第一編

工師華通齋著

材料耐力撮要

死荷重

民國廿三版

原著人已出版之各書

房屋工程第一編、廢材
房屋工程第二編、圬工
房屋工程第三編、頂面底面
房屋工程第四編、中部
房屋工程第五編、淨水及穢水
房屋工程第六編、暖務及通風
房屋工程第七編、支配
房屋工程第八編、美術
公路工程
算學肩廼法

土石工程撮要
鐵路撮要第一編、軌路材料
鐵路撮要第二編、鐵路工程
建築材料撮要、置辦及運用
圬工橋梁
圬工橋梁撮要、
力學撮要、
鐵筋混凝土撮要、
分道岔之算式、
材料耐力撮要第一編

◁北平無量大人胡同十八號▷

材料耐力目録

註

本編所論之荷重、均係死重、活重則於第二編論之、

第二編論活重時、死重再行論及、

第二編分直樑統樑弧樑之三大種、

材料耐力

第一章　力之組合

第一節　二力之組合

1)力之定義及表示：

一力必具三事如下：

a)方向
b)勢度　具此三事則力乃表示、
c)着點

2)力之比度：

長度之表示力之準个者、名曰力比度、假如以2^{mm}代表1^{Kg}、則2^{mm}即是力之比度也、

3)基理：一點着于一體、可將其着點移置於其勢綫上之任何一點而不變其體之境地、

釋曰如圖1、
M為一體、
BF是一力、
BA是該力之勢綫
可將着點B移至A、而體之境地不變、
所謂境地不變者猶云體本如何仍如何、不因此點之移、而有所異也、

Fig1

4)總力及敵力：

假如有 $f_1 f_2 f_3$……諸力同時加于一體、假如F為另一力、若F加于該體之効力、等于$f_1 f_2 f_3$所生之効力、則此F名曰$f_1 f_2 f_3$……之**總力**、

若另有一力、其勢度等于F、而趨向相反、則該力名曰**敵力**、

5)基理：若有二力其勢度同、其勢綫同、而其趨向相反、則此二力所生之効力為**均**、(猶言二力相消)

6)相交二力之組合：

如圖2、

oA力oB力、相交于o點、欲得其總力、祇須作AC∥oB、又作BC∥oA、

則其對角綫oC、即是總力。

若o點是物體之一點、則該體循oC而行、蓋其有効之力為oC也、

oC之勢度及趨向、可由他法得之：作o'A'∥÷oA、

作A'C'∥÷oB、則o'C'之勢度、等于oC。趨向自o'至C'、亦等于oC、則o'C'即是I與II之總力也。

R既是總力、若有一力F、其着點為C、則F即是敵力、因勢度等于R、而趨向相反也、

$o'A'C'$形名曰力之**折線**、

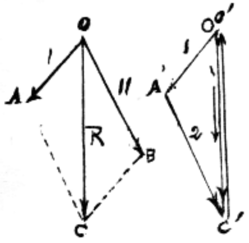


Fig2

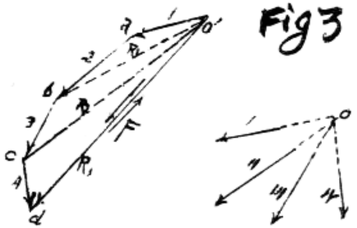


Fig3

第二節 相遇之力之組合

7) 如Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ為四力、依前法作折線。(圖3)、

$o'a \parallel \div \mathrm{I}$　　$ab \parallel \div \mathrm{II}$

$bc \parallel \div \mathrm{III}$　　$cd \parallel \div \mathrm{IV}$

$o'b$是Ⅰ與Ⅱ之總力、

$o'C$是ⅠⅡⅢ之總力、

$o'd$是ⅠⅡⅢⅣ之總力、

8) 定理　若有能相遇之多力、該力不必在同一平面若欲得其總力秖須任取一點如o'、自此點循序作線、與所有之力等且同其趨勢如圖3是也。

總力之着點必是折線之首點其趨向則向折線之尾點如R_3即$o'd$是也。

敵力之着點必是折線之尾點其趨向則向折線之首點如F即do'是也。

9) 定理：若折線之尾點仍達于首點則所有之力之境地為**均或為耦**。此種折線名曰閉線。然則折線若能**自閉**、則所有之力之境地為均。(或為耦)、

10) 耦力：如圖4、F是一力着點為A、[redacted]F是又一力其着點為B、此二力相平行而其勢度相等趨勢相反、則此力之全體名曰耦力。其距如ab名曰耦力之**捍臂**。

