

## ステンレス スプリング



従来の各種鋼系及び合金系スプリングの表面処理及び各種の機械的性能の欠点を補って、需要家各位の好評を戴いて居ります。何卒弊社の優れた製品及び技術陣を御利用ください。

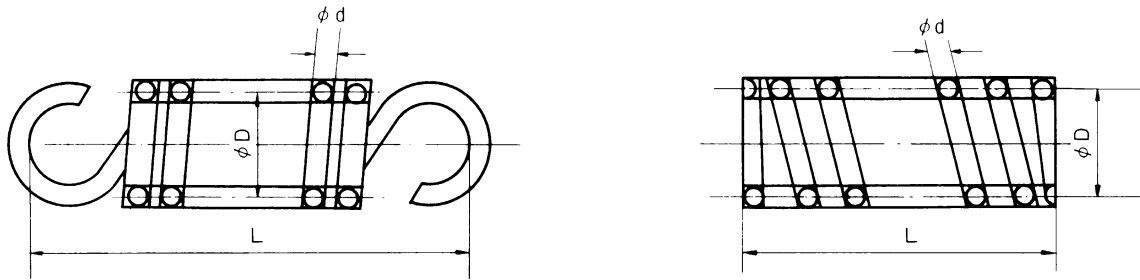
弾性係数	種類	SUS304	SUS631	ピアノ線	洋白線	燐青銅線
横弾性係数 (G)		73,550N/mm <sup>2</sup>	76,492N/mm <sup>2</sup>	78,453N/mm <sup>2</sup>	38,246N/mm <sup>2</sup>	41,188N/mm <sup>2</sup>
縦弾性係数 (E)		186,320N/mm <sup>2</sup>	196,133N/mm <sup>2</sup>	205,940N/mm <sup>2</sup>	101,989N/mm <sup>2</sup>	107,873N/mm <sup>2</sup>

### 時効硬化熱処理が出来る高強度ステンレス鋼 SUS631 (析出硬化型) 機械的性質

H R C	硬化処理前の機械的性質					硬化処理後の機械的性質			
	処理	引張試験		曲試験		引張試験	繰返し タワミ試験	硬さ H R C	
		引張強さ N/mm <sup>2</sup>	伸 %	曲角度	内側半径				
22	R.H	892~1,030	8~13	180°	密着 厚さの 2倍	1,481	6~12	588	47
38	C.H	1,206以上	6~10	180°		1,589	5~9	834	51

その他、弊社が研究開発した、特殊ステンレス鋼も数種類あり御利用を戴いております。

### スプリング一般公式



d, 線径 D, 中心径 N, 有効巻数 W, 荷重 δ, 撓み G, 弾性係数 (ステンレス線=約70,000N/mm<sup>2</sup>)

			b ≤ 2C	b > 2C
荷重を知って撓みを出す	$\delta = \frac{8WND^3}{Gd^4}$	$\delta = \frac{5.6WND^3}{Gb^4}$	$\delta = \frac{2.79WND^3(b^2+c^2)}{Gb^3c^3}$	$\delta = \frac{2.35WND^3}{Gc^3(b-0.63c)}$
内力を知って撓みを出す	$\delta = \frac{\pi fsND^2}{Gd}$	$\delta = \frac{2.35fsND^2}{Gb}$	$\delta = \frac{3.5fsND^2(b^2+c^2)}{Gbc(2b+c)}$	$\delta = \frac{2.9fsND^2b^2}{Gc(2b+c)(b-0.63c)}$
荷重を知って内力を出す	$fs = \frac{8WD}{\pi d^3}$	$fs = \frac{2.38WD}{b^3}$	$fs = \frac{0.8WD(2b+c)}{b^2c^2}$	$fs = \frac{0.8WD(2b+c)}{b^2c^2}$
撓みを知って内力を出す	$fs = \frac{\delta Gd}{\pi ND^2}$	$fs = \frac{0.425\delta Gb}{ND^2}$	$fs = \frac{0.28\delta G(2b^2+c^2)}{ND^2(b^2+c^2)}$	$fs = \frac{0.34\delta Gc(2b+c)(b-0.63c)}{ND^2b^2}$
内力を予定し荷重を出す	$W = \frac{fs\pi d^3}{8D}$	$W = \frac{0.42fsb^3}{D}$	$W = \frac{1.25fsb^2c^2}{D(2b+c)}$	$W = \frac{1.23fsb^2c^2}{D(2b+c)}$
撓みを知って荷重を出す	$W = \frac{\delta d^4 G}{8ND^3}$	$W = \frac{\delta Gb^4}{5.6ND^3}$	$W = \frac{\delta Gb^3c^3}{2.79ND^3(b^2+c^2)}$	$W = \frac{\delta Gc^3(b-0.63c)}{2.35ND^3}$
有効巻数を出す	$N = \frac{\delta Gd^4}{8WD^3}$	$N = \frac{\delta Gb^4}{5.6WD^3}$	$N = \frac{\delta Gb^3c^3}{2.79WD^3(b^2+c^2)}$	$N = \frac{\delta Gc^3(b-0.63c)}{2.35WD^3}$

