

1. 計算

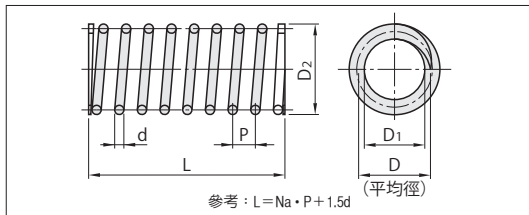
1.1 彈簧設計公式中使用的符號

彈簧設計公式中使用的符號，見表1。

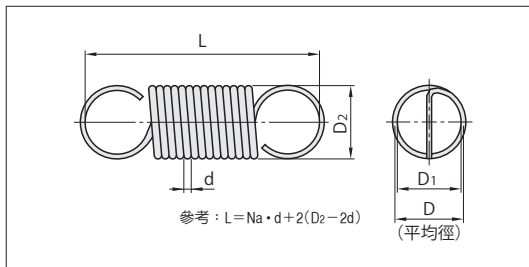
表1 符號的意義

Table with 3 columns: 符號 (Symbol), 代表意義 (Meaning), 單位 (Unit). Lists various spring design parameters like diameter, length, force, etc.

註(1) 在測量法中、重力加速度為9806.65mm/s²。



參考：L = Na · P + 1.5d



參考：L = Na · d + 2(D2 - 2d)

1.2 設計彈簧使用的基本公式

1.2.1 壓縮彈簧及無初始張力之拉伸彈簧

Formulas for compression and extension springs: delta = 8NaD^3P / Gd^4, tau_0 = 8DP / pi d^3, etc.

1.2.2 有初始張力之拉伸彈簧 (但P > Pi)

Formulas for extension springs with initial tension: delta = 8NaD^3(P - Pi) / Gd^4, tau_0 = 8DP / pi d^3 + tau_i, etc.

1.3 設計彈簧時應考量事項

1.3.1 橫向彈性係數 設計彈簧使用的橫向彈性係數G值以表2為佳。

表2 橫向彈性係數(G)

Table with 3 columns: 材量 (Material), G值 N/mm² (kgf/mm²) (G value), 符號 (Symbol). Lists materials like spring steel, hard steel, and stainless steel with their respective G values.

1.3.2 有效圈數 設計彈簧時，有效圈數算法如下：

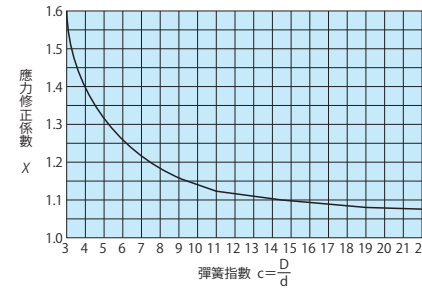
- (1) 壓縮彈簧的情況: Na = Nt - (X1 + X2)
(2) 拉伸彈簧的情況: 延伸彈簧的有效圈數算法如下。但是不含掛鉤部分。 Na = Nt

1.3.3 應用修正係數

對應於彈簧指數c值的應力修正係數如下公式或圖1。

Chi = (4c-1)/(4c-4) + 0.615/c

圖1 應力修正係數：Chi



1.3.4 貼緊高度

彈簧的貼緊高度通常由下面的公式中概略求得。不過，通常採購者不指定壓縮彈簧的密合高度。

Hs = (Nt - 1)d + (t1 + t2)

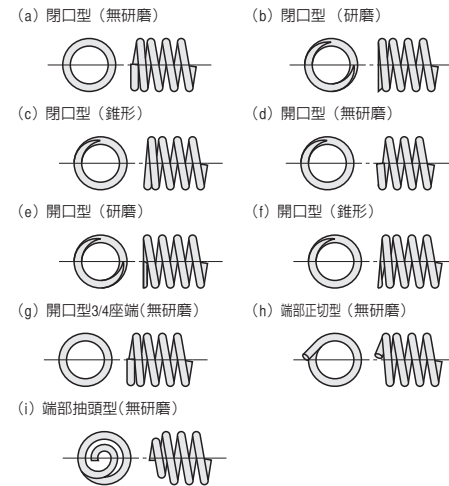
在此公式中(t1 + t2)：扁線兩端厚度之和

此外，就壓縮彈簧兩端末處如圖2中的(b)、(c)、(e)和(f)者若須指定其貼緊高度時，由以下公式所得之數值作為貼緊高度之最大值，不過必須特別注意的是，視彈簧形狀，有些時候會大過所得數值。

