

電氣探査에 依한 含炭層 斷層構造의 電位測定에 關한 研究

徐 栢 洙*

Potential Curves of Fault Coal Seam in Electrical Prospecting

Baek-Soo Suh*

Abstract

To detect faulted coal seam, two and three dimensional model experiments were conducted. The size of three dimensional water tank is $170\text{cm} \times 80\text{cm} \times 95\text{cm}$ and the size of model coal seam is $20\text{cm} \times 50\text{cm} \times 1\text{cm}$ carbon plate.

In this paper, various potential curves were made changing distance and model size from surface.

Using these curves, interpretation of faulting coal exploitation in complex topography can be done by comparing field data each other.

1. 序 論

不規則하고 심한 褶曲 및 斷層構造를 가지고 있는 우리나라의 地下鑛體를 調査함에 있어 여러가지 探査法이 適用될 수 있지만 그 중에서도 電氣探査法이 一般的으로 많이 應用된다. 電氣探査에 있어 地形의 影響에 關한 研究는 Hyun(1972), Suh(1983) 等에 依해서 2次元 水槽模型實驗과 計算器에 依해서 研究된 바 있다.

險한 地形과 複雜한 鑛體構造는 探鑛에서 뿐만 아니라 探鑛에 있어서도 많은 어려움과 經費의 支出를 招來하였다. 이러한 問題點을 解決하기 爲해서 우선 鑛體의 斷層構造에 對해서

2次元 및 3次元 水槽模型實驗을 行하였다. 2次元 實驗에 있어서는 平坦한 地形과 險한 地形에 對해서, 3次元 實驗에 있어서는 平坦한 地形에 對해서만 電位曲線을 作成하고 서로 比較 檢討하였다.

各各의 模型實驗에서는 地表와 鑛體模型과의 距離와 斷層幅의 變化에 따른 電位曲線을 作成 해봄으로써 地形이 險한 地域에서나 鑛體가 複雜한 地域에서의 探査資料 解析에 많은 도움을 줄 수 있을 것이다.

2. 理 論

그림 1에서와 같이 斷層地域의 各點 $A_1, A_2,$

* 江原大學校 工科學 資源工學科 專任講師

* Instructor, Dept. of Resources Engineering, Kangweon National University.

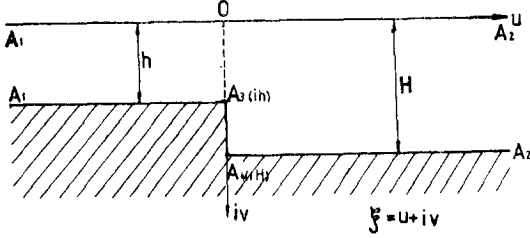


Fig. 1. The model of faulted coal seam

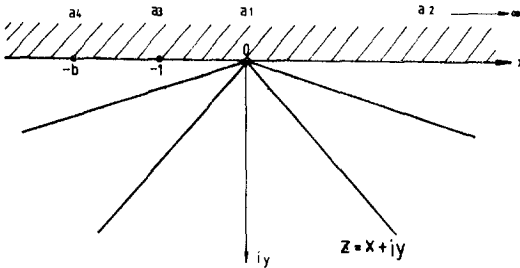


Fig. 2. The result of Schwartz-Christofel transform

A_3, A_4 의 角이 $\theta_1=0, \theta_2=0, \theta_3=\frac{3}{2}, \theta_4=\frac{1}{2}$ 이므로 Schwartz-Christofel 變換에 依해서

$$\xi(z) = c \int (z-a_1)^{\theta_1-1} (z-a_2)^{\theta_2-1} (z-a_3)^{\theta_3-1} (z-a_4)^{\theta_4-1} dz + c_1 \dots \text{①}$$

로 놓을 수 있으며 그림 2와 같이 새로운 座標 z -平面에 있어서

$$a_1=0, a_2=+\infty, a_3=-1, a_4=-b \dots \text{②}$$

로 놓을 수 있다.

