

Transfer Matrix法によるはりのそりねじり の解析に関する一考察

大阪市立大学工学部 正員 中井 博
大阪市立大学工学部 正員 事口寿男
大阪市立大学工学部 学生員 〇祐安幸秀

1. まえがき

従来のそりねじり問題の格間行列^{1), 2)}の要素中には、双曲線関数を含む項が1行目から4行目まで存在し、独立変数 $l/\sqrt{E/G}$ が大きくなるにつれて双曲線関数値が増増するため、誤差を生ずる欠点があった。この研究は、できるだけ誤差の生じない解析方法について種々考察したものである。

2. 解析方法

文献1), 2)の解析結果にさらに、

$$\theta = \varphi - \frac{M_{\theta}}{GJ} \quad \dots (1) \quad \varphi = \frac{T_s}{GJ} \quad \dots (2) \quad T = T_s + T_w \quad \dots (3)$$

なる量を新しい初期パラメーターに選ぶことにしよう。さらに、2行目および3行目を $\cosh \alpha l$ で割ると、格間行列 $\tilde{F}_k$ は表-1のようになる。

つぎに、このような形で $\tilde{F}_k$ を表わしたとき、次々と状態ベクトルを求めていく際、表-2に示すように、4行目、5行目は2つの値を考えなければならない。まず、表-2の $\left\{ \begin{array}{l} \text{上側の値は、状態ベクトルの1, 4, 5行目のスカラー積を求めるときに使用し、下側の値は2, 3行目のスカラー積を求めるときに使用するものとする。} \end{array} \right.$

また、精度をあげるために、格間行列中の3つの要素に対して式(4), および, (5)を適用すると、双曲線関数項が単位化されることになる。

$$\text{rech } \alpha l = \frac{\cosh \alpha l - 1}{\cosh \alpha l} = 1 - \frac{2}{e^{\alpha l} + e^{-\alpha l}} \quad \dots (4)$$

$$\text{exsh } \alpha l = \frac{\sinh \alpha l - \alpha l}{\cosh \alpha l} = \tanh \alpha l - \frac{2 \alpha l}{e^{\alpha l} + e^{-\alpha l}} \quad \dots (5)$$

さて、端末条件として、単純支持なら

表-1

$$\tilde{F}_k = \begin{bmatrix} \theta_{k,0} & \varphi'_{k,0} & M_{\theta,k,0} & T_{s,0} & 1 \\ 1 & 0 & 0 & \frac{l}{GJ} & -\frac{m_T}{2GJ} l^2 \\ 0 & 1 & \frac{\alpha}{GJ} \tanh \alpha l & \frac{1}{GJ} \frac{1 - \cosh \alpha l}{\cosh \alpha l} & \frac{m_T}{\alpha GJ} \frac{\sinh \alpha l - \alpha l}{\cosh \alpha l} \\ 0 & \frac{GJ}{\alpha} \tanh \alpha l & 1 & -\frac{1}{\alpha} \tanh \alpha l & -\frac{m_T}{\alpha^2} \frac{1 - \cosh \alpha l}{\cosh \alpha l} \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -m_T l \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

表-2

$$\tilde{y}_k(0) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \frac{l}{GJ} & -\frac{m_T}{2GJ} l^2 \\ 0 & \frac{\cosh \alpha l}{\cosh \alpha l} & \frac{\alpha \sinh \alpha l}{GJ \cosh \alpha l} & \frac{1}{GJ} \frac{1 - \cosh \alpha l}{\cosh \alpha l} & \frac{m_T}{\alpha GJ} \frac{\sinh \alpha l - \alpha l}{\cosh \alpha l} \\ 0 & \frac{GJ \sinh \alpha l}{\alpha \cosh \alpha l} & \frac{\sinh \alpha l}{\cosh \alpha l} & -\frac{\sinh \alpha l}{\alpha \cosh \alpha l} & -\frac{m_T}{\alpha^2} \frac{1 - \cosh \alpha l}{\cosh \alpha l} \\ 0 & 0 & 0 & \left\{ \frac{1}{\cosh \alpha l} \right. & \left. \begin{array}{l} -m_T l \\ -m_T l / \cosh \alpha l \end{array} \right\} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \left\{ \frac{1}{\cosh \alpha l} \right. \end{bmatrix}$$

