

坑道를 이용한 人工分極法 模型 研究

徐 栢 洙* · 宋 永 壽**

Scaled Model Study on the Underground Mise-à-la-masse Method

Baek-Soo Suh*, Young-Soo Song**

Abstract

A Mise-à-la-masse method is to use a subsurface conductive mass itself as one current electrode of a pair by connecting it directly to one pole of a voltage source, the second current electrode being placed on the ground surface at a great distance and connected to the other pole.

This paper is to study the modified Mise-à-la-masse method using a water tank, that is, the second current electrode is placed on the underground level instead of being placed at a great distance, to find the geometry and the continuity of ore bodies.

1. 서 론

우리나라의 탄층은 급경사를 이루며 층후의 팽창 및 수축, 층의 반복현상 등이 일반적인 탄층의 賦存양상이다. 또한 지표부근의 石炭資源이 고갈되어 점차 심부화 현상이 심화되어 가고 있는 실정에 비추어 좀더 과학적이며 실제적인 탐사 방법이 연구 시도되어야 할 입장이다.

人工分極法(Mise-à-la-masse Method)은 지하광체 자체를 電源과 직접 연결시켜 광체를 하나의 전류전극으로 하고, 또 하나의 전류전극은 원거리에 접지시켜 기준점에 대해 電位를 측정하거나 인접측정 사이의 전위차를 측정하

는 방법이다.

本 研究에서는 地下坑道를 직접 이용하여 인공분극법으로 모형실험을 실시함으로써 가행중인 탄층의 기하학적 양상 또는 여러 가행 탄층들의 연속성에 대한 調査를 하였다. 그러나 대부분 광산의 坑道는 鑛體의 주향을 따라 발달되어 있고, 게다가 坑道 및 鑛體가 地下深部に 위치하는 경우 坑內에서는 人工分極法을 통한 탐사시 하나의 전류전극을 원거리에 접지시키는데 커다란 불편함이 따른다. 따라서 재래의 인공분극법을 다소 수정하여 坑道上에 전류전극을 接地시킴으로써 좀더 現實的으로 坑內探査에 도움을 줄 수 있도록 하였다.

本 研究의 실험은 2차원 수조를 이용하여 모형실험을 실시하였다.

*강원대학교 자원공학과 조교수

**서울대학교 자원공학과 대학원

*Assistant Professor, Dep't of Resources Engineering, Kangweon National University

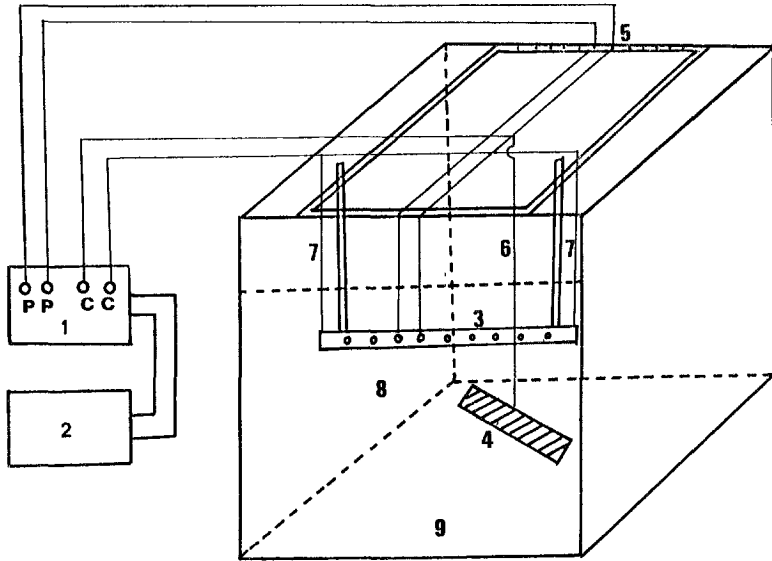
**Dep't of Resources Engineering, Seoul National University

2. 實 驗

2-1. 실험장치

本 실험에 사용된 수조는 180cm×140cm×90cm의 F.R.P 수조이며 상수도물을 전해질로 하였고, 鑛體의 모형은 20cm×5cm×2cm와 40cm×10cm×5cm 흑연판을 사용하였다. 갱도상의 접지 전류 전극은 탄소구를 만들어 사용하고, 전

류원으로 사용되는 전극은 바나나 플러그로써 광체에 직접 전류를 흘려 보내도록 하였다. 이때 전류는 항상 200mA가 되도록 조정하였다. 측정 전위 전극은 120cm×2cm×2cm 아크릴에 4cm를 1unit로 하여 직경 1.2mm 철선을 25개 고정 부착시켜 사용하였다. (Fig. 1) 측정기기는 ES-G1(일본 OYO)으로 이는 電流를 보내는 Commutator와 電位를 측정하는 Potentiometer로 구성되어 있다.