若此二力同着于一體若此體有其定點O在ab之中央則此體為二力引動而旋轉、

11) 耦力之動率：

捍臂之半為$\frac{1}{2}ab = oa = ob$、

oa愈長則F之効力亦愈大則動之功用可以$(\frac{1}{2}d \times F)$表示之。

因有二力使體旋轉則動之功用當以$(\frac{1}{2}d \times F \times 2)$或$dF$表示之。力與距相乘之積如$Fd$、名曰**耦力之動率**、

12) 二種耦力之同值、
定理　軸同而動率同、則二耦力同值、如圖5、
$+F_1$及$-F_1$是耦力、
$+F_2$及$-F_2$是耦力、 其軸為o點、
若$F_1d_1=F_2d_2$、則此二種耦力同值、
若動之趨向同于時辰錶示針旋行之趨向、則名此動率為正反之則名為負、

13) 動率之準个：
動率是力與距相乘之積、力以兛計、距以米突計、則動率以兛米計、則動率之準个名曰兛米、即 Kgm、$1^{kg}\times1^{m}=1^{kgm}$、

14) 搬移之耦力：
如圖6、F是一力其着點為M。假定另有一點如M'、若於M'點加二力、皆與F平行、其勢度皆等於F、其趨向相反、則此二力加猶未加、物體之境地不變、
但既加此二力、則體上共有三力、其一力如+F。其又二力如F及-F、則成耦力、此耦力之桿臂為d。
+F等于F、而着點則為M'、然則不啻將F自M點移至M'點矣、

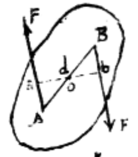


Fig4

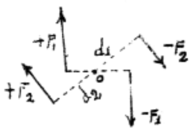
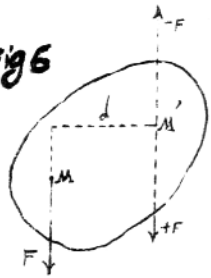


Fig5

Fig6


15) 搬移之動率：
由上之理、則搬移定理如下：
着于一體之力能平行而搬移、但須加耦力、此耦力勢度、等於該力、而以原力與新加之力之距為桿臂、

第三節　不遇之力之組合：

16) 如圖7、其$f_1 f_2 f_3$為空間之三力並不相遇。任取一點如M、於此點加以多力如下：
f_1'及$-f_1'$其趨向相反其勢度皆等于f_1、
f_2'及$-f_2'$ ………… f_2、
f_3'及$-f_3'$ ………… f_3。

