

繊維混入樹脂系接着剤を使用した 保水性舗装の研究

木村恭一¹・濱崎 仁²・岩田 司³

¹ 正会員 国土技術政策総合研究所（〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地）

² 非会員 独立行政法人建築研究所（〒305-0802 茨城県つくば市大字立原1番地）

³ 非会員 工博 国土技術政策総合研究所（〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地）

都市におけるヒートアイランド現象の抑制対策として、保水性舗装が着目されている。保水性舗装は、舗装内部に水分を保持し、その水分の蒸発散により温度を持続的に低減させる技術であり、保水性能を確保するためには、透水機能を確保した上で、水分の蒸散量を持続化及び最適化させる技術の開発が必要とされる。本研究では、より保水性の高い舗装の開発を目指し、繊維混入樹脂系接着剤を使用した保水性舗装について、室内実験においてその効果を検証した。結果として、水密性の高い、密粒度配合においても、透水・保水を可能としたものである。

Key Words : water-absorptive pavement, heat-island, continuation of function maintainable city environment

1. はじめに

都市におけるヒートアイランド現象は、緑地の不足や、建造物のコンクリート化、都市内河川の暗渠化等の都市構造と、密集地区における空調、車等の人工排熱の集中等が原因とされ、局所的に都市内温度が上昇し熱環境が悪化する現象である。その原因の一つとして、道路におけるアスファルト舗装を始めとした水密舗装があげられ、水の蒸発散がないため、潜熱が減少し、顕熱が増加する。そのため地表の高温化が進み、ヒートアイランド現象に影響を与えていると言われている。現在、その対策として舗装における水循環機能による温度低減技術が実施されている。¹⁾

温度低減効果を目的とした透水性舗装については、近年の研究において、短期の温度低減効果はあるものの、その浸透水が早期に蒸発散し温度低減効果が持続できず、降雨数時間後において、一般舗装材と同程度の表面温度になると報告されている。²⁾ その対策として、土のように粒子の細かな配合により保水性を高めた保水性技術が、温度低減効果に優れるとの結果が報告されており、²⁾ 都市の熱環境

対策として、保水性舗装が注目されている。保水性技術とは、透水性を確保した上で、舗装体及び下部地盤に水分を保持し、その蒸発散の持続化及び最適化を図ることにより温度を低減させるものであり、その機能の確保については、空隙率の少ない密な粒度配合が重要であると考えられる。

本検討は、持続的・安定的な都市の熱環境を確立するために、温度低減機能に優れる保水性合材を開発することを目的とし、繊維混入樹脂系接着剤を使用して、各種粒度配合により、透水性能と保水性能の変化と、それに伴う温度低減効果について、室内試験を実施し検討したものである。

2. 透水性・保水性実験

透水・保水性舗装については、透水機能の高い舗装は、水の蒸散量が大きく、初期の温度低減効果に優れると考えられ、また、保水機能の高い舗装は、水の蒸散量は少ないが、温度低減効果の持続に優れると考えられている。³⁾ 当実験は、これら透水機能と、保水機能、温度低減効果と時間的変化がどのような関係にあるのかを解明するために、恒温恒湿実

験室において夏季の気象条件下で実験を実施した。

(1) 繊維混入樹脂系接着剤

舗装合材の保水性を高め、透水性を確保した上で、極力空隙率が小さい密な配合を実現するために、当検討においては、樹脂系接着剤に繊維を混入したものを使用する。なお、繊維混入については、ロックウールの繊維により骨材間の接着力を高め、骨材の点的接着を可能にしたことにより、細かな空隙を確保するとともに、繊維の毛細管現象を利用して通水を確保していると考えられる。舗装表面の拡大を写真-1に、樹脂系接着剤の基本成分を表-1に示す。



写真-1 砕砂舗装表面 (100倍)

表-1 樹脂系接着剤成分一覧表

基 材	成 分	適 用
樹 脂	ビスフェノールF型エポキシ樹脂	
補 強 材	SC02	耐紫外線向上
硬 化 剤	脂肪族ポリアミン	
増 粘 剤	ポリウレタン	刺激性のないポリウレタン使用
樹脂添加剤	添 加 物	親水性樹脂に変性してあり湿潤でも硬化
繊維添加物	ロックウール	

