

풍향풍속 검출기 마스트 설계 개선에 관한 연구

김동영*, 박해진
국방기술품질원 합정센터 합정2팀

A Study on the Improvement of the Mast Design for Wind Detector

Dong-Young Kim*, Hae-Jin Park
Naval Sea System Team 2, Defense Agency for Technology and Quality

요약 차기군수지원함(AOE-II) 풍향풍속계 장비에 대해서 항해시운전평가 결과, 함의 우현에서는 40~90도 부근, 좌현에서는 270~320도 부근에서 풍향풍속 검출기 움직임 오작동 현상이 발생되었다. 위의 현상에 대한 원인을 분석하고 개선하는 것이 본 연구의 목적이었다. 원인 추정으로 풍향풍속 검출기가 마스트 구조물에 가려져서 불어오는 바람의 직접적인 영향을 받지 않게 되고, 마스트 구조물 뒤쪽으로 와류 기류가 형성되어 움직임 오작동 현상을 발생시켰다고 추정하였다. 위의 문제를 해결하기 위해서 신규 설치되는 마스트 야드에 풍향풍속 검출기를 이동 설치하는 방안을 검토하였다. 진동 해석을 실시하여 진동 영향성을 검토 후 신규 마스트 야드에 풍향풍속 검출기를 설치하여 항해시운전평가로 검증하였다. 개선 방안이 일부 유효하여, 신규 마스트 야드에서 풍향풍속 검출기 위치를 마스트와 이격하여 이동 설치 후 항해시운전평가로 다시 검증하였다. 풍향풍속 검출기 움직임 오작동 현상이 더 이상 발생하지 않아서 적절한 개선 방안으로 확인되었다.

Abstract During the sea trial test for the aerovane in AOE-II, a malfunction occurred in the wind detector movement around 40 to 90° on the starboard side and around 270 to 320° on the port side. The purpose of this study was to analyze and improve the cause of the above phenomenon. The wind detector was covered with a mast structure and was not affected directly by the blowing wind, and a vortex air current was formed behind the mast structure, causing the motion malfunction. The above problem was solved by moving and installing the wind detector on the newly installed mast yard. After conducting vibration analysis and reviewing the effects of vibration, the wind detector was installed in the new mast yard and verified by a sea trial test. Since the improvement plan was slightly effective, the position of the wind detector moved away from the mast on the new mast yard and was re-verified through a sea trial test. The movement malfunction of the wind detector did not occur, confirming that it is an appropriate improvement plan.

Keywords : Mast, Structure, Wind Detector, Aerovane, Vortex, Vibration Test

1. 서론

대한민국은 무역 성장으로 경제대국으로 들어가면서, 무역과 방위를 위해 적정수준의 해양통제와 해상교통로를 확보하는 것을 중요시 하는 해양 정책을 추진하게 되어, 해군은 대양해군을 기치로 내걸고 대양에서 기동전단

에 군수지원 임무를 수행할 수 있는 차기군수지원함(Auxiliary Logistic Support Ship, AOE-II) 획득을 위해 소요를 제기하였다.

차기군수지원함(AOE-II)은 기본적으로는 유조선이기 때문에 단일 선체 구조 유조선의 연안 항해와 입항을 금지하는 해역에도 들어갈 수 있도록 이중 선체 구조를 적

*Corresponding Author : Dong-Young Kim(Defense Agency for Technology and Quality)

email: intellab@naver.com

Received February 1, 2021

Accepted May 7, 2021

Revised March 22, 2021

Published May 31, 2021

용하였으며, 연료 효율성을 높이기 위해서 추진전동기와 디젤엔진을 선택적으로 사용할 수 있는 하이브리드 추진 체계(Combined Diesel Electric and Diesel, CODLAD)를 적용하였다. 보급물자 적재 능력은 0만0000톤이다. 천지급 군수지원함의 2.3배에 달한다. 보급물자를 실은 컨테이너를 선체에 직접 수납할 수 있어서 보급물자 적재 속도가 높아졌고, 헬기를 이용한 수직보급 및 인원 이송이 가능하도록 비행갑판과 헬기격납고를 갖췄다. 차기 군수지원함(AOE-II)은 두 함정이 나란히 기동하면서 서로를 와이어(Wire)로 연결한 뒤, 트롤리(Trolley)로 물품을 이송하는 화물이송(Replenishment at Sea, RAS)과 프로브(Probe)로 유류를 보급하는 유류이송(Fuel at Sea, FAS)이 가능하다.

차기군수지원함(AOE-II) 건조 중 탑재장비들이 요구 기준 적합 여부를 확인하기 위해서 시운전평가를 수행하며, 탑재장비들 중에 풍향풍속계(Aerovane) 장비의 항해 중 정상 작동을 확인하기 위하여 항해시운전평가를 실시하였다. 풍향풍속계 항해시운전평가는 함을 항해하면서 풍향풍속 측정값을 확인하는 평가이다. 풍향풍속계 장비는 함이 어느 방향으로 항해하더라도 정상 작동해야 하므로, 함의 침로(Heading) 각도를 변경하여 항해하면서 0~360도 방향까지 전반적인 각도에서 정상 작동 여부를 확인하였다.

