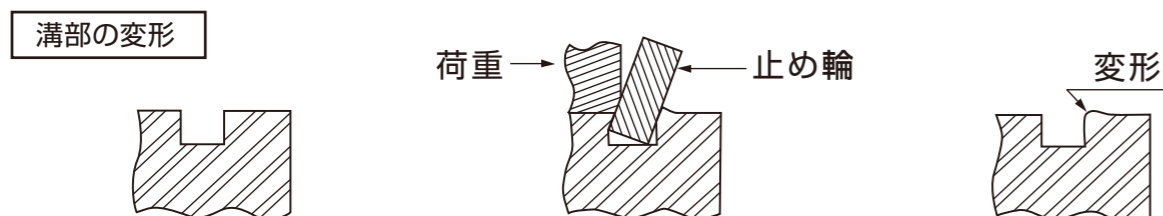


## 止め輪の諸計算(参考)

### 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。

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

$R_s$  : 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)

$D$  : 軸径或いは穴径 (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のところでは嵌合するため、嵌合時の板厚で考える必要があります。

$\pi$  : 円周率

$S_s$  : 止め輪のせん断強さ (N/mm<sup>2</sup>)

C形止め輪(炭素鋼): 約980N/mm<sup>2</sup> 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)

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。)

表-1 止め輪の形状別係数

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

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

### ② 溝の許容スラスト荷重

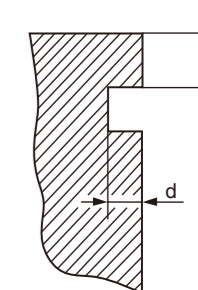
十分な止め輪のスラスト荷重を得るためには溝の設計を行う必要があり、溝の設計においてエッジマージンの設定が重要となります。

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。

※ 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。

$n/d \geq 3$  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できます。

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

$G_1$  : 静荷重の溝のスラスト荷重 (N)

$B$  : 止め輪の形状別係数 (表-1参照)

$D$  : 軸径或いは穴径 (mm)

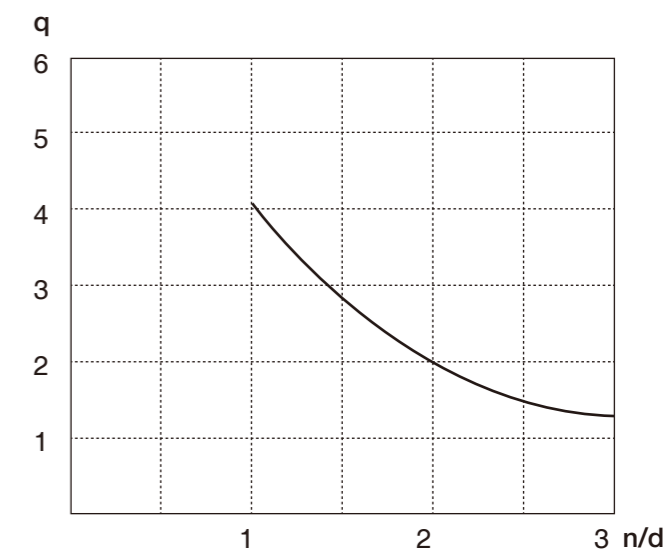
$d$  : 溝の深さ (mm)

$G_y$  : 溝の降伏強さ (N/mm<sup>2</sup>) ※

$\pi$  : 円周率

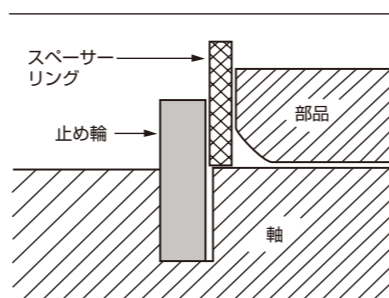
$S$  : 安全率 (表-2参照)

