

통계기법을 이용한 무한궤도형 군용 장갑차량의 신뢰성, 가용성 및 정비성 분석 사례 연구

김상원*

A Case Study on RAM Analysis for A Military Full-Trackted
Armored Vehicle Using a Statistical Method

Sang-Won Kim*

ABSTRACT

This paper describes a case study on the analysis of RAM(Reliability, Availability, and Maintainability) factors obtained from the Endurance-Test for a military full-trackted armored vehicle. In analysing RAM factors of the vehicle we used such a statistical technique as method of Maximum-Likelihood for estimating parameters.

1. 서 론

현대의 무기체계는 첨단 과학기술을 바탕으로 하여 장기간의 연구와 이에 따른 엄청난 자금 및 인력투자를 필요로 한다. 이러한 무기체계는 전력(戰力) 증강면에 있어 큰 비중을 차지하므로 어떠한 무기체계도 신뢰성, 가용성 및 정비성(RAM : Reliability, Availability, and Maintainability, 이하 RAM이라 약함) 요소는 그 설계에 있어 필요불가결한 요소라 아니할 수 없다.

RAM은 신뢰성(Reliability), 가용성(Availability), 정비성(Maintainability)의 약어로 무기체계의 성능, 운용, 정비 및 수리등의 정책수립에 있어 기초가 되는 것으로 무기체계 설계시 대단히 중요한 연구 대상이 되고 있다.

본 연구에서는 xx¹⁾ 무한궤도형 군용 장갑차량(이하 장비라 약함)의 RAM 분석을 위하여 대상 장비에 대한 내구도 주행시험을 실시한 후 얻어진 RAM자료 처리에 통계학적 방법을 적용한 사례에 대하여 설명하고 있다. 추출된 표본에 대한 분포 및 모수에 대한 추정으로는 최우추정법과

* 국방과학연구소(Agency for Defense Development)

1) xx는 군사 장비의 명칭이므로 xx라 표기하였음.

콜모고로프-스미르노프(Kolmogorov-Semirnov) 통계량을 이용하였다.

추후 이를 토대로 장비의 개발규격의 충족 여부와 설계, 제작의 적합성 등 기술적 도달 정도에 따른 개선, 보완 여부를 판단하며 각종 RAM 관련 자료를 획득 데이터 베이스화하며 향후 유사 군용차량의 비교자료로 활용함에 그 목적이 있다.

2. 신뢰성, 가용성 및 정비성(RAM)

2.1 신뢰성(Reliability)

신뢰성이란 주어진 조건하에서 주어진 일정 기간동안 어떤 시스템이 만족할만한 성능을 나타낼 수 있는 확률을 의미한다. 시스템의 수명을 나타내는 확률변수를 T라고 하면 주어진 시간 [0, t]에서의 시스템의 신뢰성은 다음과 같이 표현된다.

$$\text{신뢰성} : R(t) = P(T > t)$$

정비가 가능한 시스템의 신뢰성을 측정하는 척도로 여러가지 군용장비에 대한 신뢰성은 주로 MTBF로 표현되고 있다. MTBF(Mean Time Between Failure)는 고장간 평균거리를 의미하며 시스템의 특성에 따라서 이는 다음과 같은 다양한 방법으로 표현된다.

- MKBF(Mean Kilometers Between Failure) : 고장간 평균거리(킬로미터)
- MMBF(Mean Miles Between Failure) : 고장간 평균거리(마일)
- MRBF(Mean Rounds Between Failure) : 고장간 평균사격발수
- MCBF(Mean Cycles Between Failure) : 고장간 평균주기

MTBF는 여러가지 정의가 다양하게 표현되어

있으나 군용 차량의 MTBF는 주로 다음의 공식을 많이 이용한다.[1][7]

$$MTBF = \frac{\text{전체 운용 시간}}{\text{전체 고장 횟수}}$$

전체 운용 시간 : 시간 [0, t]내에서 모든 시스템이 실제로 운용된 시간들의 합

전체 고장 횟수 : 시간 [0, t]내에서 모든 시스템이 실제로 운용되는 동안에 발생한 고장횟수들의 합

2.2 가용성(Availability)

가용성이라 어떤 주어진 시간 t에 있어서 어떤 시스템이 가동(또는 운용) 상태에 있을 확률로 신뢰성과 정비성에 의해 결정되며 어떤 장비가 불시에 임무를 받았을 때 가용될 수 있는 정도를 나타내는 것으로 전투태세의 측정치로 사용된다. 어떤 시스템이 이원(二元)구조함수를 만족하고 있을 때 시스템의 상태 벡터를 X(t)라고 하면 시스템의 가용성은 다음과 같이 정의된다.

$$\text{가용성} : A(t) = P(\phi(X(t)) = 1)$$

일반적으로 가용성을 표시하는 방법으로는 다음과 같은 세가지가 있다.

