

## 신뢰성 성장관리 시험의 시험 시료 수 결정 방안

### A Method of Determination of the Number of Tests for Reliability Growth Management

서양우\*<sup>1)</sup> . 최대웅<sup>2)</sup> . 엄천섭<sup>1)</sup> . 김용근<sup>1)</sup> . 김정태<sup>1)</sup>

Yangwoo Seo\*<sup>1)</sup> . Daeung Choi<sup>2)</sup> . Chunsup Um<sup>1)</sup> . Yonggeun Kim<sup>1)</sup> . Jungtae Kim<sup>1)</sup>

#### [ 초 록 ]

[국문 초록 작성] 무기체계 개발기간을 고려한 신뢰성 성장관리 시험기간을 설정하여 시험 시료 수를 산정하였다. 최적의 신뢰성 성장관리 시험 설계 조건은 신뢰도 80%, 신뢰수준 60%, 시험기간 6개월이었다. 이 때, 고장이 0번 발생하는 경우 시험 시료 수는 4개, 고장이 1번 발생하는 경우 시험 시료 수가 9개가 필요한 것으로 분석되었다. 본 논문에서 제시한 시료 수 결정 방안을 활용하면, 탐색개발 단계에서 체계개발 단계로 전환 시 신뢰성 성장관리 시험 시료 수 예산을 확보하는데 근거로 활용 가능하다.

#### [ ABSTRACT ]

[영문 초록 작성] The number of test samples was calculated by setting the reliability growth management test period considering the weapon system development period. The optimal reliability growth management test design condition was 80% reliability, 60% confidence level, and 6 months of test period. At this time, it was analyzed that 4 test samples were required if 0 failure occurred, and 9 test samples were required if 1 failure occurred. Using the method of determining the number of samples presented in this paper, it can be used as a basis for acquiring a budget for the number of samples for reliability growth management when switching from the exploratory development stage to the system development stage.

**Key Words** : Reliability Growth Management(신뢰성 성장관리), Reliability(신뢰성), Confidence Level(신뢰수준), Test Time (시험기간)

### 1. 서 론

신뢰성 성장관리는 계획한 신뢰성 목표 값에 만족될 수 있도록 자원을 재할당하여 신뢰성 달성율을 통제 관리하는 것이다.<sup>[1]</sup> 무기체계 개발 시 신뢰성 업무를 수행함에 있어서 신뢰성 성장관리 시험이 필수 업무로 규정되어 있다.<sup>[2]</sup>

신뢰성 성장관리는 신뢰성 프로그램에서 가장 중요한 업무이며, 이를 통해 신뢰성 목표 값을 관리해야 한다. 신뢰성 성장관리 시험을 통해 신뢰성 값이 개선되는 것을 지속적으로 모니터링하는 업무이다. 즉, 신뢰성 성장관리 평가를 진행하여 신뢰성 목표 값에 만족할 때까지 계획을 지속적으로 수정 보완하는 것이 필요하다. 신뢰성 문제가 발생하면, 문제가 발생한 품목에 대하여 수정조치된 설계를 반영하여 시스템의 신뢰성을 향상시키는 과정이 신뢰성 성장관리이다. 무기체계 설계 단계별 신뢰성으로 인한 비용 차이를 그림 1에서 제시하고 있다.<sup>[3]</sup> 신뢰성 향상 설계는 개념단계에서 가장 효과적으로 적용 가능함을 알 수 있다. 이에 따라, 신뢰성 업무 중 가장 핵심인 신뢰성 성장관리 시험 활동의 중요성을 인식해야 한다.

