

対傾構の変形を考慮した変断面連続吊橋の立体解析

大阪大学工学部 正員 小松定夫

大阪大学工学部 正員 西村宣男

1. まえがき

道路・鉄道併用吊橋では、列車走行上の安全性を確保することが重要となり、中間支点における補剛トラスの角折れを避ける必要上、連続補剛トラス形式が採用される。連続補剛吊橋では、支点上の補剛トラス断面力が大きく、この付近の部材断面積は支間中央部のそれと比較してかなり大きくなる。また鉄道吊橋では静的な最大応力を対象とした許容応力度設計ばかりでなく、列車荷重による繰返し応力を対象とした疲労に関する設計もよく必要とされる。再現性の高い列車荷重は偏載荷重であるから、鉛直曲げとねじりの連成した状態の応力を知る必要がある。本研究は吊構造内部を列車が走行する関係上、吊構造の断面変形を考慮し、トラス部材を連続体に換算した基礎微分方程式をガレルキン法を用いて解析し、変断面連続吊橋の変形と応力の計算を行う、というのである。

2 基礎方程式とその解法

基礎方程式は昭和47年度用西支部講演会概要集Ⅰ-23にて発表した式(1)～式(4)と同一である。図1に示す三径間連続補剛トラス吊橋の境界条件を満足するように選んだ、 v, w, φ および θ の級数解を用いて基礎方程式にガレルキン法を適用すると、

$$\int_0^l EI v'''' \bar{v}_m dx - (2H_1 + H_{p1} + H_{p2}) \int_0^l v'' \bar{v}_m dx - (H_{p2} - H_{p1}) \frac{b}{2} \int_0^l \varphi'' \bar{v}_m dx - (H_{p2} - H_{p1}) \frac{b}{2} \int_0^l \theta'' \bar{v}_m dx = \int_0^l p_v \bar{v}_m dx + (H_{p1} + H_{p2}) \int_0^l y'' \bar{v}_m dx \quad (1)$$

$$\int_0^l a w'' \bar{w}_m dx - \int_0^l b_1 w' \bar{w}_m dx - \int_0^l b_2 \varphi' \bar{w}_m dx - \int_0^l b_1 \theta' \bar{w}_m dx = 0 \quad (2)$$

$$- \int_0^l b_1 \varphi'' \bar{\varphi}_m dx - \left\{ \frac{b^2}{2} H_1 + \frac{b^2}{4} (H_{p1} + H_{p2}) \right\} \int_0^l \varphi'' \bar{\varphi}_m dx - \int_0^l b_2 w' \bar{\varphi}_m dx - \left\{ \frac{b^2}{2} H_1 + \frac{b^2}{4} (H_{p1} + H_{p2}) \right\} \int_0^l \theta'' \bar{\varphi}_m dx - \int_0^l b_2 \theta'' \bar{\varphi}_m dx - (H_{p2} - H_{p1}) \frac{b}{2} \int_0^l v'' \bar{\varphi}_m dx = \int_0^l p_v e \bar{\varphi}_m dx + (H_{p2} - H_{p1}) \frac{b}{2} \int_0^l y'' \bar{\varphi}_m dx \quad (3)$$

$$- \int_0^l b_2 \varphi'' \bar{\theta}_m dx - \left\{ \frac{b^2}{2} H_1 + \frac{b^2}{4} (H_{p1} + H_{p2}) \right\} \int_0^l \varphi'' \bar{\theta}_m dx - \int_0^l b_1 w' \bar{\theta}_m dx - \left\{ \frac{b^2}{2} H_1 + \frac{b^2}{4} (H_{p1} + H_{p2}) \right\} \int_0^l \theta'' \bar{\theta}_m dx - \int_0^l b_1 \theta'' \bar{\theta}_m dx - (H_{p2} - H_{p1}) \frac{b}{2} \int_0^l v'' \bar{\theta}_m dx + \int_0^l \delta \theta'' \bar{\theta}_m dx = \int_0^l p_v e \bar{\theta}_m dx + (H_{p2} - H_{p1}) \frac{b}{2} \int_0^l y'' \bar{\theta}_m dx \quad (4)$$

($m = 1, 2, \dots, m$)

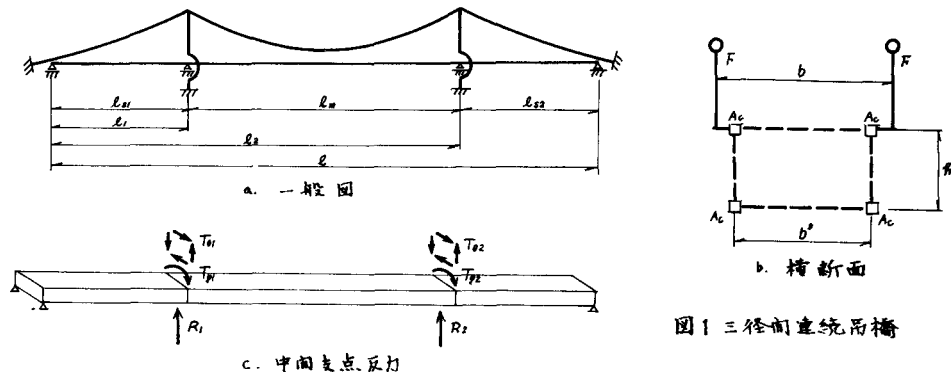


図1 三径間連続吊橋

$\therefore EI = EA_c h^2$, $a = EA_c b^2 h^2 / 4$, $b_1 = G(t_1 b^* + t_2 h) b^* h / 2$, $b_2 = G(t_1 b^* - t_2 h) b^* h / 2$, $t_1 = E/G \cdot A_d \lambda h / d^3$,
 $t_2 = E/G \cdot A_r \lambda b^* / 2 r^3$, δ : 格間を平均化した対傾構のせん断剛性

