

소형전술차량 기동조건 및 운용환경 분석을 통한 대표주행경로 선정

김주희¹⁾ · 이종우^{*,1)} · 유삼현¹⁾ · 박지일¹⁾ · 신현승¹⁾ · 권영진¹⁾ · 최현호²⁾

¹⁾ 육군사관학교 기계시스템공학과

²⁾ 국방과학연구소 제5기술연구본부

The Selection of Representative Drive Course for Small Tactical Vehicles Through Movement Condition and Operational Environment Analysis

Juhee Kim¹⁾ · Jongwoo Lee^{*,1)} · Samhyeon Yoo¹⁾ · Ji-il Park¹⁾ ·
Hyunseung Shin¹⁾ · Youngjin Kwon¹⁾ · Hyunho Choi²⁾

¹⁾ Department of Mechanical and System Engineering, Korea Military Academy, Korea

²⁾ The 5th Research and Development Institute, Agency for Defense Development, Korea

(Received 11 February 2019 / Revised 29 March 2019 / Accepted 31 May 2019)

ABSTRACT

LTV(Light Tactical vehicle) operating in our military requires higher levels of performance and durability to withstand harsher conditions than ordinary vehicles, as they must travel on both rough-train and off-road as well as on public roads. Recently, developed light tactical vehicle is developed by a variety of test evaluations in order to satisfy ROC(Required Operational Capability) by the requirement military group. However, there is no standardized driving test condition for satisfying the durability performance of Korean tactical vehicle. Therefore, this study aims to provide basic data to establish reliable driving test conditions by analyzing the maneuver conditions and the driving data in order to select the representative drive course required. To do this, we analyzed the future operational environment, the area of operation analysis and the driving information of light tactical vehicle.

Key Words : Light Tactical Vehicle(LTV, 소형전술차량), Representative Drive Course(RDC, 대표주행경로)

기 호 설 명

n : The number of test vehicle

d : Distance of test and evaluation

CL : Confidence level

η & β : Scale & Shape Parameter

* Corresponding author, E-mail: jonglee@kma.ac.kr

Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

1. 서론

우리 군에서 운용되는 전투 및 전술차량은 일반도로 뿐만 아니라 동부산악지역의 야지 및 험지를 주행해야 함으로 일반차량보다 가혹한 조건에서 견딜 수 있도록 보다 높은 수준의 성능과 내구도가 요구된다. 여기서의 내구도란 특정장비가 고장없이 목표 수명 또는 교환시점까지 의도한 기능을 성공적으로 발휘할 확률을 말하며, 장비별 내구도 조건을 문서화하고 있다. 따라서 소요군은 해당 장비가 충분하고 신뢰도가 높은 시험평가를 거쳐 작전운용성능을 만족하고, 목표로 하는 내구도 기준을 충족하여 전력화되기를 요구한다^[1,2].

일반적으로 군용장비 또는 무기체계는 개발부터 전력화까지 다음과 같은 시험평가를 거치게 된다. 체계개발단계에서 개발시험평가(DT&E, Development Test & Evaluation)와 운용시험평가(OT&E, Operational Test & Evaluation), 양산단계에서의 야전운용시험(FT, Field Test), 그리고 전력화평가를 수행하게 된다^[1]. 개발시험평가는 시제품에 대한 요구성능 및 개발 목표 등의 충족여부를 검증하기 위해 전문적인 시험장 환경에서 요구성을 측정하는 것으로 설계상의 개발목표 및 문제점이 충족되었는가를 검증하며 개발기관 주관으로 수행한다. 운용시험평가는 무기체계가 운용되는 실제 환경 또는 이와 유사한 조건에서 작전운용성능 충족 여부 및 군 운용 적합여부를 확인하는 것으로 소요군 주관으로 실시하며 최종 전투용 적합의 여부로 판정된다. 야전운용시험은 야전에 배치되는 무기체계의 초도생산품에 대하여 야전운용상의 제한점을 식별하고, 이를 보완하여 후속양산에 반영하기 위한 것으로 무기체계의 완전성을 향상시키는데 그 목적이 있다^[2].

이러한 과정을 거쳐 개발된 군용차량의 한 사례로서 소형전술차량 개발기간 중 내구도 및 주행 관련 시험평가는 다음과 같이 실시되었다. 개발시험평가 시 국방과학연구소 창원 기동시험장에서 총 32,000 km를 주행하며 차량의 주요 구조물에서 문제점 발생여부를 확인하는 내구시험(Endurance test)과, 운용시험평가 시 전방의 산악 기동로 또는 다소 험한 기동로에서 주행하면서 차량의 구조물과 파손여부를 시험하는 주행시험을 포함한다. 이러한 내구시험 및 주행시험의 기준은 신차 개발시 매우 중요한 시험평가로서 목표 주행거리, 주행조건 등의 기준설정은 개발과 매우 밀접하며, 내구도 기준이 과도하게 높은 경우 개발비 상승 및 시험평가 기간의 증가 등을 초래하므로 장비의 운

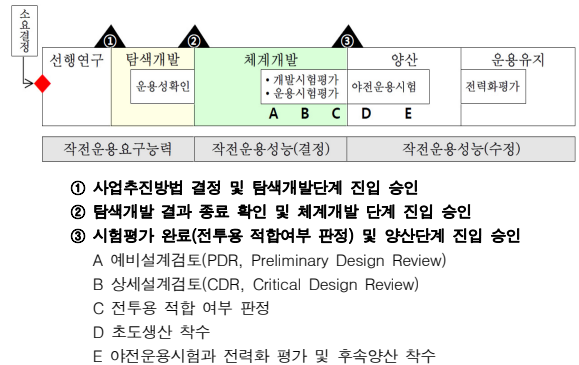


Fig. 1. Acquisition procedure for research and development weapons system

- ① 사업추진방법 결정 및 탐색개발단계 진입 승인
- ② 탐색개발 결과 종료 확인 및 체계개발 단계 진입 승인
- ③ 시험평가 완료(전투용 적합여부 판정) 및 양산단계 진입 승인
 - A 예비설계검토(PDR, Preliminary Design Review)
 - B 상세설계검토(CDR, Critical Design Review)
 - C 전투용 적합 여부 판정
 - D 초도생산 착수
 - E 야전운용시험과 전력화 평가 및 후속양산 착수

용형태 및 목적에 따라 적절한 기준을 선정하는 것이 중요하다. 또한 실제로도 이러한 시험평가간 시간 및 공간적 제약, 시험평가용 장비 부족 등으로 충분한 시험평가가 제한되고 있다.