1) LIG넥스원 PGM IPS연구소 (LIG Nex1, Precision Guided Munition Integrated Product Support Research & Development)\* Corresponding author, E-mail: yangwoo.seo2@lignex1.com

2) 뉴비테크놀러지(Newbit Technology)

Copyright © The Korean Institute of Defense Technology

Received : February 14, 2023 Revised : March 12, 2023

Accepted : March 31, 2023

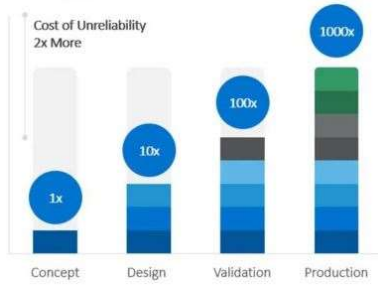


그림 1. 신뢰성 향상을 통한 비용 절감

Fig. 1. Reduced costs by improving reliability

신뢰성 성장관리 시험 관련 연구를 살펴보면, Kim et al.<sup>[4]</sup>은 감시체계에 대한 주요 설계 단계 중심으로 단계를 구분하여 가용한 정보를 활용하여 신뢰도를 예측하여 신뢰도 성장관리를 수행하였고, Lee et al.<sup>[5]</sup>는 개발 시험 데이터를 활용하여 기동장비에 대한 신뢰도 성장관리를 수행하였다. Seo et al.<sup>[6]</sup>는 PM-2 Continuous 모델을 활용한 연속형 시스템에 대한 신뢰도 성장관리 계획을 수립하였고, Seo et al.<sup>[7]</sup>는 PM-2 Discrete 모델을 활용한 이산형 시스템에 대한 신뢰도 성장관리 계획을 수립하였다. Seo et al.<sup>[8]</sup>는 연속형 시스템에 대한 신뢰성 성장관리 시험 적용방안을 제시하였고, Seo et al.<sup>[9]</sup>는 이산형 시스템에 대한 신뢰성 성장관리 시험 적용방안을 제시하였고, Seo et al.<sup>[10]</sup>는 복수개 수량을 갖는 복수장비에 대한 신뢰성 성장관리 시험 적용방안을 제시하였다.

위 사례들은 신뢰성 성장관리 시험 수행 시 시험 시료 수가 미확보된 상태에서 업무를 수행하였다. 이는 무기체계 체계개발을 수행 시 신뢰성 성장관리 시험 시료 수가 미확보된 상태, 즉 예산이 확보가 되지 않은 상태에서 신뢰성 성장관리 시험 업무를 수행함에 따른 대안을 제시하고 있는 실정으로 보아야 한다. 국내 규정 총수명주기 관리업무훈령<sup>[11]</sup> 제62조 RAM 업무 기본절차에 ‘③ 방사청은 전력소요서에 반영된 체계 수준의 신뢰도 성장관리 활동을 위한 적정 예산편성 및 시제품 확보 등을 수행하여야 한다. 이때, 체계 수준의 신뢰도 성장관리는 무기체계 개발 간 신뢰도 성장관리 활동의 일부로 부품 또는 구성품 간 체계통합 과정에서 발생할 수 있는 체계결함 문제를 최소화하기 위한 활동을 의미한다.’라고 규정하고 있다. 이와 같이 RAM 업무에 소요되는 적정 예산 편성을 하도록 되어있지만, 사실상 예산 반영이 어려운 실정이다. 이러한 사유는 신뢰성 성장관리 시험의 세부적인 시험 기간 및 시험 시제 확보 수량을 명확하게 제시하지 못하기 때문이다. 이러한 사유로 본 논문에서는 신뢰성 성장관리 시험을 수행하기 위한 적절한 시험 시료 수를 제시하고자 한다.

## 2. 신뢰성 성장관리

### 2.1 신뢰성 성장관리 입증 모델

신뢰성 입증 시험에는 사전 결정된 시간동안 지정된 수의 시스템을 시험하여 목표 척도를 시연하는 것을 목표로 한다. 예를 들어, 허용 가능한 고장 횟수가 3인 입증 시험에서는 시험 중에 고장이 3회 이하로 발생할 경우 목표 척도가 입증된다. 수리 가능한 시스템 시험 설계는 NHPP을 기반으로 시

스템당 필요한 시험 시간 또는 시험해야 하는 시스템 수량을 설계할 수 있다.

t 시점에서 순간 고장강도는

$$\lambda_i(t) = \lambda \beta t^{\beta-1} = \lambda_c(t)\beta$$

t 시점에서 누적 순간 고장강도는

$$\lambda_c(t) = \lambda t^{\beta-1} = \frac{\lambda_i(t)}{\beta}$$

t 시점에서 순간 MTTF는

$$MTTF_i(t) = \frac{1}{\lambda_i(t)} = \frac{1}{\lambda\beta} t^{1-\beta} = \frac{MTTF_c(t)}{\beta}$$

t 시점에서 누적 MTBF는

$$MTBF_c(\beta) = \frac{1}{\lambda_c(t)} = \frac{1}{\lambda} t^{1-\beta} = MTTF_i(t)\beta$$

