

論 說 報 告

第二十卷第二號 昭和九年二月

特 殊 架 構 論

第一編 山形架構

准員 工 學 士 横 道 英 雄*

Treatise on the Special Bents (Part I).

By Hideo Yokomiti, C.E., Assoc. Member.

内 容 梗 概

従来複式架構中の山形、梯形及び弧形架構即ち茲に特殊架構と假稱する架構群は各種構造物に對する應用範圍が廣いにも拘らず、その解法は區々繁雜にして特に多層及び多徑間のものは殆ど解法不可能に近かつた。本文はこれ等の特殊架構に對して撓角撓度法の應用を企て新たに斜材方程式、徑方程式等の條件式を誘導し又一般曲線材に對する撓角撓度式を誘導し、而して遂に機械的作表法の應用を可能ならしめたものである。本編は先づ山形架構に關して述べしものにしてこの場合は條件式としては節點方程式、層方程式及び新たに誘導せる徑方程式を用ひて解いたものである。

目 次

	頁
緒 論.....	1
第 一 編 山形架構.....	2
1. 基本表式	2
2. 固定脚單層山形架構	8
3. 鉸脚單層山形架構	13
4. 矩形、山形兩架構の比較	14
5. 高層多徑間山形架構	15
6. 算 例	16

緒 論

近來鐵骨及び鐵筋コンクリート、鋼鐵等に依りて造らるゝ剛節架構の發達に伴ひ、その理論も著しく發達して多種多様であるが就中撓角撓度法の理論は最近著しくその價値を認められてゐる。併し乍ら同理論は矩形架構に對して盛に應用せられしも特殊架構即ち山形、梯形及び弧形の諸架構に對しては遺憾乍ら誠に寥々たるの感を免れない。これ同理論を應用すれば未知量の數が矩形架構の場合に比し著しく増加する爲である。

山形架構は特殊架構中最も未知量の増加少きものである。撓角撓度法は未知量として各節點に於ける撓角と各部材に生ずる廻轉角又は撓度を選ぶものであるが、吾人は各節點毎に節點方程式を得るを以て節點の數増加從て未知量としての撓角の數増加は苦にならない。只廻轉角は矩形架構の場合は柱材にのみ生じ、而も各層毎に等しかつたが山形架構に於ては各部材に生じ而も各相異なる。若し單層單徑間の場合なれば 3 個増加するのであるが、架構の幾何學的關係からこれを 1 個の増加に減じ得る。而してこの 1 個の増加に對しては新たに誘導せる徑方程式を條件として充當して解決するのであつて、次に條件式を適當に變形し係數を適當に配列して所謂機械的作表法の應用を可能ならしめて迅速 簡易、正確を併せ期せんとした次第である。

梯形及び弧形の兩架構に就ては次編に續述したい。

* 北海道帶廣治水事務所勤務

第一編 山形架構

1. 基本表式

(1) 撓角撓度式

定断面を有する材 ab が両端弾性固定にして負荷せる時に両端に於て材に働く曲能率は

$$\left. \begin{aligned} M_{ab} &= \xi_{ab}(2\varphi_a + \varphi_b + \mu_{ab}) - C_{ab} \\ M_{ba} &= \xi_{ab}(2\varphi_b + \varphi_a + \mu_{ab}) + C_{ba} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

但し

$$\left. \begin{aligned} \xi_{ab} &= \frac{J}{l} && \varphi_a, \varphi_b = a, b \text{ 端に於ける撓角の } 2E \text{ 倍} \\ \mu_{ab} &= \text{廻轉角 } \theta \text{ の } -6E \text{ 倍} \\ C_{ab} &= \frac{2}{l^2} (2S_{ob} - S_{oa}), && C_{ba} = \frac{2}{l^2} (2S_{oa} - S_{ob}) \\ S_{oa} &= M_o \text{ 圓形の } a \text{ 端に関する一次率} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

にしてこれ熟知の撓角撓度式である。

若し b 端が鉸端なら

$$\left. \begin{aligned} M_{ab} &= \xi_{ab}(1.5\varphi_a + 0.5\mu_{ab}) - H_{ab} \\ H_{ab} &= C_{ab} + \frac{1}{2}C_{ba} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

荷重項なる C, H は豫め諸荷重状態に就き計算し得てこれを表として諸文献に出て居るを以てこゝには略す。

(2) 節點方程式

節點 k に ka, kb, \dots の數個の部材緊結せられある時は

$$M_{ka} + M_{kb} + \dots = 0 \text{ or } M_o$$

なるべし。 M_o は外與曲能率なり。撓角撓度式を代入すれば

$$\left. \begin{aligned} \rho_k \varphi_k + \xi_a \varphi_a + \xi_b \varphi_b + \dots + \xi_a \mu_a + \xi_b \mu_b + \dots &= \sum(\mp C) \\ \text{但し } \rho_k &= 2 \times (\text{集まる部材の } \xi \text{ の總和}) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

若し x, y, \dots 等の鉸端もありとせば

$$\left. \begin{aligned} (\rho_k) \varphi_k + \xi_a \varphi_a + \xi_b \varphi_b + \dots + \xi_a \mu_a + \dots + 0.5 \xi_x \mu_x + 0.5 \xi_y \mu_y + \dots &= \sum(\mp C \mp H) \\ \text{但し } (\rho_k) &= 1.5 \times (\text{鉸端を有する材の } \xi \text{ の和}) + 2 \times (\text{残りの材の } \xi \text{ の和}) \end{aligned} \right\} \dots\dots (4')$$

(3) 層方程式

これは熟知の如く、考へる層の柱材全部の各上下兩材端曲能率の總和を $\sum(M_{\uparrow} + M_{\downarrow})_r$ とし、層高を h_r 、天井に於ける水平剪力を S_r 、この層内にて働く水平荷重の床面上に起す曲能率を M_r とすれば

$$\sum(M_{\uparrow} + M_{\downarrow})_r = -S_r h_r - M_r \dots\dots\dots (5)$$

の形に表さるものなり。水平荷重が風上側の各節點に集中して中間になき時は $M_r = 0$ なり。即ち

$$\sum(M_{\uparrow} + M_{\downarrow})_r = -S_r h_r \dots\dots\dots (5')$$

(4) 徑方程式

第一圖の如き山形架構が任意荷重の爲變形した時各部材の μ 即ち廻轉角の $-6E$ 倍を、圖示した様に μ_1 以下

μ_4 とし、徑間 l に Δl なる變長を生じたとすれば變形後の三角形 234 を想像する事より容易に

$$\mu_2 = -6E\beta \frac{\Delta l}{f}, \quad \mu_3 = 6E\alpha \frac{\Delta l}{f}$$

なる幾何學的關係を得る。又柱材 4-5 は柱材 1-2 に比し $\Delta l/h$ 丈余計に廻轉する理なれば従てその μ の間には次の關係が成立つ。

$$\mu_4 = \mu_1 - 6E \frac{\Delta l}{h}$$

若し今後 $\phi = -6E \frac{\Delta l}{h}$ (6)

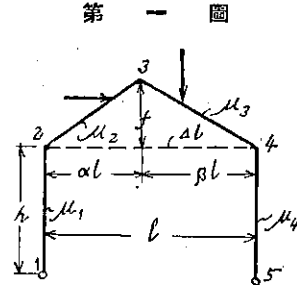
と規約すれば以上の關係は次の如く

$$\left. \begin{aligned} \mu_2 &= \beta \frac{h}{f} \phi = \lambda_\beta \phi, & \lambda_\beta &= \beta \frac{h}{f}, \\ \mu_3 &= -\alpha \frac{h}{f} \phi = -\lambda_\alpha \phi, & \lambda_\alpha &= \alpha \frac{h}{f}, \\ \mu_4 &= \mu_1 + \phi \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

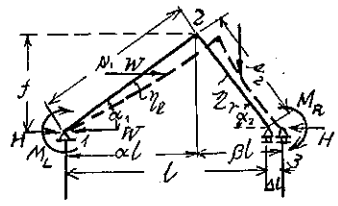
となりて未知量は μ_1 及び ϕ の 2 個となつた。

こゝに新しく規約した ϕ は Δl に起因したものであつて、もし本例が多徑間山形架橋ならば各徑間毎に相異なる Δl を生ずるを以て ϕ は各徑間毎に 1 個宛生ずる。

次に 第一圖の山形架橋から山形材のみを取出したものを第二圖の 1-2-3 とする。原架橋中にありて負荷の爲破線の様に變形を受けたとすると切斷後も尙その状態を保たんには起り得べき總ての内應力を切斷點に於て働かしむれば足る。即ち圖の状態である。この際右の切斷點即ち 3 に於て生ぜし水平内應力を H とする。即ち山形材に働かす外與水平荷重は全部左の點 1 に於て水平支持せらるるものと考へる。



第一圖



第二圖

さて吾人の熟知する如く

$$\Delta l = \int_0^l \frac{My}{EI \cos \alpha} dx = -h \frac{\phi}{6E}$$

の關係がある。然るに任意點の M は

$$M = \frac{l-x}{l} M_L - \frac{x}{l} M_R - Hy + M_0$$

で表すを得べきが故に上式は次の如く表さる。

$$-h \phi_r = A_r M_{Lr} - B_r M_{Rr} - C_r H_r + L_r$$

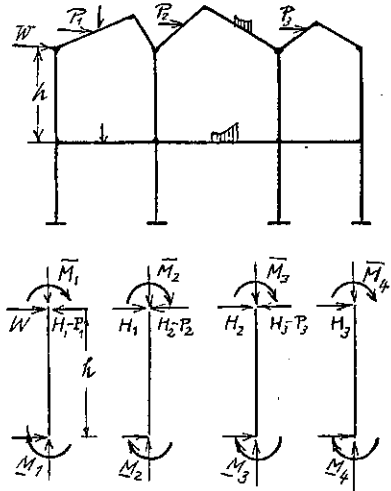
或は $3a_r M_{Lr} - 3b_r M_{Rr} + 3c_r \phi_r - h H_r = -3 \frac{C_r}{h} L_r$ (8)

$$\left. \begin{aligned} A &= 6 \int_0^l \frac{l-x}{l} \frac{y}{I \cos \alpha} dx, \\ B &= 6 \int_0^l \frac{x}{l} \frac{y}{I \cos \alpha} dx, \\ C &= 6 \int_0^l \frac{y^2}{I \cos \alpha} dx, \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

$$L = 6 \int_0^l \frac{M_0 y}{I \cos \alpha} dx, \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \\ \alpha = \frac{A}{3C} h, \quad b = \frac{B}{3C} h, \quad c = \frac{1}{3C} h \dots \dots \dots (10)$$

(8) 式を第 r 徑方程式と命名する。
 徑方程式の中には不靜定水平反力 H の項が含まれてゐる。この H は例へば、第三圖に於て第 2 層の柱材を切取りて考ふるに同圖下圖に示す如くであつて

第三圖



$$\left. \begin{array}{l} h H_1 = \bar{M}_1 + \underline{M}_1 + h(P_1 + W) \\ h(H_2 - H_1) = \bar{M}_2 + \underline{M}_1 + h P_2 \\ h(H_3 - H_2) = \bar{M}_3 + \underline{M}_3 + h P_3 \\ -h H_3 = \bar{M}_4 + \underline{M}_4 \end{array} \right\} \dots \dots \dots (11)$$

又は

$$\left. \begin{array}{l} -h H_1 = \bar{M}_2 + \underline{M}_2 + \bar{M}_3 + \underline{M}_3 + \bar{M}_4 + \underline{M}_4 + h(P_2 + P_3) \\ -h H_2 = \bar{M}_3 + \underline{M}_3 + \bar{M}_4 + \underline{M}_4 + h P_2 \\ -h H_3 = \bar{M}_4 + \underline{M}_4 \end{array} \right\} \dots \dots \dots (12)$$

一般に n 徑間の場合には

$$\left. \begin{array}{l} -h H_1 = \sum_{i=2}^{n+1} (\bar{M}_i + \underline{M}_i) + h \sum_{i=2}^n P_i \\ \dots \dots \dots \\ -h H_r = \sum_{i=r+1}^{n+1} (\bar{M}_i + \underline{M}_i) + h \sum_{i=r+1}^n P_i \\ \dots \dots \dots \\ -h H_n = \bar{M}_{n+1} + \underline{M}_{n+1} \end{array} \right\} \dots \dots \dots (12')$$

