よこ編み地のたて方向引っ張り特性*

(昭和41年 8 月18日受理)

清	水	保	昭**
池	村	貞	雄
田	畑	昌	顕
宇	野		稔

——→ 摘 要 ←——

目 的

よこ編み地のたて方向引っ張り挙動を解析するため、簡単なループ模型を仮定し、力の釣合いより荷重と伸長の関係を導く。また実際に編み地を引っ張り、理論曲線と比較し検討を加える。

結 果

- 1) 3 個の円が互いに相接する平面モデルを考え、荷重 P と伸び ε とを θ をパラメータとする式として導いた。
- 2) 一般に糸自身の伸びは無視できるので、 n 個のループよりなる編み地に対し、ループ 1 個当りにかかる荷重と編み地伸びは

$$P = 2 E I F_0(\theta) / h_0^2$$

$$\varepsilon = \frac{10.472 \{ n g(\theta) - n + 1 \}}{(1 + 2.732 n) f(\theta)} - 1$$

をうる。ただし $E I$ はループを構成する糸の曲げ剛性、 h_0 はループの初めの高さを表わす。

- 3) 糸をループ状に曲げ、 $E I$ を測定する実験法を確立し、同時に糸のばね定数 k も実測した。
- 4) これらを理論式に入れ、実測の引っ張り曲線と比較し、よい類似性のあることを示した。
- 5) ループが理想モデルに近いが、またずれていてもループの重なり部分や角度 θ を考慮すると、理論と実際はよく一致することを示した。

1. 結 論

メリヤスは織物にくらべ伸縮に富んでいるので、着心地のよい衣服を作るのに適している。しかしその構造が糸の複雑な変形によって作られているので、荷重に対する挙動を解析することは、かなり困難である。

しかるに、最近はいろいろの合成繊維があらわれ、とくにバルキーな糸も使用されるので、どのような糸を用いたら、メリヤス編み地に所望の性質を持たせ得るかの研究は、ますます必要になった。本報告はこの方面への試みの 1 つとして、よこ編み地のたて方向伸長特性をモデルにより考察してみた。

ループのモデルについてはすでにいろいろの提案があり、もっとも簡単なものは Chamberlain による第 1 図のモデルである。しかしこれはループ長 $l = 16.7 d$

(第 1 図) Chamberlain のモデル

* The Walewise Load-extension Properties of Weft-Knitted Fabrics.

** Y. Shimizu, Member, S. Ikemura and M. Tabata, Member. 東洋レーヨン(株), M. Uno, Member. 京都工芸繊維大学

(d = 糸直径) という制限があり, また三次元的なループを平面で表わしている欠点がある. よって Peirce はこのモデルをコース方向に軸をもつ円筒にまきつけ, 三次元とした²⁾. しかし, これはループにそうトルクに不連続があるという大きな欠点があるので, Leaf は棒がバックルして生ずる弾性曲線を円筒にまきつけてループを代表させた³⁾. これは湿潤弛緩した編み地の幾何学的性質, すなわち in 間コース数やウエール数とループ長との関係にはうまく当てはまった. しかし, さらに湿潤弛緩した編み地にも乾燥弛緩したのものにも適用できるように, 円筒にまきつけずに正弦曲線にまきつけ, ここに幾何学的関係式としてはほぼ最終の数式を与えた.

しかし式が複雑であるので, ループを引っ張ったときの荷重と伸びの関係をこの式より導くことは困難である. また Cook は, ループが伸びたときは円弧と直線よりなると仮定し, さらに平面図形であるとして荷重伸び式を導き, たて編み地によく一致する結果を得た. したがって本報文でも, 多少の欠点はあるがまず第 1 手段として, よこ編み地のループを円弧と直線よりなる平面図形と考え解析を行なった.

2. ループの荷重と伸びの理論式

よこ編み地を構成するループの 1 つを第 2 図に示す. この場合糸の太さはないとし, ループの根本で他のル

(第 2 図) ループの初めの形状

プに対して糸がすべっても条件に影響を与えないように, シンカー ループの中央 E から, つぎのシンカー ループの中央 F までを考える. また荷重を受けないときは, ループは完全に弛緩して, 図のように互いに同じ 3 個の円が 1 平面上で相接しているとする. したがって

