

# ハンチを有する連続桁及び ラーメンの迅速正確解法 (1)

正會員 瀬 戸 政 章\*

## 緒 言

特送りハンチを有する連続桁及ラーメンの解法は従来より極めて難解とされ、獨逸の Strassner, Gehler, Mann, Kleinlogel 氏、日本の三浦隆博士等によつて研究されて來てゐたが一般には殆んど實用化されてゐない。本文に於て紹介せんとする解法は、諾威工科大学、Aas Jakobsen 氏、の研究になる新解法であつて筆者の識れる範圍では最も簡易且正確なる解法である。

筆者は本研究を五年前發表直後之を翻譯し若干の註を加へ取纏めて置いたが、之を篋底より取出し茲に紹介する次第である。

従來の不靜定剛節構造のハンチを考慮せざる解法は凡

て近似解法であつて或る場合には似而非なる結果をへさ示すことを知るならば、此の解法を理解すべき必要を知らなければならぬ。

又此の論文を理解する準備としては、彈性桁理論、及び H. Cross 氏の「逐次曲げモーメント配分法」(Moment Distribution Method)或は、鷹部屋博士の「撓角配分法に依るラーメンの解法」を一應理解される必要がある様に思ふ。

以下述べるハンチ(Haunch)を有する又は有せざる連続桁及ラーメンの解法に於て、Cross 氏法の逐次曲げモーメント配分法に依るハンチを有する桁の固定モーメント、配分モーメント、傳達モーメント、及び剛度に對する表を参考にしなければならぬ。

## 1. 連 続 桁

Hannch を有する連続桁が通常一定の慣性モーメントを有する桁として解かれてゐる、此の近似方法は極く僅かの場合に於てのみ差支ないのである、此等の應力はと共に變化する處の慣性モーメントの變化の正確なる研究は非常に最近の問題である。

二次のデメンションの構造の桁床版は又正確なる解法が困難であつた。簡單なる理論での解法に依つて一つの一定の中央桁の床版幅が與へられた、そして慣性モーメントの變化に對しては別な近似解法で與へられてゐる。

即ち Hannch を有する又は有せざる連続桁の解法に於ても同様の解法で此處に於て一方法が提案されるであらう。

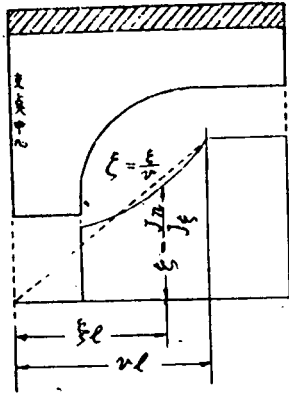
實際問題では

$$n = \frac{\text{等斷面部の慣性モーメント}}{\text{支點の慣性モーメント}} \leq 0.4$$

の如き d. h. なる高けの桁が35%以上の桁高の増大が必要とされるとき、Hannch ト支點の間に

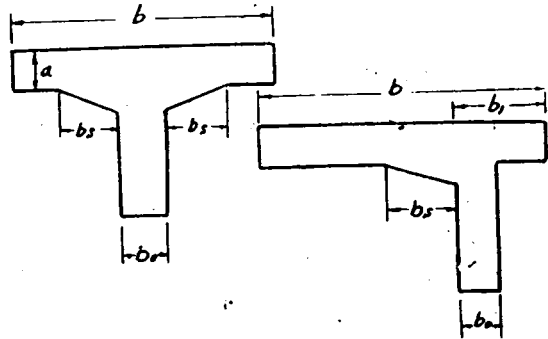
\* (工學士 交通部技正、特許發明局技正兼業務廳調査官)

於て断面二次率の變化を Smooth に與へられることが出来る(第1圖)



第1圖

$$(1) \quad \xi = \frac{J_n}{J_t} = \frac{E}{v}$$



第2圖

今  $J_t$  がコンクリート断面の支點から ( $l$ =徑間)  $xi$  の距離に於ける慣性モーメントとして  $vl = \text{Haunch}$   $h$  の長さ  $J_n = \text{桁の不変断面部の慣性モーメント}$  であるとする。

鐵筋の挿入の存在は實際には不靜定力には影響を與へぬし又鐵筋は凡ての  $J$  を一様に上げるに止まる、其處で

$$J_n = \frac{bh^3}{12} \mu$$

其處に於て  $b = \text{床版巾}$  であり、此れは1932年の獨乙の鐵筋コンクリート仕様書の決定で T型桁では

$$b = 6d + 2bs + b_0$$

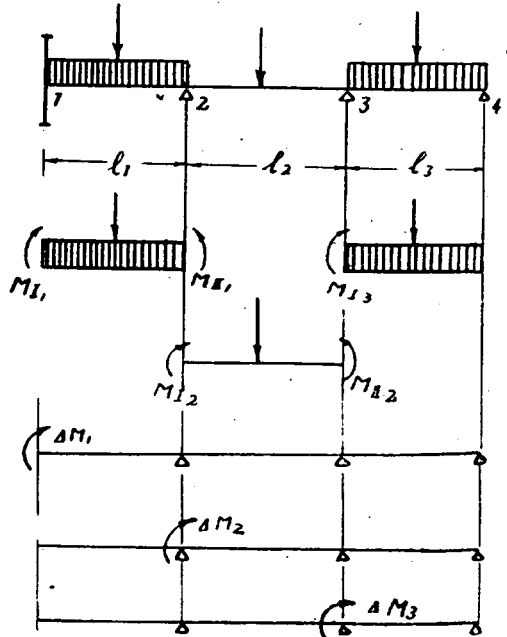
で且徑間の中央間の distance より大ならざるべからずとの規定で、一方側の桁では

