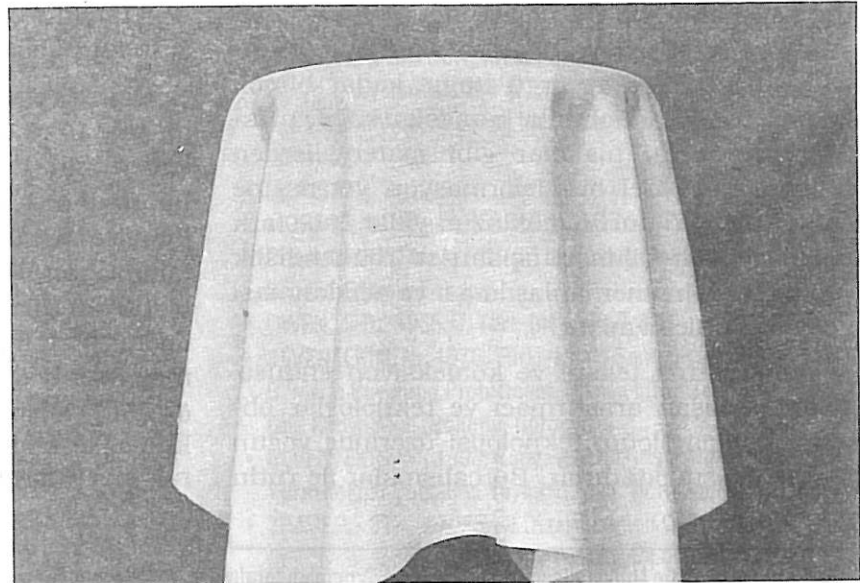
Dökümlülük özelliğine mühendislik açısından yaklaşılabilecek olursa, kumaş dökümlülüğü normalde mühendislik problemlerinde uygulanan durumun tam tersine küçük gerilimlerde büyük deformasyonları içeren çok karmaşık bir problemdir. Mühendisler küçük deformasyonlarla çalışmaya alıştırdılar ve kumaş dökümlülü-

ğünde karşılaşılan büyük eğilme (bending) ve kesme (shearing) deformasyonlarının analizi için ise varsayım ve yaklaşımlar kullanırlar.

Aşağıdaki bölümlerde dökümlülük ve eğilme özellikleri konusunda çeşitli araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen çalışmaların bir bölümü özetlenmiş ve kumaşların eğilme direncinin ölçülmesi amacıyla ASTM D 4032'deki ölçüm metodundan esinlenerek tasarlanıp yapılan "Dairesel Eğilme Ölçeri"ne ilişkin bilgiler ile pamuklu dokuma kumaşlarda dökümlülük katsayısı ile eğilme direnci arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılan deneysel çalışmanın sonuçları verilmiştir.



**Şekil 1.**  
Metrekare Ağırlığı 248 Gram  
Olan Bir Pamuklu Kumaşın  
Dökümlülük Davranışı (Orig.).



**Şekil 2.**  
Metrekare Ağırlığı 53 Gram  
Olan Bir İpek Kumaşın  
Dökümlülük Davranışı (Orig.).

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Objektif kumaş ölçümü konusundaki çalışmaların başlangıcı Peirce'in 1930'lu yıllardaki klasik makalelerine dayanmaktadır (Postle, 1989). Peirce bu makalelerinde problemi tanımlamış ve kumaş dökümlülüğü ve tutumu konusunda yapılacak araştırmaların da temelini oluşturan yoğun çalışmaları sonucu kumaş tekniğinin temel teorisini ortaya koymuştur. Araştırmacı, kumaşı kuvvet etkisinde kaldığında iç ve dış kuvvetlerin dengede olduğu herhangi bir fiziksel materyal gibi dikkate almıştır.

Peirce bu çalışmaları sırasında dikdörtgen şeklinde elastik bir kumaşın bir kenar üzerinden sarkıtılması ve kendi ağırlığı ile eğilmesi problemini de inceleyerek kumaşın bu özelliğini  $B/W = C^3$  olarak ifade etmiştir. Bu eşitlikte B elastik eğilme rijidliği, W birim alanın ağırlığı, C eğilme uzunluğudur. Araştırmacı kumaş eğilme uzunluğunun ölçümüne ilişkin prensipleri de ortaya koymuş ve onun bu çalışmalarının sonucu olarak Sabit Açılı Eğilme Ölçeri (Shirley Stiffness Tester, Cantilever Test) geliştirilmiştir. Son yıllarda da aynı prensiple çalışan FAST Eğilme ölçeri yapılmıştır.

Peirce'in çalışmaları İngiltere'de Manchester (UMIST) ve Leeds üniversitesindeki Hearle, Grosberg, Leaf ve diğer araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. (Hearle ve ark., 1969) Peirce sadece bezayağı kumaşın relaxe olmuştur yapısını incelemiş, Leeds grubu ise kumaşın gerilme, eğilme, bükülme (buckling), kesme (shearing) ve sıkıştırılma özelliklerinin teorik analizine öncülük etmiştir. Böylelikle dokuma kumaşın tam bir fiziksel, mekanik açıklaması yapılarak, çeşitli deformasyon özellikleri üzerinde yapılan çalışmalarda önemli gelişmeler sağlanmıştır.

1960'lı yılların başlarında İsveç'te TEFO'da Lindberg ve onun yönettiği bir araştırmacı grubu ile giysi yapılabirlik ve dikilmiş giysinin görünümü konuları ilk kez ciddi araştırmaların odak noktası olmuştur (Postle, 1989). Bu çalışmalar sonucu dikilebilirlik veya giysi yapılabirlik özelliklerinin kumaşın gerilme, kesme, eğilme davranışının ve o yıllarda yeni bir terim olan şekil alabilirlik özelliğinin bir fonksiyonu olduğu ortaya konulmuştur. İsveç araştırmacı grubu aynı zamanda kumaşın düzlemsel ve boylamasına sıkıştırılabilirlik özelliklerinin bükülme, üç

boyutlu şekil verme ve dökümlülük özellikleri açısından önemini de belirlemiştir.

1970'li ve 80'li yıllarda objektif kumaş ölçüm teknolojisi ve bu teknoloji sayesinde elde edilen bilgilerin giysi performansı ve görünümüne üzerine etkilerini tahminlemeye yönelik teorik ve deneysel çalışmalar büyük bir hız kazanmıştır. Bu konularda sağlanan gelişmelerde Japonya'da çalışmalarını sürdüren Kawabata ve arkadaşlarının payı büyüktür (Kawabata ve Niwa, 1989). Bu çalışmalar sonucu kumaşın düşük gerilimler altındaki fiziksel ve mekanik özelliklerinin ölçümü için uygun ölçüm alet ve metotlarının geliştirilmesi yanında son yıllarda geniş ölçekli veri tabanlarının oluşturulması ve verilerin değerlendirilmesi için geniş bilgisayar olanaklarının varlığı sayesinde kumaş ve giysi performansı özelliklerinin ölçümü ve önceden tahminlenmesinde subjektif metotların yerine objektif ölçüm teknolojisi kullanılır hale gelmiştir.

Bu süreç boyunca araştırmacıların gündemindeki yerini koruyan dökümlülük ve eğilme özellikleri konularında, çoğu bu özelliklere katkıda bulunan faktörleri belirlemeye yönelik, pek çok araştırma yapılmıştır.

Slater'ın (1977) belirttiğine göre, Owen 1970-1971 yıllarındaki çalışmalarında dökümlülüğü kumaş elbise veya perde olarak kullanıldığında oluşan kıvrımlar olarak tanımlamış ve sertlik ve gramajın kumaş dökümlülüğünü belirleyen iki önemli faktör olduğunu ileri sürmüştür.

