

大阪市立大学工学部 正員 中井 博
 " 〇正員 事口寿男

1. まえがき

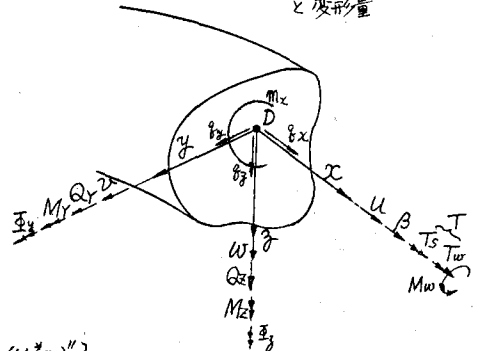
剛断面を有する曲線桁橋に荷重が作用すると、曲げとねじりの連成作用によりとくに変形が大きくなり、これら変形量の影響をうけて、さらに付加断面力が発生し、曲線桁は微小変形理論によるものと異った力学的挙動を示す。著者らは以前より、この基礎方程式をテンソル解析と変分原理によって誘導してきたが、今回、曲線工げた模型を製作し、理論解析結果と実験値との比較を行なったものである。なお、数値解析はTransfer matrix法で行なうが、非線形項は逐次近似させ、外力と断面力・変形量との非線形特性を明らかにする。

2. 基礎方程式

i) 変形後の断面力 \bar{N} , \bar{M}_3 , \bar{M}_y , \bar{T} と荷重との関係式

$$\left. \begin{aligned} \bar{N}' + \bar{M}_3'/R + \Delta q_x &= -q_x \\ \bar{M}_3'' - \bar{N}/R - \Delta q_y &= q_y \\ \bar{M}_y'' + \bar{T}'/R + \Delta q_z &= -q_z \\ \bar{T}' - \bar{M}_y/R + \Delta m_x &= -m_x \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

図-1 曲線桁の断面力と変形量



ここに、 $\Delta q_x, \Delta q_y, \Delta q_z, \Delta m_x$ は付加断面力を生じさせるのと等価な荷重であり、次式で求められる。

$$\left. \begin{aligned} \Delta q_x &= -R/\rho [N^* \Xi_3 - (M_y^* \theta)'] & \Delta q_y &= R/\rho [(N^* \Xi_3)' - (M_y^* \theta)''] \\ \Delta q_z &= R/\rho [(N^* \Xi_y)' - (M_z^* \theta)'' - \frac{1}{R} (M_z^* \Xi_y' - M_y^* \Xi_z')] & \Delta m_x &= -R/\rho [M_z^* \Xi_y' - M_y^* \Xi_z'] \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

式(2)中、 N^*, M_y^*, M_z^*, M_w^* は微小変形理論による断面力であり、変形量 Ξ_y, Ξ_z, θ は

$$\Xi_y = w', \quad \Xi_z = v' + u/R, \quad \theta = \beta + w/R \quad \dots (3)$$

ii) 変形量 u, v, w, β と変形後の断面力 $\bar{N}, \bar{M}_y, \bar{M}_3, \bar{T}$ との関係式

$$\begin{pmatrix} \bar{N} \\ \bar{M}_3 \\ \bar{M}_y \\ \bar{M}_w \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} EF & -EZ_y & -EZ_z & 0 \\ -EZ_y & EI_z & EI_{yz} & -EC_y \\ EZ_y & -EI_{yz} & -EI_y & EC_z \\ 0 & -EC_z & -EC_y & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \epsilon_{x1} \\ K_3 \\ K_y \\ K_x \end{pmatrix} \quad \dots (4)$$

$$\begin{aligned} \bar{T} &= \bar{T}_s - \bar{T}_w \\ \bar{T}_s &= (GK + \tilde{N} \tilde{I}_m^2 - \tilde{M}_3 \tilde{I}_z + \tilde{M}_y \tilde{I}_y + \tilde{M}_w \tilde{I}_w) \alpha \end{aligned} \quad \dots (5)$$

$\tilde{N}, \tilde{M}_3, \dots$ は微小変形理論による断面力であり、2軸対称の時は $\tilde{N} = N^*, \tilde{M}_y = M_y^*, \dots, \tilde{M}_w = M_w^*$

