

支圧効果を考慮した杭頭接合部の曲げ挙動に関する検討  
その2. 三次元有限要素法解析による実験結果のシミュレーション

			正会員	○成瀬 俊佑 *1	土佐内 優介 *2	中野 凌 *1
			正会員	河野 進 *1	小原 拓 *1	小林 勝巳 *2
杭基礎	杭頭接合部	杭頭接合面	正会員	郡司 康浩 *3	新井 寿昭 *3	福田 健 *4
既製杭	応力伝達機構	FEM 解析				

1. はじめに

本報は、その1に引き続きパイルキャップにおける杭頭接合部の曲げ抵抗機構の解明を行うもので、解析ソフト『FINAL ver. 11』を用い、三次元有限要素法解析を行った。加えて、現行の曲げ耐力評価法の妥当性の検討も行った。

2. FEM 解析概要

2-1 モデル概要

図1に根入れ長さが0である試験体 Z13 (その1 参照)の断面図を示す。本解析では、コンクリートおよび鋼管を六面体要素、各種鉄筋は線材要素でモデル化した。また、コンクリートと鋼管の界面にはフィルム要素を入れ、離間を表現した。なお、各種鉄筋は、コンクリート要素と接点を共有する完全付着とした。

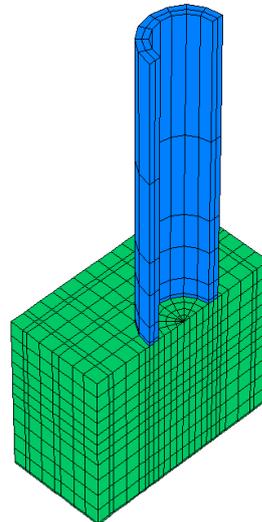
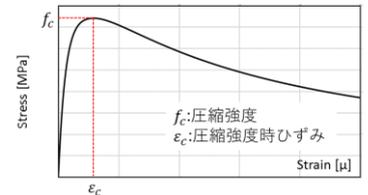
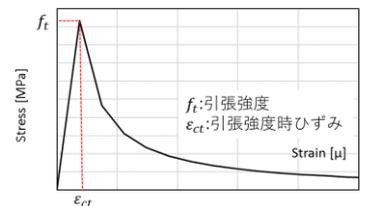


図1 モデル断面図



(a) 修正 Ahmad モデル



(b) 出雲らのモデル

図2 コンクリートモデル

2-2 材料構成則

コンクリートの SS 関係図を図2に示す。コンクリートの圧縮側の応力-ひずみ関係モデルには、修正 Ahmad モデル<sup>1)</sup>を使用した。圧縮破壊条件には、Ottosen の4パラメータモデルの畑中らの係数<sup>2)</sup>を用いたものを使用した。引張側では、テンションステイフニング特性を表現できる、出雲らのモデル<sup>3)</sup> (C=1.0) を用いた。コンクリートの引張強度  $f_t$  は、式(1)を用いて算出し、それ以外の力学的特性は、材料試験結果 (その1 参照) を使用した。鋼材は、完全弾塑性バイリニア型のモデルを使用し、各種材料特性は、鋼管は、ヤング係数を 205 [GPa]、降伏応力を 330 [MPa] とし、鉄筋は材料試験結果値を使用した。

$$f_t = 0.33\sqrt{f_c} \quad \text{式(1)}$$

3. FEM 解析結果

3-1 杭頭モーメント-変位関係

図3に、Pδ効果を考慮した杭頭接合面における杭頭モーメントと加力点の水平変位の関係を示す。図中には、実験結果で剛性低下が著しく変化した、引張側3本目の杭頭定着筋が引張降伏した点および加力直交方向ひび割れ貫通点をプロットした。FEM 解析は、実験結果と比較して、最大曲げ耐力や変形性能に差異はあるものの、杭頭定着筋の3本目の引張降伏による剛性の低下や加力直交方

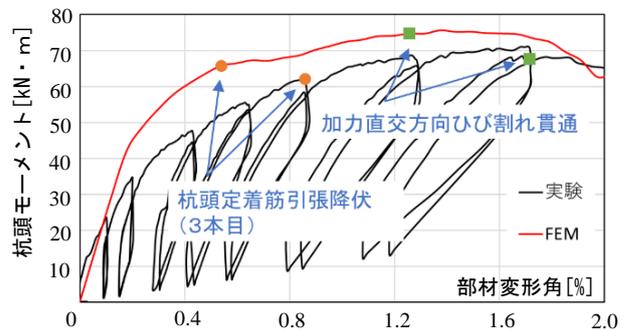
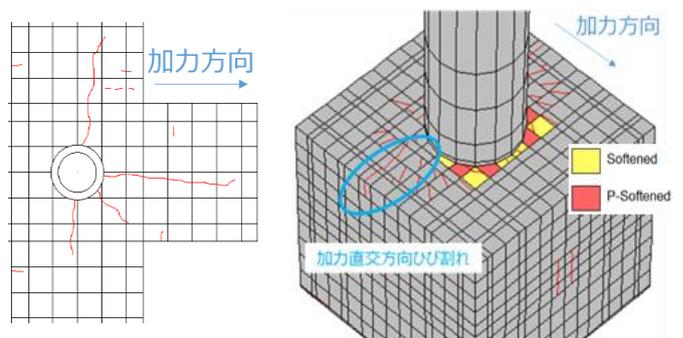


図3 杭頭モーメント-部材変形角関係



(a) 実験結果 (b) 解析結果

図4 最大耐力時のひび割れ図 (試験体 Z13)

