

멀티빔과 자력탐사를 이용한 모의 기뢰 탐지 가능성 연구

유이선^{1*}, 정성규¹, 금병철¹, 이용국¹, 유재관², 이준식², 모태준³
한국해양과학기술원¹, LIGNEX², 오션테크³

A Study on the Dummy Mine Detection Using Multibeam and Magnetic Survey

Yoo LeeSun^{1*}, Jung SeomKyu¹, Kum, Byung-Cheol¹, LEE YONG KUK¹, Ryu Jaekwan², Lee Junsik²,
, Moh Taejun³

Abstract : 본 연구는 측면주사음탐기 외에 멀티빔과 자력계를 이용하여 기뢰를 탐지하기 위한 각각의 탐사방법 별 조건을 확인하고 사용 가능성 여부를 실험하였다. 향후 무인체계에 측면주사음탐기 외에 멀티빔 및 자력계를 활용한 탐사 방법을 추가한다면 더욱더 효율적으로 기뢰 등 이상체를 확인할 수 있을 것이다.

Key Words : Unmanned system, USV, Mine detection, MBES, Magnetic Survey

1. 개요

무인수상선(Unmanned Surface Vessel)은 원격제어 또는 자율항해가 가능한 선박으로 여러 분야에서 개발되고 사용되고 있다. 무인수상선의 최대 장점은 조작자의 안전을 보장하면서, 위험한 임무가 가능한 점과 넓은 해역에서 반복적인 임무를 수행 할 수 있다는 것이다. 이런 이유로 우리나라의 무인수상선은 저수심 지역에서의 해양 탐사 및 수중 관측분야와 기뢰 및 잠수함 탐지 등 해양 방위 용도로 개발되고 있다.

그러나 이러한 기뢰 및 잠수함 탐지하기 위한 새로운 플랫폼(platform)으로 무인수상선이 개발되는 반면, 탐지방법에 관한 연구는 저조한 것이 현실이다.

1.1. 기뢰의 위험성

기뢰는 특정 해역에 대한 봉쇄 또는 방어를 목적으로 해군이 사용하는 무기이다. 기뢰의 사용 예로 한국 전쟁 중 북한이 원산항에 기뢰를 부설하여 연합군의 상륙작전을 지연시켰고, 걸프 전쟁 중 이라크는 쿠웨이트 연안에 기뢰를 부설하여 미국 함정에 직접적인 피해를 주었다.

한편, 기존에 설치하고 회수되지 못한 기뢰도 잠재적으로 위험성을 가지고 있다. 최근, 한겨레 21에서는 1970년대 중반 서해에 긴장이 높아지자 박정희 대통령이 '백령도를 요새화' 하라고 지시했고 이에 따라 미군의 폭뢰를 개조한 기뢰 136개(무게 200kg 원통형)를 설치한 사실을 보도하였다[1]. 또한 이 당시 설치된 기뢰는 10년 뒤 안전 문제가 대두되어 회수를 시도했는데 10%도 회수하지 못했다고 밝혔다. 이처럼 과거 부설 후 회수되지 못한 기뢰는 여전히 선박통항 및 어업 활동 등에 잠재적인 위협이 되고 있다.

1.2. 기뢰탐색 기존방법

해양에 설치되어 있는 또는 회수되지 못한 기뢰를 탐지하기 위해서는 무인기에 기뢰를 찾을 수 있는 센서를 설치하고 임무를 수행해야 한다. 이중 가장 많이 사용하는 센서가 측면주사음탐기(side scan sonar)이다. 측면주사음탐기는 해저면의 영상을 실시간으로 탐색하는 장비로서 민간 분야에서는 해양탐사 및 지질조사, 해저통신 및 전력선 케이블 설치 보수 조사, 어초 조사

및 해양 정화사업, 해저 유물 및 광물탐사에 사용되며, 군사분야는 기뢰 및 잠수정 탐색과 전자해도 기반 해저면 맵핑 (Mapping) 기술로 대잠작전을 위한 해양정보 구축에 활용되는 등 해양 탐사와 관련한 대표적 시스템이라고 할 수 있다.[2]

소나에 의한 기뢰 탐지방법은 사용이 간편하면서, 쉽게 해저면의 이상물체를 구분할 수 있는 장점이 있으나, 실제 기뢰 여부를 판단하기 위해서 숙달된 경험자에 의한 판단이 반드시 필요하다.