変形の級数解と座標関数を次のように与える。

$$\begin{aligned}
 v &= \sum_{m=1}^{\infty} a_m S_m(x), \quad w = \sum_{m=1}^{\infty} b_m C_m(x) \\
 \varphi &= \sum_{m=1}^{\infty} c_m H_m(x), \quad \theta = \sum_{m=1}^{\infty} d_m D_m(x) \\
 v_m &= S_m(x), \quad w_m = C_m(x), \quad \varphi_m = H_m(x) \\
 \theta_m &= D_m(x) \quad (m = 1, 2, \dots, n) \quad (5)
 \end{aligned}$$

式(5)を式(1)~(4)に代入すると
 係数 a_m, b_m, c_m および d_m ($m=1, 2, \dots, n$)
 に関する連立方程式を得る。行
 列表示すると $\pi = A^{-1} B y$ (6)
 右辺のベクトル y は荷重および
 図1-cの0の中間支点反力を含む。
 中間支点における適合条件とし

$$\begin{aligned}
 v(l_1) = \sum_{m=1}^{\infty} a_m S_m(l_1) &= 0, \quad v(l_2) = \sum_{m=1}^{\infty} a_m S_m(l_2) = 0 \\
 \varphi(l_1) = \sum_{m=1}^{\infty} c_m H_m(l_1) &= 0, \quad \varphi(l_2) = \sum_{m=1}^{\infty} c_m H_m(l_2) = 0 \\
 \theta(l_1) = \sum_{m=1}^{\infty} d_m D_m(l_1) &= 0, \quad \theta(l_2) = \sum_{m=1}^{\infty} d_m D_m(l_2) = 0 \quad (7)
 \end{aligned}$$

以上の式(6), (7)およびケー
 ブル方程式を用いてケーブル
 付加張力に関して繰返し収束
 計算を行なう。

3. 計算結果

図2に示すような断面変化
 する補剛トラスを有する吊橋
 を対象として計算を行なった。

一例として偏載荷重による
 鉛直たわみと橋面傾斜角 φ, θ
 のスパン方向分布を図3に示
 す。

断面力などは講演当日申し
 上げる。

参考文献

1. 小松 西村. 平山; 補剛トラスの対傾構変形を考慮した吊橋の三次元解析, 関西支部
 年次講演会概要集 I-23. 昭和47年
2. Vlasov, V. Z.; 薄肉弾性ばりの理論, 1940, (興和出版)

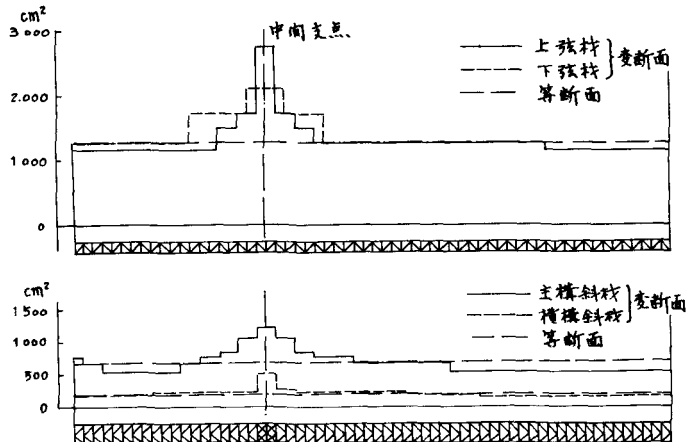


図2 吊橋造部材断面面積の変化

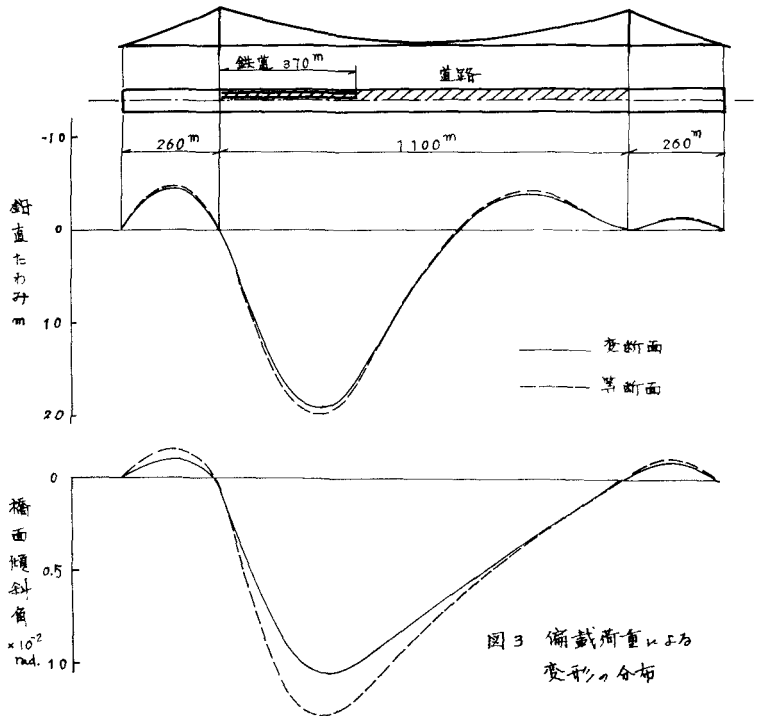


図3 偏載荷重による変形の分布