

トラスを壁要素とす三角形断面部材の曲げについて

正員 能町純雄*

正員 小針憲司**

1. は し が き

断面として逆三角形を有する、図のようなトラスを組合せる構造物を曲げ部材とした場合の特性を論じたものである。格点数は一般に $3n$ 個となり、一点に3個の分変位が存在するので、マトリックスの大きさは $9n \times 9n$ となることが直ちにわかる。従って n を8とすれば72元の大型マトリックスとなる。しかし、フーリエと分変換を用いれば、これを9元のマトリックスに変換でき、中型電子計算機によって応力性状を詳しく解明することができる。

ここでは下構面はクロスダイアゴナルと鉛直材を有するトラス、二側面は、ワルレントラスを組合せた場合を想定して議論を展開する。その結果このトラス組合せ構造物は捩り抵抗が強く曲げ部材として有効なことを示すことができた。

2. 予 備 公 式

フーリエ定分変換公式

a) 逆変換公式

Symbolic Notation

$$S_i \left[f(x) \right] = \sum_{x=1}^{n-1} f(x) \sin \frac{i\pi}{n} x, \quad C_i \left[f(x) \right] = \sum_{x=1}^{n-1} f(x) \cos \frac{i\pi}{n} x$$

$$\bar{C}_i \left[f(x) \right] = \sum_{x=1}^n f(x) \cos \frac{i\pi}{n} \left(x - \frac{1}{2} \right), \quad \bar{S}_i \left[f(x) \right] = \sum_{x=1}^n f(x) \sin \frac{i\pi}{n} \left(x - \frac{1}{2} \right)$$

を導入すると

$$f(x) = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^{n-1} S_i \left[f(x) \right] \sin \frac{i\pi}{n} x \quad (0 < x < n) \quad (1)$$

$$f(x) = \sum_{i=0}^n R_i \cos \frac{i\pi}{n} x \quad (0 \leq x \leq n) \quad (2)$$

ただし

$$\left. \begin{aligned} R_0 &= \frac{1}{n} \left\{ C_0 \left[f(x) \right] + \frac{1}{2} f(n) + \frac{1}{2} f(0) \right\} \\ R_i &= \frac{2}{n} \left\{ C_i \left[f(x) \right] + \frac{1}{2} f(n) (-1)^i + \frac{1}{2} f(0) \right\} \\ R_n &= \frac{1}{n} \left\{ C_n \left[f(x) \right] + \frac{1}{2} f(n) (-1)^n + \frac{1}{2} f(0) \right\} \end{aligned} \right\} \quad x, i = 0, 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

$$f(x) = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \bar{C}_i \left[f(x) \right] \cos \frac{i\pi}{n} \left(x - \frac{1}{2} \right) + \frac{R_0}{n}$$

ただし

$$R_0 = \sum_{x=1}^n f(x)$$

$$f(x) = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \bar{S}_i \left[f(x) \right] \sin \frac{i\pi}{n} \left(x - \frac{1}{2} \right)$$

* 室蘭工業大学教授 工博

** 函館ドック K.K. 橋梁鉄構設計課

b) 二次差分, 変一次差分のフーリエ定和分

ここに変一次差分と云うのは、 $f(x+1)-f(x-1)$ を一次差分 $f(x+1)-f(x)$ と区分して仮に名付けたものである。

$$S_i \left[\Delta^2 f(x-1) \right] = -\sin \frac{i\pi}{n} \left\{ (-1)^i f(n) - f(0) \right\} - D_i \cdot S_i \left[f(x) \right] \quad (4)$$

$$C_i \left[\Delta^2 f(x-1) \right] = \Delta f(n-1) \cdot (-1)^i - \Delta f(0) - D_i \left\{ \frac{1}{2} f(n) \cdot (-1)^i + \frac{1}{2} f(0) + C_i \left[f(x) \right] \right\} \quad (5)$$

