

透水性舗装による洪水抑制効果に関する研究

前国土交通省近畿技術事務所 会員 和田 実
 国土交通省近畿技術事務所 会員 山本 剛
 京都大学大学院工学研究科 会員 西山 哲
 京都大学大学院工学研究科 会員 矢野 隆夫

1. 透水性舗装の特長

透水性舗装は、従来の密粒舗装とは異なり、高粘度のアスファルトを使用し粗骨材が主体となった配合で空隙率（約 20%）が高い点に特徴があり、図 1 に示すように雨水が舗装を通じて表面から原地盤へ浸透することが可能である。このことにより、雨天時に舗装表面における湛水発生を抑制し、下水道や河川へ短期的に流出する雨水を抑える貯留浸透施設としての機能が期待されている。本論文では、透水性舗装の上記の効果について、散水実験（降雨実験）および都市域へのシミュレーションから、その有効性を論述する。

2. 降雨実験

2.1 降雨実験の条件

本論文では、洪水抑制に関する効果を調べるため、大阪府枚方市にある近畿技術事務所構内の施設（透水性舗装面積（3m×10m）で降雨実験を行った。この施設の舗装構造は、表 1 に示すように、大阪府門真市内で供用中である一般国道163号の透水性舗装試験区間（舗装計画交通量=3900台/日・方向、設計CBR=20.0%、等値換算厚 $T_e=25.2\text{cm}$ ）と同様とした。

降雨条件は、定常降雨 浸透型、非定常降雨 浸透型（前方集中型、中央集中型、後方集中型）、定常降雨 貯留型（路床下で遮断）で、総降雨量をほぼ83mmで一定とした。なお、定常降雨の場合19.4mm/h～123mm/hで、非定常降雨の最大集中降雨量は80mm/hとした。

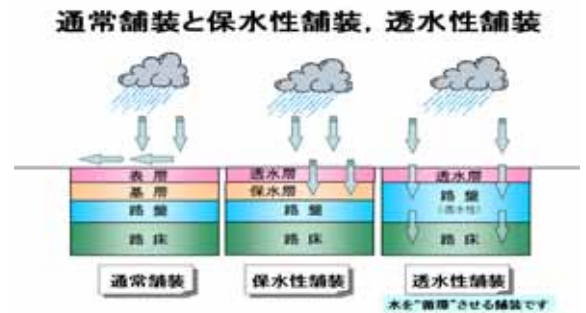
透水性舗装における水収支については、累積値に関して、

$$Q_r = Q_f + Q_i + Q_s + Q_e \quad (1)$$

となる。ここに、 Q_r は総降雨量[mm]、 Q_f は溢流量[mm]、 Q_i は底部浸透量[mm]、 Q_s は貯留量[mm]であり、 Q_e は蒸発量[mm]である。ただし本研究では散水実験中の Q_e を計測することが不可能であるため、 Q_e をゼロとした。その他水位管（上中下）水位、間隙水圧計についても計測を行った。

2.2 実験結果

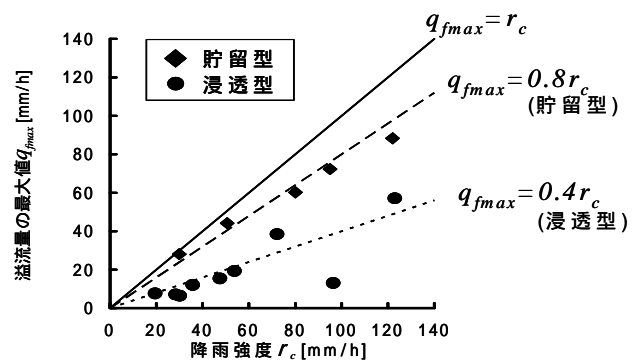
図 2の降雨強度に対する溢流量の減少は洪水抑制効果を表す。溢流量の最大値は降雨強度によらず浸透型で40%に、貯留型で80%程度に低減されている。また、図 3に定常降雨 浸透型における降雨強度と溢流開始時間を示す。このグラフから降雨強度が強くなると溢流開始時間が早く



図—1 高機能性舗装の概要

表—1 各層の物性値と層厚

番号	名称	材料	層厚 [mm]	透水係数 k_i [cm/s]	空隙率 [%]
A	表層	開粒度アスファルト (最大粒径8mm)	30	5.0×10^{-2}	22.5
B	基層	開粒度アスファルト (最大粒径20mm)	120	6.4×10^{-2}	20.3
C	上層路盤	開粒度アスファルト安定処理 (改良型)	100	6.9×10^{-2}	20.8
D	下層路盤	再生クラッシャーラン RC30	150	1.3×10^{-3}	26.5
E	路床	鈹い	350	3.4×10^{-4}	5.0



図—2 溢流量の最大値（定常降雨）

キーワード；透水性舗装，降雨実験，溢流量低減・開始遅延，気液二相流解析，都市域へのシミュレーション，貯留量算定
 連絡先（京都市山科区竹鼻サイカシ町13-3サニーコート山科201 TEL.FAX 075-594-1974）

