

구난장갑차 윈치 마운트의 안전을 향상을 위한 구조설계 연구

류정민^{*,#}, 박경철^{*}, 강태우^{*}

^{*}국방기술품질원

A Study on the Structural Design for Safety Improvement of the Winch Mount of an Armored Recovery Vehicle

^{*,#}Jeong-Min Ryu, ^{*}Kyung-Chul Park, ^{*}Tae-Woo Kang

^{*}Defense Agency for Technology and Quality

(Received 16 July 2016; received in revised form 25 October 2016; accepted 23 November 2016)

ABSTRACT

In this paper, we studied the structural design for safety improvement of the winch mount of the armored recovery vehicle. From the finite element analysis using the safety factor of the original winch mount, the results determined that the safety factor was very low, namely 1.14 at -15° when towing the maximum force. For considering the usage and safety, the safety factor needs to increase to between 1.4 and 1.6. To improve the safety factor, a re-design, such as shape modification and strengthening the welded zone, was performed. After the improvement of the structural design, the safety factor of the improved mount was calculated at 1.78, an increase of about 56.1% from that of the original mount.

Key Words : Armored Recovery Vehicle(구난장갑차), Winch(윈치), Mount(마운트), Finite Element Analysis(유한요소해석)

1. 서 론

구난장갑차는 기동 불가능한 장비를 구난하거나 정비지원하기 위해 설계된 차량으로, 용도 특성상 차체에 장비 권양을 위한 윈치와 인양을 위한 크레인, 그리고 정비지원을 위한 공구류 등이 탑재되어 있다. 이 중 윈치는 캡스탠(Capstan) 타입으로 차체 후방에 탑재되어, 다른 전투차량이 임무수행 중 언

덕이나 경사지에서 낙하하여 파손되거나 습지에 빠져 기동불능상태로 자력 탈출이 불가능한 경우 신속하고 안전하게 끌어 올리는 역할을 한다. 이를 위한 선제조건으로 피구난 대상 장비의 중량보다 등급 또는 그 이상의 자체 중량을 확보해야 하며, 경사지 견인, 궤도 잠김상태, 습지, 지면상태 등 구난 상황에 따라 높은 견인능력을 필요로 한다.^[1]

현재 운용 중인 구난장갑차의 윈치 조립체는 윈치와 윈치마운트로 구성되며, 이는 그림 1에 나타내었다. 윈치는 최대 견인력이 25톤급으로, 그림 2와 같이 차체 바닥면을 기준으로 최소 -15° 에서 최

Corresponding Author : jmryu@dtq.re.kr

Tel: +82-55-279-4124, Fax: +82-55-279-4780

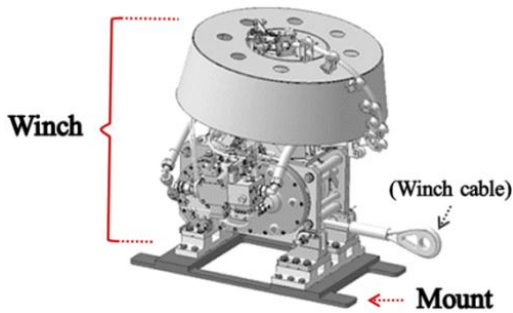


Fig. 1 Schematics of winch assembly

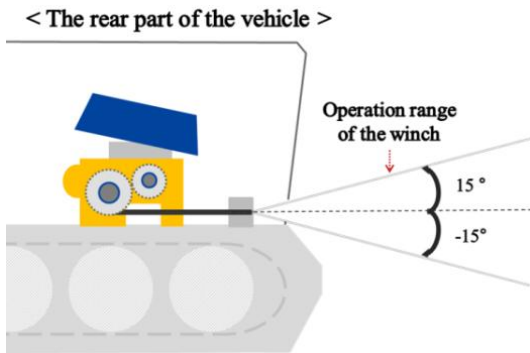


Fig. 2 The operation range of the winch

대 +15° 내의 범위에서 운용된다. 구조적인 관점에서 윈치는 원활한 운용을 위해 1차적으로 마운트에 볼트로 체결되어 있으며, 마운트는 윈치 운용 시 발생하는 반발력을 해소시킬 수 있는 지지력을 확보하기 위해 차체에 접합되어 있다.

하지만 최대 중량물 견인 시 각 운용 각도별 윈치 마운트의 안전율을 구조 해석한 결과, 15°에서 안전율이 1.14로 다소 낮음을 확인하였다. 구조 설계 시, 일반적인 구조물의 안전율을 1.4~1.6 정도로 설계하는 점으로 미루어 보아 이와 같은 윈치 마운트는 안전율 개선이 요구되었다. 안전율 향상에 대한 구조개선 검토결과, 기존 마운트에 가공 구멍 추가를 통한 형상 변경과 신규 보강대 및 용접 블록 추가를 통한 용접부 강도개선을 통해 안전율 향상이 가능할 것으로 판단되었다.

