編地のかさ高さ測定法*

— 厚さの測定法を中心として —

岡 野 志 郎**

1. かさ高さの概念と定義

“かさ高さ”という言葉から連想するものは、毛布、ふとん綿など容積のあるものであって、直接、編地を連想することは少ない。編地の場合は、一般に“厚さ”で表わされるほうが多い。しかし、編物であってもバルキーセーターなどでは“厚さ”よりも、“かさ高さ”のほうを問題にされることが多い。この場合でも“かさ高さ”と“厚さ”とはそれぞれ独立に使われるのではなく、「厚さの割にかさがない」というような表現のしかたがされている。この場合“厚さ”は製品の両面にある圧力の加えられた状態で測られており、“かさ高さ”はただ目で見た感じ、または両面にほとんど圧力の加わらない状態で測られたものである。すなわち、“厚さ”は長さの因子だけで表わされているのに対し、“かさ高さ”は、体積または比容積で表わされていると考えられる。

編地の“かさ高さ”を、「単位重量あたりの編地の容積」と定義する。この考えは JIS でも採用されており¹⁾、“かさ高さ”測定法をつぎのように決めている。

かさ高度：重さおよび厚さからつぎの式で算出する。

(小数点以下ふたけたまで)

$$\text{かさ高度 (cm}^3/\text{g)} = t/w \times 10^3$$

ここに w ：重さ (g/m²)

t ：厚さ (mm)

2. かさ高さ測定法

かさ高さをうえのように定義すると、かさ高さを求めるためには、編地の重さと厚さを正しく求めることが必要になる。この2種の因子を比べると、重さの測定よりも厚さの測定のほうがよりむずかしい。

2.1 重さの測定法

重さの測定は、JIS, BS, ASTMなど、いずれ

も同じ方法で、一定面積の試料を正確に切り取り、その重量を測るものである。

一例として JIS 法をあげる¹⁾

(1) 正量

試料から試験片を3枚以上採取し、それぞれの絶乾重量をはかり、つぎの式で正量を算出し、その平均値を単位面積当たりで表わし、試験片の大きさを付記する。

(小数点以下ひとけたまで)

$$\text{正量 (g/m}^2\text{)} = w' \times (1 + r/100) \times 1/a$$

ここに、 w' ：絶乾重量 (g)

r ：公定水分率 (%)

a ：試験片の面積 (m²)

(2) 標準状態の重さ

試料から試験片を3枚以上採取し、それぞれ水分平衡に至らせた状態の重さ (g) をはかり、その平均値を単位面積当たり (g/m²) で表わし、試験片の大きさを付記する。(小数点以下ひとけたまで)

この試験法では試料を一定面積の大きさに正しく切り取ることが必要で、実際には 10 cm×10 cm、または 30 cm×30 cm 程度の大きさに切られているが、できるだけ大きい面積のほうが結果のばらつきはすくない。

2.2 厚さの測定法

厚さを測定する際に、試料面に圧力を加えずに測るとは非常にむずかしい。面圧を加えないために光学的な測定法なども考えられているが、これにも欠点があって実用されていない。したがって、厚さの測定には一定圧力のもとで測るよりほかに方法がない。

ASTM では厚さを一定の圧力が加えられたときの厚さと定義している²⁾。また BS でも同じように厚さを定義している³⁾。

問題はこの一定圧力をいくりにするかにある。厚さは荷重によって大きく変化し、編地、ブランケットなどでは荷重の小さい範囲での変化が大きい。

* Testing Method of Bulkiness for Knitted Fabrics.

** S. Okano, 日本メリヤス検査協会大阪検査所

現在、広く行なわれている J I S, B S, A S T M の試験法について簡単に述べる。

a. J I S 法¹⁾

(1) 厚さ

試料から 5 か所以上について厚さ測定器により一定時間、初荷重のもとで厚さ (mm) をはかりその平均値で表わす (小数点以下ふたけたまで)。

注 1) 一定時間とは加圧下の厚さが落ちつくまでの時間をいう。普通は 10 sec 間がのぞましい。

注 2) 初荷重 普通の編地 7 g/cm²
パイル編地 3 g/cm²

(2) 備考

厚さ測定器のプレッサー フートは 5 cm² を用いるのを原則とするが、これによらないときは条件を付記する。

厚さ測定器もいろいろあるが第 1 図は島津製作所製の

(第 1 図) 厚さ測定器 (島津製作所)

