

(2) 都市域の雨水流出抑制と浸透能の評価(2) -浸透性舗装-

EVALUATION OF PERMEABILITY OF PERMEABLE PAVEMENT FOR CONTROLLING
STORM RUNOFF IN URBAN AREA

和田安彦*, 三浦浩之*

Yasuhiko WADA*, Hiroyuki MIURA*

ABSTRACT ; One of the problems by which urban storm runoff are confronted is the increasing of runoff water for the rivers of the urban area. This increasing of runoff water is caused by the developments and urbanization around the river basin. This phenomenon of the increasing of runoff water produces many problems in the storm water drainage. The permeable facilities for storm water control are effective countermeasures for these problems. The values of permeability of the permeable pavement for controlling storm runoff are evaluated on basis of the research studies. And the functions of permeable pavement are investigated.

KEYWORDS ; urban storm runoff, controlling storm runoff, permeable facility, permeable pavement, research study

1. 緒言

現在、全国各地で雨水の総合制御策として「総合治水対策」が進められており、雨水流出抑制は、その中心的対策となっている。雨水流出抑制施設には、滞水池、遊水池等の雨水貯留型と浸透樹、浸透地下トレンチ、浸透側溝、浸透性舗装、浸透池などの雨水浸透型があり、近年、浸透型施設が、地下水かん養や土壌浄化等の機能を併せ持つこと等から、注目されている。

この雨水流出抑制施設に関して、筆者らは、数年前より、雨水流出抑制効果を持たせた雨水管の持つ浸透能について調査研究しており、その成果の一部は既に発表¹⁾。さらに、大阪府下の浸透性舗装の浸透能や流出に関して、調査研究を進めている。

本論文では、この浸透性舗装の浸透能力について検討すると共に、浸透性舗装施工場所の近傍に設置してある浸透性雨水樹での浸透能調査により、現場地盤の浸透能を評価、考察した。さらに、降雨時に浸透性舗装部からの雨水流出量を測定し、雨水流出抑制効果を検討した。また、降雨量、降雨強度と雨水浸透能、流出量の関係を定量化し、考察を加えた。

2. 浸透性舗装による雨水流出抑制

浸透性舗装は、雨水を一時貯留し、さらに地中に還元することで流出量の低減、植生および地中環境の改善、地下水かん養量の増大等を目的として実施されている。

2.1 浸透性舗装の構造

浸透性舗装の舗装材料としては、透水性アスファルト混合物、透水性コンクリートブロック、透水性コンクリート平板、透水性コンクリート、セラミック板²⁾などがあるが、ここでは、特に透水性アスファルト混

* 関西大学工学部土木工学科 Civil Eng., Kansai University

合物を用いた舗装について検討した^{3)~7)}。

一般には表層は50mm/hr程度の浸透能を有するように、 $10^{-2} \sim 10^{-3}$ (cm/sec) オーダーの透水係数であることが必要となっている。このため、一般に最大粒径13mm程度のアスコンが、2~5cmの厚さで施工されている。

路盤は一般の舗装と同様に、所定の支持力を有すること、及び、表層より浸透して来た雨水を滞水できるような充分な空隙を確保してあることが必要である³⁾。このため、一般に路盤材としては、クラッシャーランや粒度調整砕石が用いられ、路盤厚さは10~20cmとなっている。

路床は雨水の急激な供給の防止、及び、支持力の低下防止を考慮することが必要である。このため、路盤との間に厚さ5cm程度の遮断層を設けることも多い。

2. 2 浸透能

各地で実施されている透水性舗装の浸透能を現場透水試験で調査した結果からみると、施工直後の透水係数は $10^{-2} \sim 10^{-3}$ (cm/sec) オーダーにあり、透水量は100~400 (cc/15sec) にある^{3)~7)}。しかし、供用開始3ヵ月後には透水量は30~50 (cc/15sec) にまで低下している^{5), 7)}。したがって、目詰りによる浸透能低下の防止が透水性舗装普及上の課題であり、路面の清掃、洗浄による機能回復が必要となる。

3. 実験による浸透能調査

3. 1 調査地点の概要

調査地点は大阪府下の2ポンプ場 (K、M) であり、場内に試験的に透水性舗装が一部施工されている。それぞれの浸透性舗装施工面積は57m² (昭和60年12月施工)、530m² (昭和60年12月施工) である。