1) 고유 가용성(Inherent Availability : Ai)

고유 가용성은 이상적인 지원 환경하에서 명시된 조건대로 사용되어질 때 주어진 시점에 어떤 시스템이(만족할 만한) 가동상태에 있을 확률을 말한다.

이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MCMT(\text{or } MTTR)}$$

MTBF : 고장간 평균시간(Mean Time Between Failure)

MCMT(or MTTR) : 평균 수리시간(Mean Corrective Maintenance Time or Mean Time To Repair)

수리시간은 예방 및 계획정비시간, 군수지연시간, 행정지연시간은 포함시키지 아니한다.

2) 성취 가용성(Achieved Availability : Aa)

성취 가용성은 이상적인 지원 환경하에서 명시된 조건대로 사용되어질 때 주어진 시점에 어떤 시스템이(만족할 만한) 가동상태에 있을 확률을 말한다. Aa는 Ai와 비슷하나 예방 및 계획정비시간을 포함하는 것이 다르다.

이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$Aa = \frac{MTBM}{MTBM + MAMT}$$

MTBM : 정비간 평균시간(Mean Time Between Maintenance)

MAMT : 평균 실제 정비시간(Mean Active Maintenance Time)

3) 운용가용성(Operational Availability : Ao)

운용 가용성은 실제 운용 상황하에서 명시된 조건대로 사용되어질때 주어진 시점에 어떤 시스템이(만족할 만한) 가동상태에 있을 확률을 말한다.

이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$Aa = \frac{MTBM}{MTBM + MDT}$$

MTBM : 정비간 평균시간(Mean Time Between Maintenance)

MDT : 평균 불가동 시간(Mean Maintenance

Down Time)(불가동 시간=실제정비시간+군수지연시간+행정지연시간)

2.3 정비성(Maintainability)

정비성은 어떤 장비가 고장났을때 규정된 물자와 절차에 따라 정비를 하여 주어진 기간내에 시스템을 규정된 상태로 원상 복구시킬 수 있는 확률로 정비의 용이성 및 정비 업무량을 나타내는 척도로 사용된다.

정비성을 나타내는 척도는 다음과 같은 것이 있다.

1) 정비율(MR : Maintenance Ratio)

예방정비를 제외한 모든 정비인시²⁾의 합의 총 운용시간에 대한 비율을 말한다.

$$\text{정비율} = \frac{\text{모든 정비인시의 합}}{\text{총 운용시간}}$$

2) 평균수리시간(MTTR : Mean Time To Repair)

주어진 시간동안 정비 작업수(數)로 정비에 소요된 총시간을 나눈값을 말한다.

3) 평균정비 소요 시간(인시)(MAMDT : Mean Active Maintenance Down Time)

규정된 시간동안 모든 정비업무에 대한 개별 소요시간의 평균치로써 평균정비당 소요시간(MAMDT)은 평균수리시간(MTTR) 및 평균예방정비시간(MTBPM)의 가중평균치이다.

4) 최대수리시간(인시)(MAX TTR : Maximum Time To Repair)

정비시간과 관계없이 임의의 정비를 수행할 때

2) 1인시는 1인이 1시간동안 일하는 것을 말하며 시간 및 정비 인원을 동시에 고려한 개념임

허용되는 최대수리시간을 말한다.

5) 백분위수(PCTL : Percentile)

정비소요시간이 최대수리시간을 초과하지 않는 정비 행위의 백분율을 말한다.

