

多間ラーメンの動荷重に対する解法

大阪工大 正工博 重松 憲

本法はラーメンの任意格点の撓角を、その格点を起点とする strain energy が伝播する範囲内の材端モーメント群の函数として表わすものである。即ち図-2を参照して表せば、 $\theta_2 = (C_{12}, C_{21}, C_{23}, \dots)$ 但 $C_{12} = \frac{1}{2} \times (\theta_1)_{12}^2$

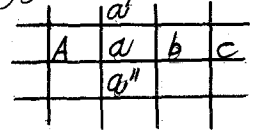


図-1

1) Strain Energy の伝播を表わすための形状係数

図-1を参照して次の各記号及び公式を準備する。

$M_{ab}, M_{aa}, \dots$: 力率剛度、格点 a に結節する各部材 $ab, aa, \dots$ について格点 a に単位回転度 ($K_{aa}=1$) を、従つて各材端に単位回転度を生ぜしめ得べき各材端モーメント

$$M_{aa} = M_{ab} + M_{aa'} + M_{aa''} + M_{aa'''} \quad , \quad M_{aa-ab} = M_{aa'} + M_{aa''} + M_{aa'''} = M_{aa} - M_{ab}$$

ここでは M_{aab} と同じ内容の M_{bba} を適用する。

部材 ab に関する弾性条件式として、例えば $M_{ab} = 2K_{ab}(\theta_a + \theta_b)$, $M_{ba} = 2K_{ab}(\theta_b + \theta_a)$ をとり、これに $\theta_a M_{ab} = M_{ab}$, $\theta_b M_{bba} = -M_{ba}$ を代入することにより、

$$\frac{\theta_b}{\theta_a} = \frac{M_{ab} - 4K_{ab}}{2K_{ab}} \dots (a), \quad \frac{\theta_b}{\theta_a} = \frac{2K_{ab}}{4K_{ab} + M_{bba}}; \quad M_{ab} = 4K_{ab} \frac{3K_{ab} + M_{bba}}{4K_{ab} + M_{bba}} \dots (1)$$

a 点のまわりの単位モーメントによる回転角 θ_a 及びその隣接格点への伝播率 M_{ab} は、

$$K_{aa} = 1/M_{aa} \dots (2)$$

$$M_{ab} = -2 + M_{ab}/2K_{ab} \dots (3)$$

M_{ab} の計算には剛率 $K_{ab} = kK$ に対し $M_{ab} = 4k$ 或は $3k$ などと1次とし、これについての M_{bba} から求めた m を2次とし、これを3次まで進めれば十分である。

(m については、第17回土木学会年次講演会、拙著：弾性変形の展開による多間多ラーメンの解法、参照)

以上の適用と次の策例による。

2) 算例 I

図-2で示す7格間ラーメンの荷重 $P_2, P_3, \dots$ による荷重函数

$\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots$ の形式を求め

(但し格点 3, 4, 5 の下戸柱材の剛率を $1.5K$ 、他の各部材のそれを K とする)

解 図-3 によつて m の値を、

図-4 によつて各格点の $K\theta$ 、

μ の値を附記する。

格点 1 に単位モーメントをよせたによる θ の値が隣接格点へ伝

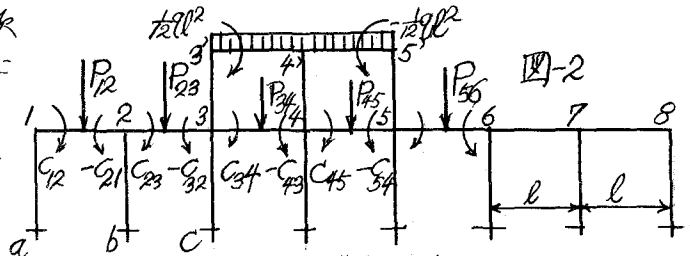


図-2

Figure 3: m table

	3.5	3.652	3.477	3.635	3.615	
3.645	3.485	3.485	3.615	3.77		
3.66	3.652	3.77	3.766	3.657	3.66	
		-1.174	-2.574			

