

# 道路路面雨水の地下浸透技術実用化に関する研究①

研究予算：一般勘定（道）  
研究期間：平 16～平 20  
担当チーム：舗装チーム  
研究担当者：久保 和幸、綾部 孝之

## 【要旨】

近年多発する都市型水害を背景として、平成 16 年に「特定都市河川浸水被害対策法」が施行された関係から、道路における雨水流出抑制対策として、透水性舗装を車道に適用することが期待された。しかし、車道における透水性舗装は雨水を舗装内に浸透させることから早期破損が懸念されると同時に、流出抑制性能の検討事例が極めて少なく、設計法や流出抑制性能の算定法の提案が重要な課題となっている。

本研究では、車道における透水性舗装の実用化に向け、各種室内実験、実大舗装実験等を実施し、耐久性および流出抑制性能について検討した。その結果、適切な断面を選定することにより重交通路線や路床が粘性土の場合でも耐久性を確保でき、適切な材料で適切に施工することで流出抑制性能が十分に発揮できることが確認できた。

キーワード：車道透水性舗装、耐久性、流出抑制性能、特定都市河川浸水被害対策法、試験舗装

## 1. はじめに

近年、都市部において集中的な豪雨の件数が増加している。都市部では地盤被覆率が高いことから、集中豪雨時に下水道や河川への負担が増大し、下水のオーバーフローや河川の氾濫が発生する、いわゆる「都市型水害」が多発している。これらを背景として平成 16 年に「特定都市河川浸水被害対策法」<sup>1)</sup>が施行された。同法で指定された都市河川流域で、一定規模以上の開発を実施する場合には、流出抑制対策が義務づけられており、道路建設においても例外なく適用される。そこで、道路における流出抑制対策として、舗装内への貯留・浸透能力を有する透水性舗装を車道へ適用することが期待された。しかし、車道における透水性舗装（以下、車道透水性舗装）の使用実績は非常に少なく、舗装としての耐久性を十分に確保できる設計方法が確立されていない。また、「特定都市河川浸水被害対策法」に対応した雨水流出抑制性能の算定方法が確立されていない。そこで、車道透水性舗装の実用化に向けた検討を開始した。

## 2. 車道透水性舗装の基本構造

図-1 に本研究で取り扱う透水性舗装の基本構造を示す。(a) 路床浸透型は、舗装内に浸透した雨水を路床に浸透させるもので、路床が砂質土の場合な

ど、透水能力が大きい路床に適していると考えられる。それに対し、(b) 一時貯留型は、路床上面に集水管を設置し、放流孔を通して舗装外へ排水するもので、路床が粘性土の場合など、透水能力が小さい路床に適していると考えられる。

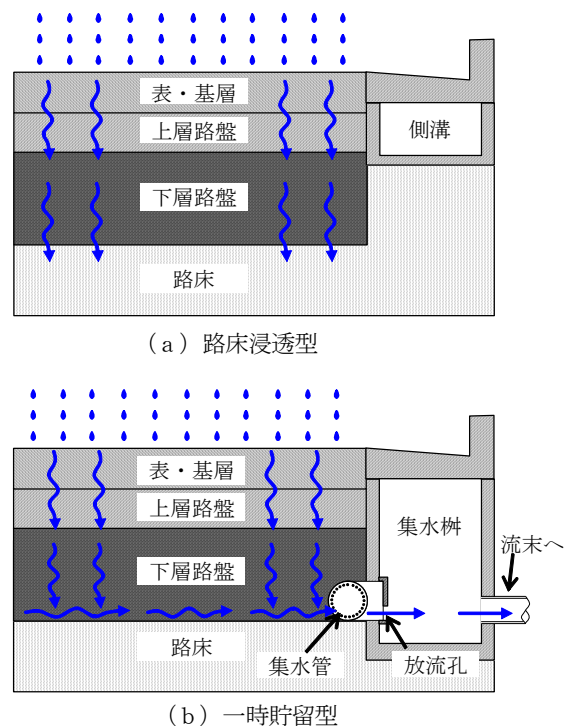


図-1 車道透水性舗装の基本構造

### 3. 車道透水性舗装の実態調査

車道透水性舗装の現状および課題抽出のため、車道透水性舗装が実道で施工された事例を対象に文献調査を行った。

表-1 に実際の道路で施工、供用された事例を示す。これらの多くは、軽交通道路におけるもので、構造的には、表基層に高粘度改質アスファルトを使用したポーラスアスファルト混合物、上層路盤に改質アスファルトを使用した透水性瀝青安定処理、下層路盤にクラッシュランを使用した舗装構成が主となっている。

表-1 車道透水性舗装の適用実績

自治体名	路線名	施工年度	旧交通量区分	路床条件	備考
東京都	都道	2000～	L～B	粘性土	注)1
大阪府	府道	2002～	C	既設氈塗等	注)2
神奈川県	県道	1996	B	砂質土	注)3
愛知県	県道	2001	C	安定処理等	注)4
名古屋市	市道	2000～	L	—	注)5
京都市	市道	2001～	L	—	注)6
世田谷区	区道	1977	L～A	粘性土	注)5
新潟市	市道	1993～	L～B	砂質土	注)7
岐阜市	市道	1998	L	既設碎石	注)5
守口市	市道	2001	A	安定処理	注)5
近畿地整	一般国道24号	1993	D	砂質土	注)8
中部地整	一般国道155号	2000	D	安定処理等	注)4

注)1 道路建設2002年11月号他参照 注)5 第25回日本道路会議論文集他参照  
 注)2 第16回近畿地方整備局内技術発表会論文参照 注)6 京都市から資料受領  
 注)3 第22回日本道路会議論文集他参照 注)7 第9回北陸道路舗装会議技術報告文集他参照  
 注)4 舗装2003年11月号参照 注)8 7/27/2001年4月号参照

また、車道透水性舗装の実用化に向け未解決な課題として、主に以下項目があげられる。

#### ①舗装の耐久性について

路床が粘性土の場合、早期の構造破壊が発生する可能性があり、耐久性の低下の程度および構造設計上の対策について明らかになっていない。

#### ②流出抑制性能について

透水性舗装に用いる舗装材料や舗装構造など任意の降雨および条件において流出抑制性能を算定する一般的な方法は確立されていない。

本研究では主に上記の課題解決のために実施した検討内容について報告する。

### 4. 舗装の耐久性に関する検討

#### 4.1 舗装内の水浸が耐久性に及ぼす影響

繰り返し載荷試験を実施し、舗装内の水浸状態が舗装の耐久性に与える影響を検討した。

##### 4.1.1 試験方法

図-2 に試験装置を示す。上下層に粒状路盤材、路床土を設置して、水浸または非水浸で、繰り返し荷重を与え残留変形量を測定することにより、水浸による耐久性への影響を調べた。

