

中流動覆工コンクリートを用いた自動打設システムの適用実績

鹿島建設(株) 正会員 ○藤原浩一 坂平新志 石井利治 影山 心 松本修治 手塚康成
NEXCO 西日本(株) 正会員 宮内智昭 藤田健士

1. はじめに

従来工法によるトンネル覆工コンクリートの打設は、移動式型枠内の狭隘な空間での入念な締固めや配管切替えなど苦渋となる人力作業が多い。そこで、松本らは人力作業の削減による生産性の向上を目的に、覆工用高流動コンクリートを用いた自動打設システム¹⁾を開発している。本稿では、軽微な締固めを必要とする中流動覆工コンクリート²⁾にも対応できるように改良した自動打設システム（以降、自動打設システムと記す）を実工事となる新名神高速道路大津大石トンネル工事に適用した実績について報告する。

2. 自動打設システムの概要

自動打設システムは、図-1 に示すように、(1) 中流動覆工コンクリート²⁾、(2) 打込み口を自動で即座に切り替えられる回転式打設口を備えた新しい打設配管装置、(3) 型枠バイブレータの自動制御装置、(4) コンクリートポンプ2台を連携させながら打上がり高さを調整する打設制御装置の4つで構成される。(4)により、コンクリートポンプの圧送信号を受け、移動式型枠表面に3列29段で設置された高さ検知センサによって(2)、(3)を自動で制御することで、アジテータ車の入替え時を含め人の手を全く介さずに、打上がり高さを左右均等に調整しながら締固めを行い、全断面を吹き上げて打ち込めるシステムである。

3. 適用概要

本工事は、3車線道路の大断面トンネルであり、覆工コンクリートの打設量は通常の2車線トンネルの約2倍となる（約200m³/日）。そのため、人力によるコンクリート配管の切替えを行う従来工法を採用した場合、打設が長時間となり技能者の負荷が増大する。また、地域の生活環境保全の観点から工事車両の通行時間にも配慮しており、限られた時間の中で品質確保と高速施工を両立する必要があった。そこで、自動打設システムを全線に適用し、品質を確保しつつ技能者の負荷低減を図った。ここでは、一区画における適用について述べる。

表-1 に中流動覆工コンクリートの配合を示す。本工事における中流動覆工コンクリートは、剥落防止を目的とした繊維補強仕様で、スランプフロー425±75mm に対する材料分離抵抗性を確保するために単位セメント量を357kg/m³とした。また、使用する混和剤は、覆工コンクリートの施工に適するように開発された特殊高性能 AE 減水剤³⁾を用いている。自動打設システムの設定は、図-2 にある全7リフトの内、1～2リフトで12m³/h、3～5リフトで20m³/h、6～7リフト（天端）で28m³/hの打込み速度とした。

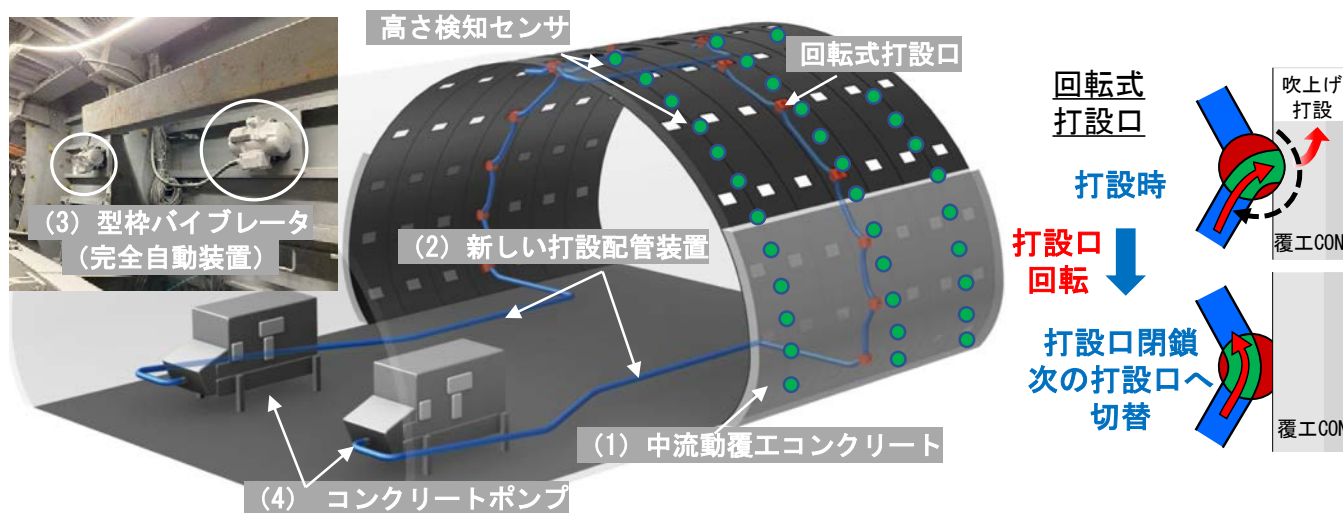


図-1 自動打設システム

キーワード：中流動覆工コンクリート、自動打設システム、制御装置、表面の仕上がり、透気係数
連絡先 〒540-0001 大阪府大阪市中央区城見 2-2-22 鹿島建設(株)関西支店土木部 TEL06-6946-3311

