

## 군용차량 윈치 견인력 향상 방안 연구

신철호<sup>1\*</sup>, 윤성호<sup>1</sup>, 허광윤<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>국방기술품질원, <sup>2</sup>기아 주식회사

### Study on development of towing capacity of military vehicle

Cheol Ho Shin<sup>1\*</sup>, Seong Ho Yun<sup>1</sup>, Gwang Yun Heo<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Land Systems Center, Defense Agency for Technology and Quality(DTaQ)  
<sup>2</sup>Package Team-Special Vehicle, Kia Corporation

**요약** 군용차량은 국군의 많은 물자와 병력을 운송하고 있으며, 차량이 운행 중인 전방지역은 지형이 험한 산지의 비율이 높다. 군용차량은 산악지형이나 험로에서 차량을 구난하도록 일부 차량에 윈치(Winch)를 장착하여 운용중이다. 윈치는 차량 전방 또는 후방에 설치되어 있으며, 윈치 드럼이 로프를 감아 당김으로써 차량을 견인하고 구난하는 역할을 한다. 윈치는 차량을 험로에서 탈출하게 하는 중요한 부품이며, 차량총중량 60% 이상의 견인력이 요구된다. 본 연구는 연구대상이 되는 1¼톤 정비차량에 적용된 윈치 적용 모델이 단종됨에 따라 시작되었으며, 견인력이 더 우수한 모델의 윈치로 변경하는 과정을 다루었다. 윈치의 변경에 따라 차체가 받는 견인력이 증가하여 이를 견딜 수 있는 강건 설계를 실시하였으며, 설계안을 따라 차량을 직접 제작하여 차량의 작동성에 대한 검증을 수행하였다. 또한, 군용차량에서 엄격하게 요구하고 있는 접근각을 측정하여 검증하였다. 본 연구는 윈치의 모델 변경을 통해서 군용차량의 윈치 견인력을 향상시키고, 윈치 변경에 따른 종합적인 설계과정에서 고려해야 할 요소를 제시한 것에 의미가 있다 할 수 있다.

**Abstract** Military vehicles ride a variety of terrains. In particular, they need safety gears to drive on rough roads. Commonly, winches are used as one of the safety gears in vehicles while driving on rough roads. The military also uses vehicles installed with winches. Generally, the winches are installed at the front or rear end of the vehicles. By winding a rope in them, winches create the necessary towing force. For all practical purposes, the towing capacity of winches has to be over 60% of the vehicle's weight. In this study, the existing winches of a 1¼ ton shop van had been changed because they had a schedule for discontinued production. For these alternative winches, one particular model of the winch is selected. The towing capacity of the alternative winches improved to 115% of the vehicle's weight from a mere 75%. CAE simulation and a real test with the new winch mounted on the vehicle were conducted to test the structural integrity of the new winch. As part of the study, the approach angle of the vehicle is also tested and verified. In essence, a compatible design model for the winches is determined and verified in this study.

**Keywords** : Frame Design, Towing Capacity, CAE, Tow, Military Vehicles, Winch

---

\*Corresponding Author : Cheol Ho Shin(Defense Agency for Technology and Quality, DTaQ)  
email: ch\_shin@dtaq.re.kr

Received September 8, 2021  
Accepted November 5, 2021

Revised October 7, 2021  
Published November 30, 2021

## 1. 서론

군에서 운용중인 군용차량은 다양한 환경에서도 주행이 가능하도록 설계되었다. 차량을 개발하는 과정에서도 고속도로, 비포장길, 산악지형 등 다양한 환경조건에서 주행시험을 거친 후 개발된다. 산악지형이나 진흙길 등 험로에서는 차량이 접지력을 손실하여 바퀴의 구동력만으로는 상황을 벗어나지 못하는 경우가 발생하기도 한다. 이러한 이유로 험로를 다니는 차량은 차량자체에 윈치(Winch)가 부착되어 있거나, 윈치가 부착된 차량과 함께 작전을 수행하도록 한다. 윈치는 전기 또는 유압으로 작동되는 장치로, 회전이 가능한 드럼(Drum)에 로프가 감겨있다[1]. 자가구난은 윈치 로프를 주변 구조물에 단단히 고정시킨 후 로프를 감아서 차량을 이동시키는 방법을 이용한다. 윈치가 장착되지 않은 차량은 윈치가 장착된 차량과 연결하여 로프를 당겨 차량을 이동시키는 방법을 이용한다. 윈치는 통상적으로 60%의 경사각(30.96°)에 놓인 동급 중량의 차량 견인이 가능하도록 차량중량의 60% 이상의 견인력을 갖도록 설계한다 [2-5].

