

다목적 전술차량의 주행내구도 시험 절차 및 검증

Endurance test procedure and validation of Multipurpose tactical vehicle

정의봉† · 강동석* · 최지호* · 김한생* · 최만식**

Eui-Bong Jeong, Dong-Suk Kang, Ji-Ho Choi, Han-Shang Kim, Man-Sick Choi

Key Words : Korea Defence Standard(국방규격), Endurance Test(내구도), TOP-2-2-506, Dynamic characteristic(동특성)

ABSTRACT

Endurance test procedures of multipurpose tactical vehicle is constructed by comparing the Korea defence standard and TOP-2-2-506. The plan was to make the best reflect the operational environment and the actual production purposes. Endurance test of multipurpose tactical vehicle more stringent than the existing other military vehicles validation procedures. But the test plan, it is possible to reduce the cost and schedule of long verification that occurs because of the Endurance test. Through a comparison of the dynamic characteristic analysis, change of test center was to ensure the reliability and validity.

1. 서 론

신차 개발 시 규격충족 여부의 확인과 성능검증은 반드시 필요한 절차로 민수차량, 군용차량 모두 제원측정(확인), 성능시험, 환경시험 및 내구도 시험을 실시하는 것은 동일하다. 다른 점이 있다면 검사 및 검증 규격이 민수/군용 규격인지에 대한 차이가 있다는 것이다. 민수차량은 해당 국가의 자동차 제조/관리 법 및 도로교통법의 충족여부를 기준으로 자기인증 및 국가공인 인증을 통하여 생산, 개조 판매되고 있으며 군용차량의 경우 군 요구사항에 따라 군용규격을 적용하여 검증, 생산, 조달하고 있다.

대부분의 군용차량은 국방과학연구소 주관으로

개발되고 있으며 규격화 과정을 거쳐 방산물자로 지정되어 조달되고 있다. 특히 군용차량의 경우 신뢰성, 정비성 및 내구성을 모두 요구함에 따라 초기 개발비용이 막대하게 투입되어야하는 부담이 있고 장시간의 검증기간을 필요로 한다. 또한 국방규격서에서는 업체변경 및 주요 부품의 변경이 있을 경우 비교검증 시험을 명시하고 있어 최신 기술의 적용이 어려우며 노후화된 장비의 특수목적 부품 재고유지로 인하여 높은 후속 군수지원 비용이 발생되고 있다. 기존의 군용차량 국방규격은 운용목적보다 계열화 형태로 되어있으며 계열 내에서 목적에 따라 별도의 성능, 환경, 내구도 시험을 실시하는 형태로 제정되어있다. 이러한 규격의 제정은 내구성 및 안전성 검증은 우수하나 개발/개조 기간, 비용이 증가되는 단점이 있을 수 있다. 특히 장시간을 필요로 하는 내구도 시험은 사업비용과 일정에 중요한 변수가 된다.

본 논문은 제한된 일정, 비용, 자원에서 A-Project 다목적 전술 차량의 개발을 위하여, 사업비용 및 일정의 가장 큰 변수가 되는 내구도 시험의 합리적 절차 수립과 검증을 위하여 기존의 군용

† 교신저자: 정희원, (주)LIG넥스원

E-mail : jeongeuibong@lignex1.com

Tel : 031-8026-4820, Fax :031-8026-7084

* LIG넥스원

** (주)이텍사업

차량 내구도 시험규격과 국방규격의 참고 규격인 미군의 TOP규격을 비교하여 시험절차를 수립하고 결과검증을 위하여 시험로 유형, Cycle, 시험장 별 동특성을 측정 비교하여 다목적 전술차량의 내구도 시험 신뢰성을 검증하였다.

2. 본론

2.1 내구도 시험 규격비교(KDS Vs. TOP)

(1) 국방규격(KDS) 내구도 시험기준 및 절차

(1-1) 국방규격 내구도 시험기준(K9계열)

- ◆ 시험 조건에 따라 차량은 규정 하중을 적재한 상태에서, 규정된 도로 조건에 따라 주행할 경우 엔진, 변속기, 중간 변속기, 차동장치, 프레임의 교환 또는 분해수리 없이 주행거리 00,000km(포장로 00,000km, 비포장로 0,000km, 야지 0,000km)를 완료할 수 있는 확률이 50% 이상이어야 한다.

