

面形を有する鉤について別々に研究して見やう。

125. 梯形断面の鉤、鉤に起る最大内力はF部に起る内力即ち*f*である。故に材料は此*f*に耐え得る大きさに造れば好いのである。偕て梯形に於ては[第四表参照]、

$$e = \frac{h}{3} \cdot \frac{b+2b_1}{b+b_1}; \quad e_1 = \frac{h}{3} \cdot \frac{b_1+2b}{b+b_1};$$

$$A = \frac{b+b_1}{2} h; \quad I = \frac{(b^2+4bb_1+b_1^2)h^3}{36(b+b_1)}$$

此等の値を前節の(a)式に代入して計算すれば次の結果を得。

$$b-b_1 = \frac{6P}{hf} \dots\dots\dots(135)$$

断面の形を適當に撰むならばF部に起る内力*f*とE部に起る内力*f'*との大きさを等しくすることが出来る。斯くするのが即ち經濟的設計である。然るに(a)と(b)との式にて見らるゝ通り、*e*と*e₁*とが等しき様な断面形では*f*と*f'*とは決して等しくならぬ。夫故に長方形、橢圓形、正方形、圓形等の断面では此事は不可能である。只*e*と*e₁*との異なる如き断面形例へば梯形の如きものならば、*f*と*f'*との大きさを等しくし得られるのである。であるから鉤の断面形として梯形は最も理想的のものである。偕て*f*と*f'*とを等しき大きにするには如何なる條件が

必要かと云ふに、*f*と*f'*とが其れ自身釣合へる様にする、語を換へて云へば*f*と*f'*との和が零になる様にすれば好い譯である。依て

$$f+f'=0$$

と置き、之れに(a)式と(b)式との値を代入すれば、

$$\frac{P}{A} + \frac{P(w+e)e}{I} + \frac{P}{A} - \frac{P(w+e)e_1}{I} = 0$$

$$\frac{2}{A} + \frac{(w+e)(e-e_1)}{I} = 0$$

$$\text{又は} \quad 2I + A(w+e)(e-e_1) = 0 \dots\dots\dots(c)$$

之れに前に掲げた*e*, *e₁*, *A*及び*I*の値を代入して計算すれば次の結果を得るのである。

$$\frac{b}{b_1} = 1 + \frac{h}{w} \dots\dots\dots(136)$$

$$\text{又は} \quad b_1 = \frac{b}{1 + \frac{h}{w}} = \frac{wb}{w+h}$$

此値を(135)式に代入すれば、

$$b - \frac{wb}{w+h} = \frac{6P}{hf}$$

$$b \left(1 - \frac{w}{w+h} \right) = \frac{6P}{hf}$$

$$\text{或は} \quad b = 6 \left(1 + \frac{w}{h} \right) \frac{P}{hf} \dots\dots\dots(135a)$$

公式(135)又は(135a)と(136)とは断面梯形なる鉤の危険断面の大きさと其形とを定めるに重要な公式である。

126. 長方形断面の鉤、此断面形に於ては*e*と

e_1 とは等しく、0點の左右に於て同一の形狀をなせるものであるから $f+f'=0$ なる關係は決して成り立たぬ。従て前節の(c)式は此場合に應用することは出来ぬ。只最大内力を與ふる第124節の(a)式のみが此場合に適用されるのである。倍て長方形断面に於ては[第四表参照]、

$$e = \frac{h}{2}; \quad A = bh;$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

此等の値を(a)式に代入して計算すれば次の結果を得。

$$bh = \frac{P}{f} \left(4 + 6 \frac{w}{h} \right)$$

又は
$$b = 2 \left(2 + \frac{3w}{h} \right) \frac{P}{hf} \dots \dots \dots (137)$$

此式は断面長方形なる鈎の危険断面の大きさを定めるに必要な公式である。

127. 橢圓形断面の鈎、長方形断面に於けると同じく e と e_1 とは等しき故に $f+f'=0$ なる關係は決して成り立たぬ。故に第125節の(c)式を應用することは出来ぬ。倍て橢圓形断面に於ては[第四表参照]、

$$e = \frac{h}{2}; \quad A = \frac{\pi}{4} bh$$

$$I = \frac{\pi bh^3}{64}$$

此等の値を第124節の(a)式に代入して計算すれば次の結果を得。

$$\frac{\pi}{4} bh = \frac{P}{f} \left(5 + 8 \frac{w}{h} \right)$$

又は
$$b = \frac{4}{\pi} \left(5 + \frac{8w}{h} \right) \frac{P}{hf} \dots \dots \dots (138)$$

此式は橢圓形断面を具ふる鈎の危険断面の大きさを定めるに重要な公式である。

以上の如くして危険断面の大きさを定めたる後は、其他の断面は無論之れよりは小形にして宜しい。断面形の如何に係らず AB の長さを EF の長さ即ち h の通例 0.5 乃至 0.6 倍に取り、直線 EB 上に中心を有し E と B 并に F と A とを通る二つの圓を書き、此二つの圓を以て鈎の外形とする。此他鈎についての通例の割合は次の如くである。

繩又は鎖を懸ける口の半径 w は、P が約 7 噸以下ならば

$$w = \frac{P}{11,000} + \left(\frac{1}{2} \text{吋 乃至 } \frac{3}{4} \text{吋} \right)$$

P が約 7 噸以上ならば、

$$w = \frac{P}{22,000} + \left(1 \text{吋 乃至 } 1\frac{1}{2} \text{吋} \right)$$

又
$$h = (2 \text{ 乃至 } 3) \times w$$

$$AB = (0.5 \text{ 乃至 } 0.6) \times h$$

例、最大 6 噸の重量を鈎るに用ゐる起重機用鈎

を設計せよ。但し材料は鍊鐵にして許容内力を8,500 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ とす。

解、 $P=6 \times 2240=13,440 \text{ kg}$

P が7噸以下であるから口の半徑 w は

$$\begin{aligned} w &= \frac{P}{11,000} + \left(\frac{1}{2} \text{吋 乃至 } \frac{3}{4} \text{吋} \right) \\ &= \frac{13440}{11000} + \left(\frac{1}{2} \text{吋 乃至 } \frac{3}{4} \text{吋} \right) \\ &= 1.72 \text{吋 乃至 } 1.97 \text{吋} = 1 \frac{7}{8} \text{吋 とす。} \end{aligned}$$

$h=2.4 \times w$ と置けば、

$$h=2.4 \times 1 \frac{7}{8} = 4 \frac{1}{2} \text{吋}$$

(1) 断面を梯形とすれば公式(135a)より、

$$\begin{aligned} b &= 6 \left(1 + \frac{w}{h} \right) \frac{P}{hf} = 6 \left(1 + \frac{w}{2.4w} \right) \frac{13440}{4 \frac{1}{2} \times 8500} \\ &= \frac{6 \times 3.4 \times 13440}{2.4 \times 4 \frac{1}{2} \times 8500} = 3 \text{吋} \end{aligned}$$

公式(136)より

$$\begin{aligned} \frac{b}{b_1} &= 1 + \frac{h}{w} = 1 + \frac{2.4w}{w} = 3.4 \\ b_1 &= \frac{b}{3.4} = \frac{3}{3.4} = 0.882 \text{吋 又は 約 } \frac{15}{16} \text{吋} \end{aligned}$$

(2) 断面を長方形とすれば公式(137)より、

$$\begin{aligned} b &= 2 \left(2 + \frac{3w}{h} \right) \frac{P}{hf} = 2 \left(2 + \frac{3w}{2.4w} \right) \frac{13440}{4 \frac{1}{2} \times 8500} \\ &= \frac{2 \times 7.8 \times 13440}{2.4 \times 4 \frac{1}{2} \times 8500} = 2.28 \text{吋} \end{aligned}$$

又は約 $2 \frac{1}{4}$ 吋

(3) 断面を橢圓形とすれば公式(138)より、

$$\begin{aligned} b &= \frac{4}{\pi} \left(5 + \frac{8w}{h} \right) \frac{P}{hf} = \frac{4}{3.14} \left(5 + \frac{8w}{2.4w} \right) \frac{13440}{4 \frac{1}{2} \times 8500} \\ &= \frac{4 \times 20 \times 13440}{3.14 \times 2.4 \times 4 \frac{1}{2} \times 8500} = 3.73 \text{吋} \\ &\text{又は 約 } 3 \frac{3}{4} \text{吋} \end{aligned}$$

何れの場合にも

$$\begin{aligned} AB &= (0.5 \text{ 乃至 } 0.6) \times h = (0.5 \text{ 乃至 } 0.6) \times 4 \frac{1}{2} \\ &= 2.25 \text{吋 乃至 } 2.7 \text{吋} = 2 \frac{1}{2} \text{吋 とす。} \end{aligned}$$

以上の如く計算した後には鉤の外形を書く

ことが出来る。又鉤の上部の最小徑は

$$\begin{aligned} d_1 &= \sqrt{\frac{4P}{\pi f}} = \sqrt{\frac{4 \times 13440}{3.14 \times 8500}} = 1.42 \text{吋} \\ &\text{又は 約 } 1 \frac{7}{16} \text{吋} \end{aligned}$$

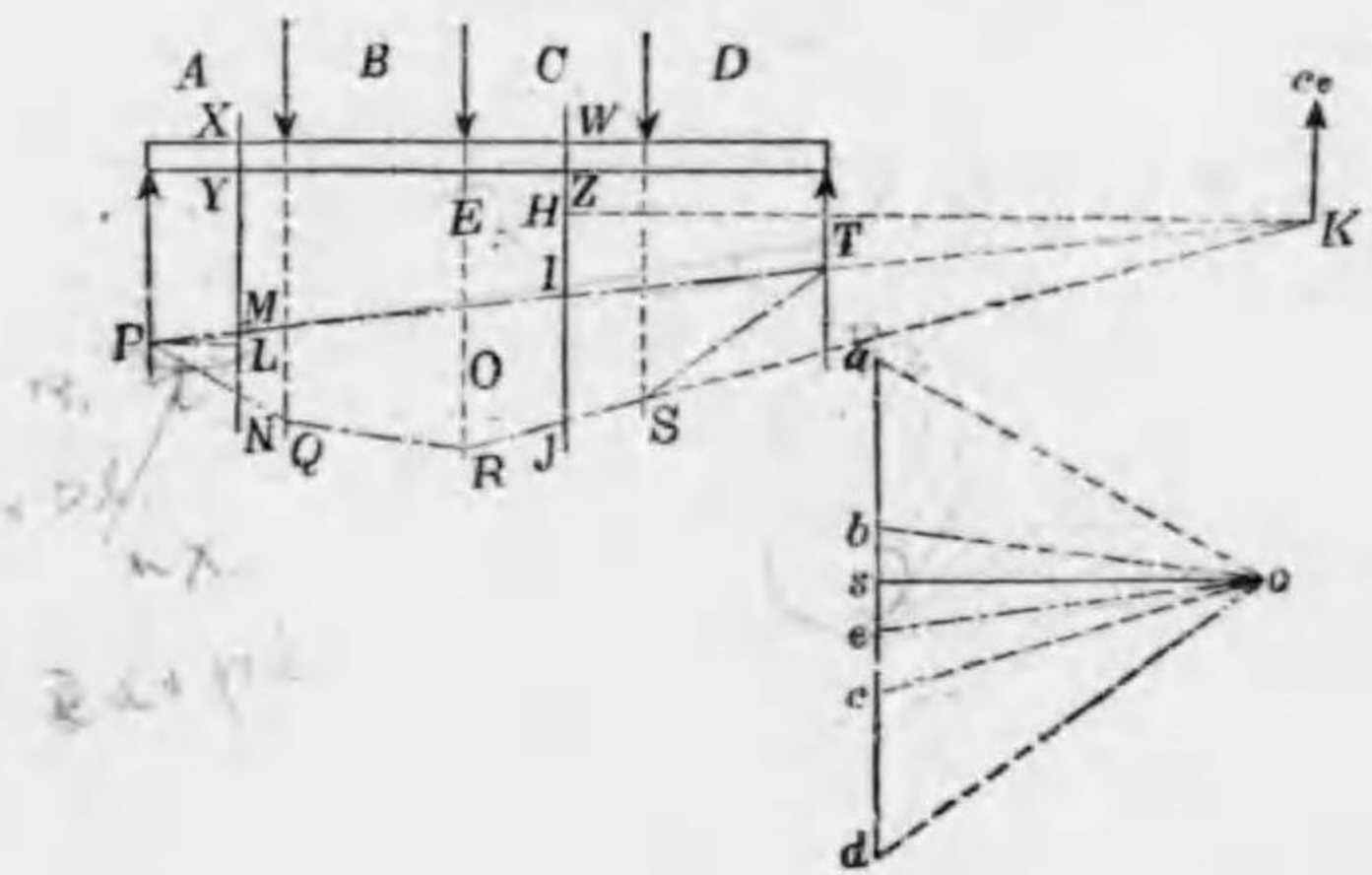
故に若し「ねぢ」ある場合ならば、 $1 \frac{7}{16}$ 吋は「ねぢ」

底の直徑であるから、「ねぢ」山の直徑は約 $1 \frac{11}{16}$ 吋となる。

第十一章 屈曲「モーメント」及び剪断力に関する圖法力學

128. 圖法力學により屈曲「モーメント」を求むること、第百九十九圖に示す兩端の支へられたる梁

第百九十九圖



に外力 AB, BC, CD [43節 バウの記號法に據る]を加へる時は、兩端の支柱に反働力が働いて梁は釣合ひの有様を保つのである。此

等支柱の反働力 DE と EA との大きさを求めんには第46節に掲げた方法により、先づ *abceda* なる「ゴクトル」圖を書けば *da* は DE と EA との力の和に等しい。そこで任意の位置に極 *o* を撰び *oa*, *ob*, *oc*, *od* なる極線を引き、構造圖の A, B, C, D の空間に此等の極線に平行なる直線 PQ, QR, RS, ST を順次に書き、P と T とを直線を以て結べば力の數と等數の邊を具ふる「リンク」角多形 PQRST が出来る。次に「リ

ンク」角多形の一邊 PT に平行に極 *o* より極線 *oe* を引けば、*e* は E なる空間に相當する「ゴクトル」圖上の點となるから反働力 DE は *de* を以て、又反働力 EA は *ea* を以て夫々表はされるのである。

偕て梁の任意の断面 XY に働く屈曲「モーメント」について考へるため、XY を通り梁に直角な直線を引き「リンク」角多形と交はる點を M 及び N とし、P より MN に立てたる垂直線を PL、断面 XY に働く屈曲「モーメント」を M_x とすれば、

$$M_x = \text{力} EA \times PL$$

然るに 力 EA = *ea*

故に $M_x = ea \times PL \dots\dots\dots (a)$

「ゴクトル」圖に於て極 *o* より *os* なる直線を「ゴクトル」線 *abcd* に直角に下せば、三角形 PMN と三角形 *oae* とは相似形で PL と *os* とは其等の高さであるから、

$$\frac{MN}{ea} = \frac{PL}{os}$$

或は $ea \times PL = MN \times os$

此式と (a) 式とを對照し次の結果を得。

$$M_x = MN \times os \dots\dots\dots (b)$$

即ち断面 XY に働く屈曲「モーメント」は、XY の直下に於ける「リンク」角多形の幅 MN に *os* の長さを乗じたものに等しい。*os* 即ち「ゴクトル」線と極との距

離を極距離と呼ぶ。

断面 XY には上の如き関係があるが、XY 以外の断面に於ては如何であるか、一應精査せねば一概に斯くと断定する譯にはいかぬ。仍て XY 以外の断面例へば WZ の断面に働く屈曲「モーメント」を考へやう。此断面に働く屈曲「モーメント」は CD と DE との二つの力の「モーメント」の代数和である。CD と DE との合成力は $cd+de=ce$ を以て表はされる。然るに多数の力の「モーメント」の代数和は合成力の「モーメント」に等しい [27 節] のであるから、CD と DE との「モーメント」の代数和は ce を以て表はさるゝ力の「モーメント」に等しい。然らば ce を以て表はさるゝ力は構造圖の何れの位置に働くかと云ふに、極線 oe に平行なる PT と oe に平行なる RS との二つの直線の延長線が出逢ふ點 K に働くことは「リンク」多角形なるものゝ性質上明白なことである [44 節 條件第二参照]。即ち CD 及び DE なる二つの力の代はりに K 點に働く ce なる一つの力を置き換へることを得るのである。今 WZ を通り梁に直角なる直線を引き「リンク」多角形と交はる點を I 及び J とし、KH を IJ に直角に書き、断面 WZ に働く屈曲「モーメント」を M_w とすれば、

$$M_w = ce \times KH \dots\dots\dots (c)$$

二つの三角形 KIJ と oec とは相似形で KH と os とは其等の高さであるから、

$$\frac{IJ}{ce} = \frac{KH}{os}$$

或は $ce \times KH = IJ \times os$

此式と (c) 式とを對照し次の結果を得。

$$M_w = IJ \times os$$

即ち断面 WZ に働く屈曲「モーメント」は、WZ の直下に於ける「リンク」多角形の幅 IJ に極距離 os を乗じたるものに等し。

以上二つの理論の結果として次の定理を得。

梁の任意の断面に働く屈曲「モーメント」は其断面の直下に於ける「リンク」多角形の幅に極距離を乗じたるものに等し。

梁は片持梁、兩端支へられたる梁、其他如何なる種類の梁にせよ此定理は常に満足せられるものである。

極の位置が變はらぬ以上は「リンク」多角形の形は變はらぬものであるから、極距離にして一定の大きさである以上は梁の各断面の直下に於ける「リンク」多角形の幅に變はりなき筈である。而して此幅に極距離を乗じたものは其幅に屬する断面の屈曲「モーメント」を與へるのであるから、「リンク」多角形の幅は

屈曲「モーメント」に正比例するものなることは明である。此意味に於て「リンク」多角形を一名屈曲「モーメント」圖と呼ぶ。

129. 屈曲「モーメント」尺、「リンク」多角形一名屈曲「モーメント」圖は構造圖に屬する圖であるから構造圖を書きたる線尺を以て測り、極距離は「ゴクトル」圖に屬するものであるから「ゴクトル」圖を書きたる力尺を以て測り、此等を相乗じたるものは斷面に働く屈曲「モーメント」の値となるのである。

極は如何なる位置に撰むも任意であるが、屈曲「モーメント」を求める場合には極距離が餘り複雑した値であると萬事不便であるから、極距離が成るべく「ポンド」噸などの或る整数を以て與へられる如き位置に極を撰ばねばならぬ。殊に極距離に屈曲「モーメント」圖の幅を乗じ初めて屈曲「モーメント」を得る如き手数を省くために、屈曲「モーメント」圖の幅を測りたるのみにて直ちに屈曲「モーメント」の値を読み得る様な特別な尺度を作れば甚だ便利である。例へば極距離が4「ポンド」で構造圖の縮尺が四十八分の一であるならば、屈曲「モーメント」圖の幅1吋は4呎の長さを示す。依て之れに極距離の4「ポンド」を乗じたるものは屈曲「モーメント」となるのであるか。

ら、屈曲「モーメント」圖の幅1吋は $4^{\text{ポ}} \times 4^{\text{ポ}} = 16^{\text{ポ}} = 16^{\text{ポント}}$ の屈曲「モーメント」を表はすこととなる。即ち茲に幅1吋が $16^{\text{ポ}} = 16^{\text{ポント}}$ の屈曲「モーメント」に等しと云ふ新しき尺度を得た譯である。此尺度を用ゐれば別に極距離を一々乗せずして屈曲「モーメント」圖の幅を測つて直ちに屈曲「モーメント」の値を読み得られるのである。此新しき尺度を屈曲「モーメント」尺と名付く。

屈曲「モーメント」尺は構造圖を書くに用ゐた縮尺(線尺)に力尺にて測つた極距離を乗ずれば得られるのである。例へば構造圖の縮尺を $\frac{1}{4}$ 吋=1呎縮尺四十八分の一とし、極距離を5噸とすれば、

$$\text{屈曲「モーメント」尺} = (\text{線尺}) \times (\text{極距離})$$

故に 屈曲「モーメント」尺、

$$\frac{1}{4} \text{吋} = 1^{\text{ポ}} \times 5^{\text{噸}} = 5^{\text{ポ}} = 5^{\text{ポント}}$$

或は $\frac{1}{2}$ 吋 = $10^{\text{ポ}} = 10^{\text{ポント}}$

又構造圖の縮尺を $\frac{3}{4}$ 吋 = 10呎(縮尺百六十分の一)とし、極距離を10「ポンド」とすれば、

屈曲「モーメント」尺、

$$\frac{3}{4} \text{吋} = 10^{\text{ポ}} \times 10^{\text{ポ}} = 100^{\text{ポ}} = 100^{\text{ポント}}$$

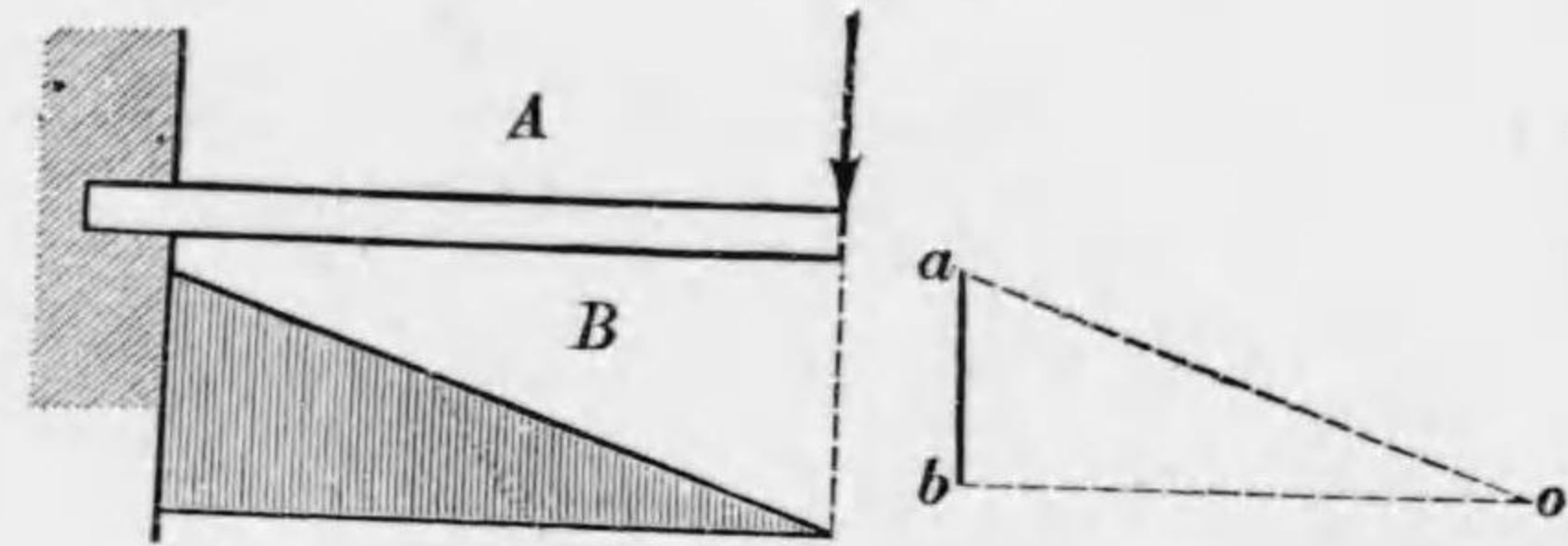
即ち $\frac{3}{4}$ 吋 = $100^{\text{ポ}} = 100^{\text{ポント}}$

都合よき屈曲「モーメント」尺を得んには極距離が成るべく1, 5, 10, 50, 100, 「ポンド」噸等の如き値になる様に極を撰ばねばならぬ。

例一、自由端に一個の集中荷物を受くる片持梁の屈曲「モーメント」圖を書け。

解、空間をA, Bと命じ、集中荷物ABに等しく

第二百圖



適當の力尺を以て「ゴクトル」
abを書き、極を

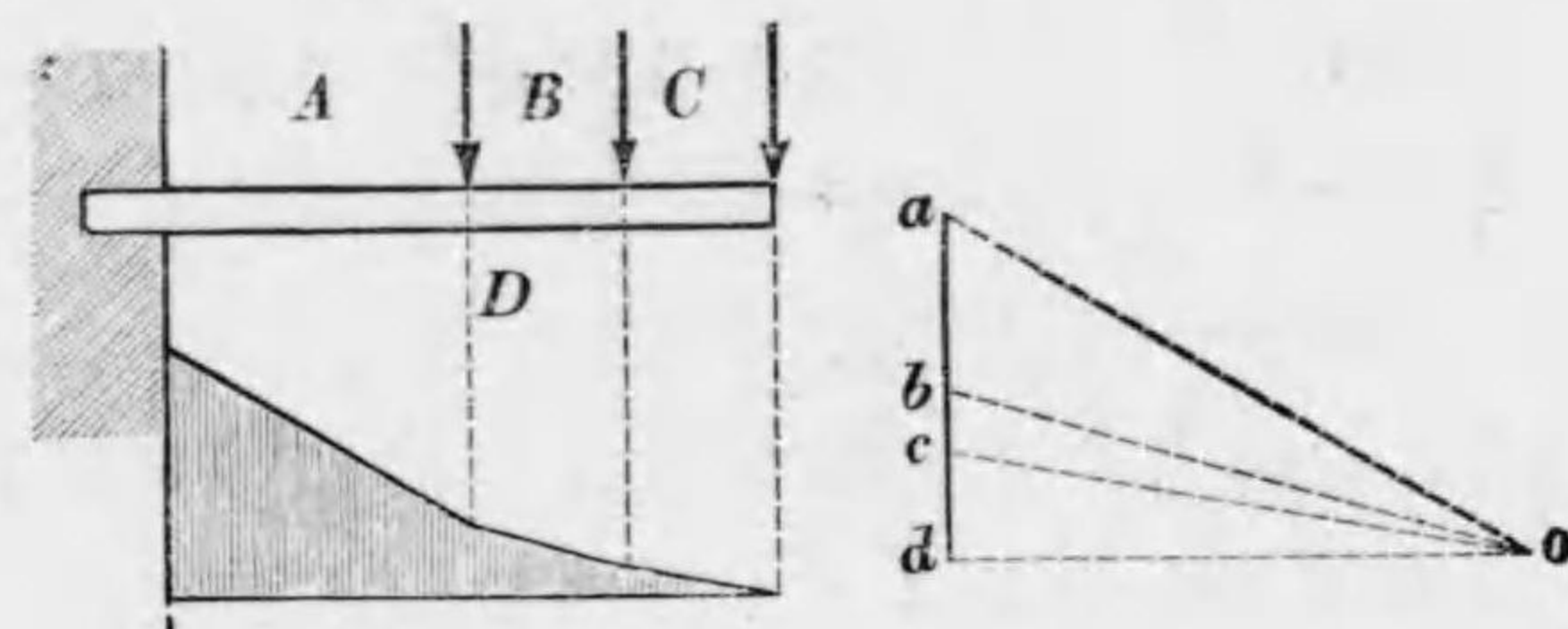
oとして極線oa, obを引き、是等に平行に「リンク」多角形を書く(第二百圖)。

