

コンクリート表面の機能性塗膜がコンクリートスラブの温度上昇・蓄熱に及ぼす影響

日大生産工（PD） ○杉本 弘文 日大生産工 湯浅 昇
日大生産工 川岸 梅和 日大生産工 北野 幸樹

1. 研究の背景及び目的

近年、都市のヒートアイランド現象や、地球温暖化といった環境問題に対して、国や地方自治体によるその対策・施策への取り組みが本格化している。その中で建設業界の果たす役割は大きく、特にコンクリートをはじめとする建築材料の分野において、それは真摯に取り組むべき課題といえる。例えばコンクリートは、不透水で保水・蒸発性能がなく、また同時に熱容量が大きいので、何の対策もされてないRC造の場合、夏季、日中に受けた日射熱が蓄熱され、夜間、外気および室内に放熱されることで熱帯夜の要因になること、また空調負荷の増大に繋がるということが知られている。

本研究では、建物や地表面の被覆、つまりは都市・建築の外皮（表面材、外装材）に着目し、植物や土壌がもともと持っている熱環境調整機能の利用の観点から、ヒートアイランド現象緩和や室内の空調負荷低減、さらには建物の高耐久化に寄与する建築材料のあり方を追及することを目的としている。

本稿では、コンクリートスラブ表面の機能性塗膜によるヒートアイランド抑制効果をコンクリート屋上スラブの温度上昇や蓄熱・放熱の観点から、機能性塗膜として断熱・遮熱塗料及び高反射塗料、断熱として外断熱、内断熱を施したコンクリート屋根スラブ試験体と比較することで検討する。

2. 既往研究の概要と本研究の位置付け

コンクリートへ及ぼす熱的影響という観点からの研究では、これまで湯浅らが緑化の種類や断熱工法の違いがコンクリートの温度変化に及ぼす影響について検討している¹⁾。その他、屋上緑化の熱環境改善効果の観点から、屋上芝生植栽の熱・水収支特性に関する研究²⁾、屋上緑化・植栽の断熱性能や気温緩和に関する研究^{3) 4)}等が挙げられる。また、断熱材によるコンクリート温度や室温への影響の観点から、外断熱と内断熱の省エネルギー効果に関する研究⁵⁾等が行われている。そこで、本研究では、建築外皮として機能性塗膜（塗料）に着目し、コンクリート表面あるいは躯体内部の温度変化にどの程度影響を及ぼすのか、コンクリートスラブ試験体を用いた屋外実験により検討する。

3. 実験の概要

3-1. 試験体の概要

試験体の断面を図1に示す。試験体は、外側に断熱・遮熱塗料を塗布したもの、内側に断熱・遮熱塗料を塗布したもの、外側に高反射塗料を塗布したものを加えて、断熱材は市場に出回っているもので高性能のものを選択し、外断熱工法及び内断熱工法を想定した試験体を作製する。さらに比較対象として、コンクリートに防水シート・反射防水シートを貼っただけの試験体を作製し、計7試験体とする

コンクリートスラブは、蓄熱の影響をみるために厚さ150mm、中央で温度を測定することを考慮して480×380mmの大きさとし、側面は高性能断熱材で覆う。

3-2. 測定項目・方法

図1に示すように、熱電対により表面温度、コンクリート上面・中央・下面（底面）温度、コンクリートスラブ下の空間の空気温度を測定した。同時に、外界気象条件として、気温、相対湿度、日射量、風向、風速、雨量を測定した。以上は1分間隔の自動計測である。表面温度については適宜手動計測による赤外線カメラでも確認した。測定場所は周辺の建物の陰にならないように考慮して、日本大学構内（千葉県習志野市）の4階建て建物屋上とし、測定は2009年8月中旬より開始した。