の關係が成立すべきを以て徑方程式 (8) は遂に次式となる。

$$3a_r M_{Lr} - 3b_r M_{Rr} + \sum_{i=r+1}^{n+1} (\bar{M}_i + \underline{M}_i) + 3c_r \phi_r = -3 \frac{c_r}{h} L_r - h \sum_{i=r+1}^n P_i \dots \dots \dots (13)$$

この (13) 式は徑方程式の一般式であつて n 徑間架構の第 r 徑間に對するものである。

(A) A, B, C の計算

(a) 一般非對稱形の場合 (第二圖参照)

$$\begin{array}{lll} 0 \leq k \leq \alpha & y = f \frac{k}{\alpha}, & I \cos \alpha = I_1 \frac{\alpha l}{s_1} = \frac{\alpha l}{\eta_l} \\ \alpha \leq k \leq 1 & y = f \frac{1-k}{\beta}, & I \cos \alpha = I_2 \frac{\beta l}{s_2} = \frac{\beta l}{\eta_r} \end{array}$$

但し $\eta = \frac{s}{I} = \frac{1}{\xi} \dots \dots \dots (14)$

であつて η は剛率 ξ の逆數である。

$$\begin{aligned}
 A &= 6 \int_0^l \frac{l-x}{l} \frac{y}{I \cos \alpha} dx = 6f \left[\frac{\eta_l}{\alpha^2} \int_0^\alpha (1-k)k dk + \frac{\eta_r}{\beta^2} \int_\alpha^1 (1-k)^2 dk \right] \\
 &= f[(3-2\alpha)\eta_l + 2\beta\eta_r] \\
 B &= 6 \int_0^l \frac{x}{l} \frac{y}{I \cos \alpha} dx = 6f \left[\frac{\eta_l}{\alpha^2} \int_0^\alpha k^2 dk + \frac{\eta_r}{\beta^2} \int_\alpha^1 (1-k)k dk \right] \\
 &= f[2\alpha\eta_l + (3-2\beta)\eta_r] \\
 C &= 6 \int_0^l \frac{y^2}{I \cos \alpha} dx = 6f^2 \left[\frac{\eta_l}{\alpha^3} \int_0^\alpha k^2 dk + \frac{\eta_r}{\beta^3} \int_\alpha^1 (1-k)^2 dk \right] \\
 &= 2f^2(\eta_l + \eta_r)
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

従て

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A}{3C} h = \frac{h}{6f} \{ (3-2\alpha)\eta_l + 2\beta\eta_r \} / (\eta_l + \eta_r) \\
 b &= \frac{B}{3C} h = \frac{h}{6f} \{ 2\alpha\eta_l + (3-2\beta)\eta_r \} / (\eta_l + \eta_r) \\
 c &= \frac{1}{3C} h = \frac{h^2}{6f^2(\eta_l + \eta_r)} = \frac{h^2}{6f^2} (\xi_l + \xi_r)
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

(b) 對稱形の場合

對稱山形材にして従て $\alpha = \beta = 1/2$, 且

$$\eta_l = \eta_r = \eta = \frac{1}{\xi}$$

ならば

$$A = B = 3f\eta = \frac{3f}{\xi}, \quad C = 4f^2\eta = \frac{4f^2}{\xi} \tag{17}$$

$$a = b = \frac{1}{4} \frac{h}{f}, \quad c = \frac{1}{12} \frac{h^2}{f^2} \frac{1}{\eta} = \frac{1}{12} \frac{h^2}{f^2} \xi \tag{18}$$

(B) 荷重項 L の計算

L は (9) 式に依りて與へられるを以て種々の荷重状態に對して M_0 を求めこれを同式に代入すれば得らる。今代表的な場合に對してその結果を擧げて見るに

(a) 垂直集中荷重 (第四圖参照)

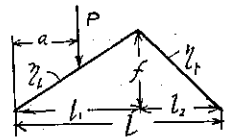
一般非對稱形の場合

$$L = fl \left[\left\{ \frac{l+2l_2}{l} \frac{a}{l} - \frac{l^2}{l^2} \left(\frac{a}{l} \right)^2 \right\} \eta_l + \frac{2l_2}{l} \frac{a}{l} \eta_r \right] P \tag{19}$$

對稱形にして $\eta_l = \eta_r = \eta$ の場合

$$L = fl \left[3 \frac{a}{l} - 4 \left(\frac{a}{l} \right)^2 \right] \eta P \tag{20}$$

第四圖



(b) 垂直等布荷重 (第五圖参照)

一般非對稱形の場合

$$L = f(a_1 + a_2) \left[\left\{ \frac{1}{2} + \frac{l_2}{l} - \frac{1}{4} \frac{a_1^2 + a_2^2}{l^2} \right\} \eta_l + \frac{l_2}{l} \eta_r \right] W \tag{21}$$

對稱形にして同上の場合 (即ち $\eta_l = \eta_r = \eta$ 以下同じ)

$$L = f(a_1 + a_2) \left[\frac{3}{2} - \frac{a_1^2 + a_2^2}{l^2} \right] \eta W \tag{22}$$

第五圖



(c) 垂直等變荷重 (第六圖参照)

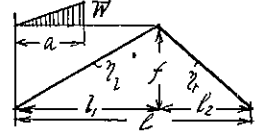
一般非對稱形

$$L = 2fa \left[\left\{ \frac{1}{6} + \frac{l_2}{3l} - \frac{1}{20} \left(\frac{a}{l_1} \right)^2 \right\} \eta_l + \frac{l_2}{3l} \eta_r \right] W \dots (23)$$

對稱形, 同上.

$$L = 2fa \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{5} \left(\frac{a}{l} \right)^2 \right] \eta W \dots (24)$$

第六圖

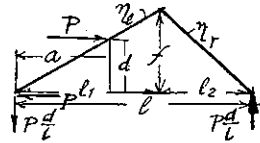


(d) 水平集中荷重 (第七圖参照)

水平荷重の場合に注意すべき事は既述せる如く水平荷重 P は左支端に於てその全部を支持せらるゝものと考へる事であつて従て M_0 は

$$\begin{aligned} M_0 &= -P \frac{d}{l} x + P y \quad 0 \leq x \leq a \\ &= P \frac{d}{l} (l-x) \quad a \leq x \leq l \end{aligned}$$

第七圖



となる事である。これを (9) 式に代入して

一般非對稱形

$$L = \frac{f^2}{l} \left[\left\{ (3l-2l_1) \left(\frac{a}{l_1} \right) - l \left(\frac{a}{l_1} \right)^3 \right\} \eta_l + 2l_2 \frac{a}{l_1} \eta_r \right] P \dots (25)$$

對稱形, 同上.

$$L = f^2 \left[6 \frac{a}{l} - 8 \left(\frac{a}{l} \right)^3 \right] \eta P \dots (26)$$

(e) 水平等布荷重 (第八圖参照)

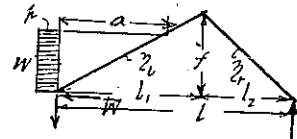
一般非對稱形

$$L = f^3 \left[\left\{ \frac{3l-2l_1}{2l} \left(\frac{a}{l_1} \right)^2 - \frac{1}{4} \left(\frac{a}{l_1} \right)^4 \right\} \eta_l + \frac{l_2}{l} \left(\frac{a}{l_1} \right)^2 \eta_r \right] p \dots (27)$$

對稱形, 同上

$$L = f^3 \left[\frac{3}{2} \left(\frac{a}{l_1} \right)^2 - \frac{1}{4} \left(\frac{a}{l_1} \right)^4 \right] \eta p \dots (28)$$

第八圖



(f) 水平等變荷重 (第九圖参照)

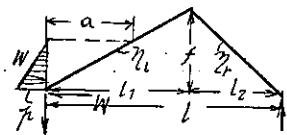
一般非對稱形

$$L = f^3 \left[\left\{ \frac{3l-2l_1}{6l} \left(\frac{a}{l_1} \right)^2 - \frac{1}{20} \left(\frac{a}{l_1} \right)^4 \right\} \eta_l + \frac{l_2}{3l} \left(\frac{a}{l_1} \right)^2 \eta_r \right] p \dots (29)$$

對稱形, 同上

$$L = f^3 \left[\frac{1}{2} \left(\frac{a}{l_1} \right)^2 - \frac{1}{20} \left(\frac{a}{l_1} \right)^4 \right] \eta p \dots (30)$$

第九圖



以上の (19) 式より (30) 式迄を應用すれば種々の場合を求め得。第一表及び第二表はこれを示したものである。

第一表 非對稱山形材のL

No	荷重状態	L	No	荷重状態	L
1		$2 + \frac{l_1 l_2}{l} (\eta_1 + \eta_2) P$	8		$2 \frac{f^2}{l} [(1-\eta_1) \eta_1 + \eta_1 \eta_2] P$
2		$f a \left[\left(\frac{l_1}{2} + \frac{l_2}{2} - \frac{1}{2} a^2 \right) \eta_1 + \frac{1}{2} l_2 \right] W$	9		$\frac{f^2}{l} \left[\frac{5l_1 - 4l_2}{4} \eta_1 + l_1 \eta_2 \right] P$
3		$f l_1 \left[\left(\frac{l_1}{2} + \frac{l_2}{4} \right) \eta_1 + \frac{1}{2} l_2 \right] W$	10		$f^2 \left[\frac{5l_1 - 4l_2}{4l} \eta_1 + \frac{l_2}{l} \eta_2 \right] P$
4		$\frac{f}{4} \left[(4l_1 l_2 + l_1^2) \eta_1 + (4l_1 l_2 + l_2^2) \eta_2 \right] P$	11		$f^3 \left[\frac{14l_1 - 10l_2}{30l} \eta_1 + \frac{l_2}{3l} \eta_2 \right] P$
5		$\frac{2}{3} f l_1 \left[\left(\frac{2}{20} + \frac{l_2}{2} \right) \eta_1 + \frac{1}{2} l_2 \right] W$	12		$f^3 \left[\frac{3l_1 - 2l_2}{6} (3A + B) \left(\frac{A}{l_1} \right)^2 - \frac{1}{60} (5A + B) \left(\frac{A}{l_1} \right)^3 \right. \\ \left. + \frac{1}{30} (3A + B) \left(\frac{A}{l_1} \right)^2 \eta_2 \right]$
6		$\frac{2}{3} f l_1 \left[\left(\frac{2}{3} + 2 \frac{l_2}{3} \right) \eta_1 + 2 \frac{l_2}{3} \eta_2 \right] W$	13		$f^3 \left[\frac{5l_1 - 4l_2}{4l} P + \frac{14l_1 - 10l_2}{30l} \eta_1 + \frac{l_2}{3l} (3A + B) \eta_2 \right]$
7		$\frac{1}{60} f \left[11 \eta_1^3 + 20 l_1 l_2 + 40 l_1 l_2^2 + 40 l_1^2 l_2^2 \right] \eta_1 \\ + \frac{1}{4} (20 l_1^2 + 48 l_1 l_2 + 33 l_1 l_2^2 + 15 l_2^3) \eta_2 \right] P$			

第二表 對稱山形材のL

No	荷重状態	L	No	荷重状態	L
1		$f l \eta P$	2		$\frac{4f}{128} f l \eta P$
3		$\frac{11}{16} f l \eta P$	4		$\frac{11f}{128} f l \eta P$
5		$\frac{13}{27} f l \eta P$	6		$\frac{13f}{32} f l \eta P$
7		$\frac{13}{27} f l \eta P$	8		$\frac{1}{3} f l \eta P$
9		$\frac{23}{64} f l \eta W$	10		$\frac{57}{64} f l \eta W$
11		$\frac{5}{8} f l \eta W$	12		$\frac{5}{8} f l \eta W$
13		$\frac{29}{1280} f l^2 \eta P$	14		$\frac{9}{80} f l^2 \eta P$
15		$\frac{13}{320} f l^2 \eta P$	16		$\frac{1}{2} f l^2 \eta P$
17		$\frac{9f_1 + 10f_2}{80} f l \eta W$	18		$\frac{23}{30} f l \eta W$
19		$25^2 \eta P$	20		$\frac{11}{9} f^2 \eta P$
21		$\frac{24}{27} f^2 \eta P$	22		$\frac{1}{3} f^2 \eta P$
23		$\frac{5}{4} f^2 \eta W$	24		$\frac{23}{32} f^2 \eta W$
25		$\frac{9}{40} f^2 \eta W$	26		$\frac{27}{320} f^2 \eta W$
27		$\frac{492}{2560} f^3 \eta P$			

