

15. エンパソルによる地盤調査方法

ライト工業(株)：磯部 金治・*阿部 正直
川村 公平

1. まえがき

地盤改良工事において、事前の地盤調査や事後の地盤改良効果確認は合理的で確実な施工を行うために重要なものである。従来は、これらを調査ボーリングで行ってきたが、費用や期間の問題から調査本数が自ずと制限され理想とするような調査を行えないのが現状である。そこで、迅速に地盤情報を得られ調査ボーリングの補完が可能な新しい調査システム「エンパソル」を紹介する。このシステムはボーリング時の削孔抵抗により各種地盤情報を得るもので、油圧式ドリリングマシンに取り付けた各種センサーを用いて、削孔と同時に種々のデータ(削孔パラメータ)を測定・記録し、これらのデータをコンピュータにより解析処理することによって一般の地質調査方法と併用して地盤の分類、硬軟を迅速に判定できるシステムである。このシステムを使用して数カ所の現地で地層の判定などを行い地盤改良工事の施工管理に役立たせることができたのでここに報告する。

2. システムの概要

本システムは図-1に示すように削孔データを測定・記録するデータ収集装置(センサー・エンパソル本体)と、データを解析処理する専用ソフトから構成されている。

2.1 データ収集について

本システムで収集される基本的な削孔パラメータは8種類(図-2、参照)で、削孔機に取り付けた圧力センサー・変位量センサー・磁気センサーなどにより削孔深度5mm毎

に測定される。測定データはデジタル処理されメモリーカードに記録される。また、メモリーカードへの記録と同時に本体のデジタルサーマルプリンターへ最大7種類のデータをリアルタイムでチャート出力できる。

2.2 データ処理について

メモリーカードに記録されたデータは、読み取り装置によりフロッピーディスクなどに記録保存され専用の解析ソフト(IBM互換機で作動)により処理される。

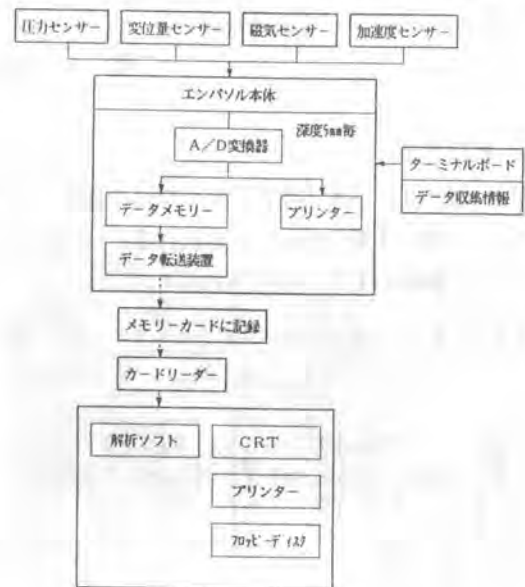


図-1 システム概要図

3. 地盤調査方法の概要

3.1 地層判定

図-3に施工フローを示す。

(比較孔のデータ収集)

削孔中の地盤状態の変化（地層変化や地盤強度の変化など）は、削孔パラメータの1個または複数個の変化となって表れる。しかし、これらのパラメータは、2つの異なる地層に対して同じ値を示す場合がある。このために削孔データの解釈に先立ち、現地のコア採取が不可欠である。地質柱状図などの調査ボーリング結果と収集した削孔データとを対比することにより、地層の判別が可能になる。よって、本システムでは既調査ボーリング孔に近接した箇所のデータ収集（比較孔）を行っている。

(解析作業)

削孔パラメータは地盤性状を反映したものであるが、時にはこれらパラメータの変化はひどく散乱したものであったり、微妙な変化であったりする。そこで、異なった地層の特性を明確化するため、専用ソフトにてパラメータどうしを組み合わせたり、統計的な処理を行わせたりして合成パラメータを作り、既調査ボーリングのN値や地質柱状図などと比較し、その定義付けを行う。このようにして作られた合成パラメータは地盤の状態や特定の地層を表すようになる。

(判定)