본 논문에서는 현재 육군 전술차량 개발간 실시되는 시험평가 중에서 내구시험 및 주행시험과 관련된 국내외 문헌과 사례를 참고로 시험평가 방법 및 기준에 대하여 고찰하고, 내구시험 및 주행시험을 위한 기동로, 주행거리, 주행속도 선정에 대한 방안을 제시하고자 한다.

2. 한국군과 미군의 내구 및 주행 시험 수행 방법

2.1 한국군 내구시험 절차

일반적으로 무기체계 개발시 국방전력업무훈령에 따른 절차를 준수한다^[1]. 따라서 무기체계 개발간 시험평가를 계획 및 실시하기 위해서는 최초 시험평가 기본계획서(TEMP, Test & Evaluation Master Plan)를 작성하고 이를 바탕으로 개발시험평가 계획서와 운용시험평가 계획서를 작성하게 된다^[1]. 따라서 합참, 방위사업청, 시험평가기관(육군 시험평가단, 분석평가단 등), 기타 다양한 기관의 검토를 거쳐 계획을 작성한다. 그러나 군용차량의 시험평가계획단계에서 작성된 문서만으로는 다양한 임무와 특성을 고려한 내구시험과 주행시험의 절차 및 기준에 대한 표준화가 쉽지 않아 대표적인 기준 마련이 시급하다. 특히, 실지형을 고려한 운용시험평가(OT)의 세부적인 주행시험을 위한 시험로(기동로) 선정, 목표 주행거리, 주행속도 결

정 등을 위해서는 다양한 규정과 절차에 대한 관련 근거가 요구된다.

현재까지 국내의 차륜차량 및 궤도차량 등 군용차량의 내구시험은 국방규격(KDS)에 문서화되어 있다. 일반적으로 내구시험은 개발단계에서 개발기관 주관으로 특정장비가 고장없이 목표 수명 또는 교환시점까지 의도한 기능을 성공적으로 발휘할 수 있는가를 평가하며, 전문적인 시험시설이 갖추어진 국방과학연구소 창원 기동시험장을 주로 활용한다. 따라서 내구시험 기동로에 대한 특성이 상세히 명시되어 있기 때문에 시험로 선정에 대한 논란은 적으나 내구시험이 많은 시간을 요구하기 때문에 주행거리와 주행속도 등을 선정하기 위한 다양한 의견이 제안되고 있다. 이러한 국방규격을 작성하기 위해 많은 부분에 있어 미군의 시험절차서(Test Operational Procedure(TOP) 2-2-506)를 참고하였고 이를 바탕으로 한국군 자체 내구시험 기준을 마련하였다^{3,4)}. 소형전술차량의 경우, 미군 시험절차서(TOP 2-2-506)의 유사 차량 그룹(W1, W2)을 대상으로 참고하여 Table 1과 같이 한국군 자체 내구시험 기준을 적용한다. 국방규격에 따르면 군용차량을 탑재 중량 기준으로 계열화하고, 이후에 개발되는 차량은 필요에 따라 새로운 기준을 추가하여 내구시험 규격을 개정하는 것으로 되어 있다. 그러나 다음에 설명될 미군의 내구시험 절차서(TOP 2-2-506)와 비교시 차량의 계열화 및 시험기준이 상세하지 않고, 한국군 대상 장비의 임무특성 및 운용환경 등을 고려한 세부적인 내용은 구체화 되어 있지 않다



운용시험평가 시 수행되는 주행시험은 내구시험과는 달리 기동시험장이 아닌 주로 전방지역의 산악 기동로와 노면조건이 험한 야지 기동로에서 실시한다.

Table 1. Standard total distance for durability driving test of wheeled vehicles

구 분	1½톤(km)	2½톤, 5톤(km)	
기본차량	32,000	32,000	
계열차량	구급차	19,200	-
	삽 벤	19,200	18,000(2½톤 정비 밴) 18,000(5톤 확장식 밴) 18,000(5톤 수리부속 밴)
	NBC	-	-
	렉 커	-	18,000(5톤)

이러한 기동로에서 지정된 속도로 목표 주행거리를 주행하면서 차량의 파손여부를 검증하고 군용적합성을 평가하게 된다. 그러나 일반적인 운용시험평가에 대한 지침서 등은 존재하나 특히 군용차량과 관련된 주행시험 관련 규정 절차서가 없어 운용시험평가시 주행거리와 주행속도 설정시 다양한 의견이 제안되고 있다. Table 2는 현재까지 개발된 군용차량의주행시험시 주로 활용되는 기동로가 위치한 지역이다. 대부분 강원도 및 경기도 북부의 전방지역은 산악 및 험한 기동구간으로 구성되어있다. 이처럼 현재 시험구간은 실제 운용지역의 기동로이지만 해당 시험장비의 정확한 시험평가를 위해서는 기동로에 대한 세부특성(경사, 기복, 회전, 표면 구성물 등), 주행거리, 주행속도 등에 대한 정확한 상세기술이 필요한 것으로 판단된다.

Table 2. Driving test course of Korea Army

구분	서 부 지 역	동 부 지 역
포장 도로	<ul style="list-style-type: none"> • 보개산 고갯길(연천군) A • C3 지역(철원군) B 	<ul style="list-style-type: none"> • 한계령(인제군) E • 진부령(고성군읍) C • 미시령(인제군) D
비포장 도로	<ul style="list-style-type: none"> • 다라미 고개(연천군) F • 다락대 훈련장(포천시) G • 무건리 훈련장(파주시) • 지포리 훈련장(철원) M 	<ul style="list-style-type: none"> • 향로봉(고성군) I • 과학화훈련장 도로
위성 사진		

2.2 미군 내구시험 절차

지금까지 한국군은 미군의 내구시험 절차서(TOP 2-2-506, 1981년 작성)에 공개된 자료를 바탕으로 내구시험에 준용하고 있다. 그러나 기준설정 방법, 주행속도, 도로의 가혹도 등 여전히 많은 부분이 미공개 되어있다. 최근에는 2014년에 미군이 개정한 내구시험 절차서(TOP 2-2-506A, 2014년 2월에 개정)가 공개되었기에 변화된 부분에 대한 분석을 통해 한국군 내구시험에 반영여부를 결정해야 할 것이다.

