

一般に、高次不静定構造物の解法としてのたわみ角法の利便性は周知の通りである。本報告においては、既報⁽¹⁾の立体ラーメンに対するたわみ角式およびネジリモーメント式を適用して、直交格子の部材力や影響線を求める方法、更に斜交格子の解法について述べる。

1. 直交格子の解法

本法により一般剛節骨組構造を解く場合には変形量を未知数に選ぶが、その総数と条件式(節点方程式、センカ方程式、適合条件)の総数とは全く一致し、解法は常に成立することは既に述べた⁽²⁾。しかし、通常仮定されているように、部材の断面重心とセンカ中心とが一致し、かつ、軸線がすべて同一平面内にある格子に、その面と直交する荷重のみが作用する場合には、次の式のみで充分である。図-1の任意節点*O*において

$$\text{節点方程式: } \sum M_{xoi} = 0, \quad \sum M_{yoi} = 0.$$

$$\text{センカ方程式: } \sum X_{yoi} - P = 0 \text{ (支点では不要)}$$

ここで、たとえば部材*Oa*の*O*端について

$$M_{xoa} = 2\beta k_{xoa}(\varphi_{xo} - \varphi_{xa}) + \bar{M}_{xoa},$$

$$M_{yza} = k_{yza}(2\varphi_{zo} + \varphi_{za} + \psi_{zoa}) + \bar{M}_{yza},$$

$$X_{yza} = -\frac{1}{l_{za}}(M_{yza} + M_{yao}) + \bar{X}_{yza}.$$

ただし、 $\beta = \pi/8(m+1)$, $\varphi_{xo} = 2EK\theta_{xo}$, $\varphi_{za} = 2EK\theta_{za}$,

$\varphi_{zo} = 2EK\theta_{zo}$, $\varphi_{za} = 2EK\theta_{za}$, $\psi_{zoa} = -6EKR_{zoa}$ である。なお、 K は格子全体についての基準剛度、

k は各部材の剛度の K に対する比(剛比)、 $\bar{M}$ は荷重項、 $\bar{X}$ は単純バリとしての支点反力を示す。もし、温度変化、支点変位なども考慮する必要がある場合には、先づ各スペース毎に適合条件式を適用して部材回転角の関係を明らかにし、

$\sum M_y = 0$, $\sum X_x = 0$, $\sum X_z = 0$ の式を追加すればよい。

2. 計算例(図-2) z 軸に関する対称条件より独立

な未知数の総数は13コである。弾性方程式は次の如である。

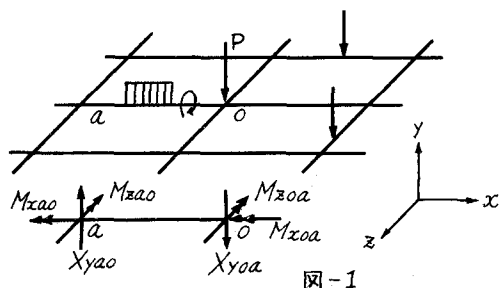


図-1

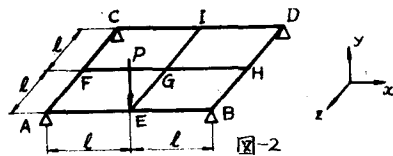


図-2

方 程 式	左						右						右 辺
$\sum M_{xA} = 0$	1	$2a+1$		-1	a				a				0
$\sum M_{xB} = 0$	2		$2a+1$		a				$-a$				0
$\sum M_{xC} = 0$	3	-2		$2a+2$		a			a	$-a$		a	0
$\sum M_{xD} = 0$	4	a	a		$4a+1$	-1							0
$\sum M_{xE} = 0$	5			a	-2	$4a+2$	a			$-a$	a		0
$\sum M_{xF} = 0$	6		-2		a	$2a+2$			$-a$		a	$-a$	0
$\sum M_{xG} = 0$	7						$2a+1$		-1		a		0
$\sum M_{xH} = 0$	8							$2a+1$	-1			a	0
$\sum M_{xI} = 0$	9						-1	-1	$2a+2$			a	0
$\sum X_{yE} - P = 0$	10			3		3	-6			2	-6		2
$\sum X_{yF} = 0$	11	3	3					3	-4				0
$\sum X_{yG} = 0$	12			-3			3		6	-4	2	2	-8
$\sum X_{yI} = 0$	13					3	3		6	-2		6	-2

これより φ, ψ を求めると端モーメントは結局次のように得られる。ここに、 $a = k_b/2\beta k_t$, $\mu = Pl/24(2+a)(6+a)(2+4a+a^2)$, k_b : 曲げ剛比, k_t : ネジリ剛比である。

