

自己充填コンクリートを用いた覆工自動化施工の開発 —RFID タグを用いた覆工コンクリートの充填位置の推定—

佐藤工業(株) 正会員 ○藤原正佑, 小山広光, 弘光太郎
千葉工業大学 正会員 橋本紳一郎

1. 背景

山岳トンネルの覆工の施工は、一般に、地山とセメントに挟まれた空間にスランプ 15cm 程度のコンクリートを打ち込み、締め固める方法で行われているが、近年の建設作業員の高齢化、熟練工不足といった背景から、近い将来にこれまでの施工方法を継続することが困難となることが予想されている。一方、レディミクストコンクリートの品質の変動や振動締め固めの不備に起因する材料分離、充填不良などの初期欠陥、側壁部スプリングライン下方における表面気泡等が様々な要因により発生し、その解決は容易ではなかった。

そこで筆者らは、上記問題を解決する手段として覆工の自動化施工に着目し、自己充填コンクリートを用いて締め固めを不要とし、スライドセメント下方に設置した圧入口から圧入のみで覆工を構築する実物大の実験を行った。本稿では、要素実験にて妥当性を確認した RFID タグ（以下、タグ）を実物大実験に適用することで、圧入されたコンクリートの充填位置を推定した結果について述べる。

2. 実験概要

図-1 に実物大実験装置および覆工の概要を示す。コンクリート壁上に鋼製支保工を建て込み、内面にはキーストンプレートを貼り付けて、1 スパン 10.5m 分の外型枠、すなわち模擬地山を設置した。外型枠は地山と違い、側方地盤ばねが期待できないため、地震時の構造安全性を確保するため RC 構造とした。覆工厚は 400mm とした。

自己充填コンクリートは自己充填ランク 3 の条件（スランプフロー：600±50mm，U 形充填高さ・障害なし：300mm）を目標値としたものを使用した。1 台のアジテータ車に 4m³ を積み込み、運搬（約 15 分）、到着後に圧入を行った。図-2 に圧入口および充填感知センサの配置図を示す。圧入口を中央部付近とラップ側に片側 2 箇所、合計 4 箇所配置し、自己充填コンクリートを圧入した。また、充填感知センサによりコンクリートの充填状況を確認した。

図-3 にタグの投入方法を示す。アジテータ車からポンプ車への荷下ろしを開始後、1～2 分間隔でタグを 1 個コンクリート中に順次投入した。アジテータ車 1 台につきタグを 10 個投入し、コンクリート硬化後に覆工内面側から RFID リーダによりタグを検出し、コンクリート充填位置の推定を行った。

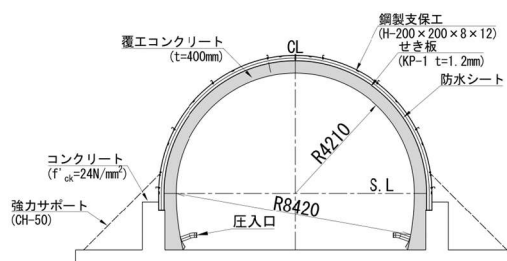


図-1 実物大実験装置および覆工

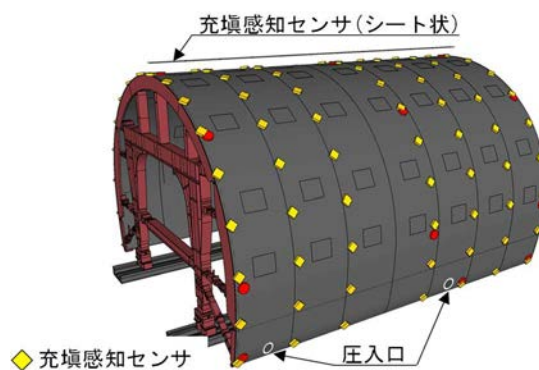


図-2 圧入口および
充填感知センサ



図-3 タグの投入方法

キーワード トンネル, 覆工, 自己充填コンクリート, 充填位置, 圧入, RFID タグ

連絡先 〒300-2658 茨城県つくば市諏訪 C30 街区 1 佐藤工業(株)技術センター 土木研究部 TEL.070-1320-4731

3. 実験結果および考察

図-4 に充填感知センサから得られたコンクリートの充填状況を示す。側壁部では片側 2 箇所の圧入口からそれぞれ端部へ向かって自己充填コンクリートが充填する状況を確認できた。ラップ側，中央部付近，つま側の順に型枠内部が充填されていた。打上がり面が肩部に到達後，中央部付近の圧入口を閉塞し，片側のラップ側圧入口からのみ充填を行った。ラップ側からコンクリートが天端部を越流して左右のコンクリート打上がり面が合流した。その後，ラップ側からつま側に向かって型枠内部が充填される様子を確認できた。天端部の地山側も充填の進行とともにラップ側から順に充填される状況を確認した。