미군의 내구시험은 TOP 2-2-506을 기본지침으로 시험계획 및 절차, 사전 준비사항, 하중조건, 차량 유형,

시험로 선정, 주행속도 결정 등에 대하여 상세히 설명되어 있고, 보다 세부적인 내용은 또 다른 절차서(TOP 1-1-010, TOP 1-1-011, TOP 01-1-014 등)를 통해 구체화하고 있다^{13,5-7)}. TOP 2-2-506에서는 내구시험을 위하여 Table 3과 같이 차량을 W1에서부터 W9까지로 임무형태와 주행거리에 따라 구분하고, 내구시험을 위한 도로의 구분을 Primary Road, Secondary Road, Cross-Country로 3가지로 구분하였다. 이후 개선된 TOP 2-2-506A에서는 도로의 구분을 Primary Road, Secondary Road, Trail, Cross-Country로 4가지로 구분하였으며, 해당 도로 형태에 따라 내구시험을 위한 주행거리 비율을 설정하였다¹³⁾. Table 4는 미국 Yuma 기동시험장에서 험비와 같은 소형전술차량(Wheeled-Light)의 내구시험을 위한 도로형태별 주행거리를 나타낸 표이다. 한국군 내구시험의 도로구분이 포장도로, 비포장도로, 야지로 구분하는 것과 비교하여, 위 표에서 알 수 있듯이 도로의 형태에 따라 보다 세분화되고 지정된 시험 기동로를 활용하도록 명시하고 있다. 또한 이러한 기동로의 세부 특성은 미군 차량시험시설 명세서(TOP 1-1-011 A, 2012년)에 상세히 기술되어 있다.

Table 3. Classification of US military wheeled vehicles for durability test procedure

Level		% , Primary-secondary-crosscountry	Total Mileage (km)
W1	주행거리가 길며, 인원/물자/장비 수송(트럭, 장갑차, 전술차량)	30-30-40	38,400
W2	W1 사시에 특별장비 탑재 (구급, 구난, 덤프, 정비벤, 전술장비 지원)	60-20-20	19,200
W3	주행거리가 짧고, 경량 (on-road type) (발사대 차량, 레이더 차량)	60-20-20	6,400
W4	전천후 지형 주행차량 (가혹한 야지, 눈, 모래)	25-20-55	6,400
W5	수륙양용을 위해 고안된 특수목적 차량	40-25-35	14,400
W6	화제진압 차량	49-22-29	6,400-8,000
W7	경트럭/버스 등 상용차량	85-15-0	57,600
W8	군용 트랙터 및 세미 트레일러	60-25-15	38,400
W9	트레일러	34-33-33	4,800-9,600

Table 4. Endurance mileage breakdown by course, light weight vehicle

Terrain Type	B	C	D	E	F
	OMS/MP Terrain (%)	Terrain Type Total Mileage, km	Test course	Course Percent	Course Total Mileage, km
Primary	30	9,600	Laguna Paved	100	9,600
Secondary	30	9,600	Patton Hilly Gravel	35	3,360
			Patton Level Gravel	30	2,880
			Kofa Level Gravel	35	3,360
Trails/Rough Trails	20	6,400	Patton Level TRAILS	60	3,840
			Desert March*	40	2,560
Cross-Country	20	6,400	Desert March*	50	3,200
			Rock Ledge	10	640
			Middle East	40	2,560
TOTAL	100	32,000	-	-	32,000

*44 % has been classified as Trails/Rough Trails-and 56 % of Desert March has been classified as Cross-Country Terrain. For each, complete North to South or South to North Traverse, these percentages(44 % and 56 %) should be applied to calculate the respective terrain types.

3. 내구시험 및 주행시험 분석

3.1 분석대상 장비 선정

대표주행경로를 선정하기 위해서는 일반적으로 운용되는 주행환경 및 노면상태가 분석되어야 한다. 이를 위해 한국군 작전환경 및 작전 임무에 따른 대표 장비 선정이 우선 요구된다. 이 장비는 현재 운용중인 소형전술차량의 내구 신뢰도를 충분히 만족할 수 있어야 하며, 향후 개발추진중인 차량의 노면 가혹도도 고려되어야 한다. Table 5는 계대별 운용중인 소형전술차량의 주행관련 정보를 바탕으로 대표주행경로 선정을 위해 운용정보를 수집하기 위한 차량 선정 결과이다. 연대이하 지휘차량이 평시 운용 가혹도 및 빈도가 가장 높고, 임무의 다양성을 반영할 수 있다는 의견을 토대로 최종 대상차량으로 선정되었다.

Table 5. Evaluation table of combat vehicles for standard vehicle test course conditions^[9,10]

부대	임무	주행 관련 정보					임무		평시 업무	우선 순위
		고속 기동	야지 기동	등판 능력	주행 거리	최대 속도	다양성	기동률		
연·대대	지휘	●	●	●	●	●	●	●	●	1
대대	기갑 수색	●	●	●	●	●	▲	▲	▲	2
포병	관측	●	●	●	●	●	×	▲	▲	3
연·대대	카고 트럭	▲	▲	●	▲	▲	▲	●	●	4
정비대	정비	▲	▲	▲	●	▲	×	▲	●	7
통신대	통신	▲	▲	●	●	▲	×	▲	●	5
화학대	화생방 정찰	▲	▲	▲	●	▲	×	▲	▲	6
직할대	현궁	▲	▲	▲	▲	▲	×	▲	▲	8

3.2 기동로 특성 분석

군용차량 개발시 특정한 임무의 차량이 어떤 형태의 도로를, 얼마만큼, 어떻게 운행할 것인가를 도출하는 것은 선행연구에서부터 고려되는 중요한 사항이지만, 이러한 도로의 형태, 주행거리, 주행특성 등을 시험평가 단계시 어떻게 반영하는가는 또한 매우 중요한 요소이다. 따라서 개발과정에서 차량의 내구시험과 주행시험을 위한 기동로 선택은 차량의 성능과 내구성을 결정하는 중요한 문제로서 차량의 성능과 내구도를 평가하기에 적합해야하며 또한 실제 차량이 운용될 지역특성을 충분히 반영해야한다.

미군은 일반적으로 차량개발 시 선행연구에서 작성된 운용형태중합/임무유형(OMS/MP, Operation Mode Summary/Mission profile)을 토대로 기동로를 선정하고, OMS/MP가 제한되는 경우 Table 6과 같이 차량의 중량과 임무에 따른 차량유형을 선택하여 해당 기동시험장의 지정된 기동로 비율을 적용하도록 되어 있다^[2,8].

