

야전운용제원을 이용한 5.56 mm 소총 신뢰도 분석

신태성*, 서현수, 이호준, 최시영, 길현준
국방기술품질원

Reliability Analysis Using Field-Data of 5.56 mm Rifle

Tae-Sung Shin*, Hyun-Soo Seo, Ho-Jun Lee, Si-Young Choi, Hyeon-Jun Gil
Defense Agency for Technology and Quality

요약 무기체계에 있어서 신뢰도는 중요한 요소이다. 신뢰도가 낮으면 무기체계가 제대로 기능하지 못할 가능성이 높으며, 이는 우리군의 전투력 약화로 직결된다. 본 논문에서는 현재 우리 군이 개인화기로 사용하는 5.56 mm 소총의 구조를 총열, 윗총몸, 노리쇠집, 가스할대, 복좌용수철 및 밀대, 아랫총몸, 개머리 총 7개의 조립체로 분류하고, 소총이 정상작동하기 위한 8대 기능에 대하여 설명하였다. 또한 소총의 신뢰도의 개념을 고장 간 평균사격발수(MRBF: Mean Round Between Failure, 이하 MRBF)로 정의하고, 수리가능 시스템에 대한 신뢰도 분석 이론으로서 포아송 과정 모형과 이 모형에 대한 추세를 검정하기 위한 방법으로 TTT(Total Time on Test, 이하 TTT) 도식방법에 대하여 설명하였다. 다음으로 소총의 고장을 주기성 교환품목을 제외한 부품의 교환으로 정의하여 획득한 야전운용제원을 정제하였으며, 정제된 야전운용제원을 MINITAB 프로그램에 입력하여 신뢰도를 분석하였다. 그 결과 소총의 신뢰도는 251.73발로 분석되었으며, 소총의 조립체별 신뢰도 분석을 통해 개선이 필요한 조립체로 총열, 아랫총몸, 개머리 조립체를 식별하였고, 개선이 필요한 세부 부품 10가지를 식별하였다. 마지막으로 현재 획득 가능한 야전운용제원을 이용한 신뢰도 분석의 한계점에 대하여 고찰하였다.

Abstract Reliability is an important factor in weapons systems. Low reliability causes the weapons system to fail to function properly, which directly leads to the weakening of combat capability. This paper classifies the structure of the 5.56 mm rifle, which is currently used by the Korean army, into a total of seven assemblies and describes the eight functions necessary for the rifle to operate normally. In addition, the concept of reliability was defined as the MRBF, and the Poisson process model and TTT plot were explained as a reliability analysis theory for the repair function system. Next, the field-data obtained by defining failure as the replacement of parts other than periodic exchange of parts were refined, and the reliability was analyzed by entering the refined field operation specifications into the Minitab program. As a result, the reliability of the rifle was determined to be 251.73. The assembly parts that required improvement was identified as the barrel, lower body, and butt stock assembly, and 10 detailed parts needed to be improved. Finally, the limits of the reliability analysis using the field-data currently available for small caliber firearms were considered.

Keywords : 5.56mm Rifle, Reliability Analysis, Field-Data, Minitab, Failure

*Corresponding Author : Tae-Sung Shin(Defense Agency for Technology and Quality)
email: kidk11187@gmail.com

Received April 24, 2020

Revised May 21, 2020

Accepted June 5, 2020

Published June 30, 2020

1. 서론

5.56 mm 소총은 전군이 사용하는 개인화기로서 가장 많이 보급되고 운용 중에 있는 군수품 중 하나이다. 국내 개인화기 생산의 역사는 1974년 미국 콜트사로부터 M16A1소총 면허생산을 시작으로 1980년대초 한국형 기관단총인 K1기관단총이 개발·양산되었으며, 1984년 한국형 소총인 K2소총이 양산되어 현재까지 30년 이상 운용되고 있다. 5.56 mm 소총은 소구경화기의 기본적인 작동방식인 가스작동식과, 탄알집 장전 및 회전식 노리쇠의 구조를 가지고 있으며, 최근 길이조절식 개머리판과 소총의 부수장비를 부착가능하도록 하는 피카티니레일을 적용하여 목표물 식별과 조준의 정확성을 높여주는 조준경을 장착하여 사용 중에 있다. 또한 K14저격용소총, K11복합형소총 등 미래전장에 부합한 특수한 목적의 소구경화기의 개발과 발전이 지속되고 있다.

