単繊維の引掛強度に及ぼす単純引張破断伸度の影響

ナイロン6, ポリエステル, ステンレス鋼繊維について

信州大学 繊維学部 近 田 淳 雄 (会員)

“ 関 口 定

“ 美 齊 津 利 正 (“)

“ 白 樫 * 侃 (“)

The Effects of Tensile Breaking Strain on the Loop Strength of Single Fibers.

Nylon 6, Polyester and Stainless Steel Fibers.

Atsuo Konda, Sadamu Sekiguchi,

Toshimasa Misaizu and Kan Shirakashi,

Faculty of Textile, Shinshu University, Ueda-shi, Nagano-ken.

Abstract

The loop strength of single fibers and its ratio to the tensile strength were measured for some kinds of samples having different breaking strain, which had been prepared by stretching Nylon 6, Polyester and soft stainless steel fibers by various strain. Then the bending parts of Nylon 6 fibers in the loop tests were observed under an optical microscope, and their breaking ends after the tensile or loop tests were observed with a scanning electron microscope.

The effect of tensile breaking strain on the loop strength, and the breaking mechanism for fibers in the loop tests were discussed, and the following results were obtained :

(1) It is estimated from the microscopic observation that the rupture of fibers in the loop tests begins at the outer side of the bending part.

(2) The loop strength ratio for a sample is decreased with decreasing tensile breaking strain of the sample. Strictly speaking, the relation between the loop strength or its ratio and the tensile breaking strain is dependent upon the shape or characteristic values of the load-elongation curve in the tensile test.

(3) If it is assumed that the rupture of a fiber in the loop tests takes place at the region where the sum of the bending strain e_m and the tensile strain e_f has just reached the breaking strain e_B in the tensile test of the fiber, the decrease of breaking strain Δe (defined as the difference between the breaking strain e_B in the tensile test and the tensile strain e_f at the breaking point in the loop test) should be nearly equal to the bending strain e_m ($e_f \ll 1$). This bending strain e_m decreases with decreasing e_B , and the experimental equation $\Delta e = e_m = B e_B$ is obtained for the samples in this experiments, where B is 0.56 and 0.95 for Nylon 6 and stainless steel fibers respectively.

(4) Above results being approved, the loop strength can be estimated from the load-elongation curve, since the load at the point on this curve where strain is equal to $(e_B - \Delta e)$ should be the half of the loop strength.

(Received January 13, 1974)

摘 要

目 的 単純引張伸度の異なる単繊維 (主にナイロン, 参考としてポリエステル, ステンレス鋼繊維) を用いて, 引掛強度および強度比に及ぼす引張伸度の影響について実験考察し, さらに破断点および引掛試験時の湾曲部の顕微鏡観察により, 引掛破断機構についての考察を深めること。

成 果 (1) 引掛けによる破断は湾曲部外側から始まるものと考えられる。

(2) 引掛強度比は引張破断伸度の減少とともに低下する。厳密には, 引掛強度および強度比の引張破断伸度依存性は荷重—伸長率曲線の形によって変化する。

(3) 引掛けによる繊維の破断は, 湾曲部における曲げによる ひずみ e_m と繊維軸方向の引張ひずみ e_f との和が単純引張破断伸度 e_B に等しくなったとき起こると仮定すれば, 減少ひずみ $\Delta e = e_B - e_{f0}$ は曲げに伴う繊維湾曲部最外層の伸

*現在, 田中千代学園短期大学

ひずみ e_m に等しくなる。実験によれば Δe は e_B の減少とともに減少し、 e_B があまり大きくなければ $\Delta e \cong e_m \cong Be_B$ が成立する。本実験に用いたナイロン、軟質ステンレス鋼に対する B の値は、それぞれ 0.56 および 0.95 である。

(4) (3) の結果を利用すれば引掛強度は各試料の荷重伸長率曲線から求めることができ、引掛強度あるいは強度比を大きくあるいは小さくするには荷重伸長率曲線の形をどのようにすればよいかの有力な指針を得ることができる。(昭和49年1月13日受理)

