

保水性舗装の比熱・熱伝導率・放湿性の測定

東京都土木技術センター 正会員 ○小作 好明
 東京都土木技術センター 正会員 廣島 実
 東京都土木技術センター 正会員 峰岸 順一

1. はじめに

東京都では、ヒートアイランド対策の一つとして、路面温度を下げるために水分を含むことができる保水性舗装を施工してきた。また、東京都土木技術センターでは、構内に試験工区を設け、温度低減効果を確認する実験も行ってきた。しかし、保水性舗装の比熱や熱伝導率などの基礎的な熱物性値が定かではないため、保水性舗装の温度低減効果を熱量的に説明できない面があった。このため、本報では、熱物性値を測定するための試料を採取し、保水性舗装の熱物性値の測定を行った。

2. 熱物性値の測定

熱物性値の測定は、比熱、熱伝導率、放湿性について行った。対象にした舗装は、保水性舗装（以下、保水 A、保水 B）と、比較用として密粒度舗装（以下、密粒度）、低騒音舗装（以下、低騒音）の 4 種類である。比熱と熱伝導率の測定は、全ての舗装について行い、放湿性の測定は保水性舗装のみ行った。熱物性測定用の試料を表-1 に示す。密粒度と低騒音は新規に 30×30×10cm の試料を作成して各測定用の試験体に加工した。保水 A と保水 B は、

表-1 熱物性値測定用の試料

記号	舗装の種類	混合物種	厚さ (cm)	備考
密粒度	密粒度舗装	密粒度改質Ⅱ型 (13)	10	30×30×10cmの試料を作成
低層音	低騒音舗装	特殊開粒度(13)	10	30×30×10cmの試料を作成
保水A	保水性舗装	上層 特殊開粒度(13)	5	試験工区から切出し75%浸透保水性舗装塩化カルシウム入り保水材
		下層 特殊開粒度(20)	5	
保水B	保水性舗装	上層 特殊開粒度(13)	5	試験工区から切出し75%浸透保水性舗装高炉スラグ系保水材
		下層 特殊開粒度(20)	5	

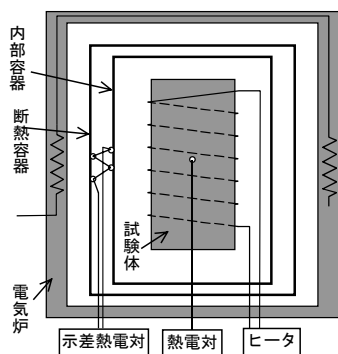
土木技術センター構内の試験工区から切出した。最大粒径は上層で 13mm、下層で 20mm、保水材は保水 A が塩化カルシウム入り保水材、保水 B が高炉スラグ系保水材であり、保水 A と保水 B ともに 75%浸透で保水材を充填したものである。保水 A と保水 B は、上層と下層を一体として切出した試料なので、粒径が大きい骨材が含まれる。

3. 比熱の測定

比熱の測定に用いる試験体は、直径 5cm、高さ 10cm のコアを抜き、端部を切断して、直径 5cm、高さ 8cm の円柱を比熱測定用の試験体とした。比熱測定装置の概念図を図-1 に示す。試験体の中央にドリルで穴を開けて熱電対を設置して温度測定を行い、熱線を巻いて熱量を加える。また、測定装置は、断熱状態を保つため、内部容器と断熱容器の温度差がなくなるように制御できる構成となっている。試験体の温度上昇と時間、熱量を測定して、比熱を求めた。表-2 に比熱の測定結果を示す。ただし、比熱の値は、乾燥状態の常温から 45℃までの平均的な値であり、密度はノギス法による値である。機械工学便覧¹⁾によると、アスファルトの比熱は 0.92 J・g⁻¹・K⁻¹ (20℃) となっており、測定結果は、この値と異なり、やや小さめの値となった。