Hs = Nt x dmax

在此，dmax：取d的最大容許公差之最大直徑

圖2 線圈端部形狀



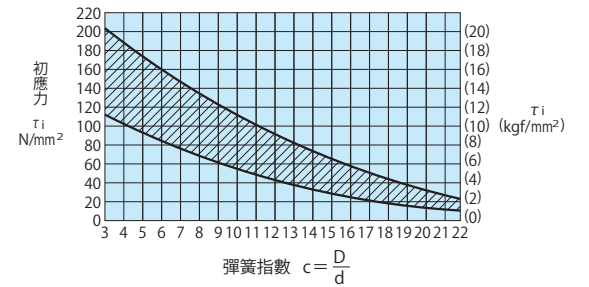
1.3.5 拉伸彈簧之初始張力

密合圈冷間成形的線圈彈簧會產生初始張力Pi，在此例中之初始張力由下列公式算出。

Pi = pi d^3 / 8D tau_i

此外，密合圈由鋼線、硬鋼線等鋼線成形，未進行低溫退火時的初始應力ti，在圖3斜線範圍內。不過，若是鋼線以外材質或實施低溫退火，則圖3斜線範圍內的初始應力值應做以下修正。

圖3 初始應力：ti (鋼線成形低溫退火前之值)



- (1) 不銹鋼線時，將鋼線的初始應力減低15%。
(2) 根據上面求的數值，成形後經過低溫退火者，鋼線、硬鋼線等減低20~35%，不銹鋼線減低15~25%。

參考 從圖3讀出低溫退火前的初始應力值之外，也可從下列經驗公式中算出。

tau_i = G / 100c

用此公式算出之初始張力例子如下。

- (1) 硬鋼線和鋼線時[G = 78 x 10³ N/mm² {8 x 10³ kgf/mm²}]
(2) 不銹鋼線時[G = 69 x 10³ N/mm² {7 x 10³ kgf/mm²}]

1.3.6 脈衝

為避免脈衝，選擇時必須避免彈簧原有振動數與對彈簧作用的發振源之所有振動共振。下列公式算出。

f = a * sqrt(kg/W) = a * 70d / (pi Na D^2) * sqrt(G/w)

在此， a = i/2：當兩端自由或固定時
a = (2i-1)/4：當一端自由一端固定時 i = 1, 2, 3

當鋼的G = 78 x 10³ N/mm² {8 x 10³ kgf/mm²}、w = 76.93 x 10⁻⁶ N/mm³ {7.85 x 10⁻⁶ kgf/mm³}而彈簧的兩端為自由或固定時，彈簧每一次的原有振動數為：

f1 = 3.56 x 10⁵ * d / Na D²

1.3.7 其他應考量事項

在彈簧的設計計算上，需考量下列事項。

- (1) 彈簧指數 彈簧指數過小則局部應力會過大，而彈簧指數過大過小則會造成加工上問題。故彈簧指數應在熱間成形時4~15，冷間成形時4~22的範圍內選擇。
(2) 縱橫比 壓縮彈簧的縱橫比(自由高度和線圈平均徑之比例)，為確保有效圈數須設定在0.8以上，再加上考慮彎曲因素，一般在0.8~4的範圍內選擇。
(3) 有效圈數 有效圈數未滿3者，會使彈簧特性不安定，故應在3以上。
(4) 間距 間距超過0.5D者，一般來說因線圈徑會隨著壓縮量(荷重)的增加而變化，由基本式求得的撓性及扭力應力需加以修正，故設定在0.5D以下。通常間距的推算，以下列算式可大略求得。

p = (L - Hs) / Na + d