図-5 に下端から天端にかけて 3 層に分けた際の投入時間別のタグ検出位置を示す。覆工側面にタグを投影して示した図であり，左右のタグを集約して表示している。なお，アジテータ車 20 台に対し，タグを 200 個投入した。その内，硬化後に検出された数は 59 個 (29.5%) であった。図より，投入したタグは，おおむね投入した時間帯の打込み箇所が存在していることが確認できる。

図-6 にタグを投入したアジテータ車 No. と検出位置の鉛直高さを示す。図より，アジテータ車 No. が大きくなるほど，検出された高さが大きくなっていることが分かる。

以上の結果から，圧入した自己充填コンクリートは打上がり面に流動したことが推察される。さらに，天端の充填においては順次新しいコンクリートが供給されてコンクリートが打ち重なっていると考えられる。

4. まとめ

実物大施工実験におけるタグの検出結果から，圧入したコンクリートは先に圧入されたコンクリートを掻き分け打上がり面へ流動していることが推測できた。また，天端の充填においては順次新しいコンクリートが供給されてコンクリートが打ち重なっていると考えられる。

参考文献

- 1) 小山広光，弘光太郎，藤原正佑，小野知義，宇野洋志城：自己充填コンクリートを用いた覆工自動化施工の開発—壁状模擬型枠を用いた予備実験による充填状況および均質性の確認—，土木学会第 77 回年次学術講演会，VI-298，2022
- 2) 小池悟，野間康隆，多宝徹，齋藤淳：実物大型枠を用いた覆工コンクリート天端部の充填状況と品質に関する実験，コンクリート工学年次論文集，Vol.40，No.1，2018

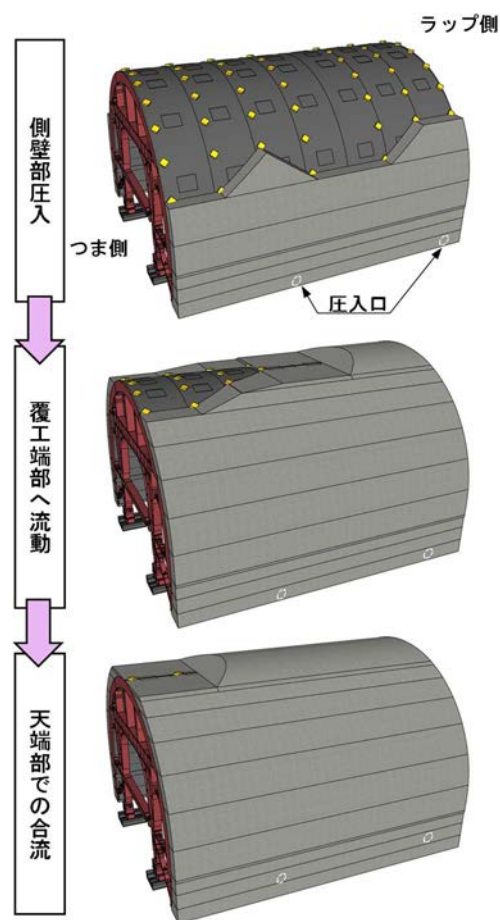


図-4 自己充填コンクリートの充填状況

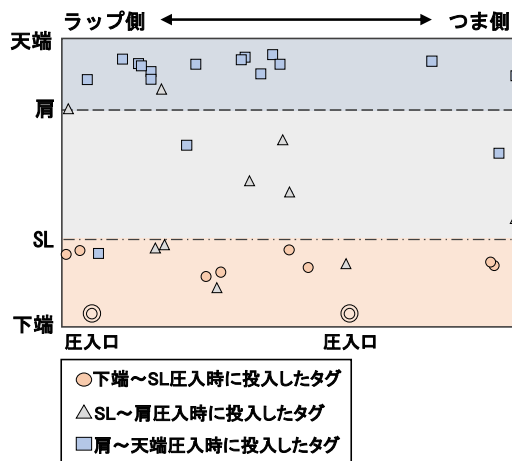


図-5 タグの投入方法

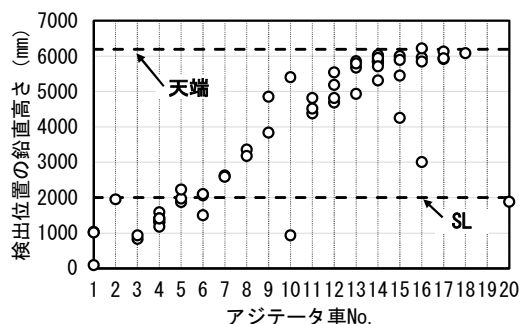


図-6 アジテータ車 No. と検出位置の鉛直高さ