

고장 사례 분석을 통한 수중함 부이형 안테나 작동성능 향상 방안

장호성^{1*}, 손윤준¹, 조성혁², 김익성³, 전영식⁴
¹국방기술품질원, ²(주)대우조선해양, ³(주)금하네이벌텍, ⁴(주)영상폴리텍

A Study on the Improvement of Operation Performance of Buoyant Wire Antenna in the Submarine

Ho-Seong Chang^{1*}, Yoon-Jun Son¹, Sung-Hyuk Jo², Ik-Seong Kim³, Young-Sik Jeon⁴
¹Defense Agency for Technology and Quality, ²Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering Co.,Ltd,
³Keumha Naval Technology Co.,Ltd, ⁴Youngsang Polytechnics Co.,Ltd

요약 본 논문은 수중함 부이형 안테나 작동성능 향상 방안에 대한 내용을 서술하고 있다. 부이형 안테나는 함외 및 함내 장비로 구성되어 있으며 수중함이 수면 근처로 부상하지 않고 잠항 상태에서 원치 조립체 및 전개장치 조립체 등을 이용하여 VLF 및 HF 대역 통신을 할 수 있도록 운용되는 장비이다. 해상에서 부이형 안테나 성능 확인 과정 중 안테나 케이블 조립체 전개 시 간헐적 고착으로 인한 전개 중단 현상 및 안테나 케이블 조립체 이탈 현상이 식별되었다. 고장 분석 결과, 윈치 조립체 구성품인 스펀링 기어 조립체 내부 구성품 및 선로증폭기의 물리적 손상이 확인되었다. 이는 부이형 안테나 시스템 전개 경로에 따른 마찰력, 내부 구성품 간 부정 교합 발생 가능성, 팔로위에 작용하는 과도한 하중, 선로증폭기 내구성 미흡이 원인으로 확인되었다. 문제 개선을 위해 함교 내 부이형 안테나 가이드 전개 경로 최적화, 팔로위 재질 변경, 스크롤 샤프트 및 팔로위의 가공 개선, 페어리드 재질 및 형상 개선, 선로증폭기 형상 변경 등의 방안을 제안하였다. 제안된 방안에 대한 성능 확인을 위해 공인기관 시험을 통한 전자기 적합성 및 물리적 강도 검증을 수행하였으며, 최종적으로 정박상태 기능 시험 및 해상 시험평가를 통하여 부이형 안테나 작동성능에 대한 신뢰성을 확보하였다.

Abstract This paper describes the improvement in the operational performance of a buoyant wire antenna (BWA) in submarines. BWA is composed of outside and inside the equipment and is operated so that the submarine does not need to float near the surface to communicate in the VLF and HF bands. During the process of verifying the performance of the BWA on sea trials, the phenomenon of an interruption of deployment due to intermittent sticking and detachment of the antenna cable assembly was identified when the antenna cable assembly was deployed. Physical damages to the internal components of the spooling gear assembly, which is a component of the winch assembly and the in-line amplifier, were identified. This was confirmed as the cause of the frictional force according to the deployment path of the BWA, possibility of malocclusion between internal components, excessive load acting on the follower, and insufficient durability of the in-line amplifier. Measures, such as optimization of the deployment path of the BWA guide in the bridge, improvement of the scroll shaft processing, improvement of the fairlead material and form, change in the follower material, and the form of the In-line amplifier, were proposed to improve the problem. The electromagnetic compatibility and physical strength were tested through an accredited laboratory to verify the performance of the proposed schemes. Finally, the reliability of the BWA operation performance was secured through the anchorage function test and sea trials.

Keywords : Submarine, Buoyant Wire Antenna, Winch, Deployer, In-line Amplifier, Sea Trial, VLF, HF

*Corresponding Author : Ho-Seong Chang(Defense Agency for Technology and Quality)

email: hschang@dtaq.re.kr

Received May 24, 2021

Revised June 28, 2021

Accepted July 2, 2021

Published July 31, 2021

1. 서론

수중함은 대잠전, 대함전, 정찰 및 감시 작전 등 작전 수행을 위해 디지털 전문처리 및 전송정보망용 HF 통신체계, 군경 합동망용 VHF 통신체계, Link-16등 전송정보망용 UHF 송신체계, 군위성통신체계를 포함한 SHF 통신체계, 수중함 지휘통제체계용 VLF 통신체계, INMARSAT-C 등 다양한 통신체계를 갖추고 있다[1,2].

수중함 HF(High Frequency, 이하 HF) 통신체계는 주 지휘 및 보고망으로 운용하고 있으며, HF 통신을 위해서 마스트를 통해 안테나를 상승시켜야 한다. 이때 자함은 HF 통신체계를 이용하여 대응국과 통신을 하는 시간동안 수면 위로 노출될 수밖에 없으며 적 수상함으로부터의 피탐 가능성 상승 등 작전 운용상 제한되는 사항이 많다.