한국군의 경우 국방과학연구소와 같은 전문기관은 군용 및 민수용 차량의 다양한 시험평가가 경험을 토대로 공학적인 측면에서 차량의 내구시험에 적합한 시험 기동로를 보유하고 있지만, 규모와 다양성 측면에서 표준화된 시험장 구비가 부족한 실정이다. 또한 좁은 국토면적으로 인해 실제 운용지역에 대한 야지기

Table 6. Sample vehicle mission profiles(TOP 2-2-506A, 2014), unit : %^[3]

Type	Primary	Secondary	Trail/Rough Trails	Cross-Country
Wheeled, Light	30	30	20	20
Wheeled, Medium	20	50	15	15
Wheeled, Heavy	30	50	10	10
Mine Resistance Ambush Protected	10	40	30	20
Wheeled Truck-Tractor and Trailer, Light&Midium	50	40	10	-
Wheeled Truck-Tractor and Trailer, Heavy	40	45	15	-
Motorcycle	10	10	50	30
Quad/All Terrain Vehicle	10	10	50	30
Fire-Truck	49	22	-	29 ^a
Wheeled Combat	30	40	15	15
Robotic ^b	-	30	50	20
Tracked Combat ^c	32.4	32.2	-	35.4
Tracked Combat Support	32.4	32.2	-	35.4
Material Handling	35	-	50 ^d	15

^a Mileage can be divided between trails and cross country if necessary

^b Tentative mission profile for self transportable force application only, subject to change

^c Terrain percentage and mileage breakdowns are dependent on test requirements, mission, and vehicle types

^d Mileage can be divided between trails and secondary if necessary

동 특성을 시험하기 위한 여건은 더욱 불비하다. 따라서 차량의 임무에 따라 해당차량이 실제로 운용하게 될 지역의 특성과 운용형태 등을 반영한 시험 기동로 제작이 필요하며, 우선적으로 실제 운용지역의 도로를 유형별로 분류하는 것이 필요하다. 이를 위해 군용차량이 운용될 기동로의 정량적이고 분석적인 측면에서 기동로의 고도차, 기복/경사, 회전, 도로폭, 표면특성(거칠기; Roughness, 흙/자갈 등 구성요소 등) 등 물리적 특성을 파악하고, 공학 계측장비를 활용한 동적응

답특성(WNS, PSD, 가속도 등)을 비교하여 유형별 기동로를 선정하고 내구시험 및 주행시험 기동로를 표준화 해야한다. Table 7은 전방지역 및 주행시험을 실시하는 지역을 확인하여 지형적 특성과 도로표면 특성을 바탕으로 도로 유형을 구분한 예시로서, 향후 이러한 데이터를 바탕으로 도로 유형을 구분하여 시험평가를 위한 기동로 선정에 반영되어야 한다.

본 연구에서는 기동로 특성 분석을 위해 GPS장비를 이용해 측정한 실측 데이터와 Google Earth Pro를 이용한 데이터를 비교하여 분석하였다. Fig. 2는 Table 2의 E지역에 대한 지형분석결과로서 고도 데이터만 비교해 보면, 일부 차이는 있지만 전반적인 경향성은 일치하는 결과를 확인할 수 있다. 이 지역외에도 C,

Table 7. Maneuver road type to selection of the representative drive course for test and evaluation

주행로 유형	구성물(포함여부 0, △, X)					경사(기복)	회전	거칠기	비고
	흙	자갈	시멘트	수풀	기타				
아스팔트	X	X	X	X		중하	상중하	하	① 아스팔트(콘크리트) 직선 : 고속주행 ② 아스팔트(곡선)기복
시멘트	X	△	○	X		상중하	상중하	중하	- 시멘트 구간 : 부대 진입로 - 짧은 경사구간(비교과)
야지1	○					하	중하	하	- 흙길 직선명지 - 흙길 회전 : 다져진 흙도로
야지2	○	○				중하	상중하	중하	③ 흙길+자갈 : 대다수 비포장도로 ④ 흙길+자갈 : 전방전술도로
야지3	○	○	○			상중	상중	중하	⑤ 흙길+자갈+회전구간을 시멘트로 포장 - 전방전술도로에 존재
야지4	○			○		하	중하	중하	- 정비되지 않은 길의 경우 수풀 존재
야지5	○	△			웅덩이 둔덕	중하	중하	상중	⑥ 군 훈련장(예) 내 특정지역 고려
야지6	△	○			자갈길 암석	중하	하	상중	⑦ 자갈길 - 주차장, 공사장 등 인위적으로 만들어진 길 ⑧ 암석길 : 계곡 등과 같은 지역
진흙길	진흙				늪지 습지				⑨ 늪지 : 00훈련장 내 또는 특정지역

D, I 역시 위성과 GPS 장비의 측정결과는 일치하는 경향성을 확인할 수 있었다.

이를 바탕으로 Fig. 3에서 보는 것처럼 기동장비 시험평가가 이루어지는 주행시험장^[5-7,15]에 대한 거리, 고도, 기울기 등 지형 데이터를 Google Earth Pro.를 이용하여 측정하였다.

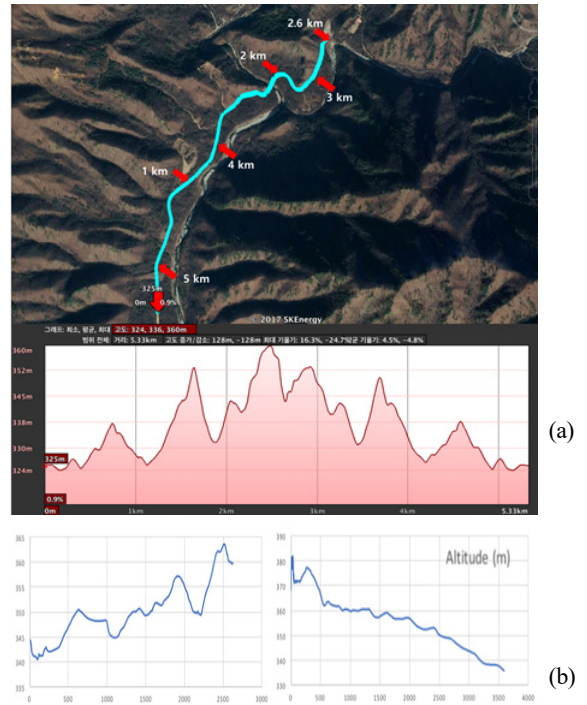


Fig. 2. Result of road analysis from Google Earth Pro.(a), GPS(b)



Fig. 3. Example of measured course profile(Churchville #B, ATC) by Google Earth Pro.

