

## 지상용 ES장비의 안테나전환기 구조 개선에 관한 연구

김승우<sup>1\*</sup>, 이강호<sup>2</sup>, 진희철<sup>1</sup>, 최재인<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>국방기술품질원, <sup>2</sup>LIG넥스원

### A study on the improvement of antenna switching module structure of ground based ES equipment

Seung-Woo Kim<sup>1\*</sup>, Kang-Ho Lee<sup>2</sup>, Hui-cheol Chin<sup>1</sup>, Jae-In Choi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Defense Agency for Technology and Quality

<sup>2</sup>LIGNex1 Co.,Ltd

**요약** 현대전의 양상은 점차 네트워크 중심전으로 변화해가고 있으며, 이의 중심인 정보·전자전 역시 나날이 발전하는 모습을 보이고 있다. 최근 국산화에 성공한 국내 지상용 전자전장비는 운용환경의 특성상 고지대와 강한 풍속, 상고대 등의 영향을 많이 받는다. 따라서 ES 장비의 마스트와 안테나를 연결하는 안테나전환기의 구조적 신뢰성은 가장 중요한 부분이라 할 수 있다. 본 논문에서는 안테나전환기의 구조분석 및 환경적 영향성을 분석하여 기존의 안테나전환기 구조보다 향상된 ES안테나 구조 지지능력을 가진 안테나전환기를 제안하였다. 안테나전환기의 용접방식의 변경과 보강 블록부를 통하여 개선된 구조를 시뮬레이션하고 하중시험을 통해 안테나전환기의 구조개선 타당성을 검증하였다. 시뮬레이션 결과 개선된 안테나전환기 용접부 및 보강블록부의 안전율은 기준 보다 각 5.3배, 1.5배의 높은 안전율을 확보한 것으로 확인되었다. 시제품에 대한 하중시험을 181kg까지 진행한 결과 용접부의 경우 3.7 Mpa, 보강블록 부위는 64.4Mpa 정도가 측정되었다. 이 시험 결과는 구조 해석한 시뮬레이션 결과값과 유사한 것으로 제안한 안테나전환기의 하중지지 능력이 기존 대비 향상된 것으로 판단된다.

**Abstract** The aspect of modern warfare is gradually changing to a network of warfare, and its central information electronic warfare is evolving every day. Recently, domestic equipment of electronic warfare, which have succeeded in domestic localization, are strongly influenced by the nature of the environment. Therefore, the structural reliability of the antenna switching module that connects the mast and antenna of the ES equipment is the most important. This study proposed a structure that has an improved structure of antenna switching module by currently analyzing the structure of the antenna switching module and the environmental influence. By modifying the structure of the antenna switching module welding method and part of the reinforcement block, the structure was improved and the validity of the improved antenna switching module was simulated using a load test. The simulation showed that the safety factors of antenna switching module welding point and reinforced block part was enhanced 5.3 and 1.5 times compared to the existing values. These values were verified by load (181kg) test results, which was each 3.7Mpa and 64.4Mpa. The load test results were similar to the simulation results and load supporting capacity of the proposed antenna switching module was enhanced.

**Keywords** : Antenna, Hard rime, Load, Welding, Wind force

### 1. 서론

현대전의 양상은 점차 네트워크 중심전으로 변화해가고 있으며, 이의 중심인 정보·전자전 역시 나날이 발전

하는 모습을 보이고 있다[1]. 전자전은 1973년 욱키프루 전투에서 시작되어 최근 이라크전까지 다양한 모습으로 진화해 왔다. 특히 최근 전자전은 NCW(Network Centric Warfare)환경 하에서 전자지원(ES: Electronic Support),

\*Corresponding Author : Seung-Woo Kim(Defense Agency for Technology and Quality)

