

물리탐사를 이용한 대전차 지뢰 탐지

조성준¹⁾, 김정호¹⁾, 손정술¹⁾, 방은석¹⁾, 김종욱¹⁾

¹⁾한국지질자원연구원 지반안전연구부, mac@kigam.re.kr

Antitank Mine Detection with Geophysical Prospecting

Seong-Jun Cho¹⁾, Jung-ho Kim¹⁾, Jeong-Sul Son¹⁾, Eun-Seok Bang¹⁾, Jong-Wook Kim¹⁾

¹⁾Geotechnical Engineering Div., KIGAM

Abstract: We conducted geophysical surveys to detect antitank mine at Namji-eup, Gyeongsangnam-do which had been installed during Korean war. The surveys consisted of 2 stages, at the first stage we divided the survey area into 7 block and carried out magnetic gradient survey and GEM-3 EM survey sequentially for each block. Hence we verified anomaly areas using an excavator and a metal detector. Most of anomalies were found to be garbages such as trash cans, metallic wastes, and so on. And also, the concrete pipe was found at depth of 1 m, which had not referred in any report of that area. At the second stage, after trenching the covered soil down to 75 cm the same surveys were conducted. We could not find the strong signal to be inferred from a antitank mine, but we pointed out some anomalies to need careful handling because demining is very dangerous work even though there is few possibility that is mine.

Keywords: Antitank mine, Magnetic gradient, EM survey, Metal detector

1. 서론

전 세계적으로 80여개국 이상의 나라가 지뢰(landmine)나 미폭발물(UXO; unexploded ordnance)로 고통 받고 있으며(Landmine Monitor Report, 2006), 우리나라도 그 중 한 나라이다. 현재 국내에는 6.25 전쟁 당시나 휴전 이후에 매설된 지뢰나 미폭발물들에 의한 폭발사고가 간간히 일어나고 있으며, 이를 위한 탐지 작업 또한 수행되고 있다(조철현 등, 2003; 김정호와 김창렬, 2006).

지뢰는 크게 대전차지뢰(AT; Antitank mine)와 대인지뢰(AP; Antipersonnel mine)로 나눌 수 있는데, 대전차지뢰는 부피가 크고 위력은 강하지만 탐지가 용이한 반면, 대인지뢰는 부피도 작고 플라스틱 용기에 화약이 들어 있는 경우가 많아 상대적으로 찾아내기가 어렵다. 휴전선 일대를 제외한 남한 지역에서의 매설 지뢰는 대부분이 6.25전쟁 당시의 대전차 지뢰로 현재 개념의 대인지뢰에 비해서는 탐지가 용이하다 할 수 있다.

당 연구팀은 경남 창녕군 남지읍의 구 남지철교 부근의 나대지에서 6.25 때 매설되었던 것으로 알려진 대전차 지뢰를 탐지하기 위한 목적으로 자력탐사와 전자탐사를 수행하였다. 조사지역은 하수관을 매설하려는 예정부지로 터파기 공사이전에 혹시

라도 잔존해 있을지도 모르는 대전차 지뢰의 탐지 및 제거를 목적으로 조사가 이루어졌다. 이 지역은 최근 잔존 대전차 지뢰가 발견되었던 지역이며, 굴삭기 작업도중 폭발사고도 일어났었던 곳이다.

조사에 사용된 탐사기법은 자력탐사와 전자탐사의 두 가지 기법이 적용되었다. 이 중 자력탐사는 철제 금속에 의한 자화강도를 측정하는 탐사 기법으로, 이번 조사에서는 두개의 자력계 센서를 이용한 자력 변화율 탐사(수직 구배 자력탐사)를 적용하여 고립형 이상체에 의한 반응을 최대화하고자 하였다. 전자탐사는 GEM-3 전자탐사기를 이용하여 다중주파수 사용에 의한 천부 분해능 및 금속성 이상체 탐지의 정확도를 높이고자 하였다. 각각의 방법에 의해 발견된 이상대는 해당 위치에서 터파기를 수행하여 이상체를 확인하고자 하였으며, 이러한 목적으로 금속탐지기를 이용하였다.

