

## 한국형 전술차량 크로스멤버 강도개선에 관한 연구

김성곤\*, 김선진, 신철호, 강태우  
국방기술품질원

### A Study on Cross Member Strength Improvement of Korean Light Tactical Vehicle

Sung-Gon Kim\*, Sun-Jin Kim, Cheol-Ho Shin, Tae-Woo Kang  
Land-system Center, Defense Agency for Technology and Quality(DTaQ)

**요약** 한국형 전술차량(KLTV)의 새시는 장비 운용 특성상 경량화 설계기술을 적용한 프레임 온 바디 구조를 적용하고 있다. 군용차량은 민수차량 대비 가혹한 도로 환경에서 사용되고 있으며, 특히 경사가 가파른 산악지형에서 운용되는 경우가 많다. 이러한 장비 운용 특성으로 인해 일부 전방부대 차량에서 프레임을 구성하는 크로스멤버 용접부위에 균열이 확인되었다. 이에 본 논문에서는 균열이 발생된 부대를 포함한 다양한 운용 도로 환경 파악을 통해 노면 가혹도 분석을 실시하였다. 그 결과 일부 부대의 전술도로는 차량 개발 시 내구도 주행시험을 실시한 도로보다 약 1.6배 이상 훨씬 가혹한 조건임을 확인하였다. 또한 전술차량 프레임에 대한 설계 검토 및 고품 분석을 통해 용접부위 균열 발생 근본원인을 파악하고, 설계 및 공정개선 방안을 도출하였다. 제안된 개선안은 실차 적용을 통한 검증시험으로 효과성을 확인하였다. 아울러 내구도 주행시험에 대한 발전방향을 제시함으로써 향후 유사 차량 개발 시 참고자료로 활용할 수 있도록 하였다.

**Abstract** The chassis of the Korean light tactical vehicle adopts a frame-on-body structure that uses lightweight design technology in terms of equipment operating characteristics. Military vehicles are operated in much harsher conditions compared to civilian vehicles, including mountainous terrain, especially steep slopes. Due to this characteristic, frame-welded cracks were found on some military vehicles. Therefore, in this paper, road damage analysis was conducted by identifying various roads including the military unit's road. The result confirmed that the operating environment of some military units' tactical road was much harsher than the endurance road test condition. A solution was derived through defect analysis, design review, and actual vehicle driving test. This study can be used as a reference by suggesting the development direction for the durability test of a new vehicle.

**Keywords** : Cross Member, Korean Light Tactical Vehicle, Fame-on-Body, Road Damage Analysis, Endurance Road Test

### 1. 서론

우리 군에서 운용하고 있는 차량은 적재중량에 따라 크게 소형, 중형, 대형으로 구분할 수 있다. 최근 개발되어 운용중인 소형전술차량(LTV: Light Tactical Vehicle)은 선진화된 민수용 기술을 적용하고, 미래 전

장 환경에서 임무수행 및 병력을 보호하기 위한 고성능, 고기동성, 다목적성을 기반으로 개발되었다. 전술차량의 운용특성상 포장도로 뿐 만 아니라 비포장로, 야지로에서 주행안정성을 확보해야 한다. 이를 위해 모토코크 바디 프레임 구조가 아닌 프레임 위에 차체를 마운팅 시키는 프레임 온 바디(Frame on body) 구조를 적용하고 있다.

\*Corresponding Author : Sung-Gon Kim(DTaQ)

email: sg94.kim@dtaq.re.kr

Received August 8, 2019

Accepted December 6, 2019

Revised August 30, 2019

Published December 31, 2019

전술차량에 적용된 프레임은 사다리꼴형 프레임(Ladder Frame)으로 사이드멤버(Side Member)와 크로스멤버(Cross Member) 및 브래킷 등으로 구성되어 있다. 크로스 멤버의 경우 사이드 멤버의 비틀림을 최소화하고 차체(body) 및 엔진, 변속기 등의 주요 하중물을 지지하는 역할을 담당한다.