(附言) 片持梁の屈曲「モーメント」圖を書く場合には、極距離が極線obと一致する様に極の位置を定むる時は製圖上甚だ便利である。本圖は其一例である。學者宜しく適當の線尺と力尺とを以て實際に製圖して見よ。

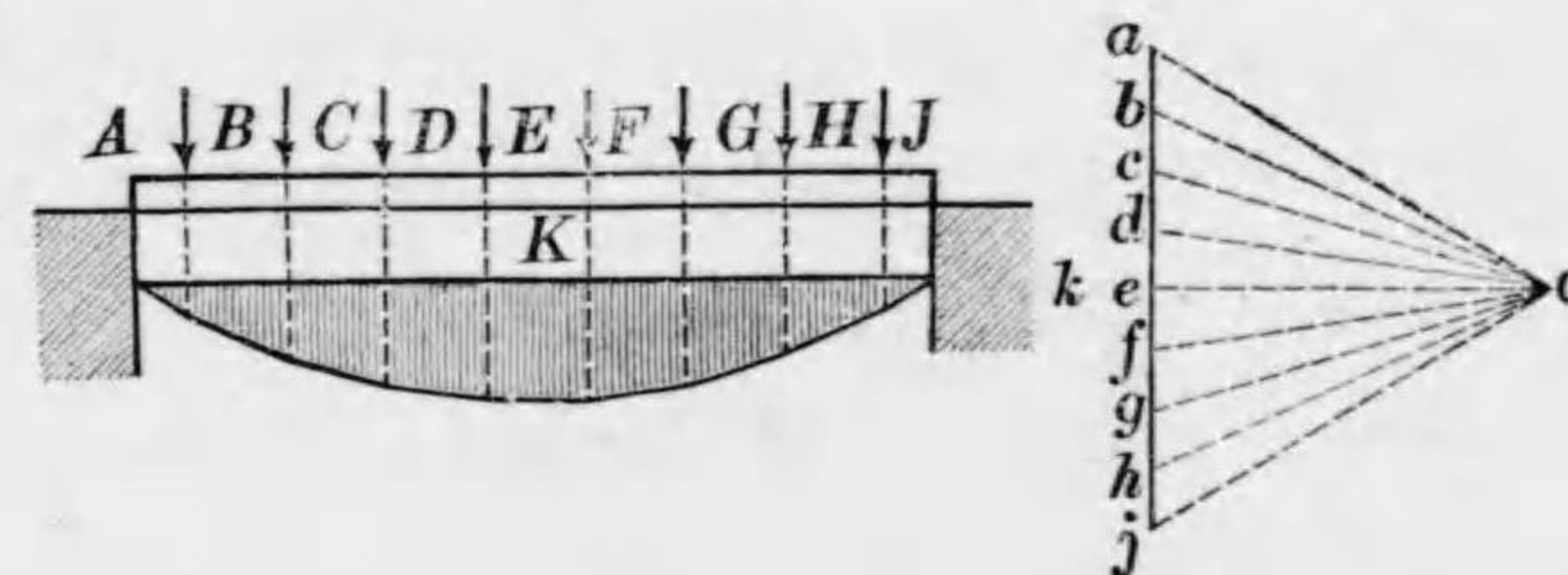
例二及び例三、第二百一圖は多數の集中荷物のある片持梁の屈曲「モーメント」圖で、第二百二圖

は多數の等しき大きさの集中荷物が等距離に散在せる兩端支へられたる梁の屈曲「モーメント」圖である。

第二百一圖



第二百二圖



130. 散布荷物の場合の屈曲「モーメント」圖、第二百二圖に示す梁の荷物の數が無限に多くなり、荷物が梁の上に一樣に散布せらるゝ所謂散布荷物になれば、屈曲「モーメント」圖の一方の邊は理論上拋物線となる。又此等の散布荷物が悉く梁の中央に集中荷物となつて集中して居ると假定したる時の梁の中央の屈曲「モーメント」は公式(103)により、

$$M_0 = \frac{Pl}{4}$$

であるが、散布荷物とすれば公式(106)により、

$$M = \frac{Pl}{8}$$

である。夫故に散布荷物の場合の梁の中央の屈曲「モーメント」は荷物の全量が梁の中央に集中荷物となつて集中して居ると見做した場合の屈曲「モーメント」の二分の一である。

同様に片持梁に於ては第二一圖に示す同じ大きさの荷物の数が無限に多くなつて散布荷物となれば、屈曲「モーメント」圖の一方の邊は理論上拋物線となる。又此散布荷物の全量が集中荷物となつて梁の自由端に存在して居ると假定したる時の固定端の屈曲「モーメント」は公式(95)により、

$$M_0 = Pl$$

であるが、散布荷物とすれば公式(97)により、

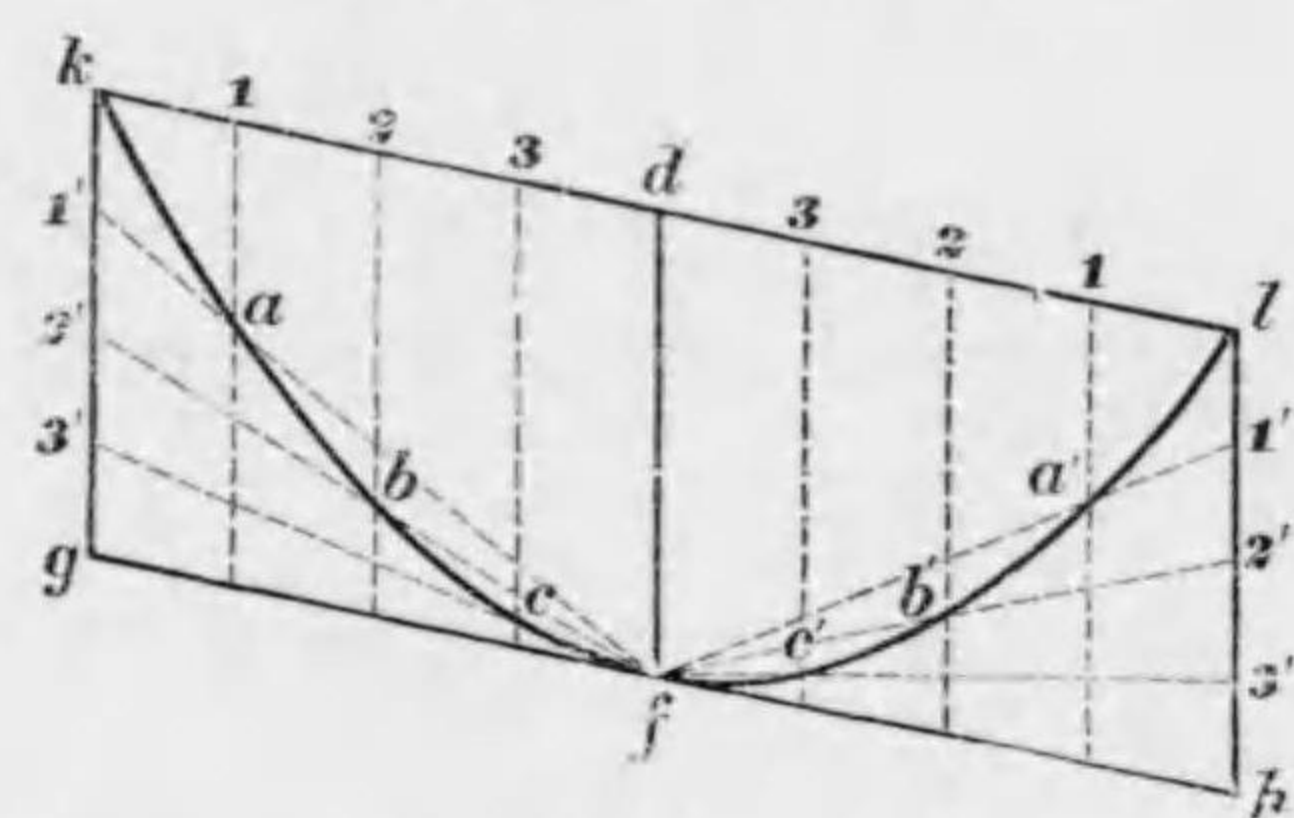
$$M_0 = \frac{Pl}{2}$$

である。夫故に散布荷物の場合の固定端の屈曲「モーメント」は荷物の全量が梁の自由端に集中荷物となつて存在して居ると見做した場合の屈曲「モーメント」の二分の一である。

以上の理論を基礎として散布荷物の場合の梁の屈曲「モーメント」圖を書くことが出来る。

拋物線を書く便利な方法は、例へば第二百三圖に

第二百三圖



於て、 k, f, l なる三點を通る拋物線を書くには、 k, g, f, h, l なる平行四邊形又は長方形を書き、 kd を g, f に等しく取り、

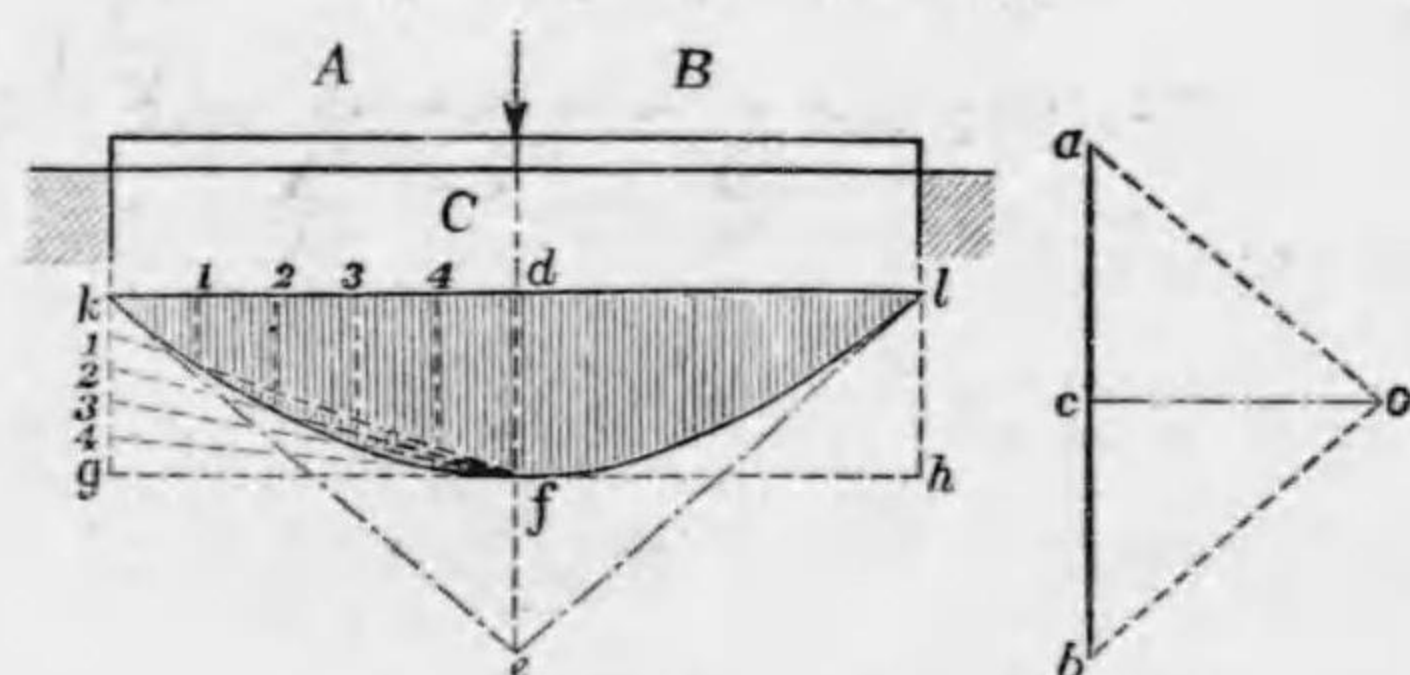
之を任意の數例へば1, 2, 3に於て四等分し次に kg を之れと等數に等分し其分點を $1', 2', 3'$ とし、此等と f とを結ぶ直線 $1'f, 2'f, 3'f$ を引き、次に1, 2, 3を通り kg に平行なる直線が順次に $1'f, 2'f, 3'f$ と出逢ふ點 a, b, c を求め、然る時に k, a, b, c, f を雲形定木を以て滑かに結び付ける曲線を書けば、其曲線は所要の拋物線の一部である。同様な方法を以て他の一部に a', b', c' なる點を求め、此等を結び付ける曲線を書けば、所要の拋物線を得るのである。實際の圖面を書くに當り等分する數の多き程眞正の拋物線に益々近付くものであるから、其心して成るべく等分點を多くするを宜しとす。

散布荷物と集中荷物とが同時に存在する場合の屈曲「モーメント」圖は散布荷物のみの屈曲「モーメン

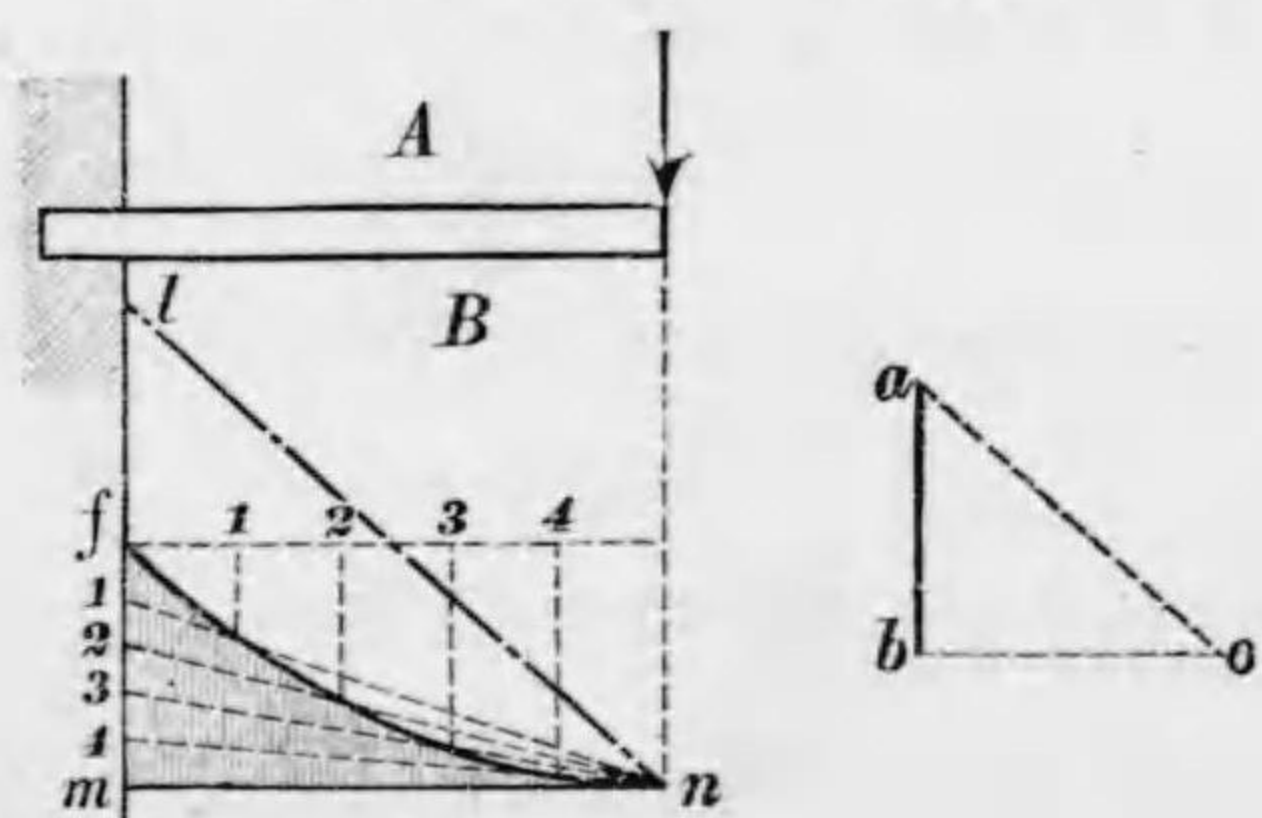
ト」圖と、集中荷物のみの屈曲「モーメント」圖との合成である。つまり此等の屈曲「モーメント」圖の幅の和が断面の屈曲「モーメント」を與へるのであるから、此場合には此等二種の屈曲「モーメント」圖を別々に書き、各々の圖の幅の和になる如き位置に組み合はせたる圖を書けば所要の圖となるのである。屈曲「モーメント」圖は圖の幅に變はりなき以上は如何なる形にても敢て差支なきものである。

例一、 散布荷物を受くる兩端支へられたる梁の屈曲「モーメント」圖を書け。

第 二 百 四 圖



第 二 百 五 圖



解、 散布荷物が悉く梁の中央に集中せるものと見做して屈曲「モーメント」圖 $keld$ を書き、 de を f にて二等分し、 k, f, l を通る拋物線を書けば $kfld$ は所要の屈曲「モーメント」圖

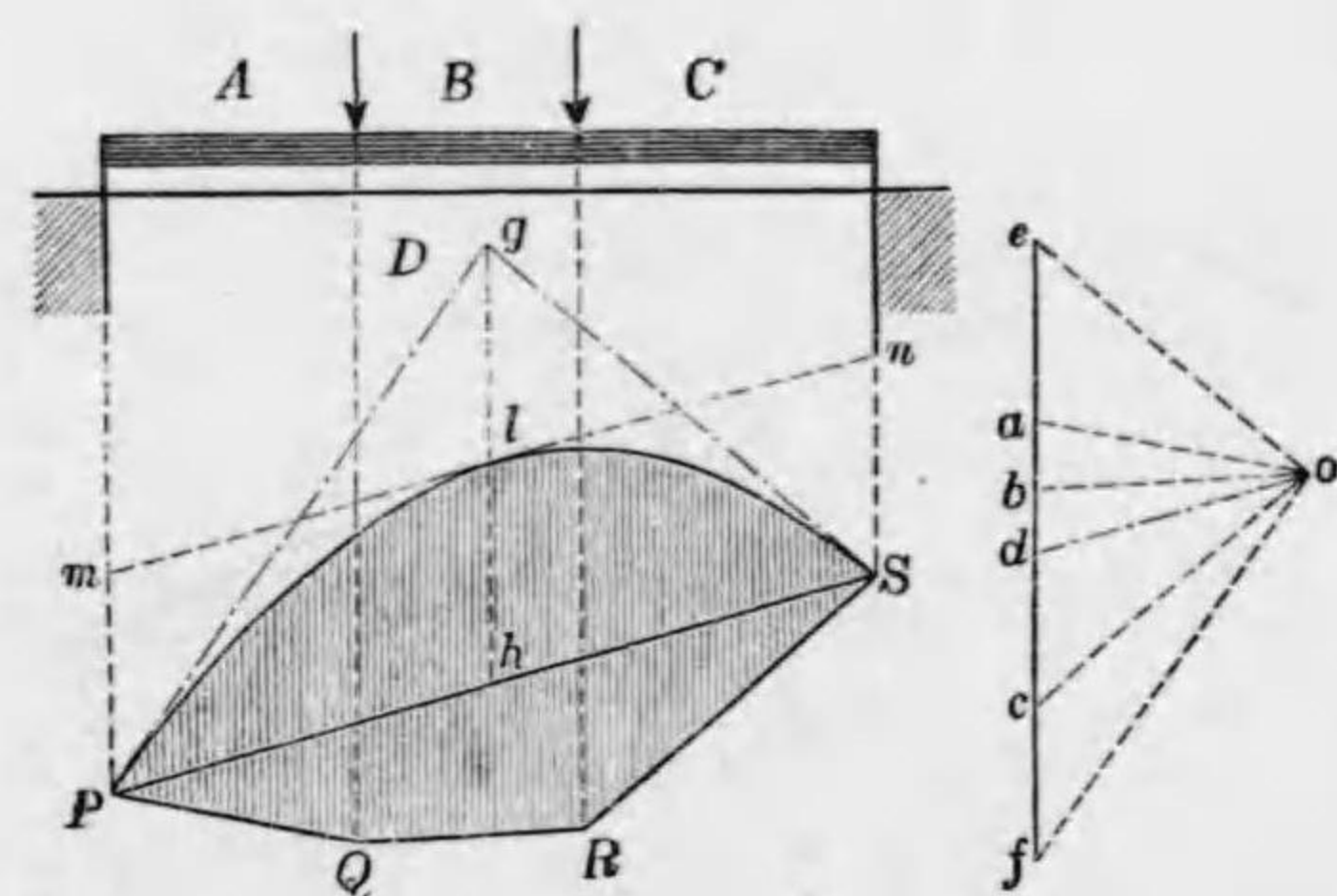
である(第二百四圖)。

例二、 散布荷物を受くる片持梁の屈曲「モーメント」圖を書け。

解、 散布荷物が悉く梁の自由端に集中せるものと見做して屈曲「モーメント」圖 lmn を書き、 lm を f にて二等分し、 fn を通る拋物線を書けば fnm は所要の屈曲「モーメント」圖である(第二百五圖)。

例三、 散布荷物と集中荷物とを同時に受くる兩端支へられたる梁の屈曲「モーメント」圖を書け。

第 二 百 六 圖

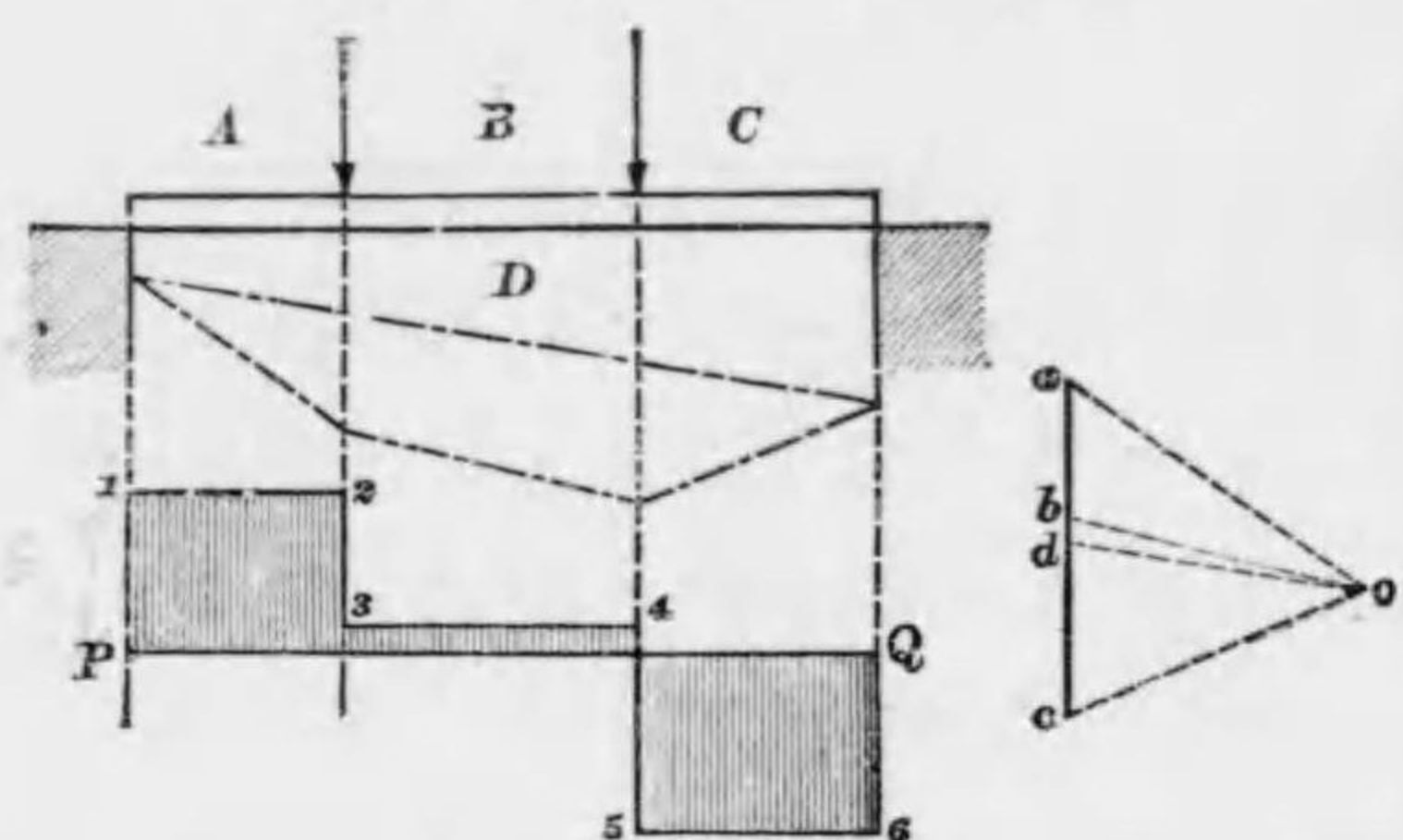


解、 集中荷物のみの屈曲「モーメント」圖 PQ RS を書き、次に之れと反対の側に散布荷物のみの屈曲「モーメント」圖

PlS を書けば $PQRS$ は所要の屈曲「モーメント」圖である。但し「エクトル」圖に於て ef は散布荷物の全量を示す「エクトル」で、 $fd=de$ なる様に書いたものである(第二百六圖)。

