

試験舗装による車道用透水性舗装の性能に関する検討

伊藤正秀¹・綾部孝之²・久保和幸³

¹正会員 茨城県庁 土木部 都市局長 (〒310-8555 茨城県水戸市笠原町 978-6)

²正会員 (独) 土木研究所 道路技術研究グループ (舗装) 研究員 (〒305-0864 茨城県つくば市南原 1-6)

³正会員 工修 (独) 土木研究所 道路技術研究グループ (舗装) 上席研究員 (〒305-0864 茨城県つくば市南原 1-6)

車道用透水性舗装について、これまで筆者らは、室内試験および実大試験舗装における検討結果から、粘性土路床の場合であっても舗装厚の割増し等の対策をとれば、重交通下でも一定の耐久性が期待できること等を報告してきた。さらに、実際の交通、自然条件下での供用における耐久性、雨水流出抑制性能を検証するために、全国の直轄国道における試験舗装を実施している。2～3年供用の結果、重交通条件下であっても、砂質土では構造性能、雨水流出抑制性能とも問題は見られず、粘性土地盤であっても路床面から舗装体外に排水する等の設計をとることにより、構造性能を維持できるとともに、流出量ピークのカット、流出の遅延等の雨水流出性能が確保されることが確認された。

Key Words : permeable pavement , flood prevention , run off control , durability,

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、いわゆる都市型水害が多発するようになった。これを背景に、2004年に「特定都市河川浸水被害対策法」(以下、「法」と呼ぶ)が施行され、都市内の指定された流域において宅地等以外の土地を宅地等(道路も含む。)に変更する行為を行う場合は、雨水流出抑制対策が義務付けられたことを受け、筆者らは、透水性の低い地盤条件下も含めて重交通に適用可能な透水性舗装の実用化を目指してきた。本報告では一連の調査研究成果のうち、室内試験結果等を踏まえて実施した、全国の直轄国道における追跡調査結果を中心に報告する。

2. 背景

(1) 透水性舗装の歴史

透水性舗装は、歩道においては1970年前後から街路樹育成等の観点から普及が始まり、2001年4月現在、東京都においては282万m²の施工実績がある¹⁾。駐車場についても宅地開発に伴い設計法が確立²⁾・普及している。

車道においても、軽交通道路での施工・供用事例は多く³⁾⁴⁾⁵⁾、特に新潟市では、設計CBR8以上で地下水位が地表面より1.5m以深では透水性舗装が標準工法とされている⁶⁾。一方、重交通の車道における実施例は

極めて少なく、例外的に1993年に和歌山県内の一般国道24号線⁷⁾、2000年に愛知県内の一般国道155号⁸⁾における取り組みがあるのみとなっている。

国外においても、透水性舗装は雨水流出抑制の観点から施工されているものの、これらも歩道や駐車場への適用となっており^{例えば9)}、一般的に重交通路線では実用化されていない。

(2) 施工事例から得られる知見

文献等より、表-1に我が国における車道透水性舗装の施工事例をまとめた。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であり、通常の舗装設計における所要TAを確保することにより、疲労破壊輪数の設計を行っている。

表-1 車道透水性舗装の施工事例

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～C	粘性土	注)1
大阪府	府道	2002～	C	既設氈澤等	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～C	砂質土	注)5
岐阜市	市道	1998	L	既設砕石	注)7
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)2 第16回近畿地方整備局内技術発表会論文参照
 注)3 第22回日本道路会論文集他参照
 注)4 舗装2003年11月号参照
 注)5 第25回日本道路会論文集他参照
 注)6 京都市から資料受領
 注)7 第23回日本道路会論文集他参照
 注)8 アスファルト2001年4月号参照

既存の施工事例等を総括すると、次の知見が得られる。

軽交通道路の場合には、現地盤の土質（粘性土、砂質土等）を問わず、数年間の供用では構造破壊に至ることはない。

重交通路線の場合であっても、砂質土地盤であれば、10年程度供用後も著しい性能（路面、構造とも）の低下は見られない。

供用数年間で、現場透水試験により計測される透水量は低下する。

雨水流出抑制性能について定量的に検討した事例は少なく^{例え}ば¹⁰⁾、特に実際の降雨状態と流出波形の関係まで検討した事例は、排水性舗装についての検討¹¹⁾¹²⁾はあるものの、車道用透水性舗装については皆無である。

(3) 車道用透水性舗装の実用に向けた課題

今後の実用化に当たっての課題は次の二点に集約される。

重交通、粘性土地盤において耐久性、雨水流出抑制性能を有する舗装構造の設計・施工法の確立

雨水流出抑制性能の定量的な算定方法の開発

このため、本研究では、重交通かつ粘性土地盤で耐久性を確保するための舗装構造として、図-1b)に示すように、下層路盤まで浸透した雨水を路盤内に設けた排水管により舗装体外に排出する構造も取り上げた。いわば全断面排水性舗装とでもいうべき構造ではあるが、一般的な排水性舗装と異なり基層以下にも浸透を許すことから、透水性舗装の概念として扱うこととした。本構造であっても、重交通の場合には舗装厚があり相当の貯留能力が期待されること、材料の透水係数の程度によって適度な雨水流出のコントロール（流出遅延効果）が期待されることから、実用上、有効な構造ではないかと考えたことによる。

