

薬液を用いた自立削孔技術の開発

○東京都市大学大学院
東京都市大学
強化土エンジニアリング(株)

正会員 杉浦 陽子
国際会員 末政 直晃
正会員 佐々木 隆光

1. はじめに

掘削作業において、ベントナイトの注入やケーシングの配置といった孔壁の維持は必要不可欠である(図-1)。掘削工程を必要とする工法の例として薬液注入工法やボーリング試験が挙げられる。これらは複雑な地盤を有し地震が多発する我が国において重要な役割を果たしている。しかし、孔壁の維持を行うため、工費と時間を費やしていることがコスト削減への課題となっている。また、液状化が危惧されている緩い地盤では掘削ドリルのみで孔壁は自立しない。よって、工費と施工時間を可能な限り縮小するため、掘削作業を一工程で完了させる技術が求められている。そこで、削孔しながらにして孔壁を自立させるための技術開発が必要であり、その方法の一つとして、掘削において薬液注入工法に用いる薬液の使用を検討している。本報告書では、砂で作製した模型地盤における掘削実験について報告する。

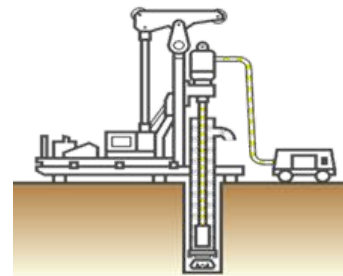


図-1 掘削作業の様子¹⁾

表-1 模型地盤の体積及び質量(乾燥状態)

相対密度	直径 (cm)	高さ (cm)	体積 (cm ³)	土質量 (kg)
60%	20	30	9425	13.9
40%	20	30	9425	13.3

表-2 加える水の量と地盤の総質量

相対密度	含水比	水の量 (kg)	地盤の総質量 (kg)
60%	10%	1.40	15.30
60%	5%	0.695	13.99
40%	10%	1.33	15.23
40%	5%	0.665	13.97

表-3 実験条件

	含水比 (%)	相対密度 (%)	注入速度 (mm/s)	掘削速度 (cm/s)
Case1	10	60	3	0.25
Case2	5	60	0.4	0.19
Case3	5	40	0.4	0.19
Case4	5	60	0.8	0.19

2. 模型地盤に関して

本実験では、模型地盤に珪砂7号を用いた。また、透水性の高い砂のみの地盤を用いることで薬液の浸透具合や施工性を確認することができる。地盤は相対密度60%と40%の2種類作製した。模型地盤の体積、その体積あたりに必要な砂の量等を表-1に示す。これは乾燥砂における土質量であるが、乾燥状態での掘削では孔壁が薬液固化前に崩壊する恐れがあったため本研究では乾燥状態の地盤と湿潤状態の地盤をそれぞれ作成した。湿潤状態である地盤は含水比が5%と10%とし、それぞれの相対密度で作製した。その際の水の量と各質量を表-2に示す。また、地盤の作製方法である乾燥砂の場合は空中落下法で作製した。湿潤状態の地盤では、砂と指定の量の水を予め混合し容器内に投入する方法とした。定めた体積に地盤が収まるよう、地盤に外部から衝撃等を与えながら容器内に試料を投入することで、間隙の量を調節した。

3. 掘削実験に関して

3-1. 実験条件

はじめに、各実験条件を表-3に示す。注入速度と掘削深度の関係から、注入材の量を選定した。薬液は活性シリカコロイドであり、GTが16minのものを用いた。乾燥砂を水のみ、手動の加圧で実験した理由としては、本実験で使用する装置の施工性を確認するためである。また、排土のない実験になるため、掘削機による周辺地盤への影響がどれ程あるのか確認することも目的としている。

3-2. 実験結果

(1) Case1

Case1における実験結果を図-3に示す。土13.9kgに水1.4kgを加えた、含水比10%、単位体積重量約17kN/m³の地盤である。掘削を行った後、図のように孔の自立が確認出来た。この孔内部に湿ったティッシュペーパーを入れ模型地盤に蓋をし、乾燥を防ぎながら一日放置した。その後、容器内から孔周辺の地盤を取り出した。孔周辺地盤の固化具合を確認したが、水分を含んだ土が掘削機の押圧によって固まっているのみでこれらを冷水にさらし固化部分の確認を行ったところ、薬液固化とみられる部分は殆ど存在しなかった。理由としては、本研究で作製したこの含水比10%の地盤の密度が高く注入材を充填させ



図-2 掘削機及び注入装置

キーワード 孔壁 注入剤 砂地盤

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL:03-5707-2222

る間隙が少なかったことが考えられる。また、掘削機の注入穴に砂が入り詰まることを想定し、注入速度を速く設定したために薬液注入装置に大きな圧力がかかった点も考慮しなければならなかった。本条件での実験の結果、薬液注入装置に破損が確認されたことから、より緩い地盤条件での実験が必要であることが分かった。しかし、一日放置後も孔はしっかりと自立しており薬液固化時間が多少長い薬液を使用しても、条件によっては十分施工に適用できると考えられる。

