

セメントルに設置したセンサによる覆工コンクリートの施工・品質管理の見える化の検討

日本国土開発 (株) 正会員 ○細井 泰行 正会員 佐野 健彦
 児玉 (株) 江頭 勝吾 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

セメ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する技術が報告されている¹⁾。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いる。既報²⁾では実験室レベルの模擬実験を行い、スマートセンサをセメントルアーチ部に格子状に複数個配置することで、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 (見える化) できる可能性があることを報告した。本報は、トンネルの実施工現場のセメントルに多数のスマートセンサを配置し、覆工コンクリート打設時の充填状況、振動締固め状況および初期強度発現状況の見える化を検討した現場実験結果を報告するものである。

2. 現場実験の概要

(1) スマートセンサの配置状況

図-1 および写真-1 に、実セメントルにおけるスマートセンサの配置状況を示す。同図に示すように、スマートセンサ数は81個とし、アーチ部により多く配置する計画とした。

(2) 見える化項目と見える化の方法

スマートセンサでは静電容量値、振動加速度、コンクリート温度を測定できる。そこで本実験では①コンクリート接触による静電容量値の変化に基づく充填状況、②加速度測定値から算出した締固めエネルギーに基づく締固めの程度、③積算温度法による強度発現状況の3つの項目について見える化を検討した。なお、締固め状況については側壁部のみを測定対象とした。



写真-1 スマートセンサ近景

スマートセンサで測定したデータは無線で専用のリーダーに読み込み、それを見える化ソフトを組み込んだ機器に転送し、リアルタイムでの見える化を図った (写真-2 参照)。

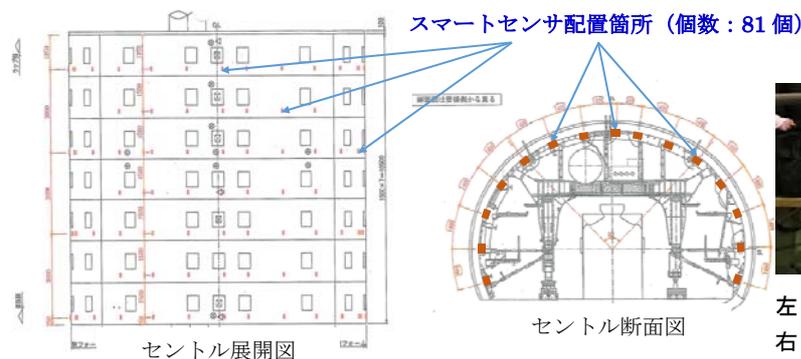
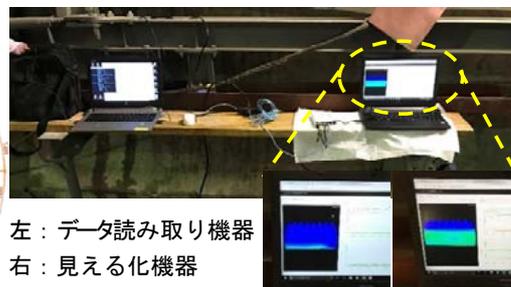


図-1 スマートセンサの配置状況



左: データ読み取り機器
右: 見える化機器

写真-2 リアルタイムでの見える化状況

3. 実験結果および考察

(1) 流動・充填状況の見える化

図-2 に、流動・充填状況の見える化結果の一例を示す。現場実験時、コンクリートの流動・充填状況を目視スケールで確認したが、スマートセンサによる見える化は人による確認結果と合致していた。上述のよう

キーワード スマートセンサ、覆工コンクリート、充填状況、締固め状況、見える化
 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

に、センサ情報に基づく流動・充填状況はノート PC、タブレット端末等でリアルタイムに把握することができる。現場技術者がこのシステムを用いることにより、打込み速度や打ち重ね時間を遵守した施工管理を行うことができるため、ブリーディングの抑制やコールドジョイント防止など、覆工コンクリートの品質向上が図れると考えている。

