

地盤掘削にともなう湧水量の予測と実測

岐阜大学工学部 正会員 宇野 尚雄
 岐阜大学大学院 学生会員 ○東 隆司

1. まえがき

長良川の扇状地である岐阜駅付近の地盤の透水性はきわめて高く、この地盤において13m×14mの領域の周囲を連続壁、矢板等で深さ17mまで遮水して、掘削する試験施工が計画された。掘削深度9.5m、周辺地下水位を-4mに対して、2次元解析ではあるが、①簡便法、②フォルヒハイマー法、③流線網法により $k=1.2\text{cm/sec}$ を用いて試算すると、湧水量は、①48.1t/min、②37.8t/min、③39.6t/minが推定された。しかし、実際に行なわれた試験施工では、湧水量は掘削深度9.5mに対し当初の予想よりはるかに少ない2.3t/minであった。

2. 2次元流と3次元流との対比

推定値と観測値のズレの原因は、透水係数の推定に起因するが、とくに砂礫地盤においても成層による鉛直方向の低減が示唆された。図-1には各種現地試験の結果と10%粒径から推定された透水係数を示したが、この図より多孔式揚水試験以外はすべて現地砂礫地盤が、層を成していることを示している。これらの観測値あるいは推定された透水係数を用いて、式(1)、(2)に示す基本式を差分式展開して、X、Y方向(3次元解析では、X、Y、Z方向)に計算するADI法により数値解析¹⁾することを試みた。なお、数値解析においては、地下水面上の不飽和領域も同時に計算する飽和・不飽和解析を行った。

$$\text{基本式 } \frac{\partial \theta}{\partial t} + \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0 \quad (1), \quad \frac{\partial \theta}{\partial t} + \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0 \quad (2)$$

$$v_x = -k \frac{\partial R}{\partial x}, \quad v_y = -k \frac{\partial R}{\partial y}, \quad v_z = -k \frac{\partial R}{\partial z}$$

ここに、 θ :体積含水率、 v_x 、 v_y 、 v_z :速度成分

また、実際の3次元流を2次元流とみなして、近似的に解析するという手法は、計算簡略化のために行なわれることがあるが、その結果はその精度の数倍の違い以上で、オーダー的に変わることがある。したがって、次元の変換に伴う流量変換率についても求めるために、掘削部分を井戸とみなし、横井戸の流量を求める式、重力井戸の流量を求める式を用いて湧水量を求める。この際、横井戸の奥行きについては、井戸の円周の長さと同しいものとする。また、均質地盤とみなした時の数値解析も同時に行なってみた。

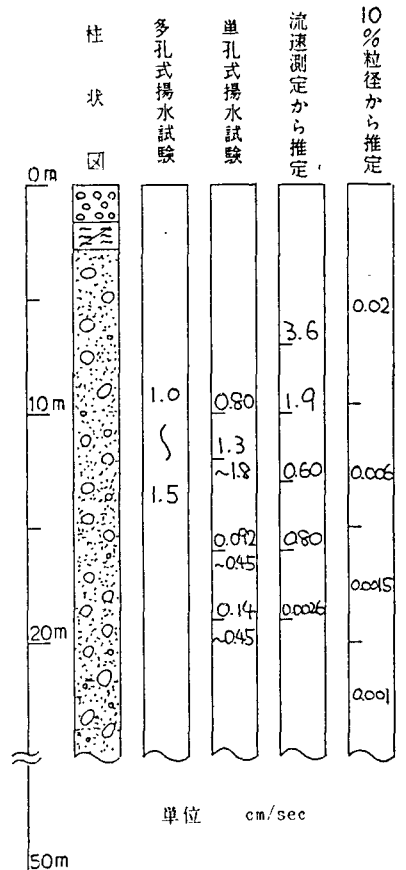


図-1 透水係数の観測値と推定値

3. 計算結果と考察

表-1 湧水量に関する計算結果

	数値解析 (成層地盤)	数値解析 (均質地盤)	井戸モデル (影響半径80m)
2次元	0.0883 t/min	0.0568 t/min	0.232 t/min (掘井戸)
3次元	0.272 t/min	0.166 t/min	1.03 t/min (重力井戸) 井戸半径7.61m
(2次元):(3次元)	1:3.1	1:2.9	1:4.4

湧水量の計算結果は右表に示す。

ただし、数値解析(成層地盤)における各層の透水係数は、10%粒径より推定された値を使用し、数値解析(均質地盤)、井戸と考えた場合は、矢板の根入れ深さである地下17mの透水係数 $k=0.0015\text{cm/sec}$ を使用した。

この結果によると、数値解析においては、対象としている地盤が均質地盤ではなく

成層地盤であると考え、3次元で解析してやるのが、より現実に対応しているものと思われる。

また、次元の変換に伴う流量変換率については、数値解析では、成層地盤、均質地盤のどちらも3倍程度であり、掘削部を井戸と仮定し、井戸の流量公式を用いた場合は、約5倍となっている。今回対象とした現場のように、13m×14mと正方形に近い場合は、3次元解析が必要とされるが、計算の簡略化のために2次元で解析を行う場合は、その掘削部の形状により流量変換率は異なると思われる。細長い掘削形状の場合には2次元に近づき、流量変換率も1倍に近づかずである。また、掘削部が正方形に近づく程3次元に近づき、今回の結果より流量変換率は数倍程度となるものと推定される。

今回対象とした現場は砂礫地盤であり、多孔式揚水試験の結果より均質な地盤であると考え湧水量を予測したところ、実際の値とはかなり掛け離れた結果となった。これは砂礫地盤においても成層による鉛直方向の透水性の低減が原因と考えられ、鉛直方向の透水性を評価するには、多孔式揚水試験からだけでは推定することが困難である。対象とした地盤が成層地盤であると考えられることや、3次元数値解析が最も現実に近い計算であると考えた場合、湧水量2.3t/minから逆算してやると、実際の透水係数は10%粒径から推定された透水係数の8.5倍程度であり、単孔式揚水から得られた透水係数(0.8、1.3、1.8、・・・の平均値0.72cm/sec)の十数分の1程度である。(10%粒径からの透水係数0.02、0.006、・・・の平均値0.00712cm/secを用いて湧水量は $0.272 \times 0.72 / 0.00712 = 27.5\text{t/min}$ で、 $2.3/27.5 = 1/12$)

4. 結論

(1) 砂礫地盤でも鉛直方向の透水係数は、水平方向に比較して2オーダー低い値となることがあり得る。

(2) 掘削湧水量の2次元解析と3次元解析結果の比率は、後者が前者の1.0~4.4倍になり得る。

最後に本研究の数値解析におけるプログラムは、元岐阜大学生の坪井義久氏に負うところが大きく、同氏に感謝の意を表す。

参考文献 1) 坪井義久:砂レキ地盤掘削に伴う湧水量推定に関する研究、岐阜大学卒業論文、1979

2) 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