

現地散水試験による流出・浸透特性の把握手法に関する検討

(独) 土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター 正会員 ○田中茂信
 (独) 土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター 正会員 時岡利和

1. 研究の目的

合理式等で流域からの流出を考える際には流出係数を設定する必要がある。豪雨時の流出係数に大きく影響する要素は降雨強度と浸透強度または流出強度である。降雨強度が十分大きい領域では浸透強度は土の浸透能にほぼ等しくなると考えられるが、流出強度は降雨強度とともに変化する。したがって、流出係数は土の浸透特性だけでなく降雨強度などによって異なる値をとるものと考えられる。そこで、本研究では散水試験を行い、降雨強度と土の浸透特性との関係について調べる。

2. 試験方法

写真-1に示すように、高さ3mの位置よりフラットノズル(スプレーイングシステムジャパン社製VEEJETノズル型番HB-U)を用いて1.5m四方に一定強度の降雨を散水し、その中央部1m四方の区画の降雨強度と流出強度を測定する。流出強度はバケツに受けた水の重量を30秒または1分毎に測定し換算した。なお、試験の初期条件を揃えるため、前日に十分散水し、1日おくことにより重力排水が完了した状態で試験を行った。試験は全国7カ所の牧草地、公園等で行った。

3. 試験結果および考察

流出強度の時間変化の事例を図-1に示す。流出の立ち上がり部分はS字型を呈するが、時間の経過とともにやがて安定する。この状態の浸透強度を安定浸透強度 I_s とする。各試験箇所における I_s と降雨強度 R の関係をプロットしたものを図-2に示す。札幌は豊平川に隣接した元牧草地、春日井市と大阪市は公園内のグラウンド、町田市は公園内の自然状態の平地と山地斜面である。他の試験箇所は春日井市や大阪市の試験結果とほぼ重なったためここでは省いた。一般的に、降雨強度が土の浸透能より十分小さい場合にはほぼ全量浸透し $I_s = R$ となるが、降雨強度が浸透能より十分大きければ I_s は浸透能にほぼ一致すると考えられる。このような条件を満たす曲線として次式を考える。

$$I_s = \alpha \operatorname{Tanh}\left[\frac{R}{\alpha}\right] \quad (1)$$

ここに、 α ：降雨強度を十分大きくした場合の安定浸透強度である。

図-2の曲線は同一条件の試験データに対して式(1)を最小自乗法により当てはめたものを示す。この図から降雨強度を変えた場合の安定浸透強度の変化がこの式で比較的よく表されることがわかる。しかしな

キーワード 散水試験、浸透強度、降雨強度、流出係数、Tanh、Logistic 曲線

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 (独) 土木研究所 ICHARM Tel 029-879-6809



写真-1 散水試験装置（風よけ無し）

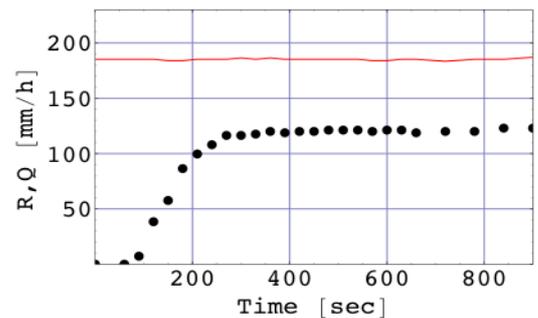


図-1 散水試験での流出強度の時間変化

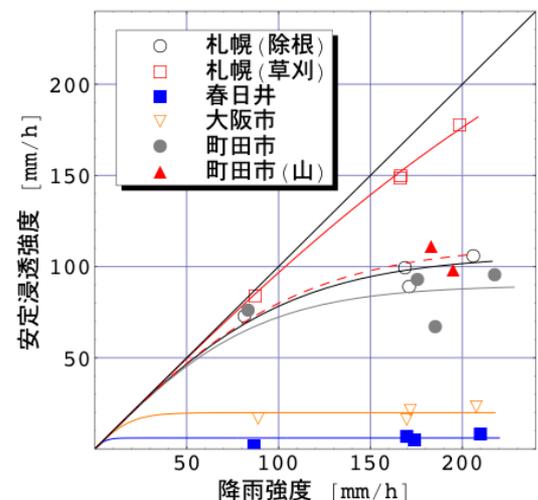


図-2 安定浸透強度と降雨強度の関係

がら、札幌（除根）、町田市および町田市（山）の3カ所については他に比べ安定浸透強度が小さいものが含まれている。これらは3カ所ともにその場所での最後の試験であり、それ迄の散水によるクラスト化等の影響が表れている可能性もある。また、図-3は村井・岩崎（1975）の資料に式（1）を上記と同様の方法で当てはめたものである。著者らが指摘しているばらつきの多い耕耘裸地を除けば概ね良好な適合性を示している。

次に、流出の時間変化に注目すると図-1で示したようにほぼどのケースもS字型に立ち上がることが確認できた。また、同時に測定した土壌水分計の出力も同様にS字型のパターンで時間変化していた。このため、流出強度の変化を次式で示すLogistic曲線で表すことを試みる。

$$Q = \frac{R - I_s}{1 + \text{Exp}\left[-\frac{6}{t_{50}}(t - t_{50})\right]} \quad (2)$$

