

II-76

地下水涵養量および透水量係数の推定方法とその適用例

神戸大学工学部 正 員 川谷 健
 神戸大学大学院 学生員 ○藤江康司
 神戸大学大学院 学生員 尾崎 滋

1. はじめに； 地下水の収支、地下水利用の変化による賦存量や地下水流動状況の長期的な変化を検討するには、境界での地下水流入・流出量や降雨浸透などの涵養量を的確に把握する必要がある。本報では、「最尤法に基く帯水層パラメーターの推定法」^{1)、2)、3)} によって、実測の水位分布から涵養量および透水量係数を推定した結果について述べる。

2. 解析対象領域； 対象領域はおよそ1 km×0.5 km の矩形で、長辺の1つが山地に接している。この領域の地下水は、隣接する山地流域から涵養され、砂・砂礫を主体とする洪積層および沖積層を流下する。地下水流動層は水理地質的に単一で、透水量係数は 10^{-2} cm/s 前後と考えられている。領域内には10数ヶ所の水位観測孔が点在する。図-1に逆解析のための領域分割と水位観測孔の位置を示す。

3. 逆解析の手順； 地下水流を定常な準3次元流として解析した。実測の水位分布から、まず透水量係数が全域で一定 ($T=1$ ；無次元量) とした場合に、山地境界からの地下水流入量を推定した。その結果、実測水位と計算値の差が大きい所については、その部分の透水量係数を山地からの流入量とともに推定した。これらの推定では山地境界以外の境界を不透水性境界または水頭規定の境界のいずれかに設定した。しかし、それぞれの区間および後者での水頭の値はもともと未知である。そこで逆解析に先立って、実測水位を或る程度の精度で再現できるまで各々の境界の区間、および規定する水頭の値を変えて試算を繰返した。このとき、山地境界も水頭規定境界として扱い、規定する水頭の値は試算で決定した。図-2に、試算のための有限要素分割を示す。この図の太線枠内が逆解析の対象領域である。

逆解析に利用できる実測値は、この場合、水位のみである。したがって涵養量と透水量係数の最尤値を求めるにあたって最小化する目的関数は $F = (h^* - h)^T V_h^{-1} (h^* - h)$ であり、ここに h と h^* は水頭の真値と測定値、 V_h は水頭の偏差の共分散行列である。この目的関数は、水位・水頭の偏差の分布が平均0の正規分布であると仮定して、導かれる。また偏差には互いに相関がないとした。Fの最小化には共役勾配法を用いた。逆解析に採用した実測水位は、図-1に●印で示す計10地点での測定値である。

4. 結果と考察； 試算を繰返して実測水位を再現した結果が表-1の「再現」欄である。また図-2の太線部がこのときの水頭規定境界である。観測井 A-3 と A-4 で実測値と計算値の差がとくに大きい。これは、これらの観測井が山地境界に近く、地下水流動層が実質的には山地に属するためと考えられる。

逆解析では、上述の再現結果を参考に、水頭規定境界を図-1の太線区間とした。表-1の「逆解析」欄に観測井での計算水位、および実測値との差を示す。ここで Case I は、透水量係数が全域で一定 ($T=1$) とし、山地境界の9区間での涵養量を推定した場合である。流速分布および涵養量の相対値（基準区間は図中 $Q=1$ の区間）を図-3 Case I に示す。涵養量は山地境界の両端部で大きい。逆解析に採用した観測井のうち W-1, W-2, W-3 で実測値と計算値の差が大きい。そこで Case II では、これら3つの観測井を含む要素を5ブロックに分け、各々の透水量係数も涵養量と併せて推定した。表-1の Case II に計算水位および実測値との差、図-3に涵養量の相対値と透水量係数を示す。観測井の計算水位は、山地に近い観測井 (A-1, A-2, A-3) を除けば、実測水位とかなり良く一致している。透水量係数は、W-1~W-3の周辺で小さい。Case III は、山地境界9区間の涵養量と、W-1~W-3を含む各要素の透水量係数を推定した場合である。結果を表-1と図-3の Case III に示す。観測井での計算水位と実測水位は、山地付近を除くと、大変良く一致している。一方、透水量係数は隣接する要素であつてもかなり大きな差が見られ、ま

たそれらが Case II でブロック毎に求めた値と整合しているとも言いきれない。したがって、このように実測水位から涵養量や透水量係数を推定する場合、ここに採用した逆解析法はひとつの有効な手段ではあるが、推定結果については少なくとも補完的な現場試験などで検証することが肝要と思われる。

〔参考文献〕 Carrera, J, et al.: WWR 22(2), 1986 1) pp.199-210, 2) pp.211-227, 3) pp.228-242