調査目的により、地層の相違などを表す有効な合成パラメータの1つまたは複数を選択し、この解析パラメータにより地層判定の基準を作成し専用ソフトに内蔵されたエキスパートシステムに登録する。エキスパートシステムは登録された判定基準に従って、他のエンボール調査孔のデータ解析を行い地層を判定する。（図-4、参照）

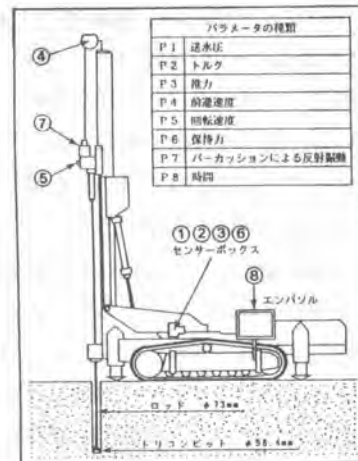


図-2 削孔パラメータ種類



図-3 施工フロー

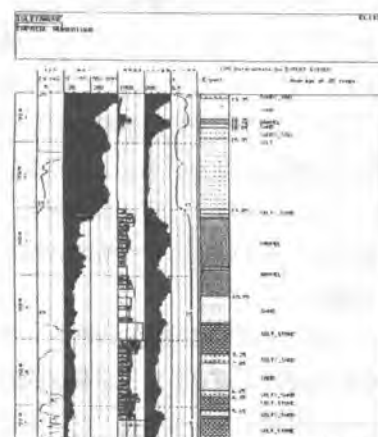


図-4 解析結果出力例

(削孔パラメータによる地層判定の有効性)

関東周辺の3例、広島県、三重県、福島県各1例の計6例で収集した比較孔のデータより、各地層別に削孔パラメータがどのような分布になっているか調べたものである。図-5はパラメータP4によって得られた地層別削孔速度及びN値の関係である。このN値とは既調査ボーリング孔における各地層の平均値で算出しているものである。これにより軟岩、砂礫、砂、シルト質砂、砂質シルト、シルト、粘土の順に削孔速度は速くなっており、N値の大小に関わらず削孔速度の違いが地層判定の基準になる可能性があることを示している。図-6はパラメータP1によって得られた地層別の送水圧(削孔スライム除去に要する圧力)の関係を示す。これにより粘土分を含む地層が高い値を示しており、図-5との組み合わせでより確実な地層判別が可能になる。(他のパラメータの組み合わせも有効である。)

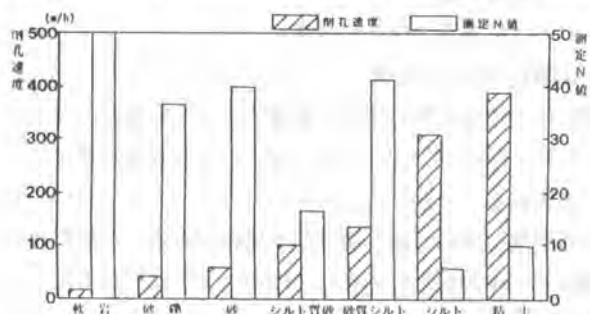


図-5 地層別削孔速度及びN値の関係

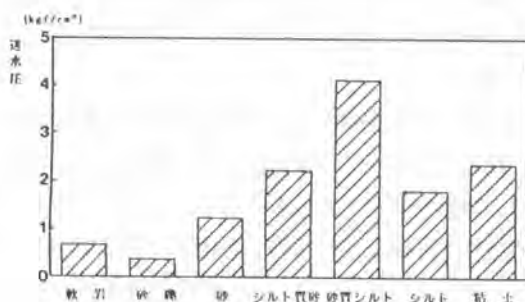


図-6 地層別送水圧の関係

3. 2地盤強度の推定

古くから石油掘削においてボーリング時の給圧や削孔速度などのボーリングパラメータを用い、これらパラメータから導かれる削孔公式により地盤強度の推定やビットの摩耗状況の判定などを行ってきた。筆者らはこれらの考え方を導入し、現在の所、現場単位で本システムの削孔パラメータから地盤強度を推定し、この地盤強度と従来の地盤強度試験値(N値・一軸圧縮強度など)との関係を実験的に求め(キャリブレーション)、定量的に換算している。一例として図-7にビット荷重、トルク、削孔時間からなる合成パラメータと標準貫入試験N値との関係を示す。これはある現地実験におけるデータより算出したものである。相関係数は $r=0.853$ と高い相関関係にあったが、どの場所でも適用できるとは限らず今後の課題としたい。

