

Cross' Method にて 考 て

大 野 博

1930年5月米國土木學會誌上に Illinois 大學教授 Hardy Cross 氏に依つて發表せられた不靜定架構の近似計算法 Moment Distribution method (鷲曲奉配分法) は大いに一般の注意を惹き、續いて同誌上に多數の討論が掲載せられ、原著者の名に因み Cross' Method と呼ばれるに至つた。

不靜定架構の解法は一般に不靜定量の數と同一數の聯立方程式を解かなければならぬのであるが、この不靜定未知量の掲び方は解法の難易を支配する一つの要素となるものである。而して之が適當なる選定により、全體的不靜定量の數又は一方程式中に含まるる不靜定量の數を減少せしむることを得るのであるが、猶不靜定量の數相當に多い時は聯立方程式を解くに、實際上種々の技巧を要するか普通であるのみならず、計算中異算を起し易く、又桁數の取捨の不適當なりし爲意外の誤差を生ずることもある。此様な場合に對し從来多くの近似解法が試みられてゐるが、多くは聯立方程式の近似解法による代數的方法か又は反曲點の假定、係數法等によるものである。

茲に紹介せんとする Cross' Method も亦一つの近似計算法であるが、係數法の如き根本的假定を設くるものにあらずして、理論上如何程でも正式解に接近し得る性質のものなること、又多くの近似解法の代數的なるに反し本法は根本

的法則に従ひ全く算術的計算により問題を解く點に於て、比較的構造物計算に接する機會の少い人々に於ても容易に之を實用に供し得ることは甚だ有益なるものと信する。

〔1〕 固定端彎曲率 (Fixed-End Moment) (F.E.M)

一部材が其の両端に於て回轉に對し固定せられたるものとする時、荷重、其他により固定端に生ずる彎曲率を固定端彎曲率 (F.E.M.) と云ふ。

今この部材の両端が更に移動に對して固定せらるる場合には (F.E.M.) は次の様にして求めることが出来る。

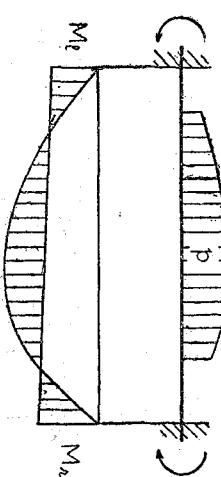
$\frac{M}{EI}$ を荷重とする單桁の反力を求めれば桁端に於ける撓角を得るのであるが、固定端に於ては撓角零である。各點の彎曲率は第1圖の如く荷重による單桁の彎曲率と固定端彎曲率 M_t , M_r の影響による各點の彎曲率との差を以て表し得る故に、この M_t , M_r を $\frac{M}{EI}$ 荷重の單桁反力が夫々零となる様に定めればよい。

定歟面部材の (F.E.M.)

部材の斷面の慣性能率 (I) が一定なる場合には (F.E.M.) は一層簡単に求められる。即ち前記に於ける $\frac{M}{EI}$ 荷重を用ふる代りに M を荷重とする單桁反力が零となる様に M_t , M_r を定めればよい。例へば第2圖の如き場合には

$$\frac{Wab}{2} \left\{ \frac{L}{2} - \frac{1}{3} \left(\frac{L}{2} - a \right) \right\} - \frac{1}{6} MI^2 - \frac{1}{3} M_r L^2 = 0$$

第 1 圖



$$\frac{W_{ab}}{2} \left\{ \frac{L}{2} + \frac{1}{3} \left(\frac{L}{2} - a \right) \right\} - \frac{1}{3} M_t L^2 - \frac{1}{6} M_r L^2 = 0$$

卷之三

$$M_s = \frac{W}{\alpha_2^2 T}$$

$$M_i = M_r = \frac{1}{12} w L^2$$

猶等布爾重 w を負載する場合は

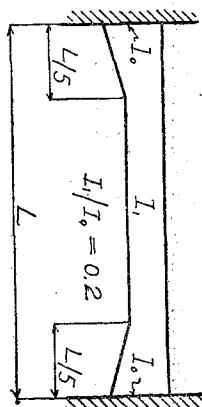
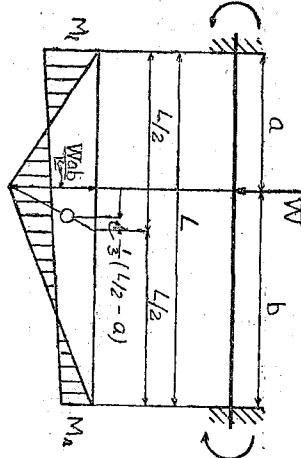
變斷面部材の(F.E.M)

部材の断面の慣性能率が各部に於て異なる場合には前記 $\frac{M}{EI}$ 荷重を用ふる方法により M , M_r を求めねばならぬが、特別の断面変化を假定し、特別の荷重に対する (F.E.M) は第 1 乃至第 4 圖表 第 3 圖

より求めることが出来る。

$$\text{等布荷重 (强度 } w) \quad (\text{F.E.M.}) = 1.16 \times \frac{1}{12} w L^2$$

$$\text{中央集中荷重} (W) \quad " \quad = 1.21 \times \frac{1}{8} WL$$



定断面部材の格點移動による(F.E.M)

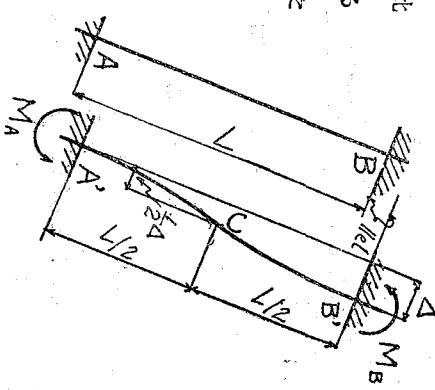
第四圖

第4図の如く両端回轉に對し固定せられた部材ABが $A'B'$ に移動したる場合、兩端の相對移動が Δ なる時はこの爲に M_A, M_B なる(F.E.M)が起る。而して此場合 M_A, M_B 相等しく、従つて部材の中央Cに反曲點を有し、其のAに對する相對移動は $-\frac{1}{2}\Delta$ である。故に桁をCに於て切離して $-\frac{1}{2}\Delta$ だけの幅度を與へたるものとして(F.E.M)を計算することが出来る。即

$$\frac{1}{2} \cdot A = \int_0^{\frac{L}{2}} \frac{M_A}{EI} \cdot \frac{2x}{L} \cdot x \, dx = \frac{M_A}{EI} \cdot \frac{1}{12} L^2$$

又第5圖の如く柱の上下端が回轉に對して固定せられ、上端に水平力 P が作用して其の方間に δ 移動せる場合の各柱の (F.E.M) は次の様に求められる。

$$M_{A1} + M_{B1} + M_{A2} + M_{B2} + M_{A3} + M_{B3} = Ph \quad \text{[Eq. 1]} \quad M_{A1} + M_{A2} + M_{A3} = \frac{1}{2}Ph$$



然るに一定移動 Δ に対する (F.E.M.) は (2) により I_1/I_2^2 に比例するものであるから、力率 P_h を夫々 I_1/h^2 I_2/h^2 I_3/h^2 に比例して配分せられなければならない。

[2] 傳達比 (Carry-Over Factor) (C.O.F)

