戸 部 俊 美** 野 沢 睦 雄**

Tooth Form Factor of Involute Spur Gear

Toshimi TOBE, Mutsuo NOZAWA

The tooth form factors of profile shifted gears have been calculated under the conditions that the load is assumed to be concentrated at the highest point of single pair contact and the dangerous section for tooth breakage is determined by the Hofer's method. These results are compared with the approximate method in DIN 3990. In the ordinary range of the addendum modification coefficient the difference between the two is up to 15%, so the approximate method in DIN 3990 is enough to the practical use. The form factors depend on the loading point, position of the section where nominal stress is calculated and dimensions of the cutting tool such as the radius of its tip round and its clearance factor. These effects on the tooth form factor are made clear and shown graphically.

1. 緒 言

平歯車の曲げ強度計算式は、一般に次式で与えられる。

$$U = \sigma_b b m y \quad (1)$$

$$\sigma_b = \frac{U}{b m} Y \quad (2)$$

ここに U : 円周方向力, b : 歯幅, m : モジュール, σ_b : 許容応力, y および Y : 歯形係数。

本論文においては、(1)式の形式における y を用いることにする。歯形係数の計算にあたっては、つぎの諸点を考慮しなければならない。(1)荷重点、(2)危険断面の位置、(3)破損に関与する応力。荷重点の選定は、その歯車の誤差と荷重とに関係することではあるが、正確な歯車では外一歯かみあい点、誤差の大きい歯車では歯先にとるのが適当である。JIS推奨歯形に対する歯先荷重の歯形係数は、藤田ら¹⁾によって発表されている。また標準歯車の一歯かみあい点に対する歯形係数は、寺島²⁾によって発表されているが、一般的な転位歯車については知られていないと思われるので、その数表をここに与えた。ここでは、危険断面を 30° 接線法で決定し、破損に寄与する応力として曲げと圧縮による応力を考慮して、引張側について計算を行なった。

DIN 3990 では、歯先荷重に対して求めた歯形係数を、かみあい率で修正し、一歯かみあい点の歯形係数を近似的に与えている。一歯かみあい点の歯形係数は、相手歯車の諸元の影響を受けるが、これに対し歯先荷重での歯形係数は、その歯車の諸元だけで決定される。したが

って、DIN 3990 の方法は実際的である。本論文では DIN 3990 による近似的な一歯かみあい点の歯形係数と、正しく求めた値とを比較し、その誤差の程度を検討している。

さらに工具歯先の丸み半径、頂げき係数など、工具形状の歯形係数に及ぼす影響を明らかにする。また Hofer 法の危険断面を与える接線の角度は 30° であるが、Weber³⁾はこの角に 20° を採用している。この接線の角度の変化にともなう歯形係数の変化を吟味する。

2. 平歯車の幾何学

歯車の設計や工作において、直角座標による歯の形状の表示が必要な場合が多い。以下に、一般のトロコイド平行曲線から、インボリュート、トロコイド等の式およびそれらの平行曲線の式を簡単に導き、座標変換によって歯厚の式、かみあい線の式を求める方法を述べる。

2.1 トロコイド平行曲線

図1において円 O_c が円 O_1 に接し、すべることなく転る時、円 O_c に固定された点 Q を中心とする半径 r の小円が描く包絡線を考え、その上の点を $P(x, y)$ とすると x, y は次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} x &= (r_1 + r_c) \cos \varphi - (r_c + e) \cos(\varphi + \varphi_c) + r \sin \theta' \\ y &= (r_1 + r_c) \sin \varphi - (r_c + e) \sin(\varphi + \varphi_c) - r \cos \theta' \end{aligned} \right\} (3)$$

$$\text{ここに } \tan \theta' = \frac{r_c \cos \varphi - (r_c + e) \cos(\varphi + \varphi_c)}{-r_c \sin \varphi + (r_c + e) \sin(\varphi + \varphi_c)} \quad (4)$$

$e = RQ$ である。 r_c, φ_c, e, r の符号を適当に変えれば、 Q が円 r_c の内側にある場合、円 O_c が接点 D に対し O_1 と同じ側にある場合にも適用される。これが一般のトロコイド平行曲線の式であって、ピニオンカッタによる歯