소구경화기는 군인에게 있어서 가장 기본적이고 필수적인 무기이다. 자신을 보호하고 부여된 임무를 수행함에 있어 그 임무의 종결을 확인할 수 있는 최후의 무기이기 때문에 현대전에서도 항상 빠지지 않고 핵심적인 역할을 하고 있다. 이러한 소총이 본연의 목적을 달성하기 위해서는 정상적인 기능의 발휘가 필수적이다. 기능의 발휘를 위하여 소총은 국방규격에 따른 성능, 내구도 등의 수락시험을 통하여 납품되고 있다. 그러나 소총의 생산과정에서의 수락시험은 소총을 고정사격대에 거치한 후 사격시험을 실시하는 반면, 야전운용단계에서의 군사용자는 소총의 고유기능과는 다른 훈련, 행군 등의 다양한 상황과 환경에서 운용하게 된다.

군에서 운용하는 소총을 포함한 총기류에 대해 기존에는 개발시험평가 단계에서 실사격 시험에 의하여 신뢰도를 확인하여 왔다. 그러나 실제 야전환경에서는 고정사격대에 총기를 거치하여 사격하는 개발시험평가 단계와 달리 위에서 언급한 다양한 환경이 존재한다. 때문에 본 연구에서는 이러한 야전환경 하에서 운용되는 소총의 야전운용제원을 수집하고, 데이터 정제를 위해 소총의 고장에 대하여 정의한다. 그리고 수리가 가능한 시스템에 대한 신뢰도 분석이론 중 하나인 모수적 포인트 과정 모형 중 포아송 과정 모형을 적용하여 소총 전체의 신뢰도와 주요 기능부의 신뢰도를 통계분석 소프트웨어인 MINITAB을 이용하여 분석해 개선이 필요한 품목을 식별하고자 한다. 또한 소총의 야전운용제원 수집에의 한계점을 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 분석대상

인 5.56 mm 소총의 구조에 대하여 소개하고, 제3장에서는 신뢰도 분석이론을 소개하였다. 제4장에서는 야전운용제원의 수집과 정제결과를 제시하고 그에 따른 신뢰도 분석결과와 개선 필요사항을 제시하였다. 마지막으로 사례연구로부터 얻은 결론과 한계점을 제5장에서 언급하였다.

2. 5.56 mm 소총의 구조

2.1 소총의 구조

5.56 mm 소총은 경량, 공랭식, 가스피스톤식, 탄알집 송탄식, 견착 및 요착사격식, 개머리 접철식, 가스조절식이며 조정간을 사용하여 단발, 3발점사 및 연발사격이 가능하며 K201 유탄발사기, M7대검, M3소총다리, 조준경, 야시경 및 공포탄 어댑터를 부착하여 사용할 수 있다. 아래 Fig. 1과 같이 5.56 mm소총은 총열 조립체, 윗총몸 조립체, 노리쇠집 조립체, 가스활대 조립체, 복좌용수철 및 밀대 조립체, 아랫총몸 조립체 및 개머리 조립체로 구성되어있다.

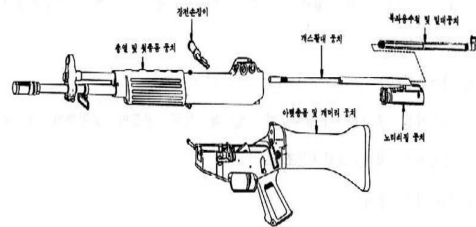


Fig. 1. Structure of 5.56 mm Rifle

2.2 소총의 주요 기능

5.56 mm 소총은 첫째, 탄알을 노리쇠집 조립체의 전진으로 위로 올려보내는 기능인 송탄기능. 둘째, 약실 내부로 탄알을 밀어 넣어주는 장전기능. 셋째, 노리쇠 선단의 잠김턱 부분이 총열 연결쇠에 결합되어 탄알을 약실 내에 고정시켜주는 잠김기능. 넷째, 발사조정간이 단발, 점사, 연발 위치에 놓여짐으로써 격발이 준비되며 사용자가 방아쇠를 당기면 격발링크를 통하여 공이치기를 해제함으로써 공이치기가 공이를 타격하는 발사기능. 다섯째, 노리쇠가 약실 홈으로부터 빠져 나오는 풀림기능. 여섯째, 발사된 탄피를 약실 밖으로 끌어내는 추출기능. 일곱째, 차개가 탄피를 총몸 밖으로 밀어내는 방출기능. 여덟

째, 노리쇠집 조립체가 후퇴되면서 공이치기 스프링을 압축하여 공이치기가 뒤로 넘어가 방아쇠 걸림턱에 걸리는 공이치기 잠김기능까지 총 8개의 기능이 있다.

