# 老朽水路トンネルの各種調査方法を用いた機能診断

日本工営（株）　　正会員　○小谷　拓
藤原　鉄朗

## １．はじめに

老朽水路トンネルには、建設時の施工方法により覆工コンクリート背面に空洞が存在するものが多く、空洞が原因でひび割れの発生や通水機能低下が発生する場合がある。本稿において報告するトンネルは、建設後50 年以上が経過した老朽施設である。これまで大きな改修は行われていないが、過年度調査において覆工背面に空洞が確認され、覆工に発生したひび割れからの湧水も見られたことから、施設の長寿命化を図ることを目的として、トンネルの調査とこれに基づく安定性評価、ならびに維持管理計画の検討を行った。

本稿では、覆工コンクリートにより背面地山の状態が確認できない農業用水路トンネルにおいて、全線の状態把握を試み、建設時の施工方法も踏まえながらトンネルの安定性評価と今後の対策の優先度評価を行った事例について報告する。

## ２．調査方法

施設の状態把握に当たっては、表-1 に示す調査を行った。トンネルが通過する地質は安山岩を主体としているが、谷地形となっている中間部には隣接する山からの堆積物と考えられる砂や礫が分布しており、建設時の資料からも、当該地点周辺は設計厚が大きく(450㎜)、自立強度の低い地質が分布していると考えられた。また、当地点の覆工には、ひび割れ、湧水が確認されており、地下水による地山の自立強度低下も推定された。

そこで調査では、トンネルの安定性に影響が大きい覆工コンクリートの厚さ及び背面空洞の状況を把握し、空洞内の地山状態についても評価することを目的として、トンネル背面レーダ探査を行った。

表-1　調査内容

| 調査項目 | 数量 | 備　考 |
|---|---|---|
| トンネル背面レーダ探査 | 2,477m | 農業用水路非破壊調査システム |
| 内視鏡調査 | 5箇所 | ファイバースコープ(広角カメラ)<br>空洞規模レーザー測定装置 |
| 地山簡易貫入試験 | 5箇所 | 地山簡易貫入試験器 |

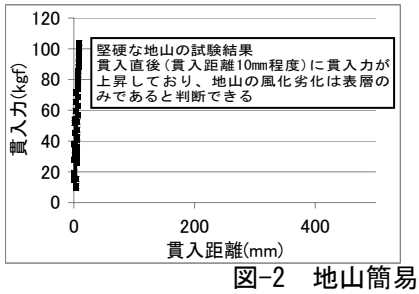
※別途コア採取(φ100㎜

また、覆工コンクリート天端の削孔による内視鏡調査と組み合わせることで空洞内の地山の崩壊状況を確認した。併せて、地山の自立強度を把握するため、地山簡易貫入試験により、空洞内の崩壊していない地山の硬軟度合いや弱層の深さを確認した。

図-1　内視鏡調査結果事例

## ３．調査結果

トンネル背面レーダ探査の結果、覆工厚は平均 20cm で、設計厚(25cm～45cm)を下回る箇所は全線の約 95%、設計厚の半分以下の箇所も全線の約 30%で見られた。覆工背面の空洞は、ほぼ全線で確認され最大値は 66cm であった。覆工崩壊の危険性が高くなるとされる 30cm を超える箇所は全線の 2%程度であった。



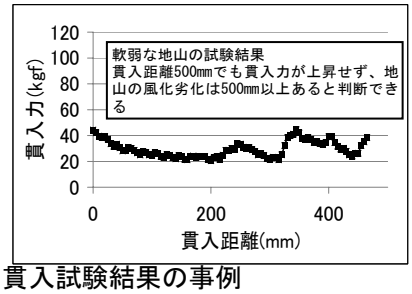




図-2　地山簡易貫入試験結果の事例

レーダ探査及び内視鏡調査からは、覆工背面空洞内の崩積土の有無、ならびに自立強度の低い緩んだ地山の分布が推定でき、これらはトンネルの中間部約 300m に分布していることが分かった。当該区間は、覆工厚は設計厚をほぼ満足し、空洞高が平均 3cm と小さく、覆工のひび割れ及び湧水の発生箇所と一致するものであった。地山簡易貫入試験では、当区間は覆工背面空洞内の岩質が軟弱で、自立強度が低下していると判断できた。

キーワード　老朽水路トンネル、レーダー調査、矢板工法、維持管理
連絡先　　〒102-0083　東京都千代田区麹町 4-2　日本工営（株）インフラマネジメント部　ＴＥＬ03-3238-8112

