

浸透施設を設けた住宅地域の雨水流出

Investigation on Run-off of Residential Area
with Infiltration Facilities

青山定教^{*}・西川 肇^{**}・遠藤 茂勝^{***}

By Sadayoshi AOYAMA, Hajime NISHIKAWA and Shigekatsu ENDO

This report is delivered on run-off of residential area with infiltration facilities. The rainfall datas were classified into three cases. The results were as follows: (1) if it was even slightly rainfall, the ratio of run-off was 0.1 or less. (2) If it was peak shaped rainfall, the ratio of run-off was about 0.2 in case of 20 mm/hr. (3) It was found that infiltration capacity of the facilities had not changed since field observation was begun.

Keywords : Run-off control, Field observation, Infiltration facility

1. はじめに

急激な都市化の進展に伴って降雨流出量の著しい増加をきたしているが、土地の宅地化や舗装化によって降雨水が地表面から自然浸透できる面積の割合が減少する一方、土地の有効利用の面から十分な調整池を用意することや河川の流下能力を大きくすることも現状では困難となっている。したがって、最近では地中への浸透を考えた浸透施設の利用が注目されてきた。この施設は、開発地域からの降雨流出量の軽減に役立つばかりでなく、地下水の涵養や地盤沈下および環境の維持保全に役立つと期待されている。しかし、浸透施設効果を把握するための長期間の水文観測データはあまり多くみられない。そこで本研究では、数種類の浸透施設を設置した住宅地域を対象に、降雨水の浸透特性を調べる目的で現地に水文観測システム¹⁾を設置し、これまで約4年間にわたって観測を行ってきたので、それら観測データに基づく解析結果の一部を報告する。

2. 浸透施設の概要および観測方法

対象とした住宅地域は、千葉市の北西部に位置する団地で5年前に造成された。この住宅地域は、図-1に示すように、浸透施設を設置した浸透区域(約8.9ha)と従来の不浸透雨水処理施設を設置した不浸透区

* 学生会員 工修 日本大学大学院 生産工学研究科 (〒275 習志野市泉町1-2-1)
** 正会員 工博 日本大学助教授 生産工学部土木工学科 (同上)
*** 正会員 工博 日本大学教授 生産工学部土木工学科 (同上)

域（約 7.2ha）からなっており、南側から北側に向かって下る緩やかな傾斜となっている。宅地の土質は、地表面下約50cmに関東ローム層があり、その上を黒ボク土が覆っている。住宅地域のほとんどは切土であるが、その中央部付近では約50cm程度の盛土が施されている。観測対象地域は南側の地盤が高いため、全体的な流出経路は、東西に走る道路に設けられている太線および点線で示した浸透施設を流下し、東側の雨水管渠に導かれ矢印の経路に沿って区域流末である流量測定地点⑥を通過して区域外に流出するようになっている。

