

# 505. 非接触式ねじり動力計に関する研究

Studies on the non-contacting torsion dynamometer

学 \*長谷部 浩 (新潟大院)

正 石橋 達弥 (新潟大)

学 尾崎 由周 (新潟大院)

鈴木 登 (株)ヘルツ電子)

佐野 力三 (株)佐野スプリング)

Hiroshi HASEBE, Tatsuya ISHIBASHI, Yoshihiro OZAKI

Faculty of Engineering, Niigata University 8050 2-no-cho Ikarashi, Niigata 950-21 Japan; Noboru SUZUKI, HERTZ ELECTRONICS; Rikizo SANO, SANO IRON WORKS SPRING

Key words: Non-contacting Torsion Dynamometer, Torque, Heart Cam, Photo Sensor

## 1. 緒言

正味動力測定(入力軸と出力軸とが回転しながらトルクを伝達している状態を測定)を目的としたねじり動力計は、現在では伝達軸のねじれ角を電氣的に検出し・処理する方式が主流となっている。

この中でも、電磁ピックアップを用いて非接触的に正味動力を測定するデジタルトルクメータは精度もよく分解能にも優れているが、ある回転数以上でないと出力を発生しないという特性のため、低速回転域の動力測定のためにはモータを内蔵することが必要となり、体積や重量の問題及び価格の点でも高価である。

そのため、静止時を含む極低速回転速度領域においても使用でき、極微小容量の動力も測定可能であり、かつ、機器自体の極小化と軽量化も容易に図れ、安価で簡単な非接触式ねじり動力計の開発研究が必要とされている。

このような研究の一環として、伝達軸のねじれ角変位を入出力軸に取り付けた同形のカムの端面変位差に変換し、それを安価なフォトインタラプタをセンサに用いて検出することにより、動力を測定する装置を試作し、検定試験を行った結果について報告する。

## 2. 非接触式ねじり動力計の構造及び原理

### 2-1. 構造

Fig.1に非接触式ねじり動力計のシステム図を示す。

ねじり動力計は、伝達軸に作用するトルクをばねにより拡大したねじれにかえる変換部とセンサからの信号を処理する部分に分かれる。変換部に①入出力軸、②2枚の同形のカム、③ねじりコイルばね、④変位センサから成っている。伝達軸にトルクがかかりばねがねじれると、2枚のカムに回転角変位差が生じ、この

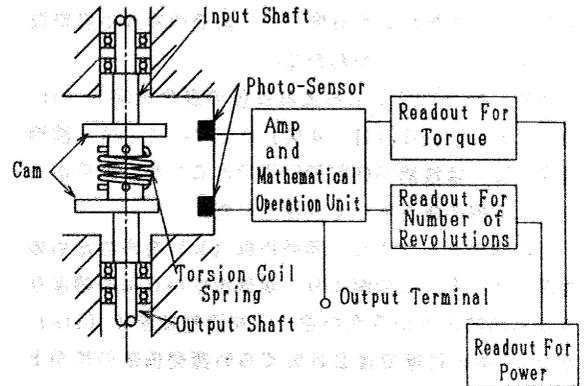


Fig.1 Diagram of Dynamometer system

角変位差がカムの端面変位差に変換され、これをフォトセンサにより検出し、アンプによる増幅と演算装置による処理によって信号を必要なトルク値、回転数、動力値として表示するシステムである。

### 2-2. カム形状

カムの形状は、Fig.2に示されているように今回はハートカム形状を用いる。0-0' 上でのカムの半径  $r$  は、回転角  $\alpha$  が  $0 < \alpha < \pi$  では直線的に増加し、 $\alpha = \pi$  で最大変位  $H$  となり半径は  $r_g + H$  となる。 $\pi < \alpha < 2\pi$  では変位は  $H$  から減少し、 $2\pi$  で  $h=0$  となる。角度と基礎円半径  $r_g$  からの変位の関係式は、次の式ようになる。