$$S_i \left[f(x+1) - f(x-1) \right] = -2 \sin \frac{i\pi}{n} \left\{ \frac{1}{2} f(n) \cdot (-1)^i + \frac{1}{2} f(0) + C_i \left[f(x) \right] \right\} \quad (6)$$

$$C_t \left[f(x+1) - f(x-1) \right] = - \left\{ \Delta f(n-1) \cdot (-1)^t + \Delta f(0) \right\} + \left(1 + \cos \frac{i\pi}{n} \right) \left\{ f(n) \cdot (-1)^t - f(0) \right\} + 2 \sin \frac{i\pi}{n} \cdot S_t \left[f(x) \right] \quad (7)$$

ただし

$$\Delta f(x) = f(x+1) - f(x), \quad D_i = 2 \left(1 - \cos \frac{i\pi}{n} \right)$$

3. トラスを壁要素とする三角形断面部材

a) 力のつり合い

図-1に示すように各弦の格点を $0, 1, 2, \dots, n, 0', 1', 2', \dots, n', 1'', 2'', 3'', \dots, n''$ とし、各格点の水平、鉛直変位をそれぞれ、 $u_x, u'_x, u''_x, v_x, v'_x, v''^{(1)}_x, v''^{(2)}_x, y_x, y'_x$ とする。各部材については次のようにする。

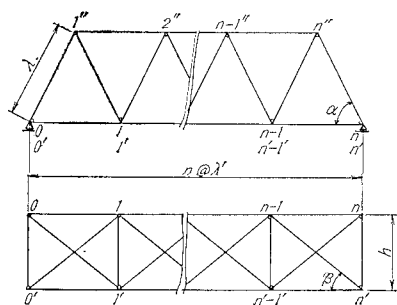
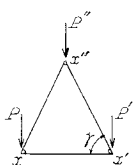
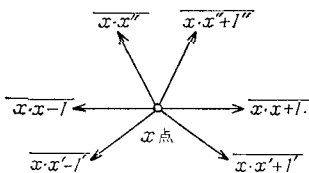


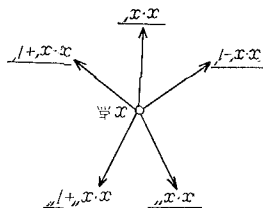
图-1



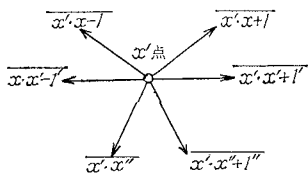
$\overline{x, x+1}$ = 各弦材 $(x, x+1)$ の応力 とすると、フックの法則により変位と部材力の間に



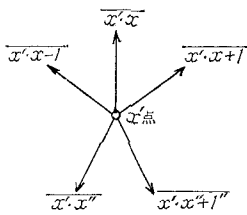
图—2



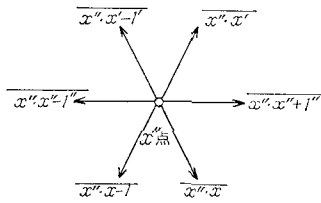
图—3



图—4



圖—5



图—6

$$\overline{x, x+1} = \frac{E \cdot A_u}{\lambda'} (u_{x+1} - u_x), \quad \overline{x', x'+1} = \frac{E \cdot A_l}{\lambda'} (u_{x'+1'} - u_{x'}) \quad (8), (9)$$

$$\overline{x-1, x''} = \frac{E \cdot A}{\lambda} \left\{ (v_{x''}^{(1)} - v_{x-1}) \sin \alpha + (u_{x''} - u_{x-1}) \cos \alpha \right\} \quad (10)$$

$$\overline{x' - 1'}, \overline{x''} = \frac{E \cdot A}{\lambda} \left\{ (v_{x' - 1'} - v_{x''}^{(2)}) \sin \alpha - (u_{x' - 1'} - u_{x''}) \cos \alpha \right\} \quad (11)$$

