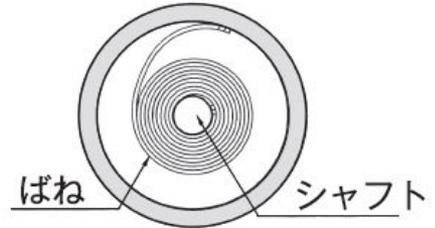
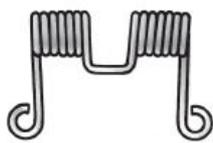
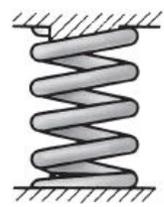


第12章 ばね

12.1 ばね

12.1.1 ばねの用途と種類

ばねの特性：
たわみ、復元する
エネルギーを蓄え、放出する
振動や衝撃を和らげる
固有の振動数を持つ



3 (a) 引張コイルばね

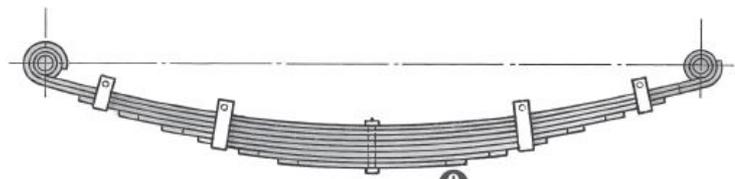
4 (b) 圧縮コイルばね

5 (c) ねじりコイルばね

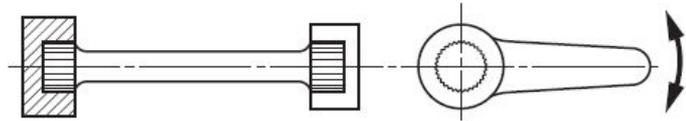
6 (d) 竹の子ばね

7 (e) さらばね

8 (f) 渦巻ばね

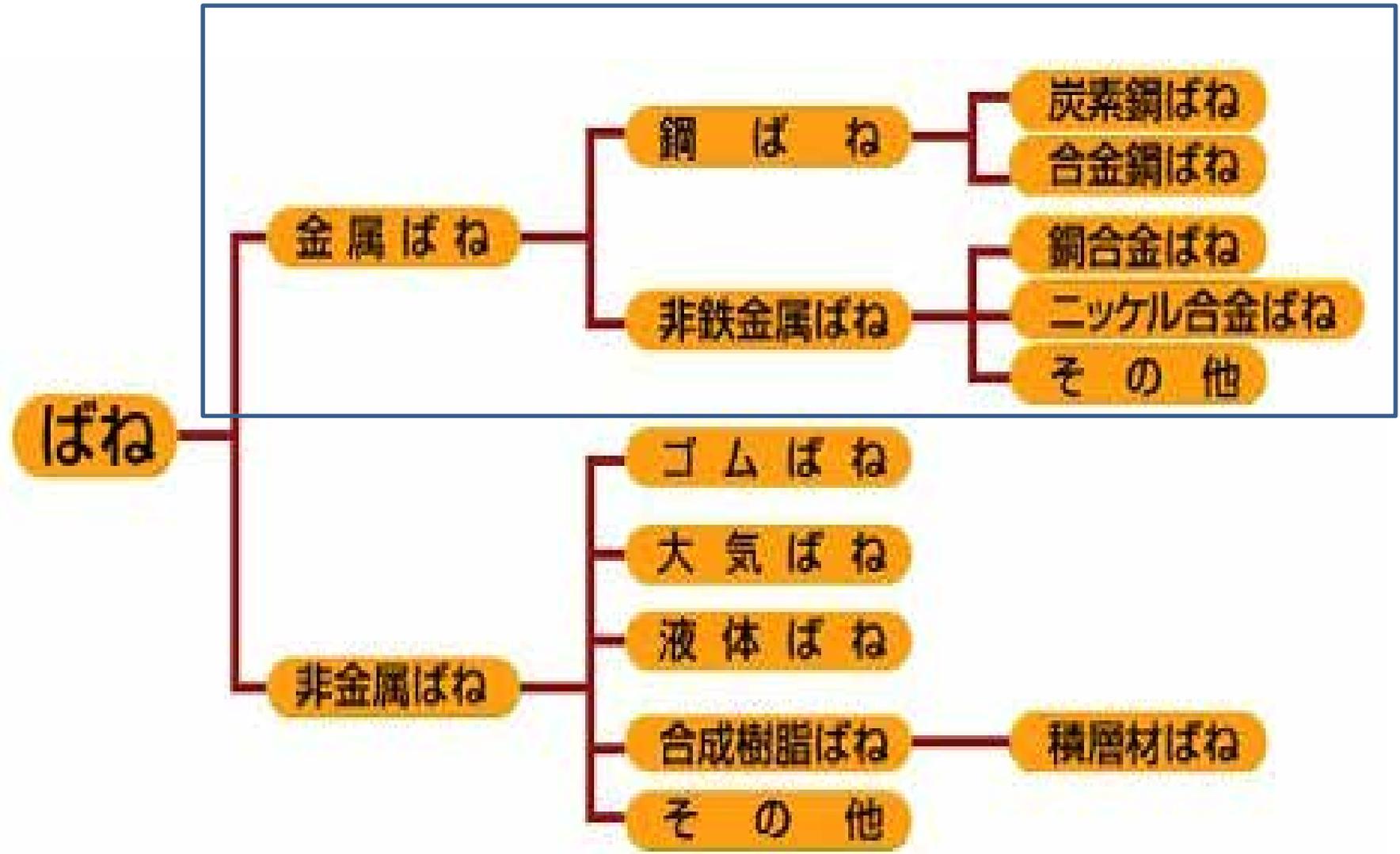


9 (g) 重ね板ばね



10 (h) トーシヨンバー

12.1.2 ばねの材料



ばね線材の規格と記号

種		類		規 格 番 号	記 号		
ば		ね	鋼	JIS G 4801	SUP 4, 6, 7, 9, 10, 11		
硬		鋼	線	JIS G 3521	SW-A, B, C		
ピ	ア	ノ	線	JIS G 3522	SWP-A, B, V		
オ	イ	ル	テ	ン	パ	線	SWO-A, B, V, SWOCV-V
ス	テ	ン	レ	ス	鋼	線	SUS-WH
黄		銅				線	BsW
洋		白				線	NSWS
り	ん	青	銅			線	PBW
べ	り	リ	ウ	ム	銅	線	BeCuW

