

24JUL1937

國立武漢大學 土木工程學會會刊

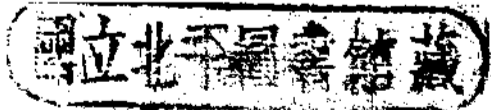
第二期

本期目錄

Wind Stress in Tall Buildings	俞 忽
建築工廠房屋之商榷	孫雲霄
公路豎曲線之計算法	丁人錕
石油	邵逸周
用圖解法以求木質水櫃外圍鐵箍之間距	陸鳳書
用彈性重量法計算桁架橋樑的偏重	胡錫之
水工模型試驗之基本理論	方宗岱
一年來在錢塘江橋工程處之工作紀要	唐儲孝
Stress in Single Span Rigid Frame Bridge With Fixed Ends	胡家仁
錢塘江橋工程實習紀要	張 溶
航空測量學大意	蔣宗松
載水力重負之樑中之彎曲能率	林祥威譯
獻給前進中之青年工程師	冀一波譯
禦土牆設計之結果	
校友通訊	
十月生活	陳厚載
甘肅水利工程近況	吳以敦
編後	
附錄	
本會會員錄	
畢業同學近況調查表	
本屆幹事一覽表	
廣告索引	

國立武漢大學土木工程學會印行

中華民國二十六年五月三十日出版



Tel. 24787 SCHMIDT & Co. LTD. S.A.D. 3

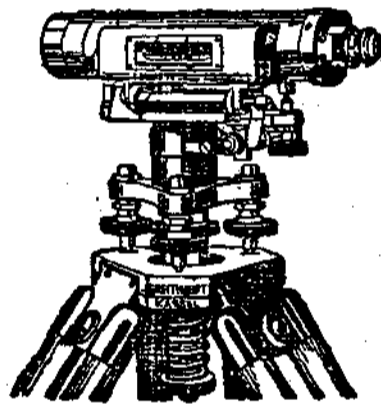
HANKOW

漢 口

德 商

興 華 公 司

獨 家 經 理



各種測量儀器

徠卜攝影機 電療醫具

徠資顯微鏡 望遠鏡

各種物理化學儀器及天

秤等

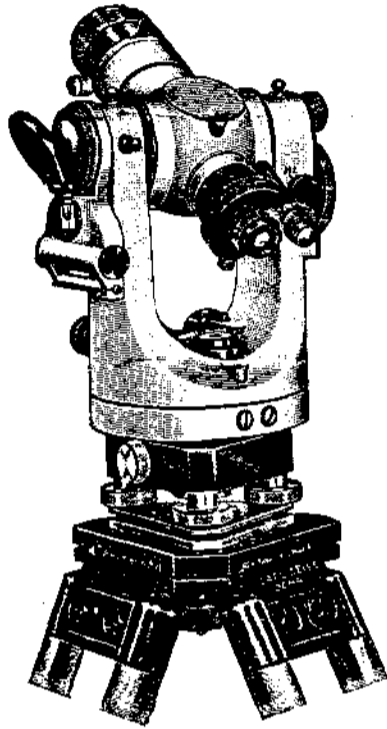
地址：漢口特三區湖

南路與合作路

轉角

電話：二四七八七

ZEISS



Universal-Theodolite II

This instrument is adapted to triangulation, precise traversing and repetition of angles, day and night work, mine surveys and precise tacheometry.

Zeiss surveying instruments as Theodolites, Levels, Telescopic Alidades, Plane Tables, Air Surveying Equipments etc., are of highest precision and constant accuracy.

Please ask for estimates and catalogues

Zeiss General Agents:

CARLOWITZ & CO.

Optical Dept.

Hankow.

敝行經理德國蔡司廠，經緯儀，水準儀，照準儀，平板儀，航空測量儀，關於測繪等儀器，無不應有盡有，構造精密準確堅固耐用，如蒙垂詢，無不歡迎之至，函索樣本即寄。

總 經 理

禮 和 洋 行

光 學 部

漢口老大智門 電話 二三四一三 二一零零七
二一二零九

六 合 公 司

承 造 房 屋 橋 樑 以
及 其 他 一 切 工 程

總公司：上海愛多亞路一二三號

電 話 八〇〇三〇

電報掛號 六一三九

辦事處：漢口 武昌 長沙

南京 成都 杭州

A PROBLEM OF TALL BUILDING FRAMES.

俞 忽

The problem described in Messrs. Witmer and Bonner's paper, proceedings of the American Society of Civil Engineers, 1936, p. 1 can be easily solved by analytical method. In the building shown in Fig. 1, let us give the footing *A* an upward vertical deflection Δ_a , determine the horizontal deflection Δ_{na} of the building at the level of the *n*th. floor beam; then, by the well-known Maxwell reciprocal theorem, the vertical reaction at footing *A* for unit horizontal load at the *n*th. floor level is equal to $\frac{\Delta_{na}}{\Delta_a}$.

In order to have the advantage of symmetry, for buildings with a vertical axis of symmetry as in the case of our problem, instead of giving an upward deflection Δ_a to the footing *A*, we may give an upward vertical deflection $\frac{1}{2} \Delta_a$ to the footing *A* and a downward vertical deflection $\frac{1}{2} \Delta_a$ to the footing *D*. The horizontal deflection Δ_{na} at the *n*th. floor level will remain unaltered, so the vertical reaction at the footing *A* for unit horizontal load at the *n*th. floor level is again equal to $\frac{\Delta_{na}}{\Delta_a}$.

In a similar manner, we may give an upward vertical deflection $\frac{1}{2} \Delta_b$ to the footing *B* and a downward vertical deflection $\frac{1}{2} \Delta_b$ to the footing *C*, then determine the horizontal deflection Δ_{nb} of the building at the *n*th. floor level, and the ratio $\frac{\Delta_{nb}}{\Delta_b}$ will be equal to the vertical reaction at footing *B* for unit horizontal load at the *n*th. floor level.

For convenience, we shall designate each joint of the building by a letter and a number; for example, the point of intersection of column *X* and the *n*th. floor beam will be known as joint *Xn*. Let $M_{Xn(n+1)}$ and $M_{X(n+1)n}$ be the moments at the ends of column *Xn-X(n+1)*. Let M_{nXY} and M_{nYX} be the moments at the ends of beam *Xn-Yn*. Let

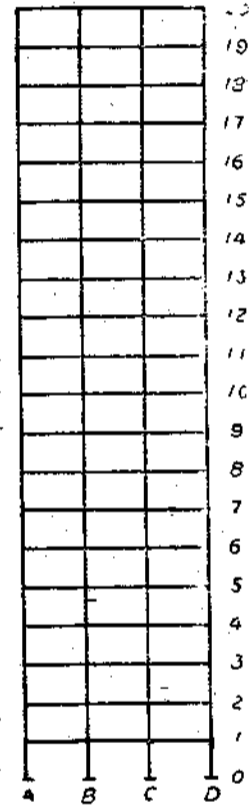


Fig. 1.

l_1 = length of outer beams,

l_2 = length of centre beams,

h = length of all the columns,

I_1 = moment of inertia of outer columns,

I_2 = moment of inertia of inner columns,

I_3 = moment of inertia of outer beams,

I_4 = moment of inertia of centre beams,

$$K_1 = \frac{I_1}{h}, \quad K_2 = \frac{I_2}{h},$$

$$K_3 = \frac{I_3}{l_1}, \quad K_4 = \frac{I_4}{l_2},$$

$$\alpha_{An(n+1)} = \frac{1}{6K_1} (2 M_{An(n+1)} - M_{A(n+1)n}),$$

$$\alpha_{A(n+1)n} = \frac{1}{6K_1} (2 M_{A(n+1)n} - M_{An(n+1)}),$$

$$\alpha_{Bn(n+1)} = \frac{1}{6K_2} (2 M_{Bn(n+1)} - M_{B(n+1)n}),$$

$$\alpha_{B(n+1)n} = \frac{1}{6K_2} (2 M_{B(n+1)n} - M_{Bn(n+1)}),$$

$$\alpha_{nAB} = \frac{1}{6K_3} (2 M_{nAB} - M_{nBA}),$$

$$\alpha_{nBA} = \frac{1}{6K_3} (2 M_{nBA} - M_{nAB}),$$

$$\alpha_{nBC} = \frac{1}{6K_4} (2 M_{nBC} - M_{nCB}) = \frac{1}{6K_4} M_{nBC}.$$

Then $M_{An(n+1)} = 2 K_1 (2 \alpha_{An(n+1)} + \alpha_{A(n+1)n}),$

$$M_{A(n+1)n} = 2 K_1 (2 \alpha_{A(n+1)n} + \alpha_{An(n+1)}),$$

$$M_{Bn(n+1)} = 2 K_2 (2 \alpha_{Bn(n+1)} + \alpha_{B(n+1)n}),$$

$$M_{B(n+1)n} = 2 K_2 (\alpha_{Bn(n+1)} + 2 \alpha_{B(n+1)n}),$$

$$M_{nAB} = 2 K_3 (2 \alpha_{nAB} + \alpha_{nBA}),$$

$$M_{nBA} = 2 K_3 (\alpha_{nAB} + 2 \alpha_{nBA}),$$

$$M_{nBC} = 6 K_4 \alpha_{nBC}.$$

If may be proved that

$$\alpha_{A^{n(n+1)}} - \alpha_{AAB} = \alpha_{B^{n(n+1)}} - \alpha_{BA} = \alpha_{A^{(n+1)n}} - \alpha_{(n+1)AB} = \alpha_{B^{(n+1)n}} - \alpha_{(n+1)BA} = \beta_{n+1}$$

For upward deflections $\frac{1}{2} \Delta_a$ and $\frac{1}{2} \Delta_b$ at footings A and B and similar downward deflections at footings C and D , we may prove that

$$\alpha_{A10} - \alpha_{1AB} = \alpha_{B10} - \alpha_{1BA} = \beta_1,$$

$$\alpha_{A01} = \alpha_{B01} = \beta_1 + E \left(\frac{\Delta_a - \Delta_b}{2 l_1} \right),$$

$$\alpha_{nBA} - \alpha_{nBC} = E \left(\frac{\Delta_a - \Delta_b}{2 l_1} - \frac{\Delta_b}{l_2} \right),$$

$$\begin{aligned} \Delta_{na} + \Delta_{nb} &= \frac{h}{E} \left\{ n \alpha_{A01} - n (\alpha_{A10} - \alpha_{A12}) \right. \\ &\quad - (n-1) (\alpha_{A21} - \alpha_{A23}) \\ &\quad - (n-2) (\alpha_{A32} - \alpha_{A34}) \\ &\quad - \dots \dots \dots \\ &\quad \left. - (\alpha_{A^{(n-1)(n-2)}} - \alpha_{A^{(n-1)n}}) \right\} \\ &= \frac{h}{E} \left\{ n \left[\beta_1 + E \left(\frac{\Delta_a - \Delta_b}{2 l_1} \right) \right] \right. \\ &\quad - (n-1) [\alpha_{1AB} + \beta_1 - (\alpha_{1AB} + \beta_2)] \\ &\quad - (n-2) [\alpha_{2AB} + \beta_2 - (\alpha_{2AB} + \beta_3)] \\ &\quad - \dots \dots \dots \\ &\quad \left. - [\alpha_{(n-1)AB} + \beta_{n-1} - (\alpha_{(n-1)AB} + \beta_n)] \right\} \\ &= \frac{n h}{2 l_1} (\Delta_a - \Delta_b) + \frac{h}{E} (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \dots + \beta_n), \end{aligned}$$

where E =elastic modulus.

For convenience, we may make $E=1$, and make h as unit of length, then

$$\Delta_{na} + \Delta_{bn} = \frac{n}{2 l_1} (\Delta_a - \Delta_b) + (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \dots + \beta_n).$$

The moment equations at joints An and Bn are

$$2 K_1 (2 \alpha_{nAB} + \alpha_{(n-1)AB} + 3 \beta_n) + 2 K_3 (2 \alpha_{nAB} + \alpha_{nBA}) + 2 K_1 (2 \alpha_{nAB} + \alpha_{(n+1)AB} + 3 \beta_{n+1}) = 0 \dots \dots \dots (1)$$

$$2 K_2 (2 \alpha_{nBA} + \alpha_{(n-1)BA} + 3 \beta_n) + 2 K_3 (2 \alpha_{nBA} + \alpha_{nAB}) + 6 K_4 \left(\alpha_{nBA} - \frac{\Delta_a - \Delta_b}{2 l_1} + \frac{\Delta_b}{l_2} \right) + 2 K_2 (2 \alpha_{nBA} + \alpha_{(n+1)BA} + 3 \beta_{n+1}) = 0 \dots \dots \dots (2)$$

The shear equations for the columns below the n th. and the $(n+1)$ th. floor beams are

$$6 K_1 (\alpha_{(n-1)AB} + \alpha_{nAB} + 2 \beta_n) + 6 K_2 (\alpha_{(n-1)BA} + \alpha_{nBA} + 2 \beta_n) = 0 \dots \dots \dots (3)$$

$$6 K_1 (\alpha_{nAB} + \alpha_{(n+1)AB} + 2 \beta_{n+1}) + 6 K_2 (\alpha_{nBA} + \alpha_{(n+1)BA} + 2 \beta_{n+1}) = 0 \dots \dots \dots (4)$$

From equations (1) to (4), we obtain

$$\alpha_{nAB} = \frac{1}{8 K_2 K_3 - K_1 K_3 + 6 K_1 K_2} \left\{ - [2 K_2^2 + 7 K_2 K_3 - 2 K_1 K_3 - 4 K_1 K_2 - 3 K_1 (K_1 - 2 K_2)] \alpha_{nBA} + K_2 (K_1 + K_2) (\alpha_{(n-1)BA} + \alpha_{(n+1)BA}) - 3 K_1 (K_1 - 2 K_2) \left(\frac{\Delta_a - \Delta_b}{2 l_1} - \frac{\Delta_b}{l_2} \right) \right\} \dots \dots \dots (5)$$

$$\alpha_{nBA} = \frac{1}{\{ K_1 (6 K_2 + 8 K_3 + 9 K_4) - K_2 K_3 \}} \left\{ - (2 K_1^2 - 2 K_2 K_3 + 7 K_1 K_3 - 4 K_1 K_2) \alpha_{nAB} + K_1 (K_1 + K_2) (\alpha_{(n-1)AB} + \alpha_{(n+1)AB}) + 9 K_1 K_4 \left(\frac{\Delta_a - \Delta_b}{2 l_1} - \frac{\Delta_b}{l_2} \right) \right\} \dots \dots \dots (6)$$

The equations corresponding to equations (5) and (6) for the bottom story are

$$\alpha_{1AB} = \frac{1}{8 K_2 K_3 - K_1 K_3 + 6 K_1 K_2} \left\{ - [2 K_1^2 + 7 K_2 K_3 - 2 K_1 K_3 - 4 K_1 K_2 - 3 K_4 (K_1 - 2 K_2)] \alpha_{1BA} + K_2 (K_1 + K_2) \left(\alpha_{2BA} + \frac{\Delta_a - \Delta_b}{2 l_1} \right) - 3 K_4 (K_1 - K_2) \left(\frac{\Delta_a - \Delta_b}{2 l_1} - \frac{\Delta_b}{l_2} \right) \right\} \dots \dots \dots (7)$$

$$\alpha_{1BA} = \frac{1}{\{ K_1 (6 K_2 + 8 K_3 + 9 K_4) - K_2 K_3 \}} \left\{ - (2 K_1^2 - 2 K_2 K_3 + 7 K_1 K_3 - 4 K_1 K_2) \alpha_{1AB} + K_1 (K_1 + K_2) \left(\alpha_{2AB} + \frac{\Delta_a - \Delta_b}{2 l_1} \right) + 9 K_1 K_4 \left(\frac{\Delta_a - \Delta_b}{2 l_1} - \frac{\Delta_b}{l_2} \right) \right\} \dots \dots \dots (8)$$

Let m be the total number of stories of the building, the equations corresponding to equations (5) and (6) for the top story are

$$\alpha_{mAB} = \frac{1}{8K_2K_3 - K_1K_3 + 3K_1K_2} \left\{ -[K_2^2 + 7K_2K_3 - 2K_1K_3 - 2K_1 - K_2 - 3K_1(K_1 - K_2)] \alpha_{mBA} + K_2(K_1 + K_2) \alpha_{(m-1)B,1} - 3K_1(K_1 - K_2) \left(\frac{\Delta_a - \Delta_b}{2l_1} - \frac{\Delta_b}{l_2} \right) \right\} \dots \dots \dots (9)$$

$$\alpha_{mBA} = \frac{1}{K_1(3K_2 + 8K_3 + 9K_4) - K_2K_3} \left\{ -(K_1^2 - 2K_2K_3 + 7K_1K_2 - 2K_1K_2) \alpha_{mAB} + K_1(K_1 + K_2) \alpha_{(m-1)AB} + 9K_1K_4 \left(\frac{\Delta_a - \Delta_b}{2l_1} - \frac{\Delta_b}{l_2} \right) \right\} \dots \dots \dots (10)$$

Take Messrs. Witmer and Bonner's Case A1, we have

$$K_1 = K_2 = 0.4, \quad K_3 = K_4 = 0.25 \\ h = 1, \quad l_1 = l_2 = 1.6$$

Substituting in equations (5) to (10), we obtain

$$\begin{aligned} \alpha_{1AB} &= 0.19277 \alpha_{2BA} - 0.28916 \alpha_{1B,1} + 0.11672 \Delta_a - 0.22967 \Delta_b, \\ \alpha_{1B,1} &= 0.125 \alpha_{2AB} - 0.070313 \alpha_{1AB} + 0.14893 \Delta_a - 0.36865 \Delta_b, \\ \alpha_{nAB} &= 0.19277 (\alpha_{(n-1)BA} + \alpha_{(n-1)B,1}) - 0.28916 \alpha_{nBA} + 0.05648 \Delta_a - 0.16943 \Delta_b, \\ \alpha_{nBA} &= 0.125 (\alpha_{(n-1)AB} + \alpha_{(n-1)AB}) - 0.070313 \alpha_{nAB} + 0.10986 \Delta_a - 0.32959 \Delta_b, \\ \alpha_{mAB} &= 0.27119 \alpha_{(m-1)BA} - 0.54237 \alpha_{mBA} + 0.07945 \Delta_a - 0.23835 \Delta_b \\ \alpha_{mBA} &= 0.15385 \alpha_{(m-1)AB} - 0.16346 \alpha_{mAB} + 0.13522 \Delta_a - 0.40565 \Delta_b \end{aligned}$$

The values of α_{nAB} 's and α_{nBA} 's are evaluated in Tables 1 and 2. The detail calculation of the value of α_{2AB} is as follows:—

		0.05648
0.19277(0.10986+0.01367+0.10986) - 0.28916 × 0.10986 =	0.04499 - 0.03177 =	0.01322
0.19277(0.00206+0.01090) - 0.28916 × 0.01149 =	0.00250 - 0.00332 =	-0.00082
0.19277(-0.00011+0.00153) - 0.28916 × 0.00149 =	0.00027 - 0.00043 =	-0.00016
0.19277(-0.00002 - 0.00010) - 0.28916(-0.00013) =	-0.00002 + 0.00004 =	0.00002
	Total	0.06874

$$\text{Check: } 0.05648 + 0.19277(0.12547 + 0.12217) - 0.28916 \times 0.12269 \\ = 0.05648 + 0.04774 - 0.03548 = 0.06874.$$

The other values of α 's are calculated in a similar manner. Above the 6th. floor level the values of α_{nAB} 's and α_{nBA} 's will remain constant, those for the few top stories being excepted. The values of $\frac{\Delta_{na}}{\Delta_a}$ and $\frac{\Delta_{nb}}{\Delta_b}$ are evaluated in Table 3 and 4.

TABLE 1. EVALUATION OF α_{iAB} 'S AND α_{iBA} 'S: VERTICAL DEFLECTIONS Δ_0 AT A AND D

α	Equation	II	III	IV	V	Total	Check
α_{1AB}	$0.19277 \alpha_{2BA}$ $-0.28916 \alpha_{1BA}$ 0.11672	0.02118 -0.04306 -0.02188	0.00264 -0.00011 0.00253	0.00040 -0.00060 -0.00020	0.00002 -0.00005 0.00003	0.09720	0.02118 -0.04373 0.09717
α_{1BA}	$0.125 \alpha_{2AB}$ $-0.070813 \alpha_{1AB}$ 0.14893	0.09706 -0.00667 0.00089	0.00227 -0.00018 0.00209	-0.00017 0.00001 -0.00016	-0.00001 $-$ -0.00001	0.15124	0.09913 -0.00683 0.15123
α_{2AB}	$0.19277 (\alpha_{1BA} + \alpha_{3BA})$ $-0.28910 \alpha_{2BA}$ 0.05648	0.04906 -0.03177 0.01819	0.00262 -0.00395 -0.00133	0.00126 -0.00060 -0.00034	-0.00003 0.00003 0	0.07300	0.05280 -0.03628 0.07300
α_{2BA}	$0.125 (\alpha_{1AB} + \alpha_{3AB})$ $-0.070813 \alpha_{2AB}$ 0.10986	0.01892 -0.00525 0.01367	0.00197 0.00000 0.00206	-0.00013 0.00002 -0.00011	-0.00002 $-$ -0.00002	0.12546	0.02974 -0.00513 0.12547
α_{3AB}	$0.19277 (\alpha_{2BA} + \alpha_{4BA})$ $-0.28916 \alpha_{3BA}$ 0.05648	0.04490 -0.03177 0.01322	0.00250 -0.00332 -0.00082	0.00027 -0.00043 -0.00016	-0.00002 0.00004 0.00002	0.06874	0.04774 -0.03548 0.06874
α_{3BA}	$0.125 (\alpha_{2AB} + \alpha_{4AB})$ $-0.070813 \alpha_{3AB}$ 0.10986	0.01630 -0.00493 0.01149	0.00143 0.00006 0.00149	-0.00014 0.00001 -0.00013	-0.00002 $-$ -0.00002	0.12239	0.01767 -0.00483 0.12270
α_{4AB}	$0.19277 \alpha_{3BA} + \alpha_{5BA}$ $-0.28916 \alpha_{4BA}$ 0.05648	0.04457 -0.03177 0.01289	0.00238 -0.00315 -0.00077	0.00027 -0.00014 -0.00017	-0.00003 0.00003 0	0.06834	0.04720 -0.03533 0.06835
α_{4BA}	$0.125 (\alpha_{3AB} + \alpha_{5AB})$ $-0.070813 \alpha_{4AB}$ 0.10986	0.01577 -0.00487 0.01099	0.00148 0.00005 0.00153	0.00011 -0.00001 -0.00010	-0.00002 $-$ -0.00002	0.12217	0.01712 -0.00481 0.12217
α_{5AB}	$0.19277 (\alpha_{4BA} + \alpha_{6BA})$ $-0.28916 \alpha_{5BA}$ 0.05648	0.04463 -0.03177 0.01269	0.00239 -0.00314 -0.00075	0.00028 -0.00045 -0.00017	-0.00003 0.00003 0	0.06825	0.04709 -0.03532 0.06825
α_{5BA}	$0.125 (\alpha_{4AB} + \alpha_{6AB})$ $-0.070813 \alpha_{5AB}$ 0.10986	0.01572 -0.00486 0.01086	0.00149 0.00005 0.00154	-0.00012 0.00001 -0.00011	-0.00002 $-$ -0.00002	0.12213	0.01707 -0.00480 0.12213
α_{6AB}	$0.19277 (\alpha_{5BA} + \alpha_{7BA})$ $-0.28916 \alpha_{6BA}$ 0.05648	0.04445 -0.03177 0.01263	0.00239 -0.00314 -0.00075	0.00027 -0.00045 -0.00015	-0.00003 0.00003 0	0.06823	0.04708 -0.03531 0.06823

$\alpha_{6B,1}$	$0.125 (\alpha_{5,AB} + \alpha_{7,AB})$ $-0.070315 \alpha_{6,1B}$ 0.10986	0.01571	0.00149	-0.00012	-0.00002		0.01706
		-0.00486	0.00005	0.00001	-		-0.00489
		0.01085	0.00154	-0.00011	-0.00002	0.12212	0.12212
$\alpha_{7,1B}$	$0.19277 (\alpha_{6B,1} + \alpha_{8B,1})$ $-0.28916 \alpha_{7B,1}$ 0.05648	0.04445	0.00239	0.00027	-0.00003		0.04708
		-0.03177	-0.00314	-0.00015	0.00003		-0.03531
		0.01268	-0.00075	-0.00018	0	0.00823	0.00823
$\alpha_{7B,1}$	$0.125 (\alpha_{6,1B} + \alpha_{8,1B})$ $-0.070315 \alpha_{7,1B}$ 0.10986	0.01571	0.00148	-0.00012	-0.00002		0.01706
		-0.00486	0.00005	0.00001	-		-0.00489
		0.01085	0.00154	-0.00011	-0.00002	0.12212	0.12212

TABLE 2. EVALUATION OF $\alpha_{n,AB}$ 'S AND $\alpha_{n,BA}$ 'S: VERTICAL DEFLECTIONS Δ_b AT B AND C.

α	Equation	II	III	IV	V	VI	Total	Check
$\alpha_{1,AB}$	$0.19277 \alpha_{2BA}$	-0.06354	-0.00573	-0.00100	0.00030	0.00001		-0.07020
	$-0.28916 \alpha_{1BA}$	0.10660	0.00233	0.00141	-0.00004	-0.00032		0.11023
	-0.22967	0.04306	-0.00340	0.00041	0.00002	-0.00001	-0.18050	-0.18959
$\alpha_{1,BA}$	$0.125 \alpha_{2,AB}$	-0.02118	-0.00511	0.00016	0.00008			-0.02495
	$-0.070313 \alpha_{1,AB}$	0.01312	0.00024	-0.00003				0.01533
	-0.36865	-0.00806	-0.00487	0.00013	0.00008		-0.38137	-0.38137
$\alpha_{2,AB}$	$0.19277 (\alpha_{1BA} + \alpha_{2BA})$	-0.13615	-0.00728	-0.00039	0.00008	0.00001		-0.14421
	$-0.28916 \alpha_{2BA}$	0.09530	0.00559	0.00150	-0.00008	-0.00002		0.10539
	-0.16943	-0.04085	0.00131	0.00061	0	-0.00001	-0.29837	-0.29837
$\alpha_{2,BA}$	$0.125 (\alpha_{1,AB} + \alpha_{3,AB})$	-0.04451	-0.00511	0.00033	0.00007			-0.04922
	$-0.070313 \alpha_{2,AB}$	0.01479	-0.00039	-0.00004				0.01465
	-0.32959	-0.02372	-0.00520	0.00027	0.00007		-0.36115	-0.36115
$\alpha_{3,AB}$	$0.19277 (\alpha_{2BA} + \alpha_{4BA})$	-0.13280	-0.00726	-0.00083	0.00007	0.00001		-0.14081
	$-0.28916 \alpha_{3BA}$	0.00530	0.00952	0.00138	-0.00009	-0.00002		0.01399
	-0.16943	-0.03750	-0.00226	0.00055	-0.00002	-0.00001	-0.29115	-0.29115
$\alpha_{3,BA}$	$0.125 (\alpha_{2,AB} + \alpha_{4,AB})$	-0.04746	-0.00469	0.00035	0.00006			-0.05155
	$-0.070313 \alpha_{3,AB}$	0.01455	-0.00016	-0.00004				0.01455
	-0.32959	-0.03291	-0.00476	0.00031	0.00006		-0.36689	-0.36689
$\alpha_{4,AB}$	$0.19277 (\alpha_{3BA} + \alpha_{5BA})$	-0.13941	-0.00719	-0.00083	0.00007	0.00001		-0.14135
	$-0.28916 \alpha_{4BA}$	0.09530	0.00939	0.00134	-0.00009	-0.00002		0.10592
	-0.16943	-0.03811	0.00220	0.00051	-0.00002	-0.00001	-0.29186	-0.29186
$\alpha_{4,BA}$	$0.125 (\alpha_{3,AB} + \alpha_{5,AB})$	-0.04705	-0.00447	0.00035	0.00006			-0.05111
	$-0.070313 \alpha_{4,AB}$	0.01459	-0.00015	-0.00004				0.01449
	-0.32959	-0.03246	-0.00462	0.00031	0.00006		-0.36637	-0.36637
$\alpha_{5,AB}$	$0.19277 (\alpha_{4BA} + \alpha_{6BA})$	-0.13833	-0.00716	-0.00083	0.00007	0.00001		-0.14121
	$-0.28916 \alpha_{5BA}$	0.09530	0.00941	0.00134	-0.00009	-0.00002		0.10595
	-0.16943	-0.03803	0.00225	0.00051	-0.00002	-0.00001	-0.29172	-0.29172
$\alpha_{5,BA}$	$0.125 (\alpha_{4,AB} + \alpha_{6,AB})$	-0.04712	-0.00448	0.00035	0.00006			-0.05123
	$-0.070313 \alpha_{5,AB}$	0.01459	-0.00016	-0.00004				0.01459
	-0.32959	-0.03253	-0.00464	0.00031	0.00006		-0.36639	-0.36639
$\alpha_{6,AB}$	$0.19277 (\alpha_{5BA} + \alpha_{7BA})$	-0.13534	-0.00716	-0.00083	0.00007	0.00001		-0.14126
	$-0.28916 \alpha_{6BA}$	0.09530	0.00940	0.00134	-0.00009	-0.00002		0.10591
	-0.16943	-0.03804	0.00224	0.00051	-0.00002	-0.00001	-0.29175	-0.29175

$\alpha_{6B,A}$	0.125 ($\alpha_{6A,B} + \alpha_{7A,B}$)	-0.04711	-0.00447	0.00035	0.00006			-0.05118
	-0.070313 $\alpha_{6A,B}$	0.01459	-0.00016	-0.00004	-		-0.36637	0.01440
	-0.32959	-0.03252	-0.00463	0.00031	0.00006			-0.36637
$\alpha_{7A,B}$	0.19277 ($\alpha_{6B,A} + \alpha_{8B,A}$)	-0.13334	-0.00716	-0.00083	0.00007	0.00001		-0.14125
	-0.28916 $\alpha_{7B,A}$	0.09530	0.00940	0.00134	-0.00009	-0.00002		0.10594
	-0.16943	-0.03804	0.00224	0.00051	-0.00002	-0.00001	-0.20474	-0.20474
$\alpha_{7B,A}$	0.125 ($\alpha_{6A,B} + \alpha_{8A,B}$)	-0.04711	-0.00447	0.00035	0.00006			-0.05119
	-0.070313 $\alpha_{7A,A}$	0.01459	-0.00016	-0.00004	-			0.01440
	-0.32959	-0.03252	-0.00463	0.00031	0.00006		-0.36637	-0.36638

TABLE 3. EVALUATION OF $\frac{\Delta_{na}}{\Delta_a}$

n	α_{nAB}	α_{nBA}	β_n	$\frac{\Delta_{na}}{\Delta_a}$
1	0.09717	0.15123	-0.21835	0.0942
2	0.07300	0.11547	-0.11172	0.2949
3	0.06874	0.12270	-0.09748	0.5100
4	0.06835	0.12217	-0.09549	0.7270
5	0.06825	0.12213	-0.09523	0.9442
6	0.06825	0.12212	-0.09519	1.1615
7	0.06825	0.12212	-0.09519	1.3789
10				2.0308
15				3.1173

TABLE 4. EVALUATION OF $\frac{\Delta_{nb}}{\Delta_b}$

n	α_{nAB}	α_{nBA}	β_n	$\frac{\Delta_{nb}}{\Delta_b}$
1	-0.18959	-0.38137	0.29899	-0.0135
2	-0.20837	-0.36416	0.28587	-0.0401
3	-0.20415	-0.36689	0.28589	-0.0668
4	-0.20486	-0.36630	0.28555	-0.0937
5	-0.20472	-0.36640	0.28557	-0.1206
6	-0.20475	-0.36637	0.28556	-0.1476
7	-0.20474	-0.36638	0.28556	-0.1745
10				-0.2553
15				-0.3900

Above the 5th. floor level, the general values of $\frac{\Delta_{na}}{\Delta_a}$ and $\frac{\Delta_{nb}}{\Delta_b}$ are given by

$$\frac{\Delta_{na}}{\Delta_a} = 0.94423 + (n-5) \left(\frac{1}{2 \times 1.6} - 0.09519 \right) = 0.21731 n - 0.14232,$$

$$\frac{\Delta_{nb}}{\Delta_b} = -0.12063 - (n-5) \left(\frac{1}{2 \times 1.6} - 0.28556 \right) = -0.02694 n + 0.01407.$$

Additional calculations are necessary, when the vertical reactions for unit horizontal load at the top few floor levels are required.

This method can also be used for the determination of the horizontal reactions and moments at the footings of the building.

$$\begin{aligned} \text{Let} \quad R_A &= \frac{\Delta_{na}}{\Delta_a}, \\ R_B &= \frac{\Delta_{nb}}{\Delta_b}, \\ R_i &= \frac{R_B}{R_A} \end{aligned}$$

The approximate values of R_i for various values of K 's may be determined as follows:

Let α_{AB} , α_{BA} and β be the constant values of α_{AB} , α_{BA} and β_n for the intermediate stories. Let β_a and β_b be respectively the values of β for vertical deflections $\frac{1}{2} \Delta_a$ at A and D , and vertical deflections $\frac{1}{2} \Delta_b$ at B and C . By equations (3), (5) and (6), we have

$$K_1 \alpha_{AB} + K_2 \alpha_{BA} + (K_1 + K_2) \beta = 0 \dots \dots \dots (11)$$

$$\begin{aligned} \alpha_{AB} &= \frac{1}{8 K_2 K_3 - K_1 K_3 + 6 K_1 K_2} \left[-\{2 K_2^2 + 7 K_2 K_3 - 2 K_1 K_3 - 4 K_1 K_2 \right. \\ &\quad \left. - 3 K_1 (K_1 - 2 K_2)\} \alpha_{BA} + K_2 (K_1 + K_2) \times 2 \alpha_{BA} \right. \\ &\quad \left. - 3 K_1 (K_1 - 2 K_2) \left(\frac{\Delta_a - \Delta_b}{2 l_1} - \frac{\Delta_b}{l_2} \right) \right] \\ &= \frac{1}{8 K_2 K_3 - K_1 K_3 + 6 K_1 K_2} \left[-\{7 K_2 K_3 - 2 K_1 K_3 - 6 K_1 K_2 \right. \\ &\quad \left. - 3 K_1 (K_1 - 2 K_2)\} \alpha_{BA} - 3 K_1 (K_1 - 2 K_2) \left(\frac{\Delta_a - \Delta_b}{2 l_1} - \frac{\Delta_b}{l_2} \right) \right] \dots \dots (12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_{BA} &= \frac{1}{\{K_1 (6 K_2 + 8 K_3 + 9 K_4) - K_2 K_3\}} \left[-(2 K_1^2 - 2 K_2 K_3 + 7 K_1 K_3 - 4 K_1 K_2) \alpha_{AB} \right. \\ &\quad \left. + K_1 (K_1 + K_2) \times 2 \alpha_{AB} + 9 K_1 K_4 \left(\frac{\Delta_a - \Delta_b}{2 l_1} - \frac{\Delta_b}{l_2} \right) \right] \\ &= \frac{1}{\{K_1 (6 K_2 + 8 K_3 + 9 K_4) - K_2 K_3\}} \left[-(-2 K_2 K_3 + 7 K_1 K_3 - 6 K_1 K_2) \alpha_{AB} \right. \\ &\quad \left. + 9 K_1 K_4 \left(\frac{\Delta_a - \Delta_b}{2 l_1} - \frac{\Delta_b}{l_2} \right) \right] \dots \dots \dots (13) \end{aligned}$$

From equations (11) to (13), we obtain

$$\beta = \frac{A}{B} \left(\frac{\Delta_a - \Delta_b}{2l_1} - \frac{\Delta_b}{l_2} \right),$$

where

$$A = -K_4 \left\{ \begin{array}{l} -18 K_1 K_2 \\ K_1 - 2 K_2 \end{array} \right. \quad \left. \begin{array}{l} 6 K_1 K_2 - K_1 K_2 - K_2 K_3 \\ K_2 \end{array} \right\},$$

$$B = (K_1 + K_2) \left\{ \begin{array}{l} 18 K_1 K_2 \\ K_3 + 2 K_4 \end{array} \right. \quad \left. \begin{array}{l} 12 K_1 K_2 + K_1 K_3 + K_2 K_3 \\ K_4 \end{array} \right\}$$

Hence

$$\beta_a = \frac{A \Delta_a}{2 B l_1}, \quad \beta_b = - \frac{A \Delta_b}{B} \left(\frac{1}{2 l_1} + \frac{1}{l_2} \right).$$

Now

$$\Delta_{na} + \Delta_{nb} = \frac{n}{2 l_1} (\Delta_a - \Delta_b) + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \dots + \beta_n$$

$$= \frac{n}{2 l_1} (\Delta_a - \Delta_b) + n \times \text{aver. } \beta_n$$

$$= n \left(\frac{\Delta_a - \Delta_b}{2 l_1} + \beta \right)$$

$$= n \left\{ \frac{\Delta_a - \Delta_b}{2 l_1} + \frac{A}{B} \left(\frac{\Delta_a - \Delta_b}{2 l_1} - \frac{\Delta_b}{l_2} \right) \right\} \text{ approximately.}$$

Hence

$$R_A = \frac{\Delta_{na}}{\Delta_a} = \frac{n}{2 l_1} \left(1 + \frac{A}{B} \right),$$

$$R_B = \frac{\Delta_{nb}}{\Delta_b} = -n \left\{ \frac{1}{2 l_1} + \frac{A}{B} \left(\frac{1}{2 l_1} + \frac{1}{l_2} \right) \right\},$$

$$R_i = \frac{R_B}{R_A} = \frac{-n \left\{ \frac{1}{2 l_1} + \frac{A}{B} \left(\frac{1}{2 l_1} + \frac{1}{l_2} \right) \right\}}{\frac{n}{2 l_1} \left(1 + \frac{A}{B} \right)}$$

$$= -1 - \frac{2 A l_1}{(A+B) l_2}.$$

The approximate values of R_i for the various cases in Messrs. Witmer and Bonner's paper are calculated in Table 5. For comparison, the values of R_i taken from the paper are given in the last column of the Table under the heading R_i' .

TABLE 5. CALCULATION OF R_i .

Case	K_1	K_2	K_3	K_4	$\frac{2b_1}{l_2}$	A	B	R_i	R_i'
A-1	1.6	1.6	1	1	2	$1.6^2 \times 21.2$	$-1.6^2 \times 69.6$	-0.124	-0.15
A-2	1.6	1.6	1	2	2	$1.6^2 \times 2 \times 21.2$	$-1.6^2 \times 96.8$	0.559	0.53
A-3	1.6	1.6	1	3	2	$1.6^2 \times 3 \times 21.2$	$-1.6^2 \times 124.0$	1.106	0.89
A-9	1.6	1.6	1	9	2	$1.6^2 \times 9 \times 21.2$	$-1.6^2 \times 287.2$	2.959	1.69
A-17	1.6	1.6	1	17	2	$1.6^2 \times 17 \times 21.2$	$-1.6^2 \times 504.8$	3.952	2.30
A-1b	12.8	1.6	1	1	2	$1.6^2 \times 637.2$	$-1.6^2 \times 2316.6$	-0.241	-0.33
A-1c	1.6	12.8	1	1	2	$1.6^2 \times 826.2$	$-1.6^2 \times 2316.6$	-0.109	-0.03
D-1	0.8	0.8	1	1	2	$0.8^2 \times 11.6$	$-0.8^2 \times 40.8$	-0.265	-0.18
D-2	0.8	0.8	1	2	2	$0.8^2 \times 2 \times 11.6$	$-0.8^2 \times 58.4$	0.318	0.21
D-3	0.8	0.8	1	3	2	$0.8^2 \times 3 \times 11.6$	$-0.8^2 \times 76.0$	0.689	0.46
D-9	0.8	0.8	1	9	2	$0.8^2 \times 9 \times 11.6$	$-0.8^2 \times 181.6$	1.705	0.56
D-17	0.8	0.8	1	17	2	$0.8^2 \times 17 \times 11.6$	$-0.8^2 \times 322.4$	2.150	-
B-1	2.4	2.4	2	1	1	$2.4^2 \times 32.8$	$-2.4^2 \times 176.0$	-0.771	-0.76
P-2	2.4	2.4	2	2	1	$2.4^2 \times 2 \times 32.8$	$-2.4^2 \times 220.8$	-0.577	-0.46
E-3	2.4	2.4	2	3	1	$2.4^2 \times 3 \times 32.8$	$-2.4^2 \times 265.6$	-0.411	-0.33
B-9	2.4	2.4	2	9	1	$2.4^2 \times 9 \times 32.8$	$-2.4^2 \times 534.4$	0.234	0.13
E-17	2.4	2.4	2	17	1	$2.4^2 \times 17 \times 32.8$	$-2.4^2 \times 872.8$	0.663	0.46
B-1a	2.4	2.4	16	8	1	$2.4^2 \times 8 \times 60.8$	$-2.4^2 \times 8 \times 400.0$	-0.821	-0.56
C-1	1.8	1.8	1	1.5	3	$1.8^2 \times 35.4$	$-1.8^2 \times 91.6$	0.890	0.76
C-2	1.8	1.8	2	1.5	3	$1.8^2 \times 38.4$	$-1.8^2 \times 158.8$	-0.043	-
XC-1	1	1	40	20	69	9.7474	-27.58	0.397	0.29

建築工廠房屋之商榷

孫 雲 霄

建築工廠房屋，一切佈置，全視各個工廠需要特殊情形而定，計劃時，須與富有經驗建築工程師，詳加考慮，以求實際合用，並須顧及各種要點，計須加考慮者，可分為五端。

一、房屋佈置，須從便利工作方面着想，以節省廠內材料移動之費用。

二、房屋本身，有可以改作他用之價值，應力求保存之。

三、建築之種類，以及詳細建築之各點。

四、預備擴充之餘地。

五、建築之美觀。

一、房屋佈置，須從便利工作方面着想，以節省廠內材料移動之費用——凡製造工業，自原料進廠起，至製成貨品出廠止，中間須經過若干製造手續，其先後皆有一定程序，廠內所裝機器，大致為固定不便移動者，其所移動者，惟材料耳，移動材料，在在需費人工與金錢，最經濟辦法，乃將各種固定機器，按照製造手續之先後，依次排列，俾原料進廠後，逐步移動，經過各種機器製造手續，至製成貨品出廠止，中間無須經過額外周折，機器之地位既定，然後就各項機器佈置，及各處所留堆放材料地位，上蓋房屋以遮蔽之，如是則廠內對於材料之

移動,可以節省人工與金錢不少,至于此項節省之重要,則又視所需移動材料之數量而定,數量大者,當屬重要,若數量不大,亦可毋庸過慮也。

二.房屋本身,有可以改作他用之價值,應力求保存之——蓋各種工業出品,其製造方法,日新月異,有時為改良起見,須變更製造程序,或換用新式機器,則原有房屋,須求其能適應新法,至少亦須求其能勉強應付,若不能適用,須另行建築新廠,甚有因營業關係,或其他種種原因,須遷移廠址者,則原有工廠房屋,須求其能改作他用,或可以脫售,屆時其房屋本身之價值,甚為重要,大概房屋之佈置,合于普通用途者,其價值較大,其佈置過于特殊者,其價值較低,故建築工廠房屋,為便利工作節省廠內材料移動費用計,固宜加以特別佈置,然亦須同時顧及房屋本身可以改作他用之價值,如能兩者兼顧,固屬最善,否則須權其輕重而決定之,以免發生變動情形時,原廠房屋之價值,不易收回,而受損失也。

三.建築之種類以及詳細建築之各點——建築工廠房屋,或用磚瓦,或用木料,或用鋼鐵,或用鋼骨混凝土,無論用何種材料,總以合乎應用及經濟為原則,各項機器設備所佔地位之面積,各處柱子相隔距離之遠近,各層樓面載重之大小,各種機器震動之情形,均為選擇建築種類之要點,而地價之高低,又為決定建築樓面層數所必須考慮者,再有廠址所在地政府法律之規定,以及保險公司所定關於消防各點,亦須遵照設備,以策公共安全,其他如光線,空氣,及一切衛生設備,均須顧及,對於工人衛生及工作效率,均有莫大關係也。

四.預備擴充之餘地——預備擴充之餘地,雖在當初建築時,多出費用,然於將來需要擴充時,可節省經費不少,且可節省時間,方便甚

多，眼光遠大者，應事先顧及於此也，至於預備擴充餘地之範圍，則須預測將來營業發達之程度，並視當時經濟之能力而定，或將預備擴充之房屋，一次建成，或先完成打樁及地下基礎，暫緩地上建築，或僅預留空地，以備將來建築之用，凡此均視各廠特殊情形而定也。

五、建築之美觀——建築工廠房屋，對於美觀方面，亦須顧及，蓋房屋外觀，能略求富麗，無形中有廣告價值，俾參觀者可得良好印象，則廠中出品，不期然而然可以推廣銷路，其裨益良非淺鮮，只須在當初建築之時，稍事注意，所費無多，而成效甚巨也。

以上各點，孰為最要，孰為次要，全視各個工廠特殊情形而定，不可一概而論，吾人祇須兼顧各點再參酌實情，加以變通，庶近善矣。

公路豎曲線之計算法

丁 人 鯤

凡公路線在平面上設置平曲線 (Horizontal Curve) 時,其計算與設置方法,與鐵路平曲線毫無差別,故無須討論,但在縱斷面坡度,以下皆簡稱坡度,相交處,如欲求行車之安全舒適及路形之美觀,鐵路與公路均須設置豎曲線 (vertical curve) 以達此目的,此項宗旨雖同,但對於計算豎曲線之長度,鐵路與公路所引為根據者,則大相逕庭矣,茲分述之於下。

凡計算鐵路豎曲線之長度,多以每百英尺中坡度變更率之大小作為根據,此種變更率,各國鐵路均有規定,例如美國鐵路規定在幹線上每百英尺之變更率為百分之十,在支線上為百分之二十,故豎曲線之長度,以英尺計,即等於兩相交坡度之代數差除坡度變更率乘百英尺也。

至計算公路上豎曲線之長度時,其所根據者,乃為前視距離,又名安全視距 (Sighting Distance) 及視線高度前視距離者,乃係兩汽車在相對方向駛至坡頂時雙方司機者可得互相瞭望之距離也,視線高度者,乃係司機者兩目之地位高出公路路面之距離也,前視距離與行車速度適成正比例,速度愈快,則前視距離須愈長,此項距離之決定,須以試驗得之,其法為當汽車駛在每種速度時,用車閘 (Brake)

停輪，然後量得用車開處至停輪處之距離，是為汽車衝進距離以二乘之，即為該項速度之前視距離，如此則兩汽車之司機者，在此距離時，互相望見後，即用車開停輪，則兩車決無衝撞之危險矣。在一九三〇年前，據美國公路上試驗之結果，凡行車速度在每點鐘五十英里時，汽車衝進距離為二百五十英尺，故定前視距離為五百英尺，但目今汽車式樣自採用流線型後，空氣阻力，大為減小，行車速度日益增加，加之路面建築日益進步，故現今美國重要公路上之前視距離，已增至八百英尺，將來進至一千英尺，為期亦必不遠矣。（吾國經濟委員會公路處規定前視距離為 330 英尺，未免過小。）至視線之高度，在美國各種汽車上，量得平均數為五英尺至五英尺半，吾國人民身材較短，此項高度，可定為五英尺也。

計算豎曲線長度法：— 若前視距離及視線高度經切實決定後，則在任何相交坡上，可用弧線之理論，求得下列方式。

設下列英文字母代表各種名詞（一律用英尺制）

C = 前視距離

H = 視線高度

G_1 = 向上坡度，以百分數計。

G_2 = 向下坡度，以百分數計。

Δ = 兩相交坡度之交角。

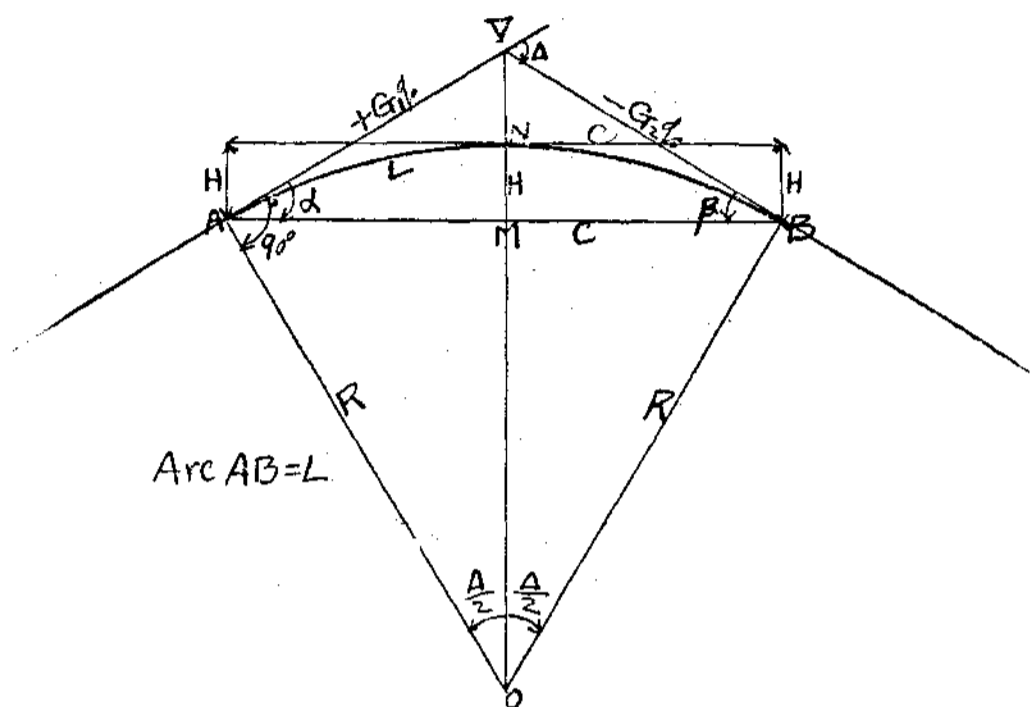
$G_1 - G_2$ = 兩相交坡度之代數差，常為正數。

R = 豎曲線之半徑。

D = 豎曲線之彎度角。

L = 豎曲線之長度。

$\angle \alpha B$ 及 $\angle \beta$ = G_1 及 G_2 與水平線之交角 「參考圖(一)」



由圖觀之,可知。

$$\angle \Delta = \angle \alpha + \angle \beta = \tan^{-1}G_1 + \tan^{-1}G_2 \dots \dots \dots (1)$$

又在 $\triangle NO$ 三角形中,

$$R^2 = \left(\frac{C}{2}\right)^2 + (R-H)^2 \text{ 或 } R^2 = \left(\frac{C}{2}\right)^2 + R^2 - 2RH + H^2$$

$$\therefore R = \frac{H^2 + \left(\frac{C}{2}\right)^2}{2H} \dots \dots \dots \text{公式(2)}$$

在鐵路公平曲線理論中,吾人知。

$$R = \frac{5730}{D} \dots \dots \dots \text{公式(3)}$$

$$l = 100 \times \frac{\Delta}{D} \dots \dots \dots \text{公式(4)}$$

茲舉數例以證明之。

(第一例) 一若坡度之代數差不變,前視距離及現視線高度均不變者。

(甲) $G_1 = G_2$ (相交坡度相等者;)

