

和分変換による曲線格子箱桁の解法

正員 能 町 純 雄*
正員 阿 部 俣 視**
正員 池 田 静 男***
正員 ○小 針 憲 司***

§1. ま え が き

箱桁を主桁とする四主桁三径間連続曲線桁で、中央2支点を含めて、 n 個の横桁を有している箱桁においては、主桁の曲げ振りによるトルクの分担は、サンベナンの振り抵抗に比べて著しく小さいので、主桁計算においては、サンベナンの振りのみを考慮すればよい。したがって一節点について、タワミ、回転角、スパン方向曲げモーメントの3個の未知量を含む

- a) 鉛直方向力の釣合式
- b) 主桁におけるトルクの釣合式
- c) スパン方向 Slope の相等式

によって完全に解析できる筈であるが、この場合 $12n$ 元数の連立方程式を取り扱うこととなり、横桁を25個としても300元数で、計算機器をもって、経済上实际的でない。しかし、この元数を適当に減じて、しかも、実際の弾性挙動をそこなわない簡便法が望まれるゆえんである。それで横桁数を実際数のままにしておいて、次の仮定を設け、一つの精度のよい近似応力解析を試みる。

§2. 仮 定

- (1) 主桁の配置は、各スパンごとに同心円とする。
- (2) 横桁は、半径方向に等間隔に配置される。
- (3) 主桁の断面は、各横桁位置において不変とする。
- (4) 曲げ振れモーメントによる変形は無視する。
- (5) 曲率半径は、横桁間隔に比べて、大きな値である

以上の仮定を設ければ、上記 (a), (b), (c), について、定差分方程式が得られる。この定差分方程式をとくにあたって、ハーディクロスのモーメント分配法に準拠して、横桁は幅員に対して、直線変形をするとして、各主桁の曲げモーメントを求め、この曲げによって生ずる格点のトルク、および鉛直反力による横桁の二次的変形を計算し、これによる主桁の二次曲げモーメントを求めて、正確解に近づくという方法をとることとする。本論文では、主として、この一次の曲げモーメントに関する解析を詳述したい。

§3. 計算の方法

仮定 (1), (2) により任意横桁について、鉛直方向力の釣合い、曲率の中心についてのモーメントの釣合い、四主桁の Slope 相等式が4個、計6個の差分方程式が求まる。主桁のタワミと回転角は、 y, θ の2個の量で与えられる。参考文献 1), 2) によるフーリエ定和分変換を用いて解析する。

§4. 理 論 式

今各桁 (A, B, C, D) について、注目点における未知数として、主桁曲げモーメント M 、部材回転角 θ 、タワミ

* 室蘭工業大学教授 工博

** 函館ドック K.K. 機工設計部

*** 函館ドック K.K. 橋梁鉄構設計課

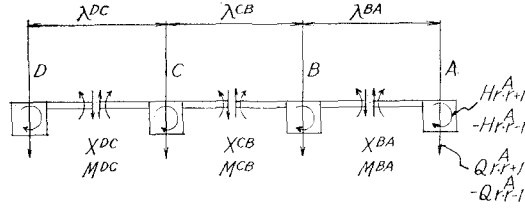


図-1

y をとる。釣合条件式は、トルク、剪断力、Slope の3式。

(1) トルクの釣合式

$$H_{r,r+1}^A - H_{r,r-1}^A + M_r^{BA} + \frac{\lambda^{BA}}{2} \times X^{BA} = 0 \quad (1)$$

$$H_{r,r+1}^B - H_{r,r-1}^B + M_r^{CB} - M_r^{BA} + \frac{\lambda^{CB}}{2} \times X^{CB} + \frac{\lambda^{BA}}{2} \times X^{BA} = 0 \quad (2)$$

$$H_{r,r+1}^C - H_{r,r-1}^C + M_r^{DC} - M_r^{CB} + \frac{\lambda^{DC}}{2} \times X^{DC} + \frac{\lambda^{CB}}{2} \times X^{CB} = 0 \quad (3)$$

$$H_{r,r+1}^D - H_{r,r-1}^D - M_r^{DC} + \frac{\lambda^{DC}}{2} \times X^{DC} = 0 \quad (4)$$

