

硬質発泡ウレタンを用いた杭状地盤改良工法の開発

東京都市大学 学生会員 ○花上遼太

東京都市大学 正会員 末政直晃 伊藤和也 田中剛

アップコン（株）正会員 及川理香子 非会員 松藤展和

1. はじめに

沈下の生じたスラブを修正する工法のひとつとして、硬質発泡ウレタンを用いた床下沈下修正工法がある¹⁾²⁾。この工法は、養生期間を必要とせず、施工に用いる機材が比較的小規模であることから、通常業務を止めることなく沈下を修正することが可能となる。しかしこの工法は、地盤改良と併用しないため、腐植土や厚い軟弱地盤層が存在する場合、再沈下が発生する可能性がある。そこで本研究では、硬質発泡ウレタンを杭状に作製する杭状地盤改良工法を提案する³⁾。図1に杭状地盤改良工法の概略図を示す。従来の工法と併用することにより、沈下修正を行った後、杭状地盤改良体に働く周面摩擦力によって再沈下の抑制も可能となる。しかしこの工法を実用化させるには、杭状地盤改良体の有する支持力特性を把握する必要がある。本報告では、実地盤において杭状地盤改良体を施工し、押し込み試験を実施した実験結果を基に解析モデルを構築し杭状地盤改良体の支持力評価方法について検討したので述べる。

2. 現場実験概要

杭状地盤改良体の支持力特性を把握するため、実地盤で作成した杭状地盤改良体に押し込み試験を実施した。実験場所は八千代町試験場(茨城県結城郡八千代町大字若字柴山)である。地盤構成は、表層から1.85mまでが盛土(N値=8)であり、1.88mから2.75mが旧表土(N値=2)、2.75mから4.75mが凝灰質粘土(N値=0)である。表1に実験ケースを示す。体積比とは、発泡後の硬質発泡ウレタンの体積を使用した薬液の体積で除したものである。杭状地盤改良体のウレタン密度が支持力に与える影響を調査するため、体積比6.08, 7.36, 9.35の3ケースで行った。押し込み試験を行っていない改良体は、地盤内での形状を把握するためのものである。図2に押し込み試験結果を示す。図より、杭状地盤改良体の支持力特性は体積比に依存することが示唆された。押し込み試験の結果を基に、解析モデルを構築する。

3. 連成バネの作成

今回は、杭の支持力特性を簡易的に解析するため、荷重伝達法⁴⁾を用いることとした。本工法で使用してる杭状地盤改良

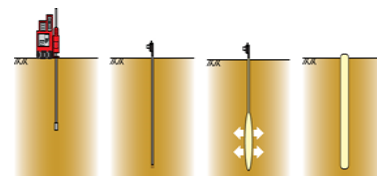


図1 杭状地盤改良工法

表1 実験ケース

試験杭	体積比	ひずみ計	押し込み試験
No.1	無(単管のみ)	有	○
No.2-①	9.35	無	×
No.2-②	9.35	有	○
No.3-①	7.36	無	×
No.3-②	7.36	有	○
No.4-①	6.08	無	×
No.4-②	6.08	有	○
No.5	6.08	無	×