設 $H = 5$ 呎, $c = 350$ 呎, $G_1 = G_2 = 6\%$

$$\text{則 } R = \frac{H^2 + \left(\frac{c}{2}\right)^2}{2H} = \frac{25 + 175^2}{2 \times 5} = 3065 \text{ 呎.}$$

$$D = \frac{5730}{R} = \frac{5730}{3065} = 10.52' .8 = 1.88^\circ$$

$$\Delta = \tan^{-1} \frac{6}{100} + \tan^{-1} \frac{6}{100} = 3^\circ 26' + 3^\circ 26' = 6^\circ 52' = 6.87$$

$$\therefore L = 100 \times \frac{\Delta}{D} = 100 \times \frac{6.87^\circ}{1.88^\circ} = 365 \text{ 呎,}$$

(乙) ($G_1 \neq G_2$ 上下坡度不平等者)

設 $G_1 = 5\%$, $G_2 = -7\%$, c 及 H 之數值不變, 則 R 及 D 之數值亦全上,

$$\Delta = \tan^{-1} \frac{5}{100} + \tan^{-1} \frac{7}{100} = 2^\circ 52' + 4' = 6^\circ 52' = 6.87^\circ \Delta \text{ 之數值}$$

亦全上, 故 L 仍為 365 呎。

(丙) 如兩坡度中, 其一等於零度者。

設 $G_1 = 12\%$, $G_2 = 0\%$, c 及 H 均如前不變, 則

$$\Delta = \tan^{-1} G_1 + \tan^{-1} G_2 = \tan^{-1} \frac{12}{100} + 0 = 6^\circ 52' + 0^\circ = 6.87^\circ \text{ 因 } \Delta$$

及 D 均不變, 故 L 仍為 365 呎。

由上述第一例中(甲)(乙)(丙)三種情形觀之, 吾人可知前視距離及視線高度決定後, 無論在何種相交坡度上, 若其代數差不變者[上述三種情形, $+G_1, -(-G_2)$ 均為 12%] 則豎曲線之長度亦始終如一也。

(第二例) — 若兩坡度之代數差及視線高度不變, 而前視距離變動者。

設 $G_1 - G_2 = 12\%$, $H = 5$ 呎, c 由 350 呎增至 500 呎。

$$\text{則 } R = \frac{H^2 + \left(\frac{C}{2}\right)^2}{2H} = \frac{25 + 250^2}{2 \times 5} = 6252 \text{ 呎}$$

$$\therefore D = 0.916^\circ$$

Δ 仍為 6.87°

則
$$L = 100 \times \frac{\Delta}{D} = 100 \times \frac{6.87^\circ}{0.916} = 750 \text{ 呎。}$$

由此例觀之，當坡度代數差及視線高度不變時，前視距離愈大，則豎曲線之長度亦愈長也。

(第三例)——若前視距及視線高度不變，而坡度之代數差變動者。

由前第二例觀之，當 $C = 500$ 呎， $H = 5$ 呎，若 $G_1 - G_2 = 12\%$ 則 $L = 750$ 呎，

如 $G_1 - G_2 = 16\%$ ， c 及 H 全上， R 仍為 6252 呎， D 仍為 0.916° ，

但
$$\Delta = \tan^{-1} \frac{16}{100} = 9.1^\circ$$

$$\therefore L = 100 \times \frac{9.1}{0.916} = 995 \text{ 呎。}$$

如 $G_1 - G_2 = 8\%$ ， c 及 H 仍全上，則 D 仍為 0.916° ，但

$$\Delta = \tan^{-1} \frac{8}{100} = 4^\circ 34' = 4.57^\circ$$

$$\therefore L = 100 \times \frac{4.57^\circ}{0.916^\circ} = 500 \text{ 呎}$$

即 $L = C = 500$ 呎，吾人用此法計算 L ，僅可算至 $L = c$ 為限。(在圖上觀之， L 必較大於 c ，不能相同；但若按諸實際情形， R 為 6252 呎， H 僅為 5 呎； R 較 H 大千餘倍，而在圖上， R 較 c 僅大十餘倍耳。)若 $G_1 - G_2$ 小於 8% ，則計算之 L 將較 c 為小。例如： c 及 H 數值仍如前。

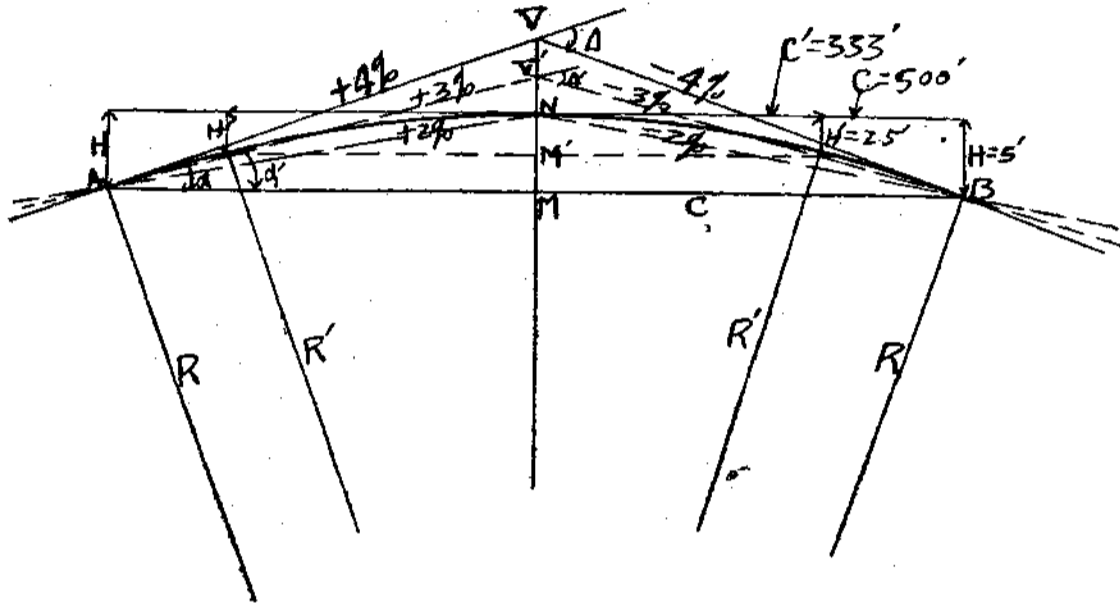
若 $G_1 - G_2 = 6\%$ ，則
$$\Delta = \tan^{-1} \frac{6}{100} = 3.44^\circ$$

$$L = 100 \times \frac{3.44^\circ}{0.916^\circ} = 376 \text{ 呎。}$$

若 $G_1 - G_2 = 4\%$ ，則
$$\Delta = \tan^{-1} \frac{4}{100} = 2.3^\circ$$

$$\therefore L = 100 \times \frac{2.3^\circ}{0.916^\circ} = 250 \text{ 呎。}$$

此兩項長度之計算,均不合理,不可應用;因L較c為小,其視線高度,實際並不等於5呎。若就第二圖觀之,即可知之矣。



當 $G_1 = G_2 = 4\%$, 或 $G_1 - G_2 = 8\%$ 時, 若 $H = 5$ 呎,

$$VM = 4\% \times \frac{c}{2} = 4\% \times \frac{500}{2} = 10 \text{ 呎。} \therefore H = NM = 5 \text{ 呎,} \therefore VN = 5 \text{ 呎,}$$

若 $G_1 = G_2 = 3\%$ 或 $G_1 - G_2 = 6\%$ 時, 欲使前距離為 500 呎, 視視高度為 5 呎則豎曲線必通過 N 點。現 $V'M = 3\% \times \frac{500}{2} = 7.5$ 呎, $V'N = 7.5 - 5 = 2.5$ 呎, 故 $V'N < NM$ 。吾人如依弧線或拋物線之原理而言之, 欲使曲綫經 N 點, $V'N$ 之限度須等於 NM , 決不可較小於 NM 。就 $G_1 = G_2 = 3\%$ 時情形觀之, 欲使曲綫經過 N 點, 非將視線高度減至 2.5 呎與 $V'N$ 相等不可。

$$\therefore \alpha = \frac{G_1}{100} = \frac{2H}{\frac{c}{2}} = \frac{4H}{c}, \quad \beta = \frac{G_2}{100} = \frac{4H}{c}$$

$$\therefore \Delta = \alpha + \beta = \frac{G_1 - G_2}{100} = \frac{8H}{c},$$

$$\therefore c = \frac{8H}{G_1 - G_2} \times 100,$$

$$\text{新前視距離} = c' = \frac{8H'}{G_1 - G_2} \times 100 = \frac{8 \times 2.5}{6} \times 100 = 333 \text{ 呎, (非爲 500}$$

呎,) 於是

$$R = \frac{H'^2 + (\frac{c'}{2})^2}{2H'} = \frac{2.5^2 + (\frac{333}{2})^2}{2 \times 2.5} = 5556 \text{ 呎 (非爲 6252 呎)}$$

$$D = \frac{5730}{5556} = 1.03^\circ$$

$$\therefore L = 100 \times \frac{3.44}{1.03} = 334 \text{ 呎 (非爲 376 呎)}$$

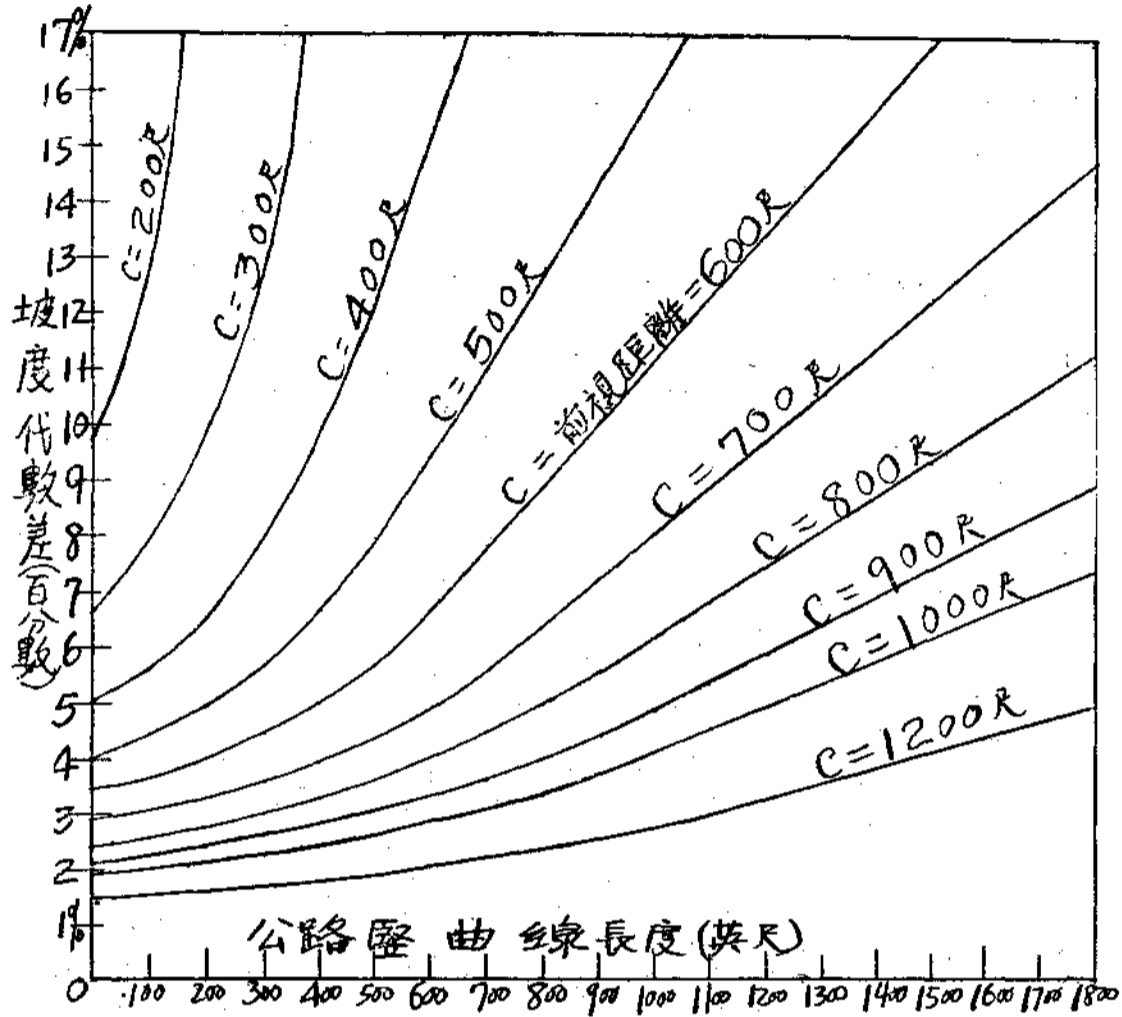
當 $G_1 = G_2 = 2\%$, 或其代數差 $= 4\%$ 時, $V''M = 2\% \times \frac{500}{2} = 5$ 呎, V'' 點適與 N 點相合, 是則汽車在 500 呎前視距離內已可望見, 不必再用豎曲線矣。故 $L = 0$ 而非 250 呎也。

總而言之, 如 $\frac{G_1 - G_2}{100}$ 等於或大於 $\frac{8H}{c}$ 時, 即可用 H 及 c 之數值以計算 L 。如 $\frac{G_1 - G_2}{100} < \frac{8H}{c}$ 時, 則須另行算出 H 及 c 之新數值 ($C'H'$) 以計算 L 。(如上例 $G_1 = G_2 = 3\%$, $\frac{G_1 - G_2}{100} = \frac{6}{100} < \frac{8 \times 5}{500} < \frac{8}{100}$) 如 $\frac{G_1 - G_2}{100} = \frac{8H}{2C} = \frac{4H}{C}$ 時, 則 $L = 0$, 不必計算矣。(上例 $G_1 - G_2 = 4\%$, $\frac{4 \times 5}{500} = 4\%$) 全部計算完成後, 可繪一總圖以表明之。見第三圖。得此圖後, 則豎曲線之長度, 可在任何坡度代數差及前視距離中立即指出, 顯用上異常便利也。

以上所述之計算法, 係屬理論的。至在實際上, 除對於最小坡度稍有變動外, 亦無大差別。

美國對於設置公路豎曲線, 各省均有實施規定, 茲錄其最著者如下:

(一) 凡坡度代數差小於 4% 者, 可以不必採用豎曲線。



(二)取用 100 英尺,作為豎曲線之最小長度。凡計算之長度小於 100 英尺者,為求路形美觀起見,一律作為 100 英尺。

(三)豎曲線之長度,不得小於前距離之半數。如採用 400 英尺為前視距離者,為求路形美觀起見,豎曲線至少須有 200 英尺之長度,餘類推。

豎曲綫之形式,通用者僅有圓弧綫及拋物綫兩種。由理論上言之,圓弧綫最為適宜,因在曲綫上任何地點,兩相對方向汽車上之司機者可得相當之前視距離也。由實際上言之,工程師為求設置時便

利起見,頗喜採用拋物線形之豎曲線,因拋物線上各點之高度,均可以比例法計算之,不必計算其公式也。(按拋物線之設置法頗為簡便,可參鐵路曲線學書籍,本篇故不論及。)總之設置豎曲線時,無論採用圓弧線或拋物線,其形式極相像,相差極小,蓋因公路上通用之最大坡度,不得超過百分之八也。

石 油

邵 逸 周

一· 引言

吾國近年之建設工程，其最惹人注目者，厥惟公路。興築公路——即適合現代交通之道路或名汽車路——發軔於民二湖南設立之軍路局，但第一段通汽車之公路，據著者所知似為北平至通州改官路而成之十英里汽車道。按道路協會于民十九二月發表之數字，全國有通汽車公路84,488里約合46,715公里；全國經濟委員會於民二五年三月公佈，已通車之鋪有路面及土路，為96435公里。兩者相較，已增加一倍有餘，况前者為估計，後者為精測，其實增里數，當更大於此。

公路造價之變更因素頗多，如施工、管理、石工、路面、永久橋樑等，且發表數字甚少，故不易得一精確計算。浙省鋪有路面之公路每公里造價，高者達萬元以上，低者亦需三千四百元，平均以五千元計之，似尚適當。執此以衡其他各省，當亦相近。現全國已鋪路面之路公里，18,355公里計需九千餘萬元，土路78,100公里，以每公里兩千元計之，計需壹萬五千餘萬元，兩總二萬數千萬元。此外，在興修中者，16,040公里已計劃者50,543公里，故公路建設，謂為吾國近代最大建設之一，誰曰不宜？惟公路網愈密，運輸即愈便利；運輸愈便利，行車費亦愈多。行車費中尤以汽油為大宗，吾國公路進展未已，汽油之銷量亦方興未艾，據海關統計，一九三四年汽油進口達39,650,000加侖，合94,4

萬桶,價值一千七百七十萬餘元,國人見此數字,大多口吐舌舉,但與其他工業發達國家相較,仍屬渺小,英美固不待言,即日本同年亦銷耗汽油647.2萬桶,意大利400.3萬桶,比利時27.59萬桶,故中國銷量繼續增加,勢所必然,是石油將為吾國最需要原料之一,殆無疑問,且夫公路屬於土木工程範圍,故石油不能謂與土木工程毫無關係也,土木學會同人為會刊,徵文于余,特書茲篇以應,藉促注意而已。

二. 石油之化學組織

石油經過蒸餾,在各級高溫下可以凝成比重不同之分溜液(fractional distillates),大致低溫餾液比重輕,黏度小,引火點溫度低;高溫餾液比重高,黏度大,引火溫度亦高,第一表為一般煉品之物理性質,第二表乃俄佛曼氏(Offermann)所作蒸餾試驗之結果,兩者均足以表示分餾情形。

第 一 表

普通石油煉品之物理性質

煉品名	乾餾限	引火點 (開杯法)	比 重	熱 值 calories.
苯 油	150°C止	-58°至+10°C	0.68至0.72	11160至11225
光 油	150-280°C	21°至23°C	0.76至0.86	11011至11101
柴 油	—	80°以上	0.83至0.90	10000至8800
潤 油	—	135°至270°C	0.87至0.94	—

第 二 表

原 油	比重0.936,	沸點168°C,	黏度(Engler),在50°=11.5.
乾餾百分產數	比 重	溫 度	黏 度
82.87	0.905	142°C	(恩氏50°). 1.61

28	石		油
18.37	0.931	204°C	4.50
23.03	0.946	218°C	10.30
13.15	0.958	225°C	26.30
10.38	瀝青	312°C	—
2.7	損耗	—	—

由此可知石油之化學成分,至為複雜,主要部分為各種烴體(碳氫化合物)之積聚,其餘為硫、氧、氮、化體。第三表為美俄等地石油及波利維亞瀝青之原子分析,除瀝青之高硫分為一特點外,此種分析若用於表示性質,固不足恃也。

第 三 表
石 油 與 瀝 青 之 原 素 分 析

石 油 產 地	原 素 百 分 比					分 析 者
	碳	氫	氧	硫	氮	
美:賓夕非尼亞	86.06	13.89	.....	0.06	.....	恩 格 勒
得 撒	85.05	12.30	.....	1.75	.....	里 卡 遜 Richardson
俄:哥 羅 斯 尼	86.41	13.00	0.40	0.10	0.07	查 利 斯 可 夫 Cheritsckoff
羅馬尼亞:柏斯拉里	86.30	13.32	.....	0.18	.....	Janascu
波利維亞瀝青	82.33	10.69	.....	6.16	0.81	詹 姆 孫 B.Thompson

石油之性質,當視其所含烴體之公式及氧、氮、硫化各體之結合而異,研究石油組織之工作固多,但現已確定者,僅其低溫分餾液部分,至高溫分餾液之組織仍未詳悉。石油所含烴體有四:曰飽烴,未飽烴,芳香烴,烯屬烴;此外,氧則成為酸根,氮、硫均與烴化合而成氨基或硫化物。茲將各體分別簡述於次。

飽烴或曰烷屬烴 公式爲 $C_n + H_{2n+2}$ 賓夕非尼亞石油含烷屬烴最顯著,據 F. w. Clarke 下列烷烴體,均曾由該油內分出:—

- 1, 氣體 自甲烷 CH_4 至丁烷 C_4H_{10}
- 2, 液體 自戊烷 C_5H_{12} 至十六烷 $C_{16}H_{34}$
- 3, 固體 自十八烷 $C_{18}H_{38}$ 至三十五烷 $C_{35}H_{72}$ (內十九,二十一,二十二,二十七,三十,三十三各烷體未分出)。

未飽烴或曰炔屬烴 此類有 $C_n H_{2n-2}$ 及 $C_n H_{2n-4}$ 兩公式代表之。

美國得撒 (Texas) 及俄海俄 (Ohio) 石油含其上級異構物,如 $C_{11}H_{22}$, $C_{12}H_{24}$, $C_{17}H_{34}$, $C_{18}H_{38}$ 等體,均經分出。

芳香烴 公式爲 $C_n H_{2n-6}$ 各處石油均含少許,但含量最多者爲羅馬尼亞及加利細亞石油,前者含 24% 後者 22%。

烯屬烴 公式爲 $C_n H_{2n}$ 此亦爲石油之緊要組織分子,加利細亞,日本諸地之石油,均含顯著分量。哈佛 (Hö Fer) 氏已不將下列之烯烴異構物由石油內分出:—

- 1, 氣體 乙烯 (C_2H_4) 至丁烯 (C_4H_8)
- 2, 液體 戊烯 (C_5H_{10}) 至二十烯 ($C_{20}H_{40}$) — 但十四,十五,十七,十八,十九各烯體未分出。
- 3, 固體 廿七烯 ($C_{27}H_{54}$) 及三十烯 ($C_{30}H_{60}$)

氧化體 含於石油者,有時爲複雜酸根,有時爲酚體。據 Mabery 之分析,美之加州石油含酚量頗重,而產於東部者則無。

氮化體 在石油內之構造,迄今尙不甚詳。據 Mabery 稱,已在加州石油內分出 $C_{16}H_{17}N$ 至 $C_{17}H_{21}N$ 各體,但以上公式尙待証實,至含氮量可由痕迹而至 1% 以上。

硫體 石油幾無不含硫分少許,惟分量過多,頗足爲害。俄海

俄之利瑪石油,含有 C_2H_6S 至 $C_{12}H_{26}S$ 諸體,此外復有 $C_nH_{2n}S$ 公式之硫化物。得撒石油且含有自由硫磺。

由液體石油而至固體瀝青,有多種不同構造之煙質礦物,聯鎖其原有關係。石油經天然界內之氧化與蒸餾二項作用,逐漸增其黏度,而成軟固體如臘石(Ozokorite),脆固體如脆瀝青(Gibsonite),半溶體如天然油膏(Maltha),硬固體如硬瀝青(Hard asphalt)。此類聯鎖礦物,以成分言,固可視為石油之變體,但產狀極不一致,與金屬礦脈同生者有之,由石油之溢漏而成者有之,附生於煤層者亦有之,故成因不能作一致之論也。

三· 石油之成因

此為學者爭執最力之問題,若純粹以化學為出發點,將實驗室之製法,擬比為石油之天然成因,似甚簡易;惟地質家必須顧到天然界內之環境,尤其是地殼中環境,綜合一切地質資料,以求與化學室試驗之適合,而後方能下最後之斷語,因之對於石油成因,立論雖多,而兼合化學地質之條件者,不過一二學說而已。其主張可概分為二:

一曰無機成因學說, 一曰有機成因學說,茲將各家緊要立論,撮要略述於下:—

1. 無機學說派

甲. Mendeleeff 之主張,當酸熔解鑄鐵時,除氫向外揮溢,尚有有機酸及類似石油之煙嗅發出,此事記載甚早,Colez 氏於 1900—1911 年曾作一詳細試驗,其法用稀硫酸化解鑄鐵,先以溴提出烯煙(Olefines),再將剩餘物洗滌後,處以分餾,於是分出辛烷($C_{10}H_{22}$)以至十六烷($C_{16}H_{34}$)各煙體,Moissan 用水在尋常溫度,浸入鈣炭,乃得甲炔(C_2H_2);浸入鋁炭得甲烷(CH_4);浸入鈉炭或稀金屬炭化物,得多種煙體之混

液。根據以上事實，Mendeleeff氏於是認為石油係因過熱蒸氣，與地殼深層內所含之鐵化炭，發生化學作用之結果，且以鐵炭溫度極高，所成煙體乾餾上升，冷凝於低溫較高之處。

乙。Berthelot與Goudechon氏之理論。Ipatjew氏在1911年亦作一試驗，將乙烯 (Ethylene) 或丁烯 (Butylene) 置於高壓下，并熱至 325°C 至 400°C ，乃得一煙聚液 (Polymerization)，極似石油。此液之沸點為 24°C ，其低溫分餾部分，含烷屬煙達百分之五十，稍高溫度之分餾則含駢苯體 (Naphthenes) 及低氫煙。 280°C 以上之分餾重行與水蒸餾，則產一黏油，有百分之二十，可以溶解於濃硫酸。根據此項試驗結果，柏高二氏認為地殼中之烯屬煙或相同之物，因受太陽紫外線之輻射，而成各種煙聚體，遂為石油。

丙。薩巴蹄 (Sabatier) 及森德羅斯 (Sénderous) 之理論。薩森二氏之創說，有下述事實之根據，實無機學說中最緊要者。用甲烯為基本試驗材料，氫為還原品，但變更試驗情形，可得多種類似石油而成分不同之產品。若用鎳為媒觸，在 180°C 以下，氫與乙烯化合，成一淡黃色液體，有石油嗅，發螢光，比重 0.791 ，分析之烷煙為主要成分，與本夕菲尼油相似。設以甲烯熱至 200°C ，使之單獨與鎳粉接觸，乃得一溶解於硝酸之油體。如再蒸餾之，使其蒸氣合氫流過 210°C 之鎳粉，則所得油體有抵抗硝酸溶解之能力，且含駢苯為主要成分，極少烷煙，類似科喀細安 (Caucasian) 石油。如將上項氣體，續復流過熱至 300°C 之鎳粉，則產油含芳香煙與不飽煙為主要成分，而似加拿大石油。地殼深層中，鹼金屬及鹼金屬氧化物均有存在，薩森二氏因以上之試驗，乃認為地殼因運動開裂，使水浸達，於是水與鹼金屬發生作用而產氫，與氧化物發生作用而生烯，氫烯二氣混合而與深層中鐵鎳鈷等接觸，乃產生

各種石油。

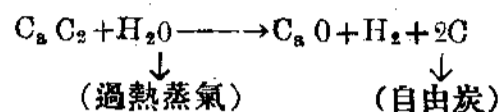
2. 有機學說派

此派中主張最力而工作最有價值者，可推恩格勒(Engler)氏。恩氏曾將鯨油置於十倍氣壓之下，處以 492°C 之蒸餾，乃有烷烴、芳香烴、烯烴、駢苯氮化物，及 -49°C 融點之石臘分餾而出。故恩氏以爲石油係動物與植物之化解遺體，與泥砂同時沉積水底，細菌分解之，覆層高壓之，地殼深溫之，於是石油乃脫變而成。有機學派復以基本材料問題一爲動物抑爲植物；及化解之方法一先經熱與壓力作用成單純烴體，再聚合而成石油，抑經煤之階段及其他體而成，紛爭頗烈，主張不一，且各有憑依，頗不易是此非彼，本篇故略之。

無機與有機二派學說，均各倡盛一時，惟前者在化學方面固有根據，而在地質方面尙嫌欠缺，故已漸被廢棄，茲將其與地質不附重要各點，縷舉於下：一

1, 據無機說，石油所含之萘酸，爲氧化結果。若然，則深處因氧化可能性少，萘酸亦應少；反之，淺處因氧化可能性多，萘酸亦應多；不甯唯是，松脂瀝青均由石油氧化而成，故含松脂瀝青豐富之石油，含萘酸亦應豐；反之，含松脂瀝青少，含萘酸亦應少。但考之事實，俄之巴庫石油產層極深，而含萘酸多，其相近之色拉昌厄(Surc hang)油田，油層甚淺，而含萘酸少，再日本石油素豐於松脂瀝青者，而酸價僅等於 0.036% 。此均爲無機學說之所不許，而有機學說，則視萘酸爲脂肪酸之分解物，故解釋無困難，此其一。

2, 據漢(Hahn)與斯具斯(Strutz)之試驗報告，水或飽和蒸氣與碳化物之作用可產烴，但過熱蒸氣與碳化物之作用則產自由炭：一



此為無機說難以解釋者又一也。

3. 舉凡現代所知一切人製石油,其用無機材料製成者,均無偏光活動性 (Optical Activity),即裝石油於玻管置於偏光中,將其旋動一週,無光暗分別之謂。天然石油或有機體製成之石油,若置在偏光內,則經過一定旋度,即有由暗而明或由明而暗之現象。石油之偏光活動性,原為 Biot 發明於六十年前,嗣以不知應用而被蔑棄,現則視為油田成因之最有關聯點,而為無機學說之致命傷焉。

根據以上笨笨數端,無機學說實難以自圓其說。惟已發展油田間有一二處,其情狀與無機成因甚合,似難否認。例如瑞俄姆 (Riom) 油田,深度達 1200 公尺,其與噴岩同生關係,不容否認,故吾人平心考審油田成因,似應兼採兩說,惟無機成因之例少,有機成因之例多,似又為明顯之事實也。

四· 油田地質之構造

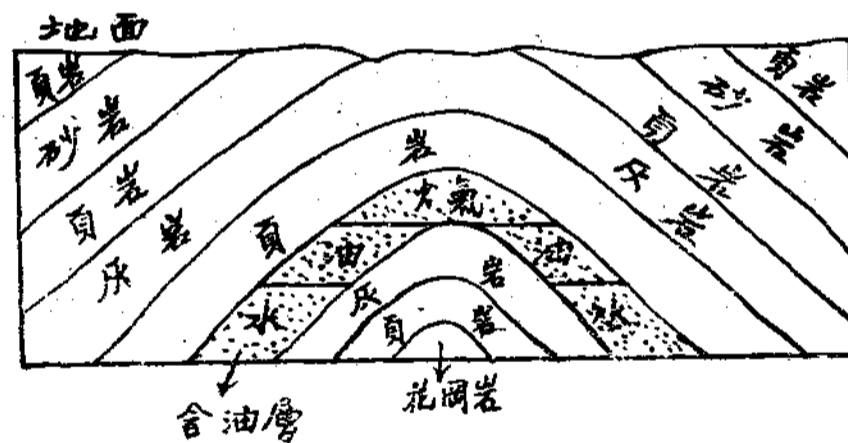
岩層無論為結晶或為沉積,均有空隙,惟空隙體積,佔全體積之若干成分,當視組織之疎密,結粒之大小,及地壓地動之種種情形而異。石油為流體,有者原生於本層,有者由他處移聚,故含油層均為沉積岩,尤以砂岩最普遍,蓋其空隙最大,而與有機成因亦最近也。此外,灰岩亦可為含油層,蓋灰岩變質為白雲石時,體積縮 $\frac{1}{11}$,故其空隙甚合儲油之用加拿大得撒之白雲石油層,均產油甚豐。

砂岩或灰岩固為儲油緊要之岩層,但無頁岩在其上下,一遇地動即破裂而漏溢,故頁岩本身雖不能含油,而於保藏油量,則功效極大,蓋賴其柔性以護閉之也,油層組織,是以以砂,灰,頁。三種岩石為

主要。

岩層空隙雖小，而其總容積則甚大。砂岩空隙最多者達38%，若以20%空隙計，則每英畝當有空隙體積8700立英方尺，可含油207噸合1550桶。假設一百英尺厚地層，含油1%，則每平方英里地面，可含油670,000噸合500萬桶，是可飽和3235英畝尺20%空隙之砂岩惟實際之採率，僅能及含量 $\frac{1}{5}$ 至 $\frac{1}{10}$ 。

油層之組織，不獨有頁砂灰岩之限，且使儲油不減不滅，尚賴乎岩層之特殊地質構造。油、火氣、鹽水，均相附生存，故一地質構造能適水之存留者，亦可適油之存留，至若有否石油存留其間，則關係成油因素及油體移動，當另成一問題，固與地質構造無關也。油、火氣、鹽水，三者，均遵流體動律而行動，惟比重互差，故火氣居上，居中，而水居下也。圖一表示一極普通油田構造，及氣油水三者所佔地位。



第一圖——背斜油田構造

背斜拱頂為油田最普通之構造，但砂岩或有孔之他種岩層，如上下有不透層為其底蓋，且因地壓而致摺縐或斷層者，均能為含油之構造，其類別可由第四表觀。

第四表——油田地質構造之類別

		油 田 實 例	含油層地質時期		
1.背 斜	對 稱	簡單摺綫—拱頂式	緬甸 葉南江	中新時期	
		裸心式 DIAPER	羅馬尼亞摩瑞尼	最新時期	
		重單斜	美國加州Coodinga	中新時期	
	不 對 稱	簡單摺綫—拱頂式	俄蘇 格羅斯尼	中新時期	
		裸心式	羅馬尼亞巴那		
		覆摺綫			
		逆斷層	美國加州羅山基	中新時期	
	2.單 斜	簡單單斜	氧化物封口		
			迭置層封口	蘇俄 梅郭	
		侵蝕背斜	氧化物封口		
不整合覆層封口			蘇俄梅郭 Shirausky	漸新時期	
走向斷層封口			美國加州羅山基	中新時期	
台地構造		美uppalachian油田	.....	
3.內 斜	正內斜	美國加州 Mckittnik	中新時期		
	隆背斜	.....	.....
	峽谷構造	.....	.....
4.折斷岩層	交叉斷層所成之拱頂	加利細亞,波瑞斯諾	古新時期		
	內迸發脈	墨西哥 南部	玄武岩 進入白堊紀		
	網縫構造	.....	.....

理想油田構造,當為一頂斜形,具有長而徐緩之斜坡,蓋非此不

足以貯豐富油量；但此種天然形勢頗不多見，僅有背斜與其稍似。油田產油量之豐饒，固以地質之構造形勢為轉移，但與構造之規模亦有關係。範圍廣大，且中無間斷或擾亂之構造，含量亦大；若中有破裂分割等情，則徒將地面形勢，不能預測也。

五· 油礦之地面徵象

油田之發現，常因無意得之，其最顯之例，一為阿根廷，一為科克威之油礦，前者因鑿泉井而發見，後者因築鐵路而橫穿，當此皆可視為例外，蓋石油之物理性質，化學組合及儲藏岩層內之狀況，既如上述，則油層露頭之處，自有其物理與化學的特殊徵象，礦人遂利用之以為覓探油田之初步工作，茲擇其緊要者數項，簡述如下：-

1. 地面徵象

石油既為流體，在露頭或較淺處地面自被浸潤，故地形平坦，雨水稀少之區，因受石油浸潤影響，草木枯寂而為長廣不毛之地，如上緬甸及波斯波斯油田是；倘雨水均勻，而露頭復在高處，其浸潤油質，偏積偏沖，故草木不受影響，如中美及波牛油田是；如露頭處現有砂層，則更易研究矣。

2. 火氣

煙氣常與石油共生在開敞處隨溢隨散，不易嗅覺；泉井或河流之旁，氣泡沖水上騰，自易覺察，火氣含80-90%甲烷其餘為二氧化碳，二氧化硫，氫二硫，甲烷可以燃燒，如四川自流井之火井，俄人二千五百年來爭相禮拜之巴庫神火，均含甲烷極多，二氧化硫，與氫二硫，不獨氣味易別，且以氧化作用，沈澱硫黃於氣眼或泉井四周。

3. 泥火山

油層上覆之泥層或沖積層，或因厚度太薄，不足以遏氣之上透；

或因地動開裂,令氣上升;受水浸潤之後,則當火氣透過時,其浸水軟土則被衝堆於氣口之四周;在雨水稀少之處,則愈積愈厚,竟有達數百尺者,此種中有氣孔之土丘,稱之為泥火山,舉今所知之第三紀油田,莫不有此現象,僅其高度不等而已。

4. 油泉

含油地層大都因摺綫或斷層影響,受有損裂,其離地層較近之處,則油氣沿隙滲漏而至地面,遂成油泉,或到達地面即受氧化作用,失其揮發部份,剩留一黏軟體,名之曰地瀝青,有時此種地瀝青之積聚,體量極大,如南美波利維亞之曲尼達 (Trinidad) 地瀝青湖 (Pitch lake), 為世界最大之地瀝青產地。

5. 鹽液與硫液

油田附近之水,莫不含有若干鹽硫成分,第五表乃俄巴庫油田水份之分析,可以見其成分之一般,故泉水含有硫黃或鹽質時,亦應亦檢查附近儲藏石油之可能。

第五表一俄巴庫 (Baku) 油井水份分析

	每加侖粒數。
固體總量(乾至 130°C)	3269.50
氯(Cl)	1680.00
硝酸(NO ₃)	0.90
硫酸(SO ₄)	Trace.
碳酸(CO ₃)	138.37
鐵	0.91
鈣	5.88
鎂	17.53

鈉	1155.85
鋁	12.81
鹽(NaCl)	2768.45=4%.

B. Thompson: Oil Field Development, P.202.

油田地面徵象,有者後來試探結果失望而蔑視之,有者因能發現大油田而重視之,故對其價值意見紛紜。現在科學日進,吾人固不應妄信地面徵象,而作擴大宣傳,加之淺油田早經發展,深藏油田完全須賴科學作探勘,故地面徵象之重要,亦不復如前之盛大,此不僅為科學倡進之影響,亦天然之演進也。吾人對於地面徵象,只宜認為石油之一種天然的理化變遷,有佐吾人尋覓石油產地之效能,但不應憑其指徵妄作產量之推測也。

六. 石油之替代問題

石油成因既受地質與化學之限制,成後,復需適合之地質構造以保全之,此外,資本,科學,工業,亦為人發展條件,於今日世界之石油業,聚於少數國家手,良有以也。惟消耗則極普遍,無論強弱交野之邦,均有相當年銷量,參閱第六七八九表當知此中梗概。

第六表——世界石油總產銷量

(每桶 = 42 美加侖)

年 份	世界產量 (千桶)	世界銷量 (千桶)	過剩產量 (千桶)
1931	1,432,142	1,417,374	14,768
1932	1,362,039	1,348,407	13,632
1933	1,467,128	1,406,923	60,205
1934	1,562,834	1,510,360	52,474
1935	1,690,420	1,592,685	97,835
合 計	7,514,563	7,275,649	238,914

第七表——緊要產油國家產油量(百萬桶為單位)

年別 國別	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935
羅馬尼亞	30.77	34.65	41.62	49.13	54.16	58.84	63.50	61.97
美	901.47	1007.32	898.01	906.10	838.64	838.25	946.30	1035.15
蘇俄	87.80	103.00	125.55	162.84	155.25	149.90	169.20	176.68
荷蘭東印度	32.12	38.07	41.73	35.54	39.00	44.90	49.46	50.90
墨西哥	50.15	44.69	39.53	33.04	32.80	34.00	38.00	40.08
波斯	43.46	42.14	45.83	44.34	49.47	54.73	52.76	56.90
菲尼維拉	105.75	137.47	136.67	116.61	116.30	120.34	139.38	148.89
其他	73.21	90.15	81.60	84.93	76.73	90.13	104.23	119.85
總產量	1324.73	1497.53	1410.54	1432.53	1362.04	1467.13	1562.23	1690.42
七國產量和佔全額百分數	94.47	94.00	94.78	94.07	94.12	93.18	93.34	92.32

第八表——中國銷耗石油煉品之數量

(以下數字均以千桶計,每桶=42美加侖)

煉品名 年份	光油	氣油	潤油	氣及柴油	其他	總千桶數
1920	4515	62	137	.....	.....	.....
1925	6156	210	168	.....	.....	.....
1930	4419	.....	310	.....	.....	.....
1	4120	715	247	1633	92	6807
2	3674	675	194	1530	85	6158
3	4460	744	264	2276	93	7837
4	2855	915	270	3728	102	7900
5	2665	1,034	281	3010	111	7102

本表係根據美國礦冶工程師學會會刊第107及108

卷并參用中國海關報告表製就……為不詳數。

第九表——1935年世界銷耗石油煉品之數量

(以下數字均以千桶為單位每桶 = 42美加侖)

——轉載美國礦冶工程師學學學刊第118卷210頁——

煉品名 國名	光油	氣油	氣及柴油	潤油	其他	總銷量
美 國	47,500	435,300	346,400	19,900	126,900	976,000
蘇 俄	28,555	13,565	56,112	8,150	16,888	123,270
英 國	6,015	37,454	25,894	2,692	2,121	74,176
法 國	1,890	22,200	14,210	2,110	2,000	42,610
加 拿 大	1,750	16,650	14,700	830	1,690	35,620
德 國	1,010	15,810	8,850	2,660	2,010	30,340
阿 根 廷	1,180	5,710	13,700	320	850	21,760
日 本	1,130	7,122	13,800	1,602	1,220	24,874
墨 西 哥	610	2,100	11,400	160	2,580	16,850
羅 馬 尼 亞	1,380	790	11,900	220	1,700	15,990
印 度	6,200	2,300	3,700	950	1,080	14,230
意 大 利	1,502	4,563	7,600	615	1,660	15,940
荷 屬 東 印 度	2,390	1,600	4,900	540	1,480	10,910
荷 屬 西 印 度	1,090	6,600	2,990	400	500	11,580
荷 屬 西 印 度	25	180	11,800	130	2,400	14,435
中 國	2,666	1,034	3,010	281	111	7,102
伊 爾 蘭	1,380	710	3,600	610	1,510	7,810
荷 蘭	1,680	3,410	2,110	400	810	8,410
委 內 瑞 拉	22	520	900	28	5,200	6,670
巴 西	750	2,400	3,200	70	50	6,570
瑞 典	750	3,200	1,890	360	420	6,620
西 班 牙	150	3,700	2,500	220	430	7,000
比 利 時	248	2,662	1,202	397	114	4,623
丹 麥	680	2,290	1,802	217	260	5,249
埃 及	2,100	560	2,150	190	140	5,140
古 巴	75	560	3,800	44	80	4,559
南 菲 律 賓	710	2,800	610	210	180	4,570
挪 威	270	970	2,240	78	90	3,648
菲 律 賓	600	900	1,900	110	120	3,636

捷	克	550	2,050	810	240	180	3,830
瑞	士	200	1,892	1,140	147	25	3,404
夏	威	130	940	1,760	50	65	2,945
牛	西	120	1,900	1,240	75	100	3,435
波	蘭	1,040	815	370	410	370	3,000
波	利	73	124	2,300	32	300	2,829
馬	維	310	730	1,700	50	200	2,990
智	來	60	680	1,500	40	25	2,305
烏	拉	220	620	1,510	35	25	2,410
巴	拿	28	95	2,100	15	30	2,278
伊	拉	210	390	1,780	50	650	3,080
愛	爾	500	1,060	240	65	170	2,203
奧	自	299	981	916	141	129	2,403
亞	爾	400	1,250	326	115	100	2,185
秘	吉	580	460	570	40	220	1,870
匈	牙	445	442	590	80	90	1,647
希	臘	150	370	1,000	55	40	1,615
波	爾	70	480	900	30	30	1,510
葡	多	460	520	300	35	60	1,375
芬	黎	299	682	161	64	92	1,298
法	牙	110	780	100	45	100	1,135
其	蘭	5,594	6,942	17,527	968	1,838	32,869
分	量	126,156	621,863	617,704	47,429	179,433	1,592,585

石油之工業用途日廣，尤為國防及交通事業不可須臾離開之料原，故今之列強，對於自有之油田，則積極發展之；對於弱國之儲藏，則鉤心鬥角運用經濟政治武力，以求握持之權；吾國自公路航空二事發展以來，年銷量激增，已不止倍蓰，若以吾國人口面積而言，其繼續增長之勢，固可預測，若現所年銷者，僅及美之十四分之一年耳。

吾國負有產油期望之區，為川之自流井，陝之延長縣，此二處雖尚在探勘中，然為供給全國之需，頗為事實所不許，因此，國內有心之士，亦埋首研究石油替代問題，如木炭汽車，製煉火酒，採用柴油汽車，摻用棉油高溫蒸餾低溫蒸餾，等等試驗，最近復以氫化製油，在英德

兩國，已由試認而進入產製故亦為國人注目。英國在畢林吞所設之氫化廠，自去歲產油後，更為人製石油立一新紀元。質的方面，自經英航空隊大量採用後，已刷去一切懷疑，惟成本稍高現尚須政府給以特別津貼，以資競售，但此為暫時現象，可斷言也。一九三一年美之美孚石油公司，德之顏料工業會社及英之皇家化學工業會社，共同組織氫化研究合作，彼此公開關於人製石油研究結果，此後氫化製油法將有更大更速之進步，可斷言也。石油替代問題，端緒甚多，從學術方面立論，自不宜窄狹門限，應獎勵廣泛的探討，惟吾國煤藏貯量，為世界第二最大之單位，僅次於美國，計有 232,287 兆噸，故從原料作出發點，蒸餾與氫化二者最宜。然高溫蒸餾係以製冶金所需之焦炭為主要使命，油為副產，低溫蒸餾產油雖加，但仍有焦炭剩留須另覓用途，此二者均不若氫化製油目標之單純也。故著者以為從實用方面立論，吾國誠宜集全力於氫化製油之探討，然探勘油藏，與替代石油，不容有緩急之分，此點則又吾人習工者，更宜注意及之。

用圖解法以求木質水櫃外圍鐵箍之間距

陸 鳳 書

木質水櫃，恆以預製狹板集合而成，外面再箍以條鐵，至條鐵在某種高度下，其間距應為若干，則視水壓之大小，及鐵箍之安全耐力而定之。但當最高箍在水櫃之極頂，最低箍在水櫃之底部時，則各箍之間距，可以下法求之。

今假定中間各箍所受之應力均相等，而首尾兩箍所受之應力，僅為中間各箍所受者之半數。於是箍之總數，較以每箍之許可拉力除水櫃之總壓力所得者多一。此理甚明。因水櫃之側面壓力，隨水深而漸增。質言之，在頂為零，在底為 hw ， h 係水櫃之高， w 係水之密度。若水櫃之半徑為 r ，則其直剖面上之全壓力為 $\frac{hw}{2} \times h \times 2r = h^2wr$ ，於是箍之總數(T)，可書成下列公式。

$$T = N + 1 = \frac{h^2wr}{2f} + 1 \quad (1)$$

式中 f 係箍之許可拉力，實際上 f 之值必在許可範圍之內，以策安全。且調整之，務使 $\frac{h^2wr}{2f}$ 之值成一整數。

上式中 N 為頂以下箍之總數。（在極頂之一箍不計），並由此可知若以二櫃箍數相較，頂以下箍之總數與水櫃高度平方成正比例。若就一櫃而論，則由頂至任何深處，頂以下箍之總數，與其至頂之距離之平方成正比例。設 y 為由頂至任一箍之垂直距離， n 為頂以

下該箍之號數，(亦即代表頂以下箍之總數，)例如頂箍以下之第一箍其號數為一，第二箍為二，則

$$y = \left(\frac{n}{N}\right)^{\frac{1}{2}} h \quad (2)$$

若 x 為隣近兩箍之間距，則第 n 箍與第 $(n+1)$ 箍相隔之距為

$$x = y_{n+1} - y_n = \left[\frac{(n+1)^{\frac{1}{2}} - n^{\frac{1}{2}}}{N^{\frac{1}{2}}} \right] h \quad (3)$$

以位在兩箍間距中心之平均壓力乘公式(3)之左邊，并以與平均壓力相等之值乘該式之右邊，則下列結果。

$$\frac{(y_{n+1} + y_n)}{2} w \times (y_{n+1} - y_n) = \left[\frac{(n+1)^{\frac{1}{2}} + n^{\frac{1}{2}}}{N^{\frac{1}{2}}} \right] h \times \frac{w}{2} \times \left[\frac{(n+1)^{\frac{1}{2}} - n^{\frac{1}{2}}}{N^{\frac{1}{2}}} \right] h$$

相乘得

$$\frac{(y_{n+1}^2 - y_n^2) w}{2} = \left[\frac{(n+1) - n}{N} \right] \times \frac{h^2 w}{2} = \frac{h^2}{N} \times \frac{w}{2} \quad (4)$$

由此可知箍之間距乘間距中心之平均壓力，其積不變。

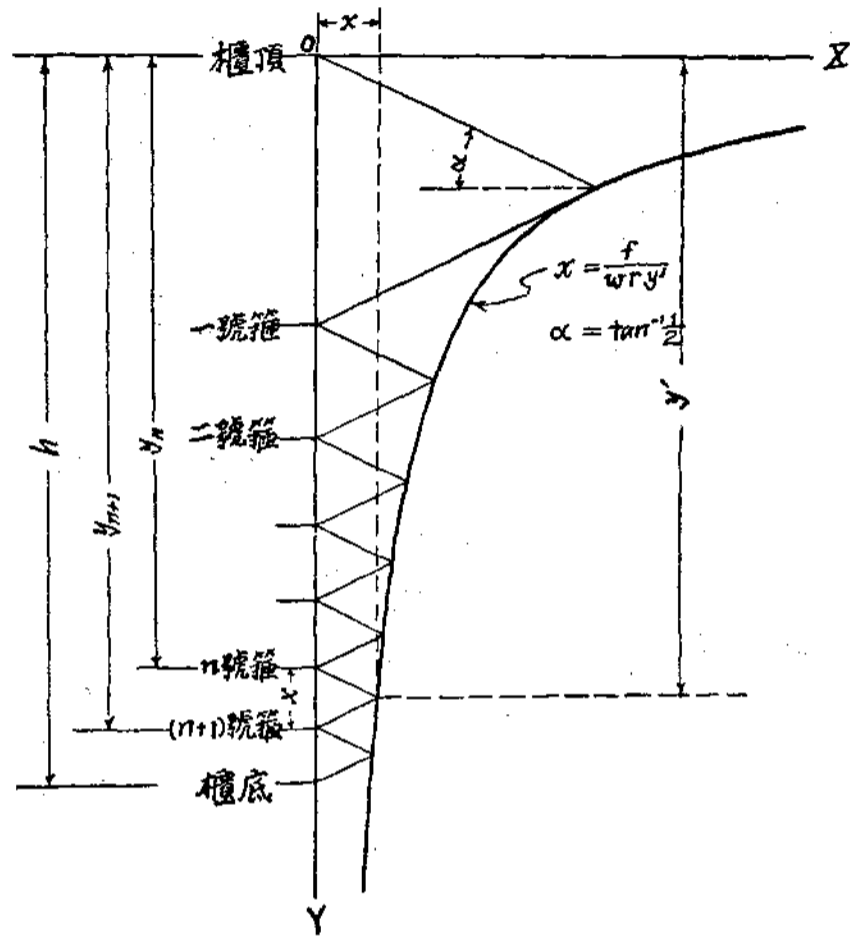
又 $N = \frac{h^2 w r}{f 2}$ ，(閱第一式便知)若令平均壓力之值為 $y'w$ ，則 x (即兩箍之間距)為

$$x = \frac{h^2 w}{N 2 y' w} = \frac{h^2 w}{\frac{h^2 w r}{2f} \times 2 y' w} = \frac{f}{w y' r} \quad (5)$$

此式係等腰雙曲線，(Eguilateral hyperbola)故箍之間距，可以下列圖解法求之。

作直角坐標系軸線二，并自原點起，作一貫相似兩等邊三角形，其三角形之繪法，係自原點作一與水平線成一 α 角 ($\alpha = \tan^{-1} \frac{1}{2}$) 之直線，使之交於雙曲線，再由該交點作一邊長相等之線，其傾斜度亦為 $\alpha = \tan^{-1} \frac{1}{2}$ ，該線與直軸相交之點，即各箍之所在地也，因按圖之作法，每三角形之高，係等於位在任何兩箍之中點之間距，即 $x = \frac{f}{w y' r}$ 也，

(參閱下圖)



此種解法，頗適用於設計水櫃時，須預防櫃之頂部受高大壓力，例如鐵箍受木條之澎漲力是也，其解法可先假定一 h' 高之水櫃，其在離櫃底 h 高之點 ($h =$ 櫃之真高) 之水壓，可令其等於真實櫃頂點已知之壓力，於是可用上述圖解法以求各箍之所在地，而真實櫃僅作假設櫃之底部。

用上述圖解法以求各箍之所在地，須適合真實櫃之最高箍應在該櫃之極頂之條件，故當真實櫃之頂介於兩箍之間時，則須作以下之修正，其修正法係先求位於真實櫃頂之上之第一箍號數 n' ，然

後再計算一較低之假設櫃。其算法可用公式 $h' - \left(\frac{n'}{N}\right)h'$ 求真實櫃之高。(式中 N 之意義與前相同) 此數令其為 h ，於是假設櫃(第二次假設者)之高 $h' = \frac{h}{1 - \left(\frac{n'}{N}\right)^{\frac{1}{2}}}$ 得矣。經此修正後，祇須應用公式 $y = \left(\frac{n}{N}\right)^{\frac{1}{2}} h$ ，則真實櫃之各箍之所在地均可得矣。

用彈性重量法計算桁架橋樑的偏垂

胡 錫 之

I. 彈性重量是什麼?

假想圖一樑 AB 在 C 點的地方,因為材料或某種關係,特別生出了一個 i 的角度.這角度我們可用初等幾何學的方法,証明和偏垂 y 有下式的關係:

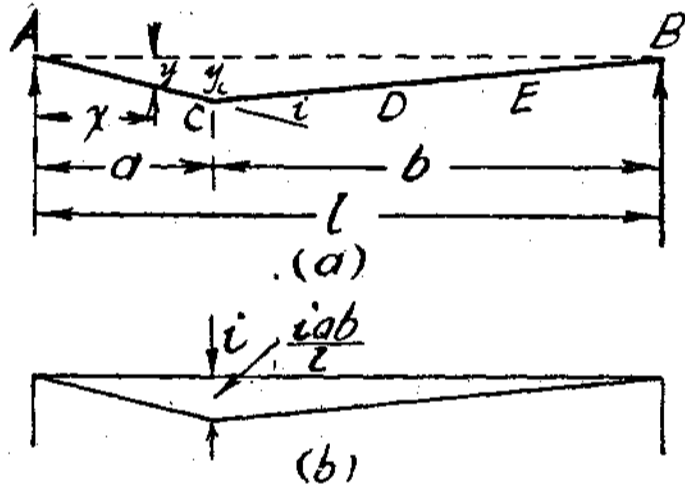
$$y = \frac{ib}{l}x \dots\dots\dots (1)$$

如果在 C 點的地方,我們加一個重量 P;那末在任何一點的地方,應該有一個旋量 M 如下式:

$$M = \frac{pb}{l}x \dots\dots\dots (1a)$$

把(1)式和(1a)式比較一下,我們可以得到下面的結論:在任何一點地方的偏垂,就等於在 c 點載有 i 重量時所發生的旋量 (Bending moment 圖一 (b)).這角度 i , 實際上是個角度,可是我們設想牠是個載重 load, 所以我們簡直就稱牠為彈性重量.

