

[2020年7月15日]

トンネル覆工コンクリートの完全自動打設に成功！ 全く新しい打設配管システムとポンプ車を連動させるシステムを開発

鹿島(社長:押味至一)は、岐阜工業株式会社(岐阜県瑞穂市、社長:宗像国義)、株式会社シンテック(高知県高知市、社長:村田孝)と共同で、従来に無い革新的な打設配管システムを開発し、トンネルの覆工コンクリート打設を完全に自動化することに成功しました。

本システムは、コンクリートポンプ車の圧送信号と配管の切替えをリンクさせることで、アジテータ車の入替え時以外は人の手を全く介さずに、打上げ高さを自動で調整しながら、左右均等に全断面をコンクリート吹上げ打設するものです。

これにより省人化、省力化を図り、安定したコンクリート品質を確保するとともに、従来工法と同等のコストを実現しました。



模擬トンネルで覆工コンクリートを自動打設中

【開発の背景】

当社は、熟練技能労働者の減少や若手の入職者不足など、建設業が抱える様々な課題の解決策の一つとして、安全性と生産性を高め、品質も確保できる自動化技術の開発を進めています。

山岳トンネル工事における覆工コンクリート打設については、狭隘な作業空間でのコンクリートの打込みやバイブレータを用いた人力による締固めなど、技能労働者の経験と技量に頼る作業が多く、また作業環境も厳しいことから、完全自動化によるメリットが大きいと考え、開発を進めてきました。

【完全自動打設システムの構成と特長】

本システムは、①締固めが不要なトンネル覆工用高流動コンクリートの使用、②残コン(打設時に配管内に残るコンクリート)の減量と回収が容易な新しい打設配管システム、③左右の高速切替が可能な配管切替装置、④ポンプ車と連動し左右の打上げ高さを自動制御する打設制御システム、の4つで構成されます。

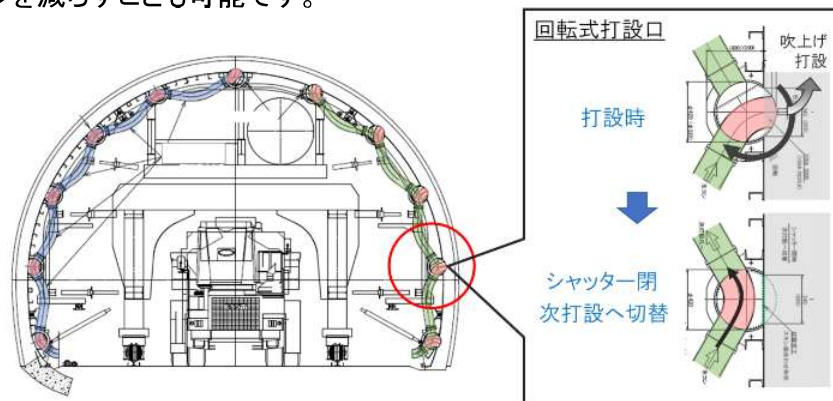
① トンネル覆工用高流動コンクリート

当社では、2011年に「増粘成分一液型の高性能AE減水剤を用いた覆工用中流動コンクリート」、2017年に「締固め作業が不要な自己充填性を有する覆工用高流動コンクリート」を開発し、現場で適用しています。今回、増粘成分一液型の高性能AE減水剤を改良し、これを用いることで、高流動コンクリートにおいても中流動コンクリートと同等の単位セメント量(350kg/m³)で締固めを不要としました。

② 新たな打設配管システム

高流動コンクリートは粘性が高く、自由落下させると空気が混入し、打設後の覆工表面の気泡跡を増長する欠点があります。これを克服するには、全ての打設口を吹き上げて圧入する方式(吹上方式)に変更する必要があります。一方、従来の吹上打設配管システムでは、打設口毎に配管が必要で、切替えの際に残コンが多量に発生します。このため、打設作業中の残コンの回収と配管清掃などの作業の発生、残コンの廃棄処分による環境負荷とコスト増が課題でした。

これらを解決するため、各打設口を一筆書きで接続する打設配管システムを開発しました。本システムの最大の特長でもある回転式の吹上打設口は、打設時は吹上口が型枠表面からコンクリート内部へ突出していますが、打設を完了した際は回転して型枠表面と同じ位置で蓋が閉まると同時に、次の打設口への配管ルートを形成します。これにより、打設中の残コンの回収や配管清掃が不要となります。さらには、ポンプ車でポンプを逆転・正転させ、例えば右側の配管内の残コンを回収し左側の配管へ送るといった手法で残コンを減らすことも可能です。