$$\text{ループの高さ } h_0 = 2R + 2R \sin \varphi$$

ただし, R は円の半径である. また

$$2R \cos \varphi = R$$

より $\varphi = 60^\circ$ を得るので

$$h_0 = 3.732 R \quad \dots\dots\dots (1)$$

また, ループ全長を L とすれば

$$L = 2\pi R + 4R\varphi = 10.472 R \quad \dots\dots\dots (2)$$

このループが, たて方向に荷重 P を受けて変形したときは, 第 3 図のように半径 r の円と, その間を結ぶ傾き

(第 3 図) ループの伸びたときの形状

θ の直線になったと仮定する. (注 1). また, ループの頂点での曲げモーメントを M , その曲率半径を r とすると (注 2), 直線部の中点 N では対称の理により, 曲げモーメントは 0 である. よって N 点まわりの線分 ACN の曲げ釣合いより (注 3)

$$M = \frac{P}{2} \cdot \frac{r}{2}$$

一方, 糸の弾性係数を E , 断面の慣性モーメントを I とすれば, $M = EI/r$ であるから

$$P = 4EI/r^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

引っ張り荷重によるループの伸びは, ループの変形と糸の伸び δ の和と考えれば

$$L + \delta = 2 \times \text{曲線}(ACNDE) \quad \dots\dots\dots (4)$$

第 3 図より, 図形的に

$$\text{右辺} = 2\pi r + 4r\theta + 2[h - 2(r + r \sin \theta)]/\cos \theta$$

ただし, ウエール間隔より

$$r = 2r(1 - \cos \theta) + [h - 2(r + r \sin \theta)] \tan \theta \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\therefore \text{右辺} = rf(\theta) \quad \dots\dots\dots (6)$$

ただし

$$f(\theta) = 2\pi + 4\theta + 2 \frac{2 \cos \theta - 1}{\sin \theta} \quad \dots\dots\dots (7)$$

糸の引っ張りによる伸びを求めるに当たり、簡単にフックの法則に従う範囲を考える。よって、考える点が第3図のAC間にある場合は

$$\text{糸軸方向の引っ張り分力} = \frac{P}{2} \sin \psi$$

よって、微少部分 $rd\psi$ の伸びは

$$\Delta \delta = \frac{P}{2} \sin \psi \, rd\psi / k$$

ただし、 k は一般に P/δ で示されるばね定数を、単位長さ引っ張ったときの値に換算したもので、糸の断面積を A 、測定試長を l とすれば

$$k = Pl/\delta = EA \quad \dots\dots\dots (8)$$

で表わされる。

よってAC間の全伸びは

$$\delta_1 = \int_0^{\frac{\pi}{2} + \theta} \frac{P}{2k} \sin \psi \, rd\psi = \frac{Pr}{2k} (1 + \sin \theta)$$

線分CD間の伸びは

$$\delta_2 = \frac{\frac{P}{2} \cos \theta}{k} \frac{h - 2(r + r \sin \theta)}{\cos \theta} \\ \stackrel{(5)}{=} \frac{P \cos \theta \, r (2 \cos \theta - 1)}{2k \sin \theta}$$

よって、引っ張りによる全伸びは

$$\delta = 4\delta_1 + 2\delta_2 \\ = \frac{Pr}{k} \frac{2 + 2 \sin \theta - \cos \theta}{\sin \theta} = \frac{Pr}{k} g(\theta) \quad \dots\dots\dots (9)$$

ただし

$$g(\theta) = \frac{2 + 2 \sin \theta - \cos \theta}{\sin \theta} \quad \dots\dots\dots (10)$$

(2), (4), (6), (9) 式より

$$10.472 R + \frac{Pr}{k} g(\theta) = r f(\theta)$$

$$\therefore r = \frac{10.472 R}{f(\theta) - \frac{P}{k} g(\theta)} \quad \dots\dots\dots (11)$$

(3) 式に入れて

$$P = \frac{4EI}{(10.472 R)^2} \left\{ f(\theta) - \frac{P}{k} g(\theta) \right\}^2$$

ただし、この式では初期のループ形状 ($\theta = 60^\circ$) で $P = 0$ とならない。これは注に示したように仮定にやや無理があるためである。これを修正するため、 $\theta = 60^\circ$ における f の値を引き、同時に (1) 式を入れると

$$P = \frac{2EI}{h_0^2} F(\theta) \quad \dots\dots\dots (12)$$

ただし

$$F(\theta) = \frac{2 \times 3.732^2}{10.472^2} \left[f(\theta) - f(\theta = 60^\circ) - \frac{P}{k} g(\theta) \right]^2 \quad \dots\dots\dots (13)$$