(2) 施工実績

繊維混入樹脂系接着剤使用における施工実績と、その特徴を整理する。

- ・繊維において透水機能を補完しているため、骨材粒が可変的に選択でき、地場産材を用いた景観舗

表-2 各配合の粒度分布 (通過百分率)

透過百分率

ふるい目(mm)	複合繊維質								アスファルト	
	CF6号	CF7号	CF砕砂	CF排13	CF排20	CF密13	CF密20	CF細13	AS排13	AS透13
26.5		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
19	100.0	100.0	100.0	100.0	98.1	100.0	98.7	100.0	100.0	100.0
13.2	94.4	100.0	100.0	95.2	73.1	97.8	82.2	98.4	95.2	96.0
4.75	6.9	89.7	100.0	19.9	18.5	62.1	56.0	71.8	20.9	33.7
2.36	1.0	11.9	88.7							
1.2	0.0	2.5	56.0	14.3	14.0	44.7	42.2	57.2	15.0	19.5
0.6		1.4	35.2	8.8	8.8	25.0	24.1	33.1	9.2	13.6
0.3		0.0	20.6	6.9	6.9	15.6	15.1	20.6	7.1	9.2
0.15			9.6	5.9	5.9	9.3	8.9	12.1	6.1	6.7
0.075				4.9	4.9	6.4	6.2	8.4	4.9	5.1

装等に採用されている。(写真-2)



写真-2 白サンゴ舗装



写真-3 自然石舗装 (玉石)

- ・骨材間の拘束力が強いため、大粒径における舗装も可能である。(写真-3)

(3) 合材配合

実験の合材については、既存の透水・排水性舗装の配合粒度と、一般に水密性が高く、空隙率が小さい、アスファルト合材として使用されている密粒配合・細粒配合の8種類について試験体を作成し、実験を行った。(表-2)

繊維混入樹脂系接着剤の使用については、配合基準等が確立されていないため、使用実績に基づき、単粒配合については6%、細粒分が混入している配合にはついては、接着剤の染み込み、骨材面積の増加等を考慮し、10%を配合した。(表-3)

表-3 繊維混入樹脂系接着剤混入率

使用材料	混入率 (wt%)
6号砕石	6.0
7号砕石	6.0
排水性舗装13	10.0
排水性舗装20	10.0
細粒13	10.0
砕砂	10.0
密粒13	10.0
密粒20	10.0

(4) 透水性試験実施概要

透水試験に用いた試験体は、100×40mmの円筒型とし、型枠内部で十分締め固めた物を用いた。試験は、舗装試験法便覧の定水位による方法とし、繊維混入樹脂系接着剤を使用した8検体において実施した。なお、試験については、1合材3体実施している。

(5) 保水性試験実施概要

骨材配合は、表-2に示す10検体と、比較のために、インターロッキングブロック2種類、ポーラスコンクリートを加えた13種類とした。試験体の概略図を図-1に示す。

保水性試験の実施にあたっては、試験体上部より水分が浸透しなくなるまで注水を繰り返し、冠水状態として試験を実施した。なお、初期の保水量を表-4に示す。

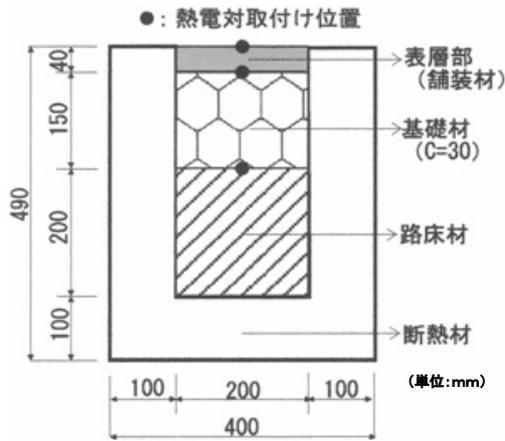


図-1 保水性試験の試験体

表-4 初期保水量

試験体名	保水量 (g)	試験体名	保水量 (g)
C F 6号	3436	C F 密粒20	2934
C F 7号	3412	A S 排水13	2574
C F 砕砂	3180	A S 透水13	2816
C F 排水13	2693	I R 黒	2743
C F 排水20	2989	I R 茶	3117
C F 細粒13	3033	P C	3384
C F 密粒13	2774		

