

감마형전극장치의 특성

김철, 리일경

비저항CT탐사의 효과성(영상화능력)을 높이기 위한 중요한 방도는 크게 세가지 즉 분해능이 높은 여러가지 전극장치들의 연구도입, 측정정밀도가 높은 기구의 개발, 효과적인 역문제풀이방법의 적용이다. 현재 표준적인 전극장치들과는 다른 전극장치들을 도입하여 비저항CT탐사의 효과성을 높이기 위한 연구[2]가 진행되고있다.

1. 감마형전극장치의 감도분포특성

감마형전극장치는 전극들의 배열순서가 송전전극(A)－측정전극(M)－송전전극(B)－측정전극(N)인 4극장치이다.(그림 1)

감마형전극장치에서 전극들사이 거리는 각 이하게 정할수 있다.

구체적으로 첫 송전전극과 첫 측정전극사이의 거리를 a 라고 할 때 두번째 측정전극은 두번째 송전전극으로부터 $a, 2a, 3a, \dots, na$ 만 한 거리에 배치할수 있다. 여기서 n 은 령이 아닌 정의 옹근수이다.

감마형전극장치는 전극들사이의 거리에 따라 $\gamma_{111}, \gamma_{112}, \dots, \gamma_{11n}$ 으로 표시한다. 여기서 밑첨수의 첫번째 수는 송전전극 A로부터 측정전극 M까지의 거리와 최소전극간격의 비, 밑첨수의 두번째 수는 측정전극 M으로부터 송전전극 B까지의 거리와 최소전극간격의 비, 밑첨수의 세번째 수는 송전전극 B로부터 측정전극 N까지의 거리와 최소전극간격의 비이다.

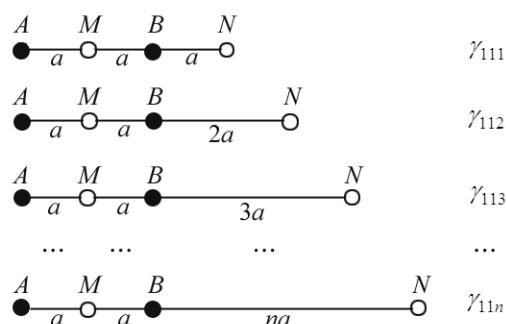


그림 1. 감마형전극장치

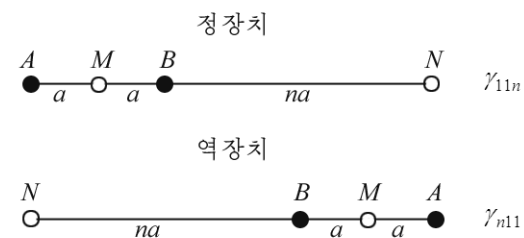


그림 2. 감마형정장치와 역장치

감마형전극장치들의 감도분포함수 $S_{AB}(MN)$ 은 1회산란리론[1]에 기초하여 다음과 같이 계산할수 있다.

$$S_{AB}(MN) = \frac{K}{16\pi^2} \left(\frac{R_{AS}R_{SM}}{R_{AS}^3R_{SM}^3} - \frac{R_{BS}R_{SM}}{R_{BS}^3R_{SM}^3} - \frac{R_{AS}R_{SN}}{R_{AS}^3R_{SN}^3} + \frac{R_{BS}R_{SN}}{R_{BS}^3R_{SN}^3} \right) \quad (1)$$

γ_{111} 은 전극들사이의 거리가 모두 같은 감마형전극장치로서 현재까지 비저항CT탐사에서 리용되고있는 웬너감마장치이다.[1]

비저항CT탐사에서 많이 리용되고있는 점－쌍극자장치의 경우와 마찬가지로 감마형장치에서도 역장치 γ_{n11} 을 생각할수 있다.(그림 2)

감마형정장치와 감마형역장치를 통틀어 감마형정역장치라고 하고 γ_{m11n} 으로 표시한다.

여기서 R_{AS} 는 전극 A 와 지하의 산란점 S 사이의 거리, R_{SM} 은 지하의 산란점 S 와 전극 M 사이의 거리, R_{BS} 는 전극 B 와 지하의 산란점 S 사이의 거리, R_{SN} 은 지하의 산란점 S 와 전극 N 사이의 거리이다. 그리고 K 는 감마형전극장치들의 장치결수로서 다음과 같다.

$$K = \pi \cdot a \cdot n \cdot (n + 2) \quad (2)$$

각이한 장치(웬너알파장치, 점-쌍극자장치, γ_{117} 장치)들의 감도자름면은 그림 3과 같다. 세 장치들의 크기는 모두 같다.

