

歯車資料編

1 歯車の強度

歯車の強度計算は、曲げ強さと歯面強さを検討するのが一般的ですが、特にきびしい条件で使用する歯車においては、このほかにスクローリング強さも検討する場合があります。

ここでは、日本歯車工業会規格の計算式を紹介しますが、あくまでもこれは抜粋ですから、詳細については以下に示した規格を参照して下さい。

日本歯車工業会規格

JGMA 401-01: 1974	平歯車およびはすば歯車の曲げ強さ計算式
JGMA 402-01: 1975	平歯車およびはすば歯車の歯面強さ計算式
JGMA 403-01: 1976	かさ歯車の曲げ強さ計算式
JGMA 404-01: 1977	かさ歯車の歯面強さ計算式
JGMA 405-01: 1978	円筒ウォームギヤの強さ計算式

(社)日本歯車工業会
東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館208号室
Tel 03 (3431) 1871・1872

[ご意見・ご質問はこちらまで](#)

[ホームページへ](#)

最終更新日 2003年3月24日

Copyright (C) 1996 KOHARA GEAR INDUSTRY CO.,LTD.
All Rights Reserved.

歯車資料編

1 歯車の強度

[歯車の強度トップへ](#)

1.1 平歯車およびはすば歯車の曲げ強さ計算式…JGMA 401-01:1974

この規格は、一般産業機械において動力伝達に使用される次の範囲の平歯車およびはすば歯車(やまば歯車および内歯車を含む)に適用します。

モジュール	m	1.5 ~ 25mm
ピッチ円直径	d_0	25 ~ 3200mm
周速度	v	25m/s以下
回転数	n	3600rpm以下

(1) 基礎となる換算式

強さの計算において、正面におけるかみあいピッチ円上の円周力 F_t (kgf)、動力 P (kW) およびトルク T (kgf・m) の間には次の関係があります。

$$F_t = \frac{102P}{v} = \frac{1.95 \times 10^6 P}{dbn} = \frac{2000T}{db} \quad (1.1)$$

$$P = \frac{F_t v}{102} = \frac{10^{-6}}{1.95} F_t db n \quad (1.2)$$

$$T = \frac{F_t db}{2000} = \frac{974P}{n} \quad (1.3)$$

ここに v : かみあいピッチ円上の周速度 (m/s)

$$v = \frac{dbn}{19100}$$

db : かみあいピッチ円直径 (mm)

n : 回転数 (rpm)

(2) 曲げ強さ計算式

曲げ強さを満足するには、かみあいピッチ円上の呼び円周力 F_t が許容歯元曲げ応力によって計算したかみあいピッチ円上の許容円周力 F_{tlim} 以下でなければなりません。

$$F_t \leq F_{tlim} \quad (1.4)$$

または、かみあいピッチ円上の呼び円周力 F_t から求めた歯元応力 σ_F が、許容歯元曲げ応力 σ_{Flim} 以下でなければなりません。

$$\sigma_F \leq \sigma_{Flim} \quad (1.5)$$

かみあいピッチ円上の許容円周力 F_{tlim} (kgf) は次の式によって求めます。

$$F_{tlim} = \sigma_{Flim} \frac{m_n b}{Y_F Y_\epsilon Y_\beta} \left(\frac{K_L K_{FX}}{K_v K_a} \right) \frac{1}{S_F} \quad (1.6)$$

歯元曲げ応力 σ_F (kgf/mm²) は次の式によって求めます。

$$\sigma_F = F_t \frac{Y_F Y_\epsilon Y_\beta}{m_n b} \left(\frac{K_v K_a}{K_L K_{FX}} \right) S_F \quad (1.7)$$

(3) 各種係数などの求め方

(3)-1 歯幅 b (mm)

歯幅が異なる場合は、広いほうの歯幅を b_w 、せまいほうの歯幅を b_s とするとき

$b_w - b_s \leq m_n$ のときはそれぞれの歯幅 b_w 、 b_s を計算上の歯幅とします。

$bw - bs > mn$ のときは bw に対しては $bs + mn$ を、
 bs はそのまま使用します。

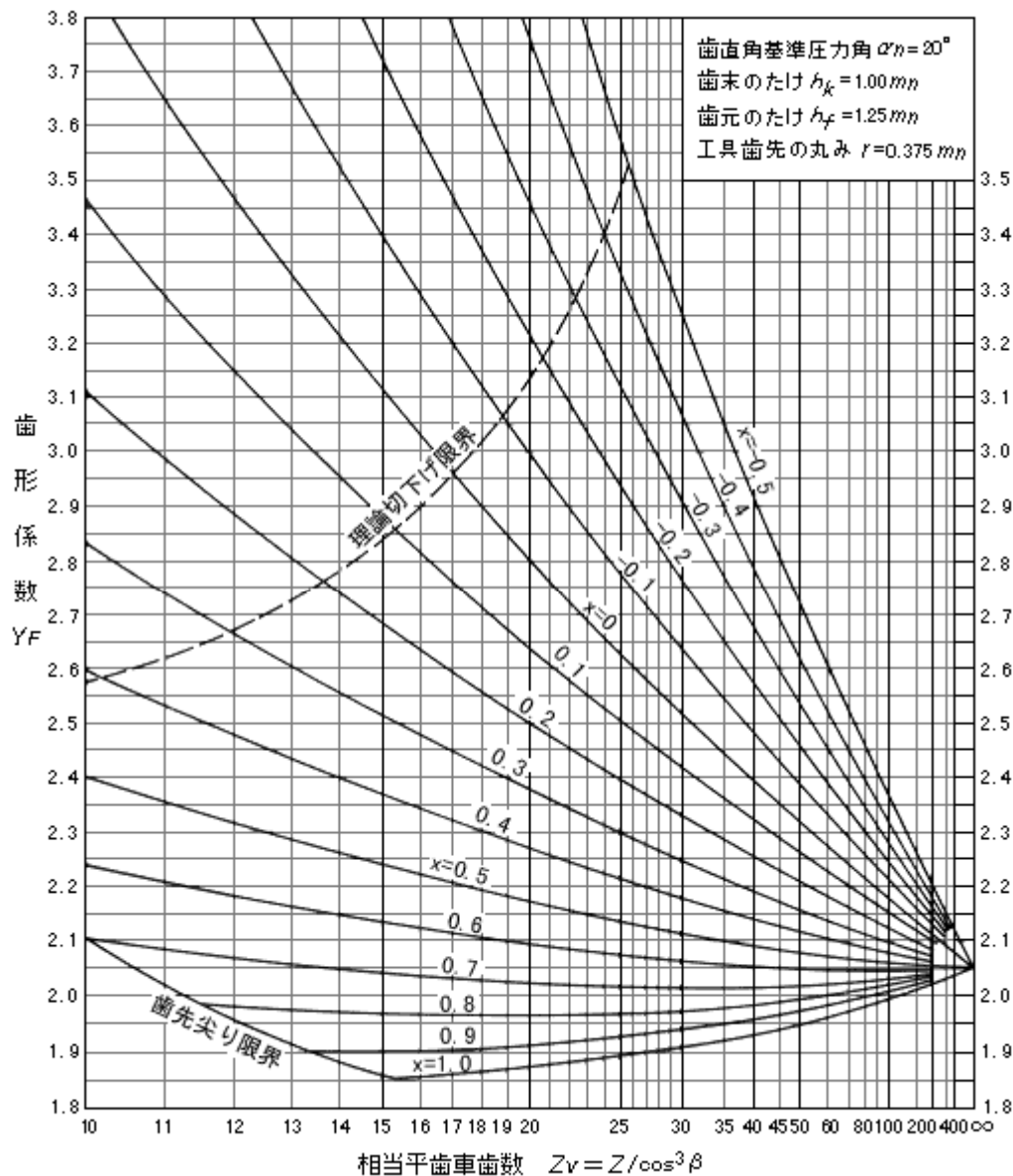
補 丸ラックの歯幅については、「1.2平歯車およびはすば歯車の歯面強さ計算式」(3)-1をご参照ください。

