(昭和33年4月22日受理)

樹脂加工糸および布の動的モジュラスの測定について

群馬大学工学部 木 下 茂 武

山形大学工学部 行 方 寅 次 郎

ON MEASUREMENT OF DYNAMIC MODULUS OF VISCOSE SPUN RAYON
YARN AND FABRIC TREATED WITH UREA-FORMALDEHYDE RESIN

By Shigetake Kinoshita* and Torajiro Namikata**

(* Faculty of Engineering, Gumma University, Kiryu, Japan)

(** Faculty of Engineering, Yamagata University, Yonezawa Japan)

The dynamic Young's modulus and damping capacity of each of 14 samples of same viscose spun rayon yarns and fabrics treated with several contents of urea-formaldehyde resin were measured by the vibrating reed method in vacuum at room temperature, and obtained the following results :

- 1) In the observation of the influence of the resin content on the dynamic Young's modulus of yarn and fabric treated with resin, it was found that the dynamic Young's modulus was increased as the resin content was increased and that the values of dynamic Young's modulus of every treated yarn was higher than the values of corresponding fabrics. (see Fig. 4)
- 2) By measuring the influence of the resin content on the damping capacity of yarn and fabric treated with urea-formaldehyde resin, it was found that the variation of the values of damping capacity with various resin contents on yarn or fabric was not distinct, although the values of the damping capacity of every treated fabric were higher than those of corresponding yarns. (see Fig. 5)

(Received April 22, 1958)

結 論

Table. I Characteristics of Samples

繊維¹⁻⁹⁾、紙およびパルプ¹⁰⁻¹²⁾のほか高分子物質シート¹³⁻¹⁵⁾に関する動的モジュラスの研究は数多く発表されているが、織物に関しては、その静的モジュラスの測定法²¹⁻²⁴⁾に比べて、動的モジュラス測定法⁵⁾の報告は少ない。これは繊維、紙などのような単一物体に比べて、織物は繊維および糸の集合体からなる構造物であるが故に、測定値の意味づけが困難であることが理由と考えられる。しかるに繊維製品が実際使用される場合は、静的状態におけるよりも、むしろ動的状態における場合が多く、こうした点から考えてみても、動的研究がより必要になって来るものと考えられる。われわれは、そうした意味をふくめると同時に、また実際上の必要から樹脂加工糸および織物の動的モジュラスを測定し、そのオーダーだけでも知りたいと考え、本実験を行つた。結果に対する詳細なる討論は後日に譲り、今回はこれまで行つた実験結果のみを述べ、今後ますます盛んになるであろうと考えられる動的モジュラスの測定の糸口としたい。

Sample No.	Resin content %	Apparent density g/cm ³		Remarks
		Yarn	Fabric	
100	1.7	0.611	0.677	Treated with 10% resin solution
110	3.8	0.628	0.688	
120	4.5	0.633	0.696	
130	5.1	0.654	0.699	
140	5.8	0.672	0.703	
150	6.2	0.686	0.710	
160	13.5	0.710	0.725	
200	6.5	0.663	0.699	Treated with 15% resin solution
210	8.8	0.682	0.701	
220	10.8	0.694	0.705	
300	2.4	0.632	0.684	Treated with 20% resin solution
310	5.7	0.648	0.693	
320	6.6	0.669	0.693	
330	7.6	0.680	0.699	

1. 試料および実験方法

供試試料として、糸はビスコース・スフ糸 40/2's, 織物は経緯糸ともビスコース・スフ糸 40/2's を用い、山形大学工学部繊維工学科編織工場において製織した 2/2 綾織物(密度: 経緯とも 28 本/cm)を用いた。樹脂加工法は尿素ホルマリン樹脂加工法¹⁸⁾によって、同科繊維加工実験室において行つた。すなわち、尿素・ホルマリンのモル比 1:1.75 なる未縮合樹脂を用い、触媒にはピコリンおよびモノクロル酢酸を用いた。予備乾燥は 75°C の空気中において 10 分間、ベーキングは 125°C の空気中において 15 分間加熱を行い、数日間放置した後、炭酸ソーダ液を用いてソーピングを行つた。供試試料の種類を Table. I に示す。

実験装置ならびに方法は振動リード法¹⁻¹⁷⁾により、同科繊維物理学研究室において用いたもの⁸⁾と同一のものをを用いて、真空度は $1 \sim 10^{-1}$ mmHg であつた。なお測定温度は室温とした。

実験に用いた試料の大きさについては、糸の場合は、それぞれ振動長を 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 cm, 織物の場合は幅を 0.7 cm, 振動長を 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 cm の 4

Fig. 2 Vibrating length vs. $1/v$ curves for viscose spun rayon yarn and fabric treated with resin.