* 原稿受付 昭和42年8月1日、仙台地方講演会(昭和41年11月26日)にて発表

** 正会員 東北大学工学部(仙台市荒巻青葉)

図1 トロコイド平行曲線

元曲線に相当する。

2.2 ラック工具による創成曲線

(3), (4)式において, $r_c \rightarrow \infty$ ($\varphi_c \rightarrow 0$) とすれば, ラック工具による創成曲線の式が得られる。もし, $e = 0$, $r = 0$ であれば, インボリュートを表わす。この場合, 特に r_1 を r_g , φ を ψ と置き換えて, 歯形曲線を表わすものとする⁴⁾。

2.3 歯厚の式

2.2 で導いた式を歯の中心線が x 軸になるように, 座標の回転を行なうと, 歯車の中心からの距離と, 歯厚の半分を与える式をうる。図2のごとく, 長さを単位モジュールで与え, 座標の回転角を γ_0 とすれば, 次式を得る。

$$\frac{d}{2} = (r_{01} - e) \cos(\varphi - \gamma_0) + r_{01} \varphi \sin(\varphi - \gamma_0) - r \cdot \{r_{01} \varphi \sin(\varphi - \gamma_0) - e \cos(\varphi - \gamma_0)\} / \rho \quad (5)$$

$$\frac{s}{2} = (r_{01} - e) \sin(\varphi - \gamma_0) - r_{01} \varphi \cos(\varphi - \gamma_0) - r \cdot \{r_{01} \varphi \cos(\varphi - \gamma_0) - e \sin(\varphi - \gamma_0)\} / \rho \quad (6)$$

$$\rho = \sqrt{r_{01}^2 \varphi^2 + e^2} \quad (7)$$

インボリュート部分に対しては, 回転角を κ とおくことによって, 戸部の歯厚の式⁵⁾を工具モジュール基準で表わした式をうる。 e , γ_0 , κ は Maier⁶⁾ および戸部によって与えられている。ただし γ_0 の符号は, Maier の場合と逆である。

2.4 かみあい位置

(3)式は中心がピッチ円上から e だけ距ったピン歯車に相当する。その理論上のかみあい線は $\overline{O_1 O_c}$ が y 軸となるように座標変換をして得られる。前と同様の操作をすれば, インボリュートのかみあい線の式をうる。 x の代わりに図2のごとく $m\zeta/2$ とすれば, かみあい位置を与える角度 ϕ は, $\phi = \zeta/d_{g1}$ となる。

歯車定数 A , B , C ⁷⁾ より特定点, 特にここでは一歯

図2 インボリュート歯車のかみあい

かみあい点の ζ が求められ, それに対応する ϕ を得る。なお, 角度 μ は, $\mu = \phi - \kappa$ で与えられる。

3. 歯形係数

危険断面の歯厚および歯車の中心からの距離を図2のごとく S_f および $d_s/2$ で表わすと, 一歯かみあい点における円周方向力についての歯形係数は次式で与えられる。

$$y_{tE} = \frac{s_f^2 \cos \alpha_b}{3(d_{g1} - d_s \cos \mu) - s_f \sin \mu} \quad (8)$$

α_b : かみあい圧力角。

計算は非常に多くの組み合わせについて行なったが, その中から, $k=0.25$, $r=0.375$, 歯先円径 $m(z+2+2x_1)$ および $m(iz+2+2x_2)$ としての y_{tE} の数値を表1に示す。表にない組み合わせについて求めたい時は, 歯数比 i および相手歯車の転位係数 x_2 に近いものを選び, z と x_1 に対し補間法を用いればよい。このような方法で決定しても正しい計算値との誤差は, 5%の範囲内にある。

図3は, V-Null 転位方式で, 転位係数の小さい範囲に対する y_{tE} の図表である。実用範囲 ($x_1 = -0.2 \sim -0.4$ かつ $z_2=150$ 近傍を除いた部分) に対し, その精度はほぼ3%の範囲内にある。

