

保水性コンクリートの車道舗装への適用性と 温度低減効果の検討

若林靖大¹・小梁川雅²・牧恒雄³

1 非会員 修(農業工学) 住友大阪セメント株式会社 建材事業部
(〒274-0082 千葉県船橋市大神保町 1357-1) E-mail:ywakabayashi@sits.soc.co.jp

2 正会員 博(工) 東京農業大学生産環境工学科(〒156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1)

3 正会員 博(農) 東京農業大学生産環境工学科(〒156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1)

ヒートアイランド現象の原因の一つとして舗装の高温化が挙げられており、その対策の一つとして温度低減効果を有する保水性舗装の開発が進められている。保水性舗装の多くは、アスファルト舗装をベースとしたものであるが、アスファルト舗装は、適用箇所によっては骨材飛散やわだち掘れが起りやすいなどの問題を抱えている。そこで本研究では耐久性に優れるコンクリート舗装に着目し、保水性コンクリートの耐摩耗性および疲労寿命、温度低減効果について検討を行った。その結果、設計曲げ強度 4.4MPa を確保した保水性コンクリートの耐摩耗性は車道舗装としての性能を満足することが明らかとなった。また温度低減効果に関しては、従来のアスファルト系保水性舗装とほぼ同等の効果が得られることが明らかとなった。

Key Words : concrete pavement, fatigue properties, moisture retention concrete, heat island

1. はじめに

近年、都市部において郊外よりも気温が高くなるヒートアイランド現象が顕在化し、熱中症患者の増加やエネルギー使用量の増大などを引き起こす一因となっている。ヒートアイランド現象の原因の一つとして、都市部において比較的大きな面積を占める道路舗装の高温化が挙げられている。このため、温度低減効果を有する保水性アスファルト舗装や遮熱性舗装の開発が進められている。しかしアスファルト舗装は、わだち掘れや骨材飛散などが起りやすいという問題を抱えており、車両の停止やタイヤの据え切りが多い交差点部などではその適用性に問題がある。一方コンクリート舗装は、早期交通開放が困難なことに問題があるが、耐久性に優れるという特徴を持っている。コンクリート舗装は、長寿命舗装として期待できるが、様々な機能が求められる今日の舗装において、今後は付加機能が必要といえる。現在、コンクリート舗装は透水性能については検討されるようになってきたが、保水性能については、まだ検討が少ないのが現状である。そこで本研究では普通コンクリートおよびポーラスコンクリートに保水性を持たせ、これらの車道舗装への適用性と温度低減効果に関して検討を行った。

車道舗装への適用性としては、疲労寿命と対摩耗性より評価を行った。コンクリート舗装の設計上の限界

状態は、コンクリート版のひび割れ発生である。このひび割れはコンクリート版に静的強度以下の応力が繰返し作用することで起こる、いわゆる疲労破壊によって生じる。この場合コンクリート版に作用する応力は、交通荷重による輪荷重応力とコンクリート版内の温度差によって生じる温度応力である。したがってコンクリート版は、供用期間中に疲労破壊が生じないようにその版厚が設計される。設計においてはコンクリートの疲労特性を表す疲労曲線が必要となるが、わが国の設計では、舗装設計施工指針¹⁾またはコンクリート標準示方書〔舗装編〕²⁾ (以下、示方書) に示される疲労曲線を用いて設計されている。疲労曲線とは、繰返し応力の大きさと破壊に至るまでの回数を表したものであり、繰返し応力の大きさは通常、静的強度に対する繰返し応力の比(応力レベル)によって表される。上述の疲労曲線は普通コンクリートによる曲げ疲労試験の結果から得られたものであり、ポーラスコンクリートや保水性コンクリートへの適用についてはほとんど検討されていない。そこで本研究では、保水性ポーラスコンクリートの疲労特性について検討を行った。

一般にコンクリート舗装は、塑性変形によるわだち掘れを生じることが少なく、アスファルト舗装で問題となるような骨材の飛散も起こりにくい。しかし、すり減りによりわだち掘れが生じる場合がある。またポーラスコンクリートは、モルタル分を減らし、透水性

を確保したコンクリートであるが、この場合、骨材の飛散が懸念される。そこで本研究ではラベリング試験により対摩耗性能の検討を行った。

温度低減効果の検討としては、舗装温度を測定し、保水性の付与による効果の評価を行った。ヒートアイランド現象は、昼間の日射により舗装体へ蓄積された熱が徐々に放出されるため、大気温度が降下しないために起こる。これを緩和するためには、舗装体への蓄熱を押さえるとともに、舗装体からの水分蒸発により舗装体の温度を低減させる必要がある。保水性舗装はこれらの効果を期待して開発されるものであるが、本研究ではその効果に関して舗装体の熱収支に基づいて評価を行った。

2. 保水材の概要

本研究では、普通コンクリートおよびポーラスコンクリートに保水性を付与させるために高吸水性ポリマー(以下、SAP)を混入させた場合と、シャモットと呼ばれる廃棄瓦を分級したものを細骨材として使用した場合の2種類のコンクリートについて検討を行った。

