Relation of Dynamic to Static Entanglement Strength of Interlaced Yarns

Mingqiao Ge, Yoshiyuki Iemoto, Shuichi Tanoue

Abstract

The entanglement strength refers to the degree to which tangling parts are not broken under force acting on an interlaced yarn. The measurement of the entanglement strength is indispensable because interlaced yarns are required to have appropriate entanglement strength. The entanglement strength under constant force is called static entanglement strength, and that under changing force with time is called dynamic entanglement strength. In this paper, cyclic force is applied as the dynamic force. After characteristic values of yarn tension is defined, the relation of the dynamic entanglement strength, where the force is relatively similar to actual force, to the static entanglement strength, which is easy to measure, is discussed. As a result, dynamic yarn tension applied to the yarn can be divided into the average (the static component) and the amplitude (the dynamic component). The static and the dynamic components have an independent effect on the static entanglement strength and the difference between dynamic and static entanglement strengths, respectively. When the static component and the measurement time are fixed, with an increase in the dynamic component, the dynamic entanglement strength decreases in almost a straight line which starts at the static entanglement strength. Therefore, it is suggested that the dynamic entanglement strength at a dynamic component can be easily obtained only by measuring the static entanglement strength and the dynamic entanglement strength at one dynamic component. The condition that all tangling parts are broken when the weaving or knitting process is completed, is that both dynamic component and measurement time are more than certain values. The dynamic entanglement strength shows a variation with a maximum as a function of the supplied air pressure, monotonically increases with the feed ratio, and monotonically decreases with the yarn speed. When the static entanglement strength is large, the dynamic entanglement strength is large independently of yarn types and interlacing process conditions. The difference between the dynamic and the static entanglement strengths is small when the supplied air pressure and the feed ratio are large, and when the yarn speed is small. Both the entanglement strengths of yarns with large fineness of filaments are large.

Key Words : Interlaced yarn, Dynamic entanglement strength, static entanglement strength, Experiment

(Received Dec. 11, 1998)

(Accepted for Publication May 11, 1999)

インターレース糸の動的交絡強度と静的交絡強度の関係

葛 明橋, 家元 良幸, 田上 秀一

1. 緒 言

交絡強度は、インターレース糸が外力を受けるときに、交絡部が解体しない能力を指し、外力が時間とともに変化しない静的荷重の場合には静的交絡強

度、時間とともに変化する動的荷重の場合には動的交絡強度と呼ばれる。インターレース糸に付与すべき交絡強度の大きさは、糸の種類、用途、使用する機械（編織機）によって異なる。交絡強度が大きすぎると、製布工程完了時に交絡部が編織布に残留し

外観上の欠点となる。逆に、交絡強度が小さすぎると、製布工程の途中で交絡部が解体し、糸切れを起こす。したがって、交絡強度は、インターレース糸の重要な評価量の1つである。

さて、著者ら¹⁾は、静的交絡強度測定時の適切な荷重と作用時間の決定法を提案するとともに、糸種類およびインターレース加工パラメータが荷重と作用時間に及ぼす影響を検討し、適切荷重を15mN/d、適切作用時間を3minに決定した。また、著者ら²⁾は、荷重、摩擦速度、摩擦回数、摩擦角度、摩擦力、糸番手、繊維織度、繊維数などの諸因子が、繰り返して摩擦を受けるインターレース糸の動的交絡強度に及ぼす影響を詳しく検討した。

実際に使われるインターレース糸に作用する外力は動的である。動的交絡強度の測定時に糸が受ける外力の状態は、糸が使用時(製布工程時)に受ける外力状態により近い。交絡強度の評価量として適切であると考えられる。しかし、動的交絡強度の測定は時間と労力がかかるので、実用性に難がある。一方、静的交絡強度の測定時に糸が受ける外力の状態は、糸が使用時に受ける外力の状態と異なるが、測定は容易であるため、実用的である。動的交絡強度の静的交絡強度に対する関係を解明すれば、インターレース糸の品質を評価し管理するうえで有用である。本研究では、動的荷重として周期的な変動力を用い、糸に作用する張力の特性値を定義した後、両者の関係を明らかにする。

