

全天球カメラを覆工背面の空洞調査に適用した事例について

宇部興産コンサルタント株式会社 松浦 康隆

1. はじめに

当社では全天球カメラを地すべり施設や水路トンネル等を対象とした点検業務に用いて、作業の安全性および効率、成果品の品質の向上に取り組んでいる。

今回、水路トンネルの点検業務において、覆工背面調査を行った。この調査では、覆工背面を観察する手法として工業用内視鏡（ファイバースコープ）が一般的に利用されるが、一般に流通している工業用内視鏡に内蔵された照明の照度が低く、画質も悪いため、限られた狭い範囲しか映らないという問題点がある。また、観察孔内部でカメラの向きを変えたり、映像から現在の観察位置を把握したりするといった内視鏡操作には、ある程度の慣れが必要となる。以上では地山や変状の位置関係、空洞の広がりを正確に捉えるのに、時間を要してしまう欠点がある。

水路トンネルの点検では時間制約が与えられることも多いため、効率的かつ正確に背面状況の観察を行いたいと考えた。そこで、照明装置を搭載した全天球カメラによる覆工背面調査を行うことで、作業効率の向上につながると考え、工業用内視鏡での観察結果と比較を行った。

2 覆工背面調査での適用事例

(1) 調査方法の検討

内部を効率的かつ正確に観察するために、以下の条件を満足する方法を検討した。

- 1) 操作が簡易で一人でも作業が可能なもの。
- 2) 観察孔(削孔径 60mm)にスムーズに挿入できるもの。
- 3) 360° 撮影するために全方位を均一に照らす照明。
- 4) 覆工背面に挿入する際の挿入長を管理できること。

検討の結果、まず条件 1)、2) を満足する全天球カメラとして、観察孔に挿入可能な薄型・軽量の機種で、ISO 感度やシャッター速度をスマートフォンによる遠隔操作が可能なものを選定した。

次に条件 3) の照明は、全天球カメラに装着可能な大きさとするために、3D プリンターで作成したベースに小

型の高輝度 LED ライトおよび電源を搭載したもの(図-1)を自作した。

最後に条件 4) の挿入長の管理方法として、継ぎ足し可能な 1m ロッド(10cm 目盛り付き)の先端に、条件 1)～3) で作成した照明装置付き全天球カメラを装着し、遠隔操作による撮影を行いながら、観察孔内部での挿入深度や方向を管理する方法を採用した。

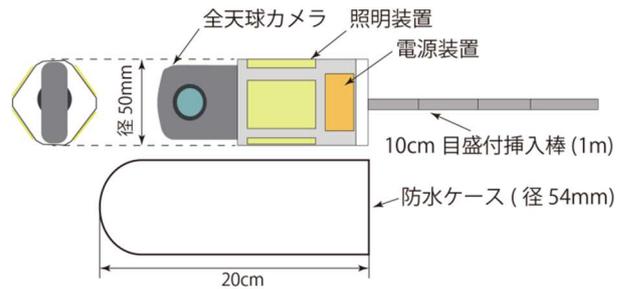


図-1 覆工背面調査用撮影装置イメージ

(2) 観察結果

照明装置を搭載した全天球カメラを覆工背面調査に用いた結果として、全方位の状況を撮影した映像(写真-1)を示す。

写真-1 は幅 30cm 程度の空洞箇所であり、地山をなす花崗岩の節理の様子や風化・変質状況、覆工背面に堆積した転石や堆砂の状況を 1 回の撮影で把握した。以下に、全天球カメラによる覆工背面状況の観察結果についてまとめる(表-1、写真-2)。

表-1 全天球カメラによって得られた背面状況観察結果

項目	観察結果
覆工コンクリート	コンクリート厚、骨材の形状 内部の空隙
背面地山	地山の地質、風化・変質、 節理・亀裂、地山の肌落ちの有無
背面空洞	空洞の規模、広がり
落石・堆砂状況	堆積範囲、転石の大きさ
その他	木製支保工、グラウト注入孔 (施工当初のもの)



写真-1 全天球カメラで撮影した全方位画像(写真中央が下流方向、空洞幅 30cm)



