報 文

(昭和 31 年 3 月 14 日 受 理)

兎 毛 に 関 す る 研 究

第 X 報 フェルト化研究用繊維集団圧縮機の試作と性能

東京都立大学工学部工業化学科 岡 島 三 郎・池田佐喜男

STUDIES ON THE ANGORA RABBIT FIBRES (X) A TRIAL PREPARATION OF A COMPRESSION-METER OF A BULK OF FIBRES FOR STUDYING THE FELTING PROCESS

By Saburo Okajima and Sakio Ikeda

(Faculty of Technology, Tokyo Metropolitan University, Fukazawa-Cho, Setagaya-Ku, Tokyo)

When a bulk of the animal fibres such as wool is compressed repeatedly, its volume decreases gradually as the result of felting. A compression-meter was prepared in order to trace this process in the water and air.

The apparatus has the following features:

- 1) The compression can be made vertically, because the compression plate is kept always horizontal by means of a special automatic control.
- 2) The sensibility of the meter is $0.01\text{g}/\text{cm}^2$.
- 3) The thickness of the sample (the fibres) under no load can be measured exactly.

The good reproducibility was proved in the experiments.

(Received 14. 3. 1956)

緒 言

フェルト効果の測定は従来種々なる方法により行われて来たが、これを 2 つに分けて考えることができる。即ちフェルト化工程の測定と、フェルト化物の測定である。しかしてフェルト化の速いものは必ずしも良いフェルト製品になるとは限らず、更に又同一物質を同一外界条件でフェルト化した場合に、その加える力の大きいものは初期のフェルト化速度は高いが、時間と共にその速度は激減し、徐々に力を増大せしめたものの方がよいフェルトになるといわれている。従ってフェルト化速度又はフェルト化物のみの試験でもつてフェルト化の良否を決めることは危険である。

フェルト化速度の測定機には、ロール式、臼式又は平板間の単弦振動式等の機械がもちいられ、供試物としては古くは織物、編物等が用いられて来た。しかるに 1938 年頃よりこれら供試繊維形態に対する検討がなされ¹⁾、収縮とフェルト化との相違も論ぜられるよう

になり、フェルト化物の気腔度の測定や²⁾、破裂試験等も行われるようになって来た³⁾。又試料の形態もトップに関するものが多くなって来た⁴⁾。

一方工場におけるフェルト化工程をみると、繊維集団に対して非常に複雑な機械的作用を与えており、簡単な研究室の単一作動による測定値は、用いられた単一作動による挙動以外を推論することはむずかしいように思える。ここにおいてわれわれはフェルト化作業中、最も簡単な上下動の操作で、繊維集団を水中において断続的に圧縮した挙動の意義を認め、これが測定機を試作した。なお繊維集団の圧縮に関する研究は、織物のケバやパイルについて行われており、 $70\sim 140\text{ kg}/\text{cm}^2$ の高圧から⁵⁾、 $0.1\text{g}/\text{cm}^2$ 程度の低圧における実験がなされ⁶⁾、また湿った場合の加圧による挙動も取扱われている⁷⁾。最近では Instron tester を用いる測定もなされている^{10), 11)}。本報は著者等の測定法の説明を兼ね、本装置の特性と測定値の再現性について述べる。本装置による結果は次報以下で報告する。

繊維集団の作成

繊維集団の断続加圧効果の試験をするためには、先ず方向性のない繊維集団を作らねばならない。そのためにわれわれは製綿機を考えたのであるが、繊維の切断される恐れがあるため、先ず最初に繊維を水面に浮遊させ、これを金網で抄い取り、方向性のない繊維集団を作らんとした。しかるに健全なる動物繊維を水の中に十分浸すということがむずかしい上に、水中に浮遊せしめた繊維は、少しの動揺により疎密を生じ、均一に浮遊せしめることの容易でないことを知った。そこで著者等は開毛機 (opener) の小さなものを造り試験した。その結果開毛操作に成功を納めたので、次に一定の型の中へこの開毛繊維を方向性なく沈積させることに努力した。繊維集団の形としては高さの測定によって体積変化を知ることのできる円柱又は角柱が望ましく、われわれは工作上角柱を採用した。

