

## 第 22 話 どちらのボルトが強いですか 続編

2008 年 6 月 19 日 作成

萩原芳彦

第 21 話において、ボルトのねじ部以外の外径はおねじの外径と等しくするよりもおねじの谷径と同じにする方が衝撃力を受ける場所で使われる場合には相応しい形状であることを示した。ここではその程度がどれくらいであるかについて検討しよう。

図 1(a),(b)はねじ付き棒の模式図を示している。いずれもねじ部の長さは  $a$  であり、それ以外の部分の長さを  $b$  としてある。図 1(a)はねじ部以外がおねじの谷径と等しく、図 1(b)はねじ部以外がおねじの外径と等しい形状である。すなわち、図において点線部がねじ山部分である。

第 21 話において示したように、ねじ山部分の応力は零に近い状態であるので、この部分は衝撃エネルギーをほとんど吸収できない。そこで、以降の検討では図の青色部分が衝撃エネルギーを吸収するものとして計算する。したがって、図 1(a)はねじ山以外の部分は一樣な太さの棒となり、図 1(b)の場合は段付きの棒となる。それぞれの部分の断面積を図に示すように  $A_1$ 、 $A_2$  とする。

このようなねじ付きの棒に衝撃力が作用すると、第 21 話で示したように、図 1(a)のほうで最大の衝撃応力は低くなる。そこで、具体的な例として、ねじ部が M12(おねじ外径 12mm、谷径 10mm) のねじであるとして、両者の比較をしてみよう。

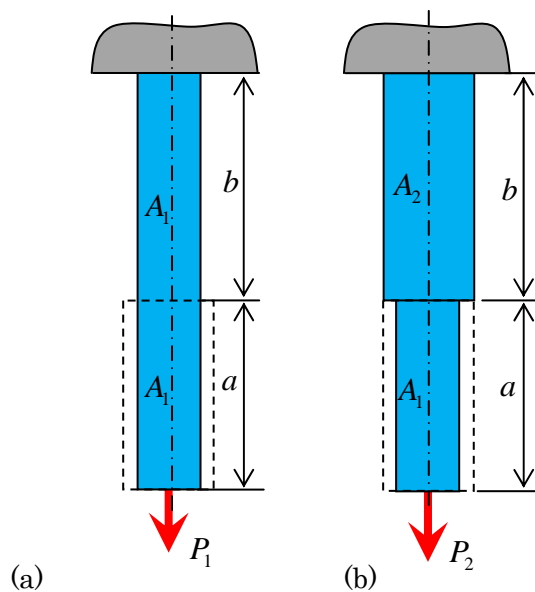


図 1

棒に作用する衝撃エネルギーを  $U$  とする。ここで、 $U$  は 21 話の様に  $U = mgh$  であってもよい（この問題は「よくわかる材料力学」の演習問題 9・2 と基本的に同じである）。その時に生ずる衝撃力を図に示すように、それぞれ  $P_1$ 、 $P_2$  とすると、図 1 (a),(b) の棒に蓄えられる弾性ひずみエネルギー  $U_1$ 、 $U_2$  は、

$$U_1 = \frac{P_1^2 a}{2EA_1} + \frac{P_1^2 b}{2EA_1} \quad (1)$$

$$U_2 = \frac{P_2^2 a}{2EA_1} + \frac{P_2^2 b}{2EA_2} \quad (2)$$

となる。

同じ衝撃エネルギーがそれぞれの棒に作用するとすれば、 $U = U_1 = U_2$  が成り立つので、それぞれそれぞれの棒に生ずる衝撃力は、

$$P_1 = \sqrt{\frac{2EA_1 U}{a+b}} = \sqrt{\frac{2EA_1 U}{(1+n)a}} \quad (3)$$

$$P_2 = \sqrt{\frac{2EA_1 A_2 U}{aA_2 + bA_1}} = \sqrt{\frac{2EA_1 A_2 U}{(A_2 + nA_1)a}} \quad (4)$$