例 $z_1=35$, $z_2=65$, $x_1=0.2$, $x_2=-0.2$, $y_{tE}=1.01$ 正しい値は 1.03。

4. DIN方式について

DIN 3990 の歯形係数 $q_k \times q_s$ に対応する歯形係数

表1(a) 一歯かみあい点の歯形係数 (30°法危険断面, 円周方向力, $r=0.375$, $h=0.25$, 歯先円径 $\varepsilon+2+2x$)

$i=1.0$		z									
x_2	x_1	17	20	30	40	50	60	70	80	90	100
-0.5	-0.5				0.9512	1.0323	1.0891	1.1316	1.1647	1.1913	1.2131
	0		0.8729	1.0108	1.0941	1.1501	1.1903	1.2205	1.2441	1.2631	1.2786
	0.5	0.9483	1.0011	1.1155	1.1817	1.2251	1.1557	1.2785	1.2961	1.3102	1.3217
	1.0	1.0410	1.0832	1.1757	1.2297	1.2650	1.2900	1.3086	1.3230	1.3344	1.3438
0	-0.5			0.5915	0.7082	0.7958	0.8642	0.9192	0.9644	1.0023	1.0346
	0	0.5910	0.6522	0.7996	0.8972	0.9677	1.0213	1.0637	1.0980	1.1265	1.1504
	0.5	0.8267	0.8790	0.9987	1.0735	1.1254	1.1639	1.1937	1.2174	1.2369	1.2531
	1.0	1.0521	1.0921	1.1795	1.2307	1.2646	1.2887	1.3067	1.3208	1.3321	1.3413
0.5	-0.5		0.3571	0.4977	0.6011	0.6818	0.7473	0.8017	0.8478	0.8874	0.9219
	0	0.5180	0.5728	0.7073	0.7998	0.8690	0.9235	0.9678	1.0046	1.0359	1.0628
	0.5	0.7821	0.8304	0.9428	1.0152	1.0671	1.1068	1.1382	1.1639	1.1853	1.2035
	1.0	1.0881	1.1242	1.2016	1.2463	1.2758	1.2969	1.3128	1.3254	1.3355	1.3439
1.0	-0.5	0.2744	0.3226	0.4487	0.5420	0.6158	0.6766	0.7280	0.7723	0.8109	0.8451
	0	0.4846	0.5348	0.6583	0.7441	0.8093	0.8615	0.9047	0.9413	0.9728	1.0003
	0.5	0.7686	0.8133	0.9170	0.9843	1.0334	1.0714	1.1022	1.1277	1.1493	1.1679
	1.0	1.1473	1.1781	1.2412	1.2762	1.2990	1.3153	1.3277	1.3375	1.3455	1.3522
$i=1.2$		z									
x_2	x_1	17	20	30	40	50	60	70	80	90	100
-0.5	-0.5				0.9190	1.0064	1.0676	1.1134	1.1490	1.1774	1.2008
	0		0.8608	1.0056	1.0918	1.1492	1.1902	1.2209	1.2448	1.2639	1.2795
	0.5	0.9611	1.0138	1.1272	1.1922	1.2345	1.2642	1.2862	1.3032	1.3167	1.3277
	1.0	1.0507	1.0924	1.1835	1.2363	1.2708	1.2951	1.3132	1.3271	1.3382	1.3472
0	-0.5			0.5941	0.7135	0.8029	0.8724	0.9280	0.9736	1.0117	1.0440
	0	0.6032	0.6659	0.8163	0.9151	0.9859	1.0393	1.0812	1.1150	1.1429	1.1662
