

# 함정 요동에 의해 발생하는 와전류 자기장 모사 및 측정에 관한 연구

조동진\*, 정현주, 양창섭, 정우진  
국방과학연구소

## 1. 서론

함정이 운행하는 과정에서 함의 롤링(Rolling), 피칭(Pitching) 및 요잉(Yawing)에 의해서 전도성 재질로 제작된 선체 표면에서는 지구자기장과 쇄교하는 자속의 변화가 발생된다. 이러한 자속 변화에 의해서 선체 표면에서는 자속의 변화를 방해하는 방향으로 자기장을 생성하는 와전류(Eddy current)가 발생한다. 와전류에 의한 2차 자기장(와전류 자기장)은 강자성 선체로부터의 정 자기장보다는 그 크기가 매우 작지만, 소자 및 탈자 기법 등과 같은 정 자기장 신호에 대한 감소 기술이 지속적으로 발전함에 따라 와전류 자기장의 상대적인 비중이 커지고 있다. 따라서 자기장 신호에 의해 아함이 피탐되는 것을 방지하기 위해서는 와전류 자기장에 대한 감소 대책이 필요하며, 이를 위해서는 함정의 요동에 의해 발생하는 와전류 자기장을 정확하게 측정하는 것이 수반되어야 한다. 함정의 요동에 의한 와전류 자기장을 측정하기 위해서는 운항 시의 롤링(Rolling), 피칭(Pitching) 및 요잉(Yawing)에 대응하는 요동 환경을 만들어 주어야 한다. 표적을 직접 움직여서 요동 환경을 만드는 방법은 해상뿐만 아니라 실험실 환경에서도 적용하기가 매우 어렵다.

따라서 본 연구에서는 표적을 움직이는 대신 요동에 대응하는 교류 자기장을 표적에 인가함으로써 지구자기장과 표적의 쇄교 자속 변화를 모사하였고, 이를 통해서 표적으로부터의 와전류 자기장을 정밀하게 분석할 수 있는 방법을 고안하였다.

## 2. 실험방법 및 결과

그림 1은 표적 와전류 자기장 환경 모사장치의 기본 개념을 나타내며, 그림 2는 표적이 위치하는 공간에서의 수평 혹은 수직 성분의 교류 자기장을 생성시키기 위한 자장발생 코일을 나타낸다. 자장발생 코일은 수평, 수직 방향의 코일로 구성되고, 코일 전원은 각각의 코일단에 개별적으로 전류를 인가하기 위해 총 2대의 전원 장치로 구성된다. 그리고 신호분석 장비제어기에 탑재된 운용프로그램을 통해서 각 코일 전원을 제어함으로써, 표적의 롤링(Rolling), 피칭(Pitching) 및 요잉(Yawing) 운동에 대응하는 교류 자기장 환경을 제공한다.

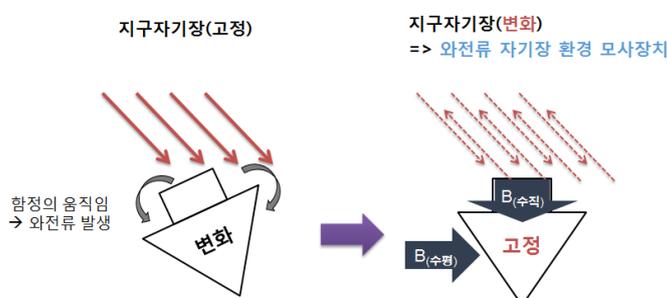


그림 1.

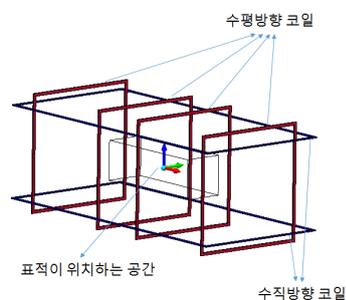


그림 2.