上記はテンションスプリングの場合、初張力は0とする。

$$\delta = \frac{\pi(fs-fso)ND^2}{Gd} \quad P_o: \text{初張力} \quad f_{so}: \text{初張応力} \left(\frac{G}{100c}\right) \quad c: \text{ばね指数} \left(\frac{D}{d}\right)$$

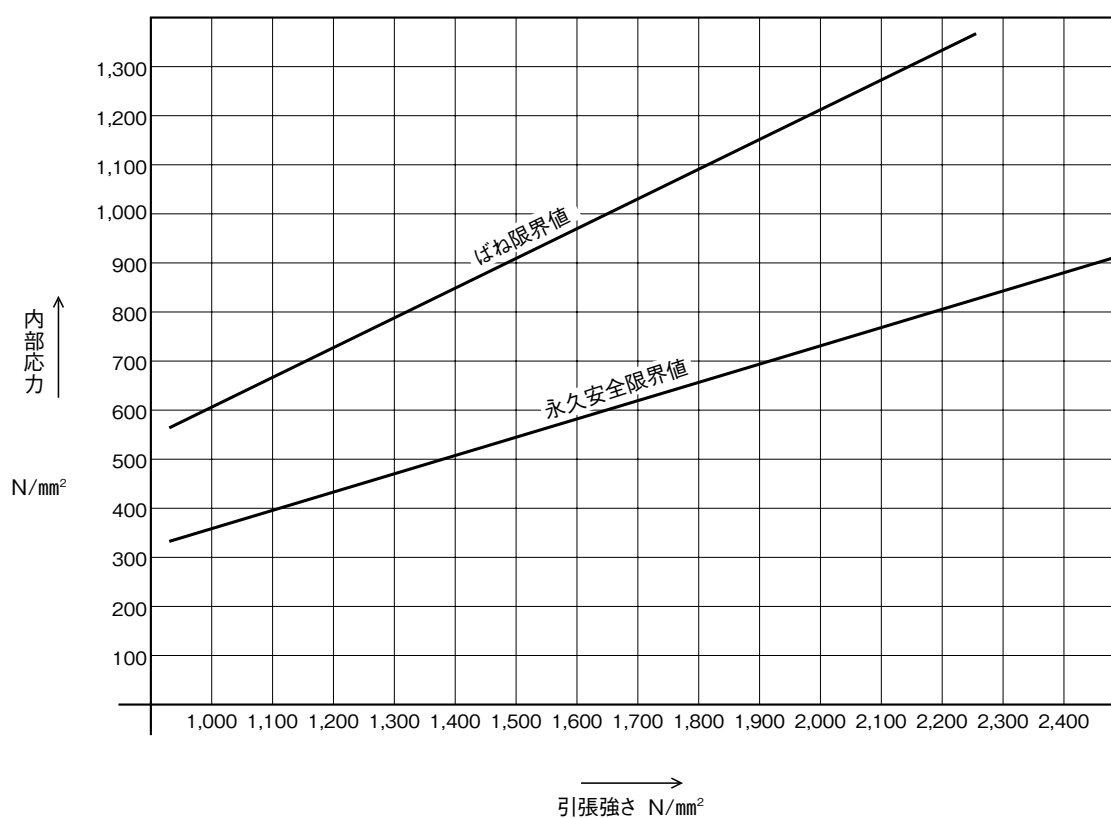
初張力 (イニシアル) の計算式

$$P_o = \frac{\pi fsod^3}{8D} \quad fs = \frac{\delta Gd}{\pi ND^2} + f_{so}$$

## ばね用ステンレス鋼線の（B種）引張強さ

線径 mm	引張強さ N/mm <sup>2</sup> 硬質線	線径 mm	引張強さ N/mm <sup>2</sup> 硬質線	線径 mm	引張強さ N/mm <sup>2</sup> 硬質線
0.10	2,150~2,400	0.45	1,950~2,200	1.80	1,650~1,900
0.12		0.50		2.00	
0.14		0.55		2.30	1,550~1,800
0.16		0.60		2.60	
0.18		0.65		2.90	1,450~1,700
0.20		0.70		3.20	
0.23	2,050~2,300	0.80	1,850~2,100	3.50	
0.26		0.90		4.00	
0.29		1.00		4.50	
0.32		1.20	1,750~2,000	5.00	1,350~1,600
0.35		1.40		5.50	
0.40		1.60	1,650~1,900	6.00	

## 引張強さに対する永久安全及びばね限界値

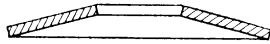


## 皿ばね

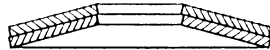
皿ばねは中央に穴のあいた皿状のばねで、この特長とするところは小さな空間のところで大きな負荷容量を得ることができる。これを単独で使用する場合もあるが、積み重ねを変えることによって、ばね特性を変化させることができる。