Tel: +82-54-469-6522 email: swkim@dtq.re.kr

Received January 25, 2017

Revised March 16, 2017

Accepted May 12, 2017

Published May 31, 2017

전자공격(EA: Electronic Attack)을 수행한다[2]. 전자지원원은 전장에서 즉각적인 적 위협요소 탐지를 목적으로 적에 의해 방사되는 전자파 에너지를 탐지 및 식별한다. 이를 위한 전자 지원장비의 구성품은 적의 전파를 수신할 수 있는 안테나, 수집된 전파에서 정보를 획득하기 위한 수신기, 기구적으로 마스트와 안테나 구조물을 지지하며 수신되는 신호의 스위칭 역할을 하는 안테나전환기 등이 있다. 육군용 통신전자전 ES장비는 특성상 전략적 요충지의 산 정상에서 운용되는 경우가 많고, 특히 동절기 ES안테나에는 비, 바람, 상고대 등의 외부요인에 항상 노출되어 운용되므로 운용환경에 따른 기구적인 내구성이 취약할 경우가 있다. 이러한 운용환경에 비추어 볼 때 마스트와 안테나를 연결하는 안테나전환기의 구조적 신뢰성은 가장 중요한 부분이라 할 수 있다. 본 논문에서는 현재 적용된 Fig. 1과 같은 형상을 가진 안테나전환기의 구조분석 및 Fig. 2와 같은 동절기 안테나 상고대에 의한 영향성을 분석하여 기존의 안테나전환기 구조보다 향상된 ES안테나 구조 지지능력을 가진 안테나전환기 구조설계 방안에 대해 제안하고자 한다.

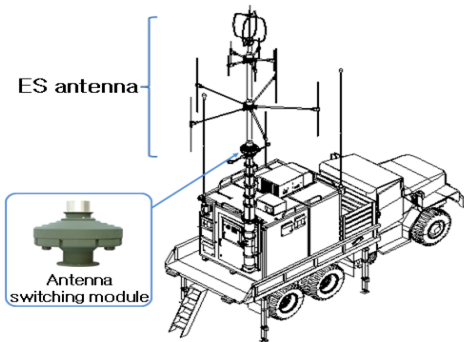


Fig. 1. ES antenna and antenna switching module



Fig. 2. Hard rime of antenna

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 현재 운용되고 있는 육군용 통신전자전 장비의 안테나전환기 구조 및 동절기 운용환경에서 영향을 많이 주는 요소인 상고대에 의한 영향을 분석하여 안테나전환기의 구조개선 필요성에 대해 기술할 것이다. 3장에서는 안테나전환기의 구조적 신뢰성을 확보하기 위한 구조개선 방안에 대해 제안할 것이다. 4장에서는 제안하는 안테나전환기 구조개선 방안에 대한 타당성을 검증하기 위해 시뮬레이션과 실험을 수행하고 그 결과를 분석할 것이다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 안테나전환기 조사·분석

본 장에서는 안테나전환기의 기본형상과 설계방법에 관한 조사·분석을 통하여 기존의 사례들을 고찰한다.

### 2.1 안테나전환기의 일반적 형상

국내 ES안테나를 구조적으로 지지하는 안테나전환기의 외부구조는 Fig. 3과 같이 크게 ES안테나가 조립되는 상부하우징조립체, 마스트에 장착되어 안테나 하중을 지지하는 하부하우징조립체로 구성되어 있다. 국외 ES안테나와 안테나전환기의 조립구조 또한 Fig. 4와 같이 유사한 형상이다.

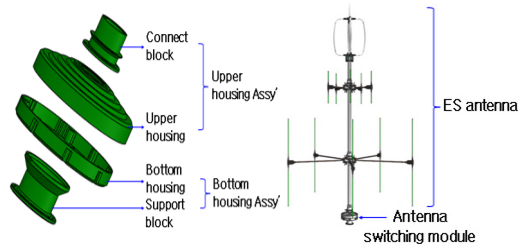


Fig. 3. Configuration of antenna switching module

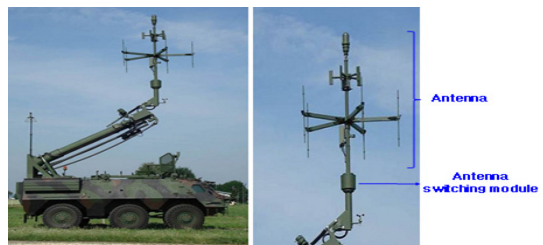


Fig. 4. System of foreign country

## 2.2 안테나전환기의 설계 및 제조 방법

ES장비의 안테나전환기 구조에서는 용접이 많이 사용된다. 용접은 재료의 종류와 두께에 따라 다양한 용접 방법이 사용되어 지고 있으며, 방법에 따라 수동식, 반자동식, 전자동식으로 구분한다[3-4]. 안테나전환기의 하부하우징조립체는 하부지지대와 하부하우징이 필렛 용접으로 접합되어 있는 구조이다. 용접산업은 대부분 작업환경이 열악하고 작업자의 숙련도에 따라 품질의 불균형이 발생하는 분야이지만 군수품의 소량 생산으로 자동화 기술을 적용하기는 제한이 있다[5]. 내구성과 견고성이 필요한 Fig. 5형상의 안테나전환기의 필렛 용접부는 Fig. 6와 같이 ES안테나 외부 하중에 대한 응력이 가장 많이 작용하게 되며, 오랜시간 운용을 한다면 구조적으로 취약한 단점을 가지고 있다.