2. 탐사 측선의 설계

전체 탐사는 두 단계로 나누어 수행되었다. 첫 번째 단계에서는 조사 영역에 대한 정밀 탐사로 10m×73m의 영역을 Fig. 1에서와 같이 10m×10m 크기의 여섯 개의 블록 및 나머지 한 개의 10m×10m 크기의 블록으로 나누었으며, 각각 A에서 G 블록으로 이름을 설정하였다. 각 블록 별로 탐사를 수행하게 되는데, 측선간격은 x 방향으로 0.5 m 간격이며, 측정은 y 증가 방향으로 수행하였다. 이때 측정 간격은 자력탐사의 경우에는 초당 2회, 전자탐사의 경우에는 초당 2회 이상으로 선정하여 최소 0.5 m 이내에 한 번 이상의 측정이 되도록 설정하였다. 자력 변화율 탐사와 GEM-3 전자탐사를 수행한 후 두 자료를 비교한 후 이상대를 확정하게 된다. 굴삭기를 이용해 이상 지점 터파기를 하면서 금속 탐지기를 적용하여 이상 원인을 규명하였다.

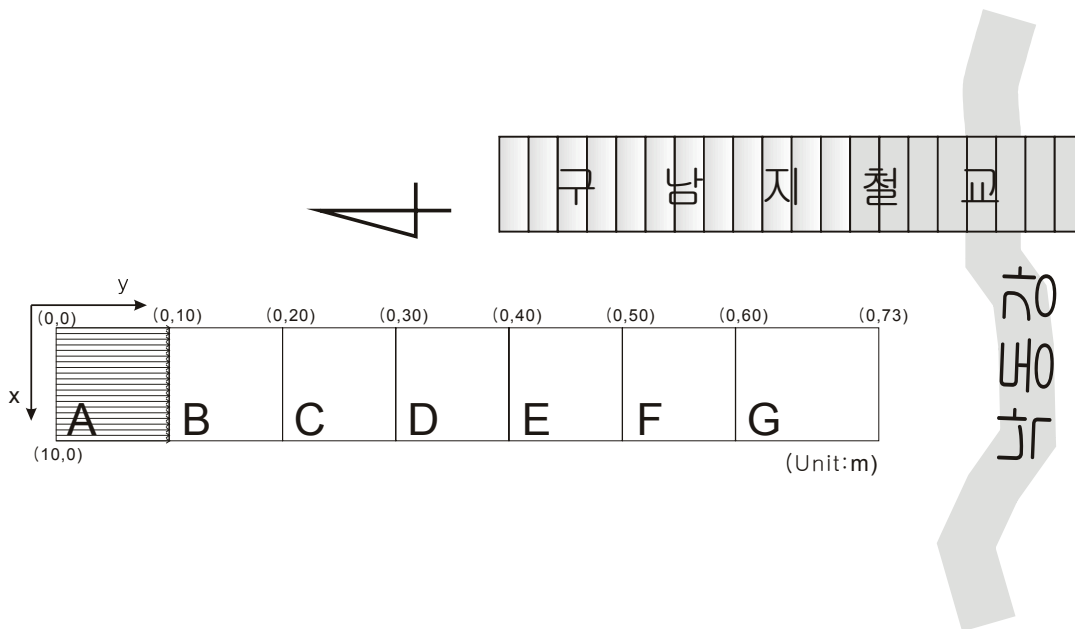


Fig.1. Survey line design of the first stage for AT detection

첫 번째 단계의 탐사를 통해 천부 이상체의 유무를 확인한 후에 하수관이 매설될 위치를 정밀탐사하기 위해 A 블록의 맨홀과 G 블록 맨홀 사이를 대략 폭 2.5 m,

깊이 75 cm 정도로 굴토한 후 이 굴토부(Fig. 2 중간의 회색 박스 영역) 에서 다시 자력 변화율 탐사와 GEM-3 전자탐사를 수행하였다. 당 연구원에서 과거 수행한 자력 변화율 탐사를 이용한 대전차 및 대인 지뢰 모의 실험결과에 의하면 자력 변화율 탐사는 대전차 지뢰와 유사한 크기의 금속물체에 대해 심도 1 m 까지 탐지할 수 있음을 확인하였다(김정호와 김창렬, 2006). 따라서 75 cm 정도의 굴토 후 다시 탐사를 수행할 경우 적어도 굴토부 하부 1 m까지의 대전차 지뢰를 탐지 할 수 있을 것으로 여겨진다.

