

自己充填コンクリートを用いた覆工自動化施工の開発 —型枠内に圧入される覆工コンクリートの打重ね部の評価—

佐藤工業株式会社 正会員 ○小山広光 藤原正佑 弘光太郎 小野知義 宇野洋志城

1. 背景

山岳トンネルの覆工コンクリート施工の省力化および品質向上を目的として、筆者らは自己充填コンクリートを用いた覆工の自動化施工の開発を行っている。本開発は、スライドセントル中央部下端に設置した圧入口から自己充填コンクリートを型枠内に圧入し、バイブレータによる振動締固めおよびスライドセントル作業窓から作業窓への配管切替えを行わず、コンクリートをトンネル天端まで充填させる施工方法としている。

先般、鋼製支保工とキーストンプレートで構築した模擬地山と実物のスライドセントルを用いて施工実験を行い、本開発の施工方法の妥当性、自己充填コンクリートの充填状況および均質性を確認した^{1),2)}。左右1箇所もしくは2箇所に設置した圧入口からコンクリートポンプで圧入し、スライドセントルへの偏圧を抑えるため配管切替え装置によって左右交互にコンクリートを充填させ、目視および充填感知センサによって左右の打上がり高さの差が0.5m程度となるように配管の切替え操作を行った。図-1に圧入口を左右2箇所設置した場合における型枠内部における自己充填コンクリートの充填状況を示す。スライドセントル下端から圧入されたコンクリートは、側壁部では圧入口から天端部へ向かって上昇しながら充填される。ラップ側に未充填箇所を発生させないようにするため、コンクリートが肩部に到達した後は中央部の圧入口を閉塞して片側のラップ側圧入口から充填を行い、天端部を越流させて左右のコンクリート打上がり面を合流させた後、ラップ側からつま側に向かってコンクリートを充填させた。その際、つま側肩部付近のコンクリートの打重ね時間間隔が最も長く、つま側肩部に充填されたコンクリートの上にラップ側から流動したコンクリートが打ち重なるまで約1時間を要することが、充填感知センサの記録から確認された。

施工実験ではコンクリートを連続して圧入することができたが、実際の施工においてはコンクリートの供給や施工時のトラブル等によって途中で圧入が中断され、打重ね時間間隔が長くなる状況が懸念される。コンクリート標準示方書ではコンクリートの許容打重ね時間間隔の標準を25℃以下の場合は2.5時間以内、25℃を超える場合は2.0時間以内としているが、これはバイブレータを用いて締固めを行うことを前提としており、本開発の施工方法においてそのまま適応させることは難しい。そこで、この打重ね状況を模擬して打重ね時間間隔を変化させた供試体を作製し、曲げ強度および供試体の破壊性状によって打重ね部の評価を行った。

