

雨水浸透施設による雨水浸透量の検証

宮崎大学 工学研究科 学生員○高瀬安利

宮崎大学 工学部 正員 杉尾 哲

1. はじめに

本研究では、生活用水の100%を地下水に依存し、湧水の枯渇や地下水位の低下が実際に報告されている宮崎県南西部に位置する都城盆地において、民家に浸透ますと浸透トレンチを設置し、降雨と施設内の水深を実測した¹⁾。浸透施設による浸透状況は3次元現象であるが、対象地域において雨水の地下への浸透を1次元現象としてみなし、浸透状況が再現可能かどうかを検証した。

2. 施設概要

図-1に浸透施設の概略図を示す。雨水浸透施設は、民家の屋根の約半分を集水面積(41.65m²)とし、屋根に降った雨水を既存の雨樋を通して、地中に埋設した浸透ますと浸透トレンチに流入させ、浸透・貯留を行うものである。浸透ますは、直径35cm・高さ60cmのものを三つ設置し、有孔管でそれらを連結させ、その周辺を粒径40mm、間隙率0.45の砂利で充填し、さらにその周りを透水シートによって覆っている。また、流末の浸透ますにおいては、34.3cmの水深を超えると公共の雨水排水系統へ流出するように塩化ビニール管が設置してある。なお設置地点の土壌は黒ぼくで、飽和透水係数は、 1.0×10^{-4} cm/sである。

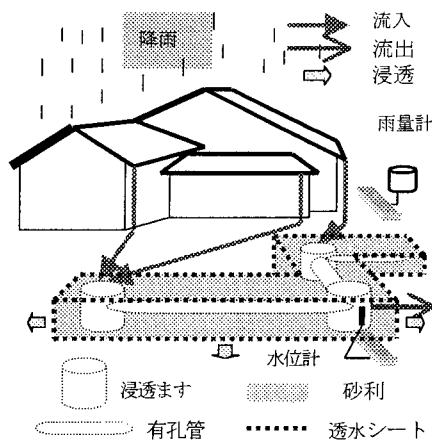


図-1 浸透施設概略図

3. 測定装置

流末の浸透ますに水位計、また敷地内の風など自然の影響を受けにくいような地面から約1mの高さに、雨量計を設置している。なお、水位計においては、水深3.4cm以上を検出している。

4. 1 貯留浸透モデルによる浸透量の算定方法

貯留浸透モデルは、浸透施設からの浸透量が施設内の水位の関数で表わされる式①と式②の連続式を用いて計算を行うものである²⁾。

$$I = f(h) \quad \text{---①} \quad dS/dt = Q - I - O_{out} \quad \text{②}$$

ここに、 I : 浸透施設からの浸透量(m³/hr)、 h : 浸透施設内の水深(m)、 $f(h)$: 浸透施設と透水係数の関数、 S : 浸透施設内の貯水量(m³)、 Q : 浸透施設への雨水流入量(m³/hr)、 O_{out} : 浸透施設から雨水排水系統への流出量(m³/hr)である。時間あたりの貯留量の変化を算出するために浸透量と流出量を一次式で定式化し、貯留量を施設の空隙率(0.52)を考慮した底面積で除すると、施設内の水深が算出される。

4. 2 一次元不飽和浸透モデルによる浸透流解析

次に、本研究対象地域においては、貯留浸透モデルは水深 $h < 20$ cmの場合には適用できないことが分かっている³⁾。今後、どの程度の規模の浸透施設を設置すれば、低下した地下水位を回復できるのかということを対象地区全域において適用するために、より簡略化した浸透量の算定手法として、雨水浸透施設と同じ体積と集水面積と同じ面積を有した透水性舗装に置きかえて検討した。ここに、浸透施設内の体積、屋根面積、浸透施設内の空隙率などを考慮した結果、透水性舗装帯の厚さは2.6cmとする。この場合、地表面からの圧力水頭が2.6cmとなった時に表面流出を開始するものとした。降雨時の雨水浸透施設からの浸透状況は3次元現