$$\overline{x''}, x = \frac{EA}{\lambda} \left\{ (v_{x'}^{(1)} - v_x) \sin \alpha - (u_{x''} - u_x) \cos \alpha \right\} \quad (12)$$

$$\overline{x''}, \overline{x'} = \frac{EA}{\lambda} \left\{ \{v_{x'} - v_{x''}^{(2)}\} \sin \alpha + \{u_{x'} - u_{x''}\} \cos \alpha \right\} \quad (13)$$

$$\overline{x, x' - 1'} = \frac{E \cdot A_d}{h} \sin \beta \left\{ (y_{x' - 1'} - y_x) \sin \beta + (u_x - u_{x' - 1'}) \cos \beta \right\} \quad (14)$$

$$\overline{x, x'+1'} = \frac{E \cdot A_d}{h} \sin \beta \left\{ (y_{x'+1'} - y_x) \sin \beta + (u_{x'+1'} - u_x) \cos \beta \right\} \quad (15)$$

$$\overline{x, x'} = \frac{E A_v}{h} (y_{x'} - y_x), \quad \overline{x'', x''+1''} = \frac{E A_0}{\lambda'} (u_{x''+1''} - u_{x''}) \quad (16), (17)$$

上式中 $A_u, A_l, A_d, A_v, A_0, A$ はそれぞれ弦材 $(x, x+1), (x', x'+1'), (x, x'+1'), (x, x'), (x'', x''+1''), (x'', x)$ の断面積, E は弾性係数, $\alpha, \beta, \gamma, h, \lambda, \lambda'$ は図示した通りである。

x 点まわりの力のつりあいはいは図-2, 3 より

$$\overline{x, x+1} - \overline{x, x-1} + (\overline{x, x'+1'} - \overline{x, x'-1'}) \cos \beta + (\overline{x, x''+1''} - \overline{x, x''}) \cos \alpha = 0 \quad (18)$$

$$\overline{x, x'} + (\overline{x, x'+1'} + \overline{x, x'-1'}) \sin \beta + (\overline{x, x''} + \overline{x, x''+1''}) \sin \alpha \cos \gamma = 0 \quad (19)$$

$$(\overline{x, x''} + \overline{x, x''+1''}) \sin \alpha \cdot \sin \gamma - P_x = 0 \quad (20)$$

x 点まわりの力のつり合いはいは図-4, 5 より

$$\overline{x', x'+1'} - \overline{x', x'-1'} + (\overline{x', x''+1''} - \overline{x', x''}) \cos \alpha + (\overline{x', x+1} - \overline{x', x-1}) \cos \beta = 0 \quad (21)$$

$$\overline{x', x} + (\overline{x', x-1} + \overline{x, x+1}) \sin \beta + (\overline{x', x''+1''} + \overline{x', x''}) \sin \alpha \cdot \cos \gamma = 0 \quad (22)$$

$$(\overline{x', x''} + \overline{x', x''+1''}) \sin \alpha \cdot \sin \gamma - P'_x = 0 \quad (23)$$

x'' 点まわりの力のつりあいはいは図-6 より

$$\overline{x'', x''+1''} - \overline{x'', x''-1''} + (\overline{x'', x'+1'} - \overline{x'', x'-1'}) \cos \alpha + (\overline{x'', x+1} - \overline{x'', x-1}) \cos \alpha = 0 \quad (24)$$

$$(\overline{x'', x'} - \overline{x'', x''}) + (\overline{x, x'+1'} - \overline{x'', x'-1'}) \sin \alpha \cdot \cos \gamma = 0 \quad (25)$$

$$(\overline{x'', x'-1'} + \overline{x'', x'+1'}) \sin \alpha \cdot \sin \gamma + P''_x = 0 \quad (26)$$

