

平面トラスの変位の逐次計算法

児 嶋 弘 行*
成 岡 昌 夫**

要 旨

本論文は、平面滑節トラスの格点変位の計算に対して、トラスを構成する基本三角形の頂点の変位の相互関係と、あらかじめ計算された部材力とを用いて、マトリックス演算によって、すべての格点の水平、および垂直変位を、端からはじめて順次計算してゆく方法を提案したものである。

1. はしがき

トラスの変形の計算法としては、a) 弾性荷重による方法、b) 仮想変位の原理による方法、c) 変形法、および、図解法として、d) Williot の変位図による方法などが周知であるが、これらと多少趣きを異にした方法に、複素数を用いた方法がある¹⁾。これは、トラスの部材の方向を複素数で表わせば、この複素数の増分が、ひずみと部材の回転角とによって表わされる点に注目し、トラスの幾何学的適合条件によって解く方法である。

一方、剛節構造物の変形に対しては、トラスの場合よりもさらに多くの計算法があげられるが、斬新な方法として、現在ドイツで広く使われているものに Reduction 法がある²⁾。この方法は、連続桁に対して、文献 3) で解説したが、既知の変形量と断面力とのもっとも多い材端 i (この際、未知のものがあってもよい) から出発して、これに Feldmatrix を乗じて他端 j の諸量を知り、この結果に Punktmatrix を乗じて、 j に連続したつぎの部材の i 側の諸量を求める操作を連続して、順次、未知の変形量と断面力とを計算する方法である。出発点となる材端に未知量がある場合でも、未知量として含めたまま、計算を進め、最後の材端の条件からこれらを決定して、頭初のものに代入して、確定値を得る。この方法は、マトリックス演算を用いた逐次計算法であるという

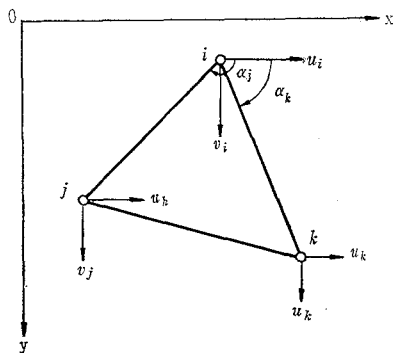
点に特徴があり、特に、マトリックス演算を得意とする電子計算機には適した解法である。

筆者らは、前述の複素数を用いたトラスの変形の計算法、ならびに、Reduction 法を参考にして、その精神を活かし、しかも、電子計算機の利用に適したトラスの変形の計算法を考究してきたので、ここに報告する。

2. 基本三角形の頂点の変位の相互関係

図-1 に示すような、 xy 面内にある平面トラスの基本三角形について、その格点の変位の x 軸方向の分変位を u, y 軸方向

図-1 基本三角形



のそれを v とし、それぞれの正の向きは、各軸の正の向きと一致させるものとする。いま、このような基本三角形について、格点 i の分変位 u_i, v_i と、格点 j, k の分変位 u_j, v_j, u_k, v_k との関係を示せば、式 (1) のようになる。

$$\left. \begin{aligned} u_i &= -\operatorname{cosec}(\alpha_j - \alpha_k) \{ (\cos \alpha_j \cdot \sin \alpha_k) u_j \\ &\quad + (\sin \alpha_j \cdot \sin \alpha_k) v_j - (\sin \alpha_j \cdot \cos \alpha_k) v_k \\ &\quad - (\sin \alpha_j \cdot \sin \alpha_k) u_k + (S_{ik} l_{ik} \sin \alpha_j / EA_{ik}) \\ &\quad - (S_{ij} l_{ij} \sin \alpha_k / EA_{ij}) \} \\ v_i &= \operatorname{cosec}(\alpha_j - \alpha_k) \{ (\cos \alpha_j \cdot \cos \alpha_k) u_j \\ &\quad + (\sin \alpha_j \cdot \cos \alpha_k) v_j - (\cos \alpha_j \cdot \cos \alpha_k) u_k \\ &\quad - (\cos \alpha_j \cdot \sin \alpha_k) v_k + (S_{ik} l_{ik} \cos \alpha_j / EA_{ik}) \\ &\quad - (S_{ij} l_{ij} \cos \alpha_k / EA_{ij}) \} \end{aligned} \right\} (1)$$

