

PCaPC 部材の実大実験と非線形プッシュオーバー解析による適用性の検討

日本コンクリート工業(株) 正会員 ○都築 洋平 山岸 健治 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. 実験方法

1.1 対象試験体

本研究は、遠心締固めにより成形した等辺角形中空プレストレストコンクリート部材（以下 PCaPC 部材）を対象とする(写真-1)。これは、連続して壁体状に設置することにより道路擁壁などの自立式壁体構造物として使用される。

試験体の断面諸元を表-1にコンクリートおよびPC鋼材の力学的特性を表-2にそれぞれ示す。なお、解析はコンクリートについては試験時の実測値を、PC鋼材については実測緊張力を用いて行った。

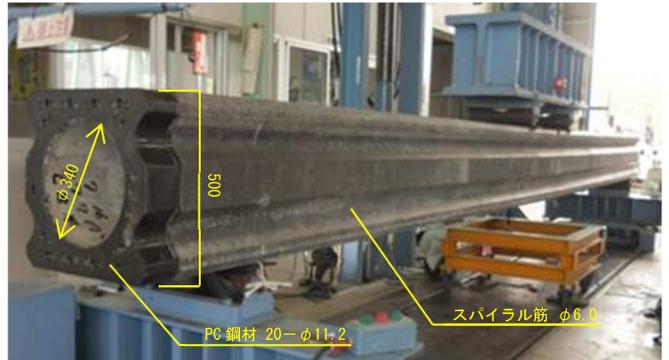


写真-1 載荷状況

表-1 試験体の断面諸元

幅 D (mm)	PC鋼材 本数-径 (mm)	換算断面積 A_e (mm ²)	換算断面2次モーメント I_e (mm ⁴)	換算断面係数 Z_e (mm ³)
500	20-φ11.2	154 × 10 ³	462 × 10 ⁷	18470

表-2 材料の力学的特性

コンクリート	圧縮強度 f_{ck}	N/mm ²	79.8
	引張強度 f_{td}	N/mm ²	6.7
	ヤング係数 E_c	N/mm ²	4.347 × 10 ⁴
PC鋼材	降伏強度 f_{py}	N/mm ²	1275
	引張強度 f_{pu}	N/mm ²	1420
	ヤング係数 E_p	N/mm ²	2.0 × 10 ⁵
	リラクゼーション率 r	%	7.0
	緊張応力度 σ_{pe}	N/mm ²	721.35

1.2 載荷方法

載荷モデルを図-1に示す。載荷方法は、2点支持、2点載荷の単純曲げ方式とし、支持スパンを7.0m、載荷点スパンを1.0mとした。載荷は、1サイクル目をひび割れ発生荷重測定サイクルとし、2サイクル目を終局最大荷重測定サイクルとし行った。

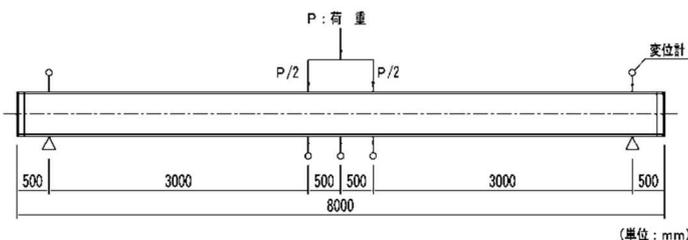


図-1 載荷モデル

1.3 測定項目

曲げ試験時の測定項目は、ひび割れ発生荷重、終局最大荷重、変位（支点、載荷点、中央）、中央部におけるコンクリート圧縮縁および引張縁でのひずみ、ひび割れ発生状況とした。

2. 実験結果

実験結果を表-3に、破壊後のひび割れ発生状況を写真-2にそれぞれ示す。ひび割れ発生荷重は235.6kNであり目視/計算の比率は1.46となり、終局最大荷重は425.4kNであり最大/計算の比率は1.18であった。中央部での最大変位は79.9mmとなった。

表-3 実験結果

載荷荷重 (kN)				最大変位 δ_{max} (mm)	破壊性状
ひび割れ発生 P_{cr}		終局最大 P_u			
計算	目視	計算	最大		
161.0	235.6	360.3	425.4	79.9	曲げ圧縮

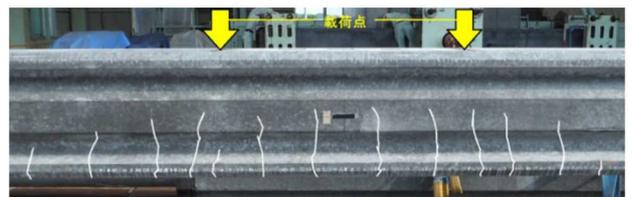


写真-2 ひび割れ発生状況

キーワード PCaPC 部材, 非線形プッシュオーバー解析, M-φモデル, ファイバーモデル

連絡先 〒108-8560 東京都港区芝浦4-6-14 日本コンクリート工業(株) 技術開発部 Tel : 03-3452-1037

3. 解析方法

解析は3次元有限要素法 (FEM) 解析プログラム¹⁾を使用し、M-φ要素、ファイバー要素にて行った。またフレームモデルは、要素長を道路橋示方書⁶⁾に準じて0.5D (D=500mm) の32要素33節点とした。ファイバー要素におけるセルは断面を50×50に分割し解析を行った(図-2)。

(1)ファイバー要素 (COM3, Hoshikuma)

ファイバー要素は各材料の非線形履歴モデルに基づき曲げおよび軸方向の非線形性をモデル化する梁要素で、コンクリートのヒステリシスは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用いたCOM3と、道路橋示方書の横拘束効果を考慮したHoshikumaを使用した。

