

透水性舗装の雨水流出遅延効果に関する検討

日本道路(株)技術研究所 正会員 ○ 浜田幸二

日本道路(株)技術研究所 正会員 坂本祥子

1. 概要

排水性舗装は、表層に高空隙なアスファルト混合物を用いているため、交通騒音の低減効果、降雨時の水たまり防止効果などがあり、広く採用されている。一方、透水性舗装は、排水性舗装の性能に加えて、雨水を路盤以下へ浸透させる雨水処理施設の機能も果たすため、地下水の涵養、都市型洪水の抑制など、環境負荷低減可能な舗装として注目をあび、近年車道においても試験的に実施されている。しかし、実際の透水性舗装における雨水の浸透は、非定常かつ不飽和状態で行われること、路盤等の湿潤状態により異なることなどから、透水性能を正確に評価することは難しい。そこで本文では、最終的な透水性舗装の透水性能は定常・飽和状態における性能に帰着すると想定してモデル計算により雨水流出遅延性能を評価した結果を報告する。

2. 透水性舗装の雨水処理能力

2. 1 透水性舗装の雨水浸透能力

地表から水が侵入する速さは浸潤速度と呼ばれる。一連の浸潤において、浸潤速度は開始期に最も大きく、時間の経過とともに指数関数的に減少し、終期には一定の値となる。終期の浸潤は、重力による水移動であり、透水係数とほぼ等しくなる。また、雨水浸透量は湛水深（水頭高）に比例するが、透水性舗装の場合は水頭高が小さいため、湛水深の影響を受けず、ほぼ一定の浸透量となる。これらのことから、ここでは透水性舗装の定常飽和状態における雨水流出遅延効果を透水係数を用いて評価することとした。

透水性舗装の各層における透水係数は、排水性アスファルト混合物で $0.1 \sim 0.5 \text{ cm/s}$ 、路盤材で $1.0 \times 10^{-1} \sim 1.0 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ 程度である。一方、路床土の透水係数は $1.0 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ 程度である。ここで、透水性舗装において最も透水係数の低い下層路盤の透水係数を $1.0 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ とした場合、浸透可能な降雨強度は、

$$1.0 \times 10^{-2} (\text{mm/s}) \times 3600 (\text{s/h}) = 36 (\text{mm/h})$$

となり、一般的な降雨強度の範囲であれば、路盤層までは降雨のほとんどがそのまま浸透すると想定される。すなわち、透水性舗装の雨水浸透速度は更に透水係数が低い路床により支配されることになり、降雨強度がこれを上回る場合は、路盤以上の層に路床により排水しきれない雨水が貯留されることになる。

2. 2 路盤の雨水貯留能力について

表1 モデル透水性舗装材料

層	厚さ (mm)	透水性舗装材料	空隙 率(%)	透水性能・係数
表層	50	排水性 As	20	1000ml/15sec
基層	50	排水性 As	20	1000ml/15sec
上層路盤	100	排水性 As 安定処理	15	400ml/15sec
下層路盤	300	表2参照	—	透水係数 $K=5.0 \times 10^{-3}$
路床	—	—	—	透水係数 $K=1.0 \times 10^{-5}$

降雨初期の浸透水は、まず路盤の土湿不足を満たすのに使用される。つまり、雨水貯留能力は下層路盤に使用する材料性状とその湿潤程度により異なるものと想定される。

以上のことから、ここでは舗装各層の透水係数と路盤材の種類、湿潤状態を指標として、透水性舗装の雨水流出抑制効果をモデル計算により評価した。

3. 雨水流出遅延効果の評価

3. 1 評価断面構造

評価モデルは、B交通相当の断面構造で、材料性状は表1および表2に示すも

表2 下層路盤材の性状と貯留可能な間隙量

	下層 路盤材	表乾 密度	最大乾 燥密度 g/cm^3	最適 含水 比%	間隙 比	体積含水率%		雨水貯留 可能な空 隙量%
						飽和時 ※	最適含 水比時	
A	クラッシュ ラン	2.633	2.120	5.0	0.242	24.2	13.2	11.0
B	コンクリート 再生骨材	2.428	1.869	10.5	0.299	29.9	25.5	4.4
C	焼却灰溶 融スラグ	2.885	2.233	3.4	0.292	29.2	9.8	19.4

※理論上の空隙全てに水が飽和されると仮定

キーワード 透水性舗装、浸潤速度、透水係数、雨水流出遅延、都市型洪水、雨水処理施設
連絡先 東京都大田区多摩川 2-11-20、TEL03(3759)4872、FAX03(3759)2250

のとした(断面1A、1B、1C)。比較断面は、表層のみが排水性(断面2)、表・基層が排水性(断面3)である。なお、断面1における下層路盤材の雨水貯留量は、最適含水比における間隙量とした。

