

トップページは：<http://myhagisan.la.cocacn.jp/>です。

第5話 応力とは何

2007年9月30日 作成

2013年3月9日 修正

萩原芳彦

応力の定義は材料力学の授業のはじめのころに説明し、その後も念のために繰り返し説明するが、初学者の多くは、応力とは力を断面積で割ったもの（単位面積当たりの力）と単純に解釈し、上級学年になってもそのままの状態での学習を続けるものをかなり見かける。

この表現はまったくの間違いとは言えないが、**正確な定義と応力の本質**を頭の中にしつかりと植えつけない状態で学習が進んでしまうと、後々の問題解決時に基本的な間違いを起こしてしまう。その結果、上級学年になっても比較的簡単な材料力学の問題を正しく解くことができない状態に陥る学生がかなりいるのが実情である。

正確には、**応力**とは単位面積当たりの**内力**のことである。物体に力を加えると言うが、その意味は、物体に外部から力を作用させることであり、このような力を**外力**と呼ぶ。**応力とはこの外力の作用に応じて物体内部に生ずる力、すなわち内力、の単位面積当たりの量**なのである（「よくわかる材料力学」、9 ページ）。

図1のように断面積 A が 10mm^2 の棒がある。この棒の左端を固定し、右端を 1000N の力 P で引張ったときの横断面の応力 σ はどうなるかという問題では

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{P}{A} = \frac{1000}{10} = 100\text{MPa}$$

と答えるのが正しいのである。ここで、 N は内力であり、この問題の場合、外力 P が棒に作用した時、棒の横断面に生ずる内力 N はいずれの場所でも P と等しくなるからである。

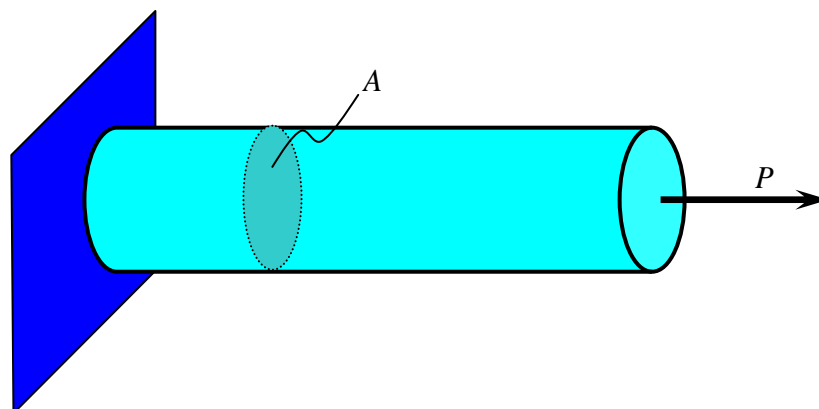


図1

上述のような形で問題を出すと、多くの学生が正解を示すが、図 2 のように棒の両端に逆向きの外力、1000N が作用しているような形で問題を出すと、その応力は

$$\sigma = \frac{2P}{A} = \frac{2000}{10} = 200\text{MPa}$$

と答える学生が初学者ではかなりいる。もちろん、この問題の正解も図 1 の場合と同じ 100MPa である。図 1 の場合、示してはいないが、棒の左端には反力として左向きに外力 1000N が作用しているのである。

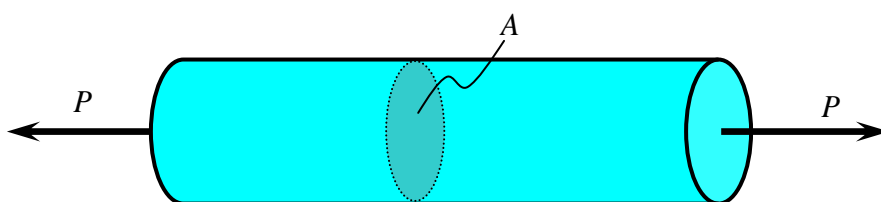


図 2

このように、図 2 の問題は力学的には図 1 の問題とまったく同じであるが、そのことを理解できない学生が初学者の中にはかなりいるのである。図に示している P は外力であり、これに応じて図 3 のように物体内部には内力 N が生じるのである。力のつり合いから N はこの場合 P と等しくなければならないので、応力 σ は、

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{P}{A} = \frac{1000}{10} = 100\text{MPa}$$

となるのである。なお、内力は図 3 に示すように、その場所における作用・反作用の一对の力である（応力の正負については教科書を参照のこと）。

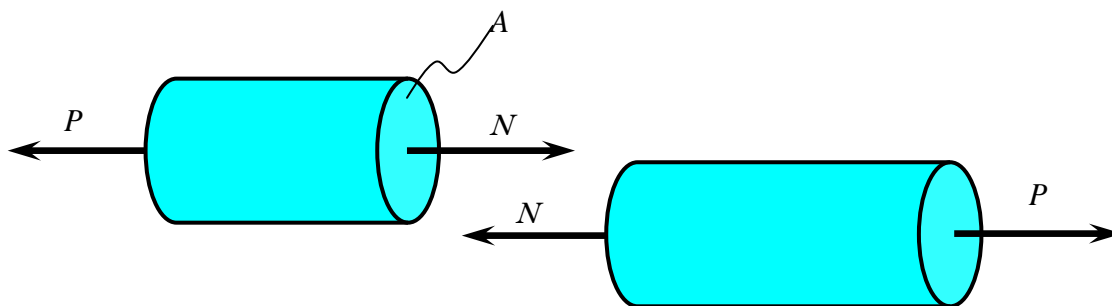


図 3

図 2 は力学的には図 1 とまったく同じであるが、ちょっと図を変えただけで正解率が変わるのである。図 3 からわかるように、内力は物体の片側に作用する外力とつりあっているため、片側の外力全部を考慮して内力は求まる。このことを正しく理解していないため、第 2 話で述べたように、図 4 のように多くの外力が作用している場合には混乱してしまう学生が出てくるのである（よくわかる材料力学、1 章例題 1, 2 参照）。