$$\begin{aligned} A: & \begin{cases} M_{xAF} = -\mu(30+8/a+50a^2+7a^3), \\ M_{xAE} = \mu(30+8/a+50a^2+7a^3), \\ M_{zAF} = 3\mu(22+49a+24a^2+3a^3), \\ M_{zAE} = -3\mu(22+49a+24a^2+3a^3). \end{cases} \\ C: & \begin{cases} M_{xCF} = -\mu(6+2/a+14a^2+a^3), \\ M_{xCI} = \mu(6+2/a+14a^2+a^3), \\ M_{zCI} = 3\mu(4+29a+12a^2+a^3). \end{cases} \\ E: & \begin{cases} M_{xEG} = 2\mu(30+8/a+50a^2+7a^3), \\ M_{xEE} = -\mu(162+46/a+383a^2+117a^3+11a^4), \\ M_{zEG} = -2\mu(30+8/a+50a^2+7a^3), \\ M_{zEE} = \mu(162+46/a+383a^2+117a^3+11a^4). \end{cases} \\ F: & \begin{cases} M_{xFA} = -\mu(30+79a+47a^2+1/a^2+a^4), \\ M_{xFC} = \mu(-6-1/a+9a^2+7a^3+a^4), \\ M_{zFG} = 2\mu(18+49a+19a^2+2a^3), \\ M_{zFC} = 3\mu(14+29a+12a^2+a^3), \\ M_{zFG} = 6\mu(4+10a+6a^2+a^3). \end{cases} \\ G: & \begin{cases} M_{xGE} = 2\mu(30+79a+47a^2+1/a^2+a^4), \\ M_{xGI} = -2\mu(-6-1/a+9a^2+7a^3+a^4), \\ M_{zGF} = -2\mu(36+94a+64a^2+15a^3+a^4), \\ M_{zGI} = 2\mu(6+2/a+14a^2+a^3), \\ M_{zIC} = -\mu(54+119a+41a^2-3a^3-a^4). \end{cases} \\ I: & \begin{cases} M_{xIC} = -\mu(54+119a+41a^2-3a^3-a^4), \\ M_{zIC} = -\mu(54+119a+41a^2-3a^3-a^4). \end{cases} \end{aligned}$$

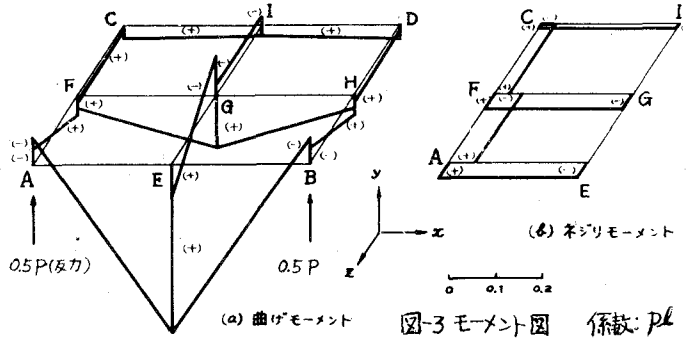


図-3は部材断面が正方形で、 $\pi=4$ と仮定したときのモーメント図を示す。この例では、ネジリモーメントの最大値(M_{zAF})は曲げモーメントの最大値(M_{xAE})の約16%である。たわみ曲線は端モーメントと ψ の値を用いて直ちにプロット出来る。なお、上図において $P=1$ とおけばE点のたわみの影響線となる。

3. 影響線

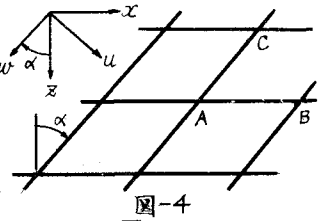
影響線は、これとたわみ曲線との相似性を利用して極めて簡単にプロット出来る⁽⁴⁾。すなわち、いま求めんとする部材力または反力に対応する単位歪または単位変位を支えた状態で弾性方程式を立て、これを解いて得られた端モーメントおよび ψ の値を用いて格子のたわみ曲線を求め、比例常数により修正すればよい。計算例は講演会で述べる。

4. 斜交格子

図-4に示す格子のAB部材については直交格子の端モーメント式がそのまま適用出来るが、AC部材については、たとえばA端における端モーメント、端センカの式は次のようになる。

$$\begin{aligned} M_{zAC} &= (2k_u a c \cos^2 \alpha + 2\beta k_w a c \sin^2 \alpha) \varphi_{zA} + (k_u a c \cos^2 \alpha - 2\beta k_w a c \sin^2 \alpha) \varphi_{zC} \\ &\quad + (k_u a c \sin 2\alpha - \beta k_w a c \sin 2\alpha) \varphi_{zA} + (\frac{1}{2} k_u a c \sin 2\alpha + \beta k_w a c \sin 2\alpha) \varphi_{zC} + k_u a c \cos \alpha \psi_{uAC} + \bar{M}_{uAC} \cos \alpha - \bar{M}_{wAC} \sin \alpha, \\ M_{zAC} &= (k_u a c \sin 2\alpha - \beta k_w a c \sin 2\alpha) \varphi_{zA} + (\frac{1}{2} k_u a c \sin 2\alpha + \beta k_w a c \sin 2\alpha) \varphi_{zC} \\ &\quad + (2k_u a c \sin^2 \alpha + 2\beta k_w a c \cos^2 \alpha) \varphi_{zA} + (k_u a c \sin^2 \alpha - 2\beta k_w a c \cos^2 \alpha) \varphi_{zC} + k_u a c \sin \alpha \psi_{uAC} + \bar{M}_{uAC} \sin \alpha + \bar{M}_{wAC} \cos \alpha, \\ X_{yAC} &= -\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \{ 3k_u a c (\cos \alpha \varphi_{zA} + \cos \alpha \varphi_{zC} + \sin \alpha \varphi_{zA} + \sin \alpha \varphi_{zC}) + 2k_u a c \psi_{uAC} + \bar{M}_{uAC} + \bar{M}_{wAC} \} + \bar{X}_{yAC}. \end{aligned}$$

弾性方程式は直交格子におけると同様にして得られ、その総数も直交格子におけるものと同じになる。計算例は講演会で述べる。



(1) 土木学会誌、38巻10号(1953), 土木学会論文集33号(1956)

(2) 第16回土木学会年次学術講演会(1961), 信州大学工学部紀要12号(1961)

(3) 福田武雄: 土木学会誌、17巻5号(1931)

(4) 村上 正: 九州大学工学集 報26巻4号(1953), 同27巻2号(1954), 同34巻1号(1961)