調　1.

トラックアジテータ車ドラム塗装の違いによるコンクリート温度変化抑制効果調査報告

○星　忠彦＊1　小野　馨＊2　矢島　実＊3　佐藤　智＊4　熊谷　一也＊5

要旨：コンクリート輸送時のコンクリート温度変化抑制の方法として、ドラム外装部への塗装条件に着目し、その効果について調査をおこなった。塗装条件による効果を評価する方法として、デジタル温度計を用いてコンクリートの温度変化を計測した。冬期、標準期、夏期の季節条件を設定したうえで、塗装条件の違うトラックアジテータ車毎の、同一日、同一配合における測定データを集計し、分析をおこなった。長期にわたる調査分析の結果、塗装条件の違いによって、輸送時のコンクリート温度変化に抑制効果があることが明らかになった。

キーワード：遮熱・断熱塗装、ドラム塗装、コンクリート温度、温度変化抑制効果、遮熱効果、断熱効果、コンクリート温度変化率、コンシステンシー保持

1. はじめに

コンクリート輸送時に起こるコンクリートの温度変化は、品質管理上重要な管理項目の一つである。このコンクリートの温度変化に影響を与える要因の一つが気温の変動である。今回、ドラム内のコンクリート温度変化抑制効果として、ドラム外装部塗装の塗料条件に着目した。

筆者らは、太陽エネルギーを効果的に反射する遮熱塗料や熱の伝導を抑える断熱塗料について、季節毎に外気温度の変化とドラム内のコンクリート温度の追跡調査を実施し、コンクリート温度変化抑制効果の分析をおこない、塗装の違いによる温度差の確認をおこなった。

2. 調査の概要

2.1 計測期間の設定

計測期間は、冬期（2005年12月～2006年3月）、標準期（2006年4月～6月）、夏期（2006年7月～9月）の3シーズンで計測をおこなった。

2.2 塗装条件の設定

計測車は、遮熱(白色)塗装車(A)、遮熱・断熱(白色)塗装車(B)、一般(シルバー色)

＊1　宮松エスオーシー株式会社
＊2　宮松エスオーシー株式会社
＊3　宮松エスオーシー株式会社
＊4　株式会社ティ・エス・プランニング
＊5　極東開発工業株式会社

塗装車(C)の3種類の塗装をした同型のトラックアジテータ車を準備した。

2.3 計測方法・評価機器について

コンクリート温度の計測は、事前にコンクリート温度の計測方法について講習を受けた運転手によりおこなった。測定機器は、佐藤計量器製作所製の接触型温度計「食品用標準センサ SWPⅡ-01」（誤差：0.1℃）を用い、各計測車の温度計の誤差が誤差範囲内であることを確認してから測定をおこなった。

2.4 分析時の諸条件

コンクリートの練り上がり直後（以後、「出荷時」と記す。）から、現場荷卸直前（以後、「荷卸時」と記す。）までのコンクリート温度に影響を与える要因として、外的要因と内的要因に大別でき、内的要因としては、材料温度（セメント温度、骨材温度、水温）、水和発熱、ドラム内の材料間の摩擦熱、練混ぜ水の蒸発潜熱などが、外的要因としては、外気温度、日射量、周辺からの輻射熱、ドラム表面からの熱放射、輸送時の空気対流による熱置換などが考えられる。

本調査における計測は、基本的に同一日、同一現場、同一配合での計測を一群としておこなったので、平均化した場合の内的要因による温度差は相殺もしくは無視できると仮定した。また、外的要因も運送時の外気温度以外は、同一現場であるため、輸送ルートによる道路状況と風速がほぼ同じと考えた。

外気温度は各計測車の出荷時刻と運送時間が異なるため、当日、当時刻の近傍の気象庁観測所発表の温度を補間することにより、出荷時と荷卸時の外気温度とした。日射量は外気温度と比例関係にあると仮定することで、外気温度のみ着目して集計・分析をおこなった。

気象庁観測所発表温度は、東京都大田区の城南工場と神奈川県川崎市の川崎工場の2箇所の工場を起点として計測をおこなったので、城南工場の場合は羽田観測所、川崎工場の場合は府中観測所の発表データを用いた。

以上の全て背景条件を整えた上で本調査においては、気温・コンクリート温度変化のデータ推移についてのみ視点をあてることとした。

3. 調査結果

全計測数は、272個（冬期：95個、標準期：83個、夏期：94個）で、これらデータをもとに分析をおこなった。

集計方法は、一群の計測実施車が工場から出発する時刻が異なるため、集計上、データを「午前」と「午後」に分け、出荷時および荷卸時のコンクリート温度と外気温度、そして、出荷時から荷卸時までの運送時間をシーズン毎に集計した。