なお、雨水流出抑制技術としては、浸透トレンチ等、舗装以外の対策手法も考えられる。また、環境面への影響等、他の技術的課題も考えられるが、これらについては、本研究では対象とはしていない。

3. 室内試験等による研究成果

これまでに室内試験、(独)土木研究所が保有する実大舗装走行試験場を用いた促進載荷試験による検討を通じ、以下の知見が得られた¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾。

(1) 舗装の本来の性能（構造、路面性能）

室内試験の結果、粘性土地盤の場合（安定処理した場合も含む）水浸条件下では繰返し載荷により、非水浸に比較して大きく変形が進行する。

実大走行試験結果からも、粘性土地盤の場合、通常の所要 T_A では、設計疲労破壊輪数に達する以前に構造的破壊（路床、下層路盤の破壊）が生じる。粘性土地盤において透水性舗装の耐久性を確保するには、次の対策が有効と推察された。

- ・ 路床面の垂直応力が1/2程度になるよう、舗装の増厚をする。
- ・ 下層路盤に浸透した雨水を、排水管により舗装体外に排水する（図-1b)は耐久性の面で有効）。

(2) 雨水流出抑制性能

水分は全てが路床面まで浸透せず、一定量、舗装材料の空隙に拘束される。その程度は、

- ・ 粒状路盤材：体積の0.5（%）
- ・ アス混合物：体積の1.5（%）である。

雨水貯留に有効な空隙率（貯留有効空隙率）は、

- ・ 粒状路盤材：空隙率-3（%）
- ・ アス混合物：空隙率-6（%）である。

既往調査において、貯留に有効な空隙の割合は0.7と提案されているが¹⁶⁾、粒状路盤の締固め度、アスファルト混合物の空隙率の一般的な値を考慮すると、実用上、概ね妥当な値と確認された。

法で想定しているピーク降雨強度（100mm/h程度）に対し、ポーラスアスファルト混合物、クラッシュランの透水係数（各々、 1×10^{-2} 、 $3 \times 10^{-3} \sim 4 \times 10^{-2}$ cm/sec程度¹⁷⁾）から判断すると、材料としては十分な透水性能を有している。ただし、粒状路盤でOMCにおける間隙率が10%程度以下の材

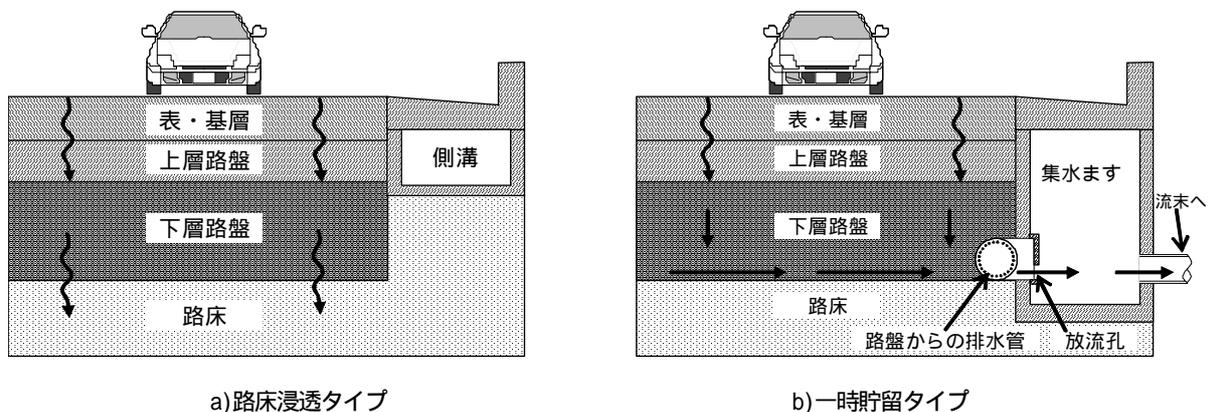


図-1 車道透水性舗装のタイプ

料で、締固めの際の水分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。

通常のタックコート散布量(0.3~0.6 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$)は、舗装の透水性に影響しない。プライムコートについては、一般的な散布量(1.0~2.0 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$)であっても透水性に影響する可能性がある。

舗装からのハイドログラフ(流出波形)は、与えられたハイトグラフ(降雨波形)に対し、路床、舗装材料の物性値(飽和透水係数、水拘束率、貯留率等、舗装各層の厚さ)を設定し、逐次計算により求めることができる。この際、路床面からの雨水浸透量は既存指針¹⁸⁾では、

$$\text{雨水浸透量 } Q(h) = K_f \times k_0 \text{ (m}^3/\text{hr)}$$

ただし、 k_0 : 飽和透水係数 (mm/hr)

比浸透量 $K_f = 0.014h + 1.287$ h : 水位 (m)

