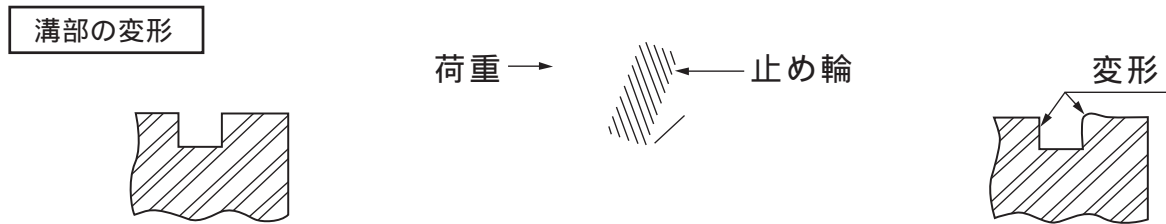


～ 2) 止め輪の諸計算 (参考) ～

(1) 許容スラスト荷重

許容スラスト荷重とは、溝部が変形せず、止め輪もせん断されない時の荷重をいいます。



① 止め輪の許容スラスト荷重

止め輪に静荷重を加えた場合の止め輪の許容スラスト荷重は以下の式で計算することができます。

$$R_s = \frac{ADTS_s}{S}$$

R_s : 止め輪の許容スラスト荷重 (N)

A : 止め輪の形状別係数 (表 - 1参照)

D : 軸径或いはハウジング径 (mm)

T : 止め輪の板厚 (mm)

ベベル形止め輪については、
相手ワークとの関係で溝深さの1/2の
ところで嵌合する場合があるため、
嵌合時の板厚で考える必要があります。

π : 円周率

S_s : 止め輪のせん断強さ (N/mm²)

・C形止め輪 (炭素鋼) : 約980N/mm²、
を目安とします。(JIS B 2804より)

S : 安全率

一般的な安全率を表に示します。(表 - 2参照)

表 - 1

止め輪の形状別係数 (表)		
止め輪の形状	A (止め輪)	B (溝)
軸用C形止め輪	1.0	1.0
軸用ベベル形止め輪	1.0	1.0
穴用C形止め輪	1.0	1.0
穴用ベベル形止め輪	1.0	1.0
丸R形止め輪	0.7	0.5
丸S形止め輪	0.7	0.5
E形止め輪	0.3	0.3
クリセント形止め輪	0.5	0.5
U形止め輪	0.5	0.5
K形止め輪	0.5	0.5

表 - 2

安全率 (S) の目安	
荷重の種類	安全率
静荷重	3又は4
繰返荷重	5
交番荷重	8
衝撃荷重	12

上記計算式を用いれば、止め輪のスラスト荷重を計算することは出来ますが、計算によって求められたスラスト荷重を発生させるためには、スラスト荷重に応じた溝の設計を行うことが重要となります。(止め輪のスラスト荷重に対し、溝のスラスト荷重の方が低い場合、溝が変形し止め輪が外れてしまい、十分なスラスト荷重を得ることが出来ません。)

② 溝の許容スラスト荷重

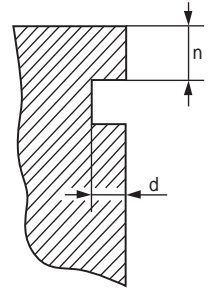
十分な止め輪のスラスト荷重を得るためには溝の設計を行う必要があります、溝の設計においてエッジマージンの設定が重要となります。

溝のスラスト荷重を大きくするためには以下のように設定することを推奨いたします。

$$n/d \geq 3$$

n : エッジマージン (mm)

d : 溝深さ (mm)



n/dの値が3を下回る場合、溝のスラスト荷重が減少するため、注意が必要となります。

小サイズの止め輪についてはn/dの値を3以上とる必要があります。

(推奨寸法については止め輪寸法表を参考にしてください。)

n/d ≥ 3 の場合、溝の許容スラスト荷重は以下の式で計算することが出来ます。

$$G_1 = \frac{BDdG_y}{Sq}$$

G₁ : 静荷重の溝のスラスト荷重 (N)