3. 내구도 주행 시험

3.1 내구도 주행 시험 계획

장비의 RAM 요소에 대한 능력을 평가하기 위하여 다음 <표 1>에 보이는 바와같은 내구도 주행시험을 실시하였다. 내구도 주행 시험에 사용된 장비는 시제 1대로 MIL-STD-781C에 제시된 최소기준치(3대)에는 미달되나 시제품인 관계로 동종의 장비 3대를 동시에 이용할 수 없어 시제

1대만을 이용하였다. 주행시험은 약 1년간에 걸쳐 실시되었으며 1일 평균 5시간 정도 운행하였다. 1일 동안의 주행거리는 약 70Km정도로 주행중 충분한 휴식을 실시하였다.

주행은 군과 사전에 협의를 통해 설정된 주행로를 계속 왕복하는 것으로(약 15Km정도임)) 휴식 및 정비시까지 연속적으로 움직이는 것으로 실제상황은 고려치 못하였다. 이는 장비의 운용 시나리오가 필요하나 사전에 운용 시나리오를 제공받지 못하였기 때문이다.

내구도 주행시험 결과 분석은 총 15,000³⁾Km의 주행을 실시하여 고장발생 및 이에 대한 정비 작업지원의 각종 자료를 획득하여 RAM 요소에 대한 분석을 실시하는 것이다. 이 때 내구도 주행로의 조건은 <표 2>에 제시된 바와 같다.

<표 1> 내구도 주행 시험 거리

시 험 구 분	주 행 거 리	비 고
기 본 성 능 시 험	250 Km	포 장 도 로
내 구 도 주 행 시 험	3,400 Km	포 장 도 로
	11,250 Km	비 포 장 / 야 지
내구도시험후기본성능시험	100 Km	포 장 도 로
총 계	15,000 Km	

<표 2> 주행 도로 조건

구 분	비 율	설 명	비 고
포 장 도 로	25%	상용차량이 사용하는 아스팔트 또는 콘크리트로 포장된 도로(포장국도 등)	
비 포 장 도 로	50%	상용차량이 사용하는 비포장도로(비포장국도 등)	
야 지	25%	상용차량이 거의 다닐 수 없는 포장이 아닌 지역	

3) 본 연구에 사용된 모든 수치는 실제치를 적당히 변형시킨 수치임.

〈표 3〉 정비계단별 최대수리인시 허용치

구 분	최대수리인시 허용치	비 고
부대정비(20계단) ⁴⁾	5.0 인시	
직접지원정비(30계단) ⁵⁾	10.0 인시	
일반지원정비(40계단) ⁶⁾	20.0 인시	
직접 및 일반지원정비(34계단) ⁷⁾	30.0 인시	30, 40을 따로 구분하지 않은 경우

포장도로의 주행은 주행로 길이가 짧아 대부분 3단 변속으로 주행하였으며 반환점에서 1단 변속으로 완전 정지후 제자리 선회를 실시하였다. 비포장도로 및 야지는 각 노변별로 안전하게 주행이 가능하도록 저속으로 주행하였으며 대부분의 주행은 3단 변속 상태에서 주행하였다.

〈표 1〉에 제시된 기본 성능 시험은 내구도 주행시험을 실시하기 전후에 반드시 실시하여야 하는 것으로(장비에 대한 기본 성능평가를 하는 것임) 이 때에도 각각 주행을 실시한다.

3.2 내구도 주행시험 기준

주행 시험에 따른 RAM별 기준은 다음과 같이 설정하였다.

3.2.1 신뢰성(Reliability)

〈표 2〉에 있는 조건하에서 최초 15,000Km 주행동안 고장간 평균거리(MKBF : Mean Time Between Failure)는 900Km이상이어야 한다.

3.2.2 가용성(Availability)

장비의 가용성은 0.6이상 이어야 한다. 여기서 장비 가용성은 고유 가용성을 말하는 것으로 다음과 같다.

가용성 :

$$A = \frac{\text{고장간 평균시간(MTBF)}}{\text{고장간 평균시간(MTBF)} + \text{평균수리시간(MTTR)}}$$

3.2.3 정비성(Maintainability)

1) 운전병, 승무원의 점검 및 수리를 제외한 모든 계획 및 비계획정비의 합은 (4. 장비의 정비작업분류 참조) 15,000Km 주행동안 120 인시를 초과할 수 없다.

