

지구자기장 시뮬레이터를 이용한 모델 함정의 자기신호 분석 기법 연구

A Study on Magnetic Signature Analysis Techniques of a Scaled Model Ship using Earth Magnetic Field Simulator

양 창 섭* 정 현 주* 전 재 진*
Chang-Seob Yang Hyun-Ju Chung Jae-Jin Jeon

ABSTRACT

Since 1990, Agency for Defense Development is operating the non-magnetic laboratory for the development of key technology for the underwater magnetic stealth part, the research of the magnetic application weapons and the technical support for Korean Navy. Recently, we installed the new three-axis earth magnetic field simulator and the measurement system in the non-magnetic laboratory which is replacing the existing outdated facility. In this paper, we deal with the detailed design result of the earth magnetic field simulator and the measurement system. Also, we describe the effective method to separate the permanent and the induced magnetic field from the measured data for a scaled model ship using the earth magnetic field simulator and the measurement system.

Keywords : Non-magnetic Laboratory(비자성 자기실험실), Earth Magnetic Field Simulator(지구 자기 시뮬레이터), Scaled Model Ship(모델 함정), Permanent Magnetic Field(영구 자기장), Induced Magnetic Field(유도 자기장)

1. 서론

함정에서 발생하는 자기 신호를 감지하여 발화되는 자기 감응기뢰는 세계 제2차 대전 중에 독일 해군에 의해 처음으로 개발되어 당시 연합국 함정들에 막대한 피해를 준 대표적인 수중 무기체계이다. 이후 한국 전쟁을 포함한 대부분의 해전에서 지속적으로 사용되어 왔으며, 전 세계 대부분의 국가들에서 자기 감응기

뢰를 자체 개발 또는 도입하여 대량 보유하고 있다. 따라서 자기 감응기뢰는 현재 및 미래 전장 환경에서도 함정에 가장 큰 위협이 되는 수중 무기체계중의 하나이며, 최근 개발되는 감응 기뢰들이 고 지능화, 스텔스화되는 추세이며, 전장 환경이 대양 해전에서 연안 해전으로 이동되고 있는 현실을 감안한다면 국내 함정들에서의 기뢰 대항 능력 확보의 필요성은 더욱 증대되고 있다. 이를 반영하여 미국, 러시아, 독일 등 대부분의 군사 선진국들은 현재 자국 함정의 자기 신호 허용 한계치를 엄격히 설정하여 관리하고 있다. 또한 신규 건조 예정 함정들에 대한 자기 스텔스 분야 사전 연구의 일환으로 군사 선진국들은 1960년대

† 2013년 3월 11일 접수~2013년 7월 5일 게재승인

* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 양창섭(csyang@add.re.kr)

부터 비자성 자기실험실 및 관련 시험시설을 독자 구축하여 현재까지 운용 중에 있다. 국내의 경우에도 수 중 자기스텔스 분야의 핵심기술 개발, 자기응용 무기 체계 연구, 자기 대항 장비 및 국방 자기분야 대군 기술지원 업무 수행을 위해 1990년에 국방과학연구소 내에 비자성 자기실험실을 건설하여 운용 중에 있었으나, 장기간의 장비 운용에 따른 기존 계측 시스템들의 노후화 문제 발생뿐만 아니라 최근 자기응용 병기의 고성능화에 대항하기 위한 대상 함정체계에서의 자기스텔스 성능 향상을 위한 함정내의 다양한 자기장 신호원들에 대한 정밀 시험 및 분석 능력 확보 요구에 적절히 대응할 수 없었다. 따라서 최근 국방과학연구소는 기존 노후화된 비자성 자기실험실의 주요 시설 및 장비들에 대해 성능 개량사업을 수행하였으며, 이를 통해 다양한 자기장 신호원들에 대한 정밀 시험 평가 능력을 확보할 수 있게 되었다. 본 논문에서는 최근 개발 완료하여 비자성 자기실험실내에 설치되어 운용 중인 3축 지구자기장 시뮬레이터 및 관련 측정시스템을 상세히 기술하고자 한다. 또한, 기존 연구에서는 함정을 남북방향으로 왕복 기동하면서 측정된 신호를 바탕으로 수평 지구자기장에 의한 유도 자기장(ILM : Induced Longitudinal Magnetization) 성분만을 분리하여 함정의 영구 및 유도자기장 신호를 예측하는 기법이 개발되어 적용되어 왔다^[1,2]. 그러나 이 방법으로는 수직 지구자기장에 의한 함정의 유도자기장(IVM : Induced Vertical Magnetization) 성분을 분리할 수는 없어 유한요소해석 도구를 활용한 시뮬레이션을 통해 유추하였다^[3]. 따라서 본 논문에서는 기존의 측정 및 시뮬레이션에 의한 자기장 성분분리 방법과는 달리 별도 제작된 지구자기장 시뮬레이터를 활용하여 순수한 측정 실험만으로 모델 함정에서의 주요 자기장 성분인 영구 및 유도자기장 신호를 완벽하게 분리 할 수 있는 방안에 대해 기술하고자 한다.