또한, 소나를 조사선박에 부착하지 않고 수중예인하기 때문에 탐지된 이상체의 위치는 DGPS(Differential Global Position System)와 같은 절대위치와 차이가 발생한다. 이러한 위치오차는 원격조정수중체(ROV)가 탐지된 이상물체를 확인하는 과정에서 많은 시간을 소요시키는 원인이 되기도 한다.

소나 자체의 움직임으로 이미지가 왜곡 될 수 있으며, 소나의 운용 속도에 따라 탐지되는 물체의 크기가 작거나 크게 보일 수 있으므로 해석에 어려움을 야기시킨다.[3]

1.3. 연구목표

다중빔 음향측심기(MBES: Multibeam Echo Sander) 시스템은 MBES Sensor, Motion Sensor, Gyro Compass, GPS 등으로 구성된 고밀도 측위시스템이다. Motion sensor 와 Gyro Compass는 GPS와 연동하여 선박의 동적 거동특성을 실시간으로 측정하고, 측정데이터를 MBES에 제공함으로써 정확한 위치와 수심 정보를 제공할 수 있다.[4]

앞서 제시한 2가지 수단이 해저면 또는 수중에서의 기뢰 형상을 확인하는 방법이라면, 자력탐사는 철성분을 함유하는 물체를 탐지하기 위한 매우 유용한 탐사방법으로서 금속성 기뢰를 탐지하는데 활용이 가능할 것이다.[5]

사이드스캔소나와 함께 상대적으로 절대위치와 가까운 멀티빔(MBES)과 접촉물의 금속성 여부를 판단할 수 있는 자력탐사를 함께 수행한다면, 해저접촉물의 기뢰 여부를 판단함에 있어 보다 용이한 탐사 자료로 활용될 수 있을 것이다.

본 논문은 멀티빔과 자력탐사를 통하여 기뢰탐지 가능성과 향후 활용성에 대해 고찰하였다.

2. 실험방법

2.1. 모의 기뢰 제원 및 실험절차

해외 연구사례를 참조하여 가장 보편적인 형태로써 지름 0.5 m, 길이 2.13 m, 무게는 1 ton 의 모의체를 제작하였다.

멀티빔을 이용한 모의 기뢰 탐지는 해상에서 수심 16 m, 45 m 지역에 투하 후 탐지여부를 확인하였다.

자력탐사를 이용한 모의 기뢰 탐지는 기뢰를 공터에 설치 전·후 모의 기뢰의 자력반응을 확인하였다.

2.2. 해상 멀티빔 시스템

평탄한 해저면에 모의체를 투하 후 멀티빔을 이용하여 탐지가능성을 확인하였다. 사용된 멀티빔은 R2 sonic사(미국)의 2024 장비가 이용되었으며 제원은 표 1 에서와 같다. 다중빔음향측심기는 가변 주파수로서 조사시 400 kHz를 이용하였다. 멀티빔의 운용은 조사선 속도 2~3 knot, 등거리빔폭(Equidistant) 모드로 설정하였다.

Table 1. Specifications of MBES

| Model | Sonic 2024 |
|------------------------|-------------|
| Frequency | 200~400 kHz |
| Swath coverage | 10°~160° |
| Maximum range | 1~500 m |
| Number of beams | 256 |
| Across-track beamwidth | 0.5° |
| Along-track beamwidth | 1.0° |

2.3. 육상 자력탐사 시스템

일반적으로 자기이상체의 관한 자력반응은 이상체의 무게(철성분의 함량)와 거리에 따라 달라진다. 철성분이 많을수록, 거리가 가까울수록 자력반응이 커지게 된다. 그러나 자기이상체의 자력반응은 공기 중, 해수 중에서 같은 자력반응을 보이므로 공기 중에서 모의기뢰에 관한 자력반응을 실험하였다.

부산 소재 한국해양과학기술원(이하 해양과기원)의 수조실험동 외부 지상공간(10 m x 40 m) 중앙에 모의체를 위치시키고 모의체에 의한 자력반응을 조사하였다.