131. 圖法力學により剪斷力を求めること、任

第二百七圖



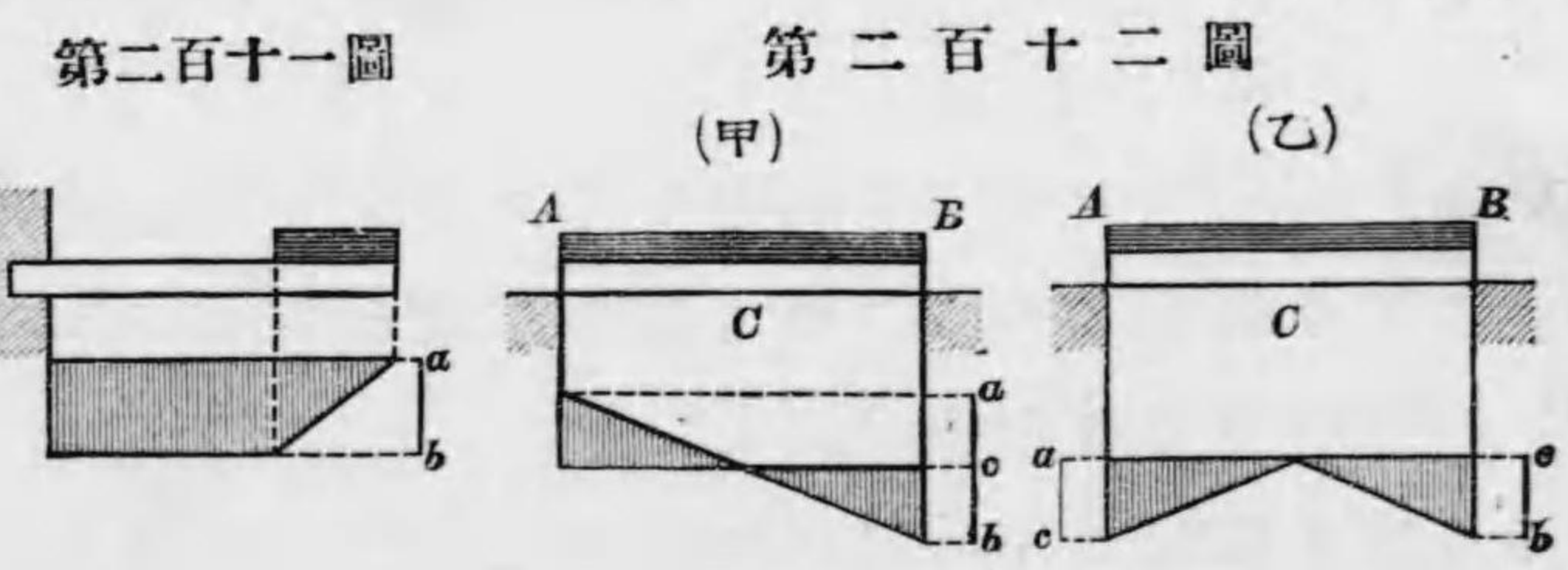
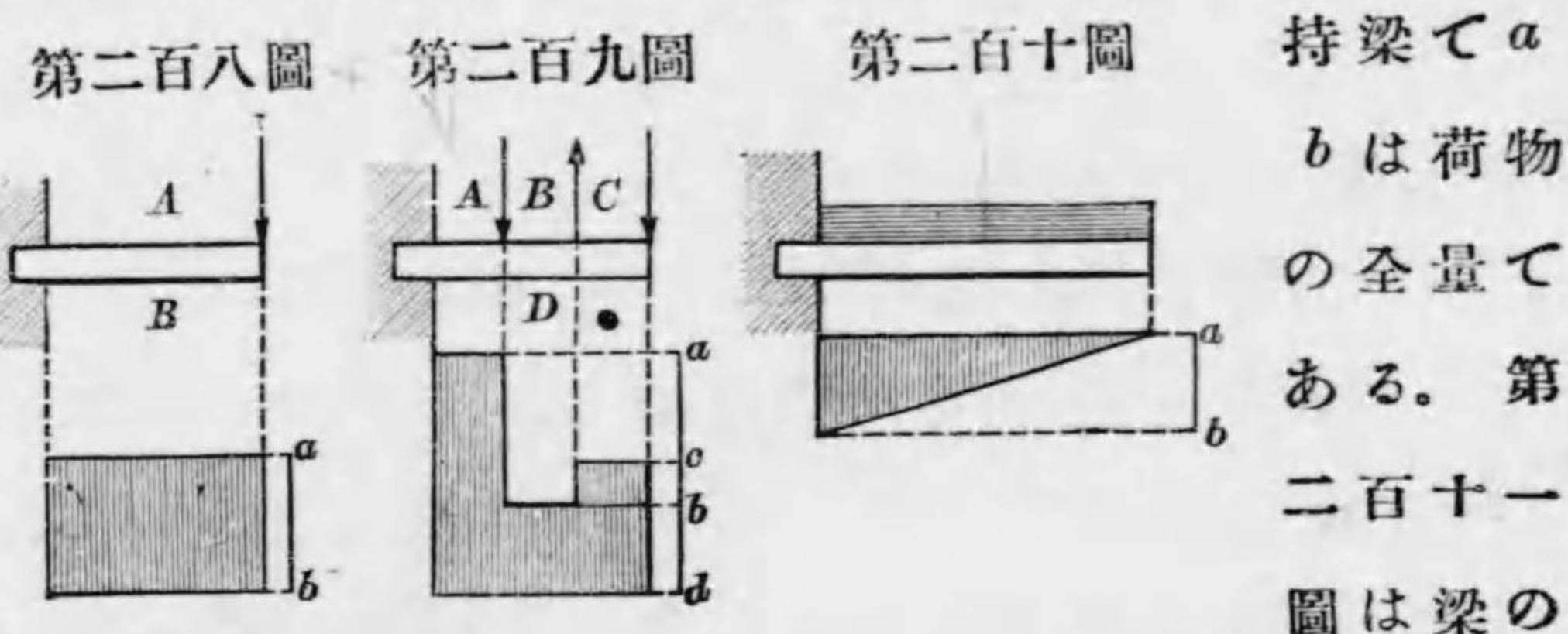
意の梁の任意の断面に働く剪斷力は其断面の右又は左何れか一方に作用する外力の代數和

に等しい [67 節] のであるから、例へば第二百七圖に示す梁に於いては A なる空間に屬する梁の總ての断面に働く剪斷力は DA 即ち da で、B なる空間に屬する断面に働く剪斷力は $DA+AB$ 即ち $da+ab=db$ で、C なる空間に屬する断面に働く剪斷力は $DA+AB+BC$ 即ち $da+ab+bc=dc$ であるから、之を圖に書くには梁の直下の適當なる位置に PQ なる一線を書き、P1 を da に等しく取りて 1-2 なる直線を PQ に平行に引き、次に 2-3 を ab に等しく取りて 3-4 を PQ に平行に引き、次に 4-5 を bc に等しく取りて 5-6 を PQ に平行に書けば P1-2-3-4-5-6Q なる圖を得。任意の断面に働く剪斷力は其断面の直下に於ける此圖の幅を以て表はさるゝは明瞭である。依て此圖を剪斷

力圖と云ふ。

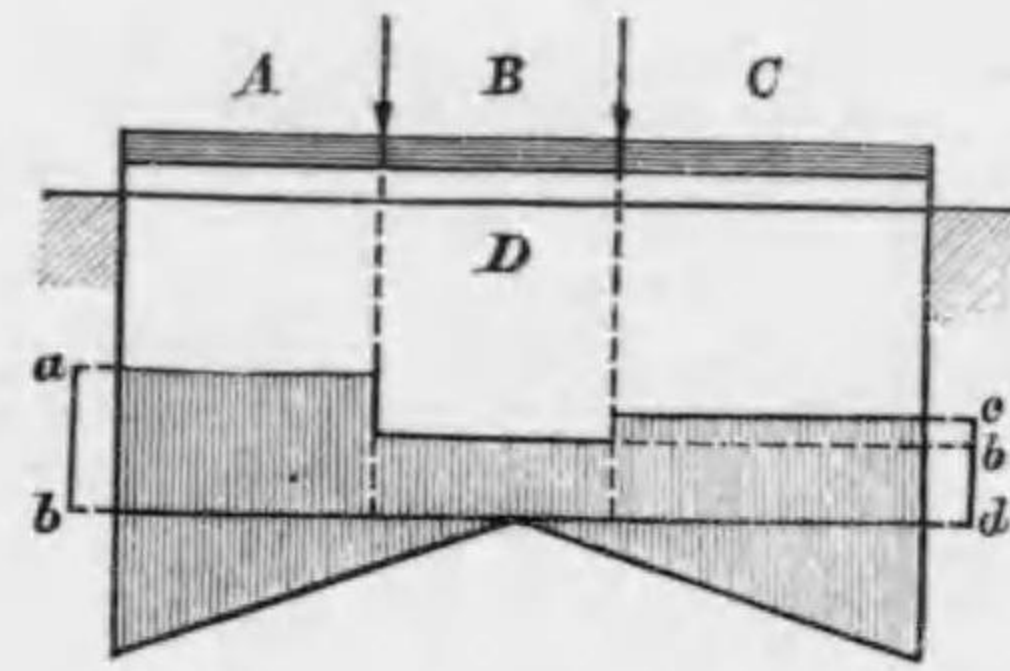
散布荷物の場合には AB, BC 等の外力が連続して無數に存在するのであるから、1, 2, 3, 4, 5, 6 なる諸點は連続して一の直線を形作ることは明である。又散布荷物と集中荷物とが同時に存在する場合には、同じ場合の屈曲「モーメント」圖を書くと同じ心得にて求め得られるのである。尚ほ次の例によりて詳細を知られやう。

第二百八圖は自由端に一個の集中荷物を受くる片持梁、第二百九圖は三個の圖に示す如き集中荷物を受くる片持梁、第二百十圖は散布荷物を受くる片持梁で a



b は荷物の全量である。第二百十一圖は梁の

第二百十三圖



一部に散布荷物を受くる片持梁で ab は荷物の全量である。第二百十二圖は散布荷物を受くる兩端支へられたる梁の剪斷力圖で、(甲)圖の如く畫くも(乙)圖の如く畫くも差支ない。 ab は荷物の全量、 bc と ca とは其二分の一である。第二百十三圖は散布荷物と集中荷物とを同時に受ける兩端支へられたる梁の剪斷力圖である

第十一章 問題

(總て圖法力學によりて解くべし)

1. 支點間の距離15呎の兩端支へられたる梁の一端より6呎を距る點に25噸の荷物を置きたる時其最大屈曲「モーメント」と梁の中央の屈曲「モーメント」とを求む。
2. 全量15噸の散布荷物を受くる支點間の距離20呎なる兩端支へられたる梁の屈曲「モーメント」圖と剪斷力圖とを畫け。
3. 長さ10呎の片持梁の固定端より遠き半面上に

長さ1呎につき3「ポンド」の散布荷物あり。此者の剪斷力圖を畫き、更に固定端に働く剪斷力を求む。

4. 長さ11呎6吋の片持梁の固定端より夫々3呎10吋、7呎8吋及び11呎6吋を距る點に順次に5、6及び2噸の荷物あり。梁の中央に働く屈曲「モーメント」と剪斷力とを求む。
5. 支點間の距離18呎にして全量20噸の散布荷物を受くる兩端支へられたる梁の屈曲「モーメント」圖と剪斷力圖とを畫け。
6. 第二編第五章第三項第一目問題1, 2, 3及び4を圖法力學に據て解け。
7. 第二編第五章第三項第三目問題1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 及び11を圖法力學に據て解け。

機械學問題の答

第一編 力學

第一章 (15 ページ)

- (1) $88^{\text{kg}}/\text{分}$; $1.47^{\text{kg}}/\text{秒}$; $101^{\text{kg}}/\text{分}$; $1.69^{\text{kg}}/\text{秒}$
 (2) $131^{\text{kg}}/\text{秒}$ (3) $981^{\text{kg}}/(\text{秒})^2$
 (4) $0.306^{\text{kg}}/(\text{秒})^2$ (5) 5.5^{kg} ; 121^{kg}
 (6) $21.6^{\text{kg}}/\text{秒}$; 2.88^{kg} (7) $0.049^{\text{kg}}/(\text{秒})^2$
 (8) 3.05^{kg} (9) $4.19^{\text{kg}}/\text{分}$; $10.5^{\text{kg}}/\text{秒}$
 (10) $35.2^{\text{kg}}/\text{分}$ (11) $-2.58^{\text{kg}}/(\text{秒})^2$
 (12) 135^{kg} ; 1.5^{kg}

第二章 (27 ページ)

- (1) 1.56^{kg} (2) $1^{\text{kg}}25^{\text{kg}}$
 (3) $9,800^{\text{kg}}$ (4) 45.3^{kg}
 (5) $4,720^{\text{kg}}$ (6) $23.4^{\text{kg}}/\text{秒}$
 (7) 960^{kg} (8) 17.5^{kg}

第三章 (48 ページ)

- (1) 6.18^{kg} ; 19^{kg}
 (2) 16.2^{kg} ; 10^{kg} の力と $14.18'$ の角をなす方向、
 (3) $405^{\text{kg}}/\text{秒}$; $294^{\text{kg}}/\text{秒}$
 (4) $12.6^{\text{kg}}/\text{分}$; 北より東に傾くこと $9^{\circ}55'$
 (5) 19.5^{kg} (6) 2.59^{kg}

- (7) $5.04^{\text{kg}}/\text{分}$
 (8) $10.8^{\text{kg}}/\text{分}$; 東より北に傾くこと $21^{\circ}48'$
 (9) 154^{kg} (10) 126^{kg}

第四章 (71 ページ)

- (1) 400^{kg} (2) 20.4^{kg}
 (3) 81.5^{kg} (4) 60.8^{kg}
 (5) 15^{kg} (6) $9^{\text{kg}}40^{\text{kg}}$
 (7) 57.1^{kg} (8) $3,280^{\text{kg}}$
 (9) $6,570^{\text{kg}}$ (10) 12.8^{kg}
 (11) $12,400,000^{\text{kg}}$ (12) 27.8^{kg}
 (14) 7.72^{kg}

第五章 (104 ページ)

- (1) 左方支柱 11.4^{kg} ; 右方支柱 10.6^{kg}
 (2) 4.2^{kg} ; 5.8^{kg} (3) 980^{kg}
 (4) 8^{kg} の重量を距る 2.33^{kg}
 (5) 54^{kg} (6) 261^{kg}
 (7) 15.3^{kg} ; 8.25^{kg} (8) 一端より 5.74^{kg}
 (9) 壁の反働力 3.44^{kg} ; 地面の反働力 40.8^{kg} ;
 地面の反働力は水平面と約 78°
 (10) 二つの底邊の中點を結ぶ直線上に於て長さ
 底邊より $\frac{h}{3} \left(\frac{b+2b'}{b+b'} \right)$ の距離
 (11) OX を距る上方 3.71^{kg} , OY を距る右方 2.36^{kg} の點

第六章 (128 ページ)

- (1) $8^{\circ} 8'$ (2) 0.291
 (3) $3.46^{\text{キロワット}}$ (4) $179^{\text{馬力}}$
 (5) $3,820^{\text{キロワット}}$; 0.387 (6) $374^{\text{キロワット}}$
 (7) $30^{\text{キロワット}}$; $67.2^{\text{キロワット}}$ (8) $28.3^{\text{キロワット}}$; $44.8^{\text{キロワット}}$
 (9) $5^{\text{キロワット}}$; $40^{\text{キロワット}}$ (10) $5^{\text{キロワット}}$

第七章 (142 ページ)

- (1) $68.5^{\text{分}}/分$ (2) $3,050^{\text{分}}$
 (3) $20^{\text{分}}/時$ (4) 52.5°
 (5) $66.4^{\text{分}}/分$ (6) 61°

第八章 (167 ページ)

- (1) BCの糸には $10.8^{\text{キロワット}}$; ABの糸には $14.4^{\text{キロワット}}$
 (2) $156^{\text{キロワット}}$
 (3) CA, $34.6^{\text{キロワット}}$, 引張り棒; BC, $69.3^{\text{キロワット}}$, 突張り棒;
 PとQとは各 $34.6^{\text{キロワット}}$
 (4) AB, $1.25^{\text{キロワット}}$; BC, $0.75^{\text{キロワット}}$; 何れも点の方に向く、
 (5) $4.5^{\text{分}}$; $10.5^{\text{分}}$ (6) $2.23^{\text{分}}$; $2.26^{\text{分}}$
 (7) 一端より $1^{\text{分}}$ (8) $14.25^{\text{分}}$; $11.75^{\text{分}}$

第二編 材料及構造強弱學

第三章 (203 ページ)

- (1) $1.67^{\text{平方時}}$; $1\frac{1}{2}$ 時; $1\frac{5}{16}$ 時; $2\frac{1}{4}$ 時

- (2) $1,400^{\text{キロワット}}/平方時$; 5 (3) $\frac{29}{32}$ 時
 (4) $30^{\text{分}}$ (5) $0.0736^{\text{分}}$
 (6) $3.23^{\text{分}}$ (7) $1\frac{3}{8}$ 時
 (8) $29,000,000^{\text{キロワット}}/平方時$ 或は $13,000^{\text{分}}/平方時$
 (9) $17,100,000^{\text{キロワット}}/平方時$ (10) 長さ1呎につき $0.0018^{\text{分}}$

第四章 (215 ページ)

- (1) 鉋は 14.1 噸にて破壊し板は 18 噸にて破壊する
 故に、此接手は 14.1 噸にて破壊す。
 (2) 目釘と棒との直径の比は 0.79 と 1 の比
 (3) $b = \frac{3}{4}$ 吋; $h = \frac{3}{8}$ 吋

第五章

第一項 (254 ページ)

- (1) $I_x = 2,580$ (吋單位); $Z_x = 339$ (吋單位)
 (2) 405 (吋單位); 195 (吋單位)
 (3) 290 (吋單位); 58 (吋單位)
 (4) 117 (吋單位); 29.3 (吋單位)
 (5) 43.6 (呎單位)
 (6) $I = \frac{(b^2 + 4bb' + b'^2)h^3}{36(b+b')}$; $Z = \frac{(b^2 + 4bb' + b'^2)h^2}{12(2b+b')}$;
 $Z' = \frac{(b^2 + 4bb' + b'^2)h^2}{12(b+2b')}$

第二項 (261 ページ)

- (1) $938^{\text{分}}$ (2) $253^{\text{分}}$

- (3) 111° (4) $270^\circ 10'$

第三項

第一目 (271 ページ)

- (1) 222° (2) 216° (3) 400° (4) $1,440^\circ$
 (5) $1'2''$ (6) 24° (7) $9,000^\circ$ (8) 6°

第三目 (294 ページ)

- (1) 100° (2) 50°
 (3) 6° と 5° との重量を載せたる間の總ての断面; 66°
 (4) $2,880^\circ$; 左端より 24 呎を距る断面
 (5) 72° ; 左端より 12 呎を距る断面
 (6) 81° ; 右端より 9 呎を距る断面
 (7) 160° ; 左端より 14 呎を距る断面
 (8) $1,160^\circ$; 左端より 34 呎を距る断面
 (9) 8° ; $9'75''$; 左端より 6 呎を距る断面
 (10) 左方支柱より 11 呎を距る断面; $88'1''$; 87°
 (11) $5,100^\circ$ (12) $3'38''$
 (13) $1'13''$ (14) 350° 或は $29'2''$
 (15) $3\frac{1}{2}$ 吋 (16) 12°
 (17) $21,800^\circ$ (18) $1,470^\circ$; 610°

- (19) 46 と 1 との比、即ち I 字形に置く時は I 字形に置く時の 46 倍の強力あり。

第六章 (315 ページ)

- (1) $72'8''$ (2) $4^\circ 6'6''$
 (3) 989° (4) 354°
 (5) 324° (6) $\frac{1}{2}$ 吋
 (7) $9\frac{1}{2}$ 吋 (8) $9\frac{1}{4}$ 吋

第七章 (331 ページ)

- (1) $2,380^\circ$ (2) 8°
 (3) $14\frac{9}{16}$ 吋 (4) 15° ; $8\frac{1}{2}$ 吋
 (5) $8,890^\circ$ (6) $2'39''$
 (7) $1'05''$
 (8) 鍊鐵軸の強力を 32 とすれば鋼軸の強力は 45, 即ち鋼軸は鍊鐵軸に對し約 $1\frac{1}{2}$ 倍強し。
 (9) $1'31''$ (10) $8^\circ 6''$
 (11) $2'27''$ (12) $47,800^\circ$; $3'43''$
 (13) $1'92''$

第八章

第一項 (336 ページ)

- (1) $11,200^\circ$; $8,760^\circ$
 (2) 804° (3) $1'93''$

第二項 (340ページ)

- (1) $6,370 \frac{\text{ポンド}}{\text{平方吋}}$ (2) $14 \frac{5}{8}$ 吋
 (3) $15 \frac{5}{8}$ 吋 ; $9 \frac{3}{8}$ 吋 (4) $7 \frac{1}{4}$ 吋

第九章 (346ページ)

- (1) $0.2^{\text{吋}}$ (2) $9,600 \frac{\text{ポンド}}{\text{平方吋}}$; $4,800 \frac{\text{ポンド}}{\text{平方吋}}$
 (3) $0.0333^{\text{吋}}$ (4) 毎平方吋 $173 \frac{\text{ポンド}}{\text{平方吋}}$
 (5) $1,000 \frac{\text{ポンド}}{\text{平方吋}}$ (6) 毎平方吋 $800 \frac{\text{ポンド}}{\text{平方吋}}$

第十一章 (370ページ)

- (1) $9 \frac{\text{ポンド}}{\text{平方吋}}$; $7.5 \frac{\text{ポンド}}{\text{平方吋}}$ (3) $15 \frac{\text{ポンド}}{\text{平方吋}}$
 (4) $23 \frac{\text{ポンド}}{\text{平方吋}}$; $8 \frac{\text{ポンド}}{\text{平方吋}}$

答 終

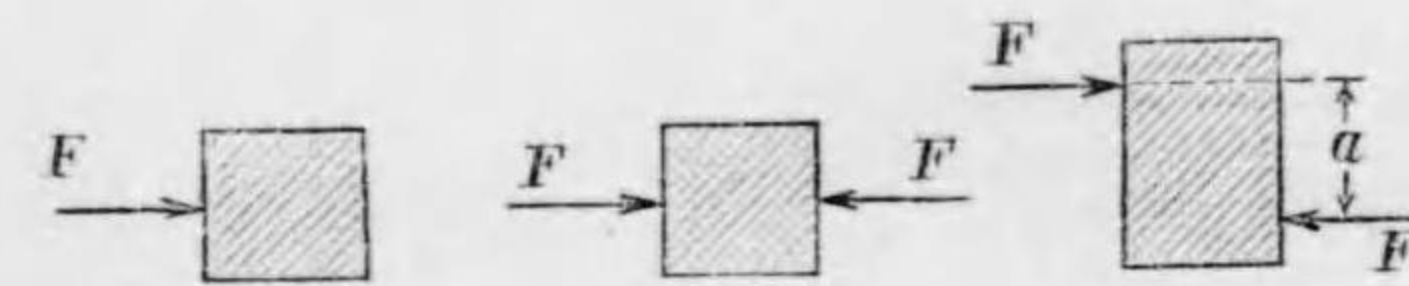
増 補

力 學 の 部

1. 偶力 (Couple) 物體に力 F が第一圖(甲)に示す如く働く時は此の物體は力の方向に運動を起す。然し同圖(乙)に示す如く等しく且つ反對なる二力 F, F が同時に一物體の兩側から同一直線上に働く時は此の物體は運動を起すことはない。又同圖(丙)に示

第 一 圖

(甲) (乙) (丙)

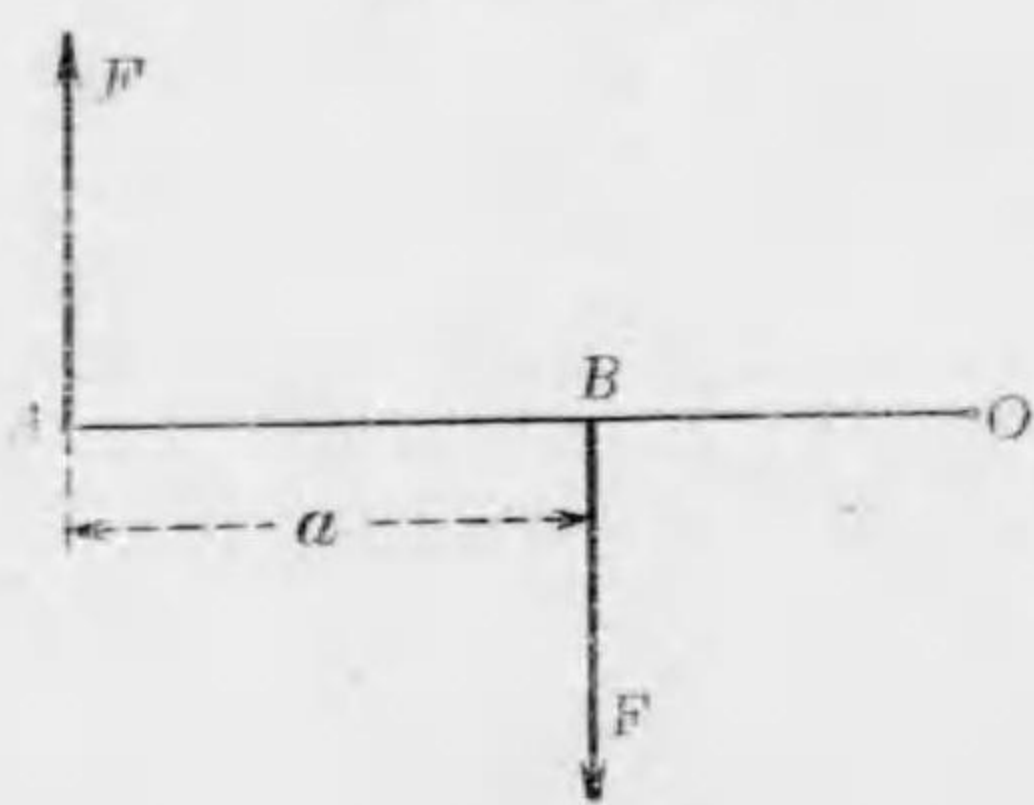


す如く等しく且つ反對なる二力 F, F が同時に一物體の兩側より働き然かも同一直線上に在らずして平行に働く時は此の物體は(甲圖の場合の如き運動は起さないが、回轉の運動を起すことは明瞭である。即ち(甲圖の場合の運動は物體の回轉が少しも起らぬ運動で斯かる運動を移動 (Translation) と云ひ、(丙圖

の場合の運動は移動の伴はぬ純粹の回轉運動 (Rotation) である。而して(丙)圖に示す如き等しき且つ反對なる而して同一直線上に在らざる二力を偶力 (Couple) と呼び、二力間の垂直距離 a を偶力の腕 (Arm of a couple) と云ふ。

