

## 가남지역 대수층의 전기적, 수리적 특성 사이의 관계

### Relations between Electrical and Hydraulic Properties of Aquifer in the Ganam Area

이기화(Kichwa Lee)\* · 최병수(Byong-Soo Choi)\*\* · 한원석(Won-Seok Han)\*

**요 약** : 1983년 경기도 여주군 가남면에서 83점의 Wenner 배열 수직전기비저항탐사와 22점의 양수시험이 농업진흥공사에 의해 수행되었으며, 10개의 시추공도 개발되었다. 이번 연구에서는 위의 결과로 얻어진 자료들을 바탕으로 하여 대수층의 전기적, 수리적 특성에 관하여 고찰하였다. 지하를 1차원 구조로 가정하여 수직탐사 자료를 해석한 결과, 이 지역은 4층의 비저항 구조를 가지며, 대수층으로 생각되는 10 m의 평균 두께와 506 ohm-m의 평균비저항을 갖는 제 3층은 비저항이 높은 기반암 위에 위치하는 것으로 해석되었다. 이러한 경우에는 전류의 대부분의 흐름이 대수층에 평행하여 수평 단위 컨덕턴스(longitudinal unit conductance)가 겔보기비저항 곡선을 결정하는 중요한 변수가 되고 이 지역에서는 이것과 대수층의 투수량계수가 서로 밀접하게 연관될 수 있기 때문에 이들 두 량 사이의 관계가 알려졌다. 수직탐사의 해석에 의해 각 층의 비저항과 두께가 구해지므로 투수량계수와 비저항의 관계식, 수리전도도와 비저항 사이의 관계식도 알려졌다. 이 지역의 투수량계수와 수평 단위 컨덕턴스 사이에는 비례하는 관계, 투수량계수와 비저항 사이에는 반비례하는 관계, 수리전도도와 비저항 사이에도 반비례하는 관계가 있음이 밝혀졌다.

**Abstract** : In 1983, 83 Wenner vertical electrical sounding(VES)s and 22 pumping tests had been carried out by Korea Agricultural Development Corporation(KADC) in Ganam Myun, Yeosu Gun, Kyounggi Province. Also, 10 boreholes had been constructed in the area. Using these data electrical and hydraulic properties of aquifer in the Ganam area are investigated in this study. Assuming that the underground is 1-D, VES data are analyzed. Data analysis shows that the subsurface of study area can be interpreted as 4-layer structure and the 3rd layer which is regarded as aquifer has mean thickness of 10 m and mean resistivity of 506 ohm-m and rests on resistive bedrock. Under the circumstances, as most part of electric current flows parallel to the bedding, longitudinal unit conductance is an important parameter controlling VES curves and very closely correlates with transmissivity of aquifer in the study area. Thus, relation between longitudinal unit conductance and transmissivity is investigated in this study. Since resistivity and thickness of each layer are obtained from interpretation of VES data, the relations between transmissivity and resistivity, and between hydraulic conductivity and resistivity are also studied. Studies of such relations show that longitudinal conductance is proportional to transmissivity, and resistivity is inversely proportional to transmissivity and hydraulic conductivity.

### 서 론

오염되지 않은 수자원의 중요한 공급원으로서의 지하수의 역할이 중요해짐에 따라, 지하수의 부존 가능성이 높은 지역을 찾는 방법은 점점 더 효과적으로 개발되어 왔으며 지구물리학적 방법인 방법이 지하수 조사에 중요한 역할을 해 왔다. 여러 지구물리학적 방법 중에서도 전기비저항 탐사 방법이 가장 널리 사용되고 있다. 대수층의 탐사에 지표에서의 전기비저항 방법이 널리 사용되고 있기는 하지만, 정확한 대수층의 비저항 구조를 밝히는 과

정에 여러 가지 문제점들이 존재한다(Kelly and Frohlich, 1985; Mazac *et al.*, 1985). 이들은 주로 은폐(suppression)와 등가(equivalence)의 문제들이다. 은폐의 문제는 층의 두께가 매우 얇은 경우가 아니면 일어나지 않으므로 무시되어질 수 있고, 등가의 문제는 Dar Zarrouk parameters(D.Z. parameters)라는 개념을 도입한 Maillet(1947)에 의해 정량적으로 명확하게 정립되었다.

Dar Zarrouk parameters는 층에 수평한 방향의 수평 단위 컨덕턴스(longitudinal unit conductance)  $S$ 와 층에 수직인 방향의 수직 단위 저항(transverse unit resistance)  $T$ 로 구성되어 있다.  $S$ 는 각 층의 두께( $h$ )를 비저항( $\rho$ )으로 나눈 값( $S=h/\rho$ )이며,  $T$ 는 각 층의 두께와 비저항을 곱한 값( $T=h \cdot \rho$ )이다. 대수층의 수리전도도(hydraulic conductivity)  $K$ 와 두께  $h$ 를 곱한 양인 투수량계수(transmissivity)  $T_k(=h \cdot K)$ 는  $T$ 와 식의 모양이 매우 비슷하기

\*서울특별시 관악구 신림동 산 56-1 서울대학교 지질학과, 151-742(Department of Geological Sciences, Seoul National University, Seoul, 151-742, Korea)

\*\*경기도 의왕시 포일동 487 농어촌진흥공사, 430-600(Rural Development Corporation, Uiwang, Kyonggi-Do, 430-600, Korea)

때문에  $T$ 는 대수층의 특성을 밝히는데 있어서 중요한 역할을 한다는 것이 알려져 있다(Niwas and Singhal, 1981; Kelly and Reiter, 1984; Frohlich and Kelly, 1985). 그러나  $S$ 는 상대적으로  $T$ 보다는 덜 이용되고 있으며(Kalinski *et al.*, 1993), 비저항과 수리전도도가 반비례하는 관계를 가질 때에만 유용하게 이용될 수 있다(Mazac and Landa, 1979). 수직탐사 자료 만으로부터 지하 각 층의 정확한 비저항과 두께를 알아내는 것은 매우 어려운 일이므로 D.Z. parameters는 대수층의 전기적, 수리적 특성을 밝히는데 있어서 매우 유용한 물리량이다.