군에서 운용되는 전술차량은 민수차량과는 달리 까다로운 군 요구사항을 충족시켜야 한다. 특히 차량 적재중량 및 총중량은 중요한 요구조건 중의 하나로 이를 만족시키기 위해 최적화 경량설계 기술을 적용하여 새시 프레임 구조를 최적화하였다[1]. 또한 유로5 기준을 충족하는 225마력 엔진, 8단 전자식 자동변속기, 독립 현가장치 등의 최신기술이 반영된 한국형 전술차량은 국방규격에 의한 최초생산품 시험을 통해 성능 및 내구도가 입증되었다. 차량 내구성능 검증은 시제품을 이용한 실차 내구도 평가와 전산 내구해석이 병행되어 수행되었다[2,3].

군용차량은 민수차량 대비 훨씬 가혹한 환경에서 운용되며 이러한 운용특성으로 인해 일부 부대에서 프레임 용접부에 균열이 발생하는 문제점이 확인되었다. 이에 본 연구에서는 균열이 발생된 부대의 차량 운용환경 분석 및 노면 가혹도 분석을 통해 프레임 강도개선을 수행하였다. 또한 향후 유사 차량 개발 시 필요한 내구도 주행 시험 조건에 대한 발전방향에 대해 제시하였다.

## 2. 본론

### 2.1 프레임 구조

우리 군에 보급되어 운용중인 한국형 전술차량의 프레임 구조는 Fig. 1과 같이 좌, 우측의 사이드 멤버와 엔진룸 크로스멤버를 포함한 7개의 크로스멤버로 구성되어 있다. 상부에 위치한 크로스멤버는 차량의 뒤틀림을 최소화하고 선회 시 차량의 안정성 확보 및 충격을 완화시키는 역할을 담당하며, 엔진룸, 변속기 등의 중량물은 각각의 크로스 멤버에 의해 지지된다. 민수분야에서는 차량 경량화를 통한 연비 및 배기가스 개선을 위해 기존의 스틸 재질 뿐 만 아니라 알루미늄, 마그네슘 합금, 하이드로포밍(Hydro forming) 등을 이용한 다양한 재질 개선 연구가 이루어지고 있으며, 용접 또는 리벳팅 등 체결구조에 대한 최적화 연구도 활발히 진행되고 있다. 또한 크로스멤버 및 프레임 자체의 경량화, 최적화 연구 역시 다양하게 이루어지고 있는 실정이다[4,5,6].

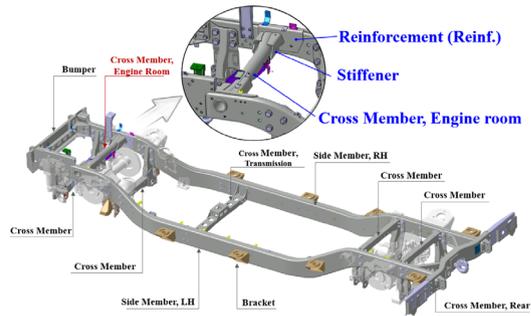


Fig. 1. Korean Light tactical vehicle's frame Structure

한국형 전술차량 차체 프레임 및 용접구조물의 안정성은 국방과학연구소 기동시험장 및 전방 부대 주행로를 활용한 32,000km 실차 내구도 주행시험을 통해 입증되었다. 주행 시험조건 및 도로 환경은 Table 1 및 Fig. 2에 각각 나타내었다[7].