(2)M-φ要素

M-φ要素は断面特性を履歴モデルに直接置換えて非線形性をモデル化する梁要素で、内部履歴は道路橋示方書に準じた塑性変形量に応じた剛性低下を表せるトリリニア (対称) のTakeda型を使用した。

4. 実験結果と解析結果の比較

図-3に示すP-δ関係において、ひび割れ発生以降の挙動はM-φ要素に比べファイバー要素の方が実験値に近く、また降伏荷重以降ではHoshikumaに比べCOM3の方が実験値に近かった。

M-ε関係では、ひび割れ発生以降のPC鋼材の付着性状に着目し引張軟化係数をパラメータとしファイバー要素COM3で解析した結果(0.4~1.0)、圧縮縁ひずみにおいては、軟化係数0.4が最も実験値と近かった(図-4)。

降伏時と終局時の荷重および変位について実験値と解析値を比較した結果を図-5に示す。各解析モデルとも概ね実験値と近似した。

5. まとめ

今回、ファイバー要素とM-φ要素で非線形ブッシュオーバー解析を用いて実験値との比較を行った結果、ファイバー要素COM3がP-δ関係、M-ε関係ともに実験値とほぼ一致しており、本解析手法は有効であると思われる。

参考文献

- 1) (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®」
- 2) PC-壁体工業会: PC-壁体工法 設計・施工マニュアル, 2005.6
- 3) NCTCU 研究会: PC-壁体 曲げ試験結果報告書, 2015.10
- 4) 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」, 2009.11
- 5) (社)土木学会: コンクリート標準示方書 設計編, 2012
- 6) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説V耐震設計編, 2012.3

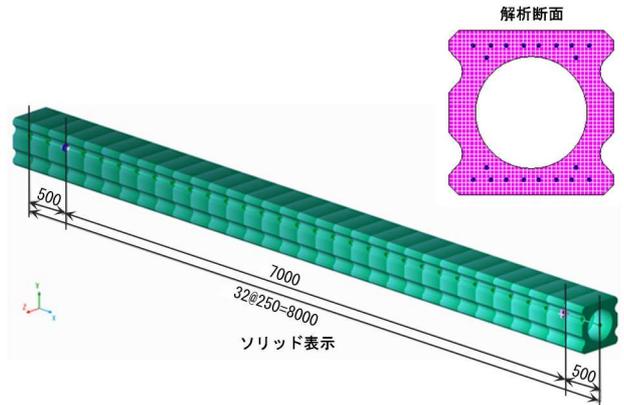


図-2 解析モデル

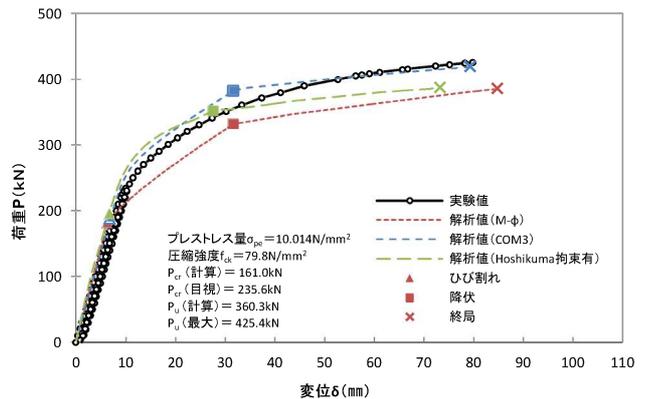


図-3 P-δ関係 M-φ要素とファイバー要素の比較

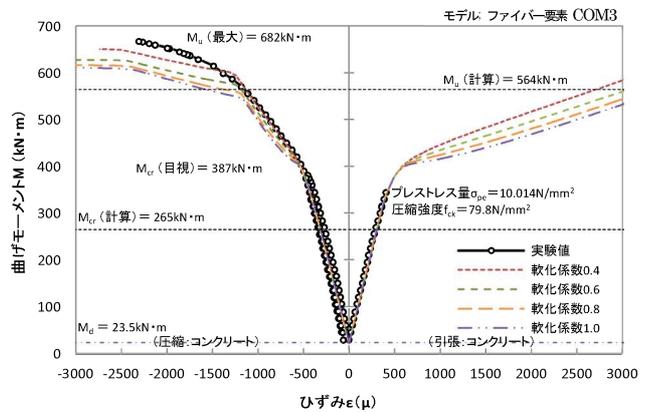


図-4 M-ε関係 (コンクリート)引張軟化係数の比較

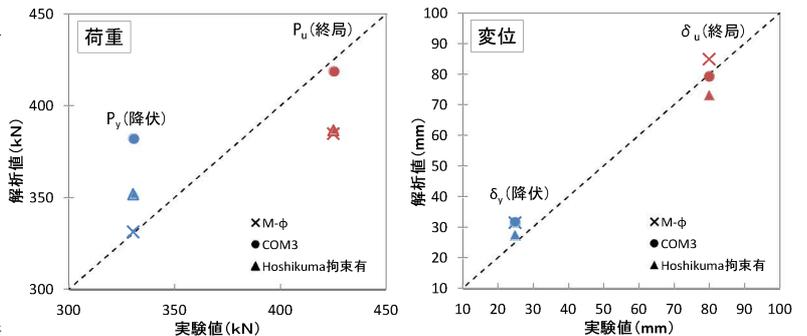


図-5 実験値と解析値の比較