### 1. 使用法

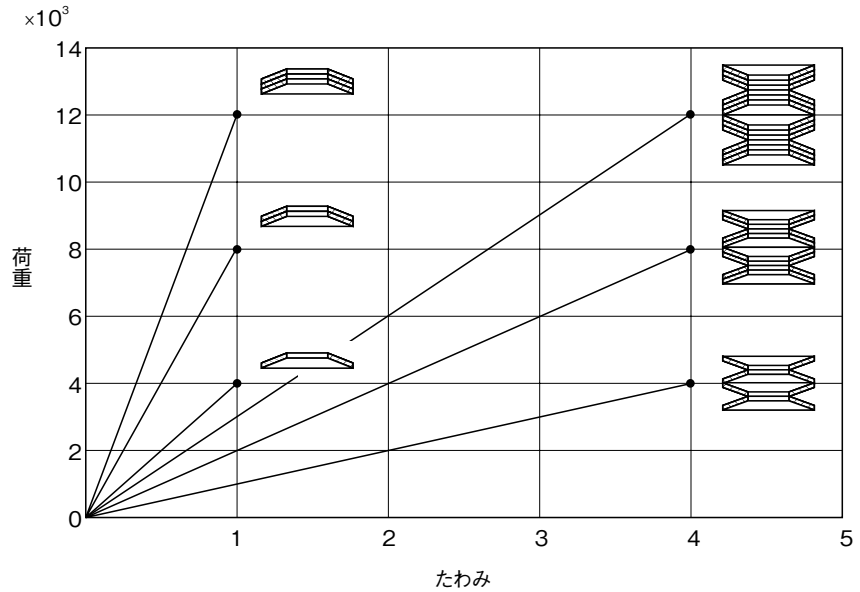
#### 1) 単一使用法



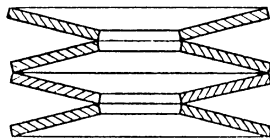
#### 2) 並列使用法



撓みが小さく大きい荷重を必要とする場合に使用し、重ねる枚数に比例して荷重が増加する。

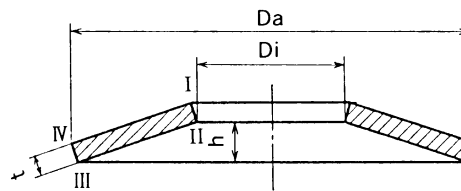


#### 3) 直列使用法



撓みが大きく小さい荷重を必要とする場合に使用し、重ねる枚数に比例して撓みが増加する。

同一特性を持つ皿ばねを組み合わせた時の荷重特性



### 2. 皿ばね計算式

#### 1) 荷重とたわみの計算式

$$P = \frac{4E}{1-\mu^2} \cdot \frac{t^4}{\alpha Da^2} \cdot \frac{f}{t} \left[ \left( \frac{h}{t} - \frac{f}{t} \right) \left( \frac{h}{t} - \frac{f}{2t} \right) + 1 \right]$$

$$= 905,000 \frac{t^4}{\alpha Da^2} \cdot \frac{f}{t} \left[ \left( \frac{h}{t} - \frac{f}{t} \right) \left( \frac{h}{t} - \frac{f}{2t} \right) + 1 \right] \text{ N}$$

$$\alpha = \frac{1}{\pi} \frac{\left( \frac{\delta-1}{\delta} \right)^2}{\frac{\delta+1}{\delta-1} - \frac{2}{\log e \delta}}$$

(ばね鋼)  
 E : ヤング率 206,000 N/mm<sup>2</sup>  
 μ : ポアソン比 0.3  
