

## コンクリートセグメントと鋼より線によるRC柱耐震補強工法の数値解析

(株)奥村組 正会員 三澤孝史 正会員 中村敏晴  
J R西日本(株) 正会員 松田好史 正会員 田辺 深

### 1. はじめに

コンクリートセグメントと鋼より線によるRC柱耐震補強工法（以下、「本工法」と称す）は、既設RC柱の4面にポリマーセメントモルタルを介して、円形断面となるように別途製作したかまぼこ状のプレキャストコンクリートブロック（以下、「円形セグメント」と称す）を張り付け、垂鉛メッキ鋼より線をアンボンド横拘束筋として巻立て補強する工法である。地震発生時の緊急点検や日常の維持管理の容易さを確保することを念頭に、施工性をも考慮して開発したものである。その耐震補強効果については、ラーメン高架橋柱の縮小試験体を用いた静的正負交番水平載荷試験により確認しているところである<sup>1)</sup>。本報では、本工法の静的正負交番水平載荷試験結果を対象として、3次元非線形FEM解析により数値シミュレーションを行い、そのモデル化について検討した結果を報告する。

### 2. 載荷試験概要

試験体は、既設柱の断面寸法を5/8に縮小したもの（断面寸法50×50cm）である。図-1に試験体構造図、図-2に試験体形状および配筋図、図-3に補強詳細図を示す。表-1に試験体の諸元を示す。

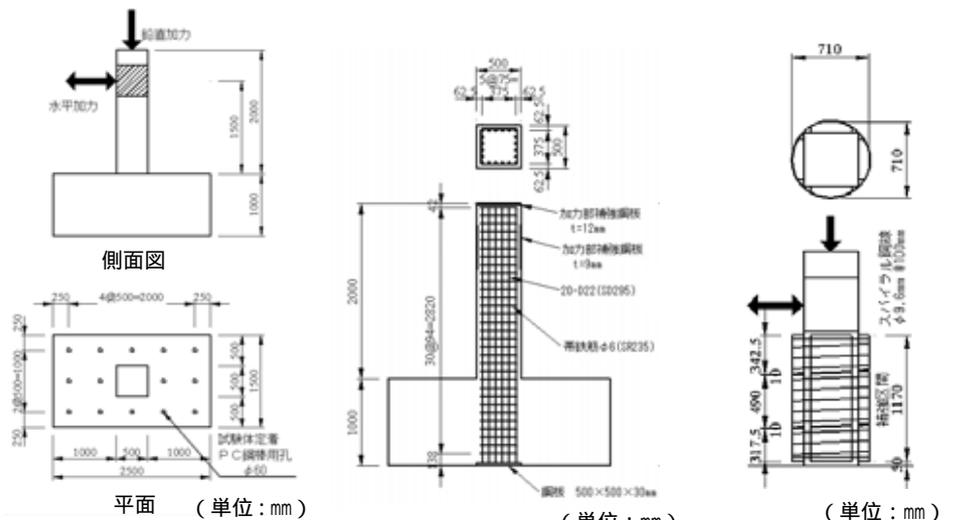


図-1 試験体構造図 図-2 試験体形状および配筋図 図-3 補強詳細図

表-1 試験体の諸元

形状		断面 50×50cm, 高さ 150cm
鉄筋	軸方向鉄筋	D22 20本 (SD295)
	帯鉄筋	6@94mm (SR235) 帯鉄筋比 0.12%
コンクリート		設計基準強度 21N/mm <sup>2</sup>
補強材		垂鉛メッキ鋼より線 2号(a)1種 A級 6.9@50mm
		円形セグメント設計基準強度 40N/mm <sup>2</sup>

### 3. 3次元非線形FEMによる数値シミュレーション

#### 3.1 解析概要

##### (1) 解析モデル

解析モデルを図-4に示す。使用した要素は以下の通りである。解析コードは、コンクリート計算力学の分野で実績のあるDIANAである。

- ・コンクリート：ソリッド要素
- ・軸方向鉄筋：3次元トラス要素
- ・帯鉄筋：埋込み鉄筋要素
- ・鋼より線：3次元梁要素

鋼より線は連続した1本の線を円形セグメント外周に螺旋状に設置されるが、モデル作成の容易性を考慮して、独立したリング状モデルにより検討した。境界条件は、フーチング底面を固定とした。

##### (2) 構成モデルおよび材料特性

コンクリートは、全ひずみに基づく構成モデルとし、圧縮側応力-ひずみモデルには、圧縮破壊エネルギー、Selby and Vecchioの横拘束効果<sup>2)</sup>を考慮した。ひび割れについては、回転ひび割れモデルを使用し、引張側応力-ひずみモデルは、引張破壊エネルギーを考慮し、Hordijk et alの引張軟化関係<sup>3)</sup>を用いた。ただし、フーチングコンクリートは線形要素とした。鉄筋および鋼より線の応力ひずみ関係はバイリニア型とした。

