

樹木根系の存在が花崗岩地域での雨水の側方流出過程に及ぼす影響

信州大学農学部(現 山梨県県土整備部峡東建設事務所) ○碓井 公貴
信州大学農学部 平松 晋也・福山 泰治郎

1. はじめに

山腹斜面を構成する表層土は、表層崩壊の発生源として位置づけられ、表層土内には樹木根系やパイプ（孔隙）、礫、クラック等の不均一要素が多数存在している。このため、表層崩壊の予測精度を向上させるためには、これらの不均一要素が土層内部での水移動に及ぼす影響を定量的に把握する必要がある。本研究では、森林土壌内で最も一般的かつ多量に見られる「樹木根系」に着目し、樹木根系の存在が土層内での雨水の側方流出過程に及ぼす影響を定量的に把握することを目的とし、実験水路を用いた室内散水実験を実施した。

2. 室内水路実験

実験装置は図-1に示すように、散水装置と散水装置への給水用微量定量ポンプ(EYELA RP-1000)、実験砂を充填した幅：15cm×高さ：25cm×長さ：100cmのアクリル製水路、水路上端部(基底流送流部)に基底流として給水するための微量定量ポンプ(EYELA MP-4000)、微量定量ポンプへの給水用貯水タンク、並びに水路下端部からの流出量測定用の電子天秤(新光電子株式会社、HJ-K)とデータロガー(パソコン)により構成される。微量定量ポンプを介して散水装置から供試体表面に与えられた雨水は、供試体内部を浸透し、実験水路下端部に設置した三角堰からの越流量（地下水流出高）として電子天秤により自動計測される。また、水路側面にマノメータを設置し、土層内部に形成される地下水深の経時変化を計測した。実験水路には、長野県上伊那郡飯島町に位置する与田切川中流部の花崗岩斜面内の40cm深度付近で採取した土壌を現地密度で充填した。

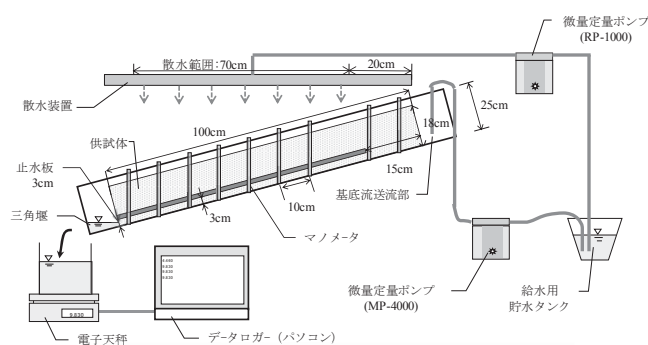


図-1 室内水路実験装置の概要

微量定量ポンプを介して散水装置から供試体表面に与えられた雨水は、供試体内部を浸透し、実験水路下端部に設置した三角堰からの越流量（地下水流出高）として電子天秤により自動計測される。また、水路側面にマノメータを設置し、土層内部に形成される地下水深の経時変化を計測した。実験水路には、長野県上伊那郡飯島町に位置する与田切川中流部の花崗岩斜面内の40cm深度付近で採取した土壌を現地密度で充填した。

散水実験は、水路勾配を15～25°の3パターン、散水強度を25～100mm/hrの4パターン及び擬似根系の有無で2パターンをそれぞれ組み合わせた24ケース実施した。散水時間は、流出高が定常状態に達するのに十分な時間を確保するため、全実験ケースとも7,200sec（2時間）を原則とした。

水路勾配15°、散水強度75mm/hrを一例として、地下水流出高の経時変化を図-2に示す。散水開始直後には地下水流出が開始し、散水時間の継続とともに地下水流出高は増加し、やがては定常状態（散水強度と概ね同値）に達するようになる。擬似根系の存在により、散水開始直後より地下水流出高は増加し、定常状態に達するまでに要する時間は短縮されることがわかる。

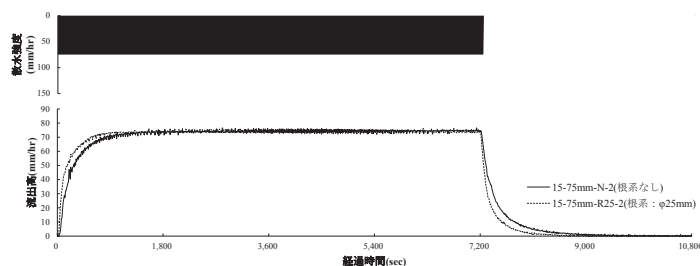


図-2 地下水流出高の経時変化(水路勾配15°,散水強度75mm/hrの場合)

3. 樹木根系の存在が雨水の側方流出過程に及ぼす影響

3.1 根系の存在による流出量の増加

水路勾配15°、散水強度75mm/hrとした場合の散水開始直後から地下水流出高が定常状態に到達

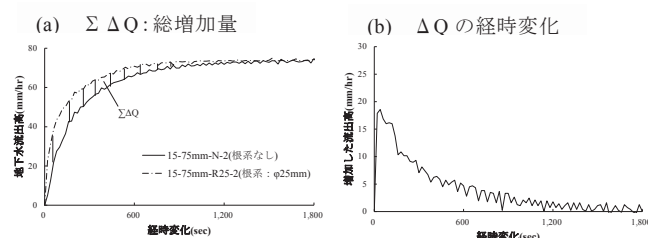


図-3 流出開始～1,800秒間経過時点までの地下水流出高の経時変化

するまで(1,800 秒間)の地下水流出高の経時変化を図-3 に示す。図-3 より、根系の存在により地下水流出高が増加し、根系が無い場合と比較すると同一時刻の地下水流出高が増加(ΔQ)していることがわかる。このため、図-3 中に示す $\Sigma \Delta Q$ が根系の側方流出過程に及ぼす影響となる。