Fig. 1

Fig 1 は繊維集団作成の装置で、Aは開毛機、Bは繊維沈積箱、Cは吸引ポンプに通ずる角筒である。Bの上下には底はなく、Cの上面に目の細かい銅製金網が張っており、開毛機を出た繊維はBの中に沈積される。この場合に、十分に開毛された繊維集団を得るためには開毛機の回転方向と逆方向側面上方に、図の如く吸引口を開けた方がよい。開毛機の回転方向に取出口を開けると、小さな塊が飛出すこともあった。吸引装置に連結したのは若し繊維の沈積に不均一ができた場合に、稀薄なところは空気の流れ速度が大となり、その場所へ新たに降りて来た繊維が沈積され、均一な密度の繊維集団が得られるであろうと考えたからである。しかしながらこのような操作をしても、未だ満足するには至らなかった。即ち繊維集団層の上下に対する各

繊維の方向性をなくすることができず、側面方向においてのみほぼ方向性をみられない程度となったのみである。

このようにして得られた繊維集団を側面及び底面に穴の明いた真鍮の折畳式箱に上手に移し、これをそのままエーテルに1日間浸して、後エーテルを2回取換え、脱脂する。脱脂された繊維集団はエーテルを十分除き、真鍮箱よりも大きなステンレス製の箱の中に真鍮箱のまま入れて、水を加え十分浸水さす。この場合に直接水を入れたのでは毛は水に浮いて来て十分浸らない。そこでわれわれはこの容器を大きなデシケーターの中に入れ、35°Cの恒温槽の中に入れ、アスピレーターで排気し、十分排気された後、排気状態において空気を除いた蒸留水を徐々に注加し、排気を続けながら35°Cに保った。しかる時は1~2日位で十分に浸水さすことを得た。なお脱脂が不十分な場合においては、浸水に5~10日を要するので、少く共2~3日で浸水できる程度に脱脂をした。浸水完了の時期は、予め真鍮箱の上にステンレスの穴明き蓋を載せ、この蓋を排気状態において少し上げてみるのである。そうすると浸水未完了の時は繊維間に抱込まれている空気の泡によって繊維集団は浮いて来る。蓋を上げても繊維が浮いて来ないようになればほぼ浸水は完了している。

完全に浸水した繊維集団はこれを内径10×10×10 cm³の穴明きステンレス箱の中に静かに移す。この時繊維集団は自然排水による自重によって2cm位の厚さになる。そしてステンレス箱に移されると、直ちに水を加えて繊維を容器一杯に浮遊さす。かく準備されたものは、恒温槽中に一夜間放置され、供試資料となるのである。以上の資料準備中に加圧操作が3回あり、1つは脱脂後エーテルを自然排除する場合、第2は浸水未完了の時に、空気泡により繊維が浮いて来るのを蓋で押えている場合、第3は浸水後の繊維集団を、真鍮箱より本試験用のステンレス箱に移す時に、浸水資料が自重で以て加圧する場合とである。しかしながらこれらの圧搾による効果は、一夜間水中に放置することにより、大部分がはくされるであろうと考えて実験を進めた。

断続加圧機について

第2図は断続加圧効果の測定装置である。Aはステンレス製の穴明き試料箱であり、この中に浸水繊維集

Fig. 2

団が入っている。Bはステンレス製の水槽であり、A中の試料を圧搾する時に側面及び底面から出る水を受け、また除圧する時に側面及び底面からこれを補給できるようになっている。Cはステンレス製の穴明き圧搾板であり、 $9.6 \times 9.6 \text{ cm}^2$ の大きさのもので、圧搾、除圧に際し上部より排水、給水ができるようになっている。Dは圧搾棒で、上下が板になっており、その中央に温度計Eが入っている。CはDにステンレスの棒でもって取付けられ、Dの降下によって圧搾作業をするようになっている。Dの下板の中央にFなる丸棒が取付けであり、恒温槽の底Gを通り、恒温槽台の上板Hを貫いている。この棒の下端にIなる止め板がネジによって固定され、この上に平板状の分銅を載せると、Dが降下するようになっている。F棒の最下端に調節ネジJがついており、自由な位置に固定することができるようになっている。Kはスケールであり、Lは目盛指示板である。JはAの中に資料がない場合に、I上に分銅を載せて、CをAの底部に密着せしめ、その時にLなる指示板がKなるスケールの0.00cmを指すよう

にしておいて、Lの上辺にJの底面が来るように調整する。しかる時はCの上下はJの動作で測定できLを常にJの底面に合わせれば、試料の厚さの変動を恒温槽外から測定することができる。MはNなる水槽中に浮んでいる中空円筒型浮きであり、Dの上端に取付けられた8番線Oによって浮き上るのを抑えられている。予めDとこれに附属している全重量よりも少し大きな浮力を持つようにMの大きさを設計して作っておくと、Iの上に適当な分銅を載せることにより、Mが図の如く水面に入ってしまった時、Cが試料に圧力を加えない状態に置くことができる。この状態を基準として、I上に或分銅例えば ag を載せれば、それはCの全面積に掛って来る。即ちその時の圧力は $ag/9.6^2 \text{ cm}^2$ となる。然るにステンレスの内側は $10 \times 10 \text{ cm}^2$ であり、その中に繊維集団が入り、集団全体が一様に沈下すればその圧力は $a \times 10^{-2} \text{ g/cm}^2$ となる。

