

## 터널 내부 전기비저항 탐사에서의 터널효과

이재희<sup>1)</sup>, 김정호<sup>1)</sup>, 이명중<sup>1)</sup> and Yutaka Sasaki<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>한국지질자원연구원 광물자원연구본부, zack@kigam.re.kr

<sup>2)</sup>Kyushu university

### The Tunnel Effect of Electrical Resistivity Survey at Inside of the Tunnel

Jae-hee Lee<sup>1)</sup>, Jung-ho Kim<sup>1)</sup>, Myeong-jong Yi<sup>1)</sup> and Yutaka Sasaki<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mineral Resource Research Div., KIGAM

<sup>2)</sup> Dep. of Earth Resources Engineering, Kyushu University

#### 1. 서론

터널 내부에서 수행되는 전기비저항 탐사는 주로 터널 주변의 지반상태를 조사하여 터널의 안정성을 판단하는데 사용되며 가행 또는 재개발 광산의 자원탐사를 목적으로도 자주 수행된다(Sasaki and Matsuo, 1993). 터널 내부 전기비저항 탐사자료는 지표에서의 전기비저항 탐사자료와 동일한 방법으로 해석됨이 보통이다. 그러나 터널은 지하에 존재하므로 터널 하부 지하구조 뿐만 아니라 터널 상부 등 임의의 방향에 위치하는 이상대의 영향을 받음은 자명한 사실이다. 지하 이상대가 발달하지 않은 경우에도 터널 자체가 지하에 발달하는 불균질체이므로 전기비저항 탐사자료에 이상을 야기할 수 있다. 이 연구에서는 터널의 내부에서 얻어진 전기 비저항 탐사자료에 터널이 미치는 영향을 조사하여 터널 내부 전기비저항 탐사자료의 통상적인 해석 방법의 문제점을 파악하고 나아가 정량적 해석방법 개발을 하고자 한다. 최종적으로 터널효과 발생 시 이를 배제할 수 있는 실험 조건(전극 간격 및 전극전개수)을 제시하고자 한다.

