

覆工コンクリート打止め自動化の精度向上に向けた取り組み

清水建設株式会社 新東名高速道路高松トンネル工事 正会員○渡上 正洋 熊谷 至康 石井 孝広
 清水建設株式会社 土木技術本部 地下空間統括部 正会員 下條 洋介 福田 毅
 中日本高速道路株式会社 東京支社 秦野工事事務所 正会員 中村 洋丈 蛭沢 佑紀

1. はじめに

NATMの覆工コンクリート打設において、バイブレータのかけ方や、コンクリート打止め判断には技能労働者の経験や技量が要求されるため、個人の熟練度によって品質が左右される場合がある。昨今、技能労働者の不足により、その経験や技量の低下を補う新たなシステムの開発が必要不可欠である。

そこで、著者らはこれらの課題解決とともに、生産性の向上、品質の均一化を目的として覆工コンクリート自動締固めシステムの開発を行い、その有効性を確認してきた。しかしながら、本システムにおいて、覆工コンクリートの打止め判断は、想定される天端の圧力の確認と、充填度合いを目視確認するという従来のやり方を併用しながら打設を行っている。

そこで、本報告では、覆工コンクリート打設において、打止め時の天端部のコンクリート圧力を分析し、精度の高い管理基準値の設定を試みたので報告する。

2. 覆工自動施工システムの概要

本システムは、型枠バイブレータによる自動締固めを基本とし、セントルに設置するコンクリートセンサの信号を受信して、型枠バイブレータ、コンクリートポンプ、およびマニピュレータ式の配管切替え装置と連動させ、図-1に示すような制御画面をタブレットPCに集約させ、簡単なタッチパネル操作で自動施工を行うものである。

図-2にセントルに装備した各種センサを示す。打設手順は、セントル中央に配置したコンクリート打設高さ感知センサにより、所定の高さまでコンクリートが打上がったことを確認すると、ポンプ車のコンクリート圧送が自動停止し、型枠バイブレータが自動的に稼動して締固めを行う機構である。一連の作業を左右交互に行い、天端までコンクリートを打込んでいく。打込みはラップ側の打設口からコンクリートを圧送し、妻側へ向かって押し出しながら打込んでいく。打設中は、図-1に示した制御画面にコンクリートの締固めエネルギー、圧力、温度等をリアルタイムに把握でき、異常値が発生していないか常時監視できるシステムになっている。なお、型枠バイブレータによる締固めは、当社施工の他の新東名高速道路作業所でも実施しており、品質の向上や不具合の抑制に効果があることを確認している。

キーワード：覆工自動施工システム、天端打込圧力、自動化

連絡先：〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目16-1 清水建設株式会社地下空間統括部 TEL 03-3561-3891



図-1 覆工自動施工システム制御画面

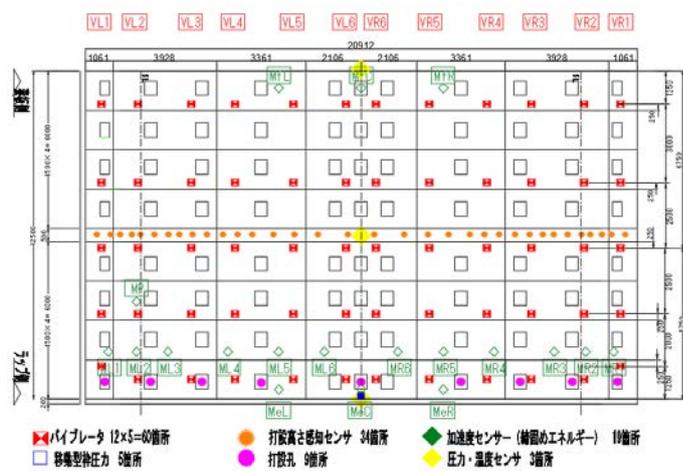


図-2 セントルに配置した各種センサ

3. 中流動コンクリートの性状

NEXCO では、従来の覆工コンクリートよりも施工性が良く、より効率的な作業を行える中流動覆工コンクリートを標準としている。中流動コンクリートの性状と配合を図-3 に示す。

4. 天端部の打込み圧力測定結果

天端の防水シートの棲部、中央部、ラップ部の3箇所に設置したコンクリート圧力センサで測定された結果を図-4~図-6 に示す。

図-4 は、コンクリートセンサが反応し始めてからの経時変化を表した一例である。圧力は、徐々に増加していき、型枠バイブレータが稼働することで、圧力が減少に転じている様子が確認できる。1 回につき 15 秒間の稼働を 5 回繰り返し、繰り返しの中で圧力の低下量が小さくなり、コンクリートの充填を完了し、打ち止めとなっている。