Cusick (1965,1968) dairesel bir kumaş örneğinin daha küçük çaplı iki yatay dairesel plaka arasından sarkıtılarak dökümlülüğünün ölçüldüğü ve günümüzde kullanılan dökümlülük ölçerlerinin esasını oluşturan bir dökümlülük ölçeri geliştirmiştir. Araştırmacı dökümlülük katsayıları % 24.7 ile % 97.2 arasında değişen 130 farklı kumaşla 30 cm çaplı örnekler kullanarak yaptığı deneysel çalışmalar sonucu dökümlülük katsayısı (DC) için,

$$DC = 35.6 C - 3.61 C^2 - 2.59 A + 0.0461 A^2 + 17.0$$

şeklinde bir denklem elde etmiştir. Bu denklemde C Sabit Açılı Eğilme Ölçeri ile ölçülen eğilme uzunluğudur ve C1 atkı yönündeki eğilme uzunluğu, C2 çözgü yönündeki eğilme uzunluğu,

Cb çözgü ve atkıya 45° açı yapacak şekilde alınan kumaş örneklerinin eğilme uzunluğu olmak üzere,

$$C = 1/4 (C1 + C2 + 2 Cb)$$

olarak hesaplanmaktadır. A ise,

2 g.wt.cm. /cm<sup>2</sup> 'lik kesme (shear) direncindeki kesme açısı olarak tanımlanmaktadır.

Chu ve arkadaşları (1966) 57 kişiye yaptıkları subjektif dökümlülük değerlendirmeleri ile objektif olarak ölçülen dökümlülük katsayıları arasında 0.788'lik bir korelasyon katsayısı bulmuşlardır.

Cusick (1965) subjektif dökümlülük değerlendirmeleri ile dökümlülük katsayısı ve eğilme uzunluğu arasında % 5'den büyük güven seviyeleri için istatistiksel açıdan önemli bir ilişki olduğunu belirtmektedir.

Sudnik (1972) kumaş gramajı, eğilme uzunluğu ve kesme özelliğinin kumaşın dökümlülük özelliğine katkıda bulunması gerektiğini savunarak, bu faktörler arasında değişik derecelerde korelasyonlar elde etmiştir.

Tanabe ve arkadaşları (1975) dökümlülük katsayısının büyük ölçüde eğilme modülü, eğilme histerizi ve metrekare ağırlığından etkilendiğini göstermek üzere çok değişkenli regresyon analizini kullanmışlar ve bu özelliklerden dökümlülük katsayısının tahminlemek üzere denklemler bulmuşlardır (Slater, 1977)

Morooka ve Niwa (1976) dökümlülük katsayısının kumaşın temel mekanik özelliklerinden hareketle hesaplanmasını sağlayacak bir tahminleme denklemi bulmak amacıyla yaptıkları araştırmalarında erkek elbiseliği olarak kullanılan 138 dokuma kumaşı incelemişler; bu kumaşların dökümlülük katsayılarını ve Kawabata Kumaş Değerlendirme Sistemi (KES-F) ile bu sistemde temel alınan 16 mekanik özelliği ölçmüşlerdir. Araştırmacılar uyguladıkları çok değişkenli regresyon analizi sonucu eğilme rijitliğinin (B) ve birim alanın ağırlığının (W) kumaşın dökümlülük katsayısını belirleyici parametreler olduğunu ortaya koymuşlardır.

Morooka ve Niwa'nın incelemelerine göre, dökümlülük katsayısının hesaplanmasında KES-F sistemindeki 16 parametre kullanıldığında regresyon belirleme katsayısı 0.82 olmaktadır. Eğilme, ağırlık-kalınlık ve kesme özellikleri olmak üzere üç özellik kullanıldığı zaman ise

0.78'lik bir katsayı elde edilmektedir. Araştırmacılar daha sonra bu parametreleri  $= \sqrt[3]{B/W}$  ile kombine edip kumaşın atkı, çözgü ve diagonal yönlerindeki eğilme rijidliklerini de bağımsız değişkenler olarak kabul ederek dökümlülük katsayısı (Dn) için:

$$Dn = 5.1 + 115.0 \sqrt[3]{B_{90}/W} + 131.1 \sqrt[3]{B_0/W} + 1.2 \sqrt[3]{B_{45}/W}$$

denklemini elde etmişlerdir. Bu denklemde W birim alanın ağırlığı (mg/cm<sup>2</sup>), B<sub>90</sub> kumaşın çözgü yönündeki eğilme rijidliği (g.cm<sup>2</sup>/cm), B<sub>0</sub> atkı yönündeki eğilme rijidliği, B<sub>45</sub> ise atkı ve çözgü ipliklerine 45° açı yapacak şekilde alınan örneklerden ölçülen eğilme rijidliğidir. Morooka ve Niwa bu denklem ile 0.829'luk bir regresyon belirleme katsayısına ulaştıklarını ve söz konusu denklemin dökümlülük katsayısı tahminlerinde yeterli doğrulukta kullanılabileceğini belirtmektedirler. Araştırmacılar ayrıca dökümlülük katsayısı ölçümlerinde,

- Örneği disk ile birlikte üç defa silkeleyip sonra yerleştirme,
- Örnek disk üzerine yerleştirildikten sonra elle 4 dalga içerecek şekilde şekillendirme,
- Örneğin hiç dokunmadan, hiçbir dış kuvvet etki etmeden hazırlanması

olmak üzere üç metod kullanmışlar ve üçüncü metodun daha iyi tekrarlanabilirlik gösterdiğinden diğerlerine tercih edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Öğütmen (1988) Türkiye'de üretilmekte olan kot kumaşlarda dökümlülük ve mukavemet özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemiş, kot kumaşların dökümlülük katsayısının % 46-79 arasında değiştiğini ve dökümlülük katsayısı ile atkı ve çözgü yönündeki kopma mukavemetleri ve metrekare ağırlıkları arasında doğrusal ilişki olduğunu ortaya koymuştur.

Postle ve Postle (1993) tekstil materyallerindeki eğilme deformasyonunun küçük olmadığını kumaş döküldüğü, kıvrıldığı veya büküldüğü zaman klasik küçük deformasyon yaklaşımının uygulanamayacağını belirterek Peirce'in klasik yaklaşımını geliştiren bir analiz metodu ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar elastik ve elastik olmayan kumaşlar için kumaş ağırlığına herhangi bir ek yük eklenerek oluşturulan eğilme momentlerinden çıkarılan nonlineer diferansiyel denklemin nümerik çözümü ile eğilmiş

kumaş profillerini çıkarabilmekte ve bu analiz metodunun kumaşların kıvrılması, bükülmesi ve kesme (shear) konularındaki problemlerin nümerik çözümleri için kullanılabileceğini belirtmektedirler.

Breen ve arkadaşları (1994) "bu gömlek poliestere yerine pamuktan yapılırsa nasıl görünür?", "bu elbise ipekten yapılırsa, hafif bir yün kumaşa göre daha hoş bir dökümlülüğe sahip olur mu?" gibi sorulara yanıt vermeyi amaçladıkları araştırmaları sonunda giysi ve diğer dokuma yapıların bilgisayar destekli tasarımında yararlı olabilecek, çeşitli dokuma kumaşların dökümlülük simülasyonlarını oluşturan bir teknik geliştirmişlerdir. Dokuma kumaşı bezayağı örgüde atkı ve çözgü ipliklerinin kesişme noktalarını temsil eden küçük parçacıkların toplamı olarak modelleyen araştırmacılar enerji denklemleri kullanarak parçacıklar arasında basit geometrik ilişkiler elde etmiş ve veri olarak KES- F'den elde edilen verileri kullanmışlardır. Yaptıkları uygulamada gerçek kumaşın bir küp üzerinde dökülmesini sağlayıp ardından aynı dökümlülüğü, simülasyon sonuçlarını kullanarak, bilgisayarda canlandırma suretiyle elde etmektedirler.

Geliştirdikleri modeli test etmek için % 100 pamuk, % 100 yün ve poliestere/pamuk kumaşlar kullanan Breen ve arkadaşları gerçek ve simülasyon dökümlülükler tamamen aynı olmasa bile her materyalin kendine özgü dökümlülük davranışının simülasyon ile yaratılabileceğini belirtmektedirler.

### 3. MATERYAL ve METOD

#### 3.1. Materyal

Bu çalışmada deney materyali olarak Sümerbank İzmir Basma Sanayii İşletmesinde dokunan atkı sıklıkları, atkı ipliği numaraları ve örgüleri açısından farklı 48 tip pamuklu kumaş kullanılmıştır. Bezayağı, 2/1 dimi, 2/2 dimi, 2/2 panama olmak üzere dört örgü tipi, her örgü tipi için 16, 20, 24 Ne olmak üzere üç farklı atkı ipliği numarası ve her numara için 11, 15, 19, 23 tel/cm olmak üzere dört farklı sıklık seviyesi uygulanmıştır. İşletmedeki uygulama zorluğu nedeniyle çözgü ipliği numarası ve çözgü sıklığını değiştirmek mümkün olmamıştır.

