

冲積層의 透水性和 地下水의 電氣探査에 對하여

陳 斗 井

Electrical and Hydrological Properties of Alluvium

Doo Jung Jin

ABSTRACT

In Korea, ground water exploration by the electric method as a major prospecting tool has been carried out mainly in alluvial deposits. So it is considered to be important to understand the principles concerning the electrical and hydrological properties of alluvium.

Factors which affect on the electrical and hydrological properties of alluvium were investigated. Major elements in ground water exploration are porosity and permeability for most alluvial deposits with exceptions in some particular areas. Much water yield can be expected where alluvial materials have large porosity and small particle size while large particle size is necessary for good permeability. Problem is to locate the points which have comparatively large porosity and good permeability at a time. It is known that electrical resistivity method is proved useful to solve the above problem⁽⁶⁾.

The conclusion is: Localities which have greater alluvium thickness(7 to 10m) and 200 to 500 ohm-m of real resistivity value are suitable for well site in alluvial deposits in Korea where alluvium thickness is comparatively small(less than 10m in general) and bedrock formations are mainly composed of granite gneiss and granite.

近年에 이르러 우리나라에서는 經濟開發計劃 遂行에 隨伴하여 産業施設膨脹과 國民의 生活手段改善에 따라 農業用水, 工業用水 및 家庭用水의 需要는 날로 增加해 가고 있다.

우리나라는 年降雨量 900乃至 1200 mm 라는 比較的 많은 降雨가 있긴 하지만 이中 70% 以上이 6月과 9月 사이에 集中降下하여 河川流水로 흘러가 버리고 말아 現在 우리나라 물 使用量은 年間 約 100億噸에 不過하며 第2次 經濟開發 5個年 計劃이 끝나는 1971年까지 만도 約 50億噸의 물을 더 開發해야 될 形便이니만큼¹⁾ 地表面과 함께 地下水의 開發問題는 緊要한 일이다.

우리나라에서는 電氣比抵抗法에 依한 地下水探査가 主로 冲積層에서 實施되고 있으므로 冲積層의 電氣的 및 水文學的 性質을 理解하는 것은 重要한 일이라 生覺된다.

冲積層의 電氣的 性質

硫化物이나 自然金屬과 같은 金屬鑛物이나 或은 壓力이 너무 커서 물이 들어 있을만한 空隙이 存在할수 없는 地下深部の 岩石에서는 鑛物自體를 通하여 電氣傳導가 일어나지만 地表面에서 그리 깊지 않은 곳의 大部分의 地殼物質에 있어서의 電氣傳導는 그 物質의 空隙에 內包된 地下水가 主된 函數가 된다.

따라서 우리가 取扱하는 大部分의 地殼物質의 電氣的 性質은 그 物質에 內包된 물의 量, 그 물의 化學的 物理的 性質과 그 물이 分布하고 있는 形態에 依하여 決定된다고 볼 수 있다. 이를 具體的으로 考察하면 다음과 같다.

1. 內包된 물의 量

水飽和 狀態의 地殼物質에 內包되는 물의 量

은 주로 空隙率에 의해 決定되는 것으로 一般的으로 空隙率과 比抵抗사이의 關係는 다음 式으로 表現된다²⁾.

$$\rho = a\rho_w\phi^m$$

여기서 ρ 는 그 物質의 比抵抗, ρ_w 는 그 物質의 空隙에 內包되어 있는 물의 比抵抗, ϕ 는 空隙率이며 a 와 m 은 物質에 따라서 實驗에 의해 決定되는 값이다.

2. 內包된 물의 性質

地下水는 순수한 물일 수는 없으며 各種 이온을 所有하는 溶液인 것이다. 그런데 電氣化學에서 溶液에 흐르는 電流는 다음 式으로 表現된다.

$$I = F(c_1v_1 + c_2v_2 + c_3v_3 + \dots) \quad (2)$$

여기서 I 는 溶液을 흐르는 電流, c_1 은 溶液內의 이온의 單位體積當 濃度(gram equivalent weights), v_1 은 附加된 電位傾度下에서의 이온의 速度, F 는 函數關係를 表示한다. 그러면 Ohm의 法則에 의해서 溶液의 抵抗은

$$\frac{1}{R} = \frac{I}{E} = \frac{F}{E}(c_1v_1 + c_2v_2 + c_3v_3 + \dots)$$

여기서

$$m_1 = \frac{v_1}{E}$$

으로 놓으면

$$\frac{1}{R} = F(c_1m_1 + c_2m_2 + c_3m_3 + \dots) \quad (3)$$

이 되며 m_1 은 濃度 c_1 일 때의 이온의 mobility이다. (3)을 觀察할 때 溶液의 導電度는 이온의 濃도와 mobility에 比例關係에 있다는 것을 알 수 있다.

