エア マイクロメータ原理による新しい 糸むら評価方法について*

小 林 恵 吾**
倉 林 昭

1. 緒 言

エア マイクロメータの諸原理を応用した糸むら試験機の利点については、今更列挙する迄もなく、含有水分や資料の化学的組成の影響を受けることが少く、又無接触測定であるため、資料の変形による誤差がない等、多くの特長を有しているが、その記録結果からのいわゆる糸むら解析にあたっては、プランメータを用いての面積計算、振巾の頻度分布による解析等が行われているにすぎず、いずれも極度の手間と、ある程度の誤差とを免れ得ない現状である。

そこでエア マイクロメータの諸原理を応用して測定した糸むら評価に、この原理による積算計を試作し、むらの割合（いわゆる $U\%$ ）を直読し得る指示方式を完成した。

ここにその原理と、機械の要点並びに実施例について発表する。

2. エア マイクロメータによる糸むら 評価原理

以下説明の便宜上エア マイクロメータの諸原理について簡単に述べる。

第1図がその原理図であって、調圧器により一定圧力 P_0 に保たれた空気が、絞りノズル a_1 から流入し、測定ノズル a_2 から大気中に流出する。

P は a_2 の面積変化によって変る空気圧で、ベローズ B の伸縮を与えるものである。 a_1

を通る空気の流入速度を v_1 、

a_2 を通る空気の流出速度を v_2

とし、 a_1 、 a_2 を通る空気量を

相等しいとすれば

(第1図) 原理図

a_1 : 絞りノズル面積

a_2 : 測定ノズル流出面積

P_0 : 初圧

B : ベローズ

P : a_2 の変化により変る空気圧

$$v_1 = \sqrt{\frac{2g(P_0 - P)}{\rho}} \dots\dots\dots (1)$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2gP}{\rho}} \dots\dots\dots (2)$$

流量係数を相等しいとすれば

$$a_1 \sqrt{P_0 - P} = a_2 \sqrt{P} \dots\dots\dots (3)$$

$$P = \frac{1}{\left(1 + \frac{a_2^2}{a_1^2}\right)^2} P_0 \dots\dots\dots (4)$$

$$\therefore \frac{dP}{da_2} = \frac{-2a_2 P}{a_1^2 + a_2^2} = \frac{-2a_1^2 a_2 P_0}{(a_1^2 + a_2^2)^2} \dots\dots\dots (5)$$

即ち (4)、(5) 式から

(イ) $a_2 - P$ の間には直線的関係の部分がある

(ロ) P_0 を増大すれば倍率も増大する

(ハ) a_1 を減少すれば倍率は増すが、測定範囲が少くなる

(ニ) P と P_0 との間には比例関係がある

ことがわかる。

次に第1図に示すもの2組を相対向して組合せ、ベローズの自由端を結びあわせてここに記録ペンを取

(第2図) $a_2 - P$ 線図

付けた第3図(A)が、エア マイクロメータの原理による糸むら試験機の原理図である。

まず機械的 0、即ち $P_0 = 0$ の時にペン先を記録紙の -100% 線上に置

く。測るべき糸によって

測定ノズル a_2 が決定すれば、これに応じて第2図の如き直線の下部点 B になるように a_1 を決定することができる。ここで作動状態にすれば、両ベローズ内の圧力 P 、 P' は必ずしも等しくならないため、ペン先は左右いずれかへ移行する。この状態を平衡状態と云い

* Evenness Evaluation Making Use of an Air Micrometer and Evenness Percent Integrator.

** K. Kobayashi, A. Kurabayashi, コッス測定器株式会社

(第3図) エア マイクロメータ原理の糸むら試験器及び積算計原理図

- (イ) 測定ノズル中に資料がない。即ち断面積0 (−100%) の状態
- (ロ) 第2図の $a_2 = B$ の状態
- (ハ) 両ベローズ内の圧力が等しく、初圧 P_0 の変化には無関係な状態である

ここで、資料を測定ノズル中に挿入すると、 $P > P'$ となりペン先は右側に移動する。これを中心線に一致させるには、 P_0 を変えればよいのである。即ちベローズの伸縮はこの両圧力の差である故、(4) 式から

$$P - P' = P_0 \left\{ \frac{1}{\left(1 + \frac{a_2}{a_1}\right)^2} - \frac{1}{\left(1 + \frac{a_2'}{a_1'}\right)^2} \right\} \dots (6)$$

