## 施工過程を考慮した群杭基礎の長期安定性に関する土・水連成有限要素解析

| 京都大学大学院 | 学生会員 | ○磯部公 | ; <del></del> | 玉谷宗 | <b>ミ</b> 一郎 | ] |
|---------|------|------|---------------|-----|-------------|---|
| 京都大学大学院 | 国際会員 | 木村   | 亮             |     |             |   |
| 名古屋工業大学 | 国際会員 | 張    | 鋒             |     |             |   |
| 日本道路公団  | 非会員  | 広瀬   | 剮             | 樋本  | 智           |   |

1. はじめに 新潟県で建設予定の日本海東北自動車道では, 荒川 IC(仮称)~ 村上 IC(仮称)間に高架橋の建設が計画されている. 現地の地盤は, N値が5以下の粘性土層と10前後の砂・砂礫層が互 層状に堆積している軟弱地盤地帯である.このため,明確な支持層が 得られず,高架橋の建設にあたっては基礎の長期的な安定性を事前に 検討する必要がある.本報告では,図1に示す地盤条件(杭先端以深 に10.4 mの粘土層)に摩擦杭として建設される群杭基礎を対象とし て,施工過程を考慮した土・水連成3次元弾塑性有限要素解析を実施 し、群杭基礎の長期的な挙動について検討する.

2. 解析概要 使用する解析コードは DGPILE-3D<sup>1)</sup>である. 解析対象の 基礎は鋼管ソイルセメント合成杭による3×4の12本群杭基礎である. 杭の諸元は杭長 30 m, 鋼管径 1000 mm (肉厚 10 mm), ソイルセメン ト径 1200 mm である.本解析では杭を実杭と等価な弾性ビームでモ デル化し,杭の体積については考慮していない.杭の諸元を表1に示 す.フーチングは,地盤に対する相対剛性が十分に高い弾性体として モデル化する.

地盤の構成式は、砂・砂礫層には  $t_{ij}$ -sand model<sup>2)</sup>を、粘性土には  $t_{ij}$ -clay model<sup>3)</sup>を用いた.現地の粘性土は過圧密比1~3 の過圧密粘土であるが、 本解析においてはすべて正規圧密粘土として扱っている.粘性土のパラメ ータの決定には圧密試験結果を用い、内部摩擦角  $\phi'$ は35°と仮定した. 粘性土のパラメータの一例を表2に示す.砂礫層は、Drucker-Prager model で  $c' = 0, \phi' = 40^{\circ}$ とした応力~ひずみ関係と比較して、初期勾配と破壊時 の応力比が一致するようにパラメータを決定した(表3参照).

解析領域は、対称性を考慮して4分の1断 面とした.有限要素メッシュ(節点数 6366, 要素数 5360)は図1で示したとおりである. 領域側面では水平方向への変位を拘束し,領 域底面は全方向への変位を拘束した.初期の 応力状態は、静止土圧係数 K<sub>0</sub>=0.50とした自 重解析により決定した.

鉛直載荷については,図2に示す実際の施 工過程を想定し,306日間で行う.全載荷荷重 は約24 MN であり,解析対象時間を50年と

| 表 1 | 杌の諸元 |
|-----|------|
|     |      |

| 鋼管径 D <sub>sp</sub> (mm)                              | 1000                   |
|---|------------------------|
| 鋼管の肉厚 t (mm)  | 10                     |
| 鋼管の弾性係数<br><i>E<sub>sp</sub></i> (kN/m <sup>2</sup> ) | 2.06 x 10 <sup>8</sup> |
| ソイルセメント径<br>D <sub>sc</sub> (mm)                      | 1200                   |
| ソイルセメント弾性係数 $E_{sc}$ (kN/m <sup>2</sup> )             | 2.08 x 10 <sup>6</sup> |
| ポアソン比 <i>v</i>  | 0.30                   |
| 杭長 L(m)   | 30                     |



