

群馬大学 学 ○蔡光石, 正 鵜飼恵三, 正 若井明彦
 (株) 黒岩測量設計事務所 正 樋口邦弘
 (財) 群馬県建設技術センター 正 武井上巳

1. はじめに

群馬県の地質調査システム開発に関する研究の一環として、前橋泥流堆積物からなる地盤において実規模杭の水平支持力試験を行った。鋼管杭はプレボーリングの埋め込み杭工法により設置した。不攪乱土の三軸試験と繰返し平板載荷試験から得られる土質定数を用いて、3次元 FEM 解析を実施し、杭の載荷試験結果と比較するとともに、各パラメータへの解析結果の依存性を考察した。

2. 現場実験の概要

実験を実施した場所は群馬県玉村町で、プレボーリングで掘削し、杭を挿入後に周面部分を充填するようにグラウトを注入した。地盤の標準貫入試験結果 (N 値) 関係図とグラウト分布を図 1 に示す。地盤は火山灰質砂・砂レキ層の前橋泥流が深度 20m 付近まで続く。地下水位は地表面付近で、現場透水試験より透水係数は深度 5m 付近 ($k=1 \times 10^{-6} \sim k=1 \times 10^{-7}$ cm/s) では極めて小さく深度 10m 付近 ($k=1 \times 10^{-5}$ cm/s) ではやや大きくなる傾向が認められた。試験杭は開端の鋼管 (直径 165mm、肉厚 5mm) で、根入れ長 10.1 m とした。載荷方法は載荷・除荷のサイクル方式を採用し、水平載荷は地盤面より 0.4m の高さで、水平変位は 0.27m の高さで測定した。載荷時の杭体に生じる曲げひずみを測定するために、1 箇所につき 2 枚のひずみゲージを深さ方向に 26 箇所貼り付けた。

3. 解析方法

解析においては、現場実験の地盤状況及び杭の諸元を適切に再現するようなメッシュを用いた。図 2 のような 20 節点アイソパラメトリック要素のメッシュにおいて、杭頭を水平方向に強制変位させ、杭頭の抵抗力、杭体の曲げひずみの深さ方向分布を算出した。地盤は弾完全塑性体 (降伏規準に

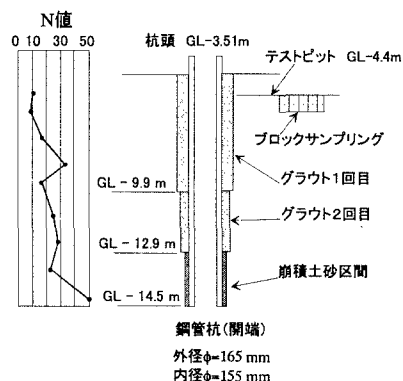


図 1 地盤の概要とグラウトの分布図

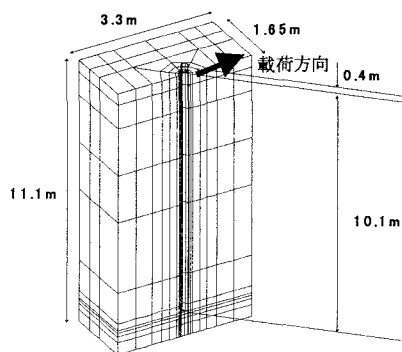


図 2 有限要素メッシュ

表 1 解析に用いた材料定数

	鋼管杭	グラウト	地盤
E (MPa)	2.1E+05	1.45E+03	50.0
ν	0.28	0.15	0.45
γ (kN/m ³)	77.1	24.5	9.2
ϕ (Deg.)	-	-	20
ψ (Deg.)	-	-	0
K_0	-	-	0.5

キーワード : field test, single steel pile, lateral loading, 3D FEM

〒376-8515 桐生市天神町 1-5-1 群馬大学工学部建設工学科(社 2) Tel 0277-30-1622 kschaeg@geotech.ce.gunma-u.ac.jp

