

山地流域風化帯における降雨浸透特性の評価

名古屋大学工学部

本多 信二

名古屋大学工学部 正 員

松林宇一郎

名古屋大学工学部 正 員

高木 不折

1. はじめに

山地流域の河川や地下水への涵養機構を考えることは水循環や物質循環等の観点から重要である。そのためには流出水量だけでなく、雨水の流出経路も表現できるモデルの構築が必要と考えられる。この様な観点から、これまで愛知県犬山市の名古屋大学理学部附属犬山地震・地殻変動観測所の観測地下トンネル周辺の山腹斜面のみからなる流域（流域面積8824m²）で観測が行われてきた。図1に流域の地形図を示す。本流域では降雨時にトンネル内からかなりの湧出があることから、表層から風化帯への浸透があると考えられる。本研究では種々の水文観測に加え、地質構造も交えてこの風化帯内部での浸透経路を検討した。

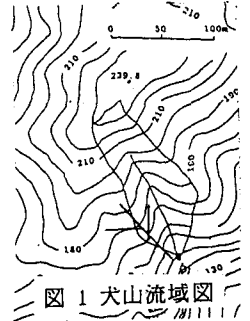


図1 犬山流域図

2. 地質構造

風化帯での流れのモデルの構築にあたり、地形・地質的情報から浸透方向などを推定することが可能である。本流域の地質（図2-1）は美濃帯と呼ばれる中生層に取り込まれた砂岩、頁岩、チャートからなる古生層である。地層の走向は東西であり、傾斜は鉛直やや北落ちとなっている。この様な地域は強い地殻変動の影響を受け、一般に各地層間ですべりが生じている場合が多く、特にチャートと他の地層の間はすべりやすく破砕帯を生じている。トンネルはこれらの地層を貫いて位置しており、図2-2のトンネル入口部での主な湧出部から分かるように湧出は層理面付近に卓越している。またトンネル奥部には破砕帯が存在し常時湧出が確認されているが図3-1からトンネル奥部からは破砕帯以外の層理面からの湧出がないことが分かる。流域は地下から表面に向かって未風化岩、風化岩、表層土壌と漸移しているが、このことから風化は層理面に沿って特に進行し、その深さは表層下約10m位である事がわかる。これは渡辺ら、1981の報告に近い結果である。また一般に風化によって透水性が良くなる事から降雨時の主な浸透は層理面に沿う鉛直方向流れでモデル化できると考えられる。

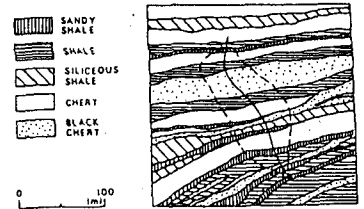


図2-1 犬山試験流域地質図

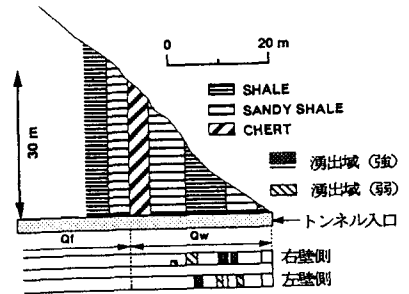


図2-2 犬山試験流域断面図

3. 観測結果と考察

降雨浸透特性の評価を行うためには、量と質の両面から流れの場を取り扱うことが重要である。そのための水文観測として表層からの流出量に関しては流域下流端にある三角堰で水位から流量を測定し、トンネルからの湧出量に関しては志知龍一先生（名古屋大学理学部）のご好意から常時計測されている流量データを使わせていただいた。また、電気伝導度については三角堰とトンネル内での主な湧出点の内の1ヶ所に電気伝導度計を設置し、計測を行った。図3-1に1993年6月29日から7月2日に観測された降雨と流量・電気伝導度を