図1 有限要素メッシュ

| 表2 粘性土のパラ | メータの一例 |  |
|-----------|--------|--|
|-----------|--------|--|

| 破壊時の主応力比 R <sub>f</sub> | 3.69                     |
|-------------------------|--------------------------|
| 圧密指数 ん                  | 0.221                    |
| 膨潤指数 κ                  | 0.0314                   |
| パラメータ α                 | 0.70                     |
| ポアソン比 <i>v</i>          | 0.30                     |
| 初期間隙比 e <sub>0</sub>    | 1.20                     |
| 透水係数 k (m/s)            | 3.42 x 10 <sup>-10</sup> |

表3 決定した砂礫のパラメータ

| 破壊時の主応力比 R <sub>f</sub>          | 4.60                   |
|----------------------------------|------------------------|
| 破壊時の<br>ダイレタンシー勾配 D <sub>f</sub> | -0.60                  |
| 圧密指数 C,                          | 0.0042                 |
| 膨潤指数 C <sub>e</sub>              | 0.0032                 |
| ポアソン比 <i>v</i>                   | 0.30                   |
| 初期間隙比 e <sub>0</sub>             | 0.65                   |
| 透水係数 k (m / s)                   | 1.0 x 10 <sup>-4</sup> |

キーワード: 群杭基礎,長期安定性,施工過程,有限要素解析,土・水連成解析,摩擦杭 連絡先 :〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科 TEL:075-753-5106 した.また,水位を地 表面に設定し,地表面 は排水条件とした.本 稿では,砂・砂礫層が 排水層として機能する 場合を考えて,図1に 示す砂・砂礫層の側方 境界を排水条件と設定 したケースの解析結果 について示す.

<u>3. 解析結果</u>図3に各 杭の杭頭沈下量の時刻 暦を示す.(a)に載荷開 始から700日後までの 結果を,(b)に50年後 までの結果を示す.こ の図より,床版・橋面 工建設終了時(251日後)



工建設終了時(251日後)では,各杭の沈下量に差は無いが, 載荷開始より700日後,50年後と時間の経過とともに,沈下量 に若干の差異が生じ,杭頭の最大沈下量は約25 cm となる.

各杭に発生する軸力の時刻暦を示す図4より,載荷とともに 各杭に発生する軸力は増加することがわかる.その大きさは, Pile-4>Pile-2≒Pile-3>Pile-1の順となり,載荷終了時(251日 後)ではPile-4に発生する軸力はPile-1の約1.5倍になる.そ の後,各杭の軸力は均等化される方向へ推移する.図5に各杭 とフーチングの荷重分担率の推移を示す.これより,フーチン グの分担率が時間経過とともに増加すること,各杭の分担率が 均等となるよう推移することが確認できる.これは,施工完了 時には,群杭効果により,地盤反力を発揮する領域が最も小さ い内側の杭の支持力が小さく,地盤反力を発揮する領域が最も 大きい外側の杭の支持力が小さくなるためと考えられる.フー チングの荷重分担率の増加は,沈下の進行に伴い,フーチング が地盤へ貫入されるためと考えられる.

また、本解析結果から得られた摩擦杭としての群杭基礎の長 期挙動(杭とフーチングの荷重分担率推移)は、先に報告した 薄層支持杭(支持層厚 3.0 m)の結果<sup>4)</sup>と同様であった。





4. まとめ 摩擦杭としての群杭基礎の長期挙動予測に際し,施工過程を考慮して実施した本解析の結果より, 各杭とフーチングの荷重分担率が時間経過とともに変化することを明らかにした.しかし,本解析では粘土 層を正規圧密粘土と仮定しており,実際の杭頭沈下量はもう少し小さくなるものと考える.今後,過圧密比 を考慮した解析を実施し,群杭の長期安定性を検証する予定である.

<u>参考文献</u> 1) Kimura & Zhang : S & F, Vol.40, No.5, pp. 113-132, 2000. 2) Nakai & Matsuoka : S & F, Vol.29, No.1, pp. 119-137, 1989. 3) Nakai & Matsuoka : S & F, Vol.26, No.3, pp. 81-98, 1986. 4) 玉谷ら:第40回地盤工学研究発表会講演集, 2005 (印刷中).

-508-