特徴：繰り返し応力に対する耐久性が高いこと

実用ばね材料の弾性係数

材 質			横 弾 性 係 数 G GPa	縦 弾 性 係 数 E GPa			
ば	ね	鋼	80	210			
硬	鋼	線	80	210			
ピ	ア	ノ	線	210			
オ	イ	ル	テ	ン			
ス	テ	ン	レ	ス			
黄		銅	40	100			
洋		白	40	110			
り	ん	青	銅	45	110		
ベ	リ	リ	ウ	ム	銅	50	120

* ばね材料の弾性係数と弾力とは関係ない

12.1.3 ねじりばねの性質

(1) 引張・圧縮コイルばね (図12-1、a,b) のばね定数

$$\text{伸縮} : W = k \cdot \delta$$

W : 荷重(N)

δ : 伸縮量(mm)

k : ばね定数(N/mm)

ばねのたわみ易さの程度を表す

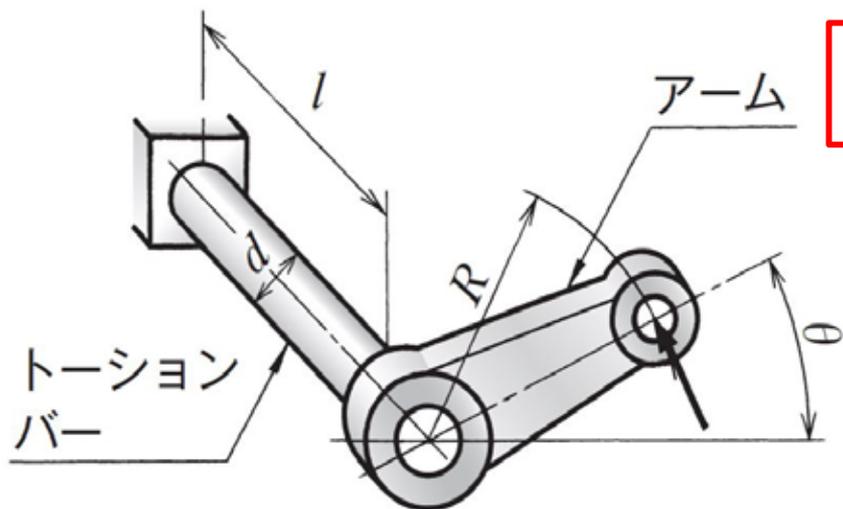
(2) トーションバー (図12-1、h) のばね定数

$$\text{ねじれ} : T = k_{\tau} \cdot \theta$$

T : トルク(N・mm)

θ : ねじれ角(rad)

k_{τ} : ねじりのばね定数(N・mm / rad)



