

# UXO(Unexploded Ordnance) 탐지를 위한 자력탐사 기술

박인석<sup>+</sup>, 김현도<sup>++</sup>, 김진후<sup>+++</sup>

## Technique of magnetic survey for UXO discrimination

In-Seok Park<sup>+</sup>, Hyun-Do Kim<sup>++</sup>, Jin-Hoo Kim

**Abstract :** The paper presents a method for location of subsurface UXOs. The approach utilities gradient interpretation techniques (analytic signal, horizontal gradient and Euler methods) to locate the objects. Then, linear least-squares technique, we obtain the magnetization location of the sources. We demonstrate the practical utility of the method using marine magnetic field data.

**Key words :** Total field magnetic(총 자력), UXO(비폭발물), Analytic signal, Reduction to pole(자극화변환)

### 1. 서론

비폭발물(UXO) 탐지를 위한 탐사방법으로는 ferrometallic 성분의 전자기적 성질을 이용하는 자력탐사 및 전자기탐사, 지하투과레이더(GPR)탐사, 주변 매질과의 미소한 밀도차를 이용하는 미소중력탐사와 제한적으로 운용되고 있는 음향 및 탄성파탐사 등 다양한 방법들이 활용되고 있다. 비폭발물의 존재는 군사훈련, 실험, 전쟁 등에 의한 사유로 지표나 지표하부에 존재하게 된다. 특히 우리나라는 한국전쟁을 겪었기 때문에 비폭발의 잔존 가능성이 있을 것이며, 간혹 도심지에서도 발견됨이 보고되고 있는 실정이다. 비폭발물에는 다양한 종류가 있으며 불발포탄들도 이에 포함된다. 본 연구에서는 이러한 비폭발물 탐지를 위한 해석방법에 대하여 간략히 기술하고자 한다.

### 2. 자력탐사

자력탐사 방법은 철성분을 함유하는 물체의 분포를 파악하기 위한 목적으로 수행하고 있는 매우 유용한 지구물리탐사기법중의 하나이다. 그러나 자기이상을 일으키는 요인은 자기이상의 근원이 되는 물질의 형태, 위도에 따른 지자기장의 변화, 물질의 자화방향, 탐사방향 등이 서로 복잡하게 자기이상을 일으키기 때문에 측정된 자기이상을 해석하기 위한 모델설정은 매우 어렵다.

그러나 인위적으로 매설 또는 방치되어있는 ferrometallic 물체는 주변물질에 비하여 강한 자기이상을 나타냄으로 총자력 이상을 측정하여 자력 이상체의 위치와 심도 및 형태 등을 판단하기 위한 연구가 많은 사람들에게 의해 수행되었으며, 또한 다양한 해석프로그램이 개발되어있다.<sup>[1][2][3][4][5][7]</sup> 특히 자력이상체의 위치와 심도 및 특성에 대한 연구에 Hilbert 방법, Euler 방법이 적용되고 있다<sup>[3]</sup>. 본 연구에서는 이론적인 모델에 의한 자력이상값을 구하여 대상체의 위치파악을 위하여 x 및 y 방향으로의 수평미분한 값에 의한 수평변화율과 analytic signal 및 Euler 방법에 의한 위치 및 심도를 추정하였으며, 해저면 금속성 매설물 탐지를 위한 현장 총자력 탐사자료에 적용하였다.

국지적인 총자력 변화량의 측정 장비는 다양하게 개발되어 육상 및 해상에서 탐사작업의 수행이 가능하며, GPS와 연동한 탐사 위치가 기록됨으로서 효과적인 탐사작업의 수행이 가능하다. 본 연구의 사례에서는 Flux-gate 자력계를 이용하였다. 금속물체의 크기, 매설 심도 및 측정고도와 관계는 매우 밀접한 관계를 보이기 때문에 야외 탐사시 세심한 주의가 요구된다.

