

## はすば歯車の實用新解析\*

新 井 敏 正

## I. 緒 論

はすば歯車の解析は、その目的に応じて二通りの行き方がある。

一つは主として研究室で、航空機用その他の高性能の特殊歯車を、高級な測定器を用いて、規格その他にこうでいることなく、純理論的に吟味するために行われるもので、これについては多くの文献<sup>(1)</sup>があるのでここでは言及しないことにする。

いま一つは一般歯切工場一般転位はすば歯車を、手持ちの測定器具および工具の制限の下に、実際工作の諸元決定のために行われるもので、これを仮りに「はすば歯車の實用解析」と呼ぶことにする。はすば歯車の實用解析については従来適切な文献がないようであるから、できるだけ簡単な測定器具と測定方法で、標準工具を用いた転位はすば歯車を解析する一方法について述べる。

## (1) 測定に使用する器具

測定板、ノギス、定盤

## (2) 計算に使用する数表

三角函数表、 $\alpha-B_r-B_v$  函数表<sup>(2)</sup>

$\beta-V-V_v$  函数表<sup>(3)</sup>

## (3) 測定諸元

中心距離  $A$  (図面がある場合には図面に記入してある値をそのままとる)

歯直角基円ピッチ  $P_n = l_{n+1} - l_n$

歯底円半径  $R_{d1}$  および  $R_{d2}$

基円嚙振れ角  $\beta_g$

## (4) 決定諸元

歯切形式 (歯直角か軸直角か)

工具のモジュールまたは直径ピッチおよび圧

力角  $M_H(DP_H)\alpha_H$  または  $M_S(DP_S)\alpha_S$

歯切ピッチ円嚙振れ角  $\beta$

転位係数  $x_{H1}$   $x_{H2}$  または  $x_{S1}$   $x_{S2}$

転位係数は、測定値から求められる歯底円転

位係数をかみ合い理論から導かれる理論転位係数によつて修正して決定する。また計算の便宜上歯直角の場合も軸直角の場合も工具固有のモジュールを用いた  $MZ_1$ 、 $MZ_2$  (ただし  $Z_1$   $Z_2$  は函数) なるピッチ円 (したがつて歯直角の場合には仮想ピッチ円<sup>(3)</sup>) から測つた転位係数 (したがつて歯直角の場合には仮想転位係数<sup>(3)</sup>) を使つた。

## II 測定諸元

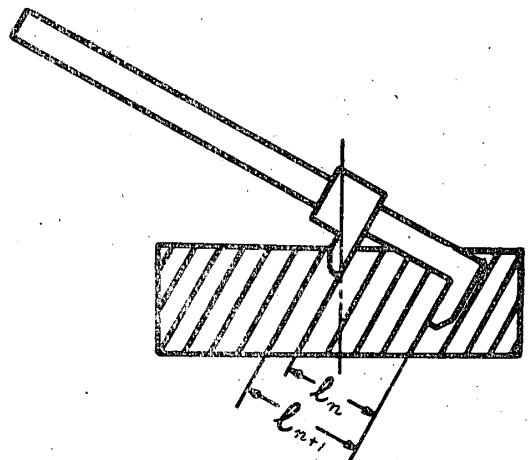
1. 中心距離  $A$ 

歯車2軸間の中心距離は組立図に明記してあるから、図面のある場合はその値をそのままとる方が測定の手数がはぶける上に精度の高い数値が得られる。

図面のない場合には両歯車を背隙の無い状態でかみ合せてその中心距離をノギスで測定する。この測定誤差は後で同じ歯車を工作したときのかみ合い状態に影響するから、できればもつと精密な測定器具を用うことが望ましい。ただし理論転位係数の計算では背隙の項が0となつて計算が簡単になる。