Kumaşlara dokuma sonrası uygulanacak işlemler belirlenirken Sümerbank İzmir Basma Sanayii İşletmesinde bu tür kumaşlara uygulanan işlemler baz alınmış ve tüm deneme kumaşları aynı terbiye işlemlerinden geçirilmiştir. Bu işlemler sırasıyla; ham kontrol, fırça-makas, yakına, hasıl sökme, halat yıkama, kazan pişirme, halat yıkama, klorlama (hipoklorid), halat yıkama, asitleme, halat yıkama, dinlendirme (su süzme), açma, germeli kurutma, peroksitleme, açık en yıkama ve germeli kurutmadır.

Deneme kumaşlarının yapısal özellikleri Tablo 1.'de gösterilmiştir. Tabloda kumaş tiplerini birbirinden ayırt etmek için kullanılan kodlarda harfler örgü tipini, harflerden sonra gelen ilk rakam atkı ipliği numarasını, ikinci rakam da atkı sıklığını göstermektedir. A harfi bezayağı örgüyü, B harfi 2/1 dimi örgüyü, C harfi 2/2 dimi örgüyü, D harfi de 2/2 panama örgüyü göstermek üzere kullanılmıştır. Atkı ipliği numaralarında 1 rakamı 16 Ne, 2 rakamı 20 Ne, 3 rakamı 24 Ne iplik kullanıldığını belirtmektedir. Atkı sıklıklarında ise 1 rakamı 11 tel/cm, 2 rakamı 15 tel/cm, 3 rakamı 19 tel/cm., 4 rakamı 23 tel/cm sıklık uygulandığını göstermektedir. Buna göre örneğin D11 kodu 2/2 panama örgülü, atkı ipliği numarası 16 Ne, atkı sıklığı 11 tel/cm olan kumaş tanımlanmaktadır.

Deneme kumaşlarının çözgü ipliklerinin numara ve büküm değerleri Tablo 2.'de, atkı ipliklerinin numara ve büküm değerleri ise Tablo 3.'de gösterilmiştir.

#### 3.2. Metod

Deneme kumaşlarının dökümlülük katsayısı ve eğilme direnci ölçümlerinin yanı sıra atkı ve çözgü iplik numarası ve büküm sayısı, atkı ve çözgü sıklığı, metrekare ağırlığı ve kalınlık ölçümleri yapılmıştır. Böylelikle dökümlülük katsayısı-eğilme direnci ilişkisi araştırılan kumaşların tüm temel yapısal özelliklerinin önceden bilinmesi sağlanmıştır.

İplik numarası ölçümleri TSE 1967 (TS 572)'ye, iplik büküm sayısı ölçümleri TSE 1965 (TS 256)'ya, atkı ve çözgü sıklığı ölçümleri TSE 1965 (TS 250)'ye, metrekare ağırlığı ölçümleri TSE 1965 (TS 251)'e, kumaş kalınlığı ölçümleri ise TSE 1989 (TS 7128)'e göre yapılmıştır.

**Tablo 1. Deneme Kumaşlarının Yapısal Özellikleri**

Kumaş Kodu	Örgü Tipi	Çözümlü Sıklığı (tel/cm)	Atkı Sıklığı (tel/cm)	Kumaş Kalınlığı (mm)	Metrekare Ağırlığı (g/m <sup>2</sup> )
A11	Bezayağı	20.7	11.0	0.286	101.0
A12	Bezayağı	20.7	14.8	0.291	104.4
A13	Bezayağı	20.7	18.8	0.300	129.2
A14	Bezayağı	20.7	21.8	0.348	144.2
A21	Bezayağı	20.7	11.0	0.291	90.4
A22	Bezayağı	20.7	15.0	0.273	105.2
A23	Bezayağı	20.7	19.0	0.268	118.8
A24	Bezayağı	20.7	22.4	0.309	130.6
A31	Bezayağı	20.7	11.2	0.289	87.0
A32	Bezayağı	20.7	15.1	0.266	95.4
A33	Bezayağı	20.7	18.9	0.266	107.4
A34	Bezayağı	20.7	22.5	0.270	119.6
B11	2/1 Dİmi	27.7	10.9	0.315	117.4
B12	2/1 Dİmi	27.7	14.6	0.320	133.0
B13	2/1 Dİmi	27.7	18.7	0.319	144.4
B14	2/1 Dİmi	27.7	21.6	0.294	154.6
B21	2/1 Dİmi	27.7	11.1	0.316	107.2
B22	2/1 Dİmi	27.7	14.8	0.313	120.6
B23	2/1 Dİmi	27.7	18.4	0.316	134.6
B24	2/1 Dİmi	27.7	21.8	0.297	140.4
B31	2/1 Dİmi	27.7	11.0	0.329	103.6
B32	2/1 Dİmi	27.7	15.0	0.310	114.8
B33	2/1 Dİmi	27.7	18.6	0.303	126.8
B34	2/1 Dİmi	27.7	21.8	0.294	134.0
C11	2/2 Dİmi	20.8	11.1	0.316	98.2
C12	2/2 Dİmi	20.8	14.9	0.320	116.2
C13	2/2 Dİmi	20.8	18.8	0.323	133.0
C14	2/2 Dİmi	20.8	22.3	0.380	143.0
C21	2/2 Dİmi	20.8	11.1	0.309	86.8
C22	2/2 Dİmi	20.8	15.0	0.323	103.2
C23	2/2 Dİmi	20.8	19.0	0.328	118.4
C24	2/2 Dİmi	20.8	22.5	0.345	126.6
C31	2/2 Dİmi	20.8	11.2	0.305	84.6
C32	2/2 Dİmi	20.8	15.0	0.309	99.6
C33	2/2 Dİmi	20.8	18.9	0.321	109.2
C34	2/2 Dİmi	20.8	22.4	0.331	115.6
D11	2/2 Panama	27.7	10.9	0.333	114.4
D12	2/2 Panama	27.7	14.8	0.335	133.0
D13	2/2 Panama	27.7	18.4	0.325	147.4
D14	2/2 Panama	27.7	21.6	0.345	157.6
D21	2/2 Panama	27.7	10.8	0.332	109.8
D22	2/2 Panama	27.7	14.8	0.318	121.8
D23	2/2 Panama	27.7	18.4	0.314	133.8
D24	2/2 Panama	27.7	21.8	0.318	143.2
D31	2/2 Panama	27.7	11.0	0.323	104.6
D32	2/2 Panama	27.7	14.8	0.315	114.4
D33	2/2 Panama	27.7	18.6	0.310	125.6
D34	2/2 Panama	27.7	21.8	0.312	131.6

**Tablo 2. Deneme Kumaşlarının Çözgü İpliklerinin Özellikleri**

Örgü Tipi	İplik Numarası (Ne)	Büküm Sayısı (T/m)
Bezayağı	21.67	740.8
2/1 Dimi	21.85	775.7
2/2 Dimi	22.28	716.6
2/2 Panama	21.39	774.8

**Tablo 3. Deneme Kumaşlarının Atkı İpliklerinin Özellikleri**

Örgü Tipi	İplik Numarası (Ne)	Büküm Sayısı (T/m)
A11 - A14	16.4	764.0
A21 - A24	20.6	805.1
A31 - A34	22.6	1024.7
B11 - B14	17.9	775.5
B21 - B24	21.2	809.1
B31 - B34	25.5	1033.1
C11 - C14	16.1	815.9
C21 - C24	22.4	826.8
C31 - C34	24.7	1062.5
D11 - D14	17.8	780.5
D21 - D24	19.9	827.8
D31 - D34	22.5	1052.8

