

## 중형전술차량의 항속거리 향상 방안 연구

이형채<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>광운대학교 대학원 방위사업학과, <sup>2</sup>방위산업기술지원센터

(2019년 1월 11일 접수, 2019년 2월 8일 수정, 2019년 2월 15일 채택)

### A Study on the Improvement of Distance Range for Medium Tactical Vehicle

HyungChae Lee<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Defense Acquisition Program, Kwangwoon University Graduate School,

<sup>2</sup>Defense Industry Technology Center

(Received 11 January 2019, Revised 8 February 2019, Accepted 15 February 2019)

#### 요 약

군에서는 다양한 전술차량들을 개발하여 운용하고 있다. 그 중 중형전술차량은 기존 군용트럭을 대체하면서 병력 수송에 적합한 차량으로 개발되어 보병부대의 전투력에 중요한 영향을 끼친다. 이런 중요한 무기체계인 중형전술차량에 연료 효율을 높이는 기술을 적용한다면 항속거리가 증가되어 효과적인 작전수행과 유류비를 감소시킬 수 있다. 본 연구에서는 연료 효율을 높이기 위해 오일 온도 제어 전략을 적용하여 중형전술차량의 항속거리를 향상시키기 위한 방안에 대해 연구하였다.

**주요어** : 중형전술차량, 항속거리, 오일 온도제어, 연료효율

**Abstract** - The military has developed and operated a variety of military vehicles. Among them, medium tactical vehicles are developed as vehicles suitable for transporting troops, replacing existing military trucks, which have a significant impact on infantry forces' combat capability. Applying technology to increase fuel efficiency to these critical weapons systems, medium tactical vehicles, increases the distance range, which can reduce effective operational performance and oil costs. In this study, a measure was taken to improve the distance range of Medium Tactical Vehicles by applying an oil temperature control strategy to increase fuel efficiency.

**Key words** : Medium Tactical Vehicle, Distance Range, Oil Temperature Control, Fuel Efficiency

### 1. 서론

군에서는 전술차량과 전투차량을 개발하는 사업을 본격적으로 시작하여 개발완료 된 차량을 사용 중에 있다. 현재 소형전술차량과 차륜형장갑차를 개발하여 군에 배치하여 운용하고 있다. 군용차량 중 전술차량은 주로 소형, 중형차량이 주종을 이루고 있으며 차량 기술의 발달과 더불어 용도와 다양한 전술적 임무가 증가하면서 많은 발전을 하고 있다. 최근에는 고속 기동능력과 군수지원능력 그리

고 장거리 수송성, 편의성 등의 운용개념과 환경 및 경제성 등을 고려하여 차량개발이 요구되고 있다. 전술차량 중 중형전술차량은 적절한 방호력을 제공하며 신속한 기동성을 갖고 전투지역까지 병력을 수송하는 차량을 말한다.<sup>1)2)</sup> 현재 새로운 중형전술차량은 산업계에서 개발이 완료되었고 군에서 운용하는 부분에 대한 결정만 남아있다. 중형전술차량은 토크 및 출력 그리고 효율 측면에서 유리한 산업계에서 사용되는 대형디젤엔진차량을 사용하고 있다.<sup>3)</sup>

본 연구에서는 중형전술차량의 작전운용성능 중 하나인 항속거리 향상을 통해 장거리 수송능력을 높여 환경 및 경제성 측면에서 유리한 차량개발이

<sup>\*</sup>To whom corresponding should be addressed.  
E-mail : shinexit@nate.com

필요하다고 판단하였다. 항속거리를 향상을 위해 대형디젤엔진차량의 오일 온도 제어에 따른 연료 효율을 높이는 기술을 민간 상용차량에 적용하여 연료효율 개선에 대해 연구하고 중형전술차량에 적용하는 방안에 대해 서술하였다.

## 2. 군용차량

먼저 군용차량의 종류와 개발 시에 중요하게 요구되는 요소에 대해 알아보고 산업계에서 개발된 중형전술차량에 특징에 대해 알아보았다.

