

## 山岳トンネルにおける施工サイクル自動取得システムの開発

安藤ハザマ 正会員 ○河野 友紀, 副島 幸也  
 非会員 涌井 遼平  
 菅機械工業 非会員 森山 恭衡

## 1. はじめに

昨今、建設労働者の高齢化や人口減少等により人手不足が深刻化する中、生産性向上を目的とした取り組みが盛んであり、これはトンネル工事においても例外ではない。

トンネル工事の生産性を向上するには、まず各種施工の分析が必要であり、そのベースとなるのが施工サイクルである。これを把握するには、作業員が目視で観察しそれを紙に記録する方法が一般的であるが、作業の合間に記憶を辿りながらの記録となるため、その精度に課題があった。対策として、近年はAIを駆使した画像解析技術を用いた方式での研究が発表されているが、筆者はトンネル工事に用いる各種機械の稼働時に生じる電気信号を利用し施工サイクルを自動で判定する方法を検討した。本稿では、菅機械工業(株)の電力削減システム「i-Res (NETIS 登録 No.QS-180047-A)」をベースに共同開発した、施工サイクル自動取得システム「Hi-Res」について報告する。

## 2. 「Hi-Res」全体概要

施工サイクル自動取得システム「Hi-Res」の全体概要を図-1に示す。システムは収集したデータにより換気設備の制御を行う「親機」「子機」と、機械のon/offにより状態を判定する「工種判定ユニット」、現場の使用電力などを計測する「デマンド計測ユニット」「電力計測ユニット」などで構成される。以下に「Hi-Res」の機能を示す。

## (1) 各種機械の工種判定について

機械掘削をベースとした場合における工種判定

一覧を表-1に示す。機械掘削における施工サイクルは掘削→ズリ出し→吹付→建込→ロックボルトという工種で構成される。「Hi-Res」ではそれぞれの工種に特定の機械動作(例：吹付における吹付機のコンプレッサon/off等)を判定基準(トリガー)として、どの工種を施工中なのかを判定することが出来る。

## (2) 送風機・集塵機の風量調整について

前項で示した工種判定を基として送風機及び集塵機の風量を自動的に調整することが出来る。表-2に工種と風量の関係(例)を示す。また照明設備など任意の設備を、施工状況に合わせてon/off制御を行うことが出来る。これらの施工状況に合わせた調整により、使用電力量を削減する。

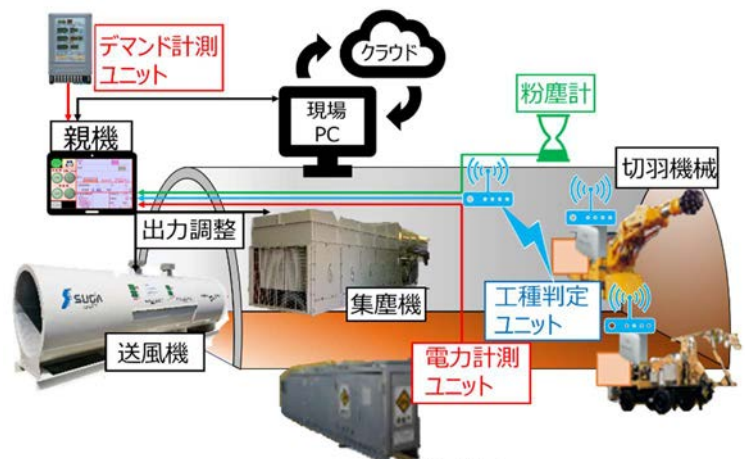


図-1 システム全体構成

表-1 工種判定一覧

工種	機種	判定方法
掘削	ツインヘッダ	ACC電源on/off
ズリ出し	サイドダンプ	ACC電源on/off
吹付	吹付機	コンプレッサon/off
建込	吹付機	油圧パックon/off
ロックボルト	ジャンボ	油圧パックon/off
待機	-	信号無し

表-2 工種と風量出力の関係(例)

工種	従来		Hi-Res	
	送風機	集塵機	送風機	集塵機
掘削	大	大	中	中
ズリ出し	大	大	大	大
吹付	大	大	大	大
建込	大	大	中	中
ロックボルト	大	大	中	小
待機	小	小	小	最小

キーワード 工種判定, 施工サイクル, 電力削減, 風量自動調整

連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 安藤ハザマ 建設本部 土木技術統括部 機電部 TEL 03-6234-3674

### (3) デマンド管理と遠隔操作について

デマンド計測ユニットにより、設定したデマンド値を優先した負荷設備調整を行うことが出来る。工種判定による施工サイクルデータや換気量データ、各種デマンド値は親機上で記録され、一部データはネットワークで可視化される。またシステムには、遠隔操作により外部からアプローチすることが出来る。

