

水路トンネルの巻厚・空隙調査

長谷川 浩

1. はじめに

水力発電所まで数kmの長さに渡って、ダムや河川の水を運ぶ導水路トンネルは、昭和初期あるいはそれ以前に造られたものが大半である。このため、トンネルの巻立コンクリートが老朽化したり、あるいは施工当時の資材不足や不十分な施工管理などが原因となって、巻厚不足や強度低下が懸念されている。また、導水路トンネルが地すべり地帯を通ったり、近接して道路などの切り盛り工事やトンネル工事が行われたりすることもあり、巻立コンクリートに予想以上の荷重が作用している場合もある。

このような事が原因で、導水路トンネルの巻立コンクリートには損傷が生じていることが多く、導水路トンネルの安全性が問題となっている。今後も発電を継続するためには、計画的な補修が必要であり、そのためには周辺の地形、地質、損傷状況、コンクリートの巻厚と強度および空隙の有無を把握することが大切で

ある。

本分では、このうち試行錯誤で調査を行ってきたコンクリートの巻厚および空隙の有無を調査する方法を紹介する。

2. 巻厚および空隙調査の目的

巻立コンクリートは、トンネルに作用する外力に対して十分な強度と厚さを持つように設計されているが、実際には資材不足や施工管理不十分などで設計値を満足していないことがある。さらに、背面の空隙部に崩積土がある場合には、地山の安定性が非常に問題となり、巻立コンクリートの崩壊に至ることも懸念される。また、ダムや湖から取水している場合には、トンネルの内側から水圧が働くので、空隙はグラウトなどで充填する必要がある。

このようなことから、コンクリート巻厚や空隙の有無と深さ、および背面地山の安定性を把握する調査が必要となる。

3. 巻厚・空隙調査の方法と特徴

巻立コンクリートの巻厚と背面の空隙を調査する方法には、①小型のコアカッターで削孔して直接肉眼観察する方法（以下、コアカッター法と称する）、②ハンマードリルで削孔した孔をファイバースコープで観察する方法（以下、ファイバースコープ法と称する）がある。

この他、図-1に示したような衝撃弾性波反射法というのがある。

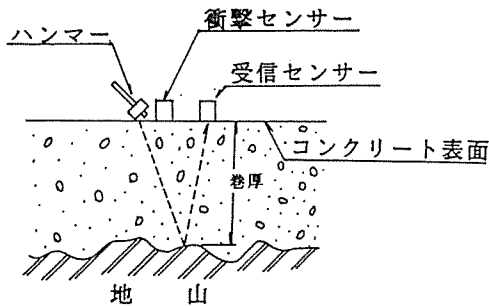


図-1 衝撃弾性波反射法の概略図

この方法は、コンクリート表面をハンマーで叩くとその振動がコンクリート内部を伝わり、背面（地山との境界面）で反射して返って来た反射波を受信センサーで感知し、受信時間と伝搬速度から巻厚を推測する方法である。しかし、この方法は信頼性に乏しく、現在は利用していない。

したがって、ここでは先に述べた①と

②の方法を紹介する。

(1) コアカッター法

① 調査方法

φ60～100mmのコアチューブを装着したコアカッターで削孔してコアを採取し、コンクリートの厚さと空隙の有無を調べる。

② 長所

- ・コンクリートと地山のコアで圧縮試験が可能。
- ・熟練度を必要としない。

③ 短所

- ・調査速度が遅い。
- ・調査費が割高である。
- ・トンネル内に運び込む資材が多い。
- ・コンクリートが非常に脆い場合は、アンカーが取れないので、仮設が大がかりになる。

(2) ファイバースコープ法

① 調査方法

φ16mmの刃を取り付けたハンマードリルで70～90cmの深さまで削孔し、孔内を洗浄してから、図-2に示したようにファイバースコープでコンクリートの厚さと空隙の有無を調べる。