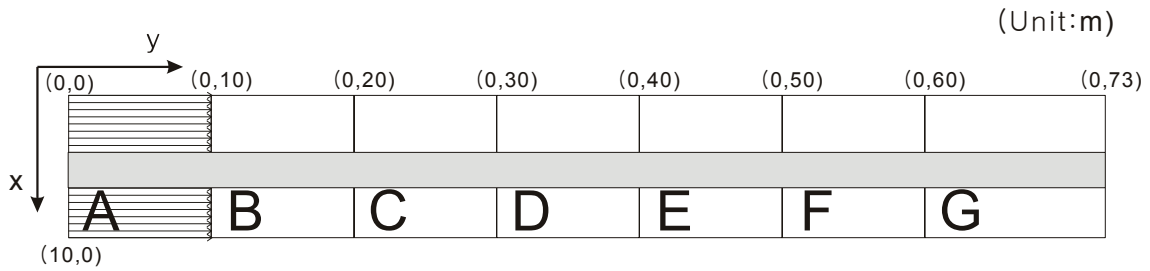


Fig. 2. Survey line design of the second stage after trenching the location of the planed pipe line, which the grey box of the figure represents.

3. 1 단계 탐사 결과

첫 번째 단계의 조사에서는 각 블록 별로 자력 변화율 탐사와 GEM3 전자탐사를 수행한 후 각각의 탐사별로 이차원 이상도를 작성한 후, 이 두개의 결과를 중첩(overlay)하여 도시한 후 종합 해석을 수행하였다.

Fig 3은 자력 변화율 탐사와 GEM-3 전자탐사 현장 탐사 장면이다.

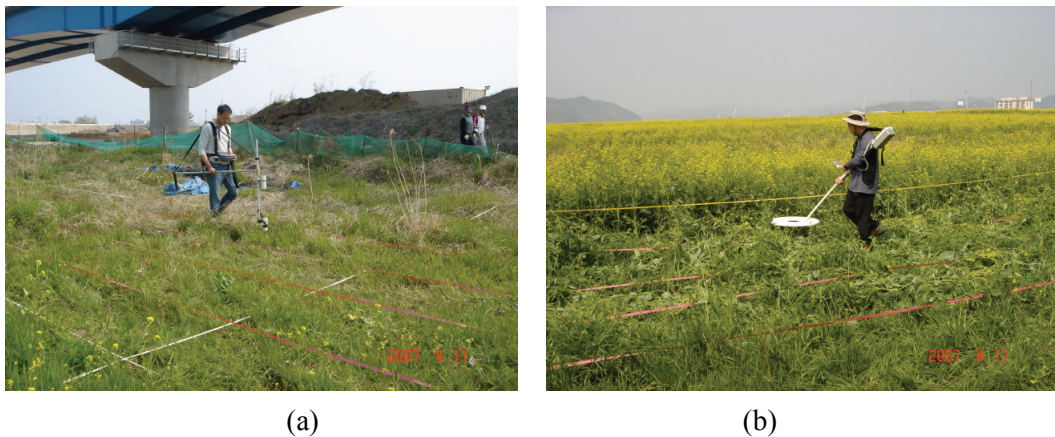


Fig. 3. Photos of the field survey; (a) magnetic gradient survey, (b) GEM-3 electromagnetic survey

Fig. 4는 A블럭에서의 탐사 결과로 (a)는 자력변화율을 도시한 것이며 이때 스케일은 -6000에서 6000까지이다. (b)는 GEM-3 획득된 5개의 주파수 자료 중 비교적 잡음의 영향이 적고 천부의 영향을 반영하는 8190 Hz 자료의 이상 성분을 음영 기복도(shaded relief map)로 도시한 것이다. (c)는 (b)의 음영기복도 위에 (a)의 자력변화

율의 등고선도를 중첩시킨 것이다. 이하 각 블록 결과의 측정 인자들은 이와 동일하다. 그림에서 가로 축은 그림 1.1의 측선도의 x축에 해당하며, 세로축은 y축에 해당한다.

