

三角断面トラスと四角断面トラスの 応力特性について

正 員 松 岡 健 一*

正 員 ○小 針 憲 司**

1. ま え が き

著者らは先に三弦材トラス橋の立体的計算をフーリエ定和分変換によって行ない、その応力的特性を説明したが、従来一般に用いられている四弦材トラス橋と比較するため等スパン等高さのワルレン型構面を組んで、四弦トラス橋についても定和分変換による立体応力解析を行ない、両者の応力特性を論じたものである。四弦トラスについては、スウェイと垂直材を用い、下弦材面には更にブレースを附置した場合を取り扱った。詳細は図-1と図-2に示すようである。

2. 予 備 公 式

フーリエ定和分変換公式

(a) 逆変換公式

Symbolic Notation

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

$$\bar{C}_i\left[f\left(x+\frac{1}{2}\right)\right] = \sum_{x=0}^{n-1} f\left(x+\frac{1}{2}\right) \cos \frac{i\pi}{n}\left(x+\frac{1}{2}\right), \quad \bar{S}_i\left[f\left(x+\frac{1}{2}\right)\right] = \sum_{x=0}^{n-1} f\left(x+\frac{1}{2}\right) \sin \frac{i\pi}{n}\left(x+\frac{1}{2}\right)$$

を導入すると

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

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

ただし

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

$$f\left(x+\frac{1}{2}\right) = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^{n-1} \bar{S}_i\left[f\left(x+\frac{1}{2}\right)\right] \sin \frac{i\pi}{n}\left(x+\frac{1}{2}\right) + \frac{1}{n} \bar{S}_n\left[f\left(x+\frac{1}{2}\right)\right] (-1)^n \quad (3)$$

$$f\left(x+\frac{1}{2}\right) = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^{n-1} \bar{C}_i\left[f\left(x+\frac{1}{2}\right)\right] \cos \frac{i\pi}{n}\left(x+\frac{1}{2}\right) + \frac{1}{n} \bar{C}_0\left[f\left(x+\frac{1}{2}\right)\right] \quad (4)$$

(b) フーリエ定和分公式

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

$$S_i\left[f\left(x+\frac{1}{2}\right) - f\left(x-\frac{1}{2}\right)\right] = -2 \sin \frac{i\pi}{2n} \bar{C}_i\left[f\left(x+\frac{1}{2}\right)\right] \quad (6)$$

* 室蘭工業大学助教授 工修

** 函館ドック KK 橋梁鉄構設計課

$$C_i \left[f\left(x+\frac{1}{2}\right) - f\left(x-\frac{1}{2}\right) \right] = 2 \sin \frac{i\pi}{2n} \bar{S}_i \left[f\left(x+\frac{1}{2}\right) \right] - f\left(\frac{1}{2}\right) - f\left(n-\frac{1}{2}\right) (-1)^i \quad (7)$$

$$\bar{S}_i [f(x+1) - f(x)] = -2 \sin \frac{i\pi}{2n} \left\{ \frac{1}{2} f(n) (-1)^i + \frac{1}{2} f(0) + C_i [f(x)] \right\} \quad (8)$$

$$\bar{C}_i [f(x+1) - f(x)] = 2 \sin \frac{i\pi}{2n} S_i [f(x)] - \cos \frac{i\pi}{2n} \left\{ f(0) - (-1)^i f(x) \right\} \quad (9)$$

$$\bar{C}_i [f(x+1) + f(x)] = 2 \cos \frac{i\pi}{2n} \left\{ \frac{1}{2} f(x) (-1)^i + \frac{1}{2} f(0) + C_i [f(x)] \right\} \quad (10)$$

$$S_i \left[f\left(x+\frac{1}{2}\right) + f\left(x-\frac{1}{2}\right) \right] = 2 \cos \frac{i\pi}{2n} \bar{S}_i \left[f\left(x+\frac{1}{2}\right) \right] \quad (11)$$

$$\bar{S}_i [f(x+1) + f(x)] = 2 \cos \frac{i\pi}{2n} S_i [f(x)] + \sin \frac{i\pi}{2n} \left\{ f(0) - (-1)^i f(n) \right\} \quad (12)$$

$$C_i \left[f\left(x+\frac{1}{2}\right) + f\left(x-\frac{1}{2}\right) \right] = 2 \cos \frac{i\pi}{2n} \bar{C}_i \left[f\left(x+\frac{1}{2}\right) \right] - u_{\frac{1}{2}} - u_{n-\frac{1}{2}} (-1)^i \quad (13)$$