(第 2 図) 圧縮弾性試験機 (前田精機)

厚さ測定器である。第 2 図は圧縮弾性試験機 (前田精機) で、本来は圧縮弾性試験の機械であるが、厚さ測定が容易に行なえる。これは荷重とプレッサー フートの面積が容易に変えられる。

b. B S 法³⁾

(1) 範囲

この方法は、素材によって定められた一定圧力のもとで生地を厚さを正確に測定するのに利用される。

(2) 原理

根本的には繊維製品のような圧縮性をもつ物体の厚さを、一定の圧力を加え、それを保持したときに生地によってへだてられた 2 枚の平面の間の距離を正確に測定することである (この 1 枚の平面はプレッサー フートで他の 1 枚は台である)。

(3) 装置

スクリュー マイクロメーターで、加える圧力の変えられるもの。

(4) 試料の調整

生地を標準状態で 24 hr、放置して調整し、同じ標準状態のもとで試験を行なう。

(5) 試験試料

しわのない部分から採取し、伸ばさないこと。

(6) 試料数

生地の変る部分からすくなくとも 10 枚は採取する。

(7) 操作

プレッサー フートと台の表面をきれいにし、0 調整を行なう。プレッサー フートを上げて、しわのない試料を張力を加えずに台にのせ、プレッサー フートをさげる。プレッサー フートの降下速度は約 2/1000 in/sec、程度にする。加圧時間は生地によって指定せられた時間または経験的に決められた時間で、指針が止まるまでに要する時間の約 20 % の時間保持する。

(8) 結果の表示

つぎの項目を明示する。

厚さの平均値

プレッサー フートの大きさ

加えた圧力

加圧時間

注 1) 加える圧力としては、つぎに決められたどれかを用いることが推奨されている。

0.1 lb/in² または 10 g/cm²

1 lb/in² または 100 g/cm²

10 lb/in² または 1000 g/cm²

使用するプレッサー フートの面積

(in ²)	または	(cm ²)
1		0.25
5		1
10		2
50		8
100		16

なお、イギリスで使用されている厚さ測定器の例を示すと第 3 図は、ヒールの厚さ計 (Heal's Thickness Gauge). 第 4 図は、レイノルズ プレンソンの織物厚さ測定器 (Reynolds & Branson Cloth Thickness Tester) である. これは試料を垂直にして測り、重さ 5 g の皿が取り付けてあり、加える荷重はこの皿にのせて調整する. おもりのをせない場合は皿の自重の 5 g が試料に加わる.

(第 3 図) ヒール厚さ計

(第 4 図) レイノルズ プレンソン織物厚さ測定器

c. ASTM法²⁾

(1) 適用範囲

編地、織物、不織布などのすべての繊維品に適用され

る.

(2) 定義

- i) 厚さ：繊維製品の厚さとは、試料の上に特定の圧力を加えたときの平行な 2 平面の間の距離をいう.
- ii) 圧力：プレッサー フートによって試料に加えられた平方インチ当たりのポント数をいう.

(第 1 表) 加える荷重の範囲

素材の種類	例	荷重の範囲 (psi)
柔 (Soft)	ブランケット フリース 編物 不織布 紡毛製品	0.005~0.50
中間 (Moderate)	梳毛製品 シーツ類 カーペット	0.02~2.0
堅 (Firm)	帆布 アスベスト 織物 フェルト	0.1~10

第 1 表に試料に加える圧力の範囲を示す. この表は種々の素材について荷重の選択を行なうための一般的な指針を示したものである. 一般的にはこの表の範囲の最も小さい値を使う. ある種の製品に関しては、製品についての ASTM 試験法によって荷重を定めているものがある.

(3) 装置

1) 厚さ測定器. 厚さ測定器は試験する試料に適した大きさを持ち、定められた圧力の ± 5 % 以内の誤差であること. 台とプレッサー フートはともに平らで平行で、その差は 0.0005 in 以内で、0.001 in の差を示すゲージを持ち、スケールの精度は 0.0005 in 以内であること. 台は、すくなくともプレッサー フートと同じ大きさで中心が一直線上にあること. プレッサー フートあるいは試験試料よりも大きい台を使用するのは、試験試料の全部分が台に接触することか保証されるから望ましいことである. プレッサー フートは普通円形のものか使用される. しかし、細いテープのようなものには長方形のフートが適当である.

