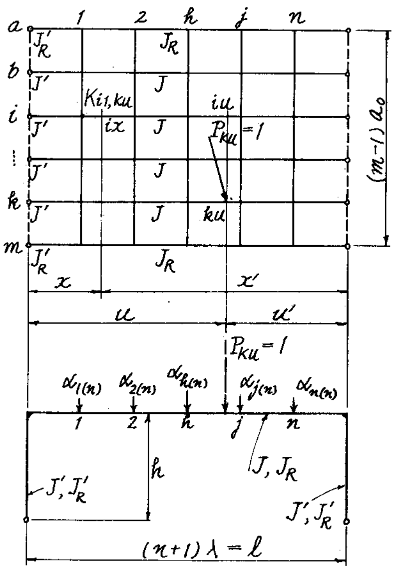
I —29　1径間ラーメン交差構造の解法

松尾橋梁株式会社　正員　銕　晴司

Hellmut Homberg はその著 1) Kreuzwerke, 1951 において，単桁ないし連続桁を並列した交差構造の解法を述べ，その後 2) Einflussflächen für Kreuzwerke, 1956 において，種々の構造に対する計算式並びに有益な数表を発表している。こゝに，ラーメンを主桁として並列した交差構造のうち，簡単な場合，すなわち，1径間ラーメン m 本を並列し，これらを横桁2本で連結した交差構造に対する解を，Homberg の理論に従って導いた。但し，次の仮定を設けた。1) 主桁は一定間隔 a_0 に，横桁は主桁の支間 l を等分した点に配置されているものとし，横桁は両端の主桁ラーメン間を連続している。2) 横桁と主桁との連結は引張圧縮に対して剛性を持っている。3) 両端のラーメンは中間のものとその断面を異にしている。4) 橋床は主桁で直接支持せられ主桁上部において中間ヒンヂを持っている。すなわち交差構造の一般の計算法と同じように橋床の連続性を無視する。5) ラーメンの弾性変形については，その部材軸方向力及びセン断力の影響並びにネジリ剛性を無視する。



図・1.

横桁 n 本と t 次不静定の主桁 m 本とから成る図・1の構造は $mt+n(m-2)$ 次不静定である。橋床を経て任意のラーメン k 上の位置 u に $P_{ku}=1$ が作用しているとき，各横桁と中間主桁との結合点に作用する $n(m-2)$ 個の格点荷重 $K_{ih,ku}$ を不静定未知量に選び，両端のラーメンを各横桁で連結した構造と $(m-2)$ 本の単独ラーメンとから成るものを基本構とする。単独ラーメンに対し n 個の格点に $\alpha_1, \alpha_2 \cdots \alpha_h \cdots \alpha_n$ なる n 個の集中荷重を同時に作用させた状態を，組み荷重群載荷状態と名付ける。横桁が n 本ある場合には，このような荷重群の n 組を採用し，その組別を明示するため第 n 組の荷重群には，添字 (n) を附し $\alpha_{h(n)},\ h=1,2\cdots n$ で表わすものとする。任意の単独ラーメン i に任意の組み荷重群 (n) が作用したとき，このラーメンの任意格点 h 及び荷重位置 u に生ずるタワミをそれぞれ $f_{ih,i(n)}$ 及び $f_{iu,i(n)}$ とする。このとき荷重群 $\alpha_{h(n)}$ は下記の式(1)を満足し，且つ相異った任意の組 (l) 組の組み荷重群 $\alpha_{h(l)},\ h=1\cdots n$ に対しては常に式(2)を満足するように選定する。

$$f_{ih,i(n)}=\omega_{i(n)}\cdot\alpha_{h(n)}\ ,\quad i=a,b\cdots m\ ;\ h=1,2\cdots n\ ;\ n=1,2\cdots n \tag{1}$$

$$\sum_{h=1}^{n}\alpha_{h(n)}\cdot\alpha_{h(l)}=0\ ,\quad n\neq l\ ,\ n=1,2\cdots n\ ;\ l=1,2\cdots n \tag{2}$$

