

型枠に設置したセンサによる覆工コンクリートの充填状況および締固め状況の把握に関する実験

日本国土開発 (株)	正会員	○佐原 晴也	正会員	千賀 年浩
児玉 (株)		山本 秀之		津久井 寛
(株) 科学情報システムズ		武田 祐二		小笠原 一基

1. はじめに

トンネル覆工コンクリートアーチ部は、一般に、吹上げ方式で打ち込まれるため充填状況が把握しにくく、また十分な締固めが困難な部位でもある。近年では、引抜き式の専用バイブレータで天端部を締固める技術が開発されているが<sup>1)</sup>、その使用効果を十分に発揮するためには締固め有効範囲や締固め程度を把握する必要があると考えられる。一方、セントルに各種センサ付き小型集積回路（以下、スマートセンサと称す）を取り付けて覆工コンクリートの強度発現を推定・管理する技術が報告されている<sup>2)</sup>。本センサは強度推定に係る温度測定機能に加え、充填検知および加速度測定機能を有しており、これをセントルアーチ部に複数個配置すれば、覆工アーチ部の充填状況や締固め状況が把握できる可能性がある。以下に、この点について模擬実験で検討した結果を報告する。

2. 実験概要

(1) 模擬型枠

写真-1 に、覆工アーチ部のセントルを模擬した型枠の概要を示す。型枠の形状寸法は、幅 180 cm×長さ 210 cm×高さ 30 cm であり、メタルフォームで組み立てた。型枠底面にはスマートセンサを 40 cm 間隔で格子状に 16 個配置し、格子点情報に基づいて面的にコンクリートの流動・充填状況や締固め状況を把握（見える化）することを試みた。また、型枠中央部の底面から 15 cm の高さに棒径 43mm の高周波バイブレータを水平に設置し、引抜き式バイブレータを模擬した。

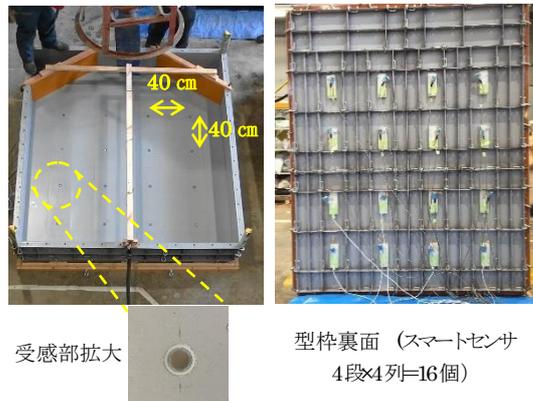


写真-1 模擬型枠概要

(2) 実験内容と方法

上述のように、実験ではコンクリートの流動・充填状況の把握および締固め状況の把握の 2 つの内容を検討した。まず、型枠上方からコンクリート（呼び名 27-15-20N）を投入し、下方に向かって流動・充填していく状況をスマートセンサで捉え、リアルタイムに図化した。次に、コンクリートを 30 cm の厚さになるまで充填し、その後バイブレータを引抜きながら締固めを行い（写真-2 参照）、締固め状況を上記同様に図化した。なお、バイブレータの引抜き速度は 90 cm/分とした。また、コンクリート硬化後に試験体からコアを採取（引抜きバイブレータから 20、40、60 cm の位置で採取）し、締固めエネルギーと強度の関係を検討した。

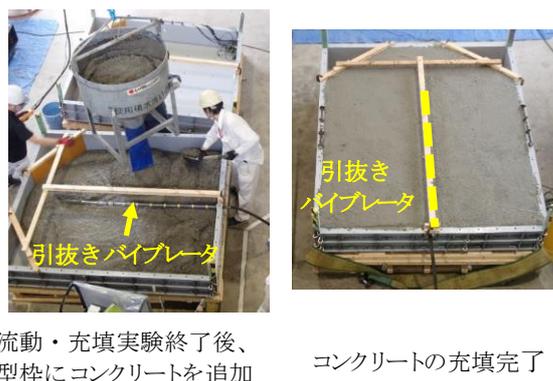


写真-2 実験手順概要

3. 実験結果および考察

(1) 流動・充填状況の把握

図-1 に、流動・充填状況の把握の実験結果の一例を示す。図-1 から、ビデオキャプチャ画面とスマートセンサの充填検知情報に基づく図化の結果は比較的によく合致していることが分かる。上述のように、本実験ではスマートセンサの格子点情報から補間処理を行い、面的に流動・充填状況を表示することを試みたが、実験の結果、この

連絡先 〒107-8466 東京都港区赤坂 4-9-9 日本国土開発 (株) 土木事業本部

ような手法で覆工アーチ部の充填状況が把握できる可能性が見いだされた。また、複数のスマートセンサ情報をリアルタイムで処理し図化する手法(見える化システム)についても確認することができた。

(2) 締固め状況の把握

図-2に、パイプレータの引抜きに伴う締固め度分布の経時変化の一例を示す。締固め度は、所定のエネルギーに対する各領域の累積締固めエネルギーの比率(%)で定義し、締固めエネルギーは、スマートセンサによる加速度測定値をもとに既往の文献<sup>3)</sup>を参照に算出した。図-2から、パイプレータ振動部の位置と大きな締固めエネルギー領域は比較的によく合致しており、ほぼ妥当と考えられる締固め度分布が得られていることが分かる。このことから、セントルアーチ部に複数個のスマートセンサを配置することで、天端引抜き式パイプレータによる締固め状況が把握できる可能性が見いだされた。

