

トンネル内無線通信システムの実用性と今後の展望について

日本工営（株）	正会員	○松田 貞則
日本工営（株）		中山 宣洋
日本電業工作（株）		中島健三郎
日本電業工作（株）		光成 佳篤

1. 水路トンネルの維持工事・調査上の課題

トンネル内外で通信を行うには、閉鎖空間という特性上、特別に通信システムを構築する必要がある。トンネル建設時の場合、工事が長期におよぶ事や、電力ケーブル等が敷設される事から、有線でのトンネル内通信システムが比較的容易に構築可能である。しかし、供用開始後にトンネル内調査・補修工事を実施する場合、供用停止可能な期間や空間的条件に制約が多く、有線による通信システムの構築は現実的ではない。

特に、水路トンネルは上水・工業・農業用水路として通年供用されているものが多く、水利用の制約から断水が困難で、供用後 1 度も調査がされていない施設も多い。水路の機能を適切に維持していくためには、機能低下事象を早期に検出して、予防的な保全対策を講じていくことが重要である。近年、予防保全の重要性が認識され、通年供用トンネルでも断水による調査を実施する事例があるが、利水者への影響を最小限に留めるため、断水は深夜帯の 6 時間程度に限定される場合もある。また、延長が 1km 以上と長いトンネルでは、効率的かつ安全に調査を実施する上で、調査・作業状況、各調査の時間配分、断水水運用の変更といった緊急連絡、指示等について、トンネル外部の統括責任者とトンネル内部作業者との相互連絡手段が必要である。しかし、現状、簡易に構築可能で実用されてい

るトンネル内外の無線通信手法はない。

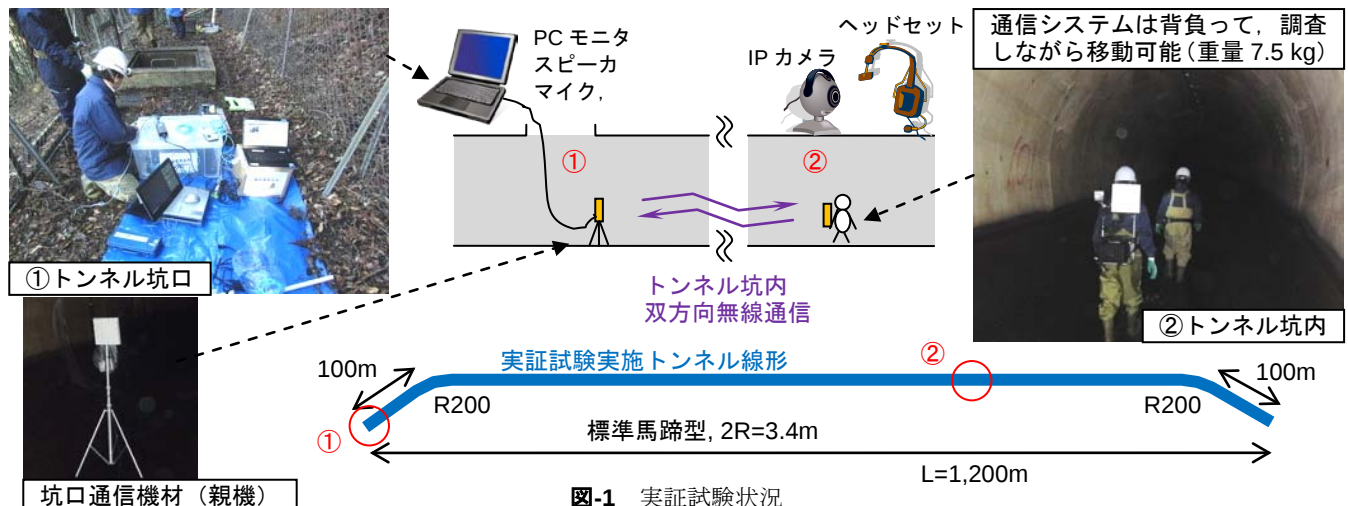
2. 実証試験に用いた技術

今回実証試験に用いた日本電業工作社製の「Falcon WAVE™ 長距離無線 LAN システム」は、工事現場の遠隔監視、災害発生時等の可搬性や迅速性が求められる臨時回線の構築といったサービスの提供向けに開発されたシステムである。干渉を拾わないビームアンテナを採用する事で、屋外にて最長 18km の長距離伝送路を確保可能で、小型・省エネ設計のため可搬性に優れバッテリーで長時間駆動可能であり、また、現地での使用時には、アンテナ接続とスイッチによる設定で簡易にシステムが構築出来るという特徴を持つ。実際に、内径 20m、延長 2.0km の道路トンネル掘削工事現場における運用実績が有る。

本稿では、水路トンネルの維持工事・調査上の課題の解決に向け、上記システムの実務的利用の可能性について検証することを目的として、延長 1.2km の実水路トンネルを対象に現場実証試験を実施した結果を報告するとともに、今後の展望を述べる。

