

曲線箱桁の実用計算式と 斜支承を有する曲線格子桁橋の解析

大阪大学工学部 正員 小松定夫
大阪大学工学部 正員 ○林 正

1. まえがき

本研究は、まず箱桁のようにねじり剛性が大なる曲線桁について、すでに発表されている単純支持曲線桁橋や連続曲線桁橋の断面力および変形量の解式^{1)~4)}を単純化した実用計算式を与えた。次に、支承が斜めに配置された曲線格子桁の解析を行った。任意形状の格子桁の解法はすでに著者の一人により、発表されているが⁶⁾、本文ではこの理論をさらに拡張して主桁が相互にずれて配置されたために横桁が主桁間を貫通していない曲線格子桁を扱った。また、横桁が途中で一部欠けている場合にも解析可能である。さらにこの一般式から、梯子型曲線格子箱桁橋の実用計算式も導いた。

以上の計算式を用いて、主桁は二本の曲線箱桁からなり、かつ斜支承を有する3径間連続曲線格子桁の数値解析を行い、さらに模型実験によって解式の合理性を確認した。

2. 曲線箱桁の実用計算式

主桁断面がねじり剛性の大きい閉断面である場合には、単純支持曲線桁および連続曲線桁の厳密解は実用的な意味で極めて単純化される。

この実用計算式を誘導する際には、次の条件を用いた。

1) 箱桁では $\alpha(-R\sqrt{GJ/EC_w})$ はかなり大きいので、双曲線関数を含む項は極めて高次の微小項となり、省略できる。

2) $\alpha^2 \gg 1$ として近似計算を行った。

3) セン断中心の図心に対する偏心量は無視できるので、 $R_0 \cong R$ とした。

表-1 単純支持曲線桁の実用計算式

	集 中 荷 重	集 中 ト ル ン
M_w	$\frac{RRP}{\alpha^2} \frac{\sin(\varphi-\psi)\sin\phi}{\sin\psi} \quad (0 \leq \phi \leq \psi)$ $\frac{RRP}{\alpha^2} \frac{\sin(\varphi-\phi)\sin\psi}{\sin\phi} \quad (\psi \leq \phi \leq \varphi)$	$-m_T \frac{R}{\alpha^2} \frac{\sin(\varphi-\psi)\sin\phi}{\sin\psi} \quad (0 \leq \phi \leq \psi)$ $-m_T \frac{R}{\alpha^2} \frac{\sin(\varphi-\phi)\sin\psi}{\sin\phi} \quad (\psi \leq \phi \leq \varphi)$
θ	$\frac{RP}{GJ} \left[\bar{R} \frac{\sin(\varphi-\psi)\sin\phi}{\sin\psi} + R \frac{\varphi-\psi}{\psi} \phi \right] \quad (0 \leq \phi \leq \psi)$ $\frac{RP}{GJ} \left[-\bar{R} \frac{\sin(\varphi-\phi)\sin\psi}{\sin\phi} + R \frac{\varphi-\phi}{\phi} \psi \right] \quad (\psi \leq \phi \leq \varphi)$	$m_T \frac{R}{GJ} \frac{\sin(\varphi-\psi)\sin\phi}{\sin\psi} \quad (0 \leq \phi \leq \psi)$ $m_T \frac{R}{GJ} \frac{\sin(\varphi-\phi)\sin\psi}{\sin\phi} \quad (\psi \leq \phi \leq \varphi)$
β	$\frac{RRP}{2} \left(\frac{1}{GJ} + \frac{1}{EI_y} \right) \left(\frac{\sin(\varphi-\psi)}{\sin\psi} \right) \left(\frac{\cos\phi}{\sin\psi} \sin\phi - \phi \cos\phi \right) + \left\{ \sin(\varphi-\psi) - (\varphi-\psi) \cos(\varphi-\psi) \right\} \frac{\sin\phi}{\sin\psi} \quad (0 \leq \phi \leq \psi)$ $\frac{RRP}{2} \left(\frac{1}{GJ} + \frac{1}{EI_y} \right) \left(\frac{\sin(\varphi-\phi)}{\sin\phi} \right) \left(\frac{\cos\psi}{\sin\phi} \sin\psi - \psi \cos\psi \right) + \left\{ \sin(\varphi-\phi) - (\varphi-\phi) \cos(\varphi-\phi) \right\} \frac{\sin\psi}{\sin\phi} \quad (\psi \leq \phi \leq \varphi)$	$-m_T R \left[\frac{1}{2} \left(\frac{1}{GJ} + \frac{1}{EI_y} \right) \left(\frac{\sin(\varphi-\psi)}{\sin\psi} \right) \left(\frac{\cos\phi}{\sin\psi} \sin\phi - \phi \cos\phi \right) + \left\{ \sin(\varphi-\psi) - (\varphi-\psi) \cos(\varphi-\psi) \right\} \frac{\sin\phi}{\sin\psi} \right] - \frac{1}{GJ} \frac{\sin(\varphi-\psi)\sin\phi}{\sin\psi} \quad (0 \leq \phi \leq \psi)$ $-m_T R \left[\frac{1}{2} \left(\frac{1}{GJ} + \frac{1}{EI_y} \right) \left(\frac{\sin(\varphi-\phi)}{\sin\phi} \right) \left(\frac{\cos\psi}{\sin\phi} \sin\psi - \psi \cos\psi \right) + \left\{ \sin(\varphi-\phi) - (\varphi-\phi) \cos(\varphi-\phi) \right\} \frac{\sin\psi}{\sin\phi} \right] - \frac{1}{GJ} \frac{\sin(\varphi-\phi)\sin\psi}{\sin\phi} \quad (\psi \leq \phi \leq \varphi)$