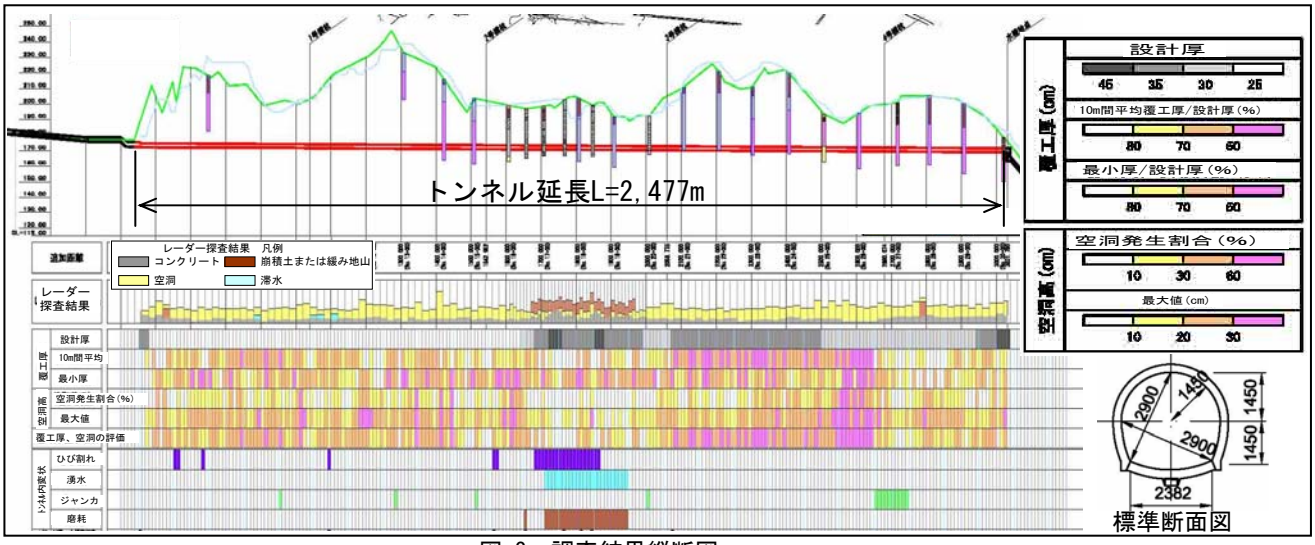



図-3 調査結果縦断図

ひび割れや湧水発生区間以外の箇所については、空洞は見られるものの、崩積土や緩んだ地山の分布は確認されず、地山簡易貫入試験結果からも概ね堅硬な地質が分布していることが確認された。

本施設の施工に当たっては、掘削時の支保工に木製支保工を使用しており、また覆工コンクリートの施工は、人力撥ね込み打設が行われていた可能性が高い。この施工方法の場合、天端コンクリートの打設が困難であり、覆工背面に空洞が残りやすいため、調査で確認された空洞は建設時から存在していたものであると推定される。

## ４．機能診断結果

変状発生のあるトンネル中間部では、覆工厚の条件は問題ないものの、自立強度の低下した地山荷重や地下水圧が覆工コンクリートに作用しひび割れが発生したものと考えた。また、当地の地質は隣接部に比べ透水性が高く、地下水の流動によりトンネル地質の自立強度低下が進行していく状態にあると考えられ、今後、覆工コンクリートに作用する外力が増加する可能性があることも推定された。

一方、現在変状発生のない区間については、覆工厚は設計値を下回るものの、地山が比較的堅硬なものであったために崩落等が発生せずにトンネルの安定性が維持できているものと考えられた。

当トンネルでは、経年及び地下水による湿潤と乾燥の繰り返しに伴う地山の風化劣化が促進されて、地山が軟弱化し、今後崩落する場合には覆工厚不足箇所において突発性崩壊の発生も懸念される。また、当トンネルは農業用水の導水機能のほか、水力発電用導水トンネルとしての機能も併せ持ち、代替施設もないため、覆工崩壊による機能停止の影響が大きい。

以上のことから、変状発生箇所に対しては、覆工に作用する荷重状態の改善と背面空洞内の地山劣化防止を目的として空洞充填工を計画し、また、変状未発生箇所に対しては、予防保全を目的として同工種を計画した。

## ５．今後の課題と方向性

今回、各種調査を組み合わせてトンネル全線に亘る覆工厚の分布状況、背面空洞の発生状況、地山状況を把握することができたため、変状発生箇所の対策要否を判定するための資料を得られた他、現在は変状発生には至っていないものの将来的に対策が必要となる可能性のある地点を抽出するための資料を得ることができた。近年、施設の機能診断を的確に行い効果的な補修事業を遂行していくことが重要になってきており、今回実施した機能診断は今後も推進される技術であると考える。水路トンネルには、調査のための断水時間が十分確保できない施設もあるため、今後は短時間で、あるいは通水した状態でも調査できる技術の導入により、効率的な施設の維持管理を推進していきたい。

## 参考文献

・藤原鉄朗他：地山貫入試験による水路トンネル覆工背面の地山強度の推定, 第 61 回農業土木学会京都支部発表会　講演要旨集, 2004. 11