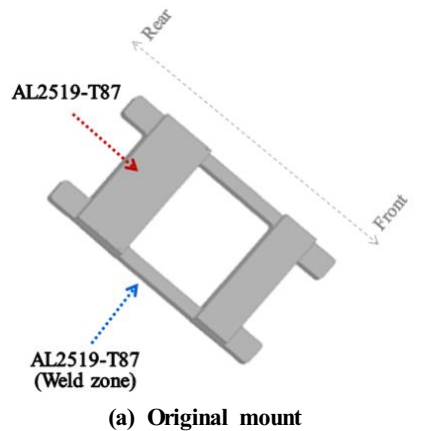
이에 본 연구에서는 윈치 마운트의 형상 변경 및 용접부 강도 개선을 통해 안전율 향상시키고자 하였다. 또한, 개선된 윈치 마운트에 대한 구조 해석

및 입증 시험을 통해 구조설계 개선의 타당성 및 유효성을 평가하고자 하였다.

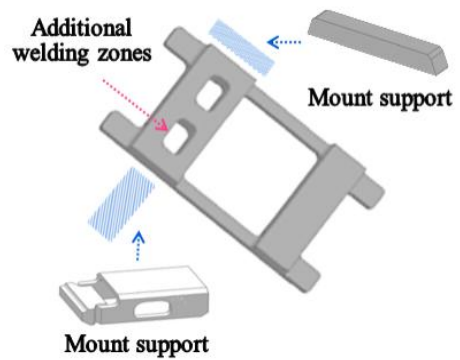
2. 구조 설계 개선 및 구조해석

2.1 구조 설계 개선

그림 3의 (a)와 (b)는 개선 전·후의 윈치 마운트 형상을 나타낸다. 그림 3 (a)의 기존 마운트는 사다리 형상으로, 뒤쪽 부분은 차체 후방측에 접합되며, 앞쪽 부분은 차체 전방측에 접합된다. 그림 3 (b)의 개선된 마운트는 후방측에 추가 구멍 가공을 통해 용접량을 증가시켰으며, 또한 용접 강도 개선을 위한 신규 보강대 및 용접 블록을 추가하였다.



(a) Original mount



(b) Improved mount

Fig. 3 Shapes of studied mount

Table 1 Material property of the mount

Material Standard	Yield Strength (Kgf/mm ²)	Tensile Strength (Kgf/mm ²)
AL2519-T87	40	47
AL2519-T87 (Weld Zone)	17	27

2.2 구조해석 모델링 및 시험 조건

유한요소해석에서 정확한 입력 데이터를 제공하기 위해 범용유한요소 해석 프로그램인 Nastran FX를 이용하여 실제 형상과 흡사하게 3차원 적으로 모델링하였다. 해석에 사용된 메쉬 노드(Node) 수와 요소(Element) 수는 각각 62,196개, 186,000개이며, 해석에 사용된 소재는 AL2519-T87 합금으로 원소재 및 용접부에 대한 기계적 물성치는 표 1에 정리하였다.

구조해석은 기존 마운트와 개선한 마운트에 대해 윈치의 실제 운용 각도 범위인 -15°, 0°, +15°에서 실시하였으며, 구속조건으로는 바닥면 엣지(Edge)를 고정구속 하였고, 하중조건으로는 윈치 볼트부에 27톤의 하중을 부여하였다.

3. 구조해석 시험 및 결과

기존 마운트와 개선한 마운트에 대해 -15°, 0°, +15°의 각도에서 최대 견인력이 가해졌을 때의 구조해석 결과를 표 2에 나타내었다. 이 때 가해지는 최대 응력과 안전율을 대한 정량적인 값은 표 3과 같다.

표 2의 최대 견인 시 부하되는 최대 응력 및 안전율에 대한 정략적 데이터를 살펴보면, 기존 마운트에 가해지는 응력은 -15°에서 13.04 Kgf/mm², 0°에서 9.99 Kgf/mm², +15°에서 14.94 Kgf/mm²로 AL2519-T87소재의 용접부 항복강도(17Kgf/mm²) 보다 약간 낮았으며, 특히 운용각도가 +15°일 때는 안전율이 1.14로 산출되어, 구조적으로 매우 취약한

것으로 판단되었다. 따라서 윈치를 +15°의 운용각도로 지속 운용할 경우 윈치 마운트가 피로누적에 의해 파손될 가능성이 높을 것으로 사료된다.

