

九州大学工学部 正 員 彦坂 照

〃 正 員 内谷 保

〃 学生員 石丸 俊郎

本研究は、曲率中心を共有する並列主桁曲線橋の支承線が橋軸と任意の角度で斜支する場合の力学的特性を静的および動的解析の結果から考察し、設計資料を得んとするものである。このタイプの構造は厳密解析が困難なので、ここでは差分法を用い、また構造のモデル化に際し、横桁は法線方向に配置されるものと仮定したうえ法線方向の曲げ剛性のみをもつ板に置換して取扱う。

図-1のように点Oを曲率中心として曲率半径 $R_1, R_2, \dots, R_N$ なるN本の並列主桁をもつ曲線橋の両端が任意に斜角支持されるものとし、各主桁の中心角を $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_N$ とする。各桁ごとに左端支承上の原点から任意点までの曲線長を s とし、任意の主桁 n に作用する鉛直荷重およびねじりモーメント荷重の強度をそれぞれ q_n, t_n とすれば、主桁 n に關して次の2つの釣合方程式が得られる。ただし、並列主桁曲線橋の個々の主桁のとり剛性は無視できるものとする。

$$\left. \begin{aligned} EI_n \left\{ \frac{d^4 y_n}{ds^4} - \frac{\mu_n}{R_n^2} \frac{d^2 y_n}{ds^2} + \frac{1+\mu_n}{R_n} \frac{d^2 \theta_n}{ds^2} \right\} &= q_n + \bar{v}_n - \bar{u}_n \\ -GJ_n \left\{ \frac{d^2 \theta_n}{ds^2} - \frac{\theta_n}{R_n^2 \mu_n} - \frac{1+\mu_n}{R_n \mu_n} \frac{d^2 y_n}{ds^2} \right\} &= t_n - \bar{m}_n - \bar{m}_n \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ここに、 y_n, θ_n ；鉛直たわみおよびねじり角、 EI_n ；曲げ剛性、 GJ_n ；ねじり剛性、 $\mu_n = GJ_n/EI_n$ 。また式(1)の右辺の $\bar{v}_n, \bar{u}_n, \bar{m}_n, \bar{m}_n$ は主桁 n と横桁との結合力で、変断面直線材のたわみ角式を用いることにより変形 y, θ で表わすことができる¹⁾。

図-2のように、各主桁を差分間隔 $\lambda_n = R_n \phi_n / m$ で m 等分し、式(1)の左辺を差分表示すれば、各差分点の変形量 $\mathbf{y} = (y_1, y_2, \dots)^T$ 、 $\mathbf{\theta} = (\theta_1, \theta_2, \dots)^T$ に關する次の連立1次方程式が得られる。ただし、支承において各主桁のたわみ、ねじり角および曲げモーメントがすべて零なる境界条件を用いる。

$$\begin{Bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \mathbf{y} \\ \mathbf{\theta} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \mathbf{q} \\ \mathbf{t} \end{Bmatrix} \quad (2)$$

ここに、 $\mathbf{K}$ は剛性マトリックス、 $\mathbf{q}$ および $\mathbf{t}$ は鉛直荷重およびねじりモーメント荷重の列ベクトル。ねじりモーメント荷重を考えない場合には、式(2)より $\mathbf{\theta}$ が消去され、

$$\mathbf{K}' \mathbf{y} = \mathbf{q} \quad (3a)$$

$$\mathbf{\theta} = -\mathbf{K}_{22}^{-1} \mathbf{K}_{21} \mathbf{y} \quad (3b) \quad \text{ただし } \mathbf{K}' = \mathbf{K}_{11} - \mathbf{K}_{12} \mathbf{K}_{22}^{-1} \mathbf{K}_{21}$$

式(2)または(3)の解 $\mathbf{y}, \mathbf{\theta}$ を差分表示された断面力の式に代入すれば、曲げモーメント、ねじりモーメント、支点反力などが得られる。

次に、自由振動解析を行うには、主桁 n の単位長さ当りの質量を ρ_n とし、個々の主桁のねじり慣性を無視すれば、式(3a)に代わる次の自由振動の基礎方程式が得られる。

$$\mathbf{K}' \mathbf{y} + \mathbf{M} \ddot{\mathbf{y}} = 0 \quad (4)$$

ここに、 $\mathbf{M}$ は各差分点における $\rho_n \lambda_n$ の対角行列である。固有円振動数 ω とすれば、振動数方程式は周知の次式で与えられる。

$$\text{determinant } |\mathbf{K}' - \omega^2 \mathbf{M}| = 0 \quad (5)$$

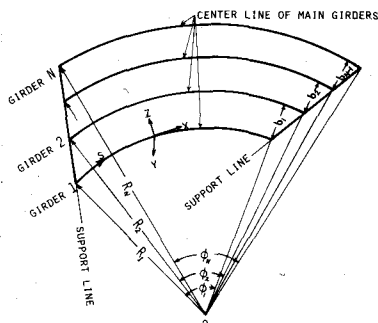


図-1

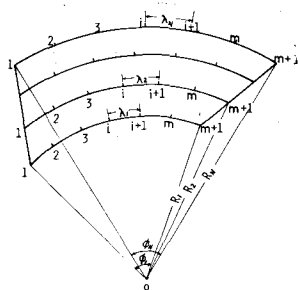
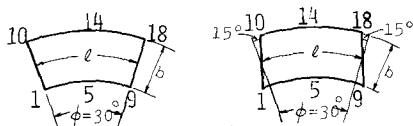