2. 実験

2.1 試料糸

ポリエステル仮撚加工糸(150d/48f, 100d/48f, それぞれを Y_1 , Y_2 で表す)を、基本形状のインターレース糸³⁾(糸道管直径2.8mm, 糸道管長さ14.7mm, 空気噴射ノズル直径1.4mm)で加工し、試料糸とする。加工時の初期張力は一定値0.50mN/dである。加工パラメータは、作動空気圧 p 、フィード率 F 、糸速 v である。

2.2 交絡強度の測定

静的交絡強度 S'_t は静的外力を受けた後の残留交絡数 N'_t と元の交絡数 N の比として、動的交絡強度 S_t は動的外力を受けた後の残留交絡数 N_t と元の交絡数 N の比として、それぞれ

$$S'_t = \frac{N'_t}{N} \quad (1)$$

$$S_t = \frac{N_t}{N} \quad (2)$$

により定義する。交絡数 N は、無張力状態で目視により交絡部と非交絡部を判定して印を付け、糸に0.33mN/dの張力を与えて200対の交絡部・非交絡部を含む糸の長さを測定することにより求める¹⁾。

静的交絡強度の測定には図1に示す装置を用いる。糸(長さ2100mm)の一端を固定し、他端に時間的に不変な静的荷重 w を掛けることにより、あらかじめ定めた時間(作用時間と呼ぶ) t_d だけ、糸に静的張力を与える。除重後、糸の中央部(長さ2000mm)に残留した交絡部の数を目視により測定する。

動的交絡強度の測定には図2に示す糸摩擦装置を用いる。糸の一端を張力計に固定し、他端に静的荷重 w を掛け、糸の表面を摩擦子で繰り返し摩擦することにより、糸に動的外力を与える。摩擦子は、

Fig. 1 Measurement apparatus of static entanglement strength S'_t

Fig. 2 Measurement apparatus of dynamic entanglement strength S_t

上部2本, 下部1本のクロムメッキを施したマンガ
ン鋼棒(直径は0.5mm, 表面粗さ $R_a=0.14\mu\text{m}$)で
構成されている。3本のマンガン鋼棒は一体に組み
立てられており, 各鋼棒の間隔は30mmである。糸
と摩擦子の接触角度(以後, 摩擦角度という) δ は,
上下鋼棒の距離を調整することにより変えることが
できる。モータに接続したクランク・ピストン機構
(クランク長さ15mm)により, 摩擦子は水平方向に
行程30mmの往復運動をする。下部の摩擦子が摩
擦する糸長さ30mmの領域に完全に含まれる交絡部
に注目して, 交絡の残留を調べる。1組の加工パ
ラメータから得られた糸について, 150個の交絡部
に注目するために, この測定を繰り返す。クランク
の回転速度(以後, 摩擦速度という)を150rpmに
固定し, 静的荷重 w , 摩擦角度 δ , 作用時間 t_i をパ
ラメータとする。