$q$  : 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。



※ 溝は変形すると止め輪が脱落してしまうため、安全性を考慮し降伏強さとします。

以上の計算式は相手物のコーナー部が鋭角であることが前提となります。相手物のコーナー部にアールまたは面取り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。相手物のコーナー部にアールまたは面取りが付いているために、スラスト荷重が条件を満足しない場合、十分剛性があり角張ったスペーサーリングを挿入することで、スラスト荷重を向上させることができます。



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  $\rho$  に変化したものとする、次式によって示されます。

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

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、 $\rho = r(1 + \xi)$  とし ( $\xi$ :  $r$  から  $\rho$  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。

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

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

同様に代入すると次式で示されます。

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

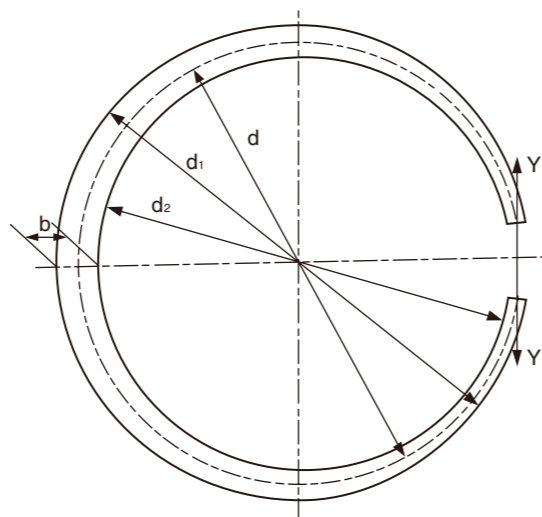
## 2 応力計算

止め輪を挿入する場合の最大応力を計算にて求めることができます。

### 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 (N・mm)
- E : 縦弾性係数 (ばね用鋼: 206000N/mm<sup>2</sup>)
- I : 断面2次モーメント (mm<sup>4</sup>)
- r : 平均曲率半径 (mm)
- $\rho$  : 変化後の平均曲率半径 (mm)
- $\xi$  : 変化率
- d : 平均直径 (mm)
- d<sub>1</sub> : 外径 (mm)
- d<sub>2</sub> : 内径 (mm)
- Z : 断面係数
- t : 板厚 (mm)
- b : 最大リム幅 (mm)



### 3 ベベル形止め輪について

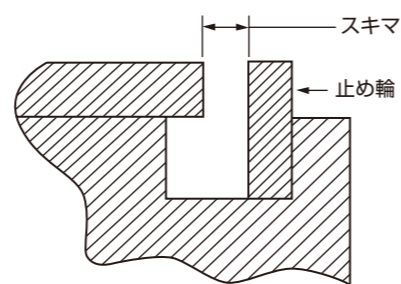
#### ① 使用目的: スキマによるガタツキを抑える

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。

従来のガタ取りの方法としては、以下の方法があります。

- 板厚違いのシムでスキマを調整し使用する。
- ウェーブワッシャーまたは、他の予圧ばねを使用する。
- 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。

しかしながら、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。

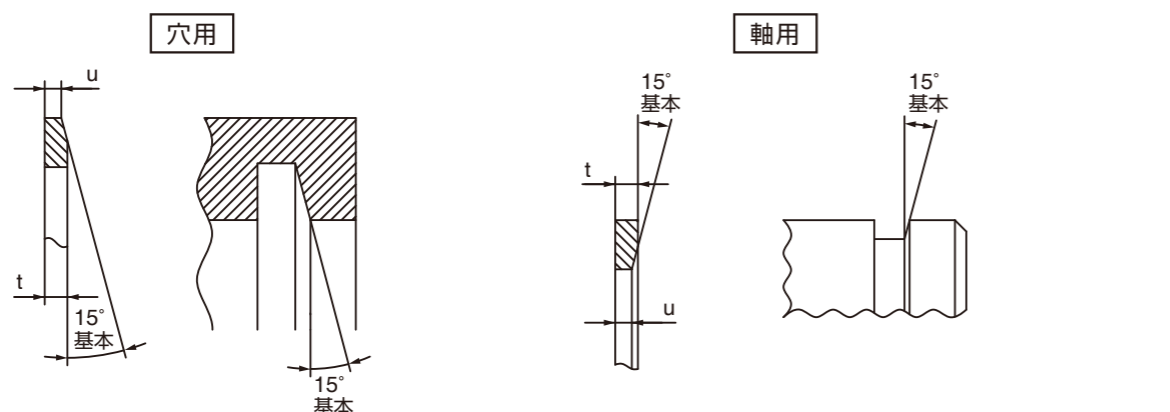


(図1)

