

1. まえがき

湧水量の推定は地盤の透水性の評価に支配される傾向がある。本報告は同一条件でも解析場の次元、すなわち2次元的に解析した結果と3次元解析した結果を対比して述べ、両方法の違いにより相当の違いが生じることを報告するものである。

2. 湧水量計算対象

平面的に13m×14mの正方形に深度12.7mまで掘削し、水面を深さ11.7mまで低下させた(周辺地下水位は4m)のときの湧水量を計算する。掘削土留めは矢板等で、深度17mまで打込まれているものとする(図-1参照)。

3. 2次元解析

掘削部は正方形であるが、図-1の断面のように13mの辺に、この断面をとって、奥行き単位長さ当りの計算を行ない、その計算結果に奥行き14mを乗じる方式で考える2次元計算としては、次の手法がある。

(1)簡便法: 概算法であり、矢板を迂回する浸透長さで水位差Hを除いて動水勾配を算出し、断面積13m×14mと透水性を乗じて算出する。

$$K=0.006 \text{ cm/s} \text{ とし、 } Q=0.6 \times 10^{-4} \times \frac{7.7}{2 \times 4.3} \times 13 \times 14 = 0.00978 \text{ } \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0.587 \text{ } \frac{\text{t}}{\text{min}}$$

(2)橋内関数法(類似の方法に、Forchheimer法、Muskat法あり)

図-2(b)を参照して

$$\frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = 1 - \frac{d_1 - d_2}{r_1} \quad (1), \quad \alpha_1 \left(1 - \frac{d_1 - d_2}{r_1}\right) + \alpha_2 = \pi \left(1 - \frac{d_1}{r_1}\right) \quad (2)$$

から α_1, α_2 (1.347, 1.053) を求め、 $K^* = \cos \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} / \cos \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2} = 0.3748$ を得て、母数 K^* の橋内関数 K, K' を用いると ($K/K' = 1.123$ とする)

$$Q = K H \cdot \frac{K'}{2K} = 0.6 \times 10^{-4} \times 7.7 \times 1.123 = 5.19 \times 10^{-4} \text{ } \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0.0311 \text{ } \frac{\text{t}}{\text{min}}$$

(3)数値解析: 掘削部中心から80m離れた地点に境界をとり、一定水位-4mを与えて、透水性は実際の地層に合わせて、図-3(b)のように仮定して、水頭分布を差分法による数値計算で算出した。結果は図-3(a)に示されている。湧水量は掘削部底面のところで計算された水頭を用いて動水勾配を出し、透水性と面積を乗じて、湧水量は $Q = 0.130 \text{ m}^3/\text{min}$ が得られた。¹⁾

以上の結果は実際に試験施工で検討されたものであるが、掘削深度が9.5m(水面もほぼ同じ高さ)のとき観測湧水量: 約2.5 t/min が認められかなりのズレをみた。そこで次に3次元数値解析を行ない、検討した。

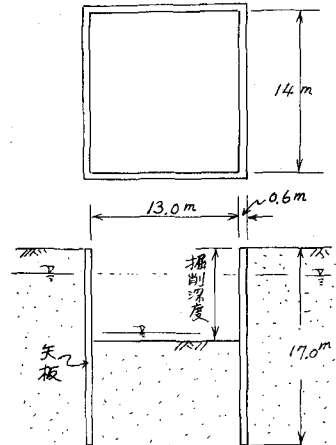


図-1 掘削部寸法

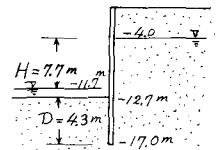


図-2(a) 簡便法による湧水推定部

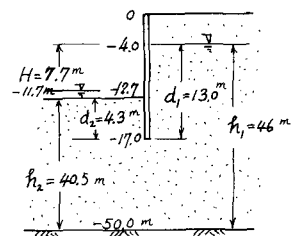


図-2(b) 橋内関数法による湧水推定部

4. 3次元解析

基本式: $\frac{\partial \theta}{\partial t} + \frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0$ (4a)

$u_x = -k_x \frac{\partial h}{\partial x}, u_y = -k_y \frac{\partial h}{\partial y}, u_z = -k_z \frac{\partial h}{\partial z}$ (4b)

ここに θ : 体積含水率, u_x, u_y, u_z : 流速成分

を差分式展開して, x, y, z 各方向に計算するADI法により計算した。領域は中心から80mまでとし, 2次元と同様境界で水位-4mを与えた。解析では水面上の不飽和領域も同時に計算する飽和・不飽和解析を行なった。

差分格子は $28 \times 28 \times 13$ となっているため水頭計算値の表示だけでなく困難なほど、湧水量の経時変化を図-4に示すにとどめる。掘削面、水位変化等の条件(図-2)が生じたとしてからわずかの数分でほぼ定量の湧水量、約1.5 t/min になる結果となった。以上から、2次元の0.130 t/minが3次元では1.5 t/min になり、11.5 倍にも計算されることがわかった。

5. 2次元流と3次元流の違いについて

実際の3次元流と2次元流とみなして、近似的に解析するという手段は数値解析の確立されてきた今日でも、計算簡略化のために行なわれることがある。上述の結果はその精度が数倍の違い以上で、オーダー的にかわることを示したものである。これと類似した次元の変換に伴う流量変換率について、井戸浸透と水路浸透との対比が89 対1になるという推論の例もあり、単純な近似は許されないことがわかる。

計算は元岐大学生 坪井義久君の助力に負うところ大で、謝意を表す。

参考文献

- 1) 宇野尚雄・坪井義久: 砂礫地盤掘削時の湧水の考察, 第14回土質工学研究発表会講演集, 1979, pp. 1105~1108.
- 2) 赤井浩一・宇野尚雄: 琵琶湖周辺の地下水位維持調査について, 京大防災研究所年報, No. 11B, 1968, pp. 171~178.

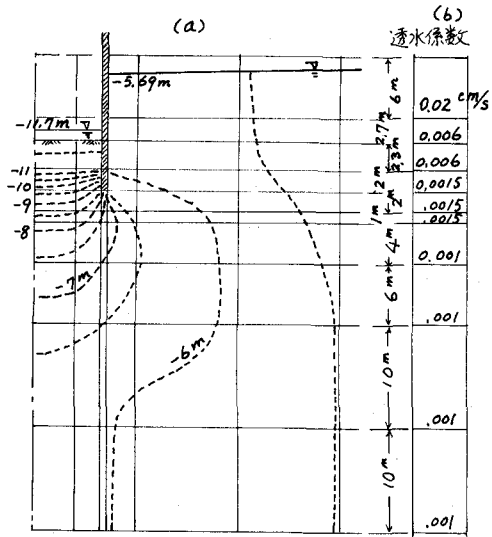


図-3 2次元流の数値解析結果の水頭分布と地盤層別透水係数

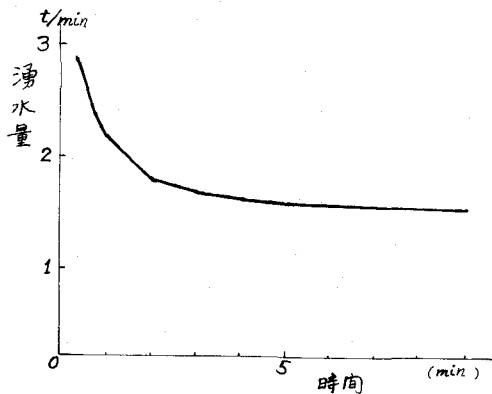


図-4 3次元流としての湧水量の経時変化