이번 연구의 목적은 가남지역에 존재하는 대수층의 전기적, 수리적인 특성 사이의 관계를 알아보는 데 있다. 1983년 경기도 여주군 가남면에서 83점의 Wenner 배열 수직전기비저항탐사와 22점의 양수시험이 농업진흥공사에 의해 수행되었으며, 10개의 시추공도 개발되었다. 그 결과로 겘보기비저항 곡선과 대수층의 투수량계수, 10개의 시추공 근처의 지질 단면도가 얻어졌으며, 이 자료들을 이용하여 대수층의 전기적, 수리적 특성 사이의 관계식을 구하였다. 수직탐사 자료의 해석 결과 이 지역의 대수층은 비저항이 높은 기반암 위에 존재하여 전류의 대부분이 대수층에 수평 방향으로 흐르는 성질이 있기 때문에 이런 경우에 겘보기비저항 곡선의 모양을 결정하는 변수인  $S$ 와 투수량계수와 관계식을 먼저 구했으며, 해석에 의해서 구해진 대수층의 비저항과 두께를 이용하여 투수량계수와 비저항 사이의 관계식, 투수량계수를 해석에서 구해진 두께로 나눈 값을 수리전도도로 생각하여 수리전도도와 비저항 사이의 관계식도 구할 수 있었다.

### 지질 개요

시대 미상의 편암(schist)과 대상흑운모편마암(banded biotite gneiss)등의 변성암류를 전체적으로 관입한 중생대 류라기의 흑운모화강암(biotite granite)과 한강변에 부정합으로 존재하는 제 4기의 충적층이 본 지역의 대부분을 차지한다(Figure 1). 신해리 부근에는 섬장암질화강암(syenitic granite)이 분포하고 있으나 매우 작은 규모를 이루고 있다(여 상철, 이 인기, 1975).

저반의 형태로 이 지역에 존재하는 흑운모화강암은 불규칙한 방향성을 보이는 규장암(felsite)과 거정질화강암(pegmatic vein)이 맥상으로 관입되어 있으며, 심하게 풍화를 받아 신선한 노두는 거의 보이지 않는 것으로 미루어 풍화에 대한 저항도가 약한 암질로 사료된다. 또한, 이 지역의 충적층은 대부분 유수의 영향으로 인하여 범람지를 이루거나 하천의 주변에 퇴적되어 넓게 분포하고 있으며, 양화천 주변에 분포하는 것은 다른 지역보다 분급과 원마도가 양호한 편이다. 모래, 실트, 점토, 각력, 역 등이 층상 구조를 이루며 충적층을 구성하고 있다.

흑운모화강암은 조립질로서 낮은 지형을 보여주며, 한강변에 존재하는 충적층은 평탄한 편이다. 즉, 이 지역의 지형은 흑운모화강암이 구릉지를 이루며, 충적층은 평탄부를 이루고 있는 비교적 단순한 형태이다.

### 전기탐사 자료의 해석

1983년 경기도 여주군 가남면에서 수리지질도를 작성하는

목적으로 83점의 Wenner 배열법의 수직탐사가 농업진흥공사에 의해 수행되었다. Figure 1에 탐사 위치가 표시되어 있다. 83점의 탐사는 16개의 축선을 따라 이루어졌고, 일반적으로  $a$ 로 표시되는 전극 사이 간격의 최대값은 약 40 m이다. 정량적인 해석을 위하여 농업진흥공사가 제시한 겘보기비저항 곡선으로부터 각 깊이( $a$ )에 대한 겘보기비저항의 정확한 값을 구하는 작업이 선행되었다.

서로 다른 비저항과 두께를 갖는 지하의 모델에 의해서도 지표에서 관측되는 겘보기비저항값은 거의 같을 수 있으므로 지하의 구조를 수직탐사 자료만을 이용하여 유일하게 결정하는 것은 매우 어려운 일이다. 그렇지만 만약 층들의 비저항이나 두께 중의 어느 하나라도 알 수 있다면 해석의 신뢰도를 높일 수 있을 것이다. 이런 취지에서 10개의 시추공 자료에서 관찰되는 각 층의 두께가 이용되었다. 시추공의 위치가 전탐측점과 일치하지 않기 때문에 10개의 시추공에서 얻어진 각 층의 두께를 2차원 내삽을 수행하여 전탐측점에서의 층의 두께를 추정하였다. Kitanidis(1989)의 방법에 따라 먼저 두께 자료들의 semi-variogram을 구한 후에 그것을 이용하여 2차원 내삽이 이루어졌다. Semivariogram의 모양을 검토한 후에 이차함수의 꼴로 근사하는 것이 가장 타당하다는 결론 하에 두께 자료의 semi-variogram을 2차함수로 근사하였다. 83개 측정에서 관측된 겘보기비저항 곡선을 1차원 층상 구조 대화식해석방법(Kim and Lee, 1993)을 이용하여 추정된 층의 두께를 고려하면서 정량적인 해석을 수행하였다. 1차원 층상 구조를 가정하여 해석을 수행하였으며 대부분의 겘보기비저항 자료가 4층의 층상 구조로 해석이 가능하였다. 해석 결과 1,655 ohm-m의 높은 평균비저항 값을 갖는 제 4층 위에 제 1, 2, 3층이 존재하는 것으로 밝혀졌다. 제 1, 2, 3층의 비저항 구조는 심부로 들어갈수록 비저항이 높아지는 다수의 A-type( $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$ )과, 가운데 층의 비저항이 가장 낮은 소수의 H-type( $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$ )의 형태로 해석되었다. 여기서  $\rho_1, \rho_2, \rho_3$ 는 각각 제 1, 2, 3층의 비저항을 의미한다. Figure 2는 해석된 Wenner 수직탐사 자료의 대표적인 두 가지의 예를 보여주고 있다.

