

水路トンネルの効率的な維持管理について

Efficient management of tunnel for canal

○柳田 浩幸 (Yanagida hiroyuki) 番詰 憲彦 (Banzume Norihiko)

1. はじめに

今回対象とするトンネルは、S32～35 に国営早月川地区において造成され 50 年以上が経過した老朽施設である。これまで適切な維持管理の下供用され、大きな改修は行われていないが、過年度調査においてトンネル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、施設の機能診断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、建設当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。

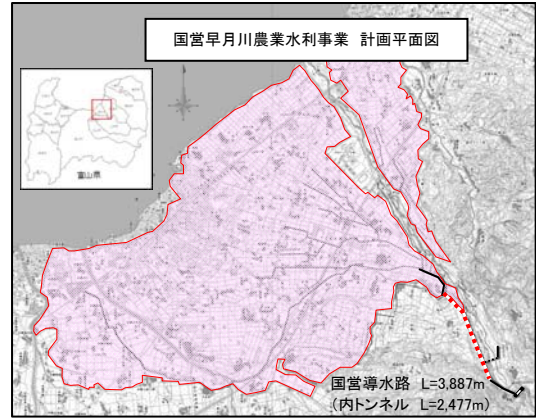


図-1 計画平面図

2. 調査方法

施設の状態把握に当たっては、表-1 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、トンネル建設時の資料からも当該地点周辺は設計巻厚が大きく(450mm)、自立強度の低い地質が分布していると考えられた。また、当地点では覆工コンクリートに縦断ひび割れや湧水の発生が確認されており、地下水の影響によるトンネル地山の自立強度低下も推定された。

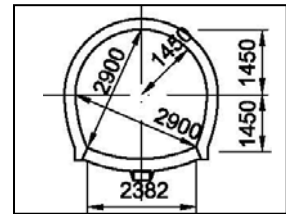


図-2 標準断面図

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の空洞の状況を把握し、覆工背面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。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。

表-1 調査内容

業務実施項目	数量	備考
トンネル背面レーダー探査	2,477m	農業用水路非破壊調査システム
内視鏡測定	5箇所	ファイバースコープ(広角カメラ) 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(φ100mm)

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。

3. 調査結果

トンネル背面レーダー探査の結果、覆工厚は 54cm～4cm であり、平均 20cm であった。最小設計厚 25cm 未満となっている箇所は、全線の約 80% を占め、設計厚(25cm～45cm)を下回る箇所は、全線の 95% であった。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、最大空洞高は 66cm で平均 13cm であった。トンネル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。

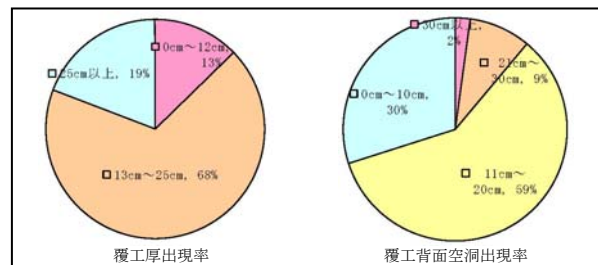


図-3 トンネル背面レーダ探査結果集計

レーダー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、このような地質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。この区間は、空洞高が平均約 3cm と小さく、覆工コンクリートの縦断ひび割れ及び湧水の発生範囲とほぼ一致するものであった。また、地山簡易貫入試験の結果、当該区間の地山は表層の岩質が軟弱で風化劣化が相当程度進行してい