### 2-1. 군용차량의 종류 및 개발 주요 요소

군에서는 성능 및 편의성 측면에서 우수한 전술차량과 전투차량이라는 군용차량을 개발하여 운용하고 있다. 군에서 운용하는 차량은 Fig. 1.에서처럼



Fig. 1. Types of Military Vehicles

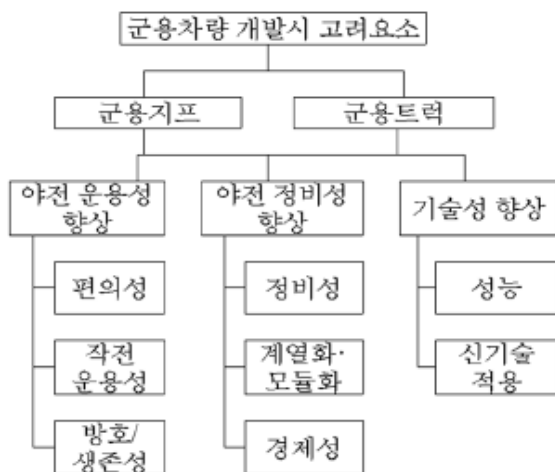


Fig. 2. Factors in the Development of Military Vehicles

순수하게 군에서 사용되는 차량도 있고, 민간용 상용차량을 군용으로 개조하여 사용하는 차량도 있다. 우리나라뿐만 아니라 세계 각국은 군 운용 목적과 경제적 운용의 효율성을 높이기 위해서 군용차량을 개발함과 동시에 민간차량의 기술을 적극적으로 활용하고 있다.<sup>2)</sup>

군용차량 개발 시 고려되는 주요요소는 Fig. 2.와 같다. 군용차량을 크게 지프와 트럭으로 구분하여 각각에 대한 개발 시 고려요소들을 알아볼 수 있다.<sup>4)</sup> 그 중 유류비 상승과 환경오염문제에 대해 군에서도 심각하게 고려하여 군용차량을 개발하여야 한다. 최근 지구환경 보호를 위해 자동차 산업에서는 환경규제를 강화하고 있어<sup>5)</sup> 군용차량도 예외가 될 수 없으므로 신규로 개발되는 군용차량은 고효율, 친환경 차량을 개발해야 한다.

### 2-2. 중형전술차량과 민간 고속버스

산업계에서 개발된 중형전술차량의 모습은 Fig. 3.와 같다. 중형전술차량은 보병 작전병력의 신속한 이동 지원과 인명 방호능력이 강화된 군용차량으로 군용 트럭을 대체할 것으로 기대된다. 중형전술차량의 개발은 완료되었으며 군에 운용하는 부분에 대한 결정만 남아있는 상태이다.<sup>3)</sup>



Fig. 3. Medium Tactical Vehicle



Fig. 4. Express Bus

**Table 1.** The Specifications of Medium Tactical Vehicle

엔진	현대자동차 H-엔진, 10L (420마력/최대토크200kg-m)
변속기	6단 변속기
속도	최대110km/h
항속거리	600km
최고 등판능력	60% 중경사 등판가능
전장	8,700mm
전폭	2,500mm
전고	3,200mm
중량	18,000kg

**Table 2.** Engine Specification of Express Bus

엔진 제원			
출력	토크	배기량	엔진 타입
400 마력	188 N-m	10L	H-엔진

중형전술차량의 제원은 Table 1.과 같이 산업계에서 개발된 차량을 사용하여 작전운용에 맞게 개조되었으며, 대형디젤엔진차량인 민간 고속버스를 기반으로 개발되었다.<sup>3)</sup>

Fig. 4.와 Fig. 2.는 민간 고속버스의 모습 및 엔진 제원으로 중형전술차량과 같은 엔진(현대자동차, H 엔진)을 사용하고 있다.<sup>6)</sup>

### 3. 연료효율과 오일온도의 관계

본 연구에서는 중형전술차량과 동일한 디젤엔진을 사용하는 민간 고속버스의 엔진, 변속기, 오일 온도가 연료 효율에 영향을 미치는 요소로 판단하여 대형디젤엔진차량에서 각 오일 온도가 연료효율에 미치는 영향을 알아보고, 오일 온도 상향제어를 통해 연료 효율 향상 정도에 대해 연구하였다.