$$b = 2.25d + bs + b_1$$

にて  $b_1$  については持送り (Haunch) の半分より大ならずとしてある(第2圖)

$\mu$  は skall [11] 又は Strassner の [12] 式で得られる

(1) 式で與へた Haunch 區間の  $l$  の變化は Strassner [12] Prager [10] Mann [9] 及び Be yer [2] 式と同じである



第3圖

A. 支點モーメント

支點モーメントは次の方法で得られる

(1) 端支點と同様に中央支點は自由に變形回轉されずして第三圖に示す  $M_I$  及  $M_{II}$  の不靜定モーメントを通じて變形に對してて緊結されてゐると考へられる、此處に於て  $M_I$  は桁の左端に  $M_{II}$  は右端にあるものとする。

(2) 桁は支點に於て  $\Delta M$  なる unbalanced モーメントを順に負ふてゐる

$$[2] \quad \Delta M_1 = 0 - M_{I1}$$

$$\Delta M_2 = M_{II1} - M_{I2}$$

此等の方程式から  $\Delta M$  の different Moment が決定される、正モーメントは clobkwise に回轉を取るものとする、different moment は徑間の左右について  $\Delta M_{II}$  及  $\Delta M_r$  と區分さる

(3) 配分モーメント  $\Delta M_l$  は傳達係數  $\alpha$  に依つて左側に  $\Delta M_r$  は  $\beta$  なる係數で右側に傳達する

(4) 支點モーメント  $M_n$  は凡てのモーメントの總和即ち固定モーメント  $M_{II}$ 、配分モーメント  $\Delta M_I$  及傳達モーメント  $M_f$  の總和である

$$[3] \quad M_n = M_{II} + \Delta M_I + M_f$$

$$M_n = M_I + \Delta M_r + M_f$$

後述の例題を通して適當なる表欄に依り敏速に傳達モーメントを探し得べき事を示すことが出来るつもりである。

B. 部材端に於ての撓角

此處では  $E$ 、變形部材をのみ取扱ふ、従つて剪斷力に依る變形は無視されるものとす。

一部材の兩端斷面の撓角は長さ  $l$  の部材に於ては假想仕事の原理で次の如くして決定される。

$$[4] \quad I \cdot \varphi = l \int_0^l \bar{M} M \frac{d\zeta}{J\zeta} = l \int_0^l \bar{M} M \frac{J_n}{J\zeta} d\zeta$$

此處に於て  $I = \frac{l}{J_n}$

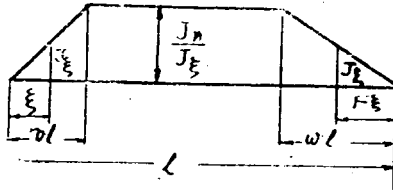
$\bar{M}$  = 假想單位荷重。

$M$  =  $J$  を通じて生ずる moment

$\varphi$  = 兩端に於ける撓角

$M$  = 荷重に因つて生じる moment

$\frac{J_n}{J\zeta}$  は [1] に與へられたる近似式は Haunch 區間に於て導かれ、而して支點の撓角は Haunch が左側で  $v_l$ 、右側では  $w_l$  なるときは第一表で集録されてゐる。



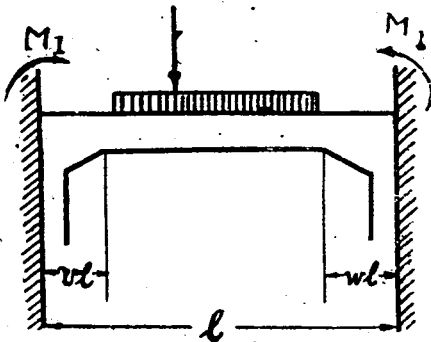
$$\varphi = l \int_0^1 \bar{M} \frac{J_n}{J_x} d\xi$$