4. 実施例

ここで紹介する実施例は、山岳トンネル方式で計画された下水道幹線建設工事であり、工事区間の一部において、岩盤線の傾斜の影響でトンネルクラウン部が岩盤線から飛び出し

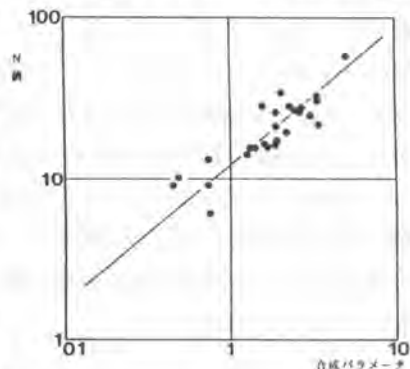


図-7 合成パラメータとN値

上部の砂礫層に入るため、砂礫層掘削時のトンネル崩壊防止および止水を目的とした薬液注入による

地盤改良工事である。この現場は工事区間長約280m間に3本、既調査ボーリング孔があった。エンパソルの目的は、既調査ボーリング孔間の岩盤層の深度位置を調査することであった。

(現場概要)

地質概要は地表から以下のような状態であった。

- 粘性土層 N値10以下
- シルト質土 N値10以下
- 砂礫層 N値10～50マトリックスは細砂・粘土
- 凝灰岩 N値は50以上

調査本数 6本(平均13m/本)

調査に要した日数 2日

(調査方法)

調査方法は、既調査ボーリング孔に近接した箇所をロータリー単管削孔方式で削孔し、データを収集した(比較孔)。次に予め計画された調査位置を比較孔と同一条件で削孔しデータを収集した。削孔に使用したツールスは外径73mmのロッドと外径98.4mmのトリコンビットである。

(結果)

調査目的である岩盤層の深度位置を確認することができ、当初の推定岩盤線と深度位置の違う所を発見できた。(図-8、参照)この結果、地盤改良範囲が追加された。尚、この部分は後で実施された調査ボーリングにより確認された。

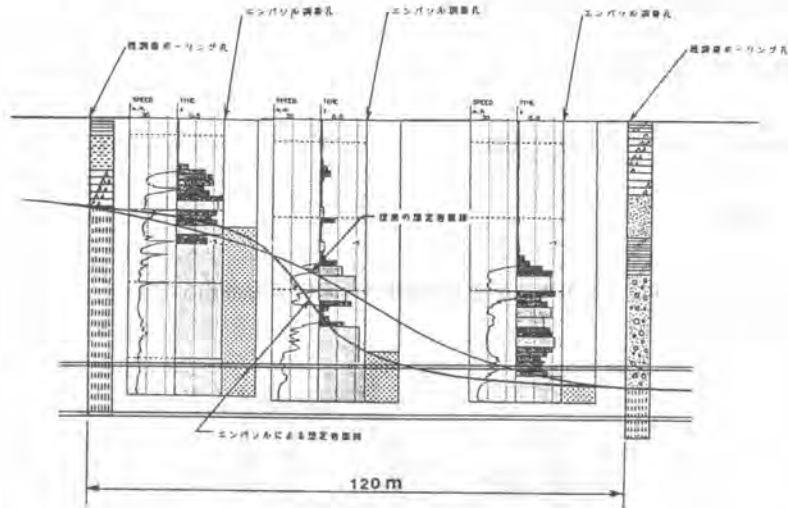


図-8エンパソルによる地盤想定図

5. あとがき

今までに、本システムはここで紹介した以外に10数カ所の地盤改良工事に使用している。今後はより多くの現場で使用し施工管理の一助けとなるようにするとともに、数多くのデータを集め地層判別の確立化を図り、N値や一軸圧縮強度との相関も含めた定量的な検討をしていく予定である。