$$k_{\tau} = \frac{1000 GI_p}{l}$$

I_p : 断面二次極モーメント

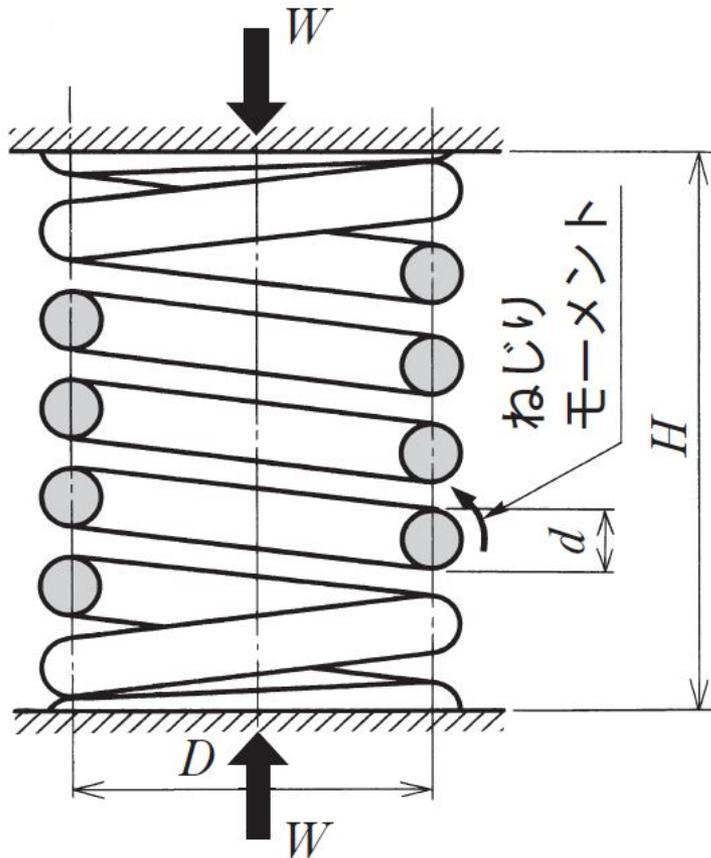
(3) ばねに蓄えられるエネルギー

$$\text{弾性ひずみエネルギー} : U = W\delta / 2 = k\delta^2 / 2$$

W : 荷重、 δ : 変位、 k : ばね定数

12.1.4 コイルばねの設計

(1) ばね材料のせん断応力



$$\tau = \frac{8WD}{\pi d^3}$$

d : コイル線直径
 D : コイル平均径

$$\tau = \frac{W \cdot \frac{D}{2}}{\frac{\pi d^3}{16}} = \frac{8WD}{\pi d^3}$$

実際のコイルばねにおいては、内側の応力が外側よりも高くなるので、**修正**を行う。



$$\tau = \kappa \frac{8WD}{\pi d^3}$$

応力修正係数

$$\kappa = \frac{4c - 1}{4c - 4} + \frac{0.615}{c}, \quad c = \frac{D}{d}$$

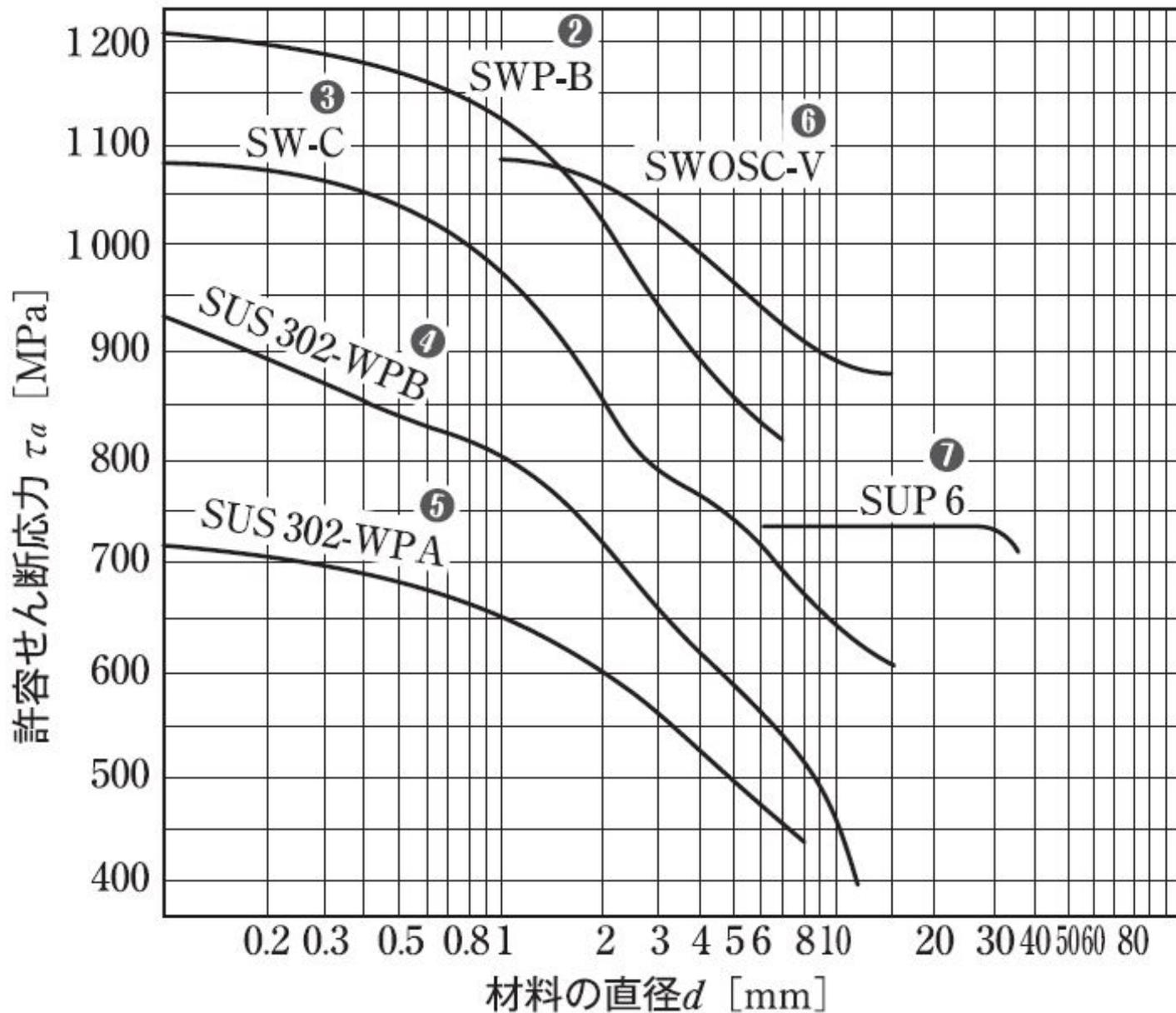
c : ばね指数 (4 ~ 10)

(2) 許容せん断応力

ばねの設計においては、作用するせん断応力 τ が、材料の許容せん断応力 τ_a の**80%以下**になるようにする。

$$\tau \leq 0.8\tau_a$$

圧縮コイルばね材料の許容せん断応力



(3) 有効巻数

コイルの両側端部は、相手と接触するので、ばねとして有効に作用しない → 総巻数から両端部の巻数を除く必要がある

有効巻数

$$N_a = \frac{1000 G d^4 \delta}{8 D^3 W}$$

G: 材料の横弾性係数

(4) 圧縮コイルばねの縦横比

コイル平均径Dに対して、コイル高さHが大きくなると、縮まらずに曲がってしまう → 適切な縦横比がある

$$H/D = 0.8 \sim 4$$

(5) コイルばねのばね定数

これまでに出てきた式を使う(12-1、12-6)と、コイルのばね定数は、

$$k = \frac{W}{\delta} = \frac{1000 G d^4}{8 N_a D^3}$$

例題 1

コイルばねの材料の直径 $d = 4 \text{ mm}$, コイル平均径 $D = 30 \text{ mm}$, 荷重を加えないときの高さ $H = 75 \text{ mm}$, 有効巻数 $N_a = 10$ の圧縮コイルばねがある。このときのばね定数 k を求めよ。ただし, $G = 78 \text{ GPa}$ とする。

解答 式 (12-7) から,

$$k = \frac{1000 G d^4}{8 N_a D^3} = \frac{1000 \times 78 \times 4^4}{8 \times 10 \times 30^3} = 9.24 \text{ [N/mm]}$$

