

K-1전차의 고장분포와 부하에 따른 고장률 차이에 대한 연구

(A Study of the Failure Distribution and the Failure
 Difference by the Stress on the K-1 Tracked Vehicle)

* 이 상 진(Sang-Jin Lee)*, 최 석 윤(Seok-Yoon Choi)**

초 록

이 연구는 국방장비의 고장률함수가 육조곡선을 이루고 있는지를 조사하기 위한 것이다. 국방장비 가운데 K-1 전차를 선택하여 고장확률밀도함수에 대한 고장률함수의 형태를 조사하였다. 또 다른 목적은 전차 운용 환경에 따라 고장발생 차이가 발생하는지를 조사하는 것이다.

연구 결과, K-1전차의 고장률은 대체로 와이블분포를 따르고 있음을 보여준다. 와이블분포는 육조곡선과 같이 시스템의 고장률이 전체 수명주기동안 다른 모양을 가지고 있을 때 유용하다. 전차가 운용을 개시하는 초기시점의 고장률함수는 고장이 많이 발생하다가 시간이 경과함에 따라 점차 낮아지는 와이블분포의 감소형 함수를 따르고 있다. 초기고장 시기를 지나면 고장이 안정적으로 발생하는 임의고장 단계에 이르며 이 시기는 고장률이 일정한 와이블분포를 따르게 된다. 장비의 사용기간이 증가하게 되면 마모로 인한 고장이 점차 증가하며 고장률함수는 증가형 함수를 따르게 된다. 또한 연구를 통해 전차의 운용 지형이 열악한 환경에서 고장이 더 많이 발생하고 있음을 알 수 있다.

연구 결과 시사점으로는 창정비 주기를 설정하는데 있어 육조곡선에서 마모고장이 발생하는 시점을 창정비 시기로 선택해야 할 것이다. 또한 전차 운용 지형을 고려하여 창정비 주기를 조절해야 할 것이다.

논문접수일 : 2009년 3월 11일 논문게재확정일 : 2009년 8월 26일

* 국방대학교 관리대학원 교수

** 701특공연대 1대대 작전과장

† 교신저자

ABSTRACT

The objective of this study is as follows. First, the hazard function on the failure probability density function of the K-1 tracked vehicles can be occurred in the form of the bathtub curve. Second, the failure mode may be different under two different operational situations.

The research result shows that the bathtub curve can be fitted in the Weibull distribution, that assumes different shapes according to the specific stage of the system's life cycle. The K-1 tracked vehicle has a relatively high hazard(failure) rate at the time of its first service. The failure rate starts decreasing for a time immediately after it goes into service. After the break-in period, the surviving components have a fairly constant hazard rate. As the K-1 system ages, deterioration of its various parts takes place and the hazard rate starts increasing. Second, the result shows the failure rate in the harsh operational environment is higher than that in the mild operational environment.

In conclusion, the bathtub curve can be logically appropriate in establishing the depot overhaul cycle. Moreover, it is necessary for determining the right time of the depot overhaul to consider not only the age of defense equipment but also the different operational environment.

Keywords : bathtub curve, failure rate, Weibull distribution

1. 서론

2005년 육군은 K-1전차 창정비 적체 문제를 해소하기 위하여 창정비 주기를 다시 판단하는 연구를 실시하였다[3]. 육군 연구는 전차 고장발생이 욱조곡선(bathtub curve)을 따른다는 가정 하에서 부품 마모로 인해 고장발생이나 정비비용이 급격히 증가하는 마모고장(wear out failure) 발생 시기가 언제인지를 추정하였다. 이 결과를 토대로 K-1전차 창정비 주기를 10년에서 12년으로 연장하였다.

민간분야 전자 및 기계부품 등의 고장률함수(hazard function)는 욱조곡선 형태로 발생하고 있다고 알려져 있다[1,8,11]. 그러나 한국군에서 사용하고 있는 무기체계의 고장률함수가 욱조곡선을 따르고 있는지에 대한 검증은 안 된 상태이다.

장비의 마모로 인한 고장은 운용 년 수나 운용 실적뿐만 아니라 운용환경에 의해서도 영향을 받을 수 있다. 창정비 대상 장비들은 창정비전에 종합정비창의 검사관들이 창정비를 실시할 것인가에 대하여 검사를 실시한다. 따라서 창정비 대상 장비들은 대부분 고장발생이 임박한 장비들로 간주할 수 있다. 2006년도에 종합정비창에서 창정비를 실시한 전차 중 운용 년 수가 13년 된 14대의 경우 기동거리가 최저 5,034km에서 최고 7,443km의 분포를 보여 2,000km정도의 차이를 보이고 있으며 운용 년 수가 14년 된 11대의 기동거리는 최저 4,075km에서 최고 6,510km의 분포를 보였다[4]. 이와 같이 동일 운용 년 수 장비들이라도 기동거리에서 차이가 있고 정비대상으로 선정되는 것이 다르다는 것은 운용환경에 따라 고장발생의 차이가 있다는 것을 의미한다. 즉, 기동시 받는 부하(stress)에 따라 고장발생의 차이가 발생한다고 볼 수 있다. 만약 부하에 따라 전차 고장에 차이가 발생한다면 현재 운용 년 수와 기동거리에 의한 창정비 기준에 추가하여 운용 시 받는 부하에 따른 차이도 감안하여 창정비 정책을

수립해야 할 것이다.

이러한 연구배경을 가지고 이 연구의 목적은 다음 두 가지로 선정하였다. 첫째, 육군에서 장비 고장분포 및 창정비 주기 산정의 이론적 근거로 사용되는 욱조곡선 고장률함수가 실제 운용중인 K-1전차에서 나타나고 있는지를 분석한다. 둘째, 각 전차들이 받는 부하에 따라서 각 부품의 고장발생에 차이가 있는지를 분석한다. 동일한 운용 년 수의 전차들이 다른 환경에서 운용될 경우 부품의 고장률의 차이가 발생하는지 분석한다.

2. 이론적 배경과 선행연구

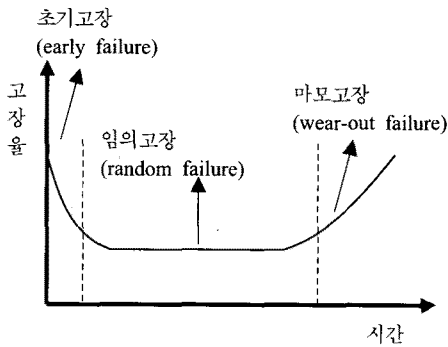
2.1 이론적 배경

장비 고장은 대체로 유효수명에 도달하거나 초과한 시점에서 발생하고, 따라서 이 시기에 도달하기 전에 예방정비를 실시하는 것이 바람직하다. 고장의 형태는 크게 3가지나 6가지 유형으로 구분한다[10].

고장유형 1은 장비 운용초기에 발생하는 초기 고장, 부품이 안정화 된 다음에 발생하는 임의고장과 유효수명 이후에 발생하는 마모고장으로 구분된다. 고장유형 2는 고장유형 1과 비슷하지만 초기고장이 없는 형태이다. 고장유형 3은 고장이 점진적으로 증가하는 형태이다. 고장유형 3의 경우 문제점은 어느 시점을 마모고장의 발생 시기로 보느냐 하는 것이다.

고장유형 1의 형태는 욱조곡선으로 불리며 미국의 공학자 Dhillon이 1979년 제안한 고장률함수로서 <그림 1>과 같이 표현한다[8,9,11].