式 (1) において、

S : 部材の軸方向力 (引張力を正とする)

A : 部材の断面積

* 正会員 工修 徳島大学助教授 工学部土木工学教室

** 正会員 工博 名古屋大学教授 工学部土木工学教室

α : 部材と x 軸とのなす角 (時計回りを正とする)
 である。ここで、基準部材、基準外力を定め、これらについての諸量を、 A_c, l_c , および P_c とし、

$u = P_c l_c u^* / EA_c, v = P_c l_c v^* / EA_c, S = P_c S^* \dots \dots (2)$
 において、式 (1) を無次元化し、さらにこれをマトリックス表示すれば、式 (3) となる。

$$\begin{bmatrix} u_i^* \\ v_i^* \end{bmatrix} = \frac{1}{\sin(\alpha_j - \alpha_k)} \begin{bmatrix} -C_j S_k & -S_j S_k & S_j C_k \\ C_j C_k & S_j C_k & -C_j C_k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_j S_k & -S_s^* \\ -C_j S_k & S_c^* \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u_j^* \\ v_j^* \\ u_k^* \\ v_k^* \\ 1 \end{bmatrix} \dots \dots (3)$$

式 (3) において、

$$\left. \begin{aligned} C_j &= \cos \alpha_j, C_k = \cos \alpha_k, S_j = \sin \alpha_j, S_k = \sin \alpha_k \\ S_s^* &= (A_c l_{jk} / A_{ik} l_c) S_{ik}^* \sin \alpha_j - (A_c l_{ij} / A_{ij} l_c) S_{ij}^* \sin \alpha_k \\ S_c^* &= (A_c l_{ik} / A_{ik} l_c) S_{ik}^* \cos \alpha_j - (A_c l_{ij} / A_{ij} l_c) S_{ij}^* \cos \alpha_k \end{aligned} \right\} \dots \dots (4)$$

であり、いま、各部材力 S を既知とすれば、式 (4) の各項はすべて定数となる。

さえ計算できればよい。格点 1 については、 x 軸を部材 $\overline{01}$ の部材軸と一致せしめることによって、

$$u_1^* = S_{01} l_{01} EA_c / P_c l_c EA_{01} = (A_c l_{01} / A_{01} l_c) S_{01}^* \dots (5)$$

から、 u_1^* を計算することができるから、未知量は v_1^* のみとなる。 v_1^* は一般に直接知ることはできないが、このような場合でも、 v_1^* を未知数として含めたまま、一応、上述の計算を基本三角形①→②→③→④→⑤→⑥→⑦→⑧の順に行なって、各格点の変位を v_1^* の関数として求めておく。計算が一通り終了したなら、支点 9 の条件

$$u_9^* \sin r - v_9^* \cos r = 0 \dots \dots (6)$$

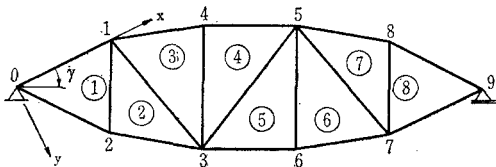
から v_1^* を決定し、この値をさきの結果に代入して、確定値を得る。

上述の計算法は、一個の基本三角形の中に、その三角形の頂点以外の格点をもつ K-トラスのような構造を除く静定トラスには、そのまま適用できるし、不静定トラスにも以下のようにして適用することができる。すなわち、弾性方程式を用いて不静定トラスを解く場合と同様に、静定基本系に不静定力を作用させ、この不静定力は未知量のまま F_{ik}^* に含めて上述の計算を進める。計算が一応終了したなら、不静定力を作用させた支点、もしくは、格点の変形の条件から不静定力を決定すればよい。計算手順、および、マトリックス計算のまとめ方などについては、以下の計算例によって推察願いたい。

