

ディビエーターでの摩擦を考慮した外ケーブル方式のFEM非線形解析

名古屋大学 工学部 学生会員 兵藤友昭

名古屋大学 工学部 正 会員 田邊忠顕

1. はじめに

プレストレストコンクリート構造物（以下、P C 構造物）の挙動は、プレストレス用のケーブルがグラウト材によってコンクリートに十分付着しているかどうかによって本質的に異なり、付着が存在すればはりとして一般に取り扱える部材も付着が存在しない場合にはタイドアーチ的取り扱いが必要となってくる。従来、P C 構造物の設計においては、この種の取り扱いが厳密にはなされてはおらず、付着が存在する場合と同様に解析を行っている例も多いと聞く。確固とした解析方法が存在しなかった事、防錆を施したP C 鋼材の信頼性およびコスト高等の問題のため、我が国ではあまりアンボンドケーブルを使用した構造物が多くはなかった。

しかし昨今、これらの情勢に変化が生じてきた。防錆を施したP C ケーブルの信頼性が向上した事、人件費の高騰により施工の省力化や工期の短縮が必要となり、コスト的にも不利でなくなりつつある事、また大偏心させることによりコンクリートボリュームを減らす方法が採用されだした事、P C 鋼材の定期点検の必要性の論議、既存橋梁の補修用として有望であることから、アンボンドケーブルの使用が将来増大することと考えられる。

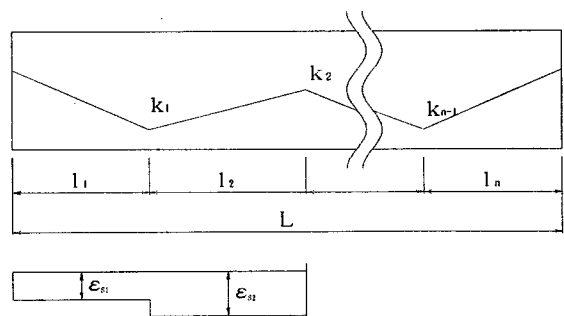
そこで本研究では、タイドアーチ的なものの集合としてのアンボンドP C 構造物に適用するプレストレスト骨組応力解析手法を有限要素法によって試みたものであり、その際ディビエーターでの摩擦によるP C 鋼材のひずみのアンバランスを考慮に入れて、終局時までの非線形解析の定式化を提案するものである。ここでディビエーターとは、アンボンドケーブルなどの外ケーブル方式でケーブルの向きを変える時に必要な装置で、通常フレキシブルシースとゴム製の環状支承体の組み合わせで構成されるものである。

2. 有限要素法による定式化

付着力が完全で鋼材とコンクリートの間にすべりが存在しない場合には、ケーブルのひずみ増分は鋼材位置のコンクリートのひずみ増分 $\Delta \epsilon_{cs}$ と一致しなければならない。しかし、付着力が全く存在しないアンボンドケーブルのような場合には、鋼材内のひずみ増分 $\Delta \epsilon_{sa}$ は、鋼材の一方の端から他方の端まで次のような同一の式で表すことができる。

$$\Delta \epsilon_{sa} = \frac{1}{L} \int_0^L \Delta \epsilon_{cs} dx$$

ここでディビエーターによる摩擦を考慮すると、鋼材の両側のひずみ、例えば図1で示すところである $\Delta \epsilon_{s1}$ と $\Delta \epsilon_{s2}$ の間にはひず



ひずみの差

図1：記号説明

みの大きさに差が生ずることとなる。このひずみの差は、ディビエーターの形状に大きく依存するものと考え、次式のような定数 k_i を考えてみることにした。

$$\epsilon_{i+1} - \epsilon_i = \frac{k_i}{L} \int_0^L \epsilon_{cs} dx \quad \cdots (1)$$

一方、鋼材全体のひずみ増分の総和は、コンクリートのひずみ増分の総和と一致しなければならず、次式が成立する。

$$\sum_{i=1}^n l_i \epsilon_{si} = \int_0^L \epsilon_{cs} dx \quad \cdots (2)$$

この(1)、(2)式が示すところをマトリックス表示してやると、次のようになる。

$$\begin{bmatrix} l_1 & l_2 & \cdots & l_{n-1} & l_n \\ -1 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \epsilon_{s1} \\ \Delta \epsilon_{s2} \\ \vdots \\ \Delta \epsilon_{s(n-1)} \\ \Delta \epsilon_{sn} \end{bmatrix} = \int_0^L \Delta \epsilon_{cs} dx \begin{bmatrix} 1 \\ k_1/L \\ \vdots \\ k_{n-2}/L \\ k_{n-1}/L \end{bmatrix}$$

よって、一本の鋼材における直線部分それぞれのひずみ増分は、以下のようになる。

$$\Delta \epsilon_{si} = a_i \cdot \int_0^L \Delta \epsilon_{cs} dx$$

ここに、

$$\begin{bmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \frac{1}{L} \begin{bmatrix} l_1 & l_2 & \cdots & l_{n-1} & l_n \\ -1 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & -1 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} L \\ k_1 \\ \vdots \\ k_{n-2} \\ k_{n-1} \end{bmatrix}$$

この操作を配置される全ての鋼材について行い、誘導される剛性マトリックスに組み込み、有限要素解析を行う。

3. 解析に際して

本研究では、初めは線形（材料的）、最終的には非線形解析によってこのディビエーターごとに k_i 値をおく解析手法が妥当で有るかどうか検証する。

実際の数値計算については、当日発表の予定である。

<参考文献>

- 1) 田邊忠顕・P. W. HONG: アンボンドPC構造物の組立て工程を考慮した応力解析, 土木学会論文報告集, No. 303, pp 133~142, 1980年11月
- 2) 梅原秀哲・田邊忠顕・吉田弥智: 鋼材の付着状態を考慮したPCラーメンの履歴挙動に関する研究, 土木学会論文集, No. 396, pp 89~98, 1988年8月
- 3) 山田嘉昭: コンピューターによる構造工学講座 塑性・粘弾性, 培風館, 1972年
- 4) F・レオンハルト著・横道英雄監訳・成井信, 上阪康雄, 本間秀世共訳: レオンハルトのコンクリート講座 5 プレストレストコンクリート, 鹿島出版会, 1983年