第 2 表に現在市販 (アメリカ内で) されている厚さ測定器の例を示す.

第 5, 6 図はフラジールのコンプレッソメーター

(第2表) 厚さ測定器の例

名 称	型	発 売 元	プレッ サー フートの 径 (in)	荷 重 (psi)
Ames		The Ames Co.	0.375	3.4
Armstrong	CS-47	Custom Scientific Instruments	0.375	2.2, 4.5 または 6.8
			0.500	1.3, 2.5 または 3.8
			0.750	0.6, 1.1 または 1.7
Armstrong Indentation Machine	CS-71	Custom Scientific Instruments	0.125	82~3 300
			0.375	11~3 300
			1.125	1~ 300
C & R	CS-55	Custom Scientific Instruments	0.125	2 5~120
			0.375	0.3~110
			1.125	0.03~10
			3	0.004~1.4
Carpet Thickness Gauge	CS-108	Custon Scientific Instruments	1	0.02~1 0
			3	0.03~1.0
Compresso- meter		Frazier	1	0.1~3 0
			3	0.01~0.3
			5	0.005~0.1
Federal	Y-4046	Federal Products Corp	0 375	3.4~9 0
Low Pressure Gauge	CS-49	Custom Scientific Instruments	1(cm ²)	0.01~1.5
Randall- Stickney		F. E. Randall Co.	0.125	1.1
			0.250	0.6
			0.375	1.2
			1.25	0.1
T. M. I	551	Testing Machine Inc.	0.60	8
T. M. I	551 M	Testing Machine Inc.	0.60	8

(Frazier, Compressometer) で プレッサー フートは直径 1 in が普通で、他の大きさのものと取り換えることができる。厚さは下のダイヤルで測り、上のダイヤルは荷重が指示されるようになっている。

(4) 試験試料

- i) しわや変形のないもので素材を代表すると考えられるもの。
- ii) 編地のはしから幅の約 10 % より内側からランダムに採取する。 プレッサー フートの面積よりも約 10 % 程度大きい円形に切り取る。

(第5図) フラジール コンプレッソ
メーター略図

(第6図) フラジールコンプレッソ
メーター外観

(5) 試料の調整

標準状態に放置して、水分平衡させたのちに試験する。

(6) 試料数

- i) 95%の確率水準で、± 5 %の平均精度の試験結果が得られるように試料数をつぎの式からきめる。

$$n = 0.154v^2$$

ここに、 n : 試料数

v : 同じ素材での過去の試験データから得られた試験結果の変動率

- ii) v が不明のときは 10 回測定する。10 回測定は v が 8 % のときに等しい。

(第 3 表) 厚 さ 測 定 の 例

No.	w	c	w×c	c/w	d	l	l/d	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₁ /d	t ₂ /d	t ₃ /d	t ₄ /d	t ₅ /d	t ₀	t ₀ /d
P-1	35.0	44.6	1 561.0	1.274	125	3 040	24.32	817	716	602	556	510	6.54	5.73	4.82	4.45	4.08	399	3.19
P-2	26.2	29.2	765.0	1.115	149	3 350	22.48	603	542	464	406	360	4.05	3.64	3.11	2.72	2.41	448	3.01
P-3	27.4	31.6	865.8	1.153	139	3 180	22.88	590	538	453	410	367	4.24	3.87	3.26	2.95	2.64	432	3.11
P-4	28.4	38.2	1 084.9	1.345	145	3 000	20.69	568	534	460	418	378	3.92	3.68	3.17	2.88	2.61	416	2.87
P-5	28.4	42.8	1 215.5	1.507	150	3 010	20.07	589	524	446	410	361	3.93	3.49	2.97	2.73	2.41	417	2.78
I-1	37.0	35.6	1 317.2	0.962	134	3 490	26.04	1 258	1 200	1 094	1 028	925	9.39	8.96	8.16	7.67	6.90		
I-2	34.8	36.4	1 266.7	1.046	128	2 890	22.58	1 025	962	868	811	730	8.01	7.52	6.78	6.34	5.70		
I-3	35.4	39.2	1 387.7	1.107	112	2 860	25.54	1 013	948	855	805	735	9.04	8.46	7.63	7.19	6.56		
I-4	34.4	41.2	1 417.3	1.198	128	2 840	22.19	990	915	830	780	716	7.73	7.15	6.48	6.09	5.59		
F-1	21.6	30.4	656.6	1.407	164	3 740	22.80	1 279	1 212	1 104	1 046	970	7.80	7.39	6.73	6.38	5.91	1 114	6.79
F-2	32.4	42.2	1 367.3	1.302	106	2 550	24.06	779	720	657	622	584	7.35	6.79	6.20	5.87	5.51	754	7.11
F-3	32.6	44.0	1 434.4	1.350	109	2 400	22.02	750	689	630	599	567	6.88	6.32	5.78	5.50	5.20	719	6.60
F-4	32.6	45.6	1 486.6	1.399	109	2 200	20.18	729	683	626	595	564	6.69	6.27	5.74	5.46	5.17	668	6.13

