

硬質ウレタンを用いた杭状地盤改良工法の設計のための簡易孔内水平載荷試験の提案

東京都市大学 正会員 ○田中 剛
 東京都市大学 正会員 末政 直晃 片田敏行
 アップコン株式会社 非正会員 松藤 展和

1. はじめに

地盤の不同沈下などによって傾斜した構造物に対する沈下修正工法の一つに、発泡ウレタンを用いた沈下修正工法が提案されている。この工法は、傾斜した構造物の床に穴を開け、床下と地盤の間に発泡ウレタンを注入し、構造物をほぼ水平に戻す工法である。しかし、発泡ウレタンを注入することにより、浅層部では地盤の締固め効果が期待できるが、軟弱地盤層が厚い場合や腐植土のような軟弱地盤層では2次沈下の恐れがある。そこで、本研究では沈下修正後の再沈下を防止することを目的とした発泡ウレタンを用いた杭状地盤改良工法の開発を行う。写真1に発泡ウレタンを用いた杭状地盤改良体を示す。発泡ウレタンを用いた杭状地盤改良工法を実用化させるためには、設計方法を確立しなければならない。しかし、地盤の固さが発泡圧力を上回った場合は杭状地盤改良体が目標の直径まで膨張しない恐れがある。



写真1 杭状地盤改良体

本報告では、杭状地盤改良体を施工する際の設計に必要な、地盤内での地盤改良体の形状の予測をするための簡易孔内水平載荷試験を提案する。

2. 発泡ウレタンの性質

発泡ウレタンを生成させる際に、反応熱と CO_2 が発生する。この CO_2 がそれぞれ独立した小さな気泡となり、発泡し膨張する。小山ら¹⁾は、定体積膨張実験を実施し、発泡ウレタンが生成される際の発泡圧力と体積比の関係を調べた。図1に発泡圧力と体積比の関係を表す膨張曲線を示す。図中の体積比(V/V_0)は、注入薬液の体積を V_0 とし生成された発泡ウレタンの体積を V としている。一連の実験結果から、発泡ウレタンの特性として、圧力が体積比に反比例すること、体積比が同一でも温度が高くなることによって発泡圧力が上昇することから、一定温度の気体の体積が圧力に反比例するというボイルシャルルの法則に酷似する知見を得ている。

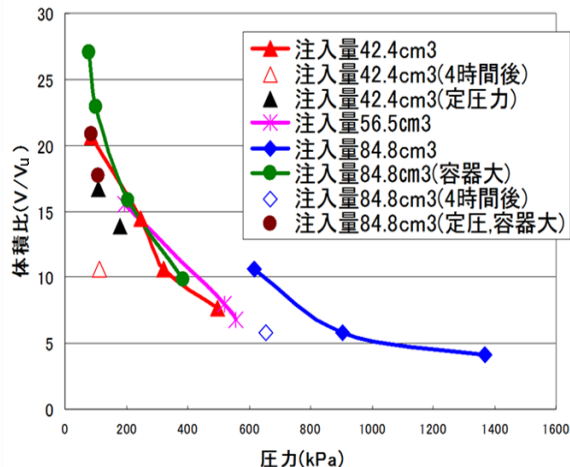


図1 発泡圧力-体積比関係(膨張曲線)

3. 簡易孔内水平載荷試験装置概要

発泡ウレタンの性質で述べたように、発泡ウレタンは体積比に応じて発泡時の圧力が決まる。杭状地盤改良体の設計を行う際に地盤の水平方向の圧力-変位特性が判れば、適切な注入量や改良体の出来高が予測できる。地盤の水平方向の圧力-変位特性を原位置で計測する方法の一つに孔内水平載荷試験²⁾(以後、LLT)があるが、LLTは通常ボーリング孔を使用して行うためコストがかかる。そこで、宅地の地盤調査で行われるスウェーデ

キーワード 発泡ウレタン 孔内水平載荷試験 スウェーデン式サウンディング試験

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-2 東京都市大学 TEL03-5707-0104

ン式サウンディング試験(SS試験)実施後のSS試験孔を使用して孔内水平載荷試験が行える簡易 LLT 装置を作製した。図2に簡易 LLT 装置概要を示す。簡易 LLT 装置は、測定器、圧入ポンプ、圧力計、二重管ビューレットで構成されている。測定器は鋼製（直径20mm、長さ100mm）で膨張部（長さ50mm）の測定セルにはゴムメンブレンを採用している。また、ゴムメンブレンの張力による圧力の補正を行うために水中で圧入を行い水の注入量が10ml 時の注入圧力が10(kN/m²)となり、水の注入量が20ml から300ml では、注入圧力20(kN/m²)となった。この時の注入圧力はゴムメンブレンによる張力によるものと考えられるため、以下の簡易 LLT 測定結果は、ゴムメンブレンの張力を差し引いて補正している。

