

魚眼レンズを使用したボアホールカメラの実用化

応用計測サービス株式会社 ○諏訪山 祐太、比留間 誠之、平山 伸行

1. はじめに

基盤岩の節理、亀裂、断層などの不連続面の観察・評価の際に、ボアホールカメラを使用することが多くある。

近年では地下空洞調査やコンクリート構造物、橋梁などの維持管理に必要な基礎資料を得る目的でも使用されるようになってきた。

従来型のボアホールカメラは、プローブの挿入方向に向けたカメラの前にミラーが設置されており、ミラーに反射した孔壁の映像を撮影する手法が取り入れられてきた。しかし、ボーリング孔が崩壊する危険がある場合には孔内の安全を十分に確認してからボアホールカメラを挿入する必要があった。

本稿では、魚眼レンズを使用することで孔内の安全を確認しながら行えるボアホールカメラ（以下「魚眼レンズ型」と称する）の実用化について紹介する。

2. 従来型と魚眼レンズ型の基本構成と特長

(1) 基本構成

従来型、及び魚眼レンズ型は、共に孔内を撮影する「カメラプローブ」、測定条件と画像を記録する「データロガー」、プローブを昇降させる「ポータブルウインチ」、ウインチを制御する「ウインチ制御装置」、測定深度をカウントする「シープ」で構成される（写真-1）。



写真-1 従来型、及び魚眼レンズ型の基本構成

(2) 特長

従来型はプローブの挿入方向に向けたカメラの前に、半球状のミラーを設置し、ミラーに反射した孔壁の映像を撮影する手法が取り入れられてきた。魚眼レンズ型ではカメラレンズを魚眼型にする事で180°まで広角撮影が可能になった。また、ミラーを使用しないため、プローブの挿入方向も同時に撮影が可能になった（写真-2）。

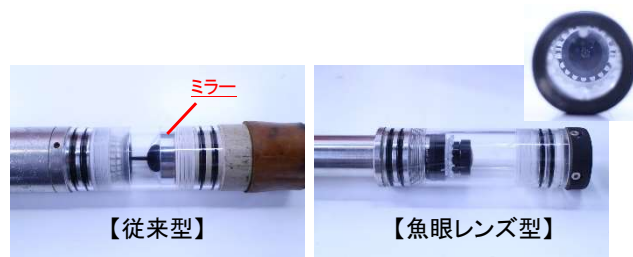


写真-2 カメラプローブ

3. 従来型の問題点と魚眼レンズ型の改良点

(1) 挿入方向の同時観察

従来型ではミラーを挿入方向に配置するため、挿入方向の確認ができなかった。広角撮影が可能な魚眼レンズを採用する事で、挿入方向も同時に撮影が可能になった。

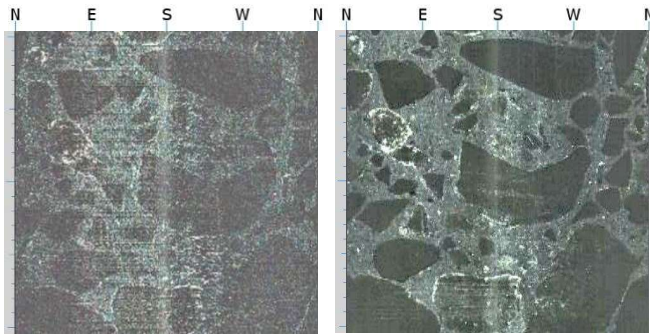
データロガー（PC）の測定画面左側に撮影された360°展開画像を表示し、右側にプローブ挿入方向の画像、及び方位を表示している（画像-1）。



画像-1 魚眼レンズ型測定画面

(2) 画質の向上

従来型のカメラは画素数が約38万画素程度であり、現在の画像解析に求められる精度としては不十分であった。魚眼レンズ型では約120万画素のセンサーモジュールを採用することで、解像度（360pixel/mm、720pixel/mm）を変更せずに鮮明な画像撮影が可能になった（画像-2）。

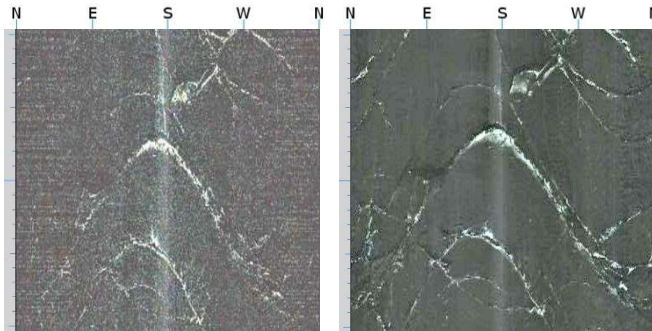


【従来型】

【魚眼レンズ型】

画像-2 測定展開画像

また、魚眼レンズ型では露出調整機能を搭載したことにより、光を吸収しやすい黒色岩を鮮明に撮影することが可能になった(画像-3)。さらに、露出調整を可能にしたことで、従来型では適用孔径が最大φ180mm だったのに対して、撮影速度を調整することでφ230mm 程度まで測定が可能になった。



