

緑化がコンクリートスラブの温度上昇・蓄熱に及ぼす影響 その1

日大生産工 ○湯浅 昇 日大生産工 (研) 杉本 弘文 日大生産工 川岸 梅和
日大生産工 北野 幸樹 金沢工業大 円井 基史 東京工業大 梅干野 晁

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が大きな社会問題のひとつとなっている。特に、ヒートアイランド現象を引き起こす要因として、都市空間におけるアスファルト、コンクリート等の人工被覆の増加や建築物内における空調の使用、自動車排熱などの人工排熱の増加等が考えられる。

建築材料の分野において、特にコンクリートは、不透水で保水・蒸発性能がなく、熱容量も大きい、コンクリートへの蓄熱とその放熱が熱帯夜や空調負荷の増大に繋がることが知られている。そのような中、都市や建築物の緑化が、緑化・土壌層の断熱効果、植物の蒸発冷却効果、生態系の保全等の観点から注目されている。

本研究は、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、緑化及び断熱材のヒートアイランド抑制効果をコンクリートの温度上昇や蓄熱・放熱の観点から、緑化として芝、セダム、土、コケ、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を比較することにより検討する。

2. 実験の概要

2-1. 試験体の概要

試験体に施工する緑化の種類としては、屋上緑化で用いられることの多い姫高麗芝、セダムとして耐暑性に優れたメキシコマンネングサ、コケ植物としては乾燥に強く、緑化材として生産性のあるスナゴケ、その他に土のみのもの、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8試験体とする。(図1)

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。また、セダム、芝、コケ、土のみの試験体には必要に応じて、それぞれ1日1回・1ℓの散水を行った。また、試験体は床面からの熱的影響を考慮し、床面より300mmの高さに設置した上で測定した。

2-2. 実験の方法

緑化の断熱性能と、既存の断熱工法の温度変化特性を確認するため、本稿では検討対象期間を2010年7月15日から2010年8月14日までの1ヶ月間とした。また、本稿においては緑化・土壌層の断熱効果を確認するため、検討対象期間のうち緑化試験体（芝・セダム・コケ・土）に散水を行っていない日の中で最も高い温度を記録した8月1日の8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、及び断面の温度分布の日変化を考察する。本実験では、試験体の断面(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すると共に、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1 試験体に用いたコンクリートの調査表

28日強度 (N/mm ²)	呼び強度 (N/mm ²)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	最大粒径 (mm)	細骨材率 (%)	単位水量 (kg/m ³)	絶対容積 (l/m ³)				重量 (kg/m ³)					
								セメント	細骨材(砕砂)	粗骨材	混和剤	セメント	細骨材(砕砂)	粗骨材	混和剤		
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

	学名/材名	日射反射率	備考
姫高麗芝	Zoysia matrella	-	芝質がきめ細かく、水分不足に弱い。
メキシコマンネングサ	Sedum mexicanum	-	8月中旬の葉丈(鉛直高さ)は45mm程度
スナゴケ	Racomitrium canescens	-	降雨がないと乾燥するが、降雨後は保水し色鮮やかになる
断熱材	-	-	ネオマフォーム(旭化成) 熱伝導率0.020 W/m・k
防水シート	-	41.3%	塩化ビニル樹脂系 厚さ 1.5mm
反射防水シート	-	67.0%	塩化ビニル樹脂系 厚さ 1.5mm

Effects of Greening on the Temperature Rise and Thermal Storage of Concrete Slab

Noboru YUASA, Hirofumi SUGIMOTO, Umekazu KAWAGISHI, Koki KITANO
Motofumi MARUI and Akira HOYANO