ただし

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

3. 釣合い方程式と定和変換

(a) 力の釣合い

各弦の格点を図-1 のようにとり、各格点の水平、鉛直変位を図-3 のように u, v, w とする。

$x, x + \frac{1}{2}$ = 弦材 $\left(x, x + \frac{1}{2} \right)$ 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

$$\overline{x, x + \frac{1}{2}} = \frac{2EA_u}{\lambda} (u_{x+\frac{1}{2}} - u_x)$$

なる関係式があり他の部材についても同様の式が求まる。上式中 E は弾性係数、 A は各部材断面積 $h, b, \lambda, \lambda', b', h'$ は図示した通りである。

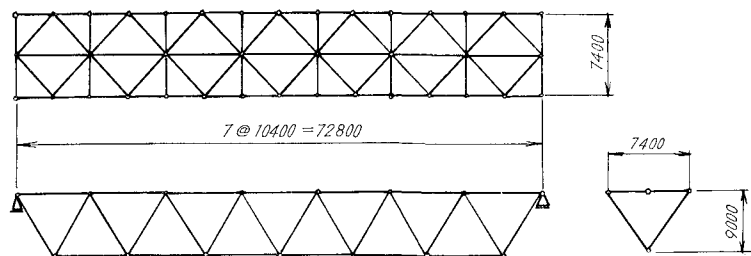


図-1

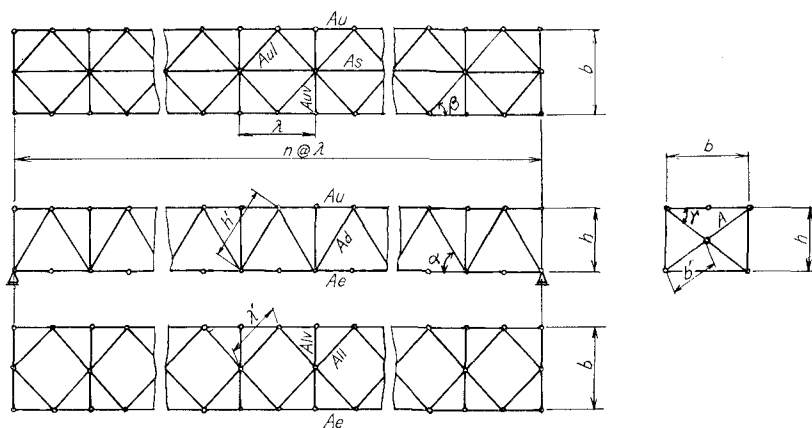


図-2

x 点まわりの力のつりあい 図-4 より

$$\overline{x + \frac{1}{2} \cdot x - x \cdot x - \frac{1}{2}} = 0 \quad (14)$$

$$\overline{x^0 \cdot x + x \cdot x^* \cdot \cos \gamma} = 0 \quad (15)$$

$$\overline{x \cdot x'' + x \cdot x^* \cdot \sin \gamma} = 0 \quad (16)$$

x^0 点まわりの力のつりあい 図-5 より

$$\overline{x^0 + 1^0 \cdot x^0 - x^0 \cdot x^0 - 1^0} + \left(\overline{x^0 \cdot x' + \frac{1}{2}} + \overline{x^0 \cdot x + \frac{1}{2}} - \overline{x^0 \cdot x' - \frac{1}{2}} - \overline{x^0 \cdot x - \frac{1}{2}} \right) \cos \beta = 0 \quad (17)$$

$$\overline{x' \cdot x^0 - x^0 \cdot x} + \left(\overline{x^0 \cdot x' + \frac{1}{2}} - \overline{x^0 \cdot x + \frac{1}{2}} + \overline{x^0 \cdot x' - \frac{1}{2}} + \overline{x^0 \cdot x - \frac{1}{2}} \right) \sin \beta = 0 \quad (18)$$

