

広域地下水の数値解析における諸問題について

岡山大学工学部 正会員 河野伊一郎
岡山大学工学部 正会員 西垣 誠
岡山大学工学部 学生員 ○早瀬宏文

1. まえがき

近年、都市周辺においては工場などによる過剰揚水や周辺地域の宅地化、排水溝の整備などにより、慢性的な地下水位低下が大きな社会問題となっている。また、土木工事も年々大規模化してきており、周辺地下水へ及ぼす影響が大きくなっている。このような地下水の挙動を解析するには、地盤や境界条件の複雑さに対処しやすい差分法や有限要素法による数値解析法が一般に用いられてきている。しかし、数値解析を行なう場合には、その解析領域、境界条件、初期条件、地盤定数などの決定方法によって解析結果が異なってくるため、その取り扱いには十分な注意を必要とする。本研究では、広域地下水の数値解析における解析領域のとり方、境界条件の取り扱い方などについて考察を行なった。

2. 境界条件の取り扱い

(1) 河川、池、海岸線

広域地下水を解析する際に、解析対象領域の境界と考えられる所にある河川や海岸線、および領域内での水路や池の取り扱いはいしばしば重要な問題となる。最も簡単な境界条件は、河川や池を水位が一定な境界条件として解析する方法であるが、この場合には、地下水位と河川が図-1(a)に示すように連結しており、地下水は河川より直接かん養を受けている時だけに用いられる。

地下水位の高い時期にはしばしば河川の境界条件はこのように一定水位として取り扱えるが、渇水期では地下水位も低くその場合は図-1(b)のようになる。すなわち、河川の下で地下水位がマウントして河川から一定流量のかん養がなされていると考えた境界条件を導入する方が妥当な境界条件となる。このかん養流量については、現状解析で、河川下の水位を図-1(b)のA点に固定して、その点の流入量を求める。この流入量を用いて、A点の水位が固定されている条件から水位が変動できる条件に境界条件を変更して、地下水位変動の解析を実施する必要がある。

池の場合についても同様の取り扱いをする必要がある。特に池については、表流水の流速がきわめてゆっくりしているため、底部に沈殿物が堆積していることが多いので、図-1(b)のような状態になることが多い。河川や池についての境界条件の判定には、河川の周囲に地下水位観測用の井戸を設けて、その観測結果と河川水位の変動結果を比較すればよい。

海岸線の境界は塩水クサビの浸入等を解析する際に必要となるが、被圧滞水層では、しばしば海水面より高い地下水の水頭を計測することがある。したがって、最も理想的な方法は、解析の対象となる境界線上に数個の観測井を設けて、その水頭を経時的、経年的に計測して、境界条件を選択する手法である。

(2) 山地部と平野部の境界条件

一般に山地部と平野部の境界では、山地の植林や土地利用によっても異なるが、降雨の数制は山地内に不飽和状態で確保され、その水はゆっくりと平野部の地下水にかん養していると考えられる。したがって、一定流量に近いかん養があると仮定することが妥当である。この仮定は、きわめて簡単であるが、その流量を決定することは困難である。

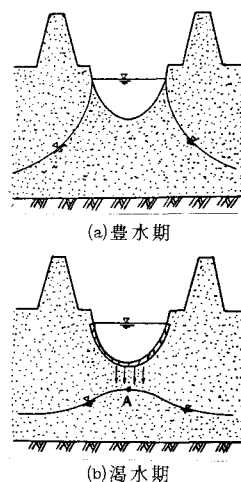


図-1 河川からのかん養状況

この流量を求める方法として以下の手法が考えられる。最初に、現状の地下水の解析を実施する際には、境界線上にも観測井を設けて、その経年的な変化を計測する。この境界での水位が下流部より高い場合には、その水位を維持するだけのかん養が山地部よりなされていると考え、第一段階として、境界の水位を一定として解析を実施して、その点の流量を求める。その後の解析ではこの一定の流量があるものとして解析を進める。すなわち図-2でA点より一定流量 Q が流入しているとして解析を進めると、下部で掘削した場合に上流の地下水位は自由に変化できる。しかし、A点での水位を一定とすると、下部で掘削しても、掘削面より上部の水位はA点が固定されているために自由に低下しない。したがって、A点の地下水位を自由にして、流量を一定として取り扱うことが、山地部と平野部の境界として適切である。

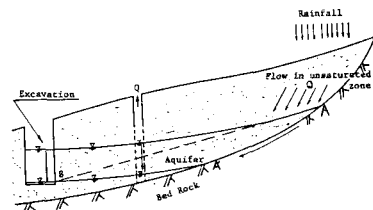


図-2 山地と平野部の境界での水位低下

(3)地表面での境界条件

地表面での境界条件としては、降雨浸透と水田からの漏水が考えられる。降雨の浸透能は地表面の状態、降雨継続時間、降雨強度によって大きく変化し一定値と定めることは困難である。したがって、広域地下水の解析では平時の降雨量の観測と地下水位、地表水位等の経時的な変動を観測して、総合的な判断によって浸透能を決定する必要がある。

水田からの地下水へのかん養については、水田の水位低下量から蒸発量を減じた量が地下水への漏水量として求められるが、この値についても、水田下の粘土層の厚さや、滞水層を形成している上の不飽和浸透特性によって異なってくる。

(4)揚水井の分布

地下水に影響を与える条件として揚水井がある。揚水流量は、農業用などでは季節によって異なり、ビル冷却用では昼と夜とも異なる。また、工業用水の場合には、しばしば、その揚水流量は未知量となることがある。この場合には、ポンプの容量や使用電力等から逆算する必要がある。他の方法として、工場周辺の観測井の動水勾配より逆に揚水量を求める手法も考えられる。

3. 現場における解析例

以上の点に留意して、河口堰を設置した場合の河川水位上昇による周辺地下水の水位変動解析を行なった。対象領域は下流に海があり、左側を河川、右側を山で境界づけられている。

図-3に観測値より得られた地下水位等高線を、図-4に現状解析結果より得られた地下水位等高線を示す。この両図より解析結果と実測値とは比較的よく一致しており、この状態で河口に堰を設けて河川水位を上昇させたことによる周辺地下水の水位変動解析を実施した。この結果を図-5に示す。

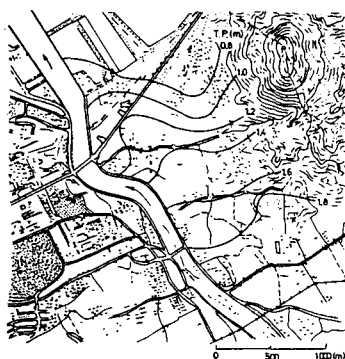


図-3 初期水位の観測結果

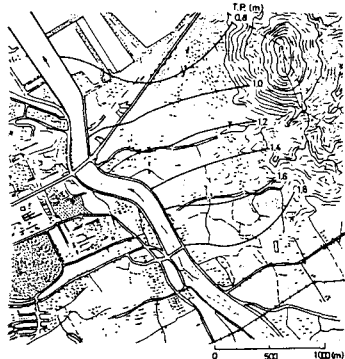


図-4 初期水位の解析結果

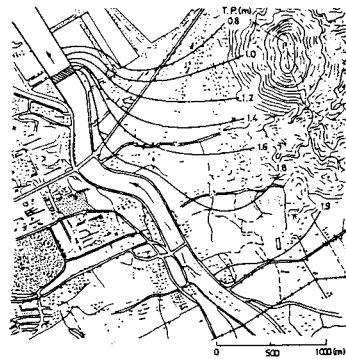


図-5 河川水位上昇による地下水水位の定常解析結果