(3)-2 歯形係数 Y_F (30°接線法による)

JIS B 1701に規定されている圧力角 $\alpha_n = 20^\circ$ の並歯の歯形であれば、相当平歯車歯数 Z_v と転位係数 x をもとに図1.1から求められます。

この図1.1には理論切下げ限界と歯先尖り限界が示されていますから、歯車諸元を決めるのに役立ちます。内歯車の場合は、それに対応するラックとして求めます。

図1.1 歯形係数図表



(3)-3 荷重分配係数 Y_ϵ

荷重分配係数 Y_ϵ は、正面かみあい率 ϵ_α の逆数として計算されます。

$$Y_\epsilon = \frac{1}{\epsilon_\alpha} \quad (1.8)$$

表1.1には $\alpha_0 = 20^\circ$ の標準平歯車の正面かみあい率 ϵ_α を示します。

表1.1 標準平歯車の正面かみあい率 ϵ_α ($\alpha_0 = 20^\circ$)

歯数	12	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
12	1.420																	

15	1.451	1.481																					
20	1.489	1.519	1.557																				
25	1.516	1.547	1.584	1.612																			
30	1.537	1.567	1.605	1.633	1.654																		
35	1.553	1.584	1.622	1.649	1.670	1.687																	
40	1.567	1.597	1.635	1.663	1.684	1.700	1.714																
45	1.578	1.609	1.646	1.674	1.695	1.711	1.725	1.736															
50	1.588	1.618	1.656	1.683	1.704	1.721	1.734	1.745	1.755														
55	1.596	1.626	1.664	1.691	1.712	1.729	1.742	1.753	1.763	1.771													
60	1.603	1.633	1.671	1.698	1.719	1.736	1.749	1.760	1.770	1.778	1.785												
65	1.609	1.639	1.677	1.704	1.725	1.742	1.755	1.766	1.776	1.784	1.791	1.797											
70	1.614	1.645	1.682	1.710	1.731	1.747	1.761	1.772	1.781	1.789	1.796	1.802	1.808										
75	1.619	1.649	1.687	1.714	1.735	1.752	1.765	1.777	1.786	1.794	1.801	1.807	1.812	1.817									
80	1.623	1.654	1.691	1.719	1.740	1.756	1.770	1.781	1.790	1.798	1.805	1.811	1.817	1.821	1.826								
85	1.627	1.657	1.695	1.723	1.743	1.760	1.773	1.785	1.794	1.802	1.809	1.815	1.821	1.825	1.830	1.833							
90	1.630	1.661	1.699	1.726	1.747	1.764	1.777	1.788	1.798	1.806	1.813	1.819	1.824	1.829	1.833	1.837	1.840						
95	1.634	1.664	1.702	1.729	1.750	1.767	1.780	1.791	1.801	1.809	1.816	1.822	1.827	1.832	1.836	1.840	1.844	1.847					
100	1.636	1.667	1.705	1.732	1.753	1.770	1.783	1.794	1.804	1.812	1.819	1.825	1.830	1.835	1.839	1.843	1.846	1.850					
110	1.642	1.672	1.710	1.737	1.758	1.775	1.788	1.799	1.809	1.817	1.824	1.830	1.835	1.840	1.844	1.848	1.852	1.855					
120	1.646	1.676	1.714	1.742	1.762	1.779	1.792	1.804	1.813	1.821	1.828	1.834	1.840	1.844	1.849	1.852	1.856	1.859					
RACK	1.701	1.731	1.769	1.797	1.817	1.834	1.847	1.859	1.868	1.876	1.883	1.889	1.894	1.899	1.903	1.907	1.911	1.914					

(3)-4 ねじれ角係数 γ_{β}

ねじれ角係数 γ_{β} は次の式にて求めます。

$$\left. \begin{array}{l} 0 \leq \beta_0 \leq 30^\circ \text{ のとき } \gamma_{\beta} = 1 - \frac{\beta_0}{120} \\ \beta_0 \geq 30^\circ \text{ のとき } \gamma_{\beta} = 0.75 \end{array} \right\} \quad (1.9)$$

(3)-5 寿命係数 K_L

寿命係数 K_L は表1.2によって求めます。

ここで繰返し回数とは寿命期間中に負荷をうけてかみあう回数です。

表1.2 寿命係数

繰返し回数	かたさ ⁽¹⁾ HB120~220	かたさ ⁽²⁾ HB221以上	浸炭歯車 窒化歯車
10000以下	1.4	1.5	1.5
100000前後	1.2	1.4	1.5
10 ⁶ 前後	1.1	1.1	1.1
10 ⁷ 以上	1.0	1.0	1.0