$\left(x + \frac{1}{2}\right)$ 点まわりの力のつりあい 図-6 より

$$\left(\overline{x^0 + 1^0 \cdot x + \frac{1}{2}} + \overline{x^0 \cdot x + \frac{1}{2}} \right) \sin \beta = 0 \quad (19)$$

$$\left(\overline{x^0 + 1^0 \cdot x + \frac{1}{2}} - \overline{x^0 \cdot x + \frac{1}{2}} \right) \cos \beta + \overline{x + 1 \cdot x + \frac{1}{2}} - \overline{x + \frac{1}{2} \cdot x} + \left(\overline{x'' + 1'' \cdot x + \frac{1}{2}} - \overline{x + \frac{1}{2} \cdot x''} \right) \cos \alpha = 0 \quad (20)$$

$$\left(\overline{x'' + 1'' \cdot x + \frac{1}{2}} + \overline{x + \frac{1}{2} \cdot x''} \right) \sin \alpha = -P_{x+\frac{1}{2}} \quad (21)$$

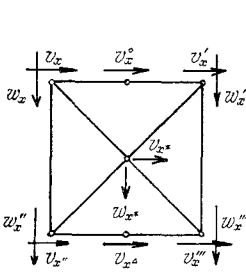


図-3 変位方向

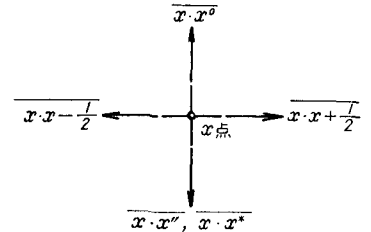
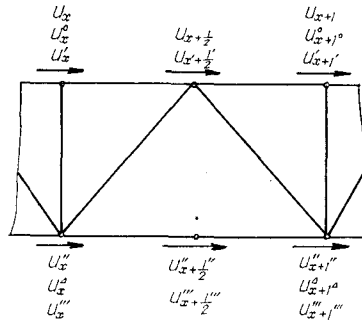


図-4

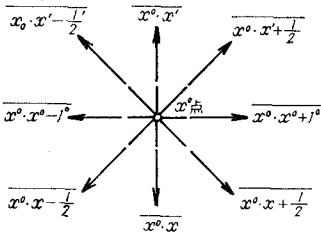


図-5

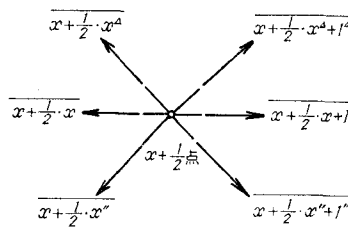


図-6

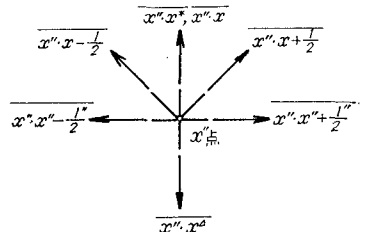


図-7

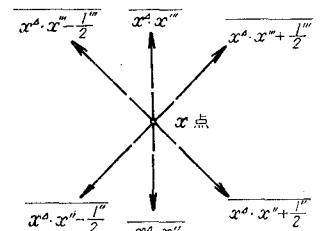


図-8

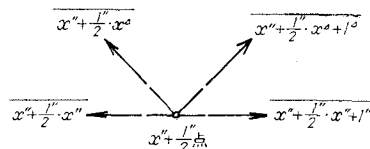


図-9

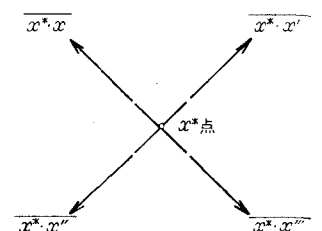


図-10

x'' 点まわりの力のつりあい図-7より

$$\overline{x^\Delta \cdot x''} + \overline{x'' \cdot x^*} \cos \gamma = 0 \quad (22)$$

$$\left(\overline{x'' \cdot x + \frac{1}{2}} - \overline{x'' \cdot x - \frac{1}{2}} \right) \cos \alpha + \overline{x'' + \frac{1}{2} \cdot x''} - \overline{x'' \cdot x'' - \frac{1}{2}} = 0 \quad (23)$$

$$\left(\overline{x'' \cdot x + \frac{1}{2}} + \overline{x'' \cdot x - \frac{1}{2}} \right) \sin \alpha + \overline{x \cdot x''} = 0 \quad (24)$$

x^Δ 点まわりの力のつりあい図-8より

$$\left(\overline{x^\Delta \cdot x'' + \frac{1}{2}} - \overline{x^\Delta \cdot x'' - \frac{1}{2}} + \overline{x^\Delta \cdot x''' + \frac{1}{2}} - \overline{x^\Delta \cdot x''' - \frac{1}{2}} \right) \cos \beta = 0 \quad (25)$$

$$x''' \cdot x^\Delta - x^\Delta \cdot x'' + \left(\overline{x^\Delta \cdot x'' + \frac{1}{2}} + \overline{x^\Delta \cdot x'' - \frac{1}{2}} - \overline{x^\Delta \cdot x''' + \frac{1}{2}} - \overline{x^\Delta \cdot x''' - \frac{1}{2}} \right) \sin \beta = 0 \quad (26)$$