아울러 본 지구자기장 시뮬레이터를 활용하면 세계 각국의 지구자기장 환경의 임의 재현이 가능하므로 지구 자기장 변화에 따른 동일 함정의 유도자기장 신호의 변화 형태를 정확히 측정할 수 있다.

시험 평가 및 피시험체(축소모델 함정, 함정 탑재 자성체, 대기뢰전 관련 소형 운용 장비 등)의 자기신호 특성 및 분석 시험을 정밀하게 수행하기 위해서는 시험시설 내부의 국부적인 자기장 외란이 적어야 하고 지구 자기장 변화를 실시간적으로 보상할 수 있는 여건이 조성되어야 한다. 이를 해결하기 위해 지구자기장의 경도 및 인위적인 자기교란이 적은 지역을 선정하여 국방과학연구소 내에 비자성 자기실험실이 건설되었으며, 현재 피시험체를 실시간 이동하며 시험할 수 있는 국내 유일의 실험실이다.



Fig. 1. Front view of non-magnetic laboratory

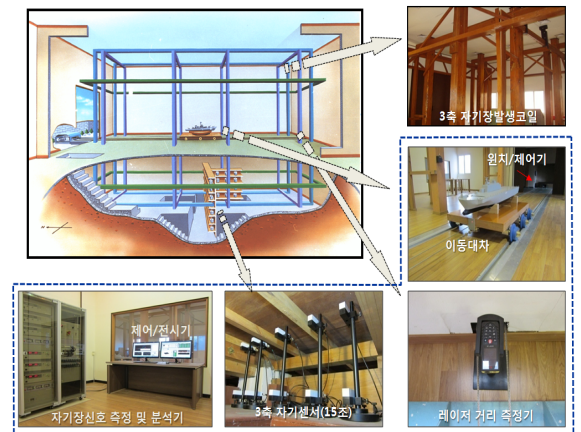


Fig. 2. Interior facilities of non-magnetic laboratory

2. 비자성 자기실험실

가. 실험실 개요

개발된 자기센서의 성능시험, 자기응용 무기체계의

본 실험실은 시험 환경에서의 지구자기장 신호 왜곡 현상을 최소화 하기위해 목재, 무근 콘크리트, 황동 볼트/못 등의 비자성 재료만을 사용하여 건설되었으며,

자기실험실 내부 규모는 길이 16.8 m, 폭 18.8 m, 높이 지상 4.5 m 및 지하 4.2 m이며, 주요 내부 장비 및 시설로는 남북, 동서 및 수직방향의 지구자기장을 재현하기 위한 지구자기장 시뮬레이터, 3축 자기센서 배열 (15조) 및 고속 데이터 획득 모듈을 포함한 자기장 신호 측정 및 분석기, 피시험체를 일정 속도로 이동시키기 위한 이동대차, 전체 시스템을 총괄 제어하고 시험 결과를 실시간 전시하기 위한 제어/전시기 등으로 구성되어 있다⁴⁾.

나. 실험실 주요 시설 및 장비

1) 지구자기장 시뮬레이터

지구자기장 시뮬레이터는 비자성 자기실험실 내부의 피시험체가 위치하는 공간 내에서 특정지역의 지구자기장 환경을 재현하기 위한 장치로서, 3축 자기장발생 코일과 코일 전원장치 등으로 구성된다.

3축 자기장발생코일은 Fig. 3과 같이 남북, 수직, 동서 방향 코일로 구성되며, 각각의 코일은 정자기장 신호 발생을 위한 주권선과 교류자기장 신호 발생을 위한 보조권선으로 구성되었다. 피시험체가 위치하는 코일 중심의 6 m × 2 m × 2 m 구간 내에서는 자기장 균일도가 ±5 %를 만족하도록 제작되었으며, Table 1은 실험실내에 설치된 자기장발생코일의 세부 제원을 나타낸다. 자기장발생코일들의 단위 전류당 자기장 발생 능력을 나타내는 코일상수는 남북방향 코일은 11,145 nT/A, 수직방향 코일은 11,753 nT/A이며 동서방향 코일은 13,199 nT/A 수준이다.

