

地下空洞調査機器の開発とその適用

川崎地質(株) 正会員 ○中田 文雄
 川崎地質(株) 藤原 盛光
 川崎地質(株) 野口 静雄
 川崎地質(株) 正会員 坂上 敏彦

1. はじめに

太平洋戦争時代に掘削された特殊地下壕(当時は防空壕と呼称) , 亜炭や石材などを採取するために掘削された鉱山や採石場などの地下空洞は、比較的土被り厚の薄い場所に掘削されているため、しばしば坑口の崩壊や陥没事故が発生している。

最近では、鹿児島線鹿屋市に存在する特殊地下壕が2006年6月4日の豪雨中に陥没し、自動車に乗った女性1名が陥没に巻き込まれて死亡した。また、栃木県宇都宮市の大谷石採石場の跡地では、しばしば陥没事故などが発生しており、現在では落石監視のための常時モニタリングシステムが稼働している。

長期間安定している地下空洞も存在するが、多くの地下空洞では不安定であって、危険防止のための充てん工事を計画する際に必要な空洞の分布状況や規模などを正確に調査することができないことも多い。

筆者らは、このような不安定な地下空洞の内部形状を効率よく計測できる機器を開発したので、その適用性について報告するものである。

2. 地下空洞の調査手法

対策工の検討・設計のために実施する地下空洞の調査手法を図-1に示す。

存在が疑わしい未確認地下壕を調査するためには、物理探査的手法を適用する。

一方、物理探査で検出された異常反応箇所が地下空洞であるかどうかを確認するためには、通常サウンディングやボーリングを実施することが多いが、貫入抵抗や貫入量の変化だけでは、地盤のゆるみ部分と空洞との境界を正確に分離できない。

このために空洞かどうかを確実に判定するための手法として内部を観察・計測できる機器が必要となる。

3. 地下空洞調査機器

(1) 空洞カメラ[スネークアイ](図-3, 図-4 参照)

・ボーリング孔あるいは坑口から挿入するスチールカメラである。

・1度単位の方角計と旋回装置により、任意方位の撮影が可能である。

・20度ごとに静止写真を撮影し、画像処理を実

未確認地下壕の搜索手法	
[物理探査]	
・地下壕の本体搜索	連続波レーダ探査 HF-CSMT探査
・地下壕の坑口搜索	パルス波レーダ探査 HF-CSMT探査
・地下壕の縦坑搜索	パルス波レーダ探査
[確認手法]	
・本体、坑口、縦坑	スウェーデン式サウンディング 簡易動的コーン貫入試験、 調査ボーリング

内部形状の確認・測量手法	
[機器挿入口の掘削]	
・ボーリング(φ86mm)	[地上掘削]
・水平オーガボーリング(φ100mm)	[坑口掘削]
[形状・容積の測定]	
・空洞カメラ	
・空洞レーザレーダ 等	

図-1 地下空洞の調査手法

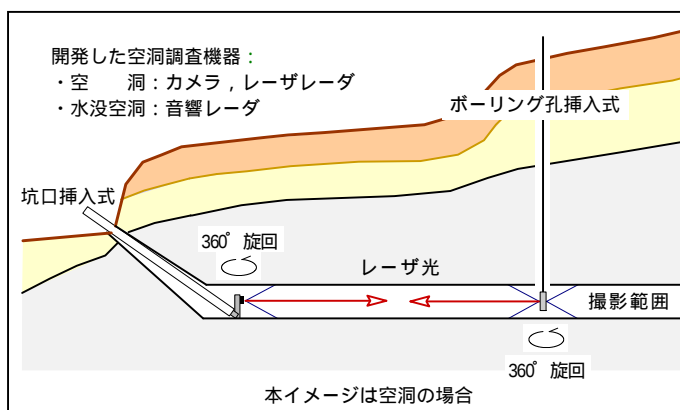


図-2 地下空洞の内部観察と形状測量(イメージ)

キーワード 原位置試験，現地調査，現場計測

連絡先

〒108-8337 東京都港区三田 2-11-15 川崎地質株式会社 TEL.03-5445-2071



図-3 シラスに掘削された特殊地下壕の内部(コンピュータ合成)

