

II-91 制約付きシンプレックス法による 被圧帯水層の涵養・漏水量の推定

神戸大学工学部 正 員 川谷 健
住友金属工業 正 員 斎藤 雅彦
神戸大学大学院 学生員 山元 岳司

1. はじめに

広域地下水の収支を考える場合、鉛直浸透を考慮することが重要である。不圧地下水では、雨水浸透や水田・湖沼などからの浸透が涵養の大きな部分を占め、水位の季節変動の要因となっている。被圧地下水の場合、多層帯水層においては、帯水層間の水頭差に応じて加圧層を横切る流れが生じ、この「漏水」が水収支に重要な役割を果たしている。したがって、水収支を検討するためのモデル構築では、涵養・漏水の量と領域を適切に設定する必要がある。

ここでは、被圧地下水流の場合において、涵養・漏水量が領域によって異なる場合を考え、逆解析によって漏水量とその領域を推定することを試みた。

2. 逆解析の手法

浸透流の逆解析手法としては、Carrera ら¹⁾ が有限要素法による解析を前提として、最尤法に基づく目的関数を共役勾配法によって最小化する方法を示している。共役勾配法では、目的関数の各モデルパラメータによる微分を求める必要があり、そのため定式化が複雑となる。また広い領域にわたって一様な涵養・漏水がある場合、目的関数のモデルパラメータに関する勾配が小さくなり、最適解が得られないことがある。そこで、ここでは Woodbury ら²⁾ が示した制約付きシンプレックス法による逆解析手法を用いることにした。この手法は、目的関数の勾配を必要とせず、定式化が簡単で、最適パラメータ探索過程での安定性も高い。

流れ場の解析には境界要素法を用いた。これは、一様な鉛直浸透を、有限要素法では節点ごとに等価な集中的浸透として扱うのに対し、境界要素法ではそのまま一様分布的に扱えるためである。

3. 解析モデルと逆解析結果

解析モデルを図-1に示す。等方・均質な被圧帯水層とし、領域は $1200 \times 1200 \text{ m}^2$ 、透水量係数は $8.64 \text{ m}^2/\text{day}$ 。境界の水頭は、上流が 20 m 、下流が 0 m とする。部分領域ごとの涵養・漏水量は図-1に示すとおりである。図-2に境界要素法の要素分割と逆解析のための水頭観測地点（●印）を示す。境界は、一辺を一定要素で12分割した。順解析による水頭と流束の分布を図-3に示す。以下の逆解析では、

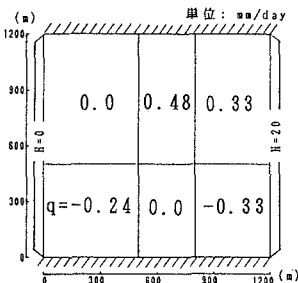


図-1 解析モデル
(涵養・漏水量)

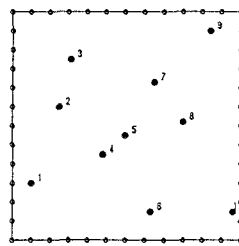


図-2 境界要素分割
と水頭観測地点

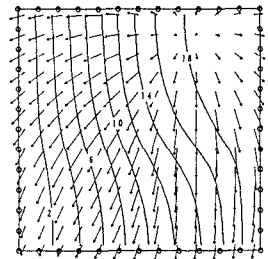


図-3 水頭分布と
流束分布（順解析）

水頭の観測値として順解析で算定した値を採用し、誤差は含まないものとする。

i) まず涵養・漏水域が特定されており、量だけが逆解析の対象であるとき、推定値は真値と等しくなる。つぎに涵養・漏水の量も領域も未知である場合、ii) 全域で涵養・漏水量が一定としたとき、推定値 $q = 0.09 \text{ mm/day}$ を得た。iii) 領域を中央で上・下流に2分し、上流域は涵養、下流域は漏水という制約を付けたときの推定結果が図-4、水頭分布が図-5である。iv) 涵養域と漏水域について概略が既知として、領域を流れに平行に2分したときの結果が図-6と図-7である。v) 領域を4等分し、涵養・漏水の制約をつけたときの推定結果が図-8、vi) 同じ制約をつけて、領域を6等分したときの推定結果と水頭分布が図-9、図-10である。上述の解析例について、境界からの流入量と流出量、鉛直浸透量を算定した結果が表-1である。

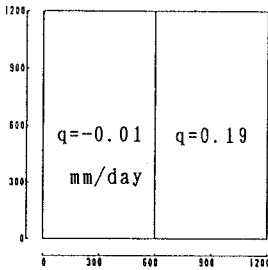


図-4 推定結果 (iii)

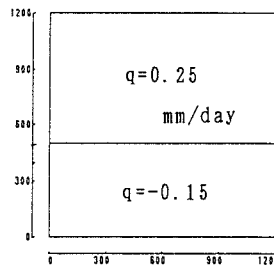


図-6 推定結果 (iv)

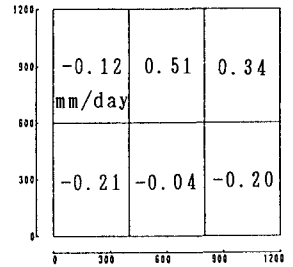


図-9 推定結果 (vi)

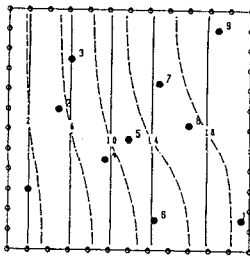


図-5 水頭分布 (iii)

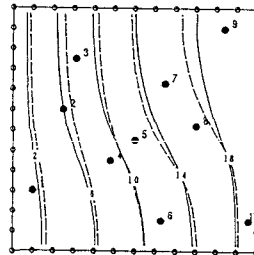


図-7 水頭分布 (iv)

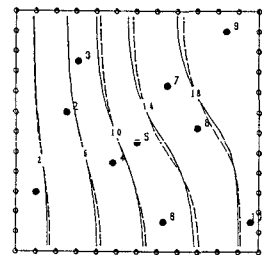


図-10 水頭分布 (vi)

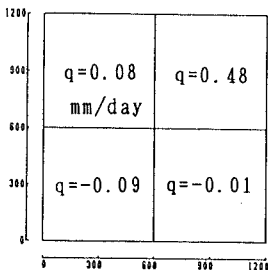


図-8 推定結果 (v)

表-1 境界からの
流入量, 流出量,
および鉛直浸透量
(単位: m^3/day)

	流入量	流出量	鉛直浸透量
i)	111.4	178.6	67.2
ii)	110.1	236.9	126.8
iii)	74.2	199.5	125.3
iv)	112.5	234.2	121.7
v)	89.9	203.6	113.7
vi)	107.5	167.4	59.9
真値	111.4	178.6	67.2

以上の結果から、領域の分割がほぼ適切に行われ、涵養・漏水量が主な推定対象である場合、かなり精度の高い推定ができる、といえる。しかし、領域の分割が妥当でないときには、観測水頭の再現はできても、必ずしも実際の流れ場を再現しているとはいえない。それゆえ、逆解析を行う際には、涵養域・漏水域についての情報をできるだけ集め、活用する必要がある。

〔参考文献〕 1) Carrera, et al, WRR 22(2), 199-242, 1986.

2) Woodbury, et al, WRR 23(8), 1586-1606 & WRR 24(3), 356-372, 1987