

国立武汉大学土木工程学会会刊·一 no. 1 (民国23年
[1934]12月)~[?]. 一武汉:该会出版部[发行者],
民国23年[1934]~[?].

:插图;附表;27cm.

不定期·一有部分英文内容.

* * * * *

本刊共摄制1卷,16毫米,缩率1:21.原件藏北京图书馆,北京图书馆摄制.母片藏全国图书馆文献缩微复制中心(北京).

本刊片卷摄制目录:

no. 1~no. 2 (1934. 12~1937. 5)

請交換

國立武漢大學

土木工程學會會刊

第一期

國立武漢大學土木工程學會印行

民國二十三年十二月三十日出版

R
440.05
103

國立武漢大學 土木工程學會會刊

第一期目錄

(一)著述

Designing of Skew Bridges

用牛頓第二定律以解釋水力學中某種問題
特性點之理論及應用

水泥與水重量比率之應用及討論

全部或一部埋於土中之構材與一側力

計算連續樑各支持點上能率公式的導出法

衝擊力計算圖表

爪哇之灌溉建設

混凝土柱設計圖表

十年來揚子江漢口流量之推算

中國運輸之經濟觀

俞 忽
陸 鳳 書
丁 燮 和
陳 厚 載
樊錫梁譯
方 瓊
胡 錫 之
龔一波譯
胡 錫 之
胡 慎 思
樂 樂 譯

(二)講演

中國工程教育之實施

Prismoidal Correction Diagram

邵逸周講
胡慎思記
胡錫之

(三)通信

半年來的生活

陳亞光

(四)報告

民二三級畢業會員參觀報告

江水文測量報告

民二三級

民二四級

(五)本會會員姓名錄

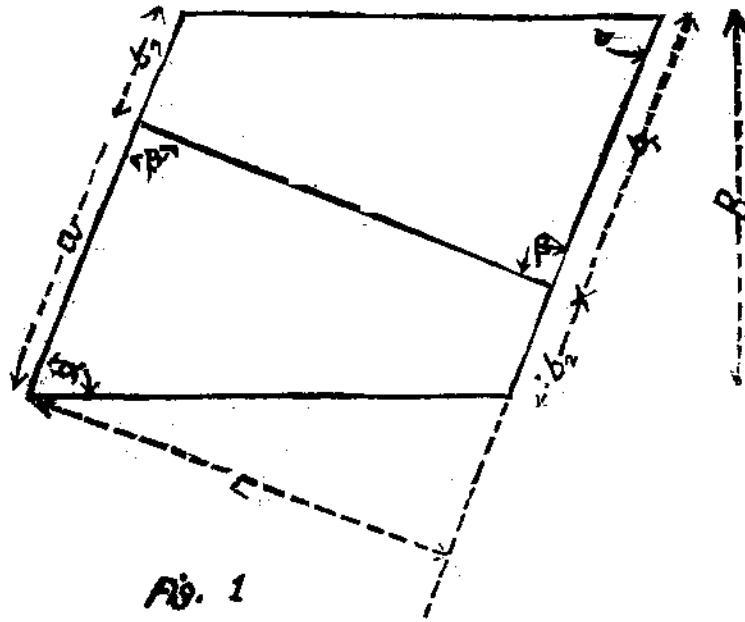


A957199

DESIGNING OF SKEW BRIDGES

忽 忽

The designing of skew bridges by means of the exact theory recently developed by American engineers is very lengthy, and is very distasteful to average engineers. The simplest way to get out of this difficulty is to build the bridge with a number of closely spaced longitudinal girders, then the stresses must follow the girders to the abutments instead of taking the shortest routes to the two obtuse corners. Another way is to divide the bridge into two equal trapezoids, as shown in Fig. 1. When the width B of the bridge is comparatively big, angle α may equal to



angle β . Otherwise we may make $b_1 = 2b_2$ or $3b_2$. After the bridge being thus divided up, each half is then designed as a bridge having a width equal to b_2 at one end and a width equal to 'a' at the other end.

Dimensions of the bridge.—Let thickness at the centre of the span, at quarter points and at ends be t_0 , $1.1t_0$, and $2t_0$ respectively. Let the thickness 't' at any points be given by

$$t = t_0 (1 + px^2 + qx^3) \quad (1)$$

where x = distance from the center of the span. At quarter point and the ends, the values of 'x' are $\frac{1}{4}L$ and $\frac{1}{2}L$ respectively. Substituting these values in equation (1), we have

$$(1.1t_0)^3 = t_0^3 \left(1 + \frac{1}{16}PL^2 + \frac{1}{64}qL^3\right)$$

$$(2t_0)^3 = t_0^3 \left(1 + \frac{1}{4}PL^2 + \frac{1}{8}qL^3\right)$$

Solving these equations, we obtain $P = -4.4581/L^2$, $q = 1.9162/L^3$.

Substituting these values in equation (1), we have

$$t = t_0 \left(1 - 4.4581 \frac{x^2}{L^2} + 1.9162 \frac{x^3}{L^3}\right) \quad (2)$$

The values of 't' at various points are calculated in table 1.

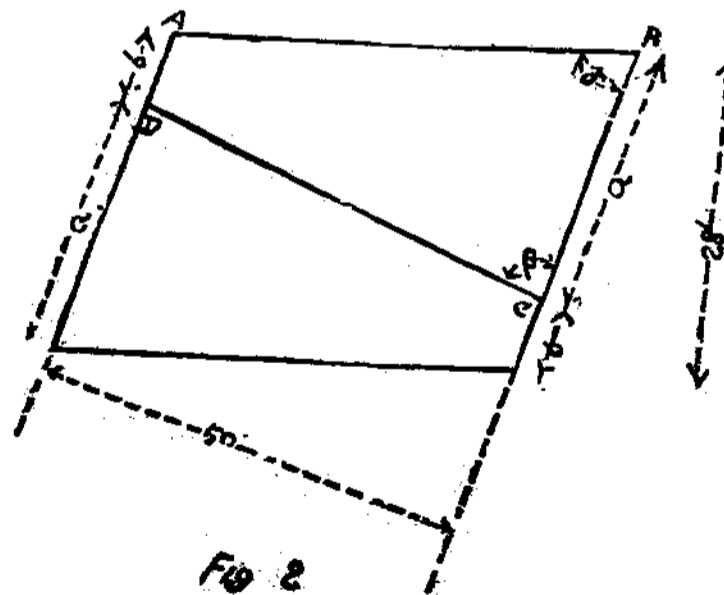
Table 1. Values of 't' at various points.

Points	x	px^2	qx^3	$1+px^2+qx^3$	$\frac{t}{t_0}$	Difference
0	0	0	0	1.000000	1.0000	0.0036
1	$\frac{1}{20}L$	-0.011145	0.000240	0.989095	1.0036	0.0110
2	$\frac{2}{20}L$	-0.044581	0.001916	0.957335	1.0146	0.8108
3	$\frac{3}{20}L$	-0.100807	0.006467	0.906160	1.0334	0.0277
4	$\frac{4}{20}L$	-0.178324	0.015330	0.837006	1.0611	0.0389
5	$\frac{5}{20}L$	-0.270631	0.029941	0.751310	1.1000	0.0541

6	$\frac{6L}{20}$	-0.401229	0.051737	0.650508	1.1541	0.0769
7	$\frac{7L}{20}$	-0.546117	0.082157	0.536040	1.2310	0.1158
8	$\frac{8L}{20}$	-0.713296	0.122637	0.409341	1.3468	0.1969
9	$\frac{9L}{20}$	-0.902765	0.174617	0.271852	1.5437	0.4563
10	$\frac{10L}{20}$	-1.114525	0.239525	0.125000	2.0000	

From the last column of table 1, we see that the difference between two successive values of 't' is always increasing towards the end, the curve of the lower side of the bridge has no point of inflection within the limits of the bridge, so equation (2) is satisfactory.

Illustrated Example—We shall assume that our bridge is 50 feet in span length, 28 feet in width carrying a double track railroad (Fig. 2). We shall make $b_1 = 3b_2$. If $\alpha = \beta$ we have



$$50 \times 2 \cot \alpha = 2b = \frac{28}{2 \sin \alpha}$$

$$\text{or } \cos \alpha = \frac{28}{200} = \cos^{-1} 81^\circ 57'$$

When $\alpha < 81^\circ 51'$, then $\beta > \alpha$. In our case, we have assumed $\alpha = 52^\circ$. For the trapezoidal shaped slab bridge ABCD, let I_0 be the moment of inertia at the centre of span, then the moments of inertia 'I' for other points are given by

$$\begin{aligned} \frac{1}{I} &= \frac{1 - 4.4581 \frac{x^2}{L^2} + 1.9162 \frac{x^3}{L^3}}{\left(1 + \frac{x}{L}\right) I_0} \\ &= \frac{1 - 4.4581 \frac{x^2}{50^2} + 1.9162 \frac{x^3}{50^3}}{\left(1 + \frac{x}{50}\right) I_0} \\ &= \frac{1 - 0.0017832x^2 + 0.0001533x^3}{(1 + 0.02x) I_0} \\ &= \frac{1}{I_0} \left(6.374 - 0.12748x + 0.0007665x^2 - \frac{5.374}{1 + 0.02x} \right) \dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

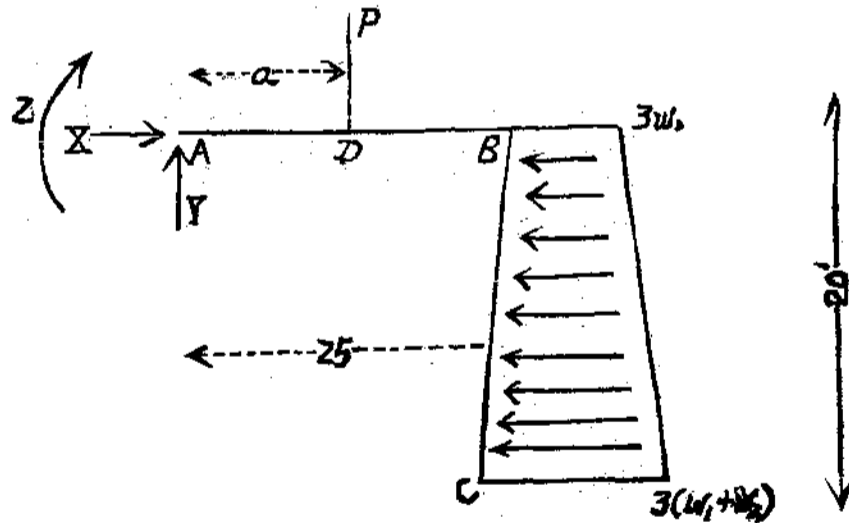


Fig. 3

Let Fig. 3 represents the right half of the bridge. Let X, Y and Z be respectively the horizontal thrust, the vertical shear and moment at point A, the centre of the span. Let this half of the bridge be under a vertical load P and side pressures as shown. Let Δ_x , Δ_y and Δ_z be respectively the horizontal, the vertical and the angular deflections of the point A in the directions of X, Y and Z. Taking origin at A, with y-axis downwards, we have.

$$(4) \dots \dots E\Delta_x = \int_A^C \frac{(Xy + Yx + Z)yds}{I} - P \int_D^C \frac{(x-a)yds}{I} - \int_B^C \frac{\left(\frac{3}{2}w_1y^2 + \frac{3}{120}w_2y^3\right)yds}{I}$$

$$(5) \dots \dots E\Delta_y = \int_A^C \frac{(Xy + Yx + Z)xds}{I} - P \int_D^C \frac{(x-a)xds}{I} - \int_B^C \frac{\left(\frac{3}{2}w_1y^2 + \frac{3}{120}w_2y^3\right)xds}{I}$$

$$(6) \dots \dots E\Delta_z = \int_A^C \frac{(Xy + Yx + Z) ds}{I} - P \int_D^C \frac{(x-a) ds}{I} - \int_B^C \frac{\left(\frac{3}{2}w_1y^2 + \frac{3}{120}w_2y^3\right) ds}{I}$$

The values of the integrals in the above expressions are evaluated as follows:—

$$\begin{aligned} \int_A^B \frac{ds}{I} &= \frac{1}{I_0} \int_0^{25} \left(6.374 - 0.12748x + 0.0007665x^2 - \frac{5.374}{1+0.02x} \right) dx \\ &= \frac{1}{I_0} \left\{ 6.374x - \frac{0.12748x^2}{2} + \frac{0.0007665x^3}{3} - 268.7 \log(1+0.02x) \right\}_0^{25} \\ &= \frac{1}{I_0} \{ 159.35 - 39.838 + 3.9922 - 108.95 \} \\ &= \frac{1}{I_0} \times 14.554 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\int_A^B \frac{x ds}{I} &= \frac{1}{I_0} \int_0^{25} \left(-268.7 + 6.374x - 0.12748x^2 + 0.0007665x^3 + \frac{268.7}{1+0.02x} \right) dx \\
&= \frac{1}{I_0} \left\{ -268.7x + \frac{6.374x^2}{2} - \frac{0.12748x^3}{3} + \frac{0.0007665x^4}{4} \right. \\
&\quad \left. + 13,435 \log(1+0.02x) \right\}_0^{25} \\
&= \frac{1}{I_0} (-6,717.5 + 1,991.9 - 663.96 + 74.854 + 5,447.5) \\
&= \frac{1}{I_0} \times 132.8
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\int_A^B \frac{x^2 ds}{I} &= \frac{1}{I_0} \int_0^{25} \left(13,435 - 268.7x + 6.374x^2 - 0.12748x^3 + 0.0007665x^4 \right. \\
&\quad \left. - \frac{13,435}{1+0.02x} \right) dx \\
&= \frac{1}{I_0} \left\{ 13,435x - \frac{268.7x^2}{2} + \frac{6.374x^3}{3} - \frac{0.12748x^4}{4} + \frac{0.0007665x^5}{5} \right. \\
&\quad \left. - 671,750 \log(1+0.02x) \right\}_0^{25} \\
&= \frac{1}{I_0} (335,875 - 83,969 + 33,198 - 12,449 + 1,497.1 - 279,374) \\
&= \frac{1}{I_0} \times 1,778.1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\int_D^B \frac{(x-a) ds}{I} &= \frac{1}{I_0} \left\{ 132.8 + 268.7a - 3.187a^2 + 0.042493a^3 - 0.00019163a^4 \right. \\
&\quad \left. - 13,435 \log(1+0.02a) \right\} \\
&\quad + \frac{1}{I_0} \left\{ -14.554a + 6.374a^2 - 0.06374a^3 + 0.0002555a^4 \right. \\
&\quad \left. - 268.7a \log(1+0.02a) \right\} \\
&= \frac{1}{I_0} \left\{ 132.8 + 254.15a + 3.187a^2 - 0.021247a^3 + 0.00006387a^4 \right. \\
&\quad \left. + 268.7(50+a) \log(1+0.02a) \right\}
\end{aligned}$$

$$\int_D^B \frac{(x-a)xdx}{I} = \frac{1}{I_0} \left\{ 1,778.1 - 13,435a + 134.35a^2 - 2.1247a^3 + 0.03187a^4 \right. \\ \left. - 0.0001533a^5 + 671,750 \log(1+0.02a) \right\} \\ + \frac{1}{I_0} \left\{ -132.8a - 268.7a^2 + 31.87a^3 - 0.042493a^4 \right. \\ \left. + 0.00019163a^5 + 13,435a \log(1+0.02a) \right\} \\ = \frac{1}{I_0} \left\{ 1,778.1 - 13,568a - 134.35a^2 + 1.0623a^3 - 0.010623a^4 \right. \\ \left. + 0.0003833a^5 + 13,435(50+a) \log(1+0.02a) \right\}$$

Let the thickness of the vertical walls be also $2t_0$, the width of the wall BC is $1\frac{1}{2}$ times the width of the bridge at the centre of the span. The evaluations of integrals along the wall BC are as follows:—

$$\int_B^C \frac{ds}{I} = \int_0^{20} \frac{dy}{8I_0 \times 1.5} = \int_0^{20} \frac{dy}{12I_0} = \frac{20}{12I_0} = \frac{5}{3I_0},$$

$$\int_B^C \frac{yds}{I} = \int_0^{20} \frac{ydy}{12I_0} = \frac{400}{12I_0 \times 2} = \frac{50}{3I_0},$$

$$\int_B^C \frac{y^2ds}{I} = \int_0^{20} \frac{y^2dy}{12I_0} = \frac{8,000}{12I_0 \times 3} = \frac{2,000}{9I_0},$$

$$\int_B^C \frac{y^3ds}{I} = \int_0^{20} \frac{y^3dy}{12I_0} = \frac{160,000}{12I_0 \times 4} = \frac{10,000}{3I_0},$$

$$\int_B^C \frac{y^4ds}{I} = \int_0^{20} \frac{y^4dy}{12I_0} = \frac{3,200,000}{12I_0 \times 5} = \frac{160,000}{3I_0^2}.$$

Substituting the values of the integrals thus obtained in equations (4), (5), and (6), we have

$$EI_0 \Delta x + 25EI_0 ct = \frac{2,000}{9} X + 25 \times \frac{50}{3} Y + \frac{50}{3} Z - P(25-a) \times \frac{50}{3}$$

$$- \frac{3}{2} \times \frac{10,000}{3} w_1 - \frac{1}{40} \times \frac{160,000}{3} w_2 \dots \dots \dots (7)$$

$$\begin{aligned}
EI_0 \Delta y &= 25 \times \frac{50}{3} X + \left(1,778.1 + 2t^2 \times \frac{5}{3} \right) Y + \left(132.8 + 25 \times \frac{5}{3} \right) Z \\
&- P \left\{ 1,778.1 - 13,568a - 134.35a^2 + 1.0623a^3 - 0.010623a^4 + 0.00003833a^5 \right. \\
&+ 13,435(50+a) \log(1+0.02a) + (25-a) \times 25 \times \frac{5}{3} \left. \right\} - \frac{3}{2} \times 25 \times \frac{2,000}{9} w_1 \\
&- \frac{1}{40} \times 25 \times \frac{10,000}{3} w_2 \\
&= 416.67X + 2,819.8Y + 174.47Z - P \{ 2,819.8 - 13,610a - 134.35a^2 \\
&+ 1.0623a^3 - 0.010623a^4 + 0.00003833a^5 + 13,435(50+a) \\
&\log(1+0.02a) \} - 8,333.3 w_1 - 2,083.3 w_2 \dots\dots\dots(8)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
FI_0 \Delta z &= \frac{50}{3} X + \left(132.8 + 25 \times \frac{5}{3} \right) Y + \left(14.554 + \frac{5}{3} \right) Z - P \{ 132.8 + 254.15a \\
&+ 3.187a^2 - 0.021247a^3 + 0.00006387a^4 - 268.7(50+a) \log(1+0.02a) \\
&+ (25-a) \times \frac{5}{3} \left. \right\} - \frac{3}{2} \times \frac{2,000}{9} w_1 - \frac{1}{40} \times \frac{10,000}{3} w_2 \\
&= 16.667X + 174.47Y + 16.221Z - P \{ 174.47 + 252.48a + 3.187a^2 \\
&- 0.021247a^3 + 0.00006387a^4 - 268.7(50+a) \log(1+0.02a) \} \\
&- 333.33w_1 - 83.333w_2 \dots\dots\dots(9)
\end{aligned}$$

The term $25 EI_0 \Delta y$ in equation (7) is increase in span length on this half of the bridge due to increase in temperature multiplied by EI_0 .

Fig. 4 represents the left half of the bridge with loadings as shown. With X measured towards left, we have, on this half of the bridge

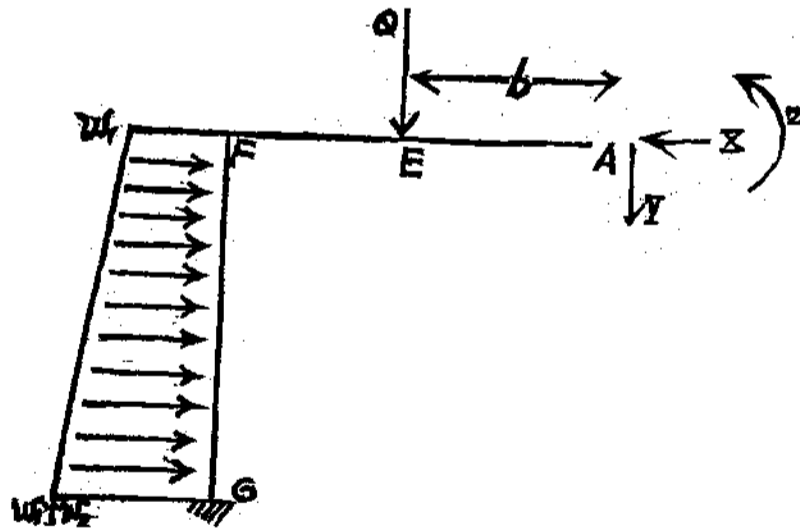


Fig 4

$$\frac{1}{I} = \frac{1 - 0.0017832x^2 + 0.00001533x^3}{(1 - 0.02x)I_0}$$

$$= \frac{1}{I_0} \left\{ 2.5418 + 0.050835x - 0.0007665x^2 - \frac{1.5418}{1 - 0.02x} \right\} \dots \dots (10)$$

The width of left wall FG is only one third of that of the right wall, so the side pressure is reduced accordingly. The deflection equations are

$$E\Delta_x - 2\delta Ect = \int_A^G \frac{(-Xy + Yx - Z)y ds}{I} + Q \int_E^G \frac{(x-b)y ds}{I}$$

$$+ \int_F^G \frac{\left(\frac{1}{2}w_1y^2 + \frac{1}{120}w_2y^3 \right) y ds}{I} \dots \dots (11)$$

$$E\Delta_y = \int_A^G \frac{(-Xy + Yx - Z)(-x) ds}{I} + Q \int_E^G \frac{(x-b)(-x) ds}{I}$$

$$+ \int_F^G \frac{\left(\frac{1}{2}w_1y^2 + \frac{1}{120}w_2y^3 \right) (-x) ds}{I} \dots \dots (12)$$

$$E\Delta_z = \int_A^G \frac{(-Xy + Yx - Z) ds}{I} + Q \int_E^G \frac{(x-b) ds}{I}$$

$$+ \int_F^G \frac{\left(\frac{1}{2}w_1y^2 + \frac{1}{120}w_2y^3 \right) ds}{I} \dots \dots (13)$$

The integrals in the above expressions are evaluated as follows:—

$$\int_A^F \frac{ds}{I} = \frac{1}{I_0} \int_0^{25} \left(2.5418 + 0.050835x - 0.0007665x^2 - \frac{1.5418}{1 - 0.02x} \right) dx$$

$$= \frac{1}{I_0} \left\{ 2.5418x + \frac{0.050835x^2}{2} - \frac{0.0007665x^3}{3} + 77.09 \log(1 - 0.02x) \right\} \Big|_0^{25}$$

$$= \frac{1}{I_0} (63.545 + 15.886 - 3.9922 - 53.435)$$

$$= \frac{1}{I_0} \times 22.004,$$

$$\int_A^F \frac{x ds}{I} = \frac{1}{I_0} \int_0^{25} \left(77.09 + 2.5418x + 0.050835x^2 - 0.0007665x^3 - \frac{77.09}{1 - 0.02x} \right) dx$$

$$= \frac{1}{I_0} \left\{ 77.09x + \frac{2.5418}{2}x^2 + \frac{0.050835}{3}x^3 - \frac{0.0007665}{4}x^4 \right.$$

$$\left. + 3.854.5 \log(1 - 0.02x) \right\} \Big|_0^{25}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{I_0} \times 239.83 \\
\int_A^F \frac{x^2 ds}{I} &= \frac{1}{I_0} \int_0^{25} \left(3,854.5 + 77.09x + 2.5418x^2 + 0.050835x^3 - 0.0007665x^4 \right. \\
&\quad \left. - \frac{3,854.5}{1-0.02x} \right) dx \\
&= \frac{1}{I_0} \left[\left\{ 3,854.5x + \frac{77.09}{2}x^2 + \frac{2.5418}{3}x^3 + \frac{0.050835}{4}x^4 - \frac{0.0007665}{5}x^5 \right. \right. \\
&\quad \left. \left. + 192,725 \log(1-0.02x) \right\} \right]_0^{25} \\
&= \frac{1}{I_0} (96,363 + 24,091 + 13,239 + 4,964.4 - 1,497.1 - 133,587) \\
&= \frac{1}{I_0} \times 3,573.3, \\
\int_E^F \frac{(x-b) dx}{I} &= \frac{1}{I_0} \left\{ 239.83 - 77.09b - 1.2709b^2 - 0.016945b^3 + 0.00019163b^4 \right. \\
&\quad \left. - 3,854.5 \log(1-0.02b) \right\} \\
&\quad + \frac{1}{I_0} \left\{ -22,004b + 2.5418b^2 + 0.025418b^3 - 0.0002555b^4 \right. \\
&\quad \left. + 77.09b \log(1-0.02b) \right\} \\
&= \frac{1}{I_0} \left\{ 239.83 - 99.094b + 1.2709b^2 + 0.008473b^3 - 0.00006387b^4 \right. \\
&\quad \left. - 77.09(50-b) \log(1-0.02b) \right\} \\
\int_E^F \frac{(x-b)x ds}{I} &= \frac{1}{I_0} \left\{ 3,573.3 - 3,854.5b - 38.545b^2 - 0.84727b^3 - 0.012709b^4 \right. \\
&\quad \left. + 0.0001533b^5 - 192,725 \log(1-0.02b) \right\} \\
&\quad + \frac{1}{I_0} \left\{ -239.83b + 77.09b^2 + 1.2709b^3 + 0.016945b^4 \right. \\
&\quad \left. - 0.00019163b^5 + 3,854.5b \log(1-0.02b) \right\} \\
&= \frac{1}{I_0} \left\{ 3,573.3 - 4,094.3b + 38.545b^2 + 0.42363b^3 + 0.004236b^4 \right. \\
&\quad \left. - 0.00003833b^5 - 3,854.5(50-b) \log(1-0.02b) \right\}
\end{aligned}$$

$$\int_F^G \frac{ds}{I} = \int_0^{20} \frac{dy}{4I_0} = \frac{5}{I_0},$$

$$\int_F^G \frac{y ds}{I} = \int_0^{20} \frac{y dy}{4I_0} = \frac{50}{I_0},$$

$$\int_F^G \frac{y^2 ds}{I} = \int_0^{20} \frac{y^2 dy}{4I_0} = \frac{2,000}{3I_0},$$

$$\int_F^G \frac{y^3 ds}{I} = \int_0^{20} \frac{y^3 dy}{4I_0} = \frac{10,000}{I_0},$$

$$\int_F^G \frac{y^4 ds}{I} = \int_0^{20} \frac{y^4 dy}{4I_0} = \frac{160,000}{I_0}$$

Substituting the values of the integrals in equations (11), (12) and (13), we have

$$EI_0 \Delta_x - 25EI_0 ct = -666.67X + 25 \times 50Y - 50Z + Q(25-b)50 + \frac{1}{2} w_1 \times 10,000 + \frac{1}{120} \times 160,000 w_2 \dots (14)$$

$$EI_0 \Delta_y = 25 \times 50X - (3,573.3 + 25^2 \times 5)Y + (239.83 + 25 \times 5)Z - Q \{ 3,573.3 - 1,094.3b + 38,545b^2 + 0.42363b^3 + 0.004236b^4 - 0.00003833b^5 - 3,854.5(50-b) \log(1-0.02b) + (25-b) \times 25 \times 5 \} - \frac{1}{2} w_1 \times 25 \times \frac{2,000}{3} - \frac{1}{120} w_2 \times 25 \times \frac{10,000}{3} = 1,250X - 6,698.3Y + 364.83Z - Q \{ 6,698.3 - 1,219.3b + 38,545b^2 + 0.42363b^3 + 0.004236b^4 - 0.00003833b^5 - 3,854.5(50-b) \times \log(1-0.02b) \} - 8,333.3 w_1 - 2,084.3 w_2 \dots (15)$$

$$EI_0 \Delta_z = -50X + (239.83 + 25 \times 5)Y - (22,004 + 5)Z + Q \{ 239.83 - 99.094b + 1.2709b^2 + 0.008473b^3 - 0.00006387b^4 - 77.09(50-b) \log(1-0.02b) + (25-b) \times 5 \} + \frac{1}{2} w_1 \times \frac{2,000}{3} + \frac{1}{120} w_2 \times 10,000 = -50X + 364.83Y - 27,004Z + Q \{ 364.83Y - 104.09b + 1.2709b^2 + 0.008473b^3 - 0.00006387b^4 - 77.09(50-b) \log(1-0.02b) \} + 333.33w_1 + 83.333w_2 \dots (16)$$

Eliminating Δ_x , Δ_y , and Δ_z among equations (7), (8), (9), (14), (15) and (16), we obtain

$$\begin{aligned} &888.89X - 833.33Y + 66.667Z - 16.667P(25-a) - 50Q(25-b) \\ &\quad - 10,000w_1 - 2,666.7w_2 - 50EI_0ct = 0. \\ &-833.33X + 9,518.1Y - 190.36Z \\ &\quad - P\{2,819.8 - 13,610a - 134.35a^2 + 1.0623a^3 - 0.010623a^4 \\ &\quad\quad + 0.00003833a^5 + 13,435(50+a)\log(1+0.02a)\} \\ &\quad + Q\{6,698.3 - 4,219.3b + 38.54b^2 + 0.42363b^3 + 0.004236b^4 \\ &\quad\quad - 0.00003833b^5 - 3,854.5(50-b)\log(1-0.02b)\} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &66.667X - 190.36Y + 43.225Z \\ &\quad - P\{174.47 + 252.48a + 3.187a^2 - 0.021247a^3 + 0.00006387a^4 \\ &\quad\quad - 268.7(50+a)\log(1+0.02a)\} \\ &\quad - Q\{364.83 - 104.09b + 1.2709b^2 + 0.008473b^3 - 0.00006387b^4 \\ &\quad\quad - 77.09(50-b)\log(1-0.02b)\} - 666.67w_1 - 166.67w_2 = 0. \end{aligned}$$

Solving the last three equations, we obtain

$$\begin{aligned} X = &P\{0.49265 - 1.5724a - 0.016475a^2 + 0.0001236a^3 - 0.0000098549a^4 \\ &\quad + 0.000000031674a^5 + 1.5631(50+a)\log(1+0.02a)\} \\ &+ Q\{0.49265 + 0.45767b - 0.0053274b^2 - 0.000049289b^3 - 0.000002424b^4 \\ &\quad + 0.000000031674b^5 + 0.44846(50-b)\log(1-0.02b)\} \\ &+ 12.166w_1 + 3.2627w_2 + 0.066441EI_0ct \dots \dots \dots (17) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y = &P\{0.44402 - 1.5377a - 0.014886a^2 + 1.1929a^3 \times 10^{-4} - 1.2528a^4 \times 10^{-6} \\ &\quad + 4.6129a^5 \times 10^{-9} + 1.5087(50+a)\log(1+0.02a)\} \\ &+ Q\{-0.55598 + 0.46175b - 0.0041272b^2 - 4.7572b^3 \times 10^{-5} - 5.3554b^4 \\ &\quad \times 10^{-7} + 4.6129b^5 \times 10^{-9} + 0.43284(50-b)\log(1-0.02b)\} \\ &+ 1.0247w_1 + 0.28743w_2 + 0.004132EI_0ct \dots \dots \dots (18) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z = &P\{5.232 + 1.4944a + 0.033583a^2 - 1.5682a^3 \times 10^{-4} - 2.5197a^4 \times 10^{-6} \\ &\quad + 1.543a^5 \times 10^{-8} - 1.9829(50+a)\log(1+0.02a)\} \end{aligned}$$

$$+Q\{5.232-1.0805b+0.019443b^2+6.254b^3\times 10^{-5}-3.4622b^4\times 10^{-5} \\ +1.543b^4\times 10^{-8}-0.56897(50-b)\log(1-0.02b)\} \\ +1.481w_1+0.0895w_2-0.08427EI.ct$$

The values of $(50+a) \log (1+0.02a)$, X, Y and Z for unit load at various points are evaluated in Tables 2, 3, 4 and 5.

The values of X', Y' and Z' are obtained from the corresponding values of X, Y and Z by multiplying the latter values by $(1+0.02a)$ for the right half span, and by $(1-0.02b)$ for the left half span. This is done to agree with the actual condition, since at a definite distance from the right or left abutment, the trapezoid having a greater width should carry a greater portion of the load that comes upon the bridge, that is to say, the load that may come over any point of either of the trapezoid-shaped bridges is proportional to the width of the bridge at that point.

Table 2. Evaluation of $(50+a) \log (1+0.02a)$

Points	a	50+a	1+0.02a	$\log(1+0.02a)$	$(50+a)\log(1+0.02a)$
-10	-25	25	0.5	-0.69315	-17.329
-8	-20	30	0.6	-0.51083	-15.325
-6	-15	35	0.7	-0.35668	-12.484
-4	-10	40	0.8	-0.22314	-8.926
-2	-5	45	0.9	-0.10536	-4.741
0	0	50	1.0	0	0
2	5	55	1.1	0.09531	5.242
4	10	60	1.2	0.18232	10.939
6	15	65	1.3	0.26236	17.053
8	20	70	1.4	0.33647	23.553
10	25	75	1.5	0.40547	30.410

Table 3. Evaluation of Values of X.

Right Half Span

Points	a	$-1.5724a$	$-0.016475a^2$	$1.236a^3 \times 10^{-4}$	$-9.8549a^4 \times 10^{-7}$	$3.1674a^5 \times 10^{-9}$	$\frac{1.5631(50+a) \times \log(1+0.02a)}{(1+0.02a)}$	X	X'
0	0	0	0	0	0	0	0	0.493	0.493
2	5	-7.862	-0.412	0.015	-0.001	—	8.194	0.427	0.470
4	10	-15.724	-1.648	0.124	-0.010	—	17.099	0.334	0.401
6	15	-23.586	-3.707	0.417	-0.050	0.002	26.656	0.225	0.293
-8	20	-31.448	-6.590	0.989	-0.158	0.010	36.816	0.112	0.157
10	25	-39.310	-10.297	1.931	-0.385	0.031	47.534	0	0

Left Half Span

Points	b	$0.45767b$	$-5.3274b^2 \times 10^{-3}$	$-4.9289b^3 \times 10^{-5}$	$-2.424b^4 \times 10^{-7}$	$3.1674b^5 \times 10^{-9}$	$\frac{0.44846(50-b) \times \log(1-0.02b)}{(1-0.02b)}$	X	X'
-2	5	2.288	-0.133	-0.006	—	—	-2.126	0.516	0.464
-4	10	4.577	-0.533	-0.049	0.002	—	-4.003	0.483	0.386
-6	15	6.865	-1.199	-0.166	-0.012	0.002	-5.599	0.384	0.269
-8	20	9.153	-2.131	-0.394	-0.039	0.010	-6.873	0.219	0.131
-10	25	11.442	-3.330	-0.770	-0.095	0.031	-7.771	0	0

Table 4. Evaluation of values of Y.

Right Half Span

Points	a	$\frac{-1.5377}{a}$	$\frac{-1.4886}{a^2 \times 10^{-2}}$	$\frac{1.1929}{a^3 \times 10^{-4}}$	$\frac{-1.2528}{a^4 \times 10^{-6}}$	$\frac{4.6129}{a^5 \times 10^{-9}}$	$\frac{1.5087(50+a) \times \log(1+0.02a)}{(1+0.02a)}$	Y	Y'
0	0	0	0	0	0	0	0	0.444	0.444
2	5	-7.689	-0.372	0.015	-0.001	—	7.909	0.306	0.337
4	10	-15.377	-1.489	0.119	-0.013	—	16.504	0.188	0.226
6	15	-23.066	-3.349	0.403	-0.063	0.004	25.728	0.101	0.131
8	20	-30.754	-5.954	0.954	-0.200	0.015	35.534	0.039	0.055
10	25	-38.443	-9.304	1.864	-0.489	0.045	45.880	0	0

Left Half Span

Points	b	$\frac{0.46175}{b}$	$\frac{-4.1272}{b^2 \times 10^{-3}}$	$\frac{-4.7572}{b^3 \times 10^{-5}}$	$\frac{-5.3554}{b^4 \times 10^{-7}}$	$\frac{4.6129}{b^5 \times 10^{-9}}$	$\frac{0.43284(50-b) \times \log(1-0.02b)}{(1-0.02b)}$	Y	Y'
0	0	0	0	0	0	0	0	-0.556	-0.0556
-2	5	2.309	-0.103	-0.006	—	—	-2.052	-0.408	-0.367
-4	10	4.618	-0.413	-0.048	-0.005	—	-3.804	-0.268	-0.214
-6	15	6.926	-0.929	-0.161	-0.027	0.004	-5.404	-0.147	-0.103
-8	20	9.235	-1.651	-0.381	-0.086	0.015	-6.633	-0.057	-0.034
-10	25	11.544	-2.580	-0.743	-0.209	0.045	-7.051	0	0

Table 5. Evaluation of values of Z
Right Half Span

Points	a	1.4944 a	3.3683 $a^2 \times 10^{-2}$	1.5682 $a^3 \times 10^{-4}$	-2.5197 $a^4 \times 10^{-6}$	1.543 $a^5 \times 10^{-8}$	$\frac{-1.9829(50+a) \times \log(1+0.02a)}{(1+0.02a)}$	Z	Z'
0	0	0	0	0	0	0	0	5.232	5.232
2	5	7.472	0.840	-0.020	-0.002	—	-10.394	3.128	3.441
4	10	14.944	3.358	-0.157	-0.025	0.002	-21.691	1.663	1.996
6	15	22.416	7.556	-0.529	-0.128	0.012	-33.814	0.745	0.969
8	20	29.888	13.433	-1.255	-0.403	0.049	-46.703	0.241	0.337
10	25	37.360	20.989	-2.450	-0.984	0.151	-60.300	0	0

Left Half Span

Points	b	-1.0805 b	1.9443 $b^2 \times 10^{-2}$	6.254 $b^3 \times 10^{-5}$	-3.4622 $b^4 \times 10^{-6}$	1.543 $b^5 \times 10^{-8}$	$\frac{-0.56897(50-b) \times \log(1-0.02b)}{(1-0.02b)}$	Z	Z'
-2	5	-5.403	0.486	0.008	-0.002	—	2.697	3.018	2.716
-4	10	-10.805	1.944	0.063	-0.035	0.002	5.079	1.480	1.184
-6	15	-16.208	4.375	0.211	-0.175	0.012	7.103	0.550	0.385
-8	20	-21.610	7.777	0.500	-0.554	0.049	8.719	0.113	0.065
-10	25	-27.013	12.152	0.977	-1.352	0.151	9.860	0	0

The moments at points F, G, B and C are evaluated in Tables 6 and 7.

