

설계신뢰도 및 정기검사주기가 저장신뢰도에 미치는 영향에 관한 연구 : 일회성 군수장비 시스템을 대상으로

추연원
국방과학연구소

A Study on the Effect of Design Reliability and Periodic Inspection Cycle on Storage Reliability : Focusing on One-shot Logistic Equipment System

Yeon-Won Chu
Agency for Defense Development

요 약 장시간 저장되어 있다가 사용되는 일회성 군수장비 시스템의 경우, 저장 시간이 지남에 따라 저장신뢰도에 변화가 발생하게 된다. 이에 사용시점이 도래하였을 때 제품 사용에 있어 저장신뢰도가 중요한 품질특성으로 작용하게 되며, 기존의 연구들은 저장신뢰도 향상을 위하여 최적의 정기검사주기 산출을 위한 연구에 초점이 맞춰져 있었다. 본 연구에서는 정기검사주기 뿐 아니라 설계신뢰도를 포함한 분석을 통해 융합적인 관점에서 저장신뢰도에 두 인자가 얼마나 영향을 미치는지 분석을 수행하였다. 이를 위해 일회성 시스템의 대표적인 제품인 유도탄에 기존의 Martinez 저장신뢰도 결정모델을 적용하여 각각 설계신뢰도와 정기검사주기가 미치는 정량적인 효과에 대하여 분석을 수행하였다. 분석 결과를 통해, 현 제품의 설계신뢰도 범주 내에서는 설계신뢰도보다는 정기검사주기 관리가 저장신뢰도 향상에 더 중요한 요인이라는 것을 확인할 수 있었다.

주제어 : 일회성 시스템, 유도탄, 저장신뢰도, 설계신뢰도, 정기검사주기

Abstract In the case of a one-shot logistic equipment system that has been stored for a long time, reliability changes with the passage of time. Therefore, when the time comes to use, the storage reliability of the product is an important quality characteristic, and the existing studies have focused on the research for calculating the optimal period inspection cycle to improve the storage reliability. In this study, we analyzed the influence of the two factors on the storage reliability at the convergence point by analyzing the design reliability as well as the periodic inspection cycle. To do this, we applied the existing Martinez storage reliability model to the missile, a representative product of a one-shot system, and analyzed the quantitative effects of the design reliability and the periodic inspection cycle. From the results of the analysis, it was confirmed that the maintenance of the periodic inspection cycle is more important for the improvement of the storage reliability than the design reliability in the design reliability category of the current product.

Key Words : One-shot System, Guided Missile, Storage Reliability, Design Reliability, Periodic Inspection Cycle

1. 서론

유도탄의 경우 제작 후 바로 사용되지 않고 일정기간

동안 보관소에 저장되었다가 사용되는 One-shot system에 속한다. 이에 저장시간이 길어짐에 따라 제작 초기 때보다 제품의 신뢰도가 서서히 감소하게 되며, 사용시점

*Corresponding Author : Yeon-won Chu (wonychu@add.re.kr)

Received April 9, 2018

Accepted July 20, 2018

Revised June 22, 2018

Published July 28, 2018

도래 시 일정 품질 이상을 충족하지 못하는 결과를 불러올 수 있다.

따라서 유도탄에 있어 운용신뢰도 뿐 아니라 저장신뢰도 또한 중요한 품질 특성으로 작용하며, 저장신뢰도를 높이기 위해 BIT(Built-In-Test)나 유도탄 점검 장비를 활용한 정기검사(Periodic Inspection) 등을 시행하게 된다.

현 군의 운용 측면에서 일정 시간 저장고에 보관된 유도탄의 저장신뢰도에 크게 영향을 미치는 인자들은 다음과 같다[1].

- 1) 고장간 평균시간(MTBF) : 유도탄 자체의 설계신뢰도를 의미하며 MTBF가 높을수록 고장빈도는 낮아지므로 저장신뢰도는 높게 유지된다.
- 2) 자체점검(BIT) 탐지율(β) : 유도탄에 내장된 자체 고장 탐지율로 점검 장비를 활용하는 검사보다 점검 수준이 낮고, 비주기적으로 실시한다.
- 3) 점검장비 점검효율(Test Effectiveness)(α) : 정기 검사를 통해 점검장비가 고장 식별을 해내는 비율로 효율이 높을수록 고장 탐지 가능성이 높아진다.
- 4) 유도탄 정기검사주기(T) : 정기검사 주기가 길수록 다음 검사주기 직전의 저장신뢰도는 낮아지게 된다.