一方、伸びたときのループの高さ h は (5) 式より

$$h = rg(\theta) \quad \dots\dots\dots (14)$$

よって、たて方向のひずみ ε は、(1), (11) 式より

$$\varepsilon = (h - h_0)/h_0 = H(\theta) \quad \dots\dots\dots (15)$$

ただし

$$H(\theta) = \left[\frac{10.472}{3.732} g(\theta) / \left\{ f(\theta) - \frac{P}{k} g(\theta) \right\} \right] - 1 \quad \dots\dots\dots (16)$$

よって、ループの荷重、伸び曲線は θ をパラメータとして、(12), (14) 式より求められる。

3. 理論式の変換

3.1 編み地への応用

以上の理論式では1ループの伸びのみについて考えた。実際は多くのループが集まって編み地を作るから、つぎに1ウエール方向に n 個のループよりなる編み地の伸びについて考える。この場合、1つ前のニードルループの曲率半径の中心は、考えているループの起点 E 、 F (第3図) を結ぶ線分の中心 M にあると仮定する。よって

荷重 $P = 0$ するときの編み地長さ H_0 は

$$H_0 = n h_0 - (n-1) R$$

荷重 P するときの編み地長さ H は

$$H = n h - (n-1) r$$

よって、 n 個のループよりなる編み地の荷重 P に対するたてひずみ ε は

$$\varepsilon = \frac{H - H_0}{H_0} \\ = \frac{10.472 \{ n g(\theta) - n + 1 \}}{(1 + 2.732 n) \left\{ f(\theta) - \frac{P}{k} g(\theta) \right\}} - 1 \quad \dots\dots\dots (17)$$

ここで $n \rightarrow \infty$ とすれば

$$\varepsilon_\infty = \frac{10.472 \{ g(\theta) - 1 \}}{2.732 \left\{ f(\theta) - \frac{P}{k} g(\theta) \right\}} - 1 \quad \dots\dots\dots (18)$$

となる。(18) 式は (16) 式と一致するはずであるが、実際は (18) 式のほうがかなり大きい値を示している。これは (16) 式が糸がずれても無関係な原点を用いたのにくらべ (18) 式が糸のずれを考えに入れているためと思われる。したがって実際の編み地には (17) 式のほうが適当である。

3.2 糸の伸びの無視

荷重あるいは伸びを示す (12), (17) 式には、右辺に

糸の伸びの影響を示す P/k の項が入っている。したがって使用する糸が何であるかを定めないと解くことはできない。しかし後述するように P/k は一般に $f(\theta)$ にくらべ非常に小さいので、これを無視しても差し支えない。たとえば、ナイロンモノフィラメントの平編み地 ($n=50$, $h_0=0.17$ cm, $k=1110$ g, $EI=0.0061$ g $\cdot$ cm 2) について、糸の伸びを入れたときと入れないときとの (17) 式の計算を示すと、第4図のようになる。

(第4図) たて編みとよこ編みの比較

したがって、一般に糸の伸びを無視すると、よこ編み地のたて方向引っ張りに対しては

$$P = \frac{2EI}{h_0^3} F_0(\theta) \quad \dots\dots\dots(19)$$

$$F_0(\theta) = \frac{2 \times 3.732^2}{10.472^2} [f(\theta) - f(\theta = 60^\circ)]^2 \quad \dots\dots\dots(20)$$

$$\epsilon = \frac{10.472 \{ng(\theta) - n + 1\}}{(1 + 2.732n)f(\theta)} - 1 \quad \dots\dots\dots(21)$$

が成立する。

3.3 たて編み地との比較

糸の伸びを無視すると、Cook⁴⁾ らがたて編みに対して与えた引っ張り挙動を示す

$$P = \frac{2EI}{h_0^3} F'(\theta) \quad \dots\dots\dots(22)$$

と直接比較することができる。ただしこの場合 (21) 式

で $n=\infty$ として比較した。結果を第4図に示す。たしかに、よこ編み地はたて編み地に対してよく伸びる。また最終伸びは、たて編みでは 27.5% であるが (21) 式では 91.7% となり、3 倍近く伸びている。

