

覆工コンクリートの施工状況の可視化・電子化の試み

(株)フジタ建設本部 正会員 ○三河内永康
 (株)フジタ技術センター 正会員 藤倉裕介
 (株)フジタ東北支店 三上 浩

1. はじめに

近年、橋梁やトンネルの老朽化が指摘され、長寿命化や維持管理・更新が重要となってきた。これらの計画を策定する場合には、施工時の状況を考慮することが重要な項目の一つとなるが、施工記録が残っていないことが少なくない。

覆工コンクリートは、山岳トンネルにおける最終構造物である。ここでは、稲生トンネル工事（国土交通省四国地方整備局発注）の覆工コンクリート全線において、多機能セントルシステムを導入しコンクリートの打ち込み状況を可視化・電子化する試みを行った結果を報告するものである。

2. 多機能セントルシステム

多機能セントルシステムは、各種計測機器が一体型のシステムとして機能するセントル型枠のことで、今回は以下の3種類のセンサを搭載した（図-1）。

- ①静電容量式センサによるコンクリート打込み状況
（以下、「覆工ウォッチャー」という）
- ②圧力センサによるセントルに作用するコンクリート圧力状況
（以下、「圧力ウォッチャー」という）
- ③温度センサを用いたコンクリート強度の発現状況
（以下、「温度ウォッチャー」という）

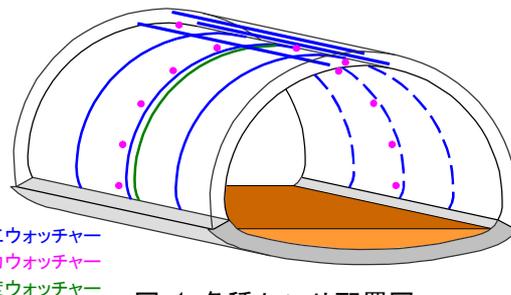


図-1 各種センサ配置図

覆工ウォッチャーは、静電容量式センサを用いたコンクリート充填ウォッチャー（NETIS：KT-140049-A）を覆工コンクリート用に活用したものであり、静電容量の変化によりコンクリートの打ち上がり高さの位置を検出するものである。センサケーブルは、覆工下端部から天端部の周長方向に左右3測線ずつと天端の縦断方向に3測線の、1打設スパン当たり9測線を配置した。防水シートにガムテープ等で貼るとその部分の静電容量を検出せずに誤差が大きくなる。本トンネルは全線において複鉄筋構造であったため、鉄筋に結束した（写真-1）。

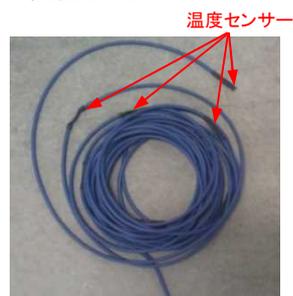


側壁部 天端部

写真-1 覆工ウォッチャー設置状況

圧力ウォッチャーは、圧力検知センサを用いてセントル面に作用する側圧の状況を把握することができる。圧力検知センサは、セントル型枠の中央部の全周1測線（左右5箇所ずつ）と天端のラップ側と妻側のそれぞれ1箇所に取り付け、覆工コンクリートに凹凸がでないようにセントル面と同じ位置になるように設置した。

温度ウォッチャーは、1線多点式（1m毎に10点計測、延長10m）の温度センサを用いて、セントル表面の脚部から天端の全ての測点の温度を一度に測定できるものである（写真-2）。センサケーブルは、トンネル半断面の側壁部から天端部の



温度センサー 写真-2 温度ウォッチャー

キーワード トンネル, 覆工コンクリート, 可視化

連絡先 〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-25-2 TEL 03-3796-2298

セントル表面（内空側）に設置した。

3. 可視化・電子化の試み

多機能セントルシステムを用いて得られた計測データは、パソコンを介してセントル全面に設置した大型モニタに表示し、いつでも誰でも覆工コンクリートの施工状況を把握できるものとした（写真-3）。