Dökümlülük katsayısı ölçümleri için Ögütmen'in (1988) Cusick Drape Tester'i esas alarak yaptığı şekil 3.'de görülen dökümlülük ölçeri kullanılmıştır. 30 cm çaplı dairesel kumaş örnekleri merkezinden birbirine paralel 9 cm çaplı iki destek diski arasına yerleştirilmiş ve kumaşın bu diskler üzerinden yer çekimi etkisi ile dökülmesi sağlanmıştır. Kumaşın gölgesi kumaşla aynı büyüklükte bir aydınlatma kağıdına düşürülmüş ve gölgenin dış çizgileri kağıt üzerinde takip edilerek çizilmiştir. Bu kağıt önce destek diskinin kapladığı alan çıkarılarak (W1), sonra da gölge izlerinden kesilerek tartılmış ve dökümlülük katsayısı (DC);

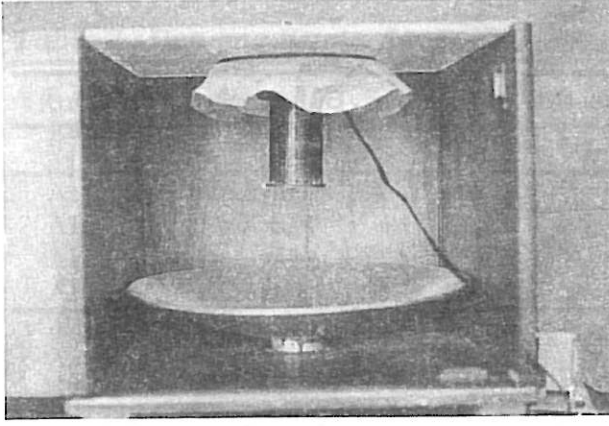
$$DC = (W2/W1) \cdot 100 (\%)$$

olarak hesaplanmıştır. Her kumaş tipi için beş örnek alınmış, her örnek hem ön, hem arka yüzünden ölçülerek toplam 10 değer elde edilip ortalama dökümlülük katsayısı belirlenmiştir.

Kumaşların eğilme özellikleri üzerinde çalışan araştırmacılar genellikle ölçümlerinde Sabit Açılı Eğilme Ölçerini (Cantilever Test) kullanılmakta-

dır. Bu çalışmada kumaşların dökümlülük katsayısı-eğilme direnci ilişkisini araştırırken dökümlülük özeliğinin çok yönlü deformasyonları içerdiği dikkate alınarak Sabit Açılı Eğilme Ölçeri yerine ASTM D 4032'den esinlenerek tarafımızdan yapılan bir Dairesel Eğilme Ölçerinin kullanılmasının daha uygun olacağı düşünülmüştür, çünkü Sabit Açılı Eğilme Ölçerinde sadece bir yöndeki eğilme uzunluğu ölçülebilmektedir. Eğilme direnci ölçümleri hem Sabit Açılı Eğilme Ölçerinde belirlenen eğilme uzunluğu değerleri kullanılarak hesaplanmış, hem de tarafımızdan yapılan Dairesel Eğilme Ölçerinde ölçülmüştür. Böylelikle söz konusu iki metod ile elde edilen eğilme direnci değerlerinin karşılaştırılması ve ayrıca hangi metoddan elde edilen değerlerin kumaş dökümlülüğü ile daha yakın ilişkili olduğunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

Şekil 4. te görülen Sabit Açılı Eğilme Ölçerinde atkı ve çözgü yönlerindeki eğilme uzunlukları ASTM D 1388-64'e (TS 1409'a) göre ayrı ayrı ölçülmüş ve bu değerlerden kumaşın genel eğilme direnci (Go),



**Şekil 3. Dökümlülük Ölçeri  
(Öğütmen, 1988)**

$$G_0 = \sqrt{G \cdot C \cdot G_a} \quad \text{mg.cm}$$

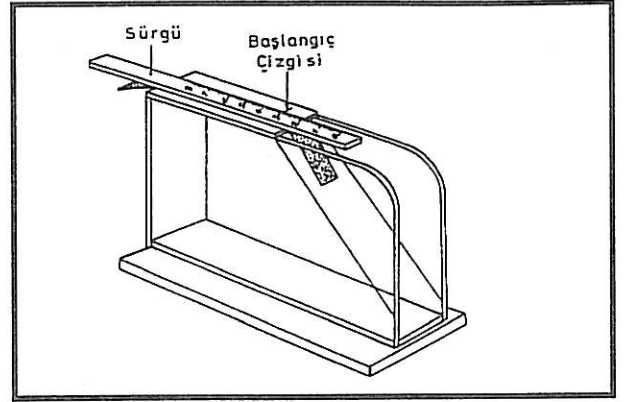
olarak hesaplanmıştır. Burada  $G_c$  ortalama çözgü eğilme direnci,  $G_a$  ortalama atkı eğilme direncidir ve

$$G = 0.1 \cdot W C^3 \text{ mg.cm (TS 1409)}$$

ilişkisi kullanılarak belirlenmişlerdir.  $C$  eğilme uzunluğunu (cm),  $W$  ise metrekare ağırlığını ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) göstermektedir.

Eğilme uzunlukları ölçülürken her kumaş tipi için atkı yönünde 5, çözgü yönünde 5 örnek alınmış, her örnek için dörder ölçüm yapılarak atkı yönünde 20, çözgü yönünde 20 değer elde edilmiş ve sonra da ortalama eğilme uzunlukları hesaplanmıştır.

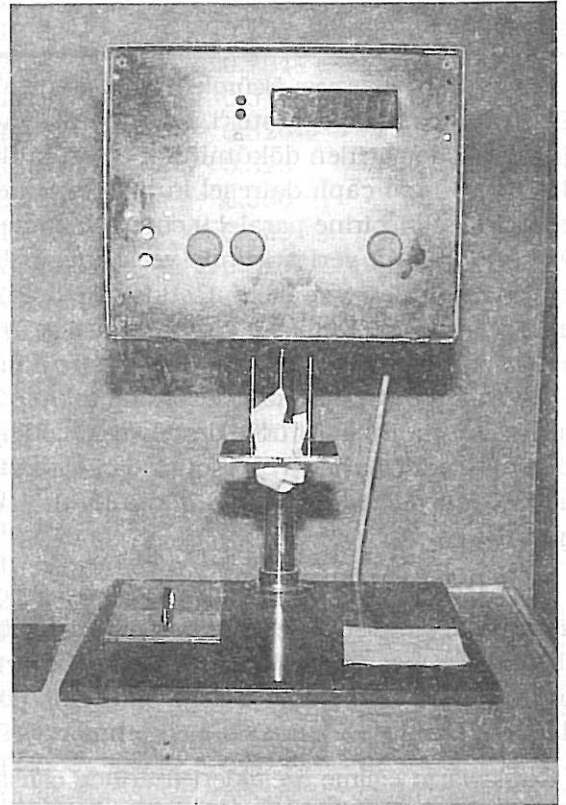
Kumaşın çok yönlü eğilmeye karşı direncini belirlemek amacıyla yapılan Dairesel Eğilme Ölçerinin önden ve yandan görünüşlerini gösteren teknik çizimler Şekil 5a ve 5b'de verilmiştir. Dairesel eğilme ölçerinde ikiye katlanmış  $102 \times 204$  mm boyutlarındaki kumaş örneği, üzerinde  $38.1$  mm çaplı bir delik bulunan  $102 \times 102 \times 6$  mm boyutlu tabla üzerine yerleştirilmiş ve kumaşı  $25.4$  mm çaplı bir silindir ile bu delikten aşağıya itmek için gerekli olan kuvvet dijital göstergeden "gf" olarak okunmuştur (Şekil 6.). Silindirin alt tabanı ile tabla arasındaki mesafe  $3$  mm'ye ayarlanmıştır. Bu ölçüler ASTM D 4032'den yararlanılarak belirlenmiştir. Aleti ilk yaptığımızda silindirin kumaşı iterken  $1.7 \pm 0.3$  s'lik bir sürede  $57$  mm aşağıya hareket etmesi düşünülmüştü. Ancak yükü ölçmek için kullanılan yük hücresi (1 oad cel 1) silindir bağlantı çubuğu üzerine yerleştirildiğinde, yük hücresinin hareketli olması nedeniyle, ölçüm hassasiyetinin azaldığı görülmüş ve ASTM D 4032'deki durumun aksine silindir sabit tutularak üzerinde kumaş örneği bu-



**Şekil 4. Sabit Açılı Eğilme Ölçeri  
(Cantilever Test)**

lunan tablanına aynı miktar hareket etmesi sağlanmıştır. ASTM D 4032'deki ölçüm metodundaki manuel ve pnömatik ölçüm sistemlerinin yerine yük hücresi ve dijital gösterge kullanımı ayar ve ölçümlerin daha kolay ve hassas yapılmasını sağlamıştır.