第 6 圖の如く部材の A 端は鉸、B 端は固定にして共に移動を許さるものとする時、A 端に力率 M_A を作用すれば B 端に力率 M_B を起す。この時 $M_p : M_A$ を A より B への傳達比 (C.O.F) と云ふ。

定歟面部材の (C.O.F)

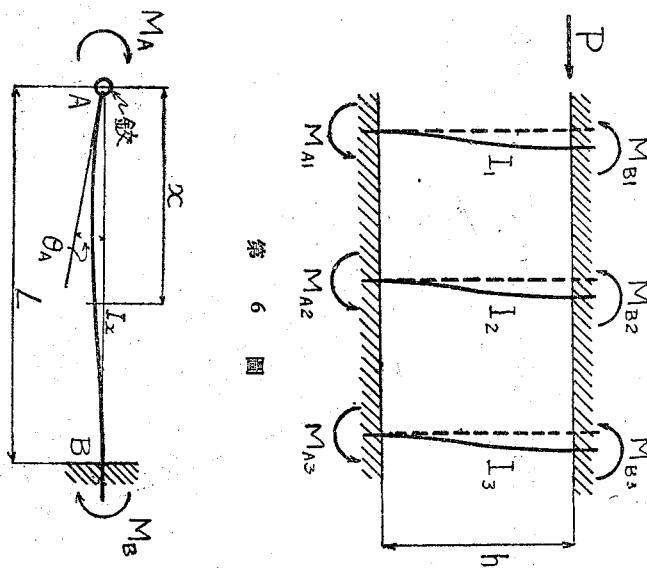
前節に依り B 端の撓角が零となる様に M_A , M_B を定めること

より、

$$\frac{M_A L}{2EI} \cdot \frac{1}{3} - \frac{M_B L}{2EI} \cdot \frac{2}{3} = 0$$

$$\therefore B_p = \frac{1}{2} M_A$$

$$\therefore (C.O.F) = \frac{1}{2}$$



第 6 圖

變斷面部材の(C.O.F)

變斷面部材の場合には第6圖により

$$\frac{M_A}{EI^2} \int_0^L \frac{(L-x)}{I_x} x \, dx - \frac{M_B}{EI^2} \int_0^x \frac{x^2}{I_x} \, dx = 0$$

$$\therefore (C.O.F) = \frac{M_B}{M_A} = \frac{\int_0^L \frac{(L-x)}{I_x} x \, dx}{\int_0^L \frac{x^2}{I_x} \, dx} = \frac{L \int_0^L \frac{x}{I_x} \, dx}{\int_0^L \frac{x^2}{I_x} \, dx} - 1$$

特別の斷面變化に對して (C.O.F) を計算したものは第1乃至第4圖表中に示されてゐる。

例へば第7圖の如き柄の (C.O.F) は第4圖表によりより

A より B へ

0.48

B より A へ

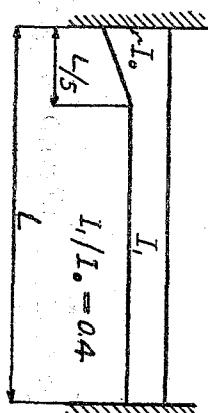
0.60

[3] 剛 度 (Stiffness)

第6圖に於て、鉸端 A に単位回轉 ($\theta_A = 1$) を與へる爲 A に加ふべき力率を A 端に於ける剛度と云ふ。

變斷面部材の剛度

A 端の撓角 θ_A を求めれば、



第 7 圖

$$\theta_4 = \frac{M_A L}{2EI} \cdot \frac{2}{3} - \frac{M_B L}{2EI} \cdot \frac{1}{3} = \frac{L}{2EI} \left(\frac{2}{3} M_A - \frac{1}{3} M_B \right)$$

$$\text{然るに } M_B = \frac{1}{2} M_A$$

$$\therefore \theta_4 = \frac{L}{4EI} M_A$$

E は通常一定と考へられるを以て剛度は I/L に比例す。而して I/L を剛度比 (Stiffness Factor-S.F.) と云ふ。又一つの格點に集る部材の (S.F.) の合計に對する各部材の (S.F.) の割合を剛度率と云ふことにする。

變斷面部材の剛度

變斷面の場合の θ_A は

$$\theta_A = \frac{M_A}{EL^2} \int_0^L \frac{(L-x)^2}{I_x} dx - \frac{M_B}{EL^2} \int_0^L \frac{(L-x)}{I_x} x dx = \frac{M_A}{EL^2} \left[\int_0^L \frac{(L-x)^2}{I_x} dx - (C.O.F) \times \int_0^L \frac{(L-x)}{I_x} x dx \right]$$

慣性能率の変化を次の式を以て表はすものとすれば

$$I_x = I_0 \cdot f(x)$$

$$\theta_A = \frac{M_A}{EI_0^2} \left[\int_0^L \frac{(L-x)^3}{f(x)} dx - (\text{C.O.P}) \times \int_0^L \frac{(L-x)^2}{f(x)} x \, dx \right] = \frac{M_A L}{4EI_0} \cdot \frac{1}{k}$$

$$\frac{1}{k} = \frac{4}{L^3} \left[\int_0^L \frac{(L-x)^2}{f(x)} dx - (C.O.F) \times \int_0^L \frac{(L-x)}{f(x)} x dx \right]$$

k を剛度係数 (Stiffness Coefficient) と云ふ。而して

$$\frac{M_A}{\theta_A} = \frac{4EI_0k}{L}$$

故に此の場合の剛度比 (S.F) は次の様になる

$$(S.F) = \frac{I_o}{L} k$$

若し定断面とすれば $f(c) = 1$ 従つて $k = 1$ となり前述の式と一致する。

管特別の断面變化に對し k を計算したものは第 1 乃至第 4 圖表中で示されてゐる。
例へば第 7 圖の桁の剛度係数は第 4 圖表により

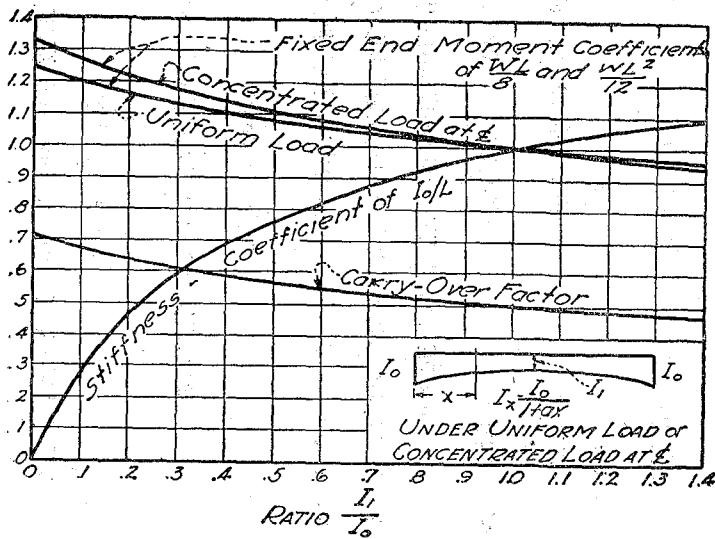
$$A \text{ 端 } (I \text{ 大なる端}) \quad k = 0.53 \quad \therefore (S.F) = 0.53 \frac{I_o}{L}$$

$$B \text{ 端 } (I \text{ 小なる端}) \quad k = 0.43 \quad (S.F) = 0.43 \frac{I_o}{L}$$

