

PCaPC 部材のパラメトリックプッシュオーバー解析 —ファイバーモデルと M- ϕ モデルとの比較—

日本コンクリート工業(株) 正会員 ○山岸 健治 都築 洋平 薄葉 信一
東京都市大学 フェロー 吉川 弘道 学生会員 田村 信二

1. はじめに

道路擁壁の耐震設計手法を確立させるための基礎研究として、基本モデルを対象としたファイバーモデルと M- ϕ モデルを用いたパラメトリックプッシュオーバー解析を行い、変形性状を把握する手法の適用性について検証した。

2. 検討条件と解析手法

検討は土留め構造用等辺角形のプレキャストプレストレストコンクリート部材(以下、PCaPC 部材)を用いて解析を行った。PCaPC 部材の荷重モデルを図-1 に示す。

- ・サイズ：断面 0.50m×0.50m、長さ 8.0m
- ・荷重方式：単純曲げ（2 点支持、2 点荷重）
- ・スパン：7.0m（荷重点スパン：1.0m）
- ・コンクリートの圧縮強度（実測）：79.8MPa
- ・PC 鋼材の緊張応力度（実測）：721.3N/mm²

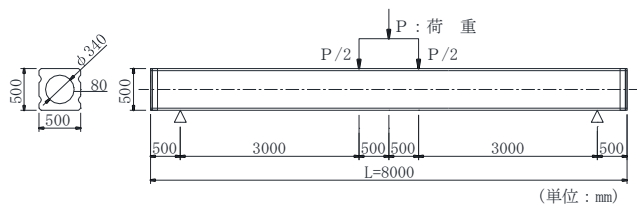


図-1 PCaPC 部材の荷重モデル

解析手法の一覧を表-1 に示す。解析は 3 次元有限要素法(FEM)解析プログラム¹⁾を用い、ファイバー要素および M- ϕ 要素でモデル化を行った。

表-1 解析手法の一覧

要素タイプ	コンクリートのヒステリシス	概 要
ファイバー要素	COM3	東京大学コンクリート研究室で開発された鉄筋コンクリート構成則を使用したヒステリシス
	Hoshikuma	H24道路橋示方書Ⅴ耐震設計編に記載されている横拘束効果を考慮したコンクリートの応力度-ひずみ曲線

要素タイプ	骨格／内部履歴	概 要
M- ϕ 要素	トリリニア対称 Takeda型	H24道路橋示方書Ⅴ耐震設計編に記載されている塑性変形量に応じた剛性低下を表すことができるモデル

ファイバー要素は、部材を構成する材料の非線形履歴モデルに基づき、曲げおよび部材軸方向の非線形性をモデル化する梁要素である。M- ϕ 要素は、曲げの断面特性

(M- ϕ) を直接履歴モデルに置き換えることにより、曲げの非線形性をモデル化する梁要素である。

ファイバー要素に設定したコンクリートのヒステリシスは、引張側の設定を行える「COM3」と「Hoshikuma」を使用した。さらに「Hoshikuma」についてはスパイラル筋による横拘束効果を考慮した場合としない場合の比較も行った。M- ϕ 要素に設定した M- ϕ 特性は、骨格にトリリニア対称型、内部履歴に「Takeda 型」を使用した。

3. 解析結果 (P- δ 関係)

(1) M- ϕ 要素とファイバー要素の比較

解析結果を図-2 に示す。解析結果は、ファイバー要素の「COM3」が実験値に最も近い結果となった。「Hoshikuma」による横拘束効果の有無による比較ではほとんど差異が生じなかった。

M- ϕ 要素の解析結果は、ひび割れ発生以降では実験値より低い傾向を示し、実験値との差がファイバー要素と比較して大きい結果となった。

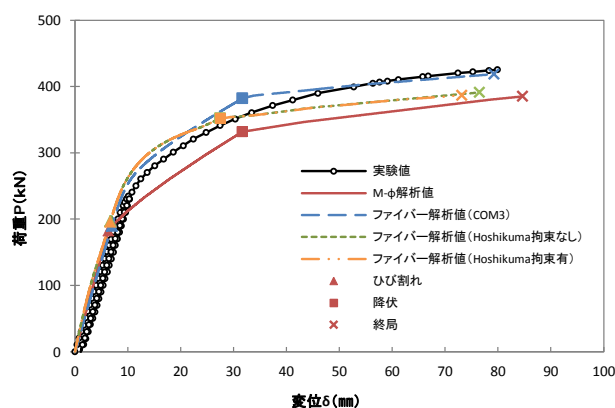


図-2 解析結果 (ファイバー要素と M- ϕ 要素の比較)

(2) ファイバー要素のパラメータ解析

ファイバー要素「COM3」において、ひび割れから降伏までの第2勾配が実験値よりも高い傾向を示しているが、これはひび割れ発生後に PC 鋼材は異形棒ほどの付着が見込めないためと考え、設定として引張軟化係数を通常 0.4 のところを変更させて検証を行った。結果は引張軟

化係数を 0.6 に変更することにより、ひび割れから降伏までの第2勾配が実験値に近くなったものの降伏以降の第3勾配は実験値よりも低い結果となった(図-3)。

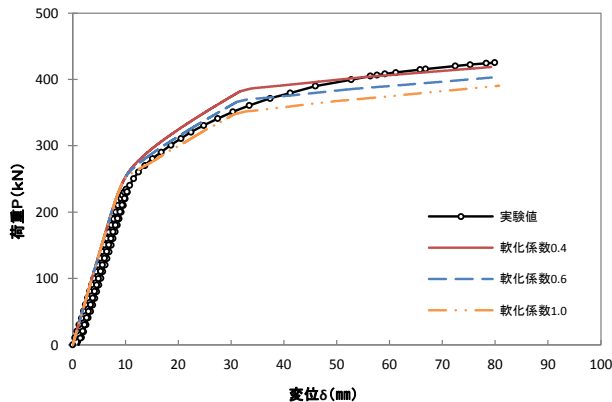


図-3 引張軟化係数の違いによる荷重-変位関係
(ファイバー要素 COM3)