実験は、温度30、相対湿度60%RHの恒温恒湿室内において行い、直達日射を想定した500Wの照明を試験体の上に設置し、日射計により、試験

体表面での日射量が、 $0.80 \pm 0.05 \text{ kW/m}^2$ になるよう調整を図った。ここでの温湿度及び日射量は、福岡市における夏期の正午における平均的な気候を想定したものである。

上記の環境下において、日射を6時間照射し、18時間照射を止めることを2回繰り返し、冠水状態からの水分の蒸発量及び、表層部、路盤上、路床上の温度をCC熱電対により測定した。水分の蒸散量は、電子天秤を用い、1g単位で測定した。(写真-3)



写真-3 保水性試験の状況

(6) 合材強度の確認

使用合材の内、密粒13配合について、強度試験を実施し、アスファルト舗装との比較を実施した。

3. 透水・保水性試験結果

(1) 透水性試験結果

各配合の透水係数と連続空隙率の関係を図-2に示す。結果として、すべての配合において、透水機能を確認した。

透水係数と連続空隙率の関係は、単粒配合や、排水系舗装など、連続空隙率の大きな配合については、透水係数も大きく、密粒配合、細粒配合のように連続空隙率の小さい配合については、透水係数も小さい。しかし、すべての配合において、いずれも規格値である $1.0 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ を確保している。