 4E/1-μ<sup>2</sup> : 905,000 N/mm<sup>2</sup>  
 f : たわみ  
 α : 直径比Da/Diに関する係数  
 δ : Da/Di

## 2) 静的荷重を受ける場合の応力

$$\sigma I = 905,000 \frac{t^2}{\alpha \cdot Da^2} \cdot \frac{f}{t} \left[ -\beta \left( \frac{h}{t} - \frac{f}{2t} \right) - \gamma \right]$$

(記号)  $\beta, \gamma$  : 直径比  $Da/Di$  に関する係数

$$\beta = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{6}{\log \delta} \left( \frac{\delta - 1}{\log \delta} - 1 \right)$$

$$\gamma = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{6}{\log \delta} \cdot \frac{\delta - 1}{2}$$

I 点の計算応力  $\sigma I$  は次の数値を許容範囲とする。

$f=0.75h$ において 1,900~2,500 N/mm<sup>2</sup>

$f=h$ において 2,500~3,200 N/mm<sup>2</sup>

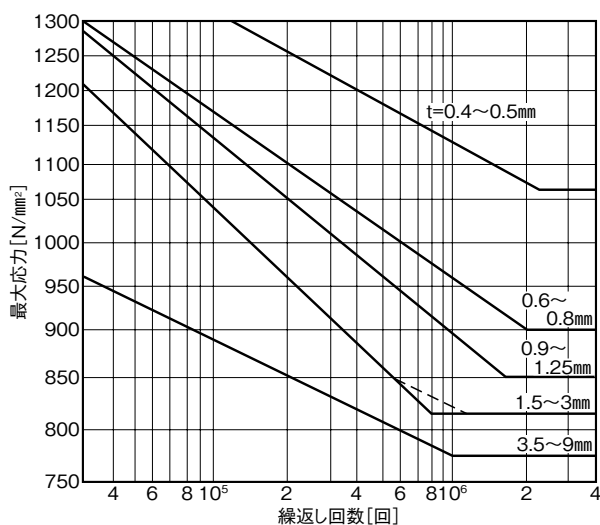
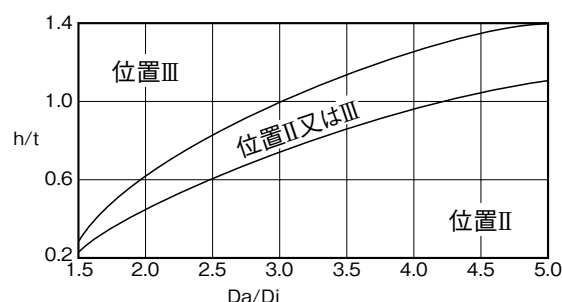
## 3) 動的荷重を受ける場合の応力

$$\sigma II = 905,000 \frac{t^2}{\alpha \cdot Da^2} \cdot \frac{f}{t} \left[ -\beta \left( \frac{h}{t} - \frac{f}{2t} \right) + \gamma \right]$$