式 ①은

$$\xi(z) = A \int_{-1}^z (z)^{-1} (z+1)^{1/2} (z+b)^{-1/2} dz + B \dots \text{③}$$

이 되며 式 ②에 依해서 $A=H/\pi, B=ih$ 가 되므로

$$\xi(z) = \frac{H}{\pi} \int_{-1}^z (z)^{-1} (z+1)^{1/2} (z+b)^{-1/2} dz + ih \dots \text{④}$$

가 된다.

$$d = (z+1)^{1/2} (z+b)^{-1/2} \dots \text{⑤}$$

로 놓으면

$|d| > 1$ 일때 式 ④는

$$\xi(z) = \frac{H}{\pi} \left[\frac{1}{\sqrt{b}} \ln \frac{\sqrt{b}d-1}{\sqrt{b}d+1} + \ln \frac{1+d}{1-d} \right] \dots \text{⑥}$$

$|d| < 1$ 일때

$$\xi(z) = \frac{H}{\pi} \left[\frac{1}{\sqrt{b}} \ln \frac{\sqrt{b}d-1}{\sqrt{b}d+1} + \ln \frac{1+d}{1-d} \right] \dots \text{⑦}$$

가 된다.

複素平面에서의 電位는

$$V(w) = V[w(\xi)] = -\frac{dw(\xi)}{d\xi} = -\frac{dw(\xi)}{dz} \frac{dz}{d\xi} = V(z) \frac{dz}{d\xi} \dots \text{⑧}$$

가 되며

$$W(z) = \phi + i\psi = \ln(re^{-i\theta}) = \ln z \dots \text{⑨}$$

로 놓으면

$$V(z) = -\frac{dw(z)}{dz} = -\frac{1}{z} \dots \text{⑩}$$

이 된다.

式 ③을 積分하면

$$\frac{d\xi(z)}{dz} = C_1 \frac{(z+1)^{1/2}}{z(z+b)^{1/2}} \dots \text{⑪}$$

이 되며

式 ⑩, ⑪을 式 ⑧에 代入하면

$$V(w) = -\left(\frac{1}{z}\right) \frac{z(z+b)^{1/2}}{(-b^{1/2})(z+1)^{1/2}} = \left(\frac{z+b}{z+1}\right)^{1/2} \frac{1}{\sqrt{b}} \dots \text{⑫}$$

가 된다. 式 ⑤를 式 ⑫에 代入하면 $(\sqrt{b} = \frac{H}{h})$

$$V(w) = \frac{1}{\sqrt{b}d} \dots \text{⑬}$$

이 된다.

式 ⑬을 式 ⑥, ⑦에 代入하면

$$\frac{u}{H} = \frac{1}{\pi} \left(\ln \frac{1-v}{1+v} + \sqrt{b} \ln \frac{\sqrt{b}v+1}{\sqrt{b}v-1} \right) \dots \text{⑭}$$

$$\frac{u}{H} = \frac{1}{\pi} \left(\ln \frac{1-v}{1+v} + \sqrt{b} \ln \frac{1+\sqrt{b}v}{1-\sqrt{b}v} \right) \dots \text{⑮}$$

가 된다.

3. 實驗裝置

3-1. 2次元 水槽實驗

本實驗에 使用된 2次元 模型水槽는 가로 100cm, 세로 50cm, 높이 4.5cm인 桶으로서 2mm 두께의 아크릴로 製作하였으며 鑛體模型으로는 20cm × 50cm × 1cm의 Carbon plate를 中央에서

5cm, 10cm, 15cm씩 아래로 잘라서 사용하였다.

3-2. 3次元 水槽實驗

本實驗에 使用된 3次元 模型水槽는 가로 170cm, 세로 80cm, 높이 95cm인 6cm 두께의 木材를 使用하여 만들어졌으며 完全防水로 製作되었다. 桶의 둘레에는 길이 的 칫수를 새겨 놓아 鑛體 模型에 對해서 測定位置를 任意로 調整할 수 있도록 하였다.