항해시운전평가 결과, 어떤 특정 각도로 불어오는 바람에 의하여 함의 우현에서는 40~90도 부근, 좌현에서는 270~320도 부근에서 풍향풍속 검출기(Wind Detector) 움직임 오작동 현상이 발생되었다. 풍향풍속 검출기의 움직임 오작동 문제를 해결하기 위해서, 연구 사례를 찾았지만 적합한 연구 사례는 없었다. 기존 함정에서는 마스트 평면적이 좁고, 풍향풍속 검출기 설치 위치가 높아서, 그런 문제 현상이 발견되지 않았다. 그리고 상선(Merchant Ship)에서는 마스트 크기가 축소되고, 조타실의 측방으로 돌출되는 브릿지 윈 테크(Bridge Wing Deck)에 풍향풍속 검출기를 설치하므로, 그런 문제 현상이 발견되지 않았다. 그러나 함정에서는 상선처럼 브릿지 윈 테크 구조를 적용하지 않고, 마스트에 장비를 설치하므로, 마스트 설계 개선 방향으로 방안을 찾기 시작하였다.

2. 본론

2.1 풍향풍속계 개념

풍향풍속 검출기(Wind Detector) 움직임 오작동 원

인을 분석하려면, 우선 풍향풍속계(Aerovane) 장비에 대한 이해가 필요하다. 풍향풍속계는 풍차의 회전속도가 풍속에 비례하는 원리를 이용한 것으로 풍차풍속계의 풍차를 수직꼬리날개를 가진 유선형의 동체의 선단에 붙여서 기록계에 풍향과 풍속을 동시에 기록하는 장비가 풍향풍속계이다. 풍향풍속계의 구성품은 Fig. 1처럼 풍향풍속 검출기, 풍향풍속 지시기, 풍향풍속 신호발신기, 풍향풍속 연동상자로 구성된다. 물론 함정에 따라서 풍향풍속계 계통도의 구성이 조금 다를 수 있다.

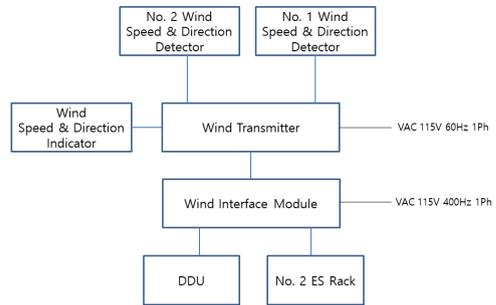


Fig. 1. System diagram for the aerovane



Fig. 2. Wind detector

풍향풍속 검출기의 외형은 옆 날개가 없는 항공기와 유사한 모양으로 Fig. 2와 같은 형상을 가지며 기능상 3개 부분으로 구별된다. 머리부는 바람의 세기에 비례하여 회전하는 3개의 날개를 가진 프로펠러와 회전 속도를 감속하여 싱크로(Synchro)에 전달해주며, 몸체부는 풍향풍속 검출기의 균형을 유지하며 머리부와 꼬리부를 지지해주는 지지부와 바람 방향에 따라 회전하는 축과 싱크로 등으로 구성된다. 꼬리부는 바람의 방향을 찾아서 지시해주는 부분으로 바람의 영향을 많이 받도록 가볍고 넓은 형상이다.



Fig. 3. Wind indicator

Table 1. Aerovane Specification

Wind Direction Signal Output	Variable Synchro Signal : 0~90 VAC, 60 Hz
	Wind Direction Measurement Range : 0~360°
	Wind Direction Error : $\pm 2^\circ$ less than or equal to
Wind Speed Signal Output	DC Level Signal : 0~12 VDC
	Wind Speed Measurement Range : 0~100 kn(0~180 km/h)
	Wind Speed Error : 0~50 kn, ± 1.0 kn less than or equal to : 50~100 kn, ± 2.5 kn less than or equal to
	Starting Wind Speed : 0.5 kn

풍향풍속 지시기는 Fig. 3과 같은 형상을 가지며 풍향과 풍속 측정값을 지시해주는 장비로서 전면판에는 전원 스위치, 전원램프, 풍속 값을 노트(kn)와 킬로미터(km/h)로 선택할 수 있는 전환스위치, 조명을 조절할 수 있는 노브, 풍향과 풍속을 볼 수 있는 풍향판과 숫자판(7-Segment LED)으로 구성된다. 풍향 측정값은 지시바늘(Analog)로 표시되며, 풍속 측정값은 숫자(Digital)로 표시된다. 풍향판 및 숫자판 조명은 적색이며 조명 밝기 조절이 가능하다. 전원램프 조명 밝기 조절은 전원램프(소켓) 자체에 그 기능이 부착되어 있다.

풍향풍속 신호발신기는 풍향풍속 검출기에서 검출된 2개의 풍향과 풍속 측정값을 각각 입력으로 하여, 풍향풍속 신호를 비교해 풍속이 큰 쪽의 풍향풍속 검출기를 자동으로 선택하여 지시기로 출력하고, 운용자의 운용 방식에 따라, 좌현 또는 우현 풍향풍속 검출기를 단독으로 선택하여 운용하는 기능을 가진다. 풍향풍속 연동상자(Interface Module)는 풍향풍속계의 풍향과 풍속을 연동대상장비의 요구 사양에 따라 통신신호(RS-422) 등으로 변환하여 송출하는 기능을 가진다.

Table 1은 풍향풍속계 세부 사양이다. 풍향출력검사는 풍향 지시값이 0~360도로 변화할 때, 각 각도에 대한 단자의 출력값이 정상적으로 출력되는지 측정한다. 풍속 출력검사는 풍속 지시값이 0~100 노트 구간까지 매 10 노트씩 증가시켜, 풍속신호가 1 노트당 약 0.12 V의 DC 레벨 전압으로 출력되는지 측정한다. 위의 성능검사는 정부공인기관(기상청)에서 풍향풍속계를 검정하고 인증서를 발행한다.

