

축소모형 실험을 이용한 전기적 잡음에 관한연구

윤점동¹⁾, 송영수²⁾, 소경목²⁾

¹⁾소암컨설턴트(주), pointeast@chonbuk.ac.kr

²⁾전북대학교 자원·에너지공학과

The Study on an Electric Noise Effect using Physical Scale Modeling

Jeumdong Yun¹⁾, Youngsu Song²⁾, Kyungmok So²⁾

¹⁾SOAM consultant

²⁾Chonbuk National University Dep't of Mineral Resources & Energy

Abstract: Recently, electrical resistivity survey is used in the various fields and applied to urban area with many electrical noises. Therefore it's necessary to observe the electrical noise effect of the geological structure. The physical scale modeling was conducted for measuring the electric noise effect of the two geological models at various distances, depths and diameters of the electric noise objects.

The results are as following.

1. When conductive noise object was vertical to the strike of geological structure and moved to the strike direction, the effect of conductive noise object at various separated distances to the measurement line was disappeared at a half distance measurement line length regardless of electrode arrays.
2. When conductive noise object was vertical to the strike of geological structure and moved to the strike direction, the effect of conductive noise object at various depths was disappeared at 4unit apart from the measurement line regardless of electrode arrays.
3. When conductive noise object was vertical to the strike of geological structure and moved to the strike direction, the effect of conductive noise object at various diameters was disappeared at 4unit apart from the measurement line regardless of electrode arrays .

Keywords: electrical resistivity survey, electrical noise effect, physical scale modeling

1. 서론

전기비저항 탐사는 과거 부존광물의 탐사에서 벗어나 도로, 터널, 교량, 댐 등의 대규모 구조물에 대한 지반조사(정승환 등, 1999; Jung et al., 1999)뿐만 아니라 유류, 침출수 오염대 탐지(하희상, 정연문, 2000; Ha and Jung, 2000)등의 환경 분야, 산사태(박삼규 등, 2004; Park et al., 2004), 해수침투(김정일, 2004; Kim, 2004), 지반 침하(김정호 등, 2004; Kim et al., 2004)등의 자연재해 분야에 이르기까지 그 이용범위가 확장되고 있다.

그러나 지금까지의 전기비저항 탐사는 비교적 전기적 잡음이 적은 도심지외곽 지역에서 주로 행해졌으나, 전기비저항 탐사의 활용 범위가 확대되면서 도심지에서의 탐사 자료 획득의 빈도가 점차 증가고, 도심지에 존재하는 인공구조물인 전력선과 전력 전송선, 배관망이나 울타리, 도로, 철도 등의 전기적 잡음이 탐사자료를 왜곡 시킴으로써 해석상의 어려움과 오류를 범하게 되었다. 따라서 이 연구에서는 이러한 전기적 잡음에 의한 영향을 파악하고자 수조를 이용한 축소모형 실험을 수행하였다. 지질학적 구조모델은 오목 모델(concave model; 凹)과 볼록 모델(convex model; 凸)을 사용하였으며, 전기적 잡음 모델로서는 지하에 매설된 배관구조 모델로서 구리봉을 사용하였다. 이러한 축소모형 실험을 통하여 전기적 잡음이 탐사자료에 미치는 영향에 대하여 정성적, 정량적 자료를 얻을 수 있었다.

2. 실험장치 및 방법

2.1. 실험장치

축소모형 실험 장치는 수조, 전극(전극판), 지질학적 구조모델, 전기적 잡음 모델 그리고 탐사기기로 이루어진다.

우선 수조는 180×140×92cm 크기의 FRP (Fiberglass Reinforced Plastics)로 제작되었으며, 전극은 직경 2mm의 스테인레스 강철로 제작되었다. 그리고 전체 수조의 크기에 비하여 전극이 설치되는 영역의 크기를 가능한 작게 하기 위하여 2cm 간격으로 30개 전극을 설치하여 반무한 공간을 시뮬레이션 하고자 하였다.