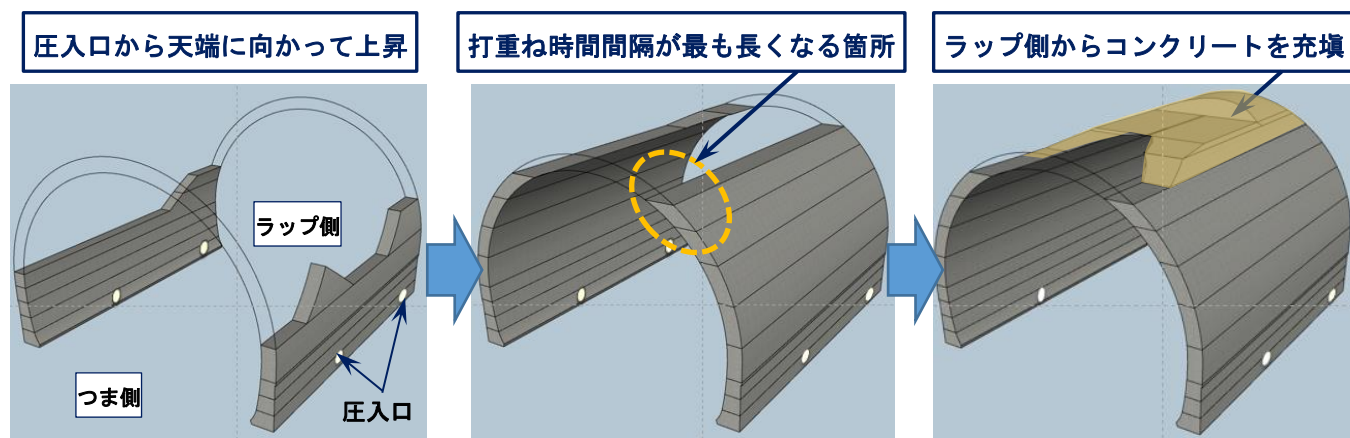


図-1 スライドセントル型枠内部における自己充填コンクリートの充填状況（圧入口片側2箇所）

キーワード トンネル、覆工、自己充填コンクリート、充填、圧入、打重ね

連絡先 〒300-2658 茨城県つくば市諏訪 C30 街区1 佐藤工業株式会社 技術センター 土木研究部 TEL.070-3291-1453

2. 試験概要

図-2 に実験に用いた曲げ供試体の作製方法を示す。10×10×40cm の鋼製型枠を傾け（傾斜角度約 10°）、1 層目のコンクリートを型枠の端部に打ち込んだ。所定の時間（1～4 時間まで 45 分間隔で計 5 ケース）が経過した後に 1 層目で使用したコンクリートを 2 層目として反対側から打ち込み、打重ね部を有する供試体とした。また、比較のために、打重ねなしの供試体も併せて作製した。実験に使用したコンクリートは、施工実験で使用した自己充填コンクリートと同様の材料、配合および性状（W/C=41.6%, s/a=48.7%, スランプフロー 600±50mm, 空気量 4.5±1.5%）のものを用いた。脱型後材齢 27 日まで標準養生を行った後に荷重点にキャッピングを行い、材齢 28 日で曲げ試験を行った。荷重点の 2 点間（等曲げモーメント区間）が打重ね部となるように、打重ね部の位置を設定した（図-3 参照）。

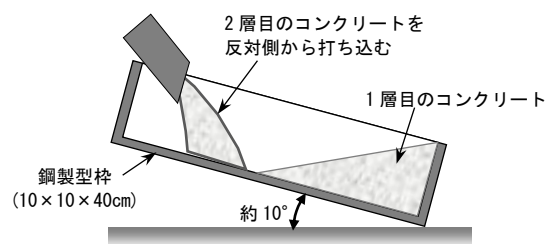


図-2 供試体作製方法

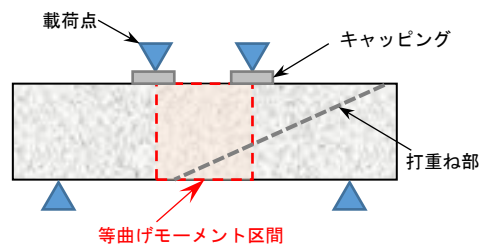


図-3 曲げ試験概要

3. 試験結果および考察

写真-1 に曲げ試験後の供試体の破壊状況の一例を示す。打重ね時間間隔が 1 時間 45 分の場合では、打重ね部と異なる箇所でも供試体が破壊した。打重ね時間間隔が 4 時間の場合では、引張側下縁の打重ね部でコンクリートがひび割れ、打重ね部に沿ってコンクリートが破壊しており、打重ね部で一体性が低下していることが確認された。

図-4 に打重ねなしの供試体の曲げ強度の平均を 1 とした場合の各供試体の曲げ強度比と打重ね時間間隔の関係を示す。施工実験で確認された打重ね時間間隔 1 時間では、曲げ強度は打重ねなし（0 時間）とほぼ同等であり、2.5 時間を超えると打重ね部に沿って破壊する傾向がみられ、既往の研究³⁾と同様に強度は低下することが確認された。

上記の結果から、自己充填コンクリートの打重ね時間がコンクリート標準示方書の許容打重ね時間間隔 2.5 時間を超えた場合、打重ね部において覆工コンクリートの一体性が低下する可能性が示唆された。

4. まとめ

本施工方法の打重ね部を模擬した供試体の曲げ試験により自己充填コンクリートの打重ね部の評価を行った結果、コンクリートの一体性を確保できる打重ね時間間隔の上限を確認することができた。

参考文献

- 1) 弘光太郎, 小山広光, 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—実物大実験による充填状況および出来映えの確認—, 土木学会第 77 回年次学術講演会, VI-299, 2022
- 2) 藤原正佑, 小山広光, 弘光太郎, 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—実物大実験により構築した覆工の均質性評価—, 土木学会第 77 回年次学術講演会, VI-300, 2022
- 3) 橋本紳一郎, 岡村雄樹, 舌間孝一郎: 打重ねコンクリートの一体性に関する一考察, 土木学会第 56 回年次学術講演会, V-482, pp.964-965, 2001



写真-1 供試体破壊状況

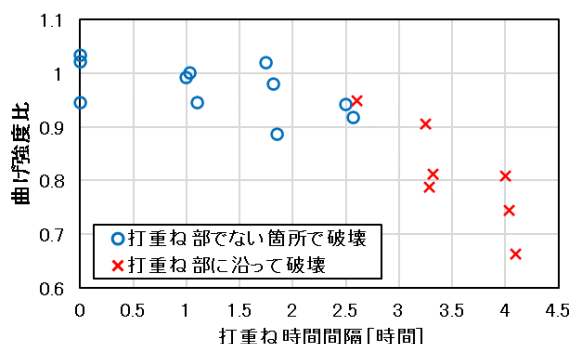


図-4 曲げ強度比と打重ね時間間隔の関係