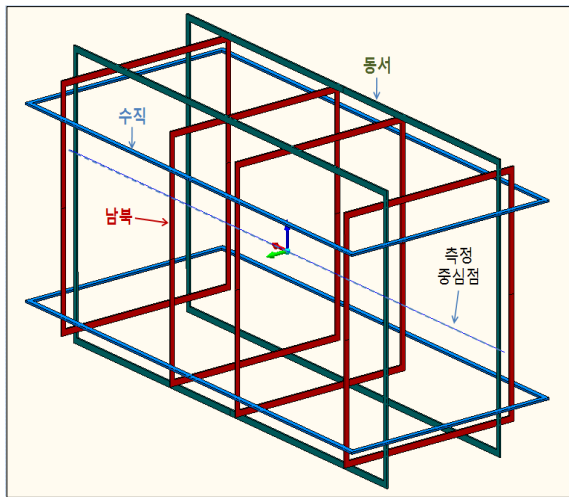


Fig. 3. Three-axis earth magnetic field generating coils

Table 1. Specifications of three-axis earth magnetic field coils

항목	남북자기장 발생코일	수직자기장 발생코일	동서자기장 발생코일
코일 치수	6 m × 6 m	15 m × 7 m	14.4 m × 7 m
코일 수량 / 총 권선수	4조 / 244회	2조 / 132회	2조 / 136회
코일 길이	5,856 m	5,808 m	5,821 m
코일상수 (주권선)	11,145 nT/A	11,753 nT/A	13,199 nT/A

코일 전원장치는 각 자기장발생코일에 전류를 인가하는 기능을 담당하므로 자기장발생코일에서 원하는 수준의 자기장발생이 가능하도록 충분한 전류를 인가할 수 있어야 한다. Table 2는 전세계 대표 지역의 지구자기장 환경과 자기실험실 내에 피 시험체가 위치하는 공간에서 이러한 지구자기장 환경을 재현하기 위해 각 코일별 인가해야할 전류 크기를 요약 정리한 것으로, 수직방향 지구자기장(절대치 기준)은 남극 인근 지역에서 가장 크게 발생되고, 크기는 약 66 μ T 수준이다. 수평 지구자기장의 경우에는 태국 방콕 인근 지역에서 가장 크며, 크기는 약 41 μ T 수준이다⁵⁾. 따라서 전세계 모든 지역에서의 지구자기장 환경을 본 실험실 내에서 재현하기 위해서는 현 실험실에서 지구자기장 환경(수평 31 μ T, 수직 38 μ T) 상쇄 자기장까지를 포함한다면 수직방향 코일에서는 약 $\pm 110 \mu$ T, 남북 및 동서방향 코일은 $\pm 45 \mu$ T 수준은 되어야 한다. 따라서 Table 1에서의 코일 상수를 고려한다면 수직방향 코일에는 9 A 이상, 그리고 남북 및 동서방향 코일에는 4 A 이상의 전류 인가가 요구되었으며, 각 자기장발생코일들의 저항 측정값이 11.5 Ω 에서 12.1 Ω 수준이므로 코일 전원장치는 1.2 kW급 용량으로 선정하였다. Fig. 4는 자기장발생코일에 인가되는 전류의 따른 코일 중심에서의 자기장을 보여주는 그림으로 각 코일로부터의 자기장은 인가전류에 비례해서 거의 선형적으로 증가됨을 볼 수 있었으며, 제작된 지구자기장 시뮬레이터는 전 세계 지구 자기장 환경을 충분히 재현할 수 있음을 확인할 수 있었다. Fig. 5는 현 실험실 환경내에서 지구 자기장 상쇄(영자기장) 전류를 자기장발생코일에 인가하였을 경우, 자기

장발생코일 중심을 기준으로 남북방향으로 분포하는 각 축별 잔류자기장 분포를 나타낸 것으로, 지구자기장 보상전류 인가 후 잔류자기장은 남북방향으로 -3 m ~ +3 m 공간 내에서는 지구자기장 대비 대략 ±2.5 % 이내의 작은 편차를 가짐을 알 수 있다.

Table 2. Applied current values of field coils for worldwide earth magnetic field simulation

자기장 지역	지역별 자기장 [μT]		지역별 자기장 - 실험실 자기장		주권선 인가전류 [A]	
	수평	수직	수평	수직	수평 (남북 코일)	수직 (수직 코일)
진해 실험실	31.0	38.0	0	0	0.000	0.000
방콕	41.0	10.0	10.0	-28.0	0.897	-2.382
허드슨 베이	8.2	58.5	-22.8	20.5	-2.046	1.744
아덴만	36.5	8.0	5.5	-30.0	0.493	-2.552
남극	0	-66.0	-31.0	-104.0	-2.782	-8.849
북해	17.0	47.0	-14.0	9.0	-1.256	0.766
실험실 영자기장	0	0	-31.0	-38.0	-2.782	-3.233