이에 반해 개선된 마운트에 가해지는 최대응력은 -15°에서 9.57Kgf/mm², 0°에서 7.35Kgf/mm², +15°에서 8.18Kgf/mm²로 감소하였으며, 최소 안전율 또한 1.78로 증가하였음을 확인할 수 있다. 각 운용각도별 기존 마운트 대비 개선된 마운트의 안전율 비율을 계산한 결과, -15°에서는 36.9%, 0°에서는 35.9%, 15°에서는 82.5%가 향상되었으며, 개선 전·후 마운트의 전 운용범위에서 살펴보면 안전율이 1.14에서 1.78로 56.1% 향상되었다. 이로부터, 마운트의 용접부 추가 및 형상변경을 통해 구조적 안전성이 개선되었음을 확인할 수 있다.

표 3에서는 최대응력이 개선 전·후 마운트 공통적으로 좌우측 구분 없이 후방 용접부에서 발생한 것을 확인할 수 있다. 이는 구조 및 운용 특성상 마운트 후방측면이 중량물과 가장 가깝게 위치하여, 해당 부위에 부하가 집중되어 응력집중현상이 발생한 것으로 판단된다. 반면 최대응력 발생 부위의 좌우측을 구분할 경우, 개선한 마운트에서는 최대응력이 세 개의 운용각도 모두 후방 좌측 추가 보강대에서 발생한 것을 확인할 수 있다. 용접부 보강을 위한 구멍 추가와 신규 블록 추가 등에 의해 운용 각도가 변하더라도 동일한 영역에 불균형적인 고응력이 발생한 것으로 보인다. 특히, 운용각도가 +15°와 -15°일 때 최대응력 발생부위는 기존의 마운트와 개선된 마운트간 차이가 거의 없는 것을 확인할 수 있다. 이로부터 마운트 및 차체와 추가로 용접된 좌측 보강대간의 접촉면적이 우측 보강대간의 접촉면적 보다 작은 관계로, 여전히 불균형적인 응력이 작용하여 개선된 마운트에서도 기존 마운트에서 발생한 최대응력의 위치와 유사하게 나타난 것으로 보인다.

표 3의 결과로부터 각각의 운용 각도에서 마운트에 발생하는 응력분포를 해석한 결과, 기존 마운트의 경우 응력이 운용각도가 +15°일 때 마운트 전방측에, 0°에서는 마운트 전후방측에, -15°에서는 마운트 실제 견인작업 상황에서 마운트 개선사항에 대한 타당성 및 유효성 평가를 위해 그림 4와 같이 실제 입증시험을 실시하였다.

Table 2 The maximum stresses and the safety factors of the winch mounts

Angle	Original Mount		Improved Mount		Increasing in Safety factor(%)
	Maximum stress (Kgf/mm ²)	Safety factor	Maximum stress (Kgf/mm ²)	Safety factor	
15°	14.94	1.14	8.18	2.08	82.5
0°	9.99	1.70	7.35	2.31	35.9
-15°	13.04	1.30	9.57	1.78	36.9