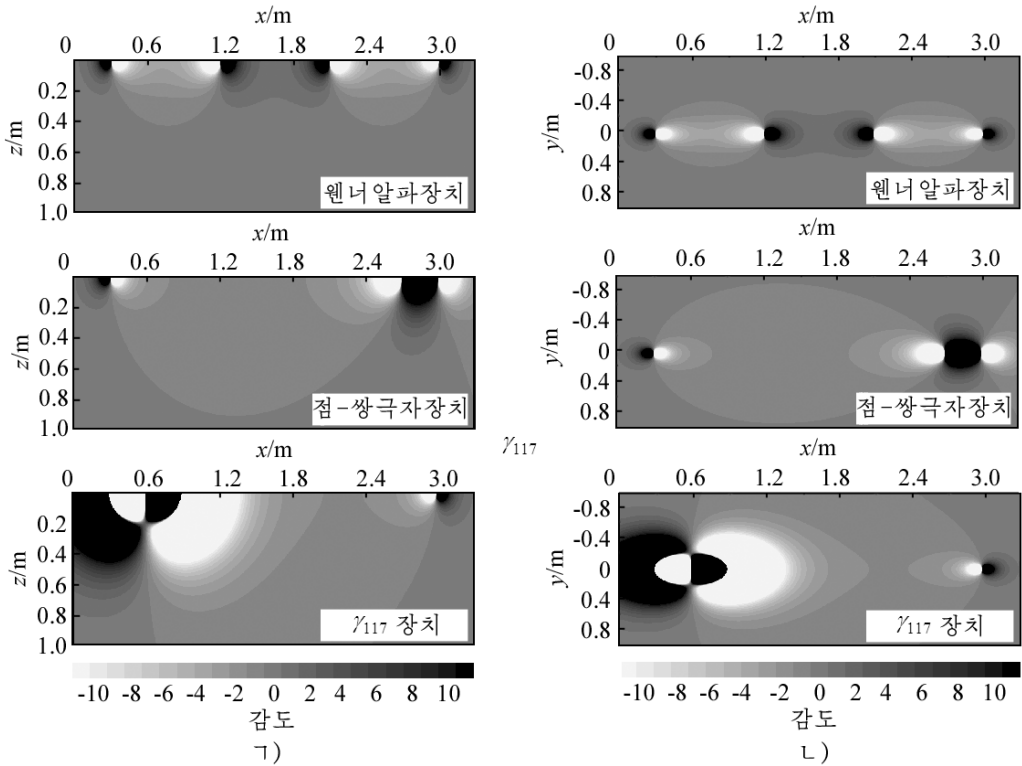


그림 3. 각이한 장치들의 감도자름면

ㄱ) 2차원수직감도자름면, ㄴ) 장치크기의 1/3만 한 깊이에서 2차원수평감도자름면

그림 3에서 -10보다 작은 감도는 흰색으로, 10보다 큰 감도는 진한 검은색으로 표시하였다. 먼저 γ_{117} 장치의 2차원수직감도자름면을 웬너알파장치, 점-쌍극자장치의 감도자름면과 비교하였다.(그림 3의 ㄱ)) 그림 3의 ㄱ)에서 보는바와 같이 γ_{117} 장치에서 큰 감도값에 해당하는 감도분포면적이 더 넓고 심부에도 더 깊이 연장된다.

표. 장치크기의 1/3만 한 깊이에서 감도의 최대값 및 최소값

장치형태	감도최대값	감도최소값
γ_{117} 장치	20 146.8	-20 153.0
웬너알파장치	136.3	-134.9
점-쌍극자장치	374.1	-361.5

의 감도분포가 다른 장치들에 비하여 더 넓으며 감도최대값도 훨씬 크다. 이것은 감마형전극장치의 탐사깊이가 다른 장치들에 비하여 깊으며 분해능도 더 좋다는것을 말해준다.

다음으로 감도분포특성을 더 명확히 보기 위하여 장치크기의 1/3만 한 깊이에서 2차원수평감도자름면과 감도의 최대값 및 최소값을 고찰하였다.(그림 3의 ㄴ), 표) 그림 3의 ㄴ)와 표에서 보는것처럼 γ_{117} 장치

2. 감마형전극장치의 자료점분포 및 자료점수

감마형전극장치에서 전극주사는 다음과 같은 방법으로 진행한다.

먼저 비저항CT탐사에서 리용할 감마형전극장치의 형태를 선택한다. 실례로 γ_{113} 장치를 선택하였을 때 처음 전극간격들을 $AM=MB=a$, $BN=3a$ 로 정하고 배열된 전체 전극에 대하여 주사를 진행한다. 다음 전극간격을 $AM=MB=2a$, $BN=6a$ 로 정하고 주사를 진행한다. 같은 방법으로 γ_{113} 장치의 전극간격을 늘이면서 주사를 반복한다. 전극간격을 늘이면서 주사를 진행할 때 자료수준은 한단계씩 깊어지는 반면에 자료점수는 5개씩 작아진다.