3. トラスの格点変位の計算法

トラスは、2. において解析した滑節三角形の組み合わせによって構成されており、式 (3) を各単位の基本三角形に適用することによって、各格点相互の変位の関係を知ることができるから、任意の基本三角形の二個の格点の変位によって、他のすべての格点の変位を表わすことができる。したがって、いまある基本三角形の二個の格点の変位が既知であれば、式 (3) をこの三角形に適用して残りの格点の変位を計算し、ついで、この基本三角形と任意の二個の格点を共有する隣接した基本三角形に適用して、新しい格点の変位を計算するという操作を順次継続することによって、トラス全体の格点の変位を連鎖的に計算することができる。たとえば、図-2 のトラスにおいて、格点 0, 1 の変位を既知として、式 (3) を $A_i^* = F_{jk}^* \cdot A_{jk}^*$ の形で表わせば、基本三角形①→②→③→④の順に、 $A_2^* = F_{01}^* \cdot A_{01}^*$, $A_3^* = F_{12}^* \cdot A_{12}^*$, $\dots \dots A_9^* = F_{78}^* \cdot A_{78}^*$ を計算して、格点 2, 3, $\dots \dots$, 9 の変位を順に知ることができる。

図-2



このように、式 (3) を用いてトラスの格点変位を計算するには、計算しようとするトラスの少なくとも一個の基本三角形について、その二個の頂点の分変位を知っておく必要がある。このため、計算のスタートは、回転支点を一頂点とする基本三角形から開始する。すなわち、図-2 のような単純トラスの場合であれば、①の基本三角形からスタートする。このようにすれば、 $u_0^* = v_0^* = 0$ であるから、格点 2 の変位を知るには、格点 1 の変位

4. 計算例

(1) [例題 1]

図-3 のような単純支持のワーレントラスについて計

図-3 [例題 1] のトラスの諸元

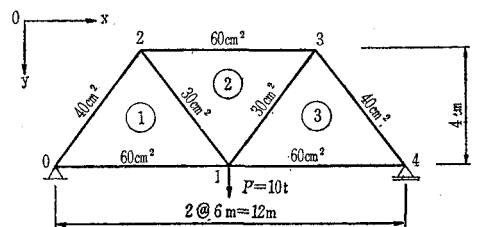


表-1

部材	01, 14	02, 34	12, 13	23
$S(t)$	15/4	-25/4	25/4	-15/2
S^*	3/8	-5/8	5/8	-3/4
A_c/A	1	3/2	2	1
l/l_c	1	5/6	5/6	1
$(A_c l / A l_c) S^*$	3/8	-25/32	25/24	-3/4

算しよう。各部材の断面積は図中に記入してある。

いま、01 部材を基準部材にとって、 $A_c=60 \text{ cm}^2$, $l_c=6 \text{ m}$, また、基準外力を $P_c=10 \text{ t}$ とする。各部材の部材力は容易に計算できるから、式(4)の S_c^*, S_s^* の計算の便のため、表-1 を作成し、計算は基本三角形 ①→②→③の順に、以下のように進める。

a) 基本三角形 ①

回転支点 0 の支点条件より $u_0^*=v_0^*=0$, また、式(5)より

$$\begin{bmatrix} u_3^* \\ v_3^* \end{bmatrix} = -\begin{pmatrix} 5 \\ 4 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & -\frac{4}{5} & 0 & \frac{3}{5} \\ 3 & -4 & -3 & 0 & \frac{179}{120} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u_1^* \\ v_1^* \\ u_2^* \\ v_2^* \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & -\frac{3}{4} \\ -\frac{3}{4} & 1 & \frac{3}{4} & 0 & -\frac{179}{96} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 3/8 \\ 1 & 0 \\ 2/3 - 767/576 \\ 1/2 - 17/768 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_1^* \\ 1 \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} 2/3 & -1199/576 \\ 3/2 & -2415/768 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_1^* \\ 1 \end{bmatrix}$$