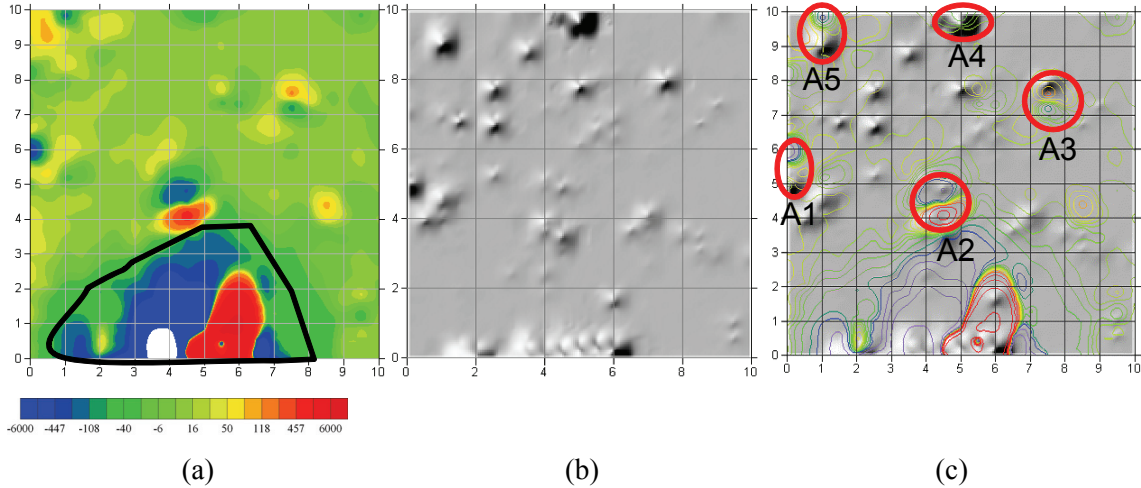


Fig. 4. Survey results of A block; (a) result of magnetic gradient, (b) shaded map of EM result, (c) overlaid result of shade map of EM with contour map of magnetic gradient.

Fig. 4 (a)의 검정 실선으로 표시된 매우 큰 자력 변화율 이상은 $x=4 \sim 5$ m, $y=0$ m 아래에 존재하는 콘크리트 맨홀에 의한 것으로 맨홀 내의 철근에 의한 결과이다. 한편 Fig. 4 (b)에서 매우 많은 이상대가 존재하는 데 이를 모두 나중에 금속 탐지기로 검사한 결과 캔이나 담배 은박지, 비료포대 은박지 등 금속성 쓰레기에 의한 것이 대부분이었다. Fig. 4 (c)는 자력 변화율 탐사와 전자탐사의 결과가 비교적 일치한 곳을 표기한 것으로 이 후 굴삭기를 이용한 터파기와 금속 탐지기를 동시에 적용하여 원인을 규명하였다.

그 밖에도 모든 블록에서 동일한 과정을 거쳐 이상대를 확인하였으며, 대부분이 캔이나 녹슨 철망등 쓰레기에 의한 것으로 판명되었으며, 문헌 상에는 나타나지 않은 하수관로도 발견 하였다.

4. 2 단계 탐사 결과

1단계 탐사 결과를 바탕으로 지표면 근처에서의 이상대에 대한 확인 및 제거 작업을 거친 후 맨홀과 맨홀 사이의 관로가 매설될 위치에 대해서 추가 탐사를 수행하였다. 관로 설치를 위한 굴토 작업이 지표면 하 1.5m 정도로 이루어질 예정이므로 해당 영역에 대한 정밀 탐사를 위해 관로가 놓일 자리를 중심으로 길이 72m, 깊이 75 cm, 폭 2.5 m 정도로 굴토한 뒤 해당 지역을 50 cm 수평 간격의 여섯 측선으로 설정하고 자력 탐사 및 전자 탐사를 다시 수행하였다.

Fig. 5는 굴토부에서의 탐사 결과이다. 먼저 자력 변화율 탐사결과에서 결과의 스케일은 -50에서 70 사이로 1단계 탐사에서의 스케일 -6000~6000인 거에 비해 매우 작는데 이는 변화율 측정값이 매우 작고 특별한 이상대가 존재 하지 않음을 의미한

다 하겠다. 그 중 변화율이 크게 나온 지점이 H1, H2, H3으로 표기되어 있다. H1은 금속 탐지기를 이용해 확인한 결과 10 cm 하부에서 금속물체로 판명되었다. 전자 탐사에서 H1-1이 동일한 물체에 의한 반응이다. H2는 이 지역에서 가장 큰 자력 변화율을 보여주는 곳으로 전자탐사에서 H2-1로 표기된 것처럼 반응값이 크게 나왔다. 이 지점에 대해 삽을 이용해 흙을 걷어내면서 금속 탐지기를 통해 이상대의 원인을 파악하고자 하였으나 심도 50cm 까지는 특별한 이상체를 발견하지 못하였다. 이러한 이상대가 금속 이상체에 의한 반응이 아니라면 이 특정 지점에 있어 특별한 토양 성분에 의한 가능성을 유추할 수 있다. 실제로 지반 구성 광물 중 철(Fe) 성분이 많이 함유될 경우 자력 탐사 및 전자 탐사에 이상대의 원인이 된다. 그러나 50cm 이상에 존재하는 금속 이상체에 의한 반응일 가능성도 있으므로, 이 지점에 대한 굴토 작업시 특별한 주의를 요한다 하겠다.