Table 1. The Driving mode of Endurance Road Test

| Division                       | Ratio [%] | Distance [km] | Remarks             |
|--------------------------------|-----------|---------------|---------------------|
| Pavement road driving mode     | 30        | 9,600         | Gross weight status |
| Off-road driving mode          | 30        | 9,600         |                     |
| Cross-county road driving mode | 40        | 12,800        |                     |



Fig. 2. Endurance Road Test Condition

### 2.2 프레임 개선 요구사항

기본형 전술차량의 프레임 구조는 전방 범퍼 및 후방 크로스 멤버, 뒤틀림 방지용 크로스 멤버와 차량 주요 구성품을 지지하는 역할을 담당하는 엔진룸 크로스멤버, 변속기 장착 크로스 멤버로 구성된다. 특히 엔진룸 크로스 멤버는 하중 지지를 위해 사이드 멤버 좌, 우측에 삽입되어 용접된 원통형의 구조물로 사이드 멤버 내측의 보강 브라켓인 레인프(Reinforcement)와 크로스멤버 끝단을 둘러싸고 있는 보강재(Stiffener)에 의해 용접되는 구조로 이루어져 있다.

'16년부터 본격적으로 전력화된 한국형 전술차량의

일부 운용 부대에서 Fig. 3과 같이 엔진룸 크로스멤버 양 끝단 내·외부 용접부위에 균열이 확인되었다. 전술차량 프레임의 경우 운용차량의 시험기준이 되는 국방과학연구소 기동시험장 및 동등 이상의 전방 부대 도로에서 실차 내구도 주행시험을 완료하였으며, 이 때 차량 프레임 및 용접구조물에 대한 균열 등 이상 증상은 발견되지 않았다. 이에 차량 운용 부대 별 균열 발생 현황 검토 결과 Table 2와 같이 특정 환경에서 운용되는 일부 부대의 운용차량에서만 균열이 발생됨을 확인하였다. 또한 운용도로 별 노면 확인 결과 30~50% 이상의 급경사 및 급커브로 구성된 빨래판형 시멘트 도로지역을 운용하는 부대차량에서만 균열이 발생되며, 5~15%의 경사도를 가진 일반적인 포장 및 비포장, 야지도로에서는 문제가 발생되지 않음을 확인하였다. 즉, Fig. 4와 같이 차량 운용 부대별 노면 가혹도는 큰 차이가 있으며 특히 빨래판형 노면의 급경사 및 급커브가 많은 복합 특성을 갖는 특정지역 운용 차량에서만 균열 등의 문제가 발생됨이 확인되었다. 이에 크로스멤버 구조물에 대한 개선 요구사항을 정리하면 Table. 3과 같다.

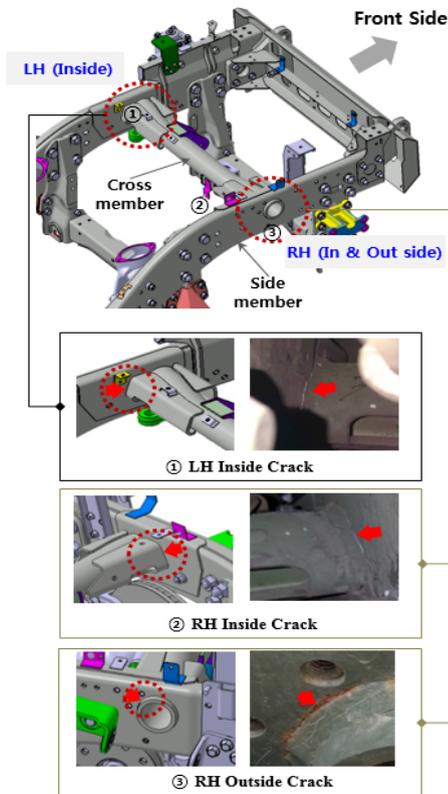


Fig. 3. Cross member welding part crack

Table 2. Crack occurrence Status by military unit

| Division  | Quantity of Operating Vehicle | Quantity of crack generated vehicle | Failure Rate |
|-----------|-------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| Unit A #1 | 23                            | 7                                   | 30%          |
| Unit A #2 | 6                             | 0                                   | 0%           |
| Unit B    | 23                            | 2                                   | 9%           |
| Unit C    | 6                             | 0                                   | 0%           |
| Unit D    | 20                            | 0                                   | 0%           |
| Unit E    | 30                            | 0                                   | 0%           |
| Unit F    | 50                            | 0                                   | 0%           |