2. 固定脚單層山形架構

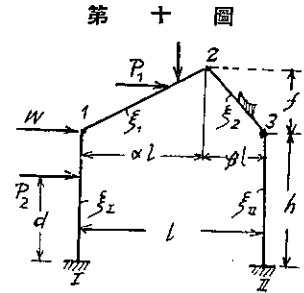
(1) 單層單徑間山形架構

(a) 一般非對稱形の場合(第十圖参照)

この場合先づ未知量として取扱ふべきものは各節點に於ける撓角 φ_1, φ_2 及び φ_3 と各部材の μ 即ち廻轉角の $-6E$ 倍であるが、この μ は (7) 式に依りて左柱材 I-1 の μ とこの徑間に生ずる ϕ の 2 個の未知量にて表さるゝを以て結局 3 個の φ 及び μ, ϕ の 5 個の未知量を得る。然るに 1. に於て述べし所に依り各節點に於ける平衡式即ち 3 個の節點方程式、又柱材の材端曲能率の間に 1 個の層方程式及びこの徑間に對し 1 個の徑方程式を得べきを以て 5 個の未知量を解き得。

第十圖に於て任意の荷重状態に就き各節點曲能率を求めんに (1) 式より

$$\left. \begin{aligned} M_{11} &= \xi_1(\varphi_1 + \mu) - C_{11}, & M_{11} &= \xi_{11}(2\varphi_1 + \mu) + C_{11}, \\ M_{113} &= \xi_{11}(\varphi_3 + \mu + \phi), & M_{211} &= \xi_{11}(2\varphi_3 + \mu + \phi), \\ M_{12} &= \xi_1(2\varphi_1 + \varphi_2 + \lambda_\beta\phi) - C_{12}, & M_{21} &= \xi_1(2\varphi_2 + \varphi_1 + \lambda_\beta\phi) + C_{21}, \\ M_{23} &= \xi_2(2\varphi_2 + \varphi_3 - \lambda_\alpha\phi) - C_{23}, & M_{32} &= \xi_2(2\varphi_3 + \varphi_2 - \lambda_\alpha\phi) + C_{32} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (a)$$



を得べし。上式の中に於て右柱材 II-2, 左斜材 1-2 及び右斜材 2-3 の μ は (7) 式に依りて夫々 $\mu + \phi, \lambda_\beta\phi$ 及び $-\lambda_\alpha\phi$ を以て置き換へてある事に留意を要する。又斜材 1-2 には水平及び垂直の兩種の荷重を受くるもこの際には荷重項 C を計算するに當り多小の注意を要する。即ち兩種荷重に對し部材を各荷重の方向に垂直な射影をして水平荷重の場合は f なる材長を、垂直荷重にては αl なる材長を考へるのである。

(1) 節點方程式 節點方程式は (4) 式にて與へらるゝも各部材の μ に就ては (7) 式あるを注意して作る。これは實際に (a) 式を各節點毎に $\sum M = 0$ に代入して得られる。

$$\begin{aligned} \text{節點 1} & \quad \rho_1\varphi_1 + \xi_1\varphi_2 + \xi_{11}\mu + \lambda_\beta\xi_1\phi = C_{12} - C_{11} \\ \text{節點 2} & \quad \xi_1\varphi_1 + \rho_2\varphi_2 + \xi_2\varphi_3 + (\lambda_\beta\xi_1 - \lambda_\alpha\xi_2)\phi = C_{23} - C_{21} \\ \text{節點 3} & \quad \xi_2\varphi_2 + \rho_3\varphi_3 + \xi_{11}\mu + (\xi_{11} + \lambda_\alpha\xi_2)\phi = -C_{32} \end{aligned}$$

併し乍ら今若し新たに

$$\left. \begin{aligned} \xi_1' &= \lambda_\beta\xi_1, & \xi_2' &= \lambda_\alpha\xi_2, \\ 1\xi_2' &= \xi_1' - \xi_2' = \lambda_\beta\xi_1 - \lambda_\alpha\xi_2, & \Pi\xi_2' &= \xi_{11} - \xi_2' = \xi_{11} - \lambda_\alpha\xi_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (31)$$

と規約する時は上の 3 式は

$$\left. \begin{aligned} \rho_1\varphi_1 + \xi_1\varphi_2 + 0 + \xi_{11}\mu + \xi_1'\phi &= C_{12} - C_{11} \\ \xi_1\varphi_1 + \rho_2\varphi_2 + \xi_2\varphi_3 + 0 + 1\xi_2'\phi &= C_{23} - C_{21} \\ \xi_2\varphi_2 + \rho_3\varphi_3 + \xi_{11}\mu + \Pi\xi_2'\phi &= -C_{32} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (b)$$

(2) 層方程式 (5) 式を本例に應用すれば

$$\begin{aligned} M_{11} + M_{11} + M_{113} + M_{211} &= -Sh - M_1 = -Q \\ S &= P_1 + W, \quad M_1 = P_2 d, \quad Q = Sh + M_1 \end{aligned}$$

となるべくこれに (a) 式を代入して兩邊を 3 にて除せば

$$\xi_I \varphi_1 + \xi_{II} \varphi_3 + X \mu + x \phi = -\frac{1}{3} Q + \frac{1}{3} (C_{II} - C_{I1}) \dots\dots\dots(c)$$

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{2}{3} (\xi_I + \xi_{II}) \\ x &= \frac{2}{3} \xi_{II} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(32)$$

(3) 徑方程式 (13) 式を用ひて

$$3a M_{12} - 3b M_{32} + (M_{3II} + M_{II3}) + 3c \phi = -3 \frac{c}{h} L$$

これに (a) 式を代入して兩邊を 3 にて除せば

$$\xi_1' \varphi_1 + {}_1\xi_2' \varphi_2 + {}_{II}\xi_2' \varphi_3 + x \mu + \bar{X} \phi = \tau \dots\dots\dots(d)$$

$$\left. \begin{aligned} \xi_1'' &= 2a \xi_1 & {}_1\xi_2'' &= a \xi_1 - b \xi_2 \\ {}_{II}\xi_2'' &= \xi_{II} - 2b \xi_2 \\ \bar{X} &= c + x + a \lambda_\beta \xi_1 + b \lambda_\alpha \xi_2, & x &= \frac{2}{3} \xi_{II} \\ \tau &= a C_{12} + b C_{32} - \frac{c}{h} L \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(33)$$

を得る。(b), (c), (d) の諸式を表示すれば第三表の如くなるべし。これに依りて見れば未知量の係数は對角線に關し左右對稱の位置を占めてゐる事が判る。この事はこの種架構機械的の作表法の應用可能を暗示してゐるものであらう。

第三表 一層一徑間非對稱山形架構(固定脚)

第三表より φ 及び μ を解きこれを (a) 式に代入すれば求むる所の材端曲能率を得べし。

方程番号	未知量					荷重項
	φ_1	φ_2	φ_3	μ	ϕ	
1	ξ_1	ξ_2		ξ_I	ξ_I'	$C_{12} - C_{1I}$
2	ξ_1	ξ_2	ξ_2		ξ_2'	$C_{22} - C_{2I}$
3		ξ_2	ξ_3	ξ_{II}	ξ_2''	$-C_{22}$
4	ξ_2		ξ_2	X	x	$-\frac{1}{3} a - \frac{1}{3} C_{1I} C_{22}$
5	ξ_1	ξ_2	ξ_2	x	\bar{X}	τ

(b) 對稱山形架構の場合

第十圖が對稱山形架構なりとせば

$$\alpha = \beta = \frac{1}{2}, \quad \xi_1 = \xi_2 = \xi \dots\dots\dots(e)$$

從て (7) 式より $\lambda_\alpha = \lambda_\beta = \frac{1}{2} \frac{h}{f}$

を得べし。從て (31) 式より

$$\left. \begin{aligned} \xi_1' &= \lambda_\beta \xi_1 = \xi_2' = \frac{1}{2} \frac{h}{f} \xi \\ {}_1\xi_2' &= \xi_1' - \xi_2' = 0, & {}_{II}\xi_2' &= \xi_{II} - \xi_2' = \xi_{II} - \frac{1}{2} \frac{h}{f} \xi \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(f)$$

となり、(18) 式よりしては

$$a = b = \frac{1}{4} \frac{h}{f}, \quad c = \frac{1}{12} \frac{h^2}{f^2} \xi$$

なれば (33) 式より

$$\left. \begin{aligned} \xi_1'' &= 2a \xi_1 = \frac{1}{2} \frac{h}{f} \xi, & {}_1\xi_2'' &= a \xi_1 - b \xi_2 = 0 \\ {}_{II}\xi_2'' &= \xi_{II} - 2b \xi_2 = \xi_{II} - \frac{1}{2} \frac{h}{f} \xi \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(g)$$

(f) 及び (g) の兩式よりして

$$\left. \begin{aligned} \xi_1' &= \xi_1'' = \frac{1}{2} \frac{h}{f} \xi \\ i\xi_2' &= i\xi_2'' = 0 \\ \pi\xi_3' &= \pi\xi_3'' = \xi_{11} - \frac{1}{2} \frac{h}{f} \xi \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (34)$$

を得て第四表の如く未知欄の係數配置は形、内容共に對角線に關し左右對稱となつた。尚ほ \bar{X} 及び τ はこの場合

$$\left. \begin{aligned} \bar{X} &= \frac{1}{12} \frac{h^2}{f^2} \xi + \frac{1}{8} \frac{h^2}{f^2} \xi + x \\ &= \frac{5}{24} \frac{h^2}{f^2} \xi + x \\ \tau &= \frac{1}{4} \frac{h}{f} (C_{12} + C_{32}) - \frac{1}{12} \frac{h}{f^2} \xi L \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (35)$$

第四表 一層一徑間對稱山形架橋 (固定脚)

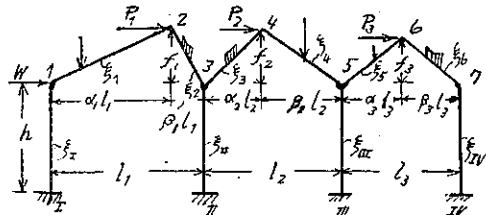
未知欄番号	未知欄					係數
	φ_1	φ_2	φ_3	μ	ϕ	
1	φ_1	ξ_1		ξ_2	ξ_1'	$C_{12} - C_{15}$
2	φ_1	φ_2				$C_{23} - C_{21}$
3		ξ_2	φ_3	ξ_3	ξ_3'	$-C_{32}$
4	ξ_2		φ_3	x	x	$-\frac{1}{2} \frac{h}{f} (C_{12} - C_{15})$
5	ξ_1'		ξ_2'	x	\bar{x}	τ

(2) 單層三徑間山形架橋 (第十一圖参照)

(a) 一般非對稱形の場合

徑間の數が増加しても單徑間の例を基本としてこれを繰返すにすぎない。即ち節點曲能率は撓角撓度式 (1) より次の (a) 式を作り、未知量としては撓角 φ が節點の數即ち 7 個、次に部材の μ であるが、これは單徑間の場合と同様に (7) 式の考へより各徑間毎に ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 を未知量とすれば各徑間の左及び右斜材の μ は $\lambda_{\beta 1} \phi_1$ 及び $-\lambda_{\alpha 1} \phi_1$ 等にて表され、最左柱材の μ を未知量とすればその右の柱材は $\mu + \phi_1$ 、次は $\mu + \phi_1 + \phi_2$ 、次は $\mu + \phi_1 + \phi_2 + \phi_3$ と順次にその徑間の ϕ を加へれば可である。結局 μ 1 個と ϕ 3 個となり、合計 11 個の未知量となる。矩形架橋の場合に比し ϕ の數即ち徑間の數丈未知量多きもこの事は機械的作表法の應用可能に依りて左程苦勞とはならないであらう。

