

# 軽合金ハウジングに用いる軸受メタルの板厚・楕円量

1998. 8. 7.  
F + E  
石川

## まえがき

Cylinder Block に軽合金 ( Aluminum Alloy ) を用いた場合、鋳鉄製 ( Cast Iron ) Cylinder Block に比較して、その熱膨張率 ( Thermal expansion rate ) が大きいことが設計上の問題になる。

即ち、Crankshaft や軸受メタルの裏金 ( Back metal of plain bearing ) は、いずれも鋼 ( Steel ) であるが、軸受函 ( Bearing housing ) は軽合金であり、各々の熱膨張率は約 2 倍ほど異なる。

これは、Engine の昇温と共に軸受間隙 ( Oil clearance ) や軸受メタル裏金の応力・面圧 ( Stress & Contact pressure ) が変化することを意味する。

また、上下二ツ割の軸受函は鋼製の Bolt で締結されるため、垂直方向 ( Bolt 方向 ) の熱膨張率は鋼と軽合金の合成熱膨張率となり、水平方向 ( Bolt 直角方向 ) の軽合金の熱膨張率よりも小さくなる。

その結果、温度変化に対する水平・垂直方向の変位量が異なり、軸受函の軸穴の形状は常温 ( 加工 & 組立 ) 状態の真円  $\bigcirc$  に対し、昇温時は拡大楕円  $\bigcirc$  となり、降温時は縮小楕円  $\bigcirc$  となる。

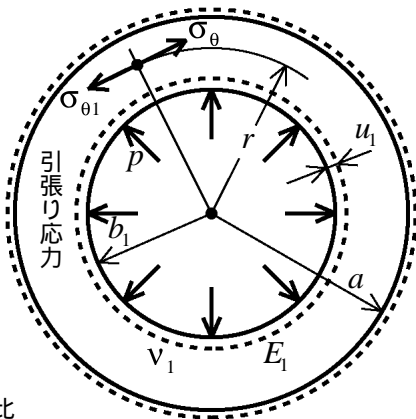
特に、降温時 (  $-30^{\circ}$  :  $T=50^{\circ}$  ) では軸受間隙が減少するだけでなく、均等厚さの軸受メタルを用いると、軸受内径が縦楕円となり、楔効果による油膜の形成が不能になる。

この打開策として低温時 (  $-30^{\circ}$  ) でも軸受内径が真円になる様に、軸受メタルは中央部を厚く、端部を薄くした楕円メタルを用いるのが一般的である。

## 1. 圧入二重円筒の基本式

### (1) 内圧が加わる外筒

- $a$  : 外半径
- $b_1$  : 内半径
- $\sigma_{\theta_1}$  : 接線方向応力
- $u_1$  : 内半径変位量
- $p$  : 内圧
- $E_1$  : 縦弾性係数
- $\nu_1$  : ポアソン比 ( Poisson's ratio )



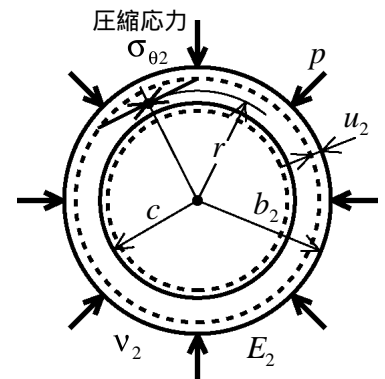
$$\sigma_{\theta_1} = \frac{pb^2}{a^2 - b^2} \left( 1 + \frac{a^2}{r^2} \right)$$

$$u_1 = \frac{pb}{E_1} \left( \frac{a^2 + b^2}{a^2 - b^2} + \nu_1 \right)$$

### (2) 外圧が加わる内筒

- $b_2$  : 外半径
- $c$  : 内半径
- $u_2$  : 外半径変位量
- $p$  : 外圧

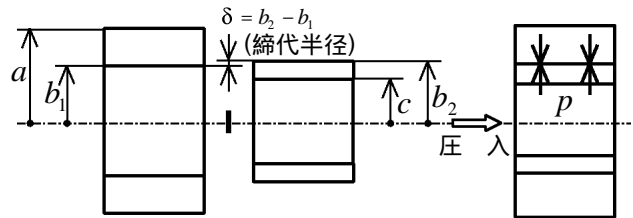
他は前述と同様



$$\sigma_{\theta_2} = -\frac{pb^2}{b^2 - c^2} \left( 1 + \frac{c^2}{r^2} \right)$$