(3) M-φ 要素のパラメータ解析

M-φ 要素の解析結果において、ひび割れ発生以降は実験値よりも低い傾向を示しているが、分割要素長(塑性ヒンジ長)およびプレストレス量(σ_{pe})を変化させて検証を行った。

分割要素長の違いによる比較においては、道路橋示方書の上限值である 0.5D (D は断面幅 0.50m) に対して、0.25D と 1.0D と変化させても解析結果に変化はないため、解析結果が分割要素長に影響されていないことが確認された(図-4)。

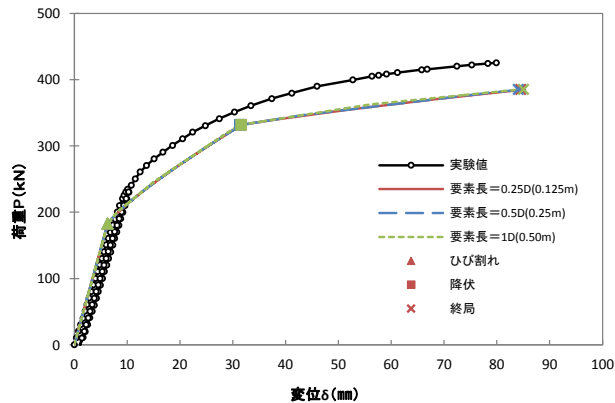


図-4 分割要素長の違いによる荷重-変位関係
(M-φ 要素)

プレストレス量の違いによる比較を図-5 に示す。ひび割れから降伏までの第2勾配はプレストレス量の増加に伴い高くなっているが、降伏以降の第3勾配では変化が見られなかった。

4. 解析結果(曲げモーメント・曲率分布)

曲げモーメント・曲率分布を図-6 に示す。降伏時と終局時の曲げモーメントと曲率の分布図を見ると、最大曲げモーメント区間(載荷点間)において降伏以降の曲

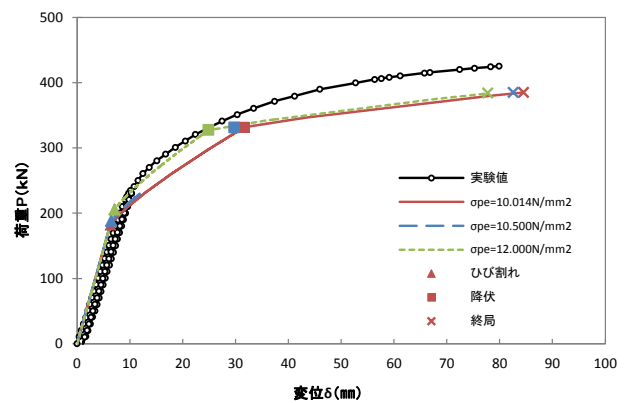


図-5 プレストレス量の違いによる荷重-変位関係
(M-φ 要素)

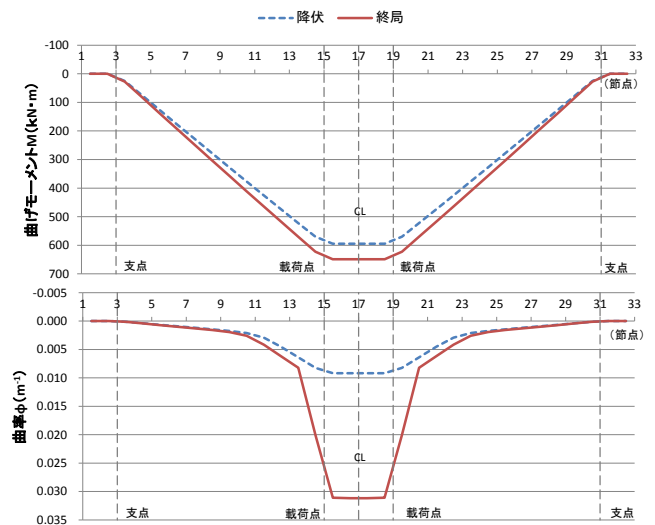


図-6 曲げモーメント(上图)・曲率分布(下图)
(ファイバー要素 COM3)

げモーメントの増加はほとんどないが、曲率は急激に増加しており、曲率の局所化が再現できたと思われる。

5. まとめ

パラメトリックプッシュオーバー解析により、本解析で用いた PCaPC 部材のモデルでは、特にファイバー要素「COM3」による解析手法が、変形性状を把握する上で適用性のとれたモデルと評価できるものと考えられる。

参考文献

- (株)フォーラムエイト: 3次元有限要素法(FEM)解析プログラム「Engineer's Studio®」
- PC-壁体工業会: PC-壁体工法 設計・施工マニュアル, 2005年6月
- NCTCU 研究会: PC-壁体 曲げ試験結果報告書, 20015年10月
- 建通新聞社: 吉川弘道 他「数値シミュレーションで考える構造解析」, 2009年11月
- (社)土木学会: コンクリート標準示方書 設計編, 2012年
- (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2012年3月