水面에는 85cm×4cm×3cm 크기의 아크릴板에 2cm 마다 구멍을 뚫어 電極을 設置할 수 있게 하였으며 配電盤上에 30個의 端子를 아크릴上의 電極과 各各 連結하여 水面振動等 電極移動에 따른 影響을 最大한 減少시켰다. 電解質로는 NaCl 100g을 넣은 上水道물을 使用하였고 水深은 항상 55cm가 되도록 하였다.

2個의 電流電極中 1個는 模型鑛體에 連結하고 또 다른 1個는 2個의 電線으로 分離시켜 直徑 2mm, 길이 60cm인 銅奉에 連結하여 水槽桶의 兩 밑바닥에 가라앉혔다. (1979. Suh) 두개의 電位電極中 한개는 一定한 基準點에 固定시키고 한개의 電極을 使用하여 電位를 測定하였으며 測定機器로는 OYO社의 ES-G1을 使用하였다. 鑛體를 水中에 固定시키기 爲해서 電位測定에 影響을 주지 않는 플라스틱 管을 비스듬히 자르고 10cm의 홈을 파서 鑛體를 固定시켰다.

3-3. 鑛體 및 地形模型

(a) 平坦한 地形에서 2次元 및 3次元水槽에서의 斷層鑛體模型으로서 d, h, H의 變化에 따른 電位를 測定하였다.

(b) 險한 地形에서 2次元 水槽에서의 斷層鑛體模型으로서 d, h, H, L의 變化에 따른 電位를 測定하였다.

(c) 險한 地形에서 2次元 水槽에서의 斷層鑛體模型으로서 d, h, H, l의 變化에 따른 電位를 測定하였다.

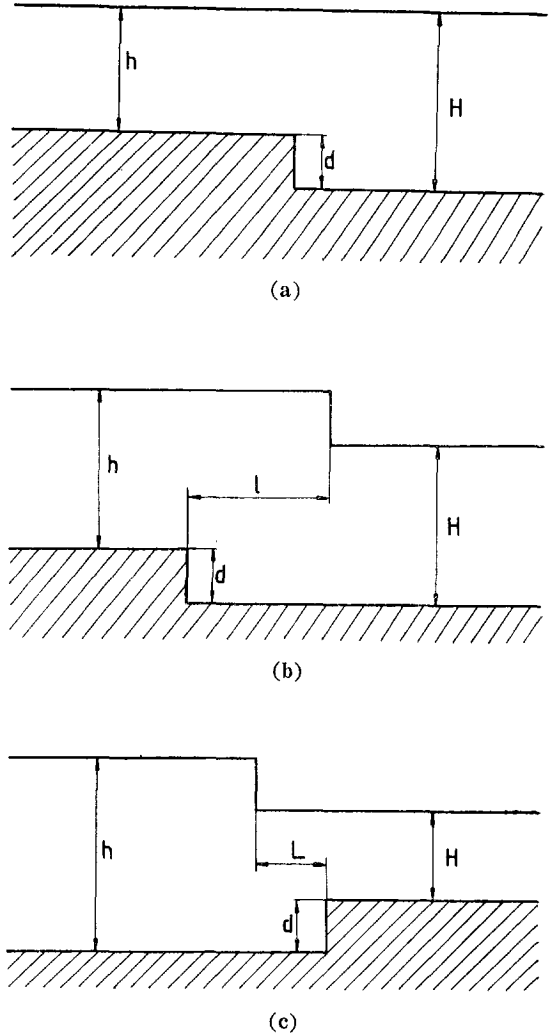


Fig. 3. The model of faulted coal seam and topography

4. 實驗結果 및 考察

그림 4, 5는 各各 2次元 및 3次元의 平坦한 地形模型에서 $d=5cm, 10cm, 15cm$ 이며 $h=5cm, H=10, 15, 20cm$ 일 때 測定한 電位曲線이며 形態가 매우 類似함을 볼 수 있지만 ㉠㉡㉢ 3曲線의 一致點이 3次元 模型實驗에서 보다 中央쪽으로 移動되었음을 알 수 있다.