Table 1 K9계열 내구도 시험 중량조건

차량 구분	K9xx		K9yy	K9zz		
	A	B		C	D	E
공차중량	14,000kg이하			18,000kg이하		18,000kg이하
총중량	32,000kg이하			21,500kg이하		26,000kg이하

Table 2 K9계열 도로조건 별 주행거리

구분	주행 거리	중량 조건
포장로 (65%)	00,000km	차량 총중량
비포장로 (15%)	0,000km	차량 총중량
야지 (20%)	0,000km	차량 총중량

Table 3 K9계열 도로조건 별 주행속도

구분	중량조건	주행 속도
포장로	차량 총중량	최고 속도까지 변화
비포장로	“	지역 조건에 따른 적합한 속도
야지	“	지역 조건에 따른 적합한 속도

- ◆ 신뢰도/내구도/정비도 평가를 위한 데이터 획득을 위해 고장 내용 및 정비 내용은 일일 점검 및 주행 일지, 주간/월간 점검/정비 일지를 통하여 일간, 주간, 월간별로 기록하여 관리한다.

- ◆ 차량은 주기적으로 예방 정비를 실시하며, 일일정비는 매일, 주간정비는 매주, 월간정비는 매월 실시한다.

- ◆ 주기성 소모품(오일류, 필터류 등)은 해당 주기도래 시 교환한다.

(1-2) 내구도 시험절차

- 차량의 외관 및 기능 검사(정비/점검)를 실시한다.
- 차량의 속도, 주행 거리, 엔진 가동 시간 등을 기록한다.
- 도로 조건별 주행을 실시한다.
- 00,000km 내구주행 중 정비 내역을 기록한다.

(2) TOP규격의 내구도 시험기준 및 절차

(2-1) TOP-2-2-506 내구도 시험기준

- ◆ Operate the test vehicles as described below over the appropriate courses for the distances indicated in Appendix B, Tracked Vehicles or Appendix C, Wheeled Vehicles (unless other schedules are specified in the requirements documents). The mileage is accumulated in cyclic increments of primary, secondary, and cross country operations until the total mileage is reached. These appendixes define the types of military vehicles which are grouped for the purpose of endurance testing and include sample mileage schedules and additional test requirements appropriate for development and production tests of each vehicle group. For tests of reconditioned or modified standard vehicles, abbreviated versions of these schedules may be selected by test sponsors based on the objectives of the specific program. Use military operators to accumulate a portion of the scheduled mileage as established during test planning.

- ◆ Course Speeds: Maintain reasonable and practical speeds for the particular co-

urse conditions consistent with safety requirements.

- ◆ Test Loads: Unless otherwise specified, load each vehicle with the cargo or simulated payload it is designed to carry. A dump truck hauls gravel, sand, or crushed stone, whereas a cargo carrier is loaded with 55-gallon drums, simulated ammunition, or component parts in boxes.

Table4 TOP-2-2-506의 Description of Wheeled Vehicle Categories

Group	Description
W1	General and special purpose military trucks used for transporting personnel, cargo, and equipment in operations involving high mileage. Typical vehicles include cargo and utility trucks, armored cars, and special transporters. specialized bodies and equipment on group W1 chassis are tested in accordance with the group W2 procedure.
W2	Truck bodies on group W1 chassis but having specially, designed equipment. Typical vehicles include field ambulances, wreckers, crane and dump trucks, cargo van trucks, maintenance and test shops, Fire control and electronic units, expansible vans, and other trucks used primarily for housing technical equipment for support of tactical units rather than cor general transport purposes.
W3	Lightweight, low-mileage vehicles having little or no springing and a minimum of seating accommodations or other components not essential to operation.
W4	All terrain-type vehicles specially designed for traversing marshy terrain, snow, and sand. Included are vehicles having pneumatic rollers or other high-flotation components.
W5	Special purpose wheeled vehicles intended primarily, for amphibious operations. These vehicles may incorporate hull and marine components applied to a standard chassis or may have hull and chassis of special design stressing marine characteristics.
..	..