両ベローズの直列に連結された弾性係数を R 、変位置を S 、ベローズの平均作用面積を A とすると

$$AP_0 \left\{ \frac{1}{\left(1 + \frac{a_2}{a_1}\right)^2} - \frac{1}{\left(1 + \frac{a_2'}{a_1'}\right)^2} \right\} = RS \dots (7)$$

となる故である。従って、この資料の基準の太さのところを0%として P_0 を変化させ、記録紙の中心にペン先を一致させ、以後資料を一定速度で走らせれば、その断面積変化によって a_2 が変化し、これによる圧力 P の変化をベローズで感知して連続記録する。この状態を不平衡状態と名づけ

- (イ) 初圧 P_0 の変化によってペン先は移動しうる状態
- (ロ) 資料の断面積を変化することによってペン先を移動しうる状態
- (ハ) 第2図の特性曲線中、 AB の直線部分にあるため、資料の断面積変化とペン先の移動量との間には直線関係のある状態

である。従って一種の測定ノズルで数種の太さの糸を測定しても、記録紙上には必ず平均太さに対する変化量が%として図示される。(特許 第19544号, 第216255号)

3. 積算計の原理

上述の如く糸むらの変化量を%方式で記録しておれば、これが解析にあたっても記録結果がそのまま問題なく、評価の対象として面積計算をしうるわけであり、結局この波形を描く刻々のベローズの動きに比例した値を如何に積算するかという点に問題が帰着する。

本研究はこれを空気回路の組合せによって $U\%$ として、直読しうるようにしたものである。なおむらの割合 ($U\%$) は、糸の内部の“ばらつき”とその糸自体の太さ (平均値) との比として次の如き式であらわされる。(第4図参照)

$$U\% = \frac{f}{F} \times 100 \dots (8)$$

$$\text{又は } U\% = \frac{f}{ml} \times 100$$

即ち、同一むら波形の糸であっても、その太さの平均値によって、当然むらの割合は違ってこなければならぬ。結局測定後の指示値の補正が必要ということにな

(第4図) $U\%$ であらわすもの
 f : 内部のばらつき, $ml = F$: 平均太さ

るが、この手間を省いて、自動的に補正値が目盛上に指示され、直読されるようにした。又指示器の積算値を校正する場合、面積が比較的楽に計算によって求められる標準波形を作り、これを空気圧に変換して積算計感度の比較点検を行えるようにもした。次に本装置の概要について述べる。

(1) 補正装置

糸むらに比例した波形を取り出すためには、正規の糸むら波形を%指示方式で作動記録しているベローズの動きを取り出せばよいから、これを両ベローズに連結されている指針軸からとった。この動きをエア マイクロ

メータに感知させるために、その特性曲線のいわゆる直線部分に入れるべく挺子で縮小した。そこで前記の平均値の違いから生ずる $U\%$ 指示の補正を行う必要があるので、第5図に示す原理に基き、補正を自動的に行い得た。即ち記録紙上に同一ばらつき (f) を示す平均太さがそれぞれ m, m' なる A, A' 2

種の糸を記録する場合、指針軸の位置をそれぞれ x, x' とし、挺子の支点を O とする。今 $Ox : Ox' = m : m'$ とした場合 x の f なる動きに対する y の動きが f' であらわされたとすると、 x' に対する y' の動きは $\frac{m}{m'} f'$ であらわされる。従って指針軸の位置 (平均値) の逆数に比例した値として補正値がとり得られる。

(2) エア マイクロメータ部分

前記の縮小しかつ補正された挺子の動きをエア マイクロメータで空気圧に変換し、これを第3図 (B) に示す如く B_1 ペローズには直接に、 B_1' ペローズには平均値を得るため、タイム コンスタント 2分30秒の絞りとタンクをもつ回路を経て導いた。

従って、 B_1 ペローズは糸むらの刻々の変動 (第4図の x_i) に応じて作動し、 B_1' ペローズはその平均値 (第4図の $\bar{x}$) に相当した圧力に保たれる。従って、この両ペローズの動きはそれぞれの圧力差、即ち $|x_i - \bar{x}|$ の動きをすることになる。

$$\text{但し } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

(3) 積分回路

次にこの $|x_i - \bar{x}|$ の値をとり出すために、前記両ペローズの軸に遮蔽板をとりつけ、第3図 (B) に示す如きエア ノズルをこの両ペローズの動き (即ち $|x_i - \bar{x}|$) によって開閉させ、他の空気回路の空気圧を変化させて、この動きに比例した空気流を得ることができた。