2.2 풍향풍속 검출기 오작동 원인 분석

일반적으로 함정의 탑재장비는 함정의 건조기간 동안 탑재장비가 요구사항에 적합한 기능과 성능이 갖추어진 지 확인하기 위해서 정박시운전평가와 항해시운전평가를 수행한다. 풍향풍속계(Aerovane) 정박시운전평가에서는 실제 바람이 불어오는 외부 환경을 구현할 수 없어서, 실제 외부 바람에 의한 풍향풍속계 정상 작동 여부 확인이 불가하다. 그리하여 작업자가 마스트(Mast) 상부로 올라가서 임의적으로 풍향풍속 검출기(Wind Detector) 프로펠러를 회전시키고, 방향을 해당 각도에 따라 움직여서 풍향풍속 신호 출력을 확인하였다. 정박시운전평가 결과, 풍향풍속 검출기의 임의적인 움직임에 의한 신호 출력은 이상 없었다.

몇 개월 뒤, 풍향풍속계의 항해 중 정상 작동 여부를 확인하기 위하여 항해시운전평가를 실시하였다. 풍향풍속계 항해시운전평가는 함을 항해하면서 풍향풍속 측정값을 확인하는 평가이다. 풍향풍속계 장비는 함이 어느 방향으로 항해하더라도 정상 작동해야 하므로, 함의 침로(Heading) 각도를 변경하여 항해하면서 0~360도 방향까지 전반적인 각도에서 정상 작동 여부를 확인하였다. 참고로 Fig. 4는 선박에서 우현(Starboard, STBD)과 좌현(Port) 구역을 보여준다.

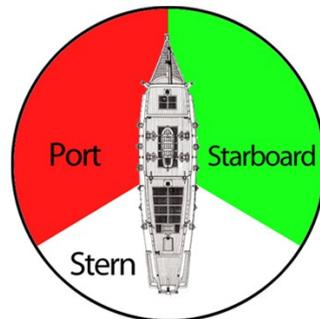


Fig. 4. Starboard and port side areas on the ship

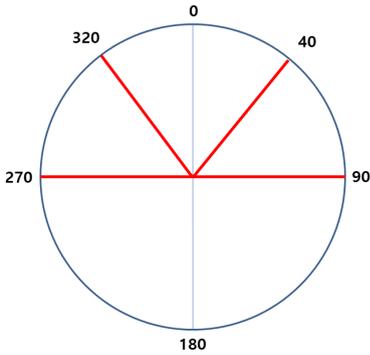


Fig. 5. Heading angle causing the wind detector movement malfunction

Table 2. Heading angle causing the wind detector movement malfunction

Area	Degree(°)
Starboard	40~90
Port	270~320

항해시운전평가 결과, Fig. 5처럼 어떤 특정 각도로 불어오는 바람에 의하여 함의 우현에서는 40~90도 부근, 좌현에서는 270~320도 부근에서 풍향풍속 검출기 움직임 오작동 현상이 발생되었다. Table 2에서 해당 구역 각도를 정리하였다. 움직임 오작동 현상은 풍향풍속 검출기가 바람 방향과 다른 방향을 가리키는 현상, 360도 빙글빙글 회전하는 현상, 움직임이 정지하는 현상이었다. Table 3에서 풍향풍속 검출기 오작동 현상을 정리하였다.

Table 3. Classification of the wind detector motion malfunctions

No.	Contents
1	The wind detector points in a different direction than the wind.
2	The wind detector rotates.
3	The movement of wind detector stops.

풍향풍속 검출기 오작동 원인 분석 및 풍향풍속 검출기 마스트 설계 개선에 관한 연구 절차 개념은 Fig. 6과 같다.

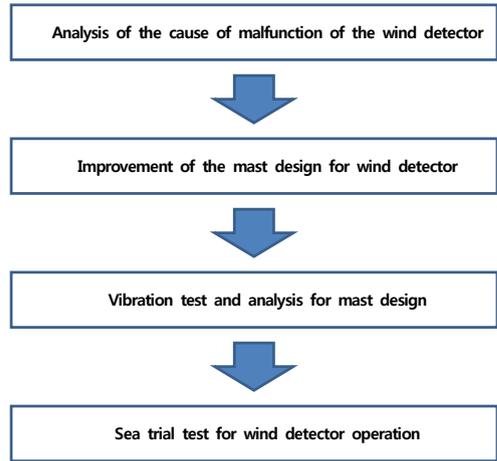


Fig. 6. Conceptual diagram of the research procedure

마스트에 설치된 풍향풍속 검출기의 위치를 알아보기 전에 우선 마스트의 기본 구조에 대해서 이해가 필요하다. 과거에 마스트 구조물은 선박에 돛을 달아서 바람의 힘을 이용한 항해를 위해서 존재하던 구조물이었다. 산업혁명 증기기관 발명 이후로 돛이 필요 없어졌으나, 마스트 구조물이 레이더(Radar), 안테나(Antenna) 등 전파 통신장비 운용에 적합한 위치로 여겨지고 있어서, 현대적인 선박에서도 마스트 구조물은 존재하게 된다.

