

削孔検層による溶岩洞穴調査の評価方法の検討

安藤ハザマ 土木技術統括部 正会員○井ノ口拓郎 正会員 寶谷 周 正会員 山本浩之
 安藤ハザマ 建築技術統括部 阿部勇治

1. はじめに

地山調査手法の一つである削孔検層は、主に山岳トンネルの切羽前方探査手法として開発され、最近では地盤改良部やアンカー定着部の確認等の適用事例も増えている。

具体的な検層方法は、ドリルジャンボのドリフターや図-1に示すようなロータリーパーカッションドリル等の削岩機に計測器を取付け、削孔データ（掘進速度、フィード圧等）をリアルタイム計測し、地山の硬軟の相対判定を行うものである。

しかし、得られる削孔データの数値が削孔機械やオペレータ等に依存するという課題があり、対応策としてフィード圧を一定に保ち削孔を行う手法や削孔データから掘削エネルギーを換算するなど正規化する手法が提案されている¹⁾。

今回、溶岩空洞の分布が懸念される建築物基礎地盤の調査に当手法を適用し、削孔条件を変化させることで空洞検出能力の向上を試みたので、結果を報告するものである。



図-1 削孔検層実施状況

2. 現場概要

削孔検層を行ったサイトは、火山山麓の玄武岩溶岩分布地域に造成された平坦地で、建築物基礎範囲の $180\text{m} \times 140\text{m}$ が調査対象であった。文献調査により、当該地周辺には溶岩流の流下過程で形成された全長（実測可） $88.9\text{m} \times$ 幅 $2 \sim 9.3\text{m}$ 、支洞 6 本の溶岩洞穴が分布していることが確認されていた。建築物基礎地盤中に空洞が存在した場合に、その影響が懸念されることから、分布状況を把握する目的で調査を実施した。

3. 調査および空洞評価方法

調査対象が広範囲であることから、工期およびコスト低減のため、削孔検層を主体とした地質調査を実施した。具体的に

は、調査に先立ち 5 地点でのオールコアボーリングと削孔検層の関係性を比較・精査し、空洞検出の評価方法について試験施工を行った。試験施工では、削孔条件を変えた 2 つのケースでボーリング結果との比較をした。

削孔検層で地山評価をする場合、一般にフィード圧を一定に保ち掘進することが望ましいとされていることから、ケース 1 では、フィード圧 (5kN/m^2) を極力一定に保ちながら掘進する方法とした。ケース 2 では空洞検出能力の向上を目的とし、フィード圧 ($2 \sim 8\text{kN/m}^2$) を調整して掘進速度を抑制することとした。さらに空洞と空洞内のルーズな状態の充填物を判別するための試みとして、空洞が確認された場合は、ロッドの回転を一旦停止させ、フィード圧のみを加えて掘進する方法とした。検討した空洞検出のフローを図-2 に示す。

なお、削岩機はクローラマウントタイプのロータリーパーカッションドリル RPD-160C（鉦研工業（株）、原動機最大出力 $122\text{kW}/2,000\text{rpm}$ ）を使用し、削孔径は 90mm とした。

