

# P4-2 感性製品設計のための繊維・編織布の力学特性評価システムの開発 — 繊維および糸の横圧縮特性 —

高寺政行、上條正義、橋本 稔、細谷 聡、佐渡山亜平、清水義雄、平山誠  
信州大学 繊維学部

## 1. 緒言

繊維および繊維集合体である編織布は、典型的な異方性材料であり、また、微小荷重で変形する。繊維製品の性能を繊維の特性から予測設計することが理想であるが、各段階の特性を測定し、次の段階を予測することが現実的である。本研究では、測定例の少ない、繊維・および糸に対する横圧縮および曲げ特性、編織布に対する初期せん断、引張異方性などの測定機を開発し、システム化を進めている。その一環として繊維・および糸の軸に対して側方向の物理的特性を明らかにするため、側方圧縮弾性率測定装置を開発し、単繊維および糸の側方圧縮特性を測定を行った。

## 2. 理論

繊維断面を円形とし、横断面等方性を仮定すると円筒圧縮理論より圧縮弾性率  $E_T$  は以下の式から得られる。

$$\frac{U}{D} = \bar{U} \quad \frac{F}{D} = \bar{\sigma}$$

$R > b$  の時下記の式が成り立つ

$$\bar{U} = \frac{4\bar{\sigma}}{\pi E_T} \left( 0.19 + \sinh^{-1} \frac{R}{b} \right), \quad b^2 = \frac{8\bar{\sigma} R^2}{\pi E_T}$$

$$0 = \frac{4\bar{\sigma}}{\pi E_T} \left( 0.19 + \sinh^{-1} \frac{R}{\sqrt{8\bar{\sigma} R^2 / \pi E_T}} \right) - \bar{U}$$

$U$  = 直径の変位  $D$  = 直径  $R$  = 半径

$F$  = 単位長さ辺りの圧縮する力

$E_T$  = 側方圧縮弾性率  $E_L$  = 縦弾性率

$v_{xy}$  = 繊維軸方向に伸長したときの軸方向ひずみに対する側方向のひずみを与えるポアソン比  $b$  = 接触部分の長さ

## 3. 実験

実用繊維の直径は数十  $\mu\text{m}$  のオーダーである。これに対応するためにダイヤモンドアンビルと圧縮子を持つ圧縮装置を開発した。 $\mu$  オーダーの変位をピエゾスタックを用いて与え、高精度レーザー変位形で変位を測定する。

直径の異なるナイロン繊維 ( $D=210, 82, 24 \mu\text{m}$ ) と綿糸 (綿 20 番手単糸) を試料として実験を行い圧縮弾性係数を測定した。

## 4. 結果および考察

### 4.1 単繊維の側方圧縮弾性係数

表 1 に引張試験で求めた軸方向引張弾性係数  $E_L$  と本試験装置で求めた側方圧縮弾性係数

$E_T$  を示す。

Table 1  $E_L$  と  $E_T$  測定結果

Nylon: $D(\mu\text{m})$	$E_L$ (GPa)	$E_T$ (Mpa)
Nylon: 210 $\mu\text{m}$	2.3	300
Nylon-6: 82 $\mu\text{m}$	1.6	340
Nylon-6: 24 $\mu\text{m}$	1.6	340

### 4.2 糸の圧縮特性の測定

糸はその構造が不均一なので試料の見かけの直径をあらかじめ測定した。測定数 130 点、測定条件は室温 20°C 湿度 65%RH である。

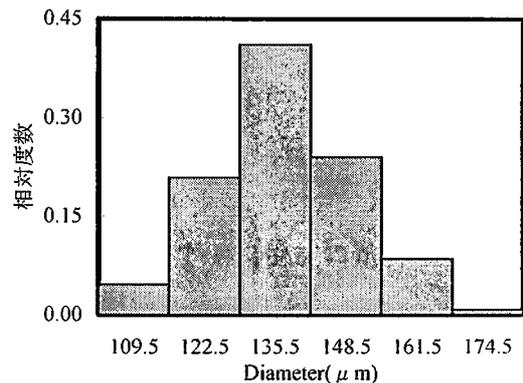


Fig.1 綿 20/1 直径度数分布

図 1 に結果を示す。平均直径は  $141.7 \mu\text{m}$ 、最大直径  $175.2 \mu\text{m}$ 、最小直径  $109.5 \mu\text{m}$  であり、多少ばらつきはあるが正規性を認められたので  $E_T$  を算出する際、平均値を代表値とした。

測定方法は単繊維の測定方法と同様に行った。接触判定は荷重センサが  $0.6\text{gf}$  を示した時接触とした。圧縮速度  $0.1\text{mm}/\text{min}$ 、圧縮距離  $100 \mu\text{m}$  で各実験結果の初期荷重時のひずみ  $0.05 \sim 0.15$  より、平均直径を用いその傾きから  $E_T$  を算出した。その結果、試料の  $E_T$  は  $1.6 \text{MPa}$  であった。

## 5. 結言

測定装置は繊維直径  $20 \mu\text{m}$  まで測定できた。圧縮子を小さくし平行精度を上げればより微小径の繊維も測定することができる。装置は単繊維の集合体である、糸の測定にも利用することができた。従来太さの異なる糸の圧縮柔らかさ相互比較することができなかったが、本方法により弾性係数で比較・評価可能になる。