如是則M點之境地為均、因其與未加時無異也、

如是則空間所有之力成一新系如下、

一力如 $-f_1'$ 又耦力如 $f_1 \times d_1$

一力如 $-f_2'$ 又 ┈┈┈┈ $f_2 \times d_2$

一力如 $-f_3'$ 又 ┈┈┈┈ $f_3 \times d_3$

三力可再組成一總力、

三耦力可再組成總耦力、

17) 由前之理、則有定理如下、不遇之若干力、可以一力及一耦力代之、

第二章 折綫極綫絡綫

第一節 折綫

18) 以上所研究、假定所有之力在同一平面上、

19) 若力系之折線不自閉、則此力系必有其總力、此總力之首點為折綫之首點、此總力之尾點、為折綫之尾點、如圖8及9、

ME即是I II III IV之總力、

20) 趨向相反之力如EM、其首點是折綫之尾點、其尾點是折線之首點、此EM力是力系之敵力、

21) 若折綫自閉、則力系之效力為均、或等於耦力、

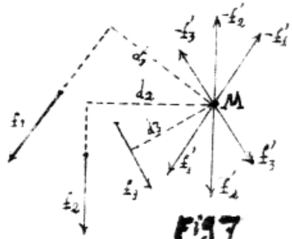


Fig7

Fig9

Fig8

22) 自折綫之首點、作一射綫、至折綫任何尾點、則此射綫即是首尾所括諸力之總力、如圖8及9、

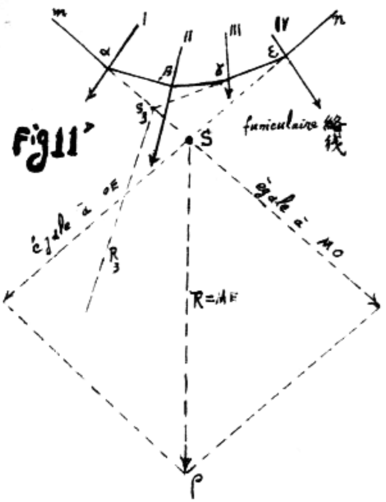
Mb是I及II之總力、

MC是I II III之總力、

---

23) 平行之力之折綫、

若空間所有之力、既在同一平面又相平行、則折綫成一直線、如圖10、先將趨向相同之力如I II III組合之、再將趨向相反之力如IV V、組



合之

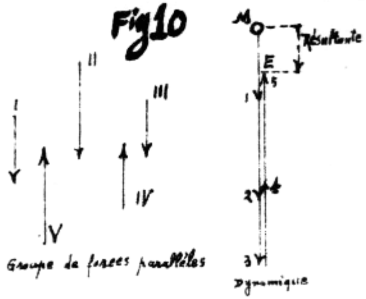
則浮折线如M12345、其首点為M、其尾点為5、其総力為M5或ME、此総力之首点為M尾点為E、

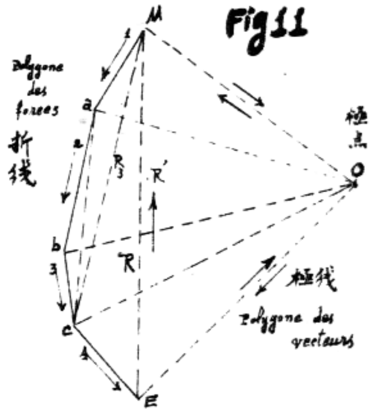
第二節 極线絡线

総力之勢度及趋向均可賴折线以求知、旋再指明其着点、欲指総力之着点、賴有一法、即絡线是也、欲作絡线、須先知一事、即極线是也、

24) **極线** 如図11、

I II III IV 是四力、名曰力系、在同一平面上、





MabcE是折线、

在平面任取一点如O、添作OM及OE线、此O点名曰極点、MOE形則名極线形、

假定MO是一力、OE是一力、則MOE不啻是一折线、其総力為ME、其敵力為EM、

折线MabcE之総力為ME、

極线MoE之総力為ME、
夫ME、同是力系之総力也、
則折线足以表示力系、極线亦足以表示力系也、
自極点作射线oa及ob及oc、則諸射线所成之线形、名曰極线形、简称極线。
26) MoE既足以表示I II III IV之四力之力系。
則任何極线、如aoc、即足以表示II III二力之力系、則直线如ac、即是abc折线之総力、亦是aoc極线之総力、
倒言之、假定有一総力、如EM、即R、其着点為E、則其支力為EO及OM、其趋自E達O、及自O達M、
统言之、若有多角形MabcEOM、其首点為M、其循序所经之点為abcEO、其尾点仍為M、則力系之境地為均或耦。
然則折线与極线併成之多角形、其折线是総力之代表、其極线是敵力之代表。
MabcEOM形是闭口之多角形、其闭点為M。
然則有定理如下：
折线極线合成之多角形為闭口多角形、則折线与極线所組成之境地為均。