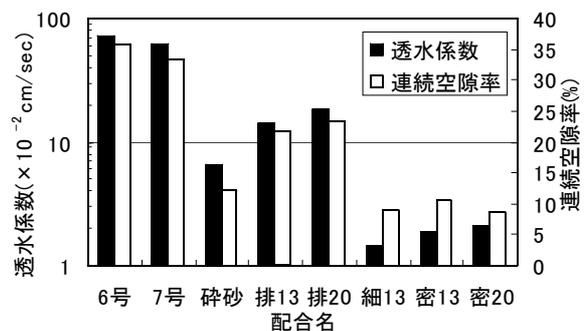


図-2 透水係数及び連続空隙率

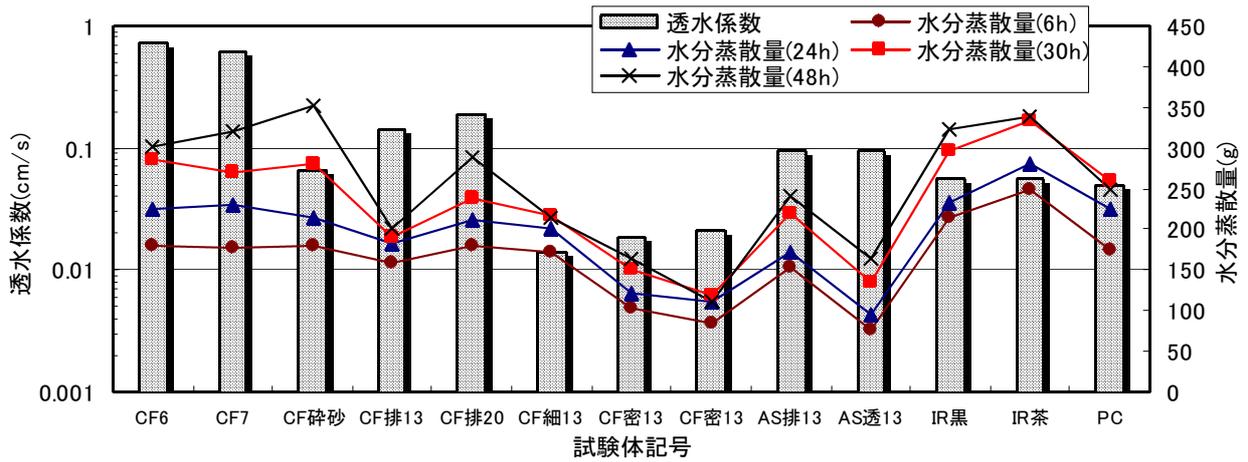


図-3 透水係数と水分蒸散量

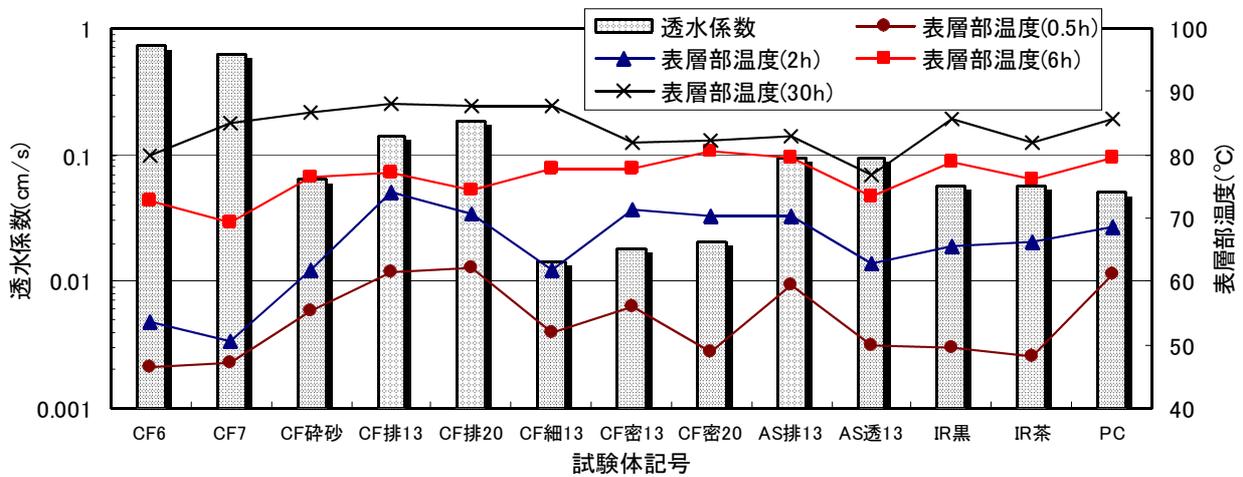


図-4 透水係数と表層部温度

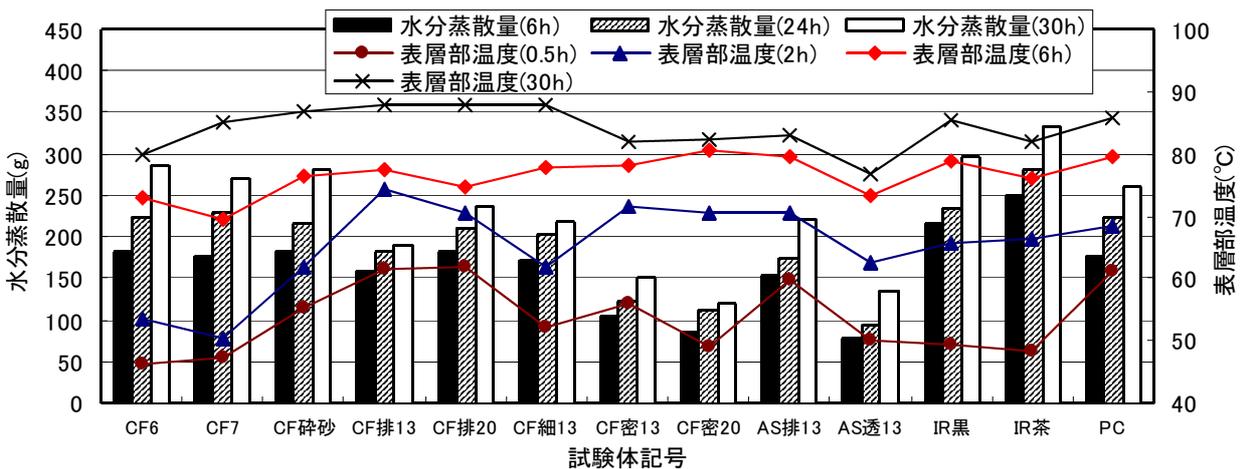


図-5 水分蒸散量と表層部温度

(2) 保水性試験結果

透水係数と水分蒸散量(図-3)、透水係数と表層部の温度(図-4)、水分蒸散量と表層部温度(図-5)の試験結果について以下に示す。

a) 透水係数と水分蒸散量

- ・空隙率の大きい配合については、水の蒸散量も大きくなる傾向が確認される。

- ・試験開始後48時間経過においては、空隙率の大きい配合の蒸散量が低下しており、蒸発散が比較的短期的であることが確認された。

b) 透水係数と表層部温度

- ・試験開始後、2~5時間までは空隙率の大きい配合の温度低下が優れる。

- ・試験開始後6時間では、表面温度の差が小さくなり、試験開始後30時間（日射照射12時間）では、透水係数の小さい合材の温度低減効果が優れている。以上より、空隙率の小さい合材が保水性に優れることが言える。

c) 水分蒸散量と表層部の温度

- ・初期の蒸散量が多いものが、初期の温度低下に優れる。