これを、絞りとタンクによる積分回路によって積算しこの空気圧をペローズに導き、拡大機構及び指針により $U\%$ として指示させた。

即ちここで積算される値は、 $\int |x_i - \bar{x}| dt$ となり、従って

$$U\% = \frac{100}{\bar{x}L} \int |x_i - \bar{x}| dt \dots\dots\dots (10)$$

(第6図)

標準波形作為装置原理図 心円盤と従動節とを考えた場合、この円盤の半径を R 、回転中心の偏りを e とすれば、従動節の最低位置においては、 $OA_0 = R - e$ であるから、回転角 θ に対して従動節の動かされる長さ S は

$$S = (R - e \cos \theta) - (R - e) = e(1 - \cos \theta) \dots\dots (11)$$

従動節の速度及び加速度はそれぞれ

$$\left. \begin{aligned} v &= \frac{dy}{dt} = e\omega \sin \theta \\ a &= \frac{d^2y}{dt^2} = e\omega^2 \cos \theta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

である。即ち従動節の運動は正しい正弦波運動といえる。従ってこの従動節の代りに、ここに一噴口空気ノズルをとりつけ、この S の変化をエア マイクロメータで感知させれば正弦波運動に比例応動した空気圧がとり出し得る。これを糸むら測定部に導き、糸むらを記録させると同様に正弦波曲線を記録させることができる。この記録は感度を調節することにより所定の振巾にとり得る故、これを標準波形として、この曲線を実際に積分した計算値と、積算計指示値とを比較検討すれば足りるわけであり、この比較により積算計の指示倍率機構を調整して指示器の較正を行うことができる。

(5) 記録装置

第3図 (B) に示す指示用ペローズ B_2 内の圧力を取り出しこれを記録ペンに連結するペローズに導き、即ち B_2 ペローズ内の圧力変化を記録することにより、積算計指示値と一致した値を連続記録することができる。

4. 実際測定例

最後に実際測定例数種をあげて説明する。

第7図…偏心円盤利用の標準波形作為装置によって描いた感度点検用の正弦波曲線例であり、絞り a_1 と初圧

P_0 を変えることによって記録紙の任意の各位置に適宜の振巾のものがとり得ている。

第8図…感度点検の場合の波形と $U\%$ 指示値との関係を示したもので、記録紙の適宜の線間に振巾をとりこの際の $U\%$ 指示圧力を前述の記録装置で記録した結果

である。各位置における計算値と指示値とが一致していることがわかる。即ちこの曲線を標準波形として、これの計算による積分値 ($\pm 20\%$ の振巾の場合 12.8%) と積分計の指示値とを一致させることにより点検調整することができる。

(第7図) 感度テスト用サインカーブ「絞り」及び「記録紙速度」の調整で各種波形がえられる

(第8図)

(第9図) $U\%$ は測定後換算を必要としない $U\% = f/ml \times 100$ の式を満足している

(第 10 図)

第9図…標準波形について、平均値を種々に変えた場合(a-g)及び、波形の振巾を変えた場合(h-l)の積算計による $U\%$ 指示変化を記録した例であり、これから各平均値に応じて $U\%$ が f/ml としてあらわれ、前述の如く平均値による補正が自動的に行われていることを示している。又、同一平均値の波形に対しては、振巾に比例して $U\%$ 指示が変化していることがわかる。

第10図…混紡スフ糸の測定結果であり、 $U\%$ 指示も2分30秒後には、安定した該糸の $U\%$ を示している。即ち、測定時に刻々の $U\%$ 変動を数回読みとり、いわゆる算術平均によって求める手間なく、直ちに平均 $U\%$ が直読でき、記録される。

5. 結 語

いわゆるエア マイクロメータの原理による糸むら試験器の利点に、更に加えて、この原理による $U\%$ 積算

計の試作研究の結果、一応前述の如き満足すべき結果を得ることができた。なお詳細はいずれ機会を得て発表したい。

最後に、この研究試作にあたり、終始御指導を賜った。化繊協会中央研究所の風間 健氏、紡績検査協会の岩井利夫氏、梅林 弘氏に深く謝意を表する次第である。

注

- 1) 石原誠一郎：空気マイクロメータとその応用，機械学会誌，Vol. 49 No. 335 (昭21-2)
- 2) 小林恵吾：空気マイクロメータの手引，日本規格協会 (昭28-11)
- 3) 小林 昭：試作空気マイクロメータの研究，電気試験所彙報，Vol. 14, No. 19.
- 4) 風間 健：糸むら評価に関する資料
- 5) 塚原鶴夫：空気マイクロメータ (昭29-3)