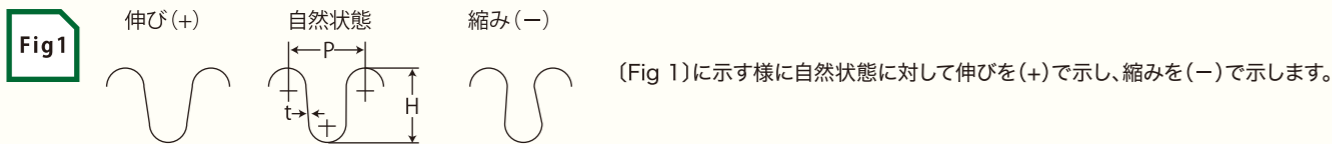


ベローズ型伸縮管継手、設計資料

1 ベローズの動きに関するもの

1 伸縮量とは



2 許容伸縮量とは

ベローズ1山で吸収し得る最大の伸縮量を示し次の(1)で表す。

$$e \geq e_x + e_y + e_\theta \dots (1)$$

e : ベローズ1山当たりの許容伸縮量 (mm)
 e_x : ベローズ1山当たりの軸方向伸縮量 (mm)
 e_y : 軸直角方向変位によって生ずるベローズ1山当たりの軸方向伸縮量 (mm)
 e_θ : 角変位によって生ずるベローズ1山当たりの軸方向伸縮量 (mm)

また許容伸縮量 e はベローズの肉厚 (t)、山高 (H) およびピッチ (P) によって異なってくる。そこでベローズの場合、使用条件が普通緩慢な動きのものが多いため設計条件として使用する繰返し回数を定めてその回数を最小とした条件で伸縮量を求めて許容伸縮量とする。

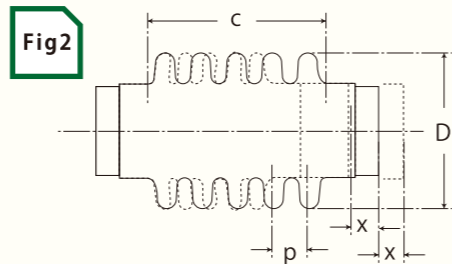
3 e_x を求める式

伸縮管継手が軸方向に伸縮する場合ベローズ1山の動きを表す式を次に示す。(Fig 2)

$$e_x = \frac{X}{N} \quad (\text{単式伸縮管継手の場合}) \dots (2)$$

X : 伸縮管継手の軸方向伸縮量 (mm)
 N : 伸縮管継手のベローズ1個当たりの山数

$$e_x = \frac{X}{2N} \quad (\text{複式伸縮管継手の場合}) \dots (3)$$

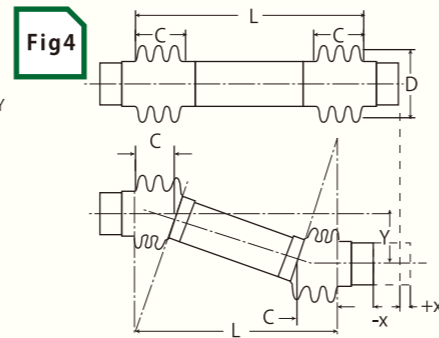
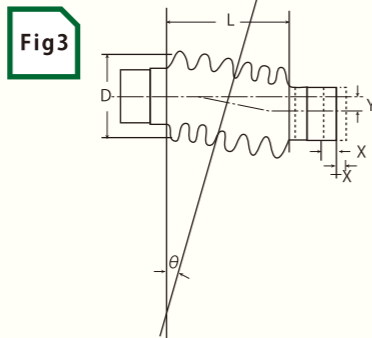


4 e_y を求める式

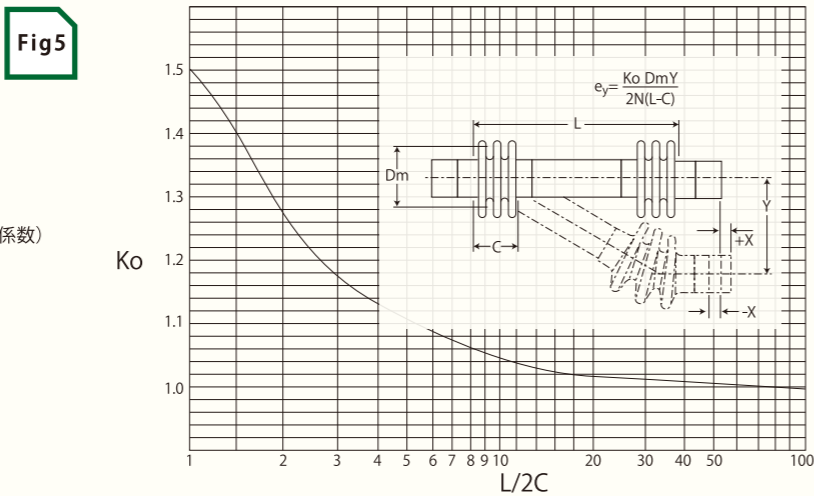
伸縮管継手が(Fig 3)、(Fig 4)の様に軸直角方向変位する場合ベローズ1山の動きを表す式を次に示す。