#### 3-1. 대형디젤엔진차량의 연비기여도

Table 3.은 대형디젤엔진이 탑재된 민간 고속버스의 연비기여도를 나타낸 것이다. Table 3.에서 알 수 있듯이 대형디젤엔진차량의 특성상 차량의 무게에 기인하는 주행저항이 57.6%로 가장 많은 비율을

**Table 3.** Fuel conomy contribution on the Express Bus

항목	차지 비율
Engine friction	16.65%
Pumping loss	1.00%
Alternator	0.06%
PSP	0.55%
Air Comp.	0.16%
FAN	0.29%
Engine inertia	0.21%
Clutch loss	0.13%
Drivetrain friction loss	2.12%
Drivetrain inertia	0.02%
Vehicle inertia	21.21%
Road load loss	57.60%

차지하였고, 다음으로 차량관성 21.21%, 엔진 마찰 16.62%, 구동계 마찰 2.12% 순의 비율이었다.<sup>7)</sup>

그 중 엔진 마찰력과 구동계 마찰력이 전체 연비 기여도는 18.86%을 나타내며 연료 효율에 중요한 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

#### 3-2. 기계적마찰과 오일온도

대형디젤엔진이 탑재된 민간 고속버스의 사시동력계 시험을 통해 엔진오일과 구동계에 사용되는 오일 온도가 엔진마찰력과 구동계마찰력에 미치는 영향을 알아보았다.

##### 3-2-1. 엔진오일온도와 기계적 마찰

대형디젤엔진에서 엔진 마찰은 <식 1><sup>8)</sup>과 같이 엔진의 회전속도, 엔진 부하, 엔진 오일 온도의 함수로 모델링 할 수 있다. 본 연구에서는 선행 연구자에 의해 정립된 모델을 이용하여 선행 실험을 통하여 실험 차량 엔진의 각 변수에 따른 엔진 마찰력을 측정하였다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Engine Friction} \\
 & = f(\text{Engine Speed, Load, Oil Temperature})
 \end{aligned}
 \tag{식 1}$$

Fig. 5.은 대형디젤엔진의 엔진 속도, 엔진 부하 및 엔진 오일 온도에 따른 마찰을 선행 실험을 통하여 측정한 값이다. 측정결과를 통해 엔진 마찰은 엔진 오일 온도에 따라 감소하고, 이를 이용하여 엔진 마찰이 연료 효율에 미치는 영향을 분석할 수 있다.

3-2-2. 구동계 오일 온도와 기계적 마찰

변속기 및 차동기어의 마찰을 <식 2>, <식 3><sup>8)</sup>과 같이 차량의 속도와 변속기 및 차동기어 오일의 온도에 따라 모델링하여 사용하였다. 차량 부하에 따른 마찰의 차이가 있을 것으로 판단되나 경험상 변속기 및 차동기어의 경우 그 영향도가 크지 않을 것으로 판단되고, 따라서 이는 배제하였다.

$$\begin{aligned} T/M Friction \\ = f(Vehicle Speed, T/M Oil Temperature) \end{aligned} \quad <식 2>$$

$$\begin{aligned} Axle Friction \\ = f(Vehicle Speed, Axle Oil Temperature) \end{aligned} \quad <식 3>$$

Fig. 6.은 실험 차량의 구동계 마찰을 측정할 값이다. 마찰 측정 실험은 사시 동력계 상에서 Strip-down method를 이용하여 측정하였다. Strip-down method란 요소별 마찰을 측정하는데 이용되는 방법 중 하나로 마찰요소가 되는 부품들에 대한 마찰력을 부분 조립 상태에서 측정하는 방법으로 본 연구에서는 드라이브 샤프트를 탈거한 상태에서 타이어의 마찰력, 변속기와 차동기어 사이의 등속조인트를 제거한 상태에서 차동기어의 마찰력, 변속기의