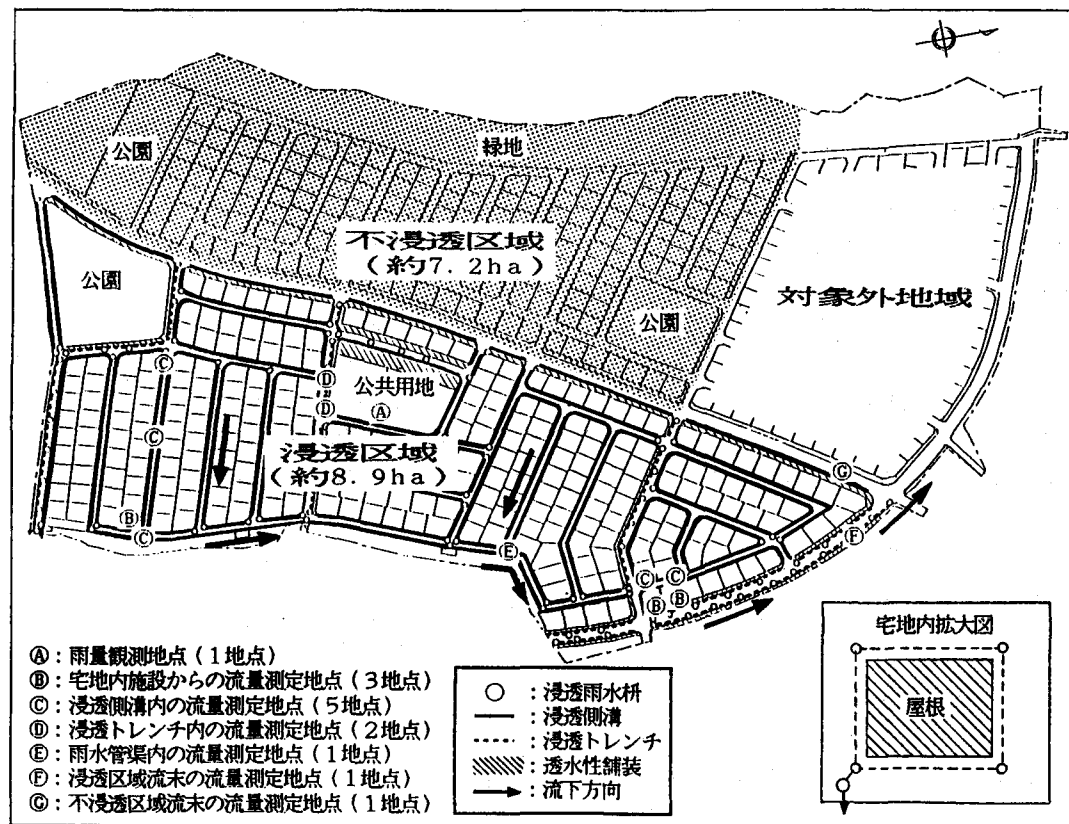
浸透区域には宅地が全体で 262区画あり、宅地内には延長 16mの浸透トレンチと大 1個、小 4個の浸透雨水枡が設置されており、そこで浸透できない雨水は側溝に流入する。道路脇には浸透側溝および浸透トレンチが設けられ、それぞれの施設は区間ごとに区切られているので、その両端部分には浸透雨水枡（○印）が設けられている。また、歩道部分および公共用地脇の駐車場には透水性舗装（斜線部分）が施されている。これらの施設数量および密度は表－1のとおりである。

観測では、実降雨に対する浸透施設の機能および効果を把握するために降雨量および浸透施設からの雨水流出量の測定を行った。降雨量の観測は、対象地域内のほぼ中央地点（④地点）で行っており、雨水流出量の測定は、合計13地点で行った。降雨量は、転倒ます式雨量計（観測最小降雨量 0.5mm）を用いて測定し、流出量は、容量式水位計を用いて現地の水位を測定し、あらかじめ室内実験によって得られた水位流量曲線によって流量に換算する方法を用いた。

表－1 浸透区域の浸透施設数量および密度

施設名	数量および密度
宅地内浸透雨水枡（大）	1個/区画
宅地内浸透雨水枡（小）	4個/区画
宅地内浸透トレンチ	16m/区画
浸透側溝	5236m
浸透トレンチ	905m
浸透雨水枡	119個
透水性舗装	3553m ²

図－2は、現地の水文観測システムのブロックダイアグラム



図－1 研究対象地域

を示したものである。これらの測定装置は、完全自動化で24時間フルタイム作動しており、測定結果は逐次打点式記録計に記録される。また、パーソナルコンピュータ（NEC製、PC9801VF）を用いたこのシステムは、雨量計で降雨を検知すると、5分間隔で降雨量データと各流出量測定地点の水位データをフロッピーディスクに収録するとともにディスプレイに表示し、プリンタに印字する機構となっている。また、水位測定では水面変動を考慮して1秒間隔で12個のデータを測定し、その最大値と最小値を除く10個の水位データの平均値を代表水位としている。降雨量および雨水流出量の測定は、浸透区域からの雨水流出量がゼロとなるまで行っているが、降雨量および降雨強度が大きい場合でも、降雨が検知されなくなってから約16時間で観測終了となっている。

