

# GEM-2H 현장자료의 1차원 역산과 2차원 역산 비교분석

강서기<sup>1)</sup>, 설순지<sup>1)</sup>, 권형석<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>한양대학교 자원환경공학과, [hoteruy@hanyang.ac.kr](mailto:hoteruy@hanyang.ac.kr)

<sup>2)</sup>삼성물산 건설부문 기반기술연구소

## Comparison of 1D and 2D EM inversion for GEM-2H field data

Seogi Kang<sup>1)</sup>, Soon Jee Seol<sup>1)</sup>, Hyoung-Seok Kwon<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Dept. of Natural Resources and Geoenvironmental Engineering, Hanyang Univ.

<sup>2)</sup>Construction Technology Research Institute (Geotech), Samsung C&T Corp.

### 1. 서론

소형루프 전자탐사는 신속한 비파괴 물리탐사법으로 천부 지반조사나 환경오염대 조사에 매우 효과적으로 적용되고 있으나(설순지 등, 2002; 조인기와 임진택, 2003; 송성호 등, 2011), 지금까지는 일반적으로 1차원 역산만을 통해 지하매질의 전기비저항 분포의 개략적 영상을 도출하고 있다. 그러나 최근 2.5차원 인공송신원 전자기 순모형실험 기법 (2.5D CSEM forward modeling)과 역산기법의 발전에 따라(조인기 등, 2006; 조인기 등, 2007; Song and Kim, 2008), 소형루프 전자탐사 자료에 대해서도 2차원 역산이 가능하게 되었다. 따라서, 1차원 역산에 비해 상대적으로 많은 계산량을 요구하는 2차원역산의 효율성을 현장자료를 통해 검증할 필요가 있다.

### 2. 소형루프 전자탐사 자료획득

현장탐사는 폐돈사 부지의 오염원을 탐지하기 위해 미국 Geophex사의 GEM-2H 소형루프 전자탐사 장비를 사용하여 수행되었으며, 장비의 송수신기 간격은 2.05 m, 송신주파수 대역은 1,050~20,010 Hz이다. 측선은 남북방향으로 설정되었으며, 측선간 이격거리는 2 m, 측선방향으로는 평균 30 cm 간격으로 연속적으로 자료가 획득되었다. 현장자료의 취득시 측선방향으로 148 m인 16개의 측선에 대해 zig-zag형태로 자료를 획득하였으며 자료처리시 동일한 방향으로 정렬하였다. 측정된 자료는 2차장의 동상성분과 이상성분을 1차장으로 나눈 값으로 단위는 ppm이다. Fig. 1은 현장탐사지역의 위성사진이며, Fig. 2는 탐사 측선도를 도시한 것이다.

### 3. 현장탐사 자료의 처리

현장탐사시 연속적으로 자료를 취득하였으므로 내삽을 통하여 0.5 m 간격으로 균등하게 다시 샘플링하

여 자료처리를 수행하였다. 취득된 자료 중 이상성분만을 이용하여 자료처리를 수행하였다. 1차원 역산에서는 국부적으로 존재하는 지하 이상체에 의한 전자기적 반응은 잡음에 해당되므로, 공간적으로 고주파수 형태로 나타나는 잡음을 제거할 필요가 있다(설순지 등, 2002). 이 연구에서는 공간주파수 영역(wavenumber domain)에서 저주파 통과 필터링 작업을 수행한 자료(Fig. 3b)에 대해 1차원 역산을 실시하였다. 반면에 2차원 역산에서는 경우 이러한 공간적 고주파 성분이 주해석 대상이 되므로 곱말기(convolution)를 이용한 이동평균(moving average) 필터링만을 수행한 자료를 이용하였다(Fig. 3c). 측정된 자료의 이상성분을 보면(Fig. 3a), 남북방향으로 67 m 부근에서 매우 큰 값을 보이는 것을 확인할 수 있으며, 이는 이 부근에 매우 전도도가 높은 물질이 존재한다는 것을 의미한다. 또한, 역산시의 초기 모델설정 및 조사 지역의 정성적인 지하 물성정보 획득을 위해 역산전에 주파수 별로 겉보기 비저항을 계산하였다.

