

PC 造骨組の復元力特性に関する研究

その 2 骨組モデルの提案

Study on Restoring Force Characteristics Model for Prestressed Concrete Frames

Part 2 Proposal of Frames Model

○大川峻<sup>1</sup>, 小西智貴<sup>2</sup>, 福井剛<sup>3</sup>, 浜原正行<sup>3</sup>

\*Shun Ohkawa<sup>1</sup>, Tomoki Konishi<sup>2</sup>, Tsuyoshi Fukui<sup>3</sup>, Masayuki Hamahara<sup>3</sup>

Abstract: This paper presented a restoring force characteristics model for prestressed concrete frames. The hysteretic loop of the model was expressed as the sum of S-shape type with no energy dissipation and degrading stiffness type. Comparisons were made in term of load-displacement relationship, hysteretic damping and residual displacement ratio between the model and analytical results. The results obtained from the model were agree well with the analytical results.

1. はじめに

PC 骨組は、PC 部材の履歴が多様であることに加え、柱を RC、梁を PC とすることが一般的であるため、ヒンジ発生部位が柱か梁かによって骨組の履歴性状は大きく変化する。このようなことから、PC 骨組の履歴性状を正確に把握することは RC と比べて困難であることが指摘されている。

文献 1) では、PC 骨組を対象とした正負繰り返し解析を行い、骨組の履歴性状に及ぼす降伏ヒンジの発生部位と梁の鋼材係数比の影響について検討を行った。その結果より、骨組の履歴性状は降伏が先行する部材の履歴性状に強く依存することを示した。本報告では、この知見に基づき PC 骨組の簡便な復元力特性モデルを提案し、上述の解析結果との比較検討を行おうとするものである。

2. 骨組の復元力特性モデルの提案

その 1 で述べたように、提案を行う骨組の復元力特性モデルは、部材モデルに倣いトリリニア型スケルトンカーブ、紡錘型のモデル I と S 字型のモデル II の和で表される履歴ループで構成する。

**スケルトンカーブ** スケルトンカーブは Fig. 1 に示すようなトリリニア型とし、降伏点は機構時荷重の 90% に達したときの荷重と変形とした。第一折れ曲がり点は 1 方向漸増解析結果から求まる降伏点に達するまでの変形エネルギーに等しくなる位置に設定した。

**$\alpha$ ,  $r$  の評価方法** 骨組のモデル I とモデル II の寄与の割合であるパラメータ  $\alpha$  と除荷曲線の勾配のパラメータ  $r$  の評価方法を以下に示す。  $r$  は (1) 式に示すように機構時にヒンジが形成された部材の塑性率 ( $\mu_{ri}$ ) と降伏剛性低下率 ( $\alpha_{yi}$ ) を降伏モーメント ( $M_{yi}$ ) により重み

付け平均し、降伏ヒンジが発生する層に関する補正を行うことによって求める。  $\alpha$  は  $\eta_g$  と  $q_r$  を要因とし、骨組の塑性率 ( $\mu$ ) を用いることで (2) 式より算出する。  $\eta_g$  と  $q_r$  は (3) 式、(4) 式に示すように、それぞれ機構時においてヒンジが形成された部材のプレストレスレベル ( $\eta_{gi}$ )、引張鉄筋の鋼材係数 ( $q_{ri}$ ) を、その降伏モーメント ( $M_{yi}$ ) により重み付け平均することにより求める。

$$r = \frac{\sum \mu_{ri} \cdot \alpha_{yi} \cdot M_{yi}}{\sum M_{yi}} \cdot \left( 1 + v \cdot \frac{h_B}{H} \right) \dots\dots\dots (1)$$

$$\alpha = \left( \mu \cdot q_{rs} + \eta_{gs}^2 \right) / \left( \mu \cdot q_{rs} + \eta_{gs} \right) \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{ここに、 } \eta_g = \sum \eta_{gi} \cdot M_{yi} / \sum M_{yi} \dots\dots\dots (3)$$

$$q_r = \frac{1}{2} \cdot \sum q_{ri} \cdot M_{yi} / \sum M_{yi} \dots\dots\dots (4)$$

ここに、  $i$ : ヒンジが発生した部材番号  $H$ : 建物高さ  
 $v$ : 柱降伏ヒンジ率  $h_B$ : 最も低いヒンジ高さ  
 $\alpha_{yi}$ : 降伏剛性低下率

以上のように、スケルトンカーブの特異点、 $\alpha$  および  $r$  を規定することで、その 1 で述べた平均減衰の推定式 ((5) 式) を用いて骨組の平均減衰を推定することが可能となる。

$$h_s = \frac{0.38 \cdot \alpha \cdot (\mu - \mu_{cr})}{(\mu - \mu_{cr}) + \beta} + h_0 \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{ここに、 } \beta = 1.4 / (r \cdot T_2 / T_1) \dots\dots\dots (6)$$