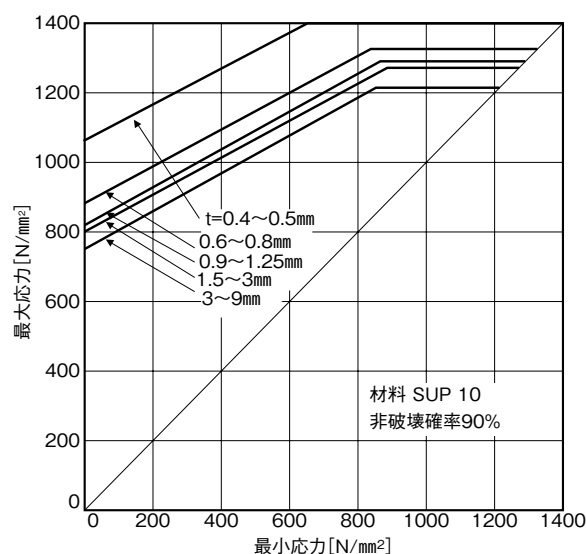
$$\sigma III = 905,000 \frac{t^2}{\alpha \cdot Da^2} \cdot \frac{f}{t} \cdot \frac{1}{\delta} \left[ (2\gamma - \beta) \left( \frac{h}{t} - \frac{f}{2t} \right) + \gamma \right]$$

右図より II 又は III 点に発生する応力範囲を見出し、上式にて応力値を計算する。破損までの繰返し回数は最大応力や振幅によって決まるので慎重に許容応力を定めるようにする。

疲れ試験結果の例として下図に示す。



皿ばねの片振りS-N曲線 (SUP 10 非破壊確率90%)



皿ばねの動的許容応力 (2×10<sup>6</sup>回)

## ウェーブワッシャー

ウェーブワッシャーは環状の薄板に波状に凹凸を付け圧縮に対するばね特性を考慮した座金で小さな空間で負荷容量を得ることができる。

このような機能が要求される所に使用する目的のために数多くの形状のものがあるが、ここでは本マニュアルに記載の自動車規格JASO F302の波形ばね座金（調整用波形座金）に準拠した。

### ウェーブワッシャーの計算式

たわみと荷重の計算式において、計算値と実測値にはかなり差が生ずる場合が多い。これは座金の波の数や内径と外径の比などの影響がかなりあり、又ウェーブワッシャーのばね定数は実際には密着付近において非線形に変化したりして、その点の特性値の把握はむずかしいが、ウェーブワッシャーに対して山数が3以上のものにあつて連続はりと見なした計算によると、たわみ（ $\delta$ ）、荷重（ $W$ ）の関係と応力（ $\sigma$ ）はつぎのようになる。

$$K = \frac{W}{\delta} = \frac{Ebt^3N^4}{1.94(dm)^3} \quad \sigma = \frac{12EtN^2\delta}{\pi^2(dm)^2}$$

$K$  : ばね定数 (N/mm)

$N$  : 山数

$W$  : 荷重 (N)

$dm$  : 平均直径 (mm) =  $\frac{D+d}{2}$

$\delta$  : たわみ (mm)

$\sigma$  : 曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)