1. はじめに

単繊維あるいは糸の結節強度および1本当りに換算した引掛強度は一般に単純引張強度に比較すると低下することが知られているが、これらに関連した報文は比較的少ない。著者の1人、近田はさきに一連の報告を行ない^{1)~3)}、各種単繊維の引掛けおよび結節強度が、単純引張りでの荷重伸長率曲線から推定できることを示すとともに、引掛角の影響についても検討を加えた⁴⁾。また引掛糸についても、引掛本数の影響、横圧の影響などについて実験考察を行なった²⁾。

引掛け、結節における単繊維の破断機構は非常に複雑であるが、既報ではかなり単純化して考え、湾曲部での曲げによるひずみと繊維軸方向の引張りひずみとの和が単純引張りにおける破断伸度と到達すると繊維は破断し始めるものと考えた。しかし、実際には湾曲部での繊維断面は圧力、その他のため変形し、曲げによるひずみの計算は困難である。また、曲げの影響は直線部にも及び、繊維軸方向の剪断によっても緩和され、幾何学的に計算した値より曲げによるひずみは小さくなり、この点に関する議論が不明確であった。この曲げによるひずみ、あるいは断面変形および緩和の程度は、繊維の種類のみならず、同種繊維でも引張破断伸度、弾性率などによって異なることが予想される。

本報では、これらの点を確かめるため、引張破断伸度の異なる単繊維の引掛強度を測定し、同時に顕微鏡下でも引掛点の繊維の湾曲状態および断面の変形状態を観察し、さらに切断後の試料の状態を観察し、引掛けによる繊維の破断機構について、実験考察を行なった。また引掛けにおける破断伸度は、引張り破断伸度より小さくなるが、このひずみ減少量は、既報の仮定が正しいものとすれば、曲げによるひずみにほぼ等しいはずであり、この点についても考察を進めた。なお比較のため軟質ステンレス鋼線についても伸度の異なる試料を作成し、同様な実験を試みた。

2. 用語の定義

e_f : 引張りによる繊維軸方向のひずみ

e_{m0} : 幾何学的に計算される曲げ

によるひずみ(湾曲部最外層)

e_m : 実際に生じている湾曲部最外層の曲げによるひずみ

e_B : 単純引張りによる破断伸度

引張破断伸度: 単純を強調する必要のない時、上記 e_B の意味で用いる。

引掛強度比: 通常引掛強度は2本分の強度を表わすことになるので、本研究では引掛強度比を次式により定義する。

$$[\text{引掛強度}/(2 \times \text{単純引張強度})] \times 100\%$$

減少ひずみ: $\Delta e = e_B - e_{f0}$

ただし e_{f0} は引掛破断時での e_f

3. 実験および考察

a. 試料

試料は、主として20d市販ナイロン6モノフィラメント、および直径0.2mm軟質ステンレス鋼線(以下軟質ステンレス鋼と記す)を所定のひずみ(表1)だけ延伸したものを使用した。

ナイロンの延伸は、手まわしの延伸機を用い、70°Cの温水中で行ない、試長は180mm、延伸速度0.5mm/secである。なお延伸後、空気中で放冷したのち、延伸機から取外した。軟質ステンレス鋼については20°C、60±5%RHの恒温恒湿室中で、テンシロンを用いて延伸し、試長は200mm、延伸速度は100mm/minで行な

表1 試料の引張強度

試料名	延伸(%)	繊維または直径	引張伸度(g)	標準偏差	引張強度 e_B (%)	標準偏差	弾性率(g/d)
市販6ナイロン	0	20d	94.1	3.7	41.3	4.1	28.9
	10		94.7	2.4	33.0	4.1	27.6
	20		105.0	2.6	24.2	2.7	31.1
	30		107.0	3.6	21.5	4.6	36.2
ステンレス軟質鋼線	0	0.201mm	2456	11.2	41.8	1.3	9800kg/mm ²
	10	0.192	2445		32.8		
	20	0.184	2445		21.6		
	30	0.178	2440		12.4		
	40	0.172	2432		4.4		