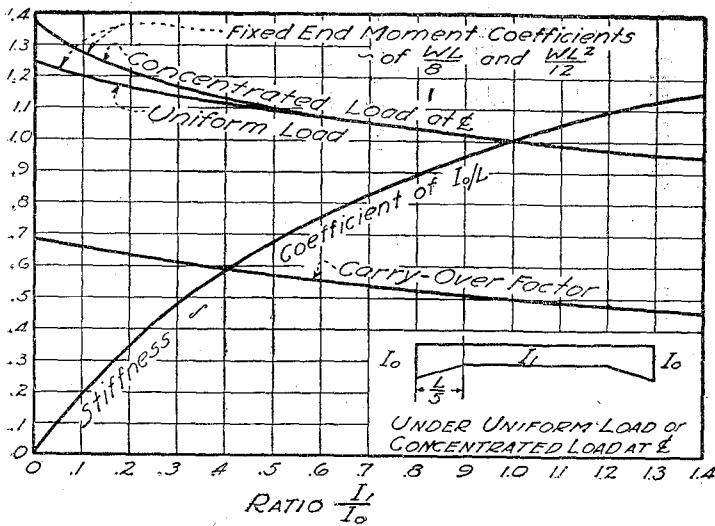
[4] 残力率 (Unbalanced F.E.M) 及配分力率 (Distributed Moment)

各格點を同様に對して固定して (F.E.M) を求め、一つの格點に集まる部材端の (F.E.M) の總和を求めれば必ず零に

第一圖 表

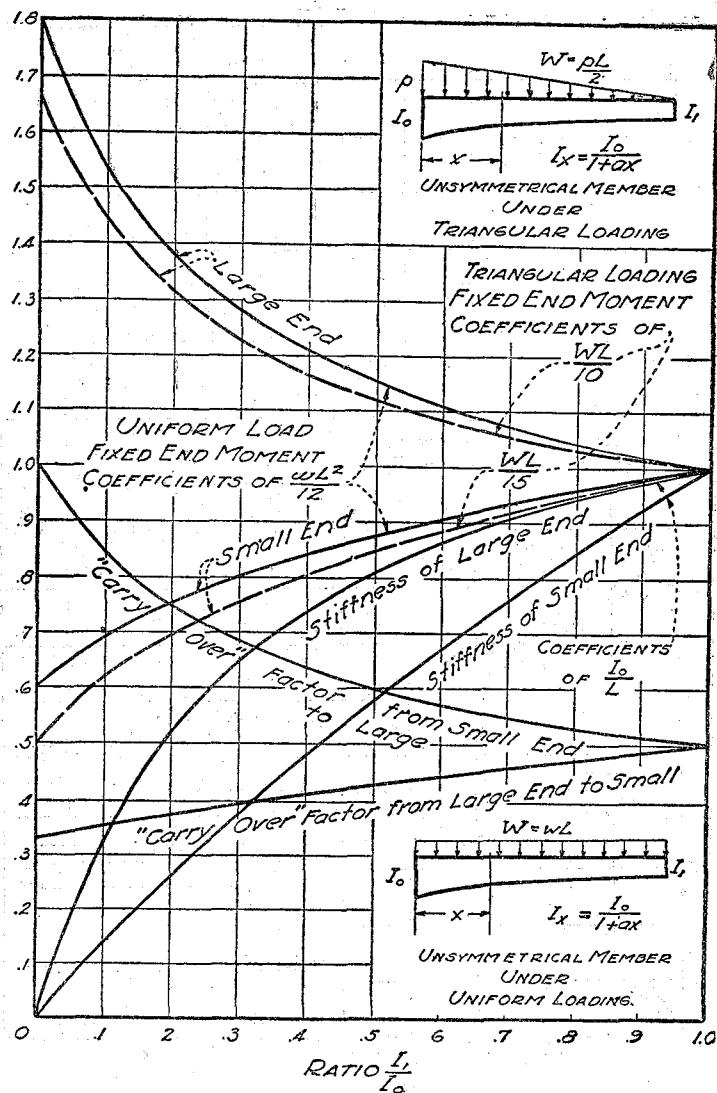


第二圖 表

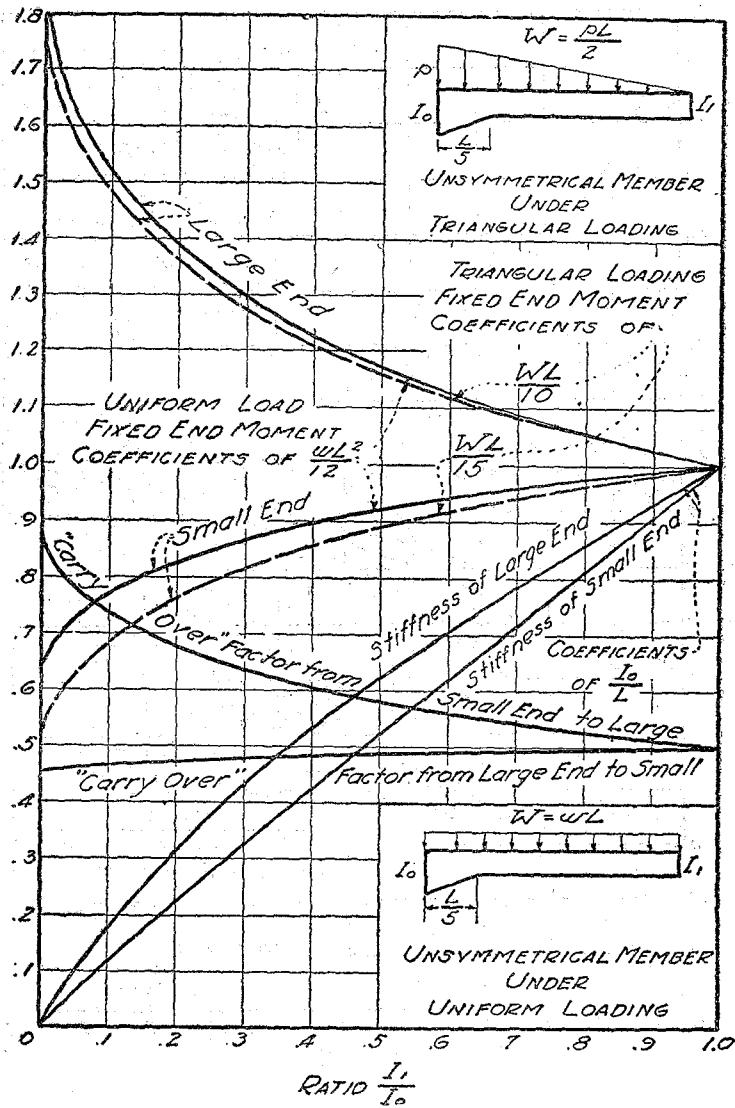


第三圖表

技
術
衛



第四圖表



等しくはない。然るに實際格點に於ては回轉に對して固定せられて居ないのであるから、格點が平衡状態に在る爲には總和 Σ (F.E.M.) は零に等しいことを要する。

此總和の符號を變へたもの、即 $- \Sigma$ (F.E.M.) を殘力率と云ふ。

授殘力率が零でない場合には、格點が平衡状態に在る爲には之を各部材に部材端の回轉が同一となる様に分擔させねばならぬ。之を殘力率を配分 (distribute to) すると云ひ、配分せられた力率を配分力率 (D.M.) と云ふ。