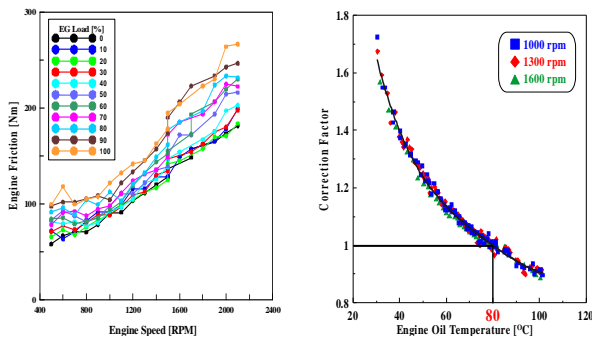


Fig. 5. Relationship between oil temperature and engine friction

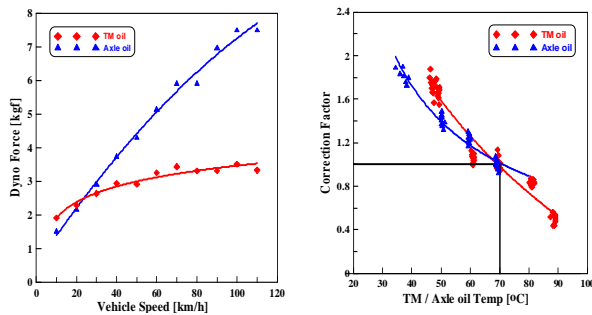


Fig. 6. Relationship between oil temperature and transmission and differential

중립상태에서 변속기 출력 기어부의 마찰력을 각각 측정하였다.

3-3. 오일온도와 연료효율의 관계

본 연구에서는 실 도로 실험을 통해 엔진, 변속기, 차동기어 오일 온도 거동을 알아보았다. 실 도로 실험은 차량을 고속도로에서 주행하면서 마찰에너지와 연관된 오일 온도 데이터를 측정하였다. Table 4.는 실 도로 실험 구간을 나타낸 것으로 고속버스 차량을 일정 고속도로 구간에서 반복 실험을 통해 수행하였다.

Fig. 7.은 본 연구를 위해 현 시스템에서 각 부품의 오일 온도 거동 특성을 알아보기 위해 차량에 데이터 측정 장비를 구축한 구성도이다. 엔진 오일 온도 측정을 위해 오일 PAN과 오일 쿨러 전, 후에 T 타입 온도센서를 설치하였다. 변속기와 차동기어 오일온도를 측정하기 위해 T타입 온도센서를 드레인 볼트에 설치하였다. 온도 센서 측정을 위해 ETAS ES620 장비를 사용하였다.

차량의 엔진속도, 차속, 엔진토크, 그리고 엔진 냉각량과 관련된 엔진 냉각수 온도 측정을 위해 차량의 CAN 통신을 이용하여 ETAS ES580장비를 사용하여 측정하였다. 그리고 연비측정을 위해 연료 유량계를 설치하였다. 연료 유량계를 통해 연료량을 측정하기 위해 아날로그 측정 장비인 ETAS ES610장비를 사용하였다.

Table 4. Experimental section of real road

구간	동수원IC-강릉IC
거리	200km(편도)