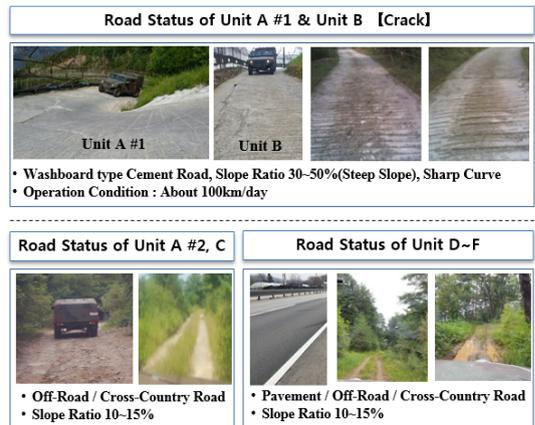


Fig. 4. Results of vehicle operating road condition inspection by military unit

Table 3. Requirement of Cross-member strength improvement

| Division | Left Hand (LH)       | Right Hand (RH)                               |
|----------|----------------------|---|
| Issue    | Inside welding Crack | Inside welding Crack<br>Outside welding Crack |

프레임 개선에 관한 기존 연구 검토 결과 구조 동특성 분석 등 해석을 통한 최적설계 등 설계단계에서의 연구는 다양하게 이루어지고 있으나, 특정 조건에서 발생하는 균열현상에 대한 실험적 접근방법이 없어 연구가 필요한 것으로 판단된다[8,9,10].

### 2.3 프레임 강도 개선

특정 도로에서 발생된 전술차량 프레임 균열에 대한 강도 개선 절차를 정리하면 Fig. 5와 같다. 먼저 운용 환경별 노면 가혹도 분석을 통해 도로의 특성을 파악한다. 또한 고품 분석 및 설계 검토를 통해 문제 발생원인 및

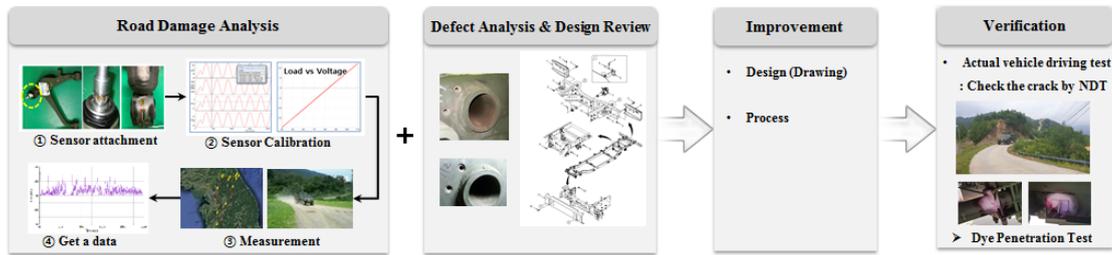


Fig. 5. Procedure of frame strength improvement

개선방안을 도출하고 실차 적용을 통한 내구도 주행시험으로 개선안을 검증한다. 이 때 도출된 개선안은 주행시험 후 비파괴검사(형광침투탐상법)를 통해 용접부위 균열여부를 확인하고 개선 전 후의 응력을 비교함으로써 개선효과를 확인한다.

### 2.3.1 노면 가혹도 분석

본 연구에서는 우선 차량의 균열 발생 근본 원인분석을 위해 내구도 주행시험을 실시한 도로와 실제 문제가 발생한 도로의 노면 가혹도를 비교 분석하였다. 먼저 Fig. 6과 같이 노면 충격이 전달되는 차량의 전후방 휠에 센서를 부착하고 노면에서 휠로 전달되는 가속도의 크기를 측정하였다[11]. 측정된 가속도 신호를 검토하여 노이즈 존재 여부 등을 확인한 후 유효 신호구간을 선정하고, 전체 신호구간과 유효 신호구간의 가혹도를 분석하여 각 노면 별 비교하였다. 가혹도 분석 절차는 Fig. 7에 나타내었다.