打設配管システムの概要

③ 高速配管切替装置

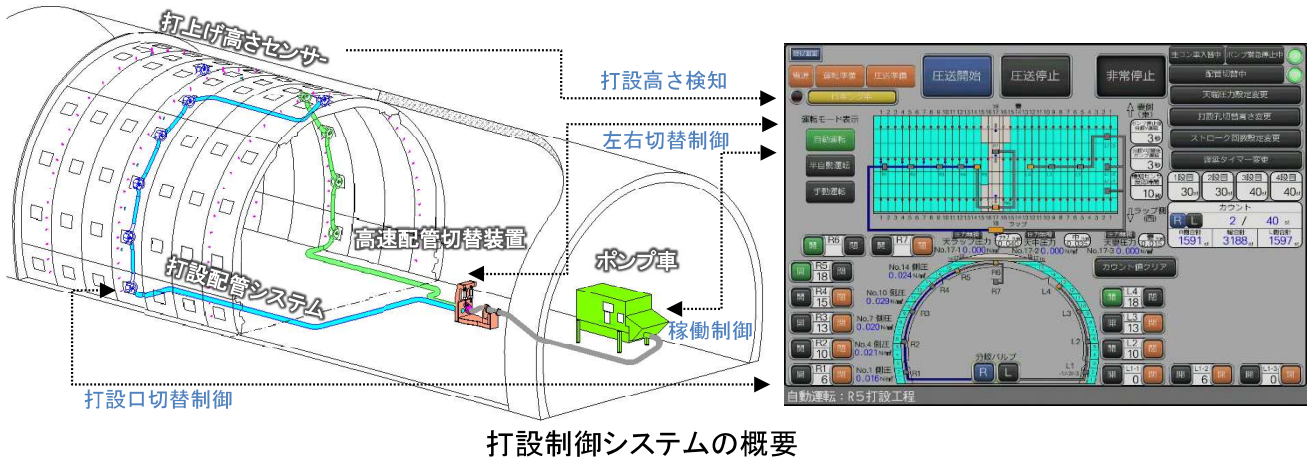
締固めを行わないコンクリートは連続打設が原則ですが、従来の配管システムでは、打設口の切替えも含めて左右系統の切替えに数十分を要し、これによる流動停止の跡が脱型後のコンクリート表面に顕著に残るという欠点があります。

本システムでは、配管の分岐点に設置した高速配管切替装置により、左右系統の切替えが3秒、打設口の切替えも含めて15秒で行うことができ、流動停止時間を短時間に抑えることが可能です。

④ 打設制御システム

コンクリートの打上げ高さが確認できるセンサーを、型枠表面に設置して打設状況を見える化するとともに、ポンプ車と連動させて配管系統を自動で切り替え、左右の高低差を無くし均等に吹上打設を行う制御システムを開発しました。

事前に決定した打設口の切替高さや左右の切替えを行うポンプ車のストローク回数など、詳細な打設計画をシステムに入力し、スタートボタンを押すだけで、自動で全断面が計画通りに打設されます。システムには、打設履歴が記録されるため、脱型後の仕上がりや打設計画との因果関係の分析も場所を特定して詳細にできるなど、改善活動もより明確になります。



【試験打設結果】

2020年2月～3月に「模擬トンネル」で2回の打設試験を行い、本システムの有効性と表面の仕上がり状況を確認しました。制御システムに入力した計画通りに完全自動で打設が進み、システムの有効性は確認できました。現在、表面の仕上がりや入力パラメータの因果関係の詳細分析を実施中であり、その結果を踏まえて、美観も含めた自動打設方法の最適化を図ります。



脱型後の仕上がり状況

【今後の展開】

今回の模擬トンネルでの試験打設で、完全自動打設を成功させ良好な結果を得たことから、制御システムの信頼性の向上と現場適用時に向けた耐久性の向上を図り、2021年度の実現場への導入を目指します。また今後は、TAF工法も自動化することで、セントルのセットから打設、養生に至るすべての工程を自動で行う統合システムの構築を目指します。

(参考)

トリプルアーチフォーム(TrAF)工法、唐丹第3トンネルに初適用！(2017年8月3日プレスリリース)
<https://www.kajima.co.jp/news/press/201708/3c1-j.htm>

トンネル覆工用高流動コンクリートを唐丹第3トンネルに初適用(2017年10月2日プレスリリース)
<https://www.kajima.co.jp/news/press/201710/2c1-j.htm>

動画で見る鹿島の土木技術「山岳トンネル」

https://www.kajima.co.jp/tech/c_movies/index.html#anc_mountain_tunnel