3. 신뢰도 분석 이론

3.1 신뢰도 개요

신뢰도란 어떤 장비가 주어진 시간동안 정해진 환경조건하에서 규정된 성능을 발휘 할 수 있는 확률을 말한다. 이는 어떤 장비가 대량 생산과정에서 동일하게 제작되었다 하더라도 장비의 수명, 사격발수, 주행거리 등이 일정하지 않고 어떤 분포를 이루고 있어 수학적도구로 확률을 이용 할 수 밖에 없기 때문이다. 시스템의 신뢰도를 나타내는 척도로 고장간 평균시간(MTBF: Mean Time Between Failure, 이하 MTBF)가 있다. MTBF에서의 시간은 측정된 기간을 의미하는데 시스템의 특성에 따라서는 MRBF, 고장간 평균킬로미터(MKBF: Mean Kilometers Between Failure), 고장간 평균사이클(MCBF: Mean Cycle Between Failure) 등을 사용하기도 하는데 본 연구에서는 소총의 특성상 MRBF를 신뢰도에 대한 척도로서 사용하였다.

여기서 MRBF는 아래 Eq. (1)과 같다.

$$MRBF = \frac{\sum t_i}{n} \quad (1)$$

Where, t_i denotes number of rounds to failure after i 'st repair, n denotes number of failure

현재 소총을 포함한 총기류에 대한 신뢰도는 군의 요구사항 중 하나로 반영되어 개발시험평가 단계에서 실사격 시험을 통하여 평가가 이루어지고 있다. 시험할 총기 정수와 총 사격발수를 정하여 사격을 실시한 결과, 군이 요구하는 MRBF값을 달성하는지 식 Eq. (1)을 이용하여 평가하고 있다. 그러나 운용단계에서는 각각의 총기에 대한 사격발수를 확인할 수 없다는 점, 고정사격대에서 사격하는 개발시험평가와는 다른 운용환경 등의 문제로 인하여 실사격에 의한 신뢰도 분석을 진행하는 것이 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 확률적 모형을 적용하여 운용단계에서의 소총에 대한 신뢰도 분석을 진행하였다.

3.2 소총의 신뢰도 분석 이론

소총은 고장이 발생하였을 경우 수리부속을 청구하여

수리를 진행한 후 다시 운용하게 된다. 때문에 4장에서 설명할 소총의 야전운용제원은 수리가능 시스템의 고장 자료로 볼 수 있다. 이러한 자료에 대한 확률적 모형을 '포인트 과정 모형'이라 부른다. 수리가능 시스템 자료는 고장간격 분포, 수명 t 의 함수로서 구간 $(0, t]$ 의 누적 고장 수, 고장 간 기대시간, 구간 $(0, t]$ 에서 기대 고장 수, 고장발생률, 평균 수리비용 등을 추정하거나 예측하기 위하여 수집된다.

본 연구에서는 소총의 MRBF를 도출해야 하므로 모수적 모형인 포아송 과정 모형을 적용하였다. 포아송 과정이란 고장현상을 분석하는데 널리 이용되는 비교적 단순한 모수적 모형이다. 만약 다음 세 조건을 만족하면 $[0, \infty)$ 에서 정수값을 가지는 포인트 과정은 포아송 과정을 따른다.

1. 누적 고장횟수 $N(0)=0$
2. 중첩되지 않는 시간구간에서 발생된 고장 수는 통계적으로 독립이다. 이러한 특성을 지는 과정을 "독립증분"성질을 가지고 있다고 말한다.
3. 고장률 $\nu(t)$ 는 양수이고 $0 \leq a < b < \infty$ 일 때, 평균누적함수(MCF, μ)는 아래 Eq. (2)과 같다.

$$\mu(a, b) = E[N(a, b)] = \int_a^b \nu(u) du < \infty \quad (2)$$

포아송 과정인 경우, $N(a, b)$ 는 아래 Eq. (3)와 같은 포아송 분포의 확률질량함수를 따른다.

$$\Pr[N(a, b) = j] = \frac{[\mu(a, b)]^j}{j!} \exp[-\mu(a, b)] \quad (3)$$

이러한 포아송 과정에는 정상 포아송 과정(HPP: Homogeneous Poisson Process, 이하 HPP)과 비정상 포아송 과정(NHPP: Non Homogeneous Poisson Process, 이하 NHPP)이 있다.