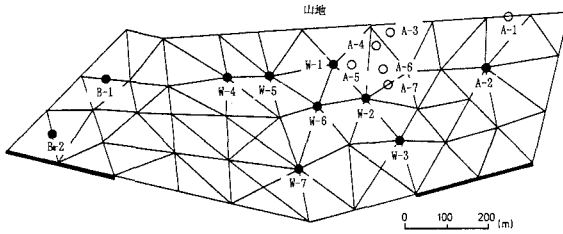


図-1 逆解析の領域分割と水位観測点

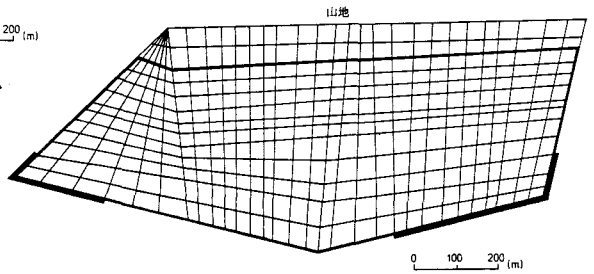


図-2 実測水位再現の要素分割

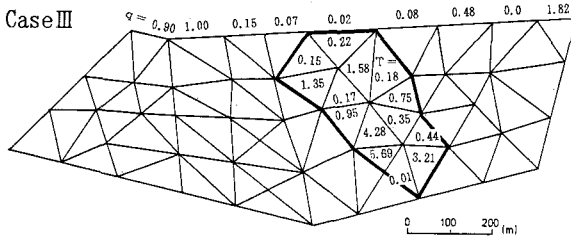
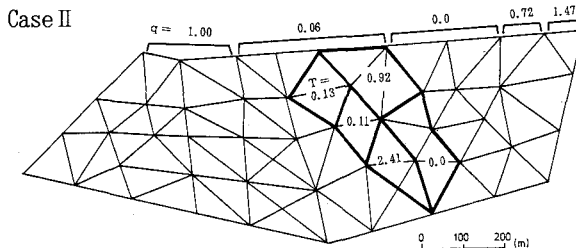
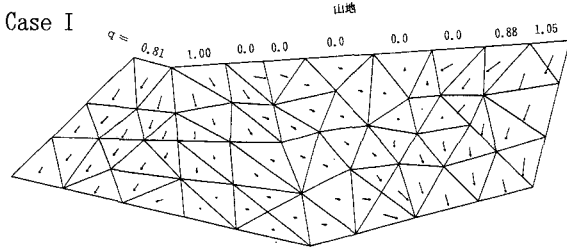


図-3 逆解析の結果
（涵養量と透水量係数）

表-1 水位の計算値と実測値

		水 位 (m)				
観測井	実測値	計 算 値				
		観測水位の再現	逆 解 析			
			Case I	Case II	Case III	
W-1	24.29	23.85 (+1.56)	25.51 (+1.22)	25.32 (+0.03)	25.24 (0.00)	
W-2	20.23	22.18 (+1.95)	22.59 (+2.36)	20.25 (+0.02)	20.23 (0.00)	
W-3	16.16	16.62 (+0.01)	18.51 (+1.90)	16.75 (+0.14)	16.61 (0.00)	
W-4	35.80	35.43 (-0.37)	35.05 (-0.75)	35.50 (-0.30)	35.81 (+0.01)	
W-5	31.31	31.45 (+0.14)	30.34 (-0.97)	31.55 (-0.24)	31.31 (0.00)	
W-6	25.07	25.46 (+0.39)	25.44 (+0.37)	25.15 (+0.08)	25.07 (0.00)	
W-7	24.04	24.04 (+0.14)	24.57 (+0.53)	24.04 (0.00)	24.04 (0.00)	
B-1	32.05	32.87 (+0.82)	32.01 (-0.04)	32.40 (+0.35)	32.16 (+0.11)	
B-2	20.85	20.77 (-0.08)	20.15 (+0.70)	20.21 (-0.64)	20.17 (-0.68)	
A-1	44.43	42.73 (-1.70)	42.02 (-2.41)	42.85 (-1.58)	42.45 (-2.18)	
A-2	27.53	26.75 (-0.78)	27.33 (-0.20)	27.50 (-0.03)	27.50 (-0.03)	
A-3	27.94	23.94 (-4.00)	23.40 (-4.54)	23.15 (-4.79)	24.85 (-3.09)	
A-4	31.04	24.22 (-6.82)	23.24 (-7.80)	21.77 (-9.27)	22.64 (-8.40)	
A-5	23.60	24.36 (+0.76)	24.00 (+0.40)	22.62 (-0.98)	23.19 (-0.41)	
A-6	22.01	22.97 (+0.96)	22.06 (+0.65)	21.68 (-0.33)	22.26 (+0.25)	
A-7	20.98	22.17 (+0.16)	22.05 (+1.07)	20.88 (-0.10)	20.87 (-0.11)	

* () = 【計算値-実測値】