

流線法を適用した非定常地下水流動解析モデルについて

熊本工業大学 正員 〇武成比古

熊本工業大学 正員 橋村隆介

はじめに 自然界に見られる地下水流動は河川の水源かん養、低平地排水、集水暗渠による湿田排水等に見るように、その原因は流動システムの最下流点からの流出に起因している。もしこの流出がなければそれより上流での流動は起り得ず、その結果流水の枯涸、たん水、排水不良等が生じる。そしてある地点での地下水位を形成している流動水量は自然界が与えた有限で非定常な降雨に起因したものであり、一方流出の条件はさらにその下流の河道水位の変動や排水パイプの制水弁によって支配される。そのため流線に沿って流量が一定値を保つ定常の流れは起り得ない。いかにせよ定常流についての地下水流動計算が可能であっても、それによって土木構造物の設計に関連する相応な広がりを持った地下水流動現象の解析は困難であり、特にその極値を求める計算については非定常流の計算が不可欠と思われる。また流動の基礎式としてダルシー則を用いる場合、考慮すべき点は透水係数が地質、地層によって、また地下水流動の繰り返しによる水みち形成によって変化することである。そのため流動の場において透水係数の分布を与えるデータの入力が必要になる。

これらの条件を満たすために図-1に示す^{ように}流動の場を流入流出の境界条件に従ってブロック別に分割し、それぞれのブロック別極座標における流動計算を配列計算により順次行ない、全体として流動の場におけるポテンシャルの分布を計算するシステムを考える。この計算においては計算の起点となる初期ポテンシャルを設定することがまず必要である。

1. 境界条件と初期ポテンシャル分布 そこで特定の境界条件の下に定常流が起り得たとして、その時点でのポテンシャル分布を求め、その時点以後については上下流点において変動する流入、流出量を与え、最下流から最上流までのポテンシャル変化を求める計算を行うことにより非定常地下水流動の計算が可能になると考えられる。ここでは上下流部の河床面が自由地下水面下にあるフローティングダムについて流線網法を援用し、目的とする初期ポテンシャル分布を求めた。(図-1)

イ. 等ポテンシャル線 上流部のポテンシャルは感流によって一定水位を保つ自由水面によって与えられ、地下水浸透は単位河川中において上流部地表から下流部地表へ、また河川縦断方向に上流断面から下流断面へ、それぞれ直角に流入、流出するものとする。この上下流断面を等分し、双方の等分点を結んだ適当な曲線をえがく。これを流線と考え、コンピュータグラフィックによって流線に沿い(X軸方向)これをブロック数で等分する点のX座標値を求める。(図-2の○印)

この等分点をY軸方向に結んだ線を等ポテンシャル線と考え、

ロ. 等流量線 図-4に示す流動量計算の手法によって流線方向にわけのブロック別流量を求め、そのポテンシャル線に沿う総和をブロック数で等分する点の座標をコンピュータグラフィックにより求める等流量線とする。(図-3の○印)

ハ. 流動計算座標軸 イの区分とロの区分で出来た網の目を流動量からポテンシャル値を求める計算の座標軸とする。それぞれの極座標系における図-4に示すP点の計算値を流線方向に折線で結んだポテンシャル分布についてこれを等分する点の座標値を求め、各線の等分点をY軸方向に等価線で結び求める等ポテンシャル分布とする。

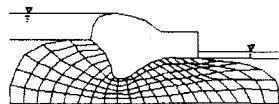


図-1 フローティングダム



図-2 等ポテンシャル点



図-3 等流量点

二. 初期ポテンシャル分布 口, の流動量計算では流線方向にブロック別のポテンシャル差を等しくとっているが面積が異なるので流動量も異なる。しかし定常流を仮定した場合, 流量は流路に沿って等しくなるべきである。これは流線の大小による流体の伸び縮みの問題, いわゆる座標軸面に対し直角の方向で考えるポテンシャル分布の問題である。そのブロック別ポテンシャル差の合計が流入, 流出端のポテンシャル差となり, ブロック別流動量が等しくなるように調整した場合のポテンシャル分布を求め初期ポテンシャルとする。