실제 탐사에서 주변매질에 해당되며 전기를 전달하는 매체로는 전기비저항 값이 대략 100 Ω·m 정도 인 일반 상수도물을 사용하였으며, 지질학적 지하구조 모델은 수조 안에 적벽돌을 이용하여 오목 모델과 볼록 모델을 설정하였다.

실험에서 쓰이는 전기적 잡음 모델은 전기비저항값이 대략 10^{-7} Ω·m인 구리봉을 사용하였으며, 사용된 측정기기는 Super Sting R1 시스템(미국, AGI사)이며 자동전극 전환장치(switching box)를 이용하여 자동측정이 가능하다(Fig. 1).

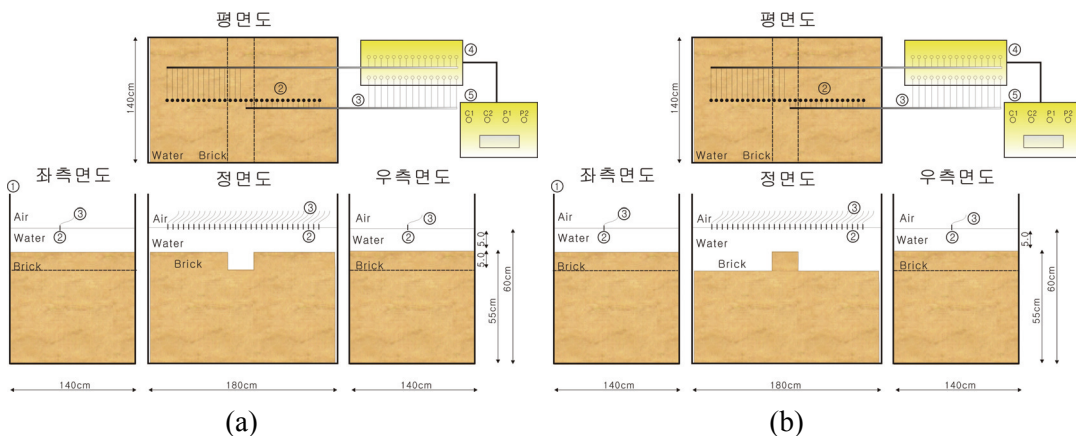


Fig. 1. Experimental apparatus : (a)concave model (b)convex model

① water tank ② electrodes ③ electric wires ④ electrodes plate ⑤ Super Sting R1

2.2. 실험방법

본 실험은 구조 모델과 전극이 설치된 수조에서 전기적 잡음 모델을 위치시켜 전극 배열별로 자료를 획득하고 이에 따른 지하구조 반응을 확인하는 과정을 반복하였다. 실험에 사용된 전극배열(Fig. 2)은 쌍극자(dipole-dipole) 배열, 변형된 단극(modified pole-pole)배열, 슬럼버저(Schlumberger)배열, 웨너(Wenner)배열 등이다. 이러한 배열법에 대한 특징은 이미 소개된 바 있다(김정호 등, 2001; Kim et al., 2001).

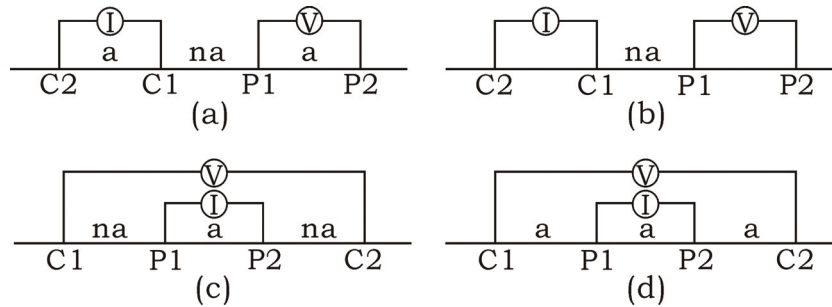


Fig. 2. Electrode array : (a) dipole-dipole array (b) modified pole-pole array, (c) Schlumberger array (d) Wenner array

Fig. 3은 측선과 좌표계와의 관계를 나타낸 그림이다. 전극간격은 2cm 이며 이 간격을 1unit로 정하였다. 측선의 설정방향이 X(폭)방향이고, 수조 하부로 향하는 방향이 Z(깊이)방향이며, 이 두 방향에 수직인 방향이 Y(주향)방향에 해당된다. 따라서 X-Z 평면이 실험 결과 얻어지는 영상단면에 해당된다.