SAP は一般的に、コンクリートに多く含まれる多価金属塩の溶液中では吸水性能を失ってしまうが、本研究で用いた SAP は耐塩性に富む特殊な SAP であり、コンクリート中で SAP1g に対し、水をおよそ 25g 吸収する性能を持つものである。外観は白色粉末状の物質であり、水を吸収するとゲル化する特徴を持つ。ゲルの粘性は SAP と吸収する水の量に依存する。図-1 はモルタルのフロー試験の結果であるが、SAP の混入率が大きくなるほど、つまり水に対する SAP の割合が大きくなるほど粘性が高くなるためフロー値は小さくなることがわかる。

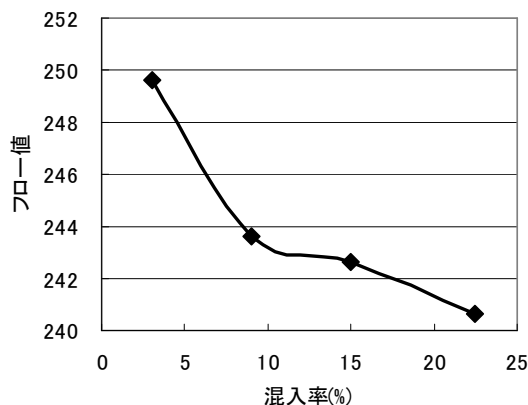


図-1 SAP の混入率とフロー値の関係

表-1 普通コンクリートの配合

配合番号	G _{max} (mm)	スランプ (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
					W	C	S	cham	G	Ad	SAP
S-Co	20	8	57	48.6	236	286	777	-	827	0.72	3
K-Co					176	309	-	725	901	0.78	-
N-Co					176	309	834	-	910	0.78	-

またコンクリートの硬化後には、ゲル化した SAP は強度に寄与することではなく、乾燥すればそのほとんどは空隙として存在することになる。従って SAP の混入率の増加に伴い、コンクリートの強度は低下することになる。ただし、その強度の低下を推定することは可能である。図-2 は SAP の混入率とセメント量を変動させて、材齢 28 日においてセメント強さ試験を行った結果であるが、この図より、SAP の増加に伴い強度は低下するものの、その度合いはセメント空隙比に従っており、要求される強度に対応ができることがわかる。

一方シャモットに関しては、粒度により 2mm 以下品(以下、2mm 以下シャモット)、5mm 以下品(以下、5mm 以下シャモット)、10mm 以下品などがある。本研究では細骨材としての利用を想定したので、2mm 以下シャモットと 5mm 以下シャモットの2種類を用いた。2mm 以下シャモット、5mm 以下シャモットはいずれも単体では細骨材としての標準粒度範囲から外れるため、2mm 以下シャモットと 5mm 以下シャモットを 3 : 1 の割合で混合し、粒度調整を行った。普通コンクリートには、この粒度調整を行ったシャモットを細骨材として用いることとした。またポーラスコンクリートに関しては、7 号砕石を 5mm 以下シャモットで置換することとした。7 号砕石と 5mm 以下シャモットの粒度分布はほぼ同等である。

シャモットは多孔質であるため吸水率が高く、比較用細骨材の吸水率が 1.40%であるのに対し、シャモットの吸水率は 7.19%となった。したがってシャモット自体のすり減り抵抗性が懸念された。このためロサンゼルス試験機によるすり減り試験を実施した。その結果、シャモットのすり減り減量は 23.3%であり、舗装用骨材の規定となっている 35%以下という値を満たし、舗装用骨材として適用可能であることがわかった。

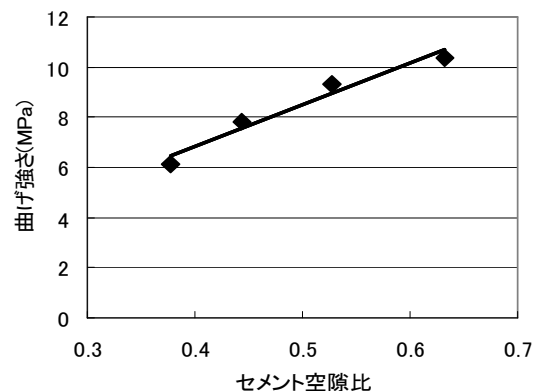


図-2 セメント空隙比と曲げ強さの関係

表-2 ポーラスコンクリートの配合

配合番号	G _{max} (mm)	air (%)	W/C (%)	単位量(kg/m ³)							
				W	C	S	cham	G	Ad	SAP	
S-Po	5	14.5	28	118	420	3	-	1409	3.78	3.00	
K-Po		15	30	117	390	203	1210	-	3.24	-	
N-Po		18	28	101	360	201	-	1413	3.51	-	

3. 力学特性の実験概要

本実験で用いたコンクリートの配合を表-1、表-2 に示す。これらの配合は予備実験より、曲げ強度 4.4MPa を満たすものとして決定された。各配合の材齢 28 日における強度試験の結果は図-3 のようになっており、全てほぼ同等の値を示している。またポーラスコンクリートは、粗骨材を 5mm トップとしているため、一般的な保水性舗装材料より空隙径が大きく、透水係数 $1.0 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ を確保するものとなっている。SAP を混入した普通コンクリート (S-Co) およびポーラスコンクリート (S-Po) は、共に SAP の混入率を 7.5% とした。ここで混入率とは、コンクリート体積に対する膨潤した SAP の体積の割合を示したものである。