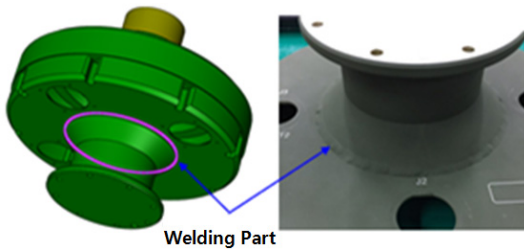


Fig. 5. Welding Part of antenna switching module

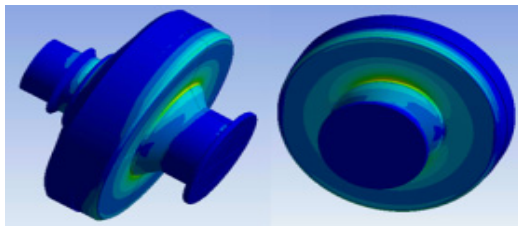


Fig. 6. Stress of antenna switching module

특히, 하부하우징조립체의 필렛 용접부는 Fig. 7, Fig. 8 과 같이 하부지지대가 하우징하부용에 삽입된 상태에서 필렛 용접이 이루어지는 부분으로 해당 삽입부의 전체 조립면을 완전 용융시켜 용접을 할 수 없는 구조로, 용접이 되지 않은 조립면은 외부 외력에 의해 유동이 발생할 수 있는 구조이다.

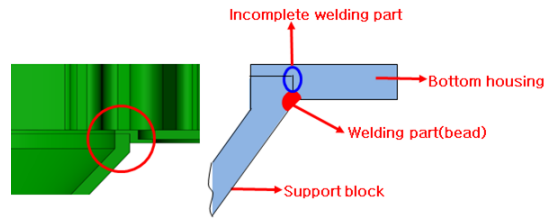


Fig. 7. Structure of welding part

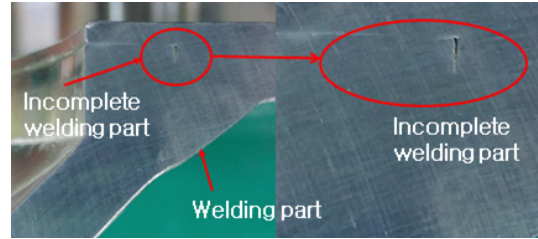


Fig. 8. Section of welding part

## 2.3 동절기 상고대 결빙에 의한 영향성 분석

산 정상에서 ES장비가 운용되므로 안테나에는 풍하중이 작용하며, 이것은 안테나전환기의 구조강도에 영향을 미치는 고려요소이다. 산 정상 고지대에 설치된 ES안테나는 산 아래에서 받을 수 있는 풍하중 보다 더 크게 풍하중을 받을 것이다. 왜냐하면, 강한풍속의 영향과 상고대에 의한 안테나 결빙현상으로 안테나에 작용하는 풍하중 및 중량이 증가하게 되기 때문이다. Fig. 9는 안테나에 상고대가 결빙된 상태로 운용되고 있는 모습으로 ES안테나 전체에 5cm 정도의 상고대 결빙이 발생한 모습이다.

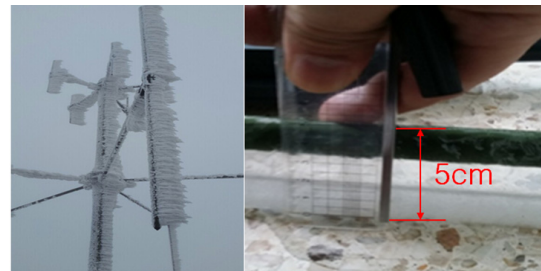


Fig. 9. Freezing of antenna

ES안테나 풍하중은 식 (1)과 같이 표현할 수 있다[6].

