

# 場所打ち杭用杭頭半固定工法の開発

## その4 杭頭接合部 FEM 解析

場所打ち杭 杭頭半固定 3次元非線形解析  
PCリング 杭頭絞り

正会員 ○大塚克己\*<sup>1</sup> 同 西村憲義\*<sup>2</sup>  
同 新井寿昭\*<sup>3</sup> 同 村田義行\*<sup>4</sup>  
同 小林 仁\*<sup>5</sup> 同 吉川清峰\*<sup>6</sup>

### 1. はじめに

本報では、絞り部を設けた杭頭接合部の曲げモーメント-回転角関係および各部の応力状態を把握するため、その2<sup>1)</sup>で述べた杭頭接合部試験体のうち、引張軸力を受けるNo.3 試験体と圧縮軸力を受けるNo.4 試験体の2体について、有限要素法による非線形解析を行った結果について述べる。

解析には、鹿島で開発した塑性論に基づく3次元非線形解析システムCompst<sup>2)</sup>を用い、加力点に一定軸力を作用させながら水平力を加える静的増分载荷を行なった。

### 2. 解析モデル

図1に示すように試験体は1/2対称でモデル化を行なった。コンクリートはソリッド要素、鋼板はシェル要素、鉄筋はバネ要素でモデル化した。コンクリートと鉄筋の付着は充分であると仮定し、鉄筋の抜け出しは無いものとした。図2に示すように杭頭絞り部ではパイルキャップとモルタル部の節点を分離し、緩衝材の設置されている部分はフリー、それ以外の部分には圧縮力のみ伝達可能な接触バネ要素を設けた。鋼板リング内面とモルタル部の間には圧縮軸力と摩擦力を伝達可能な接触バネ要素(摩擦係数=0.6)を設けた。

コンクリートの降伏判定には Drucker-Prager の降伏条件を用い、一軸換算の応力-ひずみ関係は材料試験結果に基づき、図3のような折線にモデル化して使用した。鉄筋および鋼板の応力-ひずみ関係はバイリニア型にモデル化し、降伏後の剛性は弾性剛性の1/100とした。

### 3. 解析結果

No.3 試験体(引張軸力 481kN)の曲げモーメント-回転角関係を図4に、No.4 試験体(圧縮軸力 1074kN)の曲げモーメント-回転角関係を図5に示す。引張軸力時の解析結果は初期の剛性低下がやや大きい、概ね実験に近い結果が得られている。圧縮軸力時には解析結果と実験結果は非常に良く一致している。引張定着筋の降伏発生も、両試験体とも解析結果と実験結果はほぼ一致している。

図6、7に両試験体の $\theta = 0.01$  (rad) 時の変形およびコンクリートの塑性化状況を示す。圧縮軸力を受ける No.4 試験体の方がコンクリートの塑性化の範囲が広いことが分かる。変形の形状は両試験体ともほぼ同一で、絞り部に曲げ変形が集中している。また、引張り側でモルタル部が PC リングから抜け出しているが、これは実験において引張り側で杭の抜け出しが見られたことと良く対応している。図8に No.3 試験体の $\theta = 0.01$  時の鉄筋応力図を示す。引張定着筋が有効であることが分かる。杭頭絞り部において、絞り部モルタル、PC リングおよ