で算定できるとされているが、実大散水実験の結

果、比浸透量は舗装体内の水位の影響を、より受ける可能性がある。ただし、上式は流出量が実際より多めに算出されるため、流出抑制対策の観点からは安全側とみなし、当面の水収支計算に活用しても差し支えない。

4. 試験舗装の概要

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の直轄国道において試験舗装を実施した。試験舗装箇所の設定、舗装の構造設計に当たっては、軽交通または砂質系の地盤上での耐久性については、既に一定の知見が得られていること、様々な現地条件、道路構造、舗装構造における検証を行うため、次の点に留意して設定した。

表-2 試験舗装箇所の概要

場所 (地整名)	構造設計 舗装増厚 工区の設定	現地条件				雨水処理等に係る条件				供用開始	特定の 検討テーマ		
		延長 (m)	1 方向 車線 数	地下 水位	縦断 勾配	路体 構造	路床土		浸透雨水の処理			貯留層	フィルター層
							土質	透水性					
R6いわき市 (東北)	T_A, H とも増加	100	2		2.5%	盛土	粘性土		一時貯留	あり	遮水 シート	2003.12	遮水シート 導水層
R113新潟県関川村 (北陸)		100	2				礫質土	透 水	浸透+貯留 浸透トレンチ		ジオテキ	2004.1	積寒地、ジオテキ 浸透トレンチ
R23豊橋市 (中部)		100	2	-1.5m 以浅		切土	砂質土 (Ce安定処理)		一時貯留			2004.3	地下水位高い 浸透トレンチ
R23豊橋市 側道(中部)	T_A, H とも増加	100	1				シルト質土		路床浸透 一時貯留	あり	ジオテキ	2004.3	路床浸透 (砂質土)
R43大阪市 (近畿)	T_A, H とも増加	400	2				砂質土	透 水	路床浸透			2005.1	路床浸透 (砂質土)
R30玉野市 (中国)		100	2		5.0%	切土	軟岩		一時貯留			2004.3	路盤空隙率 縦断勾配
R54島根県三刀屋町 (中国)		130	2				砂質土 (まさ土)	透 水	一時貯留		ジオテキ	2004.8	積寒地、ジオテキ 浸透トレンチ
R55阿南市 (四国)		100	1			盛土	粘性土		路床浸透 一時貯留			2004.3	路床浸透 (粘性土)
R202前原市 (九州)	T_A 同一で H増加	200	2				粘性土 (Ce安定処理)		一時貯留			2005.3	同一 T_A でH変化の影響
R329石川市 (沖縄)	H同一で T_A 増加	100	2	-1.5m 以浅		切土	砂質土 (Ce安定処理)		一時貯留			2004.3	同一Hで T_A 変化の影響

一時貯留タイプは集水管で路床面上に配水管を設置して路盤から排水する構造

表-3 追跡調査の概要

調査時期	分類	調査項目	調査方法	調査水準	完成年度	追跡調査(H16)		追跡調査(H17,H18)	
						雨期(6月から9月)	乾季(1月から3月)	初秋頃(9月から11月頃)	冬季(1月から3月)
施工前	施工前 調査	路床土質	透水係数	透水試験	1回				
			CBR	舗装試験法	1回				
			粒度	舗装試験法	1回				
			Pi	舗装試験法	1回				
		地下水位	開削調査等	1回					
散水試験時	耐久性	路面性状調査	わだち掘れ	横断プロファイルメーター	3箇所/車線/工区				
			平坦性	3mプロファイルメーター	3箇所/車線/工区				
			ひび割れ率	スケッチ法	全線				
			路面状況	目視観察	全線				
			すべり抵抗	BPN	3箇所/車線/工区				
				DFテスター	3箇所/車線/工区				
		支持力	浸透水量	現場透水試験	3箇所/車線/工区				
			軸重測定	マット軸重計	24時間				
			散水前支持力	FWD散水前	10点/車線/工区,IWP,OWP				
			散水後支持力	FWD散水後	10点/車線/工区,IWP,OWP				
	その他	空洞調査	空洞探査車	全線					
		散水試験	水分計,水位計等	1車線					
1年を通して		通常降雨,流出量データ回収	雨量計,水分計,水位計等	1式		(6月~9月)2週に一度データ回収,電池交換,掃除等	(10月~5月)2ヶ月に一度データ回収,電池交換,掃除等	(6月~9月)2週に一度データ回収,電池交換,掃除等	(10月~5月)2ヶ月に一度データ回収,電池交換,掃除等

:必要に応じて行う

:バイパスの開通等で交通状況が前年度と著しく変化した場合は実施

交通条件

- ・ 交通量区分：主に重交通 (N₆ ~ N₇)

道路構造条件

- ・ 道路構造：盛土、切土、平地の箇所を含む
- ・ 縦断勾配：5%以上の箇所も設定
- ・ 地下水位：路床面 - 1.5m以浅の箇所も設定

舗装設計条件

- ・ 路床土質：砂質～粘土質，安定処理を含む
- ・ フィルター層：一部に設置 (ポリステル不織布、透水係数 210⁻¹cm / sec 程度)
- ・ 路盤材料：上層路盤：瀝青安定処理路盤
下層路盤：粒状路盤

