신뢰성응용연구
제17권, 제2호. pp.83-91, 2017

저장신뢰도 기반의 유도탄 품질보증모델에 대한 연구*

정상훈[1] · 이상복[2†]

[1]방위사업청, [2]한성대학교 산업경영공학과

A Study on Warranty and Quality Assurance Model for Guided Missiles Based on Storage Reliability*

Sanghoon Jung[1] · Sangbok Lee[2†]

[1]Defense Acquisition Program Administration

[2]Department of Industrial and Management Engineering, Hansung University

Purpose: The purpose of this study is to develop a quality assurance model and to determine appropriate warranty period for a guided missile using its field data.
Methods: 10 years of actual firing data is collected from the defense industry company and military. Parametric maximum likelihood estimation for a reliability function is determined with the data.
Results: The reliability function estimates average lifetime of the missile. That function shows a user requirement, 80% reliability (lifetime) is come up when 8 years have passed, which is longer than the estimates in the missile's development phase.
Conclusion: Quality assurance warranty for a guided missile must be established with actual test data. It is necessary to update and modify the reliability prediction and the warranty period with actual field test data.

Keywords: Storage Reliability, Parameter Analysis, Guided Missile, One-Shot System, Field Data

1. 서 론

유도탄과 같이 장기간 저장 상태로 유지된 후 단 한 번의 운용(발사)을 통해 임무를 완료하게 되는 장비(일명 One-shot System)는 운용 중 일 때보다 저장 중의 신뢰도가 더욱 중요하다. 이러한 저장신뢰도가 고려된 제품들은 정상적인 저장기간을 고려하여 품질보증기간을 설정하여야 하나[1], 실질적으로 저장기간을 고려하여 유도탄을 계약 한 사례는 드물다.

실제 유도탄 계약 간 적용되는 무상 보증기간은 1~3년이며, 이는 유도탄이 발사장비와 같이 계약되면서 발사장비(일반적인 장비)에 적용되는 일반적인 무상 보증기간을 동일하게 적용한 것이다. 일반적인 장비들은 계속 사용하기 때문에 마모고장으로 인해 무상 보증기간을 길게 하면 제조비용이 상승한다는 논리는 매우 당연하다. 하지만 신뢰도가 높고, 아주 짧은

* 본 논문은 한성대학교 교내연구비 연구과제로 수행되었음.
† 교신저자 slee@hansung.ac.kr
2016년 12월 19일 접수; 2017년 5월 12일 수정본 접수; 2017년 5월 15일 게재 확정.

시간 사용(발사)하기 전까지 단지 저장만하는 유도탄은 일반적인 장비와 다른 품질보증 방식이 필요하다.

본 연구는 야전에서 10년 이상 운용 중에 있는 유도탄의 실 고장 데이터를 수집하여 고장경향을 분석하고 이를 고려한 품질보증모델 제시를 목적으로 하고 있다. 이에 제2장에서 유도탄 특성 및 저장신뢰도에 대한 설명과 현재 적용하고 있는 유도탄 보증의 문제점 및 선행연구 결과를 나열하였다. 제3장에서는 유도탄 고장데이터 수집 및 정리과정을 설명하였으며, 제4장에서는 수집데이터를 가지고 실제 유도탄 신뢰도 추정 및 고장경향을 분석하였다. 이렇게 분석된 고장경향을 토대로 유도탄의 저장신뢰도의 특성을 반영할 수 있는 품질보증모델을 제시하였으며 제5장에서는 결론 및 추후과제를 기술하였다.

2. 이론적 배경 및 선행연구

2.1 유도탄의 특성

유도탄을 포함한 모든 탄약은 1회 사용 후 임무를 완료하는 One-shot System의 특성을 가지며, 수명주기의 대부분의 시간이 비운용 상태(저장)로 유지된다. 따라서 신뢰도는 운용신뢰도가 아닌 저장신뢰도로 정의된다[2].

DoD Guide for Achieving Reliability Avalability Maintainability Guide를 보면 One-shot System의 신뢰도 척도는 “Probability of Mission Sucess(임무 성공률)”로 표현하고 있다. 임무 성공률이란 임무시간이 매우 짧고 1회 사용을 목적으로 하는 아이템의 정량적인 신뢰도 척도로써 임무의 성공과 실패로 구분하는 것을 의미하는데, 0년 저장 후 발사 시 임무 성공률 즉 발사가능 확률을 말하는 것이다. 예를 들어, 10년 후 저장신뢰도가 80%라고 한다면 10년 저장 후 발사 시 80%의 정상 발사확률을 가진다는 것이다.

따라서 국내 유도탄 개발 간에는 10년을 기준으로 저장 신뢰도 요구값(통상 80% 이상)을 소요군으로 부터 받아 설계를 하는데 목표값과 설계 예측값이 차이가 날 경우 주기검사를 통해 신뢰도를 높이는 방법을 사용한다. 이에 대한 자세한 설명은 다음 장에서 하겠다.