16개의 축선을 따라 수직탐사가 이루어졌기 때문에 해석된 결과를 토대로 하여 같은 축선에 위치한 자료들을 모아 가상 2차원 비저항 구조 단면도를 작성할 수 있었다(Figure 3, 4, 5, 6). 이 가상단면도는 두 측정에서 같은 층으로 표현된 부분이라 하더라도 비저항은 차이를 가질 수도 있고 지질단면과도 꼭 일치하지는 않으나 각 측정에서 층들의 두께의 수평적인 변화를 한 눈에 볼 수 있다. 가상단면도에서 구분된 층은 각 층들의 비저항값과 두께를 고려할 때 제 1층은 표토, 제 2층은 충적층, 제 3층은 풍화대, 그리고 제 4층은 기반암이라고 할 수 있으며 제 3층이 대수층으로 생각된다. Table 1에 각 층의 평균비저항과 평균 두께가 표현되어 있다.

여기서 제 2층의 비저항이 대수층인 제 3층의 비저항보다 낮은 값을 갖는 것은 제 2층에 존재하는 점토질사층 등 점토류에 의한 영향으로 생각된다. 점토는 일반적으로 1~100 ohm-m의 낮은 비저항을 갖는다(Telford *et al.*, 1990). 제 2층으로 표시된 충적층은 시추 자료에 의하면 실제로는 몇 개의 층으로 구성되어 있다. 해석 결과에 나온 제 2층은 이 여러 층들의 비저항과