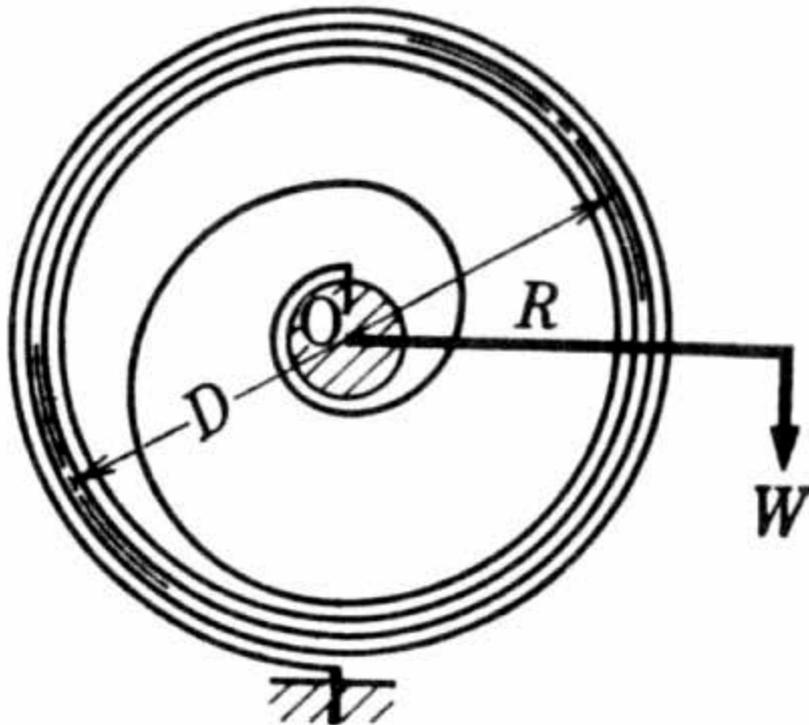
答 9.24 N/mm

うず巻きばね ← エネルギー源として利用

帯鋼をねじり，ばねとして利用



時計，玩具の動力



たわみ量

コイル巻き数 n

$$\theta = 12RWDn\pi / bh^3E$$

コイル全長 l

$$\theta = 12RWl / bh^3E$$

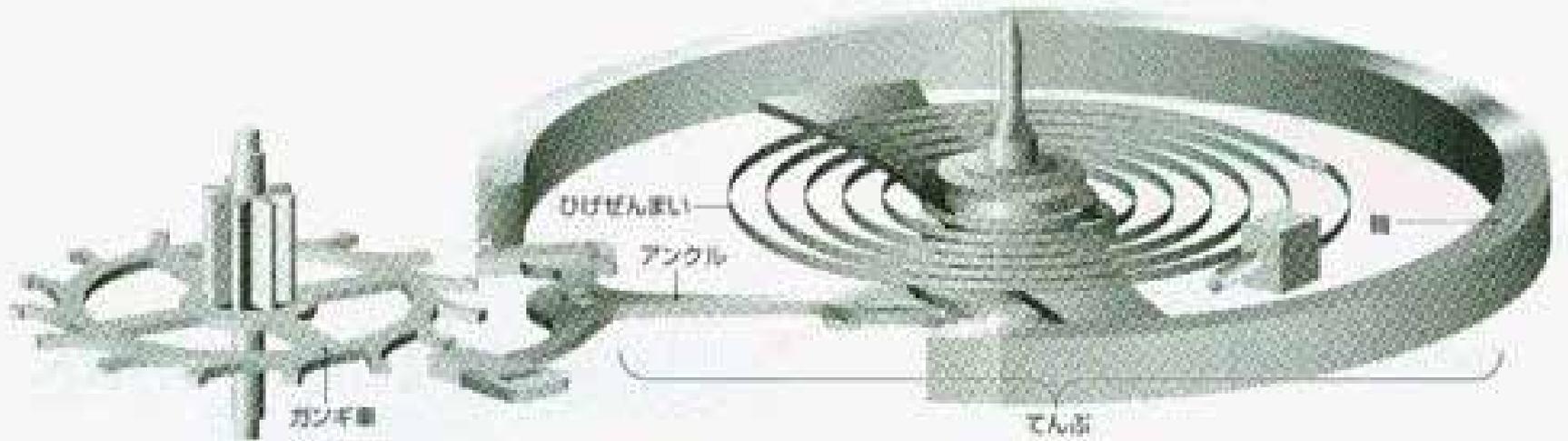
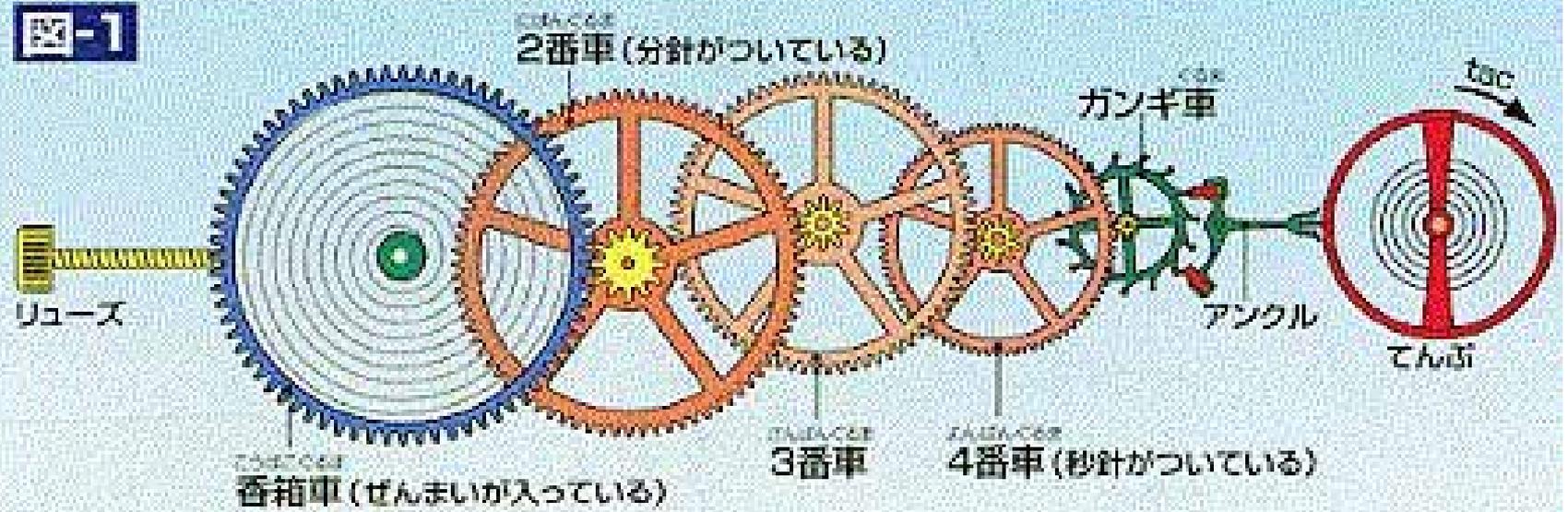
エネルギー

$$U = \sigma^2 V / 6E$$

時計のしくみ(ゼンマイ式腕時計)