図 3-1 に冬期の集計結果を示す。「午後」の集計結果については計測数が少なかったためグラフ化はおこなわなかった。**図 3-2** に標準期の集計結果を、**図 3-3** に夏期の集計結果を示す。4月から7月までは遮熱塗装車(A)の計測がおこなえなかったため、遮熱・断熱塗装車(B)と一般塗装車(C) のみの比較をおこなった。また、**図 3-4** には年間を通して、月の平均気温が一番高い8月の集計結果を示す。

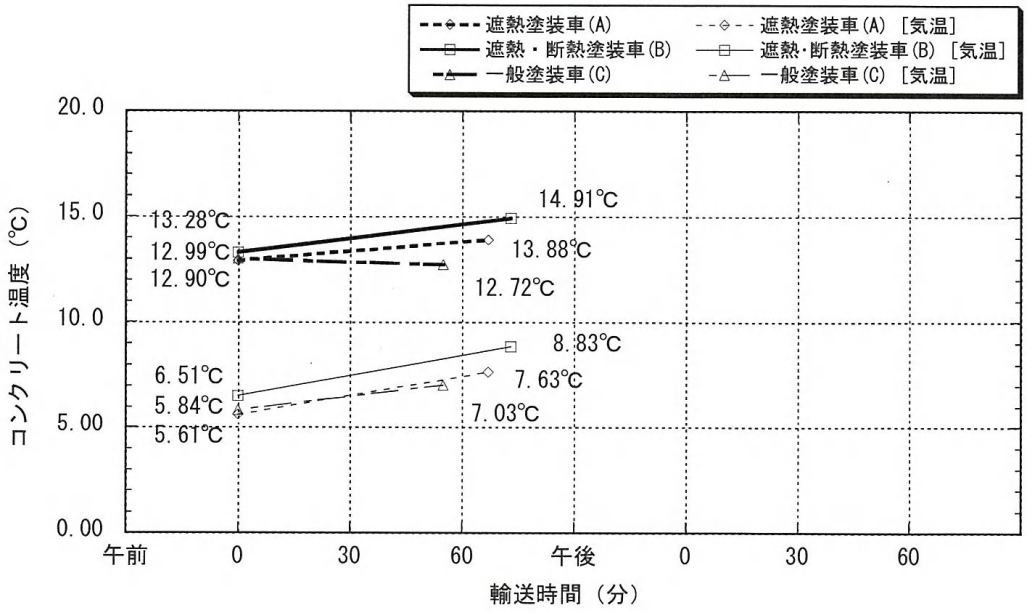

図 3-1　冬期の出荷時と荷卸時の温度変化（平均値）

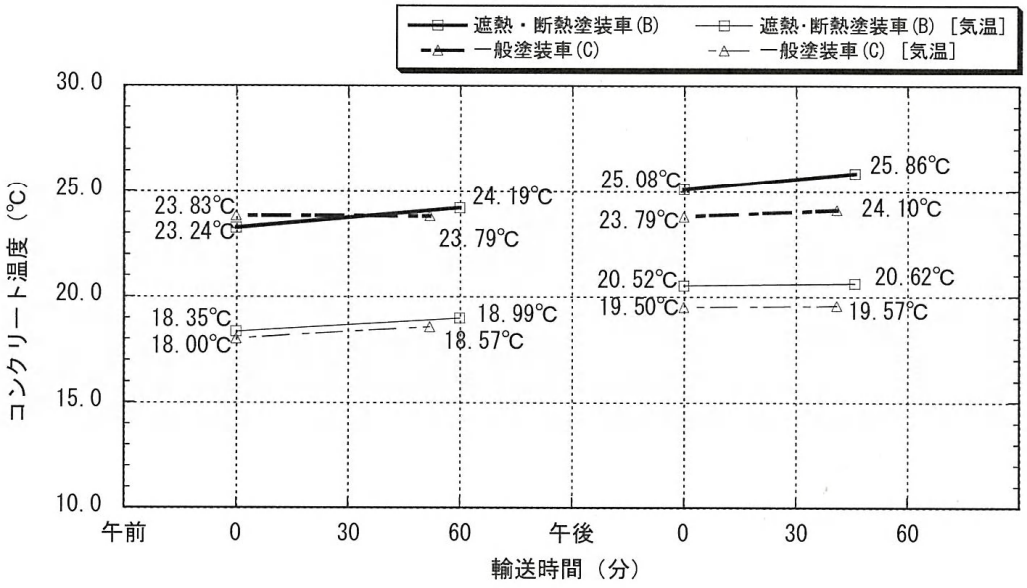

図 3-2　標準期の出荷時と荷卸時の温度変化（平均値）

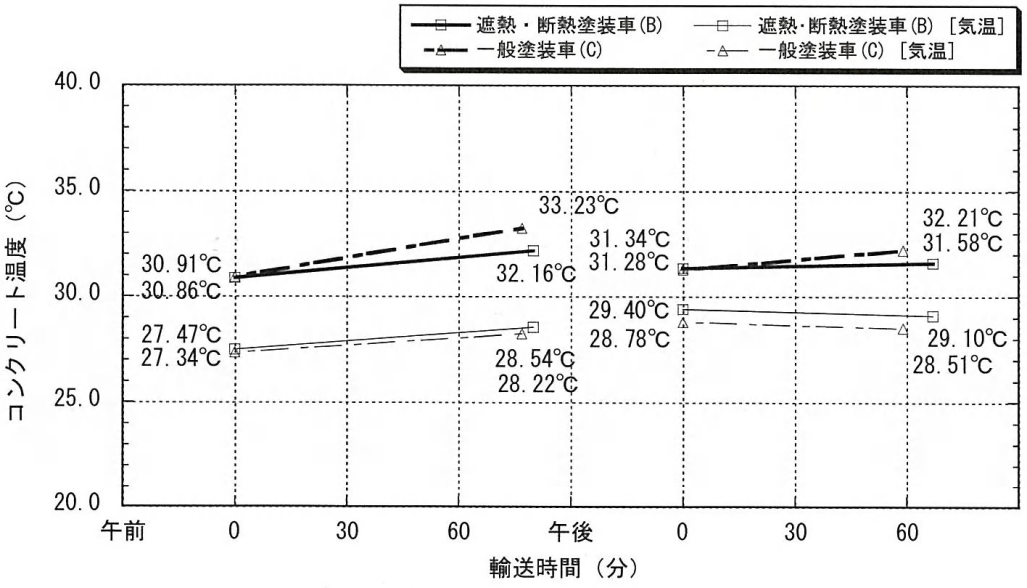

図 3-3　夏期の出荷時と荷卸時の温度変化（平均値）

