

307. 差動カム式非接触ねじりトルク・動力計の研究

A Study of a Non-Contact Torsion Torque-Dynamometer Using Two Differential Cams.

学 * 嶋貫 博行 (新潟大院) 正 石橋 達弥 (新潟大)
 長谷部 浩 (日産自動車㈱) 鈴木 登 (ヘルツ電子㈱)
 佐野 力三 (佐野鉄工㈱) 学 尾崎 由周 (新潟大院)

Hiroyuki SHIMANUKI, Tatsuya ISHIBASHI, Yoshihiro OZAKI :
 Faculty of Engineering, Niigata University, Ikarashi 2-no-cho 8050, Niigata, 950-21
 Hiroshi HASEBE : Nissan Motor Co., Ltd.
 Noboru SUZUKI : Hertz Electronics Co., Ltd.
 Rikizo SANO : Sano Iron Works Spring Co., Ltd.

Keywords : Non-Contact Torsion Dynamometer, Torque, Differential Involute 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気的に検出し・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な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、体積や重量の点で問題があり、また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、安価で簡単な構造の非接触式ねじり動力計の開発研究が必要とされている。

本研究では、2枚の同形のインボリュートカムを入力出力軸に取り付け、それらの端面変位差をフォトインタラプタで非接触に検出する方法のねじり動力計を試作し、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。

本ねじり動力計は、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変える変換部と、フォトセンサからの信号を処理する部分に分かれる。変換部は①入出力軸、②2枚の同形のカム、③ねじりコイルばね、④非接触変位センサから成っている。伝達軸にトルクが作用しばねがねじれると、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非接触で検出し、増幅

と演算装置による処理によって信号をトルク値、回転数、動力値として表示するシステムである。

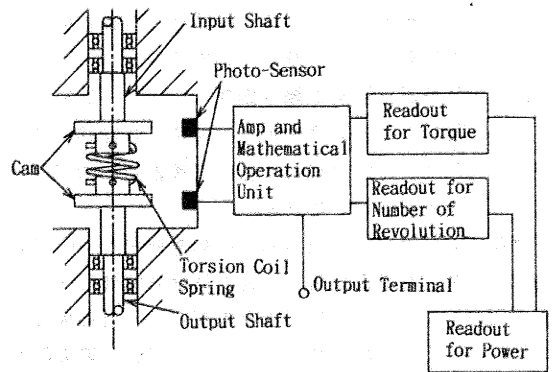


Fig.1 Diagram of Dynamometer

2.2 カム形状

カムの形状は、これまで用いてきたハートカム(Fig.2)でのフォトセンサの光軸に対する測定面の角度が変化するという問題を解決し、かつ検出感度を上げるために、複数枚歯インボリュートカム形状を用いた。今、このカムの歯を*p*枚とし、その*i*番目の歯に注目する。Fig.3に示すように基礎円半径を*r₀*とし、0-0'上でのカムの端面変位*h₀*は、回転角*α*が $2\pi/p \cdot (i-1)$ から $2\pi/p \cdot i$ では直線的に増加し、 $\alpha = 2\pi/p \cdot i$ で半径方向変位は最大の*H*となる。角度と端面変位*h*の関係式と角度と半径*r*の関係式は次のようになる。

$$\frac{2\pi}{p} \cdot (i-1) < \alpha < \frac{2\pi}{p} \cdot i$$

$$r = r_0 + \frac{p}{2} \cdot \frac{H}{\pi} \cdot \left(\alpha - \frac{2\pi}{p} (i-1) \right)$$

$$h = r - r_0 = \frac{p}{2} \cdot \frac{H}{\pi} \cdot \left(\alpha - \frac{2\pi}{p} (i-1) \right)$$

