

## 歩行者空間の熱環境の改善・ ヒートアイランド現象の緩和が 期待される舗装技術

### 保水性舗装

#### 1. はじめに

アスファルト舗装は、夏季晴天日中に表面温度が60℃にも達するほか、夜間においても昼間の蓄熱により、大気や周辺建築物壁面を加熱する長波放射が舗装体から多く発生する。通常、土の表面温度は最高でも40℃程度であることから、アスファルト舗装路面の高温化が都市のヒートアイランド現象の一因であると指摘されている<sup>1)</sup>。

このような状況を踏まえ、歩道空間や沿道の熱環境の改善およびヒートアイランド現象の緩和を目的として、路面温度上昇抑制を期待した「保水性舗装技術」が開発され、各方面で試験施工や実施工が進められている。

ここでは、保水性舗装技術の概要、特徴、期待できる効果および施工実績などを紹介する。

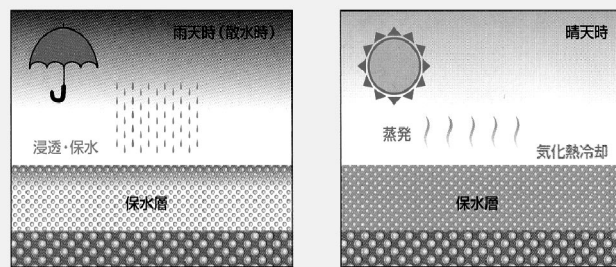


図 1 保水性舗装の概念<sup>2)</sup>

#### 2. 技術の概要

土の表面の温度がアスファルト舗装の表面に比べ上昇しにくい理由の一つとして、土に含まれる水分が蒸発する際の“気化熱”が挙げられる。保水性舗装は、この気化熱を利用したもので、図 1 に示すように、保水機能を有する表層や表・基層（図中の保水層）に保水された水分が蒸発する際の気化熱で舗装温度の上昇と舗装体への蓄熱を抑制しようとするものである。

一般的な路面の熱収支モデルを図 2 に示すが、気化熱は、図中の潜熱に相当する<sup>3)</sup>。

潜熱：「液体から気体等」物体の状態変化に費やされ、温度変化としては現われない熱。気化熱のほか融解熱等がある。

現在、開発されている保水性舗装には、次の種類がある。

(1) アスファルト舗装系保水性舗装<sup>2)</sup>

アスファルト舗装系保水性舗装は、図 3 に示すように、母体となる開粒度のアスファルト混合物の空隙（一般に空隙率20%以上）に、「吸水・保水性能を有する材料（保水材）」を充填したものである。

アスファルト舗装系保水性舗装の構成例を図 4 に示すが、①単位面積当たりの保水能力の増大等を狙って表・基層に保水材を充填する“二層構造の保水性舗装”や、②騒音低減性能や散水の一時貯留（保水層に吸収されるまで貯留）を狙った、“母体アスファルト混合物の表面上部に空隙

を残す技術”も開発されている。

保水材には、①硬化後に微細な連続空隙を形成して保水機能を持たせる「鉱物質粉末を添加したセメントグラウト」や、②吸水による保水機能を期待した「吸水性ポリマを添加したセメントグラウト」などがある。

また、表層および基層に適用する“アスファルト舗装系保水性舗装”の等値換算係数は、通常、1.0として扱われている。

(2) その他の保水性舗装<sup>2)</sup>

その他の保水性舗装としては、①セメントコンクリートに吸水および保水能力のある材料を混練あるいは充填した「セメントコンクリート系保水性舗装」、②連続空隙を形成するなどして吸水および保水能力を付与した「ブロック系の保水性舗装」などが開発されている。