본 연구는 연구대상이 되는 1¼톤 정비차량(모델명 : K313A1, 이하 정비벤)은 기존 윈치가 모델변경 및 연식변경 없이 15년동안 장기간 생산함에 따라, 제품이 단종되어 새로운 윈치의 적용이 필요한 것에서 시작하였다. 군용차량은 개발과정이 3~5년 정도의 기간이 걸리고, 모델변경 없이 20년 이상이 생산된다. 일반 승용차의 신규 모델이 3-5년 정도에 한번 씩 새롭게 개발되는 것과는 대조적이라 할 수 있다. 이에 따라, 군용차는 생산기간 후반기로 갈수록 일부 부품의 단종이 발생하고, 새로운 부품을 적용하는 것이 필요하다. 본 연구는 부품단종으로 인하여 새로운 윈치를 적용하는 것에 대하여 다루었으며 컴퓨터를 이용한 설계이후, CAE 해석과 실제 시험을 통하여 설계 모델을 제시하였다.

## 2. 본론

정비벤은 윈치가 장착되는 모델과 미장착 모델 두 가지로 구분하여 생산하고 있다. 윈치가 장착되는 차량의 경우에는 Fig. 1과 같이 차량 전방에 윈치가 설치되어 있으며, 차량 프레임 사이드레일(Side rail)에 윈치 장착용 브라켓을 추가하여 윈치를 장착하고 있다. 기존에 사용 중인 윈치는 3,600kgf의 견인력을 나타내었다[5]. 앞서

언급하였듯이 기존 윈치가 단종됨에 따라 새로운 모델을 탐색하였으며, 최근 개발이 완료된 소형전술차량에서 사용 중인 미국 WARN 사(社)에서 생산하는 견인력 5,400kgf의 윈치를 채용하기로 결정하였다. 연구 초기에 윈치 모델을 특정한 이유는 소형전술차량 윈치와 동일한 모델을 사용함으로써 군에서 사용 중인 윈치 모델을 단순화시키고, 정비를 원활하게 하기 위함이다. 차량 중량이 4,760kg 임을 감안하면, 중량대비 견인력은 약 75%에서 약 115%으로 향상하는 것이다[5]. 견인력이 높아져 구조물의 강건성을 확보하기 위하여 구조를 보강하였으며, 검증을 위하여 CAE(Computer aided engineering) 해석과 실제 차량 시험을 실시하였다. 변경 전 적용된 윈치는 85kg이며, 변경 후 윈치는 62kg의 중량을 가져 윈치 변경으로 인한 중량감소분을 윈치 장착부위 강도 보강을 하는데 사용할 수 있는 여유중량이 있었다. 또한, 차량의 접근각이라는 구조적 요구사항을 확인하기 위하여 실제 측정을 실시하여 차량의 성능 이상여부를 검증하였다.

윈치 변경에 따른 설계 목표 세 가지는 다음과 같았다. 첫째 차량의 공차중량의 증가가 발생되지 않을 것. 둘째, 증가된 견인력에 견디는 구조물을 설계할 것. 셋째, 차량의 요구조건인 접근각 60%를 만족할 것. 첫째와 셋째 조건은 군에서 차량 설계 당시부터 설정된 군의 요구 성능이기 때문에 반드시 지켜야 하는 사항이며, 둘째 조건은 차량의 견인력이 증가함에 따라서 구조의 안전성이 기본적으로 요구되기 때문이다[5]. 이를 위하여 설계안이 제시되었으며, 시뮬레이션과 실제 시험을 통해서 성능이 검증되었다.

### 2.1 프레임 설계

윈치의 제품변경으로 인하여 고정위치가 달라지고, 견인력 증대로 인한 주변 부품의 강도보강이 필요하였다. 강도보강과 더불어 안전율을 확보할 수 있도록 재질변경과 형상 변경을 진행하였다.