(a)  $0 < \alpha < \pi$

$$r = r_g + (H/\pi) * \alpha$$

$$h = r - r_g = (H/\pi) * \alpha$$

(b)  $\pi < \alpha < 2\pi$

$$r = r_g - (H/\pi) * \alpha + 2H$$

$$h = r - r_g = -(H/\pi) * \alpha + 2H$$

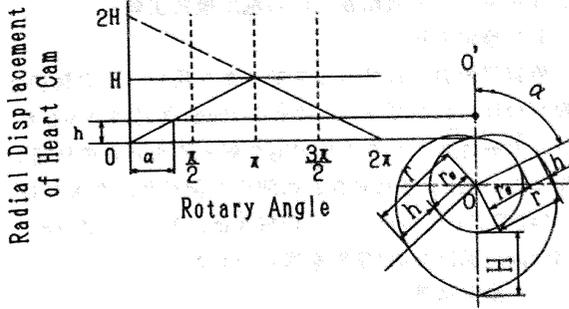


Fig. 2 Geometry of Cam and Cam Diagram

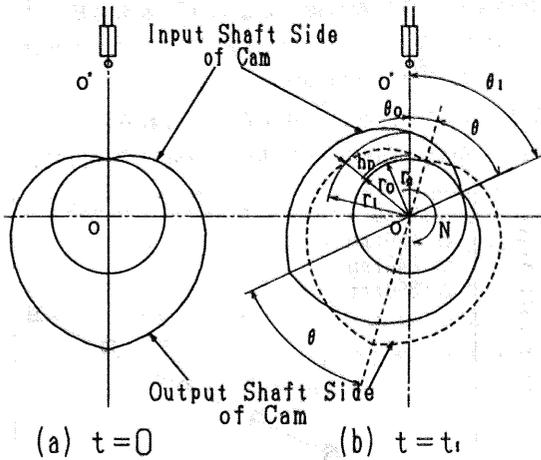


Fig. 3 Relative Position of Cams

### 2-3. 測定原理

入出力軸のカム片の相対的な位置関係を Fig. 3 に示す。

(a)の状態は停止時( $t=0$ )であり、まだトルクがかかっておらずカムの角変位差は生じていない。(b)の状態は、回転数 $N$ で回転し始めトルク $T$ がかかったのち平行状態に達したとき( $t=t_1$ )である。入力軸のカム片は、このとき $\theta_1$ だけ傾く。出力軸のカム片は、トルク $T$ によりねじりコイルばねがねじれるため、 $\theta_0$ 傾く。このとき入力軸と出力軸のカム片の角変位差 $\theta$ は、 $\theta = \theta_1 - \theta_0$ となる。そして $t_1$ 秒以降は、入出力軸は $\theta$ の角変位差を保ちながら回り続ける。 $0-0'$ 線上でのそれぞれのカムの半径は、入力側 $r_1$ 、出力側 $r_0$ となりその差は $h_0 = r_1 - r_0$ となる。

$0'$ 点でカムの端面変位の測定をしているフォトセンサの出力線図を Fig. 4(a) に示す。入力軸カムの出力は実線のA、出力軸カムの出力は破線のBで示されている。それぞれの出力電圧はカムの半径 $r$ に対応した波形になっている。定常状態( $t > t_1$ )では、AとBは一定のずれを保ったままである。その出力差はCで表され、これが入力軸と出力軸のカムの半径差 $h_0$ を表している。

さらに Fig. 4(a) より、より大きなトルク $T'$  が作用する場合には、ねじりコイルばねのねじれは大きくなり、2つのカムの角変位差 $\theta$ が $\theta'$  ( $\theta < \theta'$ )になる。その結果、 $0-0'$ 上の半径変位差も大きくなり、センサの出力は Fig. 4(b) のようになる。A、Bの出力波形のずれが(a)の時より大きくなるため、A、Bの差Cの振幅 $h_0'$ も(a)の $h_0$ より大きい値を示す。