シャモット (表中では cham と表記) を用いたコンクリートにおいては、普通コンクリート (K-Co) では 2mm 以下シャモットと 5mm 以下シャモットを混合させたものを細骨材として 100% 代替し、ポーラスコンクリート (K-Po) では 7 号砕石とほぼ同等の粒度分布を示す 5mm 以下シャモットを用いた。また比較用として、保水材を混入していない普通コンクリート (N-Co)、および保水材を混入していないポーラスコンクリート (N-Po) による供試体も作製した。

(1) ラベリング試験

本試験では、既往の研究を基に室内温度を 5°C とした³⁾。試験には往復チェーン型を用い、試験まで 20°C の水中養生を行った。試験時の材齢は 28 日である。試験条件を表-3 に示す。

(2) 曲げ疲労試験

コンクリートの曲げ強度は、コンクリート中の水分変化により大きな影響を受ける⁴⁾。疲労試験は静的強度試験と異なり、試験時間が長期にわたるため、水分状態の管理が必要となる。そこで本実験では水で飽和した状態のコンクリートを用い、この水分状態を保持するために供試体表面にグリスを塗布し、さらにビニル

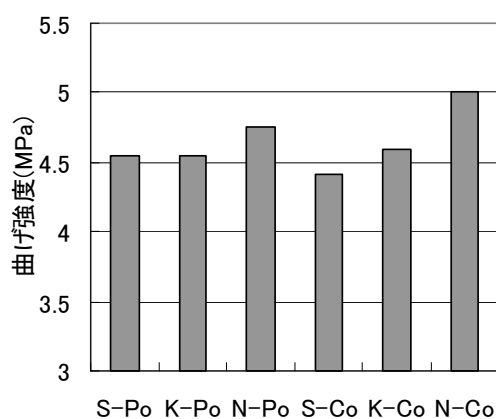


図-3 各配合の曲げ強度

薄膜で包んだ状態で試験を行った。試験材齢は静的強度の安定を考慮して 56 日とし、それまで 20°C の水中養生とした。

疲労試験における繰返し応力の最大値は静的強度を基準として決定するが、本実験では各配合 3 本の供試体による静的曲げ強度試験を実施し、この平均値によって各配合の静的曲げ強度を決定した。繰返し応力の最大値は、決定した静的強度と応力レベルにより求めた。応力レベル S.L. は次の式で表される。

$$S.L. = \sigma_{\max} / \sigma_s \quad (1)$$

ここで、 $\sigma_{\max}$: 繰返し最大応力 (MPa)

σ_s : 静的強度 (MPa)

また最小応力は応力比より求めた。応力比 R は次の式で表される。

$$R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} \quad (2)$$

ここで、 $\sigma_{\max}$: 繰返し最大応力 (MPa)

$\sigma_{\min}$: 繰返し最小応力 (MPa)

本実験では応力レベルを 0.8, 0.9 に設定し、応力比は両方の応力レベルに対して 0.1 に固定した。载荷方法はスパン 30cm の 3 等分 2 点载荷である。繰返し応力波形は正弦波形、载荷周波数は 5Hz で行った。供試体の本数は各応力レベルごとに 10 本とした。

また一般に疲労試験では、ある繰返し回数で供試体が破壊しない場合、試験を途中打ち切りとするが、本試験では 200 万回を途中打ち切り回数として採用した。

通常、疲労試験の結果は大きなばらつきを示すため、疲労寿命の平均値などによる単純な比較はできない。そこで本研究では、得られた試験結果に対して統計的仮説検定を行った。ここでは各応力レベルにおける供試体の疲労寿命がそれぞれある 1 つの分布から得られたデータであると仮定し、その分布の分散および平均に関して比較検討を行った。分散の検定では、帰無仮説として「双方の分布の分散は等しい」をたて、F 検定を行った。平均値の検定に関しては、帰無仮説として「双方の分布の平均値は等しい」をたて、t 検定を行った。いずれも危険率は 5% とした。

4. 車道舗装としての評価

表-3 ラベリング試験条件

試験温度	5°C
養生時間	4時間以上
試験時間	90分
チェーン材質	JIS G 4051 S 35 C
チェーンおよび車面数量	10こま×12本×1輪
車輪回転数	200回/min
供試体回転数	66往復/min
チェーン取り付けボルトと供試体上面の間隔	10cm
摩耗量の測定	レーザー測定 1mmピッチ3断面

