

吹付けコンクリート廃棄量の削減に向けた試行

国土交通省 九州地方整備局 熊本河川国道事務所 永松 寿隆
清水建設株式会社 地下空間統括部 正会員○荒井 匠 北川 士朗 梅山 寛崇 福田 毅
株式会社 Lightblue Technology 非会員 谷口 俊一
株式会社演算工房 非会員 松村 匡樹 古後 健太 伊藤 文香

1. はじめに

世界的な脱炭素化への動きを踏まえて、建設業においてもカーボンニュートラルを実現するため CO₂ 排出量の削減が進められている。建設業の主要材料であるコンクリートは、製造に伴い多くの CO₂ が排出されるため、施工時のコンクリート量を削減することで CO₂ 量の削減に大きく貢献することができる。本報告では多量のコンクリートを使用する山岳トンネル工事において、吹付けコンクリート施工時の余剰コンクリートの削減に関して取り組みを行ったのでその結果を報告する。

2. 吹付けコンクリートの施工時の課題

吹付けコンクリートの作業は、コンクリートの配合やノズルマンの熟練度により変化するリバウンド量、切羽作業員の経験と感覚でおよその余掘り量を目視で試算された必要なコンクリート練混ぜ量など、不確実な情報をもとに材料を取り扱っている。そのため、施工時に想定を見誤った場合にはコンクリート材料を余らせる場合がある。このような材料ロスについてトンネル工事全体で見積もった場合、多量のコンクリート材料を廃棄することにつながる。

3. 技術の概要

図 1 に材料ロスを削減する試行手順を示す。[STEP1]掘削素堀面を対象に 3D スキャナを使って切羽形状を測定し、[STEP2]吹付けコンクリートの設計面との差分を計算し、[STEP3]吹付け作業時のコンクリートの跳ね返り率を見込んだ[STEP4]必要練混ぜ量を算出する。この練混ぜ量は社内 SNS を使って[STEP5]自動的にパッチャープラントへ通知され、[STEP6]練混ぜが行われる。その後、[STEP7]実吹付け量、および[STEP8]廃棄量が算出される。この廃棄量は、[STEP9]一連のサイクルを繰り返しながら学習し、修正された「跳ね返り率」として再算出される。図 2 に示すフローを繰り返すことでコンクリート廃棄量を削減できるのか、試行を行った。

[STEP7]の実吹付け量の算出にあたっては、写真 1 に示す
キーワード：PRISM, AI, IoT, 材料ロス

連絡先：〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 清水建設株式会社 地下空間統括部 TEL 03-3561-3891

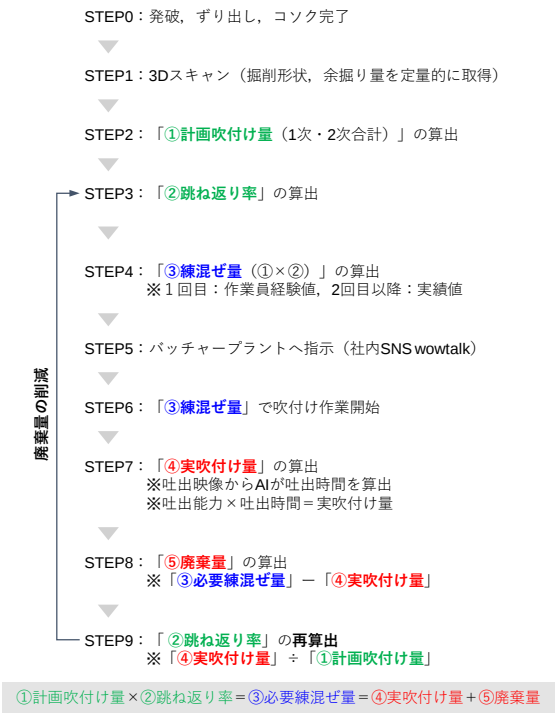


図 1 材料ロス削減に向けた試行手順

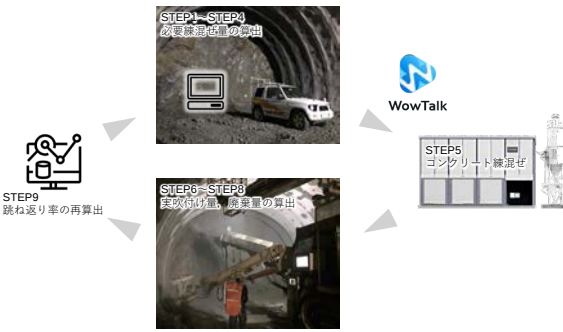


図 2 試行のフロー図



写真 1 吹付け機に搭載した AI カメラ

AI カメラを使用してコンクリートの吹付け作業時間を判定し、吹付け機の時間あたりの吐出能力を乗じることでコンクリートの実吹付け量を算出している。

4. AI カメラの判定精度

吹付け時間の判定は、吹付け機のアームの検出、およびアームが動いているかどうかの状態判定を同時に行って、吹付けコンクリートを吐出しているかどうかを判定する。図3は、AI カメラが吹付け機のアームを検出している状況である。カメラ映像から吹付け機のアームを精度よく検出できていることが確認できる。