Table 6. Evaluation of M_F and M_G

Points	Z'	$-25Y'$	$-\frac{(1-0.02b)}{\times(25-b)}$	M_F	$\frac{(1-0.02b)}{b}+Y$	$20X'$	M_G
-8	0.068	0.850	-3	-2.082	0.566	2.620	0.538
-6	0.385	2.575	-7	-4.040	0.597	5.380	1.340
-4	1.184	5.350	-12	-5.466	0.586	7.720	2.254
-2	2.716	9.175	-18	-6.109	0.533	9.280	3.171
0	5.232	-11.100		-5.868	0.444	9.860	3.992
2	3.441	-8.425		-4.984	0.337	9.400	4.416
4	1.996	-5.650		-3.654	0.226	8.020	4.366
6	0.969	-3.275		-2.306	0.131	5.860	3.554
8	0.337	-1.375		-1.038	0.055	3.140	2.102

Table 7. Evolution of M_B and M_C

Points	Z'	$25Y'$	$-\frac{(1+0.02a)}{\times(25-a)}$	M_B	$\frac{(1+0.02a)}{a}-Y$	$20X'$	M_C
-8	0.068	-0.850		-0.782	0.034	2.620	1.838
-6	0.385	-2.575		-2.190	0.103	5.380	3.190
-4	1.184	-5.350		-4.166	0.214	7.720	3.554
-2	2.716	-9.175		-6.459	0.367	9.280	2.821
0	5.232	-13.900		-8.668	0.556	9.860	1.192
2	3.441	8.425	-22	-10.134	0.763	9.400	-0.734
4	1.996	5.650	-18	-10.354	0.974	8.020	-2.334
6	0.969	3.275	-13	-8.756	1.169	5.860	-2.896
8	0.337	1.375	-7	-5.288	1.345	3.140	-2.148

From Tables 6 and 7, we see that point F is the most stressed point, since the width of the bridge there is only one third of that at point B, while the average value of moments at the former point is greater than one third of that at the latter point.

If $t_0 = 3$ ft., the dead load moment, thrust and shear at point A, the moment at F and left end vertical reaction R are evaluated in Table B, in which P is given by

$$P = \left\{ \frac{14}{\sin 52^\circ} \times 3 \times 150 \times \left(1 - \frac{4.4581a^2}{50^2} + \frac{1.9162a^3}{50^3} \right) + \frac{14}{\sin 52^\circ} \times 160 \right\} \times 5$$

$$= \{ 7,995 (1 - 0.0017832a^2 + 0.00001533a^3) + 2,843 \} \times 5$$

where the last term is the weight of ballast and track work.

Table 8. Dead Load Moments, Thrust, Shear and Reaction

Points	P (lbs.)	X' (lbs.)	Y' (lbs.)	Z' (ft. lbs.)	M _F (ft. lbs.)	R (lbs.)
-10	47,100	0	0	0	0	23,600
-8	68,100	8,900	-2,300	5,000	-142,000	38,500
-6	60,400	16,200	-6,200	23,000	-244,000	36,000
-4	56,700	21,900	-12,100	67,000	-310,000	33,200
-2	54,800	25,400	-20,100	149,000	-334,000	29,000
0	54,200	26,700	$\left. \begin{array}{l} -15,100 \\ 12,000 \end{array} \right\}$	283,000	-318,000	24,100
2	54,800	25,700	18,500	188,000	-273,000	18,500
4	56,700	22,700	12,800	113,000	-207,000	12,800
6	60,400	17,700	7,900	58,000	-139,000	7,900
8	68,100	10,700	3,700	23,000	-71,000	3,700
	Sum	175,900	-0,900	909,000	-2,038,000	227,500

Earth Pressure—The weight of earth backing behind the vertical wall will be taken as 100 lbs. per cu. ft. The equivalent surcharge load due to dead load and live load is about T feet in height. As usual, we shall assume the angle of repose for the earth backing $\phi = \tan^{-1} \frac{10}{15}$.

With this data, we have

$$w_1 = 7 \times 100 \times \frac{7}{\sin 52^\circ} \times \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = 4,900 \times 1.269 \times 0.286 = 1,860 \text{ lbs. per ft.}$$

$$w_2 = 20 \times 100 \times 7 \times 0.286 \times 1.269 = 5,080 \text{ lbs. per ft.}$$

$$X_e = 12.166 \times 1,860 + 3.2627 \times 5,080 = 22,600 + 16,600 = 39,200 \text{ lbs.}$$

$$Y_e = 1.0947 \times 1,860 + 0.28743 \times 5,080 = 2,040 + 1,460 = 3,500 \text{ lbs.}$$

$$Z_e = 1.481 \times 1,860 + 0.0895 \times 5,080 = 2,760 + 450 = 3,210 \text{ ft. lbs.}$$

$$M_{Fe} = 3,210 - 25 \times 3,500 = 3,210 - 87,500 = -84,300 \text{ ft. lbs.}$$

Temperature—we shall take $c = 0.000055$, $E = 2,000,000$ lbs. per sq. in.

The moment of inertia at centre of the span is

$$I_o = \frac{14}{\sin 52^\circ} \times \frac{3^3}{12} = 40 \text{ ft.}^4$$

$$\text{Therefore } EI_o c t = 2,000,000 \times 144 \times 40 \times 0.000055 t = 63,360 t.$$

$$X_t = 0.066441 \times 63,360 t = 4,210 t \text{ lbs.}$$

$$Y_t = 0.004132 \times 63,360 t = 262 t \text{ lbs.}$$

$$Z_t = -0.08427 \times 63,360 t = -5,340 t \text{ ft.-lbs.}$$

$$M_{Ft} = -5,340 t - 25 \times 262 t = -11,890 t \text{ ft.-lbs.}$$

We shall assume $t = +30^\circ F$ for increase in temperature, and $t = -45^\circ F$ for drop in temperature and shrinkage.

Live Load and Impact.—The live load will consist of E 50 railway loading, and the impact is to be calculated by $I = S \frac{300}{300 + \frac{L^2}{100}}$

By plotting the influence lines of X' , Z' , M_F and R and by trying several positions of the loading on the diagrams, the live load and impact stresses are found to be as follows:

At center of span, the moments are

$$Z_e = 1,013,000 \text{ ft. lbs.}, \quad Z_i = 937,000 \text{ ft.-lbs.}$$

The corresponding thrusts are

$$X_e = 155,000 \text{ lbs.}, \quad X_i = 153,900 \text{ lbs.}$$

At point F, the moments are

$$M_{Fe} = -1,772,000 \text{ ft. lbs.}, \quad M_{Fi} = -1,758,000 \text{ ft. lbs.}$$

The corresponding thrusts are

$$X_e = 160,400 \text{ lbs.}, \quad X_i = 159,600 \text{ lbs.}$$

$$R_e = 174,900 \text{ lbs.}, \quad R_i = 174,100 \text{ lbs.}$$

The moments and thrusts at the center of the span and at the point F are tabulated in Table 9.

Table 9. Moments and Thrusts

	Z (ft.lbs.)	X (lbs.)	M_F (ft.lbs.)	X (lbs.)	R (lbs.)
Dead Load	909,000	175,900	-2,038,000	175,900	227,500
Earth Pressure	3,210	39,200	-84,300	39,200	3,500
Temperature	210,300	-189,450	-356,700	126,300	7,860
Live Load	1,013,000	155,100	-1,772,000	160,400	174,900
Impact	937,000	153,900	-1,758,000	159,600	174,100
Sum	3,102,510	334,650	-6,009,000	661,400	587,860

Stresses of Concrete and Steel — The stresses of concrete and steel at the center of the span and at point F are calculated by means of diagrams given in "Hool's Reinforced Concrete Construction, Vol. 1."

At the centre of span, we have

$$d = 34", \quad b = 14 \times 12 \frac{1}{2} \sin 52^\circ = 213"$$

$$e' = \frac{3,102,510 \times 12}{334,650} = 111"$$

$$\frac{e'}{d} = \frac{111}{34} = 3.27$$

$$k = \frac{3,102,510 \times 12}{213 \times 34^2} = 151.$$

From diagram 28, we find, for $p=0.0086$, $f_c=800$ lbs. per sq. in. and $f_s=15,000$ lbs. per sq. in.

At point F, we have

$$d=68.5", \quad b=106.5".$$

$$e' = \frac{6,009,000 \times 12}{587,860} = 123"$$

$$\frac{e'}{d} = \frac{123}{68.5} = 1.80,$$

$$k = \frac{6,009,000 \times 12}{106.5 \times (68.5)^2} = 144.$$

With $p=0.0054$, we find that $f_c=790$ lbs. per sq. in., and $f_s=16,000$ lbs. per sq. in.

(The End.)

用牛頓第二定律以解釋水力學中某種問題

陸 鳳 書

此篇主要目的，係應用牛頓第二運動定律以解釋水力學中某項問題。該問題在水力學中，似未能言之詳盡。牛頓第二運動定律，按物理學中解釋，即運動量之變化率與發生該項變化力成正比例，其變化即發生於力所作用之方向上。該定律若以公式表示之，則得下列微分方程式。

$$\frac{d(Mv)}{dt} \propto P \text{ 即 } \frac{d(Mv)}{dt} = KP. \quad (1)$$

式中 d = 微分數記號

M = 質量

v = 速度

t = 時間

P = 力

K = 常數

式中單位之選定，以能適合常數 $K=1$ 為標準。今令 $K=1$ ，求公式(1)之微分。得

$$v \frac{dM}{dt} + M \frac{dv}{dt} = P \quad (2)$$

式中第一項 $v \frac{dM}{dt}$ 之意義，包含甚廣。牛頓第二運動定律之所以能應用於某種水力問題者，實基於此。其最明顯之解釋，即表示在極小時間 (dt) 內，因極微質量獲得至微速度而產生之運動量是也。

試以盛水器中之凹進流水管 (re-entrant tube) 為證。(閱圖一)* (該項盛水器之面積與水管之面積相較，異常寬廣) 若 M 為一微而有定值之質量，則

$$M = \frac{A ds r}{g}.$$

*請參閱此篇後之附圖

A = 截面面積

ds = 極微距離

r = 水之密度

g = 重力加速度

又令 P 為與運動同一方向之力。(= - Adp.) dp = 水壓之微分。此力之作用，係使質量之全部在一極微時間 (dt) 內，獲一速度之微增。故

$$M \frac{dv}{dt} = -Adp。$$

以 $M = \frac{A ds r}{g}$ 之值，代入上列公式，得

$$-\frac{g}{r} \cdot \frac{dp}{ds} = \frac{dv}{dt}。$$

即 $-\frac{g}{r} \cdot \frac{dp}{dv} = \frac{ds}{dt} = v。$

$$\int_0^v v dv = -\frac{g}{r} \int_{hr+P_a}^{P_a} dp。$$

$$0 - \frac{v^2}{2} = -\frac{g}{r} [hr + P_a - P_a]。$$

$$\therefore v = \sqrt{2gh}。 \quad (3)$$

今以公式(2)証之於水之全部。篇中所謂凸進管者，即管有充分縱長，足使水由管內自由射出，不受管之四周束縛。故在 c 與 d 點附近之速度，可以不計。換言之，即該二點之壓力，等於靜水高。如此，則水之全部壓力，除對 AB 面且與其面積相等之一部份不計外，均得平衡。其未平衡者，即 Ahr，即公式(2)中 P 之值也。該力之作用，並不使水之全部質量，在 dt 時內，得一速度之微增。但於極微時間內，由孔中射出之極微質量，則繼續不斷，給以速度之增加。其增量為 $v = \sqrt{2gh}$ 。故

$$v \frac{dM}{dt} = Ahr。$$

但 $\frac{dM}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{vr}{g} \right) = \frac{r}{g} \cdot \frac{dv}{dt} = \frac{Qr}{g}。$

$$\text{故} \quad \frac{Qvr}{g} = Ahr \quad (4)$$

若 c 為收縮系數， $Q = cAv$ ，公式(4)可變為

$$\frac{cAv^2r}{g} = Ahr \quad (5)$$

將 $v^2 = 2gh$ 之值，代入公式(5)，再求 c 之值，則得

$$c = .50$$

由是可知該項系數，除由實驗以求之外，亦可由理論以測之。其學理上之根據，即牛頓之第二運動律是也。

試再以尖口孔為證。(thin-edged orifice)所謂尖口孔者，即盛水器之牆甚薄，而孔隙處之沿邊，未經磨光，並指定孔之直徑與盛水器之截面直徑相較，異常微小。且其位置不與水面相近，亦不接近盛水器之底部。故 A, B 點之水流速度，不能不計。今假定水線之行動軌迹係半球形，其半徑由無限大而逐漸縮至等於 AB 之值，如第二圖中用虛線所繪成之同心半圓形所示者，於是因 AB 孔之存在，致左邊壓力超出右邊壓力之值，可以計算矣。

在 AB 孔右邊之任何一點，其壓力之減少，即等於該點之速度高。其總值可以積分法求得之。令 $AB = 2r$

$$\begin{aligned} \int_{\infty}^r \pi r^2 pdA &= \int_{\infty}^r \frac{\pi r^2}{2g} v^2 r dA = \int_{\infty}^r \frac{Q^2 r}{8\pi^2 r^4 g} \cdot 2\pi r dr = \frac{Q^2 r}{4\pi g} \int_{\infty}^r r^3 dr \\ &= \frac{Q^2 r}{4\pi g} \left[\frac{1}{2r^2} \right]_{\infty}^r = \frac{Q^2 r}{8\pi g r^2} \end{aligned}$$

若以求公式(5)之方法應用於本題上，則得

$$Ahr + \frac{Q^2 r}{8\pi r^2 g} = \frac{cArv^2}{g} \quad (6)$$

又令 $Q = cAV = \phi \sqrt{2gh}$ ， ϕ 為由實驗中所得之速度系數， $A = \pi r^2$ 公式(6)可變為

$$1 + \frac{c^2 \phi^2}{4} = 2c\phi^2$$

若 $\phi = .95$ ，則得 $c = .60$ 。其結果與實驗所得之值，又屬相符。

牛頓之第二運動定律，更可推之於其他關於水流之疾速變更諸問題。例如水管截面面積忽然變大或縮小，及水槽中因水流忽遭停止，致激起高大水波等。此種問題，可以功與能之定理 (Work and Energy) 或中心衝擊定理 (Direct Central Impact Method) 以解之。但根據功與能所得之結果，似有背謬之處。不若用衝擊原理以求之，較為妥善。試解之於下。

功與能之原理，係根據下列微分方程式。

$$vdv = ads \quad (7)$$

$$\text{又} \quad \frac{dv}{dt} = a = \frac{P}{M} \quad (8)$$

第七式係一純粹算學式。第八式係一不完備之牛頓第二定律方程式。若以 $a = \frac{P}{M}$ 之值，代入第七式，則該微分方程式可變為

$$Mvdv = PdS \quad (9)$$

若速度之兩極限為 V_1 與 V_2 ，距離之兩極限為 S_1 與 S_2 ，求第九式之積分，則得

$$\frac{M(v_2^2 - v_1^2)}{2} = P(S_2 - S_1) \quad (9a)$$

但上列公式，似與該項問題之事實不甚相符。因水流經倉卒變更後，其運動量之變化，係使極小質量 dM ，在極小時間 dt 內，發生一極大之速度變化。並非使有定值之質量 M ，在極小時間 dt 內，發生一極小之速度變化。故功與能之原理，似未可用之於本題上。當以根據衝擊原理之方程式代之。該式即

$$v \frac{dM}{dt} = P \quad (10)$$

$$\text{式中 } V \text{ 爲} \quad v = v_2 - v_1, \quad \frac{dM}{dt} = \frac{Qr}{g}$$

$$\text{故} \quad \frac{Qr(v_2 - v_1)}{g} = P \quad (10a)$$

試以水管內流體因管徑忽然放大所得之影響為証。(閱圖三)欲使該項問題有解決方法，必須假定大管密接小管處之斷面水壓，係屬均佈性質。名其值謂 p_2 。並專就 AB 部份之水流至 BC 時中間經過之變化立論。(AB 之體積 = $A_1 \times l_1$ ，BC 之體積 = $A_2 l_2$)。若援用第 9a 公式計算，其結果為

$$\frac{A_1 l_1 r (v_2^2 - v_1^2)}{2g} = A_1 p_1 l_1 - A_2 p_2 l_2$$

$$\text{或} \quad \frac{p_1 - p_2}{r} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \quad (11)$$

在管徑忽然放大處，雖有劇烈衝撞，但公式內並未將該項水頭消損列入，殊與由實驗所得之結果不符。若用公式 10a 以求之，則得下列公式。

$$\frac{Qr(v_2 - v_1)}{g} = \frac{A_1 v_1 r (v_2 - v_1)}{g} = A_1 p_1 + (A_2 - A_1) p_2 - A_2 p_2$$

式中 $A_1 p_1$ 係小管斷面之總壓力， $(A_2 - A_1) p_2$ 係大小管連接處之空心面之總壓力， $A_2 p_2$ 係大管斷面之總壓力，該公式又可變為

$$\frac{p_1 - p_2}{r} = \frac{v_1 (v_2 - v_1)}{g} \quad (12)$$

上列公式，係水利專家所公認者，且屬於中心衝擊問題之一。因水身之重心，隨流動方向移動。換言之，即水身在斷面放大處衝撞時，其重心恆在一直線上移動，並隨水之流動方向。故本題可以公式 10a 求之。

茲復以水身在河床中遇阻後，忽然膨脹，致激起高浪為證。(閱圖四)該題若根據功與能之定理計算，[即用公式(9a)]則得下列結果。

$$\frac{bh_1^2 r l_1}{2} - \frac{b(h_1 + x)^2 r l_2}{2} - \frac{bh_1 r l_1 x}{2} = \frac{bh_1 l_1 r}{g} \cdot \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2}$$

公式中左邊一二兩項，係兩端力所作用之功。第三項係將表明全部水身之重心升高 $x/2$ 時所作之功。

又 $bh_1 l_1 = bh_2 l_2 = b(h_1 + x) l_2$ 。因在本題中，係假定在相當時間內 CDE'E 部份之水可達到 FEE'GH 者，於是可得下列結果。

$$x = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} = \frac{v_1^2}{2g} \left(\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{2gh_1}{v_1^2}} \right) - h_1 \quad (13)$$

此式亦未見有何水頭消損存在，殊與事實不符。若援用公式 10a，則得下式。

$$\frac{bh_1^2 r}{2} - \frac{b(h_1 + x)^2 r}{2} = \frac{bh_1 r v_1 (v_2 - v_1)}{g}$$

再令 $h_1 + x = h_2$ ，又 $bh_1 v_1 = bh_2 v_2$ ，故

$$h_2 - h_1 = x = \frac{2v_1 v_2 (v_1 - v_2)}{g(v_1 + v_2)} \quad (14)$$

上式除將該題假定為中心衝擊，(即兩端之力 $\frac{bh_1^2 r}{2}$ 及 $\frac{b(h_1 + x)^2 r}{2}$ 同在一直線上移動) 略有錯誤外，實一合理之公式。其式可化為下式。

$$x = \frac{2v_1v_2(v_1 - v_2)}{g(v_1 + v_2)}。$$

$$\because v_2 = \frac{v_1h_1}{h_2} = \frac{v_1h_1}{h_1+x} ; \therefore x = \frac{\frac{2v_1^2v_1h_1}{h_1+x} - \frac{2v_1v_1^2h_1^2}{(h_1+x)^2}}{g\left(v_1 + \frac{v_1h_1}{h_1+x}\right)}。$$

解x，得

$$x = h_1 \left[-\frac{3}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{2v_1^2}{gh_1}} \right]。 \quad (14a)$$

該式與 Gibson 氏之公式相符。

水在槽中，因下端之門忽然關閉，致水面有驟然增高等問題，亦可用上法解決之。
 (閱第五圖)今令水身原有之長為 l_1 ，其深為 h_1 ，隔相當時間後，其地位假定為
 $CA'C'B'B$ ，如圖中用虛線所示者，並假定斷面A之水抵斷面A'之後，即停留不進，
 其已經升高之水面，仍屬一平面而有固定之位置者。於是

$$xl_2 = h_1(l_1 - l_2)。$$

即 $l_1 - l_2 = \frac{xl_1}{h_1+x} = \frac{xl_1}{h_2}。$

又 $t = \frac{l_1 - l_2}{v_1} = \frac{xl_1}{h_2v_1}。$

若用公式9a (即根據功與能之原理所得之式) 引之於本題上，並不計水頭之衝撞
 消損，則得

$$\frac{bh_1^2r(l_1 - l_2)}{2} - \frac{bh_1l_1rx}{2} = \frac{bh_1l_1r}{g} \cdot \frac{(-v_1^2)}{2}。$$

式中 b =槽之寬， x =水面之升高度，解 x ，得

$$x = \frac{v_1^2}{2g} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4gh_1}{v_1^2}} \right)。$$

若令波浪之傳布速度為 C ，水之速度為 v_1 ，則

$$\frac{C}{v_1} = \frac{l_2}{l_1 - l_2} = \frac{h_1}{x}。$$

故 $C = \frac{h_1v_1}{x}。 \quad (16)$

用公式(10a)於本題上，可得下列結果。

$$\frac{bh_1^2r}{2} - \frac{b(h_1+x)^2r}{2} = \frac{-bh_1v_1r(-v_1)}{g}$$

令 $h_1+x=h_2$ ，解 $x(=h_2-h)$ 之值，得

$$x = h_1 \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2v_1^2}{gh_1}} \right) \quad (17)$$

以上諸題，所以能援用牛頓第二定理，以求解決之方者，乃根據力在直線上動作之唯一假定。此種假定，雖不能謂其絕對無錯誤，但其所得之結果，實屬最為合理。

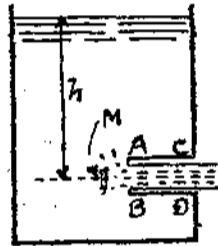


Fig 1

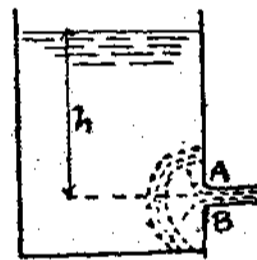
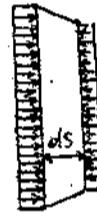


Fig 2

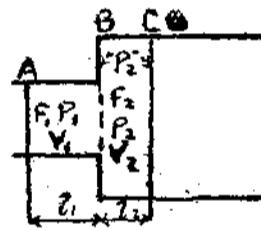


Fig 3

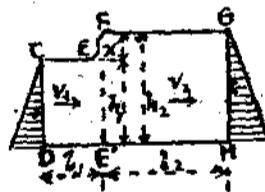


Fig 4

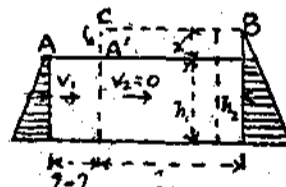


Fig 5

特性點之理論及應用

丁 變 和

近數年來，關於彎曲理論 (Theory of bending) 討論者甚多，當樑 (Beam) 上之荷載及支架情形複雜時，其中各部應力分佈，不易計算，吾人教本中所常見者，即所謂三旋量定律 (Theorem of three moments)，但得出結果，有時不十分精確。當樑有若干架徑 (Span) 或其惰率 (Moment of Inertia) 不等時，應力及撓度 (Deflection curve) 計算，更感困難。

1833年，英國 T. Claxton Fidler 教授對於樑之分析曾有一圖解法，稱為特性點 (Characteristic points) (註一)，以後德人 H. Müller Breslan (註二) 以及 Ostensfeld (註三) 對於特性點理論，曾有若干改革，1925年，英人 E. H. Salman (註四) 復將此理論，加以普遍之討論，証示在樑彎曲理論中，特性點能用之範圍甚廣，例如樑為連續支架而架徑不等，惰率不等，堅固門桁 (Rigid portals)，豎柱支托載重 (Bracket load on stanchion) 以及其他性質複雜之結構物，皆能用特性點方法，求得較精確解答。

普通材料力學教本中，論及特性點者甚少，因三旋量定律，在普通情形之下，已足夠應用。惟特性點方法，既簡便而易於應用，本文乃擇 Salman 文中較普遍之實例，加以註述，對於初學材料力學者，可增加一方法，以解決彎曲理論中之各問題。

(一) 特性點理論

樑之彎曲理論中，吾人知

$$M = IE \frac{d^2y}{dx^2} \dots \dots \dots (1)$$

上式中 M, I, 與 E 為樑之旋量 (Moment) 惰率及楊氏係數 (Young's modulus)

設第一圖 (a) (頁30) 中 AB 為連續樑之任何一架徑，樑上載有均佈及垂直兩種荷載，當樑負重後即發生彎曲，(第一圖 (b))。設 $\theta_a, \theta_b, \theta_s$ 為 A, B, S 三點處樑之撓度，而 M_a, M_b 為 A, B 兩端之旋量，則樑之旋量圖 (Bending moment diagram) 為第一圖 (c)。

設S為樑上任何一點，距A為x，則由(1)

$$\int_a^x IE \frac{d^2y}{dx^2} dx = \int_a^x M dx$$

即
$$IE \left[\frac{dy}{dx} \right]_a^x = \int_a^x dA$$

或
$$IE \left[\theta \right]_a^x = \int_a^x dA$$

$IE(\theta_x - \theta_a) = A$ 與S兩點間旋量之面積。

設指AB架徑全長而言

$$IE(\theta_b - \theta_a) = A \text{ 與 B 兩點間旋量之面積} \\ = (a s b \text{ 之面積}) - (a a_1 b_1 b \text{ 之面積}) \dots \dots \dots (2)$$

再設 A, B 兩點間旋量圖重心距A 為 \bar{x} , y_a 與 y_b 為樑在 AB 兩點處之垂度(deflection); 而 l 為 AB 架徑之長度，則由(1)

$$IE \int_a^b \frac{d^2y}{dx^2} x \cdot dx = \int_a^b Mx \cdot dx$$

$$IE \left[x \frac{dy}{dx} - y \right]_a^b = A \bar{x}$$

或
$$IE \left[(l_b \theta_b - y_b) - (l_a \theta_a - y_a) \right] = A \bar{x}$$

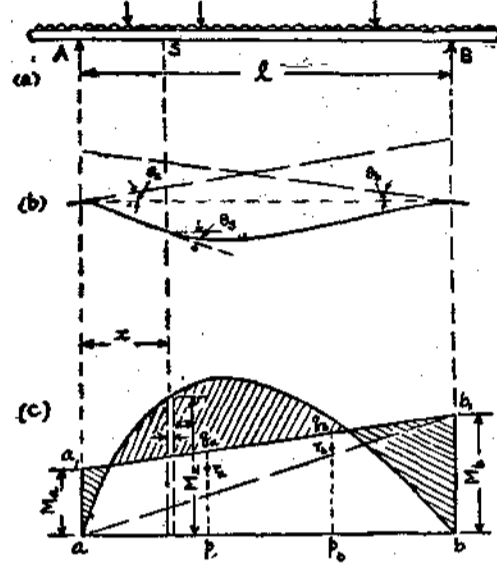
現因, $l_a = 0, y_b = 0, y_a = 0, l_b = l$; 故

$$IE l \theta_b = A \bar{x}$$

$$\therefore \theta_b = \frac{1}{IE l} \left\{ A, B \text{ 兩點間旋量圖面積繞 A 之旋量} \right\}$$

$$= \frac{1}{IE l} \left\{ (a s b \text{ 面積繞 A 之旋量}) \right.$$

$$\left. - (a a_1 b_1 b \text{ 面積繞 A 之旋量}) \right\} \dots \dots \dots (3)$$



第一圖

現將 aa_1b_1b 分爲 aa_1b_1 與 ab_1b 兩三角形，則

$$aa_1b_1 \text{ 之面積} = \frac{1}{2}Ma_1l; \quad \text{該面積繞A之旋量} = \frac{1}{2}Ma_1 \cdot \frac{1}{3}l.$$

$$ab_1b \text{ 之面積} = \frac{1}{2}Mb_1l; \quad \text{該面積繞A之旋量} = \frac{1}{2}Mb_1 \cdot \frac{2}{3}l.$$

$$\begin{aligned} \text{代入(3),} \quad \Theta_b &= \frac{1}{IEI} \left\{ \int_0^l M_x \cdot x dx - \left(\frac{1}{2}Ma_1 \cdot \frac{1}{3}l + \frac{1}{2}Mb_1 \cdot \frac{2}{3}l \right) \right\} \\ &= \frac{1}{2IEI} \left\{ 2 \int_0^l M_x \cdot x dx - \left(\frac{1}{3}Ma_1l^2 + \frac{2}{3}Mb_1l^2 \right) \right\} \\ &= \frac{1}{2IE} \left\{ \frac{2}{l^2} \int_0^l M_x \cdot x dx - \left(\frac{1}{3}Ma + \frac{2}{3}Mb \right) \right\} \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

上式 M_x 爲 asb 圖內距A點 x 處之縱坐標。

設於第一圖(c)中 ab 上取兩點 P_a, P_b 而令 $aP_a = bP_b = \frac{1}{3}ab$; 再由 P_a, P_b 作垂直線與 a_1b_1 相交於 Q_a, Q_b 則

$$P_aQ_b = \frac{1}{3}Ma + \frac{2}{3}Mb$$

于 P_bQ_b 垂直線上定一點 r_b , 而令

$$\begin{aligned} P_b r_b &= \frac{2}{l^2} \int_0^l M_x \cdot x dx \\ &= \frac{2}{l^2} \left\{ asb \text{ 面積繞A之旋量} \right\} \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

是故

$$\begin{aligned} Q_b r_b &= P_b Q_b - P_b r_b \\ &= \left(\frac{1}{3}Ma + \frac{2}{3}Mb \right) - \frac{2}{l^2} \int_0^l M_x \cdot x dx \end{aligned}$$

以上式代入(4), 則

$$\Theta_b = -\frac{1}{2IE} \cdot Q_b r_b \dots\dots\dots(6)$$

上式中之 r_b 點，Fidler教授稱之爲特性點。該點之位置，與兩端旋量 M_a, M_b 無關，可直接由樑上荷載所造成之旋量圖決定之。當撓度爲正號時，即其方向與上節中 Θ_b 相反，則 r_b 之位置須由 Q_b 向上而非向下矣。

同樣，以上各節所述之理論，亦可應用於樑之他一端，即

$$\Theta_a = -\frac{1}{2IE} q_a r_a \dots\dots\dots (7)$$

而
$$P_a r_a = \frac{2}{I^2} \{ a s b \text{ 面積繞B之旋量} \} \dots\dots\dots (8)$$

(二) 特性點之應用

樑之支架情形簡單者，僅須決定特性點之位置，即可解決一切問題。例如第二圖 AB 為一橫樑，其中點負一集中荷載 (Concentrated load) P，則旋量圖即為一等邊

三角形 acb，面積 = $\frac{1}{2} M_c l$ ；該面積繞 B 之旋量 = $\frac{1}{2} M_c l \times \frac{1}{2} l = \frac{1}{4} M_c l^2$ ；故由 (5)

$$P_b r_b = \frac{2}{I^2} \times \frac{1}{4} M_c l^2 = \frac{1}{2} M_c$$

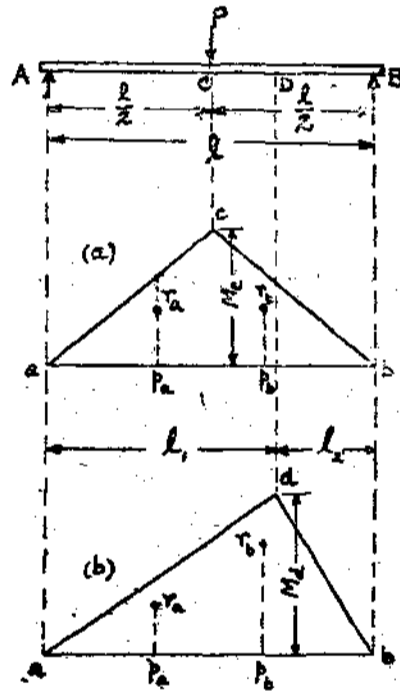
因旋量圖為對稱，故

$$P_a r_a = \frac{1}{2} M_c$$

現因 $M_a = M_b = 0$ ；故由 (6) 或 (7)

$$\begin{aligned} \Theta_a = \Theta_b &= -\frac{1}{2IE} q_a r_a \\ &= -\frac{1}{2IE} \times \frac{1}{2} M_c \\ &= -\frac{1}{16IE} P l^2 \end{aligned}$$

設 P 施加於 D 點，則旋量圖即為不等邊三角形 adb (第二圖(b)) 面積 = $\frac{1}{2} M_d (l_1 + l_2)$ 該面積繞 B 之旋量為 $\frac{1}{6} M_d (l^2 + 3l_1 l_2 + 2l_2^2)$



第二圖

$$\begin{aligned} \therefore P_a r_a &= \frac{2}{(l_1 + l_2)} \times \frac{1}{6} M_d (l_1^2 + 3l_1 l_2 + 2l_2^2) \\ &= \frac{M_d}{3l} (l_1 + 2l_2) \end{aligned}$$

同樣可得 $F_b r_b = \frac{M_1}{3I} (2l_1 + l_2)$

故 $\theta_a = \frac{1}{2IE} \times \frac{M_1}{3I} (l_1 + 2l_2) = \frac{Pl_1 l_2}{6IEI} (l_1 + 2l_2)$

$$\theta_b = \frac{1}{2IE} \times \frac{M_1}{3I} (2l_1 + l_2) = \frac{Pl_1 l_2}{6IEI} (2l_1 + l_2)$$

設AB上之荷載為平均分佈，則旋量圖為一拋物線〔第三圖(a)〕，面積 = $\frac{2}{3} M_c l$ ，而該面積繞B之旋量 = $\frac{2}{3} M_c l \times \frac{1}{2} l = \frac{1}{3} M_c l^2$ ；故

$$r_a r_a = \frac{2}{l^2} \times \frac{1}{3} M_c l^2 = \frac{2}{3} M_c = p_b r_b$$

而 $\theta_a = \theta_b = \frac{1}{2IE} \times \frac{2}{3} M_c = \frac{1}{24} \frac{pl^3}{IE}$

設樑之兩端為絕對固定，〔第三圖(b)〕，則兩端之撓度必為零即 $\theta_a = \theta_b = 0$ ，由(6)(7)兩式，可知 $r_a r_a = r_b r_b = 0$ ；換言之，即連結 $a_1 b_1$ 之直線必經過特性點 r_a 與 r_b 。由此可知凡樑兩端固定時，特性點之位置與第三圖(a)同，即

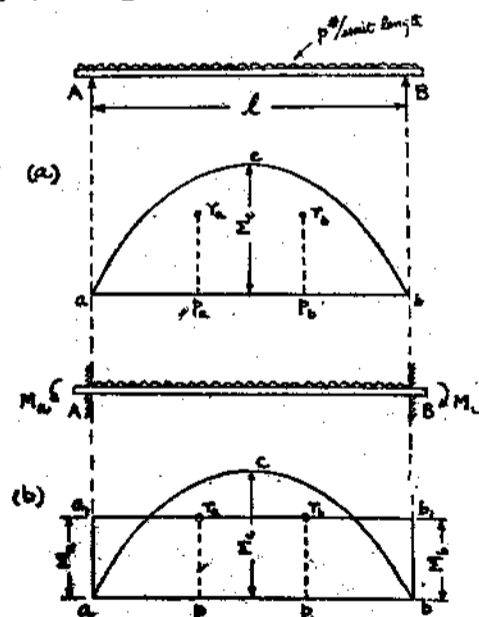
$$r_a r_a = r_b r_b = \frac{2}{3} M_c$$

$$\therefore M_a = M_b = \frac{2}{3} M_c = \frac{2}{3} \times \frac{1}{8} pl^2 = \frac{1}{12} pl^2$$

故全樑之旋量圖即如第三圖(b)所示。

由上述結果，可知當樑僅一端A固定時，因 $\theta_a = 0$ ；即 $r_a r_a = 0$ ；故 $a_1 b_1$ 之連線經過 r_a ，此結果用于作旋量圖，甚稱簡便。

設樑上荷載，性質複雜，則可分別決定各種荷載特性點之高度，然後相加，其和即為全體荷載特性點之高度，現作一簡單例題如下，證示特性點之便利。



第 三 圖

例題：—— CAB為一橫樑，負重情形如第四圖。A處為簡單支架，B端絕對固定。現先分別將AB上均佈荷載與集中荷載之旋量圖分別作成〔第四圖(a)與(b)〕各個之特性點，即依照上節所述結果決定。惟所用之比例尺，須與旋量圖所用者同。

第四圖(a)中

$$\Gamma_a \Gamma_a = \Gamma_b \Gamma_b = \frac{2}{3} M_c = 256$$

第四圖(b)中

$$\Gamma_a \Gamma_a = \frac{M_d}{3l} (l_1 + 2l_2) = 165;$$

$$\Gamma_b \Gamma_b = \frac{M_d}{3l} (2l_1 + l_2) = 195$$

是故(a)(b)兩圖之合圖即為(c)該圖中

$$\Gamma_a \Gamma_a = 256 + 165 = 421;$$

$$\Gamma_b \Gamma_b = 256 + 195 = 451.$$

現因 $a_1 b_1$ 之連線必經過 Γ_b ; $M_a = 4 \times 4 \times 12 = 192 \text{ ton-in}$; 故 a_1 即可決定，由 a_1 作直線經過 Γ_b ，即可決定 b_1 之位置。換言之，即可決定 M_b 之值。

連續樑之應用：—— 設第五圖ABC為一連續樑中任何二架徑，所負荷載，為任何狀況之垂直重量；設 agb, bhc 為荷載之旋量圖， $aa_1 b_1 c_1 c$ 為支柱旋量圖(Support moment)就架徑AB而言，則由B

$$\Theta_b = -\frac{l_1}{2IE} \times r_2 q_2$$

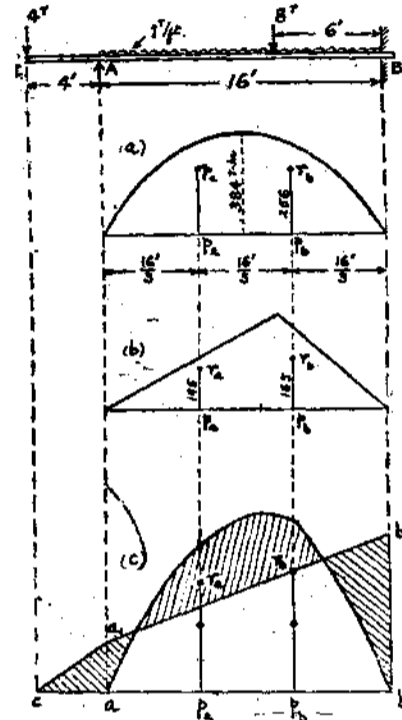
就架徑BC而言，則因同樣理由

$$\Theta_b = \frac{l_2}{2IE} \times r_3 q_3$$

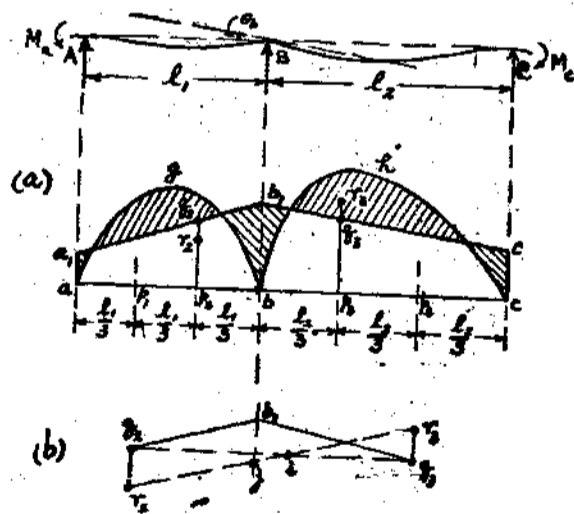
因B支柱左右兩邊之撓角方向相反，故上兩式之符號不同。再由上二式，

$$-\frac{l_1}{2IE} \cdot r_2 q_2 = \frac{l_2}{2IE} \cdot r_3 q_3$$

$$\therefore l_1 \times r_2 q_2 = -l_2 \times r_3 q_3 \dots\dots(9)$$



第四圖



第五圖

因(9)式之關係，可得一簡單幾何作圖法如下：

第五圖(b)為(a)中部之放大，連結 r_2r_3 與 bb_1 相交于 j ，令 $r_3i=r_2j$ ，或 $r_2i=r_3j$ ，則連結 q_2q_3 之直線必經過 i ，此點稱為相交點 (Intersection point.) q_2, q_3 為 $a_1b_1; b_1c_1$ 與經過 p_2, p_3 兩點作垂直線相交之兩點，其證明如下：