注(1) 鋳鋼歯車はこの欄をういます。

(2) 高周波焼入れ歯車は心部のかたさです。

(3)-6 歯元応力に対する寸法係数 K_{FX}

歯元応力に対する寸法係数 K_{FX} は、いまのところ1.00とします。

$$K_{FX} = 1.00 \quad (1.10)$$

(3)-7 動荷重係数 K_V

動荷重係数 K_V は、歯車の精度およびかみあいピッチ円上の周速度によって表1.3から求めます。

表1.3 動荷重係数 K_V

JIS B 1702による 歯車精度等級		かみあいピッチ円上の周速度(m/s)						
歯形			1 を こえ	3 を こえ	5 を こえ	8 を こえ	12 を こえ	18 を こえ
非修整	修整	1 以下	3 以下	5 以下	8 以下	12 以下	18 以下	25 以下
	1	-	-	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3
1	2	-	1.0	1.05	1.1	1.2	1.3	1.5
2	3	1.0	1.1	1.15	1.2	1.3	1.5	
3	4	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5		
4	-	1.0	1.3	1.4	1.5			
5	-	1.1	1.4	1.5				
6	-	1.2	1.5					

(3)-8 過負荷係数 K_O

過負荷係数 K_O はつぎの式によって求めます。

$$K_O = \frac{\text{実際円周力}}{\text{呼び円周力 } F_t} \quad (1.11)$$

ただし、実際円周力不詳の場合は表1.4によって求めます。

表1.4 過負荷係数 K_O

原動機側からの衝撃	被動機械からの衝撃		
	均一負荷	中程度の衝撃	はげしい衝撃
均一負荷 (電動機、タービンおよび油圧モータなど)	1.0	1.25	1.75
軽度の衝撃 (多気筒機関)	1.25	1.5	2.0
中程度の衝撃 (単気筒機関)	1.5	1.75	2.25

(3)-9 歯元曲げ破損に対する安全率 S_F

歯元曲げ破損に対する安全率 S_F は内的小および外的小の各種要因によって一定の値に決めることは困難ですが、少なくとも1.2以上は必要です。

(3)-10 許容歯元曲げ応力 σ_{Flim}

荷重方向が一定の歯車の許容歯元曲げ応力 σ_{Flim} を表1.5～表1.8に示します。この許容歯元曲げ応力 σ_{Flim} は、材料の片振引張疲れ限度を応力集中係数1.4で割った値です。

荷重方向が両方向で、左右両歯面が均等かまたはこれに近い程度に負荷をうける歯車については、 σ_{Flim} は表の値の2/3とします。

硬さまたは心部硬さとして示す値は、歯元の中心部の硬さとします。

表1.5 表面硬化しない歯車

材 料 (矢印は参考)	硬 さ		引張強さ下限 kgf/mm ² (参考)	σ_{Flim} kgf/mm ²
	H _B	H _V		
鑄鋼歯車 SC37 SC42 SC46 SC49 SCC3			37	10.4
			42	12.0
			46	13.2
			49	14.2
			55	15.8
			60	17.2
炭素鋼焼ならし歯車 S25C S35C S43C S48C S53C S58C	120	126	39	13.8
	130	136	42	14.8
	140	147	45	15.8
	150	157	48	16.8
	160	167	51	17.6
	170	178	55	18.4
	180	189	58	19.0
	190	200	61	19.5
	200	210	64	20
	210	221	68	20.5
	220	231	71	21
	230	242	74	21.5
	240	252	77	22
	250	263	81	22.5
炭素鋼焼入焼もどし歯車 S35C S43C S48C S53C S58C	160	167	51	18.2
	170	178	55	19.4
	180	189	58	20.2
	190	200	61	21
	200	210	64	22
	210	221	68	23
	220	231	71	23.5
	230	242	74	24
	240	252	77	24.5
	250	263	81	25
	260	273	84	25.5
	270	284	87	26
	280	295	90	26
	290	305	93	26.5
合金鋼焼入焼もどし歯車 SMn443 SNC836 SCM435 SCM440 SNCM439	220	231	71	25
	230	242	74	26
	240	252	77	27.5
	250	263	81	28.5
	260	273	84	29.5
	270	284	87	31
	280	295	90	32
	290	305	93	33
	300	316	97	34
	310	327	100	35
	320	337	103	36.5
	330	347	106	37.5
	340	358	110	39
	350	369	113	40
360	380	117	41	

表1.6 高周波焼入れ歯車

	材 料 (矢印は参考)	高周波焼入前 の熱処理条件	心部硬さ		歯面硬さ ⁽¹⁾ Hv	σ_{Flim} kgf/mm ²	
			H _B	H _V			
歯底まで完全に焼入れされた場合	↑ S48C ↓	↑ S43C ↓	焼ならし	160	167	550以上	21
				180	189	"	21
				220	231	"	21.5
				240	252	"	22
	↑ S48C ↓	↑ S43C ↓	焼入焼もどし	200	210	550以上	23
				210	221	"	23.5
				220	231	"	24
				230	242	"	24.5
				240	252	"	25
	↑ SCM440 ↓	↑ SCM435 ↓	焼入焼もどし	230	242	550以上	27
				240	252	"	28
				250	263	"	29
				260	273	"	30
				270	284	"	31
				280	295	"	32
				290	305	"	33
				300	316	"	34
				310	327	"	35
				320	337	"	36.5
歯底には焼 きが入って いない場合						上記の 値の75 %	

備考 σ_{Flim} の値は、焼割れ、焼入れ深さの不足、または不均一等の欠陥がある場合には上記の値より著しく低下するので注意を要します。

注(1) 歯面かたさが低い場合は σ_{Flim} の値は表1.5の相当品の値を使用します。

表1.7 浸炭焼入れ歯車

	材 料 (矢印は参考)	心部硬さ		σ_{Flim} kgf/mm ²			
		H _B	H _V				
構造用炭素鋼	S15C S15CK	140	147	18.2			
		150	157	19.6			
		160	167	21			
		170	178	22			
		180	189	23			
		190	200	24			
構造用合金鋼	↑ SCM415 ↓	↑ SCM420 ↓	↑ SNC415 ↓	↑ SNC815 ↓	220	231	34
					230	242	36
					240	252	38
					250	263	39
					260	273	41
					270	284	42.5
					280	295	44
					290	305	45
					300	316	46
					310	327	47
					320	337	48
					330	347	49
					340	358	50
					350	369	51
360	380	51.5					
370	390	52					

