

## 第 25 話 削り取るときは慎重に

2008 年 9 月 11 日 作成

萩原芳彦

図 1(a)に示すように、長さが $l$ 、辺が $2h$ 、 $b$ の長方形断面の角棒に引張り力 $P$ が作用している。このような状態で使用されている角棒の一部を図 1(b)の黄色部分のように削り取らなければならない使用上の条件変更があった場合、この部分だけを削り取る方法と、図 2(c)のように同じだけ反対側も同時に削り取る方法とではどちらが強度的によい方法であろうか。

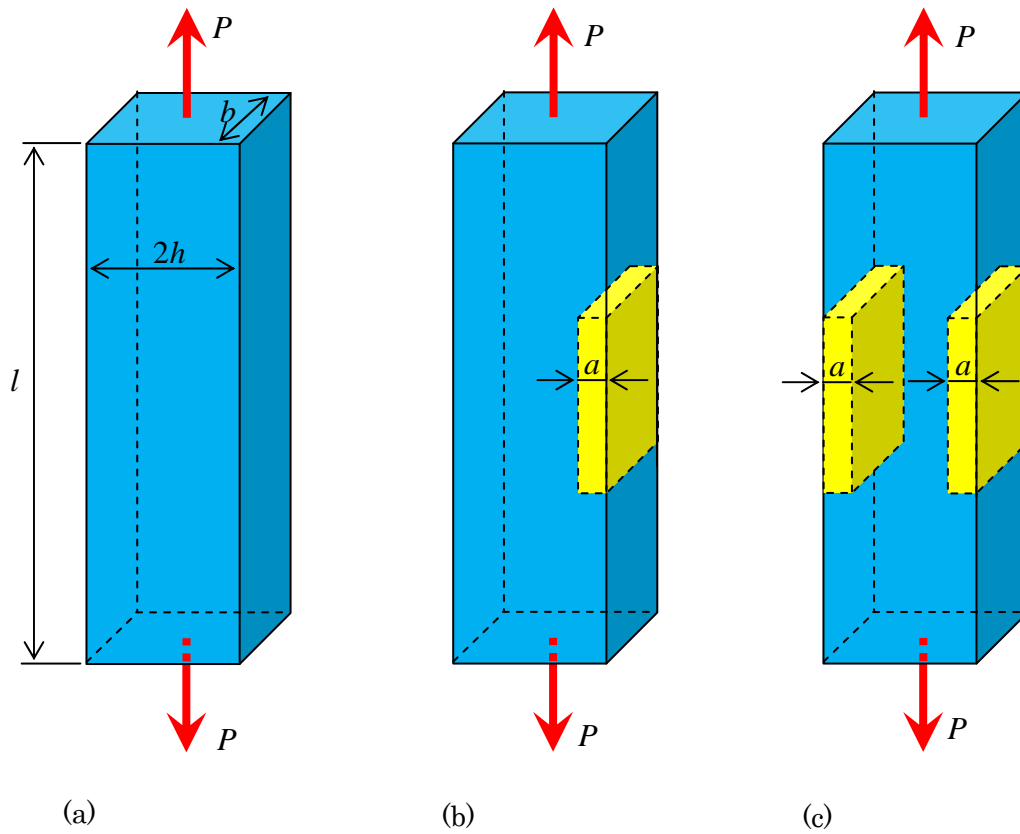


図 1

正解は、**‘削り取らなければならない部分の幅の大小によって変わる’**である。この場合には、いずれにしても、削り取ることによって棒に生ずる応力は増加するが、その増加の程度が削り取る量や方法によって変わるからである。