욱조곡선에 있어 초기고장은 표준 이하의 재료 사용, 불충분한 품질관리, 빈약한 가공 및 조립기술과 부적절한 설치 등이 원인이 될 수 있다. 만일 초기고장이 많이 발생하게 되면 이 고장을 해결하는데 비용이 소요되므로 적절한 초기고장 제거기간을 설정하여 주요 고장을 식별하고 제거해야 한



〈그림 1〉 육조곡선

다. 임의고장의 주요 원인은 낮은 안전계수를 고려한 설계와 퇴화 등과 같은 요인이다. 장비 사용 기간의 장기화에 따른 마모고장의 주요 원인은 부식 또는 산화, 마모, 피로, 노화, 불충분한 정비 등을 들 수 있으며 적절한 예방정비를 통해 고장을 감소시킴으로써 시스템의 운용시간을 증대시킬 수 있다. 결국 고장률이 높아지는 마모고장 발생 시기가 적절한 창정비 혹은 예방정비 시점이라 할 수 있다. 육조곡선은 부품의 종류에 따라 그 형태가 조금씩 다르게 표현된다.

장비 고장을 설명하는 고장분포로는 지수분포, 와이블분포, 포아송분포 등을 사용한다. 지수분포는 노화의 영향을 받지 않는 함수로 어느 부품의 수명이 지수분포에 의해 설명되어진다는 가정 하에서 부품의 노화가 관심 모수들의 값에 영향을 미치지 않는다.

와이블분포는 분포함수의 모수 값에 따라 다양한 모양을 나타낼 수 있으며, 복잡하고 이론적인 어려움이 있음에도 불구하고 시스템의 수명자료 분석에 많이 사용된다. 와이블분포의 확률밀도함수는 식 (1)과 같이 정의된다[9].

$$f(t) = \left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp[-(t/\alpha)^\beta] \quad (1)$$

와이블분포의 신뢰도함수와 고장률함수는 다음 식 (2), (3)과 같다.

$$R(t) = \int_t^\infty f(t)dt = \exp[-(t/\alpha)^\beta] \quad (2)$$

$$\lambda(t) = \left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \quad (3)$$

와이블분포는 형태모수(β)와 척도모수(α)에 따라 정의되며, 형태모수와 척도모수의 추정을 통해 평균과 표준편차를 계산할 수 있다. 또한 형태모수 β 의 값에 따라 고장률함수 식 (3)은 다양한 고장의 형태를 나타낸다. $\beta < 1$ 의 경우는 고장률이 시간이 따라 감소하는 함수 형태(DFR: Decreasing Failure Rate)이며, $\beta = 1$ 의 경우는 고장률이 시간의 변화에 상관없이 일정한 함수형태(CFR: Constant Failure Rate)이며, $\beta > 1$ 의 경우는 고장률이 시간이 증가함에 따라 증가하는 함수형태(IFR: Increasing Failure Rate)를 나타낸다. 그래서 와이블분포는 고장률이 초기고장 형태, 임의고장 형태, 마모고장 형태로 구분될 수 있는 육조곡선을 표현하는 적합한 분포함수라 할 수 있다.

2.2 선행연구 고찰

2.2.1 고장률과 고장분포 관련 연구

조창수(1999)의 연구는 재생 엔진을 대상으로 재생 횟수별 고장분포를 추정하여 분포의 적합성 여부를 검증하고, 고장교체비용과 예방교체비용을 포함한 단위 시간당 최소비용시점을 최적교체 시기로 결정하는 Barlow와 Proschan모형에 적용해 재생 횟수별 최적교체 시기를 재설정한 것이다. UH-1H 헬리콥터 엔진(T-53)의 재생 횟수별 고장 자료를 확률용지와 회귀분석을 이용하여 고장분포를 추정하였다. 그러나 이 방법은 확률용지를 이용하여 점을 표시하고 직선을 그리는 것으로, 이 방법을 사용하면 오차가 발생할 수도 있어 결과 값의 오차 범위가 클 수 있다는 제한점이 있다[6].

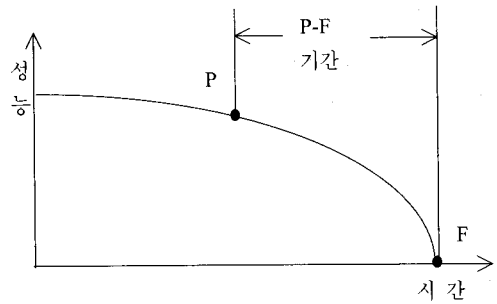
주대용(2004)은 신뢰도 분석모델을 이용한 K-9

자주포 엔진의 정비주기 결정에 관한 연구에서 야전 운용자료를 토대로 엔진의 고장분포와 고장률을 산출하였다. 또한 산출된 고장분포에 따라 수학적 기법을 이용하여 신뢰도와 MTBF를 산출하고, 신뢰도 분석모델인 Relx 결과와 비교하였다. 최적의 신뢰도 산출을 위하여 고장 및 정비자료는 야전정비단계의 자료를 활용하였다. 부대정비의 부품들은 주로 주기성 교환품 위주이므로 직접 및 일반정비 지원부대에서 실시한 야전정비 단계의 자료를 이용하였다. 연구결과 엔진의 고장은 증가 고장률(IFR)을 따르며, 고장자료는 와이בל분포를 따른다고 하였다[7].

이성훈(2007)은 복합화력 발전기의 생존확률을 고려하여 평균수명을 계산하고 고장확률을 예측하였다. 그는 고장분포를 와이בל분포로 가정하고 와이בל분포의 척도모수(α)와 형태모수(β)를 추정하기 위하여 데이터 분석법을 이용하였다. 추정된 모수를 대입하여 구한 누적 고장확률 함수에서 평균수명은 17~18년이고 28년 후에는 발전기의 고장확률이 90%를 넘는다는 결론을 내렸다[5].

2.2.2 운용부하와 정비주기 관련 연구

John Moubray(1997)는 부하에 따른 고장발생에 대하여 연구하였다. 어떠한 기계일지라도 실제 현장에서는 다양한 부하의 영향을 받고, 이러한



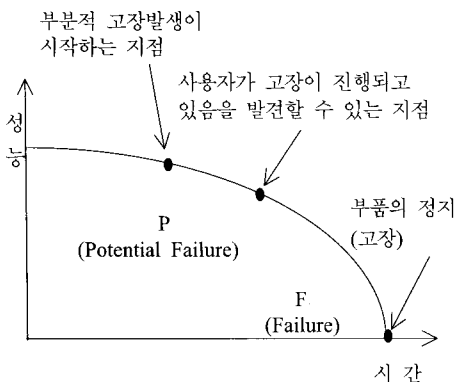
〈그림 3〉 P-F 기간

부하는 제품의 저항을 감소시키며 결국에는 요구되는 성능 이하로 떨어지게 된다. 이렇게 고장의 발생에 차이가 나는 것을 <그림 2>의 P-F 곡선을 통하여 설명하였다. P-F 곡선은 부품이나 장비의 성능이 저하되는 상태를 곡선으로 나타내고 있다.

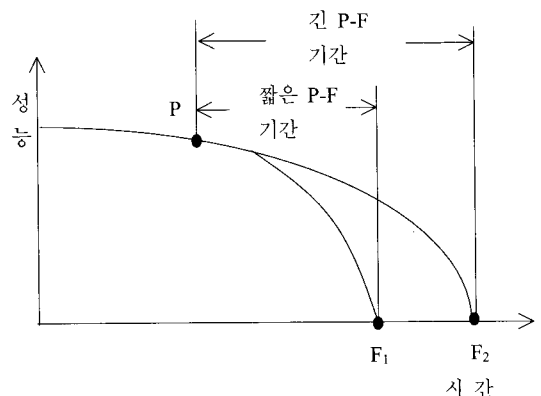
모든 부품들은 정상적인 상태에서 바로 고장이 발생하는 것이 아니라, 부품이나 기계의 성능이 잠재적인 고장 때문에 점점 저하되다가 결국에는 고장에 도달하게 된다. 잠재적인 고장이 발생하여 고장에 이르는 시간을 아래 <그림 3>과 같이 P-F 기간(interval)이라고 정의하였다.

