

温度センサ付き RFID タグを用いたコンクリート舗装における目地切削時期の判定

太平洋セメント（株） 正会員 ○住吉 裕次郎，星 健太
小池 耕太郎，野中 潔，井坂 幸俊，森 寛晃
日本道路（株） 正会員 池田 茜，弓木 宏之

1. はじめに

コンクリート舗装の施工では、コンクリートの乾燥収縮や温度変化に伴うひび割れの発生を防ぐため、コンクリート表面に一定間隔で目地を切削する。しかし、目地切削のタイミングは、作業者の知識や経験に基づいて判断されており、効率的かつ定量的な判断手法が求められている。既往の研究より、コンクリートの積算温度に基づいて目地切削時期を推定する方法が示されている。コンクリートの積算温度の算出方法としては、熱電対をコンクリート中に埋設して計測する方法や、同じ材料を用いて作製した供試体の温度を計測することで、間接的に構造物の温度を予測する方法があるが、配線の手間や供試体を作製する必要があり、必ずしも効率的な方法とはいえない。

以上のことから、本検討では、無線通信によりコンクリート温度を計測可能な温度センサ付 RFID タグ（以下、温度タグ）を用いて、目地切削時期の効率的かつ定量的な評価について検討を行った。

2. 実験概要

2. 1 温度センサ付 RFID タグの概要

使用した温度タグの概要図を図-1 に示す。温度タグは、-30℃～65℃の範囲で測温可能なサーミスタ（計測誤差±0.5℃）、小型プリンタ電池、RFID（UHF帯）で無線通信を行うためのアンテナで構成され、サーミスタ内には時間を記録する RTC モジュールと測温結果を記録するメモリが内蔵されている。温度タグの計測はリーダライタと呼ばれる機器を用いて、所定の時間間隔で測温し、その結果をメモリへ記録する。

2. 2 現場試験概要

コンクリートの配合を表-1 に、評価項目および試験方法を表-2 に示す。コンクリート舗装版体の寸法は W3500×D5000×H250 mm とした。コンクリート打込み後、表面をほうき目仕上げし、シート養生した。

なお、本実験は、気象庁の観測データを参考に通常

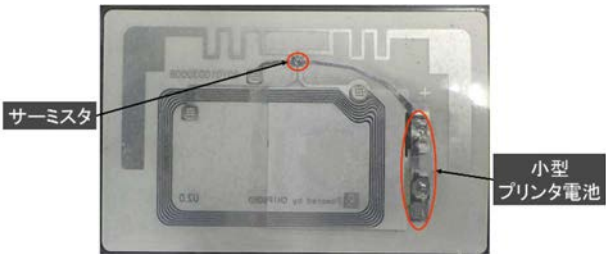


図-1 温度センサ付き RFID タグ (W86×D54 mm)

表-1 コンクリート配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						設計空気量 (%)
		W	C	S1	S2	G	AD	
42.9	39.3	158	368	474	206	1083	3.68	6.0

表-2 評価項目および試験方法

試験項目	試験方法	供試体寸法 (mm)	備考
圧縮強度	JIS A 1108	φ 100×200	【試験材齢】 積算温度200,300,400,500℃・h時点 および材齢1,2,3,7,28日 【養生条件】 現場封かん養生 (材齢1日まで現場封かん後 20℃水中養生)
曲げ強度	JIS A 1106	150×150×530	【試験材齢】 材齢1,2,3,7,28日 養生条件は、圧縮強度試験と同様
温度	-	舗装版体 3500×5000×250	【設置方法】 ①試験体中央部に温度タグのサーミスタ部が埋設深さ20 mmとなるよう打ち込み面と平行に設置 ②目地切削位置近傍に埋設深さ20 mmとなるよう、打ち込み面と垂直に埋設 【評価方法】 T型熱電対と比較 【計測間隔】 15分(熱電対/温度タグともに同様)
目地切削	-	-	積算温度300,400,500℃・h時点に実施 コンクリートカッターを用いて切削

期(試験施工 2 日間の平均気温 17.8℃) および寒冷期(平均気温 3.2℃) に分けて 2 回実施した。温度タグの測温精度および目地切削時期を評価した。

3. 実験結果

3. 1 強度発現性

図-2 に、圧縮強度と積算温度の関係を示す。通常期と寒冷期いずれの場合も積算温度と圧縮強度の間には高い相関関係が見られる。しかし、同じ積算温度の場合、圧縮強度は通常期に比べて寒冷期の方が小さい値となり、季節によって異なる傾向を示した。