- ・密粒配合については、30時間経過後も、水の蒸散は少なく、その影響で温度低減効果も少ない。しかし、特色として、長時間経過後も他の舗装のピーク表面温度より、若干低い温度で推移しており、一定の温度を長時間保つ効果があると思われる。

る。

d) 水分蒸散量と表層部の温度の時間変化

- ・真夏の条件下においても、透水係数の大きいものは短期的な温度低減効果が大きい。しかし、24時間経過後の水の蒸散量が低下した後は、他の粒度配合より、温度の低減効果が小さくなった。(図-6)

(3) 合材強度の確認結果

繊維混入樹脂系舗装の密粒13配合について、強度試験を実施した。表-5に試験結果を示す。結果として、車道用としても、十分使用に耐えうる強度を有していることがわかった。

表-5 繊維混入樹脂系合材（密粒13）物性試験結果

試験項目	項目	平均値	規格値	適用
マーシャル試験	安定度 (kN)	25.0	4.9以上	アスファルト舗装要綱
ホイールトラッキング試験	動的安定度 DS (回/mm)	63,000	1,500以上	アスファルト舗装要綱
ラベリング試験	すりへり量 (cm ²)	4.4	1.3以下	日本道路公団 設計容量 第1集
カンタブロ試験	損失量 (%)	14.1	20以下	日本道路公団 設計容量 第1集
曲げ試験	曲げ強度 N/mm ²	5.2	4.8以上	JIS A 5371 コンクリート平板ブロック12Nの曲げ強度換算
曲げ試験(破断ひずみ)	破断ひずみ	6.70 × 10 ⁻³	6.00 × 10 ⁻³	本州四国連絡橋鏡面舗装基準(案)