각 도로별 분석 결과를 정리하면 Fig. 8과 같다. 용접부위 균열이 발생한 A부대의 경우 내구도 주행 시험을 실시한 국과연 기동시험장 도로 대비 가혹도가 1.58배로 현저히 높은 것을 확인하였다. 또한 같은 부대 차량이라도 도로 노면 상태가 다른 조건에서 운용되는 차량은 균열 등의 문제가 발생되지 않음을 확인하였다. 이를 통해 크로스 멤버 용접부위 균열은 내구도 주행시험이 실시된 도로 환경보다 훨씬 가혹한 조건의 도로에서 발생됨이 확인되었다. 이는 향후 군용차량 개발 시 개발단계 내구도 주행시험은 관련 규정에 따라 공인된 국과연 시험장을 이용하더라도 최초생산품에 대한 내구도 주행은 위 결과를 반영하여 노면 가혹도가 국과연 시험 도로 대비 최소 1.6배 이상인 도로를 선정하여 진행하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 또한 다양한 부대 운용조건에 대한 노면 데이터를 추가로 획득하여 가혹도 데이터를 축적하는 것도 필요한 것 사료된다.

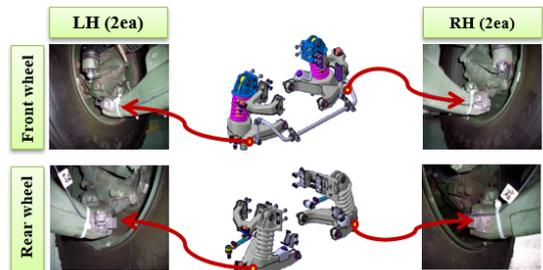


Fig. 6. Location of wheel accelerators

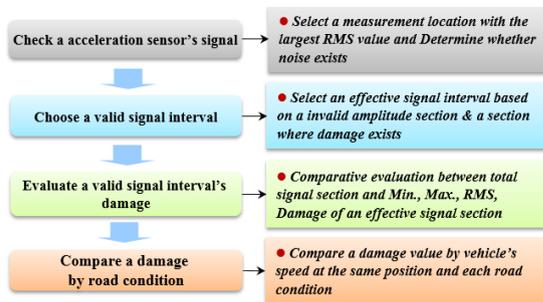


Fig. 7. Procedure of road damage analysis

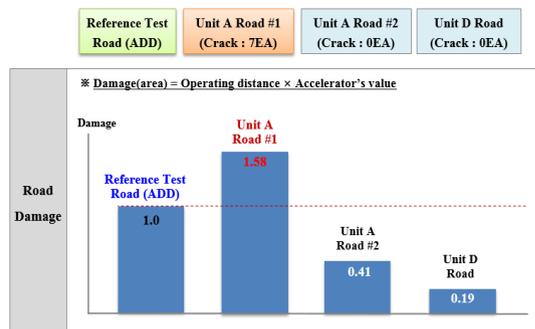


Fig. 8. The comparison results of road damage value

2.3.2 개선안 도출

전술차량의 크로스멤버 강도개선은 균열부위에 따라 외측 용접부위 개선과 내측 개선으로 구분할 수 있다. 먼저 외측 강도 개선을 위해 실시한 고품 분석 및 설계검토 결과 Fig. 9에서 보느바와 같이 노면 가혹도 외에 크로스 멤버 용접 편심발생 시 조립 간극 증가로 인해 용접 경계면이 취약해짐을 확인하였다. 즉 크로스멤버 외경과 프레임 홀 직경 간 발생 가능한 최대 간격은 4.4mm이나 설계상 용접부위 각장은 3.0mm로 되어 있어 편심 발생 시 용접강도가 부족할 수 있다. 또한 작업 공정 검토 결과 프레임에 크로스멤버 용접 시 측면 작업토록 되어 있어 부품 무게에 의한 편심 역시 발생될 수 있음이 확인되었다. 이에 외측 균열 방지를 위한 크로스멤버 강도개선은 설계 및 공정개선으로 구분하여 진행하였다.