施して全周方位(360度)の連続写真を得る。

- ・空洞壁の反射率によって撮影距離は変わるが、概ね 30m ~ 40m までの撮影が可能である。
- ・図-3 には、シラスの陥没土砂が堆積している状況が撮影されている。

(2) 空洞レーザレーダ(図-5, 図-6 参照)

- ・ボーリング孔あるいは坑口から挿入するノンミラーのレーザ測距儀である。
- ・1度単位の方角計と1cm単位の深度計を組み合わせることによって、地下空洞の立体モデルが作成できるので、対策工の検討・設計に必要な空洞容積が計算可能である。
- ・図-5 は、旋回装置によってセンサーを回転させて得られた360度の計測データである。
- ・図-6 は、複数箇所のボーリング孔の計測データを合成して作成した地下壕平面図である。

(3) 水没空洞超音波(ソニック)レーダ

- ・水没している地下空洞には、水平旋回装置を備えた200kHzの超音波測距装置を使用する。
- ・超音波を使用している関係で測距単位は10cmとなるが、実用上問題はない。
- ・旋回装置があることにより、河川や橋脚の洗掘調査(例えば、中野他)などにも応用することができる。

図-4
空洞カメラ

4. おわりに

物理探査によって存在の可能性が推定された地下空洞を、サウンディングなどによって確認する場合、貫入抵抗や貫入量の変化だけでは、地盤のゆるみ部分と空洞との境界を正確に分離できない。充てん量の計算などの対策工の検討・設計に際しては、光学的や音響学的な計測機器類を使用して地下空洞の存在を確実に確認すると共に、内部の状況観察と形状測量によって空洞の容積を求めることが重要である。

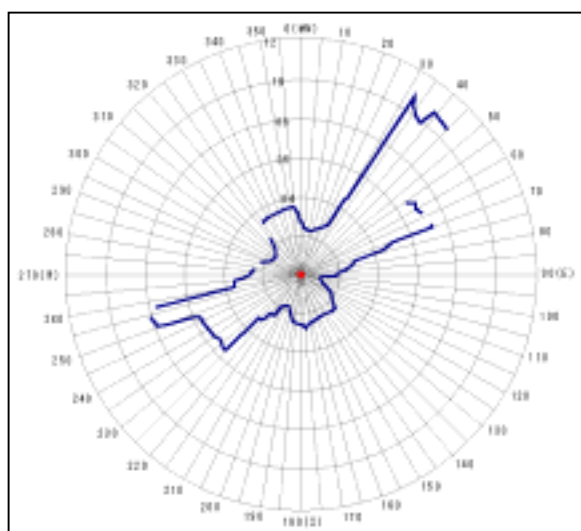


図-5 レーザレーダ計測結果

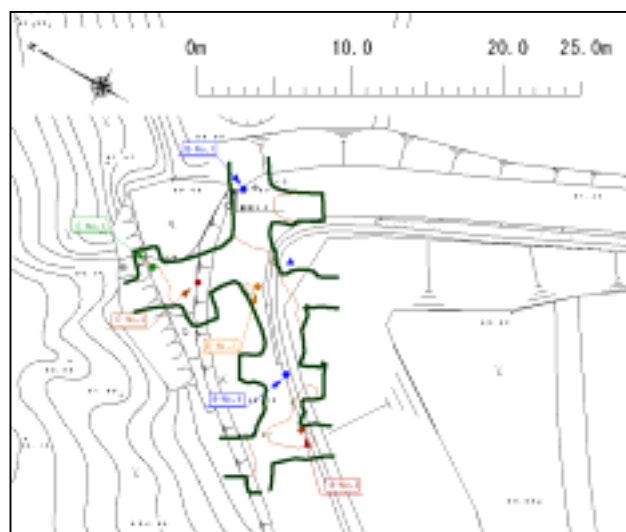


図-6 複数のレーザレーダによる特殊地下壕平面

参考文献

- ・中野, 石田, 木村, 矢島, 中田: 橋梁下部工の洗掘調査技術の開発, 基礎工, Vol.23, No.11, pp.54 ~ 59, 1995