技術報告

ガードル編地の機械 試験による疲労限界 の加速決定

会 員 岡 村 幸 子*
 〃 芦 沢 昌 子**
 〃 田 中 道 一***

1. 緒 言

衣類は通常、着用、洗濯、乾燥、保管等の繰返しにより長い年月の間にわずかずつ劣化が蓄積され、次第にその性能が落ちていくものであって、購入当初の機能が、かなり減少しているにもかかわらず、そのまま使用し続けていたり、あるいはまだ充分使用可能でありながら廃棄してしまう場合もある。

ところで一つの衣類がどの程度着用され、性能が落ちた時点で廃棄されるのが有効であるのかを極めることは、衣類を有効に消費するという観点から極めて必要なことである。しかし衣類は種類にもよるが肌着なら1～2年上衣なら数年と、その耐用年数も長く、実状に即した着用試験によって疲労寿命を見出すことは、着用方法、取扱ひ方、個人差、気象その他様々複雑な要素があり、実際には調査に長い年月を要し困難である。実際の着用による疲労傾向が試験室における加速試験によって得られる結果から推定できるならば大変都合である。

そこでわれわれは、近年ファウンデーションの一つとして需要が増大しているガードルを取りあげ、これについて着用試験と加速試験を行い、それらの結果から両者の接点を見出すべく検討を試みた。この研究を進めて行く上で、商品を市場に出荷する際、欠陥商品を事前にチェックする方法を研究している A. Barella¹⁾の報告を参考にした。前報²⁾において、582名のアンケートによ

An Instrumental Accelerated Test to Determine the Critical Fatigue of Girdle Fabrics.

Sachiko Okamura*, Shoko Ashizawa** and
 Michikazu Tanaka***,

* Department of Clothing Science, Toyoko Gakuen
 Women's College, Tokyo.

** Department of Clothing, Japan Women's
 University, Tokyo.

*** Emeritus Professor of Osaka City University,
 Osaka.

A study has been made to investigate the relationships between test results of girdle fabrics by the practical wear and those by the instrumental accelerated test. Three kinds of girdles, different in rigidity, have been chosen as samples. Fatigue curves of bursting due to a cyclic pressure have been obtained on the unlaundered, 20- and 40-time laundered girdle fabrics. The test results have revealed that:

(1) The degree of fatigue of laundered fabrics is much remarkable comparing to that of unlaundered fabrics.

(2) The values (m) of the shape factor of the Weibull distribution function have been calculated on the basis of the time required to break specimens and the number of broken specimens. The values m show that all the specimens are at the wearing stage. The values m decrease if a cyclic load comes near the breaking load Q_1 . The values m much increase if the load exceeds the critical fatigue.

(3) As shown in the table below, the values m obtained by the instrument are similar to those obtained by the practical wear. Thus, the degree of fatigue under cyclic loading by the instrument approximately corresponds to those of practical wear.

Sample	m	
	instrumental test	practical wear test
A	1.32	1.30
B	1.25	1.23

(Received August 3, 1979)

り、ガードルの疲労傾向を調べ、これをワイブル分布を用いて疲労寿命の解析を行い、実際の着用条件および洗濯方法と疲労との関係について知見を得たので報告したが、本報では前報のガードル地にはほぼ類似した編地A、Bおよびそれより曲げかたさの小さいCを比較のため

* S. Okamura, Member. 東横学園短期大学 家政科

** M. Ashizawa, Member. 日本女子大学 家政学部 大学院生

*** M. Tanaka, Member. 大阪市立大学 名誉教授(工博)

に加えて3種の編地を用い、疲労寿命についての加速試験を行った。この加速試験は、実際の着用において編地が受ける物理的状態にできるだけ近い形で疲労性を検出するために、押圧破綻繰返し試験とし、ここから得られた疲労寿命曲線を基にして以下に述べるような各編地特有の定数 λ 、およびワイブル分布のパラメータ m, t_0' 値を求めて前報着用試験との比較検討を行い、いささかの知見を得たので報告する。