図-4 内視鏡調査結果の事例

ると判断された。ひび割れや湧水発生区間以外の箇所については、崩積土や緩んだ地山の分布はほとんど確認されず、概ね堅硬な地山が分布していることが確認された。

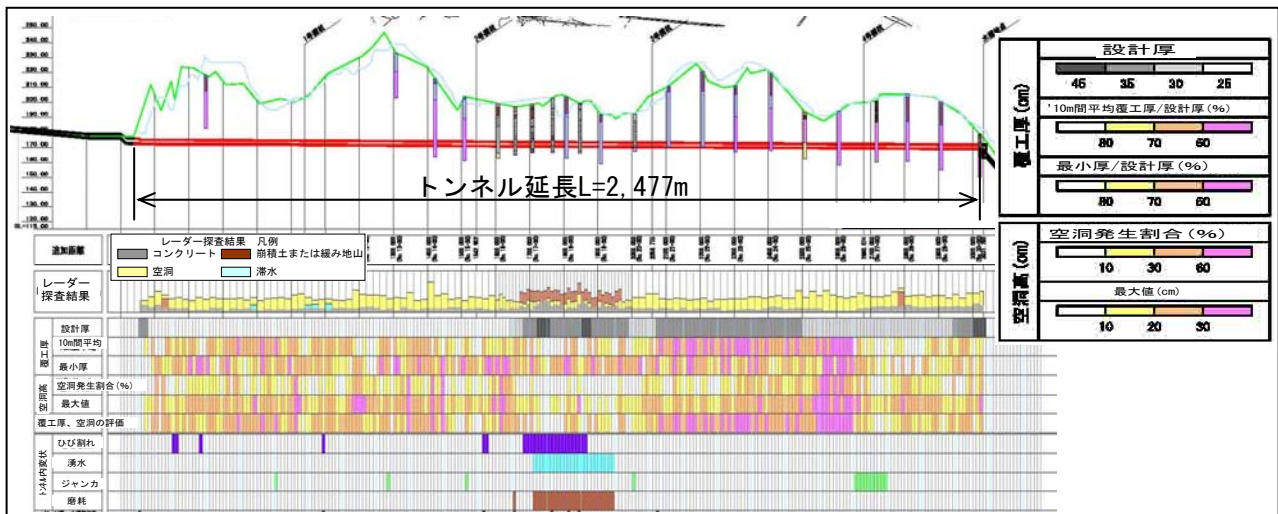


図-5 調査結果縦断面図

4. 機能診断結果

変状発生のあるトンネル中間部では、設計厚を大きく下回る箇所は少ないものの、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られる。当地の地質は隣接部に比べ透水性が高く、地下水の流動によるトンネル地質の自立強度低下が進行していく状況にあると考えられ、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。

また、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、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、背面地山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と推測される。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をおこさずに、トンネルの安定性が維持できているものと考えられる。

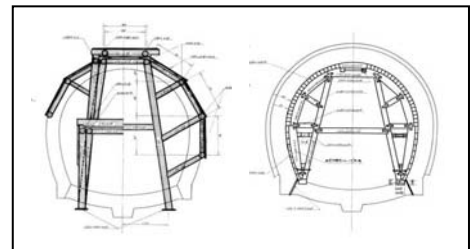


図-6 木製支保工及び覆工型枠

こうした状態が変化なく保持されていくとすれば、緊急を要するような問題はないと考えられる。しかし、経年およ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、地山が軟弱化し崩落したような場合には、覆工厚不足箇所においては突発性崩壊の発生も懸念もされる。

当トンネルは、農業用水の導水機能のほか、水力発電所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。このため、変状発生箇所に対しては、覆工コンクリート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、非破壊を主体とした調査により、トンネル全線に亘る覆工厚の分布状況、背面の空洞発生状況、地山状況を把握することが出来たため、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ほか、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出来た。今回実施した診断手法は、今後もトンネル背面状況調査において推奨される技術であると考えられる。しかし、農業水利施設には、調査のための断水時間が十分に確保出来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出来るような診断技術の向上が期待される。

近年、これまでに整備されてきた膨大な農業水利施設が更新時期を迎えており、それら施設の機能診断を的確に行い効果的な更新整備計画の策定が重要になってきている。食料生産力を将来的に渡り適切に維持・存続させるためには、既存の農業水利施設が持つ用水供給機能を確保することが不可欠であり、今後とも施設管理者等関係者と共通の認識をもち、効率的な維持管理の対応方針を検討していきたい。

参考文献

- 1) 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
- 2) 吉田典明他: 農業用水路調査の新技术と現地適用性検討試験, 平成 16 年度農業土木学会大会講演会講演要旨集, 2004.8
- 3) 社団法人地盤工学会: 地盤工学・実務シリーズ 24 山岳トンネル工法の調査・設計から施工まで