

埼玉大学

工学部 正会員 ○ 渡辺邦夫

豊橋技術科学大学

工学部 正会員 中村俊六

はじめに

従来から山地小河川の流出解析は数多く行なわれ、種々の解析モデルが提案されている。流域の斜面上に顕著な表面流出が認められない地域では、斜面内の地下水流れが小河川の流出特性を決定していると考えられることができる。したがって解析モデルでは、斜面内の地下水流れの性質をよく表現することが重要である。今回の研究は実際の流域内のモデル的降雨に伴う地下水流れを三次元有限要素法により解き、観測された流出特性と比較して問題点を考察したものである。

1 解析対象地域と流出特性

今回解析の対象とした地域は、従来から筆者らが地下水流出解析を行っている愛知県犬山市の名古屋大学地震観測所付近である。図-1に対象流域の地形を示す。対象河川流域は約8000 m^2 である。この地域の地質は主に古(中)生代のチャート、頁岩層より成り、表土層厚は30~150cm程度である¹⁾。斜面上の表面流出はほとんどみられない。図中対象流域を実線で示した。X点にセキを設

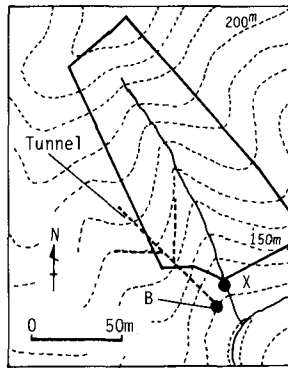
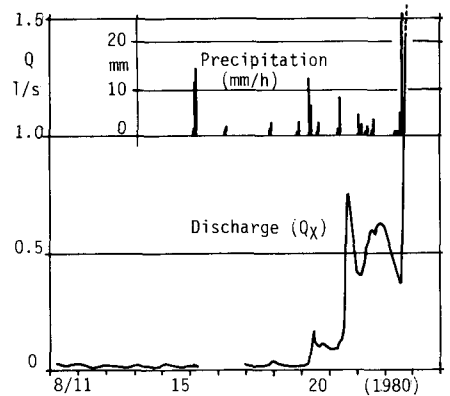
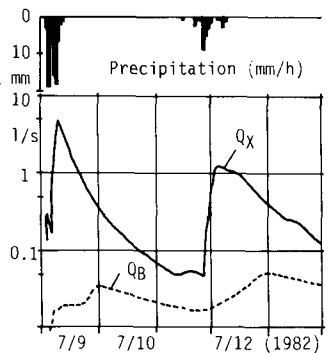


図-1 解析対象地域

図-2 降雨と河川流出量(Q_x)

け流量を測定している。また図中破線で示すような観測横坑があり、B点において横坑入口付近に表土層や浅部風化岩盤を通して湧出する地下水量を計測している^{1),2)}。以下、X点で測られた流量を Q_x 、B点流量を Q_B と書く。

降雨と Q_x との関係を1980年8月11日~8月23日について図-2に示す。8月15日以降、雨が降りつづき全体に流出量が増加していることがわかる。これは流域の飽和度が全体に上昇したことによるものと考えられる。流出量は降雨に対して良い応答を示し、流出ピークは降雨終了後3~4時間後である。図-3は降雨と Q_x 、 Q_B それぞれとの関係を1982年7月9日~7月13日について見たものである²⁾。 Q_x のピークは図-2と同様降雨から3~4時間遅れている。これに対し Q_B のピークは Q_x のそれより約20時間遅れている。この遅れは一般的に観察されている。これについては流出地点の地形の違いなど多くの原因が考えられるが、1つの理由として、流域内地下水流動に速い流れと遅い流れがあることも想定される。

図-3 降雨と流出量(Q_x , Q_B)との対応

2 解析モデル

解析は斜面内の飽和-不飽和浸透流をRichard, Kluteらの考えに基づいてあらわし、それを有限要素法を用い

て3次元的に解いた。流域の要素分割状態を図-4に示す。各要素は20節点を持つ2次の6面体アイソパラメトリック要素である。領域は鉛直方向に2層、平面的に20個の合計40要素、329節点に分割されている。各要素の鉛直方向厚さは1mである。従って解析場の厚さは2mである。前述したように、この流域の表土層厚さは30~50cmであるから、地下水流れの場として表土層と一部風化岩盤を含んでいることになる。計算境界条件は、周囲境界および下底面で流入出0、斜面上面および河道に面した鉛直断面上で自由浸出面条件とし、さらに斜面上面に降雨を与えた。また河道に入、た水は急速に下流端に流下すると考えた。