表1 試験体に用いたコンクリートの調合表

2 8 日強度	呼び強度	スラン プ	空 気 量	水セ メン ト比	粗骨 材の 最大 寸法	細骨 材率	単位 水量	絶対容積 (l/m³)				重量 (kg/m³)					
								セ メン ト	細骨 材（ 砂）	細骨 材（ 砕砂）	粗骨 材	混 和 剤	セ メン ト	細骨 材（ 砂）	細骨 材（ 砕砂）	粗骨 材	混 和 剤
(N/mm²)	(N/mm²)	(cm)	(%)	(%)	(mm)	(%)	(kg/m³)										
21.2	24	18	4.5	58	20	46	180	99	191	122	363	-	313	492	328	973	3.1

表2 使用材料の概要

	日射反射率	備考
断熱・遮熱塗料 (S社製)	90.0%	塗膜厚0.5mmで塗布
高反射塗料 (S社製)	83.0%	塗膜厚0.4mmで塗布
断熱材	—	スタイロフォーム 熱伝導率0.020 W/m・k
防水シート	41.3%	厚さ5mm 塩化ビニル樹脂系
反射防水シート	67.0%	厚さ5mm 塩化ビニル樹脂系

Effects of Functional Coating Applied on Concrete Slab Surfaces on the Temperature Rise and Thermal Storage of Concrete Slab