각각의 부품이나 기계들은 이런 P-F 기간이 동일한 것이 아니라 아래 <그림 4>와 같이 부하나 환경에 따라 P-F 기간이 상이하여 고장이 발생하는 시간도 차이가 난다고 설명하고 있다.

같은 부품이라 할지라도 운용 간 받는 부하의 크기와 시기에 따라서 고장이 발생하는 시기에 차



〈그림 2〉 P-F 곡선



〈그림 4〉 일정하지 않은 P-F 기간

이가 있을 수 있다[10].

Paul A. Tobias(1985)는 축전지를 대상으로 온도에 의한 고장 발생의 차이에 대하여 연구하였다. 이 연구에서 고장분포는 와이블분포를 따르다고 가정하였다. 실험 결과 온도가 낮을 경우에는 초기에는 고장발생 수가 적으나 온도가 높을 경우에는 초기의 고장발생 수가 많다는 것을 발견하였다. 실험을 통하여 부하가 증가할수록 고장은 가속화되는 것을 보여주고 있다. 어떤 부품들이 적절한 온도와 습도에서 운용될 경우보다 높은 온도와 습도에서 운용될 경우 부식 속도는 빨라진다고 하였다[12].

서성철(2005)은 K-9자주포 엔진의 창정비 주기에 대한 연구를 실시하였다. K-9자주포 엔진의 원제작사인 독일의 MTU사가 제시한 TBO(Time Between Overhaul) 1,500시간을 바탕으로 체계 개발 사업관리부서인 국방과학연구소는 TBO 1,500시간을 연간운용시간 253시간으로 나누어 창정비 주기로 6년을 제시하였다. 그런데 연간 실제 운용시간은 350시간을 초과하여 일부 장비의 경우에는 조기에 창정비 주기가 도달하였다. 엔진 가동 350시간 중 20~30%가 기동을 위한 동력발생이고, 70~80%는 사격임무 대기 시 포탑구동, 사통장치 운용 등의 전기 공급을 목적으로 하였다. 이와 같은 이유로 실제 기동거리는 600km 정도 밖에 되지 않았다. MTU사에서 제공한 TBO 1,500시간은 독일군의 자주포 운용특성을 고려한 것이다. MTU사에서는 공회전 60%의 표준 부하 운용률을 고려해 TBO 시간을 설정하였다. 그러나 독일군은 보조동력장치(APU)를 장착하여 중부하 이상에서만 엔진을 운용하며, TBO 1,500시간을 적용하고 있다. 이에 비해 K-9자주포는 1,000시간 이상을 공회전 상태로 운용하기 때문에 엔진부하 강도가 훨씬 적다[2].

이상진 외 3명(2007)은 정비창과 업체의 자료를 이용하여 창정비 주기에 대하여 연구하였다. 연구 방법은 대상 장비에 대한 운용 년 수, 정비비

용, 기동거리에 대한 관계를 분석하여 창정비 주기를 설정하였다. 연구대상 장비로는 K-9자주포, K-200장갑차, K-1전차를 대상으로 분석을 실시하였다. 분석결과 K-9자주포의 경우 운용 년 수의 증가에 따른 특정 창정비 시점을 결정하는 것은 제한되나 년차 증가 시 정비비용이 지속적으로 증가하고 있으며 특정 시점에서 정비비용이 급격히 증가하는 현상을 발견하였다. 이러한 특정 시점을 발견하여 장비별로 주기를 결정해야 할 필요성이 있다[4].

3. 분석의 틀 및 입력자료

이 절에서는 K-1전차의 고장발생이 육조곡선의 형태를 나타내고 있는가와 운용환경에 따른 K-1전차의 고장률 차이를 분석하기 위한 절차와 방법, 분석을 위하여 사용한 자료를 설명한다.

3.1 분석의 틀

3.1.1 연구 모형과 가설

K-1전차의 고장률함수가 육조곡선의 형태를 보이는가를 분석하기 위한 절차는 다음과 같다.

첫째, 고장률함수를 추정하기 위하여 먼저 전차 대대의 고장 및 정비 자료를 확보한다. 그리고 분석에 필요한 자료만을 선택한 후 분석에 적합한 자료로 변환시킨다.

둘째, 월별/연도별 고장발생 건수에 대한 자료를 기반으로 육조곡선에서 나타날 수 있는 초기고장 시기, 임의고장 시기, 마모고장 시기를 가정한다. 초기고장에서 임의고장이 발생하는 시기는 고장발생건수가 안정을 이루는 시점을 선택한다. 임의고장에서 마모고장이 발생하는 시기는 고장 발생이 지속적으로 증가하는 시기이다. 마모고장 발생 시기는 한 시점만을 선택하는 것이 아니라 두 세 시점을 선택하여 분석하도록 한다.

셋째, 육조곡선에서 초기고장 시기, 임의고장 시기, 마모고장 시기별로 와이블분포의 고장률함수(hazard function)가 나타나는지를 조사한다. 초기고장 시기는 형태모수 β 가 1이하인 와이블분포가 나타나는지를 살펴본다. 임의고장 시기는 고장발생이 증가나 감소 없이 일정한 고장률을 따르는 평행선의 모습이 나타남으로 형태모수 $\beta=1$ 이다. 마모고장 시기는 노화가 발생하여 어느 시점이후부터 고장발생이 지속적으로 증가하는 모습이므로 형태모수 $\beta>1$ 인 와이블분포가 나타나는지를 살펴본다.

넷째, 육조곡선의 각 시기별 고장률함수에 적합한 모수를 산출하며, 이 모수들로 표현된 각 함수들이 과연 고장자료를 나타내기에 적합한가를 적합도 검정을 통하여 검증한다.

K-1전차의 운용환경에 따른 고장율의 차이를 분석하기 위한 절차는 다음과 같다.

첫째, 두 전차대대의 고장 및 정비 자료를 확보한다. 확보된 자료를 확인하여 분석에 필요한 자료만을 선택한다. 그리고 선택된 자료들을 분석에 필요한 양식으로 변환시킨다.

둘째, 두 전차대대의 전차들이 주로 활동하는 주둔지, 훈련장 및 주둔지로부터 훈련장까지의 이동로를 분석한다. 또한 동일한 수준의 장비를 이용하여 비교해야 하므로 각 전차들의 운용 년 수 등을 비교하여 성능이 비슷한 전차들을 분석 대상으로 선정한다.

셋째, 운용 년 수가 비슷한 전차들의 부품 가운데 부하에 영향을 많이 받는 부품들을 대상으로 고장횟수를 산출하여 고장률을 계산한다. 마지막으로 산출된 각 대대 부품들의 고장률이 차이가 나는지를 T-test를 통해 검증한다.

3.1.2 연구 방법

먼저 각 데이터들을 초기고장 시기, 임의고장 시기, 마모고장 시기로 구분한다. 고장 시기의 구

분은 각 대대의 고장발생 추세를 분석하여 결정한 다. 그리고 초기고장 시기가 결정되면, 월별로 발생한 고장건수를 산출한다. 이 산출된 값들을 이용하여 고장분포 함수를 추정한다. 임의고장과 마모고장 시기의 고장분포 함수도 같은 방법으로 추정한다. 단 임의고장과 마모고장 시기는 개월이 아닌 년(year)으로 구분하여 고장건수를 산출한다. 그리고 추정된 고장분포 함수가 관측된 데이터 모집단의 분포에 적합인가를 검정한다. 적합도 검정의 방법으로 χ^2 검정 방법을 활용하였다.