$$F = \frac{1}{2} \times C_d \times \rho \times V_0^2 \times A \quad (1)$$

위 식에서  $F$ 는 풍하중,  $C_d$ 는 형상계수,  $\rho$ 는 공기밀도,  $V_0$ 는 기본풍속을 의미하며,  $A$ 는 풍향에 수직인 단면적을 뜻한다. ES안테나에 작용하는 풍하중은 상고대가 없을 경우와 상고대가 있을 경우 각각에 대하여 Table. 1의 값들을 적용하여 산출하였다. 산출된 결과를 확인하면, 상고대가 있을 경우 ES안테나에 작용하는 풍하중(41.3 kg)이 상고대가 없을 경우의 풍하중(13.4 kg)보다 3.1배 증가하였다. 지금 현재의 안테나전환기 처럼 완전 용입이 불가능한 용접구조에서는 풍하중의 증가요소는 하부지대과 하우징하부의 용접되지 않은 조립면의 유동을 심화시킬 수 있는 원인으로 작용할 수 있으며, 이러한 요인으로 Fig. 10과 같이 용접부의 Crack을 유발할 수 있을 것이다. Crack은 장비의 운용안전에 영향을 줄수 있으며, 지속적으로 진행된다면 장비의 파손을 가져올 수 있고, 운용불가상태를 야기시킬 수도 있다. 육군의 군수품은 짧게는 20년 길게는 50년까지도 사용하는 특성상 내구성과 신뢰성이 많이 요구되는 특징이 있다.

Table 1. Symbol and value

Symbol	Value
$A$ (Area, $m^2$ )	Refer to Table. 2
$\rho$ (Air density, $kg/m^3$ )	1.225
$V_0$ (Wind velocity, $m/s$ )	15
$C_d$ (Drag factor)	1.2

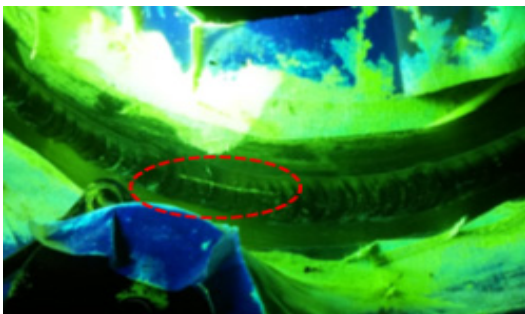


Fig. 10. Crack of welding part

ES장비는 HF안테나, UHF 5개의 안테나, VHF 5개의 안테나가 센터폴을 중심으로 구성되어 있으며, 안테나 소자와 LNA 케이스, ARM 소자로 Table. 2와 같이 복잡하게 구성되어 있다.

Table 2. Projected area of antenna

Group		Without hard rime, area ( $A$ ) ( $m^2$ )	With hard rime, area ( $A$ ) ( $m^2$ )
VHF 1	Element	0.012	0.049
	LNA case	0.019	0.028
	ARM	0.031	0.093
VHF 2	Element	0.012	0.049
	LNA case	0.006	0.028
	ARM	0.01	0.093
VHF 3	Element	0.012	0.049
	LNA case	0.016	0.028
	ARM	0.025	0.093
VHF 4	Element	0.012	0.049
	LNA case	0.016	0.028
	ARM	0.025	0.093
VHF 5	Element	0.012	0.049
	LNA case	0.006	0.028
	ARM	0.01	0.093
UHF 1	Element	0.004	0.016
	LNA case	0.019	0.028
	ARM	0.031	0.093
UHF 2	Element	0.004	0.016
	LNA case	0.006	0.028
	ARM	0.003	0.093
UHF 3	Element	0.004	0.016
	LNA case	0.016	0.028
	ARM	0.007	0.093
UHF 4	Element	0.004	0.016
	LNA case	0.016	0.028
	ARM	0.007	0.093
UHF 5	Element	0.004	0.016
	LNA case	0.006	0.028
	ARM	0.003	0.026
HF antenna	Loop ant 1	0.02	0.069
	Loop ant 2	0.014	0.049
	Cross block	0.018	0.031
	Terminal block	0.022	0.031
Center pole	VHF center pole	0.094	0.151
	UHF enter pole	0.116	0.186
	HF center pole	0.042	0.067

운용환경에서 상고대가 발생했을 때 안테나의 무게증가를 분석하기 위해 식 (2)를 적용하여 하중 증가량을 분석하였다.

$$W = V \times S \tag{2}$$

식 (2)에서  $W$ 는 상고대 중량이고,  $V$ 는 ES안테나 각 부품의 상고대 두께 5 cm를 가정하였을 때의 상고대 부피이며,  $S$ 는 얼음의 비중으로 0.917로 설정하였다. 상고대 두께 5 cm를 고려하였을 때의 부피와 상고대에 의한 무게 증가는 Table. 3와 같이 약 22 kg 정도 증가하는 것을 확인하였다.