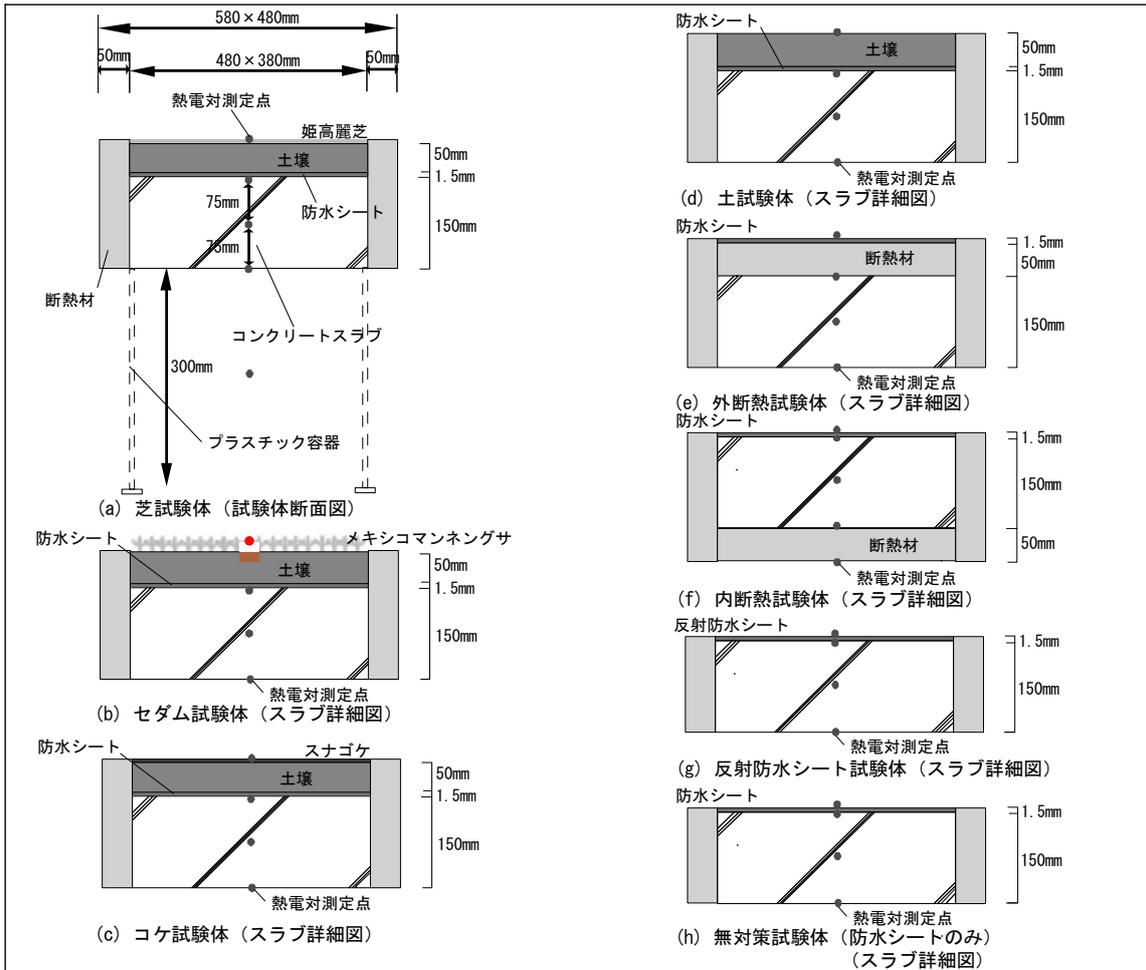


図1 試験体の概要

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た。

3. 結果及び考察

3-1. コンクリート表面温度及び中央温度からみた比較 (図3・図4)

先ず、図3にてコンクリート表面温度の変化をみると、無対策（防水シート）試験体と比較して、日中においては、外断熱試験体は温度が高い傾向がみられる。特に外断熱試験体は日中に高温化（60℃～67℃程度）し、夜間の温度低下は著しく（28℃程度）、表面温度の日変化幅は大きいことが確認できる。内断熱試験体については、無対策（防水シート）試験体と類似した傾向がみられるが、夜間の温度低下幅は無対策（防水シート）試験体と比べて小さい。土のみの試験体及び緑化した試験体（芝・セダム・コケ）に関しては、無対策（防水シート）試験体と比較して表面温度は低い傾向がある。