載荷荷重は、旧交通量区分でL～A交通の路床上面

に発生すると考えられる応力と同等の応力が路床面に発生するよう、表-2 に示す荷重を設定した。CBR=2～4の舗装厚に対応する荷重を荷重AおよびB、CBR=6の舗装厚に対応する荷重を荷重CおよびDとして設定した。

試験に使用した路盤材料はC-40(クラッシュラン)とし、路床土は、砂質土(山砂、設計CBR=4%)、粘性土(関東ローム、CBR=2%)、および安定処理した粘性土(関東ローム、設計CBR=6%)を使用した。

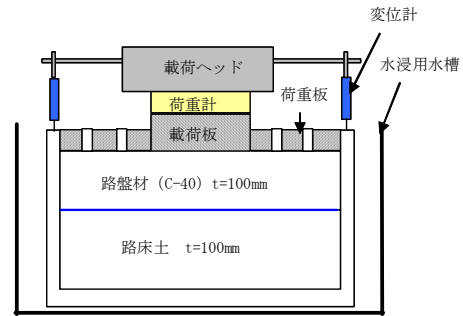


図-2 繰り返し載荷試験装置

表-2 載荷荷重

荷重番号	路盤上面 載荷荷重	路床土種類
	kN	
A	2.9	ローム (CBR=2)
B	4.9	山砂 (CBR=4)
C	3.9	ローム安定処理 (CBR=6)
D	7.8	

#### 4.1.2 試験結果

図-3 に砂質土を路床土に使用した場合の試験結果を示す。水浸・非水浸による影響が少なく、荷重が大きくなっても残留変形量が1mm以下である。

図-4 に路床土に粘性土を使用した場合の試験結果を示す。荷重が小さいAのケースでは、水浸の場合には初期の残留変形量は非水浸に比較して大きいものの、載荷回数増加に伴う残留変形量の増加は水浸、非水浸とも小さく、一定の値に収束する傾向を示している。一方、荷重が大きいBのケースでは、水浸の場合には繰り返し載荷に伴い、残留変形量が急速に増大している。なお、荷重が小さいAのケースの水浸における荷重-残留変形量曲線は、荷重が大きいBのケースの非水浸と類似した結果となった。

図-5 に路床土に安定処理をした粘性土(関東ローム)を用いた試験結果を示す。安定処理をしていない粘性土のケースと類似の傾向が認められる。

以上の結果から、路床が粘性土の場合には水浸による影響が大きいことが分かった。路床が粘性土の場合に水浸の影響をなくすには、荷重が小さいA、C

のケースの水浸における荷重-残留変形量曲線は、荷重が大きいB、Dのケースの非水浸と類似した結果となったことから、路床に作用する応力を1/2程度に低減させる必要があるものと考えられる。

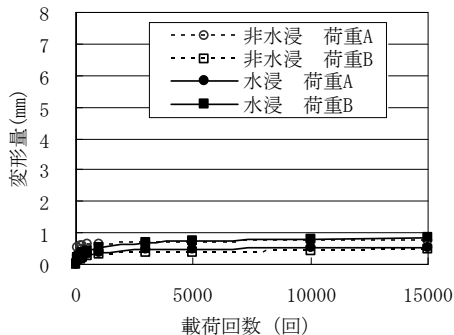


図-3 試験結果 (路床：砂質土)

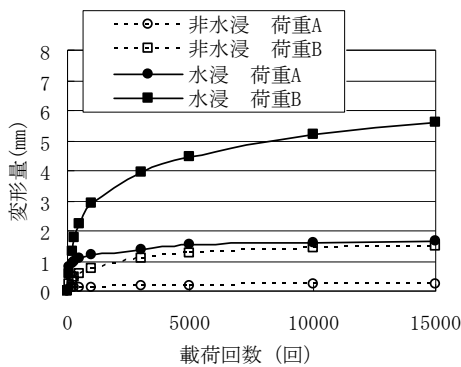


図-4 試験結果 (路床：粘性土)

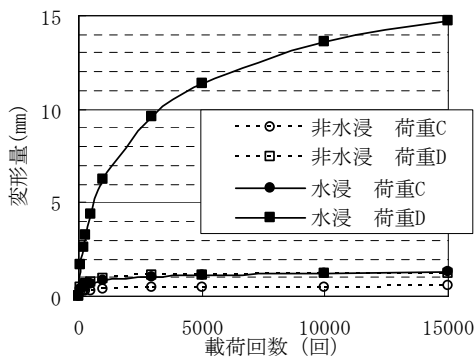


図-5 試験結果 (路床：粘性土を安定処理)

## 4.2 舗装構造が耐久性に与える影響

舗装構造の違いが耐久性に与える影響を検討するため、舗装の促進荷重試験を行った。

### 4.2.1 試験方法

舗装の促進荷重試験とは、実大舗装上に荷重車(荷重版を積載した大型車)を走行させ、定期的に路面性状を調査することで、舗装の耐久性を評価するものである。図-6 に設置した試験舗装の構造を示す。この3断面についての耐久性を比較し舗装構造の違

いが耐久性に与える影響を検討した。

A工区～C工区の特徴は以下の通りである。

- ・ A工区：通常舗装と同じ舗装断面であり、舗装からの排水構造も設置しない工区(路床浸透型)
- ・ B工区：A工区と同じ舗装断面に加え、舗装の増し厚の効果を確認するため、下層路盤を増し厚(厚さ100mm)した工区(路床浸透型)
- ・ C工区：A工区と同じ舗装断面とした上で、路床面に集水管( $\phi=150\text{mm}$ )を設置し、浸透した雨水を舗装外に排水する構造とした工区(一時貯留型)