今、 $i=1$ とすると、 h はハートカムと比べて $p/2$ 倍になっており、複数枚歯にすると検出感度が上がる。

Fig.4に歯の枚数が8枚($p=8$)のときのカムの形状とカム線図を示す。

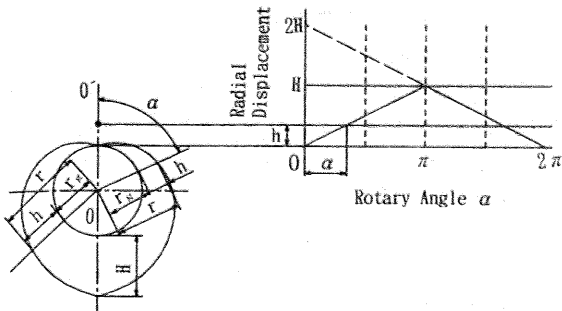


Fig. 2 Geometry of Heart Cam and Cam Diagram

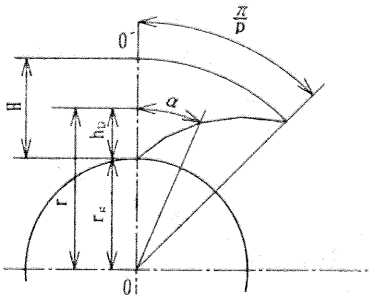


Fig. 3 Diagram of Tooth of Involute Cam

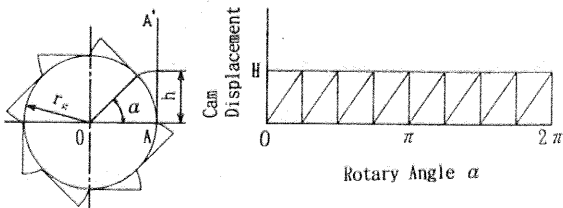


Fig. 4 Geometry of Involute Cam and Cam Diagram

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.5に示す。図に示すようにインボリュート曲線を用いているのでフォトセンサの光軸と測定面は常に直角に交わる。

(a)の状態は停止時($t=0$)であり、まだトルクが作用しておらずカム間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 が作用し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 θ_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、 θ_0 傾く。このときの入力軸と出力軸のカム片の角変位差 θ は、

$$\theta = \theta_1 - \theta_0 \text{ となる。}$$

そして t_1 秒以降は、入出力軸は θ の角変位差を保ちながら回り続ける。A-A'線上でのそれぞれの端面変位は、入力側 h_1 、出力側 h_0 となりその差は $h_0 = h_1 - h_0$ となる。

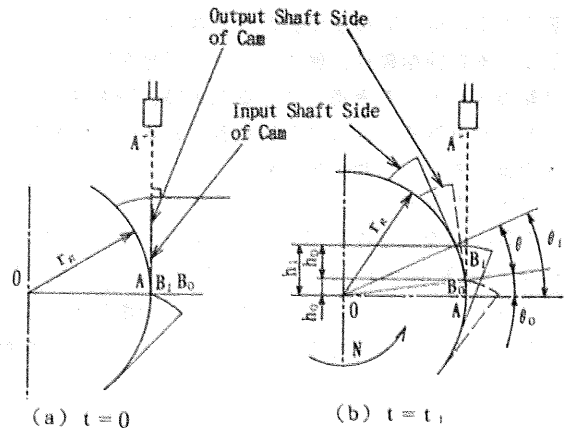


Fig. 5 Relative Position of Involute Cams

A'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.6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端面変位 h 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端面変位差 h_0 を表している。しかし、AよりBの出力が大きい部分の差では、端面変位差 h_0 ではなく、 $h_0 - H$ を示すことになるため、Bの出力から最大出力値を引いた値として処理するとAとの差が一定となるため、Cの値が常に一定の値 h_0 を示すことになる。 h_0 の値は作用するトルクに対応して

