

CS - 89

CSAS システムを用いた
外ケーブルを有する合成構造橋梁のクリープ解析法日本構研情報（株） 正会員 富田 耕司
大阪工業大学 正会員 栗田 章光

1. はじめに

近年、土木構造物は、複雑化・大型化・多様化しており、施工方法も、多種、多様な工法が考案されている。ヨーロッパを中心として、外ケーブルを採用した橋梁の施工実績が多く報告されている。外ケーブル方式は、従来から多く用いられている内ケーブル方式よりも施工性や経済性などの面で利点が多い。しかし、一方では、設計体系や細部構造などの一般的な解析方法が、まだ明確でない¹⁾。

筆者らは、1988 年以来、任意系合成構造解析システム CSAS を共同開発してきた。そこで、最近では、CSAS の機能向上のため、外ケーブルを有する合成構造物（PC 構造も含む）のクリープによる影響評価にも取り組み、その完成をみた。本文では、CSAS の機能向上に際し、本研究独自と思われる 2 つ問題解析手法、① トロースト・バザン法（TB 法）を応用した内的不静定問題でのクリープによる断面力の計算方法、② 偏心結合する外ケーブルの剛性マトリックスの誘導について報告する。

2. クリープによる断面力（内的不静定問題）

本研究では、任意系の鋼・コンクリート合成断面を対象としているため、図 1 に示すような鋼材と複数のコンクリート要素を取り扱う。また、外ケーブルを有する場合の部材断面力は、外ケーブルによる軸力成分と曲げ成分が複雑に影響する。そこで、クリープによる断面力の計算は、コンクリートの上下縁応力より求める解析手法を用いた。図 1 に示す当初応力が作用した場合のクリープに対する基準軸 V に作用する軸力 P_K と曲げモーメント M_K は、次式で計算できる。

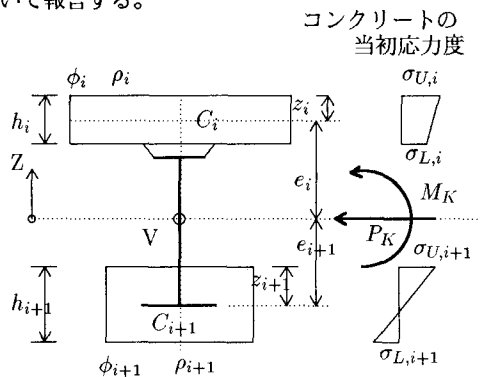


図 1 任意形状断面と当初応力

$$P_K = \sum_{i=1}^n \sigma_{c,i} \cdot A_{c,i} \cdot \frac{\phi_i}{1 + \rho_i \cdot \phi_i} \dots \dots \dots (1)$$

$$M_K = \sum_{i=1}^n \left(\sigma_{c,i} \cdot A_{c,i} \cdot \frac{\phi_i}{1 + \rho_i \cdot \phi_i} \right) \cdot e_i + \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot I_{c,i} \cdot \frac{\phi_i}{1 + \rho_i \cdot \phi_i} \dots \dots \dots (2)$$

ここで、

n : コンクリート要素数、	$\sigma_{U,i}, \sigma_{L,i}$: 第 i 番目コンクリート要素の上下縁応力度、
$A_{c,i}$: 第 i 番目コンクリート要素の断面積、	z_i : 第 i 番目コンクリート要素での図心から上縁までの距離、
$I_{c,i}$: 第 i 番目コンクリート要素の断面 2 次モーメント、	e_i : 第 i 番目コンクリート要素での基準軸 V から図心までの距離、
$\sigma_{c,i}$: 第 i 番目コンクリート要素の図心における当初応力度（ $= \sigma_{U,i} - \gamma_i \cdot z_i$ ）、	ϕ_i : 第 i 番目コンクリート要素のクリープ係数、
γ_i : 第 i 番目コンクリート要素の応力度勾配（ $= \frac{\sigma_{U,i} - \sigma_{L,i}}{h_i}$ ）、	ρ_i : 第 i 番目コンクリート要素のレラクセーション係数。