〔5〕 格點が移動せざる場合の解法—Cross' Method

連續桁、對稱荷重を受ける對稱ラーメン等の如く、外力の作用により格點の移動を起さない場合に對し、Cross 氏の示した方法は次の様なものである。(氏の A.S.C.E 誌上に發表したものは之だけであつた。)

各格點に於ける部材端彎曲率の總和は零に等しく、各部材端の回轉角はすべて相等しいことを要する。故に先づ格點を回轉に對して固定した場合の部材端の彎曲率 (F.E.M.) を求め、格點の固定を解けば (F.E.M.) の不平衡の爲に格點は或角度回轉して遂に部材端彎曲率の平衡を保つて至る。然るに他の格點の回轉による影響を受けて再び部材端彎曲率の平衡を失ふ、故に之を平衡せしむべく更に格點の回轉が起る。此様な考を無限に繰返すことにより眞の平衡状態に到達するのである。

此の考へにより次の計算法を得る。但力率の符號は、格點を時計と反對の方向に即部材を時計の方向に回轉せんとするものを (+) とする。

計算順序

- (a) 各格點を回轉に對し固定し、各部材の固定端彎曲率 (F.E.M.) を求める。
- (b) 各格點の殘力率 - $\Sigma(F.E.M.)$ を求める。之を其格點に集る部材端に其の剛度比 (S.F.) の割合に配分する——(配分力率 D.M.)
- (c) 各部材端の配分力率は之に傳達比 (C.O.F.) を乗じて他端に傳達す。(即配分力率の爲に他端に彎曲率が起る、之を傳達力率 Carry-Over Moment C.O.M. と云ふ)。
- (d) 傳達力率を再び配分する。
- (e) 上の方法を傳達力率が十分小になる迄繰返す。
- (f) 固定端彎曲率、配分力率及傳達力率の總和は求むる部材端彎曲率である。

計算例 1

第8圖の如き對稱ラーメンが對稱荷重を受ける場合、(Salger-Eisenbeton p. 548 參照)

柱 BB' の (F.E.M.) は (1) により

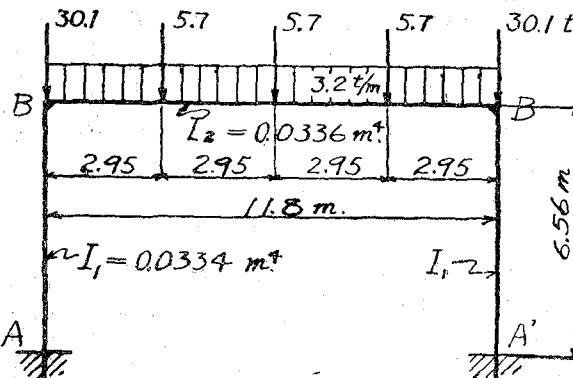
$$\text{集中荷重} \quad 5.7 \times \frac{2.95^3}{11.8^2} (1 \times 3^2 + 2 \times 2^2 + 3 \times 1^2) = 21.0 \text{ t.m}$$

$$\begin{aligned} \text{等布荷重} & \quad \frac{1}{12} \times 3.2 \times 11.8^2 \\ & \qquad \qquad \qquad = 37.2 \\ & \qquad \qquad \qquad 58.2 \end{aligned}$$

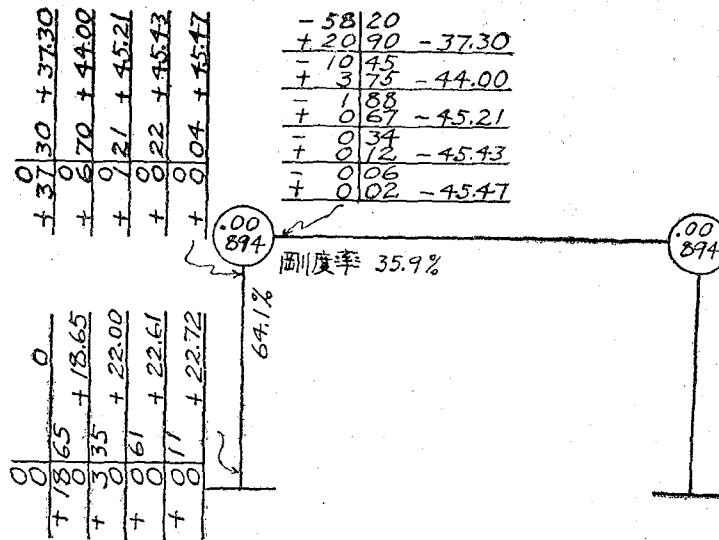
第9圖は此計算を示すものであるが、對稱の爲其半分を略す。

技

術



第 8 圖



第 9 圖

$$(a) BB' - B \otimes (F.E.M) = -58.20 \quad B' \otimes (F.E.M) = +58.20$$

$$AB - A \otimes B \otimes (F.E.M) = 0 \quad A \dots 0$$

$$(b) -\Sigma(F.E.M) \quad B \dots +58.20$$

$$B \text{ の配分力率} \quad BB' \sim \dots +58.20 \times 0.359 = +20.90$$

$$BA \sim \dots +58.20 \times 0.641 = +37.30$$

A の配分力率なし。

$$(c) \text{ 傾き力率} \quad B \otimes y \quad B' \sim \dots +20.90 \times \frac{1}{2} = +10.45$$