#### 2.1.1 프레임 Model 1

변경된 윈치를 장착하기 위하여 최초 제시된 설계안은 Fig. 1와 같다. 양쪽 사이드레일은 자동차 용 프레임으로 일반적으로 사용되는 자동차 구조용 열연강판(SAPH440)을 적용하였다. 구조물에 대한 검증을 위하여, Fig. 2와 같이 차량 진행방향과 나란한 방향으로 5,400kgf이 적용되는 상황과, 차량 진행방향과 15°의 각도를 이루는 두 가지 상황에 대하여 시뮬레이션을 실

시하였다[6,7]. 외력을 5,400kgf라고 정한 이유는 윈치 제조사에서 제시한 윈치의 최대 견인력이 5,400kgf이므로, 차체에 작용하는 반작용을 고려하여 최대 견인력을 설정하였다. 차량 진행 방향과 0°(평행한 방향)와 15° 각도를 이루어 상황을 설정한 것은 일반적인 윈치 작동 조건과 악의 조건을 가정한 것이다. 일반적으로, 차량의 안정성을 위하여 윈치 작동 시 15°를 넘지 않는 범위에서 로프를 견인한다.

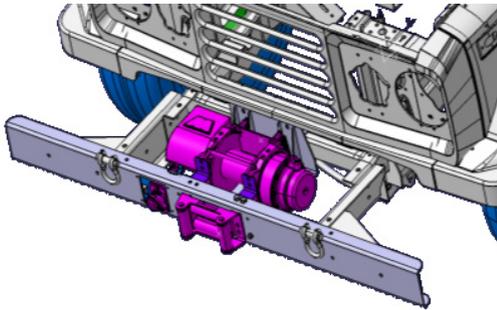


Fig. 1. Suggested winch design

자동차 구조용열연강판은 Table 1과 같이 인장강도 440MPa, 항복강도 305MPa의 기계적 성질을 가지는 재료이다. 항복안전율 1.0이상을 만족하기 위해서는 시뮬레이션 결과 모든 점에서 305MPa 이하의 응력을 보여야 한다[8]. 시뮬레이션 결과 길이방향으로 5,400kgf으로 응력을 가하는 경우에는 305MPa 이하의 응력으로 계산되었으며, 15° 각도 조건으로 응력을 가하는 경우에는 Fig 3와 같이 구조물 일부분에서 305MPa를 초과하는 응력인 339.4MPa, 362.4MPa에 해당되는 응력이 계산되었다. 이는 항복안전율 최저기준치인 1.0에 못 미치는 값으로, Model 1은 설계변경이 필요한 것으로 결론 내렸다. 또한, 윈치의 작동력이 프레임에 가해질 때는 주행방향과 평행하게(0° 조건) 하는 경우보다는 15° 각

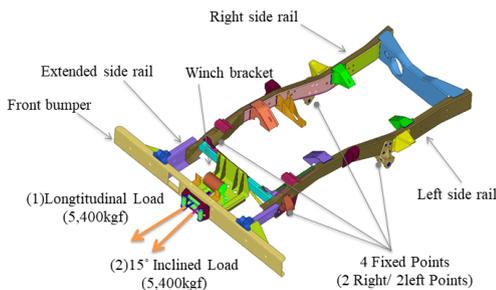
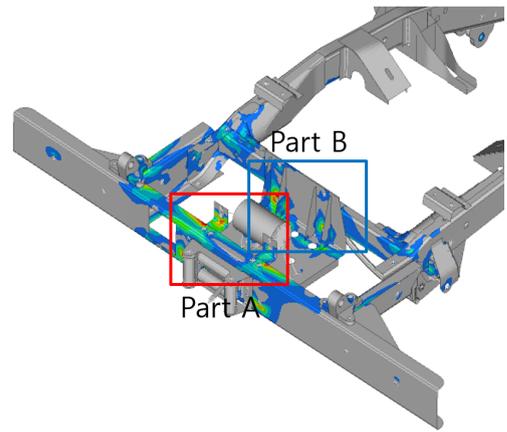
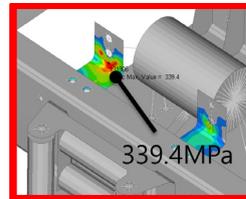


Fig. 2. Diagram of simulation

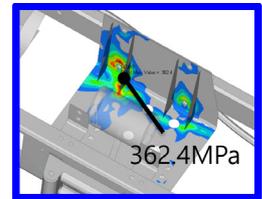
도를 이루어 외력을 가하는 경우가 보다 악조건임을 알 수 있었다.