4. EI , k の測定

理論式が実際とどれほどよく一致するかを調べるため、式中に表われる EI , k をまず第1表の試料について、第5図の装置で測定した。

(第5図) 曲げ剛性測定装置

図において、試料4は十分弾性を保持しうる程度の小さいリング状に曲げ(直径 10~18 mm), そのままの状態を維持できるように合わせ目をごくわずかの接着剤で固着する。この合わせ目をほそい針金2の先端フック3にかけ、試料がゆれないようにわずかの接着剤でとめる。ループ面が読み取り顕微鏡6の光軸と垂直になるように、取り付け棒1, 針金2を動かして調整する。ループの下端5に細鉄線(質量 1 mg) よりなる重錘を順次かけ、荷重 P と、ループの水平方向の直径減少量 $2x$ を読みとる。 P と x の関係が直線であることをグラフ上で確かめたうえで

$$EI = 0.547 \times \frac{R^3}{8} \times \frac{P}{x}$$

より EI を求めた。ただし

(第1表) 測定に使用した試験糸

番号	種類	材質	合計 (Den.)	内 訳
1	フィラメント	ナイロン	30	6フィラメント 12 tpm セミダール
2	フィラメント	テトロロン	50	24フィラメント 12 tpm ダール
3	紡績糸	トレロン	187.5(1/48)	18 tpi 70 mm カット
4	テグス(モノフィラメント)	ナイロン	76.5	1フィラメント
5	テグス	ナイロン	346	4フィラメント 510 tpm ヒートセット

(第2表) EI と k , E 比較表

試料 番 号	実 測 値		計 算 値			E の 標 準 値
	EI ($\times 10^5$ g cm ²)	k (g)	E_1 ($\times 10^5$ g/cm ²)	I ($\times 10^{-10}$ cm ⁴)	E_2 ($\times 10^5$ g/cm ²)	E_3^* ($\times 10^5$ g/cm ²)
1	40	910	310	0.113	357	200 ~ 450
2	140	4300	1070	0.054	2570	1100 ~ 2000
3	240	3100	170	0.401	600	—
4	610	1110	150	4.416	140	200 ~ 450
5	6600	4140	122	23.835	276	—

* 文献 6) による

 R = リングの半径

第2表の左端の EI はこのようにして求めた4回の計測値の平均を示す。

同表の k は、試料を1昼夜デシケータ中に放置してのち、テンシロン引っ張り試験機で、測定試長5cm、引っ張り速度5cm/minで求めた3回の平均値を示す。

次項の E_1 は、糸番号より求めた断面積 A で、上の k を割った値、 I は構成単繊維1フィラメントの I を求め、構成フィラメント数を乗じて求めた値である。よってモノフィラメントについては I は正しいが、他の糸については誤差が多い。 E_2 はこのようにして得られた I で、実測の EI を割ったものである。

E_1 と E_2 を比較すると第3表のようになる。 $E_2/E_1=1$ とならずちらばる理由は、ループ法で EI を測定すると各繊維間には摩擦抵抗が働くが、 E_2 の計算はそれを見視した I を用いたためである。そのためフィラメント数

(第3表) E_1 と E_2 の比較

試料 No.	1	2	3	4	5
項 目					
E_2/E_1	1.15	2.40	3.53	0.93	2.26
フィラメント数	6	24	63	1	4
より数 T/M	12	12	710	0	510

の多い糸ほど E_2/E_1 は大きく、またより数の多い糸ほど比の値はふえる。

いずれにしても、従来一般に信用されている⁵⁾ E と大差ない値がループ法で得られているので、糸の剛性 EI を求めるには、ループ法は十分信用できると思われる。

5. 編み地の引っ張り試験

前述の試験に用いた糸を使って、第4表の条件でよこ平編み地を作った。これをたて10cm、よこ2.5cmの試料に切断し、5cm間のコース数、2.5cm間のウェール数をかぞえる。つぎに試長5cm、引っ張り速度5cm/minで、テンシロン引っ張り試験機により強伸度曲線を描き、3試料の平均を求めた。またループの高さ h_0 は、編み地を万能投影器で50倍に拡大して求めた。

実測曲線と(19)、(21)式に EI 、 k 、 n を入れHIPAC電子計算機により求めた P 、 ε 曲線とを比較して第6図に示す。実線が実測曲線、点線が理論値、×印が編み地を一度軽くたて方向に引っ張り放縮したもの(2回引っ張り)を示す。

この図をみると、理論値と実測曲線の傾向はよく一致している。とくにC(トレロン1/48)では両者ともほとんど一致している。これは第7図の編み地模写図よりわ

(第4表) 試験したよこ編み地

番 号	試料糸 の番号	編 成 条 件			コース数 (個/5cm)	ウェール数 (個/5cm)	コース数** ウェール数	ループの 高さ h_0 (mm)
		編 み 機 *	給糸張力 (g/本)	給糸速度 (m/min)				
A	1	34G シームレス編み機	2.5	250	92	46	2.00	1.2
B	2	34G シームレス編み機	3	250	64	80	0.800	1.2
C	3	24G シンカー台丸	4	60	50	40	1.25	1.7
D	4	18G シンカー台丸	4	66	50	46	1.09	1.7
E	5	14G 手動よこ	給糸張力 8g/本 ループ長 4mm***		50	44	1.14	1.5