なお、路面調査はわだち掘れ量、平たん性 FWD たわみ量を計測した。

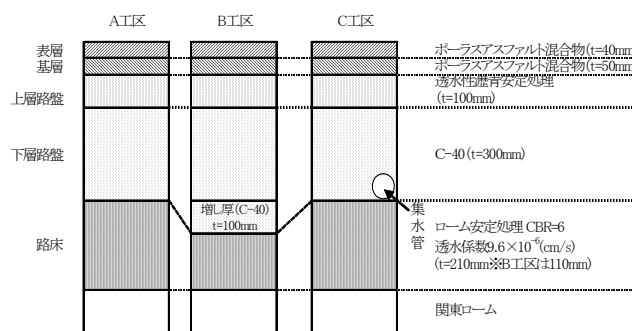


図-6 舗装構造

### 4.2.2 調査結果

図-7 にわだち掘れ量、図-8 に平たん性の推移を示す。いずれの工区も走行回数が増すに従い、わだち掘れ量および平たん性が増加しているが、A工区における増加が著しい。

図-9 に FWD による荷重点直下のたわみ量(以下、 $D_0$ たわみ量)の推移を示す。 $D_0$ たわみ量もわだち掘れや平たん性と同様の傾向を示しており、A工区において大きく増加している。

A工区については  $D_0$  たわみ量の増加が見られたことから、舗装の支持力が大きく低下し、路面性状の悪化が促進されたと考えられるため、58万輪走行後に開削調査を行い、路床、路盤の破壊状況について確認することとした。

図-10 にA工区の開削断面の状態を示す。明らかに、わだち部は舗装の各層とも下方へ変形しており、下層路盤 C-40 については路床に食い込むようになっていた。表層～下層路盤の各層厚の変化は小さく、わだち掘れの大部分が路床面の変形によって生じていることが分かる。この結果から、わだち掘れはアスファルト混合物層の塑性変形によって発生したのではなく、水浸による路床の支持力低下に起因し

た変形が原因であることが分かった。

また、B工区、C工区については、各々集水管の設置（舗装内の滞水時間を短縮）、増し厚（路床上面に作用する応力を低減する）により耐久性の低下が遅延したものと考えられ、これらの対策は車道透水性舗装の耐久性確保に有効であるものと考えられる。

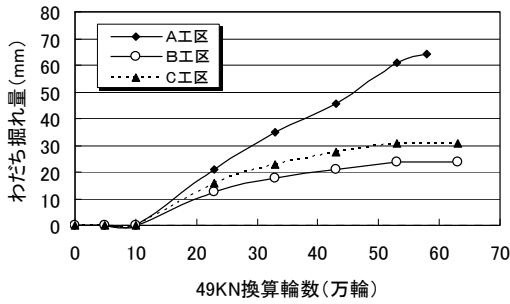


図-7 わだち掘れ量の推移

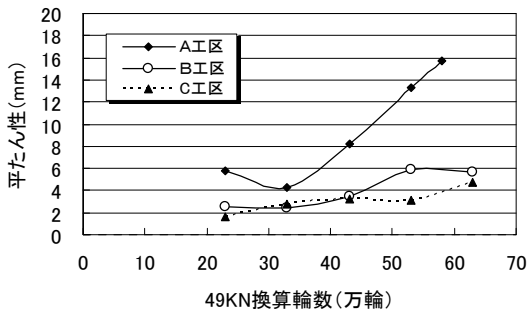


図-8 平たん性の推移

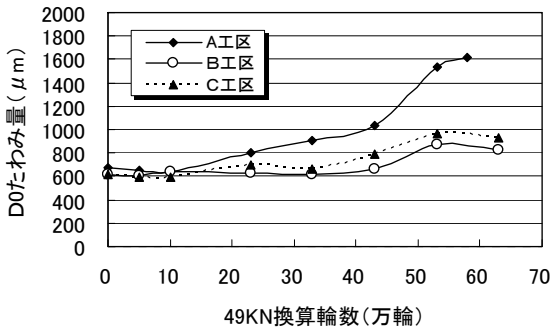


図-9 D<sub>0</sub>たわみ量の推移

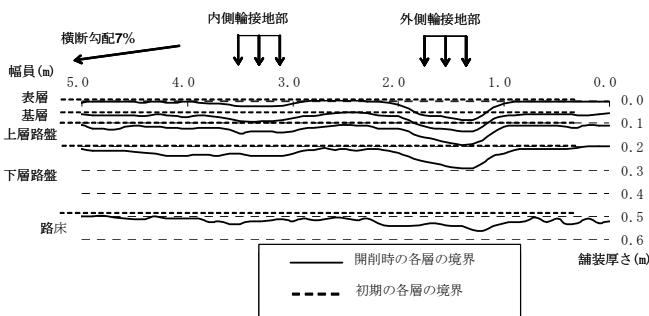


図-10 開削調査断面

## 5. 雨水流出抑制性能に関する検討

### 5.1 舗装材料の雨水貯留能力

透水性舗装は表層～下層路盤の全ての層に雨水が浸透可能なため、多くの雨水を貯留することができる。このため、舗装材料の空隙のうち、どの程度が雨水貯留に有効であるか、より正確に把握することは、透水性舗装におけるハイドログラフを算定する上で不可欠である。そこで、室内散水実験を行い、舗装材料の貯留特性を検討した。

#### 5.1.1 試験方法

試験機は図-11に示すものとした。CBR モールド内部に舗装材料を締固めたものを設置し、その上から100mm/hに相当する水量を散水して、舗装材料に拘束される水量(水拘束率)、および貯留される水量(貯留率)を測定した。

なお、水拘束率は、散水終了後、一定時間経過した後に供試体下部から排水された水量を測定し、これを総散水量から差し引くことによって、舗装材料内に拘束される水量を算出し水拘束率を、

水拘束率 (%) = 水拘束量 / 供試体体積 × 100  
として算出した。

貯留率は、供試体下部を止水し、水が十分に貯留する状態を保ったまま、散水装置で100mm/hに相当する水量を1時間散水後、カラーに滞水した水量を計測した。総散水量からカラーに滞水した水量を除いたものを舗装材料に貯留された水量とし、貯留率を

貯留率 (%) = 貯留水量 / 舗装材料の体積 × 100  
として算出した。

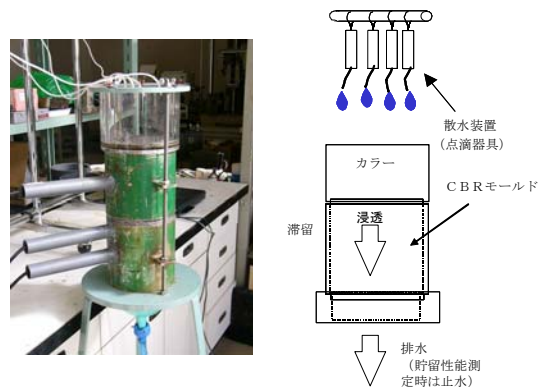


図-11 室内散水試験機

#### 5.1.2 試験結果 (水拘束率)

水拘束率の測定結果を図-12に示す。横軸は、散水開始から排水量を測定するまでの時間、縦軸が水拘束率である。C-40やRC-40のような粒状路盤材料の場合は、散水終了後も徐々に供試体下部からの流