両地点の浸透性舗装の施工断面の概略は図-1に示すものであり、両ポンプ場共に舗装材料はアスコンである。

3. 2 設置地盤の浸透能調査

Kポンプ場の浸透性舗装施工場所近傍に設置してある浸透樹を用いて、変水位法により現場地盤の浸透能を検討した。浸透樹は一辺60cm、深さ68cmの方形樹であり、側面はステ

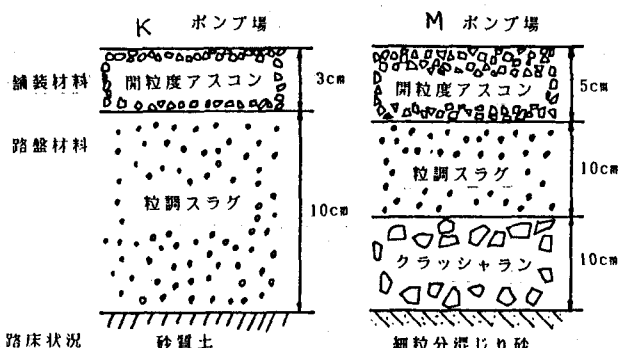


図-1 浸透能舗装施工断面

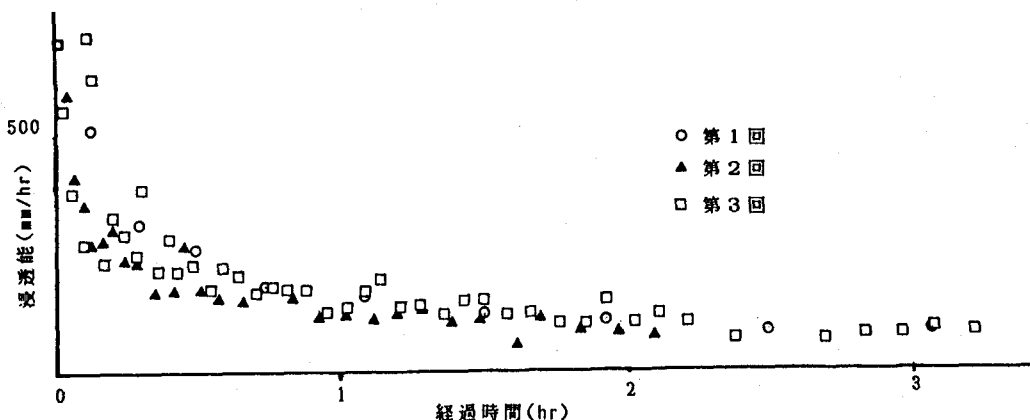


図-2 浸透能の経時変化 (変水位法)

ンレスメッシュとなって浸透性を持たせ、底部は直接碎石層に接する構造となっている。また、浸透柵周囲は20cmの厚さで碎石が囲んでおり、底部は30cm厚の碎石となっている。実験結果は図-2に示すもので、浸透性舗装施工場所での地盤の最終浸透能は70~100mm/hr前後であり、散水開始直後には1,000mm/hr以上、その後30分までは150~200mm/hr前後の浸透能を持つことが明らかとなった。

3.3 浸透性舗装の浸透能調査実験

(A) 散水実験

調査は、上水を直接舗装面に散水し、表面に水が溜まり始めるまでの散水時間、及び、表面流出が始まるまでの時間を記録した。この時散水量はあらかじめ調べておき、調査後にもう一度確認した。また、散水するにあたっては、極端な偏りがないように散水位置を移動し、目視により散水の偏りを補正しながら行った。

なお、調査は各ポンプ場共に、浸透性舗装部を10~20m²づつに区切り、各区画ごとに散水強度を変えて行なった。

(B) 実験結果

ここでは、浸透性舗装の浸透量として浸透高(mm)を用いる(上水が表面流出し始めるまでに、舗装面に浸透した水量を単位面積当たりで表わした量)。

Kポンプ場内の浸透性舗装の浸透能力は50~60mm/hr程度あり、これより弱い降雨強度ではほとんど流出しなかった。また、60~70mm/hr程度の降雨強度では、10~40分間の降雨継続後初めて流出した。