(2) 鉛直力の釣合式

$$Q_{r,r+1}^A - Q_{r,r-1}^A + P_r^{BA} - X_r^{BA} = 0 \quad (5)$$

$$Q_{r,r+1}^B - Q_{r,r-1}^B + P_r^{CB} + X_r^{BA} - X_r^{CB} = 0 \quad (6)$$

$$Q_{r,r+1}^C - Q_{r,r-1}^C + P_r^{DC} + X_r^{CB} - X_r^{DC} = 0 \quad (7)$$

$$Q_{r,r+1}^D - Q_{r,r-1}^D + P_r^{DC} + X_r^{DC} = 0 \quad (8)$$

鉛直力の釣合式の各々に $R^i (i = A, B, C, D)$ を掛けて、トルクの釣合式との和をとると、全桁の和として次の如くなる。

$$\sum_i (H_{r,r+1}^i - H_{r,r-1}^i) + \sum_i (Q_{r,r+1}^i - Q_{r,r-1}^i + P_r^i) R_i = 0 \quad (i = A, B, C, D) \quad (9)$$

仮定のように主桁の曲げ振りモーメントを無視すれば

$$-GJ \frac{d^2\varphi}{dx^2} = -\frac{dH}{dx} = \frac{M}{R}$$

であるから格点荷重のみの場合は

$$-H = \frac{\bar{M}}{R} + \frac{1}{l} \left(-GJ(\varphi_r - \varphi_{r-1}) \right)$$

但し $\bar{M}$ は M の一度積分である

$$-H_{r-1,r} = M_{r-1} \left(\cot \frac{l}{R} - \frac{R}{l} \right) - M_r \left(\frac{1}{\sin \frac{l}{R}} - \frac{R}{l} \right) + \frac{1}{l} \left(-GJ(\varphi_r - \varphi_{r-1}) \right)$$

$$-H_{r,r-1} = M_{r-1} \left(\frac{1}{\sin \frac{l}{R}} - \frac{R}{l} \right) - M_r \left(\cot \frac{l}{R} - \frac{R}{l} \right) + \frac{1}{l} \left(-GJ(\varphi_r - \varphi_{r-1}) \right)$$

上式を Taylor 展開し Higher order を neglect する。

$$-H_{r-1,r} = -(2M_{r-1} + M_r) \frac{l}{6R} - \frac{GJ}{l} (\varphi_r - \varphi_{r-1})$$

$$-H_{r,r-1} = (2M_{r-1} + 2M_r) \frac{l}{6R} - \frac{GJ}{l} (\varphi_r - \varphi_{r-1})$$

$$\therefore H_{r,r+1} - H_{r,r-1} = \frac{l}{6R} (M_{r+1} + 4M_r + M_{r-1}) + \frac{GJ}{l} (\varphi_{r+1} - 2\varphi_r + \varphi_{r-1})$$

$$= \frac{l}{6R} (4^2 M_{r-1} + 6M_r) + \frac{GJ}{l} 4^2 \varphi_{r-1}$$

$$Q = \frac{dM}{dx} - \frac{H}{R}$$

であるから

$$\begin{aligned} Q_{r,r+1} &= \frac{1}{Rl} \{-GJ\varphi_{r+1} + GJ\varphi_r\} + \frac{1}{l} (M_{r+1} - M_r) \\ -Q_{r,r-1} &= -\frac{1}{Rl} \{-GJ\varphi_r + GJ\varphi_{r-1}\} - \frac{1}{l} (M_r - M_{r-1}) \\ \therefore Q_{r,r+1} - Q_{r,r-1} &= -\frac{GJ}{Rl} \Delta^2 \varphi_{r-1} + \frac{1}{l} \Delta^2 M_{r-1} \end{aligned}$$

