

II-350

散水浸透実験による湛水発生時間に関する一考察

明星大学理工学部

正会員 藤村 和正*

東京都立大学大学院

フェロー 安藤 義久

㈱東芝 電力・産業システム技術開発センター

山田 富美夫

㈱東芝 電力・産業システム技術開発センター

山中 理

1. はじめに

流出解析を行う際に、浸透域の初期損失量を設定する必要がある。しかし、浸透域の初期損失量は、先行降雨や土湿状態など様々な自然的要因に影響され、把握することが困難である。従って、現状では試算によりその値を設定している場合が多い。浸透域の初期損失のメカニズムを解明するためには、まず、雨水浸透現象を究明することが第一である。これまでに多くの経験的あるいは物理的な雨水浸透モデルが提案されているが、そのほとんどは地表面に水の供給が十分にある場合を想定している。つまり、高い降雨強度を条件としているため、実際の降雨による浸透現象を表現することは難しい。今日、Diskin と Nazimov により降雨強度を考慮した雨水浸透モデルが開発された^{1), 2)}。そこで、本研究では安藤等がこれまでにに行った散水型浸透計を用いた浸透実験^{3), 4)}の結果について整理し、初期損失のメカニズムの解明に結びつく降雨開始から流出が起きるまでの時間、つまり、湛水発生時間 (ponding time) について Diskin-Nazimov モデルにより解析を行い、本モデルの適合性について検討する。

2. 雨水浸透モデルの概要

Diskin-Nazimovモデルの基本構造は、図1の概要図に示すように、貯留タンク、流入調節部とフィードバック経路から構成される。簡単にその内容について解説する。

貯留タンクでは、表層土壌の水分保留状態を表しており、タンクからの流出量は地下水涵養量 g となる。流入調節部では、降雨強度 R と浸透能 f の関係から表層土壌への浸透量である実浸透度 q と直接流出量 y を算定する。その算定式は次式である。

$$\text{if } R(t) \leq f(t) \text{ then } q(t) = R(t) \text{ and } y(t) = 0 \quad \dots(1)$$

$$\text{if } R(t) > f(t) \text{ then } q(t) = f(t) \text{ and } y(t) = R(t) - f(t) \quad (2)$$

ここに、 $f(t)$: 浸透能 (mm/t)、 $q(t)$: 実浸透度 (mm/t)、 $y(t)$: 直接流出量 (mm/t)、 $R(t)$: 降雨強度 (mm/t)、 t : 時間。

表層水分保留量 s と地下水涵養量 g の関係及び表層水分保留量 s と浸透能 f の関係は、初期浸透能 f_0 、終期浸透能 f_c 及び表層水分保留量の最大値 S_m を用いて図2で表される。つまり、表層水分保留量が増加すれば浸透能は小さくなり、その一方で、地下水涵養量が増加する。このことは感覚的には理解できるが、Diskin-Nazimov モデルではこの関係を線形的に表している。結局、本モデルでは、地下水涵養量 $g(t)$ と浸透能 $f(t)$ について次式で表される。

$$g(t) = f_c \frac{S(t)}{S_m} \quad \dots\dots(3)$$

$$f(t) = f_0 - (f_0 - f_c) \frac{S(t)}{S_m} \quad \dots\dots(4)$$

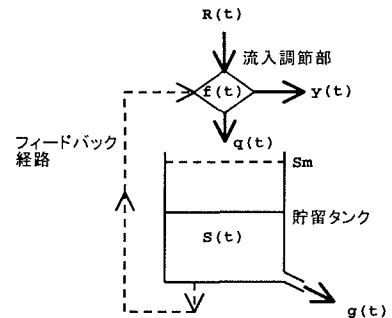


図1 Diskin-Nazimov model の概要図

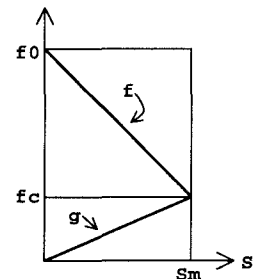


図2 浸透能および地下水涵養量と表層水分保留量の関係図

キーワード: 初期損失、雨水浸透モデル、降雨強度、湛水発生時間、散水型浸透計

*連絡先: 〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1 TEL:042-591-5111(代表)

3. 散水浸透実験へのモデルの適用

これまでに安藤等は散水型浸透計を用いた浸透能測定を 13 実験区画 40 地点で行っている^{3), 4)}など。そのうち、本研究では、降雨強度と湛水発生時間の関係が分布して得られている 4 実験区画の結果について検討する。