δ	$R^2 \left[\frac{R}{GJ} \left\{ \frac{\sin(\Phi-\Psi)}{\sin\Phi} \sin\Phi + \frac{\Phi-\Psi}{\Phi} \right\} - \frac{R}{2} \left(\frac{1}{GJ} + \frac{1}{EI_y} \right) \left\{ \frac{\sin(\Phi-\Psi)}{\sin\Phi} \right\} \right.$ $\times \left(\frac{\cos\Phi}{\sin\Phi} \sin\Phi - \Phi \cos\Phi \right) + \left. \left(\sin(\Phi-\Psi) - (\Phi-\Psi) \cos(\Phi-\Psi) \right) \frac{\sin\Phi}{\sin\Phi} \right]$	$\frac{M_T R^2}{2} \left(\frac{1}{GJ} + \frac{1}{EI_y} \right) \left\{ \frac{\sin(\Phi-\Psi)}{\sin\Phi} \right\} \left(\frac{\cos\Phi}{\sin\Phi} \sin\Phi - \Phi \cos\Phi \right)$ $+ \left\{ \sin(\Phi-\Psi) - (\Phi-\Psi) \cos(\Phi-\Psi) \right\} \frac{\sin\Phi}{\sin\Phi}$ ($0 \leq \Phi \leq \Psi$)
	$R^2 \left[\frac{R}{GJ} \left\{ \frac{\sin(\Phi-\Phi)}{\sin\Phi} \sin\Phi + \frac{\Phi-\Phi}{\Phi} \right\} - \frac{R}{2} \left(\frac{1}{GJ} + \frac{1}{EI_y} \right) \left\{ \frac{\sin(\Phi-\Phi)}{\sin\Phi} \right\} \right.$ $\times \left(\frac{\cos\Phi}{\sin\Phi} \sin\Phi - \Phi \cos\Phi \right) + \left. \left(\sin(\Phi-\Phi) - (\Phi-\Phi) \cos(\Phi-\Phi) \right) \frac{\sin\Phi}{\sin\Phi} \right]$	$\frac{M_T R^2}{2} \left(\frac{1}{GJ} + \frac{1}{EI_y} \right) \left\{ \frac{\sin(\Phi-\Phi)}{\sin\Phi} \right\} \left(\frac{\cos\Phi}{\sin\Phi} \sin\Phi - \Phi \cos\Phi \right)$ $+ \left\{ \sin(\Phi-\Phi) - (\Phi-\Phi) \cos(\Phi-\Phi) \right\} \frac{\sin\Phi}{\sin\Phi}$ ($\Psi \leq \Phi \leq \Phi$)
T_s	$-P \left[R \frac{\sin(\Phi-\Psi) \cos\Phi}{\sin\Phi} - R \frac{\Phi-\Psi}{\Phi} \right]$ ($0 \leq \Phi \leq \Psi$)	$m_T \frac{\sin(\Phi-\Psi) \cos\Phi}{\sin\Phi}$ ($0 \leq \Phi \leq \Psi$)
	$P \left[R \frac{\cos(\Phi-\Phi) \sin\Psi}{\sin\Phi} - R \frac{\Psi}{\Phi} \right]$ ($\Psi \leq \Phi \leq \Phi$)	$-m_T \frac{\cos(\Phi-\Phi) \sin\Psi}{\sin\Phi}$ ($\Psi \leq \Phi \leq \Phi$)
T_w	$-\frac{RP}{\alpha^2} \frac{\sin(\Phi-\Psi) \cos\Phi}{\sin\Phi}$ ($0 \leq \Phi \leq \Psi$)	$\frac{m_T R}{\alpha^2} \frac{\sin(\Phi-\Psi) \cos\Phi}{\sin\Phi}$ ($0 \leq \Phi \leq \Psi$)
	$\frac{RP}{\alpha^2} \frac{\cos(\Phi-\Phi) \sin\Psi}{\sin\Phi}$ ($\Psi \leq \Phi \leq \Phi$)	$-\frac{m_T}{\alpha^2} \frac{\cos(\Phi-\Phi) \sin\Psi}{\sin\Phi}$ ($\Psi \leq \Phi \leq \Phi$)