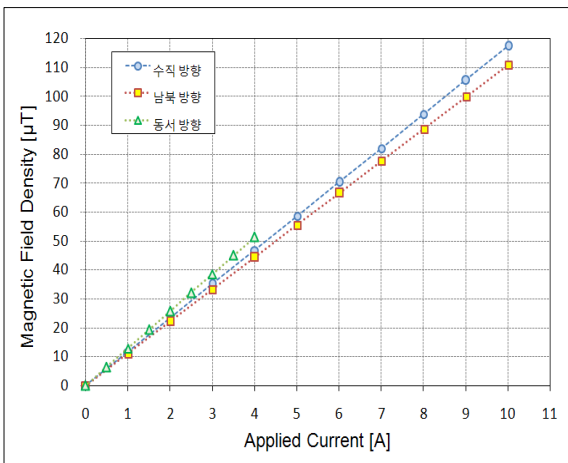


Fig. 4. Magnetic field at the center of the main coils for the applied current variation

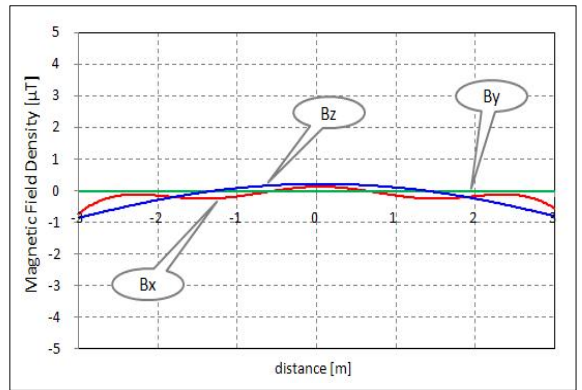


Fig. 5. Magnetic field distribution after earth field compensation of non-magnetic laboratory

따라서 보통 전장이 2.5 m 미만인 축소모델 합정을 대상으로 하는 측정 시험의 경우, 자기장발생코일 내 모델함이 위치하는 공간에서는 지구자기장을 충분히 상쇄할 수 있으므로, 모델 합정이 존재하는 공간내의 일시적인 지구자기장의 변화에 의해 발생하는 유도자기장 성분은 제거할 수 있게 된다. 따라서 지구자기장 시뮬레이터를 이용하여 측정 시험 공간 내부를 영자기장 환경으로 유지한다면 모델합정으로부터의 순수한 영구자기장 성분만을 찾아내는 것이 가능하게 된다.

2) 자기장 신호 측정 및 분석기

피시험체에 대한 자기장 측정 및 분석기는 비자성 자기실험실내에 설치되어 표준 자기센서들로부터 피시험체의 이동에 따른 자기장신호를 실시간 측정하고, 측정된 신호를 이용하여 피시험체의 자기적특성을 실시간 분석하는 기능을 수행한다. 본 장치의 기본 플랫폼은 NI사의 PXI시스템(NI PXI-1044)으로 이루어져 있으며, 자기장 계측모듈은 16채널 동시 샘플링 및 18 bits 해상도를 가지는 A/D 변환이 가능한 NI사의 6281 모델(4조)로 구성하였다. 또한 피시험체 자기장을 측정하기 위한 표준센서로는 영국 Bartington사의 MAG-03 플럭스게이트 3축 자기센서를 15조로 하여 구성하였고^[6], 자기센서 장착 지지구조물은 내구성과 가공이 용이한 아세탈 재질의 플라스틱으로 제작되었으며, 자기센서 각축별 측정 정밀도를 0.5도 이내로 조정 가능함을 확인하였다. 각 자기센서들에 동작 전원을 공급하고 자기장 계측모듈로 피시험체에 의한 아날로그 형태의 자기장 신호를 전송하는 역할은 Bartington사 전용

제품인 Decaport가 담당하며^[7], Decaport 내부에는 다수의 저역통과 필터(10, 100, 1000Hz 대역)를 내장하고 있다.

3) 이동대차

이동대차는 자기실험실내에 설치되어 피시험체를 일정한 속도로 기동시키는 역할을 담당하며, 레이저 거리측정기를 통해 대차의 기동 거리 정보를 실시간으로 제어/전시기로 전송한다. 또한 피시험체 이동하기 위한 이동대차는 비자성 재질인 베이클라이트로 제작되었으며, 최대 지지하중은 10 tons, 크기는 1.2 m × 2.0 m × 0.33 m이다. 이동대차는 원치 및 원치 컨트롤러로 의해 제어되며, 이동대차의 이동 속도는 분당 0.1 m ~ 8 m까지 가변되도록 설계되었다.