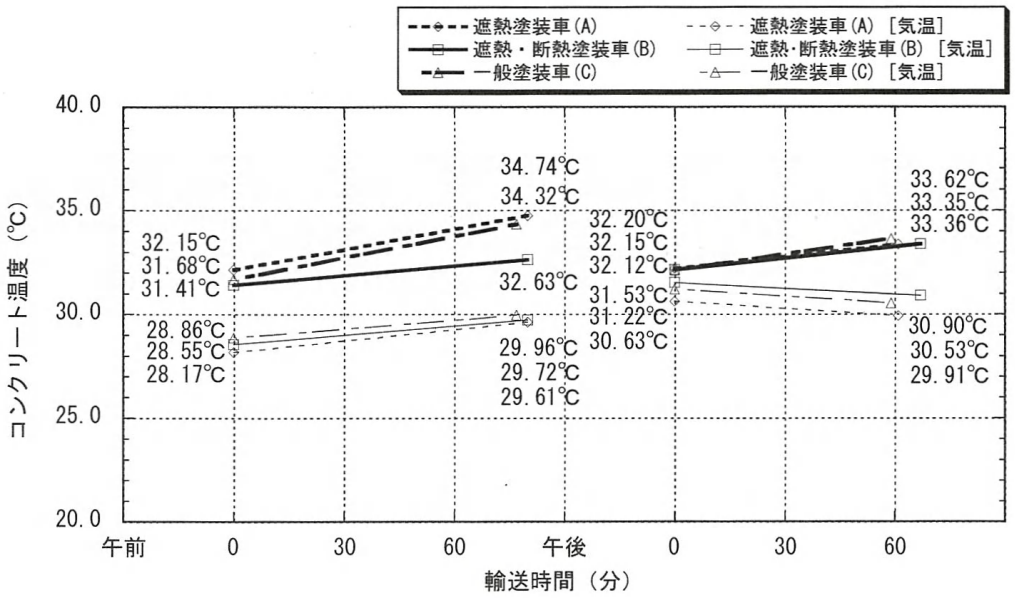

図 3-4　夏期（８月）の出荷時と荷卸時の温度変化（平均値）

3.1 冬期のドラム内コンクリート温度変化（2005 年 12 月から 2006 年 3 月）

図 3-1 に示したコンクリート温度と外気温度の温度変化と運送時間から、各々の温度変化率（本報告書では、[{荷卸時温度 (℃)－出荷時温度 (℃)}／輸送時間(分)]を、以後「温度変化率」と記す。）を求めた。さらに、ドラム内のコンクリート温度のみの変化率を求めるため、コンクリート温度変化率から外気温度の変化率を除き、コンクリート荷卸時までの規定時間 90 分(JIS A 5308)を乗じて求めた。これら関係を図 3-5 に示す。

冬期のドラム内コンクリート温度は、図 3-5 のグラフに見られるように、ドラム表面からの熱放射と輸送時の空気対流により、熱を奪われる傾向を示しているが、遮熱・断熱塗装車(B)では、断熱層を含んでいるため熱の放出を抑制して、一般塗装車(C)よりコンクリート温度が約 1.5℃ほど高く保てた。