2. 歯直角法線ピッチ  $P_n$ 

$P_n$  は第1図の如くノギスで歯直角に ( $n+$



第 1 図

\* 昭和27年3月7日日本機械学会九州支部福岡地方講演会で発表

1) 枚の歯を挟んで測つた  $l_{n+1}$  と、 $n$ 枚の歯を挟んで測つた  $l_n$  とから

$$P_n = l_{n+1} - l_n \quad (1)$$

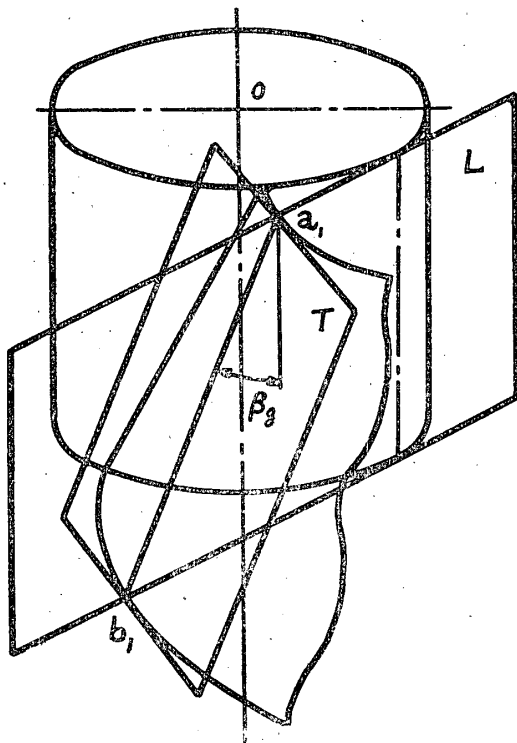
として求められる。

### 3. 歯底円半径 $R_{d1}$ , $R_{d2}$

偶数歯の小型歯車の場合には、歯底円直径を直接に測ればよい。

奇数歯または大型歯車の場合には、軸孔直径と、軸孔周から歯底円周までの距離とを測り、前者の  $1/2$  に後者を加える方法が最も簡便である。

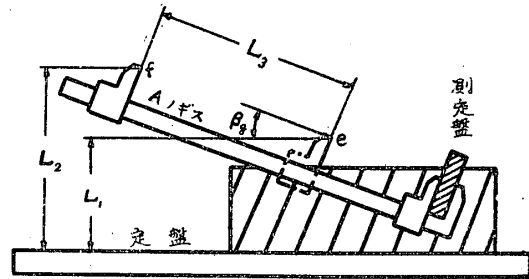
### 4. 基円嚙入れ角 $\beta_g^{(4)}$



第 2 図

第2図の如く基円嚙に切する任意の平面Lと歯形曲面とは常に直角に交わり、その交線  $a_1 b_1$  は歯車軸と常に  $\beta_g$  の角度をなす直線となる。したがって歯形曲面に切せしめた任意の平面Tは常に歯車軸と  $\beta_g$  の角度をなす。そこで第3図に示す如く定盤にはすば歯車をのせ、平面板をT平面として歯面に石膏またはセメダインで固定し、これを挟んだノギスA上のeおよびfの高さ  $L_1$  および  $L_2$  と、ef間の長さ  $L_3$  とをノギスBで読めば

$$\sin \beta_g = (L_2 - L_1) / L_3 \quad (2)$$



第 3 図

から  $\beta_g$  を求めることができる。

大型歯車の場合には機械にとりつけたままで直定規を端面に当てがって定盤の代りをさせてもよい。

## III 決定諸元

### 1. 歯切形式および $Ma\beta$ の決定

#### a. 歯直角の場合

まず  $P_n$  と  $a_H$  ( $14.5^\circ$ ,  $20^\circ$  等) とを

$$\left. \begin{aligned} M_H &= P_n / \pi \cos a_H \\ DP_H &= 25.40 \pi \cos a_H / P_n \end{aligned} \right\} \quad (3.1)$$

に代入して  $M_H$  また  $DP_H$  を規格値に最も近からしむるものを選び出し、これを規格通りに修正して工具の  $M_H$  または  $DP_H$  および  $a_H$  を決定する。

中田博士はこの場合  $M_H$  をそのままとし  $a_H$  のみをわずかに修正して法線ピッチ  $P_n$  を原歯車と完全に一致させる方法を提唱されている。 $p_n$  の測定誤差がきわめて少く、かつラツクカツタの如く廉価にして  $a_H$  の修正容易な場合または量産でホブを専用に備え得る場合には最も適切な方法である。ここでは一般目的のホブを使う場合も考慮して工具は無修正の方針をとつた。

つぎに  $\beta_g$  といま決定した  $a_H$  とを

$$\sin \beta = \sin \beta_g / \cos a_H \quad (4.1)$$

に代入して  $\beta$  を求め、これを自工場歯切盤の割出歯車で作れる値に修正して工作歯切ピッチ円嚙上の捩れ角 (すなわち工具取付角の増減量) と決定する。

#### b. 軸直角の場合

$$\left. \begin{aligned} M_s &= P_n / \pi \cos a_s \cos \beta_g \\ DP_s &= 25.40 \pi \cos a_s \cos \beta_g / P_n \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