(A)



(B)



(C)

Fig. 3. Simulation result of Model 1

- (a) Overall simulation result
- (b) Result of Part A
- (c) Result of Part B

### 2.1.2 프레임 Model 2

프레임 Model 1에서 도출된 개선사항을 해결하기 위하여 재질변경, 판재 두께변경, 보강패치 위치변경 등 다각적인 설계변경을 실시하였다. Model 2에 적용된 개선안은 Fig. 4와 같다. Model 1의 시뮬레이션을 통해서 응력이 집중되는 부분을 파악하였으며, 이 부분에 대한 집중적인 보강이 이루어졌다. 무게증가를 최소화하기 위하여 자동차구조용열연강판을 자동차구조용고강도강(ATOS, Automobile structural steel)의 한 종류인 ATOS60으로 변경하였다. 각 재료의 기계적 특성은 Table 1과 같다[9].

Table 1. Mechanical properties of Steel plate

(unit : MPa)

Steel	Tensile strength	Yield strength
SAPH440	440	305
ATOS60	590(34.1%↑)	420(37.7%↑)

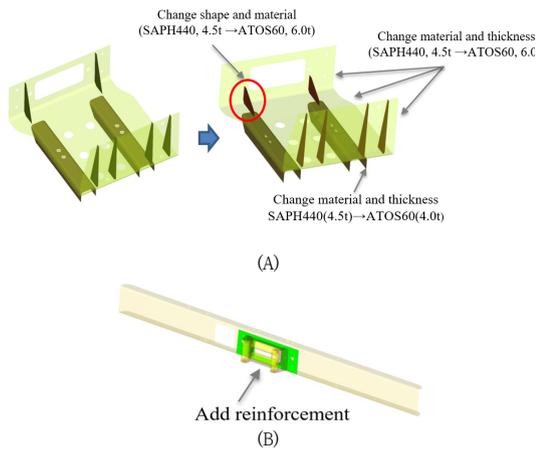


Fig. 4. Design of Model 2  
(a) Winch bracket design  
(b) Bumper design

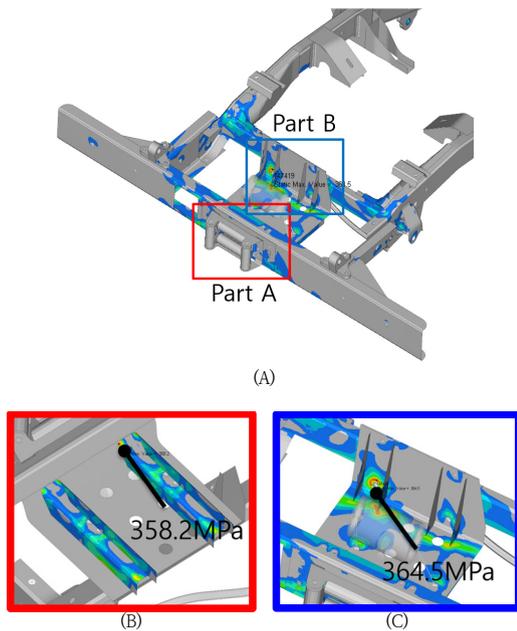


Fig. 5. Simulation result of Model 2  
(a) Overall simulation result  
(b) Result of Part A  
(c) Result of Part B

기존 SAPH440보다 ATOS60은 항복강도와 인장강도가 30%이상 높은 결과를 보여준다. 기계적 강도가 높은 재질을 사용하며, 재질의 두께를 4.5T에서 6.0T로 일부 수정하였다. 이를 검증하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 약의 조건인 15° 경사를 주어 견인력을 가한 것의 결과는 Fig. 5와 같다. 형상 및 재질 변경에도 응력은

유사한 수준을 보였으며, 재질의 항복강도 강화로 항복안전율은 최소 1.15으로 계산되었다. 응력분산을 위하여 관련된 부품의 형상을 변경하였으나, 부품에 가해지는 응력은 형상 변경에 따라 큰 변화가 없는 것이 확인되었다. 오히려 재질 변경을 통한 항복강도 향상(37.7%)으로 인한 안전을 확보가 주된 효과라고 할 수 있다. 시뮬레이션 결과를 토대로 설계안은 Model 2로 확정되었다.