今第二圖に於て、一物體に等しき且つ反對なる而して同一直線上に在らざる二力 F, F が働きて偶力を形作り、此の偶力のために物體は移動の伴はぬ純粹の回轉運動を起せるものと考へる。倍て任意の

第二圖



點 O に對して此等の二力の「モーメント」を取れば、右廻はりせんとする「モーメント」は $F \times OA$ で左廻はりせんとする「モーメント」は $F \times OB$ であるから、

結局此の物體の回轉する「モーメント」即ち偶力によりて起る純粹の回轉運動の「モーメント」は

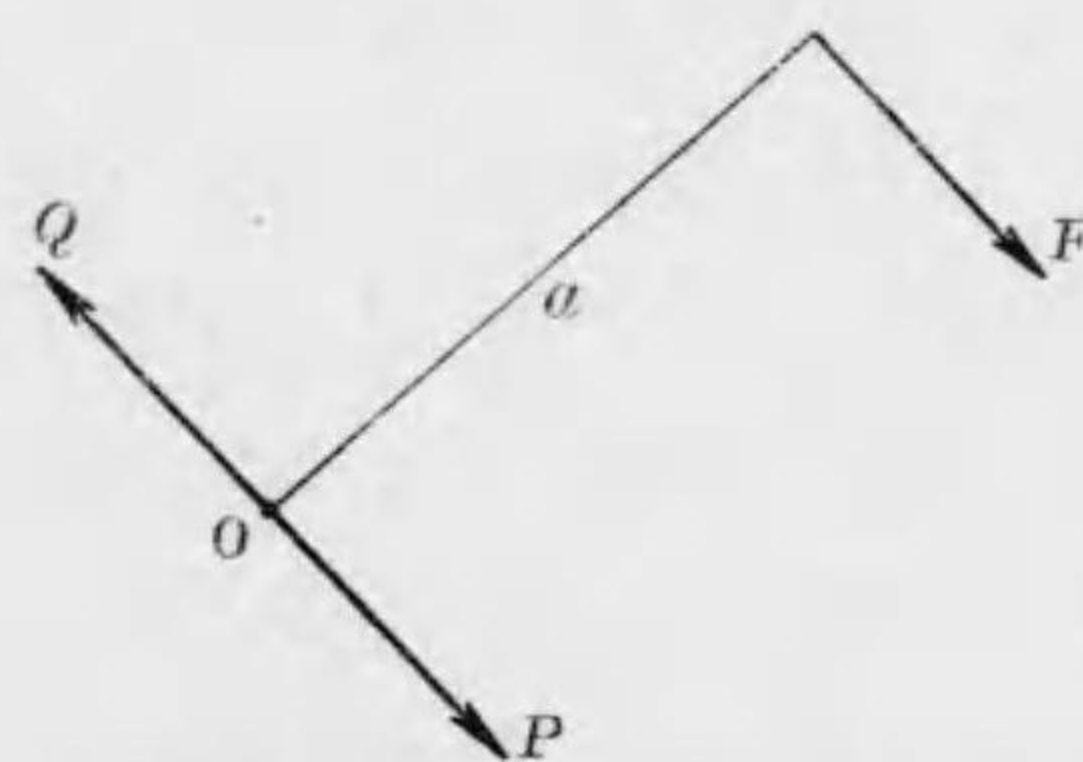
$$\begin{aligned} F \times OA - F \times OB &= F \times (OA - OB) \\ &= F \times AB = Fa \end{aligned}$$

である。此の結果は偶力によりて起る回轉運動の「モーメント」は力 F と腕の長さ a との相乗積に等し

く、 O 點の位置に無關係なることを示せるものである。つまり偶力の「モーメント」(Moment of a couple) は單に Fa なる値を以て表はされる。而して偶力の大小は常に偶力の「モーメント」の大小を以て表示せらるゝのである。

第三圖に於て物體の或る點に力 F が働けるものと考へる。今此の力のために物體は力の方向に運動を起す。而して此の運動を或る他の任意の點 O

第三圖



の周はりの運動と見做して研究せんに、 O に於て F に等しく且つ反對なる二力 P, Q を働かしたと考へる。 P, Q 二力は等しく且つ反對であるから此

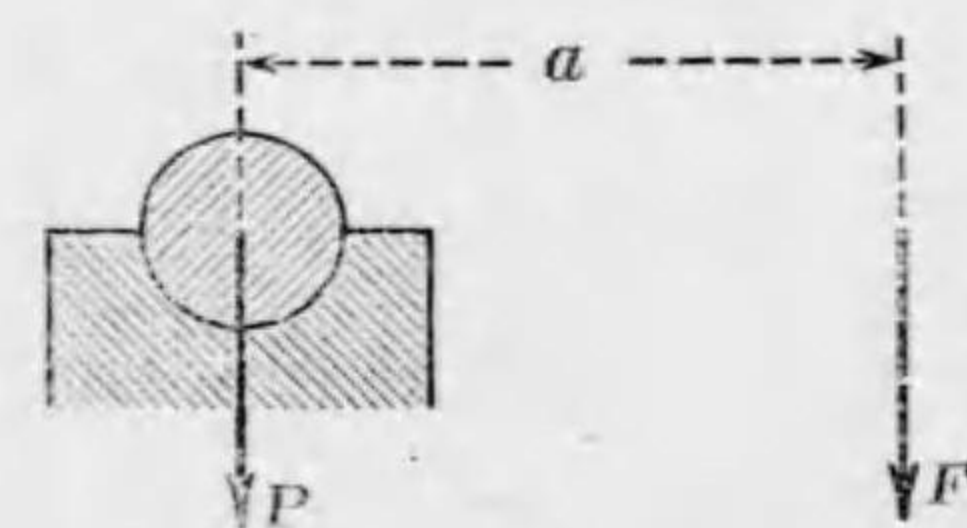
等の二力を働かしたと否とは物體の運動の形狀に少しの影響をも與へぬことは明白である。故に此等の二力を餘分に働かしたと考へても敢て差支はない。然る時は F と Q とは Fa なる「モーメント」の偶力を形作り、 P は F に等しき孤立の力となる。仍て次の定理を得る。

或る點に働く力は或る他の點に働く等しき力

と偶力とを以て置き換ふることを得。

力の「モーメント」と云ふのは凡て偶力の「モーメント」のことである。何となれば第三圖に於て力 F の O 點に對する「モーメント」が Fa であると云ふことは、 O 點に F に等しき且つ反對なる二力 P, Q を働かしたと考へて、 O 點に對して三力 P, Q, F の「モーメント」を取れば P と Q との「モーメント」は共に零となり、 F の「モーメント」 Fa のみが残る。是れつまり偶力の「モーメント」である。而して力 P は物體に移動を與へ、偶力 Fa は物體に回轉運動を與へる。故に O 點の運動は移動と回轉運動との合成の運動である。而して移動を妨げる時は物體に壓力を及ぼす。例へば第四圖に於て軸承によりて支へられたる軸を「モーメント」 Fa を以て回轉する時には軸は F に等しき力

第四圖



P を以て軸承面上に壓せらるゝのである。凡て斯くの如く「モーメント」と云ふことは偶力の「モーメント」と云ふこと

であつて、上の定理は應用の實例多き重要な定理の一である。

2. 「モーメント」の「ベクトル」算法 (Vector Calculation)

of Moments) 「モーメント」とは力と距離との相乗積である。然るに力は「ベクトル」量で距離は線數量である。随つて「モーメント」は「ベクトル」量であるから、「ベクトル」算法を應用して「モーメント」に關する種々の計算をなすことが出来る。前節に述べた如く力の「モーメント」と云ふことは凡て偶力の「モーメント」のことであるから、「モーメント」の「ベクトル」算法と云ふことは偶力の「ベクトル」算法と云ふことである。

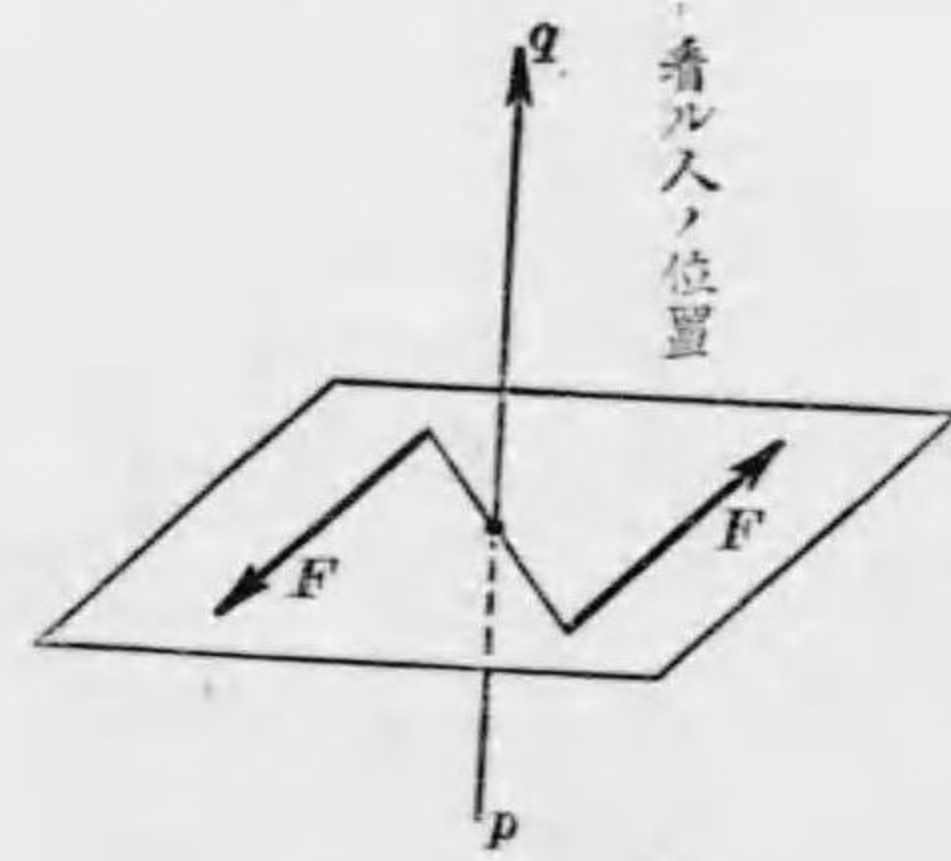
偕て偶力には右廻はりの偶力と左廻はりの偶力とがあるから、此等を區別するに數學的に正負の符號を以てする。而して此の符號は何れを正とし何れを負とするも場合場合に應じて適當に選定すれば差支ないが、煩雜を避くるために世間一般の風習に従ひ、姑く左廻はりの「モーメント」を正號の「モーメント」とし、右廻はりの「モーメント」を負號の「モーメント」と定むることにしやう。

そこで「モーメント」を「ベクトル」を以て書き表はすには如何にするか。此れも亦一つの約束であるが、第五圖又は第六圖に示す如く偶力の働く平面に直角なる直線 PQ を引き、而して適當の尺度を用ゐて PQ の長さを與へられたる「モーメント」の値に等しく取り、而して第五圖の場合の如く「モーメント」が左廻は

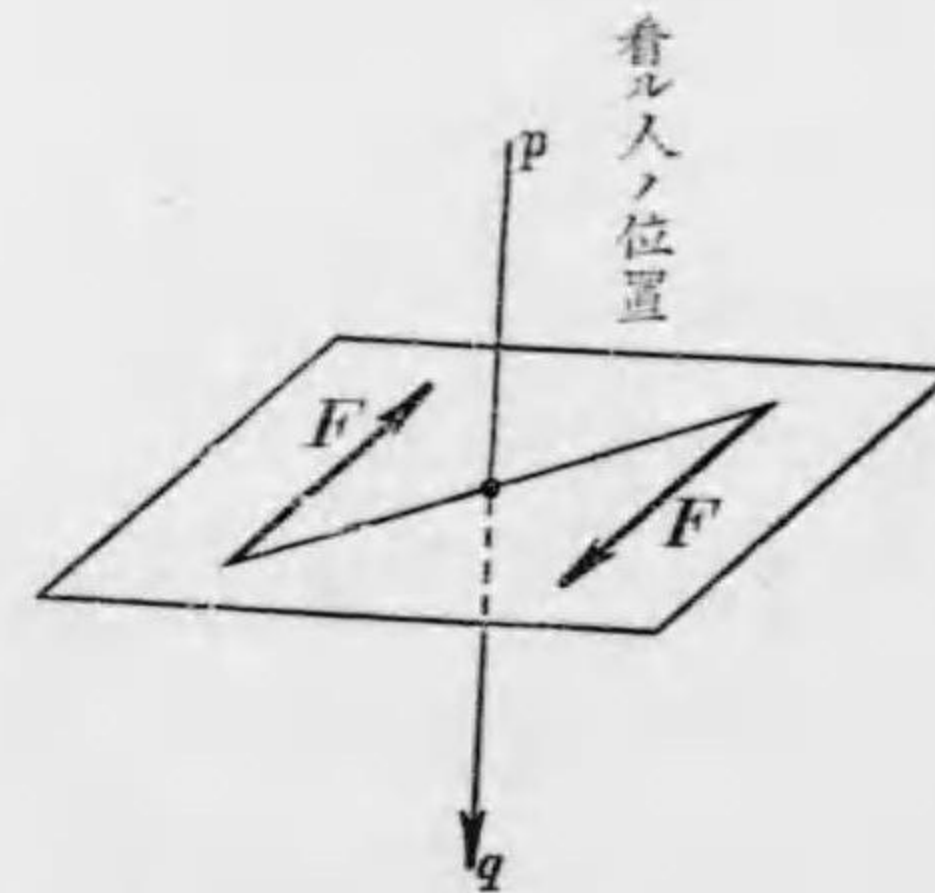
りの「モーメント」即ち正號の「モーメント」であるならば見る人の居る方に矢の標を附け、又第六圖の場合の如く「モーメント」が右廻はりの「モーメント」即ち負號の「モーメント」であるならば見る人の居る反對の方に矢の標を附ける。つまり右「ねぢ」を右又は左に廻はす時に「ねぢ」の運動する方向を想像すれば、上記の約束は直ちに會得することが出来る。而して斯くの如き約束の下に畫かれたる直線 pq を吾人は「モーメントのベクトル」として取り扱かふのである。

上記の如き約束の下に「モーメント」の「ベクトル」を定むる時は「モーメント」の合成及び分解の算法は力の「ベクトル」などの場合と同法を以て行なふことが

第五圖



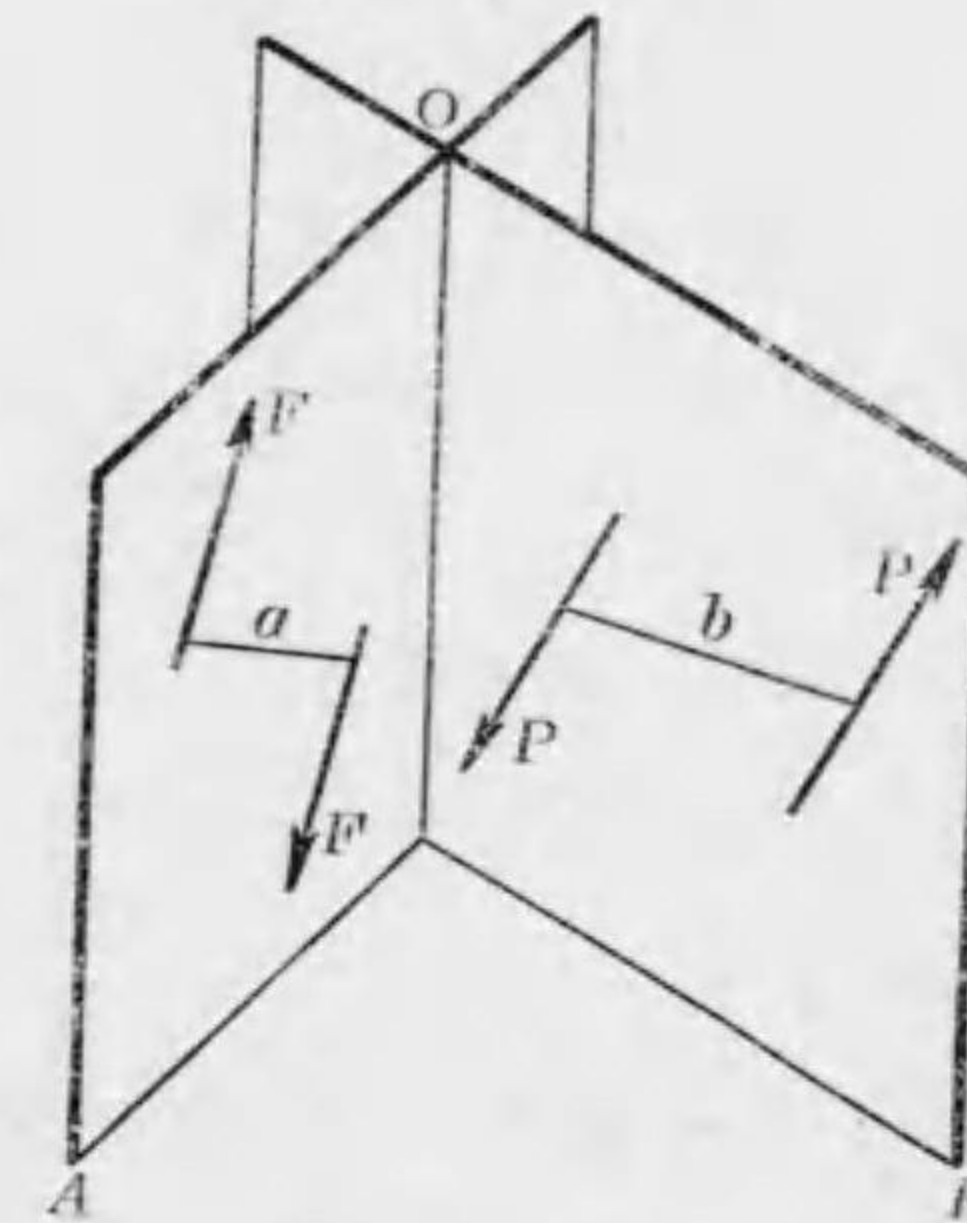
第六圖



出来る。今合成偶力を求むる場合の例を以て説明せん、第七圖に示す如く互に相交はる二つの平面

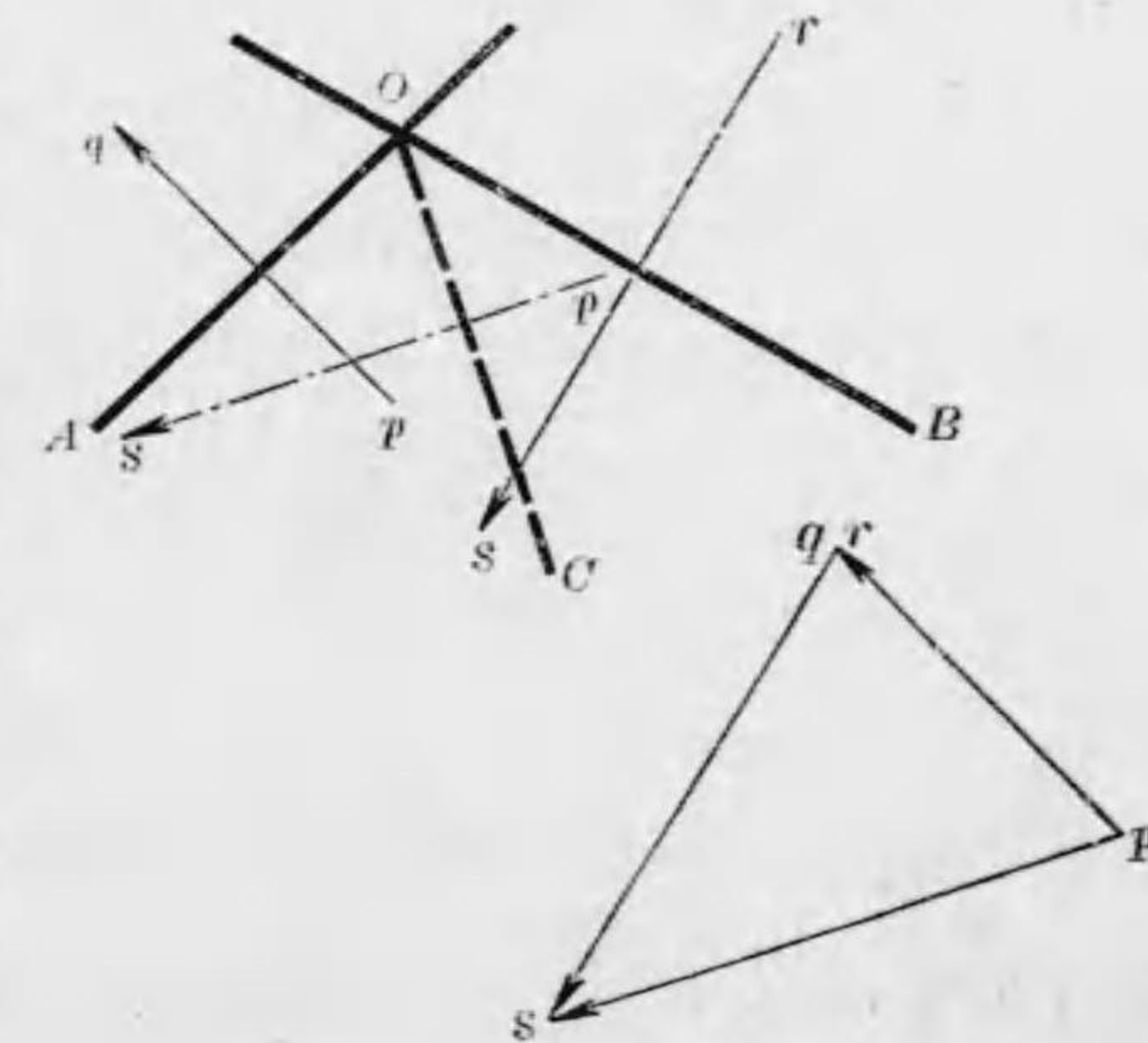
OA 及び OB 上に夫々「モーメント」 $-Fa$ なる右廻はりの偶力と「モーメント」 $+Pb$ なる左廻はりの偶力とが働ける場合に、此等二つの偶力の合成の偶力を求めんには AOB の間の空間に

第七圖



間に見る人が居るものと考へて、第七圖の平面圖である第八圖に示す如く、平面 OA に直角に「ベクトル」 pq を「モーメント」 $-Fa$ に等しく畫き、平面 OB に直角に他の「ベクトル」 rs を「モーメント」 $+Pb$ に等しく畫

第八圖



きて、此等の二つの「ベクトル」を普通の「ベクトル」加法を應用して pq と rs との合成の「ベクトル」を求むれば、 ps なる「ベクトル」を得る。即

ち結果の「エクトル」は ps であるから、點線にて示した如き ps に直角なる平面 OC を作りて、見る人が COB の間に居ると見做せば、「エクトル」 ps に等しき「モーメント」を有し、而して平面 OC 上に働く右廻はりの偶力が即ち求めんとする合成の偶力である。

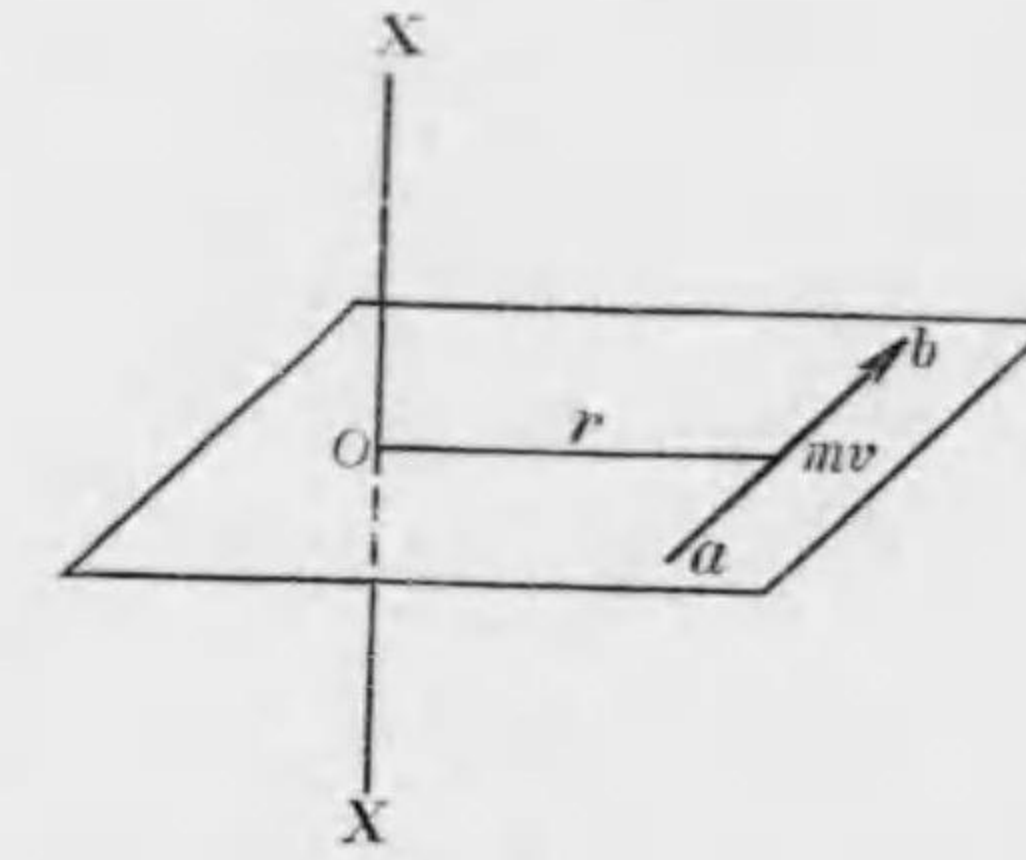
見る人が AOC の間に居ると見做しても結果は同一である。何となれば見る人が AOC の間に居れば結果の偶力は左廻はりの偶力であつて、平面 OC を左の方から見る時の左廻はりの偶力は、同じ平面の右の方から見る時の右廻はりの偶力と同一であるからである。夫故に見る人が如何なる位置に居ると假定するも、結果に於ては毫も變はりはないのである。

3. 角運動量 (Angular Momentum) 運動量は物體の質量 m と其の速度 v との相乗積 mv である。然るに質量は線數量で速度は「エクトル」量であるから随つて運動量はまた「エクトル」量である。夫故に運動量は「エクトル」を以て書き表はすことが出来る。