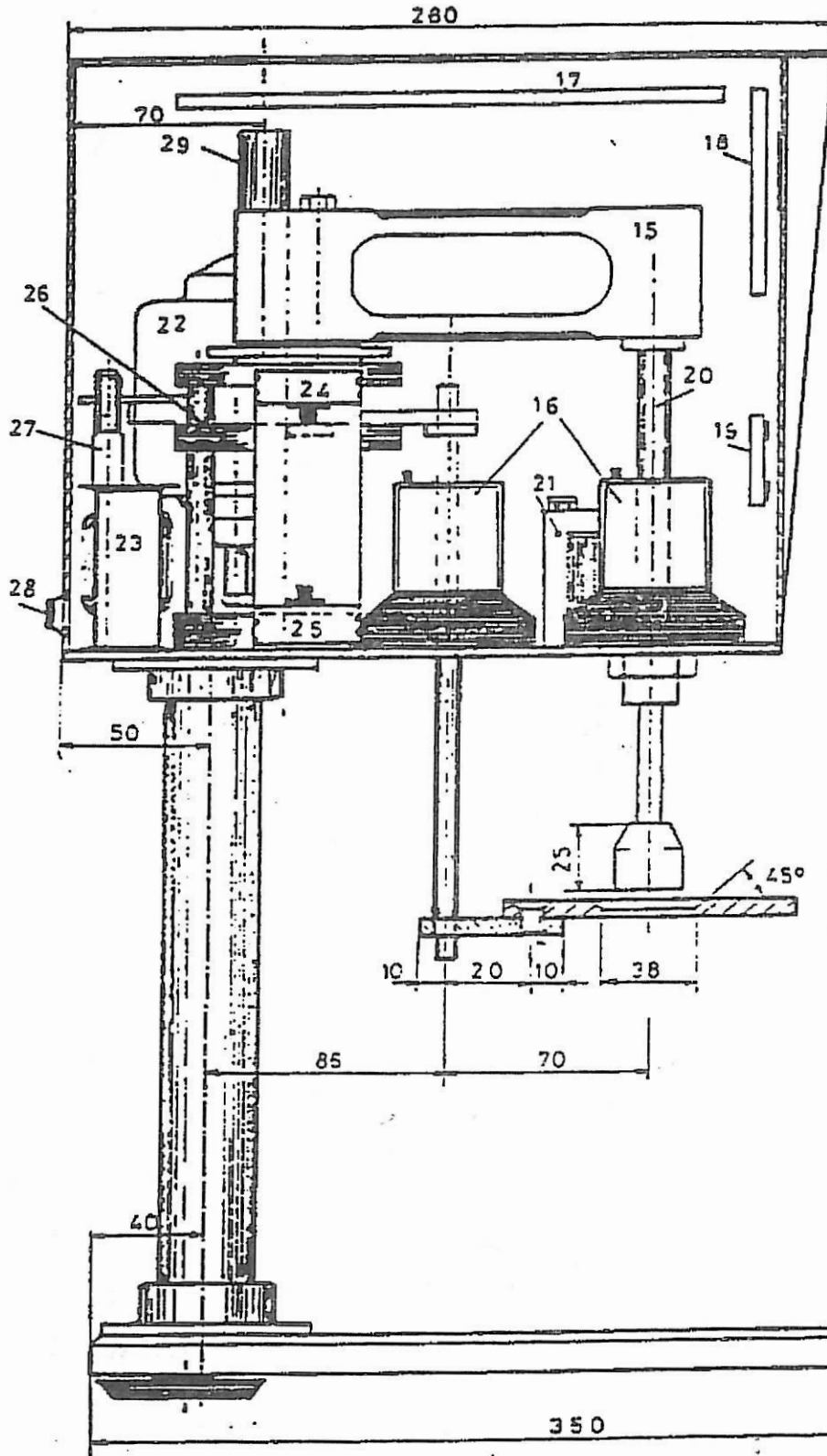
Dairesel Eğilme Ölçeri, ölçüm kapasitesi uygun olduğu takdirde dokuma, örme kumaşların tümü ve dokusuz yüzeyler için kullanılabilir. Tarafımızdan yapılan eğilme ölçeri, şu anda üzerinde bulunan motor ile,  $5$ - $1500$  gf arasında ölçüm yapılmektedir.



**Şekil 6. Dairesel Eğilme Ölçeri İle  
Kumaşın Çok Yönlü Eğilmeye Karşı  
Direncinin Belirlenmesi**







- 15 : Yük Hücresi (Load Cell)
- 16 : 1/2 Amper Röleler
- 17 : Dijital Okuyucu Kart
- 18 : Dijital Gösterge Kartı
- 19 : Dara ve Sıfırlama Kartı
- 20 : Ara Bağlantı
- 21 : 9 V Trafo
- 22 : 12 V-4 Amper 710 d/dk DC Motor
- 23 : 12 V-24 V Trafo
- 24 : Üst Stop Butonu
- 25 : Alt Stop Butonu
- 26 : Hareket Mekanizması
- 27 : DC Motor Taşıyıcı Miller
- 28 : 220 Girişi ve 2 Amper Sigorta
- 29 : Terazileme Gözü

Şekil 5b. Dairesel Eğilme Ölçeri (Yandan Görünüş) (Orig.)

**Tablo 4. Deneme Kumaşlarının Dökümlülük Ölçüm Sonuçları**

Kumaş Kodu	Ortalama Dökümlülük Katsayısı (%)	Kumaş Kodu	Ortalama Dökümlülük Katsayısı (%)
A11	74.87	C11	59.69
A12	71.13	C12	73.70
A13	72.24	C13	68.04
A14	74.74	C14	71.91
A21	58.26	C21	62.15
A22	66.06	C22	62.11
A23	86.43	C23	65.39
A24	75.02	C24	70.31
A31	59.69	C31	65.82
A32	71.67	C32	59.38
A33	68.61	C33	63.49
A34	77.65	C34	62.62
B11	72.43	D11	75.25
B12	78.49	D12	77.90
B13	86.34	D13	83.68
B14	84.37	D14	85.31
B21	67.53	D21	68.50
B22	74.37	D22	74.90
B23	78.08	D23	79.87
B24	81.48	D24	82.34
B31	65.72	D31	60.99
B32	69.72	D32	64.53
B33	73.17	D33	72.17
B34	77.51	D34	77.00

**Tablo 5. Dairesel Eğilme Ölçeri ile Belirlenen Eğilme Direnci Değerleri**

Kumaş Kodu	Eğilme Direnci (gf)	Kumaş Kodu	Eğilme Direnci (gf)
A11	107.60	C11	41.10
A12	232.20	C12	125.40
A13	246.28	C13	179.30
A14	269.40	C14	222.40
A21	40.000	C21	18.57
A22	78.07	C22	78.20
A23	275.20	C23	131.40
A24	208.69	C24	170.40
A31	37.20	C31	35.20
A32	89.50	C32	54.40
A33	147.43	C33	101.20
A34	260.20	C34	108.40
B11	196.80	D11	145.00
B12	273.40	D12	267.80
B13	321.60	D13	379.60
B14	504.80	D14	506.80
B21	119.00	D21	148.20
B22	210.60	D22	215.80
B23	311.60	D23	417.40
B24	400.20	D24	485.60
B31	62.00	D31	70.05
B32	135.80	D32	150.60
B33	183.00	D33	223.80
B34	271.40	D34	333.60

