

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2)

東京大学大学院工学系研究科 正会員 北垣 亮馬
 日本国土開発(株) ○正会員 山内 匡
 国土交通省中国地方整備局 前 鳥取河川国道事務所 甲田 展丈
 児玉(株) 江頭 勝吾
 (株)アルス・リサーチ・システム 古森 崇史

1. はじめに

トンネル工事における覆工コンクリートの構築にあたっては、コンクリート打設翌日にはセントルを脱型し、セントルをスライドさせていく施工手順である。そのため、脱型直後の強度不足に起因するひび割れなどが、覆工コンクリートの長期耐久性に影響を及ぼす危険性が考えられた。そこで、鳥取西道路古海トンネル工事では、セントル脱型時期の判断、つまり若材齢コンクリートの品質管理システムとして、スマートセンサ型枠システムを採用^{[1],[2],[3]}した。本システムは、多機能センサ付きの小型集積回路(スマートセンサ)をスライドセントルに設置し、コンクリート表面に接触する温度センサによる温度履歴から、有効材齢を算出し、CEB-FIP 1990 式^[4]の強度推定式によって、コンクリート表面強度を把握できるシステムである。また、コンクリート表面に接触する温度センサの周辺には静電容量感知センサが取付けられており、コンクリートが接触した場合に静電容量の変化を感知できる機能を持っている。

本稿では、スマートセンサ型枠システム(以下:SS型枠システム)をスライドセントルへ適用するにあたって、本システムの一部を改善すると共に、温度センサの温度履歴から推定する若材齢コンクリートの表面強度について検証した結果を報告する。

2. スライドセントルへ適用するにあたっての改善

これまでのSS型枠システムの運用にあたっては、各スマートセンサ取付け箇所での推定圧縮強度に用いるコンクリートの有効材齢の算出は、一律にコンクリート打設開始時間を起点(手動)としている。しかし、スライドセントルへの適用にあたっては、セントルの脱型時期の判断を若材齢で行わなければならない。覆工コンクリート打設には4時間以上を費やすことから、各スマートセンサ取付け箇所(図-1)での有効材齢の起点の設定によっては、推定圧縮強度値に影響を及ぼすことが想定された。

そこで、有効材齢の起点の設定は、コンクリートが接触した時点で静電容量が変化することを利用した自動設定システムに改善した。静電容量の変化に伴う、有効材齢の算出起点の一例(対象スパン:無筋区間 32SP, 打設日:2012/12/5)を図-2に示す。

SS型枠システムによって収集された温度データ、また

キーワード 小型集積回路, 推定表面強度, 品質管理, スライドセントル

連絡先

〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 工学部 1 号館 103 号室 TEL 03-5841-6194

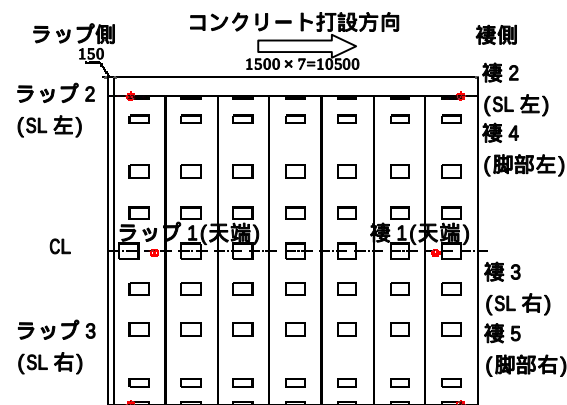


図-1 スマートセンサの取付け箇所図

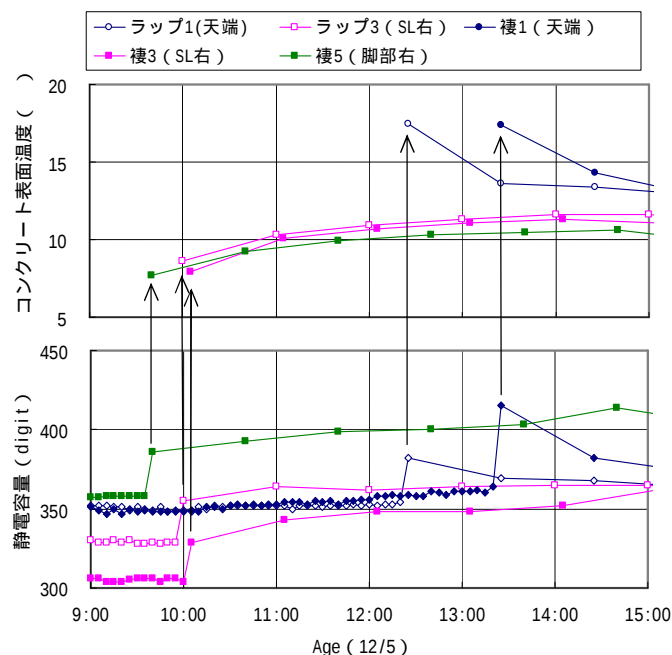


図-2 静電容量の変化と有効材齢の算出起点

それに基づき推定されたコンクリート表面の圧縮強度の一例を図-3, 図-4 にそれぞれ示す。これまでの結果^[3]と同様に, コンクリート表面温度は天端側の方が下側より高く, またラップ側の方が稜側より高くなる傾向が見られている。本スパンは冬季施工のため, 打設日夕方からはジェットヒーターによる加熱養生を施したために, 天端側の温度が特に高くなっており, また覆工コンクリート全体の表面温度も 5℃以上 に保たれていることが分かる。必然的にもコンクリート表面の推定圧縮強度もその傾向にあるが, 天端側の稜側については, 有効材齢の算出起点が遅かった(図-2) ことも影響し, 推定圧縮強度は低くなっており, 本システムを改善した効果がみられている。なお, コンクリートが自重に耐える強度に安全率を見込んだセントル脱型時のコンクリート管理強度 0.96 N/mm^2 の値は, 強度発現の最も遅い脚部において 12/6/9:00 頃に満足した結果となっている。

