

横河橋梁 正員 長谷川 鏑一 横河橋梁 正員 菅 七郎  
 横河橋梁 正員 ○鳥居 邦夫 横河橋梁 正員 原田 康夫

1. まえがき 吊橋架設途中における変形および応力状態を知るとともに、架設誤差と閉合との関係にも言及し、単純補剛桁を有する三径間吊橋(178<sup>m</sup>+712<sup>m</sup>+178<sup>m</sup>)について数値計算を行なつた。

2. 理論解析 吊橋完成状態を基本とし、塔の曲げ剛性を無視して解析を進めた。架設進行中の補剛トラスは剛性をもつたいくつかのブロックに分割される。格点  $k$  におけるハンガー張力、吊構造部荷重の変化量をそれぞれ  $\Delta T_{h,k}$ 、 $\Delta P_k$  とすれば、トラスブロック ( $k=k_b \sim k_e$ ) に作用する外力の変化量は鉛直上向に  $\Delta T_{h,k} - \Delta P_k$  となる。このトラスブロックに三連モーメント式を適用すればつぎの式を得る。

$$M_{k-1} - 2M_k + M_{k+1} = \lambda (\Delta T_{h,k} - \Delta P_k) \quad (\text{ただし } k = k_b+1, \dots, k_e-1, \quad \lambda: \text{格間距離}) \quad (1)$$

弦  $k-1 \sim k$  と  $k \sim k+1$  がはさむ角度を、トラスの変位  $\Delta y_{s,k}$  と、格点  $k$  における勾配連続の条件のもとで曲げモーメント  $M_k$  によつて表わせれば、トラスについての第二の条件式が得られる。

$$(\Delta y_{s,k-1} - 2\Delta y_{s,k} + \Delta y_{s,k+1}) + \frac{\lambda^2}{6EI} (M_{k-1} + 4M_k + M_{k+1}) = 0 \quad (\text{ただし } EI \text{ はトラスの曲げ剛性}) \quad (2)$$

トラスブロックに作用する外力の釣合から次式を得る。

$$\sum_{i=k_b}^{k_e} (\Delta T_{h,i} - \Delta P_i) = 0, \quad \sum_{i=k_b}^{k_e} (i - k_b) (\Delta T_{h,i} - \Delta P_i) = \frac{1}{\lambda} (M_{k_b} - M_{k_e}) \quad (3)$$

格点  $k-1$  と  $k$  にはさまれるケーブルの水平方向および鉛直方向の距離をそれぞれ  $S_k, G_k$  とし、サフィックス  $w$  で完成状態を表わすことにすれば、格点  $k$  に作用する力の釣合よりケーブルについての条件式が得られる。

$$H \{ \Delta y_{c,k-1} - (\Delta_k + \Delta_{k+1}) \Delta y_{c,k} + \Delta_{k+1} \Delta y_{c,k+1} \} + \Delta T_{h,k} + H g_k - H w t_k = 0 \quad (4)$$

$$(\text{ただし } \Delta_k = \frac{1}{S_k}, \quad g_k = \frac{G_{w,k+1}}{S_{k+1}} - \frac{G_{w,k}}{S_k}, \quad t_k = \frac{G_{w,k+1}}{S_{w,k+1}} - \frac{G_{w,k}}{S_{w,k}})$$

ケーブルとトラスはハンガーで連結されており両者の変形量にはつぎの関係がある。

$$\Delta y_{c,k} + \frac{1}{E_h A_h} l_{h,k} \Delta T_{h,k} = \Delta y_{s,k} \quad (\text{ただし } E_h A_h \text{ はハンガー伸び剛性、} l_{h,k} \text{ は完成状態ハンガー長}) \quad (5)$$

トラスブロックに含まれる格点数を  $N$  とすれば、これら  $4N-6$  個の条件式に  $S_k$  ( $N-1$  個),  $H$ ,  $\Delta y_{s,k_b}$ ,  $\Delta y_{s,k_e}$ ,  $\Delta y_{c,k_b}$ ,  $\Delta y_{c,k_e}$  なる  $N+4$  個のパラメーターを与えれば未知数は確定し、逆にこれらのパラメーターは  $\Delta T_{h,k}$  が定まればケーブルの形状計算を行なうことによつて確定する。

3. 計算の内容 補剛トラスの架設法には種々考えられるが、ここでは中央径間および側径間を塔から張出して架設する方法と、中央径間は支間中央部から塔に向つて架設し、側径間は塔から橋台に向つて架設する方法の二案について数値計算を行なつた。吊橋架設の際に重要な問題として、架設誤差と閉合の関係を明らかにしておかなければならない。そこで架設誤差として完成時のケーブル長誤差が中央径間で1格間当り0.1 cm (全長で6.8 cm) の場合およびケーブルの弾性係数の誤差が0.0.5  $\times 10^3$  t/cm<sup>2</sup> の場合の2種類に注目して誤差モーメントの計算を行ない、これと合わせて閉合問題を考えることにした。閉合については中央径間が3ヒンジ、4ヒンジおよび5ヒンジの状態にある場合を対象とし、最小自乗法によつて誤差モーメントを平均化すべきジャッキング量を求めることとした。