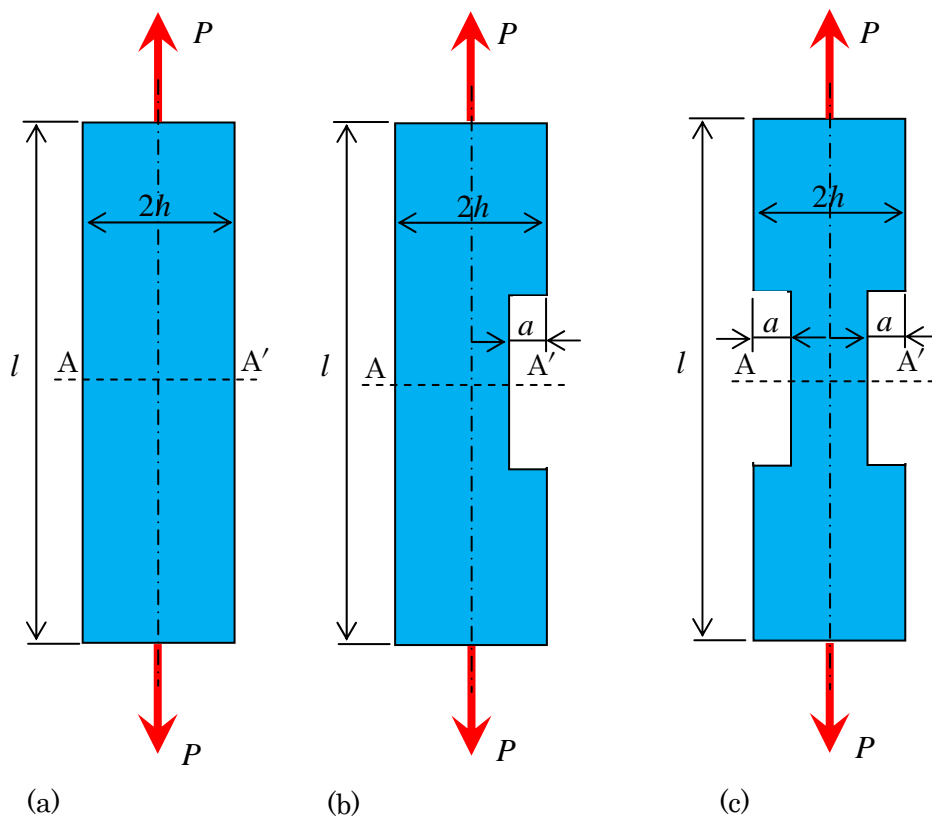


図 2

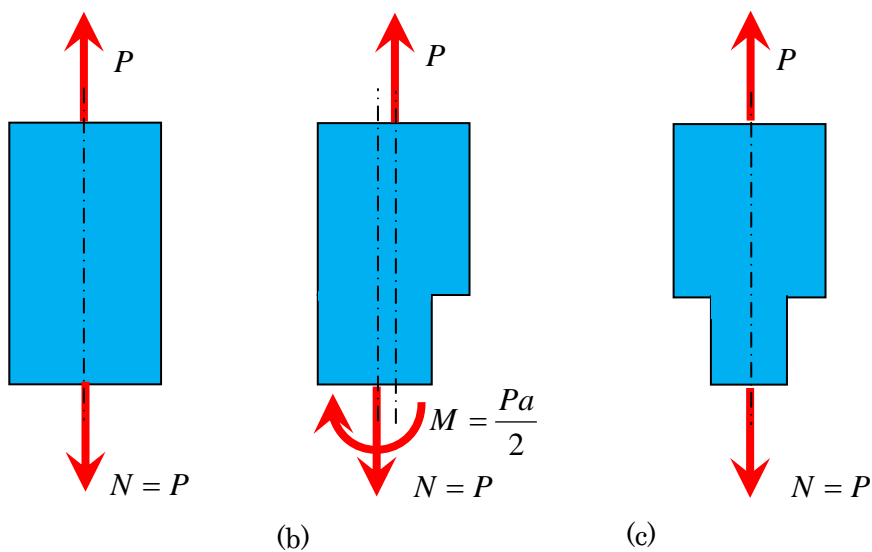


図 3

図2は、図1の形状の平面図であり、奥行きが***b***となる。このような状態における図2(b),(c)のように、横断面積が小さい部分である A-A' 断面での内力などの状態を示したものが図3(a)~(c)である。図3は A-A' 断面の上側の部分を示しており、この部分のつり合いが保たれるためには、A-A' 断面を介して下側の部分から図のような力などが作用していなければならない。

ここで、図3(a)および(c)の場合は、上下の力の作用線、すなわち内力 *N* と外力 *P* の作用線は一致し、これらが大きさ等しく向きが逆であれば、つり合い条件を満たす。ところが、図(b)の場合には内力 *N* と外力 *P* の作用線が一致しないため、偶力となり、つり合い条件を満たすためには、内力モーメント  $M = Pa/2$  も存在しなければならない。このモーメントは棒に対して曲げ作用をするので、棒には曲げ応力も生ずることになる。ここで、 $a/2$  は2つの力の作用線間距離である。偶力について、理解できない場合には弊著「よくわかる工業力学」などを参考にされるとよいであろう。

一方、図(c)の場合には曲げモーメントは生じないが、図(b)の場合よりも断面積がより大きく減少するため、内力 *N* による応力は図(b)に比べて増加することになる。削り取られる量によってこれらの応力の増加の程度が異なり、図(b),(c)のどちらがより安全であるかが変わるのである。

図3(a)~(c)の場合の最大引張り応力は、式(1)~(3)のようになる。図(b)の場合は軸力 *N* による引張り応力  $\sigma_0$  の他に、曲げモーメント *M* による最大曲げ応力  $\sigma_b$  が加算される（「よくわかる材料力学」、式(1・13)、式(4・16)など参照）。このことから、図(a),(c)の場合には軸力 *N* に対応した引張り応力が横断面上に一様に分布するのに対し、図(b)の場合には横断面上の応力は一様ではなく、右側表面 A' 部において最大となる分布をする。すなわち、式(2)の  $\sigma_{\max b}$  は A' 表面において生ずる。

$$\sigma_{\max a} = \frac{N}{A} = \frac{P}{A} = \frac{P}{2bh} \quad (\text{図(a)の場合}) \quad (1)$$

$$\sigma_{\max b} = \sigma_0 + \sigma_b = \frac{N}{A} + \frac{M}{Z} = \frac{P}{(2h-a)b} + \frac{3Pa}{(2h-a)^2 b} \quad (\text{図(b)の場合}) \quad (2)$$

$$\sigma_{\max c} = \frac{N}{A} = \frac{P}{2(h-a)b} \quad (\text{図(c)の場合}) \quad (3)$$