図3 AI カメラの検出状況

図4にコンクリート吐出時間の推論結果と正解値の推移を示す。吹付け中に限定した場合の吐出時間あたり正解率は83.3%であった。また、吹付け作業停止時も含めた全体の吐出時間あたりの正解率は96.1%であった。このことから吐出状況をおおむね正確に判定できており、実吹付け量の算定結果が概ね妥当であると言える。

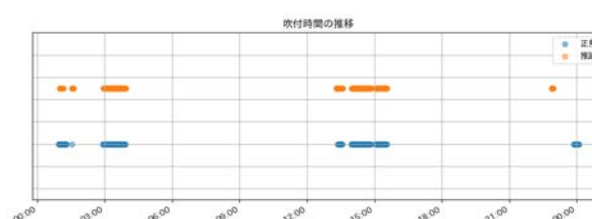


図4 吐出時間の推論結果と正解値の推移

5. 試行結果

本技術は「熊本 57 号滝室坂トンネル西新設（二期）工事」にて試行を行った。同現場のトンネル掘削時における吹付け作業から、使用するコンクリート量や廃棄量のデータを収集し、その推移について検討を行った。図5に③練混ぜ量と実績の練り混ぜ量・廃棄量を示す。試行当初は、乖離があったが試行を重ねることでロス率の算出精度が向上し、廃棄量の低減に寄与した。また、図6の④実吹付け量と実績吹付け量の誤差を示すとおり、AI 検知も施工に問題のない誤差に収まった。

6. まとめ

本試行では、約1か月程度の短期的な試行により効果を検証した。得られた知見を整理すると次の3点である。

- ✓ 試行によって、1サイクルあたりの吹付けコンクリートの使用量を約8%削減
- ✓ 吹付けコンクリートの廃棄量を平均 1.6m³削減
- ✓ 吹付けコンクリートの廃棄量を削減することによって、一ヵ月で約17トンのCO₂量の削減効果を確認

今後は、より長期的な試行によって最適な必要練混ぜ量の定量把握を行うことで使用コンクリート量の削減と廃棄量の削減を目指し試行を行っていきたいと考えている。

謝辞：本試行は2022年度「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」の一環として試行を行いました。現場の皆様、協力業者をはじめとした関係各位ご協力を賜りました。ここに深く御礼申し上げます。

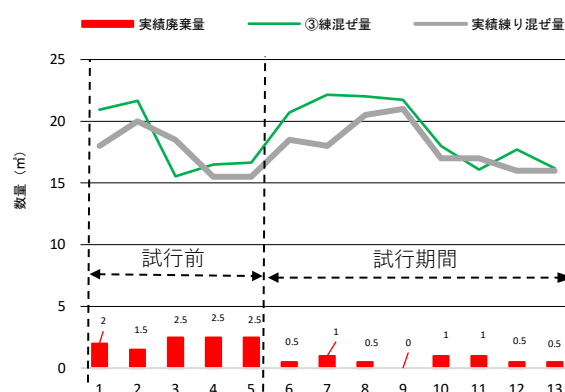


図5 ③練混ぜ量と実績の比較

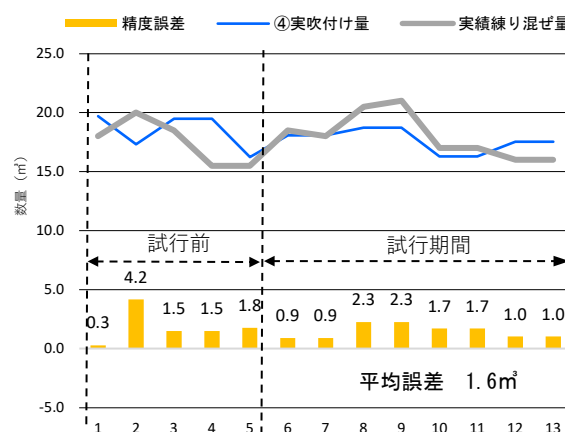


図6 ④実吹付け量と実績との比較