c) 基本三角形 ③

$i=4, j=1, k=3$ とすれば、 $S_j=0, S_k=-4/5, C_j=-1, C_k=-3/5, \text{cosec}(\alpha_j-\alpha_k)=-5/4$ となるから、

$$\begin{bmatrix} u_4^* \\ v_4^* \end{bmatrix} = -\begin{pmatrix} 5 \\ 4 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} -\frac{4}{5} & 0 & 0 & 0 & -\frac{3}{10} \\ 3 & 0 & -\frac{3}{5} & -\frac{4}{5} & \frac{161}{160} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u_1^* \\ v_1^* \\ u_3^* \\ v_3^* \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \frac{3}{8} \\ -\frac{3}{4} & 0 & \frac{3}{4} & 1 & -\frac{161}{128} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & 3/8 \\ 1 & 0 \\ 2/3 - 1199/576 \\ 3/2 - 2415/768 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_1^* \\ 1 \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} 0 & 3/4 \\ 2 & -4796/768 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_1^* \\ 1 \end{bmatrix}$$

ここで支点 4 において、式(6)を用いれば、 $r=0$ であるから、 $v_4^*=0$, したがって、

$$v_4^*=2v_1^*-4796/768=0, \quad \therefore v_1^*=1199/384$$

この値と、式(2)とから、各格点の変位を以下のように決定することができる。

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} P_c l_c \\ E A_c \end{pmatrix} \begin{bmatrix} u_1^* \\ v_1^* \end{bmatrix} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} 3/8 \\ 1199/384 \end{bmatrix}$$

以下同様にして、

$$\begin{bmatrix} u_2 \\ v_2 \end{bmatrix} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} 2/3 & -767/576 \\ 1/2 & -17/768 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1199/384 \\ 1 \end{bmatrix} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} 3/4 \\ 197/128 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} u_3 \\ v_3 \end{bmatrix} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} 2/3 - 1199/576 \\ 3/2 - 2415/768 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1199/384 \\ 1 \end{bmatrix} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} 0 \\ 197/128 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} u_4 \\ v_4 \end{bmatrix} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} 0 & 3/4 \\ 2 & -4796/768 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1199/384 \\ 1 \end{bmatrix} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} 3/4 \\ 0 \end{bmatrix}$$

となる。

計算例のように、垂直変位に対称性のある場合には、

より、 $u_1^*=3/8$ であるから、図-1 における i, j, k をそれぞれ $i=2, j=0, k=1$ とすれば、 $S_j=4/5, S_k=4/5, C_j=-3/5, C_k=3/5$, および、 $\text{cosec}(\alpha_j-\alpha_k)=25/24$ となる。

これらの値と、表-1 とから、式(3)は、

$$\begin{bmatrix} u_2^* \\ v_2^* \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 25 \\ 24 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 12 & 16 & 12 & 16 & 35 \\ 15 & 25 & 25 & 25 & 24 \\ 9 & 12 & 9 & 12 & 5 \\ -25 & 25 & 25 & 25 & 32 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u_0^* \\ v_0^* \\ u_1^* \\ v_1^* \\ 1 \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} 2/3 & -767/576 \\ 1/2 & -17/768 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_1^* \\ 1 \end{bmatrix}$$

となる。

b) 基本三角形 ②

$i=3, j=1, k=2$ とすれば、 $S_j=4/5, S_k=0, C_j=-3/5, C_k=-1, \text{cosec}(\alpha_j-\alpha_k)=-5/4$ となる。したがって、式(3)は、

$$\begin{bmatrix} u_3^* \\ v_3^* \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ 4 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & -\frac{3}{4} \\ -\frac{3}{4} & 1 & \frac{3}{4} & 0 & -\frac{179}{96} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & 3/8 \\ 1 & 0 \\ 2/3 - 767/576 \\ 1/2 - 17/768 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_1^* \\ 1 \end{bmatrix}$$