2.2 유도탄의 저장신뢰도

유도탄 설계 시 분석자료에 의하면 저장시간 경과

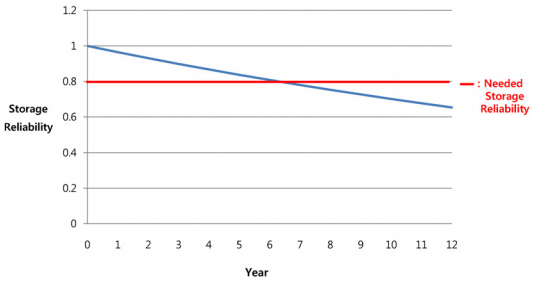

Fig. 1 Storage-reliability of guided missile and its required reliability level

에 따른 신뢰도 저하는 일반적으로 <Fig. 1>과 같이 나타나는데, 일정기간 후 저장신뢰도는 요구수준을 만족시킬 수 없을 만큼 저하되는 것을 알 수 있다[3].

이 문제를 해결하기 위해서는 설계 시 고 신뢰도 부품을 사용하여 유도탄의 저장신뢰도를 높이고, 저장 간 검사와 수리를 배제하기 위해 보증탄(Certified Round, Wooden Round)이란 개념을 사용하고 있다[4]. 보증탄은 고 신뢰도 부품을 사용하여 제조단가는 비싸지만, 저장 간 고장 발생 비율이 매우 낮으며, 특정 검사나 정비가 필요 없어 운영유지 비용이 적게 들기 때문에 총 수명주기비용 측면에선 경제적이다.

보증탄은 저장신뢰도가 일정수준(약 0.8) 이상으로 유지되는 동안 어떠한 정비행위도 요구되지는 않으며, 요구된 신뢰도 보다 저장신뢰도가 낮아지는 일정 시점에서 더 이상 신뢰도가 낮아지는 것을 방지하기 위해 성능검사(일명 주기검사)를 통해 유도탄의 저장신뢰도를 유지시킨다. 예를 들어 △△유도탄 사례 <Fig. 2>를 보면 저장신뢰도 예측결과 5년이 지나는 시점에서 0.8 이하로 하락되는 것을 볼 수 있다. 따라서 5년차에 주기점검을 실시하여 신뢰도를 유지하는

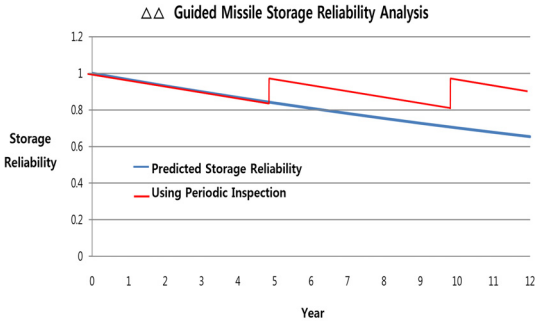

Fig. 2 Storage reliability of guided missile with and without regular inspections

것으로 하였으며, 장기간 저장되는 전자장비에 대해 매회의 검사에서 발견된 고장 부품이 모두 수리되어 신품과 같아진다는 Martinezs(1984)의 연구가 적용되어 10년 동안 신뢰도는 0.8 이상으로 유지될 수 있음을 보여준다[5].

2.3 유도탄 품질보증의 문제점

2.3.1 유도탄 저장 중 품질보증 활동

현재 우리나라는 ASRP(Ammunition Stockpile Reliability Program : 저장 탄약 신뢰도 평가)중심으로 유도탄 저장신뢰도를 관리하는데, ASRP란 국방기술품질원에서 주관하는 저장탄약 신뢰도 확인으로 탄약의 사용가능성, 안전성, 성능 등을 평가하여 계속 저장, 제한사용, 우선불출, 폐기 등의 등급을 결정하는 종합적인 탄약 평가시스템이다. ASRP는 개발 시 예측된 저장수명 도래시점 1~2년 전에 실시하는데 예를 들어 저장수명이 10년인 유도탄은 8~9년차에 ASRP를 실시하여 계속 저장할 것이냐를 판단한다. 이를 다시 말하면 8~9년차에 저장신뢰도를 평가한다는 것이지 8~9년 동안의 저장신뢰도 변화를 평가한다는 것이 아니다.

ASRP 이전의 품질보증 활동으로는 예방정비 개념의 일일, 주간, 월간, 반기검사와 일정 주기(4~6년)마다 성능을 점검하는 주기검사가 있다. 하지만 예방정비 개념의 검사들은 유도탄 저장용기의 질소가스 수준이나 습도의 농도 등을 외부에 부착된 게이지 관찰을 통해 확인하는 수준이다. 대부분의 유도탄은 저장용기 안에서 보관되며 저장용기는 질소가스가 충전되어 있거나, 습기제거제가 들어있어 저장간 온/습도 등의 환경스트레스로부터 보호된다.