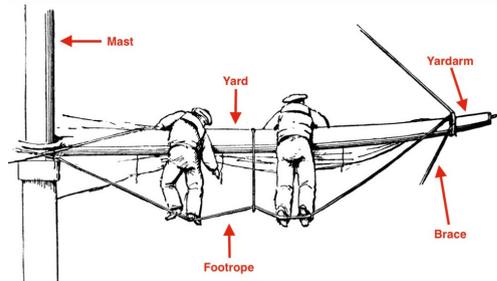


Fig. 7. Basic structure of the mast

Fig. 7을 보면 세로방향 큰 기둥으로 보이는 부분이 마스트이다. 마스트에는 직접적으로 장비를 설치할 수 없으며, 마스트에 수평으로 설치된 야드(Yard) 부분에 장비를 설치할 수 있다. 실제 풍향풍속 검출기는 마스트 야드 부분에 설치되어 있으며, 일반적으로 언급할 때는 마스트에 풍향풍속계가 설치되어 있다고 말한다.

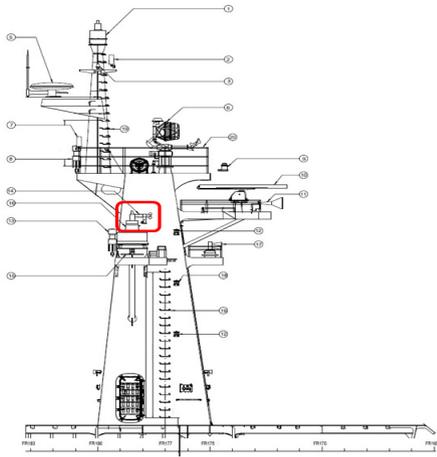


Fig. 8. Side layout for the mast

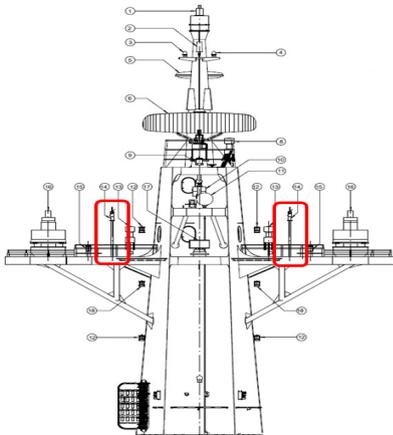


Fig. 9. Front layout for the mast

풍향풍속 검출기의 마스트 설치 위치에 의하여 움직임 오작동 현상이 생겼는지 확인하기 위해서, Fig. 8 마스트 측면 배치도와 Fig. 9 마스트 정면 배치도에서 풍향풍속 검출기 설치 위치를 찾아보았다. 붉은색 상자로 표시한 부분이 풍향풍속 검출기이다. 풍향풍속 검출기는 마스트 구조물에 인접하게 설치되어 있다. 그러나 마스트 배치도에서 설치 위치 확인만으로는 풍향풍속 검출기 오작동 원인을 이해하기가 어렵다. 그러므로 불어오는 바람 방향이 마스트에 설치된 풍향풍속 검출기에 어떤 영향을 줄 수 있는지, 이러한 상황을 이해하기 쉽도록 간략하게 그려진 마스트의 평면 배치도 도안이 필요하다.

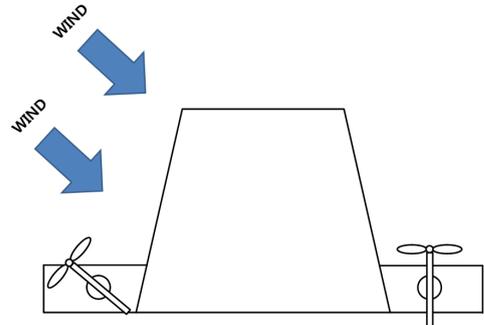


Fig. 10. A schematic layout diagram of the simple mast

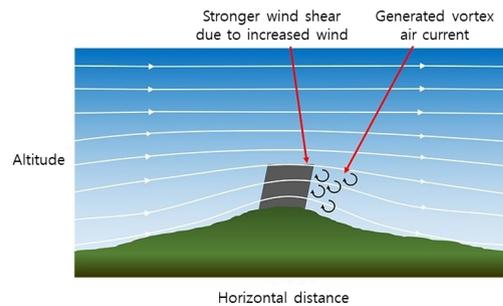


Fig. 11. Generation process of the vortex air current

Fig. 10에서 약 10시 방향에서 바람이 불어온다고 가정하면, 좌현 풍향풍속 검출기는 불어오는 바람의 방향으로 가리키는데, 우현 풍향풍속 검출기는 마스트 구조물에 가려져서 불어오는 바람의 직접적인 영향을 받지 않게 된다. 그리고 마스트 구조물 뒤쪽으로 Fig. 11처럼 와류(Vortex) 기류(Air Current)가 형성되어, 우현 풍향풍속 검출기는 바람 방향과 다른 방향을 가리키거나, 360도 빙글빙글 회전하거나, 움직임이 정지하는 현상이 생길 수 있다고 추정하였으며, 그 결과 우현 풍향풍속 검출기는 40~90도 부근에서 풍향풍속 검출기 움직임 오작동 현상을 발생시켰다고 추정하였다.

위와 마찬가지로 약 2시 방향에서 바람이 불어온다고 가정하면, 우현 풍향풍속 검출기는 불어오는 바람의 방향으로 가리키는데, 좌현 풍향풍속 검출기는 마스트 구조물에 가려져서 불어오는 바람의 직접적인 영향을 받지 않게 된다. 그리고 마스트 구조물 뒤쪽으로 와류 기류가 형성되어, 좌현 풍향풍속 검출기는 270~320도 부근에서 풍향풍속 검출기 움직임 오작동 현상을 발생시켰다고 추정하였다[1,2].