写真-3 大型モニタ設置状況

覆工ウォッチャーでは、コンクリートの打込み状況をビジュアル的に把握できるため、決められた打込みステップや打込み速度の遵守、打ち重ね時間などの施工管理をすることができたほか、打込み時の配管切替えや振動締固め機（バイブレータ）の使用を適切に行うことができる。大型モニタには、覆工下端部から天端部の周長方向の中央の左右 1 測線と天端の縦断方向の中央部 1 測線を表示させた（写真-4）。

圧力ウォッチャーでは、図化表示によりセントルに作用する全ての場所の圧力の状況をリアルタイムに監視することができ、圧力上昇時の打込み速度の調整や左右の圧力差が過度になった場合の打込み箇所の変更等、迅速な施工管理を行うことができた（写真-5）。

温度ウォッチャーの測定データは、大型モニタに天端部、肩部、SL 部の温度を表示させた。コンクリート打設中は、打込み箇所の温度分布を把握することができた。コンクリート打設終了後は、最後打設となる天端部の温度を基に、積算温度（温度×時間）と圧縮強度の相関により推定強度を予測してモニタに表示し、脱型時期を管理した（写真-6）。

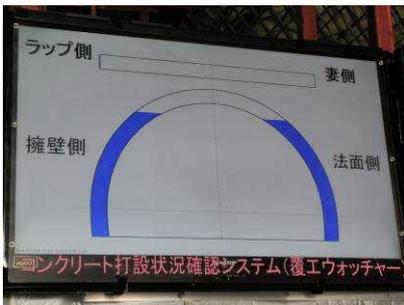


写真-4 覆工ウォッチャー



写真-5 圧力ウォッチャー

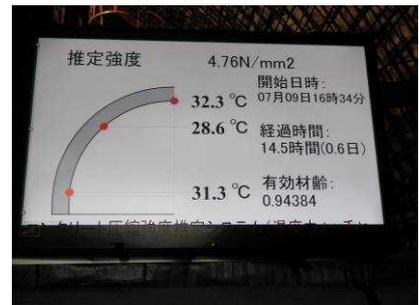


写真-6 温度ウォッチャー

多機能セントルシステムを用いると、全ての計測データが電子化できる。このため、コンクリート打設後にこれらのデータを用いて施工プロセスを分析して施工手順等の見直しを行うことで、施工サイクルの遵守や安定的な覆工の品質を確保することが可能となる。また、覆工作業の自動化の実現にも寄与できると考える。覆工ウォッチャーの打ち上がり高さデータを用いて、打込み状況を簡易三次元化したものを図-2 に示す。

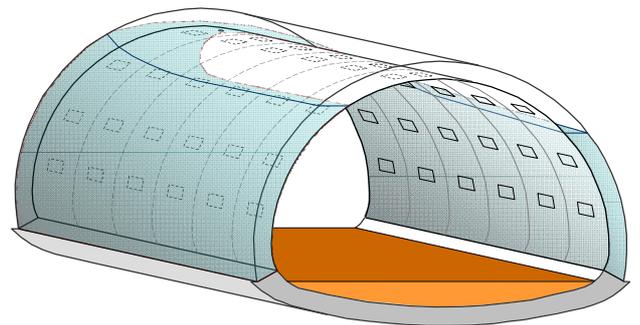


図-2 打込み状況の簡易三次元化

4. まとめ

今回、トンネルの高品質化・高耐久性化を目指して、坑門工に中流動膨張コンクリート、覆工に中流動コンクリートを採用したことで、普通配合のコンクリートと比べて、品質・耐久性が向上することを確認した。また、合理化施工を目指して多機能セントル及び養生管理の両システムを試験的に導入したことで、打ち込み時と養生時の省力化につながるだけでなく、品質管理のプロセスをデータベース化し、次施工へフィードバックすることが可能となった。