- ・ 構造設計：T_A法を原則

ただし一部の箇所において、下記工区も設定

- ・ 所要 T_A から増厚 (舗装厚 H 増加 / 不変 の 2 とおり)
- ・ 所要 T_A を変えずに舗装厚 H を増加
- ・ 雨水処理方法：路床浸透，一時貯留

散水試験の概要

- ・ タンクローリーによる散水
- ・ 路盤排水量、表面流出量とも、集水桝にて測定

表-2 に試験舗装、表-3 に追跡調査の概要を示す。

なお、試験舗装の詳細については、文献を参照されたい¹⁵⁾

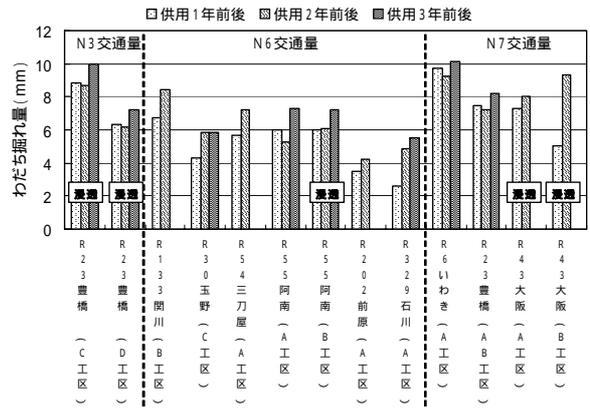


図-3 わだち掘れの推移 (各工区平均値)

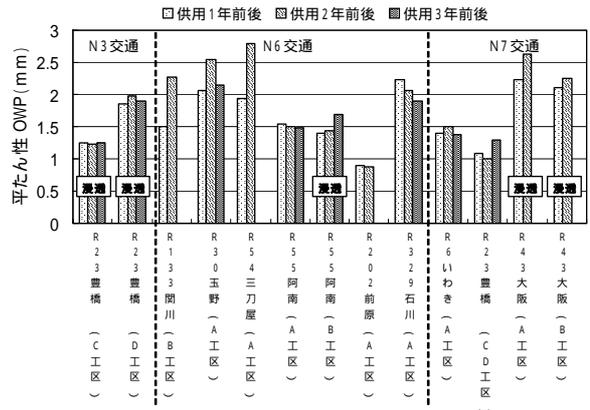


図-4 平たん性の推移

5. 耐久性、雨水流出抑制性能の現況と分析

2007年6月現在、全ての箇所が継続して交通に供しており、最も長期間にわたり供用された箇所 (R6 いわき) で3年6月、累積 49kN 換算輪数で約 360 万輪となっている。追跡調査は2006年秋季分まで完了している。

(1) 耐久性 (路面性能、構造性能) の現況

図-3 にわだち掘れ、図-4 に平たん性の測定結果を示す。わだち掘れはいずれの箇所においても 10mm 程度以下、平たん性については、R54 三刀屋において増加しているものの、いずれも現時点で供用に問題は生じていない。

FWD により測定した D₀ たわみ量を図-5 に示す。FWD たわみ量も、いずれの工区でも経年的に大きな増加は生じていない。路床土質、雨水処理タイプ (一時貯留 / 路床浸透) 等による差異も認められておらず、粘性土路床で雨水浸透タイプの工区を設置した箇所 (R55 阿南 B 工区) においても、たわみ量に異常は認められない。さらに、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。

性状の大きな変化が生じていないため、通常舗装と比較した耐久性、現地条件 (地下水位、積雪寒冷地等) の影響、各種対策 (舗装の増厚、路盤からの排水管設

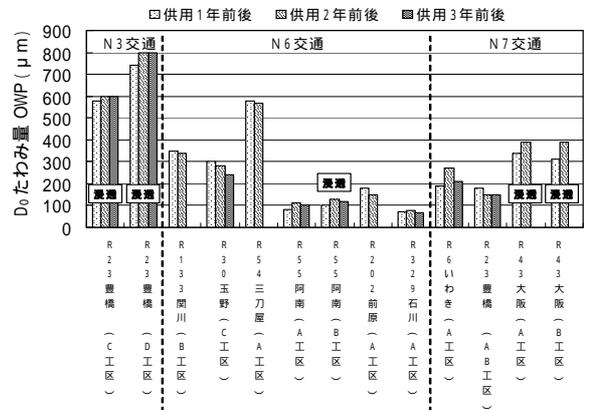


図-5 D₀たわみ量の推移 (各工区平均値)