Fig. 1 Amplitude-frequency curves for viscose spun rayon yarn and fabric No. 101 at four different vibrating lengths l .

種とした。測定は Table. I. に示した 14 種類の糸および織物については各振動長毎に 4 回ずつ行つた。なお、織物の場合は経糸の方向によつて測定を行つた。

2. 測定結果

振動リード法の測定理論に関しては前記の諸論文¹⁻¹⁷⁾に詳説されているが、かんたんに述べれば、電磁的に振動する鉄片の先端に試料をつけ、駆動周波数を変えて振幅を測定し、共振曲線を作る。次にその共振曲線の共振振動数 v と振幅が最大値の $1/\sqrt{2}$ になる点の幅 Δv より、弾性係数 E は次式によつて求められる¹⁶⁻¹⁷⁾。

$$E = \frac{\pi^2 \rho A}{a_0^4 I} l^4 v^2 \left[1 + \frac{1}{8} \left(\frac{\Delta v}{v} \right)^2 \right] \dots (1)$$

ここに ρ は密度, A は断面積, l は振動長, I は断面の慣性能率, a_0 は振動型によつて定まる定数である。

基音(基本振動)に対して $a_0 = 1.875$ とし、更に糸および織物の場合を考え測定に用いた形に書きかえると次式のようになる。

$$E = 51.1 \frac{\rho}{D^2} l^4 v^2 \dots (2)$$

$$E = 38.3 \frac{\rho}{h^2} l^4 v^2 \dots (3)$$

Fig. 3 Relation between band width and resonance frequency in viscose spun rayon yarn and fabric treated with resin.

Fig. 4 Effect of resin content on Young's modulus in viscose spun rayon yarn and fabric treated with resin.

(2)式は糸の場合に用い、 D は糸の直径、(3)式は織物の場合に用い、 h は織物の厚さを示す。なお(1)式の第2項は1に対し極めて小さいので省略した。

また試料のダンピング・キャパシティーは次式を用いて求めた¹⁾。

$$\psi = 1 - e^{-2\delta} \quad \dots\dots\dots(4)$$

ここに δ は対数減衰率であり、次式より求めた。

$$\delta = \pi \Delta\nu / \nu \quad \dots\dots\dots(5)$$

測定結果を Fig.1~Fig.5 に示す。

Fig.1 は 14 種類の糸および織物の中から No.101 の糸および織物を取り出し、その振幅-振動数曲線を示したものである。図に示すように、共振振動数は振動長を増すにしたがつて小さくなっている。なお振幅は測定の関係上、任意単位をもつて表わした。

Fig.2 は振動長 l と $1/\sqrt{\nu}$ との関係を、縦軸に振動長、横軸に $1/\sqrt{\nu}$ をとつて示したものである。図に示すように、振動長 l を増すにしたがつて、 $1/\sqrt{\nu}$ は増加を示した。よつて、この結果に(2)(3)式を用いて試料の弾性係数 E の値が求められる。

Fig.3 は $1/\sqrt{2}$ 値幅 $\Delta\nu$ と共振振動数 ν_r との関係を、縦軸に $\Delta\nu$ 、横軸に ν_r をとつて示したものである。Fig.3 (a)に示すように、糸の場合は共振振動数が変化しても $1/\sqrt{2}$ 値幅がほとんど変化しない傾向を示しているが、Fig.3

(b)に示すように、織物の場合は共振振動が大きくなるにしたがつて、 $1/\sqrt{2}$ 値幅も増大する傾向を示している。

Fig.4 は樹脂固着率の変化が、弾性係数 E に及ぼす影響を、縦軸に弾性係数 E 、横軸に樹脂固着率をとつて示したものである。図に示すように、糸および織物ともに、樹脂固着率が増加するにしたがつて、弾性係数が増加の傾向を示した。

Fig.5 は樹脂固着率の変化が、ダンピング・キャパシティーにおよぼす影響を、縦軸にダンピング・キャパシティー ψ 、横軸に樹脂固着率をとつて示したものである。図に示すように糸および織物ともに、ダンピング・キャパシティーは、樹脂固着率が変化しても、ほとんど変化を示さなかつた。

Fig. 5 Effect of resin content on damping capacity in viscose spun rayon yarn and fabric treated with resin.