第十一圖



$$\left. \begin{aligned} \text{柱} & \left\{ \begin{aligned} M_{11} &= \xi_1(\varphi_1 + \mu) & M_{31} &= \xi_1(2\varphi_1 + \mu) \\ M_{13} &= \xi_{11}(\varphi_3 + \mu + \phi_1) & M_{33} &= \xi_{11}(2\varphi_3 + \mu + \phi_1) \end{aligned} \right. \\ \text{材} & \left\{ \begin{aligned} M_{15} &= \xi_{11}(\varphi_5 + \mu + \phi_1 + \phi_2) & M_{51} &= \xi_{11}(2\varphi_5 + \mu + \phi_1 + \phi_2) \\ M_{17} &= \xi_{17}(\varphi_7 + \mu + \phi_1 + \phi_2 + \phi_3) & M_{71} &= \xi_{17}(2\varphi_7 + \mu + \phi_1 + \phi_2 + \phi_3) \end{aligned} \right. \\ \text{斜} & \left\{ \begin{aligned} M_{12} &= \xi_1(2\varphi_1 + \varphi_2 + \lambda_{\beta 1}\phi_1) - C_{12} & M_{21} &= \xi_1(2\varphi_2 + \varphi_1 + \lambda_{\beta 1}\phi_1) + C_{21} \\ M_{23} &= \xi_2(2\varphi_2 + \varphi_3 - \lambda_{\alpha 1}\phi_1) - C_{23} & M_{32} &= \xi_2(2\varphi_3 + \varphi_2 - \lambda_{\alpha 1}\phi_1) + C_{32} \\ M_{34} &= \xi_3(2\varphi_3 + \varphi_4 + \lambda_{\beta 2}\phi_2) - C_{34} & M_{43} &= \xi_3(2\varphi_4 + \varphi_3 + \lambda_{\beta 2}\phi_2) + C_{43} \\ M_{45} &= \xi_4(2\varphi_4 + \varphi_5 - \lambda_{\alpha 2}\phi_2) - C_{45} & M_{54} &= \xi_4(2\varphi_5 + \varphi_4 - \lambda_{\alpha 2}\phi_2) + C_{54} \\ \text{材} & \left\{ \begin{aligned} M_{56} &= \xi_5(2\varphi_5 + \varphi_6 + \lambda_{\beta 3}\phi_3) - C_{56} & M_{65} &= \xi_5(2\varphi_6 + \varphi_5 + \lambda_{\beta 3}\phi_3) + C_{65} \\ M_{67} &= \xi_6(2\varphi_6 + \varphi_7 - \lambda_{\alpha 3}\phi_3) - C_{67} & M_{76} &= \xi_6(2\varphi_7 + \varphi_6 - \lambda_{\alpha 3}\phi_3) + C_{76} \end{aligned} \right. \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (a)$$

上式は任意荷重に對するものであるが、水平荷重丈は簡單の爲節點に集中せるものとしたが、中間にありても差支へはない。只荷重項のみを注意すればよい。

(1) 節點方程式 前例單徑間の場合同様にして第五表の方程式番號 1~7 を作り得べし。この時

$$\left. \begin{aligned} \xi_1' &= \lambda_{\beta 1} \xi_1, & i\xi_2' &= \lambda_{\beta 1} \xi_1 - \lambda_{\alpha 1} \xi_2, \\ & & ii\xi_2' &= \xi_{II} - \lambda_{\alpha 1} \xi_2 \\ \xi_3' &= \lambda_{\beta 2} \xi_3, & iii\xi_4' &= \lambda_{\beta 2} \xi_3 - \lambda_{\alpha 2} \xi_4, \\ & & & \\ \xi_5' &= \lambda_{\beta 3} \xi_5, & iv\xi_6' &= \lambda_{\beta 3} \xi_5 - \lambda_{\alpha 3} \xi_6, \\ & & & \\ & & & \dots\dots\dots(b) \end{aligned} \right\}$$

第五表 單層三徑間非對稱山形架構 (固定脚)

方程式番號	未知數											荷重項	
	φ_1	φ_2	φ_3	φ_4	φ_5	φ_6	φ_7	μ	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3		
1	φ_1	ξ_1							ξ_1'			C_{12}	
2	φ_1	φ_2	ξ_2						ξ_2'			$C_{23} - C_{21}$	
3		φ_2	φ_3	ξ_3					ξ_3'	ξ_3'		$C_{34} - C_{32}$	
4			φ_3	φ_4	ξ_4					$4\xi_3'$		$C_{45} - C_{43}$	
5				φ_4	φ_5	ξ_5			ξ_5'	ξ_{II}	ξ_4'	$C_{56} - C_{54}$	
6					φ_5	φ_6	ξ_6				$3\xi_5'$	$C_{67} - C_{65}$	
7						φ_6	φ_7	ξ_7	ξ_{II}	ξ_{II}	$2\xi_6'$	$-C_{76}$	
8	ξ_2'		ξ_{II}		ξ_{II}		ξ_{II}	X	x_1	x_2	x_3	$-\frac{1}{3}Q$	
9	ξ_1'	ξ_{II}'	ξ_{II}'	ξ_{II}'		ξ_{II}'		ξ_{II}'	x_1	\bar{x}_1	x_2	x_3	\bar{r}_1
10			ξ_{II}'	$4\xi_{II}'$	ξ_{II}'		ξ_{II}'		x_2	\bar{x}_2	x_3		\bar{r}_2
11				ξ_{II}'	ξ_{II}'	ξ_{II}'			x_3	\bar{x}_3	x_3	\bar{x}_3	\bar{r}_3

(2) 層方程式 前例同様にして第五表の方程式番號 8 を得。但し

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{2}{3} (\xi_1 + \xi_{II} + \xi_{II} + \xi_{II}) \\ Q &= Sh = (W + P_1 + P_2 + P_3) h \end{aligned} \right\} \dots\dots(c)$$

(3) 徑方程式 第一、第二及び第三徑方程式は (13) 式より夫々

$$3a_1 M_{12} - 3b_1 M_{32} + (M_{3II} + M_{II3} + M_{5II} + M_{II5} + M_{7IV} + M_{IV7}) + 3c_1 \phi_1 = -3 \frac{c_1}{h} L_1 - h(P_2 + P_3)$$

$$3a_2 M_{34} - 3b_2 M_{54} + (M_{5II} + M_{II5} + M_{7IV} + M_{IV7}) + 3c_2 \phi_2 = -3 \frac{c_2}{h} L_2 - h P_3$$

及び $3a_3 M_{56} - 3b_3 M_{76} + (M_{7IV} + M_{IV7}) + 3c_3 \phi_3 = -3 \frac{c_3}{h} L_3$

となり、これに (a) 式を代入して兩邊を 3 にて除せば同表の方程式番號 9, 10 及び 11 となるべし。但し

$$\left. \begin{aligned} \xi_1'' &= 2a_1 \xi_1, & i\xi_2'' &= a_1 \xi_1 - b_1 \xi_2, & ii\xi_2'' &= \xi_{II} - 2b_1 \xi_2 \\ \xi_3'' &= 2a_2 \xi_3, & iii\xi_4'' &= a_2 \xi_3 - b_2 \xi_4, & iii\xi_4'' &= \xi_{II} - 2b_2 \xi_4 \\ \xi_5'' &= 2a_3 \xi_5, & iv\xi_6'' &= a_3 \xi_5 - b_3 \xi_6, & iv\xi_6'' &= \xi_{II} - 2b_3 \xi_6 \end{aligned} \right\} \dots\dots(d)$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{X}_1 &= x_1 + c_1 + a_1 \lambda_{\beta 1} \xi_1 + b_2 \lambda_{\alpha 1} \xi_2 \\ \bar{X}_2 &= x_2 + c_2 + a_2 \lambda_{\beta 2} \xi_3 + b_2 \lambda_{\alpha 2} \xi_4 \\ \bar{X}_3 &= x_3 + c_3 + a_3 \lambda_{\beta 3} \xi_5 + b_3 \lambda_{\alpha 3} \xi_6 \\ x_1 &= \frac{2}{3} (\xi_{II} + \xi_{II} + \xi_{II}) \\ x_2 &= \frac{2}{3} (\xi_{II} + \xi_{II}) \\ x_3 &= \frac{2}{3} \xi_{II} \end{aligned} \right\} \dots\dots(e)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \tau_1 &= a_1 C_{12} + b_1 C_{32} - \frac{c_1}{h} L_1 - \frac{h}{3} (P_2 + P_3) \\
 \tau_2 &= a_2 C_{34} + b_2 C_{64} - \frac{c_2}{h} L_2 - \frac{h}{3} P_3 \\
 \tau_3 &= a_3 C_{56} + b_3 C_{76} - \frac{c_3}{h} L_3
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (f)$$

a, b 及び c 等は (16) 式にて與へらる。

(b) 對稱形の場合

この例が對稱形の場合となり従て

$$\alpha = \beta = \frac{1}{2}, \quad \xi_1 = \xi_3 = \xi_1, \quad \xi_3 = \xi_4 = \xi_2, \quad \xi_5 = \xi_6 = \xi_3$$

となれば前例に於ける (34) 式の如く第五表中に於て

$$\left. \begin{aligned}
 \xi_1' &= \xi_1'' = \frac{1}{2} \frac{h}{f_1} \xi_1, & \xi_3' &= \xi_3'' = \frac{1}{2} \frac{h}{f_2} \xi_2, & \xi_5' &= \xi_5'' = \frac{1}{2} \frac{h}{f_3} \xi_3 \\
 1\xi_2' &= 1\xi_2'' = 0, & 3\xi_4' &= 3\xi_4'' = 0, & 5\xi_6' &= 5\xi_6'' = 0 \\
 11\xi_2' &= 11\xi_2'' = \xi_{11} - \frac{1}{2} \frac{h}{f_1} \xi_1, & 11\xi_4' &= 11\xi_4'' = \xi_{11} - \frac{1}{2} \frac{h}{f_2} \xi_2, \\
 1V\xi_6' &= 1V\xi_6'' = \xi_{1V} - \frac{1}{2} \frac{h}{f_3} \xi_3
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (g)$$

の關係が成立して第六表となる。尙ほ

$$\left. \begin{aligned}
 \bar{X}_1 &= \frac{5}{24} \frac{h^2}{f_1^2} \xi_1 + x_1 \\
 \bar{X}_2 &= \frac{5}{24} \frac{h^2}{f_2^2} \xi_2 + x_2 \\
 \bar{X}_3 &= \frac{5}{24} \frac{h^2}{f_3^2} \xi_3 + x_3 \\
 \tau_1 &= \frac{1}{4} \frac{h}{f_1} (C_{12} + C_{32}) - \frac{1}{12} \frac{h}{f_1^2} \xi_1 L_1 \\
 &\quad - \frac{h}{3} (P_2 + P_3) \\
 \tau_2 &= \frac{1}{4} \frac{h}{f_2} (C_{34} + C_{64}) - \frac{1}{12} \frac{h}{f_2^2} \xi_2 L_2 \\
 &\quad - \frac{h}{3} P_3 \\
 \tau_3 &= \frac{1}{4} \frac{h}{f_3} (C_{56} + C_{76}) - \frac{1}{12} \frac{h}{f_3^2} \xi_3 L_3
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (h)$$

第六表 單層三徑間對稱山形架構 (固定脚)

行程番号	未知欄											荷重項
	φ_1	φ_2	φ_3	φ_4	φ_5	φ_6	φ_7	μ	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	
1	ξ_1	ξ_1						ξ_{11}	ξ_1'			C_{12}
2	ξ_1	ξ_2	ξ_2									$C_{23} - C_{21}$
3	ξ_2	ξ_3	ξ_3					ξ_{11}	ξ_2'	ξ_3'		$C_{34} - C_{32}$
4		ξ_3	ξ_4	ξ_4								$C_{45} - C_{43}$
5			ξ_4	ξ_5	ξ_5			ξ_{11}	ξ_{1V}	ξ_4'	ξ_5'	$C_{56} - C_{54}$
6				ξ_5	ξ_6	ξ_6						$C_{67} - C_{65}$
7					ξ_6	ξ_7		ξ_{1V}	ξ_{1V}	ξ_{1V}	ξ_{1V}	$-C_{76}$
8	ξ_1	ξ_{11}	ξ_{11}		ξ_{2V}	ξ_{2V}	Σ	α_1	α_2	α_3		$-\frac{1}{3} Q$
9	ξ_1'	$11\xi_2'$	ξ_{11}		ξ_{1V}	ξ_{1V}	Σ	α_1	α_2	α_3		τ_1
10		ξ_3'	$11\xi_4'$		ξ_{1V}	ξ_{1V}	Σ	α_2	α_2	α_3		τ_2
11			ξ_5'		$1V\xi_6'$	ξ_3	Σ	α_3	α_3	α_3		τ_3

(3) 單層多徑間山形架構

(1) 及び (2) に於て説きし所より推して多徑間の場合に對しても容易に機械的に作表をなし得。即ち非對稱形の時例へば第五表、對稱形 (各徑間毎に對稱山形材を有するもの) の時は第六表に於て ρ 線及び \bar{X} 線を徑間の數に應じて延長せしむれば可である。こゝにそれを例示するの要もない。