저장신뢰도가 80% 이하로 떨어지는 시점에서 실시하는 주기검사 경우, 실제 야전에서는 인력, 장비 등의 문제로 4~6년(주로 5년) 마다 실시하고 있는데 개발된 점검장비는 유도탄의 고장유무만 확인할 수 있도록 설계되어 고장실적을 종합하는 데는 적절하지만 유도탄 전체의 신뢰도를 확인하고 있다고 보기엔 무리가 있다. 따라서 현재 우리 군(軍)의 품질보증 활동으로는 저장중인 유도탄의 실제 저장 년차별 신뢰도가 얼마인지를 알 수 없으며 실제로 김석곤[7]은 그의 논문에서 “무기체계 운용단계에서 실제 고장 및 정비제원을 이용함 RCM 분석 최신화를 통해 군수지원 요소의 최적화를 위한 정비정책을 최신화하여야 하나 적용활동이 매우 미흡하다”는 문제점을 제기하였으며, 해군에서 운용중인 함대함 유도탄의 고장 데이터를 이용하여 신뢰도 향상을 위한 관리모델을 제시하였다. 추가로 국방과학연구소의 보고서[2]를 통해 무기체계의 신뢰성 관리를 위해 분석적 방법 도입의 필요성을 확인하였다.

2.3.2 유도탄 품질보증기간의 중요성

현재 유도탄의 품질보증기간을 보면 유도탄을 발사하는 주장비와 같이 계약되면서 주장비 보증기간을 동일하게 적용하고 있는데 약 3년 이하로 설정하고 있다. 이 기간은 실제로 유도탄에 대해 특별한 취급(검사)이나 사용(발사)을 하지 않는 상태이며 단순히 저장만 하므로 보증 측면에서는 의미 없는 기간이다. 따라서 보증기간 경과 후 발사 시 불발탄이 발생하게 되면 군(軍)은 불발탄의 정비를 위해 추가적인 비용을 부담해야 하며, 불발의 원인이 제조상 결함이었다 하더라도 보증 기간이 지났다는 이유로 생산업체는 비용을 요구할 수 도 있다.

설계과정에서 보증탄 개념으로 설계되는 유도탄은 고 신뢰도 부품을 사용함으로서 제조비용(가격)도 높은데, 구매자 측면에서 고가의 좋은 제품을 구매하기 때문에 보증(Warranty)의 의미를 보다 정확히 하는 것이 필요하다. 따라서 저장신뢰도를 고려하여 적절한 품질보증기간을 설정하는 것이 유도탄에서는 반드시 필요하다고 할 수 있다. 일반적으로 품질보증 비용이 높으면 제품의 가격도 상승한다. 따라서 무작정 장기간의 보증기간 설정을 요구해서는 안 되며 실 자료에 근거한 접근이 필요하다.

과거의 선행연구는 유도탄 개발간 MIL-STD에 근거한 저장신뢰도의 공학적 예측[3, 10]과 주기적으로 검사를 하는 one-shot system의 적정 검사 기간 설정[5, 8]과 같은 접근이 있었으며, 앞에서 언급한 것처럼 분석적 연구 방법을 통한 신뢰성 관리 방법 제시[2]와 Martinez의 저장 신뢰도 모형을 수정한 one-shot system 저장 신뢰도 산출[8], 유도탄 고장데이터를 활용한 신뢰도 향상 모델 제시[7]와 같은 분야로 진행되어 왔다. 이에 본 연구에서는 실제 야전에서 10년 이상 저장하면서 축적된 유도탄 고장 데이터를 활용하여 분석적 방법을 통해 신뢰도 모형을 설정하고 이를 바탕으로 합리적이고 타당한 품질보증모델을 제시해 보고자 한다.

3. 연구 데이터 수집 및 정리

군에서 운용중인 유도탄의 실 고장실적을 분석하기 위해 선정된 유도탄은 OO유도탄인데 이 유도탄은 10년 이상 야전에서 운용되고 있는 유도탄으로 고장실적을 분석하기에 적합하다고 판단하였다.

OO유도탄은 2005년부터 현재(2016년)까지 약 0,000발(정확한 납품수량은 보안상의 이유로 생략) 정도가 납품되어 저장 중에 있는데, 개발 예측치에 의해, 납품 후 저장신뢰도가 80% 이하로 떨어지리라 예상하는 5년차에 주기검사를 실시한다. 이에 약 0천발의 납품수량 중 주기검사를 완료한 약 1,000발의 검사결과와 납품 후 2015년까지 사격한 99발의 사격결과를 수집하였다. 그러나 주기검사 결과는 검사 인력과 장비의 오류를 포함할 수 있으므로 분석 결과의 타당성을 높이기 위해 대상에서 제외하고 순수한 사격결과인 발사 및 미발사(고장)에 의해 데이터를 정리하였다. 수집된 데이터의 세부내용은 <Table 1>, <Table 2>와 같으며 총 발사수량 99발에, 고장수량은 10발이다. 납품은 대부분 연말에 납품되기 때문에 매년 12월 30일에 납품되는 것으로 가정하고, 납품된 시점부터 발사시점까지를 유도탄의 수명이라고 정의할 수 있다.