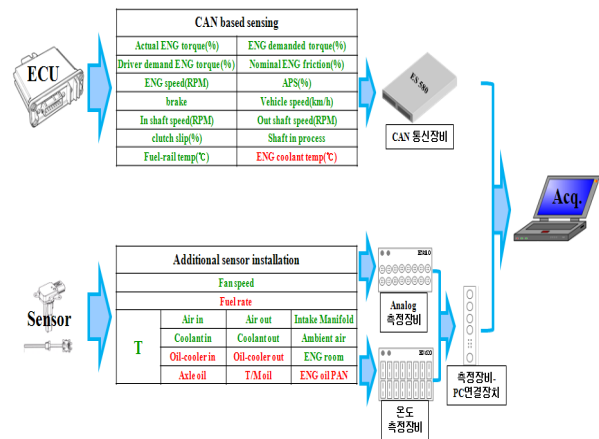


Fig. 7. Data Measurement Equipments

**3-3-1. 엔진 오일 온도 경향**

Fig. 8.은 민간 고속버스 차량의 엔진 오일 흐름도를 나타낸 것이다. 엔진 오일의 흐름을 보면 엔진 블록으로 이동하기 전에 오일 쿨러를 항상 통과하고 있다. 오일 쿨러는 엔진의 과열을 방지하기 위한 장치이다.

Fig. 9.은 실 도로 주행 중 엔진 오일 온도의 거동을 나타낸 것이다. 엔진 오일 쿨러를 통과한 엔진 오일의 온도 (EG oil cooler out)가 엔진 냉각수 온도 수준인 평균 90.4℃로 운행되고 있다.

본 연구를 위해 선행 실험을 통해 구해진 엔진 마찰은 Fig. 10.과 같이 오일 온도가 높아질수록 그 양이 급격이 줄어든다. 따라서 현재 제어되는 엔진 오일 온도 (평균:90.4℃) 수준 보다 오일 온도 상향을 통해 엔진 마찰 감소를 기대할 수 있다.

**3-3-2. 구동계 오일 온도 경향**

변속기와 차동기어 오일 역시 실 도로 실험 결과 Fig. 11.을 보면 차속 및 엔진 부하에 따라 큰 변화 없이 일정한 온도로 수렴한다. 또한 엔진 냉각수 보다 낮은 온도에서 제어되고 있고, 변속기 오일은 평균 71℃, 차동기어 오일은 평균 55℃로 운행되고 있다.

Fig. 12.과 같이 구동계 마찰 역시 오일 온도가 높을수록 그 양이 급격이 줄어든다. 따라서 현재의 오

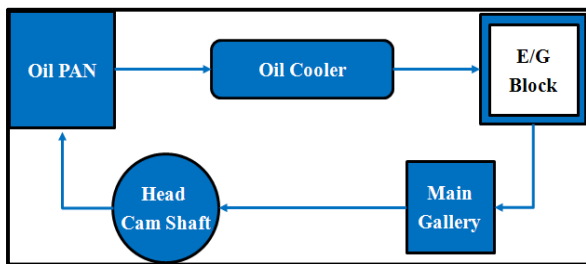


Fig. 8. Engine oil flow diagram

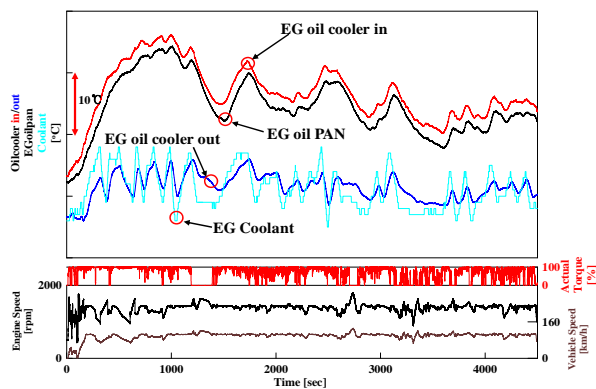


Fig. 9. Motion of engine oil temperature on real road

일 온도 수준 보다 오일 온도 상향을 통해 구동계 마찰 감소를 기대할 수 있다.