2. 地下水流動計算

イ. ブロック別計算 図-4に示すようにP点の座標値をX, Y, X方向の流動量をQX, Y方向をQY, X軸の長さをdx, Y軸をdy, 面積をΔA, ポテンシャルをh, ポテンシャル変化をΔhとし, これらのX, Y方向の配列を*i*=1~*n_i*, *j*=1~*n_j*, 時間経過を*n*=1, 2, ... と表わす。X軸方向の透水係数を*k_x*, Y軸方向を*k_y*。計算時間をΔ*T*とし, 計算時点毎の下流端流量増加率をQ*d*と表わす。

n=2において *i*=1, *j*=1~*n_j* の計算

$$Qd_{i,j} = \text{初期流動量}, QX_{i,j} \cdot \text{増加率}, \quad 2\Delta h_{i,j} = Qd_{i,j} \Delta A_{i,j}, \quad 2h_{i,j} = h_{i,j} + 2\Delta h_{i,j}$$

$$2QX_{i,j} = (h_{i+1,j} - 2h_{i,j} + h_{i-1,j}) / dx_{i,j} \cdot \Delta A_{i,j} / dx_{i,j} \cdot k_x \cdot \Delta T, \quad (\Delta A_{i,j} / dx_{i,j} = X\text{軸方向の流路巾})$$

$$2QY_{i,j} = (h_{i,j+1} - 2h_{i,j} + h_{i,j-1}) / dy_{i,j} \cdot \Delta A_{i,j} / dy_{i,j} \cdot k_y \cdot \Delta T, \quad (\Delta A_{i,j} / dy_{i,j} = Y\text{軸方向の流路巾})$$

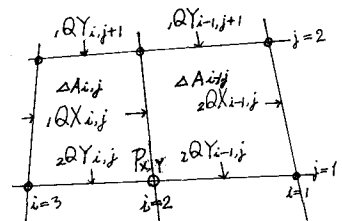
n=2において *i*=2~*n_i*, *j*=1~*n_j* の計算

$$2\Delta h_{i,j} = \{ (QX_{i,j} - 2QX_{i-1,j} + QX_{i-2,j}) + (QY_{i,j+1} - 2QY_{i,j} + QY_{i,j-1}) \} / \Delta A_{i,j}$$

$$2h_{i,j} = h_{i,j} + 2\Delta h_{i,j}$$

$$2QX_{i,j} = (h_{i+1,j} - 2h_{i,j} + h_{i-1,j}) / dx_{i,j} \cdot \Delta A_{i,j} / dx_{i,j} \cdot k_x \cdot \Delta T$$

$$2QY_{i,j} = (h_{i,j+1} - 2h_{i,j} + h_{i,j-1}) / dy_{i,j} \cdot \Delta A_{i,j} / dy_{i,j} \cdot k_y \cdot \Delta T$$



口, 計算結果 透水係数 $k_x = 0.005 \text{ m/s}$, $k_y = 0.002 \text{ m/s}$ とし, $\Delta T = 60 \text{ sec}$ 毎, $Qd = 0.01$ の場合の10分後のポテンシャル分布は, 図-5の座標軸および等ポテンシャル分中に対し図-6となった。

n=2, *i*=2, *j*=1におけるP*X*,Yの計算

図-4 ブロック別計算



図-5 流動計算座標軸と等ポテンシャル線



図-6 計算結果のポテンシャル分布

ハ. 結果の検討 この計算結果は極座標軸として与えたブロックの流入端, 流出端のポテンシャル線の形に支配されているといえる。特に上流の地表から下流の地表に極所的に流動する流路に力いては河川の上流から下流へ直轄流下する流路と同一の分割数であるためブロックの形状が矩形に近くなり, 計算結果を悪くしている。図-7~8は以上の計算と同様を手法をとり, 前巻と後巻のブロック分割数を変化させた場合の計算結果を示しているが, この場合は地表から地表への極所的な流動が見られる。

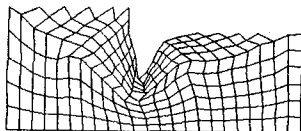


図-7 流動計算座標軸と等ポテンシャル線



図-8 計算結果のポテンシャル分布

参考文献 1) 武上茂比古 揚水井戸影響圏の地下水流動解析について, 昭和59年度 土木学会西部支部講演集