

樹木根系が花崗岩斜面土層内での雨水の挙動に及ぼす影響

信州大学農学部 (現 朝日航洋株式会社) ○阿部 美沙
 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の内部には樹木根系や大小の孔隙, 礫, クラック等の不均一要素が多数存在している。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壌内部での水移動に及ぼす影響を正確に把握する必要がある。本研究では, 樹木根系が土層内での雨水の鉛直浸透過程や透水性に与える影響を定量的に把握することを目的として, 森林斜面において採取した大型不攪乱試料を用いて室内散水実験 (鉛直浸透実験) を行った。

2. 鉛直浸透実験

長野県上伊那郡飯島町に位置する与田切川流域内 (花崗岩) の上流尾根部で, A₀層を除く 5~35cm 深度から内径 21cm, 高さ 30cm のステンレス製円筒を用いて大型不攪乱供試体を採取した。微量定量ポンプより供試体上端に与えられた雨水は, 供試体内部を浸透し, 下端部に設置した三角堰の越流量 (地下水流出高) として電子天秤により自動計測される (図-1)。供試体内には, 長さ 270mm

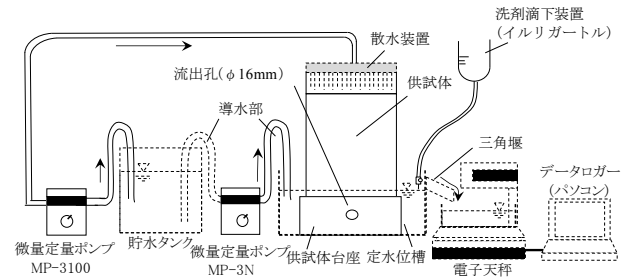


図-1 鉛直浸透実験装置概要

で直径 10mm~25mm の木の棒を擬似活性根として, 同直径の中空のアルミパイプに上端部から 135mm まで 10mm 間隔で直径 5mm の穴を 2 方向に開けたものを擬似腐朽根としてそれぞれ埋設した。実験ケースは散水強度 (10~90mm/hr の範囲) と擬似根系の形態をそれぞれ変化させた 42 ケースである。

擬似活性根を埋設した場合の散水強度 45mm/hr を与えた場合を例として, 地下水流出高の経時変化を図-2 に示す。散水時間の継続とともに地下水流出高は増加し, やがては定常状態に達している。擬似根系の円周長の増加とともに定常状態に達するまでに要する時間が短縮されることがわかる。定常状態に達するまでに要する時間: T_c(sec)は, 擬似根系の円周長: S(mm)と散水強度: R(mm/hr)を用いて(1)~(2)式で近似可能となる。

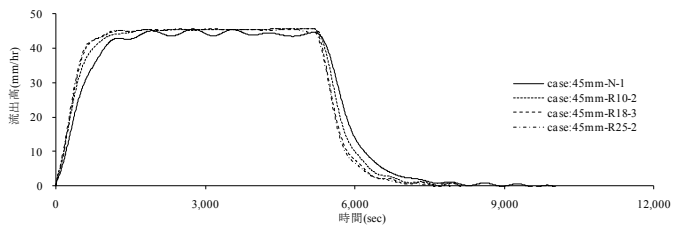


図-2 地下水流出高の経時変化(活性根, 散水強度 45mm/hr の場合)

$$\text{擬似活性根: } T_c = e^{-0.003 \cdot S + 7.590} \cdot R^{-0.111} \quad \dots\dots (1)$$

$$\text{擬似腐朽根: } T_c = e^{-0.003 \cdot S + 7.506} \cdot R^{-0.098} \quad \dots\dots (2)$$