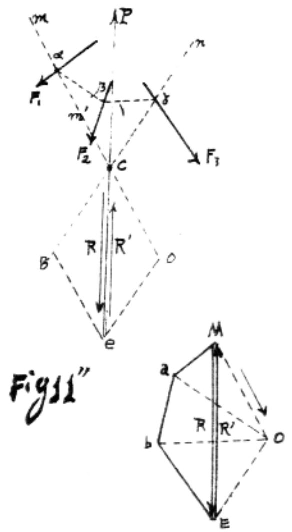


Fig 11"

27) **络线** 有络线乃能得総力所在之地位、
如圖11'、其mαβγεn是络线、
假定I II III IV是所有之四力、在同一平面上、
先作折线極线如MabcEO形、
再作mα∥Mo、与第一力交于α。
作αβ∥ao、与第二 〃 〃 β。
作βγ∥bo、与〃三 〃 〃 〃 γ。
作γε∥co、与〃四 〃 〃 〃 ε。
作εn∥Eo。
mαβγεn线名曰络线。
28) 如圖11、依第26款之理、如MOE与所有之四力同等。

然则平面上宜能另有一系、其一力＝∥EO、其又一力＝∥oM、盖此系宜与MoE同等也、

然则祇须将mα引长、又将nε引长、此两线相交于S、则S即是原系I II III IV「各力之総力之交点也」

既知総力之势度及趋向、如ME、又知其着点為S、则総力已完全求得矣如Sρ是也、

29) 推廣言之、

I II III 之総力之着点為S_3、即mα及γε之交点、mα及γε者、包括此三力之络线也、

若夫I II III之総力之势度及趋向、则是MC、

若欲得II III之総力之交点、只须将包括此二力之络线引長相交、其势度及趋向、则如ac是也、

30) 均之條件

1) 力之境地均、则折线闭・

(折线闭、则力之境地、或為均、或為耦)