Table 3. Volume and weight of Hard rime

Group	Place of hard rime	Volume (cm <sup>3</sup> )	Weight (kg)
1	VHF #1~#5 ARM	1538.75	1.41
2	VHF #1~#5	644.8	1.18
3	UHF #1~#5 ARM	244.8	0.22
4	UHF element #1~#5	413.75	0.76
5	UHF center pole	6042.4	5.54
6	VHF center pole	4150.0	3.80
7	HF center pole	1792.8	1.64
8	HF loop antenna	700.0	2.57
9	HF antenna element	685.0	0.63
10	LNA case	397.85	3.65
11	Terminal block	901.0	0.83
Total	-	-	22.23

### 2.4 안테나전환기 구조개선 필요성

기존 안테나전환기의 구조는 완전 용입이 불가능한 용접구조로 되어있으며, ES안테나에 작용하는 지속적인 외력에 의해 내부 용접되지 않은 조립면의 유동이 발생할 수 있다. 이러한 조립면의 유동으로 내부 용접부 Crack이 발생할 수 있으며, 동절기 상고대의 영향으로 ES안테나 하중 및 풍하중이 증가하여 용접부의 파손 위험이 증가하게 된다. 그러므로 동절기의 풍하중이 집중되고 상고대가 발생하는 ES장비의 운용환경을 고려할 때 최소 20년 이상의 장기적인 운용을 위해서는 안테나 전환기의 구조개선이 필요하다.

### 3. 안테나전환기 구조개선 방안

본 장에서는 ES장비가 고지대에서 운용 시 발생할 수 있는 풍하중 및 중량의 증가를 고려한 새로운 안테나전환기 설계방안을 제시하고자 한다. 그러나 본 논문에서는 군 운용 및 장비 획득체계의 특성상 기존의 안테나전환기를 개선하여 활용할 수 있는 방안으로 제안하였고, 비용 효율의 최적화 관점에서 구현한 형상은 Fig. 11에서 확인할 수 있으며 상세내용은 다음과 같다.

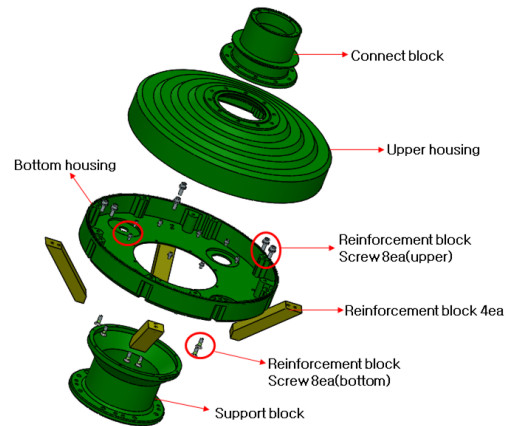


Fig. 11. Improved structure of antenna switching module

#### 3.1 미용접 조립면 보완

조립면의 유동 가능성을 제거하기 위해 Table. 4와 같이 하우징하부용과 지지대하부용 조립 시 필렛 용접 공정 외 나사 체결 구조를 추가하였다.

Table 4. Current structure & improved structure (1)

Explanation of structure	Current structure	Improved structure
Additional screw structure		
Additional chamfer of welding part		
Move the figures for large bead		


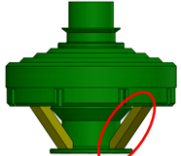
또한 필렛용접 시 Groove 홈을 확대하여, 기존보다 좀 더 깊은 용입이 될 수 있도록 용접부를 수정하였으며, 이로 인한 용접비드 확대로 외부 조각문자 간섭이 발생할 수 있어 용접비드 근접부에 위치의 조각문자를 이동 각인하였다.



### 3.2 상고대 영향성 고려한 구조강도 보완

상고대로 인한 풍하중 및 안테나 하중 등의 예상하지 못한 운용환경으로 발생할 수 있는 안테나 외력 증가 요인으로부터 안테나전환기의 구조적 안정성을 확보하기 위해 Table. 5와 같이 안테나전환기 외부에 보강블럭을 4개소를 추가 장착하여 설계 안전율을 높이는 것으로 설계하였다.