今第九圖に於て「エクトル」 ab を以て運動量 mv を表はすとし、或る軸 XX より ab に到る垂直距離を r とすれば、 mv と r との相乗積 mvr を名付けて軸 XX に對する運動量 mv の角運動量 (Angular Momentum) と

呼ぶ。つまり角運動量とは運動量の「モーメント」のことである。

偕て同一平面上又は平行なる多くの平面上に m_1v_1, m_2v_2, m_3v_3 等の多くの運動量が存在せる時に、或る軸



XX に對する其等の角運動量を $m_1v_1r_1, m_2v_2r_2, m_3v_3r_3$ 等とすれば、此等の角運動量の代數和は合成の角運動量であることは云ふまでもない。此れを數學式を以て書けば、 $\sum mvr$ が合成の所謂結果の角運動量である。然るに軸 XX に對する速度 v の角速度を ω とすれば $v = \omega r$ であるから、

$$\sum mvr = \sum m\omega r \cdot r = \sum m\omega r^2$$

そこで此等多くの運動量は一物體の各點に働ける場合と考ふる時は、軸 XX に對する此の物體の角速度は各點に於て悉く相等しいから ω は一定の値である。仍て

$$\sum m\omega r^2 = \omega \sum mr^2$$

質量 m に等しき重量を w とすれば $m = \frac{w}{g}$ であるから、

$$\omega \Sigma mr^2 = \omega \Sigma \frac{wr^2}{g}$$

$\Sigma \frac{wr^2}{g}$ は物體の慣性「モーメント」であつて[本文135ページ参照]之れを I を以て表はすならば、

$$\omega \Sigma \frac{wr^2}{g} = \omega I$$

以上を一括する時は

$$\Sigma mvr = \omega I \dots \dots \dots (1)$$

此の結果によりて次の定理を得る。

或る軸に對する物體の角運動量の代數和は、其の軸に對する物體の角速度と慣性「モーメント」との相乗積に等し。

次に物體の線速度、詳しく云へば物體を構成する各點の線速度 v_1 が t 時間の後 v_2 に變はり、同時に角速度 ω_1 が ω_2 に變はりたりとすれば、角運動量の變化は

$$\Sigma mv_2r - \Sigma mv_1r = \Sigma m(v_2 - v_1)r$$

又公式(1)によれば角運動量の變化は

$$\omega_2 I - \omega_1 I = (\omega_2 - \omega_1) I$$

以上の二式より

$$\Sigma m(v_2 - v_1)r = (\omega_2 - \omega_1) I$$

今此の角運動量の變化は t 時間内に起りたるものとし、此の式の左右を t にて除せば、

$$\Sigma m \frac{v_2 - v_1}{t} r = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t} I$$

$\frac{v_2 - v_1}{t}$ は t 時間内平均の線速度の變化で、 $\frac{\omega_2 - \omega_1}{t}$ は其の時間内平均の角速度の變化である。故に前者は線加速度で後者は角加速度である。仍て此等を夫々 α 及び $\dot{\omega}$ にて表はせば

$$\Sigma m\alpha r = \dot{\omega} I$$

尚ほ質量 m と加速度 α との乗積 $m\alpha$ は作用したる力の大きさを與ふるものであつて、之れを f にて表はせば

$$\Sigma fr = \dot{\omega} I$$

Σfr は物體に働く力の「モーメント」の代數和、即ち物體に作用する「トルク」であるから之れを M にて表はすならば、最後に次の結果が得られる。

$$M = \dot{\omega} I \dots \dots \dots (2)$$

此れより次の定理を得る。

或る軸に對する、物體に働く力の「モーメント」の代數和は、其の軸に對する物體の角加速度と慣性「モーメント」との相乗積に等し。

次に $\dot{\omega}$ の値なる $\frac{\omega_2 - \omega_1}{t}$ を以て(2)式を變形する時は、

$$Mt = (\omega_2 - \omega_1) I = \omega_2 I - \omega_1 I \dots \dots \dots (3)$$

M は t 時間内一様に働きたる「トルク」の全量である。
依て次の定理を得る。

或る時間内に働きたる「トルク」の全量は其の時間内に起りたる角運動量の變化に等し。

上述の諸定理は回轉する物體を論ずる場合に屢々必要なるものである。

例一、瓦斯機關あり。此れを運轉せんとするには一分間平均1,000呎「ポンド」の「トルク」を以て「クランク」軸を回轉せざるべからずと云ふ。但し此の内800呎「ポンド」の「トルク」は軸承面等に生ずる抵抗によりて無益に費消せらるゝものである。又「クランク」軸に裝置せる「はずみ」車は重量2,000「ポンド」にして其の回轉半径は5呎なり。然る時は運動を始めた一分間後の機關の回轉速度を問ふ。

解、有效なる「トルク」 M は

$$M = 1000 - 800 = 200 \text{ 呎ポンド}$$

本文公式(4)より「はずみ」車の慣性「モーメント」は、

$$I = \frac{Wk^2}{g} = \frac{2000 \times 5^2}{32.2} = 1,550 \text{ 呎ポンド秒単位}$$

故に上の公式(2)より

$$200 = \dot{\omega} \times 1550$$

$$\text{依て } \dot{\omega} = \frac{200}{1550} = 0.129 \text{ 度/秒}^2$$

故に一分間後即ち60秒後の角速度 ω は

$$\omega = \dot{\omega}t = 0.129 \times 60 = 7.74 \text{ 度/秒}$$

或は毎分の回轉速度 n は本文公式(12)より

$$n = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{7.74 \times 60}{2 \times 3.14} = 74 \text{ 回/分}$$

即ち求むる回轉速度は毎分74回である。

例二、1,800呎「ポンド」秒単位の慣性「モーメント」を具ふる「はずみ」車を靜止より運轉し、一分間後の回轉速度を毎分50回たらしむるに要する「トルク」を求む。

解、毎分50回轉の回轉速度に等しき角速度は

$$\omega = 2\pi n = 2 \times 3.14 \times \frac{50}{60} = 5.24 \text{ 度/秒}$$

此れは一分間後即ち60秒後の角速度なる故に角加速度は

$$\dot{\omega} = \frac{5.24}{60} = 0.0873 \text{ 度/秒}^2$$

又 $I = 1,800$ 呎「ポンド」秒単位なる故に公式(2)を應用して

$$M = \dot{\omega}I = 0.0873 \times 1800 = 157 \text{ 呎ポンド}$$

即ち求むる「トルク」は157呎「ポンド」である。

4. 角運動量の「ベクトル」算法 (Vector Calculation of Angular Momenta) 角運動量は運動量に距離を乗じ

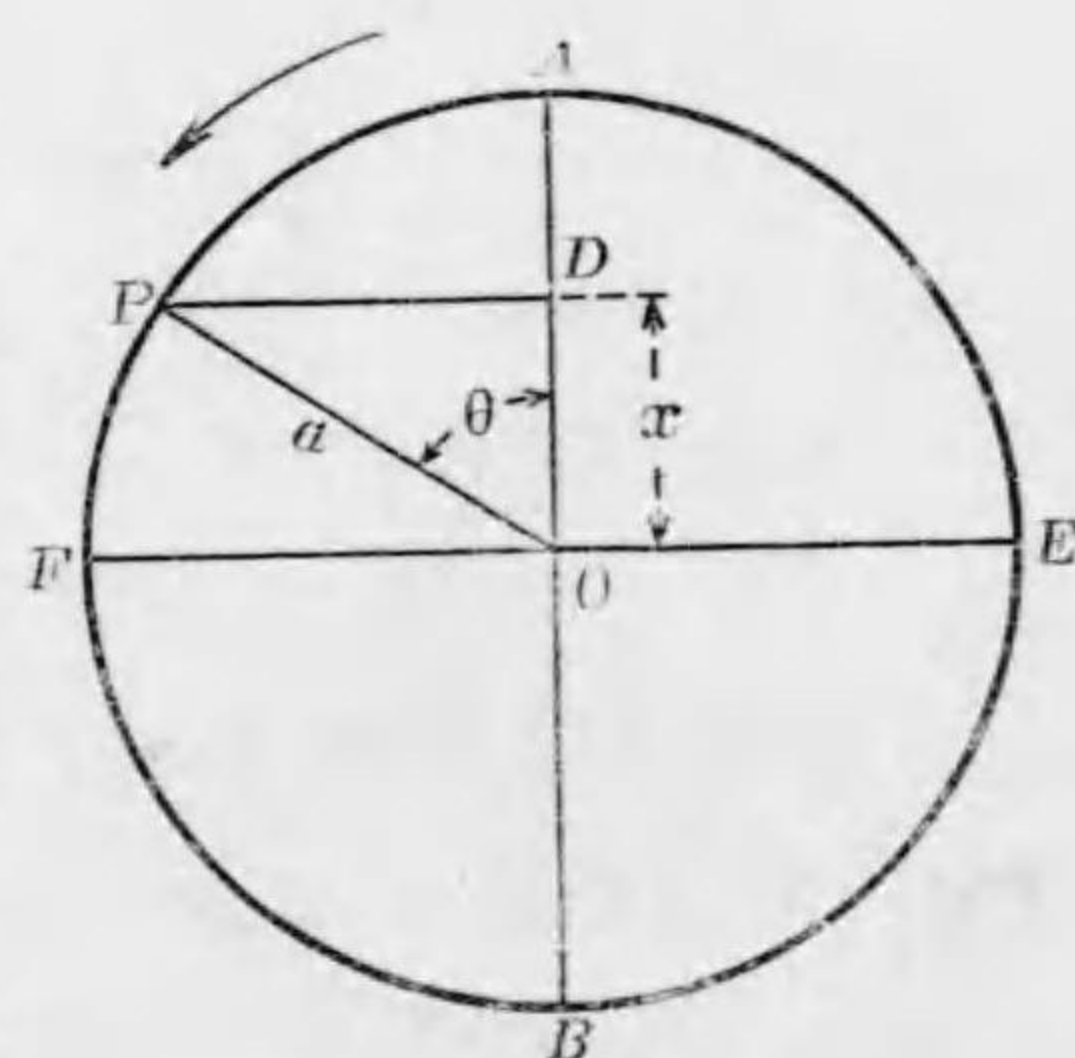
たるものである。然るに前節の初めに述べたるが如く運動量は「ベクトル」量で、而して距離は線數量であるから、角運動量も亦「ベクトル」量である。夫故に角運動量は「ベクトル」を以て書き表はすことが出来る。随つてまた「ベクトル」算法を應用して角運動量の合成及び分解を行なふことが出来るのである。

角運動量を「ベクトル」にて表示する方法並びに其の合成及び分解の算法は、第2節に詳述したる「モーメント」を「ベクトル」にて表示する方法並びに其の合成及び分解の算法と少しも異ならぬから、別に改めて述ぶる必要はなからう。

5. 単弦運動 (Simple Harmonic Motion) 第十圖に於て點 P が O を中心とする圓周 AFBE に沿うて等速度の回轉運動をなすと

想像する時に、P 點を任意の直徑 AB 上に直角に投射したる點を D とすれば、P が圓周に沿うて回轉すると同時に D は AB 直線に沿うて上下に往復することゝなる。而して斯くの如き

第十圖



假定の下に往復する D 點の運動を單弦運動 (Simple harmonic motion) と云ひ、假想の圓 AFBE を補助圓 (Auxiliary circle) と云ふ。單弦運動は往復運動の内に於て最も簡單な然かも甚だ重要なる運動の一種であつて、物質の振動は多くは單弦運動を以て研究される。

單弦運動に於ては O は振動 (Oscillation, vibration) の中心であつて、A と B とは振動の兩極端である。而して OA 或は OB の長さ即ち補助圓の半徑を振幅 (Amplitude) と云ひ、一振動して初めの位置に戻るまでの時間例へば A を離れて再び A に戻るまでの時間を周期 (Period) と云ひ、單位時間内に起る振動數を單に振動數 (Frequency) と名付ける。周期は點 P が補助圓の圓周に沿うて全一回轉するに要する時間と同一である。

倍て振動の中心 O より物體又は質點の任意の位置 D までの距離 OD を x とし、振幅を a とし、角 POB を θ とすれば、

$$OD = OP \cos \theta$$

即ち

$$x = a \cos \theta$$

P 點の運動する等角速度を ω とすれば點 P は單位時間に ω 「レヂアン」を回轉する。随つて運動を始めてより t 時間内に回轉したる角は ωt 「レヂアン」て

ある。故に今 P 點は A の位置より運動を始むるものと定めて置けば、角 θ は ωt [レヂアン] に等しい。

即ち $\theta = \omega t$

之れを上式に代入すれば

$$x = a \cos \omega t \dots \dots \dots (4)$$

此れは振動の極點 A より運動を始むる時に、振動の中心よりの變位を定むる公式である。

次に任意の時刻 t より後非常に僅小なる時間 τ を経過したる時刻の變位を x' とすれば、上式より

$$x' = a \cos \omega(t + \tau)$$

倍て時刻 t の變位は x にして時刻 $(t + \tau)$ の變位が x' ならば、其の時の速度は $\frac{x' - x}{\tau}$ であるから此の速度を v にて表はせば、

$$\begin{aligned} v &= \frac{x' - x}{\tau} = \frac{a \cos \omega(t + \tau) - a \cos \omega t}{\tau} \\ &= \frac{a}{\tau} [\cos(\omega t + \omega \tau) - \cos \omega t] \\ &= -\frac{2a}{\tau} \sin \frac{2\omega t + \omega \tau}{2} \sin \frac{\omega \tau}{2} \\ &= -\frac{2a}{\tau} \sin(\omega t + \frac{\omega}{2}\tau) \sin \frac{\omega}{2}\tau \end{aligned}$$

初めの假定によりて τ は極めて小なる時間であるから、 $\frac{\omega}{2}\tau$ は ωt なる値に比較しては非常に小なる値

である。つまり $\frac{\omega}{2}\tau$ の存在は ωt の存在に對しては殆ど何等の影響をも與へないことになる。語を換えて云へば $\sin(\omega t + \frac{\omega}{2}\tau)$ の値は $\sin \omega t$ の値と殆ど相等しいと云ふて差支ない。又角が非常に小なる時には、其の角の正弦の値は角其のものゝ値に略ぼ等しいものである。但し角は無論「レヂアン」の單位を以て與へねばならぬ。然るに $\sin \frac{\omega}{2}\tau$ に於て τ は非常に小なる値であるから、 $\frac{\omega}{2}\tau$ は非常に小なる角である。

夫故に此の角の正弦即ち $\sin \frac{\omega}{2}\tau$ の値は、 $\frac{\omega}{2}\tau$ なる角其のものゝ値と等しいと見て差支ない。此等の論案を上式に適用すれば上式は次の如くなる。

$$v = -\frac{2a}{\tau} \sin \omega t \times \frac{\omega}{2}\tau$$

即ち $v = -a \omega \sin \omega t \dots \dots \dots (5)$

此れは振動の極點 A より運動を始むる時に、任意の時刻 t なる瞬時の速度に關する公式である。此の式を見るに $t=0$ なる時即ち運動の始點 A に於ては $v=0$ にして、此れより次第に運動が進み、 t が次第に増して、振動の中心 O に達するまでの間に於ては角 ωt 即ち角 θ は 0 度より 90 度まで増す故に、 v は次第に負の値の方に増加し、中心 O に於ては $\omega t = 90^\circ$ な

る故に此の點に於ては $v = -a\omega$ となり、夫れより更に進みて、 ωt が 90 度より 180 度まで増す間には v は次第に負の値の方に減少し、 $\omega t = 180^\circ$ なる時即ち振動の他の極點 B に於ては再び $v = 0$ となる。次に點 B より運動が戻りて、角 ωt が 180 度より 270 度まで増す間には v の値は正號となりて次第に増加し、 $\omega t = 270^\circ$ 即ち中心 O に戻りたる時には $v = a\omega$ となり、中心 O を通過して始點 A に戻るまでの間、即ち角 ωt が 270 度より 360 度まで増す間には v は依然正號の儘次第に減少し、 $\omega t = 360^\circ$ なる時には $v = 0$ となりて初めの位置に復し、出發してより此れまでの間に丁度一振動を成したのである。尙ほ時間進み、同時に角 ωt が増すに従ひ、順次同一の振動を何回となく繰り返へすのである。

次に任意の時刻 t より後非常に僅少なる時間 τ を経過したる時刻の速度を v' とすれば、上式より

$$v' = -a\omega \sin\omega(t + \tau)$$

倍て時刻 t の速度は v にして時刻 $(t + \tau)$ の速度が v' ならば、其の時の加速度は $\frac{v' - v}{\tau}$ である。故に此の加速度を α を以て示せば、

$$\alpha = \frac{v' - v}{\tau} = \frac{-a\omega \sin\omega(t + \tau) + a\omega \sin\omega t}{\tau}$$

$$\begin{aligned} &= -\frac{a\omega}{\tau} [\sin(\omega t + \omega\tau) - \sin\omega t] \\ &= -\frac{2a\omega}{\tau} \cos \frac{2\omega t + \omega\tau}{2} \sin \frac{\omega\tau}{2} \\ &= -\frac{2a\omega}{\tau} \cos\left(\omega t + \frac{\omega}{2}\tau\right) \sin \frac{\omega}{2}\tau \end{aligned}$$

此の式に於て τ は非常に小なる値であるから、前に述べたのと同じ理由で $\cos\left(\omega t + \frac{\omega}{2}\tau\right)$ は殆ど $\cos\omega t$ に等しく、 $\sin \frac{\omega}{2}\tau$ は殆ど $\frac{\omega}{2}\tau$ に等しい。仍て

$$\alpha = -\frac{2a\omega}{\tau} \cos\omega t \times \frac{\omega}{2}\tau$$

即ち $\alpha = -a\omega^2 \cos\omega t \dots \dots \dots (6)$

此れは振動の極點 A より運動を始むる時に、任意の時刻 t なる瞬時の加速度に關する公式である。或は公式(4)によりて $a\cos\omega t = x$ であるから、此の値を以て上式を書き換えれば

$$\alpha = -\omega^2 x \dots \dots \dots (7)$$

此れは甚だ重要なる公式であつて、單弦運動は多く此の式を以て運動の有様が書き表はされる故に、此の式を名付けて單弦運動の運動の方程式 (Equation of motion) と呼ぶ。 ω は補助圓に沿うて P 點(第十圖)の運動する定角速度で一定數であるから、此の式の意味は加速度 α が振動の中心よりの變位 x に正比

例すると云ふことを示してゐる。又此の式の右邊の前に在る負號の意味は、加速度の働く向きと變位の起る向きとが常に反對であると云ふことを示せるものである。換言すれば加速度が常に振動の中心に向ひて起ると云ふことである。故に單弦運動に往々次の如き定義を下す。

加速度が或る一定點よりの距離に正比例し、而して常に其の點に向かへる如き直線上の運動を單弦運動と云ふ。

公式(7)は此の定義を數式を以て書き表はしたるものに他ならぬ。

力は質量に加速度を乗じたるものであるから、一定質量の物體が運動する場合ならば、單弦運動に或は次の如き定義を下すことが出来る。

力の大きさが或る一定點よりの距離に正比例し、而して常に其の點に向かひて働く如き直線上の運動を單弦運動と云ふ。

次に一振動を成し遂ぐるに要する時間即ち振動の周期をTとすれば、

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \dots\dots\dots(8)$$

なることは明瞭である。倍て周期は單に一振動を

なすに要する時間であるから運動の向きには無關係である。而して運動の向きに無關係に考ふれば公式(7)は $\alpha = \omega^2 x$ である。依て此の式より

$$\omega = \sqrt{\frac{\alpha}{x}}$$

なる値を得る。此の値を上式に代入すれば、

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{\alpha}{x}}}$$

即ち $T = 2\pi \sqrt{\frac{x}{\alpha}} = 2\pi \sqrt{\frac{\text{變位}}{\text{加速度}}} \dots\dots\dots(8a)$

單位時間内の振動數は明かに $\frac{1}{T}$ である。依て之れを q にて表はせば、

$$q = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\alpha}{x}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\text{加速度}}{\text{變位}}} \dots\dots\dots(9)$$

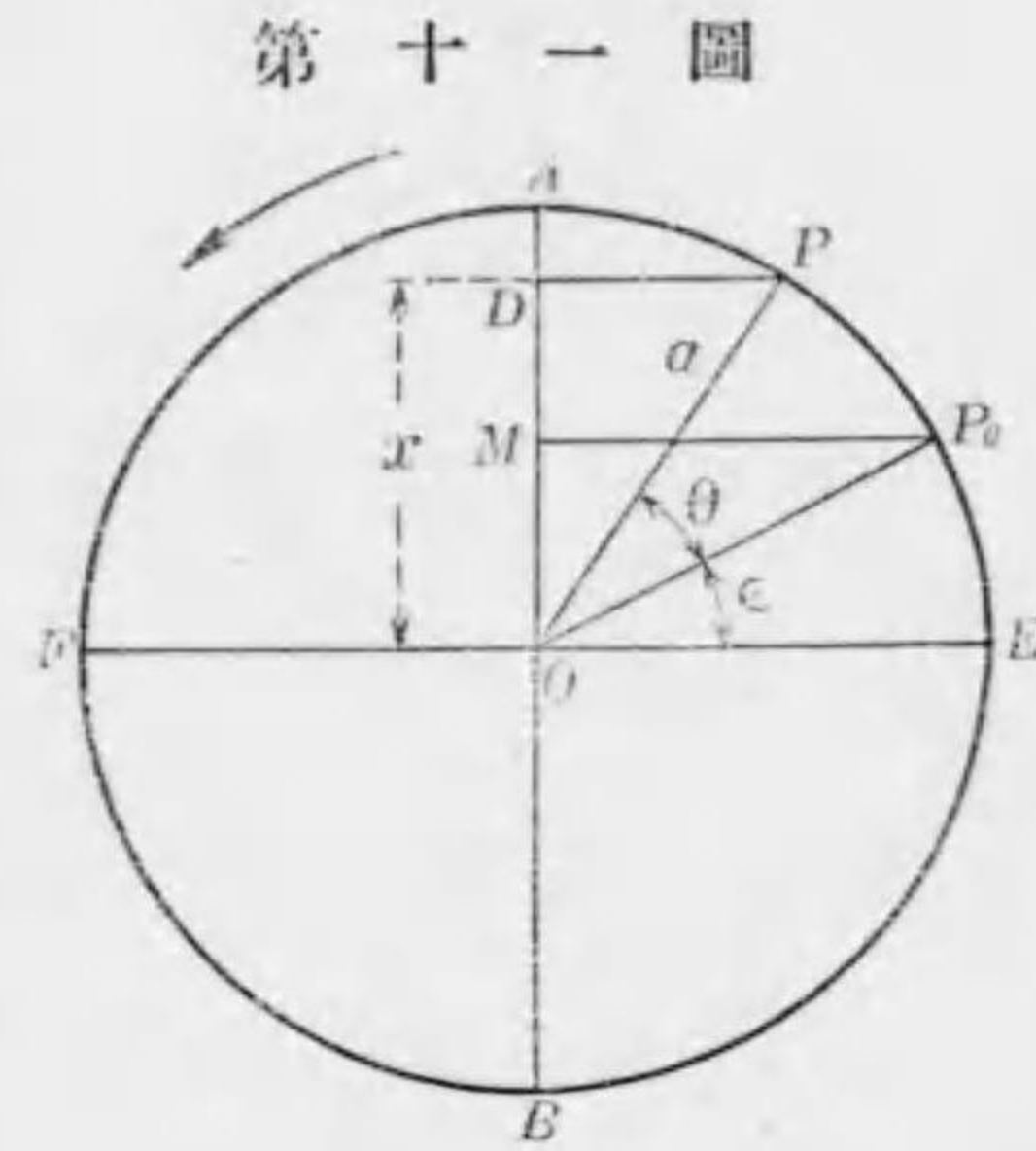
以上に求めたる(4),(5)及び(6)の公式は總て振動の極點Aより振動を始むるものと考へたる場合である。若し振動の中心Oより振動を始むるものと考ふれば此等の諸公式は夫々次の形となることは明白である。

$$x = a \sin \omega t \dots\dots\dots(4a)$$

$$v = a \omega \cos \omega t \dots\dots\dots(5a)$$

$$\alpha = -a \omega^2 \sin \omega t \dots\dots\dots(6a)$$

一般に、振動が振動の極点 A 或は中心 O 以外の点例へば第十一圖の M の如き点より始まるものと定むれば、此れに相當する P 点の位置は P₀ 点であつて、角 P₀OE を ε とすれば、(4)、(5) 及び (6) の公式は夫々次の形となることは容易に知ることが出来る。



第 十 一 圖

$$x = a \sin(\omega t + \epsilon) \dots \dots \dots (10)$$

$$v = a \omega \cos(\omega t + \epsilon) \dots \dots \dots (11)$$

$$\alpha = -a \omega^2 \sin(\omega t + \epsilon) \dots \dots \dots (12)$$

ε なる角は運動の始まりの位置を示す角であるから之れを **始まり** (Epoch) 又は **位相定数** (Phase constant) と云ひ、(ωt + ε) なる角即ち POE なる角を **位相の角** (Phase angle) 又は単に **位相** (Phase) と云ふ、ε なる角は其れが正號の角なる時には **進み** (Lead) と呼び、負號の角なる時には **後れ** (Lag) と呼ぶこともある。

ε = 90° なる時は始点が A なる時であつて、公式 (10)、(11) 及び (12) は夫々公式 (4)、(5) 及び (6) となり、ε = 0° なる時は始点が O なる時であつて、公式 (10)、(11) 及び (12)