計算の途中で、その条件を用いて未知量を決定すれば、以下の計算では、一度の計算で確定値を得ることができる。たとえば、計算例において、基本三角形 ③ の計算を行なう前に、格点 2 と 3 との垂直変位が等しいことを考慮して、 $v_2^*=v_1^*/2-17/768$ と、 $v_3^*=3v_1^*/2-2415/768$ とを等置すれば、 $v_1^*=1199/384$ を得る。したがって、基本三角形 ③ の計算は、未知数を含まないで計算することができる。

以上の計算を、Reduction 法によって連続桁を解く場合にならって整理すれば、表-2 のようにまとめることができる。表-2 において、最上段の行ベクトルは、 F_{jk}^* の定数項の列ベクトル (F_{jk}^* の最右列) に乗せられるべき Δ_{jk}^* の行ベクトルであり、わくで囲んだ行ベクトルは、支点条件から未知量を決定する場合に用いる部分である。また、左から 4 個目の各マトリックスは、この未知数の決定後にすぐ左のマトリックスに代入して得られるものである。

表-2 [例題 1] の計算表

0→[0 1] F_{jk}^* の定数項の列ベクトルに乗ぜられるべき A_{jk}^* の行ベクトル

$$\frac{P_c l_c}{EA_c} = \frac{10 \times 600}{E \times 60} = \frac{100}{E}$$

① $F_{01}^* = \begin{bmatrix} 12 & 16 & 12 & 16 & 35 \\ 25 & 25 & 25 & 25 & 24 \\ 24 & 9 & 12 & 9 & 5 \\ -25 & 25 & 25 & 25 & 32 \end{bmatrix}$, $v_1^* = 1$, $\begin{bmatrix} u_0^* \\ v_0^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} u_0 \\ v_0 \end{bmatrix} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$

② $F_{12}^* = -\frac{5}{4} \begin{bmatrix} 0 & 0 & -4 & 0 & 3 \\ 3 & -4 & -3 & 0 & 5 \\ 5 & -5 & 5 & 0 & 179 \\ 2 & -2 & 2 & 0 & 120 \end{bmatrix}$, $\begin{bmatrix} u_1^* \\ v_1^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 3 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \end{bmatrix} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} 3 \\ 1199 \\ 8 \\ 384 \end{bmatrix}$

③ $F_{13}^* = -\frac{5}{4} \begin{bmatrix} -4 & 0 & 0 & 0 & 3 \\ 3 & -4 & -3 & 0 & 10 \\ 5 & -5 & 5 & 0 & 161 \\ 2 & -2 & 2 & 0 & 160 \end{bmatrix}$, $\begin{bmatrix} u_2^* \\ v_2^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & -767 \\ 3 & -576 \\ 1 & -17 \\ 2 & -768 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} u_2 \\ v_2 \end{bmatrix} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} 3 \\ 4 \\ 197 \\ 128 \end{bmatrix}$

④ $F_{14}^* = -\frac{5}{4} \begin{bmatrix} -4 & 0 & 0 & 0 & 3 \\ 3 & -4 & -3 & 0 & 10 \\ 5 & -5 & 5 & 0 & 161 \\ 2 & -2 & 2 & 0 & 160 \end{bmatrix}$, $\begin{bmatrix} u_3^* \\ v_3^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & -1199 \\ 3 & -576 \\ 3 & -2415 \\ 2 & -768 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} u_3 \\ v_3 \end{bmatrix} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} 0 \\ 197 \\ 128 \end{bmatrix}$

⑤ $\begin{bmatrix} u_4^* \\ v_4^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 3 \\ 2 & -4796 \\ & 768 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} u_4 \\ v_4 \end{bmatrix} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} 3 \\ 4 \\ 0 \end{bmatrix}$