となる。(8)~(17) を (18)~(26) に代入し変位で書き変えると

$$\begin{aligned} & \frac{E \cdot A_u}{\lambda'} \mathcal{L}^2 u_{x-1} + \frac{E \cdot A}{\lambda} \left\{ (v_{x'+1'}^{(1)} - v_{x'}^{(1)}) \sin \alpha + (u_{x'+1'} - 2u_x + u_{x'-1'}) \cos \alpha \right\} \cos \alpha \\ & + \frac{E \cdot A_d}{h} \left\{ (y_{x'+1'} - y_{x'-1'}) \sin \beta + (u_{x'+1'} - 2u_x + u_{x'-1'}) \cos \beta \right\} \sin \beta \cdot \cos \beta = 0 \end{aligned} \quad (27)$$

$$\begin{aligned} & \frac{E \cdot A_v}{h} (y_{x'} - y_x) + \frac{E \cdot A_d}{h} \left\{ (y_{x'+1'} - 2y_x + y_{x'-1'}) \sin \beta + (u_{x'+1'} - u_{x'-1'}) \cos \beta \right\} \sin^2 \beta \\ & + \frac{EA}{\lambda} \left\{ (v_{x'}^{(1)} - 2v_{x'+1''}) \sin \alpha + (-u_{x''} + u_{x''+1''}) \cos \alpha \right\} \sin \alpha \cdot \cos \gamma = 0 \end{aligned} \quad (28)$$

$$\frac{EA}{\lambda} \left\{ (v_{x'}^{(1)} - 2v_x + v_{x'+1''}) \sin \alpha + (u_{x'+1''} - u_{x''}) \cos \alpha \right\} \sin \alpha \cdot \sin \gamma = P_x \quad (29)$$

$$\begin{aligned} & \frac{EA_l}{\lambda'} \mathcal{L}^2 u_{x'-1'} + \frac{EA}{\lambda} \left\{ (v_{x''}^{(2)} - v_{x''+1''}) \sin \alpha + (u_{x''} - 2u_{x'} + u_{x''+1''}) \cos \alpha \right\} \cos \alpha \\ & - \frac{EA_d}{h} \sin \beta \left\{ (y_{x+1} - y_{x-1}) \sin \beta + (-u_{x+1} + 2u_{x'} - u_{x-1}) \cos \beta \right\} \cos \beta = 0 \end{aligned} \quad (30)$$

$$\begin{aligned} & \frac{E \cdot A_v}{h} (y_{x'} - y_x) + \frac{EA_d}{h} \sin \beta \left\{ (-y_{x+1} + 2y_{x'} - y_{x-1}) \sin \beta + (u_{x+1} - u_{x-1}) \cos \beta \right\} \sin \beta \\ & + \frac{EA}{\lambda} \left\{ (-v_{x'}^{(2)} + 2v_{x'} - v_{x'+1''}) \sin \alpha + (-u_{x''} + u_{x''+1''}) \cos \alpha \right\} \sin \alpha \cdot \cos \gamma = 0 \end{aligned} \quad (31)$$

$$\frac{EA}{\lambda} \left\{ (-v_{x'}^{(2)} + 2v_{x'} - v_{x'+1''}) \sin \alpha + (u_{x''+1''} - u_{x''}) \cos \alpha \right\} \sin \alpha \cdot \sin \gamma = P'_x \quad (32)$$

$$\begin{aligned} & \frac{EA_0}{\lambda'} \mathcal{L}^2 u_{x''-1''} + \frac{EA}{\lambda} \left\{ (v_{x'} - v_{x'-1'}) \sin \alpha + (u_{x'} - 2u_{x''} + u_{x'-1'}) \cos \alpha \right. \\ & \left. - (v_x - v_{x-1}) \sin \alpha + (u_x - 2u_{x''} - u_{x-1}) \cos \alpha \right\} \cos \alpha = 0 \end{aligned} \quad (33)$$