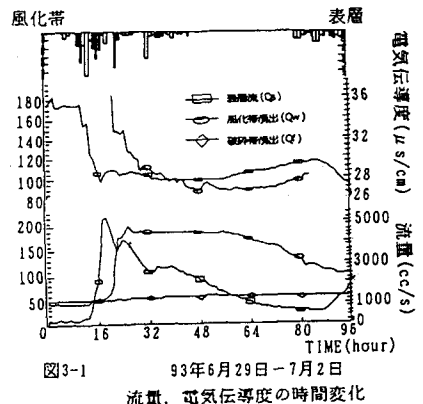


図3-1 93年6月29日～7月2日

流量、電気伝導度の時間変化

示す。この図から表層部からとトンネル入口部からの間における流量グラフには明確な遅れ時間（約6時間）が存在することが分かる。これはトンネル入口部での湧出が表層流ではなく風化帯湧出であることを示しており、以後これを風化帯湧出と呼ぶことにする。また電気伝導度のグラフに関しては表層流と風化帯湧出の間の遅れ時間は約10時間程であり、流量グラフより遅れ時間が大きくなっている。これはトンネル上面に飽和帯の形成もしくは存在することによる圧力伝播的な影響によるものと推定される。図3-2は風化帯からの降雨後の湧出低減図である。この図から風化帯流出での低減はピークから約40-45時間後、同様な低減曲線に落ち着くことが分かる。このことは降雨に対し応答の速い浸透経路と定常的な浸透経路の存在を示唆している。そして、これら二つの浸透経路からの流出主成分がこの時間帯を境として入れ替わると考えられる。

4. 風化帯のモデル化

以上から山腹斜面風化帯での浸透経路を図4-1のようにモデル化する。降雨に応答の速いlarge aperture regionの経路では、トンネルが大気圧になっていることや山体の重みを考慮して被圧地下水的に指数変化で表し、無降雨期間が続くとトンネル上面の飽和域は消滅するとする。一方、定常的な流れのsmall aperture regionの経路では、Green-Amptモデルを用いて毛管力が効く流れとする。このモデルの妥当性を評価するために、地表からの涵養が無視できる低減部を用いる。同定の結果が図4-2である。ここで $\alpha = Kf/LF = 8 \times 10^{-6}$ とした。渡辺ら、1981と同じく風化帯における透水係数を $k = 1.0 \times 10^{-5}$ m/sと仮定するならば、地形・地質の要素で決まる f/LF は0.8となる。計算値は観測値をよく再現している

5. 終わりに

本研究は現地水文観測及び地質的観点から風化帯における浸透経路の推定に必要な情報に対する考察を行った。今後は以上のことや $\delta 180$ 等のデータから更に流れの場のモデルを發展させ、表層から風化帯への浸透能を定量的に扱っていきたいと考えている。

参考文献

渡辺邦夫・茂木君朗・志治龍一(1981): 破碎帯流れの特徴とその数値シュミレーション, 応用地質, 22巻, 1号, PP105-117.

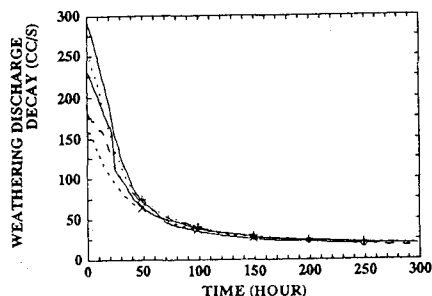


図 3-2 風化帯湧出低減図

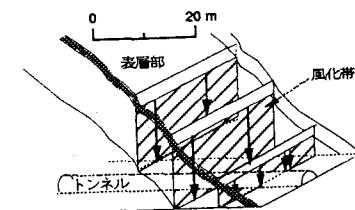


図 4-1 風化帯浸透モデル

$$B_c F \frac{dH_c}{dt} = B_c R_c - Q_c(t)$$

$$Q_c(t) = k_c B_c f \frac{H_c(t)}{L_c}$$

$$H(0) = H_{c0}, \quad Q_c(0) = Q_{c0}$$

$$Q_c(t) = Q_{c0} \exp(-\alpha_c t)$$

$$\alpha_c = \frac{f k_c}{F L_c}$$

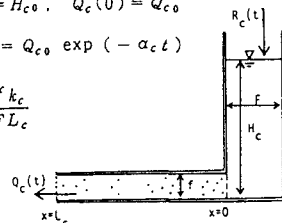


図 4-2 被圧地下水流出模式図

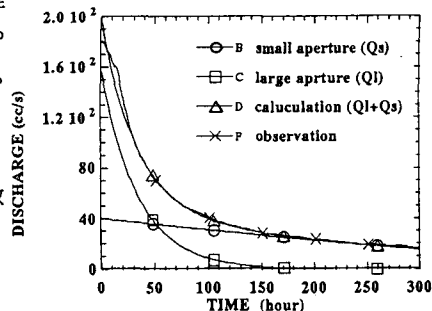


図 4-3 風化帯低減部のフィッティング