지구 표면의 70% 이상을 차지하는 바닷속은 지상에서 일반적으로 통신 시 사용하는 전자파의 감쇄가 크게 일어나는 환경이다. 그러나 매우 낮은 주파수 대역의 전자파는 바닷속을 투과할 수 있는 특성이 있어 작전 중인 수중함에게 지령을 전달하는 용도로 이용되고 있다. 수중함은 비대칭 전력으로써 은닉성 확보가 필수적이므로 부상하지 않고 잠항 상태에서 지령을 수신하는 운용 개념은 수중함 작전 운용 측면에서 매우 중요하다고 할 수 있다[3].

앞서 언급한 바닷속을 투과할 수 있는 전자파 대역에는 ELF(Extremely Low Frequency, 이하 ELF) 대역과 VLF(Very Low Frequency, 이하 VLF) 대역이 있으며, VLF 대역은 약 10~40m 수심까지 통과할 수 있어 수중함 수중 통신에 이용되고 있다. 30kHz 이하의 주파수를 사용하기 때문에 매우 낮은 전송 속도로 운용되어 함축적인 형태의 메시지만 전달하는데 이용된다[3]. 수중함 VLF 통신체계는 부이형 안테나, 루프형 안테나를 통해 육상에 설치된 VLF 송신소와 교신하는 방식으로 운용된다.

그 중 VLF/HF 부이형 안테나(Buoyant Wire Antenna, 이하 BWA) 체계는 수중함이 수면 근처로 부상하지 않고 잠항 상태에서 윈치 조립체 및 전개장치 조립체 등을 이용하여 케이블 형태의 안테나를 수면 근처로 전개하여 VLF 및 HF 대역 통신을 할 수 있도록 운용되는 탑재장비이다. 비교적 부피가 큰 마스트를 상승하여 안테나를 운용하는 경우 항적이 남기 때문에 적 수상함으로부터 위치가 노출되기 쉬우나, BWA의 경우 항적이 잘 나타나지 않아 통신 중에도 피탐 가능성이 높지 않다는 큰 이점

이 있다. 반면 잠항 상태, 즉 수중에서 케이블 형태의 안테나를 전개 및 회수하기 때문에 BWA 중 윈치 조립체, 전개장치 조립체, 안테나 케이블 조립체 등 구성장비의 정교한 작동 및 연동이 필수적이며, 복잡한 전개 및 회수 절차 등 기술적 난이도가 높은 탑재장비라고 할 수 있다.

BWA는 대한민국 해군이 운용하는 수중함 중 000급 수중함에 최초로 탑재되는 장비이다. 이에 따라 유사 고장 사례 분석, 개선방안 도출에 어려운 점이 있었으나, 000급 수중함 체계개발 과정을 통하여 BWA의 운용 신뢰성을 확보하였음에 그 차별성이 있으며, 본 논문의 결과를 후속 양산함에 환류함으로써 유사 품질 문제점 발생을 예방하였다.

본 논문은 수중함 건조 중에 발생한 BWA 전개 시 발생한 고착 현상과 안테나 케이블 조립체 이탈 현상에 대한 원인을 분석하고, 개선방안 제시 및 타당성 검토를 실시하였다. 최종적으로 해상 시험평가를 통해 안정적인 BWA 전개 및 회수 성능 확보가 이루어진 것을 확인하였다.

2. 고장발생 원인분석

BWA는 함외 및 함내 장비로 구성되어 있으며, 함외 장비에는 윈치 조립체, 전개장치 조립체, 안테나 케이블 조립체, 완충기 조립체, 절단기 조립체 등이 있으며, 함내 장비에는 제어반, 드라이브 판넬, VLF 대역 증폭기, 통신장비류 등이 있다.

Fig. 1은 BWA 함외 구성장비 중 주요 장비인 윈치 조립체 및 전개장치 조립체 설치 위치 및 형상을 나타낸다.

통신을 위해 안테나 케이블 조립체 전개 시 함수 방향 함교 아래에 위치한 윈치 조립체로부터 시작되어 함교 중앙을 지나는 배관 형태의 가이드 튜브를 거쳐 함외 방향 함교 상부에 위치한 전개장치 조립체를 통해 최종적으로 안테나 케이블 조립체가 전개된다. Fig. 2는 본 논문의 주요 연구절차를 나타낸 개념도이다.

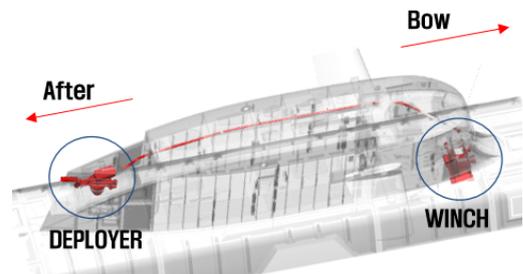


Fig. 1. BWA system equipment installation position

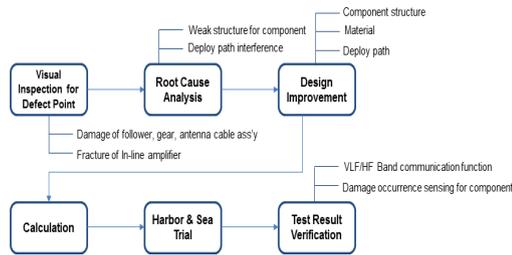


Fig. 2. Process of research for BWA improvement

2.1 BWA 전개 시 고착 발생 원인분석

BWA는 Fig. 3과 같이 운용되며, 안테나 케이블 조립체는 HF 대역 안테나, 선로증폭기, 예인 케이블, 슬립링 연동 케이블로 구성되어 있다. BWA 성능 확인을 위해 실제 해상에서 안테나 케이블 조립체 전개 시 간헐적 고착으로 인한 전개 중단 현상이 발생하는 것이 확인되었고, 원인분석을 수행하였다.