4. 実地盤における簡易 LLT 試験

東京都市大学内の敷地において簡易 LLT を実施した。図3にSS試験結果を示す。SS試験結果より、試験実施深度を2.0m, 2.5m, 3.0m の3地点とした。試験方法は、SS試験装置にて掘削した孔に、ロッドの先端に取り付けた測定器を所定の位置に設置し、水を10ml ずつ150ml まで段階的に圧入し、各段階でビューレット内の水位が安定後に1分間体積を保持させた。図4に体積変化量と注入圧力の関係を示す。体積変化量と注入圧力の関係は同一体積変化量で比較すると深度2m 地点の注入圧力が一番高く、深度3m 地点の注入圧力が一番低く測定された。グラフにおける直線部の勾配より変形係数 $E(\text{kN/m}^2)$ を算定した結果、深度順に $E=1179, 859, 429(\text{kN/m}^2)$ となった。SS試験結果より導いた換算N値は深度順に2, 1.5, 1であり、その値を変形係数 E と標準貫入試験のN値の関係である $E=700N(\text{kN/m}^2)$ に代入した結果、変形係数 E は深度順に2100, 1575, 1050(kN/m^2)となった。測定値は算定値の1/2倍程度となったものの注入圧力-体積変化量曲線より算出した変形係数 E と換算N値より算出した変形係数 $E(\text{kN/m}^2)$ には相関が見られた。

<謝辞>本研究は、日本学術振興会の科学研究費補助金：基盤研究(c) No.23560598 の援助のもとに行われた。ここに記して謝意を表す

<参考文献>

- 1)小山ら：コンクリート床スラブ沈下修正工法における発砲ウレタンの力学特性，GIO 関東 2007pp124-pp125
- 2)地盤工学会：地盤調査の方法と解説，第6編サウンディング，pp280～pp288，pp319～pp328

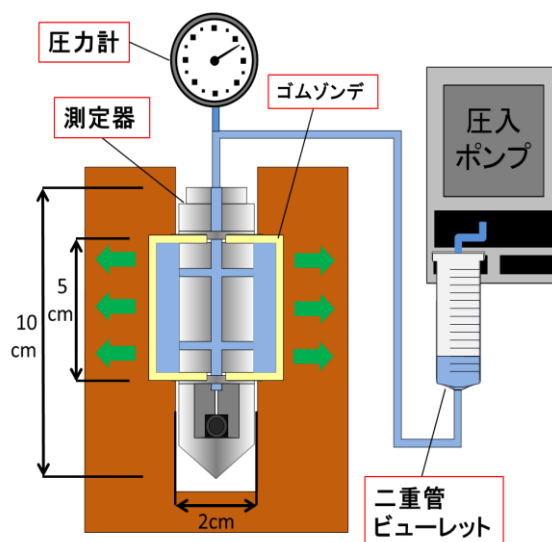


図2 簡易 LLT 装置概要

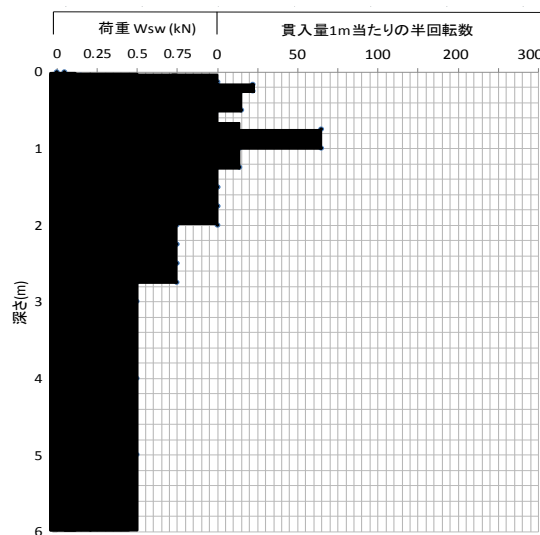


図3 SS試験結果

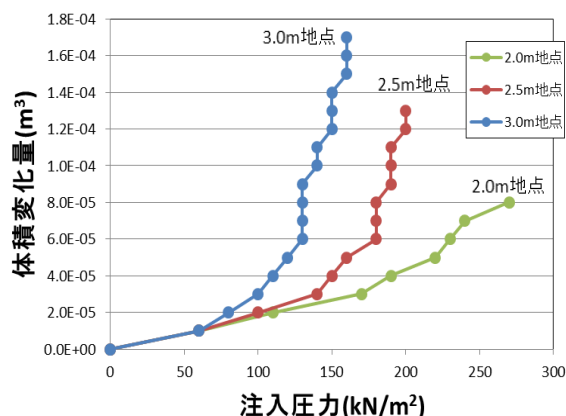


図4 注入圧力-体積変化量関係