$$\frac{J_n}{J_x} = \frac{\xi}{\nu}$$

$$\frac{J_n}{J_x} = \frac{1-\xi}{\omega} = \frac{\xi}{\omega}$$

Table 1

	$\varphi_1 = M_a M_c \frac{l}{6} K_1$	$K_1 = 2 - \frac{\nu^3}{2} - 3\omega + 2\omega^2 - \frac{\omega^3}{2}$
	$\varphi_2 = M_o M_c \frac{l}{6} K_2$	$K_2 = 1 - \nu^2 + \frac{\nu^3}{2} - \omega^2 + \frac{\omega^3}{2}$
	$\varphi_p = M_a M_c \frac{l}{6} K_p$	$K_p = 2 - 2\nu^3 + 1.2\nu^4 - 4\omega^2 + 4\omega^3 - 1.2\omega^4$
	$\varphi_r = M_a M_r \frac{l}{6} K_r$	$K_r = (1 + \xi) - \frac{\nu^3}{2\xi} - \frac{\omega^2}{\xi} (1 - \frac{\omega}{2})$
	$\varphi'_1 = M_o M_c \frac{l}{6} K_1$	$K_1 = 2 - \frac{\omega^3}{2} - 3\nu + 2\nu^2 - \frac{\nu^3}{2}$
	$\varphi'_2 = \varphi_2$	$K_2 = K_2$
	$\varphi_p = M_o M_c \frac{l}{6} K_p$	$K_p = 2 - 2\omega^3 + 1.2\omega^4 - 4\nu^2 + 4\nu^3 - 1.2\nu^4$
	$\varphi_r = M_o M_c \frac{l}{6} K_p$	$K_p = (1 + \xi) - \frac{\omega^3}{2\xi} - \frac{\nu^2}{\xi} (1 - \frac{\nu}{2})$
変=斯ク置テ		$K = \frac{K_1}{K_2} \quad K' = \frac{K'_1}{K'_2}$



第 4 図

C. 固定モーメント

両端で固定されたる固定桁は其の桁の固定モーメントは「両端に於ける撓角は零である」と云ふ根本的なる條件の下に決定される(第4図)

$$M_1 \frac{l}{b} K_1 + M_{11} \frac{l}{6} K_{11} + M_c \frac{l}{6} K_0 = 0$$

$$\therefore M_1 \cdot \varphi_1 + M_{11} \cdot \varphi_{11} + M_c \cdot \varphi_p + \varphi_r = 0$$

$$M_1 \cdot \frac{l}{6} K_{11} + M_{11} \cdot \frac{l}{6} K_1 + M_c \frac{l}{6} K_0 = 0$$

これより

$$〔5〕 M_I = -Mc \frac{K_0' K_I - K_0 K_{II}}{K_I K_I' - K_{II}^2}$$

$$〔6〕 M_{II} = -Mc \frac{K_0 K_I' - K_0' K_{II}}{K_I K_I' - K_{II}^2}$$

for uniform distributed load :-

$$K_0 = K_p, K_0' = K_p', Mc = \frac{wl^2}{8}$$

if  $w = v$  又は  $v$  と  $w$  の差が25%より少るときは吾人は

$$K_I = K_I' = 2 - 3v + 2v^2 - v^3$$

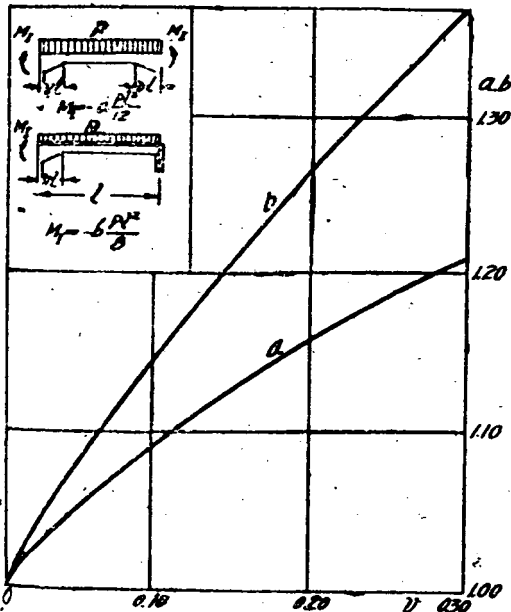
$$K_{II} = 1 - 2v^2 + v^3$$

$$K_p = 2 - 4v^2 + 2v^3$$

$$〔7〕 M_I = M_{II} = -Mc \cdot \frac{K_p}{K_I + K_{II}} = -\frac{Pl^2}{12} \cdot a$$

此處で  $a = \frac{1 - 2v^2 + v^3}{1 - v} = 1 + v - v^2$

$$M_I = -a \frac{Pl^2}{12}, M_{II} = -b \frac{Pl^2}{8}$$



第 5 圖

〔5〕 式より

$$M_I = -\frac{Pl^2}{8} \cdot \frac{1.798 \times 1.517 - 1.851 \times 0.927}{1.429 \times 1.517 - 0.927^2} = -0.0967 Pl^2$$

これは第5圖に得られてゐる。

若しも  $v = 0.18, w = 0.22$  ならば吾人は第1表より得る。

$$K_I = 2 - \frac{0.18^3}{2} - 3 \times 0.22 + 2 \times 0.22^2 - \frac{0.22^3}{2} = 1.429$$

$$K_I' = 2 - \frac{0.22^3}{2} - 3 \times 0.18 + 2 \times 0.18^2 - \frac{0.18^3}{2} = 1.517$$

$$K_{II} = 1 - 0.18^2 - 0.22^2 + \frac{0.18^3}{2} + \frac{0.22^3}{2} = 0.927$$

$$K_p = 2 - 2 \times 0.18 - 1.2 \times 0.18^2 - 4 \times 0.22^2 + 4 \times 0.22^3 + 1.2 + 0.22^4 = 1.798$$

$$K_p' = 2 - 2 \times 0.22^2 - 0.12 \times 0.22^3 - 4 \times 0.18^2 + 4 \times 0.18^3 + 1.2 \times 0.18^4 = 1.851$$

[7] 式より

$$V_{middle} = \frac{v+w}{2} = \frac{0.18+0.22}{2} = 0.2$$

$$M_I = M_{II} = -\frac{pl^2}{12} \cdot 1 + 0.2 - 0.2 = -0.0967pl^2$$

又一方は3%丈大に出る。

Table 2.