One-Shot System의 신뢰도 분석은 해당 제품의 샘플링을 통해 신뢰도 시험을 실시하고 시험 결과를 바탕으로 전체 모집단의 신뢰도를 추정하는 통계적 접근법이 추천된다[9]. 따라서 본 연구는 실제 사격시험 결과를 바탕으로 전체 신뢰도를 분석하므로 매우 의미 있는 연구사례라 할 수 있다. 그러나 대부분의 데이터(유도탄)들이 정상적으로 발사되었기 때문에 발사하지 않았다면 현재까지 수명이 다하지 않고 생존해 있다고 볼 수 있어 우측관측 중단기법을 도입하였다.

Table 1 Fire-test results of OO guided missiles

		sum	Fire-test results(Fire/Mis-Fire*)										
			2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Supply year	2005	21/2	1/0	1/0	1/0							6/2	12/0
	2006	5/1			1/0						4/1		
	2007	1/0				1/0							
	2008	37/4					2/0		4/1	4/0	6/1	13/2	8/0
	2009	16/1					1/0	2/1	1/0	4/0	1/0	3/0	4/0
	2010	13/2						2/0	2/0	4/2	3/0	2/0	
	2011	2/0										1/0	1/0
	2012	4/0									3/0		1/0
계		99/10	1/0	1/0	2/0	1/0	3/0	4/1	7/1	12/2	17/2	25/4	26/0

* 고장의 정의는 유도탄자체의 이상으로 미발사탄을 의미하며, 조작자의 실수 또는 사격 준비간 취급부주의로 인한 파손은 제외한다.

Table 2 Number of malfunctions of OO guided missile

Supply	storage period (year)									
	Sum	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2005	2									2
2006	1							1		
2007	-									
2008	4			1		1	2			
2009	1	1								
2010	2		2							
Sum	10	1	2	1	-	1	2	1	-	2

Table 3 Calculation of guided missile storage period(for Example)

Num	Supply date	Malfunction date	Fire	16.12.31 Censored	
				condition	storage period(year)
001	2007. 12. 31	-	2012. 6. 30	survival	1,642(4.5y)
002	2007. 12. 31	-	2012. 6. 30	survival	1,642(4.5y)
003	2008. 12. 31	-	2013. 6. 30	survival	1,642(4.5y)
004	2008. 12. 31	Mis-Fire	2013. 12. 31	Censored	1,825(5y)
005	2009. 12. 31	2012. 12. 31	-	Censored	1,095(3y)
006	2009. 12. 31	-	-	survival	2,555(7y)
007	2010. 12. 31	-	-	survival	2,190(6y)
008	2010. 12. 31	2014. 12. 31	-	Censored	1,460(4y)
009	2011. 12. 31	-	-	survival	1,825(5y)
010	2011. 12. 31	-	-	survival	1,825(5y)

관측중단이 적용되기 위해서는 수집된 데이터들에 대해 관측중단 시점까지의 저장기간 계산이 필요하다. 예를 들어 <Table 3>과 같이 2007년부터 2011년까지 연도별 2발씩 총 10발이 납품되었고 각각의 고장 및 발사현황이 아래와 같을 때 고장발생 유도탄의 저장일수는 최초 납품일로부터 고장발생 및 사격일 까지이다. 그리고 006, 007, 009, 010 유도탄과 같이 관측중단일 까지 생존해 있는 경우 저장기간은 납품일 부터 관측중단일 까지 이며, 데이터 분석 시 관측중단임을 표시하여 계속 생존중임을 분석 시 반영한다. 이러한 개념으로 발사탄에 대해 관측중단 개념을 적용하면 001~003탄은 정상적으로 발사되어 실제 소모되었으나 생존하고 있는 것으로 가정하였다. 생존하고 있다는 의미를 자세히 살펴보면 납품 5년차에 정상적으로 발사된 001~003탄은 납품 후 발사 전까지(4.5년) 이상이 없었음이 증명되었으므로 정상탄이라고 가정하되, 저장기간은 4.5년으로 계산하여 마치 관측중단 시점 4.5년 전에 납품된 탄과 동일하게 처리하였다. 이러한 데이터 변환의 개념은 <Fig. 3>에 나타나 있으며 분석대상 발사탄중 정상적으로 발사된 89발의 유도탄에 대해 관측중단기법을 적용하였다.

