

PC 部材の履歴復元力特性に関する研究

東北大学 学生員 ○ 小野雄司
東北大学 学生員 丸中孝通
東北大学 正会員 鈴木基行

1. はじめに

RC 部材に地震荷重が作用すると、エネルギー吸収能が高い紡錘型の履歴特性を示すが、地震後の復旧が困難となる大きな残留変位を生じることがある。一方、PC 部材は高い復元力を有し、エネルギー吸収能は低い、残留変位を非常に小さくできる。このような PC 部材の特性を RC 部材に付与することにより、両者の長所が生かされた耐震的な構造となることが期待できるが、導入するプレストレス量の違いによる復元力特性の変化については未解明な部分が多い。そこで、本研究では RC から PC 部材までの復元力特性の変化を連続的に表現できるモデルを提案した。

2. PC 部材の復元力特性のモデル化

(1) 解析対象モデル

PC 部材の復元力特性は、表-1に示す断面諸元を持つ高さ 1.5m の柱部材を対象に検討した。これら解析対象モデルは、断面が 40×40 cm の正方形断面で、PC 鋼材の付着があり、軸応力度 (1.0MPa) およびコンクリート強度 (35.0MPa) は一定とした。そして No.1 の軸方向鉄筋を基本配筋とし、プレストレス量に応じて鉄筋の一部を PC 鋼材に置き換えた。

(2) スケルトンカーブの設定

本研究で提案する復元力モデルでは、図-1に示すトリニア型のスケルトンカーブとし、第一折点は曲げひび割れ発生点、第二折点は部材降伏点とした。なお、PC 部材は明確な降伏点を持たないことから、降伏荷重 P_y = 最大耐力 P_{max} とし、降伏変位 δ_y は式 (1) より算出した。

$$\delta_y = P_{max} \times \delta_{y0} / P_{y0} \quad (1)$$

ここに、 δ_{y0} 、 P_{y0} は、軸方向鉄筋に作用している引張力の合力位置のひずみが鉄筋の降伏ひずみに達したときの変位および荷重を示す。なお、部材降伏後の剛性は 0 とした。

(3) 履歴法則

図-2 は、本復元力モデルの履歴法則を示したものである。基本となる履歴法則は、RC 部材に対して一般的に用いられる Takeda モデル¹⁾ である。弾性域では、原点指向のループを描き、塑性域では、変形が過去の経験最大変形点を超える場合はスケルトンカーブ上を進む。除荷時は式 (2) によ

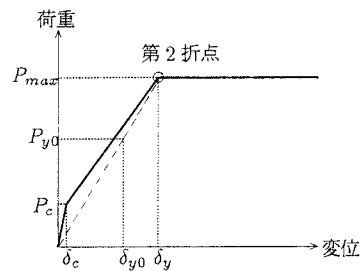


図-1 スケルトンカーブの設定

表-1 解析モデルの諸元

対象 モデル	プレストレス (MPa)	帯鉄筋	PC 鋼材	軸方向 鉄筋	曲げ耐力 (kN)	q_r
No.1	0.0	D6@30	—	32×D13	200.2	1
No.2	2.0	D6@30	4×SWPR7B×12.7	16×D13	183.9	0.56
No.3	4.0	D6@30	8×SWPR7B×12.7	16×D10	203.6	0.27
No.4	8.0	D10@40	8×SWPR19×17.8	16×D10	230.1	0.087