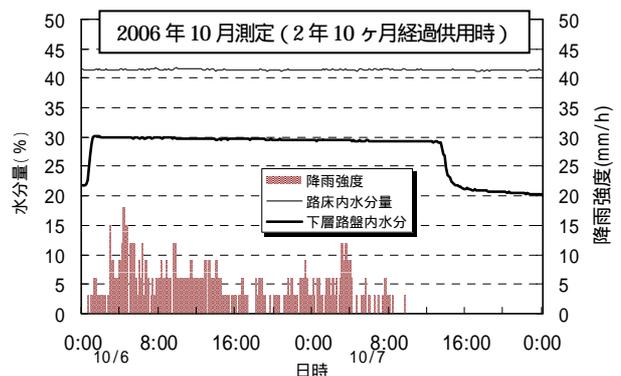


図-6 水分量の変化 (R6 いわき 路床面に遮水シート)

置、フィルター層の有無、材料の違い、舗装構成の違い)について、確定的な評価には至らないものの、現時点で次の知見が得られる。

地盤の透水性に関係なく、通常の所要 T_A で舗装設計を行った場合であっても、路盤からの排水管を設置する、あるいは舗装厚が厚い場合には、実大促進載荷試験(旧B交通対応の断面)で見られたような早期の性能低下は発生していない。

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、路床面の上 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-6 に自然降雨時の水分の観測結果を示す。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。

なお、ひび割れについても、いずれの箇所においても発生は認められておらず、すべり抵抗値の低下もない。今後、2008 年度一杯まで追跡調査を行い、耐久性についての定量的な評価を行う予定である。

(2) 雨水流出抑制性能の現況と評価

次に、雨水処理のタイプ別(路床浸透/一時貯留)に、雨水流出抑制性能について述べる。なお、R43 大阪は砂質土地盤でありながら表面流出が発生した。また、R497 前原は一時貯留型であるにもかかわらず、施工直後から路床面からの排水が僅かな一方で、表面流出の総量が大きな値を示した。OMC における空気間隙率が R43 大阪は 6%、R497 前原は 8% と小さく、施工時の路盤の締固め等の影響により、路盤の透水性が低下していくものと推定され、今後開削調査等により原因を解明していく必要がある。他の箇所は特に異常は認められない。

a) 散水実験による流出抑制効果の評価

路床浸透タイプの流出抑制効果

図-7 に R23 豊橋 における測定データを示す(散水量、流出量とも散水面積で除し、単位面積当たりの値に換算して表示)。表面流出量は散水量の 15% 程度にとどまっている。当該箇所の地盤はシルト質であり、かつ N_3 交通対応の比較的薄い舗装構造であるにも拘らず、かなりの流出抑制性能がみられる。

一方、R55 阿南では、粘性土地盤において唯一路床浸透タイプを設けている。ここでは表面流出量の計測は行っていないが、路盤内の水位変化を計測している。散水時の水位の変化を図-8 に示す。試験前 2 日間にわたり降雨があり、舗装内の水位が高い状態ではあったが、散水後も舗装表面までの水位上昇を示しておらず、表面流出が抑制されている。なお、散水によって上昇した水位が元の水位に戻る

までには 20 時間程度要している。一方、地盤の浸透速度がダルシーの法則に従うとし、現地の透水係数が 10^{-5} cm/sec 程度であるとすると、60mm の散水量(60mm で 1hr 散水した)が浸透するために要する時間は、

$$60 / (10^{-5} \times 10 \times 60) = 10^4 \text{ (min)}$$

であり、実際には 1 オーダー高い浸透性能を示していることになる。ちなみに、当地の乾季に当たる水位の低い冬季においても、散水後、元の水位に戻るのに要する時間は同じ程度であった。

一時貯留タイプの流出抑制効果

図-9 に R6 いわきにおける散水試験結果の例を示す。ほとんどが路盤からの排水管を通じた流出であり、表

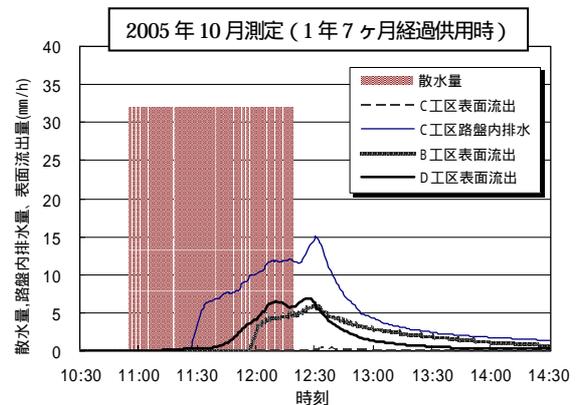


図-7 散水試験結果(R23 豊橋)

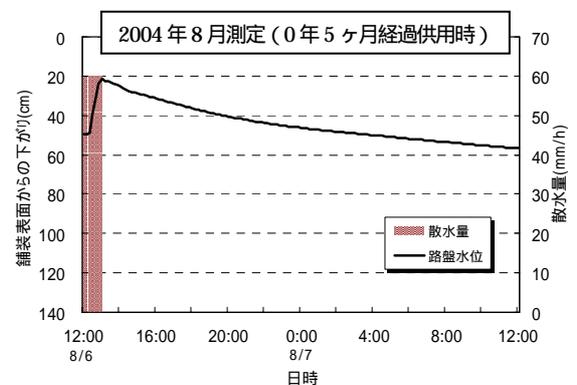


図-8 散水試験結果(R55 阿南)