4) 제어/전시기

피시험체의 특성 측정/분석 정보, 지구자기장 환경 제어 정보 및 표적 기동 정보를 실시간 전시하는 기능을 담당하는 제어/전시기는 인텔 듀얼 코어 2.8 GHz의 프로세서를 탑재한 산업용 전산기로 제작되었다.

다. 세부 운용 프로그램

피시험체의 자기측정 및 분석을 위한 운용 프로그램은 다양한 지구자기장 환경 변화에 대해 피시험체의 정 자기장 및 교류자기장 신호 특성을 정밀 측정 및 분석할 수 있도록 개발되었으며, 피시험체 이동에 따른 자기장신호의 실시간 측정 및 분석 결과를 나타내는 화면과 측정시험 시의 실시간 지구자기장 환경을 제어하고 피시험체의 실시간 이동 정보를 전시하는 두 개의 주 화면으로 구성되어있다. 운용 프로그램은 향후 주요 구성 장비들의 제어 및 프로그램 수정이 용이할 수 있도록 LabVIEW 프로그램 기반으로 구현되었으며, 다음과 같은 주요 기능들을 수행한다.

- 다채널(최대 60채널) 자기센서 신호 동시 측정
- 이동대차 위치 및 속도 원격 제어
- 전세계 지역별 지구자기장 환경 및 영 지구자기장 환경 구현을 위한 주권선 전원장치 제어
- 피시험체의 와전류 자기장신호 재현을 위한 보조 권선 전원장치 제어
- 이동대차 운전 및 속도 제어
- 피시험체 영구/유도/와전류 자기장신호 측정 및 분석

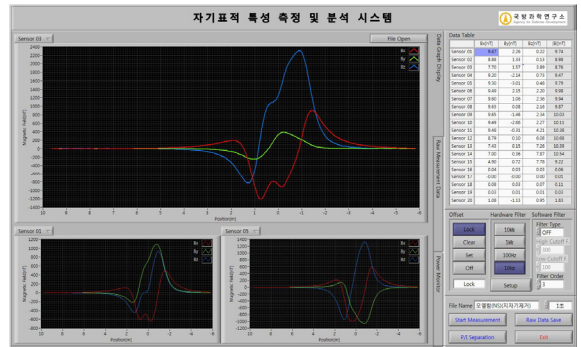


Fig. 6. Picture of magnetic field measurement and analysis for scaled model ship

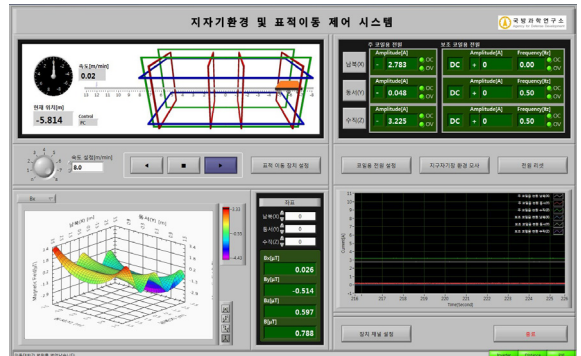


Fig. 7. Picture of earth magnetic field cancellation simulation and moving cart control

3. 지구자기장 시뮬레이터를 활용한 모델 함정의 영구/유도 자기장 분리 실험

실 함정을 축소한 모델함정을 대상으로 지구자기장 시뮬레이터를 이용하여 지구자기장 상쇄 전/후의 측정 신호를 이용하여 모델함정의 영구자기장과 유도자기장을 분리 실험을 수행하였다. 모델함정의 주요 재질은 주석도금 강판이며, 함정 주 갑판을 포함한 상부는 철판 한 장으로, 주 갑판 하부 구조는 곡면 처리를 용이하게 하기 위해 철판을 한 장 덧대어서 두 장으로 제작되었다. 주석도금 강판의 비 투자율(Relative Permeability)은 약 160 정도이며, 축소모델함정의 세부 제원은 Table 3과 같다. 또한 Fig. 8은 축소모델 함정을 이용한 실험 장면을 나타낸다.

모델 함정으로부터의 자기장을 측정하기 위해서는 Fig. 9와 같이 함정이 정지된 상태에서 일정한 깊이

서의 함정으로부터 발생하는 자기장을 측정하여야 하지만 이러한 방법은 많은 수의 자기센서가 필요하게 되므로 실 환경에 적용하기는 비합리적이다. 따라서 국방과학연구소 비자성 자기실험실에서 보유하고 있는 측정시스템은 소수의 제한된 센서를 이용하여 축소모델 함정으로부터의 자기장을 측정하기 위한 방법으로 모델함정 아래에 자기센서를 고정 설치한 상태에서 이동대에 탑재된 모델 함정을 자기적 북극과 자기적 남극 방향으로 왕복 이동시키면서 센서와 모델 함정간의 이격거리(-5 m ~ +5 m)에 따른 자기장을 정밀 측정한다.