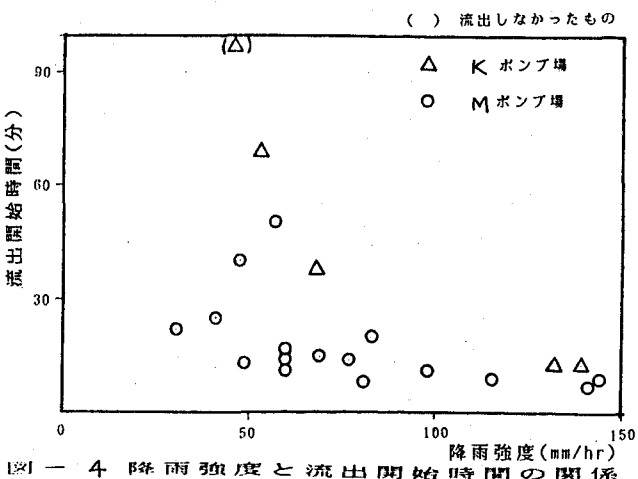
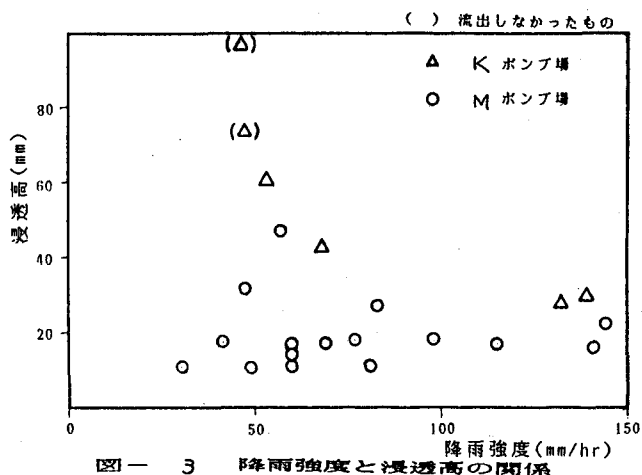
Mポンプ場の浸透性舗装の浸透能は、散水1回目でも60mm/hr程度の降雨強度では10~20分で流出が始まり(浸透高10~20mm)、2回目以降は5分程度で流出した(浸透高5~10mm)。

3.4 散水実験による浸透能の評価

(A) 降雨強度と浸透高, 流出開始時間

表面流出が始まるまでの降雨強度(散水強度)と浸透高の関係を表わしたものが図-3である。Kポンプ場では降雨強度が強くなるにつれて、浸透高は2次曲線的に減少しており、降雨強度50mm/hrでは60mmの浸透高にあるが、降雨強度が80mm/hrを超えると30mm前後の浸透高になっている。一方、Mポンプ場では、降雨強度50mm/hr以上では降雨強度に関係なく10~20mmの浸透高にあり、50mm/hr以下では施工の状態、舗装面の傾斜等により散水場所により浸透高に差がみられる。

散水した水が表面流出し始めるまでの時間と降雨強度との関係は図-4に示すものであり、降雨強度が弱いほど流出開始時間は2次曲線的に長くなっている。Kポンプ場では降雨強度130mm/hr以上では15分以下、50mm/hr以下では流出開始時間が1時間以上とな



ており、Mポンプ場はこれより流出開始時間は短く、それぞれ10分以下、10～40分となっている。

このように同じ舗装材料を用いた浸透性舗装でも浸透能に差が表われるのは、施工状態の違い、及び、浸透性舗装面の傾斜によると考えられる。すなわち、Mポンプ場の浸透性舗装面は施工時にローラーによる転圧を十分に行なった結果、表層の開粒度アスコンの目が詰った状態になり、空隙の比較的大きいKポンプ場より浸透能は低くなっている。これに加えて、Mポンプ場では舗装面が集水溝に向かって緩やかに傾斜しており、集水溝に近い部分に一旦浸透した水が集まるため、その部分で流出しやすくなるためである。

(B) 表面流出曲線

実験において、上水が表面流出し始めた後も散水を続け(約30分～1時間)、表面流出量を測定した。この結果の一例を図-5に示す。調査実験結果から散水開始後の流出曲線は、およそ3つの部分に分けられる。すなわち、

- ① 散水全てが浸透する区間(初期浸透区間)
- ② 表面流出が始まり、流出量が徐々に増加する区間(浸透量遷移区間)
- ③ 表面流出量がほぼ一定化している区間(浸透量安定化区間)

である。

浸透量遷移区間の長さ(遷移時間)を降雨強度ごとに検討した。降雨強度が140mm/hr程度もあると遷移時間は約5分と極く短いが、50～120mm/hrでは遷移時間は10～20分にある。さらに50mm/hr以下では降雨強度が弱くなる程遷移時間は長くなっており、30mm/hrでは約40分となっている。すなわち、降雨強度が100mm/hr程度以上では急激に浸透性舗装の表層、路盤が飽和状態に達し、流出率が高くなるが、降雨強度が50mm/hr程度では、表面流出開始後もしばらくは路盤が滞水できる状態にあることを示している。