3. 結果および考察

3.1 糸張力

動的交絡強度を測定する場合, 糸張力 σ は時間 t
とともに変化する。糸張力の張力計による測定例を
図3に示す。糸は Y_1 (150d/48f), 加工条件は, 作動
空気圧 $p=0.4\text{MPa}$, フィード率 $F=1\%$, 糸速 $v=$
 200m/min である。図(a)は摩擦角度 $\delta=15^\circ$ で,
パラメータは静的荷重 w , 図(b)は $w=1.5\text{mN/d}$ で,
パラメータは δ である。図より, σ は t に対して周
期的に変化する動的張力である。動的張力の特性値
として, 図(a)に示すように最大張力 $\sigma_{\max}$, 最小張力
 $\sigma_{\min}$, 平均張力 $\bar{\sigma}=(\sigma_{\max}+\sigma_{\min})/2$, 張力差(振幅)
 $\sigma_a=(\sigma_{\max}-\sigma_{\min})/2$ を定義する。図(a)より, δ を
一定値に固定すると, $\bar{\sigma}$ は w が大きいほど大きい。
図(b)より, w を一定値に固定すると, δ を変えて
も, $\bar{\sigma}$ はほぼ一定である。 $\bar{\sigma}$ は静的荷重 w のみによ
って変化し, $\bar{\sigma}\approx w$ である。そこで, $\bar{\sigma}$ は糸張力の静
的成分を表すと考えることができる。図(a), (b)
より, w と δ が大きいほど, σ_a は大きい。 σ_a は摩擦
子の運動によって生じるので, 糸張力の動的成分を
表すと考えることができる。このように考えると,
静的交絡強度は, 動的交絡強度の特別の場合($\sigma_a=0$
の場合)である。

さて, 図3は, w と δ を変えることにより, 糸張
力の静的成分 $\bar{\sigma}$ と動的成分 σ_a をそれぞれ独立に設
定できることを暗示している。これを陽に示すた
め, 図4に, w と δ を変えることにより, σ_a を0.38

(a) Static load w as a parameter ($\delta=15^\circ$)

(b) Friction angle δ as a parameter ($w=1.5\text{mN/d}$)

Fig. 3 Yarn tension σ (Y_1 (150d/48f), $p=0.4\text{MPa}$, $F=1\%$, $v=200\text{m/min}$)

mN/dに固定し, $\bar{\sigma}$ を変化させた糸張力の測定例を
掲げる。

なお, 静的交絡強度を測定する場合, 糸張力は糸
に掛けた荷重 w に等しく, 時間とともに変化しな
いので, $\bar{\sigma}=w$ である。

3.2 動的交絡強度および静的交絡強度と作用 時間の関係

図5に, 静的交絡強度 S'_i および動的交絡強度 S_i
と糸張力の作用時間 t_i の関係を示す。パラメータ
は, 糸張力の静的成分 $\bar{\sigma}$ と動的成分 σ_a である。糸は
 Y_1 (150d/48f), 加工条件は, $p=0.4\text{MPa}$, $F=1\%$,

Fig. 4 Yarn tension σ with a constant dynamic component $\sigma_a=0.38\text{mN/d}$ (Y_1 (150d/48f), $p=0.4\text{MPa}$, $F=1\%$, $v=200\text{ m/min}$)

Fig. 5 Relation of entanglement strengths S'_t and S_t to measurement time t_l (Y_1 (150d/48f), $p=0.4\text{MPa}$, $F=1\%$, $v=200\text{ m/min}$)

$v=200\text{m/min}$ である。記号 $\triangle$ と $\blacktriangle$ で表される交絡強度は、 $\sigma_a=0$ なので、静的交絡強度 S'_t であり、それ以外は動的交絡強度 S_t である。図より、 t_l の増加に従って、 S'_t と S_t はともに減少する。 $\bar{\sigma}$ と σ_a によって減少量は異なるが、 S'_t と S_t の減少勾配は t_l の増

加に伴って緩やかになる。

まず、 S'_t ($\triangle$, $\blacktriangle$) に注目する。 $\bar{\sigma}$ を15mN/dから20mN/dに増加しても、 S'_t はほとんど減少しない。これは $t_l \geq 2\text{min}$ の領域で糸 Y_1 の S'_t に対する安定静的成分の最小限界値 $\bar{\sigma}_{stl}$ (静的成分を増加しても、交絡強度 S'_t , S_t がほとんど変化しない安定な領域 [$|\partial S'_t/\partial \bar{\sigma}| \leq 0.5\% / (\text{mN/d})$, $|\partial S_t/\partial \bar{\sigma}| \leq 0.5\% / (\text{mN/d})$] が存在する。この安定した交絡強度を与える静的成分の最小値を安定静的成分の最小限界値と定義する) が15mN/dより小さい¹⁾ためである。