正誤及び訂正表

水戸國道改良工事報告

(第二十卷 第一號所載)

頁	行	誤	正	頁	行	誤	正
3	下より 1	16.243米	16.243米	36	上より 3	後退し	前進し
4	下より 12	第三節	第二節	36	下より 12	三相交相	三相交流
6	下より 13	最大動力	最大應力	38	下より 19	21 平米	1 平米
7	表中, 堅材の部2腹板は2腹板の誤り			38	下より 5	711.387圓	11.387圓
7	下より 21	鋼板	鑄鋼	39	上より 9	考案した	考究した
7	下より 13	杭壁式	扶壁式	39	上より 17	現方法	實現方法
7	下より 8	換算	檢算	40	上より 2	監督長	監督者
8	上より 3	地覆荷重	地震荷重	40	上より 22	外部鋪裝	外部塗裝
10	下より 11	$t_2=18.8$	$t_2=18.8$	41	下より 6	土臺	土量
11	上より 16	推算	檢算	42	下より 13	シベル	ショベル
11	下より 7	第四節	第三節	43	上より 1	惱なき	懼なき
14	上より 9	配合	配給	43	下より 3	函函渠	函渠
20	下より 11	附圖第一	第十三圖	46	上より 2	冬期3日	各期3日
26	下より 6	2號橋	乙號橋	46	上より 11	棚町	柵町
28	上より 7	水線	水絲	46	上より 20	棚町	柵町
32	下より 9	20 号軌條	30 号軌條				

長波の變形に就て

(第二十卷 第一號所載)

頁	行	誤	正
49	上より12	$+vV^2u$	$+v\nabla^2n$

3. 鉸脚單層山形架構

(1) 單層單徑間山形架構 (第十二圖參照)

固定脚の場合と同様にするのであるが、只この際に注意すべきは柱材が鉸端なる爲撓角撓度式は (3) 式に依り與へられる事である。即ち

$$M_{1I} = \xi_I (1.5 \varphi_1 + 0.5 \mu) + H_{1I}$$

$$M_{3II} = \xi_{II} (1.5 \varphi_3 + 0.5 \mu + 0.5 \phi)$$

となる。併し上式に於て

$$0.5 \mu = \mu', \quad 0.5 \phi = \phi' \dots\dots\dots (36')$$

なる μ' 及び ϕ' を用ふるものとすれば節點曲能率は次式となるべし。

$$M_{1I} = \xi_I (1.5 \varphi_1 + \mu') + H_{1I}$$

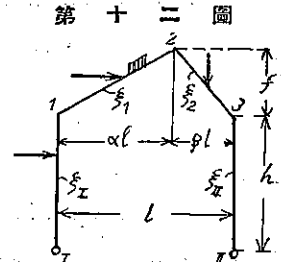
$$M_{3II} = \xi_{II} (1.5 \varphi_3 + \mu' + \phi')$$

$$M_{12} = \xi_I (2\varphi_1 + \varphi_2 + 2\lambda\beta\phi') - C_{12}$$

$$M_{21} = \xi_I (2\varphi_2 + \varphi_1 + 2\lambda\beta\phi') + C_{21}$$

$$M_{23} = \xi_2 (2\varphi_2 + \varphi_3 - 2\lambda\alpha\phi') - C_{23}$$

$$M_{32} = \xi_2 (2\varphi_3 + \varphi_2 + 2\lambda\alpha\phi') - C_{32}$$



$$\left. \begin{aligned} M_{1I} &= \xi_I (1.5 \varphi_1 + \mu') + H_{1I} \\ M_{3II} &= \xi_{II} (1.5 \varphi_3 + \mu' + \phi') \\ M_{12} &= \xi_I (2\varphi_1 + \varphi_2 + 2\lambda\beta\phi') - C_{12}, & M_{21} &= \xi_I (2\varphi_2 + \varphi_1 + 2\lambda\beta\phi') + C_{21} \\ M_{23} &= \xi_2 (2\varphi_2 + \varphi_3 - 2\lambda\alpha\phi') - C_{23}, & M_{32} &= \xi_2 (2\varphi_3 + \varphi_2 + 2\lambda\alpha\phi') - C_{32} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (a)$$

(a) 式を用ひて節點方程式、層方程式及び徑方程式を作れば第七表を得る事は固定脚の場合と同様であるが多少相違する所がある。第三表と比較せられよ。

(1) 節點方程式 節點 1 には鉸端を有する柱材が集つてゐる故 (4') 式を用ふべきであつてかくすれば第七表の方程式番號 1 を得る。但し

$$(\rho_1) = 1.5 \xi_I + 2\xi_1$$

$$\xi_1' = 2\lambda\beta\xi_1$$

同様にして節點 2 以下に於て

$$1\xi_2' = 2\lambda\beta \xi_1 - 2\lambda\alpha \xi_2$$

$$II\xi_2' = \xi_{II} - 2\lambda\alpha \xi_2$$

$$(\rho_3) = 1.5 \xi_{II} + 2\xi_2$$

$$\left. \begin{aligned} (\rho_1) &= 1.5 \xi_I + 2\xi_1 \\ \xi_1' &= 2\lambda\beta\xi_1 \\ 1\xi_2' &= 2\lambda\beta \xi_1 - 2\lambda\alpha \xi_2 \\ II\xi_2' &= \xi_{II} - 2\lambda\alpha \xi_2 \\ (\rho_3) &= 1.5 \xi_{II} + 2\xi_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (37)$$

であつて表中 2 及び 3 となる。

(2) 層方程式 (5) 式によりて

$$M_{1I} + M_{3II} = -Q, \quad Q = Sh + M_1$$

を得、これに (a) 式を代入して兩邊に 2/3 を乘じて表中の 4 を得。X 及び x は固定脚の例に於ける (32) 式に同じである。

(3) 徑方程式 (13) 式を用ふれば

$$3aM_{12} - 3bM_{32} + M_{3II} + 3c\phi = -3 \frac{c}{h} L$$

これに (a) 式を代入して兩邊に 2/3 を乘ずれば表中の 5 を得べく、但し

$$\left. \begin{aligned} \xi_1'' &= 4a\xi_1, & 1\xi_2'' &= 2a\xi_1 - 2b\xi_2, & II\xi_2'' &= \xi_{II} - 4b\xi_2 \\ \bar{X} &= x + 4(c + a\lambda\beta\xi_1 + b\lambda\alpha\xi_2) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (83)$$

さて形の上に於て第三表と第七表を比較すれば、荷重項に於て層方程式の 4、徑方程式の 5 が 2 倍されてあるの相違にすぎぬ。内容に於て比較すれば (31) と (37)、(33) と (83) の諸式を見比べる事より、鉸脚單層の場合には

第七表 鉸脚單層徑間非對稱山形架構

節點番號	未知 欄					荷重項
	φ_1	φ_2	φ_3	μ	ϕ	
1	(ρ_1)	ξ_1		ξ_I	ξ_1'	$C_{12} - H_{1I}$
2	ξ_1	ρ_2	ξ_2		ρ_2'	$C_{23} - C_{21}$
3		ξ_2	(ρ_3)	ξ_{II}	ρ_3'	$-C_{32}$
4	ξ_1		ξ_2	X	x	$-\frac{2}{3} \varphi_1 H_1$
5	ξ_1	ρ_2'	ρ_3'	X	\bar{X}	2c

$\mu=2\mu'$, $\phi=2\phi'$ なる μ' 及び ϕ' を使用する爲 ξ' 及び ξ'' を作るに當り左右兩斜材の ξ 即ちこの例にては ξ_1 及び ξ_2 の係数が 2 倍されてゐる事が判る。尚ほ又 \bar{X} の内容もやゝ異なるを見る ((33) 式と (38) 式を對照して)。

上に述べし所は對稱山形架構に對しても同様である。即ち本例が若し對稱形とならば、

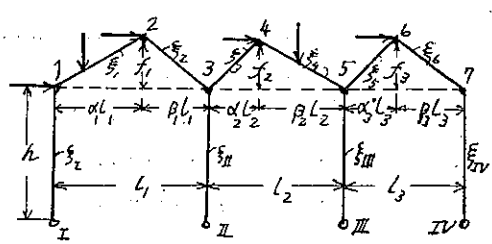
$$\left. \begin{aligned} \xi_1' &= \xi_1'' = \frac{h}{f} \xi & \xi_2' &= \xi_2'' = 0 \\ \xi_3' &= \xi_3'' = \xi_3 & \xi_4' &= \xi_4'' = \xi_4 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (39)$$

となりて (34) 式に比して矢張り ξ_1 及び ξ_2 の係数は 2 倍されてゐる事が判る。

(2) 單層多徑間山形架構 (第十三圖参照)

單徑間の場合と全く同様にして、多徑間の場合も、先づ以て固定脚と同様の表を作り、次に荷重項は層方程式、徑方程式のみ 2 倍し、又未知欄にても ξ' , ξ'' の内容に上述の注意を忘れなければよい。第八表は第十三圖の如き 3 徑間の場合のものである。

第十三圖



第八表 三層三徑間非對稱山形架構(鉸脚)

荷重層 番号	未知欄										荷重項	
	φ_1	φ_2	φ_3	φ_4	φ_5	φ_6	φ_7	μ	ϕ_1'	ϕ_2'		ϕ_3'
1	(S) ξ_1								ξ_x	ξ_1'		C_{12}
2	ξ_1	S_2	S_2						ξ_2			$C_{23} - C_{21}$
3		S_2	(S) ξ_3	S_3					ξ_3	ξ_3'	ξ_3''	$C_{34} - C_{32}$
4			S_3	S_4	S_4					ξ_4'		$C_{45} - C_{43}$
5				S_4	(S) ξ_5	S_5			ξ_5	ξ_5'	ξ_5''	$C_{56} - C_{54}$
6					S_5	S_6	S_6			ξ_6'		$C_{67} - C_{65}$
7					S_6	(S) ξ_7	S_7		ξ_7	ξ_7'	ξ_7''	$-C_{76}$
8	ξ_1		ξ_2		ξ_3		ξ_4	ξ_5	ξ_6	ξ_7	ξ_8	$-\frac{2}{3}Q$
9	ξ_1'	ξ_2'	ξ_3'		ξ_4'		ξ_5'		ξ_6'	ξ_7'	ξ_8'	$2C_1$
10			ξ_3''	ξ_4''	ξ_5''		ξ_6''		ξ_7''	ξ_8''	ξ_9''	$2C_2$
11					ξ_5''	ξ_6''	ξ_7''		ξ_8''	ξ_9''	ξ_{10}''	$2C_3$

4. 矩形, 山形兩架構の比較

前 2 節に於て單層山形架構を説明したのであるが今矩形架構の場合と作表法を比較して見やう。

矩形架構に對する機械的作表法は鷹部屋博士が夙に提案なされし⁽¹⁾所であつてその方法は吾人の熟知する所であらう。この機械的作表法に依る時は第十四圖及び第十五圖の如き固定脚及び鉸脚の一層三徑間矩形架構に對して直ちに第九表及び第十表を與へるのであつて、これを山形架構第十一圖及び第十三圖に對する第五表及び第八表と比較對照するに、後者は山形架構なる爲前者に比し $\varphi_3, \varphi_4, \varphi_6, \phi_1, \phi_2$ 及び ϕ_3 なる 6 個の未知量増加せるを以てその欄丈附加したに過ぎない事が判る。故に第五表或は第八表を作らんには先づ以てこの表の中の $\varphi_1, \varphi_3, \varphi_6$ 及び μ 即ち第十四圖或は

第九表 單層三徑間矩形架構(固定脚)

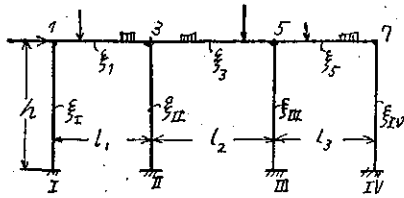
荷重層 番号	未知欄					荷重項
	φ_1	φ_3	φ_6	μ	ξ_1	
1	φ_1	φ_1			ξ_1	C_{12}
2	φ_1	φ_3	φ_3		ξ_2	$C_{25} - C_{21}$
3		φ_3	φ_6	φ_6	ξ_3	$C_{37} - C_{33}$
4			φ_6	φ_6	ξ_4	$-C_{25}$
5	ξ_2	ξ_2	ξ_3	ξ_4	ξ_5	$-\frac{2}{3}Q$

第十表 單層三徑間矩形架構(鉸脚)

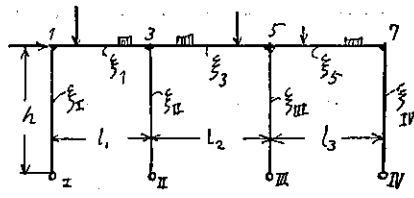
荷重層 番号	未知欄					荷重項
	φ_1	φ_3	φ_6	μ	ξ_1	
1	(S) ξ_1				ξ_1	C_{12}
2	ξ_1	(S) ξ_3	ξ_3		ξ_2	$C_{25} - C_{21}$
3		ξ_3	(S) ξ_6	ξ_6	ξ_3	$C_{37} - C_{33}$
4			ξ_6	(S) ξ_6	ξ_4	$-C_{25}$
5	ξ_2	ξ_2	ξ_3	ξ_4	ξ_5	$-\frac{2}{3}Q$

(1) 鷹部屋博士：架構新論；北大紀要 No. 2, 3, 4.