1. Commutator 2. Potentiometer 3. Level 4. Ore Body 5. Potential Electrodes
6. Current electrode(C1) 7. Current electrode(C2) 8. Electrolyte 9. Water tank

Fig. 1. Experimental Apparatus Set Up

2-2. 인공분극법 실험

제래의 인공분극법은 통상 하나의 電位電極(P₂)과 電流電極(C₂)을 원거리에서 접지시키고 다른 하나의 전류 전극(C₁)을 광체에 직접 연결함으로써 광체를 하나의 전류원이 되게 한 다음 전위차를 측정하였다. 그러나, 鑛體가 심부에 있어 深部坑道에서 인공분극법을 적용하고자 할 때는 P₂ 또는 C₂ 전극을 원거리에서 접지시키는 것이 매우 어렵다. 왜냐하면 坑道는 광체 주향 및 경사를 따라 발달하고 있어 坑道의 어느 곳이든 광체와 C₂ 또는 P₂ 간의 거리가 매우 근접해 있는 경우가 많으며 따라서 사실상의 원거리 접지는 坑道밖의 地表上에서 수 km 정도

멀리 할 수 밖에 없다. 이러한 불편함을 덜기 위해 坑道上에서 P₂ 또는 C₂ 전극을 접지시킴으로써 이들의 위치 변화가 광체 탐사에 미치는 영향을 수조모형 실험을 통해 조사하였다.

于先 坑道上의 임의의 위치에 기준 전위 전극(P₂)을 놓고 P₂의 위치 이동 변화에 對해 실험을 실시하였다.

1) 坑道와 水平方向으로 P₂를 변화시키는 경우

坑道로부터 2.5unit 下部에 40cm×10cm×5cm의 흑연 수평 광체를 놓고 갱도와 평행한 方向으로 P₂를 6, 9, 13, 17, 20 전극 위치로 이동시키면서 측정하는 경우(Fig. 2) P₂를 갱도상의 이

느 위치에 두더라도 반응곡선(Response curve)의 양상은 뚜렷한 차이가 없이 鑛體의 中央部에서 最大 異常值가 나타나는 단봉의 양상을 띤다.

2) 坑道와 횡단方向으로 P_2 를 변화시키는 경우

1)과 마찬가지로의 조건에서 P_2 를 坑道와 횡단하는 方向으로 광체로부터 좌우 0, 1, 2unit로 이격시키면서 변화시키는 경우(Fig. 3)는 1unit 경우만 조금 차이가 나나 그외는 모두 거의 같은 양상을 띤면서 水平方向으로의 移動時와 같은 단봉의 양상을 띤다.