た。なおナイロンを温水中で延伸したのは、室温室気中では大きなひずみをセットできなかったからである。

b. 引張試験および実験条件

引張りおよび引掛強度の測定は、 20°C 、 $60 \pm 5\% \text{RH}$ の恒温恒湿室中において、表2の試験機および実験条件で行なった。

表2 試験機および実験条件

	引張試験機	試長	引張速度
ナイロン	テンシロンII型	40 mm	40 mm/min
軟質鋼線	テンシロンIV型	100 mm	100 mm/min

なお、試料は検尺器に50回巻き取ったものを数個所に等分して1グループの試料として用いた。

c. 湾曲部および断面形状の測定

顕微鏡により撮影した35 mm フィルムをニコン万能投影機のスクリーンに投影し、これをトレーシングペーパーに写して、後述の各値を測定した。

3.2 実験結果および考察

a. 引張破断伸度 e_B の異なる繊維の引掛強度

市販ナイロンを延伸して作成した各試料(表1)の荷重—伸長率曲線を図1に示した。延伸により与えたひ

図1 市販ナイロン6 延伸試料の荷重伸長率曲線

ずみが大きくなると強度および降伏応力が大きくなり、伸度 e_B は減少する。これらの各試料について引掛強度を測定すると 図2の破線のような荷重—伸長率曲線を示し、単純引張強度が大きく、引張破断伸度 e_B の小さい試料ほど引掛強度は小さくなる。なお実線は単純引張りの荷重—伸長率曲線であり、また引掛試験における荷重は半分にしている。

図3は、単純引張破断伸度と単純引張強度(三角印)および引掛強度/2との関係を示す。この図には示していないが、破断伸度 e_B がさらに大きくなると、単純引張強度と引掛強度/2とはあまり差がなくなり単純引張

図2 単純引張りと引掛試験における荷重—伸長率曲線の比較

強度の方が小さくなる場合も現われる。これを引掛強度比に直してプロットすれば、図4丸印ようになる。図3, 図4とも、棒のついている丸印は同じ会社の6ナイ

図3 単純引張破断伸度と単純引張強度および引掛強度との関係(ナイロン6)

図4 各種繊維の単純引張伸度と引掛強度比との関係

ロンであるが、破断伸度のやや小さい試料を延伸して作成した試料についての結果である。図4黒丸は別の会社の未延伸6ナイロンを延伸して作った試料であり四角は同様に作成したポリエステルについての結果であ

る。二重丸は市販6ナイロンそのままの試料である引掛強度比は必ずしも引張破断伸度のみに依存する訳ではないが、同一原糸の延伸試料では、単純引張破断伸度の減少とともにほぼ直線的に引掛強度比は低下する。

なお、図2を見れば分るように、この関係を満足するには、引掛試験における破断が降伏点付近より原点に近いところで起こる場合であり、図4黒丸のように引張伸度が70%もある試料では、引掛試験においても降伏点以後で破断し、上記直線関係から外れている。また、ポリエステル繊維のようにヤング率が大きく、荷重-伸長率曲線の立上りが急で、かつ降伏点以後の傾斜が小さく引張強度はナイロンと同程度であれば、上記直線関係は左側に現われ、かつ傾斜が急になる。

要するに、単純引張破断伸度 e_B が、ナイロンでは約40%以上、ポリエステルでは約30%以上の試料では、引掛強度比の e_B 依存性は小さく、この伸度依存性が小さくなる伸度は降伏ひずみ(1次)の大きなものほど大きい。すなわち、引掛強度比の単純引張破断伸度依存性は荷重・伸長率曲線の形によって変化する。

比較のため軟質ステンレス鋼を延伸して作成した各試料(表1)の荷重-伸長率曲線を図5に、引掛強度比を図4×印で示した。またこれら試料の引掛試験における破断点(引掛強度/2)を図5の荷重-伸長率曲線上に×印で示した。この場合も、引張破断伸度 e_B の減少とともに引掛強度および強度比は低下するが、ナイロンと異なり、 e_B がかなり小さくなるまで、引掛強度比はあまり低下しない。両者の破断機構に相違があることを示す。