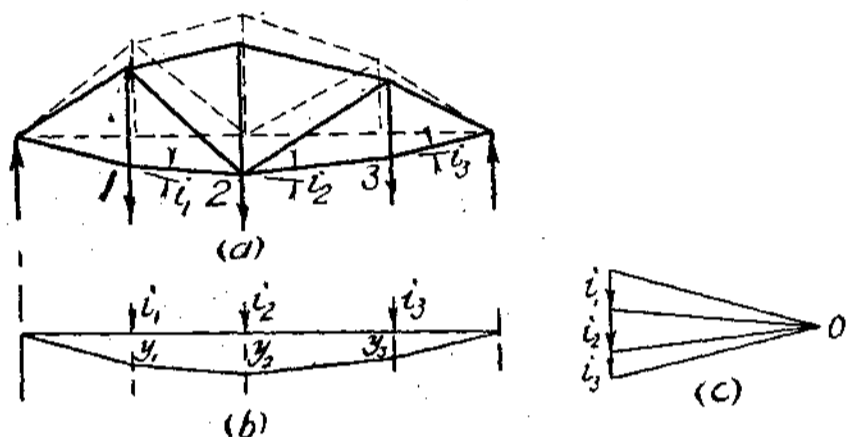
II. 怎樣用彈性重量計算桁架橋樑的偏垂?



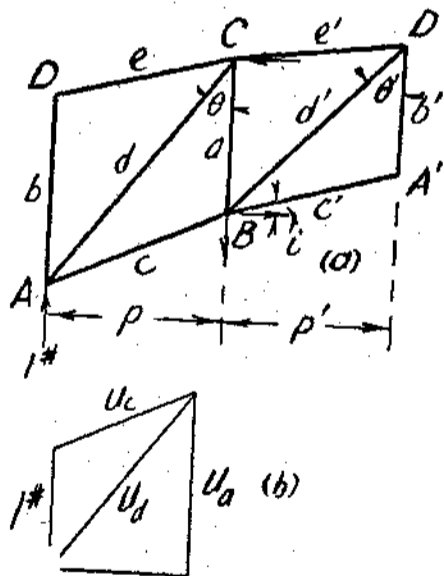
如果 AB 樑上不僅在 c 點一處地方,發生了一個角度, D, E, ……各點都發生了一個 i_d, i_e, \dots 角度, 那末(1)式就該寫成

$$y = \sum \frac{ib}{I} x \dots \dots \dots (2)$$

此時我們不必用像式子上所告訴我們的步驟, 分別計算, 我們就可以很簡便的用 funicular polygon 來各點的偏垂了。



圖二 (a) 表示一架橋樑因受載重的結果, 從虛線的位置, 下垂到實線的地位; 牠的下弦各幹, 就因這次的下垂, 相對的發生一個 i^1, i^2, i^3 的角度。圖二 (b); (c) 就當 i_1, i_2, i_3 , 等為載重, 所畫 funicular polygon.



III. 彈性重量 i 怎樣求法?

圖三 (a) 表示某個桁架樑上兩個接聯的節或段 (panel); a, b, c, d, e, a', b', c', d', e' 等表示各幹的長; $\delta_a, \delta_b, \dots$ 代表各幹的伸長或縮短; S_a, S_b, \dots 代表各幹內的應力。假使 B 的位置固定, B c 的方向也不變那末一個單位向上的力, 作用在 A 點的時候, a, c, d 等

幹各發生 u_a, u_c, u_d 等應力(圖三[b])。

$$u_c : 1 = c : a,$$

$$u_d : 1 = -d : a,$$

$$u_a : 1 = d \cos \theta : a_c$$

$$\therefore u_c = \frac{c}{a},$$

$$u_d = -\frac{d}{a},$$

$$u_a = \frac{a \cos \theta}{a}$$

A 點對於 B 點向上的偏垂

$$\begin{aligned} \Delta_{ab} &= \sum \frac{Sl}{AE} u \\ &= \delta_a u_a + \delta_c u_c + \delta_d u_d \\ &= \frac{c}{a} \delta_c - \frac{d}{a} \delta_d + \frac{d \cos \theta}{a} \delta_a \end{aligned}$$

以 w 代 $d \cos \theta$

$$\Delta_{ab} = \frac{c \delta_c - d \delta_d + w \delta_a}{a} \dots \dots \dots (3)$$

A' 點對於 B 點向上的偏垂

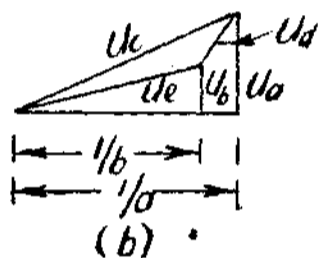
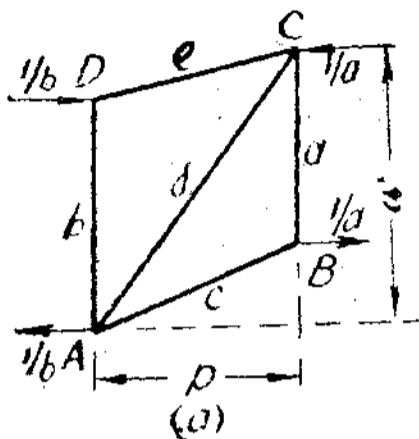
$$\begin{aligned} \Delta_{a'b} &= \delta_a - \text{B 點對於 C 點向下的偏垂} - \delta_b \\ &= \delta_a - \Delta_{d'c} - \delta_b \\ &= \delta_a - \frac{e' \delta_e - d' \delta_d + w' \delta_a}{a} - \delta_b \dots \dots \dots (4) \end{aligned}$$

所以 $i = \frac{\Delta_{ab}}{b} + \frac{\Delta_{a'b}}{p' c} \dots \dots \dots (5)$

IV. AD 對於 BC 所轉的角度。

圖四(a)表示兩個單位旋量作用在 ABCD 上,圖四(b)就表示 a, b, c, d, e, 各幹內所發生的應力。

$$u_c : \frac{1}{a} = c : p; u_e : \frac{1}{b} = e : p;$$



$$u_b : \frac{1}{b} = w - b : p ; u_a : \frac{1}{a} = w - a : p ;$$

$$u_d : \frac{1}{a} - \frac{1}{b} = d : p$$

$$\therefore u_c = \frac{c}{ap} ; u_e = -\frac{e}{bp} ; u_b = -\frac{w-b}{bp} ;$$

$$u_a = \frac{w-a}{ap} ; u_d = -\frac{d(h-a)}{abp} ;$$

A D 對於 BC 所轉的角度

$$R = u_c \delta_c + u_e \delta_e + u_b \delta_b + u_a \delta_a + u_d \delta_d ;$$

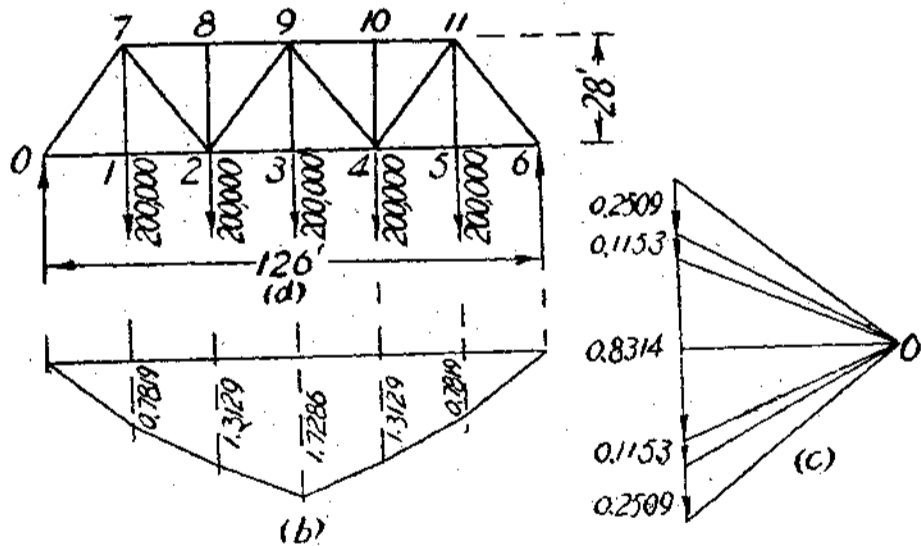
$$= \frac{c}{ap} \delta_c - \frac{e}{bp} \delta_e - \frac{w-b}{bp} \delta_b + \frac{w-a}{ab} \delta_a - \frac{d(h-a)}{abp} \delta_d ;$$

$$= \frac{1}{p} \left(\frac{c\delta_c - d\delta_d + w\delta_a}{a} + \delta_b - \frac{e\delta_e + d\delta_d - w\delta_d}{d} - \delta_d \right)$$

$$= \frac{1}{p} (\Delta_{ab} + \Delta_{ba}) \dots \dots \dots (6)$$

V. 實 例

圖五(a)表示一架桁架橋樑,牠各點的偏垂,是我們所要求的,表一裏就告訴我們怎樣計算各點的彈性重量,和 a, b 兩幹相對所轉的角度.在這張表裏,第四行的數值,是事先早就算好了的。(+ 表示



伸長,-表示縮短)其他的各行,我想用不到說明了。

表一 ip, Rp 的計算

節或段的名稱 Panel (1)	幹 的 名稱 Member (2)	公 式 記 號 Symbol (3)	長 度 Length (吋) (4)	$\frac{SI}{AE}$ (5)	$(4) \times (5)$ a或b' (6)	Δab 或 $\Delta a'b'$ (7)	ip (8)	Rp (9)	ΣRp (10)
0-1	0-1	c	252	+0.0905	+0.0679				
	0-7	d	420	-0.1393	-0.1742				
	1-7	a,w	336	+0.2317		+0.4738			
2-1	1-2	c	252	+0.0905	+0.0679				+0.3082
	2-7	d	420	+0.4178	+0.5225				
	1-7	a,w	336	+0.2317		-0.2229	+0.2509		
1-2	2-8	a,w	336	0					
	7-8	e'	252	-0.1003	-0.0752				
	2-7	d'	420	+0.4178	+0.5225				
	1-7	b'	336	+0.2317		+0.3660		+0.1431	
3-2	2-8	a,w	336	0					+0.1851
	8-9	e'	252	-0.1003	-0.0752				
	2-9	d'	420	-0.0754	-0.0942				
	3-9	b'	336	+0.2317		-0.2507	+0.1153		
2-3	2-3	c	252	+0.1197	+0.0898				
	2-9	d	420	-0.0754	-0.0942				
	3-9	a,w	336	+0.2317		+0.4157	+0.8314	+0.1651	0

下弦各點的縱向偏垂,請看圖五(b),(c)。其他各點的向偏垂,請看表二。所有各點橫向偏垂,請看表三;橫向偏垂是拿○點作為固定點的。

其實在這種對稱的情形之下,縱向偏垂的計算,用不着畫funcion-

lar polygon 的直接用計算旋量的法子計算各點的偏垂也許比較方便些;不過這是代表一般的方法的。

表二 縱向偏垂

結點	縱幹名稱	$\frac{Se}{AE}$	縱向偏垂
0,6			0
1,5			+0,7819
7,11	1-7	+0,231	+0,5502
2,4			+1,3129
8,10	1-8	0	+1,3129
3			+1,7286
9	3-9	+0,2317	+1,4969

表三 橫向偏垂

結點	幹的名稱	$\frac{Se}{AE}$	ΣR_p	$a\Sigma R$	橫向偏垂
0					0
1	0-1	+0,0905			+0,0995
7	1-7		+0,3082	+0,4109	+0,5014
2	1-2	+0,0905			+0,1810
8	2-8		+0,1651	+0,2201	+0,4011
3	2-3	+0,1197			+0,3007
9	3-9		0	0	+0,3007
4	3-4	+0,1197			+0,4204
10	4-10			-0,2201	+0,2003
5	4-5	+0,0905			+0,5109
11	5-11			-0,4109	+0,1000
6	5-6	+0,0905			+0,6014

本篇所舉的例子,有兩點非得提出來說一說:一,所有的一切均成對稱,二,下弦各點均在同一水平線上。關於第一點,我們果然討

到了一半的便宜,算了一邊就可燒得他邊,可是不對稱的時候,同樣做法,也能直接得到答案,用不到另外的麻煩。關於第二點,除了計算橫向偏垂的時候,少許得到一些便宜外,一些也沒有幫助,因為如果不在一條水平線上的時候,如拱橋等,所有的數學計算,還是那些。

Ⅶ. 結 論

彈性重量法,或許是所有桁架橋樑的偏垂計算法中的一個最簡便的法子,因為牠用不到一個個的分別計算 u 的數值,也用不到像 & Mohr Diagram 一類的校正,一次的計算牠也能給我們所有各點的偏垂。

這裏須得聲明:就是沒有縱向桁幹的橋樑,不適用以上的公式,可是這也不要緊,新的公式,無論如何總能導出,反正我們的原理沒有問題。

參考書: Parcel & Manney—Elementary Treatise on
Statically Indeterminate Stresses.

俞忽教授 H. Yu—Stresses in Statically
Indeterminate Structures.

Proceeding. American Society of Civil Engineers.

Vol. 61 No. 9—Vol. 62 No. 2

Truss deflections; the Panel Deflection
Method.

水工模型試驗之基本理論

方 宗 岱

(一) 符 號

面積	A
長度	L
體積	V
重量	W
比重	γ
質量	m
動加速度	g
線速度	v
線加速度	a
角速度	ω
角加速度	$\dot{\omega}$
時間	T
比較	n
力	F
能	E
功	K

動率	M
馬力	H
撓度	d
物理量	Q
無量數	II
實度	P
流體黏性	μ
表面張力	σ
容積彈性係數	K
坡度	S

(二) 引 言

研究任何科學，專將學理之探討，實不足使該項科學有疾速之進步，因實際情形複雜，而理論範圍有限，重此輕彼，往往與實際情形不合；似非做試驗不足以竟全功；此項定則，可推諸百端，尤其于情形複雜，連帶關係繁多之水工問題，更應有試驗之必要，隨舉一例，即可明悉，更證此言之不虛也。先前橋墩造就時，即拋石於其四圍，以防水之侵刷，而因拋石位置，頗引起多數工程師互相爭執；有謂水流至橋墩時，發生衝擊，應於上游拋石，以減其勢；有謂水流至橋墩以下，必生渦流 (eddy current) 遂被浸蝕，故應拋石下游，以防其浸，尙有其他說法，各執一辭，議論紛紛，莫衷一是；故於四圍皆拋之以石，甚堅且固，頗合工程原則；但虛耗巨款，殊有違工程原則也。嗣後德國學者恩格爾 (Engel) 教授，在 1893 對此問題，作一精細之試驗，所得結果，則與第一說互相適合，僅橋墩兩旁，略拋少許石塊以掩護之可也；自其結果發表後，嗣後關於掩護橋墩工程，或其他類似工程，僅拋石於其上游，足

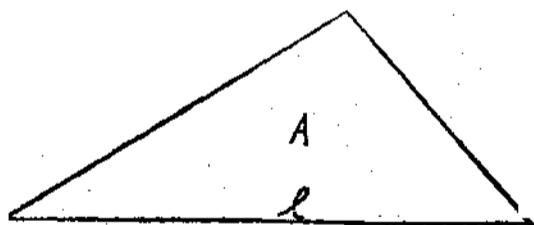
以掩護其侵蝕也。聞當時恩氏之試驗經費尚不足華幣三千元，及至今日，因此試驗之成功而節省經費，何止在三萬萬元以上，單此一項，即可證明試驗之價值矣。而試驗之真正價值尚不在此，其最大者，即更正理論公式之錯誤，或增進理論公式之準確性，再舉一淺近之，即可證明，如河水流動之速度，按理而言，與濕水半徑及坡度之平方根成正比，即 $V=C\sqrt{RS}$ ，倘等成普通公式則 $V=CR^xS^y$ 此式中之 c, x, y 均為變數，與河床之粗糙率及其他項件有密切之關係，倘吾人未作精之細之試驗，此 c, x, y 之值，無法求得，隨之 V 之值亦難求得矣，換言之，此公式即無存在之價值，果此，則水工上大部問題，將無法推進矣。由此兩例，可知試驗在科學上，實佔有重大價值也。

(三) 模型試驗之相似性

模型試驗者，即以原型中(prototype)之各項量度(dimension)按比縮小，蓋以此可以節省經費，減少時間故也。今欲將模型所得結果，而施諸示原理，其間關係甚繁，而撮其要者，可略分以下三項：

(A) 幾何相似性

吾人方習幾何學時，即知相似性之關係，如謂兩三角形 a, b 互為相似，則兩三角形之三角必互為相等，倘知三角形 a 之面積為 A ，其某一邊之長為 l ，及三角形 b 之某一邊長為 l' (相當於 Δa 之 l 邊) 由相似性之關係，即可求得三角形 b 之面積 $A' = \left(\frac{l'}{l}\right)^2 A$ ，換言之，倘



圖(a)



圖(b)

乏相似性之關係,吾人欲求 A' 之值,單恃 V' 之值,決不能得之!尚須其他條件之輔助也.同理,水工試驗之一部分基本理論即基於此,如河長 10000 呎可縮成 100 呎,寬 1000 縮 10 呎,深 100 呎可縮成 1 呎,倘有其他物體,均可按比縮小!惟單恃幾何相似性之關係,實不足以解決水工上之一切問題.今舉一例,即可明了,設一長 10 呎闊厚各 1 呎之木樑,其比重為 0.6,自由支持于其兩端,則木樑中心之撓度 (deflection) 應為 $\frac{5 \times 7200}{384 E}$,倘以模型試驗之,設原型與模型之比為 10,而求出之撓度為 $\frac{5}{384} \times \frac{72000}{E}$,而模型中所求之值,則非 $\frac{1}{10}$ 原型之值,此因其明,蓋由于木材之比重不能按比縮小故也.在水工試驗方面,亦有類似之困難,如水泥等等之重量均不能按比縮小也.幸此項困難尚可用力之相似性,動之相似性之各項關係,足以改正也.

(B) 動之相似性,

物體運動通常可分為四種,即直線均速運動;直線加速運動;曲線運動;與曲線加速運動是也,今將動相似性之關係,分別說明于後

a, 直線均速運動;

此項運動,在水工方面可分水射 (water jet) 與河水流動二種.

水射之速度之公式為 $V = \sqrt{2gh}$

河水流動之速度之公式為 $V = C\sqrt{RS}$

以 m 註其旁,即表明模型中之一切事物,無字註者,即表明原型中之一切事物.

$$\text{故 } \frac{V}{V_m} = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{2g_m h_m}} = \frac{\sqrt{h}}{\sqrt{h_m}} = \sqrt{n} \quad \left(\begin{array}{l} \text{因地心吸力不能按} \\ \text{比縮小故 } g = g_m \end{array} \right)$$

$$\frac{V}{V_m} = \frac{C\sqrt{RS}}{C\sqrt{R_m S_m}} = \frac{\sqrt{R}}{\sqrt{R_m}} = \sqrt{n} \quad \left(\begin{array}{l} \text{設 } C \text{ 之值為一常數,} \\ \text{坡度亦相同.} \end{array} \right)$$

由以上兩式,吾人知原型與模型中之速度不論其為水射或河水流動均成 \sqrt{n} 與 1 之比。

$$\text{固時間} = \frac{L}{V}$$

$$\text{故 } \frac{T}{T_m} = \frac{\frac{L}{V}}{\frac{L_m}{V_m}} = \frac{L}{L_m} \times \frac{V_m}{V} = \frac{n}{\sqrt{n}} = \sqrt{n}$$

同理線加速度

$$a = \frac{dv}{dt}$$

$$\text{故 } \frac{a}{a_m} = \frac{dv}{dT} \times \frac{dT_m}{dV_m} = \frac{dV}{dV_m} \times \frac{dT_m}{dT} = \frac{\sqrt{n}}{1} + \frac{1}{\sqrt{n}} = 1.$$

故原型與模型中之加速度應為相等,

同理知原型與模型中之角速之比為 $1:\sqrt{n}$ 而角加速度之比為 $1:n$

(C)力之相似性

如每一立方公分泥沙之重為 2.6,故其重量

$$W = V \times 2.6 = V \times r$$

若在模型試驗,因各項長度既按比縮小,其比亦應縮小,始能適合真正相似之理論!

$$\text{故 } \frac{r}{r_m} = n$$

若 $n = 20$ 則 $r_m = 0.13$ 其數之微,實不值一氣體之重!而原型中係用固體之沙粒,在模型中豈能以氣體之沙以代之乎?故實際上,用於原型之沙粒仍用於模型中則其重量為

$$W_m = V_m \times r_m \quad \text{而 } r_m = r$$

$$\text{故 } \frac{W}{W_m} = \frac{V_r}{V_m r_m} = \frac{V}{V_m} = n^3$$

故原型中之物體重量與模型中之重量成 n^3 與 1 之比,同理則貫量之比為 n^3 與 1 之比。

$$\frac{m}{m_m} = \frac{\frac{W}{g}}{\frac{W_m}{g_m}} = \frac{W}{W_m} \times \frac{g_m}{g} = \frac{W}{W_m} = n^3$$

今將動與力相似之各項關係,相互貫通,名之曰動力相似性如力(force)能 (Energy)功(work)動率(moment)馬力 (Horse power) 等等,其間之關係,均可由同理之如下表所示

名稱	記號	縮比
長度	L	n
面積	A	n^2
體積	V	n^3
坡度	S	I
時間	T	\sqrt{n}
線速度	v	\sqrt{n}
線加速度	a	I
角速度	ω	$n^{-\frac{1}{2}}$
角加速度	ω	n^{-1}
重量	W	n^3
質量	m	n^3
力	F	n^3
能	E	n^4
功	K	n^4
動馬力	M	n^4
率	H	$n^{3.5}$

(四) 模型試驗之條件

試驗所得結果,似可由上表中之各項關係,施於原型,但事實上則不若如此簡單,蓋原型與模型之間尚有其他關係之存在,即模型試驗需在某種條件爲之,方能合用,否則,仍不能施用也,關於其中之各項關係,可由裴理論 (Pi-theorem) 而推演之

(A) 裴理論 (Pi-theorem)

吾人知自然界任何現象,均可以用方程式以表明之,所不同者,僅該方程式是簡單與複雜而已!如一物體自由灌下,若以方程式表之,則

$F(\text{地心吸力,物體實度,大小,空氣實度}\dots)=0$ (1) 此公式中之“F”即在數學上函數之意義也,關於此種公式,白論海氏 (E. Buckingham) 曾作深切之研究,所得結果,應用於科學上,甚廣且大,尤其於模型試驗方面,更屬重要,今將此項理論,作一簡單之介紹,以便讀者易於了解也。

設一物理方程式 (physical equation)

$$F(Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n) = 0 \dots \dots \dots (2)$$

(2)式中之 $Q^1, Q^2, Q^3, \dots, Q_n$ 爲各不同之物理量 (physical quantities) 相當於(1)式中之地心吸力,物體比重等等,由數學上之關係, (2)式可變成

$$\sum R Q_1^{a_1} Q_2^{a_2} Q_3^{a_3} \dots Q_n^{a_n} = 0 \dots \dots \dots (3)$$

(3)式中尺係各項之係數, a_1, a_2, \dots, a_n 係各物理量指數,倘以(3)式中之任何一項,以除(3)式,其所得之商,爲

$$\sum N Q_1^{b_1} Q_2^{b_2} Q_3^{b_3} \dots Q_n^{b_n} + 1 = 0 \dots \dots \dots (4)$$

(4)式中之N,亦係各項之係數,惟其值不與(3)式中之R相等耳。

由量度調和定理(Theorem of Dimnsional Homogeneity)之推論,凡一物理方程式,其各項量度應互為相等,而(4)式中之末項為1,而1為一無量數(Non-dimensional number)也。故(4)式中各物理是之指數 $b_1 b_2 b_3 \dots b_n$ 應有下列關係存在之必要,即

$$\left[Q_1^{b_1} Q_2^{b_2} Q_3 \dots Q_n^{b_n} \right] = 1 \dots\dots\dots(5)$$

換言之,(5)式中各物理量之乘,必為一無量數。 設

$$\Pi = Q_1^{b_1} Q_2^{b_2} Q_3 \dots Q_n^{b_n} \dots\dots\dots(6)$$

(6)式中之 Π 係一希臘字母音裴式(pi);將(6)式代入(4)式,則得

$$\Sigma N\Pi + 1 = 0 \dots\dots\dots(7)$$

(7)式與(4)之形狀完全相似,吾人同理可將各種物理量互相分配,組成各種不同關係之無量數如, $\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \dots \dots \dots \Pi_i$ 則

$$\psi (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \dots \dots \dots \Pi_i) = 0 \dots\dots\dots(8)$$

茲將(8)式與(2)式作比較,所不同者,為函數“F”改成“ ψ ”有量數之物理量 ($Q_1 Q_2 Q_3 \dots \dots Q_n$) 變成不同之無量數 ($\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \dots \dots \Pi_i$) 尚有最大之區別,即物理量之項數為“n”. 而無量數之項數為“i”,此中“n”與“i”之關係,實值吾人探討者,因物理量之多寡,吾人可從先決定,故“n”為已知數,欲求“i”之值可由下法得之。

今舉若干例題,加以歸納,則“i”之值可求得,設 k 為基本單位 (fundamratal units) 之數,通常 $k=3$ 即長度,質量,時間 l. m. T) 例(1)一直線之長短,可由方程式表之,

$$f(x) = 0 \dots\dots\dots(9)$$

(9)式中僅一物理量(長度) 故 $n=1$

而亦僅一基本單位(長度) 故 $k=1$

欲求 Π (無量數),則不可能,換言之,即無 Π 之存在也 故 $i=0$

例(2)面積之大則

$$f(x, y) = 0 \dots\dots\dots (10)$$

同理 $n=2$

$k=1$

而 $\Pi = \frac{x}{y} = \text{無量數}$ 故 $i=1$

$$f(x, y, z) = 0 \dots\dots\dots (11)$$

同理 $n=3$

$k=1$

而 $\Pi_1 = \frac{x}{y}$ $\Pi_2 = \frac{x}{z}$ 故 $i=2$

(注意: $\Pi_3 = \frac{z}{y}$ 亦係一無量數,但此數為由 Π_1, Π_2 中求得,如 $\Pi_3 = \frac{\Pi_1}{\Pi_2} = \frac{z}{y}$,故不能計入)

例(4)設某項現象,僅與線速度及線加速度有關係,則方程式應為

$$f(v, a) = 0 \dots\dots\dots (12)$$

同理 $n=2$

但有兩基本單位,即時間長度 故 $k=2$

使用任何方法,在(12)式不能求出一無量數

$$\text{如 } \frac{v^x}{a^y} = \frac{(l/t)^x}{(l/t^2)^y} = L^{x-y} T^{-x+2y}$$

使 x 與 y 為任何數, $L^{x-y} T^{-x+2y}$ 仍為有量數 故 $i=0$

例(5)設某項現象與線速度,線加速度角速度有密切關係,則

$$f(v, a, \omega) = 0 \dots\dots\dots (13)$$

同理 $n=3$
 $k=2$

僅有一無量數存在即 $II = \frac{vw}{a}$ 故 $i=1$

例(6)設某項現象與線速度,線加速度,角速度,及角加速度,有密切關係

則 $f(v w a \omega) = 0 \dots \dots \dots (14)$

同理 $n=4$
 $k=2$

而 $i=2$

即 $II_1 = \frac{vw}{a}$ $II_2 = \frac{v\omega}{aw}$ 是也。

由例(1)至例(6)之各種說明,此 $n, k, i,$ 之關係為由一公式表之
 即 $i = n - k$

故(8)式吾人可改寫為

$\psi(II_1 II_2 \dots \dots \dots II_{n-k}) = 0 \dots \dots \dots (15)$

(B)裴公理(P_1 -theorem)對模型試驗之應用

(甲)類, (凡流體黏性 (viscosity) 之影響較大者均于屬此類) 如一木板浮於水面,順水而流,其間有關係之物理量為力,密度,長度,流速及流體之黏性,雖尙有其他之物理量,因其影響微小,均從略之,故

$f(F \rho L v \mu) = 0 \dots \dots \dots (16)$

由裴定理 (P_1 -theorem) 知 $n=5$ $k=3$

故 $i = n - k = 5 - 3 = 2.$

今取任何之物理量,作為基本組合,如 $v \rho L$ 再配以其他物理,則得

$II_1 = v^{P_1} \rho^{Q_1} L^{R_1} F \dots \dots \dots (17)$

$II_2 = v^{P_2} \rho^{Q_2} L^{R_2} \mu \dots \dots \dots (18)$

先將各物理量改成基本單位之形式,則

$$\Pi_1 = L^{P_1} T^{-P_1} x_m^{Q_1} L^{-3Q_1} x L^{R_1} x_m L T^{-2}$$

因 Π_1 爲一無量數,故

$$L^{P_1} \times L^{-3Q_1} \times L^{R_1} \times L = L^{P_1 - 3Q_1 + R_1 + 1} = L^0 = 1$$

所以 $P_1 - 3Q_1 + R_1 + 1 = 0 \dots\dots\dots(19)$

同理, $Q_1 + 1 = 0 \dots\dots\dots(20)$

$$-P_1 - 2 = 0 \dots\dots\dots(21)$$

解(19)(20)(21)之聯立方程式則得

$$P_1 = -2 \quad Q_1 = -1 \quad R_1 = -2$$

代入(17)式則得 $\Pi_1 = \frac{F}{\rho L^2 v^2} \dots\dots\dots(19)$

同理得 $\Pi_2 = \frac{\mu}{\rho L v} \dots\dots\dots(18)$

將 Π_1 Π_2 代入(7)式則得

$$\psi\left(\frac{F}{\rho L^2 v^2}; \frac{\mu}{\rho L v}\right) = 0 \dots\dots\dots(19)$$

(19)式可寫成

$$\frac{F}{\rho L^2 v^2} = \phi\left(\frac{\mu}{\rho L v}\right)$$

故 $F = \rho L^2 v^2 \phi\left(\frac{\mu}{\rho L v}\right) \dots\dots\dots(20)$

在(16)式所示,僅知此等物理量與木板浮水面運動有密切之關係其中若輕若重,仍爲不悉,今由(20)式所示,即可知其中互相之關係也,倘直接以此方程式,施用於模型試驗,尙有重大困難他。

今以“m”註於旁者,即指係模型中者則

$$F_m = \rho_m L_m^2 v_m^2 \phi\left(\frac{\mu_m}{v_m l^2 \rho_m}\right) \dots\dots\dots(21)$$

故
$$\frac{F}{F_m} = \frac{\rho L^2 v^2 \phi\left(\frac{\mu}{\rho L v}\right)}{\rho_m L_m^2 v_m^2 \phi\left(\frac{\mu_m}{\rho_m L_m v_m}\right)} \dots\dots\dots(22)$$

將上表之各項關係代入(22)式則得

$$\begin{aligned} \frac{F}{F_m} &= \frac{\rho}{\rho_m} \times \frac{l^2}{n^2 l^2} \times \frac{v^2}{n v_n^2} \times \frac{\phi\left(\frac{\mu}{\rho L v}\right)}{\phi\left(\frac{\mu_m}{\rho_m L_m v_m}\right)} \\ &= \frac{1}{n^3} \times \frac{\phi\left(\frac{\mu}{\rho L v}\right)}{\phi\left(\frac{\mu_m}{\rho_m L_m v_m}\right)} \dots\dots\dots(23) \end{aligned}$$

(23)式所示,雖模試驗中之力“F_m”縮比“n”均為已知數,而因 $\phi\left(\frac{\mu}{\rho L v}\right)$ 與 $\phi\left(\frac{\mu_m}{\rho_m L_m v_m}\right)$ 為未知數,故原型中“F”之值,仍不能求得,換言之,在模型中所得之各項現象,仍不能施用於原型也。欲求解決此項困難,必須將 $\left(\frac{\mu}{\rho L v}\right)$ 之值,在模型與原型中互為相等

則
$$\frac{\mu}{\rho L v} = \frac{\mu_m}{\rho_m L_m v_m} = R \dots\dots\dots(24)$$

此數 R 名曰萊諾爾達數(Reynolds number),

(乙)類(凡以地心吸力之影響較大者)如水流由堰而下,其物理方程式,可寫成

$$f(v, \rho, L, F, g) = 0 \dots\dots\dots(25)$$

同理得

$$\begin{aligned} \Pi_1 &= v^p \rho^q L^r F = \frac{F}{\rho L^2 v^2} \\ \Pi_2 &= v^p \rho^q L^r g = \frac{gL}{v^2 t} \end{aligned}$$

代入 7 式則

$$f\left(\frac{\rho L^3 v}{\rho L^3 v} - \frac{gL}{v^2 l}\right) = 0$$

$$F = \rho L^3 v^2 \left(\frac{gL}{v^2 l}\right)$$

同理 $\frac{gL}{v^2} = \frac{g_m L_m}{v_m^2} = F \dots\dots\dots(26)$

此數“F”名曰福勞特數(Froude number)

(丙)類(凡以微細管運動之影響較大者)如堤岸漫潰,大多由水之漫濕自下而上,至沙泥筒之凝聚力減低時,則遂漸潰圯矣,故此類現象,不能以水流之關係而推測,蓋由表面張力,微細管運動之所致也,故物理方程式應寫成

$$f(v \rho L F \sigma) = 0 \dots\dots\dots(27)$$

同理得 $\Pi_1 = \frac{F}{\rho L^2 v^2}$

$$\Pi_2 = \frac{\sigma}{v^2 \rho L}$$

代入 (7) 式則得

$$F = \rho L^2 b^2 \rho \eta \left(\frac{b}{v^2 \rho L}\right)$$

同理 $\frac{b}{v^2 \rho L} = \frac{b_m}{v_m^2 \rho_m L_m} = W \dots\dots\dots(28)$

此數 W 名威爾日數(Weber number)

(丁)類,倘水流之速度甚大,大至與音之速度相等,斯時水流之動能(Kinetic energy)甚大,故水之容積彈性係數(Bulk modulus of elasticity of water)K 必需顧及,同理吾人亦可求一公式,即

$$\frac{v^2 \rho}{K} = C \dots\dots\dots(29)$$

此數名曰庫舍數(Conchy number)因河流速度不大,故此數在河工上並無用處,但在拜浦(Pump)等等疾速現象,實有應用之價值也。

(五) 由數學式上得測模型試驗之困難

(甲)種:以上諸例,如木板浮動,堰水落下,其較精確之物理方程式為

$$f(v \rho L F u b g) = 0 \dots\dots\dots(30)$$

此式中之 n=7

k=3

故 i=4

同理 $\Pi_1 = \frac{F}{\rho L^2 v^2}$

$$\Pi_2 = \frac{\mu}{\rho L v}$$

$$\Pi_3 = \frac{gL}{v^2}$$

$$\Pi_4 = \frac{b}{v^2 \rho L}$$

代入(7)式,則得

$$\Phi\left(\frac{F}{\rho^2 L v^2}, \frac{\mu}{\rho L v}, \frac{gL}{v^2}, \frac{b}{v^2 \rho L}\right) = 0$$

故 $F = \rho L^2 v^2 \Phi\left(\frac{\mu}{\rho L v}, \frac{gL}{v^2}, \frac{b}{v^2 \rho L}\right) \dots\dots\dots(31)$

由(31)式,吾人知此項現象與萊諾爾達數 $\left(\frac{\mu}{\rho L v}\right)$ 福勞特 $\left(\frac{gL}{v^2}\right)$ 及威白爾數 $\left(\frac{b}{v^2 \rho L}\right)$ 有密切之關係,因 $\Phi\left(\frac{\mu}{\rho L v}, \frac{gL}{v^2}, \frac{b}{v^2 \rho L}\right)$ 為未知數,同理此三數在原型與模型中應各自相等,即

$$\frac{\mu}{\rho L v} = \frac{\mu_m}{\rho_m L_m v_m} \dots\dots\dots (a)$$

$$\frac{gL}{v^2} = \frac{g L_m^2}{v_m^2} \dots\dots\dots (b)$$

$$\frac{b}{v^2 \rho L} = \frac{b_m}{v_m^2 \rho_m L_m} \dots\dots\dots (c)$$

由(a)式可得 $\frac{v}{v_m} = \frac{\mu_m L_m \rho_m}{\mu L \rho} = \frac{L_m}{L} = \frac{1}{n} \dots\dots\dots (a)'$

[設模型與原型之流體與溫度完全相同則 $\mu = \mu_m$ $\rho = \rho_m$]

由(b)式得 $\frac{v}{v_m} = \frac{\sqrt{gL}}{\sqrt{g_m L_m}} = \sqrt{\frac{L}{L_m}} = \sqrt{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots (b)$

[設模型與原型之地位,相差無幾則 $g = g_m$]

由(c)式得 $\frac{v}{v_m} = \frac{\sqrt{b \rho_m L_m}}{\sqrt{b \rho L}} = \sqrt{\frac{L_m}{L}} = \sqrt{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots (c)$

設模型試驗之速度, v 適合於萊諾爾達數,同此速度,決不能適合於福勞特及威白爾數,由(a)')(b)')(c)'之式所示,吾人知其一速度適於一者決不能合其他二數也。此種困難,既無法改正,祇有委曲求全,捨其二而取其一,蓋聊此以求近似值也。

(乙)種:如吾人欲論河中之挾沙局題,因其黏性關係較大,通常用萊諾爾達數 $\left(\frac{\mu}{\rho L v}\right)$ 作為基本條件倘原型與模型所用之流體相同,試驗之溫度相差無幾,則 $\mu_m = \mu$, $\rho = \rho_m$

由(24)式則得 $vL = v_m L_m$

吾人知 $L > L_m$ 故 $v > v_m$

若 $n = 20$ 則 $v_m = 20 v$

倘原型中之 v 為慢流 (lamina flow) 而模型之 $v_m = 20 v$ 將成為一直流 (Shooting flow) 之速度,易慢流而為直流,其能相似乎?關於此種困難,

通常以變態模型, (distorted-scale model) 以改正之, 所謂變態模型者, 即河床之長闊與深之比尺互相不等之謂也。但最近美國學者萊因教授 (professor E Lane) 在美國工程學會會刊 (Proceeding of A.R.C. NOV. 1935) 比深 (width - depth ratio) 有密切之關係, 此論發表後, 則變態模型, 無異受一重大打擊。設原型之河床之闊深比為 20, 而模型高床之闊深, 比通常必小於 20, 故模型所得結果仍不能施於原型也。

(六) 結 論

由以上各節所述, 吾人知模型試驗, 實有促進學術有疾速之進步, 其功效之大, 實超出於理論, 而困難之多, 亦係不諱言之事實! 多數模型試驗理論上之困難, 無法更正, 尙有其他實際上或技術上之困難更層出不窮, 今之模型試驗者, 往往顧此失彼, 僅求近似之值! 殊感美中不足也。

一年來在錢塘江橋工程處之工作紀要

唐 儲 孝

(一) 來橋工處之動機

當二十四年六月畢業之後，爲謀學以致用，請求學校當局介紹適宜之工作，是時適錢塘江橋工程處，有訓練橋梁人材之計劃，本年度招收各大學畢業生共十名，來處工作，具函致武大，可保送二三名，邵院長卽召我等去談話，藉以垂詢意見，其中有因工作已定不願更改，更有因欲繼續研究，以資深造，結果自告奮勇者，僅我一人，決定以後，學校便函覆橋工處，辦理一切手續，同時邵先生因我等離開學校，到社會服務，很剴切的對我說：「錢塘江橋乃國內近年來之鉅大工程，到彼處工作，亦一難得之機會，去後作事須勤謹，態度宜溫和，牢記斯言，必得良果。」聽了這番勉勵的話後，爲着自己之前途及師友之期望計，遂鼓着勇氣，很高興的來到杭州。

(二) 報到時之經過與感想

報到日期是九月一日，恰爲例假，（星期日）各機關均停止辦公，僅派員值日，而橋工處因工作緊張，仍照常辦事，我持學校公函前來報到，在會客室等候接見，室內懸本橋各種式樣之設計，以資比較，更有朱家驊先生之開工典禮祝詞，詞云：「漸之梁，經之營之，經始勿亟，不日成之。漸之梁，兀若貫虹，跨彌天塹，縮轂南東。漸之梁，爲政之惠，

萬祀千春，爲民之誼思。」閱後，更覺錢塘江橋於交通之重要，工程之艱鉅，工作之緊張，少頃總工程師羅英先生，便來接見，問明之後，遂勉勵一番，即派至設計室工作，一月之後，已明晰全橋情形，再派往施工地點工作，本橋計分一設計室，四工區，第一工區係建築北岸引橋，第二工區正橋，第三工區沉箱工場，第四工區南岸引橋，各工區人員，爲使其明晰整個之工程進行起見，時常互調，藉廣見聞。

(三) 打 樁 工 程

本橋橋墩採用樁基者，計北岸引橋三座，南岸引橋五座，正橋橋墩近南岸九座，（由第七至第十五墩）其近北岸之六座，（由第一至第六墩）因石層較淺，使墩座築至堅石，不用木樁，全橋均用Dovglos Fir之圓筒木樁，引橋樁長自五十呎至一百呎不等，正橋係用七十呎至一百呎者，五十呎長之樁，大頭平均直徑約十四吋，小頭約十吋，一百呎長者，大頭平均直徑約二十吋，小頭約九吋，各種木樁須經「太平洋木料檢查處」負責檢驗證明，確與規範書所規定之質料相符後，方得起運，運到橋址後，如發現折裂，彎曲，過小，或其他損壞時，即行剔退。

正橋與引橋，一居陸地，一在水中，打樁時情形各異，茲分述於下：

南北兩岸引橋，均在陸地，其樁架係木製，移動甚便，汽錘計Britishsteel Piling co. "9B₂" "11B" 雙擊式汽錘(Double acting steam hammer) 二具，（見表一）2½噸單擊式汽錘(Single acting steam hammer) 一具，同時採用射水管，(Waterjet) 打樁時，先定樁位，使樁架就位，吊好樁木，適在架旁，先開動打水機，將射水管插入樁位處，徐徐沖水，如木樁之小頭高度，(Tip Elevotion) 須至黃浦 - 130 呎，射水管管尖(Jet Elevotion) 只可至 - 90 → 100 呎處，即將管拔出插入樁木，放下汽錘，開始敲擊，當打平地面時，再加送樁(Follower)，打至所需要之高度爲止，即將送樁拔

表一： No. Kiernan - Terry: Double - acting steam Pile Hammers
British steel Piling Co.

