

지하공동 모델의 전기비저항 특성에 관한 실험적 연구

박갑진¹⁾, 김현수²⁾, 김현승²⁾, 송영수²⁾

요약 : 지하공동의 상태를 명확히 영상화하기 위해서는 지하공동의 물성분포에 대한 이해가 우선적으로 되어야 한다. 이 실험에서는 지하공동이 공기 또는 지하수로 적당 비율로 채워져 있음을 가정하고 이에 따른 전기비저항적 특성을 파악하고자 하였다. 또한 지하공동 외벽의 건조 상태가 전기비저항 탐사에 영향을 미칠 것이므로 공동 외벽을 젖었다고 가정한 상태에서 수조 모형실험을 수행하였다. 지하공동 모델은 한천을 이용하여 제작하였으며($33.5\Omega\text{m}$), 배경매질은 상수도물($100\Omega\text{m}$)을 사용하였다. 실험결과 외벽이 젖은 상태에서 공기/물의 비율이 낮은 경우에는 저비저항 이상대가 나타나나, 공기/물의 비율이 높아지면서 점점 고비저항 이상대가 나타남을 알 수 있었다.

주요어 : 전기비저항탐사, 지하공동, 축소모형실험

Abstract : Comprehension of physical properties distribution of underground cavity must be made primarily to show the clear image of the state of the cavity. A physical scale model experiment is executed assuming that underground cavity in filled with air or water of different ratio. The state of cavity wall is considered wet. Cavity model is made of agar. As a experimental result, even if the cavity wall is wet, high air and water ratio cavity shows high anomaly.

Keywords : electrical resistivity survey, underground cavity, physical scale modeling

1) 전북대학교 자원·에너지 공학과, sssshi@hanmail.net
2) 전북대학교 자원·에너지 공학과

1. 서론

이 연구는 전기비저항 탐사를 이용하여 지하공동모델의 전기비저항 특성에 따른 모형실험을 수행한 것이다.

지하공동의 상태를 명확히 영상화하기 위해서는 지하공동의 물성분포에 대한 이해가 우선적으로 되어야 한다. 지하공동은 이를 둘러싸고 있는 기반암 및 공동 내의 지하수의 유무에 따라 크게 달라지게 된다. 이 실험에서는 지하공동이 공기 또는 지하수로 채워져 있음을 가정하고 공기와 물의 비율 및 지하공동의 외벽이 건조한 상태인지 또는 젖은 상태인지에 따른 전기비저항 탐사에 미치는 영향을 고려하여 수조 모형실험을 수행하였다.

2. 실험 장치 및 모델

실험 장치는 수조, 전극, 배전반, 공동모델 그리고 탐사기기로 이루어진다.

수조는 $180 \times 140 \times 92$ cm 크기의 FRP로 제작되었으며, 전극은 직경 2mm의 스테인레스 강철로 제작되었다. 그리고 전체 수조의 크기에 비하여 전극이 설치되는 영역의 크기를 가능한 작게 하기 위하여 2cm 간격으로 30개의 전극을 설치하여 반무한적 공간을 재현하고자 하였다(Fig.1).

실제 탐사에서 주변 매질에 해당하는 매질은 전기비저항 값이 대략 $100 \Omega\text{m}$ 정도인 일반 상수도물을 사용하였으며, 공기 및 지하수가 같이 충전되어 있을 경우를 가정하여 $33.5 \Omega\text{m}$ 의 속이 비어 있는 원형파이프 형태의 모델을 만들었다.

모델의 제작 시 사용된 재료는 홍조류를 열수로 추출해서 얻어지는 점질성 복합 다당류 물질로서 아가로스(agarose)가 주성분인 공업용 한천이다. 공업용 한천을 증류수와 혼합하여 실험에 이용하고자 하는 전기비저항 값으로 모델을 제작하였다.

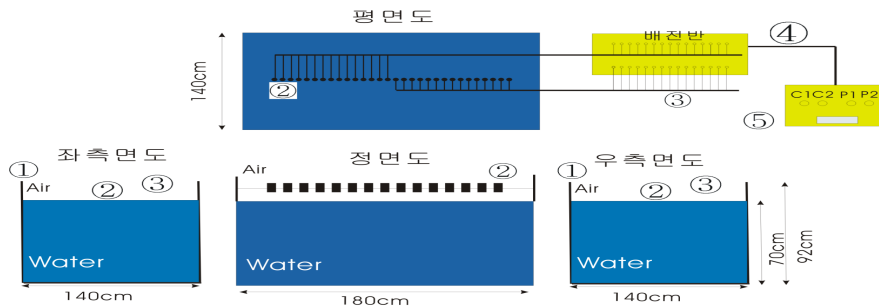


Fig. 2 Experimental Apparatus

① Water tank ② Electrodes ③ Electric wires ④ Electric Plate ⑤ measurement instrument