削り取られた量 *a* に対する応力の上昇状態の変化を示したものが図4であり、縦軸は  $\sigma_{\max b} / \sigma_{\max a}$ 、 $\sigma_{\max c} / \sigma_{\max a}$ 、すなわち削られる前の応力に対する応力の増加率を示している。この図から、削り取られる量が少ない間は両側を削り取った方が片側だけを削るよりも応力の増加率は少なく、強度的にはより安全であることがわかる。

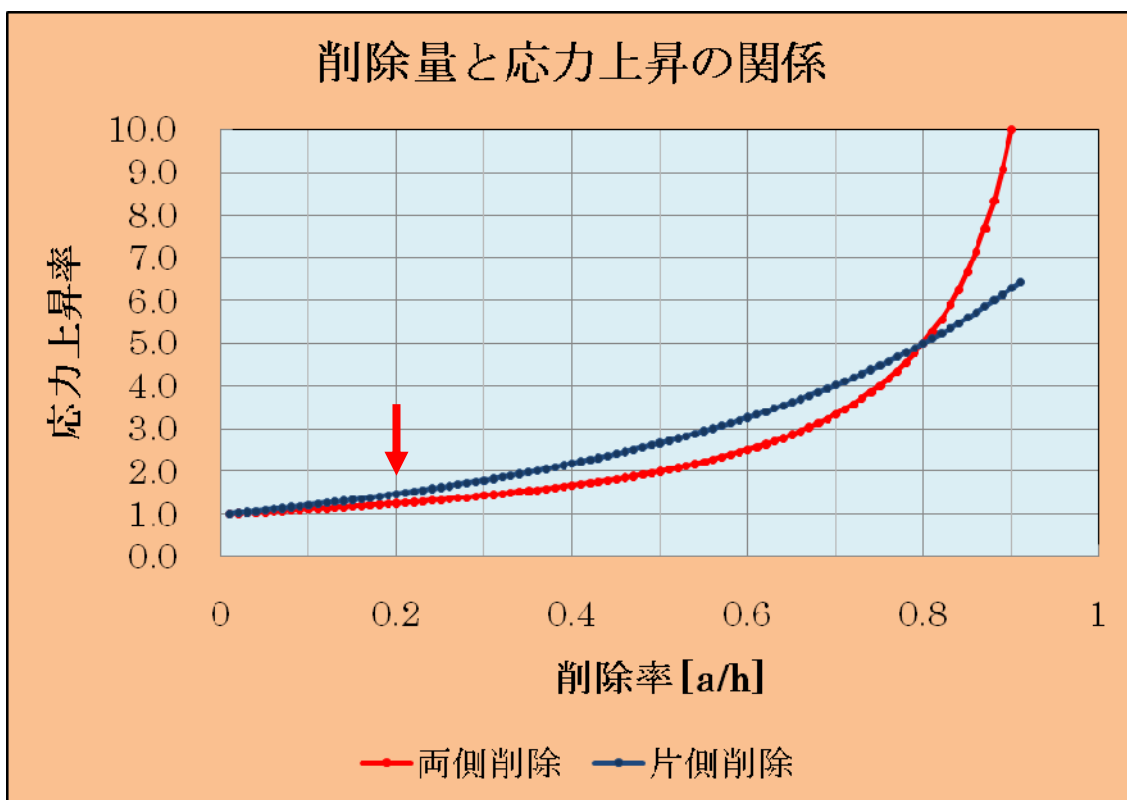


図 4

例えば、削除率  $a/h$  が 0.2 (赤の矢印のとき) の場合、両側削除では応力が削らないときの 1.25 倍になるのに対し、片側だけを削り取った場合には 1.48 倍にもなることがわかる。すなわち、片側だけを削り取るよりも、両側を削り取る方が残りの断面積はより減少するにもかかわらず、最大応力は片側だけを削ったものよりも低い状態に保たれている。このような状態は  $a/h$  が 0.8 になるまで続く。

もちろん削除すれば削除しない場合に比べていずれも最大応力は増加し、強度は低下することになる。このようなことから、設計する場合にも安易に形状を決めると思わぬ強度低下をもたらしたり、軽量化を図れなかったりすることが起こるのである。第 22 話でも説明したように**疲労寿命はわずかな応力の違いでも大きく変わる**ことを思い出してほしい。

なお、ここでは棒に作用する力を断面の中心位置に作用する集中力として説明をしているが、**実際問題では力の加わり方は微妙に変化することがある。そのことにより棒に生ずる応力も変わるため、設計において十分注意しなければならない。**ここで述べた削除方法の良否も、力の作用の仕方によって大きく変わるのである。そのことについては次話にて説明しよう。