Table 5. Current structure & improved structure (2)

Explanation of structure	Current structure	Improved structure
Additional reinforcement block (4ea)		

## 4. 실험 및 고찰

### 4.1 시뮬레이션 결과

#### 4.1.1 해석조건

시뮬레이션은 Fig. 12와 같이 바람에 의해 안테나에 작용하는 하중(13.2kg) 보다 안테나 설치 시 작용되는 하중이 안테나 용접부에 미치는 영향이 크므로 설치 시 작용하는 하중(80kg)이 무게중심에 작용하는 것으로 가정하였다.

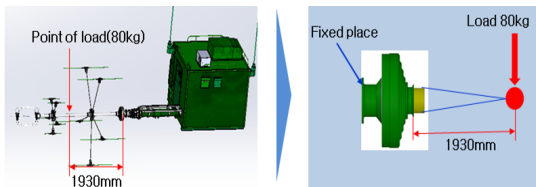


Fig. 12. Modeling of simulation

안테나전환기 및 ES안테나 형상은 전체 형상을 모델링하지 않고 해석에 관심이 있는 부분인 안테나전환기 모델링으로 등가화하여 해석을 수행 하였다. 해석방법은 구조해석에서 널리 사용되고 있는 FEM(Finite element method) 해석 방식을 적용한 해석 프로그램인 Ansys workbench 15.0을 적용하여 해석을 수행하였다[7].

#### 4.1.2 해석결과

구조개선 된 안테나전환기의 경우 기존 용접부 최대 응력 211 Mpa이 보강 블록부에 의한 하중 분산효과로 7 Mpa로 줄어들었고, 구조개선을 위해 추가 장착된 보강 블록부에 작용하는 최대응력은 24 Mpa로 확인되었다. 안테나전환기의 용접부위는 기존 안테나전환기 대비 3% 정도의 응력이 작용하는 것을 확인하였으며, 설계안정성을 확인하기 위해 알루미늄 인장강도(295 Mpa) 기준으로 각 부위에 작용하는 안전율을 수식 (3)으로 계산 하였다. 개선 전 안테나전환기의 안전율은 1.4, 나사체결 구조 및 용접부 모따기를 실시한 안테나전환기의 안전율은 2.5, 보강블럭을 추가한 안테나전환기의 용접부와 보강블럭부의 안전율은 각 42.3, 12.3으로 확인되었다. 운용환경과 상고대의 영향 등을 고려하여 설계안전율을 Unwin의 경험적 안전율[8]중 연한 금속의 양진 반복하중을 적용한 안전율 8을 기준으로 확인하였을 때 개선된 안테나전환기의 용접부 및 보강블럭부 안전율은 기존 안전율 보다 각 5.3배, 1.5배의 높은 안전율을 확보하고 있으며, 용접부의 안전율은 기존 안테나전환기 구조 보다 약 30배 정도 증가하였으므로, 충분한 구조적 안전성을 확보한 것으로 검토되었다.

$$S = \sigma_t \times \sigma_a \quad (3)$$

여기서, 안전율은  $S$ , 재료의 인장강도는  $\sigma_t$ , 허용응력은  $\sigma_a$ 이다.

개선 전 안테나전환기의 해석결과는 Fig. 13과 같으며, Fig. 14는 미용접부 조립면 유동을 제거하기 위해 나사 체결구조 및 용접부 깊은 용입을 위한 용접부 모따기를 적용하였을 경우의 구조강도 해석결과이다. Fig. 15는 용접부 유동을 제거하기 위해 개선내용과 보강블럭 4개소를 추가한 최종 안테나전환기 형상의 구조강도 해석결과이다.

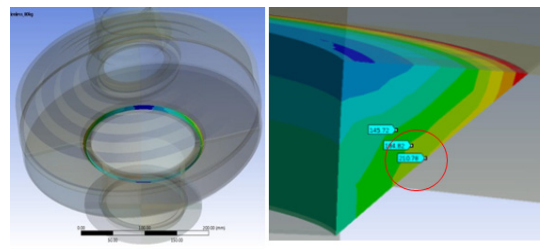


Fig. 13. Result of simulation (current structure)

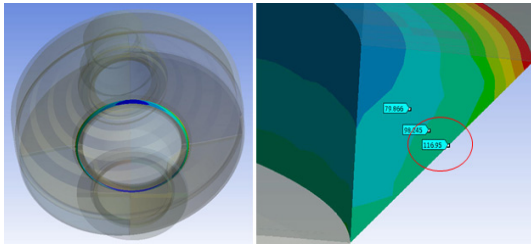


Fig. 14. Result of simulation (improved structure (1))