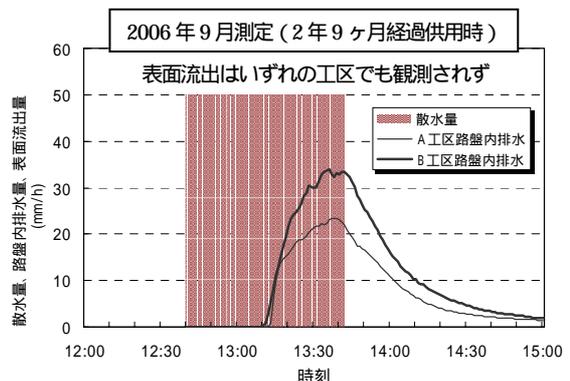


図-9 散水試験結果(R6 いわき)

面流出はほとんど観測されていない。また、路盤排水は散水開始より遅れて始まり、ピーク量も散水強度を下回る結果となっている。他の路盤排水の観測を行った箇所も同様の傾向であり、雨水を一時貯留し、コントロールしつつ排水している効果が認められる。

b) 自然降雨時の流出抑制効果

次に自然降雨時における雨水流出抑制性能について述べる。

路床浸透タイプの流出抑制効果

図-10 に R23 豊橋 の 2 年 3 ヶ月経過供用時における、自然降雨における雨水流出量の観測結果を示す。降雨強度ピークとして 22:40 に 24mm/h を観測した一方、流出ピークは 23:20 に 13.8mm/h となっており、ピーク強度の比は 0.57 で、降雨強度ピークに対

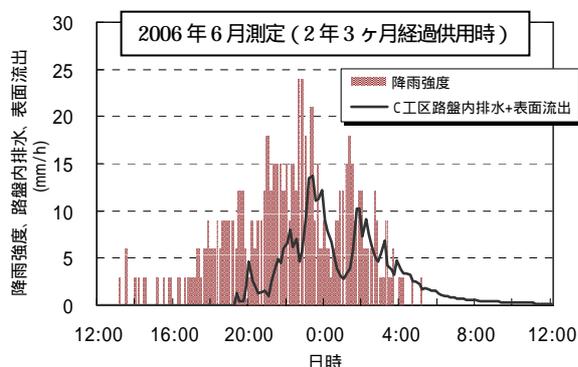


図-10 自然降雨時の流出量 (R23 豊橋)

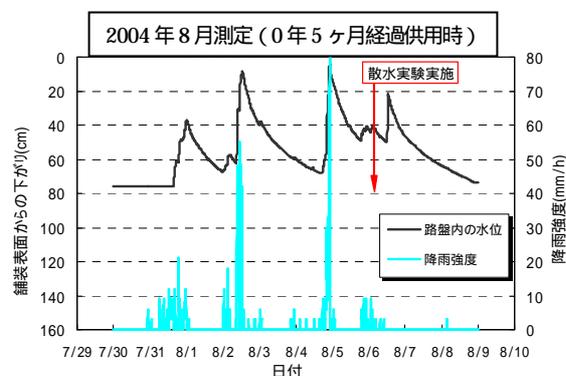


図-11 自然降雨時の流出量 (R55 阿南)

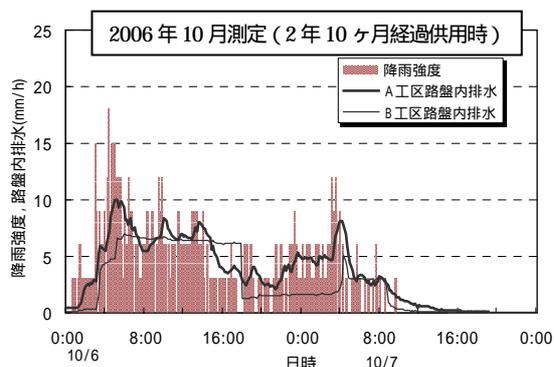


図-12 自然降雨時の流出量 (R6 いわき)

して 40 分の遅延が生じている R23 豊橋 では、2004 ~ 2006 年度で 5 回の自然降雨時の観測を行っており、一部を除き（降雨強度ピーク発生前に、降雨強度を上回るピーク流出を観測した例が 1 回、この場合も総流出量は降雨量の 48%）、ピーク強度比が 0.21 ~ 0.57、ピーク遅延時間で 0 ~ 260 分となっている。比較的薄い舗装構造であるにも拘らず、自然降雨においても流出抑制効果が確認された。

また、粘性土地盤で路床浸透タイプを設けた R55 阿南における路盤内の水位変化を図-11 に示す。自然降雨においても、大きな表面流出に至るような水位の上昇は観測されていない。

一時貯留タイプの流出抑制効果

図-12 に R6 いわきの 2 年 10 ヶ月経過供用時における、自然降雨と雨水流出量の観測結果を示す。この観測を含め、2004 ~ 2006 年度で 4 回の自然降雨時の観測を行っており、ピーク強度比が 0.14 ~ 0.39、ピーク遅延時間で 20 ~ 90 分の効果を示している。なお、本箇所の流出は全て路床面に設けた排水管からのものであり、散水試験同様、表面流出は観測されていない。