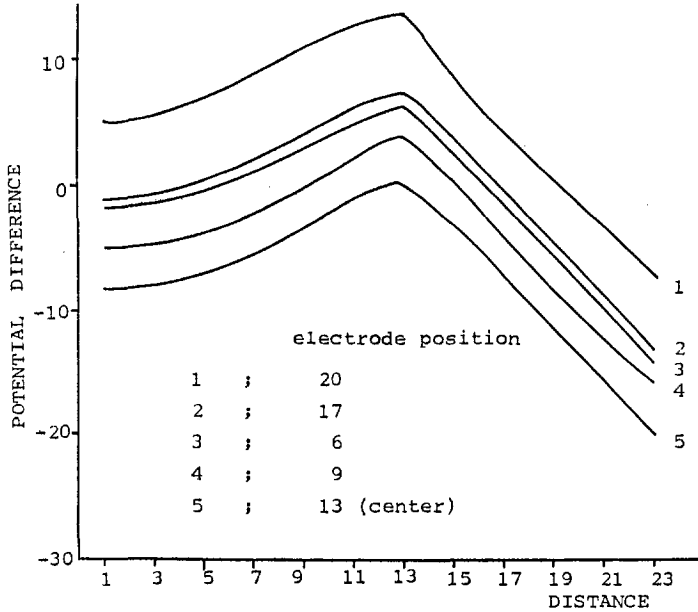


Fig. 2. Various positions of P_2 in the lateral direction

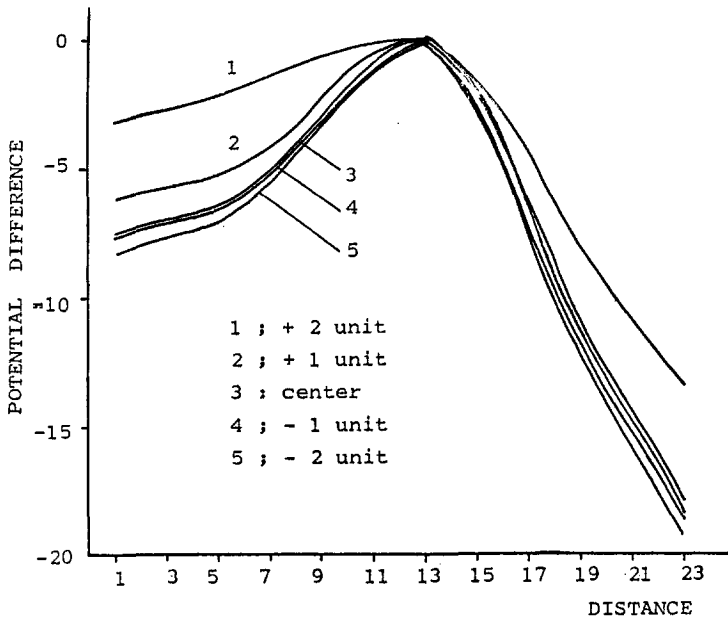


Fig. 3. Various positions of P_2 in the traverse direction

3) C₂의 위치變化

1), 2)와 같은 鑛體조건에 대해 하나의 C₂ 전극을 경도와 수평 및 횡단 方向으로 위치를 변화시켜 가면서 이에 따른 광체의 영향을 조사하였다.

于先 C₂를 坑道와 수평 方向으로 이동하면서 그 위치를 1, 8, 11, 13, 15, 18, 25로 변화시키는 경우(Fig. 4) C₂ 전극이 어디에 위치하든 C₂ 위치에서 最小電位差가 測定되는 것을 볼 수 있다. 따라서 광체가 있는 부근의 最大 이상치는