$$u_2 = -\frac{pb}{E_2} \left( \frac{b^2 + c^2}{b^2 - c^2} - \nu_2 \right)$$

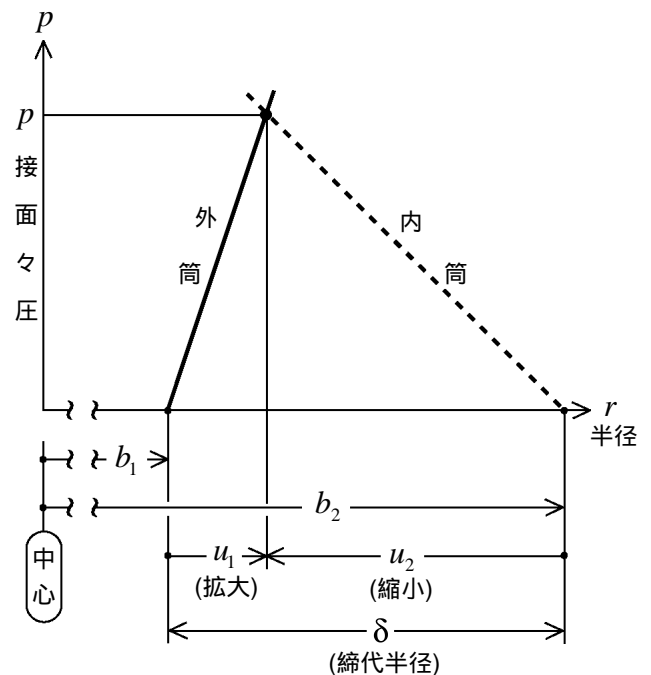
### (3). (1)+(2) の合成 $b_1$ $b_2$ $b$ として



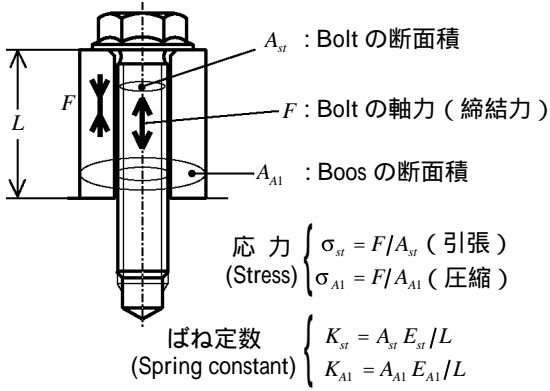
$$\delta = b_2 - b_1 = u_1 - u_2 \text{ より}$$

$$p = \frac{\delta}{b \left( \frac{1}{E_1} \frac{a^2 + b^2}{a^2 - b^2} + \nu_1 + \frac{b^2 + c^2}{b^2 - c^2} - \nu_2 \right)}$$

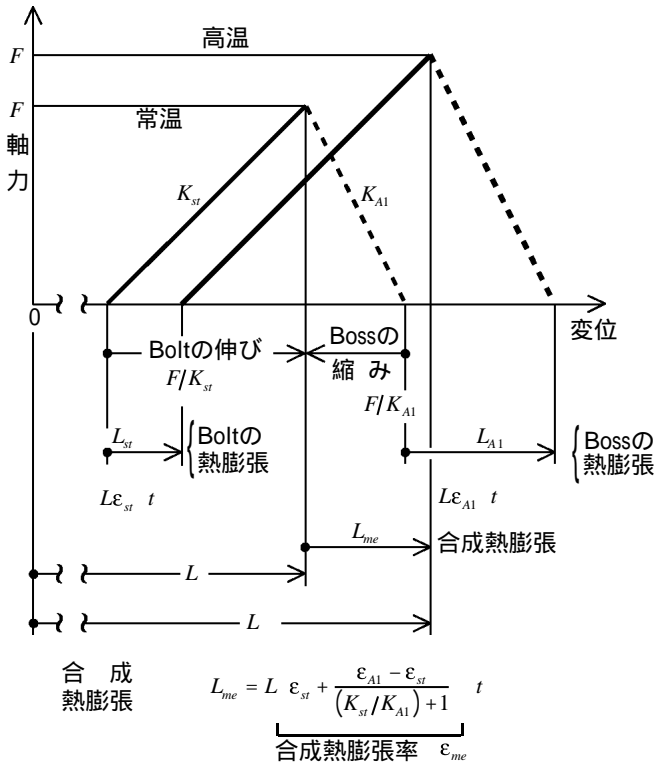
この接面々圧  $p$  から応力  $\sigma_{\theta_1}, \sigma_{\theta_2}$  を計算する。