크로스멤버 내측 균열의 경우 외측과는 달리 레인프 등 용접 보강재에 의해 연결되는 구조로 작업 공정상 문제점은 발견되지 않았다. 단, 앞장에서 검토된 바와 같이 특정부대의 차량 운용환경이 개발단계 시험조건보다 가혹함으로 인해 균열이 발생됨에 따라 설계적인 강도개선이 필요하다. 이에 내측 레인프 두께 보강 및 플러그 용접 추가를 통해 강도를 개선하고자 하였다.

Table 4에는 크로스 멤버 강도개선을 위한 설계 및 공정개선 방안에 대해 정리하였다.

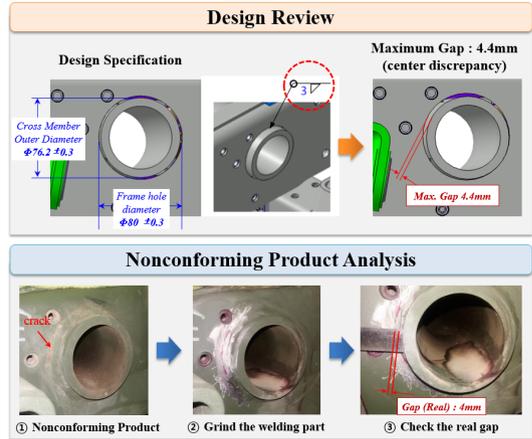
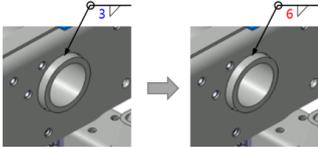
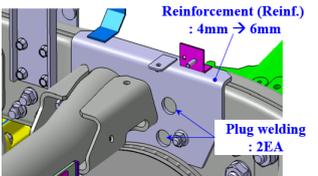
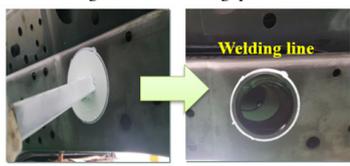


Fig. 9. Additional welding crack cause analysis

2.3.3 개선안 검증

도출된 개선안에 대한 효과성 확인은 실시시험을 통해 검증하였다. 먼저 개선 전·후의 프레임을 장착한 시험차량에 Fig. 10과 같이 크로스 멤버 내·외측 용접부위에 10개의 스트레인 게이지(Strain gauge)를 부착하여 노면으로 전달되는 응력을 측정하였다. 주행시험은 균열이 발생된 A부대의 도로 #1 조건에서 실시하였다. 측정 결과 균열이 확인되었던 좌측 프레임 내측 용접부위의 경우 최대 응력은 부위별 차이는 존재하나 약 63%까지 감소됨을 확인하였다. 단 외측부의 응력은 1.5MPa 증가하는 것으

Table 4. Improvement on a frame strength of Korean Light Tactical Vehicle

| Division   | Design Improvement  | Process Improvement   |                          |                       |  |   |
|--|---|---|--------------------------|-----------------------|--|---|
| Improvement  | <p><b>[Outside Weld Improvement]</b></p> <p>1. Change a fillet weld size : 3mm → 6mm</p>  <p><b>[Inside Weld Improvement]</b></p> <p>2. Increase a inside reinforcement's thickness : 4mm → 6mm</p> <p>3. Add a plug welding : 2ea</p>  | <p><b>[Outside Weld Improvement]</b></p> <p>1. Change a welding procedure<br/>: Horizontal view → Vertical view</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Before (Horizontal view)</th> <th>After (Vertical view)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>2. Add a marking line at welding part</p>  | Before (Horizontal view) | After (Vertical view) |  |  |
|  | Before (Horizontal view)  | After (Vertical view)   |                          |                       |  |   |
|  |    |   |                          |                       |  |   |

로 보이거나 최대 응력 측정값은 50MPa 이하로 응력집중이 발생하는 곳이 아니며, 균열이 전혀 발생되지 않은 부위로 개선 전·후 응력은 동등 수준으로 평가하는 것이 바람직하다. 우측 프레임의 경우 내측 용접부위 최대응력은 약 76%까지 감소되며, 외측은 약 13%가 감소됨을 확인하였다. 프레임 강도 개선 전·후의 최대응력 측정결과 및 개선효과는 Table 5에 나타내었다.