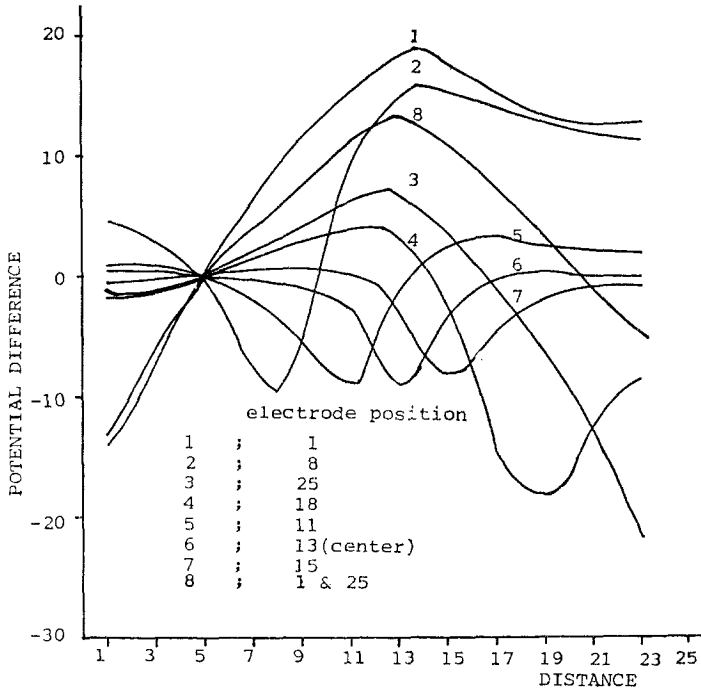


Fig. 4. Various positions of C₂ in the lateral direction

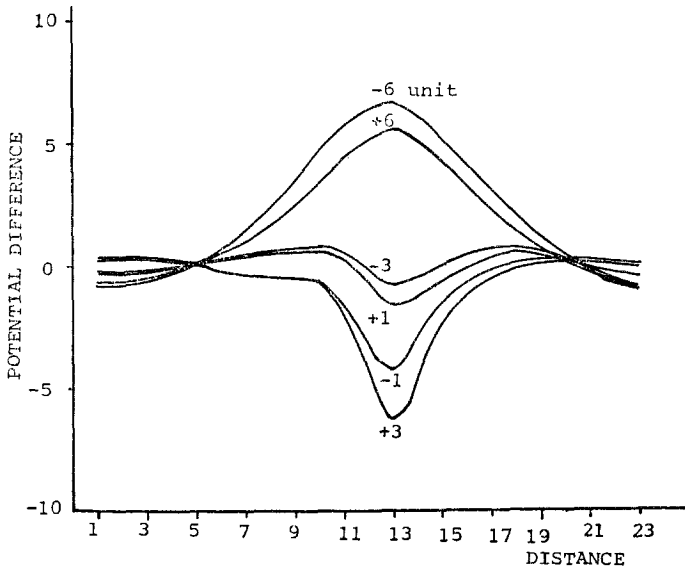


Fig. 5. Various positions of C₂ in the traverse direction

C₂를 坑道 양끝에(1, 25) 놓는 경우를 제외하고는 거의 나타나지 않는다. 그리고 양끝에 둔 경우라도 수평 광체에 대한 대칭적인 양상이 나타나지 않고 있어 두 개의 C₂ 전극을 갱도 양끝에 두고서 측정된 결과(Fig. 4의 곡선 8) 광체中央을 정점으로하여 매우 대칭적인 반응 곡선을 얻을 수 있었다.

한편 C₂ 전극을 갱도와 鑛體 中心(전극위치 13)에서 횡단하는 方向으로 이동하면서 그 위치를 갱도로부터 좌우로 1, 3, 6unit로 변화시키면서 측정했을 경우(Fig. 5) 坑道로부터 左右로 3unit까지는 C₂ 전극의 영향을 받아 鑛體 中央에서 음의 最大異常値가 나타나 左右 6unit

인 경우는 광체의 영향이 뚜렷이 나타나 양의 最大異常値가 나타남으로써 횡적方向으로 측정시는 坑道로부터 6unit以上 이격되어야 C₂의 영향을 벗어나서 광체를 탐사할 수 있다고 판단되었다.

그런데, Fig. 4에서 보는 바와 같이 C₂ 전극을 하나 사용하는 것보다 2個 사용하는 것이 반응 곡선의 양상이 더욱더 뚜렷하게 나타났으므로 2個의 C₂ 전극에 대한 영향을 조사하여 보았다(Fig. 6). 전극 위치 13에 수평 광체의 中央이 오도록 하고 광체의 심도를 2.5unit로 하였을 때, C₂ 전극의 위치는 各各 1과 25, 5와 21, 8과 18, 10과 16, 11과 15로 이동시키면서