### 3. 해석

3차원 모형에 대한 총자력 이상값을 구하여 자극화변환, 수평변화율, analytic signal에 의한 자력 이상체의 위치를 해석하였다. 총자력 이상값을 구하기 위한 격자망의 중앙에 타원체 모양의 모형에 생성하고 inclination은 0°, declination은 50°, 지자기장은 49000nT를 적용하여 10m×10m 크기의 격자에 대하여 0.2m 간격으로 샘플링 하였다. Fig. 2는 모델에 대한 총 자력이상을 나타낸 것으로 자기 쌍극자 효과로 아래쪽에 양의 값이 높게 나타나며, 위쪽에 낮은 값이 나타난다.

자료처리는 x 방향과 y 방향으로 수평미분을 한 후 그 결과를 이용한 수평변화율을 계산하고, 총 자력이상에 대해 자극화변환을 하여 쌍극자 효과를 제거한 후 analytic signal 방법으로 자성체의 위치와 심도를 계산하였으며, 또한 원 자료에 대하여 analytic signal 분석을 하여 자성체의 위치와 심도를 계산하였다.

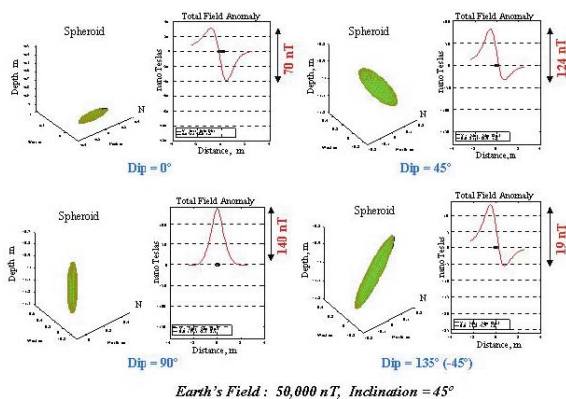


Fig. 1. The effect of dip on the total magnetic field anomaly for model.

+박인석(동아대학교 지구환경공학부 자원전공 강사, GEOVIEW), E-mail: qdtdonga@donga.ac.kr, TEL: 010)9879-2466  
 ++김현도((주)GEOVIEW, 동아대학교 산학협력관 833호), E-mail: geoview@geoview.co.kr, TEL: 051)294-1602  
 +++김진후(동아대학교 토목해양공학부 해양공학전공), E-mail: jkim@donga.ac.kr, TEL: 051)200-7790

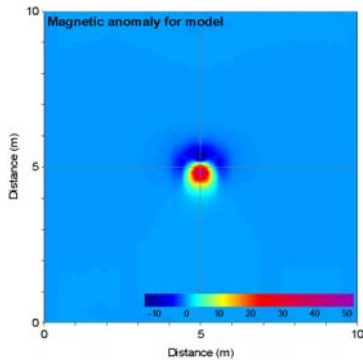


Fig. 2. Total magnetic field anomaly for dipole source model

수평변환을 결과는 analytic signal에 의한 방법과 유사한 결과를 나타내며, 자성체의 경계를 추정하기 위한 목적으로 간단히 적용할 수 있을 것으로 판단되며, Analytic signal 및 Euler 방법을 적용한 결과 자극변환을 실시한 후 구한 자성체의 위치는  $x=4.99$ ,  $y=5.03$ ,  $z=0.42$ 로 계산되었으며, 쌍극자 자료에 대한 자성체의 위치는  $x=5.0$ ,  $y=4.95$ ,  $z=0.42$ 로 계산되었으며 그 결과를 Fig. 3에 나타내었다.

총자력이상을 구하기 위해 만든 모형의 위치는  $x=5$ ,  $y=5$ , 이상체의 중심의 심도는 0.3m, 기저부는 0.4m로 기저부의 심도와 유사한 결과를 보였다. 따라서 탐사자료에 대하여 자극변환을 실시하여 이상체의 위치를 분석하거나 자극변환을 실시하지 않은 상태에서 이상체의 위치를 분석하는 것은 매우 유사한 결과를 나타내었다.