부하에 따른 고장발생 차이를 분석하기 위해서는 먼저 각 데이터들을 이용하여 고장률을 산출한다. 고장률 산출방법은 몇 개의 주요 부품들에 대한 운용 기간 중의 고장자료를 분석하여 산출한다. 각 대대의 자료들을 이용하여 부품들의 고장률을 산출한 후에는 고장률에 차이가 있는지를 검정해야 한다. 검정은 SPSS 12K 프로그램을 이용하여 T-test를 실시하였다.

3.2 입력자료

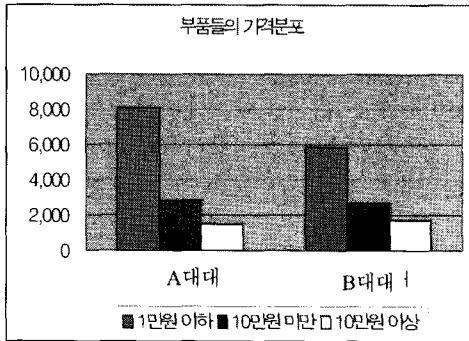
3.2.1 입력자료의 내용 및 분석

아전운용자료로 A, B전차대대의 고장 및 정비 자료인 FRMS의 원자료(raw data)를 확보하였다. 확보된 정비자료는 2003년부터 2007년까지 5년간의 고장 및 정비자료로 구성되어 있다. 정비건 수로는 A전차대대는 25,106건, B전차대대는 23,508건 이었다. 이 중 부품교체를 실시한 고장 정비와 기타정비(주유, 검사 등)의 현황은 <표 1>과 같다.

<표 3-1> 고장정비 및 기타정비 현황(단위: 건)

구 분	A전차대대	B전차대대
계	25,106	23,508
고장정비	12,394	10,199
기타정비 (주유, 검사 등)	12,712	13,309

고장률을 산출하는데 있어서 기타정비 자료는 필요가 없기 때문에 각 대대의 총 정비자료 중에서 부품을 교체한 고장정비 자료만을 이용하였다. 고장이 발생하여 교체한 부품들의 자료들은 A전차대대가 12,394건 이었으며, B전차대대가 10,199건 이었다. 이 고장자료들을 부품의 가격에 대하여 분석해 보면 아래 <그림 5>와 같다.



<그림 5> 각 전차대대의 교체부품 가격 현황

<그림 5>를 살펴보면 10만원 미만의 부품 비율이 A전차대대의 경우는 87.8%, B전차대대의 경우는 83.7% 정도를 차지하고 있다. 10만원 미만의 부품들인 밸브, 봉합 조립체, 필터, 게이지 등은 주로 소모성 품목들이다. 따라서 이러한 소모성 품목이 많이 포함되어 있는 10만원 미만의 부품들을 제외하고, 10만원 이상의 부품들의 교체 자료를 이용하였다. 10만원 이상 부품의 교체실적은 A전차대대가 1,511건이고, B전차대대가 1,672건이다.

3.2.2 입력자료의 선택

각 대대의 전차별 부대 도입 시기 현황은 아래 <표 2>와 같다.

K-1전차의 초기고장을 분석하기 위해서는 K-1 전차가 부대에 도입되었던 시기의 고장자료가 있어야 한다. 그러나 육군은 야전운용자료의 수집을 2000년대 초반부터 시작하였으므로 K-1전차가

부대에 도입되었던 1990년 초의 고장자료를 획득하는 것이 제한되었다. 또한 육군 규정상 야전운용자료는 최대 5년치만 보관하도록 되어있기 때문에 2000년 이전의 자료를 확보하는 것이 어려웠다.

<표 2> 각 대대의 전차 도입 시기

구 분	계	1991년	1992년	1993년	1997년
A전차대대	32	4	6	8	14
B전차대대	32	4	6	4	18

그래서 초기고장을 분석하기 위해 창정비를 실시하고 복귀한 전차를 대상으로 하였다. 왜냐하면 창정비는 전차를 모두 분해하는 오버홀(overhaul) 정비를 실시한 후, 생산라인에서 다시 조립하기 때문에 대부분의 부품들은 거의 교체되어 최초 양산했을 때와 유사한 수준의 성능을 가지게 된다. 그러므로 창정비를 마치고 복귀한 전차들의 고장 자료를 분석하면 초기고장의 분포 추정이 가능하다고 판단하였다. 따라서 이번 연구에서는 창정비를 실시하고 복귀한 년도를 1년차로 가정하였다. 임의고장과 마모고장은 아직 창정비를 실시하지 않은 전차나 창정비 실시 전 전차들의 자료를 대상으로 분석하여 고장분포를 추정하였다.

<표 2>에서 1991년~1993년에 도입된 전차들은 2003년부터 2005년 사이에 창정비를 실시하였다. 따라서 초기고장 분석에 필요한 창정비 실시 전차의 수량은 두 전차대대의 전차를 합하면 32대이다. 임의고장과 마모고장을 분석할 수 있는 자료는 1997년에 도입된 전차들의 자료이다. 그리고 1991년부터 1993년까지 도입된 전차들 중에서 창정비 실시 전까지의 고장자료들은 임의고장과 마모고장을 분석하는 자료로 추가 활용될 수 있다.

월별 고장발생 현황을 분석한 결과는 아래 <표 3>과 같다.

〈표 3〉 월별 고장발생 현황 분석(1~168개월)

구분	전차수	고장건수	전차 1대당 고장발생 건수
평균	7.1대	11.19건	1.60건/대
표준편차	4.04대	7.11건	0.99건

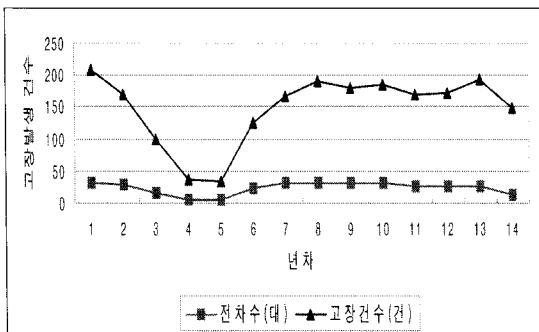
입의고장 시기는 언제까지라고 정해진 것은 없다. 자료를 분석하여 마모고장이 발생하는 시기를 판단하고, 그 시기까지를 입의고장 시기로 판단하는 것이 바람직하다. K-1전차의 고장자료들의 년차별 고장발생 현황은 아래 <표 4>와 같다.

〈표 4〉 년차별 고장발생 현황

구분	전차수	고장 건수	구분	전차수	고장건수
1년차	32	176	8년차	32	157
2년차	29	139	9년차	31	149
3년차	16	84	10년차	32	153
4년차	6	31	11년차	27	141
5년차	5	28	12년차	25	147
6년차	24	100	13년차	25	169
7년차	30	137	14년차	14	134

<표 4>에서 살펴보면 각 년차별 전차대수의 차이가 있는 것을 알 수 있다. 8년차에 전차대수가 32대로 가장 많고, 5년차에 전차대수가 5대로 가장 적다. <표 4>의 추세를 그래프로 나타내면 아래 <그림 6>과 같다.