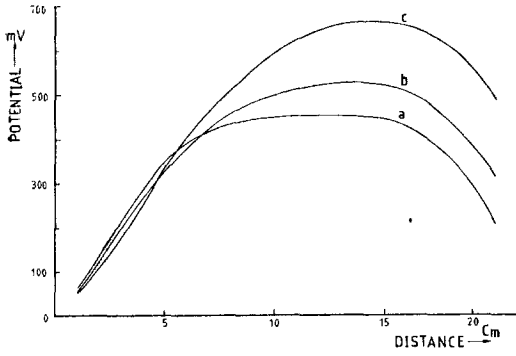


Fig. 4. The potential curves of 2-dimensional experiment in flat topography

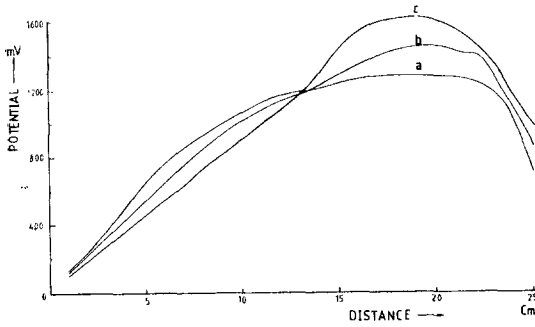


Fig. 5. The potential curves of 3-dimensional experiment in flat topography

그림 6, 7, 8은 2次元 險한 地形模型에서의 電位曲線으로 $d=5\text{cm}$ 인 때의 電位曲線이다. 그림 6은 $l=0$ 이며 ㉠㉢㉣는 各各 $H=5\text{cm}, 10\text{cm}, 15\text{cm}$ 로 變化시켰을 때의 電位曲線이다. 그림 7은 $l=10\text{cm}$ 이며 $H=5\text{cm}, 10\text{cm}, 15\text{cm}$ 일 때의 電位曲線이며 그림 8은 $l=10\text{cm}$ 이고 $H=5\text{cm}$,

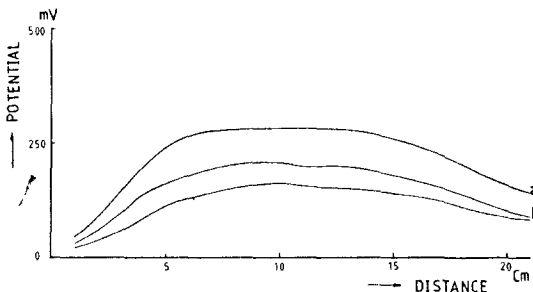


Fig. 6. The potential curves of 2-dimensional experiment in $d=5\text{cm}, l=0$

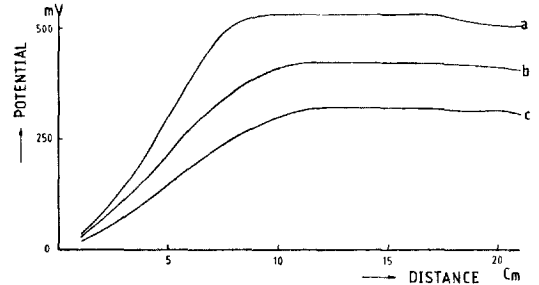


Fig. 7. The potential curves of $d=5\text{cm}, l=10\text{cm}$

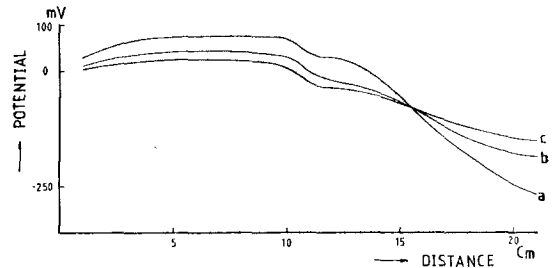


Fig. 8. The potential curves of $d=5\text{cm}, l=-10\text{cm}$

$15\text{cm}, 20\text{cm}$ 일 때의 電位曲線이다. 특히 그림 8에서는 곡선의 右側에 電位の 變化가 甚함을 알 수 있다.