## 2.2 프레임 검증시험

시뮬레이션을 통해서 안전율이 검증된 Model 2를 적용하여 실제 차량을 제작하였다. 실제차량을 제작하여 차량의 기본 성능인 3,600kgf의 견인력을 만족시키며 원치의 최대 견인력인 5,400kgf를 가하여도 프레임의 강건성과 차량시스템에 이상이 없는지를 확인하기 위한 검증과정이다. 실제 차량의 제작된 형태는 Fig. 6과 같으며 차량의 전방에 부착된 형태를 취하고 있다.



Fig. 6. Top view of installed winch

### 2.2.1 견인력 시험준비

시험을 실시하기 전 차량상태 점검 및 장비를 점검하는 과정이 필요하다. 시험을 실시 전에 프레임에 장착된 윈치 브라켓 등의 풀림이 있는지, 무부하 상태에서 윈치가 작동하는지를 확인한다.

차량의 윈치를 적용한 차량이 약 3,600kg의 중량이고, 적용된 윈치의 최대 견인력이 5,400kgf이기 때문에 견인차량과 피견인 차량이 견인과정에서 움직이지 않도록 고정시키는 것이 중요하다. 일반적인 아스팔트면에서 마찰계수가 0.7인점을 감안하면, 피견인차량은 약 8톤 이상이 필요하다. 견인차량(정비밴)은 무게증가의 한계가 있기 때문에 Fig. 7과 같이 차량 뒤편에 고중량의 차량을 연결시켜 견인차량이 견인력에 끌려나가지 않게 한다. 피견인차량이나 견인차량이 윈치의 작동력에 움직이는 경우에는 바퀴가 미끄럼마찰하는 차량의 마찰력까지만 윈치의 작동력이 측정되기 때문에, 차량이 미끄러지지 않게 하는 것이 중요한 요소라고 할 수 있다.

로프가 끊어지는 경우에는 부상 등 인명피해가 발생할 수 있기 때문에, 로프가 당겨지는 경로에 중량물을 위치시키고 중량물과 로프가 느슨하게 연결되도록 웨빙(Webbing)으로 수차례 감는다. 이는 로프가 시험 중에 끊어지더라도, 로프와 연결된 웨빙이 로프의 운동을 방해하여 사고를 예방하기 위함이다. 그럼에도 불구하고, 윈치의 로프가 끊어져서 사람이나 사물을 타격을 할 수 있기 때문에 윈치 로프 길이 범위 내에는 시험 인원을 제외하고 접근하지 못하게 해야 한다.



Fig. 7. Towing test of military vehicle

### 2.2.2 견인력 시험결과

윈치 작동력 시험은 실시간으로 견인력을 측정하는 로드셀을 통해, 결과를 얻을 수 있었다. 기존 윈치보다 가혹한 4,000kgf 이상에서 최초 견인력을 설정하여, 정비밴의 규격 요구조건인 3,600kgf의 견인력이 5분 이상 유지되는지를 시험하였다. 또한, 규격 요구조건은 아니지만 참고시험으로 최대 견인력을 적용하는 시험을 실시하였다. 최대 견인력 적용 기간은 구조물의 강도를 충분히 확인할 수 있으며, 차량과 윈치의 안전성을 고려하여 15초 이내로 제한하였다.

Table 2. Result of towing test

Test no.	Initial towing force	Average towing Force
1	4,377 kgf	4,140 kgf
2	4,291 kgf	4,157 kgf
3	4,282 kgf	4,139 kgf
4	4,104 kgf	4,014 kgf

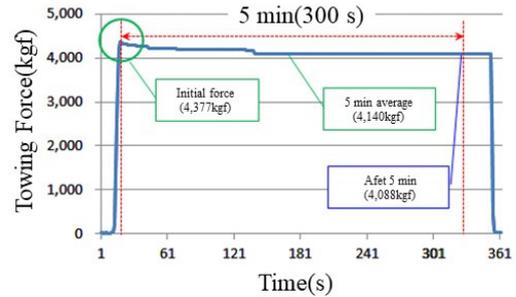


Fig. 8. Test result of towing force

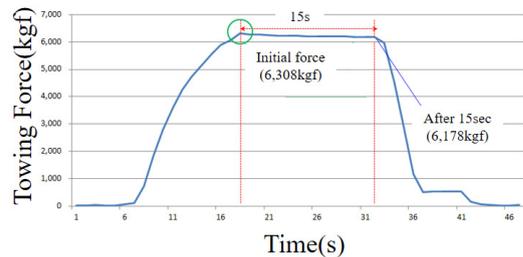


Fig. 9. Test result of maximum towing force

3,600kgf 이상의 견인력을 5분 이상 유지하는지 확인하기 위하여 4회의 반복시험을 수행하였다. 시험결과는 Table 2와 같으며, Test no.1의 상세 시험 데이터는 Fig. 8과 같다. 최초 4,377kgf로 시험을 시작하여 5분 후에는 4,088kgf의 견인력을 유지하였으며, 평균 견인력은 4,140kgf로 나타났다. 4회의 견인력 유지시험에서 차체의 변형, 균열이 나타나지 않았으며 윈치에도 별다른 과부하의 흔적은 발견되지 않았다.