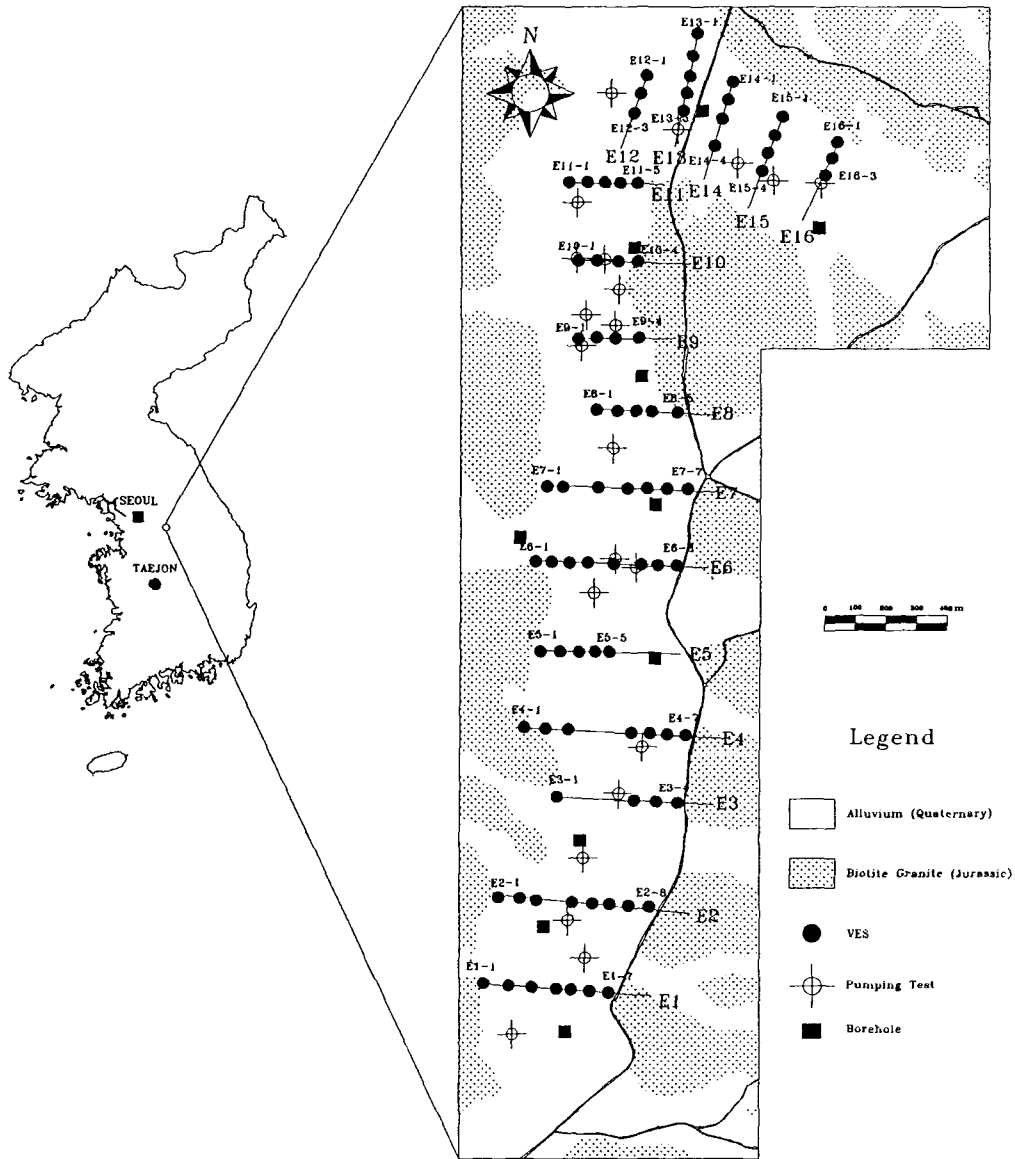


Figure 1. Geologic map of the Ganam area and location map of vertical electrical soundings and pumping tests.

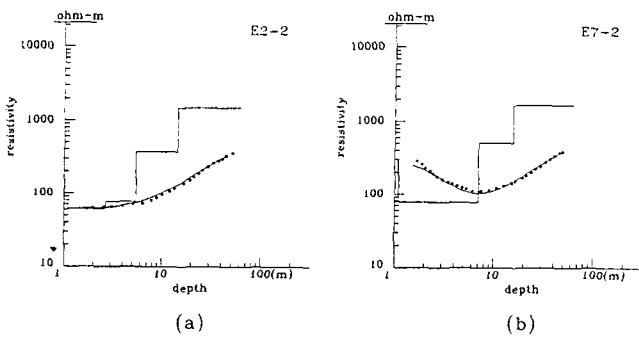


Figure 2. Examples of interpretation of VES data. Dot, solid line, and jagged line represent the observed value, calculated value, and interpreted resistivity structure, respectively. (a) AA-type curve (b) HA-type curve

두께를 대표하는 한 층으로 표현된 것이다. 이것은 수직전기탐사에 의해서 비저항 차이가 매우 크지 않는 한, 얇은 층은 발견될 수 없다는 은폐(suppression)의 문제에 부합한다. 대수층이 여러 층으로 이루어졌을 때 이것을 한 층으로 가정하여 해석하는 방법이 타당성이 있다는 것도 알려져 있으며(Kosinski and Kelly, 1981), 또 이 번 연구의 관심의 주 대상이 아닌 제 2층의 문제이기 때문에 계산상의 편의를 위하여 제 2층에 존재하는 여러 층을 1개의 층으로 통합하여 해석하였다.

### 대수층의 전기적, 수리적 특성 사이의 관계

대수층으로 생각되는 제 3층의 평균비저항은 약 506 ohm-m의 값을 갖는 것을 Table 1에서 알 수 있는데 이것은 이 지역

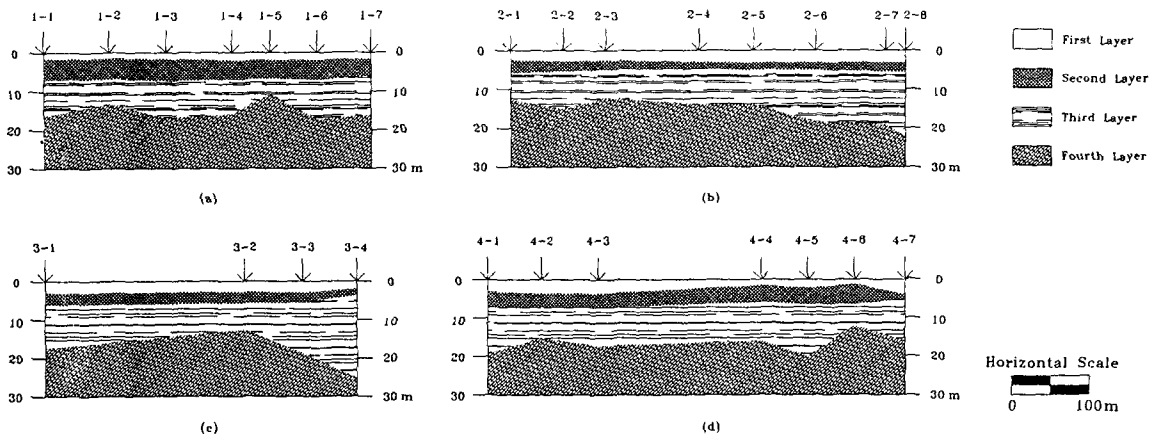


Figure 3. Pseudo sections of two dimensional resistivity structure. (a) Line E1 (b) Line E2 (c) Line E3 (d) Line E4