또한 실험에 사용된 전류량은 전극전개수(n)가 1에서 10까지 5mA이며, 측정기기를 통하여 얻어진 자료를 ACB(Active Constraint Blancing)법 역산(이명중, 김정호,1998; Yi and Kim, 1998)을 통하여 참 비저항 단면을 얻게 된다. 이때 사용된 자료처리 프로그램은 Dipro for windows ver. 4.0(김정호 등, 1996)이다.

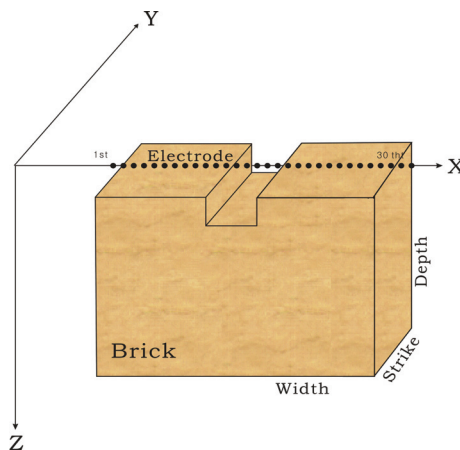


Fig. 3. Coordinates of the model

3. 결과 및 고찰

실험 장치들의 자체 반응이나 해석상의 오류를 일으킬 가능성을 최소화시키기 위하여

모든 자료는 정방향 탐사(forward traverse)와 역방향 탐사(reverse traverse)를 실시하여 다음과 같은 보정된 겉보기 전기비저항(ρ_c ; corrected apparent resistivity)으로 나타내었다.

$$\rho_c = \frac{\rho_f + \rho_r}{2} \quad (1)$$

(1)식에서, ρ_c 는 보정된 겉보기 전기비저항값, ρ_f 는 정방향 탐사의 겉보기 전기비저항값, ρ_r 은 역방향 탐사의 겉보기 전기비저항값이다.

또한 잡음 모델이 지하구조 영상에 미치는 영향을 정량적으로 알아보기 위해 모든 자료들은 다음과 같은 정량화된 값(ρ_n ; normalized data)으로 나타내었다.

$$\rho_n = \frac{\rho_c'}{\rho_b} \quad (2)$$

(2)식에서, ρ_n 은 정량화된 값, ρ_c' 는 보정된 겉보기 비저항 값의 역산 전기비저항값, ρ_b 는 예비실험을 통해 얻은 역산 전기비저항값이다. 잡음 모델이 미치는 영향은 정량화된 값(ρ_n)의 표준편차를 구하여 왜곡 정도를 백분율(%)로 나타내었으며 실제 유한요소 법이나 유한차분법을 이용한 수치모델 실험의 경우에도 5%정도의 오차가 포함될 것을 고려하여 10%미만의 편차를 정확한 모델링 결과로 판단하였다.

3.1. 잡음 모델의 축선으로부터의 이격거리에 따른 영향

직경 0.25unit(5mm) 인 잡음 모델을 축선과 구조 모델 사이에서 주향(Y)방향으로 이동하면서 축선으로부터 이격거리를 증가시키며 각 배열별로 잡음 모델의 영향을 측정하였다(Fig. 4. (a),(b)). 그리고 각 배열의 전극전개수에 따른 축선길이를 동일하게 하기 위하여 각 배열의 전극전개수를 조절하여 축선의 길이를 동일하게 설정하였다(Fig. 4. (c),(d)). 여기서 잡음 모델은 수면에서 1.25unit(25mm)의 깊이에 위치시켰다.

