

雨水貯留層を備えた POC 透水性舗装の流出抑制効果に関する試算

名城大学大学院 学生会員 ○シュエ ジン ミン アウン
名城大学理工学部 正会員 原田 守博, 尾崎 康介

1. 目的

近年、時間降雨が 100mm を超える局地的豪雨が頻発し、記録的短時間大雨情報がしばしば出されている。局地的豪雨はとりわけ流域面積の小さい中小河川において急激な出水を引き起こすことから、各地で都市型水害が発生している。この規模の強雨となると、従来の流出抑制対策、例えば雨水をオフサイト貯留施設に集めて溜める手法では不十分であり、面的に降る雨水を透水性舗装などによって面的に処理せざるを得ない。本研究では都市面積の 2 割を占める市街地道路を対象として、通常のアスファルト舗装により不透水化された路面に対する 3 種類の透水性舗装面の雨水流出抑制効果を水理解析によって評価することを目的とする。

2. 解析の対象路面

本研究において豪雨に伴う雨水流出状況を比較検討する路面を図-1 に示す。Case1 は通常的不透水性舗装が施された路面であり、雨水は浸透せず路面上を表面流となって流出する。Case2 は細粒の碎石による透水性舗装が施された路面であり、高い透水能力により雨水はすべて浸透する。浸透水は舗装内部で一時的に地下水を形成し、Darcy 法則のもと動水勾配に従って排水される。Case3 は粗粒の碎石をモルタルで結合したポーラスコンクリート (POC) による透水性舗装面である。粗粒媒体であるため空隙内の流れは乱流となって非線形な透水法則に従うと想定される。POC 舗装は非常に大きな透水性をもつが、それゆえに流出も速やかに生じることが危惧され、地表面の雨水排除は達成されても、排水路や河川への流出抑制効果が十分には期待できない可能性がある。そこで本研究では、Case4 に示す雨水貯留層を備えた POC 舗装を提案する。このシステムでは POC 透水層の下部に雨水が貯留される領域が存在する。POC の高い透水性によって全量浸透した雨水はまず舗装内の貯留層に蓄えられ、水位が上昇して越流した後に初めて排水路へ流出する。貯留層に蓄えられた雨水は降雨終了後も下位の自然地盤に浸漏し、枯渇しがちな地下水を涵養する。これによって雨水貯留層は貯留容量を回復し、次の降雨浸透に備えることができる。Case4 は POC 層の透水機能と貯留機能を活用するとともに、健全な水循環の回復に資することをめざしたシステムといえる。

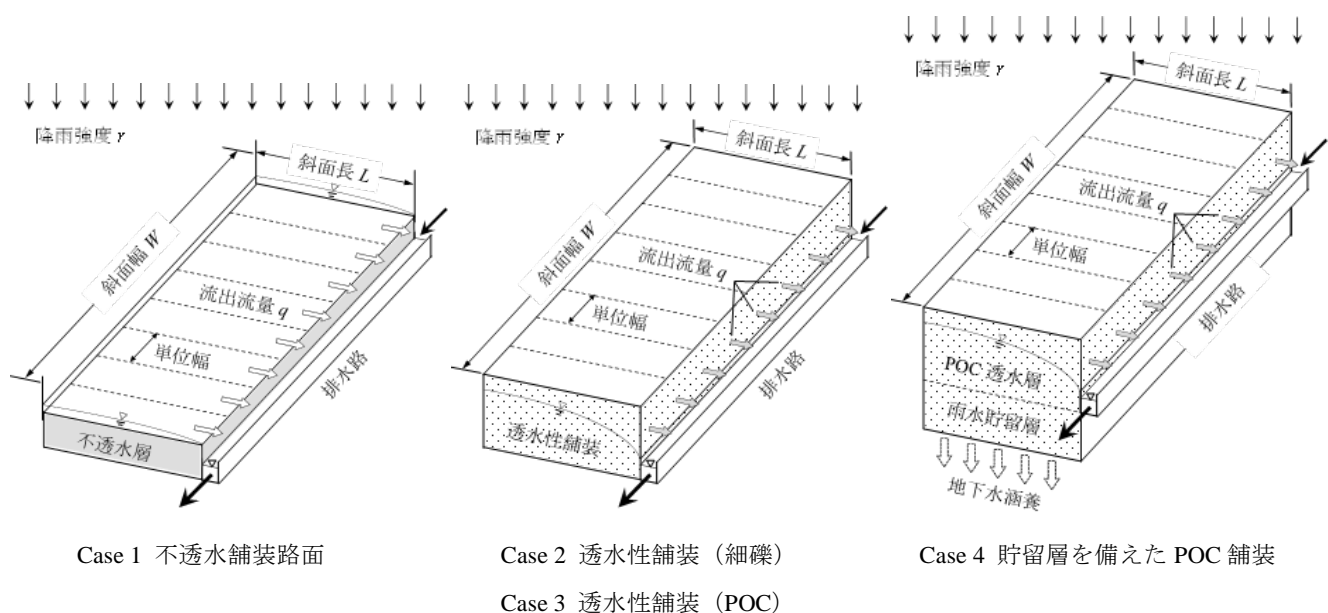


図-1 本研究における雨水流出解析の比較対象

3. 各路面における雨水流出解析法

Case1 の不透水面上の雨水流は、等価粗度法に基づき、Kinematic Wave 方程式(1)(2)によって解くこととする。ここに h : 斜面上の表面流の水深, q : 単位幅流量, r : 降雨強度であり。路面の等価粗度と勾配を N, S_0 とすると $\alpha = (1/N) S_0^{1/2}$, $m^* = 5/3$ である。Case2 および Case3, Case4 の舗装内の浸透流れでは、流下距離に対し水深が小さいことから Dupuit - Forchheimer の準一様流の仮定が成立つとすると連続式は(3)式, 単位幅流量は(4)式となる。ここに n : 空隙率, r_e : 降雨浸透強度, h : 浸透流の水深, v : 水深方向の平均流速であり, 細粒媒体の Case2 では線形ダルシー則(5)式, 粗粒媒体である POC 層の Case3 と Case4 では非線形透水則(6)式りに従うものとする。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r \quad \dots \dots (1)$$