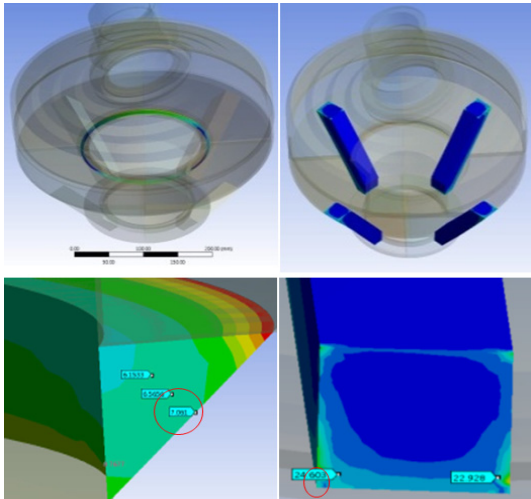


Fig. 15. Result of simulation (improved structure (2))

#### 4.2 시험을 통한 검증

제안하는 안테나전환기에 대해 시뮬레이션 결과 검토와 실제 구조개선 정도를 비교검토하기 위해 Fig.16, Fig.17과 같이 하중시험 모델을 적용하여 하중시험을 수행하였다. 이때 관심 부위인 안테나전환기 용접부위와 보강블럭 부위에 스트레인게이지를 부착하여 하중에 따른 응력 데이터를 측정하여 개선 전·후의 구조강도를 비교하였다.

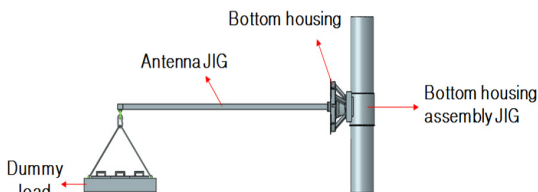


Fig. 16. Model of load test



Fig. 17. Application of load test model

하중시험 결과 Table. 6와 Fig. 18과 같이 안테나전환기 개선 전 형상의 경우 인가하중 80 kg 부위에서 응력 196 Mpa이 측정되었으며, 95 kg 정도에서 변형이 발생하는 것을 확인하였다. 개선 후 형상의 경우 인가하중 80 kg부위에서 용접부의 경우 0.6 Mpa, 보강블럭 부위는 47.6 Mpa 정도로 측정되었다. 개선 후 형상의 경우 하중시험을 181 kg까지 진행한 결과 용접부의 경우 3.7 Mpa, 보강블럭 부위는 64.4 Mpa 정도가 측정되었다. 실험을 통하여 확인한 개선 후 안테나전환기의 용접부와 보강 블럭부에 대한 응력 분포가 실제 시뮬레이션 결과와 유사하게 나온 것을 확인하였으며, 하중시험 결과 기존 형상에 비해 개선 후 형상의 하중지지 능력이 향상된 것을 확인하였다.

Table 6. Measured data of Strain gauge

Current structure		Improved structure		
Load (kg)	Welding part (Mpa)	Load (kg)	Reinforcement block (Mpa)	Welding part (Mpa)
2	11.2	26.6	0.0689	0.2756
4	17.7	37	4.2718	0.3445
6	39.35	48	1.5847	0.4823
18	70.9	60	6.8211	0.7579
29	92.6	71	35.8969	0.8957
40	114	82	47.2654	0.6201
51	134	93	48.5056	0.4823

62	154.3	104	58.0138	0.6201
73	174.8	115	59.8741	0.3445
84	196.3	126	60.2186	0.4134
95	218.7	137	60.8387	0.4823
106	140	148	60.9076	0.4134
117	99.2	159	61.4588	1.8603
		170	63.3191	3.1005
		181	64.4215	3.7206

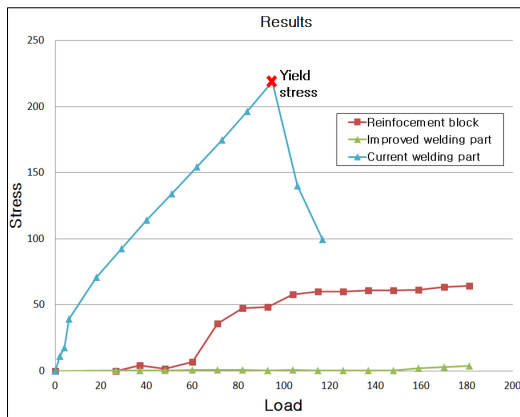


Fig. 18. Graph of measured data

## 5. 결론

본 논문에서는 우리나라 육군용 통신전자전 ES장비의 안테나 지지구조물인 안테나전환기의 구조분석을 통해 용접구조의 문제점과 동절기 운용시 발생하는 상고대에 의한 영향성을 파악하고 안테나전환기의 구조개선에 대하여 제안하였다.