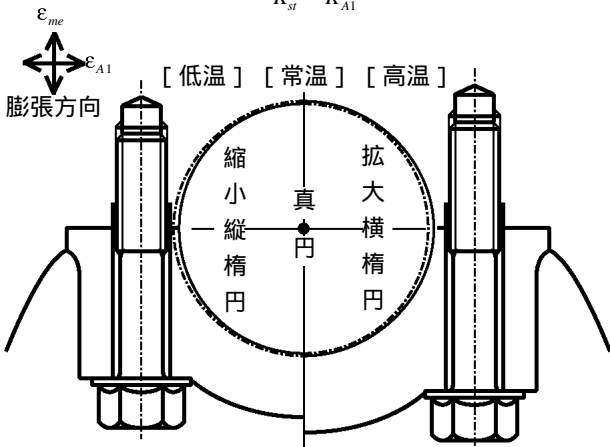
## 2. 軽合金と鋼の合成熱膨張率 & 熱応力



Bolt & Boos の熱膨張率を各々  $\epsilon_{st}$ ,  $\epsilon_{A1}$  とする。

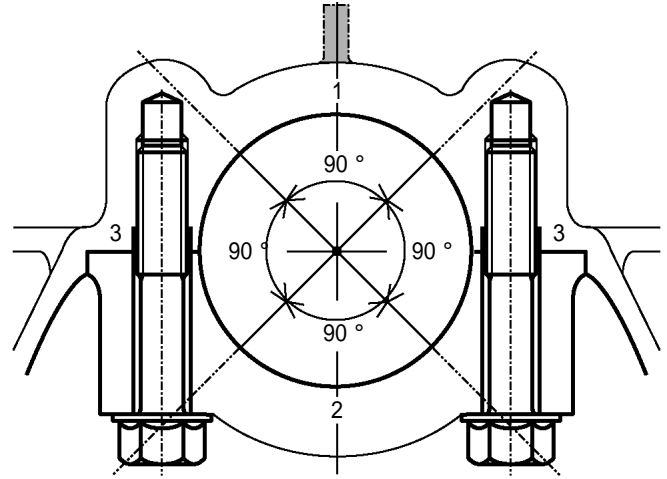


高温軸力  $F = F + \frac{L(\epsilon_{A1} - \epsilon_{st})}{\frac{1}{K_{st}} + \frac{1}{K_{A1}}} t$

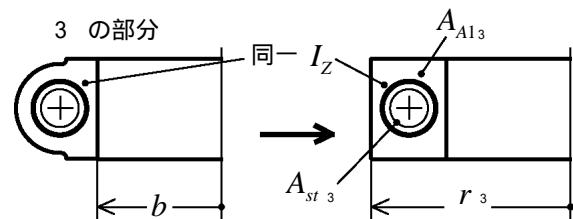
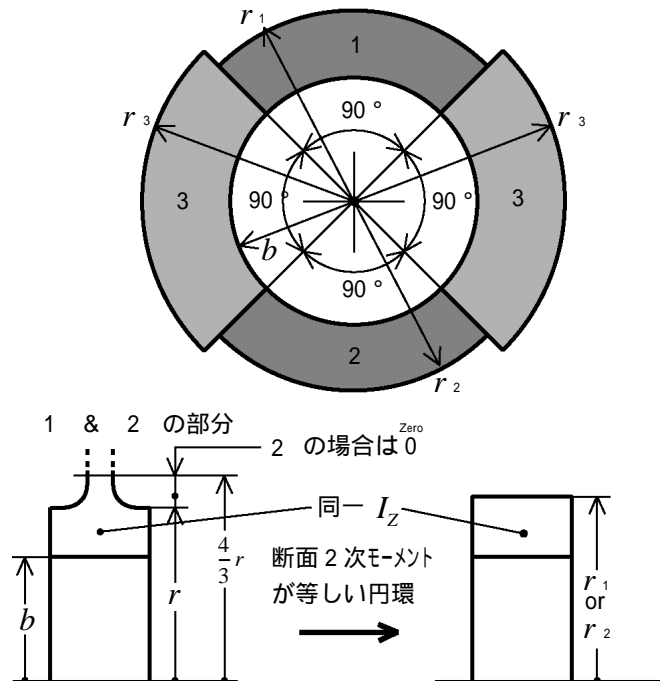