よって (9) 式は

$$-\sum_i \frac{l}{6R} (\Delta^2 M_{r-1} + 6M_r) + \frac{R}{l} \sum_i \Delta^2 M_{r-1} + \sum_i (PR) = 0$$

今

$$\begin{aligned} \frac{l^A}{R^A} &= \frac{l^B}{R^B} = \frac{l^C}{R^C} = \frac{l^D}{R^D} = \rho, \\ \sum_i M_i^* &= M \end{aligned}$$

とすると

$$\Delta^2 M \left(\frac{\rho}{6} + \frac{1}{\rho} \right) + \rho M_r = -\sum_i (P^i R^i) \quad (9)$$

上式の解は

第1径間のモーメント M 第1径間側 On pier M_1
 第2径間のモーメント M'
 第3径間のモーメント M'' 第3径間側 On pier M_2
 荷重点 c , 隔間数 n

ここで

$$\cos k = -\frac{\rho^2}{2(\rho^2 + 6)} + 1$$

とおくと

$$\begin{aligned} M &= M_1 \frac{\sin kr}{\sin kn} + \frac{\rho}{6 + \rho^2} \sum_i (PR) \times G(r, c) \\ M' &= M_1 \frac{\sin k'(n' - r')}{\sin k'n'} + M_2 \frac{\sin k'r'}{\sin k'n'} + \frac{\rho'}{6 + \rho'^2} \sum_i (P'R') \times G'(r', c') \\ M'' &= M_2 \frac{\sin k''(n'' - r'')}{\sin k''n''} + \frac{\rho''}{6 + \rho''^2} \sum_i (P''R'') \times G''(y'', c'') \\ G(r, c) &= \begin{cases} \frac{\sin kr \cdot \sin k(n-c)}{\sin k \cdot \sin kn} & r \leq c \\ \frac{\sin kc \cdot \sin k(n-r)}{\sin k \cdot \sin kn} & r \geq c \end{cases} \end{aligned}$$

(3) 剪断力釣合

全桁の和として

$$\sum_i (Q_{r,r+1}^i - Q_{r,r-1}^i) + \sum_i P^i = 0 \quad (i = A, B, C, D)$$

横桁部での変形を, 幅員方向に直線変形とすれば $y^i = y + \theta \lambda^i$

$$\sum_i \frac{GJ^i}{l^i R^i} \Delta^2 \varphi_{r-1}^i - \sum_i \frac{1}{l^i} \Delta^2 M_{r-1}^i = \sum_i P^i$$

$$\varphi^i = \theta^i - \frac{y^i}{R^i} = \theta \left(1 - \frac{\lambda^i}{R^i} \right) - \frac{y}{R^i}$$

但し y, θ は全箱桁断面の剪断中心に関する量

$$\left\{ \sum_i \frac{GJ^i}{l^i R^i} \left(1 - \frac{\lambda^i}{R^i} \right) \right\} \Delta^2 \theta_{r-1} - \left\{ \sum_i \frac{GJ^i}{l^i R^i} \right\} \Delta^2 y_{r-1} - \sum_i \frac{1}{l^i} \Delta^2 M_{r-1}^i = \sum_i P^i \quad (10)$$

(4) Slope の連続条件

r 点の右, 左の Slope は等しいから次の式が得られる。

$$\frac{l^k}{6EI^k} (A^2 M_{r-1}^k + 6M_r^k) + \frac{l^k}{6R^k} (A^2 \theta_{r-1}^k + 6\theta_r^k) + \frac{A^2 y_{r-1}^k}{l^k} = 0$$