● 単式 (Fig 3) の e_y を求める式 $e_y = \frac{3 \cdot D_m \cdot Y}{NL} \dots (4)$

● 複式 (Fig 4) の e_y を求める式 $e_y = \frac{K_o \cdot D_m \cdot Y}{2N(L-C)} \dots (5)$



D_m : ベローズの平均径 (mm)
 Y : 伸縮管継手の軸直角方向変位量 (mm)
 L : ベローズの長さ (Fig 3)、複式の場合は (Fig 4) の様に2組のベローズと中間パイプの長さ (mm)
 C : 複式の場合 (Fig 4) の C (mm)
 K_o : 2組のベローズ長さ $2C$ と2組のベローズを含む長さ L による係数 (Fig 5) より求める K_o の表係数

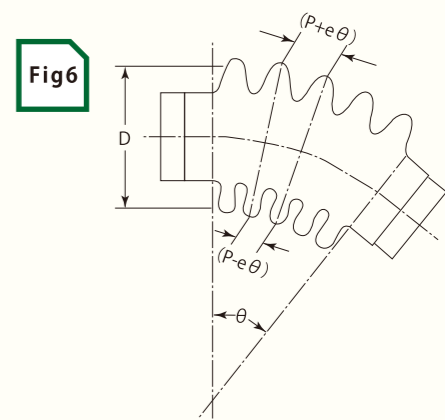


5 e_θ を求める式.....単式伸縮管継手

伸縮管継手が曲げ変位 (Fig 6) の作用を受ける場合ベローズ1山の動きを表す式を次に示す。

$$e_\theta = \frac{\theta \cdot D_m}{2N} \quad (\text{単式伸縮管継手}) \dots (6)$$

θ : 伸縮管継手が曲げによって生ずる角度 (rad)



2 ベローズの強度に関するもの

1 ベローズの耐圧強度

ベローズの耐圧強度は次式により確認する。(Fig 7)

$$\sigma_p = \frac{Ph^2}{2t^2n} \leq S_y \quad (\text{コントロールリング無})$$

$$\sigma_p = \frac{Ph}{tn} \leq S_h \quad (\text{コントロールリング有})$$

σ_p : 内圧により発生する応力 (N/mm²)

p : 内圧 (MPa)

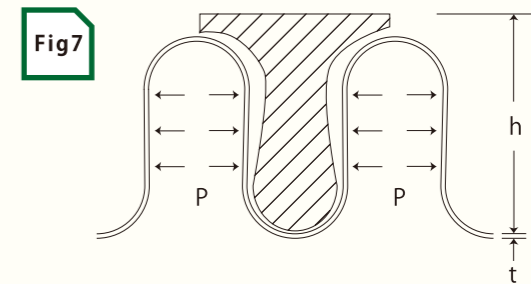
h : ベローズ山高 (mm)

t : ベローズ1層の厚み (mm)

n : ベローズの層数

S_y : ベローズ材料の設計温度における0.2%耐力 (N/mm²)

S_h : ベローズ材料の設計温度における許容引張応力 (N/mm²)



2 U形ベローズに発生する仮定応力

ベローズに内圧が加わり運動する場合に発生する応力値は、ベローズ形状の複雑さおよび使用範囲が弾性域から塑性域までの広範囲であるため、適切な計算式が成り立ち難いこと、および実使用には緩慢な動きが限定された回数のみしか作用しないところからベローズの疲労繰返し回数を強度として求める場合が一般的である。そのため次の式で求める応力値は仮定応力または、疲労回数を求めるための係数として扱う。

● M.W.Kellogg社

$$\sigma = \frac{0.75Et\Delta}{a^{0.5}h^{1.5}} + \frac{Ph^2}{2t^2n} \quad (\text{コントロールリング無}) \dots (8)$$

$$\sigma = \frac{0.75Et\Delta}{a^{0.5}h^{1.5}} + \frac{Ph}{tn} \quad (\text{コントロールリング有}) \dots (9)$$