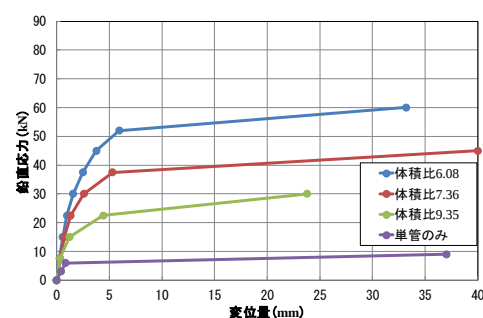


図2 押し込み試験結果

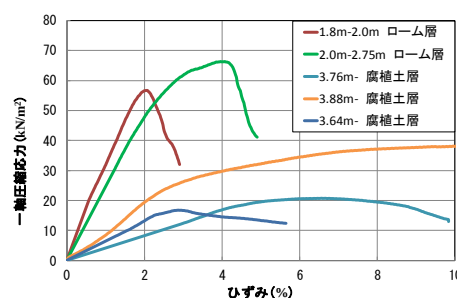


図3 一軸圧縮試験結果

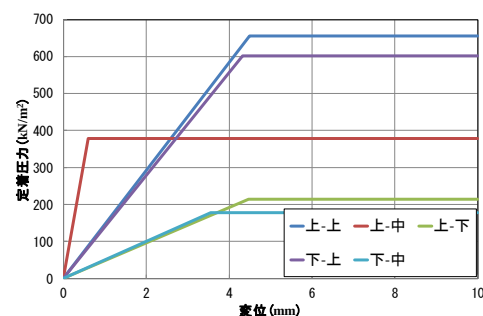


図4 定着バネ係数

キーワード 硬質発泡ウレタン 杭状地盤改良 荷重伝達法

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 地盤環境工学研究室 TEL 03-5707-0104

良体は、芯材、ウレタン、地盤の複合体であるため、荷重伝達法を用いて解析するためには芯材とウレタンの付着力、ウレタンの剛性および地盤とウレタンの摩擦力を評価する必要がある。そこで、本研究では地盤の一軸圧縮試験、定着力試験、ウレタンの一軸圧縮試験の3つの試験を実施し各バネ係数を算出した。図3に地盤の一軸圧縮試験結果を示す。用いた試料はいずれも実験地から採取した試料を用いている。図4に芯材とウレタンの定着力試験結果を示す。実現現象を想定し、载荷速度を0.01mm/secとした。定着圧力は、最大荷重を供試体の周面積で除した値とした。図5にウレタンのせん断応力-ひずみ関係を示す。鉛直载荷試験に用いた杭状地盤改良体を掘り出し、上部、下部それぞれ3分割し、一辺3cmのウレタンキューブを成形したものを試料として一軸圧縮試験を行った。結果として、ウレタンの剛性は測定箇所によってばらつきが生じる結果となった。以上の結果を基に、連成バネを作成する。図6に連成バネモデルの概略図を示す。杭状地盤改良体を深度方向に30分割、半径方向に6分割し、任意のせん断応力を距離により減衰させ、各断面に生じるせん断応力をバネの剛性で除すことによって沈下量を算出し、それらを足し合わせることで連成バネを作成した。

4. 荷重伝達法による解析結果

図7に定着バネ、地盤バネ、連成バネの関係を示す。この図は、それぞれの試験で求めたバネ係数の最小値を用いたものである。試験結果より、杭状地盤改良体は地盤バネが最も小さいため、地盤とウレタン表面の変位量が2mmに達した時点で摩擦が切れる形状とした。そして、作製した連成バネを単管に取り付け、荷重伝達法により解析を行った。図8に荷重伝達法による解析値と押し込み試験の実測値の比較を示す。実測値と比較すると、降伏点を過小評価したものの、それまでの変形状況を再現していることが分かる。ウレタン剛性のばらつきの説明に課題は残るものの、未解析手法の有効性が伺える結果となった。

5. まとめ

連成バネを用いて荷重伝達法で解析を行うことで、杭状地盤改良体の支持力特性を評価することが可能であることが示唆された。今後、ウレタン剛性の非線形性等を改善することにより精度の高いシミュレーションを実施したい。

《参考文献》

- 1) 松藤展和:不良品が多い工場の原因は地盤が9割
- 2) 松藤展和:「家の傾き」が健康障害を引き起こす
- 3) 水越純平:硬質発砲ウレタンを用いた杭状地盤改良工法の開発
- 4) 佐原ら:荷重伝達法に基づくパイルド・ラフト基礎の即時沈下に関する一解析法, 日本建築学会構造系論文集第561号

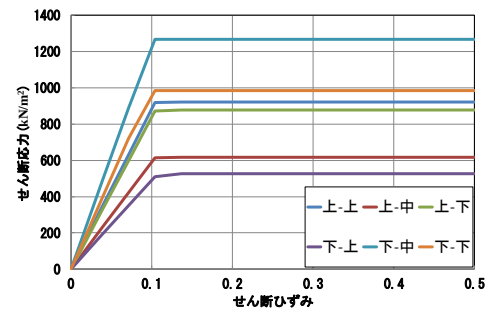


図5 ウレタン剛性

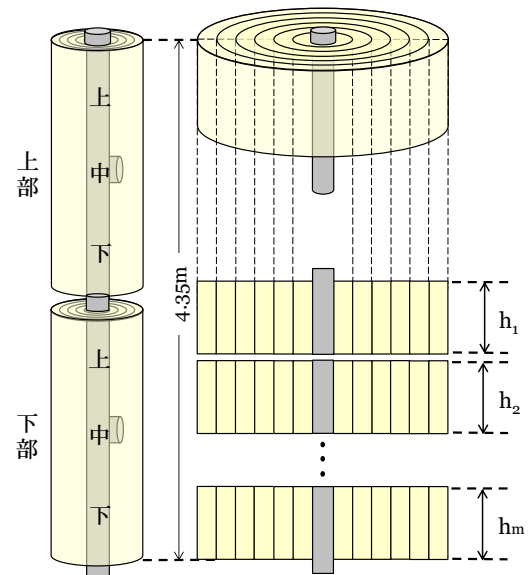


図6 連成バネモデル

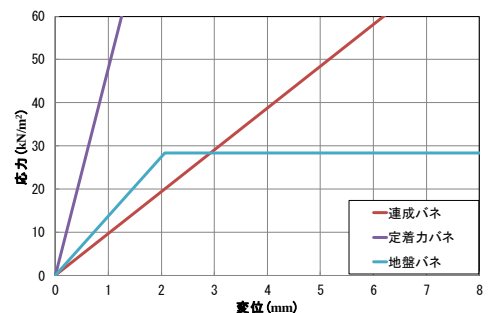


図7 各バネの比較

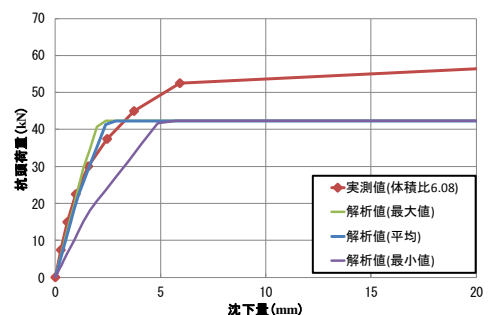


図8 解析値と実測値の比較