

学 矢 沢 明 (新潟大工) 正 高 野 英 資 (新潟大工)
 正 原 利 昭 (新潟大工) 正 宮 島 雅 博 (新潟大工)

1 緒 言

不静定構造物の構造解析には、有力な試索法として広く用いられるモーメント分配法やカニ法、剛性マトリクス法など多くの方法がある。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⁽¹⁾はスケールも小さく、内容的に欲張らなければ、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。

本報告は撓角撓度法の一つであるε法について、電子計算機を用いて演算する場合の解析の原理と手順を与えたもので、水平力ならびに垂直力が同時に、あるいはそれぞれ単独に作用する場合を、柱脚滑節の高層多スパン一般矩形ラ一メンを例にとってしめしてある。

2. 理論解析

図1は本研究で取扱う n_c 層 m_s スパン一般矩形ラ一メンを表す。図中の数字は各節点の番号であり、周辺部の節点を仮想節点(破線部交点)、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。

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

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} ($j = l, r, u, d$) は、撓角撓度法の基本公式を用い、節点回転角 θ_i, θ_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 で次のように表すことができる。一般節点 ($2 \leq n \leq n_c$) については文献(1)を参照するとして、上から $n = n_c + 1$ 番目節点 i に接合するはりについては

$$M_{il} = 2EK_{il}(2\theta_i + \theta_l) + C_{il} \quad (2)$$

$$M_{ir} = 2EK_{ir}(2\theta_i + \theta_r) - C_{ir} \quad (3)$$

がえられ、柱の材端曲げモーメントは、

$$M_{iu} = 2EK_{iu}(2\theta_i + \theta_u - 3R_{n-1}) \quad (4)$$

$$M_{id} = 3EK_{id}(\theta_i - R_n) \quad (5)$$

となる。 $n = n_c + 2$ の柱脚(滑節)では

$$M_{iu} = 0 \quad (6)$$

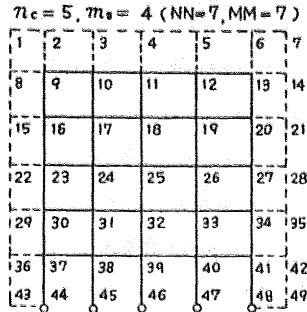
である。また $n = n_c + 1$ のときの上から第 $n-1$ 層および第 n 層の柱、すなわち第 n_c 層および第 $n_c + 1$ 層(最下層)の柱の下端ならびに下端における材端曲げモーメントはそれぞれ第 n_c 層については

$$M_{ul} = 2EK_{ul}(2\theta_u + \theta_l - 3R_{n-1}) \quad (7)$$

$$M_{ur} = 2EK_{ur}(2\theta_u + \theta_r - 3R_{n-1}) \quad (8)$$

第 $n_c + 1$ 層については

$$M_{ul} = 3EK_{ul}(\theta_u - R_n) \quad (9)$$



$$11N = n_c + 2, \quad MM = m_s + 2$$

図1 高層多スパンラ一メン

$$M_{di} = 0 \quad (10)$$

言うまでもなく、(2)~(5)は節点 i における平衡方程式(11)を、また(7)~(10)はそれぞれ第 n_c 層および第 $n_c + 1$ 層に対する層方程式(12)~(13)を満足する。すなわち

$$M_{il} + M_{ir} + M_{iu} + M_{id} = 0 \quad (11)$$

$$\sum_{m=2}^{m_s+2} (M_{iu} + M_{ul}) + M_{n-1} = 0 \quad (12)$$

$$\sum_{m=2}^{m_s+2} (M_{id} + M_{di}) + M_n = 0 \quad (13)$$

ここで以上の諸式において使用した記号は文献(1)中のものと同じであるが、 K_{li}, K_{ri} はそれぞれ節点 i を左端にもつはりおよび上端にもつ柱の剛度(または剛比)であり、 M_{n-1}, M_n は上から第 $n-1$ 層、第 n 層の層モーメント、 C_{il}, C_{ir} ははり li, ir の節点 i における固定端モーメントをしめす。次に(5)および(9)式の最下層の剛比を $K_{ci} = K_{ci} / 0.75$ とおき