2) 장비를 17Km/Hour의 평균속도로 운행할 때 정비율(MR : Maintenance Ratio)은 0.3 이하가 되어야 한다. 여기서 정비율의 계산은 다음과 같다.

$$\text{정비율} = \frac{\text{모든 정비인시(Man-Hour)의 합}}{\text{총 운행시간(Hour)}}$$

3) 최대수리인시(MAX TTR)는 〈표 3〉의 기준을 초과하지 않아야 한다.

4) 부대정비(20계단) : 일반부대에서 실시하는 정비

5) 직접지원정비(30계단) : 정비만을 전문적으로 하는 지원부대에서 하는 정비

6) 일반지원정비(40계단) : 정비만을 전문적으로 하는 지원부대에서 하는 정비(직접지원 정비)

7) 직접 및 일반지원정비(34계단) : 30계단, 40계단 정비를 합친 정비(일반지원 정비)

〈표 4〉 예방정비 수행 항목

구 분		정비주기	수 행 항 목	비 고
일 일 정 비	운 용 전	매일 (30분)	· 장비상태 점검(육안, 기능) · 시험준비상태 확인 · 장비(위밍 업)	차량내외부의 15건
	운 용 중	매일 3~4회	· 40분 주행후 10분간 장비상태 점검	차량내외부의 8건
	운 용 후	매일 (30분)	· 육안 및 기능검사	차량내외부의 11건
주 간 정 비		매주 토요일 및 월요일 오전	· 장비상태 점검(육안, 기능) · 정비가능부위 수정 · 장비 세척	축전지의 5건
월 간 정 비		매 월 초	· 장비상태 육안 기능점검 · 장비 재조정	케도패드의 12건
분 기 정 비		매 분 기 초	· 장비상태 육안 기능점검 · 장비 재조정	보기륜의 1건

3.2.4 내구성(Durability)

이는 장비의 신뢰성과 밀접한 관계를 지니는 것으로 규정 하중하에서의 동력장치 구성품(엔진, 변속기, 종감속기 관련품)의 교환, 재생, 수리 또는 분해 없이 최초 15,000Km 주행을 마칠 확률은 0.3이상이어야 한다.

4. 장비의 정비작업분류

4.1 예방정비

장비를 사용함에 따라 기능이 저하되거나 고장을 일으키게 된다. 고장의 원인은 장비의 내부 결함일 수도 있고 또는 외적요소로부터 발생할 수도 있으며 고장이 일어나면 장비를 교환하거나 수리하여야 한다. 이러한 고장의 가능성을 사전에 예방하여 구성품 장비를 일정수준으로 보전하려는 조치를 취하게 하려는 것을 예방정비라 한다.

본 시험에서의 예방정비 수행 내용은 다음과 같다.(이는 4.2에서 설명할 계획정비와 유사한 점이 많으나 주로 짧은 시간에 장비를 점검하는 것이다.)

4.2 계획정비

장비의 운용이나 상태에 관계없이 일정한 계획에 따라 정비하는 것을 계획정비라 하며 정비시간이 많이 소요된다.

계획정비의 수행내용은 대체로 다음과 같다.

- 1) 연료여과기 교환
- 2) 케도 패드 교환
- 3) 각종 오일 교환
- 4) 기타 계획정비

4.3 비계획정비(또는 보수정비)

계획 운용되거나 또는 간헐적으로 운용되는 장비가 고장 또는 기능 결함으로 운용을 방해하는 원인을 찾아 그 부품을 교환, 수리 또는 조정하여 가능한한 빨리 장비를 가동 상태로 회복시켜주는 조치를 비계획정비 또는 보수정비라 한다.

5. 결함분류

본 연구에서는 장비의 고장을 다음과 같은 세가지 유형으로 분류하였으며 이는 RAM 능력을 평가하는데 있어 직접적인 영향을 미친다. 내구도 주행시험은 개발장비에 대하여 RAM 측면에서의 문제점을 확인하고 해석하여, 이러한 문제점을 장비설계에 반영하기 위하여 실시하는 것으로 이러한 관점에서 볼때 현 단계에서의 고장분류는 시스템의 기본 성능에 대한 발취여부를 기준으로 분류하는 것이 타당하다고 볼수 있다.