Size Numbers	9B ₂	11B
Net Wt. of hammer lbs.	6760	13185
T _a .	3	5.9
Wt of Piston or Rom. lbs.	1500	3625
Over - all dimensions height, from top of eye bolt to bottom of jaws	7'-8"	10-0"
Cylinder dia. (in.)	8 ¹ / ₂	12 ³ / ₈
Cylinder Stroke (in.)	16	20
Strokes or blows per min.	140	120
Evaporation of water Per hr. req. from boiler to actuate hammer at max. speed (lbs.)	1200	2400
Compressed air req. (of free air per min.) Cu. ft.	400	800
Size of base(in.)	1 ¹ / ₂	2

正橋打樁工作,因在水中進行,較為困難,故製造方船(Pontoon)一艘,名“Knold”,機件及裝置,見圖一,旋轉纜錫繩,可以使船前後左右移動,至於決定樁位,則另置樣台,長18呎,寬44呎,固定於橋墩上游,高出水面約十餘呎,上置量水呎, (Water gage) 以定水位,方船停泊樣台下游,定位時,於台上取二點,連樁位共三點,成一直線,用尺量準距離,以定位置,完畢後,將樁引好,射水管放下,開動打水機,徐徐射水,水之壓力(Water Pressure)約140 非/口”,(打水機之最大水壓力可至200 非/口”,)射水管直徑三吋,出水管尖(Jet) 約一吋,射水時間經過十五分鐘,其出水管尖之高度,約至黃浦高度—90呎上下,即將射水管取出,將樁插下,再將5噸之單擊式汽錘放下敲擊,錘落高度(Height of drop)約5

呎,待樁頭與水面平時,因水流湍激,樁頭容易搖動,須用鐵鍊將樁頭牢繫於樁架下部,然後將汽錘吊上,加上長56呎,直徑20吋之圓筒鋼質送樁,套好於樁頭上,解除鐵鍊,再將汽錘放下再擊,大約經過十分鐘,至最後十六錘打入深度約為一呎時,(Penetration of last 16 blows/ft.)或小頭高度至黃浦水位-130呎時,再將汽錘吊上,送樁拔出,該樁即完全打好,平均每樁只需40—60分鐘,打樁人數,計工頭一名,火夫二名,機匠二名,小工八名。

打樁時若發生樁頭破裂,位置變更或傾斜打入深度(Penetration)停止後,忽大忽小,汽錘敲擊樁頭時聲音不對等情形,監視時,宜細心研究,恐發生折斷之危,倘認為不滿意時,最好用射水管在旁沖動泥土,將其拔出檢查,若入地太深,難於拔出時須設法在旁再打下木樁一根,以資補救。

先是橋工處未採用射水管打樁之前,不獨工程進行甚慢,(每日約打一根)而且樁木易折斷裂開,採用之後,進行頗速,樁基亦固,弊害減少,要知射水管於打樁時,雖有甚大之幫助,但須利用得當,如水管出水量與水壓力之適當,沖孔之大小,樁工技術之優良,工作進行之敏捷,均宜注意,不然,困難發生,難得其利。

(四) 護礮蘆蓆 (Mottress)

兩岸引橋橋礮,木樁打好後,即可彎紮鋼筋,澆灌混凝土,正橋橋礮,因錢塘江自浙省西南奔赴東北入海,流經杭州市,漸入海灣,故兩岸遶闊,江潮洶湧,據閘口站水文記載,自民四以來,最高水位達黃浦零點+9.45公尺,最低水位+3.79公尺,通常在五公尺至七公尺之間,除每年六七月間水位較高外,終年無鉅大變化,惟有應顧慮者,厥為水流沖刷問題,其最厲害之處,在五個月內可刷深5.5公尺,足徵泥

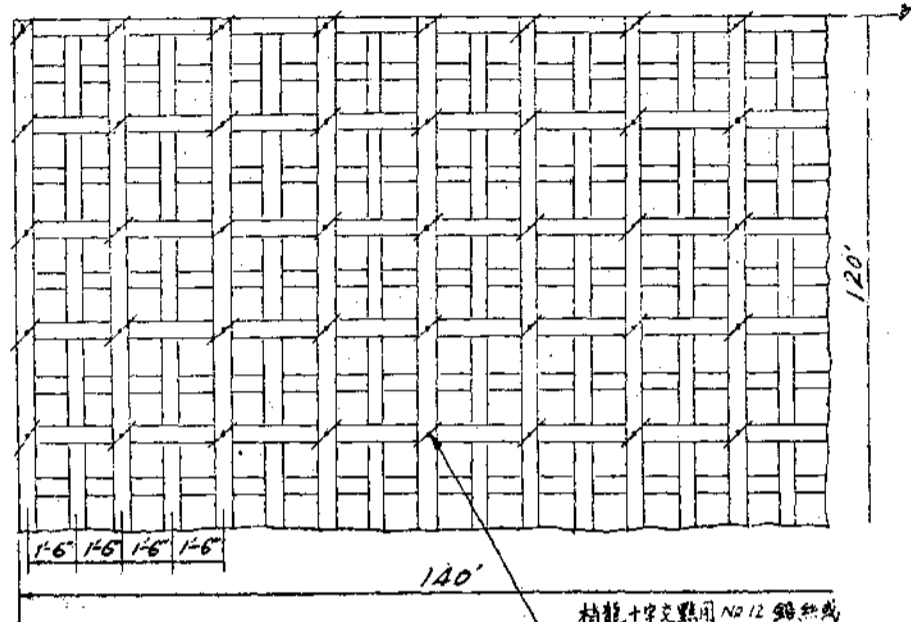
沙淤厚，断面時有變遷，於橋基設計，影響殊鉅，本橋為防患於未來計，故沉下護墩蘆蓆，（沉排）再於蓆上拋下蠻石，以防河床泥沙，被水流漩渦冲刷。

造蘆蓆之程序與方法……本橋之護墩蘆蓆，初次編時，長120呎，寬100呎，中留 64×44 呎之空隙，沉好後，預備沉箱適安置在空處，以後沉箱挖掘土石向下沉落時可免除砍鋸壓在其下部蘆蓆之梢組，此於理論甚善，但蘆蓆下沉時，其空處不能拋石，僅能拋於四角，於是其沉速度難於一致，至河底後，易生皺裂，而且其空處未必適在橋墩中央，倘有偏移，則沉箱就位後，其下部邊緣（Cutting edge）一部份在空處，一部份壓於蘆蓆上，一高一低，以致傾斜，後乃設法改良，用長140呎，寬100呎，全排厚度一致，不留空隙之蘆蓆，沉時尚覺便利，至於其編填方法，於錢塘江橋址南岸，關柴排工場，在場內選揀山柴之枝粗葉少者，編成梢龍，直徑6吋，每隔6吋用No. 12鉛絲緊縛，再用圓筒木料聯結排座，浮於水面，其結構，下層每隔三呎置圓木梁，均平行，再於兩端橫置木梁一根，互用麻繩縛牢，排座大小比蘆蓆稍大三四呎，排座既成，乃開始編造蘆蓆，但因錢塘潮汐及山洪暴發，水流湍激，正在編造或浮駛就位時，若蘆蓆過重，易被湮沒，故須於編造蘆蓆之先，在木梁上加縱橫竹龍各一層，其直徑大約6—8吋，每龍距離三呎，彼此正交，再以梢龍橫鋪其上，復用與排長相等之梢龍加於其上，距離約為三呎，彼此正交，構成方格網，每一十字交點，用鉛絲或麻繩繫牢，再打來木橛一根，以鉛絲或蔴繩之末端，暫繫於橛頂，於是着手橫鋪梢組或蘆葦，（增加浮力）一層，次縱鋪梢組，三又橫鋪梢組，每層須用腳壓實，使其緊密，厚度亦須相等，（約8—10吋），鋪設梢組係用退廂法，梢根在下梢枝在上，梢組長約六呎，鋪設完畢，然後再用梢龍構成方

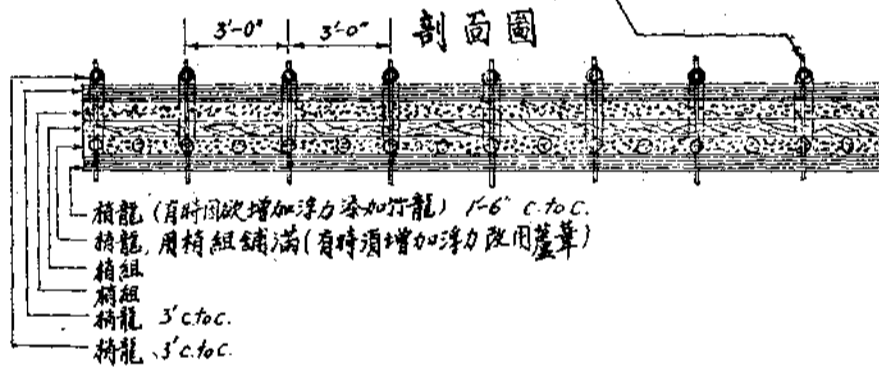
格網於其上面，須與下面之方格網平行，使各交點上下相當，每一十字交點，用鉛絲或麻繩緊縛，並拔去樁，將暫繫於樑頂之鉛絲或麻繩，結於上格子之交點，使上下梢龍連結，再於蘆蓆之四周加梢龍兩匝，每格中央打下長三呎直徑二吋之小木樁一根，四角各打一梅花樁，預備浮運及沉下時纜錨之用，編製既畢，用浮運法，由汽輪連排座拖至橋墩位置，進行沉下工作，蘆蓆既就位，用帆船裝載石塊，備作壓料，停靠蘆蓆之四周，與蓆邊之纜環聯繫，沉蘆蓆之先，船須下錨，並用長桿豎立蓆之中央，用經緯儀測定蘆蓆之地位，以免偏倚，然後令潛水夫泅至河底，考查地形，再將排座之纜繩逐一解除，用汽油船將排座之木梁，依次由排底拖出，乃開始拋石沉排，最初在蘆蓆四周兩匝編籬之內，同時拋石，使其四邊同時下沉，蓆邊將沉至水面時，乃漸向蓆心拋石，如蓆心沉過水面，急速放鬆裝石船上之吊纜，各船須同時進行，待蘆蓆落實之後，速再拋石，以免蘆蓆之位置為水流所移動，蓆受水石壓力之後，沉至河底，拋石完畢後，再用潛水夫泅至河底，解除蓆上纜錨之繩，考查沉後之情形，據云：有全部墊陷者，或僅存原高之半者，此則依河牀泥沙之情形而定。

護墩蘆蓆之利益……質輕不易下陷，山柴在水中歷久不朽，其間空隙不久便為泥土填塞，成為實體，蘆蓆編織便利，可造成任何大小，使其適合地形，編織緊密，不易衝散，可防水流冲刷橋墩周圍土石。

平面圖



剖面圖



圖二 護墩蘆葦

(五) 沉箱工程

本橋正橋計橋墩十五座, 分為十六孔, 每孔長 220 呎, 橋墩之建築, 均採用氣壓沉箱法, (Pneumatic Caisson) 沉箱係長方形, 長 58 呎, 寬 37 呎, 高 20 呎, 上下開口, 中隔板梁, 上部建築墩牆以及縱橫牆, 下部為工人作室, (Working chamber) 高 7 呎, 工人即在室內挖掘泥土沙石, 使箱下

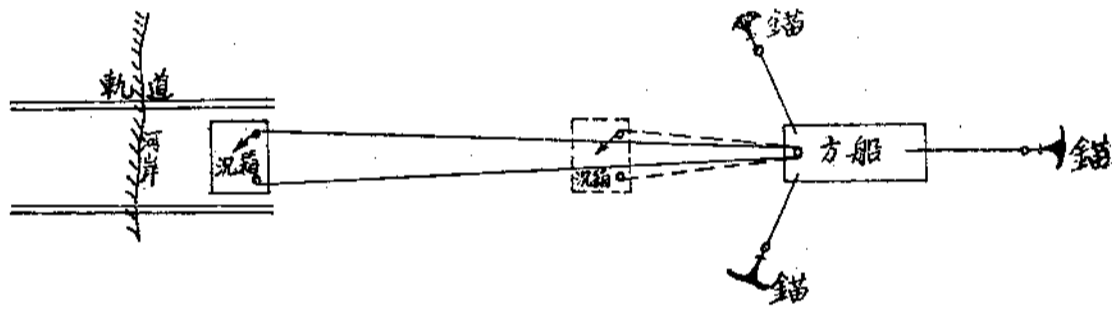
陷，至設計時之高度，然後將室內空隙用混凝土填實，礮牆上部比下部小，為 1:18 之斜度，為減輕重量計，故採用空心橋礮，其空心礮牆以若干較薄之縱橫及半圓環牆互相連結而成，中分五孔，上置礮蓋，長 33.5 呎，寬 10 呎，厚 5 呎。

橋礮大概情形已經說明，除靠北岸第一號橋礮，用一百八十四塊拉森(Larssen)K III 50 呎長之鋼板樁，作成 76 呎之圍堰，就地澆築鋼筋混凝土外，其餘均用浮運沉箱法，(Floating Caisson) 先在箱工場澆築箱之四週，工作室，以及箱內最重要之橫斜支撐，浮運時宜顧慮周到，有精密之設計，因沉箱過輕，則不堅固，易生危險，重量過鉅，則吊架設計繁難，以及排水量不夠，難於浮起，茲有四事宜注意：(一) 為減輕沉箱浮駛時之重量，故第一次之混凝土僅六十餘方，俟就位後，再行澆灌箱之上部縱橫牆以及礮牆，第二次增加約一百一十餘方，才能在位沉至河底；(二) 為使其高出最高水位，裝有長方形之臨時木圍堰，其高度視橋礮江底深度而定，圍堰可保持沉箱浮駛水面，及就位後不為潮汐湮沒，庶可在內面工作。(三) 沉箱須具有絕對不漏水之特性，拆除木模後，概須用洋灰漿塗刷一遍，至於工作室之四周，更宜留意，須加刷土瀝青一層，而木圍堰板縫處，須用蔴絲油灰嵌塞。(四) 預留進氣管，吹泥管，電燈線管等地位，及安全氣閘之裝置。

沉箱築成，木圍堰裝好，各種工作均完善後，即於箱底敷設輕軌二道，用平車載工字梁八根，運至箱之下部，即由吊架頂放下吊桿十二根，與之連接，如是則沉箱已吊於吊架之上，將沉箱澆築時所用之支撐，概行拆除，則整個沉箱連同臨時木堰，全部吊起，(約重 700 噸) 吊架即可開始運輸，吊架係鋼製，分四座框架組成，下端共有鐵輪 28

只，即每座框架下 7 只，每鐵輪上裝有手輪一只，用人工轉動手輪，則鐵輪在軌道上徐徐旋轉，吊架向前進行，軌道一端臨江，外接木橋，伸長至水深處，沉箱在橋上行至水深地點，即停止前進，用螺絲機使之徐徐下降，至能浮於水面為止，其下降之原理，即吊架垂下之拉桿上端與架頂工字梁所裝之螺絲相接，搖動輪臂，螺絲套隨之旋轉，則吊載沉箱之拉桿，亦因之下降。

沉箱既浮定水中，略將拉桿稍向下沉務使箱底之工字托梁，脫離箱，使無阻礙，即可將沉箱拖曳出架，其法（見圖三）先用一方船在江拋錨定位，再在船上用鋼索與沉箱木圍堰內之手搖絞車連接，搖動絞車，沉箱乃浮出吊架矣。



圖三 沉箱浮駛

沉箱一經拖出，即可用汽輪拋至橋墩處拋錨定位，澆灌混凝土，俟墩牆高出水面，折除木圍堰，安裝氣閘，(Airlock) 沉箱內打入高壓之空氣，抵制箱外之水浸入，以便在箱內挖掘土石，使箱下陷，直至設計時之高度為止，挖掘之方法，因地質之情形而異，有由人工挖掘，用吊桶將土石吊至氣閘內，然後傾倒者，有裝置 Hydraulic Ejector，將泥沙夾在水中沖出者，有用 Blow out 方法，使土石因氣壓的關係，宜管中吹出者，上述三種方法中，以用 Hydraulic Ejector 方法，沉箱下陷最為

迅速,工作結果,甚為圓滿。

附記:錢塘江橋工程,日夜趕造,工作進行甚為緊張,現在南北兩岸引橋行將竣工,正橋橋墩完竣者計四座,正在挖泥者計三座,沉箱就位正在預備挖泥者六座,橋梁裝卸完畢者五座。

二五,十一,九,於杭州六和塔

STRESSES IN SINGLE SPAN RIGID FRAME BRIDGE WITH FIXED ENDS

胡 家 仁

CONTENTS

- I. Introduction
- II. Dimensions of the bridge
- III. Maximum moments, horizontal thrust and vertical shears at various points due to concentrated live load
- IV. Moments, horizontal thrusts and vertical shears at various points due to uniform load W lbs. per foot covering the whole span
- V. Maximum moments, horizontal thrusts and vertical shears at various points due to uniform live load
- VI. Moments, horizontal thrusts and vertical shears at various points due to dead weight load of the bridge
- VII. Moments and horizontal thrusts at various points due to earth pressure backing behind the vertical walls.
- VIII. Moment and horizontal thrusts at various points due to temperature increase
- IX. Diagram

I. INTRODUCTION:—For the convenience of designers, analysis are made for bridges with different height-span ratios. Moments, thrusts and shears at various points due to live load, dead load, earth pressure and temperature are calculated and plotted as curves.

All the bridges analysed have vertical members of uniform cross sections. On the other hand, the cross section of the horizontal member is variable, being smallest at the centre, and biggest at the ends. The cross sections of the horizontal member at different points are to be determined by equations (1) to (3), so the axis of the top member is a curved line. In the course of analysis the curvature of this axis has been neglected.

As time is not available, only the bridges with $m=2$ are analysed.

II. DIMENSIONS OF THE BRIDGE:—Let the thickness at the center

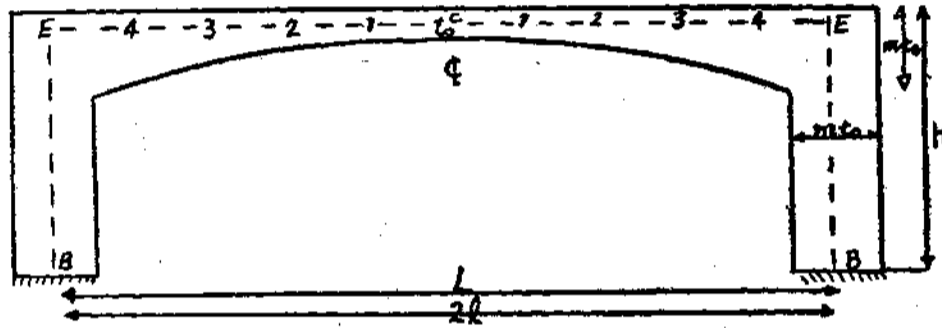


Fig. 1.

of the span, at quarter points and at the ends be t_0 , $[1 + \frac{1}{10}(m-1)] t_0$ and mt , respectively. Let the thickness at any points be given by

$$t = t_0 (1 + Px^2 + Qx^4)^{-\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (1)$$

where x = distance from center of span.

at quarter point and at the end, we have

$$[1 + \frac{1}{10}(m-1)]^2 t_0^2 = t_0^2 (1 + \frac{1}{10} L^2 P + \frac{1}{64} L^4 Q)^{-1}$$

and $(mt_0)^2 = t_0^2 (1 + \frac{1}{4} L^2 P + \frac{1}{8} L^4 Q)^{-1}$

where L = span length,

m = ratio of the thickness at the end to that at the center.

solving these equations, we obtain

$$P = -\frac{4}{L^2} \left[7 + \frac{1}{m^3} - \frac{800}{(m+9)^3} \right] \dots\dots\dots (2)$$

and
$$Q = \frac{16}{L^3} \left[3 + \frac{1}{m^3} - \frac{4000}{(m+9)^3} \right] \dots\dots\dots (3)$$

Now, we take the value of m to be equal to 2, then,

$$P = -4.4581/L^2$$

and
$$Q = 1.9162/L^3$$

Substituting in equation (1), we have

$$t = t_0 \left(1 - 4.4581 \frac{x^2}{L^2} + 1.9162 \frac{x^3}{L^3} \right)^{-\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (4)$$

The values of t at various points are calculated in Table 1.

TABLE 1. VALUES OF t AT VARIOUS POINTS

Point	$\frac{x}{L}$	$P x^2$	$Q x^3$	$1 + P x^2 + Q x^3$	$\frac{t}{t_0}$	Difference
<i>C</i>	0	0	0	1	1	
1	0.1	-0.044581	0.001916	0.957335	1.014600	0.014600
2	0.2	-0.178324	0.015330	0.837006	1.061100	0.046500
3	0.3	-0.401229	0.051737	0.650508	1.154100	0.093000
4	0.4	-0.713296	0.122637	0.409341	1.346800	0.192700
<i>E</i>	0.5	-1.114525	0.239525	0.125000	2.000000	0.653200

From the last column of Table 1, we see that the difference between two successive values of t is always increasing towards the end of the span, so the curve of the lower side of the bridge has no point of inflexion within the limits of the bridge and equation (4) is satisfactory.

Let I_0 be the moment of inertia at the centre of span, then the moment of inertia for other points are given by

$$\frac{1}{I} = \frac{1}{I_0} \left(1 - 4.4581 \frac{x^2}{L^2} + 1.9162 \frac{x^3}{L^3} \right)$$

or
$$\frac{1}{I} = \frac{1}{I_0} \left(1 - 1.1145 \frac{x^2}{l^2} + 0.239525 \frac{x^3}{l^3} \right)$$

where
$$l = \frac{L}{2}$$

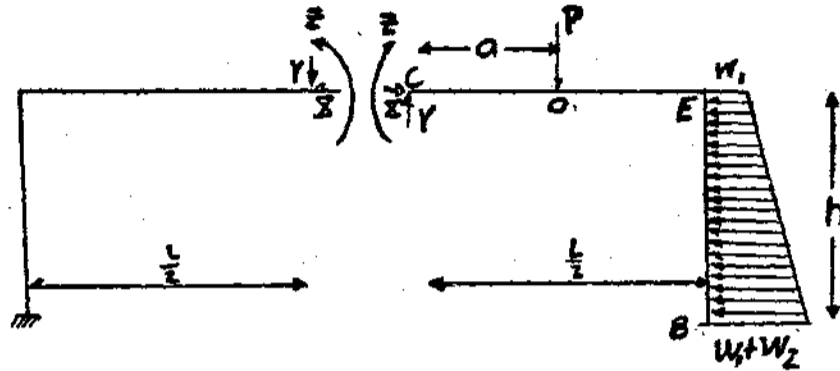


Fig. 2.

Let Fig. 2 represent the elevation of the bridge divided up into two parts at centre of span and loaded as shown. The bridge is symmetrical about the vertical line through \$C\$. Let \$X\$, \$Y\$ and \$Z\$ be respectively the horizontal thrust, vertical shear and moment at point \$C\$, the centre of the span. Let \$\Delta_x\$, \$\Delta_y\$ and \$\Delta_z\$ be respectively the horizontal, vertical and angular deflections of point \$C\$. Taking the origin at \$C\$ and \$y\$-axis downwards, from the right half of the bridge, we have

$$E\Delta_x = \int_C^B \frac{(Xy + Yx + Z)y \, ds}{I} - P \int_D^B \frac{(x-a)y \, ds}{I} - \int_E^B \frac{(\frac{1}{2}y^2 w_1 + \frac{1}{6n}y^3 w_2)y \, ds}{I} \dots\dots\dots (5)$$

$$E\Delta_y = \int_C^B \frac{(Xy + Yx + Z)X \, ds}{I} - P \int_D^B \frac{(x-a)x \, ds}{I} - \int_E^B \frac{(\frac{1}{2}y^2 w_1 + \frac{1}{6n}y^3 w_2)x \, ds}{I} \dots\dots\dots (6)$$

$$E\Delta_z = \int_C^B \frac{(Xy + Yx + Z) \, ds}{I} - P \int_D^B \frac{(x-a) \, ds}{I} - \int_E^B \frac{(\frac{1}{2}y^2 w_1 + \frac{1}{6n}y^3 w_2) \, ds}{I} \dots\dots\dots (7)$$

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

$$\begin{aligned} \int_c^E \frac{ds}{I} &= \frac{1}{I_0} \int_0^l \left(1 - 1.1145 \frac{x^2}{l^2} + 0.239525 \frac{x^3}{l^3} \right) ds \\ &= \frac{l^3}{I_0} (1 - 0.3715 + 0.059881) = 0.688381 \frac{l}{I_0} = 0.34419 \frac{L}{I_0} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_c^E \frac{x ds}{I} &= \frac{1}{I_0} \int_0^l \left(x - 1.1145 \frac{x^3}{l^2} + 0.239525 \frac{x^4}{l^3} \right) dx \\ &= \frac{l^2}{I_0} (0.5 - 0.278625 + 0.047905) = 0.26928 \frac{l^2}{I_0} = 0.06732 \frac{L^2}{I_0} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_c^E \frac{x^2 ds}{I} &= \frac{1}{I_0} \int_0^l \left(x^2 - 1.1145 \frac{x^4}{l^2} + 0.239525 \frac{x^5}{l^3} \right) dx \\ &= \frac{l^3}{I_0} (0.33333 - 0.2229 + 0.036921) = 0.150354 \frac{l^3}{I_0} = 0.018794 \frac{L^3}{I_0} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_D^E \frac{(x-a) ds}{I} &= \int_c^E \frac{x ds}{I} - \int_c^D \frac{x ds}{I} - \int_D^E \frac{a ds}{I} \\ &= \frac{1}{I_0} \left(0.06732 L^2 - 0.5 a^2 + 1.1145 \frac{a^4}{L^2} - 0.38324 \frac{a^5}{L^3} \right. \\ &\quad \left. - \frac{a}{I_0} \left[1 - 0.3715 \frac{x^3}{l^2} + 0.059881 \frac{x^4}{l^3} \right]_a^l \right) \\ &= \frac{1}{I_0} \left(0.06732 L^2 - 0.5 a^2 + 1.1145 \frac{a^4}{L^2} - 0.38324 \frac{a^5}{L^3} \right) \\ &\quad - \frac{a}{I_0} \left(0.34419 L - a + 1.486 \frac{a^3}{L^2} - 0.479048 \frac{a^4}{l^3} \right) \\ &= \frac{1}{I_0} \left(0.06732 L^2 - 0.34419 La + 0.5 a^2 \right. \\ &\quad \left. - 0.3715 \frac{a^4}{L^2} + 0.095808 \frac{a^5}{L^3} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_D^E \frac{(x-a)x ds}{I} &= \int_c^E \frac{x^2 ds}{I} - \int_c^D \frac{x^2 ds}{I} - a \int_D^E \frac{x ds}{I} \\ &= \frac{1}{I_0} \left(0.018794 L^3 - 0.33333 a^3 + 0.8916 \frac{a^5}{L^2} - 0.316366 \frac{a^6}{L^3} \right) \\ &\quad - \frac{a}{I_0} \left(0.06732 L^2 - 0.5 a^2 + 1.1145 \frac{a^4}{L^2} - 0.38324 \frac{a^5}{L^3} \right) \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{I_0} \left(0.018794 L^3 - 0.06732 L^2 a + 0.16667 a^3 \right. \\ \left. - 0.2229 \frac{a^5}{L^2} + 0.063874 \frac{a^6}{L^3} \right)$$

Let the thickness of the vertical walls be also $2 t_0$; the integrals along the wall EB are evaluated as follows:—

$$\int_E^B \frac{ds}{I} = \int_0^h \frac{dy}{8I_0} = \frac{h}{8I_0}$$

$$\int_E^B \frac{y ds}{I} = \int_0^h \frac{y dy}{8I_0} = \frac{h^2}{16I_0}$$

$$\int_E^B \frac{y^2 ds}{I} = \int_0^h \frac{y^2 dy}{8I_0} = \frac{h^3}{24I_0}$$

$$\int_E^B \frac{y^3 ds}{I} = \int_0^h \frac{y^3 dy}{8I_0} = \frac{h^4}{32I_0}$$

$$\int_E^B \frac{y^4 ds}{I} = \int_0^h \frac{y^4 dy}{8I_0} = \frac{h^5}{40I_0}$$

Substituting the values of the integrals in equations (5) to (7), we have

$$EI_0 \Delta_x = \frac{h^3}{24} X + \frac{L}{2} \times \frac{h^2}{16} Y + \frac{h^2}{16} Z - \left(\frac{L}{2} - a \right) \frac{h^2}{16} P - \frac{u_1}{2} \times \frac{h^4}{32} - \frac{w^2}{6h} \times \frac{h^5}{40}$$

$$= \frac{h^3}{24} X + \frac{Lh^2}{32} Y + \frac{h^2}{16} Z - \left(\frac{L}{2} - a \right) \frac{h^2}{16} P - \frac{h^4}{64} W_1 - \frac{h^4}{240} W_2 \dots \dots (8)$$

$$EI_0 \Delta_y = \frac{L}{2} \times \frac{h^2}{16} X + \left(0.018794 L^3 + \frac{L^2}{4} \times \frac{h}{8} \right) Y + \left(0.06732 L^2 + \frac{L}{2} \times \frac{h}{8} \right) Z$$

$$- P \left\{ 0.018794 L^3 - 0.06732 L^2 a + 0.16667 a^3 - 0.2229 \frac{a^5}{L^2} \right. \\ \left. + 0.063874 \frac{a^5}{L^2} + \left(\frac{L}{2} - a \right) \frac{L}{2} \times \frac{h}{8} \right\} - \frac{1}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{h^3}{24} W_1$$

$$- \frac{1}{6h} \times \frac{L}{2} \times \frac{h^4}{32} W_2$$

$$= \frac{Lh^2}{32} X + \left(0.018794 L^3 + \frac{L^2 h}{32} \right) Y + \left(0.06732 L^2 + \frac{Lh}{16} \right) Z$$

$$- P \left\{ 0.018794 L^3 - 0.06732 L^2 a + 0.16667 a^3 - 0.2229 \frac{a^5}{L^2} \right. \\ \left. + 0.063874 \frac{a^5}{L^2} + \left(\frac{L}{2} - a \right) \frac{Lh}{16} \right\} - \frac{Lh^3}{96} W_1 - \frac{Lh^3}{384} W_2 \dots \dots (9)$$

$$\begin{aligned}
 EI_0 \Delta_z &= \frac{h^2}{16} X + \left(0.06732 L^2 + \frac{L}{2} \times \frac{h}{8} \right) Y + \left(0.34419 L + \frac{h}{8} \right) Z \\
 &\quad - P \left\{ 0.06732 L^2 - 0.34419 La + 0.5 a^2 - 0.3715 \frac{a^4}{L^2} \right. \\
 &\quad \left. + 0.095808 \frac{a^5}{L^3} + \left(\frac{L}{2} - a \right) \frac{h}{8} \right\} - \frac{1}{2} \times \frac{h^3}{24} W_1 - \frac{1}{6h} \times \frac{h^4}{32} W_2 \\
 &= \frac{h^2}{16} X + \left(0.06732 L^2 + \frac{Lh}{16} \right) Y + \left(0.34419 L + \frac{h}{8} \right) Z \\
 &\quad - P \left\{ 0.06732 L^2 - 0.34419 La + 0.5 a^2 - 0.3715 \frac{a^4}{L^2} \right. \\
 &\quad \left. + 0.095808 \frac{a^5}{L^3} + \left(\frac{L}{2} - a \right) \frac{h}{8} - \frac{h^3}{48} W_1 - \frac{h^3}{192} W_2 \dots\dots\dots (10)
 \end{aligned}$$

From the left half of the bridge, by symmetry, we have

$$EI_0 \Delta_x = -\frac{h^3}{24} X + \frac{Lh^2}{32} Y - \frac{h^2}{16} Z \dots\dots\dots (11)$$

$$EI_0 \Delta_y = \frac{Lh^2}{32} X - \left(0.018794 L^3 + \frac{L^2 h}{32} \right) Y + \left(0.06732 L^2 + \frac{Lh}{16} \right) Z \dots\dots\dots (12)$$

$$EI_0 \Delta_z = -\frac{h^2}{16} X + \left(0.06732 L^2 + \frac{Lh}{16} \right) Y - \left(0.34419 L + \frac{h}{8} \right) Z \dots\dots\dots (13)$$

By eliminating Δ_x , Δ_y , & Δ_z , we obtain

$$\frac{h^3}{12} X + \frac{h^2}{8} Z = \left(\frac{L}{2} - a \right) \frac{h^2}{16} P + \frac{h^4}{64} W_1 + \frac{h^4}{240} W_2 \dots\dots\dots (14)$$

$$\begin{aligned}
 \left(0.037538 L^3 + \frac{L^2 h}{16} \right) Y &= P \left\{ 0.018794 L^3 - 0.06732 L^2 a + 0.16667 a^3 \right. \\
 &\quad \left. - 0.2229 \frac{a^5}{L^2} + 0.063874 \frac{a^5}{L^3} + \left(\frac{L}{2} - a \right) \frac{Lh}{16} \right\} \\
 &\quad + \frac{Lh^3}{96} W_1 + \frac{Lh^3}{384} W_2 \dots\dots\dots (15)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{h^2}{8} X + \left(0.68838 L + \frac{h}{4} \right) Z &= P \left\{ 0.06732 L^2 - 0.34419 La + 0.5 a^2 \right. \\
 &\quad \left. - 0.3715 \frac{a^4}{L^2} + 0.095808 \frac{a^5}{L^3} + \left(\frac{L}{2} - a \right) \frac{h}{8} \right\} \\
 &\quad + \frac{h^3}{48} W_1 + \frac{h^3}{192} W_2 \dots\dots\dots (16)
 \end{aligned}$$

Multiplying equation (14) by $\frac{3}{2h}$

$$\frac{h^2}{6} X + \frac{3h}{16} Z = \left(\frac{L}{2} - a\right) \frac{3h}{32} P + \frac{3h^3}{128} W_1 + \frac{h^3}{160} W_2 \dots \dots \dots (17)$$

Subtracting equation (17) from (16), we obtain

$$\begin{aligned} (0.68838 L + 0.625 h) Z = P \{ & 0.06732 L^2 - 0.34419 La \\ & + 0.5 a^2 - 0.3715 \frac{a^4}{L^2} + 0.095808 \frac{a^5}{L^3} + 0.03125 \left(\frac{L}{2} - a\right) h \} \\ & - \frac{h^3}{384} W_1 - \frac{h}{960} W_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{or } Z = \frac{P}{(0.68838 L + 0.625 h)} \{ & 0.06732 L^2 - 0.34419 La + 0.5 a^2 - 0.3715 \frac{a^4}{L^2} \\ & + 0.095808 \frac{a^5}{L^3} + 0.03125 \left(\frac{L}{2} - a\right) h \} - \frac{h^3}{(0.68838 L + 0.625 h)} \\ & \times \left(\frac{1}{384} W_1 + \frac{1}{960} W_2\right) \dots \dots \dots (18) \end{aligned}$$

$$\text{From (14) } X = \left(\frac{L}{2} - a\right) \frac{3P}{4h} - \frac{3}{2h} Z + \frac{3}{16} h W_1 + \frac{1}{20} h W_2 \dots \dots \dots (19)$$

$$\begin{aligned} \text{From (15) } Y = \frac{P}{(0.037588 L^3 + 0.0625 L^2 h)} \{ & 0.018794 L^3 - 0.06732 L^2 a \\ & + 0.18667 a^3 - 0.2229 \frac{a^5}{L^2} + 0.063874 \frac{a^6}{L^3} + \left(\frac{L}{2} - a\right) \frac{Lh}{16} \} \\ & + \frac{Lh^3}{(0.037588 L + 0.0625 Lh)} \left(\frac{1}{96} W_1 + \frac{1}{384} W_2\right) \dots \dots \dots (20) \end{aligned}$$

III. MAXIMUM MOMENTS, HORIZONTAL THRUSTS AND VERTICAL SHEARS AT VARIOUS POINTS DUE TO CONCENTRATED LIVE LOAD:—The values of Y and Z for a concentrated live load P at various points of the bridge for which there is a certain ratio of height to span, are evaluated by means of Table 2 to 9.

TABLE 2. EVALUATION OF X, Y AND Z. ($\frac{h}{L}=0.3, m=2$)

Point	0	1	2	3	4
<i>a</i>	0	0.1 L	0.2 L	0.3 L	0.4 L
	coefficients of "PL ² "				
+0.06732 PL ²	0.067320	0.067320	0.067320	0.067320	0.067320
-0.34419 PL ² <i>a</i>	0.000000	-0.034419	-0.068838	-0.103257	-0.137676
+0.5 Pa ²	0.000000	0.005000	0.020000	+0.045000	0.050000
-0.3715 Pa ⁴ /L ²	0.000000	-0.000037	-0.000592	-0.002997	-0.009472
+0.095808 Pa ⁵ /L ³	0.000000	0.000001	0.000032	0.000243	0.001024
+0.03145 P(L/2-a)h	0.004687	0.003750	0.002812	0.001875	0.000937
Total	0.072007	0.072007	0.0720734	0.008184	0.002133
	coefficients of "PL"				
0.68838 L+0.0625 h	0.707130	0.707130	0.707130	0.707130	0.707130
	coefficients of "PL"				
Z	0.101830	0.058851	0.029351	0.011573	0.003016
	coefficients of "P"				
+ $\frac{3P}{4h}(\frac{L}{2}-a)$	1.250000	1.000000	0.750000	0.500000	0.250000
+ $\frac{3Z}{2h}$	-0.509150	-0.294455	-0.146605	-0.057865	-0.015082
X	0.740850	0.705545	0.603395	0.442135	0.234918
	coefficients of "PL ³ "				
+0.018794 PL ³	0.018794	0.018794	0.018794	0.018794	0.018794
-0.06732 PL ³ <i>a</i>	0.000000	-0.006732	-0.013464	-0.021196	-0.026928
+0.16667 Pa ³	0.000000	0.003166	0.001333	0.004500	0.010664
-0.2229 Pa ⁵ /L ²	0.000000	-0.000002	-0.000064	-0.000486	-0.002048
+0.063874 Pa ⁶ /L ³	0.000000		0.000004	0.000045	0.000254
+0. $\frac{PL}{18}(\frac{L}{2}-a)h$	0.009375	0.007500	0.005625	0.003750	0.001875
Total	0.028169	0.019726	0.012228	0.006407	0.002611
	coefficients of "L ³ "				
0.037588L ³ +0.0625L ² h	0.056338	0.056338	0.056338	0.056338	0.056338
	coefficients of "P"				
Y	0.500000	0.350530	0.217050	0.113720	0.046340

TABLE 3. EVALUATION OF P , X AND Z , ($\frac{h}{L}=0.5$, $m=2$)

Point	C	1	2	3	4
a	0	$0.1L$	$0.2L$	$0.3L$	$0.4L$
	coefficients of " PL^2 "				
$+0.06732 PL^2$	0.067320	0.067320	0.067320	0.067320	0.067320
$-0.34419 PLa$	0.000000	-0.034419	-0.068838	-0.103257	-0.137676
$+0.5 Pa^2$	0.000000	0.005000	0.020000	0.045000	0.080000
$-0.3715 Pa^3/L^2$	0.000000	-0.000037	-0.000592	-0.002997	-0.009472
$+0.095808 Pa^3/L^3$	0.000000	0.000001	0.000032	0.000243	0.001024
$+0.03125 P(L/2-a)h$	0.006350	0.000500	0.003750	0.002500	0.001250
Total	0.073570	0.042862	0.021672	0.008809	0.002446
	coefficients of " L "				
$0.68838 L + 0.625 h$	0.713380	0.713380	0.713380	0.713380	0.713380
	coefficients of " PL "				
Z	0.103120	0.060080	0.030380	0.012350	0.003430
	coefficients of " P "				
$+\frac{3P}{4h}(\frac{L}{2}-a)$	0.937500	0.750000	0.562500	0.375000	0.187500
$-\frac{3Z}{2h}$	-0.386740	-0.225330	-0.113920	-0.046306	-0.012868
X	0.550760	0.524670	0.448580	0.328694	0.174642
	coefficients of " PL^3 "				
$+0.018794 PL^3$	0.018794	0.018794	0.018794	0.018794	0.018794
$-0.06732 L^2a$	0.000000	-0.006732	-0.013464	-0.020196	-0.026928
$+0.16667 Pa^3$	0.000000	0.000166	0.001333	0.004500	0.010664
$-0.2229 Pa^4/L^2$	0.000000	-0.000002	-0.000064	-0.000486	-0.002048
$+0.033874 Pa^4/L^3$	0.000000		0.000004	0.000045	0.000254
$+\frac{PL}{10}(\frac{L}{2}-a)h$	0.012500	0.010000	0.007500	0.005000	0.002500
Total	0.031297	0.022220	0.014103	0.007657	0.003236
	coefficients of " L^3 "				
$0.037588L^3 + 0.0625L^2h$	0.062588	0.062588	0.062588	0.062588	0.062588
	coefficients of " P "				
Y	0.500000	0.352700	0.225330	0.122340	0.051700

TABLE 4. EVALUATION OF X, Y AND Z. ($\frac{h}{L}=0.4, m=2$)

Point	0	1	2	3	4
<i>a</i>	0	0.1 L	0.2 L	0.3 L	0.4 L
	coefficients of "PL ² "				
+0.56732 PL ²	0.067320	0.067320	0.067320	0.067320	0.067320
-0.34419 PL ² <i>a</i>	0.000000	-0.034419	-0.068838	-0.103257	-0.137676
+0.5 Pa ²	0.000000	0.050000	0.020000	0.045000	0.080000
-0.3715 Pa ⁴ /L ²	0.000000	-0.000037	-0.000592	-0.002997	-0.009472
+0.095808 Pa ⁵ L ³	0.000000	0.000001	0.000032	0.000243	0.001024
+0.03125 P(L/2-a)h	0.007812	0.006250	0.004687	0.003125	0.001562
Total	0.075132	0.044116	0.022609	0.009434	0.002758
	coefficients of "L"				
0.68838 L+0.0625 h	0.719630	0.719630	0.719630	0.719630	0.719630
	coefficients of "PL"				
Z	0.104404	0.061302	0.031418	0.013109	0.003832
	coefficients of "P"				
$+\frac{3}{4} \frac{P}{h} (\frac{L}{2} - a)$	0.750000	0.600000	0.450000	0.300000	0.150000
$-\frac{3}{2} \frac{Z}{h}$	-0.313212	-0.183906	-0.094254	-0.039327	-0.011496
X	0.436788	0.416594	0.355746	0.260673	0.138504
	coefficients of "PL ³ "				
+0.018794 PL ³	0.018794	0.018794	0.018794	0.018794	0.018794
-0.06732 PL ² <i>a</i>	0.000000	-0.006732	-0.013464	-0.020196	-0.026928
+0.16667 Pa ³	0.000000	0.000166	0.001333	0.004500	0.010664
-0.2229 Pa ⁵ /L ²	0.000000	-0.000022	-0.000064	-0.000486	-0.002448
+0.063874 Pa ⁶ /L ³	0.000000	0.000004	0.000004	0.000045	0.000254
$+\frac{PL}{16} (\frac{L}{2} - a)h$	0.015525	0.012500	0.009375	0.006250	0.003125
Total	0.034419	0.024726	0.015978	0.003907	0.003861
	coefficients of "L ³ "				
0.037588 L+0.0625 L ³ h	0.068838	0.068838	0.068838	0.068838	0.068838
	coefficients of "P"				
Y	0.500000	0.359190	0.232110	0.129390	0.056090

TABLE 5. EVALUATION OF X, Y AND Z. ($\frac{h}{L}=0.3, m=2$)

Point	0	1	2	3	4
a	0	0.1 L	0.2 L	0.3 L	0.4 L
	coefficients of " PL^3 "				
+0.06732 PL^3	0.067320	0.067320	0.067326	0.067320	0.067320
-0.34419 PL^2a	0.000000	-0.034419	-0.068838	-0.103257	-0.137676
+0.5 Pa^2	0.000000	0.000500	0.020000	0.045000	0.080000
-0.3715 Pa^4/L^2	0.000000	-0.000037	-0.000592	-0.002997	-0.009472
+0.095808 Pa^6/L^3	0.000000	0.000031	0.000302	0.000243	0.001024
+0.03125 $P(L/2-a)h$	0.009375	0.007500	0.005625	0.003750	0.001875
Total	0.076695	0.045365	0.023547	0.010059	0.003071
	coefficients of " L "				
0.68838 $L+0.0625 h$	0.725880	0.725880	0.725880	0.725880	0.725880
	coefficients of " PL "				
Z	0.105658	0.062497	0.032514	0.013857	0.004230
	coefficients of " P "				
$+\frac{3P}{4h}(\frac{L}{2}-a)$	0.625000	0.500000	0.375000	0.250000	0.125000
$-\frac{3Z}{2h}$	-0.264145	-0.156242	-0.081285	-0.034642	-0.010576
X	0.360855	0.343758	0.293715	0.215358	0.114424
	coefficients of " PL^3 "				
+0.018794 PL^3	0.018794	0.018794	0.018794	0.018794	0.018794
-0.06732 PL^2a	0.000000	-0.006732	-0.013464	-0.020196	-0.026928
+0.16667 Pa^3	0.000000	0.000166	0.001333	0.004500	0.010664
-0.2229 Pa^5/L^2	0.000000	-0.000002	-0.000064	-0.000486	-0.002048
+0.063874 Pa^6/L^3	0.000000		0.000904	0.000045	0.000254
$+\frac{PL}{16}(\frac{L}{2}-a)h$	0.018750	0.015000	0.011250	0.007500	0.003450
Total	0.037554	0.027226	0.017853	0.010157	0.004486
	coefficients of " L^3 "				
0.037588 $L^3+0.0625L^2h$	0.075088	0.075088	0.075088	0.075088	0.075088
	coefficients of " P "				
Y	0.500000	0.362590	0.237760	0.135270	0.059740

TABLE 6. EVALUATION OF X, Y AND Z. ($\frac{h}{L}=0.7, m=2$)

Point	0	1	2	3	4
<i>a</i>	0	0.1 <i>L</i>	0.2 <i>L</i>	0.3 <i>L</i>	0.4 <i>L</i>
	coefficients of " <i>PL</i> ² "				
+0.06732 <i>PL</i> ²	0.067320	0.067320	0.067320	0.067320	0.067320
-0.34419 <i>PLa</i>	0.000000	-0.034419	-0.068838	-0.103257	-0.137676
+0.5 <i>Pa</i> ²	0.000000	0.005000	0.020000	0.045000	0.080000
-0.3715 <i>Pa</i> ⁴ / <i>L</i> ²	0.000000	-0.000037	-0.000592	-0.002997	-0.009472
+0.095808 <i>Pa</i> ⁵ / <i>L</i> ³	0.000000	0.000001	0.000032	0.000243	0.001024
+0.03125 <i>P(L/2-a)h</i>	0.010937	0.008750	0.006562	0.004375	0.002187
Total	0.078357	0.046615	0.024484	0.010684	0.003383
	coefficients of " <i>E</i> "				
0.68838 <i>L</i> +0.0625 <i>h</i>	0.732100	0.732130	0.732130	0.732130	0.732130
	coefficients of " <i>PL</i> "				
<i>Z</i>	0.106689	0.063670	0.033442	0.014593	0.004620
	coefficients of " <i>P</i> "				
$+\frac{5}{4}\frac{P}{h}\left(\frac{L}{2}-a\right)$	0.535700	0.428500	0.321400	0.214200	0.107100
$-\frac{2}{3}\frac{Z}{h}$	-0.229033	-0.136437	-0.071661	-0.031270	-0.009901
<i>X</i>	0.306667	0.292063	0.249739	0.182930	0.097199
	coefficients of " <i>PL</i> ³ "				
+0.018794 <i>PL</i> ³	0.018794	0.018794	0.018794	0.018794	0.018794
-0.06732 <i>PL</i> ² <i>a</i>	0.000000	-0.006732	-0.013464	-0.020196	-0.026928
+0.16667 <i>Pa</i> ³	0.000000	0.000166	0.001333	0.004500	0.010664
-0.2220 <i>Pa</i> ⁵ / <i>L</i> ²	0.000000	-0.000002	-0.000064	-0.000486	-0.002048
+0.063874 <i>Pa</i> ⁵ / <i>L</i> ³	0.000000	0.000004	0.000004	0.000045	0.000254
$+\frac{PL}{18}\left(\frac{L}{2}-a\right)h$	0.021875	0.017500	0.013125	0.008750	0.004375
Total	0.040669	0.029726	0.019728	0.011407	0.005111
	coefficients of " <i>L</i> ³ "				
0.037538 <i>L</i> ³ +0.0625 <i>L</i> ² <i>h</i>	0.031338	0.081333	0.031338	0.081338	0.081338
	coefficients of " <i>P</i> "				
<i>Y</i>	0.500000	0.365460	0.242540	0.140240	0.062830

TABLE 7. EVALUATION OF X, Y AND Z. ($\frac{h}{L}=0.8, m=2$)

Point	0	1	2	3	4
a	0	0.1 L	0.2 L	0.3 L	0.4 L
	coefficients of " PL^3 "				
+0.06732 PL^3	0.067320	0.067320	0.067320	0.067320	0.067320
-0.34419 PLa	0.000000	-0.034419	-0.068838	-0.103257	-0.137676
+0.5 Pa^2	0.000000	0.000500	0.020000	0.045000	0.080000
-0.3715 Pa^4/L^2	0.000000	-0.000037	-0.000592	-0.002997	-0.009472
+0.095808 Pa^6/L^3	0.000000	0.000031	0.000332	0.002243	0.001024
+0.03125 $P(L/2-a)h$	0.012500	0.010000	0.007500	0.005000	0.002500
Total	0.079820	0.047865	0.025422	0.011309	0.003696
	coefficients of " L "				
0.68838 $L+0.0625 h$	0.738330	0.738380	0.738380	0.738380	0.738330
	coefficients of " PL "				
Z	0.103126	0.064824	0.034389	0.015316	0.005005
	coefficients of " P "				
$+\frac{3P}{4h}(\frac{L}{2}-a)$	0.468750	0.375000	0.281250	0.187500	0.093750
$-\frac{3Z}{2h}$	-0.202737	-0.121546	-0.064556	-0.028717	-0.009885
X	0.266013	0.253454	0.216694	0.158783	0.094365
	coefficients of " PL^3 "				
+0.018794 PL^3	0.018794	0.018794	0.018794	0.018794	0.018794
-0.06732 PL^2a	0.000000	-0.006732	-0.013464	-0.020196	-0.026928
+0.16667 Pa^3	0.000000	0.000166	0.001333	0.004500	0.010664
-0.2229 Pa^5/L^2	0.000000	-0.000002	-0.000064	-0.000486	-0.002048
+0.063874 Pa^6/L^3	0.000000		0.000004	0.000045	0.000254
$+\frac{PL}{16}(\frac{L}{2}-a)h$	0.025000	0.020000	0.015000	0.010000	0.005000
Total	0.043794	0.032226	0.021603	0.012657	0.005736
	coefficients of " L^3 "				
0.037588 $L^3+0.0625L^2h$	0.067588	0.087588	0.087588	0.087588	0.067588
	coefficients of " P "				
Y	0.500000	0.368030	0.246640	0.144510	0.065490

TABLE 8. EVALUATION OF X, Y AND Z. ($\frac{h}{L}=0.9, m=2$)

Point	C	1	2	3	4
<i>a</i>	0	0.1 L	0.2 L	0.3 L	0.4 L
	coefficients of "PL ² "				
+0.06732 PL ²	0.067320	0.067320	0.067320	0.067320	0.067320
-0.34419 PL <i>a</i>	0.000000	-0.034419	-0.068838	-0.103257	-0.137676
+0.5 Pa ²	0.000000	0.005000	0.020000	+0.045000	0.080000
-0.3715 Pa ⁴ /L ²	0.000000	-0.000037	-0.000592	-0.002907	-0.009472
+0.095808 Pa ⁵ /L ³	0.000000	0.000001	0.000032	0.000243	0.001024
+0.03145 P(L/2-a) <i>h</i>	0.014062	0.011250	0.008437	0.005625	0.002812
Total	0.081382	0.049115	0.026359	0.011934	0.004008
	coefficients of "PL"				
0.68838 L+0.0625 <i>h</i>	0.744630	0.744630	0.744630	0.744630	0.744630
	coefficients of "PL"				
Z	0.105292	0.065959	0.035399	0.016027	0.005382
	coefficients of "P"				
$+\frac{3P}{4h}(\frac{L}{2}-a)$	0.416666	0.333333	0.250000	0.166666	0.083333
$+\frac{2Z}{3h}$	-0.182153	-0.109931	-0.058998	-0.026711	-0.008970
X	0.234513	0.223402	0.191032	0.139955	0.074363
	coefficients of "PL ³ "				
+0.018794 PL ³	0.018794	0.018794	0.018794	0.018794	0.018794
-0.06732 PL ² <i>a</i>	0.000000	-0.006732	-0.013464	-0.020196	-0.026928
+0.16667 Pa ³	0.000000	0.000166	0.001333	0.004500	0.010664
-0.2229 Pa ⁵ /L ²	0.000000	-0.000002	-0.000064	-0.000486	-0.002048
+0.063874 Pa ⁵ /L ³	0.000000		0.000004	0.000045	0.000254
$+\frac{PL}{16}(\frac{L}{2}-a)h$	0.028125	0.022500	0.016875	0.011250	0.005625
Total	0.046919	0.034726	0.023478	0.013970	0.006361
	coefficients of "L ³ "				
0.037588L ³ +0.0625L ² <i>h</i>	0.093838	0.093838	0.093838	0.093838	0.093838
	coefficients of "P"				
Y	0.500000	0.370060	0.250250	0.148200	0.067780

TABLE 9. EVALUATION OF X, Y AND Z, ($\frac{h}{L}=1, m=2$)

Point	C	1	2	3	4
<i>a</i>	0	0.1 L	0.2 L	0.3 L	0.4 L
	coefficients of "PL ² "				
+0.06732 PL ²	0.067320	0.067320	0.067320	0.067320	0.067320
-0.34419 PL <i>a</i>	0.000000	-0.034419	-0.068838	-0.103257	-0.137676
+0.5 Pa ²	0.000000	0.005000	0.020000	0.045000	0.080000
-0.3715 Pa ⁴ /L ²	0.000000	-0.000037	-0.000592	-0.002997	-0.009472
+0.095808 Pa ⁵ /L ³	0.000000	0.000001	0.000032	0.000243	0.001024
+0.03125 P(L/2-a) <i>h</i>	0.015625	0.012500	0.009375	0.006250	0.003125
Total	0.082945	0.050365	0.027297	0.012559	0.004321
	coefficients of "L"				
0.68838 L+0.0625 <i>h</i>	0.750880	0.750880	0.750880	0.750880	0.750880
	coefficients of "PL"				
Z	0.110464	0.067074	0.036353	0.016725	0.005754
	coefficients of "P"				
$+\frac{3P}{4h}(\frac{L}{2}-a)$	0.375000	0.300000	0.225000	0.150000	0.075000
$-\frac{2Z}{3h}$	-0.165696	-0.100612	-0.054530	-0.025088	-0.008631
X	0.209304	0.199388	0.170470	0.124912	0.056369
	coefficients of "PL ³ "				
+0.018794 PL ³	0.018794	0.018794	0.018794	0.018794	0.018794
-0.06732 L ² <i>a</i>	0.000000	-0.006732	-0.013464	-0.020195	-0.026928
+0.16667 Pa ³	0.000000	0.003166	0.013333	0.004500	0.010664
-0.2229 Pa ⁵ /L ²	0.000000	-0.000002	-0.000064	-0.000486	-0.002048
+0.033874 Pa ⁶ /L ³	0.000000		0.000004	0.000045	0.000254
$+\frac{PL}{16}(\frac{L}{2}-a)h$	0.031250	0.025000	0.018750	0.012500	0.006250
Total	0.050044	0.037226	0.025353	0.015157	0.006986
	coefficients of "L ³ "				
0.037588L ³ +0.0625L ² <i>h</i>	0.100088	0.100088	0.100088	0.100088	0.100088
	coefficients of "P"				
Y	0.500000	0.371950	0.353300	0.151430	0.069800

TABLE 10.
VALUS OF THRUSTS (COEFFICIENT OF P) AT THE CENTRE OF SPAN ($m=2$)

Load at point	h/L							
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
C	0.740850	0.550760	0.436788	0.360855	0.306667	0.266913	0.234513	0.209304
1, -1	0.705545	0.524670	0.416094	0.343758	0.292063	0.253454	0.223402	0.199388
2, -2	0.603395	0.448580	0.355746	0.263715	0.249739	0.216694	0.191002	0.170470
3, -3	0.442135	0.328694	0.260673	0.215358	0.182930	0.158783	0.139955	0.124912
4, -4	0.234918	0.174642	0.138504	0.114425	0.097199	0.084365	0.074363	0.066369

TABLE 11. MAXIMUM SHEAR (COEFFICIENT OF P) AT VARIOUS SECTIONS DUE TO CONCENTRATED LOAD P ($m=2$)

Section at point	h/L							
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.1
C	± 0.50000	± 0.50000	± 0.50000	± 0.50000	± 0.50000	± 0.50000	± 0.50000	± 0.50000
1	+0.35013	+0.35527	+0.35919	+0.36259	+0.36546	± 0.36803	+0.37006	+0.37193
	-0.64987	-0.64473	-0.64081	-0.63741	-0.63454	-0.63197	-0.62994	-0.62807
2	+0.21705	+0.22533	+0.23211	+0.23776	+0.24254	+0.24664	+0.25025	+0.25330
	-0.73295	-0.77467	-0.76789	-0.76224	-0.75746	-0.75336	-0.74975	-0.74670
3	+0.11372	+0.12234	+0.12939	+0.13527	+0.14024	+0.14451	+0.14820	+0.15143
	-0.88628	-0.87766	-0.87061	-0.86473	-0.85976	-0.85549	-0.85180	-0.84857
4	+0.04634	+0.05170	+0.05699	+0.05974	+0.06233	+0.06549	+0.06778	+0.06930
	-0.95366	-0.94830	-0.94391	-0.94026	-0.93717	-0.93451	-0.93222	-0.93020

The moments at various points are calculated as follows:

$$M_n = Y(nL) + Z - (nL - a)P \text{ when load } P \text{ laid between point } c \text{ and } n$$

$$M_n = Y(nL) + Z \text{ when load } P \text{ at the right of point } n$$

$$M_n = -Y(nL) + Z \text{ when load } P \text{ at the left half of the bridge where,}$$

$$n=1, 2, 3, 4 \text{ and } 5$$

$$M_B = Xh + Y\left(\frac{L}{2}\right) + Z - P\left(\frac{L}{2} - a\right) \text{ when load } P \text{ at the right half of the bridge.}$$

$$M_B = Xh - Y\left(\frac{L}{2}\right) + Z \text{ when load } P \text{ at the left half of the bridge.}$$

The moments at various points for a concentrated live load P at different points on the bridge for which there is a certain ratio of height to span, are given in the table 12 to 19.