表-2 比熱の測定結果

舗装	乾燥密度 ρ (g・cm ⁻³)	空隙率 (%)	比熱 c (J・g ⁻¹ ・K ⁻¹)	熱容量 ρc (J・cm ⁻³ ・K ⁻¹)
密粒度	2.376	4.3%	0.85	2.02
	2.388	3.8%	0.85	2.03
	2.365	4.7%	0.83	1.96
低層音	2.124	15.2%	0.83	1.76
	2.121	15.3%	0.83	1.76
	2.117	15.5%	0.81	1.71
保水A	1.954	22.9%	0.82	1.60
	1.914	24.5%	0.81	1.55
	1.940	23.5%	0.82	1.59
保水B	2.281	9.4%	0.88	2.01
	2.215	12.1%	0.88	1.95
	2.154	14.5%	0.86	1.85



$$c = \frac{Q \Delta t}{M \Delta \theta} - \frac{M'c'}{M}$$

c : 比熱 (J・g⁻¹・K⁻¹)
 Q : 熱量 (W)
 M : 試験体の質量 (g)
 $\Delta \theta$: 温度上昇 (K)
 Δt : $\Delta \theta$ の温度上昇に要する時間 (s)
 $M'c'$: 校正熱量 (J・K⁻¹)

図-1 比熱測定装置の概念図

4. 熱伝導率の測定

熱伝導率を測定する場合、試験体の表面が平滑ではないとき、試験体と熱板の接触抵抗が不均一になるため熱流分布も不均一になり、正確な表面温度の測定が困難になる。そのため、表面を平滑化するために上下面を切断して縦 30cm×横 30cm×高さ 5cm の熱伝導率測定用の試験体とした。熱伝導の測定は、JIS A 1412-1「熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法—第 1 部：保護熱板法(GHP 法)」に従って行った。測定装置の概念図を図-2 に示す。主熱板に供給する平

キーワード 保水性舗装、熱物性、比熱、熱伝導率、潜熱、ヒートアイランド

連絡先 〒136-0075 東京都江東区新砂 1-9-15 東京都土木技術センター(前東京都土木技術研究所) TEL 03-5683-1521

均電力，伝熱面積，温度差，試験体の厚さを測定して熱伝導率を求めた．表-3 に測定結果を示す．平均温度は，試験体の上下表面の平均値であり，密度はノギス法による値である．アスファルトの熱伝導率は，機械工学便覧¹⁾によると $0.74 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}(20^\circ\text{C})$ ，理科年表²⁾では $1.1\sim 1.5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ (常温)となっており，測定結果は理科年表に近い値となった．保水性舗装は，乾燥状態よりも水分を含んだ表乾状態の方が熱伝導率の値が大きくなり，その値は， $1.5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ 程度になった．

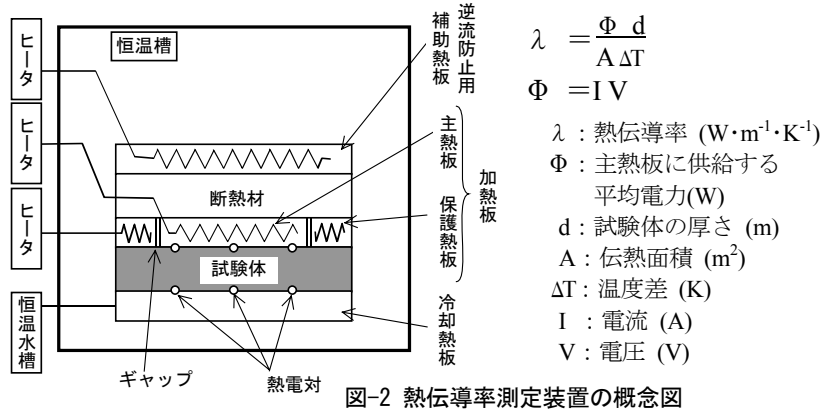


表-3 熱伝導率の測定結果

舗装	乾燥密度 ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	空隙率 (%)	含水状態	平均温度 ($^\circ\text{C}$)	熱伝導率 ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
密粒度	2.319	6.6%	乾燥	19.8	1.60
				29.9	1.60
				39.8	1.60
低騒音	2.047	18.3%	乾燥	19.6	1.29
				29.8	1.29
				39.9	1.30
保水A	1.948	23.2%	乾燥	20.4	1.00
				30.5	1.01
				40.5	1.02
			表乾	19.8	1.44
				30.1	1.47
				40.2	1.53
保水B	2.219	11.9%	乾燥	19.8	1.38
				30.0	1.38
				40.0	1.39
			表乾	19.7	1.46
				29.9	1.47
				40.0	1.49

