

サーモグラフィーを活用した As 混合物の温度管理について

(一社) 北海道土木施工管理技士会
株式会社玉川組

建設部工事長

工務部長

石川 俊 哉[○]

小林 房 昭

Toshiya Ishikawa

Fusaaki Kobayashi

1. はじめに

本文は、アスファルト舗装の品質確保のため、サーモグラフィーを活用して混合物の温度管理を行った事例を紹介する。

サーモグラフィーを活用してアスファルト混合物の温度管理を行う試みは、弊社において本年度3現場にて実施したが本報告では特に、現場が標高の高い山間地に位置し、舗装施工を10月中旬から11月初旬までの寒冷期に行ったシューパロダム管理用道路舗装工事の事例を主体に、活用に当たって行った工夫と成果を述べる。

工事概要

- (1) 工 事 名：夕張シューパロダム管理用道路
舗装工事
- (2) 発 注 者：北海道開発局札幌開発建設部担当
事務所／夕張シューパロダム総合
建設事業所
- (3) 工事場所：北海道夕張市
- (4) 工 期：平成26年7月1日～
平成27年1月20日
- (5) 工事内容

工事延長	L = 1, 481m
アスファルト舗装工	
表層工	A = 14, 121㎡
基層工	A = 10, 100㎡
上層路盤工	A = 10, 790㎡

他 路床盛土、下層路盤工、排水構造物工、
縁石工、防護柵工、区画線工

2. 現場における問題点

夕張シューパロ地区は北海道のうちでも寒冷で降雪量も多く過去30年のデータから10月中旬で日平均気温6℃、最低気温で2℃、11月初旬では日平均気温4℃、最低気温-0.5℃まで低下し、降雪も10月下旬に初雪、12月初旬では20cm前後に達する。以上の気象はアスファルト舗装の品質を確保するうえで極めて厳しい条件と言える。

近年、アスファルト混合物の製造はコンピューターで管理されたアスファルトプラントにおいて行われ、混合物温度にも変動は少なく寒冷期といえども均一な品質で出荷されるため品質への懸念は生じない。しかし、施工現場では混合物を薄く引き広げて（本工事では3cm～5cm）舗設するため、上記気象条件下の施工において混合物温度は急速に低下する、敷き均した混合物の温度を的確に把握し、最適な施工温度の範囲内で作業を完結させる品質管理の迅速さと正確さが求められる。

アスファルト混合物の温度は主に挿入型温度計や放射温度計を用いて測定されているが、挿入型温度計は挿入した点の範囲の測定に限られ、挿入してから測定値が確定するまで1分以上の時間を要する、そのため測定中に混合物の温度が低下し

てしまい、何度も別の場所に挿入し直して測定を繰り返して行わなければならない。放射温度計もハンディタイプやGPS使用のローラ搭載型があるがいずれも形態は点の測定に限られ、1日に広い範囲を施工するアスファルト混合物の温度を短時間で正確に把握するには多くの人員を必要とし管理が煩雑になる。

以上のことから、寒冷期に施工するアスファルト舗装の温度管理に欠かせない「スピードと正確さ」を兼ね備えたツール（機器あるいは方法）を入手する必要がある。

3. 工夫・改善点と適用結果

広い範囲の混合物温度を早く、正確に測定できる事を条件に種々の機器やその使用方法について検討を行ったが、挿入式温度計や放射温度計の中からは上記条件を満たすに十分な機器と方法は見つからなかった、しかし、FLUKE社の「現場用サーモグラフィー」の存在を知り、アスファルト舗装の温度管理に適用できるか、用途外ではないかと疑問だったがカタログを入手して機能の詳細を調べた。

「現場用サーモグラフィー」の主な機能

- ① デジタルカメラと同じ撮影操作で、熱画像を撮影し記録する。
- ② ビデオカメラと同じ撮影操作で、熱画像を動画で撮影し記録する。
- ③ 熱画像の撮影と同時に可視画像も撮影・記録される。
- ④ 測定対象のもつ表面放射率に合わせ、放射率補正が可能。
- ⑤ -20°C ～ $+250^{\circ}\text{C}$ の温度範囲の測定が可能。
- ⑥ 専用の解析用ソフトウェア（SmartView[®]）を用いパソコンで温度解析やレポート作成が可能。