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{bp_2}{bp_3} = \frac{r_2j}{r_3j} = \frac{r_3i}{r_2i} = -\frac{r_3q_3}{r_2q_2}$$

$$\therefore l_1 \times r_2q_2 = -l_2 \times r_3q_3$$

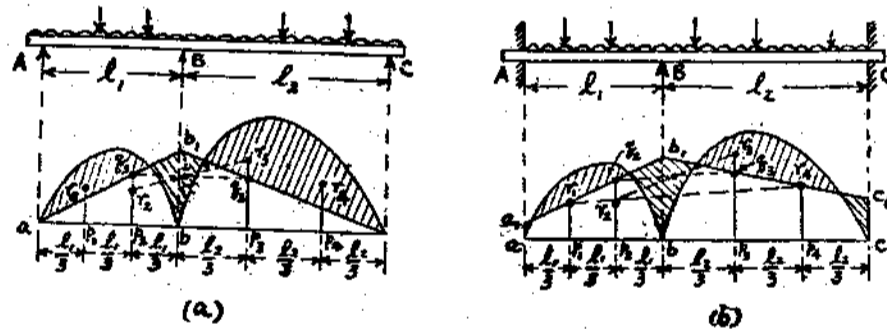
上式與(9)式相同。

是故由 agb, bhc 兩旋量圖可決定 r_2, r_3 ；再用上述之作圖法決定 i 點位置。

凡欲求支柱旋量，必先決定 $a_1b_1c_1$ 之位置，而 q_2, q_3 必在 a_1b_1, b_1c_1 兩線上。

此結果在連續樑任何支柱處，必皆相同。

以上之幾何作法，在若干問題中，應用頗覺便利。例如第六圖，(a)ABC 為一橫樑支架三支柱上； r_2, r_3 為特性點， i 為相交點，因 $ap_2 = \frac{2}{3}ab$ ； $r_2q_2 = \frac{2}{3}bb_1$ ；同樣 $p_3q_3 = \frac{2}{3}bb_1$ ，故 $p_2q_2 = p_3q_3$ ；即 q_2q_3 為一水平線，是故欲決定 $a_1b_1c_1$ 必先經過 i 作水平線 q_2q_3 ，再作 aq_2b_1 及 cq_3b_1 ，如此即完成全旋量圖。由此可知凡樑有一中柱時，此為最簡便之方法。



第 六 圖

設樑之兩端為絕對固定，亦可應用上述之方法〔第六圖(b)〕連結 r_1r_4 ，作 q_2q_3 與 r_1r_4 平行而經過 i 點， $a_1r_1q_2b_1$ 與 $b_1q_3r_4c_1$ 完成整個旋量圖。此作法由兩相似三角形 $b_1q_2q_3$ 與 $b_1r_1r_4$ 而得，因樑之兩端方向固定，故 a_1b_1, c_1b_1 必經過 r_1 及 r_4 。

架徑之惰率不等：—— 設連續樑支點處之切面變換，則各個架徑之惰率 I 不等，應用特性點亦可簡捷求一切結果。

假設第五圖架徑 l_1 之惰率 I_1 ，而 l_2 為 I_2 則方程式(6)與(7)中 e_b 之值為。

$$e_b = -\frac{l_1}{2I_1E} \times r_2 q_2 = \frac{l_2}{2I_2E} \times r_3 q_3$$

此可改寫為

$$\frac{l_1}{2I_1E} \times r_2 q_2 = -\frac{l_2'}{2I_1E} \times r_3 q_3$$

上式中 $l_2' = \frac{l_2 I_1}{I_2}$

$$\therefore l_1 \times r_2 q_2 = -l_2' \times r_3 q_3$$

此與(9)式相仿。

第五圖架徑BC之旋量圖若以 l_2' 代 l_2 ，則特性點理論，即可完全應用，惟須將各個架徑之比例尺，變更適合于上式所得之結果。(即 $l_2' = \frac{l_2 I_1}{I_2}$)。例如作 l_1 之比例尺為一寸等于 $\alpha_1 l_1$ 寸，則 l_2 之比例尺須為一寸等于 α_2 寸，而 α_2 等于 $\frac{\alpha_1 I_2}{I_1} l_2$ 。第 n 架徑之比例尺須為一寸= α_n ，而 α_n 等于 $\frac{\alpha_1 I_n}{I_1} l_n$ 。

設 I_1 與 I_2 相差之倍數甚大，上述方法，即不便利，但于作各個架徑長度時可仍用同一比例尺將 r_2 而 r_3 分為：

$$r_{2i} : r_{3i} = l_2 I_1 : l_1 I_2$$

其結果將仍不變。

等架徑 (Equal spans) 之應用：—— 設連續樑之架徑皆相等，而惰率不變，則相交點 i 在經過支柱之垂直線上。〔第七圖(a)〕，樑之兩端為簡單支架，而連續支架于一中柱上，故 $q_2 q_3$ 為一水平線，則

$$b b_1 = \frac{3}{2} p_2 q_2 = \frac{3}{2} b i = \frac{3}{2} \left(\frac{p_2 r_2 + p_3 r_3}{2} \right)$$

故 $M_b = b i = \frac{3}{4} (p_2 r_2 + p_3 r_3)$

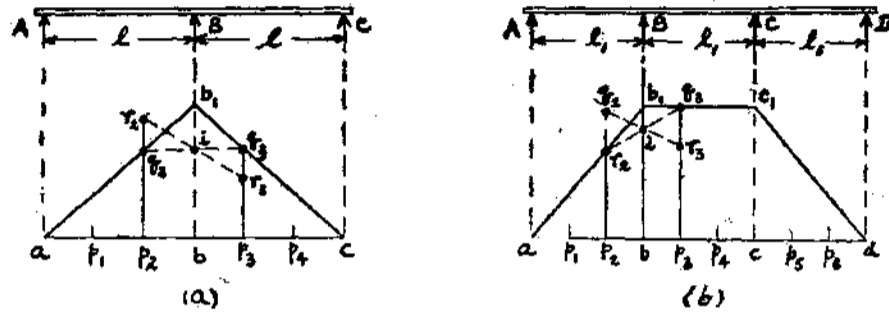
設此樑為連續三架徑，且為對稱荷載〔第七圖(b)〕， $b_1 c_1$ 將為一水平線，故

$$b i = \frac{1}{2} (p_2 q_2 + p_3 q_3) = \frac{1}{2} \left(\frac{2}{3} b b_1 + b b_1 \right) = \frac{5}{6} b b_1$$

但 $b i = \frac{1}{2} (p_2 r_2 + p_3 r_3)$

故
$$\frac{5}{6} bb_1 = \frac{1}{2} (P_2 r_2 + P_3 r_3)$$

$$M_b = bb_1 = \frac{3}{5} (P_2 r_2 + P_3 r_3)$$



第七圖

豎柱支托荷載：—— 特性點方法，用以解答托荷載之柱，亦能便利，柱之兩端可為任何支架情形，第八圖(a)加于柱上旋量M之旋量圖，即為第八圖(b)之形狀。

特性點位置，可由下二式決定。

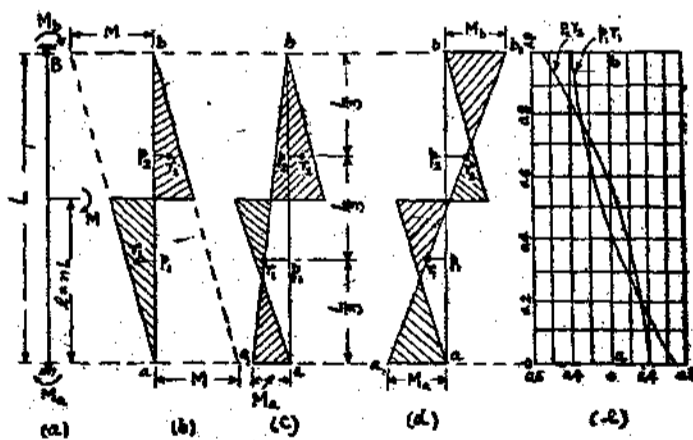
$$P_1 r_1 = \frac{M}{3L^2} \{ L^2 - 3(L-l)^2 \} = M \left\{ \frac{1}{3} - (1-n)^2 \right\}$$

$$P_2 r_2 = -\frac{M}{2L^2} (L^2 - 3l^2) = -M \left(\frac{1}{3} - n^2 \right)$$

上式中 $l = nL$ 。

由以上兩式，可決定 $P_1 r_1$ 及 $P_2 r_2$ 之符號，正數畫于ab之左，負數即在ab之右。

第八圖(e)為當n為若干不同值時 $P_1 r_1$ 與 $P_2 r_2$ 之變化。設頂點B為稜端(Hinged end)而底端為固定方向，則 ba_1 經過 r_1 ，整個旋量圖，即成(c)之形狀，設兩端皆為固定方向，則 $b_1 a_1$ 將經過兩特性點如(d)。



第八圖

結 論

特性點之應用，範圍頗廣，上述各節，僅為彎曲理論中情形較簡單者，當樑在同一架徑內而惰率不等，或樑之支柱，負荷載後支柱不能保持有水平時，特性點理論，亦可應用，惟作圖方法，比較複雜，計算亦不若上述各節簡單。近數年中，研研此理論者，亦復不少，并推廣其範圍，Salmon 原文，舉例甚多，而其應用，較(Fidler)教授所述，更成普遍之形式焉。

註一 Minutes of Proceedings. Inst. C. E. of Great Britain Vol. 74
(1883). p.196.

註二 Zeit. f. Bauwesen. Vol. 41 (1891).

註三 Zeit. f. Architektur. U. Ingenieurwesen, Vol. 51 (1905) and
Vol. 54 (1908). also his "Teknisch Statik," Vol. 2, p.87.
4th. ed. 1925.

註四 Selected Engineering Papers. Inst. C. E. No.46, "Characteristic
points" 1925, London.

水泥與水重量比率之應用及討論

陳 厚 載

(一)弁言

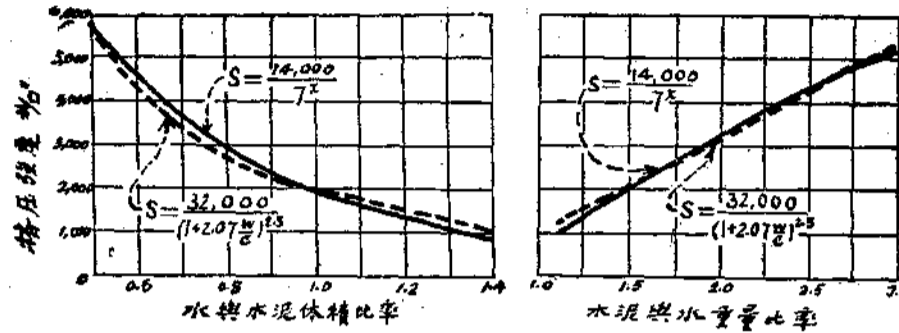
水泥用途之廣大，無待贅述。孫總理嘗云：「鋼鐵與士敏土，為現代建築之基。且為今之物質文明重要份子。……吾擬欲沿揚子江岸建無數士敏土廠。」可知吾國今日需要之一班矣！夫水泥本為灰質，滲之以水；調之以石；糊之以沙。不數日而堅硬似鐵。惟混和之比率不同，其硬度各異，苟一不慎，即使堅硬無比之三合土，一變而為散亂之沙礫！抑尤有進者，運式不同。有便利阻滯之別，持理途歧，價值之廉昂以分。吾輩於此，不可不察也。

世人治三合土之法，自一九一八年後，皆沿用亞比倫(Abrams)氏水與水泥體積之比率，定其和合原則。數年前，法國雜誌，(如Le Groupement Professionnel des Fabricantes de Ciment Portland Artificiel De Belgique. 1930等。)曾論及此，然多不詳盡。本篇所述者，多為賴斯(I. Lyse)教授之作(請參看Engineering News Record U. S. A. 107, 108, 109 數卷)其中所論『直線公式』，既簡且易，誠堪注意！至若價值廉昂，關係建築尤切，殊不可忽也，編後重以討論，藉資留心此問題者，一研究焉。海內明達，幸有以教我！

(二)直線公式

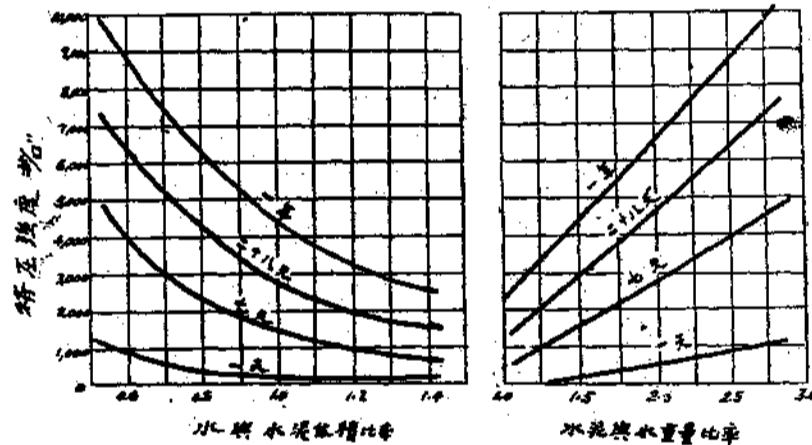
運用亞氏公式調治之三合土，可與一對數方程式表其強度。今以水泥與水重量比率，代亞氏之水與水泥體積比律，作代表三合土之強度曲線，該線殆與直線近似。如第一圖(頁40)所示，係取水泥與水重量比率，作亞氏暨日茄(Jalbat-Richart)氏曲線，其結果近於直線，且與曲線之傾斜方向適反。

第一圖(自Slater's Paper "Designing Concrete for High Strength, Low Permeability and Low Shinkage" ——New International Association for Testing Materials, 1931)，左者為亞日二氏曲線之比較，右者為同樣方程式，用水泥與水重量比率所作。



比率與擠壓強度之關係。
(第一圖)

如第二圖所示(自 Honnerman and Woodsworth's Paper "Tests of Retempered Concrete" Proceedings American Concrete Institute, Vol.25, 1929), 為三合土浸於水中, 在不同時間內, 強度不等, 左者為取水與水泥體積比率之強度變更概。右者為水泥與水重量比率之強度關係。由此觀之, 於不同時間內, 水泥與水重量比率之強度為一直線也明矣。



比率不同, 其在不同年齡下之擠壓強度。
(第二圖)

設三合土之強度為

$$S = A + B(c/w)$$

A, B均為常數, 依試驗情形及材料而變。c/w 為水泥與水重量之比。在一定密度下, 單位三合土所需之水量, 必為常數。故

$$S = A + B(c/w) = A + Kc$$

A, K均為常數, c為水泥之量, 故三合土之強度, 繫於單位水中水泥密度大小耳

。如此，則三合土之強度，必與單位水中所含水泥密度成正比。設單位三合土，其中水之容積不變，則強度依水泥容積之增減為定奪。

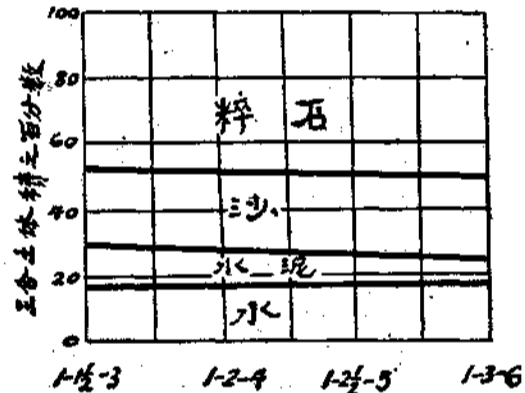
水泥既為三合土之堅硬要素，其最少分量，亦須能維持三合土之灣曲，灣曲之大小，與水泥分量多寡為正比，此不言而喻也。又就事實言之，泥糊(Paste)之比重，幾依水泥與水重量比率而變。故取用泥糊之比重，終不如取用水泥與水之重量關係為愈也。故水泥與水重量比率，在所必取，其強度既可以用直線表之，吾人可精求二點，即得整個強度關係，視乎亞日二氏，非求五點，不足濟事，其便利為何如耶！

(三)直線公式之應用

採用水泥與水重量比率，知三合土之強度，既可以用一直線代表之，則混和之各量，亦顯而易得。從事工程事業者，採用此法，對於時間極為經濟。蓋此只須計算一混合量足矣！不若應用亞日二氏之法，須通盤計算其混合量之繁難也，請待余述之：

第三圖所示，為三合土中各量之百分比。

每線之斜度不同，於等級結合下(沙石之比為1:2)，混合物必須保持一定濃度，故單位三合土所需之水量，必為常數。若所用之沙石為乾燥者，水量務需增加。蓋乾燥沙石，將吸入相當水分也。此種特別滲入之水量，依沙石重量而定。圖中所示者，係除乾燥沙石吸收外，應加入之純水量，為每立方碼三合土之17.8%。(約等於36加倫)。



三合土之組成式
混和成三合土時，各量之關係
(第三圖)

當計劃混合各量為三合土時，必有三種步驟：首定某種沙石為選用材料。次定混合物之濃度，而每單位三合土，所需水量。最後則為所需各量之多寡。茲斷之如下：

假定需要之三合土為一立方碼。則

1 立方碼三合土 = 水之絕對體積 + 水泥之絕對體積 + 沙石之絕對體積。

$$= \frac{W_w}{27 \times 62.4} + \frac{c}{w} \frac{W_w}{27 \times 62.4 \times 3.10} + \frac{W_{ag}}{27 \times 62.4 \times 2.65}$$

W_w = 水之重量(磅)； W_{ag} = 沙石之重量(磅)； c/w = 水泥與水重量比率。

$27 \times 62.4 = 1$ 立方碼水之重(磅)； 3.10 為水泥之比重； 2.65 為沙石之比重。因 W_w 為已知，而水泥與水之比，任憑選擇，故式中之未知數，只 W_{ag} 而已。

水泥與水之重量比率，以應用1.0及2.5二數為最廣，今設 $c/w=1.0$ ，水量=36加倫=300磅（每立方碼），上式即成

$$1 = \frac{300}{27 \times 62.4} + \frac{1.0 + 360}{27 \times 62.4 \times 3.10} + \frac{W_{ag}}{27 \times 62.4 \times 2.65} ; \text{或} :$$

$$W_{ag} = (1 - 0.178 - 0.057) 4,460 = 3,410 \text{ 磅。}$$

設沙石重量之比為1:2，則沙重必為 $\frac{1}{3} \times 3,410 = 1,140$ 磅；石重為 $\frac{2}{3} \times 3,410 = 2,270$ 磅。混合物之成分為：水泥300磅；沙1,140磅；石2,270磅。此三種重量之比為1:3.8:7.6。

設 $c/w=2.5$ 則

$$1 = \frac{300}{27 \times 62.4} + \frac{25 \times 300}{27 \times 62.4 \times 3.10} + \frac{W_{ag}}{27 \times 62.4 \times 2.65} ; \text{或} :$$

$$W_{ag} = (1 - 0.178 - 0.144) 4,460 = 3,030 \text{ 磅，其混合重量之比為}$$

$$1 : 1.35 : 2.70。$$

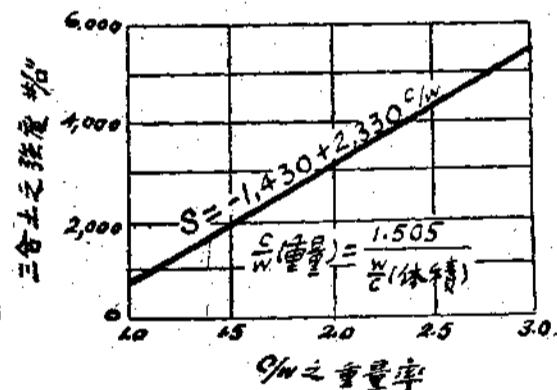
一混合量既已決定，其他混合量，亦可推知。蓋吾人已知每單位三合土中所需之水量為常數，且在不同混合量下，其體積必為一定。混合量既為不同，水泥之絕對體積，亦因而變，若 W_c 為水泥增加之重量，其絕對體積，亦必增加 $\frac{W_c}{27 \times 62.4 \times 3.10}$ (磅)

。則沙石之絕對體積，必相應減少。即：

$$\frac{W_{ag}}{27 \times 62.4 \times 2.65} = \frac{W_c}{27 \times 62.4 \times 3.10}。$$

今若增加一磅水泥，沙石必減少 $\frac{2.65}{3.10}$

=0.85磅。由上列計算推之，水泥與水之重量比率，自1.0加至2.5時，而每立方碼三合土中水泥之重量，亦至300增至750磅。故水泥增加 $750 - 300 = 450$ 磅。沙石減少之量必為 $0.85 \times 450 = 380$ 磅。此與 $3,410$ 磅— $3,030$ 磅=380磅相埒。



三合土在均一情形上，亞日二氏曲線所表之強度，今可以一直線代之。
(第四圖)

因水泥與水重量比率，及其與強度之關係，為一直線。則比率在1.0—2.5間之各種不同混合量，其殆與亞氏之 $\frac{14000}{7x}$ 式，及日氏之 $\frac{32000}{(1+\frac{v}{c})^{2.5}}$ 式所求者相近。

應用此式，若欲更動強度。亦為易事：三合土在一定需要水量下，其強度因水泥與水量比率而變，今在兩種不同強度間，以比之差乘水泥之重量即得。例如水泥增加一磅，沙石減少0.85磅，故第二混合物之濃度仍為相等。可知強度之增減問題，為極簡單，即每立方碼三合土，欲增減一磅水泥時，只需減增0.85磅沙石是已。

(四)應用直線公式之經濟問題

三合土之總價=材料之價+工價，混合價，修理價等。工價，混合，修整諸價，不依水泥之濃度而變，數其總價，視材料之價為轉移，即繫於水泥暨沙石之價而已。設P為一方立碼三合土之價格，則：

$$P = P_1 a + P_2 c$$

P_1, P_2 為每單位沙石及水泥之價值。 a, c 為每立方碼三合土沙石及水泥之價值。三合土之絕對體積，必為沙石，水泥及水三者絕對體積之和。故：

$$V = V_a + V_c + V_w$$

絕對體積為材料重量與比重之商，故上式可書為

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{27 \times 62.4} \left(\frac{a}{g_a} + \frac{c}{g_c} + \frac{W}{1.0} \right) \\ &= \frac{1}{27 \times 62.4} \left(\frac{a}{2.65} + \frac{c}{3.10} + \frac{W}{1.0} \right) = D + \frac{W}{27 \times 62.4} \end{aligned}$$

$$D = \frac{1}{27 \times 62.4} \left(\frac{a}{2.65} + \frac{c}{3.10} \right); \text{或書為:}$$

$$A = 4,460 \cdot D - 0.85c$$

27×62.4 為每立方碼水之重量， g_a 與 g_c 為沙石與水泥之比重， D 為三合土之濃度

$$\begin{aligned} P &= P_1 a + P_2 c = P_1 \times 4,460 \cdot D - P_1 \times 0.85c + P_2 c \\ &= 4,460 \cdot DP_1 + (P_2 - 85P_1)c \end{aligned}$$

所以每立方碼材料之價值，在一定三合土濃度下，依單位沙石，水及水泥之價值之而變。

三合土之價值，亦可以強度求得之。如前所云：

$$S = A + KC, \text{或: } C = \frac{S - A}{K};$$

$$P = 4,460 \cdot DP_1 + (P_2 - 0.85P_1) \left(\frac{S - A}{K} \right)$$

若各種材料之強度為已知。可就吾人之便，而定混合後強度之高低，所值多寡，因之而異。下列列題，闡發此理極詳。

設計劃一種濃度，其每立方碼所需之水為303磅。故三合土中水之體積為 $\frac{303}{(27 \times 62.4)}$ ；或云水之體積佔三合土百分之十八。因水之密度與三合土之密度不等， $\therefore D=1.0-0.18$ ，或云佔三合土總體積百分之八十二。用此諸數，而得價值方程式：

$$P = 4,460 \times 0.82 \times P_1 + (P_2 - 0.85P_1)C$$

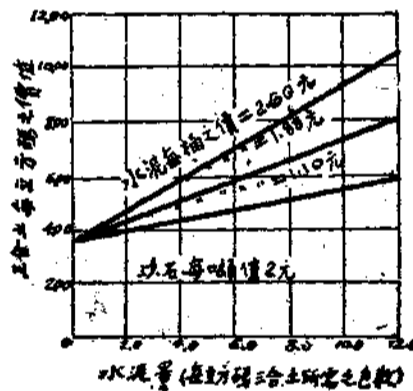
若沙石之價，每噸值2元，水泥每桶值1.88元，故三合土每立方碼之價值為：

$$P = 4,460 \times 0.82 \times 0.10 + (0.50 - 0.85 \times 0.10)C$$

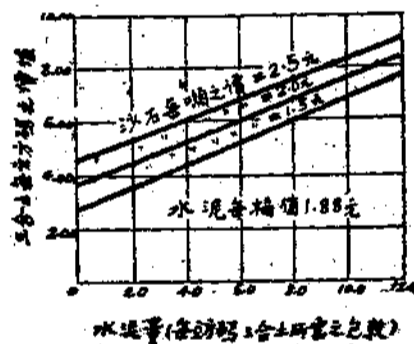
$$= 3,660 + 0.415C \text{ 厘} = 3.66 + 0.000415 \text{ 元}$$

C為水泥之磅數。

第五圖所示，為水泥與三合土之價值關係，沙石之價為每噸二元，水泥每桶之價為1.10元，1.88元及2.60元三種。第六圖所示，為每桶水泥之價為1.88元，而沙石之價為每噸1.50元，2.00元及2.50元三種。



沙石之價為不變，以不同價之水泥，混成之三合土，水泥之量與價值之關係。
(第五圖)



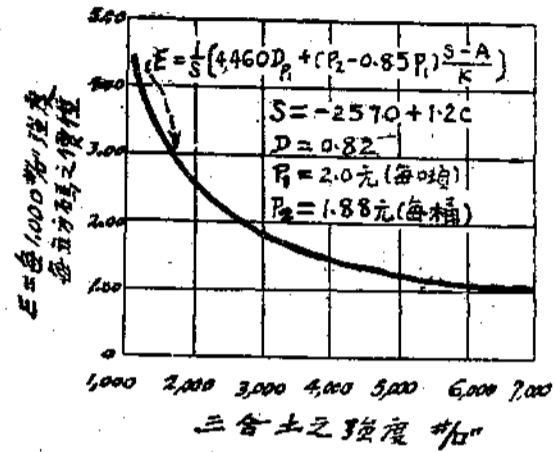
水泥之價為不變，以不同價之沙石，混成三合土，水泥之量與價值之關係。
(第六圖)

建築物中，以三合土為棟樑，且為支持壓力之用，棟樑所能支持壓力之大小，繫乎三合土強度之高低，由此而知，三合土混合時之經濟與否，視每立方碼三合土材料之強弱而定。設E為單位強度之價值。則：

$$E = \frac{P}{S} = \frac{1}{S} \left[4,460DP_1 + (P_2 - 0.85P_1) \frac{S-A}{K} \right]$$

若各種材料及建築情形為已知，E 之值亦必為已知。第七圖所示，為在已知材料及建築情形下，三合土價值與其單位強度之關係。

由此圖中，可知每單位強度之價值降低時，三合土之強度反增加。用三合土為棟樑，其所支持之壓力愈大，所費愈廉，日常所用之波特 (Portland) 及高強 (High-early-Strength) 諸水泥，皆可以此法應用之。棟樑所負之力既定，水量之加入，亦為常數。三合土之強度，及水泥與水重量比率之關係，既為直線。則不拘何種棟樑，無論是否鋼筋，其最經濟之混合分量，一籌即得。



單位強度下，(1,000磅/吋²)
三合土之強度增加，而其價值減少。
(第七圖)

(五) 討論

褚郎 (Dorant) 教授，嘗以各種等量沙石，加以不同之水泥量，繼續滲入以水。且隨時注入，使不能吸收之水量相等。(此試驗載於“Revue des Matériaux de construction” 1930) 其精確結果如下：

沙石種類	每立方公尺，水泥及水之公斤數		水泥與水之比	被吸收之水之百分數
	水	泥		
雲班石沙石及石灰	236—452	246—263	0.96—1.72	7
粹礫沙	199—482	163—187	1.21—2.57	15
雲班石河沙	243—487	196—219	1.24—2.19	12
胃塞礫沙	244—379	163—189	1.50—2.01	19

● (胃塞 Meuse 為法國西部之河流)

由此可知，水泥與水重量比率，雖由1.5增至2.0，而水之需要，可增至百分之十九。賴斯教授擬水泥與水重量比率，由1.0增至2.5時，而吸水之量仍為常數，似不甚

符合。又波羅(Bolomen)教授，表明三合土所需要之水量為：

$$W = N \sum \frac{ap}{d^{2/3}} + 0.23.C$$

ap = 每粒之大小 d為重量； p = 沙石之總重量；

C = 水泥之重量； N為係數，依三合土之濃度，顆粒之形式及表面凸凹等而定。

(此式載於“Bulletin Technique de la Suisse Romande” 1931)。而 N

$\sum \frac{9}{d^{2/3}}$ 約由0.05至0.07。若以一磅水泥，代以一磅沙石，則水量亦必增加如下：

$$0.23 - 0.06 \times 0.83 = 0.18 \text{磅。}$$

若水泥與水之重量比率，由1增至2.5時，(或水泥由300磅增至750磅。)水之需要必由300增至381磅矣。故賴斯教授之所持，必需再加改進也。

惟直線公式，無甚差誤，今應用亞氏

$$S = \frac{14000}{\frac{w}{7c}}$$

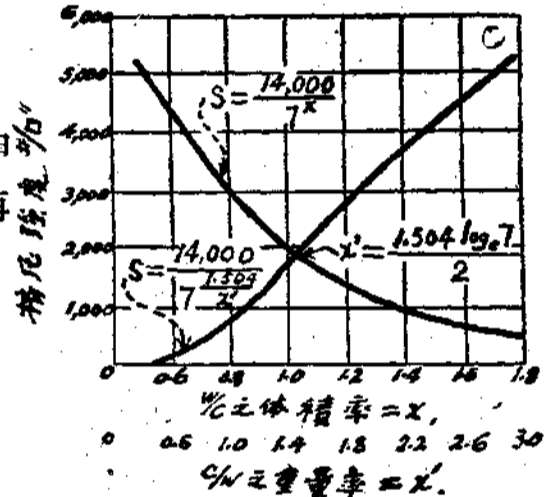
率作一曲線，如第八圖。

設以亞氏之強度關係為標準，在一定水及泥水量之下。以c/w之率為橫座標，得

$$S = \frac{A}{B \left(\frac{1.504}{x'} \right)}$$

x'為c/w之重量率，A，B為兩曲線之共同常數。c/w線由灣曲點x'向下灣曲。

$x' = \frac{1.504}{2} \log_e B$ ，值x'=1.463時，與w/c曲線x=1.463時相當。應用直線公式，其強度為300磅時，必較w/c率之強度高出百分之八。且w/c率之強度，亦不過為一近似值而已，故直線公式可應用也無疑矣。



設以w/c之強度關係為準繩，再以c/w之值作線，此線非為直線，其所示之強度，較一直線所得者，約大百分之八。

(第八圖)

總理逝世九週年紀念日初稿於武昌珞珈山。

全部或一部埋於土中之構材與一側力

渥 而 夫 著

樊 錫 梁 譯

決定全部或一部埋於土中之構材(Member)當受一側力時所施諸其四圍土堆之壓力，這是我們在設計上常常發生的一個問題。例如受架空線之拉力的柱(Poles)，用以擋土的板樁，其作用似一肱木(Cantilever)以及用以固定板樁之木樁等。

土之被動抵抗力(Passive resistance)，在此種情形下，有一最大之值。即

$$qh \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$$

其中 'h' 為構材在地面下之深度，'q' 為每立方呎土質之重量，及 'φ' 為土堆之安息角(Angle of repose)。

並有以下三種之假定：

(1) 欲發生被動抵抗力，則構材必須有一移動，其量雖微然在構材前面之土堆必受壓縮。

(2) 因此移動而生之被動抵抗力之強度，與構材埋在地下之深度為正比例。

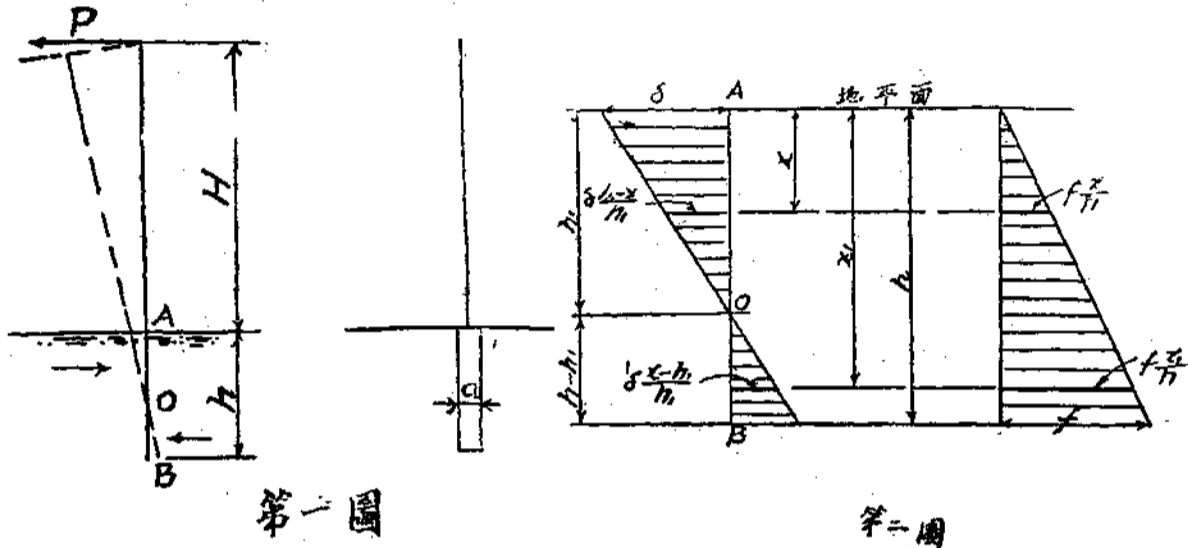
(3) 被動抵抗力之強度，與構材向前之移動為正比例。

以上諸假定，似有過斷之嫌，但在(1)與(3)兩假定中，乃假設土堆與一彈性物體有同樣之作用。土堆最後之崩潰是由構材前面土堆斜楔之升起，這是表示超過在一平面上之摩擦力，在崩潰之前，土質在伸縮狀態中，故假設其與一彈性物體受同樣之定律，並無不合之處。組成土堆之細粒，因緊擠而生壓力，土質因此壓力所有之壓縮度，固值得吾人之考慮，即如此，以上之假定亦可謂合理之假定並可導入於合理之結果。

第二假定則與朗肯公式(Rankine's formula)中所表示的被動抵抗力極限強度(Ultimate strength)之散佈一致。

現假定一垂直構材，一部埋於土堆中而在頂部受一水平之拉力(第一圖)(頁48)。構材之頂部，在拉力P勢力之下，則向前移動，〔不計因旋勢(Moment)引起之偏斜(Detlection)〕。因此使土堆中發生必要之抵抗力，構材本身之傾斜比較土堆中構材之移動甚小，故可不計。換言之，在土堆部份中之構材始終保持十分的平直也。

土堆中之抵抗力發生一偶力，以平衡因拉力所引起之顛覆旋勢 (Overturning moment)。所以在土堆中之一部構材繞一定點'O'旋轉，由此旋轉發生一壓力施諸構材前面 A 與 O 兩點之間，以及構材後面'O'與 B 兩點之間。(圖二圖)



設 δ 為構材在地平面上向前移動之距離，

h_1 為旋轉點'O'在地平面下之深度。

f 為構材在深度'h'時單位移動所發生土堆抵抗力之強度。

h 為構材埋於土堆中之深度。

在任何深度，單位移動所發生之抵抗力之強度，故可以三角形壓力圖(第二圖)表示之。

在地面下任何深度x處，A與O兩點之間，構材向前之移動為

$$\delta_x = \frac{h_1 - x}{h_1} \delta$$

而每單位移動，所生之壓力強度為

$$f_x = \frac{x}{h} f$$

設構材之寬為a，在深度x處，每單位高之壓力為

$$p_x = a \delta f \frac{x(h-x)}{h h_1} = a \delta f \left(\frac{x}{h} - \frac{x^2}{h h_1} \right) \dots \dots \dots (1)$$

x之值如大於 h_1 ，則構材向後之移動為

$$\delta_x = -\delta \frac{x - h_1}{h_1}$$

而每單位移動之壓力為

$$p_x = a \delta f \frac{x(x-h_1)}{h h_1}$$

$$= a \delta f \left(\frac{x}{h} - \frac{x^2}{h h_1} \right)$$

此與(1)式所示者同。

此式所代表者為一拋物線，吾人已熟知之矣，當 $x=0$ 與 $x=h_1$ ， p_x 之值為零
 $x < h_1$ 則為正值，而 $x > h_1$ 則為負值。

在多數情形中， h_1 自少須為 h 的三分之二，吾人假設在 O 與 B 兩點間之曲線部份
 為一直線，并與拋物線在 O 點相切，此假設並無絕大錯誤，至於壓力之散佈則明示於
 第三圖。

現在所欲決定者則為在任何深度時 $\frac{h_1}{h}$
 與 p_x 之值是也。設

P_1 為作用於 AO 部份之合力，作用點在 O 上面
 $\frac{h_1}{2}$ 處，

P_2 為作用於 OB 部份之合力，作用點在 O 下面
 $\frac{2}{3}(h-h_1)$ 處，

w_1 為 AO 部份最大壓力之強度，

w_2 為 OB 部份最大壓力之強度。

由(1)式得

$$w_x = \frac{p_x}{a}$$

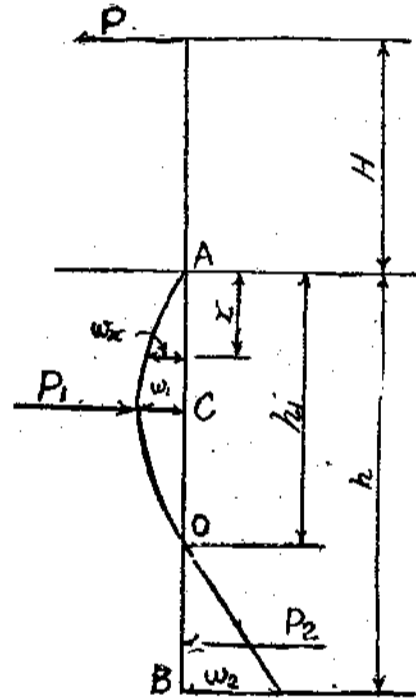
$$= \delta f \left(\frac{x}{h} - \frac{x^2}{h h_1} \right) \dots \dots \dots (2)$$

$$x = \frac{h_1}{2}, w_x = w_1 \therefore w_1 = \delta f \left(\frac{h_1}{2h} - \frac{h_1}{4h} \right)$$

$$= \delta f \frac{h_1}{4h}$$

或

$$= \delta f \frac{4h w_1}{h_1}$$



第三圖

代入(2)式

$$w_x = \frac{4hw_1}{h_1} \left(\frac{x}{h} - \frac{x^2}{hh_1} \right)$$

$$= \frac{4hw_1}{h_1} \left(x - \frac{x^2}{h_1} \right)$$

對x微分之，則

$$\frac{dw}{dx} = \frac{4w_1}{h_1} \left(1 - \frac{2x}{h_1} \right)$$

如 $x = h_1$ ，則上式變為 $-\frac{4w_1}{h_1}$ 此即為拋物線上O點處切線之斜度，就該圖下部之

壓力三角形而言，則有

$$w_2 = \frac{4w_1}{h_1} (h - h_1) \text{ (不計正負號) }。$$

$$w_2 h_1 = 4w_1 (h - h_1)$$

$$h_1 = \frac{4w_1 h}{w_2 + 4w_1} \dots \dots \dots (3)$$

而

$$h - h_1 = \frac{w_2 h + 4w_1 h - 4w_1 h}{w_2 + 4w_1} = \frac{w_2 h}{w_2 + 4w_1} \dots \dots \dots (4)$$