外力と内力の違いを正確に理解し、応力とは何かをもう一度確認してもらいたい。**内力**とは**外力**の作用に**応じて**物体中に生ずる作用・反作用の一对の力であり、その単位面積あたりの量が**応力**なのである。また、内力は作用・反作用の関係にある力であり、物体を2分割したとき、その一方の側にある外力の総和と等しくなることも再確認してもらいたい。

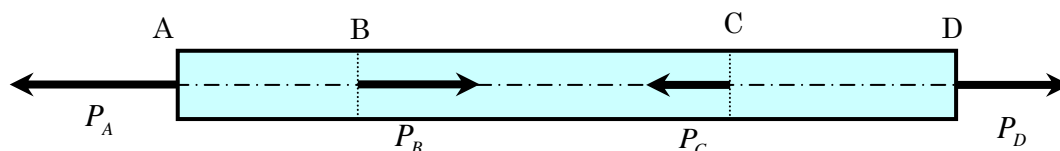


図4

余談であるが、土木、建築分野でも材料力学は必要となるが、機械工学関係で定義している**応力**のことは‘**応力度**’と呼んでいる。外力に応じて物体内部に生じた力を応力と呼び、その単位面積当たりの量を応力度と呼ぶほうがすっきりしているようにも思えるが、一旦決めたものを変えることは大変なようである。

同じような話であるが、破壊力学の分野で、き裂先端近傍の応力の強さを表すものとして、**応力拡大係数**という用語があるが、この日本語からその意味を想像するのはやや難しい。英語では **Stress Intensity Factor** と呼び、直訳すれば‘応力強さ係数’、あるいは‘応力強度係数’となりそうであるが、応力拡大係数と呼ぶ。どうも‘拡大’という言葉がいつまでたってもすっきり頭の中に入らない。最初に訳した人の影響である。

また、材料の疲労において、一回の繰返しごとにその破面に現れることがある縞模様（条痕）を英語で **Striation** と言う。初期の頃、大御所がストリエーションと呼んだこともあり、一時はそうに呼ぶ人も居たが、しばらくして英語の発音どおり **ストライエーション** と皆言うようになった。専門家の間では日本語に訳すよりもストライエーションと英語のまま使われることが多い。

なお、前述の応力の話であるが、昭和の初期に書かれた、「材料強弱及弾性學」（南日實著、昭和8年、養賢堂発行）には図5の記述がある。応力の表現も様々に変わったようである。また、この教科書では専門用語を英語のまま表記し、文章を構成しているところが多い。

3. 應力 Stress.

第7圖の如く tension の場合を考へる時若し棒の重さを考へに入れないならば棒の兩端に働く二つの外力 P は同一直線上にあつて互に反對の方向に向ひ且つ相等しい大きさでなければならぬ。



第7圖

今棒の軸線に直角な任意の横断面 $a-b$ を想像してその上の部分 A の平衡 (equilibrium) を考へると、A が平衡を保つて居る爲めには荷重 P と同一直線上にあつて大きき相等しく方向相反する (equal and opposite) 力 $P_1 (=P)$ が想像断面に働いて居なければならぬ。想像断面の下の部分 B に付いて考へても同様に想像断面には P と

equal and opposite な $P_2 (=P)$ が働いて居る可きである。

即ち、この棒は荷重 P を受けて平衡を保つて居る時は任意の想像断面 $a-b$ には load P と大きき相等しい内力 P_1 及び P_2 が方向が相反して存在して居るのである。この内力を應力或は内力 (Stress) と呼ぶのである。今の場合の如く應力が想像断面より外方に向ふ時は特に之を應張力 (Tensile stress) と云ふ。 壓縮の場合には今と同様に考へるのであるが内力は想像断面より内方に向

4. 應力の分布 Distribution of Stress.

第7圖に於て若し棒が長さ に 比して細い時には應力は想像断面面積全體に一樣に同じ強さで分布された (uniformly distributed) 状態にあると考へられる。この時には 断面の單位面積 (unit area) に働く應力の大ききを以て應力強度 (intensity of stress or unit stress) を表すこと 次の如く、恰も液體壓力強度を表はす時と同様である。

$$\text{intensity of stress} = \sigma = \frac{P}{f} \dots \dots \dots (1)$$

式中の f は第7圖で考へた様な棒の軸線に直角な棒の横断面積である。

若し應力が均一でなければ断面中の極小面積 dA をとつて、これに働く應力 dP を考へて、その部分に於ける應力強度を表はすこと次の如し。

$$\sigma = \frac{dP}{dA} \dots \dots \dots (2)$$