丸編機における編成要素の力学的研究

編針—針溝壁，編針—カム表面に働く摩擦

名古屋市工業研究所 大 脇 秀 次 郎 (会員)
" 太 田 計 正 (")

Dynamic Study of Knitting Elements of Circular Machine. Friction of Moving Needles on the Cylinder Wall or the Cam Surface.

Hidejiro Owaki and Kazumasa Ota,
Nagoya Municipal Industrial Research Institute, Nagoya.

Abstract

A study was carried out on a method of measurement of frictional force of moving needles on the cylinder wall and the cam surface of a circular machine in its operation.

The horizontal (tangential to the circumference of the cylinder) and the vertical to the vertical (parallel to the needle track) components of the force acting on a stitch cam were measured by a strain gauge bonded on a cantilever at the end of which the cam is supported.

Comparison of the direction of the force acting on the cam with the cam angle gives the frictional coefficient between the needle and the cam, and the change of the coefficient.

The general change of the magnitude and the direction of the force acting on the cam gives frictional coefficient between the needle and the cylinder wall.

(Received December 17, 1973)

摘 要

目的 丸編機の運転中に、針—針溝間および針—カム間に働く摩擦力を求めること。

成果 編成中に針との接触によって、スティッチ カムがうける力の大きさと方向、およびその変化の状態を観察することより、針—針溝間摩擦係数、針—カム間摩擦係数および針—カム間摩擦の時間的变化を知りうるこ
とがわかった。 (昭和48年12月17日受理)

1. 緒 言

近年、メリヤス編成時における編糸挙動の解明¹⁾²⁾、針—カム間の力関係の解析³⁾⁴⁾、カム応力に関する実験⁵⁾⁶⁾、あるいは編成張力の測定⁷⁾⁸⁾などが行なわれ、編成技術や編機の進歩、改良に大きな役割を果たしている。

しかるに一方、編機運転中に針—糸間、針—針溝間、針—カム間など編成要素間に働く摩擦が、生産能率や製品品質に重大な影響のあることが指摘されているにもかかわらず、これら編成要素間の摩擦に関する実験例は少なく、糸と編成要素間の摩擦係数の測定例⁹⁾があるが、模型的な装置によるもので、実際の編機にて行なわれたものではない。特に、針—針溝壁など編機の機素間の摩擦に関しては、適当な実験例あるいは解析法が見当たらない状態である。

ない状態である。

本報では、メリヤス編成中に編機のスティッチ カムにかかる力を測定し、力の大きさと方向より、編機の針—針溝間および針—カム間摩擦係数を求める方法について検討を行なったので報告する。

2. 実験装置と実験方法

実験はシリンダの直径 88.9 mm、針数 120 本の小口径丸編機にて行ない、角度の異なる 4 種類のスティッチカムを用意した。各カムの角度は次のようである。

No. 1	30.0°
No. 2	34.5°
No. 3	45.0°
No. 4	53.5°

シリンダ，カム，針の関係を図1に示す。

図1 シリンダ，カム，針の関係

スティッチ カムは片持梁の自由端に取りつけられ，支持棒にゲージを貼付して歪みを測定し，カムに働く力を求めた。カム，カム支持棒およびゲージ貼付の状態を図2(a)に示す。カム支持棒は一边の長さ 10 mm の断面正方形の鋼棒で，スパンは 145 mm とした。第2図(b)に示すように，ゲージはその中心線を，支持棒の各面の中立軸に正確に一致するように貼付し，相対する面に貼られた2枚のゲージを，2ゲージ法にて接続すれば，支持棒の左右両側に貼付されたゲージは， x 軸方向（シリンダの回転方向）の歪みのみを，上下両面に貼付されたゲージは， y 軸方向（針溝方向）の歪みのみを検出することになる。静的な方法で測定した，検出器の x 軸， y 軸間の干渉は 2～3 % 程度であった。また検出器の固有振動数および 1 周期の対数減衰率は，取り付けられるカムによって多少異なるが，それぞれ 120～170 cps，0.10～0.26 程度であった。 x 軸， y 軸の両ゲージ出力を， $x-y$ レコーダにて観察すれば，スティッチ カムにかかる力の大きさと方向を知ることができる。

図2 カム応力の検出

次に，自由端にカムを取りつけた片持梁において，カムにかかる力と，支持棒の歪み—ゲージ出力との関係を調べてみよう。図3(a)は，編針バットがカム面に沿って移動し，分布荷重となる状態を示す。さらに編針に給糸された場合は，不均等な分布荷重となる。図3(a)において， R' でこの分布荷重を代表すれば， R' は支持棒の中心より l だけ離れた位置に作用するので， $R' l$ なる値のモーメントと考えなければならない。

