

II-76 コンピュータグラフィックによる地下水流動解析について

熊本工業大学 正員 武上成比古

はじめに

造成団地の排水計算や畑地・水田ほ場整備の排水計算等において、合理式のように一律に流出率を適用したり、一般の河川流出解析のように集中パラメーターを用いることは必ずしも適当ではない。排水量は地表の状態や地形の変化、排水路線の配置、排水敷高等の直接的排水要因から算定されるべきであり、また非連続も累加的な降雨の効果、さらには地下水流動との関連から算定されるべきである。この目的に沿った計算方式として、ここでは準一様流による平面2次元流を用いたが、新法を工夫として地表から自由地下水面までの雨水の浸透・貯留・伝達への過程を表わす計算式の採用、排水路線に応じて予想される地下水流動の主流方向に沿って座標軸をとる、地下水等高線の表示によって流況状態の変化を理解する、の3点を試みた。計算結果は時間的、場所的に大きな配列となるが、これをグラフィック表示することによって計算過程と内容の理解が容易である¹⁾。

1. 雨水の地下水面への伝達

雨水が地下浸透を経て地下水面に到達する時間と伝達割合については、降雨による飽和帯の厚さの増大が伝達量を増大させ、伝達によって飽和帯の厚さが減少するとする次の繰返し計算によった。

$$nHR = n_1HR + nR/SC \quad nHR: \text{降雨による飽和帯の増大}, nR: \text{雨量}, SC: \text{貯留係数} \quad \text{----- (1)}$$

$$R1 = nHR \cdot S1 \quad R1: \text{雨水の伝達量}, S1: \text{透水係数} \quad n: \text{時点} \quad \text{----- (2)}$$

$$n_1HR = nHR - R1/SC \quad n_1HR: \text{雨水伝達による飽和帯の減少}$$

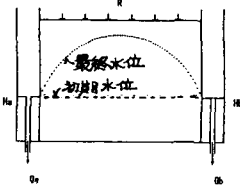


図-1 実験水槽

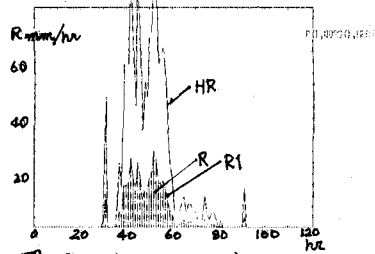


図-2 R, R1, HRの変化
(SC=0.15, S1=0.0005/sec, 時間単位(hr))

図-1は実験水槽 100×100×250 cm、図-2は本報告における降雨事例についての繰返し計算の結果であって、Rは棒グラフ、R1, HRは折線グラフで示した。R1は60秒単位での繰返し計算の1時間の合計であり、その変化はRの変化を多少平均化している程度である。HRは降雨入力の飽和帯の厚さを示している。

2. 差分式

1. 連続の式と運動の式 (4)式によってx方向とy方向の流動量Qを求め、(3)式に代入し水位Hを求める。

$$\left. \begin{aligned} nH_{xy} &= n_1H_{xy} + \{ R_n \cdot D_{xy} \cdot D_{yz} + (n_1Q_{xy} - n_1Q_{x-1,y}) \cdot D_{yz} + (n_1Q_{yx} - n_1Q_{y-1,x}) \cdot D_{xz} \} / (D_{xy} \cdot D_{yz}) / SC \quad (3) \\ nQ_{xy} &= -S1 \cdot nH_{xy} \cdot (nH_{xy} - nH_{x-1,y}) / D_{xy} \cdot D_z \cdot D_B \\ nQ_{yx} &= -S1 \cdot nH_{xy} \cdot (nH_{xy} - nH_{x,y-1}) / D_{yx} \cdot D_z \cdot D_B \end{aligned} \right\} \quad \text{----- (4)}$$

ここで nH_{xy} : 地下水位, n : 時点, x, y : 座標, R_n : 降雨量, D_{xy}, D_{yz} : x方向, y方向の計算点間距離, nQ_{xy}, nQ_{yx} : x方向, y方向の地下水流動量, D_B : 単位巾

ロ. 境界条件

水位: 両端が排水路の場合や不透水層上の流動については両端の排水位を一定とする。砂丘地下水のように不透水層上の流動を考えない地下水位計算には一端のみについて排水位一定とする。(本報告の場合)

