

発泡ウレタンを用いた杭状地盤改良工法の開発

武蔵工業大学 学生会員 ○郡司恭志 正会員 末政直晃
アップコン株式会社 特別会員 松藤展和 正会員 藤野祥太 特別会員 山本真士

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は、居住者にとって深刻な被害をもたらす。このような被害を受けた構造物に対する対策工法の1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。この沈下修正工法は、沈下した構造物の床スラブと地盤の隙間に発泡ウレタンを注入し沈下を修正する。その一方で、ウレタンが発泡する際に、構造物直下の浅層部に対して地盤の押し固め効果が期待できるが、軟弱地盤層が厚いと構造物の重みで、地盤が再度沈下する可能性がある。そこで、発泡ウレタンを用いた杭状地盤改良工法を提案する。この工法は、地盤に穴をあけ挿入した杭形状の注入袋に発泡ウレタンを注入するものであり、改良体の形状および強度のコントロールを変えることができる。また、施工時に発泡圧力により、深層部の地盤に対しても押し固める効果が期待でき、杭としての周面摩擦力が働くことから、再沈下を抑止できると考えられる。その一方で、不同沈下を起こす地盤は、地下水位が高く軟弱な粘性土である場合が多く、発泡ウレタンを水中で作製すると発泡ウレタンの材料の1つである、ポリイソシアネートが水と反応しやすい性質を持っているため、十分に発泡しない可能性がある。

本研究では、発泡ウレタンを用いた杭状地盤改良工法を開発することを目的としている。本報告では、注入袋の選定を目的とし、地下水位以下を想定し、室内で行った水中膨張実験、その結果を基にして実地盤において実施した実物大注入実験から、適切な注入袋の形状および素材の検討を行った。

2. 水中膨張実験

2.1 実験概要

注入袋の要求性能¹⁾として、①形状を自由に変えられること②加工が容易なこと③膨張圧力に耐えられること④周辺地盤との密着力を高めるために、適度に発泡ウレタンが染み出ることが挙げられる。これらの要求性能を満足する布パッカーを注入袋として採用した。

図-1に水中膨張実験で用いた実験装置を示す。実験装置は注入袋(φ90mm)と鋼製の固定治具から構成されており、注入袋の先端から20cmを水に浸した状態で水中膨張実験を行った。注入袋は、布パッカーのみで水の出入りが自由なもの、布パッカーの内側にビニール袋を取り付け止水したもの2種類を用いた。また水中で膨張させた発泡ウレタンとの発泡状況を比較するために、空気中で膨張させたものでも膨張実験を実施している。なお、発泡ウレタンの注入量は、 75.4cm^3 とした。注入後、発泡ウレタンが固まってから切断し断面を観察し、注入袋の検討を行った。

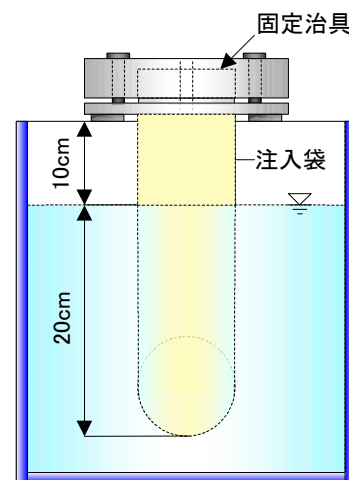


図-1 実験装置

2.2 実験結果

写真-1に作製した発泡ウレタンの断面を示す。図中(a)は布パッカーのみ、図中(b)は布パッカーの内側にビニール袋を取り付けたもの、図中(c)は空気中で膨張させたものである。発泡ウレタンを切断した断面を比較すると、水中で膨張させたケース(a)は密度が小さく、所々に発泡ウレタンが水を巻き込んでできたものと考えられる隙間が多く見られた。発泡ウレタンの強度も気中で発泡させたものよりも低く、ポリイソシアネートが水と反応したことによって不良発泡したものと考えられる。ビニール



(a) 布パッカーのみ (b) ビニール付 (c) 空気中
写真-1 作製した発泡ウレタンの断面

Keywords : 発泡ウレタン, 地盤改良, 沈下修正

連絡先 : 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学地盤環境工学研究室 Tel&Fax 03-5707-2202

袋付きパッカーのケース (b) と空気中で発泡させたケース (c) では、概ね同様の強度と密度であることを目視と触感により確認した。これらの一連の実験結果から、発泡ウレタンを水中で作成すると、ポリイソシアネートと水が反応してしまい、十分な発泡と強度が得られないことが分かった。

3. 杭状地盤改良体作製実験

3.1 地形・地質概要

図-2 に実験場所の土質柱状図および標準貫入試験から得られた N 値を重ね合わせたものを示す。現場実験は、福岡県柳川市三橋町にて実施した。地盤構成は地表から-1.9m までは盛土、それ以下は沖積層からなっており、地下水位が高く N 値が低い、軟弱な粘性土地盤である。