図3(b)に示すように，支持棒の中心に大きさ R' で方向が相反する2個の力を仮定する。この結果，支持棒に対して，力 R' と振りモーメント $R' l$ の合成力が働いていることがわかる。これを図3(c)に示す。

図3 支持棒とカムに働く力の関係

支持棒の断面は正方形のため，振りモーメントによる影響は各面に等しく，したがって，各面に貼付された4枚のゲージへの影響も等しい。このため，ゲージには力 R' のみが現われることになる。

シリンダの回転数 1 rps で編機を運転し，無給糸で針が引下げられるときの，スティッチ カムにかかる力を測定した。このカムに働く力は，カムに接触する全部の針によるものであるから，スティッチ カムに接触する針数で，ゲージ出力を割ることにより，針 1 本当りの力とした。

この実験では，編機の潤滑油には，針—針溝間，針—カム間ともに白スピンドル油を使用した。

図4に実験装置を示す。

図4 カム応力検出器

3. 針—カム，針—針溝間摩擦と応力についての計算方式・理論

図5 カムに働く力

3.1 針-カム間摩擦と応力

針がスティッチ カムによって引下げられるとき、カムには針との接触によって、垂直力 R と、摩擦力 $\mu_1 R$ が働き、結局垂直力と摩擦力の合力 R' (以後カム応力と呼ぶ) が作用することになる。そして R と R' のなす角 δ は、針-カム間摩擦係数 μ_1 のみにて決まる (図5参照)。 ϕ をスティッチ カムの角度、 ϕ' を R' が y 軸となす角度とすれば、次の関係が成立する。

$$\frac{R}{R'} = \frac{1}{\sqrt{1+\mu_1^2}} \dots \dots \dots (1)$$

$$\mu_1 = \tan \delta \dots \dots \dots (2)$$

図6は、 μ_1 の変化に対する R/R' 、 δ の値を(1)(2)

図6 針-カム間摩擦係数 μ_1 と R/R' 、 δ の関係

両式より計算にて求めたもので、 μ_1 変化にかかわらず R と R' の値はほぼ等しく、一方 δ は直線状に変化している。このことより、 δ を測定すれば μ_1 を計算にて求めることがわかる。

3.2 針-針溝間摩擦と応力

a. ϕ の変化と R' の関係

スティッチ カムの角度 ϕ が変化すれば、カム応力 R' は変わる。この状態を図7に示す。

図7 ϕ の変化と R' の移動方向

記号

F 針の引下げに要する針溝方向の力

R, R_a, R_b	カム垂直力
R'_a, R'_b, R'_a', R'_b'	カム応力
$R_{ax}', R_{bx}', R_{ax}'', R_{bx}''$	カム応力の x 軸成分
$R_{ay}', R_{by}', R_{ay}'', R_{by}''$	カム応力の y 軸成分
ϕ, ϕ_a, ϕ_b	スティッチ カムの角度
$\delta, \delta_a, \delta_b$	カム垂直力とカム応力のなす角

$\mu_1, \mu_{1a}, \mu_{1b}$ 針-カム間摩擦係数

μ_2 針-針溝間摩擦係数

ξ, ζ カム応力の移動の角度

P_a, P_b, P_a', P_b' パラメータ

針-カム間摩擦係数、針-針溝間摩擦係数、スティッチ カムの角度、針引下げに要する針溝方向の力 (以後針引下げ力と呼ぶ) と、カム垂直力について知られている関係³⁾ から、次の式をうる。

$$R = \frac{F}{(1-\mu_1\mu_2) \cos \phi - (\mu_1 + \mu_2) \sin \phi}$$

$$= \frac{F}{(\cos \phi - \mu_1 \sin \phi) - \mu_2 (\sin \phi + \mu_1 \cos \phi)} \dots \dots \dots (3.1)$$

角度 ϕ_a におけるカム応力 R'_a は、(1)(3.1)式より

$$R'_a = \frac{F \sec \delta}{(\cos \phi_a - \mu_1 \sin \phi_a) - \mu_2 (\sin \phi_a + \mu_1 \cos \phi_a)} \dots \dots \dots (3.2)$$

カム応力の x 軸成分 R_{ax}' および y 軸成分 R_{ay}' は

$$\left. \begin{aligned} R_{ax}' &= \frac{F(\sin \phi_a + \mu_1 \cos \phi_a)}{(\cos \phi_a - \mu_1 \sin \phi_a) - \mu_2 (\sin \phi_a + \mu_1 \cos \phi_a)} \\ R_{ay}' &= \frac{F(\cos \phi_a - \mu_1 \sin \phi_a)}{(\cos \phi_a - \mu_1 \sin \phi_a) - \mu_2 (\sin \phi_a + \mu_1 \cos \phi_a)} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3.3)$$