$\left(x + \frac{1}{2}\right)''$ 点まわりの力のつりあい図-9より

$$\left(\overline{x^\Delta + 1^\Delta \cdot x'' + \frac{1}{2}} + \overline{x'' + \frac{1}{2} \cdot x^\Delta} \right) \sin \beta = 0 \quad (27)$$

$$\left(\overline{x^\Delta + 1^\Delta \cdot x'' + \frac{1}{2}} - \overline{x'' + \frac{1}{2} \cdot x^\Delta} \right) \cos \beta + \overline{x'' + 1'' \cdot x'' + \frac{1}{2}} - \overline{x'' + \frac{1}{2} \cdot x''} = 0 \quad (28)$$

x^* 点まわりの力のつりあい図-10より

$$(\overline{x \cdot x^*} + \overline{x^* \cdot x'} - \overline{x'' \cdot x^*} - \overline{x''' \cdot x^*}) \sin \gamma = 0 \quad (29)$$

$$(\overline{x' \cdot x^*} - \overline{x^* \cdot x'} + \overline{x''' \cdot x^*} - \overline{x'' \cdot x^*}) \cos \gamma = 0 \quad (30)$$

となる。尚上式は (x) , (x'') 側のつりあのみであるが (x') , (x''') 側についても同様に求まる。

(b) 境界条件

端格点 $0, 0^\circ, 0'', 0^\Delta, n, n^\circ, n'', n^\Delta$ に外向きに作用する水平外力を $H_0, H_{0^\circ}, H_{0''}, H_{0^\Delta}, H_n, H_{n^\circ}, H_{n''}, H_{n^\Delta}$ とすると、水平方向のつりあいは次のようになる。

$$K_2(u_{\frac{1}{2}} - u_0) = H_0$$

$$K_3(u_{1^\circ} - u_{0^\circ}) + K_7 \cos \beta \left\{ (u_{\frac{1}{2}} - 2u_{0^\circ} + u_{\frac{1}{2}''}) \cos \beta + (v_{\frac{1}{2}} - v_{\frac{1}{2}''}) \sin \beta \right\} = H_{0^\circ}$$

$$K_3(u_{\frac{1}{2}''} - u_{0''}) + K_0 \cos \alpha \left\{ (u_{\frac{1}{2}} - u_{0''}) \cos \alpha + (w_{0''} - w_{\frac{1}{2}}) \sin \alpha \right\} = H_{0''}$$

$$K_8 \cos \beta \left\{ (u_{\frac{1}{2}''} - 2u_{0^\Delta} + u_{\frac{1}{2}'''}) \cos \beta + (v_{\frac{1}{2}''} - v_{\frac{1}{2}'''}) \sin \beta \right\} = H_{0^\Delta}$$

$$K_2(u_n - u_{n-\frac{1}{2}}) = H_n$$

$$K_4(u_{n^\circ} - u_{n^\circ-1^\circ}) + K_7 \cos \beta \left\{ (-u_{n-\frac{1}{2}} + 2u_{n^\circ} - u_{n'-\frac{1}{2}}) \cos \beta + (v_{n-\frac{1}{2}} - v_{n'-\frac{1}{2}}) \sin \beta \right\} = H_{n^\circ}$$

$$K_3(u_{n''} - u_{n''-\frac{1}{2}''}) + K_0 \cos \alpha \left\{ (u_{n''} - u_{n-\frac{1}{2}}) \cos \alpha + (w_{n''} - w_{n-\frac{1}{2}}) \sin \alpha \right\} = H_{n''}$$

$$K_8 \cos \beta \left\{ (-u_{n'''-\frac{1}{2}'''} + 2u_{n^\circ} - u_{n''-\frac{1}{2}''}) \cos \beta + (v_{n'''-\frac{1}{2}'''} - v_{n''-\frac{1}{2}''}) \sin \beta \right\} = H_{n^\Delta}$$