Haunch を有する両端固定桁の固定モーメント

v	Prager's Nomogram に依る				[7] 式より	
	v=0.1	v=0.2	v=0.3	v=0.4		
0.00	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	$-pl^2$
0.10	0.0933	0.0913	0.0903	0.0887	0.0908	"
0.20	0.1000	0.0963	0.0940	0.0927	0.0967	"
0.30	0.1048	0.0997	0.0963	0.0940	0.1008	"

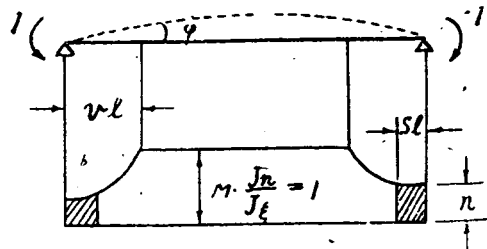
第2表於ては Prager's Nomogram に依るものと[7]式に依るものとを比較してゐる、明かなる如く v=0.3, v=0.4, のときは[7]式に於ては Prager's Nomogram よりも約7%増大してゐる。

此處に於て支柱(Säulen)の慣性モーメントが主桁の慣性モーメントに比して極めて大なることを認知すべきであつて Prager's Nomogram に依つて與へられたる moment は其故ある訂正を有し其れは次の如き方法に依つて求むべきである。

v=0.3, n=0.4 に對して Prager's Nomogram I に依れば(第6圖)

$$\varphi = \frac{1}{6} \cdot 0.88 + \frac{1}{3} \cdot 0.73 = 0.39$$

支柱の區域に於て moment of Inertia, の昂上することに依り主桁はこの撓角を減ずる、減少すべき Moment Area, の訂正は第6圖に示す。



第 6 圖

$$\Delta = ns$$

變形角  $\varphi_0$  の控除に關しては等分布荷重を考へる場合には

$$M_I = M_{II} = \frac{\varphi_0}{\varphi - \Delta} = \varphi_0 \frac{\varphi + \Delta}{\varphi^2 - \Delta^2} = \frac{\varphi_0}{\varphi} \left( 1 + \frac{ns}{\varphi} \right)$$

即ち  $\frac{100ns}{\varphi}$  % の昂上を示す

S=0.04 に對して固定端モーメントの増加は

$$\frac{100 \times 0.4 \times 0.04}{0.39} = 4\%$$

となる

又吾人はPrager's Nomogram に依つて  $v=0.3$ 、 $v=0.4$  に對し

$$M_I = M_{II} = -0.094pl^2 (-4\% \text{の増加})$$

獨乙の仕様書に於ける決定事項よりは

$$M_I = M_{II} = -0.098pl^2 (0\% \text{の増加})$$

[7] 式に於ては

$$M_I = M_{II} = -0.1008pl^2 (+3\% \text{の増加})$$

又 K. Boger 氏の Bd. II (頁394及395)の〔2〕式に依れば  $\frac{J_n}{J_\zeta}$  line は Haunch の内部では cubic parabola で變化されてゐるそして  $\varphi_0$ -wert は Constant Moment of Inertia に對する如く取扱はれてゐる其れに依れば

$$M_I = M_{II} = -\frac{pl^2}{12} \cdot \frac{1}{1 - (1-n)(1.56v - 0.33v^2)}$$

此の式は尙若干高い値を與へ  $\varphi_0$  に對する近似値を以つて start してゐる

即ち

$$v=0.3, n=0.4 \text{に對し } M_I = M_{II} = -0.1130pl^2 \text{ (15\%高すぎ)}$$

$$v=0.2, n=0.2 \text{ ,, } M_I = M_{II} = -0.1095pl^2 \text{ (20\%高すぎ)}$$

又 Mann 氏 (9)式……………頁51に依ると

$$M_I = M_{II} = -\frac{pl^2}{12} \frac{1 - v \left[ 4im - \frac{v}{5} (12im - io) \right]}{1 - \frac{v}{3} (4im + io)}$$

此處に於て

$$i = 1 - \frac{J_n}{J_\zeta} \text{ であり}$$

$$io \text{ は } \zeta=0$$

$$im \text{ は } \zeta = \frac{v}{2}$$

であつて

$$i_0 = 1 - n \text{ なり}$$

im に對しての都合よき approximate Value としては

$$im = \frac{3}{4} (1 - n)$$

従つて

$$〔8〕 M_I = M_{II} = -\frac{pl^2}{12} \cdot \frac{1 - (1-n)v^2 \left( 3 - \frac{8}{5}v \right)}{1 - \frac{4}{3}(1-n)v}$$