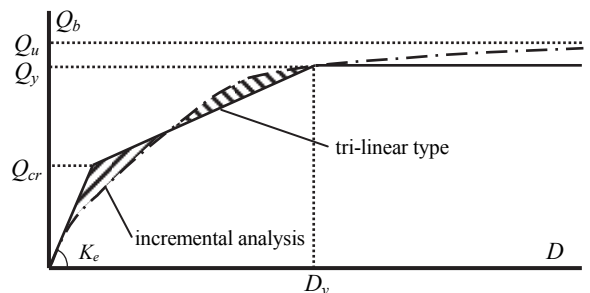


Fig. 1 Skeleton Curve

1: 日大理工・院 (前)・海建 2: (株)ピーエス三菱 3: 日大理工・教員・海建

### 3. 骨組モデルの検討

履歴性状，等価粘性減衰定数および残留変形率について，マトリクス解析法から求まる結果と提案の骨組モデルより求まる結果の比較検討を行う。

**履歴性状** Table 1 は， $\lambda=1$ （梁を純 PC）とした骨組のベースシア代表変形関係について，柱降伏ヒンジ率( $\nu$ )とをパラメータとし，マトリクス解析結果と骨組モデルによる結果を比較したものである。Table 1 より，以下のことが指摘できる。

1)  $\nu=1$ （柱降伏型）とした骨組の履歴は，マトリクス解析結果，骨組モデル共に，エネルギー消費能力に富んだ紡錘型の履歴を描き，残留変形についてもほぼ同様の値を示していることが分かる。

2) 骨組の復元力特性は，柱降伏ヒンジ率( $\nu$ )の減少，すなわち梁の降伏ヒンジの割合の増加に伴って，梁の履歴性状の影響が強くなる。梁降伏型( $\nu=0$ )とした骨組の履歴は，原点復帰傾向の強い S 字型の履歴性状を示すようになる。

3)  $\nu=1/3$ （柱梁混合降伏型）とした骨組は柱降伏型と梁降伏型の骨組の中間的な履歴を描く。このような PC 骨組特有の履歴性状についても，骨組モデルによる履歴ループはマトリクス解析結果を精度よく推定していることが分かる。

**等価粘性減衰定数と残留変形率** 等価粘性減衰定数 ( $h_{eq}$ )と残留変形率( $R_r/R_p$ )は以下のように定義されるものである。

$$h_{eq} = \frac{\text{定常ループの面積}}{2\pi \times \text{ピーク時の変形} \times \text{ピーク時の荷重}} \dots\dots (7)$$

$$R_r/R_p = \frac{\text{残留変形}}{\text{ピーク時の変形}} \dots\dots (8)$$

Fig. 2, Fig. 3 はそれぞれ等価粘性減衰定数と残留変形率についてマトリクス解析結果と提案の骨組モデルより算出した結果を比較したものである。この図より以下のことが指摘できる。等価粘性減衰定数の相関係数は 0.981，残留変形率の相関係数は 0.955 となっており，両者とも高い相関性を示している。このことから骨組モデルによる結果は，マトリクス解析結果を比較的精度よく再現できていることが分かる。

### 4. まとめ

6 層のキ型フレームに対する正負交番解析を行い，提案の骨組モデルによる結果との比較を 132 ケースについて行った。その結果，履歴性状，等価粘性減衰定数，残留変形率について，比較的精度よく再現可能なことを示した。

### 参考文献

- 1) 大川ほか：プレストレストコンクリート構造の復元力特性，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.735-736，2014
- 2) 大川ほか：プレストレストコンクリート構造の復元力特性，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.731-732，2014

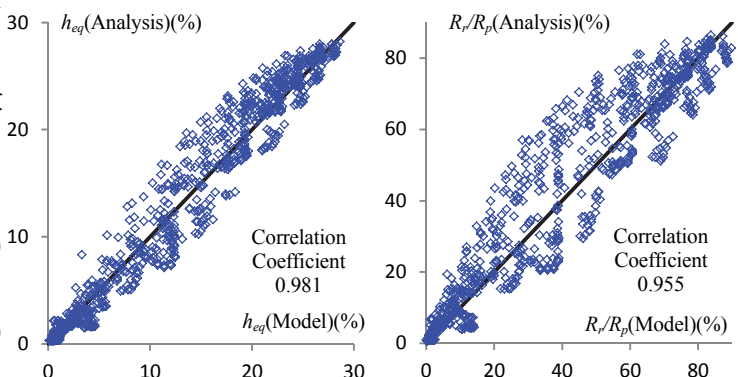


Fig. 2 Equivalent Viscous Damping Fig. 3 Residual Displacement

Table 1 Comparison of Model with Analytical Results( $\lambda=1$ )

	$\nu=1$ (Column Collapse)	$\nu=1/3$ (Hybrid)	$\nu=0$ (Beam Collapse)
Analytical Result			
Model			