図-1

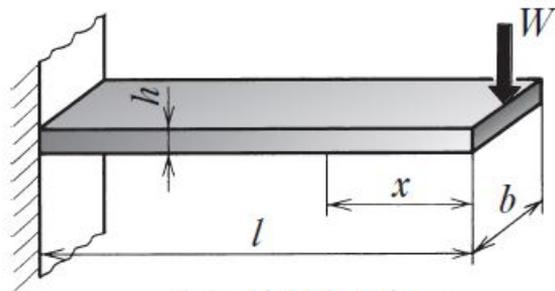


12.1.5 板ばね

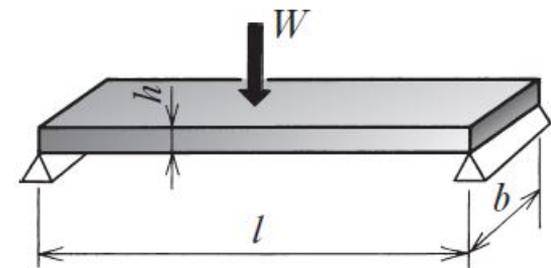
(1) 平板ばね

一枚の板の片端を固定、両端を支持して板をたわませた時の復元力を利用する

矩形の板については、各値は、材料力学で学んだ式に従う



(a) 片持板ばね



(b) 両端支持板ばね

$$\sigma = \frac{6Wl}{bh^2} \text{ (固定端での応力)}$$
$$\delta = \frac{4l^3W}{1000bh^3E} \text{ (自由端のたわみ)}$$
$$k = \frac{W}{\delta} = \frac{1000bh^3E}{4l^3} \text{ (自由端でのばね定数)}$$

$$\sigma = \frac{3}{2} \cdot \frac{Wl}{bh^2} \text{ (中央での応力)}$$
$$\delta = \frac{1}{4} \cdot \frac{l^3W}{1000bh^3E} \text{ (中央のたわみ)}$$
$$k = \frac{W}{\delta} = \frac{4 \times 1000bh^3E}{l^3} \text{ (中央でのばね定数)}$$

単位：h, l, b, δ [mm], E [GPa], W [N], σ [MPa], k [N/mm]

矩形板の場合、全長にわたって断面が同じであり、**危険断面**以外は強すぎて、材料が無駄になる → 断面形状を変化させて、**平等強さのはり**にすると有効である

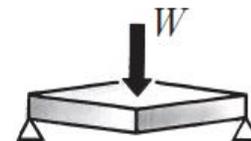
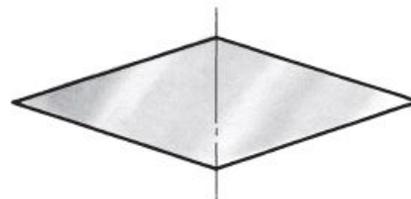
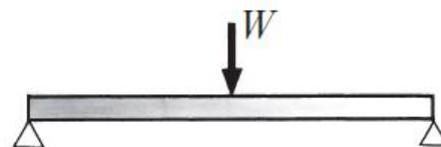
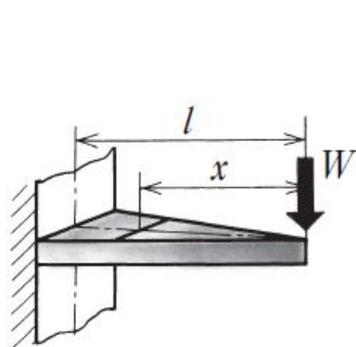
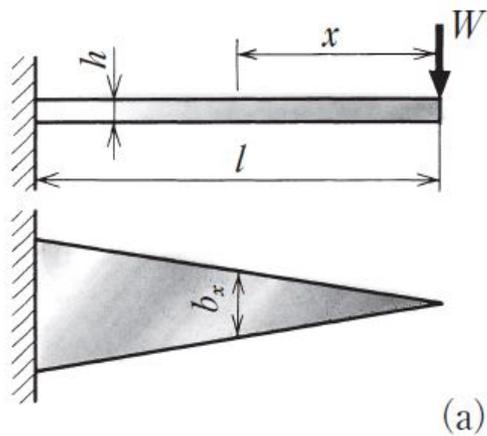
下図(a)では、

$$M = Wx, \quad Z = \frac{b_x h^2}{6}, \quad \sigma \text{一定とするので、}$$

$$b_x = \frac{6Wx}{\sigma h^2}$$



平等強さの張り形状は、
片持ちでは、**三角形**
両持ちでは、**ひし形**



(b)

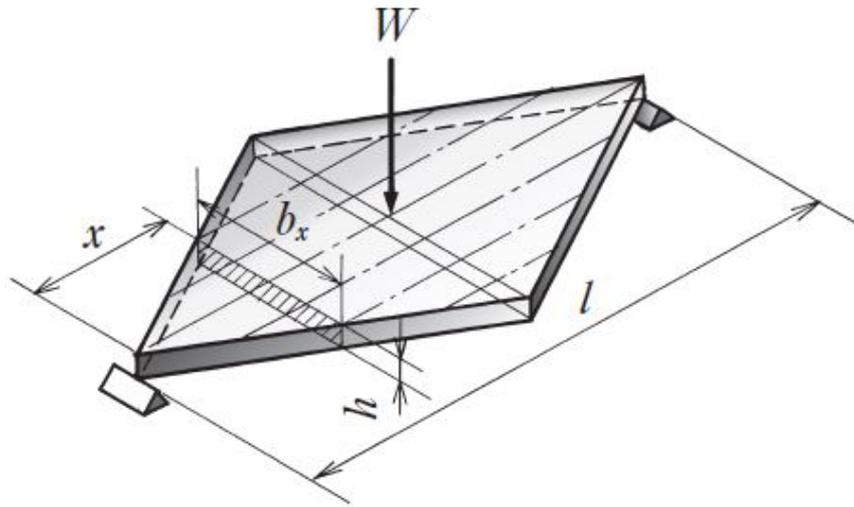
(2) 重ね板ばね

ひし形のをねを細かく切って重ねる

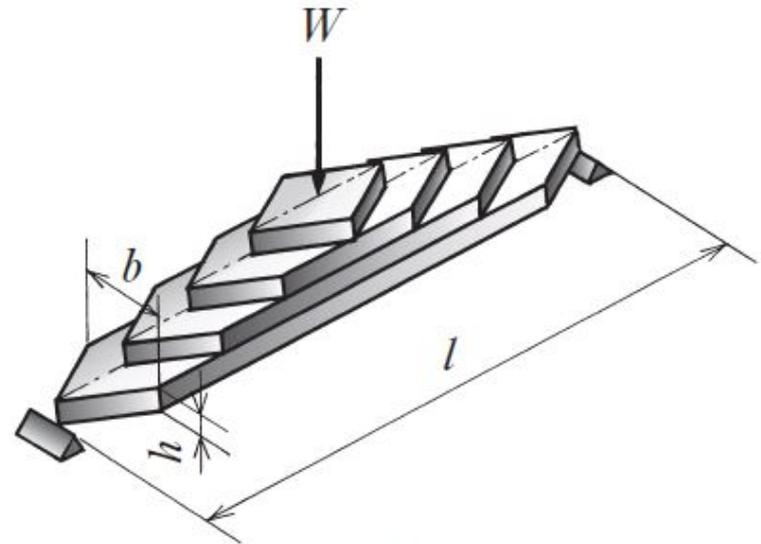
→ ひし形ばねと同じ性質を持ちながら、幅を狭くできる



重ね板ばね



(a)