3. 실험 방법

(1) 공동 모델의 제작 및 공동 모델의 물성 측정

원형파이프 모델은 두께가 각각 1cm이고 바깥지름이 9cm, 8cm, 7cm, 6cm, 5cm, 4cm인 모델과 바깥지름이 각각 10cm이고 두께가 1cm, 3cm, 5cm, 7cm인 모델을 제작하였다. 공동 모델의 제작 방법은 분말의 한천을 비커에 넣고 증류수와 혼합한 후 95℃가 될 때까지 증탕한 후 아크릴로 제작된 몰드에 넣어 건조 방지를 위하여 밀봉한 후 실온에서 12시간 냉각시킨다. 냉각 후 성형된 모델을 공동이라 상정하여 수조실험 장치에서 측정한다. 한편 공동 모델의 물성은 한천이 겔의 상태로 변하는 특성을 이용하여 EC Meter를 이용하여 측정하였다. 사용된 EC Meter는 TOA사의 CM-14P기종이다.

(2) 측정 방법

이 실험에서는 공동 모델의 전기비저항 특성을 파악하기 위하여 모델을 수조에 위치시켜 전극배열별로 자료를 획득하고 이에 따른 반응을 확인하는 과정을 반복하였다. 사용된 전극배열은 쌍극자(dipole-dipole)배열, 변형된 단극(modified pole-pole)배열이다. Fig. 2은 측선과 좌표계와의 관계를 나타낸 그림으로 전극간격은 2cm이며, 측선의 설정 간격은 X(폭) 방향이고, 수조 하부로 향하는 방향이 Z(깊이)이며, 이 두 방향에 수직인 방향이 Y(주향)방향에 해당된다. 따라서 X-Z 평면이 실험결과 얻어지는 영상단면이 된다. 공동의 크기에 따른 전기비저항 특성을 확인하기 위하여 동일 심도 내에서 두께가 1cm로 일정하고 바깥지름이 2cm씩 커지는 원형 파이프 모델을 크기별로 측정하였다. 또한 공동 내부의 공기와 물의

비율에 따른 전기비저항의 특성을 파악하기 위하여 바깥지름이 동일하고 두께가 1cm에서 2cm씩 늘어나는 원형파이프 형태의 모델을 이용하여 측정하였다.

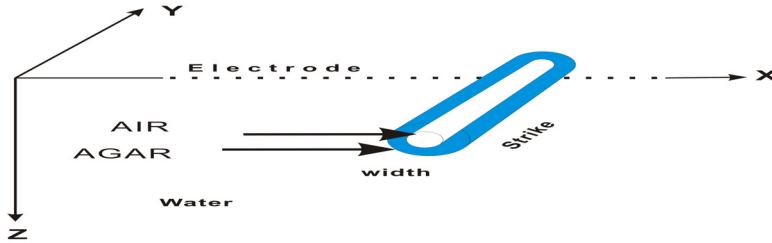


Fig. 3 Coordinates of the model

4. 결과 및 고찰

공동의 외벽이 젖은 상태로 가정하고 실험을 실시한 결과는 다음과 같다.

(1) 동일한 심도에서 공동의 크기에 따른 영향

동일한 심도에서 젖은 상태의 공동의 크기가 전기비저항 값에 미치는 영향을 확인하기 위하여 두께가 1cm로 일정하고 바깥지름이 5cm, 7cm, 9cm이며 내부가 비어있는 공동모델을 수면에서 1cm 떨어뜨린 후 쌍극자배열과 변형된 단극배열을 이용하여 측정하였다(Fig. 3, Fig. 4).

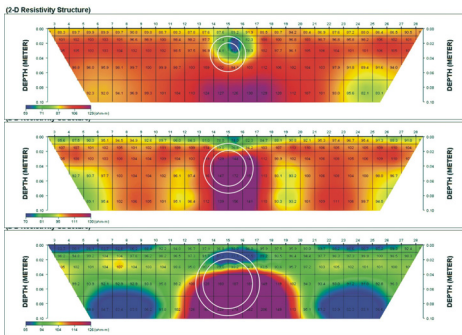


Fig. 3 2-D Resistivity structure for the cavity model using dipole-dipole array

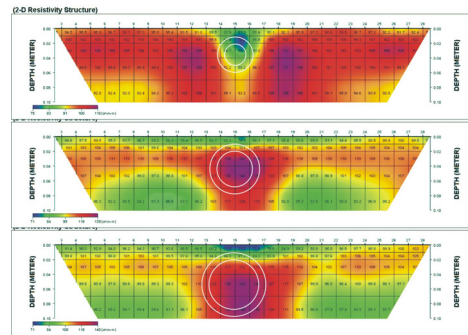


Fig. 4 2-D Resistivity structure for the cavity model using modified pole-pole array