次に、 $\sigma_a=0.38\text{mN/d}$ のときの S_t (∇ , $\blacktriangledown$) に注目する。 $\bar{\sigma}$ を15mN/dから20mN/dに増加しても、 S_t はほとんど減少しない。このことより、 S'_t に対する $\bar{\sigma}_{stl}$ が存在したように、動的成分が0.38mN/dのように小さいときにも、 S_t に対する $\bar{\sigma}_{stl}$ が存在することがわかる。しかし、動的成分が0.59mN/dのように大きいときには、 S_t に対する $\bar{\sigma}_{stl}$ は存在しないことがわかる。

また、 $\sigma_a=0\text{mN/d}$ のとき、 S'_t ($\triangle$, $\blacktriangle$) に対する安定作用時間の最小限界値 t_{stl} ¹⁾ (作用時間を増加しても、交絡強度 S'_t , S_t がほとんど変化しない安定な領域 [$|\partial S'_t/\partial t_l| \leq 2\% / \text{min}$, $|\partial S_t/\partial t_l| \leq 2\% / \text{min}$] が存在する。この安定した交絡強度を与える作用時間の最小値を安定作用時間の最小限界値と定義した) は、それぞれ1.97¹⁾, 1.99minである。 $\sigma_a=0.38\text{ mN/d}$ のとき、 S_t ($\circ$, ∇ , $\blacktriangledown$) に対する t_{stl} はそれぞれ8.74, 9.72, 9.85minである。 $\sigma_a=0.59\text{mN/d}$ のとき、 S_t ($\square$) は $t_l=4.83\text{min}$ で0になる。すなわち、 t_{stl} の有無は、 σ_a により決定され、 σ_a が0~0.38 mN/dのように小さいときに t_{stl} は存在する。 t_{stl} が存在するとき、 $\bar{\sigma}$ と σ_a が小さいほど、 t_{stl} は短い。ただし、 $\bar{\sigma}$ の影響は小さい。 σ_a を0.59mN/dのように大きくすると、 t_{stl} は存在せず、交絡部は完全に消滅する。したがって、糸の使用工程完了時に交絡部が完全に消滅する条件は、 S_t に対する t_{stl} が存在しないことであるから、糸張力の動的成分と作用時間の両者が共にある値以上の大きさを持つことである。

以上を次に考察する。例として、3本の繊維から構成されたインターレース糸を考える。図6に、交絡部で三つ編み状に絡む3本の繊維の相対位置を示す。図(a)は糸張力が比較的小さい場合で、繊維間に多少の隙間があるが、交絡部は屈曲した繊維間の摩擦力により保持されている。屈曲した繊維が引張られると曲率の中心方向に移動し、図(b)のように、交絡の一部が解体されるだけでなく、屈曲した

Fig. 6 Schematic diagram of relative positions of three filaments

繊維は曲率の中心側に位置する繊維と押し合い、繊維間圧力（糸内部の圧力）は増加する。したがって、糸張力が大きいほど、繊維間圧力も大きいため、繊維同士が相対位置を変えることを妨げる繊維間摩擦力は大きくなる。さて、静的張力のみが糸に作用する ($\sigma_a=0$) 場合、糸は引っ張られ、交絡部における繊維間摩擦力は糸張力が大きいほど大きいので、両者は平衡状態になる。平衡状態になるまでに要する時間は $t_{stl}=1.97, 1.99\text{min}$ のように短い。一方、動的張力が糸に作用する場合、糸張力と繊維間摩擦力は時間とともに変化する。図 (b) のように糸張力が大きいときには繊維間に隙間がなくても、糸張力が減少すると繊維間に隙間が図 (c) のように生じて繊維間摩擦力が減少する。次に糸張力が増加すると、繊維同士は互いに相対位置を移動するので、交絡の一部は解体される。このようにして、交絡部の解体は変動する外力のために進行する。したがって、 σ_a が 0.59mN/d のように大きいときは、繊維間摩擦力の変化も大きくなり、繊維間摩擦力は糸張力と平衡状態にならないので、 t_{stl} は存在しない。ただし、 σ_a が 0.38mN/d のように小さいとき、繊維間摩擦力の変化も小さいため、繊維間摩擦力と糸張力は最終的に平衡状態になる。平衡状態になるまでに要する時間は、静的張力のみが糸に作用する場合に比べて $t_{stl}=8.74, 9.72, 9.85\text{min}$ のように長い。