(b)

実用例



ハードディスク用ヘッドサスペンション

12.2 振動・防振・緩衝

12.2.1 振動

コイルばねに質量 m をつるして、中立位置から a 引っ張って、離すと振動する



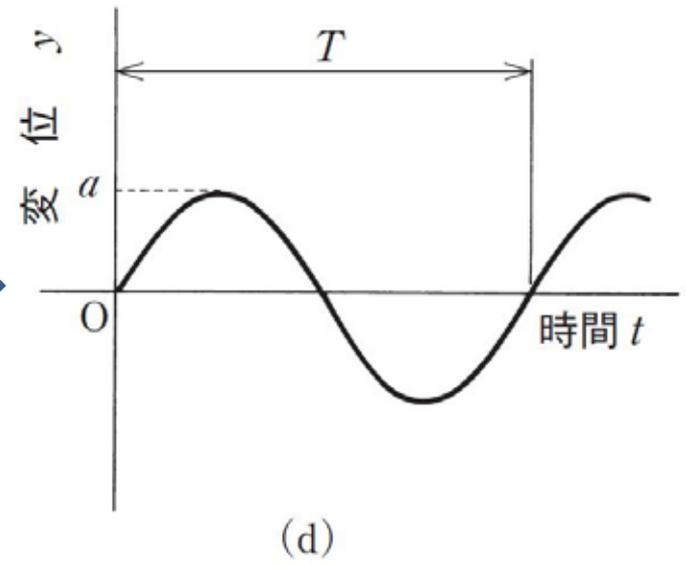
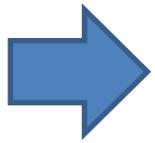
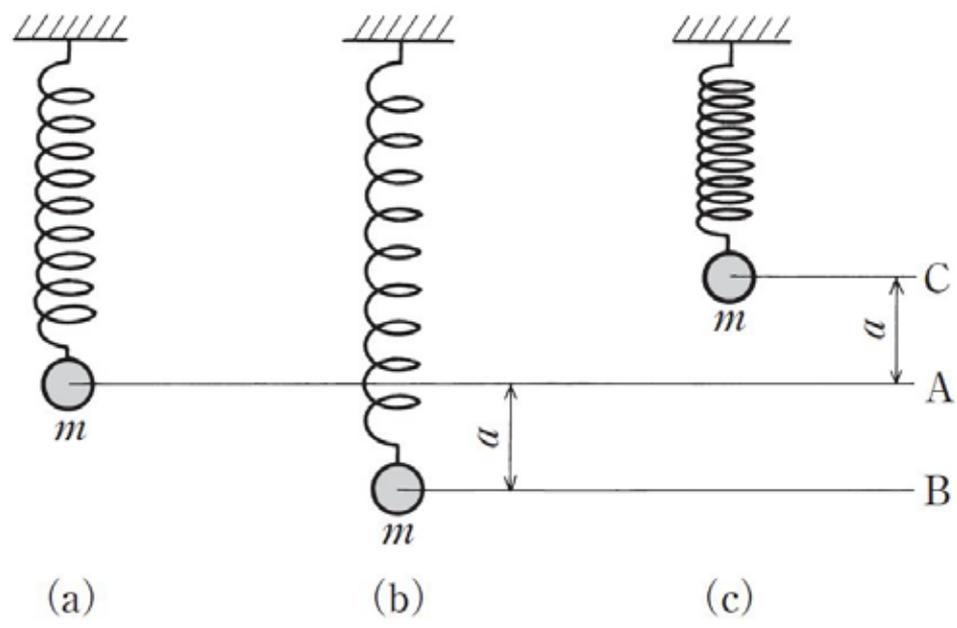
時間と変位の関係は**正弦波状**になる → **単振動**

周期

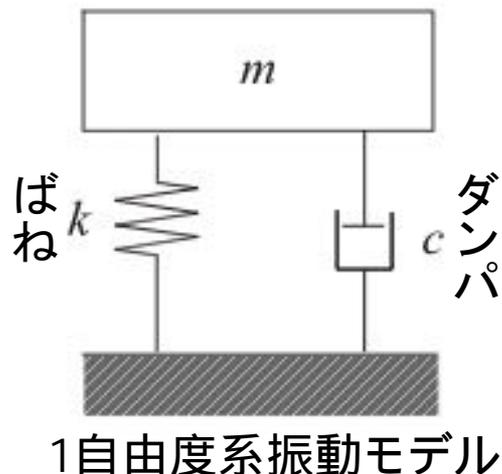
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000k}}$$