また、予想に反して遮熱塗装車(A)も、一般塗装車(C)に対して約１℃ほどの保温効果が認められた。これは塗膜厚さ（遮熱塗装車(A)：約 1200μm、遮熱・断熱塗装車(B)：約 1100μm、一般塗装車(C)：約 150μm）による保温効果の影響と推定される。

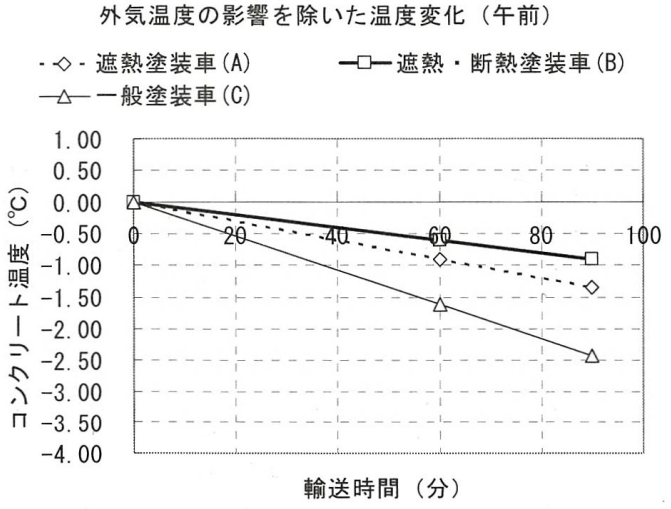

図 3-5　冬期分析結果（2005 年 12 月～2005 年 3 月）

3.2 標準期のドラム内コンクリート温度変化（2006年4月から6月）

同様にグラフ化したものを図3-6に示す。

標準期の「午前」は、冬期と同様に温度が奪われる傾向にあるが、「午後」は、外気温度も上昇してきて、一般塗装車(C)も熱を奪われる量が減り約0.5℃程度上昇した。また、遮熱・断熱塗装車(B)は、断熱効果の影響で約1.3℃と一般塗装車(C)より0.8℃ほど高いコンクリート温度の上昇を示した。

