

新潟県土木部河川課

正 員

岡村 次郎

東京大学生産技術研究所

正 員

虫明 功臣

1. 研究の目的

雨水浸透トレンチからの浸透速度を物理的基礎に立って評価するには、浸透方程式の数値解析が必要である。しかし、この計算には大型計算機を用いても多大の計算時間を要し、現地流域で一連の降雨あるいは年間での浸透量の評価をする場合には実用的でない。そこで本稿では、物理モデルを用いた数値実験を通して、より簡便にトレンチからの浸透速度が計算できる実用的方法の開発を試みる。

2. 浸透速度に影響を及ぼす諸条件と数値実験に基づく各条件の効果の簡易化

数値実験には Richards 式の差分法による離散化モデルが使用され、水分保持特性（ $\theta - \phi$ 関係）には Haverkamp 式が、透水係数（ $k - \phi$ 関係）には Kozeny 式が用いられる¹⁾。対象とする浸透トレンチの幅は 60cm で 2 次元モデルである。浸透トレンチからの浸透速度の評価には以下のような種々の条件が影響するが、上記の数値モデルによる数値実験、および一部は東大生研千葉実験所の屋外に設置された浸透トレンチ現地模型（寸法：幅 60、高さ 70、長さ 500cm、越流管：底面より 80cm）における観測結果と対照しながら、まず各条件が浸透速度に及ぼす効果を実用的観点から簡易化する。

①飽和透水係数 K_o が浸透速度の時間変化に及ぼす影響：一定水位での浸透速度は時間の経過とともにある終期浸透速度（これは K_o に比例）に達する。 K_o の相違による終期浸透速度に達するまでの時間の違いは、図 1 に示す通りである。 K_o が 10^{-3} cm/s オーダより大きい場合、終期浸透速度で評価しても誤差は小さく、 10^{-5} オーダのように K_o が小さい場合には終期浸透速度での評価は過小値を与える。

②トレンチ内水位と浸透速度との関係：終期浸透速度は、 K_o とトレンチ内水位の一次式の積で表される。すなわち、

$$Q_f = K_o (aH + b) \quad (1)$$

③初期土湿が浸透速度に及ぼす影響：初期の土湿によって (1) 式の a 、 b の値が変わり、したがって Q_f が変化する。 Q_f / K_o の変化の程度は、初期吸引圧 10 cmH₂O と 30 cmH₂O の間では 20%～30% 程度と大きく、30 cmH₂O と 100 cmH₂O の間では数%～10数%と比較的小さい。千葉実験所ほかのトレンチ周辺のテンシオメータによる観測結果を調べると、トレンチからの Q_f を支配すると考えられる底面から 50～100cm 付近の降雨前の吸引圧に

はあまり大きな変化は見られない。観測値を参考として、ここでは吸引圧 30 cmH₂O に対するシミュレーションより得られた値、 $a = 2.77$ 、 $b = 77.11$ を採用する。

④ $\theta - \phi$ 関係のパラメータの相違が浸透速度に及ぼす影響：場所と深度が異なる多くの試料から得られた $\theta - \phi$ 関係を Haverkamp 式に fitting し、それに含まれるパラメータ α と β の各種組合せ、および ($\theta_o - \theta_r$) の異なる値に対して数値実験を行った結果、 $K_o > 10^{-4}$ cm/s では Q_f / K_o に最大 10% 程度の誤差しか与えないことがわかった。

⑤トレンチ内水位の上昇期と下降期における水位と浸透量の関係の相違：千葉実験所の観測資料でトレン

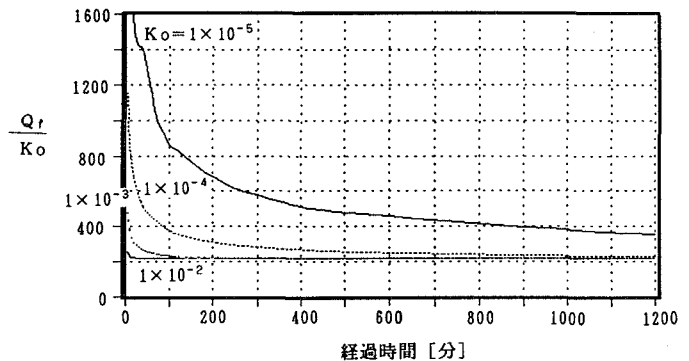


図1 一定水位での浸透速度の推移

チ内水位と浸透速度の関係を調べると、同じ水位に対して上昇期の方が下降期より浸透速度が大きい。この効果は（1）式の水位に関する項に $c \cdot dH/dt$ を加えることによって表せる。 c の値はここでは千葉実験所の観測値を再現するように、数値実験を通じて $c = 4 \times 2.77$ とした。