出が続いているものの、時間経過とともに排水量が減少し、水拘束率がほぼ 0.5%程度に収束した。一方、アスファルト安定処理においては、散水終了直後に供試体下部からの排水が終了し、水拘束率約 1.5%程度で収束した。

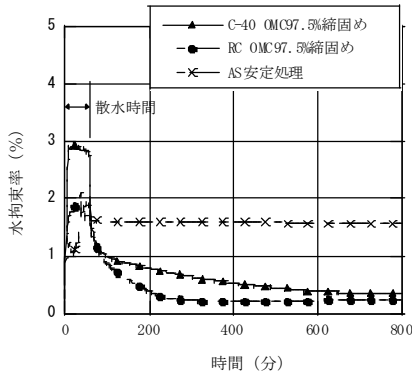


図-12 水拘束率測定結果

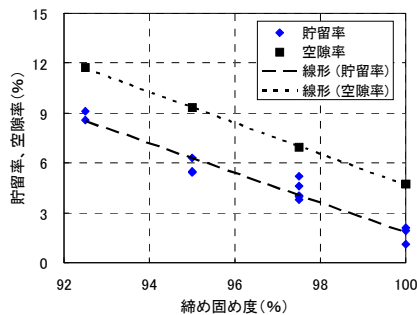


図-13 貯留率測定結果 (粒状路盤材)

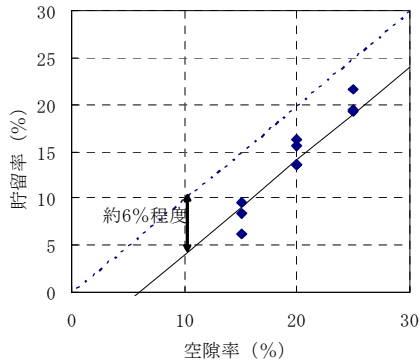


図-14 貯留率測定結果 (アスファルト混合物)

### 5.1.3 試験結果 (貯留率)

貯留率の収束値および間隙率を縦軸に、締固め度を横軸にとって整理したものを図-13 に示す。計測は3回実施しており、図中には回帰線も示した。締固め度に拘らず、間隙率と貯留率収束値の差は 3%程度とほぼ一定の傾向を示しており、この分が貯留に無効な空隙と考えられる。いいかえれば、間隙率から 3%差し引いた値が貯留率となる。

同様に、アスファルト安定処理混合物についての

測定結果を図-14 に示す。一般的に用いられる空隙率 20%程度の混合物の場合、空隙率と貯留率の差は 6%程度となる。

## 5.2 粒状材料の透水性能の検討

クラッシュラン等の粒状路盤材料は、ポーラスアスファルト混合物に比較して透水係数が小さいこと、また、締固め度や施工時の含水比の違いにより透水性能が大きく変わる可能性がある。そのため、舗装材料のうち特に粒状路盤材料について、締固め度や含水比の影響を検討することとする。

### 5.2.1 試験方法

試験は、粒状路盤材料について、5.1 で用いた室内散水実験により行い、供試体下部から排水される水量を計測した。

### 5.2.2 試験結果 (締固め度の影響)

締固め度の異なる C-40 についての試験結果を図-15 に示す。締固め度 100%の場合は、散水を継続しても供試体下部からの排水がなく、透水性能がみられない。これに対して、締固め度が 97.5%、95%の場合には、時間の経過とともに、散水した 100mm/h 相当の水が供試体下部から排水されており、十分な透水性能を示している。

一般に舗装の施工に当たっては、十分に締固めすることがよいとされているが、透水性舗装においては、過度に粒状材料を締固めることで、適切な雨水浸透性能を損なう恐れがあることを示している。

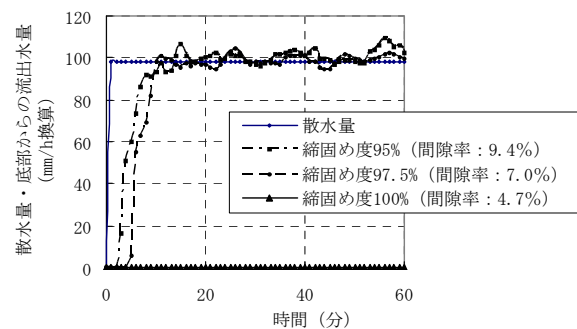


図-15 締固め度の影響

### 5.2.3 試験結果 (含水比の影響)

含水比を変化 (締固め度 97.5%) させて散水した結果を図-16 に示す。最適含水比 (OMC) で締固めた場合では散水した水が十分に透水しているのに対し、OMC+2%で締固めた場合にはほとんど透水していない。OMC-2%で締固めた場合にも OMC の場合に比較して透水性が低下している。

そこで、OMC における空気間隙率が異なる様々な C-40 について、含水比を変化させて締固め、室内散



水実験（散水量を 100mm/h）を行った。不透水の場合を×、場合によって不透水の場合を△で表示した結果を図-17 に示す。

その結果、「十分な透水性が確保」な領域と、「場合によっては不透水」な領域が、明確に区分される結果となった。

これらから、透水性舗装の路盤材に粒状材料を使用する場合、適切な締固め度の確保に加え、締固めの際の含水比管理についても配慮する必要があることが分かった。

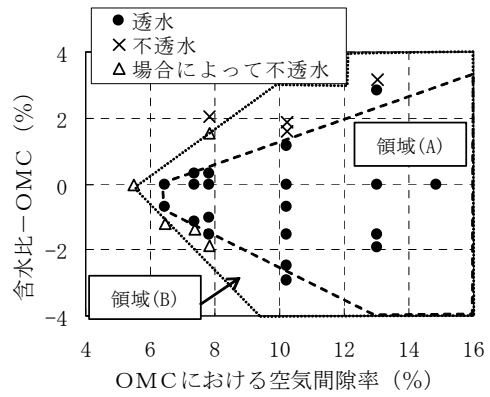


図-17 透水範囲

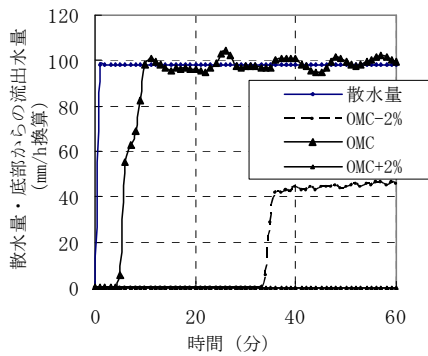


図-16 含水比の影響

## 6. 実道における試験舗装による検討

室内試験、実大舗装走行実験場での検討と並行して、実際の交通、自然降雨条件下における車道透水性舗装の耐久性および雨水流出抑制性能について確認するため、東北～沖縄の地方整備局等において試験舗装を実施している。表-3 に試験舗装の概要を示す。なお、試験舗装の詳細については、文献<sup>2)</sup>を参照されたい。