Table 5 TOP-2-2-506의 Sample Cyclic Breakdown Of Wheeled Vehicle Endurance Test Mileage Per Course

Group and Type (Defined in Table 4)	% Primary, Secondary, Cross-Country ^a	Miles ⁸ per Cycle	No. of Cycles	Total Miles ⁸	Water Operation per Cycle
W1 Tactical trucks ^b and armored cars	30-30-40	3,000	8	24,000	15 min. fording or 1 hr. swimming
W2 Truck bodies with tactical support equipment ^{b c}	60-20-20	3,000	4	12,000	-----
W3 Lightweight, low mileage trucks: ^b					
A. Primarily on-road type	60-20-20	1,000	4	4,000	-----
B. Primarily off-road type	15-25-60	1,000	4	4,000	15 min. fording
W4 High-flotation vehicles ^d	25-20-55	1,000	4	4,000	15 min. fording or 1 hr. swimming
W5 Amphibious ^{b d e}	40-25-35	3,000	3	9,000	60 hr.
W6 Fire trucks:					
A. Aircraft crash and rescue	49-22-29	2,500	2	5,000	15 min. fording
B. Brush	56-16-28	2,000	2	4,000	15 min. fording
C. Structural	50-50-0	2,000	2	4,000	15 min. fording
W7 Commercial trucks, buses, passenger cars	85-15-0	6,000	6	36,000	-----
W8 Truck-tractors and semitrailers ⁸	60-25-15	3,000	8	24,000	15 min. fording
W9 Trailers:					
A. Trailers and dollies ^{a f}	34-33-33	1,500	4	6,000	-----
B. Trailer bodies and equipment	34-33-33	750	4	3,000	-----
C. Electronic and missile	20-35-45	1,000	4	4,000	-----

(2-2) TOP-2-2-506 내구도 시험절차

- Initial and final odometer reading and miles traveled.
- Vehicle speed record and average speed each course.
- Engine total running time and total idling time.
- Component 'operational hours.
- Vehicle fuel consumption (TOP 2-2-603).
- Quantity and type of engine oil, lubricants, and coolant used.

(3) 국방규격과 TOP규격의 비교

국방규격과 TOP규격의 가장 큰 차이점을 구분한다면 다음과 같다. 국방규격은 TOP를 참고하여 기본차량의 시험규격을 제정하고 탑재 중량을 기준으로 K5xx, K7xx, K9xx로 계열화하고 이후에 개발되는 차량은 각각의 규격을 참고하여 시험하며 필요에 따라서는 새로운 기준을 추가하여 규격을 개정한다. 반면 TOP규격은 군용차량 내구도 시험의 전반적인 기준을 제시하며 특히 차량의 임무목적을 기준으로 Category화하고 각 Category별로 시험거리와 주행로 주행비율을 권고하고 있다. 두 시험규격에 큰 차이는 없어 보이나 실제로는 매우 중요한 차이가 있다. 국방규격의 경우 탑재 중량에 따라 계열화되어있기 때문에 임무 목적 및 중량의 변화가 있는

차량이 필요할 때마다 재개발, 비교주행 및 규격을 개정해야하는 절차가 필요하며 기본차량의 시험조건과 유사한 시험조건을 구성해야한다. 이러한 조건은 개발 비용의 증가, 개발기간 장기화 및 시험장 제한 등의 수반하게 된다.

2.2 다목적 전술차량 내구도 시험기준 및 절차 선정

다목적 전술 차량은 엔진, 미션, 샤프트 등의 모든 부품이 새롭게 적용되는 신규 개발 차량으로 국방규격 계열구분의 주요 판단 근거인 탑재 중량 계열 적용이 어려우며 허용된 검증기간이 짧고 제한된 비용의 한계 내에서 합리적이며 타당한 검증 계획 수립이 필수적이다. TOP-2-2-506의 시험기준 설정 프로세스와 권고사항을 참고, 기 국방규격의 기준과 절차를 비교하여 다목적 전술 차량의 시험기준과 절차를 다음과 같이 수립하였다.

(1) 다목적 전술차량 내구도 시험 규격 선정

(1-1) 차량 Category 선정

다목적 차량은 국내 상용트럭 엔진과 미션을 동력원으로 하여 NATO에서 운용 중인 군용트럭에 적용된 Chassis와 Axle을 조합하여 개발된 차량으로 Table 4의 Category 분류 기준에 의거 Group W2를 적용한다. Group W2의 주행로, 주행비율, 주행거리는 다음과 같다.

