

山岳トンネル安全対策・省エネ制御システムの開発

(株)銭高組 正会員 ○白石 雅嗣 安部 剛
(株)銭高組 正会員 笠水上 光博

1. はじめに

近年、IoT 技術が急速に拡大し、建設現場においても、生産性の向上や省力化につながると考えられている。我々は、山岳トンネル工事で IoT の仕組みを用いて、現場の施工機械や電気機器、坑内情報をモニタリングするセンサーをインターネットにつなぎ、保存、分析や自動制御を行い、トンネル坑内の安全管理、作業環境管理の向上と、省エネによる環境負荷の低減 (CO₂削減) に寄与するシステムを開発している。現在、当システム「TUNNEL EYE」(トンネルアイ)は、高松自動車道 志度トンネル工事現場(トンネル延長 L=564m、NATM、発破掘削)に導入して、坑内の安全の「見える化」と、工事照明や換気ファンの自動制御を行っている。本報告では、システムの概略説明と、志度トンネル工事における作業環境改善および省エネ事例の中で、主に工事照明の制御を行った事例を報告する。

2. システムの概要

「TUNNEL EYE」は、トンネル現場に配置した複数の制御端末を使用し、入坑者の位置や作業環境濃度、作業工程監視 (施工機械や電気機器の電流値測定)などの情報をセンシングし、遠隔地のサーバーで保存、分析して、安全を「見える化」するとともに、工事照明や換気ファンなどを、作業に適した状態に自動制御するシステムである。システム概要を図-1 に示す。



図-1 システムの概要

(1) 安全の「見える化」

Web 画面で情報閲覧、メール通知などを行うことができる。安全管理機能を以下に示す (写真-1、写真-2)。

- ① アクティブ RFID タグで坑内作業管理
 - ・入坑位置・行動履歴把握 (100m 毎にリーダー)
 - ・工事車両 (ダンプ、生コン車) 運行把握
- ② 作業環境濃度のリアルタイム監視
 - ・定置式濃度計によるリアルタイム測定
 - ・濃度上昇時の警報メール通知



写真-1 アクティブ RFID タグ



写真-2 制御端末・各種計測器

また、PC、タブレット型端末等での情報閲覧画面例を図-2~4 に示す。



図-2 メイン画面



図-3 坑内情報画面



図-4 作業環境濃度一覧

キーワード 山岳トンネル、安全対策、作業環境、省エネ、工事照明、換気ファン

連絡先 〒102-8678 東京都千代田区一番町 31 (株)銭高組 技術本部 技術研究所 TEL03-5210-2440 FAX03-5210-2462

(2) 作業工程監視による電気機器の自動制御

アクティブ RFID タグ (以下、RFID タグ) による入坑者と工事車両の位置情報と、トンネル施工機械 (ドリルジャンボと吹付機など) の電流値を測定することで、①穿孔・装薬、②発破・こそく、③ずり出し、④吹付、⑤支保工組立、⑥ロックボルトなどの作業工程をサーバーで分析して判断する。作業工程を判断することにより、工事照明や換気ファンを、作業に適した状態に自動制御することが可能になる。

3. 工事照明の自動制御事例

(1) 制御端末の配置

工事照明設備と、自動制御するための制御端末の配置概要を図-5 に示す。また、制御端末などを用いて作業工程を判断し、自動制御するための条件を表-1 に示す。

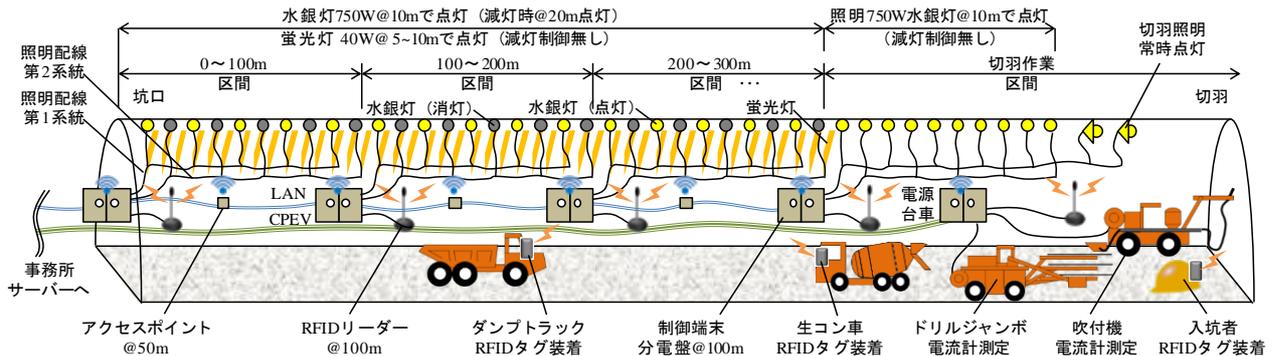


図-5 制御機器の配置概要図

(2) 制御内容

工事照明は、土木学会トンネル標準示方書に、切羽作業 70ルクス以上、通路の最暗部 20ルクス程度が望ましい照度である^りと示されている。志度トンネル工事では、坑内通路区間での、ダンプトラックなどの大型車両との接触災害の防止などを目的に、ランプ (水銀灯 750W) を通常より多い 10m 毎に点灯させた。また、風管の影となる個所には、蛍光灯 (40W) を配置した。その結果、最も明るい箇所でも 50ルクス以上、最暗部でも 30ルクス以上の照度となる坑内環境となった。また、必要な照度を確保しながら、効率的に節電 (省エネ) することを目的に、表-1 の条件により作業工程を判断して、ずり出し中以外や、覆工作業を除く区間は、通路照度を従来の 20ルクスを確保できる程度に、間引きで減灯する自動制御 (照明配線の第 2 系統電源を OFF) を行った (写真-3)。これにより、照度向上と節電の両立を可能にすることができた。

表-1 照明の自動制御 CASE と制御内容

CASE	主要工程	RFIDタグ検知			電気機器の稼働		照明制御
		切羽区間		その他区間	ドリルジャンボ	吹付機	
		トンネル特殊工	ダンプ生コン車	トンネル特殊工			
1	穿孔・装薬	○	●	○	○	●	減灯
2	発破	○	●	○	●	●	全灯
3	ずり出し	○	○	○	●	●	全灯
2	こそく	○	●	○	●	●	全灯
4	吹付	○	○	○	●	○	減灯
1	支保工組立	○	●	○	○	●	減灯
1	ロックボルト	○	●	○	○	●	減灯
5	作業中断	●	●	●	●	●	減灯

○: 検知 (稼働)、●: 非検知 (停止)



写真-3 照明の自動制御 (左: 減灯、右: 全灯)

4. まとめ

本システムにより、坑内の安全が「見える化」できるとともに、IoT の仕組みで「モノ」である電気機器が容易に制御できるようになった。また、工事照明とともに、換気ファンを自動制御できる仕組みを構築した。今後は、本システム利用方法を水平展開し、山岳トンネル工事での積極的な活用を目指す。

最後に、本システム化にあたり、共同開発会社の(株)イー・アイ・ソルと、換気ファンの制御プログラム構築に際して、(株)流機エンジニアリングのご協力を頂いたことに感謝の意を表します。

【参考文献】 1) 土木学会：トンネル標準示方書 山岳工法・同解説, p.134, 2006.