現在

$$P_1 = \frac{2}{3} w_1 h_1 a = \frac{8w_1^2 h a}{3(w_2 + 4w_1)} \dots \dots \dots (5)$$

$$P_2 = \frac{1}{2} w_2 (h - h_1) a = \frac{w_2^2 h a}{2(w_2 + 4w_1)} \dots \dots \dots (6)$$

而

$$P = P_1 - P_2$$

以(5)(6)兩式之值代入，則得下式

$$P = \frac{16w_1^2 h - 3w_2^2 h}{6(w_2 + 4w_1)} a \dots \dots \dots (7)$$

現計繞在 P_1 之作用線上一點C之旋勢，則得

$$P \left(H + \frac{h_1}{2} \right) = P_2 \left[\frac{h_1}{2} + \frac{2}{3} (h - h_1) \right]$$

或

$$P \left(H + \frac{2w_1 h}{w_2 + 4w_1} \right) = \frac{w_2^2 h a}{(w_2 + 4w_1)} \left[\frac{2w_1 h}{(w_2 + 4w_1)} + \frac{2w_2 h}{3(w_2 + 4w_1)} \right]$$

$$= \frac{w_2^2 h^2 a}{3(w_2 + 4w_1)^2} (3w_1 + w_2)$$

兩邊除以P并以(7)式所示之值代入

$$H + \frac{2w_1 h}{w_2 + 4w_1} = \frac{3w_2^2 h (3w_1 + w_2)}{(w_2 + 4w_1)(16w_1^2 - 3w_2^2)}$$

$$\left[H(w_2 + 4w_1) + 2w_1h \right] (16w_1^2 - 3w_2^2) - 2w_2^2h (3w_1 + w_2) = 0$$

以 $\alpha = \frac{w_1}{w_2}$ 並除以 h ，則有

$$\left[\frac{H}{h}(w_2 + 4w_2\alpha) + 2w_2\alpha \right] (16w_2^2\alpha^2 - 3w_2^2) - 2w_2^2(3w_2\alpha + w_2) = 0$$

此式又可變為

$$-\alpha^3 \left(64 \frac{H}{h} + 32 \right) - \alpha^2 \left(16 \frac{H}{h} \right) + \alpha \left(12 \frac{H}{h} + 12 \right) + 3 \frac{H}{h} + 2 = 0 \dots\dots (8)$$

以此方程式找出 $\frac{H}{h}$ 與 α 之關係，如第四圖。

並由(3)式

$$h_1 = \frac{4w_2\alpha h}{w_2 + w_2\alpha}$$

或 $\frac{h_1}{h} = \frac{4\alpha}{1+\alpha} \dots\dots (9)$

$\frac{h_1}{h}$ 與 α 之關係，亦如第四圖所示。

由(7)式得

$$P = \frac{16w_2^2\alpha^2h - 3w_2^2h}{6(w_2 + 4w_2\alpha)} a$$

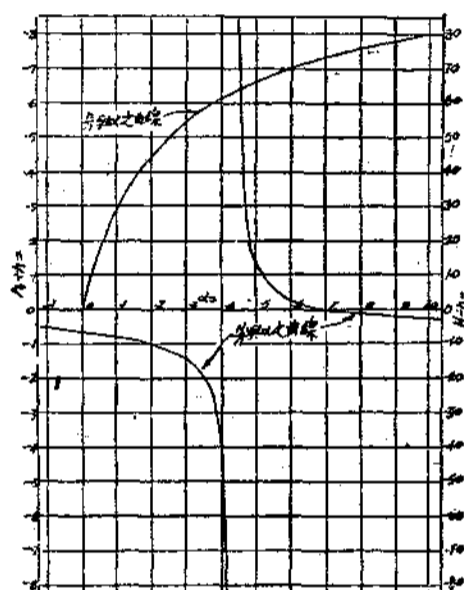
$$= \frac{w_2h(16\alpha^2 - 3)}{6(1 + 4\alpha)} a$$

或 $w_2 = \frac{6p(1 + 4\alpha)}{(16\alpha^2 - 3)ah} \dots\dots (10)$

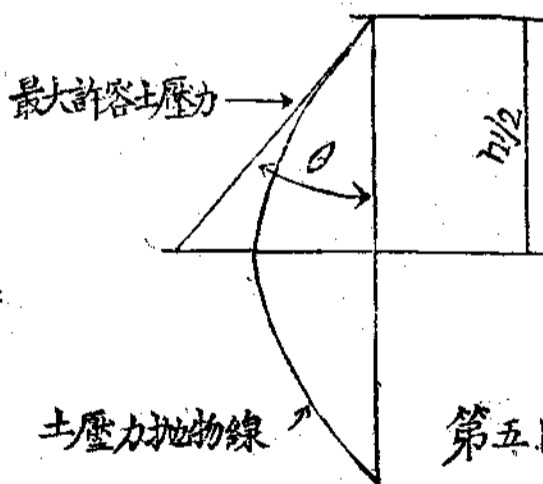
於此更有重要的一點，即在任一點上 w 之值不能超過同點土堆被動抵抗力之極限值，或以下語表之，尤為明確：即任一點 w 之增加率不能超過土堆被動抵抗力之增加率是也。此兩種增加率均可以以壓力曲線上正切之值表之，如第五圖中， w 之值為一拋物線形狀，而被動抵抗力為一直線是也。

如欲證實此種情形，可以表

$$\delta q \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$$



第四圖



第五圖

其中 δ 為抵抗土堆崩潰之安全因數 (Factor of safety) 的反數，在平常多以 δ

$$= \frac{1}{2} \text{ 為合理。}$$

在任何深度，最大許容被動抵抗力為 $\langle x$ ，而被動抵抗力曲線斜度之正切為

$$\frac{\langle x}{x} = \langle$$

在任何深度，施諸構材之土壓力拋物線上切線之斜度為

$$\frac{4w_1}{h_1} \left(1 - \frac{9x}{h_1} \right)$$

最大值(正)須 $x=0$ ，則為

$$\frac{4w_1}{h_1} = \langle$$

為安全計故使 $\frac{4w_1}{h_1} = \langle$

$$\text{或 } w_1 = \frac{\langle h_1}{4} = \frac{4\langle \alpha h}{4(1+4\alpha)} = \frac{\langle \alpha h}{1+4\alpha}$$

$$\text{或 } w_2 = \frac{\langle h}{1+4\alpha} \dots \dots \dots (11)$$

由(10)式求出 w_2 之值，必須以(11)式校證之，以證明土堆能發生相當之被動抵抗力。

在任何深度，最大許容單位被動抵抗力，不能以(11)式求之，此式僅可示構材埋於土中各點在安全情形下之 w_2 最大值也。

考究第四圖曲線，有若干性質，殊堪注意，

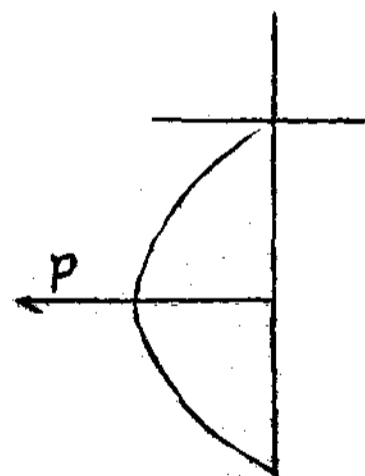
關於 $\frac{H}{h}$ 與 α 之曲線，似有一漸近線，當 $\alpha = 0.433$ 同

$\frac{H}{h} = -0.5$ 時，若 $\frac{H}{h} = -0.5$ 此表示 P 作用於構材埋於土中深度之半處， $x = \frac{h}{2}$ ， $\frac{h_1}{h} = 1$ 。若 $x = \infty$ ， w_2

$= 0$ ，而此時壓力散佈之情形為一拋物線，如第六圖，

若 $\frac{H}{h} = -\frac{2}{3}$ ， $\alpha = 0$ 而 $\frac{h_1}{h} = 0$ ，若 $\alpha = 0$ ， $w_1 = 0$ 而

壓力散佈為一三角形(圖七)此與平常土壓力之理論甚為吻合。



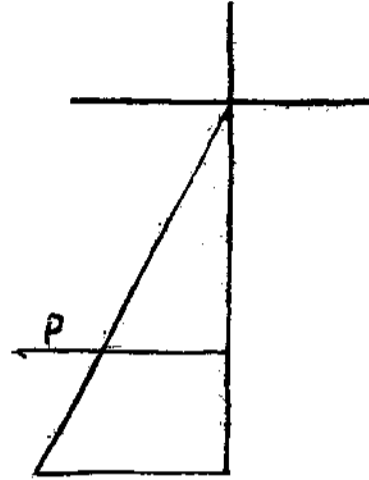
第六圖

若 $\frac{H}{h}$ 之值在 -0.667 與 -0.646 之間， α 之值則在 0 與 0.25 之間，如此則不能解，當 $\frac{h_1}{h}$ 有一負值時，則無意義可言。

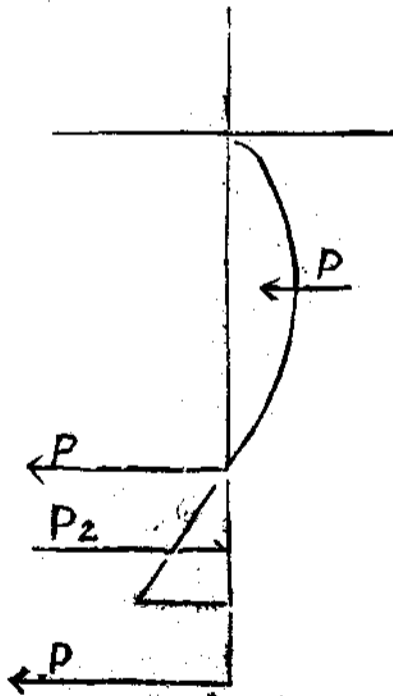
此處必須說明者，即以構材底部壓力拋物線狀之散佈而代以三角形之假設，三角形之重心為高之三分之一，因拋物線之變形，該高度可於其極限中變化也。

若 $\frac{H}{h}$ 之值在 -0.646 之外，則壓力之散佈為倒置於第八圖。 $\frac{H}{h}$ 之值在 -1 之外，此種情形在實際上甚難得到，第八圖中之斷線所示者即此種情形也。

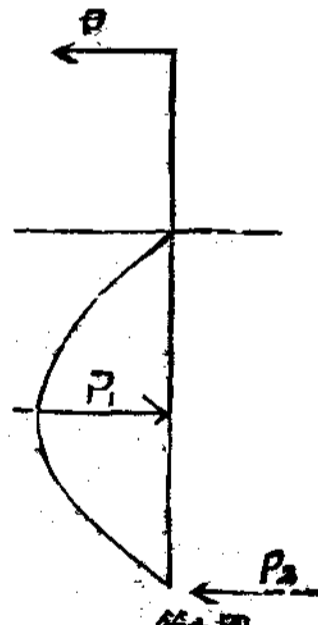
設有一樁，穿過均勻之土堆而達於堅實之地層，此時僅能插入地層極小部份，可假設該構材在一水平勢力作用之下，繞其埋在地層中之一端而旋轉，如此， $\frac{h_1}{h} = 1$ ，則該構材底部壓力之散佈為一拋物線並有一集中力作用於尖端。(第九圖)



第七圖



第八圖



第九圖

例題

河牆之板樁12呎長，深入河床6呎，此板復繫於相距20呎之若干抗樁上，其寬為2呎6吋，深入河床15呎，土堆之安眼角為 40° 。

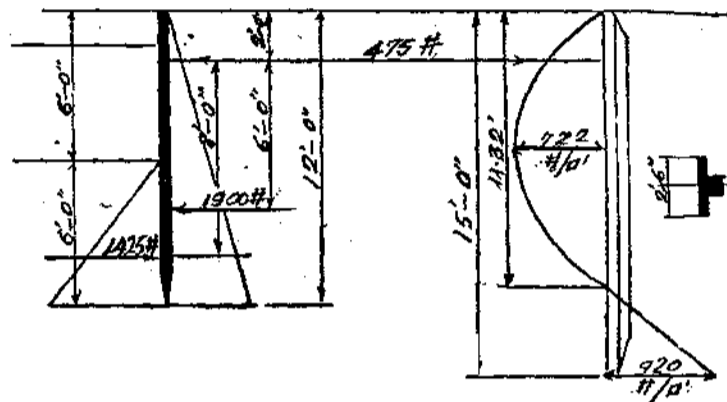
長1呎的牆施諸後面之壓力

$$\text{爲 } \frac{120 \times 12^2}{2} \times 0.22 = 1900 \text{ 磅,}$$

計算繞抗樁水平線之旋勢，

$$\text{則有 } P_1 = \frac{1900 \times 6}{8} = 1.425 \text{ 磅}$$

$$\therefore P = 475 \text{ 磅} = \frac{9500 \text{ 磅}}{20 \text{ 方呎}}$$



假設板樁并不露出地平面，
則 $H = -2 \text{ ft}$ ，而 $h = 15 \text{ 呎}$ ，

第十圖

$$\therefore \frac{H}{h} = -\frac{2}{15} = -0.1335$$

由第四圖，當 $\frac{H}{h} = -0.1335$ ， $\alpha = 0.785$ 同時由(10)式

$$w_2 = \frac{6 \times 9500 \times (1 + 3.14)}{2.5 \times 15 (16 \times .785^2 - 3)} = 920 \text{ 磅/方呎。}$$

$$w_1 = 926 \times .785 = 729 \text{ 磅/方呎。}$$

現在需作一證明，即證明板樁前面土堆被動抵抗力是否充分達於此種抵抗力。

以 $\delta = \frac{1}{2}$ ， ζ 則為 $120 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{0.92} = 273$ ，由(11)式， w_2 之最大許容值為

$$\frac{273 \times 15}{1 + 4 \times .785} = 990 \text{ 磅/方呎}$$

由第四圖， $\alpha = .785$ ， $\frac{h_1}{h} = 0.755$ $\therefore h_1 = 11.32 \text{ 呎。}$

施諸板樁之壓力圖如第十圖，由壓力散佈之情狀，樁上之屈撓應力則容易決定矣。

民國二十三年清明節，錫梁試譯於珞珈。

原文載于倫敦：Concrete and Constructional Engineering,
Nor. 1933

計算連續樑各支持點上能率公式的導出法

方 璜

當連續樑 (Continuous girder) 的跨徑 (Spans) 上僅受有均布重量 (Uniformly distributed load) 時，各支持點上的能率 (Moments) 可由下面的公式算出：

$$M_m = \frac{pl^2}{4C_{n+1}} \left[\underbrace{\sum (C_r + C_{r+1}) C_{n-m+2}}_{\text{(重量在支持點 } m \text{ 左邊)}} + \underbrace{\sum (C_{n-r+2} + C_{n-r+1}) C_m}_{\text{(重量在支持點 } m \text{ 右邊)}} \right] \quad (1)$$

(的跨徑上時用之) (的跨徑上時用之)

若跨徑上僅受有集中重量 (Concentrated loads)，則計算各支持點上的能率的公式變為

$$M_m = \frac{1}{C_{n+1}} \left[\underbrace{\sum \left\{ \sum P(2k-3k^2+k^3) C_r + \sum P(k-k^3) C_{r+1} \right\}}_{\text{(重量在支持點 } m \text{ 左邊各跨徑上時用之)}} C_{n-m+2} + \underbrace{\sum \left\{ \sum P(2k-3k^2+k^3) C_{n-r+2} + \sum P(k-k^3) C_{n-r+1} \right\}}_{\text{(重量在支持點 } m \text{ 右邊各跨徑上時用之)}} C_m \right] \quad (2)$$

(1), (2) 兩式載在 Johnson, Bryon 與 Turneaure 所編的近代結構學 (Modern Framed Structures) 第 2 冊第 35 頁及第 36 頁上。兩式中的 C_{n+1} 在該書均寫作 $-(C_{n-1} + 4C_n)$ ，實則二者相等 (觀後面的證明便知其為然)。因前者形式略簡，如備有常數表，使用時亦較方便，故改用之。

上兩式中各符號所代表的事項如下：

l = 跨徑的長度 (各跨徑的長度須相等)

P = 集中重量

p = 單位長度上的均布重量

n = 連續樑上所有跨徑數

m = 所求能率所在之支持點的次第數目，(係從連續樑的左端數起)

r = 受有重量的跨徑的次第數目，(亦係從左端數起)

C = 常數，詳下表：

$C_1 = 0$	$C_5 = -56$	$C_9 = -10,864$
$C_2 = +1$	$C_6 = +209$	$C_{10} = +40,545$
$C_3 = -4$	$C_7 = -780$	$C_{12} = -151,316$
$C_4 = +15$	$C_8 = +2,911$	$C_{13} = +564,719$

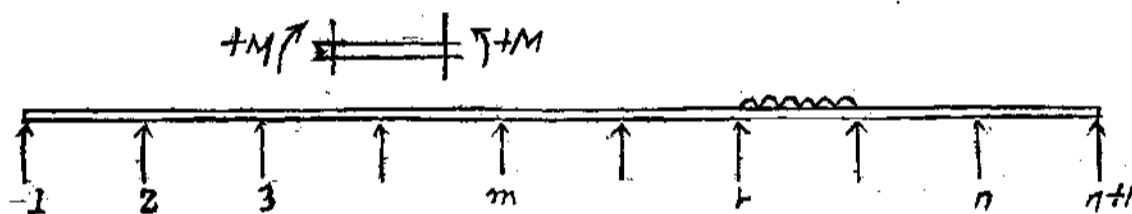
(此表載在前書第35頁上)

設有任何三相鄰常數 C_{p-2}, C_{p-1} 與 C_p ，則此三數常保持下面關係 $C_p = -4C_{p-1} - C_{p-2}$

上表與上式的由來均詳後面的證明中。

茲先述(1)式的導出法。

命 $M_1, M_2, M_3, \dots, M_m, \dots, M_r, \dots, M_n, M_{n+1}$ 各表第 1, 2, 3, ..., m, ..., r, ..., n, n+1 個支持點上的能率。先就第 1, 2, 3, 三個支持點上的能率而論，如第一，第二兩跨徑上受有均布重量，則由三能率定理(Theorem of three moments)可得



可得

$$M_1 + 4M_2 + M_3 = -\frac{1}{4}pl^2 - \frac{1}{4}pl^2$$

現設連續樑上，除第 r 個跨徑承受有均布重量 pl 外，其餘各跨徑均未有重量加於其上，且 r 在 m 的右邊，如上圖所示。於是上式變為

$$M_1 + 4M_2 + M_3 = 0$$

引用同一定理，更可得下列諸式：

$$M_2 + 4M_3 + M_4 = 0$$

$$M_3 + 4M_4 + M_5 = 0$$

$$\dots$$

$$M_{m-2} + 4M_{m-1} + M_m = 0$$

$$\dots$$

$$M_{r-2} + 4M_{r-1} + M_r = 0$$

$$M_{r-1} + 4M_r + M_{r+1} = -\frac{1}{4}pl^2$$

$$M_r + 4M_{r+1} + M_{r+2} = -\frac{1}{4}pl^2$$

$$M_{r+1} + 4M_{r+2} + M_{r+3} = 0$$

$$M_{n-2} + 4M_{n-1} + M_n = 0$$

$$M_{n-1} + 4M_n + M_{n+1} = 0$$

若連續梁的兩端係鉸鏈(Hinged)裝置,則 M_1 與 M_{n+1} 皆等於零。今將各個 M 之值均寫成 M_2 的函數,而命 $M_1 = C_1 M_2, M_2 = C_2 M_2, M_3 = C_3 M_2, \dots, M_m = C_m M_2, \dots, M_r = C_r M_2, M_{r+1} = C_{r+1} M_2 + K_{r+1}, \dots, M_n = C_n M_2 + K_n$. 解上列諸式,使均變為 M_2 的函數,以與常數 C 比較,便得

$M_1 = 0 = C_1 M_2$	$\therefore C_1 = 0$
$M_2 = M_2 = C_2 M_2$	$\therefore C_2 = +1$
$M_3 = -4M_2 = C_3 M_2$	$\therefore C_3 = -4$
$M_4 = -M_2 - 4M_3 = -M_2 - 4(-4M_2) = +15M_2 = C_4 M_2$	$\therefore C_4 = +15$
$M_5 = -M_3 - 4M_4 = 4M_2 - 4 \times 15M_2 = -56M_2 = C_5 M_2$	$\therefore C_5 = -56$

設任一跨徑的次第數目為 p ,便可引出下面的論斷:

$$\begin{aligned} \therefore (C_{p-2} + 4C_{p-1} + C_p) M_2 = M_{p-2} + 4M_{p-1} + M_p = 0 \\ \therefore C_p = -4C_{p-1} - C_{p-2} \end{aligned}$$

繼續解出前列諸式,可得

$$M_m = C_m M_2 \dots\dots\dots(A)$$

$$M_r = C_r M_2$$

$$\begin{aligned} M_{r+1} &= C_{r+1} M_2 - \frac{1}{4}pl^2 = C_{r+1} M_2 - (0+1)\frac{pl^2}{4} \\ &= C_{r+1} M_2 - (C_1 + C_2)\frac{pl^2}{4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{r+2} &= -4M_{r+1} - M_r - \frac{1}{4}pl^2 \\ &= -4 \left[C_{r+1} M_2 - \frac{1}{4}pl^2 \right] - C_r M_2 - \frac{pl^2}{4} \end{aligned}$$

$$=C_{r+2}M_2 - (1-4)\frac{pl^2}{4}$$

$$=C_{r+2}M_2 - (C_2+C_3)\frac{pl^2}{4}$$

$$M_{r+3} = C_{r+3}M_2 - 4\left[-(C_2+C_3)\frac{pl^2}{4}\right] - \left[-(C_1+C_2)\frac{pl^2}{4}\right]$$

$$=C_{r+3}M_2 - \left\{-[4(C_2+C_3)+(C_1+C_2)]\right\}\frac{pl^2}{4}$$

但由 $C_p = -4C_{p-1} - C_{p-2}$, $C_{p+1} = -4C_p - C_{p-1}$

可得 $4(C_{p-1} + C_p) + (C_{p-2} + C_{p-1}) = -(C_p + C_{p+1})$

$$\therefore M_{r+3} = C_{r+3}M_2 - (C_3+C_4)\frac{pl^2}{4}$$

同理，

$$M_{r+4} = C_{r+4}M_2 - (C_4+C_5)\frac{pl^2}{4}$$

$$M_n = M_{r+(n-r)} = C_n M_2 - (C_{n-r} + C_{n-r+1})\frac{pl^2}{4}$$

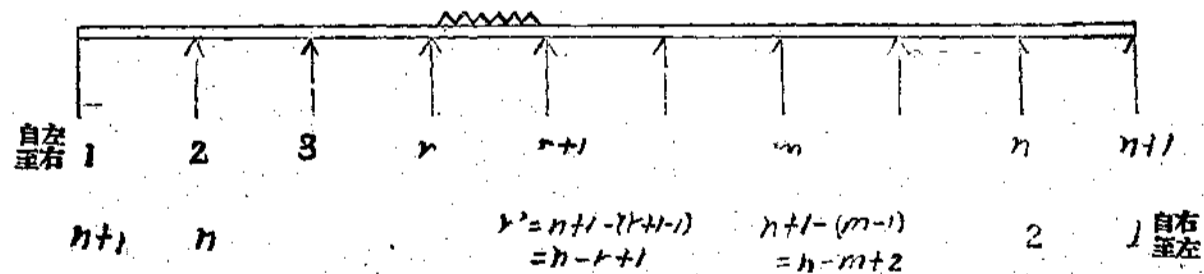
$$M_{n+1} = C_{n+1}M_2 - (C_{n-r+1} + C_{n-r+2})\frac{pl^2}{4}$$

但 $M_{n+1} = 0$

$$\therefore M_2 = \frac{pl^2}{4C_{n+1}} (C_{n-r+2} + C_{n-r+1})$$

代入(A)式，

$$M_m = \frac{pl^2}{4C_{n+1}} (C_{n-r+2} + C_{n-r+1}) C_m \dots \dots \dots (A')$$



若受有重量的跨徑在m的左端，則可將各支持點的次第數目改由連續樑的右端數起，如上圖所示，而用(A')式求在第n-m+2個支持點上的能率，可得

$$M_{n-m+2} = \frac{pl^2}{4C_{n+1}} (C_{n-r'+2} + C_{n-r'+1}) C_{n-m+2}$$

(由右端數起)

由上圖知 $r' = n - r + 1$ ，且由右端數起時之第 $n - m + 2$ 個支持點即為由左端數起時之第 m 個支持點。將各值代入上式，便得由左端數時第 m 個支持點上的能率，即

$$M_m = \frac{pl^2}{4C_{n+1}} (C_r + C_{r+1}) C_{n-m+2} \dots \dots \dots (B)$$

若承受重量的跨徑，其個數甚多，且 m 點的左右均有，則可將 (A')，(B) 兩式綜合使用，而取其和，是即 (1) 式。



(2) 式的導出法與上大致相同。先假設連續樑上，除第 r 個跨徑承有集中重量 P_1, P_2, P_3, \dots 外，其餘各跨徑均未承有重量。引用三能率定理，由上圖可得

$$M_{r-1} + 4M_r + M_{r+1} = -\sum P_l (2k - 3k^2 + k^3)$$

$$M_r + 4M_{r+1} + M_{r+2} = -\sum P_l (k - k^3)$$

其他各式同前，即各式中等號的右邊均等於零。用上兩式為根據，同前法即可導出 (2) 式。

若連續樑所有跨徑上均受有均布重量，則計算各支持點上的能率的公式變為

$$M_m = \left[\frac{C_m(C_{n+1}) - C_{n+1}(C_{m-1}+1)}{C_{n+1}} \right] \frac{pl^2}{12} \dots \dots \dots (3)$$

或 $M_m = \left[\frac{C_{n+1}(C_{m+1}-1) - C_m(C_{n+2}-1)}{C_{n+1}} \right] \frac{pl^2}{12} \dots \dots \dots (3')$

[(3') 式載在前書第 36 頁上]



上兩式外表雖不同，其值則一，應用 $C_{m-1} = -4C_m - C_{m+1}$ 及 $C_n = -4C_{n+1} - C_{n+2}$ 兩關係，就可將 (3) 變成 (3') 式。

今將(3)式附証於下。

引用三能率定理，可得下列各式：

$$M_1 + 4M_2 + M_3 = -\frac{1}{2} pl^2 \quad (M_1 = 0)$$

$$M_2 + 4M_3 + M_4 = -\frac{1}{2} pl^2$$

$$M_3 + 4M_4 + M_5 = -\frac{1}{2} pl^2$$

$$\dots\dots\dots$$

$$M_{m-2} + 4M_{m-1} + M_m = -\frac{1}{2} pl^2$$

$$\dots\dots\dots$$

$$M_{n-1} + 4M_n + M_{n+1} = -\frac{1}{2} pl^2 \quad (M_{n+1} = 0)$$

由上列諸式中的前三式可解得

$$M_2 = 0 \times \frac{1}{2} pl^2 + C_2 M_2$$

$$M_3 = -\frac{1}{2} pl^2 + C_3 M_2$$

$$M_4 = -\frac{1}{2} pl^2 - 4M_3 - M_2$$

$$= -\frac{1}{2} pl^2 - 4 \times \left(-\frac{1}{2}\right) pl^2 - 4C_3 M_2 - C_2 M_2$$

$$= +3 \times \frac{1}{2} pl^2 + C_4 M_2$$

同樣可解出其他依次遞升各式。

試考察上三式中 pl^2 的係數與常數 C_1, C_2, C_3, \dots 等是否有一定的關係，且此種關係於適合上三式外能否適合所有其他依次遞升各式。如此種關係可以求得，則公式(3)即不難導出。

就上第三式觀察，從

$$(C_4 - C_3 - 1) \times \frac{1}{12} pl^2 = [15 - (-4) - 1] \times \frac{1}{12} pl^2 = 3 \times \frac{1}{8} pl^2 \text{ 可知 } (C_4 - C_3 - 1) \times \frac{1}{12}$$

可作此式中 pl^2 的係數。

又在第二式中，可有

$$(C_3 - C_2 - 1) \times \frac{1}{12} pl^2 = (-4 - 1 - 1) \times \frac{1}{12} pl^2 = -\frac{1}{2} pl^2$$

又在第一式中，亦可有

$$(C_2 - C_1 - 1) \times \frac{1}{12} pl^2 = (+1 - 0 - 1) \times \frac{1}{12} pl^2 = 0 \times \frac{1}{12} pl^2$$

於此不妨假定一關係，即在第 $p-1$ 個如上的公式中， pl^2 的係數恆為

$$(C_p - C_{p-1} - 1) \times \frac{1}{12}$$

此關係適合上三式，已無疑義；然是否適合所有其他各式，則尚須繼續考察。就 M_5 而論，

$$\begin{aligned} M_5 &= -\frac{1}{2} pl^2 - 4M_4 - M_3 \\ &= -6 \times \frac{1}{12} pl^2 - 4 \left[(C_4 - C_3 - 1) \times \frac{1}{12} pl^2 + C_4 M_2 \right] \\ &\quad - \left[(C_3 - C_2 - 1) \times \frac{1}{12} pl^2 + C_3 M_2 \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{但 } -6 - 4(C_4 - C_3 - 1) - (C_3 - C_2 - 1) \\ &= -4C_4 - C_3 - (-4C_3 - C_2) - 1 \\ &= C_5 - C_4 - 1, \\ -4C_4 - C_3 &= C_5 \end{aligned}$$

$$\therefore M_5 = (C_5 - C_4 - 1) \times \frac{1}{12} pl^2 + C_5 M_2$$

可知所定關係在此式又適合。

更由 $M_p = -6 \times \frac{1}{12} pl^2 - 4M_{p-1} - M_{p-2}$ 及 $C_p = -4C_{p-1} - C_{p-2}$ 可推知所定

關係適合所有其他各式。於是有

$$M_m = (C_m - C_{m-1} - 1) \times \frac{1}{12} pl^2 + C_m M_2$$

$$M_{n+1} = (C_{n+1} - C_n - 1) \times \frac{1}{12} pl^2 + C_{n+1} M_2$$

但 $M_{n+1} = 0$ ，由上式可解得

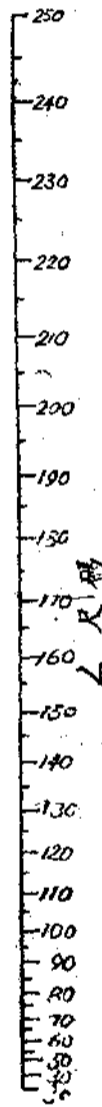
$$M_2 = -\frac{C_{n+1} - C_n - 1}{C_{n+1}} \times \frac{1}{12} pl^2.$$

$$\therefore M_m = (C_m - C_{m-1} - 1) \times \frac{1}{12} pl^2 - C_m \frac{C_{n+1} - C_n - 1}{C_{n+1}} \times \frac{1}{12} pl^2$$

$$= \frac{C_{n+1}(C_m - C_{m-1} - 1) - C_m(C_{n+1} - C_n - 1)}{C_{n+1}} \times \frac{1}{12} pl^2$$

$$= \frac{C_m(C_n + 1) - C_{n+1}(C_{m-1} + 1)}{C_{n+1}} \times \frac{1}{12} pl^2$$

撞擊力計算圖表
胡錫之



$$I = S \frac{300}{300 + \frac{L^2}{100}}$$

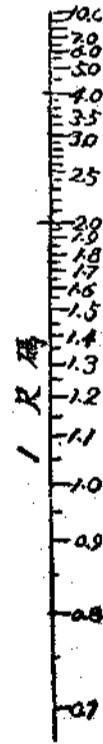
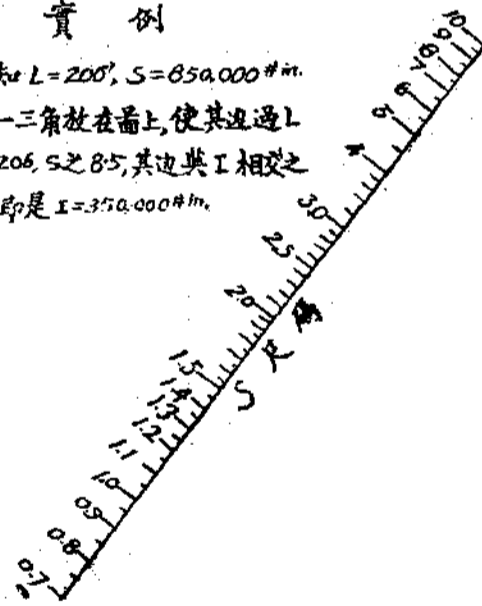
I = 撞擊力
S = 最大活載重的應力
L = 橋梁上載重部分的長

注意

I 和 S 可同時為剪力 shear 或彎曲矩 moment, 惟他們的單位須相同。

實例

已知 L = 200', S = 850,000 #/in.
將一三角放在圖上, 使其邊過 L 之 206, S 之 85, 其邊與 I 相交之 3.5 即是 I = 350,000 #/in.