$$\begin{aligned} & \frac{EA}{\lambda} \left\{ (v_{x'} - 2v_{x'}^{(2)} + v_{x'-1'}) \sin \alpha + (u_{x'} - u_{x'-1'}) \cos \alpha \right. \\ & \left. + (v_x - 2v_{x'}^{(1)} + v_{x-1}) \sin \alpha - (u_x - u_{x-1}) \cos \alpha \right\} \sin \alpha \cdot \cos \gamma = 0 \end{aligned} \quad (34)$$

$$\begin{aligned} & \frac{EA}{\lambda} \left\{ (v_{x'} - 2v_{x'}^{(2)} + v_{x'-1'}) \sin \alpha + (u_{x'} - u_{x'-1'}) \cos \alpha \right. \\ & \left. + (-v_x + 2v_{x'}^{(1)} - v_{x-1}) \sin \alpha + (u_x - u_{x-1}) \cos \alpha \right\} \sin \alpha \cdot \sin \gamma = -P''_x \end{aligned} \quad (35)$$

b) 変位の定和分変換と境界条件

上式 (27)~(35) で与えられる基本差分方程式中 (27), (30), (33), に C_i を, (28), (29), (31), (32), (34), (35), に S_i を作用させ, 簡単のため, $\bar{v}_i = S_i[v_x]$, $\bar{v}_{i'} = S_i[v_{x'}]$, $P_i = S_i[P_x]$, $P_{i'} = S_i[P_{x'}]$, $P_{i''} = \sum_{x=1}^n P_x'' \sin \frac{i\pi}{n} \left(x - \frac{1}{2}\right)$, $\bar{a}_{i''} = \sum_{x=1}^n u_{x''} \cos \frac{i\pi}{n} \left(x - \frac{1}{2}\right)$, $\bar{v}_i^{(1)} = \sum_{x=1}^n v_x^{(1)} \sin \frac{i\pi}{n} \left(x - \frac{1}{2}\right)$, $\bar{v}_{i'}^{(2)} = \sum_{x=1}^n v_{x'}^{(2)} \sin \frac{i\pi}{n} \left(x - \frac{1}{2}\right)$, $\bar{a}_i = \frac{1}{2} u_n (-1)^i + \frac{1}{2} u_0 + C_i[u_x]$, $\bar{a}_{i'} = \frac{1}{2} u_{i'} (-1)^i + \frac{1}{2} u_0' + C_i[u_{x'}]$, $\bar{y}_i = S_i[y_x]$, $\bar{y}_{i'} = S_i[y_{x'}]$,

とおき, かつ格点 $0, 0', n, n'$ の水平方向力のつりあいは次の四式となる。(ただしここに作用する水平外力を H_0, H_0', H_n, H_n' とし, かつ外向きを正とする。)

$$\begin{aligned} \frac{EA_u}{\lambda'} (u_1 - u_0) + \frac{EA}{\lambda} \left\{ (v_1^{(1)} - v_0) \sin \alpha + (u_1' - u_0) \cos \alpha \right\} \cos \alpha \\ + \frac{EA_d}{h} \sin \beta \left\{ (y_1' - y_0) \sin \beta + (u_1' - u_0) \cos \beta \right\} \cos \beta = H_0 \end{aligned} \quad (36)$$

$$\begin{aligned} \frac{EA_t}{\lambda'} (u_1' - u_0') + \frac{EA}{\lambda} \left\{ (v_0' - v_1^{(2)}) \sin \alpha + (u_1' - u_0') \cos \alpha \right\} \cos \alpha \\ + \frac{EA_d}{h} \sin \beta \left\{ (y_0' - y_1) \sin \beta + (u_1 - u_0') \cos \beta \right\} \cos \beta = H_0' \end{aligned} \quad (37)$$

$$\begin{aligned} \frac{EA_u}{\lambda'} (u_n - u_{n-1}) + \frac{EA}{\lambda} \left\{ (v_n^{(1)} - v_n) \sin \alpha + (u_n - u_{n'}) \cos \alpha \right\} \cos \alpha \\ + \frac{EA_d}{h} \sin \beta \left\{ (y_{n'-1} - y_n) \sin \beta + (u_n - u_{n'-1}) \cos \beta \right\} \cos \beta = H_n \end{aligned} \quad (38)$$

