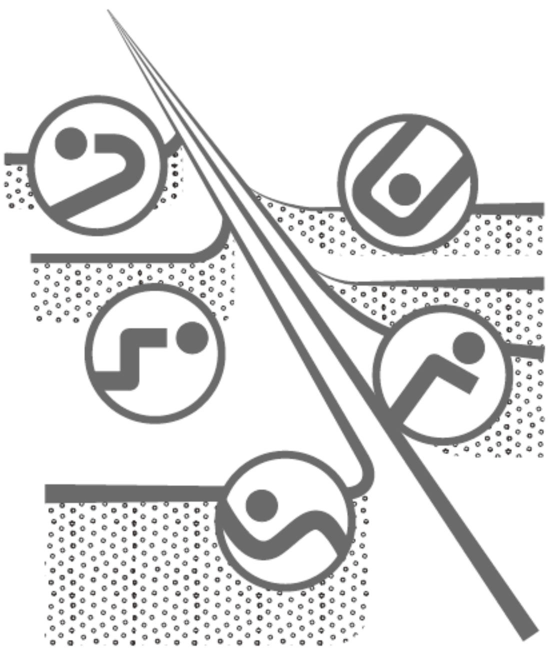
実務に役立つ機械シリーズ

ー機械工学・材料コースー

NO.1

機械工学



コガク

目　次

■ 第 1 週 ■

材料力学

【学習のポイント】

材料力学は，4 力学のひとつで，機械や構造物の設計では最も重要になる学問です。そのために，現場では数学的な計算と実験的なデータを組み合わせて用いることが多くなります。実際には，外力に対して各部分の材料にどの位の強度を持たせれば，材料内部の応力や変形が希望数値内に収まるのかを十分に検討しなければなりません。このようにして，機械設備の損傷や破壊を抑えて，長く使用していくことが大切です。

1.1　力の表し方

まず力の定義を知る必要があります。

物体に力を加えると，静止しているものを動かしたり，動いているものを静止させたりすることができ，さらに，物体を変形させたり，破壊させたりすることができます。

力を F とし，物体の質量を m ，加速度を α とすれば，

$$F=m\alpha \tag{1.1}$$

となります。

すなわち，力は質量×加速度の積で表すことができます。この法則を運動の第 2 法則といったり，あるいは，ニュートンの第 2 法則といったりします。式（1.1）の単位は力 F を［N：ニュートン］，質量 m を［kg］，加速度 α を［m/sec^2］でそれぞれ表します。

1.1.1　重さと質量の関係

体重 66kg の人が，天井から吊り下がっている材料（たとえばロープや針金）にぶら下がっている場合を考えてみましょう。このときのロープに加わる力の大きさはいくらでしょうか。

地球上にある物体は，地球の中心に向かう加速度（重力の加速度）を常に受けています。

この重力の加速度を g（本分冊では g=9.8m/sec^2 とする）とおくと，式（1.1）より

$$F=66\times 9.8\ [\mathrm{N}] \fallingdotseq 647\ [\mathrm{N}]$$

となり，この人がぶら下がることによって，材料に 647［N］の力を加えたことになります。この力を加えることを，荷重を加えるといったりあるいは単に負荷するといったりします。

われわれが日常において重さとか重量といっているのは式（1.1）の m で表している質量のことを指しており，材料の力学で荷重という場合は，日常においていう重さに重力の加速度をかけ合せたものになります。

1.1.2　力のモーメント

野球のバットを持って力くらべをやったことがある方は経験していると思いますが，バットのヘッド部とグリップ部を持ってお互いに反対側へ回転させようとすると，ヘッドのほうを持った人のほうが多くの場合強くなります。また，ボルトやナットあるいはねじを締めたり，緩めたりする場合にも経験するように，物体をある軸を中心として回転させようとするときに，加える力が一定であるならば回転中心からの距離が長いほど楽に回転できます。今，**図 1.1** に示すように原点 O を中心として回転させようとする場合に，回転作用の大きさは，加える力 F の大きさと原点 O から力 F の作用線までの距離 l との積で表されます。これを点 O まわりの力のモーメント（moment）といいます。力のモーメントを M とすれば

$$M = Fl \tag{1.2}$$

となります。 ここで距離（長さ）l をモーメントの腕といいます。また，力のモーメントは力［N］と長さ［m］の積ですから，その単位は［N・m］になり，材料の力学では［N・m］，［N・mm］，［kN・m］および［kN・mm］を場合によってそれぞれ用います。

力のモーメントには，右回り（時計回り）と左回り（反時計回り）があります。回転の方向によって正負の符号をつけます。通常，反時計回りを正とすることが多いので，本書でも反時計回り（左回り）を正とします。