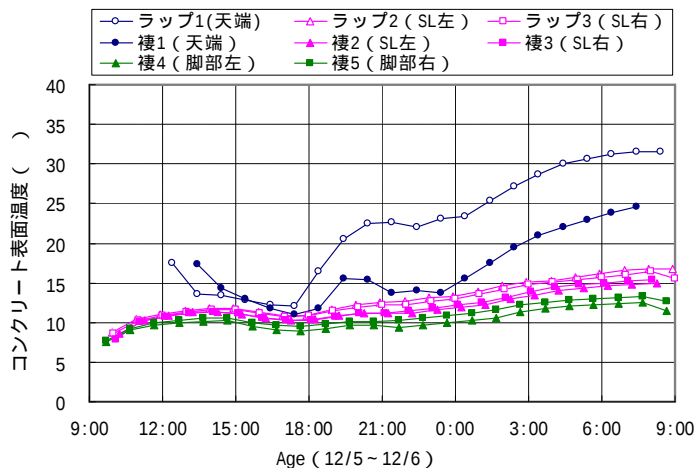


図-3 スマートセンサによる温度履歴

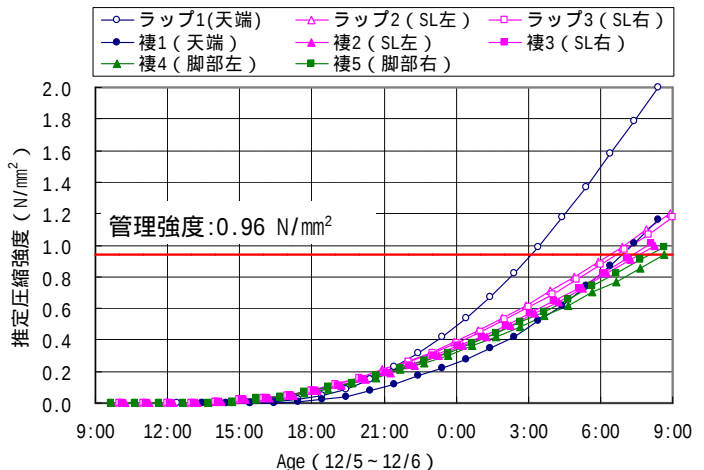


図-4 コンクリート表面の推定圧縮強度

3. 温度センサの温度履歴から推定する若材齢コンクリートの表面強度について

鋳物型枠 ($\phi 150 \times 300 \text{ mm}$) の高さ方向の中心部内側に, 本システムと同様の温度センサを貼付け, コンクリート打込み後に収集した温度データから推定したコンクリート表面強度と, 同環境条件で保管したコンクリート供試体の若材齢 (16, 18, 20, 22, 24hr) における圧縮強度試験結果を図-5 に併せて示す。

材齢 16 時間以降では, コンクリート供試体レベルの強度と比較しても, 推定強度は低い結果である。つまり, SS 型枠システムを適用したスライドセントルによる覆工コンクリートの推定強度は, 構造物の実強度よりも低く, 安全側で品質管理を行えるものと判断できる。

4. おわりに

スマートセンサ型枠システムはスライドセントルの施工期間 (約 3 ヶ月) 中において, 故障せず安定的な稼動をした。今後, スマートセンサの適切な設置箇所や必要個数の検討などを行いながら, スマートセンサ型枠システムが覆工コンクリートの品質管理システム手法として確立されることを期待したい。

参考文献

- [1] 野口ほか：スマートセンサ型枠システムを利用したコンクリートの養生・品質管理システムの開発, 土木学会第 67 回年次学術講演会, 2012.9
- [2] 北垣ほか：スマートセンサ型枠システムの無線ネットワーク化による現場管理・温度分布・推定強度分布の可視化, 土木学会第 67 回年次学術講演会, 2012.9
- [3] 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, 2013.9
- [4] 日本建築学会：マスコンクリートの温度ひび割れ制御設計・施工指針(案)・同解説, P62, 2008 制定

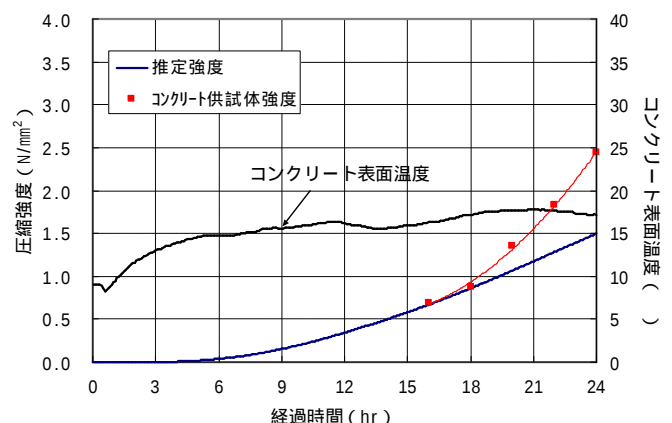


図-5 推定表面強度とコンクリート供試体強度