B : 止め輪の形状別の係数 (表 - 1参照)

D : 軸径或いはハウジング径 (mm)

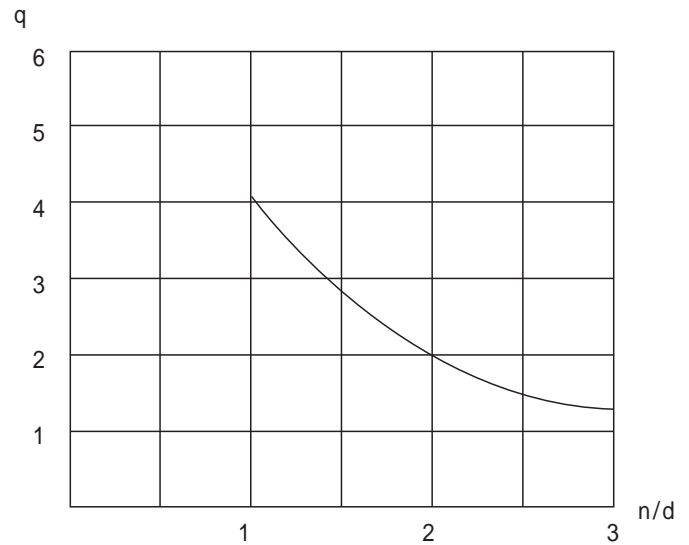
d : 溝の深さ (mm)

G_y : 溝の降伏強さ (N/mm²)

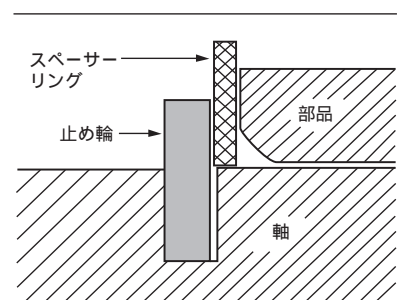
: 円周率

S : 安全率 (表 - 2参照)

q : 減少係数、n/dの値から
グラフを用いて求めた値。
但し、n/dの値が3以上の
場合qの値は1となります。



以上の計算式は相手物のコーナーが鋭角であることが前提となります。
相手物のコーナーにRが付いている場合にはスラスト荷重が低下しますので
注意が必要です。
相手物のコーナーにR又はCがついているために、スラスト荷重が条件を
満足しない場合、剛性のある平座金状のものをスペーサリングとして
挿入することで、スラスト荷重を向上させることができます。



(2) 応力計算

止め輪を挿入する場合の最大応力を計算にて求める。

① C形止め輪

下図のような偏心した2円で囲まれた止め輪（軸用止め輪）を図示方向Yに拡げる場合、

M : 曲げモーメント

E : 縦弾性係数 (206000N/mm²)

I : 断面2次モーメント

r : 平均曲率半径 (mm)

r_1 : 変化後の平均曲率半径 (mm)

α : 変化率

d : 平均直径 (mm)

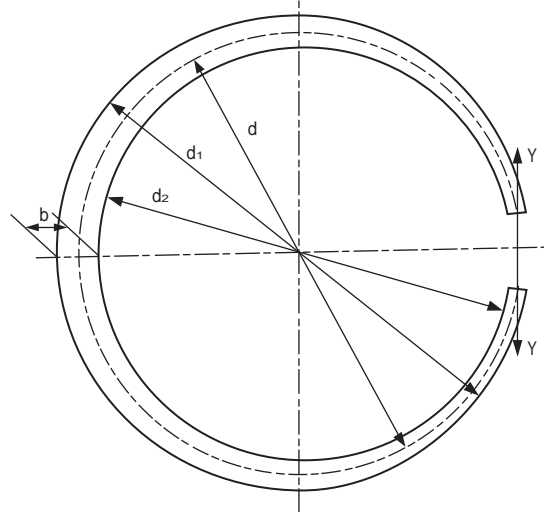
d_1 : 外径 (mm)

d_2 : 内径 (mm)