신뢰 수준, 필요한 시험 시간, 시험 대상 시료 수 및 시험에서 허용되는 고장 수 간의 관계는 아래 식 (1)과 같다.

$$1 - CL = \sum_{i=0}^r \frac{(m\lambda T^\beta)^i \exp(-m\lambda T^\beta)}{i!} \quad (1)$$

where,

T = the total test time for each system

m = the number of systems under test

r = the number of allowed failures in the test

CL = the confidence level

따라서, 3개의 매개변수가 주어졌을 때, 식 (1)을 활용하여 모르는 하나의 매개변수를 구할 수 있다.

### 2.2 시험 설계 방법

표 1은 시험 설계 방법은 설계 검증 방법을 4가지로 구분한다.<sup>[12]</sup> 각각의 방법은 입증하고자 하는 척도 기준으로 예상되는 매개변수 값을 알고자 할 때 유용하다.

표 1. 시험 설계 방법

Table 1. Test design method

Method	Metric to demonstrate	Can solve for
Parametric Binominal	Reliability or Mean time to failure(MTTF)	Test time or Sample size
Non-Parametric Binominal	Reliability	Reliability or Confidence level or Sample size
Exponential Chi-Squared	Reliability or Mean time to failure(MTTF)	Test time
Non-Parametric Bayesian	Reliability	Reliability or Confidence level or Sample size

2.2.1 Parametric Binominal

모수 이항 분포는 특정 시간 또는 명시된 평균 고장 시간의 신뢰성을 입증하는데 필요한 시험 기간 또는 표본 크기를 결정한다. 이는 시험기간이 필요한 신뢰도의 신간과 다를 때 적용된다. 필요한 표본 크기 값의 범위가 시험 기간과 허용 가능한 고장 횟수의 함수로 표시된다.

2.2.2 Non-Parametric Binominal

비모수 이항 분포는 명시된 시험 설계와 관련된 입증된 신뢰성, 신뢰 수준 또는 표본 크기를 결정한다. 이것은 수명 분포를 필요로 하지 않는다. 이 방법은 신뢰성이 입증되는 시간이 지정된 시험 시간에 지정된 가속 계수를 곱한 것과 같다고 가정한다. 예를 들어, 가속 계수가 1이면 신뢰성이 입증된 시간은 시험 기간과 같다. 가속 계수가 2이면 신뢰성이 입증되는 시간이 시험 기간의 두 배가 된다.

2.2.3 Exponential Chi-Squared

지수 카이-제곱은 특정 척도를 검증하는 데 필요한 총 누적 시험 시간을 결정한다. 총 누적 시험 시간은 시험 중인 모든 유닛의 시험한 총 시간과 같다. 예를 들어, 총 누적 시간이 100시간인 경우 2유닛을 각각 50시간 동안 시험하거나, 5유닛을 각각 1시간 동안 시험할 수 있다. 이 방법은 카이-제곱 분포를 기반으로 지수 수명 분포가 가정된 제품에만 적용된다.

2.2.3 Non-Parametric Bayesian

비모수 베이지안은 명시한 시험 설계로부터 예상할 수 있는 입증된 신뢰성 또는 신뢰 수준을 결정한다. 또한, 지정된 신뢰 수준에서 목표 신뢰도를 입증하는 데 필요한 표본 크기를 산출할 수 있다.

2.3 신뢰성 성장관리 시험의 시료 수 산정

2.3.1 가정 사항

신뢰성 성장관리 시험 시료 수를 산정 시 가정사항은 다음과 같이 설정하였다. 매개변수별 범위를 정하여 수행하였다.