図5 あらかじめ延伸した軟質ステンレス鋼繊維の荷重伸長率曲線(数字は延伸ひずみ)

b. 引掛けによる繊維の破断状態

単純引張りおよび引掛けにより破断した市販ナイロン延伸繊維の顕微鏡写真を図6に、破断しないで残った繊維の湾曲部の写真を図7に示した。

0%延伸試料の単純引張では、繊維軸に直角に、比較的滑らかに破断は進行し、ここには示していないが、一

部は斜めに破断している。30%延伸試料では繊維軸方向に亀裂が入るものが多く、凹凸が多くなり、かなりフィブリル化していることを示す。

引掛けによる破断では、0%延伸試料の破断点は湾曲部の中央、または、やや外れたところにあり、30%(引掛強度比の小さいもの)延伸試料の破断点は大部分、湾曲部の中央付近にある(詳細は次報にゆずる)。また、ここには示さなかったが、引掛強度比が大きいもの(およそ90%以上)では、湾曲部以外で破断するものも現われる。引掛けによる破断の状態は単純引張りとは異なり複雑であるが、破断は曲げの外側から開始しているように思われる。

30%延伸試料では多くの試料について図7に示したような、くさび状の窪みが曲げの外側に観察された。

なお付録に、ナイロン テグス(市販ナイロン10~20%延伸試料に近い物性値を持つ)破断部の走査電子顕微鏡写真を示したが、単純引張りの破断に見られる扇状の破断開始点が引掛けによる破断点にも見られ、破断開始の機構については、両者の間に基本的な相違はあまりないものと思われる。また、この扇状の破断開始点は曲げの外側にあることがわかる。

軟質ステンレス鋼破断部の顕微鏡写真を図6(ハ)に示した。単純引張りでは、剪断による斜め方向の破断面が観察され、すでに単純引張りの破断機構がナイロンとは異なることを示す。引掛けによる破断面は、この写真ではよくわからないが、くびれの端は単純引張りと同様な破断面を示す。付録の走査電子顕微鏡写真でも不純物などを含む金属の延性破壊に特徴的な蜂巣状の多数の空洞が、単純、引掛けともに破断部で観察される。

c. 顕微鏡による湾曲部の観察および曲げによる幾何学的ひずみ e_m

引掛試験における試料湾曲部の顕微鏡写真を図8に示した。(a)は市販ナイロンであり、(b)は30%延伸試料である。また、1は荷重の小さいとき、2は中程度の荷重、3は切断直前の写真であるが、(b)の2、3では湾曲部の外側に亀裂が入っている。この現象はすべての場合に観察される訳ではないが、引掛けの場合、曲げの外側から破断が開始することはほぼ間違いないと思われる。

湾曲部における繊維断面の形はかなり変形し、半円とまではいかないが、外側はほぼ直線状になっている。この繊維のつぶれが強度に対してどのように影響するかを調べる目的で、引掛試験後、切断しなかった方の繊維の強度を測定すると表3のようになり、合繊ではそれほど低下していない。ポリエステル繊維について、引掛試験後、破断しないで残った25本の繊維を単純引張により破断させたところ、12本は引掛試験の際生じた変形部以外で破断し、13本は引掛けによる変形部で破断したこの結果は、横方向の圧縮により残された変形そのもの

(イ) 市販ナイロン6

(ロ) 30%延伸処理ナイロン6

(ハ) 軟質ステンレス鋼

(a) 引張り

(b) 引掛け

図6 単純引張り(a)および引掛け(b)により破断した繊維の顕微鏡写真

50%

50%

図7 引掛け試験後、破断しないで残ったナイロン6繊維の顕微鏡写真

表3 引掛け試験後、破断せずに残った試料の引張強度

試料名		引張強度 (g)	引張伸度	引掛強度比	引掛試験後 引張強度(g)
6 ナイロン	市販(0%)	94.8	40.9	79.8	82.6
	30%延伸試料	111.2	20.2	50.5	106.8
ポリエステル		66.8	23.6	87.6	68.8(a)
					55.5(b)
軟質ステンレス鋼	市販(0%)	2402	42.0	73.9	960
	42%延伸試料	2410	3.6	59.2	—(c)

