

V-291 付着状態の変化を考慮したP Cスラブの変形解析

名古屋大学大学院 学生員 ○谷山 健二
名古屋大学工学部 正会員 田辺 忠顕

1. はじめに

プレストレストコンクリート構造物の挙動は、プレストレス用の tendon がグラウト剤によってコンクリートに十分付着しているか否かにより、本質的に異なっている。その付着には、完全付着、部分的付着、そして未付着と3つのタイプがあるにもかかわらず。通常の解析では、この種の取り扱いが厳密には行われていない。これは、Tendon に発生するひずみの変化が複雑で、これを計算することが困難であるためと考えられる。そこで、本解析では、F. R. Hand の積層要素法によりコンクリートの剛性マトリクスを求め、さらに tendon についての剛性マトリクスを組み入れることにより、プレストレスを与えた直線箱げた橋のスラブの挙動の解析を試みた。

2. 解析理論

2-1 コンクリートの剛性マトリクスの定式化

本解析では、F. R. Hand の積層要素法を用いモデルを四辺形要素に分割し、さらに分割された各要素において、図-1 に示すような層状分割を行った。そして、この四辺形要素の各節点に関して5自由度(X, Y, X方向変位、X, Y軸廻りの回転角)をとり、1つの四辺形要素について全部で20自由度とした。この四辺形要素について、仮想仕事の原理により導かれる剛性方程式は以下になる。

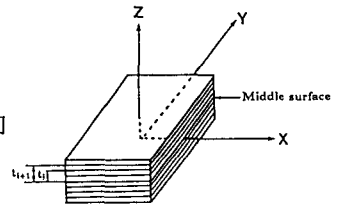


図-1 要素の層状分割

$$\begin{Bmatrix} F_{V_1} \\ F_{V_2} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum (t_{i+1} - t_i) \int_S B_1^T D B_1 dS & \sum \frac{1}{2} (t_{i+1}^2 - t_i^2) \int_S B_2^T D B_1 dS \\ \sum \frac{1}{2} (t_{i+1}^2 - t_i^2) \int_S B_1^T D B_2 dS & \sum \frac{1}{3} (t_{i+1}^3 - t_i^3) \int_S B_2^T D B_2 dS \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{Bmatrix}$$

ここで、 F_{V_1}, F_{V_2} : 各要素にかかる外力ベクトル, V_1, V_2 : 各要素の節点変位ベクトル

t_i, t_{i+1} : 中央面から*i*層の下端、上端までの距離, B_1, B_2 : 弾性ひずみマトリクス

D : 平面応力状態での応力-ひずみマトリクス

2-2 tendonの剛性マトリクスの定式化

付着係数 K_s を考慮した構造物内の*i*要素において、同じ位置での tendon のひずみ増分とコンクリートのひずみ増分との関係は、以下になる。(図-2 参照)

$$\Delta \varepsilon_s = K_s \left(\frac{1}{L} \int_0^L \Delta \varepsilon_{cs} dx - \Delta \varepsilon_{cs} \right) + \Delta \varepsilon_{cs}$$

ここで、 $\Delta \varepsilon_s$: tendon 内でのひずみ増分

$\Delta \varepsilon_{cs}$: コンクリートのひずみ増分

L : tendon の総延長

K_s : 付着係数 $0 \leq K_s \leq 1$, $K_s = 0$: 完全付着, $K_s = 1$: 未付着

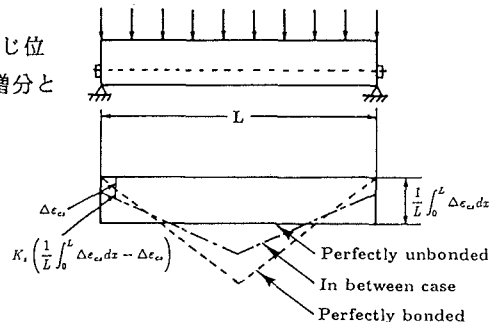


図-2 付着状態によるひずみ分布の変化

前式と仮想仕事の原理より、1要素内でのテンドンの剛性マトリクスは、以下のようになる。

$$K_{si} = A_s E_s \int_{x_{i-1}}^{x_i} B_i^T B_i dx$$

ここで、 B_i : テンドンにおけるひずみマトリクス

よって、構造物全体の剛性マトリクスは、

$$[K] = [K_c] + \sum_{i=1}^n K_{si}$$

ここで、 $[K_c]$: コンクリートの剛性マトリクス

3. 解析モデル

図-3に示すような断面を持つ直線箱げたを考え、スラブ全体に等分布荷重をかけ徐々に増加させていった。支持条件としては四辺単純支持とした。なお、コンクリートとテンドンの材料特性は、以下の通りである。

(1) コンクリートの特性

圧縮強度： $f_{t_c} = 300 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$ ， ポアソン比： $\nu = 0.16$

(2) テンドンの特性

断面積： $A_s = 20 \text{ (cm}^2\text{)}$

弾性係数： $E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$

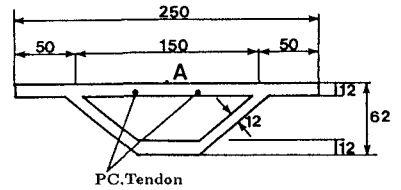


図-3 断面諸元 (cm)

4. 解析結果

付着状態の変化が構造物の剛性に低下にどのような影響を与えるのを調べるために、付着係数を $K_s=0.0$ 、 $K_s=0.55$ と変化させてみた。その結果を図-4に示す。曲線Bは完全付着状態であり、曲線Cは部分付着状態である。また、点Dはプレストレス力による初期変位量である。

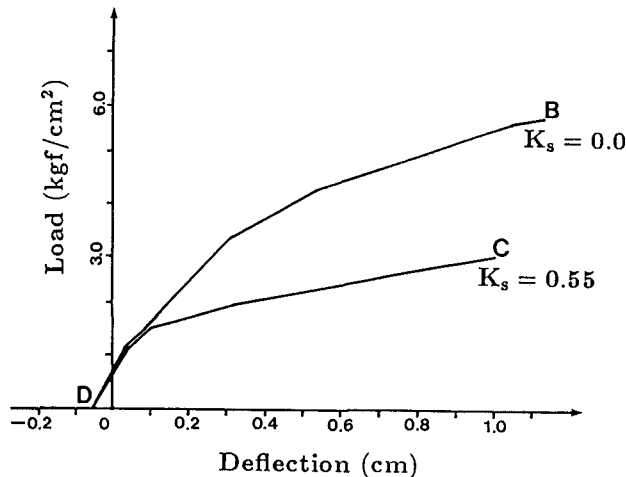


図-4 スラブ中央（A点）での荷重－変位関係

以上のことより次のことが言える。

(1) コンクリートとテンドンとの付着状態を、付着係数 K_s を使って表すことが可能となった。

(2) 荷重－変位関係において、付着状態の変化が構造物の剛性の低下にある程度関係あることがわかる。

<参考文献>

- 1) 田辺・Hong ; アンボンドPC構造物の組立行程を考慮した応力解析, 土木学会論文報告集 第303号 1980.
- 2) Q. A. Rahman ; 付着状態を考慮したプレストレスコンクリート板の解析, コンクリート工学年次論文報告集 Vol.11 No.2 1989.