(2) Case2, Case3

Case2,3における実験結果を図-4、図-5に示す。この地盤は土 13.9kg に水を約 0.7kg 加えた含水比 5%、単位体積重量 15.1kN/m³のものと、土 13.3kg に水を約 0.67kg 加えた含水比 5%、単位体積重量 14.4kN/m³のものがある。それぞれ Dr60%と Dr40%である。これらの実験結果においても、掘削機引き抜き後孔はしっかりと自立していた。Case1と比較して緩い地盤ではあったが、孔壁が掘削機による押圧によってある程度孔が自立できることが分かった。Case1と同様の条件で一日放置し、孔周辺の地盤を取り出した。孔の周辺地盤を図-4に示す。図より、Dr60%の地盤では孔壁の一部が欠けてしまったが、Dr40%の地盤ではほぼしっかりと孔壁の外形を確認することが出来た。このことから、場所によっては注入が均等に行われていないことが分かった。これは、ロッドを回転させる際、ロッド先端部から薬液注入装置まで繋いでいるチューブの問題であると考えられる。改善案としては、チューブを現状のものより硬いものを採用することや、注入速度を上昇させることが挙げられる。

(3) Case4

Case4では、Case2の注入速度のみを変更した条件である。注入速度を変更した理由としては、Case2の結果から注入量を増すことで肉厚を全方位に作製できないか確認するためである。図-5に実験結果を示す。Case2と比較すると、Case4では孔壁が十分に確保できていることが確認された。このことから、注入速度を上昇させることで施工の性能が増すと考えられる。しかし、地盤の密度との兼ね合いから単純に全ての地盤でこの処置が改善方法になるとは限らないため、実施工では地盤に応じて注入圧力のコントロールが必要になってくる。

4. まとめ

薬液の注入を開始するタイミング等、施工ごとにばらつきが生じそうな処置があることが分かった。また、孔上部の変形は個体差がある。現状、施工ごとにばらつきがでる処置は、薬液の注入を始める時間と注入をやめる時間である。掘削機が地盤中に入った後に注入を開始すると、掘削機の注入穴に砂が詰まり上手く注入が行えないことが分かった。注入を開始するタイミングとしては、地盤に掘削機が入る直前が好ましいと実験結果より分かった。注入装置にかかる圧力を考慮し、地盤の密度に応じて注入速さをコントロールする必要があった。注入量と肉厚の厚さは比例しており、施工に大きな問題はない。図-6は注入した薬液の理論値と実測値の比較である。図から分かる通り、量掘削機によって孔壁周りの地盤が密になることが確認された。そのため、薬液注入時には圧力のコントロールが必要であった。



図-3 Case1 実験結果

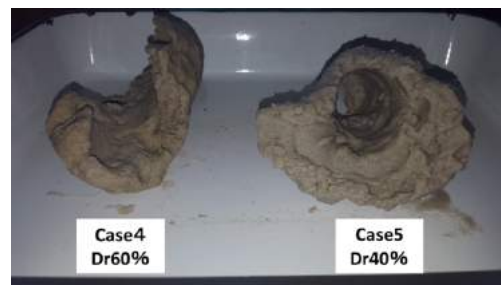


図-4 Case2, 3 孔周辺地盤



図-5 Case4 孔周辺地盤

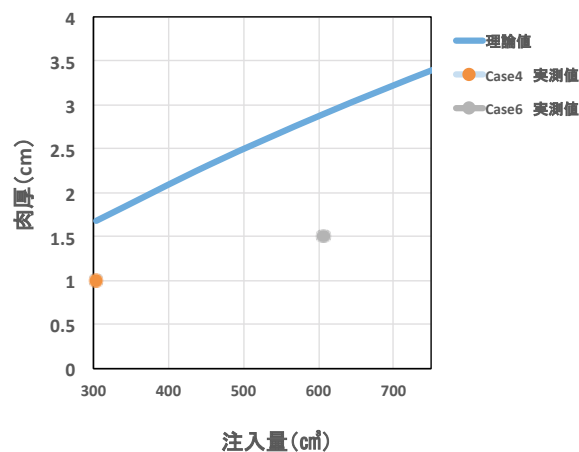


図-6 比較結果

<参考文献>

- 1) 地盤改良 解体サポート全国版 (2016年2月12日) <http://www.kaitai-support.com/zibankairyou.html>
- 2) 水野健太, 佐々木隆光 恒久グラウトにより改良した固結砂の力学性及び変形特性 土木学会第67回年次学術講演会 III-243
- 3) 片田敏行 共著 オーム社 平成15年発行