오일 온도와 연료 효율의 관계에 대해 간략하게 정리하면 대형디젤엔진차량의 엔진에는 내부 부품의 내구성 문제 때문에 엔진 오일 온도의 상승을 막기 위한 오일 쿨러(Oil Cooler)가 장착되어 있다. 하지만 실 도로 실험 결과, 오일 쿨러 영향 때문에 엔진 오일 온도가 필요 이상으로 낮게 제어되어 연료 효율에 악영향을 준다는 결과를 얻을 수 있었다. 또한, 대형디젤엔진차량은 승용 대비 상대적으로 무게가 크기 때문에 변속기 및 차동기어에서의 마찰이 연료 효율에 크게 영향을 미치게 된다. 대형디젤 엔진차량의 경우 변속기 및 차동기어의 회전 속도가 낮고 대기와의 열 교환에 의한 냉각 손실로 낮은 온도에서 운전되는 경우가 대부분이다. 이에 따라 엔진 오일 쿨러의 사용 영역을 상향 조절하여 엔진 오일 온도의 상승을 유도하고 변속기와 차동기어의 오일 온도 역시 상향 제어를 통해 마찰 에너지를 줄여 연비 상승효과를 기대할 수 있다.

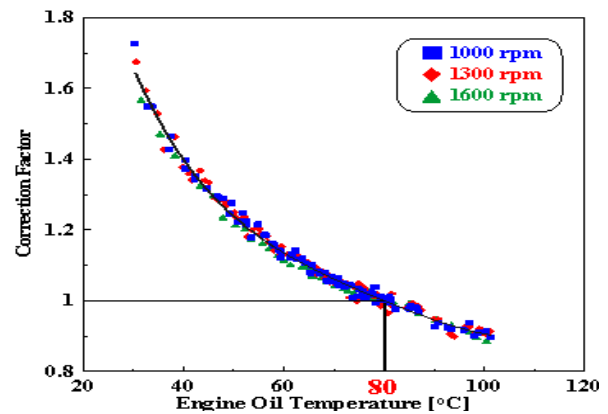


Fig. 10. Friction with varying engine oil temperature

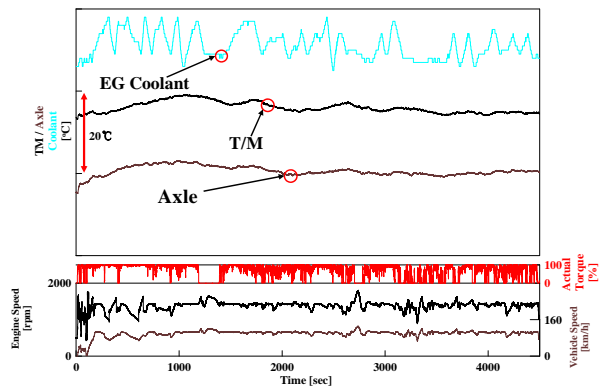


Fig. 11. Motion of transmission and differential oil temperature on real road



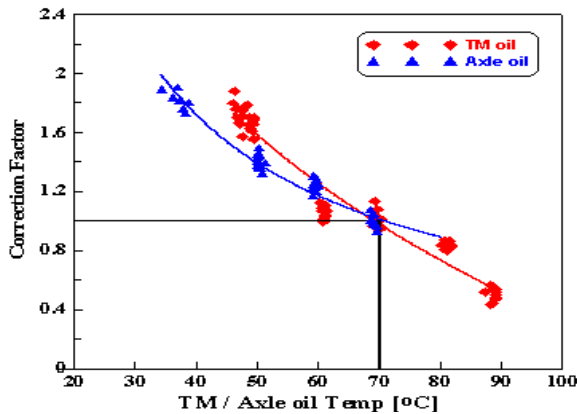


Fig. 12. Friction with varying transmission and differential oil temperature

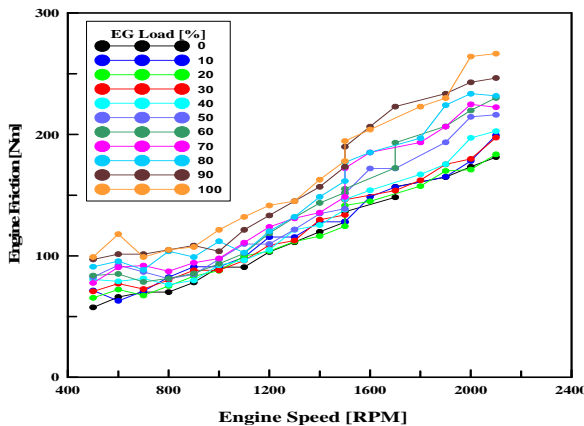


Fig. 13. Engine friction

3-4. 오일 온도 상향제어에 따른 연료효율

실 도로 실험 결과를 토대로 엔진, 변속기, 차동기어 오일 온도 상향제어에 따른 연료 효율 개선효과에 대해 분석해 보았다.

3-4-1. 엔진 오일 온도 상향제어

Fig. 13.은 선행 실험에 의해 연구 된 민간 고속버스 엔진의 마찰 실험 결과를 나타낸 것이다.