周波数

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1000k}{m}}$$



12.2.2 防振と緩衝



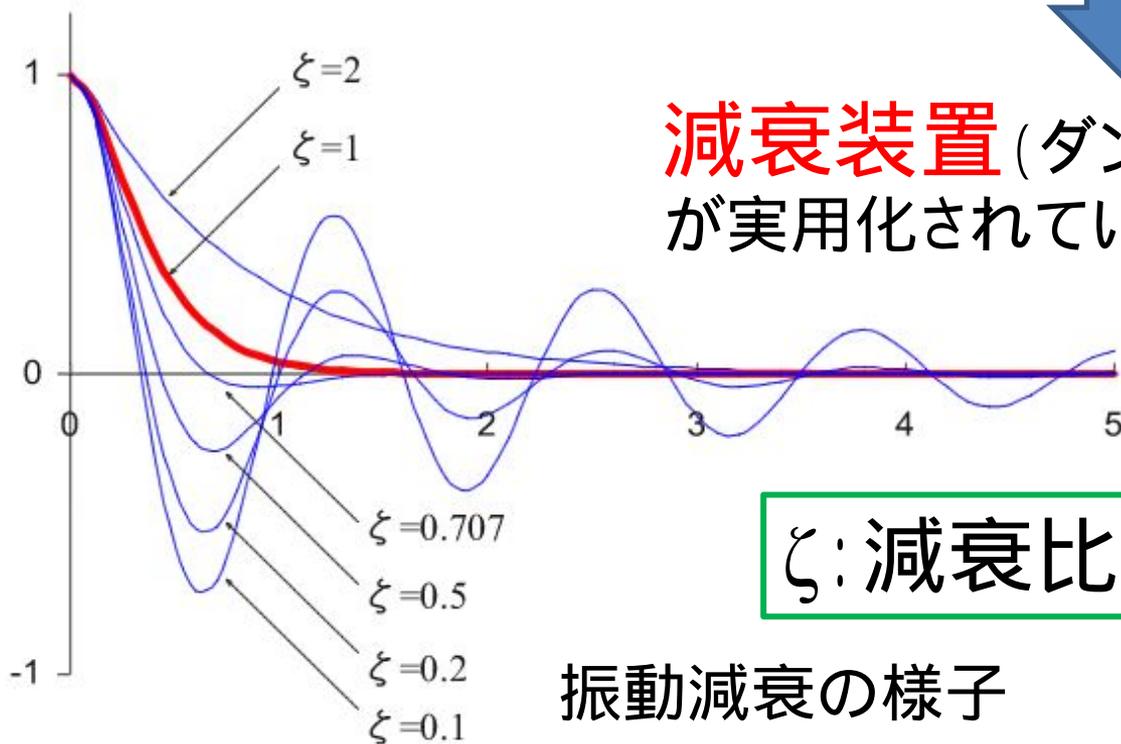
振動絶縁: 振動を伝えないように弾性体などを用いて**緩和**すること



振動を減衰させることが必要



減衰装置 (ダンパ、ショックアブソーバ) が実用化されている

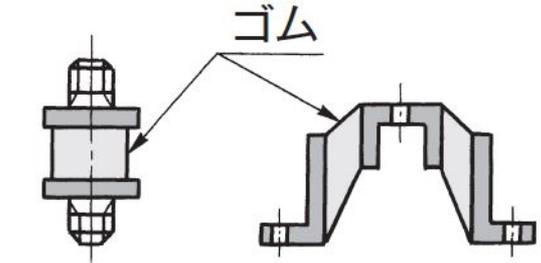
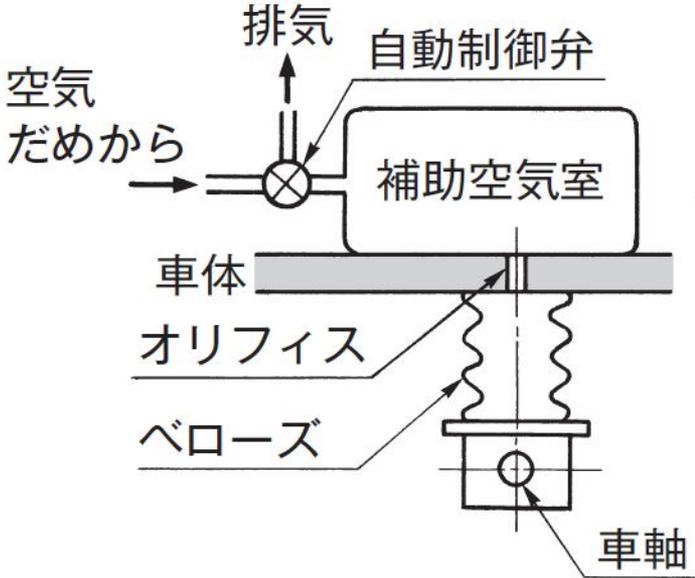


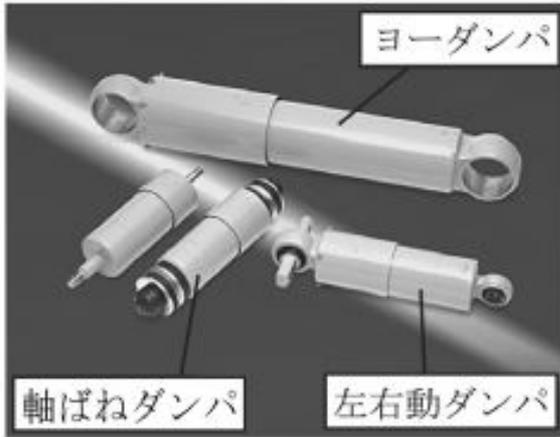
ζ : 減衰比



機力 で学習済み

振動減衰の様子

名称	特 徴	用 途	形 状 の 例
防振ゴム②	<ol style="list-style-type: none"> 1. 小形，軽量ではね定数が自由に選べる。^③ 2. 減衰作用があるので，高い周波数の振動に対する絶縁効果，防音効果がある。 	機械や構造物の支持	 <p>圧縮丸形 せん断くら形</p>
空気ばね④	<ol style="list-style-type: none"> 1. ばね定数を金属ばねよりも小さくできる。低い周波数の振動の防振に効果がある。^⑤ 2. オリフィスにより適当な減衰作用を与えることができる。 3. 空気圧（空気量）を調整して荷重の大きさに関係なく，ばねの高さを一定に保つことができる。 	大形自動車，鉄道車両	 <p>排気 自動制御弁 空気だめから 補助空気室 車体 オリフィス ベローズ 車軸</p>