## 5. GEM-2H 현장자료의 1차원 역산과 2차원 역산

탐사지역의 지하매질을 정량적으로 평가하기 위해서 1차원 역산과 2차원 역산을 수행하였다. 1차원 역산시에는 공간 저주파 필터링된 이상성분 자료에 평활화 제한을 가한 역산을 적용하여 심도별 전기비저항 분포 영상을 구하였다. 역산 수행시 탐사기기와 조사구역의 특성을 고려하여 0.2 m, 0.4 m, 1.4 m와 3.0 m에 층의 경계를 갖는 모형을 가정하였으며, 2,790~14,430 Hz 대역의 6개의 주파수를 사용하였다. 1차원 역산 결과 저비저항 이상대를 제외한 나머지 지역에서는 지질학적으로 타당한 결과를 보인다. 그러나 매질의 전기비저항이 공간적으로 급격하게 변하는 저비저항 이상대의 경우 심도에 대해 전기비저항이 역전된 형태의 왜곡된 결과를 보인다. 따라서 실제 지하매질의 전기비저항 분포를 영상화하기 위해서는 2차원 역산이 필요하다. 2차원 역산시에는 2.5차원 인공송신원 전자기 순모형실험을 이용하고 평활화 제한을 가하는 역산 방법을 사용하였다. 또한 이동평균 필터링을 수행한 자료를 이용하였으며 저비저항 이상대가 나타나는 부근의 이상성분만을 사용하여 역산을 수행하였다. 2차원 역산을 통해 1차원 역산시 전기비저항이 역전된 형태로 나타났던 부분의 실제 전기비저항 분포는 심도 1 m 이내에 매우 전기전도도가 큰 매질이 분포되어 있는 것으로 나타났다. 이 지점에서의 시굴착을 통해 직경 1 m 내의, 높이 3 m 내외의 대형 원형 콘크리트 구조물이 쌍으로 매립되어 있는 것이 확인되었고, 흙관 내부는 썩은 토양과 유류로 채워져 있었으며, 흙관주위에서 금속재질의 얇은 관이 함께 관찰되었다.

## 6. 결론

소형루프 전자탐사시 취득된 자료의 1차원 역산은 조사지역의 광역적인 지하매질의 정보, 즉 전기비저항 분포를 도출하기에 적합한 방법이다. 그러나 공간적으로 전기비저항이 급격히 변화하는 고립 이상체에 대해 왜곡된 역산 결과를 줄 수 있다는 문제점을 지니고 있다. 따라서 국부적인 지역에 대해 2차원 역산을 수행함으로써 1차원 역산의 문제점을 보완할 수 있다. 반면 2차원 역산의 경우도 소형루프 탐사자료의 이상성분이 본질적으로 지니고 있는 가탐심도의 한계를 극복하기 어렵다는 단점이 있다. 따라서 이상성분에 비해 더 깊은 지하매질의 정보를 포함한다고 알려져 있는 동상성분을 2차원 역산시에도 사용할 수 있도록 보정하는 연구가 필요하다.

## 6. 사사

이 연구에 사용한 현장자료 획득에 도움을 주신 삼성건설 기반기술연구소의 문세흠박사와 박중성대리에게 감사드립니다.

## 7. 참고문헌

- 권형석, 문세흠, 박중성, 2010, 소형루프 전자탐사를 이용한 폐돈사부지 오염원 탐지, *2010 한국지구물리 물리탐사학회 학술대회 학술대회*, pp.175-178.
- 설순지, 송운호, 조성준, 손정술, 정승환, 2002, 소형루프 전자탐사법을 이용한 매설물 탐지 및 지하 전기비저항 영상화, *물리탐사*, **5**, pp.309-315.
- 조인기, 임진택, 2003, 주파수 수직 전자탐사 자료의 1차원 역산, *물리탐사*, **6**, pp. 180-186.
- 조인기, 강미경, 김기주, 2006, 주 대상체 강조법에 의한 소형루프 전자탐사 자료의 역산, *물리탐사*, **9**, pp.299-303.
- 조인기, 송성호, 서정희, 2007, 확장 Born 근사에 의한 소형루프 전자탐사법의 신속한 2.5차원 모델링, *물리탐사*, **10**, pp.308-313.
- 송성호, 엄재연, 조인기, 정차연, 2011, 소형루프 전자탐사를 이용한 폐기물 오염범위 탐지, *물리탐사*, **14**, pp.158-163.
- Song, Y. and Kim J.-H., 2008, An efficient 2.5D inversion of loop-loop electromagnetic data: *Exploration Geophysics*, **61**, pp.68-77.