이 때 유도탄 무기체계에서 1) 설계신뢰도(MTBF)와 4) 정기검사주기는 각각 개발자와 운용자 입장에서 저장신뢰도를 높게 유지할 수 있는 인자로 작용한다. 설계신뢰도의 경우 최초 설계 시 얼마나 신뢰도를 높게 제작하느냐를 나타내며 이중설계, 고신뢰도 부품 사용 등을 통해 높은 설계신뢰도를 지닌 탄을 제작할 수 있지만 동시에 제작비용이 높아지는 단점을 갖게 된다. 반면, 정기검사주기의 경우 운용자가 결함 측정을 얼마나 자주하느냐를 나타내며 계획 정비를 자주할수록 탄의 저장신뢰도는 향상되지만, 점검에 따른 유지비용이 증가한다는 단점이 발생하게 된다.

체계 플랫폼과 운용형태에 따라 BIT 점검의 효과는 다소 차이를 보이므로 본 논문에서는 BIT 탐지를 별도로 고려하지 않았으며, 3) 점검효율(α)이 일정하다고 가정할 때, 설계신뢰도와 정기검사주기의 변화에 따른 탄의 저장신뢰도 변화를 분석함으로써 어느 관점에서 접근해야 저장신뢰도를 더 높게 유지할 수 있는지 고찰해 보자 한다.

2. 신뢰도에 관한 기존 연구

2.1 신뢰도 정의

종합군수지원 개발 실무지침서에 따르면 무기체계 개발에 있어 신뢰도란 '특정 체계/장비가 일정 시간동안 주어진 운용 조건하에서 요구된 기능을 만족하게 수행할 수 있는 정도(확률)'라고 정의내리고 있으며, 방위사업관리규정에서는 '어떤 체계가 주어진 조건하에서 일정기간 동안 고장 없이 의도된 기능을 수행할 수 있는 확률로서 고장 빈도와 관련된 요소'로 정의하고 있다.

이러한 신뢰도는 시간에 관한 함수로 표현할 수 있으며, 고장률에 따라 다양한 신뢰도 분포 특성을 나타내게 된다. 무기체계를 분석할 때에는 이러한 고장률이 지수분포를 따른다고 가정한다. 사용기간에 영향을 받지 않고 고장률이 일정한 상태를 가정하므로, 현 신뢰도 예측 업무의 한계점으로 볼 수 있다.

고장률이 지수분포를 따른다고 가정하면, 신뢰도는 시간에 관한 함수로 다음과 같이 표현된다[2].

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$R(t)$ 는 t 시간의 신뢰도, λ 는 고장률을 뜻한다.

실무 분석에서 사용되는 신뢰도는 확률보다는 주로 거리, 시간 등의 척도로 표현되며, 유도탄과 같이 One-shot system의 경우 대부분 시간의 척도로써 표시된다. 따라서 본 연구에서 설계신뢰도는 고장률의 역수인 고장 간 평균시간(MTBF)을 활용하여 저장신뢰도에 미치는 영향을 분석하였다[3-5].

2.2 Martinez 저장신뢰도 결정모델 및 국내 저장신뢰도 제안 모델 연구 현황

주기적인 검사를 수행하는 저장신뢰도에 대한 연구는 Martinez(1984)가 시작하였으며, 주기적인 검사가 없을 경우의 저장신뢰도가 감소하는 형태와 주기적인 검사가 있을 시 저장신뢰도 감소 형태를 비교하여 제시하였다 [6]. Martinez는 주기검사 시마다 점검장비의 효율(α)에 따라 식별된 고장부품은 신제품으로 교체하면 해당 부품의 신뢰도가 100%로 회복된다고 가정하였으며, 점검장비로 식별하지 못하는 고장비율($1-\alpha$)은 매 주기마다 누적되어 전체 저장신뢰도에 영향을 미치므로 시간이 지남에 따라 저장신뢰도가 서서히 저하되는 효과를 나타낸다고

보았다.

Fig 1.을 보면 각각 설계신뢰도(MTBF), 시험세트 점검을 통한 저장신뢰도 향상 효과(α), 시험세트 탐지불가로 인해 누적되는 효과($1-\alpha$)가 시간의 흐름에 따라 저장신뢰도에 어떻게 영향을 미치는지를 그래프 상으로 표현하였다.