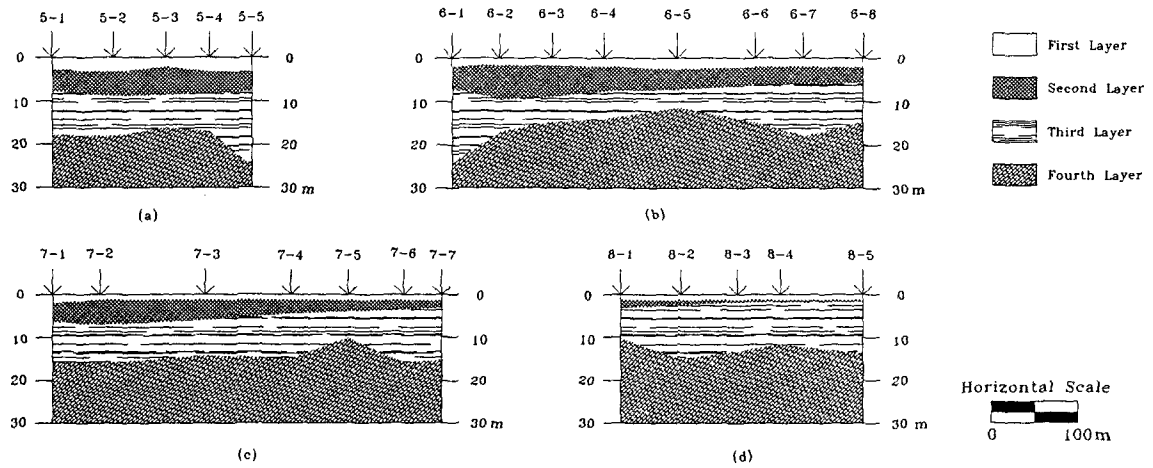


Figure 4. Pseudo sections of two dimensional resistivity structure. (a) Line E5 (b) Line E6 (c) Line E7 (d) Line E8

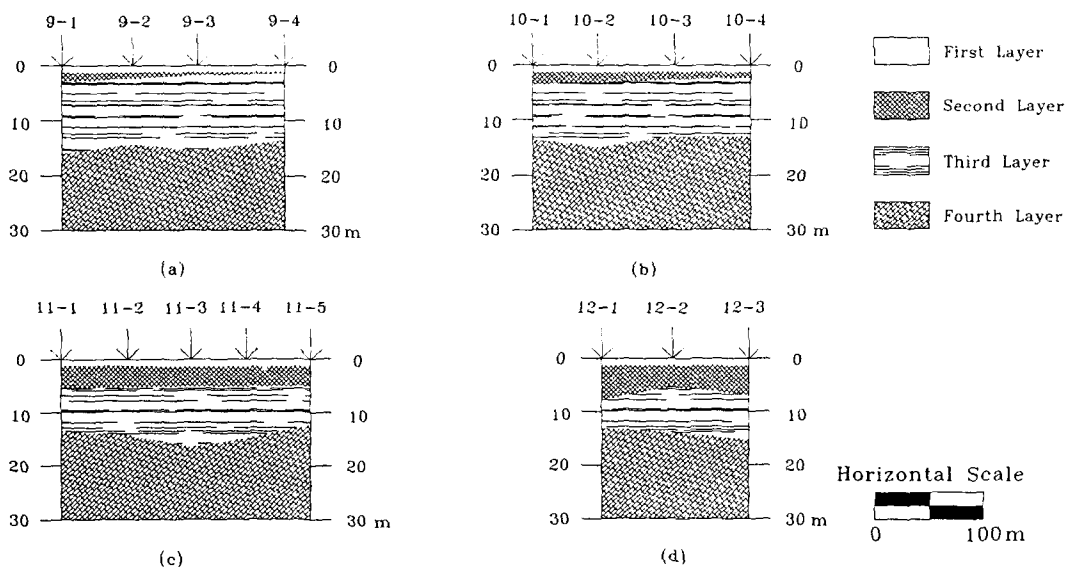


Figure 5. Pseudo sections of two dimensional resistivity structure. (a) Line E9 (b) Line E10 (c) Line E11 (d) Line E12

의 대수층이 점토류를 별로 포함하지 않고 있다는 것을 시사한다(Mazac et al., 1985). 이렇게 점토가 포함되지 않은 대수층에

서는 전류와 물의 흐름이 대수층의 공극을 통해 이루어지기 때문에 전기비저항과 수리전도도가 연관되어 질 수 있다. 즉, 대

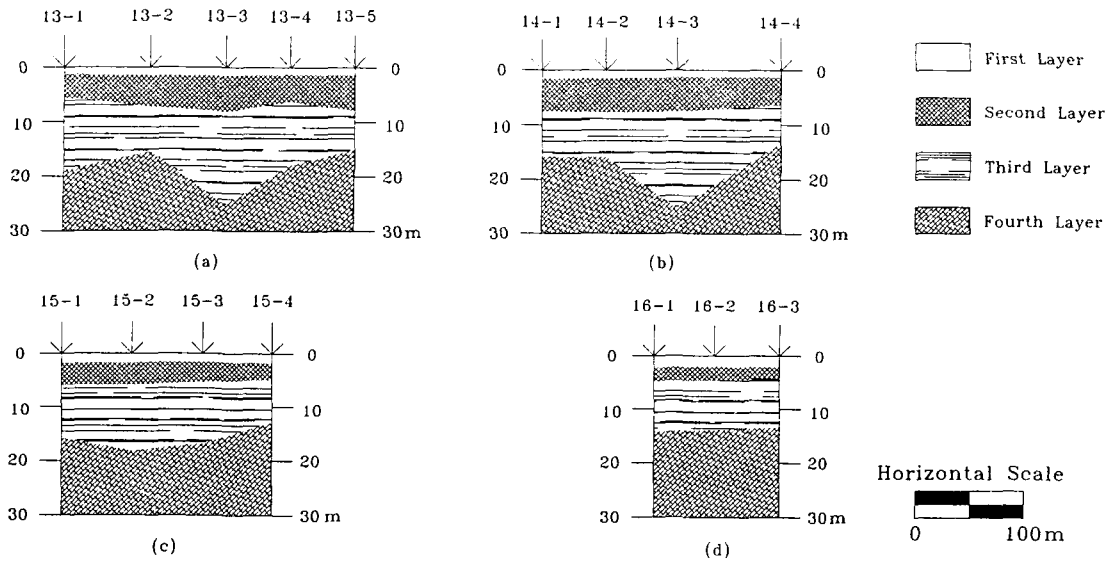


Figure 6. Pseudo sections of two dimensional resistivity structure. (a) Line E13 (b) Line E14 (c) Line E15 (d) Line E16