表面流出開始後は、浸透性舗装の流出抑制効果は徐々に低下し、安定化区間に入ってから流出率は最高では0.7を超えるものもあった。

(C) 浸透能の評価

散水実験により得られた各ポンプ場内の浸透性舗装の浸透能をまとめると以下ようになる。

- ① 降雨強度が50mm/hr以下では十分な流出抑制効果を持ち、50mm/hrの降雨が1時間継続してもほとんど流出は発生しない。
- ② 降雨強度が60～80mm/hr程度では、降雨開始後10分程度までは初期浸透としてすべて雨水を浸透させ、流出が開始しても流出開始約20分までの流出率は0.6以下である。
- ③ 降雨強度が90mm/hr以上となると流出抑制効果は小さくなるが、降雨開始後20分までは流出率を0.5以下にできる。
- ④ 浸透性舗装の浸透能は、舗装構造や施工条件に影響され、同一舗装構造でも施工条件により浸透能に2倍以上の差が表われることもある。

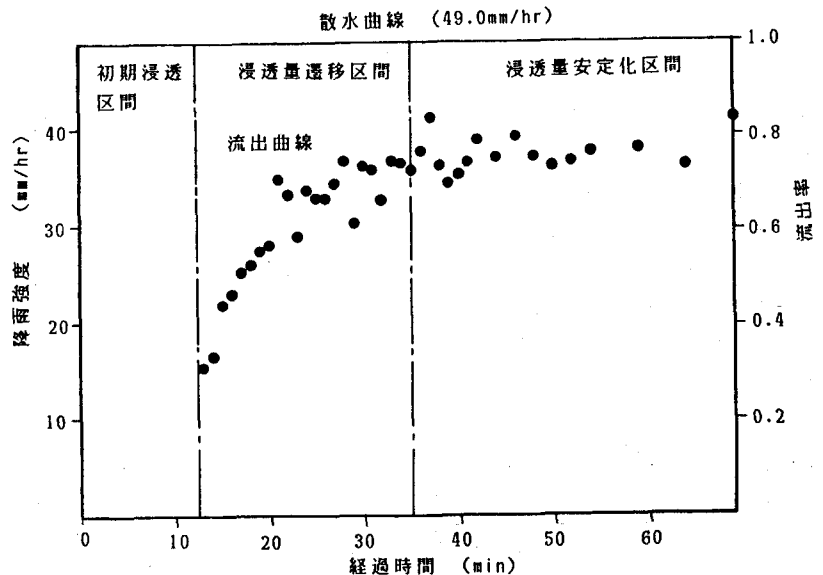


図-5 散水実験での表面流出量の変化

4. 雨天時の浸透能調査

4. 1 調査方法

雨天時に浸透性舗装区域より流出する水量を測定し、これより、雨天時の浸透性舗装の浸透能を算定した。

降雨量は処理場内に設置してある雨量計の測定結果、及び、浸透性舗装区域に量水器を設置して測定した結果より求めた。流出水量は舗装区域内の集水桝に集められた流出雨水量を10分間隔で計測した。

4. 2 調査結果

調査は2回（総降雨量10.5mm、18.0mm）、Mポンプ場内浸透性舗装部分で実施した。

(A) 降雨水量と浸透水量

調査結果をもとに、降雨水量、流出水量、及び、浸透水量を算定し、それぞれの時間変化を図化したものが図-6である。降雨水量の極端に少ない時（0.2m³/30分以下）には流出量の方が浸透量よりも多いこともあるが、一般には浸透量は流出量を上回っている。また、降雨水量の変化に対応して浸透水量は増減するが、流出水量は浸透水量と比較すると変化の幅は小さい。これは、これまでに調査できた程度の降雨（降雨強度5mm/hr以下）では、浸透性舗装の浸透能にはまだ余裕があり、より降雨強度が強い方が浸透性舗装の流出抑制効果は向上することを示している。

(B) 水量収支

調査時の水量収支を図-7に示す。浸透性舗装区域での雨水流率率はそれぞれ0.37、0.44となり、降雨量の1割が蒸発するとしても、総降雨水量の40~50%以上が浸透していることになる。

4. 3 浸透能の評価

これまでの調査結果は、比較的小規模な降雨を対象としたものである。得られた結果の範囲で浸透能を評価すると以下のようなになる。

- ① 総降雨量10mm程度の降雨でも、浸透性舗装の施工状態や、舗装面の傾斜等の要因により、雨水の表面流出が発生することもある。
- ② 降雨強度5mm/hr以下の小降雨では浸透能に余裕があるため、降雨量の変化に対応して、浸透量も変化する。
- ③ 浸透面が傾斜していると、舗装面から浸透した雨水が