HPP는 고장률함수 $\nu(t)$ 가 $1/\theta$ 로 일정한 포아송 과정으로 다음과 같은 성질을 가진다.

1. $N(a, b)$ 는 모수 $\mu(a, b) = (b - a)/\theta$ 인 포아송 분포를 따른다.
2. $(a, b]$ 에서 기대 고장 수는 $\mu(a, b)$ 이며, $(a, b]$ 에서 단위시간당 기대 고장수는 $1/\theta$ 로 일정하다. 이러한 특성을 '정상증분'이라 부른다.
3. 고장간격 시간 $\tau_j = t_j - t_{j-1}$ 는 동일하고 독립인 $\text{Exp}(\theta)$ 분포를 따른다. 즉, 아래 Eq. (4)와 같다.

$$\Pr(\tau_j > x) = \Pr[N(t_{j-1}, t_{j-1} + x) = 0] = \exp(-x/\theta) \quad (4)$$

따라서 HPP인 경우 고장간의 평균시간은 θ 와 같으므로 고장간의 평균시간 MTBF는 θ 가 된다.

4. k번째 고장발생시간인 $t_k = \tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_k$ 는 $\text{Gam}(k, \theta)$ 분포를 따른다.

NHPP는 일정하지 않은 고장률함수 $\nu(t)$ 를 가지는 포아송 과정이다. 이 경우 고장간격 시간은 독립이 아니며 동일한 분포를 따르지 않는다. (a,b)에서 단위시간당 기대 고장수는 아래 Eq. (5)와 같다.

$$\frac{\mu(a,b)}{b-a} = \frac{1}{b-a} \int_a^b \nu(t) dt \quad (5)$$

NHPP 모형은 고장률함수 $\nu(t)$ 로 규정되므로 미지의 모수벡터 θ 의 함수 $\nu(t) = \nu(t; \theta)$ 로 표시하고자 한다. NHPP 모형 중 가장 널리 쓰이는 멱함수 NHPP모형의 고장률함수와 평균 누적함수(MCF)는 아래 Eq. (6), Eq. (7)과 같다.

$$\nu(t; \beta, \theta) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1}, \beta > 0, \theta > 0 \quad (6)$$

$$\mu(t; \beta, \theta) = (t/\theta)^\beta \quad (7)$$

여기서 $\beta=1$ 일 때 이 모형은 HPP가 되며, β, θ 를 각각 멱지수와 척도모수로 칭한다. 멱함수 NHPP에서 고장률은 Eq. (6)과 같이 와이블 분포의 고장률 형태와 일치하므로 $0 < \beta < 1$ 이면 고장률 감소형, $\beta=1$ 이면 고장률 일정형, $1 < \beta$ 이면 고장률 증가형으로 구분된다.

(0,b)에서 관측된 단일 시스템에 대해 i번째 고장발생 시점이 $t_i, i=1, \dots, r$ 일때 멱지수 β 와 척도모수 θ 에 대한 최우추정량(MLE)은 다음 Eq. (8)과 같다.

$$\hat{\beta} \left(\frac{1}{\hat{\theta}^{\hat{\beta}}} b^{\hat{\beta}} \ln b - \sum_{j=1}^r \ln t_j \right) = r, \quad \hat{\theta} = \left(\frac{b^{\hat{\beta}}}{r} \right)^{1/\hat{\beta}} \quad (8)$$

이러한 포인트 과정 모형의 추세에 대한 검정을 수행하기 위하여 도시적 방법인 TTT 도시가 있다. n개의 동일한 수리 불가능 시스템을 동시에 비교시험 할 경우 각각의 고장 순서를 고려한 j번째 고장시간이 $t(j)$ 일 때 총 시험시간 T_{nk} 와 축척 TTT 통계량은 Eq. (9)와 같이 정의된다.

$$TTT_k = \frac{T_{nk}}{T_{nn}} \quad (9)$$

단, $T_{nk} = \sum_{j=1}^k (n-j+1)(t_{(j)} - t_{(j-1)}), k=1, \dots, n$

TTT 도시는 $(k/n, T_{nk}/T_{nn})$ 를 타점하는 그림으로 수명자료가 지수분포(CFR)를 따르면 직선상에 위치하며, 고장률 증가형(IFR)은 위로 볼록, 고장률 감소형(DFR)은 아래로 볼록, 육조곡선형은 S형이 된다.