Table 1. Mean of resistivities and thicknesses of geologic layers from interpretation of VES data

	Mean of resistivity(ohm-m)	Mean of thickness(m)
The 1st layer	144.8	1.8
The 2nd layer	187.0	3.8
The 3rd layer	505.7	10.0
The 4th layer	1654.8	∞

부분의 대수층을 구성하는 물질들은 비전도체(insulator)인 이유로 전류가 이곳으로는 흐르지 않고 대부분이 유체와 마찬가지로 공극을 따라 흐르기 때문에 수리전도도(K)와 비저항( $\rho$ )이 다음과 같은 경험적인 식으로 연관될 수 있다.

$$K = a_1 \cdot \rho^{b_1} \quad (1)$$

여기서  $a_1, b_1$ 는 물질에 관련된 상수이다(Kelly, 1977; Mazac *et al.*, 1985). 식 (1)에 의해 수리전도도는 비저항으로 표현될 수 있음을 알 수 있다. 그러나 점토를 함유하고 있는 대수층에서는 위의 식들은 수정되어 적용되어야만 한다(Park and Dickey, 1989; Ward, 1967). D.Z. parameters는 식 (1)을 약간 변환하면 수리 상수와 연관될 수 있다. 즉, 식 (1)의 양변에 층의 두께  $h$ 를 곱하여 정리하면

$$T_h = a_2 \cdot \rho^{b_2} = a_3 \cdot T^{b_3} \quad (2)$$

이 되고,  $a_2, b_2, a_3, b_3$ 는 물질에 관련된 상수이다. 투수량계수와 비저항, 투수량계수와 수직 단위 저항 사이의 관계가 식 (2)에 의해 확립되었다. 그러나 식 (1)의  $b_1$ 이 음수라면(수리전도도와 비저항이 서로 반비례한다면) 식 (1)의 양변에  $h$ 를 곱하여 정리한 결과는

$$T_h = a_4 \cdot S^{b_4} \quad (3)$$

이 되며  $a_4, b_4$  역시 물질에 관련된 상수이다. 식 (3)에 의해 투

수량계수와 수평 단위 컨덕턴스 사이의 관계가 확립되었다.  $T$ 는 수리전도도와 비저항 사이에 비례하는 관계가 있을 때 투수량계수와 연관될 수 있으며,  $S$ 가 투수량계수와 관련을 갖기 위한 조건은 수리전도도와 비저항이 서로 반비례하는 관계를 가져야 하는 것임을 알 수 있다.

비록 시추공의 자료를 이용하는 방법을 통해 해석된 각 층의 두께와 비저항값의 신뢰도를 높였지만 이들 값 자체보다는 다음과 같은 이유로 이들을 조합하여 만들어지는 D.Z. parameters가 더 신뢰도가 높다고 할 수 있다. 예를 들어, 3층의 지하 구조를 가진 지층의 경우 H-type( $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$ )의 지층에서는 2층에 흐르는 전류가 주로 지층에 평행한 방향으로 흐르기 때문에 수평 단위 컨덕턴스  $S$ 가, K-type( $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$ )의 지층에서는 2층에 흐르는 전류가 주로 지층에 수직인 방향으로 흐르기 때문에 수직 단위 저항  $T$ 가 겹보기비저항 곡선의 모양을 결정하는 중요한 물리량이 된다. 여기서  $\rho_1, \rho_2, \rho_3$ 는 각각 1층, 2층, 그리고 3층의 비저항을 의미한다. 즉, 어느 두 지역의 지층이 H(K)-type인 경우, 비저항과 두께가 서로 다르다 하더라도  $S(T)$ 만 같으면 겹보기비저항 곡선이 거의 같게 된다. 그러므로  $T$ 는 대수층이 기반암의 바로 위에 존재할 때보다는 점토류와 같이 낮은 투수도(permeability)와 작은 비저항을 갖는 물질 위에 존재할 때,  $S$ 는 대수층이 고비저항을 갖는 두 층 사이에 존재할 때 겹보기비저항 곡선을 결정하는 중요한 요인이다(Kelly and Frohlich, 1985).

가남지역의 대수층은 비저항이 높은 기반암 위에 존재하는 것으로 밝혀졌으므로 이 지역에서는  $T$ 보다  $S$ 가 겹보기비저항 곡선의 모양을 결정하는 중요한 물리량이 된다. 그러므로 먼저  $S$ 와 투수량계수와와의 관계를 구하였다. 투수량계수의 측정점과 전탐측점이 다르기 때문에 투수량계수의 semivariogram을 구한 후에 지역적인 특성을 반영하기 위하여 내삽 하고자 하는 곳에서 가장 가까운 4개의 자료만을 이용하여 전탐측점에서의 투수량계수 값을 추정하였다. 앞에서 언급된 바와 같이 이 지역에 존재하는 대수층은 평균비저항을 고려할 때 점토류의 영향을 받지 않는 대수층이므로 앞에서 소개된 식들은 아무 수정 없이