写真-2 全地球カメラで撮影された覆工背面状況

(3) 全地球カメラによる覆工背面観察手法の有用性

1) 1回の撮影で取得可能な情報量

工業用内視鏡と全地球カメラで撮影した映像を比較した結果を図-2に示す。工業用内視鏡で1回に撮影可能な箇所は比較的狭い範囲に留まるのに対して、全地球カメラの映像は1回の撮影で全方位の状態を観察でき、支保工の位置関係や岩盤の風化状況、覆工背面に堆積した土砂の様子を把握できた。さらに、工業用内視鏡やコンベックスなどで確認する事が難しい空洞部や地山の様子も観察することができた(写真-2)。

2) 作業効率

観察に要する時間については、工業用内視鏡が撮影対象毎に向きを変える必要があるのに対して、全地球カメラは写真-1のように1回の撮影で覆工背面の全周を撮影可能である。そのため、撮り漏らしによる再撮影を必要としなかった。また、全地球カメラは、魚眼レンズであるため全域にピントが合う性能を有しており、工業用内視鏡のようにピント合わせやカメラの向きを変える操作手順は不要であった。

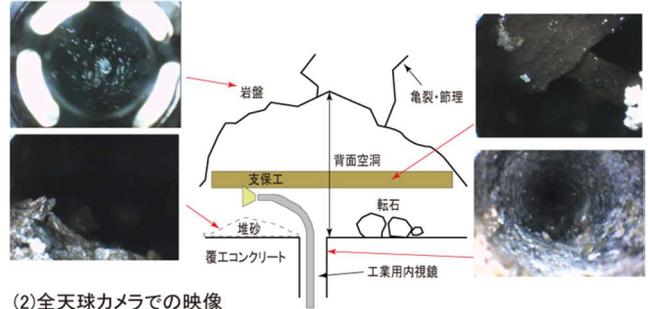
これらの効果により、工業用内視鏡での作業と比較した場合、3分の1の時間に作業を短縮することができた。

表-2 撮影方法による所要人工比較表

	工業用内視鏡	全地球カメラ
人員構成	観察係：1人 補助係：1人	観察係：1人 補助係：1人
所要人工(箇所) (比率)	2人×30分 (1.00)	2人×10分 (0.33)

以上のことから、短時間でより多くの情報を取得可能な全地球カメラを覆工背面調査に用いることは、作業効率を向上させる上で有用な手段であると考えられる。

(1)工業用内視鏡(ファイバースコープ)での映像



(2)全地球カメラでの映像



図-2 全地球カメラと工業用内視鏡の映像比較

3. 調査時の課題点

覆工背面の状況を観察できた一方で、作業時には下記の課題点が認められた。

(1) 遠隔操作の限界

覆工背面への挿入長が長い場合、撮影自体は可能であるものの、無線 LAN の電波が届かず、遠隔操作やリアルタイムでの映像確認が困難となった。

(2) 光量不足

今回搭載した光源では、半径 1m 程度の範囲は観察が可能であったが、それ以上規模の大きな空洞では光量が不足し、画像が暗く粗くなる問題が生じた。

(3) 防水措置時の映像の歪み

湧水箇所では防水ケースでカメラ及び照明装置の養生を行ったが、ケース越しの撮影となるため、映像に歪みが生じた。なお、ファイバースコープを使用した場合においても照明が水中で反射し、映像に乱れが生じていた。

4. まとめと今後の課題

全地球カメラによる覆工背面調査では、工業用内視鏡を用いた観察では確認が困難であった背面の土砂堆積や地山の風化状況、空洞の拡がりなどを把握することができ、作業効率も向上した。また、全地球カメラの映像により、観察終了後でも覆工背面の状況を再確認することが可能となった。

このことは、追加調査の検討や補修設計などの後工程の技術者への適切な情報の伝達、発注者との打合せにおける相互理解の向上などが期待できる。

今回の現地作業において課題となった点については、有線での操作方法の検討や光源の改良、歪みの少ない防水ケースの選定などの改良を図り、覆工背面調査のみならず、他の構造物調査においても活用していきたい。