此の〔8〕式は pragers Nomogram よりも〔7〕式に取つて一層よく似寄つた値を示してくれる

即ち

Nach G1 [8]  $M_I = M_{II} = -0.0968pl^2$

Nach G1 [7]  $M_I = M_{II} = -0.0967pl^2$

Nach P.N.  $M_I = M_{II} = -0.0963pl^2$

Hannch の實際的なる推奨すべき決定については、既に知れる如く、である。

[1] 式が Haunch 内の  $\frac{J_n}{J_\xi}$  の變化に對して與へた approximation は獨乙が moment に對て定めた價に従ふものと非常によく似た Value である (従前なされてゐた approximation より非常に良きものとして)

左側支點から  $\zeta l$ , distance のにある點に單一荷重 P が働くとき第1表に於て

$K_0 = K_p$  及  $K_0' = K_p'$  である

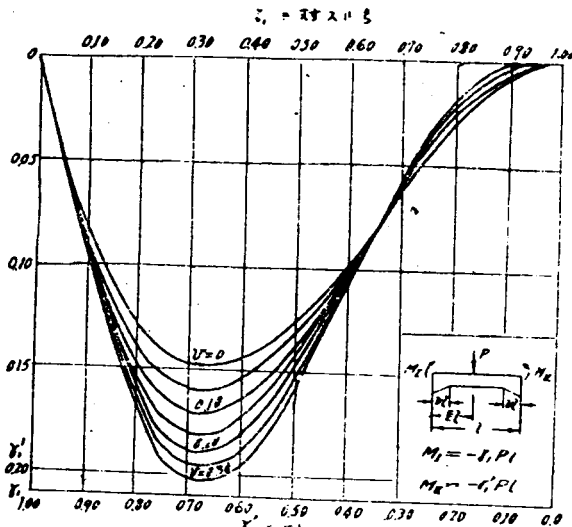
$v = w$  に對しては

$K_p = (1 + \zeta) - \frac{v^3}{2\zeta} - \frac{v^2}{\zeta} \left(1 - \frac{v}{2}\right)$

$K_p' = (1 + \zeta') - \frac{v^3}{2\zeta'} - \frac{v^2}{\zeta'} \left(1 - \frac{v}{2}\right)$

而して[5]式に代入變形せば

[9]  $M_I = - \frac{(w_D - w_D'K) - (\varphi_D' - \varphi_D'K)}{K_{II}(K^2 - 1)} PL = -\gamma_1' PL$



第 7 圖

此處で

$w_D = \zeta \zeta' (1 + \zeta)$  Kleinlogel, w-

hlen

$w_D' = \zeta \zeta' (1 + \zeta')$  の表[7a]

$\left. \begin{aligned} \varphi_D &= \frac{v^3}{2} + v^2(1-v)\zeta \\ \varphi_D' &= \frac{v^3}{2} + v^2(1-v)\zeta' \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} P \text{ が Haunch 内にあ} \\ \text{場合} \end{array}$

$\gamma_1$  は第 7 圖の圖表から求められる

一方側に固定されて Haunch を有する  
場合

、左側で固定される然して  $w=0$  のときは左側支點の端撓角は零であるといふ事から固定端モーメントが決定される

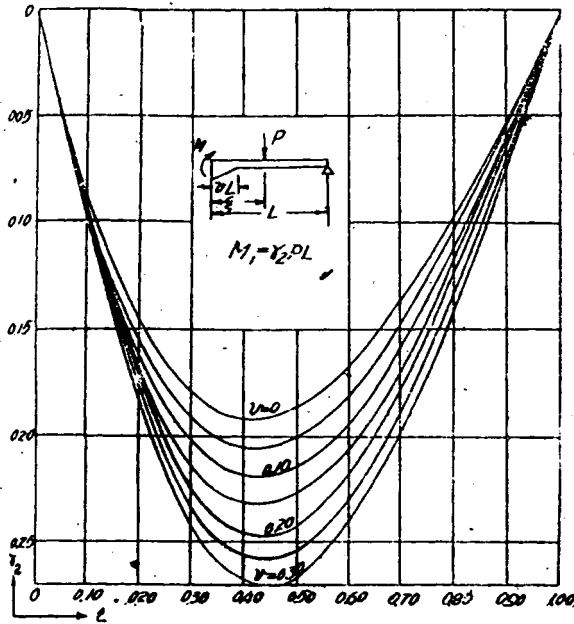
$-M_I \frac{b'}{6} K_2' + K_c \frac{l'}{6} K_0' = 0$