第十四圖



第十五圖



第十五圖に於ける未知量の欄に全く矩形架構と同様の氣持にて第九表或は第十表と同様の表を作り次で空欄即ち $\varphi_2, \varphi_4, \varphi_6, \phi_1, \phi_2$ 及び ϕ_3 の欄に山形架構としての係数を記入すればよい事になるのである。

5. 高層多徑間山形架構

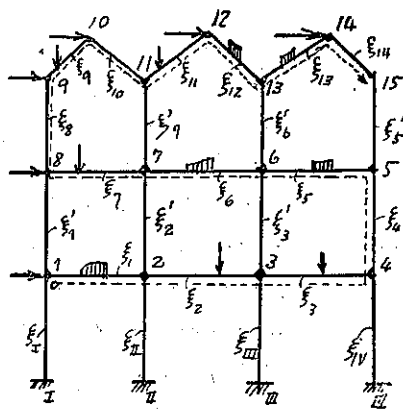
前節に於て山形架構と矩形架構の機械的作表法の關係を述べたのであるが、これに依れば、山形架構に就て作表をなさんと欲せば先づ以てこの場合の總ての未知量の欄を設けてこれにその架構と同數の層及び徑間を有する矩形架構(例へば第十一圖の如きものに対しては第十四圖の如き矩形架構)を考へてそれに対する表を記入し、次に空欄に山形架構としての部分を附足せばよい。かくして多層多徑間の山形架構に対しても容易に作表する事を得るであらう。

例へば第十六圖の如き三層三徑間山形架構に対しては第十一表を作り得るのであるが、それには先づ三層三徑間の矩形架構として作れば太線にて圍みし以外の部分を得べく、これに山形架構として太線内の部分を記入すればよい。この場合 $\xi, \xi', \bar{X}, \alpha, \tau$ 等は (31) 式, (33) 式又は 2. (2) の (b), (d), (e) 式等に規約せるものと同種のものである事は勿論である。

第十一表 三層三徑間山形架構(第十六圖参照)

未知量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	ε ₁																				
2	ε ₂																				
3	ε ₃																				
4	ε ₄																				
5	ε ₅																				
6	ε ₆																				
7	ε ₇																				
8	ε ₈																				
9	ε ₉																				
10	ε ₁₀																				
11	ε ₁₁																				
12	ε ₁₂																				
13	ε ₁₃																				
14	ε ₁₄																				
15	ε ₁₅																				
16	ε ₁₆																				
17	ε ₁₇																				
18	ε ₁₈																				
19	ε ₁₉																				
20	ε ₂₀																				
21	ε ₂₁																				

第十六圖



若し又對稱山形架構なる時は對角線に關し左右全く對照となる事は既に指摘した通りである。

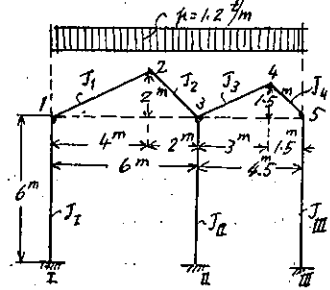
こゝに注意し度い事は節點の番號の付け方であるが、鷹部屋博士の提案せられたし如く第十六圖に於て點線に従て 1, 2, ..., 15 と順次に命名し、この點線の通りし材の剛率 ξ はその材の若い方の番號を suffix にして $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_{15}$ とし、この點線に挟まれし柱材は下方の番號を suffix としてこれに ' を附して ξ'_1, ξ'_2, \dots とし、脚點は I, II, III, IV と順次に左より付け、柱材は $\xi_I, \xi_{II}, \dots, \xi_{IV}$ とすれば、第十一表の様に規則正しき配列を得るのである。

6. 算 例

(1) 固定脚一層二徑間非對稱山形架構(第十七圖参照)

條件	$J_I = 0.06m^4$	$s_I = 6.0m$	$\xi_I = 0.01$
	$J_{II} = 0.072m^4$	$s_{II} = 6.0m$	$\xi_{II} = 0.012$
	$J_{III} = 8.06m^4$	$s_{III} = 6.0m$	$\xi_{III} = 0.01$
	$J_1 = 0.067m^4$	$s_1 = 4.47m$	$\xi_1 = 0.015$
	$J_2 = 0.085m^4$	$s_2 = 2.83m$	$\xi_2 = 0.03$
	$J_3 = 0.067m^4$	$s_3 = 3.35m$	$\xi_3 = 0.02$
	$J_4 = 0.085m^4$	$s_4 = 2.12m$	$\xi_4 = 0.04$

第十七圖



機械的作表法に依り第五表と同様にして第十二表を直ちに作り得べし。而して

$$\rho_1 = 2(\xi_I + \xi_1) = 5 \times 10^{-2}$$

$$\rho_2 = 2(\xi_1 + \xi_2) = 9 \times 10^{-2}$$

$$\rho_3 = 2(\xi_2 + \xi_3 + \xi_{II}) = 12.4 \times 10^{-2}$$

$$\rho_4 = 2(\xi_3 + \xi_4) = 12 \times 10^{-2}$$

$$\rho_5 = 2(\xi_4 + \xi_{III}) = 10 \times 10^{-2}$$

第十二表 (例一)

行列No	未知欄								荷重項
	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4	ρ_5	μ	ϕ_1	ϕ_2	
1	ρ_1	ξ_1				ξ_{II}	ξ_1'		C_{12}
2	ρ_1	ρ_2	ξ_2				ξ_2'		$C_{23} - C_{21}$
3		ρ_2	ρ_3	ξ_3		ξ_{II}	ξ_3'	ξ_3'	$C_{34} - C_{32}$
4			ρ_3	ρ_4	ξ_4		ξ_4'		$C_{45} - C_{43}$
5				ρ_4	ρ_5	ξ_{III}	ξ_4'	ξ_4'	$-C_{54}$
6	ξ_{II}	ξ_{II}		ξ_{II}	μ	μ	ϕ_1	ϕ_2	0
7	ξ_1'	ξ_2'	ξ_3'	ξ_4'	ξ_4'	ξ_{III}	ξ_1'	ξ_2'	τ_1
8		ξ_3'	ξ_4'	ξ_4'	ξ_{III}	ξ_{III}	ξ_2'	ξ_2'	τ_2

又(7)式より $\lambda_{\alpha 1} = \alpha_1 \frac{h}{2f_1} = \frac{4}{6} \frac{6}{2 \times 2} = 2$

$\lambda_{\beta 1} = \beta_1 \frac{h}{2f_2} = \frac{2}{6} \frac{6}{2 \times 2} = 1$

$\lambda_{\alpha 2} = \frac{3}{4.5} \frac{6}{2 \times 1.5} = 2.667$

$\lambda_{\beta 2} = \frac{1.5}{4.5} \frac{6}{2 \times 1.5} = 1.333$

第十三表 (例一)

行列No	未知欄 係数=10 ²								荷重項
	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4	ρ_5	μ	ϕ_1	ϕ_2	
1	5	1.5				1	1.5		1.6
2	1.5	9	3				-4.5		-1.2
3		3	12.4	2		1.2	-4.8	2.67	0.5
4			2	12	4			-8	-0.675
5				4	10	1	1	-2.67	-0.225
6	1		1.2		1	2.13	0.67		0
7	2	7.5	-3.8		1	8.99	0.67		-6
8			3.6	-2.67	-7.89	0.67	0.67	12.7	-3.98

なれば

$$\xi_1' = \lambda_{\beta 1} \xi_1 = 1 \times 0.015 = 1.5 \times 10^{-2}$$

$$1.5 \xi_2' = \lambda_{\beta 1} \xi_1 - \lambda_{\alpha 1} \xi_2 = 0.015 - 2 \times 0.03 = -4.5 \times 10^{-2}$$

$$\pi \xi_2' = \xi_{II} - \lambda_{\alpha 1} \xi_2 = 0.012 - 0.06 = -4.8 \times 10^{-2}$$

同様にして

$$\xi_3' = 1.333 \times 0.02 = 2.67 \times 10^{-2}$$

$$3 \xi_4' = 0.0267 - 2.67 - 0.04 = 0.0267 - 0.1067 = 8 \times 10^{-2}$$

$$\pi \xi_4' = 0.01 - 0.1067 = 9.67 \times 10^{-2}$$

又(16)式より

$$\alpha_1 = \frac{h}{6f_1} \frac{(3 - 2\alpha_1)\eta_1 + 2\beta_1\eta_2}{\eta_1 + \eta_2}$$

然るに $\eta = 1/\xi$ なる関係あるを以て $\eta_1 = 66.7$, $\eta_2 = 33.3$, $\eta_3 = 50$, $\eta_4 = 25$ となるべく従て

$$\alpha_1 = \frac{6}{6.2} \frac{(3 - 2 \times \frac{2}{3}) 66.7 + 2 \times \frac{1}{3} \times 33.3}{66.7 + 33.3} = 66.7 \times 10^{-2}$$

$$\beta_1 = \frac{6}{6.2} \frac{2 \times \frac{2}{3} \times 66.7 + (3 - 2 \times \frac{1}{3}) 33.3}{66.7 + 33.3} = 83.3 \times 10^{-2}$$

$$c_1 = \frac{6^2}{6.2^2} \frac{1}{66.7 + 33.3} = 1.5 \times 10^{-2}$$

同様にして

$$a_2 = 88.9 \times 10^{-2}$$

$$b_2 = 111.1 \times 10^{-2}$$

$$c_2 = 3.81 \times 10^{-2}$$

従て

$$\xi_1' = 2a_1\xi_1 = 2 \times 66.7 \times 0.015 \times 10^{-2} = 2 \times 10^{-2}$$

$${}_1\xi_2'' = a_1\xi_1 - b_1\xi_2 = -1.5 \times 10^{-2}$$

$$\text{II}\xi_2'' = \xi_{\text{II}} - 2b_1\xi_2 = -3.8 \times 10^{-2}$$

$$\xi_3'' = 2a_2\xi_3 = 3.56 \times 10^{-2}$$

$${}_3\xi_4'' = a_2\xi_3 - b_2\xi_4 = -2.67 \times 10^{-2}$$

$$\text{III}\xi_4'' = \xi_{\text{III}} - 2b_2\xi_4 = -7.89 \times 10^{-2}$$

次に

$$X = \frac{2}{3} (\xi_{\text{I}} + \xi_{\text{II}} + \xi_{\text{III}}) = 2.13 \times 10^{-2}$$

$$x_1 = \frac{2}{3} (\xi_{\text{II}} + \xi_{\text{III}}) = 1.47 \times 10^{-2}$$

$$x_2 = \frac{2}{3} \xi_{\text{III}} = 0.67 \times 10^{-2}$$

$$\bar{X}_1 = c_1 + x_1 + \lambda_{\beta 1} a_1 \xi_1 + \lambda_{\alpha 1} b_1 \xi_2 = 8.97 \times 10^{-2}$$

$$\bar{X}_2 = c_2 + x_2 + \lambda_{\beta 2} a_2 \xi_3 + \lambda_{\alpha 2} b_2 \xi_4 = 18.7 \times 10^{-2}$$