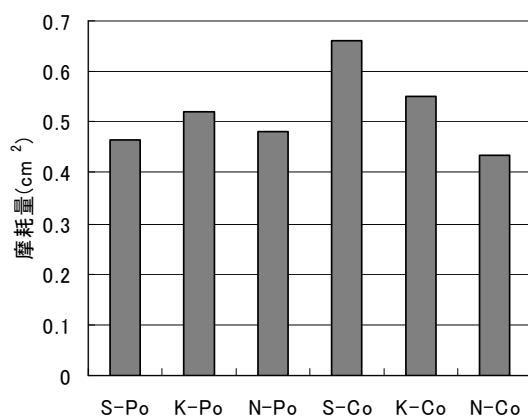


図-4 ラベリング試験結果

表-4 SAP における検定

応力レベル	S-Po	N-Po	検定結果
	破壊回数	破壊回数	
0.9	28	918	$F_1=0.32$ $F(8,8;0.025)=4.43$ $F_2=3.07$ $F(8,8;0.025)=4.43$ $t_0=-1.05$ $t(16,0.05)=2.120$
	4442	4497	
	1687	339	
	252	349	
	2490	583	
	1311	507	
	431	227	
	443	91	
	22035	242	
0.8	—	—	$F_1=0.50$ $F(9,8;0.025)=4.36$ $F_2=2.01$ $F(8,9;0.05)=4.10$ $t_0=-0.86$ $t(16,0.05)=2.120$
	4920	438	
	240330	9284	
	89799	7644	
	3720	24847	
	1208	4473	
	37877	5371	
	514	25158	
	226737	658	
	34836	38733	
	2109	—	

(1) 耐摩耗性能

ラベリング試験の結果を図-4に示す。一般的に、摩耗を起こす部分の多くはモルタル部分であることから、ポーラスコンクリートよりもモルタル分の多い普通コンクリートに摩耗量が多い傾向が見られた。モルタル部分に保水機能を持たせた S-Co の摩耗量が多いことも、モルタル自身の強度が低くなっているためであると考えられる。

一般にアスファルト混合物の場合、ラベリング試験の結果は 0.7cm^2 程度が最も多く分布する⁵⁾。本実験の結果は、最も摩耗量の多かった S-Co を含め、全ての供試体において 0.7cm^2 以下となった。したがって、保水性コンクリートにおいてもアスファルト混合物より耐摩耗性に優れることが確認できた。

(2) 保水材の疲労寿命への影響

表-4に S-Po と N-Po の疲労寿命とその検定結果を示

表-5 シャモットにおける検定

応力レベル	K-Po	N-Po	検定結果
	破壊回数	破壊回数	
0.9	697	918	$F_1=1.39$ $F(9,8;0.025)=4.36$ $F_2=0.71$ $F(8,9;0.025)=4.10$ $t_0=2.01$ $t(17,0.05)=2.110$
	1008	4497	
	15277	339	
	454	349	
	2174	583	
	5368	507	
	423	227	
	2437	91	
	216	242	
0.8	1594	—	$F_1=0.26$ $F(9,8;0.025)=4.36$ $F_2=3.07$ $F(8,9;0.025)=4.10$ $t_0=-0.70$ $t(17,0.05)=2.110$
	4897	438	
	23514	9284	
	5488	7644	
	2086	24847	
	18244	4473	
	13632	5371	
	11388	25158	
	13568	658	
	18244	38733	
	3912	—	

す。ここで、 F_1 、 F_2 は分散比を表しており、帰無仮説が正しいとするとこれらの分散比は F 分布をすることになる。つまり分散比が有意水準 5%における棄却域の限界値未満の値となれば仮説は採択される。本検討の結果では両方の応力レベルともに分散比 F_1 、 F_2 は限界値未満の値となっている。従って帰無仮説は採択され、S-Po および N-Po の双方の分散に差があるとはいえない結果となった。さらにこの結果より、双方の分散に差がないとして平均の差の検定を行った。各母集団の平均が等しいという帰無仮説から計算される統計量 t_0 が有意水準 5%の棄却域の限界値よりも小さければ帰無仮説が採択される。この結果、両方の応力レベルにおいて、 t_0 は限界値よりも小さくなり、双方の平均に差がないという帰無仮説が採択された。従って、ポーラスコンクリートに SAP を混入させても疲労寿命に大きな影響はないと考えられる。

次に K-Po と N-Po の疲労寿命とその検定の結果を表-5に示す。この表からわかるとおり、シャモットにおいても SAP と同様、応力レベル 0.8、0.9 共に有意水準 5%で帰無仮説は採択された。従って、シャモットを用いたポーラスコンクリートも、通常のポーラスコンクリートの疲労寿命とほとんど差がないと考えられる。ただし、これらの結果はサンプル数が少ないために採択となった可能性もあるので、今後さらにサンプル数を増やして検討する必要がある。

(3) ポーラスコンクリートの疲労寿命

各種コンクリートの疲労寿命を順序統計量の手法で整理し、応力レベルごとに破壊確率を求め、さらにこの破壊確率を標準正規変量に変換したものと繰返し回

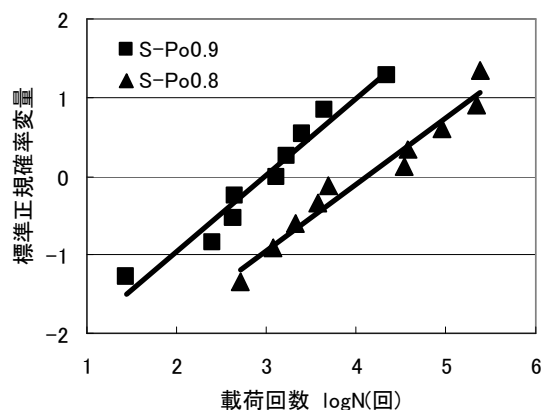


図-5 疲労寿命と破壊確率の関係(S-Po)

