

モニタリングシステムを用いたサイクルタイムの自動評価

大成建設（株） 正会員 ○谷 卓也，三谷 一貴，宮本 真吾
（株）アクティオ 大麻 敏雄

1. はじめに

山岳トンネル工事へのICT適用が進む昨今，筆者らは，トンネル仮設備や施工機械に設置した各種センサーから得られる情報を一元管理し，現場状況を可視化するモニタリングシステム「T-iMonitor Tunnel」を開発し，施工の効率化，生産性向上を実現している．このシステムは，クラウドサーバの利用を前提としており，アクセス権を与えられたユーザーは，インターネット環境下であれば時間や場所を問わずタブレット端末で現場状況を確認できる画期的な技術と言える．この開発は，坑口からトンネル切羽の近くまで，Wi-Fiによるデータ通信が可能な現場が一般化したこと，センサー類の耐久性の向上や低廉化が進んだことから可能になった．

本稿では，このモニタリングシステムを使って，繰り返し作業の多いトンネル工事の効率化を実現するために必要な情報であるサイクルタイムを自動評価する技術について述べる．

2. サイクルタイム

サイクルタイムは，「掘削」→「ずり出し」→「鋼製支保工建て込み」→「コンクリート吹付け」→「ロックボルトの打設」といった一連の繰り返し作業に要する作業項目毎の時間，およびその合計時間となる．このデータを基に施工速度が算定でき工程管理に活用される他，同様な条件のトンネル施工では，過去の実績との比較および日々のサイクルタイムの変化から，無駄が生じている作業やその要因を特定するための施工管理にも活用する．図-1 に開発したモニタリングシステムから自動評価された，サイクルタイムの評価結果を示す．図中点線枠内には，1サイクル施工の各作業に要した時間が読み取れる．さらに，集計対象として選択したサイクルから，各作業に要した時間の平均値，累計値も確認できる．蓄積されたデータは工事応札時の費用算定の根拠となる他，協力工事業者との契約においても重要な情報となる．

図-1 タブレット上に表示されたサイクルタイムの評価結果

基	開始時間	削孔・装薬	発破時刻	ずりだし	一次吹付	支保工建込・金網	二次吹付	吹付ケレン・盤整地	ロックボルト	基合計時間	支保工パターン	施工班
370基	2018/07/17 13:44:47	52分	2018/07/17 14:42:14	56分	21分	15分	88分	20分	31分	283分	---	---
369基	2018/07/17 05:09:28											
368基	2018/07/16 16:52:59											
367基	2018/07/16 12:18:09											
366基	2018/07/16 07:30:00											
365基	2018/07/13 03:18:59											
364基	2018/07/12 21:53:51											
363基	2018/07/12 14:33:55											
362基	2018/07/12 09:13:08											
361基	2018/07/12 01:30:01											

集計種別	削孔・装薬	ずりだし	一次吹付	支保工建込・金網	二次吹付	吹付ケレン・盤整地	ロックボルト	基合計時間
平均	72分	100分	21分	16分	109分	36分	101分	452分
累計	14837分	20912分	4314分	3241分	22902分	7535分	15876分	93607分

基	開始時間	削孔・装薬	発破時刻	ずりだし	一次吹付	支保工建込・金網	二次吹付	吹付ケレン・盤整地	ロックボルト	基合計時間	支保工パターン	施工班
317基	2018/06/20 10:09:55	73分	2018/06/20 11:27:37	58分	12分	17分	99分	32分	361分	652分	CII	---
316基	2018/06/20 02:23:50	78分	2018/06/20 03:46:22	90分	3分	9分	226分	12分	43分	461分	CII	---

図-1 タブレット上に表示されたサイクルタイムの評価結果

キーワード 山岳トンネル，モニタリングシステム，クラウドサーバ，サイクルタイム，自動評価

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株）技術センター 生産技術開発部 TEL:045-814-7221

		項目	単位	時間	時刻	作業の目安
掘 削	削 孔	削孔準備	分	10	07:30	作業開始, ジャンボ移動
		穿孔	分	32	07:40	穿孔開始
		装薬・爆破・換気等	分	47	08:12	穿孔完了
		小計	分	89	08:59	点火
工	ず り 出 し	ずり出し準備	分	5	09:04	ヘイローダ切羽着
		ずり出し	分	49	09:53	最終ダンプ切羽退出 (バルコン: クラッシャーへの最終投入)
		小計	分	54	10:18	ブレーカー切羽退出
		こそく・浮石落とし・後片付け	分	25		

モニタリング	
ジャンボ削孔	ドリフター油圧ポンプON L・C・M1本でもON
削孔	
ジャンボ削孔	ドリフター油圧ポンプOFF L・C・M3本すべて止まってから5分後
装薬	
装薬	発破サイレンが鳴った5分後・・・発破時刻
ずりだし	
吹付機ポンプ電源ON	

図-2 サイクルタイム評価の方法

3. 評価方法

サイクルタイムの評価については、画像を AI で分析する方法¹⁾や坑内の音響を参考に精度を高める方法²⁾等、様々な技術の開発が行われている。本システムは、施工サイクルの中で必ず使用する設備や機械の動作状況のみからサイクルタイムを評価するシンプルかつ確実な方法を採用した。そのため、導入後直ちに評価データを利用でき、評価、判定の根拠も明確で信頼性も高い。

ここに掘削工の一部を例に、サイクルタイムの判定方法を述べる(図-2 参照)。作業員は、掘削発破作業の最初の作業として装薬孔を削孔するが、この時ジャンボ(油圧削岩機)のドリフターの油圧ポンプをONにする。このタイミングを削孔開始時刻、OFF を削孔終了時刻とすることで削孔時間が分かる。実際には、蓄積データの分析から、ジャンボの3つのブームが全て止まった時刻から5分後を削孔終了時間とする評価の工夫も行っている。続いて装薬作業を行って、作業終了後に発破サイレンを鳴らす。削孔終了時刻とサイレンONの時刻から装薬作業時間が分かる。このように各作業で使用する設備や機器類からのON-OFF情報を使って、サイクルタイムを自動評価し、記録、蓄積できるようになっている。

モニタリングシステムは、坑内機器のON-OFF情報およびアナログデータを、坑内LANにより現場詰所のネットワークシステムのマスター局に集約している(図-3 参照)。また、切羽作業で使用される建設機械からは坑内のWi-Fi経由で情報が伝達される。マスター局からは、クラウドサーバにデータが随時転送され、それらの生データおよび処理したデータをWebアプリによりビジュアルに確認できるようになっている。



図-3 現場内の設備・機器からのデータを集約するI/O制御可能なシステムネットワークのマスター局

4. まとめ

サイクルタイムの自動評価について、評価結果例とともに評価方法について述べた。現在、データを蓄積しつつ生産性向上のため取得データ分析を随時行っている。また、サイクルタイムの評価精度の向上、詳細な分析を可能とするために、建設機械に加速度センサーを取り付け、その情報を活用するシステムも完成している。今後は、現場展開に注力するとともに、さらなる機能改善と導入コストの低減にも取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 三井 善孝・山本 悟・山下 雅之: 山岳トンネルにおける掘削サイクル判定システムの開発, 西松建設技報, Vol.42, No.16, 2019.
- 2) 大林組ホームページ: 山岳トンネル掘削の作業状況を自動的に把握する「CyclEye™(サイクライ)」を開発, 2022.
(https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20220221_1.html)