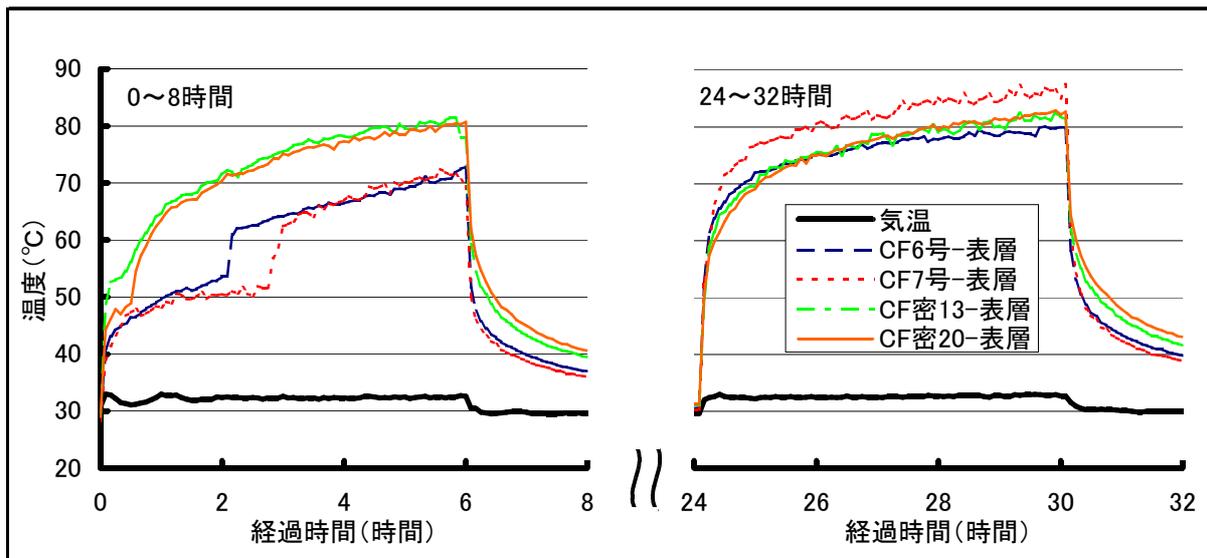


図-6 表面温度の時間変化

4. 結論

保水性舗装の粒度配合に伴う透水・保水機能と温度低減効果の関係については、透水係数・空隙率の大きい配合については、初期の温度低下に優れるが、水の蒸発散量が大きいため、効果の持続に課題を残す。また、透水係数の小さいものについては、初期の温度低下は少なく、大きな温度低減効果が期待できないが、時間の経過とともに、透水係数の大きいものより、温度低減効果があり、機能の持続に効果あるものと考えられる。

以上より保水性舗装については、透水係数を確保しつつ、より空隙率の少ない合材をつくることにより、温度低減機能と持続性を備えた保水性舗装を可能とすることが判明した。

当研究においては、繊維混入樹脂接着剤を使用することにより、もっとも水密性が高い、密粒・細粒合材においても、通水・保水を可能した。また、強度としても車道に使用可能な合材であることを確認した。これにより保水性舗装の、温度低減に向けた最適粒度の可能性と、車道舗装への採用の可能性を確立した。

今後の研究としては、保水性舗装を確立するために、透水機能と、温度低減効果、保水性能、目詰まりによる機能低下を加えた、4つを評価軸を考慮し、以下の検討を進めていく。

目詰まり実験を実施した上で、温度低減にもっとも効果のある配合を抽出し、現地試験においてその効果を確認する。

温度低減効果の目標値、目詰まりに起因する透水

・保水性機能の時間的な継続、ライフサイクルとコストを考慮し、最適粒度配合の検討を実施する。

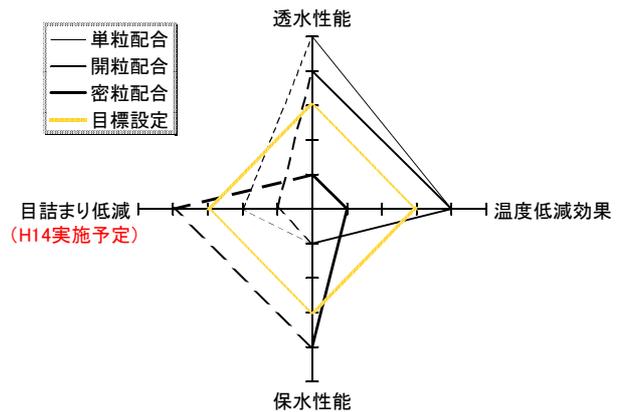


図-7 最適配合のイメージ

参考文献

- 1) 水と舗装を考える会編：よくわかる透水性舗装、山海堂、p p 25 ~ 26 1997
- 2) 福田萬大、深沢邦彦、荒木美民、藤野毅、浅枝 隆：夏期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 / 36、p p.149-158、1997.8
- 3) 徳本行信、彌田和夫、岡田恒夫、稲葉慶成、吉田孝介：舗装体の温度上昇を抑制する保水性舗装材の開発について、土木学会舗装工学論文集第3巻、p p 191-200、1998.2
- 4) 舗装試験法便覧、(社)日本道路協会、1998.11
- 5) 理科年表 平成12年：丸善株式会社、1999.11

RESEARCH OF THE WATER ABSORPTABLE PAVEMENT USING THE RESIN ADHESIVES CONTAINING A FIBER

KIMURA KYOICHI, HITOSHI HAMASAKI
and TUKASA IWATA

This paper reports the water absorptive pavement using the resin adhesives containing fiber for controlling the heat-island phenomenon of city area. Water absorptive pavement holds moisture inside pavement, and the road temperature can reduce by evaporating the moisture continuously. As a result of indoor experiment, the water absorptive pavement newly developed by this research, even though the high-density pavement finishing, has a good water absorptivity.