

岡山大学工学部 学生員 高坂信章

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

1. まえがき

掘削現場での水位低下が周辺地下水位におよぼす影響について、従来より多くの研究や現実の現場における解析例が報告されてきた。これらの解析は主に平面二次元浸透解析でなされているが、この手法では不圧滞水層において地下水位が変動することにより滞水層厚が変化するという要素を考慮した解析が不可能である。また三次元浸透解析も可能となっているが、その際には莫大な計算容量と演算時間が必要でありあまり実用的ではない。そこで本研究では水位の変動に伴って透水量係数や貯留係数が変化するという準三次元的解析手法を確立すると同時に、その特徴について論述する。

2. 準三次元浸透解析の基礎方程式とその有限要素化

準三次元地下水流の基礎方程式は、連続の式とダルシーの方程式および

Dupuit-Forchheimerの仮定により、次のように書き表わされる。

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left\{ T_{ij}(h) \frac{\partial h}{\partial x_j} \right\} = S(h) \frac{\partial h}{\partial t} + q \quad (i, j=1, 2) \quad (1)$$

ここに、 h ：水頭、 T_{ij} ：透水量係数、 S ：貯留係数、 q ：地下水への流入量、である。

この式の特徴は、透水係数、貯留係数といった滞水層係数が異なる多層系地層の場合、その滞水層係数が $T_{ij}(h)$ 、 $S(h)$ といった水頭 h の関数で表わされているという点でありこの関数を利用することにより深さ方向の滞水層係数の変化が考慮できるという点である。この水頭と滞水層係数の関係を図-1に一例として示す。

(1)式の解を得るために解析領域を有限個の要素に分割し、ある時刻における解をガラージン法で有限要素化する。こうして求められた瞬時における解析式に中央差分または後退差分といった漸化式による差分法を用いて時間項に対する定式化を行うことにより、非定常浸透流の有限要素法による定式化を行った。

3. 準三次元浸透解析の特徴

本解析手法の最大の特徴は滞水層係数が水頭の関数として示されるという点である。そこで簡単な例題に関し滞水層係数が水頭に関係なく一定であるとする従来の平面二次元解析手法と比較、検討を行うことにより準三次元浸透解析の有用性について述べる。

第1のケースは、解析領域の右境界の水位が掘削等により急激に低下した場合の水面形の変化を①透水量係数、貯留係数ともに水頭により変化する場合、②透水量係数のみ水頭により変化する場合、③透水量係数、貯留係数ともに一定とした場合、の3通りについて解析を行った。図-2は①と②の水面形の変化を比較して示したものである。これより貯留係数を一定として扱うこれまでの解析手法では、貯留係数がオーダー的に変化する場合、例えば被圧地下水帯から不圧地下水帯への水位変化が起きている場合などの非定常解析には問題があることがわかる。また図-3は①と③の最終定常状態を比較して示したもので透水量係数を一定とする解析では一直線の水面形になるが、水位による透水量係数の変化を考慮すると上に凸の水面形が得られる。

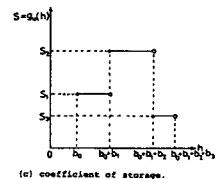
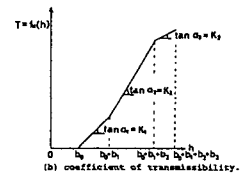
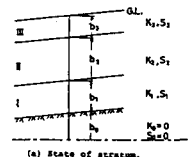


Fig.1
Coefficient of aquifer versus head.

また降雨の影響を考慮した第2のケースでは、貯留係数の水位による変化を考慮することが水面形の変化に大きな影響をおよぼすことがわかった。揚水による水面形の変動を解析した第3のケースでは、透水量係数の水頭による変化を考慮した方が水位の変動が小さくなる。これは(1)式における q の作用に対し従来の平面二次元解析では水位の変化のみで対応するが、本解析手法では透水量係数と水位の変化によりこれを分担するためである。これら準三次元浸透解析の有用性が明らかになった。

4. 現場における解析例

次にこの解析手法を用い、岡山市内での掘削工事における周辺地下水の変動解析を行った。

解析には、境界水位、地層条件などは現場計測データを用いかんがい期には水田部より1日10mmの浸透があるという条件を用いた。また水位等高線図より用水路沿いにマウント現象が生じておりこの用水を地下水かん養源と考え水位一定とした。

図-4、図-5に現状解析を行った結果を示す。図-4はある計測点での地下水位の経時的変動をまた図-5はある断面の解析100日目の水面形を実測値と計測値を比較して示したものである。この両図より本解析による実測値との十分な一致がみられる。よってこの条件により掘削時の水位変動解析を実施した。さらに地下水位低下による水田の減水深の増加を検討した。

参考文献

- 1) 松尾新一郎, 河野伊一郎: 改訂増補 地下水位低下工法, 鹿島出版会, P.42, 1970年
- 2) O.C.Zienkiewicz: マトリックス有限要素法, 培風館, P.P.34~49, 1975年

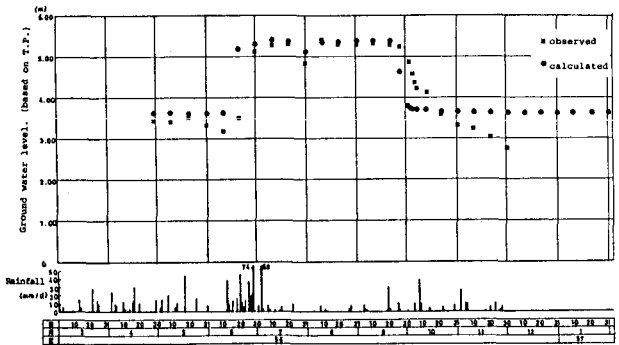


Fig.4 Comparison between observed value and calculated value versus time.

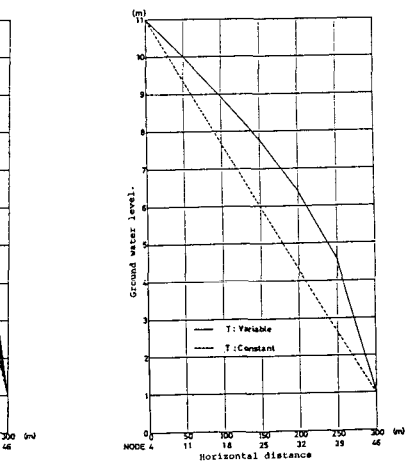


Fig.5 Comparison between observed value and calculated value on a vertical section.