먼저 안테나 케이블 조립체 전개 성능에 직접적인 영향을 미치는 구성품인 윈치 조립체 및 전개장치 조립체 분해 점검을 실시하였다. Fig. 4는 윈치 조립체 구성품인 스펀링 기어 조립체이며 윈치 조립체 분해 점검 결과, 스펀링 기어 조립체 부품인 팔로우 및 기어가 Fig. 5의 형태로 마모로 인한 손상됨을 확인하였다. 아울러 안테나 케이블 조립체가 외력에 의한 변형이 발생한 것을 확인하였다.

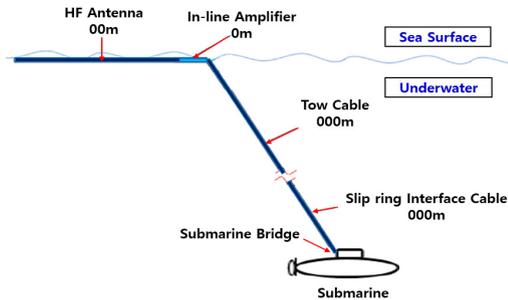


Fig. 3. Operational concept of BWA

해당 현상 발생 원인으로 첫째, BWA 전개 경로가 함교의 곡선 형태의 가이드 튜브를 거쳐감에 따라 안테나 케이블 조립체와 가이드 튜브 간 마찰 발생, 둘째, 함 운항 중 안테나 케이블 조립체 전개 시 유향, 유속에 따라 장력이 발생하고 해당 외력에 의해 팔로우 및 기어가 손상된 것으로 판단하였다.

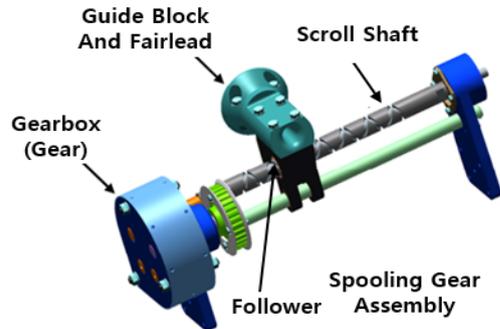


Fig. 4. Spooling gear ass'y(Component of winch ass'y)

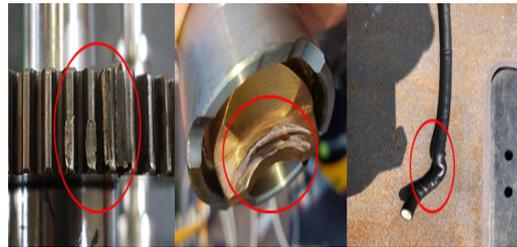


Fig. 5. Damage of follower, gear and antenna cable ass'y

2.2 안테나 케이블 조립체 손상 원인분석

실제 해상에서 BWA 전개 시 안테나 케이블 조립체가 이탈되어 함으로부터 분리되는 현상이 발생하였으며, 안테나 케이블 조립체 구성품인 선로증폭기 파단이 Fig. 6의 형태로 발생한 것을 확인하였다. 파단된 선로증폭기의 불량 가능성이 상존하여 제품 교체 후 실제 해상 전개 시험을 재수행 하였으며 파단은 발생하지 않았으나, 선로증폭기의 RF Voltage 이득 저하 및 VLF/HF 대역 통신이 불가한 현상이 확인되었다. 선로증폭기 내부 구성은 Fig. 7과 같으며 외부 및 내부 몰딩은 기구물을 외부 충격 및 마찰로부터 보호하며, 수밀 기능을 제공한다. 에폭시는 내부 증폭기를 고정 및 보호하며, 내부 공간을 채워 결로 현상 등에 의한 습기 방지 역할을 한다.

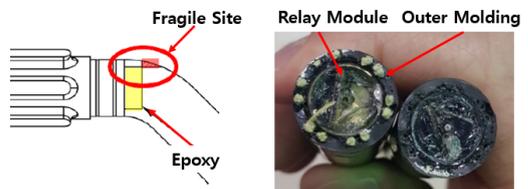


Fig. 6. Fracture of In-line amplifier

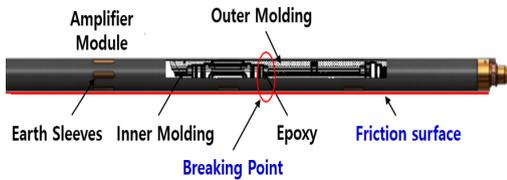


Fig. 7. Composition of In-line amplifier

손상된 선로증폭기 분해 점검 결과, 파단 지점은 Fig. 6에 나타낸 에폭시 근접 부위이며, 이는 안테나 케이블 조립체 굽힘 시 몰딩과 에폭시 간 마찰로 인한 파단 발생 가능성이 가장 높은 지점이기 때문에 판단하였다.