이 결과를 토대로 엔진 속도에 따른 마찰력을 추출하고 <식 4><sup>8)</sup>를 이용하여 구간별 실시간 측정된 요구동력(Actual Torque)과 차량 속도(Vehicle speed)를 기반으로 소모동력을 계산하였다.

$$W = T \times 2\pi \times No.wheel\_rev \quad \text{<식 4>}$$

또한 동일 구간에서 목표온도를 상향하였을 때 소모 동력을 계산하여 비교 해 보고, 실험 조건 대비 온도 상승 시 연비 개선 효과를 계산하였다. 목

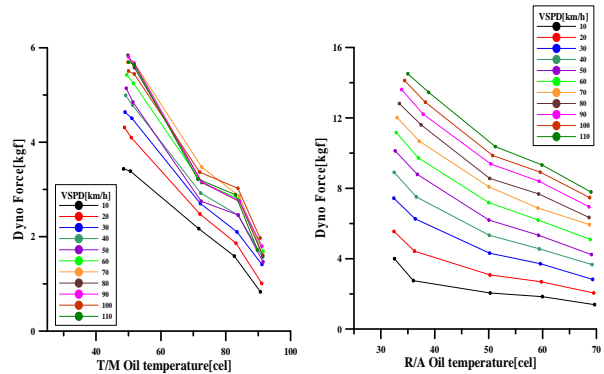


Fig. 14. Transmission and Differential friction

Table 5. Effects of Change in Engine Oil Temperature on Fuel Efficiency

구 분	오일 PAN 평균 온도	오일 쿨러 출구 평균 온도	오일 온도 120℃ 상향시	
			오일 쿨러 출구 평균 온도	연료 효율 개선 효과
동수원IC -강릉IC	101℃	90℃	109℃	0.8%

표온도는 오일 팬 온도를 120℃ 상향 시켰을 때 연료 효율 개선 효과를 계산하였다.

Table 5.는 연료 효율 분석 결과 전체 구간을 평균했을 때 엔진 오일 온도 8℃상승으로 인해 0.8% 연료 효율이 개선이 되었다.

3-4-2. 구동계 오일 온도 상향제어

변속기와 차동기어 오일 온도 상향에 따른 연료 효율 개선효과 분석은 엔진 오일 상향에 따른 연료 효율 개선 효과 예상과 같은 방법으로 구동계 소모 동력 측정을 통해 연료 효율 개선 효과를 분석해 보았다. Fig. 14.에서와 같이 각각의 구동계 소모 동력을 이용하여 엔진 오일과 동일한 방법으로 목표온도를 변속기와 차동기어 오일 온도를 냉각수 온도(90℃) 수준으로 상향 시켰을 때 연료 효율 개선 효과를 계산하였다.

Table 6.은 연료 효율 효과 분석 결과 전체 구간을 평균했을 때 목표 온도 90℃에서 차동기어로 인한 연료 효율 개선은 1.4% , 변속기로 인한 연료 효율은 0.5% 개선되었다.