Z : 断面係数

t : 板厚 (mm)

b : 最大リム幅 (mm)



図示方向Yに拡げることによって、自由時の平均曲率半径 $r = d / 2$ が r_1 に変化したものとする、次式によって示されます。

$$\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r} = \frac{M}{EI}$$

ここで I は、最大幅の断面における断面2次モーメントで板厚を t とすると、 $I = tb^3 / 12$ で表すことができます。

上記式では、 $r_1 = r (1 + \alpha)$ とし (α : r から r_1 への変化率)、

最大応力 $\sigma_{max} = M / Z$ より $M = \sigma_{max} Z$ とします。

断面係数 $Z = tb^2 / 6$ より、これらの関係を上記式に代入すると以下ようになります。

$$\sigma_{max} = \frac{1}{1 + \alpha} \cdot \frac{Eb}{d}$$

穴用の止め輪については、 $\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r} = \frac{M}{EI}$ 、 $r_1 = r (1 - \alpha)$ とし、

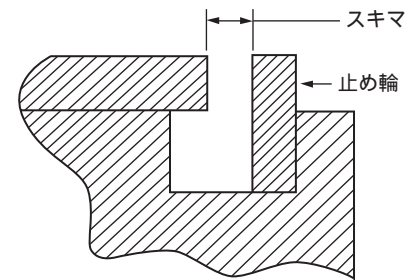
同様に代入すると次式で示されます。

$$\sigma_{max} = \frac{1}{1 - \alpha} \cdot \frac{Eb}{d}$$

(3) ベベル形止め輪について

① 使用目的

C形止め輪などを使用する場合、溝位置の加工精度や相手物のバラツキにより止め輪と固定しようとしている部品との間にスキマが生じガタツキが発生することがあります。(図1)このスキマが、異音の発生や止め輪の破損の原因となっています。



(図1)

従来のガタ取りの対策としては、以下の方法がありました。

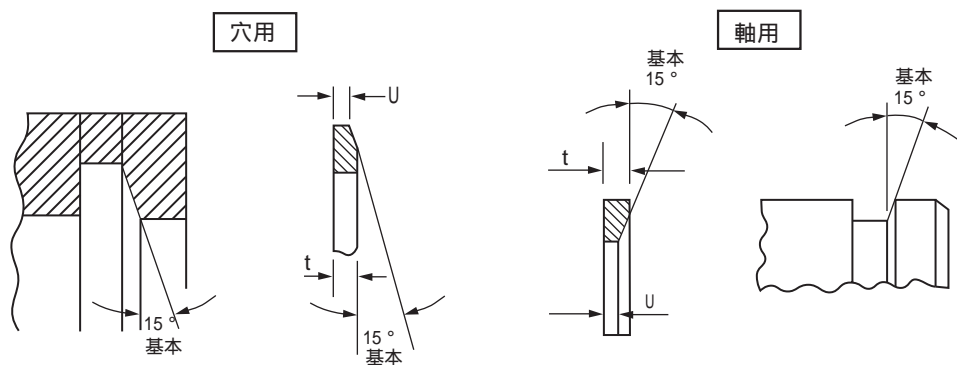
- ・板厚違いのシムでスキマを調整し使用する。
- ・波ワッシャーまたは、他の予圧バネを使用する。
- ・止め輪の板厚を変えて使用する。
- ・止め輪を弓状に加工した弓形止め輪等を使用する。