爪哇之灌溉建設

龔一波譯

爪哇，人口稠密之國也；西曆一九二五年，人口總數為三六，四〇三，八八三，每英畝（以後簡稱畝）所居人數，約等於紐約州每畝所居者，平均人口密度為每畝一·一二人，最密居之農區每畝約二人。全國人民，多從事於農藝，其收穫品，以稻及糖為大宗，而落花生，珍珠粉，玉蜀黍，參荻，馬鈴薯，黃豆及烟草等次之；關於耕耘陸地，有百分之四十專於種稻，百分之十專於種糖，稻地之受灌溉者在百分之九十左右，其面積雖廣，然所產米稻，仍供不應求，尚須仰給於外國，幸糖為輸出品大宗，國家興旺，實利賴之。

爪哇人口，每十年增百分之十二人；增加如此其速，事實上，糧食已不够分配，又稻田之灌溉，雖行自遠古，然尚待灌溉以適合於種植甘蔗及稻之陸地，仍有極大面積，故政府決計墾植陸地，以救急需，而裕民生。



圖一·爪哇之灌溉計劃

A.——克拉汪(Krawang)計劃 B.——班潭姆(Bantam)計劃

C.——西巴塔維亞(West Batavia)計劃 D.——東爪哇(East Java)計劃

註：——波里(Bali) 馬達拉(Madoera) 希馬蘭(Semarang)
索拉克塔(Soerakarta) 巴丁座(Buitenzorg) 班杜因(Bandoeng)
索拉巴亞(Sourabaya) 爵捷克塔(Djokjakarta)

所有關於灌溉事業，皆由工務部灌溉局統轄，爪哇行政區有五，即西爪哇區，東爪哇區，中爪哇區，爵捷克塔王區及索拉克塔王區是也。（見圖一）前三區之灌溉工程，由區工程師管理，唯須聽命於巴塔維亞之總工程師。新設計劃，復由區工程師呈報，所擬圖樣，估價條陳等，則由相當機關轉送工務部長，而呈達總督，經總督及議會批准後，由普通課稅項下準備付款，在受益之地域內，並無特稅；此乃行政系統之大概，亦即政府承認糧食缺乏，獎勵生產之立意也，產額既增，課稅遂多，是又灌溉

投資之收益矣

土地所有權多屬於國人，因荷資或外資之大地權，均為法所不許之故，惟不宜於小規模之種植物，如蔗糖等，政府則准外人承租土人之土地十八閱月，期滿仍令歸還地主，由地主專於種稻。

大地面之享有權，僅政府於進行灌溉工程時有之；每畝灌溉費約三，四十金元，山地之建設費，則較平地為昂，而平地之排水費，則又不可同語矣。除田臺與枝渠外，政府負責建築全部灌溉工程；田臺由土人自築，堤防位置及水位，均以眼測為準，此類工程，嘗極偉大，望若谿谷，既高且潤，峻嶺之上，復棕櫚叢叢，頗壯觀瞻。至於直接灌溉耕地之枝渠，則由自願不索工資之工人，受政府派工程師之指示而建築之。

爪哇之雨量，因地而異。在西爪哇高約二千三百六十呎之托姆保 (Tombo) 地方，每年雨量平均數為二百七十三吋；又近東部海港之亞桑柏哥斯 (Asmbogoes) 地方，每年雨量平均數為三十六吋；在中爪哇高約一千又二十呎之克蘭建 (Kranggan) 地方，曾於二十四小時內積雨達十三吋。灌溉工程設計中，估計水之蒸發量每年為三十吋，又乾季期間，每日為四分之一吋；所有雨量幾係全在五月至十月內所降積。常以雨期短，降量速，致河流升落馳驟，故計劃節河與灌溉諸工程時，當注意及之。

灌溉之容量，視乾季之需求而定。稻之成長，約六閱月至八閱月之久，而有四五月必需水分，稻苗長時，須以水掩蓋稻田，水深約三吋至六吋之譜。以每畝每分鐘需水量十至十三加侖計算，其多寡則以降雨，土性及其他狀況為斷。甘蔗之生長，為期頗久，約計十八月，其最初六月內的普通雨量，尚感不足，在乾季中，需水尤多；幸稻田適於此時不需灌溉，致二者均能豐收。惟一切設計，均以稻之需水量為準則。

灌溉工程之建設期間，包工與日工二制並行。而工程師則樂於雇用日工，蓋以日工既便於指揮，復節省費用也。乾季作工頗便，故工人亦易雇獲，濕季中則以農事繁忙，如甘蔗之種植，穀米之收穫，均需工甚急，農民自顧不暇，何能言及他事，故在工程方面作工者亦大為減少。至於工價，殊為低廉，普通工人（苦力）之工資，每日計一角二分至一角六分金元，人口繁華之區，則工價較高；婦人工資尤賤，其工作不外碎石，負重及其他小事；而技藝工人，如木匠，泥水匠與機械匠等，則每日可得工資五角。工作時間，統為每週六日，每日八，九小時。爪哇土人，雖不十分建強，亦無任何奢望，惟克勤克儉，盡心盡力，洵屬難能可貴。且秉性忠厚，天賦才智，苟教以專門之學問，授以精巧之技藝，必望有成，實際上，全國高級職位，則全係荷蘭工

程師，土人無與焉。此又不得不為爪哇土人嘆息者也。爪哇築堤之法與美國迥異，蓋爪哇工人多，工價低，甯捨機械，而用人工也。

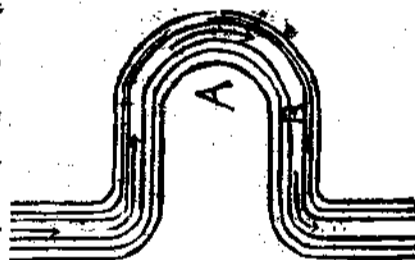
爪哇灌溉工程，可分三種方式，其一係利用聚水池之水以行灌溉者，其二係賴河水之氾濫以行灌溉者，其三係藉汲取河水或溝水以行灌溉者。灌溉耕地之緊要方法，為利用水之重力而分布。諸大灌溉工程，尤其位於高原者，均採取第一種方式，因乾季中有川流停止之慮，而聚水池正可供迫切之需也。是以現在進行中之較大灌溉工程，統屬此類。至於第二種之灌溉法，僅通行於私人間，公共機關，則罕有採用之者。

據爪哇一九三〇年三月統計，其進行中之灌溉工程，已四十有五處，經預算共約四千萬金元，中有三百五十萬金元，指定一九三〇年支用，下表所列乃已施工計劃中之最大者：

爪哇已施工之灌溉工程及其預算表

名	稱	位置(見圖一)	估價
克拉汪(Krawang)或塔爾旦(Tardem)河		A	8,000,000金元
班潭姆(Bantam)		B	4,400,000金元
西巴塔維亞(West Batavia)或團格蘭(Tangerang)		C	4,000,000金元
東爪哇(East Java)		D	3,200,000金元
解坡捷拉(Tjipoenajara)			2,400,000金元
西解門必諾(West Tjimanoeckbevloeung)			960,000金元

建造中之最大工程，有捷薩頓(Tjisadane)，泊捷爾(Parjal)，及索爾巴亞(Sourabaya)諸河堤河閘等。灌溉局對於控制河流，素負重責，故有改良索爾巴亞河閘之擴大計劃，估價七十二萬元。捷薩頓河閘，乃築於輻灣內，如圖二所示；閘工自始至終，未嘗遮斷水流，實其地勢使然。水閘與節制河流之工程，既經成就，河水將導經其間，而原來河流之B點，亦將築以土堤；而水閘與B點間自易填積，因河水含有多量之沙泥也。此閘可供灌溉五萬二千五百畝稻地之用。池為一重力式，用粗石砌成，以其基脚之地層不堅，故本水流度原理建

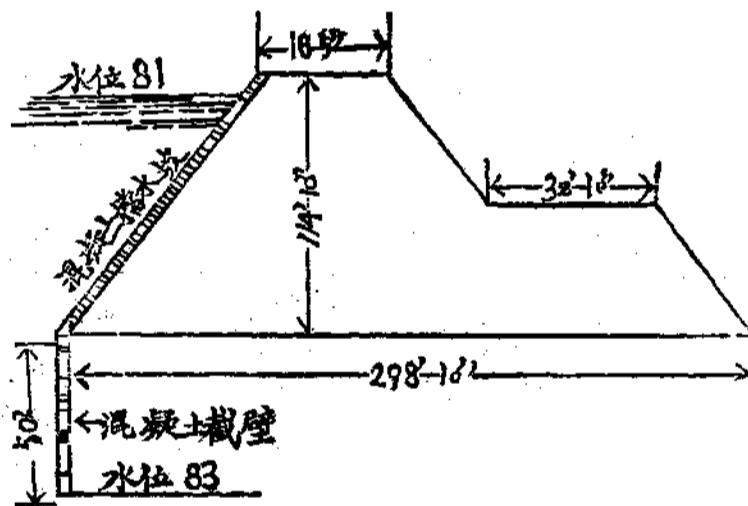


圖二·捷薩頓河閘地形略圖

之，開寬（橫截水流）為四百又二呎，長（平行水流）為二百九十五呎，開後之水，最深達三十呎；有十大節制石門，其八均寬三十二呎又十吋，高二十三呎又九吋，此十門可容全部河流；開基疎鬆，故設有上下流擋水坡，坡長之設計，以開下水力度線在淺水時期恰與開流線相交或過之為根據，坡厚則以其重能抑制向上之水壓為鵠的；下流擋水坡之長，等於上流深度之十至十五倍；此項建築估價，約六十萬至八十萬金元。

粗石之用於灌溉建設中者，為量頗巨，以其價廉故也。混凝土雖較堅固，但粗石工價既較廉，而反適於大量之結構，遂為普通之採用品；水泥混凝土，間亦採用，在捷薩頓河開上下流擋水坡之下部及其他結構，即採用水泥混凝土者。

泊提爾河開，乃一有趣之建築，全部採用岩石，其主要截面之尺碼，略如圖三所示；開頂寬三百六十呎，總需材料十萬四千立方碼，其所成蓄水池，可容水量一百三十億加侖，其排水池地域為三十二又二分之一平方哩，全湖面積約一千二百三十五畝，可灌溉三萬五千畝田地；此開本身之價額，約值四十八萬金元。



圖三。 泊提爾河開詳圖

泊提爾河開位於窄狹之山空間，開位之上，則極達闊，開基為破碎泥灰岩及石灰岩層疊而成，每層厚約六呎，向上游傾斜十度；水之於泥灰岩若潤滑之油然，石灰岩則擊成小塊，使僅需微力，即可活動自如；復以其滲透性甚高，欲使開基不致透水，須將其底部及邊坡，護以不透水之粗石構造，並將此粗石工恰與深入五十餘呎之混凝土截壁土相結。

截壁之建造，異常艱難，其法；於截壁中線兩邊，各六呎至十呎之處，鑽井一排；每井先鑿達六呎深，繼用一、二氣壓之壓力，將水門汀膠泥壓入，至膠泥不復被吸爲止，膠泥壓入四十八小時後，並以水壓試之，如僅需低壓即能壓水入洞，每分鐘超過一又二分之一加侖者，則尚須較大氣壓，增壓膠泥；準此行之，至井容水低於限量乃已；然後續鑿六呎深，鑿後，行以前法；如是返復數次，至達所需之深度止。此兩排井既經鑿就，即可着手掘挖截壁溝，其中燥而無水，溝內實以混凝土，以築成截壁。壓塞膠泥入井時，曾試用每方四百五十磅之高壓，結果不獨透水，且因高壓掀碎石灰石而漲開裂口，閘內所塞之物甚多，意欲增厚阻力，以免在潮濕土層之上滑動；水閘之穩定，極宜注意，蓋閘塌之結果，災害異常；普通注粗石於閘中，均以人工爲之，排成牆形，亦云苦矣。

索爾巴亞河閘之預算，總計五十六萬金元；閘有二，各寬二十五呎，長一百三十五呎，深二十九又二分之一呎，升高十六呎，有水門二，門孔各高十八呎，可容流量五千六百秒呎，河之最大流速，約二萬秒呎。

西曆一九三〇年中爪哇之灌溉工程，尙未興工，所擬兩大計劃，預料下年(1931)可以動工，即堅姆邦(Gembong)計劃與旦哥斯(Dongos)計劃是也；前者之預算，爲念四萬八千金元，後者爲十二萬八千金元；又前者包有一土閘，高百呎，長千六百四十呎，需料念八萬八千立方碼，能灌溉二萬五千畝耕地，後者乃一水力填運之土閘，高六十四呎，長五百四十呎，需料念二萬八千立方碼，能灌溉耕地八千二百畝。

西馬蘭地方之灌溉局，設有水力實驗所，專爲實驗各種節流，測量，通溝等用。計劃水溝時，常用巴金(Bazin)公式及其原係數，並無需若何之精確也。惟溝內之淤塞，既不固定，則安全率不可不高，未砌土之溝內之流速，限定最大不得過三秒呎。

夫爪哇灌溉工程之浩巨，及其安全之完成，要皆荷人之功，觀乎此，吾人不得不敬佩荷人能力之偉大，工作之澈底，與乎眼光之宏遠。對於計劃，必求成功，對於建築，必期穩定，此人之常情也；而荷人尤慎審爲之，蓋匪特避免生命之危險，預防財產之損失已矣，尤恐有敗荷蘭工程師之聲譽也。爪哇國民之於荷蘭工程師，素即信任無比，唯其若此，而爪哇諸大事業之能成功，政府與人民之得安謐，始有保證。

——完——

譯自 Engineering News Record

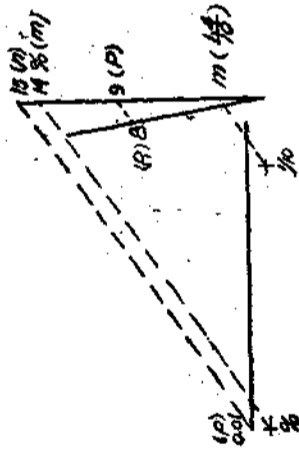
July, 1931.

Harold E. Babbitt 著。

混凝土柱設計圖表

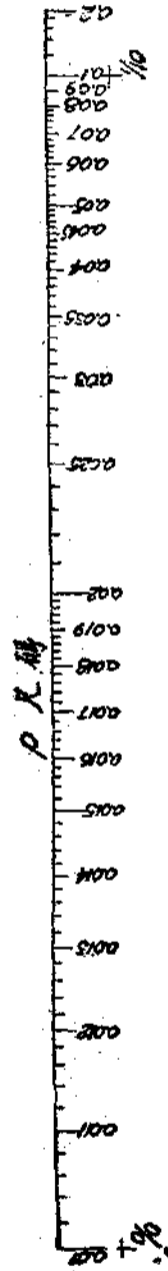
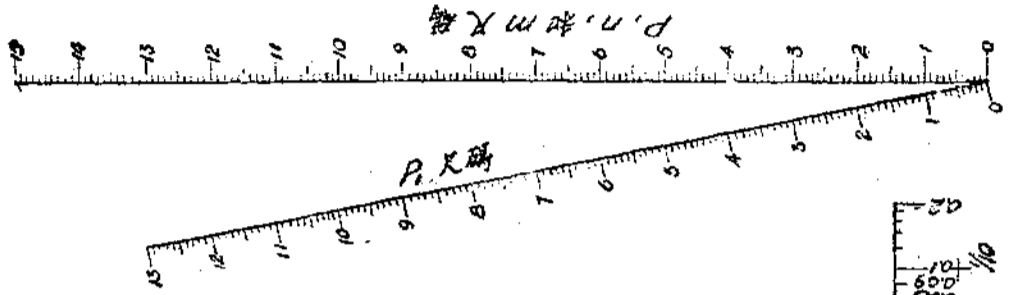
胡錫之

實例 設 $P=0.01$, $n=15$, $P_1=8000$
 將一付三角板放在圖上使其通過 P 之
 0.01 及 n 之 15 後, 平行地推動三角板, 使其
 通過 P_1 之 8, 即而 P 相交於 9, 即是 $P=9000$
 又同樣平行地推動三角板, 使其通過 n
 處, 則而 m 相交於 14, 即是 $m=14$ 。同樣地若使
 其通過 n 處, 則而 m 相交於 14, 即是 $m=14$ 也
 可得到同樣的結果



$$m = \frac{P_1 - P}{P} = (n - 1)P$$

A = 純粹混凝土柱所能承受的總軸載重
 P = 已加鋼筋土柱所能承受的總軸載重
 n = 鋼筋土之應力 / 混凝土之應力
 P_1 = 鋼筋土之斷面 / 柱之斷面
 m = 鋼筋土之斷面 / 柱之斷面



十年來揚子江漢口流量之推算

胡 慎 思

(一)引言

揚子江爲世界有數之大河流，其流域面積之廣與雨量之多，實可驚人。根據最近統計，揚子江流域之受水總面積爲 1,959,333 平方公里，除漢口以下區域不計外，尙有 1,445,819 平方公里。其分配情形如下。

區域	面積以平方公里計
叙府以上揚子江流域	479,974
岷江及瀘河區	133,152
叙府重慶間揚子江南部雲南，四川，貴州區	69,676
嘉陵江區	163,737
彝灘江區	85,858
揚子江中部自重慶至漢口	85,371
漢江區	175,754
洞庭湖(湖南區)	252,297

茲將漢口上游(包括漢江在內)各地歷年來之平均雨量列表如下：

測站地名	平均年數	全年總數	每月平均雨量
四川打箭爐	民國十三年至二十一年	944.5公厘	78.7公厘
四川寧遠	民國十三年至二十一年	1125.3公厘	93.8公厘
四川成都	光緒三十三年至民國廿一年	806.8公厘	67.2公厘
四川叙府	民國十三年至二十一年	1164.5公厘	97.0公厘
四川重慶	光緒十七年至民國廿一年	1094.4公厘	91.2公厘
雲南東川	民國十三年至二十一年	936.7公厘	78.1公厘
貴州貴陽	民國十三年至二十一年	1287.0公厘	107.3公厘
湖南王村	民國十三年至二十一年	1389.5公厘	115.8公厘
陝西興安	民國十三年至二十一年	638.7公厘	53.2公厘
湖北宜昌	光緒九年至民國二十一年	1103.7公厘	92.0公厘
湖南長沙	宣統元年至民國二十一年	1339.3公厘	111.6公厘
湖南岳州	宣統二年至民國二十一年	1311.1公厘	109.3公厘
湖北漢口	光緒六年至民國二十一年	1245.3公厘	103.8公厘

上述各地流域面積之雨量均以漢口爲尾閘而注入揚子江下游，如以民國二十年八月間最大雨量計算之，則在漢口以上，揚子江流域內之流量可達每秒 850,000 公尺，而當時漢口之最高流量爲每秒 67200 立方公尺，倘非沿途蒸發滲透，則漢口災情之重當不止百倍於當時矣。

今有一最好之例可表示揚子江漢口流量之大與含沙量之重。據史篤培 (Stroebe) 氏謂，揚子江漢口流量若以每秒 53000 立方公尺計算，欲將此巨量之水用打水機吸至粘嶺之巔需 1,000,000,000 馬力，其所需之煤量應為每點鐘 1,500,000 噸。平均含沙量每秒鐘可有三十噸下注，若每年合計，可將全上海掩埋二十五英尺深而有餘。以上所述之估計雖不甚精確。其數量之大亦足以使吾人注意矣。

按揚子江漢口之流量，以前各學者曾有推算，就所知者，如費奇氏 (Richard Fritzsche) 謂揚子江每年平均總流量為 68500000000 立方公尺，即 21800 (公尺)³/秒，根據費禮門氏 (Freeman) 之調查謂揚子江每年之平均流量為 30000 (公尺)³/秒，以上二者不過均就注海之量而言，若就漢口言之，宋希尚氏則謂漢口最大與最小之平均流量為 38000 公尺³/秒。此諸數值，僅可作為大略之臆度，而不能真確代表揚子江流量之平均數值。然欲探討揚子江之流量，漢口實居揚子江流域最重要之位置。蓋以其地處中游之要衝，會合揚子江，洞庭湖，漢口及湘鄂各支流湖泊之水以此為總出口，並承中游之宣洩，東啓下游之發軔，其流量可影響於整個之江流。今僅就最近十年 (民國十三年至二十二年) 漢口之流量加以推算，以供商榷，其結果雖不能如實測者正確，然由此求其平均值，亦近似矣。

就揚子江漢口測站最大最小流量 (漢水會入後之正幹流量) 之記錄，而其數值均與推算者幾相符，比較如下。

實測日期	當時水位	實測流量	推算流量
民國十二年一月廿六日	12.42 公尺	5208 (公尺) ³ /秒	5220 (公尺) ³ /秒
民國二十年八月三日	27.16 公尺	59980 (公尺) ³ /秒	60000 (公尺) ³ /秒

由此可証由水位推算之結果，較諸可靠。

(二) 推算方法

本篇之推算，全根據漢口江漢關歷年之水位記錄，其記錄之數值均以英尺計算，而其水標尺零點亦係以本地之零點作為標準。為求適合揚子江水道整理委員會漢口測站揚子江之流量流率及橫斷面諸曲線圖 (附圖) 起見，須將漢口水位之英尺數字化為公尺再加上漢口江漢關水標尺零點高於吳淞零點之常數，(即 11.94 公尺) 由此所得之值即為漢口水位高出吳淞海平零點以公尺計算之值。為便利計，故先製成水位換算表 (見附表)。此表中之第一行為英尺以漢口海關零點為標準者，第一列為一英尺十分之一數值。而表中之數值均為公尺而高出吳淞零點者。故由漢口海關所記出英尺水位數值欲換為高出吳淞之公尺數值，無須計算，可由此表一尋即得。

求得高出吳淞零點之水位後。本可由流量，曲線圖直接尋得。但不若由表上尋得便利。故根據此曲線圖而製成水位與流量換算表 (Discharge Rating Table) (見附表)。此表中之第一行與第一列代表高出吳淞零點以公尺計之水位，其餘各數值均為推算所得之流量，其單位以每秒立方公尺計。如揚子江民國二十年洪水漢口最高水位為八月十九日，其水位記錄，為高出漢口海關零點 53' 6"，由水位換算表查出為 28.28 公尺高出吳淞零點，故其流量應為 67200 (公尺)³/秒。

查揚子江水道整理委員會之流量曲線圖乃根據民國十一年至十四年及二十年實測橫斷面積與流率相乘之積而得流量，再與相當流量之水位高度所繪而成，故此曲線圖甚合於推算近十年來之流量，蓋在此時期江床即為其實測水流面積之根據也。

歷年推算之記錄列表如下：

揚子江漢口水位換算表

(以漢口海關零點英尺之水位換為吳淞零點公尺之水位)

英尺	0	.1'	.2'	.3'	.4'	.5'	.6'	.7'	.8'	.9'
-3	11.025	10.995	10.964							
-2	11.330	11.300	11.296	11.239	11.208	11.178	11.147	11.116	11.086	11.055
-1	11.635	11.604	11.574	11.544	11.513	11.483	11.452	11.421	11.391	11.361
0	11.940	11.910	11.879	11.849	11.819	11.788	11.757	11.726	11.696	11.666
0	11.940	11.971	12.001	12.031	12.062	12.092	12.123	12.153	12.184	12.214
1	12.245	12.276	12.306	12.336	12.367	12.397	12.428	12.458	12.489	12.519
2	12.550	12.581	12.611	12.641	12.672	12.702	12.733	12.763	12.794	12.824
3	12.854	12.885	12.915	12.945	12.976	13.006	13.037	13.067	13.098	13.128
4	13.159	13.189	13.220	13.250	13.281	13.311	13.342	13.372	13.403	13.433
5	13.464	13.495	13.525	13.555	13.586	13.616	13.647	13.677	13.708	13.738
6	13.769	13.799	13.830	13.860	13.891	13.921	13.952	13.982	14.013	14.043
7	14.074	14.105	14.135	14.165	14.196	14.226	14.257	14.287	14.318	14.348
8	14.378	14.409	14.439	14.469	14.500	14.530	14.561	14.591	14.622	14.652
9	14.688	14.714	14.744	14.774	14.804	14.835	14.866	14.896	14.927	14.957
10	14.988	15.019	15.049	15.079	15.110	15.140	15.171	15.201	15.232	15.262
11	15.293	15.324	15.354	15.384	15.414	15.445	15.476	15.506	15.537	15.567
12	15.598	15.628	15.659	15.689	15.720	15.750	15.781	15.811	15.842	15.872
13	15.902	15.933	15.963	15.993	16.024	16.054	16.085	16.115	16.146	16.176
14	16.207	16.238	16.268	16.298	16.329	16.359	16.390	16.420	16.451	16.481
15	16.512	16.543	16.573	16.603	16.634	16.664	16.695	16.725	16.756	16.786
16	16.817	16.848	16.878	16.908	16.938	16.969	17.000	17.030	17.061	17.091
17	17.122	17.153	17.183	17.213	17.244	17.274	17.305	17.335	17.366	17.396
18	17.426	17.457	17.487	17.517	17.548	17.578	17.609	17.639	17.670	17.700
19	17.731	17.762	17.792	17.822	17.853	17.883	17.914	17.944	17.975	18.005
20	18.036	18.067	18.097	18.127	18.158	18.188	18.219	18.249	18.280	18.310
21	18.341	18.372	18.402	18.432	18.463	18.493	18.524	18.554	18.585	18.615
22	18.646	18.677	18.707	18.737	18.768	18.798	18.829	18.859	18.890	18.920
23	18.950	18.981	19.011	19.041	19.072	19.102	19.133	19.163	19.194	19.224
24	19.255	19.286	19.316	19.346	19.377	19.407	19.438	19.468	19.499	19.529
25	19.560	19.591	19.621	19.651	19.682	19.712	19.743	19.773	19.804	19.834
26	19.865	19.896	19.926	19.956	19.987	20.017	20.048	20.078	20.109	20.139
27	20.170	20.201	20.231	20.261	20.292	20.322	20.353	20.383	20.414	20.444
28	20.474	20.505	20.535	20.565	20.596	20.626	20.657	20.687	20.718	20.748
29	20.779	20.809	20.840	20.870	20.901	20.931	20.962	20.992	21.023	21.053
30	21.084	21.115	21.145	21.175	21.206	21.236	21.267	21.297	21.328	21.358
31	21.389	21.419	21.450	21.480	21.511	21.541	21.572	21.602	21.633	21.663
32	21.694	21.725	21.755	21.785	21.816	21.846	21.877	21.907	21.938	21.968
33	21.998	22.029	22.059	22.089	22.120	22.150	22.181	22.211	22.242	22.272
34	22.303	22.334	22.364	22.394	22.424	22.455	22.486	22.516	22.547	22.577
35	22.608	22.639	22.669	22.699	22.730	22.760	22.791	22.821	22.852	22.882
36	22.913	22.944	22.974	23.004	23.034	23.065	23.095	23.126	23.157	23.187
37	23.218	23.249	23.279	23.309	23.340	23.370	23.401	23.431	23.462	23.492
38	23.522	23.553	23.583	23.613	23.644	23.674	23.705	23.735	23.766	23.796
39	23.827	23.858	23.888	23.918	23.949	23.979	24.010	24.040	24.071	24.101
40	24.132	24.163	24.193	24.223	24.254	24.284	24.315	24.345	24.376	24.406
41	24.437	24.468	24.498	24.528	24.559	24.589	24.620	24.650	24.681	24.711
42	24.742	24.773	24.803	24.833	24.864	24.894	24.925	24.955	24.986	25.016
43	25.046	25.077	25.107	25.137	25.168	25.198	25.229	25.259	25.290	25.320
44	25.351	25.382	25.412	25.442	25.473	25.503	25.534	25.564	25.595	25.625
45	25.656	25.687	25.717	25.747	25.778	25.808	25.839	25.869	25.900	25.930
46	25.961	25.992	26.022	26.052	26.083	26.113	26.144	26.174	26.205	26.235
47	26.266	26.297	26.327	26.357	26.388	26.418	26.449	26.479	26.510	26.540
48	26.570	26.601	26.631	26.661	26.692	26.722	26.753	26.783	26.814	26.844
49	26.875	26.906	26.936	26.966	26.997	27.027	27.058	27.088	27.119	27.149
50	27.180	27.211	27.241	27.271	27.302	27.332	27.363	27.393	27.424	27.454
51	27.485	27.516	27.546	27.576	27.607	27.638	27.668	27.699	27.729	27.760
52	27.791	27.822	27.852	27.882	27.913	27.944	27.974	28.005	28.035	28.066
53	28.097	28.128	28.158	28.188	28.219	28.250	28.280	28.311	28.341	28.372

註：表中之數值均為公尺

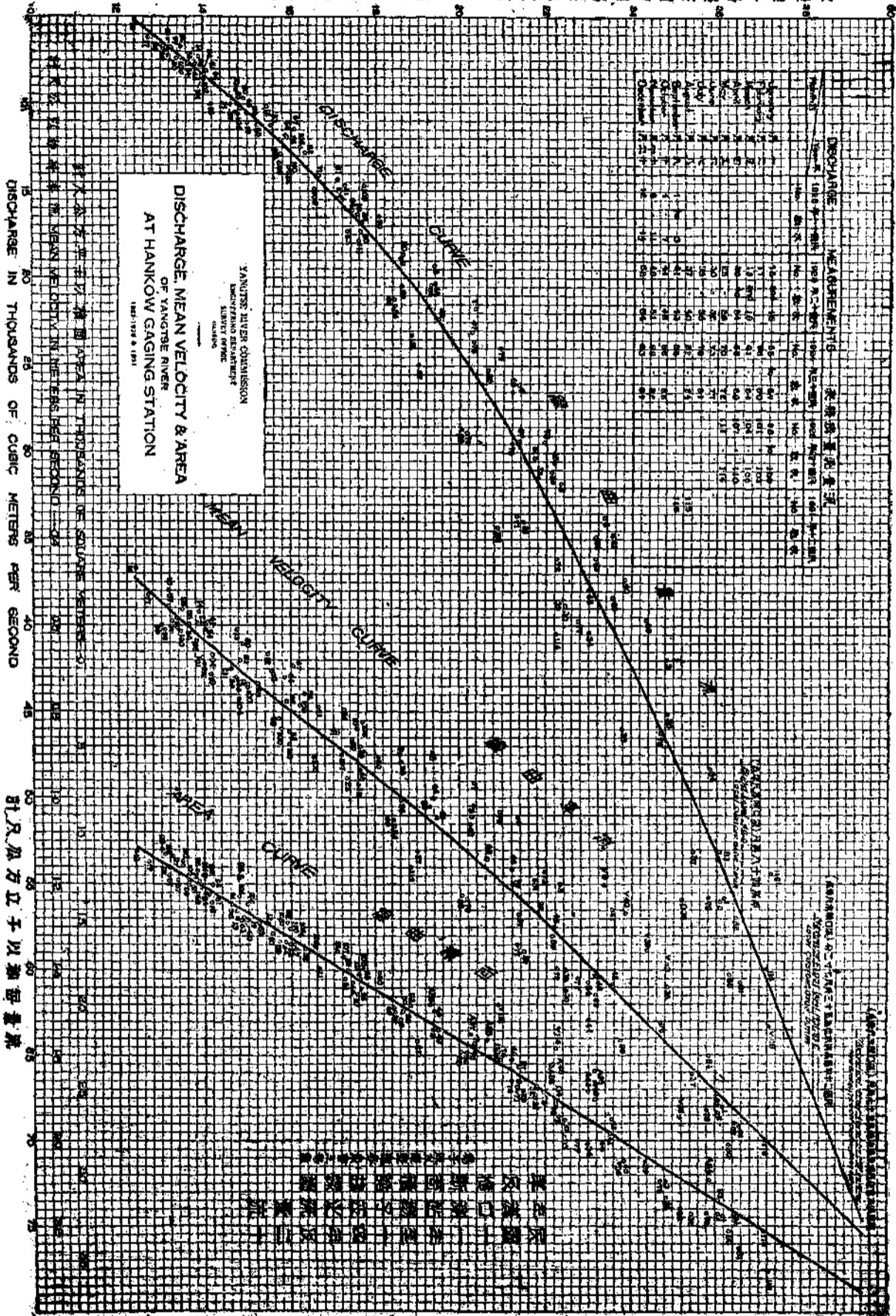
漢口水位與流量換算表

(其水位以高於吳淞零點計算)

公尺	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
• 00	2450	4400	6390	8450	10600	12950	15430	18030	20890	24300	28400	32650	37250	42250	47405	52905	59000	65400
• 02	2470	4450	6430	8500	10650	13000	15490	18090	20940	24370	28470	32750	37450	42350	47550	53070	59120	65470
• 04	2500	4500	6470	8540	10700	13050	15540	18150	21000	24450	28550	32850	37550	42450	47650	53200	59250	65550
• 06	2550	4530	6500	8570	10740	13100	15590	18200	21070	24520	28620	32920	37650	42550	47770	53320	59370	65750
• 08	2600	4570	6530	8600	10790	13150	15640	18250	21150	24600	28700	33000	37750	42550	47900	53450	59500	65950
• 10	2630	4590	6580	8640	10820	13200	15690	18300	21200	24670	28800	33100	37850	42750	48020	53550	59620	66050
• 12	2670	4600	6630	8680	10850	13250	15730	18360	21260	24750	28900	33200	37940	42850	48150	53650	59750	66150
• 14	2700	4650	6670	8710	10910	13300	15780	18410	21360	24820	28970	33300	38020	42950	48250	53750	59870	66300
• 16	2720	4700	6700	8750	10980	13360	15830	18460	21420	24900	29050	33400	38100	43050	48350	53860	60000	66450
• 18	2760	4750	6750	8800	11010	13400	15880	18510	21480	24980	29120	33470	38170	43150	48450	54000	60120	66570
• 20	2800	4800	6800	8850	11050	13450	15940	18560	21500	25060	29200	33550	38250	43250	48550	54150	60250	66700
• 22	2850	4820	6840	8900	11100	13500	15990	18610	21570	25130	29300	33650	38350	43350	48650	54270	60370	66820
• 24	2900	4850	6880	8960	11150	13550	16040	18660	21650	25200	29400	33750	38450	43450	48750	54400	60500	66950
• 26	2940	4900	6910	9000	11200	13600	16100	18730	21700	25300	29470	33850	38550	43550	48850	54520	60620	67070
• 28	2980	4950	6950	9040	11250	13650	16150	18800	21750	25400	29550	33950	38650	43650	48950	54650	60750	67200
• 30	3010	4980	7000	9070	11300	13700	16200	18860	21800	25470	29620	34050	38750	43760	49050	54770	60900	
• 32	3050	5000	7050	9100	11350	13750	16250	18920	21860	25550	29700	34150	38850	43870	49150	54900	61050	
• 34	3090	5050	7080	9150	11400	13800	16300	18980	21950	25650	29770	34220	38950	43970	49270	55000	61120	
• 36	3130	5100	7100	9200	11450	13850	16350	18050	22040	25750	29850	34300	39050	44070	49400	55100	61300	
• 38	3170	5150	7140	9240	11500	13900	16400	19100	22100	25850	29950	34400	39150	44180	49500	55220	61420	
• 40	3200	5200	7180	9280	11550	13950	16450	19150	22150	25940	30050	34500	39250	44300	49600	55350	61550	
• 42	3250	5220	7210	9330	11600	14000	16500	19200	22220	26000	30150	34600	39350	44400	49700	55450	61670	
• 44	3300	5250	7250	9380	11650	14050	16550	19250	22300	26050	30250	34700	39450	44500	49800	55550	61800	
• 46	3340	5270	7270	9410	11670	14100	16600	19300	22370	26150	30320	34800	39550	44600	49920	55670	61920	
• 48	3390	5300	7300	9450	11700	14140	16650	19360	22450	26250	30400	34900	39650	44700	50050	55800	62050	
• 50	3410	5360	7360	9500	11750	14190	16700	19420	22500	26300	30470	35000	39700	44820	50170	55920	62200	
• 52	3430	5420	7420	9540	11800	14240	16750	19480	22550	26350	30550	35100	39850	44950	50300	56050	62350	
• 54	3470	5460	7460	9580	11850	14290	16800	19560	22600	26450	30650	35170	39950	45050	50420	56170	62470	
• 56	3510	5500	7500	9620	11900	14340	16850	19640	22650	26550	30750	35250	40050	45150	50550	56300	62600	
• 58	3550	5540	7550	9670	11960	14390	16900	19680	22720	26650	30820	35350	40150	45250	50650	56420	62720	
• 60	3600	5580	7600	9720	12030	14440	16960	19730	22800	26750	30900	35450	40250	45350	50750	56550	62850	
• 62	3650	5610	7650	9760	12070	14490	17010	19780	22870	26800	30970	35550	40350	45450	50850	56650	62970	
• 64	3700	5650	7700	9800	12100	14530	17070	19840	22950	26860	31050	35650	40450	45550	50950	56750	63100	
• 66	3740	5670	7740	9850	12160	14590	17120	19890	23020	26960	31150	35750	40550	45650	51070	56870	63220	
• 68	3790	5700	7780	9900	12220	14640	17170	19950	23100	27050	31250	35850	40650	45750	51200	57000	63350	
• 70	3820	5760	7810	9940	12260	14690	17220	20000	23170	27120	31350	35950	40750	45850	51300	57120	63470	
• 72	3840	5820	7850	9980	12300	14740	17270	20050	23250	27200	31450	36050	40850	45960	51400	57250	63600	
• 74	3870	5860	7900	10010	12350	14790	17320	20100	23320	27280	31520	36120	40950	46070	51520	57370	63750	
• 76	3900	5900	7950	10050	12400	14840	17380	20160	23400	27360	31600	36200	41040	46180	51650	57550	63900	
• 78	3950	5950	7980	10100	12440	14890	17430	20220	23470	27460	31670	36300	41140	46290	51750	57620	64020	
• 80	4000	6000	8000	10150	12490	14940	17480	20280	23550	27550	31750	36400	41240	46400	51850	57750	64150	
• 82	4050	6030	8050	10210	12540	14990	17540	20340	23620	27620	31800	36480	41340	46500	51950	57870	64270	
• 84	4100	6070	8100	10280	12590	15040	17600	20400	23700	27700	31950	36560	41440	46600	52050	58000	64400	
• 86	4120	6110	8140	10310	12640	15090	17650	20470	23770	27080	32020	36660	41540	46720	52150	58120	64520	
• 88	4150	6150	8180	10350	12680	15130	17700	20550	23850	27860	32100	36750	41640	46850	52250	58250	64650	
• 90	4170	6180	8210	10390	12730	15180	17750	20600	23920	28000	32170	36850	41740	46950	52370	58270	64770	
• 92	4200	6220	8250	10430	12780	15230	17800	20650	24000	28050	32250	36950	41840	47050	52500	58500	64900	
• 94	4250	6260	8300	10470	12830	15280	17860	20700	24070	28150	32350	37050	41940	47150	52620	58620	65020	
• 96	4300	6300	8350	10500	12880	15330	17920	20760	24150	28250	32450	37150	42050	47250	52750	58750	65150	
• 98	4350	6340	8400	10550	12920	15380	17970	20820	24220	28320	32550	37250	42150	47350	52850	58870	65270	

註：表中之數值均為(公尺)³/秒

BASE HEIGHT IN METERS ABOVE W. H. Z. — 計尺基以度高之巨以度最平那極與



十年來揚子江漢口流量之推算

十三年	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
單位 日期	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒
1	8500	7040	8470	10020	19780	33650	40950	56550	49700	36480	25850	11450
2	8340	7080	8450	10880	19780	32650	42300	56800	49500	36200	24940	11300
3	8250	7250	8250	11750	20000	31850	43870	56800	49000	35800	24260	11200
4	8000	7360	8140	12450	21000	30900	45450	56550	48700	35100	23250	11010
5	7960	7360	8080	12950	22500	30050	46720	56360	48400	34800	22500	10650
6	7960	7550	8000	13300	21940	29140	47900	56000	47900	34800	21940	10340
7	7800	7820	8000	13700	27550	28250	48850	55800	47300	34600	21460	10280
8	7780	8220	8000	14100	29400	27550	50170	55550	46720	34300	20830	10100
9	7700	8540	8080	14840	30400	26800	51080	55450	46300	33900	20160	9980
10	7700	8750	8400	15180	31200	26450	51750	55180	45900	33750	19640	9720
11	7700	9100	9380	16200	31600	26250	52200	54900	45450	33480	18890	9430
12	7700	9760	10150	16450	31150	25850	52750	54400	44950	33350	18300	9240
13	7650	10000	10830	16450	31680	25440	53320	53960	44500	33000	17650	9100
14	7530	12220	11580	16200	32350	25440	53450	53750	44180	32750	17140	8900
15	7280	12950	12160	15730	33650	25850	53650	53450	43350	32350	16600	8720
16	7180	13300	12520	15040	34230	26210	53750	53300	42750	31350	16150	8640
17	7180	13400	12680	13950	34500	26940	53960	53080	42150	30400	15670	8540
18	7180	13400	12730	13100	34800	27960	54770	52950	41340	30100	15280	8400
19	7180	13150	12730	12880	35210	28480	55100	52560	40950	30150	14840	8250
20	7180	12880	12590	13000	35350	28980	55610	52200	40150	30150	14100	8000
21	7180	12520	12380	14290	35450	29480	55800	51850	40050	29950	13540	7820
22	8130	11900	11850	15590	35650	30330	55800	51520	39550	29700	13250	7700
23	7080	11300	11600	16350	35650	31130	55550	51400	39100	29630	13200	7550
24	6950	11500	11120	16750	35450	32180	55450	51200	38750	29200	12830	7550
25	6880	10500	10790	17220	35350	33480	55250	51200	38350	29130	12680	7420
26	6770	10150	10430	17460	35350	34800	55450	51200	37940	29130	12370	7270
27	6770	9760	10280	17800	35210	36200	55610	50850	37650	28980	12160	7180
28	6770	9430	10020	18540	35100	37650	55610	50850	37350	28250	11900	7180
29	6840	9040	9830	19250	34900	38750	56170	50550	37050	27550	11750	7050
30	6890		9620	19640	34500	39850	56500	50170	36750	27050	11600	6950
31	6950		9620		3450		56500	49800		26550		6840
平均值	7420	10110	10220	15040	31230	30280	52300	53430	43100	31640	17160	8510

十四年	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
單位 日期	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒
1	6700	7780	10850	15430	13700	27460	25470	24670	34900	33950	24980	17970
2	6630	8000	10650	15730	14740	26750	25470	24980	34900	33650	24450	17380
3	6580	8140	10510	15730	15830	26000	26250	25200	35100	33750	23770	16750
4	6580	8250	10430	15330	16750	25060	27050	25300	34900	34050	23770	16200
5	6500	8400	10310	15330	17480	24220	26250	25300	34800	34500	23700	15690
6	6470	8400	10150	15830	17860	23700	28150	25060	34800	34500	23550	15180
7	6390	8350	10010	16350	18300	23100	28400	25300	34800	35170	23700	14690
8	6260	8350	19760	16900	18800	22650	29120	25470	35100	35170	23770	14240
9	6390	8350	9580	17380	20160	22550	29620	25300	35450	35170	24000	13750
10	6470	8250	9500	17700	21860	23100	29950	25300	35750	35100	24000	13150
11	6470	8210	9850	17970	24600	23700	30320	25550	35950	35100	23770	12680
12	6580	8140	10390	17860	27460	24220	30650	26250	36400	34800	23470	12160
13	6580	8000	12820	17700	29200	24370	30650	26800	36660	34500	23470	11700
14	6580	8000	11350	17380	30400	24000	30400	27860	36950	33750	23470	11450
15	6500	8000	12030	16900	31350	24000	29850	29120	37050	33200	23320	11010
16	6500	8000	12400	16500	32170	24150	29400	30050	36750	32350	23320	10550
17	6470	8140	12540	16040	33000	24370	28720	30820	36750	31670	23100	10280
18	6630	8250	12400	15540	33650	24670	28250	31600	36950	30820	22800	9850
19	6840	8400	12160	14990	34050	24980	27550	32100	37050	29850	22300	9500
20	7050	8640	12300	14440	34300	25200	26960	32750	36950	28900	22100	9380
21	7180	9040	12730	13850	34050	25470	26300	33400	36750	28400	20750	9150
22	7270	9500	13150	13450	33950	25550	25750	33950	36480	27800	21400	9000
23	7360	9900	13850	13100	33650	26000	25060	34220	36200	27550	21000	8850
24	7360	10310	14240	12830	33200	26250	24600	34300	35950	27280	20760	8600
25	7360	10550	14690	12400	32450	26300	24150	34500	35650	27460	20340	8400
26	7360	10850	14890	12160	31600	26250	23700	34600	35350	27280	20100	8210
27	7360	11010	14890	12160	30820	26000	23470	34600	35100	26960	19840	8100
28	7360	11050	15040	12160	30320	25550	23550	34300	34900	26750	19480	7810
29	7360		15130	12220	29470	25300	24000	33950	34300	26250	19150	7700
30	7360		15040	12730	28900	25300	24300	34220	34300	25750	18610	7550
31	7500		15040		28250		24370	34300		25300		7650
平均值	6840	8810	12220	15140	26880	24870	27360	30740	35780	31200	22470	11420

