

鋼材の付着状態の変化を考慮したP C板の曲げ変形解析

名古屋大学工学部

学生員

○館江 宏明

名古屋大学工学部

正会員

二羽 淳一郎

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、プレストレス用のテンドンとコンクリートとの付着状態によって異なっている。付着には、完全付着、部分付着、完全未付着の状態があるが、通常の解析では、この種の取扱は厳密には行われていない。

本解析は、P C板部材に対してP C鋼材とコンクリートの間の付着状態の変化を考慮した積層要素法によりP C板の変形及び終局挙動を数値的に明らかにしようとするものである。解析においては付着状態の他にコンクリートのひびわれ、圧壊および鋼材の降伏を組み入れている。

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、対象とするP C板を四辺形要素に分割し、更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う積層要素法により解析を行った。この四辺形要素の各節点に関して5自由度(X、Y、Z方向変位、X、Y軸回りの回転角)をとり、1つの要素について、全部で20自由度とした。この要素について、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。

$$\begin{Bmatrix} F_{V_1} \\ F_{V_2} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sum (t_{i+1} - t_i) \int_S B_1^T D_i B_1 dS & \sum \frac{1}{2} (t_{i+1}^2 - t_i^2) \int_S B_1^T D_i B_2 dS \\ \sum \frac{1}{2} (t_{i+1}^2 - t_i^2) \int_S B_2^T D_i B_1 dS & \sum \frac{1}{3} (t_{i+1}^3 - t_i^3) \int_S B_2^T D_i B_2 dS \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{Bmatrix} \quad \text{図-1 要素の層状分割と自由度}$$

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+1}, t_i : 中央面から層*i*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_i : 平面応力状態での応力-ひずみマトリクス

2-2 テンダンの剛性マトリクスの定式化

テンドンを含む任意の要素*i*において、付着係数 K_s ($K_s=0.0$: 完全付着、 $K_s=1.0$: 完全未付着)を考慮すれば同じ位置でのテンダンのひずみ増分とコンクリートのひずみ増分は以下のような関係になる。(図-2)

$$\Delta \epsilon_t = K_s \left(\frac{1}{L} \int_0^L \Delta \epsilon_c dx - \Delta \epsilon_c \right) + \Delta \epsilon_c$$

ここで、 $\Delta \epsilon_t$: テンダンのひずみ増分

$\Delta \epsilon_c$: コンクリートのひずみ増分

L : テンダンの総延長

K_s : 付着係数 $0 \leq K_s \leq 1$ ($K_s=0.0$: 完全付着、 $K_s=1.0$: 完全未付着)

前式と仮想仕事の原理により、1要素内でのテンダンの剛性マトリクスは

$$K_{ti} = A_i E_i \int_{x_{i-1}}^{x_i} B_i^T B_i dx$$

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以下になる。

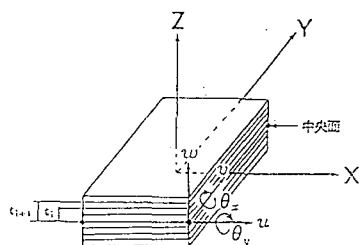


図-1 要素の層状分割と自由度

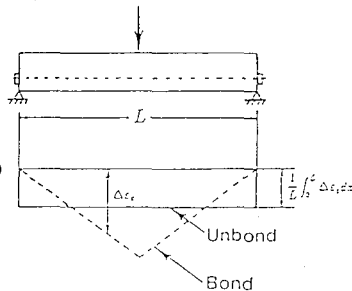


図-2 付着状態によるひずみ分布の変化

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

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

数値解析を行った供試体を図-3に示す。スラブをz方向に8層に分割し、下から第2層目の中央に tendon を配置した。

表1 PCスラブモデルの諸元

	モデル1
スラブ幅 a (m)	1.0
スパン長 b (m)	1.0
スラブ厚さ t (cm)	10.0
コンクリート圧縮強度 f'_c (kgf/cm ²)	300.0
テンドン張力強度 f_{sy} (kgf/cm ²)	7000.0
テンドン断面積 A_s (cm ²)	4.0, 20.0
テンドンヤング係数 E_s (kgf/cm ²)	7.0 $\times 10^4$

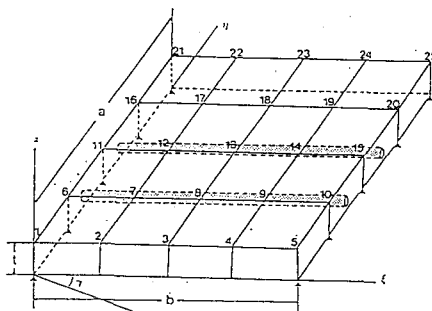


図-3 PCスラブの数値解析モデル

支持条件は辺1-6-11-16-21、5-10-15-20-25の2辺単純支持とした。載荷方法としては節点3, 8, 13, 18, 23に鉛直荷重を与える線荷重載荷をとり、変位制御で荷重を加えた。

4. 解析結果

荷重-たわみ関係に及ぼす初期プレストレスの影響、ならびに付着状態の影響を図4-1, 4-2に示す。

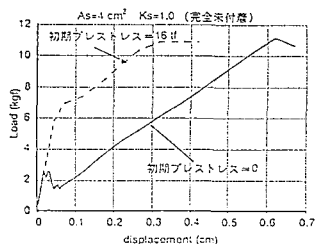
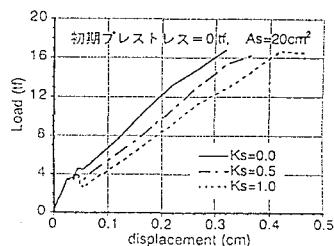


図4-1 初期プレストレスの影響図

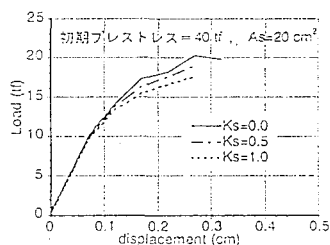


(1)

5. 考察とまとめ

図4-1には、初期プレストレスの影響が明確に現れている。これはテンドンの断面積を4 cm²とし、初期プレストレス16 tfを与えたものと0のものを比較したものである。初期プレストレスの効果により、ひびわれ発生荷重が相当に増加しているが、曲げ耐力はほぼ同一であり、また降伏に至る変形量も小さくなる。

図4-2は、テンドンの断面積を20 cm²とした場合の、付着状態の変化による荷重-たわみ関係を比較したものである。初期プレストレスは0と40 tfとした。いずれの場合も、付着状態が完全未付着に近づくにしたがって、ひびわれ発生後の剛性が低下し、変形量が大きくなっている。なお、付着状態の低下に伴う曲げ耐力の低下は、必ずしも顕著ではないが、これは対象とした板の寸法が小さかったためと考えられる。



(2)

図4-2 荷重-たわみ関係図