

都市域の浸透能と地形・土質・ 土地利用との対応関係

Relationship between Infiltration Capacity and Topography,
Soil Type and Land Use in Urban Area

安藤 義久・

by Yosihisa ANDO

This study aims to make clear relationship between infiltration capacity and topography, soil type, and land use in urban areas. Infiltration capacities in urban areas are measured with a rainfall simulator. Topography of objective areas are upland, low land, and hilly land. Soil types of objective areas are sand, loam, and alluvial soil. Land uses are sports ground, bare land of temple or shrine, and gardens of houses. Number of plots of infiltration test are 27. Nine plots are taken for each topography. The statistical analysis of final infiltration rates of 24 plots was done by Hayashi's quantification theory 1.

Keywords: infiltration capacity, topography, soil type, land use.

1. はじめに

都市流域の洪水流出解析において地形・土質・土地利用別の浸透能の評価は有効降雨算定に当たって重要なことであると考えられる。安藤・管・岡本・浅羽¹⁾は冠水型浸透計により土地利用別の浸透能を測定している。その後、守田・安藤・和泉²⁾により冠水型浸透計による浸透能は散水型浸透計に比べて過大な値が得られることが明かとされている。そこで本研究では散水型浸透計を用いて、土地利用だけでなく地形・土質と浸透能との対応関係を明かにすることを目的としている。なお、降雨強度と終期浸透能との対応関係についても予備的に検討している。

2. 浸透能の測定方法

2・1 浸透計の種類

浸透能を測定する浸透計を中野³⁾は、冠水型浸透計、流水型浸透計、及び散水型浸透計の3つに分類している。本研究では、実際の降雨に近い状態を設定できる散水型浸透計を用い、人工降雨による表層浸透能の測定を行った。

* 正会員 工博 東京都立大学助教授 工学部土木工学科
(〒158 東京都世田谷区深沢2-1-1)

2・2 散水型浸透計による測定方法

(a) 散水型浸透計の概要

散水型浸透計の全体を図-1に示す。都市域の浸透能を考慮した散水型浸透計には、まず0～100mm/hrの降雨強度を安定的に供給できることが要求される。また従来の散水型浸透計は非常に重く、持ち運びに不便であった。今回新たに開発した散水型浸透計は、現地で組立分解が簡単にできるように設計されており、重量は従来使われていた物に比べて約1/3と軽量にできている。この散水型浸透計は、雨水供給部、降雨発生部、降雨強度調節部、雨水浸透部などからなる。以下、主なものについて説明する。

① 降雨発生部

散水はノズル方式であり、ノズルの配置図を図-2に示す。このノズルでは管内の圧力によって吐出量に変化する。散水面積は1㎡(実質面積は70cm×80cm)であり、そこへ140個のノズルから人工降雨が発生する。

② 降雨強度調節部

降雨強度は図-3の流量計を見ながらバルブを開閉して調節する。

③ 雨水浸透部

雨水浸透部は降雨発生部の下に50cm×50cmの角枠を打ち込み、雨水の漏出を防ぎ、流出水は堀込んだピットの中で細口瓶に受け、それをメスシリンダーで計量する。

(b) 測定方法

本装置による浸透能の測定方法は、散水量と流出量との差で浸透量を計測する。測定の方法は散水を開始し、湛水が流出する量を5分間毎に計測する。散水強度はポンプ出力で調整し測定の前後に受け皿を用いて検定する。なお、測定時間は原則として1時間とする。

3. 降雨強度と浸透能の関係⁴⁾

東京都立大学構内(土地利用は草地、表土はローム層)の同一地点における降雨強度別の終期浸透能は、①散水強度44.4mm/hrでは終期浸透能10.5mm/hr、②散水強度72.7mm/hrでは終期浸透能8.3mm/hr、③散水強度105.3mm/hrでは終期浸透能8.8mm/hrであった。この結果により、守田・安藤・和泉²⁾が示した降雨強度が変化しても終期浸透能はほぼ一定値をとることが追認された。