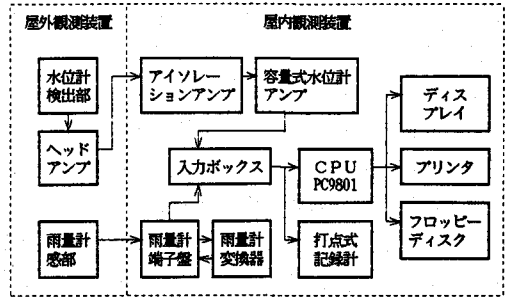


図-2 現地自動水文観測システム流れ図

3. 現地観測結果

本研究対象区域には各種の浸透施設が設置されており、それぞれの施設の機能を検討することが重要であるが、ここでは浸透区域および不浸透区域全体からの雨水流出量をまず検討した。観測された降雨量と雨水流出量の一例を示したものが図-3である。ここに示された結果は、1989年3月4日の降雨による浸透区域および不浸透区域からの降雨量および雨水流出量の時系列を示している。この結果によれば、降雨観測開始直後から流出が認められ、数分後からは降雨量の変化に相応した変化がみられる。不浸透区域からの流出量が時間経過に伴い著しく増加しているのに比べて、浸透区域では比較的ゆるやかな増加となっていて、浸透施設による効果を裏付ける流出形態を示していると考えられる。また、観測開始からおよそ7時間後の降雨量のピークと流出量のピークがほぼ一致し、降雨との相関が明確である。ピークが生じる時間は、浸透区域が不浸透区域より若干遅れるが、そのときのピーク流出量は、浸透区域が $0.151\text{m}^3/\text{s}$ 、不浸透区域が $0.608\text{m}^3/\text{s}$ となっている。なお、観測されたこの降雨全体の流末における雨水の総流出量は、前者は 355m^3 、後者は 1351m^3 であった。そこで、両区域の流出特性を比較するために、雨水流出量を単位面積当りに換算して評価すると、総流出量およびピーク流出量は、共に浸透区域は不浸透区域の約 $1/5$ 程度であり、浸透施設が有効に機能していると考えられる。

図-3の結果によれば、観測開始から約1時間後の降雨と5～6時間経過後の1時間当りの平均雨量はそれぞれ 6.5mm と 5.5mm とほぼ等しいが、最大降雨強

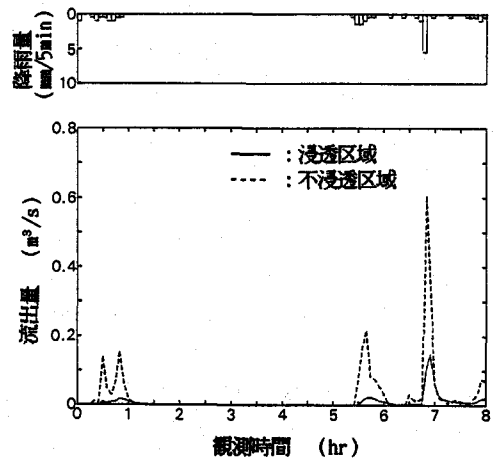


図-3 降雨量および浸透・不浸透区域からの流出量観測結果 (1989年3月4日)

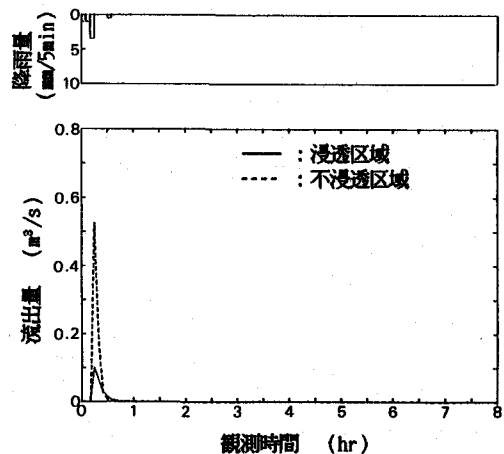


図-4 降雨量および浸透・不浸透区域からの流出量観測結果 (1989年9月3日)