縮小縦楕円の縦横半径差だけメタル端部を薄くする。

## 3. Bearing Housing の剛性計算



Bearing Housing を 3 種類 4 個に分割し、各々を円弧状の部分円環に近似して計算し、4 個を合成する。



Boss と Bolt の合成弾性率

$$E_3 = \frac{E_{st3} A_{st3} + E_{A13} A_{A13}}{A_{st3} + A_{A13}}$$

等価円環 (1 + 2 + 2\*3 の内半径拡大量)

$$u_{me} = \frac{pb}{4} \cdot \left\{ \frac{1}{E_1} \cdot \left( \frac{r_1^2 + b^2}{r_1^2 - b^2} + \nu_1 \right) + \frac{1}{E_2} \cdot \left( \frac{r_2^2 + b^2}{r_2^2 - b^2} + \nu_2 \right) + \frac{2}{E_3} \cdot \left( \frac{r_3^2 + b^2}{r_3^2 - b^2} + \nu_3 \right) \right\}$$

#### 4. 軸受メタル板厚 (Thickness of plain bearing)

軽合金シリンダブロック (Aluminum alloy cylinder block) は鋳鉄シリンダブロック (Cast iron cylinder block) に対して、裏金付軸受メタル (Plain bearing with metal) との熱膨張率の差が大きく、昇温により軸受函 (Bearing housing) と軸受メタル (Plain bearing) の嵌合 (Fitting) が弛緩 (Looseness) する。

軸受メタルの爪の機能は、

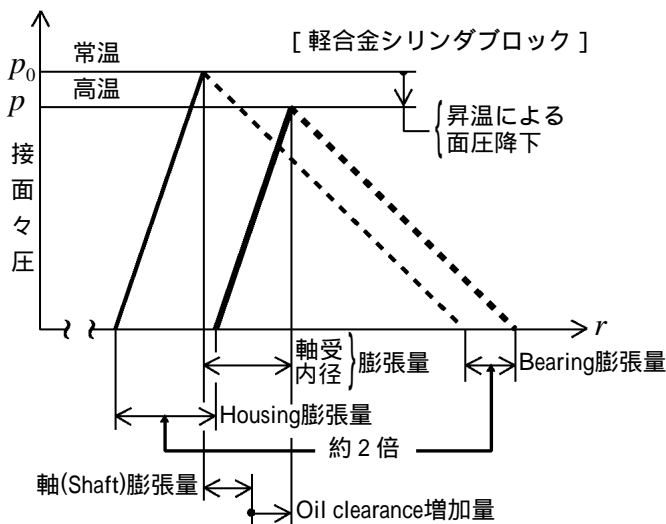
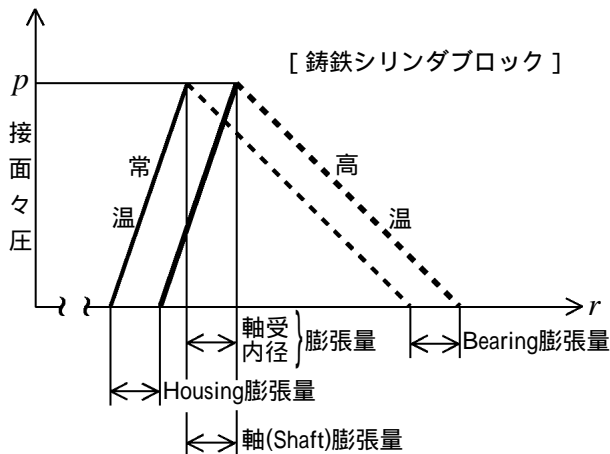
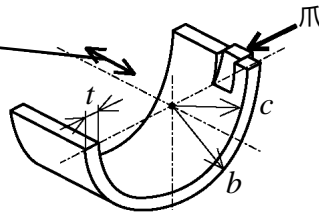
軸方向の位置決めであり、回り止めではない。