3. 개선방안

3.1 BWA 전개 시 고착 개선방안

BWA 전개 시 발생한 고착 현상 개선방안으로 함교 내 BWA 전개 경로에 해당하는 가이드 튜브 최적화, 윈치 조립체의 물리적 구조 개선을 적용하였다. 다음 절에서는 각 개선방안에 대한 구체적인 내용과 적용 타당성을 검증하였다.

3.1.1 함교 내 BWA 전개 경로 최적화

안테나 케이블 조립체와 가이드 튜브 간 마찰력이 발생하는 부분은 세 지점이 있다. 전개 시작 지점에 해당하는 윈치 조립체와 가이드 튜브 출입단 부분인 Fig. 9의 Point 1 지점, 안테나 케이블 조립체가 곡선 형태로 지나는 Fig. 9의 Point 2 지점, 전개 마지막 지점에 해당하는 전개장치 조립체와 가이드 튜브 출입단 부분인 Fig. 9의 Point 3 지점이 있다. 해당 지점에서 발생하는 장력에 의한 마찰력 저감을 위해 Fig. 8 및 Fig. 9와 같이 기존의 자주색 경로에서 노란색 경로로 경로를 변경하였다. Point 1 지점 경로 개선을 통해 윈치 조립체와 가이드 튜브 간 간격이 기존 대비 약 300mm에서 약 710mm로 증가됨에 따라 전개 시 가이드 튜브로 인입되기 전 구간을 최대한 확보하여 출입단에서의 안테나 케이블 조립체 굽힘을 최소화하였다.

Point 2 지점 경로 개선을 통해 가이드 튜브 굴곡을 감소시켰으며, Point 3 지점 경로 개선을 통해 전개장치 조립체 형취관 부분 제거로 안테나 케이블 조립체가 원만하게 인입되도록 유도하였다. Fig. 10 및 Fig. 11은 Point 1 및 Point 3 지점에 대한 실제 적용 형상을 각각

나타낸다.

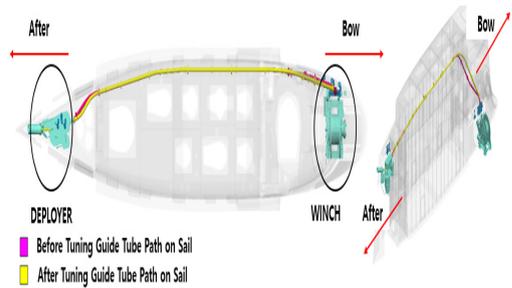


Fig. 8. Antenna cable ass'y deployment path(Upper View)

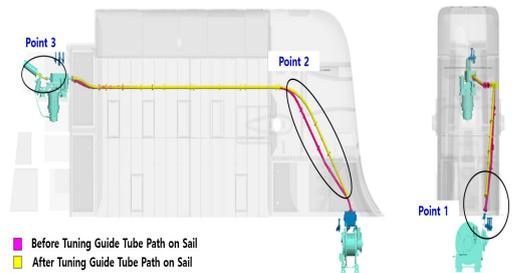


Fig. 9. Antenna cable ass'y deployment path(Side View)

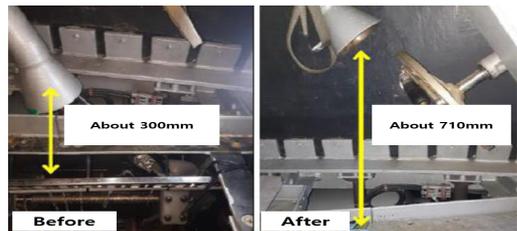


Fig. 10. Point 1 detail view(Before/After)

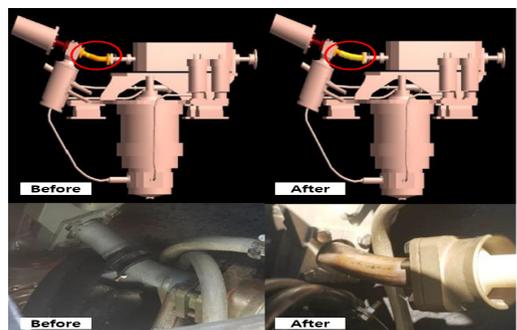


Fig. 11. Point 3 detail view(Before/After)

3.1.2 원치 조립체 구조 개선

스플링 기어 조립체 구성품인 팔로워와 기어의 마모로 인한 손상 방지 개선 대책을 수립하기 위해서는 해당 구조에서 발생하는 하중에 대한 검토가 필수적이다. Fig. 12는 Fig. 4에 나타낸 스프링 기어 조립체 구성품인 스크롤 샤프트이다. 안테나 케이블 조립체 전개 및 회수 시 기어 박스의 원동력을 통해 팔로워가 스크롤 샤프트를 따라 좌/우로 움직이는 것을 반복하며, 페어리드를 통과하여 안테나 케이블 조립체가 가이드 튜브로 최종 인입하게 된다.