가. 치명결함(Critical Defect)

인명에 손상을 끼치거나 장비의 파손을 초래하는 결함

나. 중결함(Major Defect)

승무원이 규정된 시간(기동 : 30분, 비기동 : 3분) 내에 수리할 수 없으며 필수임무수행에 영향을 초래하는 결함

다. 경결함(Minor Defect)

필수임무 수행에는 영향을 끼치지 않으나 승무원이 규정된 시간내에 수리할 수 없는 모든 결함.

6. 내구도 주행시험 결과

6.1 주행거리

시험기간 중 계획된 목표 주행거리와 실제 주행거리는 <표 5>와 같다.

6.2 정비내역

내구도 주행 시험 중 발생한 모든 결함에 따른 정비내역은 <표 6>과 같다.(예방정비는 결함과는 무관하며 내용이 방대하여 표시하지 않았음.)

7. 신뢰성, 가용성 및 정비성 (RAM) 분석

7.1 신뢰성(Reliability) 분석

내구도 주행시험 거리 총 15,034.4Km 주행 동안의 중결함은 총 9회 발생하였으며(치명결함은 발생 없음) 이를 정리하면 <표 7>과 같다.

<표 5> 시험기간중 실제주행거리

구 분	주행목표(Km)	실제주행거리(Km)	비 고
포 장 도 로	3,750	3,762.5	
비 포 장 도 로	7,500	7,516.2	
야 지	3,750	3,755.7	
총 계	15,000	15,034.4	

〈표 6〉 정비내역

구 분		회 수	비 고
계 획 정 비	· 연료여과기 교환	1	
	· 케도패드 교환	7	
	· 각종 오일 교환	5	
비 계 획 정 비 (보 수 정 비)	· 승무원 정비계단(10계단) ⁸⁾	13	중결합 9회 발생
	· 부대정비계단(20계단) 이상	20	
계		46	

〈표 7〉 중결합 내역

구 분	중 결 합 내 역	비 고
1	보조동력장치 오일압력 형성 불가	
2	방한킷트 냉각수 호수 파손	
3	보조동력장치 연료 솔레노이드 밸브고장	
4	주계전기 배선 콘넥터 파손	
5	방열기 일부 파괴	
6	냉각팬 유니버설 조인트 유격과다 발생	
7	중감속기 출력볼트 파괴로 누유	엔진, 변속기, 중감속기 관련품
8	케도 콘넥터 파괴	
9	보조동력장치 오일 압력 형성 불가	

고장간 평균거리(MTBF)를 구하기 위하여 얻어진 데이터와의 모집단에 대한 분포 추정을 해야한다. 일반적으로 단일한 부품들의 수명분포는 와이블(Weibull)이나 대수정규(Log-Normal)분포를 갖게 되며 운용장비 전체를 하나의 시스템으로 생각할때 이의 수명분포는 지수(Exponential)분포를 갖는 일이 많다. 즉 와이블이나 대수정규 분포는 부속품의 특성을 잘 나타내주며

결합체(Assembly)나 시스템 전체의 특성은 지수 분포가 잘 나타내 준다고 하겠다.

본 연구에서는 장비의 고장간 거리가 어떤 특정한 것을 따른다고 가정하기 이전에 실제로 표본을 가지고 최우추정법에 의한 분포추정을 실시하였다. 이는 수명분포로 많이 이용되는 다음과 같은 6개 분포에 대하여 최우추정량을 구한후 콜모고로프-스미르노프(Kolmogorov-Semirnov)

8) 승무원 정비계단은 장비운용을 하는 승무원이 직접 행하는 정비를 말함.