3.3 静的交絡強度および動的交絡強度と糸張力の静的成分の関係

図 7 に、 S'_t および S_t と $\bar{\sigma}$ の関係を示す。パラメータは σ_a と t_l で、糸は Y_1 (150d/48f)、加工条件は、 $p=0.4\text{MPa}$, $F=1\%$, $v=200\text{m/min}$ である。図より、 $\bar{\sigma}$ の増加に従って、 S'_t と S_t はともに減少し、 σ_a と t_l が大きいほど、 S'_t と S_t は小さい。 $t_l=2, 3\text{ min}$ に対する S'_t ($\Delta, \blacktriangle$) はほぼ同じ値を示す。一方、 $\sigma_a=0.38\text{mN/d}$ の場合、 $t_l=2, 3\text{ min}$ に対する S_t ($\nabla, \blacktriangledown$) は互いに異なるが、 $t_l=10, 15\text{ min}$ に対する S_t ($\circ, \bullet$) はほぼ同じ値を示す。これは、 S'_t に対する安定作用時間の最小限界値 t_{stl} が 2 min より短いのに対し、 $\sigma_a=0.38\text{mN/d}$ の場合、 S_t に対する t_{stl} が前節で示したように約 10 min であるためである。

図より、 $\bar{\sigma}$ を増加させたとき、 S'_t および S_t は同じ程度に減少し、プロットを互いに上下方向に移動すると、プロットは重なるように見える。これを明示するため、図 8 に、 $\bar{\sigma}$ および t_l が同じときに得られた S_t と S'_t の差 $S_t-S'_t$ と $\bar{\sigma}$ の関係を示す。図 8 より、 $\bar{\sigma}$ を増加しても、 $S_t-S'_t$ はほぼ一定な値をとり、 σ_a

Fig. 7 Relation of entanglement strengths S'_t and S_t to static component of yarn tension $\bar{\sigma}$ (Y_1 (150d/48f), $p=0.4\text{MPa}$, $F=1\%$, $v=200\text{m/min}$)

Fig. 8 Relation of entanglement strength difference $S_t - S'_t$ to static component of yarn tension $\bar{\sigma}$ (Y_1 (150d/48f), $p = 0.4\text{MPa}$, $F = 1\%$, $v = 200\text{m/min}$)

および t_l が大きいほど、 $|S_t - S'_t|$ は大きい。したがって、 $S_t - S'_t$ は $\bar{\sigma}$ に独立で、 σ_a および t_l のみに依存することがわかる。このことから、 $\bar{\sigma}$ が一部の交絡部を解体し（このとき S'_t となる）、同時に、 $\bar{\sigma}$ が解体しない交絡部の一部を σ_a が解体し（このとき $S_t - S'_t$ となる）、この2種類の解体の和の結果が S_t であると考えられる。