横桁部での変形を、幅員方向で直線とすれば前と同様

$$y_r^k = y_r + \theta \lambda^k$$

故に

$$\sum_k (A^2 M_{r-1}^k + 6M_r^k) + \sum_k \frac{EI^k}{R^k} (A^2 \theta_{r-1}^k + 6\theta_r^k) + \left\{ \sum_k \frac{6EI^k \lambda^k}{l^{k2}} \right\} A^2 \theta_{r-1} + \left\{ \sum_k \frac{6EI^k}{l^{k2}} \right\} A^2 y_{r-1} = 0 \quad (11)$$

ここで任意の適当な $\frac{EI}{l}$ を Standrd にとり

$$\begin{aligned} \alpha &= \sum_k \left\{ \frac{EI^k l}{R^k EI} + \frac{6EI^k \lambda^k l}{l^{k2} EI} \right\}, & \beta &= \sum_k \left(\frac{6EI^k l}{R^k EI} \right), & \gamma &= \sum_k \left(\frac{6EI^k R l}{l^{k2} EI} \right), & \zeta &= \sum_k \left(\frac{EI^k l^k}{R^k l^k EI} + \frac{6EI^k \lambda^k l^k}{l^{k3} EI} \right), \\ \omega &= \sum_k \left(\frac{6EI^k l^2}{R^k l^k EI} \right), & \phi &= \sum_k \left(\frac{6EI^k l^2 R}{l^{k3} EI} \right), & m &= l \sum_k \left(\frac{M_k}{l^k} \right), & \nu &= \sum_k \left(\frac{G J^k R l^2}{l^k R^{k2} EI} \right) \\ \mu &= \sum_k \left(\frac{G J^k l^2}{l^k R^k EI} - \frac{G J^k l^2 \lambda^k}{l^k R^{k2} EI} \right) \end{aligned}$$

といて前各公式 (9), (10), (11) の定和分変換をとれば次の四公式が得られる。

$$(D+6) \bar{m} + (\zeta D + \omega) X + \phi DY = \bar{A}$$

$$(D+6) \bar{M} + (\alpha D + \beta) X + \gamma DY = \bar{B}$$

$$(D+K) M = -\frac{K}{\rho} (\bar{P}R) + \bar{B}$$

$$\mu DX - \nu DY - D \bar{m} = -\bar{A} + (Pl)$$

上式中

$$\bar{A} = \sin \frac{l\pi}{n} \cdot \{(-1)^t m_n - m_0\}, \quad \bar{B} = \sin \frac{l\pi}{n} \cdot \{(-1)^t M_n - M_0\}, \quad PR = \sum_k \left(\sum_l (Pl^k R^k) \right) \sin \frac{l\pi r}{n},$$

$$Pl = \sum_k \left(\sum_l (Pl^k l) \right) \sin \frac{l\pi r}{n}, \quad X = \frac{EI}{l} \sum \theta \sin \frac{l\pi r}{n}, \quad Y = \frac{EI}{Rl} \sum y \sin \frac{l\pi r}{n}$$