Table 8. Driving test course comparison of field test of ROK, Agency for Defense Development of ROK, ATC of U.S Army

Terrain Type	Location	거칠기	Distance	최대 / 최소 고도 (고도차)	고도 증가 / 감소	최대 평균 기울기	비고	
ATC	Primary Roads (포장)	ATEF Paved	없음	7.2 km	18 / 6 m (12 m)	41.4 / -38.7 m	4.8 / 0.9 %	루프
		Perryman Paved	없음	6 km	15 / 8 m (7 m)	13.5 / -13.9 m	19.2 / 1.0 %	직선
	Secondary Roads (비포장)	ATEF Gravel	적음	7.2 km	18 / 6 m (12 m)	41.4 / -38.7 m	4.8 / 1.0 %	루프
		Munson Gravel	적음	3.2 km	6 / 3 m (3 m)	35.9 / -35.6 m	9.6 / 2.1 %	회전 / 루프
		Perryman A	흙길	3.9 km	12 / 9 m (3 m)	13.5 / -13.9 m	7.9 / 0.7 %	회전 / 루프
		Perryman #1	흙길	8.4 km	17 / 9 m (8 m)	56.5 / -57.2 m	18.4 / 1.2 %	회전 / 복잡
		Churchville #C	점토/ 흙길	2.4 km	93 / 37 m (56 m)	89.0 / -87.2 m	21.1 / 5.1 %	준직선 / 단순
	Trails / Rough Trails	Perryman #1	흙길	8.4 km	17 / 9 m (8 m)	56.5 / -57.2 m	18.4 / 1.2 %	회전 / 복잡
		Perryman #2	흙길	2.9 km	12 / 6 m (3 m)	26.3 / -26.6 m	8.4 / 1.6 %	회전 / 중간
	Cross-Country	Churchville #B	흙/돌/진흙	5.8 km	95 / 37 m (56 m)	259 / -258 m	26 / 8.7 %	회전 / 복잡
		Churchville #A	초목길	NA	-	-	-	-
		Perryman #3	흙/돌/진흙	5.3 km	14 / 7 m (7 m)	42.9 / -42.8 m	14.8 / 1.3 %	직선 / 루프
	국과연 기동 시험장	Perryman #4	흙/돌/진흙	4 km	14 / 10 m (4 m)	42.6 / -42.7 m	15.9 / 1.6 %	직선 / 루프
		Perryman #5	흙/깨은돌	152 m	-	-	-	-
		비포장	-	1.8 km	146 / 95 m (51 m)	66 / 66 m	28.6 / 7.2 %	회전 / 루프
야지		-	2.9 km	168 / 113 m (55 m)	93 / 93 m	32.4 / 6.2 %	회전 / 루프	
G1		-	1.7 km	155 / 96 m (59 m)	60 / 60 m	17.5 / 7.2 %	회전 / 루프	
G2		-	1.8 km	183 / 96 m (87 m)	92 / -92 m	22.7 / 10.2 %	회전 / 루프	
G3		-	1.6 km	176 / 97 m (79 m)	81 / -81 m	28.5 / 10 %	회전 / 루프	
G4		-	1.9 km	187 / 96 m (91 m)	96 / 96 m	32.5 / 10.3 %	회전 / 루프	
이전 시험평가 지역 (포장)	A지역	-	4.49 km	331 / 94 m (237 m)	257 / -303 m	41.1 / 12.1 %	정상 에로지역	
	B지역-1	-	8.57 km	514 / 176 m (338 m)	382 / 338 m	26 / 8.2 %	-	
	B지역-2	-	4.97 km	542 / 214 m (328 m)	134 / 434	- 43.1 / 10.3 %	-	
	C지역	아스팔트	29 km	933 / 227 m (706 m)	1013 / 1051 m	-42 / 6.1 %	다수 회전	
	D지역	아스팔트	23.4 km	540 / 29 m (511 m)	600 / -964 m	-34.5 / 5.6 %	내리막 회전	
이전 시험평가 지역 (비포장)	E지역	아스팔트	10.6 km	781 / 175 m (606 m)	584 / -904 m	-40 / 13.3 %	다수 회전	
	F지역	-	6.87 km	470 / 104 m (366 m)	469 / 415 m	38.9 / 12.6 %	-	
	G지역	-	3.54 km	112 / 81 m (31 m)	52 / 60 m	16.4 / 3.1 %	직선+회전	
	H지역	-	3.72 km	152 / 73 m (79 m)	106 / -106 m	21.7 / 5.7 %	-	
	I지역-1	흙+자갈	7.5 km	1085 / 526 m (559 m)	853 / 302 m	33.5 / 12.4 %	최초부터 능선	
	I지역-2	흙+자갈	8.9 km	1268 / 1049 m (219 m)	514 / -329 m	30.5 / 7.8 %	능선 구간	

Table 8은 미군의 ATC와 국과연의 기동시험장 그리고 본 연구진이 측정한 기동장비 시험평가 주행로의 데이터를 종합한 표이다. 전반적으로 표를 비교해 보면, 미군에서 운용중인 4가지 도로 타입에 비해 국내에서 운용 중인 국방과학연구소의 기동시험장과 국방기술품질원의 주행시험로가 고도의 증/감, 기울기 등이 크고, 다양하고 복잡한 도로로 구성되어 운용되고 있음을 알 수 있다. 도로의 종류는 미군에서 포장, 비포장, 거친도로, 야지 등 4가지로 구분하는데 반해 국방과학연구소의 기동시험장은 포장, 비포장 그리고 야지로 구분하여 운용하고 있다. 야전 주행시험평가 지역의 경우 포장, 비포장도로로 구분하여 운용 중이다. 대한민국은 산이 많고, 수풀이 우거진 지역에서 작전을 많이 수행하는 만큼 차량의 임무에 따라서 다양한 도로 특성을 반영한 기동로를 선정해야 할 것이다. 국방과학연구소에서 운용 중인 내구시험장의 경우 완성된 기동로를 변화시키기 제한되기 때문에, 야전 주행시험로를 선정함에 있어 이러한 특성이 반영되도록 개선이 필요하다.

3.3 주행거리 선정

내구시험 주행거리와 운용시험평가의 주행거리를 결정함에 있어서 해당차량이 전시와 평시에 과연 얼마만큼의 거리를 주행할 것인가를 파악하는 것이 선행되어야 한다^{9,10}. 비록 OMS/MP에 이러한 내용이 반영되어 있으나 이를 어떻게 적용하는가에 대한 방법론은 정의되어 있지 않다. 따라서 기존 내구시험 절차서의 명시된 주행거리, 그리고 유사차량의 실제 주행거리, 수명거리 또는 수명연한 등에 대하여 살펴보고 어떻게 적용할 것인가를 결정해야 한다.