3. 浸透トレンチからの浸透速度の簡易計算法の提案

以上の検討から、浸透トレンチからの浸透速度を計算するための実用的簡便法として次式を提案する。

$$Q = \alpha K_o (aH + b + c \cdot dH/dt) \quad (2)$$

Q : 単位長さ単位時間の浸透速度 (ml/cm/sec)、 α : $K_o \geq 10^{-3}$ cm/s の場合は 1、 $K_o < 10^{-3}$ cm/s の場合は 1 より大きい補正係数（今後検討の要あり）、 K_o : 飽和透水係数 (cm/s)、 H : 浸透トレンチ内水位 (cm)、 a, b, c : 係数

4. 現地模型への適用性と流入量平均時間単位についての考察

図2は、千葉実験所の浸透トレンチ現地模型の浸透速度の観測値と（2）式による計算値を比較したものである。トレンチ設置サイトを代表する K_o の値が明かでないために再現性のよい値を探すこととし、 $K_o = 7 \times 10^{-3}$ cm/s が採用された。ただし、両端からの浸透の影響があるためにこの K_o の値は実際の値より大きめに評価されていると考えられる。この計算では、流入量の評価は 1 分間隔で行った。

しかし、そうした細かい時間単位で流入量を評価するのは実用的でない。そこで、流入量の評価の時間単位と計算精度の関係について考える。1 分間隔で観測された流入量を順次粗い時間間隔 n 分で平均し、その平均流入量を用い計算した累積越流量を

V_n とする。1 分単位で評価された流入量による累積浸透量 V_1 に対する V_n の割合と時間間隔 n との関係を K_o をパラメータとして表わしたのが図3である。この図より、 K_o が 10^{-4} の場合は 1 時間間隔でも充分な精度を保つが、 K_o が大きくなるにつれて単位時間間隔を短くする必要があることがわかる。

ここでの試算は、長さ 5 m の現地模型トレンチを対象としてそれへの観測流入量を用いたものであるために、 K_o だけをパラメータにとっているが、ある区域に特定の設置密度で浸透施設が設置されている場合を考えると、浸透施設系の浸透能とそれへの流入強度の相対関係が越流量を支配するので、パラメータとして（ $K_o \times$ 設置密度）をとるべきである。こうした現地流域への拡張については今後の課題としたい。

参考文献 : 1) K. Musiak and S. Herath

（昭和62年）：A SIMPLIFIED METHOD OF ESTIMATING INFILTRATION RATES FROM TRENCHES, 土木学会第42回土木学会年講概要集

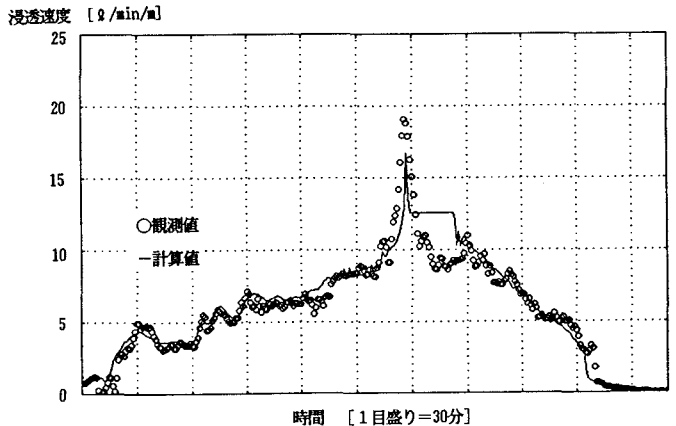


図2 千葉実験所浸透トレンチでの浸透速度の観測値と計算値

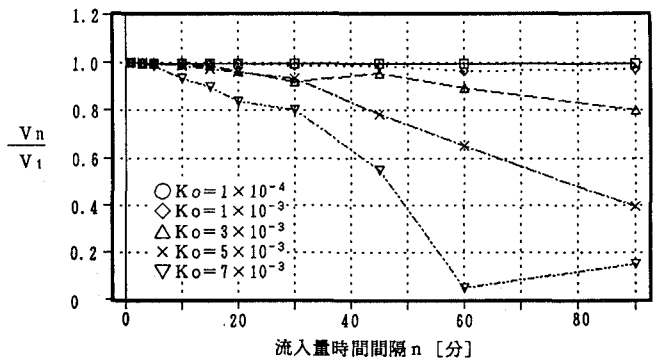


図3 K_o をパラメータとした V_n/V_1 と n との関係