그림 9, 10, 11은 上記 模型에서 $d=15\text{cm}$ 일 때의 電位曲線이다. 그림 9는 $l=0$ 이며 ㉠㉢㉣는 各各 $H=15\text{cm}, 20\text{cm}, 25\text{cm}$ 로 變化시켰을 때의 電位曲線이다. 그림 10, 11은 各各 $l=10\text{cm}, -10\text{cm}$ 일 때 $H=15\text{cm}, 20\text{cm}, 25\text{cm}$ 로 變化시키면서 測定된 電位曲線이다. 그림 11에서도 그림 8과 마찬가지로 곡선의 右側에 甚한 電位の 變化가 있음을 알 수 있다.

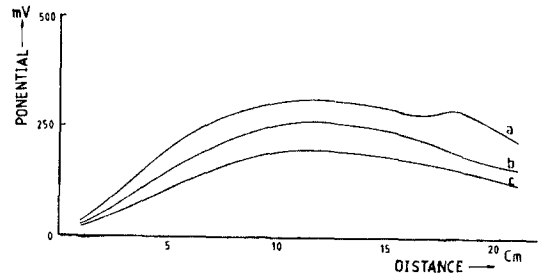


Fig. 9. The potential curves of $d=15\text{cm}, l=0$

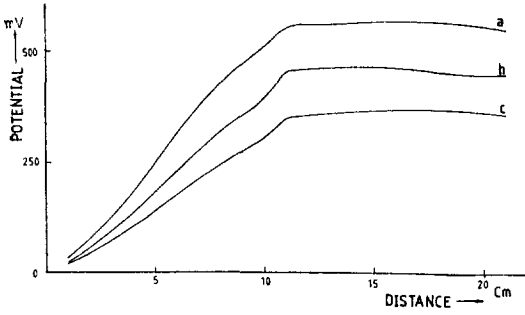


Fig. 10. The potential curves of $d=15cm$, $l=10cm$

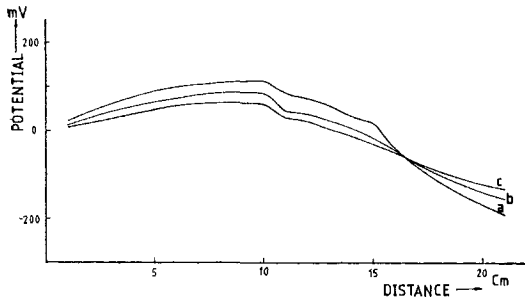


Fig. 11. The potential curves of $d=15cm$, $l=-10cm$

그림 12, 13, 14는上記 模型에서 $d=5cm$ 일 때의 電位曲線이며 鑛體模型을 反對方向으로 놓고 測定된 電位曲線이다. 그림 12는 $L=0$ 이며 ㉔㉕㉖는 各各 $H=5cm, 10cm, 15cm$ 로 變化시켰을 때의 電位曲線이며 그림 13, 14는 $L=10cm, -10cm$ 일 때 $H=5cm, 10cm, 15cm$ 로 變化했을 때의 電位曲線이다. 그림 13의 中央部에서는 甚한 傾斜를 보여주었으며 그림의 右側