Jなる調節ネジの上には環のついた2本の針金が出ていて、緒を掛けることができるようになっている。これは試料を例えば 1 kg の分銅で加圧しておいて、 $1 \text{ kg} \rightarrow 0 \text{ g} \rightarrow 1 \text{ kg}$ と途中の加圧量を記録しないで断続的に加圧する場合に、全分銅を載せたり、降したりしないで、Pなる処で結ばれているQなる滑車を通る緒と連結し、Pを下方に引けば、圧搾棒Dが上に上り除圧ができ、またPを放せば 1 kg の加圧ができる。Pの下方は足踏式になっていて、Kの目盛が座った場合の目の高さになっており、Kはルーペで 1 mm の $\frac{1}{10}$ 迄読むようになっている。

機体全体は恒温槽中に入れられ、恒温槽は $30 \sim 70^\circ \text{ C}$ の範囲においてDの上下両側における温度差が $\pm 1^\circ \text{ C}$ 内外になるように工作してある。恒温槽はDの降下状態をみることもできるようにガラス窓を3箇所に設け、場合によりこの小窓から手を入れて中の器具を動かすこともできるようになっている。第3図は装置の全影であり、第4図は恒温槽の内部である。

本装置の特徴は上からの圧力により、Cなる圧搾板が少しでも傾斜した場合に、Dの重心がC面よりも下方にあるので、これを水平にする方向に力が働き、自然制御的にCを水平に上下させることができる点である。圧搾面の上に重心のある加圧装置であれば、一般に少しでも傾斜すれば、ますます傾斜が増大する方向に向う。もしこのような装置において、常に水平加圧を行わんとすれば、側方に摩擦面を持った装置にしなければならない。東氏の研究室ではこれに関し特別の装置

Fig. 3

Fig. 4

が考えられている。第2の特徴は圧搾棒Dの重量を浮力によって釣合した点で、最初滑車によってDを釣合したところ、Cの運動の感度は 100g (約 $1\text{g}/\text{cm}^2$) となった。しかるに本機の如く浮力バランスを用いると、もしA中に何も無いならば、I上に 1g を載せることによりCは降下を開始する。即ちその時の圧力は約 $0.01\text{g}/\text{cm}^2$ でH. Bogaty 等の行った低圧における実験⁶⁾の最低圧 $0.02\text{lb}/\text{in}^2 (=0.14\text{g}/\text{cm}^2)$ の約 $1/10$ である。第3の特徴としては、繊維集団の厚さは、従来或適当な圧力下における厚さを測定してこれに代えているが、ケバまたは繊維集団の厚さについてはなかなかむずかしく、東、島崎氏⁷⁾は微動スリット照度計で測定を試みられている。本装置を用いると、I上に 1g の分銅を載せる時、もし加圧板が試料に到達する前ならば、後述の如く約 0.7cm の沈下を示す。しかるに僅かでも繊維が加圧面に当たると、この沈下量は急に小さくなる。その時の圧力は上述の如く極めて小さく、しかも圧搾板は平行に沈下するので、沈下距離と荷重との関係図における最初の折点を採れば、これは繊維集団の厚みと考えてもよいであろう。(スリット照度計の場合においてもそうであるが、1~2本のみ特に飛出しているのをケバの高さと考えてよいか否かについては極めてむずかしい。)

圧縮機の真の圧力の検討

A中に試料を置かないで水を入れておき、Cを水面下に浸しておいて、Mも水面下に十分沈ませておき、浮力とDに附属している一切の重量とが釣合った場合に、I上に $w\text{g}$ を載せると、C面はどのように沈下するかを考える。はじめに約 $w \times 10^{-2}\text{g}/\text{cm}^2$ の圧力でC面の沈下が始まり、 w が小さい場合においては、沈下は或位置で停止する。これはCが沈下するにつれて、CをDに固定しているステンレス棒4本と、温度計と、両側の浮きMを抑えている8番線2本とが沈んで行き、これら物体の沈下体積に等しい浮力が生じ、遂に或沈下点で w と釣合ってくるからである。従ってCが沈下すれば、 w の圧力は比例的に低下して行くのである。この低下の程度を補正しなければ、 w による真のC面の圧力は出ないことになる。この補正量を知るために、Aに水を入れた場合の白試験を行った。その結果は第1表に示す如くである。