5. 放湿性の測定

放湿性の測定は，JIS A 1470-1「調湿建材の吸放湿性試験方法―第1部：湿度応答―湿度変動による吸放湿性試験方法」を応用して行った．ただし，JIS の吸放湿性試験方法は，材料が雰囲気中の湿気を吸収し，平衡状態になるようとする過程(吸湿過程)と材料が雰囲気中に湿気を放出し，平衡状態に推移する過程(放湿過程)において湿気の変化量を測定するものである．しかし，測定しようとする材料は，保水性舗装であり，散水や降水などで水分が供給されることが想定されるので，吸湿過程を省略し，放湿過程のみの測定を行った．図-3 に放湿性の測定装置の概念図を示す．放湿性の測定用の試験体は，電子天びんの測定範囲になるように縦 $20\times$ 横 $20\times$ 厚さ 5cm のものを使用した．放湿性の測定は，試験体を温度約 30°C の水に24時間浸水させた後，試験体表面の水分を拭き取った表乾状態として，雰囲気温度 30°C ，雰囲気相対湿度 53% (JIS 吸放湿試験における放湿過程の中湿域)の恒温恒湿槽内で120時間(5日間)放湿状態にして試験体の質量を測定した．なお，放湿面は上面だけにするため，試験体の側面と下面はアルミテープ等で断湿した．また，表面状態を統一するため，平滑な平面とした．図-4 に潜熱輸送量の時間変化を示す．ただし，潜熱輸送量の換算是気化熱 ι の式³⁾を $\iota=2.50\times 10^6-2.4\times 10^3\times T(^\circ\text{C}) \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ ， $T=30^\circ\text{C}$ として $\iota=2.428\times 10^6 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ の値を用いた．測定の初期に急速に放湿した後，時間とともに放湿量が低下するが，120時間後でも放湿を続けている様子が分かる．また，保水Aの方が保水Bよりも放湿性が良いことから，放湿性は，舗装の空隙状態と含み得る含水量によって左右されることが考えられる．

6. まとめ

保水性舗装，密粒度舗装，低騒音舗装の比熱および熱伝導率について直接的な測定を行い，熱物性値が得られた．保水性舗装の放湿性については，雰囲気温度 30°C ，雰囲気相対湿度 53% における放湿量の結果が得られた．舗装の熱物性値について知見が得られたので，今後，熱収支を定量的に計算する上で一助になると考えられる．ただし，舗装材料によって値に変動があると予想され，今後もデータの蓄積が必要である．

参考文献

1) 日本機械学会 機械工学便覧 A6 熱工学 丸善 1985
2) 国立天文台 理科年表 平成16年 丸善 2003
3) 近藤純正 水環境の気象学-地表面の水収支・熱収支- 朝倉書店 1994
4) 日本規格協会 熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法―第1部 保護熱板法(GHP法) JIS A 1412-1 1999
5) 日本規格協会 調湿建材の吸放湿性試験方法―第1部 湿度応答法―湿度変動による吸放湿性試験方法 JIS A 1470-1 2002

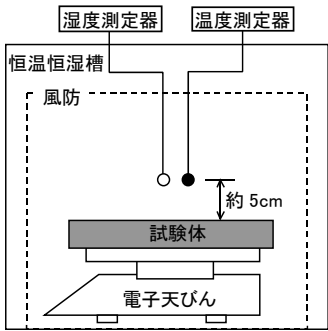


図-3 放湿性の測定装置の概念図

表-4 放湿性測定用試験体の基本物性

舗装	乾燥密度 (g/cm^3)	含水率 (mass%)	空隙率 (%)
保水A	1.965	3.0%	22.5%
保水B	2.198	1.3%	12.7%

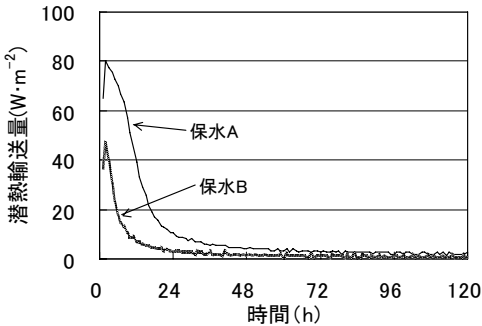


図-4 潜熱輸送量