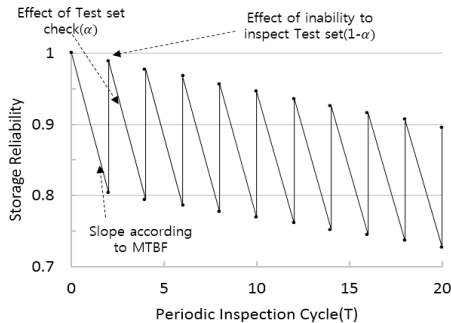


Fig. 1. Change of Storage Reliability according to Martinez formula

국내에서는 김동규(2013)가 일회성 시스템의 저장신뢰도 결정 모델을 연구하여 일반적인 모델을 제시함으로써 일회성 시스템의 운영체계상 이루어지는 고장을 모두 반영하였다[7]. 이를 통해 Martinez 모델의 제한사항을 보완하고 현실성을 높였다. 김석곤(2011)[1]은 TLCSM (Total Life Cycle System Management) 제도 하에서 저장신뢰도 향상을 위한 연구를 진행하였으며, Martinez 모델에서 BIT 정기검사를 추가로 보완한 저장신뢰도 향상 모델을 제시하여 대함유도탄의 적정 정기검사주기를 제시하였다. 이 외에도 기관별 신뢰도 향상 방안[8-11], 야전 운용자료를 활용한 신뢰도 분석[9-11], 예방점검 주기 및 수명 설정 방안 등 저장신뢰도 분석에 대한 활발한 연구가 진행 중이다[12].

하지만 일회성 시스템의 저장신뢰도 분석에 있어 기존의 연구들은 제품의 설계신뢰도를 고정적인 것으로 간주하고 이미 제작된 제품의 저장되는 기간 동안에서만 검사의 방안, 검사의 주기 등 운용의 효율성을 높이는 측면에서 접근하였다. 이에 본 연구에서는 초기 제작단계부터 설계신뢰도를 높게 제작하는 것이 저장되는 동안 저장신뢰도에 얼마나 영향을 미치는지 파악하고자 한다. 또한 설계신뢰도와 정기검사주기가 저장신뢰도에 미치는 정량적 효과를 확인함으로써, 어느 측면에서 접근해

야 저장신뢰도를 더 효과적으로 향상시킬 수 있는지 분석해보고자 한다.

2.3 실무에서의 저장신뢰도 설정 현황

신뢰도에 대한 분석 기준은 종합군수지원 개발 실무 지침서 및 무기체계 RAM 업무지침에 제시되어 있으나, 유도탄, 항공기, 위성 등 다양한 운용 형태 및 환경에 따라 세세한 업무가이드를 지정하지 못하고 사업별로 개별 기준을 정해 분석되고 있는 게 현 국내 RAM 분석의 실정이다. 게다가, RAM 분석은 무기체계의 운용형태 및 가용상황과 연관이 있어 구체적인 수치나 분석 방안을 공유하는 부분이 제한되어 있기에 무기체계 별로 선행 사업을 토대로 기준을 세워 분석을 진행해 나가고 있다. 이에 유사한 유도탄 체계 내에서도 사업 단위에 따라 기준에 다소 차이를 보이게 되었다.

국내 유도탄 운용개념에서 저장신뢰도는 다양하게 해석되어 왔다. 체계 A에서는 탄 운용시간을 발사대에 탑재되어 임무를 수행하는 시간만을 고려하였으며, 저장기간 중 정기검사 주기를 매우 짧게 하여 저장신뢰도를 0으로 가정하고 운용신뢰도만을 고려하였다. 이는 탄 운용개념 상 저장신뢰도 저하가 제품에 영향을 미칠 만큼 크지 않을 경우 타당한 분석으로 볼 수 있다.

반면 플랫폼에 장착되어 장시간 운용되는 체계 B에서는 유도탄에 있어 운용은 발사되어 동작하는 시점으로 정의하고, 그 외에 시간은 전부 저장이라는 개념을 설정함으로써 유도탄의 전수명주기를 저장신뢰도의 관점에서 접근하였다. 이런 가정의 차이에 따라 신뢰도를 나타내는 시간의 척도가 다소 차이를 보이게 되었다.

위와 같은 분석 방법의 차이는 제품의 다양한 운용 형태에서 비롯되었다고 볼 수 있으며, 현실을 잘 모사하는 한 타당하다고 볼 수 있다. 본 연구의 저장신뢰도는 체계 B의 관점에서 접근하여 발사시점 이전 형태는 저장이라고 정의하였으며, 설계신뢰도를 기존 실무 분석에서 산출된 분석 데이터들을 기준으로 예시값을 활용하여 저장신뢰도 분석을 수행하고자 한다.