上記機能は前述の条件を満たすに充分で、現場においてアスファルト舗装の温度管理に適用可能と判断したため、採用を決めた。

測定は舗装品質の重要項目の締固め度と平坦性に最も影響を与える初期締固め前温度（アスファルトフィニッシャーで敷均したのちマカダムローラで転圧する直前の混合物温度）の管理を目的に、おおむね施工延長10mごとに行った。

測定結果は温度測定値と熱画像の温度分布がディスプレイに一度に表示されるので面的な温度情報を視覚で得られ、最適温度の範囲内で転圧が行われているか瞬時に把握でき、転圧の優先順位やタイミングをローラオペレーターにその都度、的確に指示することが可能となった。

ディスプレイに表示する熱画像を図-1に示す。



図-1 熱画像

- ① ディスプレイに表示されている範囲の最大、最小温度を表示。
- ② 任意の大きさに設定できる「中心ボックス」の枠内の最大、平均、最少温度を表示。
- ③ 熱画像の温度表示に対応したカラーレンジを表示。
- ④ 中心ポインターの位置の温度を表示。

- ⑤測定年月日時分秒を表示。
- ⑥τ画像の透過率を表示。
- ⑦ε設定放射率を表示。

測定データは、データ容量を考慮して片側施工延長80m ごとのデータを本体内蔵のSDカードに画像データ・ファイルとして取込み、日毎の作業終了後1日分のデータを取りまとめて現場事務所のパソコンに保存した。

保存したデータは品質記録として整理するため、専用の解析用ソフトウェアを用いて熱画像と可視画像とで取出し、図-2に示すレポート形式に並べて表示して、温度情報と作業状況の情報、さらには位置情報が明確になるよう作成した。

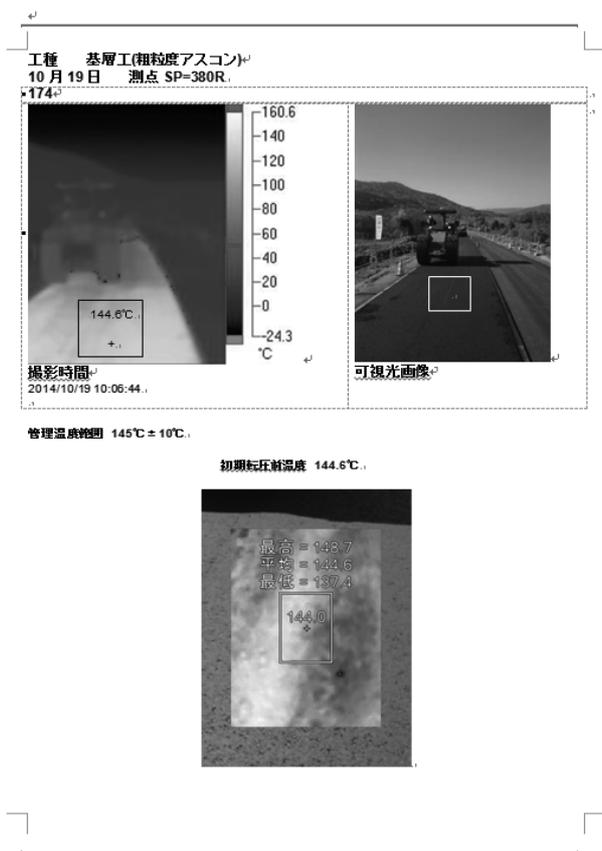


図-2 表示画面

舗装施工期間の気温は、10月中旬で日平均気温8℃前後、最低気温で2℃、11月初旬では日平均気温7℃前後、最低気温-0.7℃と氷点下まで低下してほぼ例年並みであった、降雪は10月下旬に13cm、その後舗装完了まで1cm前後の降雪を3回

観測した。

以上のとおり厳しい条件下で施工を行ったが、サーモグラフィーの活用によりアスファルト混合物の温度測定に要する時間も1回当たり数秒で済み迅速さが確保され、管理に負担を感じる事は無かった。

