

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)

東京大学大学院工学系研究科 正会員 野口 貴文
 児玉(株) 正会員 西島 茂行
 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
 日本国土開発(株) 原 雅秀
 (株)アルス・リサーチ・システム 正会員 山本 秀之

1. はじめに

型枠脱型時における若材齢コンクリートの品質は長期耐久性に大きく関わる要因であるものの、構造物の立地環境、用途、施工者の取組み方の違いなどから、徹底した若材齢コンクリートの品質管理は難しいのが現状である。若材齢コンクリートの品質管理としては、一般的にコンクリート供試体による品質管理手法が採用されているが、各用途別に適合した高性能・高機能な品質管理手法の開発が望まれている。こうした背景のなか、多機能センサ付きの小型集積回路(スマートセンサ)を樹脂型枠や鋼製型枠に設置することで、コンクリート表面の温度履歴などを収集し、組み込みソフトウェアを使ってコンクリートの表面強度を推定することのできる品質管理システム(スマートセンサ型枠システム)の開発^{[1],[2]}が進められ、実用化に至っている。

一方、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るため、脱型直後の強度不足に起因するひび割れなどの発生によって、長期耐久性に影響を及ぼす危険性が考えられる。そのため、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はより重要となる。一般的に、セントルの脱型時期の判断は、事前の試験練りや、トンネル内で養生したコンクリート供試体の強度試験結果から、間接的に決定しているが、更なる覆工コンクリートの品質管理の高度化が求められている。

本稿では、鳥取西道路古海トンネル工事において、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に採用し、その適用性について検証した結果について報告する。なお、セントル脱型後の覆工コンクリートの品質管理には、保湿・保温シートによる養生工法を採用している。

2. SS型枠システムの概要

スマートセンサ取付け断面図を図-1に示す。本システムは、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^[3]の強度推定式によって、コンクリート表面強度をリアルタイムに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。なお、温度や静電容量のデータは、専用のSSリーダを用いた無線での収集を行っている。

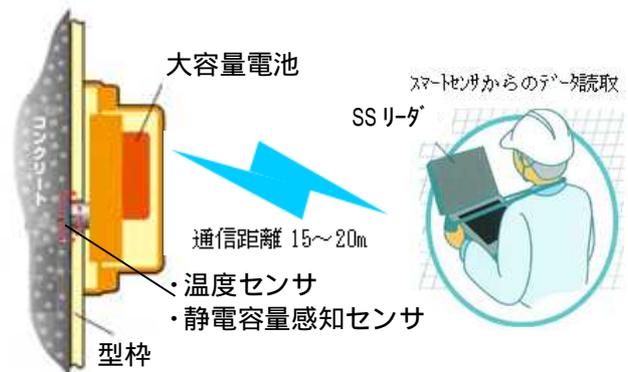


図-1 スマートセンサ取付け断面図

●強度推定式

$$f_c(t_e) = \exp \left\{ s \left[1 - \left[\frac{28}{(t_e - s_f) / t_0} \right]^{1/2} \right] \right\} f_{c28}$$

$f_c(t_e)$:コンクリートの圧縮強度(N/mm²)
 t_e :コンクリートの有効材齢(日)
 t_0 :1(日)
 f_{c28} :コンクリートの28日圧縮強度(N/mm²)
 s :セメント種類に関する定数
 s_f :硬化原点のための補正項(日)

セメントの種類	sの値	s _f の値
普通ポルトランドセメント	0.31	0.5
早強ポルトランドセメント	0.21	0
中熱ポルトランドセメント	0.60	0
低熱ポルトランドセメント	1.06	0
高炉セメントB種	0.54	0

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

3. スライドセントルへの適用内容

SS型枠システムのスライドセントルへの適用は、トンネル区間381mのうち、拡幅部を除く標準断面(覆工コンクリート厚さ:300mm(無筋区間), 350mm(鉄筋区間))の計8箇所に取り付けて実施した。また、コンクリートの設計基準強度は無筋区間で21N/mm², 鉄筋区間で27N/mm², セメントは高炉セメントB種を使用した。