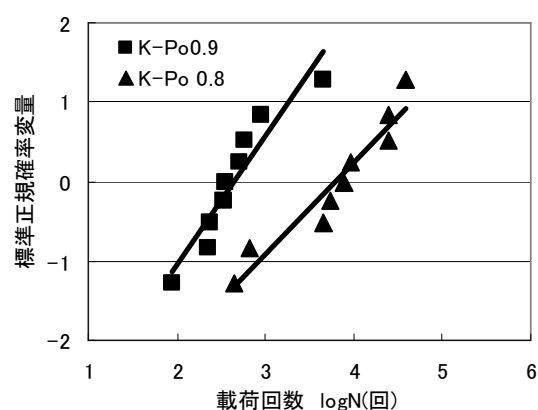


図-6 疲労寿命と破壊確率の関係(K-Po)

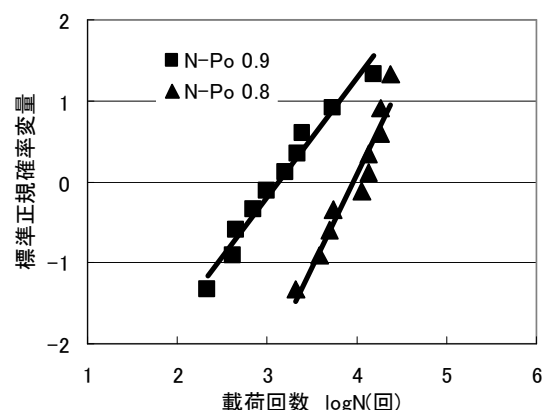


図-7 疲労寿命と破壊確率の関係(N-Po)

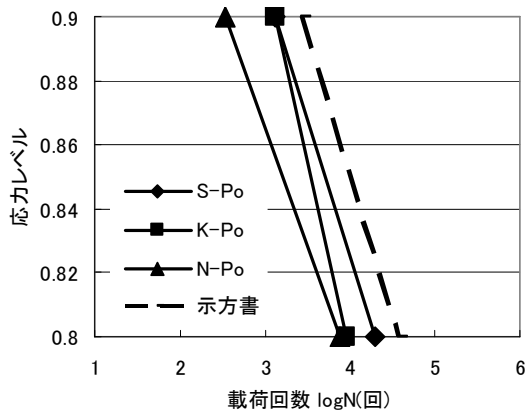


図-8 破壊確率 50%における疲労寿命の比較

数の関係を図-5～7 に示す。標準正規変量 $S=0$ は破壊確率 50%を示しており、 $S=1.0$ はほぼ 85%に対応している。これらの図より、各応力レベルごとの破壊に至るまでの载荷回数の対数値と破壊確率の関係は、それぞれ傾きが異なるものの、ほぼ直線となっており、強い相関が確認された。従って、試験の結果から得られた疲労寿命は、対数正規分布に従うと考えられる。一般にコンクリートの曲げ疲労寿命は対数正規分布に従うとされており⁹⁾、今回のポーラスコンクリートの場合でも同様の結果となった。

また今回の実験で得られた破壊確率 50%に相当する繰返し数を求め、これと示方書に示される破壊確率 50%の疲労曲線を比較すると、図-8 に示ようになる。この図が示すように保水性の有無にかかわらず、ポーラスコンクリートの疲労寿命は示方書に示されるものよりも短くなる傾向が示された。

5. 温度低減効果に関する実験

保水性コンクリートの温度低減効果については、室内におけるランプ照射試験と、屋外における暴露試験から検討を行った。

(1) ランプ照射試験

本試験は、保水性コンクリートの基本的な熱特性を把握するために行ったもので、室内で一定の熱量を加えた場合の供試体の温度変化を測定するものである。

供試体はホイールトラッキング試験用の供試体(30×30×5cm)を使用し、試験材齢は 28 日以上とした。温度測定は供試体に埋め込んだ熱電対により行い、埋め込み深さは表面から 5mm と底面から 5mm である。埋め込み位置は、供試体中央部と中央部から 5cm 離れた位置とした。したがって、1 供試体当たり 4 本の熱電対により供試体温度を測定した。

供試体は試験前 24 時間水浸させた後、側面および底面を断熱材で覆い、電子天秤上に設置した。これによりランプ照射中の重量変化も合わせて測定した。供試体に対する熱は赤外線ランプにより与えた。赤外線ランプの高さは、密粒度アスファルト混合物を 5 時間の照射で 60℃に熱することが出来る高さとした。本実験ではランプの高さは 26cm である。

測定はランプ照射後 5 時間まで行い、その間 10 分間隔で供試体の温度と質量、明度を測定した。明度を求めたのは、供試体の乾燥に伴い供試体のアルベドが変化すると予測されたためである。