注(2) 歯面強さの向上のための適切な浸炭深さと表面かたさをもつ歯車に適用します。ただし、浸炭層が極端に薄い例外的な場合については表面硬化しない焼入焼もどし歯車の σ_{Flim} を用います。

表1.8 窒化歯車

材料	歯面硬さ (参考)	心部硬さ		σ_{Flim} kgf/mm ²
		HB	HV	
		220	231	30
		240	252	33

窒化鋼以外の 構造用合金鋼	HV650以上	260	273	36
		280	295	38
		300	316	40
		320	337	42
		340	358	44
		360	380	46
窒化鋼 SACM645	HV650以上	220	231	32
		240	252	35
		260	273	38
		280	295	41
		300	316	44

注(1) 歯面強さの向上のための適切な窒化深さをもつ歯車に適用します。ただし、軟窒化などで窒化層が極端に薄い場合については表面硬化しない歯車の表の σ_{Flim} を用います。

(4) 計算例

平歯車諸元

番号	項目	記号	単位	小歯車	大歯車
1	歯直角モジュール	m_n	mm	2	
2	歯直角圧力角	α_n	度	20°	
3	ねじれ角	β_0		0°	
4	歯数	z		20	40
5	中心距離	a_x	mm	60	
6	転位係数	x		+0.15	-0.15
7	ピッチ円直径	d_o	mm	40.000	80.000
8	かみあいピッチ円直径	d_b		40.000	80.000
9	歯幅	b		20	20
10	精度			JIS 5	JIS 5
11	仕上げ			ホブ仕上げ	
12	歯面粗さ			12.5S	
13	回転数	n	rpm	1500	750
14	周速度	v	m/s	3.142	
15	負荷の方向			一方向のみ	
16	かみあい回数		回	10 ⁷ 回以上	
17	材料			SCM415	
18	熱処理			浸炭焼入れ	
19	表面硬さ			HV600-640	
20	心部硬さ			HB260-280	
21	有効浸炭深さ		mm	0.3-0.5	

平歯車の曲げ強さ計算

番号	項目	記号	単位	小歯車	大歯車
1	許容歯元曲げ応力	σ_{Flim}	kgf/mm ²	42.5	
2	歯直角モジュール	m_n	mm	2	

3	歯幅	b		20	
4	歯形係数	YF		2.568	2.535
5	荷重分配係数	Y_e		0.619	
6	ねじれ角係数	Y_β		1.0	
7	寿命係数	KL		1.0	
8	歯元応力に対する寸法係数	KFX		1.0	
9	動荷重係数	KV		1.4	
10	過負荷係数	KO		1.0	
11	安全率	SF		1.2	
12	かみあいピッチ円上の許容円周力	$F_{t\lim}$	kgf	636.5	644.8

[ご意見・ご質問はこちらまで](#)

[ホームページへ](#)

最終更新日 2003年3月24日

Copyright (C) 1996 KOHARA GEAR INDUSTRY CO.,LTD.
All Rights Reserved.

1 歯車の強度

歯車の強度トップへ

1.2 平歯車およびはすば歯車の歯面強さ計算式…JGMA 402-01:1975

この規格は、一般産業機械において動力伝達に使用される次の範囲の平歯車およびはすば歯車(やまば歯車および内歯車を含む)に適用します。

モジュール	m	1.5 ~ 25mm
ピッチ円直径	d_0	25 ~ 3200mm
周速度	v	25m/s以下
回転数	n	3600rpm以下

(1) 基礎となる換算式

強さの計算において、基準ピッチ円上の円周力 F_t (kgf)、呼び動力 P (kW)、および呼びトルク T (kgf·m) を求める計算に関する換算式を示します。

$$F_t = \frac{102P}{v_0} = \frac{1.95 \times 10^6 P}{d_0 n} = \frac{2000T}{d_0} \quad (1.12)$$

$$P = \frac{F_t v_0}{102} = \frac{10^{-6}}{1.95} F_t d_0 n \quad (1.13)$$

$$T = \frac{F_t d_0}{2000} = \frac{974P}{n} \quad (1.14)$$

ここに v_0 : 基準ピッチ上の周速度 (m/s) = $\frac{d_0 n}{19100}$

d_0 : 基準ピッチ円直径 (mm)

n : 回転数 (rpm)

(2) 歯面強さ計算式

歯面強さを満足するには、基準ピッチ円上の呼び円周力 F_t が許容ヘルツ応力によって計算した基準ピッチ円上の許容円周力 $F_{t\text{lim}}$ 以下でなければなりません。

$$F_t \leq F_{t\text{lim}} \quad (1.15)$$

または、基準ピッチ円上の呼び円周力 F_t から求めたヘルツ応力 σ_H が、許容ヘルツ応力 $\sigma_{H\text{lim}}$ 以下でなければなりません。

$$\sigma_H \leq \sigma_{H\text{lim}} \quad (1.16)$$

基準ピッチ円上の呼び円周力 $F_{t\text{lim}}$ (kgf) は次の式によって求めます。

$$F_{t\text{lim}} = \sigma_{H\text{lim}}^2 d_{01} b_H \frac{i}{i \pm 1} \left(\frac{K_H L Z_L Z_R Z_V Z_W K_H X}{Z_H Z_M Z_\epsilon Z_B} \right)^2 \frac{1}{K_H B K_V K_O} \frac{1}{S_H^2} \quad (1.17)$$

ヘルツ応力 σ_H (kgf/mm²) は次の式によって求めます。

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{F_t}{d_{01} b_H} \frac{i \pm 1}{i} \frac{Z_H Z_M Z_\epsilon Z_B}{K_H L Z_L Z_R Z_V Z_W K_H X} \sqrt{K_H B K_V K_O} S_H} \quad (1.18)$$