つまり、 $h_0$ の値は作用するトルクに対応して変化するため、 $h_0$ の値が測定できればトルクの値がわかる。したがって、ねじりコイルばねのばね定数 $K$ が与えられればトルク $T$ は次式

$$T = 1/K \cdot h_0$$

により求められる。

また回転数は、波形Cの周期 $\tau$  (秒) が軸一回転の時間になるので、

$$N = 60/\tau \quad (\text{rpm})$$

で表される。

トルク $T$ と回転数 $N$ とが求められれば、動力 $P$ は、それらを用いて表される。

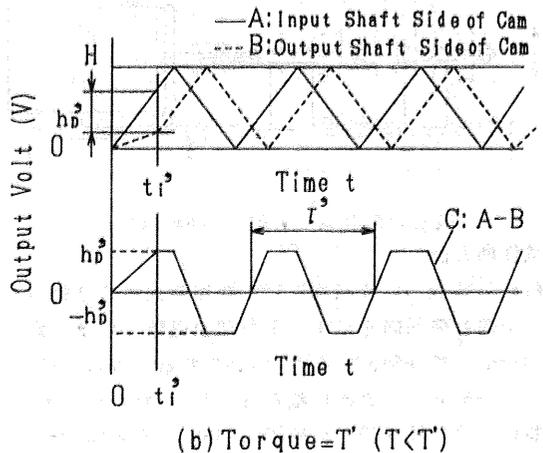
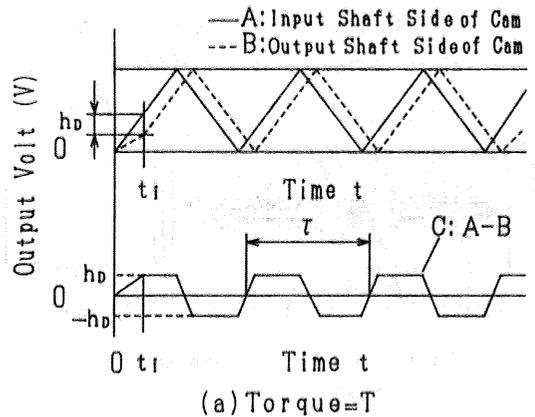


Fig. 4 Typical Examples of actual waveform

### 3. フォトセンサ

今回フォトセンサとして用いたのは、NEC製のフォトインタラプタPS6002である。このフォトインタラプタは、反射面との距離に応じて出力電圧が変化する特性を持っており、その特性を距離センサとして用いた。

Fig.5に反射面として紙を用いた場合の、反射面のセンサに対する角度が90°のときの距離と出力電圧(相対値%)を示す。0mmから急激に立ち上がり、4.9mmでピークを示し、7mmから12mmまではやや直線的に下がり、その後は、緩やかなカーブを描いて減少している。