$$B \otimes y \quad A \sim \dots +37.30 \times \frac{1}{2} = +18.65$$

$$B' \otimes y \quad B \sim \dots -20.90 \times \frac{1}{2} = -10.45$$

$$A \otimes y \quad B \sim \dots 0$$

(d) 傾き力率の配分

$$B \otimes -\Sigma(C.O.M) = -(0-10.45) = +10.45$$

$$B \text{ の配分力率} \quad BB' \sim \dots +10.45 \times 0.359 = +3.75$$

$$BA \sim \dots \times 10.45 \times 0.641 = +6.70$$

以下同様にして得られた結果を Saliger の正式解と比較すれば次の通りである。

Cross Saliger

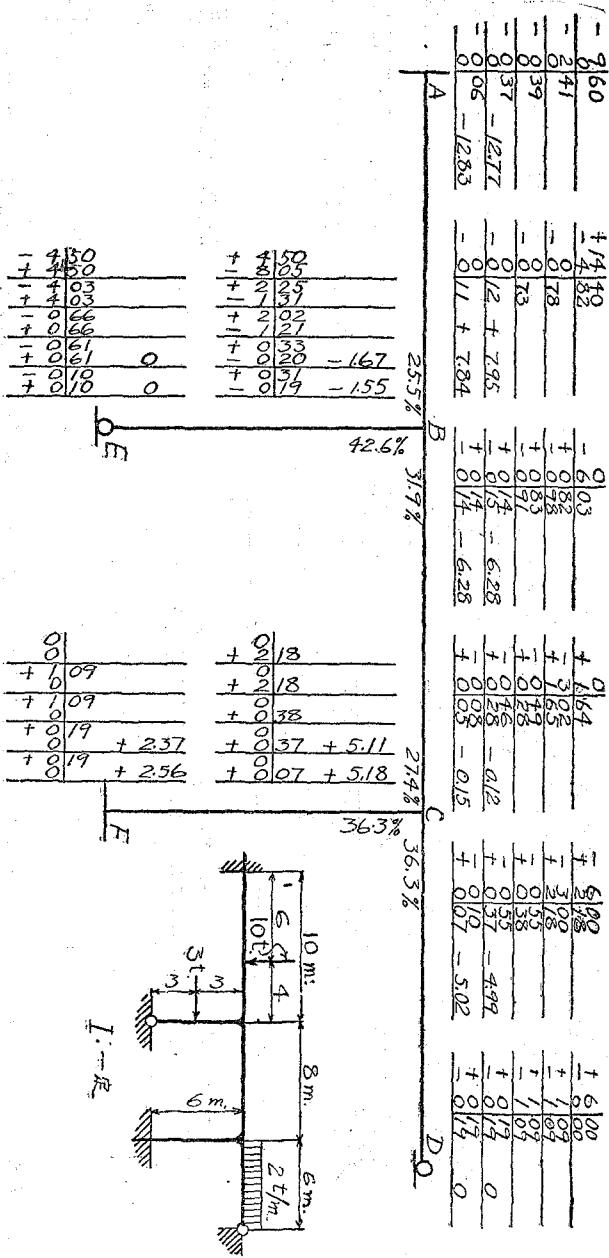
$$M_{BA} \quad +45.47 \quad +45.6 \text{ t.m}$$

$$M_{AB} \quad +22.72 \quad +22.8 \text{ t.m}$$

計算例 2

第 10 圖の如きラーメンは格點移動を無視することが出来る計算の結果は、

第 10 圖



M_{AB}	M_{BA}	M_{BC}	M_{CB}	M_{CD}	M_{DC}	M_{EB}	M_{FC}
-12.83	+7.84	-6.28	-1.55	-0.15	-5.02	+5.18	0

$\frac{M_{FC}}{M_{CD}} = \frac{1}{2}$ なる筈であるが此處までの計算では

$$\frac{2.56}{5.18} = 0.495 \text{ である。}$$

計算例 3

第11圖に示す如き連続桁の計算

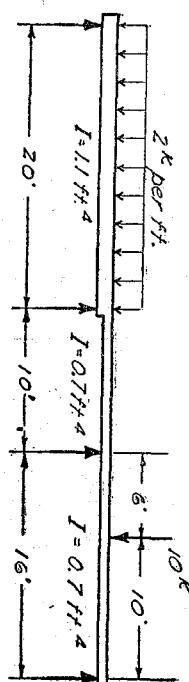
(C. E. Large, C. T. Morris)

計算例 4

第12圖の如き變断面を有する對

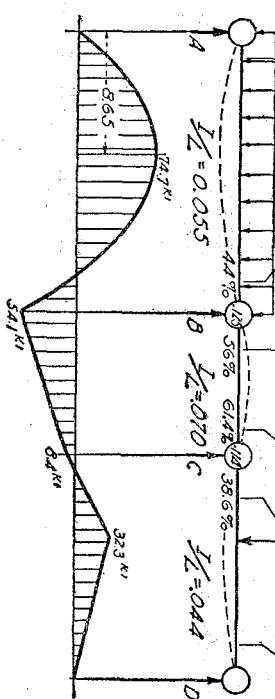
稱ラーメンの計算(第1及3圖表參照)

第 11 圖

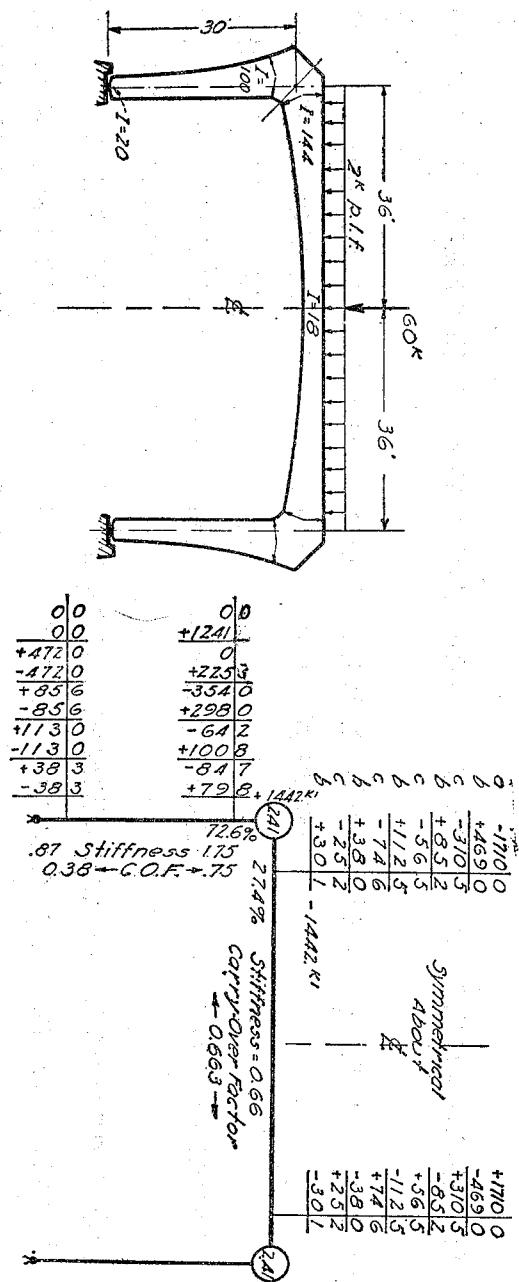


Clockwise moments upon the ends of members are considered positive

a -66.67	b +66.67	c -20.35	d +33.33	e +7.79	f -13.65	g +9.24	h +14.08
$b' -4.68$	$c' +4.68$	$d' -2.75$	$e' +2.75$	$f' -1.75$	$g' +1.75$	$h' -1.75$	$i' +1.75$
$c' +4.68$	$d' -2.75$	$e' +2.75$	$f' -1.75$	$g' +1.75$	$h' -1.75$	$i' +1.75$	$j' -1.75$
$d' -2.75$	$e' +2.75$	$f' -1.75$	$g' +1.75$	$h' -1.75$	$i' +1.75$	$j' -1.75$	$k' +1.75$
$e' +2.75$	$f' -1.75$	$g' +1.75$	$h' -1.75$	$i' +1.75$	$j' -1.75$	$k' +1.75$	$l' -1.75$
$f' -1.75$	$g' +1.75$	$h' -1.75$	$i' +1.75$	$j' -1.75$	$k' +1.75$	$l' -1.75$	$m' +1.75$
$g' +1.75$	$h' -1.75$	$i' +1.75$	$j' -1.75$	$k' +1.75$	$l' -1.75$	$m' +1.75$	$n' -1.75$
$h' -1.75$	$i' +1.75$	$j' -1.75$	$k' +1.75$	$l' -1.75$	$m' +1.75$	$n' -1.75$	$o' +1.75$



