

扇状地における堆積構造を考慮した地下水の流動解析

名城大学理工学部 正 員 原 田 守 博
 名城大学大 学 院 学 生 員 ○ 内 山 幸 治
 名城大学理工学部 学 生 井 上 直

1. はじめに

一般に地下水解析は流れの場を等方均質と仮定して行われることが多いが、実際の堆積地盤、なかでも扇状地の地層は、河川の氾濫等によって種々の粒径の砂礫が堆積して形成されるため、地盤の水理特性には異方性が存在するものと予想される。本研究では、犬山扇状地における地質調査を基礎として、扇状地の透水係数の異方性の実態を明らかにするとともに、地下水解析とくに揚水試験への影響について考察する。

2. 扇状地地盤の堆積特性

扇状地は河川の土砂運搬によって形成されることから、河床礫の堆積構造を調べるにより扇状地の堆積構造を推測できると思われる。森山・増井¹⁾は、犬山扇状地の木曽川中流部17地点(図-1)において、河床礫の形状特性と堆積構造について現地調査を行なった。いま、礫の形状を細長率と偏平率によって表現するとすれば、礫の最大投影面の形が円形や正方形に近いほど1に近い値をとる細長率は0.72~0.78, 最大投影面の大きさと礫の厚さとの比である偏平度は2.1~2.8であった。すなわち、扇状地河床礫の形状は大きく変形した非球形堆積物であり、その堆積形態は礫の短軸が河川の流れ方向に向いた定向配列構造を成している(図-2)ことが明らかにされた。したがって、扇状地地盤においても、堆積物は短軸が扇頂から扇端へ向かう方向に向いて堆積していると推察される。

3. 堆積構造を考慮した透水係数の異方性の評価

上述のような堆積構造をもつ地盤では、水理特性は強い異方性をもつと考えられる。ここでは、多孔体の間隙率と空隙構造から透水係数を算定する式として Kozeny-Carman²⁾の式を用いて、透水係数の異方性を評価してみよう。間隙率 n の多孔体の透水係数 k は Kozeny-Carman の式により、

$$k = \frac{C_s \rho g}{\mu \tau^2 S^2} \frac{n^3}{(1-n)^2} \quad (1)$$

ここで、 C_s : 間隙の断面形状によって定まる係数、 ρ : 密度、 μ : 粘性係数、 τ : トートシティと呼ばれ、多孔体中の流路の屈曲度(=流路長 ΔQ_0 /流下直線距離 ΔQ)を表す。 S : 比表面積であり、単位体積の多孔体中の粒子表面積を示す。前述のように非球形砂礫が定向配列した地盤を対象として、流下方向を y 、それに直交する方向を x とすると、 τ_y/τ_x は2~3程度、 C_{sy}/C_{sx} をほぼ1と見積れば、両方向の透水係数の比率は $k_y/k_x = 0.25 \sim 0.1$ 程度となる。

4. 異方性をもった帯水層における揚水試験とその解析

ここでは地下水解析の一例として揚水試験を取り上げ、水理特性の異方性が揚水試験結果に及ぼす影響について考察する。透水量係数 T ($=k \times$ 帯水層厚)および貯留係数 S をもった等方均質帯水層から流量 Q を

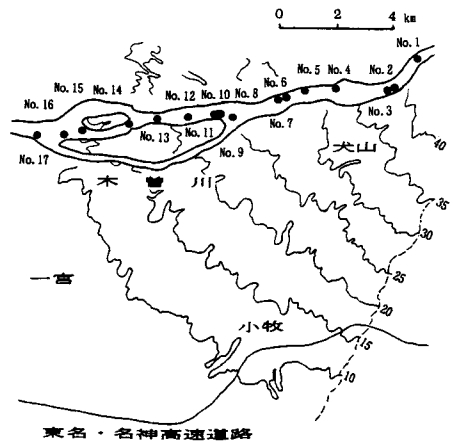


図-1 調査地点
(文献1)より作図)