Table 3 The stress distribution of the winch mounts

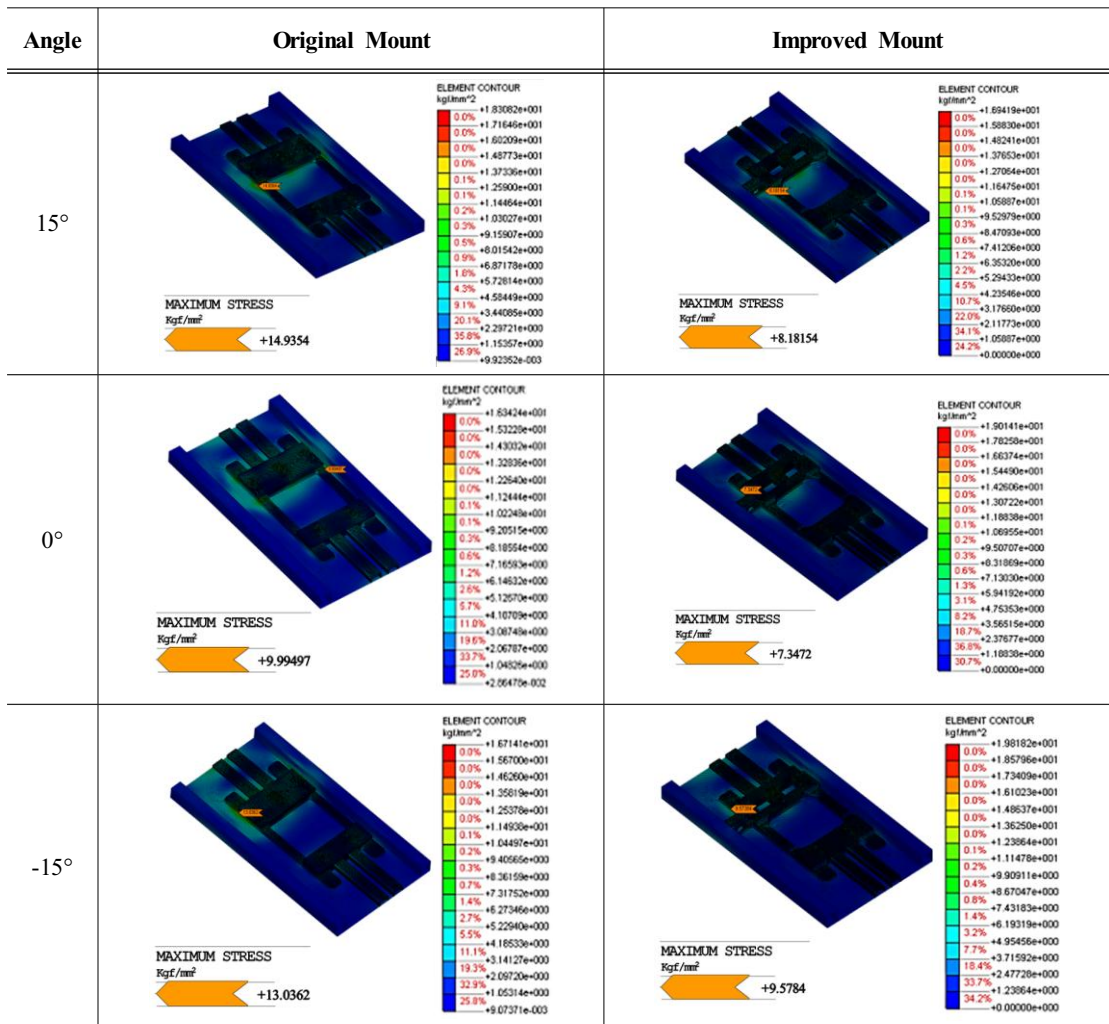




Fig. 4 Winch operation test

개선한 윈치 마운트를 탑재한 차량으로 27톤의 하중에 대한 견인력 시험을 수행한 결과, 규격범위 내에서 안정적인 권양작업을 수행할 수 있었고, 윈치 마운트 구조 설계 개선에 대한 효과성을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 구난장갑차 윈치 마운트의 형상 변경 및 용접부 강도개선 등을 통해 구조물 안전을 향상에 대한 설계개선을 실시하고자 하였다. 이를 위해 기존 마운트와 개선된 마운트에 대한 유한요소해석을 실시하였으며, 구조해석 결과를 바탕으로 입증 시험을 실시함으로써 구조설계 개선의 타당성을 확인하였다. 이에 대한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- 1) 용접부의 항복강도 대비 다소 낮게 산출된 안전율을 향상시키기 위해, 기존 윈치마운트에 구멍 추가(2개), 신규 보강대 및 용접 블록을 추가하는 구조 설계 개선을 실시하였다.
- 2) 윈치 운용범위($\pm 15^\circ$) 내에서, 구조해석을 실시한 결과 기존 마운트의 안전율은 최소 1.14이며, 개선 마운트의 안전율은 최소 1.78로 확인되었다. 이로부터 구조설계 개선을 통해 안전율이 56.1% 증가하였음을 확인하였다.
- 3) 구조설계 개선에 대한 타당성을 확인하기 위해, 입증 시험을 실시하였으며 시험 결과 안정적인 권양작업이 수행된 것으로 보아 적합한 구조설계 개

선이 이루어진 것으로 판단된다.

후 기

“이 논문은 국방기술품질원의 지원을 받아 작성하였음. 청렴은 선택이 아닌 필수입니다.”

REFERENCES

1. J.W. Jung, U.H. Jung, C.S. Kim, Y.S. Yu, K.C. Park, K.C. Park, “Structural Integrity Evaluation for Crane Bracket of Armored Recovery Vehicle”, The Journal of the Korean Institute of Military Science and Technology, Vol.16, No.5, pp.653-658, 2013.
2. Hyojin Yoon, “A Study on the Failure of Reducer for the Multi-Smoke Projectile Launching System by Impact Load”, The Journal of the Korean Society of Mechanical Engineers, Vol.17, No.5, pp.1085-1090, 2015.