

## ◆特集：自然と共生する国土の再構築に向けて◆

## 舗装体への雨水貯留による持続性のある保水性舗装の開発

並河良治\*

## 1. 概要

都市部における水循環の改善、近年都市に見られる短時間の降雨強度の強い集中豪雨（以下、都市型豪雨という）への対応およびヒートアイランド現象の原因ともなっている地表面の高温化の緩和を目的に、貯留・蒸発機能を有した舗装を開発した。この舗装を国土交通省国土技術政策総合研究所構内に敷設し、自然降雨を対象にした貯留量及び蒸発量の測定によって、本舗装の地表面流出の削減効果、地表面温度の低減効果、地盤浸透量等の諸機能について確認したところ、短期間の測定であり、確言はできないが所期の性能は確保されていた。

## 2 機能の設定

都市部における水循環と熱環境を同時に改善することを目指した舗装に求められる機能として、

①地表面が舗装されているために、降雨が河川に短時間の内に流入する状況を改善すること

②都市の熱環境のうち、特に、夏季の日射により地表面温度が高くなる状況を改善すること

を条件として、本舗装の開発に当たっては、舗装の下部若しくは近傍に雨水を貯留し、その水を活用して路面から蒸発させることにより上記2つの条件に対応することとした。なお、貯留した雨水は次の降雨に備えて、蒸発に必要な量を確保した後徐々に放流する必要がある。また、管理を容易にすること及び他の環境への配慮から自然の力で貯水した水を舗装表面から蒸発できる仕組みを持つことを目標とした。さらに、近年の都市における降雨強度に対応するため、降った雨を素早く貯留できることも条件とした。以下に設定した条件、材料の選定及び設計について記述する。

## 2.1 貯水機能

## 2.1.1 ヒートアイランド対策

活動が集中する都市においては、人工排熱の増加、地表面被覆の状況の変化等の影響によって都市中心部の気温が周辺より高くなるヒートアイラ

ンド現象が発生し、特に、地球温暖化とも相まって夏の高温化は大きな社会問題となっている。これに対応する施策の一つに、舗装面の温度の低減をねらった技術が開発されつつある。ここでは、水循環の観点からも有効な舗装面から水分を蒸発させる機能を有する舗装を採択し、降雨間隔と1日あたりの蒸発量から貯留すべき水量を設定した。すなわち、既往の研究成果から蒸発量を  $6l/m^2 \cdot \text{日}$  とし、夏場の連続無降雨日数データを参考に、12日間の持続性を持つこと、つまり  $72l/m^2$  をヒートアイランド対策の観点から目指すべき性能の目安とした。

## 2.1.2 洪水対策

都市部において、近年、短期集中豪雨、いわゆる都市型豪雨によって、しばしば洪水が発生している。このような状況に対応するため、平成16年に特定都市河川浸水被害対策法が制定されたところである。この法律に対応できることを開発目標として以下のように設定した。すなわち、

変更前の流出係数：0.3

変更後の流出係数：0.9

とした場合、河川局の資料によると、図-1に示す標準的な1/10確率降雨に対しては、最低限  $330m^3/ha$  の対策量が必要となることが示されている。一方、この対策量をすべて貯留することになると  $1,260m^3/ha$  の対策量が必要となる。しかし、今回の設計では、オリフィスからの排水を想定しており、設計の目標として、 $500m^3/ha$  ( $50l/m^2$ ) を1/10確率の基準降雨に対応する地表面流出の削減（都市型豪雨対応）の対策として設定した。

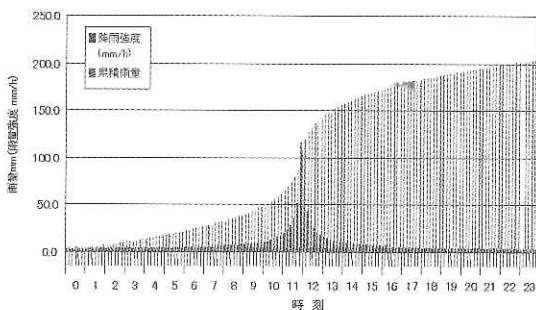


図-1 10年確率の標準的な降雨パターン

2.2 材料の設定

2.2.1 地表面温度の低減効果が高いと考えられる舗装技術仕様の選定

地表面温度を低減させる表面構造を選定するに当たって、実験室内で人工太陽を用いた実験を行い、蒸発量と表面温度の時間変化から温度低減効果を評価した。実験には、開粒度アスファルト舗装に保水剤を充填した保水性舗装、排水性舗装(表層下面に水位を維持)、透水性舗装、保水性ブロック舗装、グレーチング舗装(グレーチング下面に水位を維持)を試験区とし、対照区として密粒度アスファルト舗装を設定した。