また、各材料の基礎性能として、保水量の測定を行った。測定は東京都の推奨する試験方法を参考にして行った。保水量は次の式で求めた。

$$R=(W_t-W_d)/V \quad (3)$$

ここで、R：保水量(g/cm³)

W_t：湿潤質量(g)

W_d：乾燥質量(g)

V：供試体体積(cm³)

供試体は材齢 28 日のものを用いた。乾燥質量は湿潤状態の供試体を 60℃の乾燥炉で 24 時間乾燥させたものを測定したものであり、これをさらに 24 時間浸水させ吸水させた状態の質量を湿潤質量とした。

(2) 屋外暴露実験

実際の日射および気温変化を受けた保水性コンクリートの温度変化を検討するために屋外に試験舗装を行い、舗装体の温度測定を行った。試験舗装は、東京農業大学構内の駐車場の一部に行った。舗装は予め室内で作成した同一配合の 30 cm×30 cm×5 cmの供試体を 9 つ組み合わせて 1 区画 90 cm×90 cm×5 cmの舗装とした。舗装した舗装種別は、S-Po、K-Po、N-Po、S-Co、N-Co の 5 種類のコンクリート舗装と比較用の密粒度アスファルト(As)舗装および半たわみ型保水性舗装（以下、半たわみ）の計 7 種類である。コンクリート舗装に関しては供試体の下にさらに厚さ 5 cmの普通コンクリートを敷き、アスファルト舗装の場合は、その下に 5cmの密粒度アスファルト混合物の供試体を敷いた。また、層間の付着には下層がコンクリートの場合は 5mm 程度の厚さのモルタルを用い、下層が As の場合は乳剤を散布し、上層の供試体と付着させた供試体間の継ぎ目は、粘土でふさぎ、継ぎ目からの透水を防ぐこととした。また隣接する舗装および周辺の地盤からの伝熱を避けるために各舗装区画の周囲を幅 5 cmの断熱材で深さ 15cm まで覆った。

舗装体の温度は熱電対により測定した。熱電対は舗装後の供試体に埋め込み、30 分間隔で測定を行った。熱電対の埋め込み位置は、表面から 0.5cm、4cm、6cm、11cm とした。さらに試験舗装周辺の気象データを、ミニウェザーステーションによって測定した。測定項目は気温、湿度、降雨量である。また日射量および風速については気象庁のデータを用いた。気象データの測定間隔は 60 分である。

またそれぞれの舗装の表層の一部を舗装直前に 10 cm×10 cmの大きさに切り取り、その質量を測定すること

表-6 各材料の物性

舗装材料	保水量 (g/cm ³)	アルベド	
		乾燥時	湿潤時
S-Po	0.15	0.32	0.16
K-Po	0.16	0.26	0.17
N-Po	0.09	0.31	0.16
S-Co	0.19	0.32	0.18
N-Co	0.14	0.33	0.19
半たわみ	0.11	0.38	0.24
As	0.01以下	0.10	0.06

により測定を行った。アルベドの測定は、雲量の比較的少ない晴天日の午前 10 時から午後 4 時まで 2 時間おきに行った。本試験では舗装に対して散水を行っているが、舗装の水分状態によってアルベドが変化すると考えられるため、散水後は 1 時間おきにアルベドを測定した。

保水性舗装の性能評価として、散水による方法が多く用いられる。本研究では、大阪市の散水方法を基に午前 9 時に 1 m²あたり 5L 散水し、潜熱輸送量とその効果について評価することとした。大阪市の評価法は一般道を対象としているが、本検討では、舗装種別間の相対評価を目的としているため、これを適用した。

6. 保水性コンクリートの温度低減効果の検討

(1) ランプ照射による表面温度変化

図-9 にランプ照射試験における供試体表面温度の変化を示す。この図より普通コンクリート、ポーラスコンクリートともに保水材の効果として 5℃程度の温度低減が確認された。また、ベースとなるコンクリート

