

学 ※津 谷 孝 一 （新潟大工）  
正 高 野 英 資 （新潟大工）

学 矢 沢 明 （新潟大院）  
正 原 利 昭 （新潟大工）

1. 緒 言

不静定構造物の構造解析には、有力な試案法として広く用いられるモーメント分配法やカニ法、剛性マトリックス法などがある。しかしこれらの方法の中には、解析の特性を生かすために大容量のコンピュータを使用するのが妥当なものもあるが、ここで述べるε法<sup>(1)</sup>はスケールも小さく、現在広く普及しつつあるパーソナルコンピュータを用いて十分演算が可能である。

本報告は、たわみ角法の一つであるε法を用いて基礎ばりを有する高層多スパン一般矩形ラーメンを、接合部での剛域を考慮して構造解析する場合の解析原理及び手順を述べるものである。

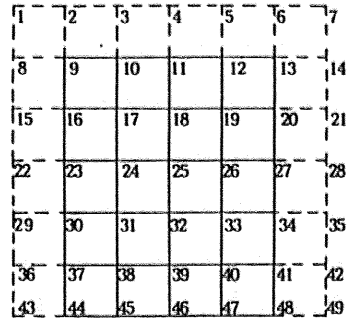


図1 高層多スパンラーメン

2. 理論解析

図1は、本研究で取扱う  $n_c$  層  $m_s$  スパン一般矩形ラーメンを表す。图中的数字は各節点の番号であり、周辺部の接点を仮想接点（破線部支点）、他を実節点と呼ぶことにする。このとき、左から  $m$  番目、上から  $n$  番目の節点番号  $i$  は次式で与えられる。

$$i = (n-1)(m_s+3) \dots \dots \dots (1)$$

各節点のまわりには剛域と呼ばれる部分を有し、そこにおいてはEIがその他の部分に比べて非常に大きい。そこで任意の節点  $i$  に接合している各部材の材端曲げモーメント  $M_{ij}$  ( $j = \ell, r, u, d$ ) は、たわみ角法の基本公式を用い、節点回転角  $\theta_i$ 、 $\theta_j$  並びに上から第  $n-1$  層及び第  $n$  層の各柱の上下端節点の相対部材回転角  $R_{n-1}$ 、 $R_n$  に加えて、剛域の形状により決まる定数、すなわち、はりの場合  $a_j, a_j'$ 、 $b_j$ 、柱の場合  $\alpha_j, \alpha_j', \beta_j, \beta_j', c_j, c_j'$  ( $j = i, \ell, u$ ) を用い、又固定端モーメント  $C_{i\ell}, C_{ir}$  も剛域を考慮して算出したものを用いて次のように表すことができる。

< はり >

$$M_{i\ell} = 2EK_{\ell\ell}(a_{\ell}'\theta_i + b_{\ell}\theta_{\ell}) + C_{i\ell} \dots \dots \dots (2)$$

$$M_{ir} = 2EK_{r\ell}(a_{r}\theta_i + b_{r}\theta_r) - C_{ir} \dots \dots \dots (3)$$

< 柱 >

$$M_{iu} = 2EK_{cu}(a_u'\theta_i + \beta_u\theta_u - 3c_u'R_{n-1}) \dots \dots \dots (4)$$

$$M_{id} = 2EK_{ci}(\alpha_i\theta_i + \beta_i\theta_d - 3c_i'R_n) \dots \dots \dots (5)$$

$a_j, a_j', b_j$  (又は  $\alpha_j, \alpha_j', \beta_j$ )、 $c_j, c_j'$  は図2a)の場合には  $d_1, d_2$  で示された剛域部分においてEIが無窮大と考えて決まるものであり、部材のせいが増える変断面材の場合  $l$  が場所により変化することを考え、例えば図2b)のような両端ハンチを有する場合には、 $\ell, d, m, h_0$  によって決まる。