TABLE 12.
MOMENTS FOR CONCENTRATED LIVE LOAD P AT VARIOUS POINT OF SPAN
($h/L=0.3, m=2$)

Load P at point	Moments at points (Coefficient of PL)						
	C	1	2	3	4	E	B
-4	0.003016	-0.001618	-0.006252	-0.010886	-0.015520	-0.020154	0.050321
-3	0.011573	0.000201	-0.011171	-0.022543	-0.033915	-0.045286	0.087353
-2	0.029321	0.007616	-0.014089	-0.035794	-0.057499	-0.079204	0.101814
-1	0.058851	0.023838	-0.011171	-0.046188	-0.081201	-0.116214	0.095449
C	0.101830	0.051830	0.001830	-0.048170	-0.096170	-0.148170	0.074085
1	0.058851	0.093864	0.028877	-0.036110	-0.101097	-0.166984	0.045579
2	0.029321	0.051026	0.072731	-0.005564	-0.083359	-0.162154	0.018864
3	0.011573	0.022945	0.034317	0.045689	-0.042939	-0.131567	0.001073
4	0.003016	0.007650	0.012284	0.016913	0.021552	-0.073864	-0.003339

TABLE 13.
MOMENTS FOR CONCENTRATED LIVE LOAD P AT VARIOUS POINTS OF SPAN
($h/L=0.4, m=2$)

Load P at point	Moments (Coefficient of PL) at point						
	C	1	2	3	4	E	B
-4	0.003430	-0.001740	-0.006910	-0.012030	-0.017250	-0.022420	0.047437
-3	0.012350	0.000116	-0.012118	-0.024352	-0.036586	-0.048820	0.082657
-2	0.030380	0.007847	-0.014686	-0.037219	-0.059752	-0.082235	0.097137
-1	0.060080	0.024553	-0.010974	-0.046501	-0.082028	-0.117605	0.092263
C	0.103120	0.053120	0.003120	-0.046880	-0.096880	-0.146880	0.073424
1	0.060080	0.095607	0.031134	-0.033339	-0.097812	-0.162235	0.047633
2	0.030380	0.052913	0.075446	-0.002021	-0.079488	-0.156955	0.022477
3	0.012350	0.024584	0.036818	0.049052	-0.038714	-0.126480	0.004997
4	0.003430	0.008600	0.013770	0.018940	-0.024110	-0.070720	0.000863

TABLE 14.
MOMENTS FOR CONCENTRATED LIVE LOAD P AT VARIOUS POINTS OF SPAN
($h/L=0.5, m=2$)

Load p at point	Moments (Coefficient of PL) at point						
	C	1	2	3	4	E	B
-4	0.003832	-0.001777	-0.007386	-0.012995	-0.018604	-0.024213	0.045039
-3	0.013109	0.000170	-0.012769	-0.025708	-0.038647	-0.051586	0.078750
-2	0.031418	0.008207	-0.015004	-0.038215	-0.061426	-0.084637	0.093236
-1	0.061302	0.025383	-0.010596	-0.046455	-0.082374	-0.118293	0.089794
C	0.104404	0.054404	0.004404	-0.045396	-0.095596	-0.145596	0.072793
1	0.061302	0.097222	0.033140	-0.030941	-0.095022	-0.159103	0.048944
2	0.031418	0.054629	0.077840	0.001051	-0.075738	-0.152527	0.025346
3	0.013109	0.026048	0.038987	0.051926	0.035135	-0.122196	0.008140
4	0.003832	0.009441	0.015050	0.020659	0.026268	-0.063123	0.001129

TABLE 15.
MOMENTS FOR CONCENTRATED LIVE LOAD P AT VARIOUS POINTS OF SPAN
($h/L=0.6, m=2$)

Load P at point	Moment (Coefficient of PL) at point						
	C	1	2	3	4	E	B
-4	0.004230	-0.001744	-0.007718	-0.013692	-0.019666	-0.025640	0.043014
-3	0.013857	0.000360	-0.013197	-0.026724	-0.040251	-0.053778	0.075436
-2	0.032514	0.008738	-0.015038	-0.028814	-0.062590	-0.186366	0.089893
-1	0.062497	0.026238	-0.010021	-0.046280	-0.082089	-0.118798	0.087456
C	0.105658	0.055658	0.005658	0.044342	-0.094342	-0.144342	0.071171
1	0.062497	0.098759	0.025015	0.028726	-0.092467	-0.155208	0.050046
2	0.032514	0.056290	0.089066	0.003842	-0.072382	-0.148606	0.028623
3	0.013857	0.027384	0.040911	0.054438	-0.032035	-0.113508	0.010706
4	0.004230	0.010204	0.016178	0.022152	0.023120	-0.063900	0.002754

TABLE 16.
MOMENTS FOR CONCENTRATED LIVE LOAD P AT VARIOUS POINTS OF SPAN
($h/L=0.7, m=2$)

Load P at point	Moments (Coefficient of PL) at point						
	C	1	2	3	4	E	B
-4	0.004620	-0.001663	-0.007946	-0.014229	-0.020512	-0.026845	0.041194
-3	0.014593	0.000569	-0.013455	-0.027479	-0.041503	-0.055527	0.072524
-2	0.033442	0.009188	-0.015066	-0.039320	-0.063574	-0.087828	0.086989
-1	0.063670	0.027124	-0.009422	-0.045968	-0.082514	-0.119060	0.085384
C	0.106889	0.056889	0.006889	-0.043111	-0.093111	-0.143111	0.071556
1	0.063670	0.100216	0.036862	-0.026692	-0.099146	-0.153600	0.050844
2	0.033442	0.057896	0.081950	0.006204	-0.069542	-0.145288	0.029529
3	0.014593	0.028917	0.042641	0.056665	-0.029311	-0.115287	0.012764
4	0.004620	0.010903	0.017816	0.023469	0.029752	-0.063915	0.004124

TABLE 17.
MOMENTS FOR CONCENTRATED LIVE LOAD P AT VARIOUS POINTS OF SPAN
($h/L=0.8, m=2$)

Load P at point	Moments (Coefficient of PL) at point						
	C	1	2	3	4	E	F
-4	0.005005	-0.001544	-0.008093	-0.014642	-0.021191	-0.027740	0.039752
-3	0.015316	0.000895	-0.013586	-0.028037	-0.042488	-0.056936	0.070087
-2	0.034389	0.009725	-0.014939	-0.039603	-0.064267	-0.088931	0.084424
-1	0.064824	0.027994	-0.008782	-0.045585	-0.082388	-0.119191	0.083572
C	0.108126	0.058126	0.008126	-0.041784	-0.091874	-0.141874	0.070936
1	0.064824	0.101627	0.038430	-0.024767	-0.087984	-0.151161	0.051602
2	0.034389	0.059053	0.083717	0.008381	-0.069955	-0.142291	0.031642
3	0.015316	0.029767	0.044218	0.058669	-0.066880	-0.112429	0.014597
4	0.005005	0.011554	0.018103	0.024652	0.031201	-0.062290	0.005242

TABLE 18
MOMENTS FOR CONCENTRATED LIVE LOAD P AT VARIOUS POINTS OF SPAN
($h/L=0.9, m=2$)

Load P at point	Moment (Coefficient of PL) at point						
	C	1	2	3	4	E	B
-4	0.005382	-0.001396	-0.008174	-0.014952	-0.041789	-0.028508	0.039418
-3	0.016027	0.001207	-0.013613	-0.028433	-0.045253	-0.058073	0.067886
-2	0.035399	0.010374	-0.014651	-0.039676	-0.064701	-0.089726	0.082176
-1	0.065959	0.028953	-0.008053	-0.045059	-0.082065	-0.119071	0.081990
C	0.109292	0.059292	0.009292	-0.040708	-0.090708	-0.140708	0.070893
1	0.065959	0.102965	0.039971	-0.023023	-0.086917	-0.140011	0.052050
2	0.035399	0.090424	0.085449	0.010474	-0.064501	-0.139476	0.032426
3	0.016027	0.030847	0.045667	0.060787	-0.024693	-0.100873	0.016086
4	0.005382	0.012160	0.018938	0.025716	0.032494	-0.060728	0.006198

TABLE 19.
MOMENTS FOR CONCENTRATED LIVE LOAD P AT VARIOUS POINTS OF SPAN
($h/L=1, m=2$)

Load P at point	Moment (Coefficient of PL) at point						
	C	1	2	3	4	E	B
-4	0.005754	-0.001223	-0.008206	-0.015186	-0.022166	-0.029146	0.037223
-3	0.016735	0.001582	-0.013561	-0.028704	-0.043847	-0.058990	0.065922
-2	0.036358	0.011023	-0.014307	-0.039637	-0.064967	-0.090297	0.080173
-1	0.067074	0.029881	-0.007312	-0.044505	-0.081698	-0.118891	0.080797
C	0.110464	0.060464	0.010404	-0.039536	-0.089536	-0.139536	0.069768
1	0.067074	0.104267	0.041460	-0.021347	-0.084154	-0.146961	0.052427
2	0.036358	0.061683	0.087013	0.012343	-0.062327	-0.136997	0.033473
3	0.016725	0.031868	0.047011	0.062154	-0.022763	-0.107560	0.017352
4	0.005754	0.012734	0.019714	0.026694	0.033674	-0.059346	0.007023

Maximum moments in the span:—The maximum moments at point C , 1, 2 and 3 may be found from Table 12 to 19; while the maximum moments at point 4, E and B may be found as follows: Take point E . From Table 12, we see that the concentrated load on the bridge for maximum moment at point E , should at the point somewhere between points C and 2. The exact point can be determined by trial, Instead of this, we may proceed in the following manner.

Determine the moment at point E for a concentrated live load at point C , then for load at point 1, and finally for load at point 2. Let M_1 , M_2 & M_3 be the three values of moments at point E for the three different loading

positions. Let M & x be the general values of the moment and the distance between the left end and the point where the load applied respectively. Let X_0 be the distance between the left end and point 1. Then we have the following three sets of simultaneous values:

X	$X_0 - 0.1 L$	X_0	$X_0 + 0.1 L$
M	M_1	M_2	M_3

The quadratic equation satisfied by these sets of values is

$$M = M_2 + \frac{(M_1 - M_3)^2}{8(2M_2 - M_1 - M_3)} - \frac{50(2M_2 - M_1 - M_3)}{L^2} \left\{ X - X_0 + \frac{(M_1 - M_3)L}{20(2M_2 - M_1 - M_3)} \right\}^2 \dots\dots\dots(21)$$

when

$$X = X_0 - \frac{(M_1 - M_3)L}{20(2M_2 - M_1 - M_3)}$$

The value of M is maximum and is

equal to $M_2 + \frac{(M_1 - M_3)^2}{8(2M_2 - M_1 - M_3)}$

For maximum moment at point E , the three sets of simultaneous values are:

X	$0.5 L$	$0.6 L$	$0.7 L$
$M(\text{Coff. of } PL)$	-0.148170	-0.166084	-0.162154

Therefore, the maximum moment at point R in the unit of PL is

$$\begin{aligned} -M &= 0.166084 + \frac{(0.148170 - 0.162154)^2}{8(2 \times 0.166084 - 0.148170 - 0.162154)} \\ &= 0.166084 + \frac{0.000196555}{0.174762} = 0.166084 + 0.001119 \\ &= 0.167203 \end{aligned}$$

or $M = -0.167203 PL$

And the load point from the left end of the span is

$$0.6 L - \frac{(0.148170 - 0.162154)L}{20(2 \cdot 0.166034 - 0.148170 - 0.162154)}$$

$$0.6 L + 0.032009 L = 0.632009 L$$

The maximum moment at points 4, E and B calculated in this way are as follows.

TABLE 20.
MAXIMUM MOMENTS AT POINTS 4, E AND B DUE TO THE CONCENTRATED LOAD P

Maximum moment at point (Coeff. of PL)	ratio of height to span (h/L)							
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
4	-0.102366	-0.099776	-0.097046	-0.095241	-0.093648	-0.092164	-0.090854	-0.089593
E	-0.167203	-0.162725	-0.159402	-0.156325	-0.153631	-0.151162	-0.149022	-0.147007
B	0.102207	0.097610	0.094086	0.090936	0.088278	0.085917	0.083894	0.082052

TABLE 21.
DISTANCE (COEFF. OF L) OF LOADING POINT, FROM LEFT END FOR MAXIMUM MOMENT AT POINT 4, E AND B

Point	ratio of height to span (h/L)							
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
4	0.596451	0.595484	0.545839	0.536375	0.523137	0.520812	0.514819	0.509296
B	0.632009	0.621800	0.617256	0.610951	0.605789	0.600463	0.599611	0.599270
E	0.319437	0.324817	0.334669	0.335701	0.340012	0.346483	0.348715	0.355273

TABLE 22.
MAXIMUM MOMENTS AT POINTS C, 1, 2 AND 3 DUE TO CONCENTRATED LOAD P

Maximum moment at point (Coeff. of PL)	ratio of height to span (h/L)							
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
C	0.101830	0.103120	0.104404	0.105658	0.106889	0.108126	0.109292	0.110464
1	0.093864	0.095607	0.097221	0.098756	0.100216	0.101627	0.102965	0.104267
2	0.072731	0.075446	0.077840	0.080066	0.081950	0.083717	0.085449	0.087013
3	0.045639	0.049052	0.051926	0.054433	0.056665	0.058669	0.060487	0.062154

IV. MOMENTS HORIZONTAL THRUSTS AND VERTICAL SHEARS AT VARIOUS POINTS DUE TO UNIFORM LOAD W lbs. PER FOOT COVERING THE WHOLE SPAN.

$$M_c = 2 \int_0^{\frac{L}{2}} Z$$

$$2 \int_0^{\frac{L}{2}} \frac{W}{(0.63838 L + 0.0625 h)} \left\{ 0.06732 L^2 - 0.34419 La + 0.5 a^2 \right.$$

$$\begin{aligned}
 & -0.3715 \frac{a^4}{L^2} + 0.095808 \frac{a^5}{L^3} + 0.03125 \left(\frac{L}{2} - a \right) h \} da \\
 = & \frac{2W}{(0.68838L + 0.0625h)} \left[0.06732 L^2 a - 0.172095 La^2 + 0.1666 a^3 \right. \\
 & \left. - 0.0743 \frac{a^5}{L^2} + 0.015968 \frac{a^6}{L^3} + 0.015625 Lha - 0.015625 ha^2 \right]_0^{\frac{L}{2}} \\
 = & \frac{2W}{(0.68838L + 0.0625h)} (0.03366 L^3 - 0.0430237 L^3 + 0.020825 L^3 \\
 & - 0.00232 L^3 + 0.000249 L^3 + 0.0078125 L^2 h - 0.003906 L^2 h) \\
 = & \frac{2W}{(0.68838L + 0.0625h)} (0.00939 L^3 + 0.003906 h L^2) \dots \dots \dots (22)
 \end{aligned}$$

$$M_1 = M_c - 0.005 wL^2 \dots \dots \dots (23)$$

$$M_2 = M_c - 0.02 wL^2 \dots \dots \dots (24)$$

$$M_3 = M_c - 0.045 wL^2 \dots \dots \dots (25)$$

$$M_4 = M_c - 0.08 wL^2 \dots \dots \dots (26)$$

$$M_5 = M_c - 0.125 wL^2 \dots \dots \dots (27)$$

$$\begin{aligned}
 M_5 = & \int_0^{\frac{L}{2}} \left[Xh + Y \left(\frac{L}{2} \right) + Z - P \left(\frac{L}{2} - a \right) \right] + \int_0^{\frac{L}{2}} \left[Xh - Y \left(\frac{L}{2} \right) + Z \right] \\
 = & 2 \int_0^{\frac{L}{2}} Xh + 2 \int_0^{\frac{L}{2}} Z - W \int_0^{\frac{L}{2}} \left(\frac{L}{2} - a \right) da \\
 = & 2 \int_0^{\frac{L}{2}} \left[\left(\frac{L}{2} - a \right) \frac{3p}{4h} - \frac{3}{2h} Z \right] h + 2 \int_0^{\frac{L}{2}} Z - W \int_0^{\frac{L}{2}} \left(\frac{L}{2} - a \right) da \\
 = & \frac{3W}{2} \int_0^{\frac{L}{2}} \left(\frac{L}{2} - a \right) da - 3 \int_0^{\frac{L}{2}} Z + 2 \int_0^{\frac{L}{2}} Z - W \int_0^{\frac{L}{2}} \left(\frac{L}{2} - a \right) da \\
 = & \frac{W}{2} \int_0^{\frac{L}{2}} \left(\frac{L}{2} - a \right) da - \int_0^{\frac{L}{2}} Z \\
 = & \frac{1}{16} WL^2 - \frac{L}{2} M_c \dots \dots \dots (28)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_c = & 2 \int_0^{\frac{L}{2}} \left(\frac{L}{2} - a \right) \frac{3W}{4h} da - 2 \int_0^{\frac{L}{2}} \frac{3}{2h} Z = \frac{3W}{2h} \left[\frac{L^2}{4} - \frac{L^2}{8} \right] - \frac{3}{2h} M_c \\
 = & \frac{3WL^2}{16h} - \frac{3}{2h} M_c \dots \dots \dots (29)
 \end{aligned}$$

TABLE 23.

MOMENTS AT VARIOUS POINTS DUE TO UNIFORM LOAD COVERING WHOLE SPAN ($m=2$)

Moment at point (Coeff. of WL^2)	Ratio of height to span (h/L)							
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
C	-0.029871	0.030705	0.031524	0.032329	0.033119	0.033897	0.034660	0.035415
1	0.024871	0.025705	0.026524	-0.027329	0.028119	0.028897	0.029660	0.030415
2	0.009871	0.010705	0.011524	0.012329	0.013119	0.013897	0.014660	0.015415
3	-0.015129	-0.014295	-0.013476	-0.012671	-0.011881	-0.011103	-0.010340	-0.009585
4	-0.050129	-0.049295	-0.048476	-0.047671	-0.046881	-0.046103	-0.045340	-0.044585
E	-0.095129	-0.094295	-0.093476	-0.092671	-0.091861	-0.091103	-0.090340	-0.089585
B	0.047564	0.047148	0.046738	0.046336	0.045941	0.045552	0.045170	0.044793

TABLE 24.

HORIZONTAL THRUSTS AT CENTRE OF SPAN DUE TO UNIFORM LOAD COVERING WHOLE SPAN ($m=2$)

h/L	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
X_c (Coeff. of WL)	0.475645	0.353606	0.280428	0.231677	0.196890	0.170818	0.150564	0.134377

TABLE 25.

SHEARS AT VARIOUS POINTS DUE TO UNIFORM LOAD COVERING WHOLE SPAN

Points	0	1	2	3	4	E
Sher (Coeff. of WL)	0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5

V. MAXIMUM MOMENTS, HORIZONTAL THRUSTS AND VERTICAL SHEARS AT VARIOUS POINTS DUE TO UNIFORM LIVE LOAD.

Let the uniform live load be W lbs per foot; the maximum moments at points C , E and B are simply the total area of their influence line multiplying by W and, may be found from table 23; while the maximum moments at points 1, 2, 3 and 4 may be found as follows. As an example, let us determine the maximum positive and negative moments at point 2 corresponding the ratio of $h/L=0.3$

From Table 12, the influence line of M_2 crosses the base line between points -1 and C , and at distance

$$\frac{0.011171}{0.011171+0.001830} \times \frac{L}{10} = 0.085924 L$$

From point -1 and $0.014076 L$ from point C .

The area of negative moment is

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \times 0.006252 L \times \frac{L}{10} + (\frac{1}{2} \times 0.006252 L + 0.011171 L + 0.014089 L \\ & + \frac{1}{2} \times 0.011171 L) \times \frac{L}{10} + \frac{1}{2} \times 0.011171 L \times 0.085924 L \\ & = 0.0003126 L^2 + 0.00339715 L^2 + 0.00047993 L^2 \\ & = 0.00418968 L^2 \end{aligned}$$

From Table 10, the corresponding area of thrust is

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \times 0.234918 \times \frac{L}{10} + (\frac{1}{2} \times 0.234918 + 0.442135 + 0.603395 \\ & + \frac{1}{2} \times 0.705545) \times \frac{L}{10} + 0.705545 \times 0.085924 L \\ & + \frac{0.740850 - 0.705545}{0.1 L} \times \frac{1}{2} \times (0.085924 L)^2 \\ & = 0.0117459 L + 0.15157615 L + 0.060623 L + 0.0013032 L \\ & = 0.22524825 L \end{aligned}$$

The area of positive moment is

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \times 0.001830 L \times 0.014076 L + (\frac{1}{2} \times 0.001830 L + 0.028877 L \\ & + 0.072731 L + 0.934317 L + \frac{1}{2} \times 0.012284 L) \times \frac{L}{10} \\ & + \frac{1}{2} \times 0.012284 L \times \frac{L}{10} \\ & = 0.00001288 L^2 + 0.0142982 L^2 + 0.0006142 L^2 \\ & = 0.01492528 L^2 \end{aligned}$$

From Table 24, the corresponding area of thrust is

$$0.4756451 L - 0.22524825 L = 0.25039675 L$$

The maximum positive and negative moments and the corresponding thrust at other points calculated in this way, are tabulated in the Table 26 to 28.

The maximum positive and negative shear at various points may be found as the following example.

To determine the maximum positive and negative shear at point 2 corresponding the ratio of $h/L=0.3$ due to uniform live load.

From Table 11, the area of positive shear is

$$\begin{aligned} & (\frac{1}{2} \times 0.21705 + 0.11372 + \frac{1}{2} \times 0.04634) \times \frac{L}{10} + \frac{1}{2} \times 0.04634 \times \frac{L}{10} \\ & = 0.0245415 L + 0.002317 L \\ & = 0.0268585 L \end{aligned}$$

The area of negative shear is

$$\begin{aligned} & (\frac{1}{2} \times 0.78295 + 0.64987 + 0.5 + 0.35013 + 0.21705 + 0.11372 \\ & \quad + \frac{1}{2} \times 0.04634) \times \frac{L}{10} + \frac{1}{2} \times 0.04634 \times \frac{L}{10} \\ & = 0.2245415 L + 0.002317 L \\ & = 0.2268585 L \end{aligned}$$

The maximum positive and negative shear at other points calculated in this way, are tabulated in the Table 29.

TABLE 26.
MAXIMUM POSITIVE AND NEGATIVE MOMENTS AT VARIOUS POINTS DUE TO UNIFORM
LIVE LOAD W LBS. PER FOOT, ($m=2$)

Maximum moment at point (Coeff. of WL^2)	Ratio of height to span (h/L)							
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
C	0.029871	0.030705	0.031524	0.032329	0.033119	0.033897	0.034660	0.035415
1	0.025888	0.026728	0.027542	0.028345	0.029099	0.029843	0.030589	0.031315
	-0.000172	-0.000168	-0.000169	-0.000169	-0.000145	-0.000126	-0.000107	-0.000088
2	0.014925	0.015907	0.016786	0.017601	0.018345	0.019047	0.019715	0.020350
	-0.004189	-0.004348	-0.004414	-0.004416	-0.004389	-0.004329	-0.004233	-0.004123
3	0.006012	0.006696	0.007312	0.008005	0.008882	0.008857	0.009306	0.009728
	-0.020277	-0.020142	-0.019943	-0.019650	-0.019428	-0.019137	-0.018826	-0.018510
4	0.001437	0.001667	0.001875	0.002062	0.002236	0.002398	0.002548	0.002690
	-0.055702	-0.050108	-0.049502	-0.048878	-0.048282	-0.047678	-0.047065	-0.046459
E	-0.095129	-0.094295	-0.093476	-0.092671	-0.091881	-0.091103	-0.090340	-0.089585
B	-0.047564	0.047148	-0.046738	0.046336	0.045941	0.045552	0.045170	0.044798

TABLE 27.
HORIZONTAL THRUSTS AT VARIOUS POINTS DUE TO UNIFORM LIVE LOAD W LBS.
PER FOOT ($m=2$)

Thrust at point (Coeff. of WL)	Ratio of height to Span (h/L)							
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
C	0.175645	0.353606	0.280428	0.231677	0.196890	0.170818	0.150564	0.134377
1	0.442922	0.328467	0.260811	0.216298	0.184732	0.161177	0.142898	0.128155
	0.032722	0.025138	0.019616	0.015378	0.012257	0.009640	0.007714	0.006221
2	0.250396	0.191227	0.154781	0.130134	0.012427	0.098965	0.088438	0.080030
	0.225248	0.162378	0.125646	0.101542	0.084162	0.071852	0.062075	0.054346
3	0.085071	0.065522	0.058794	0.051891	0.045210	0.040629	0.035925	0.033899
	0.390573	0.288083	0.221633	0.179285	0.151679	0.130188	0.114638	0.100477
4	0.019611	0.015430	0.012861	0.011081	0.009766	0.008362	0.007934	0.007296
	0.456033	0.338185	0.267566	0.220595	0.187123	0.162455	0.142628	0.127077

TABLE 28.
LOADING LENGTH (COEFF. OF L) FROM THE LEFT OR RIGHT END OF THE SPAN
CORRESPONDING THE VALUE OF NEGATIVE OR POSITIVE MOMENT RESPECTIVELY
(L & R MEANS LEFT & RIGHT END)

Point	Ratio of hight to span (h/L)							
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
C, E and B	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
1	0.811050R 0.188950L	0.806250R 0.193750L	0.808731R 0.196269L	0.815912R 0.184088L	0.845493R 0.174507L	0.835907R 0.164093L	0.846369R 0.153631L	0.856339R 0.143661L
2	0.514076R 0.485924L	0.521957R 0.478043L	0.529478R 0.470522L	0.536986R 0.463914L	0.542235R 0.457765L	0.547940R 0.452060L	0.553572R 0.446428L	0.558896R 0.441134L
3	0.289144R 0.710856L	0.296043R 0.703957L	0.303082R 0.696938L	0.314425R 0.685575L	0.318860R 0.681140L	0.325284R 0.674716L	0.331110R 0.668890L	0.336637R 0.613363L
4	0.133419R 0.866581L	0.138377R 0.861623L	0.142779R 0.857221L	0.146752R 0.853248L	0.150373R 0.849628L	0.153720R 0.846280L	0.156821R 0.843179L	0.159822R 0.846178L

TABLE 29.
MAXIMUM POSITIVE AND NEGATIVE SHEAR AT VARIOUS POINTS DUE TO UNIFORM
LIVE LOAD W LBS. PER FOOT ($m=2$)

Max. shear at point (coeff. of WL)	Ratio of height to span							
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
C	± 0.097724	± 0.100464	± 0.102678	± 0.104538	± 0.106107	± 0.107467	± 0.108629	± 0.114641
1	+0.055217 -0.155217	+0.057799 -0.157700	+0.059718 -0.159718	+0.061406 -0.161406	+0.062834 -0.162834	+0.064065 -0.164065	+0.065126 -0.165126	+0.066049 -0.166049
2	+0.026858 -0.226858	+0.028670 -0.228670	+0.030153 -0.290153	+0.031389 -0.231389	+0.032434 -0.232434	+0.033332 -0.233332	+0.034110 -0.234110	+0.034788 -0.234788
3	+0.010320 -0.310320	-0.011287 -0.311287	+0.013078 -0.312078	+0.012737 -0.312738	+0.018295 -0.313295	+0.013774 -0.313774	+0.014188 -0.314188	+0.014551 -0.314551
4	+0.002317 -0.402317	+0.002585 -0.402585	+0.002804 -0.402804	+0.002987 -0.402987	+0.003141 -0.403141	+0.003274 -0.403274	+0.003389 -0.403389	+0.003490 -0.403490
E	+0.000000 -0.500000	+0.000000 -0.500000	+0.000000 -0.500000	+0.000000 -0.500000	+0.000000 -0.500000	+0.000000 -0.500000	+0.000000 -0.500000	+0.000000 -0.500000

VI. MOMENTS, HORIZONTAL THRUSTS AND VERTICAL SHEARS AT VARIOUS POINTS DUE TO DEAD WEIGHT LOAD OF THE BRIDGE.

Let the weight of the concrete be W lbs. per cub. ft. and the width of the bridge be b ft.

The weight of the top member at different point are evaluated in Table 30.

TABLE 30. EVALUATION OF WEIGHT OF THE TOP MEMBER

Point	vertical depth (ft.)	weight (lbs.)
(1) C	(2) to	(3) 0.1 WL t ₀ b
1, -1	1.0146 t ₀	0.10146 WL t ₀ b
2, -2	1.0611 t ₀	0.10611 WL t ₀ b
3, -3	1.1541 t ₀	0.11541 WL t ₀ b
4, -4	1.3468 t ₀	0.13468 WL t ₀ b

In Table 30, the value in column (2) are obtained from Table 1. Multiplying the value in column (2) by $W \times \frac{L}{10} \times b$, we obtain the value in column (3)

The moments at various points may be found as the following exemple.

To determine the moment at point 2 corresponding the ratio of $h/L=0.3$ due to dead weight load of the bridge.

From Table 12, we have

$$\begin{aligned}
 M_2 &= [(0.012284 - 0.006252) \times 0.13468 + (0.034317 - 0.011171) \\
 &\quad \times 0.11541 + (0.072731 - 0.014089) \times 0.10011 + (0.028877 - 0.011171) \\
 &\quad \times 0.10146 + 0.00183 \times 0.1] WL^2 t_0 b \\
 &= (0.006032 \times 0.13468 + 0.023146 \times 0.1154 + 0.058642 \times 0.10611 \\
 &\quad + 0.017706 \times 0.10146 + 0.00183 \times 0.1) WL^2 t_0 b \\
 &= (0.00081239 + 0.0026712 + 0.0062225 + 0.0017923 + 0.000183) WL^2 t_0 b \\
 &= 0.01168139 WL^2 t_0 b
 \end{aligned}$$

The moment at other points calculated in this way, are tabulated in the Table 31.

The horizontal thrust at centre of the span may be found as the following exemple.

To determine the horizontal thrust at centre of the span, corresponding

the ratio of $h/L=0.3$ due to the dead weight load of the bridge.

From Table 10, we have

$$\begin{aligned} X_c &= 0.74085 \times 0.1 WL t_0 b + 2(0.705545 \times 0.10146 \times + 0.603395 \times 0.10611 \\ &\quad + 0.442135 \times 0.11541 + 0.234918 \times 0.13468) WL t_0 b \\ &= 0.074085 WL t_0 b + 2(0.071575 + 0.064026 + 0.051026 + 0.031638) WL t_0 b \\ &= 0.510615 WL t_0 b \end{aligned}$$

The horizontal thrusts corresponding the other ratio of h/L calculated in this way, are tabulated in the Table 32.

The vertical shear at any section is simply the sum of the load on the left side of that section to the centre of the span. The values in this case, are negative and tabulated in the Table 33.

TABLE 31.

MOMENTS AT VARIOUS POINTS DUE TO DEAD WEIGHT LOAD ($m=2$)

Moment at point (Coeff. of WL^2 to b)	Ratio of height to span (h/L)							
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
C	0.031831	0.032716	0.033605	0.034485	0.035318	0.036139	0.036974	0.037782
1	0.026832	0.027724	0.028609	0.029484	0.030268	0.031151	0.031974	0.032781
2	0.011681	0.012519	0.013459	0.014339	0.015169	0.016001	0.016828	0.017638
3	-0.014071	-0.013177	-0.012297	-0.011417	-0.010576	-0.009756	-0.008928	-0.008114
4	-0.051368	-0.050475	-0.049594	-0.048680	-0.047881	-0.047054	-0.046225	-0.045418
E	-0.002134	-0.001242	-0.000360	-0.000479	-0.000647	-0.000776	-0.000939	-0.001182
B	0.051053	0.050848	0.050154	0.049738	0.049286	0.048955	0.048636	0.048690

TABLE 32.

HORIZONTAL THRUSTS AT CENTRE OF SPAN DUE TO DEAD WEIGHT LOAD ($m=2$)

h/L	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
X_c (Coeff. of WL to b)	0.510615	0.379050	0.301080	0.248697	0.211269	0.183389	0.161649	0.144273

TABLE 33.

VERTICAL SHEARS AT VARIOUS POINTS DUE TO DEAD WEIGHT LOAD

Points	C	1	2	3	4	E
Shear (Coeff. of WL to b)	0	-0.100730	-0.204515	-0.315272	-0.440320	-0.507660

VII. MOMENTS AND HORIZONTAL THRUSTS AT VARIOUS POINTS DUE TO EARTH PRESSURE BACKING BEHIND THE VERTICAL WALLS.

$$Z = \frac{-2 h^3}{(0.68838 L + 0.0625 h)} \left(\frac{W_1}{384} + \frac{W_2}{960} \right)$$

$$= - \frac{h^3}{480(0.68838 L + 0.0625 h)} \left(2.5 W_1 + W_2 \right)$$

$$X = - \frac{3}{2h} Z + 2h \left(\frac{3}{16} W_1 + \frac{1}{20} W_2 \right)$$

$$Y = 0$$

then, $M_c = M_1 = M_2 = M_3 = M_4 = M_E = Z$

$$= - \frac{h^3}{480(0.68838 L + 0.0625 h)} \left(2.5 W_1 + W_2 \right) \dots \dots \dots (30)$$

also, $Xh + Z - h^2 \left(\frac{1}{2} W_1 + \frac{1}{6} W_2 \right) + M_B = 0$

or $\left[- \frac{3}{2h} M_c + 2h \left(\frac{3}{16} W_1 + \frac{1}{20} W_2 \right) \right] h + M_c - h^2 \left(\frac{W_1}{2} + \frac{W_2}{6} \right) + M_B = 0$

or $-1.5 M_c + 2h^2 \left(\frac{3}{16} W_1 + \frac{1}{20} W_2 \right) + M_c - h^2 \left(\frac{W_1}{2} + \frac{W_2}{6} \right) + M_B = 0$

therefore, $M_B = 0.5 M_c + h^2 \left(\frac{1}{8} W_1 + \frac{1}{15} W_2 \right) \dots \dots \dots (31)$

TABLE 34.
MOMENTS AT VARIOUS POINTS DUE TO EARTH PRESURE ($m=2$)

$\frac{h}{L}$	Moment at point	
	C, 1,2,3,4, E (coeff. of $2.5 W_1 + W_2$)	B (coeff. of h^2)
0.3	-0.00088386	0.1238952 W_1 + 0.0662247 W_2
0.4	-0.00116760	0.1235410 W_1 + 0.0660828 W_2
0.5	-0.00144770	0.1231904 W_1 + 0.0659427 W_2
0.6	-0.00172200	0.1228475 W_1 + 0.0658056 W_2
0.7	-0.00198400	0.1225200 W_1 + 0.0656746 W_2
0.8	-0.00225720	0.1221785 W_1 + 0.0655380 W_2
0.9	-0.00251800	0.1218525 W_1 + 0.0654076 W_2
1	-0.00277460	0.1215320 W_1 + 0.0652796 W_2

TABLE 35.
HORIZONTAL THRUST AT THE CENTRE OF SHAN ($m=2$)

h/L	X_c (Coeff. of h)
0.3	0.3783144 W_1 + 0.1013257 W_2
0.4	0.3793770 W_1 + 0.1017514 W_2
0.5	0.3804288 W_1 + 0.1021717 W_2
0.6	0.3814575 W_1 + 0.1025830 W_2
0.7	0.3824400 W_1 + 0.1029760 W_2
0.8	0.3834645 W_1 + 0.1033858 W_2
0.9	0.3844425 W_1 + 0.1037770 W_2
1	0.3854040 W_1 + 0.1041610 W_2

VIII. MOMENTS AND HORIZONTAL THRUSTS AT VARIOUS POINTS DUE TO TEMPERATURE INCREASE.

For increase of temperature of t degrees, the value of Y , by symmetry, will be zero; and equation (3) and (10) become

$$\frac{1}{2} K I_0 C L t = \frac{h^3}{24} X + \frac{h^2}{16} Z \dots\dots\dots (32)$$

and
$$0 = \frac{h^2}{16} X + \left(0.34419 L + \frac{h}{8}\right) Z \dots\dots\dots (33)$$

Where C is the coefficient of expansion.

Multiplying equation (33) by $\frac{1}{2} h$, then subtracting the resulting equation from equation (32), we obtain

$$\frac{1}{2} X I_0 C L t = - \left(0.22946 h L + \frac{h^2}{48}\right) Z$$

therefore
$$Z = - \frac{L}{2(0.22946 h L + 0.020833 h^2)} C E I_0 t \dots\dots\dots (34)$$

From (33)
$$X = - \frac{16}{h^2} (0.34419 L + 0.125 h) Z \dots\dots\dots (35)$$

Then,
$$M_c = M_1 = M_2 = M_3 = M_4 = M_E = Z$$

$$= - \frac{L}{2(0.22946 h L + 0.020833 h^2)} C E I_0 t \dots\dots\dots (36)$$

And, $M_B = Xh + Z$

$$= -\frac{16}{h^2}(0.34419 L + 0.125 h)Zh + Z$$

$$= -\frac{16}{h}(0.34419 L + 0.125 h)Z + Z$$

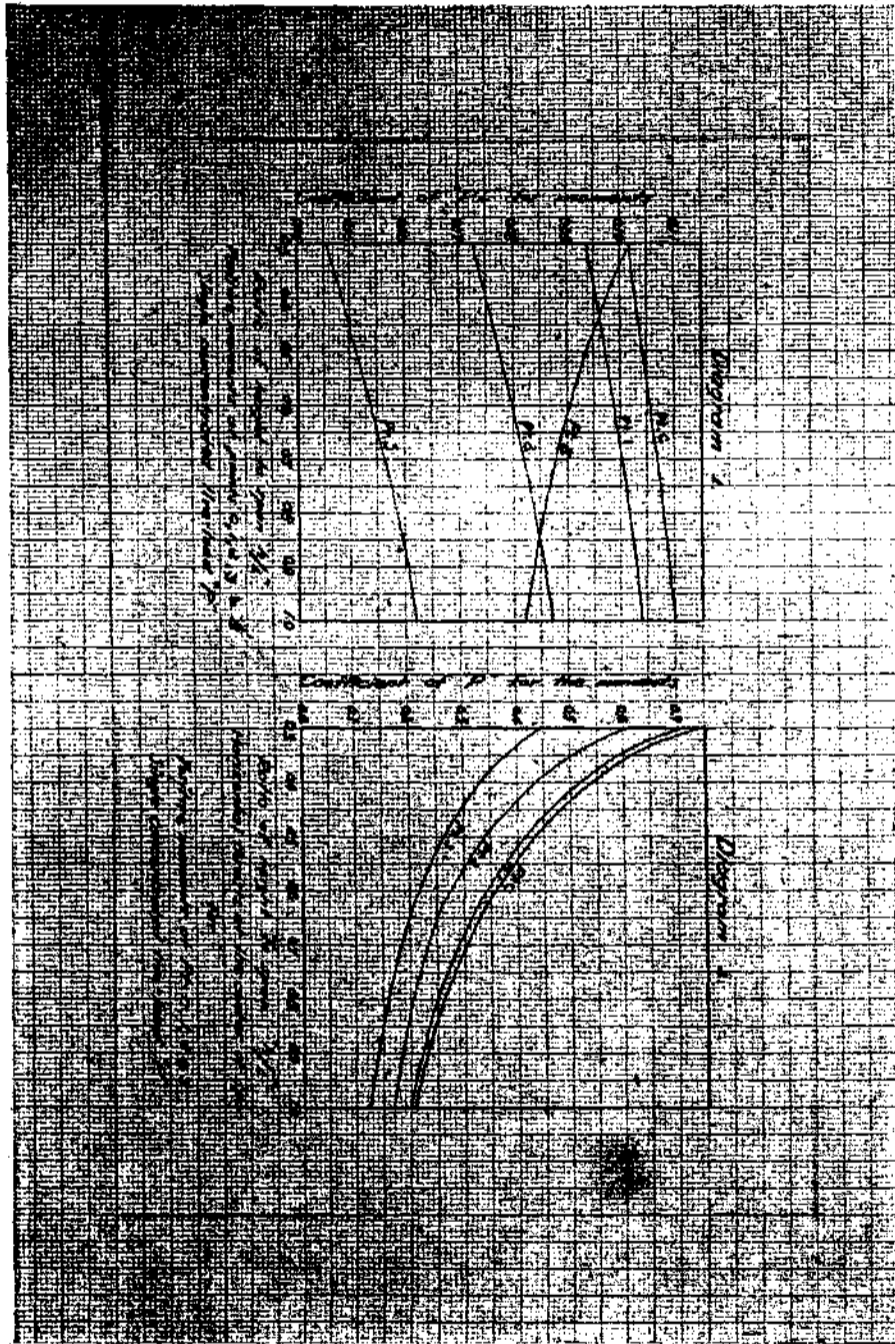
$$= \left[1 - \frac{16}{h}(0.34419 L + 0.125 h) \right] \dots\dots\dots(37)$$

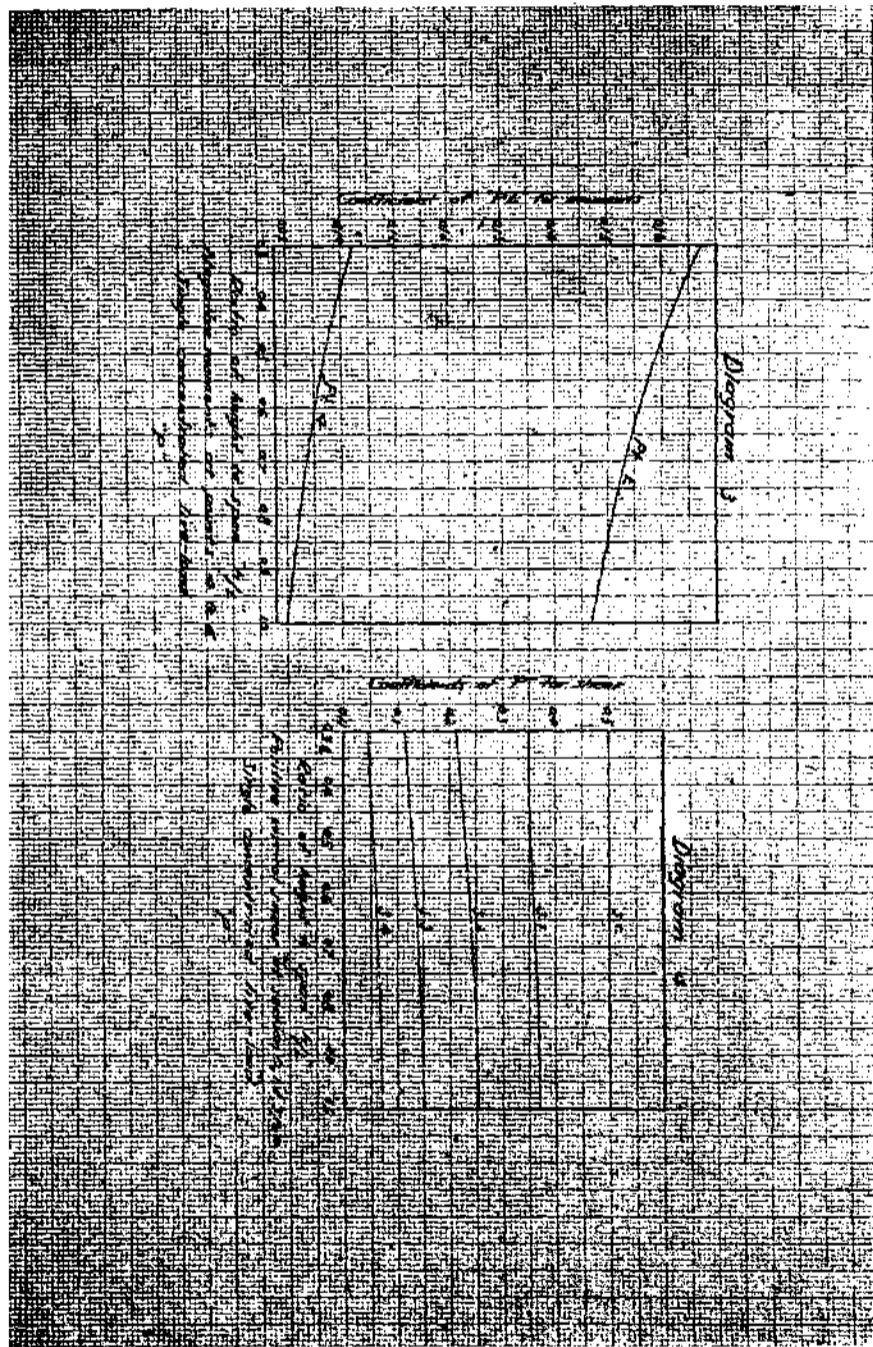
TABLE 36.
MOMENTS AT VARIOUS POINTS DUE TO TEMPERATURE INCREASE CORRESPONDING
DIFFERENT RATIO OF h/L ($m=2$)

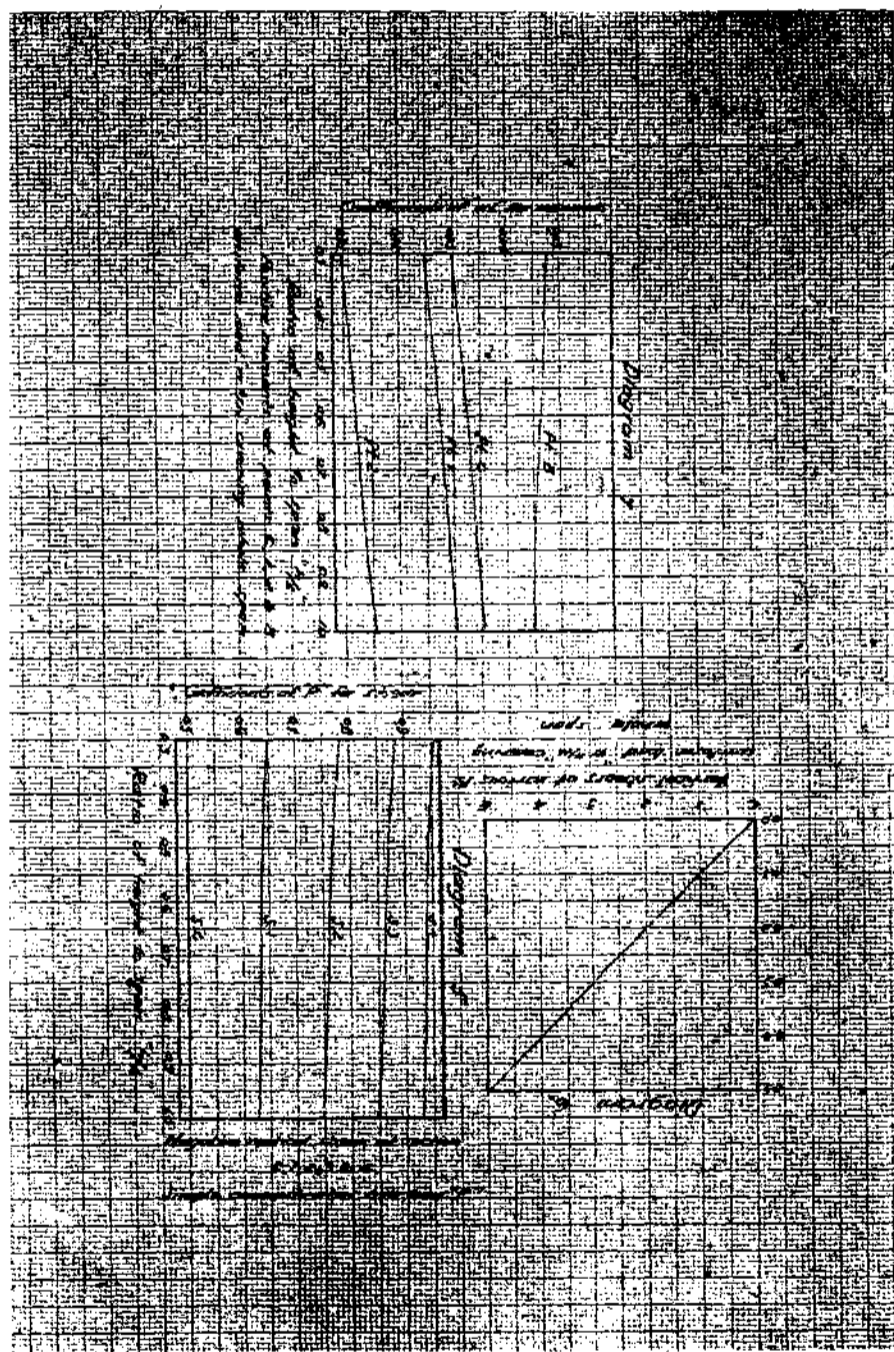
Moment at point (Coeff. of $CEI_c t/L$)	Ratio of height to span (h/L)							
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
C, 1, 2, 3, 4, E	-7.071100	-5.256800	-4.163900	-3.444100	-2.926900	-2.539300	-2.233400	-1.997700
B	136.869000	75.858000	50.086000	35.054300	25.953300	20.019800	15.899500	12.999000