Table 6 다목적 전술차량 내구도 시험 주행기준

구 분	주행 비율	Cycle 별 주행거리	사이클 수	총 주행거리
포 장 로	60%	3,000 mile (4,825km)	4	12,000 mile (19,300km)
비포장로	20%			
야 지	20%			

(1-2) 시험 중량조건 및 Cycle별 시험장 선정

개발 일정과 비용을 고려하여 Table 7과 같이 시험장과 시험 중량조건을 구성하였다.

Table 7 시험 중량 및 Cycle별 시험장

구분	1st Cycle	2nd Cycle	3rd Cycle	4th Cycle
시험장소	제안된 포장, 비포장, 야지 시험로	국방과학연구소 시험장		
총중량(kg)	23.5톤 이하(적재중량 9.5톤 이상)			

(1-3) 시험로 주행속도 기준

- 포장로 평균주행속도는 60km/h이상으로 한다.
- 비포장로 평균주행속도는 25km/h이상으로 한다.
- 야지 평균주행속도는 15km/h이상으로 한다.
- 평균주행속도는 참고 수치이며 주행 안전을 최우선으로 한다.

(2) 다목적 전술차량 내구도 시험절차

- 차량 주행기록장치의 주행기록과 영상기록장을 일일 주행 후 Back-up하고 주행일지와 일치하는 확인한다.
- 정비소요 발생 시 군 차량 전문가 배석을 원칙으로 하며 정비내용을 기록하여 상호 확인한다.
- Cycle 내에서 시험하는 도로 유형 변화는 시험일정과 기후 조건 따라 교번 및 혼합 주행이 가능하며 총 주행 거리와 비율은 기준을 충족하여야 한다.
- 일일/주간/월간 점검일지 작성을 원칙으로 하며 예방점검/정비(구리스 주입, 청소, 조임 등)는 주관 업체에서 실시하며 일일/주간/월간 점검일지에 기록한다.
- 점검/정비일이 중복될 경우 점검/정비 주기가 가장 긴 것 이하의 모든 요소를 점검/정비하며 일지는 중복 작성하지 않는다.
- 선정된 시험로의 적절성을 검증하기 위하여 Cycle별 동특성을 측정하고 국방과학연구소 시험장 동특성과 비교하여 내구도 시험의 목적성을 충족하는지 검증한다.

(3) 국방과학연구소 시험장 장외 시험로 선정

촉박한 개발일정과 국방과학연구소 시험장 사용이 불가하여 국방과학연구소 시험장 주행로를 참고하여 장외 시험로를 다음과 같이 선정하였다.

(3-1) 포장로: 아스팔트와 콘크리트 포장이 적절히 배치된 고속도로와 국도를 순환 주행이 가능하도록 하여 약 180km의 구간을 선정하였다. {1번 고속도로(신탄진 → 안성분기점 : 82.9km) ⇔ 40번 고속도로(안성분기점 → 대소 분기점 : 34.1km) ⇔ 35번 고속도로(대소분기점 → 청원IC : 49.2km) ⇔ 17번 국도(청원IC → 신탄진 IC : 14.2km)}

(3-2) 비포장: 기본 잡석이 깔려 다짐이 완료된 포장 이전의 도로를 선정하고 국방과학연구소 시험장과 유사한 요철을 포함한 비포장로를 선정하였다.

{1구간: 충주↔제천 간 532번 지방도 (편도 18km)
 2구간: 화성시 형도 진출입로(순환 11km) }
 (3-3) 야지: 차량주행이 가능한 오프로드 상태의 도로로 시험로 관리가 가능한 도로를 선정하였다.
 {종합 군수학교 K533운전교장(순환 1.2km)}

2.3 국방과학연구소 시험장 Vs. 장외 시험장 동특성 비교

동특성 측정을 위하여 차량의 6개 Point에 3축 가속도센서를(PCB,356A13) 부착하고 각 Cycle별로 주행로별 2회 측정하여 그 평균값을 기준 값으로 한다.