り算出される除荷剛性 K_r により下降し、折点荷重 P_t に達した後は反対側の経験最大変形点を直線的に指向する。折点荷重 P_t はプレストレス量により変化し、実験的にこの折点荷重により残留変位やエネルギー吸収能の変化を表現できることが確かめられている²⁾。そこで本研究では、プレストレス量の変化を表すパラメータとして普通鉄筋の鋼材係数 (r_q) が全鋼材係数 (q) に占める割合 (q_r) を用い、さらに荷重除荷時の変位の影響を考慮する塑性率 (μ) のパラメータを取り入れることで、折点荷重 P_t を式 (3) により定義した。

$$K_r = K_y [1/\mu]^{0.4} \dots\dots\dots (2)$$

$$P_t = 0.7(1 - q_r)(1.5 - 0.085|\mu|) P_{max} \dots\dots\dots (3)$$

$$\mu = \delta_{max}/\delta_y \dots\dots\dots (4)$$

なお、 q_r が 1.0 すなわち RC 部材のときには $P_t = 0$ となり、Takeda モデルと同一の履歴ループを描く。

(4) 解析結果

提案した復元力モデルを用いて、静的な繰返し載荷解析を行った結果を図-3に示す。プレストレスのレベルが上がるほど折点荷重が大きくなり、原点指向性が強くなることが表現できている。次に解析対象モデルの各塑性率毎の残留変位および累積吸収エネルギーの推移を図-4および図-5に示す。図-4より、プレストレス量の増加に伴い残留変位は一樣に小さくなり、最もプレストレス量の高い No.4 のモデルでは RC 部材に比べ 30% 程度の残留変位に抑えることができています。一方図-5より、累積吸収エネルギーは、プレストレス導入量が 2.0~8.0MPa の範囲であり変化が見られなかった。しかし、RC 部材と比較すると PC 部材の累積吸収エネルギーはどの塑性率においても約 70% 程度と小さくなっている。これらの結果は RC から PC 部材の履歴復元力特性の変化を良く反映しているといえる。

3. まとめ

鋼材係数をパラメータにとることにより、RC から PC 部材の履歴復元力特性を連続的に表現できる復元力モデルを提案することができた。今後、このモデルを用いて動的解析を行うことで PC 部材の地震応答性状を明らかにし、適切な PC 鋼材量等を検討する予定である。

参考文献

- 1) Takeda, T., M. A. Sozen and N. N. Nielsen : Reinforced Concrete Response to Simulated Earthquakes, 第3回日本地震工学シンポジウム講演集, pp.357-364, 1970.11
- 2) 浜原ほか：プレストレスコンクリート曲げ部材の復元力特性に関する研究, 日本建築学会論文報告集, No.410, pp.63-69, 1990.4

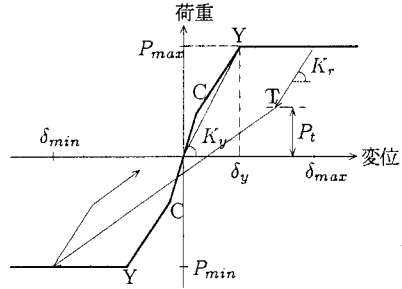


図-2 履歴法則

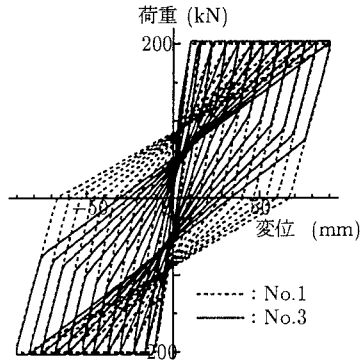


図-3 解析結果

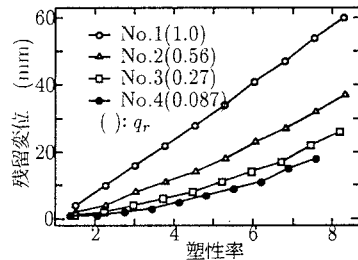


図-4 残留変位の比較

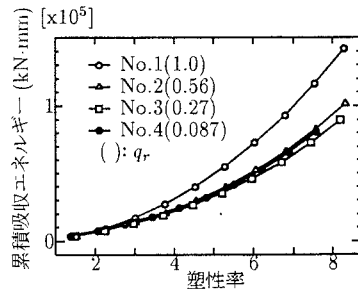


図-5 累積吸収エネルギーの比較