자료의 신뢰성을 높이기 위하여 일반적인 자료와 너무 다른 차이를 보이는 이상점은 제외하였



〈그림 6〉 년차별 고장발생 추세

다. 이상점을 판단하는 기준으로는 평균에서 3배의 표준편차 이상 되는 값들은 이상점으로 판단하여 3건을 제외하였다.

각 대대의 전차에 사용되고 있는 동일한 부품들이 운용환경에 따른 고장률 발생 차이를 분석하기 위해서는 먼저 운용환경을 제외한 부분은 동일한 환경 조건이어야 한다. 따라서 각 대대 전차 중에서 1997년에 도입된 전차의 자료를 이용하여 고장율의 차이에 대하여 분석하였다.

4. 실증분석

이번 장에서는 입력 자료들을 이용하여 K-1전차의 초기고장 시기, 입의고장 시기, 마모고장 시기의 고장률함수가 가정한 분포를 따르는가를 분석한다. 그리고 각 대대 전차들의 주요 부품들의 고장률을 산출하여 차이가 발생하는가를 살펴본다.

4.1 고장률함수의 추정 결과

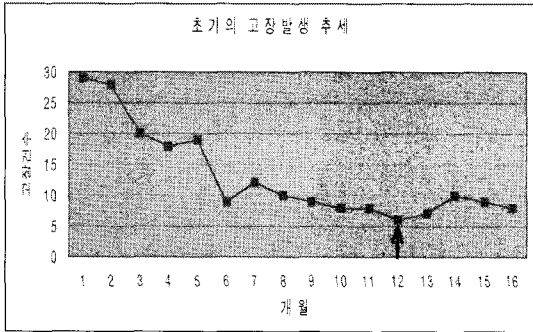
4.1.1 초기고장 시기의 고장률함수

K-1전차의 초기고장 시기를 판단하기 위하여 초기고장자료를 갖고 있는 전차들의 고장발생 추세를 분석하였다. 초기고장자료를 갖고 있는 전차는 모두 26대였다. 초기고장 발생 현황은 아래 <표 5>와 같다.

〈표 5〉 초기고장 발생 현황

구분	건수	구분	건수
1개월	29	9개월	9
2개월	28	10개월	8
3개월	20	11개월	8
4개월	18	12개월	6
5개월	19	13개월	7
6개월	9	14개월	10
7개월	12	15개월	9
8개월	10	16개월	11

<표 5>에 따라서 고장발생의 추세를 그래프로 나타내면 <그림 7>과 같다.



<그림 7> 초기고장 발생추세

<그림 7>에서 보면 고장이 지속적으로 감소하다가 13개월 때부터 약간 증가하면서 안정적인 모습을 보이고 있다. 따라서 초기고장 시기는 12개월까지로 산정하였다.

와이블분포의 고장률함수는 식 (4)와 같다.

$$\lambda(t) = \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} = \left(\frac{\beta}{\alpha^\beta}\right)t^{\beta-1} \quad (4)$$

고장률함수 $\lambda(t)$ 의 형태모수(β)와 척도모수(α)를 추정하기 위하여 통계패키지 프로그램 SPSS 12K에 나와 있는 회귀분석의 곡선추정 도구를 활용하였다. $\lambda(t)$ 는 SPSS 12K에서 다음과 같은 파워모형으로 표현될 수 있다.

$$\lambda(t) = (b_0)t^{b_1} \quad (5)$$

12개월까지 자료를 파워모형으로 추정하고 구한 비선형회귀모델이 적합한지를 판정하기 위하여 다음 <표 6>과 같이 선형회귀선과 비교하였다. 선형회귀선은 고장발생건수를 종속변수(y)로 개월을 독립변수(x)로 회귀분석을 수행한 것이다.

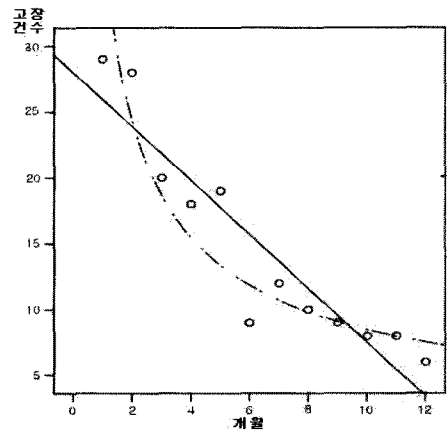
<표 6>을 보면 와이블분포로 가정한 비선형회귀선이 선형회귀선에 비해 결정계수와 F 검정통

<표 6> 선형 vs 비선형 회귀선의 비교

구분	선형회귀선	와이블분포
결정계수	0.859	0.872
표준오차	3.136	0.198
잔차제곱합	98.324	0.394
F값	61.06*	68.31*
χ^2 값	8.002**	6.887***

*p값: 0.000, **p값: 0.713, ***p값: 0.808

계량 값이 높으며, 반면 표준오차와 잔차제곱합이 작다는 것을 알 수 있다. 또한 와이블분포로 가정한 분포적합도에 대한 χ^2 검정결과 추정된 함수는 와이블분포가 더 적합하다고 할 수 있다. 12개월까지 관측값들을 이용하여 추정된 고장률함수의 형태는 아래 <그림 8>과 같다.



<그림 8> 초기고장 시기의 고장분포

<그림 8>에서 보면 곡선은 와이블분포의 고장률함수이며 직선은 선형회귀선으로 추정된 고장률함수이다. SPSS 12K에서 파워모형으로 추정된 결과는 다음 <표 7>과 같다.

<표 7> 함수 추정의 결과(초기고장)

Variables in the Equation					
Variable	b	SE b	Beta	T	SigT
개월	-0.654	0.079	-0.934	-8.265	0.0
(Constant)	38.267	5.499		6.959	0.0

<표 7>에서 추정된 결과를 적용하고, 식 (4)와 (5)를 연계시키면 고장률함수의 모수를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$b_1 = \beta - 1, \quad b_0 = \left(\frac{\beta}{\alpha^\beta}\right)$$

b_1 과 b_0 이 각각 -0.654와 38.267임으로 β 는 0.346, α 는 806,877.5이다. 여기서 β 는 1보다 작으므로 고장률함수가 시간의 경과에 따라 감소하고 있는 감소함수임을 알 수 있다.

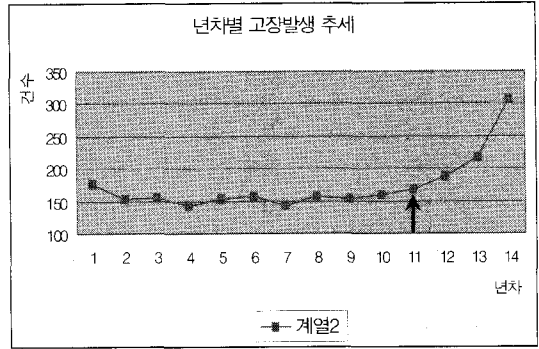
4.1.2 임의고장 시기의 고장률함수

<표 4>에서 살펴보면 년차별 고장자료를 가진 전차대수가 5~32대까지의 분포를 보이고 있다. 고장건수는 전차대수가 많아지면 대부분 많아진다. 따라서 동일한 전차대수에서의 고장건수를 산출하여 분석해야만 동일한 조건에서의 고장발생에 대한 비교가 가능하다. 따라서 가장 전차수가 많은 32대를 기준으로 모든 년차별 고장건수를 32대에 대한 고장건수로 정규화시켰다. 정규화는 전차의 대수가 가장 많은 8년차의 32대를 기준으로 산정하였다. 그래서 정규화 공식은 「(32×년차의 고장건수)÷년차의 전차대수」로 적용하였다. 정규화시킨 결과는 아래 <표 8>과 같다.