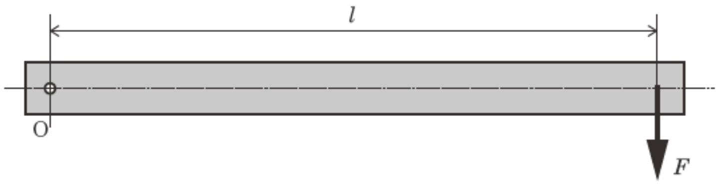


図 1.1　力のモーメント

1.1.3　モーメントの和

物体に多数の力 F_1，F_2……，F_n が作用している場合には，回転中心の点 O まわりの合力のモーメントは，点 O まわりの１つ１つの力のモーメントの和となります。力の作用している方向により，符号（正，負）が変わるので注意することが重要です。合力のモーメントを M で表すと，次のようになります。

$$\left.\begin{aligned} M &= M_1 + M_2 + \cdots + M_n \\ &= F_1 l_1 + F_2 l_2 + \cdots + F_n l_n \end{aligned}\right\} \tag{1.3}$$

［例題 1.1］図 1.2 のように力 F_1，F_2，F_3，F_4 が作用（加わっている）している棒を考えます。

ここで，$F_1=F_2=F_3=F_4=10$［N］とします。点 O まわりの力のモーメントとその方向を計算しなさい。式（1.3）より

$M=F\ (l_1-l_2+l_3-l_4)$

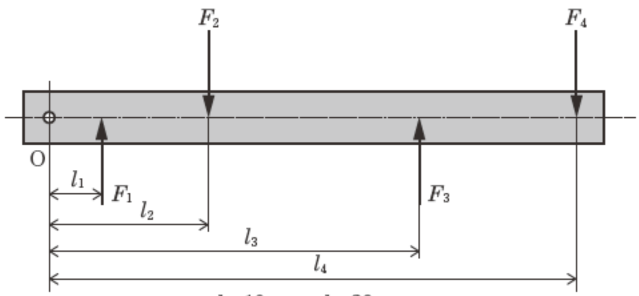


図 1.2　複数の力

ここで，$F_1=F_2=F_3=F_4=F$ とおくと

$M=10[\mathrm{N}]\times(10\ [\mathrm{mm}]-30[\mathrm{mm}]+70[\mathrm{mm}]-100[\mathrm{mm}])=-500[\mathrm{N\cdot mm}]$

点 O まわりの全体の力のモーメントは $M=500$［N・mm］で，その作用する方向は時計回り（右回り）となります。同じ大きさの力が棒の垂直方向（長手方向に対して横方向）の上下から加わっても，力のモーメントはその腕の長さと力の積であるために差し引き 0 にはなりません。

［例題 1.2］図 1.3 に示すように，回転中心の点 O から $l=100$mm の位置 A に，OA と 30°の方向に $F=100$［N］の力が作用している場合の点 O まわりの力のモーメントを求めなさい。

$\mathrm{OB}=100\ [\mathrm{mm}]\times\cos 60°=50\ [\mathrm{mm}]$

式（1.3）より，力のモーメント M は

$M=100\ [\mathrm{N}]\times 50\ [\mathrm{mm}]$

$\quad=5000\ [\mathrm{N\cdot mm}]=5\ [\mathrm{kN\cdot mm}]=5\ [\mathrm{N\cdot m}]$

となります。回転方向は当然反時計回りです。

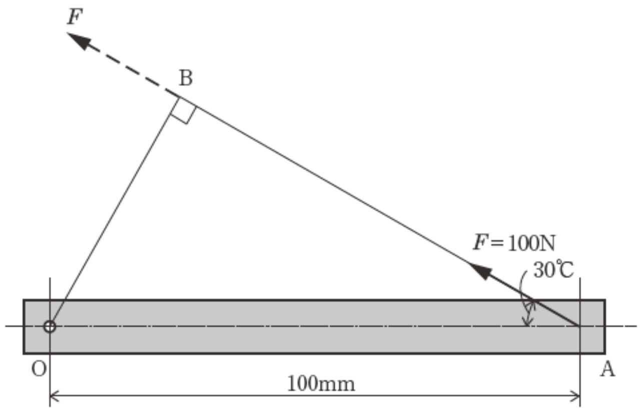


図 1.3　力のモーメント計算

1.1.4　偶力

大きさが等しく，互いに平行で逆向き（作用する方向が反対の方向）になる一対の力を偶力（coupling force）といいます。この偶力によって生じる力のモーメントを偶力のモーメントといいます。ここでも回転方向によって正負の符号をつけ，力のモーメント同様に反時計回りを正とします。偶力は物体を回転させる作用をもっていますが，その合力の値は 0 となります。いま，**図 1.4** において点 O まわりの偶力のモーメントを M とおけば

$$M = -F \times l_1 + F \times l_2$$
$$= F(l_2 - l_1) \tag{1.4}$$

となります。ここで ,$l_2 - l_1$ は回転直径となりますので，回転直径を d とすれば式（1.4）は

$$M = Fd \tag{1.5}$$

として表します。式（1.5）には点 O からの距離（長さ）が入っていません。このことは点 O の位置にかかわらず偶力のモーメントは一定の値 Fd となることを意味しています。偶力の作用線間の距離（回転直径）を偶力の腕といいます。

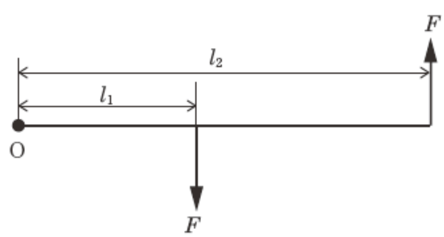


図 1.4　偶　力