$(\cos \phi_a - \mu_1 \sin \phi_a) / (\sin \phi_a + \mu_1 \cos \phi_a) = P_a$ とおけば、(3.3)式は次のようになる

$$\left. \begin{aligned} R_{ax}' &= \frac{F}{P_a - \mu_2} \\ R_{ay}' &= \frac{FP_a}{P_a - \mu_2} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3.4)$$

同様に、角度 ϕ_b におけるカム応力の x 軸成分 R_{bx}' および y 軸成分 R_{by}' は

$$\left. \begin{aligned} R_{bx}' &= \frac{F}{P_b - \mu_2} \\ R_{by}' &= \frac{FP_b}{P_b - \mu_2} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3.5)$$

$R'_a - R'_b$ 移動の角度 ξ は (3.4)(3.5) 式より

$$\tan \xi = \frac{R_{by}' - R_{ay}'}{R_{bx}' - R_{ax}'} = \mu_2 \dots \dots \dots (3.6)$$

スティッチ カムの角度が変化すれば、カム応力は、針-針溝間摩擦係数 μ_2 に等しい勾配の直線上を移動することがわかる。

b. μ_1 の変化と R' の関係

カム角度 ϕ が一定でも、針-カム間摩擦係数 μ_1 が変化すれば、カム応力 R' は変わる。この状態を図8に示

す。

図8 μ_1 の変化と R' の移動の方向

針—カム間摩擦係数 $\mu_{1\alpha}$ のとき、カム応力 R'_α は

$$R'_\alpha = \frac{F \sec \delta_\alpha}{(\cos \phi - \mu_{1\alpha} \sin \phi) - \mu_2 (\sin \phi + \mu_{1\alpha} \cos \phi)} \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

カム応力の x 軸成分 $R_{\alpha x}'$, y 軸成分 $R_{\alpha y}'$ は

$$\left. \begin{aligned} R_{\alpha x}' &= \frac{F(\sin \phi + \mu_{1\alpha} \cos \phi)}{(\cos \phi - \mu_{1\alpha} \sin \phi) - \mu_2 (\sin \phi + \mu_{1\alpha} \cos \phi)} \\ R_{\alpha y}' &= \frac{F(\cos \phi - \mu_{1\alpha} \sin \phi)}{(\cos \phi - \mu_{1\alpha} \sin \phi) - \mu_2 (\sin \phi + \mu_{1\alpha} \cos \phi)} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

$(\cos \phi - \mu_{1\alpha} \sin \phi) / (\sin \phi + \mu_{1\alpha} \cos \phi) = P_\alpha$ とおけば (4.2) 式は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} R_{\alpha x}' &= \frac{F}{P_\alpha - \mu_2} \\ R_{\alpha y}' &= \frac{FP_\alpha}{P_\alpha - \mu_2} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

同様に、針—カム間摩擦係数 $\mu_{1\beta}$ のとき、カム応力の x 軸成分 $R_{\beta x}'$ および y 軸成分 $R_{\beta y}'$ は

$$\left. \begin{aligned} R_{\beta x}' &= \frac{F}{P_\beta - \mu_2} \\ R_{\beta y}' &= \frac{FP_\beta}{P_\beta - \mu_2} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (4.4)$$

$R'_\alpha - R'_\beta$ 移動の角度 ζ は (4.3)(4.4) 式より

$$\tan \zeta = \frac{R_{\beta y}' - R_{\alpha y}'}{R_{\beta x}' - R_{\alpha x}'} = \mu_2 \quad \dots\dots\dots (4.5)$$

(3.6) (4.5) 式より、スティッチ カムの角度あるいは表面摩擦の変化によって生ずるカム応力 R' の変化は、勾配が針—針溝間摩擦係数 μ_2 に等しい直線に沿っておこることがわかる。

c. μ_2 , F を決定する他の方法

針引下げ力 F と、カム垂直力 R の関係を示す (3.1) 式において、 R , F , μ_1 , μ_2 , ϕ のうち、カムの角度 ϕ は既知の値であり、また測定により μ_1 および R が与えられるので、未知数として F および μ_2 が残る。針—ニードル シリンダ間の状態に変化を与えることなく、スティッチ カムを交換し、カムの角度、あるいは、針—カム間摩擦を変え、カム応力を測定することにより、 ϕ , μ_1 および R の異なった測定値をうる。

2 個のカムによる ϕ , μ_1 , R の 2 組の測定値を (3.1) 式に代入して、2 個の方程式が得られるが、これを連立方程式として解くことにより、 F および μ_2 の値を決定することができる。ただしこの場合、針—シリンダ間の条件は不変で、各測定を通じて F および μ_2 は一定と仮定する。

実際には、測定数と同じ数の方程式が得られるので

$$\left. \begin{aligned} F &= A_1 - B_1 \mu_2 \\ F &= A_2 - B_2 \mu_2 \\ F &= A_3 - B_3 \mu_2 \\ &\dots\dots\dots \\ &\dots\dots\dots \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (5)$$

