

III-349

支持地盤の拘束圧依存性を考慮した杭基礎の支持力解析

鹿島

正員○西川明宏

山口大学工学部 正員 安福規之 村田秀一 兵動正幸

奥村組（株） 正員 森尾 敏

1. まえがき

著者ら¹⁾²⁾は、過去に、砂の拘束圧依存性を考慮した等方硬化型の弾塑性構成式の提示を行ってきた。本報告は、提案モデルを導入した有限要素解析を用い、杭基礎の支持力解析への適用を試みたものである。ここでは、上載圧の違いや地盤材料の違いに着目した杭基礎の支持力解析を行い、提案モデルの適用性を検討している。支持地盤には、シリカ系の砂である豊浦砂、秋穂砂そしてカーボネイト系のDogs Bay砂を用いている。

2. 弾塑性構成式について

提案モデルは、非関連流れ則に基づいて導かれるものであり、降伏関数 f 、塑性ポテンシャル関数 g 、破壊包絡線の評価 (η_p の評価)、硬化パラメータ及び硬化則の仮定に特徴を有するものであり、応力ひずみ関係の拘束圧依存性や π 面上における強度異方性を表現できるものとなっている¹⁾²⁾。

3. 解析条件・解析パターン

本解析は、杭の模型実験装置を用いた実験結果³⁾を基に、杭基礎の変形および支持力解析を試みたものである。解析に用いたモデル地盤は、図-1に示すような深さ10cm、荷重中心軸からの距離10cmの地盤とし、144個の8節点4角形要素に分割している。境界条件は、底面で鉛直方向固定、軸中央部と側面で水平方向固定とし、載荷部底面では水平方向の移動を許している。また、実際の実験において負荷される上載圧の効果は、解析においては、 K_0 値を用いて計算される初期応力 (σ_v と $K_0 \sigma_v$) を各要素に作用させることで表現することを試みている。また、本解析は、微小変形理論に基づき、一相系を対象としたものであり、非線形解析手法には初期剛性法を用いている。表-1は、解析に用いた各地盤材料の K_0 、 ν 、 E_0 を示したものである。

4. 杭基礎の支持力解析

表-2は、解析に用いた各地盤材料の材料定数を示している。図-2は、秋穂砂を用いた場合の杭頭応力 q と正規化沈下量 S/D ($D=2\text{cm}$) の関係を上載圧 (100, 200, 400kPa) に着目して示したものである。解析結果は、上載圧 (杭の根入れ深さ) の増大に伴う支持力値の増加を適切に評価していると考えられる。図-3は、図-2で示した実験結果と解析結果において、 $S/D=0.1$ に着目したときの支持力係数 Nq と上載圧 σ_v の関係を示している。図中の実線と破線は、Terzaghiの支持力公式を用いた予測値であり、実線は全般せん断破壊、破線は局所せん断破壊を仮定した場合の Nq 値を示している。Terzaghiの支持力公式から求まる Nq 値は、砂の内部摩擦角 ϕ が求まると、上載圧の値に拘らず一定値を与えるが、提案モデルを用いた解析結果は、実験結果に見られるように、上載圧の増加に伴う Nq 値の減少をうまく表現しているといえる。