測定単位を点の測定から面の測定に替えた事により、舗装面全体の正確な温度の把握が可能になった。

共通仕様書の規定に基づき実施した品質試験の結果を以下に示す。

締固め度 上層路盤 $\bar{x}_{60} = 98.38\%$

基層 $\bar{x}_{40} = 98.36\%$

表層 $\bar{x}_{33} = 98.99\%$

平坦度 標準偏差 0.94mm

何れも仕様書規格値を満足し、さらに厳しく仕様書規格値の50%以内に設定した社内規格値をも満足した。全線にわたって均質な品質を確保する事が出来た。

他の2現場では、供用中の国道の切削・オーバーレイ工事で、日毎、舗装完了後に交通規制を解除する前に確認する、解放時混合物温度管理(50℃以下に定められている)にサーモグラフィーを活用した。

測定にあたっては管理の信頼度を高めるため、国総研の重回帰分析から得られた回帰式(近似式)を用いて降温時間を求め、求めた時間の経過後に測定を行った。

国総研 回帰式

$$t_{cool} = -213 + 0.96T_i + 3.3T_a + 13A$$

t_{cool} : 降温時間

T_i : オーバーレイ層初期温度(℃)

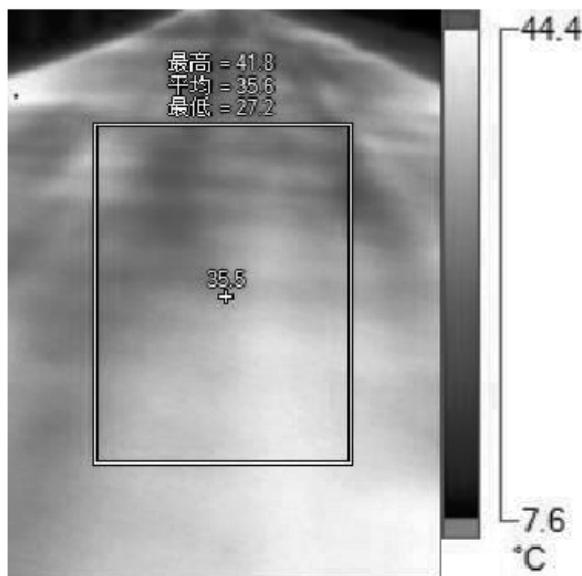
T_a : 気温(℃)

A : 施工厚(cm)

従来行っていた点の測定に比較して、推定された降温時間経過後に舗装全面の温度分布の確認を行ったため、管理の網を潜り抜ける不適格部分を見逃す事が無くなった。

解放時温度測定結果表を図-3に示す。

9月8日~9月9日 KP42400 (L)



KP42400 (L).IS2

2014/09/09 2:20:12

国総研によるアスファルト降温時間推定式

1. $t_{cool} = -213 + 0.96T_i + 3.3T_a + 13a$

t_{cool} : 降温時間

T_i : オーバーレイ層初期転圧温度 (°C)

T_a : 気温 (°C)

a : 一層施工厚 (cm)

$$-213 + 0.96 \times 163 + 3.3 \times 15 + 13 \times 4 = 44.98 \text{ 分}$$

2. 敷均し開始時間 1 : 30

3. 測定時間 2 : 20

・開放温度測定 最高 41.8°C 最低 27.2°C 平

図-3 解放時温度測定結果表

赤外線エネルギーを検知する現場用サーモグラフィーは光が無くてもフルカラーで表示されるディスプレイを確認しながら撮影が可能のため、夜間に施工した切削・オーバーレイ工事においても問題なく測定出来た。

4. おわりに

サーモグラフィーをアスファルト舗装の温度管理に取入れる試みは、取組んだ現場それぞれで期待以上の成果を上げる事が出来た。

アスファルト舗装に使用する機械は年々大型化され、メーカーでは競って制御機能の自動化を推し進め、舗設技術の革新を目指してきた、一方、混合物の品質を管理する温度測定の分野では放射温度計による自動化が行われているものの、点の温度を管理するに留まっている。

今回、試みに行ったサーモグラフィーを用いる温度管理は、あらゆる条件の舗装工事にも適用可能で、面的に温度を把握しながら施工管理を行う手法は、将来のアスファルト舗装の品質管理に一石を投げ得たと思う。

現在、弊社ではコンクリートの品質管理にサーモグラフィーを用いる試みも行っている。

新たな管理手法の改革に果敢に取り組むフロントィアスピリッツの継続を誓い、事例の紹介を終わる。

(引用及び参考文献：国総研資料No.653)