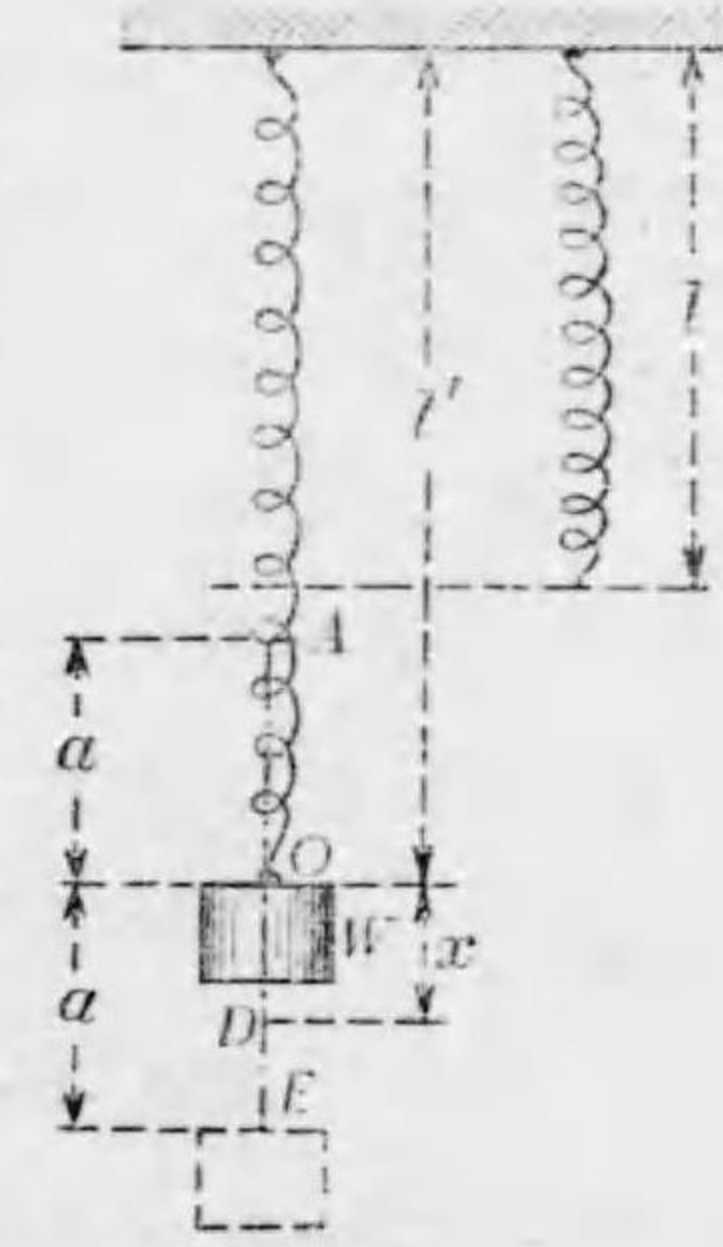
は夫々公式 (4a)、(5a) 及び (6a) となることは明かである。

α = -ω²x なる關係並びに周期及び振動數に關する諸公式は、振動の始点が如何なる位置にあるとも決して變はることはない。

單弦運動の實例は甚だ多い。今一つの例を掲げて説明しやう。

例、蔓巻きばねの上端を固定し、下端に重量 W の物體を吊りたるものあり (第十二圖)。此の物體は靜止の状態に於て O の位置にあるものとす。偕て次に此の物體を B の位置まで垂直下方に引き下ろし、而して急に手

第 十 二 圖



を投つ時は物體は O を中心として AB の間に振動を起すことは日常人の能く知る所である。仍て此の振動について研究して見やう。但しばねは重さなきものと假定する。

解、物體に働く力は物體自身の重量 W と「ばね」の

張力又は壓縮力とである。今ばねの顯はす力を P とすれば、物體が振動の中心 O の位置

にある時は明かに $P=W$ にして、静止の状態は此の位置に於て保たれるのである。

偕て「ばね」の顯はす力 P は「ばね」の延長又は收縮の量、所謂歪みの量に正比例する〔本文公式(128)又は(129)参照〕。故に物體を吊らざる場合の「ばね」の長さを l とし、物體を吊りて静止の状態にあらしめたる時の「ばね」の長さを l' とすれば、振動の際に物體が任意の位置例へば D なる位置にある時に、物體に働く「ばね」の力 P は、 OD を x とすれば次の式を以て表はされる。

$$P = \kappa(l' + x - l)$$

此の式に於て $(l' + x - l)$ は D なる位置に於ける「ばね」の延長したる全量で、 κ は力 P と歪みの量とが正比例することを示す或る定數である。

偕て振動は W と P とが等しからぬがために起るのであるから、 W と P との過不足は振動の原働力を與ふるのである。故に此の原働力を Q とすれば、

$$Q = W - P = W - \kappa(l' + x - l)$$

W は一定の値であるが P は x の大小に随つて變化する値である。依て Q は變化する値である。是れ振動の起る理由である。

振動の中心 O に於ては $x=0$ である。故に此位置に於ては $P = \kappa(l' - l)$ である。又此の位置に於ては $P=W$ であるから、

$$\kappa(l' - l) = W$$

即ち重量 W は一定の値で常に $\kappa(l' - l)$ に等しい。依て此の値を上式に代入すれば

$$Q = \kappa(l' - l) - \kappa(l' + x - l) = -\kappa x$$

物體の質量を m とし、力 Q によりて生ずる加速度を α とすれば $Q = m\alpha$ なる故に、上式は次の如くなる。

$$m\alpha = -\kappa x$$

或は $\alpha = -\frac{\kappa}{m}x$

此の式に於て $\frac{\kappa}{m}$ は定數である。依て加速度 α と距離 x との関係は或る定數 $\frac{\kappa}{m}$ を以て表はされるのである。つて、 $\frac{\kappa}{m}$ を ω^2 と見做せば丁度公式(7)の $\alpha = -\omega^2 x$ と同一形状となる。夫故に此の場合の物體の振動は單弦運動であつて、振動の周期 T は公式(8)の ω の代はりに $\sqrt{\frac{\kappa}{m}}$ を置けば得

られる。即ち

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{\kappa}{m}}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\kappa}}$$

又は $\kappa(l-l)=W$ の式より κ の値を求めれば、

$$\kappa = \frac{W}{l-l}$$

或は $W=mg$ なる故に、

$$\kappa = \frac{mg}{l-l}$$

此の値を上上の T の式に代入すれば、

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l-l}{g}}$$

此の例に掲げた振動は、振動に對して少しの抵抗もなきものと假定したる場合であるから、振動は永久に止まらぬ。然し斯かることは絶對になきことであつて、振動の際には必ず空氣其の他より抵抗を受けるから、振動は實際次第次第に弱はり振幅が漸々小となりて、終には釣合ひの點即ち振動の中心 O に於て靜止の状態を保つ様になる。而して斯くの如き振動を弱はる振動 (Damped oscillation) と名付ける。實際に起る振動は皆弱はる振動である。

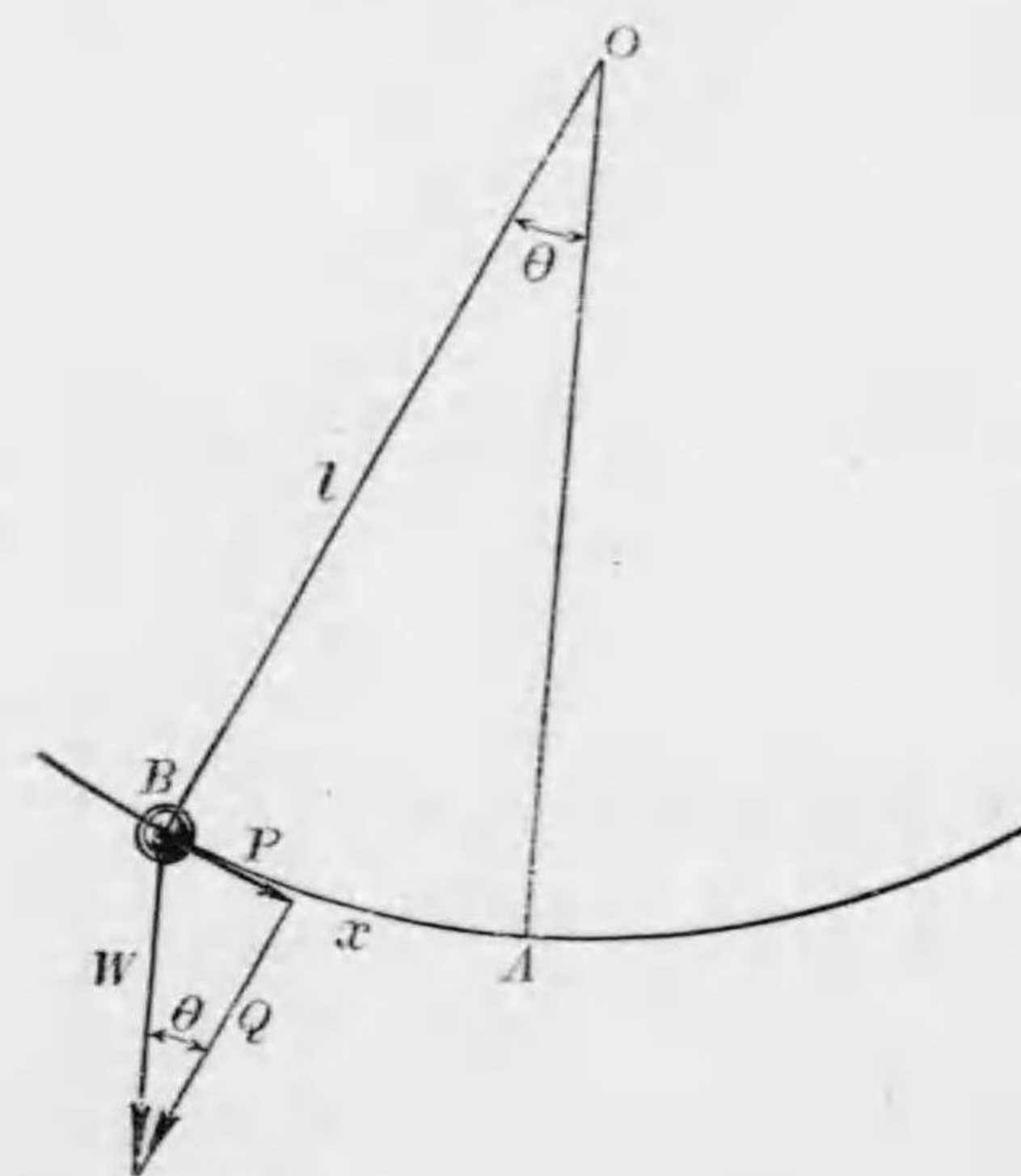
「ばね」の振動の外、棒の振動、糸の振動、水の振動、空氣の振動、船の動搖其の他有らゆる物質の振動は、殆ど皆此の例に掲げた様な振動を形作るのである。

6. 單振子 (Simple Pendulum) 第十三圖に示す如く重さなき糸の一端 O を固定し、他端に重量 W の物體を吊りたるものを名付けて單振子 (Simple pendu-

lum) と云ふ。今糸を張りたる儘物體を保持して、糸の方向を垂直線 OA 以外の位置例へば OB の位置に持ち來して手を投つ時は、物體は A を中心として圓弧 AB 上に左右に振動を起す。依て此の振動について論じて見やう。

物體の重量 W を糸の方向に直角と平行との二方向に分解すれば、直

第 十 三 圖



角分力 P は物體を振動の中心 A に持ち來さんとする力を表はし、平行分力 Q は糸の張力を示すことになる。故に振動の原働力は P なる力である。そこで糸の方向が垂直線 OA となす角を θ とすれば、

$$P = -W \sin \theta$$

$$Q = W \cos \theta$$

P の値の負號なることは力 P が常に角 θ を減少せんとする様に働くがためである。

Qは糸の張力で振動には関係がないから、Pについてのみ研究して見る。

物体の質量を m とすれば $W=mg$ であるから、

$$P=-mgsin\theta$$

又物体の加速度を α とすれば $P=m\alpha$ であるから、

$$m\alpha=-mgsin\theta$$

即ち

$$\alpha=-gsin\theta$$

凡て非常に小なる角の正弦の値は、「レヂアン」の單位にて與へたる角其のものゝ値に等しい。夫故に角 θ が非常に小なる角であると云ふ假定を以てすれば、

$$sin\theta=\theta$$

随つて上式は次の如くなる。

$$\alpha=-g\theta$$

糸の長さを l とし弧 AB の長さを x とすれば、

$$x=l\theta$$

即ち $\theta=\frac{x}{l}$

此の値を上 α の式に代入すれば、

$$\alpha=-\frac{g}{l}x$$

此の結果を前節の單弦運動の一般の公式(7)と對照する時は、定數 $\frac{g}{l}$ は ω^2 に相當し、丁度單弦運動の定

義に一致する。夫故に角 θ が大ならざる場合の單振子の振動は單弦運動である。其の振動の周期 T は公式(8)の ω の代はりに $\sqrt{\frac{g}{l}}$ を代入して、

$$T=\frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{l}}}=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\dots\dots\dots(13)$$

單位時間内の振動數は此の反數 $\frac{1}{T}$ なることは云ふまでもない。

此の式を見るに、振動の周期は振子の長さ l に関係し、物体の重さや其の大きさや振幅の長さには無關係である。換言すれば、振動の周期は振子の長さにして一定ならば他の何物にも關係なく常に一定である。此の性質を振子の等時性 (Isochronism) と名付ける。柱時計に振子を用ゐるのは振子の等時性を利用したる適例である。

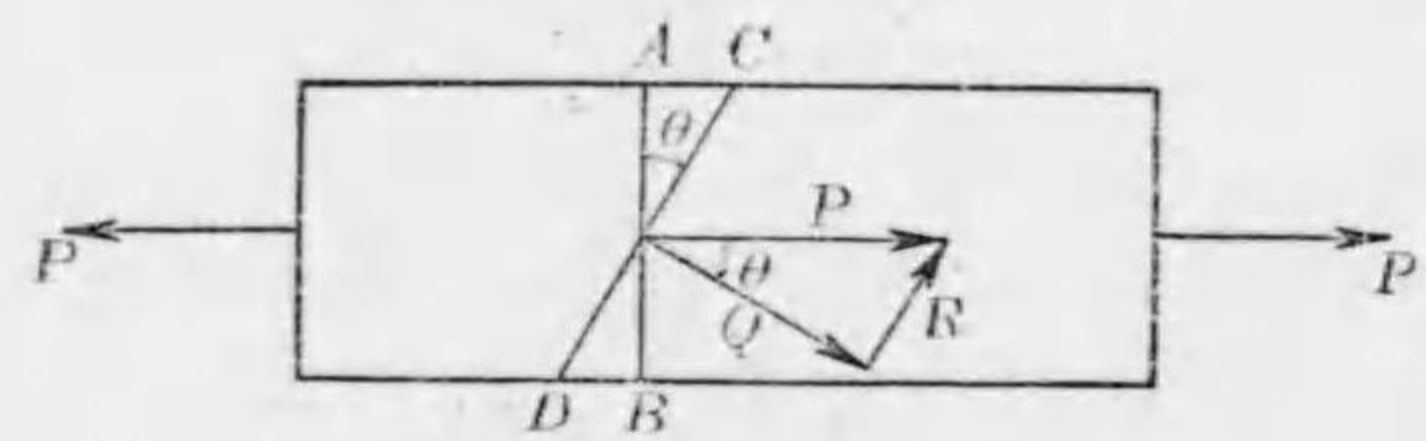
材料及構造強弱學の部

7. 材料の任意の斷面に働く内力 今第十四圖に於て物体の長さに沿うて外力 P を以て此の物体を引張る時は、 P の方向に直角なる斷面 AB には引張内力 f を生じ而して此の内力の大きさは AB の斷面積を A とすれば $\frac{P}{A}$ に等しきことは、本文第 59 節に

詳述した所である。然しPの方向に直角ならざる断面例へばCDの如き断面には如何なる内力が働きつゝあるか。進んで之れを研究するの要がある。

倍て断面ABに働く力は外力Pによりて生ずる力である。又断面CDに働く力も同じく外力Pによりて生ずる力である。即ち断面ABに働く力も断面CDに働く力も

第十四圖



共に同一の外力Pによりて生ずる力であつて、P以外の外力は此の物體に働いて居らぬ。夫故にPを断面CDに直角及び平行の二分力QとRとに分解すれば、Qは断面CDに直角に働く外力となり、Rは同じ断面に沿うて働く外力となる。

第十四圖は断面AB又はCDを境目として物體の左方の釣合ひを考へたる圖である。此の圖によりて明白なる如く、断面CDに直角に働く外力QはCDに引張内力を誘發し、断面CDに沿うて働く外力RはCDに剪斷内力を起さしむる。故に此の引張内力をq、剪斷内力をrとし、CDの断面積をA'とすれば本文公式(53)及び(56)によつて、

$$q = \frac{Q}{A'}$$

$$r = \frac{R}{A'}$$

断面ABと断面CDとの間の角をthetaとすればPとQとの成す角はthetaに等しき故に、

$$Q = P \cos \theta$$

$$R = P \sin \theta$$

故に上式より

$$q = \frac{P}{A'} \cos \theta$$

$$r = \frac{P}{A'} \sin \theta$$

又AとA'との關係は

$$A = A' \cos \theta$$

即ち

$$A' = \frac{A}{\cos \theta}$$

であるから、

$$\left. \begin{aligned} q &= \frac{P}{A} \cos^2 \theta \\ r &= \frac{P}{A} \sin \theta \cos \theta = \frac{P}{2A} \sin 2\theta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (14)$$

或は $\frac{P}{A}$ は断面ABに働く引張内力fに等しき故に、

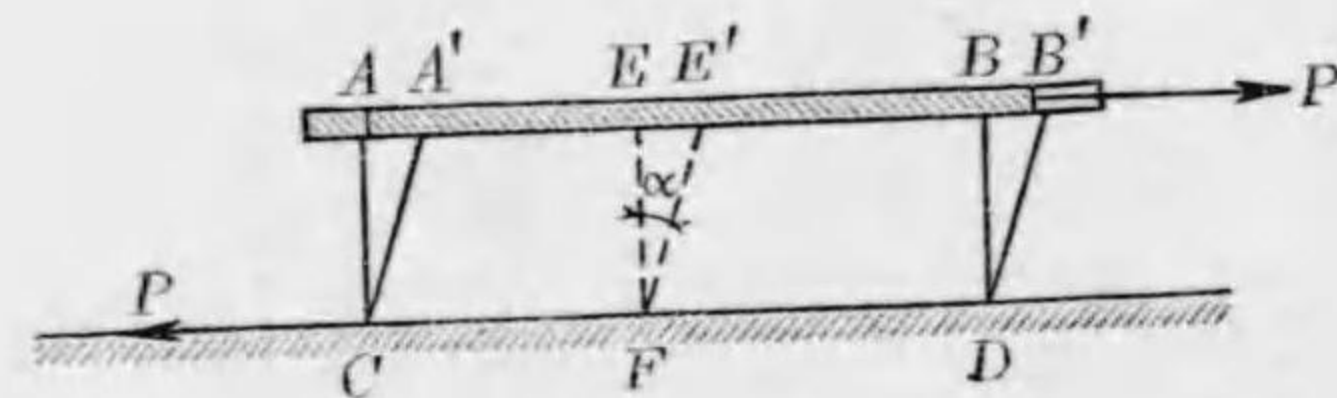
$$\left. \begin{aligned} q &= f \cos^2 \theta \\ r &= \frac{f}{2} \sin 2\theta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (14a)$$

$\sin 2\theta$ の最大値は 1 である。故に $\sin 2\theta = 1$ 即ち $2\theta = 90^\circ$ 或は $\theta = 45^\circ$ なる時に r の値は最大である。つまり $\theta = 45^\circ$ なる断面に最大の剪断内力を起すのである。夫故に剪断内力に対する抵抗力の弱い材料は斯くの如き断面に沿うて切断を起す。此の事は材料試験の場合に吾人の屢々目撃する事實である。

以上は引張の場合についてであるが、壓縮の場合も此れと全く同一で、此の場合には f と q とが共に壓縮内力となるのみで他に變はりはない。

8. 剪断内力 (Shearing stress) 第十五圖に示す如く厚さ CA の甚だ薄き長方形の物體 $CABD$ を水平の板 CD の上に膠を以て張り付けたと考へ、又此の物體の上面には別に板金 AB を膠を以て張り付けたと考へて此の板金を力 P を以て水平に引けば物體 $CABD$ は $CA'B'D$ の如き形に歪むてあらう。此の

第十五圖



場合に物體の厚さは非常に薄いのであるからして、 $CABD$ なる形が $CA'B'D$ なる形に歪んだのは、屈曲のためではなくして剪断のためであると云うて差支

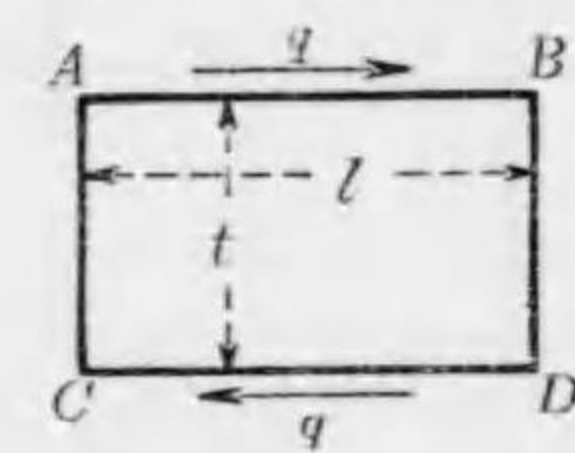
ない。而して上の面 AB に沿うて力 P を働かせれば、下の面 CD に沿うて P と等しき且つ反對なる他の力 P の働くことは云ふまでもない。故に上の面 AB 又は下の面 CD の面積を A とすれば $\frac{P}{A}$ は即ち剪断内力である。

倍て剪断内力のために CA 或は DB は CA' 或は DB' の様に歪む。同様に他の断面 FE は FE' の様に歪むのである。而して EE' は歪みの全量であつて、 EE' を FE を以て除したる $\frac{EE'}{FE}$ が即ち此の場合の歪みの量である。然るに EE' は通例非常に小なる値であるから、 EE' は F を中心とする圓弧の一片であるとして差支ない。随つて角 EFE' を α 「レヂアン」とすれば $\frac{EE'}{FE} = \alpha$ である。つまり摩れた角を「レヂアン」の單位を以て表はしたものが、剪断の場合の歪みの量であると云ふことになる。

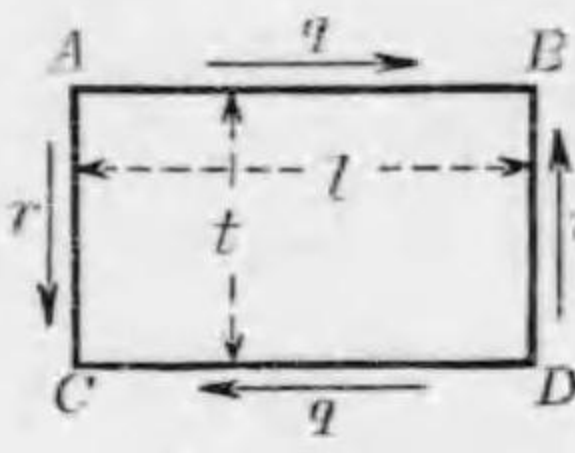
第十五圖に示した物體の上下兩面に働く剪断内力を何れも q とすれば、此等の内力は第十六圖に示す如くに働くのである。今物體の厚さを t 、長さを l 、幅を b とすれば、上下兩面の面積は何れも lb であるから、此等の面に働く力 P は何れも $q lb$ である。然る時は上面の力 $q lb$ と下面の力 $q lb$ とは $q lb t$ なる「モーメント」の偶力を形作る。然るに偶力は物體に回轉

運動を起さしむるものであるから、之れに反対する偶力が存在せなければ此の物體は回轉する理である。故に物體が靜止の状態にあるとすれば、 $qllt$ なる偶力に反対する偶力が必ず更に存在せなければならぬ筈であつて、圖に示す偶力は右廻はりの偶力

第十六圖



第十七圖



であるから更に存在すべき偶力は左廻はりの偶力で、且又偶力の「モーメント」が何れも $qllt$ に等しかるべき筈である。是れ即ち AC 及び BD なる左右の兩面に働くと見做さるゝ r, r なる剪斷内力より起る偶力でなければならぬから、つまり第十七圖に示すが如く上下左右の四面に q, q, r, r なる剪斷内力が働かねばならぬことに論定される。而して r, r より起る偶力の「モーメント」は明かに $rtbl$ であるから、

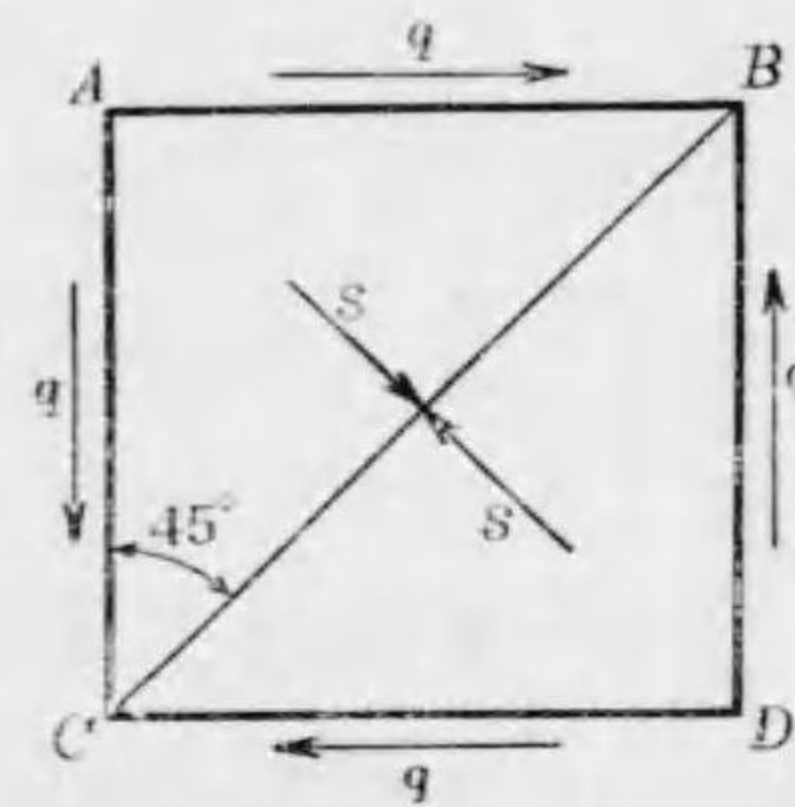
$$rtbl = qllt$$

即ち $r = q \dots \dots \dots (15)$

斯くの如く剪斷内力を受くる物體の一部分を取りて考ふる時は、内力は常に第十七圖に示す如くに働き、而して内力の大きさは悉く相等しい。

9. 剪斷歪み (Shearing strain) 物體の剪斷内力を受くる部分から第十八圖の CABD を以て示す如き正方形立體を取り出して考ふる時は、 q, q, q, q なる四つの剪斷内力が立體の上下左右の四面に圖の如く働くことは、前節に論述したる結果である。故に立體