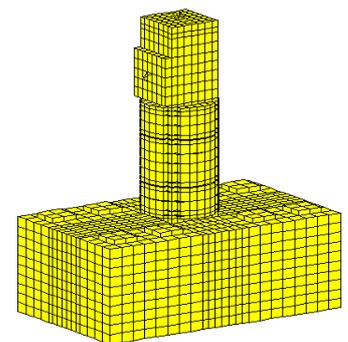


図-4 解析モデル図

キーワード：耐震補強、3次元FEM、非線形解析

連絡先：〒300-2612 茨城県つくば市大字大砂387 (株)奥村組技術研究所 TEL029-865-1521 FAX029-865-1522

## (3)解析条件

変位制御により単調増加および正負交番載荷を行った。載荷ステップは、1 y の 1/100 とした。

## 3.2 解析結果

## (1)荷重 - 変位関係

図-5 に水平荷重 - 水平変位関係の解析結果を実験結果と併せて示す。図-5 より、実験結果では 12 y (約 90mm) まで水平荷重がほぼ一定の安定した状態が続いている。12 y における水平荷重の低下は軸方向鉄筋の座屈によるかぶりコンクリートのはらみ出しの時点であり、円形セグメントのはらみ出しを伴っている。単調増加、交番載荷のいずれの解析結果においても、実験結果に比べ荷重が少し大きい、水平荷重が顕著に低下する 12 y 程度までは概ね実験結果を模擬している。また、交番載荷の解析結果においては履歴形状も実験結果に比較的近い形状を示している。しかし、12 y 以降の鉄筋が座屈してからの復元力の低下については十分に表現できていない。

## (2)変形性状

写真-1 に 16 y 載荷時における損傷状況を示す。実験では軸方向鉄筋の座屈、かぶりコンクリートのはらみ出しに伴う最下段の円形セグメントのはらみ出しがあり柱下端のコンクリートが剥落して曲げ破壊した。図-6 に解析結果の 16 y 載荷時における変形図を示す。図-7 に水平変位分布を解析結果と実験結果を併せて示す。図-7



写真-1 損傷状況

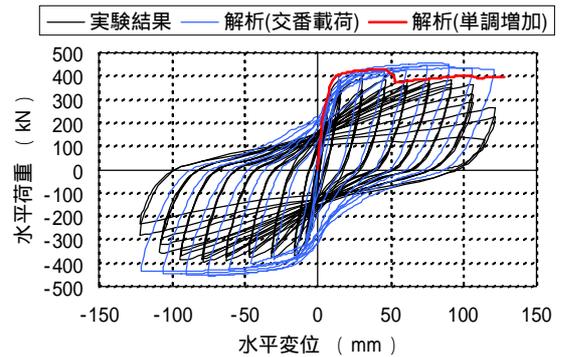


図-5 水平荷重 - 水平変位関係

より、軸方向鉄筋の座屈が生じる 12 y 頃よりせん断変形が表れ、16 y ではせん断変形は、より顕著である。単調増加の解析結果では、8 y までは実験結果と同じような変形を示しているが、12 y 以降は実験結果との差が大きくなっている。交番載荷の解析結果では実験結果に比較的近い形状を示しているが、12 y 以降のせん断変形の発生以降は、柱基部より 750mm 以下に実験結果との差が出てきている。

## 4 . おわりに

本工法の縮小試験体による正負交番載荷水平載荷試験結果を 3次元FEMによる静的非線形解析により数値シミュレーションを行った結果、最大耐力程度までは概ね実験結果を模擬できることを確認した。ただし、軸方向鉄筋の座屈以降については、実験結果を十分に表せていない。座屈モデルの適用等、今後検討していきたいと考える。

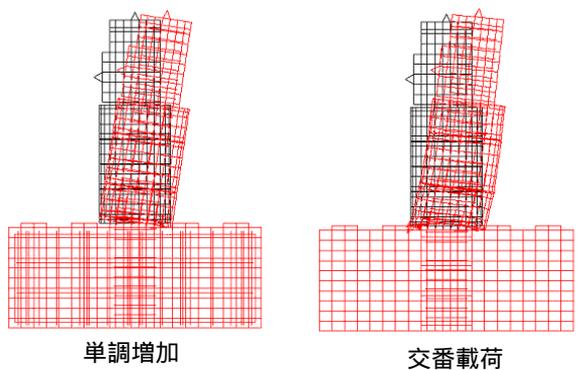


図-6 変形図 (解析、16 y 載荷時)

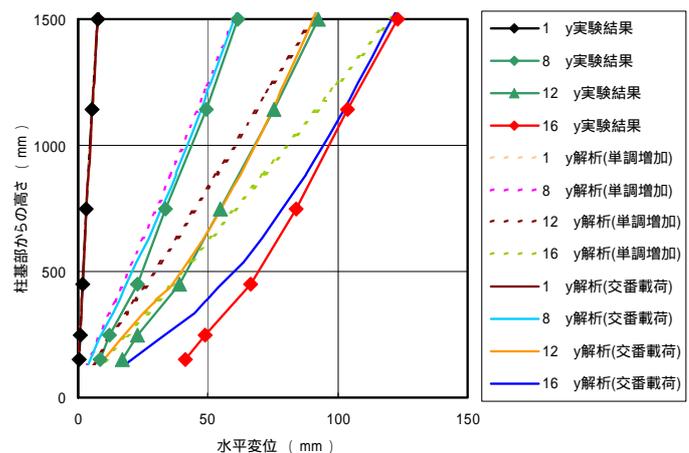


図-7 変位分布

【参考文献】1) 松田好史, 中村敏晴, 宮川豊章: コンクリートセグメントと鋼より線を用いた既設RC柱の耐震補強, 土木学会論文集 部門 投稿中 2) Selby, R.G., and Vecchio, F.J.: Three-dimensional Constitutive Relations for Reinforced Concrete. Tech. Rep. 93-02, Univ. Toronto, dept. Civil Eng., Toronto, Canada, 1993. 3) Hordijk, D.A. Local approach to fatigue of concrete. PhD thesis, Delft University of Technology, 1991.