

ねじり強度の基礎

構造設計で「ねじり」剛性は「たわみ」と同様に重要な要素です。機構のベースや大型のキャブネットの剛性は特に重要ですが逆に設計が困難でもあります。

鳥人間コンテストでは主翼のねじり剛性不足の為に性能が出せていない例を多く有るようです之を参考にさせて頂ければ幸いです。

ねじれ角 : $(\text{rad}) = T \cdot l / G \cdot I_p$

せん断応力 : $= G \cdot R \cdot \theta / l = T \cdot R / I_p$

θ : ねじれ角(rad)

G : 横弾性率(kg/mm²)

T : 負荷トルク (kg・mm)

R : 最大半径

l : 部材の長さ (mm)

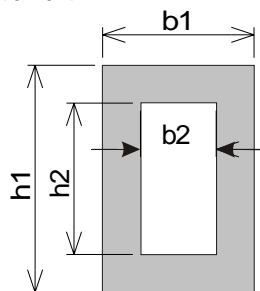
A: 断面積

高さ・幅に比例し、長さ・密度を乗ずると重量となる。

I_p : 極慣性モーメント

実半径の4乗に比例し捻れ量の計算に使う。 回転慣性力の計算にも使う。

矩形管

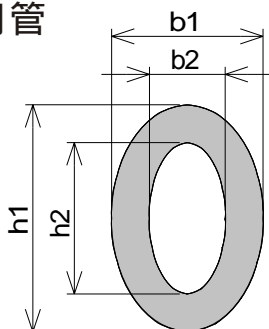


$$A = b_1 h_1 - b_2 h_2$$

$$I_p = ((b_1 h_1^3 + b_1^3 h_1) - (b_2 h_2^3 + b_2^3 h_2)) / 12$$

$$R = (b_1^2 + h_1^2)^{1/2} / 2$$

円管

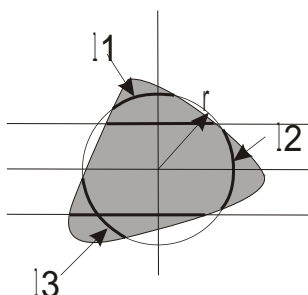


$$A = (b_1 h_1 - b_2 h_2) / 4$$

$$I_p = ((b_1 h_1^3 + b_1^3 h_1) - (b_2 h_2^3 + b_2^3 h_2)) / 64$$

$$R = h_1 / 2$$

一般式



$$A = b(x) \cdot dx$$

$$I_p = \int r^2 \cdot dA$$

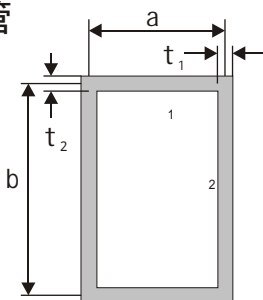
薄肉材のねじり強度 (近似計算)

前ページの式が正確な計算ですが、薄肉材では近似式としてこの様な式を使い計算をしても結果に大きな差が出ません。

鳥人間コンテストでは重量軽減の為多くの場合薄肉部材を使われると思いますので、この式で殆どの場合この式で問題無いと考えます。

：せん断応力 部材の最大応力。
 ： 捩れ角 rad単位の捩れ角でレバー長をかけるとレバー端の変位となる。
 L：部材長さ 計算部材の長さ

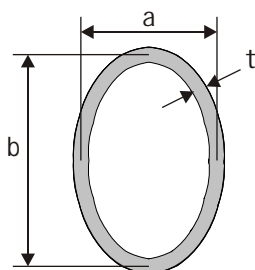
矩形管



$$\begin{aligned} \tau_1 &= T / (2abt_1) \\ \tau_2 &= T / (2abt_2) \\ \theta &= LT(at_1 + bt_2) / (2Gt_1t_2a^2b^2) \end{aligned}$$

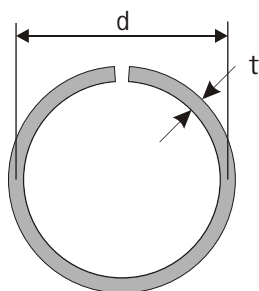
角にRを付けた方が応力集中を防ぎ強度・剛性が向上する。

楕円管



$$\begin{aligned} \tau &= 2T / (ab) \\ \theta &= 2LT(2(a^2 + b^2))^{1/2} / (G a^2 b^2 t) \end{aligned}$$

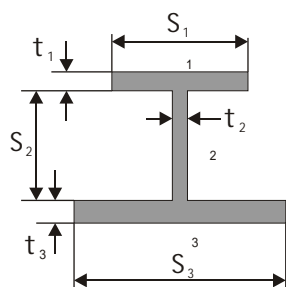
円弧



$$\begin{aligned} \tau &= 3T / (dt^2) \\ \theta &= 3LT / (G dt^3) \end{aligned}$$

上の楕円管の捩れ角が径の3乗で小さくなるのに比べ、円弧は径の1乗でしか小さく成らない。即ち円弧は「たわみ」の場合と異なり「ねじれ」の場合は異形の薄板でしか機能しない。