와류 기류의 영향은 탑재장비 설치 후 항해시운전평가 전까지 확인이 불가한 경우가 있다. 선체가 해수에 접촉 되는 수면하 부위는 해수에 대한 전산유체역학 (Computational Fluid Dynamics, CFD) 해석을 실시 하는데, 함 건조 당시 마스트 구조물의 바람 영향에 대한 공기역학(Aerodynamics) 관련 전산유체역학(CFD) 해석 기술력을 보유하지 못해서, 함정 설계 및 건조 공사 시 시행착오 과정이 존재하였다[3,4].

2.3 풍향풍속 검출기 마스트 설계 개선

풍향풍속 검출기(Wind Detector) 움직임 오작동 문제를 해결하기 위해서 두 가지 개선 방안을 마련하였다. 첫 번째는 기존 마스트 야드(Mast Yard)에서 풍향풍속 검출기 위치를 마스트와 이격하고 높이를 상향으로 이동 설치하는 방안이며, 두 번째는 신규 설치되는 마스트 야드에 풍향풍속 검출기를 이동 설치하는 방안이다. Table 4에서 문제에 대한 원인과 개선 방안들을 정리하였다.

Table 4. Cause and solution about the problem

Items	Contents
Cause	The wind detector is covered with the mast structure, so it is not directly affected by the blowing wind, and the vortex air current is formed behind the mast structure, causing the malfunction of the wind detector operation.
Solution	1. On the existing mast yard, the moving installation plan for the wind detector 2. On the newly installed mast yard, the moving installation plan for the wind detector

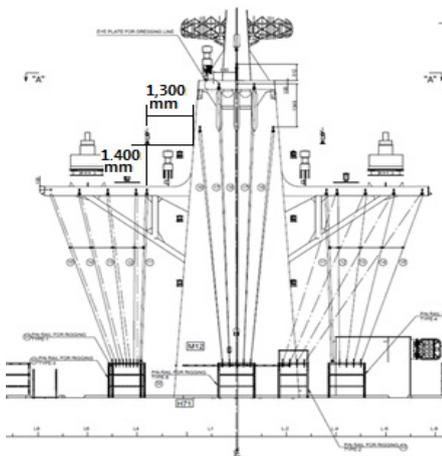


Fig. 12. On the existing mast yard, the position of the wind detector

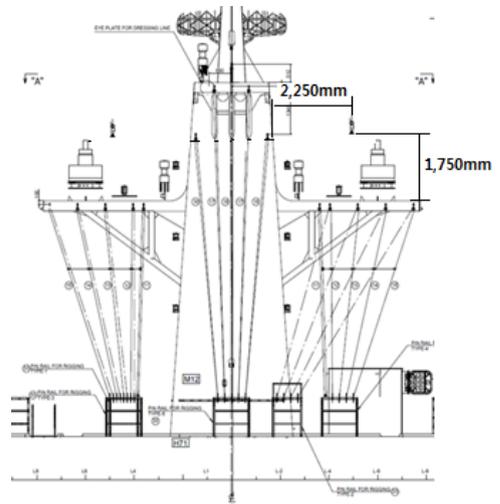


Fig. 13. On the existing mast yard, the moving installation plan for the wind detector

그럼 먼저 Fig. 12의 기존 마스트 야드에서, Fig. 13 처럼 풍향풍속 검출기 위치를 마스트와 이격하고 높이를 상향으로 이동 설치하는 방안을 검토하였다. 공사는 케이블 교체 및 파운데이션(Foundation) 보강 등 공사가 필요하다. 그러나 마스트 구조물에 의한 와류(Vortex) 기류(Air Current) 발생 가능성이 있으며, 와류 기류가 풍향풍속 검출기에 얼마나 많은 영향을 줄 수 있는지, 풍향풍속 검출기 설치 전 예상을 불가하여 다른 개선 방안 에 대한 검토가 필요했다.

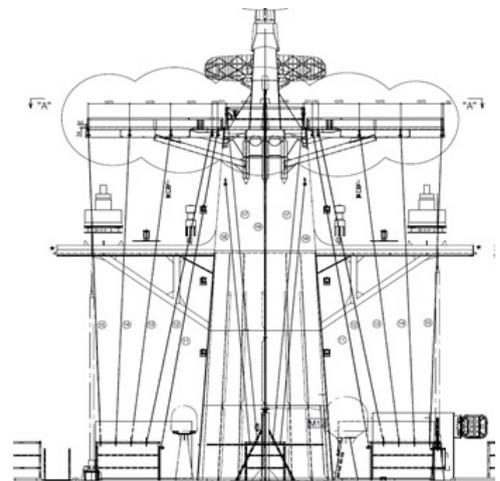


Fig. 14. On the newly installed mast yard, the moving installation plan for the wind detector

그럼 다음은 Fig. 14처럼 신규 설치되는 마스트 야드에 풍향풍속 검출기를 이동 설치하는 방안을 검토하였다. 공사는 케이블 교체 및 전로 신설 등 많은 공사가 필요하다. 그러나 마스트 구조물의 구조 간섭 영향이 줄어들 수 있으므로 와류 기류 발생 가능성이 낮을 수 있다고 추정하였다. 그리하여 두 번째 방안인, 신규 마스트 야드에 풍향풍속 검출기 이동 설치 방안이 선정되었다.