3. 예측모델 설정

본 연구에서는 주기적인 예방정비를 고려한 Martinez 저장신뢰도 결정모델을 활용하여, 설계신뢰도와 정기검사주기가 각각 저장신뢰도에 미치는 영향성을 알아보고

자 한다.

저장신뢰도 결정모델에 사용된 변수는 다음과 같이 정의한다.

$R_{N(MIN)}$ = N번째 점검 직전 저장신뢰도 최소값

$R_{N(MAX)}$ = N번째 점검 직후 저장신뢰도 최대값

λ = 유도탄의 고장률($\frac{1}{MTBF}$)

T = 정기검사주기

α = 유도탄 점검장비의 유도탄 고장탐지율

먼저 유도탄 저장 후 T 시점이 지난 경우의 저장신뢰도는 $e^{-\lambda T}$ 가 된다. 첫 정기검사주기가 도래하면 점검을 수행하며 점검효율이 100%라면 저장신뢰도가 초기상태와 같은 1로 회복될 것이다. 그러나 실제적으로는 점검효율 α 의 수준으로 점검을 진행하게 되며, 점검으로 식별되지 못한 $(1-\alpha)$ 만큼의 잠재고장이 남게 된다.

따라서, 첫 번째 정기검사주기(N=1) 일 때 점검 전과 점검 후 유도탄의 저장신뢰도는 다음과 같다.

$$R_{1(MIN)} = \exp^{-\lambda T}$$

$$R_{1(MAX)} = \exp^{-(1-\alpha)\lambda T}$$

두 번째 2T 시점이 오면 $(1-\alpha)$ 누적된 부분이 고장률에 반영되어

$$R_{2(MIN)} = \exp^{-(1-\alpha)\lambda T - \lambda T}$$

로 산출된다.

점검 후에는 점검효율의 한계로 $(1-\alpha)$ 만큼의 잠재고장이 누적되어

$$R_{2(MAX)} = \exp^{-2(1-\alpha)\lambda T}$$

로 산출되며, 이를 N번째 정기검사주기에 일반화된 수식으로 표현해보면, 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$R_{N(MIN)} = \exp(-[(N-1)(1-\alpha)\lambda T]) \times \exp(-\lambda T)$$

$$R_{N(MAX)} = \exp(-[N(1-\alpha)\lambda T])$$

본 연구에서는 최초 저장신뢰도를 1로 가정하고 각 시점에서의 저장신뢰도를 산출한다.

4. 저장신뢰도 결정모델 적용

4.1 설계신뢰도 변화에 따른 저장신뢰도에 미치는 영향

실제 유도탄의 설계신뢰도를 사용하여 저장신뢰도 분석을 하는 데는 제한이 있으므로, 대함유도탄의 저장신뢰도를 기준으로 예시값을 가정해 분석을 수행하였다. 이에 대함유도탄 검사주기 결정에 관한 연구(2006)[13], 유도탄의 교전효과분석 연구에서의 RAM 분석(2012)[14] 등 선행 연구들에서 대함유도탄의 설계신뢰도를 살펴보면 유도탄의 MTBF가 분석에 따라 대략 50000(h) - 100000(h) 정도의 값을 가진다는 것을 알 수 있다[15-17].

본 연구에서는 이를 바탕으로 유도탄의 MTBF를 각각 6만, 8만, 10만, 12만 시간을 예시값으로 잡아 분석하였다. 나머지 인자인 정기검사주기(T)는 해군에서 통상적으로 정기검사를 수행하는 검사주기 3년을 적용하였으며, 점검효율도 유도탄 시험세트의 점검효율 95%를 가정하고 모델을 적용하였다.

λ = 유도탄의 고장률(6만, 8만, 10만, 12만)

T = 정기검사 주기(3년)

α = 유도탄 점검장비의 유도탄 고장탐지율(0.95)

위의 값을 기준으로 유도탄의 MTBF 별 시간에 따른 저장신뢰도의 변화를 그래프로 나타내면 다음과 같다.

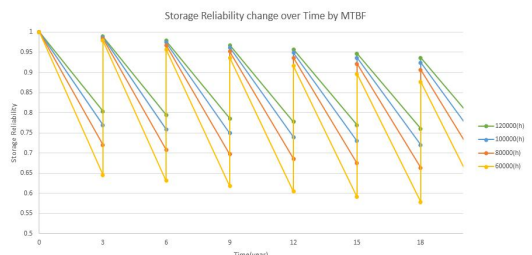


Fig. 2. Storage Reliability change over Time by MTBF

그래프를 보면 MTBF 별로 차이를 보이는 부분은 2가지로 확인할 수 있다. 첫 번째는 저장신뢰도 저하의 기울

기, 두 번째는 저장신뢰도 회복 시 회복 정도로 표현된다.

