

# プレストレストコンクリート構造の復元力特性に関する研究

## その1 修正モデルの提案

### Restoring Force Characteristics Model for Prestressed Concrete Structures

#### Part 1 Proposal of Modified Model

○大川峻<sup>1</sup>, 内田龍一郎<sup>2</sup>, 小西智貴<sup>3</sup>, 浜原正行<sup>4</sup>

\*Shun Ohkawa<sup>1</sup>, Ryuichiro Uchida<sup>2</sup>, Tomoki Konishi<sup>3</sup>, Masayuki Hamahara<sup>4</sup>

Abstract: In this paper, a restoring force characteristics model for PC members by Hamahara was modified in order to predict the shape of hysteretic loops and residual displacement with higher accuracy. Comparisons with respect to shape of loops were made between the predicted results obtained from the modified model and the test results of 81 PC members. It was shown that the predicted results agreed well with the test results.

### 1. はじめに

プレストレストコンクリート（以下、PC）部材の復元力特性は、紡錘型の履歴を描くものから、S 字型の履歴を描くものまで多様である。したがって、その復元力特性モデルは、この多様な履歴性状を再現できるものでなくてはならない。浜原、尹<sup>1)</sup>は、紡錘型の履歴モデル(Fig.1(a))と S 字型の履歴モデル(Fig.1(b))を一次結合することにより、多様な履歴性状(Fig.1(c))を再現できる復元力特性モデルを提案した。しかし、このモデルは変形の増加に伴って履歴の S 字傾向が徐々に鈍化する<sup>2)</sup>という履歴性状をうまく再現できていない。

本報告では、浜原、尹の復元力特性モデル（以後、**提案モデル**と略称）に修正を加え（このモデルを**修正モデル**と略称）、上述の履歴ループに関する問題点の解消を図り、さらにこのモデルの実験結果に対する適合性について検討しようとするものである。

### 2. 提案モデルの概要

#### 2.1 スケルトンカーブ

Fig.1 中破線に示すようにひび割れ点と降伏点を特異点とするトリリニア型とし、ひび割れモーメント  $M_{cr}$  は PC 規準略算式、初期剛性  $K_e$  は弾性梁理論で評価する。降伏モーメントは終局モーメントの 90% の値とする。

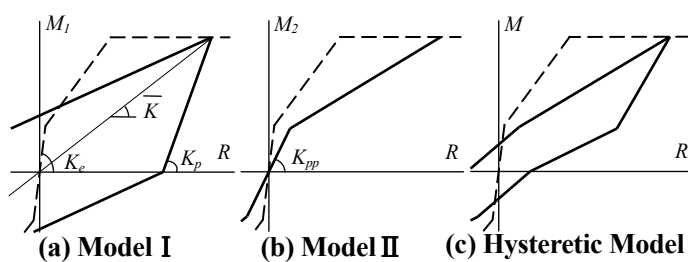


Fig.1 Outline of Model

終局モーメント  $M_u$  は (1) 式で与える。

$$M_u = T_{py} \cdot d_p + T_{ry} \cdot d_r + \frac{ND}{2} - \frac{(T_{py} + T_{ry} + N)^2}{2 \cdot b \cdot \sigma_B} \dots (1)$$

ここに、 $T_{py}$ =PC 鋼材の降伏荷重  $T_{ry}$ =鉄筋の降伏荷重  
 $d_p$ =PC 鋼材の有効せい  $d_r$ =鉄筋の有効せい  
 $N$ =軸方向力  $D$ =部材せい  $b$ =部材幅  
 $\sigma_B$ =コンクリート圧縮強度

降伏部材角  $R_y$  は (2) 式による。

$$R_y = M_y / (\alpha_y \cdot K_e) \dots (2)$$

ここに、 $M_y$  = 降伏モーメント =  $0.9 \cdot M_u$

降伏剛性低下率  $\alpha_y$  を (3) 式で与える。

$$\alpha_y = \left\{ \begin{array}{l} 1.64 \cdot (n \cdot p_t + 3.5 \cdot n_s \cdot p_g \cdot d_g / D) \\ + 0.043 \cdot (1 + a/D) + 0.33 \cdot \eta_0 \end{array} \right\} \cdot (d_r / D)^2 \dots (3)$$

ここに、 $p_g$ =PC 鋼材の鉄筋比  $p_r$ =引張鉄筋比

$\eta_0$ =軸力比  $n, n_s$ =鉄筋, PC 鋼材のヤング係数比

$d_g$ =圧縮縁から PC 鋼材の重心までの距離

$a$ =せん断スパン

#### 2.2 履歴ループ

PC 部材の復元力特性はモデル I とモデル II をパラメータ  $\alpha$  を用いて一次結合することによって与える。

$$M = \alpha \cdot M_1 + (1 - \alpha) \cdot M_2 \dots (4)$$

$$\alpha = \frac{\bar{\mu} \cdot \bar{q}_r + \eta_g \cdot (\eta_0 + \sqrt{\eta_g})^2}{\eta \cdot \bar{q}_r + \eta_g} \dots (5)$$

ここに、 $M_1, M_2$ =モデル I, モデル II の曲げモーメント

$\bar{q}_r$ =正側と負側の軸方向鉄筋の鋼材係数の平均

$\eta_g$ =プレストレスレベル =  $\Sigma P_e / (b \cdot D \cdot \sigma_B)$

$\bar{\mu} = (R_{max} - R_{min}) / 2R_y$ 、ただし、 $\bar{\mu} < 1$  のとき、 $\bar{\mu} = 1$