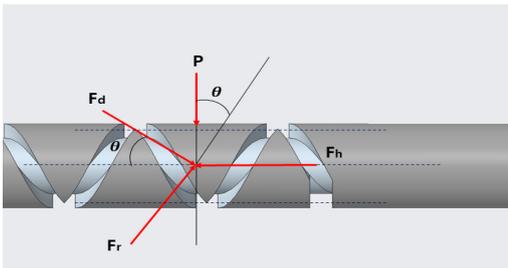


Fig. 12. Scroll shaft and force concept drawing

스�크롤 샤프트에 발생하는 하중 분산을 통한 접촉 마찰에 따른 연마 마모를 개선하는 방법을 적용하였다. 팔로워에 받는 힘이 감소해야 마모 발생 가능성이 낮아지므로 해당 힘 저감을 위한 방안을 세가지 적용하였다. 첫째, Fig. 13과 같이 팔로워의 재질을 기존 Phosphor Bronze에서 Inconel 718계열로 변경하여 항복강도를 250MPa에서 1034MPa로 증가시켰다. 둘째, 스크롤 샤프트 및 팔로워의 날카로운 모서리를 Fig. 14와 같이 가공함으로써 스크롤 샤프트와 팔로워의 부정 교합 발생 가능성을 낮추었다. 셋째, Fig. 15와 같이 페어리드 형상 및 재질을 기존 Crystic 489PA Resin에서 NAB로 변경하여 안테나 케이블 조립체 접촉에 대한 힘 작용점에서의 회전축 수직거리에 해당하는 Lever Arm 감소를 유도하였다.

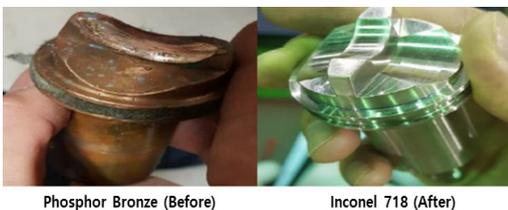


Fig. 13. Follower material improvement

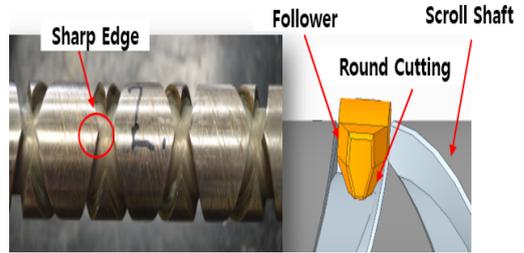


Fig. 14. Scroll shaft & follower edge cutting

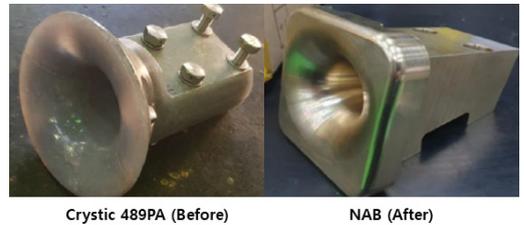


Fig. 15. Fairlead form & material improvement

NAB는 니켈-알루미늄-브론즈 합금으로 일반적인 동 합금에 비해 상대적으로 높은 내식성, 항복 강도,를 가지고 있어 선박용 프로펠러, 펌프 등의 제작 소재로 주로 이용된다[4,5].

스�크롤 샤프트에 작용하는 하중을 식 (1), 식 (2), 식 (3) 및 식 (4)에 따라 산출할 수 있다. 이때, F_r 은 스크롤 샤프트에 작용하는 마찰력, σ 는 스크롤 샤프트 재질인 Phosphor Bronze의 마찰계수, F_d 는 팔로워에 작용하는 하중, F_h 는 스크롤 샤프트 수평 방향으로 작용하는 합력, θ 는 스크롤 샤프트 각도, P 는 스크롤 샤프트 회전에 필요한 접선 방향의 힘을 의미한다.

$$F_r = \sigma F_d \quad (1)$$

$$F_h = F_d \cos\theta - F_r \sin\theta \quad (2)$$

$$F_d = \frac{F_h}{(\cos\theta - \sigma \sin\theta)} \quad (3)$$

$$P = F_h \tan\theta + (F_r / \cos\theta) \quad (4)$$

안테나 케이블 조립체 전개 및 회수 시 팔로워가 스크롤 샤프트를 따라 좌/우로 움직이는 것을 반복하므로 팔로워 좌측 작용 하중 및 우측 작용 하중으로 구분하여 검증이 필요하다.

스�크롤 샤프트는 Fig. 16과 같이 함 우현에서 바라봤을 때 함수 및 함미 방향으로 왕복 이동하며 안테나 케이

블 조립체를 전개 및 회수한다. 이때, 스크롤 샤프트와 접촉하는 팔로워의 좌측면을 파란색, 우측면을 적색으로 나타내었으며, 스크롤 샤프트 기준 페어리드 이동 시작점을 0mm, 도착점을 334mm로 명시하였다.