$$\begin{aligned} \frac{EA_t}{\lambda'} (u_{n'} - u_{n'-1}) + \frac{EA}{\lambda} \left\{ (v_{n'} - v_{n'}^{(2)}) \sin \alpha + (u_{n'} - u_{n''}) \cos \alpha \right\} \cos \alpha \\ + \frac{EA_d}{h} \sin \beta \left\{ (y_{n'} - y_{n-1}) \sin \beta + (u_{n'} - u_{n-1}) \cos \beta \right\} \cos \beta = H_n' \end{aligned} \quad (39)$$

$$\begin{aligned} \nu = \tan \beta, \quad \nu' = \tan \alpha, \quad \mu = A_v/A_d \sin^3 \beta, \quad K = h/EA_d \sin^3 \beta, \quad \delta = A_u/A_d \sin^2 \beta \cos \beta, \\ \delta' = A_t/A_d \sin^2 \beta \cos \beta, \quad \xi = \lambda/EA \cos^2 \alpha, \quad \eta = A_0 \lambda/\lambda' A \cos^2 \alpha \end{aligned}$$

とすると (27)~(35) は次のようになる。

$$\begin{aligned} -\xi (D_i \delta + 2/\xi + 2/\nu^2) \bar{a}_i + \xi (-D_i + 2)/\nu^2 \bar{a}_{i'} + 2\xi/\nu \sin \frac{i\pi}{n} \bar{y}_{i'} + 2K\nu' \sin \frac{i\pi}{2n} \bar{v}_i^{(1)} + 2K \cos \frac{i\pi}{2n} \bar{a}_{i''} \\ = \left\{ (-1)^i H_n + H_0 \right\} K\xi - \xi/\nu \left[(-1)^i y_n - y_0 + \cos \frac{i\pi}{n} \left\{ (-1)^i y_{n'} - y_0' \right\} \right] - \nu' K \left\{ (-1)^i v_n - v_0 \right\} \end{aligned} \quad (40)$$

$$\begin{aligned} -2\nu'^2 K \cos \gamma \bar{v}_i - 2\xi/\nu \sin \frac{i\pi}{n} \bar{a}_{i'} - (\mu + 2) \xi \bar{y}_i + (\mu - D_i + 2) \xi \bar{y}_{i'} \\ + 2\nu'^2 K \cos \gamma \cos \frac{i\pi}{2n} \bar{v}_i^{(1)''} - 2\nu' K \cos \gamma \sin \frac{i\pi}{2n} \bar{a}_{i''} = \xi \sin \frac{i\pi}{n} \left\{ (-1)^i y_{n'} - y_0' \right\} \end{aligned} \quad (41)$$

$$-2\nu'^2 \bar{v}_i + 2\nu'^2 \cos \frac{i\pi}{2n} \bar{v}_i^{(1)''} - 2\nu' \sin \frac{i\pi}{2n} = \xi \cos \gamma \bar{P}_i \quad (42)$$

$$\begin{aligned} \xi (-D_i + 2)/\nu^2 \bar{a}_i - \xi (D_i \delta' + 2/\xi + 2/\nu^2) \bar{a}_{i'} - 2\xi/\nu \sin \frac{i\pi}{n} \bar{y}_{i'} - 2K\nu' \sin \frac{i\pi}{2n} \bar{v}_i^{(2)''} + 2 \cos \frac{i\pi}{2n} \bar{a}_{i''} \\ = \left\{ (-1)^i H_n' + H_0' \right\} K\xi + \xi/\nu \left[(-1)^i y_{n'} - y_0' + \cos \frac{i\pi}{n} \left\{ (-1)^i y_n - y_0 \right\} \right] + \nu' K \left\{ (-1)^i v_{n'} - v_0' \right\} \end{aligned} \quad (43)$$