実験結果を図-2に示す。実験の結果から、最もよい成績をおさめたのはグレーチング舗装であり、続いて保水性舗装の温度が低い。排水性舗装は、実験開始から暫くは比較的よい成績であるが、時間の経過とともに温度が徐々に上昇し、6時間後には、密粒度アスファルト舗装と同じ温度となっている。この結果から、ここでの設計では保水性舗装を採用することとした。

2.2.2 舗装表面への給水材料の検討

次に、貯留した雨水を舗装の表面に移動させる手段はさまざまなものが想定されるが、本設計では外部からのエネルギー供給なしで舗装の表面に給水できることを前提に手段を検討しており、貯留した雨水を毛管現象を活用し、舗装表面に移動させる方法を採用することとした。この方法を実現させるためには、舗装の表面から蒸発する推量を補充するのに必要な吸水速度を確保する必要がある。必要吸水速度は、蒸発速度から1平方メートル・1時間当たり0.6リットル(0.6l/m<sup>2</sup>/hr)に設定した。この設定吸水量を満足する吸水特性に優れた材料を選定するため、吸水性能の高い材料の選定を行った。図-3は、入手が容易で吸水性能の高い4つの材料で高さ30cmのコアを作成し、その底面を水面に触れさせて吸水高さの時間変化を見たものである。この結果から、珪藻土の吸水性能がフライアッシュ、ガレオナイト及び鹿沼土と比較して優れていることを確認した。

さらに、吸水性能以外に充填性、経済性の観点を加え総合的に評価し

た結果(表-1)、材料価格は高いものの、充填性、吸水性に優れた珪藻土を吸水材として採用することとした。

3 舗装の設計

室内実験の結果から、舗装のパーツごとの材料を決定したが、ここではそれらのパーツを構成部材とした舗装全体の設計について記述する。

- 1) 貯留施設の設置場所は、歩道下、車道下、隣接敷地が考えられるが、水の供給先への距離が短く、すべての道路において共通に確保できるスペースである車道下の路盤内とした。
- 2) 路盤内貯留材の選定においては、貯留の能力のほか、経済性、入手の容易さを考慮し、一般的に路盤材として使用されているC-40・M-30・単粒度5号碎石等の材料について比較を行った。その結果、経済的に有利な単粒度5号碎石を選定した。
- 3) 材料の選定がなされたところで、各部の必要