이러한 TTT 도시는 수리 불가능 시스템의 수명분포를 선택하는데 유용하게 쓰이는 방법이나, 위와 같이 축척 TTT 통계량을 이용하여 수리가능 시스템에 직접 적용할 수 있다. 즉, t(j)가 어떤 특정 시스템이 총 r회 고장 발생시 j번째 고장시각일 때 $(j/r, T_{rj}/T_{rr})$ 을 타점하면 된다. 여기서 추세가 없는 HPP이면 45°직선, 멱함수 NHPP의 β 가 1보다 작으면 아래로 볼록한 개선시스템, 1보다 크면 위로 볼록한 쇠락시스템임을 알 수 있다.

본 연구의 분석대상인 소총의 경우 다음 4장에서와 같이 고장을 주기성 교환품목을 제외한 부품의 교환으로 정의하였으므로 수리이후 초기상태로 돌아온다고 가정할 수 있다. 따라서 고장률이 일정한 HPP 모형을 적용하여 분석을 진행하였다.

4. 야전운용제원을 이용한 분석

야전운용제원을 이용하여 소총의 신뢰도를 분석하기 위해서는 정비이력 및 운용이력 데이터를 수집하고 정제하는 것이 필수적이다. 때문에 본 연구에서는 사전준비, 데이터 수집, 데이터 정제 및 보정 3단계를 통하여 신뢰도 분석에 필요한 데이터를 확보하였고, 그 이후 MINITAB을 이용하여 신뢰도 분석을 진행하고 그 결과에 대하여 분석하였다.

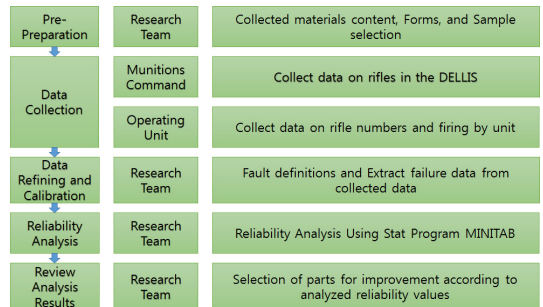


Fig. 2. Research Procedure Diagram

4.1 데이터 수집

신뢰도 분석을 위한 야전운용제원은 현재 육군에서 관

리하고 있는 DELIIS/A 체계에 입력된 운용 및 정비 데이터를 제공받았다. 제공받은 정보는 고장영향, 정비종류, 정비시작 및 완료일, 교환 수리부속 등이 포함되어 있다. 소총의 경우 타 장비들과는 달리 DELIIS/A에 장비등록번호를 생성하지 않아 각 소총별로 별도의 운용이력이 없으며, 정비이력의 경우 정비부대별 이력은 있으나, 각 소총별 정비이력 구분은 불가능한 상황이다. 때문에 00 부대를 대상으로 설문조사를 수행하여 2010년부터 2018년까지 연도별 보유 소총 정수, 사격발수 등 운용현황을 파악하였으며, 00부대가 보유하고 있는 소총 전체에 대한 정비이력을 DELIIS/A를 통하여 획득하였다.

4.2 데이터 정제 및 보정

현재 소총의 고장이나 결함에 대한 이력을 별도로 관리하고 있지 않으므로 획득한 정비자료로부터 고장자료를 산출하는 별도의 정제과정을 거쳐야 한다. 이를 위해서는 소총의 고장에 대하여 정의하여야 한다.

소총의 고장은 기술교범에서 정의된 고장개념인 사격불능상태의 고장과 주기성 교환품목을 제외한 부품의 교체로 정의하였다. 사격불능상태란 2장에서 설명한 소총의 시스템을 구성하고 있는 8대 기능 중 어느 하나라도 고장이 발생한 경우를 말한다. 또한 국방규격서에 정의된 주기성 교환품목인 탄알집 조립체, 야광유리관, 공기치기못을 제외한 나머지 부품의 교환이 발생한 경우를 고장으로 볼 수 있다. 그러나 획득한 정비데이터를 통하여 소총의 8대기능 고장여부는 확인이 불가하므로, 본 연구에서는 주기성 교환품목을 제외한 부품의 교환을 고장으로 정의하였으며, 이에 해당되는 고장만을 데이터로 정제하였다.