式(1.17)、(1.18)において、+ 符号は外歯車どうし、- 符号は外歯車と内歯車のかみあいに用います。

ラックと外歯車のかみあいにおいては、 $\frac{i}{i \pm 1}$ の項は1になります。

(3) 各種係数などの求め方

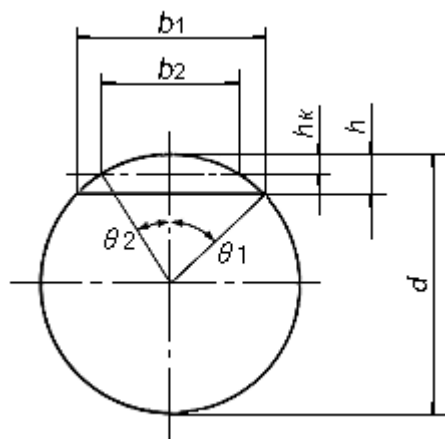
(3)-1 歯面強さに対する有効歯幅 b_H (mm)

歯面強さに対する有効歯幅 b_H は、狭いほうの歯幅を採用します。

歯幅の両端で歯面を逃がした場合は、歯幅からそれに相当する歯幅寸法を差し引いたものの中で狭い方を有効歯幅とします。

補 丸ラックの歯幅

寸法表に記載されている、許容伝達力は、曲げ強さの場合、歯幅を b_1 、歯面強さは b_2 の寸法で計算しています。



$$b_1 = d \times \sin \theta_1$$

$$\theta_1 = \cos^{-1} \left(1 - \frac{2h}{d} \right)$$

$$b_2 = d \times \sin \theta_2$$

$$\theta_2 = \cos^{-1} \left(1 - \frac{2h_k}{d} \right)$$

ここで

h_k = 歯末のたけ

h = 全歯たけ

d = 外径

(3)-2 領域係数 Z_H

領域係数 Z_H は次の式にて計算します。

$$Z_H = \sqrt{\frac{2 \cos \beta_g \cos \alpha_{bs}}{\cos^2 \alpha_s \sin \alpha_{bs}}} = \frac{1}{\cos \alpha_s} \sqrt{\frac{2 \cos \beta_g}{\tan \alpha_{bs}}} \quad (1.19)$$

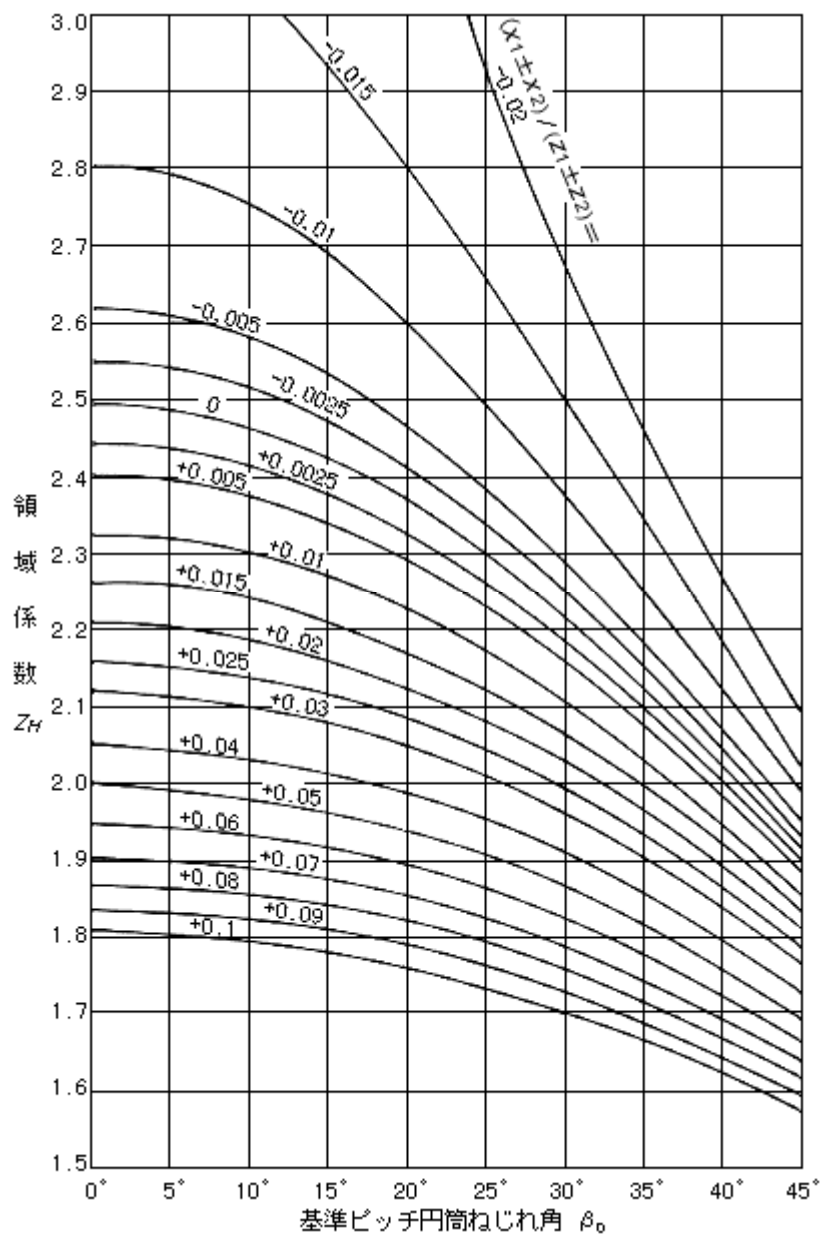
ここに $\beta_g = \tan^{-1} (\tan \beta_0 \cos \alpha_s)$

JIS B 1701に規定されている圧力角 $\alpha_n = 20^\circ$ の並歯の歯形であれば、転位係数 x_1, x_2 、歯数 z_1, z_2 、ねじれ角 β_0 をもとに、図1.2から求められます。

図1.2の±の符号について

+ 符号は外歯車どうし、- 符号は外歯車と内歯車がかみあうときに用います。

図1.2 領域係数 Z_H



(3)-3 材料定数係数 Z_M

材料定数係数 Z_M は次の式によって求めます。

$$Z_M = \sqrt{\frac{1}{\pi \left(\frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)}} \quad (1.20)$$

ここに ν : ポアソン比

E : 縦弾性係数 (ヤング率)(kgf/mm^2)