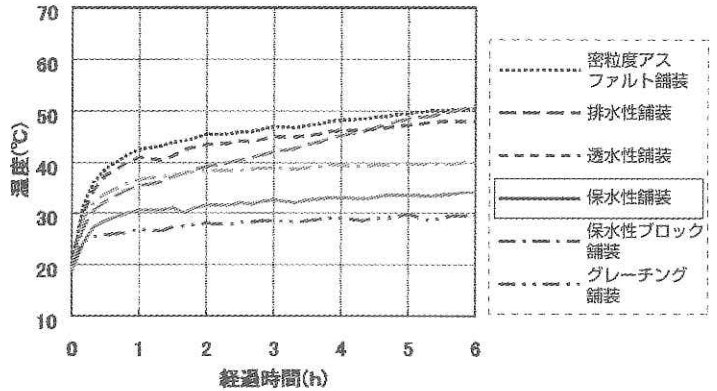


図-2 人工太陽下における舗装温度の変化

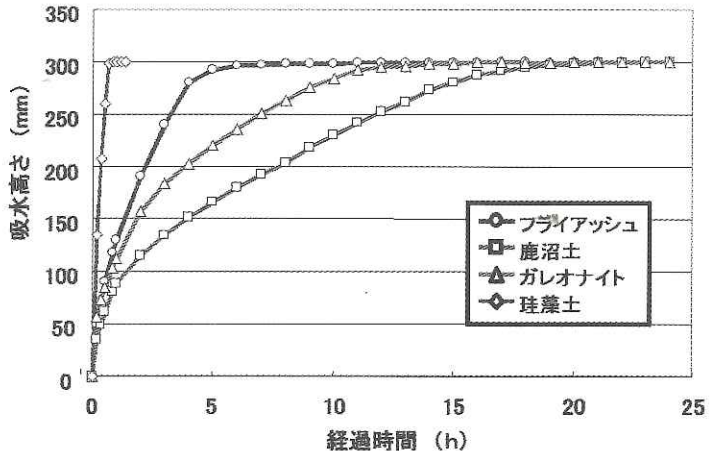


図-3 吸水性能の比較実験結果

表-1 吸水材の評価結果

毛管材	充填性 (水と混合攪拌して、浸透充填)	コスト		評価
		材料単価 (円/kg)	充填材 (円/L)	
ガレオナイト	○	30 74 μ以下の粒度調整要	30	必要吸水量0.6L/m <sup>2</sup> /hrを十分満足。ただし、毛管材と水面が接している時間を長くとる必要がある。
フライアッシュ	△沈降分離して体積収縮が起こりやすい	25 74 μ以下の粒度調整要	30	必要吸水量の約50倍の吸水力を有する。但し、充填性に問題があり、改善を要する。毛管材と水面が接している十分な時間が必要。
鹿沼土	○	50 74 μ以下の粒度調整要	40	必要吸水量0.6L/m <sup>2</sup> /hrを十分満足。ただし、毛管材と水面が接している時間を長くとる必要がある
珪藻土	○	200	80	必要保水量の約50倍の吸水力を有する。さらに、毛管材と水面が接している必要時間が最も短い。但し、コストが高い。

量の検討を行った。まず、貯留槽については下層路盤 (貯留部) から表層への給水を行う給水部の幅は、必要給水量が確保できるように、試験結果をもとに20cmとした。

上記検討結果およびB交通への適用性を確認の上で、地表面流出の削減効果、地表面温度の低減効果が高いと考えられる舗装技術の仕様 (以下、タイプ2という) を下図-4のとおりとした。

設計した舗装の貯留量を下記の仮定の下に試算した。

- 砕石の吸水量は加算しない
  - 珪藻土の吸水率：76%
  - 保水材の吸水率：58%
  - 路盤の空隙率：33%
  - 開粒度舗装の空隙率：20%
  - 舗装体全体での貯水可能体積
- $$= 5 \times 0.2 \times 0.58 + 5 \times 0.2 \times 0.76 + 15 \times 0.33 \times 0.76 + 5 \times 0.33$$

$$= 5.1\text{cm (給水部)} + 1.7\text{cm (貯留部)}$$

$$= 6.8\text{cm}$$

$$= 68\text{l/m}^2$$

試算の結果、68l/m<sup>2</sup>となり、目標の72l/m<sup>2</sup>をほぼ確保できていることが確認できる。

#### 4. 貯留量等の測定及び解析

設計した舗装の性能を確認するため、小規模な舗装を研究所の構内に敷設し、計測を行った。実験には、今回開発した保水性舗装に加え、常時給水型保水性舗装および比較用の一般的な保水性舗装の3種類の舗装を敷設した。

図-5に実験を行った2004年7月20日18:30から8月15日までの測定結果を示す。ここで、7月25日、26日の期間は、落雷により、また、7月31日、8月1日の期間は、構内での停電作業により欠測となった。