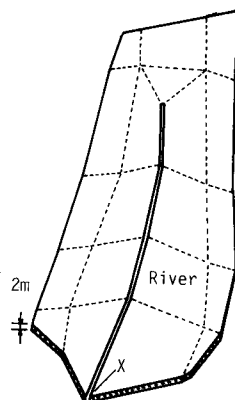


図-4 流域の分割
(40要素329節点)

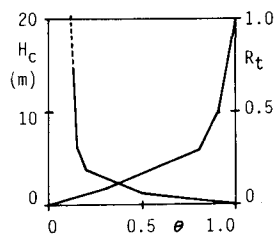


図-5 飽和度(θ)と毛管水頭(H_c)、透水係数比(R_t)の関係の仮定

つぎに、飽和度(θ) - 毛管水頭(H_c) 関係、飽和度(θ) - 不飽和透水係数($k(\theta)$) 関係については図-5のように仮定した。図中 R_t は飽和透水係数(k_s)に対する $k(\theta)$ の比である。飽和透水係数は、表土層不攪乱試料により $10^{-3} \sim 10^{-1} \text{ cm/s}$ 程度が得られている。今回、一般に上層軽透水係数が大きいことを考慮して、図-4の下層要素を $2 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ に設定し、上層要素を $5 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ (パターンA)、 $1 \times 10^{-1} \text{ cm/s}$ (パターンB)の2種類を与えた。初期条件は、全節点に河道下流端標高に等しい一定ポテンシャルを与え、流れのない状態とした。

3 解析結果と考察

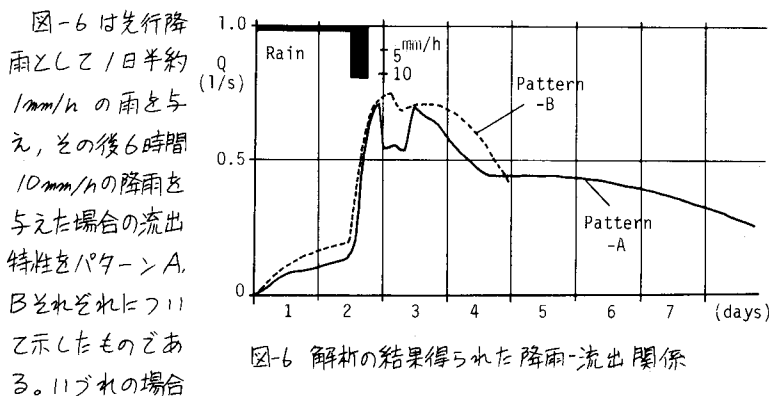


図-6 解析の結果得られた降雨-流出関係

も降雨終了後1~3時間後、およびその約20時間後の2つのピークを示す結果となっている。これは上層と下層の透水性の差に起因するものであろう。これらのピーク時間は、図-3の Q_A 、 Q_B 2つのピーク時間にはほぼ対応しているようにみえるが、実測との対応については今後さらに検討してゆきたい。

図-7は上層と下層の境界面上の降雨終了時のポテンシャル分布(a)、飽和度分布(b)をみたものである。(a)から、地下水は斜面下方に、ほぼ河道に平行に流下することがわかる。また(b)より、河道上端、中流部、下流部に100%飽和度の部分があり、そこから主に地下水が河道に流出することがわかる。

以上のように、3次元浸透流解析によって、流域の地下水流れ特性をよく推定しうることがわかる。今後実際の降雨を与えて解析し、実測の流出量と比較して問題点をさらに詳細に調べてゆきたい。

参考文献 1) 渡辺邦夫, 茂木君郎, 志知竜一, 破砕帯内地下水流れの特徴とその数値シミュレーション, 応用地質, Vol. 22, No. 1, 1981.

2) 宮本良平, 小林由美, 中村俊夫, 高木折, 出水時における河川水温の変動, 第27回水理講演会論文集, pp. 213-218, 1983.

3) 渡辺邦夫, 今村久, 斜面モデル内の水みち形成に関する基礎的研究, 第28回水理講演会論文集, pp. 527-533, 1984.

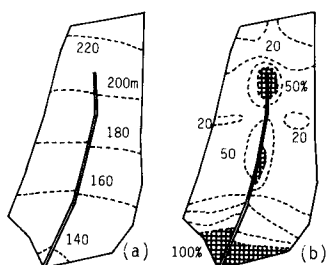


図-7 上層下層境界面上のポテンシャル(a)、飽和度(b)の分布
(降雨終了時)