(1) 국방과학연구소 시험장 동특성 데이터

Table 8 국방과학연구소 시험장 동특성

Ch	포장		비포장		야지	
	RMS	PEAK	RMS	PEAK	RMS	PEAK
1ch	0.08	1.61	0.04	1.64	0.03	1.27
2ch	0.29	3.86	0.23	3.17	0.15	2.23
3ch	0.21	2.45	0.10	1.57	0.08	1.69
4ch	0.05	0.86	0.03	0.96	0.02	0.52
5ch	0.16	2.30	0.08	3.14	0.06	2.11
6ch	0.12	1.36	0.06	1.07	0.05	1.03
7ch	0.08	1.60	0.03	2.97	0.03	1.70
8ch	0.54	10.37	0.17	13.23	0.12	11.45
9ch	0.23	2.55	0.06	3.43	0.05	4.22
10ch	0.07	0.96	0.04	3.64	0.03	0.72
11ch	0.22	2.10	0.10	4.53	0.07	1.24
12ch	0.24	3.02	0.19	8.17	0.13	2.33
13ch	0.05	0.48	0.03	0.72	0.02	0.43
14ch	0.13	1.61	0.05	1.73	0.04	0.99
15ch	0.08	0.73	0.05	0.68	0.04	0.54
16ch	0.06	1.23	0.03	1.82	0.02	1.92
17ch	0.61	6.01	0.17	7.08	0.12	6.65
18ch	0.18	1.98	0.07	2.32	0.05	3.46

(2) 장외 시험로 동특성 데이터

장외 시험장의 측정데이터는 각 시험로, Cycle별로 2회씩 측정 총 6회 측정하여 평균 하였다.

Table 9 장외 시험로 동특성

Ch	포장		비포장		야지	
	RMS	PEAK	RMS	PEAK	RMS	PEAK
1ch	0.09	1.22	0.08	1.40	0.06	1.77
2ch	0.41	3.34	0.37	3.50	0.29	4.05
3ch	0.24	1.75	0.18	2.05	0.16	2.36

Table 9 (계속)

Ch	포장		비포장		야지	
	RMS	PEAK	RMS	PEAK	RMS	PEAK
4ch	0.05	1.31	0.05	1.50	0.05	1.88
5ch	0.19	5.57	0.21	6.58	0.17	8.03
6ch	0.12	1.64	0.12	2.03	0.10	2.26
7ch	0.10	2.51	0.06	4.04	0.05	3.86
8ch	0.71	11.27	0.33	14.34	0.21	15.65
9ch	0.23	3.84	0.11	6.06	0.09	6.86
10ch	0.08	1.68	0.07	2.22	0.07	3.44
11ch	0.32	4.16	0.30	6.55	0.24	8.29
12ch	0.23	2.30	0.20	2.87	0.15	3.85
13ch	0.05	0.93	0.05	1.27	0.05	1.40
14ch	0.16	5.27	0.12	8.58	0.11	6.40
15ch	0.10	1.66	0.11	2.69	0.09	2.99
16ch	0.09	2.55	0.06	3.40	0.05	3.13
17ch	0.84	11.05	0.34	14.65	0.22	14.16
18ch	0.22	3.45	0.11	4.66	0.10	4.70

(3) 동특성 측정 결과 비교

국방과학연구소의 시험로와 선정한 장외 시험로의 요철 조건이 다르고 데이터 획득 구간의 차이에 의하여 각 Channel의 Peak 값은 다소간의 차이가 있다. 그러나 RMS 기준으로 국방과학연구소 시험장과 장외 시험장에서 측정한 동특성 결과를 비교하면 모든 시험로 및 모든 Channel에서 장외 시험장의 평균 RMS 값이 국방과학연구소 시험장에 비하여 동등 이상으로 측정된 것을 확인할 수 있다.

Table 10 포장로 동특성 결과비교

Ch	장외 시험로		국방과학연구소	
	RMS	PEAK	RMS	PEAK
1ch	0.09	1.22	0.08	1.61
2ch	0.41	3.34	0.29	3.86
3ch	0.24	1.75	0.21	2.45
4ch	0.05	1.31	0.05	0.86
5ch	0.19	5.57	0.16	2.30
6ch	0.12	1.64	0.12	1.36
7ch	0.10	2.51	0.08	1.60
8ch	0.71	11.27	0.54	10.37
9ch	0.23	3.84	0.23	2.55
10ch	0.08	1.68	0.07	0.96
11ch	0.32	4.16	0.22	2.10
12ch	0.23	2.30	0.24	3.02
13ch	0.05	0.93	0.05	0.48
14ch	0.16	5.27	0.13	1.61
15ch	0.10	1.66	0.08	0.73
16ch	0.09	2.55	0.06	1.23
17ch	0.84	11.05	0.61	6.01
18ch	0.22	3.45	0.18	1.98