表2 解析ケース

解析 No.	解析の内容
Case 1	表1
Case 2	表1のグラウトヤング率の1/2
Case 3	表1の地盤ヤング率の1/2
Case 4	地盤ヤング率9.97(MPa) (平板載荷試験から)

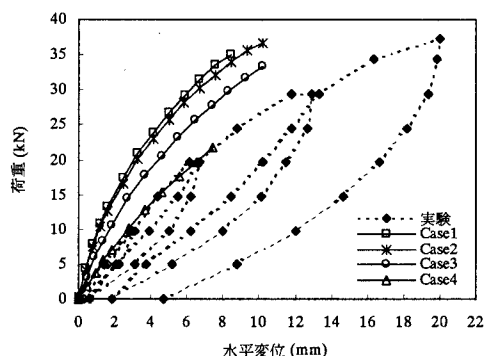
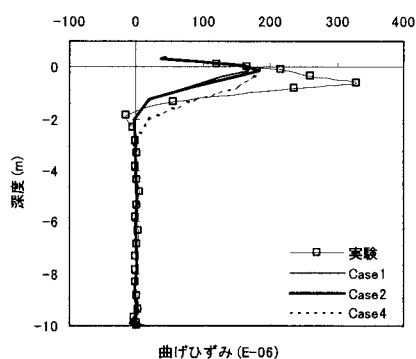


図3 荷重と水平変位の関係

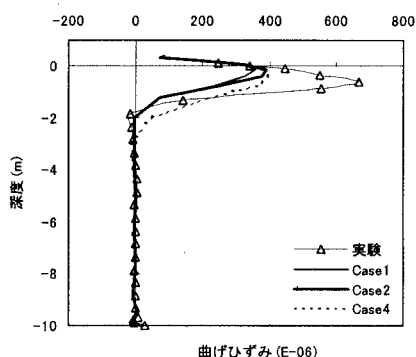
Mohr-Coulomb 式、塑性ポテンシャルに Drucker-Prager 式) と仮定し、変形係数 E_{s0} を用いて計算を行った。また、非線形解析法には修正 Newton-Raphson 法を採用した。解析領域の境界条件は対称面では滑らか、側面と下端面で固定とした。解析に用いた材料定数を表1に示す。地盤、グラウトの強度定数に関しては、現場の不攪乱試料等により実施された非排水三軸圧縮試験、一軸圧縮試験等から算出した値を用いている。なお、地盤の変形係数の深さ方向への分布については、三軸圧縮試験の結果より、一様であるとの知見を得たため、変形係数は一定とした。

4. 実験と解析の比較

表2は解析ケースを示す。図3に杭頭自由の条件で、実験と解析の水平荷重と水平変位の関係を示す。実験では、荷重変位関係の初期勾配が、解析より小さめになっているが、実験における除荷の勾配は、むしろ解析に近いものとなっている。これは、実験において初期状態ですでに杭周囲に何らかの乱れの影響などがあった可能性を示しているとともに、解析が実験をうまく再現できる可能性を示唆するものである。一方、繰返し平板載荷試験結果から変形係数を用いた Case4 に対しては非常によく一致した。



(a) 荷重 9.8kN



(b) 荷重 19.6kN

図4 杭体の曲げひずみ分布

図4は深度方向の曲げひずみ分布図である。曲げひずみ分布においては、深さ2m以浅にのみ大きなひずみが生じており、解析と実験の一致度は定性的に良好であることが確認された。また、グラウトのヤング率による感度分析の結果 (Case 2)、ヤング率が低下するほど、曲げひずみ分布は実験に近くなることが確認された。この結果より、施工されたグラウトのヤング率は、室内要素試験結果よりかなり低いのではないかと考えられる。また、地盤での変形係数を小さく評価することにより (Case 4)、最大曲げひずみの値は深度とともに増加する傾向があった。今後、解析結果を累積し、パラメータと解析値の関連性を詳細に分析して、合理的なパラメータの決定を検討したい。また、鉛直支持力試験のシミュレーションについても行う予定である。