1차로 모의체 설치 전 고도 2 m 에서 자력탐사를 실시하여 연구지역의 자력반응을 구하였다.

그 후 모의체를 위치시킨 후 고도 2 m, 5 m, 10 m, 에서 자력탐사를 실시하여, 모의체에 의한 자력반응을 측정하였다.(Fig. 1).

자력반응은 해양과기원에서 자체적으로 개발한 지자기 드론을 이용하였다. 사용된 지자기 드론은 드론시스템, 자력탐사시스템 그리고 육상관제시스템으로 구성된다. 드론시스템은 Pixhawk FC(Flight Controller)를 이용하여 제작한 회전익 드론으로, 수 cm 오차를 가지는

멀티빔과 자력탐사를 이용한 모의 기뢰 탐지 가능성 연구

RTK GPS를 적용하여 설계한 탐사 축선을 따라 정확하게 비행할 수 있도록 구성하였다.

자력탐사시스템은 3축 플렉스 게이트 자력계 센서, A/D 컨버터로 구성되었다. 측정된 자력 데이터는 관제 시스템으로 무선 전송되어 실시간 자료를 확인할 수 있다.

지자기 드론의 속도는 1m/sec, 조사간격은 1 m 간격으로 자동 비행 하였다. 1회 비행 시간은 10 분이 소요되었다.

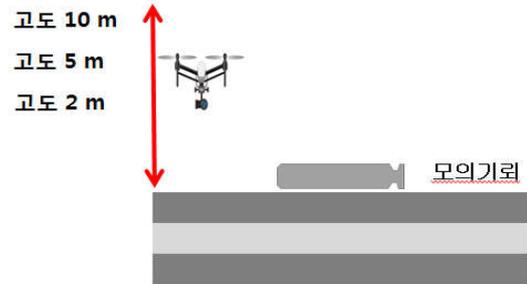


Fig. 1. Concept of Dummy Mine Magnetic Anomaly by altitude

3. 실험결과

3.1. 해상 멀티빔을 이용한 모의 기뢰탐지

1차로 수심 16 m 해저면에 모의체를 투하 후 멀티빔을 이용하여 탐지하였다. 조사결과 16.12 ~ 16.25 m 범위의 남서방향으로 기울어진 완경사면에 모의체가 330° 방향으로 향하고 있는 것이 확인 되었다(Fig. 2-a). 2번째로 수심 40 m 해저면에 모의체를 투하 후 탐지한 결과는 모의기뢰의 머리 방향이 80° 방향으로 비스듬하게 놓여 있는 것이 확인되었다(Fig. 2-b).

모의체는 수심 16 m 에서 뚜렷하게 탐지되었으나 수심 45 m 에서 수심 16 m 에서처럼 명확한 형상이 식별되지 않았다. 이는 멀티빔 시스템은 수심이 증가하면서 멀티빔의 빔폭에 의한 탐사면 (beam foot print)이 커지고, 그로인해 탐사면 이하의 크기는 탐지가 안되는 특징에 의한 것이다.

이번에 사용된 R2sonic 빔폭은 0.5° 이다. 이는 수심 10 m 에 0.08 m 의 탐사면 (beam foot print)을, 45 m 에 0.35 m 의 탐사면을 가진다는 것이다. 따라서 45 m 에서 0.3 m 이하의 이상체는 탐지가 되지 않는다. 그러므로 이상물체를 탐지하기 위한 멀티빔 시스템은 작은 빔폭을 가진 모델을 선정하고, 수심 증가에 따른 탐사면을 고려하여야 한다.

3.2. 육상 자력탐사를 이용한 모의 기뢰 탐지

모의체 설치 전 자력반응은 주변 가로등이나 땅속에 있는 자기적 성분에 의한 작은 자기 이상이 식별되었다 (Fig. 3-a). 모의체 설치 후 거리 2 m 에서 자력반응은 약 3275 nT 크기의 자기이상 특징을 보여주고 있다 (Fig. 3-b). 거리 5 m 에서는 900 nT 크기의 이상값을 보여주고, 거리 10 m 에서는 모의체의 자력반응이 탐지 되지 않았다. (Fig. 3-c, d).