4. 計算結果および考察 架設工法として側径間、中央径間とも塔から張出す場合、および床版打

設前に閉合を行なう場合についての数値計算結果を示す。図1は架設進行中の補剛桁の変形および曲げモーメントを示し、そのときのトラスブロック先端におけるハンガー張力は図2のようになる。このような架設工法を採用した場合には、各架設段階における補剛トラスの最大曲げモーメントは架設の進行とともに順次大きくなり、架設段階⑨（側径間、中央径間とも約55%架設）で最大値をとり、以後減少して補剛トラス完了状態にいたる。トラスブロック先端のハンガー張力についても同様な現象が見られ、

架設段階④（側径間、中央径間とも約45%架設）で最大値をとる。図3は補剛トラス完成状態における中央径間の誤差モーメントとそれを消去するためのジャッキングモーメントの分布を、3, 4, 5 ヒンジ閉合の場合について示したものである。これによればヒンジ数が多いほど残留誤差モーメントが小さくなるという常識的な結果が得られているが、5 ヒンジの場合でも誤差モーメントは約半分残っている。

## 5. 結論 補剛トラスは架設途中の

耐風対策から考えても順次添接して剛性を持たせた方が有利である。そこで添接孔を基準に製作された補剛トラスを既設ブロックに添接し、先端のハンガーを引込むことにすれば精度の高い架設を行なうことができ、そのときの先端ハンガー張力にはまったく問題がない。閉合については前述したように、閉合箇所を増すことによる利点は、決して大きいとはいえず、むしろ高精度の架設を行なうことによつて誤差を減少させ、なおかつ誤差応力・架設応力を断面に見込んだ設計を行なうべきであろう。

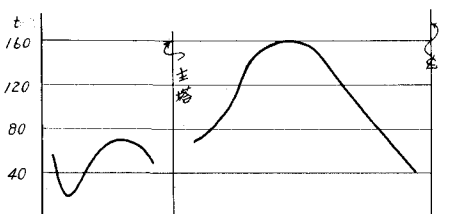


図2 トラスブロック先端のハンガー張力

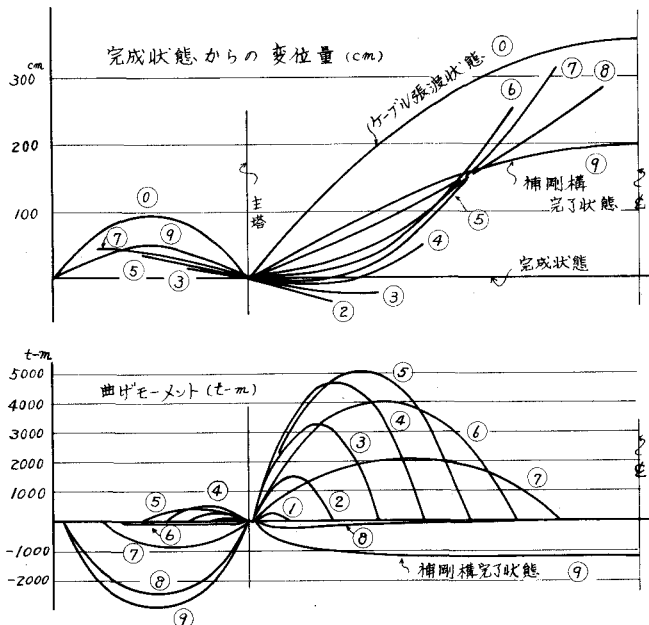


図1 補剛トラスの変形および曲げモーメント

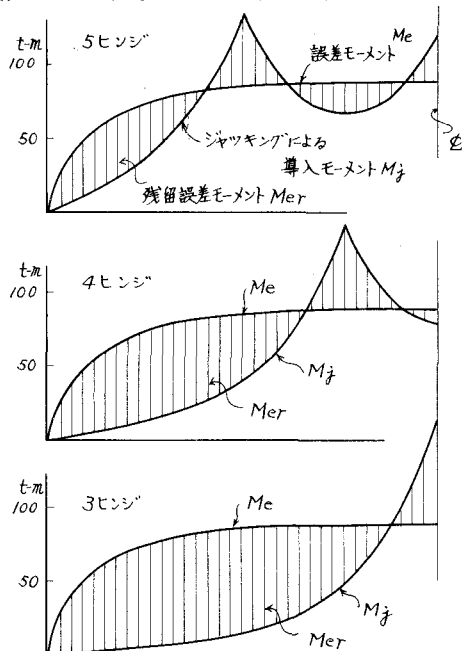


図3 誤差モーメントとジャッキング