次に荷重項なるが、等布荷重に對しては一般に

$$C_{ab} = C_{ba} = \frac{pl^2}{12}$$

なるを以て、 l として斜材の水平射影長を用ひて

$$C_{12} = C_{21} = \frac{1.2 \times 4^2}{12} = 1.6$$

$$C_{23} = C_{32} = \frac{1.2 \times 2^2}{12} = 0.4$$

$$C_{34} = C_{43} = \frac{1.2 \times 3^2}{12} = 0.9$$

$$C_{45} = C_{54} = \frac{1.2 \times 1.5^2}{12} = 0.225$$

次に第一表 No 4 よりして等布荷重に對しては一般に

$$L = \frac{f}{4} [(4l_1 l_2 + l_1^2) \eta_1 + (4l_1 l_2 + l_2^2) \eta_2] p$$

なるべく L_1 の場合は $f = 2\text{m}$, $l_1 = 4\text{m}$, $l_2 = 2\text{m}$

$$\eta_1 = \eta_1 = 66.7, \quad \eta_2 = \eta_2 = 33.3$$

$$\begin{aligned} \therefore L_1 &= \frac{2}{4} [(4 \times 4 \times 2 + 4^2) 66.7 + (4 \times 4 \times 2 + 2^2) 33.3] 1.2 \\ &= 2640. \end{aligned}$$

L_2 の場合は $f=1.5\text{ m}$, $l_1=3\text{ m}$, $l_2=1.5\text{ m}$

$$\eta_1=\eta_3=50, \quad \eta_2=\eta_4=25$$

$$\begin{aligned} \therefore L_2 &= \frac{1.5}{4} [(4 \times 3 \times 1.5 + 3^2)50 + (4 \times 3 \times 1.5 + 1.5^2)25] 1.2 \\ &= 790 \end{aligned}$$

従て

$$\begin{aligned} r_1 &= a_1 C_{12} + b_1 C_{32} - \frac{c_1}{h} L_1 \\ &= 0.667 \times 1.6 + 0.833 \times 0.4 - \frac{0.015}{6} \times 2640 \\ &= -6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_2 &= a_2 C_{34} + b_2 C_{54} - \frac{c_2}{h} L_2 \\ &= 0.889 \times 0.9 + 1.111 \times 0.225 - \frac{0.0381}{6} \times 790 \\ &= -3.98 \end{aligned}$$

かくして第十三表を得る。これを解くには消去法、逐次近似計算法等あり。次の値は 10 時の計算尺を用ひて逐次近似計算法に依りて得たもので多少の誤差はあるも許容し得べし。只注意すべき事は本表の未知欄は係数 10^{-2} を省略してあるを以て、得たる値にこれに依りて除すを要す(即ち 100 倍するを要す)

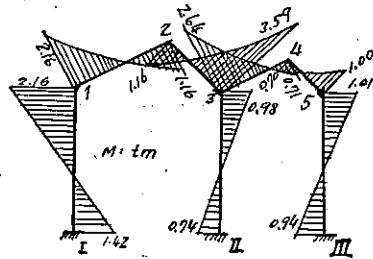
$$\begin{aligned} \varphi_1 &= 73.6 & \varphi_2 &= -74.1 \\ \varphi_3 &= -19.9 & \varphi_4 &= -13.5 \\ \varphi_5 &= -17.2 & \mu &= 68.5 \\ \phi_1 &= -110.1 & \phi_2 &= -25.2 \end{aligned}$$

従て各節點曲能率は

$$\begin{aligned} M_{I1} &= \xi_1(\varphi_1 + \mu) = 1.42\text{ mt} \\ M_{I1} &= \xi_1(2\varphi_1 + \mu) = 2.16\text{ mt} \\ M_{I2} &= \xi_1(2\varphi_1 + \varphi_2 + \lambda_{\beta 1}\phi_1) - C_{12} = -2.16\text{ mt} \\ M_{21} &= \xi_1(2\varphi_2 + \varphi_1 + \lambda_{\beta 1}\phi_1) + \rho_{21} = -1.16\text{ mt} \\ M_{23} &= \xi_2(2\varphi_2 + \varphi_3 - \lambda_{\alpha 1}\phi_1) - C_{23} = 1.16\text{ mt} \\ M_{32} &= \xi_2(2\varphi_3 + \varphi_2 - \lambda_{\alpha 1}\phi_1) + C_{32} = 3.59\text{ mt} \\ M_{3II} &= \xi_{II}(2\varphi_3 + \mu + \phi_1) = -0.98\text{ mt} \\ M_{III3} &= \xi_{II}(\varphi_3 + \mu + \phi_1) = -0.74\text{ mt} \\ M_{34} &= \xi_3(2\varphi_3 + \varphi_4 + \lambda_{\beta 2}\phi_2) - C_{34} = -2.64\text{ mt} \\ M_{43} &= \xi_3(2\varphi_4 + \varphi_3 + \lambda_{\beta 2}\phi_2) + C_{43} = -0.71\text{ mt} \\ M_{45} &= \xi_4(2\varphi_4 + \varphi_5 - \lambda_{\alpha 2}\phi_2) - C_{45} = 0.70\text{ mt} \\ M_{54} &= \xi_4(2\varphi_5 + \varphi_4 - \lambda_{\alpha 2}\phi_2) + C_{54} = 1.00\text{ mt} \\ M_{5III} &= \xi_{III}(2\varphi_5 + \mu + \phi_1 + \phi_2) = -1.01\text{ mt} \\ M_{III5} &= \xi_{III}(\varphi_5 + \mu + \phi_1 + \phi_2) = -0.94\text{ mt} \end{aligned}$$

即ち第十八圖の如し。

第十八圖

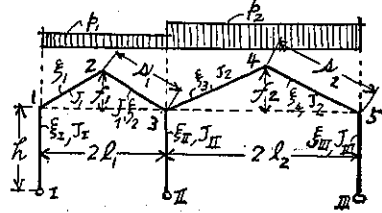


(2) 絞脚一層二徑間對稱山形架構(第十九圖参照)

[條件]

- $p_1=1.2 \text{ t/m}$ $p_2=1.7 \text{ t/m}$
- $l_1=5 \text{ m}$ $l_2=8 \text{ m}$
- $s_1=5.94 \text{ m}$ $s_2=8.94 \text{ m}$
- $f_1=3.2 \text{ m}$ $f_2=4 \text{ m}$ $h=6 \text{ m}$
- $J_1=0.05 \text{ m}^4$ $J_2=0.082 \text{ m}^4$ $J_3=0.0707 \text{ m}^4$ $J_6=0.1413 \text{ m}^4$

第十九圖



この場合機械的作表法は第十四表を得べくその數値は對角線に關し

左右對稱にして

第十四表 (例二)

行程 No	未知標								荷重項
	φ_1	φ_2	φ_3	φ_4	φ_5	μ'	ϕ_1'	ϕ_2'	
1	(ξ_1)	ξ_1				ξ_{II}	ξ_1'		C_{12}
2	ξ_1	ξ_2	ξ_2						$C_{23} - C_{21}$
3		ξ_2	(ξ_3)	ξ_3		ξ_{III}	ξ_2'	ξ_3'	$C_{34} - C_{32}$
4			ξ_3	ξ_4	ξ_4				$C_{45} - C_{43}$
5				(ξ_4)	ξ_4	ξ_{III}	ξ_3'	ξ_4'	$-C_{44}$
6	ξ_{II}	ξ_{II}	ξ_{II}	\bar{x}	x_1	x_2			0
7	ξ_1'	ξ_2'	ξ_2'	ξ_{III}	x_1	\bar{x}_1	x_2		$2\tau_1$
8		ξ_2'	ξ_2'	ξ_{III}	x_2	\bar{x}_2	\bar{x}_2		$2\tau_2$

第十五表 (例二)

行程 No	未知標								係數=0.01	荷重項
	φ_1	φ_2	φ_3	φ_4	φ_5	μ'	ϕ_1'	ϕ_2'		
1	4.01	1.38				0.333	2.59		2.5	
2	1.38	5.52	1.38						0	
3		1.38	9.57	2.52		1.18	-1.41	3.78	6.57	
4			2.52	10.04	2.52				0	
5				2.52	8.57	2.335	2.335	-1.42	-9.07	
6	0.333	1.18				2.335	2.36	1.57	0	
7	2.59	-1.41				2.335	2.36	1.57	-18.82	
8			3.78	-1.42	1.57	1.57	9.13		-54.4	

$\xi_I = 0.00833 \text{ m}^3$ $\xi_{II} = 0.0118 \text{ m}^3$ $\xi_{III} = 0.02355 \text{ m}^3$

$\xi_1 = \frac{1}{\eta_1} = 0.0138 \text{ m}^3$ $\xi_2 = \frac{1}{\eta_2} = 0.0252 \text{ m}^3$

$\lambda_{\alpha 1} = \lambda_{\beta 1} = \frac{h}{2f_1} = 0.9375$

$\lambda_{\alpha 2} = \lambda_{\beta 2} = \frac{h}{2f_2} = 0.75$

$\alpha_1 = b_1 = \frac{h}{4f_1} = 0.4688$ $\alpha_2 = b_2 = \frac{h}{4f_2} = 0.375$

$c_1 = \frac{h^2}{12f_1^3} \frac{1}{\eta_1} = 0.00405$ $c_2 = \frac{h^2}{12f_2^3} \frac{1}{\eta_2} = 0.00473$

なるを以て本例は絞脚一層なれば

$(\rho_1) = 2\xi_1 + 1.5\xi_{II} = 0.0401$ $\rho_2 = 2(\xi_1 + \xi_2) = 0.0552$

$(\rho_3) = 2\xi_2 + 2\xi_3 + 1.5\xi_{III} = 0.0957$ $\rho_4 = 2(\xi_3 + \xi_4) = 0.1004$

$\rho_5 = 2\xi_4 + 1.5\xi_{III} = 0.0857$ $\xi_1' = 2\lambda_1 \xi_1 = 0.0259 = \xi_2'$

$2\xi_{II}' = \xi_{II} - \xi_2' = -0.0141$ $\xi_3' = \xi_4' = 2\lambda_2 \xi_3 = 0.0378$

$4\xi_{III}' = \xi_{III} - \xi_4' = -0.0142$ $X = \frac{2}{3}(\xi_I + \xi_{II} + \xi_{III}) = 0.0292$

$x_1 = \frac{2}{3}(\xi_{II} + \xi_{III}) = 0.0236$ $x_2 = \frac{2}{3}\xi_{III} = 0.0157$

$$\bar{X}_1 = x_1 + 4(c_1 + a_1 \lambda_1 \xi_1 + b_1 \lambda_2 \xi_2) = 0.08835 \quad \bar{X}_2 = x_2 + 4(c_2 + a_2 \lambda_2 \xi_3 + b_2 \lambda_3 \xi_4) = 0.0913$$

となり又荷重項は

$$C_{12} = C_{21} = C_{23} = C_{32} = \frac{p_1 l_1^2}{12} = \frac{1.2 \times 5^2}{12} = 2.5$$

$$C_{34} = C_{43} = C_{45} = C_{54} = \frac{p_2 l_2^2}{12} = \frac{1.7 \times 8^2}{12} = 9.07$$

次に第二表 No. 12 より

$$L_1 = \frac{5}{8} f_1 4l_1^2 p_1 \gamma_1 = \frac{5}{8} \times 3.2 \times 10^2 \times 1.2 \times \frac{1}{0.0138} = 17400$$

$$L_2 = \frac{5}{8} \times 4.0 \times 16^2 \times 1.7 \times \frac{1}{0.0252} = 43200$$

$$\tau_1 = a_1 C_{12} + b_1 C_{32} - \frac{c_1}{h} L_1 = -9.41 \quad \therefore 2\tau_1 = -18.82$$

$$\tau_2 = a_2 C_{34} + b_2 C_{54} - \frac{c_2}{h} L_2 = -27.2 \quad \therefore 2\tau_2 = -54.4$$

かくて第十五表を得べし。但し未知欄は係数 0.01 を省略してある。これを解きて

$$\begin{array}{lll} \varphi_1 = -31 & \varphi_2 = -73.2 & \varphi_3 = 324 \\ \varphi_4 = 38.3 & \varphi_5 = -477.5 & \\ \mu' = 831 & \phi_1' = -80 & \phi_2' = -934 \end{array}$$

