

覆工コンクリート全断面連続締固めシステムの開発 (その1)

株式会社奥村組 技術研究所 正会員 ○今泉 和俊
 株式会社奥村組 技術研究所 正会員 塚本 耕治
 株式会社奥村組 名古屋支店 正会員 浜田 元

1. はじめに

トンネルアーチ部の覆工コンクリートの締固めは、狭い空間内での作業となることから一様に締固めることが困難なため、締固め不足が生じることがある。そのような場合には、コンクリート品質の不均一性や、表面にあばたや縞模様等が現れ、仕上がり状態が悪くなる。このような締固め不足に起因する不具合の解消を目的として、覆工コンクリートの側壁部からアーチ部を經由して妻型枠までを機械的に連続して締固める技術の開発に取り組んだ。図-1に本システムの概要図を示す。このシステムを用いることにより覆工コンクリート全体の密実化が図られ、その結果として、ひび割れの発生抑制、強度、耐久性および水密性の向上、さらに覆工表面のあばたや縞模様の低減などが期待される。

本稿では、バイブレータ牽引時の牽引荷重特性および本システムを適用した場合のあばた面積低減効果の把握、ならびに最適な施工手順の確立を目的とし、現場での実証実験に先立って行った模型実験の結果について報告する。

2. 模型実験の概要

(1) 動作確認実験

図-2に示す模擬セントル(側壁部高さ0.9m、アーチ部内半径1.5m、長さ1.5m)を用いて、側壁部からアーチ部へのバイブレータの方向転換、およびバイブレータ固定までの作業手順および動作を確認した。また、アーチ部内半径1.5m、覆工厚さ0.3m、長さ6.9mのクラウン部を模擬したセントルを用いて、吹き上げ口からのコンクリート打込み完了後のバイブレータ支持台収納、バイブレータ引抜きまでの作業手順および動作を確認した(図-3)。コンクリート硬化後には、内空側表面の63点においてあばた面積を測定し、締固めの有無によるあばた発生状況を比較した。

(2) 牽引荷重特性・仕上がり状態確認実験

内空断面が幅0.5m、覆工厚さ0.3m、長さ10.5mの型枠にポンプ圧送によりコンクリートを打込んだのち、締固めを行いながら引抜く際の牽引荷重を測定した(図-4)。既存の巻取り式バイブレータによる締固めのトラブル事例より、コンクリート打込み時にバイブレータケーブルが流され、蛇行することによる牽引荷重の増加が予想された。本システムでは、先端ワイヤをセントルに固定し、巻取り装

キーワード トンネル、覆工コンクリート、締固め、圧力管理

連絡先 〒300-2612 茨城県つくば市大砂387 (株)奥村組 技術研究所 TEL 029-865-1751

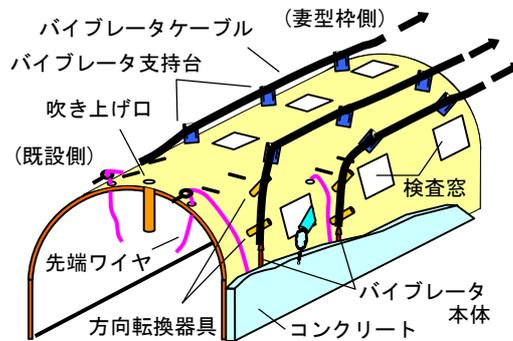


図-1 システムの概要図

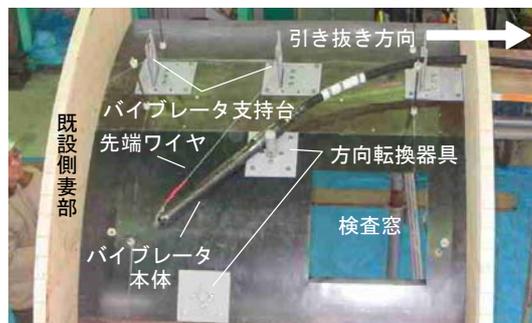


図-2 バイブレータの方向転換

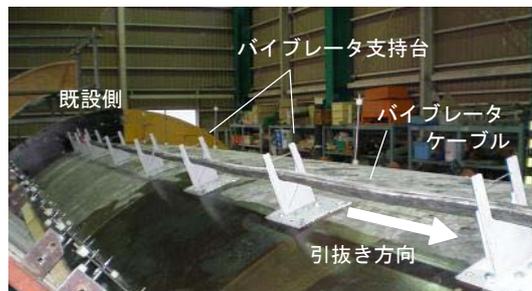


図-3 バイブレータ支持台およびバイブレータの設置状況



図-4 牽引荷重測定準備状況

置によりバイブレータケーブルに 0.5kN の緊張力を与えることにより直線性を保持することで牽引荷重を低減する工夫を図った。

なお、コンクリート打込み時より締固め完了後数時間までコンクリート圧力を計測した。圧力計は、既設側端部から 0.375m (圧力計①)、0.375m からは 1.5m 置きに 9.375m (圧力計②～⑦) までの 7ヶ所に配置した。また、バイブレータ牽引時には牽引荷重と牽引長を計測した。