第1表にみる如く、 1g の分銅により約 0.7cm 沈下する。従って 0.7cm 沈下毎にI上の分銅より 1g を

第 1 表

分銅 (g)	第 1 回目 (cm)		第 2 回目 (cm)		回数による差	
	読 み	1g分 銅の差	読 み	1g分 銅の差	1回-2回 (cm)	圧力換算 $\times 10^3$ g/cm ²
0	6.97	0.37	7.10	0.53	-0.13	2.02
1	6.60	0.60	6.57	0.75	+0.03	0.47
2	6.00	0.80	5.82	0.79	+0.13	2.79
4	4.41	0.88	4.25	0.84	+0.16	2.48
6	2.65	0.71	2.58	0.76	+0.07	1.09
8	1.23		1.07		+0.16	2.48
平均		0.67		0.73		

差引かなければならない。普通の繊維集団においては約 7cm 前後の圧縮変動距離があるので、最終点の附近においては約 10g の補正をしなければいけないことになる。しかるに 7cm の圧縮がなされる程度に分銅は、1,000g 前後であり、後述の実験値にみる如く、1,000g 附近における 200g の分銅の増加は 0.1cm 程度の低下を示すので、10g の分銅差による相違は 0.005 cm 程度となり、本機による測定限界 0.01cm 以下となる。従って微小荷重部分に対しては浮力の補正を必要とするが、1,000g 分銅の附近 (約 10g/cm²) では最早や補正の必要を認めない。また第 1 回目の測定値と、第 2 回目の測定値との相違は、沈下する各支持棒が、一度水に浸った場合に、水の附着具合で水面と棒との界面条件に相違があるためとみられ、その圧力差は $2 \sim 3 \times 10^{-3}$ g/cm² 位である。なお加圧面 C と容器 A との間隔は各辺共 0.2cm にっており、C の偏存による摩擦は第 3 表にもみる如く誤差範囲内と思われる。また気相中における東氏の実験においても (未発表) 外箱と加圧面との摩擦による差は認められなかったと

第 2 表

分銅 (g)	加圧の場合 (cm)		除圧の場合 (cm)		加圧と除圧の差	
	読 み	1g分 銅の差	読 み		(加圧) -(除圧) (cm)	圧力換算 $\times 10^3$ g/cm ²
0	6.97	0.37	6.95	0.65	+0.02	0.31
1	6.60	0.60	6.30	0.89	+0.30	4.65
2	6.00	0.80	5.41	0.77	+0.59	9.15
4	4.41	0.88	3.88	0.71	+0.53	8.23
6	2.65	0.71	2.46	0.63	+0.19	2.95
8	1.23		1.23		—	—
平均		0.67		0.73		

のことである。W. H. Rees も同様のことをいっている⁹⁾。

第 2 表は分銅を加えて行った時と、除いて行った時との差の一例を示すもので、この場合の方が、第 1 表における差よりも大きい。何れにしても誤差の範囲は 10^{-2} g/cm² 以下のオーダーである。

加圧下における繊維集団の時間的变化

繊維集団を一定荷重により加圧する時、その集団は時間と共に体積が減少する。このことに関しては W. H. Rees の研究があり⁹⁾、恒状となるためには約 1 時間を要することが知られている。われわれは水中において兎毛を加圧、回復せしめた場合に、定圧後その容積を時間と共に測定し、 t_a 時間後に示した高さが、更に 2 分間を経過して、0.01mm 以内で一致した時、これを恒状と見做してその経過時間を記録した。その結果は第 3 表の如くである。

第 3 表

加 重(g/cm ²)	加 圧 の 場 合 の 恒 状 時 間	回 復 の 場 合 の 恒 状 時 間
0.05	1分	8分
0.07	3 "	20 "
0.10	3 "	25 "
0.20	3 "	30 "
0.30	33 "	18 "
0.40	20 "	20 "
0.50	1 "	16 "
1.00	1 "	9 "
1.50	1 "	1 "
2.00	1 "	1 "
10.00	1 "	1 "
18.50	1 "	1 "

