

地盤改良工法における削孔データを活用した地盤判定の適用性

鹿島建設(株) 正会員 ○田中俊行 永谷英基 米丸佳克
ケミカルグラウト(株)正会員 山口健二 阿部宏幸 小松和彦

1. はじめに

一般的に、固化系の地盤改良である高圧噴射攪拌工法では、数少ないボーリング調査から得られた地盤情報を基にして施工仕様を決めることが多く、砂質土や粘性土等の土層を見誤ると改良出来形が不足したり、未改良部が発生したりする恐れがある。そのため、地盤改良機にセンサを取付けて、削孔時に施工に伴うデータを取得することにより土層を判別することで、出来形不足や未改良などの施工品質の低下が懸念される地盤条件を抽出することが期待される。さらに、将来的には施工にフィードバックすることで、品質向上や工期短縮、コスト低減などの生産性向上を図ることが可能となると考えられる。そこで、原地盤で削孔時に各種データを取得し、土層判別や強度推定による地盤判定への適用性について検討した結果を報告する。

2. 実験概要

実験装置は、写真-1に示す小型の地盤改良機（削孔ロッド径 60mm）と薬液注入用のポンプを組み合わせたものである。地盤改良機本体に加速度計をポンプに水圧計・流量計を設置し、図-1に示すように削孔時にポンプの送水流量、地盤改良機の回転数、削孔速度を制御データとし、ポンプ水圧、モータの電流値（トルク）、加速度を評価データとして、これらの値のデジタル値を取得するとともに管理装置のモニターで表示した。事前検討から、ポンプ流量は水圧の変化が顕著になるよう 20ℓ/min と一定とし、掘削速度は施工性を考慮してオペレータによって 1 分間で約 400mm になるよう手動で制御した。また、回転数は砂礫での掘削に支障をきたさないように高速（125rpm）とした。

3. 試験結果と考察

(1) 制御データ（ポンプ流量、回転数、削孔速度）

図-2に土層構成および制御データを示す。土層構成について、深度 0～2.3m はローム(N 値=0～10)、2.3～6.7m は砂礫(N 値=10～30)、7.4～9.0m はシルト(N 値=0～10)、9.0～13.0m は粘土-細砂-粘土であった。なお、6.7～7.4m はコア採取が困難である土層であった。ポンプ流量は設定 20ℓ/min に対して、実績 16.9～27.5ℓ/min（平均 21.0ℓ/min）であった。深度 6m 以下では、土層の変化や削孔速度の影響を受け、流量が変動した。地盤改良機の回転数は、深度によらずほぼ 125rpm で一定であった。オペレータの制御による削孔速度は設定 400mm/min に対して、385～469mm/min と変動し平均 430mm/min であった。

(2) 評価データ（水圧、電流値、加速度）

図-3に土層構成および評価データである水圧、ボーリングによるサンプリング試料から得た細粒分含有率と透水係数の深度分布を示す。細粒分含有率や透水係数から判断して、細粒分含有率の 50%以上は粘性土、50%以下は砂質土と土層を区分すると、水圧は砂礫や細砂の砂質土では約 0.1MPa、ローム、シルトや粘土の粘性土では 0.2～



写真-1 実験装置概要

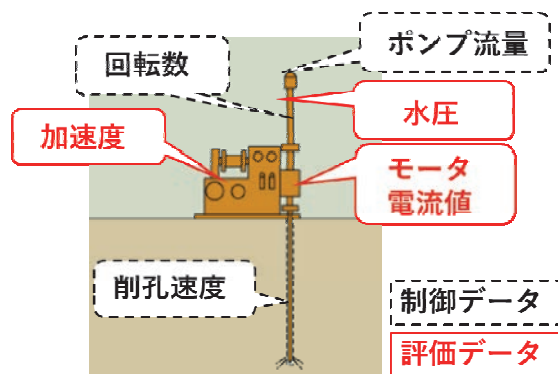


図-1 削孔時に計測したデータ

キーワード 地盤改良, 高圧噴射攪拌工法, 地盤判定, 土層, 強度, 水圧, 電流値, 加速度

連絡先 〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11 鹿島建設(株)土木管理本部 TEL 03-5544-0628

1.2MPa の値をとった。これらの結果は、土層構成と概ね整合的であることから、水圧によって土層を判別できることが確認できた。しかし、今回のロームやシルトのように水圧が 0.2MPa 程度である細粒分含有率が 50%前後の中間土に相当する土層では、砂質土(平均約 0.1MPa)との差異は小さく、正確に土層を判別するためにはデータの蓄積が必要であると考えられる。

図-4 に土層構成および制御データであるモータの電流値、加速度と N 値の深度分布を示す。電流値は 16~32A の値をとり平均約 18A で、加速度は $0.3 \sim 7.6 \text{ m/s}^2$ の値をとり平均 1.9 m/s^2 であった。N 値 15 以上の土質では、N 値の増加に伴って電流値・加速度とも増大する傾向が見られたが、N 値 15 以下では有意な関係が見られなかった。このことは、N 値の大きい砂礫地盤では、削孔時の負荷が大きくなりモータの電流値が増大するとともに、地盤改良機の振動が大きく加速度が上昇したと推測される。この結果から、電流値と加速度は、N 値 15 以上の強度推定および施工仕様の設定に活用できると考えられる。

一方、深度 6.7~7.4m はコア採取が困難である土層では、水圧が約 0.7MPa、電流値が約 30A と比較的大きい値が得られたことから、砂礫と粘性土の境界部に位置する土層であったと推測される。