ただし

$$K_1 = \frac{EA_v}{h}, \quad K_2 = \frac{2EA_u}{\lambda}, \quad K_3 = \frac{2EA_l}{\lambda}, \quad K_4 = \frac{EA_s}{\lambda}, \quad K_5 = \frac{2EA_{uv}}{b}$$

$$K_6 = \frac{2EA_{lv}}{b}, \quad K_7 = \frac{EA_{ul}}{\lambda'}, \quad K_8 = \frac{EA_{ll}}{\lambda'}, \quad K_9 = \frac{EA}{b'}, \quad K_0 = \frac{EA_d}{h'}$$

となる。

今両端単純支持とし、水平外力も作用していないものとすれば

$$v_0 = v_n = v_{0^\circ} = v_{n^\circ} = v_{0''} = v_{n''} = v_{0'''} = v_{n'''} = v_{0^\Delta} = v_{n^\Delta} = 0$$

$$w_0 = w_n = w_{0^\circ} = w_{n^\circ} = w_{0''} = w_{n''} = w_{0'''} = w_{n'''} = w_{0^\Delta} = w_{n^\Delta} = 0$$

$$H_0 = H_n = H_{0^\circ} = H_{n^\circ} = H_{0''} = H_{n''} = H_{0'''} = H_{n'''} = H_{0^\Delta} = H_{n^\Delta} = 0$$

となる。

(c) 定和分変換

今簡単のため

$$\begin{aligned}
 \hat{u}_i &= C_i[u_x] + \frac{1}{2}(-1)^i u_n + \frac{1}{2} u_0, & \hat{u}_{i'} &= C_i[u_{x'}] + \frac{1}{2}(-1)^i u_{n'} + \frac{1}{2} u_{0'} \\
 \hat{u}_{i^0} &= C_i[u_{x^0}] + \frac{1}{2}(-1)^i u_{n^0} + \frac{1}{2} u_{0^0}, & \hat{u}_{i\Delta} &= C_i[u_{x^0}] + \frac{1}{2}(-1)^i u_{n\Delta} + \frac{1}{2} u_{0\Delta} \\
 \hat{u}_{i''} &= C_i[u_{x''}] + \frac{1}{2} u_{n''}(-1)^i + \frac{1}{2} u_{0''}, & \hat{u}_{i'''} &= C_i[u_{x'''}] + \frac{1}{2}(-1)^i u_{n'''} + \frac{1}{2} u_{0'''} \\
 \hat{u}_{i+\frac{1}{2}} &= \bar{C}_i[u_{\frac{1}{2}x+}], & \hat{u}_{i+\frac{1}{2}'} &= \bar{C}_i[u_{x'+\frac{1}{2}}], & \hat{u}_{i''+\frac{1}{2}''} &= \bar{C}_i[u_{x''+\frac{1}{2}''}] \\
 \hat{u}_{i'''+\frac{1}{2}'''} &= \bar{C}_i[u_{x'''+\frac{1}{2}'''}], & \hat{v}_i &= S_i[v_x], & \hat{v}_{i'} &= S_i[v_{x'}] \\
 \hat{v}_{i^0} &= S_i[v_{x^0}], & \hat{v}_{i''} &= S_i[v_{x''}], & \hat{v}_{i'''} &= S_i[v_{x'''}] \\
 \hat{v}_{i\Delta} &= S_i[v_{x\Delta}], & \hat{v}_{i^*} &= S_i[v_{x^*}], & \hat{v}_{i+} &= \bar{S}_i[v_{x+\frac{1}{2}}] \\
 \hat{v}_{i+\frac{1}{2}} &= \bar{S}_i[v_{x'+\frac{1}{2}}], & \hat{v}_{i''+\frac{1}{2}''} &= \bar{S}_i[v_{x''+\frac{1}{2}''}], & \hat{v}_{i'''+\frac{1}{2}'''} &= \bar{S}_i[v_{x'''+\frac{1}{2}'''}] \\
 \hat{w}_i &= S_i[w_x], & \hat{w}_{i'} &= S_i[w_{x'}], & \hat{w}_{i''} &= S_i[w_{x''}] \\
 \hat{w}_{i'''} &= S_i[w_{x'''}], & \hat{w}_{i^*} &= S_i[w_{x^*}], & \hat{w}_{i+\frac{1}{2}} &= \bar{S}_i[w_{x+\frac{1}{2}}] \\
 \hat{w}_{i+\frac{1}{2}'} &= \bar{S}_i[w_{x'+\frac{1}{2}}], & \hat{P}_i &= S_i[P_x], & \hat{P}_{i+\frac{1}{2}} &= \bar{S}_i[P_{x+\frac{1}{2}}]
 \end{aligned}$$