緑化した試験体（芝・セダム・コケ）及び土のみの

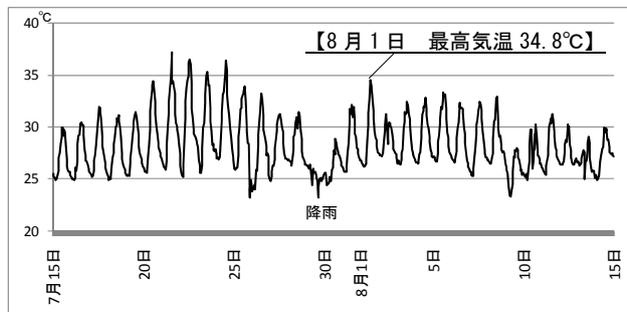


図2 検討対象期間の気温の推移

試験体に着目すると、土のみの試験体と比較して、全ての緑化した試験体（芝・セダム・コケ）において、表面温度の低下がみられ、緑化の効果が確認できる。日中の温度では、土のみの試験体と比較して、コケ試験体は1℃程度低く、芝及びセダム試験体は2～3℃程度低くなっている。

また、外断熱試験体、緑化した試験体（芝・セダム・コケ）、土のみの試験体は、無対策（防水シート）試験体と比較して、夜間の温度が低く抑えられていることが確認できる。

次に、図4にてコンクリート表面温度の変化をみると、無対策（防水シート）、反射防水シート、内断熱

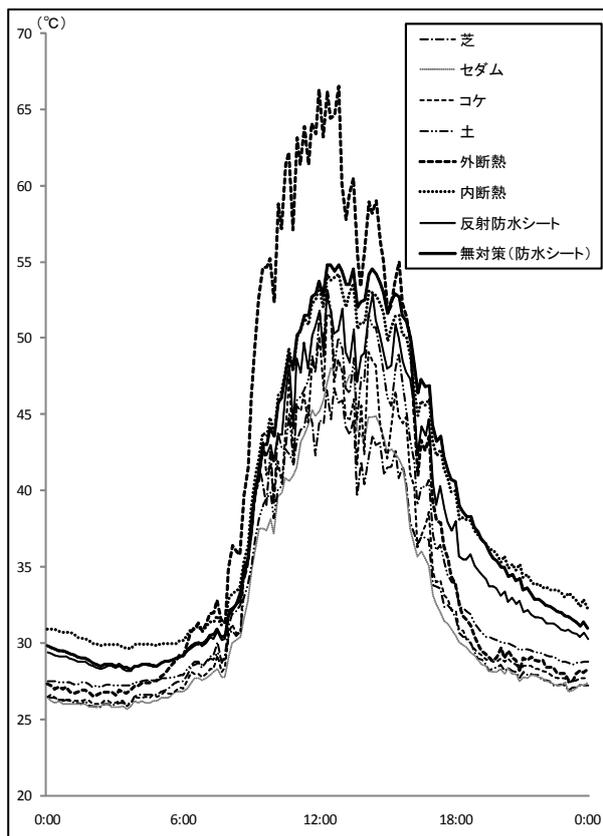


図3 コンクリートスラブの表面温度の推移 (8月1日)

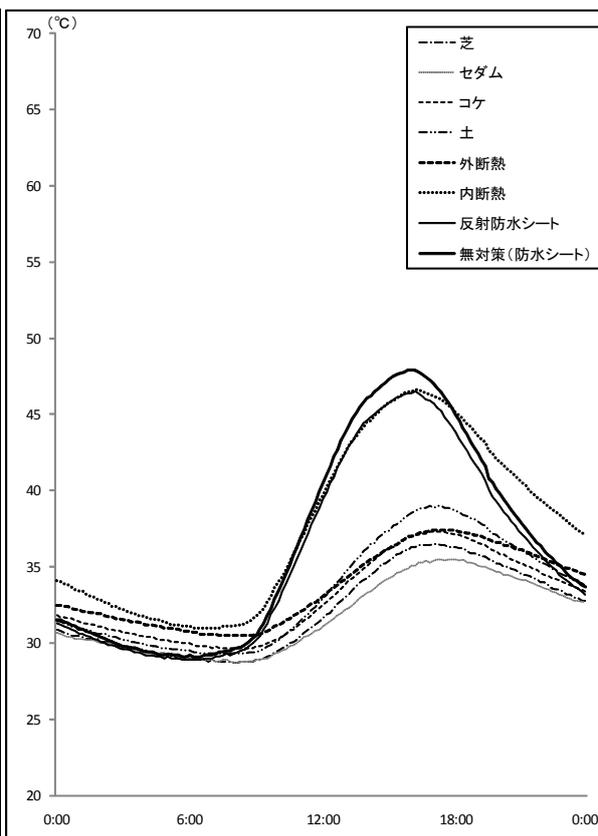


図4 コンクリートスラブの中央温度の推移 (8月1日)

