

布の力学特性から見た織物の真の姿の研究 織物の大変形バイアス一軸伸長

高寺政行, 鮑 力民, 上條正義, 古川貴雄, 細谷聡, 清水義雄, 飯田一
信州大学繊維学部

1. 緒言

織物はバイアス方向にきわめて伸びやすい特徴があり, 縫製の前加工や, 衣服としての着用時には大きな変形が生じる. こうした変形特性を記述, 試験する上で, 大変形を考慮した理論が必要である. 本研究では線形弾性を仮定した解析を行った.

2. 理論

せん断変形を拘束しない一様変形を仮定し, 図1の記号を用いる. XY 直交座標で表した変形前の任意の点 (X, Y) の同じ座標系での変形後の座標 (X', Y') は,

$$\begin{Bmatrix} X' \\ Y' \end{Bmatrix} = A \begin{Bmatrix} X \\ Y \end{Bmatrix}, \quad A = \begin{bmatrix} 1 + \varepsilon_r & 0 \\ (1 + \varepsilon_r) \tan \gamma & 1 + \varepsilon_L \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで, 織物の荷重方向, 直交方向のひずみをそれぞれ, $\varepsilon_L = (L' - L)/L$, $\varepsilon_r = (W' - W)/W$, 単純せん断角度を γ とする. たて, よこ糸方向ひずみおよび変形後の糸交差角度 ϕ は,

$$\varepsilon_w = |w'| - 1, \quad \varepsilon_f = |f'| - 1, \quad \cos \phi = \frac{w' \cdot f'}{|w'| \cdot |f'|} \quad (2)$$

$$w' = \begin{Bmatrix} X_w' \\ Y_w' \end{Bmatrix} = A \begin{Bmatrix} -\cos \theta \\ \sin \theta \end{Bmatrix}, \quad f' = \begin{Bmatrix} X_f' \\ Y_f' \end{Bmatrix} = A \begin{Bmatrix} \sin \theta \\ \cos \theta \end{Bmatrix}$$

変形後の単位幅当たりの Y 方向荷重を T_Y とすると, 単位要素の力の釣り合いより,

$$T_Y = \frac{F_w}{l_f \sin \phi_2 \cos \phi_1} = \frac{F_f}{l_w \cos \phi_2 \sin \phi_1} = \frac{Tr}{l_w l_f \sin \phi_1 \sin \phi_2} \quad (3)$$

ここで, F_w, F_f は, 単位構造のたて・よこ糸にかかる Y 方向外力の糸方向成分, Tr は単位要素にかかるトルク, l_w, l_f は変形後のたて・よこ糸方向の交差点間距離である. 線形性を仮定し, ポアソン効果を導入すると, 荷重と糸方向ひずみの関係は,

$$\begin{aligned} \varepsilon_w &= \left(\frac{\sin \phi_2 \cos \phi_1}{E_w} - \frac{\nu_{wf} \cos \phi_2 \sin \phi_1}{E_f} \right) T_Y \\ \varepsilon_f &= \left(\frac{\cos \phi_2 \sin \phi_1}{E_f} - \frac{\nu_{fw} \sin \phi_2 \cos \phi_1}{E_w} \right) T_Y \\ \phi &= \frac{\sin \phi_1 \sin \phi_2}{G} T_Y, \quad \frac{\sin \phi_1}{\sin \phi_2} = \frac{(\varepsilon_f + 1)}{(\varepsilon_w + 1) \tan \theta} \end{aligned} \quad (4)$$

となる.

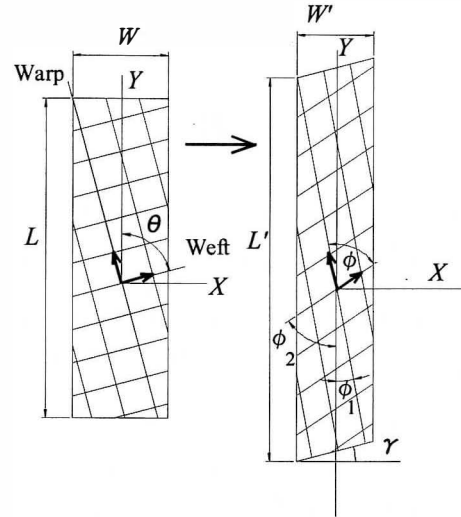


図1 織物のバイアス方向の一軸伸長変形

3. 実験および結果

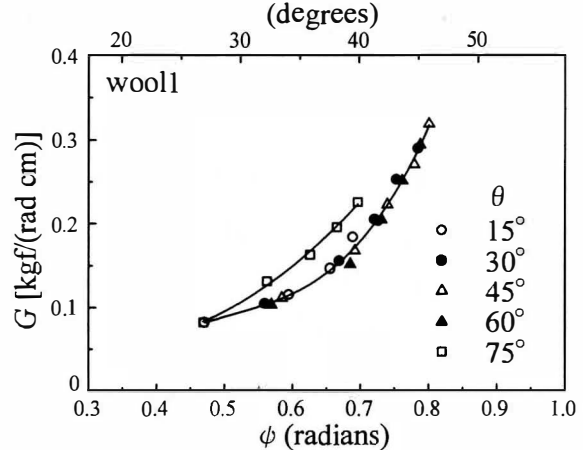


図2 毛織物の見掛けのせん断剛性

図2にせん断変形を拘束しないバイアス方向1軸伸長により, 式(4)から求めた毛織物の大変形時のせん断特性を示す. 本研究により大変形時の織物のせん断特性が評価可能になった. また, 織物の大変形時のせん断特性には荷重方向依存性が見られることが分かった. これは隣接糸間の圧縮によるものと考えられる. また, 布の変形から糸方向ひずみおよび糸交差角度の評価が可能になった.