依つて各節點曲能率は撓角撓度式よりして

$$M_{1I} = \xi_1(1.5\varphi_1 + \mu') = 6.535 \text{ tm}$$

$$M_{12} = \xi_1(2\varphi_1 + \varphi_2 + 2\lambda_1 \phi_1') - C_{12} = -6.442$$

$$M_{21} = \xi_1(2\varphi_2 + \varphi_1 + 2\lambda_1 \phi_1') + C_{21} = -2.02$$

$$M_{23} = \xi_2(2\varphi_2 + \varphi_3 - 2\lambda_2 \phi_1') - C_{23} = 2.02$$

$$M_{32} = \xi_2(2\varphi_3 + \varphi_2 - 2\lambda_2 \phi_1') + C_{32} = 12.504$$

$$M_{34} = \xi_3(2\varphi_3 + \varphi_4 + 2\lambda_3 \phi_2') - C_{34} = -27.073$$

$$M_{43} = \xi_3(2\varphi_4 + \varphi_3 + 2\lambda_3 \phi_2') + C_{43} = -16.134$$

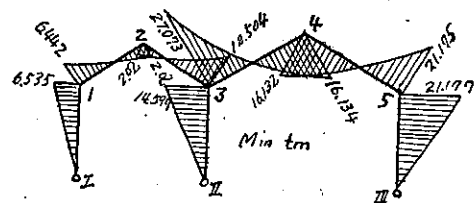
$$M_{3II} = \xi_{II}(1.5\varphi_3 + \mu' + \phi_1') = 14.597$$

$$M_{45} = \xi_4(2\varphi_4 + \varphi_5 - 2\lambda_4 \phi_2') - C_{45} = 16.132$$

$$M_{54} = \xi_4(2\varphi_5 + \varphi_4 - 2\lambda_4 \phi_2') + C_{54} = 21.175$$

$$M_{5III} = \xi_{III}(1.5\varphi_5 + \mu' + \phi_1' + \phi_2') = -21.177$$

第二十圖



本例は Kleinlogel 氏, Mehrstieliege Rahmen 431 頁にあるものにして嘗て建築學會の建築雜誌 535 號(昭和 5 年 7 月)掲載の石井氏の例題にして試みに同氏の計算値と對照すれば

$$\begin{array}{lll} M_1 = 6.534 (6.489) & M_2 = 2.006 (2.02) & M_{32} = 12.48 (12.504) \\ M_4 = 27.198 (27.073) & M_{3II} = 14.658 (14.597) & M_5 = 16.12 (16.133) \\ M_5 = 21.192 (21.176) & & \end{array}$$

にして括弧内の數字は筆者の計算値なり。10 時の計算尺を用ひしを以てこの程度の誤差は許さるべし。

(3) 固定脚三層一徑間山形架橋

第二十一圖に於て

$$\begin{aligned} J_I = J_{II} &= 0.05m^4 & J'_1 = J'_2 &= 0.04m^4 \\ J'_3 = J'_4 &= 0.03m^4 & J_1 &= 0.064m^4 \\ J_3 &= 0.056m^4 & J_6 = J_6 &= 0.0447m^4 \end{aligned}$$

従て

$$\begin{aligned} \xi_1 = \xi_{11} &= \frac{0.05}{5} = 1 \times 10^{-2} \\ \xi'_1 = \xi'_2 &= \frac{0.04}{5} = 0.8 \times 10^{-2} \\ \xi'_3 = \xi'_4 &= \frac{0.03}{5} = 0.6 \times 10^{-2} \\ \xi_1 &= \frac{0.064}{8} = 0.8 \times 10^{-2} & \xi_6 &= \frac{0.056}{8} = 0.7 \times 10^{-2} \\ \xi_6 = \xi_6 &= \frac{0.0477}{4.47} = 1 \times 10^{-2} & \eta_6 = \eta_6 &= \frac{1}{\xi_6} = \frac{1}{\xi_6} = 10^3 \end{aligned}$$

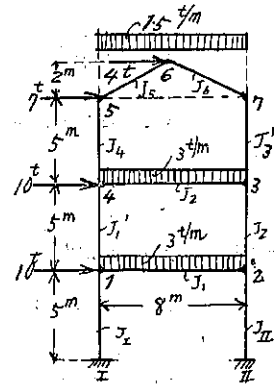
となるべし。而て機械的作表法に依り第十六表を得べくその數値は

$$\begin{aligned} \rho_1 = \rho_2 &= 2(1 + 0.8 + 0.6)10^{-2} = 4.8 \times 10^{-2} \\ \rho_3 = \rho_4 &= 2(0.8 + 0.7 + 0.6)10^{-2} = 4.2 \times 10^{-2} \\ \rho_5 = \rho_7 &= 2(0.6 + 1)10^{-2} = 3.2 \times 10^{-2} \\ \rho_6 &= 2(1 + 1)10^{-2} = 4 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

第十六表 (例三)

方程式 No	未知橋										荷重項	
	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4	ρ_5	ρ_6	ρ_7	μ_1	μ_2	μ_3		ϕ
1	ξ_1	ξ_1		ξ'_1				ξ_1	ξ'_1			C_{12}
2	ξ_1	ρ_2	ξ_2					ξ_2	ξ_2			$-C_{21}$
3		ρ_3	ρ_3	ρ_4	ρ_4			ξ_3	ξ'_3	ξ'_3		$-C_{34}$
4	ξ'_1		ξ_3	ρ_4	ρ_4			ξ'_3	ξ_4	ξ_4		C_{43}
5				ξ_4	ρ_5	ρ_5			ξ_4	ξ'_5		C_{56}
6					ξ_5	ρ_6	ξ_6					$C_{67} - C_{65}$
7				ξ'_3			ρ_7			ξ'_5	ξ'_6	$-C_{76}$
8	ξ_2	ξ_{II}						X_1				$-\frac{1}{3}Q_1$
9	ξ'_1	ξ_2	ξ_2	ξ'_1				X_2				$-\frac{1}{3}Q_2$
10			ξ'_3	ξ_4	ρ_4		ξ_3	X_3	X_1			$-\frac{1}{3}Q_3$
11			ξ'_3	ξ'_3			ξ_6	X_1	X_2			X

第二十一圖



第十七表 (例三)

方程式 No	未知橋										荷重項		
	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4	ρ_5	ρ_6	ρ_7	μ_1	μ_2	μ_3		ϕ	
1	4.8	0.8		0.8				1	0.8			16	
2	0.8	4.8	0.8					1	0.8			-16	
3		0.8	4.2	0.7			0.6		0.8	0.6	0.6	-16	
4	0.8		0.7	4.2	0.6				0.8	0.6		16	
5				0.6	3.2	1				0.6	1.25	2	
6					1	4	1					0	
7				0.6			1	3.2			0.6	-0.6	-2
8	1	1						1.333				-51.666	
9	0.8	0.8	0.8	0.8					1.047			-35	
10			0.6	0.6	0.6		0.6			0.8	0.4	-18.333	
11			0.6		1.25		-0.6			1.4	1.7	-13.333	

$$\begin{aligned} \xi_6' = \xi_6' &= \lambda \xi = \frac{1}{2} \times \frac{5}{2} \times 1 \times 10^{-2} = 1.25 \times 10^{-2} \\ \xi_6' = \xi_6' - \xi_6' &= (0.6 - 1.25)10^{-2} = -0.65 \times 10^{-2} \\ X_1 &= \frac{2}{3}(1.0 + 1.0)10^{-2} = 1.333 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

$$X_2 = \frac{2}{3}(0.8+0.8)10^{-2} = 1.067 \times 10^{-2}$$

$$X_3 = \frac{2}{3}(0.6+0.6) = 0.8 \times 10^{-2}$$

$$x_1 = \frac{2}{3}0.6 \times 10^{-2} = 0.4 \times 10^{-2}$$

$$\bar{X} = x + \frac{5}{24} \frac{h^2}{f^2} \xi = \left(0.4 + \frac{5}{24} \frac{5^2}{2^2} \times 1\right) 10^{-2} = 1.7 \times 10^{-2}$$

$$C_{12} = C_{21} = C_{34} + C_{43} = \frac{3.8^2}{12} = 16$$

$$C_{56} = C_{65} = C_{67} = C_{76} = \frac{1.5 \times 4^2}{12} = 2$$

又第二表 No. 12 及び No. 19 より

$$L = \frac{5}{8} \times 2 \times 8 \times 100 \times 1.5 \times 8 + 2 \times 2^2 \times 100 \times 4 = 15200$$

$$S_1 = 4 + 7 + 10 + 10 = 31t \quad \therefore \frac{1}{3}Q_1 = \frac{1}{3}S_1 h = \frac{1}{3} \times 31 \times 5 = 51.666$$

$$S_2 = 4 + 7 + 10 = 21t \quad \therefore \frac{1}{3}Q_2 = \frac{1}{3}S_2 h = \frac{1}{3} \times 21 \times 5 = 35$$

$$S_3 = 4 + 7 = 11t \quad \therefore \frac{1}{3}Q_3 = \frac{1}{3}S_3 h = \frac{1}{3} \times 11 \times 5 = 18.333$$

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{1}{4} \frac{h}{f} (C_{56} + C_{65}) - \frac{1}{12} \frac{h}{f^2} \xi_s L \\ &= \frac{1}{4} \frac{5}{2} (2+2) - \frac{1}{12} \frac{5}{2^2} 0.01 \times 15200 = -13.333 \end{aligned}$$

かくて第十七表を得べし。但し未知欄は係数 10^{-2} を省略してあり。同表は對稱山形の場合なれば對角線に關して左右對稱なるを以て上の如くその一方のみを計算したのである。

第十七表を解きて

$$\begin{array}{lll} \varphi_1 = 2865 & \varphi_2 = 2158 & \varphi_3 = 1710 \\ \varphi_4 = 2130 & \varphi_5 = 1295 & \varphi_6 = -493 \\ \varphi_7 = 678 & \mu_1 = -7630 & \mu_2 = -9945 \\ \mu_3 = -6210 & \phi = -833 & \end{array}$$

從て各節點曲能率は撓角撓度式に依りて

$$M_{11} = \xi_1 (\varphi_1 + \mu_1) = -47.65 \text{ tm}$$

$$M_{11} = \xi_1 (2\varphi_1 + \mu_1) = -19.05 \text{ tm}$$

$$M_{112} = \xi_{11} (\varphi_2 + \mu_1) = -54.72 \text{ tm}$$

$$M_{211} = \xi_{11} (2\varphi_2 + \mu_1) = -33.14 \text{ tm}$$

$$M_{12} = \xi_1 (2\varphi_1 + \varphi_2) - C_{12} = 47.104 \text{ tm}$$

$$M_{21} = \xi_1 (2\varphi_2 + \varphi_1) + C_{21} = 73.448 \text{ tm}$$

$$M_{14} = \xi_1 (2\varphi_1 + \varphi_4 + \mu_2) = -16.68 \text{ tm}$$

$$M_{41} = \xi_1'(2\varphi_4 + \varphi_1 + \mu_2) = -22.56 \text{ tm}$$

$$M_{23} = \xi_2(2\varphi_2 + \varphi_3 + \mu_2) = -31.352 \text{ tm}$$

$$M_{32} = \xi_3(2\varphi_3 + \varphi_2 + \mu_2) = -34.936 \text{ tm}$$

$$M_{43} = \xi_3(2\varphi_4 + \varphi_3) - C_{43} = 25.79 \text{ tm}$$

$$M_{64} = \xi_3(2\varphi_3 + \varphi_4) + C_{34} = 55.13 \text{ tm}$$

$$M_{45} = \xi_4(2\varphi_4 + \varphi_5 + \mu_3) = -3.93 \text{ tm}$$

$$M_{64} = \xi_4(2\varphi_5 + \varphi_4 + \mu_3) = -8.94 \text{ tm}$$

$$M_{37} = \xi_3'(2\varphi_3 + \varphi_7 + \mu_3 + \phi) = -17.67 \text{ tm}$$

$$M_{73} = \xi_3'(2\varphi_7 + \varphi_3 + \mu_3 + \phi) = -22.862 \text{ tm}$$

$$M_{65} = \xi_5(2\varphi_5 + \varphi_6 + \lambda\phi) - C_{65} = 8.557 \text{ tm}$$

$$M_{65} = \xi_5(2\varphi_6 + \varphi_5 + \lambda\phi) + C_{65} = -5.323 \text{ tm}$$

$$M_{67} = \xi_6(2\varphi_6 + \varphi_7 - \lambda\phi) - C_{67} = +5.333 \text{ tm}$$

$$M_{76} = \xi_6(2\varphi_7 + \varphi_6 - \lambda\phi) + C_{76} = 21.043 \text{ tm}$$

以上は逐次近似計算法に依り 10 時の計算尺を用ひて得しものにして多少誤差あるは同計算を少数回繰返した
 丈なればなり。曲能率圖は第二十二圖の如くである。

第二十二圖