#### ② 止め輪の特徴: 外径 / 内径の傾斜(ベベル部)がクサビの役割

この止め輪はC形止め輪と基本的な構造は同じですが、溝にはまる部分が15°の傾斜になっている点がC形止め輪と異なります。

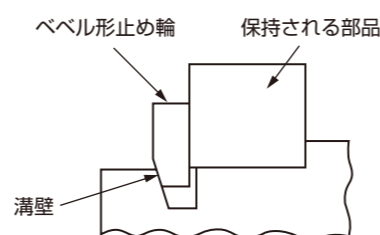
この傾斜は穴用には外周に、軸用には内周につけています。止め輪は荷重を支持する溝壁に対して基本的に15°の傾斜を持っている溝に入れて使うように設計されています。(図2)



(図2)

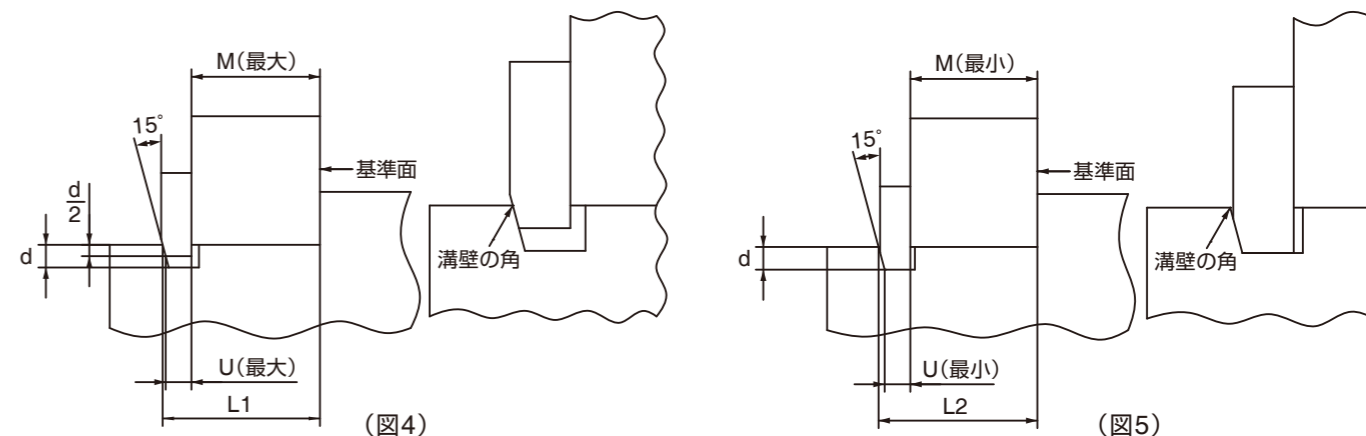
ベベル形止め輪が溝に入る際、溝壁と保持される部品との間に生じたスキマに入り込み、クサビとして作用します。

この時、ベベル形止め輪は少なくとも溝深さの半分以上の位置に入り込ませる必要があります。(図3)



(図3)

#### ③ 位置設定:L



- 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の所で止まるようにしてください(図4)。

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

- 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ようにしてください(図5)。

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

#### 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、大きくなければなりません。

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

$$\Delta L = L \quad (\text{最大}) - L \quad (\text{最小})$$

$$\Delta M = M \quad (\text{最大}) - M \quad (\text{最小})$$

$$\Delta U = U \quad (\text{最大}) - U \quad (\text{最小})$$