안테나 케이블 조립체 전개 시작점인 가이드튜브가 함미 방향으로 위치하고 있기 때문에 전개 시 안테나 케이블 조립체의 장력으로 인하여 페어리드를 포함한 팔로워의 우측면 대비 좌측면에 더 큰 하중이 작용한다. Fig. 17 및 Fig. 18은 위의 식에 따라 스크롤 샤프트 이동 시작점인 0mm와 이동 도착점 334mm를 기준으로 팔로워 좌측면 및 우측면에 작용하는 하중을 나타낸다.

이때, 안테나 케이블 조립체에 작용하는 장력은 BWA 전개 및 회수 실 운용 조건을 고려하여 941N으로 적용하였다. Fig. 17은 원치 조립체 내 스프링 기어 관련 개선 전 사항이며, Fig. 18은 팔로워 재질 변경, 스크롤 샤프트 및 팔로워 가공 개선, 페어리드 형상 및 재질 변경 후 사항이다. 스프링 기어 조립체 관련 구성품 개선을 통하여 팔로워 좌측면 최대 하중은 기존 2,411N에서 1,737N로, 우측면 최대 하중은 기존 1,493N에서 858N로 크게 감소되었다.

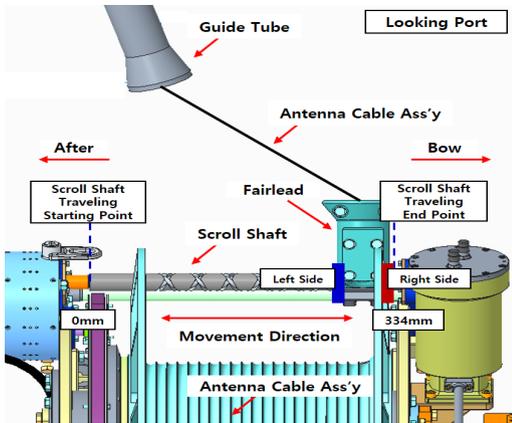


Fig. 16. Component position & composition

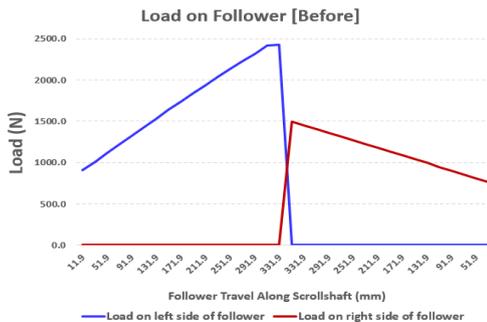


Fig. 17. Load on left/right side of follower(Before)

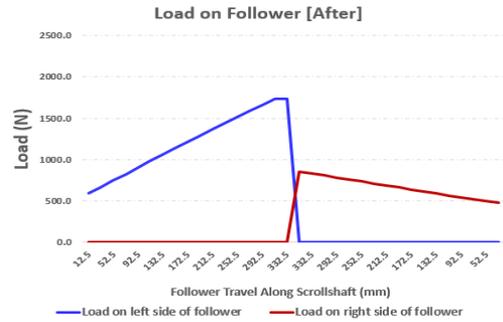


Fig. 18. Load on left/right side of follower(After)

3.2 안테나 케이블 조립체 파단 개선방안

안테나 케이블 조립체 구성품인 선로증폭기 파단 방지를 위해 안테나 케이블 조립체 굽힘 시 발생하는 내부 구성품 간 마찰, 외부 구성품 간 마찰 저감을 목적으로 외부 몰딩 형상을 Fig. 19와 같이 개선하였다. 이를 통해 선로증폭기의 외부 구성품 간 마찰 면적이 기존 대비 크게 감소하였다. 또한 선로증폭기 분해 점검 결과, 인장 섬유는 정상이나, 신호선의 단선이 확인됨에 따라 인장 섬유의 연실율보다 신호선의 연실율이 낮은 것을 고려하여 인장 섬유를 접지 슬리브 내부로 이동시키고, 신호선을 도선 보호 튜브 내로 배치하여 인장 및 굴곡 시 선로증폭기가 유동적으로 변형하는 것을 유도함으로써 신호선 단선을 방지하였다.

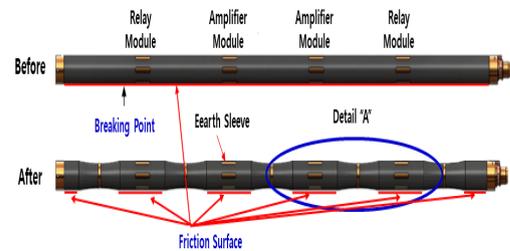


Fig. 19. In-line amplifier form improvement

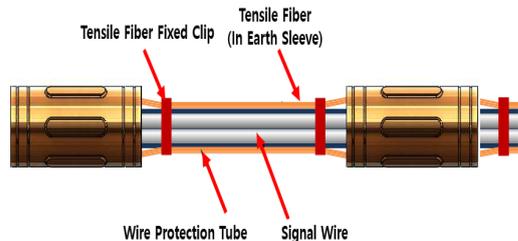


Fig. 20. Detail "A" of Fig. 19

Fig. 20은 Fig. 19의 "A" 부분에 대한 상세 내부 구성을 나타낸다. 개선된 선로증폭기의 전자기 적합성 및 물리적 강도 요구조건 확인을 위해 Table 1 시험을 공인기관시험을 통해 검증하였다.