ここに、 Q : 流出強度[mm/h]、 R : 降雨強度[mm/h]、 I_s : 安定浸透強度[mm/h]、 t_{50} : 流出が安定状態に達するまでの時間の半分[s]および t : 降雨開始からの時間[s]である。式（2）の流出と浸透の関係を模式的に表すと図-4のようになる。Logistic曲線が時刻 t_{50} における点を中心に点対称となっているため、流出が安定する迄の累積流出量は(安定流出強度 $\times t_{50}$)で表され、これと降雨強度との関係を整理すると降雨強度から t_{50} を求めることができる。この関係と式（1）とあわせると任意の降雨強度に対する降雨開始からの流出強度の時間変化を式（2）で得ることができる。

図-5は札幌の試験箇所（除根の後、表層から10cmまで耕耘）の降雨強度の異なる2ケースの流出強度の時間変化に式（2）を当てはめたものであり、赤が降雨強度、黒が流出強度である。この結果より、式（2）が比較的良好に適合することがわかる。

4. おわりに

散水試験のデータを用いて浸透特性を把握し、流出の時間変化を再現する方法を提案した。特に安定浸透強度と降雨強度の関係は式（1）でかなりよく表すことができたことがわかった。この関係を用いると、降雨強度の異なる数ケースの試験により、任意の降雨強度に対する安定浸透強度を得ることができる。流出の時間変化のシミュレーションについても課題は残されているものの比較的良好に時間変化が表せることがわかった。

本研究にあたり、法政大学岡泰道教授、筑波大学恩田裕一助教授、福島大学木内豪助教授、(社) 雨水貯留浸透技術協会 忌部正博氏および(財) 国土技術研究センター 湧川勝己氏にご指導いただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

村井 宏・岩崎勇作：林地の水および土壌保全機能に関する研究（第1報）—森林状態の差異が地表流下、浸透および侵食に及ぼす影響—，林業試験場研究報告，第274号，pp.23-84，1975。

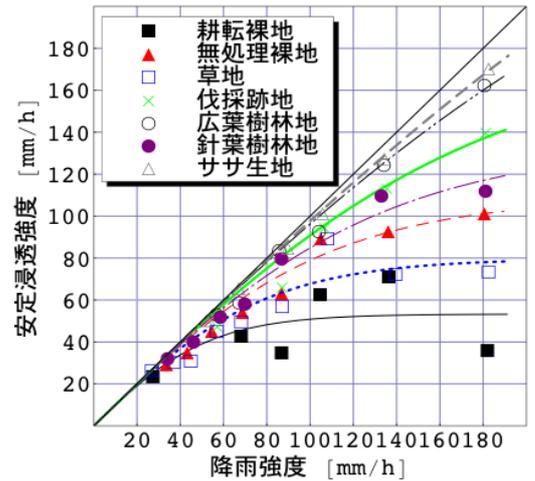


図-3 安定浸透強度と降雨強度の関係 (村井・岩崎)

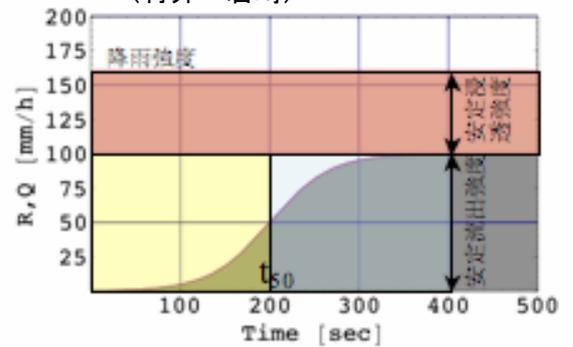


図-4 Logistic 曲線による流出と浸透の関係

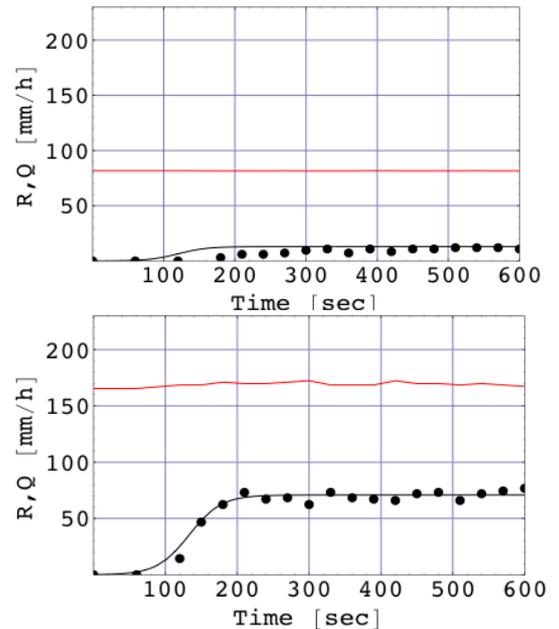


図-5 Logistic 曲線による流出の時間変化のシミュレーション