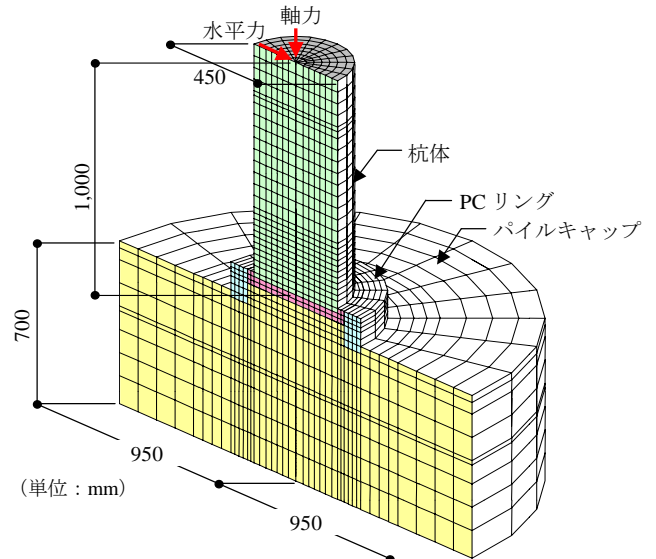


図1 解析モデル全体図

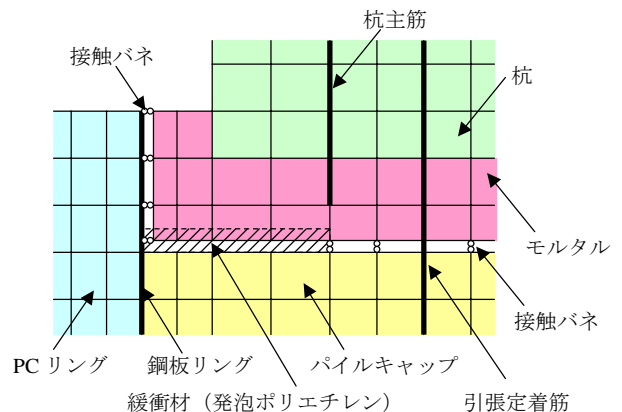


図2 杭頭絞り部解析モデル

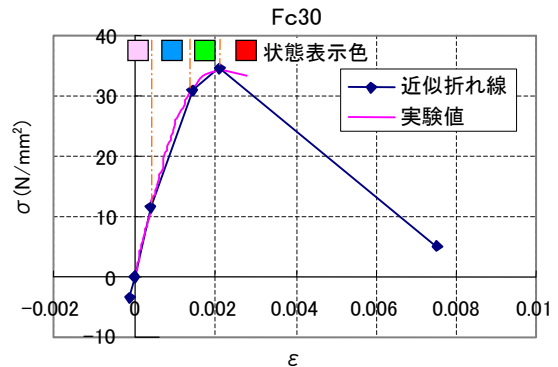


図3 コンクリートの応力-ひずみ関係

び鋼板リングが負担するせん断力の値と、水平外力に対する比率を表1,2に示す。引張軸力を受ける時にはモルタル部および鋼板リングには逆向きのせん断力が生じ、PCリングには最大で杭に作用するせん断力の2倍を超えるせん断力が作用している。これは杭頭部が全面引張に近い状態になるために杭頭部の曲げ抵抗が殆ど無くなり、杭頭部モルタルがPCリングに寄りかかる形になっているためであると考えられる。圧縮軸力を受ける場合は杭頭部モルタルもせん断力を負担するため、PCリングの負担はそれ程大きな値とはなっていない。

#### 4. まとめ

塑性論に基づいた3次元非線形解析により、杭頭接合部の

曲げモーメント-回転角関係についてほぼ実験結果と一致する結果が得られた。曲げモーメント-回転角関係は軸力の影響が大きい、本解析手法により概ね評価できることが分かった。また、杭頭接合部における絞り部モルタルとPCリングの負担するせん断力の割合は軸力の影響を受け、モルタルには逆向きのせん断力が生じる場合もあることが分かった。

#### 【参考文献】

- 1) 横松他：場所打ち杭用杭頭半固定工法の開発 その2 杭頭接合部の曲げせん断実験：日本建築学会大会 2006年9月（投稿中）
- 2) 大塚克己：3次元 FEM モデルを用いた CFT 柱と鉄骨梁接合部の弾塑性解析：日本建築学会大会学術講演梗概集 1999年9月

