

LPWAによる山岳トンネルB計測の効率性・安全性の向上（3）

ートンネルB計測の現場実証試験ー

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 ○藤木栄治
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¹⁾。これまでに、発破防護工の構造および施工性と無線データ通信性能を現場実証試験にて確認した²⁾。本報では、このB計測システムを山岳トンネル工事に適用した実証試験の結果を報告する。

2. B計測の設置施工方法

B計測の現場実証試験は、国道7号鼠ヶ関トンネル工事にて実施した。図-1に、計測機器の設置位置の断面図を示す。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15.5mである。適用した計測項目は、①鋼製支保工応力、②吹付けコンクリート応力、③吹付けコンクリートひずみ、④吹付けコンクリート温度、および、⑤ロックボルト軸力である。ロックボルト軸力計は、計測試験用として、パターンボルトの間の位置に設置した。長さは6mである。①～④は1台の無線DL（No.1）に接続し、既報¹⁾で示した鋼製支保工の凹部に無線DLを収納する構造と施工方法で設置する。

ここでは、⑤ロックボルト軸力計の設置方法について詳述する。この方法は、地中変位計の設置にも適用できる。図-2に、ロックボルト軸力計の設置構造と設置手順を示す。まず、鋼製支保工に取り付けた金網に吹付コンクリートの箱抜き部材と保護板を取り付けておく。エレクタで鋼製支保工を切羽の所定の位置に建て込み、把持した状態で二次吹付けコンクリートを施工する。次に、保護板を外し、ガイド管を通して所定の位置にロックボルト軸力計用の削孔を行う。続いて硬質スポンジを撤去した箱抜き部にロックボルト軸力計を設置し、防水コネクタで無線DL（No.2）と接続して箱抜き部に収納し、計測を開始する。保護板をネジで固定して設置完了である。二次吹付けコンクリート下での作業のみであるので安全性が向上しており、また、外部に出る配線作業が無いので施工効率が良い。

写真-1に、鋼製支保工応力計などの計測器と無線DLおよびロックボルト軸力計用箱抜き部材を取り付けた鋼製支保

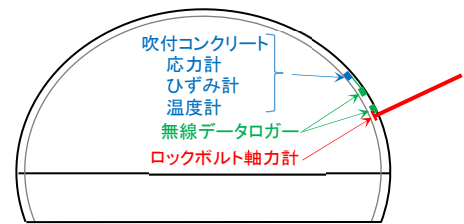
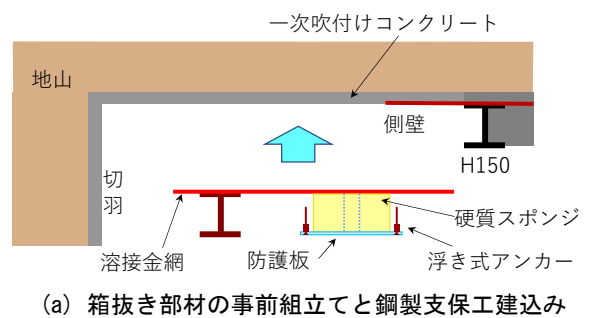
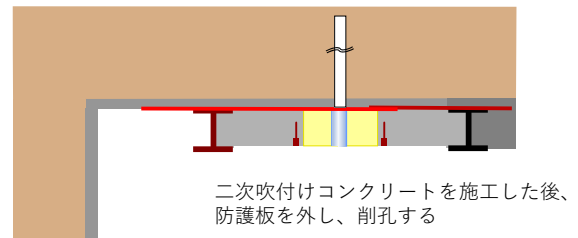


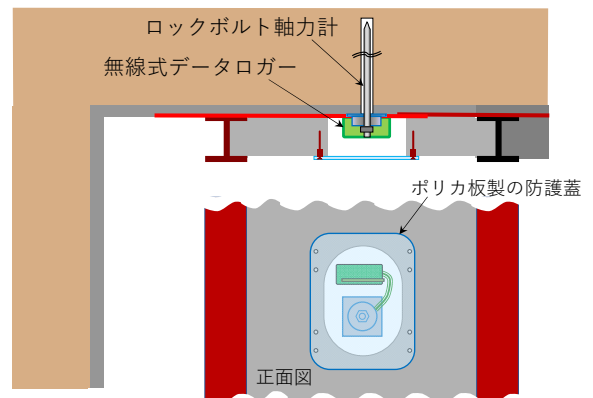
図-1 計測位置



(a) 箱抜き部材の事前組立てと鋼製支保工建込み



(b) 二次吹付けコンクリートと削孔

(c) ロックボルト軸力計の設置完了
図-2 ロックボルト軸力計の設置手順

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

工をエレクタで切羽に建て込んでいる状況を示す。また、写真-2には2間掘削が進んだ時点の無線 DL の設置個所の状況を示した。発破掘削の飛石によるポリカーボネート製の防護板の損傷は特にみられない。また、発破振動による無線 DL の作動停止も無かった。