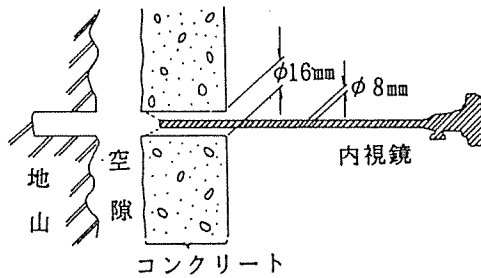


図-2 ファイバースコープ法の概要

なお、コンクリートと地山が密着している場合は、境界の確認が難しいので1%のフェノールフタレイン溶液を孔内に吹きつけると、コンクリートだけが赤色に反応するので、その性質を利用して境界を確認するのが確実である。

② 長所

- ・調査速度が、コアカッターの3～5倍と速い。
- ・調査費がコアカッターに比較して安価である。

③ 短所

- ・背面地山の地質確認に熟練を要する。
- ・供試体が採取できないので、圧縮強度が不明である。

4. メンテナンス調査での利用状況

導水路トンネルの補修を計画するために実施されるメンテナンス調査では、巻厚・空隙調査が数多く行われている。前述した2種類の方法はそれぞれ特徴があ

り、実際の調査ではそれぞれの短所を補いながら、併用して行われることが多い。

巻厚・空隙調査は、通常延長100～200mごとに行われることが多く、さらに1断面当たり3～5箇所を実施され、側壁からアーチにかけての巻厚と空隙の連続性を確認する。実際には、コアカッター法とファイバースコープ法を併用することが多い。

図-3は、ある発電所の導水路トンネルの調査事例である。この事例では、先ず、両側壁をコアカッターによる方法で調査し、地山の地質確認と採取したコアでの強度試験を実施している。次に、アーチの数箇所はファイバースコープ法で調査し、断面図を作成して横断方向の連続的なコンクリートの厚さと空隙の大きさを確認している。

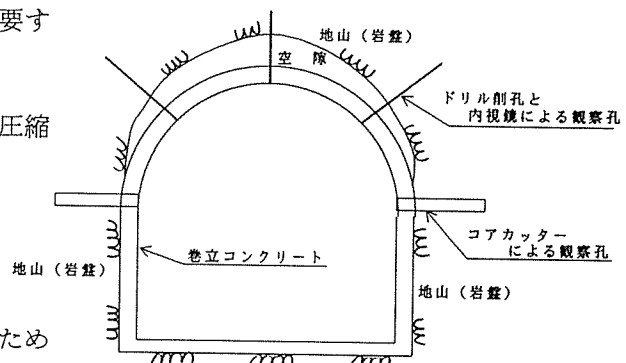


図-3 巻厚・空隙調査の1例

この調査事例に示したように、側壁は

型枠と地山との間にコンクリートを流し込むだけでコンクリートが充填されるので、コンクリートと地山はほとんどの場合密着している。しかし、アーチの場合は当時の施工方法では十分にコンクリートを流し込むことが出来ないで、背面に空隙があることが多い。実際に、調査で確認すると、図に示したように、アーチ中央で空隙が広く、側壁に近づくに従って空隙は狭くなっている。このように、アーチで最低3箇所は調査すると、空隙の広がりがよく分かり、空隙をグラウトなどで充填する場合の必要量を求める資料となる。

5. お わ り に

巻厚・空隙調査は、当初は衝撃弾性波反射法とコアカッター法しかなく、調査速度や測定値の信頼性などが問題となるが多かったが、現在はコアカッター法とファイバースコープ法との併用により、効率的でなおかつ信頼性の高い調査が行われるようになったと考えられる。

導水路トンネルのメンテナンス調査は、コンクリートの巻厚・空隙調査に加えて、トンネル内部からの損傷状況の確認（クラックや欠損などの損傷の確認）や導水

路周辺の環境調査（地形や地質的な問題点）も重要であり、これらを含めた総合的な実態調査を行う必要があることはいうまでもない。また、これらの調査結果をどのように評価・判定して行くかも、補修計画を立てる上で重要な要素である。

本文が、道路や鉄道トンネルの調査にも多少でも参考になれば幸いです。

（中央開発㈱）