현재 적용하는 내구시험 주행거리를 살펴보면 다음과 같다. 한국군의 경우 국방규격에 따라 소형전술차량의 경우, 창원 기동시험장에서 포장/비포장/야지를 포함하여 32,000 km를 주행하고 있다. 반면 미군의 소형전술차량(Wheeled-Light)은 Primary/Secondary/Cross-Country Road를 30/30/40 % 비율로 하여 38,000 km를 주행하게 되어 있고, 최근 공개된 내구시험 절차서에는 보다 세분화된 4가지 도로를 기준으로 Primary/Secondary/Trails/Cross-Country Road를 30/30/20/20 %의 비율로 32,000 km를 주행하여 시험하고 있다. 그러나 미군의 내구시험 주행거리를 상세히 살펴보면, Table 9와 같이 기동시험장의 다양한 지형형태의 기동로에 대한 비율을 적용하고, 기동로 조합(Road Course Test

Table 9. Maneuver path percentage for endurance test of US army light tactical vehicle

Terrain Type	Location	Course Name	Wheeled-Light	Wheeled-Midium	Wheeled-Heavy
Primary Road	ATC ^a	ATEF Paved	100	100	-
		Perryman Paved	-	-	100
Secondary Road	ATC	ATEF Gravel	15	15	-
		Munson Gravel Course	15	15	35
		Belgian Block	10	10	10
		Perryman A	-	30	30
		Perryman No. 1 Course	30	-	-
		Churchville C Course	30	30	25
Trails/Rough Trails	ATC	Belgian Block	-	-	-
		Perryman No. 1 Course		20	20
		Perryman No. 2 Course	60	50	50
		Churchville B Course	40	30	30
Cross-Country	ATC	Churchville A Course	-	-	-
		Perryman No. 3 Course	95	100	100
		Perryman No. 4 Course	-	-	-
		Perryman No. 5 Course	5	-	-

^a ATC : Aberdeen Test Center

Matrix)을 구성하여 적용한다. 따라서 한국군도 내구시험의 총 주행거리와 비율을 유사하게 적용하지만, 세부적인 기동로의 구성에 대한 선정근거와 논리가 필요하며, 차량의 유형별로 이러한 조합을 만들어 적용해야 한다.

내구시험과 주행시험을 위한 주행거리 산출에 대한 정확한 방법론은 알려진 것이 없으나, 앞서 설명한 것과 같이 미군은 차량개발 시 선행연구에서 작성된 운

Table 10. Daily operating rate, daily average driven distance and total usage period by unit during the training

구 분	호국훈련			마일즈 훈련		야외 집중훈련	
	지휘	참모	기갑 수색	연대	대대	연대	대대
일일 평균 주행거리 (km)	153	136	59	75	81	57	76
일일 최대 주행거리 (km)	408	516	312	197	400	149	350

Table 11. Operating rate, daily average driven distance and velocity of attack/defence unit at KCTC training

구 분 (공격시)	연대장 지휘 차량	1대대장 지휘 차량 (조공)	2대대장 지휘 차량 (주공)	3대대장 지휘 차량 (예비)
이동거리 (km)	140.06	79.83	161.76	201.66
일일 평균 이동거리 (km)	59.24	33.57	68.03	84.90
속도(km/h)	36.75	21	42.45	52.95

구 분 (방어시)	연대장 지휘 차량	1대대장 지휘 차량 (주방어)	2대대장 지휘 차량 (보조방어)	3대대장 지휘 차량 (예비)
이동거리 (km)	92.83	106.76	270.60	264.48
일일 평균 이동거리 (km)	40.08	46.10	116.85	114.21
속도(km/h)	25.05	28.8	72.9	71.25

용형태종합/임무유형(OMS/MP)을 바탕으로 값을 제시하는 것으로 추정된다. 따라서 타 연구에서 보고된 소형전술차량의 OMS/MP와 기타 유사 군용차량의 실제 주행거리를 바탕으로 총 주행거리를 비교하면 다음과 같다¹¹⁾. 소형전술차량의 전시 OMS/MP에 의한 주행거

Table 12. K-131's total driven distance, yearly average driven distance and total usage period by unit

구 분 (평균값)	사용 년수 (년)	총 주행거리 (km)	연 평균 주행거리 (km)
군 전체	13.18	189,667	14,608
군단사령부	13.55	235,832	17,542
군지사(정비)	13.73	261,282	19,545
군단 정보	13.01	207,404	16,170
군단 통신	12.83	198,409	15,715
사단본부	13.57	201,159	15,071
사단 정비	13.91	206,855	15,127
사단 통신	13.65	191,469	14,069
사단 보급수송	13.08	212,241	16,272
사·여단 전차 (기보제외)	12.79	194,132	15,219
사여단 공병	12.94	209,807	16,356
포병대대급 이하	13.26	205,231	15,520
보병연대 수송대 (평시)	13.05	169,975	13,048
보병연대 이하 (지휘관)	12.67	209,437	15,071

리와 평균속도는 치열한 전투상황을 가정한 72H을 기준으로 작성되었고 약 450 km, 평균주행속도는 21.9 km/h였다. Table 10을 통해 실제 훈련 시 주행거리를 살펴보면, 연대/대대급 이상 지휘관/참모 차량의 일일 주행거리는 약 400 ~ 500 km까지 나오는 것을 알 수 있었다. 또한 Table 11에서 보는 바와 같이 과학화훈련단의 연대급 전술훈련단 산출된 연대 및 대대지휘관 차량의 주행거리는 공격시(57H) 80 ~ 200 km, 방어시(55H) 90 ~ 270 km 수준이었다.

추가적으로 과거 5년간 운용된 K-131 차량의 주행 기록을 바탕으로 주행거리를 분석해보면 평균 사용년수는 13.1년이며(기준 사용년수 12년), 평균 연간 주행거리 14,600 km이다. 상대적으로 평지 지형인 A, C 지역은 주행거리가 약 200,000 ~ 250,000 km이고 사용년수는 약 12.5 ~ 13년인 것을 알 수 있었다. K-311차

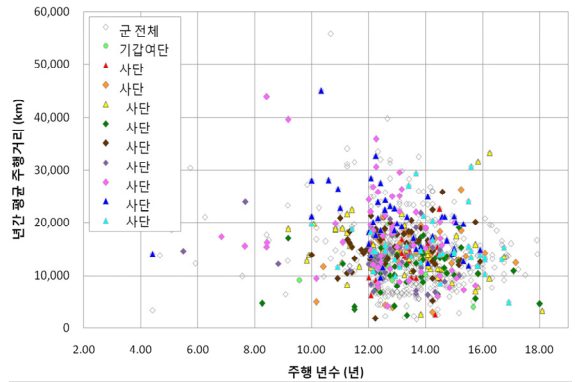


Fig. 4. Total mileage and driving year of K-131 light tactical vehicle

량의 경우 평균 사용년수는 17.1년이며(기준 사용년수 15년), 평균 연간 주행거리 5,400 km 수준이다. 이 중에는 연간 최대 주행거리가 45,000 km가 되는 경우도 있었으나, 군부대에서는 장비의 균형적 사용을 위해 대체적으로 유사한 수준의 주행거리를 갖고 있었다. 그러나 이러한 주행거리 산출에 부과하여 도로형태별 주행거리를 산출이 필요하며, 기타 차량의 구조와 설계적인 측면에서의 공학적 분석과 함께 이러한 자료를 어떻게 내구시험 및 주행시험에 적용할 수 있을지에 대한 방법론 개발도 필요할 것으로 판단된다.