<표 4-4> 년차별 고장발생 현황(정규화)

구분	전차수	고장건수	구분	전차수	고장건수
1년차	32	176	8년차	32	157
2년차	32	153	9년차	32	154
3년차	32	156	10년차	32	160
4년차	32	144	11년차	32	167
5년차	32	153	12년차	32	188
6년차	32	157	13년차	32	216
7년차	32	144	14년차	32	306

<표 4-4>를 그래프로 표현하여 년차별 고장발생의 추세를 살펴보면 아래 <그림 9>와 같다.



<그림 9> 년차별 고장발생 추세

<그림 9>에서 고장발생의 추세를 살펴보면 11년차부터 고장이 증가하고 있으며 12년 이후는 급격하게 증가하고 있다. 따라서 임의고장 시기를 세 가지 시나리오로 구분할 수 있다. 첫째 시나리오인 임의고장 시기를 2년~9년까지로 적용하고, 마모고장 시기는 10년차부터 적용할 수 있다. 둘째 시나리오는 임의고장 시기를 2년~10년까지로 적용하고, 마모고장 시기는 11년차부터 적용할 수 있다. 셋째는 임의고장 시기를 2년~11년까지로 적용하고, 마모고장 시기는 12년차부터 적용하는 것이다.

<표 7>의 입력자료는 연간 고장발생건수로 정리되어 있으므로 이들 연간 고장발생건수가 와이블분포의 임의고장 시기 고장률함수 식 (4)를 따르는지를 살펴봐야 한다. 임의고장 시기는 고장률함수 식 (4)는 형태모수 β 가 1로 가정되어 있으므로 다음과 같이 축소될 수 있다.

$$\lambda(t) = \left(\frac{1}{\alpha^1}\right)t^{1-1} = \frac{1}{\alpha} \quad (6)$$

연간 평균 고장발생건수 $\lambda(t)$ 는 일정하므로 λ 로 표현되며 따라서 임의고장 시기의 고장률함수는 고장률 λ 의 높이를 가진 일양분포를 이루게 된다.

임의고장 시기의 고장률함수가 일양분포를 따르는지를 적합도 검정을 실시하였다. <표 9>는 세 가지 시나리오에 대한 임의고장 시기의 χ^2 검정통계량 값이다.

<표 9> 세 시나리오별 적합도 검정결과

시나리오	χ^2 통계량	p값
2~9년차	1.31	0.988
2~10년차	1.65	0.990
2~11년차	9.04	0.974

임의고장 시기는 고장발생이 일정해야 함으로 χ^2 검정통계량 값이 작아야 한다. 그런데 2~9년차 검정통계량이 2~10년차 자료의 검정통계량보다 작지만 자료수에 있어 차이가 발생함으로 p값을 가지고 적합도를 비교해야 한다. 자유도를 고려한 p값을 가지고 비교하면 2~10년차 p값이 0.990으로 가장 크며, 결과적으로 2~10년차의 고장발생이 일정하게 발생하고 있으며 고장률함수 $\lambda(t)$ 는 일양분포를 충족한다고 할 수 있다.

2~10년차 임의고장 시기의 고장률함수의 모수를 추정하여 보자. 임의고장 시기는 $\beta=1$ 로 가정되어 있고 9년간의 연간 평균고장발생 건수가 153.11건임으로 이를 식 (6)에 대입하여 a 값을 0.00653로 구할 수 있다.

$$\lambda = \left(\frac{1}{\alpha}\right) = 153.11$$

4.1.3 마모고장 시기의 고장률함수

마모고장 시기는 4.1.2에서 분석한 바와 같이 11년차부터 적용된다. 여기서 분석의 중점은 마모고장 시기의 고장률함수가 와이블분포를 따르고 있는지와 형태모수와 척도모수를 추정하는 것이다.

마모고장 시기의 와이블분포 고장률함수는 식

(4)와 같으며 형태모수(β)와 척도모수(a)를 추정하기 위하여 통계패키지 프로그램 SPSS 12K에 나와 있는 회귀분석의 곡선추정 도구인 파워모형을 활용하였다. 11~14년차까지의 자료를 가지고 추정한 파워모형의 결과 값은 다음 <표 10>과 같다.

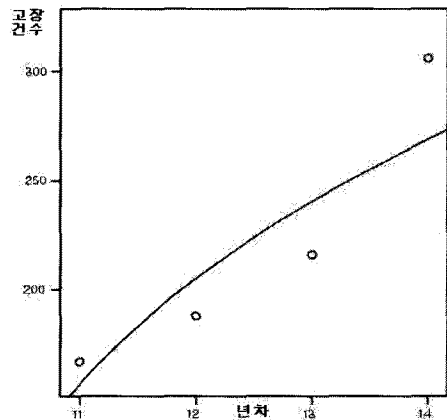
<표 10> 함수 추정의 결과(마모고장)

Variables in the Equation					
Variable	b	SE b	Beta	T	SigT
년(year)	0.3916	0.136	0.898	2.886	0.102
(Constant)	156.361	20.154		7.758	0.016

<표 10>에서 추정된 결과를 적용하고, 식 (4)와 식 (5)를 연계시키면 고장률함수의 모수를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$b_1 = \beta - 1, b_0 = \left(\frac{\beta}{\alpha^\beta}\right)$$

b_1 과 b_0 이 각각 0.3916과 156.361임으로 β 는 1.6112, a 는 29.72이다. 여기서 β 는 1보다 큼으로 고장률함수가 시간의 경과에 따라 증가하고 있는 증가함수임을 알 수 있다. 마모고장 시기 와이블분포 고장률함수의 형태는 아래 <그림 10>과 같다.



<그림 10> 마모고장 고장률함수(와이블)

<그림 8>에서 보는 바와 같이 고장률함수는 증가하는 형태이다. 관측치들과 표본 고장률함수회귀선과 적합도 검정을 수행하면 χ^2 검정통계량 값이 9.697이며 p값이 0.021로 유의수준 0.01에서 만 와이블분포가 유의하다고 할 수 있다.

그렇다면 마모고장 시기의 고장률함수에 더 적합한 분포를 조사해 볼 필요가 있다. 다음 <표 11>은 고장률함수를 선형회귀선으로 가정한 경우, 와이블분포로 가정한 경우, 지수분포로 가정한 경우를 비교한 것이다.

<표 11> 고장률함수의 비교

구분	선형	와이블	지수
결정계수	0.881	0.806	0.927
표준오차	25.899	0.141	0.087
잔차제곱	1341.5	0.040	0.015
F값	14.761*	8.33**	25.50***
χ^2 값	5.881*4	9.70*5	3.51*6

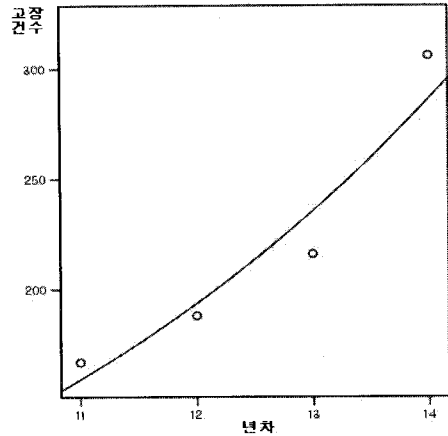
*p값: 0.062, **p값: 0.102, ***p값: 0.037

*4p값: 0.118, *5p값: 0.021, *6p값: 0.32

<표 11>을 보면 마모고장 시기는 와이블분포로 가정한 경우보다 지수모형으로 가정한 경우에 결정계수와 F 검정통계량 값이 높고, 표준오차와 잔차제곱은 작다고 할 수 있다. 또한 적합도 검정에 있어 지수모형의 검정통계량 값이 제일 작다 따라서 마모고장 시기의 고장률함수 $\lambda(t)$ 는 부분적으로 와이블분포를 따르지만 다음과 같은 지수모형이 더 적절하다고 할 수 있다.

$$\lambda(t) = b_0(e^{b_1 t})$$

지수모형의 모수 b_0 와 b_1 은 각각 130.899와 0.196이다. <그림 11>은 추정된 지수모형의 고장률함수 형태이다.