図-5 は、全打設 8 回分の最大圧力、打止め時圧力について整理している。最大圧力は概ね打止め直前に計測され、それらの圧力差は 10~20% 程度であった。この傾向は、別の打設でも同じ結果であった。

図-6 は、圧力の計測位置に着目して整理した。平均圧力はラップ側、中央、妻側の順に 0.026 N/mm²、0.019 N/mm²、0.013 N/mm² となり、打込み口から離れるにつれて一定の割合で小さくなった。

5. まとめ

本報告では、覆工コンクリート打設において、打止め時の天端部のコンクリート圧力データを分析し、より精度の高い管理基準値の設定を試みた。

打設数としては、現時点で 8BL と少ないものの、圧力のばらつきは比較的小さいことから、平均圧力を管理基準値（ラップ側：0.026 N/mm²、中央 0.019 N/mm²、妻側：0.013 N/mm²）と定めることができると考える。よって、天端コンクリート打止め自動化の精度はこれまで以上に高められると考えている。

一方で、圧力のばらつきが大きい場合も想定されることから、引続き打設を繰り返しながら自動化精度の向上のためにデータ蓄積を進めたいと考える。

参考文献

- 1) 小池, 久保, 垣見, 松永, 遠藤, 高杉, 福田: 中流動覆工コンクリートにおける自動締固めシステムの適用性, トンネル工学研究発表会, 第 30 巻, I-38, 2020.11.



| セメント種類 | W/C (%) | s/a (%) | 単位量(kg/m ³) | | | | | | | |
|--------|---------|---------|-------------------------|--------|-----|-----|-----|-----|--------|-------|
| | | | 水 W | セメント C | 細骨材 | | 粗骨材 | | 混和材 SP | 繊維 PP |
| | | | | | S1 | S2 | G1 | G2 | | |
| N | 50 | 51 | 175 | 350 | 625 | 266 | 535 | 345 | 4.025 | 2.73 |

図-3 コンクリートの性状と配合

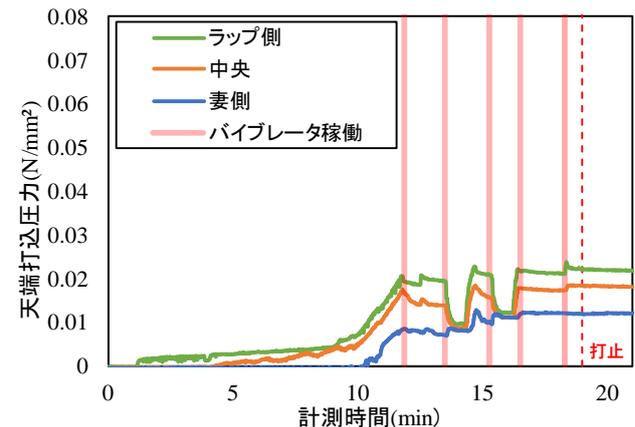


図-4 4 回打設目の天端打込み圧力の経時変化

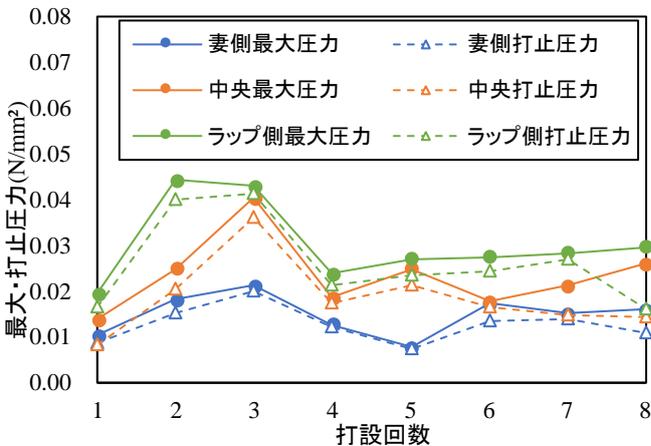


図-5 最大圧力及び打止圧力の関係

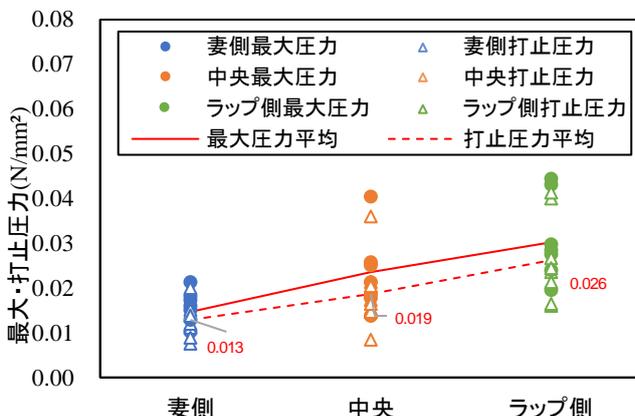


図-6 センترل内の位置と天端打込み圧力