25. ボアホールカメラの孔壁画像の改善に向けた基礎研究

Basic Research for improving Borehole Image Processing System

○森口安宏(川崎地質),田島克洋(アース・スキャニング研究会事務局)
安富宏和(日本物理探鑛),川上 哲(中央開発),石川貴規(応用地質)
八野祐二(基礎地盤コンサルタンツ),中原 毅(国際航業)
平木伸明(サンコーコンサルタント),山田直之(ダイヤコンサルタント)

1. はじめに

ボーリング孔に光学式その他の画像センサーを挿入 して地盤情報を得るボアホールカメラがダム,トンネ ルなどの調査に利用されるようになり 30 年程になる. その間,様々な技術改良が成されているが,近年の解 析機器や情報処理方法の進歩に即応していないことも 事実であり,今後の改良に向けて基礎実験を行いより 広範な分野でボアホールカメラを利用するために二つ の基礎研究を行った.

I. 近年使用例が増えている前方視カメラ(Front Viewing Camera System=FVC)と従来の円錐ミラーを用 いるタイプ(Borehole Image Processing System=BIP)に よる画像の比較検討である.

Ⅱ. 光学式の BIP と超音波式のセンサー (Ultra Sonic Scanner=USS) 画像との比較である.

前方視カメラ(FVC)と従来タイプ(BIP)画像の比較
システムの概要

BIP システムおよび FVC システムの仕様を表-1,2 に 示す. BIP は円錐ミラーを使用した測方視で, FVC は 広角レンズによる前方視である.

装置名称	項目	仕様		
コントロ	電源	AC100V		
ーラ	外部出力	NTSC RCA 端子(video/audio)		
プローブ	動作温度	0~40°C(結露なきこと)		
	耐水深度(m)	500		
	適用孔径(mm)	$\Phi 56 \sim 200$		
	寸法(mm)	Φ50, L=1030		
	孔内水状況	なし、または清水		
	最大分解能	深度方向 0.25mm (最小), 水		
		平方向 360/720pixel		
	方位センサー	フラックスゲートセンサー,		
		メカニカルコンパス		
	画像色調	フルカラー		
ウインチ/	ケーブル	5芯,ケプラー φ5.5mm		
ケーブル	計測有効長(m)	200		
その他	深度計測プーリー	0.25mm/pulse		

表-1 BIP システム ハードウェア仕様 1)

~ 1	1100			
装置名称	項目	仕様		
コント	電源	AC100V		
ローラ	外部出力	RCA 端子(Video)		
	動作温度	5~35°C (結露なきこと)		
	適用孔径(mm)	φ40~150		
	寸法(mm)	φ38, L=275		
カメラ/	照明	LED		
ケーブル	孔内水状況	なしまたは清水		
	計測有効長(m)	200		
	解像度	25 万画素		
	方位センサー	なし		
プーリー	深度計測プーリー	1mm		

村田 明 (東建ジオテック), 宮澤忠明 (レアックス) 表-2. FVC システム ハードウエア仕様 1)

(2) 測定条件

セメントでテストピースを6個作成し、そのテスト ピースにφ66mm 及びφ86mm の孔を削孔した後に、 水平から0°,30°,45°の角度で切断し、スペーサ ーを挟んで人工的な亀裂を作成し、その傾斜角度及び 開口間隔がどのように測定されるかを観測した.



図-1 セメントテストピースの形状 以上の条件のもと,同条件で BIP と FVC により孔壁展 開画像を作成した.

(3) 測定結果

BIPとFVCによる孔壁展開画像の精度ついて検証した結果,今回の実験で用いた機材では,画素数の問題

や孔壁展開画像に変換する機材との相性により画質 (=解像度)に問題が生じることが確認された.これら の問題は,機材の改良による改善が可能と思われる. しかし,BIPとFVCの大きな違いである孔壁画像のサ ンプリング方向(孔壁を垂直に見るか,または斜方向に 見るか)の違いによって,プローブ(=カメラ)がボーリ ング孔中心からズレた場合(=偏心),孔壁展開画像(= 亀裂角度)に大きな差が出ることが判明した.



図-2 BIP と FVC による展開画像の違い

3. 光学式と超音波式センサーの画像比較

超音波式のセンサー (Ultra Sonic Scanner=USS) は, 測定器から孔壁に向けて超音波を発信し,その反射強 度・反射時間から擬似画像を作成して,孔壁の状況を 視覚的に把握するシステムである.

今回の比較試験では, BIP システムのオプションで ある USS について,光学式(ODS)との比較を行った. (1) システムの概要

超音波式センサー(USS)仕様を表-3に示す.

超音波式の利点は、①掘削泥水中でも測定が出来る こと、②孔壁の強度が推定できることであるが、可視 画像に近い擬似画像の出力には限界がある.

方 式	超音波式 (USS)	光学式 (ODS)	
適用孔径	φ 56~148mm	φ 56~200mm	
プロープ外径	φ 50mm	φ 50mm	
記録速度	$0\sim 36\mathrm{m/h}$	$0\sim$ 54m/h	
分解能	128 階調(単色)	256 階調(RGB)	
円周方向	360 ピクセル	720 ピクセル	
深度方向	0.25mm	0.25mm	
測定条件	泥水でも可	清水	
動作温度	$0\sim 40^{\circ}$	$0\sim 40^{\circ}$	

表-1	BIP 3	システム	ハード	ウェア	仕様 1)
-----	-------	------	-----	-----	-------

(2) 測定条件

火山灰質土を地盤改良した実験サイトにおいて, USS と ODS のデータを取得した.改良地盤は,改良 部と未改良部で強度の違いが出やすく,USS で良好な 擬似画像が得られる可能性が高い地盤である.

(3) 測定結果

ODS で得られる画像はフルカラーである. また, ボー

リング孔に水がない場合でも測定できるが,孔内水が ある場合はその透明度が画像に影響する.

一方, USS で得られる擬似画像は2色のグラデーショ ンで視覚的な情報が得られる.また,この反射速度の 情報から,ある程度の孔の広がりを知ることができる. これは ODS にはない機能である.また,USS は,孔 内水がない場合は測定できないが,孔内水が多少濁っ ていても測定にはさほど影響せず映像を得ることがで きるのが特徴である.ただしUSS は,このためプロー ブが孔の中心にないと正確な情報が得られないので, USS はプローブのセンタリングが重要となってくる. また,ODS は調査孔の方向が鉛直以外のどの角度(た とえ真上でも)でも測定が可能であるが,USS は水の 問題及びプローブのセンタリングの問題から,鉛直孔 以外での測定は非常に困難である.



4. まとめ

3 種類の孔壁観察装置を用いた画像撮影を実施した 結果,前方視カメラについては,より良い画像を得る ための今後改良点が見つかった.また,超音波測定に ついては,適用限界があるものの利点の再確認ができ たので,今後も改良を行っていきたい.

文献

光学式(ODS)と超音波式(USS)ボアホールスキャナの比較 田中他(2011)応用地質学会