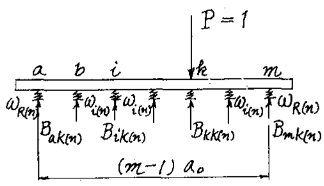
上式中の $\omega_{i(n)}$ は各荷重群毎に異る常数である。式(1)に対応して次式による $\gamma_{u(n)}$ が得られる。

$$f_{iu,i(n)}=\omega_{i(n)}\cdot\gamma_{u(n)}\ ,\quad i=a,b\cdots m\ ;\ n=1,2\cdots n\ ;\ 0\leqq u\leqq l \tag{3}$$

両端のラーメンの断面が中間ラーメンのものと異るとき，式(1)において $i=a, m$ に対応する $\omega_{a(n)}=\omega_{m(n)}=\omega_{R(n)}$ と中間ラーメンに関する $\omega_{i(n)}$ とから，次式の縁剛比 $\gamma_{(n)}$ を得る。

$$r_{(n)} = \omega_{i(n)} / \omega_{R(n)} \quad , \quad i = b \cdots m-1 \; ; \; n = 1,2 \cdots n \qquad (4)$$

横桁を図・2に示すバネ係数を持つ弾性支承上の連続桁と考え，$P=1$がk点に作用するとき各支点iに生ずる反力$B_{ik(n)}$は，Homberg の著書2)の§D.において，



図・2.

$$r = r_{(n)}$$

$$z = z_{(n)} = 6EJ_Q \cdot \omega_{i(n)} / a_0^3 \quad , \; J_Q = \text{横桁の断面2次モーメント} \qquad (5)$$

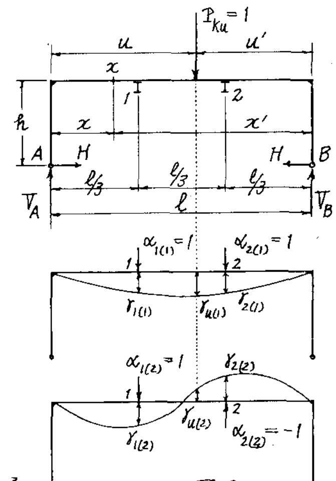
を代入することにより易く求められ，従って次式による$C_{ik(n)}$を算出することができる。

$$C_{ik(n)} = B_{ik(n)} \quad , \quad C_{ii(n)} = B_{ii(n)} - 1 \qquad (6)$$

従って，次式で与えられる格点荷重が決定せられ，結局凡ての断面力を求めることができる。

$$K_{ih,ku} = \sum_{n=1}^{n} \mu_{(n)} \alpha_{h(n)} \gamma_{u(n)} C_{ik(n)} \qquad (7)$$

$$\mu_{(n)} = 1 \div \sum_{h=1}^{m} \alpha_{h(n)}^2 \quad , \quad n = 1,2 \cdots n \qquad (8)$$



図・3.

横桁・2本，柱脚・ヒンジの場合の解（図・1及び3参照）

$$J_R = r_1 \cdot J \;, \quad J_R' = r_2 \cdot J' \;, \qquad z = (l : 2a_0)^3 J_Q : J$$

$$\kappa = \frac{J}{J'} \cdot \frac{h}{l} \;, \quad \kappa_R = \frac{J_R}{J_R'} \cdot \frac{h}{l} \;, \quad \xi_i = \frac{9}{2(2\kappa+3)} \;, \quad \xi_R = \frac{9}{2(2\kappa_R+3)}$$

組み荷重群載荷状態における剛比及び特性タワミ曲線

交差剛比：　$z_{(1)} = \frac{8}{81}(15 - 8\xi_i) \cdot z \;, \quad z_{(2)} = \frac{8}{81} z$