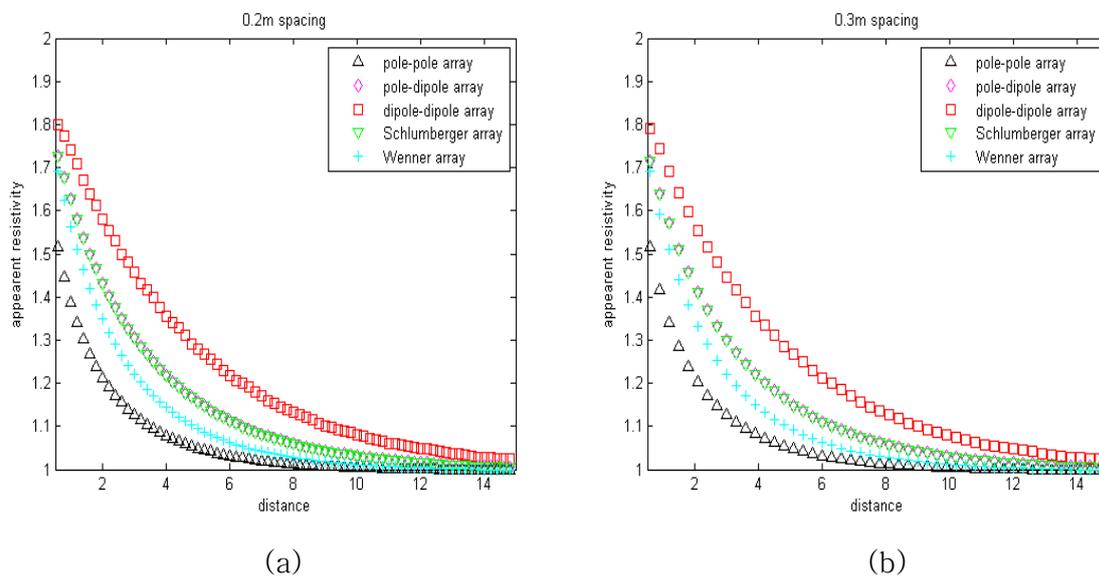
#### 2. 본론

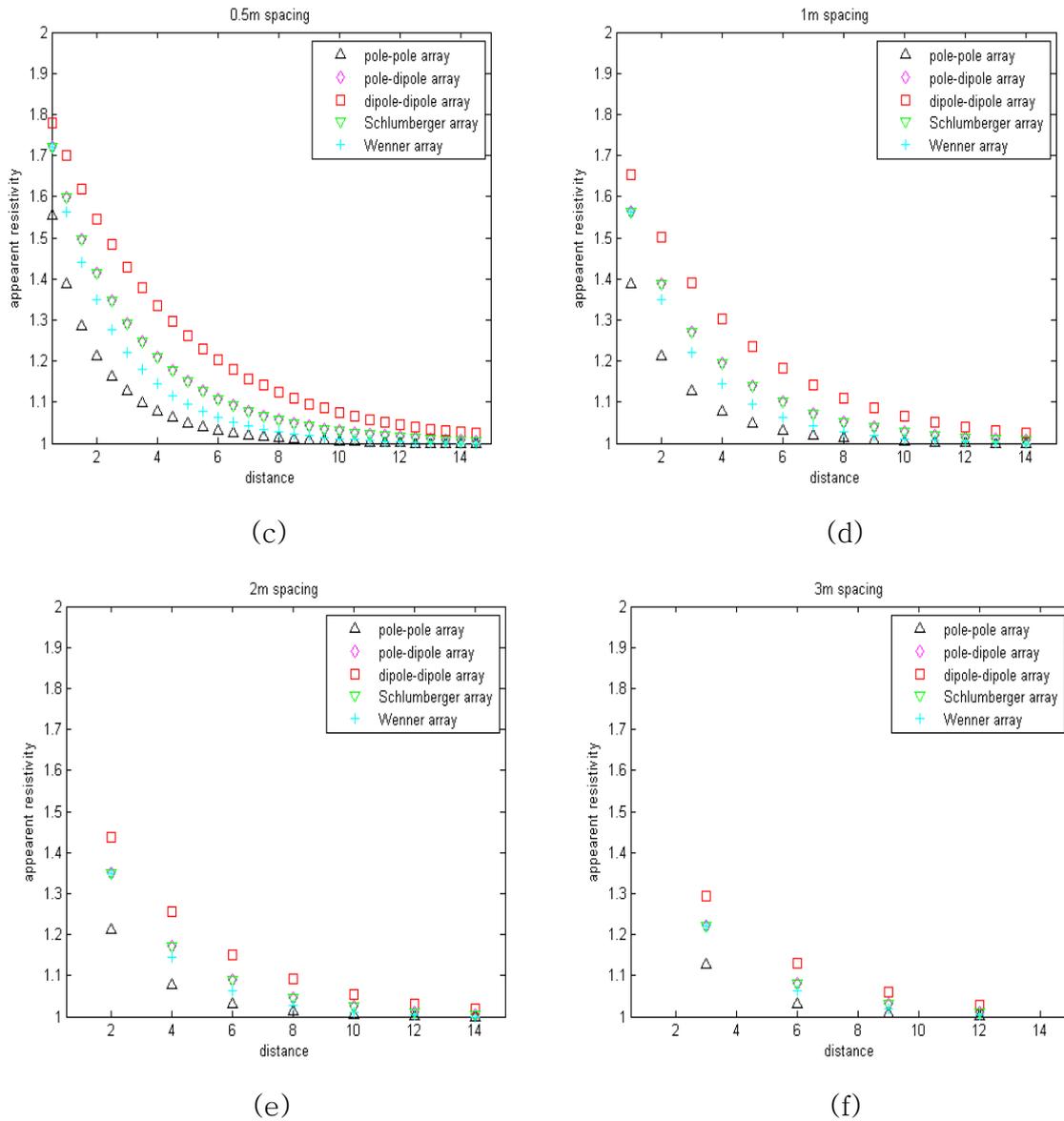
##### 1) 실험 개요

연구지역에서 발생할 수 있는 여러 가지 요인 중 터널만의 효과를 확인하기 위하여 균질 전무한 공간 내에 터널이 존재하는 지하 모형에 대한 이론식(Wait, 1982)을 이용하여 수치 모델링 프로그램을 개발하였다. 일반적으로 전기비저항 탐사자료의 결과에 영향을 끼치는 요소는 전극 배열법과 전극 간격이며 이에 대한 변화 양상을 확인하고자 5 종류의 전극배열법(pole-pole, pole-dipole, dipole-dipole, Schlumberger, Wenner)에 대하여 전극간격을 변화시키며 실험하였다. 개발된 프로그램은 반경 1 m의 터널만을 포함하며 이외의 지역은 모두 균질한 공간으로 간주되었다. 프로그램 이용 시 입력변수는 전극 개수와 간격이며 이를 통해 획득할 수 있는 데이터는 각 전극에서의 potential(V/A)과 겘보기비저항( $\Omega m$ )이다.