表-3 試験舗装の概要

試験舗装箇所		現地条件						設計条件				構造設計				雨水処理等に係る条件							計測項目	供用開始														
場所 (地整名)	工区名	延長 (m)	面積 (m <sup>2</sup> )	1 方向 縦線 数	地下 水位	縦断勾配	路体 構造	地下 埋設物	交通 量区分	設計 CBR	設計 CBR	必要 <sub>1</sub> (cm)※	設計期間 10年 20年	TA(cm)	H(cm)	舗装 増厚	フィル ター層	路床土		雨水処理等の条件			アス安 の空隙率				路面 排水	表面 流出	水分 計	水位 計	舗装 温度							
																		土質	透水性	浸透	路盤排水	雨水処理 タイプ	導水層	貯留層					路面 排水	表面 流出	水分 計	水位 計	舗装 温度					
R6いわき市 (東北)	A工区	50	425			2.5%	盛土		N <sub>7</sub>	8	—	37.0	37.0	70.0			遮水シート	粘性土	×	○	一時貯留			22%	○	○	○	○						2003.12				
	B工区	50	425	1														粘性土	×	○	一時貯留	○	○			○	○	○	○									
R113新潟県関川村 (北陸)	B工区	25	215														路床上 シキリ	硬質土	透	○	一時貯留			20%	○									2004.10				
	C工区	25	215	1		0.4%			N <sub>6</sub>	20	20.0	—	23.4	46.0			路床上 シキリ	硬質土	透	○	一時貯留					○												
	D工区	40	344															硬質土	透	○	一時貯留					○												
R23豊橋市① (中部)	A工区	25	250														—	砂質土 (C=安定処理・ 不透水)	×	○	一時貯留			20.2%												2004.3		
	B工区	25	250	1		-1.5m 以浅	1.0%	切土	N <sub>7</sub>	8	—	37.0	37.0	70.0			—	砂質土 (C=安定処理・ 不透水)	×	○	一時貯留																	
	C工区	25	250															砂質土 (C=安定処理・ 不透水)	×	○	一時貯留																	
	D工区	25	250															砂質土 (C=安定処理・ 不透水)	×	○	一時貯留																	
R23豊橋市② ※側道 (中部)	B工区	35	140											57.0	あり		路床上 シキリ	シルト質土	×	○	一時貯留		○	20.2%	○											2004.3		
	C工区	35	140	1		0.5%			N <sub>3</sub>	3	15.0	—	15.6	32.0			路床上 シキリ	シルト質土	×	○	一時貯留		○			○												
	D工区	45	180														路床上 シキリ	シルト質土	×	○	一時貯留		○			○												
R43大阪市 (近畿)	A工区	110	1320														—	砂質土	透	○	一時貯留		○	21.3%												2005.1		
	C工区	110	1320	2		1.0% 以下			N <sub>7</sub>	20	26.0	—	26.4	53.0			—	砂質土	透	○	一時貯留		○															
	B工区	122	1464												あり		—	砂質土	透	○	一時貯留		○															
	D工区	122	1464												あり		—	砂質土	透	○	一時貯留		○															
R30玉野市 (中国)	A工区	25	175														—	軟岩	×	○	一時貯留			12%	○											2004.3		
	B工区	25	175	1		5.0%	切土		N <sub>6</sub>	12	30.0	—	30.5	55.0			—	軟岩	×	○	一時貯留			20%	○													
	C工区	25	175															軟岩	×	○	一時貯留					○												
	D工区	25	175															軟岩	×	○	一時貯留					○												
R54島根県三刀屋町 (中国)	A工区	20	180														路床上 シキリ	砂質土 (まき土)	透	○	一時貯留			20.6%	○	○										2004.8		
	B工区	70	630	2		0.03%			N <sub>6</sub>	12	23.0	—	23.0	40.0			路床上 シキリ	砂質土 (まき土)	透	○	一時貯留					○												
	C工区	30	270															砂質土 (まき土)	透	○	一時貯留					○												
R55阿南市 (四国)	A工区	50	175														—	粘性土 (路床置換え C40 -0)	×	○	一時貯留			21.1%	○											2004.3		
	B工区	50	175	1		0.5%	盛土		N <sub>6</sub>	6	28.0	—	28.0	60.0			—	粘性土 (路床置換え C40 -0)	×	○	一時貯留					○												
R202前原市 (九州)	A工区	50	362.5				サグ							23.0	40.0		—	粘性土 (C=安定処理)	×	○	一時貯留			20.2%	○	○									2005.3			
	B工区	30	217.5	1					N <sub>6</sub>	12	23	—	23.75	50			—	粘性土 (C=安定処理)	×	○	一時貯留					○												
	C工区	30	217.5															粘性土 (C=安定処理)	×	○	一時貯留					○												
R329石川市 (沖縄)	A工区	30	217.5											31.8	あり		—	砂質土 (C=安定処理・ 不透水)	×	○	一時貯留			20.8%	○	○										2004.3		
	B工区	30	217.5	1		-1.5m 以浅	0.5% ~ 1.0%	切土	N <sub>6</sub>	8	26.0	—	29.0	53.0	あり		—	砂質土 (C=安定処理・ 不透水)	×	○	一時貯留					○												
	C工区	30	217.5											26.3			—	砂質土 (C=安定処理・ 不透水)	×	○	一時貯留					○												