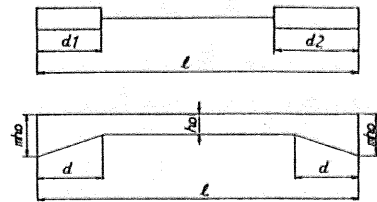


図2 EIの変化する部材

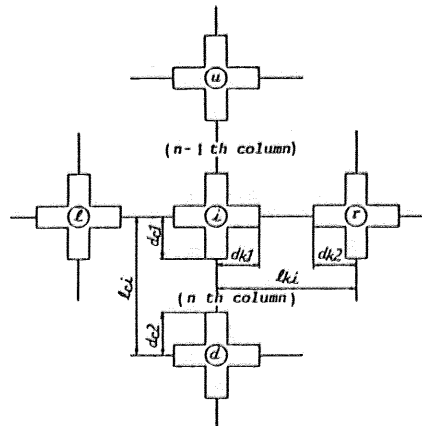


図3 任意の節点iに隣接する節点の番号

さて、剛節構造物がつりあい状態にあるためには、次に示す節点方程式(6)および層方程式(7)、(8)と呼ばれる平衡方程式を満足しなければならない。

$$M_{i\ell} + M_{ir} + M_{iu} + M_{id} = 0 \dots \dots \dots (6)$$

$$\sum_{m=2}^{m_s+2} (M_{iu} + M_{li}) + M_{n-1} = 0 \dots \dots \dots (7)$$

$$\sum_{m=2}^{m_s+2} (M_{id} + M_{ld}) + M_n = 0 \dots \dots \dots (8)$$

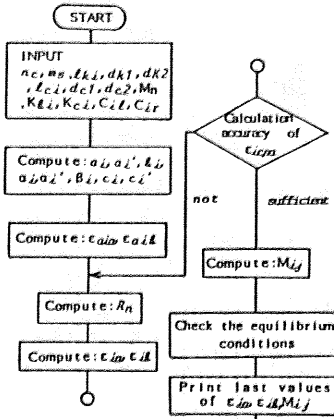


図4 ε法を用いた電子計算機による計算の流れ図

次に、下記の変数、すなわち

$$\begin{aligned}
 2E\theta_i &= \psi_i, & 2E\theta_j &= \psi_j \\
 6ER_n - 1 &= \psi_{n-1}, & 6ER_n &= \psi_n \\
 \delta_i &= K_{ci} C_i / \sum_{m=2}^{m+2} K_{ci} (C_i + C_i') \\
 \delta_i' &= K_{ci} C_i' / \sum_{m=2}^{m+2} K_{ci} (C_i + C_i') \\
 K_{lia} &= K_{liai}, & K_{lib} &= K_{libi} \\
 \rho_{ia} &= (K_{lla}' + K_{lia} + K_{cua}' + K_{cia}) \\
 \rho_{il} &= (K_{lll} + K_{lib} + K_{cul} + K_{cil}) \\
 \gamma_{ila} &= K_{lla} / \rho_{ia}, & \gamma_{ill} &= K_{lll} / \rho_{il}
 \end{aligned} \quad \dots\dots (9)$$

などを用いて、節点方程式、層方程式の変形を行い、

$$\epsilon_{ia} = \rho_{ia} \psi_i, \quad \epsilon_{il} = \rho_{il} \psi_i \quad \dots\dots (10)$$

と表示すれば

$$\epsilon_{ia} = -(\gamma_{ril} \epsilon_{rl} + \gamma_{lib} \epsilon_{ll} + \gamma_{uil} \epsilon_{ul} + \gamma_{dil} \epsilon_{dl}) + \delta_u \psi_{n-1} + \delta_i \psi_n + C_{ir} - C_{il} \quad \dots\dots (11)$$

$$\epsilon_{il} = (\rho_{il} / \rho_{ia}) \epsilon_{ia} \quad \dots\dots (12)$$

$$\psi_{n-1} = \sum_{m=2}^{m+2} (\gamma_{iua} \epsilon_{ia} + \gamma_{uil} \epsilon_{ul} + \gamma_{iua} \epsilon_{ua} + \gamma_{iul} \epsilon_{il}) + M_{n-1} \quad \dots\dots (13)$$

$$\psi_n = \sum_{m=2}^{m+2} (\gamma_{ida} \epsilon_{ia} + \gamma_{dil} \epsilon_{dl} + \gamma_{ida} \epsilon_{da} + \gamma_{idl} \epsilon_{il}) + M_n \quad \dots\dots (14)$$