	0.5	0.8496	0.9027	1.0230	1.0971	1.1479	1.1851	1.2136	1.2362	1.2546	1.2698
	1.0	1.0746	1.1143	1.1999	1.2491	1.2812	1.3038	1.3206	1.3339	1.3439	1.3523
0.5	-0.5		0.3640	0.5091	0.6158	0.6988	0.7658	0.8212	0.8678	0.9078	0.9424
	0	0.5343	0.5911	0.7302	0.8251	0.8956	0.9505	0.9948	1.0315	1.0623	1.0886
	0.5	0.8106	0.8605	0.9753	1.0482	1.0996	1.1382	1.1685	1.1930	1.2133	1.2303
	1.0	1.1247	1.1608	1.2366	1.2788	1.3059	1.3248	1.3388	1.3496	1.3582	1.3652
1.0	-0.5	0.2819	0.3318	0.4630	0.5602	0.6370	0.7000	0.7529	0.7983	0.8377	0.8723
	0	0.5026	0.5553	0.6845	0.7738	0.8411	0.8945	0.9384	0.9752	1.0066	1.0338
	0.5	0.8021	0.8491	0.9567	1.0255	1.0746	1.1122	1.1421	1.1665	1.1871	1.2045
	1.0	1.2001	1.2317	1.2930	1.3251	1.3448	1.3582	1.3679	1.3753	1.3812	1.3860
$i=1.5$		z									
x_2	x_1	17	20	30	40	50	60	70	80	90	100
-0.5	-0.5				0.8864	0.9786	1.0438	1.0927	1.1308	1.1612	1.1861
	0		0.8482	0.9993	1.0884	1.1473	1.1891	1.2204	1.2446	1.2639	1.2797
	0.5	0.9755	1.0280	1.1399	1.2034	1.2444	1.2731	1.2943	1.3105	1.3234	1.3339
	1.0	1.0600	1.1011	1.1906	1.2433	1.2760	1.2996	1.3172	1.3307	1.3415	1.3502
0	-0.5			0.5969	0.7192	0.8103	0.8809	0.9372	0.9831	1.0213	1.0536
	0	0.6174	0.6815	0.8355	0.9354	1.0062	1.0592	1.1005	1.1335	1.1606	1.1832
	0.5	0.8767	0.9304	1.0507	1.1234	1.1725	1.2080	1.2350	1.2562	1.2733	1.2874
	1.0	1.0976	1.1364	1.2193	1.2662	1.2964	1.3174	1.3329	1.3448	1.3542	1.3619
0.5	-0.5			0.5223	0.6328	0.7183	0.7862	0.8432	0.8904	0.9306	0.9652
	0	0.5540	0.6132	0.7575	0.8549	0.9264	0.9815	1.0255	1.0615	1.0916	1.1172
	0.5	0.8847	0.8961	1.0129	1.0853	1.1355	1.1726	1.2013	1.2242	1.2429	1.2586
	1.0	1.1637	1.1992	1.2715	1.3102	1.3343	1.3506	1.3625	1.3714	1.3787	1.3840
1.0	-0.5		0.3428	0.4802	0.5821	0.6622	0.7274	0.7820	0.8284	0.8684	0.9033
	0	0.5248	0.5804	0.7162	0.8092	0.8786	0.9330	0.9771	1.0137	1.0448	1.0714
	0.5	0.8427	0.8919	1.0032	1.0725	1.1210	1.1573	1.1856	1.2085	1.2274	1.2433
	1.0	1.2588	1.2895	1.3470	1.3743	1.3896	1.3993	1.4058	1.4104	1.4139	1.4166