備考

※信頼性を90%とした場合

※一時貯留タイプは集水管で路盤から排水

## 6.1 調査方法

舗装の耐久性に関する調査として、わだち掘れ量、平たん性、FWD たわみ量を計測している。流出抑制性能に関する調査として、現場透水量試験、散水実験および自然降雨時の流出量観測を実施している。なお、散水実験は写真-1に示すような散水車等により所定の水量（30～60mm/h）に相当する水量を1時間程度で散水し、表面流出量（路面下へ浸透せずに流出する水量）および路盤排水量（舗装内へ浸透した雨水が放流孔から排水される水量）を計測している。



写真-1 散水実験風景

## 6.2 舗装の耐久性に関する調査結果

### 6.2.1 路面性状および構造性能

各試験舗装箇所では複数の工区を設定しているため、ここでは、各箇所において、供用4年から5年時点におけるわだち掘れ量が最も大きい値を示した工区について示す。

図-18にわだち掘れ量、図-19に平たん性の推移を示す。わだち掘れは全ての箇所において15mm以下、平たん性についてもR54三刀屋を除いて2.5mm程度以下であり、いずれも現時点で供用に問題は生じていない。

FWDによる載荷点直下のたわみ量（ $D_0$  たわみ量）を図-20に示す。 $D_0$  たわみ量は、いずれの工区でも経年による大きな増加は生じていない。また、舗装内部の空洞発生等に繋がるような異状も観測されていない。

以上から、供用開始から4年～5年経過時点においても、供用上大きな問題はなく、舗装の支持力低下も発生していないと考えられる。

### 6.2.2 遮水シート設置の効果

R6いわきでは、雨水浸透が盛土のすべり破壊につながるおそれがあったことから、路床面に遮水シートを設置し、路床面上30cmの下層路盤内および下5cmの路床内に水分計を設置した。図-21に、自

然降雨時における水分量の観測結果を示す。下層路盤の水分量は降雨に伴って大きく変化した一方、路床内の水分量は変化しておらず、供用経過後も遮水シートが有効に機能していることが確認された。このことから、路体が盛土の箇所など雨水の浸透による破壊が懸念される箇所で、遮水シートを設置することは有効な対策であるものと考えられる。

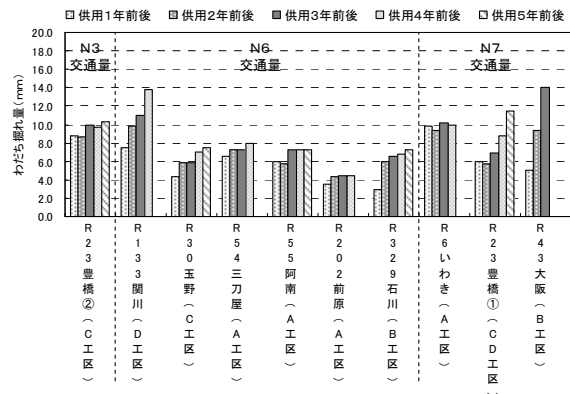


図-18 わだち掘れ量の推移

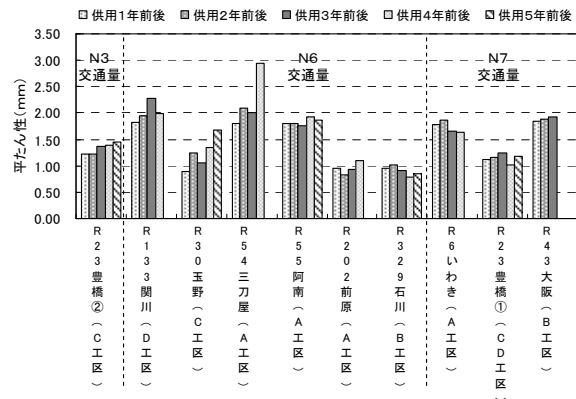


図-19 平たん性の推移

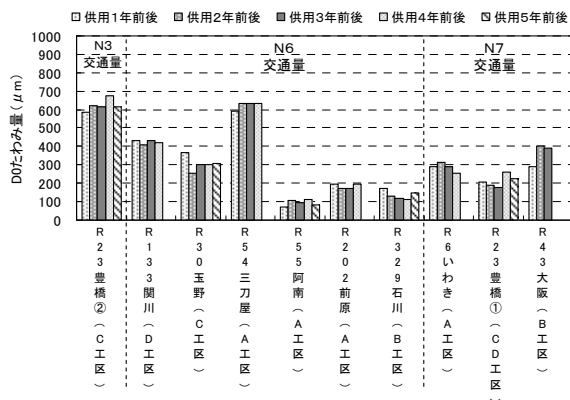


図-20  $D_0$ たわみ量の推移

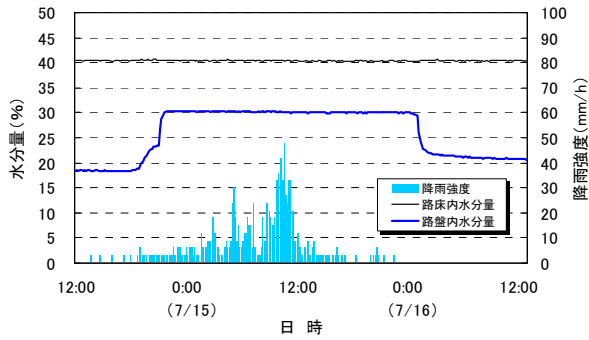


図-21 遮水シートの効果

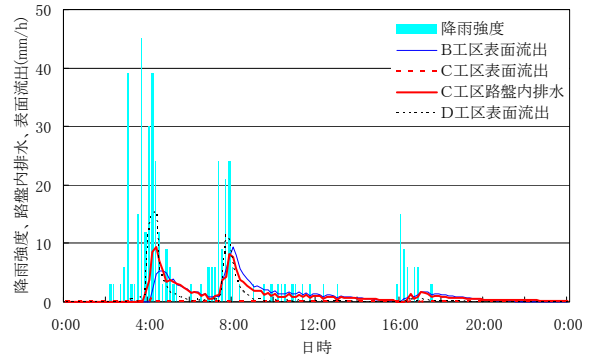


図-23 自然降雨 (R23 豊橋②)

### 6.3 雨水流出抑制に関する調査

#### 6.3.1 供用初期の流出抑制性能

図-22 に供用1年後のR6いわきにおいて実施された散水実験結果を示す。A工区、B工区ともに路盤排水が計測されている。また、流出のピークが散水終了後に発生していること、散水強度である50mm/h以下に流出のピークがあることから、雨水を一時貯留し雨水をコントロールしつつ排水していることが分かる。