なお、図7より安定静的張力の最小限界値 $\bar{\sigma}_{stl}$ は、 $\sigma_a = 0\text{mN/d}$ で $t_l = 2, 3\text{min}$ のときに14.70¹⁾、14.24 mN/d、 $\sigma_a = 0.38\text{mN/d}$ で $t_l = 2, 3, 10, 15\text{min}$ のときに13.91、14.27、14.25、14.28mN/d、 $\sigma_a = 0.59\text{mN/d}$ で $t_l = 3\text{min}$ のときに14.19mN/dである。すなわち、本実験範囲では、 $\bar{\sigma}_{stl}$ が存在する場合、 $\bar{\sigma}_{stl}$ はすべて15mN/d以下である。

3.4 静的交絡強度および動的交絡強度と糸張力の動的成分の関係

図9に、 S'_t および S_t と σ_a の関係を示す。パラメータは $\bar{\sigma}$ と t_l で、糸は Y_1 (150d/48f)、加工条件は $p = 0.4\text{MPa}$ 、 $F = 1\%$ 、 $v = 200\text{m/min}$ である。図より、 σ_a の増加に従って、 S_t は S'_t の値を出発点として直線的に減少する。したがって、静的成分と作用時間を固定すると、静的交絡強度とある1つの動的成

Fig. 9 Relation of entanglement strengths S'_t and S_t to dynamic component of yarn tension σ_a (Y_1 (150d/48f), $p = 0.4\text{MPa}$, $F = 1\%$, $v = 200\text{m/min}$)

分における動的交絡強度を測定するだけで、他の動的成分における動的交絡強度が求められることを示唆できる。なお、 t_l が大きいほど、 σ_a の増加に対する S_t の減少勾配は大きい。

図9と横軸に $\bar{\sigma}$ をとった図7を比べると、 σ_a は $\bar{\sigma}$ より S_t に大きな影響を及ぼすことがわかる。これは、動的張力の場合には、静的張力の場合より、繊維間摩擦力が糸張力と平衡状態になりにくいためである。

さて、 S_t の測定時に用いる $\bar{\sigma}$ 、 σ_a 、 t_l の値について述べる。3.2節、3.3節の結果より、 $0 < \sigma_a \leq 0.38\text{mN/d}$ の領域では S_t に対する t_{stl} 、 $\bar{\sigma}_{stl}$ が共に存在し、 $t_l > t_{stl}$ 、 $\bar{\sigma} > \bar{\sigma}_{stl}$ の領域では、静的成分の大きさと作用時間の誤差が交絡強度の測定値に及ぼす影響が小さいので、精度よく測定できることが明らかになった。したがって、 S_t は、 $0 < \sigma_a \leq 0.38\text{mN/d}$ 、 $t_l \geq 9.85\text{min}$ 、 $\bar{\sigma} \geq 14.28\text{mN/d}$ の条件で測定することが適切である。ただし、この結果は、糸 Y_1 (150d/48f) と加工条件 $p = 0.4\text{MPa}$ 、 $F = 1\%$ 、 $v = 200\text{m/min}$ の場合に限られる。他の絡みが弱い糸に対して、 σ_a に 0.38mN/d を用いると、 t_l が大きいときに $S_t = 0$ となる可能性がある。そこで、糸種類と加工条件を変える場合には S_t を測定する最適条件を見つけた必要があるが、次節では S_t の測定時に用いる σ_a を 0.38mN/d 、 $\bar{\sigma}$ を 15mN/d とし、 t_l は S'_t の測定時の最適値 3min ¹⁾ とする。

なお、図9において、 t_l が同じで、 $\bar{\sigma}$ が異なる2組の S_t (□、○および△、▽) を注目する。各組の S_t

は互いにほとんど平行な直線を示し、□と○の差および△と▽の差は σ_a と関係せずにはほぼ一定な値をとり、この差は $\bar{\sigma}$ が S'_t に及ぼす影響を示す。このことから、 $\bar{\sigma}$ は S'_t に影響し、 σ_a は S'_t と S_t の差に影響するという前節の結果を確認できる。