第十八圖



の各邊の長さを悉く a とすれば、各々の面に働く剪斷力は何れも qa^2 に等しい。今此等の剪斷力によりて對角面 CB 上に直角に働く内力を s, s とすれば、對角面の面積は $a \times CB$ であるから、對角面上に直角に働く力は $sa \times CB$ である。然るに此の $sa \times CB$ なる力は CA 及び AB なる面又は CD 及び DB なる面に働く二つの qa^2 なる剪斷力によりて起る力であるから、此等の二つの qa^2 なる力を CB に直角に分解したる力が即ち $sa \times CB$ なる力である。仍て

$$2 \times qa^2 \cos 45^\circ = sa \times CB$$

然るに $CB = \frac{CA}{\cos 45^\circ} = \frac{a}{\cos 45^\circ}$

故に $2 \times qa^2 \cos 45^\circ = sa \times \frac{a}{\cos 45^\circ}$

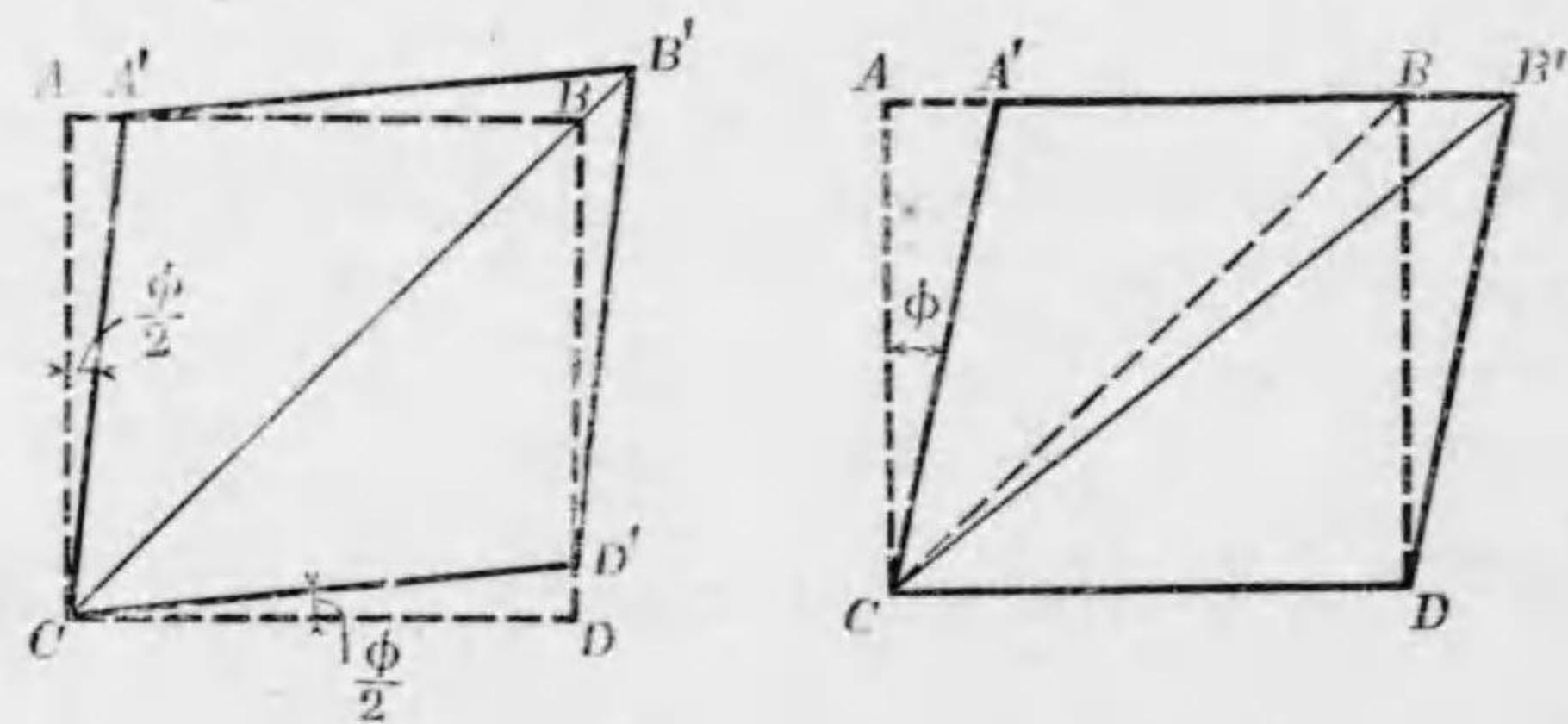
之れより $2 \times q \cos^2 45^\circ = s$
 $\cos 45^\circ$ は $\frac{1}{\sqrt{2}}$ であるから $\cos^2 45^\circ$ は $\frac{1}{2}$ に等しい。依て
 $q = s \dots \dots \dots (16)$

即ち剪断内力のために對角面上に直角に働く内力の大きさは剪断内力の大きさに等しい。而して對角面 CB 上に直角に働く此の内力は明かに壓縮内力である。

同様に他の對角面 AD に直角に働く内力を求める時は、其れも亦剪断内力の大きさに等しく、而して此の内力は明かに引張内力である。

上述の如く、剪断内力のために45度の傾きをなす對角面 CB には剪断内力の大きさに等しき壓縮内力を生じ、此れと直角をなす他の對角面 AD には同じ大きさの引張内力を起す。依て此等の内力のために

第十九圖 第二十圖



立體は第十九圖に示す如くに歪むのである。或は

説明の便宜上 CD' と CD とを一致せしめて書けば第二十圖の如くなる。然る時は角 ϕ を「レヂアン」の單位にて表はしたるものが歪みの量であつて、本文公式(57)により G を横弾性係数とすれば、 ϕ は次の式を以て表はされる。

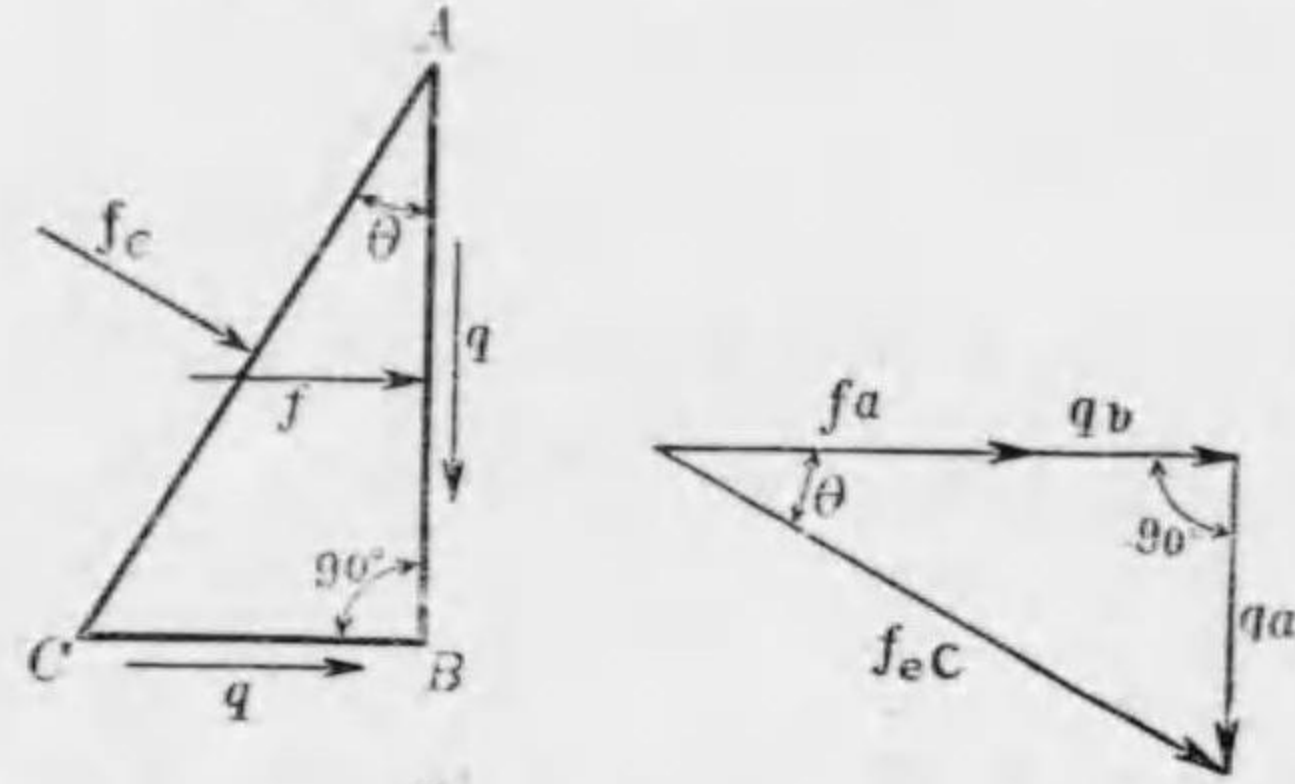
$$\phi = \frac{q}{G}$$

10. 屈曲内力と振り内力との合成内力 (Combined Bending and Torsional Stress)

今屈曲内力と振り内力とを同時に受くる物體の一小部分の斷面を第二十一圖の AB を以て表はすとし、此の斷面に直角に働く屈曲内力を f とし、 f に直角に斷面 AB に沿うて働く振り内力を q とする。然る時は振り内力はつまり剪断内力であるから、ABC なる直角三角形體を假想すれば、斷面 AB に沿うて剪断内力 q が働くと同時に、斷面 BC に沿うても q に等しき剪断内力が圖に示す如く働くことは前節に述べた所である。但し合成内力は斷面 AC に直角に働けるものとする。つまり斷面 AB の近傍には AB に直角なる f 及び q なる二つの内力と、AB に平行なる q なる一つの内力と、總て三つの内力が働くのである。随つて合成内力は此等三つの内力の合成である。

偕て斷面 AB の面積を a 、斷面 BC の面積を b とす

第 二 十 一 圖



れば、力の大きさは夫々 fa, qb 及び qa である。此等三つの力の合成力は「ベクトル」圖の「ベクトル」 f_c を以て表はさるゝ故に、合成内力の働く断面 AC は「ベクトル」 f_c に直角である。今此の合成内力を f_c とし、AC の面積を c とすれば、合成力の全量は $f_c c$ である。然る時は「ベクトル」圖によりて明白なる如く、

$$f_c \sin \theta = qa$$

或は $a = c \cos \theta$ であるから、

$$f_c \sin \theta = qc \cos \theta$$

之れより $\tan \theta = \frac{q}{f_c} \dots \dots \dots (a)$

又同じ「ベクトル」圖より、

$$f_c \cos \theta = fa + qb$$

或は $a = c \cos \theta$, 及び $b = c \sin \theta$ であるから、

$$f_c \cos \theta = f \cos \theta + qc \sin \theta$$

即ち $(f_c - f) \cos \theta = qc \sin \theta$

之れより $\tan \theta = \frac{f_c - f}{q} \dots \dots \dots (b)$

(a), (b) の二式は相等しき故に、

$$\frac{q}{f_c} = \frac{f_c - f}{q}$$

即ち $f_c^2 - f_c - q^2 = 0$

此の二次方程式より f_c を解けば、

$$f_c = \frac{1}{2} (f \pm \sqrt{4q^2 + f^2}) \dots \dots \dots (17)$$

此の式の中の正負の符號は二種の合成内力の生ずることを示す。而して正號を用ゐた時の f_c の値は負號を用ゐた時の f_c の絶対値よりも常に大である。故に大なる方の合成内力を求むるには正號を用ゐねばならぬ。然る時は

$$f_c = \frac{1}{2} (f + \sqrt{4q^2 + f^2}) \dots \dots \dots (17a)$$

此れは材料の強弱を論ずる場合に、屈曲振り合成内力の大きさを定むる公式である〔本文公式(131)参照〕。

—(増補終り)—

附

錄

和英對譯索引表

附 録

和 英 對 譯 索 引 表

() を以て圍みたる數字は節數を示し其他の數字は「ページ」數を示す

あ

I 字形断面.....	I-section.....	(81), (82), 245, 246
銅.....	Copper.....	(57), 193
壓縮.....	Compression.....	(59-61), 197-200
壓縮力.....	Compressive force.....	(59), 197
壓縮内力.....	Compressive stress.....	(50), (59), 178, 197
壓縮歪み.....	Compressive strain.....	(50), (60), 179, 193
壓力.....	Pressure.....	(29), 99
外.....	External.....	(122), 342
氣壓(大氣の壓力). Atmospheric.....		(29), 99
汽壓蒸汽の壓力). Steam.....		(29), 99
内.....	Internal.....	(122), 341
水.....	Hydraulic.....	(29), 99
安全係數(又は安全率). Factor of safety.....		(52), 181

い. ゐ

鑄型	Mould	(55), 187
鑄鋼	Cast steel	(56), 191
鑄鐵	Cast iron	(55), 186
軟化	Malleable	(55), 187
鑄物	Casting	(55), 187
活荷物	Live load	(52), 181
塑性	Plasticity	(53), 183
位置	Position	(1), 1
引張	Tension	(59-61), 197-200
引張内力	Tensile stress	(50), (59), 178, 197
引張歪み	Tensile strain	(50), (60), 179, 198

ゑ

撃ち物	Forged substance	(56), 190
運動	Motion	(1), 1
圓	Circular	(37), 132
往復	Reciprocating	(30), 100
回轉	Rotary	(4), (22), 10, 61
斜面上の	down an inclined plane	(17), 44
等速	Uniform	(3), 4
變速	Variable	(3), 4

等加速	Uniform accelerated	(3), 5
不等加速	Variable accelerated	(3), 5
運動の法則	Laws of motion	(5), 17
運動の第一法則	First law of motion	(5), 17
運動の第二法則	Second law of motion	(6), 18
運動の第三法則	Third law of motion	(8), 24
運動量	Momentum	(6), 18
運動量の變化	Change of momentum	(6), (7), 19, 22

え. ゑ

永久變形	Permanent set	(48), 173
「ベクトル」	Vector	(9), 30
「ベクトル」算法	Vector algebra	(10), (11), 31, 32
「ベクトル」圖	Vector diagram, force diagram	(42), 144
「ベクトル」の加法	Addition of vectors	(10), 31
「ベクトル」の減法	Subtraction of vectors	(11), 32
「ベクトル」量	Vector quantity	(9), 30
「エネルギー」	Energy	(23), 64
回轉體の	of rotating body	(39), 134
化學的	Chemical	(23), 68
機械的	Mechanical	(23), 68
靜	Potential	(23), 65

動.....	Kinetic.....	(23), 65
熱.....	Heat.....	(23), 68
「エネルギー」不滅の原理...Principle of conservation of energy.		(23), 68
圓運動.....	Circular motion.....	(37), 132
圓環形断面.....	Circular ring section.....	(77), (114), 253, 321
圓形断面.....	Circular section.....	(75), (113), 239, 321
圓錐振り子.....	Conical pendulum.....	(41), 135
圓筒.....	Cylindrical shell.....	(122-123), 341-345
遠心力.....	Centrifugal force.....	(38), 132
延性.....	Ductility.....	(53), 183

お. を

オイラーの公式.....	Euler's formula.....	(110), 310
往復運動.....	Reciprocating motion.....	(30), 100
「をねぢ」.....	Screw.....	(34), 115

か. が. くわ

回轉運動.....	Rotary motion.....	(4), (22), 10, 61
回轉數.....	Number of revolution.....	(4), 10
回轉體.....	Revolving body.....	(37), 129

回轉軸.....	Shaft.....	(117), 323
回轉半徑.....	Radius of gyration.....	(39), 135
回轉「モーメント」.....	Turning moment.....	(22), 64
外壓力.....	External pressure.....	(122), 341
外力.....	External force.....	(5), (48), 17, 174
骸炭.....	Coke.....	(55), 187
鈎.....	Hook.....	(124), 347
起重機用.....	Crane.....	(124-127), 347-353
角加速度.....	Angular acceleration.....	(4), 12
角線慣性「モーメント」.....	Polar moment of inertia.....	(71), (111), 232, 318
角線断面係數.....	Polar modulus of section.....	(71), (111), 234, 319
角線抵抗「モーメント」.....	Polar moment of resistance.....	(71), (111), 234, 319
角速度.....	Angular velocity.....	(4), 11
風口.....	Tuyere.....	(55), 187
重ね「ばね」.....	Laminated spring.....	(94), 276
瓦斯機關.....	Gas engine.....	(30), 100
加速度.....	Acceleration.....	(3), 5
角.....	Angular.....	(4), 12
向心.....	Radial.....	(37), 129
合成.....	Resultant.....	(16), 43

- 關係.....Relative..... (16), 43
 線.....Linear..... (4), 13
 地球重力の.....of gravity... (3), (6), (17), 7, 20, 44
 等.....Uniform..... (3), 6
 分.....Component..... (16), 43
 片持梁.....Cantilever. (88), (89-92), 263, 264-266
 平等強力の.....of uniform strength...
 (93-96), 272-278
 可鍛性.....Malleability, forgeability... (53), 184
 過炭素鋼.....High carbon steel..... (56), 191
 金型.....Metal mould..... (55), 188
 金型鑄込み.....Chilled casting..... (55), 188
 唐金.....Bronze..... (58), 195
 含磷.....Phosphor..... (58), 195
 「マンガン」.....Manganese..... (58), 195
 關係加速度.....Relative acceleration..... (16), 43
 關係速度.....Relative velocity..... (15), 41
 關係變位.....Relative displacement..... (13), 33
 慣性.....Inertia..... (5), 17
 慣性の法則.....Law of inertia..... (5), 17
 慣性「モーメント」.....Moment of inertia... (39), (68), (70),
 (72-84), 135, 227, 230, 235-247
 角線.....Polar..... (71), (111), 232, 318

- 面積の.....of an area..... (39), (68), 136, 227
 含磷唐金.....Phosphor bronze..... (58), 195

き き

- 氣壓(大氣の壓力).....Atmospheric pressure... (29), 99
 汽壓(蒸汽の壓力).....Steam pressure... (29), 99
 求心力.....Centripetal force..... (38), 133
 機械用材料.....Materials used for mechanical
 engineering..... (53-58), 183-196
 機關.....Engine..... (29), 100
 瓦斯.....Gas..... (29), 100
 石油.....Oil..... (29), 100
 蒸汽.....Steam..... (29), 100
 危險斷面.....Dangerous section. (87), (97), 262, 278
 刻み.....Pitch. (34), 116
 「ねぢ」の.....of screw. (34), 116
 起重機用鈎.....Crane hook..... (124-127), 347-353
 極.....Pole..... (44), 153
 極距離.....Polar distance..... (128), 358
 極限摩擦.....Limiting friction..... (31), 107
 極線.....Polar line..... (44), 153

許容内力.....Allowable safe working stress.....
(52), 181

キログラムメートル
坵 米.....Kilogrammetre (略字 kgm.),
Metrekilogram(略字 mkg.) (19), 53

「キロワット」.....Kilowatt (略字 KW.)..... (19), 53

く. ぐ

楔.....Wedge..... (35), 119

屈曲.....Bending. (66-108), 216-307

屈曲内力.....Bending stress.....(50), (67), (68),
178, 219, 221

屈曲歪み.....Bending strain.... (50), (68), 179, 222

屈曲「モーメント」.....Bending moment... (67), (87-108),
(128), 221, 262-307, 356

屈曲「モーメント」尺...Bending moment scale..... (129), 360

屈曲「モーメント」圖...Bending moment diagram. (128), 360

汲み桶.....Ladle..... (55), 188

「クランク」.....Crank..... (30), 100

「クランク」軸.....Crank shaft..... (30), (121), 100, 337

「クランクピン」.....Crank pin..... (121), 337

け. げ

傾角.....Angle of inclination.(17), (33), 45, 111

經濟的設計.....Economical design..... 171

係數... ..Factor, coefficient, modulus

安全——(安全率)Factor of safety..... (52), 181

角線断面——.....Polar modulus of section.....
(71), (111), 234, 319

彈性.....Modulus of elasticity..... (51), 180

断面.....Modulus of section.... (68), (72-84),
227, 235-217

直接彈性——.....Modulus of direct elasticity.....
(51), (60), (65), 180, 198, 208

摩擦.....Coefficient of friction..... (31), 108

容積の彈性.....Modulus of elasticity of volume.
(64), (65), 207, 208

横彈性.....Modulus of transverse elasticity,
modulus of rigidity... (51), (63), (65),
180, 206, 208

桁... ..Member. (47), 156

壓縮される.....Compression..... (47), 157

引張られる.....Tension..... (47), 157

結局強さ.....Ultimate strength..... (48), 175

結局内力.....Ultimate stress..... (48), 175

減速度.....Retardation..... (3), 5

原働.....Action..... (8), 24

こ. こ

合金.....	Alloy.....	(58), 194
硬鋼.....	Hard steel.....	(56), 191
交互荷物.....	Alternate load..	(52), 182
向心加速度.....	Radial acceleration.....	(37), 129
合成.....	Composition....	(12), 32
加速度の.....	of accelerations.....	(16), 43
速度の.....	of velocities.....	(14), 35
力の.....	of forces.....	(18), (26), 45, 79
變位の.....	of displacements.....	(12), 32
合成加速度.....	Resultant acceleration.....	(16), 43
合成速度.....	Resultant velocity.....	(14), 35
合成内力.....	Compound stress... (50), (120-121),	178, 333-340
屈曲壓縮.....	Combined bending and compressive	
stress.....	(50), (109), 179, 309	
直働屈曲.....	Combined bending and direct stress	
.....	(120), 333	
振り屈曲.....	Combined bending and torsional	
stress.....	(121), 337	
合成變位.....	Resultant displacement.....	(12), 32
合成力.....	Resultant force.....	(18), (26), 45, 79

構造圖.....	Frame diagram, space diagram	
.....	(42), 144	
工字形断面.....	I-section.....	(81), (82), 245, 246
工程.....	Power.....	(19), 52
勾配.....	Taper, slope.....	(35), 122
降伏點.....	Yield point.....	(48), 173
効率.....	Efficiency.....	(36), 124
「ねぢ」の.....	of screw.....	(36), 124
弧度.....	Circular measure.....	(4), 11
<u>ゴルドン—ランキンの公式</u> ...Gordon-Rankine's formula ..		(110), 311

さ. ざ

材料.....	Material.....	(53), 184
機械用.....	used for mechanical engineering	
.....	(53-58), 183-196	
強い.....	Strong.....	(48), 174
脆い.....	Brittle.....	(53), 184
弱い.....	Weak.....	(48), 174
材料及構造強弱學...Strength of materials and of		
structures.....	(48-131), 171-371	
材料の強さ.....	Strength of material.....	(48), 175
三角形断面.....	Triangular section..	(74), 238

散布荷物.....Distributed load..... (88), 263

し. じ

周期.....Period..... (41), 140

集中荷物.....Concentrated load..... (88), 263

十字形断面.....Star section..... (82), 246

十字頭.....Crosshead..... (30), 100

仕事.....Work..... (19), 50

受取りたる.....received..... (36), 124

回轉作用によりて成さるゝ.....done by
revolution..... (22), 61

摩擦に費やさるゝ.....spent in friction
..... (36), 122

無益な.....Useless..... (36), 122

有用なる.....Useful..... (36), 122

質量.....Mass..... (6), 18

質量の中心.....Centre of mass..... (29), 93

等しく且つ反對.....Equal and opposite..... (8), 25

死荷物.....Dead load..... (52), 181

斜面.....Inclined plane..... (17), (33), (40),
44, 111, 136

斜面上の運動.....Motion down an inclined plane...
(17), 44

衝撃量.....Impulse... (7), 22

衝撃力.....Impulsive force..... (7), 23

初速(又は初速度).....Initial velocity..... (3), 4

蒸気罐.....Steam boiler..... (122), 341

蒸気機關.....Steam engine..... (30), 100

蒸気機關裝置.....Steam engine mechanism... (30), 100

蒸気「タービン」.....Steam turbine..... (118), 326

船用.....Marine..... (118), 326

ジョンソンの公式.....Johnson's formula..... (110), 312

示力線.....Line of action..... (27), 83

「シリンドル」.....Cylinder..... (30), 100

白銑鐵.....White pig iron..... (55), 189

白「メタル」.....White-metal..... (58), 195

真鍮.....Brass..... (58), 195

す. ず

水壓力.....Hydraulic pressure..... (29), 99

砂型.....Sand mould..... (55), 188

せ. ぜ

静「エネルギー」.....Potential energy..... (23), 65

静止.....	Rest.....	(1), 1
静摩擦.....	Static friction.....	(31), 106
正方形断面.....	Square section.....	(73), (115), 237, 321
圓孔ある.....	with circular hole.....	(79), 244
中空.....	Square box section.....	(78), 244
石油機関.....	Oil engine.....	(30), 100
絶対単位.....	Absolute unit.....	(6), 20
Z字形断面.....	Z-section.....	(81), (82), 245, 246
線加速度.....	Linear acceleration.....	(4), 13
線尺.....	Linear scale.....	(18), 45
線數量.....	Scalar quantity.....	(9), 30
線速度.....	Linear velocity.....	(4), 11
剪断.....	Shearing.....	(62-65), 205-208
剪断内力.....	Shearing stress.....	(50), (62), 178, 205
剪断歪み.....	Shearing strain.....	(50), (63), 179, 206
剪断力.....	Shearing force.....	(62), (67), (131), 205, 221, 368
剪断力圖.....	Shearing force diagram.....	(131), 368

そ.ぞ

相当振り「モーメント」.....	Equivalent twisting moment.....	(121), 339
------------------	---------------------------------	------------

送風機.....	Fan, blower.....	(55), 187
速度.....	Velocity.....	(2), 2
角.....	Angular.....	(4), 11
関係.....	Relative.....	(15), 41
合成.....	Resultant.....	(14), 35
初速(初-).....	Initial.....	(3), 4
線.....	Linear.....	(4), 11
分.....	Component.....	(14), 35
平均.....	Mean.....	(2), 6
速度の分解.....	Decomposition of velocity.....	(14), 36
速度の合成.....	Composition of velocities.....	(14), 35

た.た

代数和.....	Algebraic sum.....	(28), 89
楕圓断面.....	Elliptic section.....	(76), 241
縦断面.....	Longitudinal section.....	(123), 313
縦の歪み.....	Longitudinal strain.....	(61), 198
撓み.....	Deflection.....	(86), 258
梁の.....	of beam.....	(86), 258
単位.....	Unit.....	
壓力の.....	of pressure.....	(29), 99