- 첫째, 신뢰도 값은 주어져 있다.(Reliability 00%)
- 둘째, 무기체계 개발기간은 통상 3~5년이다. 이 때, 신뢰성 성장관리 시험 기간은 최소 0.5년에서 2년 이내에 수행한다. 1달은 근무일 20일, 8시간 기준으로 한다.
- 셋째, 신뢰성 성장관리 시험 수행 시 허용 고장 건수는 2건 이하로 한다.
- 넷째, 신뢰성 성장관리 시험 시료 수는 10개 이하이다.
- 다섯째, 무기체계의 신뢰성 성장관리 시험 신뢰수준은 표준 60%로 설정한다.<sup>[13]</sup>

2.3.3 사례 분석

무기체계의 목표 신뢰도 값이 아래와 같은 무기체계에서 신뢰성 성장관리 시험 시료 수를 산출하고자 한다.

- Target of Reliability : 80% 이상

시료 수를 산정하기 위한 주어진 입력 값들은 표 2와 같다. 목표 신뢰도 80%를 입증하기 위한 신뢰수준 60%, 신뢰성 성장관리 시험기간은 6개월에서 2년 이내로 설정하였다. 시험기간이 6개월인 경우 20일 근무일 기준 8시간으로 960시간에 해당된다.

표 2. 입력 값  
Table 2. Input value

Metric	Reliability value at a specific time
Demonstrate the Reliability(%)	80
The confidence level(%)	60
At this time(hr)	960 ~ 3,840

ReliaSoft Weibull++ S/W를 활용하여 시료 수를 산정하기 위한 파라미터를 입력(신뢰도 80%, 신뢰수준 60%, 시험시간 960 hr)한 입력화면은 아래 그림 2와 같다.

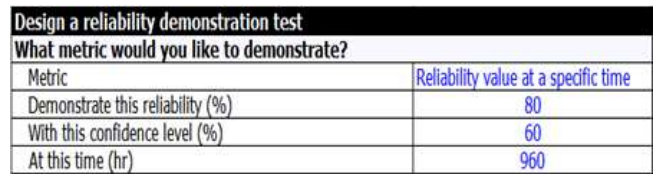


그림 2. 입력 화면

Fig. 2. Screen of input value

ReliaSoft Weibull++ S/W를 활용하여 시험 설계 방법을 Parametric Binomial로 설정한 화면은 그림 3과 같다.

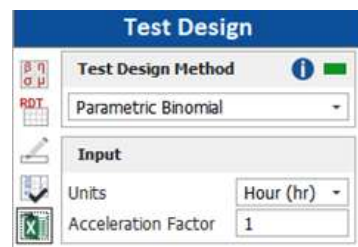


그림 3. 시험 설계 방법 설정 화면

Fig. 3. Screen of test design method

ReliaSoft Weibull++ S/W의 Test and Planning의 기능을 활용하여 신뢰도 80%, 신뢰수준 60%, 시험기간 960시간을 입증하기 위한 시험 설계를 수행하였다. 시험 설계 분석한 결과는 표 3과 같다. 시험 중 한 개의 고장도 발생하지 않는다는 조건일 때는 시료 수가 4개 이상이 필요하며, 고장이 1번 발생하는 것을 허용한다면, 시료 수가 9개 이상이 필요한 것으로 분석되었다. 이에 따라, 각각의 시험 설계 결과는 시스템이 960시간에서 적어도 80%의 신뢰도를 가지고 있음을 입증할 수 있다.

표 3. 시료 수 분석 결과  
(신뢰도 80%, 신뢰수준 60%, 시험기간 960시간)

Table 3. Results of sample size analysis  
(reliability 80%, confidence level 60%, test time 960hr)

Sample Size	Test Time for 0 Failures	Test Time for 1 Failures	Test Time for 2 Failures
1	1,945	N/A	N/A
2	1,376	2,480	N/A
3	1,123	1,859	2,767
4	973	1,558	2,142
5	870	1,369	1,825
6	794	1,237	1,621
7	735	1,136	1,474
8	688	1,057	1,362
9	648	993	1,272
10	615	939	1,198

그림 4는 신뢰도 80%, 신뢰수준 60%, 시험기간 960시간에서 고장 발생 2건 이하 발생 시 요구되어지는 시료 수 및 시험시간 관계를 도시한 그래프이다. 그림의 각 색상 선은 특정 고장 횟수에 해당한다. 파란색 라인은 고장이 한 번도 발생하지 않은 경우, 빨간색 라인은 고장이 1번 발생한 경우, 노란색 라인은 고장이 2번인 경우를 나타낸다. 허용되는 고장 횟수가 시험 기간과 필요한 표본 크기에 미치는 영향을 보여준다.