3. 討 論

(1) 空気抵抗の影響

振動リード法による試料の剛さおよび内部粘性の測定法においては、空気抵抗の影響が問題となる。たとえば E. M. Kärholm, B. Schröder 両氏⁴⁾は A. Oberbeck ならびに G. G. Stokes 両氏の式を用いて測定値から空気抵抗の影響を除去することを試みている。われわれの実験は空気圧 $1 \sim 10^{-1}$ mmHg. 程度の真空中において行われ、大気中において行われた測定と比較した場合、真空中の方の共振点が、振動数の高い方にずれたこと、また消費係数 $Q^{-1} (= \Delta v / v_r)$ の値が真空中のものの方が空気中のものの方より減少していることなどから、空気抵抗の影響がほとんど無いものと見てさしつかえなかった。ただし、この点に関する定量的な吟味は充分とは言えず、断定は困難であるが、おおむね、前節の測定値は試料固有の弾性係数およびダンピング・キャパシター ψ の値であると言いうことができよう。しかし、測定が真空中において行われたため、これらの値は、乾燥状態における値であることに注意しなければならない。

(2) 単繊維、糸および織物の弾性係数の比較

糸の動的曲げ弾性係数および織物の静的および動的曲げ弾性係数を Table. II に示す。織物の静的曲げ弾性係数の測定には、いわゆるカンチレバー式^{21, 24)}を用い、各 10 回行い、その平均値を測定値とした。また単繊維については、樹脂加工を行ったため生じたクリンプなどによつて動的測定ができなかつたので、その切断荷重の 60% の荷重にて伸長してから除重し、履歴曲線を求め、その第 2 履歴曲線から弾性係数を計算し、その結果を Table. III(a) に示した。更に単繊維の動的測定に関しては E. M. Kärholm, B. Schröder 両氏⁴⁾および小野木

重治、安藤昭三両氏⁵⁾の論文の測定値を引用し、これを Table. III(b) に示した。なお単繊維の静的および動的弾性係数の比較に関しては前記の 4 氏のほか W. J. Lyons¹⁹⁾, J. C. Guthrie, D. H. Morton, P. H. Oliver⁶⁾ の各氏の研究があり、いずれも動的弾性係数が静的弾性係数よりも大であると報告している。これらの結果より、われわれが用いた単繊維の動的弾性係数は Table. III(b) のものとあまり違わない結果をうるものと考えてさしつかえないであろう。

Table. II Effect of resin content on Young's modulus by static and dynamic method in viscose spun rayon yarn and fabric treated with resin.

Sample No.	Resin content %	Young's modulus dynes/cm ²		
		Yarn		Fabric
		Dynamic	Static	Dynamic
100	1.7	8.29×10^8	7.05×10^7	8.06×10^7
120	4.5	10.31	7.57	7.84
140	5.8	11.58	8.40	7.95
160	13.5	14.29	8.90	9.61

Table. III. (a) Young's modulus by static stretching on viscose rayon fibres.

Sample No.	Resin content %	Young's modulus. dynes/cm ²
100	1.7	3.84×10^{10}
130	5.1	4.43
160	13.5	4.15

Table. III(b) Young's modulus by dynamic bending on viscose rayon fibres.

Sample No.	Diameter μ	Young's modulus dynes/cm ²	References
A	40.6	1.08×10^{11}	4)
B	253.0	1.32	5)

以上の結果より単繊維、糸および織物の動的弾性係数は単繊維、糸および織物の順に小さくなっている。これは、単繊維に対し糸および織物の構造上の粗密さが弾性係数に影響を及ぼすものと考えられる。なおこれらの関係は樹脂固着率が増加しても、ほとんど変化を示していない。

また樹脂固着率の増加による単繊維、糸および織物の弾性係数の変化については、Fig. 4, Table. II. および Table. III(a) に示すように、動的弾性係数は樹脂固着率の増加するにしたがつて、増加の傾向を示した。ただし単繊維の場合は明確とは言えなかつた。更に樹脂固着率の増加による静的弾性係数の変化に関しては Table.

IIに示すように、動的弾性係数の場合と同様、静的弾性係数は樹脂固着率の増加するにしたがつて増加を示した。なお動的弾性係数は静的弾性係数に比較して大部分のものが大きい値を示した。

最近呉祐吉、篠原昭、松橋房江の各氏²⁰⁾は糸の曲げ剛さと織物の曲げ剛さとの関係について、織物の曲げ剛さ EI は、原糸の曲げ剛さ $EI(T)$ に糸密度を乗じた値の約2倍近く大きいと報告している。われわれの測定によると、織物の弾性係数は糸の弾性係数の約1/10倍であるから、呉祐吉氏らの結果とあわせ考えれば、織物の断面の慣性モーメントを糸密度で除した値は、糸の断面の慣性モーメントの約10~20倍になることが解る。このことは織物の断面における経緯糸の交錯状態を考えれば容易に理解できることである。

