

## 自己充填コンクリートを用いた覆工自動化施工の開発 —実物大実験による充填状況および出来映えの確認—

佐藤工業 正会員 ○弘光太郎 小山広光 藤原正佑 小野知義 宇野洋志城

### 1. はじめに

山岳トンネルの覆工コンクリートの打込みは、一般に、側壁部ではコンクリートをスライドセントルの作業窓から投入して行い、順次上へと配管を切り替え、天端部では吹上げ方法で行われるが、近年の熟練工不足の問題や生産性向上、品質向上といった課題に対する解決策として、トンネル覆工の自動化施工が求められている。そこで筆者らは、覆工の自動化施工技術の開発を目的に、自己充填コンクリートを実物大スライドセントル下方から圧入して覆工コンクリートを構築する実験を行った。本稿では、覆工実物大実験装置の概要について述べるとともに覆工コンクリートの充填状況および脱型後の出来映えについて検証した結果を報告する。

### 2. 覆工実物大実験装置の概要

図-1、図-2、写真-1 に、実験に用いた覆工実物大実験装置の概要を示す。

コンクリート擁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、10.5m×2 スパン分の外型枠、すなわち模擬地山を設置した。実施の条件と合わせるため、キーストンプレートの内面には防水シートを敷設した。

地山と同程度の側方地盤ばねが期待できないため、覆工断面内に鉄筋を配置してRC構造とし、地震時の構造安全性を確保した。

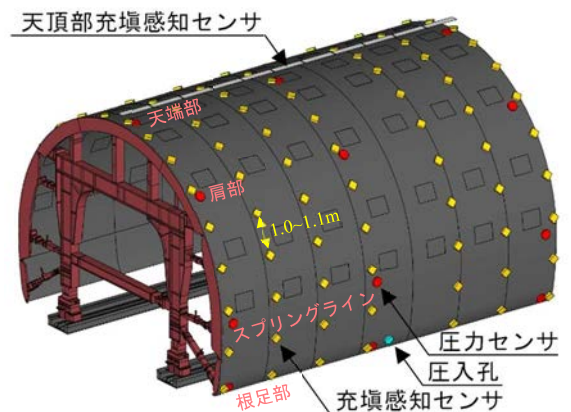


図-1 センサ配置図

既報<sup>2)</sup>の実験結果に基づき、コンクリートの側圧としては液圧を考慮することとした。岐阜工業株式会社にて、従来のスライドセントルの補強設計を行い、スキンプレート厚さ、リブ、ジャッキ等の見直しを行った。型枠面の縦断方向中央部下端には、自己充填コンクリートの圧入孔を左右1箇所ずつ（合計2箇所）配置した。圧入は下端からのみ行うこととし、通常はガントリー上部に設置する配管切替え装置を底版部に設置した。圧入中のコンクリートの充填状況を確認するため、スライドセントル型枠面には充填感知センサ(119箇所)および圧力センサ(21箇所)、外型枠の天頂部には充填感知センサ(11箇所)を配置した。使用した自己充填コンクリートは、圧送効率および材料分離リスクを考慮し、自己充填性ランク2相当とした。