図-23 にR23 豊橋②における自然降雨による計測結果を示す。いずれの工区についても降雨のピークの半分以下の流出となっており、降雨のピークも10分～30分の遅れが確認されている。豊橋②はN3交通と比較的舗装厚が薄い構造であるにも拘わらず、流出抑制性能が確認されており、透水性舗装の流出抑制性能が十分に発揮されていることが分かる。

その他の箇所においても、一部を除き供用初期においては同様の傾向が見られ、雨水を舗装内にスムーズに浸透させ、路床へ浸透させる、もしくはコントロールしつつ放流孔から排水していることが確認されている。

なお、R43 大阪とR202 前原においては供用直後の散水実験から、舗装内へ水の浸透が少なく、多くの表面流出が確認された。その原因については、6.4で示すものとする。

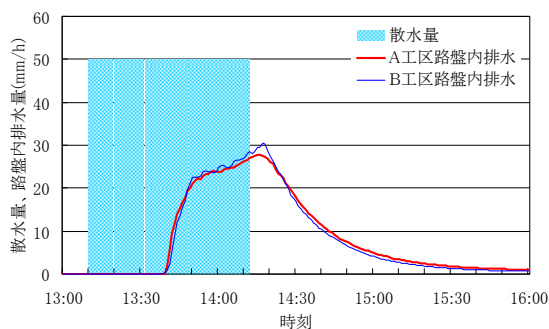


図-22 散水実験 (R6 いわき)

#### 6.3.2 流出抑制性能の持続性

図-24 に現場透水量試験による浸透水量（以下、現場透水量）の推移を示す。R113 関川、R54 三刀屋、R55 阿南において、空隙づまりによる現場透水量の低下がみられる。その他については緩やかな減少傾向を示しているものの、大きな低下は見られない。なお、関川における空隙づまりは冬期のタイヤチェーンによるもので、特に早期に現場透水量が減少していることが分かる。

図-25 に現場透水量が早期に減少した新潟における散水実験結果と、現場透水量が持続している岡山における散水実験結果を例として示す。新潟では供用0ヶ月において最大で15mm/h程度の路盤排水量が計測されたが、供用により減少し、供用50ヶ月経過時点で路盤排水量が観測されず、写真-3に示すような表面流出が確認された。一方、岡山においては、供用57ヶ月経過時点でも路盤排水量は減少しなかった。その他の箇所においても同様の傾向を示している。

なお、現場透水量が減少しても、ある程度の雨水が舗装内へ浸透するものと考えられ、降雨や求める性能により十分な能力を発揮する可能性もあるため注意が必要である。

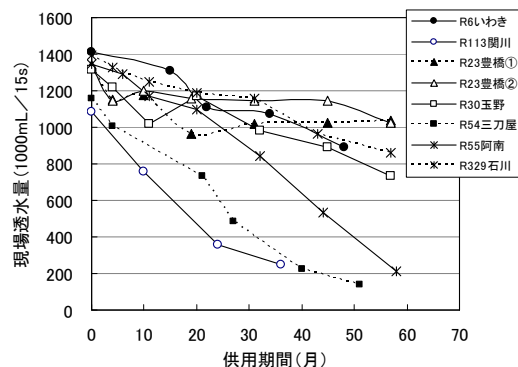
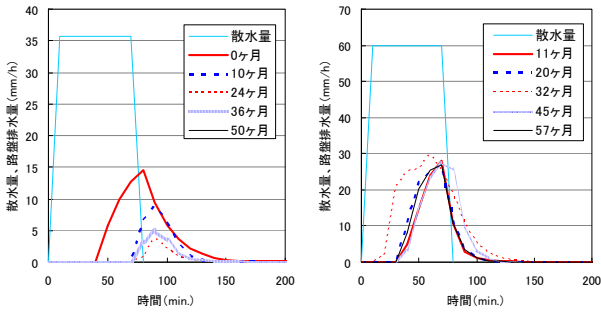


図-24 現場透水量の推移





R113 関川 R30 玉野  
図-25 散水実験結果の経年変化

### 6.3.3 供用直後からの不具合箇所の検証

R43 大阪およびR202 前原は供用直後でありながら散水実験において写真-2 に示すような表面流出が発生した。また、R202 前原は一時貯留型であるにも拘わらず、施工直後から路盤排水が僅かであった。以下これらの原因について検討することとする。

R202 前原において、アスファルト混合物層(表層、基層、上層路盤)のコアを採取して、5.2 と同様の室内散水実験を行った。その結果、図-26 に示すように、アスファルト混合物層の透水性には問題がなく、所定の空隙率は確保されていることが分かった。

R202 前原において路盤排水がほとんど観測されていないことから、透水性が低い原因は下層路盤にあると推定された。



写真-2 表面流出 (R202 前原)

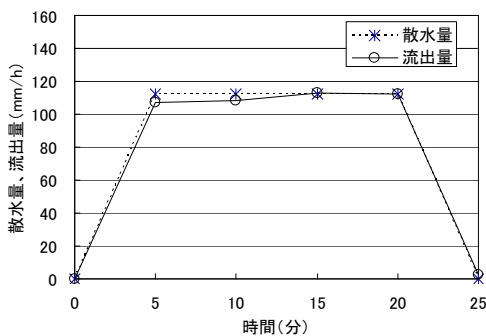


図-26 採取したコアの透水性能

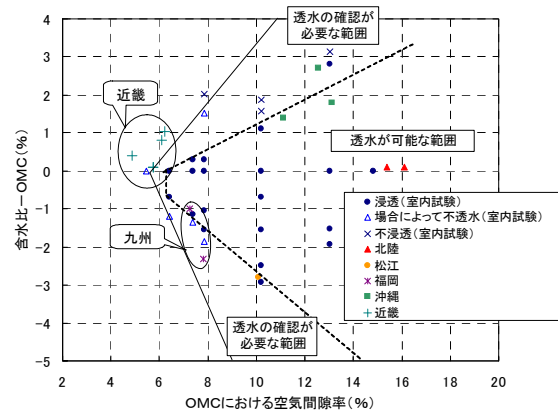


図-27 粒状路盤材の性状

このため、下層路盤材の性状について確認した。図-27 は図-17 に R43 大阪と R202 前原に用いられた下層路盤の性状をプロットしたものである。図-32 によると、R43 大阪の下層路盤材の性状は、透水性が期待できる範囲から大きく外れている。また、R202 前原も透水性が十分期待される範囲から外れていることに加え、含水比が OMC より 1~2%低い状態で締められている。