(b) 一歯かみあい点の歯形係数 (続き)

$i = 2.0$		z									
x_2	x_1	17	20	30	40	50	60	70	80	90	100
-0.5	-0.5			0.7097	0.8530	0.9486	1.0173	1.0691	1.1095	1.1420	1.1685
	0		0.8351	0.9918	1.0836	1.1441	1.1868	1.2187	1.2433	1.2629	1.2789
	0.5	0.9919	1.0440	1.1539	1.2156	1.2550	1.2825	1.3027	1.3182	1.3304	1.3404
	1.0	1.0882	1.1087	1.1965	1.2471	1.2800	1.3031	1.3203	1.3335	1.3440	1.3525
0	-0.5			0.5999	0.7251	0.8180	0.8897	0.9465	0.9927	1.0310	1.0632
	0	0.6345	0.7008	0.8578	0.9586	1.0292	1.0814	1.1217	1.1538	1.1798	1.2015
	0.5	0.9090	0.9632	1.0822	1.1526	1.1993	1.2327	1.2577	1.2772	1.2929	1.3057
	1.0	1.1187	1.1564	1.2356	1.2799	1.3082	1.3277	1.3421	1.3531	1.3617	1.3688
0.5	-0.5			0.5381	0.6528	0.7411	0.8113	0.8685	0.9161	0.9562	0.9906
	0	0.5787	0.6407	0.7906	0.8903	0.9624	1.0172	1.0605	1.0955	1.1245	1.1488
	0.5	0.8860	0.9387	1.0562	1.1270	1.1749	1.2096	1.2361	1.2569	1.2737	1.2876
	1.0	1.2018	1.2355	1.3021	1.3365	1.3571	1.3708	1.3805	1.3878	1.3933	1.3977
1.0	-0.5		0.3563	0.5014	0.6087	0.6926	0.7603	0.8164	0.8637	0.9042	0.9392
	0	0.5529	0.6119	0.7554	0.8521	0.9232	0.9781	1.0219	1.0579	1.0806	1.1136
	0.5	0.8924	0.9436	1.0572	1.1256	1.1721	1.2060	1.2319	1.2525	1.2692	1.2830
	1.0	1.3191	1.3474	1.3967	1.4172	1.4272	1.4326	1.4357	1.4376	1.4387	1.4395
$i = 3.0$		z									
x_2	x_1	17	20	30	40	50	60	70	80	90	100
-0.5	-0.5			0.6770	0.8185	0.9162	0.9876	1.0420	1.0847	1.1191	1.1474
	0		0.8213	0.9824	1.0770	1.1390	1.1828	1.2154	1.2406	1.2606	1.2769
	0.5	1.0109	1.0622	1.1693	1.2287	1.2664	1.2925	1.3116	1.3262	1.3377	1.3471
	1.0	1.0738	1.1136	1.2000	1.2498	1.2822	1.3050	1.3219	1.3349	1.3452	1.3536
0	-0.5			0.6033	0.7313	0.8260	0.8986	0.9560	1.0024	1.0407	1.0728
	0	0.6553	0.7238	0.8843	0.9855	1.0553	1.1063	1.1453	1.1760	1.2008	1.2213
	0.5	0.9486	1.0024	1.1184	1.1851	1.2285	1.2590	1.2817	1.2992	1.3131	1.3244
	1.0	1.1328	1.1687	1.2443	1.2865	1.3134	1.3321	1.3458	1.3563	1.3646	1.3713
0.5	-0.5			0.5571	0.6769	0.7681	0.8399	0.8978	0.9455	0.9854	1.0194
	0	0.6105	0.6758	0.8318	0.9334	1.0053	1.0590	1.1007	1.1340	1.1613	1.1840
	0.5	0.9366	0.9898	1.1055	1.1728	1.2170	1.2484	1.2718	1.2900	1.3046	1.3165
	1.0	1.2287	1.2592	1.3188	1.3489	1.3670	1.3789	1.3873	1.3936	1.3984	1.4023
1.0	-0.5			0.5280	0.6421	0.7301	0.8004	0.8579	0.9058	0.9463	0.9811
	0	0.5898	0.6530	0.8049	0.9051	0.9770	1.0314	1.0740	1.1084	1.1368	1.1606
	0.5	0.9528	1.0053	1.1181	1.1831	1.2257	1.2558	1.2783	1.2957	1.3097	1.3210
	1.0	1.3647	1.3881	1.4253	1.4389	1.4438	1.4460	1.4469	1.4471	1.4470	1.4467
$i = 5.0$		z									
x_2	x_1	17	20	30	40	50	60	70	80	90	100
-0.5	-0.5			0.6509	0.7898	0.8882	0.9611	1.0172	1.0616	1.0975	1.1272
	0		0.8095	0.9734	1.0699	1.1333	1.1780	1.2113	1.2370	1.2574	1.2740
	0.5	1.0285	1.0788	1.1829	1.2400	1.2761	1.3009	1.3191	1.3329	1.3438	1.3526
	1.0	1.0743	1.1138	1.1998	1.2495	1.2819	1.3047	1.3216	1.3346	1.3450	1.3534
0	-0.5			0.6062	0.7365	0.8324	0.9057	0.9634	1.0099	1.0482	1.0802
	0	0.6758	0.7463	0.9095	1.0104	1.0790	1.1286	1.1661	1.1955	1.2191	1.2385
	0.5	0.9871	1.0398	1.1511	1.2134	1.2534	1.2811	1.3015	1.3172	1.3295	1.3396
	1.0	1.1303	1.1653	1.2398	1.2820	1.3092	1.3282	1.3422	1.3530	1.3615	1.3685
0.5	-0.5			0.5756	0.7001	0.7938	0.8667	0.9249	0.9725	1.0120	1.0453
	0	0.6438	0.7122	0.8731	0.9752	1.0459	1.0977	1.1374	1.1687	1.1941	1.2151
	0.5	0.9846	1.0371	1.1482	1.2107	1.2508	1.2788	1.2994	1.3152	1.3277	1.3378
	1.0	1.2229	1.2511	1.3076	1.3375	1.3561	1.3687	1.3779	1.3848	1.3903	1.3946
1.0	-0.5			0.5551	0.6757	0.7675	0.8397	0.8979	0.9458	0.9860	1.0201
	0	0.6290	0.6962	0.8552	0.9571	1.0283	1.0810	1.1216	1.1538	1.1800	1.2017
	0.5	1.0077	1.0596	1.1676	1.2274	1.2653	1.2916	1.3108	1.3255	1.3371	1.3465
	1.0	1.3562	1.3750	1.4056	1.4178	1.4238	1.4272	1.4293	1.4307	1.4317	1.4324