그러므로 제작된 모의체의 자력탐사를 이용한 탐지 가능거리는 5 m ~ 10 m 이내 인 것으로 유추된다.

그러나 이번에 제작한 모의체가 실제 기뢰와 제원상 차이가 있으므로, 실제 기뢰의 자력반응은 다를 수 있고, 그에 따른 탐지거리 또한 다를 수 있다.

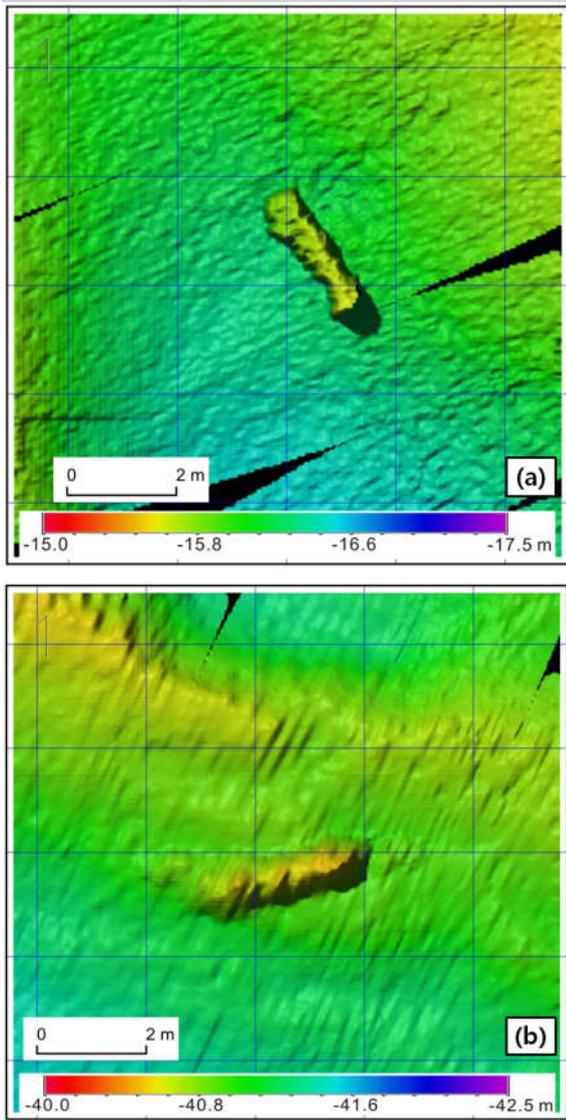


Fig. 2. 3D bathymetric map after deploying dummy mine at 15 m(a) and 45 m depth(b).

4. 결론

멀티빔과 자력탐사를 통하여 기뢰 모의체 탐지가능성을 알아 보았다. 수심 10 m, 45 m 에서 각각 모의체는 모두 확인되었다. 하지만 수심이 증가하면서 탐지된 모의체의 형상이 흐릿해졌다. 이는 수심이 증가하면서 멀티빔 시스템의 탐사면이 커져 해상도가 감소하기 때문이다. 그러나 작은 범폭을 가진 멀티빔을 수심 40 m 이내에서 운용한다면, 지름 0.5 m 의 모의체를 충분히 탐지 가능하다는 것이 확인 되었다.

또한 멀티빔 및 자력탐사시스템을 무인체(UUV) 에 설치한다면 탐색 수심은 증가될 것이다.

자력탐사 결과 모의체와의 거리 5 m 까지 뚜렷한 자기이상을 확인할 수 있었다. 그러나 이번에 제작한 모의체가 실제 기뢰와 제원상 차이가 있으므로, 실제 기뢰의 자력반응은 다를 수 있고, 그에 따른 탐지거리 또한 다를 수 있다.

이처럼 기존의 기뢰 탐지 방식인 측면주사음탐기 외에 멀티빔 및 자력계를 함께 운용한다면, 기뢰를 탐지하고 식별하는데 보다 많은 유용한 정보를 제공할 수

멀티빔과 자력탐사를 이용한 모의 기뢰 탐지 가능성 연구

있을 것이다.