* いずれも1口給糸

** 第2図のコース数/ウェール数=0.73

普通の編み地での経験値は コース数/ウェール数=5/4=1.25

*** スリットゲージ B-6 を使用

(第6図) 編み地の荷重—伸長曲線

A: ナイロン
フィラメント 30 D-6 F
B: テトロン
フィラメント 50 D-24 F
C: トレロン
100 D-48

D: ナイロン
モノフィラメント 76.5 D
E: ナイロン
4本撚糸
テグス

(第7図) 編み地模写図 (×10倍)

かるように、無負荷時のループ形状が理論の仮定に近く、わずかの引き伸ばしによりシンカー ループが閉じ、以後の変形が理論に近いと思われる。

一般に試料が小さいので、自由状態で過収縮となり、第7図に示すように、シンカー ループの頂点を結んだ水平線上に、1つ前のニードル ループの曲率中心がのらない。しかし軽く編み地を引っ張り1日放縮させるとこの誤差はとれ、A、Dのように理論値と非常によく一致してくる。

6. 考 察

第6図のA (ナイロン フィラメント 30 D-6 F)、およびD (ナイロン モノフィラメント 76.5 D) の荷重伸び曲線は、理論と実際がよく類似しているが、実際のほうが一般によく伸びている。この理由はつぎのように考えられる。

編み地を引き伸ばしたときの編み目挙動を、万能投影器上で引度目計により50倍で観察すると、両試料とも無負荷のとき第8図1の形状を示す。このときのR、

A: 重なり部分
B: 開き部分

(第8図) 実際の編み地形状

A, h_0 を第5表に示す。荷重をかけると、試料Aでは伸び50%以内で、Rはほとんど変化せず、A、Bが消滅して2の形となる。Dでは伸び30%以内でRはほとんど変わらずAが消え、Bは少し残って $\theta = 20^\circ$ となる。

したがって微少荷重時の伸びが、重なり部分Aのずれ

(第5表) ルー プ の 初 期 形 状

試 料	糸	R (mm)	A (mm)	h_0 (mm)	n^*
A	ナイロン フィラメント 30 D-6 F	0.33	0.24	1.2	92
D	ナイロン モノフィラメント 76.5 D	0.37	0.29	1.7	50

* 測定した編み地での 5 cm 当りコース数

だけによって起こると考えると

$$\text{無負荷のときの試料長 } H_0 = nh_0 - (n-1)(R+A)$$

重なり A が消えたときの試料長 $H = nh_0 - (n-1)R$ より

$$\varepsilon(A=0) = \frac{H-H_0}{H_0} = \frac{(n-1)A}{nh_0 - (n-1)(R+A)} \quad \dots\dots\dots (23)$$

これに第5表の値を入れると、 A では37.3%， D では27.0%となる。一方、第9図のようにグラフ上で実

(第9図) 実測曲線と理論曲線の重ね合わせ

測曲線を水平、垂直方向にずらして理論曲線に重ね合わせると、 A では31%， D では10%の水平移動量が必要である。この値は前述の $\varepsilon(A=0)$ の値に近いので、試料 A では重なり部分の補正をすることにより、理論と実測を一致させることができる。とくに實際着用時の編み目挙動に近いと思われる編み地（重なり部分 $A=0$ と考えられる）の繰返し引っ張り（2回目）の曲線が、理論曲線とよく一致することより、本理論式はこのような補正により十分実用できる。

試料 D では、 $\varepsilon(A=0)=27.0\%$ 以後の実測曲線と、 $A=0$ のときの角度 $\theta=20^\circ$ での $\varepsilon=22\%$ ($P=0.59\text{g}$) 以後の理論曲線がよく一致するので、 θ と A の補正をすることにより実用できる。

試料 B は、第7図に示すようにウエール間隔が小さく、またニードル ループとシンカー ループが大きく離れている。このため理論では $\theta=60^\circ$ が出発点であるのに、実際は $\theta=14.5^\circ$ が無負荷状態で、したがってかな