試料 P-1 30 綿極細天ぢく w: 2.54 cm 間のウェール数 t₃: 初荷重 25 g/cm² 時の厚さ (mm×10³)
 P-2~5 30 綿吊 c: 2.54 cm 間のコース数 t₄: " 50 g/cm² "
 I-1 40 綿両面 d: 糸直径 (mm×10³) t₅: " 100 g/cm² "
 I-2~4 40 綿エクスラン l: 編目長 (mm×10³) t₀: 理論式より求めた厚さ (mm×10³)
 混両面 1 300 本 t₁: 初荷重 3g/cm² 時の厚さ (mm×10³)
 F-1 20 綿フライス t₂: " 7g/cm² "
 F-2~4 40 綿エクスラン混フライス 936 本

(7) 操作

- i) 素材の自然な状態をそこなないように注意して試料を取り扱わねばならない。試験試料を台の上ののせ、プレッサー フートを試料に接触させる。この場合、プレッサー フートに接触するのは生地表側にする。徐々に圧力を加える。その速度は 5 sec 間で全圧力がかかるような速度にする。全圧力を加えて 5 sec 間放置してゲージの値を読む。
- ii) 他の試料についても同じ操作を行なう。
- iii) 厚さの平均値を計算する。

(8) 報告

つぎの事項を報告する。

- i) 試料の明細
- ii) 厚さ測定器の形
- iii) プレッサー フートと試料の大きさ
- iv) 圧力
- V) 加圧時間
- vi) 試料数
- vii) 厚さの平均値

3. 編地の厚さ測定の実測例

紡績糸を使って編んだ、平編地、ゴム編地、両面編地について厚さ測定を行なった実測例をつぎに示す。測定

条件はつぎのとおりである。

3.1 測定条件

- (1) 測定機: 圧縮弾性試験機 (前田精機)
- (2) 試料の重ね枚数: 3 枚 (交互にウェールが直角に交わるように重ねた)
- (3) プレッサー フートの面積: 5 cm²
- (4) 圧力: 3g/cm², 7g/cm², 25 g/cm², 50 g/cm², および 100 g/cm²
- (5) 圧力放置時間: 10 sec
- (6) 測定回数: 5 回

第 3 表にその結果を示す。

4. 編地の厚さ測定試験についての考察

4.1 編地の重ね枚数

厚さ測定時の試料の重ね枚数についてはどの試験法でもはっきり定められていない。なにも定められていないのは 1 枚で測ることを当然のことと考えているのかも知れないが、その反面、何枚かを重ねて測定してもよいことを意味しているのかもしれない。一応重ね枚数は測定者の任意であるとしても、1 回の測定に 5 枚、10 枚と多数枚重ねることは考えられない。大体 1~3 枚程度が普通であろう。実際には圧縮弾性試験と同じように 3 枚重ねて測定し、その値を 3 して厚さを求めていることが多い。1 枚で測る場合、編地に加わる圧力はプレッサー