<그림 11> 마모고장 고장률함수(지수모형)

4.2 부하에 따른 고장률 차이 분석

4.2.1 각 전차대대의 전차 운용환경

부하에 따른 고장발생의 차이를 분석하기 위하여 운용환경이 상이한 두 전차대대를 분석대상으로 설정하고 자료를 수집하였다. 그러기 위해서는 먼저 각 대대 전차들의 운용환경이 얼마만큼의 차이가 있는지를 분석해야 한다.

A전차대대의 주둔지는 북한산 기슭에 위치하고 있어 경사면을 절단하고 평탄면을 만들어 계단식으로 형성된 지형에 위치하고 있다. 주둔지의 표고차이는 42m이다. 그리고 대대 주둔지의 주 이동로들의 경사도를 세 곳(A, B, C)으로 나누어 계산하였으며 결과 값은 아래 <표 12>와 같다.

<표 12> A전차대대의 경사도

구분	표고차	거리	경사도
A 지역	5m	54m	5.31°
B 지역	25m	229m	6.3°
C 지역	16m	92m	10°

주둔지의 주요 도로들은 5.31°~10° 정도의 경사로 형성되어 있다. 또한 주둔지내 도로들이 많

이 굽어 있어 이동 간에도 전차를 조종하기가 힘들 뿐만 아니라 순간적으로 엔진에 걸리는 부하도 클 수밖에 없다. A전차대대의 주요 훈련지역은 ○○○○훈련장으로 주둔지에서 25km정도 떨어져 있다. 훈련장의 표고차이는 약 82m정도이다. 훈련장의 길이는 약 1.78km 이고 경사도는 대략 평균 2.64°이다. 그러나 경사가 큰 곳은 5°정도가 된다.

B전차대대의 주둔지는 평지로 구성되어 있으며 예하 중대들도 경사가 거의 없는 지형에 주둔하고 있고, 표고차이는 3m 정도이다. B전차대대의 주요 훈련지역은 △△△훈련장으로 주둔지에서 32km 정도 떨어져 있다. 훈련장의 길이는 약 1.3km이며, 전차의 기동로는 거의 직선으로 형성되어 있다. 또한 출발지점과 목표지점의 표고차이는 11m로 경사도는 약 1°이다.

각 전차대대의 주둔지, 훈련지역, 이동로에 대한 요약은 <표 4.9>와 같다. 운용환경에 있어서 A대대의 전차들이 B대대의 전차들보다 전차운행 간 순간적인 큰 엔진의 힘을 필요로 하는 지형으로 인하여 더 많은 부하를 받는다고 할 수 있다.

<표 13> 각 전차대대의 운용환경 분석

구분	A전차대대	B전차대대
면적(m ²)	57,407	85,4A
주둔지 표고차(m)	42	3
주둔지 경사도	5.31°~10°	0°
훈련장 평균 경사도	2.64°	1°
주요 이동로	경사와 굴곡이 심한 지방도	완만한 국도

4.2.2 분석 결과

부하에 다른 주요부품들의 고장률 차이를 분석하기 위하여 1997년에 도입된 전차들을 대상으로

분석하였다. K-1전차의 야전운용자료는 2003년부터 2007년까지의 자료이므로 1997년에 도입된 전차들의 고장자료는 운용 년 수가 6~10년차 사이에 발생한 자료들이다. 6~10년차는 임의고장 시기에 해당하므로 부품의 고장이 전차의 나이(age) 때문이 아닌 다른 원인으로 발생한 고장이므로 비교하기에 적절하다. 왜냐하면 운용 년 수가 10년을 초과하면 고장이 급격하게 증가하는 마모고장 시기에 포함될 수도 있기 때문이다.

비교를 위한 부품의 선정은 위해서 부하의 영향을 많이 받는 엔진과 구동장치의 부품을 선택하였다. 선택한 부품은 유압펌프, 전압 조정기, 스프로킷 휠, 그리고 케도의 장력을 조절하는 조절기로 4가지 부품을 선정하였다. 각 부품들의 고장률은 2003년부터 2007년까지 60개월간 고장발생 횟수를 산출하여 총 개월 수인 60개월로 나누어 계산하였다. A와 B전차대대의 고장률 산출결과는 <표 14>, <표 15>와 같다.

각 대대의 고장률을 분석해 보면 아래 <표 16>과 같다.

<표 14> A전차대대의 고장률 산출결과

호차	유압펌프		전압조정기		스프로킷 휠		조절기	
	고장 발생	고장 률	고장 발생	고장 률	고장 발생	고장 률	고장 발생	고장 률
111	6	0.100	2	0.033	7	0.117	4	0.067
113	5	0.083	5	0.083	6	0.100	5	0.083
121	7	0.117	4	0.067	4	0.067	4	0.067
122	5	0.083	6	0.100	4	0.067	2	0.033
123	6	0.100	5	0.083	3	0.050	3	0.050
201	3	0.050	3	0.050	0	0.000	1	0.017
212	5	0.083	3	0.050	5	0.083	4	0.067
223	5	0.083	2	0.033	4	0.067	5	0.083
233	7	0.117	5	0.083	5	0.083	3	0.050
301	0	0.000	1	0.017	2	0.033	2	0.033
312	8	0.133	4	0.067	5	0.083	4	0.067
313	6	0.100	6	0.100	4	0.067	5	0.083
322	5	0.083	5	0.083	4	0.067	3	0.050
323	5	0.083	3	0.050	5	0.083	4	0.067

<표 15> B전차대대의 고장률 산출결과

호차	유압펌프		전압조정기		스프로킷 휠		조절기	
	고장 발생	고장 률	고장 발생	고장 률	고장 발생	고장 률	고장 발생	고장 률
001	0	0	2	0.03	2	0.03	1	0.017
002	6	0.1	3	0.05	4	0.07	2	0.03
101	1	0.017	3	0.05	3	0.05	3	0.05
112	4	0.07	2	0.03	2	0.03	2	0.03
131	2	0.03	2	0.03	3	0.05	2	0.03
132	3	0.05	3	0.05	3	0.05	2	0.03
133	4	0.07	4	0.07	6	0.10	3	0.05
211	3	0.05	1	0.017	2	0.03	0	0.00
213	4	0.07	3	0.05	1	0.017	2	0.03
221	5	0.083	4	0.07	3	0.05	4	0.07
222	3	0.05	2	0.03	1	0.017	1	0.017
231	6	0.1	5	0.083	4	0.07	4	0.07
232	4	0.07	4	0.07	3	0.05	2	0.03
311	1	0.017	0	0.00	2	0.03	0	0.00
321	3	0.05	4	0.07	3	0.05	3	0.05
331	4	0.07	3	0.07	5	0.083	4	0.07
332	2	0.03	3	0.07	3	0.05	2	0.03
333	2	0.03	2	0.03	3	0.05	2	0.03

<표 16> 각 대대의 고장률 분석결과

구 분		유압 펌프	전압 조정기	스프로킷 휠	조절기
A대대 (14대)	평균	0.087	0.064	0.069	0.058
	표준 편차	0.031	0.025	0.027	0.02
B대대 (18대)	평균	0.053	0.048	0.049	0.035
	표준 편차	0.028	0.023	0.021	0.021

두 전차대대의 주요 부품들의 고장률에 차이가 발생하는지를 검증하기 위해서 T-test를 실시하였다. 검증을 위한 귀무가설은 두 대대의 고장률에는 차이가 없는 것으로 하였다. 그리고 신뢰수준은 95%로 하였고, 유의수준은 0.05%이다. 두 전차대대의 주요 부품들의 고장률에 대한 T-test 결과는 아래 <표 4-13>과 같다.