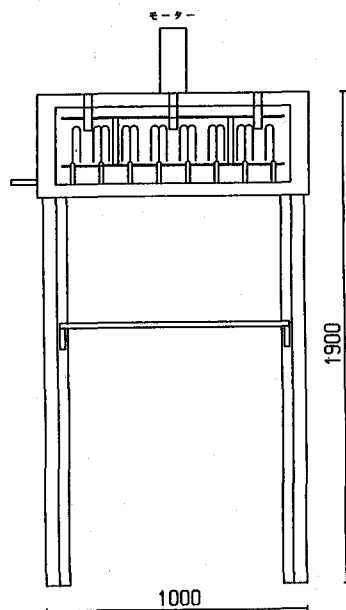


図-1 散水型浸透計の概要
(単位: mm)

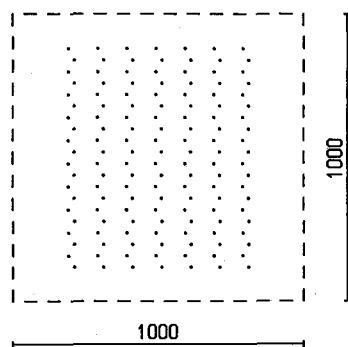


図-2 ノズルの配置図
(単位: mm)

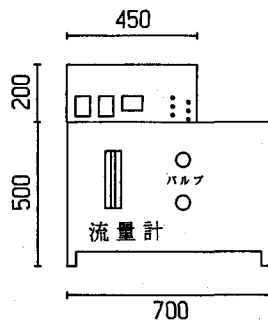


図-3 ポンプ・給水槽の概要
(単位: mm)

4. 都市域の終期浸透能と地形・土質・土地利用との対応関係

4・1 対象地域の概要

対象地域は、図-4に示すように、武蔵野台地に位置する谷端川流域、東京低地に位置する新小松川流域、および多摩丘陵に位置する乞田川流域の3地域である。これら3地域の都市化の形態は、谷端川流域と新小松川流域がスプロールによる都市化であり、乞田川流域は多摩ニュータウンによる大規模宅地開発による都市化である。

4・2 台地における終期浸透能と土質・土地利用との対応関係

都市域における土地利用にはさまざまなものがあるが、洪水流出解析における有効降雨の算定においては浸透域の終期浸透能の設定が結果に大きく影響する。都市域の浸透域の面積の大部分は民家の間地、寺社の裸地、運動場（校庭）の3形態であると考えられるので、現地における測定はこれら3形態の土地利用ごとに3地点ずつ行う。なお、表土の土質は民家の間地と寺社の裸地がロームであり、運動場が砂である。

谷端川流域において実施した浸透能の測定結果を表-1及び図-5に示す。なお、散水強度は40mm/hr～50mm/hrとした。図-5を見ると、浸透能は15分程で急に低減し、その後安定し、60分後の浸透能は終期浸透能と考えられる。表-1には、谷端川流域の土質別・土地利用別の終期浸透能およびその平均値と中央値を示す。終期浸透能の代表値として中央値の方が平均値より異常値の影響を受けないので、優れていることが知られている。そこで、表-1の中の中央値に着目して終期浸透能を大きい順から並べると、寺社の裸地、民家の間地、運動場の順であり、それぞれ13.2mm/hr、11.3mm/hr、3.8mm/hrであった。

安藤・鈴木・鍋山・西島⁵⁾は、上記の終期浸透能の中央値を用いて谷端川流域の洪水流出解析を行って、良好な再現性を得ている。

4・3 低地における終期浸透能と土質・土地利用との対応関係

新小松川流域において行った浸透能の測定結果を表-2及び図-6に示す。土質は、運動場が砂質土であり、民家の間地と寺社の裸地は沖積土である。終期浸透能には大きなバラツキがあるが、その中央値を大きい順から並べると、民家の間地、運動場、寺社の裸地の順であり、それぞれ8.3mm/hr、2.3mm/hr、1.9mm/hrである。