추진기관인 디젤엔진과 프로펠러축에서 야기되는 진동이 마스트 구조물에 영향을 줄 수 있으므로, 마스트 구조물 형상 변경 시 진동 해석이 필요하다. 설계 단계의 진동 해석은 여러 가정이 전제된 수학적 모델을 이용하여 수행하기 때문에 필연적으로 근사적인 해석이 될 수밖에 없다. 따라서 이러한 수학적 모델의 정확도 검증과 실제 구조의 동적 특성 값들을 알아내기 위한 목적으로 진동시험을 실시한다.

이번 추가 설계된 신규 마스트 야드는 소형 구조물이므로 충격 기진법(Impulse Excitation)을 적용하였다. 충격 기진법은 충격해머(Impact Hammer) 등을 사용하여 구조물에 충격력을 가하는 방법이다. 충격력이 가해지는 주파수 범위는 충돌 펄스 지속시간의 역수에 비례한다. 이 방법은 부가물 설치 등 시험 준비가 필요 없고 시험시간도 짧은 선박의 국부 구조와 기기류 진동시험에 많이 적용되고 있다. 단점으로는 기진 주파수 범위를 변경하기 위해서는 충격 가진부 재료를 바꾸어야 하며, 잡음 혼입 비율이 높아서 저잡음 환경에서만 사용할 수 있다는 단점이 있다. 신호처리에는 충격력 파형과 진동 응답 파형을 분석하여 주파수 응답함수(Frequency Response Function, FRF)를 구한다. 운동은 변위, 속도, 가속도로 나타내어질 수 있으며, 이에 상응하는 주파수 응답함수(FRF)를 컴플라이언스(Compliance, 변위/힘), 모빌리티(Mobility, 속도/힘), 이너턴스(Inertance, 가속도/힘)라고 한다.

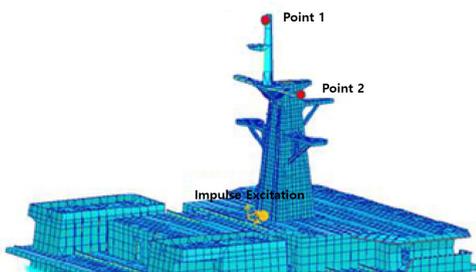


Fig. 15. Impulse excitation and FRF point on the mast

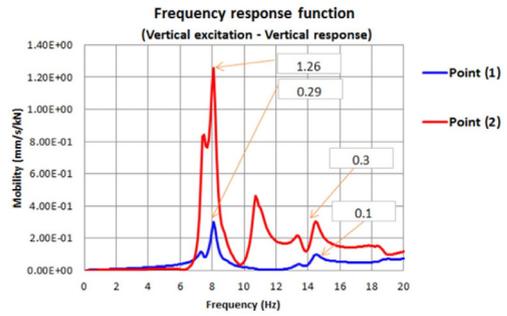


Fig. 16. FRF on the point 1 and point 2

Fig. 15처럼 마스트 하단부에 1 kN 방향별 가진을 실시하여, 주파수응답함수(FRF) 모빌리티(Mobility, 속도/힘)를 구하였다. 주파수응답함수(FRF) 비교지점은 마스트 끝단(Point 1), 추가 설계된 신규 마스트 야드 끝단(Point 2)이다. 마스트의 주요 주파수응답함수(FRF)에는 수직방향 가진 성분이 가장 크다. Fig. 16는 Point 1과 Point 2의 수직방향 주파수응답함수(FRF)를 보여준다.

Table 5. FRF on the point 1 and point 2

Frequency	Mobility(mm/s/kN)	
	Point 1	Point 2
8 Hz	0.29	1.26
14.5 Hz	0.1	0.3

Table 5에서 위치별 주파수응답함수(FRF)를 비교하여 정리하였다. Point 2가 Point 1 보다 8 Hz에서는 4.34배, 14.5 Hz에서는 3배 정도 큰 것으로 확인된다. 그리고 Fig. 17에서 마스트 끝단(Point 1)에서 샤프트(Shaft) RPM에 따른 수직방향 진동 응답을 확인하면, 수직방향 진동 응답은 150 RPM 부근에서 최대 1.65 mm/s, peak로 확인된다.

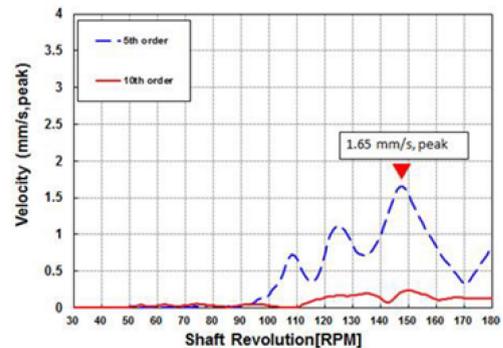


Fig. 17. Vertical vibration response according to shaft RPM on the point 1

Table 5 및 Fig. 17의 자료 분석 결과를 참고하여 진동을 예측하면, 추가 설계된 신규 마스트 야드 끝단(Point 2)에서는 최대 7.16 mm/s, peak로 진동이 발생될 것으로 추정된다. 합정 설계/건조 기준의 진동 적용 기준(조합(수)-기-0-002(2))에서 선체 국부구조에 대한 허용기준은 진동수 0~300 Hz에서 속도는 30 mm/s 이하를 만족해야 한다. 추가 설계된 신규 마스트 야드의 진동은 10 mm/s, peak 이하로 진동이 발생될 것으로 추정되므로, 진동에 의한 부정적 영향은 없을 것으로 검토하였다[5,6].