回り止め機能は軸受メタルの背面々圧による摩擦力に依存している。

軽合金シリンダブロックと

鋼製バックメタル付軸受に於いても、暖機後 (After warm-up) の昇温時に、軸受油膜 (Oil film) の剪断抵抗を十分に上回る摩擦力の確保が必要であり、その摩擦力を発生させる十分な背面々圧が必要である。

従って、軽合金シリンダブロックの場合は昇温時のメタル背面々圧が鋳鉄シリンダブロックのそれと同一値になるように、常温時 (組立時) のメタル背面々圧を鋳鉄シリンダブロックのそれよりも大きくする必要がある。

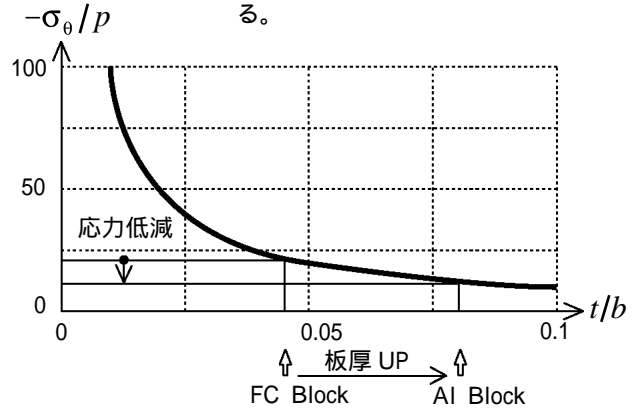


軸受メタル (外圧が加わる内筒) の応力

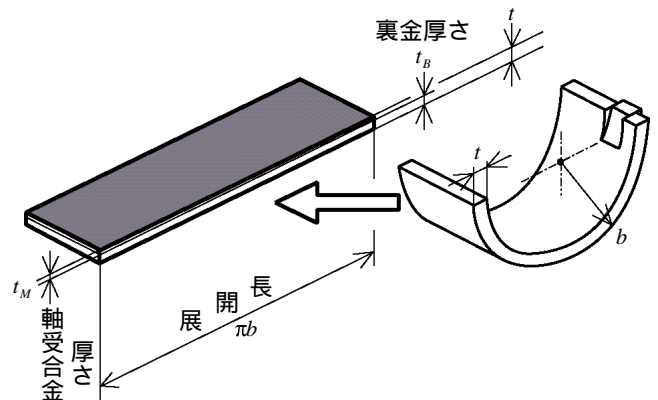
$$\sigma_{\theta} = -\frac{pb^2}{b^2 - c^2} \left( 1 + \frac{c^2}{r^2} \right) \quad \text{に於いて}$$

$$r = b, \quad b - c = t \quad \text{と置けば}$$

$$\sigma_{\theta} = -\frac{2p}{\frac{t}{b} \left( 2 - \frac{t}{b} \right)} \quad t/b \text{ を大きくする (即ち } b \text{ を大きくする) ことにより, } \sigma_{\theta} \text{ を小さくできる。}$$



#### 5. 軸受メタル (Plain bearing) 弾性率・熱膨張率



合成弾性率  $E_{me}$

$$E_{me} = \frac{t_M E_M + t_B E_B}{t_M + t_B}$$

裏金応力  $\sigma_B$

$$\sigma_B = \sigma_{me} \frac{E_B}{E_{me}}$$

合成熱膨張率  $\epsilon_{me}$

$$\epsilon_{me} = \frac{t_M E_M \epsilon_M + t_B E_B \epsilon_B}{t_M E_M + t_B E_B}$$