우선 저장신뢰도 저하의 기울기를 살펴보면 설계신뢰도가 높을수록 기울기가 완만하다는 것을 확인 할 수 있으며, 첫 번째 정기검사주기(3년)가 도래하였을 때 MTBF 별 저장신뢰도는 다음과 같다.

Table 1. Storage Reliability by MTBF at first cycle inspection

	60000	80000	100000	120000
3(year)	0.65	0.72	0.77	0.80

위 결과를 보면, 각각 6만, 12만 MTBF를 가질 때 정기검사주기 3년이 도래했을 때 65%, 80%의 저장신뢰도를 보이는 걸 확인할 수 있다. 이는 BIT 검사가 없을 시 통상 정기검사주기 3년이 되면 설계신뢰도가 높아도 80% 수준밖에 저장신뢰도가 유지되지 못한다는 모습을 보여준다.

두 번째로 고장 미탐지 부분이 점차 누적됨에 따라 미치는 영향을 파악해보기 위해 창정비 주기 시점을 가정하여 분석을 수행해보았다. 참고로 현재 육군은 창 정비 개념을 도입하고 있어 일정 창 정비 주기가 지나 정비를 수행하고 나면 저장신뢰도 수준이 1로 회복된다고 가정하고 탄을 운용하는 반면 해군은 순환주기 점검 즉, 별도의 창 정비 없이 고장난 부품만을 계속 교환하며 사용하는 개념으로 유도탄을 운용하고 있다.

유도탄을 장시간 저장 후 저장신뢰도 수준을 보기 위해 창정비 주기를 각각 9년, 12년 15년으로 가정하였을 때, 저장신뢰도가 어느 수준으로 유지되는지를 살펴보고 영향성을 파악해 보았다.

Table 2. Storage Reliability by MTBF at depot maintenance inspection

	60000	80000	100000	120000
9(year)	0.62	0.70	0.75	0.79
12(year)	0.60	0.69	0.74	0.78
15(year)	0.59	0.67	0.73	0.77

위 표에 따르면 가장 높은 저장신뢰도를 보이는 12000(MTBF)의 경우에도 9년의 주기에 80%의 저장신뢰도 수준을 유지하지 못하는 수치를 보여준다. 다만 첫 정비주기인 3년차에 80%였던 저장신뢰도가 창정비 주기 시 79%수준으로 유지되었다는 점을 감안할 때, 저장신뢰

도 회복 시 누적되는 고장 미탐지 부분의 차이가 시간이 지나도 전체 저장신뢰도에 큰 영향을 미치지 못한다는 사실을 보여준다.

따라서 MTBF 별 시간에 따른 저장신뢰도 변화에서는 저장신뢰도 저하 속도인 기울기에 의한 차이를 주 고려사항으로 판단하면 되며, 통상적인 정기주기검사 3년이 도래 했을 시 최소/최대 저장신뢰도가 65%~80% 정도의 수준을 보여준다는 것을 확인할 수 있었다.

4.2 정기검사주기 변화에 따른 저장신뢰도에 미치는 영향

앞선 분석에서는 정기검사주기가 일정할 때 설계신뢰도의 차이가 저장신뢰도에 영향을 미치는 정도를 확인하였으며, 다음으로는 일정한 설계신뢰도 조건 하에서 정기검사주기의 변화에 따라 저장신뢰도에 얼마나 영향을 미치는지 살펴보았다.

각 군의 정기검사주기는 짧게는 1년 주기점검부터 3년에서 5년 정도의 정기검사주기를 두고 있으므로, 정기검사주기는 각각 1년, 2년, 3년, 4년, 5년 주기를 기준으로 분석하였다. 분석을 위해 사용한 인자는 다음과 같이 정의하였다.

$$\lambda = \text{유도탄의 고장률(8만)}$$

$$T = \text{정기검사 주기(1년, 2년, 3년, 4년, 5년)}$$

$$\alpha = \text{유도탄 점검장비의 유도탄 고장탐지율(0.95)}$$

위의 값을 기준으로 유도탄의 정기검사주기 별 시간에 따른 저장신뢰도의 변화를 그래프로 나타내면 다음과 같다.