성공적으로 발사된 유도탄을 우측관측 중단으로 처리하는 반면에 발사실패(고장) 유도탄은 납품된 시점을 0이라고 하면 발사 실시 시점 이전의 어느 한 시점 t에 고장이 난 경우이므로 좌측관측중단이라고 볼 수 있다. 이는 실시간 감시가 이루어지지 않는 시스템의 대부분에서 발생할 수 있는 상황이다. 본 연구에서는 실 사격 데이터를 바탕으로 유도탄의 신뢰성 모형을 추정하는데, 이와 같은 좌측관측중단 데이터는 정확한 수명 정보를 제공해줄 수 없어서 결과에 편향(bias)이 발생할 수 있다. 그러나 유도탄은 5년 주기로 검사되고 있기 때문에 좌측관측중단의 관측 오차가

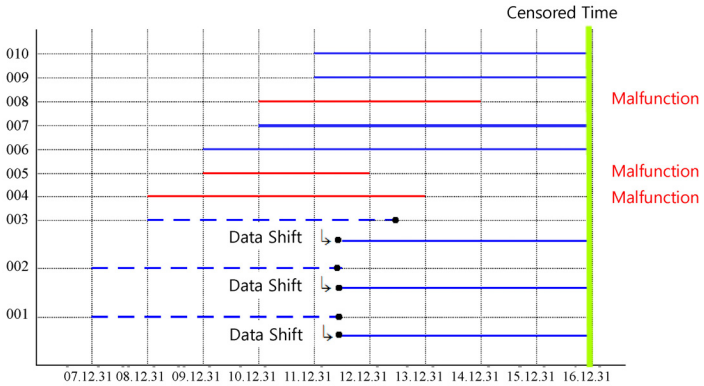

Fig. 3 The concept of storage period data conversion

최대 5년이다. <Table 1>에서 보면 0~1년 사이 한 건, 1~2년 사이 두 건, 2~3년 사이 두 건, 3~4년 사이에 한 건으로 나와 있으며, 전체 데이터 대비 상대적으로 적은 수이므로 결과값에 큰 변화를 가져오지는 않을 것으로 판단된다.

4. 실증분석

4.1 데이터 분석(모수적 접근방법)

대부분의 유도탄들은 개발 시 10년 동안의 저장을 요구하기 때문에 최초 개발 시 요구되는 MTTF(Mean Time To Failure)는 8,300시간(10년)이다. 그리고 설계 종료시점에서 실제 사용되는 유도탄 구성품의 신뢰도를 기준으로 유도탄 전체 신뢰도를 분석하여 예측된 값을 제시하는데 OO유도탄의 예측 MTTF는 지수분포를 가정하여 247,361시간(28.23년)이었다[10].

4.1.1 적합분포 선정

모수적 접근방법(parametric method)은 신뢰도 분석을 위해 획득한 데이터의 모집단이 특정 분포를 따른다는 가정 하에서 분석하는 방법으로 분석도구는 미니탭을 이용하였다.

적합분포 선정을 위하여 최우추정법(Maximum Likelihood Estimation)을 사용하였으며, 우측관측중단 개념을 적용하여 총 99개의 데이터 중 고장 유도탄 10발을 제외한 나머지는 관측중단 처리를 하였다. 미니탭에서 최우추정법을 선택하면 적합정도에 대한 검정통계량 값으로 수정된 Anderson-Darling(Adjusted AD, 이하 AD)값이 제공되는데, 각 분포별 AD값은 큰 차이가 없었으나 와이블 분포에서 153.978로 가장 작게 분석되었다. 참고자료로 활용하기 위해 최소제곱법에 의해 AD값과 상관계수를 확인한 결과 <Table 4>와 같이 분석되어 가장 적합한 분포로 와이블 분포를 선정하였다(AD값이 적고, 상관계수값이 큰 분포).

데이터 중 관측중단 데이터가 많은 경우 이론적, 실

Table 4 Comparison of AD, correlation

Variable	Weibull	Exponential	Normal	Logistic	Minimum extremity	Log Normal
AD(MLE)	153.978	153.988	153.979	153.979	153.978	153.980
AD(MLS)	153.979	153.997	153.985	153.999	154.007	153.982
Correlation(MLS)	0.983	-	0.975	0.962	0.959	0.971