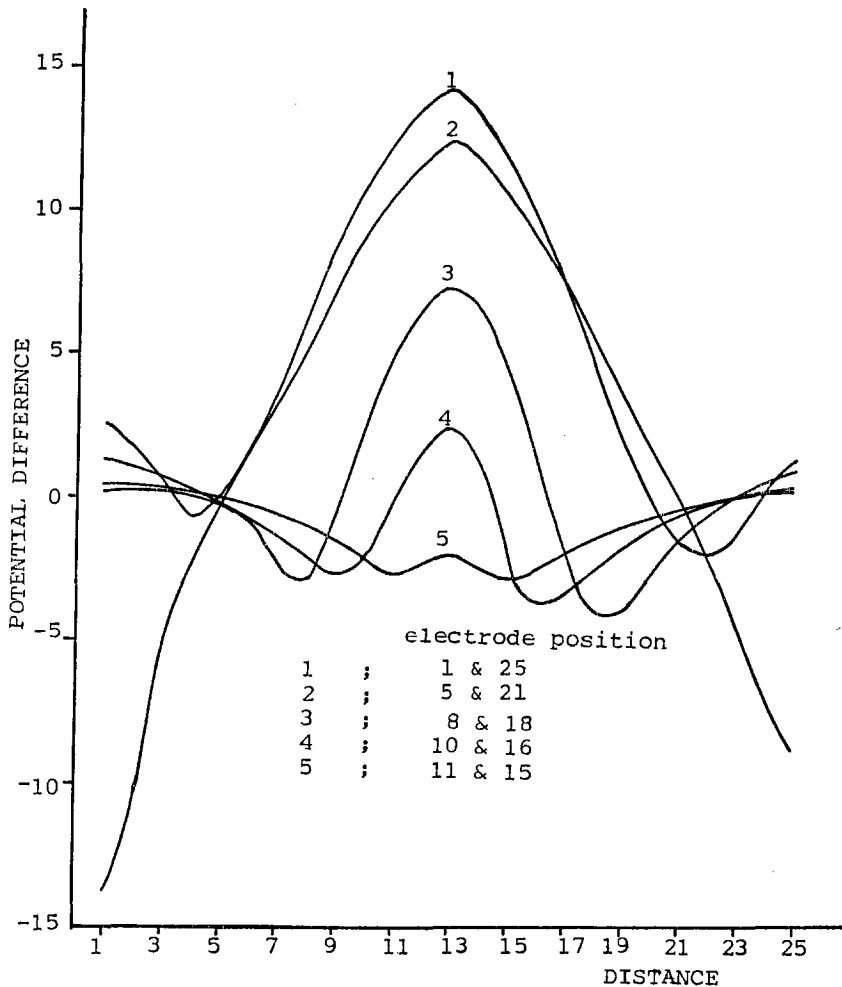


Fig. 6. Various positions of two C₂ electrodes in the lateral direction

測定하였다. 測定 결과는 1과 25의 단봉 양상을 제외하고는 C_2 전극이 위치하는 곳에서 음의 最大異常値가 나타나며, 鑛體 中央部에서 양의 最大異常値가 나타나는 쌍봉의 양상을 띠게 된다. 이는 Fig. 4와 비교해 볼 때 2個의 C_2 전극의 사용이 하나의 전극 사용時보다 훨씬 더 정확한 정보를 제공해 주고 있음을 볼 수 있다.

이러한 결과로부터 P_2 전극의 위치변화는 반응 곡선의 양상에 큰 영향을 미치지 못함을 알 수 있었으며, 하나의 전류 전극(C_2)보다 2個의 C_2 전극을 사용하는게 바람직하리라 판단되었다. 따라서 앞으로의 광체의 경사 변화에 대한 측정이나 광체의 연속성 조사時는 P_2 전극을 전극 위치 5에 고정시키고 2個의 C_2 전극을 사용하여 실시하였다.

4) 鑛體의 경사 변화

C_2 전극을 坑道の 양끝에 두고 鑛體의 경사를 $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ 로 변화시켜 가면서 電位差를 측정하였다. (Fig. 7)

鑛體의 경사가 0° 에서 90° 로 갈수록 最大異常値는 광체가 傾斜지는 方向으로 이동하고 있으며 곡선의 양상은 0° 와 90° 는 거의 대칭적인 형태를 띠며 30° 와 60° 의 경우는 경사진 方向에서 다소 완만하게 증가하다가 광체를 벗어나면서 매우 급격히 감소함을 볼 수 있다. 그리고 30° 에서 90° 로 갈수록 경사진 方向에서의 증가양상이 더욱 뚜렷해짐을 볼 수 있다.