[10]  $M_I = -M_c \frac{K_0'}{K_1'}$

此處で更に  $w=0$  なるときは第 1 表から



$$K_1' = 2 - 3v + 2v^2 - \frac{v^3}{2}$$



第 8 図

Aus G1 [10] 變形式を與へて

$$[12] M_1 = -\frac{wD - \varphi E'}{K_1'} \cdot PL = -\gamma_2 PL$$

$\varphi E' = v^2 \left(1 - \frac{v}{2}\right) \zeta'$  但し P は Haunch の外にあるとき

$\gamma_2$  は第 8 圖の圖表で求められる、任意荷重に對する固定端モーメントは第 7 圖及第 8 圖の圖表使用によつて發見される、同時に多くの單一荷重が來る場合も同じである、(例題 1 及 11 参照)

D. 傳達率  $\alpha$  及  $\beta$

$n+1$  の支點で桁に  $M$  なる moment をかけると其の接続せる  $n$  番目の支點に  $M_n$  なる moment が生じる

$$M_n = -\alpha_n \cdot M$$

更に第二の左の支點では

$$M_{n-1} = -\alpha_{n-1} \cdot M_n \\ = \alpha_n \cdot \alpha_{n-1} \cdot M_n$$

etc

$$M_1 = \gamma_2 pl$$

等分布荷重のときは

$$K_0' = Kp, = 2 - 4v^2 + 4v^3 - 1.2v^4$$

$$[11] M_1 = -\frac{pl^3}{8} \cdot \frac{1 - 2v^2 + 2v^3 - 0.6v^4}{1 - 1.5v + v^2 - 0.25v^3} \\ = -b \cdot \frac{pl^2}{8}$$

此處に於て

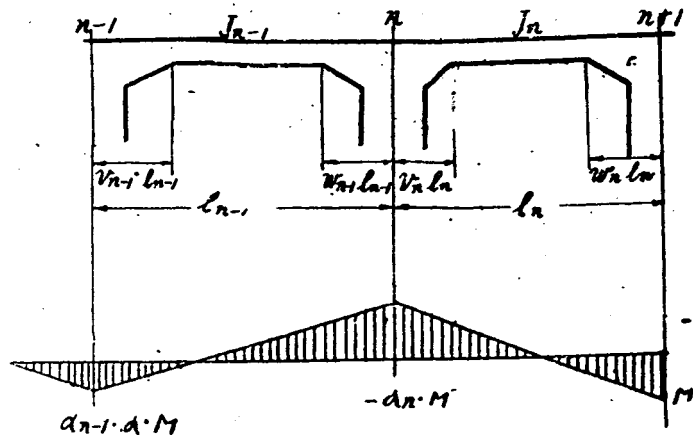
$$b = \frac{1 - 2v^2 + 2v^3 - 0.6v^4}{1 - 1.5v + v^2 - 0.25v^3}$$

$b$  は亦第 5 圖に於ける table より圖式的に求められる

單一荷重  $P$  が左の支點から  $h$  なる距離にあるときは

$$K_0' = Kp' = (1 + \zeta') - \frac{v^2}{\zeta} \left(1 - \frac{v}{2}\right)$$

[第 1 表より Haunch の外にある  $P$  荷重に對して



第 9 圖

此處で  $\alpha_n$  は  $n$  番目の支點に於ては  $(n-1)$  番目と  $n$  番の徑間の撓角が等しいと云ふことから決定される

$$-\alpha_n M \frac{l_n'}{6} K_{I, n} + M \frac{l_n'}{6} K_{II, n}$$

$$= \alpha_n M \cdot \frac{l_{n-1}'}{6} \cdot K_{I, n-1} - \alpha_n \alpha_{n-1} M \frac{l_n' - 1}{6} K_{II, n-1}$$

$$(13) \quad \alpha_n = \frac{1}{K_{n'} + \frac{l_{n-1}'}{l_n'} \cdot \frac{K_{II, n-1}}{K_{II, n'}} (K_{n-1} - \alpha_{n-1})}$$

此處に於て

$$K_{n'} = \frac{K_{I, n}}{K_{II, n}}, K_{n-1} = \frac{K_{I, n-1}}{K_{II, n-1}}$$