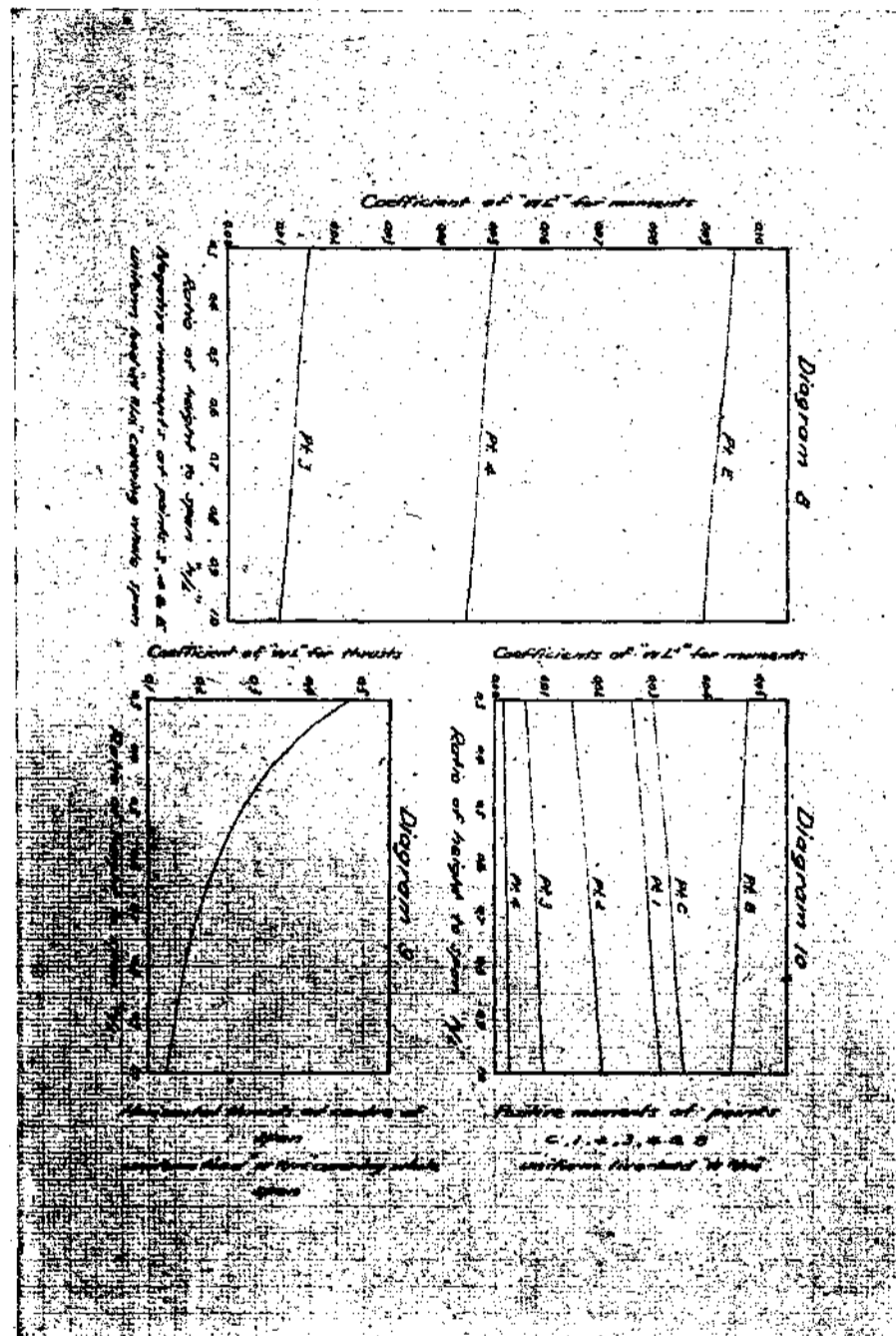
TABLE 37.
HORIZONTAL THRUSTS AT THE CENTRE OF SPAN DUE TO TEMPERATURE
INCREASE ($m=2$)

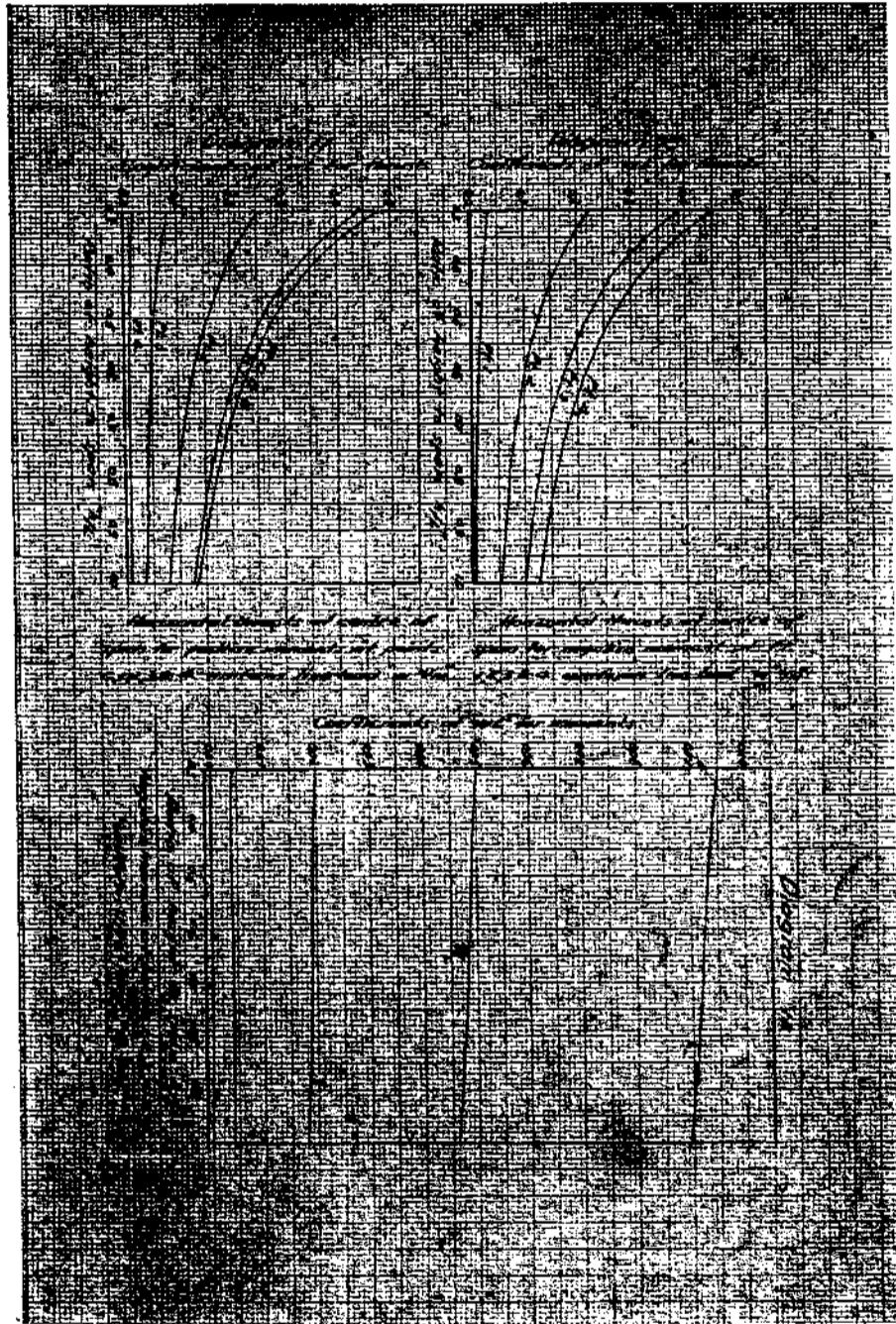
h/L	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
X_c (Coeff. of $CEI_o t/L^2$)	479,819000	267,217000	168,342000	94,164000	41,253000	28,197000	20,148000	14,886000



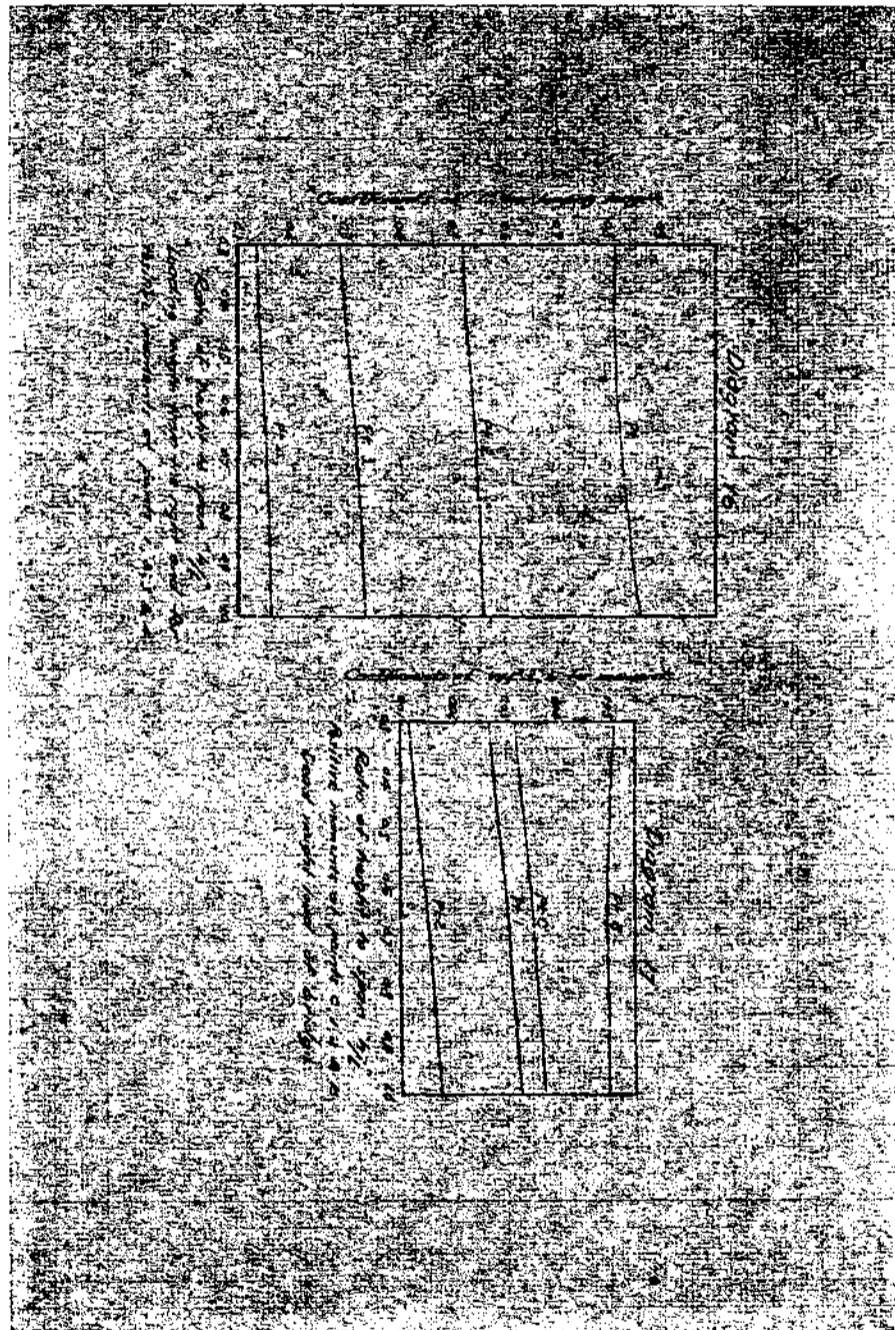


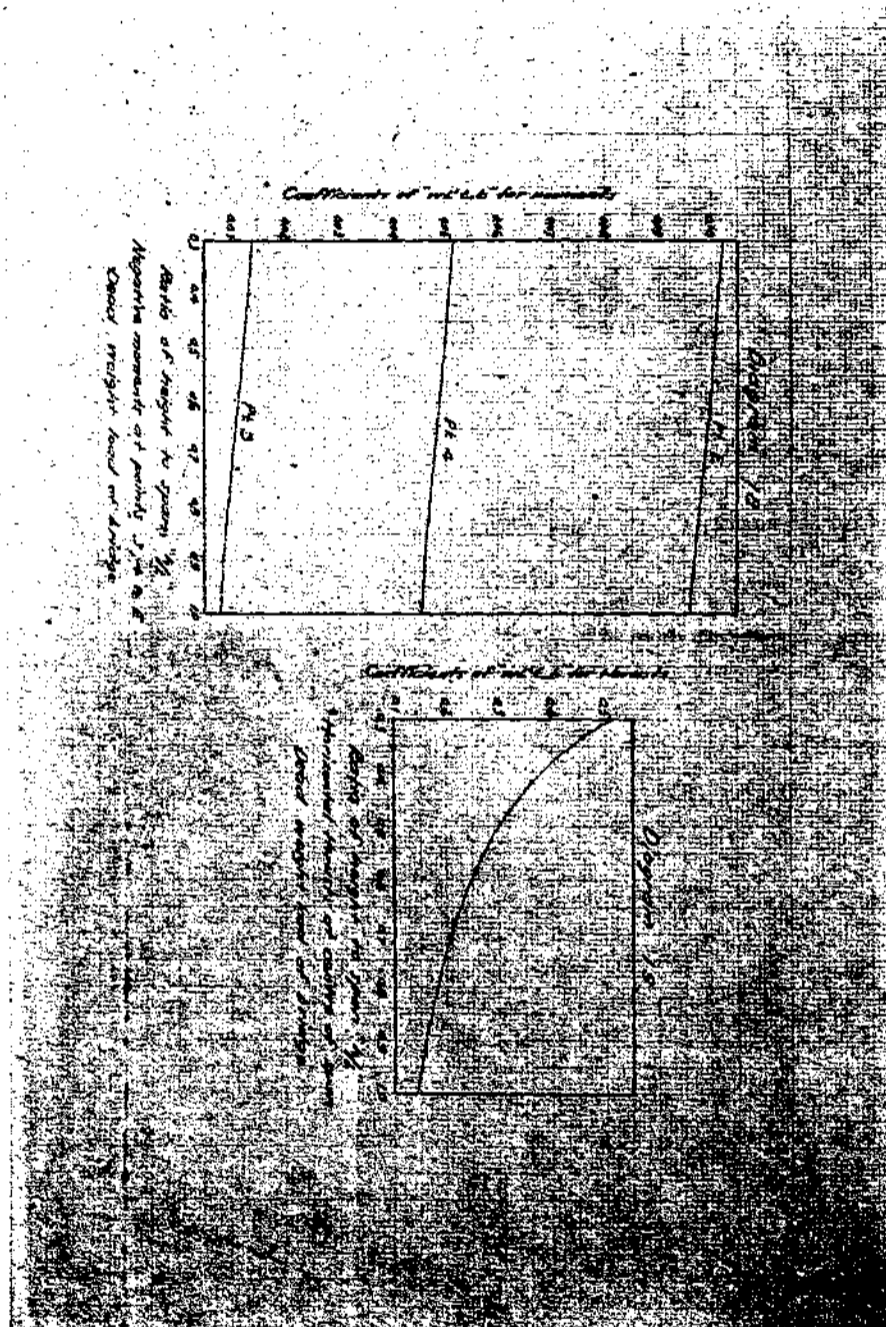


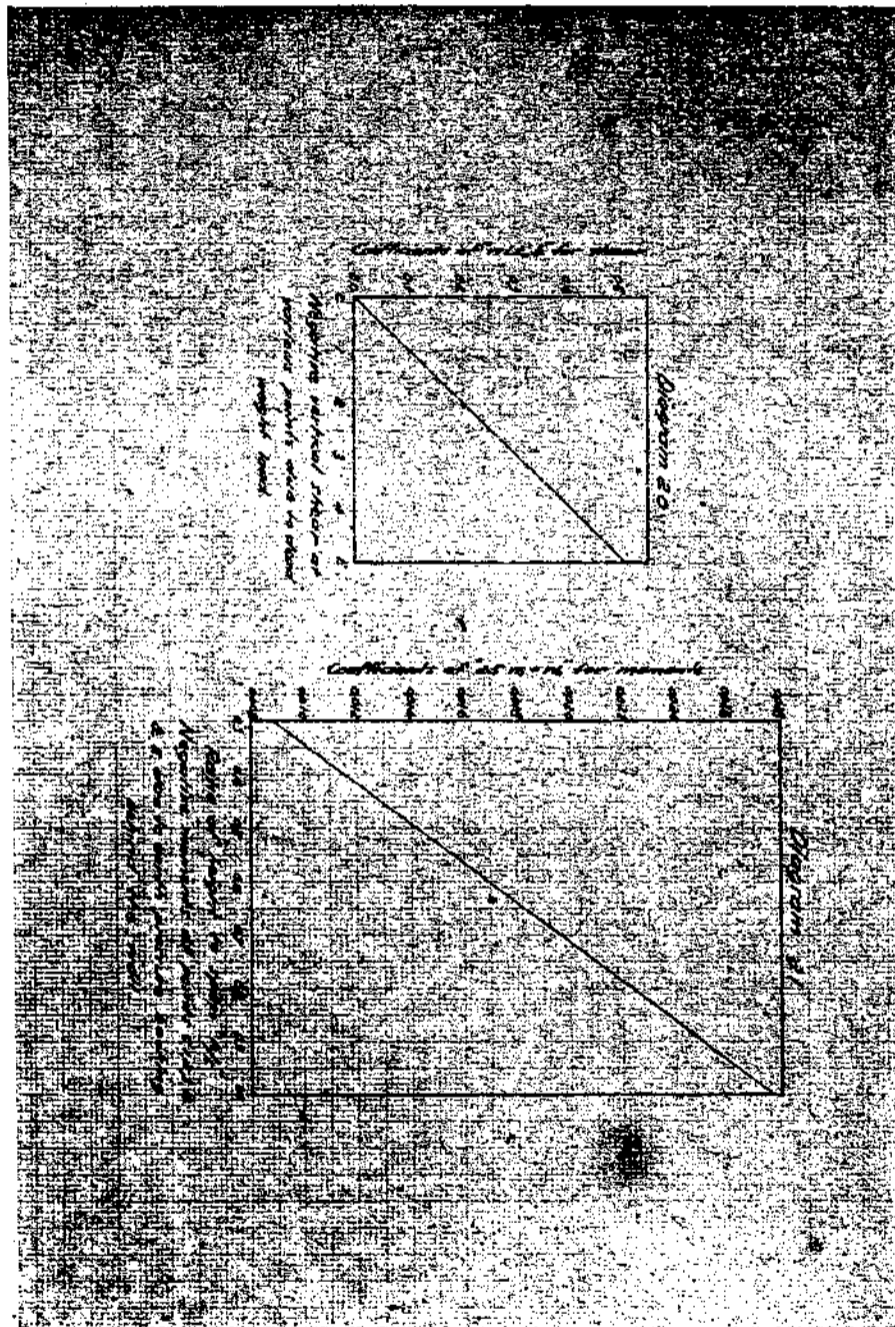


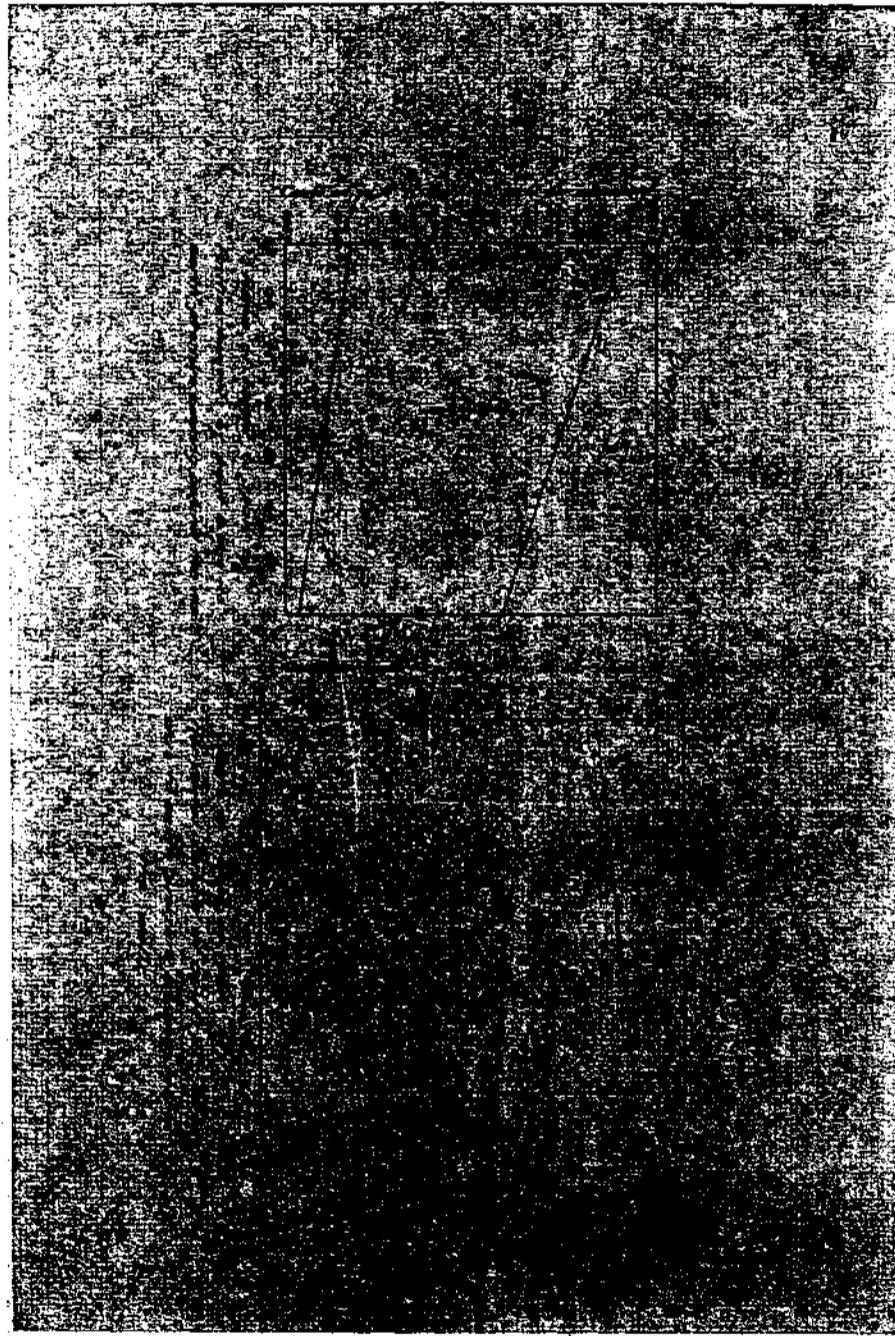


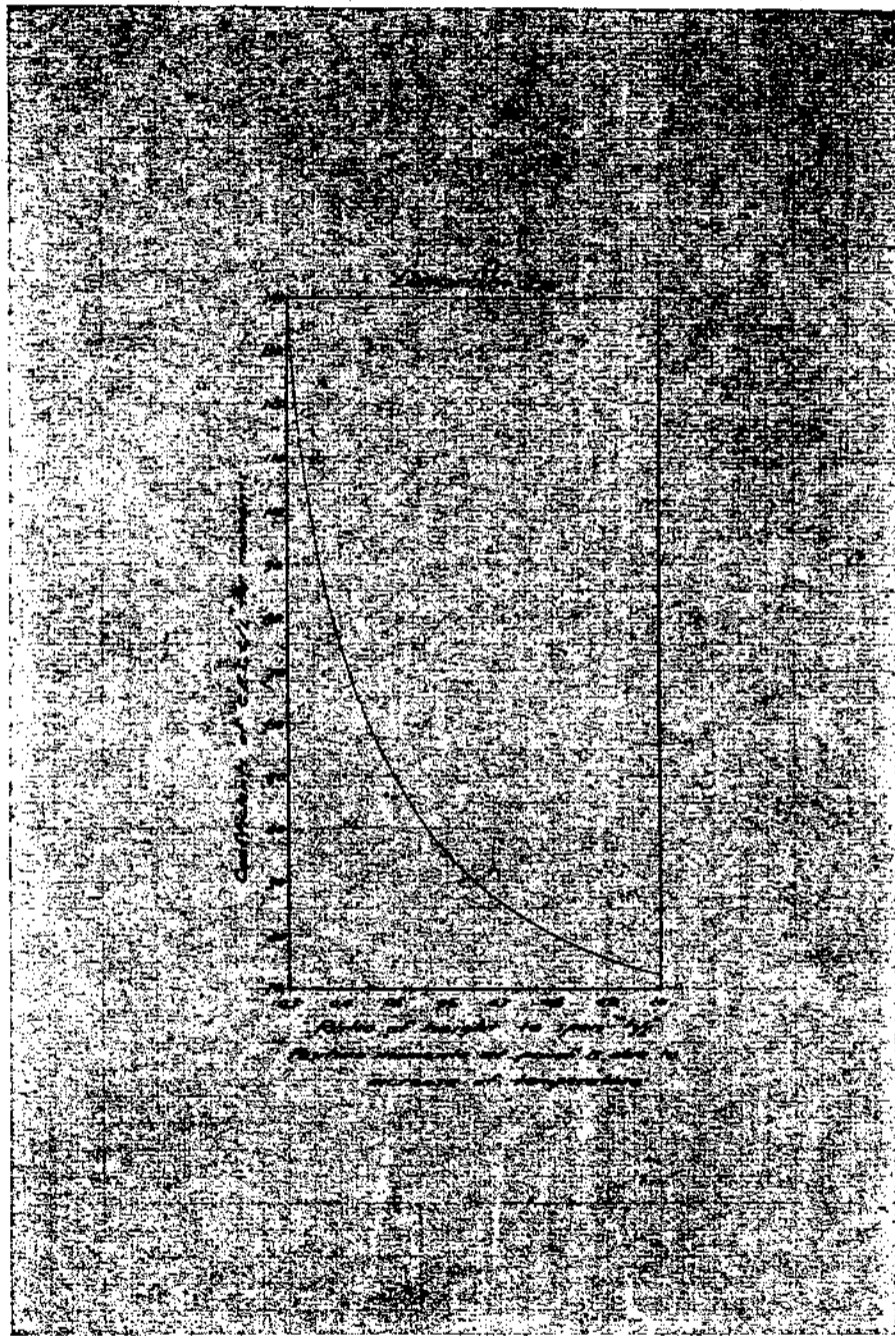


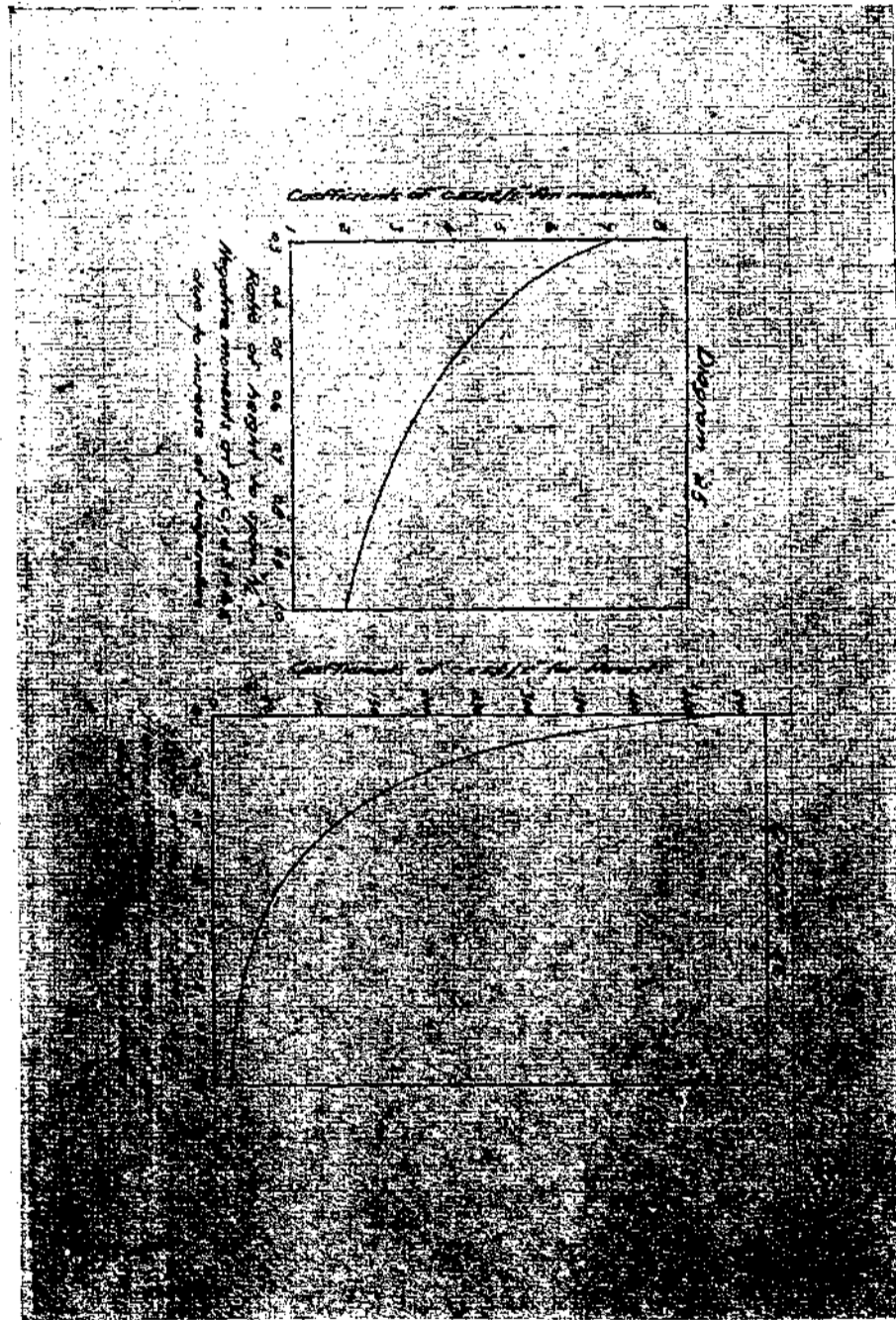












錢塘江橋工程實習紀要

(二十五年暑假)

張 溶

緒言

北岸引橋工程及橋工測量

正橋工場及鋼樑工程

正橋橋墩及打樁工程

正橋沉箱工程

南岸引橋工程

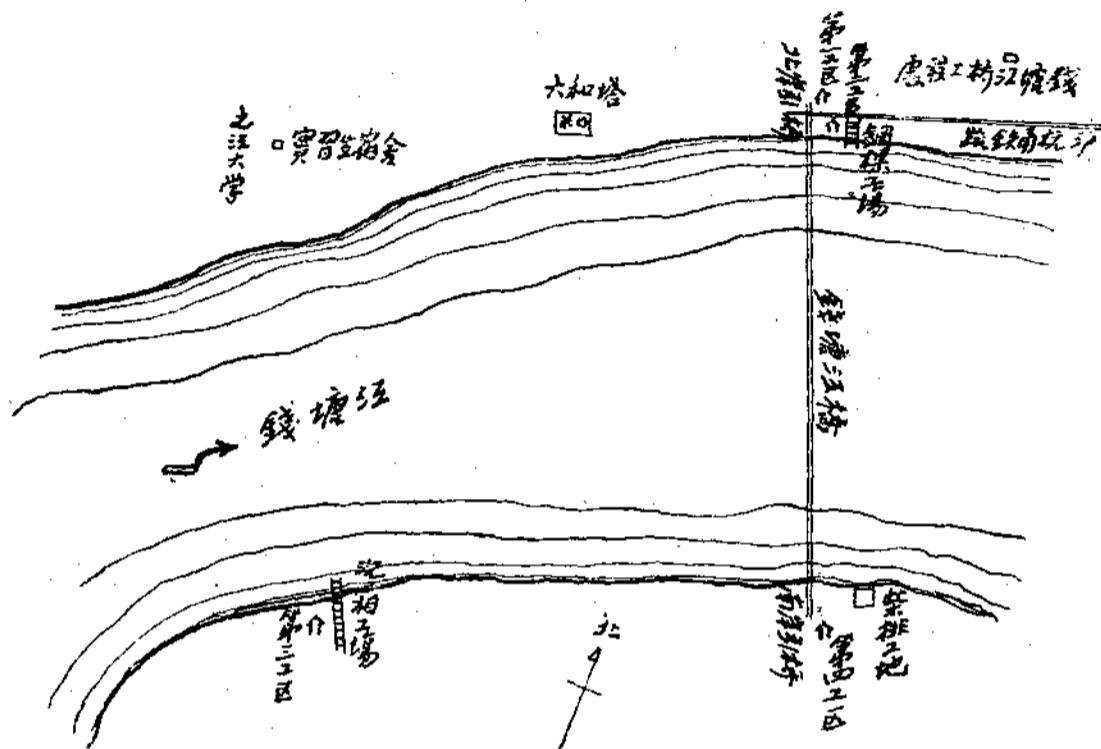
繪圖及設計

緒 言

錢塘江橋工程自二十三秋開工以來，因受完工日期的限制並歷經施工時種種當地之困難問題，原初施工計劃累經改善（參看工程九卷三、四號與十一卷六號茅以昇處長之錢塘江橋設計及籌備紀略與一年來施工之經過，羅英總工程師之錢塘江橋橋墩工程與十一卷六號中之其他各篇）至本年八月間，各部分施工方法，已逐見成效，而且各部分工作，除打樁工程與兩岸引橋基礎已經完竣外，其餘均正在工作之緊張狀態中。

為明瞭以後日記中所述各部分工作之相互關係，與全橋工程進行之狀況，謹將當時全工區佈置之情形，大概說明如下：

圖(一) 錢塘江橋工區佈置略圖



錢塘江橋各工區佈置的情形由上圖即可明瞭。圖中第一工區負責管理北岸引橋之一切工程事務。第二工區負責管理正橋橋墩與鋼樑工場。第三工區負責管理沈箱工場。第四工區負責管理南岸引橋。凡此所述，只是大致情形。其他還有許多零星工作，如水文測量，柴排(Mattress)管理，碎石，運水等等亦各向地之宜，就近管理。而所有各工區之最高統屬機關，則為錢塘江橋工程處(簡稱橋工處)設計室即在橋工處內。

第一工區

北岸引橋工程與橋工測量

指導者 李文驥 孫鹿宜

北岸引橋，長約740呎，由160呎雙樞式拱橋(Two Hinged Arch Truss)三

座,48呎45呎鋼板(Plate Girder)各一座與30呎鋼筋混凝土框架橋(Rigid Frame)四座組合而成。相連之三拱橋居中,南端經48呎鋼板與正橋相接,北端經45呎鋼板與框架橋相接。框架橋又分為二支,每支兩座各與杭富公路相連。

八月一日。鋼筋混凝土工程

今天開學之日,微雨,當時尙疑有開學典禮之舉行,迨由橋工處領了“錢塘江橋工程說明書”與鉛筆日記簿等到第一工區時,已有指導的先生在那裏講授矣。今天所講主要的事項為“鋼筋混凝土工程。”

本橋最上層之公路路面,兩引橋之框架橋與所有沉箱橋墩等都是用鋼筋混凝土築成的。

鋼筋混凝土所用的材料:水泥(Cement),砂子(Sand),碎石,水與鋼筋。多是從遠方搬運來的水泥採用我國各水泥公司出品,如啓新公司馬牌水泥,與中國水泥公司泰山牌水泥。正橋之沉箱橋墩,防禦海水侵蝕的地方採用啓新公司的特種水泥,其餘均採用馬牌水泥,引橋部分採用泰山牌水泥。砂子因當地江底流砂含細泥雜質,經試驗後知其不可應用,乃採用上游富春諸暨等地的細砂。碎石為其能承受相當之壓力而不破裂,多採用富陽饅頭山堅固之青石,大塊青石運至工地再經碎石機壓為大小不等之碎石。所用混和的水,本可就近取自錢塘江中,無奈因有潮流之故,所含鹽質太多,不適應用,不得已乃採運北岸附近虎跑山中之清水。南岸工程另外用油。鋼筋因本國沒有此項出產,不得不取自外國。本橋所用鋼筋,一部分來自德國,一部分來自波蘭。以上所用水泥,砂子,碎石,水,鋼筋等材料,都就其所用的性質,分別委托浙江大學工學院,唐山交大,上海交大,天津工

學院,上海工部局試驗室與杭州自來水廠等機關,用精密的儀器,詳加試驗,而後乃選擇採用。

拌和混凝土的方法,大部分用鼓式拌和機,用人工將適當比例的水泥,砂子,碎石,和水,傾入拌和機鼓中,拌和混凝土的攪輪經馬達發動,拌和均勻以後,再由人工用小手車運至建築好的木模型處澆灌。

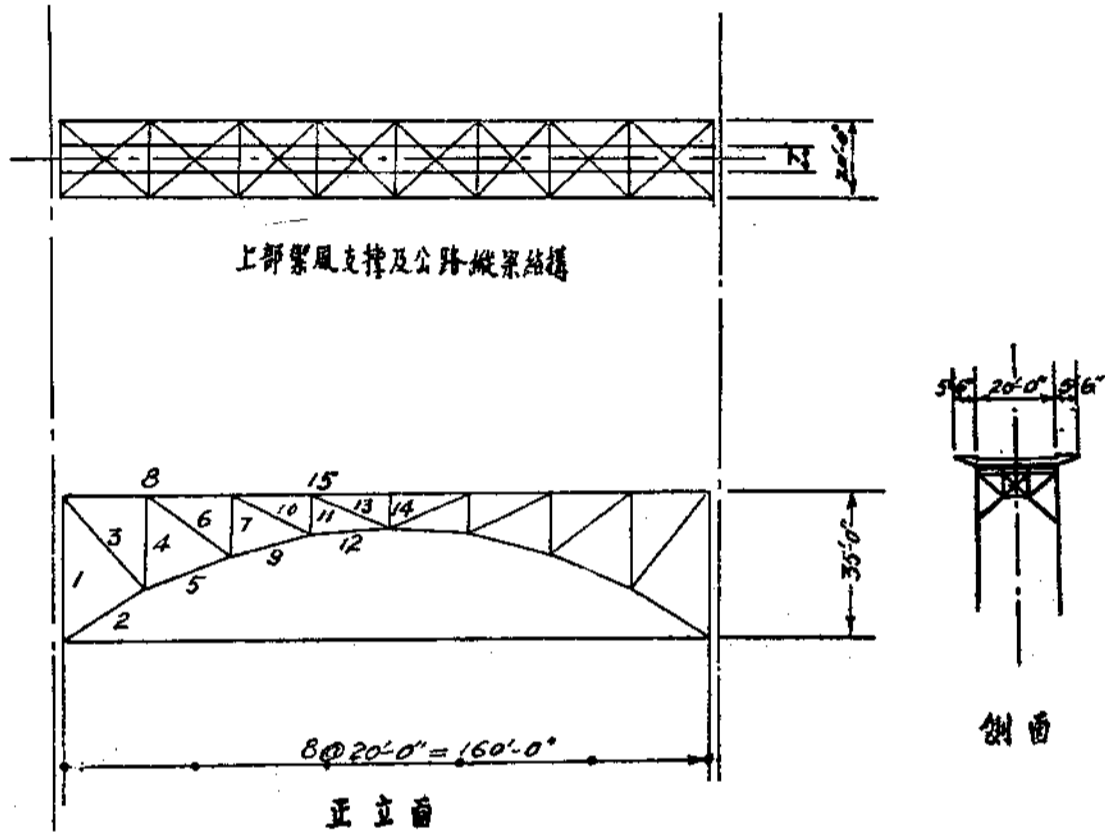
所有各種材料混合的比例,因其所在位置情形之不同而各異,其各部分混凝土混合的比例,大致如下:

全橋鋼樑下面的樑座	1:1:2
引橋的框架橋與開口沉箱箱脚	1:2:3
正橋沉箱墩牆,以及全橋路面,欄杆,護牆等	1:2:4
引橋墩牆,開口沉箱箱牆	1:2½:5
引橋橋墩底脚,氣壓沉箱開口沉箱之填築。	
正橋沉箱上填築之大塊混凝土	1:3:6
引橋基礎下填平石岩,以代壘石	1:4:8

當時北岸引橋橋墩,除靠近正橋之一座用開口沉箱剛築好尙待填築外,其餘均已築好;引橋之框架橋四座已築好,尙未飾面;上部公路路面亦已隨拱橋之安裝築起三分之二。

八月二日 拱橋的安裝 (Erection)

引橋拱樑概觀,如下第一圖所示,此拱樑爲雙樞式,因兩脚斜擠力甚大,且樑座稍下陷,即變動桁樑 (Truss) 各部分之應力;故於桁樑下部,用一長繫桿將兩樞聯繫,使全部桁樑成一整個結構,不受橋座影響,此繫桿將來引橋完工後,即埋入鐵路路基內,亦無礙外觀。



圖(二) 引橋拱樑佈置圖

安裝時主要的步驟有三：

(I) 支 (Members) 的組合

全橋各部分依照設計圖樣在工廠中作成後，必先在廠中試裝一次。惟恐所鑽鉚眼 (Rivet holes) 位置，未盡適當，故最初所鑽鉚眼均較規定者略小。迨用螺絲釘 (Bolts) 聯結架立之後，詳查各支是否在規定位置，於是註明各鉚眼所在位置之適當與否，二次將各鉚眼撞大，然後始將全橋之各支，分裝運至工地。

工地安裝時，爲免於混亂起見，每橋之各支在工廠中試裝完竣後，均分門別類，漆以分明之顏色號目，如第一孔橋者，均爲灰色，第二孔橋者均爲藍色等，每一橋中的前後二桁梁，再加以字母表明，每一樑上的各支，又按照次序，註明號頭，此等顏色，字母，號頭都漆在每一支靠近兩端處，以便工人取運時，易於檢別，此外還有一張註明次序的圖樣，隨着鋼樑運來，放在工地安裝時，先按照圖樣所示，查明所需要的各支，然後從貨堆中依次取出，放置安裝橋樑的地方，勿使混亂。

北岸引橋拱樑，因在陸地上安裝，便利用高搭的鷹架，一支一支拼鑲，最初先將查明各支，由高搭鷹架，支撐至適當的高度，並用螺絲釘鑲連各支拼成一整個桁梁的形式，如各支位置高度有不妥處，仍可活動螺絲釘，以便糾正。

調整鷹架所支撐的位置，搭架時各支安裝均依照圖（二）中數字的次序，惟樑座(Pedestal)須先經測量，將其位置放好，然後各支的安裝即從此開始，第8與第15均等於兩支的長度(40')，因小於60'，故可作爲一節，安裝時即一次放上，當前一桁樑之八支安裝完竣後，則安裝對應平排另一桁樑上之八支，接着安裝二樑中間的禦風支撐等，此後始再依同樣方法由第9支裝至第15支，至此桁樑的一半已安裝完竣，其他一半亦依上法由他端開始，裝至中心處，兩半連接，則全橋之初步安裝竣事。

(I)測量橋形

拱樑下面各支，結連成彎曲形，上面各支的結連，亦微向上曲(Camber)以抵償載重時的陷度，若安裝時之彎曲形狀不與原初設計時所依據之形狀相合，則拱樑中各支所有的應力，即發生變化，爲免除此種現象，故拱樑初步安裝完畢以後，必用測量儀器校準各支。

的位置高度。如有不合，則活動螺絲釘，調整鷹架，以調整各支位置，使之正確。

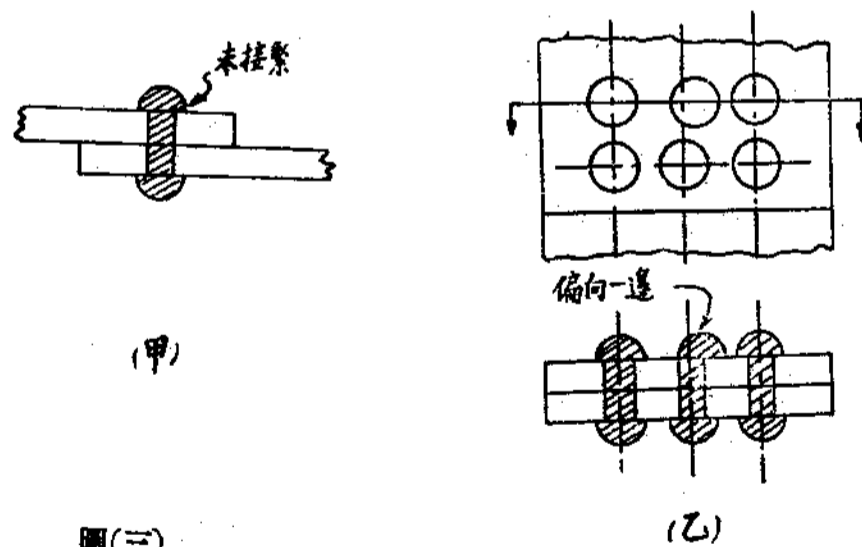
(III) 鉚合

全橋鋼樑，經鉚釘鉚合，則完全固定。迨上述手續完畢，即開始打鉚釘，此時整個拱樑，完全由鷹架所支撐，安放在適當的位置，抽去螺絲釘，改打鉚釘，鉚釘從任何處打起，俱無關係。

鉚釘結合，不但鉚釘本身吃力，因鉚釘緊結各板面間亦發生很大的磨擦阻力。所有鉚釘結合堅實與否，與全橋安全有很大的關係。故鉚釘打過之後，當須個個檢查，看其是否堅實。檢查的方法主要的有下列三種：

(一) 鉚釘頭的下面，必須與所緊結的平面密接。若有如第三圖(甲)中情形，即須令工人鏟去另鉚。

(二) 若一排鉚釘，不在一直線上，即位置不合者，亦將其不合之鉚釘，鏟去另鉚，[如圖(三)(乙)]。



圖(三)

(三)若經檢查以後,無上述二種弊端,再將個個打好之鉚釘,用錘頭敲之,以錘頭敲鉚釘頭之一邊,同時手指捫住他邊之鐵板,如一邊錘頭敲打而他邊手指不感覺振動者,則此鉚釘為確實緊固,(實地敲打時,緊與不緊,一敲即可銳敏查出),反之則仍須錘去另鉚。檢查鉚釘所用之錘頭,一端為球形,他端為尖形。如遇不緊之鉚釘,即將該鉚釘頭上用錘頭尖端,敲一深疤痕,以示鑑別。橋工處怕工人舞弊,另印各種支節接頭處之鉚釘圖樣。凡第一次實地檢查遇有接合不堅固者,即於該圖樣中之相對鉚釘上,註示符號,以便二次詳細個別檢查,是否有誤。

八月三日 水文測量

橋工處測量錢塘江水文,除洪水暴漲時期外,每月朔望各測一次,每次由上午六時至下午七時。主要的目的,就是要測出當時江流與潮水互相影響,江中水位,流量等變化的情形如何?

因為水文測量要作一整天,同時又為每組實習同學們都有機會去作,於是又把每組分為二小組。一小組由上午六時負責測至下午一時,另一小組由下午一時接續測至晚間七時。適遇這天終日落雨,因為我的工作分派在下午,所以上半天就沒有出去。午後,手持雨傘,趕到工區去,經一位指導員引我渡到江中間停泊着的一隻蓬船上去。在那裏一個測夫和我,便開始了水文測量的工作。

此處測量流量所用的方法,是斷面流速法。就是在橫截江面的一直線上,停泊了三隻小船,各船的位置,是預先測定的。每隻船上有一位測量員(就是實習生)與一位測夫。用麻繩所繫的鉛錘,探出水底的深度(也就是當時當地水位的高度)。由流速計(current meter)測出0.6倍水深處水流速度。三隻船上又各有一時間對正的錶,於是在同

一時間，三隻船上測出各點的水深與流速，由江寬與水深可以求出江流橫斷面積中各部分的面積，面積乘流速，便得流量。水深與流速每十五分鐘測量一次，每次記錄表中所要記載的事項：時間，深度，0.6倍深度，流速計中水輪的轉數，與其所經過的時間，由後二者可以在該流速計的 Rating table 上查出當時水流速度，流量一項待將來計算後再填註。

所幸和我合作的這位測夫，是從浙江水利局找來的，他對於擲鉛錘，用流速計的技術，久已純熟，有時他用鉛錘探知了水深以後，便試着計算0.6倍水深處的深度，以便放流速計入水。（0.6倍水深處的流速，大概等於該處斷面上的平均流速。）不過每次我都要計算後告知他，以免疏誤。每次開始的時候，他就提醒我，“時間到了！”於是他就擲鉛錘，放流速計，我就計時間，聽流速計中水輪的轉數（利用電流的連接）最後把所測得數值，一一記錄在表上。按當天下午一時至三時半，潮水漸漲，江流漸緩，以至完全停流。水位亦隨之漸次漲高。四時以後，潮勢漸次退落，六時後江流始漸復原狀。其潮水升高水位程度約及一公尺。晚七時許，我們工作停止，又乘一葉輕舟，細雨濛濛中渡過江來。

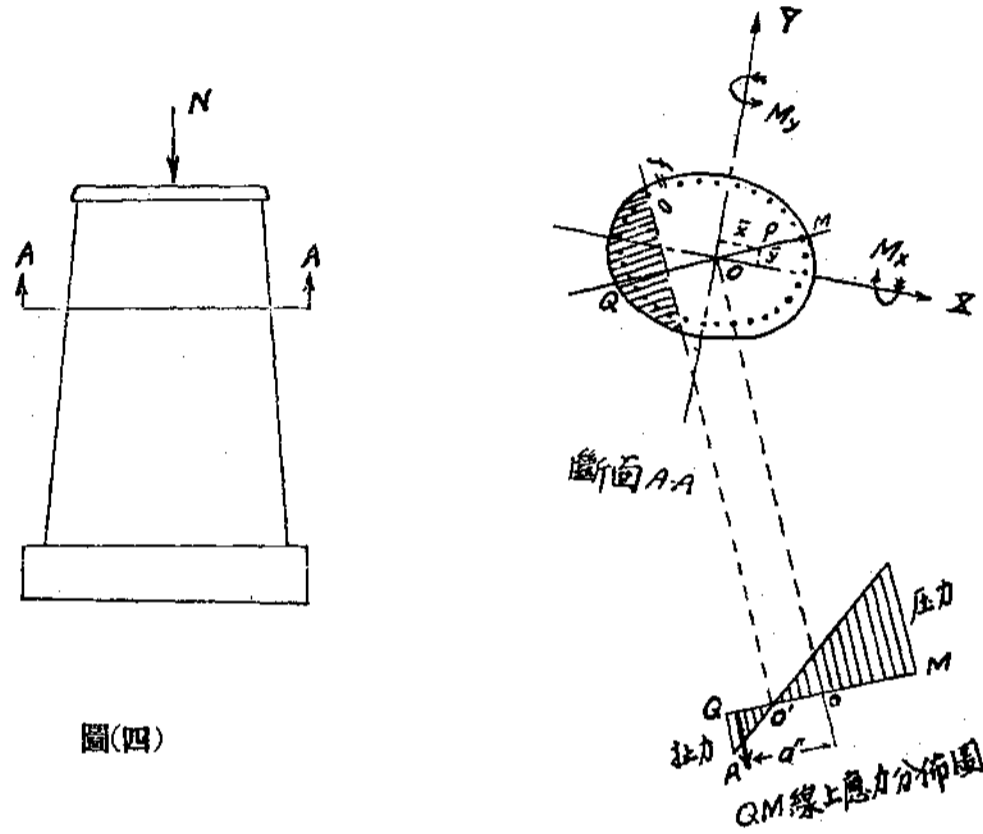
八月四日 引橋基礎之設計

北岸引橋共有橋墩十座，其中有兩座用開口沉箱法，下沉至石層上，有六座靠近北端山麓，石層離地面不很深，即用普通挖土方法，挖開土質，建築橋墩於石層上。此外有橋墩兩座，建基於五十呎與九十呎長之基樁上。

橋墩設計之原理

橋墩甚高，設計時，截橋墩成若干斷層，而逐層計算其斷面上各

點所受之應力 (Stress), 與其需要鋼筋的多寡。如下圖(四)之橋墩, 取其任一斷面 A-A.