これらのうち、ブロック系の保水性舗装は、主として歩行者系の舗装に適用されている。

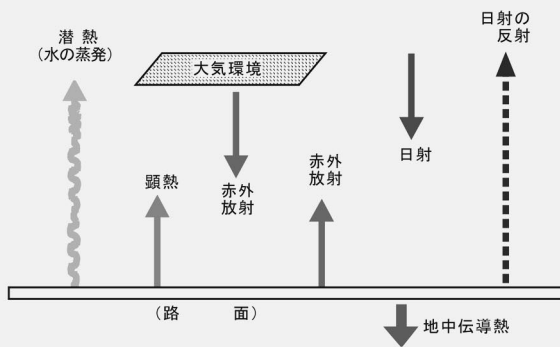


図 2 路面の熱収支モデル<sup>3)</sup>

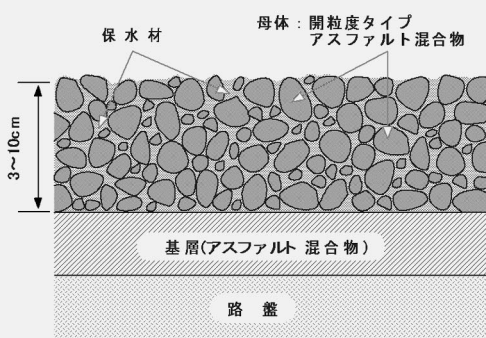


図 3 アスファルト舗装系保水性舗装の概念<sup>2)</sup>

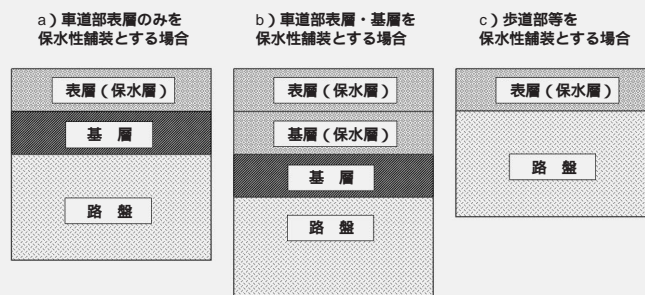


図 4 保水性舗装の舗装構成例<sup>2)</sup>

### 3. 技術の特徴

#### (1) 舗装路面温度自体の低下性能<sup>3)</sup>

図 5 は、東京都内の実路における降雨後の保水性舗装と密粒度舗装の路面温度の経時変化の一例で、効果の持続性を示したものである。

密粒度舗装に比較して保水性舗装の路面温度が降雨翌日で最大13℃、2日後で最大7.4℃低くなっているものの、3日後には最大4.3℃の差にとどまっている。

保水性舗装の性能の持続性に関する調査として、東京都が施工後2夏経過した保水性舗装の路面温度を計測している。この結果、降雨後で9.6℃、降雨後1日経過時点で9.4℃、降雨後2日経過時点で6.1℃と、施工後1夏目と同程度の温度低下を示したことから、2夏経過後でも、効果が継続していることが確認できたとしている<sup>4)</sup>。

また、効果の持続性向上を目的に、保水性舗装に散水、あるいは毛細管現象による給水構造とす

る等の検討も行われている。平成16年5月、環境舗装東京プロジェクトの一環として実施された国土交通省関東技術事務所構内の試験舗装では、散水5日後でも、密粒度アスファルト混合物舗装と比較して路面温度が10℃以上低いものが8種類認められたとしている<sup>5)</sup>。

#### (2) 道路近傍の温度低下、環境改善効果<sup>3,6)</sup>

図 6 は、東京都内の実路における降水後の保水性舗装と密粒度アスファルト混合物による舗装の舗装体温度と舗装上の気温を比較した一例である(8月)。

舗装面0.2m上で平均2.9℃、1.5m上で平均0.4~0.8℃低い結果となっている。なお、ここでは、地中温度も測定しており、舗装面1.0cm下で最大13℃(平均5.9℃)低くなっている。