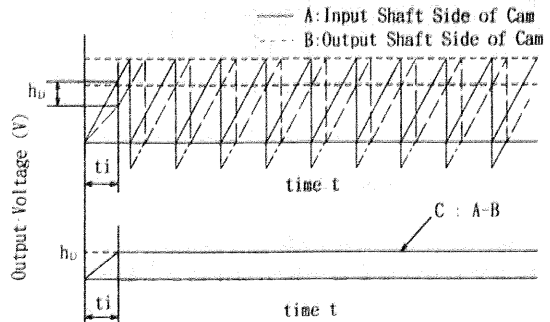


Fig. 6 Typical Example of Actual Waveform,

変化するため、 h_D の値が測定されればトルクの値がわかる。また回転数は、軸にスリット円盤を取り付け、円盤のスリットを通過してくる光のON, OFFをフォトセンサで読み取る。トルクと回転数とが求められれば、動力は、それらの積で表される。

3. フォトセンサ

今回、端面変位検出用の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。また、発光側の光の拡散を防ぐためにスリットをつけて使用した。

回転数検出にはSHARP製のエンコーダ機能付OPTICフォトインタラプタを、同社製のスリット数200の円盤と併せて使用した。

4. 試作動力計

Fig. 7、Fig. 8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。インボリュートカムの最大変位は $H=10\text{mm}$ である。ねじりコイルばねはピアノ線を用い、線径2.0mm、有効径19mm、長さ15mm、巻き方向左、巻き数2、ばね定数135.2(kgf・mm/rad)のものを使用した。

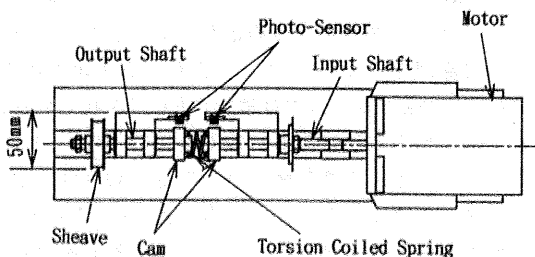


Fig. 7 Dynamometer (Top View)

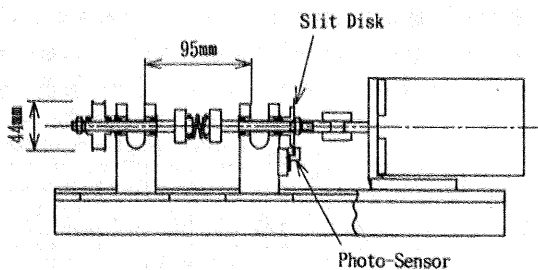


Fig. 8 Dynamometer (Side View)

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

取り付けられたプーリー(半径 $R=20\text{mm}$)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 $T=R \times G$ 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. 9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、結局トルク T は、 h_D により次式で与えられる。

$$T = 1.526h_D - 0.203h_D^2 + 0.020h_D^3$$

また、破線は昨年までに開発したハートカム型動力計の検定結果で、トルク T は h_D' により次式で表される。

$$T = 5.071h_D' - 0.769h_D'^2$$

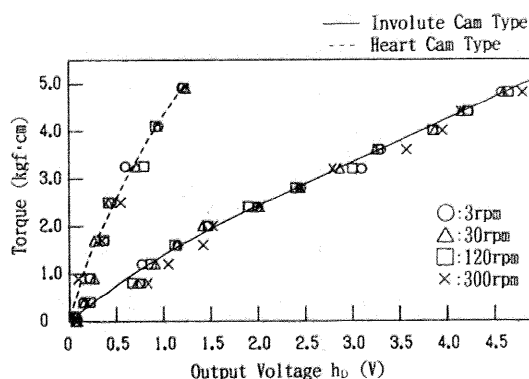


Fig. 9 Output Voltage(h_D) vs. Torque(T)

6. 結言

(1) 2枚の同形のインボリュートカム片と安価なフォトセンサを用い、シンプルで安価な非接触式ねじり動力計を試作した。

(2) カムの枚数を増やすことにより、ねじれ角変位差の検出感度をあげることができた。

(3) 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 との関係は回転数によらず一本の3次式で与えられることがわかった。

今後の展望

① 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アキシアルカムタイプ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。

② 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)小林徹也氏および4年生の小泉克之君に感謝申し上げます。