m_n, M_n : 変点 n の不静定モーメント m_0, M_0 : 変点 0 の不静定モーメント

故に四公式より X, Y を求めると

$$\begin{aligned} X &= \frac{-6\gamma \bar{A}}{\{\alpha(\nu - \phi) + \gamma(\mu + \zeta)\} (D+S) (D+H)} + \frac{\nu(K-6) \left(D+6 - \frac{\phi}{\nu} D \right) \bar{B}}{\{\alpha(\nu - \phi) + \gamma(\mu + \zeta)\} (D+S) (D+H) (D+K)} \\ &\quad + \frac{K\nu(D+6) \left(D+6 - \frac{\phi}{\nu} D \right) (\bar{P}R)}{\rho \{\alpha(\nu - \phi) + \gamma(\mu + \zeta)\} (D+S) (D+H) (D+K)} + \frac{\gamma(D+6) \cdot (Pl)}{\{\alpha(\nu - \phi) + \gamma(\mu + \zeta)\} (D+S) (D+H)} \\ Y &= \frac{6(\alpha D + \beta) \bar{A}}{\{\alpha(\nu - \phi) + \gamma(\mu + \zeta)\} D(D+S) (D+H)} + \frac{(K-6) \{D(\mu + \zeta) + 6\mu + \omega\} \bar{B}}{\{\alpha(\nu - \phi) + \gamma(\mu + \zeta)\} (D+S) (D+H) (D+K)} \\ &\quad + \frac{K(D+6) \{D(\mu + \zeta) + 6\mu + \omega\} \cdot (PR)}{\rho \{\alpha(\nu - \phi) + \gamma(\mu + \zeta)\} (D+S) (D+H) (D+K)} - \frac{(D+6) (\alpha D + \beta) \cdot (Pl)}{\{\alpha(\nu - \phi) + \gamma(\mu + \zeta)\} D(D+S) (D+H)} \\ \bar{M} &= -\frac{K \cdot (\bar{P}R)}{\rho(D+K)} + \frac{\bar{B}}{(D+K)} \\ \bar{m} &= -\frac{6\{\nu(\alpha D + \beta) + \mu \gamma D\} \bar{A}}{\{\alpha(\nu - \phi) + \gamma(\mu + \zeta)\} D(D+S) (D+H)} + \frac{(K-6) \left\{ -\nu \{D(\mu + \zeta) + 6\mu + \omega\} + \mu \nu \left(D+6 - \frac{\phi}{\nu} D \right) \right\} \bar{B}}{\{\alpha(\nu - \phi) + \gamma(\mu + \zeta)\} (D+S) (D+H) (D+K)} \\ &\quad + \frac{K(D+6) \left\{ -\nu \{D(\mu + \zeta) + 6\mu + \omega\} + \mu \nu \left(D+6 - \frac{\phi}{\nu} D \right) \right\} \cdot (\bar{P}R)}{\rho \{\alpha(\nu - \phi) + \gamma(\mu + \zeta)\} (D+S) (D+H) (D+K)} \\ &\quad + \frac{\{\nu(\alpha D + \beta) + \gamma D \mu\} (D+6) \cdot (Pl)}{\{\alpha(\nu - \phi) + \gamma(\mu + \zeta)\} D(D+S) (D+H)} + \frac{\bar{A}}{D} - \frac{(Pl)}{D} \end{aligned}$$

ここで X, Y に対し D について有理展開し、次の公式を用いて y, θ, M, m を閉じた関数で表わすことが出来る。

$$\frac{2}{n} \sum_{t=0}^{n-1} \frac{(-1)^t \sin \frac{l\pi}{n} \sin \frac{l\pi}{n} r}{2 \left(1 - \cos \frac{l\pi}{n} \right) + \lambda} = -\frac{\sinh \alpha r}{\sinh \alpha n} \quad (\because 2 \cosh \alpha = 2 + \lambda)$$

$$\frac{2}{n} \sum_{t=0}^{n-1} \frac{(-1)^t \sin \frac{t\pi}{n} \sin \frac{t\pi}{n} r}{\left\{2 \left(1 - \cos \frac{t\pi}{n}\right) + \lambda\right\}^2} = \frac{(n+r) \sin \beta(n-r) - (n-r) \sin \beta(n+r)}{\sqrt{\lambda(4+\lambda)} (\cos 2\beta n - 1)} \quad (\because 0 \leq \lambda \leq -2)$$

$$\frac{2}{n} \sum_{t=0}^{n-1} \frac{\sin \frac{t\pi c}{n} \sin \frac{t\pi r}{n}}{2 \left(1 - \cos \frac{t\pi}{n}\right) + \lambda} = \frac{\sinh \beta c \cdot \sinh \beta(n-r)}{\sinh \beta \cdot \sinh n \beta} \quad (\because r > c, \lambda \geq 0)$$