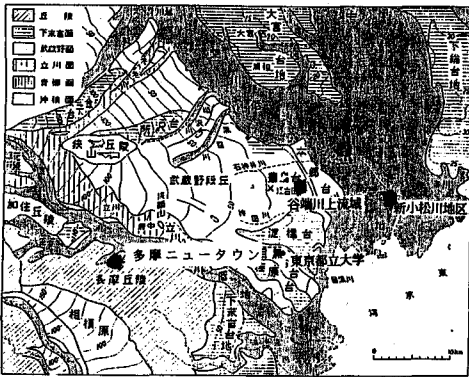


図-4 対象地域の位置

表-1 台地の終期浸透能 (単位: mm/hr)

土地利用	土 質	1	2	3	中央値
運動場	砂	0.0	7.3	3.8	3.8
寺社の裸地	ローム	17.4	13.2	13.0	13.2
民家の間地	ローム	13.5	11.3	5.3	11.3

表-2 低地の終期浸透能 (単位: mm/hr)

土地利用	土 質	1	2	3	中央値
運動場	砂	1.6	5.1	2.3	2.3
寺社の裸地	沖積土	1.9	0.0	13.9	1.9
民家の間地	沖積土	0.0	21.2	8.3	8.3

表-3 丘陵地の終期浸透能 (単位: mm/hr)

土地利用	土 質	1	2	3	中央値
運動場	砂	5.0	7.1	7.9	7.1
民家の間地	ローム	22.2	34.1	4.2	22.2
造成地	土丹	0.0	9.2	5.3	5.3

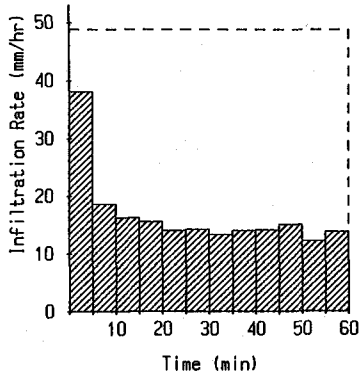


図-5 台地の浸透能の測定結果例

この結果をローム台地の結果と比較すると、低地における土地利用別の終期浸透能は、ローム台地における土地利用別の終期浸透能に比べて低い値である傾向がみられる。

4・4 丘陵地における終期浸透能と土質・土地利用との対応関係

乞田川流域において行った浸透能の測定結果を表-3及び図-7に示す。多摩ニュータウンでは、民家の間地に相当するのが住棟間の芝生地である。また、多摩ニュータウンでは、造成地が広く分布しているので、造成地の浸透能も測定した。土質は、運動場が砂質土であり、民家の間地がロームであり、造成地が土丹である。終期浸透能には大きなバラツキがあるが、その中央値を大きい順から並べると、民家の間地、運動場、造成地の順であり、それぞれ22.2mm/hr、7.1mm/hr、5.3mm/hrである。この結果をローム台地と低地の結果と比較すると、終期浸透能が大きい傾向が見られる。

5. 数量化理論1類による解析⁸⁾

ここでは、終期浸透能を外的基準にとり、説明要因のアイテムとして地形、土質、土地利用の3要因を取りあげ、数量化理論1類により解析を行う。解析の対象サンプルは、丘陵地の造成地の3サンプルを除く24サンプルである。地形のカテゴリーは、台地、低地、丘陵地の3つであり、土質のカテゴリーは砂、ローム、沖積土の3つであり、土地利用のカテゴリーは運動場、寺社の裸地、民家の間地の3つである。表-4には終期浸透能のデータの数量化理論1類による解析結果を示す。