Study on Bending Behavior of Pile Head Joint Considering Bearing Effect (Part2 Simulation of experimental results using analysis of three-dimensional finite element method)

NARUSE Shunsuke, TOSAUCHI Yusuke, NAKANO Ryo, KONO Susumu, OBARA Taku, KOBAYASHI Katsumi, GUNJI Yasuhiro, ARAI Toshiaki, FUKUDA Takeshi

向ひび割れ貫通後に曲げ耐力が低下する挙動など、実験の損傷状況を再現することができた。

### 3-2 破壊性状の比較

図4に最大耐力時のひび割れ性状の実験結果との比較を示す。実験結果では、加力直交方向ひび割れに加え、加力前面方向のひび割れが進展しているのに対して、解析結果では、加力直交方向ひび割れは凡そ表現できていたが、加力前面方向では損傷がほとんど見られなかった。

### 3-3 曲げ圧縮域の応力状態

図5に最大曲げ耐力時の鉛直方向の直応力 ( $\sigma_{zz}$ ) の分布を示す。鋼管が接触している圧縮部からパイルキャップ内部に、大きな圧縮応力を示す領域が広がっているのが確認できる。

同図に示した3つのコンクリート要素の鉛直方向の直応力 ( $\sigma_{zz}$ ) とひずみ ( $\varepsilon_{zz}$ ) の関係図を図6に示す。図中には、材料試験結果を黒線で併記している。鋼管接触部直下外側のコンクリートは、コンクリート強度の約2.18倍、鋼管接触部直下内側では約2.30倍、鋼管接触部内側で、約1.62倍の圧縮力を負担していた。

## 5.まとめ

本報では三次元有限要素法解析を用いて、実験結果と解析結果の比較を行った。以下に得られた知見を示す。

- ・ FEM モデルは、実験の損傷状況を凡そ表現することができた。
- ・ 最大耐力時のひび割れ性状は、実験結果と比較して、加力直交方向のひび割れは凡そ表現することができた。
- ・ 最大耐力時、曲げ圧縮域では、材料試験で得たコンクリート強度より大きな圧縮力を負担していることが確認できた。

なお、謝辞はその1に記載した。

## 参考文献

- 1) 長沼一洋：三軸圧縮下のコンクリートの応力～ひずみ関係，日本建築学会構造系論文集，第474号，pp.163-170，1995.8
- 2) 出雲淳一 他：面内力を受ける鉄筋コンクリート板要素の解析モデル，コンクリート工学論文，No.87.9-1，pp.107-120，1987.9
- 3) 日本建築学会：鉄筋コンクリート基礎構造部材の耐震設計指針（案）・同解説，2017.3

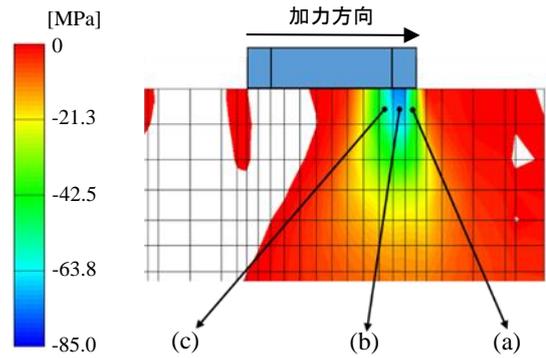
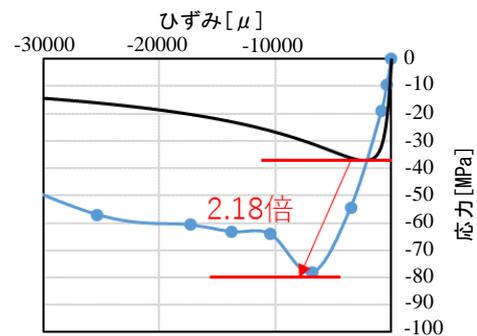
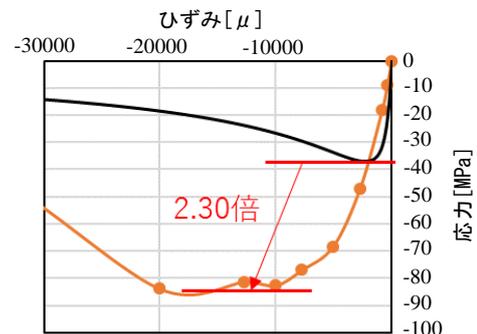


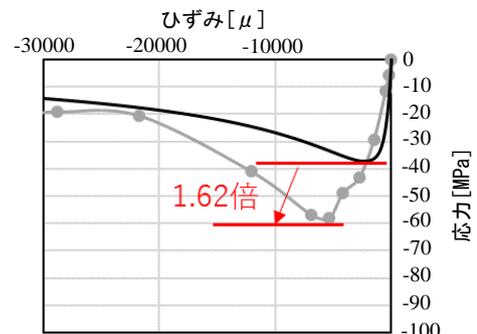
図5 最大耐力時の直応力分布 ( $\sigma_{zz}$ )



(a) 鋼管接触部直下外側



(b) 鋼管接触部直下内側



(c) (b)1つ内側

図6 コンクリート要素の  $\sigma_{zz}$ - $\varepsilon_{zz}$  関係

1\*東京工業大学

2\*フジタ

3\*西松建設

4\*戸田建設

1\* Tokyo Institute of Technology

2\* Fujita Corporation

3\* NISHIMATSU Construction Co., Ltd.

4\* Toda Corporation