一方、図 7 は、通常の舗装と保水性舗装の上にそれぞれ設置したグローブ温度を測定したものである。

グローブ温度とは、黒いグローブ球を人体と見立て、その内部の温度を測定するもので、人体へ

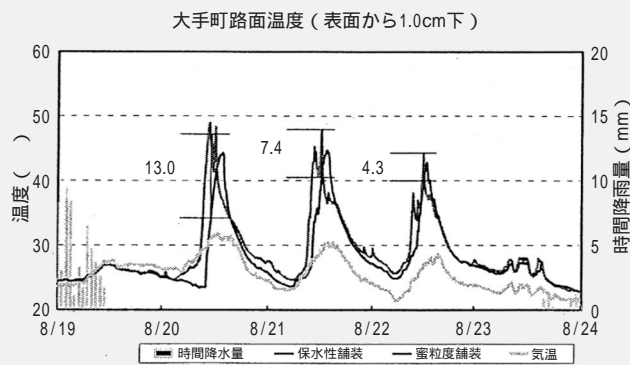


図 5 路面温度測定例<sup>3)</sup>

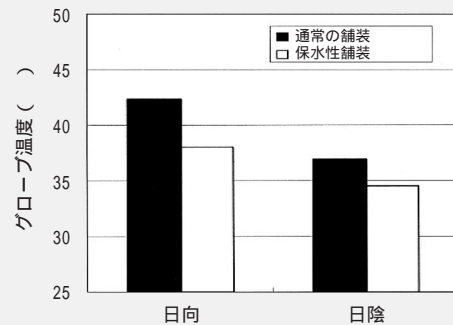


図 7 人体への熱負荷を表すグローブ温度

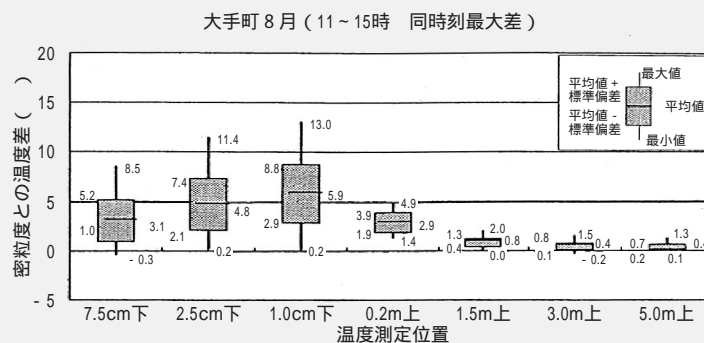


図 6 降水後の舗装上温度測定例<sup>3)</sup>

の熱負荷の大きさを代表する値として広く用いられている。

保水性舗装の上では通常の舗装の上より、日向で4.5℃、日陰で2.5℃低くなっており、保水性舗装が涼しい舗装であることを表している。

(3) 都市全体としての温度低下、環境改善効果の評価<sup>3)</sup>

3次元大気乱流方程式、熱および混合比の保存式、地上面温度算定のための熱収支式、ならびに1次元熱伝導方程式を用い、中央区の公道(区の面積に占める舗装道路の割合29.2%)すべてに保水性舗装を適用した場合のシミュレーション結果が報告されている。

本シミュレーションによると、大手町程度の空間において、風通しが海岸ほどないところであれば、図8に示すとおり、地上1.5mの気温において0.5~0.8℃程度の低下効果があると試算されている。