(c) 一歯かみあい点の歯形係数 (続き)

$i=8.0$		z									
x_2	x_1	17	20	30	40	50	60	70	80	90	100
-0.5	-0.5			0.6361	0.7731	0.8715	0.9450	1.0018	1.0471	1.0839	1.1144
	0		0.8025	0.9676	1.0650	1.1291	1.1744	1.2081	1.2342	1.2549	1.2717
	0.5	1.0394	1.0890	1.1911	1.2467	1.2818	1.3058	1.3234	1.3368	1.3473	1.3558
	1.0	1.0717	1.1114	1.1978	1.2478	1.2805	1.3035	1.3205	1.3336	1.3441	1.3526
0	-0.5			0.6080	0.7394	0.8360	0.9096	0.9674	1.0139	1.0521	1.0841
	0	0.6893	0.7610	0.9255	1.0260	1.0936	1.1422	1.1787	1.2072	1.2300	1.2486
	0.5	1.0121	1.0636	1.1708	1.2301	1.2677	1.2937	1.3127	1.3272	1.3387	1.3479
	1.0	1.1175	1.1529	1.2292	1.2730	1.3014	1.3213	1.3361	1.3475	1.3566	1.3639
0.5	-0.5			0.5876	0.7151	0.8103	0.8837	0.9419	0.9892	1.0283	1.0621
	0	0.6669	0.7373	0.9007	1.0024	1.0717	1.1219	1.1600	1.1899	1.2139	1.2337
	0.5	1.0138	1.0652	1.1721	1.2311	1.2685	1.2943	1.3133	1.3277	1.3391	1.3483
	1.0	1.1946	1.2232	1.2830	1.3163	1.3376	1.3524	1.3633	1.3716	1.3783	1.3837
1.0	-0.5			0.5735	0.6983	0.7923	0.8654	0.9237	0.9714	1.0110	1.0445
	0	0.6566	0.7263	0.8889	0.9908	1.0607	1.1117	1.1505	1.1810	1.2056	1.2259
	0.5	1.0375	1.0879	1.1913	1.2474	1.2826	1.3067	1.3243	1.3376	1.3481	1.3566
	1.0	1.3062	1.3252	1.3609	1.3789	1.3898	1.3971	1.4024	1.4064	1.4095	1.4120

図3 一歯かみあい点の歯形係数, y_{tE}

y_{DIN} と、一歯かみあい点荷重で曲げ応力に対する歯形係数 y_{bE} との比較の一例を図4に示す。図5のように、これらの比で表わすとさらに明らかなように、その近似の度合は様ではなく、-20%程度から、+10%程度まで変化する。しかし実用範囲では、すべて安全側であり、十分使用できるものと考えてよい。

また歯数比が大きいくほど y_{DIN} と y_{bE} との差は大きく、 x_2 が正に大きくなるほど差は小さくなり、 x_2 が負に大きくなるほどその差は大きくなる。 x_1 の影響は x_2 と逆の傾向を持ち、その程度は、 x_2 よりも大きい。