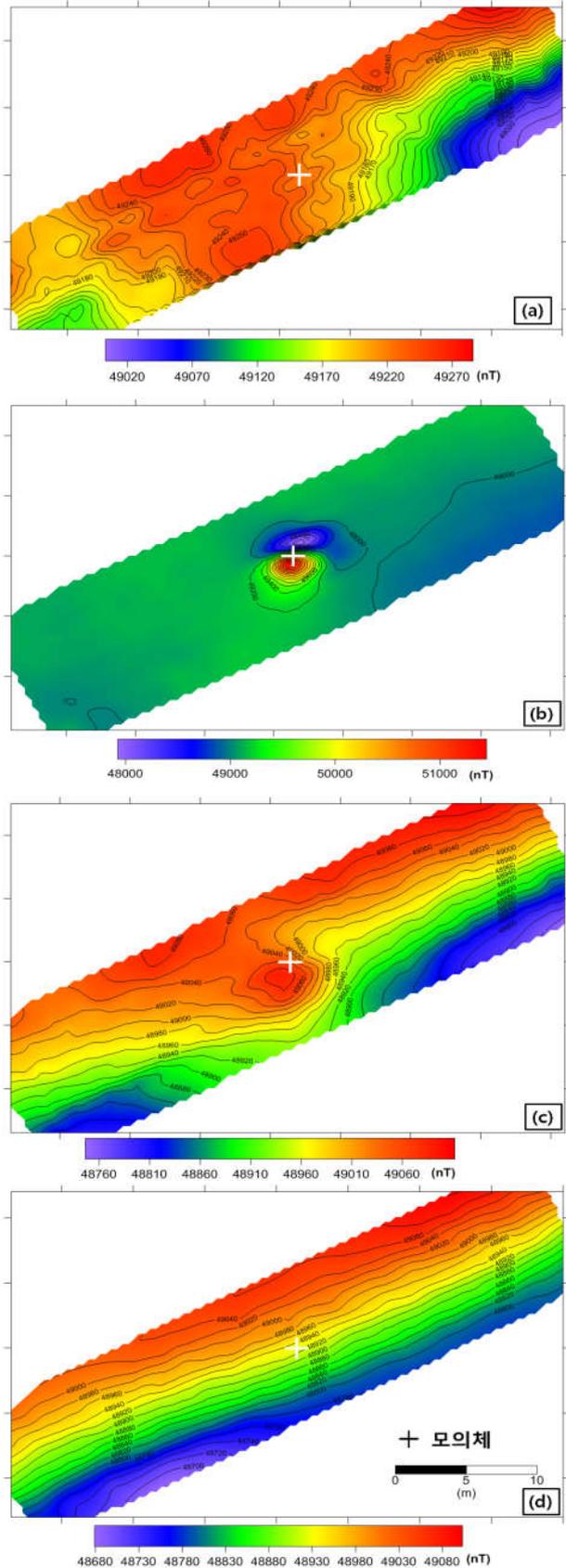


Fig. 3. Total intensity maps of the survey area (a) before, (b) after object installation at 2m height, (c) after object installation at 5m height and (d) after object installation at 10m height.

후 기

"본 논문은 민군 겸용기술개발사업 "실시간 수중 감시정찰을 위한 이중플랫폼 통합 운용제어기술 개발"의 지원으로 작성되었습니다"

참고문헌

1) <http://www.hani.co.kr/arti/politics/defense/415551.html>

2) J.E. Kye, J.I. Cho, W.P. Yoo, S.L. Choi, J.H. Park, "Trends and Applications on Multi-beam Side Scan Sonar Sensor", *Electronisc and Telecommunications Trends*, 2013, pp. 167~179

3) Daniel Gonzalez-Socoloske, Leon D. Olivera-Gomez, "Gentle Giants in Dark Waters: Using Side-Scan Sonar for Manatee Research", *The Open Remote Sensing Journal*, No. 5, 2012, pp. 1~14

4) Kim Doo Sung, Kim Dong Moon, Park Jae Kook, "Sea-floor topography Modeling using Multibeam Echo Sounder Data", *KSCE 2010 Convention*, No. 10, pp. 1138~1141

5) In-Seok Park, Hyun-Do Kim, Jin-Hoo Kim, "Technique of magnetic survey for UXO discrimination", *KOSME 2005 Convention*, No. 11, pp. 159~160