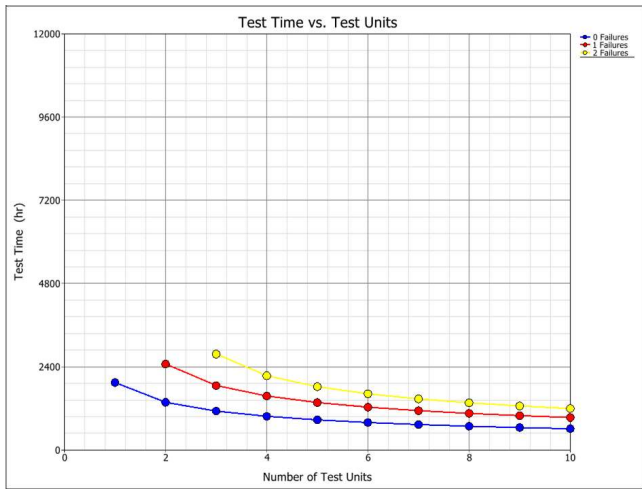


그림 4. 시험시간에 따른 시료 수  
(신뢰도 80%, 신뢰수준 60%, 시험기간 960시간)

Fig. 4. Test time vs number of test units  
(reliability 80%, confidence level 60%, test time 960hr)

ReliaSoft Weibull++ S/W의 Test and Planning의 기능을 활용하여 신뢰도 80%, 신뢰수준 60%, 시험기간 1,920시간을 입증하기 위한 시험 설계를 수행하였다. 시험 설계 분석한 결과는 표 4와 같다. 시험 중 한 개의 고장도 발생하지 않는다는 조건일 때는 시료 수가 4개 이상이 필요하며, 고장이 1번 발생하는 것을 허용한다면, 시료 수가 9개 이상이 필요한 것으로 분석되었다.

표 4. 시료 수 분석 결과  
(신뢰도 80%, 신뢰수준 60%, 시험기간 1,920시간)

Table 4. Results of sample size analysis  
(reliability 80%, confidence level 60%, test time 1,920hr)

Sample Size	Test Time for 0 Failures	Test Time for 1 Failures	Test Time for 2 Failures
1	3,891	N/A	N/A
2	2,751	4,961	N/A
3	2,246	3,719	5,535
4	1,945	3,116	4,284
5	1,740	2,739	3,651
6	1,588	2,473	3,242
7	1,470	2,273	2,949
8	1,376	2,114	2,724
9	1,297	1,985	2,544
10	1,230	1,877	2,396

그림 5는 신뢰도 80%, 신뢰수준 60%, 시험기간 1,920시간에서 고장 발생 2건 이하 발생 시 요구되어지는 시료 수 및 시험시간 관계를 도시한 그래프이다.

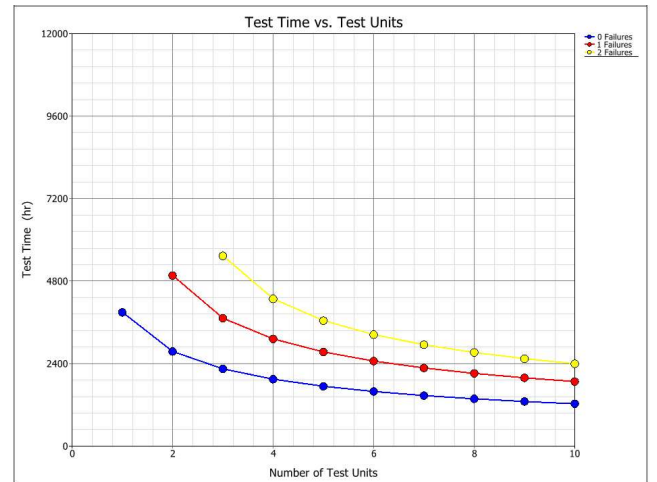


그림 5. 시험시간에 따른 시료 수  
(신뢰도 80%, 신뢰수준 60%, 시험기간 1,920시간)