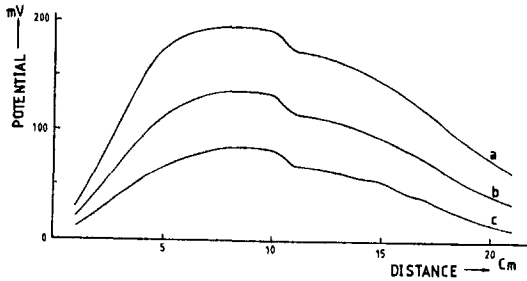


Fig. 12. The potential curves of $d=5cm$, $L=0$ (opposite direction)

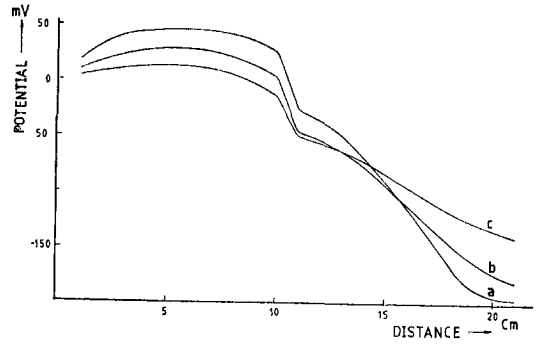


Fig. 13. The potential curves of $d=5cm$, $L=10cm$

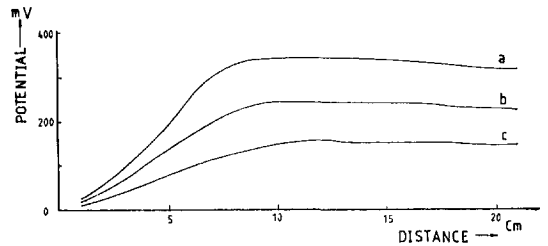


Fig. 14. The potential curves of $d=5cm$, $L=-10cm$

에서는 $H=5cm$ 일 境遇에는 $H=10cm, 15cm$ 일 때 보다 電位の 差異가 相當히 많음을 알 수 있었다.

그림 15, 16, 17은 $d=15cm$ 일 때의 電位曲線이다. 그림 15는 $L=0$, 그림 16, 17은 各各 $L=10cm, -10cm$ 일 때 $H=5cm, 10cm, 15cm$ 로 變化했을 때의 電位曲線이다. 그림 16에서는 그림 13에서와 마찬가지로 中央部에 曲線の 急傾斜를 보여주며 3個曲線에서의 電位の 一致點이 中央으로 移動하였음을 보여준다.

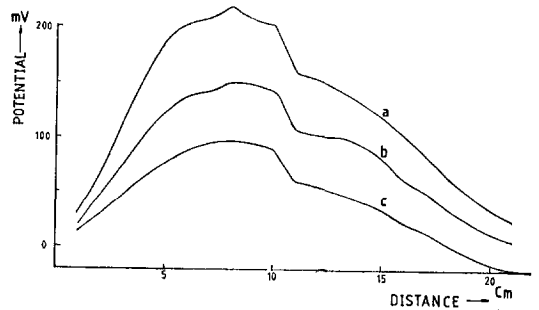


Fig. 15. The potential curves of $d=10cm$, $L=0$

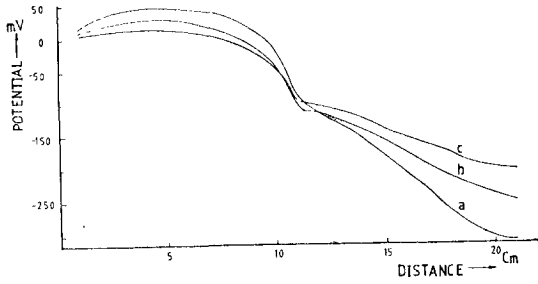


Fig.16. The potential curves of $d=10\text{cm}$, $L=10\text{cm}$

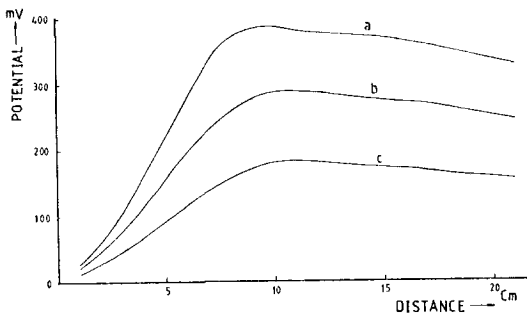


Fig.17. The potential curves of $d=10\text{cm}$, $L=-10\text{cm}$

5. 結 論

斷層模型의 鑛體에 對한 2次元 및 3次元 模型水槽實驗을 行한 結果 다음과 같은 結論을 얻을 수 있었다.