$$\frac{2}{n} \sum_{t=0}^{n-1} \frac{\left\{2 \left(1 - \cos \frac{t\pi}{n}\right) + \lambda\right\}^2}{\sin \frac{t\pi c}{n} \sin \frac{t\pi r}{n}} = \frac{-1}{\sqrt{\lambda(4+\lambda)} (\cos 2\beta - 1) (\cos 2n\beta - 1)}$$

$$\times \left[\left\{ \cos \beta(2n-c) - \cos \beta c \right\} \left\{ (r-1) \sin \beta(r+1) - (r+1) \sin \beta(r-1) \right\} \right. \\ \left. - \left\{ \cos \beta(r+1) - \cos \beta(r-1) \right\} \times \left\{ c \sin \beta(2n-c) - (2n-c) \sin \beta c \right\} \right] \quad (\because c > r, 0 \leq \lambda \leq -2)$$

(5) 支点不静定モーメントの決定

ここに取りあげている曲線構造は、中央に二支点を有しているの、支点モーメントを生ずる。これは前式中 $\bar{M}$, $\bar{m}$ すなわち $\bar{A}$, $\bar{B}$ で表わされる。これと支点における Slope の連続条件から解くのであるが、第 1 On pier, 第 On pier をそれぞれ I, II のサフィックスで示すことにすれば、On pier における Slope の連続より、第 1 On pier A 桁について、

$$\alpha^A M_{I-1}^A + 2(\alpha^A + 1) M_I^A + M_{I+1}^A + \left(\frac{6\lambda^A}{l^A} + \frac{l^A}{R^A} \right) X_{I-1} + \left(\frac{6\lambda^{A'}}{l^{A'}} + \frac{l^{A'}}{R^{A'}} \right) X_{I+1} + \frac{6R}{l^A} Y_{I-1} + \frac{6R}{l^{A'}} Y_{I+1} = 0$$

$$\left(\because \alpha^A = \frac{l^A l^{A'}}{l^{A'} l^A} \quad l^A, l^{A'} \dots \dots \text{第 1 径間} \quad l^{A'}, l^{A''} \dots \dots \text{第 2 径間} \right)$$

上記連立方程式を On pier 各点について作ると、8 連の方程式が出来る。これらの方程式は、荷重項 Pl , $\overline{PR}$ で表示され、これを解くことにより、不静定モーメントが与えられる。

(6) 数 値 計 算

数値計算例として、三径間とも同一曲率で、横桁本数、主桁断面が径間ごとに異なる場合 (DATA-1, 表-1, 表-2 の諸元)、一径間が直線、二径間、三径間の曲率がそれぞれ異なり、横桁本数、主桁断面が径間ごとに異なる場合 (DATA-2, 表-3, 表-4 の諸元) の二例について例示することとする。

計算は FACOM, 231 ALGOL によっておこなったが、連立方程式は支点不静定モーメントを解く 8 元の

みであり、他は閉じた関数で表わされているので、主桁の全格点の曲げモーメント影響線の計算は 2 時間 30 分で完了できた。図-3 は第 1 例の外桁中央点に関する影響線を示し、図-4 は同点の横桁曲げモーメント影響線、図-5 は第 2 例の外桁中央点の曲げモーメント影響線、図-6 は同点の横桁曲げモーメント影響線を示す。ちなみに格点総数は 92 個である。

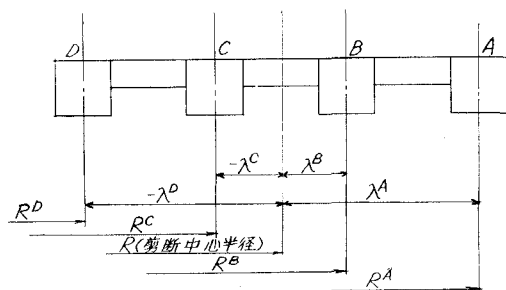


図-2

表-1 DATA-1

桁		仮 定 断 面	断面二次モーメント (m^4)	捩り抵抗モーメント (m^4)
第一径間 (l_1)	$A = C$	1-Pl. 1800×16	6.327×10^{-2}	6.722×10^{-2}
		2-Pls. 1840× 9		
		1-Pl. 2000×13		
	$B = D$	1-Pl. 1800×19	5.433×10^{-2}	5.983×10^{-2}
		2-Pls. 1600× 9		
		1-Pl. 2000×16		