H型



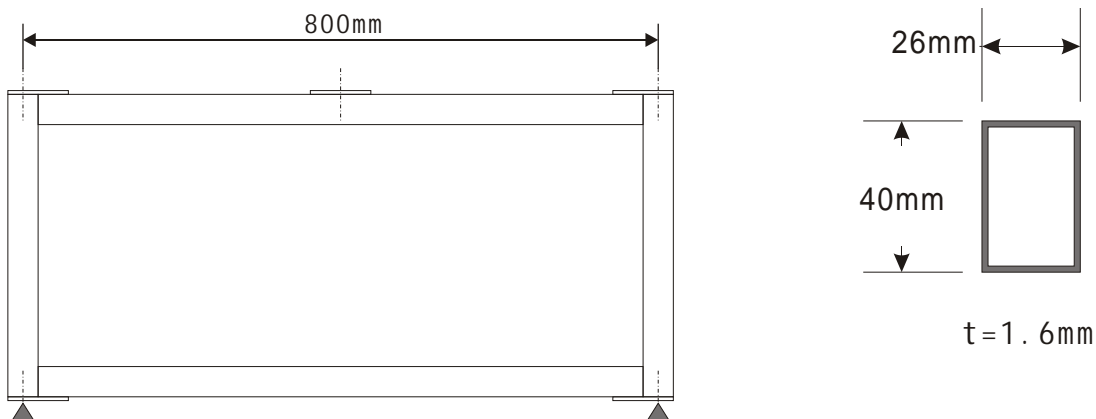
$$\begin{aligned} \tau_1 &= 3Tt_1 / (t_1^3 S_1) \\ \tau_2 &= 3Tt_2 / (t_2^3 S_2) \\ \tau_3 &= 3Tt_3 / (t_3^3 S_3) \\ \theta &= 3LT / (G t_1^3 S_1) \end{aligned}$$

L型、T型も同じ式を適用できる。

タキタ技研株式会社
<http://www.takitard.com/>

Excelを使った計算例

例 . Excelを使い下の筐体のねじり剛性の計算をする一例を挙げます。
 奥行きは600mmで50kgの荷重がフットの一つにかかるものとします。この時に4本の
 はりにかかる「ねじれ」力は600X50=30,000kg・mmで1本あたり7,500kgmmの「ねじれ」
 力がかかる。この時のせん断応力と「ねじれ」角をExcelを使い求める



	A	B	C	D	
1					セル内容
2	矩形断面ねじり	記号	単位	はり	
3	横弾性率	G	kg/mm ²	8,000	8000
4	トルク	T	kg・mm	7,500	7500
5	長さ	L	mm	800	800
6	高さ(外形)	h1	mm	40.0	40
7	厚さ(高さ)	t1	mm	1.6	1.6
8	幅(外形)	b1	mm	26	26
9	厚さ(幅)	t1	mm	1.6	1.6
10					
11	高さ(中心)	b	mm	38.4	=D6-D7
12	幅(中心)	a	mm	24.4	=D8-D9
13					
14	応力(高さ)	1	kg/mm ²	2.50	=D4/(2*D11*D12*D9)
15	応力(幅)	2	kg/mm ²	2.50	=D4/(2*D11*D12*D7)
16	ねじれ角		rad	0.017	=D4*D5*(D12*D9*D11*D7)/(2*D3*D9*D7 *D12^2*D11^2)

奥行き600mmに「ねじれ」角0.017を掛けると10.2mmとなる。
 この値は筐体には一般的に大きすぎる値で改善の必要が有ります。

移送現象 (Transpot Penomenon) 学について

「軸のねじれ強度」と「片持ちばりの強度」「角加速度」の関係。

「軸のねじれ強度」	「片持ちばりの強度」	「角加速度」
$=Tl / GIp$	$=Wl^3 / (3EI)$	$=Tg / pl$
:ねじれ角(rad)	:たわみ量(mm)	:角加速度(rad/sec ²)
G:横弾性率(kg/mm ²)	E:縦弾性率(kg/mm ²)	:密度(kg/mm ³)
T:負荷トルク (kg・mm)	W:荷重 (kg)	T:トルク(kg・mm)
Ip:断面2次極モーメント(mm ⁴)	I:断面2次モーメント(mm ⁴)	g:重力加速度;9800(mm/sec ²)
l:はりの長さ (mm)	l:はりの長さ (mm)	Ip:断面2次極モーメント(mm ⁴)
		l:長さ (mm)

これらの式が良く似ているが理解してもらえと思います。

「軸のねじれ強度」と「片持ちばりの強度」の基本的な差は長さlが1乗と3乗の差と分母を3倍するか否かです。

「軸のねじれ強度」と「角加速度」との差は長さlが分母か分子かと、横弾性率Gと密度の差と、重力加速度gが有るか否かですが之は使っている単位系から来る問題です。

現象が類似する場合この現象を表す式も似通って来ます。

「軸のねじれ強度」と「角加速度」とは材料力学と運動力学で全く異なるように思われますが、トルクにより「歪」が伝わるか「エネルギー(角加速度)」が伝わるかのみの差で似ていて当然です。

“Transpot Penomenon”は移動する物の性質には類似性が有るとの考えから、相互の関係を追求しています。人の流れ、情報の流れを研究する一つの方法と考えます。