フートによる荷重のみであるが、何枚か重ねた場合、一番下の試料には、わずかではあるが上に重ねた試料の自重も加わることになる。

試料を重ねる場合の試料の方向によっても測定値にわずかであるが差がみられる。3枚の試料を重ねる場合、試料のウェールが交互に直角になるように重ねたときと、3枚のウェールを平行にして重ねたときとではわずかに差がみられるが定量的に確かなことはまだいえない。また、1枚で測定した場合と、3枚で測定した場合の厚さにはわずかに差がみられるが、これについてもまだ確定的なことはいえない。試料の重ね枚数と重ねる方向については今後の検討を要するが、JISで定めている方法でいたいよいものと考えている。

4.2 プレッサー フートの面積

BS, ASTMとも1つの値を決めていない。BSでは $0.25\text{ in}^2 \sim 16\text{ in}^2$ (または $1\text{ cm}^2 \sim 100\text{ cm}^2$)と範囲で示している。JIS (L 1018 改正案)では 5 cm^2 を原則とすることにし、その他の面積のものを使用したときは面積を示すことにしてある。

プレッサー フートの面積の大小によって測定値にどの程度の誤差がでるかについては、プレッサー フートの面積が $\frac{1}{2}\text{ in}^2 \sim 2\text{ in}^2$ の範囲で約3%程度との報告がある⁴⁾。プレッサー フートの面積が大きいと部分的に厚い部分を測る可能性もあり、できれば小さい面積で測るほうがよいといわれている。しかし、素材、組織などによって一概にどちらがよいとはいえない。編地の場合、あまり大きい圧力を加えて測ることができないし、小さい圧力を加えるのは大きい圧力を加えるよりも実際上むずかしいから、できるだけプレッサー フートの面積を大きくして、比較的大きい荷重を加えても単位面積当たりの圧力を小ならしめる方法を取るほうが操作上便利である。

4.3 加 圧 時 間

加圧時間に関して、BS法では指針が動かなくなるまで、あるいは厚さが落ち付くまで、の表現をとっている。ASTMでは5 sec 間で全荷重を加え、5 sec 間放置することになっている。JIS法では10 sec 間と決めている。

従来の経験からも約10 sec 程度の時間でよいと考えられる。特殊な編地、太い糸で編んだ編地などでは圧力が小さい場合10 sec 程度の加圧時間では不十分な場合もある。しかし、一般的には加圧時間によって結果が大きく変化することはまず考えられない。

4.4 プレッサー フートの降下速度

降下速度について、BSでは $2/1000\text{ in/sec}$ の速度と決めているが、他の試験法では明示されていない。BSのこの速度は実際に守られているかどうか疑問も感ぜられる。常にこの速度を一定にして試験するのはむずかしい。しかし、降下速度は厚さの測定には影響を与える因子であることは確かであって、プレッサー フートを急激に落下させた時とゆっくり降したときとでは明らかに差がみられる。できるだけゆっくり一定の速度を保つようにすべきである。

4.5 加 える 圧 力

厚さの測定に影響を及ぼす種々の因子のうち最も影響の大きいのは加える圧力である。第3表の実測例について、加える圧力と厚さの関係を図示すると第7図のようになる。この図でわかるように、厚さは圧力の小さい領域での変動の大きいことが3種の編地のいずれについてもいうことができる。圧力の大きい領域では 100 g/cm^2 の圧力を 200 g/cm^2 にしてもそれほど厚さが変わることはないであろう。しかし、逆に 3 g/cm^2 以下の場合、図上の線を下へ伸ばして圧力ゼロのときの厚さを推定するのは、低圧力域での厚さの変動が大きいから、単純に線上に乗ってくるかどうかはわからない。したがって厚さ測定時の圧力としては、繰り返し測定を行なっても常にある一定の値をなるべく小さい誤差内で示し得るような圧力があることが望ましい。

(第7図) 厚さと荷重の関係(実測値)

Kaswell らによれば、衣服が着用中に皮膚に与える圧力は 0.1 psi 程度であるといわれている⁵⁾。実際に衣服を着用しているときの編地の厚さを考えるならば、 0.1 psi すなわち、 7 g/cm^2 程度の圧力が一応の目安とな

る。また数種の編地について、圧縮—荷重曲線を描いたとき、約 $7\text{g}/\text{cm}^2$ 程度が初荷重と考えられる圧力になっている。⁶⁾

試験法についてこの圧力をどのように定めているかについて見ると、JISでは $7\text{g}/\text{cm}^2$ または $3\text{g}/\text{cm}^2$ の値を取っているし、ASTMでは $0.005\text{psi}\sim 0.5\text{psi}$ すなわち $0.35\text{g}/\text{cm}^2\sim 35.2\text{g}/\text{cm}^2$ である。 $7\text{g}/\text{cm}^2$ は 0.1psc に相当する値であり、JISの値はASTMの示している範囲内にある。