5) 두 鑛體사이의 간격 변화 및 연속성 조사

$10\text{cm} \times 5\text{cm} \times 2\text{cm}$ 모형 광체 2個를 사용하여 坑

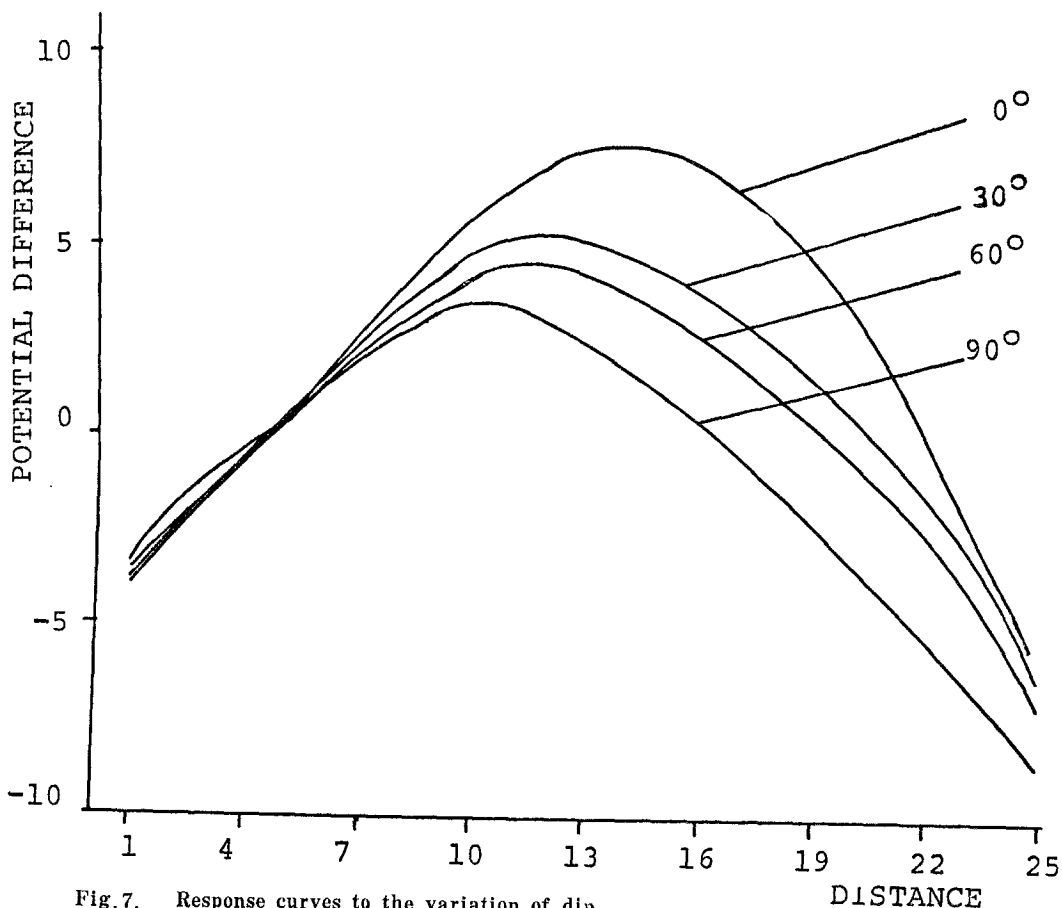


Fig. 7. Response curves to the variation of dip

道中央(전극위치 13)을 中心으로 하여 두 광체 사이의 간격을 各各 2, 4, 6unit로 변화시키고, C₂의 위치도 1과 25 및 1과 13에 놓고 다음의 2가지 경우에 對해 실험을 실시하였다. 즉 두 광체가 전기적 접촉상태로 연결되어 있는 경우와 전기적 접촉이 안된 경우에 對해 各各 실험하여 연속성을 조사하였다.

于先 전기적 접촉이 된 상태의 경우(Fig. 8. (a)) C₂가 1과 25에 있을 때는 광체의 간격이 커질수록 異常帶分布 양상이 매우 넓어짐을 알 수 있고, C₂가 1과 13에 있을 때는 2unit 간격時 거의 단봉의 위로 볼록한 양상을 띠며 4, 6 unit로 가면서 쌍봉의 양상을 띠고 左右 鑛體의 거의 中心部에서 나타나는 쌍봉의 극치 간격이 점차 커짐을 볼 수 있다.

Fig8. (b)의 경우는 坑道 左測 鑛體에 電流를 흘려 보내고 두 鑛體의 전기적 접촉이 안된 경

우에 대한 반응 곡선이다. 이때 左測 鑛體의 이동에 따른 最大 이상치의 이동 현상만 나타날 뿐 右測 鑛體의 영향이 거의 나타나지 않는다. 따라서 광체가 불연속되었을 경우 두 광체사이의 간격 變化는 인공分極法으로서의 탐사는 유효하지 못함을 알 수 있다.

그다음 광체의 연속성을 조사하는 경우(Fig. 9) 전기적 접촉이 된 경우(C)와 전기적 비접촉 경우(N)의 異常帶 양상이 뚜렷이 구별되어 나타나고 있다. 즉 전기적 접촉이 되었을 때는 異常帶가 두 광체를 포함하는 넓은 分布 양상을 띠나 두 鑛體가 전기적 접촉이 안된 경우는 전류를 흘려보낸 광체(좌측 광체)의 영향만 크게 나타나게 된다. 따라서 坑內에서의 인공 분극법을 이용한 광체의 연속성 조사에 뚜렷한 정보를 제공해 줌을 알 수 있다.