$2v_1^* = 4796/768$
 $\therefore v_1^* = 1199/384$

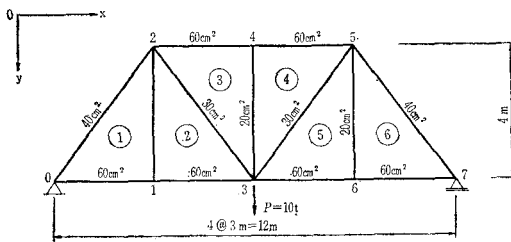
表-3

部材	01,67	02,57	12,56	23,35	13,36	24,45	34
$S(l)$	15/4	-25/4	0	25/4	15/4	-15/2	0
S^*	3/8	-5/8	0	5/8	3/8	-3/4	0
A_c/A	1	3/2	3	2	1	1	3
l/l_c	1	5/3	4/3	5/3	1	1	4/3
$(A_c l / A l_c) S^*$	3/8	-25/16	0	25/12	3/8	-3/4	0

(2) [例題 2]

理解を深めるため、図-4 のような鉛直材をもつワーレン トラスについて、基準三角形①→⑥の順に行なった計算結果を表-4 に示す。ただし、基準部材は 01, 基準外力は $P_c = P = 10t$ とし、式(4) の計算には表-3 の値を用いる。また、初期条件は、 $u_0^* = v_0^* = 0$, $u_1^* = (A_c l_{01} / A_{01} l_c) S_{01}^* = 3/8$ である。

図-4 [例題 2] トラスの諸元



本例の場合も、変位の対称性を考慮して、基本三角形④の計算の終了後、 $v_2^* = v_5^*$ として、 $v_1^* = 197/64$ を得れば、以後の計算においては、未知数を含まないで計算を進めることができる。

5. むすび

平面トラスの部材力を知って、格点変位をマトリックス演算によって逐次求める方法を提案し、ワーレン トラ

表-4 [例題 2] の計算表

$$\frac{P_c l_c}{EA_c} = \frac{10 \times 300}{E \times 60} = \frac{50}{E}$$

0→[0 1] $u_1^* = 1$

① $F_{01}^* = \begin{bmatrix} 3 & -4 & 0 & 4 & -25 \\ 5 & 5 & -5 & 5 & 16 \\ 3 & 0 & 0 & 3 & 5 \end{bmatrix}$, $\begin{bmatrix} u_0^* \\ v_0^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} u_0 \\ v_0 \end{bmatrix} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$

② $\begin{bmatrix} u_1^* \\ v_1^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 3 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \end{bmatrix} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} 3 \\ 16 \\ 197 \\ 128 \end{bmatrix}$

$$\begin{aligned}
 \textcircled{2} \quad F_{12}^* &= -\frac{5}{4} \begin{bmatrix} -\frac{4}{5} & 0 & 0 & 0 & -\frac{3}{10} \\ \frac{3}{5} & 0 & -\frac{3}{5} & -\frac{4}{5} & -\frac{223}{120} \end{bmatrix}, \quad \begin{cases} u_2^* \\ v_2^* \end{cases} = \begin{bmatrix} \frac{4}{3} & -\frac{125}{48} \\ 1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{3}{2} \\ \frac{197}{64} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{cases} u_2 \\ v_2 \end{cases} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} \frac{3}{4} \\ \frac{197}{128} \end{bmatrix} \\
 \textcircled{3} \quad F_{23}^* &= -1 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -\frac{3}{4} \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad \begin{cases} u_3^* \\ v_3^* \end{cases} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{3}{4} \\ 2 & \frac{17}{192} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{3}{4} \\ \frac{1199}{192} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{cases} u_3 \\ v_3 \end{cases} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} \frac{3}{8} \\ \frac{1199}{384} \end{bmatrix} \\
 \textcircled{4} \quad F_{34}^* &= -\frac{5}{4} \begin{bmatrix} 0 & 0 & -\frac{4}{5} & 0 & \frac{3}{5} \\ \frac{3}{5} & -\frac{4}{5} & -\frac{3}{5} & 0 & \frac{38}{15} \end{bmatrix}, \quad \begin{cases} u_4^* \\ v_4^* \end{cases} = \begin{bmatrix} \frac{4}{3} & -\frac{161}{48} \\ 2 & \frac{17}{192} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{3}{4} \\ \frac{1199}{192} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{cases} u_4 \\ v_4 \end{cases} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} \frac{3}{8} \\ \frac{1199}{384} \end{bmatrix} \\
 F_{35}^* &= -1 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -\frac{3}{8} \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}, \quad \begin{cases} u_5^* \\ v_5^* \end{cases} = \begin{bmatrix} \frac{4}{3} & -\frac{197}{48} \\ 3 & -\frac{197}{32} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{197}{64} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{cases} u_5 \\ v_5 \end{cases} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{197}{128} \end{bmatrix} \\
 F_{56}^* &= \frac{5}{4} \begin{bmatrix} 0 & 0 & \frac{4}{5} & 0 & \frac{3}{10} \\ \frac{3}{5} & \frac{4}{5} & -\frac{3}{5} & 0 & -\frac{143}{80} \end{bmatrix}, \quad \begin{cases} u_6^* \\ v_6^* \end{cases} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{9}{8} \\ 3 & -\frac{197}{32} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{9}{8} \\ \frac{197}{64} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{cases} u_6 \\ v_6 \end{cases} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} \frac{9}{16} \\ \frac{197}{128} \end{bmatrix} \\
 \end{aligned}$$