の3試験体は日中に46~48°C程度まで高温化し、夜間及び朝方に温度が低下することが分かる。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低下幅が小さく、コンクリート内部への蓄熱が大きい試験体であると考えられる。

一方、外断熱試験体、緑化した試験体(芝・セダム・コケ)、土のみの試験体の5試験体はコンクリートの中央温度の日変化幅が比較的小さく、日中のコンクリート内部の温度上昇が抑えられている。特に、セダム試験体は日中の温度も全試験体の内、最も低く(35°C程度)、日中と夜間の温度差(日変化幅)も小さいことから、高い断熱効果が確認できる。また、芝及びコケ試験体においても、外断熱試験体と同程度(37°C程度)に日中の中央温度が抑えられていることから、断熱効果が確認できる。

緑化した試験体(芝・セダム・コケ)においては、緑化層部分が保水・蒸発性能を有しており、蒸発冷却効果が期待できるが、土のみの試験体と緑化試験体と比較すると、緑化試験体では日中の表面温度及び中央温度共に低く保たれ、コンクリートの蓄熱量(中央温度の上昇)も小さい。これは、緑化層の蒸発性能及び植栽と土の保水容量の違い、緑化層による日射遮蔽の影響によるものと考えられ、緑化層がコンクリート内部への蓄熱を防ぐ断熱効果を有していると言える。

3-2. 断面温度分布から見た比較 (図5)

図5より、全8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と、全8試験体のうち、コンクリート温度の日変化幅が最も大きい試験体は無対策(防水シート)試験体であり、緑化や断熱施工による断熱効果が確認できる。まず、外断熱試験体においては、表面温度の日変化幅が大きいですが、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、温度も低いことが確認できる。緑化した3試験体(芝、セダム、コケ)に着目すると、無対策(防水シート)試験体、土のみの試験体と比較して、表面温度、コンクリートの上面・中央・下面温度共にいずれの試験体も低く抑えられており、日変化幅も小さい。このうち、最もコンクリート内部(中央温度)の日変化幅が小さい試験体はセダム試験体である。また、緑化した試験体のうち、特に芝及びセダム試験体において、他の試験体より表面温度が低く、各時間帯での表面温度と中央温度の差が小さく、コンクリート部位の温度変化幅が抑えられており、高い断熱効果が確認できる。

各時間帯における温度変化をみると、緑化試験体(芝、セダム、コケ)、土のみの試験体、外断熱試験体においては、コンクリート中央温度のピークが17~18時頃、無対策(防水シート)、反射防水シート、内断熱の3試験体においては、コンクリート中央温度の