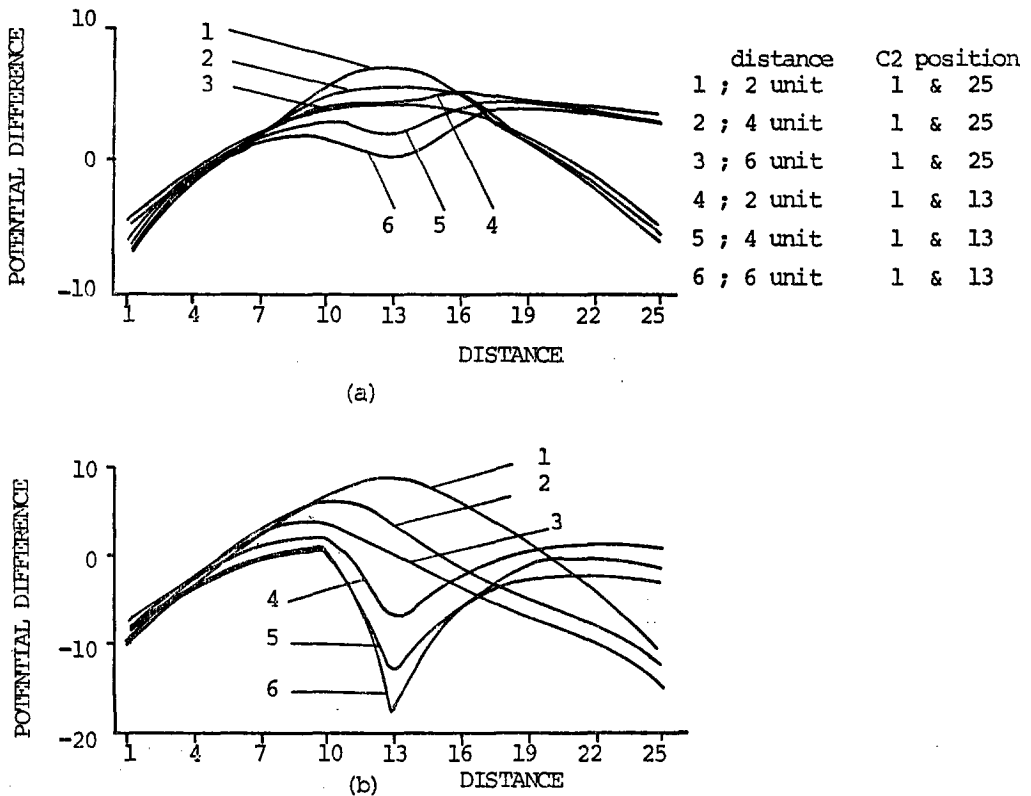


Fig. 8. Response curves to the variation of the distance between two bodies (a) in galvanic connection and (b) in no galvanic connection