전자기 적합성은 MIL-STD-461F에 따라 수행하였고, 수밀시험, 인장시험, 굽힘시험을 통해 물리적 강도를 확인하였으며, 이상이 없는 것을 최종 확인하였다.

Table 1. In-line amplifier electrical/physical test result

Requirement	Spec	Method	Result
EMI/EMC	MIL-STD-461F (CS114, RE101, RE102, RS103)	Test	Pass
Water Tight	Customer Demand (52bar, 15min)	Test	Pass
Tensile	Customer Demand (668N, 3min)	Test	Pass
Flexing	Customer Demand (445N, 5 times)	Test	Pass

3.3 개선방안 적용 및 성능인증

3.3.1 정박상태 기능 시험

개선방안에 대한 신뢰성 확보를 위해 Fig. 21 및 Fig. 22와 같이 정박상태에서 BWA 전체 시스템을 활용한 안테나 케이블 조립체 전개 및 회수를 수행하였다. 안테나 케이블 조립체 총 길이 000m를 완전 전개 및 회수하는 과정을 통해 기존에 발생한 간헐적 고착으로 인한 전개 중단 현상 발생 여부를 검증하였다. 검증 결과, 완전 전개 시 소요시간 00분 이내, 완전 회수 시 소요시간 00분 이내의 요구조건을 만족하는 것을 확인하였으며, 팔로워 및 기어의 마모, 안테나 케이블 조립체의 변형 및 파단 등 BWA 구성품의 물리적 손상은 미발생한 것을 최종 확인하였다.

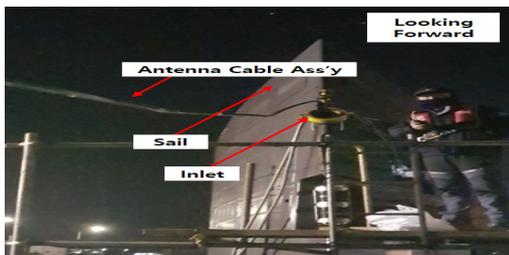


Fig. 21. Harbor Trial Test I



Fig. 22. Harbor Trial Test II

3.3.2 해상 시험평가

실제 해상에서는 수압, 수온, 유속, 수중 미생물 등 물리적 구동 메커니즘으로 움직이는 BWA 작동 시 영향을 줄 수 있는 요소들이 다양하다[6]. 따라서 정박상태에서의 기능 시험이 정상적으로 수행되더라도 실제 해상에서의 작동 불량 가능성이 상존하므로 실제 해상 시험평가를 통한 최종 성능 검증은 필수적이다. 실제 해상에서 잠항심도 00m, 함 속력 0knots 조건으로 Fig. 3 및 Fig. 23과 같이 BWA의 안테나 케이블 조립체 000m를 완전 전개 및 회수하였다. 시험평가 결과, 완전 전개 시 소요시간 00분 이내, 완전 회수 시 소요시간 00분 이내의 요구조건을 만족하는 것을 확인하였으며, 전개 중 중단 및 부이형 안테나 구성품의 물리적 손상은 발생하지 않음을 확인하였다. 아울러, BWA 전개 및 회수 시 안테나 케이블 조립체 내부 전기회로 손상 발생 여부를 검증하기 위해 VLF 및 HF 대역을 이용한 대용국과의 교신을 통해 통신 성능을 점검하였으며 이상없음을 최종 확인하였다.

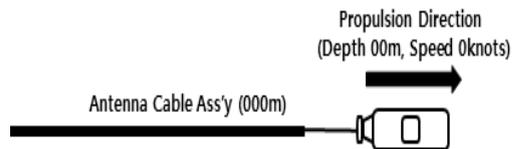


Fig. 23. Submarine maneuver for BWA operation

Table 2. Effect of improvement for BWA component

Item	Before	After
Bridge path	Damage of follower, gear and antenna cable ass'y	Non-damaged of component & Normal communication function on the sea
Follower material	Sticking & Damage	
Scroll shaft & follower edge	Sticking & Damage	
Fairlead form & material	Sticking	
In-line amplifier	Fracture	

Table 2.는 개선방안 적용 전/후를 비교한 개선 효과를 비교한 사항이며, 물리적 구조 개선 및 통신 성능에 대하여 나타냈다.

4. 결론

본 논문에서는 000급 수중함 체계개발 과정에서 발생한 BWA 운용 중 해상에서의 안테나 케이블 조립체 간헐적 고착으로 인한 전개 중단 현상 및 안테나 케이블 조립체 이탈 현상에 대한 원인분석 및 개선방안에 대해 기술하였다. 고장 분석 결과, 원치 조립체 구성품인 스프링 기어 조립체 내부 구성품 및 선로증폭기의 물리적 손상이 확인되었다.