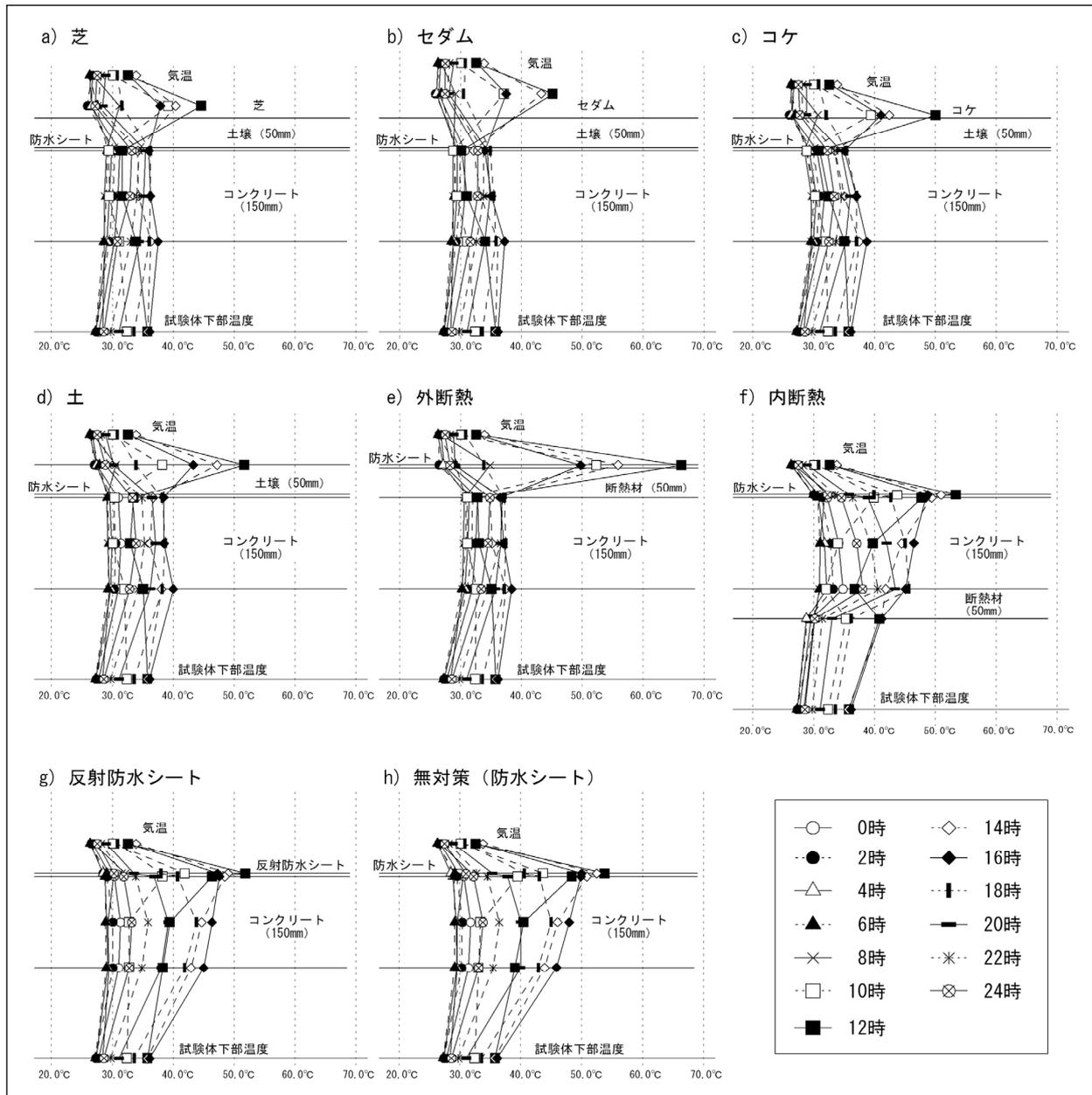


図5 断面温度分布の日変化 (8月1日)

ピークが16時頃となっており、中央温度のピークの時間帯に差異がみられる。これは、外気温にコンクリートの温度が追従する傾向があるほど、外気温にコンクリートが影響を受け高温化（蓄熱）しやすいことを表していると言えよう。

4. まとめ

本稿では夏季屋外実験により、緑化・土壌層の断熱効果を検証し、緑化がコンクリートの温度上昇・蓄熱に及ぼす影響を考察した。以下に得られた知見を整理する。
1) 夏季晴天日において、緑化（芝・セダム・コケ）試験体及び外断熱試験体は、コンクリートの温度の日変化幅は小さく抑えられることが確認された。また、中央温度のピーク温度をみても、緑化（芝・セダム・

コケ）試験体は36～37℃程度、外断熱試験体は37℃程度となっており、緑化の高い断熱効果が確認された。
2) 緑化（芝・セダム・コケ）試験体と土のみの試験体を比較すると、表面温度、コンクリートの上面・中央・下面温度共に緑化試験体のほうが低く抑えられており、緑化層の保水効果や蒸発冷却効果により、表面温度の上昇を抑え、コンクリート内への蓄熱を抑える効果を有していることが確認できた。また、土のみの試験体を無対策（防水シートのみ）試験体と比較すると、表面温度・コンクリート温度共に低く抑えられており、土壌にも少なからず、コンクリート高温化抑制（断熱）効果があることが認められた。

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