Hirofumi SUGIMOTO, Noboru YUASA, Umekazu KAWAGISHI and Koki KITANO

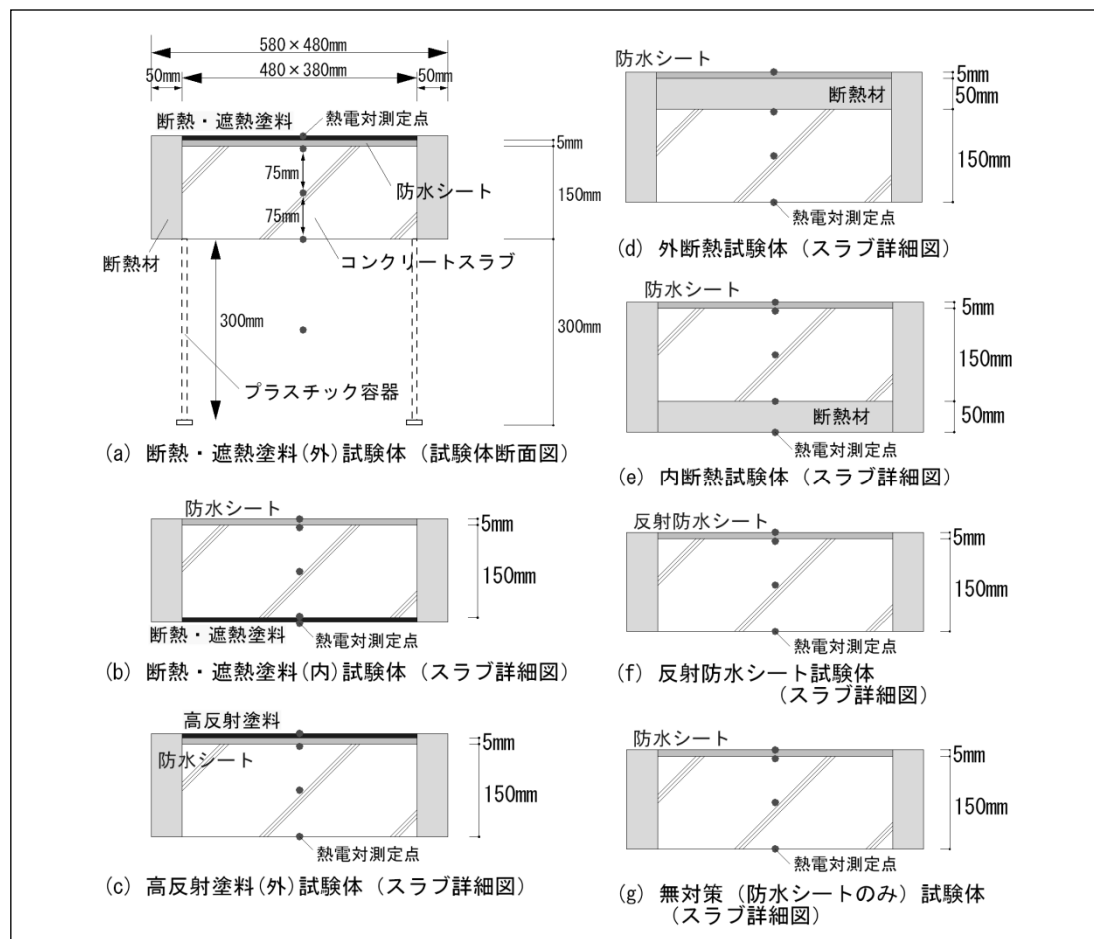


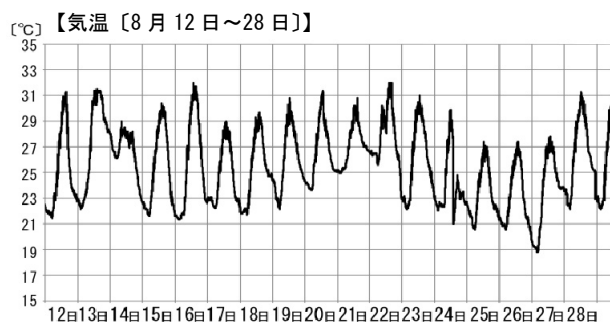
図1 試験体の概要

4. 結果及び考察

塗料の断熱性能と、既存の断熱工法の温度変化特性を確認するため、2009年8月12日～31日のデータを今回の検討対象期間とした。図2に気象データとして検討対象期間の気温を示す。また、検討対象期間で最も高い温度を記録した16日の7試験体のコンクリートスラブ表面温度と中央温度の推移を図3及び図4に示し、各試験体の断面の温度分布の日変化を図5に示す。

4-1. コンクリート表面温度及び中央温度からみた比較

先ず、図3にてコンクリート表面温度の変化を比較してみると、無対策(防水シート)試験体と比較して、日中においては、外断熱及び内断熱試験体は温度が高い傾向がみられ、断熱・遮熱塗料(外)、断熱・遮熱塗料(内)、高反射塗料(外)の3試験体は温度が低い傾向が見られる。夜間(朝方)においては、反射防水シート、内断熱試験体を除く5試験体において、無対策(防水シート)試験体より温度が低い傾向が見られる。特に、外断熱試験体は日中の高温化及び夜間の温度の低下が著しい。反射防水シート試験体は、無対策(防水シート)試験体と類似した傾向がみられるが、日中の表面温度が無対策(防水シート)試験体に比べ、1～2℃程度高くなっている。



次に、図4にてコンクリートの中央温度の変化をみると、大きく以下の2つのグループに分類できる。まず、日中高温化し(38～40℃)朝方に温度が大きく低下するものとして、無対策(防水シート)、反射防水シート、断熱・遮熱塗料(内)、内断熱の4試験体が挙げられる。特に、内断熱試験体は、日中に温度が上昇するものの夜間の温度変化幅が小さく、コンクリート内への蓄熱が大きい試験体であるといえる。一方、温度の日変化幅が比較的小さいものとして、断熱・遮熱塗料(外)、高反射塗料(外)、外断熱の3試験体が挙げられる。中でも、外断熱試験体は、1日の温度変化幅が最も小さく(約7℃)、温度のピーク時間も他の試験体と比べ約2時間遅いことから、高い断熱効果が