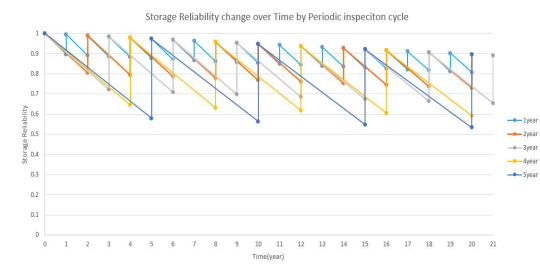


Fig. 3. Storage Reliability change over Time by Periodic inspection cycle

그래프를 보면 정기검사주기 별로 크게 차이가 나는

부분이 저장신뢰도 회복 시점의 차이로 확인할 수 있다. 정기검사주기 1년의 차이가 저장신뢰도 저하에 미치는 영향은 육안으로 확인 가능할 정도로 차이가 벌어진다.

그래프를 보면 정기검사주기 별로 차이를 보이는 부분은 저장신뢰도 저하 시점과 저장신뢰도 회복 시 회복 정도 2 가지로 확인 할 수 있다.

이에 첫 번째 정기검사주기 도래 시 각 정기검사주기 별 저장신뢰도를 보면 다음과 같다.

Table 3. Storage Reliability by Periodic inspection cycle at first cycle inspection

	1(year)	2(year)	3(year)	4(year)	5(year)
Storage Reliability	0.896	0.803	0.720	0.645	0.578
Reduction Rate(%)		-11.57	-11.57	-11.57	-11.57

1년 정기검사주기 시 거의 90% 저장신뢰도가 5년 정기검사주기가 될 경우 57%정도까지 떨어지며 선형으로 1년마다 -11.5%씩 감소함을 확인할 수 있다. 설계신뢰도에 따라 저장신뢰도가 변하므로 감소비율은 달라질 수 있으나 결국 정기검사주기에 따라 일정 비율로 정기검사주기 도래 시 저장신뢰도 값이 달라지게 된다.

저장신뢰도를 관리할 때에는 각 정기검사주기 도래 시와 창정비 주기시점의 저장신뢰도가 목표하는 수준을 충족할 수 있는지가 주요 관건이다. 따라서 다음으로 각 정기검사주기마다 창정비주기 12년을 가정하였을 때, 저장신뢰도를 계산해보면 다음과 같다.(5년 주기 정기검사 제외)

Table 4. Storage Reliability by Periodic inspection cycle at depot maintenance inspection (12year)

	1(year)	2(year)	3(year)	4(year)
Storage Reliability	0.84	0.76	0.69	0.62

앞서 설계신뢰도 변화 시, 시간에 따라 저장신뢰도 변화가 거의 없는 것과 유사하게 정기검사주기별로 첫 번째 정기검사주기에서 저장신뢰도가 크게 감소하지 않은 것을 확인할 수 있다.

위 결과를 바탕으로 정기검사주기 기간을 고려 시, 첫 번째 정기검사주기의 저장신뢰도 수준과 감소비율을 파악한다면 목표하는 저장신뢰도 성취를 용이하게 할 수 있다.

4.3 설계신뢰도와 정기검사주기가 저장신뢰도에 미치는 영향성에 관한 융합적 분석

앞서 분석한 결과에 의해 첫 정기검사 도래 시의 저장신뢰도가 수명주기 동안 거의 유지된다는 점을 확인할 수 있었다. 이에 설계신뢰도 및 정기검사주기 변화에 따른 첫 정기검사 도래 시 저장신뢰도의 변화 정도를 정리하면 Table 5, Table 6.와 같이 정리 될 수 있다.

설계신뢰도가 12만-6만 일 경우, 정기검사주기(1년-5년)에 따라 첫 정기검사 도래 시 저장신뢰도를 정리하면 Table 5.가 되며, 정기검사주기가 1년-5년 일 경우, 설계신뢰도(6만-12만)에 따라 첫 정기검사 도래 시 저장신뢰도를 정리하면 Table 6.가 된다.

저장신뢰도 변화 폭을 비교해보면 각 정기검사주기 별 설계신뢰도 변화에 따른 변화 폭 보다 각 설계신뢰도 별 정기검사주기 변화에 따른 변화 폭이 훨씬 크다는 것을 확인할 수 있다. 게다가 본 연구에서는 정기검사주기 보다 설계신뢰도에 있어 실제값보다 더 넓은 예시값을 활용하여 분석하였다. 더 넓은 설계신뢰도 예시값으로 인해 저장신뢰도 변화 폭이 더 커졌을 것이라는 점을 감안해보면 정기검사주기 변화로 인한 저장신뢰도 변화 폭이 더 크다는 것이 분명해진다.