第 12 圖



〔6〕 水平荷重を受けるラーメン

第13圖の如くラーメンが水平荷重を受ける場合には格點の水平移動を無視することが出来ない。此様な場合には次の

様に計算すればよい。

計算順序

(a) 格點は荷重の方向に移動するも、回轉に對して固定せられたものとする。此時桁は變形を起さず從て其の (F.E.M) は零である。

柱の上部に於ける水平移動は何れも相等しく、従つて (2) により柱端の (F.E.M) は I/L^3 に比例する。然るに (1) に述ぶる所により柱端の彎曲率の總和は外力による力率に等しい。故に各柱端の (F.E.M) は (剪力) \times (柱高) を I/L^3 に配分したものに等しい。

(b) 格點を水平移動に對して (a) のまゝに固定し、回轉に對して固定を解く、而して (5) の場合と同様に格點の殘力率を配分する。(配分力率)

(c) 上記の配分力率に傳達比を乘じて部材の他端に傳達する。—(傳達力率)

(d) 柱端の力率の總和は (剪力) \times (柱高) に等しくなる。故に其の残りの力率を (a) 同様にして各々の柱に配分する。

(e) 再び水平移動を固定し回轉の固定を解いて殘力率を配分する。斯様に (c), (d), (e) を繰返して所要の精度迄進める。

最後に柱の最下端の水平反力を求め、(水平力の總和) = 0 の條件を満足するや否やを檢する。

計算例 5

第 13 圖の如き ラーメンが水平

荷重を受ける場合 (G. E. Large,

C. T. Morris)

(a) 先づ柱の (F.E.M.) を求める

に前述又は [1] より

$$M_A + M_{A'} = \frac{1}{2} P h = \frac{1}{2} \times 12$$

$$\times 12 = 72 \text{ kip-ft. (-)}$$

$L(h)$ は一定であるから之を 2:1

の比に分ち

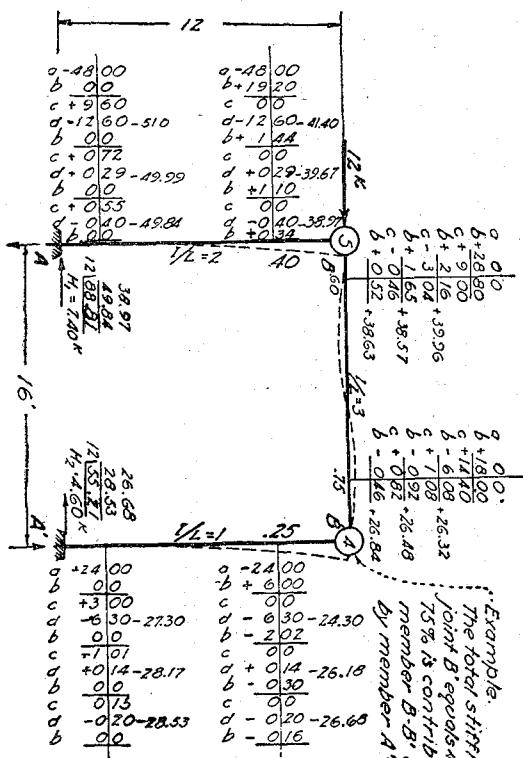
$$M_A = -72 \times \frac{2}{3} = -48 \text{ kip-ft}$$

$$M_{A'} = -72 \times \frac{1}{3} = -24 \text{ kip-ft}$$

(b) (c) (d) 次に之を配分、傳達して柱端の力を求あれば

$$\left. \begin{aligned} A &= -48.0 + 0 + 9.6 = -38.4 \\ B &= -48.0 + 19.2 + 0 = -28.8 \\ A' &= -24.0 + 0 + 3.0 = -21.0 \\ B' &= -24.0 + 6.0 + 0 = -18.0 \end{aligned} \right\} \text{合計} = -106.2 \text{ kip-ft.}$$

之に對し $(剪力) \times (柱高) = -12 \times 12 = -144 \text{ kip-ft}$



第 13 圖

故に $-(144 - 106.2) = -37.8 \text{ kip-ft}$ を柱端に配分すると、

$$A \text{ 及 } B \sim \text{夫々} \dots \dots -37.8 \times \frac{1}{2} \times \frac{2}{3} = -12.60$$

$$A' \text{ 及 } B' \sim \text{夫々} \dots \dots -37.8 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} = -6.20$$

以下同様にして得たる結果と正式解とを比較すれば次の如し、

	M_{AB}	$M_{B'A}$	$M_{A'B'}$	$M_{B'B'}$	kip-ft
正式解	-49.72	-38.57	-28.71	-27.00	
Cross	-49.84	-38.97	-28.53	-26.68	"

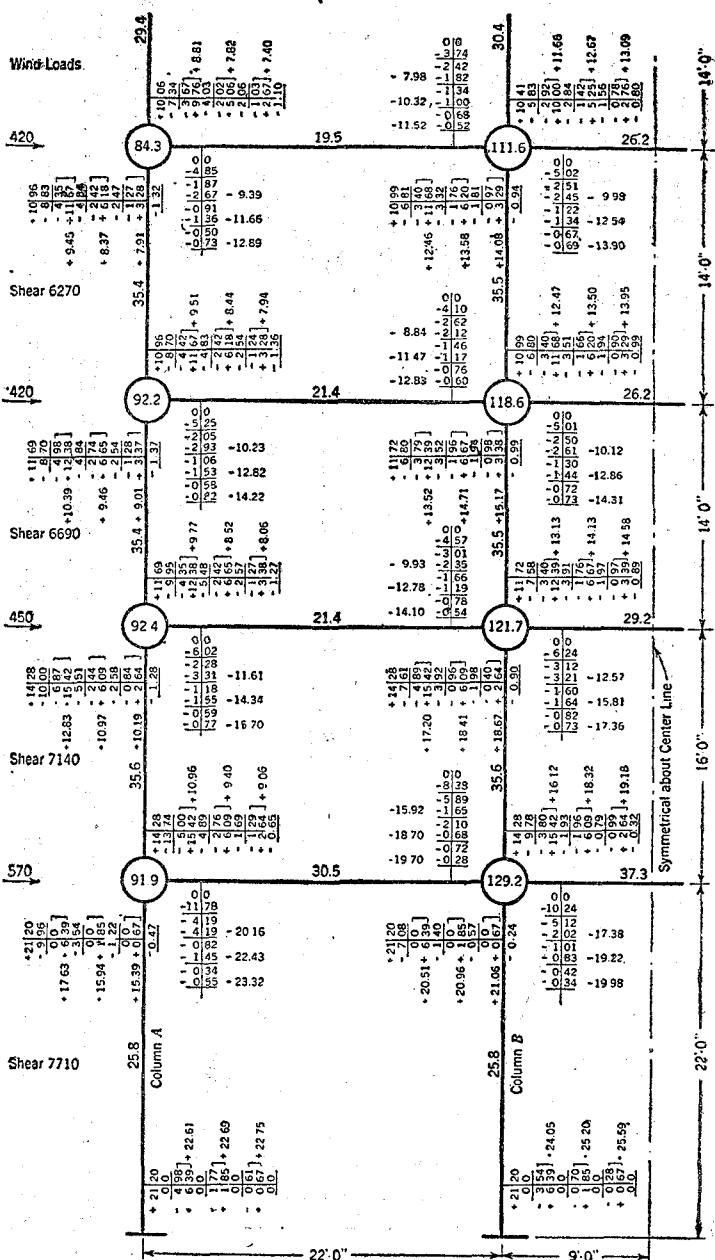
計算例 6 (第 14 図)