〈표 8〉 각 분포에 대한 최우추정량

분 포	확률밀도함수 : f(x)	최 우 추 정 량
지 수 분 포	$\frac{1}{\theta} e^{-x/\theta}$	$\hat{\theta} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$
와 이 블 분 포 (2 개 모 수)	$\frac{\beta}{\alpha^\beta} x^{\beta-1} \exp\left(-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta\right)$	$\frac{\sum_{i=1}^n x_i^\beta \ln(x_i)}{\sum_{i=1}^n x_i^\beta} - \frac{1}{\hat{\beta}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(x_i),$ $\hat{\alpha} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n x_i^\beta}{n} \right]^{\frac{1}{\hat{\beta}}}$
와 이 블 분 포 (3 개 모 수)	$\frac{\beta}{\alpha^\beta} (x-r)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{x-r}{\alpha}\right)^\beta\right]$	$\hat{r} = \min(y_1, \dots, y_n) : \text{포본중 가장 작은 관측치}$ $\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{r})^\beta \ln(x_i)}{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{r})^\beta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(x_i - \hat{r}),$ $\hat{\alpha} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{r})^\beta}{n} \right]^{\frac{1}{\hat{\beta}}}$
극 한 치 분 포	$\frac{1}{\delta} \exp\left(\frac{x-\lambda}{\delta}\right) \exp\left(-\exp\left(\frac{x-\lambda}{\delta}\right)\right)$	$\frac{\sum_{i=1}^n x_i \left(\frac{x_i}{\delta}\right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\delta}\right)} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ $\hat{\lambda} = \hat{\delta} \ln \left[\frac{\sum_{i=1}^n \exp\left(\frac{x_i}{\delta}\right)}{\lambda} \right]$
정 규 분 포	$\frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} \exp\left[-\frac{(x-u)^2}{2\sigma^2}\right]$	$\hat{u} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ $\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{u})^2}{n}$
대 수 정 규 분 포	$\frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} \exp\left[-\frac{(\log x - u)^2}{2\sigma^2}\right]$	$\hat{u} = \frac{\sum_{i=1}^n \log x_i}{n}$ $\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \hat{u})^2}{n}$

통계량이 가장 적은 분포를 대상으로 하였다.

1. 지수(Exponential) 분포
2. 와이불(Weibull)(2모수) 분포
3. 와이불(Weibull)(3모수) 분포
4. 극한치(Extreme value) 분포
5. 정규(Normal) 분포
6. 대수 정규(Log-Normal) 분포

여기에서 콜모고로프-스미르노프 통계량은 다음과 같이 정의된다.

$$D = \max\{|F(x) - F'(x)|\}$$

여기에서 $F(x)$ 는 가정한 분포의 누적분포함수이며 $F'(x)$ 는 표본누적분포 함수를 의미한다. 각 분포에 대한 최우수추정량은 <표 8>의 식들로 부터 산출될 수 있다.

분석결과 표본의 분포는 지수분포의 경우가 D값이 가장 적은 것으로 나타났다.(분포의 추정절차는 실제 데이터를 보이기 곤란하여 얻어진 결과만을 제시하였으며 앞서 말한 바와 같이 시스템의 수명분포는 지수분포를 따른다는 사실과 일치한다.) 분포별 D값은 다음과 같다.

1. 지수(Exponential) 분포	0.1904309
2. 와이불(Weibull)(2모수) 분포	0.2026844
3. 와이불(Weibull)(3모수) 분포	0.2081987
4. 극한치(Extreme value) 분포	0.3608962
5. 정규(Normal) 분포	0.4734952
6. 대수 정규(Log-Normal) 분포	0.5663366

따라서 고장거리 분포는 지수분포를 따른다고 보여지므로 MKBF의 추정량은 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$\hat{\theta} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{\text{주행총거리}}{\text{고장횟수}} = \frac{15,034.4}{9} \\ = 1,670.5\text{Km}$$

따라서 장비의 MKBF는 기준치 900Km를 훨씬 초과하므로 규격을 만족한다고 볼 수 있다.

7.2 정비성(Maintainability) 분석

정비성 분석은 다음과 같이 3가지로 구분하였다.

- 1) 15,000Km 주행동안에 운전병, 승무원의 점검 및 수리를 제외한 계획 및 비계획 정비 인시의 합이 120인시를 초과하지 않아야 한다.

내구도 주행시험 15,000Km 주행동안 정비 인시의 합은 65.84인시로 이를 정비분류별로 나타내면 <표 9>와 같다. 총 정비인시의 합은 65.84로서 규격을 만족한다.

- 2) 장비를 17Km/H의 평균속도로 운행할 때 총 운행시간을 계산하면 다음과 같다.

$$\text{총 운행시간} = \frac{\text{총 주행거리}}{\text{평균속도}} \\ = \frac{15,034.4}{17} = 884.38$$

정비율은 다음과 같다.

$$\text{정비율} = \frac{\text{정비인시의 합}}{\text{총 운행시간}} = \frac{65.84}{884.38} \\ = 0.07$$

따라서 기준치 0.3보다 작으므로 규격을 만족한다.