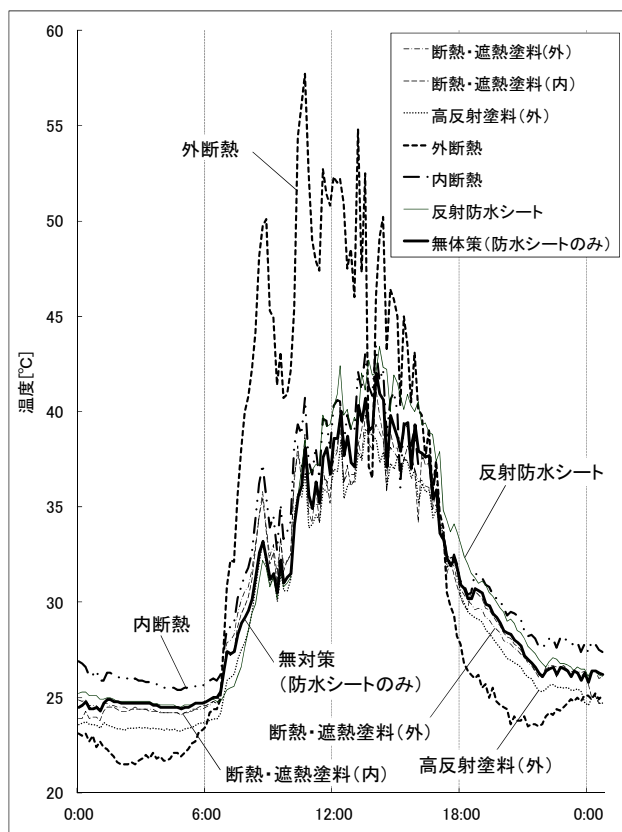


図3 コンクリートスラブの表面温度の推移 (8月16日)

確認できる。また、断熱・遮熱塗料(外)、高反射塗料(外)は類似した傾向がみられ、日中に35℃程度まで上昇し、朝方に25℃程度まで低下している。この2試験体の比較では、断熱・遮熱塗料(外)の方が温度変化幅は小さい。

また、コンクリート表面温度及び中央温度を総体的にみてみると、断熱・遮熱塗料(外)、高反射塗料(外)の2試験体は、日中の表面温度と中央温度の差が小さく、中央温度の日変化幅も比較的小さい試験体と言える。

4-2. 断面温度分布からみた比較

図5より、全7試験体の2時間おきの断面温度分布の経時変化を考察する。

まず、機能性塗膜を施工した3試験体(断熱・遮熱塗料(外)、断熱・遮熱塗料(内)、高反射塗料(外))に着目すると、断熱・遮熱塗料(外)、高反射塗料(外)においては、各時間帯において表面温度と中央温度の差が小さく、18時以降は中央温度が最も温度が高くなる。また、2時～6時頃にかけて表面温度、中央温度、下面温度の差が殆どなくなることから、18時から2時頃にかけて徐々に日中のコンクリートへ蓄熱されたものが、夜間放射により放熱されていると考えられる。また、特に20時～0時において中央温度の低下幅が大きい。

次に、断熱した2試験体(外断熱、内断熱)に着目すると、外断熱試験体においては、表面温度の日変化

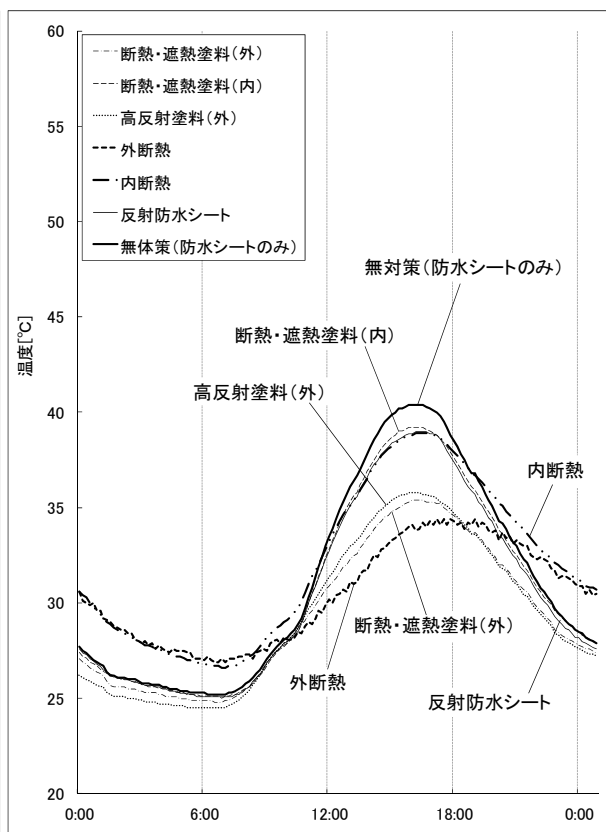


図4 コンクリートスラブの中央温度の推移 (8月16日)