注) (a) 引掛けによる変形部以外で破断した12本の平均
 (b) 引掛けによる変形部で破断した13本の平均
 (c) 折れ曲がった試料を直線状にする段階で破断

は強度に対して大きな影響を及ぼさないことを示す。しかし、実際の引掛試験のときは横圧が加わっており、応力状態が異なるので、検討すべき点が多く残されている。

いま、引掛点における繊維の湾曲および断面の変形状態を模式的に示すと図9のようになるが、ナイロン延伸試料について、なるべく破断に近い状態での顕微鏡写真から R_1 , R_2 , D_0 , D_1 を測定し、各試料の引張破断伸度 e_B に対してプロットすると、図10が得られる。なお D_1 は $PQ/2$ として求めた。

中立軸の曲率半径 ρ の決定は困難であるがここでは $\rho_n = (R_1 + R_2) / 2$ として示してある。また、 $e_{m0} = D_1 / 2\rho_n$ として純幾何学的な曲げによる ひずみ e_{m0} を計算し×印で示したが、引張伸度が変化しても、あまり変化しない。

なお 軟質ステンレス鋼の場合は、ナイロンのように曲げの外側が扁平になるようなことはない。ステンレス鋼では弾性回復が少ないので、ほぼ引掛時の状態と同じ形を保ち、片方の繊維により生じた凹みが観察される。

d. 減少ひずみ Δe , および破断機構

既報^{1),4)}と同様に引掛けにおいては、湾曲部における曲げによる ひずみ e_m と繊維軸方向の引張りひずみ e_f (=直線部の ひずみ) との和が、単純引張りにおける破断伸度 e_B に等しくなると破断が始まるものと仮定する。湾曲における ひずみ e は次式で表わされる。

$$e = e_f + e_m(1 + e_f) \dots\dots\dots (1)$$

破断時には仮定により $e = e_B$ であり、

$$e_B = e_{fb} + e_m(1 + e_{fb}) \dots\dots\dots (2)$$

となる。上式における e_{fb} は、引掛試験における直線部の断破時の ひずみ、すなわち引掛試験での破断ひずみにほぼ等しい(湾曲部の長さに比べて試長が非常に大きいとき)。

したがって $e_B = e_{fb} + e_m(1 + e_{fb})$ は、引掛けの場合単純引張りに対しどの程度破断ひず

図8 引掛試験における湾曲部の顕微鏡写真
(a)市販ナイロン6；(b)(a)をあらかじめ30%延伸したもの

図10 湾曲部断面形状の特性値(図9)および幾何学的な曲げによるひずみ

となり、また $e_{fb} \ll 1$ のとき(2)式から直接 $\Delta e \cong e_m$ (4)

となる。以後 Δe を減少ひずみと称する。

減少ひずみ Δe は e_B と引掛破断伸度 e_f との差として求められるが、繊維が太い場合など、 e_f は必ずしも引掛試験で記録紙上に記録される破断伸度と等しくはない。

図13(a)に示したように、各試料の荷重・伸長率曲線上に、それぞれの試料の平均引掛強度の1/2の点、 P, P' などを定め、この点の伸度を引掛伸度 e_{fb} として、減少ひずみ Δe を求めた。

このようにして求めた各試料の減少ひずみ Δe を各試料の単純引張破断伸度 e_B に対してプロットすれば、図11が得られ、 e_B の小さいものほど Δe は小さくなる。したがって(4)式 $\Delta e \cong e_m$ からは、 e_B の減少により e_m はほぼ直線的に減少していることになる。