**Tablo 6. Sabit Açılı Eğilme Ölçeri ile TS 1409'a Göre Belirlenen Eğilme Uzunluğu ve Eğilme Direnci Değerleri**

Kumaş Kodu	ATKI		ÇÖZGÜ		Kumaşın Genel Eğilme Direnci (mg.cm)
	Eğilme Uzunluğu (cm)	Eğilme Direnci (mg.cm)	Eğilme Uzunluğu (cm)	Eğilme Direnci (mg.cm)	
A11	1.1575	15.663	1.6025	41.564	25.515
A12	1.1863	17.430	1.4750	33.503	24.164
A13	1.2575	25.691	1.4413	38.684	31.525
A14	1.3513	35.581	1.4813	46.870	40.837
A21	0.9875	8.705	1.6025	37.202	17.996
A22	0.9450	8.878	1.4025	29.022	16.052
A23	1.4125	33.480	1.6698	55.311	43.032
A24	1.1688	20.853	1.5525	48.870	31.923
A31	0.9365	7.146	1.5825	34.479	15.696
A32	0.9913	9.293	1.5562	35.954	18.279
A33	1.1400	15.912	1.5513	40.095	26.258
A34	1.2025	20.796	1.5625	45.624	30.803
B11	1.1450	17.623	1.7463	62.521	33.194
B12	1.2600	26.605	1.6850	63.628	41.144
B13	1.4150	40.911	1.6775	68.164	52.808
B14	1.6150	65.122	1.6963	75.460	70.101
B21	1.0225	11.460	1.7450	56.962	25.550
B22	1.0900	15.618	1.1705	19.340	17.380
B23	1.2213	24.520	1.6775	63.538	39.471
B24	1.3275	32.845	1.7513	75.413	49.769
B31	0.9300	8.333	1.7100	51.802	20.777
B32	1.0950	15.073	1.7600	62.586	30.714
B33	1.1613	19.859	1.6875	60.933	34.786
B34	1.2575	26.646	1.7250	68.782	42.811
C11	1.2513	19.240	1.4863	32.243	24.907
C12	1.1313	16.824	1.4325	34.158	23.973
C13	1.1888	22.345	1.3963	36.207	28.444
C14	1.1938	24.329	1.3250	33.265	28.448
C21	0.9988	8.649	1.5413	31.782	16.579
C22	1.0250	11.114	1.5200	36.242	20.069
C23	1.1038	15.923	1.4413	35.450	23.759
C24	1.1450	19.004	1.3888	33.912	25.386
C31	0.8850	5.864	1.3825	22.355	11.449
C32	0.9663	8.987	1.4238	28.748	16.073
C33	1.0050	11.085	1.5225	38.539	20.668
C34	1.0600	13.768	1.4538	35.520	22.114
D11	1.1188	16.021	1.1300	16.507	16.262
D12	1.2363	25.132	1.7625	72.818	42.779
D13	1.3825	38.949	1.7363	77.156	54.819
D14	1.4594	48.987	1.7125	79.150	62.268
D21	1.2350	20.683	1.7038	54.307	33.514
D22	1.1750	19.759	1.7475	64.998	35.837
D23	1.3813	35.263	1.7900	76.739	52.020
D24	1.4125	40.356	1.7700	79.408	56.609
D31	0.9425	8.757	1.7075	52.073	21.355
D32	1.1863	19.099	1.7400	60.266	33.927
D33	1.3050	27.914	1.8125	74.787	45.690
D34	1.2225	24.044	1.5425	48.298	34.077

**Tablo 7. Korelasyon Katsayıları**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C2	0.877						
C3	0.816	0.886					
C4	0.314	0.385	0.374				
C5	0.791	0.890	0.830	0.253			
C6	0.810	0.916	0.961	0.366	0.866		
C7	0.629	0.725	0.675	0.830	0.645	0.690	
C8	0.809	0.917	0.925	0.619	0.847	0.948	0.881

C1 : Dökümlülük katsayısı (%)

C2 : Eğilme direnci (gf)

C3 : Atkı eğilme uzunluğu, Ca (cm)

C4 : Çözümlü eğilme uzunluğu, Cç (cm)

C5 : Metrekare ağırlığı (g/m<sup>2</sup>)

C6 : Atkı eğilme direnci, Ga (mg.mm)

C7 : Çözümlü eğilme direnci, Gç (mg.cm)

C8 : Kumaşın genel eğilme direnci, Go (mg.cm)

Not : C3, C4, C6, C7 Sabit Açılı Eğilme Ölçeri ile ölçülen ve hesaplanan değerlerdir.

Dairesel Eğilme Ölçeri ile yapılan eğilme direnci ölçümleri için her kumaş tipinden 102x204 mm boyutlarında, kısa kenarı çözgü ipliklerine paralel olacak şekilde, 10 adet örnek alınmıştır. Örnekler 102 x 102 cm'lik bir kare oluşturacak şekilde katlanmış ve örnek almakta kullanılan metal şablon ile kat yeri düzleştirilmiştir. Hazırlama ve ölçüm işlemleri sırasında örnekler mümkün olduğu kadar az dokunulmaya çalışılmıştır. Örneklerden 5 adedi yüz yüze, diğer 5 adedi ise ters tarafları temas edecek şekilde katlanmış ve elde edilen değerlerin ortalaması alınarak kumaşın ortalama eğilme direnci belirlenmiştir.

Deneysel çalışma sonucu elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilerek dökümlülük katsayısı ile eğilme direnci arasındaki ilişkinin önemli olup olmadığı belirlenmeye ve bu ilişki regresyon denklemleri ile ifade edilmeye çalışılmıştır.

#### 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

İncelenen 48 tip pamuklu kumaşın dökümlülük katsayıları Tablo 4.'de Dairesel Eğilme Ölçeri ile belirlenen eğilme direnci değerleri Tablo 5.'te, klasik Sabit Açılı Eğilme Ölçeri ile belirlenen eğilme uzunluğu değerleri ve bu değerlerden hesaplanan kumaşın genel eğilme direnci değerleri de Tablo 6.'da verilmiştir.

Kumaşların dökümlülük katsayıları ile Dairesel Eğilme Ölçeri ve Sabit Açılı Eğilme Ölçeri ile ölçülen eğilme özellikleri arasındaki ilişkileri ve bu özelliklerin değerlerinden yararlanarak kumaşın dökümlülük katsayısının belirli bir doğrulukla tahminlenip tahminlenemeyeceğini belirlemek amacıyla korelasyon ve regresyon analizleri yapılmıştır. Eğilme ve dökümlülük özellikleri ile olan ilgisi düşünülerek bu analizlere metrekare ağırlığı da dahil edilmiştir. Hesaplanan korelasyon katsayıları Tablo 7'de verilmiştir. Tablo 7.'deki korelasyon katsayıları incelendiğinde metrekare ağırlıkları 85-158 g/m<sup>2</sup> arasında değişen düşük ağırlıklı pamuklu dokuma kumaşlarda dökümlülük katsayısı ile çözgü yönündeki eğilme uzunluğu hariç incelenen tüm eğilme özellikleri (Dairesel Eğilme Ölçeri ile ölçülen eğilme direnci, Sabit Açılı Eğilme Ölçeri ile ölçülen ve hesaplanan atkı ve çözgü eğilme uzunlukları ve eğilme direnci) ile kumaşın genel eğilme direnci) ve metrekare ağırlığı arasında  $\alpha=0.001$  ve daha büyük güven seviyeleri için istatistiksel açıdan önemli korelasyonlar olduğu anlaşılmaktadır. Dökümlülük katsayısı ile çözgü yönündeki eğilme uzunluğu arasındaki korelasyon katsayısı ise  $\alpha=0.05$  ve daha büyük güven seviyeleri için önemlidir. Dökümlülük katsayısı (DC) - Dairesel Eğilme Ölçeri ile ölçülen eğilme direnci (BS), DC- kumaşın Sabit Açılı Eğilme Ölçeri ile belirlenen genel eğilme direnci

(Go), DC-Metrekare Ağırlığı (W), Eğilme Direnci (BS)-Metrekare Ağırlığı (W) ve sözü edilen iki farklı metotla belirlenen eğilme dirençleri (BS-Go) arasındaki ilişkiler sırasıyla Şekil 7-11.'de gösterilmiştir.

