

川田工業 正員 興石 繁  
 “ “ 川端 秀夫  
 “ “ 小神野 竹男

立体構造物は二、三の論文が発表されているが、その計算が複雑なため数値計算による、それらの性状についてはあまり研究が進んでいないようである。今回任意形状の立体構造物を計算するためのプログラムが完成したので、この機会に 図-1、図-2 のタイプについて、二、三の条件下における数値計算を行い、立体構造物と平面構造物との関連性について検討したので、その結果を報告する。

### 計算式

$$[\alpha \cdot K \cdot \bar{\alpha}] \cdot (\eta) = (P - \alpha \cdot C \cdot Q_{fa} - \beta \cdot C \cdot Q_{fb}) \text{----- (1)}$$

$$(Q_a) = [X' \cdot K \cdot \bar{\alpha}] \cdot (\eta) + (Q_{fa}) \text{----- (2)}$$

(1) 式より各節点の変位 ( $\eta$ ) を求め、これを (2) 式に代入すると各部材の断面力 ( $Q_a$ ) が求まる。上式中  $[\alpha]$ 、 $[K]$ 、 $[X']$  の各要素は次の如くである。

$$(\alpha) = \begin{bmatrix} \delta_x C_x & \delta_x C_{xv} & 0 & 0 & -\delta_x \frac{2}{L} C_{xw} & 0 \\ \delta_y C_y & \delta_y C_{yv} & 0 & 0 & -\delta_y \frac{2}{L} C_{yw} & 0 \\ \delta_z C_z & \delta_z C_{zv} & 0 & 0 & -\delta_z \frac{2}{L} C_{zw} & 0 \\ 0 & \mu_x \frac{1}{2} C_{xw} & \delta_x C_{xv} & \delta_x C_{xu} & \mu_x C_{xv} & \delta_x C_{xv} \\ 0 & \mu_y \frac{1}{2} C_{yw} & \delta_y C_{yv} & \delta_y C_{yu} & \mu_y C_{yv} & \delta_y C_{yv} \\ 0 & \mu_z \frac{1}{2} C_{zw} & \delta_z C_{zv} & \delta_z C_{zu} & \mu_z C_{zv} & \delta_z C_{zv} \end{bmatrix} \quad [K] = \begin{bmatrix} \frac{EF}{L} & & & & & \\ & 12 \frac{EI_w}{L^3} & & & & \\ & & \frac{EI_v}{L} & & & \\ & & & \frac{GJ}{L} & & \\ & & & & 3 \frac{EI_v}{L} & \\ & & & & & 4 \frac{EI_w}{L^3} \end{bmatrix}$$

又、(1) 式の右辺をくわしく書くと

$$\begin{pmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \\ \eta_x \\ \eta_y \\ \eta_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_x - \alpha \sum C_{xi} \cdot Q_{fai} - \beta \sum C_{xi} \cdot Q_{fbi} \\ g_y - \alpha \sum C_{yi} \cdot Q_{fai} - \beta \sum C_{yi} \cdot Q_{fbi} \\ g_z - \alpha \sum C_{zi} \cdot Q_{fai} - \beta \sum C_{zi} \cdot Q_{fbi} \\ m_x - \alpha \sum C_{xi} \cdot M_{fai} - \beta \sum C_{xi} \cdot M_{fbi} \\ m_y - \alpha \sum C_{yi} \cdot M_{fai} - \beta \sum C_{yi} \cdot M_{fbi} \\ m_z - \alpha \sum C_{zi} \cdot M_{fai} - \beta \sum C_{zi} \cdot M_{fbi} \end{pmatrix} \quad [X'] = \begin{bmatrix} E & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & E & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & E & 0 & 0 \\ 0 & 0 & E & 0 & E & 0 \\ 0 & \frac{L}{2} & 0 & 0 & 0 & \frac{L}{2} \end{bmatrix}$$

であり、同様に (2) 式を整理すると次の如く書く事が出来る。

$$\begin{pmatrix} Q_{au} \\ Q_{av} \\ Q_{aw} \\ M_{au} \\ M_{av} \\ M_{aw} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{EF}{L} (\sum C_{xu} \cdot \bar{\alpha} \cdot \eta_i - \sum C_{xu} \cdot \bar{\beta} \cdot \eta_i) + Q_{fau} \\ 12 \frac{EI_w}{L^3} (\sum C_{xv} \cdot \bar{\alpha} \cdot \eta_i - \sum C_{xv} \cdot \bar{\beta} \cdot \eta_i) + 6 \frac{EI_w}{L^3} (\sum C_{xw} \cdot \bar{\alpha} \cdot \theta_i + \sum C_{xv} \cdot \bar{\beta} \cdot \theta_i) + Q_{fav} \\ 12 \frac{EI_v}{L^3} (\sum C_{xw} \cdot \bar{\alpha} \cdot \eta_i - \sum C_{xw} \cdot \bar{\beta} \cdot \eta_i) - 6 \frac{EI_v}{L^3} (\sum C_{xv} \cdot \bar{\alpha} \cdot \theta_i + \sum C_{xw} \cdot \bar{\beta} \cdot \theta_i) + Q_{faw} \\ \frac{GJ}{L} (\sum C_{xu} \cdot \bar{\alpha} \cdot \theta_i - \sum C_{xv} \cdot \bar{\beta} \cdot \theta_i) + M_{fau} \\ -6 \frac{EI_v}{L^3} (\sum C_{xw} \cdot \bar{\alpha} \cdot \eta_i - \sum C_{xw} \cdot \bar{\beta} \cdot \eta_i) + \frac{EI_v}{L} (4 \sum C_{xv} \cdot \bar{\alpha} \cdot \theta_i + 2 \sum C_{xv} \cdot \bar{\beta} \cdot \theta_i) + M_{fav} \\ 6 \frac{EI_w}{L^3} (\sum C_{xv} \cdot \bar{\alpha} \cdot \eta_i - \sum C_{xv} \cdot \bar{\beta} \cdot \eta_i) + \frac{EI_w}{L} (4 \sum C_{xw} \cdot \bar{\alpha} \cdot \theta_i + 2 \sum C_{xw} \cdot \bar{\beta} \cdot \theta_i) + M_{faw} \end{pmatrix}$$