BWA 전개 및 회수 작동성능 저하 발생 원인으로 BWA 전개 경로 중 안테나 케이블 조립체 및 가이드 튜브 간 마찰 발생, 실제 해상 운용 중 유향, 유속 등에 따른 안테나 케이블 조립체 장력에 의한 팔로워 및 기어 손상, 선로증폭기 굽힘 시 발생하는 내부 및 외부 구성품 간 마찰 등을 식별하였다.

개선을 위해 함교 내 부이형 안테나 가이드 전개 경로 최적화, 팔로워 재질 변경, 스크롤 샤프트 및 팔로워 가공 개선, 페어리드 재질 및 형상 개선, 선로증폭기 외부 및 내부 형상 개선 방안을 적용하였다.

스크롤 샤프트에 발생하는 하중 분산을 통한 접촉 마찰 저감 개선방안 검증을 위해 스프링 기어 작동 시 팔로워 좌측 및 우측면에 대한 하중 분석을 수행하였으며, 개선된 선로증폭기의 성능 요구조건 만족여부 확인을 위해 EMI/EMC, 수밀시험, 인장시험, 굽힘시험을 수행하였으며, 이상이 없는 것을 확인하였다. 제안된 개선방안 검증을 위해 정박상태 기능 시험 및 해상 시험평가를 수행하였으며, 해당 과정을 통해 안테나 케이블 조립체 총 길이 000m를 완전 전개 및 회수하고 VLF 및 HF 대역을 이용한 대응국과의 통신 성능을 확인하였다. 최종적으로 안테나 케이블 조립체 전개 시 기존에 발생한 간헐적 고착으로 인한 전개 중단 현상 및 안테나 케이블 조립체 이탈 현상은 제거된 것을 확인함으로써 BWA 작동성능에 대한 신뢰성을 확보하였다.

References

[1] C. D. Lee, W. S. Shin and S. C. Kim, "The Applied

Status and Improvement of the Integrated Communication System for Naval Ship", Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 34, No. 1, pp 116-124, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.5916/jkosme.2010.34.1.116>

- [2] S. J. Beak, "214 Class Submarine : The Most Successful Conventional Attack Submarine in Existence", Korea Defense Industry Association, Defense & Technology(412), pp 108-115, 2013.
<http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE02288446>
- [3] J. W. Park, J. H. Lee, S. K. Kim, C. H. Yoon and Y. G. Lim, "Underwater Extremely Low Frequency Communication Technology Trend", The Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 45, No. 5, pp 57-66, 2018.
<http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07447720>
- [4] F. Prini, S. D. Benson & R. S. Dow, "The Effect of Laminate, Stud Geometry and Advance Coefficient on the Deflection of a Composite Marine Propeller", Progress in the Analysis and Design of Marine Structures - Guedes Soares & Garbatov(Eds), pp 859-860, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1201/9781315157368-111>
- [5] J. H. Ahn, D. W. Kim, M. S. Kim, J. H. Hwang and S. Z. Han, "Effect of Al and Zr Contents on Mechanical Properties of Ni-Al-Bronze", Korean Journal of Metals and Materials, Vol. 55, No. 8, pp 537-543, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.3365/KJMM.2017.55.8.537>
- [6] H. S. Chang, G. R. Cho, J. G. Hwang, S. Y. Lee and Y. T. Kim, "A Study on Stabilization of Underwater TAS Winch System Deploy/Recover Operation Performance", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 20, No. 6 pp. 479-481, 2019.
<http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE08747117>

장 호 성(Ho-Seong Chang)

[정회원]



- 2011년 2월 : 부산대학교 전자전 기통신공학과 (공학사)
- 2014년 12월 : 현대중공업 전기전자시스템사업부 전기구조 설계
- 2015년 1월 ~ 현재 : 국방기술품 질원(DTaQ) 선임연구원

<관심분야>

전투체계, 소나체계, 수중음향, EMI/EMC

손 윤 준(Yoon-Jun Son)

[정회원]



- 2003년 9월 : 한국해양대학교 전 파공학과 (공학석사)
- 2019년 2월 : 한국해양대학교 전 파공학과 (공학박사)
- 2003년 10월 ~ 2008년 10월 : 삼성탈레스 선임연구원
- 2008년 10월 ~ 현재 : 국방기술품 질원(DTaQ) 선임연구원

<관심분야>

소나 신호처리, 수중통신

전 영 식(Young-Sik Jeon)

[정회원]



- 1996년 3월 ~ 1998년 2월 : 인하대학교 경영대학원
- 1984년 10월 ~ 현재 : ㈜영상폴리텍 대표

<관심분야>

수중함 소나체계, 수중함용 케이블/커넥터

조 성 혁(Sung-Hyuk Jo)

[정회원]



- 2019년 2월 : 고려사이버대학교 전자전기공학과 (공학사)
- 2019년 5월 ~ 현재 : ㈜대우조선해양 특수선 무장설계부 엔지니어

<관심분야>

수중함 무장/항해/통신체계

김 익 성(Ik-Seong Kim)

[정회원]



- 2014년 2월 : 부산대학교 전자전기공학과 (공학사)
- 2014년 12월 ~ 2018년 03월 : ㈜동신유압 기술연구소 대리
- 2019년 3월 ~ 현재 : ㈜금하네이벌렉 기술팀 대리

<관심분야>

전기제어