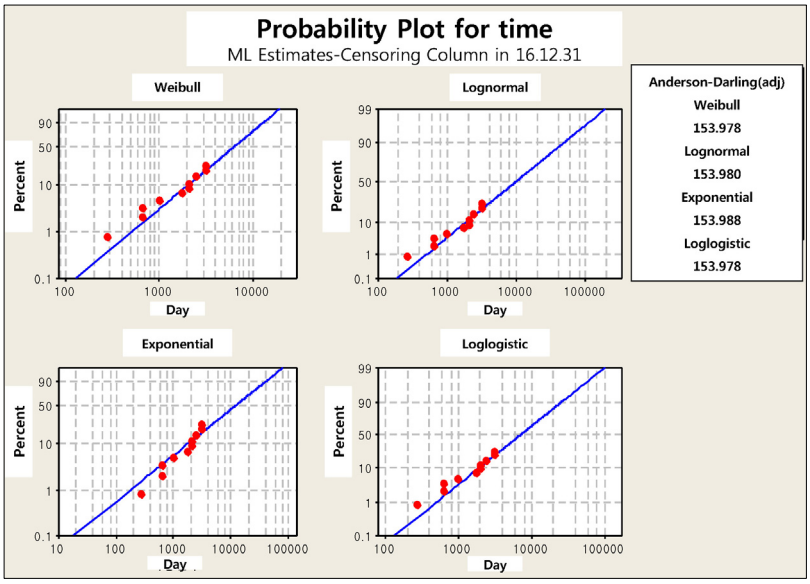

Fig. 4 MLE based distribution analysis for right censored test data

증적으로 와이블 분포나 로그정규분포가 적합한 것으로 밝혀졌으며 AD검정통계량의 값이 너무 크게 나와 분포의 적합성 판단기준으로 사용할 수 없을 경우 '눈으로 보아' 확률지에 일직선을 보이는 분포를 선정하는데[11] 분석된 각 분포별 확률도는 <Fig. 4>와 같다.

4.1.2 분포를 통한 모수 추정

최우추정법을 통해 적합된 와이블 분포로 미니탭을 통해 모수를 추정하고 확률밀도함수, 생존함수 및 위험(고장율)함수를 산출해 보았다.

분석된 와이블 분포의 척도모수(ß)는 7854.28이며 형상모수(m)는 1.67767이다. 형상모수가 1보다 크게 나왔으므로 시간이 지날수록 고장이 증가하는 마모고장의 모습을 보인다고 할 수 있으나, 위험함수(고장률함수)의 세로축 값을 보면 그 증가폭이 매우 작아 고장의 증가는 매우 작다고 할 수 있다. 척도모수 7854.28시간은 특성수명(Characteristic Life)이라고 하는데 제품들의 약 63.2%가 고장나는 시간을 의미한다. 와이블 분포로 추정된 MTTF는 95% 신뢰 수준에서 7014.5일(168,348시간/19.2년)으로 추정되며 신뢰도 척도 함수는 <Fig. 6>과 같다.

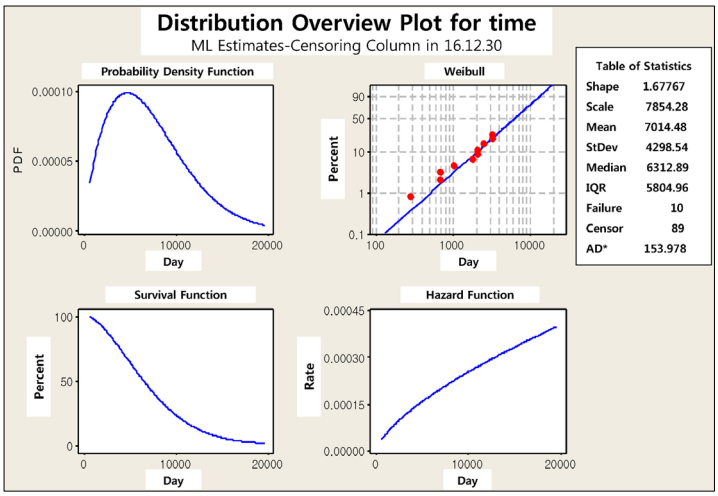

Fig. 5 PDF, survival function, hazard function

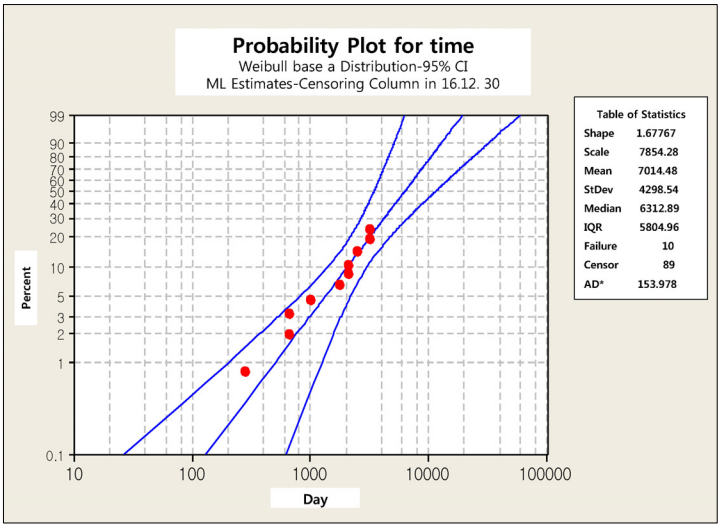

Fig. 6 Reliability guide graph

4.1.3 신뢰도 분석

다음 <Table 5>는 <Fig. 6>에서 제시된 생존그림(신뢰도함수)을 표로 환산한 것이다.