幅が大きく、断熱材より下層の中央温度及び下面温度の変化幅は小さく、温度も低い(ピーク時35℃程度)ことが確認できる。一方、内断熱試験体は、コンクリート及び断熱材部分で温度の日変化が大きい(コンクリート中央温度で25～38℃程度)。この傾向は、無対策(防水シート)、反射防水シート、及び断熱・遮熱塗料(内)試験体においても同様である。下面温度についても無対策(防水シート)①、反射防水シート、断熱・遮熱塗料(内)、内断熱の4試験体は、他の試験体に比べて日中に高温化している傾向がみられる。

5. まとめ

本稿では、機能性塗膜(断熱・遮熱塗料(外)、断熱・遮熱塗料(内)、高反射塗料(外))または断熱(外断熱、内断熱)を施したコンクリートスラブ試験体を用いて、夏季屋外実験を行い、塗膜の種類や断熱工法の違いがコンクリートの温度上昇・蓄熱に及ぼす影響について検討した。以下に、得られた知見を整理する。

1) 夏季晴天日において、コンクリートスラブの外側に機能性塗膜を施工した試験体(断熱・遮熱塗料(外)、高反射塗料(外))及び外断熱を行った試験体は、他の試験体に比べて、昼夜のコンクリート温度の変化幅が小さく抑えられることが判明した。そのうち、最もコンクリート中央温度の日変化幅を抑えられた試験体は、