然しながら、部品点数が多くなること、多品種の止め輪が必要になることや、ばね力が弱いことなど制限があります。そこで開発された製品がベベル形止め輪となります。

② 止め輪の特徴

この止め輪はC形止め輪と基本的な構造は同じですが、溝に嵌る部分が15°の傾斜になっているところがC形止め輪と異なっています。

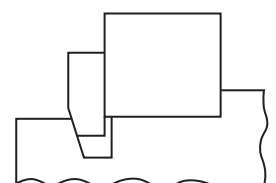
この傾斜は穴用には外周に、軸用には内周につけています。止め輪は荷重を支持する溝壁に対して基本的に15°の傾斜を持っている溝に入れて使うように設計しています。(図2)



(図2)

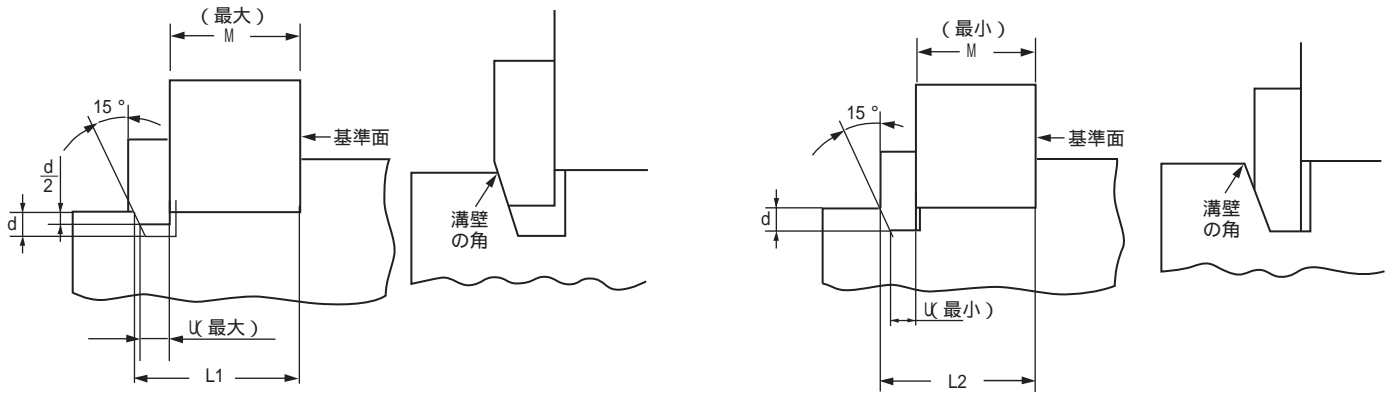
止め輪は荷重を支持する溝の壁に十分接する面積を維持する必要があり、少なくとも溝幅の半分以上の位置に入り込ませる必要があります。

ベベル形止め輪がその溝に入れられたとき外側の溝壁と保持される部品との間で楔として作用します。この止め輪と保持部品の隣接する面との間にスキマがあるときには止め輪のばね作用がスキマを補正してその溝の中に更に深く止め輪を移動させることとなります。(図3)



(図3)

③ 溝の中の止め輪の位置設定



- 1) M (最大) \ U (最大) で外側溝壁の角から基準面までが最小であるならば止め輪は少なくとも溝深さの1/2の所で止まる様にしてください。

$$L1 = M(\text{最大}) + U(\text{最大}) + \frac{d}{2} \tan 15^\circ$$

- 2) M (最小) \ U (最小) で外側溝壁の角から基準面までが最大であるならば止め輪は溝の全深さまではまり込む様にしてください。

$$L2 = M(\text{最小}) + U(\text{最小}) + d \tan 15^\circ$$

④ テーク・アップ (スキマの取り代)

止め輪を適切に作用させるためにテーク・アップは公差の総計に等しいか、或いは大きくなければなりません。

$$\text{テーク・アップ} = \frac{d}{2} \tan 15^\circ \quad L + M + U$$

$$L = L(\text{最大}) - L(\text{最小})$$

$$M = M(\text{最大}) - M(\text{最小})$$

$$U = U(\text{最大}) - U(\text{最小})$$