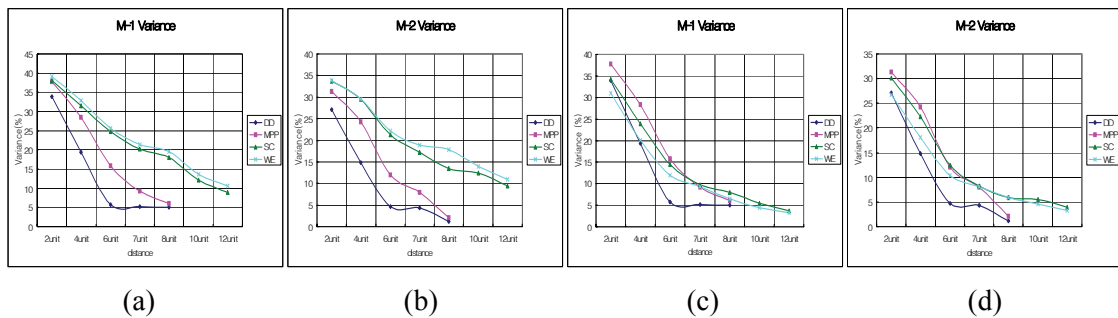


Fig. 4. Graphs of variance at each electrode array : (a),(b) Electrode separation index (n=10), (c),(d) Electrode separation index at each electrode array(DD n=10, MPP n=10, SC n=6, WE n=4)

Fig. 4.의 결과를 분석해보면 축선으로부터 잡음 모델이 멀어지면 영향이 급격히 약해짐을 확인할 수 있으며, 전극전개수(n)에 따른 전체 축선 길이의 1/2 이격된 경우 잡음 모델의 영향이 사라져 하부의 구조모델을 비교적 정확하게 영상화하고 있다.

3.2. 잡음 모델의 축선으로부터의 이격거리 및 깊이 영향

직경 0.25unit(5mm) 인 잡음 모델을 축선과 구조 모델 사이에서 주향(Y)방향으로 이동시키면서 깊이(Z)방향을 전극의 직하부(0mm), 1.25unit(25mm), 2.25unit(45mm)로 변화시키며 잡음 모델의 영향을 측정하였다.

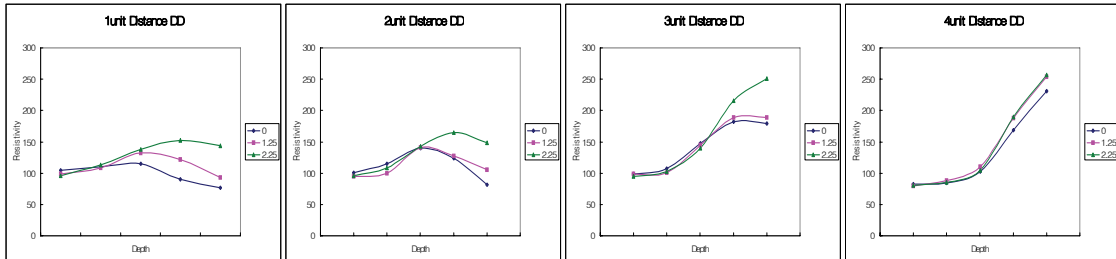


Fig. 5. Resistivity curves with electric noise at various depths of the convex model (dipole-dipole array)

Fig. 5.는 잡음 모델을 축선과 볼록 모델 사이에서 주향(Y)방향으로 이격시키면서 잡음 모델의 깊이(Z) 변화에 따라 나타나는 전기비저항값의 변화 양상이다. 이 결과를 분석해보면 축선으로부터 잡음 모델이 멀어지면 깊이에 따른 영향이 약해짐을 확인할 수 있으며, 전극간격의 4배 이상 이격된 경우 잡음 모델의 깊이에 따른 영향이 사라짐을 알 수 있다.

3.3. 잡음 모델의 축선으로부터의 이격거리 및 직경 영향

깊이 1.25unit(25mm)에서 잡음 모델을 축선과 오목 모델 사이에서 주향(Y)방향으로 이동시키면서 잡음 모델의 직경을 0.25unit(5mm), 0.5unit(10mm), 0.75unit(15mm), 1unit(20mm)으로 변화시키며 잡음 모델의 영향을 측정하였다.