Table 5. Storage Reliability at First inspection according to Periodic inspection cycle

Periodic Inspection Cycle	Storage Reliability (Design Reliability 12만-6만)	Change Width
1(year)	0.93 - 0.86	0.07
2(year)	0.86 - 0.75	0.11
3(year)	0.8 - 0.65	0.15
4(year)	0.75 - 0.56	0.19
5(year)	0.69 - 0.48	0.21

Table 6. Storage Reliability at First inspection according to Design Reliability

Design Reliability	Storage Reliability (Periodic Inspection Cycle 1year - 5year)	Change Width
60000	0.93 - 0.69	0.24
100000	0.92 - 0.65	0.27
120000	0.90 - 0.58	0.32
140000	0.86 - 0.48	0.38

5. 결론

본 논문에서는 기존의 Martinez 저장신뢰도 결정 모

델을 활용하여 설계신뢰도와 정기검사주기가 각각 저장신뢰도에 미치는 정량적인 효과를 분석하였다. 유도탄의 경우, 실제 장비의 수치를 사용하는데 제한이 되어 실제 값을 기반으로 예시값을 들어 분석을 수행하였다.

우선, 설계신뢰도(MTBF)의 변화에 따른 저장신뢰도에 대한 영향을 파악하였으며 그 영향은 저장신뢰도가 저하하는 속도(기율기)에 주 영향을 미치는 것으로 확인할 수 있었다. 다만 고장미탐지 부분도 누적되어 정기검사 시 저장신뢰도 회복에 영향을 미쳤으나, 창정비주기 시점을 기준으로 파악한 결과 이러한 효과는 미미하며 설계신뢰도에 따라 큰 차이를 보이지 못하였다.

다음으로 정기검사주기(T)의 변화에 따른 저장신뢰도에 대한 영향을 파악한 결과, 첫 번째 점검주기 시 정기검사주기 변화에 따라 선형적인 비율로 저장신뢰도가 저하되는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 비율은 설계신뢰도(MTBF) 값에 영향을 받았다. 또한 정기검사주기 분석에서도 고장미탐지 부분이 누적되어 미치는 영향은 미미하였다. 결국 첫 번째 점검주기 시 저장신뢰도 저하 정도와 설계신뢰도에 따른 신뢰도 저하 속도를 고려함으로써 목표하는 저장신뢰도를 유지할 수 있을 것이다.

마지막으로 설계신뢰도와 정기검사주기의 효과를 융합적으로 비교 분석한 결과, 예시값의 범위 내에서는 설계신뢰도보다는 정기검사주기 설정의 차이에 따른 저장신뢰도의 변화 폭이 더 크다는 점을 확인하였다. 따라서 실무 수행 시, 정기검사주기 설정에 중점을 두어 주기를 더 짧게 수행하는 것이 저장신뢰도 향상에 효과적이라는 것을 파악할 수 있었다.

본 연구는 저장신뢰도를 향상시키기 위해 정기검사주기의 최적화에만 맞춰져 있던 기존의 연구에서, 상수로 가정해 온 설계신뢰도를 예시값을 활용하여 변수로 분석함으로써, 두 인자가 저장신뢰도에 미치는 정량적인 효과를 융합적으로 분석할 수 있었다. 이를 통해 정기검사주기 설정 위주의 기존 연구가 현 설계신뢰도 수준에서는 타당하다는 근거를 제시하는 의의를 지녔다고 볼 수 있다. 나아가, 유도탄 뿐 아니라 다양한 설계신뢰도를 가지는 제품들에 있어 설계신뢰도와 정기검사주기가 저장신뢰도에 미치는 영향력을 분석해 볼 수 있는 방안을 제시하였다.

다만, 본 연구는 현 수준에서의 설계신뢰도를 예시값으로 분석하였기에, 향후 설계신뢰도 값이 크게 향상되거나 점검 효율이 높아지는 등에 따라 분석결과는 달라

질 수 있는 한계를 지닌다. 또한 적정 설계신뢰도와 정기검사주기 조합을 산출해내기 위해서는 정량적 효과 비교에서 나아가 비용적인 측면을 고려하여야 실무에서 반영할 수 있다. 이를 위해 설계신뢰도를 높이기 위한 비용 대비 정기검사주기를 줄이는데 드는 비용에 대한 비용분석을 복합적으로 수행한다면 유도탄 체계에 있어 최적의 설계 개념을 도출하는데 유용할 것이다[18].