(2) 締固め状況の見える化

本実験では、加速度にあるしきい値を設定し、スマートセンサで測定される加速度がしきい値を超える時間をカウントして、その積算時間から締固めエネルギーを算出した。そして累積締固めエネルギーが所定締固めエネルギーを超えた領域を色変化で表示することとした。図-3に、このような手法で見える化を図った覆工側壁部の締固め状況の一例を示す。同図から、右側壁部のラップ側下部や棲枠側下部が他の部分に比べて締固めが不足している状況など、実施工で生じ得る状況の見える化が図れていることが分かる。今回は数回の施工で試行錯誤を行い、一般的な基準に準じた締固めを実施した場合に、その状況を「良」と評価できるように加速度しきい値や所定締固めエネルギーを設定した。今後は、種々の施工条件（覆工厚や部位の違い、配筋の有無など）に対し、同様な実施レベルでの測定を実施し、適切な加速度しきい値や所定締固めエネルギーを把握する必要があると考えている。

(3) 強度発現状況

図-4に、覆工コンクリートの強度発現状況の見える化結果の一例を示す。同図から、ジェットヒータ養生により強度発現が促進される状況、側壁下部や天端部棲側の強度発現が遅い状況など、実施工で定性的に予測される状況が具体的に・視覚的に確認できることがわかる。この見える化システムを覆工コンクリートの強度管理に活用することで、脱型強度不足が防止できるとともに、次施工時の重点養生箇所など養生に係る課題や改善点を把握できると考えている。

4. まとめ

施工・品質管理の見える化は、現場で施工に携わる全ての人が、その結果を根拠にして次施工に向けて課題を共有し改善を図るため、覆工の品質向上や耐久性確保に寄与すると考えている。今後は、天端引抜き式パイププレートによる締固め状況の把握および締固め度を評価する加速度しきい値や所定締固めエネルギーについて、データを収集・蓄積していきたいと考えている。また、より少ないセンサ数での見える化についても検討していく予定である。

【参考文献】

- 1) 野口 功: 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部門、2013
- 2) 佐原 功: 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、土木学会第72回年次学術講演会、2017 (投稿中)
- 3) 梁 功: 締固め完了エネルギーによる同一スランブ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

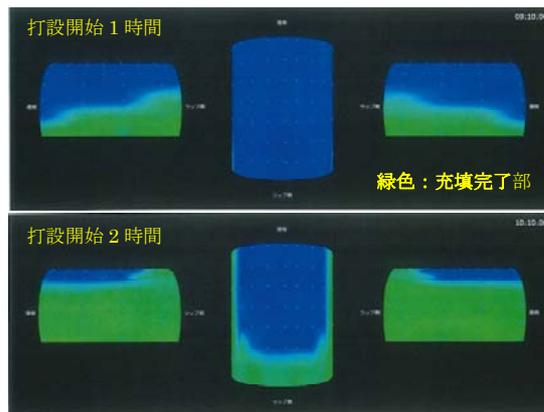


図-2 流動・充填状況の見える化結果の一例

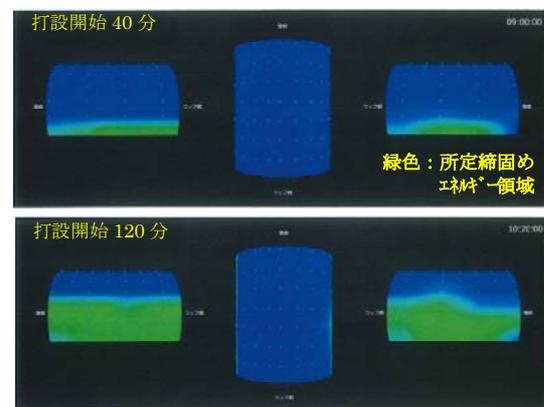


図-3 側壁部における締固め状況の見える化結果の一例

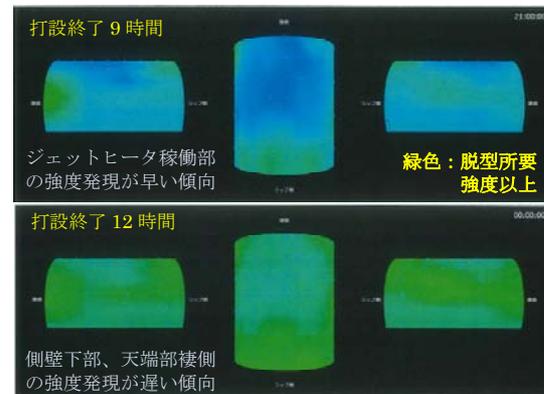


図-4 強度発現状況の見える化結果の一例