Table 3. Specifications of scaled model ship

항 목	내 용
전장	2390 mm
폭	490 mm
철판 재질 및	주석도금강판
비 투자율(μ_r)	160
철판두께	주갑판을 포함한 상부 0.3 mm
	주갑판을 제외한 하부 0.6 mm



Fig. 8. Magnetic field measurement test using scaled model ship

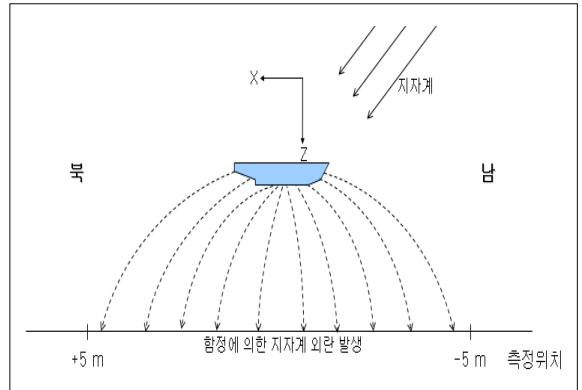


Fig. 9. Magnetic field measurement of scaled model ship in earth field environment

유도자기장 신호는 지구자기장을 포함한 외부 자기장 환경 하에서 자성체 내부에 발생하는 유도자화에 의한 자기장으로 모델 함정의 기하학적 형태(길이 방향, 빗췁 방향)가 대칭적인 구조를 가지게 되고, 모델 함정을 구성하고 있는 강재의 자기특성이 동일하다면 동일한 위치에서 측정된 유도자기장은 선수의 방향이 북쪽이든 남쪽이든 상관없이 동일한 크기를 가진다. 반면에 영구자기장 신호는 모델 함정이 가진 고유의 영구자화 성분에 의한 자기장으로서 영구자석과 동일한 성질을 가지므로 함정의 선수 방향에 따라 측정되는 자기장의 절대 크기는 동일하겠지만 반대의 부호를 가지게 된다. 기존 연구에서는 모델 함정의 영구자기장과 유도자기장 성분을 분리하는 방법으로, 모델 함정을 남쪽에서 북쪽, 북쪽에서 남쪽으로 이동시키면서 측정된 신호를 이용하여 수평 유도자기장(ILM) 성분과 나머지 합성 성분인 수직 유도자기장(IVM), 수평 영구자기장(PLM) 및 수직 영구자기장(PVM)을 분리하였다. 그러나 이 방법으로는 수직 지구자기장에 의한 함정의 유도자기장(IVM : Induced Vertical Magnetization) 성분을 분리할 수는 없으며, 이러한 수직 유도 자기장 성분은 별도의 유한요소해석 도구를 활용한 시뮬레이션을 통해 계산되어 기 측정된 수평 유도 자기장 성분에 더해짐으로써 함정의 유도 자기장 신호를 분리하는 절차를 수행하였다.

본 논문에서는 기존 방법과는 달리 지구자기장 시뮬레이터를 이용하여 실험실 내 모델 함정이 위치하는 공간 내에서 지구자기장 환경을 직접 제어함으로써 모델함정으로부터의 영구자기장 및 유도자기장 성분을 정확히 분리할 수 있게 되었다.

4. 모델 함정의 영구/유도 자기장 분리 결과

앞서 언급된 바와 같이 모델 함정의 영구자기장 및 유도자기장 신호 분리 실험은 다음과 같은 과정으로 수행되었다. 모델 함정 바닥면으로부터 0.52 m 아래 지점에 자기센서를 설치하고 이동대차위에 모델 함정을 위치시킨 후 먼저 현 실험실 지구자기장 환경 하에서 남북방향으로 왕복 기동시키며 측정한다. 이 과정을 통해 측정된 신호에는 영구자기장 및 유도자기장 신호가 모두 포함된다. 다음으로 Table 2에 언급된 지구자기장 상쇄 전류를 자기장발생코일에 인가하여 측정 공간을 영자장 환경으로 조성한 후 모델 함정을 남북방향으로 왕복 기동시키며 측정한다. 결국 지구자기장을 상쇄시킨 후(영자기장 환경)의 측정된 자기장 신호는 유도자기장 성분이 제거되고 모델 함정의 순수한 영구자기장 성분만이 기록되고, 기 측정된 지구자기장 상쇄 전의 신호에서 상쇄 후의 측정신호를 빼주게 되면 모델함정의 순수한 유도 자기장이 손쉽게 구해진다.