<표 17> 부품들의 고장률에 대한 T-test 결과

구분	95%의 신뢰구간		t값	유의 확률 (p)
	하 한	상 한		
유압펌프A-유압펌프B	0.002009	0.060563	2.309	0.038
전압조정기A-전압조정기B	0.001091	0.037338	2.290	0.039
스프로킷 휠A-스프로킷 휠B	0.001032	0.045110	2.262	0.042
조절기A-조절기B	0.007482	0.044375	3.037	0.010

<표 17>에서 부품들의 유의확률 p값이 모두 유의수준 0.05보다 작으므로 두 대대의 주요 부품들의 고장률에 차이가 없다는 귀무가설을 기각한다. 따라서 각 대대의 주요 부품들의 고장률에는 차이가 발생하고 있다. 그러나 유의값을 살펴보면 부품 중에서 조절기의 고장률 차이가 다른 부품들에 비해서 크다는 것을 알 수 있다.

지금까지 각 대대 전차의 운용환경에 따른 고장발생의 차이에 대하여 분석해 보았다. 경사가 많이 있는 지역에서 운용되는 전차와 경사가 거의 없는 평탄한 지역에서 운용되는 전차 간에 고장발생의 차이가 나고 있다. 이러한 사실은 육군의 창정비 기준에 시사점을 준다. 지금의 창정비 기준은 운용 년 수와 기동거리 뿐이다. 현재 육군 계도장비의 창정비 기준 중에서 운용 년 수는 최소 10년이다. 10년간 환경이 다른 지역에서 장비가 운용 된다면 앞에서 분석한 결과보다 더 큰 고장발생의 차이가 발생할 수도 있다. 따라서 현 창정비 기준에 추가하여 운용환경에 따른 고장발생의 차이를 고려해야 할 것이다.

5. 결론

이 연구에서는 무기체계의 고장률함수 및 창정비 주기 산정에 이론적 근거로 사용되고 있는 육조곡선의 형태가 실제 운용되고 있는 K-1전차의

고장분포에서 나타나는지를 분석하였다. 또한 각 전차들이 받는 부하의 차이에 따라서 각 부품들의 고장률에 차이가 발생하는지를 분석하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, K-1전차의 고장률이 육조곡선의 형태로서 와이블분포를 이루고 있다. 초기고장 시기는 고장이 감소하는 함수 형태, 임의고장 시기는 평행한 직선의 함수 형태, 마모고장 시기는 고장이 급속하게 증가하는 함수 형태를 나타내고 있어 와이블분포를 따르지만 지수모형에 더 적합하다고 할 수 있다. 따라서 K-1 전차의 고장률함수는 육조곡선의 형태를 보인다고 할 수 있다.

둘째, 각 대대 전차의 운용환경에 따른 고장발생의 차이에 대해서 분석하였다. 각 대대의 운용환경 중에서 주둔지, 주요 훈련장, 이동로 등에 대해서 분석한 결과 각 전차대대와 운용환경에 차이가 있었다. 그 결과 부품의 고장률에 있어서도 차이가 발생하고 있었다.

이 연구를 수행하면서 몇 가지 한계가 있었다.

첫째, 야전운용자료의 신뢰성에 대한 한계이다. 각 대대는 정비할 때마다 정비자료를 직접 정확하게 입력해야 함에도 불구하고 자료를 분석하면서 살펴보면 자료를 일괄적으로 입력한 것 같은 부분들이 있다. 또한 이 연구에서 활용한 자료는 K-1전차 대대의 정비 자료만을 이용했다는 한계가 있다.

둘째, 운용환경에 따른 부품 고장발생의 차이를 분석하면서 두 개 대대 자료와 각 부대 전차 운용년 수만을 고려하였다. 부품 선택시 엔진 부분과 구동장치를 구성하고 있는 다양한 부품들에 대한 비교를 하지 못했다는 한계점이 있다.

향후 연구에서는 대대급 자료와 더불어 정비대대 및 정비창의 자료를 확보하여 분석할 필요가 있다. 왜냐하면 전체적인 고장발생 자료의 분석을 통해 K-1전차의 고장률함수에 대한 정확한 결과를 얻을 수 있을 것이다. 또한 각 대대 고장발생 차이를 분석하면서 두 개 대대뿐만 아니라 여러 대대를 통합한 비교 분석이 필요하다. 여러 대대를

통합한 비교 분석을 통하여 고장발생 차이에 대한 객관적인 결과를 얻을 수 있으리라 판단된다.

참고문헌

- [1] 강영식, 『신뢰성 공학』, 서울: 동화기술, 2002, pp. 193-201.
- [2] 서성철, 김태균, 송방원, “K-9 자주포 엔진 적정 창정비 주기 연구”, 『한국 국방 경영분석학회지』, 제31권제2호, 2005.12., pp.75-85.
- [3] 육본 군참부, 『K-1전차 창정비 주기 재설정 결과』, 2005.
- [4] 이상진 외 3명, 『육군 K계열 궤도장비 창정비 주기조정 검토』, 서울: 국방대학교, 2007.
- [5] 이성훈, 「데이터 분석법을 통한 전력계통설비의 고장확률 예측에 관한 연구」, 석사학위논문, 한양대학교, 2007.
- [6] 조창수, 「UH-1H 헬리콥터 엔진의 재생횟수에 대한 최적 교체 정책에 관한 연구」, 석사학위논문, 국방대학교, 1999.
- [7] 주대용, 「신뢰도 분석모델을 이용한 K-9자주포 엔진의 정비주기 결정에 관한 연구」, 석사학위논문, 국방대학교, 2004.
- [8] Blanchard, Benjamin S., *Logistics Engineering and Management*, New Jersey: Prentice Hall, pp.36-42, 2004.
- [9] Neubeck, Ken, *Practical Reliability Analysis*, New Jersey: Pearson Education, pp.2-10, 2004.
- [10] Moubay, John, *Reliability-centered Maintenance*, Boston: Butterworth, pp.10-14, 1997.
- [11] Sundararajan, C., *Guide to Reliability Engineering*, New York: VAN Company, pp.61-70, 1991.
- [12] Tobias, Paul A., David Trindade, *Applied Reliability*, New York: VAN Company, pp.63-81, 1985.

■ 저자소개 ■

이 상 진(E-mail: sjlee@kndu.ac.kr)

- 1981 서울대학교 경영학과 졸업(학사)
1985 University of San Francisco(경영학 석사)
1993 University of Wisconsin-Madison(경영학 박사)
현재 국방대학교 국방관리학 교수
관심분야 국방개혁과 경영혁신, 획득·군수관리, 최적화 및 시뮬레이션
<주요저서/논문>
- 군수관리와 공학, 2004
- 국방경영혁신과 국방개혁(안보연구시리즈), 2003
- 확률적 선형 계획문제의 상한과 하한 한계분석(한국경영과학회지), 2002

최 석 윤(csy7276@hanmail.net)

- 1996 육군사관학교 건축공학과 졸업(학사)
2008 국방대학교 국방관리학과 졸업(국방관리 석사)
현재 육군 소령