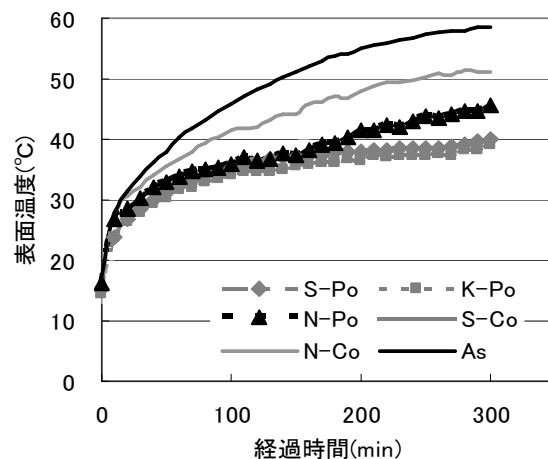


図-9 供試体表面温度変化

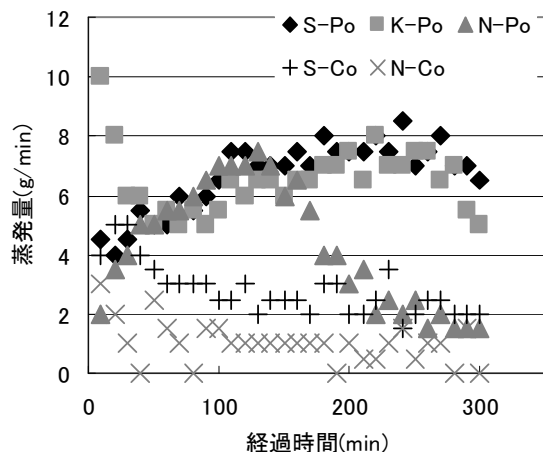


図-10 供試体の蒸発量変化

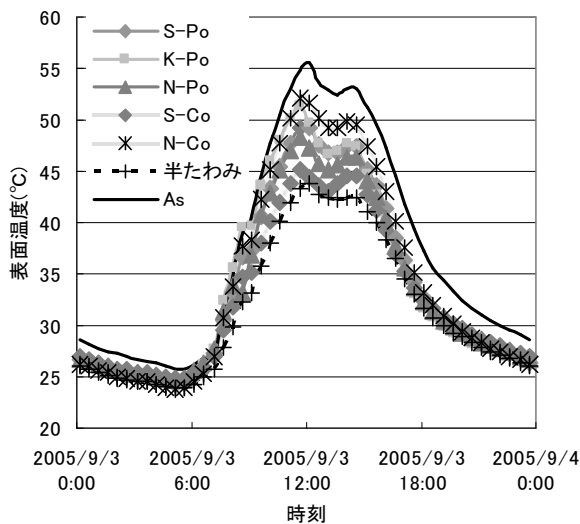


図-11 乾燥時の路面温度変化

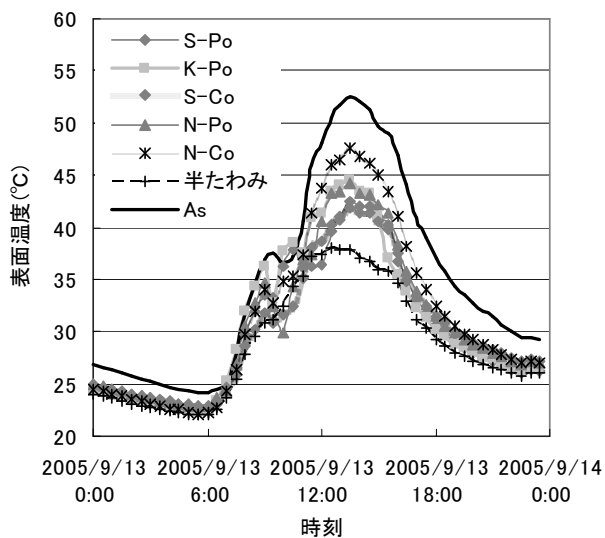


図-12 散水日の路面温度変化

からも差が見られ、普通コンクリートよりもポーラスコンクリートの方が高い温度低減を示した。これは図-10 が示すように、蒸発速度の差から生じているためと考えられる。しかし、ポーラスコンクリートは蒸発効率が低いのにに対し、表-6 によれば保水量は普通コンクリートをベースにしたものよりも小さい。このことから、図-10 で示すとおり、N-Po は試験開始 150 分以降から蒸発量が著しく低下し、表面温度が上昇する結果となった。ポーラスコンクリートは蒸発効率が低いので温度低減が大きいものの、その持続性に欠ける。しかし S-Po, K-Po は試験時間中は蒸発を持続することができ、保水材による効果の持続性の向上が確認された。

(2) 屋外での熱収支評価

舗装表面温度はその舗装材料のアルベドに大きく依存する。図-11 は舗装からの水分蒸発がほとんど認められなかった日の舗装表面温度変化を示したものである。

図からわかるとおり、水分蒸発がない状態でも表面

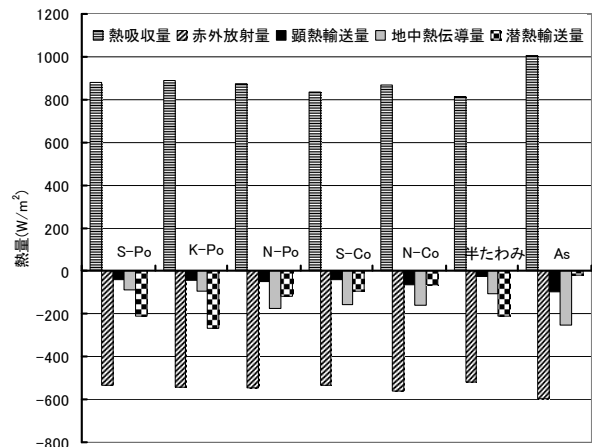


図-13 熱収支による比較

温度に大きく差が生じていることがわかる。特に本研究で用いた半たわみはアルベドが高く、低い表面温度を示している。これに対し、図-12 は午前 9 時に散水を行ったときの表面温度変化を表したものである。この日は、図-11 で示した日とほぼ気温や日射量など気象条件が同じであった。図-11 との温度差を比較すると、S-Po, K-Po は、半たわみと同様 5~6°C 程度の差が生じた。従って、実際の表面温度は半たわみが最も低い値を示しているものの、水分蒸発による温度低減のみに注目すると、顕熱輸送を考慮しても、S-Po と K-Po は、半たわみとほぼ同等の温度低減効果を有していると考えられる。