は 5 軸対称で、 $I_{yz} = 0$ である箱桁断面の応力は次式のようになる。

$$\sigma = \frac{R}{\rho} \cdot \frac{M_y}{I_y} z + W_s \frac{M_w}{C_w}$$

上式中、第 2 項の値は一般に小さいので省略できる。

表-2 連続曲線箱桁の実用計算式

弾性方程式の係数	$[a]_{mj} = \frac{R_j}{E_s J_{y_j}} \left(\frac{2\Phi_j - \sin 2\Phi_j}{4 \sin^2 \Phi_j} \right) + \frac{R_j}{G_s J_{\phi_j}} \left(\frac{\Phi_j}{2} \operatorname{cosec}^2 \Phi_j + \frac{1}{2} \cot \Phi_j - \frac{1}{\Phi_j} \right)$ $a_{m,m-1} = \frac{R_{m-1}}{E_s I_{y_{m-1}}} \left(\frac{\sin \Phi_{m-1} - \Phi_{m-1} \cos \Phi_{m-1}}{2 \sin^2 \Phi_{m-1}} \right) - \frac{R_{m-1}}{G_s J_{\phi_{m-1}}} \left(\frac{1}{2} [\Phi_{m-1} \cot \Phi_{m-1} + 1] \operatorname{cosec} \Phi_{m-1} - \frac{1}{\Phi_{m-1}} \right)$ $a_{m,m+1} = \frac{R_m}{E_s I_{y_m}} \left(\frac{\sin \Phi_m - \Phi_m \cos \Phi_m}{2 \sin^2 \Phi_m} \right) - \frac{R_m}{G_s J_{\phi_m}} \left(\frac{1}{2} [\Phi_m \cot \Phi_m + 1] \operatorname{cosec} \Phi_m - \frac{1}{\Phi_m} \right)$	
	$[b]_{mj} = -\frac{1}{G_s J_{\phi_j}} \left(\cot \Phi_j + \frac{1}{\alpha_j} - \frac{1}{\Phi_j} \right)$ ($d]_{mj} = \frac{1}{G_s J_{\phi_j}} R_j \left(\alpha_j - \frac{1}{\Phi_j} \right)$ $b_{m,m-1} = \frac{1}{G_s J_{\phi_{m-1}}} \left(\operatorname{cosec} \Phi_{m-1} - \frac{1}{\Phi_{m-1}} \right)$ ($d_{m,m-1} = \frac{1}{G_s J_{\phi_{m-1}}} R_{m-1} \Phi_{m-1}$ $b_{m,m+1} = \frac{1}{G_s J_{\phi_m}} \left(\operatorname{cosec} \Phi_m - \frac{1}{\Phi_m} \right)$ ($d_{m,m+1} = \frac{1}{G_s J_{\phi_m}} R_m \Phi_m$	
弾性方程式の荷重項	$L_{mj} = p_j \Delta_j \frac{R_j}{E_s I_{y_j}} \left\{ \frac{(1 - \cos \Phi_j)(\Phi_j - \sin \Phi_j)}{2 \sin^2 \Phi_j} \right\} + \frac{R_j}{G_s J_{\phi_j}} \left\{ \Delta_j \left(\frac{\Phi_j}{2} \operatorname{cosec} \Phi_j - \frac{1}{2} \right) \tan \frac{\Phi_j}{2} - \Delta_j \left(\tan \frac{\Phi_j}{2} - \frac{\Phi_j}{2} \right) \right\}$ $N_{mj} = \frac{p_j}{G_s J_{\phi_j}} \left\{ \Delta_j \left(\tan \frac{\Phi_j}{2} - \frac{1}{\alpha_j} \right) + \Delta_j \left(\frac{1}{\alpha_j} - \frac{\Phi_j}{2} \right) \right\}$	
	$L_{m,m} = W_m \left\{ \frac{\Delta_{2m}}{E_s I_{y_m}} \left(\frac{\psi_m \sin \psi_m - \psi_m \sin \psi_m \cos \Phi_m}{2 \sin^2 \Phi_m} \right) + \frac{1}{G_s J_{\phi_m}} \left\{ \Delta_{2m} \left(\frac{\psi_m \sin \psi_m - \psi_m \sin \psi_m \cos \Phi_m}{2 \sin^2 \Phi_m} - \frac{\sin \psi_m}{\alpha_m \sin \Phi_m} \right) - \Delta_{3m} \left(\frac{\sin \psi_m}{\sin \Phi_m} - \frac{\psi_m}{\Phi_m} \right) \right\} \right\}$ $L_{m,m-1} = W_{m-1} \left\{ \frac{\Delta_{2m-1}}{E_s I_{y_{m-1}}} \left(\frac{\psi_{m-1} \sin \psi_{m-1} - \psi_{m-1} \sin \psi_{m-1} \cos \Phi_{m-1}}{2 \sin^2 \Phi_{m-1}} \right) + \frac{1}{G_s J_{\phi_{m-1}}} \left\{ \Delta_{2m-1} \left(\frac{\psi_{m-1} \sin \psi_{m-1} - \psi_{m-1} \sin \psi_{m-1} \cos \Phi_{m-1}}{2 \sin^2 \Phi_{m-1}} - \frac{\sin \psi_{m-1}}{\alpha_{m-1} \sin \Phi_{m-1}} \right) - \Delta_{3m-1} \left(\frac{\sin \psi_{m-1}}{\sin \Phi_{m-1}} - \frac{\psi_{m-1}}{\Phi_{m-1}} \right) \right\} \right\}$ $N_{m,m} = \begin{cases} \frac{W_m}{R_m G_s J_{\phi_m}} (\Delta_{2m} \sin \psi_m - \Delta_{3m} \frac{\psi_m}{\Phi_m}) & (\psi_m \neq 0) \\ 0 & (\psi_m = 0) \end{cases}$ $N_{m,m-1} = \begin{cases} \frac{W_{m-1}}{R_{m-1} G_s J_{\phi_{m-1}}} (\Delta_{2m-1} \sin \psi_{m-1} - \Delta_{3m-1} \frac{\psi_{m-1}}{\Phi_{m-1}}) & (\psi_{m-1} \neq \Phi_{m-1}) \\ 0 & (\psi_{m-1} = \Phi_{m-1}) \end{cases}$	
断面力と変形量	$M_{wm} = M_{wm0} + \frac{R_m}{\alpha^2 m} \left(M_m \frac{\sin \Phi_m}{\sin \Phi_m} + M_{m+1} \frac{\sin \Phi_m}{\sin \Phi_m} \right)$ ($\Phi_m \neq 0, \Phi_m$) $T_{sm} = T_{sm0} + \frac{1}{R_m \Phi_m} (M_m - M_{m+1}) + M_m \left(\frac{\cos \Phi_m}{\sin \Phi_m} - \frac{1}{\Phi_m} \right) + M_{m+1} \left(\frac{1}{\Phi_m} - \frac{\cos \Phi_m}{\sin \Phi_m} \right)$ ($\Phi_m \neq 0, \Phi_m$) $T_{wm} = T_{wm0} + \frac{1}{\alpha^2 m} \left[M_m \frac{\cos \Phi_m}{\sin \Phi_m} - M_{m+1} \frac{\cos \Phi_m}{\sin \Phi_m} \right]$ ($\Phi_m \neq 0, \Phi_m$)	
	$\delta_m = \delta_{m0} + R_m \left\{ \frac{1}{G_s J_{\phi_m}} \left(M_m \frac{\sin \Phi_m}{\sin \Phi_m} - \frac{\Phi_m}{\Phi_m} \right) + \frac{1}{G_s J_{\phi_m}} M_{m+1} \left(\frac{\sin \Phi_m}{\sin \Phi_m} - \frac{\Phi_m}{\Phi_m} \right) - M_m \left\{ \frac{R_m}{G_s J_{\phi_m}} \frac{\sin \Phi_m}{\sin \Phi_m} - \frac{\Phi_m}{\Phi_m} \right\} + \frac{\lambda_m}{\sin \Phi_m} \left(\Phi_m \cos \Phi_m - \Phi_m \frac{\sin \Phi_m}{\sin \Phi_m} \right) - M_{m+1} \left\{ \frac{R_m}{G_s J_{\phi_m}} \frac{\sin \Phi_m}{\sin \Phi_m} - \frac{\Phi_m}{\Phi_m} \right\} + \frac{\lambda_m}{\sin \Phi_m} \left(\Phi_m \cos \Phi_m - \Phi_m \frac{\sin \Phi_m}{\sin \Phi_m} \right) \right\}$ $\lambda_m = \frac{R_m}{2} \left(\frac{1}{G_s J_{\phi_m}} + \frac{1}{E_s I_{y_m}} \right)$ $\beta_m = \beta_{m0} + \frac{1}{G_s J_{\phi_m}} \left(\frac{R_m}{\alpha^2 m} M_m - M_m \right) \frac{\sin \Phi_m}{\sin \Phi_m} + \left(\frac{R_m}{\alpha^2 m} M_{m+1} - M_{m+1} \right) \frac{\sin \Phi_m}{\sin \Phi_m}$ ($\Phi_m \neq 0, \Phi_m$) $+ \frac{\lambda_m}{\sin \Phi_m} \left[M_m (\Phi_m \cos \Phi_m - \Phi_m \frac{\sin \Phi_m}{\sin \Phi_m}) + M_{m+1} (\Phi_m \cos \Phi_m - \Phi_m \frac{\sin \Phi_m}{\sin \Phi_m}) \right]$	