Table 12는 제대 규모별 총 주행거리/평균 주행거리를 보여준다. 일반적으로 제대 규모가 커질수록 주행거리가 증가하며, 연대급 이하 제대에서는 일반차량보다 지휘관용 차량이 총 주행거리/연 평균 주행거리가 길고 사용년수가 짧은 것을 알 수 있다. 또한, 신형 질(K-131)의 사용년수는 약 13년, 총 주행거리는 약 190,000 km 주행하는 것을 알 수 있었다^{9,10}. Fig. 4는 제대별 연간 평균 주행거리 결과이다.

이러한 주행거리는 일반적으로 장비의 신뢰도를 검증하기 위한 이론인 WEIBULL분포에 따른다¹². WEIBULL분포는 차량이 고장 없이 d km를 달릴 수 있는 확률이 50% 이상인 경우, 내구도 시험을 위한 시험평가지 사용한다. 내구도 인증시험을 위한 WEIBULL분포 유도식과 주요 계수는 선행연구 결과를 바탕으로 반영했다¹³. 이 식을 적용하기 위해 1) 신뢰도 $100 \times CL$ %의 내구조건 인증을 위해 주행시험을 실시해야 하며, 2) n 대 차량의 d km 시험은 비복원으로 시행해야 한다. 또한 3) 무고장 시험을 가정한다. 이 수식을 이용하여 평시/훈련(전쟁)시 주행 데이

터를 바탕으로 신뢰성을 확보하기 위한 주행거리를 판단했다.

$$d = \eta \left[-\frac{\ln(1-CL)}{n} \right]^{1/\beta} \geq D \left[\frac{1}{n} \times \frac{\ln(1-CL)}{\ln(0.5)} \right]^{1/\beta} \quad (1)$$

- CL : Confidence Level
- n : The number of test vehicle
- d : Distance of test and evaluation
- η & β : Scale & Shape Parameter

훈련 혹은 전투임무의 경우 하루 혹은 72시간 이내에 전투가 종료되는 것으로 판단되기 때문에, 이 짧은 기간 동안 차량에 문제가 생기면 안된다^[11,14]. 그래서 KCTC단 훈련과 야전부대 훈련 중 가장 긴 거리를 주행한 500 km를 반영하여 계산을 수행하고, 신뢰도 수준 95 %를 가정했다.

평시의 경우, 무기체계 시험평가 실무 가이드북에서 제시하고 있는 육군 무기체계 내구도 시험 평가 기준인 신뢰도 수준 80 %를 기준으로 하여 계산했다^[15]. 주행 거리의 경우 0군 주행 시험 결과 연간 최대 주행 거리인 19,545 km보다 긴 20,000 km로 산정하여 계산을 수행했다. 계산 수행결과는 Table 13에 제시되어 있다. 기준에 실시하고 있던 32,000 km와 비교해서 시험 평가를 실시하는 차량 대수가 중요한 요소가 됨을 알 수 있다. 이는 여러대의 차량으로 동시 시험평가를 진행할 경우 시험시간을 줄이면서 신뢰성은 높일 수 있기 때문이다. 평시 주행거리를 기준으로 산정한 값을 보면, 1대인 경우 주행거리가 46,438 km로서 현재 시행하고 있는 32,000 km에 비해 좀 더 긴 거리임을 알 수 있다. 훈련 및 전시 기준의 주행거리는 72시간 1대

기준으로 2,160.9 km로 주행거리 자체는 짧으나, 평시와 훈련시 주행 속도가 다를 뿐 아니라 주행환경이 차이가 나기 때문에 각각의 운용환경을 고려하여 평가할 필요가 있다. 그리고, 46,438 km의 긴 거리를 내구시험하기 위해선 약 60 km/h로 주행한다고 가정할 때 약 774시간을 평가해야 한다. 내구시험평가에서 지나치게 많은 시간을 소모할 수 있기 때문에, 2 ~ 3대 등 시험 평가 차량 대수를 증가하여 평가할 필요가 있다.

3.4 주행속도 분석

주행속도는 도로형태, 가혹도, 회전 등과 매우 밀접하며, 날씨, 운전자의 특성 등에 따라 차량의 응답이 다르게 나타난다^[16]. 따라서 일정한 주행속도로 차량의 감속과 가속, 회전 등의 다수의 시험 운전자가 일관적으로 테스트하는 것이 쉽지 않아 시험평가 결과가 일관성 있게 도출되는 것은 쉽지 않다. 그래서 속도로 인한 시험평가는 되도록 일관되게 유지하면서 변수를 최소화하고 기준 값을 일정 값 이상으로 표현하는 것이 필요하다.

미군의 경우, 명확한 주행속도를 결정해 두기보다는 지정된 한계속도를 준수하도록 통제하고 있다^[6,7]. 한계속도는 기동로별 차량 탑승자가 느끼는 수준의 진동을 측정하고 이를 바탕으로 최저 진동 수준을 정립하여 한계속도를 결정한다. Table 14를 보면 코스별 땅의 거칠기를 나타내는 RMS값과 최고 주행속도, 속도 증감정도만 정의하고 있다. RMS는 도로 표면 거칠기에 따른 주행 코스의 가혹도를 평가하는 척도이다. 그래서 포장도로인 Primary Road는 0.07로 상대적으로 작은 RMS 수치를 보이고, 최고속도 약 80.5 km/h (50 miles/h)로 정의하고 있다. 그리고 가혹한 조건의 Cross-Country Road는 약 24.1 ~ 32.2 km/h를 나타내는 것을 알 수 있다.

국내의 경우 포장도로는 70 ~ 80 km/h, 비포장 33 ~ 35 km/h, 야지 20 ~ 25 km/h로 제시되고 있다^[17]. 그러나 Table. 11에서의 KCTC 훈련 결과를 보면, 지휘관은 상황에 따라 21 ~ 73 km/h의 속도로 운행하고 있는 것을 알 수 있다. 평시 기준의 주행의 경우 도로 상황에 따라 속도를 조절할 수 있으나 실제 훈련이나 전시엔 이에 맞춰 속도를 조절하기가 제한되는 경우가 많다. 국내 규정 뿐 아니라 일부 선행 연구에서도 도로 유형별 비슷한 주행속도를 제시하고 있으나, 위 주행거리를 제시한 분석결과처럼 상황에 따라 두가지로 주행시험평가를 나눠서 할 필요가 있다^[17,18].