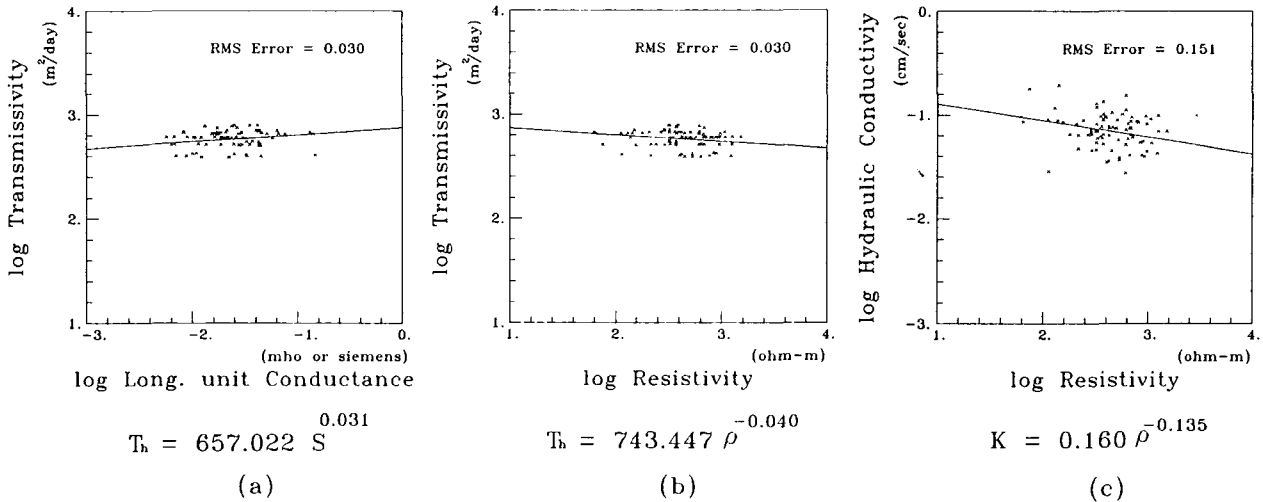


Figure 7. Relations between (a) transmissivity and longitudinal unit conductance. (b) transmissivity and resistivity (c) hydraulic conductivity and resistivity.

그대로 계산에 이용될 수 있다. 식 (1), (2), 그리고 (3)의 양변에 logarithm을 취하면 일차함수의 모양이 되어 계산상 편리하게 취급될 수 있으므로 각 자료의 logarithm 값에 최소자승역산 방법을 적용하여 이후의 관계식을 구하였다. 먼저 투수량계수  $T_h$ 와  $S$  사이에는 다음과 같이 비례하는 관계가 있음이 밝혀졌다.

$$\log T_h (m^2/day) = 0.031 \cdot \log S (Siemens) + 2.818 \quad (4-1)$$

$$T_h = 657.022 \cdot S^{0.031} \quad (4-2)$$

그리고 전담 자료의 해석에 의해 얻어진 제 3층의 비저항과 두께를 이용하여 다른 물리량들 사이의 관계도 구할 수 있었다. 투수량계수와 비저항 사이의 관계식을 구하였는데 다음과 같다.

$$\log T_h (m^2/day) = -0.040 \cdot \log \rho (ohm-m) + 2.871 \quad (5-1)$$

$$T_h = 743.447 \cdot \rho^{-0.040} \quad (5-2)$$

투수량계수와 비저항 사이에는 위와 같은 반비례하는 관계가 얻어졌다. 마지막으로 수리전도도와 비저항 사이의 관계식을 구하였다. 양수시험의 자료에 수리전도도는 포함되어 있지 않기 때문에 투수량계수를 해석에 의해 얻어진 제 3층의 두께로 나눈 값을 수리전도도로 생각하여 다음과 같은 관계식을 구하였다.

$$\log K (cm/sec) = -0.135 \cdot \log \rho (ohm-m) - 0.795 \quad (6-1)$$

$$K = 0.160 \cdot \rho^{-0.135} \quad (6-2)$$

Figure 7은 얻어진 직선들과 83측점에서의 값들을 보여준다. (a), (b), (c) 세 경우의 RMS(Root Mean Square) 오차는 각각 약 3.0, 3.0, 15.1%로서 비교적 작은 값들을 갖는다. 수리전도도와 비저항 사이에 반비례하는 관계식이 존재한다는 사실은 이 지역에서  $S$ 와 투수량계수와와의 관계를 구하려는 시도가 의미 있

는 일이라는 것을 뒷받침해 준다.

일반적으로 수리전도도와 비저항 사이에는 비례하는 관계와 반비례하는 관계가 모두 존재할 수 있는데 그것은 대수층의 특성에 의해 결정된다(Mazac *et al.*, 1985). 반비례하는 관계는 대수층에 존재하는 입자의 크기나 점토류의 함량 등 다른 조건이 일정할 때 수리전도도가 공극률에 의해 결정되는 대수층에서 관찰되고, 비례하는 관계는 입자의 크기와 공극률, 혹은 점토류의 함량과 수리전도도가 반비례하는 관계를 갖는 대수층에서 관찰된다. 연구 지역에서와 같이 수리전도도와 전기비저항이 반비례하는 관계를 갖는 것은 다음과 같이 설명될 수 있다. 즉, 대수층이 점토를 별로 포함하지 않고 분급(sorting)이 불량하면 공극률이 감소하게 되어 수리전도도가 감소하게 되며, 상대적으로 높은 비저항을 갖는 물질의 부피가 증가하게 되어 비저항은 증가하게 된다(Heigold *et al.*, 1979). 그러므로 이 지역에서 수리전도도와 비저항 사이에 관찰되는 반비례한 관계의 명확한 이유를 밝혀 내기 위해서는 대수층까지 도달하는 시추공 개발 등의 더 많은 조사와 연구가 필요하다고 사료된다.