Table 11 비포장로 동특성 결과비교

Ch	장외 시험로		국방과학연구소	
	RMS	PEAK	RMS	PEAK
1ch	0.08	1.40	0.04	1.64
2ch	0.37	3.50	0.23	3.17
3ch	0.18	2.05	0.10	1.57
4ch	0.05	1.50	0.03	0.96
5ch	0.21	6.58	0.08	3.14
6ch	0.12	2.03	0.06	1.07
7ch	0.06	4.04	0.03	2.97
8ch	0.33	14.34	0.17	13.23
9ch	0.11	6.06	0.06	3.43
10ch	0.07	2.22	0.04	3.64
11ch	0.30	6.55	0.10	4.53
12ch	0.20	2.87	0.19	8.17
13ch	0.05	1.27	0.03	0.72
14ch	0.12	8.58	0.05	1.73
15ch	0.11	2.69	0.05	0.68
16ch	0.06	3.40	0.03	1.82
17ch	0.34	14.65	0.17	7.08
18ch	0.11	4.66	0.07	2.32

Table 12 야지 동특성 결과비교

Ch	장외 시험로		국방과학연구소	
	RMS	PEAK	RMS	PEAK
1ch	0.06	1.77	0.03	1.27
2ch	0.29	4.05	0.15	2.23
3ch	0.16	2.36	0.08	1.69
4ch	0.05	1.88	0.02	0.52
5ch	0.17	8.03	0.06	2.11
6ch	0.10	2.26	0.05	1.03
7ch	0.05	3.86	0.03	1.70
8ch	0.21	15.65	0.12	11.45
9ch	0.09	6.86	0.05	4.22
10ch	0.07	3.44	0.03	0.72
11ch	0.24	8.29	0.07	1.24
12ch	0.15	3.85	0.13	2.33
13ch	0.05	1.40	0.02	0.43
14ch	0.11	6.40	0.04	0.99
15ch	0.09	2.99	0.04	0.54
16ch	0.05	3.13	0.02	1.92
17ch	0.22	14.16	0.12	6.65
18ch	0.10	4.70	0.05	3.46

3. 결 론

기존의 군용차량은 선행 국방규격의 계열화 표준 절차에 따라 개발 및 검증의 과정을 수행하여 왔다. 또한 제한된 국방과학연구소의 시험장에 한하여 내구도 시험을 실시하여왔다. 기존의 절차를 준수하는 것은 비교검증 및 객관성을 확보할 수 있다는 큰 장

점이 있으나 실제 차량이 운용되는 환경이 반영되기 어렵고 장시간의 개발일정과 많은 비용이 요구되는 단점 때문에 새로운 기술이 군용차량에 적용되기 어렵다는 단점을 가지고 있다.

다목적 전술차량의 내구도 시험계획은 국방규격과 TOP-2-2-506 규격을 비교하여 임무목적에 부합하는 검증 기준과 절차를 수립하였으며 차량의 실제 운용환경이 반영되고 기존의 절차보다 가혹한 내구도 시험을 수행하도록 구성하였다. 특히 내구도 시험에 소요되는 장시간의 일정과 많은 비용을 단축하며 차량의 동특성을 측정 비교하여 다목적 전술차량의 신뢰성을 확보할 수 있었다.

후 기

다목적 전술차량의 성공적 개발을 위하여 고생하여주신 방위사업청 사업 담당자와 ISR연구센터 개발 담당자 및 기계연구센터 진동팀에 감사드리며 내구도 시험의 객관성을 검증하여주신 중군교 기동학처의 협조에 감사드립니다. 특히 비용과 일정의 압박을 받으면서도 성실히 시험을 수행하여주신 ㈜이텍산업과 테스트 드라이버 분들께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) Test Of Procedure TOP-2-2506, Endurance Testing of Track and Wheeled Vehicle
- (2) Korea Defence Standard KDS 2320-4004-1, 5ton Truck, 6x6
- (3) Eo, H. J. and Ko, B. S., 2003, Wnter, Study of the possibility of commercial conversion of standard military vehicles