3 径間、20 階の架構計算の一部である、但此處には彎曲率の符号は本文に規定す處ると反對である。之により得たる結果と Slope Deflection Method による結果とを比較すれば、最大 10.3% 最小 0.4% の誤差である。

〔7〕 非對稱ラーメンの計算

此場合も亦格點の移動を無視することは出来ない。従つて前節の如く之に對する補正を行はなければならないのであるが、第 15 圖の如く柱高の相等しくない場合には、柱の彎曲率を配分することにより補正することは不便である。故に此度は其の代りに (水平力の總和) = 0 の條件を満足する様に剪力を各柱に配分することとする。其の計算手順は次の例題により知られることと思ふ。

計算例 7



Counter-clockwise moments upon the ends of members were considered positive in this particular analysis

第15圖の如き非對稱ラーメンの計算(第16圖)

柱 BC の計算は(5)の場合と同様であるが、柱の計算に於て其の(F.E.M.)は何れも零である(a)、次に腹分(b)し、傳達(c)したる時の柱 AB, CD の端部曲率は第17圖に示す通りである。故に此狀態に於いて A 及 B に於ける水平反力 H_A, H_B を求めれば

$$H_A = \frac{6.40 + 3.20}{12} = 0.80 \text{ kips}$$

$$H_B = \frac{-1.78 - 0.89}{8} = -0.334 \text{ kips}$$

右向反力 (+)

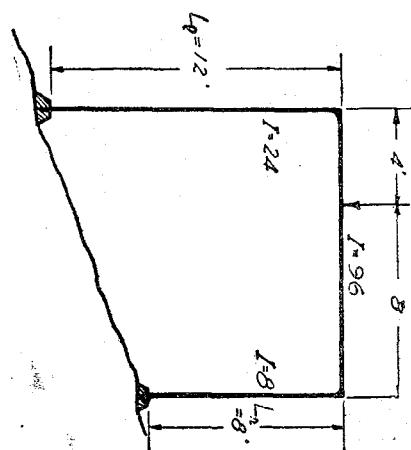
即 $\Sigma H = 0$ とならぬ。故に之を補正する爲には A, B に於き H'_A, H'_B を加へねばならぬ。即

$$H_A + H'_A = -(0.80 - 0.334) = -0.466 \text{ kips}$$

而して此左端水平力は、之による力率により生ずる B, C の水平移動が等しい様に兩方の柱に配分せらるべきである。即此様な力率の割合は I/L^3 の割合であることをより

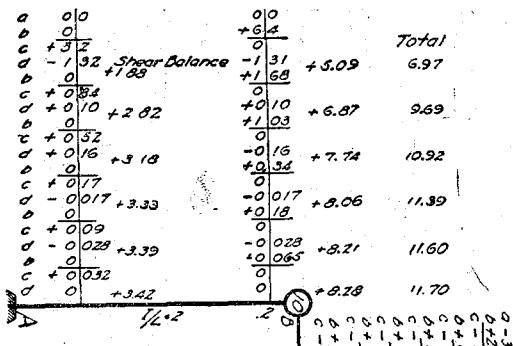
$$\frac{H'}{2} L = M = C \frac{I}{L^2} \quad \therefore \quad H' = C \frac{I}{L^2} \quad C \dots \text{定数}$$

$$\therefore \frac{H'_A}{H'_B} = \frac{I_L L^3}{I_R L^3} = \frac{(24)(8)^3}{(12)^3(8)} = \frac{8}{9}$$



第15圖

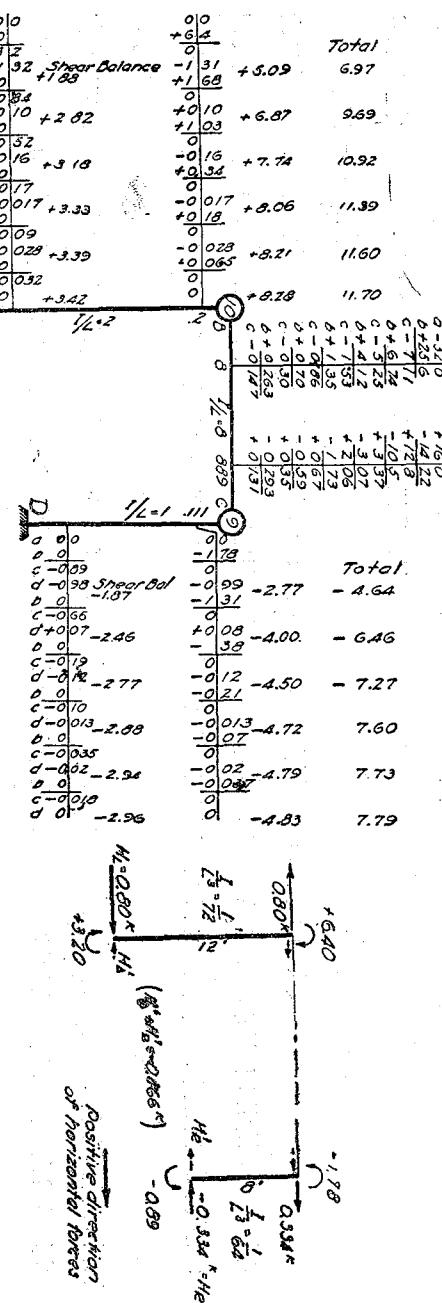
第 16 圖



$$\text{故に } H'_t = \frac{8}{17}(-0.466) = -0.247 \text{ kips}$$

故に前節 (d) の代りに両柱端に配分すべき力率は次の様になる。

第 17 圖



$$AB = -0.219 \times \frac{12}{2} = -1.315 \text{ kip-ft}$$

$$CD = -0.247 \times \frac{8}{2} = -0.988 \text{ kip-ft}$$

以下同様に計算を行ふのである。

〔8〕 構橋の副應力計算への應用

構橋の副應力の計算は一般にまだ複雑となるのであるが、本法の應用により比較的簡単にして相當の精度に達することが出来る。即適當な (F.E.M) より出發して、之を配分し、傳達して格點に集る部材端端曲率の総和は零に等しく、其の回轉角はすべて相等しい平衡状態を見出すのである。故に最初の (F.E.M) の計算以外は總て [5] の場合の計算と同様である。

構橋の副應力は主應力による格點の變位によつて起るのであるから、先づ之を知る爲に Williot の變位圖(第19圖)を作らなければならない。而して此變位中各格點は回轉に對し固定せられて居たものと考へての各部材の両端の相對移動は第19圖中の Δ (第19圖では之を E 倍して居る) を以て知ることが出来る故に (2) により