Dökümlülük katsayısı bağımlı değişken, iki farklı metotla belirlenen eğilme dirençleri (BS ve Go) ve metrekare ağırlığı bağımsız değişkenler olarak alınarak elde edilen regresyon denklemleri Tablo 8.'deki gibidir. Daha sonra ölçülen tüm eğilme özelliklerini ve metrekare ağırlığını dikkate alarak "Stepwise" metodu ile en iyi uyum sağlayan regresyon denkleminin seçimi yapılmış ve bu durumda modele sadece Dairesel Eğilme Ölçeri ile ölçülen eğilme direncinin (BS) girdiği, % 76.9'luk bir regresyon belirleme katsayısı elde edildiği ve diğer değişkenlerin modele katkısının istatistiksel açıdan önemli olmadığı görülmüştür. "Stepwise" metodu ile elde edilen regresyon denklemi

$$DC = 61.3 + 0.0531 BS \quad (r^2 = 76.9)$$

şeklinde olmuştur. Daha sonra değişkenler arasına Dairesel Eğilme Ölçeri ile ölçülen eğilme direnci değerinden hesaplanan eğilme uzunluğu ( $\sqrt[3]{BS/W}$ ) ve Sabit Açılı Eğilme Ölçeri ile ölçülen ortalama eğilme uzunluğu  $(Ca+Cc) / 2$  da katılarak en iyi regresyon denklemi arayışı yenilenmiş ve bu durumda modele ilk giren değişken  $\sqrt[3]{BS/W}$  olmuştur.

Modele ikinci değişken olarak atkı yönündeki eğilme direnci (Ga) girmiş ancak regresyon belirleme katsayısında sadece % 2'lik bir artış sağlanabilmiştir. Her iki durumdaki regresyon denklemleri ve belirleme katsayıları:

$$DC = 37.05 + 31.1 \sqrt[3]{BS/W} \quad (r^2 = 78.50)$$

$$DC = 41.76 + 23.8 \sqrt[3]{BS/W} + 0.163 G_a \quad (r^2 = 80.57)$$

şeklinde olmuştur. Ga'nın regresyon belirleme katsayısına olan katkısının azlığı nedeniyle modele sadece ( $\sqrt[3]{BS/W}$ ) değişkeninin girdiği denk-

lemin dikkate alınması uygun görülmüştür. Bu sonuçlara göre dökümlülük katsayısındaki değişimin % 76.9'u sadece eğilme direncindeki değişimle açıklanabilmektedir. Değişken olarak eğilme direnci değerinden hesaplanan kumaş eğilme uzunluğu  $\sqrt[3]{BS/W}$  dikkate alındığında bu oran % 78.5'e yükselmektedir. Dökümlülük katsayısı (DC) - Eğilme uzunluğu ( $\sqrt[3]{BS/W}$ ) ilişkisi şekil 12'de gösterilmiştir.

## 5. ÖZET ve SONUÇ

ASTM D 4032'deki bilgilerden yararlanılarak bir Dairesel Eğilme Ölçeri yapılarak metrekare ağırlıkları 85-158 gram arasında değişen düşük gramajlı pamuklu dokuma kumaşların eğilme dirençleri ve dökümlülük özellikleri arasındaki ilişkilerin incelendiği bu çalışmanın sonuçları şöyle özetlenebilir:

1. Dairesel Eğilme Ölçeri ile ölçülen eğilme direnci değerleri ile "Cusick Drapemeter" prensibine göre çalışan dökümlülük ölçeri ile belirlenen dökümlülük katsayıları arasında oldukça yüksek bir korelasyon ( $r = 0.877$ ) vardır.

2. Kumaşların eğilme özelliklerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan Sabit Açılı Eğilme Ölçeri (Cantilever Test) ile ölçülen eğilme uzunluğu ve bu değerlerden hesaplanan eğilme direnci değerleri ile dökümlülük katsayısı arasındaki korelasyon katsayıları Dairesel Eğilme Ölçerinden elde edilen eğilme direnci değerlerine göre düşük olmuştur. Söz konusu korelasyon katsayıları:

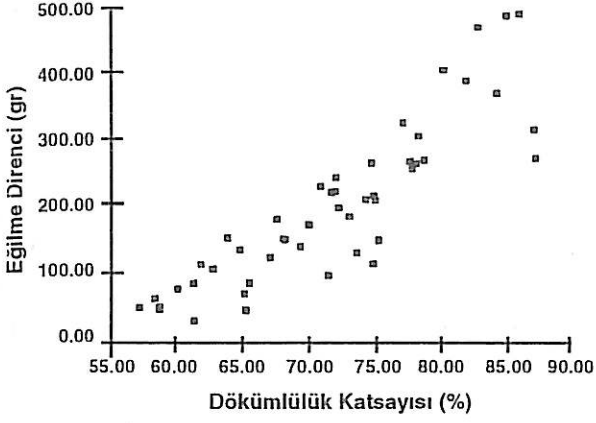
Dökümlülük katsayısı - atkı eğilme uzunluğu arasında 0.816

Dökümlülük katsayısı - çözgü eğilme uzunluğu arasında 0.314

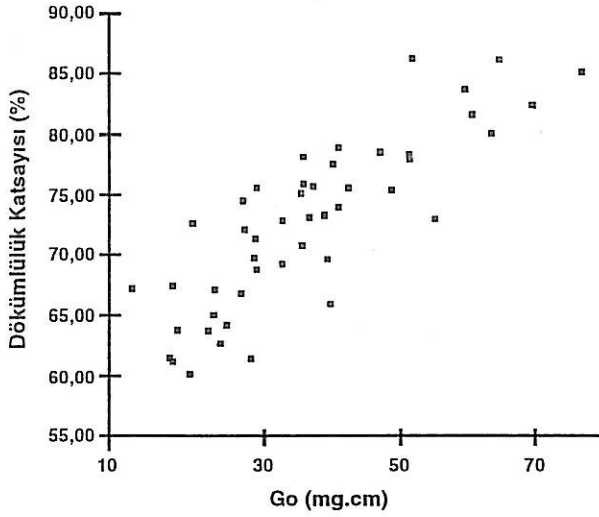
Dökümlülük katsayısı - atkı eğilme direnci arasında 0.810

**Tablo 8. Elde Edilen Regresyon Denklemleri ve Belirleme Katsayıları**

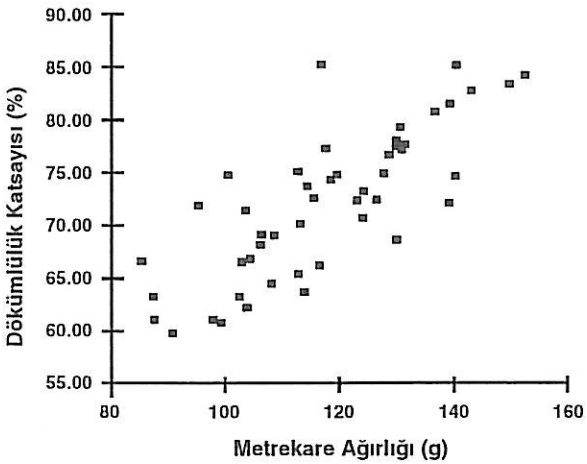
Bağımsız Değişken	Regresyon Denklemleri	Belirleme Katsayısı
Eğilme Direnci (BS)	$DC = 61.3 + 0.0531 BS$	76.9
Metrekare Ağırlığı (W)	$DC = 32.0 + 0.334 W$	62.5
Kumaşın Genel Eğilme Direnci (Go)	$DC = 57.4 + 0.457 Go$	65.4



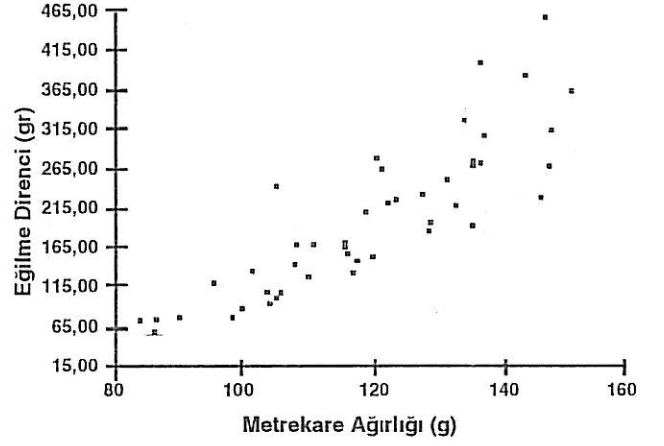
Şekil 7. İncelenen Pamuklu Dokuma Kumaşlarda Dökümlülük Katsayısı - Dairesel Eğilme Ölçeri ile Ölçülen Eğilme Direnci İlişkisi