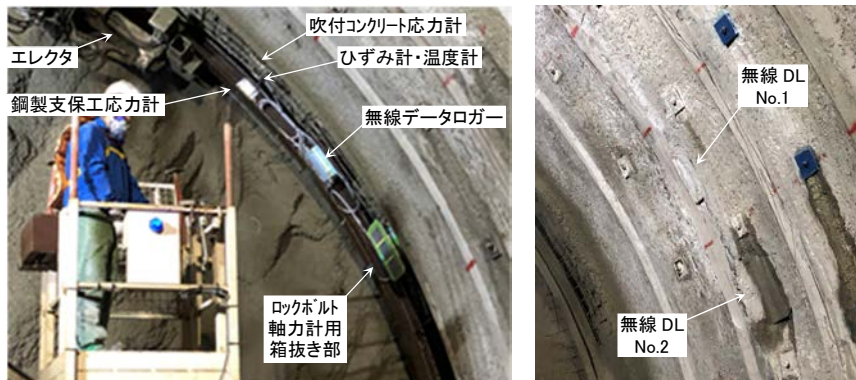


写真-1 鋼製支保工の切羽建込み状況

写真-2 2間掘削後の状況

3. B計測結果

計測は、36日間実施した。始めの14日間は10分間隔、次の2日間は20分間隔、以降は1時間間隔で自動計測し、各無線 DL より通信親機にデータを送信した。通信親機は、計測機器の設置時に切羽から110m後方の位置の側壁に設置した。LAN回線で事務所のPCに繋いでおり、リモートアクセスによる遠隔監視が可能である。また、Private LoRa規格の双方向通信機能を利用して、遠隔地からリモートで計測間隔などの設定変更が可能である。

図-3に、各無線 DL の受信信号強度と内蔵バッテリー電圧の経時変化を示す。大型重機が切羽近傍に停車するタイミングで信号強度が低下するが、信号強度下限値の-128dBmよりは十分大きく感度に余裕がある。バッテリー容量は、この程度の計測期間には十分であるが、長期計測時用に常時監視している。図-4に、吹付けコンクリート温度と各無線 DL 内の温度の経時変化を示す。約5日目以降からは、3箇所の温度がほぼ同じ値で推移した。

図-5に、鋼製支保工応力（軸力、せん断力で表示）、吹付けコンクリートの応力・ひずみ・温度の経時変化を示す。掘削進行と共に鋼製支保工軸力と吹付けコンクリートひずみは圧縮側(-)に値が増加した。一方、吹付けコンクリート応力計の出力は初期に引張側に値が変化し、以降、変化量が少なかった。

図-6に、ロックボルト軸力計の経時変化を示す。ロックボルト軸力計は6深度と計測点が多いが、本計測システムでは6chの無線 DL に直結して外部への計測線の配線が無いいため、トンネル掘削施工の支障にならない。掘削進行と共に、浅い深度の計測点の引張力が増加する挙動を示した。

4. まとめ

無線 DL を用いたB計測システムを開発し、幾つかの代表的な計測器を使用して現場計測実証試験を行った。その結果、設置施工法の効率性と安全性を確認し、本計測システムの有効性を実証できた。今後、多くのトンネル工事に適用し、B計測の適時かつ効果的な実施に寄与することを期待している。

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)
- 2) 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(2), 土木学会第77回年次学術講演会, VI, 2022. (投稿中)

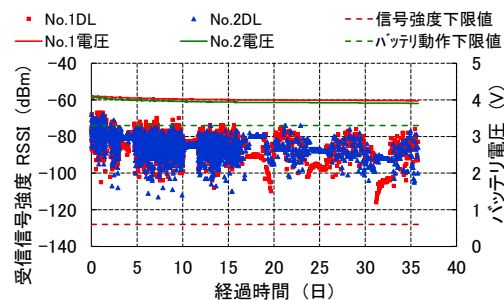


図-3 受信信号強度の経時変化

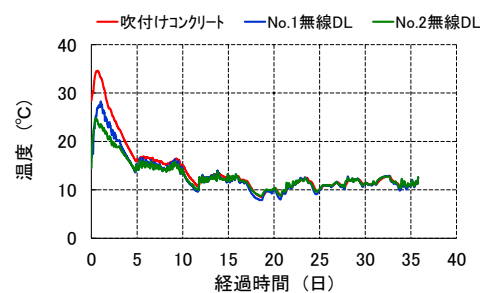


図-4 温度の経時変化

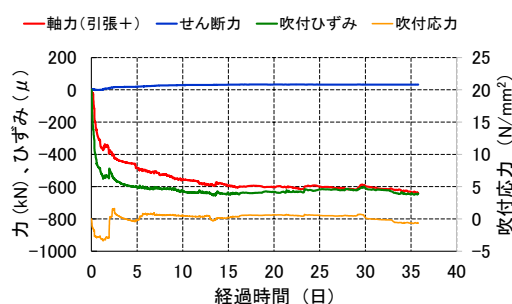


図-5 鋼製支保工応力等の経時変化

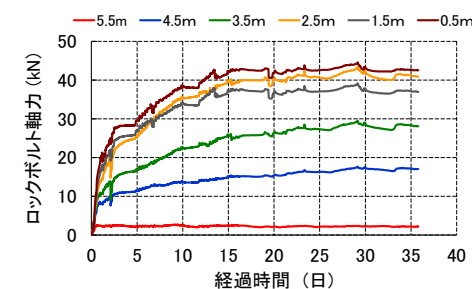


図-6 ロックボルト軸力の経時変化