$$= \frac{K_{I, n-1}}{K_{II, n-1}}$$

$w=v=Konstant$  なるときは

$$(14) \quad \alpha_n = \frac{1}{K + \frac{l_n - 1}{l_n'} (K - \alpha_{n-1})}$$

此處では

$$K = \frac{2 - 3v + 2v^2 - v^3}{1 - 2v^2 + v^3}$$

を以て  $\alpha_n$  は Abb 10 の圖表から

求めることが出来る

變化せる相互關係の Haunch, の長さに対しても亦  $\alpha_n$  は [14] 式又は Abb 10 から得られる、又丁度

$$v = \frac{w_{n-1} + v_n}{2}$$

此の内で  $w_{n-1}$  及  $v_n$  は  $\alpha_n$  に対して判る、例へば (Z.B.)  $\alpha_2$  は自由

回轉の Haunch なき左側支點に對しては

$$v_1 = 0$$

$$n=2, \quad w_1 = v_2 = w_2 = 0.2$$

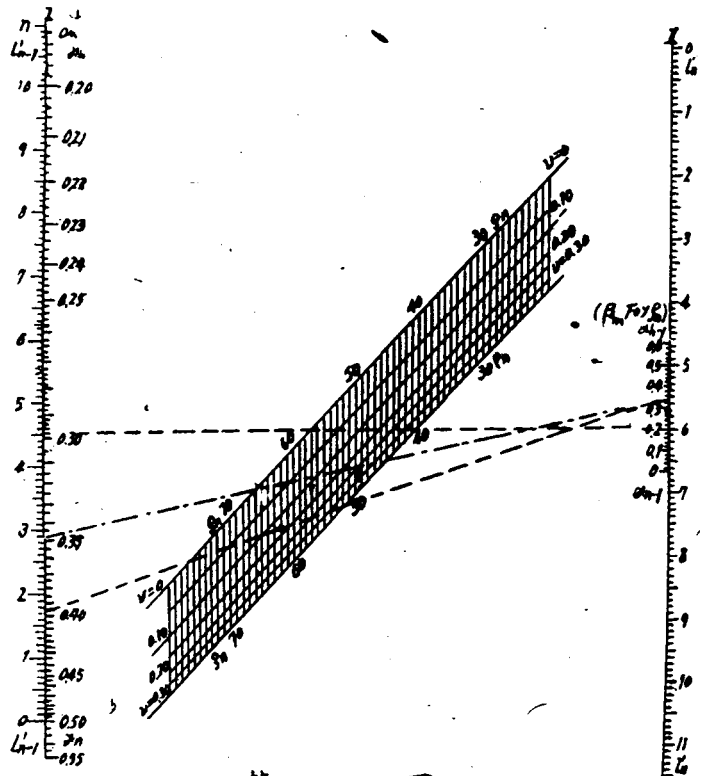
$$\alpha_{n-1} = \alpha_1 = 0, \quad l_{n-1}' = l_n' = 10$$

第一表から

$$K_{I, 1} = 2 - 3 \times 0.2 + 2 \times 0.2^2 - 0.5 \times 0.2^3 = 1.476$$

$$K_{I, 1}' = 2 - 0.5 \times 0.2^3 = 1.996$$

$$K_{II, 1} = 1 - 0.2^2 + 0.5 \times 0.2^3 = 0.964$$



第 10 図

$$K_{I'2} = KI_2 = 2 - 3 \times 0.2 + 2 \times 0.2^2 - 0.2^3 = 1.472$$

$$K_{II2} = 1 - 2 \times 0.2^2 + 0.2^3 = 0.928$$

(13) 式より

$$\alpha^n = \frac{1}{\frac{1.472}{0.928} + \frac{10}{10} \cdot \frac{0.964}{0.928} \left( \frac{1.476}{0.964} - 0 \right)} = 0.315$$

(14) 式より

$$v = \frac{0.2 + 0.2}{2} = 0.2$$

$$\alpha^n = \frac{1}{\frac{1.472}{0.928} + 1 \left( \frac{1.476}{0.928} - 0 \right)} = 0.315$$

(第10圖表)

Abb10から $\alpha^n$ の探索は引かれた直線によつて例題で與へる、丁度今

$$\left. \begin{array}{l} \alpha^{n-1} = 0.354 \\ l'n-1 = 9.0 \\ l'n = 12.0 \end{array} \right\} v = 0.20$$

に對しては $l'n'$ の直線は11迄しかないから $l'n-1$ 及 $l'n'$ は或る分數で取扱はなくてはならぬ、此處では $\frac{1}{2}$ なる分數値である、I, column では4.5 II, column では6が試みられる、そして之等は破線で結びつけられる、此の直線が Haunch の line  $v=0$  對しての切斷點を通じて0.20の處迄 column, の線に parallel なる線を引く、此の點を通つて $\alpha^{n-1}$ の目盛りの0.354をII-columnの上からI-columnに迄通すと其處で $\alpha^n = 0.398$ が讀まれる。

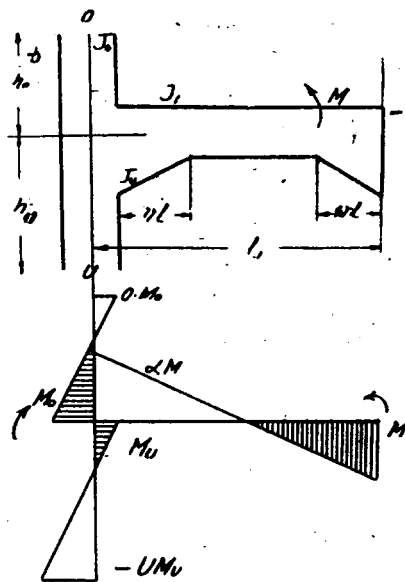
端支端に於ける彈性固定の場合のときは $\alpha_1$ は支柱の撓角と桁の撓角が等しいことから判る(第11圖)

$$M_0 + Mu = \alpha_1 M$$

$$\begin{aligned} M_0 \frac{h_0'}{3} - OM_0 \frac{h_0'}{6} &= Mu \frac{hn'}{3} - vMu \frac{hu'}{6} \\ &= M \cdot \frac{l_1'}{6} (K_{II1} - \alpha_1 K_{I'1}) \end{aligned}$$