또한 溫度도 水飽和 狀態의 地殼物質의 導電度에 若干의 影響을 미친다. 油點에 가까운 高温이나 水點에 가까운 低温이 아닌 普通의 溫度에서는 溫度變化에 따른 地殼物質의 導電度의 變化는 그 物質에 內包되어 있는 電解液이 받는 變化와 같다²⁾. 溫度가 높아지면 自由電子의 熱運動이 甚하여져서 충돌의 회수가 많아지는 結果 電氣抵抗이 增加되는 金屬의 경우와는 대조적으로 電解液의 경우에는 溫度가 높아지면 導電도가 增加하는데 그 理由는 溶液의 粘性이 減少되어 이온의 mobility가 增加하기 때문이다. 水飽和 狀態의 物質에서의 溫度變化에 따른 比抵抗의 變化

는 다음 式으로 決定된다²⁾.

$$\rho_2 = \frac{\rho_1}{1 + \alpha(t_2 - t_1)} \quad (4)$$

여기서 ρ_2 는 溫度 $t_2^\circ\text{C}$ 에서의 比抵抗, ρ_1 은 溫度 $t_1^\circ\text{C}$ 에서의 比抵抗, α 는 比抵抗 溫度係數로서 大部分의 電解液에서는 $2.5\%/^\circ\text{C}$ 이다.

3. 물의 分布狀態

地殼物質內의 물의 分布狀態는 空隙의 形態即 그 物質의 組織과 密接한 關係에 있다. 物質이 電氣를 傳達시키기 爲해서는 空隙은 서로 連結되어야 하며 물로 채워져야 한다. 空隙은 두가지로 나누어 生覺할 수 있는데 貯藏空隙이라고 부를 수 있는 큰 空隙과 그 큰 空隙들을 連結하는 작은 連結空隙인 것이다. 物質이 全體로서 空隙率이 크더라도 貯藏空隙만 크고 連結空隙은 없거나 너무 작으면 抵抗은 아주 커질 것이다.

沖積層의 透水率

沖積物質의 透水率은 그것의 比抵抗에 重要한 影響을 주는 空隙率, 물의 性質, 貯藏空隙의 連結空隙에 對한 比와 密接한 關係가 있는 것으로 考察된다.

먼저 透水率의 定義부터 알아보자. Darcy의 法則에 의하면 透水性 媒質을 통한 流量은 水頭에 比例하고 流路의 길이에 逆比例한다. 이 法則을 式으로 表示하면

$$\frac{V}{t} = KA \frac{dh}{dL} \quad (5)$$

이며 여기서 V 는 時間 t 間的 流量, A 는 媒質의 斷面積, $\frac{dh}{dL}$ 는 hydraulic gradient, k 는 比例常數이며 이 比例常數 K 를 透水率 或은 透水率係數라 하는데 學者에 따라서는 이 두 用語를 區別하여 使用하는 사람도 있다. 例로서 Terzaghi는 γ_w 를 물의 單位體積의 무게(gr/cm^3), η 를 물의 粘性($\text{gr}\cdot\text{sec}/\text{cm}^2$)이라 할 때 $K = k \frac{\gamma_w}{\eta}$ 에서 k 를 透水率, K 를 透水率係數라고 定義하고 있다³⁾. 透水率或은 透水率係數를 쉬운 말로 定義한 것으로 美國地質調查所의 定義를 紹介하면 다음과 같다¹⁾. 實驗室透水率 或은 標準透水率이란 溫度 60°F , hydraulic gradient 1 ft/1 ft 下에서 斷面積 1 ft^2 의 媒質을 통하여 1日間 흐르는 流量을

걸런으로 表示한 것이며, 野外透水性이란 野外實溫下 1ft/1 mile의 hydraulic gradient 下에서 厚 1 ft, 幅 1 mile의 斷面積을 갖는 透水層을 通하여 1日間 흐르는 流量을 걸런으로 表示한 것이다.

透水性에 影響을 주는 要素들을 具體的으로 說明하면 다음과 같다.

1. 粒子的 크기

空隙率에도 크게 影響을 주는 粒子 크기와 透水性 사이의 關係는 Allen Hazen의 實驗式에 依하면 다음과 같이 表現된다.

$$K = C_1 D_{10}^2 \quad (6)$$

여기서 K 는 透水性(cm/sec), C_1 는 41乃至 146 사이의 값을 갖는 實驗常數로서 大部分의 境遇에는 81乃至 117이다. D_{10} 은 有効徑(cm)인데 有効徑이라 함은 全體 構成粒子中 微細한 部分을 차지하는 10%中 가장 큰 粒子的 直徑이다. 좀 더 알기 쉽게 說明한다면 100名으로 構成된 團體의 全構成員을 身長의 長短順으로 整列시켰을 때 90番째 선 사람의 身長이 그 團體의 有効身長이다 라고 말 할 수 있다.