とき、かつ各部材力式を式(14)~(30)の各つりあい式に代入し、定和分変換を行ない、境界条件を考慮すると以下の各方程式が求まる。

$$\begin{aligned}
 2K_2 \cos \frac{i\pi}{2n} \hat{u}_{i+\frac{1}{2}} - 2K_3 \hat{u}_i &= 0 \\
 K_5 \hat{v}_{i^0} - (K_5 + K_9 \cos^2 \gamma) \hat{v}_i + K_9 \cos^2 \gamma \hat{v}_{i^*} + K_9 \sin \gamma \cos \gamma \hat{w}_{i^*} - K_9 \sin \gamma \cos \gamma \hat{w}_i &= 0 \\
 K_1 \hat{w}_{i''} - (K_1 + K_9 \sin^2 \gamma) \hat{w}_i + K_9 \sin \gamma \cos \gamma (\hat{v}_{i^*} - \hat{v}_i) + K_9 \sin^2 \gamma \hat{w}_{i^*} &= -\hat{P}_i \\
 -(K_4 D_i + 4K_7 \cos^2 \beta) \hat{u}_{i^0} + 2K_7 \cos^2 \beta \cos \frac{i\pi}{2n} (\hat{u}_{i+\frac{1}{2}} + \hat{u}_{i+\frac{1}{2}'} + \hat{u}_{i+\frac{1}{2}''}) + 2K_7 \sin \beta \cos \beta \sin \frac{i\pi}{2n} (\hat{v}_{i'+\frac{1}{2}'} - \hat{v}_{i+\frac{1}{2}}) &= 0 \\
 K_5 (\hat{v}_i + \hat{v}_{i^0}) - (2K_5 + 4K_7) \sin^2 \beta \cdot \hat{v}_{i^0} + K_7 \sin \beta \cos \frac{i\pi}{2n} (\hat{v}_{i+\frac{1}{2}} + \hat{v}_{i'+\frac{1}{2}'} + \hat{v}_{i''+\frac{1}{2}''}) \\
 + 2K_7 \sin \beta \cos \beta \sin \frac{i\pi}{2n} (\hat{u}_{i+\frac{1}{2}} - \hat{u}_{i+\frac{1}{2}'} + \hat{u}_{i+\frac{1}{2}''}) &= 0 \\
 2 \sin \beta \hat{v}_{i+\frac{1}{2}} - 2 \sin \beta \cos \frac{i\pi}{2n} \hat{v}_{i^0} + 2 \cos \beta \sin \frac{i\pi}{2n} \hat{u}_{i^0} &= 0 \\
 (-2K_7 \cos^2 \beta + 2K_2 + 2K_0 \cos^2 \alpha) \hat{u}_{i+\frac{1}{2}} + 2K_7 \cos^2 \beta \cos \frac{i\pi}{2n} \hat{u}_{i^0} + 2K_2 \cos \frac{i\pi}{2n} \hat{u}_i + 2K_0 \cos^2 \alpha \cos \frac{i\pi}{2n} \hat{u}_{i''} \\
 + 2K_7 \sin \beta \cos \beta \sin \frac{i\pi}{2n} \hat{v}_{i^0} + 2K_0 \sin \alpha \cos \alpha \sin \frac{i\pi}{2n} \hat{w}_{i''} &= 0 \\
 -2K_0 \sin \alpha \cos \alpha \sin \frac{i\pi}{2n} \hat{u}_{i''} - 2K_0 \sin^2 \alpha \hat{w}_{i+\frac{1}{2}} + 2K_0 \sin^2 \alpha \cos \frac{i\pi}{2n} \hat{w}_{i''} &= -\hat{P}_{i+\frac{1}{2}} \\
 K_6 \hat{v}_{i\Delta} - (K_6 + K_9 \cos^2 \gamma) \hat{v}_{i''} + K_9 \cos^2 \gamma \hat{v}_{i^*} + K_9 \sin \gamma \cos \gamma (\hat{w}_{i''} - \hat{w}_{i^*}) &= 0 \\
 2K_3 \cos \frac{i\pi}{2n} \hat{u}_{i''+\frac{1}{2}''} - (2K_3 + 2K_0 \cos^2 \alpha) \hat{u}_{i''} + 2K_0 \cos^2 \alpha \cos \frac{i\pi}{2n} \hat{u}_{i+\frac{1}{2}} - 2K_0 \cos \alpha \sin \alpha \sin \frac{i\pi}{2n} \hat{w}_{i+\frac{1}{2}} &= 0 \\
 (K_1 + K_9 \sin^2 \gamma + 2K_0 \sin^2 \alpha) \hat{w}_{i''} - K_1 \hat{w}_i - K_9 \sin^2 \gamma \hat{w}_{i^*} + K_9 \sin \gamma \cos \gamma (\hat{v}_{i^*} - \hat{v}_{i''}) \\
 - 2K_0 \sin \alpha \cos \alpha \sin \frac{i\pi}{2n} \hat{u}_{i+\frac{1}{2}} - 2K_0 \sin^2 \alpha \cos \frac{i\pi}{2n} \hat{w}_{i+\frac{1}{2}} &= 0 \\
 2 \cos \beta \cos \frac{i\pi}{2n} (\hat{u}_{i''+\frac{1}{2}''} + \hat{u}_{i'''+\frac{1}{2}'''} + \hat{u}_{i\Delta}) - 4 \cos \beta \hat{u}_{i\Delta} + 2 \sin \beta \sin \frac{i\pi}{2n} (\hat{v}_{i'''+\frac{1}{2}'''} - \hat{v}_{i''+\frac{1}{2}''}) &= 0 \\
 K_6 (\hat{v}_{i''} + \hat{v}_{i'''}) - (2K_6 + 4K_8 \sin^2 \beta) \hat{v}_{i\Delta} + 2K_8 \sin \beta \cos \beta \sin \frac{i\pi}{2n} (\hat{u}_{i''+\frac{1}{2}''} - \hat{u}_{i'''+\frac{1}{2}'''}) \\
 + 2K_8 \sin^2 \beta \cos \frac{i\pi}{2n} (\hat{v}_{i''+\frac{1}{2}''} + \hat{v}_{i'''+\frac{1}{2}'''}) &= 0 \\
 2 \sin \beta \hat{v}_{i''+\frac{1}{2}''} + 2 \cos \beta \sin \frac{i\pi}{2n} \hat{u}_{i\Delta} - 2 \sin \beta \cos \frac{i\pi}{2n} \hat{v}_{i\Delta} &= 0 \\
 2(K_8 \cos^2 \beta + K_3) \hat{u}_{i''+\frac{1}{2}''} - 2K_8 \cos^2 \beta \cos \frac{i\pi}{2n} \hat{u}_{i\Delta} - 2K_3 \cos \frac{i\pi}{2n} \hat{u}_{i''} - 2K_8 \sin \beta \cos \beta \sin \frac{i\pi}{2n} \hat{v}_{i\Delta} &= 0
 \end{aligned}$$