また、洗濯がどの程度編地を劣化させるかを知るため、上記3種の編地に繰返し洗濯処理を施して同試験を行い、疲労寿命曲線を求めて検討した。

2. 実 験

2.1 試料の諸元

試料の諸元は表1に示すとおりである。このうちA、Bは前報で用いたものとはほぼ同じであるが実験の比較上、A、Bより曲げかたさの小さいCを加えて3種とした。

2.2 疲労加速試験

一般に試験片に種々の大きさの繰返し荷重を加えて、破壊するまでの繰返し回数 n とその時の荷重 Q を求め、その実験点をなめらかな曲線で結んで得られる疲労曲線は、下の(1)式の指数関数であらわされる。ここでは Q_1 は1回で破壊する時の荷重をあらわし、 Q は理論的に無限回繰返しても切れない荷重をあらわす。 λ は布地の材質によってきまる定数である。

$$Q = Q_{\infty} + (Q_1 - Q_{\infty}) e^{-\lambda(n-1)} \dots\dots\dots(1)$$

両辺の自然対数をとれば、

$$\log_e \{ (Q - Q_{\infty}) / (Q_1 - Q_{\infty}) \} = -\lambda(n-1) \dots\dots\dots(2)$$

(2)式の $\log_e \{ (Q - Q_{\infty}) / (Q_1 - Q_{\infty}) \}$ と $(n-1)$ を片対数方眼紙の両軸にとれば実験値はほぼ直線となる。この直線の初期部分の傾斜から λ を求めた。

また、(1)式で $\lambda = 1 / (n - 1)$ とすると、

$$(Q - Q_{\infty}) / (Q_1 - Q_{\infty}) = 1/e \dots\dots\dots(3)$$

となるから疲労曲線からこのときの Q を求めて疲労限界 Q_i の指標とした。

実験にはテンシロンUMⅢ型に押圧型破裂試験治具(JIS L-1018)を取付けて行った。試料は直径8cmの円形に裁断し、乾燥デシケータ内に放置しておき、1枚ずつ取出して編地の裏側を上にして特定の方向に張力のかからないように治具を取付ける。これに荷重 Q と0を上、下限として反復繰返して加え試料が破裂するまでの回数を調べる。印加荷重の間隔は、 $0.5 \sim 1 \text{ kg/50cm}^2$ 、押圧繰返し速度は 300 mm/min 、各荷重における試料数は平均20枚、温度 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 、関係湿度 $65\% \pm 5\%$ で行った。

洗濯方法は、毛用中性洗剤0.2%、浴比1:50で手洗い脱水し、2回すすいで脱水し、さおにかけて軒下に干し、乾燥後屋内で保管した。

図1～3はそれぞれ編地A、B、Cの原布および20

図1 疲労曲線(編地A)

図2 疲労曲線(編地B)

表1 試料の諸元

項目 試料	使用原糸	混用率	密 度		厚 さ (mm)	組 織	曲げかたさ (mg・cm)
			(ウェール数) /cm	(コース数) /cm			
A	N 70D	82	10	13	0.459		250
	P 280D	18					
B	N 50D	80	17	18	0.514		128
	P 280D	20					
C	N 40D	78	22	18	0.522		94
	P 210D	22					

(注) ただし N:ナイロン P:ポリウレタン

図3 疲労曲線(編地C)

回, 40回洗濯後の疲労曲線を表わしたもので縦軸は荷重 (kg/50cm²), 横軸は破断に至るまでの繰返し回数 n を示している。

Aの原布についてみれば, 1回で切断する時の荷重 Q_1 は, 30.0 kg/50cm² であり, 理論的に無限回繰返しても切断しない荷重 Q_∞ は 22.4 kg/50 cm² である。以下同様にグラフから読み取って比較すると表2のようになる。

繰返し洗濯処理された編地は, いずれも原布に比して, 疲労曲線が低下している。 Q_1 値で比較すると, 20回洗濯では, A, B, Cとも原布に対して約10%程度減少しており, 洗濯20回と40回間では, 原布・20回間より低下が少ない。

これらの疲労曲線の実験値を(2)式に代入して, $\log_e \frac{(Q-Q_\infty)}{(Q_1-Q_\infty)}$ を縦軸に, $n-1$ を横軸にとってグラフにあらわした。編地Aの洗濯20回の例を図4に示す。