2. 물의 性質

透水性에 關係되는 물의 性質은 主로 粘性이며 이 粘性은 溫度와 이온濃도에 크게 左右되는데 같은 이온濃도의 물에서 이들 사이의 關係는 다음과 같다⁵⁾.

$$K_{20} = K_t \frac{\mu_t}{\mu_{20}} \quad (7)$$

여기서 K_{20} 은 한 基準溫度인 20°C에서의 透水性(cm/sec), K_t 는 $t^\circ\text{C}$ 에서의 透水性(cm/sec), μ_{20} 은 20°C에서의 粘性(poise), μ_t 는 $t^\circ\text{C}$ 에서의 粘性(poise)이다.

3. 媒質의 Void Ratio

Void Ratio란 空隙體積의 粒子(solid particle) 體積에 對한 比를 意味하며, (따라서 空隙率 즉 porosity와는 다르다) 이 void ratio와 透水性 사이에는 다음의 關係式이 成立한다. (Casagrande's unpublished equation)

$$K = 1.4 K_{0.85} e^2 \quad (8)$$

여기서 K 는 void ratio e 일때의 透水性, $K_{0.85}$ 는 void ratio 0.85일 때의 透水性이다.

4. 空隙의 形態와 配置狀態

空隙의 形態와 連結空隙의 貯藏空隙에 對한 比도 透水性에 큰 影響을 끼친다는 것은 알 수 있으나 그 사이의 關係를 數學的으로 表現하기는 困難하다.

電氣比抵抗法에의 適用

우리가 地下水 探査를 爲하여 沖積層에서 電氣探査를 實施하는 目的은 넓은 沖積平野 中에서 水分의 含有量이 많고 透水性이 좋은 場所를 찾아내기 爲함이다. 그러면 그러한 場所를 決定함에 있어 上記한 沖積層의 電氣的 및 透水性을 어떻게 適用시킬 것인가 하는 것이 問題이다.

上記한 諸性質을 觀察한다면 比抵抗을 낮게 하는 要素로서는 空隙率이 클뿐만 아니라 連結空隙이 큰 境遇, 이온濃도가 높은 境遇, 溫度가 높은 境遇이며 透水性을 좋게 하는 要因으로서는 粒子 크기가 큰 境遇 溫度가 높은 境遇, void ratio가 큰 境遇이다. 여기서 void ratio는 本質的으로 空隙率과 同一性質의 것이므로 空隙率에 包含시켜서 生覺하기로 한다.

地下水의 이온濃도는 海水의 浸透現象이 나타나 一部 海岸地域과 硫化鐵等 特殊礦物 賦存地域에서 고려되어야 할 것이며 地下水의 溫度는 溫泉地帶나 地域에 따른 水平變化가 큰 特殊地域에서만 고려하면 될 것이다.

上記한 特殊地域을 除外한 大部分의 沖積平野에서 地下水 探査에 關係되는 要素는 空隙率과 透水性인데 이들은 서로 相反되는 性質을 갖고 있어 問題가 된다. 即 多量의 水分을 含有하려면 空隙率이 커야 되고 空隙率이 크려면 粒子 크기는 작아야 된다. 그런데 透水性이 좋으려면 粒子는 큰 것이어야 한다. 따라서 空隙率도 比較的 크면서 透水性도 또한 比較的 좋은 地點을 決定하는 것이 問題이며 이 問題를 解決하는데 電氣比抵抗法이 有用하다는 것이 알려졌다⁶⁾. 그 結論만을 紹介하면 다음과 같다.

沖積層의 厚가 比較的 얇을 뿐만 아니라(大概 10 m 以內) 花崗片麻岩과 花崗岩類 岩石을 基盤岩으로 갖는 大部分의 韓國沖積層에 있어서는 電氣比抵抗法에 依한 調查 結果 沖積層의 厚가 比

較的 두텁고(7乃至 10 m) 實比抵抗值가 200乃至 500 Ω -m 되는 地點이 鑿井地로서 適當하다는 것이다.

參考文獻

- 1) 張學淳, 韓國의 水資源과 水問題, 大韓土木學會誌 第 10 卷 第 1 號, pp. 26-28, 1962.
- 2) G.V. Keller and F.C. Frischknecht, Electrical Methods in Geophysical Prospecting, Pergamon Press, 1966.
- 3) K. Terzaghi and R.B. Peck, Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley & Sons Inc., New York, 1948.
- 4) D.K. Todd, Ground Water Hydrology, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1959.
- 5) T.W. Lambe, Soil Testing for Engineers, John Wiley & Sons, Inc., New York
- 6) 玄炳九, 陳斗井, 韓國에서의 地下水 開發을 爲한 效率的인 電氣比抵抗法, 1967(未刊行)