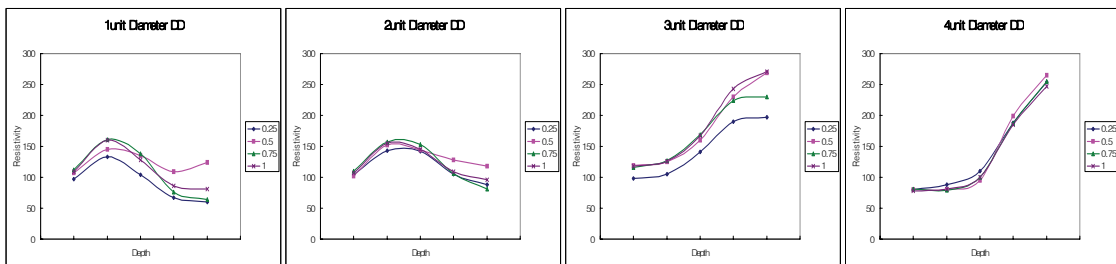


Fig. 6. Resistivity curves with electric noise at various diameters of the convex model (dipole-dipole array)

Fig. 6.는 잡음 모델을 축선과 볼록 모델 사이에서 주향(Y)방향으로 이격시키면서 잡음 모델의 직경 변화에 따라 나타나는 전기비저항값의 변화 양상이다. 이 결과를 분석해보면 축선으로부터 잡음 모델이 멀어지면 직경에 따른 영향이 약해짐을 확인할 수 있으며, 전극간격의 4배 이상 이격된 경우 잡음 모델의 직경 변화에 따른 영향이 사라짐을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구는 지질학적 모델로서 오목 모델과 볼록 모델을 설정하고, 이 지하구조가 전기적 잡음에 대하여 어떠한 반응을 보이는지를 파악하기 위하여 축소모형 실험을 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 전도성 잡음 모델이 지질학적 지하구조의 주향방향에 수직하고, 그 주향 방향으로 위치가 변화할 때, 지하구조가 잡음 모델의 영향에서 완전히 벗어나는 이격거리는 측선 길이의 1/2 이상 이다.

2. 전도성 잡음 모델이 지하구조의 주향방향에 수직하고, 그 주향 방향으로 위치를 변화시키면서 모델의 깊이가 변할 때, 지하구조가 잡음 모델의 깊이 변화의 영향에서 완전히 벗어나는 이격거리는 전극배열의 종류에 상관없이 4unit 이격했을 경우 잡음 모델의 깊이에 대한 영향이 사라진다.

3. 전도성 잡음 모델이 지하구조의 주향방향에 수직하고, 그 주향방향으로 위치를 변화시키면서 모델의 직경이 변할 때, 지하구조가 잡음 모델의 직경 변화의 영향에서 완전히 벗어나는 이격거리는 전극배열의 종류에 상관없이 4unit 이격했을 경우 잡음 모델의 직경에 대한 영향이 사라진다.

참고문헌

- 김정호, 이명중, 송윤호, 정승환, 2001, 2차원 전기비저항 탐사를 위한 전극배열법의 비교, 한국 자원공학회지, **38**, 116 -128
- 박삼규, 김정호, 조성준, 이명중, 손정술, 정지민, 2004, 산사태 지질조사를 위한 전기비저항 탐사의 응용, 한국지구시스템공학회 2004 춘계학술대회, pp. 137 - 142
- 정승환, 이명중, 김정호, 조성준, 송윤호, 1999, 지반조사를 위한 3차원 전기비저항 탐사, 건설현장에 필요한 물리탐사기술 심포지움, 한국지구물리탐사학회 1999년도 제2회 학술발표회, pp. 21 - 36
- 하희상, 정연문, 2000, 전기비저항 탐사를 이용한 매립지 안정화 조사, 농업현장에 필요한 물리탐사 기술, 한국지구물리탐사학회 2000년도 특별 심포지움, pp. 70 - 86
- 김정일, 2004, 광역 전기비저항탐사 자료를 이용한 서해 연안지역 해수침투 평가, 공학석사 학위논문, 전북대학교
- Yi, M. J., and Kim, J. H., 1998, *Enhancing the Resolving power of the Least-squares inversion with Active Constraint Balancing*: 68th Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys, Expanded Abstracts, 485 - 488