σ : 仮定応力 (N/mm²)

E : 材料の縦弾性係数 (N/mm²) (普通70°Fに於ける)

t : ベローズの材料厚さ (mm)

a : ベローズピッチの1/2 (mm)

h : ベローズの山高 (mm)

Δ : ベローズ1山当たりの伸縮量 (mm)

n : ベローズの層数

P : 内圧 (MPa)

3 ジスクベローズに発生する仮定応力

● M.W.Kellogg社

$$\sigma = \frac{1.5Et\Delta}{h^2} + \frac{Ph^2}{2t^2n} \dots (10)$$

3 ベローズの動きに関するもの

1 M.W.Kellogg社

● 疲労破壊回数を求める式

$$N = \left(\frac{11033}{\sigma} \right)^{3.5}$$

N : 疲労破壊回数
 σ : 仮定応力 (N/mm²) 式(8)、(9)、(10)等の値

4 ベローズの作動による反力に関するもの

1 U形ベローズのパネ常数の式

$$K = \frac{4E D m t^3 \Delta}{3a^{0.5} h^{2.5} 2N} \dots (11)$$

K : ベローズのパネ常数 (N/mm)
 Dm : ベローズの平均径 (mm)
 Δ : 伸縮管継手の伸縮量 (mm)
 N : 伸縮管継手のベローズ山数

2 軸方向伸縮による反力の式

$$F = K \cdot ex \dots (12)$$

F : 軸方向伸縮による反力 (N)
 K : パネ係数、(14) 式、但し1山につき1mmの場合には
 $N=1 \Delta=(1山当りの伸縮量)$ とする。
 ex : 式 (2)、式 (3) の ex (mm)

3 軸直角方向反力

● 軸直角方向反力 V (N)

$$V = \frac{K \cdot Dm \cdot ey}{2L}$$

ey : 式 (4)、式 (5) ey (mm)
 L : ベローズ長及び [Fig 4] L (mm)

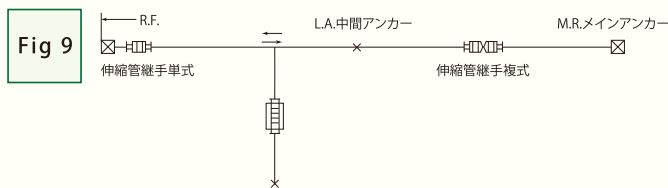
4 角変位による反力

$$V\theta = \frac{K \cdot D \cdot e\theta}{4L} \dots (13)$$

$V\theta$: 角変位による反力
 $e\theta$: 式 (6) の $e\theta$ (mm)

5 アンカーに加わる力に関するもの

伸縮管継手を使用する場合、配管の伸縮を吸収する目的をもつものであるが、配管が伸縮を生じて他に影響のない場合には必要としない。しかし、配管が伸縮を生じそこに破壊応力を生ずる場合には伸縮管継手を必要とする。伸縮管継手が配管の伸縮を受け入れるためにはベローズを押し縮めるか、引き伸ばす必要があり、そのベローズの反力より強い力で押さえなければベローズは伸縮しないことになる。それ故 (Fig 9) の様に必要な部分にアンカーの設置を必要とする。



1 メインアンカーに加わる力

● 伸縮管継手を含む直線配管におけるメインアンカーに加わる力

$$F_M (N)$$

$$F_M = F_A + F_V \dots (14)$$

F_A : 内圧によって伸縮管継手に生ずる面推力 (N)
 F_V : 伸縮管継手の伸び縮みに要する力 (N)

$$F_A = P \times A \dots (15)$$

P : 内圧 (MPa)
 A : 伸縮管継手の有効断面積 (mm²)

$$A = \left(\frac{D+d}{4}\right)^2 \pi \dots (16)$$

D : ベローズの外径 (mm)
 d : ベローズの内径 (mm)
 π : 円周率

$$F_V = \frac{\Delta \ell}{N} K \dots (17)$$

$\Delta \ell$: 伸縮管継手の自由状態からの最大伸縮量 (mm)
 d : 伸縮管継手のベローズ山数
 K : ベローズのパネ常数

● ベローズのパネ常数 K

$$K = \frac{3a^{0.5} h^{2.5} 2N}{4E D m t^3 \Delta} \dots (18)$$