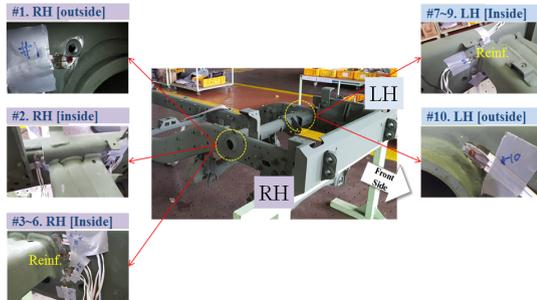


Fig. 10. Stress measurement points

Table 5. Verification test results

| Division | Measurement Points | Max. Stress [MPa] |       | Rate |      |
|----------|--------------------|-------------------|-------|------|------|
|          |                    | Before            | After |      |      |
| LH       | Inside             | #1                | 90.2  | 83.0 | -8%  |
|          |                    | #2                | 81.9  | 65.7 | -20% |
|          |                    | #3                | 103.4 | 37.8 | -63% |
|          | Outside            | #1                | 45.4  | 46.9 | +3%  |
| RH       | Inside             | #1                | 70.2  | 48.5 | -31% |
|          |                    | #2                | 139.9 | 99.8 | -29% |
|          |                    | #3                | 90.7  | 70.4 | -22% |
|          |                    | #4                | 141.5 | 33.6 | -76% |
|          |                    | #5                | 149.0 | 58.6 | -61% |
|          | Outside            | #1                | 103.7 | 90.5 | -13% |

### 3. 결론

본 논문에서는 가혹한 환경에서 운용되는 한국형 전술차량의 프레임 강도 향상을 위한 설계 및 공정개선 방안에 대해 연구하였다. 먼저 전술차량 프레임 구조에 대해 살펴보고, 균열이 확인된 차량에 대해 운용 환경 분석 및 고장탐구를 수행하여 개선방안을 도출하였다. 또한 검증시험을 통해 개선안에 대한 유효성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 균열이 확인된 도로 노면에 대한 가혹도 분석 결과 개발단계에서 실시한 내구도 주행시험도로대비 가혹도가 약 1.58배 높은 것으로 확인되었다. 보다 다양한 전술차량 운용 도로의 노면 가혹도 데이터 확보를 통해 이를 활용한 내구도 주행시험 도로 선정이 필요한 것으로 판단된다.

둘째, 고장탐구 및 설계검토를 통해 전술차량의 프레임 강도개선안을 도출하였다. 크로스멤버 내측 용접부에 대해서는 설계 변경을 통해, 외측 용접부의 경우 설계 및 공정개선을 통해 강도를 향상시켰다. 또한 실차 검증시험을 통해 최대 76%의 개선 효과를 확인하였다.

끝으로 본 연구에서는 군에서 운용되는 전술차량의 품질개선 활동을 통해 차량 내구성을 향상시키고 나아가 장비 가동률을 증대시켜 국방력 증진에 기여할 수 있었다. 향후 우리군의 전술차량 운용환경에 대한 추가 데이터 확보 및 보안을 통해 유사장비 개발 시 참고자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