Fig. 3과 Fig. 4의 결과를 분석하여 보면 공동의 크기가 작을 때 내부에 공기층이 포함되어 있어 고비저항체가 존재하더라도 그 영향이 나타나지 않고 저비저항만 탐지됨을 확인할 수 있다. 그러나 점차 공동의 크기가 커져 공기층이 늘어남에 따라 고비저항의 영향이 커져 고비저항의 이상대가 나타나고, 저비저항체(젖은 외벽)의 영향이 점차 미미해지는 것을 볼 수 있다. 전기비저항 탐사시 저비저항의 이상대에 대한 탐지능력이 고비저항의 이상대의 탐지능력보다 상대적으로 크더라도 일정 크기 이상의 고비저항체가 존재한다면 오히려 고비저항 이상대가 나타남을 알 수 있다.

(2) 동일한 공동 크기에서 공기와 물의 비율에 따른 영향

동일한 공동 크기에서 공동 내부의 공기와 물의 비율에 따른 영향을 파악하기 위하여 바깥지름이 10cm로 일정하고 두께가 1cm, 3cm, 5cm, 7cm인 공동 모델을 전극 바로 하부에 놓은 후 측정하였다(Fig. 5, Fig. 6).

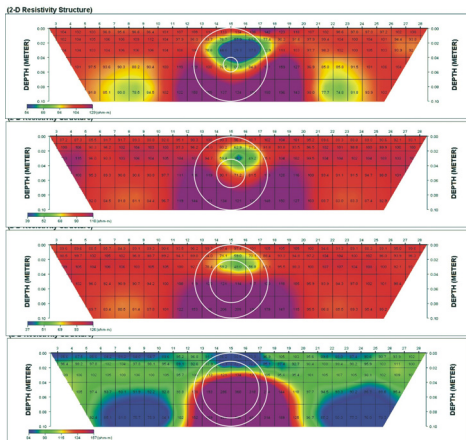


Fig. 5 2-D Resistivity structure for the cavity model using Dipole-Dipole array

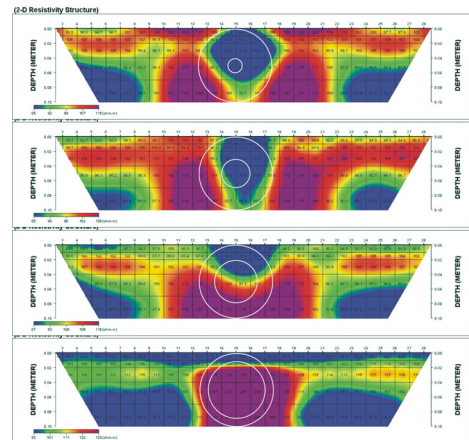


Fig. 6 2-D Resistivity structure for the cavity model using Modified pole-pole array

Fig. 5와 Fig. 6의 결과를 분석하여 보면 내부 공기층의 크기가 커질수록 점차 저비저항의 영향이 줄어들며 내부 지름이 7cm가 되었을 때 고비저항 이상대가 뚜렷이 나타남을 알 수 있다.

5. 결론

이 실험은 전기비저항 탐사를 이용하여 지하공동의 상태를 파악하고자 할 때 공동의 크기와 공동 내부의 지하수의 유무에 따른 영향이 어느 정도 나타나는지를 알아보기 위하여 한천을 이용한 수조 모형실험을 실시하였다. 그 결과 지하공동 외벽이 비록 젖어 있어 전기적 비저항을 띄더라도 공동의 크기 및 공기로 채워진 정도에 따라 고비저항 이상대가 나타남을 알 수 있었다.

감사의 글 본 연구는 한국과학창의재단의 학부생 연구프로그램 URP (Undergraduate Research Program)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- 김정호, 이명중, 송윤호, 정승환, 2001, 2차원전기비저항 탐사를 위한 전극배열법의 비교, 물리탐사, Vol. 38, No. 2, pp. 59-69.
- 박미경, 박삼규, 김희준, 2005, 점토광물을 함유하는 한천인공시료를 이용한 전기비저항 특성에 관한 실험적 연구, 한국 지질자원연구원, 2005 한국 물리 탐사학회. 대한 지구물리학회 공동학술대회, pp. 65-70
- 김정호, 조성준, 이명중 2006, 석회암 공동 탐사를 위한 물리탐사, 2006 에코누리 심포지엄. 터널. 폐갱도의 탐사 및 환경연구 pp. 71-83