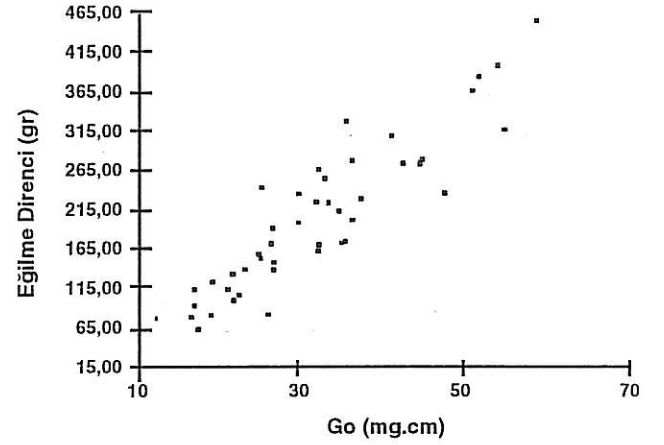
Şekil 8. İncelenen Pamuklu Dokuma Kumaşlarda Dökümlülük Katsayısı - Sabit Açılı Eğilme Ölçeri (Cantilever Test) ile Belirlenen Eğilme Direnci (Go) ilişkisi



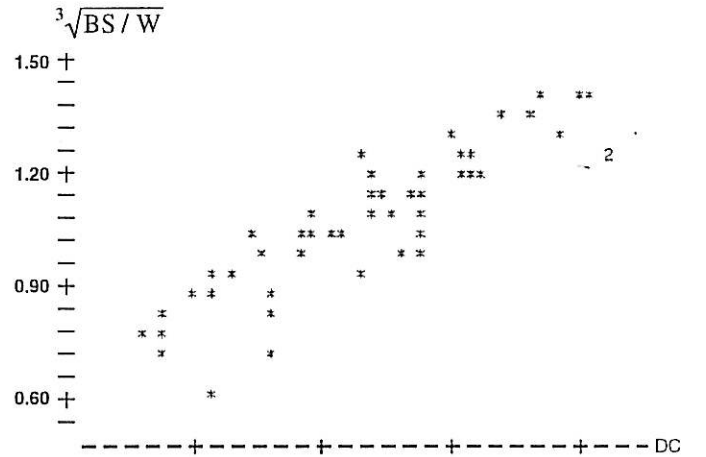
Şekil 9. İncelenen Pamuklu Dokuma Kumaşlarda Dökümlülük Katsayısı - Metrekare Ağırlığı İlişkisi



Şekil 10. İncelenen Pamuklu Kumaşlarda Eğilme Direnci - Metrekare Ağırlığı İlişkisi



Şekil 11. İncelenen Pamuklu Dokuma Kumaşlarda İlci Farklı Metotla Belirlenen Eğilme Dirençleri (BS-Go) Arasındaki İlişki



Şekil 12. İncelenen Pamuklu Dokuma Kumaşlarda Dökümlülük Katsayısı ve  $\sqrt[3]{BS/W}$  Arasındaki İlişki

Dökümlülük katsayısı - çözümlü eğilme direnci arasında 0.629

Dökümlülük katsayısı - kumaşın genel eğilme direnci arasında 0.809 olarak bulunmuştur.

3. Tarafımızdan yapılan Dairesel Eğilme Ölçerinden elde edilen eğilme direnci değerleri ile Sabit Açılı Eğilme Ölçeri (Cantilever Test) ile elde edilen eğilme uzunluğu değerlerinden yararlanılarak hesaplanan kumaşın genel eğilme direnci değerleri arasında yüksek bir korelasyon vardır,  $r=0.917$ 'lik bir korelasyon katsayısı elde edilmiştir.

4. Eğilme direnci belirleme metodları arasındaki yüksek korelasyon ve Dairesel Eğilme Ölçerinden elde edilen eğilme direnci değerleriyle dökümlülük katsayıları arasındaki korelasyonun daha yüksek oluşu dikkate alındığında kumaş eğilme direnci ölçümleri için Sabit Açılı Eğilme Ölçeri yerine Dairesel Eğilme Ölçeri kullanılmasının daha uygun olacağı söylenebilir. Ayrıca Dairesel Eğilme Ölçerinin kullanılması durumunda çok yönlü eğilme direnci direkt olarak ölçülebildiği için atkı ve çözümlü yönlerinde ayrı ayrı eğilme uzunluklarının ölçülüp bu değerden eğilme direnci hesaplanmasına gerek kalmayacağı için örnek hazırlama ve ölçüm işlemlerinde büyük bir kolaylık ve zaman tasarrufu sağlanmış olacaktır.

Bu çalışmada dört farklı örgüde üretilmiş, metrekaire ağırlıkları 85-158 gram arasında değişen pamuklu kumaşlar incelenmiştir. Çalışmanın başka kumaş tiplerini de (özellikle yünlü kumaşları) içerecek şekilde genişletilmesi elde edilen sonuçların genelleştirilebilmesi açısından yararlı olacaktır.

## TEŞEKKÜR

Tavsiyeleri ile beni yönlendirerek bu konuda çalışmamı sağlayan merhum Prof. Dr. Turgut YAZICIOĞLU'nu saygıyla anıyorum.

## KAYNAKLAR

- ASTM, 1981, D 1388-64, Standart Test Methods for Stiffness of Fabrics, Easton, Md., USA.
- ASTM, 1981, D 4032-82, Standart Test Methods for Stiffness of Fabrics, Easton, Md., USA.
- Breen, D.E., House, D.H., Wozny, M.J., 1994, Textile Res. J., Vol:64, No:11, 663-685.
- Chu, C.C., Platt, M.M. and Hamburger, W.J., 1960, Textile Res. J., Vol:30,66.
- Cusick, G.E., 1965, J. Text. Inst., Vol: 56, T 596-606.
- Cusick, G.E., 1968, J. Text. Inst., Vol: 59, No:6 596-606.
- Draper, N.R. and Smith, H., 1966, Applied Resression Analysis, John Wiley and Sons Inc. New York, London, Sydney.
- Hearle, J.W.S., Grosberg, P. and Backer, S., 1969, Structural Mechanics of Fibers, Yarns and Fabrics, Wiley - Interscience, New York, London, Sydney.
- Kawabata, S. and Niwa, M., 1989, J. Text. Inst., Vol: 80, No:1, 19-51.
- Morooka, H. and Niwa, M., 1976, J. Text. Machinery and Society of Japan. Vol:22. No:3, 67-73.
- Ögütmen, S., 1988, Kot Kumaşlarda Dökümlülük ve Mukavemet Özellikleri üzerinde Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi. Danışman: Prof. Dr. Turgut Yazıcıoğlu, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekstil Müh. Anabilim Dalı. Bornova-İZMİR.
- Postle, R., 1989, Textile Asia, Vol:20. No:7, 64-66.
- Postle, J.R., and Postle, R., 1993, Textile Asia, Vol:24, No:2, 63-66.
- Slater, K., 1977, Comfort Properties of Textiles, Textile Progress, Vol:9, No:4, 39-41.
- TSE, 1966, TS 251 (Nisan 1965, İkinci Baskı), Kumaşın Metrekare Ağırlığının Tayini, Başnur Matbaası, Ankara.
- TSE, 1966, TS 256 (Nisan 1965, Birinci Baskı) Kumaştan Çıkarılan İpliğin Bükümünün Tayini, Başnur Matbaası, Ankara.
- TSE, 1968, TS 572 (Ocak 1967, Birinci Baskı). Kumaştan Çıkarılan İpliklerde Numara Tayini, Kültür Matbaası, Ankara.
- TSE, 1970, TS 250 (Nisan 1965, İkinci Baskı), Kumaşın Atkı ve Çözümlü Sıklığının Tayini, Ayyıldız Matbaası, Ankara.
- TSE, 1974, TS 1409 (Ekim 1974, Birinci Baskı), Dokunmuş Tekstil Mamullerinin Eğilme Dayanımı Tayini.
- TSE, 1989, TS 7128 (Mayıs 1989, Birinci Baskı). Dokunmuş ve Örülmüş Kumaşlarda Kalınlık Tayini.