4. 実験結果と考察

4.1 カム応力と、針—カム、針—針溝間摩擦係数

図 9 (a)(b) は 45° カムによる測定例で、ゲージ出力をブラウン管上に記録したものである。カム セットは 3.0 mm、カムに接触する平均針数は 9.6 本、そのうち 1.3 本が糸を噛む位置にある。カムの角度が 45° にもかかわらず、力の方向が y 軸に対して、45° より大きくなっているのは、針—カム間摩擦係数 μ_1 の効果による。この偏角 δ より、実験に使用した角度の異なる 4 種のカムの、針—カム間摩擦係数は、給糸、無給糸時を通じて 0.06~0.20 程度であった。

(a) 45°カムによる無給糸運転、運転開始直後 (b) 運転開始後 5 min 経過

図 9 $x-y$ シンクロ スコープで観察したカム応力目盛は左下隅が原点で、1 目盛が 13.1 g に相当する。

編機を連続運転すると、摩擦の大きさに変化が生じ、これに伴って、カム応力 R' の大きさと方向が徐々に変化する。すなわち、運転時間の経過とともに、針—カム間摩擦係数は低くなり、そのためカム応力に変化が生じ、ブラウン管面上では、緩い角度で、左下方へ徐々に移動するが、その方向は (4.5) 式より、針—針溝摩擦係数 μ_2 に等しい勾配の直線上を移動するものと考えられる。

角度の異なる 4 種類のカムについて、無給糸で運転したときの、針 1 本当りのカム応力を図 10 に示す。カム応

図10 カム応力の大きさと方向

$$(y = 0.248x + 22.0)$$

力の水平方向、垂直方向成分を、それぞれ図の x 軸、 y 軸に対応させた。針は B 式靴下機のものを使用した。

(3・6)(4・5) 式より、各測定点は理想状態においては、勾配 μ_2 の直線上に位置することになる。

図10において、回帰直線を求めれば、 $y = 0.248x + 22.0$ となり、針—針溝間摩擦係数 μ_2 は 0.248 であることを知る。 y 軸と回帰直線の交点、すなわち x が 0 における y の値 22.0 は、無給糸における針引下げ力に等しい。座標原点と回帰直線上の点を結ぶ直線は、カム応力 R' に等しく、このカム応力 R' は、カムの角度 ϕ が大きくなるか、針—カム間摩擦係数 μ_1 が大きくなると増加し、その増加の割合は、針—針溝間摩擦係数 μ_2 が大きいほど著しいことになる。

4.2 μ_2 , F の連立方程式による解法

図10の測定値を、(5)式に代入して、(6)式をうる。

$$\left. \begin{aligned} F &= 26.0 - 17.8\mu_2 \\ F &= 29.2 - 27.6\mu_2 \\ F &= 32.2 - 39.5\mu_2 \\ F &= 35.5 - 63.7\mu_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

図11は(6)式を図示したもので、平均値を定義し、各直線の交点より、 F および μ_2 の値を求めることができる。

5. む す び

この実験に使用したカム応力測定装置の、ゲージ出力を x - y レコーダにて観察することにより、針—カム間

図11 連立方程式の図による解法

摩擦係数 μ_1 の値と、その時間的変化の模様を知りうる。すなわち、編機を連続運転すると、針—カム間の摩擦は減少し、 μ_1 の値は小さくなる。このことは、カム応力 R' の方向をしらべることでわかる。

またカム応力 R' の大きさと方向の変化の状態をしらべることで、針—針溝間摩擦係数 μ_2 の値を知ることができるが、同一カムによる運転中の μ_1 の変化によっておこる R' の移動は、わずかでしかないので、これより μ_2 を測定することは、精度上充分とはいえない。

角度の異なるカムを使用して、 ϕ と μ_1 を積極的に変えることで、 R' を広範囲に変化させ、 μ_2 の精度をよくすることができる。

文 献

- 1) J.J.F. Knapton, D.L.Munden ; Text.Res.J., **36**, 1072 (1966)
- 2) J.J.F. Knapton, D.L.Munden ; Text.Res.J., **36**, 1081 (1966)
- 3) D.L.Munden ; J.Text.Inst., **51**, p.712 (1960)
- 4) J.J.F.Knapton ; Text.Res.J., **36**, 706 (1966)
- 5) D.E.Henshaw ; Text.Res.J., **38**, 592 (1968)
- 6) D.H.Black, D.L.Munden ; J.Text.Inst., **61**, 340 (1970)
- 7) 相坂, 川上, 新藤 ; 織学誌, **24**, 70 (1968)
- 8) 相坂, 川上, 新藤 ; 織学誌, **24**, 76 (1968)