なるが、降雨強度が123mm/hであっても16分程度は溢流が始まらないことから、透水性舗装は洪水遅延効果を有しているということが推察される。図4に非定常降雨・浸透型の溢流量の経時変化から、溢流量の最大値に関して前方集中型<中央集中型<後方集中型となっていることがわかる。(図中 t_f は溢流開始時間)

一方で、降雨強度80mm/hをこえると、下の層から随時水位が上がっていくのではなく、下層路盤底部よりも上にある基層底部の方が先に水位管に水面が発生した状態が生じた。これは、舗装体内が不飽和状態であり、そこに含まれる空気が移動しないと水の浸透に対する抵抗となることから生じているのではないかと考えられる。降雨強度が大きくなるにつれて浸透流量は減少し、その結果として溢流量が増加する。不飽和領域が形成されることによって、浸透しにくくなる現象が降雨強度の大きい場合に顕著になることは、防災調節池としての機能を設計する際に留意すべき特性になると考えられる。

3. 都市域へのシミュレーション

実験で得られた「不飽和領域を残したまま溢流が発生する」という現象は空気流動の影響を加味することから、実験値と近似するためのモデル式として気液二相流解析を導入し、降雨強度と溢流開始時間の実験値と確認した後、以下に示す貯留量算定のためのシミュレーションに活用した。

3.1 対象地域

大阪府門真市を対象地域とし、その面積は12.28k m²、内道路面積3.02k m²である。大阪府が定める基準降雨(10年確率、24時間中央集中型降雨波形で最大降雨強度110.6mm/h)を用いた。

3.2 透水性舗装の適用効果算定

鉛直1次元の気液二相流解析を用いて、門真市内の全道路に透水性舗装を導入した場合の効果について簡易的に計算を行った。図5では、東京都環状七号地下調整池(24.5万m³)の約60%程度の貯留量を見込むことができ、図6では、路床浸透型における底部浸透量を貯留量に加味した場合は、地下調整池と同程度の効果を望むことができることが見てとれる。

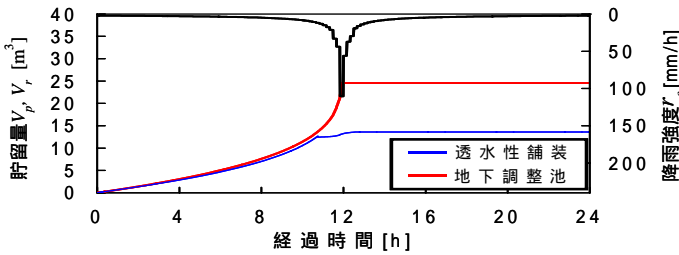


図5 門真市における貯留量

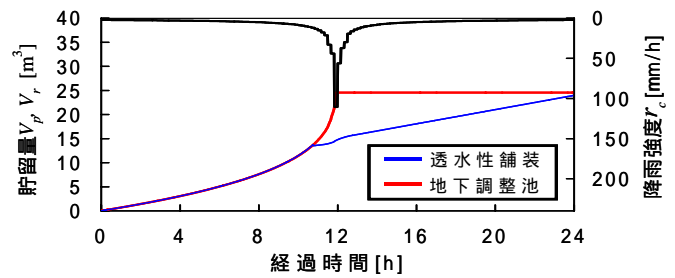


図6 原地盤への浸透を加味

4. まとめ

降雨実験から透水性舗装のメリットである最大溢流量の低減効果と溢流遅延効果を示すことができた。また、舗装内の不飽和領域に対し、実験値と近似可能な気液二相流解析を導入し、門真市域の全道路を透水性舗装にシミュレートした場合の貯留量を算定することができた。今後、少雨と多雨の変動幅が増大し治水上も利水上もリスクが増大する中で、洪水を抑制する一対策として透水性舗装によせる期待は大きいといえる。一方で割高となる透水性舗装施工による費用とその効果について、制約条件付き最適化問題として分析を加えることが重要である。その際、ヒートアイランド緩和効果、走行安全性、騒音の低減についても効果として加える必要がある。

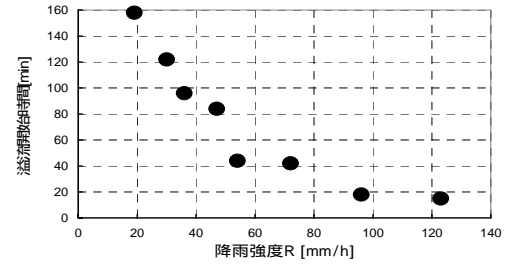


図3 溢流開始時間(定常降雨・浸透)

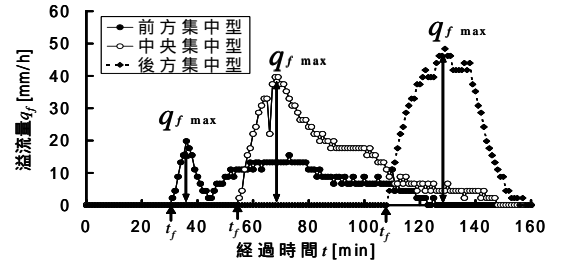


図4 溢流量 qf の経時変化(非定常)