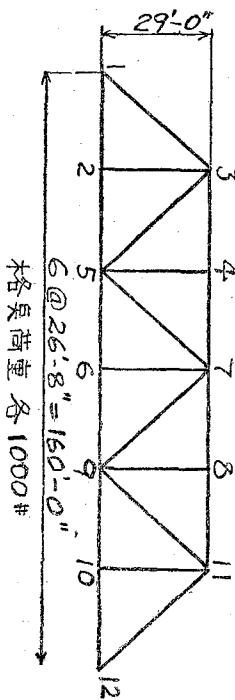
$$M = -\frac{6EIZ}{L^2}$$

を以て (F.E.M) を計算することが出来る。而して格

點は最初の變位の後は回轉のみにして、移動は起らないものと考へて差支ない。

次に計算例として第18圖の如き構橋の各下格點に 1,000 封度 (= 1 kip) の荷重がかかる場合の計算を示す。S. Hogg 氏

第 18 圖



Engg. J. 1932/11 による、猶 Hool and Kinne. Stresses in Framed Structures

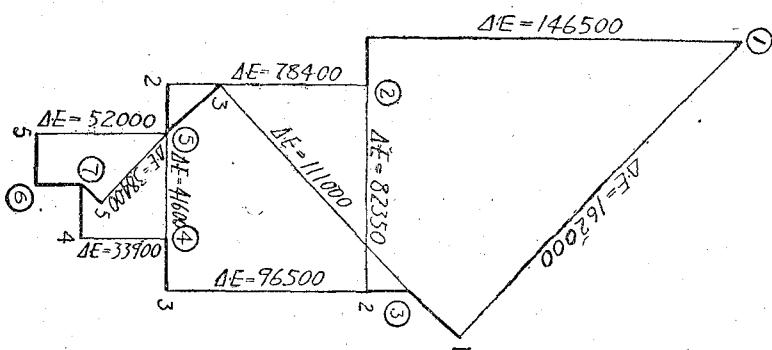
p. 408 参照)

第1表は各部材の長 (L)、面積 (A)、慣性モーメント (I)、主應力 (S) 等を示す。

表中 ΔE は第19圖の Williot の變位圖より求めたもので (F.E.M) は之を用ひて計算したものである。

第2表は (F.E.M) 以後の計算を示したものであるが、表中第4表は既に相当の結果を得て居るが、この計算を第6まで行つた結果は第3表に示す様になら。之を前記 Hool & Kinne の計算と比較するに甚だ近い値を得て居る。

第 19 圖



第一表

部材	$I(\text{N})$	$A(\text{mm}^2)$	$I(\text{mm}^4)$	I/L	$S_{\text{封底}}/\text{mm}^2$	$S \times L$	ΔE	$6/L^2$	(F.E.M)
1-3	472.75	60.92	3612.5	7.64	-55.75	26380	16200	0.0969	-157.00
3-4	320	56.94	3408.9	10.65	-64.597	20650	96500	0.198	-191.00
4-7	320	56.94	3408.9	10.65	-64.597	20650	33900	0.198	-67.10
1-2	320	36.64	2103.4	6.57	+62.741	20100	146500	0.1232	-180.70
2-5	320	36.64	2103.4	6.57	+62.741	20100	78400	0.1232	-9660
5-6	320	63.20	3236.3	10.11	+65.473	20950	52000	0.1892	-9850
2-3	348	19.32	119.5	0.343	+51.76	18000	82350	0.00592	-438
4-5	348	19.32	119.5	0.343	0	0	41600	0.00592	-247
6-7	348	19.32	119.5	0.343	+51.76	18000	0	0.00592	0
3-5	472.75	33.72	235.34	0.498	+60.431	28600	111000	0.0063	-700
5-7	472.75	29.42	805.4	1.70	-23.088	10920	38400	0.0216	-830

第 2 表

地點	1			2			3			4		
	常村	1-3	1-2	2-1	2-3	2-5	3-1	3-2	3-5	3-4	4-3	4-7
剛度比%	53.7	6.57	6.57	6.57	6.57	6.57	7.64	0.343	0.498	10.65	10.65	10.65
剛度率%	53.7	46.3	Σ	48.73	2.54	48.73	40.0	1.8	2.6	55.6	49.21	1.58
(F.E.M)	-15700	-18070	-33770	-18070	-488	-9660	-28218	-15700	-488	-700	-19100	-35988
(D.M)	+18130	+15640	+13750	+718	+13750	+718	+13750	+14395	+668	+935	+20010	+12822
(G.O.M)	+7197	+6875	+14072	+7830	+324	+3645	+11784	+9065	+539	+276	+6411	+16111
(D.M)	-7550	-6522	-	-5742	-300	-5742	-300	-6444	-290	-418	-8559	-5017
第 1 2	+ 2077	- 2077	-	- 2243	+ 254	+ 1988	-	+ 1316	+ 229	+ 93	- 1638	- 1290
(C.O.M)	- 3222	- 2871	- 6093	- 3261	- 145	- 1290	- 1496	- 3775	- 150	- 98	- 2509	- 6533
(D.M)	+ 3272	+ 2821	-	+ 2388	+ 130	+ 2388	-	+ 2613	+ 118	+ 170	+ 3631	- 4480
第 2 2	+ 2127	+ 2127	-	- 3215	+ 229	+ 286	-	+ 154	+ 197	+ 165	-	+ 3532
(C.O.M)	+ 1306	+ 1144	+ 2450	+ 1410	+ 59	+ 540	+ 2009	+ 1636	+ 60	+ 41	+ 1119	+ 2856
(D.M)	- 1318	- 1132	-	- 972	- 51	- 979	-	+ 1142	- 51	- 74	- 1589	- 907
第 3 2	+ 2115	- 2115	-	- 2784	+ 237	+ 2347	-	+ 648	+ 206	+ 132	- 986	- 2624
(C.O.M)	- 571	- 490	- 1061	- 566	- 26	- 216	- 806	- 559	- 26	- 17	- 454	- 1156
(D.M)	+ 571	+ 490	-	+ 394	- 20	- 394	-	+ 463	+ 21	+ 30	- 642	- 795
第 4 2	+ 2115	- 2115	-	- 2956	+ 231	+ 2725	-	+ 452	+ 204	+ 145	- 796	- 397
											- 3022	+ 199
												+ 2823

第 3 表

格 點	部 材	變 曲 率(封底=1時) (第62)	斷面率(時 ³)	副應力(封底/時 ²)		副應力 % 主應力
				Cross	Kinne	
1	1-3	+2115	436	-4.86	-4.93	8.72
	1-2	-2115	196	+10.80	+10.99	17.21
2	2-1	-2911	196	+14.85	+15.21	23.65
	2-3	+232	19.3	-12.02	-12.15	23.2
3	2-5	+2679	196	-13.67	-14.0	21.78
	3-1	+502	281	-1.79	-1.71	3.22
4	3-2	+201	19.3	-10.42	-10.51	20.15
	3-5	+141	37.2	-3.80	-3.83	6.28
5	3-4	-844	267	-3.16	-3.09	4.9
	4-3	-2931	407	-7.18	-7.1	11.1
6	4-5	+199	19.3	-10.31	-10.49	—
	4-7	+2732	407	-6.70	-6.6	10.38
7	5-2	+654	196	-3.34	-3.37	5.32
	5-3	+31	37.2	+0.84	-0.85	1.39
7	5-4	+188	19.3	-9.75	-9.96	—
	5-7	+590	107.5	-5.48	-5.45	23.75
7	5-6	-1410	301	+4.68	+4.87	7.15
	6-5	-5656	301	+18.82	+18.85	28.8
7	6-7	0	19.3	0	0	—
	7-6	0	19.3	0	0	—
7	7-5	-125	107.5	+1.16	+1.15	5.02
	7-4	-2017	407	-4.95	-5.07	7.67