

## LPWAによる山岳トンネルB計測の効率性・安全性の向上（2） —発破防護工の施工性と無線データロガーの通信性能の現場実証試験—

大成建設 フェロー会員 青木智幸 正会員 宮永隼太郎 古賀快尚 宮本真吾 ○松田一輝  
東亜エルメス 堀留知徳

### 1. はじめに

山岳トンネルにおけるB計測の実施の効率性と安全性を向上させるため、無線データロガー（以下、無線DL）を用いた施工性の良い発破飛石防護工の構造と設置施工方法による計測システムを開発している。前報<sup>1)</sup>では、開発した無線DLとそれを使用したB計測システムの構造と施工方法について報告した。本報では、考案した発破飛石防護工の施工性を確認し、また、その構造での無線データ通信性能を確認するために実施した現場実証試験の結果を報告する。

### 2. 発破飛石防護工の構造と施工方法

図-1に、鋼製支保工に組付けた無線DLと発破飛石防護工の構造を示す。これは、鋼製支保工応力計や吹付けコンクリート応力計と接続する場合の構造<sup>1)</sup>である。無線DLを鋼製支保工の凹部に収納する構造であるが、電波を透過させるために8mm厚のポリカーボネート製の板で防護している。この板にはUボルトと長ナットによる浮き式アンカーが取り付けられており、この部分が吹付けコンクリートの施工で埋設されることにより防護板が堅固に固定される。切羽後方で図-1のように鋼製支保工に無線DL等一式を組付けておき、エレクタで鋼製支保工を所定の位置に建て込み、エレクタで把持したまま吹付けコンクリートを施工する。危険性のある切羽近傍での結線や配線などの作業が無い。この時点でインターバル計測と無線通信は開始してあるので、吹付けコンクリートの施工完了と同時に設置完了となり、直ぐにロックボルト施工等の次の作業に取り掛かれるので施工効率に優れる。また、ワイヤレスであるので計測完了後の坑壁の配線の撤去作業も生じない。

計測完了後には止めネジを外して防護板を取り外し、スタイロフォームを撤去することにより無線DLを取り出す。残った凹部はモルタルなどを充填して修復する。無線DLの仕様は前報<sup>1)</sup>に示したが、ひずみゲージ式のセンサーを6台接続でき、1時間間隔程度の計測であれば、約1年間以上、内蔵バッテリーで駆動できる。

### 3. 現場通信実験

上記の構造による無線DLの設置方法の施工性の確認と無線データ通信性能を確認する目的で現場実証試験を実施した。実施現場は、大分212号跡田トンネル（東工区）新設工事である。二車線の道路トンネルであり、無線DLの設置断面は支保パターンDIで掘削幅が約15mである。ここでは鋼製支保工応力計などのセンサーは用いずに無線DLのみを設置し、無線DL内温度、電池電圧、6ch分計測データに相当するダミーデータ45byteを、10分間隔で通信する試験を行った。

試験には、3種の無線DLと防護工構造を用いた。図-2に計測断面の取り付け位置を示す。No.1には、図-1に示した構造の無線DLと防護工を使用した。無線DLの筐体の外側に取り付けた棒状のアンテナを使用している。No.2には、アンテナをポリカーボネート製の無線DLの筐体の蓋の裏に貼り付けるタイプの小型平面アンテナを使用した。No.3では、No.1と同じタイプの無線DLを使用してい

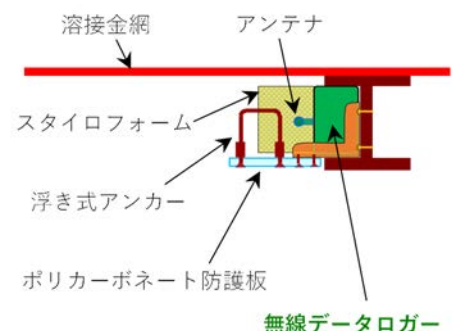


図-1 鋼製支保工と無線DL・防護工の組立

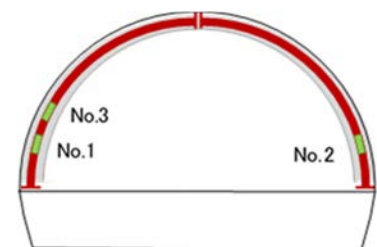


図-2 無線データロガーの取り付け位置

キーワード 山岳トンネル LPWA Private LoRa 坑内計測 ワイヤレス

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設株式会社 技術センター TEL: 045-814-7221