一方、幾何学的に計算される曲げによるひずみ e_m は図10に示したように、 e_B の減少とともに、わずかに低下するが、あまり変化しない。実際には、配向繊維の弾性率は異方性であり、これらについての実験考察を試みないと、中立軸についての議論は不可能であるが、図8の横断面の形から考えると、中立軸の曲率半径は $\rho_n = (R_1 + R_2)/2$ より大きくなることが予想される。さらに図9のA点で直線部分が湾曲部に入り込み、せん断によっても、曲げによるひずみ e_m は緩和される。したがって

$$e_m = \epsilon e_{m0} (\epsilon < 1) \dots\dots\dots (5)$$

とおくことができ、 ϵ はせん断、中立軸移動その他に

みが減少するかを表わし、 $e_{fb} \ll 1$ のときは、曲げによるひずみ e_m に等しくなる。

$e_B - e_{fb}$ を Δe で表わし、(2)式から求めた e_f を代入すれば、

$$\Delta e = e_B - e_{fb} = e_m (1 + e_B) / (1 + e_m) \dots\dots\dots (3)$$

よる e_m の緩和の程度を表わすことになる。また 実験により得られた ϵ の値には、厳密には横圧力、応力集中などの影響も含まれているのであろう。

図11の結果から、 Δe と e_B との関係を直線で近似すれば

図11 減少ひずみと単純引張破断伸度との関係
○, ●: ナイロン; 6×: 軟質ステンレス鋼

$$\Delta e = A + B e_B \quad (6)$$

となり、実験結果をよく一致するように A, B を定めれば、 $A \approx 0$ 、 B はナイロンで0.56、軟質ステンレスで0.95となる。

市販ナイロン延伸試料の場合、 $e_f \ll 1$ とおけるから

$$\Delta e \approx e_m = 0.56 e_B \quad (7)$$

$$\epsilon = e_m / e_{m0} = (A + B e_B) / e_{m0} \quad (8)$$

$$= 0.56 e_B / e_{m0} \quad (9)$$

となり、図10の実験結果から、 $e_{m0} = 0.45$ として計算すれば

$$\epsilon = 1.25 e_B \quad (10)$$

で表わされる。

B の値は曲げ剛性の大小などに関係すると思われるが軟質ステンレス鋼の B の値が大きいのは、大変形では永久変形を生じやすいためであると考えることができる。

またナイロンの場合 e_B とヤング率 E との関係は図12のようになり、近似の程度は悪いが、ほぼ直線的に変化する。したがって (7), (10)式は

$$\Delta e \approx e_m = a - b E \quad (7')$$

$$\epsilon = a' - b' E \quad (10')$$

と表わすこともできる。ただし a, a', b, b' は定数である。しかし、具体的な a, b などの値、その他詳細な議論は、現在のデータでは不十分であり、今後の検討に待ちたい。

なお、 e_B の減少による $\Delta e (\approx e_m)$ の減少は、いろいろな因子が重なり合って生じていると思われるその中の一つとして、次のようなことが考えられる。降伏点以降の伸びが大きいものでは永久変形を生じやすく曲げによるひずみが局部的に発生することが可能であるが、 e_P が

図12 ナイロン6のヤング率と単純引張破断伸度との関係

小さいものでは弾性変形の割合が大きく、曲げによる応力は直線部に伝達され、なるべく緩和して小さくならうとする。このとき、 e_B の小さい試料ほどヤング率は大きく、一方 剛性率はあまり変化していないので⁵⁾、曲げによる ひずみは せん断によって緩和されやすくなる。

e. 荷重—伸長率曲線の形と引掛強度および引掛強度比との関係

以上の結果を総合すれば、単繊維の引掛強度は、図13(a)に示したように荷重—伸長率曲線から求めることができ、引張りによる破断点から $\Delta e \approx e_m$ だけ ひずみの小さい点 P の荷重の2倍となる。したがって、本実験に

図13 荷重、伸長率曲線と引掛強度/2 (a), (b)および引掛強度比(c)との関係を表わす模式図

用いた試料のように $e_m = Be_B$ で表わされる場合には、荷重—伸長率曲線を ひずみ軸の方向に伸縮し、単純引張破断伸度を1として曲線を画けば、図13(b)の P, P' 点が引掛強度/2になり、ナイロンの場合、 $B=0.56$ である。