角加速度の	.....of angular acceleration...	(4), 14
角速度の	.....of angular velocity.....	(4), 14
加速度の	.....of acceleration.....	(3), 7
工程の	.....of power.....	(19), 52
仕事の	.....of work.....	(19), 52
質量の	.....of mass.....	(6), 20
絶対	.....Absolute.....	(6), 20
速度の	.....of velocity.....	(2), 3
重力	.....Gravitational.....	(6), 21
力の	.....of force.....	(6), 20
實用	.....Practical.....	(6), 20
内力の	.....of stress.....	(49), 175
變位の	.....of displacement.....	(2), 3
「モーメント」の	.....of moment.....	(21), 61
弾性	.....Elasticity.....	(48), 172
弾性界限	.....Elastic limit, limit of elasticity.....	(48), 172
弾性曲線	.....Elastic curve.....	(85), 255
弾性係數	.....Modulus of elasticity.....	(51), 180
直接	.....Modulus of direct elasticity.....	(51), (60), (65), 180, 198, 208
横	.....Modulus of transverse elasticity,	

	modulus of rigidity	(51), (63), (65), 180, 206, 208
容積の	.....of volume.....	(64), (65), 207, 208
鍛接性	.....Weldability.....	(54), 185
鍛接法	.....Welding.....	(54), 185
炭素焼き	.....Case-hardening.....	(54), 186
單働内力	.....Simple stress.....	(50), 178
断面	.....Section.....	(72-84), 235-247
I字形	.....I-section.....	(81), (82), 245, 246
圓環形	.....Circular ring.....	(77), (114), 243, 321
圓形	.....Circular.....	(75), (113), 239, 321
圓孔ある正方形	.....Square section with circular hole.....	(79), 244
危険	.....Dangerous.....	(87), 262
三角形	.....Triangular.....	(74), 238
Z字形	.....Z-section.....	(81), (82), 245, 246
正方形	.....Square.....	(73), (115), 237, 321
橢圓	.....Elliptic.....	(76), 241
縦	.....Longitudinal.....	(123), 343
長方形	.....Rectangular.....	(72), (116), 235, 322
中空正方形	.....Square box.....	(78), 244
十字形	.....Star.....	(82), 246

T 字形	T-section	(82), 246
二字形	Flange	(80), 245
箱形	Box	(81), 245
帽子形	Channel section with flanges	(81), 245
溝形	Channel	(81), 245
横	Transverse	(123), 343
断面係数	Modulus of section	(68), (72-84), 227, 235-247
角線	Polar	(71), (111), 234, 319
断面形の面積	Area of section, sectional area	(83), 247

ち. ち

重心	Centre of gravity	(29), 91
重心軸	Gravity axis	(69), 229
重量	Weight	(6), 18
重力単位	Gravitational unit	(6), 21
鑄鋼	Cast steel	(56), 191
鑄鐵	Cast iron	(55), 186
軟化	Malleable	(55), 189
中立軸	Neutral axis	(68), (69), (70), (112), 223, 229, 230, 319

中立點	Neutral point	(112), 319
中立面	Neutral surface	(68), (69), 222, 229
力	Force	(5-8), 17-27
壓縮	Compressive	(59), 197
遠心	Centrifugal	(38), 132
外	External	(5), (48), 17, 174
求心	Centripetal	(38), 133
合成	Resultant	(18), (26), 45, 79
剪斷	Shearing	(62), (67), (131), 205, 221, 363
張	Tension	(59), 197
釣合はせ	Equilibrant	(24), 75
内	Stress	(48), 174
分	Component	(18), (26), 45, 79
平行	Parallel	s. (28), 88
摩擦	Frictional	(31), 106
力の合成	Composition of forces	(18), 45
力の三角形	Triangle of force	(24), 74
力の多角形	Polygon of force	(24), 74
力の釣合ひ	Equilibrium of forces	(24), (26), 73, 80
力の分解	Decomposition of force	(18), 45
力の「モーメント」	Moment of force	(21), 53

地球重力.....Gravity.....	(3), (6), 7, 18, 20
軸馬力.....Shaft horse-power.....	(118), 326
實用單位.....Practical unit.....	(6), 20
着力點.....Point of application.....	(27), 83
長方形断面.....Rectangular section.....	(72), (116), 235, 322
張力.....Tension.....	(59), 197
直接彈性係數.....Modulus of direct elasticity.....	(51), (60), (65), 180, 198, 208
直働内力.....Direct stress.....	(50), 178

つ. つ

銑鐵.....Pig iron.....	(55), 187
白.....White.....	(55), 189
突張り棒.....Strut, compression member.....	(47), (109-110), 157, 308-313
圖法力學.....Graphic statics. . .	(42-47), (128-131), 143-166, 356-370
強い材料.....Strong material.....	(48), 174
強さ.....Strength.....	(48), 175
結局.....Ultimate.....	(48), 175
破壊.....Breaking.....	(48), 175

釣揚げ機械.....Hoisting machine.....	(124), 347
釣合はせ力.....Equilibrant.....	(24), 75
釣合ひ.....Equilibrium.....	(24), 74
回轉體の.....of rotating body.....	(40), 136
構造物の.....of structure.....	(47), 156
力の.....of forces.....	(24), (26), 73, 80
梁の.....of beam.....	(66), 216
物體の.....of body.....	(27), 80
平行力の.....of parallel forces..	(28), (45), (46), 88, 154, 155

釣合ひの第一條件.....First condition of equilibrium.....	(27), (44), 80, 153
釣合ひの第二條件.....Second condition of equilibrium. . .	(27), (44), 81, 153
蔓巻き「ばね」.....Helical spring.....	(119), 326

て. て

抵抗.....Resistance.....	(23), 67
抵抗「モーメント」.....Moment of resistance.....	(68), 227
角線.....Polar.....	(71), (111), 232, 319
丁字形断面.....T-section.....	(82), 246
挺子.....Lever.....	(20), 55

と. ど

銅.....	Copper.....	(57), 193
動「エネルギー」.....	Kinetic energy.....	(23), 65
等加速運動.....	Uniform accelerated motion....	(3), 5
等加速度.....	Uniform acceleration.....	(3), 6
等速運動.....	Uniform motion.....	(3), 4
「トーションメーター」.....	Torsionmeter.....	(118), 325
トッテ 把手.....	Handle.....	(34), 115
導板.....	Guide plate.....	(30), 100
十字頭の.....	Crosshead guide.....	(30), 100
動物の力量.....	Animal power.....	(20), 55
動摩擦.....	Kinetic friction.....	(31), 106
取り出し口.....	Tapping hole.....	(55), 188
「トルク」.....	Torque.....	(22), 64

な

内圧力.....	Internal pressure.....	(122), 341
内力.....	Stress.....	(48), 174
圧縮.....	Compressive.....	(50), (59), 178, 197
引張.....	Tensile.....	(50), (59), 178, 197
許容.....	Allowable safe working.....	(52), 181

屈曲.....	Bending.....	(50), (67), (68), 178, 219, 221
結局.....	Ultimate.....	(48), 175
合成.....	Compound.....	(50), (120-121), 178, 333-340
剪断.....	Shearing.....	(50), (62), 178, 205
単働.....	Simple.....	(50), 178
直働.....	Direct.....	(50), 178
破壊.....	Breaking.....	(48), 175
振り.....	Torsional.....	(50), 178
内力図.....	Stress diagram.....	(47), 162
内力の大きさ.....	Amount of stress.....	(49), 175
なます.....	To anneal, annealing.....	(57), 193
軟化鑄鐵.....	Malleable cast iron.....	(55), 189
軟鋼.....	Mild steel.....	(56), 190

に

二字形断面.....	Flange section.....	(80), 245
「ニッケル」鋼.....	Nickel steel.....	(56), 190
荷物.....	Load.....	(52), 181
活.....	Live.....	(52), 181
交互.....	Alternate.....	(52), 182
散布.....	Distributed.....	(88), 263

集中	Concentrated	(88), 263
死	Dead	(52), 181
反復	Repeated	(52), 181

ね

「ねぢ」	Screw	(34), 115
一重	Single threaded	(34), 116
二重	Double threaded	(34), 116
三重	Treble threaded	(34), 116
「を—」		(34), 115
「め—」	Nut	(34), 115
「ねぢ-ジャック」	Screw jack	(34), (36), 115, 124
「ねぢ」棒	Screw spindle	(34), 116
「ねぢ」山	Screw thread	(34), 116
ねぢ 振り	Torsion	(111-119), 316-328
振り内力	Torsional stress	(50), (111), 178, 316
振れ角	Angle of torsion	(111), (118), 317, 324
振り歪み	Torsional strain	(50), (111), 179, 316
振り「モーメント」	Twisting moment	(111), 319
相当	Equivalent	(121), 339

は. ば. ば

バウの記號法	Bow's notation	(43), 144
破壊強さ	Breaking strength	(48), 175
破壊内力	Breaking stress	(48), 175
鋼	Steel	(56), 190
鑄	Cast	(56), 191
過炭素	High carbon	(56), 191
硬	Hard	(56), 191
軟	Mild	(56), 190
「ニッケル」	Nickel	(56), 190
刃物	Tool	(56), 191
船用蒸気「タービン」	Marine steam turbine	(118), 326
箱形断面	Box section	(81), 245
端板	End plate	(123), 343
柱	Pillar, column	(109-110), 308-313
「ばね」	Spring	(94), (119), 276, 326
重ね	Laminated	(94), 276
蔓巻き	Helical	(119), 326
「バビット、メタル」	Babbitt's metal	(58), 195
刃物鋼	Tool steel	(56), 191

- 速さ.....Speed..... (2), 3
- 梁.....Beam..... (66), (88), 216, 263
- 一端を固定し他端を支へたる——fixed
at one end and supported at
another.....(106-107), 303-306
- 片持.....Cantilever...(88), (89-92), 263, 264-266
- 両端支へられたる——supported at both
ends.... (88), (97-103), 263, 278-289
- 両端の固定したる——fixed at both ends
..... (104-105), 298-302
- 連続.....Continuous.....(88), (108), 263, 306
- 梁の釣合ひ.....Equilibrium of beam... (66), (67),
216, 217
- 馬力.....Horse-power (略字 HP 又は HP)....
(19), (20), 52, 54
- 英国——(又は英——).....English..... (19), 53
- 軸.....Shaft..... (118), 326
- 佛國——(又は佛——)...French..... (19), 53
- 反働.....Reaction..... (8), 24

ひ. び. び

- 「ピストン」.....Piston..... (30), 100
- 「ピストン」鉚.....Piston rod..... (30), 100

- 引張り棒.....Tie, tension member.... (47), (110),
157, 313
- 歪み.....Strain..... (48), 174
- 圧縮.....Compressive.....(50), (60), 179, 198
- 引張.....Tensile..... (50), (60), 179, 198
- 屈曲.....Bending..... (50), (68), 179, 222
- 剪断.....Shearing..... (50), (63), 179, 206
- 縦の.....Longitudinal..... (61), 198
- 容積.....Volumetric..... (64), 207
- 横の.....Transverse..... (61), 199
- 捩り.....Torsional..... (50), 179
- 歪みの量.....Amount of strain..... (50), 179
- 人孔.....Man-hole..... (123), 345
- 鉚接手.....Riveted joint..... (123), 345
- 平等強力.....Uniform strength..... (93), 272
- 平等強力の片持梁.....Cantilever of uniform strength.....
(93-96), 272-278

ふ. ぶ. ぶ

- 呎「ポンド」.....Foot-pound (略字 Ft-lb)....(19), (21),
52, 61
- 不等加速運動.....Variable accelerated motion.... (3), 5

フックの定律.....	Hook's law.....	(51), 180
佛國馬力(又は佛馬力).....	French horse-power.....	(19), 53
物體の釣合ひ.....	Equilibrium of body.....	(27), 80
分解.....	Decomposition, resolution....	(14), 36
加速度の.....	of acceleration.....	(16), 43
速度の.....	of velocity.....	(14), 36
力の.....	of force.....	(18), 45
變位の.....	of displacement.....	(12), 33
分加速度.....	Component acceleration.....	(16), 43
分速度.....	Component velocity.....	(14), 35
分變位.....	Component displacement.....	(12), 33
分量.....	Quantity, magnitude.....	(9), 29
分力.....	Component force.....	(18), 45

ハ. ベ. ヘ

平均速度.....	Mean velocity.....	(2), 6
平行力.....	Parallel forces.....	(28), 88
平行力の釣合ひ.....	Equilibrium of parallel forces.....	(28), (45), (46), 88, 154, 155
平等強力.....	Uniform strength.....	(93), 272
平等強力 of 片持梁.....	Cantilever of uniform strength.....	(93-96), 272-278

變位.....	Displacement.....	(2), 2
關係.....	Relative.....	(13), 33
合成.....	Resultant.....	(12), 32
分.....	Component.....	(12), 33
變位の合成.....	Composition of displacements.....	(12), 33
變位の分解.....	Decomposition of displacement....	(12), 33
變速運動.....	Variable motion.....	(3), 4

ほ. ぼ. ぽ

ポアッソンの反比.....	Reciprocal of Poisson's ratio.....	(61), 199
ポアッソンの比.....	Poisson's ratio.....	(61), 198
砲金.....	Gun-metal.....	(58), 194
方向.....	Direction.....	(2), 3
帽子形断面.....	Channel section with flanges.....	(81), 245
拋物線.....	Parabola.....	(130), 365
「ポンド」.....	Pound (略字 Lb).....	(6), 29

ま

曲り.....	Curvature.....	(85), 258
曲りの半徑.....	Radius of curvature.....	(85), 257

- 巻揚げ機繰.....Winding machine.....(124), 347
 摩擦.....Friction.....(31), 106
 極限.....Limiting.....(31), 107
 静.....Static.....(31), 106
 動.....Kinetic.....(31), 106
 摩擦角.....Angle of friction, angle of repose,
 frictional angle.....(32), 110
 摩擦係數.....Coefficient of friction.....(31), 108
 摩擦力.....Frictional force.....(31), 106
 「マンガ」唐金.....Manganese bronze.....(58), 195

み

- 溝形断面.....Channel section.....(81), 245

む

- 向き.....Sense.....(2), 3
 結び目.....Joint.....(47), 156

め

- 「めねぢ」.....Nut.....(34), 115
 面積.....Area.....(83), 247
 断面形の.....of section, sectional.....(83), 247

- 面積「モーメント」.....Moment of area.....(29), (69), 94, 228
 面の中心.....Centre of figure.....(29), 94

も

- 「モーメント」.....Moment.....(21), 58
 回轉.....Turning.....(22), 64
 角線慣性.....Polar moment of inertia.....
 (71), (111), 232, 318
 角線抵抗.....Polar moment of resistance.....
 (71), (111), 232, 319
 慣性.....of inertia... (39), (68), (70), (72-84),
 135, 227, 230, 235-247
 屈曲.....Bending.....(67), (87-108), (128),
 221, 262-307, 356
 相当振り.....Equivalent twisting.....(121), 339
 力の.....of force.....(21), 58
 抵抗.....of resistance.....(68), 227
 面積.....of area.....(29), (69), 94, 228
 振り.....Twisting.....(111), 319
 脆い材料.....Brittle material.....(53), 184

や

- 焼き入れ.....Hardening.....(56), 192

焼き戻し.....Tempering... (56), 192
 焼きの色.....Temper colour..... (56), 193

よ

鋳鉄爐.....Cupola..... (55), 187
 容積の弾性係數.....Modulus of elasticity of volume...
 (64), (65), 207, 208
 容積の中心.....Centre of volume..... (29), 93
 容積歪み.....Volumetric strain..... (64), 207
 横弾性係數.....Modulus of transverse elasticity,
 Modulus of rigidity... (51), (63), (65),
 180, 206, 208
 横断面.....Transverse section..... (123), 343
 横の歪み.....Transverse strain..... (61), 199
 弱い材料.....Weak material..... (48), 174

ら

ラミの定理.....Lami's theorem..... (25), 76

り

力學.....Dynamics..... (1-47), 1-170
 圖法.....Graphic statics... (42-47), (128-131),
 143-166, 356-370

力尺.....Force scale..... (18), 45
 力量.....Power..... (20), 53
 動物の.....Animal..... (20), 53
 「リンク」多角形.....Link polygon, funicular polygon
 (44), 150

れ

「レヂアン」.....Radian..... (4), 11
 連桿.....Connecting rod..... (30), 103
 連続梁.....Continuous beam... (88), (108), 263, 306
 錬鐵.....Wrought iron..... (54), 180

ろ

鑲.....Solder..... (57), 193
 鑲付け法.....Brazing, soldering..... (57), 194

わ

わかし接ぎ.....Welding..... (54), 185
 「ワット」.....Watt..... (19), 53

増 補 索 引 表

い

位相.....	Phase.....	ページ 400
位相定数.....	Phase constant.....	400
位相の角.....	Phase angle.....	400
移動.....	Translation.....	379

う

運動の方程式.....	Equation of motion.....	397
単弦運動の——	——of simple harmonic motion.....	397

お. を

後れ.....	Lag.....	400
---------	----------	-----

か

回轉運動.....	Rotation.....	380
角運動量.....	Angular momentum.....	386
角運動量のベクトル算法.....	Vector calculation of angular momenta.....	391

く

偶力.....	Couple.....	379
偶力の腕.....	Arm of a couple.....	380
偶力の「モーメント」.....	Moment of a couple.....	381
屈曲内力と捩り内力との合成内力.....	Combined bending and torsional stress.....	415

さ

材料の任意の断面に働く内力.....	Stresses induced in an arbitrary section of a material.....	407
--------------------	---	-----

し

周期.....	Period.....	393
振動.....	Oscillation, vibration.....	393
「ばね」の——	——of a spring.....	401
弱はる——	Damped——.....	404
振動数.....	Frequency.....	393
振幅.....	Amplitude.....	395

す

進み.....Lead..... 400

せ

剪断内力.....Shearing stress..... 410

剪断歪み.....Shearing strain..... 413

た

単弦運動.....Simple harmonic motion..... 392

単弦運動の定義.....Definition of a simple harmonic
motion..... 398

単振り子.....Simple pendulum..... 404

と

等時性.....Isochronism..... 407

は

始まり.....Epoch..... 400

ほ

補助圓.....Auxiliary circle..... 393

も

「モーメント」の「ベクトル」..... Vector of a moment..... 384

「モーメント」の「ベクトル」算法.....Vector calculation
of moments..... 382

—< 索引表終 >—

明治四十五年四月二十二日
 大正四年三月二十二日
 大正三年四月二十二日
 大正二年六月二十二日

印刷行
 發行行
 發行行
 發行行

著者

發行者

專務取締役

印刷者

印刷所

〔機械學上卷〕

正價 金壹圓八拾錢

宮城音五郎

丸善株式會社

右代表者 小柳津要

藤本兼吉

東京市牛込區市谷加賀町一丁目十二番地



發行所

東京市日本橋區通三丁目
 (郵便振替貯金口座東京第五番)
 大阪市東區博勞町四丁目
 (郵便振替貯金口座大阪第七四番)
 京都市三條通麩屋町西へ入
 (郵便振替貯金口座大阪一七三番)
 福岡市博多上西町
 (郵便振替貯金口座福岡第五〇〇番)

丸善株式會社
 丸善大阪支店
 丸善京都支店
 丸善福岡支店

東京市牛込區市谷加賀町一丁目十二番地

東京工科大学教授 工學博士 田中不二氏著

應用力學 第一編 材料及構造強弱學

四六倍判洋裝 紙數百七十餘頁
圖版百十餘種
正價金壹圓七拾錢
郵稅金拾貳錢

第一章 内力及歪み：材料及構造強弱學○内力○傾斜内力、直角内力、接觸内力○外八項○第二章 梁：梁及曲ること○剪断力及曲ぐるモーメント○一端中に集中荷物一個を掛けたる片持ち梁○外廿四項○第三章 傾斜荷物を受ける梁：平面外力系を受ける真直なる棒に於ける内力○平面外力系を受ける真直なる棒の剛さ○第四章 柱：柱に關するオイレルの公式○柱の歪みが知れ居る場合○外三項○第五章 管のへこみ：外部壓力を受ける管のへこみ○フエアルンの公式○アペウインの公式○ゴールドンの公式○第六章 剪断と振れと軸：剪断と振れと軸：剪断内力○單純なるゆがみ内力○平等なる丸軸の振れ○外二項○第七章 聯立内力：正内力○物體の彈性的破損○曲げ及振れの聯立○第八章 銲接手：銲接手の種類○銲接手の強さ○外三項○問題集

第四高等工學士 重光 蔭氏 著

解析力學

菊判洋裝上 紙數三百八十餘頁
圖版二百三十餘頁 中 紙數四百四十餘頁
正價金貳圓 卷 正價金貳圓
郵稅金拾貳錢 郵稅金拾貳錢

緒論：○第一編 運動學：向徑の性質○速さ及速度○加速度 ○第二編 靜力學 力○質點の平衡○同一平面上に在る力の合成剛體の平衡○同一平面上に在らざる力の合成剛體の平衡○重心○運動を制限せられたる剛體の平衡○摩擦○工學上重要な平衡の諸問題○絲狀物體の平衡
○質點動力學：總論○一定の力に作用せらるる質點の直線運動○一定の力に作用せらるる質點の曲線運動○動力學の原理○拘束せられたる質點の運動○一定ならざる力に作用せらるる質點の直線運動中心運動○流體中に於ける質點の運動○比較運動○質點の集團の運動○物體の平衡（下巻剛體動力學之部 續刊）

東京工科大学教授 工學博士 柴田哇作氏著

工業力學

四六倍判洋裝 紙數三百六十餘頁
圖版三百餘種
正價金貳圓七拾錢
郵稅金拾八錢

第一編 總論：第一章 度量衡及時ノ單位 第二章 力 第三章 豫備數學 第四章 面力 第五章 速度及加速度 第二編 力學ノ原理：第一章 じゆんとんノ動ノ三則 第二章 働及勢 第三章 力學ノ基礎原理 第三編 彈體靜力學：第一章 物體ノ強弱 第二章 抗張材及短柱 第三章 單桁 第四章 突桁 第五章 連桁 第六章 かすちりあのーノ定理 第七章 長柱 第八章 雜論 第九章 應用強度論 第四編 粉體靜力學：第一章 摩擦力 第二章 粉體ノ壓力及抵抗力 第五編 液體靜力學 第六編 液體動力學：第一章 定流ニ關スルぬーいの定理 第二章 孔口ニ於ケル水流 第三章 缺口又ハ堰ニ於ケル水流 第四章 管ニ於ケル水流 第五章 開路ニ於ケル水流 第七編 完全ニ可撓ニシテ完全ニ伸縮ナキ線體ノ靜力學 第八編 構造物靜力學：第一章 平面結構 第二章 石堰及擁壁

秋田鐵山専門學校教授 工學士 伊藤萬太郎氏著

水力機械學 上卷 水力學及水車之部

菊判洋裝 紙數三百餘頁
圖版百五十餘種
正價金壹圓六拾錢
郵稅金拾貳錢

第一編 水力學：第一章 總說 第二章 流孔よりの流水 第三章 管中の流水 第四章 水路に於ける流水 第五章 流量の測定 第六章 管裝置 第二編 水車：第一章 總說 第二章 舊式水車 第三章 新式水車 第四章 「インバルス、ホイール」 第五章 「リアクションタービン」 第六章 水車用「カザアナー」附録。

丸善株式會社發行工業書目

今木七十郎氏編纂 訂正今 增補木 工手便覽 小室信藏氏、宮本忠平氏共著 日本家具圖案と製作法 工學博士 齋藤大吉氏著	金屬合金及其加工法 中卷正價金壹圓八拾五錢 上卷正價金壹圓六拾五錢 下卷正價金壹圓五拾五錢 郵稅上、中卷各金拾貳錢 下卷金拾八錢	鐵と鋼 製造法及性質 工學博士 依國一氏著	工業電氣化學 工學博士 吉川龜次郎氏著	應用電氣化學實驗 工學博士 吉川龜次郎氏校閱 ハイン及キッペン重著、龜高、眞島、二理學博士、湯田理學士共譯	新說有機化學 理學博士 小藤文次郎、神保小虎、英獨和對譯 礦物字彙 工學士 香村小錄氏、工學士 今泉嘉一郎氏共著	改訂鑛山測量術 工學博士 君島八郎氏著	君島測學			
總價各壹圓五拾錢 郵稅各金三錢	菊判洋裝 全參册 正價金四圓五拾錢 郵稅金參拾錢	菊判洋裝 全壹册 正價金貳圓	菊判洋裝 全參册 正價金五圓 郵稅金廿四錢	菊判洋裝 全壹册 正價金貳圓 郵稅金拾貳錢	菊判洋裝 全壹册 正價金七拾五錢 郵稅金四錢	菊判洋裝 全壹册 正價金壹圓五拾錢 郵稅金拾貳錢	菊判洋裝 全壹册 正價金壹圓五拾錢 郵稅金拾貳錢			
工學士 細井岩彌氏編 金鑛製鍊法 理學博士 水野敏之丞氏著	無線電信電話論 工學博士 荒川文六氏著	再荒電氣工學 工學博士 荒川文六氏著	訂正電氣計算法 海軍機關少佐 中條清三郎氏著	增補電氣計算法 佐々木恒太郎氏編輯	土木 設計實例 工學博士 田邊勇郎氏著	水力 原田 碧氏編	實用鐵筋コンクリート構法 工學士 栗原忠三氏著	水力事業論 工學士 加藤成一氏著	遠洋漁船 工學博士 中村達太郎氏著	日本建築辭彙
菊判洋裝 全壹册 正價金貳圓五拾錢 郵稅金拾八錢	菊判洋裝 全壹册 正價金四圓五拾錢 郵稅金拾八錢	菊判洋裝 全參册 正價金七圓 郵稅金參拾錢	菊判洋裝 全壹册 正價金貳圓廿五錢 郵稅金拾八錢	袖珍洋裝 壹册出版 正價金壹圓五拾錢 郵稅金八錢	菊判洋裝 全壹册 正價金壹圓五拾錢 郵稅金拾貳錢	菊判洋裝 全壹册 正價金壹圓貳拾錢 郵稅金拾貳錢	菊判洋裝 全壹册 正價金壹圓貳拾錢 郵稅金拾貳錢	菊判洋裝 全壹册 正價金壹圓六拾五錢 郵稅金拾八錢	菊判洋裝 全壹册 正價金貳圓 郵稅金拾貳錢	四六判洋裝 全壹册 正價金壹圓六拾五錢 郵稅金拾貳錢

342
93

終