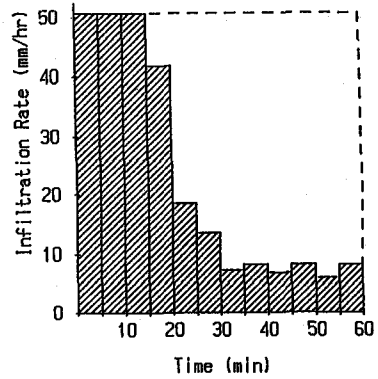


図-6 低地の浸透能の測定結果例

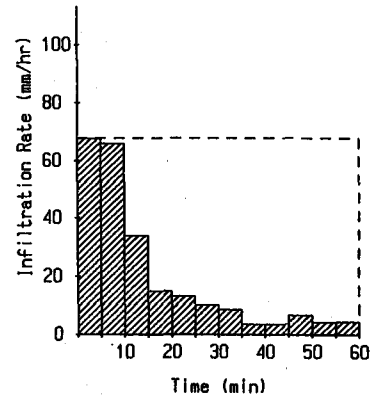


図-7 丘陵地の浸透能の測定結果例

表-4 終期浸透能データの数量化理論1類による分析結果

要 因	カテゴリー	例数	カテゴリー数量	範囲	偏相関係数
地 形	台 地	9	-1.62	5.58	0.33
	低 地	9	-1.02		
	丘陵地	6	3.96		
土 質	砂	9	-0.31	5.99	0.34
	ローム	9	2.58		
	沖積土	6	-3.41		
土地利用	運動場	9	-4.83	8.00	0.50
	寺社の裸地	6	2.49		
	民家の間地	9	3.17		

定数項 9.15, 重相関係数 $R=0.63$ ($R^2=0.40$)

これによると、重相関係数は0.63であり、終期浸透能のバラツキのうち、およそ40%（決定係数 $R^2 = 0.40$ ）は地形、土質、土地利用という3つの要因で説明されている。カテゴリ数量の範囲（レンジ）あるいは偏相関係数をみると、土地利用の影響力がもっとも大きく、地形と土質の影響力は同程度であることがわかる（図-8参照）。地形のカテゴリでは、丘陵地の終期浸透能の値が大きく、台地と低地の値は相対的に小さくなっている。土質のカテゴリでは、ロームの終期浸透能の値が大きく、ついで砂の値が小さく、沖積土の値が最も小さいことがわかる。土地利用のカテゴリでは、民家の間地の終期浸透能の値が大きく、ついで寺社の裸地の値が大きく、運動場の値は極めて小さいことがわかる。

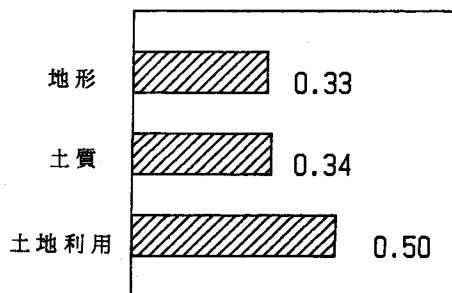


図-8 各要因の偏相関係数の値

6. 結論

本研究で得られた主な成果は次の通りである。

- (1) 同一地点では、降雨強度が変化しても終期浸透能はほぼ一定値をとることが追認された。
- (2) 東京都内の3地域で、散水型浸透計を用いて終期浸透能を測定し、その結果を数量化理論1類で解析したところ、次のような結果がえられた。すなわち、終期浸透能に対して、土地利用の影響力が最も大きく、地形と土質の影響力は同程度であることがわかった。そして、終期浸透能と地形、土質、土地利用との対応関係がある程度明かにされた。

謝辞

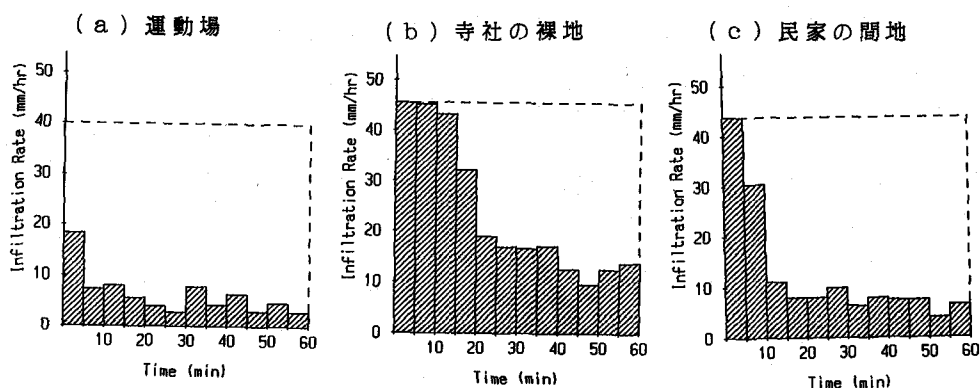
本研究を進めるに当たり、(株)建設技術研究所の梶谷真氏、東京都土木技術研究所の和泉清氏、茨城県庁の林利家氏、川崎重工業(株)の浦野寛之氏、東京都立大学学生の城戸昌樹氏ほか多くの方々の御協力を得たことを記して感謝の意を表します。