$$\begin{aligned} 2\nu'^2 K \cos \gamma \bar{v}_{i'} - 2\xi/\nu \sin \frac{i\pi}{n} \bar{a}_i - (\mu - D_i + 2) \xi \bar{y}_i + (\mu + 2) \xi \bar{y}_{i'} \\ - 2\nu'^2 K \cos \gamma \cos \frac{i\pi}{2n} \bar{v}_i^{(2)''} - 2\nu' K \cos \gamma \sin \frac{i\pi}{2n} \bar{a}_{i''} = -\xi \sin \frac{i\pi}{n} \left\{ (-1)^i y_n - y_0 \right\} \end{aligned} \quad (44)$$

$$2\nu'^2 \bar{v}_{i'} - 2\nu' \cos \frac{i\pi}{2n} \bar{v}_i^{(2)''} - 2\nu' \sin \frac{i\pi}{2n} = \xi \cos \gamma \bar{P}_{i'} \quad (45)$$

$$\begin{aligned} -2\nu' \sin \frac{i\pi}{2n} \bar{v}_i + 2\nu' \sin \frac{i\pi}{2n} \bar{v}_{i'} + 2 \cos \frac{i\pi}{2n} \bar{a}_i + 2 \cos \frac{i\pi}{2n} \bar{a}_{i'} \\ - (\eta D_i + 4) \bar{a}_{i''} = -\nu' \cos \frac{i\pi}{2n} \left\{ (-1)^i v_{n'} - v_0 - (-1)^i v_n + v_0 \right\} \end{aligned} \quad (46)$$

$$\nu'^2 \cos \frac{i\pi}{2n} \bar{v}_i + 2\nu' \cos \frac{i\pi}{2n} \bar{v}_{i'} + 2\nu' \sin \frac{i\pi}{2n} \bar{a}_i - 2\nu' \sin \frac{i\pi}{2n} \bar{a}_{i'}$$

$$-2\nu'^2 \bar{v}_i^{(1)} - 2\nu'^2 \bar{v}_i^{(2)} = \nu'^2 \sin \frac{i\pi}{2n} \left\{ (-1)^i v_n - v_0 + (-1)^i v_n v_0' \right\} \quad (47)$$

$$\begin{aligned} & -2\nu'^2 \cos \frac{i\pi}{2n} \bar{v}_i + 2\nu'^2 \cos \frac{i\pi}{2n} \bar{v}_i' - 2\nu' \sin \frac{i\pi}{2n} \bar{u}_i - 2\nu' \sin \frac{i\pi}{2n} \bar{u}_i' \\ & + 2\nu'^2 \bar{v}_i^{(1)'} - \nu'^2 \bar{v}_i^{(2)} = \nu'^2 \sin \frac{i\pi}{2n} \left\{ (-1)^i v_n' - v_0' + (-1)^i v_n + v_0 \right\} - \xi \cos \gamma \bar{P}_i' \end{aligned} \quad (48)$$

今両端単純支持とし、水平外力も作用していないとする。更に荷重は P_x, P_x' とすれば

$$y_n = y_0 = y_n' = y_0' = v_n = v_0 = v_n' = v_0' = 0, \quad H_n = H_0 = H_n' = H_0' = 0$$

となる。

c) 計算例

上記の連立方程式を各格点について解き逆変換を求めて、以下に示す断面諸元を用いて数値計算を行なった。

$$\begin{aligned} E &= 2.1 \times 10^7 \text{ t/m}^2, & \alpha &= 1.07773, & \beta &= 0.52026, & \gamma &= 1.25785, & A_d &= 0.0028 \text{ m}^2, \\ A_u &= 0.01471 \text{ m}^2, & A_l &= 0.01471 \text{ m}^2, & A_v &= 0.01326 \text{ m}^2, & A_0 &= 0.02816 \text{ m}^2, & A &= 0.01049 \text{ m}^2, \\ \lambda &= 10.1412 \text{ m}, & \lambda' &= 9.6 \text{ m}, & h &= 5.5 \text{ m}, & n &= 8 \end{aligned}$$