Table 13. Driving test distance for reliability of combat vehicle

차량 대수	1대	2대	3대	4대
주행거리 (평시임무) (20,000 km, 80 % 기준)	46,438 km	23,219 km	15,479 km	11,609 km
주행거리 (전시임무) (500 km, 95 % 기준)	2,160.9 km	1,080.4 km	720.32 km	540.2 km

Table 14. Driving velocity of U.S army reliability test^[6,7]

Terrain Type	Course	RMS	Top Speed (miles/h)	Speed Increment (miles/h)
Primary	Perryman Paved	0.07	50	10
Secondary	Perryman A	0.3	35	5
Secondary	Perryman #1	0.3	35	5
Trails/Rough Trails	Churchville #C	-	35	-
Trails/Rough Trails	Perryman #2	0.8	25	5
Cross-Country	Churchville #B	-	15	-
Cross-Country	Perryman #3	2.75	20	5

기타 연구논문에서는 비포장 30 km/h, 야지 20 km/h로 설정하기도 하였고, 포장로 60 km/h, 비포장 25 km/h, 야지 15 km/h로 적용한 경우도 다수 확인되었다. 그러나 정확한 기동로에 대한 특성이 언급되어 있지 않아 비교가 제한되었다. 차후 시험평가지 주행속도의 지침 개발을 위해서 야전부대 군용차량 운용시 속도에 대한 데이터를 확보하되, 앞서 주행시험을 위해 지정된 특정 구간들을 미리 정하여 도로 유형별 주행속도를 구분하고, 추가적으로 도로의 표면거칠기(RMS Roughness), 진동에 대한 동적특성과 도로의 가혹도의 상관관계를 분석하여 최적의 주행속도를 산출하는 연구가 필요하다.

4. 결론

본 논문에서는 소형전술차량 시험평가 사례를 바탕으로, 군용차량의 내구시험과 주행시험을 위한 발전방안을 제시하였다. 특히 주행과 관련된 시험평가를 위하여 표준 기동로 선정을 위한 기동로 유형 분류를 제안하였고, 내구시험 지침에 제시된 주행거리를 과거 OMS/MP 사례와 유사차량의 실 주행거리를 바탕으로 비교하고 시험 주행거리 설정을 위한 방법론 개발의 필요성을 강조하였다. 마지막으로 현재 시험평가지 적용하는 주행속도를 확인하고 보다 과학적인 주행속도 결정을 위한 방법을 제시하였다.

군용차량 뿐만 아니라 무기체계의 개발사업에서 이

러한 시험평가는 다양한 과학적 방법으로 이루어져야 개발이 완료되고 양산 및 전력화 시 최초 기대한 전투력 및 기능발휘가 가능할 것이다. 따라서 과거 사례 및 경험을 바탕으로 실시되는 시험평가에 대하여 보다 과학적이고 효율적인 방법에 대한 지속적인 고민과 연구가 필요할 것으로 판단된다.

후 기

본 논문은 육군사관학교 화랑대연구소의 연구활동 지원에 의해 연구되었음.

References

- [1] Ministry of National Defense, "Military Strength Development of National Defense Task Instructions," DoD Instruction Vol. 2040, 2017.
- [2] Army Headquarters, "Field Operational Test and Force Integration Test Practice Guideline," 2014.
- [3] US Army, "Testing of Unmanned Ground Vehicle (UGV) Systems," Test Operations Procedure 2-2-540A, 2014.
- [4] Eom Donghwan, "A Study on the Improvement of the Endurance Testing Standard for Combat Vehicles," Korea Association of Defense Industry Studies, Vol. 20, No. 2, 2013.
- [5] US Army, "Vehicle Test Course Severity," Test Operations Procedure 01-1-010 CN1, 2012.
- [6] US Army, "Vehicle Test Facilities at ATC and YTC," Test Operations Procedure 1-1-010A, 2012.
- [7] US Army, "Ride Dynamics and Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration," Test Operations Procedure 01-1-014A, 2012.
- [8] UK Ministry of Defence, "Reliability and Maintainability Assurance Guide Part 3: R & M Case," Defence Standard, Issue 5, 2016.
- [9] Jong Woo, Lee et al., "Analysis for The Selection of Representative Drive Course for Small Tactical Vehicles Through Movement Condition and Operational Environment Analysis," ADD, 2017.
- [10] Jae Yonug, Lee et al., "Development of Mission Profile for Military Strength Load of Tactical

- Vehicle,” Hwarang Research center, 2011.
- [11] Changhee H., Kyuyong S., Myungho O., “Establishing Target RAM Values of Small Tactical Vehicles based on OMS/MP and the Repair Record Analysis of Similar Equipments,” Korean Journal of Military Art and Science, Vol. 71, No. 1, pp. 147-167, 2015.
- [12] Sun Gun, Seo el al., “An Introduction to Reliability Engineering,” Kyobo Book Center, 2010.
- [13] Myung Su, Kim, “Analysis of Calculation of Vehicle Mileage for Certification to Power System Endurance Requirement,” ADD, 2013.
- [14] Sam-Hyeon Yoo, Jong-Woo Lee, Min-Hyung Lee, Seung Min Lee, Myeong-Eon Jang, “A Study on OMS/MP of a Combat Vehicle Mounted with Weapon Systems for Power and Energy Control Strategy Development and its Application,” Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, Vol. 16, No. 1, pp. 48-55, 2013.
- [15] DAPA; Defense Acquisition Program Administration, “Administrative Work Guide Book for Test and Evaluation of Weapons System”, 2012.
- [16] Do-Kyung Kang, Sang-Ho Lee, and Sang-Hwa Goo, “Development of Standardization and Management System for the Severity of Unpaved Test Courses,” Sensors, Vol. 7, No. 9, pp. 2004-2027, 2007.
- [17] Hyenn Cheul, Kim el al., “Development Result and Applicable Technology of LTV [II],” Defense Science and Technology, 437, pp. 108-125, 2015.
- [18] Kwonhee Suh, Myeongkwang Yu, Mintack Lim, Chanman Jeong, “Durability Analysis on the Prototype of a Korean Light Tactical Vehicle,” Transactions of KSAE, Vol. 21, No. 3, pp. 148-156, 2013.