

단순한 형태의 이상체들이 만드는 자연전위이상에 대한 새로운 정량해석방법

양 명 혁

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《지질탐사사업을 현대화하자면 앞선 탐사방법을 적극 받아들여야 합니다.》(《김정일선집》
증보판 제14권 505페이지)

논문에서는 단순한 형태의 이상체들이 만드는 자연전위이상으로부터 이상체의 형태
와 깊이, 분극각과 전기쌍극자모멘트를 얻는 새로운 수학적방법에 대하여 고찰하였다.

이 방법은 자연전위이상곡선에서 4개 특이점들의 호상간격, 원점과 4개 특이점들에서
의 이상값을 결정하는데 기초한다.

1. 자연전위이상에 대한 새로운 정량적해석방법의 원리

일반적으로 자연전위포텐셜은 다음과 같이 표시된다.[1]

$$U(x) = K \frac{x \cdot \cos \theta + z \cdot \sin \theta}{(x^2 + z^2)^q} \quad (1)$$

여기서 x 는 관측점의 자리표, z 는 이상체의 깊이, K 는 전기쌍극자모멘트, θ 는 분극각이다.
그리고 q 는 형태인자인데 그 값은 이상체가 구형체인 경우에는 1.5, 수평원기둥체인 경우
에는 1.0, 반무한수직원기둥체인 경우에는 0.5이다. 이상체의 중심점을 지표에 투영한 점
을 원점($x=0$)이라고 하면 이 점에서의 전위는 다음과 같다.[2]

$$U(0) = K \cdot z^{1-2q} \sin \theta \quad (2)$$

식 (1)에 (2)를 대입하면 다음과 같은 식을 얻는다.

$$U(x) = U(0) \cdot z^{2q-1} \cdot \frac{x \cdot \cot \theta + z}{(x^2 + z^2)^q} \quad (3)$$

x 자리표가 원점에 관하여 대칭인 두쌍의 관측점들($x = \pm x_n, \pm x_m$)에서 식 (3)으로부터
얻은 전위값들을 각각 $U(x_n), U(-x_n), U(x_m), U(-x_m)$ 이라고 하면 z 는 다음과 같이 표시된다.

$$z = x_n \sqrt{\frac{F^{1/q}}{1 - F^{1/q}}}, \quad z = x_m \sqrt{\frac{D^{1/q}}{1 - D^{1/q}}} \quad (4)$$

여기서 $F = \frac{U(x_n) + U(-x_n)}{2 \cdot U(0)}, D = \frac{U(x_m) + U(-x_m)}{2 \cdot U(0)}$ 이다.

식 (4)로부터 q 에 대한 다음의 식이 얻어진다.

$$q = \ln(F/D) / \left[2 \cdot \ln \left(\frac{x_m}{x_n} \sqrt{\frac{1 - F^{1/q}}{1 - D^{1/q}}} \right) \right], \quad x_n \neq x_m \quad (5)$$

분극각 θ 는 $\pm x_n$ 과 $U(x_n)$, $U(-x_n)$ 을 리용하여 다음의 식으로부터 계산할 수 있다.

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{G(x_n^2 + z^2)^q}{x_n \cdot z^{2q-1}} \right] \quad (6)$$

여기서 $G = \frac{U(x_n) - U(-x_n)}{2 \cdot U(0)}$ 이다.

q , z , θ 가 알려진 조건에서 전기쌍극자모멘트는 다음의 식으로부터 얻는다.

$$K = \frac{S(x_n^2 + z^2)^q}{2z \cdot \sin \theta} \quad (7)$$

여기서 $S = U(x_n) + U(-x_n)$ 이다.

모든 관측점들에서 우와 같이 원점에 관하여 대칭되는 두쌍의 관측점들을 조합하여 z , q , θ , K 를 각각 식 (4)–(7)로부터 계산한다.

리론적으로는 원점에서의 전위값과 $x = \pm x_n$, $\pm x_m$ 및 이 점들에서의 전위값들을 알면 4개의 이상체파라미터들을 결정하는데 충분하다. 그러나 현실에서는 모든 자연전위이상자료로부터 실제값에 가장 근사한 이상체파라미터들을 얻기 위하여 가능한 모든 자료조합들을 리용해야 한다.

2. 모형계산실험

모형계산실험에서는 반무한수직원기둥체, 수평원기둥체, 구형체모형의 마당값을 측정점 간격이 1m인 15개 측정점에서 계산하고 그것을 관측자료로 리용하였다.

모형파라미터들은 반무한수직원기둥체모형에서 $q=0.5$, $z=2\text{m}$, $\theta=30^\circ$, $K=-100\text{mV}$ 로, 수평원기둥체모형에서 $q=1$, $z=3\text{m}$, $\theta=45^\circ$, $K=-300\text{mV}$ 로, 구형체모형에서 $q=1.5$, $z=5\text{m}$, $\theta=60^\circ$, $K=-4500\text{mV}$ 로 설정하였다. 확립된 방법의 믿음성을 검증하기 위하여 관측마당값을 계산할 때 $5 \times \text{RAND}(i)\text{mV}$ (i 는 관측점번호)의 우연장애값을 리론값에 더해주고 그것을 관측마당값으로 리용하였다. 단순한 형태의 이상체들이 만드는 관측마당곡선은 그림과 같다.