流量: 両端の流量については計算領域外への流出、領域内への流入条件を与える。

ハ. 初期条件

特定の降雨状況から想定される地下水位を初期条件とする。

ニ. 座標軸のとり方

図-8に示すように地下水流動の主方向となる等高線に直角の方向にY軸を、流出河川および流域境界線に沿う方向にX軸をとり、その間隔をそれぞれ D_{yx} , D_{xy} とする。

3. 実験水槽における実測と計算結果

図-1の実験水槽において左右両端の排水位をそれぞれ30, 32 cmとした時、30, 55 cmとした時の地下水位分布を図-3と図-4に、左端の排水位のみを一定、8 cmとした時の地下水位分布を図-5に示した。これらの計算結果は実測値にほぼ一致したが、その特性は地下水流動量の大きいところから小さいところに向つて地下水の山が生じている点である。($S_1=0.0005$ m/s, 計算時間间隔 6秒)

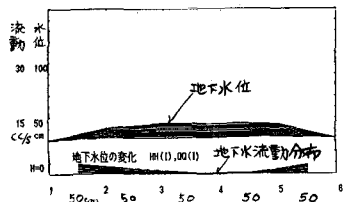


図-3 水位差小, 両端固定

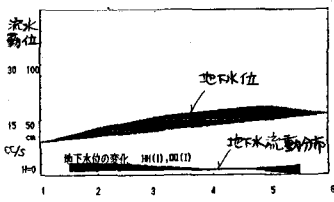


図-4 水位差大, 両端固定

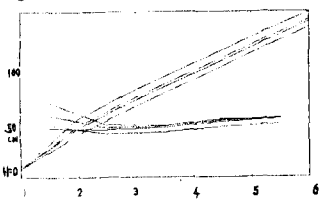


図-5 左端のみ固定

4. 砂丘地モデルについての計算

図-9に示すような砂丘地地形図を用いる。透水係数0.0005 m/s, 貯留係数0.15とし、図-2に示した降雨を入力した。その $x=3$ の断面 ($D_{1,3}, D_{2,3}, D_{3,3}, D_{4,3}, D_{5,3}$) において、15, 27, 39時間後の地下水位 H と流動量 Q の分布を表わすと図-6となる。図-7は雨水の地下水位運量と図-8に示す河口点での流量を示している。

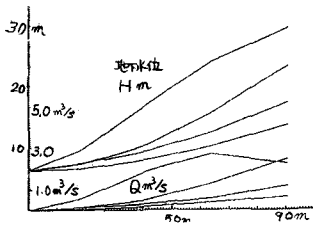


図-6 $x=3$ における地下水位と流量

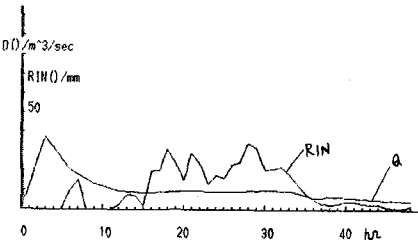


図-7 雨水の伝達量と河川流量変化

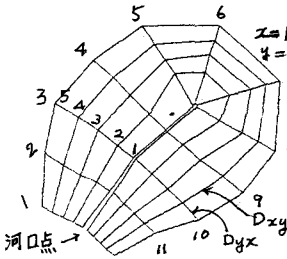


図-8 座標軸

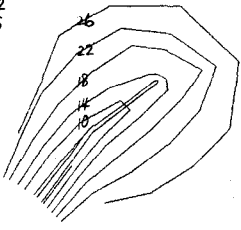


図-9 地形図

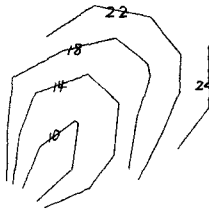


図-10 27時間後

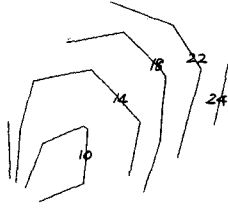


図-11 39時間後

Q は $x=1 \sim 12$ における河川流出量 nQ_{yx} の合計として求めた。 Q の3時間後の流量が大きいのは初期地下水位を地表高に等しくとつたため10時間以降には降雨変化に伴つた変化を示している。全体として地下水流出による均平化した流況を示している。地下水等高線は図-9から図-10, 図-11と次第に緩勾配になっていく。

参考文献 : 1) 武上威比古 浸透能を考慮した洪水流出解析について, 昭和57年度 土木学会西部支部講演集