3.2 現場実験概要

現場実験では、先に示した水中膨張実験において得られた知見を基に布パッカーを二重にしたもの（以下 W パッカーと呼ぶ）とパッカーの内部にビニール袋を取り付けたものの 2 種類の注入袋を用いた。実験の手順として、最初にボーリングマシンを用い 4m まで掘削して注入孔を作製し、注入袋（φ90mm）の内側に塩ビ管を挿入し、塩ビ管ごと目標の深度まで注入袋を押し込み設置した。注入袋の上端は、注入時に注入袋が外れないように固定治具を用い固定した。

表-1 に実験条件を示す。Case1, Case2 では、注入袋を注入孔に押し込む際に使用した塩ビ管を注入機の先端に取り付け、塩ビ管を介して注入袋の下端からウレタン樹脂の注入を行った。実験に用いた発泡ウレタン樹脂は、自由発泡状態で約 30 倍、膨張するものを用いた。また注入量は、注入袋の体積の 1/30 になるように時間で管理し注入した。注入実験終了後に、発泡ウレタンが固まったことを確認し、バックホーを用いて掘削し、改良体（杭状発泡ウレタン）を取り出した。取り出した改良体は、目視により観察と、20cm 毎に改良体の周長を計測し、改良体の形状を確認した。

3.3 実験結果

図-3 に改良体の発泡率（ ϕ'/ϕ_0 ）と深度の関係を示す。改良体の周長から直径を算出し、改良体の直径 ϕ' を注入孔の直径 ϕ_0 で除したものを発泡率（ ϕ'/ϕ_0 ）とし、 ϕ'/ϕ_0 が 1.00 を上回っていれば、改良体が杭状に作製出来たものと判断した。また、 ϕ'/ϕ_0 が 1.00 以上であることは、注入孔径よりも改良体径の方が大きいことから、ウレタンが発泡する際に地盤を締固めたものと考えられる。注入袋の違いを比較すると、布パッカーの内側にビニール袋を取り付けた Case1 の方が注入袋に対して発泡ウレタンが安定して充填されており、杭状に作製できた結果となった。Case2 は布パッカーのみであり、水の出入りが自由なため発泡ウレタンが水と反応してしまい、不良発泡した。これは、深度 0.5m から 2.0m 間で顕著に見受けられる。下端からの注入であるので、注入直後のウレタン樹脂が水と反応し浮力により上昇したため、改良体上部において不良発泡が顕著となったと考えられる。ビニール袋によって止水した注入袋を用いれば、杭状に改良体を作製できることがわかった。

4. まとめ

本報告では、水中膨張実験および実地盤にて杭状改良体作製実験を実施し、以下の知見が得られた。

- ・形状を制御するための注入袋は、ビニールなどを用いて止水する必要がある。
- ・実地盤に発泡ウレタンを注入することで、改良体を杭状に作製できる。

【参考文献】 1) 高栖ら：発泡ウレタンを用いた杭状地盤改良工法の開発，第 43 回地盤工学研究発表会，pp921-924，2008.7

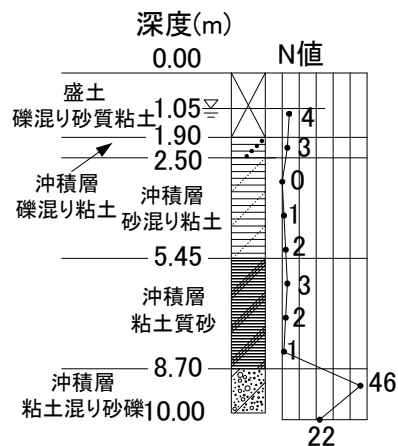


図-2 土質柱状図

表-1 実験条件

Case	1	2
注入方法	下端	
注入袋	パッカー+ビニール	Wパッカー
注入時間(s)	9	9
目標体積比 (V/V_0)	30	30

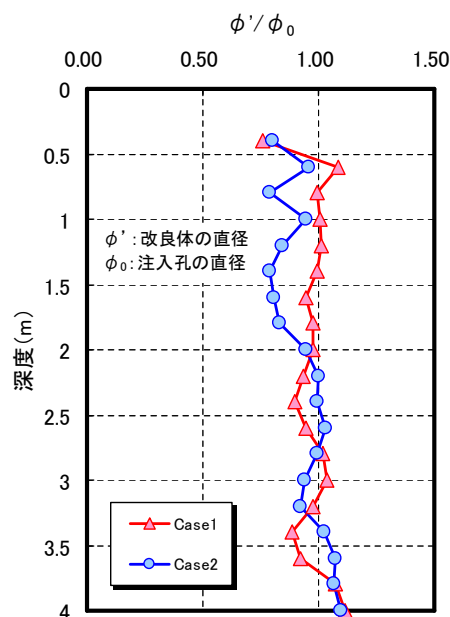


図-3 発泡率－深度の関係