3. 根系周辺部での雨水の挙動のモデル化

根系周辺部での雨水の挙動の特性を示す指標として, 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), ΣΔQ: 擬似根系を埋設した場合の地下水流出高の総増加量(mm), ΔQ_p: ピーク増加流出高 (mm/hr)と定義した (図-3)。

a) 根系の影響時間: Δt

図-4 に示すように, 根系の影響時間: Δt (sec)と散水強度: R(mm/hr)との間には明瞭な負の相関関係が確認された。Δt は R(mm/hr)を用いて(3)式で累乗近似可能となる。

$$\Delta t = 1967.6 \cdot R^{-0.114} \quad r^2 = 0.9575 \quad \dots\dots (3)$$

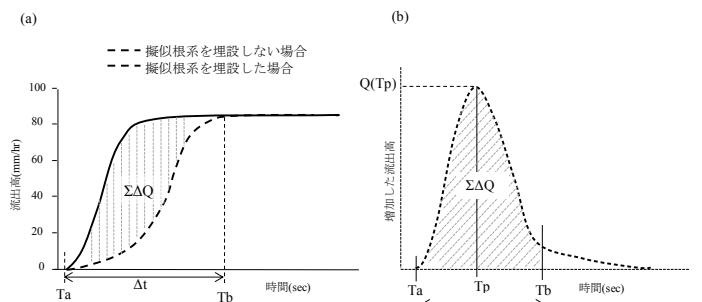


図-3 根系周辺部での地下水流出状況の模式図

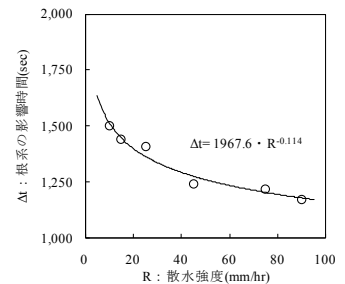


図-4 Δt と R との関係

b) ピーク時間 : T_p

ピーク時間 : T_p は、擬似根系の円周長 : S や散水強度 : R の増加とともに短縮される傾向が認められた (図-5~6)。また、 T_p は T_c を用いて(4)式~(5)式で累乗近似可能となる。

$$\text{擬似活性根: } T_p = 75.256 \cdot T_c^{0.2777} = 75.256 \cdot (e^{-0.003 \cdot S + 7.590} \cdot R^{-0.111})^{0.2777} \dots (4)$$

$$\text{擬似腐朽根: } T_p = 25.425 \cdot T_c^{0.4090} = 25.425 \cdot (e^{-0.003 \cdot S + 7.506} \cdot R^{-0.098})^{0.4090} \dots (5)$$

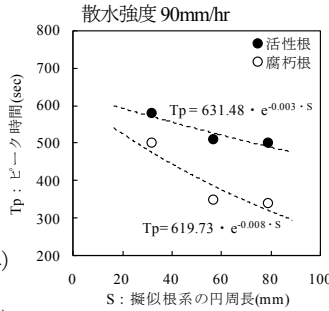


図-5 T_p と S との関係

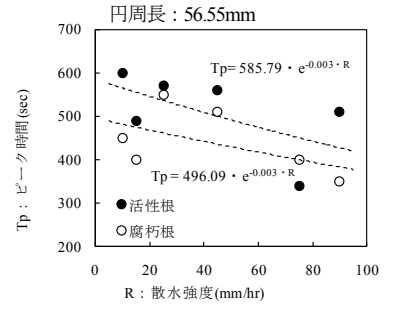


図-6 T_p と R との関係

c) 根系を埋設した場合の地下水流出高の増加量 ($\Sigma \Delta Q$)

擬似根系の円周長 : S や散水強度 : R と地下水流出高の増加量 : $\Sigma \Delta Q$ との間には正の相関関係が認められ (図-7~8), $\Sigma \Delta Q$ は S (mm) と R (mm/hr) を用いて(6)~(7)式で近似可能となる。

$$\text{擬似活性根: } \Sigma \Delta Q = 0.067 \cdot S^{0.617} \cdot R^{0.069} \dots (6)$$

$$\text{擬似腐朽根: } \Sigma \Delta Q = 0.307 \cdot S^{0.252} \cdot R^{0.160} \dots (7)$$

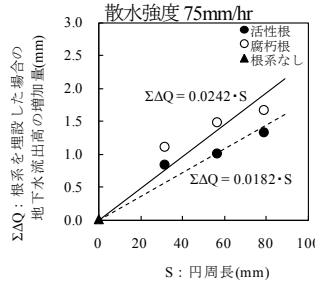


図-7 $\Sigma \Delta Q$ と S との関係

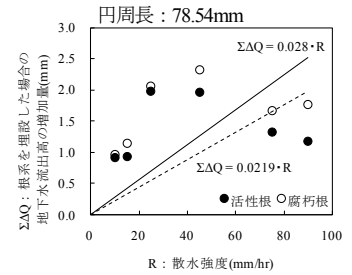


図-8 $\Sigma \Delta Q$ と R との関係

d) ピーク増加流出高 (ΔQ_p)