Fig. 10과 Fig. 11은 함정 중심 축 아래 0.52 m에서 모델 함정의 선수 방향이 남쪽을 향할 경우의 지구자기장 상쇄 전/후 신호를 나타내고 있으며, Fig. 12는 함정 중심 축 아래 0.52 m에서 모델함정의 유도자기장 신호를 보여준다.

Fig. 11과 Fig. 12의 결과를 통해 모델 함정의 영구 자기장 신호는 최대 절대값 크기 기준으로 유도자기장 신호에 비해 약 3배 정도의 큰 값을 가짐을 확인할 수 있었다.

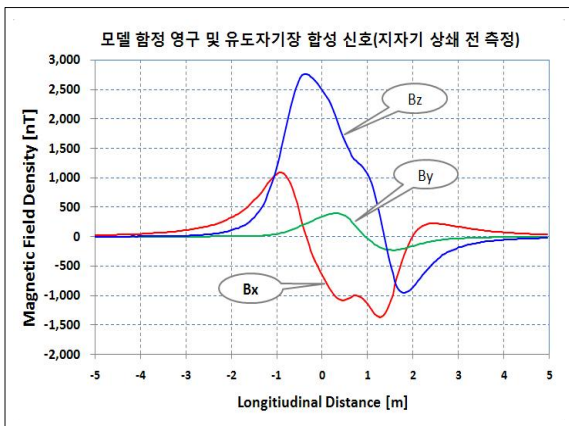


Fig. 10. Magnetic field signature before earth field compensation in laboratory(south heading)

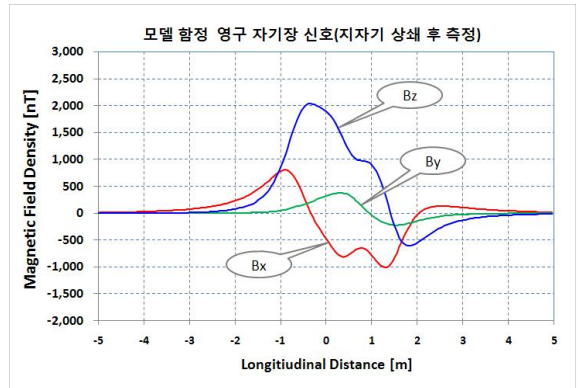


Fig. 11. Permanent magnetic field signature (south heading)

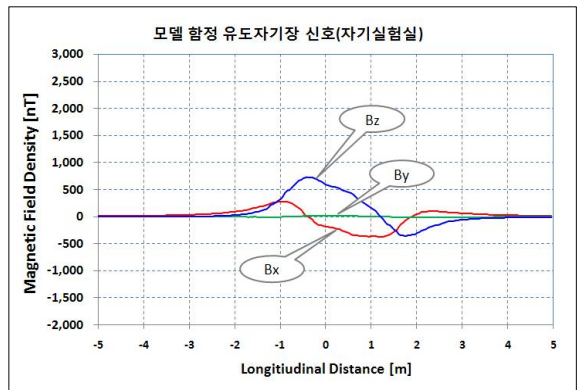


Fig. 12. Induced magnetic field signature in laboratory (south heading)

본 실험에 사용된 모델 함정의 경우, 탈자 자기처리 (Deperming)를 하지 않은 상태이므로 영구자기장 신호의 크기가 상대적으로 크지만, 실제 함정의 경우에는 건조 후에는 해상 자기처리시설에서 탈자 자기처리를 하므로 영구자기장 신호의 크기가 유도자기장 신호에 비해 작게 된다. 따라서 실 함정에서는 탈자 자기처리와 더불어 유도자기장 신호를 상쇄시키기 위한 다수의 소자코일(Degaussing Coils)로 구성된 소자장비를 함정에 탑재하게 되고, 함정 이동에 따른 유도자기장 신호의 변화를 실시간 측정하고 각 소자코일에 적절한 전류를 인가하여 함정의 유도자기장 신호가 최소가 되도록 유지하여 위협 자기감응 기뢰로부터 함정을 보호하기 위한 노력을 하고 있다. 본 논문에서는 비자성 자기실험실의 지구자기장 시뮬레이터를 이용하여 모델 함정이 실제 함정과 유사하게 세계 각지에서 운용된다

는 가장 하에 수평 지구자기장과 수직 지구자기장의 가장 가혹한 지역인 태국(방콕) 및 남극 지역의 지구 자기장 환경을 인가하여 모델 함정의 유도자기장 성분의 변화 추이를 측정하여 분석하였다. 분석 결과, 수평 지구자기장이 가장 큰 방콕의 경우에는 수평 유도자화 성분이 가장 크게 되어 수직 유도자기장(B_z) 신호가 좌우 대칭 형태가 되고, 수직 지구자기장이 가장 큰 남극의 경우에는 수직 유도자화 성분이 가장 지배적이므로 수평 유도 자기장(B_x) 신호가 좌우 대칭 형태가 된다. 따라서 실제 함정의 경우, 함정 운용 지역의 지구자기장 환경 변화에 따라 함정 자기장 신호의 크기와 형태가 변화하게 되므로 위협 기뢰원으로부터 효과적으로 대응하기 위해서는 지구자기장 환경 변화에 따른 함정 소자장비 운용 방법의 변화가 필요하게 된다.