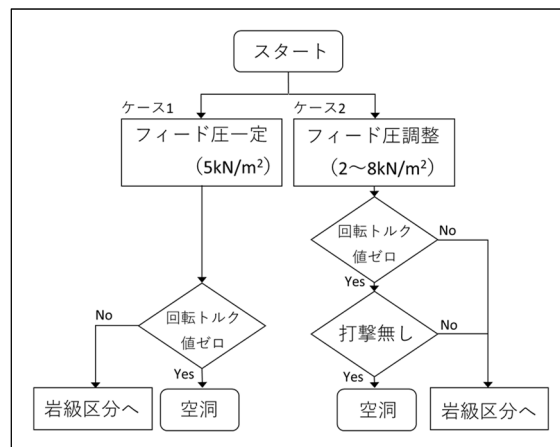


図-2 削孔検層による空洞検出のフロー

キーワード：基礎地盤、溶岩洞穴、空洞調査、削孔検層

連絡先：〒107-8658 東京都港区赤坂六丁目 1 番 20 号 TEL:03-6234-3670 FAX:03-6234-3704

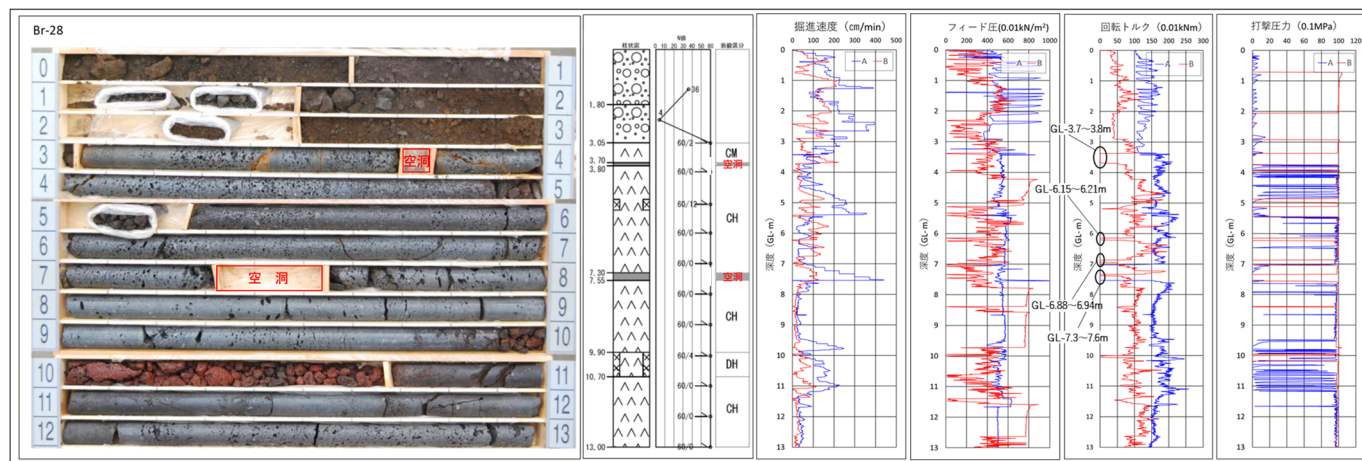


図-3 削孔検層結果（ケース 1, 2）との比較

4. 試験施工結果と空洞評価

図-3 に、試験施工地点における調査ボーリング結果と削孔検層結果との比較例を示す。削孔検層データ（掘進速度、フィード圧、回転トルクおよび打撃圧力）については、ケース 1 を青線、ケース 2 を赤線で示した。図 3 のコア写真に示すように調査ボーリングでは、GL-3.7~3.8m と GL-7.3~7.6m の 2 区間で空洞が確認された。

これに対し、削孔検層ケース 1 の結果では、空洞分布深度の GL-7.3~7.6m 付近では回転トルクが低下していることから、空洞が明確に検出できたが、GL-3.7~3.8m

付近では、回転トルクの低下は見られなかった。これは、空洞規模に対して掘進速度が速かったために、不明瞭な検出結果になったと考えられる。そこで、空洞検出能力の向上を図るため、ケース 2 では掘進速度を抑制して削孔を行うことを試みた。ここではフィード圧を調整し、掘進速度を抑制することとした。

ケース 2 の結果を見ると、GL-3.7~3.8m 付近で回転トルクの低下が計測され、ケース 1 で不明瞭であった小規模な空洞を明確に確認することができた。一方で、調査ボーリング結果と比較すると、GL-3.7m 付近の空洞の鉛直方向規模が 30 cm 程度とやや大きいこと、空洞が確認されなかった深度（GL-6.15~6.21m, 6.88~6.94m 他）においてごく小規模な回転トルク低下区間が認められること、GL-7.3~7.6m 付近では空洞が小規模な回転トルク低下区間として検出されたことなど、ケース 1 とは異なる傾向のデータが得られた。これらは空洞の形状が不定形であることなど、局所的な地盤構成の差異によるものと推定される。ケース 2 ではごく短い区間で回転トルクの低下が多くみられることから微細な空洞を検出するうえで、掘進速度を抑制することは有効であると考えられる。

なお、掘進速度を抑制したことで、掘進速度に対するフィード圧の影響が相対的に大きくなり、掘進速度のみでは岩級区分の判定が難しくなった。このため、削孔条件でケース 2 を用いた場合の岩級判定では掘進速度に加え、打撃圧を考慮した岩級判定フローを作成し、建築物基礎の深度を決定した。図-4 に岩級判定フローを示す。

5. おわりに

本事例では、建築物基礎地盤調査への削孔検層の適用、およびそれに伴い削孔検層の空洞検出能力と評価方法の検討を行った。その結果、フィード圧を一定にした削孔条件では小規模空洞の検出が不明瞭であったが、フィード圧を調整して掘進速度を抑制した結果、空洞検出能力を向上することができた。空洞検出能力向上のためにフィード圧を調整する手法は、岩級区分の判定精度に関してはトレードオフの関係となるが、小規模空洞を対象に削孔検層を用いる場合、このような管理フローを用いて調査することは有効な手法の 1 つと考えられる。

参考文献 1)(一財)災害科学研究所トンネル調査研究会：トンネル技術者のための地盤調査と地山評価，鹿島出版会，2017年，p191。

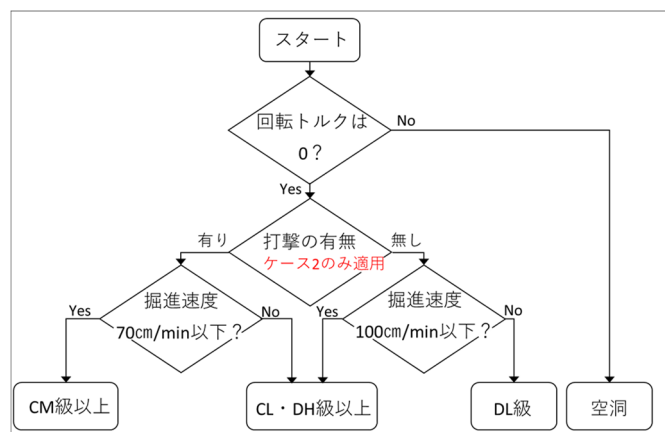


図-4 削孔検層の岩級判定フロー（ケース 2）