$$4 \sin \gamma \tilde{w}_{\xi''} - \sin \gamma (\tilde{w}_{\xi} + \tilde{w}_{\xi'} + \tilde{w}_{\xi'''} + \tilde{w}_{\xi''''}) - \cos \gamma (\tilde{v}_{\xi} - \tilde{v}_{\xi'} - \tilde{v}_{\xi''} + \tilde{v}_{\xi''''}) = 0$$

$$4 \cos \gamma \tilde{v}_{\xi''} - \sin \gamma (\tilde{w}_{\xi} - \tilde{w}_{\xi'} - \tilde{w}_{\xi'''} + \tilde{w}_{\xi''''}) - \cos \gamma (\tilde{v}_{\xi} + \tilde{v}_{\xi'} + \tilde{v}_{\xi''} + \tilde{v}_{\xi''''}) = 0$$

3. 計 算 例

上記の連立方程式を各格点についてとき、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。

$$E = 2.1 \times 10^7 \text{ t/m}^2, \quad A_v = 0.00871 \text{ m}^2, \quad A_u = 0.01688 \text{ m}^2, \quad A_l = 0.018515 \text{ m}^2, \quad A_s = 0.01013 \text{ m}^2$$

$$A_{uv} = 0.002398 \text{ m}^2, \quad A_{lv} = 0.0010 \text{ m}^2, \quad A_{ul} = 0.01525 \text{ m}^2, \quad A_{ll} = 0.01525 \text{ m}^2, \quad A = 0.0010 \text{ m}^2$$

$$A_d = 0.00871 \text{ m}^2, \quad n = 7, \quad \lambda = 10.4 \text{ m}, \quad b = 7.4 \text{ m}, \quad h = 9.0 \text{ m}, \quad \lambda' = 6.382 \text{ m}, \quad b' = 5.826 \text{ m}$$

$$h' = 10.394 \text{ m}$$

以下に荷重状態と、主要点の変位 ($\times 10^{-4} \text{ m}$) と軸力 (t) の影響線を四角断面の場合 (Case-1) と三角断面の場合 (Case-2, 参考文献2) 参照) について図示する。