## 결론

1983년 농업진흥공사가 가남지역에서 행한 83점의 Wenner 배열 수직탐사의 겘보기비저항 곡선을 해석하고 그 결과를 양수시험을 통해 얻어진 투수량계수와 비교, 분석하여 이 지역에 존재하는 대수층의 전기적, 수리적 특성에 대하여 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

1. 가남지역의 지층은 4층의 비저항구조를 갖는 것으로 해석되었으며, 대수층으로 생각되는 제 3층의 평균비저항은 506 ohm-m이고 평균 두께는 10 m이다.

2. 가남지역의 대수층은 비저항이 높은 기반암 위에 존재하므로 전류의 대부분이 층에 수평한 방향으로 흘러 수직 단위 저항  $T$ 보다는 수평 단위 컨덕턴스  $S$ 가 대수층의 특성을 알아보는 데 있어서 더 유용한 물리량이며, 이 지역 대수층의 투수량계수

$T_h(m^2/day)$ 와  $S(siemens)$  사이에는 다음과 같이 비례하는 관계식이 존재한다.

$$T_h = 657.022 \cdot S^{0.031}$$

3. 모든 측정에서의 수직탐사 자료를 해석하여 각 층들의 비저항과 두께를 계산하였으며 그 결과를 이용하여 투수량계수와 비저항  $\rho(\text{ohm-m})$ , 수리전도도  $K(\text{cm/sec})$ 와 비저항 사이의 관계를 알아본 결과 다음과 같은 관계식이 얻어졌다.

$$T_h = 743.447 \cdot \rho^{-0.040}$$

$$K = 0.160 \cdot \rho^{-0.135}$$

연구 지역에서 얻어진 관계식은 비록 이 지역에서만 적용될 수 있는 식이지만, 관계식을 구하는 과정에 사용된 방법은 다른 지역에도 적용될 수 있는 일반적인 방법이라 생각된다.

## 사 사

본 연구는 농림수산부의 농림수산특정연구사업연구비의 지원을 받아 수행하였음.

## 참고문헌

여 상철, 이 인기, 1975, 한국지질도 여주도폭 1:50,000, 국립지질 광물연구소.

Frohlich, R. K., and Kelly, W. E., 1985, The relation between hydraulic transmissivity and transverse resistance in a complicated aquifer of glacial outwash deposits, *Journal of Hydrology*, 79, p. 215-229.

Heigold, P. C., Gilkeson, R. H., Cartwright, K., and Reed, P. C., 1979, Aquifer transmissivity from surficial electrical methods, *Ground Water*, 17, p. 338-345.

Kalinski, R. J., Kelly, W. E., and Bogardi, I., 1993, Combined use of geoelectric sounding and profiling to quantify aquifer protection properties, *Ground Water*, 31, p. 538-544.

Kelly, W. E., 1977, Geoelectric sounding for estimating aquifer

hydraulic conductivity, *Ground Water*, 15, p. 420-424.

Kelly, W. E., and Frohlich, R. K., 1985, Relations between aquifer electrical and hydraulic properties, *Ground Water*, 23, p. 182-189.

Kelly, W. E., and Reiter, P. F., 1984, Influence of anisotropy on relations between electrical and hydraulic properties of aquifers, *Journal of Hydrology*, 74, p. 311-321.

Kim, H. S., and Lee, K., 1993, Interactive interpretation methods for one-dimensional Schlumberger electrical sounding and magnetotelluric data, *J. Geol. Soc. Kor.*, 29, p. 493-506.

Kitanidis, P. K., 1989, Applied basic geostatistics, in *Lecture Note: Estimation of spatial functions and predictive groundwater modeling*, Stanford University, California, p. 103-120.

Kosinski, W. K., and Kelly, W. E., 1981, Geoelectric soundings for predicting aquifer properties, *Ground Water*, 19, p. 163-171.

Maillet, R., 1947, The fundamental equations of electrical prospecting, *Geophysics*, 12, p. 529-556.

Mazac, O., and Landa I., 1979, On determination of hydraulic conductivity and transmissivity of granular aquifers by vertical electric sounding, *Journal of Geological Sciences*, 16, p. 123-139.

Mazac, O., Kelly, W. E., and Landa, I., 1985, A hydrogeophysical model for relations between electrical and hydraulic properties of aquifers, *Journal of Hydrology*, 79, p. 1-19.

Niwas, S., and Singhal, D. C., 1981, Estimation of aquifer transmissivity from Dar Zarrouk parameters in porous media, *Journal of Hydrology*, 50, p. 393-399.

Park, S. K., and Dickey, S. K., 1989, Accurate estimation of conductivity of water from geoelectrical measurements - A new way to correct for clay, *Ground Water*, 27, p. 786-792.

Telford, W. M., Geldart, L. P., and Sheriff, R. E., 1990, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press. p. 285-292.

Ward, S. H., 1967, Conduction of electricity in rocks, In *Mining Geophysics*, Society of Exploration Geophysicists, 2, p. 198-223.