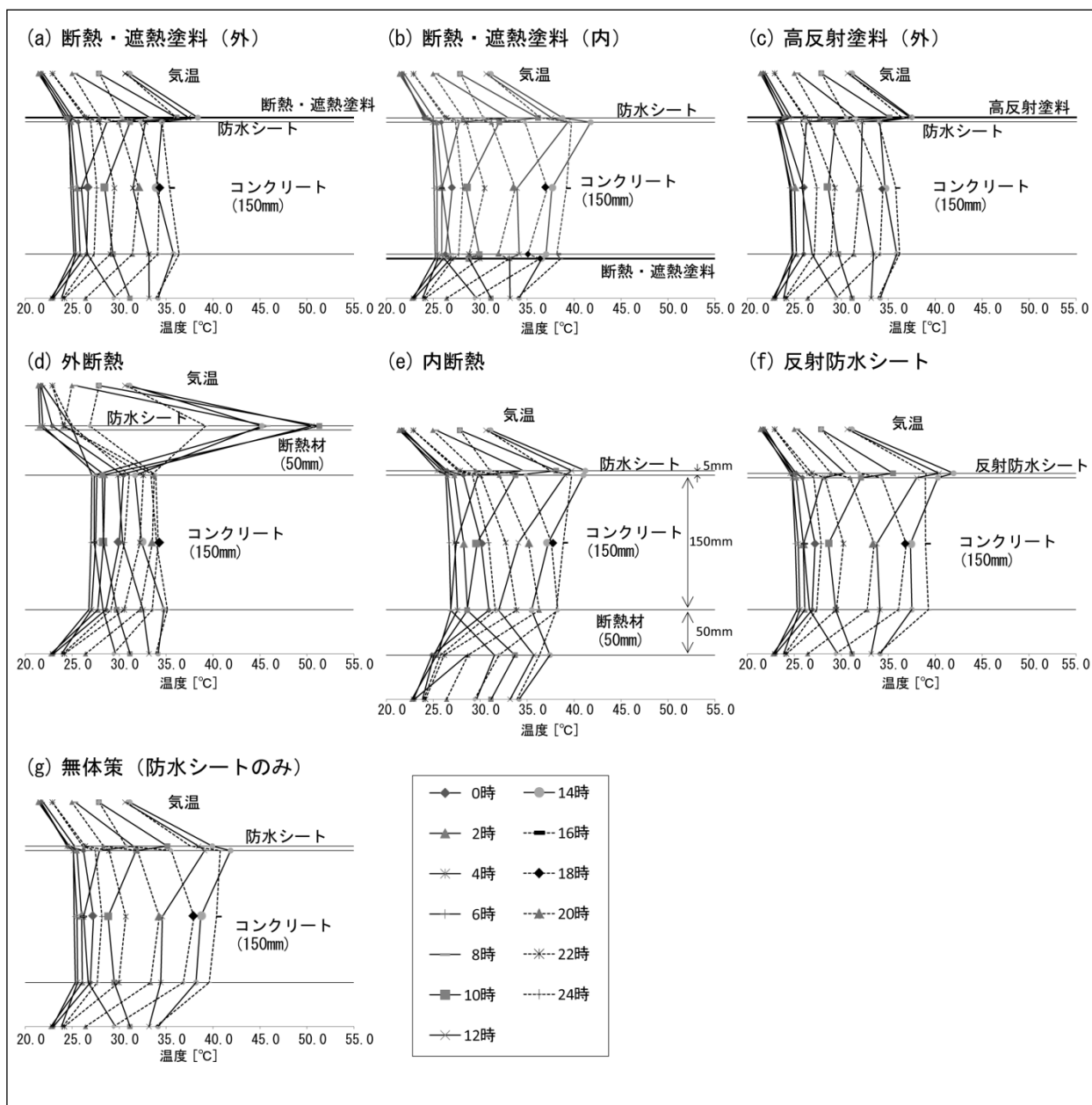


図5 断面温度分布の日変化（8月16日）

外断熱試験体であったが、断熱・遮熱塗料（外）及び高反射塗料（外）の2試験体においては、コンクリート表面の温度を抑えられる特性を持っていることが判明した。

2）断熱・遮熱塗料（外）及び高反射塗料（外）の2試験体においては、コンクリートの高温化抑制という観点では、外断熱試験体と比較しても日中のコンクリート中央温度の差は1.5℃程度であり、ある程度の高温化抑制効果があることが、認められた。

3）全7試験体に共通して、6時の中央温度が最も低く、表面温度と中央温度の差が小さい。また、20時～0時において中央温度の低下幅が大きい。これは、日中、コンクリートに蓄熱された熱が大気中に夜間放射されていると考えられ、日中の蓄熱を低減することが、ヒートアイランドの抑制に寄与すると思われる。

尚、検討対象期間（2009年8月）は、冷夏であり、真夏日を記録する日数が殆どなく、コンクリートへの蓄熱も例年に比べ少なかったと考えられることから、今後も継続して観察を行っていく予定である。また、本稿においては、機能性塗膜に着目し、検討を行ったが、今後は緑化試験体との比較検討を進めると共に、施工性やメンテナンス、コストパフォーマンスの観点からも検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 湯浅昇・円井基史・梅干野晃：緑化及び断熱材がコンクリートスラブの温度上昇・蓄熱に及ぼす影響，第34回セメント・コンクリート研究討論会論文報告集，pp.35～40，2007年11月
- 2) 梅干野晃・何江・堀口剛・王革：芝生葉群層の熱収支特性に関する実験研究 屋上芝生植栽の熱環境調整効果 第1報，日本建築学会計画系論文集，第462号，pp.31～39，1994年8月
- 3) 垣鏑直・溝口忠・雨海清一郎・石橋龍吉：薄層屋上緑化ユニットの熱的性能に関する実験的研究，日本建築学会計画系論文集，第578号，pp.79～84，2004年4月
- 4) 須崎裕一・涌井史郎・飯島健太郎：スナゴケ植栽による断熱及び気温緩和について，日緑工誌，30（1），pp.56～61，2004年
- 5) 石野久彌・郡公子：内断熱と外断熱の省エネルギー性能比較に関する研究，日本建築学会計画系論文集，第358号，pp.29～36，1985年12月