自然降雨の場合は、降雨波形、測定対象とした降雨以前の降雨により流出状況が異なり、流出抑制効果の定量的な判断は難しいものの、大川らの報告¹¹⁾によれば空隙率 23%の排水性舗装で流出係数が 0.685 としていていること、また、姫野らの報告¹²⁾では、空隙率 20%の排水性舗装でピーク流出量を 20 ~ 25%カットしただけでも都市型水害抑制効果が大きいことが示されている。今後、本研究で取り上げたタイプの車道用透水性舗装の流出抑制効果について、定量的な評価が必要ではあるが、現時点でも都市型水害抑制に寄与する効果は極めて高いものと推察される。

c) 各種対策の効果、設計条件の影響

貯留層の効果

R23 豊橋 の B 工区では、25cm 厚の C - 40 による貯留層を設けた。図-7 において、貯留層以外は全く同じ構造である D 工区と比較すると、貯留層を設けた B 工区は流出ピークも低く、表面流出が時間的にも遅延しており、設置の効果が見られる。D 工区が表面流出を開始してから、B 工区の表面流出開始までの散水量は 2.58 m³であるが、貯留層の空隙率から算定される有効貯水量は 1.31 m³であり、貯留層の効果に加え、遅延時間分の浸透効果が現れたものと考えられる。

導水層の効果

R6 いわきでは、舗装体からの排水能力向上の観点から、路側の鉛直方向に表層から路床面にわたって

ポーラスアスファルト混合物からなる導水層を有する工区を設けた。図-9において、導水層を設けたB工区では排水は速やかに行われているものの、その分、排水量のピークが高くなっている。この傾向はいずれの時期の散水結果でも同様である。導水層を設置していないA工区でも適切に舗装体からの排水は行われており、路面性状等に異常も認められないことから、現時点では導水層の必要性は認められない。

舗装材料の空隙率の影響

上層路盤に用いた瀝青安定処理の空隙率を変えた工区(12%, 20%)を設けた、R30 玉野における散水試験結果を図-13に示す。B工区(空隙率=12%), C工区(同=20%)を比較すると、路床面からの流出のピーク時間は同じであるものの、C工区では流出量が多くなっている。一方、両工区とも表面流出量はほとんど同じであることから、流出抑制の観点からは、敢えて空隙率の大きい瀝青安定処理混合物を使用しなくてもよいものと考えられる。

縦断勾配の影響

図-14に縦断勾配が最も大きいR30 玉野における流出量を示す。最上流側のD工区は路盤排水量が少なくて、最下流側に位置するA工区は路盤排水量が多く、当該工区面積に対応した総降雨量を上回る

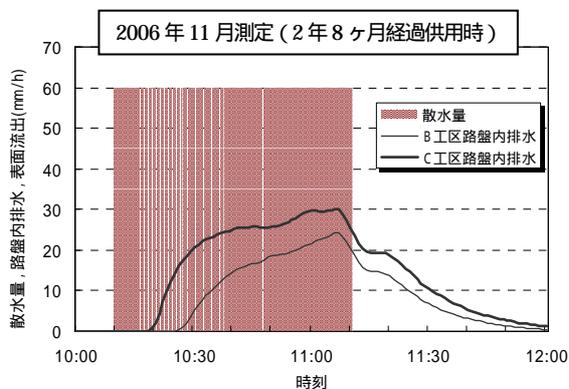


図-13 空隙率の影響：散水試験結果 (R30 玉野)

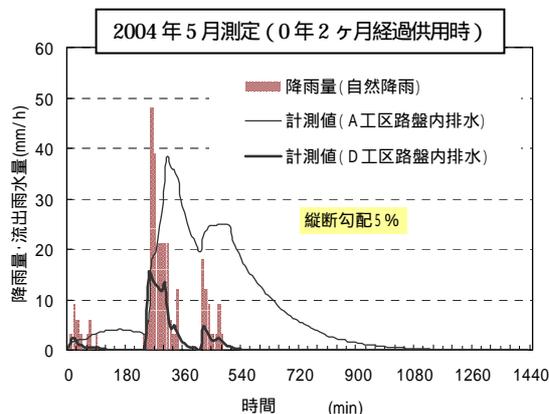


図-14 自然降雨時の流出量 (R30 玉野)

排水が観測されている。しかし、A工区の縦断勾配の上流側に位置するB工区、C工区における表面流出は観測されておらず、また、A工区ではゴミが他工区よりも表面に堆積していること、現場透水試験による透水量が低下していることから、雨水が舗装体内で縦断方向に流下しているのではないかと推察される。今後、流出抑制性能のみならず、耐久性の確認も含め、縦断勾配の影響を明らかにしていくことが必要である。