【従来型】

【魚眼レンズ型】

画像-3 測定展開画像

(3) 測定速度の向上

従来型は1mmを360pixelで撮影した場合、60秒で1mの測定速度であった。魚眼レンズ型ではデータ通信方法を改良したことで、60秒で3m撮影する事が可能になり、測定速度を3倍まで向上させた。

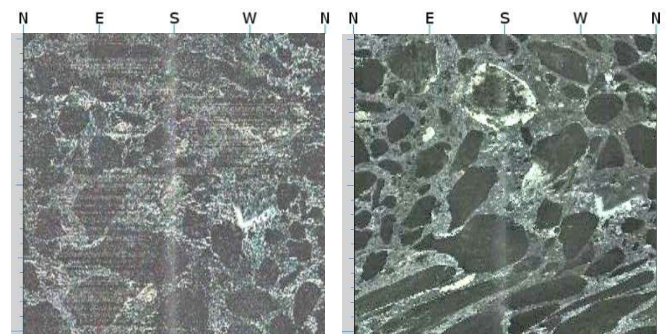
4. 従来型と魚眼レンズ型の比較

掘削孔径φ66mmの調査孔を使用して、従来型と魚眼レンズ型で撮影した画像を比較した結果をまとめた。

画像-2、画像-3で示したように、従来型は全体的に画像が粗く暗い画像なのに対して、魚眼レンズ型はコンクリート内の砂利や亀裂の形状が鮮明に確認できた。

調査孔は孔口よりG.L.-0.5m付近まで鉄製ケーシングが挿入されており、ケーシング直下から0.5~0.6mの範囲においては、磁性の影響によりどちらも方位制御ができなかったため、画像の歪みが同様に見られた(画像-4)。

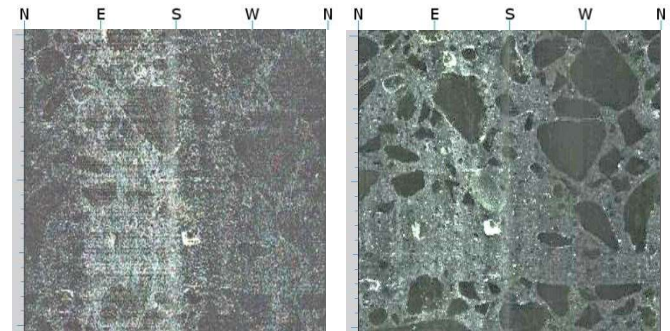
従来型はLEDの光量調整により撮影されるため、プローブが孔の中央よりやや東側に近づいた深度では、東側は明るく西側はやや暗く撮影された。魚眼レンズ型では、プローブのセンタリングの乱れによって生じる画像の明るさの違いを露出調整機能により低減させることができ、各方位概ね同じ明るさで撮影することが可能になった(画像-5)。



【従来型】

【魚眼レンズ型】

画像-4 測定展開画像



【従来型】

【魚眼レンズ型】

画像-5 測定展開画像

5. まとめと今後の課題

今回の改良により、基盤岩の節理、亀裂、断層などの不連続面の測定、及び解析を安全かつ高精度に行うことが可能になった。

しかし、近年ではダムなどのコンクリート構造物の維持管理に必要な基礎資料を得る目的でもボアホールカメラが使用されるようになり、より小さな亀裂などを確認できる高解像度の画像が求められるようになっていくと考えられる。魚眼レンズ型は、従来型に比べてカメラ画素数の向上により鮮明な画像撮影を可能にしたが、解像度が従来型と同じであるため、微細な亀裂の観察には未だ不十分である。

また、画像の明るさに繋がるLEDの光量は、今回のような小口径の孔において、露出調整機能により各方位概ね同じ明るさでの撮影が可能だが、大口径では光量の不足が画像の明るさに大きく影響するため、大口径に対応した光量の確保が課題である。さらに、方位センサーは従来型と同様に磁気センサーを使用しているため、磁性の影響を強く受ける部分では方位を制御できないという課題も残されている。

これらの課題を検討し、さらに高精度、高解像度の画像撮影を可能にする機器の向上に努めたい。