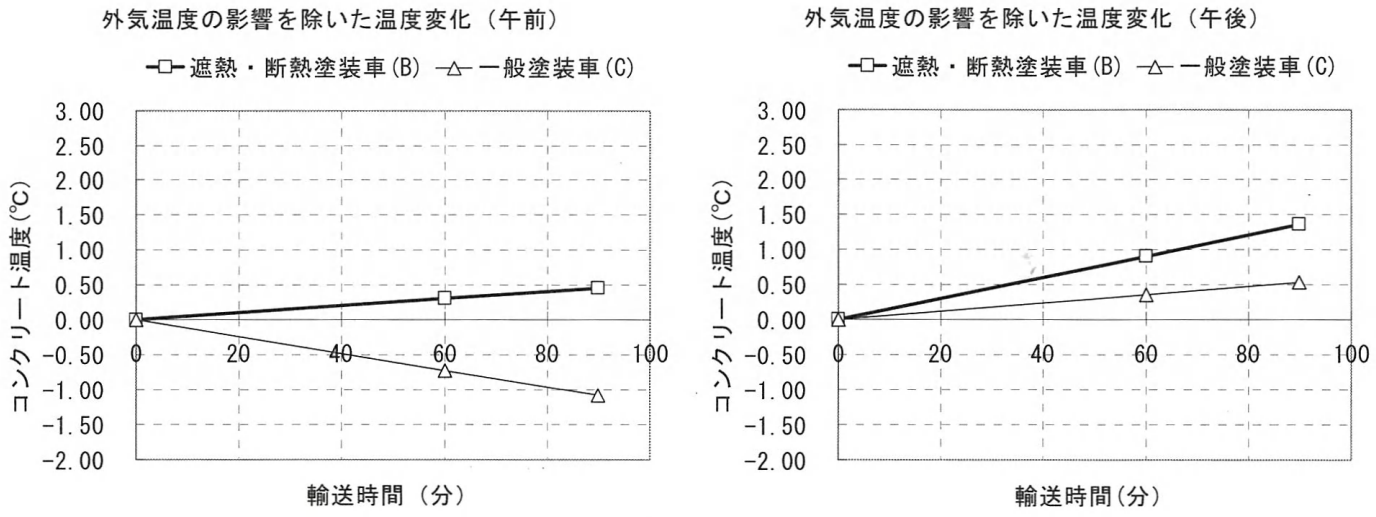

図3-6　標準期分析計結果（2006年4月～6月）

3.3 夏期のドラム内コンクリート温度変化（2006年7月から9月）

同様にグラフ化したものを図3-7と図3-8に示す。

図3-7の「午前」は、遮熱・断熱塗装車(B)が約0.3℃のコンクリート温度上昇を示したのに対して、一般塗装車(C)は約1.7℃の温度上昇を示し、コンクリート温度差が1.4℃になった。「午後」は、一般塗装車(C)が約1.9℃の温度上昇を示したが、遮熱・断熱塗装車(B)では約0.7℃の上昇に留まった。

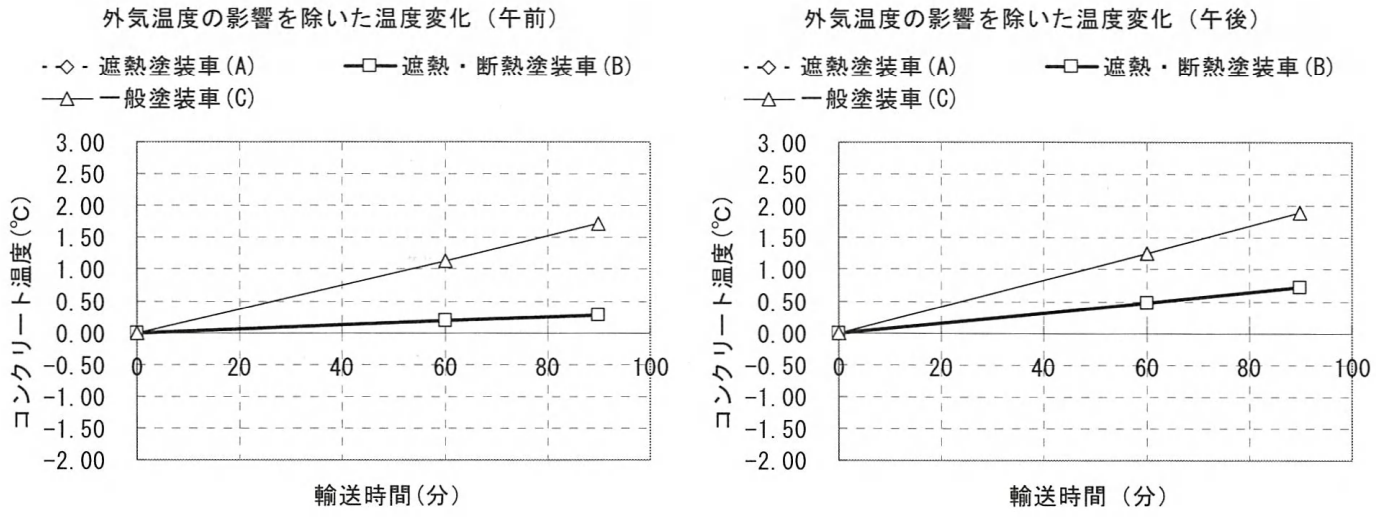

図3-7　夏期分析計結果（2006年7月～9月）

また、図3-8の8月だけの分析結果をみると、「午前」の遮熱・断熱塗装車(B)は、

一般塗装車(C)と比較すると、約 1.8℃の温度差があった。「午後」は、一般塗装車(C)のコンクリート温度が約 3.3℃の上昇を示したのに対して、遮熱・断熱塗装車(B)も約 2.4℃上昇しコンクリート温度差が 0.9℃に縮まった。