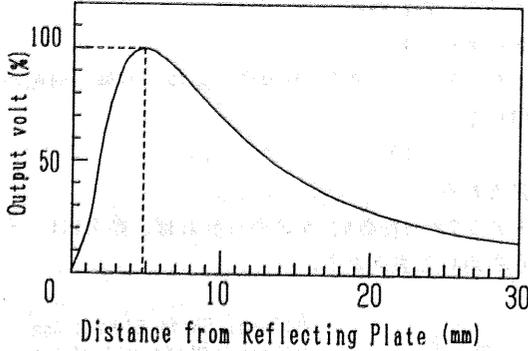


Fig.5 Characteristic of PS6002

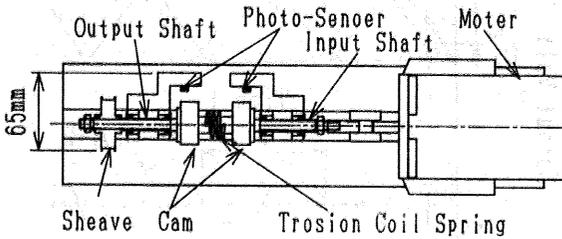


Fig.6 Top View of Dynamometer

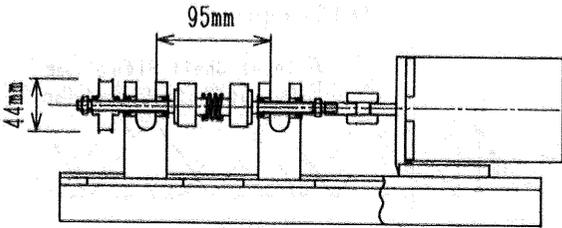


Fig.7 Side View of Dynamometer

### 4. 試作動力計

Fig.6、Fig.7に今回試作した非接触式ねじり動力計の上面図と側面図を示す。主要部の概略寸法は、約縦95mm、横65mm、高さ44mmである。カムは最大変位H=5mmとし、表面に紙をはった。ねじりコイルばねはピアノ線を用い、線径1.8mm、有効径20mm、長さ16.8mm、巻き方向左、巻き数3、ばね定数62.6(kgf·mm/rad)のものを使用した。

### 5. 作用トルク-回転数-出力電圧検定実験

#### 5-1. 検定方法

検定用動力としてパルスモータを用い、出力軸側に取り付けられたプリー(半径R=20mm)におもりGをかけ、回転させたときの出力 $h_D$ の値とそのときの作用トルク $T=R*G$ および回転数との関係を調べた。おもりは、400gfずつで2.4kgfまで、回転数は、3rpm、120rpm、240rpm、360rpmの4段階を図に示した。

#### 5-2. 検定結果

Fig.8に検定結果を示す。出力電圧 $h_D$ と作用トルクTとの関係は回転数の違いによらず一本の曲線で表される結果となり、これを次のような2次式で表せば、

$$h_D = 0.170T + 1.95 \times 10^{-2} * T^2$$

結局トルクTは、 $h_D$ により次式でえられる。

$$T = 25.6 * \{ (2.89 \times 10^{-2} + 7.80 \times 10^{-2} * h_D)^{1/2} - 0.170 \}$$

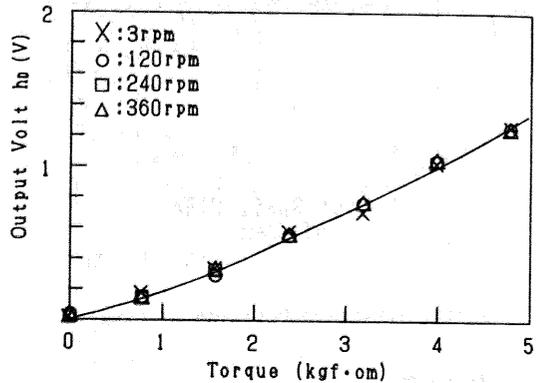


Fig.8 Output Volt  $h_D$  ~ Torque T Curve

### 6. 結言

以上のことをまとめると次のことがいえる。

- (1) 2枚の同形のカム片と安価なフォトセンサを用い、シンプルでコストの低い非接触式ねじり動力計を試作した。
- (2) 試作したねじり動力計の検定実験を行った結果、作用トルクTとフォトセンサの出力 $h_D$ との関係は2次式で与えられることがわかった。

#### 今後の展望

- ① カムの枚数を増やすことにより、ねじれ角変位差の分解能をあげる。
- ② 今回試作したものをラジアルタイプとすると、さらに軸方向に変位の変わるカムを用いる方式も考えることができ、分解能の向上とスペースの問題の解決、および極小化への発展を考えることができる。
- ③ カムの多層化によるフォトセンサの測定範囲の拡大をはかる。

本研究に御協力いただいた 日本電気(株) 小林徹也氏に感謝申し上げます。