3. 偏心結合する外ケーブルの剛性マトリックス

本研究では、図 2 に示すような、 x_e, y_e の偏心を持つ外ケーブルモデルを対象とした。

一般に、このようなモデルの構造解析は、桁要素の節点 m と取り付けけるケーブル要素の節点 n との間に、剛度無限大 ($EA = EI = \infty$) の仮想部材を設けて計算を行うことが考えられるが、非現実的な剛度をもつ仮想部材の影響により、計算上の数値誤差が大きくなるという欠点がある。また、入力データ、出力結果が煩雑になる。

そこで、本研究では、仮想部材を設けずに計算を行う為に、次に示すようなケーブル取付位置の偏心による影響を考慮したケーブルの剛性マトリックスを用いる解析手法を開発した。ケーブル部材にとって便利な局所座標系での剛性マトリックス $[\bar{K}]$ を図3に示すように主桁要素が使用している構造全体での基準座標系に変換する。また、ケーブル要素に作用している構造全体での節点力（ケーブルプレストレスによる等価節点力）も、主桁上の節点に作用する節点力に変換すると、式(3)のように表すことができる。

* 外ケーブルの剛性方程式

$$\begin{Bmatrix} X_i \\ Y_i \\ M_i \\ X_j \\ Y_j \\ M_j \end{Bmatrix} = [T_e]^T \cdot [R]^T \cdot [\bar{K}] \cdot [R] \cdot [T_e] \cdot \begin{Bmatrix} U_i \\ V_i \\ \theta_i \\ U_j \\ V_j \\ \theta_j \end{Bmatrix} - [T_e]^T \cdot \begin{Bmatrix} X_i^0 \\ Y_i^0 \\ M_i^0 \\ X_j^0 \\ Y_j^0 \\ M_j^0 \end{Bmatrix} \quad \dots (3)$$

ここで、 $[T_e]$ ：偏心結合変換マトリックス、

$$[T_e] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & y_{e,i} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & x_{e,i} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & y_{e,j} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & x_{e,j} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$E \cdot A_S$ ：ケーブルの伸び剛性、

$[R]$ ：座標変換マトリックス、

$$[R] = \begin{bmatrix} \cos \kappa & \sin \kappa & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos \kappa & \sin \kappa & 0 \end{bmatrix}$$

$[\bar{K}]$ ：ケーブルの剛性マトリックス、

$$[\bar{K}] = \frac{E \cdot A_S}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

L ：ケーブルの部材長。

4. 結論

以上の解析手法と既存の CSAS システムとを用いることにより、外ケーブルを有する任意系合成構造物のクリープ解析が可能となった。現在、そのシステムを用いて外ケーブルを有する多径間連続合成桁橋の経時挙動に関するパラメトリックス解析を行っている。

参考文献

- 1) 飯野 忠雄, 風間 徹, 荒川 敏雄: 外ケーブル方式の有用性と適用について, 社団法人プレストレスコンクリート技術協会, 平成5年2月。

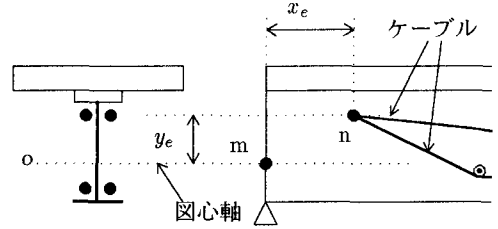


図2 外ケーブルが取り付けられた合成桁

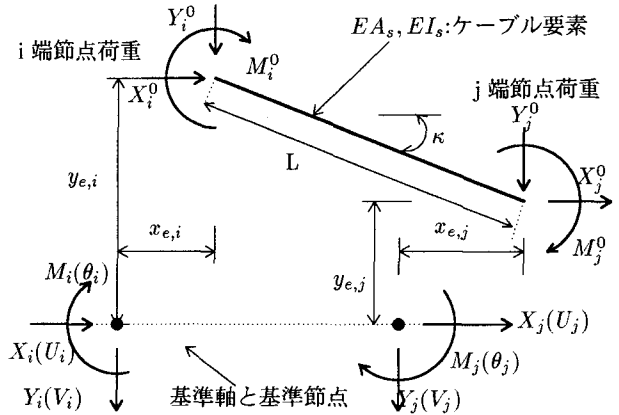


図3 外ケーブル要素に関する基準軸での変位と力