図4 $\log_e \frac{Q-Q_\infty}{Q_1-Q_\infty} : n-1$ 線図

実験値はほぼ2つの直線部分に分かれるが, 上述の疲労限界はこのうちの初期部分に入るから, この初期部分の直線の傾斜の勾配から λ を求めて, 各編地の疲労傾向を検討しようと試みた。結果は表2に示す。 λ が大, すなわち勾配が急であるほど疲労が早いことを示すが, Aが一番勾配が急でB, Cとゆるやかになる傾向があり, これは曲げかたさの大きい順A, B, Cと一致する。洗濯処理後の編地にも全般的にこの傾向がみられ, 硬い布の方が早く疲労することが認められる。

次いで(3)式に疲労曲線の実験値を代入して, $(Q-Q_\infty)$ が (Q_1-Q_∞) の $1/e$ になる時の疲労限界 Q_1 値を求めた。この値は編地の種類によって差があるが

Q_1 値のおおむね73%~89%となっている。結果はまとめて表2に示す。

表2 疲労曲線から求めたデータ

試料	洗濯回数	Q_1 (kg/50cm ²)	Q_∞ (kg/50cm ²)	$\frac{Q-Q_\infty}{Q_1-Q_\infty} = \frac{1}{e}$ になる時の荷重 Q_1 (kg/50cm ²)	λ
A	0	30.0	22.4	25.2	0.019
	20	27.0	22.0	23.8	0.015
	40	26.8	22.0	23.9	0.04
B	0	20.8	13.9	16.5	0.018
	20	20.0	11.6	14.7	0.015
	40	20.0	11.8	14.8	0.022
C	0	45.0	34.0	38.1	0.014
	20	40.5	31.0	34.5	0.008
	40	40.5	30.0	33.9	0.016

この値は編地が疲労していく過程での変化点であり, 疲労の指標となる。したがって, この点よりも小さい荷重で着用するならば永持ちし, 大きい荷重では永持ちしないことが予想される。しかし, 疲労曲線のカーブ, また, λ の大小に示されるように, 同じ編地でも洗濯の回数によって曲げかたさが変わるので, 同じ荷重をかけても洗濯20回の編地では破れなくとも40回では破れることが考えられる。

2.3 ワイブル分布

前報²⁾において, 着用によるガードルの疲労傾向を, ワイブル分布で解析を行ったが, 本報においても, 各編地の疲労曲線をワイブル分布で解析して着用実験と加速試験との比較検討を試みた。ワイブル分布, m, t_0 。それぞれの説明については前報のとおりである。

この種の疲労試験は, 試料に同じ荷重 Q をかけても, 切断に至る繰返し回数にはかなりのばらつきがみられるが本実験においても例外ではない。このばらつきを詳細に検討すると, 1本の疲労曲線の中でも場所によって差があることが明らかである。すなわち, 荷重 Q_1 の辺りではほとんどが1~数回で切断してしまうため, 切断に至る繰返し回数のばらつきは極端に少ない。荷重が少しずつ低くなるにつれて, ばらつきも漸増するが, この漸増も Q_1 辺りまであって Q_1 を超えると, 急激にばらつきの増加が見られるようになり, Q_∞ では著しい。この Q_1 を境界にして Q_1 側ではばらつきは漸増, Q_∞ 側では, 激増の傾向はA, B, Cの原布, 洗濯処理布すべてについて同じ傾向が認められる。

そこで, 疲労曲線上の数点をとり, それらの各点における試験片(20片)の各切断時の繰返し回数を時間(min)に換算し, これを疲労曲線上に step-stress 法であらわした。

Q_1 付近では A, B, C とも切断までの時間は 0.1 min ~ 0.6 min であるが Q_1 を超えると 1.5 min ~ 6.0 min と時間の幅が広がっているのが認められる。そこで、これらの各点の切断時間と切断試験片数を基にして累積疲労率を算出し、これをワイブル確率紙に記入

し、 m, t_0' を求めた。図 8 に例として C の 36 kg/50cm² を示す。A, B, C 原布の疲労曲線上各点の m, t_0' 値および 5, 6, 7 から得られる疲労時間の平均 (min) を表 3 に示す。