3. 実証試験項目

トンネル調査時に坑内外における相互連絡手段として今後利用できるかどうかを検証する事を目的として、以下について検証を行った。①調査時に簡易にシステムが構築可能か、②通信可能距離はどの程度か、③通



キーワード トンネル内通信, 無線, 断水, 調査, 双方向通信, 水路トンネル
連絡先 〒102-0083 東京都千代田区麹町 4-2 日本工営(株) TEL: 03-3238-8116 FAX: 03-3238-8116

信は双方向音声通話が可能か、④音声以外の情報として画像の通信も可能か、といった 4 つの項目について主に検証を行った。

4. 実証試験方法

実証試験にあたり、(独)水資源機構の管理する導水路トンネルを試験フィールドとして提供頂いた。トンネルは標準馬蹄形 2R=3.4m, L=1,200m で、100m および 1100m 地点で R200 で屈曲し、調査時水位は 5cm であった。トンネル前後が直接サイホンと接続しているため、坑内は閉鎖空間であり、試験時の調査員は立坑より進入した。実証試験は、双方向音声および坑内から坑外へ動画(VGA 相当:320 x 240 pixel, 15 フレーム)をリアルタイムに通信することで各検証を行った。通信可能距離については、坑口部に親機を据え置きし、移動アンテナを調査員が背負いながら、0~1,200m まで約 100m 毎に通信状況を確認した。図-1 に試験状況を示す。

5. 試験結果

試験項目に対し、それぞれ下記の結果が得られた。

- ①既存のシステムを利用したため、準備から試験開始まで1時間程度で簡易にシステム構築可能であった。
- ②③トンネル延長の 1,200m を中継器なしで音声、動画とも通信可能であった。また、音声は双方向での通信が可能であった(図-2)。
- ④Web カメラの画質(320 x 240 pixel, 15 フレーム)では、最も長距離の 1,200m 地点でも動画の通信が途切れる事はなかった。

なお、伝送速度はトンネル坑口直近の 100m 地点では約 24 Mbps であり、通信距離が長くなる程低下したが 200~900m 地点で約 19 Mbps, 最も長い 1,200m 地点でも坑口部の 50%以上の約 14 Mbps と固定回線の低速 ADSL 回線以上の速度を確保している(図-3)。

また、送受信アンテナ間で調査員が作業している状態においても通信が切断されることは無かった(図-4)。



図-2 坑外部における通信状況の確認画面

※ 伝送速度は、30 秒間の通信の平均値

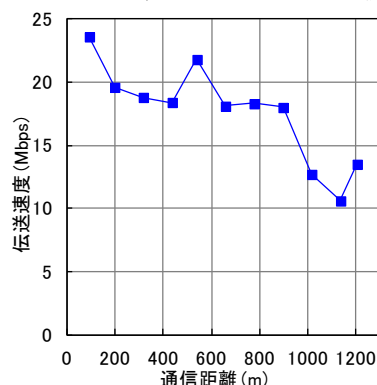


図-3 通信距離と伝送速度

※ 送受信アンテナ間で調査員が作業している状態でも通信可能。



図-4 坑内通信試験状況

一方、受信アンテナが送信アンテナ方向に正対している場合は通信品質良好であったが、アンテナを 45° 程度側方に向けると極端に通信品質が低下した。

6. 実務利用上の留意点

日本電業工作社製の「FalconWAVE™長距離無線 LAN システム」を用いた無線トンネル内通信システムは、水路トンネル内での適用性が確認され、調査時の坑内外連絡システムとして今後実務的な利用が期待できる結果が得られた。但し、アンテナを向ける角度によって通信品質の低下がみられた。通信システムを調査員に背負わせた場合、常にアンテナを一方方向に固定する事は困難であるが、調査資材を載せる台車等にアンテナを固定させる等の簡易な対策を講じることで、通信品質を安定化させることが可能であると考えられた。

7. 今後の技術開発の展望

通信システムは、既に製品化されたものであることから、調査時の安全管理以外にも様々な調査との組合せによる利用が想定される。例えば、調査時間および調査機会が限定されるトンネルにおいて、背面空洞探査を実施する場合、伝送速度の高さを活かし、坑外にてデータをリアルタイムに解析する事で、規模の大きな空洞が疑われる箇所を抽出し、現場状況を踏まえて探査測線の追加や追加調査の実施などの段取り替えを柔軟に行い、健全性等の判定に必要な情報を効果的に把握するといった使用方法が考えられる。

今後、トンネル内急速診断システム¹⁾との連携など、更に技術開発を進める予定である。

参考文献

- 1) 藤原鉄朗, 斉藤 豊, 森 充広, 増川 晋, 渡嘉敷勝: 壁面連続画像計測システムによる農業用水路の急速診断事例, 農業農村工学会大会講演要旨集 2007, pp. 748-749