(昭和35年7月22日受理)

繊維塊の圧縮特性に関する研究

第1報 測定装置および試料の調整

東邦レーヨン株式会社 滝川昌彦・川村一夫
研 究 所ON THE BULK COMPRESSIONAL CHARACTERISTICS OF FIBER MASS. (I)
TESTING APPARATUS AND SAMPLE PREPARATION

By Masahiko Takikawa and Kazuo Kawamura

(Research Institute, Toho Rayon Co., Ltd., Kitajima-cho,
Itano-gun, Tokushima Prefecture, Japan)

An improved method to measure the bulk compression behavior of fiber mass is studied.

Compression experiments are carried out with Instron Tensile Tester equipped with apparatus designed and made in our laboratory which consists of a compression stand and a support table. By the aid of this apparatus the effective area of each sample mass is kept constant during a compression test.

In order to secure the reproducibility of tests the method of sample preparation is investigated.

(Received July 22, 1960)

1. 緒 言

一般に圧縮弾性、圧縮性、反発性などの言葉で特徴づけられる繊維の集団としての圧縮回復挙動は、各種繊維の品質評価のための大切な要因と考えられる。この性質は、普通は簡単に手で試料繊維塊を握って見て、測定者が判断して、通常“こし”という言葉で一括評価されているようであるが、この判定は当然のことながら主観的であり、測定者によつて判定結果が相違することも起こり得るし、またもちろん、定量的な評価はできない。それにもかかわらず、この主観的判断によつて繊維の実用的性能をうねんされるのは、圧縮特性が非常に重要な性質であることを物語るものであると同時に、その定量的測定が困難なことを示しているといえよう。圧縮特性測定の重要性は、早くから認められ、既に幾人かの研究者によつて測定装置の作成、特性の表示方法などの研究が行なわれている。

われわれは、従来の方法を検討し、繊維塊の圧縮挙動の特徴をあらわすのにより一層適した装置、測定方法、特性表示法などについて研究した。まず、測定装置および試料繊維塊の調整法について検討した結果を報告する。

2. 測 定 装 置

測定条件を正確に広範囲に変えられるインストロン試

験機を圧縮測定に利用することは非常に有利であり、繊維塊に対する試みは、de Ma Carty と Dusenbury¹⁾,

Fig. 1. Compression test apparatus used by other authors.

[A]: Used by de Ma Carty and Dusenbury¹⁾[B]: Used by Fok and Finzel²⁾, Vieth⁴⁾

Fok と Finzel²⁾, Gottlieb ら³⁾ によつて発表されているが、われわれも、インストロンを用いる圧縮測定法を検討した。

de Ma Carty らの装置は Fig. 1. A の如くであり、インストロンロードセルCに付属おもり(C)のついた圧縮ピストンを吊り下げ、試料台(B)上の円筒状の繊維塊は、クロスヘッドにより上に押し上げられ、圧縮板(A)との間で圧縮される。圧力は荷重の減少量によつて測定される。圧縮板は任意の面積に取りかえられる。この方式では、圧縮面積は規定されるが、圧縮板の横にはみ出した加圧されない部分の繊維の影響を無視することができない。

de Ma Carty ら⁴⁾は、羊毛について圧縮面積を変えて、一定圧縮率(90%)まで加圧した時の最高荷重の変化を測定している。圧縮面積と最高圧力(90%圧縮時)との関係図の一例を引用して Fig. 2 に示した。関係直線が原点を通らず圧縮ピストンの面積に補正面積を加える必要があるのは、明らかにピストンの下の繊維のからみ合いと、ピストンの端に出ている繊維によるものであろうと原著者らは説明している。このように試料繊維塊の圧縮されない部分の影響が入るのは測定装置として好ましくない。

Fok ら⁵⁾は、de Ma Carty ら⁴⁾の方法を批判して、平らな圧縮板[Fig. 1. A の(A)]を用いた場合には、

Fig. 2. Maximum load area of compressing piston for 3.25 in. diameter samples at 90% compression (average of cycles 7 and 8) by de Ma Carty and Dusenbury¹⁾.