桁		仮 定 断 面	断面二次モーメント (m^4)	捩り抵抗モーメント (m^4)
第二径間 (L_2)	A	1-Pl. 1800×28 2-Pls. 1940× 9 1-Pl. 2000×21	10.656×10^{-2}	8.527×10^{-2}
	B	1-Pl. 1800×30 2-Pls. 1600× 9 1-Pl. 2000×24	7.861×10^{-2}	6.909×10^{-2}
	C	1-Pl. 1800×24 2-Pls. 1940× 9 1-Pl. 2000×19	9.150×10^{-2}	8.233×10^{-2}
	D	1-Pl. 1800×25 2-Pls. 1600× 9 1-Pl. 2000×20	6.716×10^{-2}	6.529×10^{-2}
第三径間 (L_3)	$A = C$	1-Pl. 1800×26 2-Pls. 1800× 9 1-Pl. 2000×20	8.634×10^{-2}	7.632×10^{-2}
	$B = D$	1-Pl. 1800×30 2-Pls. 1600× 9 1-Pl. 2000×24	7.861×10^{-2}	6.909×10^{-2}

表—2

	桁	L_1	L_2	L_3
剪断中心半径		158.903	159.423	158.837
曲 率 半 径 (R^{ℓ})	A	165.8	165.8	165.8
	B	161.3	161.3	161.3
	C	156.8	156.8	156.8
	D	152.3	152.3	152.3
$n @ l^{\ell} = L^{\ell}$	A	6 @ 6.057=36.341	10 @ 6.162=61.620	8 @ 6.420=51.365
	B	6 @ 5.892=35.354	10 @ 5.995=59.950	8 @ 6.246=49.971
	C	6 @ 5.728=34.368	10 @ 5.828=58.280	8 @ 6.072=48.576
	D	6 @ 5.564=33.382	10 @ 5.660=56.600	8 @ 5.898=47.182
$\bar{\lambda}^{\ell}$	A	6.897	6.377	6.963
	B	2.397	1.877	2.463
	C	-2.103	-2.623	-2.037
	D	-6.603	-7.123	-6.537

表—3 DATE-2

桁		仮 定 断 面	断面二次モーメント (m^4)	振り抵抗モーメント (m^4)
第一径間 (L_1)	$A = C$	1-Pl. 1800×17.4 2-Pls. 1600×9 1-Pl. 2000×10.5	4.562×10^{-2}	5.329×10^{-2}
	$B = D$	1-Pl. 1800×17.2 2-Pls. 1600×9 1-Pl. 2000×10.7	4.564×10^{-2}	5.346×10^{-2}
第二径間 (L_2)	$A = C$	1-Pl. 1800×25.6 2-Pls. 1600×9 1-Pl. 2000×16.7	6.378×10^{-2}	6.327×10^{-2}
	$B = D$	1-Pl. 1800×23.0 2-Pls. 1735×9 1-Pl. 2000×15.3	6.967×10^{-2}	6.809×10^{-2}
第三径間 (L_3)	$A = C$	1-Pl. 1800×17.2 2-Pls. 1600×9 1-Pl. 2000×10.9	4.590×10^{-2}	5.372×10^{-2}
	$B = D$	1-Pl. 1800×14.9 2-Pls. 1785×9 1-Pl. 2000×10	5.318×10^{-2}	5.980×10^{-2}