次に主要歯車材料の組み合わせについて材料定数係数 Z_M を表1.9に示します。

表1.9 材料定数係数 Z_M

歯車				相手歯車				材料定数係数 Z_M (kgf/mm^2) ^{0.5}
材料	記号	縦弾性係数 E kgf/mm^2	ポアソン比 ν	材料	記号	縦弾性係数 E kgf/mm^2	ポアソン比 ν	
構造用鋼	*(1)	21000		構造用鋼	*(1)	21000		60.6
				鋳鋼	SC	20500		60.2
				球状黒鉛鋳鉄	FCD	17600		57.9

			ねずみ鋳鉄	FC	12000		51.7
			鋳鋼	SC	20500		59.9
鋳鋼	SC	20500	球状黒鉛鋳鉄	FCD	17600		57.6
			ねずみ鋳鉄	FC	12000	0.3	51.5
球状黒鉛鋳鉄	FCD	17600	球状黒鉛鋳鉄	FCD	17600		55.5
			ねずみ鋳鉄	FC	12000		50.0
ねずみ鋳鉄	FC	12000	ねずみ鋳鉄	FC	12000		45.8

注(1) * 構造用鋼はS~C、SNC、SNCM、SCr、SCM などのです。

(3)-4 かみあい率係数 $Z\varepsilon$

かみあい率係数は次の式によって求めます。

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{平歯車} : Z\varepsilon = 1.0 \\
 \text{はすば歯車: } \varepsilon\beta \leq 1 \text{ の場合} \\
 Z\varepsilon = \sqrt{1 - \varepsilon\beta + \frac{\varepsilon\beta}{\varepsilon\alpha}} \\
 \varepsilon\beta > 1 \text{ の場合} \\
 Z\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon\alpha}}
 \end{array} \right\} (1.21)$$

ここに $\varepsilon\alpha$: 正面かみあい率

$\varepsilon\beta$: 重なりかみあい率

(3)-5 歯面強さに対するねじれ角係数 $Z\beta$

歯面強さに対するねじれ角係数 $Z\beta$ は正確に規定することが困難ですので1.0とします。

$$Z\beta = 1.0 \quad (1.22)$$

(3)-6 歯面強さに対する寿命係数 KHL

歯面強さに対する寿命係数 KHL は表1.10によって求めます。

表1.10 歯面強さに対する寿命係数 KHL

繰返し回数	寿命係数
10,000以下	1.5
100,000前後	1.3
10^6 前後	1.15
10^7 以上	1.0

備考

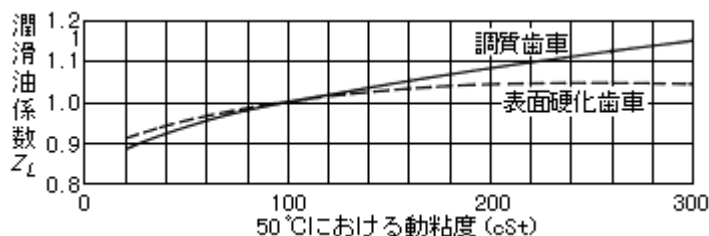
- ここに繰返し回数とは寿命期間中にかみあう回数です。
- 遊び歯車のように1回転に2回かみあうが、かみあい歯面が異なる場合は1回転につき1回と数えます。
- 正逆転を交互またはこれに近い状態で繰返す場合は、両歯面のうちより大きい負荷をうける歯面の繰返し回数によります。

ただし、繰返し回数が不詳の場合は $KHL = 1.0$ とします。

(3)-7 潤滑油係数 ZL

潤滑油係数 ZL は使用する潤滑油の50 における動粘度(cSt)に基づいて、図1.3から求めます。

図1.3 潤滑油係数 ZL



注．調質歯車には焼入焼戻し歯車及び焼ならし歯車を含みます。

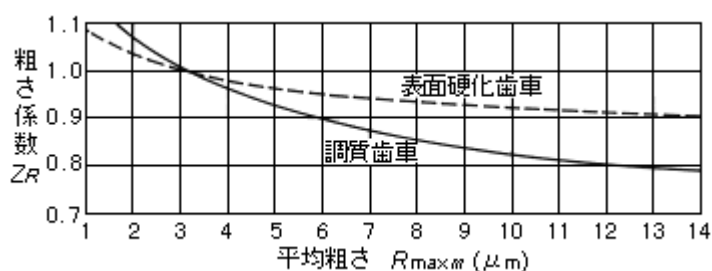
(3)-8 粗さ係数 Z_R

粗さ係数 Z_R は歯面の平均粗さ R_{maxm} (μm) に基づいて、図1.4から求めます。

ここに平均粗さ R_{maxm} は、小歯車と大歯車のそれぞれの歯面粗さ R_{max1} と R_{max2} 及び中心距離 a (mm) から次式によって求めます。

$$R_{maxm} = \frac{R_{max1} + R_{max2}}{2} \sqrt[3]{\frac{100}{a}} \quad (\mu\text{m}) \quad (1.23)$$