さらに屋外試験で得られた温度データから、熱容量に基づく熱収支解析⁷⁾を行った。ここで赤外放射量の算出の際には、上向きと下向きの放射量をそれぞれステファン・ボルツマンの式、プラントの式を用いた。2005 年 9 月 13 日の 10 時から 18 時の日中 8 時間において計算した熱収支を図-13 に示す。この図では、舗装が受ける熱を正、舗装からの放熱を負の値として表している。熱吸収量はアルベドに依存するため、As が最も高く、半たわみが最も小さな値となった。この熱吸収量に対して、放熱に関する 4 項目を比較すると、熱吸収量が多く、潜熱輸送量の小さい As が赤外放射量、顕熱輸送量および地中熱伝導量の全てにおいて高い値を示した。

ポーラスコンクリートにおいては、S-Po, K-Po ともに N-Po よりも潜熱輸送量が 2 倍程度の値を示し、保水材の効果が見られた。この潜熱輸送量は、半たわみとほぼ同等の 200W/m² 程度であった。これが前述した、半たわみと同等の温度低減をもたらしたと考えられる。

また普通コンクリートに関しては、S-Co は N-Co と比較すると潜熱輸送量がほぼ 2 倍の値を示した。しかし S-Co の潜熱輸送量はポーラスコンクリートに比較すると小さくなっている。S-Co は S-Po や K-Po よりも保水量が多いのに潜熱輸送が小さい理由として、室内実験の検討で述べた様に蒸発速度の相違が影響していると考えられるが、このほかに舗装体内への水分の浸

透速度が遅いことも考えられる。S-Co は普通コンクリートをベースとしているため、散水した水の多くが表面流出してしまい、限られた時間では十分な吸水が行われなかった。ポーラスコンクリートをベースにしたものより高い保水能力を持っていたとしても、その性能が発揮されない結果となった。したがって、散水を効率的に吸収し、保水性能を発揮するには、ポーラスコンクリートのような透水性能が必要であるといえる。

7. まとめ

本研究は普通コンクリートおよびポーラスコンクリートに保水性を付与させ、そのコンクリートの力学特性と温度低減効果について検討したものである。得られた結果をまとめると以下になる。

- (1) ラベリング試験結果より、今回用いた保水性コンクリートは、十分な耐摩耗性を有している。
- (2) 保水材の疲労寿命への影響は認められなかったが、ポーラスコンクリートは普通コンクリートよりも疲労寿命が短くなる傾向が見られた。
- (3) ポーラスコンクリートは普通コンクリートに比べ、温度低減効果が大きいですが、その持続性は短い。
- (4) 保水材により、ポーラスコンクリートで潜熱輸送量が増加し、従来の保水性舗装とほぼ同等の値が得られた。普通コンクリートをベースとしたもの

は、保水性能を生かすためには給水方法の検討が必要である。

- (5) 本検討で用いた保水性コンクリートは、車道舗装材料として絶え得るものと考えられるが、適切な設計を行うためには、今後劣化やすべり抵抗性に加え、疲労特性の更なる検討が必要といえる。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：舗装設計便覧，2006.
- 2) (社)土木学会：コンクリート標準示方書[舗装編]，2002.
- 3) (社)セメント協会：舗装技術専門委員会報告 R-11，1999.
- 4) 小梁川雅，福田正：含水変化を受けたコンクリート供試体の曲げ強度，土木学会論文集，No.354/V-2（ノート）pp.157-160，1986.
- 5) 安倍隆二，丸山記美雄，岳本秀人：積雪寒冷地におけるアスファルト舗装の性能指標地の検討，北海道開発土木研究所月報，No.621，pp.24-31,2005.
- 6) 小梁川雅，国府勝郎，福田正：コンクリート舗装版の曲げ疲労に関する基礎的研究，土木学会論文集 No.372/V-5，pp.131-137，1986.
- 7) 福田萬大：保水性舗装の熱環境緩和特性に関する実験的研究，埼玉大学博士論文，1999.

A STUDY ON THE APPLICABILITY OF MOISTURE RETENTION CONCRETE FOR ROAD PAVEMENTS AND ITS EFFECT OF TEMPERATURE REDUCTION

Yasuhiro WAKABAYASHI, Masashi KOYANAGAWA and Tsuneo MAKI

The temperature rise of pavement is seemed to be one of the reasons of the heat island phenomenon, and some kinds of pavement are developing to reduce the pavement temperature by moisture retention materials. Most of them are based on the asphalt concrete pavement, but there are some disadvantages like rutting and scattering in asphalt concrete pavement. On the other hand, cement concrete pavement has a high durability. In this study, the wear resistance, the fatigue properties and the effect of temperature reduction of moisture retention concrete were examined. From the results of examination, it was cleared that the moisture retention concrete had enough strength as a pavement structure and high durability as a road surface. And it is also cleared that the effect of temperature reduction of moisture retention concrete is equivalent to the performance of usual moisture retention asphalt concrete.