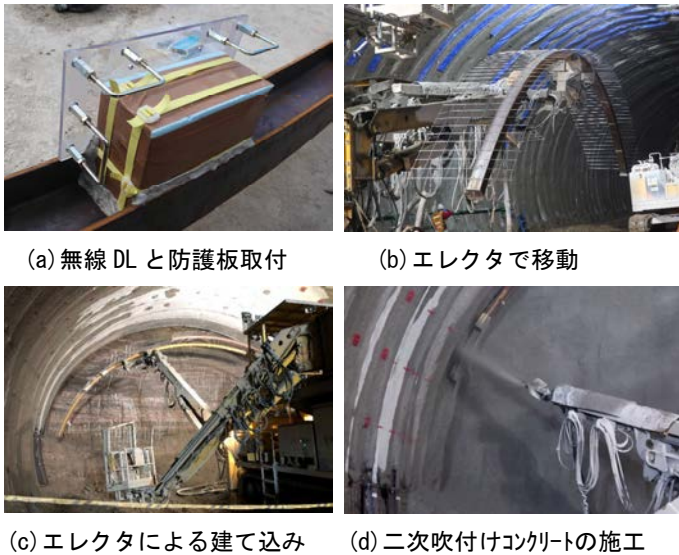


写真-1 設置施工の状況

るが、防護板を省いてスタイロフォーム部を直接 3cm 程度の薄い吹付けコンクリートでカバーする構造を試した。写真-1 と写真-2 に設置施工の状況を示す。

切羽で無線 DL を設置したのち、通信親機を移動して受信信号強度 RSSI の変化を測定した。図-3 に No.1 の無線 DL の測定結果を示す。通信距離と共に受信信号強度は低下するが、セントルを通過する所での低下量が比較的大きいものの、切羽から 800m 離れた坑口部まで問題無くデータ通信ができた。坑口部には鋼製の防音扉があり、その外側では通信できなかった。これより、通信親機を切羽より約 140m 後方の電源台車に設置することにした（写真-3）。

図-4 に、無線 DL の種類と受信信号強度の関係を示す。内蔵アンテナ式の No.2 では、No.1 と比較して約 20dBm の信号強度低下がみられた。また、2~3cm 程度の吹付けコンクリートで覆われた No.3 では、受信信号強度の低下がみられるものの、今回使用した機器の通信可能な信号強度の下限値である -128dBm よりは十分大きな値であった。

図-5 に、約 10 日間の測定の結果を示す。ロックボルト施工など大型重機が切羽近傍を占有する作業のタイミングでは、休止時など切羽開放状態と比較して受信信号強度が 30dBm 以上低下することがあるが、その際でも十分な信号強度があることが分かった。

4. まとめ

無線 DL を用いた B 計測システムを開発し、現場実証試験により設置施工法の効率性と安全性を確認した。また、トンネル施工中に坑内で通信親機を移設する必要のない十分な受信信号強度を確保できることを確認した。

参考文献

1) 青木智幸, 他: LPWA による山岳トンネル B 計測の効率性・安全性の向上(1), 土木学会第 77 回年次学術講演会, VI, 2022. (投稿中)



写真-2 無線 DL の吹付け埋設状況



写真-3 電源台車に設置した通信親機

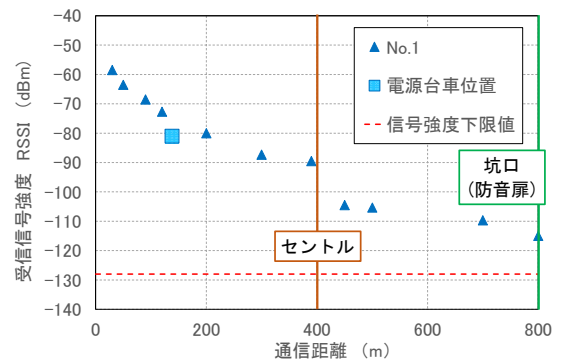


図-3 無線 DL-親機間の通信距離と受信信号強度



図-4 無線 DL の種類と受信信号強度の関係

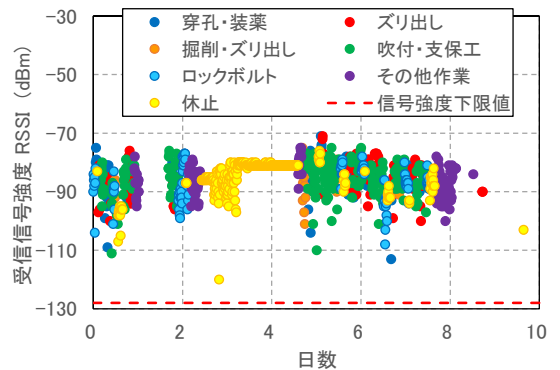


図-5 受信信号強度の連続測定結果 (No.1)