また 強度、伸度ともに1となるように荷重—伸長率曲線を画けば、図13(c)の P, P' 点の荷重は引掛強度比を表わすことになる。

したがって、 P 点のように引掛強度比の大きな試料を作るには 降伏応力が大きく、降伏点以後の伸びも大きく、降伏点以後の傾斜はなるべく小さくなるようにすればよい。 P' のように引掛強度比の小さな試料を作るには 降伏点(ナイロン、ポリエステルでは2次降伏点に相当)以後、荷重—伸長率曲線が立上ったままの状態破断するようにすればよい。

なお、以上の説明は 断面が円形と仮定できる繊維についてのものであり、異形断面糸については若干の修正を加える必要がある。

4. まとめ

以上、主としてナイロン、参考としてポリエステル、軟質ステンレス鋼繊維などを延伸して単純引張破断伸度 e_B の異なる試料を作成し、引掛強度および強度比に対する e_B の影響について実験考察した。また 同時に引掛点における試料の湾曲状態、試料の破断状態を光学顕微鏡および走査型電顕を用いて観察し、次の結果を得た

- (1) 顕微鏡による観察結果は、引掛試験における繊維の破断は湾曲部の外側から開始することを示唆する。
- (2) 引掛けによる繊維の破断は、湾曲部における曲げによる ひずみ e_m と繊維軸方向の引張りひずみ e_f との和が、単純引張破断伸度 e_B に等しくなったとき起こると仮定し、かつ、引張伸度 e_B と引掛破断時における繊維軸方向の引張りひずみ e_f との差を 減少ひずみ Δe と定義すれば、 $e_f \ll 1$ のとき $\Delta e = e_m$ と考えることができ、 e_B の減少とともに Δe も減少する。

実験に用いた試料では $\Delta e \cong e_m \cong Be_B$ (B は定数) で

表わされ、ナイロン、テン軟質ステンレスに対する B の値は、それぞれ 0.56 および 0.95 である。なお、この関係は、引張伸度の大きなところでは成立しない。

(3) 近似の程度は悪いが、ナイロンのヤング率 E は e_B の減少とともに ほぼ直線的に減少するので $\Delta e \cong e_m = a - bE$ と表わすこともできる。しかし、中立軸の移動、横圧力の影響なども含めて さらに実験考察を進めないと、詳細な議論はできない。

(4) 引掛強度比は e_B の減少とともに低下する。なお引掛強度および強度比の e_B 依存性は、各試料の荷重—伸長率曲線の形 あるいは 強伸度、ヤング率、降伏点曲線の傾斜などの特性値によって変化する。

また 荷重—伸長率曲線そのもの あるいは 荷重—伸長率曲線の特性値から、引掛強度および強度比を推定することができ、この結果は引掛強度を大きく、あるいは小さくするにはどのような延伸・熱処理を行なうべきかの有力な指針となる。

(5) 軟質ステンレス鋼の引掛破断機構は 合繊とはやや異なると思われるが、 Δe と e_B との関係はナイロンと同様な結果となった。

おわりに、ステンレス鋼繊維をご恵与下さった日本精線株式会社、ならびに走査型電顕写真の撮影にご協力いただいた 繊維高分子材料研究所 中野詔彦、岸野正信の両氏に深く感謝いたします。

(付記) 本研究は昭和47年5月の繊維学会年次大会において発表したものの一部をまとめたものである。

文 献

- 1) 近田, 小山; 織工試研究報告, No. 56, 17 (1961)
- 2) 近田, 小山, 我妻; 織工試研究報告, No. 59, 17 (1961)
- 3) 近田, 小山, 我妻; 織工試研究報告, No. 62, 25 (1962)
- 4) 近田, 石川, 白樫; 織機誌, 25, T65 (1972)
- 5) R. Meredith; J. Text. Inst., 45, T 489 (1954)

付 録

A (150×)

A (500)

B (150×)

B (500×)

図1 引掛けにより破断したナイロン テグスの走査電子顕微鏡写真

A (150×)

A (500×)

B (150×)

B (500×)

図2' 引掛けにより破断した軟質ステンレス繊維の走査電子顕微鏡写真