表—4

	桁	L_1	L_2	L_3
剪断中心半径		∞	380.5765	149.1608
曲 率 半 径 (R^i)	A	"	374.3	143.0
	B	"	378.5	147.2
	C	"	382.3	151.4
	D	"	386.9	155.6
$n @ k = L^i$	A	5 @ 6.1666=30.833	10 @ 6.1506=61.506	7 @ 5.6565=39.5955
	B	"	10 @ 6.2197=62.197	7 @ 5.8226=40.758
	C	"	10 @ 6.2887=62.887	7 @ 5.9887=41.921
	D	"	10 @ 6.3577=63.577	7 @ 6.1549=43.084
λ^i	A	-6.300	-6.2765	-6.1608
	B	-2.100	-2.0765	-1.9608
	C	2.100	2.1235	2.2392
	D	6.300	6.3235	6.4392

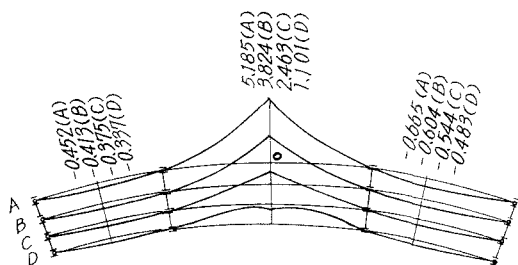


図-3 主桁曲げモーメント影響線 (0 点) (DATA-1)

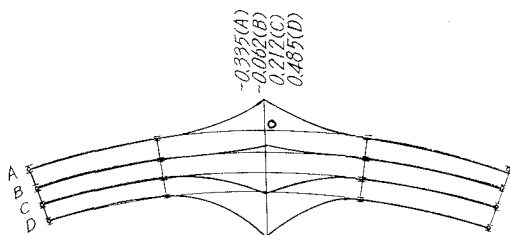


図-4 横桁曲げモーメント影響線 (0 点) (DATA-1)

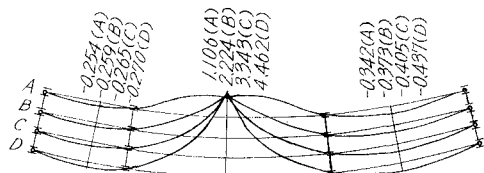


図-5 主桁曲げモーメント影響線 (0 点) (DATA-2)

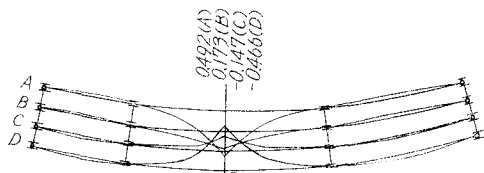


図-6 横桁曲げモーメント影響線 (0 点) (DATA-3)

(7) む す び

以上本論文では、横桁部分のタワミは幅員方向で直線であるとした一次計算のみを示したが、この一次計算によって生ずる格点トルク $H_{r,r+1} - H_{r,r-1}$ と鉛直反力 $Q_{r,r+1} - Q_{r,r-1}$ を受けた場合の横桁の二次的タワミ角とタワミを求め、この二次的変形による二次主桁モーメントを求め逐次計算することにより、確解を求めることができる。横桁本数を減らして、前記仮定による第1近似計算と、横桁の変形を考えた正確値とを比較した結果主桁モーメントの差は2%であった。横桁本数の制限を受けない本計算方法は実用的なものと考えられる。

参 考 文 献

1. Sumio G. Nomachi: On Finite Fourier Sine Series with Respect to Finite Differences' Reprinted from the Memoris of the Muroran Institute of Technology Vlo. 5, No. 1, July, 1965.
2. 能町純雄: 差分方程式で表わされる不静定構造物の和分変換による解法例, 土木学会北海道支部技, 術資料号23号, 昭和42. 2, p. 173-177.
- 4) R. Dabrowski: "Wölbkrafttorsion ron gkerümmten Kastenträgern mit nicht ver form bar em Profil", DER STAHLBAU 5/1965, p. 135-141.