十五年	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
單位 日期	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒
1	7780	6390	11650	13250	14990	30150	43970	56170	52750	34300	32450	16040
2	7780	6220	11700	12680	14530	31050	45450	56420	52150	34050	31800	15940
3	7780	6300	11900	12220	14100	31670	47350	56550	51850	34300	31450	15690
4	7180	6260	12160	11900	13850	32170	49800	56550	51520	34500	30900	15590
5	7180	6220	12160	11650	13850	32350	51520	56420	51200	34500	30400	15730
6	7780	6110	12440	11200	14100	32350	52620	56550	50750	34300	29850	15880
7	7700	6030	12950	10850	14890	32100	53650	56550	50170	34600	29200	15540
8	7650	6030	13770	10500	15590	31670	54900	56550	49700	34800	28620	15330
9	7500	6110	13900	10390	16200	31600	55800	56750	49150	35170	28000	15590
10	6360	6150	14740	10310	17220	31600	55800	56870	48550	35650	27460	15730
11	7250	6340	15130	10390	18660	31800	56050	56870	47550	36120	27050	15830
12	7140	6700	15540	10390	19840	32170	56170	57120	46950	36400	26450	15940
13	7050	6950	15730	10310	20760	32750	56420	57120	46400	36480	24820	15830
14	6910	7250	15830	10150	21700	33470	56550	57120	45720	36660	23700	15690
15	6840	7500	15540	9980	22300	34220	55800	57120	44950	36660	23320	15430
16	6910	7780	15130	9850	22800	34900	55450	57120	44300	36660	22650	15180
17	7080	7950	14990	9980	23250	35450	55220	57250	43350	36660	22150	14990
18	7140	8400	14740	10390	23250	35650	55100	57550	42950	36660	21570	14740
19	7140	9000	14440	11010	22870	35950	54770	57620	42150	36750	21150	14530
20	7250	9500	14240	12070	22650	36400	54770	58000	41340	36660	20760	14390
21	7250	9760	14100	13300	22650	36950	54770	58250	40350	36480	20280	14140
22	7270	9760	14140	14590	22870	37250	54900	57870	39250	36400	19680	14240
23	7270	9900	14590	13690	23100	37650	55100	57550	38450	36200	19150	14140
24	7250	9900	15130	16500	23320	37940	55220	57120	37850	35950	18660	14140
25	7250	10150	10330	16960	23550	38350	55800	56750	37550	35950	18300	14140
26	7140	10550	15330	17070	23770	38950	56170	56170	36750	35650	17860	14440
27	7140	11010	15130	16900	24220	40050	56550	55800	35750	35170	17480	14530
28	7080	11350	14890	16500	25470	41040	56550	55200	34800	34800	17170	14440
29	7050		14590	16040	26550	42150	56420	53650	35100	34050	16750	14290
30	6840		14100	15540	38000	42950	56550	53450	34800	35400	16450	14100
31	6500		13750		39120		56170	53070		35000		13600
平均值	7240	7730	14190	12620	20810	35090	54250	56430	44140	35580	23850	15030

十六年	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
單位 日期	公尺)3/秒	公尺)2/秒	公尺)3/秒	公尺)3/秒	公尺)3/秒	公尺)3/秒	公尺)3/秒	公尺)3/秒	公尺)3/秒	公尺)3/秒	公尺)3/秒	公尺)3/秒
1	13150	8900	14590	17070	24000	34050	39700	47650	36750	31450	22300	11350
2	12730	8640	14530	17480	23470	33000	39400	47250	36400	31600	21400	11200
3	12370	8500	14290	17970	23100	32100	39400	46720	35650	31600	20650	11050
4	12070	8210	14100	18200	23100	30900	39550	46290	34900	31450	19950	10910
5	11700	8070	13750	18510	22800	29700	40150	45750	34600	31350	19250	10650
6	11300	8000	13540	18920	22300	28900	40650	45250	34500	31350	18460	10280
7	10790	7950	13300	19150	21860	28150	42450	44820	34600	31350	17700	9850
8	10130	7900	13000	19480	21750	27460	43970	44180	34600	31350	17150	9620
9	10010	7810	12680	19640	21700	27200	45150	43650	34500	31150	16750	9720
10	9900	7780	12440	19950	21860	27050	46290	43350	34500	30820	16350	9700
11	9980	7650	12220	20340	22500	26960	47050	43050	34300	29700	16040	9700
12	10100	7650	11750	21150	23470	26800	47550	42750	34050	28970	15730	9560
13	10100	7550	11600	21570	24940	26550	47900	42450	33650	29200	15520	9500
14	10150	7550	11350	22100	26550	26550	48250	42600	33200	29470	15180	9410
15	10010	7420	11200	22550	28100	26450	48250	42600	32920	30280	14840	9410
16	9980	7360	11350	23250	29200	26450	47900	42600	31450	30280	14440	9380
17	11100	7270	11700	23700	30150	26800	47600	42300	31600	30150	14070	9240
18	10280	7360	12070	24000	31050	27820	47600	41840	31800	29950	13700	9000
19	10500	7550	12220	24220	32170	28970	47350	41540	32100	29700	13300	8750
20	10550	8000	12160	24220	33350	30280	47550	40950	32450	29470	13000	8710
21	10500	8900	12370	24000	34300	31600	47900	40450	32750	29200	12680	8710
22	10430	10100	12220	25220	34900	32750	48250	40150	32920	28700	12370	8600
23	10280	11450	12070	26000	35350	33200	48550	39850	33000	28250	12030	8500
24	10280	12590	11900	26050	35350	34500	48650	39450	32920	27700	11750	8350
25	10100	13450	11700	26250	35350	35650	48850	39100	32800	27200	11600	8210
26	9980	13920	12030	26300	35450	36660	49000	38350	32450	26550	11500	8070
27	9760	14390	12590	26300	35450	37850	49150	38350	32100	26000	11600	7970
28	9620	14530	13300	26000	35450	38950	49150	38350	31670	25300	11500	7780
29	9500		14140	25750	35350	39550	49000	38350	31600	2220	11350	7650
30	9280		15180	24820	35170	39700	48550	37650	31350	23700	11350	7550
31	9100		16200		34900		48020	37050		23020		7550
平均值	10520	9160	12820	22370	28850	31090	46090	42090	33400	29050	15130	9220

十七年	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
單位 日期	(公尺) ³ /秒	(公尺) ³ /秒	(公尺) ³ /秒	尺 ³ /秒	(公尺) ³ /秒	(公尺) ³ /秒	(公尺) ³ /秒	(公尺) ³ /秒	(公尺) ³ /秒	(公尺) ³ /秒	(公尺) ³ /秒	(公尺) ³ /秒
1	7550	5300	5470	6900	13540	21950	28000	21500	32750	25000	18300	9500
2	7500	5300	5300	6630	15130	22150	28250	23920	29100	25300	17860	9100
3	7270	5300	5270	6580	16200	22150	28600	26300	31600	25470	17220	8640
4	7180	5300	5220	6700	17150	21950	28970	28250	30550	25300	16900	8350
5	6950	5300	5100	6950	17800	21760	29400	30400	29700	25300	16500	8250
6	6630	5220	5100	7700	18360	21570	29700	32100	28900	25170	16150	8070
7	6390	5050	5200	8070	18510	21950	29850	33470	27820	25060	15730	7950
8	6030	5050	5270	8500	18610	22650	29850	34900	26750	24820	14840	7780
9	6000	4850	5610	8600	18610	23470	29620	36000	25550	24600	14140	7550
10	5900	4820	6340	8750	18360	23770	29200	36660	24370	24370	13920	7270
11	5700	4750	7140	8850	18150	24000	28720	36950	23250	23920	13750	7140
12	5860	4700	7950	8850	17800	23550	28250	37250	22300	23700	13600	6950
13	6030	4700	8640	8640	17070	23250	27700	37650	21750	23320	13400	6750
14	6260	4700	9100	8540	16350	22800	27280	38100	21700	23100	13300	6630
15	6630	4750	9500	8350	15990	22370	27200	38350	21700	22800	13150	6500
16	6900	4820	9620	8250	16040	21950	27200	38350	21860	22370	13100	6470
17	7050	4650	9620	8210	16200	21500	26960	38450	22150	21950	12950	6390
18	6950	4950	9500	8140	16450	21200	26750	38650	22550	21760	12880	6340
19	6900	5100	9240	7950	16600	20730	26250	38650	22980	21500	12830	6220
20	6750	5300	9000	7780	16800	20470	25750	38750	23320	21200	12590	6150
21	6630	5540	8710	7700	16900	20570	25170	38650	23550	20920	12300	6030
22	6410	5700	8540	7810	16960	20920	24600	38500	23550	20650	12070	6030
23	6390	5700	8500	8300	17070	21760	23770	38350	23770	20470	11850	6000
24	6150	5700	8400	8900	16960	23000	23000	38100	23920	20160	11650	5900
25	6030	5650	8350	9240	16960	24220	22300	37650	23470	19950	11300	5800
26	5900	5650	8250	9410	16960	25060	21570	36950	23770	19680	11050	5800
27	5700	5650	8210	9760	17300	25850	20920	36200	24000	19640	10650	5760
28	5650	5610	8000	9800	18030	26450	20340	35650	24370	19250	10310	5700
29	5470	5540	7810	10910	18980	27050	20160	34900	24600	18800	10100	5650
30	5420		7500	12160	20160	27550	20000	34220	24670	18660	9850	5600
31	5300		7180		21400		20280	33470		18610		5470
平均值	6380	5180	7550	8430	17340	22950	25990	34940	25110	22380	13480	6830

十八年	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
單位 日期	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒
1	5420	4200	5270	5050	6840	24220	33650	41240	34050	34600	19600	11700
2	5270	4200	5300	5540	7140	23550	33650	41240	33200	34300	20160	11200
3	5220	4250	5540	5860	7780	23020	33750	41540	32170	33750	19840	10390
4	5200	4250	5760	5860	8350	22500	33950	42350	31350	33400	19680	10150
5	5200	4250	6030	5760	8750	21750	34300	42750	30550	32750	19480	10150
6	5100	4350	6220	5700	9100	21150	35100	43350	29700	32350	19300	10100
7	5100	4400	6340	5650	9380	20600	36200	43870	29200	31950	19150	9850
8	5050	4400	6260	5610	10100	19780	36750	44180	28700	31950	18980	9620
9	4980	4350	6150	5610	10500	18980	37250	44180	28470	31950	18660	9580
10	4950	4250	5860	5650	10850	18200	37850	44180	28250	31950	18460	9410
11	4850	4350	5610	5700	11150	17860	38170	43970	28000	31670	17860	9240
12	4820	4050	5420	5760	11850	17860	38950	43970	27860	31670	17650	9040
13	4750	3950	5200	5860	13100	18150	39850	44180	27700	31670	17320	8850
14	4600	4050	4980	5760	14360	18800	40150	44300	28050	31450	16960	8640
15	4500	4100	4820	5760	15330	19840	40050	44300	28400	30820	16600	8350
16	4350	4150	4700	5760	15730	21150	39850	44500	28470	30320	16200	8140
17	4200	4250	4590	5860	16040	22500	39700	44600	28620	29620	15830	8100
18	4150	4400	4500	6110	16750	23700	39550	44600	29200	28970	15430	8000
19	4150	4590	4350	6470	17700	25200	39150	44300	29850	28400	15040	7950
20	4100	4750	4350	6700	18610	26450	38100	44180	30550	27550	14690	7900
21	4100	4950	4250	6700	19780	27280	38170	43550	31050	26800	14240	7810
22	4100	5100	4200	6700	20760	29050	38170	43050	31800	26050	13750	7810
23	4050	5220	4200	6700	21570	30320	38100	42450	32350	25300	13450	7950
24	4050	5200	4100	6700	22300	31600	38170	41940	33400	24820	13300	7950
25	4050	5200	3900	6700	23020	32450	38750	41240	33950	24150	13250	7950
26	4050	5100	3740	6750	23700	33400	39700	40450	34300	23320	13150	7950
27	4100	5200	3700	6750	24370	33750	40350	39250	34600	22650	13000	7950
28	4150	5220	3600	6750	24890	33750	40650	38350	34900	22450	12730	8000
29	4150		3700	6750	24980	33650	39850	37550	34900	21750	12400	8210
30	4200		3840	6750	24980	33750	39850	36660	34600	21400	12030	8400
31	4200		4200		24670		39850	35350		20940		8540
平均值	4720	4530	4860	6030	15950	24810	38000	42316	30940	28730	16270	8880

十九年	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
單位 日期	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒
1	8600	7780	9380	13250	32450	27700	48850	25470	34220	39150	26960	15280
2	8600	8000	9280	13400	34800	28760	49050	25550	37050	39450	27460	15330
3	8500	8140	9150	14000	35450	28400	48850	26250	37850	39550	28000	15180
4	8350	8140	9100	14690	36120	28400	48550	27050	38100	39550	28000	15430
5	8100	8100	9240	15330	36200	28250	48250	28700	38170	39250	28150	15540
6	7950	8140	9500	15830	36480	28900	47900	30400	38650	38750	28150	15390
7	7810	8210	10010	16040	36660	29700	47350	31950	38950	38450	28150	15690
8	7780	8350	10500	16300	36750	29850	46950	32920	39450	38100	27860	15690
9	7650	8500	10910	16750	37050	29950	46290	33400	39700	37850	27280	15540
10	7650	8640	11200	17320	37250	30550	45450	33400	39250	37250	26550	15430
11	7700	9000	11450	18030	36660	30900	44600	33470	39150	36660	25750	15330
12	7780	9410	11700	18920	36400	31150	43970	33470	39700	34220	25300	15130
13	7780	10010	12070	20000	36400	31450	43550	33000	40350	35350	24670	14740
14	7700	10550	12590	20820	36400	31350	43250	32750	40950	34800	24000	14530
15	7650	10910	12950	21950	36200	31350	42450	32650	41340	35750	23320	14290
16	7500	11150	13300	23100	35750	31800	41940	32170	41940	33200	22550	14000
17	7360	11200	13950	24000	34800	32650	41840	31950	42450	32650	22150	13700
18	7180	11300	14440	24600	34220	33650	41540	31670	42750	31670	21750	13450
19	7050	11200	14840	24600	33400	34800	40950	31670	42750	31050	21400	13150
20	6840	11200	14990	24220	32750	36480	39700	31670	42450	30400	20940	12680
21	6700	11010	14990	23550	32170	38170	38750	31800	42450	29700	20470	12220
22	6580	10790	14840	22870	31600	40150	37650	32350	41840	29200	20000	11900
23	6500	10500	14690	22500	30900	41640	36480	33470	42650	28900	19480	11750
24	6470	10280	14530	22800	30320	42650	35350	33650	41240	28400	18800	11650
25	6260	9980	14290	22500	29620	43550	34050	33650	41240	28150	18300	11500
26	6260	9720	14000	23100	29120	44950	32920	33000	40950	27860	17650	11300
27	6390	9500	13750	24220	28700	46290	31670	32450	40450	27550	16960	11010
28	6500	9380	13540	25550	28400	47250	30320	32450	49950	27200	16600	10700
29	6750		13600	28150	28250	47900	38900	32920	39700	26800	16200	10390
30	7140		13450	30820	28150	48550	27460	33750	30550	26800	15830	10010
31	7420		13300		28000		26450	34300		27050		9850
平均值	7370	9610	12420	20640	33480	35210	41980	31700	40170	33180	22960	13810

二十年	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
單 日期	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒	(公尺) 3/秒
1	9500	7360	9760	11150	25750	39450	41340	59500	64270	52370	35750	16350
2	9380	7550	9620	10910	26450	39550	41540	59750	63600	52050	35100	16150
3	9150	7650	9620	10790	27220	40150	41340	60000	63100	51750	34220	15880
4	9040	7650	9980	10650	28620	40450	41640	60370	62850	51400	33350	15730
5	8750	7360	10550	10500	29850	40650	41640	60120	62720	51400	32170	15830
6	8500	7250	11350	10310	30650	40450	42000	60370	62470	50850	31350	15830
7	8210	7180	12590	10100	31850	40450	42600	60680	62350	50750	30650	15730
8	8070	7080	13850	9850	32650	40450	42950	61120	62470	50170	29700	15430
9	7950	7050	14090	9760	32920	40950	44500	61300	62470	49400	28970	15130
10	7810	6840	15690	10100	33000	41240	45600	61550	62470	48850	28250	14890
11	7780	6700	16150	10500	32920	41640	47050	61550	62050	48350	27550	14740
12	7700	6580	16350	11300	33650	41940	48550	61550	61670	48020	26800	13920
13	7550	6470	16500	12300	34050	42150	49700	62470	61550	47650	26050	13850
14	7500	6470	16450	13150	34600	42300	50750	63470	61300	47350	25300	13700
15	7500	6470	16350	13850	34800	42300	51750	64520	60310	47050	24450	13600
16	7500	6500	16040	14140	34900	41900	52520	65400	59870	46720	23920	13540
17	7360	6630	15590	14590	34900	41840	52950	66450	59370	46070	23470	13450
18	7270	6750	15130	15430	34800	41540	53260	66820	58750	45600	22650	13400
19	7180	7080	14690	16150	35170	40750	53450	67200	58250	44600	22100	13100
20	7080	7420	14290	16800	35650	40450	53650	66630	57750	44180	21570	12880
21	6950	7950	13850	17540	36090	40350	54000	66840	57120	43650	20730	12680
22	6750	8400	13450	17970	36200	40450	54770	66820	56550	43250	20280	12370
23	6700	8850	13150	18510	36660	40750	55800	66570	56050	42750	19780	12160
24	6400	9150	13150	19780	37050	41040	56750	66570	55450	42300	19300	11850
25	6400	9560	13000	21000	37250	41340	57250	66050	55100	41240	18660	11600
26	6340	9760	12730	22100	37650	41340	58000	66050	54520	40150	17970	11300
27	6470	9900	12370	23020	37940	41540	59000	66050	54150	39700	17380	11150
28	6630	9900	12070	23770	38100	41640	59870	65550	53750	38950	17070	10790
29	6750		11750	24450	38350	41640	60120	65400	52950	38170	16900	10550
30	6950		11500	24940	38450	41540	59750	65020	52750	37550	16660	10310
31	7180		11350		38950		59370	64650		36660		10280
平均值	7560	7680	13350	15156	33970	40410	50760	64720	59270	47370	28270	13490

廿一年	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
單位 日期	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒
1	10280	7810	12680	12950	14890	36080	46400	40950	38100	43870	49950	13950
2	10280	7810	12730	12540	15830	36200	46600	40750	48450	43870	49400	13450
3	10280	7810	12730	12220	16350	36200	46600	40450	38900	43550	28470	13510
4	10150	7810	11800	12030	16960	35750	46600	40350	39550	43250	27550	12730
5	10100	7810	12300	12030	17220	35170	46600	40350	40150	42950	26750	12370
6	10100	7900	11900	11850	17700	34600	46400	40150	40650	42450	25850	12160
7	9720	8070	11500	11700	18200	34050	46600	39850	41040	42150	24600	11900
8	9760	8400	11050	11600	18360	33650	46950	39700	41240	41640	24000	11750
9	9620	8640	10790	11350	19250	33200	46950	39450	41240	41040	23320	11650
10	9560	9100	10430	11150	20730	32750	47050	39100	41240	40750	22800	11450
11	9560	9760	10150	11010	21860	32750	47550	39100	41340	40350	22370	11150
12	9380	10390	9900	10910	22200	32170	48250	38950	41240	40050	21950	11010
13	9150	11050	9760	11350	23320	32100	48850	38750	41240	39700	21860	10830
14	9040	11650	9980	11850	23700	31800	49400	38450	41040	39250	21860	10700
15	8900	12070	10550	12160	24370	31670	49050	37940	41040	38650	21200	10550
16	8710	12370	11300	12540	25470	31670	49650	37550	41040	38170	21150	10430
17	8540	12590	11850	12730	26800	31950	49500	37050	41540	37550	21150	10310
18	8350	12880	12300	12830	28250	32100	49150	36660	41540	36480	20820	10100
19	8140	13150	12590	12880	29470	32450	48650	36200	41840	36400	20340	9760
20	7950	13250	12950	12830	30400	32920	48250	35950	42300	35950	20000	9500
21	7810	13150	13100	12680	31350	33750	47650	35700	42450	35650	19480	9240
22	7700	12950	13300	12370	32170	34500	47250	35700	42650	35170	18890	9000
23	7650	12590	13300	12070	33000	35170	46600	35700	42650	34800	18300	8750
24	7650	12070	13300	11700	33650	36200	45960	35700	42950	34220	17700	8640
25	7650	12070	13400	11500	34050	37850	45250	36200	43350	33650	16960	8600
26	7650	12070	13400	11450	34300	37900	44600	36200	43550	33470	15900	8500
27	7650	12160	13400	11450	34300	41640	43970	36660	43650	33200	15430	8400
28	7650	12370	13450	11750	33470	43350	43250	37250	43870	32750	14990	8400
29	7700	12440	13540	12300	34500	44700	42450	37650	43970	32170	14690	8540
30	7700		13540	13450	35350	45750	41640	37850	43970	31600	14290	8600
31	7780		13400		35650		41240	37850		30900		8640
平均值	8760	10770	12140	12040	25930	35340	46620	38070	40160	37990	31400	10460

廿二年	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
單位 日期	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒	公尺 3/秒
1	8600	7270	10500	7780	18150	38170	3750	45750	28250	20280	29120	14890
2	8540	7180	10390	7550	19480	39450	3320	45250	28000	20650	28250	14690
3	8500	7050	10280	7500	18980	39850	32750	44950	27460	21360	27200	14140
4	8500	6950	9980	7360	18890	40050	32750	44300	27200	21570	26450	14140
5	8400	6900	9560	7270	18610	40150	31400	43870	26750	22300	25550	13750
6	8350	6840	9410	7270	18610	40350	30550	43550	26300	23320	25600	13300
7	8350	6700	9150	7250	19250	40450	30050	43050	25850	24670	23920	12330
8	8400	6500	9100	7140	20000	41040	30050	42650	25300	26750	23320	12590
9	8400	6500	9040	7180	20730	41540	30050	41640	24600	28250	22800	12300
10	8400	6500	9040	7270	21360	41940	30750	40950	23920	29850	22300	12080
11	8250	6630	9280	7950	21570	42650	31200	40350	23250	31050	22100	11700
12	8070	6950	9720	8750	21570	43350	31750	39550	22370	32650	21860	11600
13	7950	7420	10310	9500	21400	43650	32150	38750	21750	34220	21570	11500
14	7950	7810	11010	10150	21000	44180	32750	38100	21360	35350	21150	11450
15	7950	8140	11500	10850	20650	44600	32950	37250	20940	36080	20470	11500
16	7900	8350	11750	11850	20470	44950	33070	36480	20940	36660	19950	11650
17	7900	8650	12030	12950	20570	45750	33070	35950	21200	37050	19640	11750
18	7900	9100	11900	14140	21150	46720	32950	35170	21360	37250	19250	12030
19	7900	9720	11630	15520	21860	47900	32950	34600	21360	37250	18800	12070
20	7900	10280	11300	16960	23320	49700	32600	33750	21500	37050	18460	12030
21	7810	10700	10880	18030	23470	51070	32150	33350	21570	36900	18150	11900
22	7810	10910	10100	18660	28400	52150	31750	32750	21570	36160	17800	11750
23	7780	11050	9720	19150	30900	53070	31070	32250	21570	35170	17480	11650
24	7780	11050	9100	19420	32170	54150	30550	31800	21500	34800	17220	11350
25	7700	11050	8640	19680	32750	54900	30050	31350	21200	34300	16900	11200
26	7700	10910	8350	20000	33000	54900	29150	30900	20940	33650	16600	10910
27	7650	10790	8140	20280	33350	54900	28650	30550	20570	32750	16200	10430
28	7650	10650	8000	20160	34050	54900	28020	30150	20160	31950	15830	10150
29	7550		8000	20100	35350	54520	27350	29620	20000	31350	15430	9760
30	7500		8000	20000	36480	54150	26720	28900	20000	30400	15130	9410
31	7420		7950		37250		26070	28250		29700		9240
平均值	7890	8320	9800	12920	24740	46170	30810	36970	22960	35830	20820	11920

(三) 推算結果

茲將推算結果計算列表如下：——

年數	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年平均值
十三年	7420	10110	16220	15040	31230	30280	5230	53430	43100	31600	17160	8510	25870
十四年	6840	8810	12220	15140	26880	24870	27360	30740	35780	31200	22470	11420	21140
十五年	7240	7750	14190	12620	20810	35090	54250	56430	44140	35580	23850	15030	27250
十六年	10520	9160	12820	22370	28850	31090	46090	42090	33400	29050	15130	9220	24150
十七年	6380	5180	7550	8430	17340	22950	25990	34940	25110	22380	13480	6830	16420
十八年	4720	4530	4860	6030	17950	24810	38000	42310	30940	28730	16270	8800	18330
十九年	7370	9610	12420	20640	33480	35210	41980	31700	40170	33180	22960	13810	25170
二十年	7560	7680	13350	15150	33970	40410	50760	64720	59270	47370	28270	13490	31830
廿一年	8760	10770	12140	12040	25930	35340	46620	38070	40160	37990	21400	10460	24970
廿二年	7890	8520	9800	12920	21740	46170	50810	36970	22960	35830	22820	11920	24110
月平均值	7470	8210	10960	14060	25920	32620	43420	43140	37600	33290	20180	10950	24000

根據上表之結果，求得常年之平均流量為每秒 24000 立方公尺，月平均值則以七八兩月為最大，約為 43000 秒立方公尺，幾為總平均值之二倍。若查前每年之流量表，大多數每年五月中旬及十一月上旬末之流量，即可代表當年之平均流量，蓋揚子江漢口常年水位曲線在此二時期均為順次上漲與下落，但間亦有例外。

上述所得每秒 24000 立方公尺平均流量，臆度當不致太少，因在此十年來含有六十年所一見之洪水年（民國二十年）。此亦不過大概之數值，其精確數量，當有待於長時間之實測也。

本推算參考材料：

1. 漢口江漢關水位記錄（民國十三年至二十二年）
2. 揚子江水道整理委員會第十、十一兩期年報合編（1931——1932）
3. 揚子江防汛專刊
4. 揚子江漢口測站歷年最大最小流量推算表
（全國經濟委員會江漢工程局民國二十二年度業務報告）
5. 國府水災救濟委員會工程報告（二十二年度）
6. 鄭肇經著：河工學
7. Hoyt and Grover: River Discharge
8. Stroebe: The Yangtze (Central China Post, July 14th. 1933)
9. 宋希尚：揚子江之概要與其性質（中國建設：第一卷第四期）
10. 鄭子政：揚子江流域之雨量與雨災（科學：第八卷第十期）

中國運輸之經濟觀

(Economics of Transportation for China)

樂 樂 譯 (原著者：華特爾博士)

中國運輸約分爲四大類，依其重要性之次序可表列如下：

- 甲·水運(Water)
- 乙·鐵路(Railway)
- 丙·公路(Highway)
- 丁·空運(Aerial)

水道運輸較諸鐵路及公路尤爲重要，蓋其爲交通之天然方法，以其修養之費殊低，且輪船在同一單位燃料之消耗下，較火車所載之貨物爲多，自爲水道運輸在經濟上之優點也。但中國北部河湖港灣，入冬皆結冰，於是藉舟楫以運輸者悉爲之阻，而嚴寒地帶，勢必有賴諸鐵路及公路相輔而行，互補短長，慎勿謂冰炭之不相容也。後者以載笨重之貨而可稍緩時日者爲宜，而前者則以載輕便之貨而須迅速傳達者爲宜，旅客暨快遞郵件等，此其大者也。

河流結冰地帶，多量貨物如穀粟之類，須以水運爲宜者，各主要商埠宜設法破冰，以延長結冰期之降臨。

在常期陷於紛忙狀態中之美國人民，對於水道運輸每多漠視；但觀去政府倡造巨大水渠之規劃，可知其對水道運輸上之經濟價值亦漸始覺醒矣。

在中國則不然，水運恆爲行旅及載貨之要法。故昔日耗費於隄防及疏濬者，亦至巨矣。

篇首余曾謂鐵路不可被視爲水道之敵，惟水道與鐵路相交處而未有隧道之設，則無相助之利。美之水運業者曾爲主要水道上架橋橫交(Crossing)事，起而作劇烈之反抗。鐵道團體亦持其所有理由作頑強之爭執。事爲美國工程師學會所評判，該會顯有袒護水運之傾向或以水道修養爲其正常義務之一也。凡橋樑之建造者或鐵道公司或需用公路橋樑之公民必須繳納重稅甚至有超建築費而上之——往往建築工事因之中輟。類此難解難分之橫交問題發生時，多以此爲解決之妙法。頗可沿用。橋樑不得妨害舟

楫航行而梗塞水道之暢流，或因橋樑之建築，使夾岸及航路生沖洗及遷移之現象，致影響水道之整理皆所不許，惟水運業者亦不得作分外無理之奇求，非僅公理難全，亦將危及國家之前途。

凡此橫交問題，他日必須發生於中國，今以雙方未來之利害關係，請申論之。水運業者鑒於隧道式之橫交與航運全無障礙，乃主此項辦法，但隧道之穿鑿所費較架橋工程為鉅。且其修養亦至不易，故鐵道當局亦嚴拒之，公路主持者拒之尤甚，使用者又不能操之自如，倘非地勢之限制，誰欲捨平坦之道路而行地中哉。

設水運業者無建隧道之要求則必力爭一長跨度(Span)之高水位(High level)橋樑，該建築之使用者及所有者皆得起而反對之。一則以初築費(Initial cost)鉅，一則以耗財於高峻之攀援。

鐵道及公路之團體則求一短跨度之低水位(Low level)橋樑，彼等以為此種意見或可見納於當局矣。水運業者則根據前所述者——許有充分之理由，謂此種低水位之橋樑可損及一完整之河槽與夫船隻之不經意之衝擊，橋身致雙方皆受重創，凡此種種，皆足為航運者之恫懾。此誠極有意義之警告，然終非強使鐵道及公路高援一非常高度之充分理由。最公正之判決，當為一低水位橋樑其固定跨度之垂直淨空(Vertical Clearance)，足容帆船通行，且設有移動跨度(Movable span)供船隻之有桅檣者通行。跨度須有可被免阻碍水流及沖洗河岸之寬度。

北美洲之初設汽車道也，與之平行之鐵道所有者曾經一度爭訟。為自衛計，鐵道所有者可要求汽車道有其自身之路線。然目前此種車道為鐵道之良好供應者(Feeder)為不可諱言之事實；惟須相互交叉，焉可並道而馳？依中國現狀言之，以興築巨長鐵道為幹線及數支線，兩旁佐以公路之供應，載運遠方之貨物。造鐵道之於中國所費殊鉅，碎石公路(Macadamized highway)較之低廉甚多，故後者當代鐵道支線之使命而為其供應者。如是則洵屬經濟矣。

至於鐵道管理之經濟方面須待討論者尚多，今限於篇幅，僅將其主要數點略述如下：

(甲)取小件包裹及行李等代以大量之輸運實為經濟，管理鐵道者當夙悉之，大量貨物之運費平均較少量者小，因以獲其利焉。

(乙)須覓回頭貨(Return freight)免使車輛空空而返也，表面觀之，頗似為不經濟者，其實則否。

(丙) 列車在可能範圍內須集合於某預定之車站，免使羈延時刻及增加耗費於轉轍(Switching)也。煤或其他礦產物應另備列專載之。

(丁) 高速率(High Speed) 列車雖有耗煤，磨損車輪諸弊，然可節省時間，亦合經濟之道。每種列車有其最經濟之速率固不待言，其駕御者須善自運用之，經濟速率依燃料之品質而定。故所用之燃料宜經一番試驗而後可。

(戊) 不堅固之橋梁，不完整之軌道及一切足使列車緩行之設備皆不經濟，蓋此種設備恆將行駛之時間加增也。駕車之所耗與其平均速率(包括停車時間)成反比，故凡呈促短其靜止時間，或阻止其緩行之趨向者，皆足導入經濟之一途。

(己) 修理完善之軌道，可導入經濟之途，不僅速率為之增大，且車輪亦致不易於磨損也。

(庚) 加意保護機車及車廂，亦可導入經濟之途，因一旦破損則誤時刻，難免不耗費金錢矣。

(辛) 善良之團體精神(ESPRIT DE CORPS)及鐵道路員之忠誠態度亦可導入經濟之途。緣彼等可為效力之增長，出口之加多及耗費之減削等而傾心向上也。

(壬) 路員怠惰因而時間浪費皆非經濟。無論何時彼等稍形疎懈則當提出責察之。

依中國目前公路之興築，管理及修養等之經濟方面言之，當推碎石舖面者較為經濟，混凝土路及地瀝青路之善美早為世人所稱道，然今為其財力所限，不克興造，誠憾事也。中國人工甚賤，合度工事(Grading)需費無多。除坡度之大於許可範圍者外宜力避截擊(Cut)，其路床須以重輾壓機輾平，填積(Em-bankment)土層之厚至少須為六英吋，碎石面之厚不得少過十二英吋(以十二英吋者為佳)其構造法可參照拙著『橋梁工程學』(Bridge Engineering)1837頁所載之第一類條規。面寬二十呎，使兩車相逢時安然通過，旁設有餘地(Shoulder)，除水一事為建築鐵道及公路時極須考慮者，此點關係重大，當有專篇論述之，未便喋喋於此也。

(一) 中國碎石路上之任何車輛，其最大荷重(包括其本身重量)可規定為五噸，數面完美之道路上除乘人之人力車外，輪盤窄狹之車輛概禁通行。夫貨車所負之重誠以愈大為愈經濟，然非有堅實之路面不足以承其重，倘荷重過大致路面為之破裂或路床(Road-bed)為之震動，其損失實未能與大量貨車所得之經濟相償也。

再者，車輛輪縫之寬窄亦值得為吾人注意者，若輪縫之闊度(Width)足載無損於路面之重量，則勿庸考慮矣。

茲將各種公路上運用之原動力依其經濟之程度列表於下：

- A. 機械力(Mechanical power)
- B. 獸力(Animal power)
- C. 人力(Man power)

舊式大道上之運輸方法亦基於經濟之觀點表列如下：

- A. 馬曳(Horse-drawn)
- B. 駱駝負(Camels)
- C. 馱貨之馬(Pack horses)
- D. 人力車(Jinrikishas)
- E. 人曳雙輪貨車(Man-pulled carts)
- F. 單輪土車(Wheel barrows)
- G. 肩輿與單桅帆船(Sedan-chairs and dandies)
- H. 二人或二人以上之合槓貨物(Freight-poles for two or more men)
- I. 人背負重(Back loads for men)

水道之運輸方法亦依其經濟之次序列表如下：

- A. 大輪船(Large steamers)
- B. 小輪船(Small steamers)
- C. 小汽船(Motor launches)
- D. 沙船(Sailing junks)
- E. 民船(Small boats operated by rowing, poling, or dragging)

上表中 C 項確否待考，蓋小汽船須有特殊條件始得自由航行也。沙船及民船自屬經濟然在深水中小汽船必較勝前者一籌也。

對於構造及使用經濟諸端亦未可忽視，竟有對建造者及使用者適合為最經濟之結構，對懷疑於社會國家未必有利可獲。此點余將於『中國勞工之經濟』(Economics of labor for China) 一書中論之。

新成之公路可使馬車、人力車等通過，緩行之車且其車輪甚狹者勿使之通行，可於大道旁另設專道，為此種車輛之用。

空運將為近十年中之最重要建設之一，亦為不可諱言之事實。待至全國鐵道及公路完成後，飛機運輸之重要，始稍遜於今日。就現時而論，須備多架飛機飛航各大埠間，傳遞快郵及轉載航空警察，洵為不容或緩之建設也。凡此種種，既可以彈壓一切反動行為，且可維持國中之長期和平及秩序也。

中國工程教育之實施

卻逸周講演

胡慎思筆記

諸位同學：今天承土木工程學會盛意，邀我講演，而所講的題目也是預先指定了的。開始我本來是不願意來講，因為我是每天同諸位同學見面的，我許多意見或許在平時已經談過許多，也用不着我在此地演講。再者這個所指定的題目範圍太大，國內的意見也很多，一時也不容易將這許多意見集中，而我個人也沒有多的新的貢獻。但是我對於這個全國都在重視的問題頗感覺興趣，所以不肯放掉這個研究的機會，結果還是來講了。

工程教育在中國新的認識之下，已有三四十年的歷史，這三四十年來的工程教育，雖然在鐵路，水利，電工，機工，化工，採冶等等方面，都有優秀人材成就，國內的工程專家，亦復一天多一天；不能說不是幾十年來的工程教育的真實成績。但是從整個中國的工業的觀點上看來，則不免令人失望。別的不說，單就一般工業所需的重要物品，如鋼鐵，硫酸等，一直到現在，還是仰給于外人。我國自鴉片戰爭以後，受外人的經濟剝削，一天比一天的利害，本國人民一般物質上的需要，供不能應求；遂致每年入超，一年一年的增加，竟達六七萬萬之多，因之經濟破產。我們推究這種現象的根本原因，就是工業落後，由此我們就不能不聯想到工程教育的本身了。

自九一八事變以後，種種抗日的經過，無論經濟方面，或是爭鬥方面，事實上逼着我們承認：工業不發達乃為一切失敗的原因。理工教育遂一躍而入國人視線的水平，全國上下，都主張提倡理工教育，甚至有極端的提議，要停辦文法學院，俾理工教育更加擴進。但是，算起舊賬來，所經過種種失敗，以及目前物質上的缺陷，也都要歸罪到以往辦理工程教育的不良。議論龐雜，主張偏廢，並且「生產教育」，「職業教育」，「停辦教育，專開工廠，以應急需」，「航空救國」，「馬達救國」等等，都變為轟動一時的名詞。而辦工程教育的人，也似乎失了重心，有的以為仍須抄襲外人的制度，才会有美滿結果；有的認定從前整個抄襲外人制度就是失敗的主因，必須另外創立一種合乎我國需要制度，方能收效；有的以為不要唱高調，只要研究關於我們

切身需要的學科，就是够把基礎立好；以上種種的議論，各有各的見地，但是今天晚上，我既沒有時間在這些結論裏爬梳一個結論，同時亦不願意批評他們的得失。況且以往工程教育的失敗，假定是失敗的話，亦不是那獨單一樁事可以負全責的。比喻理工教育的設備需要大宗款項，是人人知道的，但現實上除了一二個學校因為特種關係，經費比較充裕，成績也就比較顯著以外，政府又何嘗顧到事實的需要呢？就是整個的教育經費，又佔到國家的預算多少？所以今天晚上我主張不談以往的得失，但把我個人的意見，分成兩方面與大家商榷一下：工程教育，應該如何實施？再，學工的人，應該具有什麼態度？