2) 力之境地均、则络线闭・

如叁11″。

依上二款之理、则$F_1F_2F_3$之総力、其着点為c、其势度及趋向為ME或ce・

若另有一力如EM或ec、则此力是原有诸力之敵力、而適相消、而境地可為均。

EM＝－ME、

ec＝－ce、

若真有此力R在平面上、则折线上之力线為Ma及ab及bE及EM、则M是折线之首点、亦是折线之尾点、首尾混合、则此折线是闭口之多角形也、故曰力之境地均、则折线闭・

就络线觀之、

若真有此ce在平面上、则络线之作法如下：

mα ∥ oM

αβ ∥ oa

βγ ∥ ob

γc ∥ oE

cm′ ∥ oM

此络线mαβγcm′亦是闭口多角形、故曰力之境地均、则络闭。

31) 络线首尾二线平行之境地：

如叁11′、mαβγεn、

mα是络线之首线、

nγ 〃 〃 〃 〃 尾线・

首尾二线不平行、故能交于c点、

首尾二线若平行、则交点不能得・

首尾二线不平行之境地有三、其一為假境地、其二与三為真境地、分述如下：

32) 如叁12、MabcEo為極线・mαβγεn是络线、其首线mα

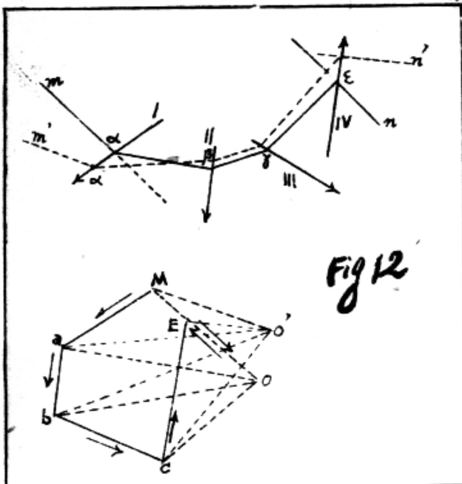


Fig 12

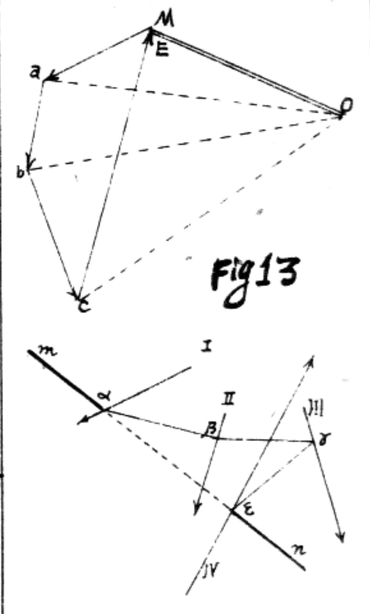


Fig 13

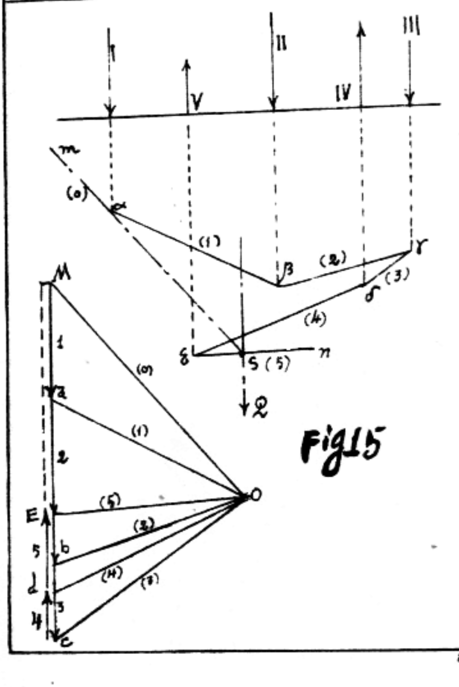


Fig 15

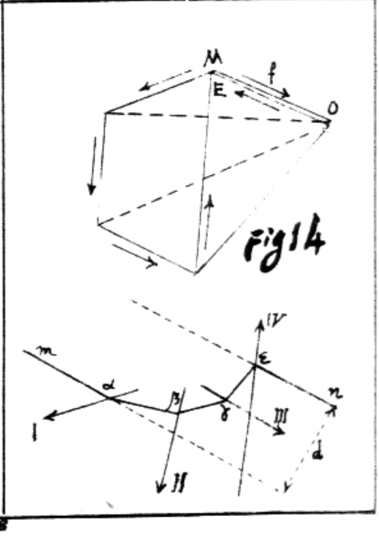


Fig 14

与尾线 $n\varepsilon$ 平行、

因極線之首線 OM 与尾線 OE 平行、故絡线之首線亦与尾線平行、但 E 点与 n 点並不混合、則可另擇 O' 点為極点、另作極线 $MabcEO'$、又另作絡线 $m'\alpha'n'$、則其首尾二线不平行而相遇矣、此即所谓假境地也、

33) 如図13. 極線之尾点 E、与首点 M 混合、則絡线之首线 $m\alpha$、与尾线 $n\varepsilon$ 既是平行且又混合、

此種境地為均、本無総力、故絡线上不能取得総力之着点、

34) 如図14、

極线形 MEO、其 E 点与 M 点、混合、絡线之首线与尾线平行、

此種形象、表示平面上所有之力、歛成耦力、

耦力無総力之可尋、故絡线上不能顯其総力之着点、

耦力僅有動率之可言、即 $f \times d$ 是也、其 f 在極线上得之、其 d 在絡线上得之、

第三節 平行力之應用

35) 工程上所有之力、恒是竖力、又平行、各力竖而又平行、仍可適用前法

如図15.