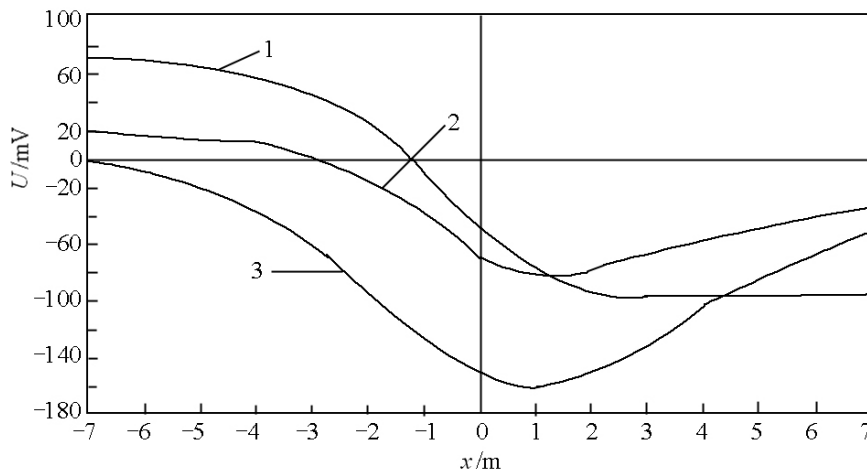


그림. 단순한 형태의 이상체들이 만드는 관측마당곡선

1—반무한수직원기둥체, 2—수평원기둥체, 3—구형체

단순한 형태의 이상체모형들에 대한 모형계산실험결과는 표와 같다.

표. 단순한 형태의 이상체모형들에 대한 모형계산실험결과

모형	x_n/m	x_m/m	q	q 의 오차 /%	z/m	z 의 오차 /%	$\theta/^\circ$	θ 의 오차 /%	K/mV	K 의 오차 /%	평균 두제곱 오차/%
무한수직 원기둥체	6	2	0.48	-3.6	1.77	-11.3	31.6	5.5	-93	-6.7	1.57
	7	1	0.50	-0.1	1.89	-5.28	30.6	2.1	-97	-2.0	1.40
	7	2	0.47	-5.2	1.75	-12.4	32.6	8.8	-89	-10	1.99
수평 원기둥체	2	5	0.9	-6	2.96	-1.19	46.5	3.52	226.7	21.084	1.21
	2	6	0.9	-4	3.01	0.32	46.1	2.56	-248	-17.1	1.06
	2	7	1.0	4	3.18	5.84	43.6	-2.8	-355	18.39	1.37
구 형 체	6	4	1.22	-18.7	4.37	-12.7	63.9	6.56	-144.3	-67.9	1.86
	6	7	1.46	22.39	4.89	22.22	60.5	0.83	-455.7	5.37	1.16
	7	3	1.52	1.2	5.03	0.56	60.6	1.0	-479.2	6.49	1.56
	7	4	1.53	1.82	5.05	1.07	60.84	1.4	-499.6	11.03	1.57

표에는 관측마당값과 추정한 파라미터들로부터 계산한 이론마당값의 평균두제곱오차가 2%이하로 되는 특이점모임에서의 결과들이 제시되어있다.

표에서 보는바와 같이 평균두제곱오차가 제일 작은 특이점모임에서 추정한 파라미터들이 이미 설정한 모형파라미터들과 가장 잘 일치한다는것을 알수 있다.

이상의 모형계산실험을 통하여 확립된 방법이 이상체파라미터들을 비교적 정확히 추정한다는것을 알수 있다.

확립된 방법의 우점은 일반적인 최소두제곱법과 달리 도함수들을 계산하지 않으므로 계산속도가 빠르고 이상체의 형태까지 결정할수 있다는것이다.

맺 는 말

단순한 형태의 이상체들이 만드는 자연전위이상에 대한 새로운 정량해석방법을 확립하고 모형계산실험을 통하여 확립된 방법의 믿음성을 검증하였다.

론문에서 제기한 방법은 탐사선의 길이가 매우 길고 이상체들의 놓임깊이가 깊은 경우에도 효과적으로 적용할수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 리일경, 김춘갑; 전기탐사학, 김일성종합대학출판사, 26~45, 주체98(2009).
- [2] E. M. Abdelrahman et al.; Pure and Applied Geophysics, 166, 2021, 2009.

주체107(2018)년 7월 5일 원고접수

A New Quantitative Interpretation Method of Self-Potential Anomalies by Some Simple Geometric Bodies

Yang Myong Hyok

In this paper, we established a new quantitative interpretation method of self-potential anomalies by some simple geometric bodies and verified reliability of the method by a model calculation experiment.

Key words: interpretation, self—potential