일반적으로 γ_{11n} 장치의 자료점수는 자료수준이 깊어짐에 따라 $(n+2)$ 개씩 작아지며 전극수가 모두 L 일 때 가능한 자료수준 Z 와 전체 자료점수 N 은 다음과 같다.

$$Z = \text{int}[L/(n+2)] \quad (3)$$

$$N = L - Z(Z+1)(n+2)/2 \quad (4)$$

다음 비저항CT탐사에서 얻은 결보기비저항측정값들을 결보기비저항가상자름면형태로 처리한다. 주어진 장치의 측정값들을 지하의 위치에 할당하는 방법(가상자름면작성법)에는 여러가지가 있다. 보통 대칭전극장치들인 경우 자료점위치는 송전전극 A 로부터 지표면에 45° 또는 30° 로 그은 직선과 장치중심에서 내린 수직선과의 사립점이다. 비대칭전극장치들인 경우는 좀 다르다.

우리는 비대칭감마형전극장치의 자료점들을 B 전극아래의 $1.5ka(k=1, 2, 3, \dots)$ 만 한 깊이에 할당하였다. 여기서 k 는 전극번호이다. 그리고 전극수가 60개이고 전극간격이 1m인 γ_{11n} , γ_{m11n} ($n=2, 4, 6$)장치들에 해당하는 자료점분포와 자료점수를 고찰하였다.(그림 4, 5)