以上から、R43 大阪、R202 前原とも、下層路盤の材料性状および施工管理に問題があり、下層路盤の透水性が著しく損なわれた結果、舗装全体の透水性が得られなかったものと推定され、改めて、透水性舗装の設計において下層路盤材の選定に留意する必要があることが確認された。

## 7. その他の透水性舗装に関わる事項

### 7.1 路面温度の上昇抑制効果

透水性舗装は、雨水を路盤から路床へ浸透させ、舗装体や路床に保水することから比熱を大きくし、同時に蒸発潜熱によって路面温度の上昇を抑えることが期待されている。しかし、路面温度の上昇抑制効果については、通常舗装と比較して 1~1.5℃程度の低下<sup>3)</sup> であると報告されている他、最高温度が高くなるとの報告<sup>4)</sup> もある。

一方、通常の密粒度アスファルト舗装と比較して路面温度が最大で 10℃以上低下するといわれている保水性舗装や遮熱性舗装<sup>5)</sup> に比較すると、気温の低減効果はほとんど期待できないため、透水性舗装による路面温度の上昇抑制効果および都市の熱環境改善効果は非常に小さいものと考えられる。

### 7.2 浸透水の環境への影響

透水性舗装を採用したことによる地下水等の水質への影響を検証するため、6. に示す試験舗装箇所

採取した路盤排水の水質調査を実施しており、国土技術政策総合研究所で環境への影響について検討している。平成20年度に実施した調査では、環境基準を大きく上回るような物質は検出されていない。

しかし、近年粒状路盤材にコンクリート塊やスラグ等を含有する再生材を適用する事例が増加しており、透水性舗装に用いる材料については、環境への影響を十分に考慮した上で適用することが望ましい。

## 8. まとめ

### 8.1 耐久性に関する検討

①繰り返し載荷試験の結果、路床が粘性土の場合には、非水浸条件下に比べ水浸条件下で大きく変形が進行する。

②舗装の促進載荷試験からも、路床が粘性土の場合、通常の所要TAでは、早期に構造破壊が発生する。

③路床が粘性土の場合、車道透水性舗装の耐久性を確保するには、次の対策が有効であると考えられる。

- ・路床面に作用する応力を1/2程度になるよう、舗装の増し厚をする。
- ・路床上面に集水管を設置し、舗装内の雨水を排水させることによって、舗装内に雨水が耐水する時間を短縮する。

### 8.2 流出抑制性能に関する検討

①雨水は全てが路床面まで浸透せず、一定量が舗装の材料に拘束される。その程度は、

- ・粒状路盤材：体積の0.5%
- ・アスファルト混合物：体積の1.5%

②雨水貯留に有効な空隙率は

- ・粒状路盤材：空隙率-3%
- ・アスファルト混合物：空隙率-6%

③粒状路盤材の締固め度および施工時の含水比管理が適切になされない場合、透水性能が不足する場合がある。

### 8.3 試験舗装における調査結果

①路床が砂質土の場合は、通常の舗装で必要とされるTAで構造設計しても早期に破損しない。

②路床が粘性土の場合には、舗装の増し厚や一時貯留型の構造とすることで、早期に破損しない。

③路床上面に遮水シートを設置することで、路床下への雨水の浸透を防止でき、路体が盛土など破損が懸念される箇所でも有効な対応策となる。

④路床浸透型および一時貯留型ともに流出のピークの抑制が確認され、流出抑制性能が期待できる。

⑤供用4年～5年程度で、路面の空隙づまりが発

生し流出抑制性能が低下している箇所が確認された。

## 9. おわりに

試験舗装の耐久性については、供用4年～5年程度の供用性を確認したに過ぎず、今後長期耐久性の確認が重要である。また、車道透水性舗装でも、排水性舗装同様空隙づまりによる機能の低下が発生するものと考えられ、長期間性能を確保するための検討が今後の課題になるものと考えられる。

なお、本研究で実施した検討および流出抑制性能の算定方法の考え方については、文献1<sup>2)</sup>で公表しているとともに、得られた知見は「道路路面雨水処理マニュアル(案)」<sup>6)</sup>に反映されている。また、試験舗装の追跡調査結果の詳細については追って公表する予定である。

本研究を行うにあたり、「道路路面雨水の流出抑制技術実用化に関する検討委員会」(委員長：大川秀雄新潟大学教授)、国土交通省国道防災課、河川局河川環境課には様々な助言を頂きました。ここに感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) (財) 国土技術研究センター：「解説・特定都市河川浸水被害対策法施行に関するガイドライン」、国土交通省都市・地域整備局下水道部・河川局監修、2005.3
- 2) (独) 土木研究所：「車道透水性舗装の設計方法確立に向けた検討」、土木研究所資料第4008号、2006.4
- 3) 兼田実、村上勝利：「車道透水性舗装」、アスファルト、vol.43、No.207、2001.4
- 4) 荒井進、大川秀雄、田口仁、大竹和彦：「新潟市における車道透水性舗装の試み」、舗装、No.33-3、1998.3
- 5) (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.30～42、2005.3
- 6) (独) 土木研究所：「道路路面雨水処理マニュアル(案)」、土木研究所資料第3971、2005.6

## **RESEACH ON PRACTICAL USE OF UNDERGROUND INFILTRATION TECHNOLOGY OF ROAD RAIN WATER**

**Abstract :** Recently urban floods frequently occur caused by localized torrential rain. Therefore the Designated Urban River Inundation Prevention Act was enacted in June 2003, whereby roadways in designated areas must be equipped with means for controlling rainwater runoff. Permeable pavement is a likely candidate, but it has rarely been applied to roadways. Therefore, its durability and sustainability in runoff control performance have not been validated enough. Thus, to confirm the applicability of permeable pavement to roadways, its durability and performance were examined in this study through experiments on test pavement within the Pavement Test Field of PWRI and on actual roadways. The results for test pavement at PWRI showed that the installation of a drainage pipe on the subgrade upper surface or an increase in the base course thickness was effective for retaining pavement durability even in the case of subgrade comprising cohesive soils. In addition, the results of observing test pavement constructed on actual roadways showed that pavement durability was retained in four or five years after the test pavement sections were opened to traffic. But rainwater runoff control was not retained at some test pavement sections.

**Key words :** permeable asphalt pavement in traffic roads durability, rainwater runoff control, test pavement in actual road