(3) 単繊維、糸および織物のダンピング・キャパシターの比較

樹脂固着率の増加による糸および織物のダンピング・キャパシターの変化は Fig. 5 に示すように、ダンピング・キャパシターは樹脂固着率の増加とは関係なく、変らない傾向を示した。しかしながら、糸および織物のダンピング・キャパシターの値を比較すると、各樹脂固着率ともに、糸の方が小さい値を示した。これは弾性係数における場合とは逆の傾向であつた。また単繊維の場合は、その伸張履歴曲線によつて伸張弾性度を求め Table. IV に示した。図に示すように、ダンピング・キャパシターは樹脂固着率の増加によつて明瞭な変化を示さなかつた。

Table. IV Effect of resin content on tensile resilience in viscose rayon fibres treated with resin.

Sample No.	Resin content %	Tensile resilience %
100	1.7	55.0
130	5.1	42.9
160	13.5	71.0

4. 結 論

振動リード法を用い、真空中において樹脂加工糸および織物の弾性係数およびダンピング・キャパシターを測定し、次の結果をえた。

- (1) 樹脂固着率の増加による単繊維、糸および織物の弾性係数の変化は、いずれも樹脂固着率が増加するにしたがつて、弾性係数は増加を示した。また動的弾性係数の値は、各樹脂固着率において、単繊維を最大とし、以下糸および織物の順に小さい値を示した。
- (2) 樹脂固着率の増加による単繊維、糸および織物はダンピング・キャパシターの変化は、いずれも

実験の範囲を通じ明瞭な変化は見られなかつた。しかしながら、糸のダンピング・キャパシターは織物のダンピング・キャパシターよりも小さい値を示した。

なお、振動リード法により単繊維における樹脂固着率と弾性係数およびダンピング・キャパシターの関係に関する実験ができなかつたのは遺憾であつたが、これらについては今後継続的な実験を行いたいものである。また糸および織物の弾性係数およびダンピング・キャパシターの相互関係についても、現在試料製織中につき、更に実験を継続することによつて、一層測定の正確を期したいものである。

最後に実験に、協力された林崎徳三郎、佐藤正治の両氏に謝意を表するとともに、実験費の一部を仰いだ山形県産業研究所に対し深甚の謝意を表する次第である。

文 献

- 1) J. P. A. Lochner; *J. Text. Inst.*, 40, T 220 (1949)
- 2) M. Horio, S. Onogi, C. Nakayama & K. Yamamoto; *J. App. Phys.*, 22, 966 (1951)
- 3) B. Lincoln; *J. Text. Inst.*, 43, T 158 (1952)
- 4) E. M. Kärholm & B. Schröder; *Text. Res. J.*, 23, 207 (1953)
- 5) 小野木重治、安藤昭三; 織学誌, 9, 617 (1953), 10, 32, 390 (1954)
- 6) J. C. Guthrie, D. H. Morton & P. H. Oliver; *J. Text. Inst.*, 45, T 912 (1954)
- 7) 吉富達也、永松一夫、越山秀一; 九大工学集報, 27, 191 (1955)
- 8) 松田和夫; 織学誌, 12, 802 (1956)
- 9) 小野木重治、宇井久三郎; 工化, 59, 819 (1956)
- 10) M. Horio & S. Onogi; *J. App. Phys.*, 22, 971 (1951)
- 11) 小野木重治; 高分子, 2, 506 (1953)
- 12) 小野木重治、安藤昭三、山本正; 工化, 57, 251 (1954)
- 13) A. W. Nolle; *J. Polymer. Sci.*, 5, 1 (1950)
- 14) 野原繁三、大内重男; 高分子化学, 10, 286 (1953)
- 15) 桜井浩、若野精二; 工化, 59, 210 (1956)
- 16) M. Horio & S. Onogi; *J. App. Phys.*, 22, 977 (1951)
- 17) 小野木重治; 高分子, 3, 362 (1954)
- 18) 繊維学会編, 化繊便覧, 581 (昭28)
- 19) W. J. Lyons; *Text. Res. J.*, 19, 123 (1949)
- 20) 呉祐吉、篠原昭、松橋房江; 織学誌, 14, 78 (1957)
- 21) F. T. Peirce; *J. Text. Inst.*, 21, T 377 (1930)
- 22) C. C. Chu, C. L. Cummings & N. A. Teixeira; *Text. Res. J.*, 20, 539 (1950)
- 23) R. M. Hoffman & L. F. Best; *Text. Res. J.*, 21, 66 (1951)
- 24) N. J. Abbott; *Text. Res. J.*, 21, 435 (1951)