ここに、 $\epsilon_{x1} = u' - v/R, K_3 = v'' + u'/R, K_y = w'' - \beta/R, K_x = w'' + \beta'/R, \alpha = \theta' \dots (6)$

iii) したがって、有限変形理論による断面力は

$$N = \bar{N} + \Delta N, \quad M_3 = \bar{M}_3 + \Delta M_3, \quad M_y = \bar{M}_y + \Delta M_y, \quad M_w = \bar{M}_w \quad \dots (7)$$

となり、2軸対称断面のとき、 $\Delta N = \frac{1}{2} \alpha^2 EF C_m^2, \Delta M_3 = EI_y \Xi_y' \theta, \Delta M_y = E \Xi_z \Xi_z' \theta \dots (8)$

3. 解析方法

式(2)より、付加断面力を生じさせるのと等価な荷重 $\Delta q_x, \Delta q_y, \Delta q_z, \Delta M_x$ がわかれば、Transfer matrix法を用いると、式(1)を要易に解くことができ、変形後の断面力、および変形量を求めることができる。

非線形項を近似化させる方法を図-2のFlow chartで示す。

また、一般に Δq は図-3のように分布するが、field matrix中の荷重項は次のようにして求めることができる。

$$y(\phi) = \int_{\phi_k}^{\phi_{k+1}} \Delta q(\phi) h(\xi - \phi) d\phi$$

$$\doteq \Delta q(\phi) \int_{\phi_k}^{\phi_{k+1}} h(\xi - \phi) d\phi \dots (9)$$

実用的には1スパン10分割すれば、十分精度よく解析することができる。³⁾

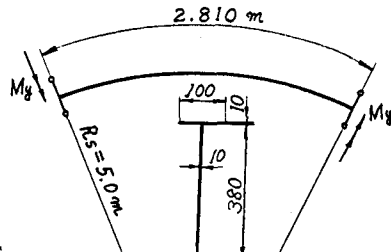
4. 解析結果と実験

図-4は実験桁の断面値、境界条件を示したものである。

また、表-1は微小変位理論と有限変位理論を比較して示したものである。

図-5は変形量に関して、理論値と実験値をプロットしたものであり両者はよく一致している。

図-4 実験桁



境界条件

$$w = \beta = \alpha = v = 0$$

$$M_3 = 0, N = 0$$

$$M_y = M_0$$

表-1

	支点		1/4点		1/4点	
	微小理論	有限理論	微小理論	有限理論	微小理論	有限理論
W (cm)	0.0000	0.0000	0.4494	0.4554	0.6950	0.7046
$\beta (\times 10^2 \text{ rad})$	0.0000	0.0000	-1.8056	-1.8334	-4.2070	-4.2751
$M_w (\text{cm}^2)$	4.1100×10^3	4.1660	4.7540×10^3	5.0347×10^3	-7.3371×10^3	-1.3605×10^4
$M_y (\text{t-m})$	3.0000	3.0000	3.0873	3.0902	3.1224	3.1310
T (t)	-8.6591×10^3	-8.7507	-4.6680×10^3	-4.7346	0.0000	0.0000

あとがき、任意断面の場合でも本文で述べた方法により精度よく解析することができる。³⁾

参考文献 1) 中井・幸口, 土木学会論文集 No. 233, 1975

2) 中井・幸口, 土橋会第28回年次学術講演会 I-95

3) 本講演稿と破巻集

図-2 Flow-Chart

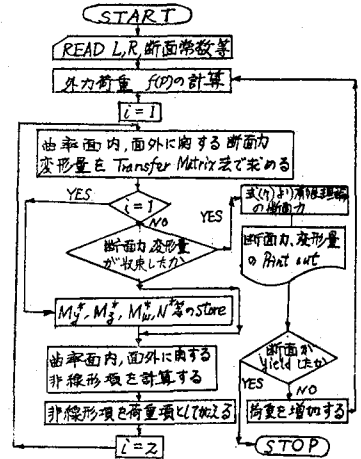


図-3 荷重項の計算

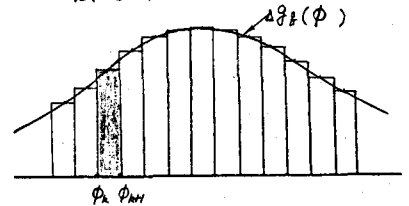


図-5 理論値と実験値