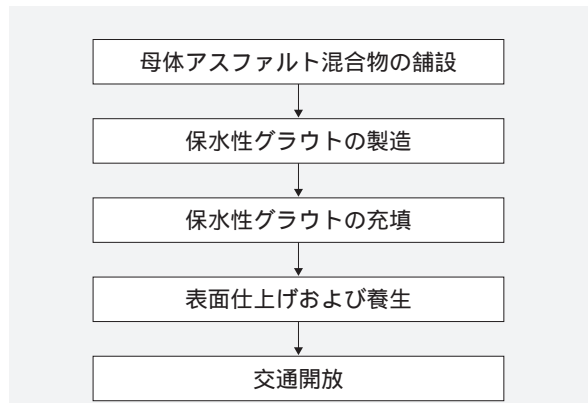


図9 アスファルト舗装系保水性舗装の施工手順<sup>2)</sup>



写真1 保水性グラウトの充填状況<sup>3)</sup>

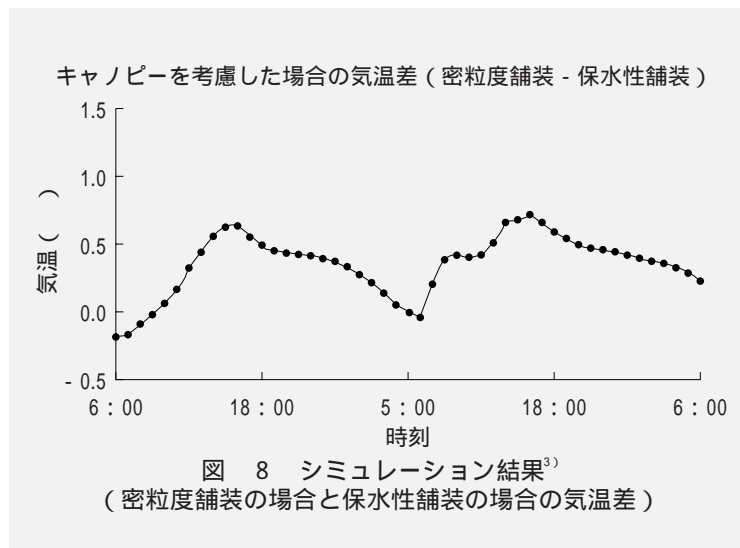


図8 シミュレーション結果<sup>3)</sup>  
(密粒度舗装の場合と保水性舗装の場合の気温差)

## 4. 施工<sup>2)</sup>

アスファルト舗装系保水性舗装は、図9および写真1に示すように、母体となる開粒度アスファルト混合物にセメントグラウトを充填する「半たわみ性舗装」と同様に施工する。

## 5. 技術開発にあたって

(1) 課題と解決策の模索

開発のコンセプトに示したように、①重交通道路にも適用できる「舗装としての性能(強度、耐流動性、耐摩耗性等)」を満足した上で、②路面温度の上昇を抑制する機能を付与しなければならなかった。

開発着手段階で、土のグラウンドやコンクリート舗装の表面温度が、アスファルト舗装の表面に比べ低いことは感覚的に分かっていた。そこで、これらの表面温度を同一条件下で比較することを目的に、構内に試験舗装を築造し、表面温度の測定を試みた。

真夏降雨翌日の晴天日中の測定では、通常のアスファルト舗装表面が55℃に達したのに対し、排水性舗装表面は53℃、透水性舗装表面は54℃、コンクリート舗装表面は41℃、土の表面は37℃であ

った。

この結果から、コンクリート舗装の普及が優位とも考えられたが、「施工後養生を必要とする」「埋設物の接地が困難である」等の理由から、ヒートアイランド現象等が問題となる都市部での適用は不適と考えた。

また、アスファルト舗装の表面をコンクリート舗装のように着色するなどして白色化し、表面温度の上昇を抑制することも検討した。しかし、この場合は反射光による“眩しさ”や“周辺建物や歩行者衣服等の加熱”が懸念された。そこで、土表面の温度上昇を抑制する“水分の気化熱”に着目し、これを応用することにした。

#### (2) 気化熱の応用に関する検討

気化熱を応用するには、何らかの方法で舗装表面に水分を供給し蒸発させなければならない。

この手法としては、①噴霧や散水により舗装表面に水分を供給し蒸発させる、②舗装内部に給水・貯水し表面から蒸発させる、が考えられた。なお、前者の手法の場合は、供用中の路面に、常時、適量の水分を供給することが困難であると考えた。このため、後者の手法、すなわち“保水性

舗装”の開発を試みることにした。

#### (3) 保水性舗装の開発

保水性舗装を開発するにあたっては、前述したとおり、保水機能のほかに、重交通道路にも適用できる“舗装本来の機能”を有することを開発目標の一つとした。なお、重交通道路に適用できるだけの“舗装としての強度”を確保するには、保水層全体に均一な保水機能を持たせることは不適と考えた。すなわち、保水機能を有する材料そのものには、大きな強度は期待できないと考えたわけである。