(y_{DIN} : DIN 3990近似法, y_{bE} : 著者の計算値, y_{bK} : 歯先荷重に対する歯形係数)

図4 一歯かみあい点の歯形係数の比較

5. 工具形状の影響

図6は、頂げき係数の変化に対する歯形係数の変化の様子を示す。これは特に歯元曲線の形状の変化を取上げているのであるから、相手歯車の諸元の影響を受けないように、歯先垂直荷重に対する歯形係数 y_{tK} を用いている。図から明らかなように、 k の影響はほとんど直線的であり、 z によってその勾配が決まり、さらに x_1 に

図5 D I N 3990による一歯かみあい点の近似的な歯形係数と本計算値との比

図6 頂げき係数の歯形係数に及ぼす影響

よってその位置が決まるような傾向をもっている。

工具歯先の丸半径の影響を図7に示す。勾配は k の場合と逆であるが、その傾向はほとんど同一である。なお、 $k=0.157$ についても計算してみたが、 $k=0.25$ の場合よりも位置が少し上にずれるだけで、その傾向は全く同様であった。

6. 公称の危険断面および荷重点の変化に対応する歯形係数

30°法にならい、接線の角度 θ に別な値を与えると、公称の危険断面に別な位置を選んだことになる。歯先垂直荷重について、 y_{0N}/y_{0F} と θ との関係の一例を、図8に示す。これは応力集中を考えない場合の公称応力の変化に対応しているが、最も応力の大きくなるのは $\theta=15^\circ$ の近傍である。しかし切下げのない場合、 $\theta=30^\circ$ との差は

図7 工具歯先丸半径の歯形係数に及ぼす影響

図8 θ と歯形係数との関係

6%を越えないので、あまり問題とはならない。図9は荷重点を変えて計算した場合の垂直荷重に対する歯形係数の一例である。横軸はかみあい位置を示す角度 ϕ (図2)であり、破線は歯先、一点鎖線は、各 x_2 に対応する一歯かみあい点である。この図から明らかなように、荷重点の取り方によって、歯形係数は著しく変化することが分る。

7. 結 論

- 1) 一般のトロイド平行曲線に対し、歯厚および歯車の中心から危険断面まで距離を与える式を簡単に導き、転位 x_1 , $x_2=-0.5\sim 1.0$, 歯数 $z=17\sim 100$, 歯数比 $i=1\sim 8$ について歯形係数の計算を行ない、こ

図9 荷重点の位置と歯形係数との関係

れら一般的転位歯車の一歯かみあい点の歯形係数を、設計に使える表および図とした。

2) DIN3990の検討を行ない、実用される範囲ではそ

の誤差は15%を越えないので、実用には十分であることが明らかとなった。

- 3) 工具歯先丸み半径および頂げき係数が、歯形係数に及ぼす影響は、図6、7に示したように、増減の傾向は相異なるが、共に直線的で、しかもゆるやかである。
- 4) 危険断面の選び方(θ)が、歯形係数に及ぼす影響は小さく、これに対し荷重点の位置の影響は比較的大きいことが明らかとなった。

参考文献

- 1) 藤田公明他：動力伝達用歯車の設計資料に関する調査研究委員会資料，42年度研究成果報告書，(1967) 20, 65.
- 2) 寺島健一：日本機械学会九州支部講演会前刷(1966—5—27)
- 3) C. Weber, K. Banaschek : Elastische Sormänderung der Zähne und der Anschleissenden Teil der Radkörper von Zahnrad Getrieben, Schriftenreihe Antriebstechnik, Heft 11(1953) 1.
- 4) K. F. Keck : Zahnrad Praxis I, R.Oldendourg Verlag, München (1956) 29.
- 5) 成瀬政男編：歯車の研究 (III. 強度) 養賢堂，(1960) 226.
- 6) I. Maier : Berechnung der Zahnbruchsehne Ss Zwischen den Berührungspunkten der 30° Tangenten, VDI - Z, 104, 6 (1962) 277.
- 7) 前掲書 5), p. 225.