## 3. 現場導入効果

実際の山岳トンネル現場において「Hi-Res」による施工サイクルの記録や使用電力量の確認を行った。

### (1) 工種判定による施工サイクルの取得について

図-2 に実際の施工時に取得した施工サイクルの取得結果を示す。工種判定によるデータを切羽カメラの画像を用いて比較検証した結果、各種機械に設置した工種判定ユニットが判定した施工サイクルは、実施工サイクルと概ね一致することを確認した。

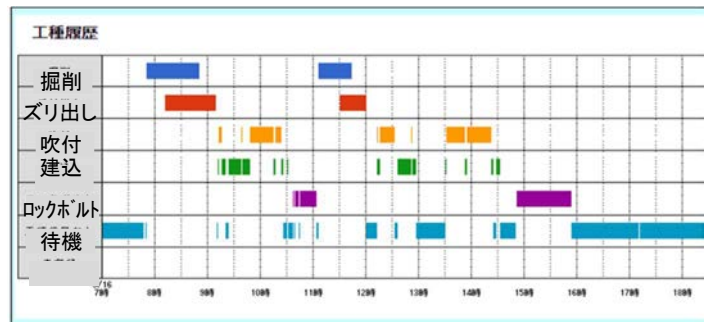


図-2 施工サイクル(例)

### (2) 換気設備風量調整による電力削減効果について

電力計測データを基に電力削減効果について検証を行った。使用電力量は「Hi-Res」上の風量設定に依存するが、表-1,2 の条件下における送風機・集塵機の使用電力量は、風量制御を行わない場合と比較して約52%に抑制され、その効果は非常に大きいことを確認した。また、本事例における「Hi-Res」を導入する初期費用及びランニングコストは、削減した電力料金により約11ヶ月で回収され、1kmを超えるような長大トンネルほど「Hi-Res」導入効果が大きいことが分かった。

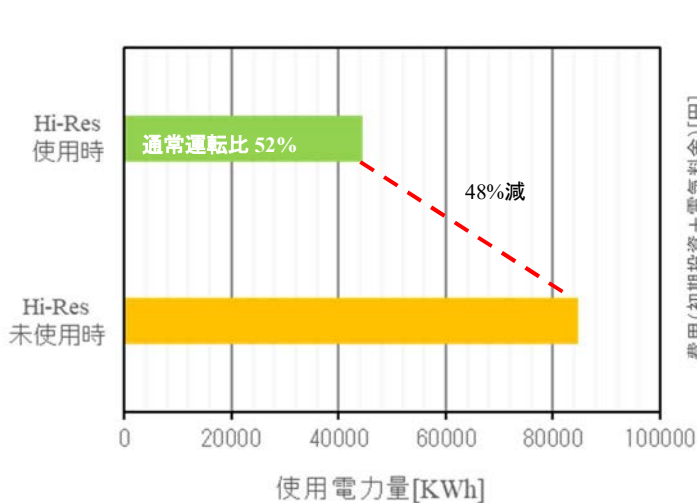


図-3 Hi-Res 導入による電力削減効果(例)

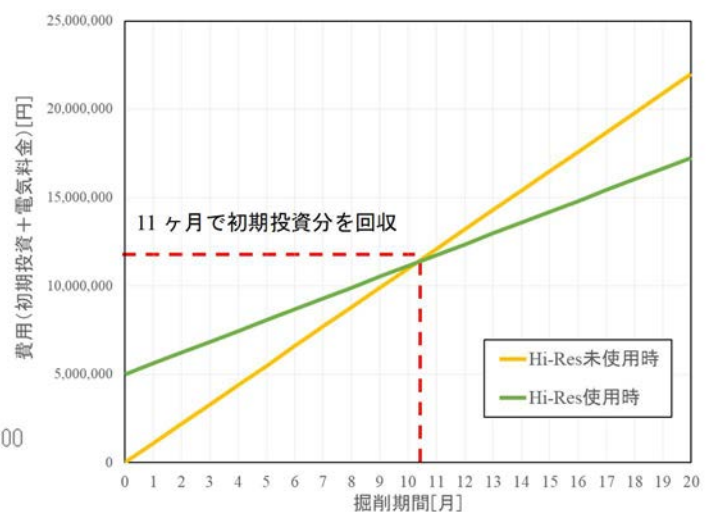


図-4 Hi-Res 有無による電力費用比較(例)

## 4. まとめ

施工サイクル自動取得システム「Hi-Res」は、「i-Res」による電力削減効果に加え、施工サイクルを高精度で取得することができ、今後の生産性向上を検討するために有効なシステムであることを確認した。また、電力削減効果は費用面での貢献が目立つが、副次的には温室効果ガスの削減にも寄与し、ゼロエミッションに向けた社会的・企業的な枠組みにも沿ったものであると考える。現在は菅機械工業と安藤ハザマにより共同特許の出願中である。

今後、様々な施工機械への対応を標準化し、また取得したサイクルデータ活用の利便性向上のための改良を行い、2022年度に国道181号(江府道路)トンネル工事(久連トンネル)にてその効果を実証予定である。当社はトンネル現場における施工サイクルの分析と改善により、生産性向上を目指していく。