최대 견인력시험은 Fig. 9와 같이 윈치 제조사에서 제시한 견인력인 5,400kgf를 초과한 6,308kgf의 견인력을 보였다. 최대 견인력 조건에서도 차체의 변형, 균열이 나타나지 않았으며, 윈치 내부 부품의 파손 등과 같이 과부하의 흔적이 발견되지 않았다.

Fig. 8과 Fig 9와 같이, 윈치의 견인력은 최초에 설정한 견인력에서 시간이 지남에 따라 점차 감소하는 형태를 보였다. 이는 견인력을 받은 차량들이 로프의 장력에 의해서 미세한 이동을 하여 나타는 결과로 추정된다.

### 2.2.3 접근각 측정 시험결과

군용차량은 민수차량보다 엄격한 접근각(Approach angle) 기준을 설정하고 있으며, 윈치를 장착하는 차량도 별도로 30°의 접근각을 규정하고 있다[5]. 윈치의 구조물의 변동으로 인하여 접근각이 변동될 수 있기 때문

에, 접근각을 측정하였다. 접근각의 측정은 Fig. 10과 같이 차량 바퀴 하단과 차량 범퍼가 이루는 접선의 각도를 의미한다[10]. 컴퓨터 모델링을 통해 접촉각을 계산할 수 있지만, 차량의 무게 변동과 타이어 눌림양 등의 변수가 작용하기 때문에 실제로 차량 상태에서 측정을 수행하였다. 차량 규격은 30°이상의 접근각을 요구하였으며, 실제 측정결과 Fig. 10과 같이 33.45°의 결과를 나타내었다. 이에 따라 접근각 기준을 만족하는 것으로 확인하였다.

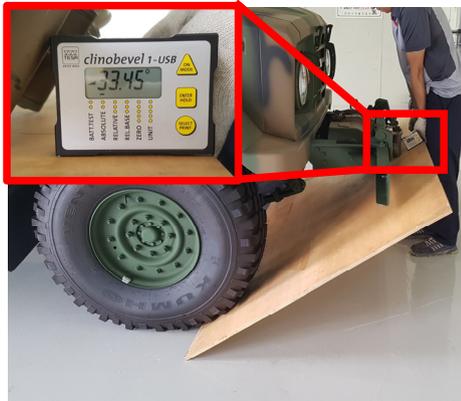


Fig. 10. Measurement of approach angle

### 3. 결론

본 논문은 연구 대상이 되는 정비밴의 기존 윈치가 단종됨에 따라 신규 윈치를 적용하는 것에 대하여 다루었다. 윈치 모델 변경에 따라 견인력이 상승하였으며, 군용 차량의 윈치를 변경하는 과정에서 견인력이 상승하는 경우 어떠한 검증과정을 거치는 지에 대하여 다루었다. 연구과정에서 자체구조물의 강도를 보강하기 위하여 형상과 재질을 변경하는 방법을 적용해 보았다. 본 연구에서는 구조물의 형상을 변경하는 방법은 시뮬레이션 결과 큰 효과를 보이지 못했으며, 구조물의 재질을 고강도 재질로 변경한 사항이 큰 효과를 보이는 것으로 나타났다. 이는 윈치를 고정하는 구조물의 형상 설계의 자유도가 높지 않기 때문에, 구조물 전반에 대한 재설계를 실시하더라도 응력이 집중되는 곳의 응력을 감소시키는 데는 한계가 있었기 때문으로 보인다. 따라서, 설계를 통한 응력 감소가 제한적인 경우에는 고강도 재료를 통한 안전을 확보가 보다 적합한 것으로 보인다.