진동 해석 후 신규 마스트 야드에는 풍향풍속 검출기가 설치되었으며, 풍향풍속 검출기 마스트 설계 개선에 문제가 없는지 검증이 필요하여, 풍향풍속계의 항해시운전평가를 실시하였다. 풍향풍속계 장비는 함이 어느 방향으로 항해하더라도 정상 작동해야 하므로, 함의 침로(Heading) 각도를 변경하여 항해하면서 0~360도 방향까지 전반적인 각도에서 정상 작동 여부를 확인하였다.

항해시운전평가 결과, 어떤 특정 각도로 불어오는 바람에 의하여 함의 우현 및 좌현에서 풍향풍속 검출기 움직임 오작동 현상이 다시 발생되었다. 움직임 오작동 현상은 풍향풍속 검출기가 바람 방향과 다른 방향을 가리키는 현상, 움직임이 정지하는 현상이었다. Fig. 10에서 설명했던 것처럼, 마스트 구조물이 불어오는 바람을 가려서 바람 방향 뒤쪽에 설치된 풍향풍속 검출기에 바람을 보낼 수 없어서, 풍향풍속 검출기는 바람 방향과 다른 방향을 가리키거나 움직임이 정지하는 현상이 생길 수 있다고 추정하였다. 360도 빙글빙글 회전하는 현상은 사라졌으므로, 와류 기류 형성은 감소했다고 추정되어 신규 마스트 야드 설계 개선 방안이 일부 유효한 것으로 확인되었다. Table 6에 첫 번째 설계 개선 방안 및 문제 해결 내용을 정리하였다.

Table 6. Primary solution and problem solving

Items	Contents
Solution	On the newly installed mast yard, the moving installation plan for the wind detector
Problem Solving	2. The wind detector rotates.

그렇지만 위의 남은 오작동 문제를 해결하기 위해서 개선 방안을 좀 더 마련하였다. 신규 마스트 야드에서 풍향풍속 검출기 위치를 마스트와 이격하여 이동 설치하는 방안을 검토하였다. Fig. 18은 신규 마스트 야드에 설치된 풍향풍속 검출기를 좌/우현 약 400 mm 이격 설치

설계 개념을 보여준다. 마스트 구조물의 구조 간섭 영향이 줄어들 수 있으므로 바람을 가리는 현상을 사라지게 할 수 있다고 추정하였다.

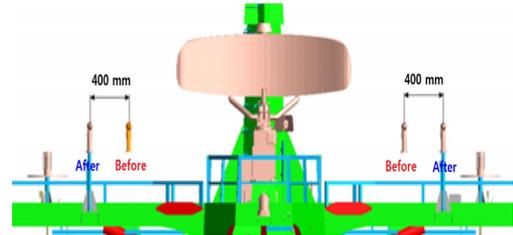


Fig. 18. Wind detector installed away from the mast on the new mast yard

Table 7. Secondary solution and problem solving

Items	Contents
Solution	A plan to move and install the wind detector position away from the mast on the new mast yard
Problem Solving	1. The wind detector points in a different direction than the wind. 3. The movement of wind detector stops.

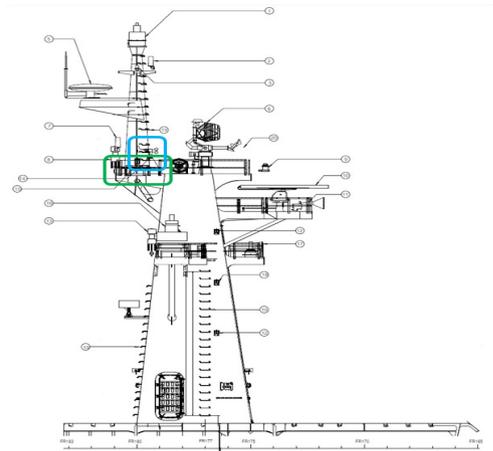


Fig. 19. Side layout for the new mast

풍향풍속 검출기가 마스트에서 이격 설치된 신규 마스트 야드 설계 개선에 문제가 없는지 검증이 필요하여, 풍향풍속계의 항해시운전평가를 실시하였다. 함의 침로(Heading) 각도를 변경하여 항해하면서 0~360도 방향까지 전반적인 각도에서 정상 작동 여부를 확인하였다. 항해시운전평가 결과, 함의 우현 및 좌현에서 풍향풍속 검출기 움직임 오작동 현상이 더 이상 발생하지 않아서 적절한 개선 방안으로 확인되었다. Table 7에 두 번째

설계 개선 방안 및 문제 해결 내용을 정리하였다. 항해시 운전평가를 실시하여 설계 검증을 마쳤으며, Fig. 19과 Fig. 20처럼 신규 마스트 배치도를 최종 확정하였다.

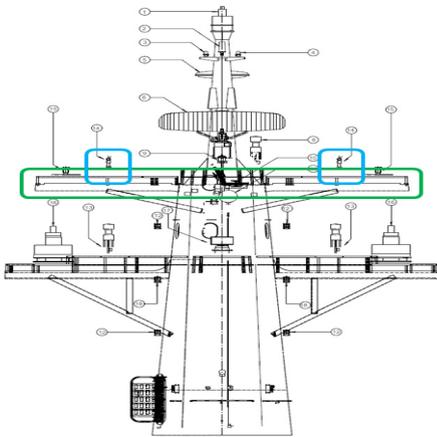


Fig. 20. Front layout for the new mast

3. 결론

차기군수지원함(AOE-II) 탑재장비인 풍향풍속계(Aerovane)의 항해 중 정상 작동 여부를 확인하기 위하여 풍향풍속계 항해시운전평가를 실시하였다. 풍향풍속계 장비는 함이 어느 방향으로 항해하더라도 정상 작동해야 하므로, 함의 침로(Heading) 각도를 변경하여 0~360도 방향까지 전반적인 각도에서 정상 작동 여부를 확인하였다.