3.5 静的交絡強度および動的交絡強度と糸種類および加工条件の関係

静的交絡強度 S'_t を、 $\bar{\sigma}=15\text{mN/d}$ 、 $t_l=3\text{min}$ で、動的交絡強度 S_t を $\bar{\sigma}=15\text{mN/d}$ 、 $\sigma_a=0.38\text{mN/d}$ 、 $t_l=3\text{min}$ で測定した結果について述べる。糸は Y_1 (150d/48f) と Y_2 (100d/48f) である。

図10に、 S'_t および S_t と作動空気圧 p の関係を示す。他の加工条件は、 $F=1\%$ 、 $v=200\text{m/min}$ である。図より、 S'_t が大きいと S_t も大きいので、静的張力の作用に対して解体しにくい交絡部は、動的張力に対しても解体しにくいことがわかる。また、 $p=0.3\text{MPa}$ の場合に、 S'_t と S_t は最大値をとる。しかし、 p の増加に従って、 S'_t と S_t の差は小さくなる。これを次に考察する。静的張力が糸に作用する場合、交絡部における繊維間摩擦力は糸張力と平衡状態になりやすいので、絡みが弱い糸でも強い糸でも、解体する交絡部の数は比較的少ない。一方、動的張力が糸に作用する場合、絡みの弱い交絡部における繊維の相対位置移動が、絡みの強い交絡部より容易なので、解体する交絡部の数は、絡みの弱い糸で多く、絡みの強い糸で少ないと考えられる（この

考察は、以下に示す図11、12においても適用できる）。したがって、 p が小さいとき、空気噴流が糸に作用する力が小さいので、生成した交絡部の絡みが弱いため、 S'_t と S_t は小さく、その差は大きい。 p を増すに従って、空気噴流が糸に作用する力が大きくなるので、生成したすべての交絡部の絡みは強くなる。しかし、 $p>0.3\text{MPa}$ の範囲で p をさらに増すと、力の強い空気噴流は生成する交絡部の一部の絡みを強くするだけでなく、一旦生成した交絡部の一部の絡みを弱くする（極端な場合、交絡部の一部がインターレース内で消滅する）と思われる。 $\bar{\sigma}$ は S'_t に、 σ_a は S'_t と S_t の差に、 $\bar{\sigma}$ と σ_a は S_t に影響すると3.3節で述べた。空気噴流により絡みが弱くなった交絡部は $\bar{\sigma}$ により解体されるが、空気噴流により絡みが強くなった交絡部は σ_a により解体されにくい。ため、 S_t の減少量は S'_t より小さく、 S'_t と S_t の差は小さくなると考えられる。

図11に、 S'_t および S_t とフィード率 F の関係を示す。他の加工条件は、 $p=0.4\text{MPa}$ 、 $v=200\text{m/min}$ である。図より、 S'_t が大きいと、 S_t も大きい。また、 F を増すと、 S'_t は極大値を持つ変化を示し、 S_t は増加割合が減少するものの単調に増加し、 S'_t と S_t の差は小さくなる。これを次に考察する。 F が小さい場合、インターレース加工に必要な繊維量が不足するので、交絡角度は小さく⁴⁾、すべての交絡部の絡みは弱く⁵⁾、 S'_t と S_t は小さく、 S'_t と S_t の差は大きい。 F を2%に増すと、インターレース加工に必要

Fig. 10 Relation of entanglement strengths S'_t and S_t to supplied air pressure p ($F=1\%$, $v=200\text{m/min}$)

Fig. 11 Relation of entanglement strengths S'_t and S_t to feed ratio F ($p=0.4\text{MPa}$, $v=200\text{m/min}$)

な繊維量が充足し、交絡部の絡みが強くなるので、 S'_t と S_t は大きく、 S'_t と S_t の差は小さくなる。 F をさらに増すと、 S'_t と S_t はさらに増加するが、交絡部に含まれる繊維量が限界に近づくため増加の程度は減少すると考えられる。しかし、インターレース加工中の糸張力が低すぎて繊維が弛むために互いにぶつかり、繊維の相対位置変化が起りにくくなるので、交絡部の一部の絡みは弱くなる。この絡みの弱い交絡部を σ は解体して、 S'_t は減少する。ただし、絡みが弱くならなかった交絡部を解体することは困難なので、 S_t は単調に増加し、 S'_t と S_t の差はさらに小さくなると思われる。