スマートセンサの取付け箇所図を図-2に示す。

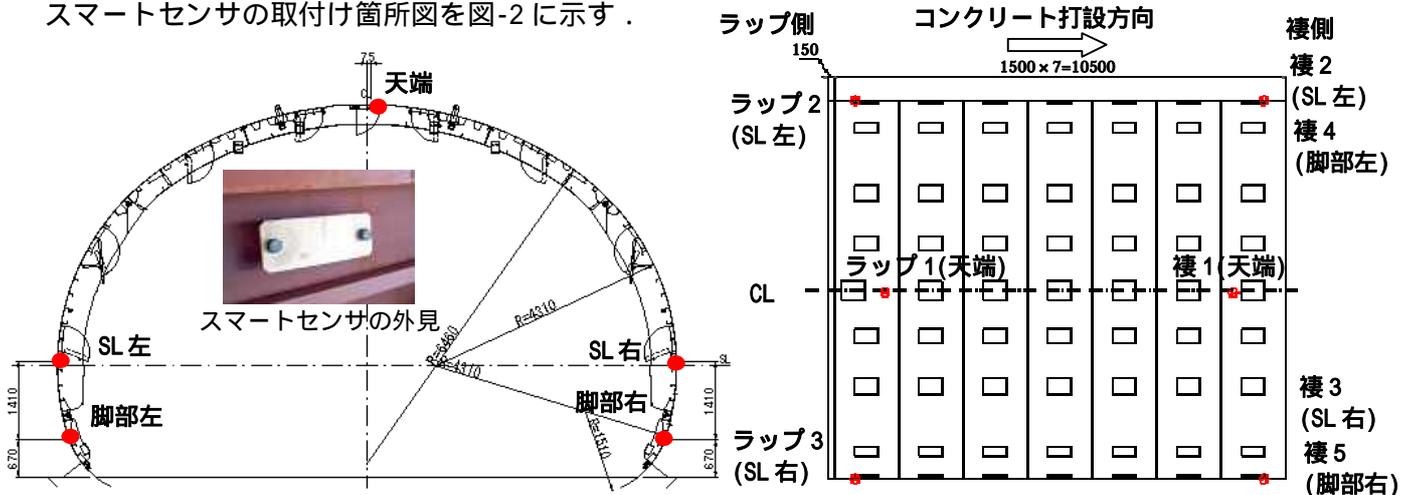


図-2 スマートセンサの取付け箇所図(断面図及び平面図)

4. 適用結果

SS型枠システムによって収集された温度データ, また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(対象スパン:無筋区間11SP, 打設日:2012/10/15)を図-3, 図-4にそれぞれ示す。なお, 有効材齢はコンクリート打設開始の10/15/9:00を起点として算出されている。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襖側より高くなる傾向が見られ, 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。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0.96N/mm²の値は, 強度発現の最も遅い脚部において10/15/23:00に満足した結果となっている。

5. おわりに

覆工コンクリートの打設には4時間以上を費やしている。セントルの脱型時期の判断は若材齢で行うことから, 有効材齢の起点の設定によっては, 特にコンクリート温度の低くなる冬季において, 推定圧縮強度値に影響を及ぼすことが想定される。以上から, SS型枠システムのスライドセントルへの適用性については, 更なる改善が必要と考えられる。

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】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

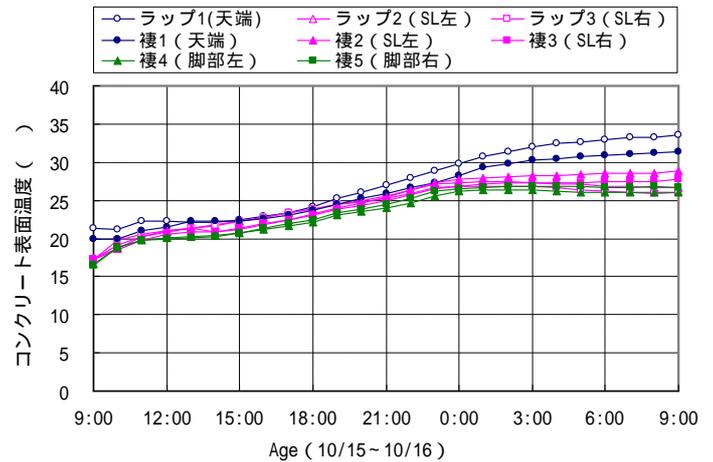


図-3 スマートセンサによる温度履歴

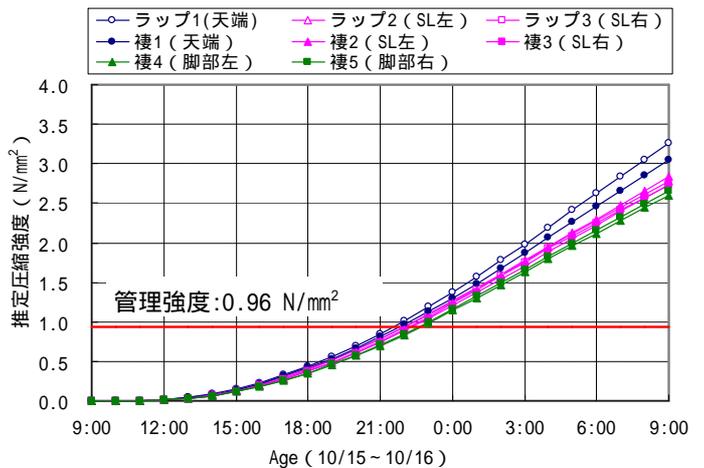


図-4 コンクリート表面の推定圧縮強度