3. 2 温度履歴

図-3 および図-4 に、版体中央部に設置した温度タグと熱電対により得られた、コンクリート温度の経時変化、積算温度および外気温の結果を示す。なお、図-3 は通常期、図-4 は寒冷期の結果である。経過時間の開始点は設置した温度タグとコンクリートが接触した時刻とした。コンクリート温度は通常期および寒冷期ともに、打設後一定期間水和反応によりコンクリート温度が上昇し、その後放熱などの影響で徐々にコンクリート温度が低下した。また、温度タグの計測結果は熱電対で計測した場合と比較して±1℃程度の誤差であり、積算温度も概ね一致した。

3. 3 積算温度を用いた目地切削時期の判定

本検討では、温度タグで計測した温度データから積算温度を用いて目地切削時期の判定を試みた。積算温度式として文献[2]の式(1)を使用し、目地切削位置近傍に埋設した温度タグの到達積算温度が 300, 400, 500℃・h となった際の寒冷期の目地切削状況を表-3 に示す。

$$M = \sum (\theta_i + A) \Delta t_i \quad (1)$$

ここに、

M : 積算温度 (℃・日)

θ_i : i 番目のコンクリート温度データ

A : 定数 (ここでは 10)

Δt_i : 測定インターバル (ここでは 15 分)

積算温度が 300℃・h 到達時では、目地周辺に角欠けが生じた。一方、400℃・h, 500℃・h 到達時には、角欠けのない良好な目地であった。この結果は通常期も同様であり、既往の研究結果¹⁾にも対応していた。温度タグを用いた場合でも、積算温度を目安として、目地切削時期を判定できると考える。

4. まとめ

非接触でコンクリート内部温度を計測できる特徴を有する温度タグを用いて、コンクリート舗装版の目地切削時期の検討を行い、以下の知見を得た。

(1) 温度データから算出した積算温度が 400℃・h～

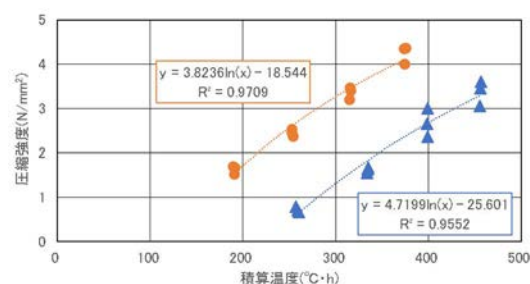


図-2 圧縮強度と積算温度の関係

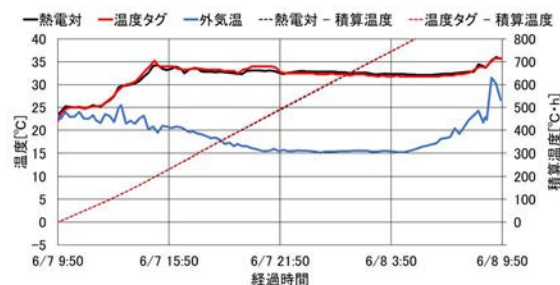


図-3 コンクリート温度および積算温度(通常期)

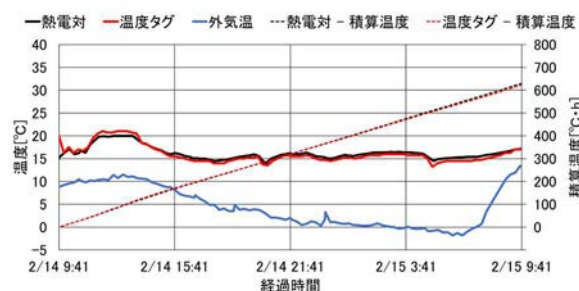
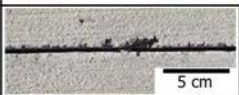
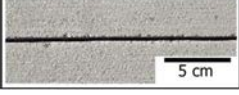


図-4 コンクリート温度および積算温度(寒冷期)

表-3 コンクリート積算温度と目地性状(寒冷期)

材齢	温度タグの積算温度	切削状況
11.5 h	307℃・h	 × 目地欠け
15.2 h	405℃・h	 ○ 良好
19.1 h	507℃・h	 ○ 良好

500℃・h で、良好な目地切削が可能である。

- (2) 温度タグは無線通信で熱電対と同等の精度でコンクリート温度の経時変化を計測でき、舗装版の積算温度に基づいた定量的な目地切削時期の判定に有効である。

参考文献

- [1] 常松直志ほか：コンクリート舗装の初期硬化特性と目地切削時期の関係について、雑誌舗装, Vol.51, No.9, pp.19-22, 2016.
[2] 土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書[施工編], 2018