図1.4 粗さ係数 Z_R

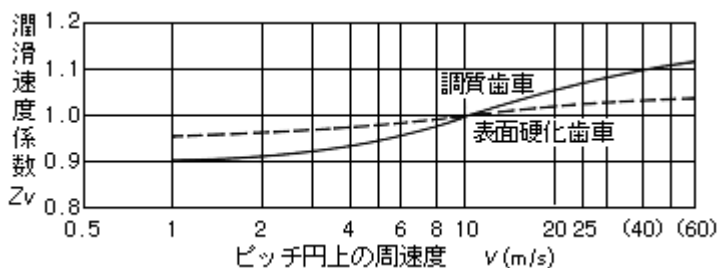


注．調質歯車には焼入焼戻し歯車及び焼ならし歯車を含みます。

(3)-9 潤滑速度係数 Z_V

潤滑速度係数 Z_V は基準ピッチ円上の周速度 v (m/s) に基づいて、図1.5から求めます。

図1.5 潤滑速度係数 Z_V



注．調質歯車には焼入焼戻し歯車及び焼ならし歯車を含みます。

(3)-10 硬さ比係数 Z_W

硬さ比係数 Z_W は、焼入れ研削した小歯車とかみあう大歯車のみ適用し、次の式により求めます。

$$Z_W = 1.2 - \frac{HB_2 - 130}{1700} \quad (1.24)$$

ここに、 HB_2 : 大歯車の歯面のブリネル硬さ

ただし $130 < HB_2 < 470$

この条件に合わない場合は、 $Z_W = 1.0$ とします。

(3)-11 歯面強さに対する寸法係数 K_{HX}

歯面強さに対する寸法係数 K_{HX} は、正確に規定する十分な資料に乏しいから1.0とします。

$$KH_X = 1.0$$

$$(1.25)$$

(3)-12 歯面強さに対する歯すじ荷重分布係数 KH_β

歯面強さに対する歯すじ荷重分布係数 KH_β は次によって求めます。

① 負荷時の歯当たりが予測できない場合

歯車の支持方法と、歯幅 b と小歯車の基準ピッチ円直径 d_{01} との比 b/d_{01} の値によって表1.11から求めます。

表1.11 歯面強さに対する歯すじ荷重分布係数 KH_β

$\frac{b}{d_{01}}$	歯車の支持方法			
	両側支持			片持ち支持
	両軸受に対称	一方の軸受に近い、軸のこわさ大	一方の軸受に近い、軸のこわさ小	
0.2	1.0	1.0	1.1	1.2
0.4	1.0	1.1	1.3	1.45
0.6	1.05	1.2	1.5	1.65
0.8	1.1	1.3	1.7	1.85
1.0	1.2	1.45	1.85	2.0
1.2	1.3	1.6	2.0	2.15
1.4	1.4	1.8	2.1	-
1.6	1.5	2.05	2.2	-
1.8	1.8	-	-	-
2.0	2.1	-	-	-

備考

1. b は平歯車及びはすば歯車では有効歯幅にとり、やまば歯車では実歯幅と中央部にある工具の逃げみぞの幅をふくめた歯幅方向の長さとしてします。

2. 無負荷のときの歯当りは良好であること。

3. 遊び歯車や大歯車と2か所をかみあう小歯車(中間歯車)には適用できない。

② 負荷時の歯当たりが良好な場合

負荷時の歯当たりを確保できて、さらになじみ運転を行なった場合は、1.0～1.2にとることができます。

$$KH_\beta = 1.0 \sim 1.2$$

$$(1.26)$$

(3)-13 動荷重係数 KV

動荷重係数 KV は歯車の精度及び基準ピッチ円上の周速度 v_0 によって表1.3から求めます。

(3)-14 過負荷係数 KO

過負荷係数 KO は式(1.11)又は表1.4から求めます。曲げ強さの計算の場合と同じです。

(3)-15 歯面損傷(ピッチング)に対する安全率 SH

歯面損傷(ピッチング)に対する安全率 SH は、内的及び外的の各種要因によって一定の値に決めることは困難ですが、少なくとも1.15以上であることが望ましい。

(3)-16 許容ヘルツ応力 σ_{Hlim}

歯車の許容ヘルツ応力 σ_{Hlim} を表1.12～1.16に示します。表に示した硬さの中間値のものについては補間法で求めます。なお、歯面の硬さとはピッチ円付近の硬さをいいます。

表1.12 表面硬化しない歯車

材 料 (矢印は参考)		歯面の硬さ		引張強さ下限 kgf/mm ² (参考)	σH_{lim} kgf/mm ²
		H _B	H _v		
鑄鋼	SC37			37	34
	SC42			42	35
	SC46			46	36
	SC49			49	37
	SCC3			55	39
				60	40
構造用炭素鋼焼ならし		120	126	39	41.5
		130	136	42	42.5
		140	147	45	44
		150	157	48	45
		160	167	51	46.5
		170	178	55	47.5
		180	189	58	49
		190	200	61	50
		200	210	64	51.5
		210	221	68	52.5
		220	231	71	54
		230	242	74	55
		240	253	77	56.5
		250	263	81	57.5
	構造用炭素鋼焼入焼もどし		160	167	51
		170	178	55	52.5
		180	189	58	54
		190	200	61	55.5
		200	210	64	57
		210	221	68	58.5
		220	231	71	60
		230	242	74	61
		240	252	77	62.5
		250	263	81	64
		260	273	84	65.5
		270	284	87	67
		280	295	90	68.5
		290	305	93	70
		300	316	97	71
		310	327	100	72.5
		320	337	103	74
		330	347	106	75.5
		340	358	110	77
		350	369	113	78.5
構造用合金鋼焼入焼もどし		220	231	71	70
		230	242	74	71.5
		240	252	77	73
		250	263	81	74.5
		260	273	84	76
		270	284	87	77.5
		280	295	90	79
		290	305	93	81
		300	316	97	82.5
		310	327	100	84
		320	337	103	85.5
		330	347	106	87
		340	358	110	88.5
		350	369	113	90
		360	380	117	92
		370	391	121	93.5
		380	402	126	95
		390	413	130	96.5
	400	424	135	98	

表1.13 高周波焼入れ歯車

材 料	高周波焼入れ前の熱処理条件	歯面の硬さ H _v (焼入れ後)	σH_{lim} kgf/mm ²
		420	77
		440	80
		460	82

構造用炭素鋼	S43C	焼ならし	480	85
			500	87
			520	90
			540	92
			560	93.5
			580	95
			600以上	96
	S48C	焼入焼もどし	500	96
			520	99
			540	101
			560	103
			580	105
			600	106.5
			620	107.5
構造用合金鋼	SMn443 SCM435 SCM440 SNC836 SNCM439	焼入焼もどし	640	108.5
			660	109
			680以上	109.5
			500	109
			520	112
			540	115
			560	117
			580	119
			600	121
			620	123
640	124			
660	125			
680以上	126			

表1.14 浸炭焼入れ歯車

材 料		有効浸炭深さ(1)	歯面の硬さ Hv	σ_{Hlim} kgf/mm ²
構造用炭素鋼	S15C S15CK	比較的 浅い場合 注(1)A	580	115
			600	117
			620	118
			640	119
			660	120
			680	120
			700	120
			720	119
			740	118
			760	117
			780	115
			800	113
			580	131
			600	134

構造用合金鋼	SCM415	比較的 浅い場合 注(1)A	620	137
			640	138
			660	138
			680	138
			700	138
			720	137
			740	136
			760	134
			780	132
			800	130
	SCM420	比較的 深い場合 注(1)B以上	580	156
	SNC420		600	160
	SNC815		620	164
	SNM420		640	166
			660	166
			680	166
			700	164
			720	161
			740	158
				760
		780	150	
		800	146	