항해시운전평가 결과, 어떤 특정 각도로 불어오는 바람에 의하여 함의 우현에서는 40~90도 부근, 좌현에서는 270~320도 부근에서 풍향풍속 검출기(Wind Detector) 움직임 오작동 현상이 발생되었다. 움직임 오작동 현상은 풍향풍속 검출기가 바람 방향과 다른 방향을 가리키는 현상, 360도 빙글빙글 회전하는 현상, 움직임이 정지하는 현상이었다.

풍향풍속 검출기 움직임 오작동 원인 추정으로 풍향풍속 검출기가 마스트(Mast) 구조물에 가려져서 불어오는 바람의 직접적인 영향을 받지 않게 되고, 마스트 구조물 뒤쪽으로 와류(Vortex) 기류(Air Current)가 형성되어, 움직임 오작동 현상을 발생시켰다고 추정하였다. 위의 문제를 해결하기 위해서 두 가지 개선 방안을 마련하였다. 첫 번째는 기존 마스트 야드(Mast Yard)에서 풍향풍속

검출기 위치를 마스트와 이격하고 높이를 상향으로 이동 설치하는 방안이며, 두 번째는 신규 설치되는 마스트 야드에 풍향풍속 검출기를 이동 설치하는 방안을 마련하여 검토하였다. 두 번째 방안이 공사 소요가 많으나, 마스트 구조물의 구조 간섭 영향이 줄어들 수 있으므로 와류 기류 발생 가능성이 낮을 수 있다고 추정하여, 두 번째 방안인, 신규 마스트 야드에 풍향풍속 검출기 이동 설치 방안이 선정되었다.

신규 마스트 야드에 대한 진동 해석을 실시하여 진동 영향성을 추정하였으며, 진동에 의한 부정적 영향은 없을 것으로 검토하였다. 신규 마스트 야드에 풍향풍속 검출기를 설치 후 항해시운전평가로 검증을 실시하였다. 360도 빙글빙글 회전하는 현상은 사라졌으므로, 와류 기류 형성은 감소했다고 추정되어 신규 마스트 야드 설계 개선 방안이 일부 유효한 것으로 확인되었다. 그렇지만 위의 남은 오작동 문제를 해결하기 위해서, 신규 마스트 야드에서 풍향풍속 검출기 위치를 마스트와 이격하여 이동 설치 후 항해시운전평가로 검증을 실시하였다. 항해시운전평가 결과, 함의 우현 및 좌현에서 풍향풍속 검출기 움직임 오작동 현상이 더 이상 발생하지 않아서 적절한 개선 방안으로 확인되었다.

References

- [1] H. W. Kim, Y. C. Ju, D. H. Lee, K. S. Lee, K. H. Kim, E. I. Kim, "Experimental Research on the Effects of Wind Data with the Erroneous Azimuthal and Attitudinal Position of the Wind Measurement Mast", *Proceedings of the KIEE Conference*, The Korean Institute of Electrical Engineers, Republic of Korea, pp.480-484, April 2001.
- [2] S. W. Ko, M. S. Jang, Y. S. Lee, "The Error Analysis of measuring wind speed on Met Mast Shading Effect", *Journal of the Korean Solar Energy Society*, Vol.31, No.3, pp.1-7, June 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7836/kses.2011.31.3.001>
- [3] H. M. Kim, W. H. Kim, "Research on the Flow Characteristics of the Rear Area of Integrated Sensor Mast for Naval Vessels by Incoming Flow Rate", *Proceedings of the KSPE Conference*, The Korean Society for Precision Engineering, Republic of Korea, pp.387-388, October 2018.
- [4] J. H. Park, J. K. Ryu, J. Jang, "Ship Mast Wind Pressure Analysis using Numerical Analysis", *Proceedings of the KSPE Conference*, The Korean Society for Precision Engineering, Republic of Korea, pp.21, October 2016.

- [5] J. H. Park, D. Y. Lee, J. W. Yang, C. Y. Song, "Design Enhancement to Avoid Radar Mast Resonance in Large Ship using Design of Experiments", *Journal of Ocean Engineering and Technology*, Vol.33, No.1, pp.50-60, February 2019.
DOI: <http://dx.doi.org/10.26748/KSOE.2018.088>
- [6] J. W. Son, D. H. Kim, B. W. Choi, Y. J. Lee, "Design and Strength Analysis of a Mast and Mounting Part of Dummy Gun for Multi-Mission Unmanned Surface Vehicle", *The Journal of Korean institute of information technology*, Vol.16, No.11, pp.51-59, November 2018.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14801/ikiit.2018.16.11.51>

김 동 영(Dong-Young Kim)

[정회원]



- 2008년 2월 : 한양대학교 전자전 기공학 (공학사)
- 2008년 3월 ~ 2010년 6월 : 일본 스미토모 화학그룹 동우화인켐(주) 연구기술본부 엔지니어링팀 전기 담당
- 2013년 2월 ~ 현재 : 국방기술품 질원 선임연구원

<관심분야>

건축시공, 건축구조, 발전설비, 파이썬, 다트, 플러터

박 해 진(Hae-Jin Park)

[정회원]



- 2015년 8월 : 동아대학교 기계공학 (공학사)
- 2017년 12월 ~ 현재 : 국방기술품 질원 연구원

<관심분야>

소음, 진동, 내연기관