$$\text{ただし } \sum C_{xi} \cdot Q_{fai} = C_{xu} \cdot Q_{fau} + C_{xv} \cdot Q_{fav} + C_{xw} \cdot Q_{faw}$$

$$\sum C_{iu} \cdot \alpha \cdot \eta_i = C_{xu} \cdot \alpha \cdot \eta_x + C_{yu} \cdot \alpha \cdot \eta_y + C_{zu} \cdot \alpha \cdot \eta_z$$

$C_{ij}$  ----- 方向余弦  $E$  ----- 単位行列

$\alpha, \beta$  --- 形状行列 (部材のA端又は、B端がi節点と結合しているときだけ1元素が1となり、そうでないときは0となる行列)

$Q_{fa}, Q_{fb}$  等は截荷部材の固定端断面力

上記の計算式をFORTRANでプログラムした。これを用いて次に示す図-1, 2にの構造物について立体計算を行った。

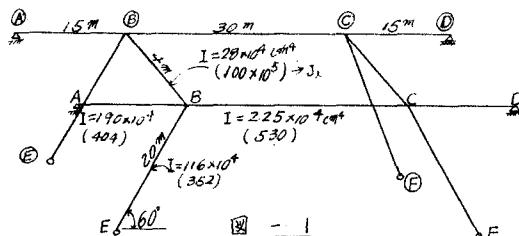
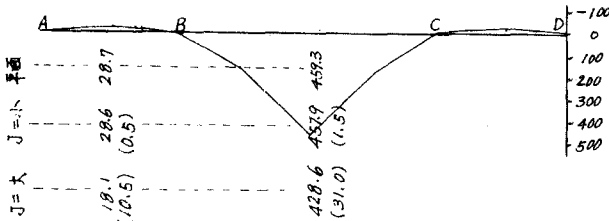


図-1

ただし 図-1, 2の( )の数字はねじり剛性を表わす。

BC部材の中央点に着目した場合の曲げモーメントの影響線, ( )の数字は④部材の中央に着目した場合のM-INF



AB部材の中央に着目した場合のM-INF, ( )は

④部材の中央に着目した場合のM-INF

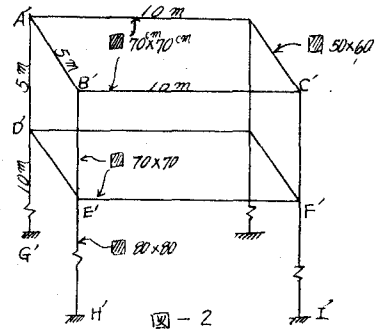
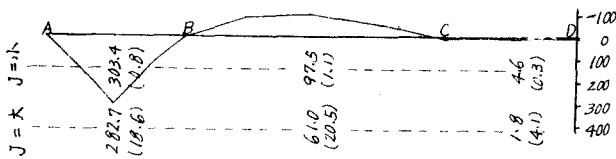
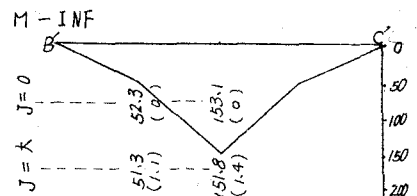
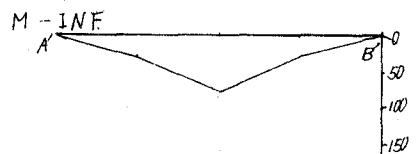


図-2

B'C部材の中央点に着目した場合の



A'B部材の中央点に着目した場合の



M-INFに見られる如く、立体構造物としての解と平面構造物としての解との差は横桁のねじり剛性(%)に関係する事であるが、(%)が主桁の(%)に比べて大きい場合には立体構造物として解かないとかなりの誤差を生ずるものと思われる。計算結果についての詳細は当日報告する。

なお 本文で使用了計算方式は原理的にはIBM社で開発したFRANと同じものであるが、行列要素の列で方や、節点のつながり方等細部においてことなっている。最後に、種々の御指導をいただいた、法政大学大池羊三教授に謹んで謝意を表わします。

参考文献: 大池 羊三著 “行列による滑組構造物の解法” 土木学会論文集 27号