参考文献

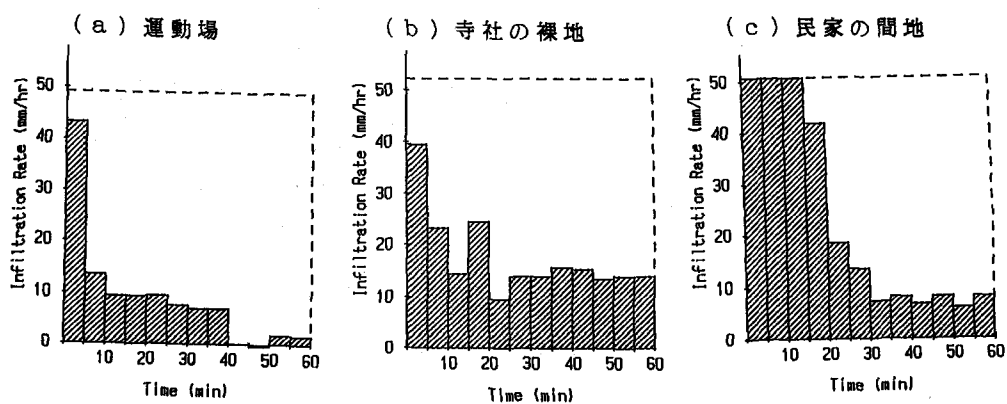
- 1) 安藤・管・岡本・浅羽：関東ローム丘陵・台地における土地利用別の浸透能、水利科学、No.148、pp.1-23、1982.
- 2) 守田・安藤・和泉：都市河川流域の表層浸透能特性、第32回水理講演会論文集、pp.59-64、1988.
- 3) 中野秀章：森林水文学、共立出版、pp.43-93、1976.
- 4) 安藤・梶谷・林：都市域における土地利用別の浸透能に関する研究、水文・水資源学会1989年研究発表会要旨集、pp.33-36、1989.
- 5) 安藤・鈴木・鍋山・西島：東京域レーダ雨量計の流出解析への活用に関する予備的研究、水文・水資源学会1990年研究発表会要旨集、pp.216-219、1990.
- 6) 田中・垂水・脇本：パソコン統計解析ハンドブックII 多変量解析編、共立出版、pp.258-262、1984.

付録

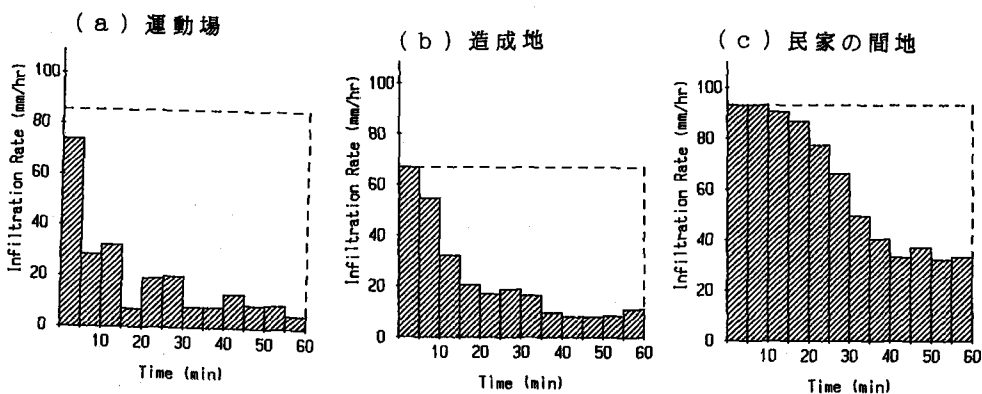
ここには、台地、低地、丘陵地の土地利用別の浸透能の測定結果の代表例を示す。



付図-1 台地における浸透能の測定結果例



付図-2 低地における浸透能の測定結果例



付図-3 丘陵地における浸透能の測定結果例