1) 平坦한 地形模型에서의 2次元 및 3次元 水槽實驗의 結果는 電位曲線의 模樣이 아주 類似하게 나타나지만 3次元 實驗의 電位曲線에서 曲線의 傾도가 보다 가파르게 나타남을 알 수 있었으며 3個 曲線의 電位 一致點이 中央으로 移動되어 나타남을 알 수 있었다.

2) 險한 地形模型에서 地形과 같은 模樣의 斷層鑛體模型의 電位曲線은 鑛體가 中央에 있을 때에는 非對稱으로 나타나지만 鑛體가 左로 10cm 移動하였을 때에는 曲線의 右側에 거의 平行線을 보여준다. 右로 10cm 移動하였을 때에는 鑛體의 模型의 變化에 따라 電位の 差가 거의 없으며 다만 右側에 약간의 電位差 變化가 있

었다.

3) 地形이 險한 地域에서 地形과 反對模樣의 斷層模型의 電位曲線은 鑛體가 中央에 있을 때에는 左右의 傾도가 약간 非對稱으로 나타나지만 鑛體를 10cm 左로 移動하였을 때에는 電位曲線의 中央에 急傾斜와 右側에 甚한 電位の 變化를 보여 주었다. 鑛體를 10cm 右로 移動하였을 때에는 右側에 거의 平行을 보여 주었다.

4) 앞으로 鑛體의 形態와 깊이 等을 보다 많이 變化시키면서 計算器에 依한 理論電位曲線을 作成하므로써 資料解析에 더 많은 도움을 줄 수 있을 것이다.

參 考 文 獻

- 1) 清野武; A contribution to the theory of Electrical Prospecting 物理探鑛, vol.5, No.3, P. 20-23 (1952)
- 2) 清野武; The Topographic Effect on Resistivity Curves, 物理探鑛, vol.5, No.4, P. 28-32 (1952)
- 3) 清野武; Topographic Effect on Resistivity Prospecting, 物理探鑛, vol.6, No.1, P. 51-54 (1953)
- 4) LI Y-SU; The problem of vertical faults in telluric current prospecting, Geophysics, vol. 28., P. 479-481 (1963)
- 5) Grant & West; Interpretation theory in applied geophysics, Mcgraw Hill Book Co. (1965)
- 6) 玄炳九; A study on the effective geophysical methods for the exploration of coal seams in Korea, 科學技術處, R-74-46(1974)
- 7) Churchill, R. V.; Complex variable and application, Mcgraw Hill Book Co. (1974)
- 8) 徐廷熙; A model study to detect continuity of subsurface coal seams by electrical prospecting methods, 大韓鑛山學會誌, vol.14, No.2 (1977)
- 9) Ahlfors, L. V.; Complex analysis, Mcgraw Hill Book Co. (1979)
- 10) 徐栢洙; A study on the variations of potential distribution along with shape changes of coal seam in Applid Potential Method, 서울大學校 碩士學位論文 (1979)
- 11) 金雄秀, 林漢旭, 徐栢洙; Calculation of potentials in complex topography using Schwartz-Chri-

stofel Transform, 大韓鐵山學會誌, vol. 20, No. 2, P. 95-100 (1983)

complex coal seam prospecting, 江原大學校 研究
論文集: 科學技術研究 vol. 18 (1983)

12) 徐栢洙, 金雄秀; Study on topographic effect on