度がそれぞれ1.0mm/5minと1.5mm/5minで、後者の方がやや強い。これらの降雨に対する浸透区域からの総流出量は、それぞれ23.5m³と31.3m³で、ピーク流出量は、それぞれ0.019m³/sと0.024m³/sとなり、降雨に対する流出量が、観測開始5～6時間後の方が観測開始直後よりも総流出量で25%、ピーク流出量で33%多くなることが認められる。また、同様に不浸透区域においても、総流出量は32%、ピーク流出量は40%多くなり、前述の浸透区域からの流出傾向と類似している。これは平均雨量がほぼ等しくても、雨水流出形態が降雨強度の時間変化に支配されていることを示していると思われる。これを確認するために、1時間当りの平均雨量が6mm程度の雨に対する雨水流出量の観測結果を図-4に示す。この降雨は、降り始め直後5分間に約3.5mmの降雨量が観測されており、浸透区域からの流出量も総量で68.3m³、ピーク流出量で0.10m³/sである。不浸透区域からの流出量は、総量が216.5m³、ピーク流出量が0.526m³/sである。図-3と図-4に示すように、観測開始から1時間後までの降雨量が同程度の場合で比較すると、浸透区域からの総流出量は、図-4の場合の方が、図-3の場合よりも著しく多く、雨水の総流出量やピーク流出量は、降雨強度の特性に支配されることがわかるので、流出解析に当たっては、少なくとも類似降雨形態ごとに整理することが重要である。そこで、浸透区域からの流出形態の特徴を把握するために、降雨初期の降雨形態ごとに次の3タイプに分類した。

CASE 1: 観測開始からの降雨量が初めの5分間だけで、その後1時間経過後まで全く観測されないケース

CASE 2: 観測開始から比較的小さい降雨が2時間連続的に観測され、ピークが明確に表れないケース

CASE 3: 観測開始から1時間内に降雨のピークが観測されたケース

以上の基準にしたがって、1986年8月10日～1990年9月19日までの期間の降雨について検討を行った。

(a) CASE 1における流出量

このケースでは、流出はきわめて少なく観測されたものの、図にはほとんど表れない程度で、流出水のほぼ全部が浸透する場合である。

(b) CASE 2における流出量

このケースは、一定の降雨強度の雨が連続的に降っ

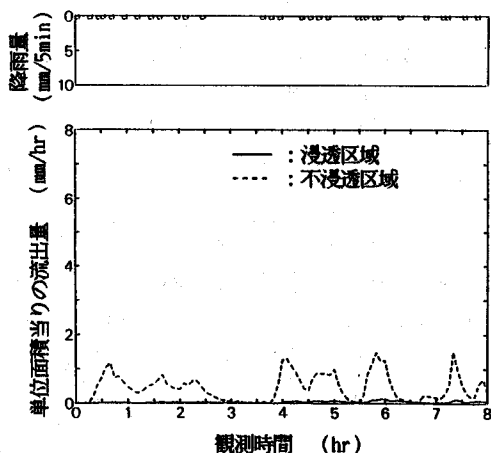


図-5 CASE 2の流出量および浸透・不浸透区域からの流出観測結果(1986年11月9日)