분석결과를 보면 신뢰도가 0.8(80%) 이하로 저하되는 B20시점은 3212.34일로 약 8.8년이다. 개발 시 예측된 신뢰도는 6년차 이후 신뢰도가 0.8 이하로 저하되는 것으로 분석되어 5년차에 주기검사를 실시하고 있는데, 분석된 모수적 접근방법의 결과로만 봤을 때 주기검사는 8년 이후로 연장하여도 무방하다는 결론을 내릴 수 있다. 본 연구에서 실제 데이터를 통해 유도탄의 수명을 설명하는 분포는 와이블 분포였으나, 개발 당시 신뢰도 예측은 지수분포로 가정하고 수행하였다. 이 경우에 대한 분석을 실시한 결과 B20시점은 3941.43일로 약 10.8년으로 나타났다. 즉, 와이블 분포로 설정했을 때보다 지수분포로 설정했을 때 신뢰도가 0.8 이하로 저하되는데 더 긴 시간이 소요된다고 볼 수 있으며, 본 연구에서 추정하는 와이블 분포에 의한 실증분석 결과는 충분히 수용할 수 있는 결과로 보여진다. 이에 개발 시 예측된 저장신뢰도와 실제 저장신뢰도는 다름을 알 수 있고 유도탄 저장 간 실제 저장신뢰도를 알려는 노력과 그 결과에 근거한 품질보증 활동이 필요함을 알 수 있다.

Table 5 Percentile estimation and life estimation

95.0% Normal CI				
Percent	Percentile	Standard Error	Lower	Upper
1	506.149	235.092	203.666	1257.87
5	1337.27	337.736	815.162	2193.79
10	2053.81	403.186	1397.85	3017.59
20	3212.34	638.625	2175.70	4742.89
40	5262.81	1421.60	3099.49	8936.06
60	7455.48	2550.00	3813.64	14575.1
80	10430.3	4368.53	4589.74	23703.2
90	12912.5	6066.65	5141.52	32428.6
99	19518.3	11152.5	6369.10	59814.7

Table 6 Reliability comparison

Day	Hour	Predicted Reliability (Exponentia)	Analysis Result	
			Weibul	Exponentia
(1y)365	8,760	0.965	0.994	0.980
730	17,520	0.932	0.982	0.960
1095	26,280	0.899	0.964	0.940
1460	35,040	0.868	0.942	0.921
(5y)1825	43,800	0.838	0.917	0.902
2190	52,560	0.809	0.889	0.883
2555	61,320	0.780	0.859	0.865
(8y)2920	70,080	0.753	0.827	0.848
3285	78,840	0.727	0.793	0.830
(10y)3650	87,600	0.702	0.758	0.813

4.2 유도탄 품질보증 모델

앞서 분석한 결과를 볼 때 유도탄 개발 시 예측된 저장신뢰도와 실제 분석된 저장신뢰도는 분명한 차이를 보이고 있다. 이에 현재 우리 군(軍)의 유도탄 신뢰도 관리는 개선이 필요하다 할 수 있다. 신뢰도는 제품의 품질과 연관된 문제이며 특히, 저장신뢰도는 유도탄이라는 특수한 제품이 가져야 하는 중요 성능이라는 측면에서 신뢰도에 대한 문제는 품질보증과 연관되어야 한다. 따라서 유도탄 특성을 반영한 품질보증제도가 정립되어야 하는데, 이는 일반 무기체계처럼 납품 후 0년으로 단순히 접근할 사항이 아니며, 실질적인 저장신뢰도와 연계된 하나의 모델로 정립되어야 한다.

본 절에서 제시하는 품질보증모델은 저장 간 지속적으로 신뢰도를 확인하고, 이를 반영하도록 하는 프로세스 차원에서 접근한 것이다. 즉, 앞에서 보인 것처럼 주기적 검사와 실 사격 결과를 바탕으로 이루어지는 하나의 프로세스로 정립되어야 한다는 것을 의미한다.

<Fig.7>은 기존의 연구개발 및 양산절차를 보완한 새로운 품질보증모델을 보여주고 있다. 그림에서처럼 연구개발 단계에서는 기존의 예측 저장신뢰도 제시뿐만 아니라 향후 신뢰도 확인 주기, 샘플링 비율, 그리고 검사주체에 대한 제시가 이루어져야 한다. 양산 및 운영단계에서는 본 연구에서와 같이 실 사격 시험 결과와 주기적인 유도탄 검사를 바탕으로 분석적 모형을 통해 저장 신뢰도를 갱신하도록 하며 이를 저장기간 동안 계속적으로 실시해야 한다. 이와 같은 프로세스의 결과로 저장신뢰도가 높은 유도탄과 같은 시스템의 합리적 품질보증기간 결정이 이루어질 수 있다.