설계안이 확정된 후에는 설계안대로 차량을 생산하였

으며, 실제 차량 조건에서 견인력 시험을 실시하였다. 견인력 시험은 시뮬레이션에서 발생하지 않은 문제점을 확인하기 위하여 실시하는 것으로, 차량 개발 시에는 필수적으로 실시해야 할 항목이다. 견인력은 5분 유지 가능한 견인력과 최대 견인력 두 가지 모드를 적용하였으며, 두 가지 모드를 시험한 결과 차량에 별다른 특이점이 발견되지 않아 규격을 만족한 것으로 판단하였다. 시간의 변화에 따른 견인력을 검토한 결과 견인력은 시간이 지남에 따라 점차 감소하는 형태를 보였다. 추가적인 성능 검증을 위하여 차량 구조 기본 성능인 접근각을 측정하였으며, 설계안의 성능 만족여부를 확인하였다.

본 연구는 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 1차 검증을 수행하였으며, 실제 차량을 제작하여 2차 검증을 수행하였다. 장기간 생산되는 군용차량에서 윈치를 변경하거나 윈치를 새롭게 장착하는 경우, 본 논문에서 수행한 연구과정이 참고가 될 수 있다는 점에서 의의가 있다 할 수 있다. 또한, 정비밴의 견인력을 향상함으로써, 군에서 운용하는 견인중량에 대한 한계선을 높였다고 볼 수 있다. 본 연구의 한계점으로는 정비밴에 적용하는 신규모델을 1개로 한정하여 견인력 개선관련 연구를 수행하였다는 점이며, 이는 군의 장비보급을 보다 단순화시키기 위한 의도가 있었음을 밝힌다.

### References

- [1] J. M. Ryu, K. C. Park, T. W. Kang, "A Study on the Structural Design for Safety Improvement of the Winch Mount of an Armored Recovery Vehicle", *The Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, Vol.21, No.1, pp.58-62, Feb. 2017  
DOI: <https://doi.org/10.14775/ksmpe.2016.16.1.058>
- [2] Land Warfare Platforms Logistics, Support & Unmanned - Family of Medium Tactical Vehicles (FMTV), Janes, 2021
- [3] Land Warfare Platforms Logistics, Support & Unmanned - Kia Motors KM1502 (88) tractor truck, Janes, 2021
- [4] Land Warfare Platforms Logistics, Support & Unmanned - Family of Medium Tactical Vehicles (FMTV), Janes, 2021
- [5] Land Warfare Platforms: Logistics, Support & Unmanned, Land Warfare Platforms: Logistics, Support & Unmanned - Kia Motors KM450 (4 π 4) 1¼ ton truck series, Janes, 2020
- [6] M. J. Kim, M. S. Song, J. T. Kim, B. S. Ryuh, "Design of winch system for safety", *Korea Academy Industrial*

Cooperation Society, Vol.20, No.5, pp.73-80, May, 2019

DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.5.73>

- [7] G. C. Lee, J. H. Park, T. Y. Nam, J. S. Choi, J. W. Park, Y. B. Lee, Y. G. Je, J. H. Lee, "Life Prediction and Stress Evaluation of Hydraulic Winch Drum by Finite Element Analysis and Experiment", *The Society of Naval Architects of Korea*, Vol.57, No.5, pp.254-261, Oct, 2020  
DOI: <https://doi.org/10.3744/SNAK.2020.57.5.254>
- [8] Robert C. Juvinall and Kurt M. Marshek, *Fundamentals of MACHINE COMPONENT DESIGN* 4th edition, p.769, Wiley, 2006, pp.251-252
- [9] KS R 3519 Hot-rolled steel plates, sheets and strip for automobile structural uses, p.10, Korean standard, 2018, pp.5
- [10] KS R 0018 Measuring method of automobile exterior dimensions, p.14, Korean standard, 2014, pp.5

허 광 윤(Gwang Yun Heo)

[정회원]



- 1992년 2월 : 전북대학교 정밀기계과 졸업
- 1992년 2월 ~ 현재 : 기아주식회사 특수차량설계팀 책임연구원

<관심분야>

군용차량 전장시스템 설계

신 철 호(Cheol Ho Shin)

[정회원]



- 2012년 2월 : 고려대학교 기계공학부 졸업
- 2014년 8월 : KAIST 기계공학과 (공학석사)
- 2014년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>

군용차량 및 일반 차량 설계/품질관리

윤 성 호(Seong Ho Yun)

[정회원]



- 2016년 2월 : 한국해양대학교 기계공학부 졸업
- 2019년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

군용차량 설계 및 품질관리