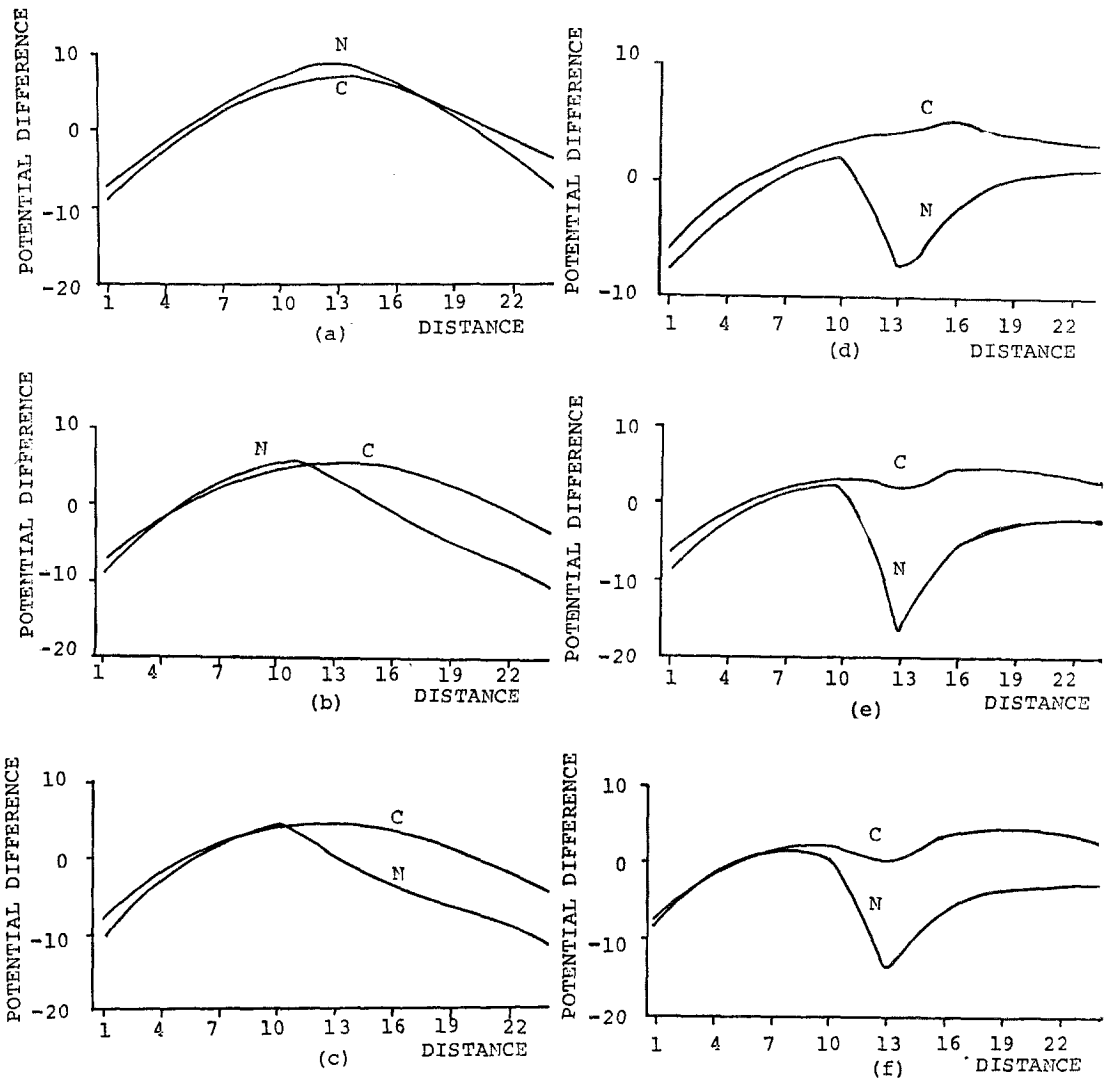


Fig. 9. Response curves to compare two bodies in galvanic connection (C) and in no galvanic connection (N)

| Distance between two bodies | C2 position |
|-----------------------------|-------------|
| (a) 2 unit | 1 & 25 |
| (b) 4 unit | 1 & 25 |
| (c) 6 unit | 1 & 25 |
| (d) 2 unit | 1 & 13 |
| (e) 4 unit | 1 & 13 |
| (f) 6 unit | 1 & 13 |

3. 결 론

人工分極法の坑内에서의 現場 적용성 검토를 위한 3차원 수조 모형 실험을 통해 얻은 결론은

다음과 같다.

첫째, 기준 전위전극(P_2)의 위치 이동에 따른 반응곡선의 양상은 뚜렷한 차이를 보여주지 못하므로 坑道の 입의 지점에 고정시켜 측정해도 무방하다.

둘째, C₂ 전극을 坑道上的 양끝 부근에 2個 접지시킴으로써 더 좋은 정보를 얻을 수 있다. 그리고 하나의 C₂ 전극을 사용하는 경우라도 갱도 끝에 두는게 바람직하다.

세째, 광체의 경사 추정은 수평이나 수직 광체는 대칭의 양상을 띠며 경사 광체는 광체를 벗어나면서 매우 급격한 전위차 감소현상이 나타나면서 경사진 方向에서는 급경사 광체일수록 더 급하게 증가하는 양상으로 경사 추정이 가능하다.

네째, 광체의 연속성 조사는 坑內에서의 인공분극법 탐사에서도 뚜렷한 정보를 제공해 준다.

참 고 문 헌

1. 서백수, 서정희, 현병구, 1978. 인공분극법에서 탄층의 형태에 따르는 전위분포의 변화 양상에

관한 연구, 대한광산학회지, V.15, P.13~25.
2. Eloranta, E., 1984. A Method for calculating Mise-à-la-masse Anomalies in the case of high conductivity contrast by the integral equation technique Geoprospection, V.22, P.77~88
3. Ketola, M., 1972. Some points of view concerning Mise-à-la-masse measurements, Geoprospection, V.10, P.1~21
4. Mansinha, L. and Mwenifumbo, C.T., 1983, A Mise-à-la-masse study of the Cavendish geophysical test site, Geophysics, V.48, P.1252~1257
5. Parasnis, D.S., 1967, Three-dimensional electrical Mise-à-la-masse Survey of an irregular Lead-Zinc-Copper deposit in Central Sweden, Geophysical Prospecting, V.15, P.407~437
6. Seigel, H.O., 1952, Ore body size determination in electrical Prospecting, Geophysics, V.18, P.907~914