注(1) 有効浸炭深さの比較的浅い場合とは下表のA程度の場合をいい、比較的深い場合とはB程度以上の場合をいう。
有効浸炭深さはHV 513(HRC50)の硬さまでの深さとし、なお研削歯車においては研削後の深さとし。

モジュール	1.5	2	3	4	5	6	8	10	15	20	25	
深さ(mm)	A	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.2	1.5	1.8
	B	0.3	0.3	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1	1.4	2.0	2.5	3.4

備考

とくに大歯数どうしのかみあいにおいては、歯面の面圧による歯内部の最大せん断応力の発生点が深く、浸炭効果が及ばぬこともあるので、このような場合は、安全率SHを普通より大きめにとるように注意する。

表1.15 窒化歯車⁽¹⁾

材料		歯面硬さ (参考)	σ_{Hlim} kgf/mm ²	
窒化鋼	SACM645など	HV650以上	一般の場合	120
			特に長時間窒化処理した場合	130 ~ 140

注(1) 歯面強さ向上のための適切な窒化深さと表面硬さをもつ歯車に適用します。歯面硬さが上記の参考値より著しく低い場合や、歯内部の最大せん断応力の発生点が窒化深さに比較して著しく深い場合には、安全率SHを普通より大きめにとるように注意する。

表1.16 軟窒化歯車⁽¹⁾

		σ_{Hlim} kgf/mm ²

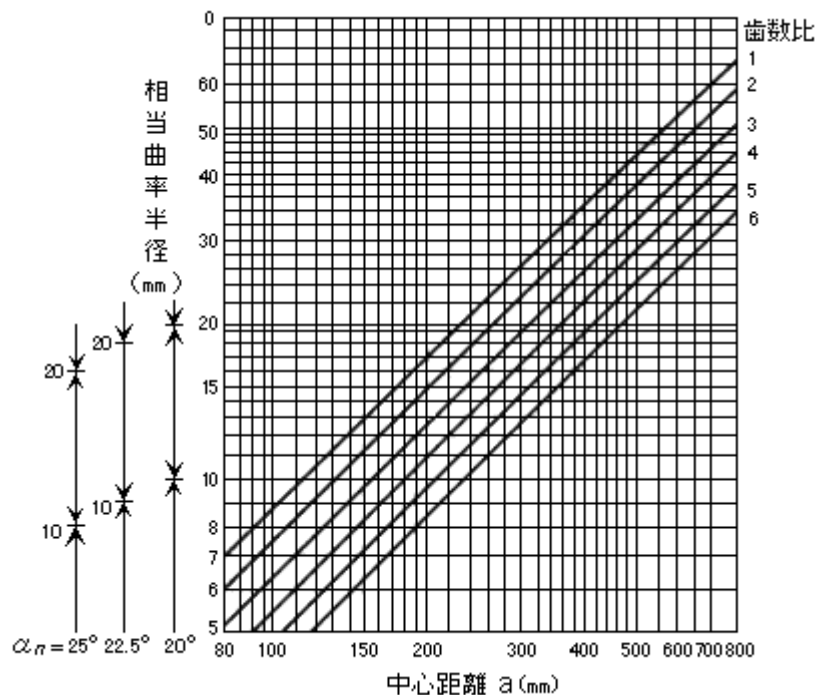
材料	窒化時間 (h)	相対曲率半径(mm) ⁽²⁾		
		10以下	10~20	20以上
構造用炭素鋼 及び合金鋼	2	100	90	80
	4	110	100	90
	6	120	110	100

注⁽¹⁾ 塩浴軟窒化及びガス軟窒化歯車に適用します。

注⁽²⁾ 相対曲率半径は図1.6を用いて求めます。

備考 心部は適切に調質された歯車材とします。

図1.6 相対曲率半径



(4) 計算例

平歯車諸元

番号	項目	記号	単位	小歯車	大歯車
1	歯直角モジュール	m_n	mm	2	
2	歯直角圧力角	α_n	度	20°	
3	ねじれ角	β_0		0°	
4	歯数	z		20	40
5	中心距離	a_x	mm	60	
6	転位係数	x		+0.15	-0.15
7	ピッチ円直径	d_0	mm	40.000	80.000
8	かみあいピッチ円直径	d_b		40.000	80.000
9	歯幅	b		20	20
10	精度			JIS 5	JIS 5
11	仕上げ			ホブ仕上げ	
12	歯面粗さ			12.5S	
13	回転数	n	rpm	1500	750
14	周速度	v	m/s	3.142	

15	負荷の方向			一方向のみ
16	かみあい回数		回	10 ⁷ 回以上
17	材料			SCM415
18	熱処理			浸炭焼入れ
19	表面硬さ			HV600-640
20	心部硬さ			HB260-280
21	有効浸炭深さ		mm	0.3-0.5

平歯車の歯面強さ

番号	項目	記号	単位	小歯車	大歯車
1	許容ヘルツ応力	$\sigma_H \text{lim}$	kgf/mm ²	164	
2	小歯車のピッチ円直径	d_01	mm	40	
3	有効歯幅	b_H		20	
4	歯数比(z_2 / z_1)	i		2	
5	領域係数	Z_H		2.495	
6	材料定数係数	Z_M	(kgf/mm ²) ^{0.5}	60.6	
7	かみあい率係数	Z_ϵ		1.0	
8	ねじれ角係数	Z_β		1.0	
9	寿命係数	$K_H L$		1.0	
10	潤滑油係数	Z_L		1.0	
11	粗さ係数	Z_R		0.90	
12	潤滑速度係数	Z_V		0.97	
13	硬さ比係数	Z_W		1.0	
14	寸法係数	$K_H X$		1.0	
15	荷重分布係数	$K_H \beta$		1.025	
16	動荷重係数	K_V		1.4	
17	過負荷係数	K_0		1.0	
18	安全数	S_H		1.15	
19	基準ピッチ円上の許容円周力	$F_t \text{lim}$		kgf	251.9

[ご意見・ご質問はこちらまで](#)

[ホームページへ](#)

最終更新日 2003年3月24日

Copyright (C) 1996 KOHARA GEAR INDUSTRY CO.,LTD.
All Rights Reserved.