4.3 MINITAB을 이용한 신뢰도 분석결과

정제 및 보정된 야전운용제원을 통계분석 소프트웨어인 MINITAB에 입력하여 신뢰도를 분석하였다. 분석은 다음과 같은 가정 하에서 수행되었다.

- 1) 획득한 야전운용제원은 구간자료의 형태로 MINITAB에 입력하여 분석을 진행한다. 소총별 이력확인이 불가하므로 해당소총이 고장난 시점의 사격발수를 알 수 없기 때문에 구간자료의 형태로 데이터를 입력하였다.
- 2) 획득한 야전운용제원은 수리가 가능한 시스템의 고장 자료이다. 고장발생 시 고장의 원인이 된 부품을 교환하여 전체 소총 시스템을 수리하기 때문이다.

3) 2번 가정에 의해 소총의 고장률은 일정하다고 가정하며, 신뢰수준은 95.0%, 모수추정은 최우추정법을 사용한다.

4) 소총의 고장데이터는 2010 ~ 2018년의 고장데이터만을 대상으로 한다. 이는 육군에서 DELIIS/A 체계를 2010년부터 운용하였기 때문에 2010년 이전자료의 확보가 불가능하기 때문이다.

위와 같은 가정 하에서 소총의 고장자료를 아래 Table 1과 같이 입력하였다.

Table 1. Input Data on Minitab

Year	Start (rounds)	End (rounds)	Number of Malfunction of 5.56mm Rifle
2010	0	8,203,555	39,182
2011	8,203,555	17,348,190	35,138
2012	17,348,190	24,297,080	38,772
2013	24,297,080	33,263,243	30,546
2014	33,263,243	42,587,846	31,528
2015	42,587,846	51,688,851	27,035
2016	51,688,851	59,222,635	28,629
2017	59,222,635	65,753,615	28,308
2018	65,753,615	72,822,603	30,151
All	-	-	289,289

아래 Fig. 3와 같이 MINITAB의 [통계분석 → 신뢰성/생존분석 → 복구 가능한 시스템 분석 → 모수 성장 곡선] 기능을 통해 분석을 진행하였으며, 모수의 추정방법은 최우추정법을 적용하였다. 그렇게 분석을 진행한 결과 소총의 신뢰도 MRBF는 251.73 발로 예측되었다.

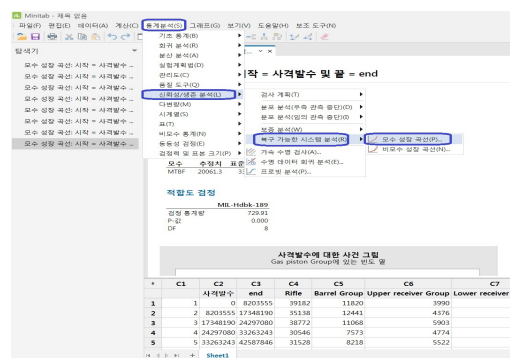


Fig. 3. Analysis Screen of Minitab

분석된 소총의 신뢰도값의 적합도를 검증하기 위하여 아래와 Fig. 4과 같이 TTT를 확인하였다.

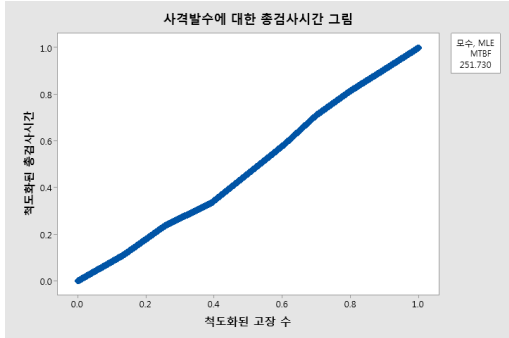


Fig. 4. TTT graph of 5.56mm Rifle

확인결과 소총의 수명자료가 직선상에 분포되므로 소총의 고장률은 지수분포를 따르고, 정상 포아송 과정의 성질을 가진다고 할 수 있다.