在未討論這兩點以前，我們似乎應該把工程教育在我國歷史上的地位，拿來檢查一下：長城與運河，中外都視為偉大的工程而值得永久羨慕的。其他如橋梁，交通，建築等等，也有不少成績。拿建築來說，秦始皇造阿房宮專為搬運蜀荆的木材，就有運夫七十萬之多；隋煬帝營造宮室，曾用二千運夫拖運一根柱頭，而所用的方法，在現在中國還是可以見到的，就是把木頭放置在木輪鐵軸的大車上，要避免輪軸折斷而損失時間，另外用人拖着空車跟隨，以備調換。建築規模的偉大，看這兩個例子，也就可想而知。漢朝對於地方交通事業極其重視，往往以地方建設的優劣，就可鑑識地方官吏的賢與不肖。舉個例子看，當薛惠做彭城令的時候，他的父親薛宜去看他，薛宜初到彭城，看見橋梁與郵站都沒有修葺，如是他認定他的兒子的無能，氣得沒有與他的兒子見面，就回去了。這可見交通事業在我國的重要不自今日始。就是工程知識，在古代已確有基礎，譬如河北真定府（即趙縣）的安濟橋，一名大石橋，在城南五里洹河上，製造奇特，乃是隋代匠人李春所遺的古跡，經過一千三百餘年，仍是堅固完好。再山東益都縣青陽橋，乃是一千五百年以上的晉代古物，至今仍可供用。其他尚有同樣的例子，不勝枚舉。由此我們可見古代的工程學識，確是可觀。不過這些學理，並不為當時或後代所注重。試看府縣誌書，關於城池，橋梁建築等等，都有記載年代可考，但從是來沒有注意到建築的方法和計劃的原理，這種記載的性質，便失去了學術的意義。究其原因，就是把這些工程事業完全只認為「匠的動作」，換句話講，只認承他是技藝，只是一種匠心訓練，不承認他是學問。說到這裏，有一個最好的故事，可以表現這一點：晉武帝的時候，有個大將，名叫杜預，他有個綽號，叫做「杜武庫」，言其事事精通。當時在孟津的地方，水勢險惡，渡船常常出事，杜預就請建橋于平津，當時大家都攔阻，以為前人沒有做過的事，是不可能的，但他却力爭，嗣後果

然成功，大家都去慶祝，晉武帝從百僚臨會舉觴屬預說：『非君此橋不立』，杜預乃回答道：『非陛下之明，臣亦不敢施其微巧』。他說這句話，雖是謙虛，但工程的知識，認為小技，的確是歷來的態度。因為工程在學術上沒有地位的緣故，就只能憑藉藝徒的制度而遞傳，而藝徒學得點技藝，就是生活的保障，就不得不保守秘密，作為個人與別人競爭的法寶。在這種情況之下，怎能談到工程學術的發揚光大，至多只能收點『熟能生巧』的進步，而且就是偶然有點新發明，亦是漸失真傳，一天退化一天。工程所以歷來不被重視，還有一個重大的原因，就是工程在每一個發達的時期上，朝代就有了興替的變故。後人不分析事實就認大興土木為不詳之事，遇了建設計劃，照例的，好官必須出來諫議方得留個清名。本來在專制淫威之下，不獨國家建設所需的材料，都要責之人民無代價的供給，沿途運輸，亦是不用給錢的，人民除了正當的徭役，還有督責官吏的敲詐，所以在那種情勢之下。國家有建設，人民就離亡，想來這樣屈死于秦始皇的阿房宮，和埋在隋煬帝的離宮與西苑裏的，真不知有多少萬萬。然而這是制度的罪惡，不是工程的罪惡，這樣遷怒到『工程』身上，可謂倒果為因，再看今日的歐美，都以國家的建設工程為補救失業的一種辦法，更證『工程』不應被鄙視！

我們結論以上所說的，『工程』在我國歷史上，只視為『匠的技能』，沒有當作學術的研討，因為是一種技能訓練，所以沒有生氣，降成一種呆板的『動作』，就一班的說，是沒有進步，而日益進化的，現代的工程教育，可說毫無基礎。

所以中國工程教育在新的學術的認識之下，完全是由平地上建造起來的，在這三四十年的過程中，只能做模仿的功夫，對於學術的貢獻，的確無可自豪。我們對於學術事業，期望固然不應太奢，但是目標則不可不遠，計劃則不可不完整。我個人對於實施方面意見，有下列四點：

(一)中國工程教育的實施，必須脫去舊的束縛，而為有生氣的學術的灌輸。歐洲在十五世紀以前，學術上的進步非常的慢，其所以遲慢的原因，就是一種崇拜經傳的心理及當日教皇的愚民政策所致。前人所說的話，後人都認為天經地義，不敢絲毫抗議，否則就等于大逆不道，所以意大利雖然在第九世紀就有了薩爾諾醫科大學，但經過了三四百年，到了十四世紀，還是個陳腐學術團體。洛傑培根因著作科學論文，傾向于擺脫束縛而自由發展思想，遂被教皇禁錮十餘年；實為殉身科學第一人。歐洲的這種故步自封的態度，值至路德的努力(十五至十六世紀)，才漸擺脫。路德原是德國教

士，雖然在魏登堡大學當過物理教授，但不是以科學而得名，却是以他提倡自由思想，及反對教皇束縛而影響學術自由發展的一個功臣。在那個時候，從事於真理的認識的一般傾向，很是明顯都在奮鬥。例如：Agricola(礦物學的鼻祖)，對於化學，冶金，地質，都有豐富的著作。而我們今日的崇拜他，決不是他的著作，乃是他能在那變質化學盛行環境之下，竟能鑑別礦物化合的原理，而創設現在礦物學的基礎。歐洲的科學自從脫去舊的束縛以後，就能勇往邁進，應用與純粹兩方面都能發達得很快。所以中國工程教育實施，第一要有生氣，不要俯拾舊說，引經據典的盲目順從，不要忘自卑薄，專以崇拜有勢力的意見為萬能，凡是沒有證實的學說，總要提出問題來研究，而使其改進。我們的工程教育，固然要腳踏實地的，不唱高調的去幹，但不是那整個抄襲別人的陳套之謂，我們必須顧到我們的環境，我們的需要，換句話說，從制度到分系，從課室到設備，從選課本到研究，我們必須時時刻刻防避舊勢力的束縛，而變成呆板的工程教育。所以我認為中國實施工程教育的第一要點，就是『將死的知識，變成有生氣的學問』，那樣，纔能有真正有敏快的進步。

(二)捐除個人成見，承認事實。這個條件，無論什麼學問，都應保持，尤其是在應用科學，更為特別重要。我們都知道在化學的發展歷史上，有一個時期，盛行一種燃素學說(Phlogistic Theory)。據燃素學說的解釋，凡是可燃的物質，都含有燃素(Phlogiston)。雖然一般的可燃物質，燃燒以後，都是失去重量及體積，獨鉛經燃燒以後，不獨未失去重量與體積，而反增加重量與體積。一般維護『燃素說』的學者，對於這個發現，竟強詞奪理的妄擬解釋，維護惟恐不力。所以史他耳(Stahl)為信仰他的老師波克耳(Bocher)，就不承認這『加重與加體』有重要性。所以奧徒泰陣(Otto Tachen)為取對峙的地位作意氣的爭執，就硬說這個『加重與加體』乃係柴火的酸素加入。所以麥約(John Mayo)強指這個『加重與加體』的變態，係太陽光線的秘物加入(Spin'tus)。這樣固執的成見，無意識的阻碍科學進程一二百年，直到十八世紀，方由拉法塞(Lavoisier)用定量分析纔證明是氧的加入。燃素說不獨使純粹科學誤入歧途，即在應用科學亦為害不淺。譬如熟銅驟冷，可以增硬，培根(Francis Bacon)認為係金屬靈魂的作用，燒之則去，冷之則來，而史他耳認為鋼即是鐵含有燃素，即為特鐵。這種意氣之爭，乃歐洲十一世紀至十八世紀各大學之陋習，也就是在那數百年當中，科學沒有進步的大原因之一。我國現在的建設很多，水利，公路，鐵路，基本化學工業等等，都是必不可少的，我們絕對的不能固執成見，而狂性偏向，偏向而不顧事實決。

結果的。在工程教育的實施，亦復如是，若是我們不顧現實，偏執成見，結果是要蹈歐洲的覆轍，也要阻碍進程的。

(三) 理論與實習並重。實驗在科學上的重要，雖是公認的事實，但不能澈底為此主張的，也還不少。理工學校所有的設備，也就是測量那個學校的寒暑表，試把國內各個專門學校的情況調查一下，就可以認明這話的真實。但是學工的人怕動手實驗，或做實驗而不注重準確，也就可以勿須學工。若欲在應用科學上有偉大的成就，固然不能專憑實驗的工夫，但一意注重理論，也是徒然。學習兩個字的關聯，在工程教育上不能須臾分開。實驗的價值有法拉第的一段軼事做個很好的教訓：法拉第(Faraday)一八三一年英國皇家學會演講他的『電磁感應』發明的時候，做了許多實驗，當時有一位老太太就站起來問：『你作這個實驗有什麼用？』法拉第很滑稽的回答道：『太太，一個小嬰兒生出來有什麼用？』的確，實驗的功效，正如嬰孩一樣，是不可限量的。有了法氏實驗的發明，不過一百年的光景，就促成了無線電，電燈，電車，電動機等等的應用，這豈不是實驗的功效嗎？記得去年有幾個很知己的朋友，到武大來參觀，就很關心的對我說，武大的理工科歷史不久，若想與一些先進的國內各大學去比較，恐怕不是短時期內所能趕得上的。倒不如完全注重實用，效能還來得大一點。這句話在表面上看來，倒覺得不錯，若仔細一想只重實際不重理論，也是不妥的。方纔由法拉第的試驗已經認明實驗的重要，現在還可以舉一個例子，認明理論也是要緊的。我們大家都知道工業革命的成功，是由于瓦特蒸汽機的發明，當他十九歲的時候，在倫敦做一個修理試驗器械的學徒，一年後回到格拉斯哥大學為修理工人。在一七六四年，學校命他修理一舊蒸汽機，當時就覺得那個舊機器消耗熱量太多，因為在每一動作之後，必須冷卻圓筒，然後纔可以使氣凝密，他遂立意改良，并從不乃克(Joseph Black)物理教授讀熱學及蒸氣的變態，結果纔知道欲減少蒸汽機的消耗，必定要進氣圓筒的溫度，愈高愈好，而凝氣的溫度則愈低愈好。雖然知道了這兩個必須的條件，但是想能在一個圓筒內得到這兩個背馳的條件，却想不出，後來無意中在花園散步，纔想到：『若是一個圓筒不能同時又冷又熱，那末就用兩個圓筒：熱的專為進氣，冷的專為凝氣，對於兩個條件，豈不都符合了嗎？』這樣纔成功了蒸汽機的改革，並且是先有理論，而後纔有應用，這豈不是理論的功效嗎？同時缺非替克(Richard Trevithick)所研究的高壓蒸汽機與瓦特的低壓機並重於世，說到他的創造力似比瓦特還要大，在一八零七年，他駛蒸汽火車于倫敦，一八零八年，行駛蒸汽火車於

五十英尺的半徑的曲線上，並能保持着每小時十五英里的速度，並且還用蒸汽機包挑太姆斯(Thames)河底泥滓，每年挑五十萬噸，每噸包價六便士。之後他周遊南美，亟圖以機械發展，但是理論太不注重，結果還是失敗了。他因為只重實習，所以不能有瓦特那般偉大的成功。以上所講的，足証理論與實習同時重要，我們對於工程教育的實施，必定要使學的人，學習並重，纔能使他得着偉大的收穫。

(四)須預定計劃，迎頭趕上。中國以往的教育實施，尤其是工程教育實施，大半為頭痛醫頭，腳痛醫腳的辦法。開了一個鑛，就設鑛務學堂；造了一條鐵路，就辦一個鐵路學校；還有關稅學校；水產學校；河海工程學校；可謂應有盡有。這些都是時會湊合的成品，不問經費來自公家或來自私人，只要關係人的勢力存在，學校亦就存在；或關係人勢力消滅，學校也就停歇；政局只是敷衍，遂造成了一種各自為政的局面，今日開，明日停，完全當為兒戲。學校復限於經費，都只能注意到一班的普通課程。在這種重複設置和紊亂系統的狀態之下，不獨成績優良為不可能，而且非常不合經濟的原則。再就學生的出路來說，有了專門學識而覓不着適當的工作，不得已改變職業的，固然非常之多，但是有了專門的位置，而找不着適當的人材，這種事情也有。所以我們要避免以上隨便舉出的幾項由於不合理的實施而產生的弊端，我們就得要『預定計劃迎頭趕上』。何謂『預定計劃』？就是我們工程教育的實施，必須與我們進行的或準備進行的國家建設，有密切的聯絡。何謂『迎頭趕上』？就是人家已經實驗過的失敗，我們要避免；人家已証明的成功，我們要利用。為明瞭我的意思起見。試舉蘇俄的經過來看：蘇俄在第一次五年計劃中，建築了許多的工廠，在那些需要高等技術的工廠，就發生了運用的困難。例如下諾甫哥羅大汽車工廠，有年產十五萬輛貨車與客車的能力，是在一九三〇年落成的。開工之後，不到兩個月就停了工。因為缺乏有學術及有經驗的指導工程師和技能純熟的工人，不但不能利用設備來製造汽車，而且還把許多精細的機器都弄壞了。於是停了一年半工，在這停工的期內，就設了許多小工廠，去訓練指導工程師以及工人。這樣的事實，有好幾處的發現，完全是他們以前沒有想到的困難。他們經過這樣打擊之後，纔知大工廠可以隨時用錢設備，但是運用技術，必須有預定的訓練計劃，方能辦到。所以『運用技術』就成了各大學各工廠的流行語，並且在他們第二五年計劃裏，就規定一個工程教育的實施方案。據一九二九年的統計，蘇俄有大學訓練的工程師和專家，共計五萬七千人。照新方案的規定，四年之後，蘇俄預計有大學出身的工程師二十一萬六千人，專門學校畢業生

二十八萬八千人。由此可以看到國家建設與工程教育的連鎖性。中國固然不宜有那般偉大的計劃，但是人家經過的困難，若不預防，未見得臨到我們自己的頭上，就會沒有；況且我們還有前段所舉的弊端尚未釐革呢？我們至少要定一個適當的實施步驟，是無疑義的。

上面所說的四點，是僅就個人想到的說說，當然對於工程教育的意見，決不僅此而已，現在我再將受教育者應具的態度說說：

我們知道工程學問是屬於應用科學的，雖然是屬於應用方面，但必定要與純粹科學並重，因為在工程上一般運用的原理，有許多是從純粹科學得來的，這種例子，實舉不勝舉，我們學習一種科目的時候，一定要注重：

1. 觀察力——我們對於某一學理或現象等等之演進與動作，尤當特別注意。對於觀察，在學的時候，應時時練習着，這對學習工程，是必備的能力。

2. 分析力——我們仔細的觀察以後，就應當對於觀察所得的事實，加以分析，研究觀察之所得，到底是常態的或是有理的發現；還是偶然的或無規律的，我們必須逐一步驟的去分析。

3. 歸納力——我們將上面的事時分析了以後，然後再加以綜合，定一有系統的規律。

上面所說的三點，無論習純粹科學與理論科學的，在學習的時候都是應當要練習着；尤其習工程的人，非要練習有這幾種能力不可，不然就不能應付當前的困難，尤其是見所未見的事實發生。

我們爲了將來服務起見，還有幾點也是受工程教育者應當注意的：

1. 誠實——習工程的對於一切都應當誠實，譬如一件材料能受多少力就是多少，絕對不能勉強，絕對不能說誑虛報，以致將來建築發生危險。某一件工程需要多少時間，除了可能的加速工作以外，也是有一定的，三十天纔能完工的工程，絕對不能說是二十五天，以致失掉了社會上的信用。總之，我們對於某一事件，能做得到就做，假若做不到，就不要輕易答應。「信近於義」實是學工的人，時時刻刻要牢記的。

2. 判斷——我們對於這一點，平常要多多的訓練，因為平常時間充分，可以與我們充分的考慮，以判斷某一事件發生的因果關係，但是有一意外工程上的事件發現，我們要即時判斷，以圖補救，假使我們平常練習有素，到了臨時也只能望着沒有辦法，所以這一點是很要緊的。

3.創造——社會上一般的人，總是認為學工的人，腦筋簡單，只能作死板的工作，；其實我們關於一切設計方面，我們必須有充分的幻想能力，將自己的幻想，變成事實，就是創造能力。每一種工程有他的特點，如地點，財力，材料，使命等等的不同，這些很難在書本上或經驗上尋得着成例，那就不得不需要我們自己去創造。

4.領導能力——工程師與服務員工的關係，可以拿軍官與士兵的關係來比。縱然有很好的工程及計劃，倘若你缺乏領導的能力，不能統制一切，結果不僅工程進行遲緩，甚至所有的計劃完全失敗，所以我們在受教育的時候，除研究學問外，有時有機會也得對於作事方面，領導能力有相當的注重纔行。

在今晚的講演結束以前，我可以將本校工學院實施的情形作一個簡單的告報。本院的頭四年，僅辦了土木工程一系，直到土木工程系第一期畢業之後，纔加設機械工程系。雖然自設了工學院以來，本校虛量的充實圖書儀器，在普通一般的實習設備上，也可說够用了，但比較外國各著名工程學校的設備，當然還不能盡滿人意，所以本校在本學年內，又定購了不少的測量，水力，電工和材料試驗的加增設備（編者按：現在材料試驗的設備大部完成，其他的都在努力進行中）；而且鑒於華中地域建設的緊要，預備逐漸的將材料試驗設備，充分完成，以便除教育以外，還可以實際上輔助建設，并為華中試驗材料的中心。因為土木工程與機械工程彼此相關聯的地方很多，所以於本學年起，機械工程系也開班了（編者按：現在已有一，二年級兩班）。本來機械工程系與電機工程系同時設立，經費並不增加很多，但是我們抱定了『辦一系即將一系辦好』的宗旨，所以電機工程系須候機械工程系設備完竣之後，纔得開辦。英國劍橋大學工學院，在一八七五年就聘請斯塔堤（James Stuart），設立機械與應用力學講座，直到一九一三年纔發展到有學生二百七十人，而現在有學生五百人，新近完工的工院與設備，竟能超乎好多的著名的工程學校以上。所以我們絕不願意濫竽充數的多辦學系，這不僅僅關乎財力的限制，還有人材亦是要緊。

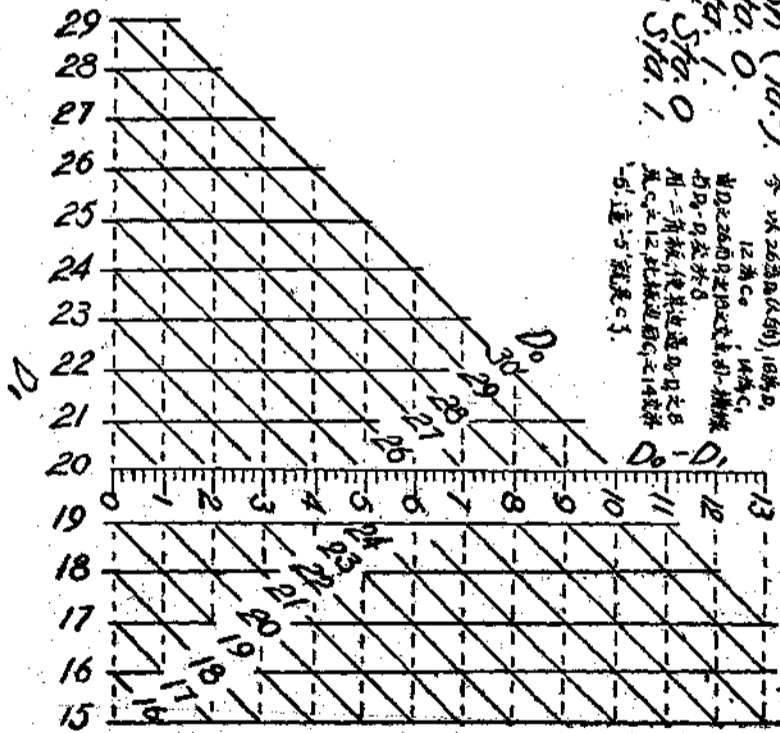
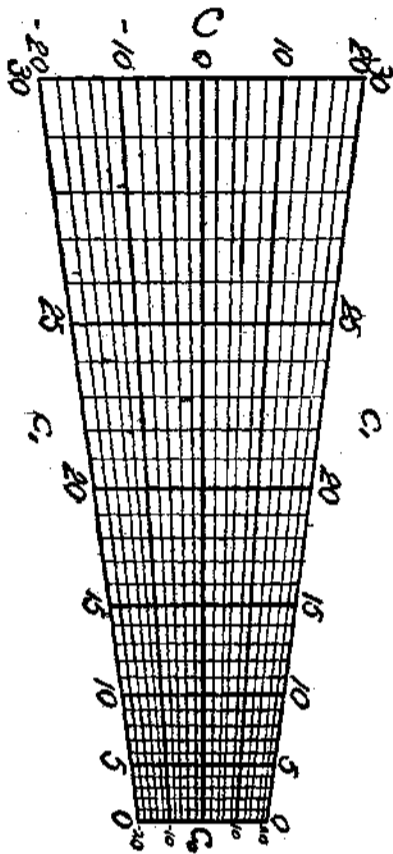
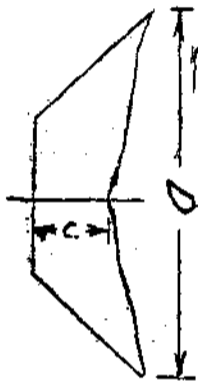
關於機械工程設備，最重要的是原動力機。最近所擬蒸氣透平廠設備的計劃，正在進行中（編者按：現在機器已運到，房屋正在建築中，大約最近期間即可設備完成）。如此廠成功，可謂機械系設備，大部分都已解決。關於土木工程系分門的事，有種種的困難，因為我們只習一門，對於一般的工程知識不能普及，那也是不好的。我們為了顧及各個同學的興趣起見，擬在下年級多設選科，但不分成數門專科，免得顧此失彼。

爲着應付地方的需要，本校對於水利工程，很是注重，湖北省政府已在本校設立水利講座，每年補助經費一萬二千元，。本校聘請担任水利講座的邢維棠先生，下學年就可以歸國，從事設施，并擬有設立水工試驗場，研究長江水利問題的計劃（編者按：本校下年度擬辦工程研究所，土木工程研究部，專爲研究水利問題）。再者國防委員會因鑒於航空之緊要，特在本校設立航空講座，研究飛機構造，發動機，及關於航空各學科。這個講座也擬定下學期開始（編者按：現在還沒有開班，但是講座已經聘定了。下年度定可開始）。關於其他工院的發展，我們當看經費的來源，斟酌進行，並且可以隨時發表報告。

Prismoidal Correction Diagram

胡錫之

$C = \frac{1}{24}(c_1 - c_2)(D_1 - D_2)$
 Prismoidal Correction (Yd.³)
 Center Height at Sta. 0.
 Center Height at Sta. 1.
 Distance Cut or Fill at Sta. 0.
 Distance Cut or Fill at Sta. 1.



實例
 一橋 26 米長 12 米寬
 中心高 1.2 米
 兩端高 0.8 米
 兩端寬 1.2 米
 求其修正量
 解：由圖查得 C = 1.4 米
 故修正量 = 1.4 米

半年來的生活

陳 亞 光

在這忙得不亦樂乎的時候，土木工程學會來信說要出會刊，並徵求一點生活狀況；這對我的確是件苦事。朋友們的信總是忙着沒有空兒答復，更那裏抽得出時間來應付這項工作。但是一個學生離開了學校，應當把他的工作狀況報告給師長；一個會員分散到某處去服務，應當把他的生活情形報告給其他的會員，尤其在校的會員。所以顧不了工作的忙碌和文字的簡陋，我不得不借一點睡眠時間來把離開學校以後的工作生活概況約略的報告一下：

工作的開始

從學校攜着邵院長的介紹信到了安慶，雖然在旅館裏候了幾天，但一見到建設廳長第二天就把我派往省公路局去工作。局長是廳長自兼，但局內的公務大半是副局長擔任。副局長把我交給一位技術股主任，我就跟隨着到了一間房子裏，門框上掛了一塊小木牌寫着「工程司室」。那屋子不過三十平方公尺左右，裏面到裝着八九個人。主任爲我介紹了一下，大家都生生的望着我，自然啦，一個新來的人他們應該注意着打量着。在這情形之下我接受了第一張圖在一張桌上描 (trace) 起來。心理好像是說着：「我是開始做事了」！

trace 一張圖本是依樣葫蘆去描一描的是最簡單而可算最容易的工作。但粗心浮氣的人絕不能繪出一張滿意的圖來。這裏有個很好的例子如粵漢鐵路去年新用了一位職員，據說是日本某大學工料畢業。到局第一件工作是請他 trace 一張圖。一張很簡單的圖他 trace 了兩天毀了三張紙終竟沒 trace 出來。在第三天他自動的請假回家去了。照這樣看起來 tracing 又似乎不是一件容易事。那 trace pape 很光滑，你要畫得細。尤其用 free hand trace 一張圖時，一條線畫得粗細不勻那是最難看不過。紙張也極薄，稍不留心即會擦破。其實若能不慌不忙的，心細細兒的，留意你的用具和衣袖，縱使第一張第二張不大滿意，畫到第三第四張總有相當的效果。

當第一張圖畫完了的時候，不但直接上司要找出錯誤似的注意，即是同事的也要

乘機對這張圖端詳幾下。在他們不過是看看某人繪的圖怎樣，某校的學生究竟怎樣。在這張圖上他們可以在心理得到批評的標準。所以第一張圖是給他們的第一個印像。他們可以絲毫不加思索底付度着：某人繪圖還好(或不行)，某校辦得還認真(或是太馬虎)。好像這張圖就可以代表這人，這個人就可以代表學校一樣。雖然說不定是某人不行就是某學校不好，但是一個疏忽而懶惰的學生，很可以連累到他所在學校的名譽。尤其這第一批離開他們學會的會員，當負有重大之使命向前努力做出一點成績來。

繪圖第一件事要清楚乾淨，設使圖繪得不好，若能清清楚楚乾乾淨淨尚不致有壞的印象。一張圖弄得斑斑點點，塗的塗開，抹的抹壞。縱使圖畫得好，也要使人看了蹙眉頭。要乾淨是很便宜的事，只要常常洗手，擺穩了墨水瓶，注意手上用着的儀器。

字 (Lettering) 是圖上主要的部分，與全圖之美觀有密切的關係。現在各種圖樣都規定用本國字，除非不得已的記號才用外國字來代替。外國字只要把二十六個字母練好，就可以寫出很漂亮的字來。阿拉伯字母 (數目字) 只有十個更容易練習。惟有中國字既多且難，雖有相當的訓練也少有滿意的結果。往往一幅畫得很漂亮的圖，因句話為字寫得不稱，全圖皆為之減色，甚至於變成難看。換說，字寫得好，可以增高圖的價值。最近通行的是仿宋體字，寫得合乎規矩的確是好看，並且也是很容易練習的字體。

小小試驗

是第三天吧！主任出了一個題目給我做。一個新來的人自然不免要受一種試探。題目是很簡單的，他只說了兩句並沒有寫出。他大概是這樣說：「一根 Reinforced Concrete Pile 橫擺在地上。切斷面 $12'' \times 12''$ ，長 $30'$ 。我們要把牠拿起來，有現在三種方法：(1) 用繩子繫着兩端。(2) 用繩子繫着 $1/4$ 和 $3/4$ 的地方。(3) 用繩子單繫着 $1/4$ 的地方。要找出 Reinforced Bar 的大小和多少」。只要讀過 Reinforced Concrete 的人，我想不會有問題。

消閒的苦悶

一個初離開學校的青年對於工作總是切望着的。不單是為生活問題，那只是工作目的之一部分，而是自信能工作的自尊心和實現所學得的理論能獲用於實際的切望。於是這件事要想做一做，那件事也想試試，這正是一種慾望。會做的想做的再好一點，不會做的想多學得一點。在這熱誠的切望中，一旦發現了什麼事都沒有得做的時候，

他要感覺失望，他就覺得不安，他就會感受到痛苦！到差幾天以後我感到一種閒悶的無聊。對於工作我總希望能於最短期間完成，所以做完了一項工作就希望有第二件新鮮工作。寧可多休息一刻，若拖延時間為習慣所不耐。有一位同事帶着諷刺的口吻對我講：『你忙什麼，畫完了還不是坐在這裏發癡』？確實他是畫一筆休息一筆。除兩位嫩資格在慢吞吞的畫圖而外，其餘的人都在各司其已事：寫信者寫信，看小說者看小說。資格再老一點，請人在簽名簿上代簽一下，大可人影不見也可照領一天薪金。甚至還有人匆匆忙忙的跑得來，禮帽也沒有一息離開頭的空兒在簽名簿上飛了幾筆就走。這種情形我大大看不慣。為什麼沒有事做要用這許多人呢？

我是住在市政處，距路局不過二百公尺左右。只費四五分鐘就可趕到辦公室。工作時間在早晨七點鐘開始。新近到局的練習工程司有震旦的，有復旦的，有中大的，有武大的。沒有事做的時候自然是發癡了。想看一點書但總不願意那樣做，在工作時間以內自己不應做私事。我常時麻煩那位主任問他要工作做，這次他給我一份南京自來水機器裝置圖，無論是關於公路或不關於公路，至少我免去枯坐無聊之苦。當我悶坐着的時候，我確實希望太陽轉得快一點。所謂「韶光似箭」簡直不能使我相信，牠不是像一位老太婆在蹣跚着麼？一到十一點鐘鈴聲叮噠我立刻跳出門外去。

午後工作一點至五點。有一次我又去要工作做，上司給我一份段上送來的呈文，因為裏面有幾個數目字教我校核一下，不要五分鐘就看完了。但我不敢再去嚙蘇，那樣最令人討壓的，從清閒中感到的寂寞那是最難受了。同班從各處來信都說些工作如何緊張，事務如何忙繁的話，每次接到他們的來信總多少增加我的不安。他們每個人都負有一種使命在工作着在努力着，惟我似廢人一般留在安慶。自然我冀求一個工作的機會。

晚間到可以自己復習一點舊課，因為安慶大街沒有什麼可遊。孤獨的一個人只有看看書或寫寫信。其餘還可以聽那同房間的老頭兒大發牢騷不是罵「那王八旦什麼事也不做，每月要拿八十元」。就是說「那小子真沒用，年紀輕輕兒的，寫了三五百字要喊腰痛。像我這五十七歲的老頭兒接連寫幾千字的公事也不會聽一聲『呀』字！」。

在這消閒得不安的時光中，得到以前母校教授吳先生說鐵路上有工作機會的信，我就決定離開安慶。雖然也想到對於邵院長介紹我盛意覺得不安，但為求工作而去，想可得到相當的宥恕！我很直率的寫了辭呈為無工作而他去。出乎意外要再辭一下才得離開。安徽公路局的事從此告一結束，為期一月有半！

美麗的山和水

這裏——鐵路上的事在事前雖然發生了一點意外困難，但終於有了工作做。學校師長愛護他們的學生好像父兄之於子弟。這種愛護正是鼓勵他們工作的原動力。粵漢鐵路株韶局在衡州。我是被派往淶雷段測量隊工作。這一段是醴陵縣的淶口到衡山縣的雷溪，共長七十四公里，測量隊是隨着測量工作的進展而遷移。我到湘潭縣的朱亭才找到他們的住址。那是一座育嬰堂，房子很少。屋裏濕氣太重，事先雖鋪了些石灰，但終竟是陰濕濕的樣子。天井太小光線無法射進屋裏去。白天是點着燈工作的。

大概各機關都是如此，一個學生開始工作總是描圖。初做事對於繪圖的工作多做一點到是很相宜。一方面藉以練習，一方面在圖上多少可以學得一點。做事做久了的人，往往對於繪圖機械的工作不大願意做。這時正是一個繪圖的機會。在學校裏每天至多只能費一兩小時來繪圖，而且原為別的功課的繁重，每次繪的圖都是很馬虎的。現在有各種圖可繪，有整天的時光可用。不僅要繪得好，並且要繪得快，這自然要在多練習了。

此地沒有規定的工作時間，從早晨到晚間，從晚間到二更都是在繼續工作中。隊裏的人沒有一個不在埋頭努力着，很容易使我有這樣的疑問，爲麼什公路局那樣清閒？爲什麼鐵路上要這樣緊張？在我住久以後我知道是人多於事和事多於人的關係。這裏每項工作都是限定日期要繳的，所以白晝的時光有限，不得不繼以晚間和夜間，每日平均工作在十小時以上，沒有聽到一聲怨言。大家都認爲完成奧漢鐵路的四年中是一個非常時期，就得非常的努力。這條路線固負有文化，交通和工商業重大之使命，而要應付一九三六年的世界大戰，這條路必須早日完成。中國任何海口可以被日本海軍封鎖，惟有香港附近的廣州灣是日本勢力所不及。那麼這條路的重要可想而知。要成就得非常的工作，就得非常的努力。所以這裏當局有這樣兩句話「在這非常時期中，一人要做兩人的事，一日要做兩日的工作，一錢要當兩錢用」。在這風雨飄搖國勢顛危的中國，更應當全國一致的埋頭苦幹十年或八年，那時或許可以給日本一點顏色！

這育嬰堂我們住的地方是在大街旁。每天早晨四點鐘的光景就被那哐哐的搗臼聲和豬臨刑的嗚嗚聲吵醒，再也睡不着，只有候到天亮起床。一吃過早飯就各自工作去。我是一向做的繪圖工作。繪圖室內很簡單，幾張大板用橙子支着就是繪圖桌子。另外幾隻圓箱而已。四面的牆很醜，我們的衣服只得在牆上磨來磨去，因爲屋子委實

不寬敞。白天整天點着燈，除洋油燈外還有一盞汽油燈。長久住在這非自然的光線下，一跑到室外去總覺得眼睛張不開。誰都知道這對於眼睛不利，但沒有辦法。我們是很肅靜的在這環境中工作，沒有一個人故意荒廢他的時間。一直聽到僕人來請吃飯，大家才圍到膳桌上去。這時可以幫助食物的消化。隊長說外國有一句格言「One mile a day keep doctor away」。這散步是我們惟一的運動。除非雨天大家都得出去逛一逛。朱亭的風景令人嘆止。湘江走到這裏成一大灣，擁抱着獅子嶺。山高要高過珞珈幾倍。湘水的碧綠幾乎和東湖一樣的美麗。在這幽美的環境裏更使懷念到可愛的珞珈和東湖，那時生活的自由只得置諸回憶之中了！湖南的緯度較低，所以氣候也較高。雖到秋冬時季，松，竹，樟，茶，猶復葱鬱蒼翠，山多重疊，水亦曲折，沿江有石山突出，上有行人過道。一面是陡坡，一面是峭壁。路上閒有行人，有騾有驢。此情此景宛如畫中。美麗的山河使人流連忘返！

午後的時光很容易把黃昏帶來。十二月後的天時白晝固然比較短些，不過那狹小的天井確是逼得室內早早黑暗下去。惟有燈光，但那精細的圖在這暗淡的光線終是不清楚，除非把腦袋移得更低使視線的距離更短些。每個人心中總希望能早一天搬家或者可以過到一所光線較好的房子，所以更得加工使這一部工作可以早些時完成。

晚飯後閒談幾句又坐到燈下去繼續白天的工作。並沒有什麼規定或命令，都是自動的跟到工作面前去。大概到九點鐘或十點鐘才停止。整天的工作，上了床是很容易睡着的。

許多紀念日都忘記了

我到朱亭的第十天全隊又向前移動着，因為測量的人已超過朱亭幾公里了。搬家時許多東西都要裝箱子，這給我們惟一的停止工作的一天。可是測量的人還是照常向前測量，晚間不回到朱亭而回到新家石灣去。我們路線差不多是溯湘江而上，朱亭臨江，石灣也臨江。我們的行李是從水路連往石灣，人是沿山路步行。二三十里路程在我們看起來是很短的。一路視察樁號和地形。這種步行在我看來是很有意思的。

當我們跑進新的家時，迎門就是三口棺材，這是一所祠堂。地方仍不寬闊，四張帆布床排在一個很小的房間裏。有些房間上有很大的洞，沒有玻璃，也沒有覆蓋。繪圖室比朱亭還要小，不過光線好得多。三面是牆一面完全廠着。光線誠然可以自由射入，可是隆冬的寒風是沒有辦法遮攔。這裏有一點使我們滿意，祠堂離鎮市有三里路，是一所很必靜的房子，清早至少可以安睡一會。

隊裏同事有十幾位，他們都是被太陽蒸炙久了的紅而黑的面皮。雖不是個魁梧大漢，但身體總是很結實的。手上都有厚的皮，衣履也極其樸素，而精神皆極活躍。當我們走到一個生疏的地方時誰也知道我們是鐵路上的。不一定是這異樣的裝束，確是受過風霜的面孔使他們特別意識到。

這條路線——粵漢路線在光緒末年就請了一位外國人測過。到了民國八九年又請了另一位外國人復測。前者名Cox Line, 後者名Carroll's Line. 現在我們測的就是後一條綫。本隊所擔負的一段計有七十四公里。測量工作分四組。一組測中線，一組測水平，兩組測地形及橫斷面。擔任中線的一組是一位副工程師。中線比較重要必須有長久的工作經驗。擔任水平是一位幫工程師，也是一件重要工作。測地形和橫斷面的事，大概是實習生和工程學生做，工作也比較次要。測中線者是打衝鋒，測水平者緊緊追上，測地形及橫斷面者遙遙在後。現在單說測地形與橫斷面，這是屬於我們的事。

出發前檢查應有的用具。領測伙二三人和小工二三人，午飯也是預備好了帶出去，一直到晚間才可以回來。樁號每隔二十公尺有一個，變坡度的地形自然有副樁。中線每邊多則測八十公尺，少則測三十公尺。這裏每隔四十公尺則每邊測八十公尺，其餘的樁號每邊測三十公尺足矣。我們是用手平儀測，並不用經緯儀。這兩種方法自各有其利弊。我們取用手平儀，因為牠有相當準確，工作很快，計算亦少。自己在外面的責任是記錄和指點測伙們工作。手平儀是命測伙使用，他們都有相當的訓練和經驗，所以能使得很純熟。記錄他們所讀的距離和高度，另外還要畫一個地形簡圖以便繪圖時作參考。河流道路雖在範圍以外，但也須注意，小若坟墓古樹亦有記載。不但要留心地勢高低，就是土石地質亦必詳細觀察。這種種都與路線有直接或間接的關係。每日大概測二三百公尺，測畢就在野外把剛才所記錄的數字一點一點的送到圖上去去所以一直到天黑才得回來。晚飯後還得費許多時間把牠完成。設使地形複雜麻煩，雖到夜半亦須趕完，因為有了明天就有明天的工作呀！

繪圖室一面是廠開，這隆冬嚴厲的冷風是任性的侵入，雖升了火爐但終敵不住寒風的淫威。的確我那時是用手掌握着筆在寫字。不然就得去烤火，但那是不應當。

但是湖南的晴天也非常可愛。午膳後的一剎那，我們是利用去散步，或爬山或涉水就和發狂一樣的高興。

禮拜日和紀念日是學生時代最寶貴的日子，可是到了此地以後，「今日禮拜」這

四個字從沒聽到過，誰都忘記了牠——禮拜。什麼佳節，什麼紀念日與我們毫無關係。往往過了好多天才有人想起已經過去的節日甚至於有人在雙十節那天會忘記國慶日。細想起來我們就和睡在鼓裏一樣。外界的事只能從過去五六天的報紙頭號字上溜過一眼。