5. まとめ

試験舗装の性状に大きな変化が見られず、主に定性的な評価ではあるが、次のようなことがわかった。

砂質土地盤の場合には、通常の舗装で必要される T_A で構造設計しても早期の構造破壊は生じない。

粘性土地盤の場合には、路盤からの排水構造(一時貯留型)とすることで、通常の T_A でも早期の構造破壊を防止できる。

一時貯留タイプ、路床浸透タイプとも、総流出量の軽減、流出ピークの抑制、流出遅延の観点から、相当の雨水流出抑制性能が期待できる。

適切な設計・施工が行われれば、供用2~3年程度の経過では、雨水流出抑制性能は低下しない。

透水性舗装の設計に当たっては、材料の選定、路床面の遮水シート等、構造設計上の細目についても、考慮する必要がある。

今後、2008年度一杯(設計疲労破壊輪数の半分程度の交通量)、試験舗装の追跡調査を継続し、各種設計条件が舗装の耐久性、雨水流出性能に及ぼす影響を明らかにしていく予定である。ちなみに、ここで取り上げた構造の透水性舗装の工事費を試算したところ、交通量によって差異はあるものの、通常の舗装の1.4~1.9倍程度であり、極端な高コストとはなっていない。水害軽減効果についてのB/C(費用便益比)も含め、今後、効果を定量的に評価していくことで、技術の普及につながるものと考えている。

なお、本研究の技術的検討に当たっては、「雨水流出抑制技術の実用化に関する検討委員会」(委員長:新潟大学・大川教授)のご指導、ならびに試験舗装等の実施に当たり、国土交通省道路局および全国の地方整備局等のご協力を頂いた。関係各位に深い感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 峰岸順一：内外技術の焦点「車道透水性舗装について」、道路建設, 14/11, p.42, 2002
- 2) 住宅・都市整備公団：透水性舗装設計・施工マニュアル(案), 1995

- 3) 桜井正巳, 荒木美民, 西沢典夫: 車道に施工した透水性舗装の追跡調査, 舗装, 19-2, pp14-17, 1984
- 4) 米山俊一, 土屋謙, 中西太: 車道透水性舗装の適用例, 第22回日本道路会議論文集(舗装部会), pp466-467, 1997
- 5) 上村誠也: 車道に於ける透水性混合物の試験施工について, ペーブメントぎふ, pp14-20, 2003
- 6) 堀越重男, 大竹和彦, 大下銀二郎: 新潟市における車道用透水性舗装について(第二報), 第8回北陸道路舗装会議, pp151-154, 2000
- 7) 兼田実, 村上勝利: 車道透水性舗装, アスファルト, vol.43, No.207, pp31-35, 2001
- 8) 森成道, 松下敏郎, 古川正勝, 菊池俊浩: 透水性舗装の車道への適用, 舗装, 38-11, pp32-37, 2003
- 9) Asphalt Institute: Superpave Mix Design, Superpave Series No.2 (SP-2), pp35-61, 2001.
- 10) 例えば, 中西弘光, 浅野耕司, 川西礼緒奈, 高砂武彦: 環境に配慮した車道透水性舗装の開発, 舗装, 36-2, pp10-17, 2001
- 11) 大川秀雄, 原富男: 排水性舗装による流出係数低減効果, 舗装, 31-6, pp12-15, 1996
- 12) 姫野賢治, 大川秀雄, 帆苅浩三, 川村彰: ポーラスアスファルト舗装のもつ都市型洪水抑制効果に関する研究, 土木学会舗装工学講演会, 第1巻, pp137~142, 1996
- 13) 清水忠昭, 鎌田修, 伊藤正秀: 透水性舗装用粒状路盤材料の透水性に関する研究, 第60回土木学会年次学術講演会講演概要集, 5-116, 2005
- 14) 鎌田修, 清水忠昭, 伊藤正秀: 車道透水性舗装の耐久性に関する研究, 土木学会舗装工学講演会, 第10巻, pp91~98, 2005
- 15) 久保和幸, 伊藤正秀, 鎌田修: 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
- 16) 環境に配慮した道路構造研究会: 環境に配慮した舗装構造 設計・施工・維持管理要領(参考試案), (財)先端建設技術センター, p12, 2003.7
- 17) (社)日本道路協会: 舗装設計施工指針(平成18年版), p81, 2006
- 18) (社)雨水貯留浸透技術協会: 雨水浸透施設技術指針(案) 調査・計画編, p37, 1995

PERFORMANCE OF PERMEABLE PAVEMENTS UNDER HEAVY TRAFFIC

Masahide ITOH, Takayuki AYABE and Kazuyuki KUBO

Development of permeable pavement, which has durability and sufficient permeability even under the condition of heavy traffic and/or soil sub-grade, has been necessary in recent years to prevent river flood in urban region. Laboratory tests, full-scale accelerated loading test and 3 years' test pavements constructed all over the Japan have clarified: 1) Permeable pavement on sand layer has the same durability as the ordinary pavement. 2) When the pavement need to be constructed on a soil layer, drainage from sub base-course could be an effective countermeasure to improve its durability. 3) Its permeability has not been deteriorated after 2-3 years service. 4) Permeable pavement could be effective for preventing river flood by reducing and delaying run-off.