り引き伸ばされた状態から変形が始まる。このため実測曲線の立ち上がりが鋭くなっている。

C は前述のように理論ループ形に近いので、実測と理論曲線はよく合う。 E も C に近いが、糸が太いため重なり部 A がゼロにならないうちにループの変形を生ずる。 $\varepsilon(A=0)$ は12%で、このときの実測 $\theta=27^\circ$ に対する理論伸びは13%である。よって実測伸び12%以後と、理論伸び13%以後は両曲線はよく一致する。

以上検討したように、理論式のみでは実際の伸長曲線に合にくいものでも、初めのループ形に対する補正を考慮すると、よく一致した結果が得られる。また糸の太さとゲージとを釣合わせた理想に近い編み地では、糸の E 、 I 、 k 、およびループの高さ h_0 を知るにより、編み地の引っ張りに対する挙動を理論式より推定することができる。逆に必要な挙動を与えるには、いかなる糸を使用すべきかを決定することができる。

7. 結 論

よこ編み地のたて方向引っ張り挙動を解析するため、3つの円が互いに相接するという簡単な平面ループ模型を考え、力の釣合いより荷重と伸びの関係を導いた。また編み地の実際の引っ張り曲線と比較し、考察を加えた。主な結果はつぎのとおりである。

1) 上述の簡単なループ模型に対しては

$$\text{荷重は } P = 2EIF_0(\theta)/h_0^2 \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$\text{伸びは } \varepsilon = H(\theta) \quad \dots\dots\dots (15)$$

で示される。ただし P はループ1つ当りの荷重、 E 、 I はループを構成する糸の曲げ剛性、 h_0 はループの無負荷時の高さ、 $F_0(\theta)$ 、 $H(\theta)$ は (13)、(16) 式に示す。

2) ただし、実際の編み地では多くのループが集まっているので、 ε は (17) 式のように訂正される。

3) 多くの場合、理論式中のフックの法則による糸の伸びは無視することができ

$$P = 2EIF_0(\theta)/h_0^2 \quad \dots\dots\dots (19)$$

$$\varepsilon = \frac{10.472\{ng(\theta)-n+1\}}{(1+2.732n)f(\theta)} - 1 \quad \dots\dots\dots (21)$$

が成立する。ただし $F_0(\theta)$ 、 $f(\theta)$ 、 $g(\theta)$ は (20)、(7)、(10) 式に示す。

4) 上式と Cook の与えたたて編みに対する引っ張り

挙動式を比べると、たしかによこ編みはよく伸びることがわかる。

5) 実際の編み地と比較するため、糸をループ状にして $E I$ を求める実験法を確立し、同時に k も実測した。

6) これらの値を理論式 (19), (21) 式に入れ、実測の引っ張り曲線と比較した。多くの場合よい類似性を示した。

7) ループの初期形状が理想モデルに近いものは、理論値と実測値はよく一致した。

8) 理想モデルよりはずれたループに対しても、ループの重なり部分、あるいはループの初期の角度 θ による補正をすれば、よく一致させることができる。

9) したがって、本理論式はよこ編み地に希望の伸張挙動を与えるための糸特性の選択に対し、よい指針を与えるものと思われる。

なお終わりに、本研究に対しいろいろの助言を与えられた日本繊維機械学会メリヤス研究委員会に対し、厚く感謝の意を表する。

文 献

- 1) J. Chamberlain; "Hosiery Yarns and Fabrics," Vol. II, City of Leicester Technical College, 1949, 107
- 2) F. T. Peirce; Text. Res. J., 17, 123 (1947-3)

- 3) G. A. V. Leaf; J. Text. Inst., 51, T 49 (1960-2)
- 4) D. L. Cook, P. Grosberg; Text. Res. J., 31, 636 (1961-7)
- 5) 川上達也, 池田栄雄; "繊維工業試験所彙報", 32, 14~22 (1955-3), 工業技術院, 繊維工業試験所発行
- 6) 岩崎振一郎; "繊維要論" P 164~165 共立出版発行

(注1) この仮定は弾性力学的に正しくない。円環を付

1図のように上下に

引っ張ると点線のよ

うに曲がり、曲率は

一様でなくなる。ま

たモーメントも M_A

$= PR/\pi$, $M_B = -$

$\frac{PR}{2} \left(1 - \frac{2}{\pi} \right)$ と

なり、各所で異なる。

(付 1 図)

(注2) B 点に横方向から力が働くようにも思われるが、下側の丸味 E, F はおのおの引っ張られて小さくならうとする。よって B 点はむしろ左右に離れるほどである。

(注3) 実際は不静定になるので、こんなに簡単には求まらない。