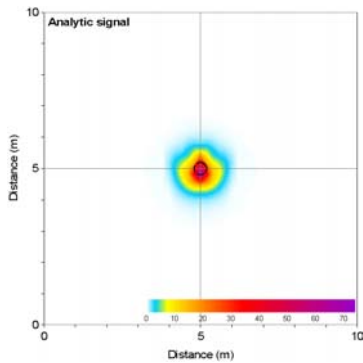


Fig. 3. Results of Analytic signal for magnetic field anomaly.

수중 지장물 현장자료에 대하여 분석한 결과를 Fig. 3에 나타내었으며, 그림에서 원으로 나타낸 것은 해석을 통한 이상대의 위치로 수중에 투기된 철재 쓰레기 및 바지선의 닻 및 철재 부표로 확인되었다. 이외 높은 자력이상대를 보이는 부분은 지질적인 특성을 일부는 반영하는 것으로 해석된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 모형자료에 대하여 자극화 변환을 실시한 자료와 원자료에 대하여 analytic signal 방법 및 Euler 방법을 적용한 결과 매우 유사한 결과를 보였다.

위치과약을 위한 수평변환을 역시 analytic signal 결과와 유사한 결과를 나타냄으로 이상체의 위치 과약을

위한 목적으로 수직변환을보다 효과적인 결과를 얻을 것으로 판단된다.

현장탐사자료에 적용한 결과 해저면 금속성 매설물의 위치 판단을 위한 자력탐사자료의 해석방법으로 유용한 방법이였다.

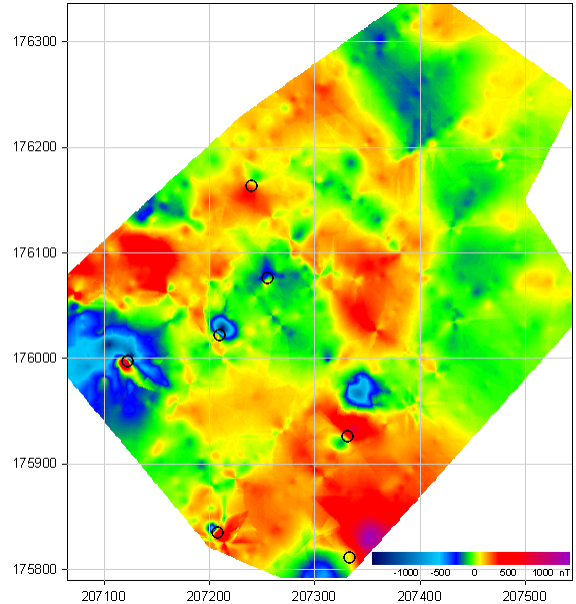


Fig. 3. Results of analysis for magnetic field anomaly

#### 참고문헌

- [1] D.K. Butler, "Potential fields methods for location of unexploded ordnance(UXO)", The Leading Edge, Vol. 20-8, pp.890-895, 2001
- [2] D.K. Butler, "Implication of magnetic backgrounds for unexploded ordnance detection", Jour. of Applied Geophysics, Vol. 54, pp.111-125, 2003
- [3] M. N. Nabighian, R.O. Hansen, "Unification of Euler and Werner deconvolution in three dimension via the generalized Hilbert transform", Geophysics, Vol. 66, pp. 1805-1810, 2001
- [4] H. H. Nelson, J. R. McDonald, "Multisensor Towed Array Detection System for UXO detection", IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 39, No. 6, pp.1139-1145, 2001
- [5] A. B. Reid, J.M. Allsop, H. Granser, A. J. Milleti, and I. W. Sormerton, "Magnetic interpretation in three dimension using Euler deconvolution", Geophysics, Vol. 55, pp.80-91, 1990
- [6] K. Davis, Y. Li, and M. Nabighian, "Automatic detection of UXO magnetic anomalies Using Extended Euler Deconvolution", Colorado school of Mines
- [7] A. Selemm T. Hamada, J. K. Asahina and K. Ushjima, "Detection of unexploded ordnance(UXO) using magnetic gradiometer data", Exploration Geophysics, Vol.36, pp.97-103, 2005