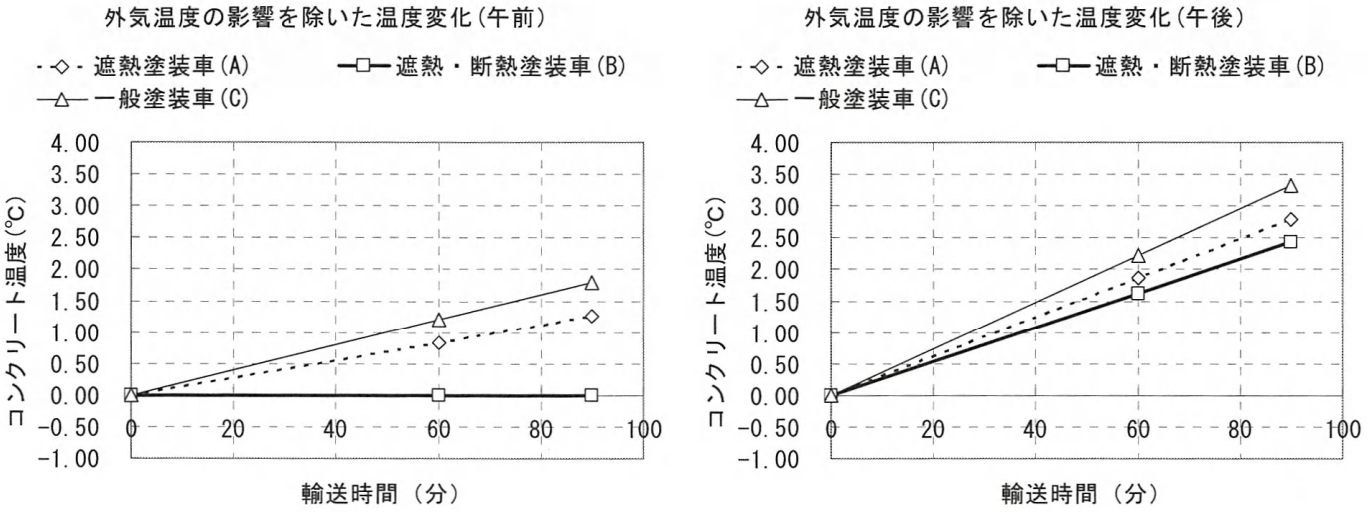

図 3-8　夏期分析結果（2006 年 8 月）

4. まとめ

JASS5 の暑中コンクリートの項に、「荷卸し時のコンクリート温度推定式」が紹介されている。この式によるとコンクリート温度が輸送時間と共に外気温度に近づく事を指摘している。今回の分析結果でも特に一般塗装車(C)にその傾向が見られる。また、**図 3-8** の「午後」のグラフで、遮熱・断熱塗装車(B)と一般塗装車(C)との温度差が 0.9℃に縮まった原因についても、一般塗装車(C)が外気温度の低下にともない、コンクリート温度の上昇率が鈍くなったのに対して、遮熱・断熱塗装車(B)では断熱層の影響で温度が下がらず温度差が縮まったものと考えられる。

いずれにしろ、シーズンを通して集計・分析してみると、一般塗装車(C)は、冬期平均－2.4℃から夏期平均＋1.9℃で 4.3℃の変化幅を示したのに対して、遮熱・断熱塗装車(B)は、冬期平均－0.9℃から夏期平均＋0.7℃で 1.6℃の変化幅に留まり、冬期は断熱層による保温効果が、そして、夏期は遮熱塗装による遮熱効果が熱エネルギーのドラム内への流入を抑制していることがわかった。

実働しているトラックアジテータ車でのコンクリート温度の計測は、周辺環境が時々刻々と変化していることと、コンクリート自体が発熱体であることから、熱の流入と放出の関係を数値化することが難しい。今回の報告では、種々の仮定条件に基づいた結果であったが、トラックアジテータ車ドラムに遮熱・断熱塗装をすることにより、輸送時におけるコンクリートのコンシステンシーの保持に十分貢献するものと考えられる。このことは、8 月末のスランプロス追跡調査においても、出荷時のスランプが 21.0cm の場合、荷卸時のコンクリート温度が 33℃台の条件下では、一般塗装車(C)は 2.0～2.5cm のロスに対し、遮熱・断熱塗装車(B)は 0.5～1.0cm であったことからも伺える。

参考文献

1)　日本建築学会：建築工事標準仕様書（JASS5：鉄筋コンクリート工事）、2003