m の値はいずれも $m > 1$ で劣化期を示している。A,

図 5 ステップストレス線図(編地 A), 疲労曲線上の各点における切断時間—切断試験片数の関係を示す。

図 6 ステップストレス線図(編地 B), 疲労曲線上の各点における切断時間—切断試験片数の関係を示す。

図 7 ステップストレス線図(編地 C), 疲労曲線上の各点における切断時間—切断試験片数の関係を示す。

表3 疲労曲線上の各点における m , t'_0 , 疲労時間

	A				B				C			
	試験荷重 (kg/50cm ²)	m	t'_0	疲労時間平均 (min)	試験荷重 (kg/50cm ²)	m	t'_0	疲労時間平均 (min)	試験荷重 (kg/50cm ²)	m	t'_0	疲労時間平均 (min)
	27.6	1.18	0.39	0.36	18.0	1.1	0.28	0.17	44.0	1.05	0.22	0.12
	26.0	1.2	1.25	1.2	17.2	1.2	0.32	0.31	41.0	1.1	0.36	0.34
ほぼ Q_i に該当	25.2	1.32	1.75	1.66	16.0	1.25	0.55	0.51	38.0	1.2	0.69	0.65
	24.4	2.3	3.4	2.18	15.2	2.0	2.4	1.41	36.0	2.3	1.63	1.53
	22.8	2.4	5.7	3.91	14.0	2.1	2.97	2.58	35.0	2.5	3.0	2.87

図8 ワイブル分布の例(編地C)

B, Cの編地とも、荷重 Q_i に近くなるに従って、 m 値は小さく、 Q_∞ に近づくほど大きくなる傾向が認められる。 Q_i から Q_i までは、 m 値は漸増するが、 Q_i を超えると m 値は急激に増大する。

曲げかたさの大きい編地は小さいものよりも Q_i における m 値が大きく、疲労が早いことがわかる。

t'_0 については、疲労時間の平均値をいずれも上回っており、Aの場合は、全試料の平均疲労時間 1.66 min に対し 1.75 min、Bは 0.51 min に対し 0.55 min、Cは0.65 min に対して 0.69 min で、全試料の63%が破断することがわかる。

次に表3の m 値および前報の結果の m 値をワイブル確率紙に併記し(図9)着用実験と加速試験の接点につい

図9 着用試験と加速試験の m 値の比較

て検討した。ただし編地Cについては着用実験は行ってない。 Q_i における編地Aの m 値は1.32、Bは1.25であって、前報の着用実験におけるA(硬目)ガードル1.30、B(柔目)ガードル1.23の結果とおおむね合致し直線は重なる。図9の太線はこれを示す。このことから、加速試験の疲労曲線から得られる Q_i における疲労

程度が、実際の着用状態の疲労寿命に相当するといえる。

3. まとめ

前報の着用試験結果と試験室における加速試験結果との接点を見出すために、次の試験を行い知見を得た。

(1)曲げかたさの異なる3種のガードル編地について、押圧繰返し試験を行い、それぞれの疲労曲線を得た。

また、それら3種の編地に対して20回、40回の洗濯処理を行ったものについても同様の試験を行い、それぞれ疲労曲線を得たが、洗濯処理布は原布に比して、かなり疲労していることが認められた。

(2)疲労曲線から得られる $(Q - Q_\infty) / (Q_i - Q_\infty) = 1/e$ の $Q = Q_i$ 辺りを境にして、 Q_i に近づくほど破断に至る繰返しの回数のばらつきが小さく、 $1/e$ を過ぎるとばらつきは急増し Q_∞ では著しい。

(3) step-stress 法で示される試料の切断までの時間と切断試験片数を基にしてワイブル分布の m 値を求めた。これらの m 値はいずれの試料も劣化期にあたることをあらわしている。いずれの編地の場合も Q_i に近づくに従って m 値は小さくなるが、 Q_i を過ぎると急に増大する。

(4)表4に示すとおり、加速試験による Q 点の m 値は着用試験の m 値とよく一致することが認められた。このことから加速試験の疲労曲線から得られる Q_i における疲労程度が、実際の着用状態の疲労寿命に相当するといえる。

表4 加速試験と着用試験の m 値の比較

試料	加速試験 Q_i 点の m 値	着用試験の m 値
A	1.32	1.30
B	1.25	1.23

この実験を進めるに当り試料をご提供下さいました株式会社ワコールに謝意を表します。

参考文献

1) A. Barella; 海外繊維技術文献集, 27, No.10, (1977-10) p.1~10; 27, No.11, (1977-11) p.1~11
2) 芦沢,岡村, 田中; ガードル使用状況の統計的研究—ワイブル分布の応用, 本誌, 32, 8, P 457 (1954-9)
(昭和54年8月3日受理)