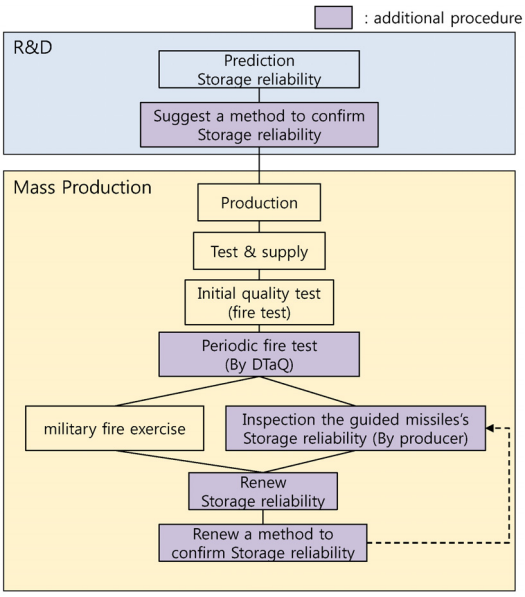

Fig. 7 Quality warranty model for guided missiles

5. 결 론

야전에서 10년 이상 운용(저장)한 OO유도탄의 고장데이터를 통하여 모수적 접근방법을 이용한 신뢰도를 분석한 결과, 최초 개발 시 예측된 신뢰도는 80% 기준 5년이었으나 분석된 결과는 8년으로 차이를 보였다. 본 연구결과를 볼 때 현재 5년 주기점검의 필요성을 다시 한 번 판단하여야 하며 적절한 검사주기를 재설정 하여야 한다. 이에 예측된 저장신뢰도와 실제 저장신뢰도는 다르다는 관점 하에서 저장신뢰도를 고려한 품질보증모델을 제시하였다. 즉, 기존의, 연구개발단계에서 설정된 예측된 저장신뢰도 값을 바탕으로 한 품질보증이 아닌, 주기적 신뢰도 검사와 실 사격 결과 중심의 개선된 품질보증모델을 제시하였다.

현재 군은 모든 유도탄에 대해 실제 저장신뢰도와 상관없이 일정 주기의 검사를 원하고 있다. 이는 고장이 발생하지 않는 유도탄에 대해 불필요한 검사행위로 볼 수 있으며 이러한 행위가 과연 적절한가에 대한 고민이 필요하다 볼 수 있다. 이에 본 연구의 방법을 제안하며, 이를 통해 불필요한 검사의 불필요한 비용 낭비를 줄일 수 있으리라 판단된다.

본 연구의 약점으로는 한 가지 유도탄의 사례만을 이용, 다양한 경우에 대한 충분한 사례 부족을 들 수 있다.이에 추가적으로 10년 이상 저장한 다른 유도탄에 대한 분석과 사격 결과만이 아닌 저장 중 고장실적을 포함하여 전체 고장 데이터를 이용한 저장신뢰도 분석에 대한 연구가 요구된다.

References

[1] Defense Acquisition Program Administration (2016). “Defense Acquisition Program Management Regulation 632-5”.

[2] Kim, K. J. and Lee, D. G. (2010). “Reliability Analysis for an Effective Life Cycle”. Agency for Defense Development”. p. 2.

[3] Lee, D. G. (1996). “The Estimate △△ guided missiles’s storage reliability”. Agency for Defense Development, p. 8.

[4] Lee, K. S. *et al*. (2011). “Study of Simulation Method for Certified Missile Rounds Concepts with Constraints”. Journal of the Korea society for Simulation, Vol. 20, No. 4, pp. 127-138.

[5] Martinez, E. C. (1984). “Storage Reliability with Periodic Test”. In Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, pp. 181-185.

[6] Oh, Y. J. (2013). “Analysis of Lifetime of a Truck Crane”. MS diss. University of Chungnam.

[7] Kim, S. K. (2011). “A Study on the Application of RCM for Improving Anti-Ship Missile Reliability under TLCSM”. Ph.D diss. University of Kwangwoon.

[8] Kim, H. W. and Yun, W. Y. (2015). “Reliability Analysis for One-Shot Systems with Periodic Inspection”. Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers. Published Online, pp. 1-10.

[9] Kim, K. J. and Lee, D. G. (2010). “Reliability Analysis for an Effective Life Cycle”. Agency for Defense Development, p. 5.

[10] Jo, Y. S. and Park, D. H. (2001). “The Estimate OO System guided missiles’s storage reliability”. Agency for Defense Development, pp. 6-7.

[11] Baik, J. W. and Jo, J. N. (2011). “Predicting the future number of failures based on the field failure summary data”. Journal of the Korean Data Information Science Society, Vol. 22, No. 4, pp. 755-764.