표적의 롤링에 의한 지구자기장과 표적이 쇄교하는 자속의 변화를 수직성분( $Bh'$ )과 수평성분( $Bv'$ )으로 분리하여 나타내면 식 (1)과 식 (2)와 같다. 수직방향 코일과 수평방향 코일에 각 식에 해당하는 전류를 인가함으로써 와전류 자기장을 생성한다.

$$Bv' = \left(\frac{Bz}{2}\right)(1 - \cos(\theta_r))\cos(2\omega_r t) + By \sin(\theta_r) \sin(\omega_r t) \quad \text{식 (1)}$$

$$Bh' = Bz \sin(\theta_r) \sin(\omega_r t) + \left(\frac{By}{2}\right)(1 - \cos(\theta_r))\cos(2\omega_r t) \quad \text{식 (2)}$$

여기에서  $Bz$ 는 수직방향 지구자기장의 크기이고,  $By$ 는 수평방향 지구자기장의 크기이며,  $\theta_r$ 은 표적의 최대 롤링각을 나타내며,  $\omega_r$ 은 표적의 롤링 주파수의 크기이다.

표적 와전류 자기장 측정 및 분석을 위한 순서는 다음과 같다.

- ① 우선 와전류 자기장을 측정하고자 하는 표적이 위치할 지역의 수직 및 수평 방향 지구자기장 크기와 표적의 최대 롤링각과 롤링 주파수를 신호분석 장비 제어기에 입력한다.
- ② 신호분석 장비 제어기는 자장발생코일에 인가할 전류 크기 및 주파수를 산출한다.
- ③ 표적이 없는 상태에서 자장발생 코일에 교류 자기장 발생을 위한 전류를 투입한다.
- ④ 자기센서를 이용하여 자장발생 코일 내부에서의 자기장과 코일 인가전류를 동시에 측정한다. 측정된 자기장은 자장발생코일에 의한 자기장만을 포함한다.
- ⑤ 자장발생코일의 전류 투입을 종료한다.
- ⑥ 측정 대상 표적을 자장발생코일 중심에 위치시킨다.
- ⑦ ③과 동일한 크기의 전류를 자장발생 코일에 투입한다.
- ⑧ 자기센서를 이용하여 ④와 동일한 위치에서 자장발생 코일 내부에서의 자기장과 코일 인가전류를 동시에 측정한다. 측정된 자기장은 자장발생코일에 의한 자기장과 표적의 와전류 자기장이 함께 포함된다.
- ⑨ ⑧에서 측정된 자기장(표적이 자장발생코일에 위치한 후 측정된 자기장)으로부터 ④에서 측정된 자기장(표적이 자장발생코일에 위치하기 전 측정된 자기장)을 서로 뺀다. 이렇게 뺀 경우는 수평방향 코일 shunt 저항과 수직방향 코일 shunt 저항에서 측정된 전류를 기준으로 코일에 인가되는 자기장의 위상을 동기화하여 뺀다. 따라서 이렇게 획득된 자기장은 순수하게 표적의 와전류 자기장만을 포함하게 된다. 표적이 피칭 및 요잉 운동을 할 경우에도 롤링 운동과 동일한 방법으로 표적을 움직이는 대신 외부 지구 자기장 환경 변화를 통해서 표적의 와전류 자기장 환경을 모사할 수 있다.

### 3. 결론

본 논문에서는 표적을 움직이는 대신 외부에서 표적의 롤링(Rolling), 피칭(Pitching) 및 요잉(Yawing)에 대응하는 교류 자기장을 표적에 인가함으로써 지구자기장과 표적의 쇄교 자속 변화를 모사하였다. 따라서 사용자의 요구조건에 부합되는 와전류 자기장 환경을 정밀하게 조성할 수 있을 뿐만 아니라 표적으로부터의 와전류 자기장의 측정 정확도 또한 향상시킬 수 있으므로 적절한 감소 기술 개발을 통해서 기뢰등과 같은 자기감응 무기체계로부터 아함의 생존성을 증대시킬 수 있을 것으로 기대된다.

### 4. 참고문헌

[1] Official Website of the UNITED STATES NAVY <<http://www.navy.mil>>.  
 [2] John J. Holmes, Exploitation of a Ship's Magnetic Field Signature, 1st ed, Morgan&Claypool Publishers, 2008.