散水浸透実験は、一定の降雨強度で行っている。この場合、湛水発生時間が存在するのは、降雨強度が初期浸透能よりも小さく終期浸透能よりも大きい場合(図 3(a))だけである。降

雨強度を一定とした湛水発生時間 (a)湛水発生時間が存在する (b)湛水は発生しない (c)最初から湛水発生する
の関数式は、前述の Diskin-Nazimov モデルを展開して求められ²⁾、次式で表される。

$$t_p = -\frac{S_m}{f_c} \ln \left(\frac{1 - \frac{f_c}{f_0}}{1 - \frac{f_c}{R_c}} \right) \quad \dots\dots(5)$$

降雨強度-湛水発生時間について散水浸透実験の結果と(5)式を解析して得られる曲線を比較検討する。(5)式における終期浸透能 f_c は、実験区画内で測定された中央値である。初期浸透能 f_0 は曲線上に実測値がプロットされるように目視によって設定した。表層水分保留量の最大値 S_m は最小二乗近似によって算定した。解析によって得られた降雨強度-湛水発生時間の曲線は実測値をほぼ再現している。従って、本研究により湛水発生時間について Diskin-Nazimov モデルの適合性はほぼ示された。

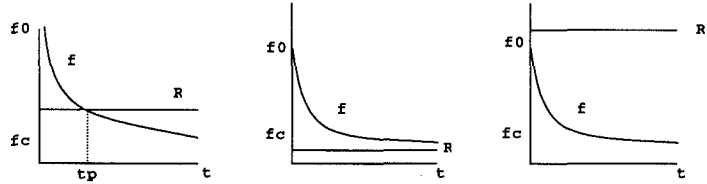


図 3 浸透能の変化と降雨強度および湛水発生時間の関係

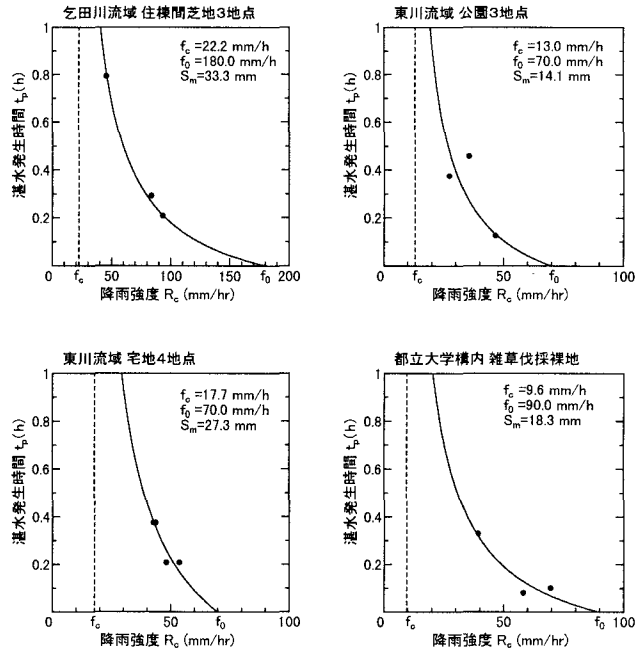


図 4 散水浸透実験の湛水発生時間と降雨強度の関係

4. おわりに

Diskin-Nazimov モデルは対象領域の平均的な浸透能を計算する概念的な雨水浸透モデルであり、表層土壌の領域や厚さを具体的に表すような物理的なモデルではない。そのため、本研究では土壌の物理的な特性などは検討していない。今後の課題として、非定常降雨での散水浸透実験や解析により同定されるパラメーターである初期浸透能 f_0 と表層水分保留量の最大値 S_m についてさらに検討して行くことを考えている。

【参考文献】

- 1) Diskin, M. H. and N. Nazimov: Linear reservoir with feedback regulated inlet as a model for the infiltration process, J. Hydrology, 172, pp.313-330, 1995.
- 2) Diskin, M. H. and N. Nazimov: Ponding time and infiltration capacity variation during steady rainfall, J. Hydrology, 178, pp.369-380, 1996.
- 3) 安藤義久:都市域の浸透能と地形・土質・土地利用との対応関係、水工学論文集、第 35 巻、pp.123-128, 1991.
- 4) 安藤義久、藤村和正、小柳 匡:東川流域の散水型浸透計による土地利用別の浸透能測定、水文・水資源学会 1997 年研究発表会要旨集、pp.77-78, 1997.