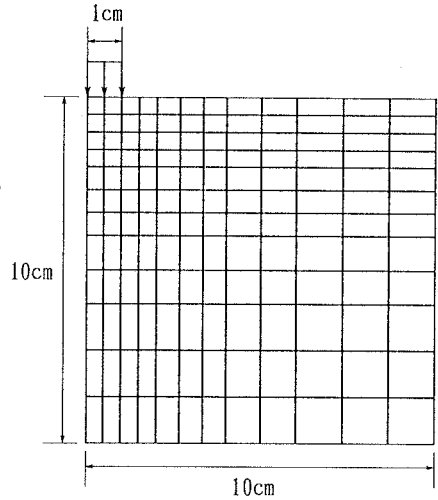


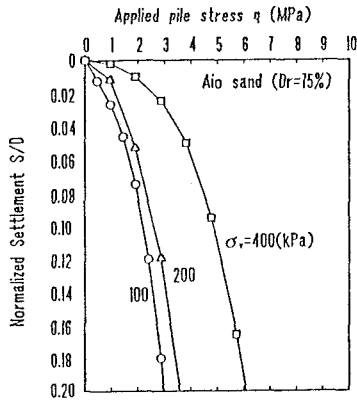
図-1 モデル地盤のメッシュ図

表-1 各地盤材料の K_0 、 ν 、 E_0 値

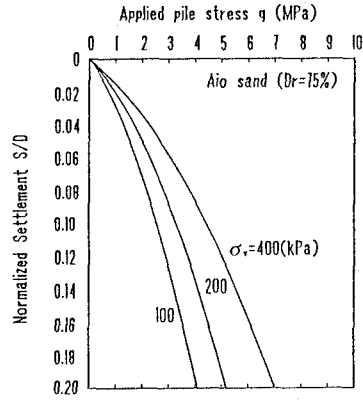
	豊浦砂 ($D_r=75\%$)	秋穂砂 ($D_r=75\%$)	Dogs Bay砂 ($D_r=75\%$)
K_0	0.54	0.43	0.40
ν	0.35	0.30	0.29
E_0 (MPa)	500	500	500

表-2 各地盤材料の材料定数

	豊浦砂 ($D_r=75\%$)	秋穂砂 ($D_r=75\%$)	Dogs Bay砂 ($D_r=75\%$)
l	0.622	0.700	0.883
h	0.141	0.153	0.138
k_s	0.0028	0.0056	0.0061
α_{pe}	1.70	1.74	1.93
α_{ne}	1.80	1.80	2.05
b	0.934	0.925	0.844
M_c	1.10	1.40	1.50
N_c	0.88	1.05	1.13
A	0.79	0.79	0.79



(a)実験値



(b)解析値

図-2 杭頭応力と正規化沈下量の関係（上載圧の違いに着目した場合）

図-4は、地盤材料の違いに着目して整理した q - S/D 関係を示している。材料の変形特性を考慮せずに強度特性だけを考慮する Terzaghi や Plandlt タイプの支持力評価手法では、内部摩擦角の大きな材料ほど大きな支持力を与えることになり、この場合 Dogs Bay 砂が最も大きな支持力をもつことになる。しかし、この図から解析値は、豊浦砂、秋穂砂、Dogs Bay 砂の順に同じ沈下量に対して小さな支持力を与えており、実験結果とよい対応を示しているといえる。

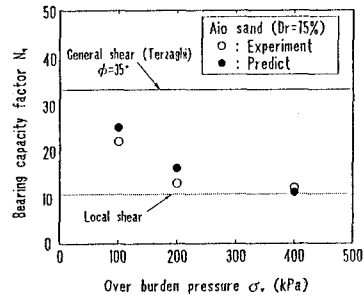
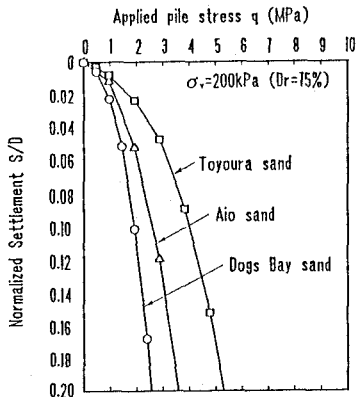
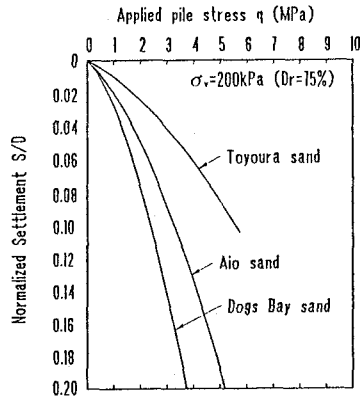


図-3 支持力係数と上載圧の関係 ($S/D=0.1$)



(a)実験値



(b)解析値

図-4 杭頭応力と正規化沈下量の関係（地盤材料の違いに着目した場合）

5. あとがき

- (1) 提案モデルを導入した有限要素解析結果は、秋穂砂の上載圧（根入れ深さ）の増大に伴う支持力値の増加を適切に評価した。また、解析結果は、上載圧の増加に伴う支持力係数の低下をうまく表現した。
- (2) 圧縮性の異なる材料として、豊浦砂、秋穂砂、Dogs Bay 砂を対象とした解析を行った結果、解析結果は、実験結果とよい対応を示し、各材料の変形特性を考慮することの必要性を示唆した。

参考文献

- 1) 安福規之(1990): "広範な応力域における異方圧密砂の降伏特性と弾塑性構成式に関する研究," 九州大学博士論文
- 2) 西川明宏・安福規之他(1993): "砂の拘束圧依存性と中間主応力の影響を考慮した構成式について," 第28回土質工学研究発表会概要集投稿中
- 3) 安福規之・西川元樹他(1992): "破砕性の卓越した砂質土中の杭の先端支持力について," 第26回土質工学研究発表会概要集, pp. 1359-1362.