荷重状態は、片側載荷 (1) と逆対称載荷 (2) の 2 種類について行なった。尚計算は室蘭工業大学 FACOM-231-ALGOL によって行なったが全点の変位と軸力の計算は一時間で完了できた。

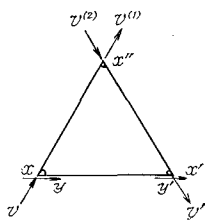


図-7 変位方向

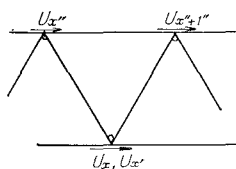


図-8 荷重状態 1

軸力影響線 ($\times 10^{-4} \text{ t}$)



図-9 4''-5''

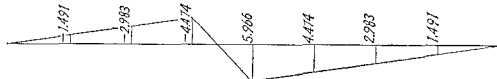


図-10 4''-4

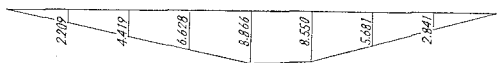


図-11 4-5 4'-5'

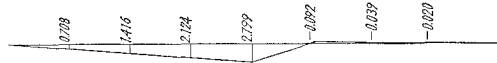


図-12 4'-5



図-13 4-5'



図-14 4-4'

変位影響線 ($\times 10^{-4} \text{ m}$)



図-15 $v_4^{(1)'}$



図-16 $v_4^{(2)'}$

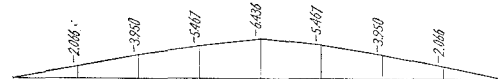


図-17 v_4

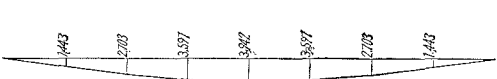


図-18 v_4'

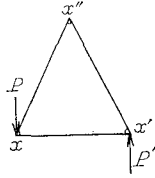


図-19 荷重状態 2

軸力影響線 ($\times 10^{-1}t$)

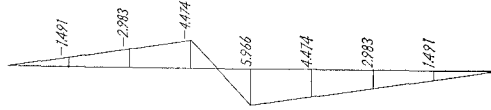


図-20 $\overline{4''-4}$

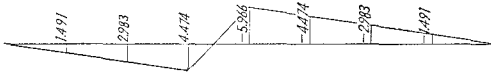


図-21 $\overline{4''-4'}$

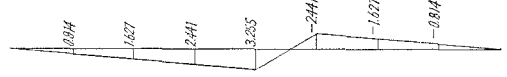


図-22 $\overline{4'-5}$

変位影響線 ($\times 10^{-4}m$)



図-23 $\overline{4-5'}$



図-24 $v_4 = v'_4$

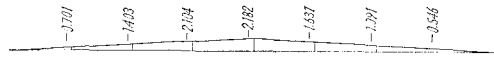


図-25 $v_4^{(1)''} = v_4^{(2)''}$

図示以外の軸力は微小故省略した。

d) む す び

弦材応力の影響線 図-8~23 は、単純梁の曲げモーメント影響線とよく似ており、また偏心荷重に対しても下部トラスの両弦材の影響線の差は殆んど認められないことから、いわゆるバイモーメントに対するそり応力に相当するものが極めて小さいことがわかる。これは薄肉閉合断面桁の場合と類似の結果で外力トルクはダイアゴナルによる捩れ剛性によって大部分吸収されたものと見ることができる。

尚トラストガーダーの手法を加味して、床版を合成した三角断面トラス構造の立体的解析をすることができよう。

参 考 文 献

- 1) 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 23 号，2/1967，pp. 173-177.
- 2) S. G. Nomachi: “On Finite Fourier Sine Series with Respect to Finite Differences”. Memoris of Muroran Ins. Tech., Vol. 5, No. 1, p. 187-202, July, 1965.