**Table 6.** Effects of Change in Transmission and Differential Oil Temperature on Fuel Efficiency

구 분	차동기 어오일 평균 온도	변속기 오일 평균 온도	오일 온도 90℃ 상향시	
			차동기 어오일 연료효 율개선 효과	변속기 오일 연료효 율개선 효과
동수월IC -강릉IC	55℃	71℃	1.4%	0.5%

총 세 가지 오일 온도 상향제어에 따른 연료 효율 개선효과는 2.7%이다.

#### 4. 결 론

중형전술차량은 산업계에서 사용되는 고속버스를 개조하여 개발된 군용차량이다. 고속버스는 대형디젤엔진차량으로 엔진과 구동계(변속기, 차동기어)의 윤회를 위한 오일 공급은 필수적이다. 윤회를 위해 사용되는 오일의 용량은 일반승용차량 대비 크기 때문에 기계적 마찰에 크게 영향을 끼친다. 오일은 온도에 따라 점도가 달라지는 특성을 가지기 때문에 윤회에 문제가 되지 않는다면 가급적 점도가 낮은, 고온 영역에서 운전될 때 연료 효율 향상에 도움이 된다.

본 연구에서는 기계적 마찰력을 줄이기 위해 각 부품의 오일 온도의 상향 제어를 통해 마찰력을 줄여 연료 효율을 향상시키는 방안에 대해 연구하였다.

1) 엔진의 기계적 마찰은 연료 효율 중 16.65%를 차지하고 오일 온도를 120℃상향시켜 운행 시 개선효과는 0.8% 연료효율이 향상 되었다.

2) 구동계의 기계적 마찰의 전체 연료 효율 중 2.12%를 차지하고 90℃로 오일 온도를 상향시켜 운행 시 개선효과는 1.9%의 연료효율이 향상되었다.

3) 엔진, 변속기, 차동기어 오일 온도 상향제어를 통한 연료효율 향상 기술을 중형전술차량에 전용한다면 2.7%의 연료효율이 향상될 것으로 기대된다. 이것을 항속거리를 계산하면 본래 600km을 운행할 수 있지만 오일 온도 상향제어 기술을 적용한다면 616km 운행이 가능하다.

4) 중형전술차량은 민간 고속버스와 같은 엔진을 사용하고 변속기는 오일 용량이 더 큰 자동변속기를 사용한다. 또한 차동기어는 차축이 하나 더 있는 구조로 오일 용량이 더 많을 것이다. 구동계 부품의 오일 용량이 늘어남에 따라 오일 온도 상향제어는 연료효율에 더 많은 영향을 미칠 것으로 판단된다.

5) 본 연구결과를 중형전술차량에 적용하면 항속거리가 증가되어 장거리 수송안전성이 높아지고 유류비는 감소할 것으로 예상되어 군의 전투력이 향상될 것으로 기대된다.

#### References

1. Kim. S., 2010, Tactical Vehicle Development Trends (1), Defense & Technology, Vol. 380, pp. 66-75
2. Lee. B. G, 2015, Operation Case and Suggestion for Military Vehicles, AUTO JOURNAL : Journal of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 37, No. 4, pp. 22-28
3. 2019, Medium Tactical Vehicle, <https://military.kia.com/kr/kia/vehicles/new-tactical-vehicle/medium-tactical-vehicle.do#.XGyDb1J7mUID>.
4. Lee. B. G, et al., 2010, Priority Decision based on Users' Requirements for the Development of Military Vehicles, Transaction of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 18, No. 6, pp. 122-129
5. MOON. S. S., 2013, Engine Research Trends in Japan 2013: Alternative Fuel Engines, AUTO JOURNAL : Journal of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 35, No. 11, pp. 39-43
6. 2019, Universe, <https://www-trucknbus.hyundai.com/kr/products/bus/universe>
7. Han. H. S., et al., 2005, Analysis of the Fuel Economy Factor of the Commercial Vehicle, KSAE Annual Conference, pp. 522-526
8. Song. H. B., 2002, Modeling and Experiments for the Break-down of Fuel Consumption in a Passenger car, Ajou University, Dissertation (in Korean)