象であるが、1次元現象とみなしている。不飽和浸透特性の表現には式④の Van Genuchten 式を用いた。

鉛直 1 次元浸透流の解析には式③を用い、透水性舗装底面からの浸透量を算定した。降雨量と浸透量との差が浸透施設内の貯留になるものとする。これによって得られた貯留水深に屋根の集水面積を乗じて浸透施設の底面積で除した値を施設内水深の解析値であるものとし、実測値と比較して検討を行った。

$$C(h) \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial Z} \left[Ku(h) \left(\frac{\partial h}{\partial Z} \right) - 1 \right] \quad \text{----- ③}$$

$$\theta(h) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{(1 + (\alpha|h|)^b)^m} \quad Ku(h) = Ks \left\{ 1 - (\alpha|h|)^{b-1} [1 + (\alpha|h|)^b]^{-m} \right\} / [1 + (\alpha|h|)^b]^{m/2}$$

$$C(h) = \frac{\partial \theta}{\partial t} = -mab(\theta_s - \theta_r)(\alpha|h|^{b-1}) / [1 + (\alpha|h|)^b]^{m+1} \quad \text{----- ④}$$

ここに Z : 鉛直下向きを正とする軸、 $C(h)$: 比水分容量、 $Ku(h)$: 不飽和透水係数、 $\theta(h)$: 体積含水率、 h : 圧力水頭、 Ks : 飽和透水係数、 Se : 有効飽和度、 θ_r, θ_s : 最小含水量、飽和体積含水率、 α, b, m : 定数である。また θ_r, θ_s は、それぞれ 0.39、0.65、 α は 0.037、 m は 0.7368、を用いた。

5. 結論

図-2 は、降雨と浸透ます内の水位の観測値と貯留浸透モデルの算定値および一次不飽和浸透モデルの解析値であるが、棒グラフが降雨強度であり、折れ線が流末の浸透ます内の水深変化を示したものである。この日雨量は 39.5mm であるが、雨量の変化に対応して解析値の水深が変化していることが分かる。これを観測値と比較してみると、低減時には違いが見られるものの、両者はほぼ一致している。この降雨においては、浸透状況の再現ができ、浸透量、流出量が妥当に算定できたものと考ええる。図-3 は、日雨量が 28.5mm の不連続な降雨状況である。算定値は、昼頃の水深がまったく観測されていない時間帯においても水深が現れていた。それに対して解析値は全体的な形状は一致しているものの、初期降雨に関しては一致していない。図-4 は、日雨量が 19mm の少雨で降雨時間が長い場合である。この降雨に対しては、誤差が大きくなっている。しかし、このような降雨に関しては、浸透状況の再現はできないが、降雨の 100% が浸透するとして処理できる。以上の結果から、1 次元不飽和浸透解析による雨水浸透施設からの浸透量の算定はある程度可能であることが分かった。

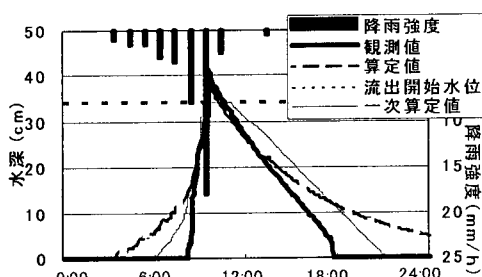


図-2 1999年2月24日の水深の実測値と観測値の比較及び降雨強度

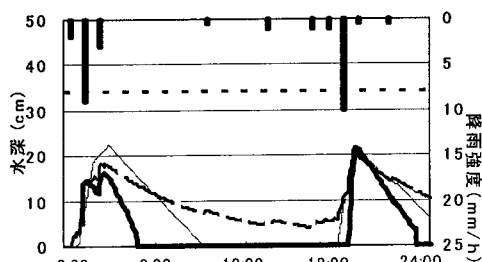


図-3 1999年6月17日の水深の実測値と観測値の比較及び降雨強度

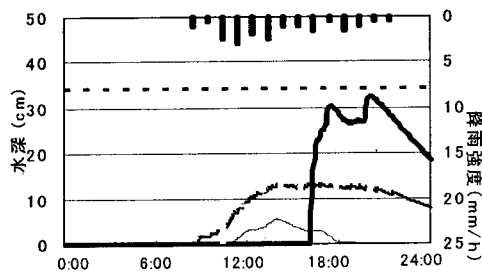


図-4 1999年3月4日の水深の実測値と観測値の比較及び降雨強度

参考文献

- 1) 高瀬安利, 杉尾哲: 平成 10 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, p242-243, 1999
- 2) 社団法人雨水貯留浸透技術協会編: 雨水浸透施設技術指針 [案] 調査, 計画編, 1995
- 3) 高瀬安利, 杉尾哲: 土木学会第 54 回年次学術講演会講演概要集, p698-699, 1999