Fig. 3. Diagram of apparatus for measuring the bulk compression properties of fibers.

除重曲線の終わり近くで荷重が負になることが認められ、これは測定誤差の原因となるので、円筒形の圧縮筒を吊り下げをを提案している。更に試料体積を一定にするために容器を取りつけ、この中に繊維を詰め込む方法をとつている。このようにして de Ma Carty らの方法を改良したと報告しており、最近では Vieth⁶⁾が、このような方法を採用して実験している。その概要は、Fig. 1. B の如くであり、この図から明らかなように加圧されない部分の繊維の影響は除かれず、根本的な改良にはなっていない。

圧縮測定装置としては、加圧、除圧された場合の応力変化を正しく記録することが必要であり、上述の方法の如く加圧されない部分の影響が入つては正確な結果が得られない。また繊維塊は、織物、毛布、モケットなどよりもはるかに形態が不安定で、試料塊全体を圧縮した場合に試料断面積を一定に保つことが問題となる。

これらの点を考慮して、われわれは、インストロン用圧縮測定装置を試作した。Fig. 3 に装置の概要を示した。インストロン圧縮セル (compression cell CB) を使用し、この加圧軸に座金Aを取りつけ、その上に一定面積の表面をもつた圧縮台Bをのせる。圧縮台の外側に補助台Cを置く。補助台はセルの外壁に、圧縮台と同心円状に固定される。BとCの表面は、圧縮セルに取付けた時同一平面になるように設計製作された。BとCの間には、約0.5 mm の間隙が保たれる。BとCを一組とし、これを交換することにより有効圧縮面積を簡単に変えることができる。圧縮面積 5 cm² の圧縮台を取りつけた時の写真を Fig. 4. a) に示した。圧縮台表面積よりも大きな断面積をもつ円筒状繊維塊を台の上にのせ、クロスヘッドにつけられた圧縮筒Dで圧縮する。この時、繊維塊は、全体が圧縮され、圧縮台Aの表面にかかる圧力が

a) Compression stand on load cell CB

b) Test specimen on compression stand

Fig. 4. Photographic diagram of bulk compression apparatus.

測定記録される。したがって、圧縮面積は測定中一定に保たれ、しかも繊維塊の一部が圧縮されずに残り、その影響が測定結果にあらわれるようなことは全くない。

測定条件、圧縮特性表示法については次報に詳細に報告するが、de Ma Carty らの結果 (Fig. 2) と比較するために、圧縮面積を変えて繊維塊を一定圧縮率まで加圧したときの最高荷重および圧縮仕事量の変化を Fig. 5, Fig. 6 に示した。後述する方法で作成、調整した円筒状繊維塊の厚さを 5cm と仮定し (正確に厚さを決め

ることは困難である)、圧縮速度 2 cm/min で 1 cm になるまで (80%) 圧縮したときの最高荷重と、圧縮仕事量をレーヨン、ステープル、アロン布団綿、羊毛について求めた。3 回測定し、その平均値をとった。

圧縮面積と最高荷重、および圧縮仕事量との関係直線は、繊維の種別いかんにかかわらず原点を通り、de Ma Carty らの如く、補正面積を考える必要はなく、圧縮測定装置として適当であることを示している。

3. 試料塊の作成

繊維の集団としての挙動を知ろうとする圧縮測定においては、その集合状態が、結果に大

きく影響する。再現性のある結果を得るためには、装置の優秀性の他に、常にできるだけ均一な試料塊について測定する必要がある。繊維塊の圧縮測定がやり難いのは、試料の形態が安定していないことが、一つの原因でもあり、試料調整の重要性は、de Ma Carty¹⁾、Vieth⁴⁾、池田⁵⁾ によつて強調されている通りである。

Rees⁶⁾ は、円筒形の容器に繊維を入れて圧縮する場合には、繊維と器壁との間の摩擦が避けられないことを指摘し、壁なしで測定する方法をとっている。de Ma

Fig. 5. Maximum load vs. compression area at 80% compression.