此處に

$$h_0' = \frac{h_0}{J_0}, \quad hu' = \frac{hu}{J_u}$$



第 11 圖

$$(15) \alpha_1 = \frac{1}{K_1' + \frac{1}{6K_{II1} \left( \frac{l_1'}{h_0'(2-0)} + \frac{l_1'}{hu'(2-\nu)} \right)}}$$

$\alpha_1$  に対しては  $\nu_1 \neq w_1$  なるとき左側の Hanch, の長さ  $\nu_1$  は判つて  
 ゐるし又  $\nu_1$  は  $\alpha_1$  の calculation に対して

$w_1 = u_1 = \text{Konstant} = \nu_1$  なる場合に於て吾人は

$$(16) \alpha_1 = \frac{1}{K + \frac{1}{\frac{2}{3} \cdot CK_{II}}}$$

を得る

此處に於て

$$C = \frac{l_1'}{h_0'} \cdot \frac{3}{4-2.0} + \frac{l_1'}{hu'} \cdot \frac{3}{4-2\nu}$$

Zeroに非ず

支柱は0及 $\nu$ を緊結するが故に

$$0 = \nu = 0.5$$

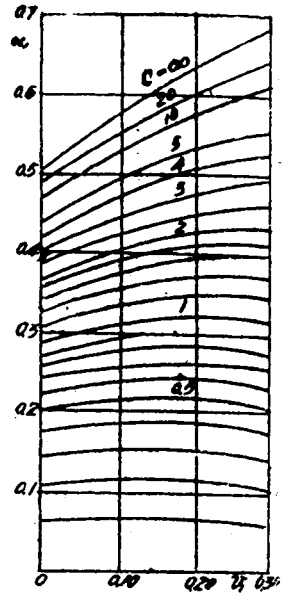
$$(17) C = \frac{l_1'}{h_0'} + \frac{l_1'}{hu'}$$

0 及  $\nu$  が frei drehbar (自由回転) に対しては

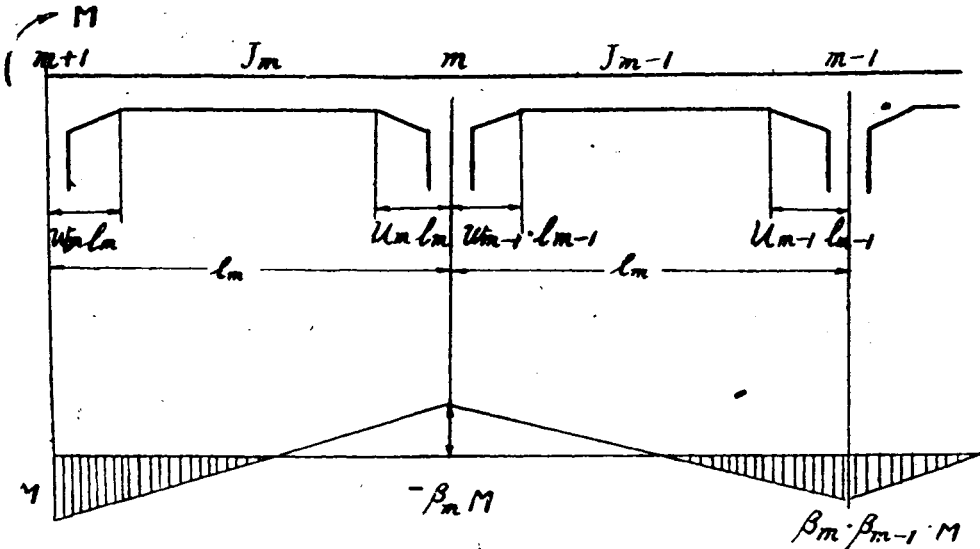
$$0 = u = \text{Zero}$$

$$C = \frac{3}{4} \cdot \frac{l_1'}{h_0'} + \frac{3}{4} \cdot \frac{l_1'}{hu'}$$

そして  $\alpha_1$  は圖式的に Abb12により得られる。



第 12 図



第 13 図

桁が自由回転支承なるときは

$$hu' = h_0' = \infty, C = 0, \alpha_1 = 0$$

緊結支端なるときは

$$ha' = h_0' = 0, C = \infty$$

$$[18a] \quad \alpha = \frac{K_{II}}{K_I}$$

傳達係數 $\alpha$ は Abb12から得られ  $\alpha_1$ の例から $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ はAbb10から同様にして得られる。

右側の moment 傳達に對しての $\beta$ なる傳達係數は前述の如く全く同様になる。

右側から  $m$  番目に對しては(第13圖)

$$[19] \quad \beta_m = \frac{1}{K + \frac{lm' - 1}{lm'}(K - \beta_{m-1})}$$

りして  $\beta$  は圖表 Abb10で  $v = \frac{wm - 1 + vm}{2}$  に對しては同方法で $\alpha_n$ の如く得られる、Abb. 10では $\beta$ から $\alpha$ が $m$ から $n$ が得られる。