から同様に工具の  $M_s$  または  $DP_s$  と  $a_s$  とを決定し

$$\tan \beta = \tan \beta_g / \cos a_s \quad (4.2)$$

から求められた  $\beta$  を自工場工具の  $\beta$  に修正して工作歯切ピッチ円の捩れ角と決定する。

歯直角軸直角両形式の歯切盤が揃っている場合には両形式の吟味を全部行つて最もよく適合するものを選び。

## 2. 歯底円転位係数

与えられた歯車の歯底円と標準歯車の歯底円との差から計算した転位係数を歯底円転位係数と呼ぶことにする。同じカツタで切つた一組の歯車では歯底円転位係数の差と真の転位係数の差とは全く相等しい。

### a. 歯直角の場合

$M_H$  を基準とし、 $Z_1 M_H$  および  $Z_2 M_H$  なる仮想ピッチ円から測つた仮想歯底円転位係数を  $x'_{H1}$ ,  $x'_{H2}$  とすれば

$$x'_{H1} = \frac{R_{d1}}{M_H} + 1.157 - \frac{Z_1}{2}, \quad x'_{H2} = \frac{R_{d2}}{M_H} + 1.157 - \frac{Z_2}{2}$$

$$\therefore x'_{H1} - x'_{H2} = \frac{R_{d1} - R_{d2}}{M_H} - \frac{Z_1 - Z_2}{2} \quad (5.1)$$

### b. 軸直角の場合

$M_s$  を基準とし、 $Z_1 M_s$  および  $Z_2 M_s$  なるピッチ円から測つた歯底円転位係数を  $x_{s1}'$ ,  $x_{s2}'$  とすれば

$$x_{s1}' - x_{s2}' = \frac{R_{d1} - R_{d2}}{M_s} - \frac{Z_1 - Z_2}{2} \quad (5.2)$$

## 3. 理論転位係数

軸間距離と工具とが指定された一組の歯車に与うべき転位係数の和はかみ合い方程式より求められる。

### a. 歯直角の場合<sup>(3)</sup>

$\beta - V - V_v$  函数表より捩れ角  $\beta$  に応ずる  $V$ ,  $V_v$  の値が直ちに求められる。そこで、

$$A_0 = \frac{Z_1 + Z_2}{2} M_H \quad (6.1)$$

$$B_v = \frac{A}{A_0} V_v - 1 \quad (7.1)$$

の  $B_v$  に応ずる  $B$  の値を標準圧力角の  $\alpha - B - B_v$  函数表より求められる。

歯直角背隙  $S_n$  は工作精度に応じて

$$S_n = 0.02(M_H + 2) \sim 0.04(M_H + 2) \quad (8.1)$$

しかるときは仮想理論転位係数  $x''_{H1}$ ,  $x''_{H2}$  は

$$x''_{H1} + x''_{H2} = \frac{Z_1 + Z_2}{2} (B + V) - \frac{1}{2 \sin \alpha_H} \frac{S_n^2}{M_H} \quad (9.1)$$

### b. 軸直角の場合

$$A_0 = \frac{Z_1 + Z_2}{2} M_s \quad (6.2)$$

$$B_v = \frac{A}{A_0} V_v - 1 \quad (7.2)$$

の  $B_v$  に応ずる  $B$  の値を標準圧力角の  $\alpha - B - B_v$  函数表から求める。

$$S_n / \cos \beta_g = 0.02(M_s + 2) \sim 0.04(M_s + 2) \quad (8.2)$$

として理論転位係数  $x''_{s1}$ ,  $x''_{s2}$  は

$$x''_{s1} + x''_{s2} = \frac{Z_1 + Z_2}{2} B - \frac{1}{2 \sin \alpha_s} \frac{S_n / \cos \beta_g}{M_s} \quad (9.2)$$

## 4. 転位係数の決定

転位係数は歯底円転位係数と理論転位係数の両者よりそれぞれ次の如くして決定することができる。

### a. 歯直角の場合 (仮想転位係数)

$$\left. \begin{aligned} x_{H1} &= \{(x''_{H1} + x''_{H2}) + (x'_{H1} - x'_{H2})\} / 2 \\ x_{H2} &= \{(x''_{H1} + x''_{H2}) + (x'_{H2} - x'_{H1})\} / 2 \end{aligned} \right\} (10.1)$$

### b. 軸直角の場合

$$\left. \begin{aligned} x_{s1} &= \{(x''_{s1} + x''_{s2}) + (x'_{s1} - x'_{s2})\} / 2 \\ x_{s2} &= \{(x''_{s1} + x''_{s2}) + (x'_{s2} - x'_{s1})\} / 2 \end{aligned} \right\} (10.2)$$