尚計算は、室蘭工業大学 FACOM-270-20 によって行なった。

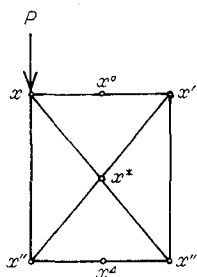


図-11 荷重状態

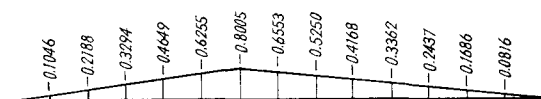


図-12 $3-3\frac{1}{2}$



図-13 $3'-3\frac{1}{2}$



図-14 $3''-3\frac{1}{2}''$

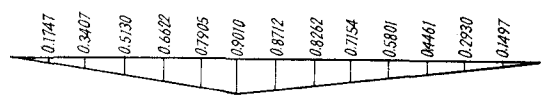


図-15 $3'''-3\frac{1}{2}'''$

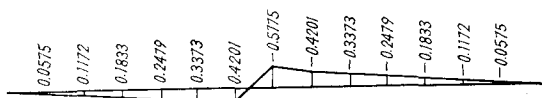


図-16 $3\frac{1}{2}-3''$

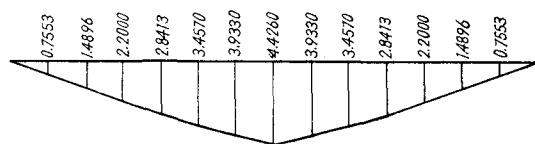


図-17 $w_{3+\frac{1}{2}}$

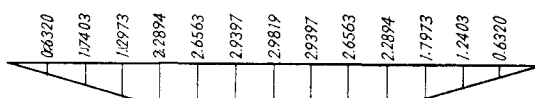


図-18 $w_{3'+\frac{1}{2}'}$

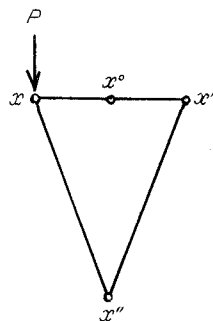


図-19 荷重状態

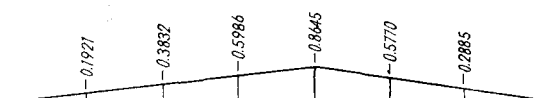


図-20 $3-3\frac{1}{2}$

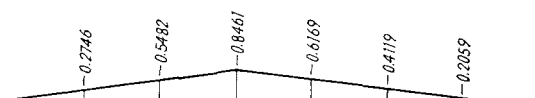


図-21 $3'-3\frac{1}{2}'$

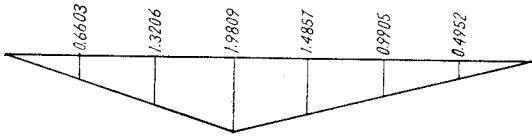


図-22 3''-4''

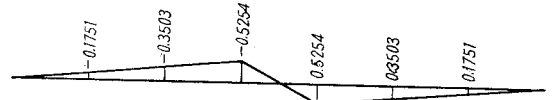


図-23 3-4''

(d) む す び

上弦材偏心格点荷重が3の上に乗った時、三弦材トラスの方がタワミが40%程少なくなっている。このことは、四弦材トラス方がその断面が変形しやすいためであろう。下弦材影響線の合応力の最大は四弦と三弦では約等しく、上弦材については、三弦の方が7%四弦よりも影響値が大となっているが、残りはストリンガーに流れているので、弦材をストリンガーを合わせ考えると断面的に変化はない。斜材については、四弦および三弦共大体同じ影響値となっている。これを総合するのに、四弦における下構面のブレースングと垂直材を含むスウェイの重量だけ三弦の場合は節約できることがわかる。

本報文をまとめるにあたっては、室蘭工業大学教授、能町純雄工学博士に終始御指導を賜わり、ここに深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

能町純雄・小針憲司：“三弦材トラスの応力解析について”，室工大紀要，Vol. 16, No. 3, July. 1969.