圖(四)

概括起來, 施於該斷面上的外力, 不外垂直壓力 (Normal Pressure) N , 與撓率 (Moment) M_x, M_y . 此等外力的發生, 都是由於上部橋樑的重量, 橋墩頂部本身的重量, 與鐵路, 公路上行車行人的活載重, 風力, 水力等. 取座標軸的原點為 O , X 軸, Y 軸亦各向右向上. 則由公式

$$\bar{X} = -\frac{M_y}{N}$$

$$\bar{y} = \frac{M_x}{N}$$

得偏心距 (Eccentricities) 之交點 P, 連接 PO 直線, 交斷面之外圍於 M, Q 兩點, M 一點爲此斷面最大壓力處, Q 爲最小壓力處, 有時爲最大扯力處, 但洋灰不宜於受扯力, 於是就得加築鋼筋, 以補救其缺點。計算需要鋼筋的多寡, 其法如下: 斷面上任一點 (x, y,) 因垂直壓力 N, 與撓率 M_x, M_y 所發生的應力, 爲

$$f = \frac{N}{A} \pm \frac{M_x y}{I_x} \pm \frac{M_y x}{I_y}$$

A 爲總面積, 以平方吋計; I_x, I_y 爲該斷面就 X 軸與 y 軸的惰率 (Moment of Inertia), 以吋⁴計; N 的單位是磅, M_x, M_y 的單位是吋磅, x, y 的單位是吋; 於是求得的 f 爲每平方吋若干磅。

因 $M_x = N \bar{x} \quad M_y = N \bar{y}$

設 $I_x = A k_x^2 \quad I_y = A k_y^2$

則 $f = \frac{N}{A} \left(1 \pm \frac{y \bar{y}}{k_x^2} \pm \frac{x \bar{x}}{k_y^2} \right)$

正負號取決於 M_x 與 M_y 的正負, 由上式可知 f 之值爲零之各點, 均在

$$\left(1 \pm \frac{y \bar{y}}{k_x^2} \pm \frac{x \bar{x}}{k_y^2} \right) = 0 \text{ 之一直線上。 (即圖(四)中 } f = 0 \text{ 之直線)。}$$

在此直線上邊, f 之值爲正者, 表示該處所發生的應力爲壓力, 其他一邊, f 之值爲負者, 爲扯力。(有時 $f = 0$ 之一直線落在斷面的外面, 亦即斷面上任何處沒有扯力發生)。若直線 M Q 上的應力用圖線來表示, 則如圖(四)中右下角所示之附圖, 其變化率爲一等量變化之直線形, 且就 M Q 線單位寬度的狹長面積上來說, 設鋼筋距中心 O 之距離爲 a 吋, 扯力三角形 Q O' R 對 O 點所發所生的撓率爲 M_a , 則距離中心爲 a 吋處所需要之鋼筋爲

$$A_s = \frac{M_s}{16,000 a}$$

A_s 爲鋼筋斷面積, 16,000 磅/吋² 爲鋼之許可拉力, 由每條鋼筋斷面的大小, 需要鋼筋數量的多寡, 就可以算出。

以上所述, 乃假設橋墩受某一定方向之外力, 若就另一方向之外力來說, 則各處所發生的應力亦改變, 其最大壓力與最大扯力之一直線 MQ 亦循中心軸 C 點旋轉, 若將所有各方向的外力, 都順次加以計算, 而求出各點所能發生扯力的大小, 與其需要鋼筋的多寡, 則全斷面鋼筋之分佈, 即可求出。

實心橋墩, 其設計法如此, 空心橋墩其設計法亦如此, 依此同一方法可以計算各斷面上所需要的鋼筋。

樁托基礎 (Pile Foundation)

樁托基礎之設計, 其承受壓力之計算, 與上節所述者完全相同, 惟基樁絕不受扯力, 其需要基樁之數量與分佈的情況, 以每根基樁之承壓力而決定之。

八月五日

本日無甚主要的工作可記, 因爲本工區實習事情爲北岸引橋與橋工測量, 於是把八月八日李文驥工程司所講的「橋工測量」記出, 權作本工區內實習的一點材料。

「橋工測量」

(以下係依照講演次序, 擇要略述)

(I) 選定橋址, 須要注意事項:

1. 選擇河道狹隘的地方 (Narrow channel).
2. 河床要固定 (Permanence of channel). 河流改道之地, 固不可用。

即河床形狀易於變遷處,如沙灘土岸之沖蝕等情,亦必力求避免。

3.河道舒直 (Straight course). 河床易於保護,舟行亦很順利,

4.河床斷面之深度比較均一 (Depth rather uniform) 依照橋工經濟原理,河床深度均等者,則各橋樑之跨度 (span) 宜採用等長,合乎美觀。

5.避免阻礙物 (Free from obstacles)

6.橫越河道之橋樑,宜與河道垂直 (Possibility of Crossing at right angles)

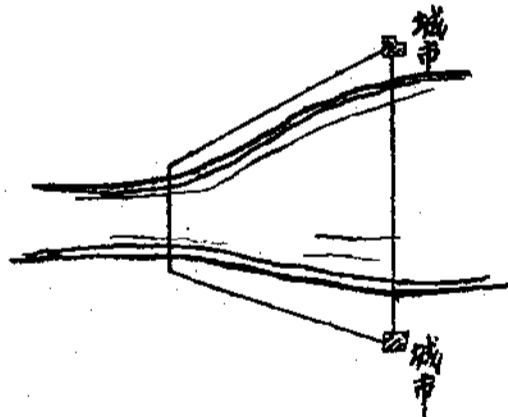
7.橋址兩岸地勢,須有相當高度 (Rather high bank both sides)

(A)可以減少引橋工程(approaches)

(B)易於行舟。

(C)避免鐵路坡度的凹陷。

8.經濟情形 (Economic Conditions). 如遇有下圖所示之形勢,則當詳細比較其工程用費,擇其最經濟者採用之。



(II)實施測量時應注意之事項:

1.測繪橋址附近之平面圖,並作橫越河道之側面圖 (Profile)

2.注意最高水位與最低水位,定標準測點,立水位標誌,全年

各季節水位漲落情況,亦必注意。

3. 水文情況 (Hydraulic Conditions), 即如流量, 流速, 泥沙含量等, 關係橋墩設計, 頗為重要。

4. 地質情況 (Geological Conditions), 橋址選定之後, 先將河底地質, 作一大概的鑽探, 由此繪一河床地質之橫剖面圖, 橋墩設計於是開始, 迨橋墩設計完竣後, 又必於每一橋墩所在位置, 再個別鑽探, 然此猶未能得圓滿結果, 即如本橋之第六號橋墩, 當沉至設計之深度時, 即發生有一部分在石層上, 一部分在軟泥中之現象, 故詳細鑽探, 當須於橋墩底部之四角與中心共五點, 各加鑽探始可。

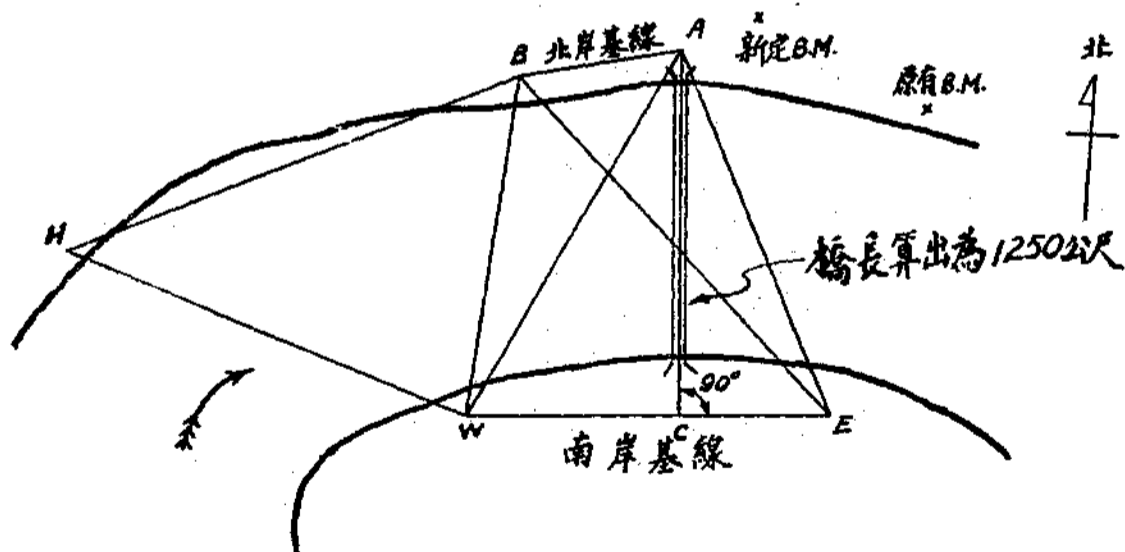
5. 航運情況 (Navigation Conditions)

6. 附近現有之鐵路與公路 (Existing railway & highway lines)

7. 距離濟經市鎮之遠近 (Distances from towns & economic conditions)

8. 擬定建築之橋樑地形略圖。(Proposed bridge layout)

圖(五) 錢塘江橋橋址大三角網草圖。



施工之初,有許多地方,都得經過測量,確定位置後,始可開始工作。打樁測量,沉箱就位測量等,即其實例。工作完竣之後,又須測量,校正其位置高度等,是否正確。

本橋測量之大概情形,先依兩岸作大三角測量,然後由 B. M. 測出兩岸橋頭之高度。(錢塘江橋橋址大三角網如上圖五)

第二工區(I)

正橋鋼樑及鋼樑工場

指導者 梅賜春

八月六日 計算鋼樑重量

此橋原用炭鋼(Mildsteel)設計,後由道門朗公司介紹,改用鏡鋼(Chromador steel).蓋以鏡鋼的許可應力較炭鋼增大50%,即24,000#/方吋,而單位價值只增加20%。惟禦風支撐各支(Portal & sway Bracings)其斷面受規範限制絕不能減小者,則仍用炭鋼。鏡鋼作成之各支,連接時所用之鉚釘,亦為鏡鋼。至禦風支撐等,因其所受的應力很小,與鏡鋼之主樑相連接時,則用炭鋼鉚釘。

計算鋼樑重量的目的有二:一是檢查作成的鋼樑,其重量是否與設計中所計算樑的死載重相符合。若其重量超過2%或減少2%以上,則此橋樑中各支所受應力即與原設計者相差太遠,此作成的橋樑,即不可用。二是計算重量,以便付價,如算出重量超過設計中需要的重量,則按照原設計中需要的重量付給鋼價,如算出重量小於設計中需要的重量,則按照算出的重量付給鋼價。所謂超出與不足者,皆不能出乎上述2%之限度。

茲謹以中間橫樑(intermediate floor beam)為例,計算其重量。

工廠鉚合之鉚釘每百個鉚釘頭的重量=22.5磅

鉚眼直徑 $= \frac{15''}{16}$
 計算中間橫樑的重量(參看下面圖六)

項目	斷面	長度	單位重量	減眼去重鉚量	每重節量	數目	總重量
近頭支撐角 End stiff. \angle S.	$4'' \times 3\frac{1}{2}'' \times \frac{3}{8}''$	4.9375'	11.9#	1.67#	57.09#	4	228.36
中間支撐角 Ind stiff. \angle S.	$4 \times 3 \times \frac{3}{8}$	5.042'	8.5		42.86	4	171.44
聯接角 Gusset \angle S.	$6 \times 4 \times \frac{1}{2}$	1.042'	16.2		16.98	4	67.92
弦角 Chord \angle S.	$5 \times 3\frac{1}{2} \times \frac{5}{8}$	18.563'	16.8	0.64	311.20	4	344.5
腰板 Web Pl.	$60 \times \frac{3}{8}$	18.563'	76.5	2.03	1417.94	1	1417.97
墊板 Fills	$6 \times \frac{3}{8}$	4.416'	12.75		56.05	4	224.2
墊板 Fills	$10 \times \frac{3}{8}$	3.542'	21.25	3.39	71.86	4	287.44
鉚釘頭 Rivet heads						329	88.23
							3730.56#

八月七日 計算鉚釘長度與其重量。

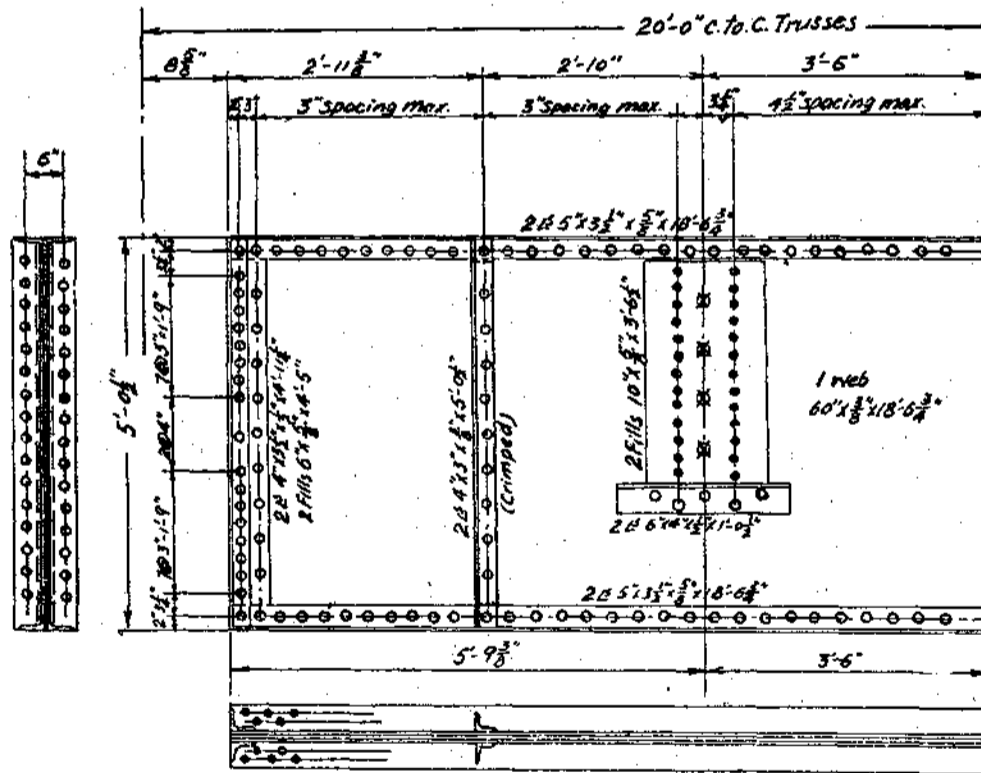
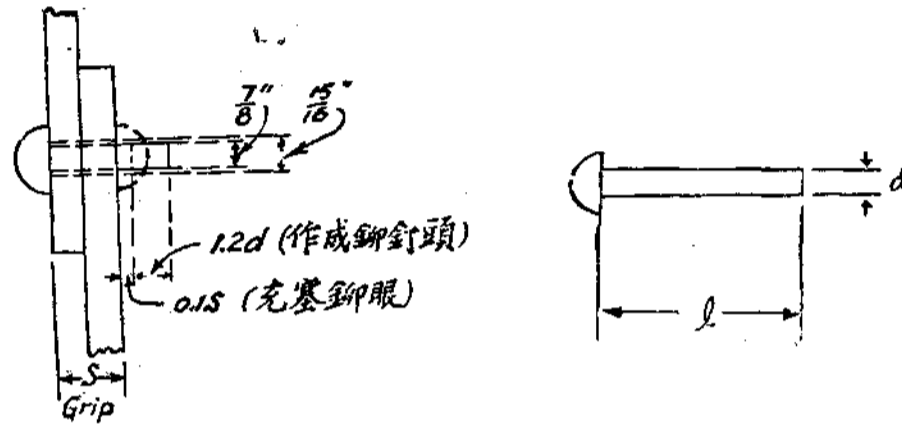
工廠中作好的桁樑各支,運至工地後,再用聯接板(Gusset plates)與鉚釘來連接。故工地裏所用鉚釘的長短如何,必須預先算好,命工廠去做。爲付給料價,其重量亦必計算。茲以正橋桁樑一端的接頭(End joint)爲例,計算鉚釘所需要的長度與其重量。

聯接板爲方便起見,有時與連接各支之一,在廠中即連爲一體,今所示之一端接頭上的聯接板過大,若與任一支連接則運輸不便,故仍零散運來後,在工地連接。

一般橋樑上所用的鉚釘,直徑均爲 $\frac{7''}{8}$, 爲便於插入,鐵板上的鉚

眼均製成 $\frac{15''}{16}$ 直徑。其需要鉚釘長度，由下式即可明瞭：

$$l = S + \frac{1}{10}S + 1.2d$$



圖(六) 中間橫樑 (Intermediate Floor Beam).

至每種鉚釘所需要的數量,普通爲防備打壞,於是於每種需要數目之外,加多百分之15,遇有鉚釘數目本來很少者,百分之15,尤恐不足,故再加多10個,因此所需要鉚釘的數目,爲

$$N=n(\text{算出適當數目})+0.15n+10$$

計算一端結頭所需要鉚釘的長度及其重量

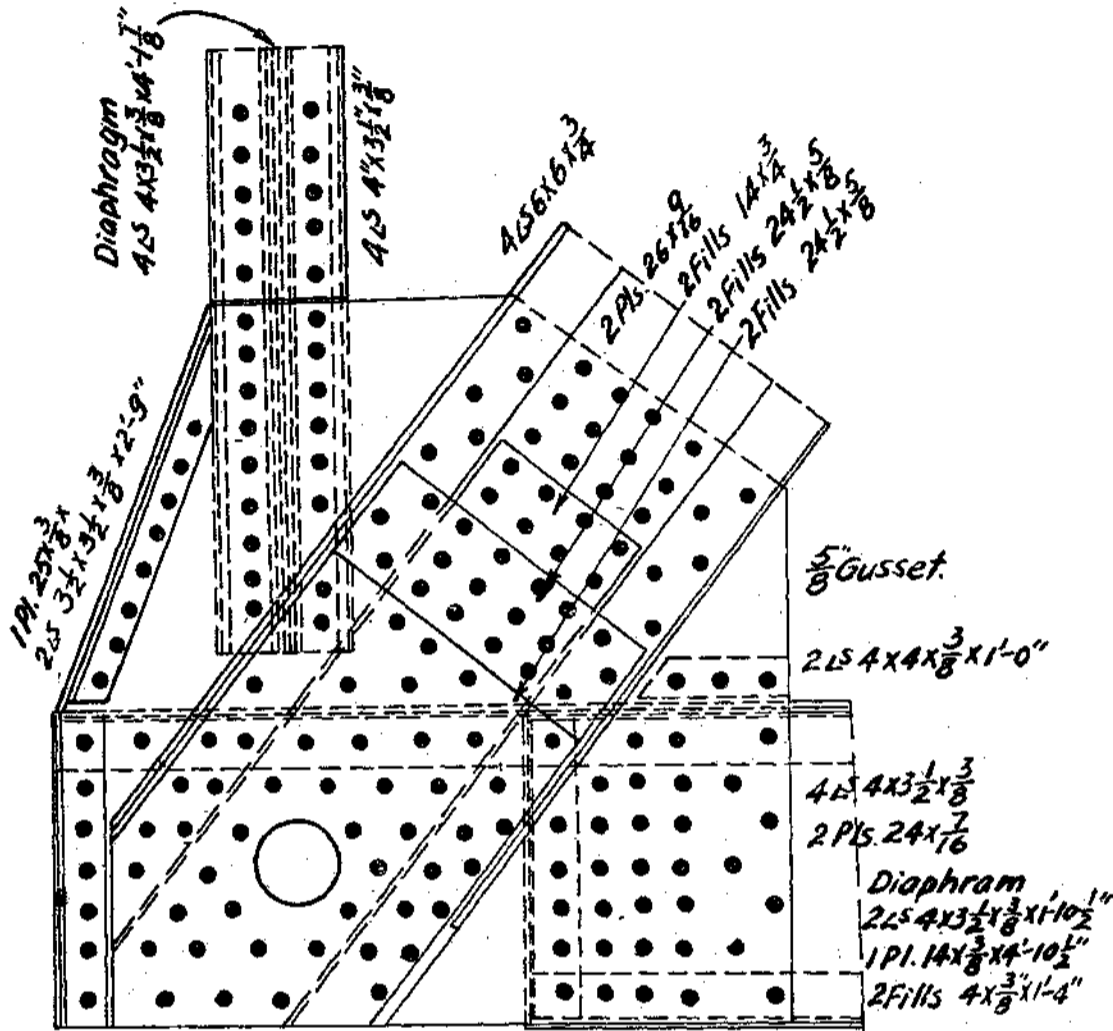
(以下計算謹就一端接頭之一面,參看圖七)

S	n. 算出適當的 鉚釘數目	N. 需要之鉚 釘數目	l	Nl
1"	17	30	2.15"	64.5"
1.0625	20	33	2.25	74.25
1.1875	12	24	2.356	56.54
1.375	15	27	2.56	69.12
1.4375	8	19	2.63	49.97
1.8125	6	17	3.05	51.85
1.9475	18	31	3.18	98.58
2.5625	18	31	3.87	119.97
3.1875	40	56	4.61	258.16
3.9375	2	12	5.38	64.56
4.000	6	17	5.45	75.65
4.375	1	11	5.86	64.46
		308		1047.61

$$\text{鉚釘頭的重量} = 3.08 \times 225 = 69.3\#$$

$$\text{鉚釘幹的重量} = 1047.6 \times 2.044 \times \frac{1}{12} = 178.5$$

$$\text{總重量} = 69.3 + 178.5 = 247.8$$



圖(七) 一端接頭 (End Joint Lo & Lb.)

八月八日 鋼樑工場之設計

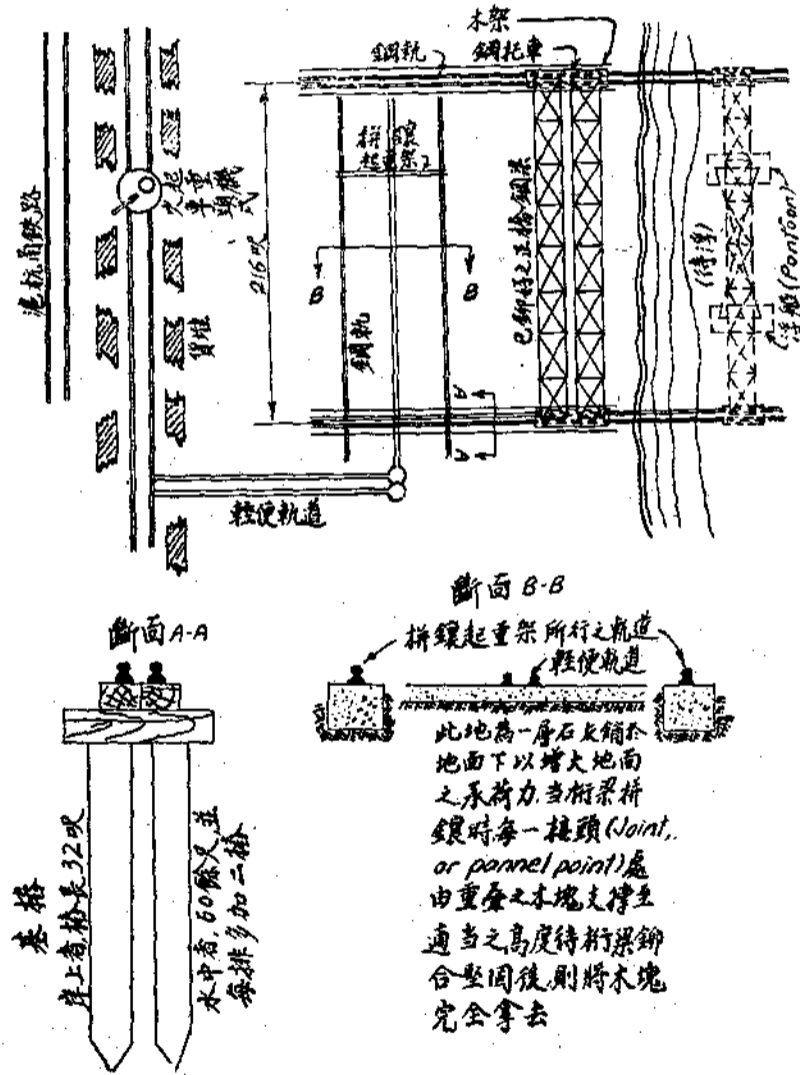
本日早晨有李文驥工程司來講演橋工測量。講詞已提前錄入第一工區日記中。講演完畢後，李先生領我們全體實習生至鋼樑工場攝影，以作紀念。隨後便在當地開始本日的實習工作。鋼樑工場的佈置，主要的分三大部分：(一)鋼樑的堆積；(二)鋼樑的鑲拼；(三)鋼樑的起浮。

所有正橋桁樑的各支，由英國道門朗公司製好以後，經海道運

至吳淞;再由滬杭甬鐵路直接運至工地;滬杭甬鐵路越過閘口站沿江而行,適在鋼樑工場的近旁,甚為便利。

工場中鋼樑各支的堆積,就是從火車上將鋼樑各支起卸下來,依照預計的次序,一支重疊一支的堆積在預計的位置。堆積時須要預先注意的兩件事:一是各支上下的次序,要便於需要時取運順序。二是上部各支的重量要不超過下面各支所能承受的限度。工場中

圖(八) 鋼樑工場略圖。

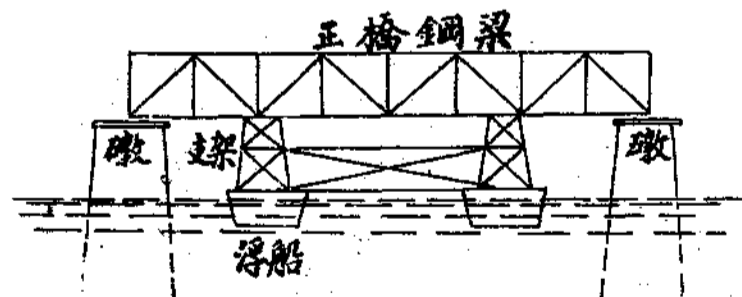


包工公司費工的多寡，工作程序，關係非常重要，故鋼樑堆積順序，免去應用時亂翻亂取，節省時間，便是節省用費。為拼鑲時便利，每兩架桁樑的材料，積為一堆，拼鑲之後，正好是一孔正橋。

起卸所用的工具為一火車頭式起重機 (Locomotive Crane)。起重機安置機車上，可以在軌道上前後走動，而起重機臂幹，又可以隨起重機本身在一圓盤上左右轉動，以便伸至貨堆中，就用了這隻起重機上可以上下左右活動的臂幹，卸貨時，一支一支由火車上舉起，放置地上，起運時又由貨堆中舉起，放置搬運的四輪小車上。

搬運鋼樑各支時所用的工具，為一四輪小車與輕便軌道，軌道由貨堆的旁邊通至拼鑲工場，並轉折至拼鑲起重架的下面。(參看上圖)。各支放至小車車盤上，由人工慢慢推至拼鑲場地卸下，以備拼鑲。

鋼樑拼鑲場地，設計時較為麻煩，因為本橋採用浮船安裝法，故場地設計時(一)搬運來的鋼樑各支，要直接通至拼鑲起重架 (Portal Crane) 下，(參看圖八與圖十)路徑便捷。(二)拼鑲工場地面，須堅實，使能承受此鋼樑的重量而不下陷。(三)拼鑲妥善的鋼樑，要運輸至適當的位置，以便浮船 (Pontons) 舉起而運往橋墩處安放，所有鋼樑工場各部分情形，由上圖中逐一述明。



圖(九)

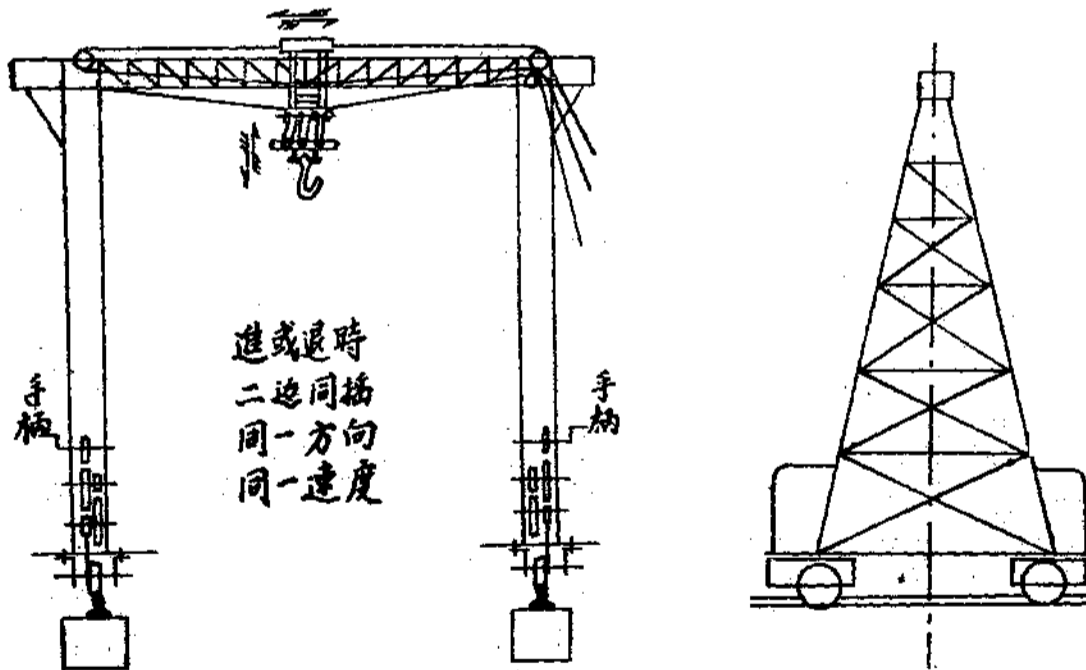
正橋鋼樑在拼鑲工地，裝配完竣後，沿兩端與江流垂直之軌道，由鋼托車(Spancar)(參看圖八與圖十一)用手力推至江中，待潮水來時，浮船先駛至鋼樑下面，船上有支架承托鋼樑，潮水高漲，浮船上昇，則鋼樑舉起，於是浮運至橋墩處安放(參看圖九)其所需要潮水水位，必使正橋底面較橋墩頂面略高，(如圖)，待正橋位置經測量定妥後，即可安放。

八月九日 畫拼鑲起重機(Portal Crane)

與鋼托車(Span Car)之草圖。

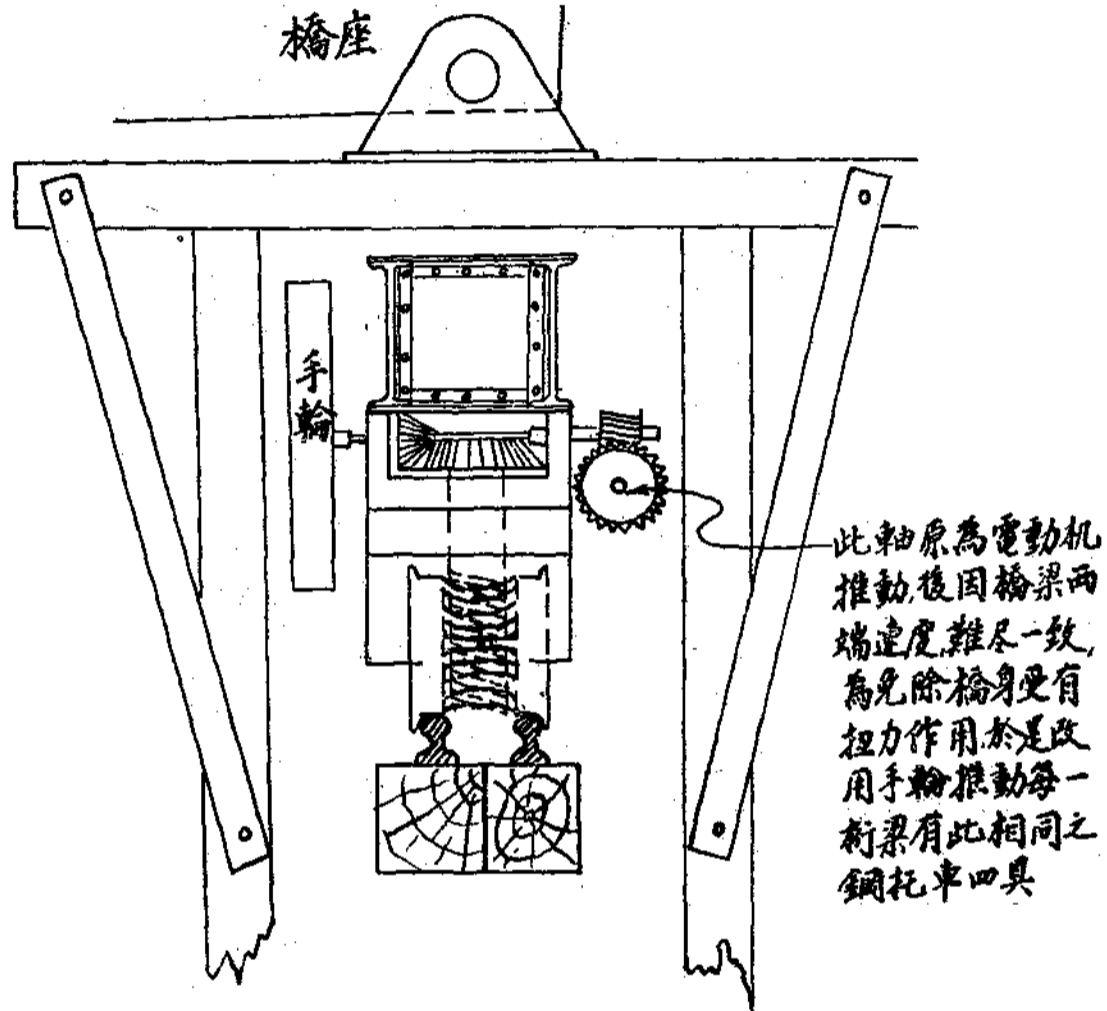
拼鑲起重機，可以在平行二鋼軌上，前後移動，二鋼軌間的距離，略大於兩孔正橋鋼樑的寬度。(參看圖八)起重機上的吊鈎又可以左右移動，因此所有拼鑲工場前後左右任何處，吊鈎都可以達到。

鋼樑最初拼鑲完畢後，即放置兩端木架便橋上，迨浮運時，用螺



圖(十) 拼鑲起重架(Portal Crane)

絲起重器(Jack Screw)將鋼樑舉起,抽去木架,加墊鐵板,置鋼樑於鋼托車上,然後始能推至江中,以待潮水。



圖(十一) 鋼托車

八月十日 檢查鉚釘

工人打過鉚釘後,眉縫有病之鉚釘,鬼弊多端,檢查時易受蒙混。故工人打過鉚釘後,即令其遠離,必待檢查者檢查以後,有病之鉚釘始令其鏟去另鑄。

檢查鉚釘所用的工具，爲一端圓一端尖之小鋼錘，檢查的方法，約有三種，此等皆於第一工區八月二日實習日記中講過。今天工地裏實地檢查時，所有鉚釘的三種弊病，均經發現。

遇有角鋸重疊，鉚釘難鉚處，則改用螺絲釘(Bolt)，其結合亦必與鉚釘有同樣堅固，用小錘頭敲之，絲毫不發生顫動始可，不然即須更緊。

(待續)

航空測量學大意

蔣宗松

(一) 緒論

航空測量學，乃由陸地測量學進化而成。蓋地形複雜，交通不便之地區，展望不易；陸地測量之方法，有時而窮，非施行空中測量不為功。其法為於飛機上，向地面作垂直或偏斜之攝影，以垂直者為最普通，茲篇所論亦以垂直者為限，將攝影機置于常平架上，務使其軸垂直于地面。飛機往返飛行，於短時間內，即可將一廣大地區攝入，並有充分之重疊。據此即可製成精確之地圖。航空測量之工作，可分四部：(一)往返飛行於欲測之地區上；(二)拍攝影片；(三)決定地上控制點；(四)根據照片製圖。吾人所論者，厥為(三)、(四)兩端。

(二) 應用

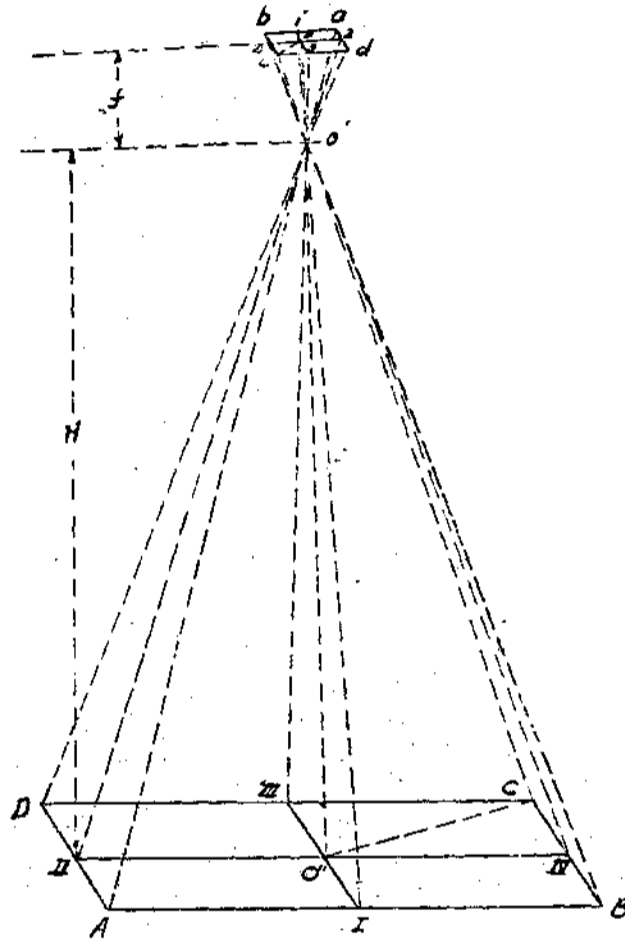
航空測量，多用之于灌溉工程、海港工程、城市設計、交通路線、江河流域、森林區域、公園等。自空以視地地形地物，一目了然，較諸任何方式為便為清晰。故美國之地形測量，今多採用之。至軍事上之應用，則尤為廣博。

(三) 理論之根據

如第一圖設 A, B, C, D 為地面上四點， a, b, c, d 為其在照片上之相應點， O 為照片之主點， O' 為鏡頭中心， $O'O''$ 為主軸，交地面於 O'' 點， $O'O'$ 為

焦點距離,命為 f , $O'O''$ 為飛機高度,命為 H 。

既屬垂直攝影,則主軸必垂直於地面,亦垂直於照片,故地面與焦點平面平行。



第一圖

即 $\square ABCD // \square abcd$

又 cd 與 CD 同在一平面上

$$\therefore cd // CD$$

$$\therefore \angle cdo' = \angle CDO'$$

又 $\angle dco' = \angle DCO'$ $\angle co'd = \angle Co'D$

$$\therefore \triangle co'd \sim \triangle Co'D$$

$$\therefore \frac{cd}{CD} = \frac{co'}{CO'}$$

同理可証 $\frac{bc}{BC} = \frac{co'}{CO'}$

即 $\frac{cd}{CD} = \frac{bc}{BC} = \frac{co'}{CO'}$

同理可證

$$\frac{ab}{AB} = \frac{bc}{BC} = \frac{cd}{CD} = \frac{co'}{CO'} = S.$$

又 $\triangle Coo' \sim \triangle Co'o''$

$$\therefore \frac{cd}{CO'} = \frac{oo'}{O'O''} = \frac{f}{H}$$

$$\therefore S = \frac{f}{H}$$

(三) 差 誤

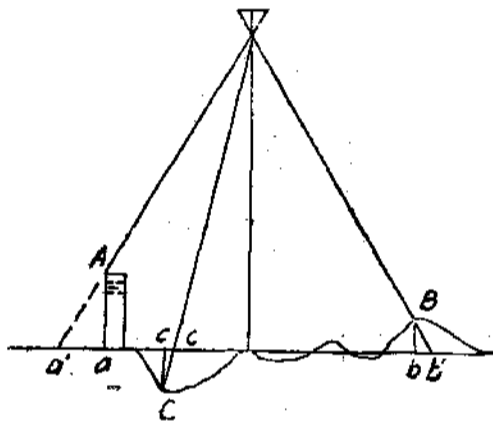
用上法以求比例尺,若地面為水平,在理論上,可稱為絕對精確。然按之實際,則有種種差誤之處,故比例尺,亦不精確。茲將原因分述於次:

a. 照相器之傾斜 照相器本有水準氣泡之裝置,但飛機飛行

甚速，攝影時水平之改正不易，則所攝之照片，必有多少傾斜，而差誤生矣。

b. 氣壓表之差誤 氣壓表，因空氣之變化無定，所指高度，難於精確。若所指高度，高于真實高度，則照片上之諸點，將距主點為遠，若所示高度，低于真實高度，則照片上之諸點，將距主點為近。

c. 地面參差不平之差誤 若所攝物體，在假定平面之上，則其在照片上之位置，將距主點為遠；反之則較近。如第二圖高建築物之角 A，在照片上之投影相應點，為 a'；而其投影則為 a。其差誤為從主點至投影點所作之放射線上，若建築物愈高，在照片之邊緣上，其差誤愈大。低地 C，則反是。



第二圖

點至投影點所作之放射線上，若建築物愈高，在照片之邊緣上，其差誤愈大。低地 C，則反是。

(四) 地面參差不平之差誤之計算

如第三圖山頂 A 在假定平面之上，其在照片上之差誤為， $aa_0 = r$ ，

吾人可得比例式如下

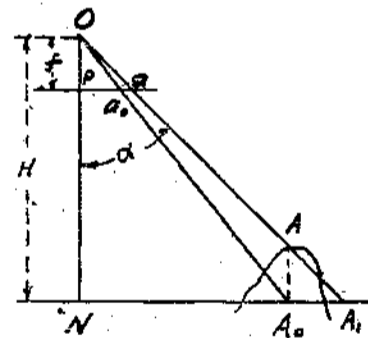
$$\frac{a_0 a}{A_0 A_1} = \frac{f}{H}$$

$$aa_0 = r = h \tan \alpha \times s$$

量照片上 pa 除之以 f 得 $\tan \alpha$ 設 h, f, s, 為已知，則相應點之差誤，何由計算得之。

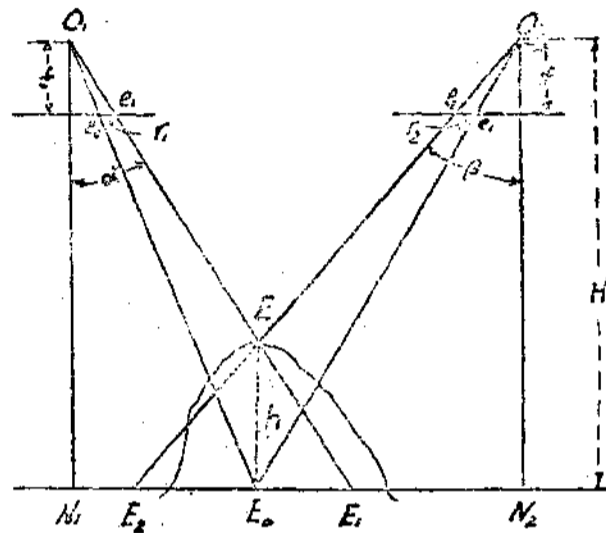
如第四圖，設 E 點攝入於相鄰兩照片內，則其總差誤等於各差誤之和。即

$$r = r_1 + r_2 = hs(\tan \alpha + \tan \beta)$$



第三圖

設兩主點之水平距離 $O_1O_2 = N_1N_2$ 為已知，則由相似三角形 O_1EO_2 與



第四圖

E_1E_2 之關係

$$\frac{O_1O_2}{E_1E_2} = \frac{H-h}{h}$$

但 $E_1E_2 = E_1E_0 + E_0E_2$

$$= \frac{y_1}{s} + \frac{y_2}{s} = \frac{y}{s}$$

於是 $N_1N_2 \times h = \frac{r}{s}(H-h)$

$$\text{或 } r = \frac{N_1N_2h \times s}{H-h}$$

例：如第五圖設 $P_1 a_1 = 3.701$;

$P_2 b_2 = 3.564$; $f = 12$; $H = 10,000'$, $A N_2 = h_2 = 300'$ 問 $N_1 N_2$ 等於若干? B 之高為若干?

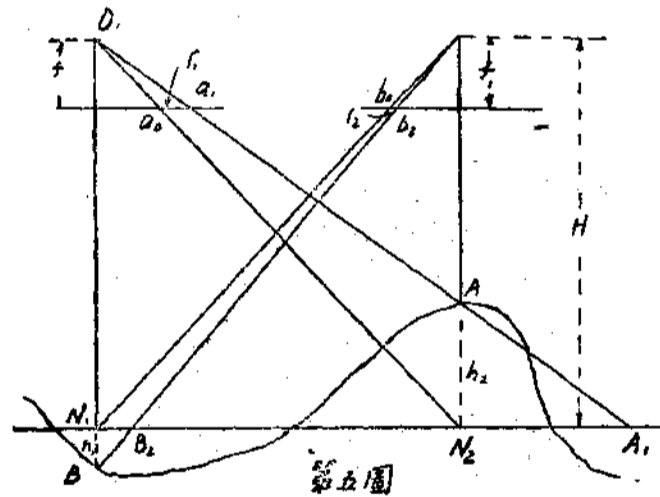
$$\alpha = \tan^{-1} \frac{3.701}{12} = 17^\circ 10' .7$$

$$\beta = \tan^{-1} \frac{3.564}{12} = 16^\circ 32' .7$$

$$N_2 A_1 = 300 \tan \alpha = 92.7'$$

$$y_1 = N_2 A_1 \times \frac{1}{10,000} = 0.111''$$

$$\therefore P_1 a_0 = 3.590 \quad N_1 N_2 = 2999'$$



$$P_1 a_0 = P_2 b_0 \quad \therefore r_2 = 3,599 - 3,564 = 0.035 \quad y_2 \times \frac{1}{s} = 29.0'$$

$$BN_1 = h_1 = N_1 B_2 \div \tan \beta = 98.0'$$

(五) 重疊(overlap)

重疊者，即某一地區既攝入於一片內，更攝入於其隣近之片內

也,在航空測量初發達時,往往沿飛行方向,有百分之六十之重疊 (end lap),兩飛行路線間,有百分之五十之重疊 (side lap),務令一照片之主點,在隣片之邊緣上,如此則每片至少有三主點,發生一幾何關係,茲將其理由分述于下

a. 如製成精確地圖,則每片之主點,須在任何隣片之邊緣上。

b. 影片往往受鏡頭,偏斜及地面參差不平,而發生差誤,而尤以邊緣上為最大,製圖時多採其中部,而棄其邊緣。

c. 相隣兩航綫間之重疊,尤為重要,因飛機之震動,風力衝激,或航綫目標之不明顯,致飛行方向,每不能與原定航綫一致,則相隣兩航綫或有離開之虞,故須有重疊之準備,以免脫漏,而省補攝之煩。

d. 既每一地域,至少有四次攝影,則遇有因偏斜太甚,光線不佳,之照片,可逕棄之,其餘照片仍可顯示此地之地貌地物,並無須重攝。

e. 重疊可以顯示一地物以數影,蓋有時一地物于此片甚明晰,而於隣片則不認識也。

(六) 隔離時間

隔離時間者,飛機通過前後相隣兩照片主點距離,與實地相應長度所需之時間也。

設 l = 照片之縱長

則 $\frac{l}{s}$ = 實地相應之長度

設 m = 重疊部分

則 $\frac{l}{s}(1-m)$ = 兩照片主點間與實地相應之長度

命 v = 飛機之速度

t = 所求之隔離時間

$$\text{則 } t = \frac{\frac{l}{s}(1-m)}{v}$$

例。設重疊為百分之六十，比例尺為 1 吋 = 600 呎，照片之縱長為 6 吋，飛機之速度為每小時 120 哩，問隔離時間為若干？

$$v = 120 \times \frac{5280}{60 \times 60} = 120 \times 147 = 176 \text{ 呎(每秒)}$$

$$\therefore t = \frac{\frac{6}{\frac{1}{600}}(1-0.60)}{176} = \frac{3600 \times 0.40}{176} = 8.2 \text{ 秒}$$

(七) 攝影次數

若照片之大小，比例尺及重疊部分為已知時，則於某地域內所需攝之次數，可由計算而得，即以每片所攝面積，減去重疊部分，除地域面積是也。

設 A = 測區之總面積
 m = 前後重疊部分(沿飛行方向)
 n = 左右重疊部分
 a = 每片之面積
 T = 攝影之次數

$$\text{則 } T = \frac{A}{\frac{a n}{s^2}(1-m)}$$

例：有一 40 方哩測區，照片為 7" × 9½"，比例尺為 1 吋 = 800 呎，前後重疊為百分之六十，左右重疊為百分之五十，問攝影之次數若干？

$$T = \frac{40 \times 5280 \times 5280}{\frac{7 \times 9\frac{1}{2}}{\left(\frac{1}{800}\right)^2} \times 0.50(1-0.60)}$$

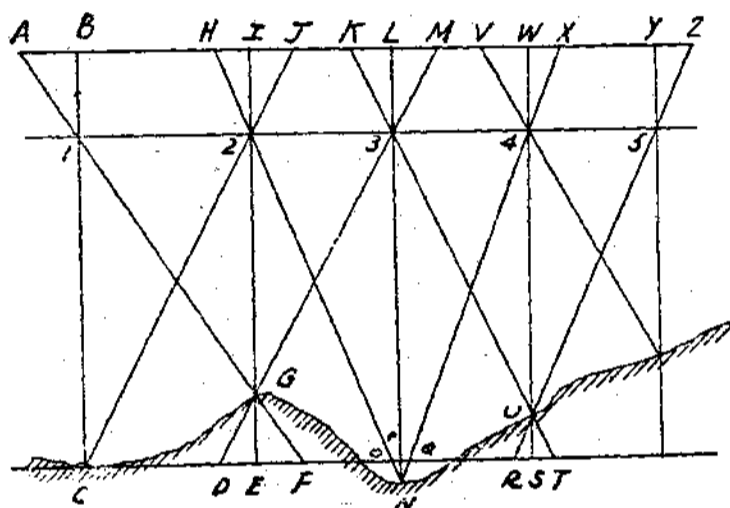
$$= \frac{40 \times 3286 \times 5280}{800 \times 7 \times 9\frac{1}{2} \times .02 \times 800}$$

$$= 121 \text{ 次 即需 } 131 \text{ 張照片}$$

(九) 垂直攝影相隣兩照片主點間水平距離之決

空中兩照片間之真實距離，恆依飛機速度與時間而定。然在垂直攝影，且飛機高度，常能保持一致時，則可根據主點之水平距離以決定之。然所攝地區多為崎嶇不平，有發生地位差誤之弊。故依幾何理論改正之。

如第六圖 1,2,3 等為鏡頭；B,I,L 等為各照片之主點，C 為假定平面上之點，G 為高出之山頂點，



第六圖

N 為低陷于假定平面下之點。在第一照片垂直點 C 在假定平面上，在第二照片垂直點 G 適為山頂，在假定平面之上。故 C 與 G 在第二照片上，將不受差誤之影響，故在第二照片上，1-2 之真確距離可求得。(飛機飛行之高度及攝影機之焦距為已知，則按比例尺計算之。)

2-3, 3-4 等均受差誤之影響，由 1-2, 相似 $\triangle 41B, 1G2$ 及 $\triangle 13M, 2G3$ 得

$$\frac{AB}{1-2} = \frac{LM}{2-3}$$

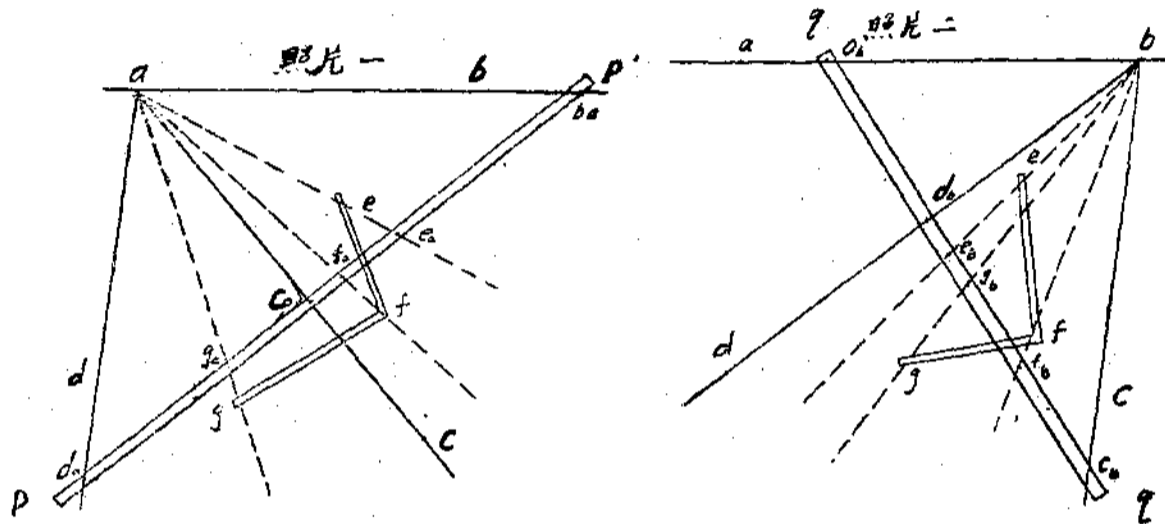
或
$$2-3 = 1-2 \times \frac{LM}{4B}$$

既 LM 與 AB 為照片上主點至 G 影之距離則可量出，提 2-3 以求得。

(十) 製圖

吾人測量之目的:在得一精確地圖以為用,故製圖為最重之工作。製圖之法頗多,茲舉其簡而易於領會者于下。

a. 線束法 線束法(亦名紙條法)即將地上控制點。(每片之主點)按其相關位置,展於圖紙,如A,B,C,D。(第七圖)於照片(一)(自鏡頭向地面作垂線必過地上一點A) a,b,c及d為主點自a作ab,ac,