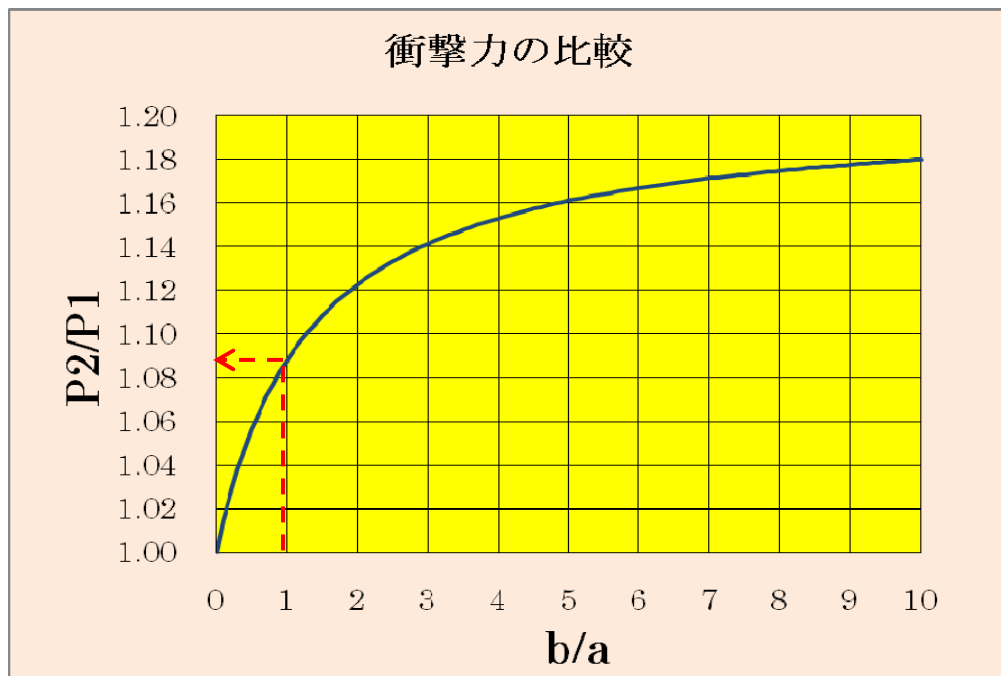


図 2

となる。ここで、 $E$  は棒の縦弾性係数であり、 $b = na$  と置いている ( $n$  は係数)。

したがって、衝撃力の比  $P_2 / P_1$  は、

$$\frac{P_2}{P_1} = \sqrt{\frac{1+n}{1+n(A_1/A_2)}} = \sqrt{\frac{1+n}{1+0.69n}} \quad (5)$$

となる。

ここで、M12 のねじであるので、

$$A_1 = \frac{\pi \times 10^2}{4} = 78.5 \text{mm}^2$$

$$A_2 = \frac{\pi \times 12^2}{4} = 113 \text{mm}^2$$

となり、 $A_1 / A_2 = 0.69$  である。

式(5)の関係を図に表すと図 2 のようになる。

この図において、たとえば  $n = 1$ 、すなわち  $b/a = 1.0$  であり、ねじ部とねじでない部分  
が同じ長さの場合、衝撃力はねじ部以外がおねじの外径と等しいほうが、約 1.09 倍高くな  
る。9%の衝撃力の増加は材料のばらつきなどを考えると大したことでもないようにも考えら  
れるかもしれないが、例えば衝撃力が繰り返し作用しているような場合で考えてみるとあ  
ながち無視できるような量ではないことがわかる。以下にその例を示しておこう。

図 3 は中炭素鋼の回転曲げ疲労試験結果である。縦軸は繰り返し加える曲げ応力振幅、横  
軸は破壊時の繰り返し数を示している。疲労試験における **S-N 曲線** と呼ばれる図である。  
たとえば、図において 245MPa の応力振幅が繰り返し作用した場合、約  $2.0 \times 10^5$  回の繰返  
し数で疲労破壊することを示している。

仮に、この応力が上記のボルトの違いにおいて生ずる、9%低い 223MPa 程度の応力であ  
るとすると、破壊までの応力繰返し数は約  $4.0 \times 10^5$  となり、寿命は倍に伸びることになる。  
このことは、**10 年間で壊れるものが 20 年間耐えることができる**ことを意味している。こ  
れがより低い疲労限度近くの 200MPa 程度で設計したものであれば寿命の差はさらに大き  
なものとなる。

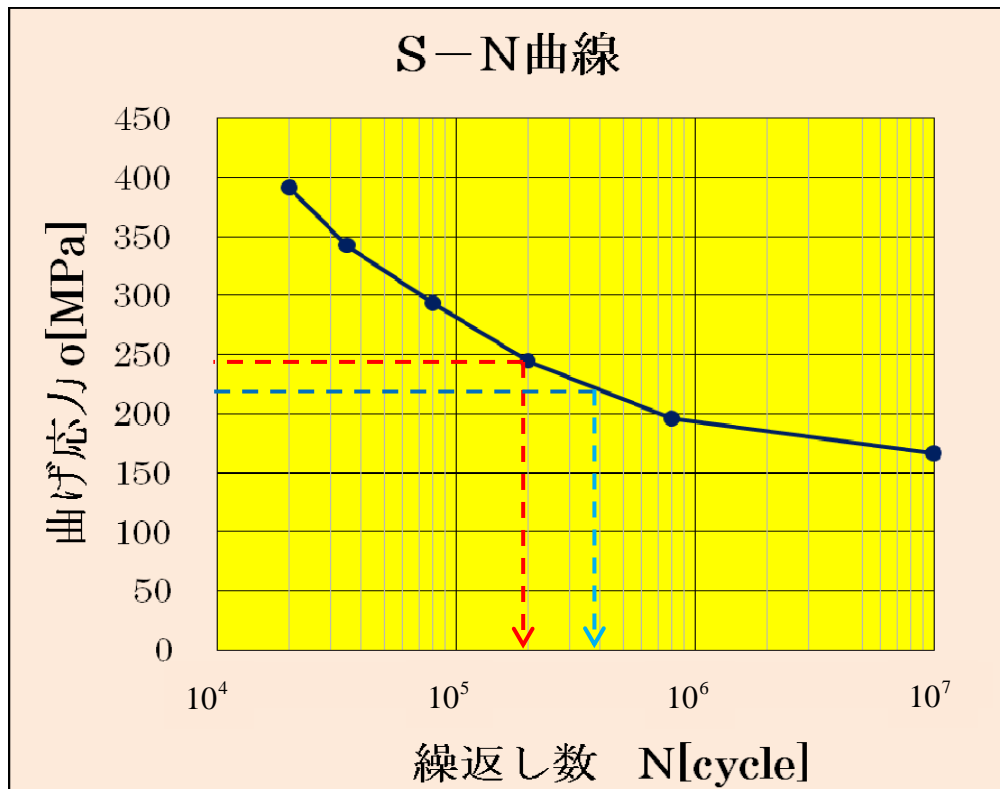


図 3

ちょっとした設計時の配慮でこのように機械構造物の強度あるいは寿命はかなり変わることがあるのである。記憶に留めておくとよいであろう。ただし、疲労強度などの**時間依存性破壊**の場合、単に力学的なことだけではなく、同じく時間依存性を有する腐食などの影響も設計時に考慮しなければならないことが多い。これらのことについての基礎的なことは例えば、弊著「よくわかる破壊力学」などを参考にされるとよいであろう。