3. 曲線斜格子桁橋

本文で扱う曲線斜格子桁橋は、図-1
に示すようなもので、その構造形式は
次の仮定を満足するものとする。

- 1) 横桁は全部材とも直線材である。
- 2) 横桁のねじり剛性は無視する。
- 3) 横桁は主桁とほぼ直角に交わり、
かつ、主桁と剛結されている。

- 4) 横桁は各主桁間に同数ある必要
はなく、一部欠けていてもよい。

格子桁を横桁の中心で切断すると、
単一化された主桁には不静定せん断力
Vおよび不静定曲げモーメントMが作
用する。

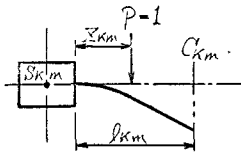


Fig.3 Loading on cross beam

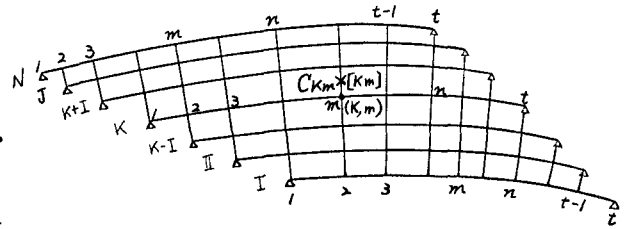


Fig.1 General plan of skewed grillage girder

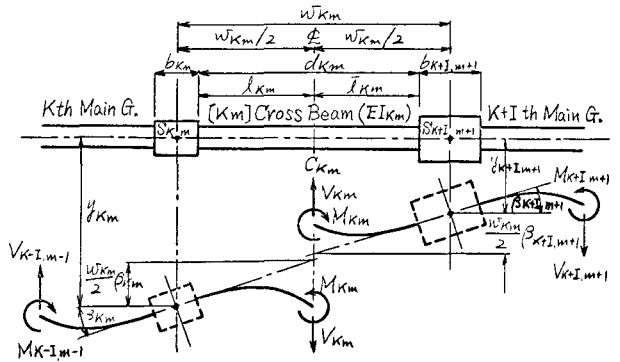


Fig.2 Deformation of main girder and cross beam

横桁を片持ばりと考えて、その自由端、すなわち断面 C_{Km} で連続条件式を作ると、次のようになる。

$$y_{K+I, m+1} = y_{Km} + \frac{W_{Km}}{2} (\beta_{K+I, m+1} + \beta_{Km}) - \frac{V_{Km}}{2EI_{Km}} (\bar{l}_{Km}^3 + l_{Km}^3) + \frac{M_{Km}}{2EI_{Km}} (\bar{l}_{Km}^2 - l_{Km}^2) + \frac{z_{Km}^2 (3\bar{l}_{Km} - z_{Km})}{6EI_{Km}} - \frac{\bar{z}_{Km}^2 (3\bar{l}_{Km} - \bar{z}_{Km})}{6EI_{Km}} \quad (1)$$

$$\beta_{K+I, m+1} = \beta_{Km} - \frac{V_{Km}}{2EI_{Km}} (\bar{l}_{Km}^2 - l_{Km}^2) + \frac{M_{Km}}{EI_{Km}} (\bar{l}_{Km} - l_{Km}) - \frac{z_{Km}^2 + \bar{z}_{Km}^2}{2EI_{Km}} \quad (2)$$

上式中、 $z, \bar{z}$ を含む項は荷重が横桁上に載荷された場合の付加変形量を表わす。

弾性方程式は、式(1),(2)に単一化された主桁の変形量 y, β を代入して求められる。

$$\begin{aligned} & \sum_{n=1}^{t-1} \left[-(\bar{z}_{K+I, m+1} + \frac{W_{K+I, n}}{2} \gamma_{K+I, m+1}) + W_{Km} (\phi_{K+I, m+1} + \frac{W_{K+I, n}}{2} \psi_{K+I, m+1}) \right] V_{K+I, n} \\ & + \sum_{n=1}^{t-1} \left[(\bar{z}_{K+I, m+1} + \bar{z}_{Km}) + \frac{W_{Km}}{2} (\gamma_{K+I, m+1} - \gamma_{Km}) - W_{Km} (\phi_{K+I, m+1} - \phi_{Km}) + \frac{W_{Km}}{2} \psi_{K+I, m+1} + \frac{W_{Km}}{2} \psi_{Km} \right] V_{Km} \\ & + \sum_{n=1}^{t-1} \left[-\bar{z}_{K+I, m+1} + \frac{W_{K+I, n}}{2} \gamma_{K+I, m+1} \right] V_{K+I, n} + \sum_{n=1}^{t-1} \left[-\gamma_{K+I, m+1} + W_{Km} \psi_{K+I, m+1} \right] M_{K+I, n} \\ & + \sum_{n=1}^{t-1} \left[(\gamma_{K+I, m+1} + \gamma_{Km}) - W_{Km} \psi_{K+I, m+1} + \frac{W_{Km}}{2EI_{Km}} \{ (\bar{l}_{Km}^2 - l_{Km}^2) - W_{Km} (\bar{l}_{Km} - l_{Km}) \} \right] M_{Km} + \sum_{n=1}^{t-1} (-\gamma_{K+I, m+1}) M_{K+I, n} \\ & = (y_{K+I, m+1} - y_{Km, 0}) + W_{Km} \beta_{Km, 0} - \frac{1}{6EI_{Km}} \left\{ z_{Km}^2 (3\bar{l}_{Km} - z_{Km}) - \bar{z}_{Km}^2 (3\bar{l}_{Km} - \bar{z}_{Km}) + \frac{3}{2} W_{Km} (z_{Km}^2 + \bar{z}_{Km}^2) \right\} \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \sum_{n=1}^{t-1} \left[-\phi_{K+I, m+1} - \frac{W_{K+I, n}}{2} \psi_{K+I, m+1} \right] V_{K+I, n} + \sum_{n=1}^{t-1} \left[(\phi_{K+I, m+1} + \phi_{Km}) + \frac{W_{Km}}{2} (\psi_{K+I, m+1} - \psi_{Km}) + \frac{W_{Km}}{2EI_{Km}} (\bar{l}_{Km}^2 - l_{Km}^2) \right] V_{Km} \\ & + \sum_{n=1}^{t-1} \left[-\phi_{K+I, m+1} + \frac{W_{K+I, n}}{2} \psi_{K+I, m+1} \right] V_{K+I, n} + \sum_{n=1}^{t-1} (-\psi_{K+I, m+1}) M_{K+I, n} + \sum_{n=1}^{t-1} \left[(\psi_{K+I, m+1} + \psi_{Km}) + \frac{W_{Km}}{2EI_{Km}} (\bar{l}_{Km} + l_{Km}) \right] M_{Km} + \sum_{n=1}^{t-1} (-\gamma_{K+I, m+1}) M_{K+I, n} \\ & = (\beta_{K+I, m+1} - \beta_{Km, 0}) + \frac{1}{2EI_{Km}} (z_{Km}^2 + \bar{z}_{Km}^2) \quad (K = I, II, \dots, N) \quad (4) \end{aligned}$$