第七圖 (a)

第七圖 (b)

ad,ae,af,ag 并延長之,然後取紙條PP與a點相對放置,截 ab,ac,ad,ae,af及ag或其延線于 $b_a, c_a, d_a, l_a, f_a, g_a$. 再將PP取圖上之位置放于圖紙上,任意移動,令 b_a, c_a, d_a 各點與AB, AC, AD各線密合一致,刺印 E_a, F_a, G_a 各點于其上而與A點連結之,成 AE_a, AF_a, AG_a 各直線,於是E,F,G各點之位置在 AE_a, AF_a, AG_a 線上矣。于照片(二),(自鏡頭向地面作垂線必過地上一點)自b作 b_a, b_c, b_d, b_l, b_g 及 b_g 并延長之,然後取紙條qq與b相對放置,截 b_a, b_c, b_d, b_l, b_f 及 b_g 或其他長線于 a_b, c_b, d_b, l_b, f_b 及 g_b . 再將qq取同上位置放于圖紙上,任意移動,令 a_b, c_b, d_b 各與BA, BC, BD各線密合,刺印 E_b, F_b, G_b 于其上,而與B點連接之,成 BE_b, BF_b, BG_b 各直線,則 AE_a 與 BE_b, AF_a 與 BF_b, AG_a 與 BG_b 之交點即E,F,B

也。

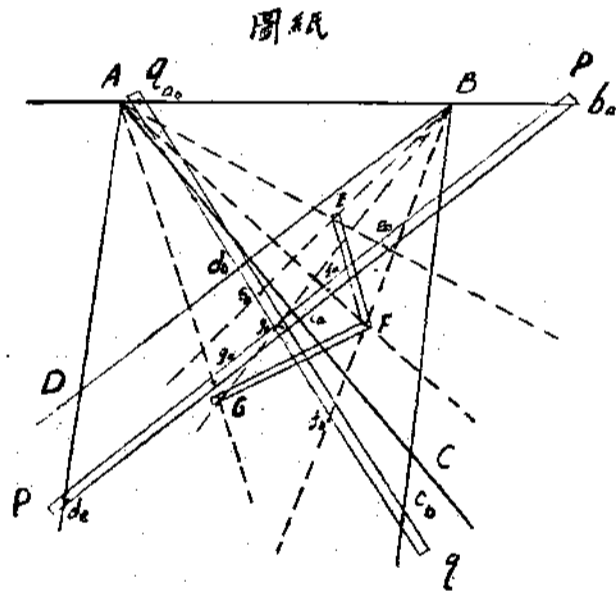
其理論，則為以 a 為主點所攝之照片(一) $\angle bac$ 等于地上之 $\angle BAC$ $\angle bae$ 等于地上之 $\angle BAE$ ……即因地勢所生之差誤，與其方向無關， E 點必在 ae 綫上，同理在照片二上， $\angle abc$ 等于地上之 $\angle ABE$ …… E 點必在 be 綫上。圖紙上之 AB, BC, CD, AD 既與地上之真實距離一定之比例，則 $\angle ABE = \angle abc, \angle BAE = \angle bac$ ……即得 E, F, G 等點。

b.描圖紙法 將描圖紙放于照片(一)上，作 ab, ac, ad, al, af, ag 再放于圖紙上使 ab, ac, ad 與 AB, AC, AD 相合，刺印 ae, af, ag 綫上之任一點將描圖紙取開作 AE_a, AF_a, AG_a 。同法作 BE_b, BF_b, BG_b 於是得 E, F, G 矣。

以上二種方，不過其理論，用之者甚少，以其繁難不合實用也，現現代製圖多用自動機。

(十一) 高等綫

等高綫，即距假定平面有相等之高度之諸點，聯絡而成者。其一即利用照片之重疊以求得各特殊點之高度。如第四節之例題，求 B 之高度是也，然後用插入法 (interpolation) 即得等高綫。

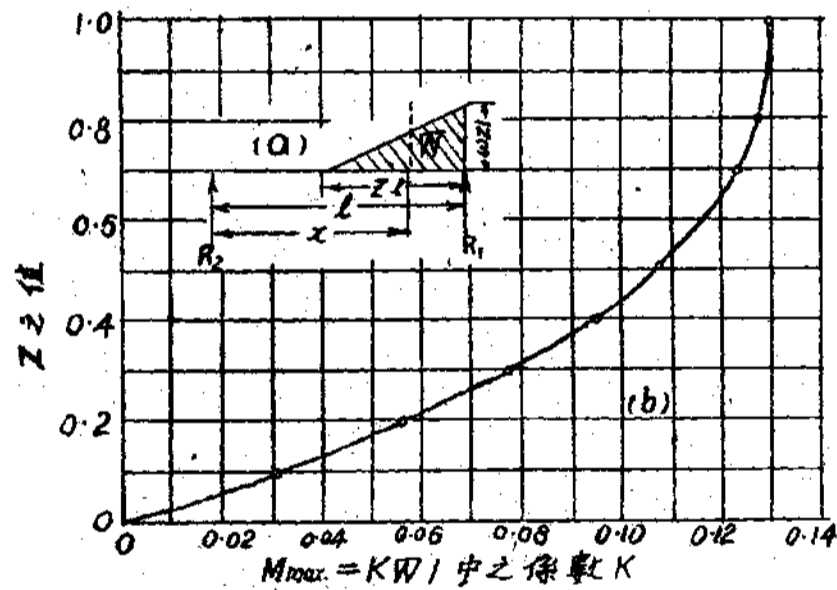


第七圖 (c)

載水力重負之樑中之彎曲能率

林祥威譯

設計樑時常遇均變荷重 (Uniformly varying load) 沿樑之一部或全部,此乃不可避免之事,普通教本及手冊中於此項樑之特性雖曾叙及,但其荷重均限於樑之全部者至於討論僅樑之一部分受有此種荷重者,則作者尙未前見也。



定部分水力荷重樑中最大彎曲能率之係數

圖 1(9) 示一單位寬度之自由支持樑 (Freely Supported beam) 載有有一部分之水力荷重者,樑之荷重部分之長對其全長之比,以小

數表之命為 Z ; ω 為所載液體每立方尺之重量; W 為總負重即 $\frac{1}{2}\omega Z^2 l^2$. 取其在每一支點之能率且略去樑之重量不計, 則得下式

$$R_1 = \frac{\omega l^2}{6} (3Z^2 - Z^3) \dots\dots\dots (1)$$

$$R_2 = \frac{\omega l^2}{6} Z^3 \dots\dots\dots (2)$$

在任一截面, x , 之左邊的諸力之能率應為

$$M_x = \frac{\omega}{6} \left\{ l^2 Z^3 x - [x - l(1-Z)]^3 \right\} \dots\dots\dots (3)$$

$$\begin{aligned} \left[M_x \right. &= \frac{\omega}{6} l^2 Z^3 x - \frac{1}{2} [x - l(1-Z)] \omega [x - l(1-Z)] \times \frac{1}{3} [x - l(1-Z)] \\ &= \frac{\omega}{6} l^2 Z^3 x - \frac{\omega}{6} [x - l(1-Z)]^3 \end{aligned}$$

若樑之全部均荷重時, $Z=1$, 則得

$$M_x = \frac{Wx}{3} \left(1 - \frac{x^2}{l^2} \right) \dots\dots\dots (4)$$

在此式中 $W =$ 樑之總荷重 $= \frac{1}{2} \omega l^2$

第(4)式可於普通教本及手冊中覓得之。

將(3)式之一次微係數等於零, 吾人可覓最大能率點之位置當

在

$$x = l(1-Z + \frac{Z^{3/2}}{\sqrt{3}}) \dots\dots\dots (5)$$

微分(3)式而以之等於零

$$l^2 Z^3 - 3[x - l(1-Z)]^2 = 0$$

$$l^2 Z^3 - 3x^2 + 6l(1-Z)x - 3l^2(1-Z)^2 = 0$$

$$3x^2 - 6l(1-Z)x + 3l^2(1-Z)^2 - l^2 Z^3 = 0$$

$$x = \frac{3l(1-Z) + \sqrt{[3l(1-Z)]^2 - 3[3l^2(1-Z)^2 - l^2 Z^3]}}{3}$$

$$= \frac{3l(1-Z) + \sqrt{3l^2Z^3}}{3}$$

$$= l \left(1 - Z + \frac{Z^{3/2}}{\sqrt{3}} \right)$$

於是得此最大值為

$$M_{\max.} = \frac{rl^3}{6} \left(Z^3 - Z^4 + \frac{2}{3\sqrt{3}} Z^{5/2} \right) \dots\dots\dots(6)$$

或用總荷重 W (即 $\frac{1}{2} \omega Z^2 l^2$)

$$M_{\max.} = \frac{Wl}{3} \left(Z - Z^2 + \frac{2}{3\sqrt{3}} Z^{5/2} \right) \dots\dots\dots(7)$$

當此樑全部荷重時, $Z=1$, 則(7)式化簡為

$$M_{\max.} = \frac{2Wl}{9\sqrt{3}} \dots\dots\dots(8)$$

此式可於少數教本及手冊中見之。

(7)式亦可書為

$$M_{\max.} = KWl \dots\dots\dots(9)$$

式中 K 之值為 $\frac{1}{3} \left(Z - Z^2 + \frac{2}{3\sqrt{3}} Z^{5/2} \right)$ 。

相當於各 Z 之 K 之值可於圖 1(b) 中查得之。唯須注意者即 K 最大值約在 $Z=.94$ 之處, 在此情況時, 其力之能率較樑全部荷重時稍大。

獻給前進中的少年工程師

John F. Stevens 著 龔一波譯

著者是一位年高德邵在工程界極有聲望的美國瑪尼蘭巴特莫爾人，曾任 C.P.R. (加拿大太平洋鐵路) 顧問工程師，近在“Engineering News Record”上連續的發表了一篇「我的回憶」，用好幾萬言，分成十多章，把他生平的工程經驗和學識，連他自己待人接物的態度，無遺漏的宣露出來，極受世人的歡迎，工程界尤為歡迎。譯者爰乘此寒假之暇，把他編譯出來，供獻讀者；不過還要請讀者原諒的，譯者是一個學工程的人，對於字句的結構和粉飾，都不擅長，因此把作者生動的文勢失去了不少——譯者識看啊！時代的巨輪，不住地向前滾着，無限的未來，送來多少複雜的問題，一羣一羣的青年工程師們，轉瞬便要負起領導的責任了。好吧，讓我們來下個總動員令，把靈活的頭腦，敏捷的手腕，都充分地發揮出來，解決偌大的重要問題吧！這種種問題正確的答案，將直接影響到全人類的幸福和安適，更要認清那些曾經度過忙碌職業生活，見過或者擔任過下層工作的人們所說的話，對於你們行將肩起發展國家事業責任的青年們，都是有很大價值地呀！這是多麼值得慶幸啊！眼見我們工程界偉大而高尙的職業，都表現在公共的事業和遼闊的原野裏，人類奮鬥的歷程上，那一處沒有我們的足跡，況且最

近幾年來驚人的進化，已明白的在利用神祕的天然力量，來做人類忠實的僕役，而這種進化，仍將持續着無窮；同時工程師的恩惠也越發擴大，所處的地位正可以和日月爭輝了；不過我們給人的恩惠越發多，肩上的責任就跟着越發大；那末，我們便應該拿出自己全副的精力，去擔當那已擺在面前的重任，乘早把它安排好，讓現在一切痛苦的人們，早點到我們新建的幸福之邦去過度快樂的生活。做這樣偉大事業的人，如果沒有健全的思想，和熟練的技能，無疑地是不能得到成功，至少是不易得到成功，那末我們該怎樣訓練我們自己呢？

(1) 必須受專門的教育——誰也不能否認，專門的學識和技術，是工程事業走上成功之路的導引。還得要注意我們不僅是在學校裏得到一點書上的基本工程知識就夠用了的，心理的和觀察力的訓練與發揚，對於我們的成功，也是同樣的重要，同樣的有價值；因為它能指示我們在達到某同一目的之下，究竟走那條路平安些？近便些？按住這正確的指示做去，我們便可以得到美滿的結果，這種訓練，因為是如此其重要，所以在工程師職業的生活過程中，佔據了極多量的時日，反過來說，若是沒有這種能力和訓練，恐怕免不了有獯豸的惡魔，攔阻你的奮鬥的去路，不輕易放你走過！

假使有人要質問我：「某某人並沒有受過專門教育，偏成功了大業，也很有名望，又為的什麼呢？」我敢武斷的答復他說：你所引證的話，百分之百是不真確的；不管那一位工程師，只要是位腳踏實地的人，沒有不受過專門知識和技術的訓練地，至多祇是訓練的久暫之不同罷了，但是有一般人，雖憑着流利的口舌，堅持着偏執的主見替無需受專門訓練而辯護，但自己仍在書本上和雜誌上作絲毫不放鬆的苦讀，在各種事物上作最審慎的觀察，這與自修專門學術的，

工程師又有何異？無論在校研究或在外自修，其欲獲得一種專門的學術，為命運兒的寄托者——世界——謀福利，則完全相同，那末何苦說這許多費話呢？！提到這裏真是傷心，記得有許多青年，在六十年前都承認過專門教育的利益，現在公然的極端否認起來了。唉！工程之不能成爲一種職業，原來就由於此啊！要不然至高無上的工程事業，不知比今日要勝過若干倍。

(9) 必須有濃厚的工程興趣——我在幼年時代，並沒有好好的讀過書，祇在一個師範學校裏混過一兩年，當時，我便覺得這種學校，至多是教我成功一個教師，別的都談不上，於是我生了厭惡的心，不想在這兒久留，每遇着孤寂的環境，便做工程上的遊戲，正好似一個沒有航海知識的水手，初次去駕駛海船那樣的怪有興趣，一切都不顧慮，就是船沉了，也不打緊。

賦有工程癖的我，於是着手追求工程上的書本知識，同時爲家庭和自身的生活而工作，無形中變成了一個自習的孩子，從來也不會見過專科學校的設立，或專門學識的講演，幼時求知慾之被挫折的痛苦，不覺已成了過去。

我害怕我的瑣事介紹得太多，惹起讀者的厭惡，現在來簡潔的作個結束：我希望我奮鬥的歷史，多少留與青年工程師們一些良好的印像。我們要深深的認識：大自然的一切，總是可以被控制的，我們的心力和體力便是控制的原動力，這種力量，可以保證工程事業的成功，同保證人類奮關別種事業而成功的一樣。

(3) 必須立定遠大的志向——有一點是青年工程師必須特別注意并且牢牢記住的，便是在年輕的時代，切不可好高騖遠，妄想一步登天，即使做了驚人的事業，也不可以囂張浮氣，以爲是出人頭地，

人之對於自己的才能，決斷，和行爲種種的自信力，總是漸漸堅定的，他的代價，也是漸漸增加的，所以一個工程師必須立定遠大的志向，爲畢生的奮鬥，去換得自信力最後最大的代價；如果志向短小，沒有一貫的主張，在這優勝劣敗的宇宙之中，他將要得到悲慘的結局，還有，無論事業的大小，應該一樣的重視，切不要以爲事業小了，就懶心懶意的不願做。所立定的志向，要能適合各種環境，小的工作既能夠做得美滿，大的工作也能夠措置裕如，自己的職務既能夠勝任，上司的職務也能夠代理，這樣才算是真美善齊備了。

我們當中有極多數的人，我也不是例外，總說我們這些被指揮的人們，都拼命的做着苦工，但是事業成功以後，所有名譽和金錢，却盡歸我們的長官享受了。不過當我們一層一層爬上去的時候，我們便可以認清所謂高級長官，就是負有更重大的責任，拿有更多量薪俸的人，責任重大的人，拿多量的薪俸，我以爲是絕對公正的。更有一個腳踏實地的工程師，在他職業進程中，他可以看出他的成功，大半是由於很勤苦很忠實工作的原故。只有這種美滿的成功，才能夠給他光榮的名譽，這種名譽也才得之無愧。

(4) 必須自闢成功之路——當你期待着成功的時候，你必須把你的工作，看得特別貴重，別的你儘可不管。更要知道：世上是沒有已成的貴族之路，帶你到職業成功國度裏去的，但是也只要你經過一番充分準備的工作，和縝密的一貫計劃，自己築一條大路，也可以達到那裏。不過這些話對於性子急燥的學生們，是沒有什麼用處，並且準備的工作，是永遠不能夠停止的，除非你的事業，已得到最大最後的代價，能叫那些設計過實施過許多事件的人們，都心服你擁戴你。

青年們！我也不願意過分的勉強你們，定要走那一條路，不過如

果你們不滿足現實的無保障的生活的話，你們就必須鞏固自身的地位，把自己就當作經驗豐富的工程師看待，一到畢業證書落在手裏，便可拿他來證實你們知識準備工作是完了，同時重大的責任和高昂的薪俸，都歸屬你們了；可是，實際的技術的準備工作，只是剛剛開始。這種準備的特徵，便是把你所得到的學識，如何去應用到相當的各種不同的事物之上。

(5) 必須儲存普通的常識——回顧我五十年前職業的生活，和我所仔細觀察過的許多別人的工作，叫我深深的相信：一切的成功，都是由於應用普通常識，排解了問題之爭執點的結果；反之，要是缺少了普通常識，則失敗的機會之多，恐怕誰也料想不到。普通常識的釋義，還沒有人給他正確的說出，也許就沒有適當的字能夠表示他，好比「吞嚥」的動作，個個人都會，而且慣用，但是怎樣行使這種動作，便沒有幾個人能夠回答出來。實在的，普通常識真是一副可靠的銳利的武器，可以保證你生命的安全。當你被矛盾之理論和錯誤之計劃迷蒙住的時候，它可以為你推開它們，引你走上正路，順利地過去。假使一個青年工程師，平素能刻苦研究并細心觀察這世上的一切，他定能吸收并熔化很多的常識。在許多工作的當中，也就能選出那最好的一個，歡天喜地的去完成。萬一他不能完成他的使命，不能得到人類的歌頌，那祇是畸形社會的病態，沒有健全的理由值得申說，只可以說是他的不幸，並不是普通知識的倒台。

我們生長在這非常的時期，應該富有非常的思想，負起非常的責任，科學在過去幾年間進步的紀述，現在看起來，正像神話一般的有味，但是誰又肯輕率的斷定科學正蠶食着大自然的佳饌呢？我們這些注意過幫助過科學進步的人，羨慕一般成功的人，那是必然的

現象，從我們祖先的功績和我們這些已成與未成的事業上看起來，我真以為我們是在茫無邊際的灘地上，拾着小石子玩似地，我堅定的相信着：各種工程，在他那應用廣闊的範圍裏，需要更驚奇更偉大事業的出現是越發迫切了。

(6)必須訓練想像力——有一種與生俱來的本能，也是成功一個實地的偉大的工程師所必須具備的本能，便是想像力，一般俗人常常以為工程師的腦袋裏只是充滿了乏味的法則和數目字的，這個意思是指我們缺乏了想像力，我們對於這一點只覺得慚愧，却不能埋怨他們爽直的批評。一個工程師儘管有極完善的計劃，去實施他所設想的工作；但是如果他不能夠從心腹裏看得出：「雖還剩一根樁沒有打進地下去，這整個的工作仍不能算是完竣，」仍不配稱為有大無畏的精神；而他所想像的結果，一定是非常的平凡，這種平凡，是一種漸近於死的狀態的名稱。正像俗語所說的：「想像不會到過的地方，那裏的人民是淪亡的是腐化的，」「想像」便是「想像力」的集團，我們能夠不培養想像力嗎？

(7)必須放大眼界——一個工程師，固然要把他自己的工作看得特別的重要，同時又不可忽略自身也是許多生命中的一個形體，假使這點顧慮不到，他將免不了走上狹小的路徑，更不能抬高他職業的地位；當他和那些眼光遠大胸襟曠達的人們交際的時候，他的命運將受別人操縱，那時他雖落得和他們在一齊，但不是他們當中的一份子了，雖然有專門的知識，但無力考慮通盤的計劃，終於被別人唾棄，所以一個工程師要成就他的事業，必須放大眼界，各方面都能顧慮得當。

(8)必須尊重自己的人格——工程師有工程師的人格，應該特

別注重，不要讓別人沾污了自己的清高，要時時刻刻的做反省工夫，別人發表意見，無論有沒有贊成和反對的人總得仔細去聽，並加以多方面的考慮，然後再客觀的去批評，往往有不少的事情，本來在工程的立場上看起來是很對的，是能做的，只是因為盲目的心理籠罩着了理智，不願意考慮別的建議，終於失掉了成事的機會，這是多麼可惜！沒有別一種職業比工程師的職業，是需要更多的自治，和更多的禮節的；假使一個工程師的事業是健全的，態度是和藹的，推斷是真確的，那末，他的一生，必定是幸福的；反過來，他就不能得到光榮的成功，他的生命的園地，便將要荒蕪了。俗話說「從你的工作上，可以發現你的做人，」這話之對於工程師更是合理而切當。

(9) 必須培養責任心——上面說過，工程師應該隨時隨地的想到和做到自愛自重的美德，要是只默認內心的錯誤，並不悔改它，將錯就錯的去實施，仍是缺乏自愛德行的表現，事實告訴我們：一個工程師，當勢利的心潮，忽然湧進來的一霎那，不僅是不能果毅的拒絕那謬誤的計劃，反而替那類計劃一味的辯護，甘願去聽他役使，認為即使錯了，於自己並沒什麼責任；這種心裏的錯誤，實在太厲，也是很顯然的。任何一件工作，祇要是你曾經動過手做過的，你就該對它負起道德上的責任來，是好是壞，你都應當承認；若是你根本上就不尊重你自己，必然的便不會有人來尊重你。老實說起來一個搶辭奪理無責任心的工程師，總是祇顧金錢的獲得，犧牲名譽是在所不惜的。

(10) 必須養成互助的精神——「工程」這名詞的本身，已表現牠是一個實際的東西，牠的意義上的範圍之廣，應用之多，是沒有別的名詞能和牠爭雄的；所以一個工程師除了受某種特殊的教育以外，還須吸收些普通知識；因為我們彷彿是機器的全部，並不僅是它

的某一部份；並且我們在這科學的園裏，居有十分優越的地位，做起事來，當然要比一般人多賣點力氣；那麼在盡自己純粹職業上的義務以外，還要做些額外的事，有許多急待合法解決的嚴重問題，天天老是纏繞住人們，工程師就該設法解除；那些問題正確的解答，也只有我們工程師才知道。沒有一種工程是無有意識的，工程只有資本的多少之不同，決無孰貴孰賤之差異，至少我們為完成每種工程所努力的程度是一樣的。但是不論是在那一種情況之下，我們總不能夠把各部份細微的工作，完全經自己的手去做；於是有助手的需要，因此又要培養充分的知識去了解別人的個性，去觀察別人的能力，以便選擇良好的助手，來幫助你完成那全部的工作。既經把一部份的工作委托了他，你便要絕對的信任他，讓他全權處理那一部份的工作，千萬不要干涉，這樣的分工合作，便是管理成功的祕訣，也是事業成功之最有效的方法。

(11)必須存忠實的心——青年的工程師們！你們要信仰你們自己，要忠心茫茫的未來，鼓起勇氣，直向前衝去，不要畏縮！更記着「和悅的容顏，可以賺到充饑的麵包，」再記着：「用你希望別人替你做事的努力，去替別人做事！將你希望別人待你的心，去待別人！」這幾條格言，是引你的職業和你的生命到天堂裏去的唯一捷徑。你聽它的指示是永遠不會錯的。是的，在生命的進程中總免不了有一些障礙，有時也會使你灰心，有時也會叫你徘徊，不過只要是你有毅力，有勇氣，定能夠克復它們，或者躲避它們，這樣所得的經驗比順利的通過更有價值。鐵礦生來並不是鋼，它必須受過紅火的燒鍊才成鋼；人也是一樣，他必須飽嘗了艱難辛苦，才能成功一個偉人。哥斯人有句成語：「能夠解除危困的人，才是真正的主人，」也只有忠實，才能夠通

過一切的困難。

(12)必須探索新途徑——工程師將來應該做那些事呢？祇是做一個苦工嗎？祇是做一個書記嗎？祇是追隨先人嗎？或祇是改良先人做事的方法，而建立同樣的事功嗎？假使這些推測，就是來日工程師的工作，那末世界上的文明，不久便要凋零，一切的進化，也就這樣悲殘的結束了。不，前面種種的敘述，決不會成為事實，我相信：真有本能的工程師將要緊握住所有的美善，將要努力開闢新的途徑，將要懷抱着新的思潮，替全人類帶來富足、幸福和安逸的禮物。

(13)必須努力替人類造福利——個個人都說現在職業太多了，連同行的人也說事情實在擁擠了，但是我偏說事情並不多。因為在這科學倡明的時代，一切的文明，都是成幾何級數進化的，不僅在工程上有發展的可能，其他無窮的事理，也都正待人們去開拓。大自然中所蘊藏着的許多生產能力，更需要我們去發展和利用，以便創造幸福的世界和最高的文明。訓練個人服務精神的教育，無論被訓練的是不是研究專門學問的人，除了工程教育以外，再也找不出別一種教育，是比它更確切更生効的了。因為這種基本的工程學問，不僅是教人同自然界常時接近後，可以得到整個自然律的概念，並且訓練他們的頭腦，能夠判斷一切影響他們事業之因子的輕重。也可教他們知道完整是零碎的集團，但完整不是零碎。所以我希望把工程當做終身事業的青年們都牢記住：你們是加入了更偉大更古老的職業了。應該要繼續先人的意志，不斷的努力邁進！古代的人把石塊鑿起洞來居住，把木頭築起橋來過河，同我們現在之設計和建築是一樣的原理和熱心，這種智力上的努力，可以叫自然做人類的侍女，也可以叫它做人類慈善的保母，成功的因素，都掌握在人們自己

手裏，工程事業和別的職業都常有所希望的果實結成，不過在物質上的報酬，有些不相同，這種報酬，工程師所得的比較豐富，工程師因此可以留下很光榮的名譽給他的子孫，他在人間所施與的幸福和安逸的恩惠，將永遠不滅。

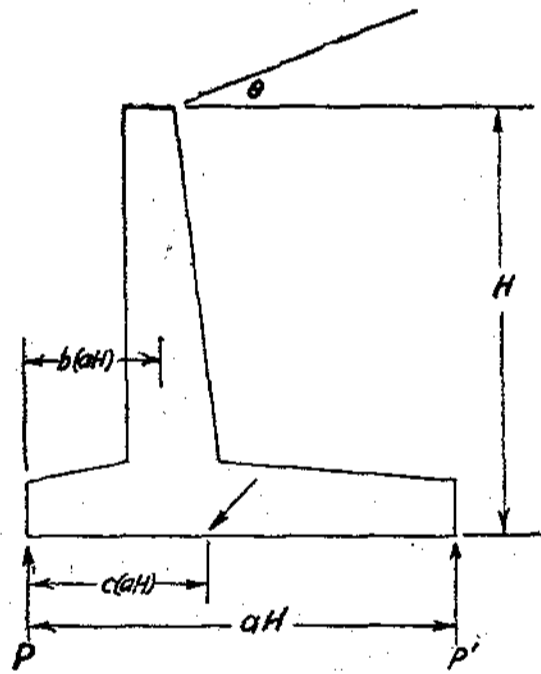
我們把這偉大的事業交給我們的子孫承繼着，並指導他們的路向去完成！還有很多山坵的高度，和很多海洋的深度，都正等着他們去測量。這些勞作，就是他們唯一的遺產，將要次第的留下去，直到全人類個個都享受精神上和物質上的最大幸福為止。

廿五，二，一，于武大工學院

譯自[Engineering News Record, Nov 28, 1935]

禦土牆設計之結果

(編者按:下表爲民二六級同學設計禦土牆之結果其高度爲十六呎至二十呎,土面一與牆頂齊平一與自然坡度平行特錄於此以供參考。)



土壤自然坡度(Angle of repose) = $\tan^{-1} \frac{12}{3}$

牆底與地基之摩擦係數 = 0.4

設計者	θ	H(ft.)	a	b	c	f.s.(ov.)	f.s.(sl.)	P(lb/sq. ft.)
何彥青	0	17	0.5	0.33	0.37	2.58	1.15	2500
鄧銳甫	0	17	0.52	0.28	0.37	2.9	1.3	2800
張溶	0	18	0.42	0.33	0.33	2.0	1.1	2900
周文化	0	19	0.42	0.34	0.34	2.3	1.3	3280
雷大晉	0	19	0.47	0.36	0.36	2.5	1.3	3030
蔣宗松	0	20	0.55	0.29	0.4	3.2	1.36	2890
項學漢	0	20	0.48	0.36	0.36	2.47	1.13	3160
周祐	0	21	0.5	0.35	0.37	2.6	1.2	3100
章泰報	0	21	0.45	0.28	0.34	2.5	1.3	3760
劉宜鐸	0	22	0.5	0.27	0.35	2.8	1.3	3940
崔可仁	$\tan^{-1} \frac{2}{5}$	16	0.72	0.30	0.42	2.3	0.76	3900
陳和鳴	,,	16	0.69	0.35	0.38	2.1	0.85	3900
耿大定	,,	17	0.76	0.35	0.44	2.4	0.75	3420
趙邦達	,,	17	0.82	0.33	0.52	2.7	0.8	2200
楊賢益	,,	18	0.72	0.38	0.43	2.3	0.74	3900
趙爾基	,,	18	0.67	0.32	0.42	2.1	0.7	4000
樊哲晟	,,	20	0.77	0.45	0.45	2.49	0.76	3870
龔一波	,,	20	0.75	0.37	0.45	2.4	0.74	3880

P' = 2700

校友通訊

十月生活

陳厚載

踏進社會來的初步

我此時得和大家好友談談心，非常高興。自從去年七月初我的左脚跟着右脚踏進了社會，軀體的全部，已不能再隨心所欲的享受那學生時代的生活了。起初學校裏介紹我來南昌市政委員會服務。該會的主任委員是建設廳長龔學遂兼任。第一次見他的時候，他很和氣很簡單的對我說：派你在建設廳做事。並且他還問：你會何種運動？住在何處？適遇此時有別人來會廳長，我就不得不即刻興辭而去。

等候了半個月，委任狀送來了。七月十八日，我就往建設廳去辦公。到廳後，領了用具，當時便寫了個到差的簽呈，我的簽呈是這樣寫的：

“敬簽呈者奉省府祕叁——廿四年七月十五日發一八五五號委任狀開委任陳厚載為本府建設廳技佐等因奉此遵於七月十八日到廳工作請轉呈省政府祕書處會計股登記並發給證章一枚以便通行謹簽呈主任程轉呈廳長龔

技佐陳厚載謹簽呈七月十八日”

工作的開始

到廳後的第三天，龔廳長調我到市政委員會去做測量工作，工

作地點是南昌附近的一塊墳地，距辦公室不過半公里遠，在那種炎熱天氣之下工作，本該趁早晨天氣涼爽，早點出發去做。但是事實却不能如此，我每天六時起床半小時早操後，才整裝出發測量，歸來時概在十一時左右，下午二時至五時，因天氣太熱，改作室內整理測量記錄的工作，五時以後，打打網球，洗洗澡，晚飯後，也就無甚公事了。禮拜天有時還和其他團體機關賽一賽網球，週復一週，兩個多月的工夫，不覺就這樣過去了。

窮苦的弋陽

十月間廳長派我去弋陽監造烈士公墓，待接到省府令後，便領了旅費出發赴弋陽。弋陽乃贛東土匪發源地，匪首左志敏的故鄉，就在那裏。該縣城池不大，其中住戶商店等約四五百家，街道上行人冷落，商業景況甚蕭條，惟因公共衛生不修，到處會蠅却到很多。到弋陽後首先與縣長接洽建築公墓的事情，縣政府亦已奉到省府同樣公文，於是縣長便派了一位技士，導我去城北勘定墓址，那裏地勢太低，易被水淹，建築不宜故未採取。過了幾天，縣長和我又到距城九公里的圭峯，選擇墓址，圭峯乃贛東名勝之二，山峯矗立，突出地面三四百尺，嶙峋怪石，作人獸狀，天然美景，煞是奇觀，我起初打算把公墓做在圭峯裏面，後來遭圭峯寺的僧人反對，以爲有礙風水，縣長是不違民意的，只好委曲求全，結果決定建築在圭峯的外面。

工地種種

烈士墓建築的詳細圖樣，是省政府已經繪好的，我這次奉命到弋陽建築公墓，只要照樣監造就是了。偏僻的弋陽，概因久經荒亂的緣故，最初就找不到工匠，後來勉強東招西募的找來幾個石匠，簡陋地方上的簡陋工人，那裏曉得圖樣的平面側面與切面？他們只知道

魯班尺，又那知道圖樣上的公尺公寸與公分？我當時無法，只好另外請了幾個木匠，親自指教他們繪了幾十張最簡單的圖樣，又教他們仿做。做好了以後，組合起來，成功了一座烈士公墓的模型。那些石匠見了，才恍然大悟。

炸山採石，也是一件煩難的工作，幸虧縣技士請來一個曾經做過公路橋樑的石匠來包做。按當時情形，每麻石一公方，約需洋五六元，每紅石一公方，約一二元。於是採石的工程，就完全歸包工負責。其餘水泥鋼筋等材料，因為要到南昌去購買，所以歸我自己辦理。開工之後，不幸天不奏巧，時常下雨。工人既不能雨地做工，包工人又不願工人在廠裏坐吃閒飯。於是包工所雇的工人，只好雨天回家，待天晴時再來做。時作時輟，工程進行，極為迂緩。

此外尚有一件麻煩的事情，就是領工款的問題。此項工程用費，省政府原定為二千元。因為公文往返需時，一先由縣府造具預算及領款憑單呈請省府審核，省府收此案交建廳辦理。建廳核准後，轉財廳簽註，財廳復交建廳簽註，建廳再轉財廳以後怎樣，我也弄不清了。總而言之，最快也要數十天——一直到開工後幾個月，工款始由縣政府領到。起初縣府恐怕此款領不到，不支墊，難為了我這個窮監造，處理無方。結果包工無火食，向寺內和尚借米借糧。直到工款領到之後，一切的工作，才順利的做下去。

後來時屆舊曆年關，工人仍都要回家去過年，不得已停工了二十天。迨開工之後，連日催促，始告完成。

暫告結束

弋陽歸來後，又返回到建設廳工作。回憶我踏進社會十多月以來的工作，比起做學生時代的天真生活來，那真另外是一種意味了。

二十五年四月於南昌。

甘 肅 水 利 工 程 近 況

吳 以 敷

(前略)甘省水利概況之調查與研究,本為余來此主要目的之一。但能否得有結果,則不敢必。茲謹將經委會水利處在甘工作之正積極進行者,大略述之如下:

(一)正在開工者有洮惠渠,地點在臨洮,水源引自洮河,渠長二十餘公里,係前年何之泰所勘定設計者,惟因地形未完全測量,能灌地若干尚不知也,且渠道甚淺,所經多有卵石層,興築頗感困難,即幸成功,將來洩漏水量如何,亦屬疑問,然所以現在仍依此計劃開工者,此又為政治問題也,蓋經委會來此工作,已近兩年,成績毫無,地方人士固多懷疑,即會中當局,亦感不安,故祇求其早日開工,而不計其結果之經濟否也。

(二)新古渠之積極設計籌備開工,查該渠係引黃河之水灌蘭州附廓之田地,余現即工作於此,本渠地形已於去冬測竣,現渠線已定,正計算土方設計橋樑涵洞等,盼於最短期間內開工,本渠長約四十公里,可灌地約三萬畝。(其中有原用水車及泉水灌溉者近萬畝。)比之陝西各渠不過十之一耳,但會中為提倡水利計,亦未計及經濟價值也。

(三)正在設計中者,尚有通惠與永靖二渠,前者引大通河之水可灌地十餘萬畝,後者引黃河之水可灌地數萬畝,以工程較大,不敢立即開工,擬待前二渠完成後,得有相當經驗,再作研究,此外更有普濟渠者,則未測量也。

總之,目前水利處在此地之工作,仍在試探與提倡時期,真正之水利建設,尚待努力。(後略)

後 編

本刊原定年出一期惟以經費關係自第一期發刊後兩載中斷
今始繼續出版深為歉仄

本期蒙諸教授校友及同學踴躍賜惠鴻文深為感謝

本期自上屆幹事會即開始籌備得其編輯幹事張溶項學漢二
君之熱心徵稿與整理編者謹於此致謝

凌鴻助先生“鐵道工程”演講稿一篇未即付梓待下期登載

本期會員錄中“畢業同學近況”因前次所發會員調查表填回
極少故祇得以本校秘書處所調查者為根據

本會為使校友與在校會員連絡起見特製“校友近況變動表”
及“校友消息”兩紙隨刊附發祈各校友即填寄本會編輯股為荷
付印倉猝錯誤難免幸祈讀者指正

——編者——

附 錄

本 會 會 員 錄

(一) 甲種特別會員 (本系教員)

姓 名	別 號	籍 貫	通 訊 處
邵逸周		安徽休寧	本校第一教員住宅區
陸鳳書		江蘇蕪錫	元字齋
愈 忽	子慎	安徽婺源	本校
余熾昌	稚松	浙江紹興	本校
丁燮和		江蘇泰興	本校
丁八鯤	西崙	江蘇吳縣	半山廬
涂允成	述文	湖北黃陂	本校
郭 霖	澤五	湖北當陽	本校
趙師梅		湖北巴東	二區
孫雲霄		江蘇高郵	二區
譚聲乙	蜀青	安徽合肥	一區
笄遠倫	經甫	江蘇丹徒	本校
楊樹仁			本校
石 琢	作楫	湖南邵陽	元字齋
胡錫之		江蘇海門	元字齋

趙學田 棕生 湖北巴東 元字齋

(二) 乙種特別會員(本系畢業同學)

民二二級畢業會員

姓 名	別號	籍 貫	服務機關
顧文魁		江蘇如皋	南京資源委員會(現派往美國留學)
唐家湖		安徽桐城	南京市政府工務局
陳亞光		江蘇東台	南京資源委員會
陳正權	與可	湖北武昌	湖北建設廳
辛煥章	達文	湖北安陸	湖北建設廳
黃守楷	卓立	湖南湘潭	粵漢路局工務處
彭文森		湖北鄂城	湖北建設廳
賀 俊	制宜	湖南安化	武昌市政處
沈瓊芳	伯錚	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	道存	湖北武昌	湖北建設廳
吳興朝	莫如	湖南新化	武昌市政處
羅崇光		廣東南海	平漢鐵路

民二三級畢業會員

熊道琨	瑤芳	浙北漢川	湖北省立漢陽高級工業職業學校
張世俊		湖北漢陽	平漢鐵路
沈瑾芳	仲蓀	湖北天門	湖北建設廳
徐卓如		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	陝西全國經濟委員會西蘭公路工務所
舒文翰	八愷	湖北崇陽	湖北建設廳
余壽		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	臨民	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	安徽省建設廳
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
王哲		廣西賓陽	湘桂鐵路
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
余河	炯章	四川威遠	四川公路局總工程師室
黃作		江蘇泰縣	導淮委員會
葉家幹		湖北武昌	湖北省立漢陽高級工業職業學校

民二四級畢業會員

楊長榮		江西豐城	江西公路局
唐儲孝	輝如	湖南平江	浙江錢塘江橋工程處
汪承鈞	子春	湖北應城	湖北建設廳
方璜		湖南岳陽	安徽歙縣京貴線路第八分段

方 璧		湖南岳陽	南京參謀本部城寨組
何世珍		江西萍鄉	南昌市政委員會
陳化秦		江西清江	江西省立臨川中學
劉定志		江西永新	江西建設廳
陳厚載		江西臨川	江西建設廳
米谷生		湖南辰谿	四川公路局總工程師室
梁湜訓	家湘	湖南長沙	四川公路局工務處
周宗士	文邨	湖北圻水	湖北建設廳
余傳周	夢若	湖北黃陂	湖北建設廳
朱吉麟		安徽涇縣	安徽建設廳
劉宗周	國屏	湖南祁陽	四川公路局總工程師室
陳良智		浙江義烏	安徽水利局
封祖佑		廣西容縣	湖北建設廳崇陽崇平公路工程處
鄧先仁		湖北蒲圻	本校工科研究所土木工程學部研究生
王 光		江西上饒	江西新喻浙贛道路南萍段第五工務段
樊錫梁		陝西富平	陝西建設廳
袁吉武		湖北武昌	漢口智民里十三號袁瑞泰營造廠
杜時敏		湖北黃岡	湖北建設廳
吳以敷		江蘇淮陰	全國經濟委員會水利處 中央大學內 中央水工試驗所
蔡仲華		江西寧都	江西水利局
陽漢膺		江西南昌	江西玉萍線路
樂 樂		江蘇鹽城	揚子江水利委員會
黃景驥	騰高	江西石城	江西萍鄉峽山口浙贛線路局南萍段工務 第三總段第十二分段
胡慎思		湖北武昌	國營金水農場

尤德梓	福建閩侯	福建省立工業職業學校
方宗岱	浙江金華	本校工科研究所土木工程學部研究生
張鼎生	江蘇泰興	陝西南鄭漢南水利管理局
胡錫之	江蘇海門	本校土木系助教
董世春	江西南康	湖北路局

民二五級畢業會員

李希靖	巽之	江西南昌	江西水利局
宋克繼		安徽霍山	安徽建設廳
王開閻		安徽懷寧	安徽建設廳
胡家仁	靜山	安徽婺源	金口國營農場
李均平		四川閬中	武昌市政處
劉相堯		湖南攸縣	武昌市政處
劉永彥		湖南新甯	金口國營農場
蔡鍾琦		湖北黃陂	湖北建設廳
鍾 綽	孟言	湖南平江	武昌市政處
方 睦	友于	湖南平江	武昌市政處
胡玉瑞	獻之	湖北廣濟	湖北建設廳
李希曾		江西武寧	江西水利局整理南州水利工程起
黃德榮		湖北鄂城	湖北建設廳
段 幹	坦人	江西萍鄉	全國經濟委員會
龔志鴻	志鴻	江西南昌	江西全省公路局

(三) 普通會員(在校同學)

民二六級

姓 名	別 號	籍 貫	通 訊 處
尹肇元		安徽壽縣	安徽壽縣二區
鄭恆興		浙江江山	浙江江山鄭裕豐號轉
陳和鳴		湖北棗陽	湖北棗陽南關
崔可仁		安徽太平	蕪湖西城內堂子巷十五號
鄧銳輔	仲穎	湖北長陽	湖北長陽城內南門巷
何彥青		湖北漢陽	武昌萬年閣前街五二號
耿大定		湖北安陸	湖北安陸西門外碼頭街二四號
趙邦達		四川合江	四川合江上白沙
毛景能	治權	湖北漢川	武昌糧道街小吉祥巷二號
張 溶	靜波	山西臨汾	山西臨汾金殿鎮官禮村
楊賢溢		安徽懷甯	安徽懷甯譚家橋
趙爾基		山西壽陽	山西壽陽壽陽中學轉
雷大晉		江西南昌	南昌岡上街郵政代辦所轉
周文化		湖北浠水	湖北浠水當舖街程德泰內
蔣宗松	竹友	湖南澧縣	湖南澧縣雷同興轉
項學漢		浙江鄞縣	漢口特一區五福路九十九號
龔一波	光月	湖南澧縣	湖南津市龔家溶
章泰報	竹安	江西南昌	南昌謝埠市同泰義號轉
周 祐	景羊	江蘇鹽城	江蘇鹽城章家橋十七號
劉宜鐸		湖南長沙	長沙局關祠西胡同六號
樊哲晨		江西南昌	南昌清節堂廿九號

民二七級

何進鋒 湖南郴縣 湖南桂陽縣大北關二十號

周懷璜		江蘇高郵	江蘇高郵東大街周慕韓轉
黃言亮		安徽桐城	安慶湯家溝橫埠河
鮑光華		安徽蕪湖	北平什利海北官房口二十號
王楚熾		湖北漢川	武昌黃土坡義莊前街六號
鄧志揆	端甫	江西新淦	南昌進賢門內寶森米店
李毓芬		湖北黃安	武昌羅祖殿巷六號
李慕蘇		湖北黃岡	武昌菊澗西街五號
馬資元		湖南湘潭	湖南湘潭朱亭王十萬郵局轉
喻伯良		湖北潛江	湖北潛江新陽家場喻榮豐號
黃民澤	覺三	湖南寧鄉	湖南湘潭道林任合盛號轉茅茨山
黃彰任		湖南瀏陽	湖南瀏陽西城巷十六號
王咸成		浙江武義	浙江金華智珠醫院
周永康		浙江餘姚	上海香山路復興邨二十二號
劉守純		江西南豐	南昌西書院街二十六號
陳文彪		福建閩侯	福州螺州店前八十五號
呂道華		江蘇常熟	江蘇常熟梅李西街
沈晉		江蘇高郵	江蘇高郵百歲巷
陳道弘		湖北應城	武昌張王廟二十號
常振機	龍松	湖南長沙	長沙壽星街二號
尹先恩		湖北漢川	漢口江岸長湖路二百二十八號
童光燦		湖北圻春	湖北圻春縣清家河童春河轉
吳治華		湖北咸寧	武昌閱馬廠楚善後街一號
林祥威		江西南昌	南昌大士院四十八號
陳炳輝		江西鄱陽	江西鄱陽十八坊六號轉小華村

王修官	江西新建	南昌西大街一百二十八號
潘基頤	湖南寧鄉	長少西園七號
舒慶禾	劍秋 浙江蘭谿	浙江蘭谿裕茂布莊
鄭瑞林	湖北大冶	武昌梳妝台二十號
民二八級		
鄒思齋	江西萍鄉	
宋壽安	湖北武昌	武昌花堤中街四十號
謝志安	江西宜春	西西宜春城東東來試館轉
周謨仁	湖北黃陂	武昌府後街二十三號
王壽康	江蘇武進	江蘇武進西直街五十三號
湯世均	湖南漢壽	湖南漢壽馬家巷湯宅
唐日長	湖南甯鄉	湖南甯鄉南城外慶福順轉
余家璜	湖北黃陂	平漢路祁家灣余德記
劉應昌	湖南衡山	湖南湘潭岳後子字五區大鵬
崔蔭塵	江蘇鹽城	江蘇泰縣湖梁大崔莊
張大桂	浙江嘉興	浙江嘉興蘆蕪匯九號
賀德乾	湖北蒲圻	本校
陸銀如	澍萍 江蘇宜興	江蘇宜興和橋萬石橋
沈立昌	江蘇無錫	江蘇無錫前洲
張瑞瑾	湖北巴東	湖北巴東下街盛義記
江錫文	安徽桐城	安慶新安渡
宋文麟	湖南甯鄉	湖南甯鄉鴨婆巷資源和轉
楊德功	湖南常甯	湖南常甯北門五號
丁鶴璋	江蘇江陰	江蘇江陰東大街二十號

姚琢之		湖南長沙	長沙安沙紅葉山莊
徐樹勳		湖南湘潭	長沙通太西街禮園
	民二九級		
董詠春		浙江義烏	浙江義烏南街二號
沈震超		江蘇阜甯	江蘇阜甯八灘宋日昇號轉
熊大慈		江西南昌	青島奉化路一〇九號
李金熹		江西豐城	江蘇常州西門李聚豐木行
秦與中		河南開封	開封三里堡十三號
梅哲培		湖南甯鄉	湖南甯鄉梅家田
陳宗文		安徽鳳陽	蚌埠長淮街永和號
嚴祥麟		浙江慈谿	上海白利南路引弄一五一號
葉堪泉		江西萍鄉	萍鄉東張天興
萬子龍	子龍	江西南昌	南昌松柏巷八十七號
陳朱經		浙江樂清	浙江樂清城內崇禮巷
周 鎰	管北	江蘇宜興	鄭州三馬路文德里二號
余世溶	子恂	江蘇嘉定	上海九江路七六八號
胡家棟		湖北武昌	漢口天津街聯怡里三號
陽兆芝		湖南醴陵	醴陵陽三石火車站後餘園張宅交
饒華榘		湖北廣濟	武昌西川湖十七號
蔣惟恆		江蘇太倉	瀏河第二街六十號

本屆事幹一覽表

總務	林祥威
文書	常振機
演講	周永康
編輯	{沈晉 王壽康
出版	{鮑光華 鄒思齊
交際	{呂道華 陸銀如
會計	沈立昌
事務	陳道弘

* * * * *

廣告索引

興華洋行	(封皮裏面)
禮和洋行	(封皮對面)
袁瑞泰營造廠	(底皮外面)
六合公司	(加頁)

學筌期刊創刊號目錄

論著	我對於讀經之意見	胡稼胎	唐代小說發達的原因及其特色 微草堂筆記的檢討 平妖傳夜讀鈔 王 毛 李 颺 幹 高 翥
	類書起源略考	張滌華	
	形名學徵	譚戒甫	
	荀子之年代及行歷	周輝鶴	
	文心雕龍校字記	劉永濟	
	金源文學緒論	蘇雪林	
	論宋三家詞	胡國瑞	
反切六論	徐心沈		

詩	波 靜	候時的涼秋	小說	
	達先朱	子璉小與樹綠綠		
	散文	本行話		殷 勤
		春夜懷遠		M G
五月鄉愁曲		邊 城		
狂言四番		毛 幹		

其餘尚有陳散原，劉彖龍，吳其昌，蘇雪林，胡守仁，黃西銓，湯春庭，徐新元，趙麗翰，趙家寰，云鳳諸先生詩詞二十餘首，不備錄。

編輯兼發行： 國立武漢大學中國文學系學筌期刊社
 總發行所： 國立武漢大學出版部
 代售處： 國內各埠各大書局
 定價： 每册大洋二角五分

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，概以本刊致酬。

本 刊 廣 告 表

註 附	上 等	優 等	特 等	等 級
廣告概用白紙黑字。鉛版費用由本刊負擔， 圖繪設計本刊概不負責。 右表均以一期計算。 接洽處：國立武漢大學土木工程學會，電話 四二四一，四二四二，四二四三， 轉學生宿舍宿字八四一號林祥威君處	底皮裏面加頁	封皮裏面加頁及底皮裏面	封面之對面及底皮外	地 位
	拾伍元	貳拾元	叁拾元	全 面
	拾 元	拾伍元	貳拾元	半 面

國 立 武 漢 大 學

土 木 工 程 學 會 會 刊

第 二 期

民 國 二 十 六 年 五 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 國 立 武 漢 大 學 印 刷 所
 定 價 每 冊 大 洋 三 角 外 埠 另 加 郵 費 五 分

漢 口

袁 瑞 泰 營 造 廠

本	房	橋	其
廠	屋	樑	他
承	道	以	建
造	路	及	築

總辦事處漢口特三區智民里十三號

電 話 二 二 七 三 五 號