- 3) 최대수리인시(Man-Hour)는 다음 기준을 초과하지 않아야 한다.

부대정비(20계단) 5.0인시

〈표 9〉 정비 분류별 정비 인시

구 분	인 시	비 고
계 획 정 비	60.28	운전병 및 승무원의 정비는 제외
비 계 획(보 수) 정 비	5.56	
계	65.84	

〈표 10〉 정비계단별 최대수리인시

구 분	최대수리인시	수 리 내 역	비 고
부 대 정 비 계 단 (20)	1.92	Hub Seal 교환	
직접 및 일반지원 정비계단 (34)	3.39	종감속기 조립체 출력축 Gasket 교환	

직접 지원정비(30계단) 10.0인시
 일반 지원정비(40계단) 20.0인시
 (또는 직접 및 일반지원정비(34계단)30.0인시)
 각 정비계단별 최대수리인시는 〈표 10〉과 같다. 최대 수리인시는 각각 1.92 및 3.39로 규격을 만족한다.

7.3 가용성(Availability) 분석

장비의 가용성은 최초 15,000Km 주행동안 기준치 0.6보다 커야 하는 것으로 가용성은

$$A = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} = \frac{98.3}{98.3+26.7} = 0.79$$

이다. 따라서 규격을 만족한다.

7.4 내구성(Durability) 분석

내구성 분석에 대한 기준은 전투중량을 적재한 상태에서 동력장치 구성품(엔진, 변속기, 종감속기 조립체)의 교환, 재생 또는 분해수리 없이 최초 15,000Km 주행을 마칠 수 있는 확률이 30% 이상 되어야 하며 내구도 주행시험거리 15,000Km 주행동안 엔진, 변속기, 종감속기 조립체와 관련된 고장은 한건 발생하였다.〈표 7참조〉

최초 15,000Km 운행동안에 교환, 재생 또는 분해수리없이 주행을 마칠 수 있는 확률은 동력장치 구성품의 고장간거리가 지수분포를 따른다고 가정하여(이는 충분한 측정자료는 없으나 서로 특성이 다른 부품으로 이루어진 군용장비 구성품의 고장간 거리는 지수분포를 따른다고 알려져 있다.[1][7]) 구하며 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$R(t) = \exp\left(-\frac{1}{\theta} \cdot t\right)$$

여기서, 확률변수 t 는 주행한 총 거리를 나타내며, θ 는 이의 평균값으로 다음과 같이 추정한다.

$$\hat{\theta} = \frac{\text{총 주행거리}}{\text{고장회수(엔진, 변속기, 종감속기 조립체 관련품)}}$$

따라서 교환, 재생 또는 분해수리 없이 최초 15,000Km를 주행할 확률은

$$\begin{aligned} R(t) &= \exp\left(-\frac{1}{15,034.4} \times 15,034.4\right) \\ &= \exp(-1) = 0.38(38\%) \end{aligned}$$

로서 기준치 30% 보다 크므로 규격을 만족한다.

8. 결 론

본 연구는 군용차량의 내구도 주행시험을 분석하기 위하여 통계학적 방법을 이용하였다. 통계학적 방법으로는 표본의 모집단 분포와 평균에 대한 추정법으로 최우추정법을 사용하였다. 이는 군이 요구한 성능평가를 위하여 간단한 통계기법을 이용한 것으로 군수지원(Logistics Support)성 측정의 한 사례를 보인 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김 철, 「RAM기법(소내회보)」, 제1권, 국방과학연구소, 1986.
- [2] 박경수, 「신뢰도 공학 및 정비이론」, 6판, 회중당, 1986.
- [3] Blanchard, B.S. and W.J. Fabrycky, *Systems Engineering and Analysis*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, N.J., 1990.
- [4] Hogg, R.V., and J. Ledolter, *Engineering Statistics*, Macmillan, New York, 1987.
- [5] Kapur, K.C. and L.R. Lamberson, *Re-*

liability in Engineering Design, John Wiley & Sons, New York, 1977.

- [6] Boker, A.H. and G.J. Liberman, *Engineering Statistics*, Prentice-Hall, N.J., 19972.
- [7] Top 2-2-509, Tracked Vehicle Reliability, Availability, and Maintainability, Department of Defence, U.S.A., 1984.