### References

- [1] W. P. Ha, H. W. Shin, "A Study on the Structural Optimization of the Chassis Frame of the 4 Wheel Drive Vehicle", *Spring Conference, Transactions of KSAE*, pp. 177-182, Jun. 1997.
- [2] E. B. Jung, D. S. Kang, J. H. Choi, H. S. Kim, M. S. Choi, "Endurance test procedure and validation of Multipurpose tactical vehicle", *Fall Conference, Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, pp. 256-261, Oct. 2014.
- [3] K. H. Suh, H. V. Lim, B. G. Song, C. S. Ahn, "Virtual Fatigue Analysis of a Small-sized Military Truck Considering Actual Driving Modes", *Transactions of KSAE*, Vol.16, No.4, pp. 120-127, Jul. 2008.
- [4] K. J. Kim, Y. H. Lee, D. S. Bae, C. W. Sung, Y. N. Baik, I. S. Sohn, "Hydro-forming and Simulation of Cross member Parts for Automotive Engine Cradle", *Transactions of KSAE*, Vol.17, No.2, pp. 98-103, Mar. 2009.
- [5] M. S. Lee, J. J. Lee, K. P. Kang, J. H. Lee, H. G. Kim, L. K. Kwac, "Study on the structural properties for the shape of special equipped vehicles cross member", *Spring Conference, Transactions of KSAE*, pp. 110-112, May. 2015.
- [6] K. H. Suh, B. G. Song, "Light-weight Design of a Korean Light Tactical Vehicle Using Optimization Technique", *Transactions of KSAE*, Vol.23, No.3, pp. 336-343, May, 2015.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.7467/KSAE.2015.23.3.336>

- [7] D. H. Eom, "A Study on the Improvement of the Endurance Testing Standard for Combat Vehicle", *Korea Association of Defense Industry Studies*, Vol.20, No.2, pp. 63-77, Dec. 2013.
- [8] S. J. Lee, J. B. Park, N. C. Park, J. H. Lee, E. B. Jeong, H. S. Kim, "Vibration reduction of military vehicle frame with using structural dynamic characteristics analysis", *Fall Conference, Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, pp. 281-284, Oct. 2014.
- [9] W. P. Ha, H. W. Shin, "A Study on the Structural Optimization of the Chassis Frame of the 4 Wheel Drive Vehicle", *Spring Conference, The Korean Society of Automotive Engineers*, pp. 177-182, Jun. 1997.
- [10] S. G. Youn, S. D. Na, Y. J. Kim, J. H. Lee, W. S. You, "Multibody Vehicle Model of a Military Vehicle for Durability Analysis", *Spring & Fall Conference, The Korean Society of Mechanical Engineers*, pp. 736-738, Nov. 2015.
- [11] K. H. Suh, B. G. Song, H. E. Yoon, "Relative Road Damage Analysis with Driving Modes of a Military Vehicle", *Transactions of KSAE*, Vol.24, No.2, pp. 225-231, Mar. 2016.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.7467/KSAE.2016.24.2.225>

김 성 곤(Sung-Gon Kim)

[정회원]



- 2003년 2월 : 한양대학교 기계공학 (기계공학석사)
- 2003년 1월 ~ 2012년 7월 : 삼성 전자 컴퓨터시스템사업부 책임연구원
- 2012년 7월 ~ 현재 : 국방기술품질원 기동화력센터 선임연구원

<관심분야>

군용차량 설계 및 품질관리

김 선 진(Sun-Jin Kim)

[정회원]



- 2013년 2월 : 한국항공대학교 기계공학과(기계공학석사)
- 2019년 2월 : 전남대학교 기계공학과(기계공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 국방기술품질원 기동화력센터 선임연구원

<관심분야>

군용차량 설계 및 품질관리

신 철 호(Cheol-Ho Shin)

[정회원]



- 2012년 2월 : 고려대학교 기계공학과 (기계공학석사)
- 2014년 8월 : 한국과학기술원 기계공학과 (기계공학석사)
- 2014년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원 기동화력센터 연구원

<관심분야>

군용차량 및 전차 궤도류 설계, 품질관리

강 태 우(Tae-Woo Kang)

[정회원]



- 2011년 2월 : 중앙대학교 기계공학부 (기계공학석사)
- 2019년 7월 : 창원대학교 기계공학과 (기계공학석사)
- 2011년 2월 ~ 2012년 12월 : LS산전 기중설계팀 사원
- 2014년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원 기동화력센터 연구원

<관심분야>

군용차량 및 전차 변속기 설계, 품질관리