Fig. 6. Energy of deformation vs. compression area at 80% compression.

Carty ら¹⁾もよくさばいた繊維を層状に積み重ね、円筒形の繊維塊を作成して測定する方法を採用している。Fok ら²⁾は、Fig. 1. B に示した如く、ふたのついた容器の中に、一定量の繊維をつめ込んで測定しているが、このような方法では異った種類の繊維塊を測定するときには、繊維の種類によつて、かさ高さが相違するにもかかわらず、一定の形に押し込むために、それぞれ異なる圧力がかかった状態から測定が開始されることになつて適当ではない。またこのような容器に繊維を均一にいつぱいに入れることは非常にやり難く、測定結果のばらつきの原因となる。池田ら³⁾は兎毛の圧縮測定において、方向性のない繊維集団を作成するための装置をくふうしている。

われわれは、de Ma Carty ら¹⁾と同じような方法をとって、われわれの測定装置に適した大きさの試料塊作成方法を検討した。

ハンドカードで充分開綿した試料繊維の一定量を上皿天秤で採取し、直径 6 cm の円板に約 2 cm の針金が植えられた試料作成台に、層状にうめ込んでゆく。できるだけ方向性のないように注意し、時々細い針金のついた針布で軽くつき固めるようにする。測定時の繊維塊の重量については、測定条件検討の折に述べるが、各種繊維の実質体積を一定にするため、繊維の比重によつて変えることを原則とする。レーヨンステプルの場合、1回の採取量を 0.8 g とし、上記方法によつて、直径約 6 cm、高さ約 3 cm の試料塊が得られる。このように作成、調整した試料を 2 つ重ね合わせて圧縮台に乗せ測定する。その時の様子を Fig. 4, 6 に示した。

4. 試料塊の調整

作成された繊維塊は、測定までに一定期間、標準状態の恒温室中に放置調整される。試料調整期間については、従来全く考察されず de Ma Carty ら¹⁾は、一昼夜放置後測定しており、Vieth⁴⁾は、二度カードにかけた試料を層状に容器に入れて測定しているが、調整期間については何も述べていない。

われわれは、上述の如く作成した試料を測定にかけるまでの調整期間が、測定結果に大きく影響することを認めたので、この点について、実験検討した。圧縮特性値として、一般に用いられているレジリエンス⁵⁾をとり、調整期間とレジリエンスとの関係を求めた。

実験条件は次の通りである。

試料 レーヨンステプル 3 d
 アロン（ふとん綿） 4.5 d
 羊 毛

測定条件

Fig. 7. Effects of preparation on resilience.

圧縮方式 最初 20 g/cm² まで加圧、直ちに回復を 3 回繰返す(予備圧縮)。次に無荷重状態から、100 g/cm² まで一定速度で加圧し、100 g/cm² で 5 分間圧縮した後除重する。

圧縮速度 2 cm/min

圧縮台表面積 5 cm²

レジリエンス $R = A_R / A_L \times 100\%$

ただし A_L : 圧縮エネルギー

A_R : 回復エネルギー

試料を変えて 3 回ずつ測定し、その平均値をとった。

実験結果を Fig. 7 に示した。試料塊作成後数日間は、回復特性が向上し、レジリエンスの値は高くなつて、やがて一定値に近ずき、それ以後は変わらない。これは繊維が、ハンドカードで開綿され、針台を使つて円筒形の塊に作成される際に受けた歪が、からみ合った状態のまま緩和され、全体として安定な形に落ち着くまでには、相当長時間かかるためであろうと考えられる。試料塊作成直後と、安定したと考えられる 4 日以後とにおいて、レジリエンスの値にはレーヨン、羊毛で約 6%，アロンで 3% の差が生じている。アロンは、ふとん綿で容易に開綿される状態になつているので、試料塊作成時に受ける歪が小さく、レーヨン、羊毛よりも早く安定化すると考えられる。繊維塊の圧縮測定において試料調整期間が、測定結果に大きく影響することは、極めて重要なことである。