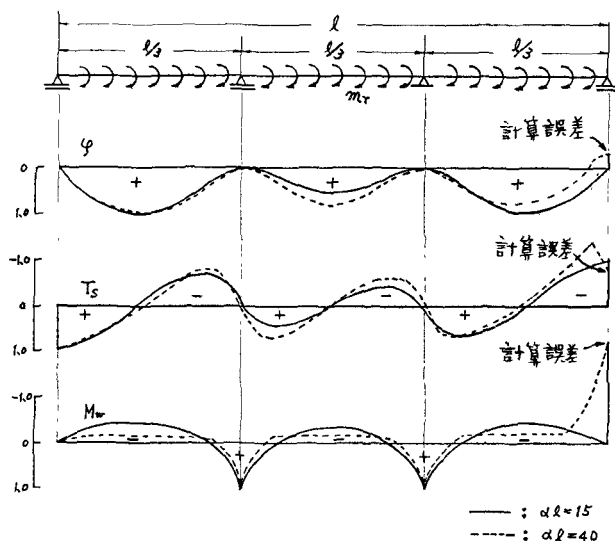
ば式(6)が適用できる。また、中間条件として、剛支点のとき、 $M_{w,n,l}^{*S}$ なる不静定量を導入し、格点行列 P_k において $P(1,1)=0$ 、 $P(3,3)=0$ を採用する。そして増加しつつあったmatrixの要素の数値を一度そこで消去し、より精度の高い計算を可能ならしめる。

さらに、 $l\sqrt{\frac{GJ}{EC_w}}$ が大きいとき、 $T_{S,n,l}^{*S}$ なる不静定量を導入することにより、拘束度を高め、より一層精度が得られるように考えた。(式(7),(8),(9)参照)

3. 計算例

数値計算例として、図-1に示す断面を有する3径間連続箱桁橋を αl ($\alpha = \sqrt{\frac{GJ}{EC_w}}$, l :全スパン)の αl を変化させて、数値計算結果の有効けた数を種々検討した。なお、数値計算はFACOM 270-20/30を利用し、演算は倍精度計算を行ったものである。

図-2 αl による断面力図の変化



4. おまけ

本文の方法によると、 αl のいかんにかかわらず、有効けた数15桁を保持しており、今後双曲線関数を含むこの種のTransfer matrixの適用範囲が広められたように思われる。

参考文献

- 1) Kollbrunner, C.F. u. N. Hajdin; Dünnwandige Stäbe Bd. 1, 1972
- 2) Vlasov, V. Z. 著, 奥村敏恵他訳; 薄肉弾性ばりの理論, 1967



$$\left. \begin{aligned} \theta_{n,l}^* &= 0 \\ \tilde{M}_{w,n,l}^* &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$\theta_{n,l}^* + \left(\frac{1}{\alpha l c}\right) \left(\frac{J_c}{J_b}\right) M_{w,n}^{*S} = 0 \quad (7)$$

$$\tilde{M}_{w,n,l}^* - \frac{M_{w,n}^{*S}}{(\cosh \alpha l c)!} = 0 \quad (8)$$

$$\tilde{T}_{S,n,l}^* - \frac{T_{S,n}^{*S}}{(\cosh \alpha l c)!} = 0 \quad (9)$$

図-1

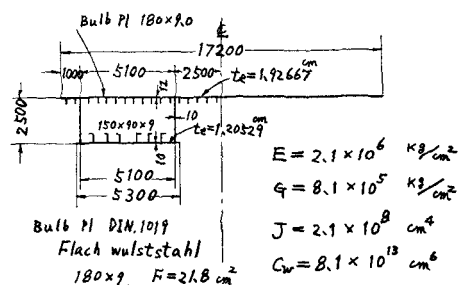


図-3