車両台車用

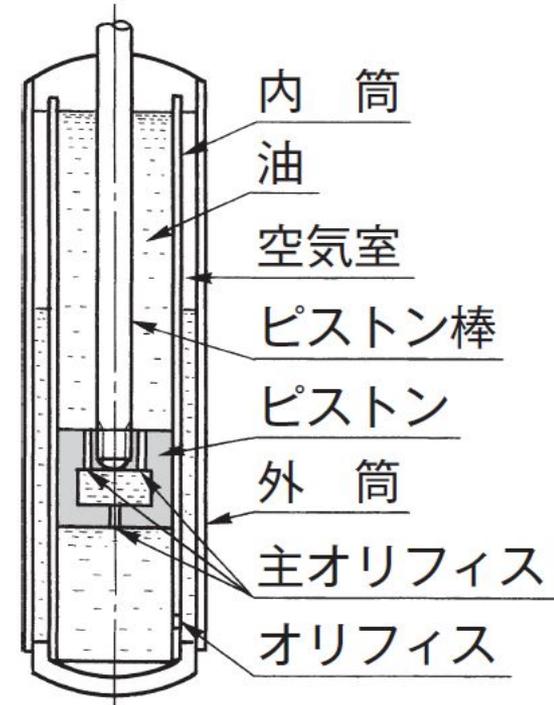


二輪車用
ショックアブソーバー

油圧ダンパ⑥

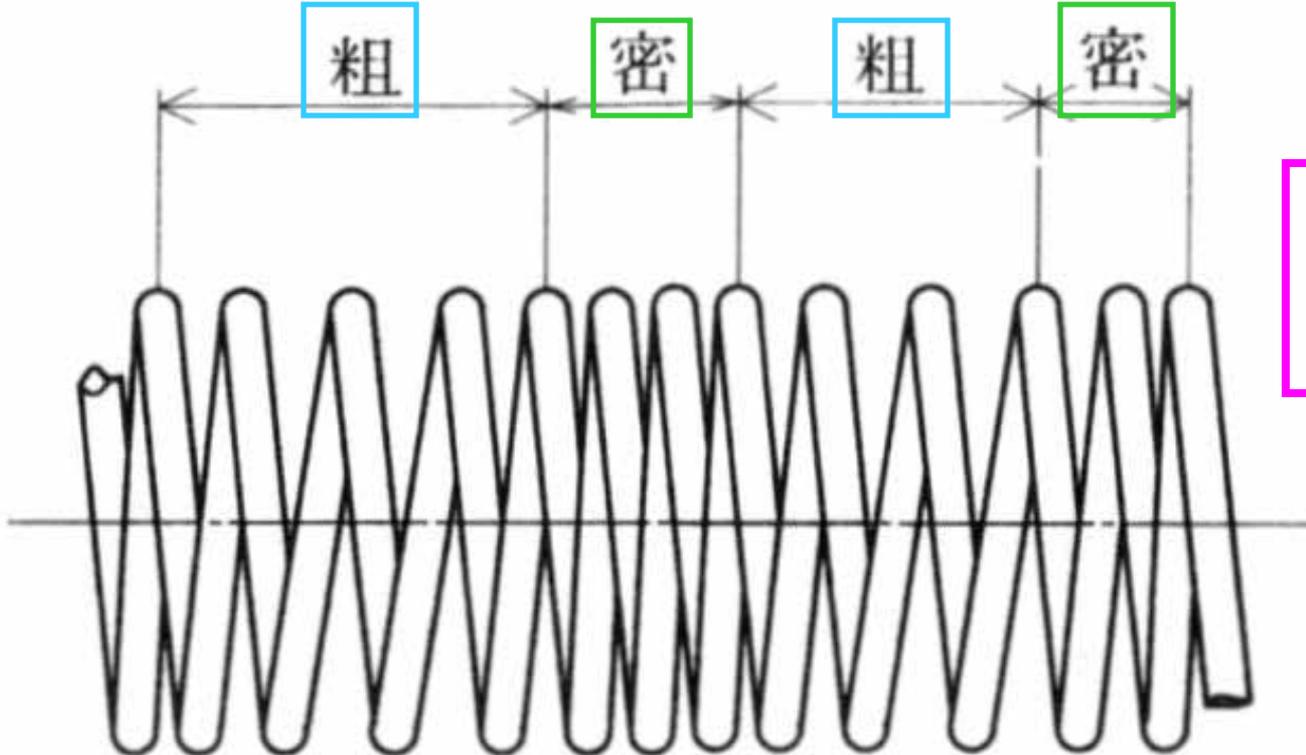
1. ⑦ 油の乱流抵抗や粘性抵抗を利用し、振動減衰に使う。
2. 低い周波数から高い周波数の振動まで減衰作用が得られる。
3. 振幅が小さくなると、減衰作用が低下する。

鉄道車両、
自動車、
構造物



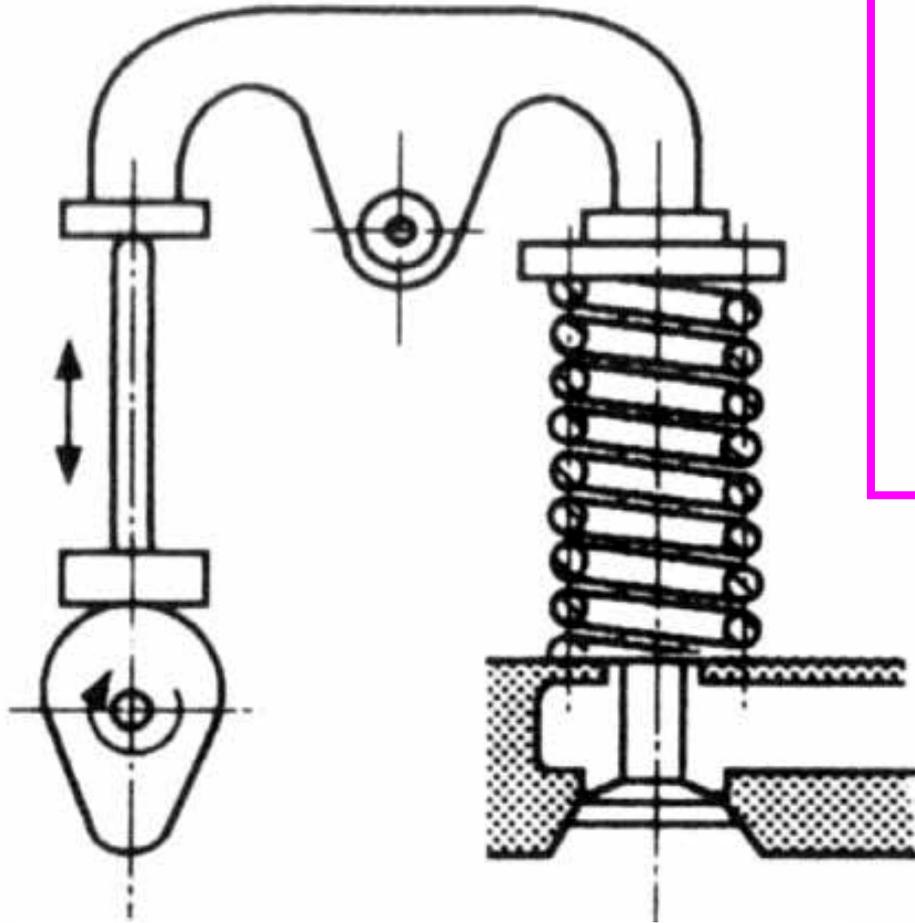
ばね使用時の注意点(ばねの共振)

サージング: ばね自身の固有振動数と負荷振動周期の共振による自励振動



伸縮が一様
でなくなる

サージング対策



サージングが心配される構造

ばねの固有振動数を
外部振動の3倍以上
に設計する

減衰ダンパや減衰部
品(ゴム等)を設ける