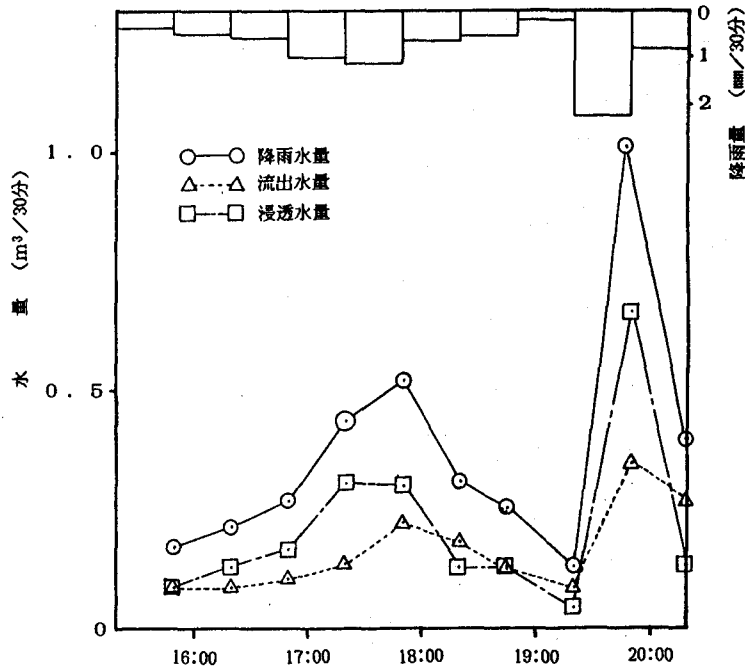


図- 6 浸透水量の時間変化

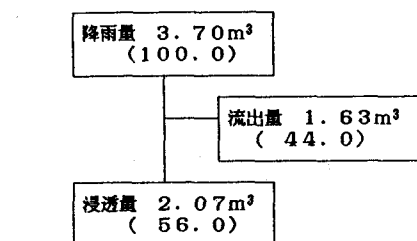
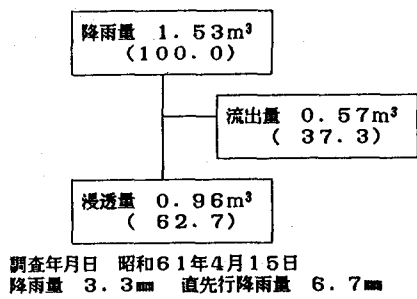


図- 7 調査時の水量収支

低い方に集り、その部分で流出しやすくなる。このため、浸透性舗装部分でも流出率が0.4前後になっている。

5. 結言

本論文では、実規模の浸透性舗装の浸透能力を散水実験、及び、雨天時調査の結果をもとに検討した。散水実験結果からは、40～50mm/hrと高い浸透能力があることが明らかとなったが、実際の降雨においては施工状態の差や舗装面の傾斜による浸透水の移動と集中が影響している部分が存在していると、総降雨量10mm程度の降雨でも表面流出がみられる。実降雨における浸透能の効果を十分に発揮させるためには、この点の解決も重要である。

参考文献

- 1) 和田安彦, 三浦浩之: 都市域の雨水流出抑制と雨水管による浸透能の評価, 第13回環境問題シンポジウム講演論文集, 1985年8月.
- 2) 小山隆紹, 藤田昌一: 新しい下水道方式の計画と設計—雨水流出抑制型下水道—, 1984年8月, 鹿島出版会.
- 3) 矢島富廣: 透水性舗装, 月刊建設, 75-8, 1978年8月.
- 4) 北沢誠一: 透水性歩道舗装の試験施工, 舗装, Vol.11, No.9, 1976年9月.
- 5) 東 清昭, 他2名: 車道部における透水性舗装—愛媛県の1例—, 舗装, Vol.12, No.10, 1977年10月.
- 6) 坂下治雄, 馬場崎久治: 透水性舗装に関する研究について, 大阪土木技術年報, 1984年.
- 7) 長谷川啓明, 三浦裕二: 透水性歩道舗装の追跡調査, 舗装, Vol.13, No.10, 1978年10月.
- 8) 辻井政廣, 他2名: セラミック板による透水性舗装, 道路建設, 1978年2月.