1 : 日大理工・院 (前)・海建 2 : 内田建築構造コンサルタント 3 : (株)ピーエス三菱 4 : 日大理工・教員・海建

モデルⅠは経験最大変形点を指向する剛性低下型の履歴ループによって構成されている。このモデルの除荷曲線の勾配  $K_p$  は初期剛性と正負経験最大変形点を結んだ直線の勾配  $\bar{K}$  と除荷勾配のパラメータ  $r$  を用いて(6)式で与える。

$$K_p = r \cdot K_e + (1-r) \cdot \bar{K} \dots\dots\dots (6)$$

$$r = a_r \cdot v \cdot \alpha_y \dots\dots\dots (7)$$

ここに、 $v = (R_{max} - R_{min}) / 2R_y$  ただし、 $v > 1$  のときは、 $v = 1$   
 $a_r = a / 4D$  ただし、 $a_r > 1$  のときは、 $a_r = 1$

$a =$ せん断スパン  $\alpha_y =$ 正負平均降伏剛性低下率  
 モデルⅡの第一剛性は(8)式で与えており、折れ曲がり位置はひび割れモーメントに設定している。

$$K_{pp} = K_e / \mu \dots\dots\dots (8)$$

ここに、 $\mu =$  塑性率 ただし、 $\mu < 1$  のときは、 $\mu = 1$

**3. 修正モデル**

(8)式によるモデルⅡの剛性は、幾何学的には降伏後における第一折れ点と原点とピーク点を結んだ直線の水平距離(Fig.2(a)中、EF)を(9)式で与えたことになる。

$$\overline{EF} = \mu \cdot \overline{CD} \dots\dots\dots (9)$$

1節でも述べたように、PC部材の履歴ループのS字傾向は変形の増加に伴って徐々に鈍化する。このようなことを踏まえ、修正モデルでは、降伏後における第一折れ点と原点とピーク点を結んだ直線の水平距離(Fig.2(b)中、EF)を(10)式で与えることにする。

$$\overline{EF} = \sqrt{\mu} \cdot \overline{CD} \dots\dots\dots (10)$$

これに伴いモデルⅡの第一剛性は以下ようになる。

$$K_{pp} = \frac{\alpha_y \cdot K_e}{\mu - \sqrt{\mu} + \alpha_y \cdot \sqrt{\mu}} \dots\dots\dots (11)$$

Fig.3 に提案モデルと修正モデルの履歴ループと実験結果の比較を示す。この図より、以下のことが指摘できる。

1)提案モデルの履歴ループは実験結果よりS字傾向、原点復帰傾向が強い。

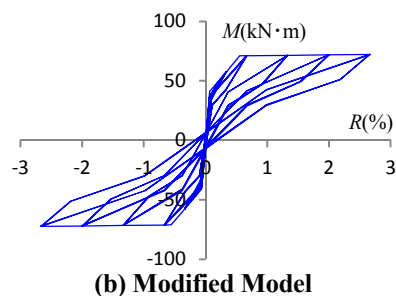
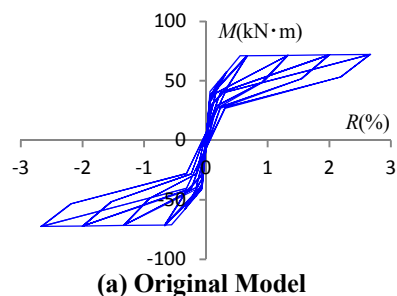


Fig.2 Correction of the Model

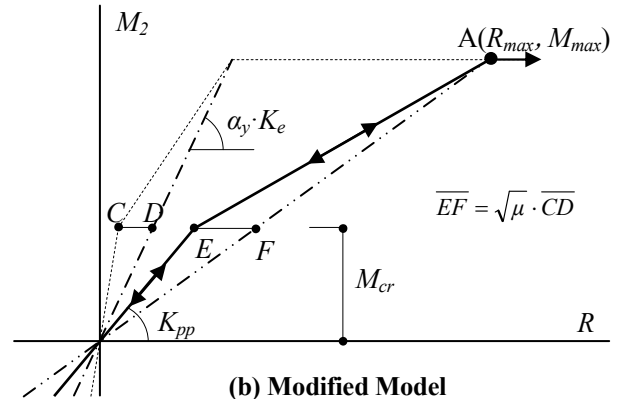
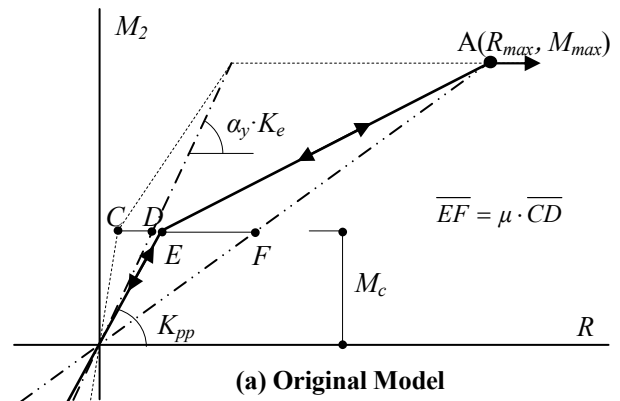


Fig. 3 Comparison of Hysteretic Loops

2)修正モデルは、変形の増加に伴ってS字傾向が鈍化していく実験結果を比較的上手く再現している。

**4. まとめ**

浜原、尹によるモデルの概要とその修正モデルを示し、修正モデルは変形の増加に伴ってS字傾向が鈍化していく実験結果を比較的精度よく再現していることを示した。

**5. 参考文献**

- 1) 浜原正行, 尹元奎ほか:「プレキャストプレストレストコンクリート柱の復元力特性に関する実験的研究」, 日本建築学会論文報告集, 1996, 2, No.480, pp.151-160
- 2) 日本建築学会 PC 部材力学挙動予測小委員会:「プレストレスト(鉄筋)コンクリート構造部材の設計法-現状と将来」, 2000, 4, pp.159