## IV 結 語

1. この方法で直接決定せられるものは、歯直角の法線ピッチ、基円嚙捩れ角、両歯車の転位係数の差、両歯車の転位係数の和の4で、前2者から歯切形式、工具、取付角、を決定し、後2者から転位係数を決定する。

2. 捩れ角の測定には、万能測定顕微鏡を使用して任意の半径における捩れ角を測定する方法と本方法の如く基円嚙捩れ角を歯形曲面のと切平面から測定する方法との2種が考えられる。前法には (1) 測定精度高く (2) 捩れ角に対応する半径を同時に知り得ること (3) 歯巾に沿うしだが測定のじやまにならない等の利点があり、後法には (1) 測定器具が簡単なものでよいこと (2) 基円嚙捩れ角の直接測定が可能なこと (3) 歯車の大きさに関係なく測定可能なこと等の利点がある。

3. 簡易低精度の測定器具を有効に利用するために歯底円転位係数の利用を提案する。

4. 歯直角工具の場合、仮想ピッチ円、仮想転位係数、 $\beta-V-V$ 、函数表の利用は解析計算およびこれと工作とのつながりをいちじるしく容易にする。

5. 標準カツタを用いた普通の転位歯車ならばこの方法で完全に解析することができる。これに要する器具および測定計算はきわめて簡易であるにかかわらず、その解析結果はもつとも合理的でありしかも中心距離以外の測定誤差は単に原歯車との近似度に影響するのみでかみ合いの支障とはならない。

6. 横転位を施した歯車および特殊カツタによる歯車はこの方法では解析できない。これらの場合には正規の解析法によるべきであり、同

時にカツタも特別に製作する必要がある。

しかしかゝる歯車はきわめて稀なので一般工場ではこの解析方法で十分であろう。

参考文献

註：一

- (1) たとえば中田孝： 歯車、測定、検査  
岩波機械工学講座
- (2) 中田 孝： 転位歯車
- (3) 新井敏正： 歯直角工具による転位はすば歯車のかみ合方程式  
機械学会論文集第19巻第82号
- (4) 新井敏正： ノギスによるはすば歯車の捩れ角測定および精度吟味  
山口大学工学部学報第4巻第1号

歯直角工具の  $M, a$  の誤差が  
はすば歯車の転位係数に及ぼす影響\*

新 井 敏 正

I 緒 論

歯直角工具による転位はすば歯車の設計および解析に、新しい $\beta-V-V$ 、函数（これをはすば函数と呼ぶことにする）を考え、これと従来の $a-B-B$ 、函数とを組合せて仮想ピッチ円 system を採用し

$$\left. \begin{aligned} V_v &= \sqrt{1 - \sin^2 \beta \cos^2 a_H} \\ V &= \frac{\tan^{-1} \left( \frac{\tan a_H}{\cos \beta} \right) - a_H}{\tan a_H} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{(表又は近似} \\ \text{式より)} \end{array}$$

$$B_v = \frac{A}{A_0} V_v - 1$$

$$B = f(B_v)$$

$$x_1 + x_2 = \frac{Z_1 + Z_2}{2} (B + V) - \frac{S_0}{2 \sin a_H M_H}$$

とすれば計算が大いに簡単になることは前に述べた通りである。(1)

そこでまずVの近似式の誤差を表示し、つぎに工具の実際モジュール  $M_H$  と称呼モジュール  $M_{H0}$  との誤差  $\Delta M_H$  および実際圧力角  $a_H$  と称呼圧力角  $a_{H0}$  との誤差  $\Delta a_H$  が仮想転位係数の和  $x_1 + x_2$  に及ぼす影響について近似式を求めることに

する。

II Vの近似式の誤差

$$a_H = 14.5^\circ$$

$$V = (1.0017 - 0.064 \frac{1}{\cos \beta}) \left( \frac{1}{\cos \beta} - 1 \right)$$

$\beta$	Vの真値	Vの近似値	誤 差
0°	0	0	0
5°	0.003580	0.003581	+ 0.000001
10°	0.014445	0.014450	+ 0.000005
15°	0.032991	0.032999	+ 0.000008
20°	0.059909	0.059916	+ 0.000007
25°	0.096253	0.096254	+ 0.000001
30°	0.143543	0.143531	- 0.000012
35°	0.203920	0.203901	- 0.000019
40°	0.280391	0.280411	+ 0.000020

$$a_H = 20^\circ$$

$$V = (0.99365 - 0.11 \frac{1}{\cos \beta}) \left( \frac{1}{\cos \beta} - 1 \right)$$

\* 昭和27年9月19日日本機械学会九州支部北九州地方講演会で発表せるものの一部