$$4v_1^* = 197/16$$

$$\therefore v_1^* = 197/64$$

$$\begin{cases} u_7^* \\ v_7^* \end{cases} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{3}{2} \\ 4 & -\frac{197}{16} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{3}{2} \\ 0 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{cases} u_7 \\ v_7 \end{cases} = \frac{100}{E} \begin{bmatrix} \frac{3}{4} \\ 0 \end{bmatrix}$$

スについてその具体的な計算方法を紹介した。この方法は、a) 変位量を端からはじめて順次他端に向かって計算してゆく、b) 最初に未知量があってもこれを温存したまま計算を続行し、最後の支点条件でこれを決定して、再び元にかえて、確定値を計算してゆく、c) 演算にはマトリックス演算を用いている、などの点で従来の方法と異なっている。ただ、変位と部材力を同時に計算できない点だが、剛節構造物に対する Reduction 法の場合と異なり、この点では、文献 1) の方法に近く、本方法の難点である。また、本法は K-1 トラスのような構造には直接適用することはできないと述べたが、このような場合には、三角形の頂点以外の格点とこれと相対

する頂点とを $EA = \infty$ の仮想部材で結んで、仮想的な基本三角形を作ることによって解決できると考えられる。

本方法の電子計算機に対するプログラミングはまだ行っていないが、近く手がけてみたいと思っている。

参考文献

- 1) J. Dundurs: A Method for Analysing Deformations of Plane Truss, Publication of IABSE, Vol. 18 (1958), pp. 1-14.
- 2) R. Kersten: Das Reduktionsverfahren der Baustatik; Verfahren der Übertragungsmatrizen. Berlin, Springer (1962).
- 3) 熊野・成岡: Reduction 法とそれによる振り剛性のない格子桁の解法, 土木学会誌, 50.7 (昭40.7), pp. 93-99.

構造工学における最近の諸問題

内容: 最近のコンクリート舗装/伊東茂富 ■ 軽量コンクリートの諸問題/後藤幸正 ■ 高張力異形鉄筋について/国分正胤 ■ 最近の支保工および型わく/上前行孝 ■ 最近のコンクリート混和材料/三浦一郎 ■ 最近の注入工法における諸問題/樋口芳朗 ■ 最近の鋼構造の継手/小西一郎 ■ 高張力鋼使用上の問題点/村上永一 ■ 薄板構造の設計施工における諸問題/奥村敏恵 ■ 鋼杭基礎における諸問題/石井靖丸 ■ 鋼橋架設上の問題点/田中五郎 ■ 構造物の耐震設計および工法/久保慶三郎 ■

体 裁: B5判 本文 8ポ一段組 303 ページ

定 価: 1500 円 会員 特 価: 1200 円 送 料: 150 円