또한 연구에서 고려되지 않은 BIT 점검도 앞서 언급한 바와 같이 저장신뢰도에 영향을 미치는 요인으로 작용하게 된다. 따라서 향후 경제학적인 분석을 수행할 때 BIT의 효과도 포함하여 분석을 수행함으로써 비용 대 효과 측면에서 최적의 값을 산출하는 방향으로 연구를 진행하고자 한다.

REFERENCES

- [1] S. K. Kim. (2011). *A Study on the Application of RCM for Improving Anti-Ship Missile Reliability under TLCSM*. Kwangwoon University, Seoul.
- [2] Defense Acquisition Program Administration (2013), *Integrated Logistics Support Development Practical Guide*. Seoul : DAPA.
- [3] H. W. Kim & W. Y. Yun. (2015). Reliability Analysis for One-Shot Systems with Periodic Inspection. *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers Published Online*, 42(1), 1-10.
- [4] H. Paul Barringer, P.E. (1997, Feb). Availability, Reliability, Maintainability, and Capability. *Barringer & Associates, Inc.* Texas.
- [5] H. H. Yun. (2007). Weapon System and Reliability. *The Korean Society of Mechanical Engineers*, 47(9), 47-52.
- [6] Martinez , E. C. (1984). Storage reliability with periodic Test, *In Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium*.
- [7] D. K Kim, W. S. Kang & S. J. Kim. (2013). A Study on the Storage Reliability Determination Model for One-shot System, *Korea Management Science Review*, 38(1), 1-13.
- [8] S. C. Choi & M. K. Son. (2008). A Study on the Improvement for RAM for Weapon Systems. *Journal of Applied Reliability*, 8(1), 39-59.
- [9] S, K. Kim, Y. J. Wang, Y. J. Kim, S. O. Kim, I. H. Lee & K. S. Lee. (2011). A Study on the Reliability Analysis of Anti-ship missile using Field Data. *The Journal of the*

Korea Institute of Electronic Communication Sciences, 6(6), 881-887.

- [10] I. Y. Na. (2010). A Research of the Reliability Analysis and Application Method Baed on Non-parametric Statistics Using Filed Data. *Journal of the KIMST, 13(4), 594-600.*
- [11] J. M. Sohn, C. M. Chang & Y. D. Won. (2012). A Case Study of RAM Analysis Using Field Data: Focusing on Korean Warship. *The Journal of the Korea Contents Association, 12(12), 395-412.*
- [12] J. M. Rhee, K. S. Kwon & H. P. Lee. (2011). The Study on Estimating Preventive Maintenance period and Life cycle of Missile system. *Korean Insitute Of Industrial Engineers, Conference Proceedings, 1172-1176.*
- [13] D. I. Kim & G. W. Jeon. (2006). A Study on Determining the periodic inspection for Anti-Ship Missile by using Reliability Analysis Model. *Journal of the Military Operations Research Society of Korea, 32(2), 92-113.*
- [14] Korea National Defense University. (2012). *A Study of Engagement Effect of Anti-Ship Missile Defense Missile.* Nonsan : KNDU
- [15] S. H. Jeong & S. B. Lee. (2017). Analysis of $\Delta\Delta$ Guided Missile Inspection Period Based on Storage Reliability. *Korea Academy Industrial Cooperation Society, 18(4), 592-598.*
- [16] Y. S. Cho & J. H. Lee. (2008). Optimal Two-Stage Periodic Inspection Policy for Maintaining Storage Reliability. *Communications of the Korean Statistical Society, 15(3), 387-402.*
- [17] C. H. Um, D. K. Lee & J. M. Rhee. (2016). A Study on the Application of the Storage Reliability Condition Considering the Naval Guided Missile Operation Concept. *The Korean Reliability Society, Conference Proceedings, 232-237.*
- [18] C. H. Park.(2014). A case study on calibration of computational model for a reasonable cost estimation of missile development program (A case of guidance & control system of X missile). *Journal of Digital Convergence, 12(5), 139-148.*

추 연 원(Chu, Yeon Won)

[정회원]



구소 연구원

- 2011년 2월 : 포항공과대학교 화
학공학과(공학사)
- 2013년 2월 : 서울대학교 기술경
영·경제·정책 협동과정(기술경
영석사)
- 2013년 2월 ~ 현재 : 국방과학연

▪ 관심분야 : 신뢰도, 기술경영

▪ E-Mail : wonchu@add.re.kr