縁剛比：　$r_{(1)} = r_1 \cdot \frac{15 - 8\xi_i}{15 - 8\xi_R} \;, \quad r_{(2)} = r_1$

特性タワミ曲線：(i)　$0 \leqq u \leqq \frac{l}{3} \;, \quad u_1 = 3u/l \;, \quad 0 \leqq u_1 \leqq 1.$

$$\gamma_{u(1)} = \frac{1}{15 - 8\xi} \cdot [18u_1 - 3u_1^3 - 4u_1(3 - u_1)\xi] \;, \quad \gamma_{u(2)} = 2u_1 - u_1^3$$

(ii)　$\frac{l}{3} \leqq u \leqq \frac{2l}{3} \;, \quad u_2 = 3u/l - 1 \;, \quad 0 \leqq u_2 \leqq 1$

$$\gamma_{u(1)} = \frac{1}{15 - 8\xi} \cdot [15 + 9u_2 - 9u_2^2 - (2 + u_2 - u_2^2)\xi] \;, \quad \gamma_{u(2)} = 1 - u_2 - 3u_2^2 + 2u_2^3$$

常数：　$\mu_1 = 0.5 \;, \quad \mu_2 = 0.33333 \;, \quad \mu_3 = 0.16667 \;, \quad \mu_4 = \frac{2}{27} \cdot \frac{l}{h} \cdot \xi$

影響面縦距

		$\overset{0}{H}_{i,ku}$	$\gamma_{u(1)} C_{ik(1)}$	$\gamma_{u(2)} C_{ik(2)}$
格点荷重	$K_{i1,ku} =$	0	$+\mu_1$	$+\mu_1$
	$K_{i2,ku} =$	0	$+\mu_1$	$-\mu_1$
ラーメンの水平反力	$H_{i,ku} =$	$+1$	$+\mu_4$	0

横桁の曲げモーメント・セン断力		$\cdot\gamma_{u(1)} S_{yk(1)}$	$\cdot\gamma_{u(2)} S_{yk(2)}$
$S_{1y,ku}$	$=$	$+\mu_1$	$+\mu_1$

ラーメンの梁の曲げモーメント		$\overset{0}{M}_{ix,ku}$	$\cdot\gamma_{u(1)} C_{ik(1)}$	$\cdot\gamma_{u(2)} C_{ik(2)}$
$0 \leqq x \leqq l/3$	$M_{ix,ku} =$	$+1$	$+\mu_1 x - \frac{2}{27}\xi l$	$+\mu_3 x$
$l/3 \leqq x \leqq 2l/3$	$M_{ix,ku} =$	$+1$	$+\mu_3 l - \frac{2}{27}\xi l$	$+\mu_3 l - \mu_2 x$

ラーメンの梁のセン断力		$\overset{0}{Q}_{ix,ku}$	$\gamma_{u(1)} C_{ik(1)}$	$\cdot\gamma_{u(2)} C_{ik(2)}$
$0 \leqq x \leqq l/3$	$Q_{ix,ku} =$	$+1$	$+\mu_1$	$+\mu_3$
$l/3 \leqq x \leqq 2l/3$	$Q_{ix,ku} =$	$+1$	0	$-\mu_2$

註：1)　$\gamma_{u(1)}$の右辺及び上の表にあるξに対しては，中間ラーメンの計算の場合ξ_iを，外側ラーメンの場合ξ_Rを用いなければならない。2)　$\overset{0}{M}_{ix,ku}$，$\overset{0}{Q}_{ix,ku}$及び$\overset{0}{H}_{i,ku}$は$P_{ku}=1$によって基本構に生ずるM_{ix}，Q_{ix}及びH_iである。従って，$i \neq k$のときこれらは零である。

3)　$S_{yk(n)}$は，支点反力$C_{ik(n)}$のみによって，弾性支承上の連続桁の断面y（縁主桁との距離yにある）に生ずる曲げモーメント及びセン断力である。