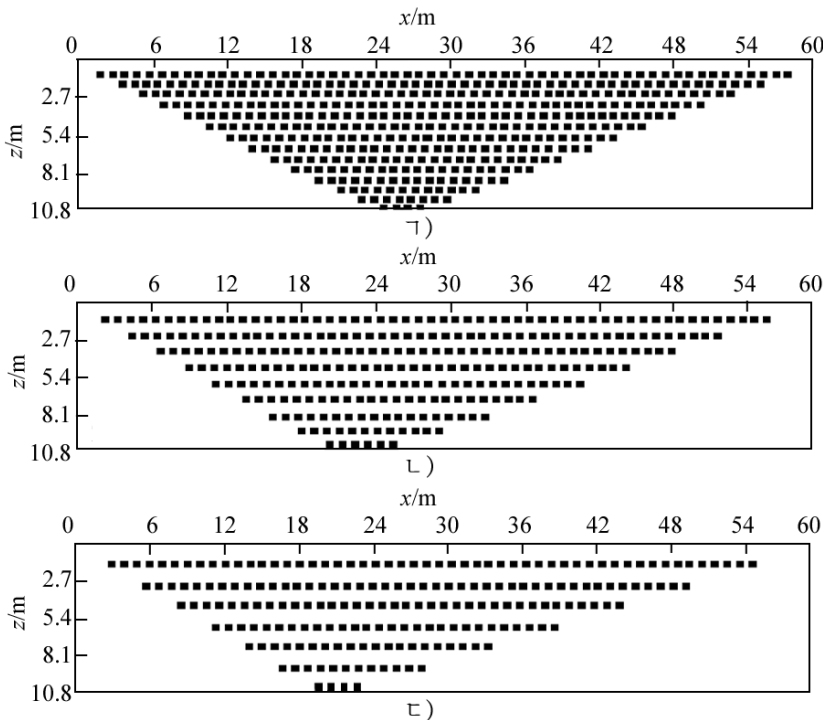


그림 4. γ_{11n} 장치들에 해당하는 자료점분포와 자료점수

가) γ_{112} 장치, 나) γ_{114} 장치, 다) γ_{116} 장치

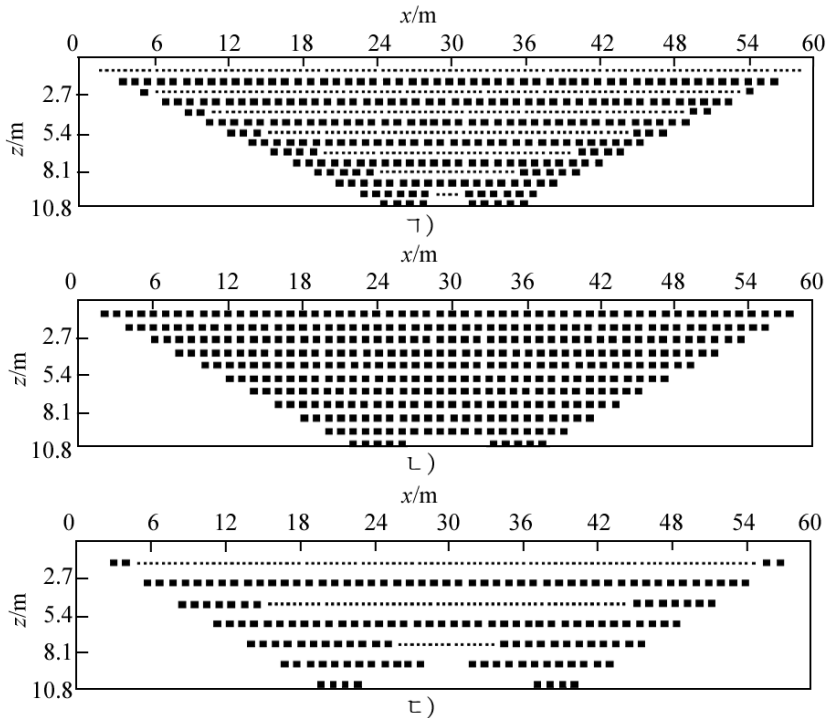


그림 5. γ_{m11n} 장치들에 해당하는 자료점분포와 자료점수

ㄱ) γ_{m112} 장치, ㄴ) γ_{m114} 장치, ㄷ) γ_{m116} 장치

전극수가 같은 여러 전극장치들에 해당하는 자료점수를 보면 웨너알파장치, 웨너감마장치는 570개, 최량화장치는 669개, 쌍극자-쌍극자장치는 736개, 점-쌍극자장치는 871개이다. 그리고 γ_{112} , γ_{114} , γ_{116} 장치들에 해당하는 자료점수(그림 4)는 각각 420, 270, 196개이며 γ_{m11n} 장치들에 해당하는 자료점수(그림 5)는 감마형정장치에 해당하는 자료점수의 2배이다. 결과적으로 감마형전극장치들에 해당하는 자료점수는 전통적인 전극장치들에 비하여 적다. 이것은 감마형전극장치를 리용할 때의 측정시간이 다른 장치들에 비하여 짧다는것을 의미한다.

3. 감마형전극장치의 신호세기

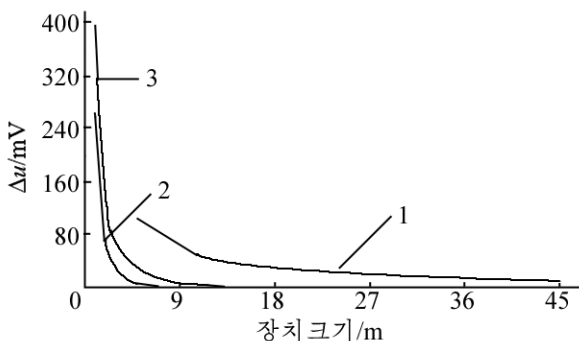


그림 6. 여러 전극장치들의 신호세기

1- γ_{113} 장치, 2- 쌍극자-쌍극자장치, 3- 점-쌍극자장치

신호세기가 큰 웨너계열의 장치를 제외하고 장치크기에 따르는 감마형전극장치의 신호세기를 신호세기가 작은 쌍극자-쌍극자장치, 점-쌍극자장치와 비교하였다.(그림 6)

이 계산실험에서는 전극간격이 1m, 전극수가 48개, 송전전류의 세기가 100mA 인 전극배열과 비저항이 $50\Omega m$ 인 균일지층모형을 리용하였다.

계산실험결과 장치크기가 제일 큰 경우에 γ_{113} 장치와 쌍극자-쌍극자장치,

점-쌍극자장치에서 신호세기의 최소값은 각각 11.8mV, 0.02mV, 0.37mV였다.

결국 장치크기가 커짐에 따라 감마형전극장치들의 신호세기는 웨너계렬 전극장치들의 신호세기보다는 작지만 쌍극자장치들의 신호세기보다는 크다는것을 알수 있다.

맺 는 말

감마형전극장치는 다른 전극장치들에 비하여 감도분포특성이 좋고 자료점수가 적으며 신호세기가 비교적 크므로 전극수가 많은 전극배열을 리용하는 비저항CT탐사에 적합하다.

참 고 문 헌

[1] 심형택; 지질 및 지리과학, 2, 21, 주체105(2016).

[2] P. Stummer et al.; Geophysics, 69, 1, 120, 2004.

주체108(2019)년 10월 5일 원고접수

The Properties of Gamma Type Electrode Configuration

Kim Chol, Ri Il Gyong

Gamma type electrode configuration is suitable to resistivity CT prospecting using array with many electrodes, because it has good properties of sensitivity, less data points and is great in signal amplitude as compared with the traditional configurations.

Keywords: electrode configuration, sensitivity