3. 2 流出抑制効果の評価方法

雨水貯留可能量は以下のように評価した。断面1Aの場合の貯留可能な雨水量は、

$$\Sigma(\text{厚さ}) \times (\text{雨水貯留可能空隙率}) = 50\text{mm} \times 20\% + 50\text{mm} \times 20\% + 100\text{mm} \times 15\% + 300\text{mm} \times 11.0\% = 68\text{mm}$$

となり、総雨量 68mm までであれば路盤層までに降雨を貯留することが可能となる。同様に計算した各断面の雨水貯留量を表3に示す。

表3 雨水貯留可能量(mm)

舗装断面	1A	1B	1C	2	3
表層 t=50mm	10	10	10	10	10
基層 t=50mm	10	10	10	—	10
上層路盤 t=100mm	15	15	15	—	—
下層路盤 t=300mm	33	13.2	58.2	—	—
雨水貯留可能量	68	48.2	93.2	10	20

一方、路床の透水係数を $1.0 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ とすれば、路床は 0.36mm/h で地中に雨水を浸透し、それ以上の降雨強度の場合に舗装体内に雨水が湛水していくこととなる。

つまり、路床も含めて透水性舗装外に降雨が流出されるのは、以下の不等式を満足する場合である。

$$A(\text{mm/h}) \times B(\text{h}) - 0.36(\text{mm/h}) \times B(\text{h}) > 68(\text{mm})$$

3. 3 計算結果

一定の降雨強度の場合に雨水が流出されるまでの時間を算出した結果を表4に示す。透水性舗装は、低い降雨強度の場合ほど遅延効果が大いことがわかる。また、下層路盤の材料によって雨水流出遅延時間は異なり、降雨強度が小さいほどこの差が大きくなることがわかる。

A：時間降雨量，B：降雨継続時間

表4 降雨継続時に流出されるまでに要する時間(h)

降雨強度(mm/h)	5	10	20	30	50	100
断面1A	14.7	7.1	3.5	2.3	1.4	0.7
断面1B	10.4	5.0	2.5	1.6	1.0	0.5
断面1C	20.1	9.7	4.7	3.1	1.9	0.9
断面2	2.0	1.0	0.5	0.3	0.2	0.1
断面3	4.0	2.0	1.0	0.7	0.4	0.2

3. 4 モデルと実際の自然条件との比較

平成12年のアメダス東京地点での降雨データから降雨量の多い一連の降雨を抜粋し、その降雨量とモデル雨水処理量との比較を行った。降雨量とモデル計算結果との比較を図1に示す。図中のモデル断面1A、B、Cの雨水処理量ラインを累積降雨量が上回る場合、流出が発生することになる。

流出は年間3回発生し、そのタイプは

- 1) 雷雨によって、降雨開始直後から強い雨が降った場合(7月4日、8月7日)
- 2) 長時間にわたって 20mm/h 以下の雨が降り続いた場合(7月7～8日)

の2種類ある。1)の場合、透水性舗装の雨水流出遅延時間は1～2時間であり、路盤材の種類による差はわずかである。2)の場合の雨水流出遅延時間は7～11時間であり、路盤材の種類により2～4時間の差があることがわかる。

4. まとめ

本検討の結果、透水性舗装は累積降雨量が大きい場合に雨水流出遅延効果が期待でき、局所的な集中豪雨の場合でも、1～2時間程度の雨水流出遅延効果が見込まれることがわかった。さらに、路盤材の種類・性状が雨水流出時間に影響する要因であることがわかった。

本検討はモデル計算であるが、今後は実際の透水性舗装の透水状況や浸潤速度等を確認するとともに、浸潤による支持力低下の影響等を含めた検討を行う予定である。

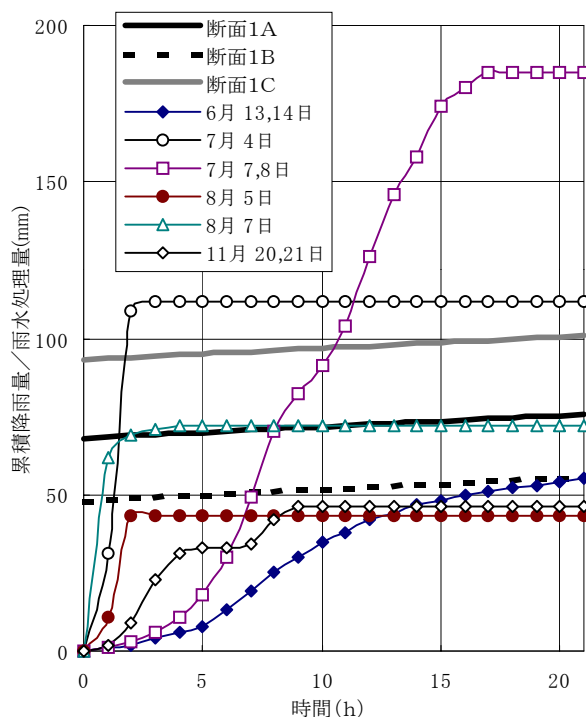


図1 平成12年の主な降雨と透水性舗装の雨水処理能力との比較