$$q = \alpha h^{m^*} \quad \dots \dots (2)$$

$$n \frac{\partial h}{\partial t} = -\frac{\partial q}{\partial x} + r_e \quad \dots \dots (3)$$

$$q = h v \quad \dots \dots (4)$$

$$v = K i \quad \dots \dots (5)$$

$$v = K' i^m \quad \dots \dots (6)$$

ここに K : 透水係数, i : 動水勾配, K', m : 非線形透水則に係わる係数である。境界条件は、解析領域の上流端で不透水条件 : $q = 0$ すなわち $i = 0$, 下流端では自然流出条件 : $h = q/v$, すなわち境界近傍の流量の流出に必要な水深で与えた。初期条件は各 Case で水深ゼロとし、数値計算は上式を陽解法にて差分展開した。

4. 解析結果

対象斜面として幅員 10m の幹線道路を採りあげ、 $r = r_e = 100\text{mm/h}$ の降雨が 60min 継続する場合における斜面からの単位幅流出量 $q(t)$ を図-2 に、舗装内の水深が最大となる降雨終了時の水深分布 $h(x)$ を図-3 に示す。斜面に設定した水理定数は $N=0.1, S_0=1/200, n=0.25, K=1.0\text{ cm/s}, K'=1.0\text{ cm/s}, m=0.5$, 貯留層厚 20cm である。図の通り、不透水舗装 Case1 では降雨開始後 20 分で降雨強度に等しい流出量に達している。これに対し細礫による透水性舗装 Case2 では最大流出量を半分以下に抑えているが、内部水深が 30cm を上回り地表に溢れ出る状況にある。POC 舗装 Case3 では水深こそ 20cm 未満であるが、最大流出量は Case1 に近い値まで上昇している。一方、貯留層付き POC 舗装 Case4 では最大流出量を 6 割程度に抑えつつ、内部水深は 15cm 以下となっており、媒体のもつ透水能力と空隙貯留能力を活かして流出抑制機能を発揮していることが分かる。

5. おわりに

本研究では不透水路面に対する各種透水性舗装の流出抑制効果を比較し、貯留槽を備えた POC 舗装の優位性を示すことができた。今後はより広範な条件下で解析を進め、実用化に向け有効性を検討していきたい。

謝辞 : 本研究の遂行にあたり JSPS 科研費 21K04281 (研究代表者: 原田守博) の助成を受けました。また、

POC の材料特性について畑中重光 三重大名誉教授の助言を得ました。ここに記して謝意を表します。

参考文献 : 1) 原田・渡邊 : 粗粒媒体における非線形透水法則に関する考察, 土木学会論文集 B1, Vol.73-4, 2017.

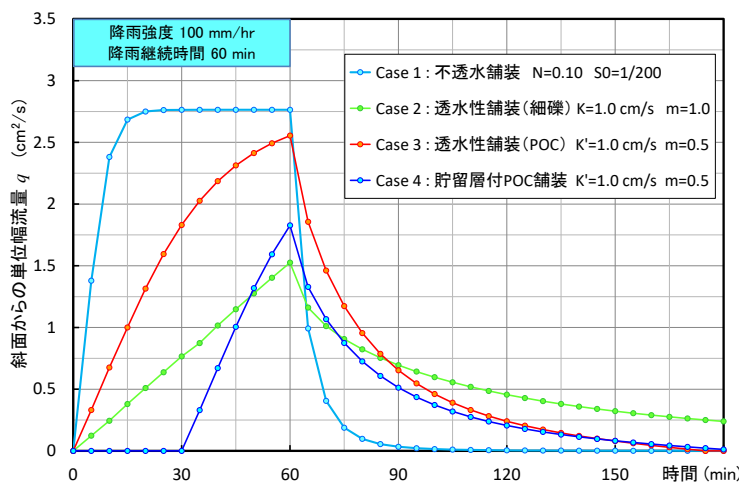


図-2 対象路面における雨水流出過程の比較

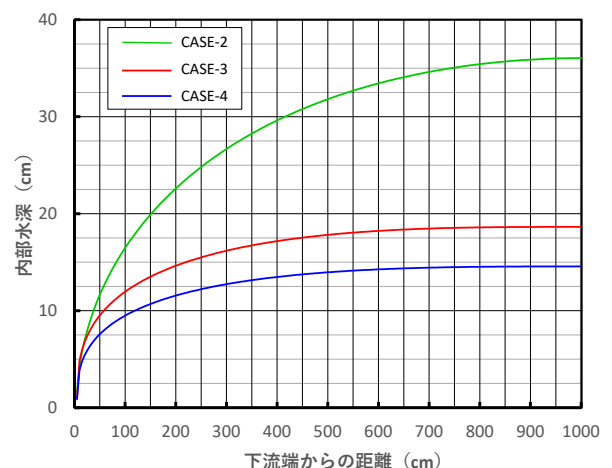


図-3 各透水性舗装における内部水深分布の比較