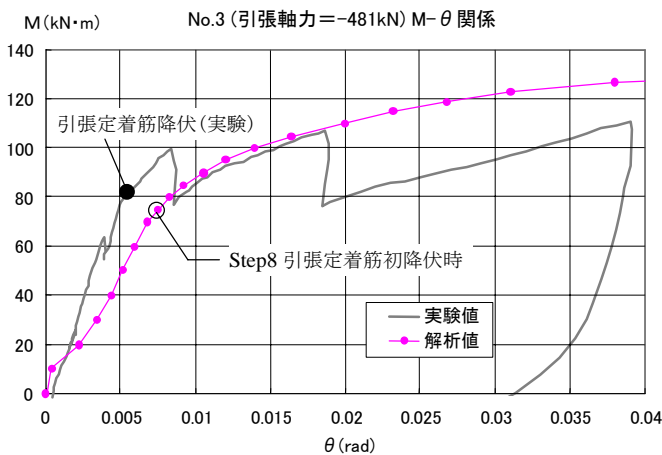


図4 No.3 試験体(引張軸力) 曲げモーメント-回転角関係

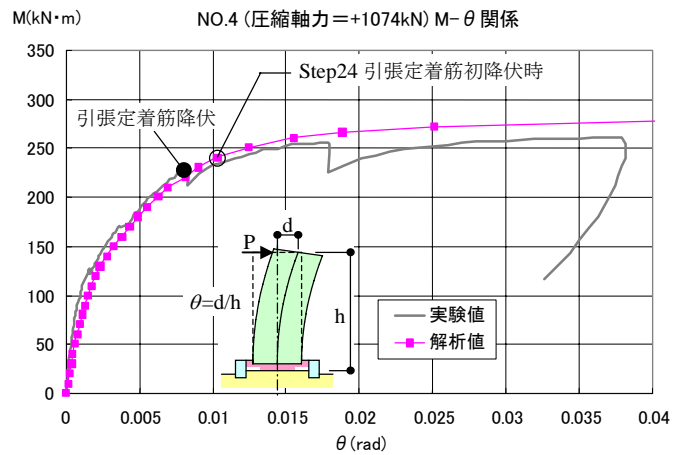


図5 No.4 試験体(圧縮軸力) 曲げモーメント-回転角関係

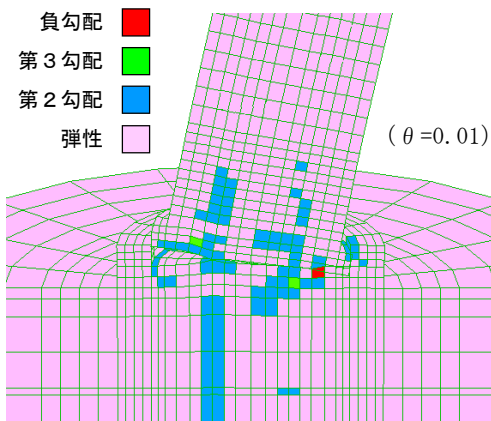


図6 No.3 試験体コンクリート塑性化状態

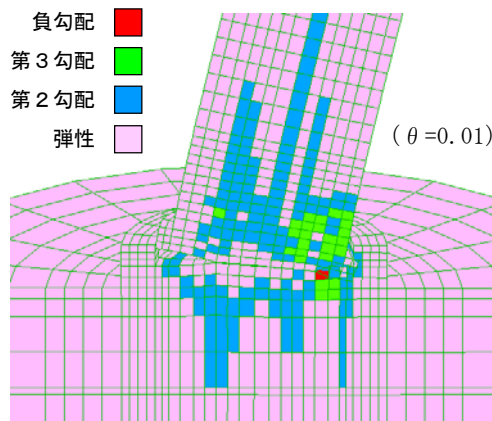


図7 No.4 試験体コンクリート塑性化状態

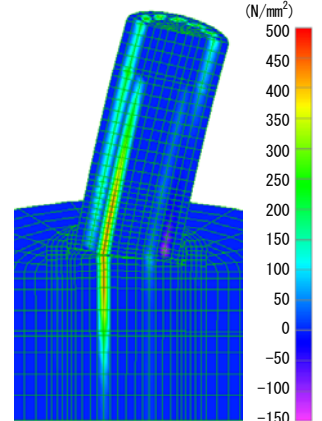


図8 No.3 試験体鉄筋応力図

表1 No.3 (引張軸力時) 杭頭部せん断力負担比率

| STEP | 水平外力 (kN) | 負担せん断力           |      |                |     |                |     |
|------|-----------|------------------|------|----------------|-----|----------------|-----|
|      |           | 絞り部モルタル (kN) (%) |      | PCリング (kN) (%) |     | 鋼板リング (kN) (%) |     |
| 2    | 9.8       | -8.6             | -88  | 17.4           | 177 | 0.8            | 8   |
| 8    | 63.6      | -86.6            | -126 | 147.6          | 215 | -2.2           | -3  |
| 15   | 103.0     | -18.8            | -18  | 139.0          | 135 | -34.0          | -33 |

表2 No.4 (圧縮軸力時) 杭頭部せん断力負担比率

| STEP | 水平外力 (kN) | 負担せん断力           |     |                |     |                |    |
|------|-----------|------------------|-----|----------------|-----|----------------|----|
|      |           | 絞り部モルタル (kN) (%) |     | PCリング (kN) (%) |     | 鋼板リング (kN) (%) |    |
| 2    | 9.8       | -7.8             | -80 | 16.2           | 165 | 0.8            | 8  |
| 10   | 88.3      | 2.8              | 3   | 74.0           | 84  | 11.8           | 13 |
| 24   | 225.5     | 45.4             | 20  | 158.0          | 70  | -4.4           | -2 |

\*1 鹿島建設 技術研究所  
 \*2 三井住友建設 建築本部建築技術部  
 \*3 西松建設 技術研究所  
 \*4 高周波熱錬  
 \*5 松井建設  
 \*6 飛鳥建設 構造設計部

\*1 Kajima Technical Research Institute, Kajima Corp.  
 \*2 Sumitomo Mitsui Construction  
 \*3 Technical Research Institute, Nishimatsu Construction  
 \*4 Neteuren Co., Ltd.  
 \*5 MATSUI Construction  
 \*6 Structural Engineering Dept., Tobishima Corporation