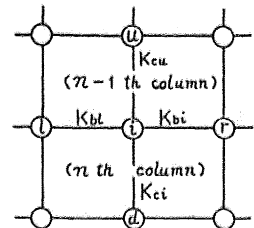
$$\left. \begin{aligned} 2E\theta_i &= \varphi_i, & 2E\theta_j &= \varphi_j \\ 6ER_{n-1} &= \psi_{n-1}, & 6ER_n &= \psi_n \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

並びに文献(1)で使用した記号を含む下記の変数

$$\bar{R}_{n-1} = \frac{\psi_{n-1}}{1.5} \sum_{m=2}^{m_s+2} K_{ul}, \quad \bar{R}_n = \frac{\psi_n}{3} \sum_{m=2}^{m_s+2} K_{ci} \quad (15)$$

$$\bar{P}_i = 2(K_{li} + K_{ri} + K_{ui} + K_{ci}) \quad (16)$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{P}_{il} &= K_{li} / \bar{P}_i, & \bar{P}_{ir} &= K_{ri} / \bar{P}_i \\ \bar{P}_{ul} &= K_{ul} / \bar{P}_i, & \bar{P}_{ud} &= K_{ci} / \bar{P}_i \end{aligned} \right\} \quad (17)$$



$$\begin{aligned} i &= (n-1)(m_s+3) + m \\ l &= i-1, \quad r = i+1 \\ u &= i - (m_s+3) \\ d &= i + (m_s+3) \end{aligned}$$

図2 任意の節点 i に関する節点の番号

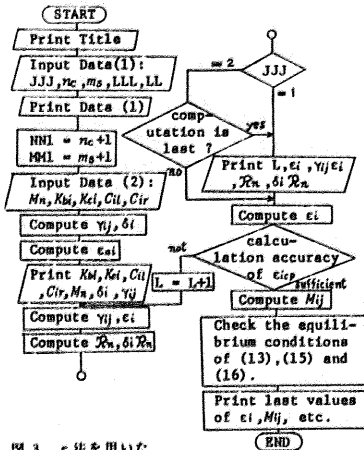


図3 e法を用いた
電子計算機による計算の流れ図

$$\delta_u = 1.5 K_{cu} / \sum_{m=2}^{m_g+2} K_{cu}, \quad \delta_i = 2 K_{ci} / \sum_{n=2}^{n_c+2} K_{ci} \quad (18)$$

を用いて式の変形を行うと、 $\bar{e} = \bar{p} \varphi$ と表示すれば

$$\bar{E}_i = -(\bar{y}_{ii} \bar{E}_i + \bar{y}_{is} \bar{E}_s + \gamma_{ui} E_u) + \delta_u \bar{R}_{n-1} + \delta_i \bar{R}_n + C_{ir} - C_{is} \quad (19)$$

$$\bar{R}_{n-1} = \sum_{m=2}^{m_g+2} (\bar{y}_{iu} \bar{E}_i + \gamma_{ui} E_u) + \frac{M_{n-1}}{3} \quad (20)$$

$$\bar{R}_n = \sum_{m=2}^{m_g+2} \bar{y}_{id} \bar{E}_i + \frac{M_n}{2} \quad (21)$$

がえられる。(19)~(21)式はラーメンの各節点のたわみ角係数 e の値が与えられると、逐次近似法により、高い精度のたわみ角係数 e 、撓度係数 δ の値を順次求めることができることをしめている。次の(22)、(23)式は一般節点 i ($2 \leq n \leq n_c$) ならびに最下層上端の節点 i ($n = n_c + 1$) における E_i, \bar{E}_i の初期値を与える式である。

$$E_{ai} = \left\{ \frac{1}{3} (M_{n-1} \delta_u + M_n \delta_i) + C_{ir} - C_{is} \right\} / 3(\bar{y}_{ie} + \bar{y}_{ir}) \quad (22)$$

$$E_{si} = \left\{ \frac{1}{3} M_{n-1} \delta_u + \frac{1}{2} M_n \delta_i + C_{ir} - C_{is} \right\} / 3(\bar{y}_{ie} + \bar{y}_{ir}) \quad (23)$$