(3) コア強度試験結果

図-3に、締固めエネルギーとコア強度の関係を示す。同図から、締固めエネルギーとコア強度には良い相関がみられることが分かる。このことから、スマートセンサによる加速度測定値に基づく締固めエネルギーを把握・管理することで、天端引抜き式パイプレータによる覆工アーチ部の締固めの程度が評価できると考えられる。

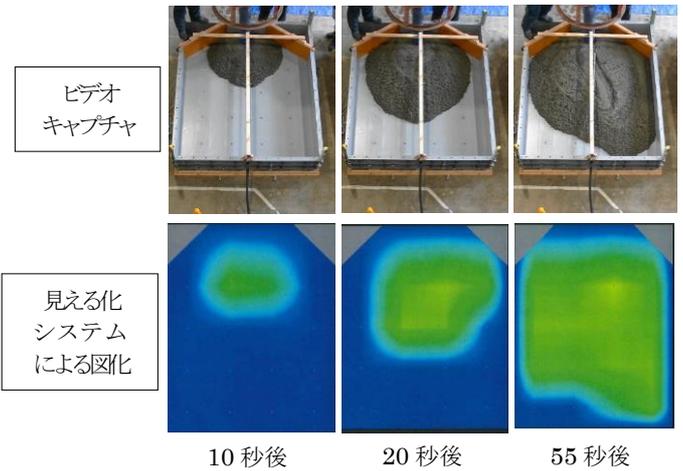


図-1 流動・充填状況の図化の一例

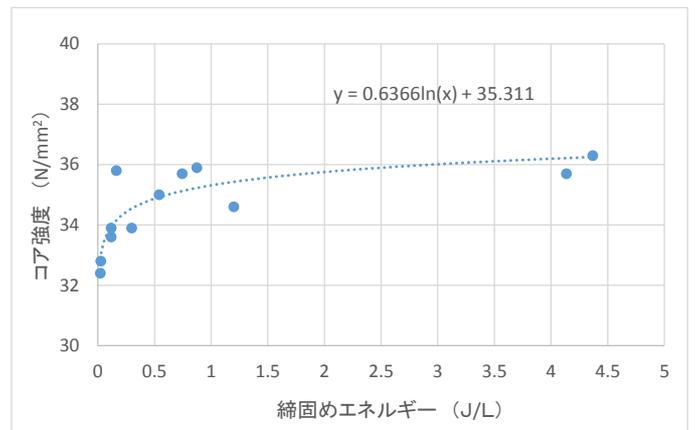


図-3 締固めエネルギーとコア強度の関係

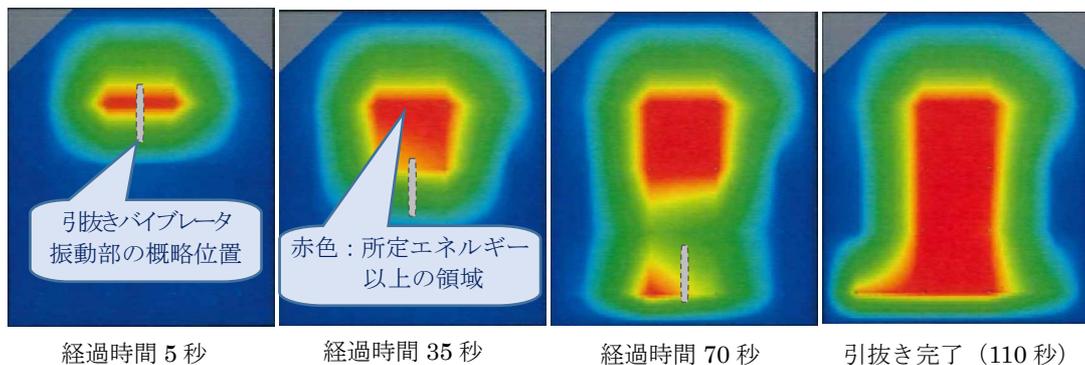


図-2 締固め度分布の経時変化(所定エネルギー0.5J/Lで図化した例)

4. まとめ

本実験の結果、セントルアーチ部に複数個のスマートセンサを格子状に配置し、スマートセンサで構成される格子点情報を処理することで、面的に覆工アーチ部のコンクリートの充填状況や締固め状況が把握できる可能性が見いだされた。また、それらの情報をリアルタイムで図化するシステムについても確認することができた。今後は実施工レベルで本報の結果を確認するとともに、実用化に向けた課題等を抽出したいと考えている。

【参考文献】

- 1) NETIS 新技術情報提供システム : [http://www.netis.mlit.go.jp/NetisRev/Search/NtDetail1.asp?REG\\_NO=TS-030008](http://www.netis.mlit.go.jp/NetisRev/Search/NtDetail1.asp?REG_NO=TS-030008)
- 2) 野口ほか：スマートセンサ型枠システムのスライドセントルへの適用(その1)、土木学会第68回年次学術講演会、VI、2013
- 3) 梁ほか：締固め完了エネルギーによる同一スランプコンクリートの施工性評価、コンクリート工学年次論文集、Vol.31、No.1、2009