力之自上向下者為正号

〃 〃 〃 下 〃 上 〃 〃 負号、

正力負力、先宜編定号次、則手續上方能條理清晰、

如 I II III 為正力、

IV 及 V 為負力、

作折线之法如下：

$$\left.\begin{array}{l} Ma=1 \parallel\!\doteq \mathrm{I} \\ ab=2 \parallel\!\doteq \mathrm{II} \\ bc=3 \parallel\!\doteq \mathrm{III} \\ cd=4 \parallel\!\doteq \mathrm{IV} \\ dE=5 \parallel\!\doteq \mathrm{V} \end{array}\right\}\begin{array}{l}\text{首点為}M\text{、}\\ \text{尾点為}E\text{、}\end{array}$$

作極线之法如下

任取 O 点、為極点、

作射线 vecteurs：

OM （M 是折线之首点）

Oa

Ob

Oc

Od

OE （E 是折线之尾点）

作絡线之法如下：

任取一点 m、在 I 力之左、

$m\alpha \parallel MO$、与 I 力相遇而在其左、

$\alpha\beta \parallel aO$、与 II 〃 〃 〃、

$\beta\gamma \parallel bO$、与 III 〃 〃 〃、

$\gamma\delta \parallel cO$、与 IV 〃 〃 〃、

$\delta\varepsilon \parallel dO$、与 V 〃 〃 〃、

$\varepsilon n \parallel EO$、与 V 〃 〃 〃 而在其右

则$m\alpha$是絡线之首线、
又$n\varepsilon$〃〃〃〃尾线、
求総力之着点如下：

引長$m\alpha$ }
引長$n\varepsilon$ } 相交于S、即是総力之着点、

求総力之势度及趋向：
ME即是総力之势度及趋向、
作SQ=∥ME、即総力、

第四節

利用絡线以求动率：

36)如図16、$F_1F_2F_3F_4$是平行之四力、且在同一平面上、作折线及極线及絡线、即如MDO及$m\alpha\beta\gamma\delta n$、

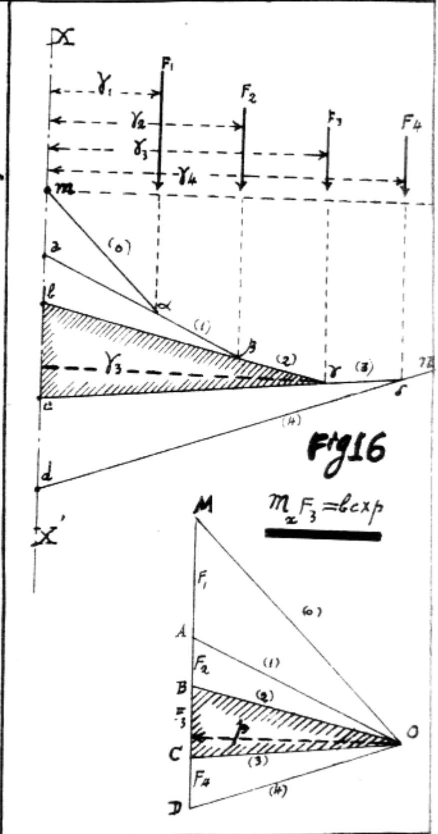


Fig16

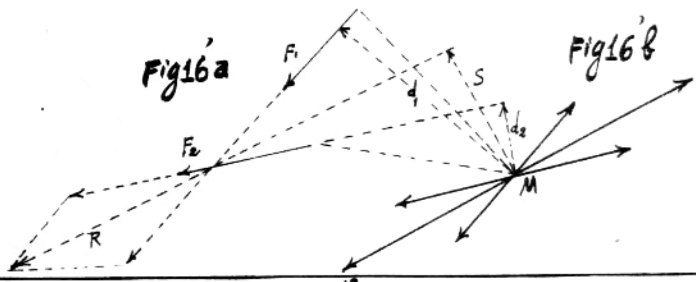


Fig16'a

Fig16'b

37) 如圖16. 任作竖线XX'. 認之為軸.

任認一力如F_3. 作γ_3.

以XX'為準之動率$=F_3 \times \gamma_3$.

引長$\beta\gamma$而達于軸线之b点.

〃〃$\gamma\delta$〃〃〃〃〃〃c点.

則$\begin{cases} \gamma b \parallel oB \\ \gamma c \parallel oC \end{cases}$

則γbc与oBC為相似三角形.

則$\dfrac{bc}{\gamma_3}=\dfrac{BC}{p}$ 即 $\dfrac{bc}{\gamma_3}=\dfrac{F_3}{p}$、

即$F_3 \times \gamma_3 = bc \times p$.