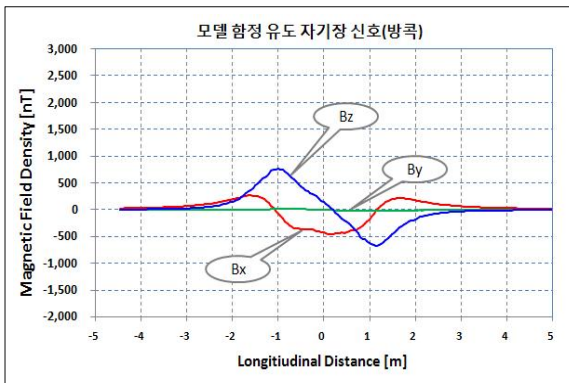


Fig. 13. Induced magnetic field signature in Bangkok (south heading)

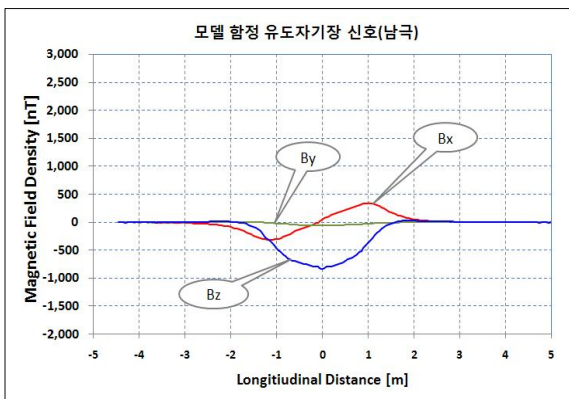


Fig. 14. Induced magnetic field signature in South Pole (south heading)

5. 결론

본 논문에서는 최근 국방과학연구소 비자성 자기실험실내에 신규 설치되어 운용 중인 3축 지구자기장 시뮬레이터 및 관련 측정 장비들에 대해 자세히 소개하였으며, 이를 활용하여 함정에서의 주요 자기장 성분인 영구 및 유도자기장 신호를 분리 할 수 있는 방안에 대해 새롭게 제시하였으며, 모델 함정을 대상으로 검증하였다. 모델 함정에 대한 실험 결과를 종합하면 현 모델 함정의 영구자기장 성분은 유도자기장 성분의 약 3배 정도의 크기를 가짐을 확인할 수 있었으며, 일반적으로 실 함정에서의 최초 영구자기장 성분이 유도자기장 성분의 1~3배 정도인 점을 고려한다면 본 실험 결과는 타당한 결과로 판단된다. 추가로 지구자기장 시뮬레이터를 이용하여 세계 각국의 지구자기장 환경을 임의로 재현 가능함을 확인할 수 있었으며, 전세계 지구자기장 환경이 가장 가혹한 조건을 재현하여 모델 함정의 유도자기장 신호 변화 추이를 측정하여 분석하였다.

향후 본 지구자기장 시뮬레이터 및 관련 장비들을 활용하여 무기체계용 신형 자기센서, 자기 응용병기, 함정 자기스텔스 분야의 핵심 기술 연구를 지속적으로 수행할 예정이다.

References

- [1] 양창섭외, “축소모델을 이용한 함정 자기장 신호 해석 기법 연구”, 한국군사과학기술학회지, 제10권 제4호 14면, pp. 38~51, 2007.
- [2] John J, Holmes “Reduction of a Ship’s Magnetic Field Signatures(1st Edition)”, Morgan & Claypool., 2008.
- [3] 양창섭, “함정에서 발생하는 수중 전자기장 신호 특성 예측 기법”, 경북대학교 대학원, 2008.
- [4] 정현주외, “자기표적 특성 측정 및 분석장치 설계/제작 보고서”, 국방과학연구소, 연구보고서, 2012.
- [5] U.S. Geological Survey, <http://pubs.usgs.gov/>, 2007.
- [6] Bartington Instruments, UK, “Operational Manual for Mag-03 Three-Axis Magnetic Field Sensors”, 2009.
- [7] Bartington Instruments, UK, “Operational Manual for DAS1 Magnetic Range Data Acquisition System”, 2009.