

PPCはりの長期挙動に関する検討

山口大学 正会員 高海克彦
 山口県 正会員 石田佳誠
 山口大学 正会員 浜田純夫

1. はじめに

ひび割れを許すPPCはりとは、構造的にプレストレスを導入しないRCはりとは異なり、フルプレストレスはりの中間に位置し、導入プレストレス量により所要の機能を得ることのできる構造であり、その適用範囲も拡大してきている。このはりの設計に当たっては、短期挙動に対してはひび割れを、長期挙動に対しては更にクリープ・乾燥収縮の影響も考慮しなければならない。単一のRC部材に対してBransonの提案式を元とする有効断面二次モーメントを用いてひび割れおよび引張剛性を評価し、挙動解析をする方法は現示方書にも規定され、これから長期解析への手法も記されている。しかし、PPCはりに関してはプレストレスを考慮した有効断面二次モーメントを用いる手法が数多く提案されているものの、統一的な見解に至っていないように思われる¹⁾。本研究はRCおよびPPCはりの主として長期たわみに関して、Tadrosの提案する有効断面二次モーメントを用いる手法²⁾（手法1）と有限要素法（手法2）を用いて検討したものである。

2. たわみ予測手法の概要

2.1 手法1

TadrosはPPCはり部材の有効断面二次モーメント (I_e) を次式で定義した。

$$I_e = \left[\frac{M_{cr} - M_{de}}{M_s - M_{de}} \right]^3 I_s + \left[1 - \left(\frac{M_{cr} - M_{de}}{M_s - M_{de}} \right)^3 \right] I_{cr} \quad (1)$$

ここに、 M_s 、 M_{cr} 、 M_{de} はそれぞれ作用モーメント、ひび割れ発生モーメント、デコンプレッションモーメントであり、 I_s 、 I_{cr} は全断面有効時の断面二次モーメントと有効プレストレスおよび外力モーメントの作用する断面のひび割れ発生後の断面二次モーメントである。これを用いて構造力学の知識からたわみを求めることができる。クリープの影響は導入プレストレス力の低減によって考慮される。また、プレストレスの作用しない場合には、 $M_{de} = 0$ となり式(1)はRC部材の有効断面二次モーメントとなる。示方書では長期たわみに関してはクリープの影響を考慮し、次式で求めるとしている。

$$\delta_1 = (1 + \phi) \delta_{sp} \quad (2)$$

ここに、 δ_1 、 δ_{sp} はそれぞれ長期たわみと短期たわみ、 ϕ はクリープ係数である。

2.2 手法2

PPCはりをコンクリート、鉄筋、PC鋼材からなる図-1のようなはり要素にモデル化する。ひび割れおよびクリープの進行により図心位置が移動するので、上縁を参照軸とする。実際のはりではひび割れ間の

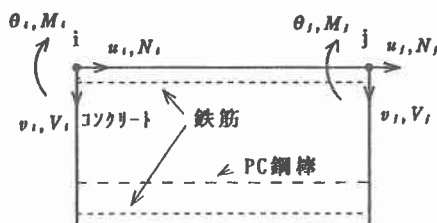


図-1 PPCはり要素

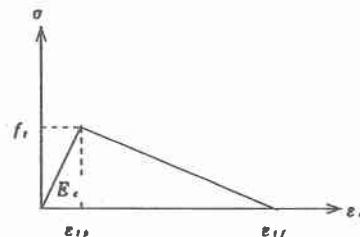


図-2 テンションソフトニングモデル

コンクリートも依然引張力を負担するいわゆるテンションスティフニング効果があることが知られ、これを無視するとたわみを過大評価することになる。本法ではこのため図-2に示す引張側コンクリートにおいてテンションソフトニングモデルを採用した。

コンクリートのクリープひずみは、クリープ係数を用いた履歴理論により、コンクリートに対して式(3)の換算ヤング係数を用いて、式(4)で表される。

$$E_s = \frac{E_c(t_1)}{1 + \rho(t_2, t_1) \phi(t_2, t_1)} \quad (3)$$

$$e_c(t_2, t_1) = \frac{\sigma(t_1)}{E_c(t_1)} \phi(t_2, t_1) + \frac{\sigma_c(t_2, t_1)}{E_s} \quad (4)$$

ここに、 $\rho(t_2, t_1)$ 、 $\phi(t_2, t_1)$ は材令 t_1 から t_2 までの材令係数およびクリープ係数。 $E_c(t_1)$ 、 $\sigma(t_1)$ は載荷時のコンクリートヤング係数と作用応力、および $\sigma_c(t_2, t_1)$ は変動応力である。

式(4)のクリープひずみとクリープ変動応力から内力による、また図-1の節点力から外力による仮想仕事を採り、仮想仕事の原理により通常の手順を経てPPCはりの剛性方程式を導き、解析する。

3. 計算結果

図-3はClarkeらが行った等分布満載荷重を受ける単純支持複鉄筋RCはりの短期・長期たわみの実験結果³⁾と両手法による結果を比較したものの一例である。長期たわみに関しては、手法1によるものは示方書に規定されている式(2)によるものと、有効断面二次モーメントと換算ヤング係数から導いたものを図示した。手法1によるものは長期たわみをいずれも過大評価する。

次に、図-4の断面を有する支間18mのPPCはりに対して、自重0.615tf/mとプレストレスを持続荷重とするときの長期たわみを両手法で解析する。コンクリート、鉄筋、PC鋼材のヤング係数はそれぞれ $2.8 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $2.0 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、コンクリートの引張強度は 17.0 kgf/cm^2 、クリープ係数を2.4とする。パラメーターとするのはプレストレス力である。表-1に導入プレストレス力を15tf~35tfとしたときの支間中央の長期たわみを示す。プレストレスにより、長期たわみも減少するが手法1はやはりたわみを大きく評価する。詳細は講演時に発表する。

表-1 PPCはりの長期たわみ(cm)

プレ ス力	15	20	25	30	35
手法1	8.79	8.31	7.94	7.45	6.75
手法2	8.89	7.48	6.17	4.99	3.98

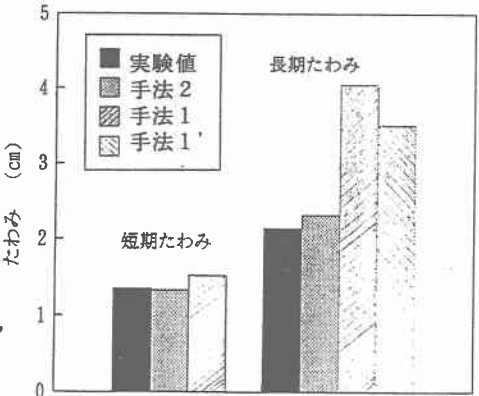


図-3 RCの短期・長期たわみ

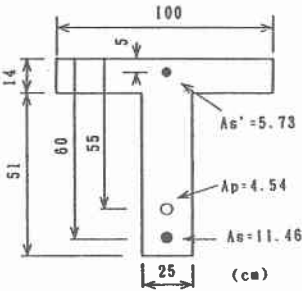


図-4 解析対象断面

1) Rao, S. V., "Evaluation of Short-Term Deflections of Partially Prestressed Concrete Members", ACI Structural Journal, Vol. 89, No. 1, 1992
 2) Tadros, M. K., "Expedient Service Load Analysis of Cracked Prestressed Concrete Sections", PCI JOURNAL, V. 27, No. 6, 1982
 3) Clarke, G. et al., "New Method to Predict the Creep Deflection of Cracked Reinforced Concrete Flexural Members", ACI Material Journal, March-April,