然則有定理如下:

任何一力、以軸线為準之動率、等于極距与軸段相乘之積、(o是極. $p \perp MD$. 名曰極距、bc在軸线. 介于絡线$\alpha\beta$及$\gamma\beta$之間. 名曰軸段)由此類推. 則

$F_1 \times \gamma_1 = ma \times p$.

$F_2 \times \gamma_2 = ab \times p$.

$F_4 \times \gamma_4 = cd \times p$.

38) 将各力之動率相加. 則

$\Sigma M=(ma+ab+bc+cd)p=md \times p$.

則有定理如下:

總力之動率、等于極距与軸线相乘之積(軸线者、介于絡线首尾二线之間之 md 是也)、

39) 上二條定理之用处、可用以求重心及惰性動率(後文論之)

第三章 均之條件

40) 由前之理已知力之折线. 若是闭口多角形. 則力系之结果. 或是耦力. 或等于無.

然則多力加于一体. 若其總力等于無. 則折线闭. 易言之. 若力系之境地為均. 則折线闭.

然則若将此多力之影. 投于任何平面. 則此平面上之投影亦成闭口多角形.

此意在力学上另有名词. 即所谓投影之和者是也. 多角形闭口. 即所谓投影之和等于無也.

41) 由上之理. 則可立一定理如下:

若力系之地位為均. 則任何平面上投影之和. 等于無.

此是條件之一.

42) 搬移動率已述于前. 由其理則可得第二條件.

如圖16'a及16'b.

假定空間有二力. 如F_1及F_2.

有任何一点. 如M.

M与F_1之距為d_1.

M与F_2〃〃〃d_2.

此二力可变成另一力系. 如下

$$\left.\begin{array}{ll} F_1 & F_1 \times d \\ F_2 & F_2 \times d_2 \end{array}\right\} \text{(A)}$$

若R是原力之総力、δ是与M点之距、

此総力亦搬移于M点、而变成为一新系如下：

$$R \qquad R \times \delta \qquad \text{(B)}$$

(A)与(B)宜发生同一效力、因(A)即(B)、所異者僅是分与合之區别耳、且力学上已有定理、茲特追述如下

総力之動率＝支力動率之和、

若総力等于無、則其動率自等于無、則支力動率之和、亦等于無、

然則可立一定理如下：

若力系之境地為均、則以任何一点為準之動率之和等于無、此是條件之二、

43) 第一條件為投影之和等于無、

影可投在任何直线上、軸线恒有三、曰縱軸、曰横軸、曰竖軸、

以oX為横軸、以x為投影、

以oy〃竖〃、以y〃〃〃、

以oz〃縱〃、以z〃〃〃、

則均之第一條件、可寫作下式：

(1) $\Sigma x=0$、(横軸投影之和$=0$)

(2) $\Sigma y=0$、(竖〃〃〃〃$=0$)

(3) $\Sigma z=0$、(縱〃〃〃〃$=0$)

44) 第二條件為動率等于無、

各力既可析為x及y及z、則動率亦析之矣、

以M為任何一点、動率皆以此点為準、

以l_x為x与M之距、

以l_y〃y〃〃〃〃、

以l_z〃z〃〃〃〃、

則均之第二條件、可寫作下式：

(4) $\Sigma x \times l_x=0$、(横投影動率之和$=0$)

(5) $\Sigma y \times l_y=0$ (竖〃〃〃〃$=0$)

(6) $\Sigma z \times l_z=0$ (縱〃〃〃〃$=0$)

以上自(1)至(6)之方程式、名曰均之方程式、材料耐力学之普通方程式也、

第四章 材料耐力之前提

第一節 概要

45) 関于外力之各種材料：

石或磚所能抵抗之外力、殆有二種、曰竖力、曰斜力、此二種力加于石或磚、則石或磚所受者為压力、石或磚皆名曰圬土、

压力之外、又有所謂拉力、

圬工只能受压力、而不能受拉力、故凡圬工、宜设法使其不受拉力、

此外又有所謂撓力者、