図-3 m表

Figure 4: Kθ, μ table

	1.305	0.8875	0.592	0.5825	0.592	0.8756	0.896	1.306
-1.70	-1.16	-1.15	-1.168	-1.175				
-2.5	-1.74	-1.168	-1.15					

図-4 Kθ, μ表

橋(弾性配分)する逐次の ρ の値は; { 格点 1 2 3 3' 4
剛節構の任意2つの格点 a, b に因す } $K\rho$ の値 .130,5 -022,19 002,57 -000,67 -000,3
の回転モーメントと回転角との相対性
原理により, 格点 a からの弾性配分の状態を視て逆に a への被配分の状態がわかる。
従つて ρ の形式は上記 ρ の値から直ちに次の如く表記される。 $\rho_2, \dots$ についても同様に
して表記される。

$$\begin{array}{ccccccccc} C_{12} & (C_{12}+C_{23}) & (C_{12}+C_{34}) & C_{34} & (C_{34}+C_{45}) & (4') & -C_{54} \\ K\rho_1 = .130,55 & -022,2 & 002,57 & -000,68 & -000,3 & 0 & \\ K\rho_2 = -022,2 & .08875 & -010,29 & 002,7 & 001,18 & 0 & \\ K\rho_3 = 002,57 & -010,29 & .059,17 & -015,8 & -007,18 & 0 & 000,89 \end{array}$$

この数係数の配列は主項の対角線に因して対称はある。

$$\begin{aligned} M_{12} &= K(4\rho_1 + 2\rho_2) - C_{12} = -522,18 C_{12} - 088,74 C_{23} + 088,76 C_{34} + 010,3 C_{45} - 018,3 C_{54} \\ M_{1a} &= K(4\rho_1) = 522,18 \gg +088,74 \gg -088,76 \gg -010,3 \gg +018,28 \gg \end{aligned}$$

3) 例解 II

圖-5で示すラーメン橋において外側材の1
剛節を K , 内柱の3剛節を K とす。荷重 $P_1, P_2, \dots$
による解法。

解 Slope Shear formula

任意部材 ab に因

するせん断力の形

式(1)から R の式(1)

を, また式(1)によつて

ab の弾性式, 例え

は Slope deflection 公式

に對し R と S に置換することにより, Slope Shear 公式(2)が導かれ, 同時に M, ρ, N の各式を作る。

$$S_{ab} = -\frac{1}{2}(M_{ab} + M_{ba}) - 6 \frac{K_{ab}}{l} (C_a + C_b - 2R_{ab}) \dots (1) \quad R_{ab} = \frac{1}{2}(C_a + C_b) + \frac{1}{12} K_{ab} S_{ab} \dots (1)$$

$$\left. \begin{aligned} M_{ab} &= \frac{K_{ab} R_{ba} \dots (3), \quad K\rho_a = \frac{1}{l} M_a \dots (4), \quad N_{ab} = -\frac{M_{ab}}{K_{ab}} \dots (5) \\ M_{ab} &= K_{ab} (C_a - C_b) - \frac{1}{2} S_{ab} l \\ M_{ba} &= K_{ab} (C_b - C_a) - \frac{1}{2} S_{ba} l \end{aligned} \right\} (2)$$

格点2に単位モーメントをよせた $K\rho_2 = 215,1$ から逐次の伝播の値は,

$$\begin{array}{cccccc} \text{格点} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ K\rho & .0307 & .215,12 & .044,9 & .009,37 & .001,95 \end{array}$$

$$K\rho_1 = \frac{1}{2} S_{12} \quad \frac{1}{2} (S_{12} + S_{23}) \quad \frac{1}{2} (S_{23} + S_{34}) \quad \frac{1}{2} (S_{34} + S_{45}) \quad \frac{1}{2} (S_{45} + S_{56}) \quad \frac{1}{2} (S_{56} + S_{77})$$

$$K\rho_2 = .030,73 \quad .215,12 \quad .044,89 \quad .009,37 \quad .001,95$$

$$K\rho_3 = .006,41 \quad .044,89 \quad .218,1 \quad .045,52 \quad .009,5 \quad .001,98$$

構造に不静定支點がある場合には R の値を式(1)から逐次計算して条件 $\Sigma R=0$
が適用される。