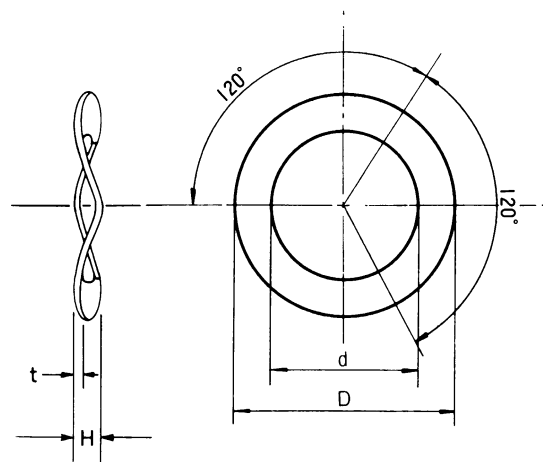
$E$  : 縦弾性係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$D$  : 外径 (mm)

$b$  : 板幅 (mm) =  $\frac{D-d}{2}$

$d$  : 内径 (mm)

$t$  : 板厚 (mm)



但し、荷重が品質特性を満足するかどうかは、試作を行い、実験して確認することが望ましい。

本マニュアルにおいての自由高さ（ $H$ ）の数値は上式を用いた時の密着時の応力が4,000N/mm<sup>2</sup>として計算されたものである。

実際の使用に際しては自由高さの保証がされる応力で使用することが望ましく、その目安は応力1,800N/mm<sup>2</sup>である。

またこの応力より高い応力で使用する場合も考えられるが、その場合は座金に多少のへたりを生じ自由高さが低くなることがあるので注意が必要である。

参考資料：自動車技術会 JASO F302 自動車規格 波形ばね座金

## スプリングピン



スプリングピンは、薄板を円筒状に湾曲させて熱処理を施した縦方向にすきまのあるピンである。ピンの自由時の外径は取付け穴より大きいため、取り付けたときばね作用によって穴の内壁面にラジアルの圧力が働くことにより耐振動性の強い保持力を発揮する。

スプリングピンは、機械的強さに優れ、かつ中空のため軽量である等の特徴を有する。

但し、次の使用上の注意点等を遵守しないと折損及び破断の恐れがある。スプリングピンの使用は両端固定が原則だが、片側固定で使用する場合は二重せん断荷重とならないため、安全率を充分考慮し使用すべきである。尚、二重せん断荷重の基準値はJIS規格対象のスペックに限ります。

### 1. 使用上の注意点

- 1) 締結部品を個々に穴加工する場合、せん断荷重を受ける穴のC面取りは行わない。
- 2) 振動方向がピンの軸に平行であるようなところに使用することは、避けなければならない。
- 3) ピンのせん断面は、その末端からピンの直径の長さを最小長さとして、保持しておかなければならない。
- 4) ピンの挿入穴は締結部品を穴加工して、ピンを挿入することを原則としているが、個々に加工した場合の穴の中心の相違は、ピンのすきまが密着しない程度とする。
- 5) 激しい衝撃荷重を受けるようなところに使用するときは、あらかじめテストして用いること。
- 6) ピンの破断荷重は、すきまが荷重方向に対して直角に向くように置いた場合と、荷重方向に向くように置いた場合とでは、荷重方向に向くように置いた場合のほうが若干（6%程度）大きい。従ってせん断力が問題となるような個所には、取り付け方向を指示すること。

せん断力の加わる方向			
比較値		約106%	100%

- 7) ダブルピン（2個のピンを組合せる）として使用する場合は、お問合せください。（組合せ使用法は、次項の2. ピンの組合せ使用法を参照ください。）

### 2. ピンの組合せ使用法

ピンのせん断力強さを増すために、ピンを組合せて使用する方法がある。この組合せにより各々のピンのせん断強さが加算されることになる。ピンを2個組合せるときは、すきまの方向は揃えないほうが有効である。

#### ピンの組合せ方法



### 3. せん断強度比較

#### (1) 静的せん断強度

ストレート形と波形スプリングピンの静的せん断強度比較については、せん断面積が同一としたとき波の谷の部分に応力集中し、波形は強度が落ちるがそれは2～3%程度である。

#### (2) 動的荷重や衝撃荷重

ストッパーとして使用する場合には、波の方向からの荷重が切り欠き現象（応力集中）を起こし非常に小さい力で折損する場合があります。波形は使用不可、この場合はストレート形を使用する。