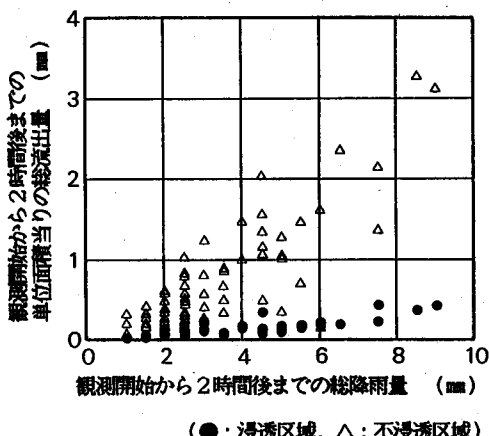


図-6 CASE 2の総降雨量と浸透・不浸透区域からの総流出量との関係

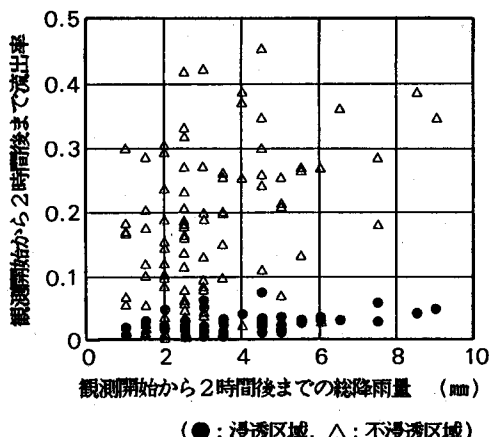


図-7 CASE 2の総降雨量と浸透・不浸透区域における流出率との関係

たときの降雨形態の場合で、その一例を示したものが図-5である。この結果は、1986年11月9日に観測された降雨量と浸透区域および不浸透区域からの雨水流出量データで、降雨量が断続的に継続され、5分間当りの雨量が0.5mm以下となっている。浸透区域と不浸透区域の単位面積当りの総流出量は、浸透区域が不浸透区域の約15%程度であり、施設による流出抑制効果が大きいことが認められる。

図-6は、このケースに含まれるデータの2時間までの総降雨量とそれまでの浸透、不浸透両区域からの総流出量との関係を表したもので、浸透区域および不浸透区域からの流出量は、降雨量の増加に伴って増える傾向を示すが、この傾向は、不浸透区域が浸透区域よりもかなり顕著に表れている。

図-7は、観測開始から2時間までの総降雨量と浸透、不浸透の両区域の流出率との関係を示したもので、浸透区域では、全ての降雨に対して流出率が0.10以下であり、浸透施設の顕著な流出抑制効果が認められる。一方、不浸透区域の流出率は、降雨量にほとんど関係がなく、0.5以下でばらついている。図-6および図-7は、観測を開始した年から現在までにこのケースに分類された全てのデータを表示しているが、流出率の顕著な経年変化は認められていない。

(c) CASE 3における流出量

このケースは、観測開始直後に降雨のピークが認められる場合で、その一例を示したものが図-8である。これは、1988年8月13日の降雨での降雨量と浸透区域および不浸透区域からの雨水流出量データで、浸透区域のピーク流出量を単位面積当りに換算すると、不浸透区域の約43%程度であり、このケースの降雨に対する浸透施設の流出抑制効果は、CASE 2より若干減少することが認められる。浸透、不浸透の両区域からの流出量がピークとなる時刻は、降雨量のピークが生じる時刻とはほぼ一致していることが認められる。

図-9は、CASE 3について観測開始から1時間までの総降雨量と両区域からの総流出量との関係を示すものである。浸透区域からの流出量は、総降雨量が多いほど多くなる傾向がみられ、降雨量が約10mm以上になるとその傾向が若干強くなることが認められる。不浸透区域からの流出量においても浸透区域と同様に、降雨量が多いほど流出量が多くなるが、全体の傾向として一様に増加し、浸透区域の増加量より著しいこと

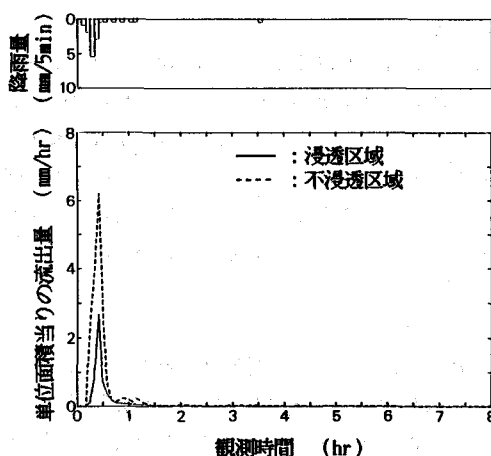
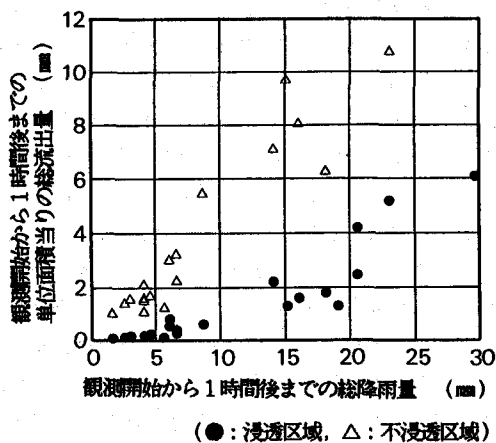
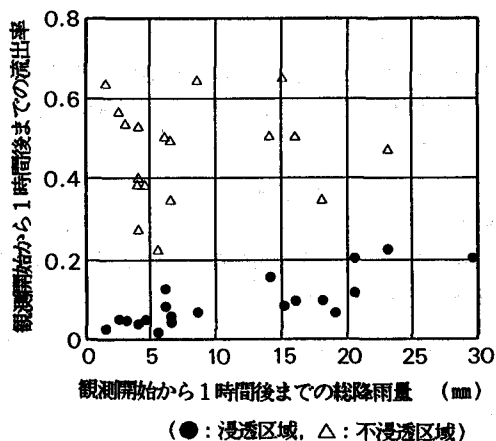