3. 結果および考察

(1) 動作確認実験

側壁部でのバイブレータ本体部の上昇、方向転換器具によるトンネル軸方向への姿勢変更、バイブレータ支持台への本体部の設置、バイブレータの牽引、方向転換器具・支持台の収納に対して、支障なく動作することを確認した。

(2) 牽引荷重特性・仕上がり状態確認実験

コンクリート打込み開始から牽引開始までの時間と最大牽引荷重の関係を図-5 に示す。牽引開始までの時間が増すにつれ、牽引荷重が指数関数的に増加する結果が得られた。本実験における牽引中の荷重の変化は、牽引開始時にパルス的に荷重が発生し (0.5~14.2kN)、その後は妻型枠まで 0.1~1kN 程度の荷重であった (図-6)。これは、牽引開始時にバイブレータとコンクリートの付着を切るために、パルス的に荷重が発生したと考えられる。以上より、時間の経過と共にバイブレータとコンクリートの付着が強くなり、その付着を切るために荷重も大きくなると考えられる。トラブルによる打込みの中断があった場合には、バイブレータの破断強度 (25kN) を考慮して、吹き上げ口からの打込み開始から 2 時間 (安全率約 2.5) を限度として引抜くこととした。

コンクリート圧力の推移を図-7 に示す。打込み完了後のコンクリート圧力は徐々に低下し、締固め時に本体部が通過した直後に大きく低下する結果が得られた。コンクリート圧力が高い場合には、締固めによる圧力低下が起こっても覆工背面に空隙が発生しない。しかし、圧力が低い場合は、締固めにより空隙が発生する。したがって、コンクリートの充填性を確保するために、覆工コンクリートの設計厚さ相当圧力を基に設定した最小管理圧力と、セントルの載荷許容圧力を基に設定した最大管理圧力の範囲内となるようにコンクリート圧力を管理することとした。

締固めの有無によるあばた面積率分布の比較を図-8 に示す。締固めを行った場合は、行わなかった場合に対して全域で相対的にあばた面積率が低減した。また、吹き上げ口から 2m 以上離れた範囲では、バイブレータ通過位置付近のあばた面積率が 1%以下と特に低減している結果が得られた。以上より、締固めを行うことによりあばた面積が低減する効果が認められた。

4. まとめ

模型実験から本システムの性能と施工性を確認した。本システムを用いることにより、空隙のない覆工コンクリートの打設や覆工表面のあばたの低減が可能となることが分かった。

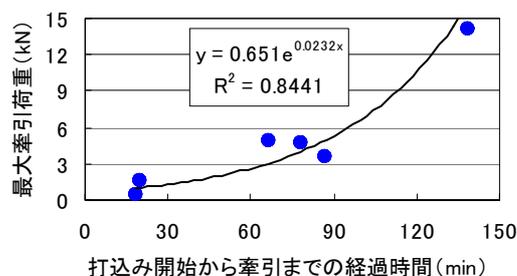


図-5 経過時間と牽引荷重の関係

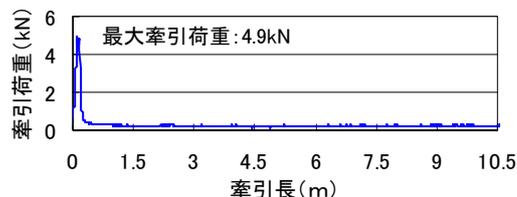


図-6 締固め時の牽引荷重の例

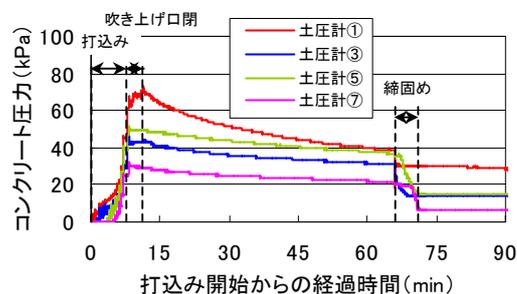


図-7 コンクリート圧力の推移の例

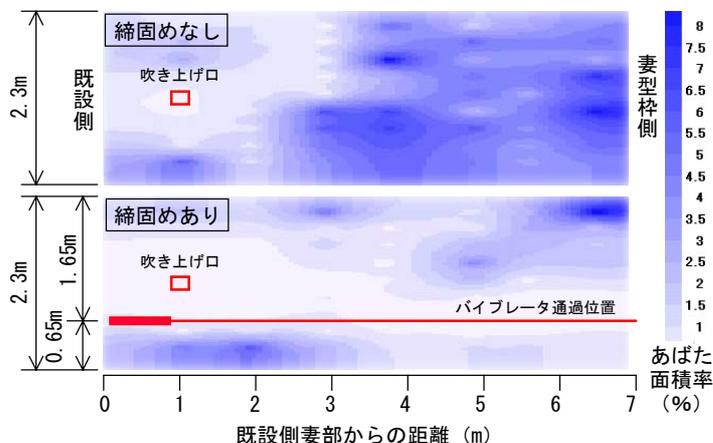


図-8 あばた面積率分布の比較