3.2 樹木根系の存在により増加する側方流出量のモデル化

根系の存在による地下水流出高 ΔQ の経時変化は、 Δt : 根系の影響時間(sec), T_p : 増加した地下水流出高がピークに達する時間(以降、ピーク時間と呼ぶ)(sec), $\Sigma \Delta Q$: 擬似根系を埋設した場合の地下水流出高の総増加量(cc), ΔQ_p : ピーク増加流出高(mm/hr)を用いて図-4 に示すように模式化可能となる。

Δt , T_p , ΔQ_p は、水路勾配 : I (rad)と散水強度 : R (mm/hr)を用いてそれぞれ(1)~(3)式で近似可能となる。

$$\Delta t = e^{8.055} \cdot I^{-0.027} \cdot R^{-0.239} \dots \dots (1)$$

$$T_p = e^{5.609} \cdot I^{-0.944} \cdot R^{-0.625} \dots \dots (2)$$

$$\Delta Q_p = e^{-1.433} \cdot I^{-0.334} \cdot R^{0.890} \dots \dots (3)$$

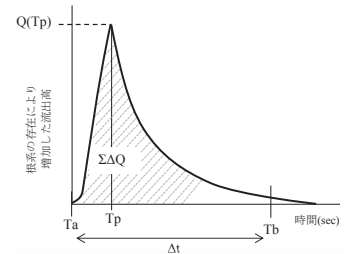


図-4 地下水流出状況の模式図

(1)~(3)式による再現値と実測値との関係を図-5 にそれぞれ示す。

以上の結果を基に、根系の影響時間 : Δt を底辺とし、ピーク増加流出高 : ΔQ_p を高さとする三角形を仮定することにより ΔQ (図-3(b))のモデル

化を行い、その一例を図-6 に示す。図-6 に示したモデルの総増加量 : $\Sigma \Delta Q$ は、(1)~(3)式を用いて(4)式により求めることができる。

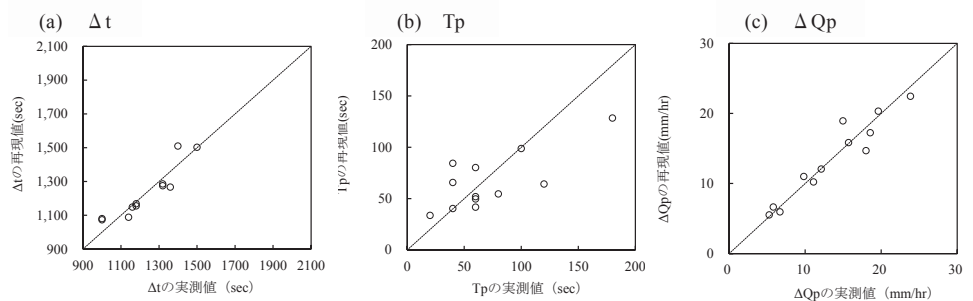


図-5 根系の存在にともなう影響要素($\Delta t, T_p, \Delta Q_p$)の再現値と実測値との比較

$$\Sigma \Delta Q = \frac{\Delta t \times \Delta Q_p \times 1,050}{2 \times 3,600 \times 10} \dots \dots (4)$$

(4)式中の 1,050 は散水面積(cm^2)を意味している。

(4)式による計算結果と実測値との関係を図-7 に示す。

図-6 に示した水路勾配 20° , 散水強度 75mm/hr の場合では、 ΔQ がピークに達するまでは良好な再現性が認められるものの、図-6~7 からわかるように、ピーク後の根系の影響($\Sigma \Delta Q$: 総増加量)を過大評価する結果となった。

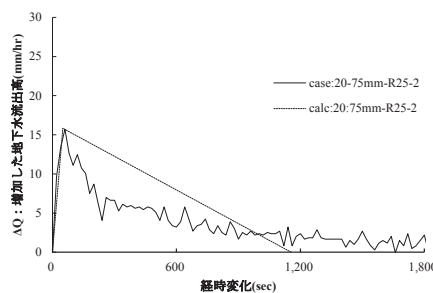


図-6 モデルの再現結果
(水路勾配 20° , 散水強度 75mm/hr)

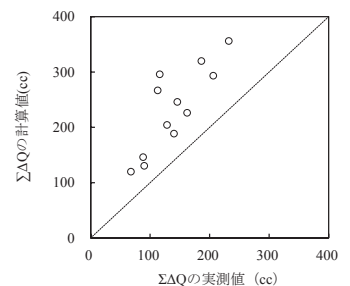


図-7 $\Sigma \Delta Q$ の計算値と実測値との比較

4. おわりに

擬似根系の存在が斜面土層内での雨水の側方流出過程に多大な影響を及ぼす事実が明らかになった。さらに、実験結果を基に、根系の存在にともなう影響要素(Δt , T_p , ΔQ)をモデル化し、再現性の検討を行ったところ、根系による影響を過大評価するといった課題も残された。今後は、再現性を向上させるべく、モデルに改良を加えるとともに、擬似根系の直径や形態を変化させた追加実験を実施し、根系の規模をも説明変数として加味することによりモデルに改良を加える予定である。