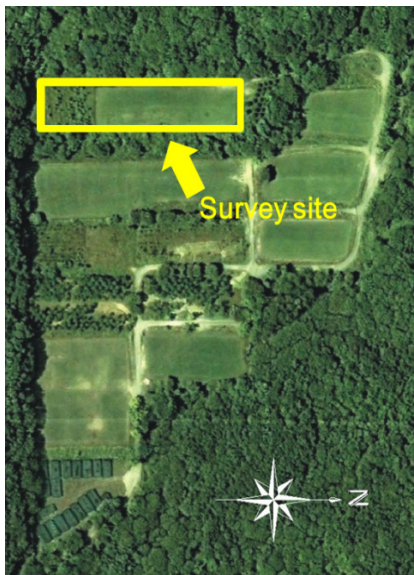


Fig. 1. Photographic view of survey site.

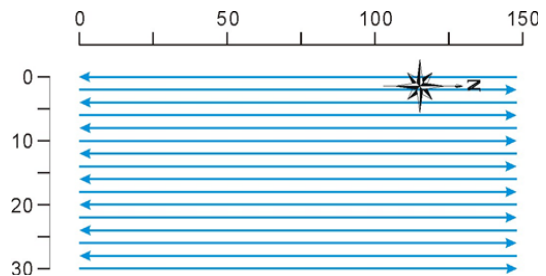
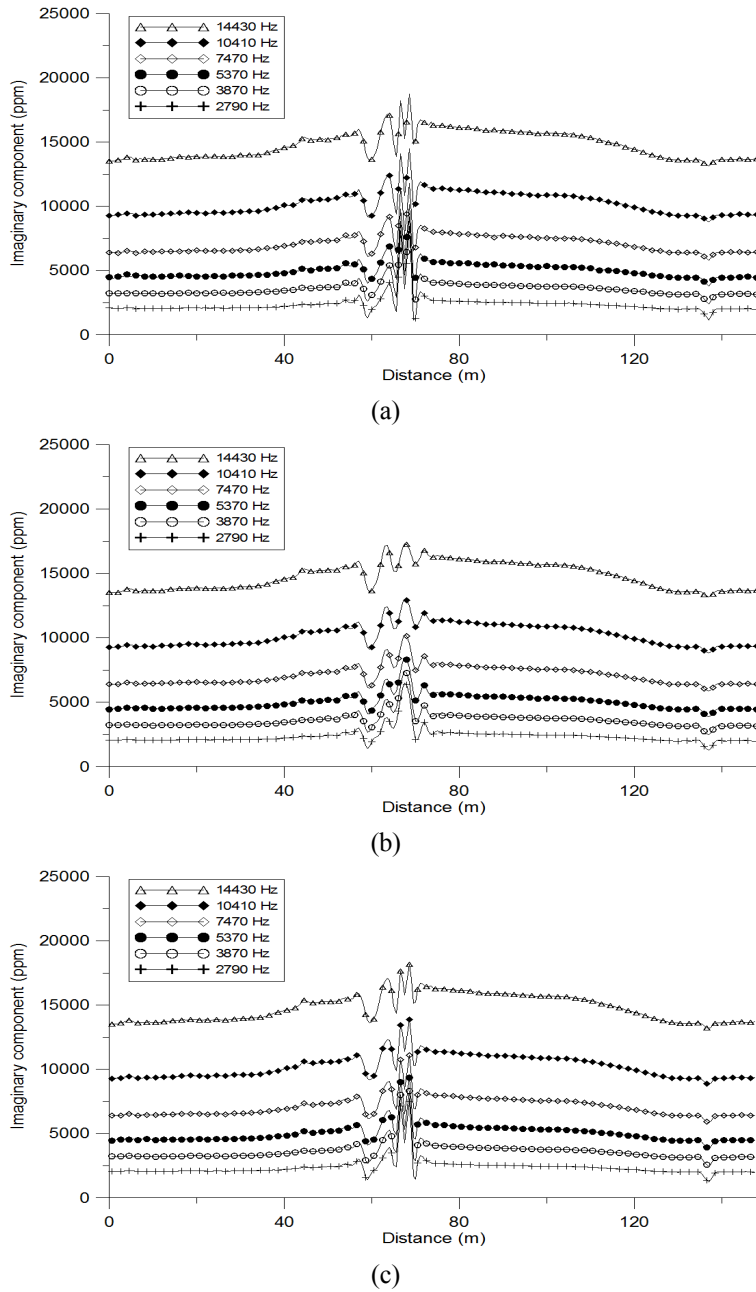


Fig. 2. Schematic diagram of EM survey lines.



**Fig. 3.** Quadrature components of raw data (a), low-pass filtered data (b), and moving averaged data (c) at line-7 are plotted with variable frequency.