ピーク増加流出高 : ΔQ_p と擬似根系の円周長 : S や散水強度 : R との間には正の相関関係が認められ (図-9~10), ΔQ_p は S (mm) と R (mm/hr) を用いて(8)式~(9)式で近似可能となる。

$$\text{擬似活性根: } \Delta Q_p = 0.172 \cdot S^{0.624} \cdot R^{0.242} \dots (8)$$

$$\text{擬似腐朽根: } \Delta Q_p = 1.028 \cdot S^{0.207} \cdot R^{0.318} \dots (9)$$

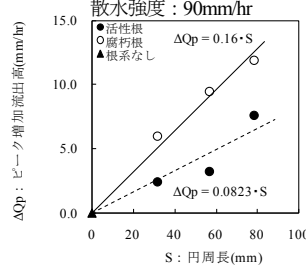


図-9 ΔQ_p と S との関係

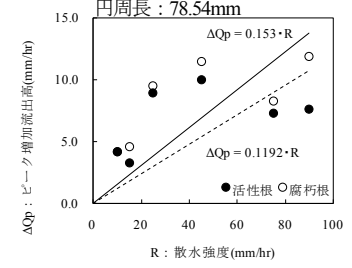


図-10 ΔQ_p と R との関係

以上の結果を基に、根系周辺部での雨水の挙動

(根系による地下水流出高の増加分 ; 図-11(a), $\Sigma \Delta Q$) について、図-11(b)に示すように、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モデル化を行い、その再現結果の一例を図-12に示す。図-12に示した散水強度 10mm/hr, 円周長 56.54mm の場合では、良好な再現性を示す結果が確認されたものの、再現精度の劣るケースも少なからず確認された。

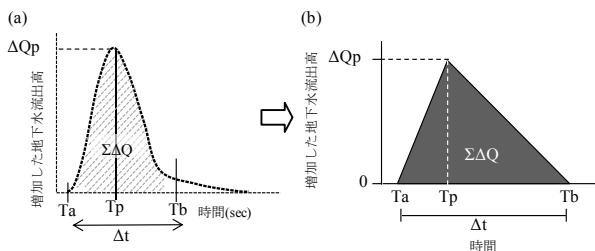


図-11 根系周辺部での雨水の挙動のモデル概念図

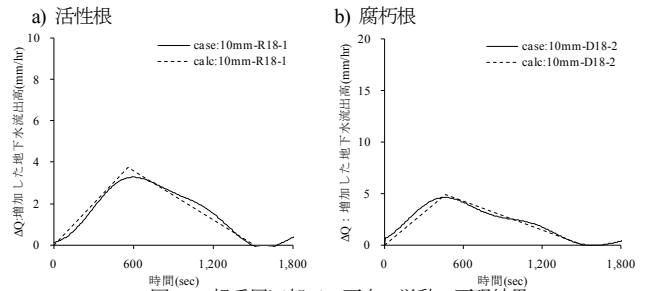


図-12 根系周辺部での雨水の挙動の再現結果 (散水強度 10mm/hr, 円周長 56.55mm)

4. おわりに

本研究で室内散水実験に使用した花崗岩の透水性は高く、既往研究 (宮前, 2004) で得られた変成岩の結果と比較すると、マトリクス流と根系周辺部での流出量の差は小さいという興味深い結果が示された。これらの事実を踏まえ、今後は、火山地域などの地質の異なる土壌を用いた同様の研究を実施し、地質の相違による土層内での雨水の浸透に及ぼす根系の影響の変化を明らかにしていく予定である。また、本研究は、実験室内といった限られた条件下で行ったものである。今後は、本研究で構築した再現モデルを現地斜面に適用することによりモデルの妥当性について検討し、必要性が認められた場合には同モデルに改良を加える予定である。さらに、将来的には、同モデルを崩壊モデルに組み込むことにより崩壊の予知・予測精度の向上を目指す予定である。