図12に、 S'_t および S_t と糸速 v の関係を示す。他の加工条件は、 $p=0.4\text{MPa}$ 、 $F=1\%$ である。図より、 S'_t が大きいと、 S_t も大きい。 v の増加に従って、 S'_t と S_t は共に減少し、 S'_t と S_t の差は大きくなる。これは、 v の増加に従って、空気噴流が糸に作用を及ぼす時間が減少するので、交絡部の絡みが弱くなるためである。

また、図10～12より、糸種類によって、 S'_t および S_t は異なる。加工条件にかかわらず、 S'_t および S_t は、 Y_1 で大きく、次いで Y_2 である。 Y_1 と Y_2 は繊維数が同じであるが、 Y_1 の単繊維が太いので、繊維間摩擦力が大きいと考えられる。

4. 結 言

本研究では、糸に作用する動的荷重として周期的

Fig. 12 Relation of entanglement strengths S'_t and S_t to yarn speed v ($p=0.4\text{MPa}$, $F=1\%$)

な変動力を用い、糸に作用する張力の特性値を定義した後、インターレース糸の動的交絡強度と静的交絡強度の関係について検討した。結果を要約して次に述べる。

(1) 糸に作用する動的張力は、その平均値である静的成分と振幅である動的成分に分解することができる。静的成分は静的交絡強度に、動的成分は動的交絡強度と静的交絡強度の差に、それぞれ独立に影響する。

(2) 動的成分と糸に動的張力を掛ける作用時間を固定して、静的成分を増すと、動的交絡強度は静的交絡強度と同じ分布形を示し、その差は一定である。

(3) 静的成分と作用時間を固定して、動的成分を増すと、動的交絡強度は静的交絡強度を出発点として直線的に減少する。したがって、静的交絡強度とある1つの動的成分における動的交絡強度を測定するだけで、他の動的成分における動的交絡強度が求められることが示唆された。

(4) 動的成分と静的成分を固定して、作用時間を増すと、動的交絡強度は減少する。動的成分と静的成分が小さいほど、動的交絡強度に対する安定作用時間の最小限界値は小さい。

(5) 糸の使用工程完了時に交絡部が完全に消滅する条件は、動的成分と作用時間がある値以上の大きさを持つことである。

(6) 動的交絡強度は、作動空気圧の増加に従って極大値をとる変化を示し、フィード率の増加に従って単調に増加し、糸速の増加に従って単調に減少する。糸種類と加工条件にかかわらず、静的交絡強度が大きいほど動的交絡強度も大きい。作動空気圧とフィード率が大きい場合、糸速が小さい場合、動的交絡強度と静的交絡強度の差は小さい。また、単繊維が太い糸の動的および静的交絡強度は大きい。

参考文献

- 1) M. Ge, Y. Iemoto and S. Tanoue, J. Text. Mach. Soc. Japan (Japanese Ed), 52, T51 (1999)
- 2) M. Ge, Y. Iemoto and S. Tanoue, J. Text. Mach. Soc. Japan (Japanese Ed), 50, T209 (1997)
- 3) Y. Iemoto, S. Chono, K. Kasamatsu and W. Lou, J. Text. Mach. Soc. Japan (Japanese Ed), 45, T1 (1992)
- 4) M. Ge, Y. Iemoto and S. Tanoue, J. Text. Mach. Soc. Japan (Japanese Ed), 51, T175 (1998)
- 5) M. Ge, Y. Iemoto and S. Tanoue, J. Text. Mach. Soc. Japan (Japanese Ed), 51, T193 (1998)