

打撃削孔における削孔振動波形解析による地質判定の研究

大成建設(株) 技術センター 土木技術開発部 正会員 ○近藤 高弘

片山 三郎, 山上 順民

1. はじめに

本研究は、平成26年度一般財団法人先端建設技術センターの研究開発助成にて行った研究内容に関して報告する。研究の目的は、トンネル等の岩盤削孔では、強い打撃力による岩盤破壊による削孔方法が用いられている。トンネル先進削孔における地質調査等として従来削孔時のスライム監視やノミ下がり速度から地質を判定している。即ちノミ下がり速度の変化を測定して破壊エネルギー量に換算する事で地質判定を行っている。地盤判定技術として弾性波探査、電磁波探査、磁気探査、電気抵抗探査などあるが、どれも施工中に判断できる手法ではない。施工中に判断できる手法は削孔機械の負荷をモニターしその状況を間接的に判断する技術しか存在していない。本研究では地山の削孔状況を直接計測（削孔振動波形）し判定する手法の研究である。

従来の判定手法とは別の原理で判定できる手法を併用する事で施工のリスクが軽減でき、信頼性の高い施工管理が可能になると考える。

本文では、施工中の削孔振動波形を計測しリアルタイムに解析判定を行う手法の検証試験結果を示す。

2. 研究方法

研究にあたり強度が既知なコンクリート試験体を削孔してデータ解析を行った後、実地盤の削孔を行いデータ収集する。

実地盤の判定基準として、調査ボーリング孔付近での



写真1 Atlas社 Power ROC T35

削孔試験を行い、かつ地山を直接観察できる場所の選択を行った。使用削孔機はAtlas社のPower ROC T35で削孔機本体はCOP 1840+を使用。振動センサは小野測器社のNP-3574(400m/s²)を使用し削孔波形データを収集した。試験場所は九州支店五ヶ山ダム骨材製造工事（作業所）原石山にて実施。



図1 供試体のリフト高と試験強度結果

以下に簡単な実験手順を示す。

- (1). 強度が既知な4層のコンクリート供試体を製作する。(圧縮強度試験を行い実強度を確認)
- (2). コンクリート供試体の削孔振動データを収集し解析を行い基本となる教師データを作成する。
- (3). 教師データの評価を行い、実地盤での削孔振動データを収集し解析を行う。
- (4). 実地盤の判定評価を行う。

供試体削孔試験のデータ収集装置の仕様

- ・削孔深度情報 0.5mm単位
- ・データサンプリング周波数 20KHz
- ・データサンプリング数、三軸方向 (2048Dat/1軸)
- ・データ収集間隔 0.2秒間隔

3. 供試体（コンクリート）削孔データの解析

図1に示す1辺2mのコンクリート供試体を用いて、出来るだけシンプルな方法による削孔振動波形を収集する事を考え、削孔機ガイドセル主要部に磁石で取付けるセンサ治具で削孔機に設置けた。三軸の削孔波形解析結果、Z軸方向の振動が安定した結果を得た。

キーワード 打撃削孔, 地盤判定, 削孔振動波形, 波形解析, 加速度センサ, 削孔スペクトル

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 TEL 045-814-7219

相関評価を行い各層の結果を上層部から①, ②, ③, ④として, ①と②, ①と③, ①と④の様に各層間の相関係数の評価結果を表1に示す。

表1 ①～④層間の相関係数

各層の相関	①	②	③	④
①				
②	0.39517			
③	0.961086	0.364157		
④	0.925	0.370009	0.949048	

供試体は上層部

①と最下層部④と

は同じ種別のコンクリートを打設している。①と④の類似性が高いと判断できるが, ③も高い類似性を示している。②との類似性は示されていない。このことからコンクリート強度30Nは判別可能であるが50Nと100Nの判別は困難である事を示している。

供試体削孔を削孔深度毎の連続スペクトル解析として表現するため, 各深度におけるスペクトル結果を直線の色濃淡で表現した。赤色部分は強いスペクトルを示し, 緑色はスペクトルの無い状況を示す。この様な色合いの濃淡で表記する。即ちスペクトル強度を緑色～赤色の色合いで表記を図2に示す。

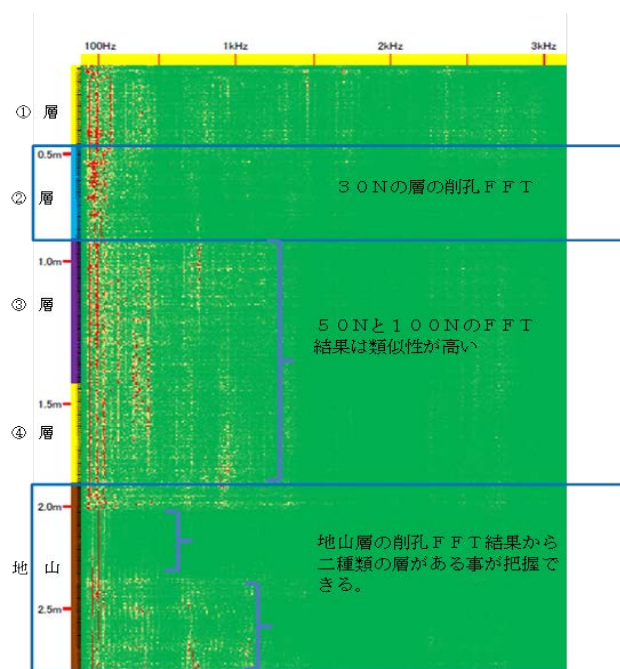


図2 供試体の波形解析結果

地山層では2層の異なる地層がある事が把握できる。しかし50Nと100Nのコンクリート層は類似性が高い事が理解できる。

4. 実地盤削孔データの解析

供試体コンクリート削孔で得られた解析データを教師データとして実地盤での削孔データとを比較する。

原石山の地質は主に黒雲母花崗岩で原石対象材は岩級区分B～CH級を①材-1, CH～CM級を①材-2として採取している。廃棄材は②材となる。

削孔地盤より約10m下の盤との境界がL字型になっており, これに沿って崖からの離隔約4m, 孔間隔4mで削孔を行った。付近のボーリング調査の結果から, 今回の削孔箇所では, CM～CH級岩盤が出現すると推定された。供試体コンクリートを教師データとした実地盤の判定結果を以下に示す(図3)。判定表の色の無い部分は参照教師データが無い部分を示す。



実地盤に関して, 調査ボーリングで示された結果は概ね①材として採取可能であると推測された。実際のベンチカット削孔面からの観測判定で削孔No.5～6の上層部の一部に廃棄岩②材の判定があり, 全体的に採取①材として判定された。

5. おわりに

原石材①材として採取される岩には圧縮強度30N程度の物も含まれている。実地盤の判定で30Nとして

図3 実地盤の評価結果

評価した地盤も採取対象となる。そのため教師データが無いために適正な地層評価が出来なかった部分の参考教師データの作成が今後の課題となる。

また, コンクリート供試体を用いて既知の強度で打撃削孔を行い, 50Nと100Nの判別は困難であったが概ね強度分布を実地盤でも把握する事は可能であると結論付ける。本研究で広帯域(10KHz) 分解能10Hzの削孔深度スペクトルを高密度に解析した事で地質の違いをスペクトルの変化として把握する事ができ, 新たな地層判定の解明に役立つ基礎研究であると考え。