소총의 부품 그룹별로 동일한 방법을 이용하여 신뢰도를 분석한 결과는 아래 Table 2와 같다.

Table 2. Reliability Analysis Result of Group

Group Name	Number of Failure	MRBF (rounds)
Barrel Group	78,423	928,587
Upper Receiver Group	37,501	1,941.99
Bolt Carrier Group	37,400	1,947.02
Gas Piston Group	3,630	20,061.3
Recoil Spring Group	18,233	3,994.0
Lower Receiver Group	61,129	1,191.29
Butt Stock Group	52,973	1,374.71
5.56mm Rifle	289,289	251.73

신뢰도 분석 결과 가스활대 그룹의 MRBF가 20,061.3발로 가장 높았으며, 총열그룹의 MRBF가 928,587발로 가장 낮았다.

4.4 개선 필요부품 선정

소총의 부품 그룹에 대한 MRBF값 분석결과 가스활대 그룹이 20,061.3발 가장 높았으며 그 다음으로 복좌스프링 및 밀대 조립체, 노리쇠집 조립체, 윗총몸 조립체, 개머리 조립체, 아랫총몸 조립체, 총열 조립체 순으로 분석되었다. 때문에 운용환경에서의 신뢰도 향상을 위하여 총

열 조립체, 아랫총몸 조립체, 개머리 조립체 순으로 개선이 필요하다는 것을 확인하였다.

소총의 세부 부품별 야전운용제원을 확인한 결과 고장이 발생한 93개 부품 중 상위 10개 부품목록을 Table 3에 나타내었다. 윗총몸 그룹에 속한 장전손잡이가 총 19,126건의 고장이 발생하여 MRBF가 3,807발로 가장 낮았으며, 그 다음으로 아랫총몸 그룹에 속한 방아쇠의 MRBF가 4,442발, 총열 그룹에 속한 가스조절기의 MRBF가 4,585발로 확인되었다.

Table 3. Top 10 Faulty part

Part Name	Number of Failure	MRBF (rounds)	Group
Handle Ass'y Chargin	19,126	3,807	Upper Receiver Group
Trigger	16,393	4,442	Lower Receiver Group
Screw, Externally Relieved Body	15,883	4,585	Barrel Group
Plug, Gas Cylinder	15,057	4,836	
Sear	13,588	5,359	Lower Receiver Group
Washer, Lock	12,011	6,063	Butt Stock Group
Hinge, Butt Stock	11,692	6,228	
Swivel, Sling, Smallarms	10,877	6,695	Barrel Group
Screw, Butt Stock	10,034	7,257	Butt Stock Group
Pin, Firing Pin Reta	9,434	7,719	Bolt Carrier Group

Table 3의 부품 중 사격충격이 아닌 외부충격에 직접적인 영향을 받는 부품은 단발자, 공이지지용 핀을 제외한 8개 부품이다. 이와 비교하기 위하여 현재 소총의 납품 전 수락검사 간 발생하는 고장부품을 확인해 보았다. 확인결과 격발과 연관된 공이, 점사기능과 연관된 치차스프링이 있었으며, 이 부품들은 야전운용제원 상 16번째, 67번째로 많은 고장이 발생한 품목이다. 이를 통하여 실제 야전환경에서는 소총의 핵심기능인 사격충격에 의한 고장보다 총열 그룹, 개머리 그룹처럼 외부로 드러난 부품의 고장이 다수 발생됨을 알 수 있었다.

이러한 분석결과는 실제 운용부대에서는 사격만 이루어지는 것이 아니라 소총을 가지고 행군, 사격술예비훈련 등 각종 훈련을 수행하며, 이러한 훈련을 수행하는 과정에서 사격충격 뿐만 아니라 외부에서의 충격들이 소총에 가해지기 때문에 볼 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 우리 군에서 사용하는 개인화기인 5.56 mm 소총에 대하여 야전운용제원을 기반으로 하여 수리가능한 시스템에 대한 신뢰도분석 방법 중 하나인 MINITAB의 HPP모형을 적용하여 신뢰도 분석을 진행하였다.