われわれの方法では、測定までに少なくとも 5 日間放置調整する必要がある。

5. 試料作成者間の有意差検定

繊維塊は、常にできるだけ同じ集合状態に作成されることが望ましいが、作成者が異つた場合には、どうしても多少の個人差は避けられないであろう。作成者の相違が測定結果に影響するか否かを検討した。

A₁, A₂, A₃ 3人の作成者によつて作られたレーヨン、アロン、羊毛の繊維塊について、それぞれ3回繰返し実験を行なつた。各作成者は、一種の繊維につき、6コの試料を作成し、それを二つ重ねにして、前項で述べた条件で測定し、レジリエンスを求めた。

結果を第1表に示した。

作成者を変量、繊維種別を母数としてとり、分散分析によつて、作成者間の有意差を検定した。

分散分析の結果は第2表の通りである。

作成者間に有意差は認められず、種別間は高度に有意であり、繊維の種類が変わると、その差ははつきり測定結果にあらわれる。また作成者と種別との間に交互作用は認められない。この方法によれば、試料塊作成者が異つてもその影響が結果にあらわれることなく、各種繊維の圧縮特性を測定比較することができる。

第1表 レジリエンス測定結果(%)

種 別	作成者	A ₁	A ₂	A ₃
レ　ー　ヨ　ン		33.2	36.1	36.4
		34.2	34.6	36.8
		34.5	35.6	35.6
ア　ロ　ン		57.5	57.9	56.5
		54.7	56.8	55.7
		55.6	56.8	59.1
羊　　　毛		65.8	67.6	64.9
		66.8	67.1	64.8
		66.4	66.2	66.2

第2表 分散分析表

要 因	S	ϕ	V	E ₀	F ₂₂ ² (0.01)	F ₂₂ ² (0.05)
作成者間	5.59	2	2.98	2.50	5.72	3.44
種 別 間	4535.9	2	2268.0	1905.8		
交互作用	9.32	4	2.33			
誤 差	16.79	18	0.93			
計	4567.96	26				

プールの誤差
1.19 ($\phi=22$)

6. 総 括

繊維塊の圧縮特性を定量的に測定するために、まず測定装置、試料塊作成調整法について検討した。インストロンに圧縮用金具を取りつけることにより、従来発表されている各方式よりも、正確に繊維塊の圧縮特性を測定することが可能となつた。

繊維塊の圧縮測定においては、試料の作成、調整が、極めて重要である。われわれは、容器を用いずハンドカードで開綿した繊維を円筒状に作成して測定する方法を採用した。試料塊は作成後、測定にかけられるまでに、5日以上放置調整する必要がある。

試料塊作成者間の有意差は認められない。

終わりに臨み、御高配を賜つた、当社川勝研究所長に感謝申し上げると共に、実験に協力された影山正美、辻本欣哉両氏に感謝の意を表する。

文 献

- 1) P. C. de Ma Carty, J. H. Dusenbury; *Text. Res. J.*, 25, 875 (1955)
- 2) S. M. Fok, T. G. Finzel; *Text. Res. J.*, 26, 684 (1956)
- 3) I. M. Gottlieb, H. Wakeham, H. M. Virgin; *Text. Res. J.*, 28, 41 (1958)
- 4) H. Vieth; *Faserforsch. u. Textiltechn.*, 10, 104 (1959)
- 5) 岡島、池田; 繊維誌, 12, 5 (昭 31)
- 6) W. H. Rees; *J. Text. Inst.*, 39, 131 (1948)
- 7) J. H. Dillon; *Text. Res. J.*, 17, 207 (1947)