図-8 CASE 3の流出量および浸透・不浸透区域からの流出観測結果(1988年8月13日)



(●: 浸透区域, △: 不浸透区域)
図-9 CASE 3の総降雨量と浸透・不浸透区域からの総流出量との関係



(●: 浸透区域, △: 不浸透区域)
図-10 CASE 3の総降雨量と浸透・不浸透区域における流出率との関係

がわかる。

図-10は、観測開始から1時間までの総降雨量と両区域の流出率との関係を示すものである。浸透区域の流出率は、降雨量が多いほど大きくなる傾向にあり、CASE2の降雨に対する流出率よりも若干大きくなっている。一方、不浸透区域の流出率は、最大値で約0.65程度の値を示し、降雨量に支配されていないことがわかる。浸透および不浸透区域における流出率は、現在までの観測結果においては、顕著な経年変化は認められない。このことは、団地の造成以降の浸透施設の維持管理が良く、物理的な目詰まりなどがあまり進行していないことによるものと思われる。

4. まとめ

浸透施設による流出抑制効果を把握するために住宅団地に設置した自動水文観測システムは、これまでの間、欠測も少なく長期間有効なデータを収録している。本論では、これらの現地観測データから浸透区域および不浸透区域のデータを基に検討を行ったが、それらの結果をまとめると次のとおりである。

(a) 降雨形態が雨水流出量を支配することが明らかとなり、この降雨形態を3タイプに分類し、それぞれの降雨形態に対する雨水流出形態を把握することができた。

(b) 観測開始から1時間以内に0.5mm以下の降雨は、相当な頻度で確認されているが、それらの降雨のほとんどが浸透施設によって地下に浸透することが確認された。

(c) 浸透区域における雨水流出量は、降雨量が多いほど多くなる傾向がみられ、流出率は、連続した比較的弱い降雨強度の雨に対しては、最大で約0.1程度である。また、観測開始から1時間以内に降雨のピークが生じるような強い降雨強度の雨に対する流出率は、降雨量が多いほど大きくなり、1時間当りの平均雨量が20mmの降雨で、約0.2程度であることが確認された。

(d) 不浸透区域における雨水流出量は、降雨量が多いほど多くなるが、その流出率は、連続した弱い降雨強度の雨に対しては、降雨量に対して顕著な傾向が認められず、ほぼ0.5程度である。また、ピークのみられる降雨に対しての流出率は、最大で約0.65程度である。

(e) 浸透区域と不浸透区域からの雨水流出量を基に、浸透施設による雨水流出抑制効果を把握することができたが、この観測を開始した年より現在までの観測データからは、浸透機能の経年変化を確認することができなかった。このことは、浸透区域に住宅が築造されても、宅地に降った雨水が宅地内の浸透施設によってほとんど浸透し、宅地外に流出しないためと考えられる。また、各施設の目詰まり現象が進行していないことも一つの要因であると考えられる。

5. おわりに

本研究は、千葉県住宅供給公社造成の住宅団地で1986年から1990年までの間、浸透施設の機能効果を調べる目的で実施しているものである。最後に本研究を行うに当たり、上記公社の多大な御協力を頂いたことに謝意を表する。

参考文献

1) 青山定教、西川肇、遠藤茂勝：地下浸透施設を設置した地域の雨水流出解析，土木学会第43回年次学術講演会第2部，158-159，1988。