3. 計算の流れ図と計算プログラム

図3は柱脚滑節の場合の高層多スパン一般矩形ラーメンをe法を用いて電子計算機により計算する場合の大まかな計算の流れ図をしめし、表1には前述の諸式に使用した変数と計算機変数などとの対応が一部しめされている。計算はPC-9801Mを用いて行なわれたが計算プログラムについては紙数の関係で省略する。

4. 計算結果の一例

図4は3層2スパン矩形ラーメン(脚柱滑節)が、各はりとも等分布荷重 ω をうけ、また各層に図示のよ

表1

Variable	In Title	In Computation	Variable	In Title	In Computation
n_c	NCLM	HCLM	δ_i	DEL(I)	DLDR(I)
m_g	HSPH	HSPH	R_n	R(N)	SHRN(K)
K_u	BK(I)	BCKC(I)	M_u	AMH(I)	AMH(I)
K_{ci}	CK(I)	BCKC(J)	M_{ir}	AMPI(I)	AMPI
C_{ir}	CL(I)	CLCR(I)	M_{ia}	AMM(I)	AMM(I)
C_{is}	CR(I)	CLCR(J)	M_{id}	AMPH(I)	AMPH
M_n	SH(N)	SHRN(N)	e_i	AML(I)	AMLR(I)
γ_{ir}	TL(I)	TLTR(I)	e_i	AMR(I)	AMLR(J)
γ_{is}	TR(I)	TLTR(J)	e_i	AMU(I)	AMUD(I)
γ_{id}	TU(I)	TUTD(I)	e_i	AMD(I)	AMUD(J)
γ_{id}	TD(I)	TUTD(J)	δ_i	DEL(I)	DLDR(J)
e_i	EHO(I)	EH(I)	δ_i	DEL(I)	DLDR(J)
e_i	EH(I)	EH(J)			

where $NH = NCLM + 2, MH = HSPH + 3, I = (N-1) * MH + H$
 $J = NH * M + 1, K = NH + H$

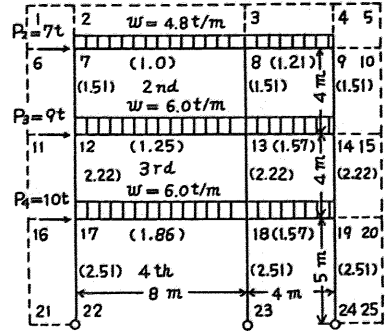


図4 3層2スパン矩形ラーメン

うな水平荷重 P をうけている場合をしめす。図中、括弧のついた数字はラーメンの各はり、ならびに各柱が有する剛度を、節点7と節点8を結ぶはりの剛度で除した剛比をしめす。図5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6にはラーメン各部材が受ける曲げモーメントの様子を描いておいた。

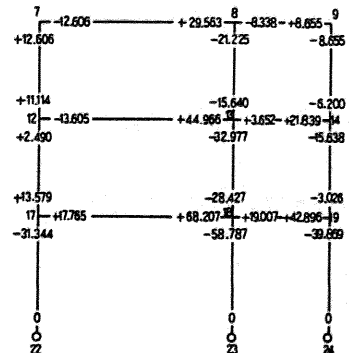


図5 材端曲げモーメント (単位 t-m)

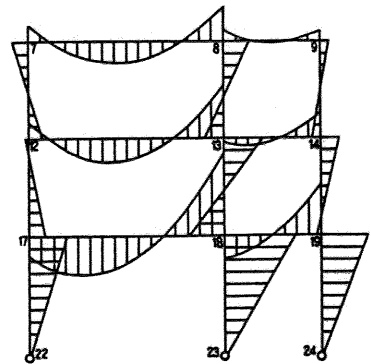


図6 各部材の曲げモーメント

文 献

- (1) 高野・原・根本, 機論 51-472A(昭60-12), p.2838-2845.