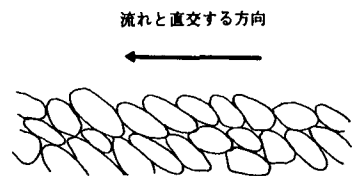


図-2 砂礫の定向配列の模式図

揚水した場合の揚水試験法には、定常解析として Thiem法、非定常解析として Jacobの近似法等がある³⁾。たとえば、Thiem法の場合、揚水井から距離 r_1, r_2 の観測井での水頭を H_1, H_2 とすると、

$$H_2 - H_1 = \frac{Q}{2\pi T} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (2)$$

T の値に異方性があるときの水頭分布は、等方場での水頭分布をもとに、次式で座標を変換することによって得ることができる。Thiem の定常解について一例を示せば、揚水井まわりの分布は図-3 のようになる。

$$x = x' / \sqrt{T_m / T_x}, \quad y = y' / \sqrt{T_m / T_y}, \quad T_m = \sqrt{T_x \cdot T_y} \quad (3)$$

ここに、 x, y : 異方場における座標、 x', y' : 等方場における座標である。式(2)(3)等によって求められる異方場での水頭分布を実際の異方的地盤において観測される地下水頭と想定し、地盤が異方的であると知らずに等方として揚水試験を行なった場合を考える。いま、観測井を種々の地点に配置して水頭変化を観測し、Thiem法によって透水量係数 T^* を求めると、図-4 のような結果となった。同様の水頭計算を非定常の場合にも行い、Jacob法によって解析した。結果を要約すると、① Thiem 法の場合、観測井を x 方向に設けると T^* は T_x と T_y との相乗平均値 $T_m (=3.162 \text{ m}^2/\text{s})$ よりも大きな値に、 y 方向に設けると T^* は T_m よりも小さな値になる。しかしながら、② T^* は T_m に近いものが得られ、実際の T の異方性の影響は明確には現れない。とくに、Jacob法では 観測井位置にかかわらず $T^* = T_m$ となり、場の平均的な T 値が求められる。

5. おわりに

本研究では、扇状地地盤の透水性について、堆積特性をもとに異方性の存在を明らかにするとともに、その揚水試験に及ぼす影響を考察した。揚水試験の場合、異方性の影響は大きくは現れないことが示されたが、広域の地下水流れにおける溶質輸送などでは、透水係数の大小は輸送速度に強い影響を及ぼすと考えられる。今後、広域地下水解析の精度を向上させるために、そうした現象についても検討を進めて行く予定である。

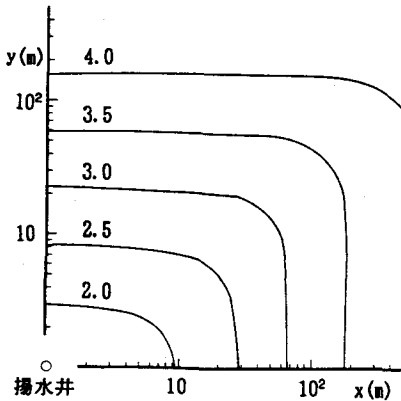


図-3 異方場における定常揚水時の水頭分布
(単位: m, $Q=10 \text{ m}^3/\text{s}$, $T_x=10$, $T_y=1 \text{ m}^2/\text{s}$)

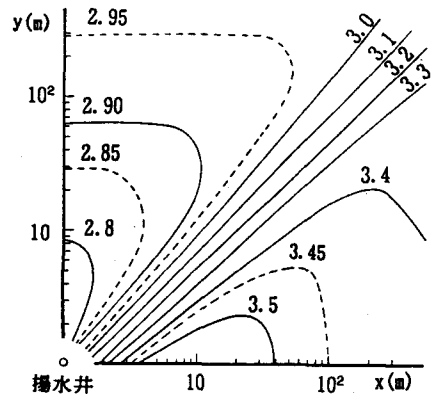


図-4 観測井位置による T^* 値の変化
(観測井を一本とする場合、単位: m^2/s)

【参考文献】

- 1) 森山昭雄・増井弘: 木曾川中流部・河床礫の形状特性とオリエンテーション, 愛知教育大学研究報告, 第30編(自然科学), pp. 1~21, 1981.
- 2) 山崎不二夫・山内豊聡 監訳: 土質工学の基礎, pp. 332~340, 鹿島出版会, 1972.
- 3) 山本荘毅: 揚水試験と井戸管理, pp. 62~77, 昭晃堂, 1962.