##### 2) 실험 결과

Fig. 1은 획득된 potential을 이용하여 5 가지 배열법에서의 겉보기비저항을 산출한 결과이다. x축은 전류전극으로부터의 거리(m), y축은 겉보기비저항( $\Omega\text{m}$ )을 나타낸다. 겉보기비저항은 최대 약 2  $\Omega\text{m}$ 를 보였으나 거리가 증가함에 따라 감소하기 시작하여 최종적으로 1  $\Omega\text{m}$ 에 수렴하였다. 배열법에 따른 수렴 순서는 모든 전극간격에서 동일하게 나타나 가장 빠른 감소는 pole-pole 배열법에서, 가장 늦은 감소는 dipole-dipole 배열법에서 이뤄지고 있다. 하지만 감소의 정도는 전극간격에 따라 다르게 나타났는데 전극간격이 커질수록 pole-pole 배열법과 dipole-dipole 배열법의 차이는 줄어들고 있다. 10 %의 오차구간을 적용하여 터널효과를 배제할 수 있는 구간을 설정하였다. 즉, 해석과정에서 1.1  $\Omega\text{m}$  이내의 겉보기비저항을 나타내는 경우 터널효과를 받지 않는다고 가정하였다. 이 때 전극간격이 큰 경우는 정확한 해석이 어려우므로 내삽법을 이용하여 0.1 m 단위로 결과를 도출하였으며 이를 정리하여 Table 1에 나타내었다. pole-pole 배열법과 Wenner 배열법의 경우 전극간격과는 무관하게 각각 3.5 m, 4.9 m 지점에서 터널효과를 배제할 수 있는 것으로 나타났다. 하지만 pole-dipole, dipole-dipole, Schlumberger 배열법의 경우 전극간격에 따라 그 결과는 다르게 나타났다. 만일 1 m의 전극간격으로 본 연구를 수행하였다면 pole-pole, pole-dipole, dipole-dipole, Schlumberger, Wenner 배열법에서의 전극전개수는 각각 4, 7, 8, 7, 5로 설정할 수 있다. 이는 각각의 전극전개수 이전의 결과는 터널효과가 작용하여 올바른 해석이 불가능한 것이며 이후의 데이터를 사용해야함을 의미한다. 반경이 n 배 증가할 경우 이에 따른 터널효과는 이론적으로 동일하게 n 배 만큼 증가하게 된다. 그러므로 반경의 크기와 전극간격을 동일하게 유지할 경우 획득된 전극전개수는 유효하다.





**Fig. 1.** The results of simulation program. (a) 0.2 m, (b) 0.3 m, (c) 0.5 m, (d) 1 m, (e) 2 m, (f) 3 m spacing. Each color and shape means that each array. Pole-pole array is the fastest array that was eliminated tunnel effect, on the other hand, dipole-dipole array is the slowest array.

**Table 1.** The distance less than 1.1  $\Omega$ m at each array.

spacing(m)	pole-pole(m)	pole-dipole(m)	dipole-dipole(m)	Schlumberger(m)	Wenner(m)
0.2	3.5	6.4	9.1	6.4	4.9
0.3	3.5	6.4	9.0	6.4	4.9
0.5	3.5	6.3	8.7	6.3	4.9
1	3.5	6.1	8.0	6.1	4.9
2	3.5	5.4	7.1	5.4	4.9
3	3.5	5.4	6.9	5.4	4.9
5	3.5	5.0	6.7	5.0	4.9

### 3. 결론

터널 내 전기비저항 탐사 시 터널이 미치는 효과에 대해 연구하였다. 터널만의 효과를 알아내기 위해 균질 전무한 공간 내에 터널이 존재하는 지하 모형에 대한 이론식을 이용한 수치 모델링 프로그램을 개발하였다. 터널 효과는 pole-pole, Wenner 배열법에서는 전극간격과는 무관하게, pole-dipole, dipole-dipole, Schlumberger 배열법에서는 전극간격의 영향을 받는 것으로 나타났다. 터널의 반경과 전극간격이 동일할 경우를 가정하여 전극전개수를 산출할 수 있었다. 하지만 이상의 결과는 이론에 의한 결과이며 실제 적용을 위해서는 모델링 프로그램을 이용한 검증이나 실제 데이터를 이용한 검증이 필요할 것으로 사료되어 차후 연구가 진행되어야 할 것으로 기대된다.

### 참고문헌

- Sasaki, Y. and Matsuo, K., 1993, Surface-to-Tunnel Resistivity Tomography at the Kamaishi Mine. *Batsuri-Tansa*, vol. 46, pp. 128-133.
- Wait, J.R., 1982, *Geo-electromagnetism*: Academic Press Inc.
- Yi, M.-J., Kim, J.-H., and Son, J.-S., 2009, Borehole deviation effect in electrical resistivity tomography. *Geosciences Journal*, vol. 13, pp. 87-102