4. おわりに

今回の実験から、地盤改良機の流量、回転数、掘削速度を制御することで、測定した水圧によって砂質土か粘性土の土層を概ね判別できること、モータの電流値や加速度を測定することで概略の N 値を概ね推定できることが分かった。さらに、精度の高いデータを取得するためには、地盤改良機の大形化や掘削の高速化等の施工性への対応が必要となると考えられる。今後、様々な地盤条件でデータを取得し、蓄積・分析する予定である。

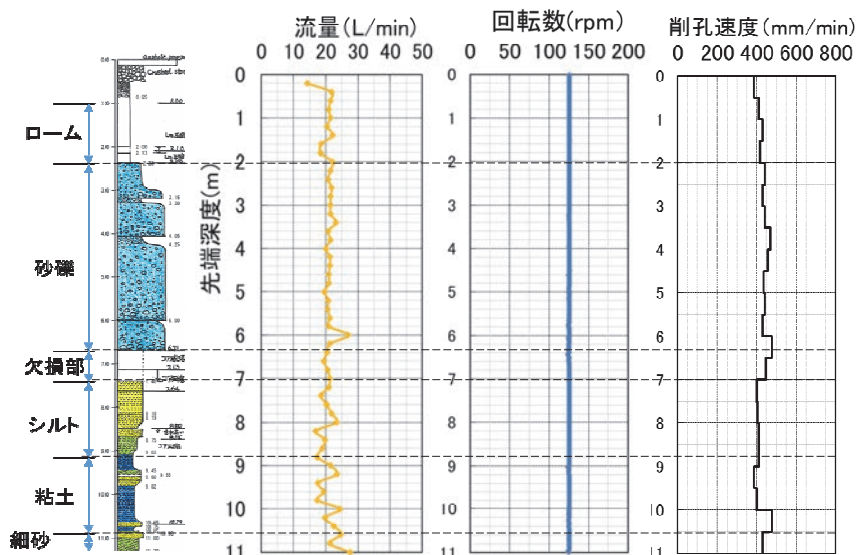


図-2 土層構成およびポンプ流量、回転数、削孔速度の深度分布

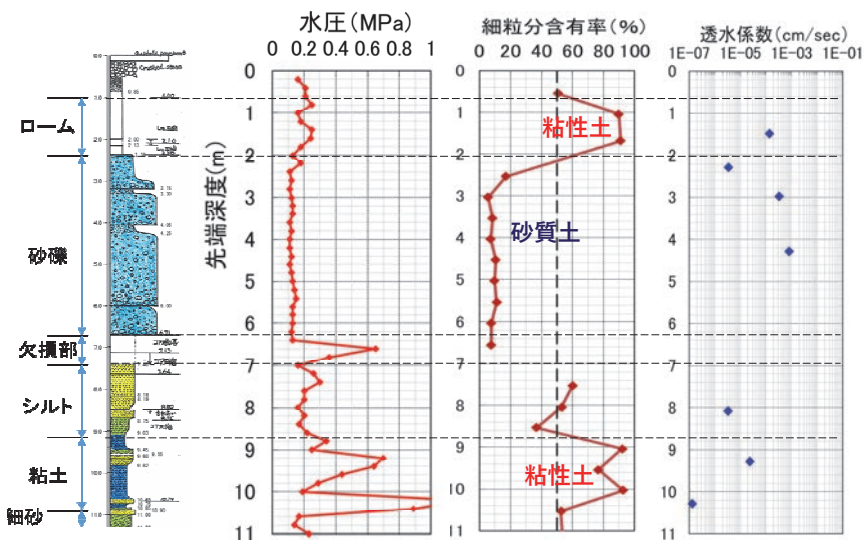


図-3 土層構成および水圧と細粒分含有率、透水係数の深度分布

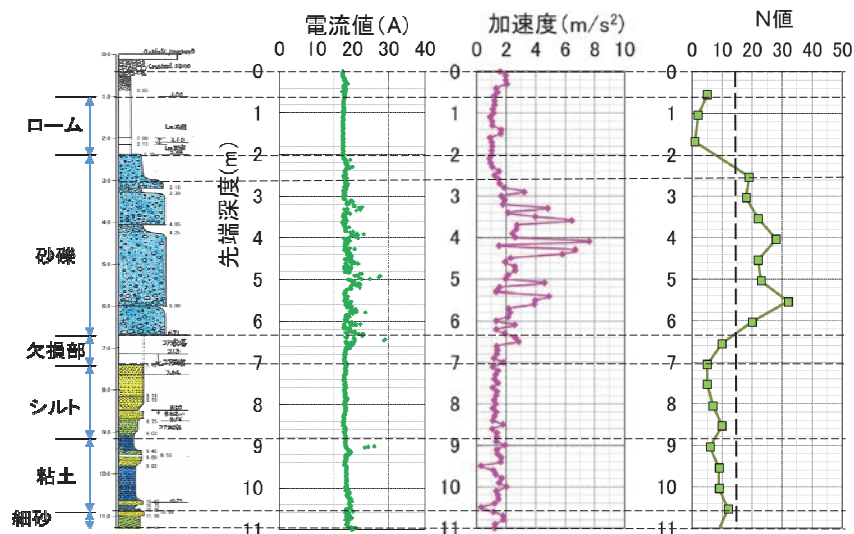


図-4 土層構成および電流値、加速度と N 値の深度分布