沒有機會洗澡

在石灣住了兩個禮拜又搬到衡山縣城對河（湘河）的楓塘一所家祠。四面皆山的一個山谷裏一所房子。無隣無侶，孤單單的伴着四棵大桂樹。稱之曰「獨家村」可也！房屋既少又小，且復簡陋不堪。風可以自由出入，雨可以隨意漏濕。這一所房子還費了許多時才找到。有屋子住總算好，沒有屋子住還不是要測量。幸而學工程的人都是一種隨遇而安的精神，十五位並沒有一人嫌屋壞而跑走。

到了楓塘正是極冷的時候。在室裏雖然閉着門升着火，然而那銳利的風還是鑽得進來。在外面的人晴天是舒服事。不過像這雨雪交加的時候誰都該有點畏縮。可是隊長把工作分派好了，個個都披着雨衣冒雨雪而出發。苦不在雨和雪，而是西北風的難當。測伏是拚命的奔跑着，不然他們就會冷得不支。可是當記錄的人，不僅手指發硬不能做主，就是膀子也不聽話，腳好像不是自己的。但是今天的工作必須要做完繳上，從沒有一個人空着手回來。風颼颼雨淅淅聲中黑晚帶回來的是半身濕衣和一灘爛泥，紅了的鼻子和失去知覺的手和臂。但這經驗我却沒有嘗到，因為隊長把我派到外面去工作的話忘記了，雖然他曾對我講過一次。所以我總是悶在室裏工作。十分之九是繪圖，有平面圖，橫面圖，縱面圖。計算方面有土方和面積。幾種圖當以平面圖最複雜最精細，我費了一個月繪完一卷。因為紙太大，而設備又不周，所以繪起來有時伏在圖上有時坐在圖上。這工作什麼人都怕做，但初做事者也當訓練一下。量面積算土方是最平常的工作。橫斷面的面積大都是不規則。應用課本上的公式求面積則時間太不經濟。普通是用 Planimeter，自然比較快些。設使沒有 Planimeter，通常都是把不規則的多角形分成三角形和長方形兩種而求其面積。這方法比代那繁雜的公式要方便些，但也很慢。我們隊裏有一位工程師對於量面積還有一個比較簡單而便當的方法，有時比 Planimeter 還快。此法附之於文後。其餘的事雖很多，但在這開始的六月裏似乎只得做這一部份簡單而機械的工作。這一類工作無須用腦筋，只用手和眼，整日的工作也覺得有點疲倦，因繪這大圖終天是站着的。睡覺前寫一點日記這是自己惟一的私事。不過這一點時間還不能就安然寫着。有時會有人跑來：「Mr. Chen 請你

再把那圖趕一趕』。那就要立刻拋開日記去工作，使我不遲疑的是我們隊長每晚十二點多鐘才睡早晨六點鐘就起床的精神使然！

七八個禮拜不剪頭在我沒有什麼，設使十天二十天不洗澡那是很苦的事。一路是鄉村小鎮沒有浴室。現在是住在楓塘距衡州城不過一江之隔，路途不過二三里。並且聽說城裏有一家澡堂。我是候着機會過江去洗澡。不幸得很，住了一個多月這小小盼望亦不能如願！二月裏又搬到雷溪市去了。

可 怕 的 雷 溪

雷溪市是這一段的終點。風景的幽美不亞於朱亭。湘江衝斷了金龍山腰，水流湍急，多成渦形。登上石磯可以遠矚衡峯，一粟庵前能聽松竹清音。從廟前門楹對聯上我們又發現到雷溪更負有月色的雅名。這樣幽雅而富有詩意的山環水抱的雷溪偏偏發生許多不幸的事。雷觀段測量隊隊長到此地工作未數日就死了。交大剛畢業的實習生也死在一個破廟裏。他們的棺柩在不久以前才運回原籍去。我自信身體尚稱健壯，可不是麼？工作了兩個禮拜，感到不適。雖想力支，但終於臥倒。脈搏90次，體溫 103 F。謝謝天，第五天就能起床工作。總之雷溪是可怕的！

我 的 盼 望

我盼望測量工作早日完畢，到了開工的時候生活可以變換一下。那時可以看着工人挑土填地基，可以看到大石塊被炸開從山上滾下，可以看到鑽洞機器鑽探河底，也可以看到架設橋樑鋪設路軌。所以在這緊張的工作中並沒有覺到如何的痛苦。現在我們都撤回隴口，測量隊的名義已經取消，成立了粵漢鐵路第七總段工程處，準備開工。

小 小 感 想

(一) 在大機關裏服務不若在小機關裏工作地位的重要。像這裏了不得的事是畫畫Culverts, Station, Retaining wall.有標準圖樣可作參考。即使這類事也派不到我們。現在所做的工作是不重要性的，如繪圖校對抄寫等事。

(二) 所屬的上司如善於指導的話，好像自己什麼事都能做。不幸遇到一位馬虎先生，在一個開始練習工作的人則各事皆有無從下手之苦。一個練習工作的人對於他職務以內的事不是不會做，而是不知依什麼次序去做。居於指導地位的人只要簡單的

指點或說明幾句。我相信他們一定立刻做起來，好像再做一件已經做過的事一樣容易和高興。

(三)對於一項工作自己要有一種判斷力，設使無所適從就得問個明白。可是一個人在外面工作(或是派出去視察或是鑽地)遇到困難只有自己立時解決。從前記得有一位派出去測量一塊地面，他領了一班測伏在外面一整天，帶回來的是空手。他說：『不知測那裏是好』。像這樣情形不僅白費了時間還要遺笑大方。

(四)學土木工程的人身體第一要好。我們所到的都是處境荒僻交通梗塞的地方。他們在湘粵邊界測量的人說在深山中幾天遇不見一個人。歇宿都是在船上。石樑段測量隊的人幾乎全隊的人都病了，身體抵抗力強的人總佔一點便宜。

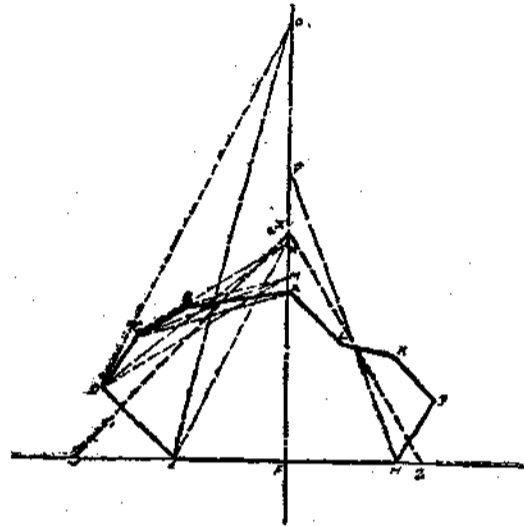
(五)在這裏好像感到一點不平，但不平之點在那兒我又說不出來。每當交大同學相值時，那種「老王」「老李」親熱的口氣的確使我羨慕。爲什麼除交大而外的大學生學很難有機會來工作呢？

(六)還有一樁事終使我無法解決。記得行畢業典禮時校長的訓詞有這樣兩句：「無論他的如何忙碌，每日至少要抽出一兩小時來看書」。這句話很使我擔心將來會變成一個工人，簡直沒有時間給我接觸書本呀！

我現在拿一段日記來結束。「我不要再嫌自己的境遇不好，現在的環境還算壞麼？要工作有工作做，要吃苦有苦吃。試看國內每年土木科畢業的學生何止數百，而在鐵路上獲得工作機會的又能有幾人！國家培植我們是爲的什麼？師長殷勤的訓導是爲的什麼？只要稍加思索，我更應當努力工作起來。現在每日工作都在十小時左右，初次自然不慣，但做了幾天並不以爲苦。好，從此努力吧！不要怕人家說我是在賣力，不要怕人家說我是想得上司的歡心。我，我是應當努力的！自己拿出全付精神來做工吧！」沒有時間讓我多寫，並且極無次序。尙望原諒。

附求面積之又一法

茲有面積如圖 $ABCD \dots L$ ，爲一不規則之多角形。如能使其變爲一規則之三角形則面積可立刻求出。原理簡單，述之如下：



作 $BM \parallel AC$ ，
 則 $\triangle AMC = \triangle ABC$ ；
 作 $CN \parallel DM$ ，
 則 $\triangle MCD = \triangle MND$ ；
 再作 $DO \parallel NE$ ，
 則 $\triangle NOE = \triangle NDE$ ；
 故 $\triangle OEF = ABCDEF$ 。

若以中線爲底線可取適當之長 XF 爲底而使 $\triangle XYF = \triangle OEF$ （連 XE 直線，作 $OY \parallel XE$ ，復連接 X, Y ）

同理右半邊 $FHJKLA = \triangle FPP$ 亦以 XF 爲底可使 $\triangle XFZ = \triangle HFP$ 。所以原有不規則之面積可使其變成一規則之三角形。平時畫橫斷面圖紙都是有小方格，那麼數一數底和高則三角形之面積可立時求出。應用起來亦很方便。用小三角板兩塊則可一步一步的推到結果之三角形，如能推得純熟確實很便當。

——亞光寫於漢口粵漢路第七總段工程處

『很感謝亞光同學，在他們工作繁忙而艱苦的時候，能够寫給我們這麼長而且有趣味的一篇通信。因爲本刊延期出版，上面雖然有許多都是過去一年過的事實，然而我們由這篇通信可以知道修築粵漢路困苦的情形，仍然有一讀的價值，並且希望他以後有消息繼續報告給我們，使我們能够多得點工作的教訓。——編者』

民二三級畢業會員參觀報告

三月廿九日

同學十五人，教授一人，下午六時半，由本校出發。九時半，在漢口循禮門登車。

三月三十日

下午八時過鄭州。八時十分過黃河鐵橋。全橋一百零二孔。兩端各二十四半頂開式桁架橋。中間爲上行桁橋。橋墩均以鉄架構成，下舖以蠻石。聞其下乃釘於螺旋椿上。河水不深，但甚寬泛。水流遲緩無波，在朦朧月下觀之，其狀如油，可見其含沙量之重矣。車行甚緩；且係改用輕機車拖拽。蓋此橋久已過保險期，如不及早設法更換，對於行車，影響甚大。

三月卅一日

下午五時半，抵北平前門車站，六時，至北平大學工學院。

四月一日 休息

四月二日

上午十時至交通博物館。該館陳列關於交通上用品及模型，如鉄軌及角鉄之斷面，小型之軌道及站台，均一一陳列，品類繁多。尤以平綏鐵路登山機車及其他各路所用橋樑之模型，均小巧精緻。所有各部構造，能使一見瞭然，雖即參觀原物，其效益或未能及此。

出館後，旋即至北平圖書館。其中分前中後三部：前部爲輿圖室，Hay氏紀念室，普通閱覽室，及模型陳列室。因Hay氏對於退還庚款，興辦文化事業，頗具勳勞，因特闢一室，將其生平所用書籍，藏置其內，以爲紀念。須攜有特殊閱覽証者，始能入內觀書。模型陳列室，陳列各宮殿模型，均依實際尺寸縮小，飾以彩色，至爲精美。如圓明園等處之建築，現已毀滅無存，而猶能於此模型室中，一觀當時景象，何快如之。此室非有相當公函介紹，亦不能隨意入內參觀。中部爲研研室，供給各專門問題研究資料。凡人欲研究某專門問題，只需得相當介紹，即可專闢一室，在內研究，後部爲書庫。凡四層。存有中書二十八萬冊。凡書架皆鉄製，以防火險。更有四庫全書一部，係新從熱河文淵閣移來。中國原有此書六部，均爲寫本，自東省淪陷後，我國所餘，連此不過三部矣。適因例假，未得參觀。全年經常費十四萬元。購書費爲五萬美金。

四月三日

上午七時，至西直門登車。經三站至南口，過此坡度漸增，乃改用買呂式(Mallet)機車，推車前進。沿途曲綫甚多，循山谷蜿蜒而上。前望高峯壁立，疑若無路，而車能於每一轉折中，發現前面道路。計自南口至青龍橋，凡三十二華里，而地平面相差一千五百餘英尺，平均坡度為百分之二點六，最大坡度有時至百分之三。曲綫之多，坡度之大，實為其他各路所罕見。此線當時建造，費用頗廉，然每年養路之工作，與煤量之消耗，實甚艱鉅。近來擬改築他線，亦實以此。沿途脫軌叉道(Derailing Switch)甚多，坡度均與主路相反。因恐中途掉落車箱，沿坡馳下，不易阻止，可導進支線，令其自止。此亦特殊設備也。

中途經五桂寺居庸關等三山洞，其長度十餘尺及數百尺不等，內用土敏土，麻石砌成。至青龍橋，下車。有詹天佑先生銅像立於站旁。詹先生修築平綫路，譽騰中外，吾輩欽仰良久。旋僱驢往觀長城。牆為巨磚砌成，沿山峯起伏，數千年不毀，乃世界希有之巨大工程。古代築此以禦匈奴，吾民族得以屏藩生息，吾華文化，亦得從容發展，厥功偉矣。今則科學昌明，炮火日厲，人咸挾其優越戰具以臨我，今日長城，已失當年功效。非提倡科學無以圖存，吾華胄子孫，急起直追，此其時矣。同人等攀登許久，終感山勢峻高，朔風野大，飛沙走石，撲面而來，未達最高峯頂而回。

四月四日

上午七時，乘火車至清華大學。首參觀其工學院，內設各種實驗室，如材料道路，衛生各實驗室，以及機械電工木工廠等，設備均極完善。更有水力實驗室，另建一屋。四週製置各種水管，中設水槽二個，可作水閘及測定水流速儀(Current Meter)用。規模較其他實驗室為宏大。屋外更有洋灰水槽一個，尚未竣工，將來亦擬作水流速儀試驗之用。隨後往參觀大禮堂，圖書館及體育館。其建築外觀均極平常，而內部頗華麗，禮堂之建築，四週為四大拱形屋樑，上連成一半球形頂。內多為軟木花石等鋪砌。圖書館一處，前後共用去建築費約五十餘萬。內藏有書二十二萬冊。體育館分前後二部，各有運動場一個，中部開為游泳池，以藍色磁磚鋪砌，水極明潔，誠一良好游泳泉。有氣象台一所，矗立場中。有螺旋梯可上其塔頂，上有風速，風向，日照等自計儀。隨後至其化學館，生物館參觀而出。

四月五日

本日自由參觀故宮，三殿諸處建築。

四月六日 休息

四月七日

下午二時二十五分離平，五時三十分抵津。寓北洋大學。

四月八日

上午至天津總站。參觀車道場(Yard)。該處所用叉道，信號等，概非任意可以轉動。其轉動樞紐，乃以鐵桿連至一信號室。室內有槓桿五十餘個。每個槓桿各司一個叉道或一個信號。各個槓桿中亦有機械互相連鎖。如欲開放一叉道，必須其餘有危險行車之各叉道以及信號，都扳動至適當位置，始能扳動該道槓桿。設備至為機巧。更有掉車裝置，如車不依法行走，必致出軌。其設備之完善，為其他區有鐵路所鮮有，以後運輸發展，機務日繁，此種裝設，將亦為其他各路所採用，是可預想也。

下午往參觀鐵吊橋。天津市共有吊橋兩座：一名金鋼橋，在城北；一名萬國橋，在法租界。形式均大同小異，皆為兩個肱臂式橋桁(Cantilever Trusses)合成。有船經過時，可用電機轉動齒輪，將兩邊橋向上分開。船過後則仍放下。惜吾儕未遇其時，未一睹開橋情形也。

四月九日

上午參觀北洋大學。該校建於光緒廿九年，係西沽武庫舊址。三年前，一部校舍毀於火，復建新房一所，所為教舍。內分土木，機械，冶金三系，去年復添電機一系。尚有高中一班。共有同學三百餘人。設備有木工，機械工廠，及理化，材料，電機，水力，選鑛等實驗室。除電機實驗室係新近籌設，尙未完備外。餘均十餘年前創設。規模略較陳舊。如水力實驗室之裝置，較之清華，略遜一籌，益亦因創設時期，有先後不同也。測量儀器有經緯儀十二具，水平儀八具，尙够應用。更有採鑛與建築兩模型室。均係該校自製。內有各種鑛山縱剖面；橋梁屋架等模型。頗豐富可觀。圖書館藏書約三四萬冊，以屬於工程者為最多。

下午二時許，雇汽車抵北倉，參觀該處灌溉工程。該處有二水閘門，河流至此，分為二道：一道流入新開河，乃人工掘成，引入淤田，作灌溉用；一道經運河入海，作航運用，當水渾濁時，則開西閘門，導入灌田；當水清時，則開東閘門，以便沖洗運河內泥沙。另有船閘(Ship Lock)一個，以備西閘門閉時，船舶往來用。水閘均為下開式(Under Shot Type)，係鉄製閘板以滑車與平均鍾(Counter Balance Weight)相連。關閉時，以人工絞動鉄練，惟頗費時耳。

夜，移居泰安棧。

四月十日

晨六時，由天津總站登車。夜九時，過濟南。

四月十一日

上午八時，過徐州。夜八時廿分抵浦口。渡江寓下關鐵路旅館。

四月十二日

上午十一時，移居中央大學。下午休息。

四月十三日

上午雇汽車往謁總理陵。陵地寬廣，斜倚紫金山腰，石級數百，上有廟堂一座，狀至雄偉。內部用大理石鋪砌，四壁均刻有總理遺言。正中有一鉄門，上題「浩氣長存」四字。同人持公函向該總務處交涉，得允開放；內面爲半球形屋頂，電燈由四壁發出，回光至屋頂反射，滿室通明。中間圍以石欄，總理石棺，即放其處。有孫先生石塑像，端臥棺上，令人一見生敬。

謁陵畢，往公共體育場。有大動場一個，四週均係運動員宿舍，屋頂向場中傾斜，上作看台，建造頗經濟適用。另有各種球場及游泳池，四週各圍以土山，山坡砌以石級，作爲看台。參觀畢，經明孝陵，鷄鳴寺諸處。建築雖不及總理陵之盛，亦別具風味焉。

下午至教部，謁王前校長。校長詢問校內近況頗詳盡，會談良久始出。

四月十四日

上午至市政府，謁石瑛先生。談及大學生求學不務實際，爲各學校通病。武漢大學爲較有希望之學校，近聞漸趨貴族化，殊爲可惜。並教吾輩學習工程，尤宜注重實習學科云。

旋由市政府備汽車，至自來水廠。該廠在下關上游。有江心洲分水爲二道，大船多走外江，故內江水較清潔。由十四吋水管導至岸上水井，復經過一銅絲網而至於隣井。由三個五十基羅瓦特電動機轉動三個打水機，將水送至沉澱池。明礬水亦利用吸入作用(Suction action)於此時輸入打水機內。池底每方丈均作漏斗形，中一孔，下連水管，備污泥洗出用。水經沉澱後，即由池旁一小口流入沉澱池下層蓄水池內。由是用三套三百三十基羅瓦特轉動打水機，輸送至清涼山儲水塔。再由是輸送至運戶。水之衛生檢查，則委托衛生署管理。每日用水約七百萬立方公尺。每月水費可收二萬元，除開支費一萬元外，尙有一萬元可作添裝新管用。

至下關，參觀輪渡碼頭，乃新建作旅客過江用。舊有碼頭則可專作起卸軍用危險品用。全部均為鋼筋混凝土所作。平行倚靠江岸，為避雨站台。有三垂直平台，突出江中，由是可用橋樑連至躉船。作基脚時，最為困難，係用1:1:2之混凝土，因水流甚急，多數洋灰，被水沖走，臨時無法補救，乃依當時情況，隨即作成標樣 (Specimen)，後經試驗結果，其力恰符二千磅，於是乃敢繼續上造。

下午，往觀火車輪渡。兩岸各有引橋四個。斜出江中。各橋均以釘針互相連接，懸於橋墩之高架上，可用電機自由升降，使其與渡船上軌道平面相合。渡輪上有軌道三行，每行可容車七輛。船後有移車台 (Transfer Table) 可移機車至任何軌道。煙囪則豎於船之兩側，舵房則置於跨過軌道之橋上。船之左右前後，均設有穩水瓶，當車輛裝載不平衡時，可用打水機灌水，以免傾側，設計至完善。

旋雇汽車至陸地測量學校。該校共分四組：測量組為在地面設許多控制點，並測其相互位置；航攝組則用飛機在一定高度飛過，用轉片將地形拍照；因飛時機身每易傾斜，故照片常欠正確；糾正組遂將原來照片重晒一次，令原片作同樣傾斜，而使片內各點與實測控制點相符，此次所得照片，便可併成地圖；製圖組則將其插進自動繪圖儀，兩眼自鏡筒內直視，儼若立體圖形；中有一小圓點，將像片移動，令小圓點沿山坡走過，便有儀器自動在紙上繪出等高線 (Contours Lines)，構造極精好。聞此儀初出僅有四架，其中三架為中日美三國分購，價值為八萬五千元。據云此法測量，可製萬分之一軍用地圖，既正確又無遺漏；較之普通測量，時間可節省五倍，經濟與人力亦可大節省。

夜十一時，乘車赴滬。

四月十五日

上午八時抵滬，十一時至交通大學。下午休息。

四月十六日

上午汽車至龍華寺，參觀該地水泥廠。適無人接洽而還。

四月十七日

參觀滬浦局。由該局派小輪送至各挖泥船參觀。有梯式 (Ladder Tape) 挖泥船三艘，每艘價約廿七萬元，每小時可挖泥八百立方碼；蛤殼式 (Clam-shell Type) 挖泥船八艘，每艘價約五萬元，每小時各可挖泥二百立方碼。每年能將黃浦江全挖挖掘一次，挖去泥約千二百萬立方碼。泥沙均用駁船載至浦東，參和以水，用打水機送至岸上窪地沉殿。浦口未挖浚前，水深約三十呎。往挖浚後，約深四十呎。全年經費約一千萬元，均由征收往來船舶之浚浦稅而得。

四月十八日

上午參觀交通大學。該校共分六個學院，有同學四百餘人，每年經常費六十萬元。有工程館一所，為三年前新建，共費約五十萬元。電機工程與機械工程實驗室，均設其內。電機設備較為完備。各種電表及開關，均裝置壁上，用時甚便利。惟嫌過於方便，裝置不需學生動手，用時亦可不假思索，殊欠實習精神。機械工程之實驗室有各種形式之蒸氣機及柴油機。更有木炭汽車一架，因其濾缸裝置，不甚雅觀，擬將其改裝於車旁。尚有遼寧迫擊砲廠所製第一輛汽車，亦陳列其處。蒸氣鍋爐有二隻：一為五十馬力，一為七十馬力。水力及材料實驗室，均未參觀，故無可述。金木工廠亦與我校大同小異。所可異者，上午亦發見同學作工廠實習，恐其時間支配，未能盡符教育原理。圖書館有五萬餘冊，西書萬二千冊，以應用科學書為最多，每月購買費約四千元。各教員指定參考書，均各置一櫃，同學可隨時取閱，體育館建有游泳池，有溫水管裝置。惟池地嫌狹小，近擬設法擴充云。該校以前體育名將甚多，近年因功課加嚴，書本多崇尚背誦，體育聲譽，亦漸衰微云。

下午，運行李至江新輪

四月十九日

晨四時，離滬。

四月二十日

晨六時，過京。

四月廿一日

晨四時，抵安慶。下午時，抵九江。

四月廿二日

上午八時抵漢。十一時到校。

揚子江水文測量報告

CROSS-SECTION OF YANGTZE RIVER PE-SHA-CHOU, WU-CHANG

Dec. 1933

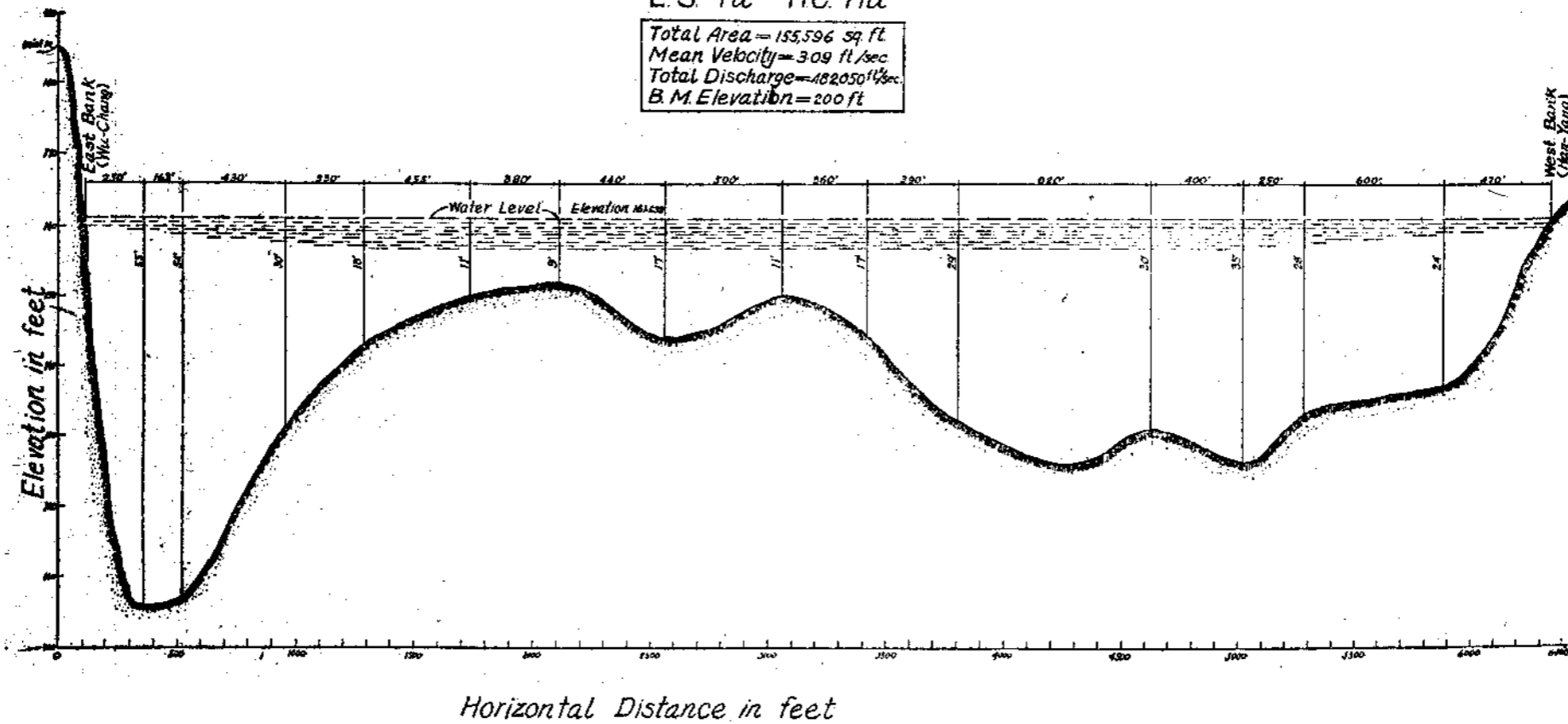
Drawn By Party 2

M. Ouyang W.H. Shu

M. C. Yeh C.K. Yeh

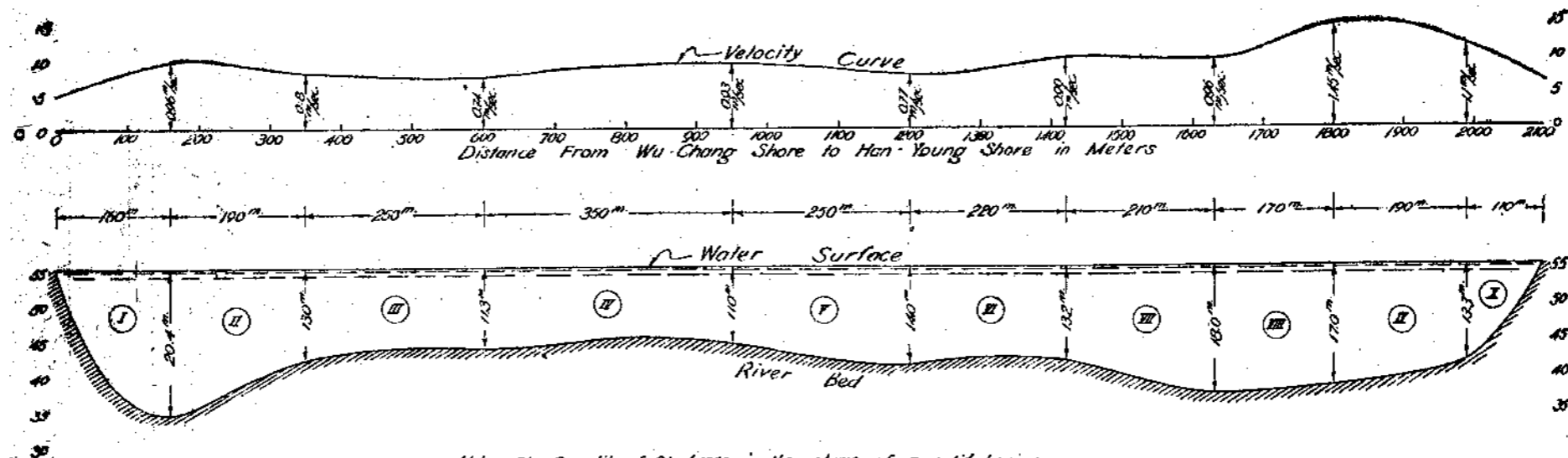
L.S. Yu H.C. Hu

Total Area = 153,596 sq. ft.
Mean Velocity = 3.09 ft./sec.
Total Discharge = 102,050 $\frac{1}{2}$ sec.
B. M. Elevation = 200 ft.



Horizontal Distance in feet

民二三級揚子江白沙洲橫斷面測量報告



Note: The Quantity of Discharge is the volume of a solid having the above two figures for its views. The volume of the solid is computed by dividing it into prismoids. The volume of the prismoids are computed by End Area Method. The prismaidal correction is to be neglected.

Gaging of Yang-tse-Kiang
Wu-Chang Han-Yung Cross-section
near Pei-Sar-Chow
May, 10, 1934

Read No.	Time	Distance from		Depth	Velocity	
		Wu-Chang	Han-Yung		0.2 dep.	0.5 dep.
1	6 ^h 8 ^m	156	156	20.5	0.945	—
2	6 ^h 10 ^m	345	345	13.0	0.807	—
3	6 ^h 22 ^m	600	600	11.4	0.740	—
4	6 ^h 28 ^m	900	865	9.9	0.950	—
5	6 ^h 34 ^m	1220	1210	13.7	0.770	—
6	6 ^h 40 ^m	1380	1393	13.0	0.930	—
7	6 ^h 46 ^m	1625	1632	17.7	0.965	—
8	6 ^h 53 ^m	1895	1805	16.7	1.428	—
9	6 ^h 58 ^m	113	1987	13.7	1.158	—

River Width 2100 Meters.
Water level elev. 53.2 Meters.

No.	End Bases	Sum of bases	height	Double Volume
I	0.96 x 20.4	19.6	100	3140
II	0.8 x 13.0	10.4	190	5700
III	0.74 x 11.3	8.36	250	4600
IV	0.83 x 11.0	10.2	350	6510
V	0.77 x 14.0	10.78	250	5250
VI	0.99 x 13.2	13.08	220	5250
VII	0.96 x 16.0	17.3	30.35	6380
VIII	1.45 x 17.0	26.05	41.95	7130
IX	1.1 x 13.2	14.62	39.27	7460
			110	1610

Total discharge 53120/2
26560 Cu. Meters/sec.

Reported by
Party B

Partners.

王光 董世春
唐儲孝 胡錫之

民二四級揚子江白沙洲橫斷面測量報告

本會會員姓名錄

(一) 甲種特別會員(本系教員)

姓名	籍貫	職務					
邵逸周	安徽休甯	工學院院長兼教授					
陸鳳書	江蘇無錫	土木工程系主任兼教授					
郭霖	湖北當陽	機械工程系主任兼教授					
俞忽	安徽婺源	教授					
余熾昌	浙江紹興	教授					
趙師梅	湖北巴東	教授	方	墉	安徽定遠	教授	
丁樊和	江蘇泰興	教授	孟	嘉	美國	講師	
孫雲霄	江蘇高郵	教授	齊	成	河北昌黎	助教	
譚聲乙	安徽合淝	教授					
羅樹聲	江蘇泰興	助教					
石琢	湖南邵陽	助教					
文斗	湖南寧鄉	助教					
郭仰汀	福建閩侯	助教					
孟昭禮	山東臨清	助教					

(二) 乙種特別會員(本系畢業同學)

民二二級畢業會員

姓名	籍貫	服務機關
顧文魁	江蘇如皋	南京國防設計委員會
唐家湖	安徽桐城	南京市政府工務局
陳亞光	江蘇東台	粵漢鐵路株韶段工程局第七總段工程處
陳正權	湖北武昌	湖北建設廳
辛煥章	湖北安陸	湖北建設廳
黃守楷	湖南湘潭	粵漢鐵路株韶段工程局
彭文森	湖北鄂城	湖北建設廳
賀俊	湖南安化	湖北建設廳省會工程處

沈 瓊 芳	湖北天門	湖北建設廳
閻 克 製	湖南岳陽	南京市政府工務局
胡 仁 杰	湖北大冶	湖北建設廳
趙 文 軒	河南濬縣	湖北建設廳
王 守 先	湖北武昌	湖北建設廳
吳 興 朝	湖南新化	湖北建設廳省會工程處
羅 崇 光	廣東南海	山西同蒲鐵路工程局
民二三級畢業會員		
熊 道 琨	湖北漢川	湖北建設廳
張 世 俊	湖北漢陽	南京市政府財政局土地科
沈 瑾 芳	湖北天門	湖北省立職業學校土木工程科
涂 卓 如	湖北黃陂	湖北建設廳
胡 休 唐	湖南武崗	南京市政府工務局
李 定 魁	陝西南鄭	陝西全省經濟委員會西蘭公路工務所
舒 文 翰	湖北崇陽	湖北建設廳
余 聯 壽	江蘇興化	江蘇溧水縣政府技術科
歐 陽 鳴	江西興國	江西省立臨川中學土木工程科
葉 明 哲	湖北蒲圻	湖北建設廳
胡 和 競	江西湖口	杭江鐵路南玉段工程局
趙 鴻	湖北沔陽	湖北建設廳
王 道 隆	江西南昌	杭江鐵路南玉段工程局
姜 于 淮	江西南昌	南京市政府財政局土地科
楊 訪 漁	安徽懷甯	南京國防設計委員會
單 成 騏	江蘇懷寧	南京市政府工務局
王 言 綬	江蘇鹽城	南京金陵兵工廠
王 營	廣西賓陽	廣西梧州廣西大學
趙 方 民	湖南長沙	南京衛生署
鄧 志 瑞	廣東南海	漢口全國經濟委員會江漢工程局
余 洞	四川威遠	漢口全國經濟委員會江漢工程局
黃 作	江蘇泰縣	南京金陵兵工廠

(三) 普通會員(在校同學)

四年級

楊長榮	唐儲孝	汪承鈞	方 璜	方 璧	何世珍	陳化秦
劉定志	陳厚載	米谷生	梁滉訓	周宗士	余傳周	朱吉麟
劉宗周	陳良智	封祖祐	鄧先仁	王 光	樊錫梁	袁吉武
杜時敏	吳以敷	蔡仲華	陽漢膺	樂 樂	黃景驥	胡慎思
尤德梓	方宗岱	張鼎生	胡錫之	董世春		

三年級

李希靖	鄭恆興	王開閻	陳和鳴	胡家仁	李均平	劉相堯
劉永彥	蔡鍾琦	鍾 綽	方 睦	胡玉瑞	李希曾	黃德榮
段 幹	龔志鴻	崔可仁	周懷瑣	宋克繼		

二年級

耿大定	趙邦達	毛景能	張 溶	楊賢溢	趙爾璣	蕭人存
雷大晉	周文化	蔣宗松	項學漢	王 泰	樊哲晨	龔一波
汪 兌	章泰報	周 臣	周 祐	黃雍純	王道勝	朱愚泉
何彥青	熊守禮	鄧銳輔	尹肇元			

一年級

鄒思齊	黃言亮	宋壽安	田庚錫	鄧志揆	李毓芬	李慕蘇
王治樑	馬賚元	喻伯良	黃民澤	黃彰任	李伯屏	周永康
劉守純	陳文彪	呂道華	沈 晉	陳道弘	常振猷	尹先思
董光燦	包惠敏	吳治華	林祥威	陳炳輝	歐明波	王修官
潘基頌	舒慶禾	鄭瑞林				

編 後

本刊籌備已久，嗣因種種困難，延至今日始得出版，以事屬草創，舛誤之處，在所難免，海內明達，幸指正焉！

本刊籌備期中，承本院教授予以經濟上之援助及內容之指導；與諸同學之踴躍投稿始克有今日，謹書此致謝。

—編者—

哲 學 與 教 育

第三卷 第一期

現代德國哲學概觀	范壽康
實在論駁辯	胡稼胎
學校行政之基礎	黃 溥
現代職業教育的理論	王鳳崗
我國學制問題之檢討	張有芝
論學風	王正國
性教育之理論與實際	謝雲樵
幼稚期的意義與教育	曾繁鑫
習慣形成中的心理因子	郭錫嘉
教育研究法	吳培元
波蘭教育之新改革	陳文競
書評	振 南

編輯者：國立武漢大學哲學教育學會

勘 誤 表

頁	行	字	誤	正
2	18	7	0.8108	0.0188
7	3		31.87	3.187
7	14		160,000	160,000
8	1		1,7781	1,778.1
8	8	1	F	E
11	14		38,545	38.545
19	11		-87,50	-87,500
31	10	1	P _a	P _b
37	第七圖下		解答托荷載	解答支托荷載
38	4	30	研	究
42	3		1.0+360	1.0×360
43	20		-85P ₁	-0.85P ₁
46	16-17		水及泥水	水泥及水
48	3	24	圖	第
48	圖下12行	Px式	x(h-x)	x(h ₁ -x)
49	2	=式右	aδ	-aδ
49	末行		=δf	δf=
50	2		$\frac{4hw_1}{h_1}$	$\frac{4w_1}{h_1}$
51	2	8	h ₁	h
51	3	第二項	3w ₂ α	3w ₂ α
51	8	分母	+w ₂ α	+4w ₂ α
51	9	分母	+α	+4α
52	19	10及17	x	α
54	7		1.425	1,425
54	14		926	920
64	8	16	潤	關
84	19	16	前	下

本刊徵稿條例

- 一、本刊定名為國立武漢大學土木工程學會會刊。
- 二、本刊登載有關土木工程之稿件。
- 三、文體不拘，但須繕寫清楚，並加新式標點符號。
- 四、翻譯請附寄原文或說明原著來處。
- 五、來稿得由本刊編輯部酌量增刪，不願者請預先聲明。
- 六、來稿無論登載與否概不退還，但預先聲明者，不在此例。
- 七、來稿請直寄本刊編輯部。
- 八、來稿登載後，概以本刊致謝。

廣告價目表

大小地位	全頁	半頁	四分之一	八分之一
後封面	三十元	十五元	八元	五元
前內封面	廿五元	十二元	七元	四元
後內封面	廿五元	十二元	七元	四元
正文前後	二十元	十元	六元	二元

國立武漢大學 土木工程學會會刊

第一期

民國二十三年十二月三十日出版

編輯者 國立武漢大學土木工程學會編輯部
 發行者 國立武漢大學土木工程學會出版部
 印刷者 武昌李榮真印書館
 定價 每冊大洋三角，外埠另加郵費五分