上表より 1.5g/cm² 以上の加圧下ではほぼ 1 分間で実験誤差範囲内で恒状と見做せる状態になることを知った。但し約 20g/cm² の下に 1 昼夜放置すると、1 分後の値より 0.02mm 低下していた。しかし定圧後 1 分間を経過してその高さを測定すれば、1.5g/cm² 以上においては相当再現性のある測定値が得られることが予想される。更に 1.5g/cm² 以下においても鉛筆で恒温槽を叩く程度の微振動を与えることにより、ほぼ 1 分間に恒状となることを知った。故にこのようにして 1 分後の高さを読取ることにする。また 10 回以上回復加圧したものは低圧部においても微振動を与える必

要は認められなかった。

測定値の再現性について

水中において繊維集団の圧縮、除圧を繰返すと、その集団は段々フェルト化して行き、500回前後の操作においてもなおフェルト化は進行している。しかしその進行速度は非常に緩くなり、既に10回前後において n 回と $(n+1)$ 回との圧縮挙動は大差なくなる。兎毛におけるその1例を示すと第4表の如くである。表に

第 4 表

分 銅	圧 縮 読 み		回 復 読 み	
	7 回 目	8 回 目	7 回 目	8 回 目
0 g	3.95cm	3.93cm		
1 "	3.80 "	3.74 "	3.67cm	3.65cm
5 "	3.54 "	3.52 "	3.23 "	3.22 "
10 "	3.37 "	3.34 "	2.98 "	2.96 "
20 "	3.08 "	3.08 "	2.62 "	2.61 "
30 "	2.90 "	2.90 "	2.40 "	2.47 "
40 "	2.78 "	2.75 "	2.30 "	2.30 "
50 "	2.69 "	2.67 "	2.19 "	2.18 "
70 "	2.52 "	2.50 "	1.99 "	2.01 "
100 "	2.33 "	2.31 "	1.82 "	1.86 "
150 "	2.11 "	2.11 "	1.67 "	1.68 "
200 "	1.96 "	1.97 "	1.54 "	1.58 "
300 "	1.75 "	1.77 "	1.40 "	1.40 "
400 "	1.61 "	1.61 "	1.31 "	1.31 "
500 "	1.50 "	1.50 "	1.25 "	1.25 "
600 "	1.42 "	1.42 "	1.20 "	1.20 "
800 "	1.30 "	1.30 "	1.10 "	1.10 "
1000 "	1.21 "	1.21 "	1.07 "	1.07 "
1250 "	1.10 "	1.10 "	1.02 "	1.02 "
1500 "	1.04 "	1.04 "	0.99 "	0.99 "
1850 "	0.97 "	0.97 "	0.97 "	0.97 "

において第7回目と第8回目との測定値の近似はこの測定機の再現性の高さを示すものである。

総 括

空中及び水中において 0.01g/cm^2 程度の圧力以上で加圧板を垂直に上下して繊維集団の圧縮挙動を測定するに便利な測定機を試作し、この絶対加圧力を検討し、その再現性について調べ、以後の断続加圧の研究に有効であることを示した。

附記 本研究は富士帽子工業 K. K. の委託研究の一部である。

本装置の試作に当り、種々御教示を与えられた東京工大助教授東昇氏に対し深謝する。

文 献

- 1) J. Schofield ; *J. Text. Inst.*, 29, 239 (1938).
- 2) N. Cryer ; *J. Soc. Dyers & Col.*, 327(1930).
- 3) 例えば H. W. Johnes and H. P. Lundgren ; *Text. Res. J.*, 21, 620 (1951).
- 4) 例えば H. Bogaty, A. M. Sookne, M. Harris ; *Text. Res. J.*, 21, 822 (1951).
- 5) W. F. Busse ; *Text. Res. J.*, 23, 77 (1953).
H. J. Kolb, H. E. Stanley, W. F. Busse, F. W. Billmeyer Jr. ; *Text. Res. J.*, 23, 84 (1953).
- 6) H. Bogaty, N. R. S. Hollies, J. C. Hintermaier and M. Harris ; *Text. Res. J.*, 23, 108 (1953).
- 7) P. Larose ; *Text. Res. J.*, 23, 730 (1953).
- 8) 東, 島崎 ; 繊維学会講演(昭28.11.29)(1953).
- 9) W. H. Rees ; *J. Text. Inst.*, 39, T131(1948).
- 10) A. Demiruren, R. H. Burns ; *Text. Res. J.*, 25, 665 (1955).
- 11) P. C. de MaCarty, J. H. Dusenbury ; *Text. Res. J.*, 25, 875 (1955).

会 員 の 声 募 集 に つ い て

会員各位の声を「会員の声」として掲載したいと存じますから原稿をお寄せ下さい。字数は本学会所定の原稿用紙1枚以内(450字以内)といたします。お気軽に御投稿願います。