図-2

計算例

図-3 のような2種類の平面形状をもつ2

主桁曲線橋を考へ、スパン l (幅員中心の曲線長), 中心角 $\phi = 30^\circ$, 横桁の換算曲げ剛性 $D = 0.1EI/l$, 主桁間隔 $b = l/8$ は共通とする。各主桁を8等分して差分点1~18と設け、各主桁の中点5, 14に集中荷重 P を載荷したときの同点のたわみ y_5, y_{14} , 曲げモーメント M_5, M_{14} , 支点反力 R_1, R_{10} および4次までの固有円振動数を、4種類の横断面平状について表-1 に示した。



RADIAL SUPPORT

SKIEW SUPPORT

図-3 2主桁曲線橋の平面形状

表-1 2主桁曲線橋の静力学的特性および固有円振動数

横断面の形状 および 断面諸値			A-1		A-2		B-1		B-2	
			$\mu = 1/40$		$\mu = 1/40$		$\mu = 3$		$\mu = 3$	
載荷点			RADIAL	SKIEW	RADIAL	SKIEW	RADIAL	SKIEW	RADIAL	SKIEW
たわみ	y_5	5	.0223	.0220	.0253	.0252	.0222	.0215	.0234	.0259
		14	.0202	.0170	.0136	.0109	.0215	.0209	.0217	.0203
	y_{14}	5	.0202	.0170	.0136	.0109	.0215	.0209	.0217	.0203
		14	.0770	.0676	.0627	.0547	.0265	.0259	.0258	.0244
曲げモーメント	M_5	5	.1526	.1522	.1383	.1381	.1485	.1425	.1140	.1087
		14	-.0065	-.0106	-.0176	-.0192	.1107	.1048	.0746	.0693
	M_{14}	5	.0951	.0921	.1093	.1052	.0992	.0996	.1337	.1307
		14	.2709	.2604	.2820	.2695	.1538	.1555	.1898	.1880
支点反力	R_1	5	.2358	.1529	.1963	.1229	.2385	.0870	.1502	.0123
		14	-.0270	-.1695	-.0575	-.1537	.2918	.1301	.1952	.0479
	R_{10}	5	.2642	.3471	.3037	.3771	.2615	.4130	.3498	.4877
		14	.5270	.6695	.5575	.6537	.2082	.3699	.3049	.4521
固有円振動数	ω	ω_1	6.866	7.443	7.662	8.343	9.398	9.561	9.374	9.724
		ω_2	16.59	16.04	14.38	13.96	36.89	37.30	36.53	36.69
		ω_3	32.18	34.45	36.41	35.42	44.29	44.04	43.66	43.37
		ω_4	44.72	42.35	37.95	39.70	60.96	59.90	60.01	60.11

太字は曲げが卓越する振動 細字はねじりが卓越する振動

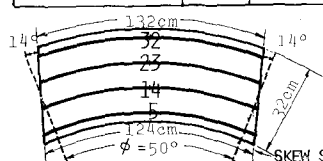


図-4 4主桁曲線橋模型の平面形状

また、アクリル樹脂板より作製した図-4 の平面形状をもつ斜角支持4主桁曲線橋 ($I_1 \sim I_4 = 13.56 \text{ cm}^4$, $GJ/EI = 0.00867$, 横桁の換算曲げ剛性 $D = 0.0706 \text{ cm}^4/\text{cm}$) について、各主桁中点に集中荷重を載荷したときのたわみおよびたわみを測定して各主桁中点モーメントおよびたわみの橋軸直角方向の影響線を求め、図-5 の結果を得た。

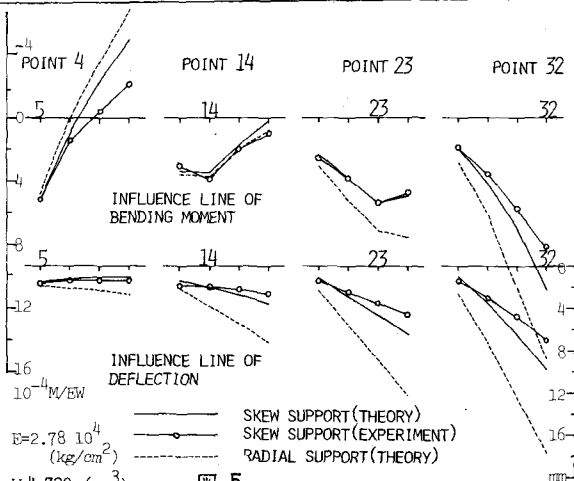


図-5

【参考文献】彦坂・内谷・大塚：非扇形曲線橋の解析。土木学会第29回年次学術講演会概要集，昭和49年10月