コンクリートの締固めは、移動式型枠に1.5m以内の間隔で設置した全110台の型枠パイプレータを用いて行い、打設中リフトより上の高さ検知センサが反応した際に、横一列（7台）が自動制御で20秒間稼働する設定とした。

また、コンクリートの打設中は、作業時間とトータル打設時間を記録した。脱型後は、覆工コンクリートの仕上がりを確認し、表層品質の指標となるトレント法による透気係数⁴⁾の測定を行った。

4. 適用結果

打設中は前述にて設定した打設速度・型枠パイプレータの作動時間で所定のフレッシュ性状の中流動覆工コンクリートが型枠の隅まで充填されていることを確認した。また、本工法では高さ検知センサの反応に基づき、型枠両側に高低差が生じた際に打設速度が自動で調整されるため、打設中のポンプ車の操作は必要としない。移動式型枠内の作業としては、打設完了後の配管清掃を除けば一切の人力作業が不要で、主に棲枠監視のみであった。配管切替など人力作業が多い従来工法と比べ、作業人員を7人から3人（棲枠監視2名、制御盤確認1名）にでき、通常10時間の打設を2時間短縮できた。また、写真-1に覆工コンクリートの仕上がりを示す。自動打設で施工した覆工コンクリートの仕上がりは良好であり、図-3にあるように透気係数によって表層品質を評価した結果、従来工法⁵⁾よりも大幅に良好な値で、ばらつきも小さくなることが確認できた。これは、型枠パイプレータ完全自動制御装置により、技能者の技量や熟練度によることなく、確実かつ均等な締固めを行うことができた結果と言える。

5. まとめ

中流動覆工コンクリートに自動打設システムを適用することで、コンクリートの品質向上、省力化による生産性向上の結果が得られた。また、打設中は覆工技能者が防水工などのトンネル他工種を進められるため、トンネル工事全体の生産性が向上した。今後、打設速度や型枠パイプレータの稼働時間といった打設計画の最適化を行い、覆工コンクリートの美観や品質の更なる向上を目指していく。

参考文献

1) 松本修治, 手塚康成, 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, 土木建設技術発表会 2020, II-11, 土木学会, 2020.
2) 株式会社高速道路総合研究所: NEXCO 中流動覆工コンクリート技術のまとめ, 株式会社高速道路総合研究所, 2011.12.
3) 作榮二郎, 亀島健太, 松本修治, 坂井吾郎: ブリーディング低減成分を含有した増粘剤一液型高性能 AE 減水剤を使用した覆工用高流動コンクリートの基本特性, 第75回年次学術講演会, V-434, 土木学会, 2020.
4) R.Torrent and G.Frenzer: A method for the rapid determination of the coefficient of permeability of the “covercrete”, International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering(NDT-CE),pp.985-992,Sep.1995.
5) 佐藤崇洋, 手塚康成, 新岡尚幸, 竹市篤史: 覆工コンクリートにおける品質および耐久性向上への効果検証について, 第72回年次学術講演会, IV-166, 土木学会, 2017.

表-1 中流動覆工コンクリートの配合

SF (mm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	Gvol (L/m ³)	単位量 (kg/m ³)						PP Vol.%
					W	C	S1	S2	G	VSP	
425	4.5	49.0	52.0	320	175	357	276	649	855	4.28	0.3

C:普通ポルトランドセメント, 密度 3.15 g/cm³, S1:砕砂, 表乾密度 2.65g/cm³, S2:石灰砕砂, 表乾密度 2.67g/cm³, G:碎石 2005, 密度 2.67g/cm³, VSP:ポリカルボン酸系特殊高性能 AE 減水剤, PP:ポリプロピレン製繊維, 繊維長 47mm

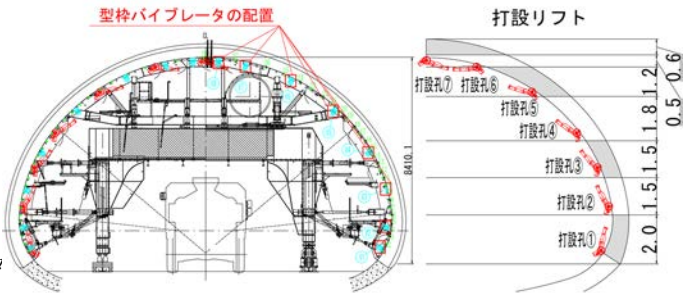


図-2 打設リフト割



写真-1 覆工コンクリートの仕上がり状況

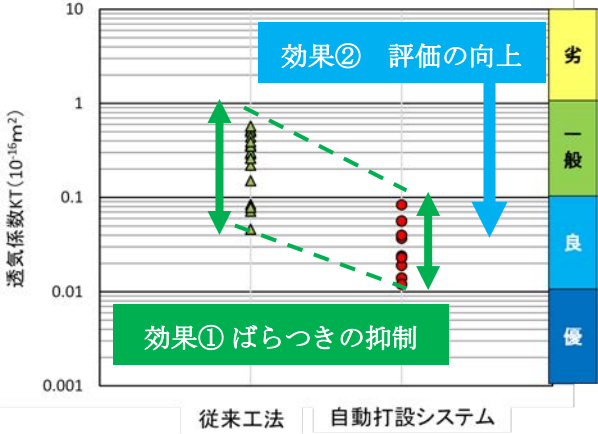


図-3 透気係数の比較