$$\mu_{mn} = \begin{cases} 1 & (m=n) \\ 0 & (m \neq n) \end{cases}$$

$\eta_{km}, \beta_{km}, \zeta_{km}, \phi_{km}, \gamma_{km}, \psi_{km}$ は第 k 主桁を単一連続曲線桁とした場合に、外力荷重・単位集中荷重 $P_k=1$ ・単位集中トルク $T_k=1$ による格点 m のたわみおよび回転角である。

式(3),(4) を行列表示すると、次のような形になる。

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V \\ IM \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q \\ S \end{bmatrix} \quad (5)$$

ここに、 A, B, C, D は係数行列で、格子桁が図-1のごとき部材から成る場合には、 $(N-1)(t-1)$ 次の正方行列となる。また、 V, IM は不静定断面力、 Q, S は荷重項を表わす。

第 k 主桁の任意断面 x における断面力または変形量 U_{kx} は、単一化された第 k 主桁の断面 x での外力荷重による断面力または変形量を U_{kx0} とすると、次式にて表わされる。

$$U_{kx} = U_{kx0} + \sum_{n=1}^{t-1} (V_{kn} - V_{k(n-1)}) \zeta_{kxn} + \sum_{n=1}^{t-1} [(M_{kn} - M_{k(n-1)}) - (\frac{W_{kn}}{2} V_{kn} + \frac{W_{k(n-1)}}{2} V_{k(n-1)})] \chi_{kxn} \quad (6)$$

ここに、 ζ_{kxn}, χ_{kxn} は第 k 主桁を単一連続曲線桁とした場合に、格点 n に作用する単位集中荷重、単位集中トルクによる断面 x における断面力または変形量とする。

4. 数値計算例と実験的研究

図-4に示すような2本の主桁が箱桁からなる3径間連続曲線格子桁橋について断面力と変形量の影響線および垂直応力分布図とを理論計算と模型実験とから求めた。

この結果から次のことが言える。

1) 格子作用の影響は、内桁載荷の場合に大きく現われ、垂直応力度およびたわみでは単一桁に較べ最大3~4割減少する。

2) 斜支承による影響は、非載荷桁において現われ、特に、曲げモーメントおよびたわみにおいて著しく認められる。

3) 大部分の実験値は理論値とほぼ一致している。したがって曲線桁の実用計算式は、実用上十分な精度を有している。

4) この程度の格子桁橋の試算設計を行う場合には、主桁を単一桁として計算すれば、2割程度の余裕がある。

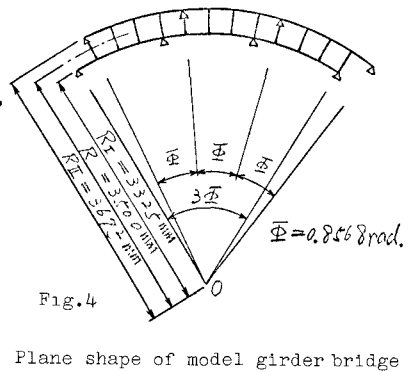


Fig. 4

Plane shape of model girder bridge

参 考 文 献

- 1) 小西一郎・小松定夫：土木学会論文集 第90号，昭和38年2月
- 2) 小西一郎・小松定夫：土木学会論文集 第91号，昭和38年3月
- 3) Sadao Komatsu: Proc. 13th JNCAM, 1963
- 4) Ichiro Konishi and Sadao Komatsu: Pub. IABSE, Vol. 25, 1965
- 5) 小松・中井・佐伯・加藤・川上：土木技術 19巻8号，昭和39年8月
- 6) 小松定夫・大山 峰：土木学会論文集 第134号，昭和41年10月