Smirfittによれば、平編地、ゴム編（ 1×1 ）の厚さと糸直径および編目のループ長の間にはつぎのような関係式が成り立つ。⁷⁾

$$\text{平編地} \quad t = 0.090 l + d$$

$$\text{ゴム編地} \quad t = 0.254 l + d$$

ここに t : 編地の厚さ (mm)

l : 編目の1ループ長 (mm)

d : 糸直径 (mm)

第3表の t_0 の値は実測値の l と d をこの式にあてはめて計算して求めた値である。この理論式と実測値の関係は第7図に示されている。実測値と理論式を比べるとその傾向がよく合っているのがわかる。しかし、この式がよくあてはまるのは紡績糸で l がある範囲にある場合であって、 l の非常に小なるとき、非常に大きいときにはうまくあてはまらない。⁸⁾ 実際には l の非常に大きい編地は実用になりにくいから、実用される編地の範囲では式は成り立つとみてよい。 l の非常に小さいのは伸縮性加工糸の場合であり、見かけの l と伸ばしたときの l との間に差があり、伸縮性糸は別に考えるほうがよいようである。理論式で得られた厚さの値を示す圧力は編地によって一定しないが、平編地では約 $25\text{g}/\text{cm}^2$ 程度、ゴム編地では約 $7\text{g}/\text{cm}^2$ 程度である。これらを考えに入れると厚さ測定時の圧力としては、JISで採用している $7\text{g}/\text{cm}^2$ 程度で妥当であると考えている。

5. む す び

以上述べたことをまとめると、

- (1) 編地のかさ高さを編地の単位重量当たりの容積と定義する
- (2) かさ高さを測定するには、編地の重さと厚さを正確に測定する必要がある
- (3) 厚さを測定するには荷重ゼロの状態で測ること

が望ましいが、現実には不可能である。したがって、ある荷重を加えたときの厚さを編地の厚さと定義する

- (4) 重さと厚さの測定とでは厚さの測定の方がむずかしい
- (5) 厚さの測定に際し、結果に影響を与える因子としては、試料の重ね枚数、プレッサー フートの面積、加圧時間、プレッサー フートの降下速度、加える荷重などがある
- (6) 上記の因子のうちでは加える荷重の影響が最も大きい
- (7) 荷重と厚さの間関係を見ると、荷重の小さな領域では厚さの変動が大きく、荷重の大きい領域では厚さの変動は比較的小さい
- (8) 編地の厚さを求めるにはなるべく荷重の小なることが望ましい。理論式から得た厚さの値を見ると、小なる荷重で測定したときの値に近い値を示す
- (9) JISでは荷重を $7\text{g}/\text{cm}^2$ と $3\text{g}/\text{cm}^2$ の2種を決めているが、この値は外国で定めている値の範囲にもはいる。また衣服着用時の皮膚圧などから考えてもこの値は妥当な値と見られる
- (10) 今後の課題としては、いろいろな組織の編地と素材に適した荷重の値を研究することと、編地に適した厚さ測定器を開発することがあろう

文 献

- 1) JIS L 1018 メリヤス生地試験方法 (改正案)
- 2) ASTM Designation, D 1777-60T Tentative Method for Measuring Thickness of Textile Materials. ASTM Standards on Textile Materials 31-st Edition-1960 p.p. 788
- 3) B. S. 2544; 1954 Determination of Thickness of Textile Fabrics. B. S. Handbook No. 11 1963 p. p. 174
- 4) S. L. Anderson; J. Text. Inst., 11 1961
- 5) E. R. Kaswell, L. Barish, C. A. Lermond; J. Text. Inst., 52 (No. 9. 1961) 508
- 6) メリヤス検査協会研究報告 (未発表)
- 7) J. A. Smirfitt; J. Text. Inst., 56 T248 (1965)
- 8) 川崎; メリヤス研究委員会資料第10回 (昭42年6月)
福岡; メリヤス研究委員会資料 第8回 (昭和42年2月)