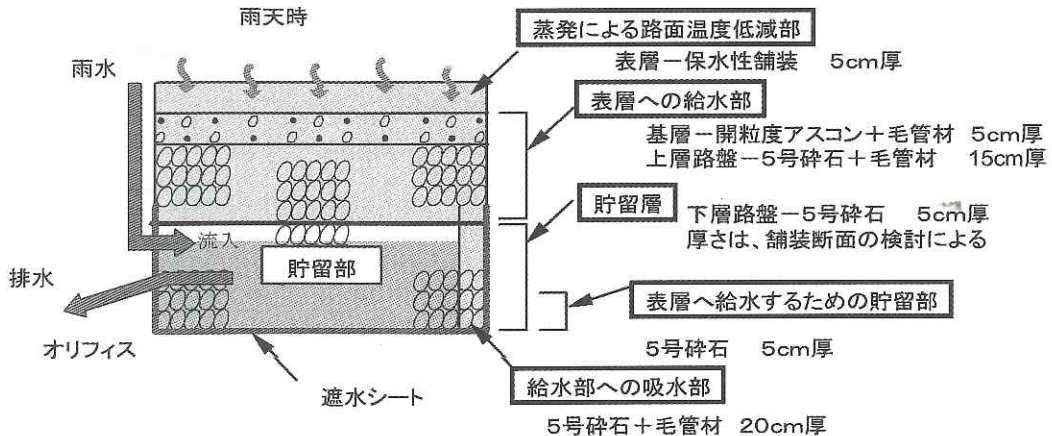


図-4 実験施設の舗装技術の仕様

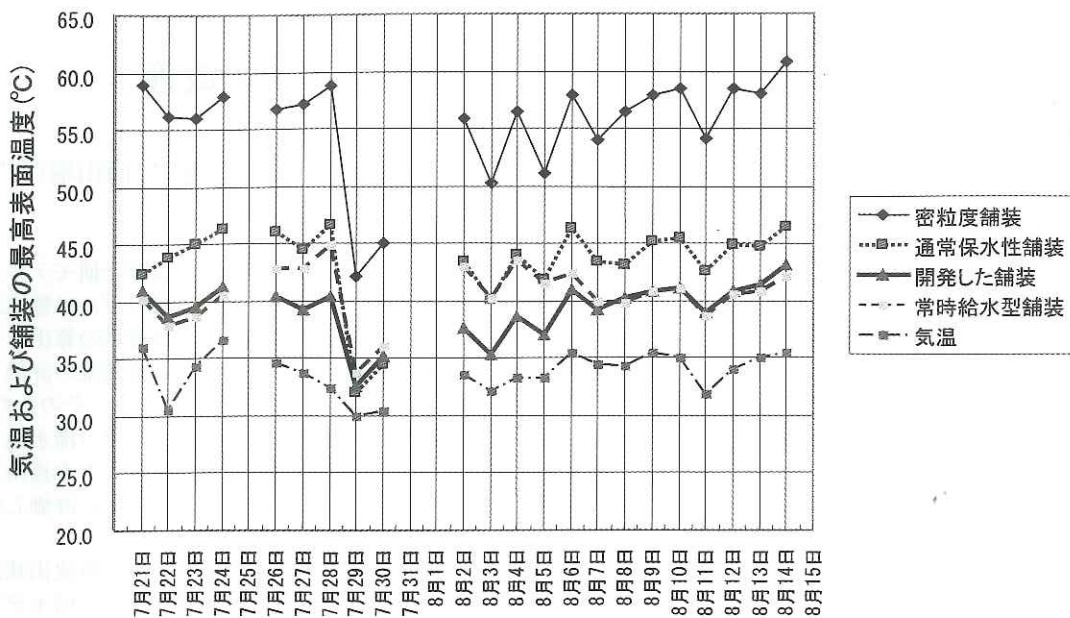


図-5 気温および各舗装の最高表面温度の経日変化

#### 4.1 地表面温度

##### 4.1.1 表層（保水性舗装）の特性

図-5より、降雨後の影響の無い8月9日～8月14日までのデータにおいて下記のことが確認された。

- ①蒸発機能を有している状態での今回開発した保水性舗装と、密粒度舗装との温度差は平均17.3℃であった。
- ②蒸発が無い状態での密粒度舗装と蒸発量が殆ど無いと推定される一般的な保水性舗装との温度差は、平均13.1℃であった。この温度差が生じる大きな原因は、舗装表面のアルベトの差によるものと言える。
- ③①②より、今回開発した保水性舗装の蒸発機能による温度低減効果は、平均4.2℃であった。
- ④通常保水性舗装の温度低減の持続は1～2日程度と考えられる。
- ⑤開発した舗装は、7月31日の降雨後から8月15日の降雨までのほぼ無降雨の14日間（8月7日に3.5mm/20分の降雨があり）においても、温度低減効果が持続している。

なお、常時吸水型舗装の温度が8月5日まで高いのは、性能確認のため、給水を行わなかったために通常の保水性舗装と同様の傾向を示していると考えられる。

#### 4.2 地表面流出削減効果の整理・分析

降雨量の大きかった7月29日、8月15日および9月4日の降雨に対するタイプ2の流出抑制効果を整理した結果、約70％程度の流出削減率があることが確認された。

本舗装実施に伴う流出抑制効果を検証するため、路盤碎石の空隙率を33.3％、路盤厚を15cmとし、貯留施設設置面積率、浸透量を変化させた場合のピーク流出量を通常舗装と比較しつつ算定を行った。その結果、従来の舗装構造と浸透施設との組み合わせよりも、新しい舗装構造と浸透施設を組み合わせの方が相乗的な効果があることが明らかとなった。

#### 5. まとめ

上記の結果より当初の目標は達成されたと考えるが、測定期間が短く、さらなる測定が必要であろう。また、下記の課題も残されている。

- ①毛管材を充填した上層路盤の水平方向の水の導水速度について検討。
- ②路盤材料に単粒度5号碎石を用いる場合で空隙率が小さい時の毛管材の性能の確認。
- ③保水性能の耐久性の確認。

並河良治\*



国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部道路環境研究室長  
Yoshiharu NAMIKAWA