H3는 자력 변화율 탐사에서는 이상대로 감지되었으나 전자탐사에서는 반응이 나타나지 않은 지점으로 대전차 지뢰일 가능성은 희박하나 만일을 위하여 이 지점에 대해서도 굴토 작업시 주의가 요구된다.

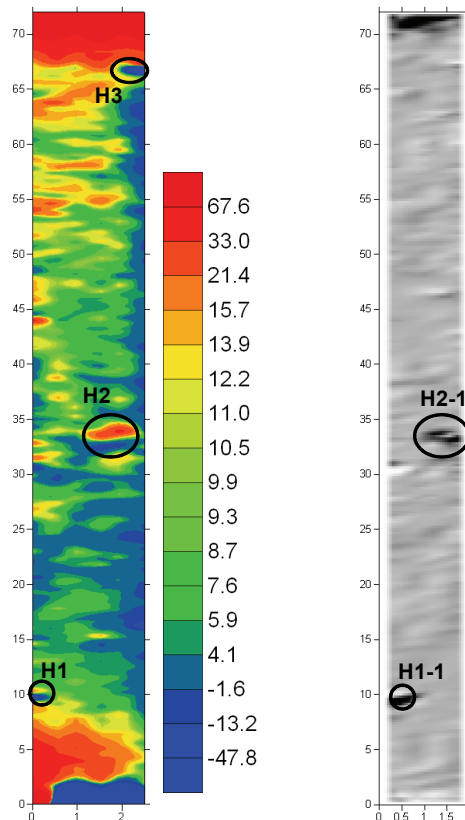


Fig. 5. Survey results of the second stage (left: magnetic gradient, right: GEM-3 EM survey)

5. 결론

남지읍의 구 남지철교 부근의 나대지에서 6.25 때 매설 된 것으로 알려진 대전차 지뢰를 탐지하기 위해 물리탐사를 수행하였다. 지뢰탐지는 매우 위험한 탐사이며,

따라서 최선의 노력을 하여 놓치는 지뢰를 없게 하는 것이 중요하다. 이를 위해 본 연구에서는 탐사지역을 구역별로 나누어 다양한 탐사방법을 중첩되게 적용하고 단계별로 확실한 이상대의 제거 후 탐사 영역을 세밀화 하는 방법을 제시하였다.

전체 탐사는 2 단계로 나누어 수행되었으며, 1 단계 탐사에서는 전체 영역을 7개의 블록으로 나누어 자력 변화율 탐사와 GEM-3 전자탐사를 수행 하였으며, 이상체의 징후가 나타난 곳에 대해서는 굴삭기와 금속 탐지기를 이용해 이상체의 내용을 확인하였다. 대부분의 이상체는 천부 30 cm의 깊이 이내에서 확인되었는데 캔이나 금속성 폐기물, 알루미늄 포일이 들어간 포장재 등이었다. E, F, G 블록의 좌측에 굉장히 큰 자력변화율 이상대가 연속적으로 나타났는데 이는 약 1m 하부의 매설된 콘크리트 관으로 터파기를 통해서 확인되었다.

2단계 탐사는 맨홀과 맨홀 사이의 파이프가 놓일 자리를 깊이 약 75 cm, 폭 2.5 m로 굴토 한 후 탐사를 수행하였으며, 탐사결과 대전차지뢰에 의한 반응으로 확증되는 이상대는 나타나지 않았다. 다만, 몇 개의 이상체가 탐사결과상에 보이고 있으며, 특히 Fig. 5에서 H2로 나타난 이상대는 자력변화율 탐사 및 전자탐사에서 동시에 이상이 발견된 지점으로 이 지점의 굴토 시에는 주의가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 2007년도 한국지질자원연구원의 전문연구사업인 ‘지하정밀 영상화 융합기술 개발’의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 김정호, 김창렬, 2006, (주)록인음료 연천공장건설 예정부지내 지장물(금속류) 탐사 물리탐사 현업 및 획득자료 해석, 한국지질자원연구원, 기술지도 보고서
- 조철현, 정용현, 이효진, 2003, 위험물탐지를 위한 수상 자력탐사, 물리탐사, **6**, 23-27
- Landmine Monitor Report, 2006, <http://www.icbl.org/lm/2006/>