### 3. 実験方法

充填感知センサは、電圧を印加させた2本の電極にコンクリートなどの導電体が接触した際の抵抗値の変



写真-1 覆工実物大実験装置内部

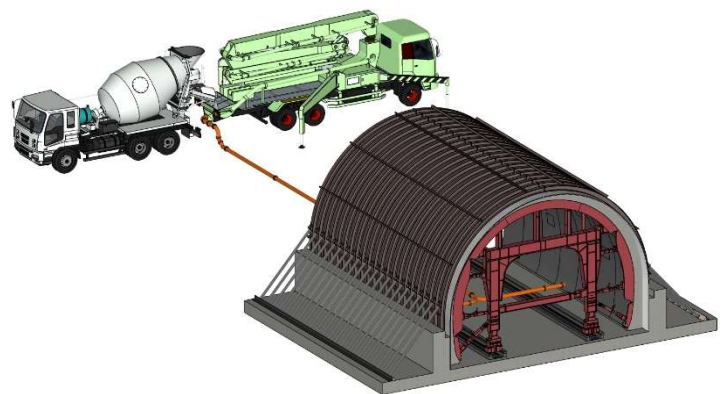


図-2 覆工実物大実験装置 概略図

キーワード トンネル, 覆工, 自己充填コンクリート, 省力化, 充填, 圧入

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.080-4148-6167

化を感知し充填の判別を行う方式のものを用いた。これを用い、左右の打ち上がり高さの差が0.5m程度以内におさまるよう偏圧力を管理した。底版からスプリングラインまでは一層当たりの打ち上がり高さを0.5m程度とし、表面気泡の発生抑制を図った。スプリングラインから上は一層当たりの打ち上がり高さを1.0m程度とし、常に左右で0.5mの差をつけながら圧入した。

外型枠の天頂部に配置した充填感知センサがすべてコンクリート到達を感知した時点で圧送を終了した。

#### 4. 実験結果

圧入実験の結果、圧入孔が配置されている中央部から両端部へと自己充填コンクリートが流動する状況が充填感知センサによって確認され、天端部における左右からの合流も中央部から両端部へと進んでいくことが確認された。

覆工コンクリートの容積84m<sup>3</sup>の圧入に3時間14分を要した。スライドセントルの左右の偏心は確認されず、コンクリートの供給ピッチや配管切り替え回数の見直しにより圧入時間を短縮できる可能性が示唆された。

最下段の圧力センサによる測定値を図-3に示す。

充填感知センサ直上のコンクリート高さから想定圧力（液圧）を算出し、計測値と対比させた。計測結果は、想定圧力と概ね一致することが確認された。

中央部と端部での圧力差は、中央部センサが圧入孔付近であったため、自重圧力に加えて配管圧送時の圧力が影響したものと考えられる。

圧入完了後、骨組構造解析から算出した必要強度に達してから脱型を行った。写真-2に脱型後の覆工コンクリートの出来映えを示す。脱型直後の覆工コンクリート表面は、圧入孔から直上に向けて流動跡とみられる扇形の模様が確認されたが、材齢の経過とともに模様は薄くなる傾向にあった。

充填不良やコールドジョイントの発生等は認められず、本実験のような有配筋の覆工でも自己充填コンクリートの圧入が可能であることが確認された。スプリングライン下方に発生しやすい巻込み空気による表面気泡はなく、良好な出来映えであった（写真-3）。

#### 5. おわりに

今回の実験により、一連の施工手順を確認でき、自己充填コンクリートの圧入による側圧データも得ることができた。コンクリートの充填性、出来映えについて良好な結果が得られ、自動化施工の実現可能性を確認できた。今後、実験結果をスライドセントルの設計や覆工コンクリートの施工手順に反映させ、実用化を進めていく予定である。

#### 参考文献

- 1) 手塚康成, 松本修治, 日野博之, 青柳隆浩: トンネル覆工コンクリートの自動打設システムの開発, 土木学会年次学術講演会講演概要集, 第75回 第6部門, VI-06, 2020.
- 2) 森賢宇[他]: 自己充填コンクリート圧入側圧測定実験, 佐藤工業技術研究所報, 2020 No.45, p.5, 2020.

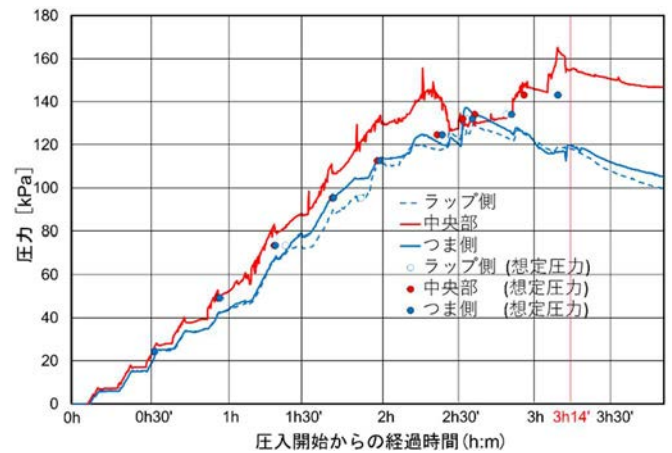


図-3 圧力測定値



写真-2 覆工コンクリート出来映え



写真-3 覆工側面の出来映え