1) 분석결과 소총의 MRBF는 251.73발이었으며, 부품 그룹별 신뢰도는 가스할대 조립체가 20,061.3발, 복좌스프링 및 밀대 조립체가 3,994발, 노리쇠집 조립체가 1,947.02발, 윗총몸 조립체가 1,941.99발, 개머리 조립체가 1,374.71발, 아랫총몸 조립체가 1,191.29발, 총열 조립체가 928.587발로 분석되었다. 그리고 이를 통하여 총열 조립체, 아랫총몸 조립체, 개머리 조립체가 개선이 필요하고 세부 부품 중에서는 장전손잡이, 방아쇠 등이 개선이 필요한 것으로 식별하였다.

2) 본 연구를 통하여 야전운용제원을 이용한 소총의 신뢰도 분석의 한계점을 도출하였다. 우선 고장데이터의 수집범위의 한계점이다. 본 논문에서는 2010년부터 2018년까지의 고장데이터만을 대상으로 분석을 실시하였다. 육군에서는 2010년부터 DELIIS체계를 이용하여 장비들의 운용 및 정비이력을 관리하여 왔다. 이러한 사유 때문에 2010년 부터의 고장데이터 만을 대상으로 분석을 진행하였으나, 그 이전의 데이터가 추가되었다면 더 정확한 운용환경에서의 신뢰도를 분석할 수 있었을 것이라고 생각된다. 또한 각각의 소총별로 사격발수 및 정비횟수 등 야전운용제원을 획득하는것이 불가능하여 분석 대상 부대가 보유하고 있는 전체 소총에 대한 신뢰도분석을 진행할 수 밖에 없었던 한계가 있었다.

3) 이러한 한계점에도 불구하고 본 연구에서는 현재 획득가능한 수준의 야전운용제원을 가지고 소총의 신뢰도를 분석하는 방법을 제시하였고, 국내 최초로 야전운용제원을 기반으로 소총에 대하여 신뢰도 분석을 진행하였으며, 야전환경에서 신뢰도 증진을 위해 개선이 필요한 부품을 식별하였다. 앞으로 지속적인 연구와 개선을 통하여 소총 및 기관총 등의 소구경화기에 대한 운용환경에서의 신뢰도를 향상시키는데 기여할 수 있으리라 생각된다.

- [2] G. M. Park, "A Study on Process and Case of RAM Analysis in Ground Weapon System Using Field-Data", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 20, No. 5, pp. 485-491, 2019.
DOI: <https://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.5.485>
- [3] S. K. Seo, "Minitab Reliability Analysis", Eretec Inc, pp. 507-566, 2015
- [4] Army Headquarters, "5.56mm K2 Rifle : Users and Assistant Maintenance Manual", Army Headquarters, pp. 46-50, 2004
- [5] H. J. Lee, B. K. Kim, "The Improvement Report on Durability Defects of K2 Rifle", DTAQ, pp. 6-39, 2015

신 태 성(Tae-Sung Shin)

[정회원]



- 2015년 8월 : 고려대학교 기계공학과 (학사)
- 2015년 9월 ~ 현재 : 국방기술품질원 품질경영부 연구원

<관심분야>

기계, 국방품질경영, 체계공학

서 현 수(Hyun-Soo Seo)

[정회원]



- 1995년 2월 : 부경대학교 대학원 기계공학과(석사)
- 2011년 2월 : 부경대학교 대학원 기계공학과(박사)
- 1993년 4월 ~ 현재 : 국방기술품질원 기동화력센터 책임연구원

<관심분야>

기계, 국방품질경영, 서비스품질

References

- [1] H. J. Lee, "Rifle and Ballistics", Cheong Moon Gak, pp. 1-2, 1998

이 호 준(Ho-Jun Lee)

[정회원]



- 2014년 8월 : 부산대학교 항공우주공학과 (학사)
- 2014년 8월 ~ 현재: 국방기술품질원 기동화력센터 연구원

<관심분야>

기계, 항공, 국방품질경영

최 시 영(Si-Young Choi)

[정회원]



- 2011년 8월 : 부산대학교 기계공학부 (학사)
- 2014년 8월 ~ 현재: 국방기술품질원 기술기획본부 연구원

<관심분야>

생산기술, 기계설계, 품질보증

길 현 준(Hyeong-Jun Gil)

[정회원]



- 2010년 2월 : 학국과학기술원 산업시스템공학과 (석사)
- 2014년 8월 ~ 현재: 국방기술품질원 품질경영본부 선임연구원

<관심분야>

생산기술, 체계공학, 품질보증