が得られる。(11)～(14)式は、ラーメン各節点のたわみ角係数の初期値 ( $\epsilon_{ia}, \epsilon_{il}$ ) が与えられると逐次近似法により高い精度のたわみ角係数  $\epsilon$ 、撓度係数  $\psi$  の値を順次求めることができることを示している。図4に、剛域を考慮した場合の高層多スパン矩形ラーメンをε法を用いて電子計算機により計算する場合の大まかな流れ図を示す。

### 3. 計算結果の一例

図5は、4層2スパン矩形ラーメンが各節点に表1

表1 単位 (m)

i	l <sub>ki</sub>	d <sub>k1</sub>	d <sub>k2</sub>	l <sub>ci</sub>	d <sub>c1</sub>	d <sub>c2</sub>
7	8	0.30	0.30	4	0.35	0.35
8	4	0.30	0.22	4	0.35	0.35
9	0	0.00	0.00	4	0.25	0.35
12	8	0.30	0.30	4	0.35	0.37
13	4	0.30	0.22	4	0.35	0.37
14	0	0.00	0.00	4	0.25	0.37
17	8	0.30	0.30	4	0.37	0.40
18	4	0.30	0.22	4	0.37	0.40
19	0	0.00	0.00	4	0.25	0.40
22	8	0.32	0.32	5	0.40	0.60
23	4	0.32	0.25	5	0.40	0.60
24	0	0.00	0.00	5	0.30	0.60
27	8	0.32	0.32	0	0.00	0.00
28	4	0.32	0.25	0	0.00	0.00
29	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00

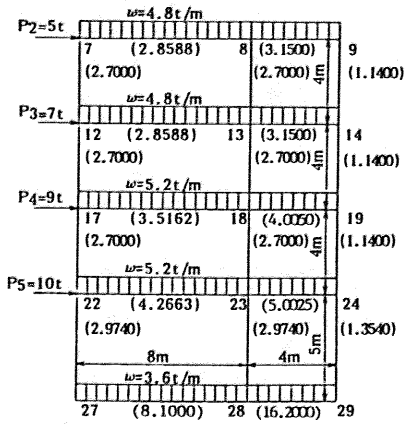


図5 4層2スパン矩形ラーメン

で示された剛域寸法をもち、各はりとも等分布荷重  $w$  を受け、また各層に図示のような水平荷重  $P$  を受けている場合を示す。図中、括弧のついた数字は、断面形状、及び部材長から算出した各柱及びはりの剛度である。図6は、本例題の演算結果から材端モーメントの値をラーメン図に付記したものであり、図7には各部材が受ける曲げモーメントの様子を描いておいた。

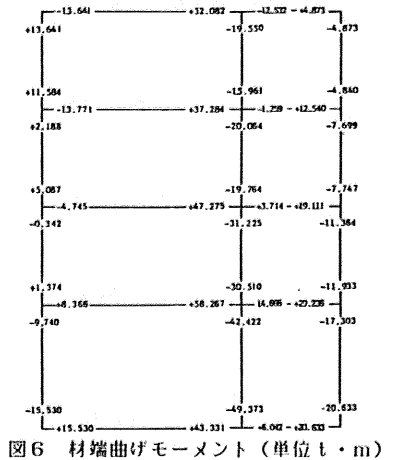


図6 材端曲げモーメント (単位  $t \cdot m$ )

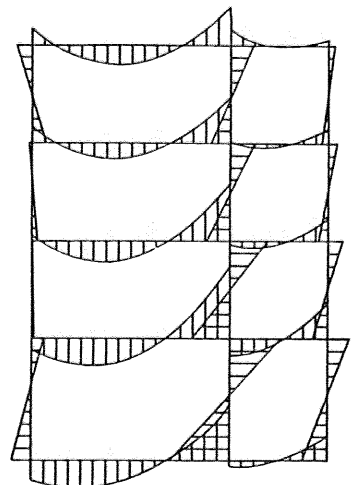


図7 各部材の曲げモーメント

### 文献

- (1) 高野、原、根木、機論 57-472A(昭60-12), P.2838~2845.