この解決策として、以下の工法を開発した。

- ① 母体を、高粘度改質アスファルトまたは改質アスファルトⅡ型を用いた開粒度の混合物とし、その間隙に保水機能を有する材料を充填する。すなわち、交通荷重は、母体アスファルト混合物で支える。
- ② 充填する保水機能を有する材料として、「硬化後に30vol%程度以上の連続空隙を確保できるグラウト」および「所定の保水量を確保できる量の吸水性ポリマを添加したグラウト」を開発。

## 技術の視点

### 開発のコンセプト

- ① 通常のアスファルト舗装（密粒度舗装）に比べ、夏季の路面温度を10℃以上低くできること。
- ② 重交通道路にも適用できること。
- ③ 施工後、3時間程度で交通開放できること。
- ④ 降雨または散水後、2日程度以上温度低下効果が持続すること。

### 開発で苦労した点

- (1) 技術評価
  - ① 重交通道路にも適用可能な「舗装本来の性能」を確保しながら、保水機能を付与。
  - ② 夏季に、通常の舗装に比べて路面温度を10℃以上低く抑える。
  - ③ 施工後、3時間程度で交通開放が可能。
- (2) 今後の課題
  - ① 路面温度や大気温度の測定方法等の標準化が望ましい。
  - ② 環境改善効果シミュレーションの仮定条件の妥当性、実測による結果の検証が必要。
  - ③ 温度低下性能の経年的な劣化の程度（2年以降）を明らかにする必要がある。

## 6. 適用個所と施工実績

### (1) 適用個所

市街区域の車道や歩道、公園や緑地およびイベント会場の広場等に適用することで、利用者の暑さをやわらげたり、地域の熱環境の緩和などが期待できる。

### (2) 施工実績

2004年3月末までの保水性舗装の施工実績は、表 1 に示すとおりで、過去2年間で急増している。施工実績の96.8%は、アスファルト系保水性舗装である。

平成	全体	アスファルト舗装系保水性舗装
~12年度	5,408	2,628
13年度	7,027	6,749
14年度	31,648	31,648
15年度	95,903	94,434
計	139,986	135,459

## 7. おわりに

保水性舗装は、当初、都市部の熱環境の改善を中心に試験施工が実施されてきたが、現在は、歩行者空間の熱改善効果を期待しての適用も増えつつある。

平成16年の夏が全国的な猛暑であったことや、前述した関東技術事務所構内の試験施工結果が評価されたことを背景に、沿道環境の改善を目的に実施されている「沿道環境改善事業」の対象に保水性舗装や遮熱性舗装の敷設が加えられた。このことにより、自治体等が実施する“路面温度上昇抑制に関連する事業費”の一部を国が補助できるようになり、これら舗装の採用が促進されると予想される。

### 【参考文献】

- 1) 村井, 野村, 姫野: 都市部における熱環境と都市型洪水に及ぼす舗装の影響, アスファルト, vol. 40, No. 195, pp. 23~29, 1998. 4
- 2) 保水性舗装技術研究会: 保水性舗装技術資料, 2003. 5
- 3) (社)日本道路協会: 環境改善を目指した舗装技術(2004年度版), pp. 30~36, 2005. 3
- 4) 田中: 夏期における舗装路面温度の上昇抑制対策~東京都における保水性舗装の取り組み~, 月刊建設, pp. 11~13, 2004. 10
- 5) 護摩堂, 大原: 環境舗装東京プロジェクト 公募技術のフィールド実験結果について, 舗装, Vol. 39, No. 6, pp. 5~9, 2005. 4
- 6) 藤野, 長島, 菅沼, 辻井: 保水性舗装のテーマパークへの適用と熱負荷軽減効果, 舗装, Vol. 40, No. 3, pp. 9~13, 2005. 3
- 7) 福田, 深沢, 荒木, 藤野, 浅枝: 夏季自然状態での各種舗装の熱環境緩和特性に関する実験的研究, 土木学会論文集, No. 571/v. 36, pp. 149~158, 1997. 8