안테나전환기의 용접방식의 변경과 보강 블록부를 통하여 개선된 구조를 시뮬레이션하고 하중시험을 통해 안테나전환기의 구조개선 타당성을 검증하였다. 연한 금속의 양진 반복하중을 적용한 안전율 8을 기준으로 확인하였을 때 시뮬레이션 결과 개선된 안테나전환기 용접부 및 보강블록부의 안전율은 기준 보다 각 5.3배, 1.5배의 높은 안전율을 확보한 것으로 확인되었다. 시제품에 대한 하중시험을 181 kg까지 진행한 결과 용접부의 경우 3.7 Mpa, 보강블록 부위는 64.4 Mpa 정도가 측정되었다. 이것은 시뮬레이션 결과와 유사한 것으로 제안한 안테나전환기의 하중지지 능력이 기존보다 향상된 것으로 판단된다.

향후 지상전술전자전장비는 NCW를 고려한 다양한 플랫폼으로 발전할 것이며, 탐지 대상신호의 다변화가

예상된다. 이를 위한 기구적 견고성을 위해서는 소형·경량화 등의 최신기술을 지속적으로 발전시켜 미래 전자 지원장비를 준비할 필요가 있다.

## References

- [1] G. H. Baek, B. N. Lee, "The Role of NCW and Information · Electronic Warfare", *The Science & Technology*, Vol. 495, pp. 55-61, 2010.
- [2] S. W. Kim, "A Report on the Initial Production Quality Assurance Activities for Countermeasures Set(TLQ-201K)", *Defense Agency for Technology and Quality*, DTaQ-13-3619-Q, 2013.
- [3] S. W. Kim, H. C. Chin, J. I. Choi, "The Report on Quality Improvement for TLQ-200K/201K", *Defense Agency for Technology and Quality*, DTaQ-16-5044-Q, 2016.
- [4] J. H. Kim et al, "Experimental Performance Evaluation on V-shaped Butt Welding Using GMA Welding Double Wire Reel and Remote Control Torch Welding Technique", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 16, No. 2 pp. 1339-1347, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.2.1339>
- [5] G. O. Eom, "Practical Welding Engineering," gerund, pp. 2-3, 226, 321-323, 1978.
- [6] Y. W. Kim et al, "Stress Analysis on a Structure of Solar Tracker Subjected to Wind Load", *Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, Vol. 21, No. 5, pp. 747-754, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.7735/ksmte.2012.21.5.747>
- [7] Tsne, ANSYSWorkbench Tutorial, Seoul, pp. 20-25, 2010.
- [8] W. S. Joo et al, "Mechanical Design", *Hakjin Books*, Seoul, pp. 31-32, 2011.

김 승 우(Seung-Woo Kim)

[정회원]



- 2003년 2월 : 부산대학교 전자공학과 (전자공학석사)
- 2013년 8월 : 부산대학교 전자공학과 (전자공학박사)
- 2003년 4월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>

안테나, 전자전장비, 신뢰성공학



**이 강 호(Kang-Ho Lee)**

**[정회원]**



- 2005년 2월 : 한국해양대학교 기계공학과(학사)
- 2004년 11월 ~ 현재 : LIG 넥스원 생산기술연구소 기계기술팀 수석연구원

<관심분야>  
구조설계, 구조해석

**진 희 철(Hui-cheol Chin)**

**[정회원]**

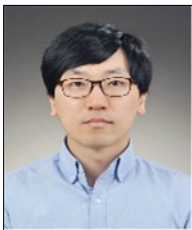


- 2008년 2월 : 부산대학교 전자전기통신공학전공 (학사)
- 2014년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학부 (전자장 및 초고주파박사)
- 2014년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>  
전자파 수치해석, RCS, EMP, 안테나, 전자전장비

**최 재 인(Jae-In Choi)**

**[정회원]**



- 2008년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2015년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2015년 9월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>  
정보통신, 전자전