Fig. 5. Test time vs number of test units  
(reliability 80%, confidence level 60%, test time 1,920hr)

ReliaSoft Weibull++ S/W의 Test and Planning의 기능을 활용하여 신뢰도 80%, 신뢰수준 60%, 시험기간 3,840시간을 입증하기 위한 시험 설계를 수행하였다. 시험 설계 분석한 결과는 표 5와 같다. 시험 중 한 개의 고장도 발생하지 않는다는 조건일 때는 시료 수가 4개 이상이 필요하며, 고장이 1번 발생하는 것을 허용한다면, 시료 수가 9개 이상이 필요한 것으로 분석되었다.

표 5. 시료 수 분석 결과  
(신뢰도 80%, 신뢰수준 60%, 시험기간 3,840시간)

Table 5. Results of sample size analysis  
(reliability 80%, confidence level 60%, test time 3,840hr)

Sample Size	Test Time for 0 Failures	Test Time for 1 Failures	Test Time for 2 Failures
1	7,781	N/A	N/A
2	5,502	9,922	N/A
3	4,492	7,438	11,069
4	3,891	6,233	8,569
5	3,480	5,478	7,302
6	3,177	4,946	6,485
7	2,941	4,545	5,897
8	2,751	4,229	5,448
9	2,594	3,971	5,088
10	2,461	3,755	4,792

그림 6은 신뢰도 80%, 신뢰수준 60%, 시험기간 3,840시간에서 고장 발생 2건 이하 발생 시 요구되어지는 시료 수 및 시험기간 관계를 도시한 그래프이다.

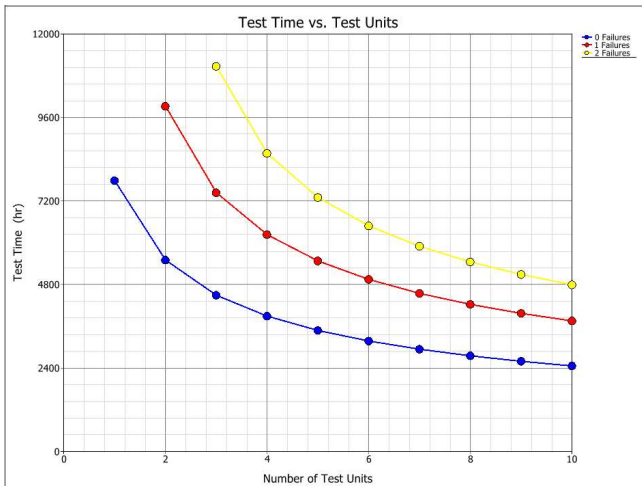


그림 6. 시험시간에 따른 시료 수  
(신뢰도 80%, 신뢰수준 60%, 시험기간 3,840시간)

Fig. 6. Test time vs number of test units  
(reliability 80%, confidence level 60%, test time 3,840hr)

종합하면, 시험기간을 0.5년, 1년 및 2년을 설정하였을 시 시료 수 산정 결과가 동일하게 분석되었다. 이에 따라, 시험기간을 최소한의 0.5년으로 설정하는 것이 비용 및 일정을 고려 시 효과적임을 판단할 수 있다. 결과적으로 신뢰수준 60%, 신뢰도 척도 80%에서 신뢰성 성장 시험은 6개월 시험기간 동안 고장이 한 번도 발생하지 않게 진행된다면, 시험 시료 수는 4개가 필요하고, 고장이 1번 발생한다면, 시험 시료 수가 9개가 필요한 것으로 분석되었다.

2.4 민감도 분석

신뢰수준 및 시험기간 대비 신뢰도 척도에 대한 민감도 분석을

수행하였다. 신뢰도 80% 대비 90%, 70%에 대한 영향성 분석을 수행하였다. 이 때, 신뢰수준 60%, 시험기간은 960시간을 적용하였다.

2.4.1 신뢰도 90%인 경우의 영향성 분석

신뢰도 90%, 신뢰수준 60%, 시험기간 960시간인 경우를 입증하기 위한 분석 결과는 표 6과 같다.

시험 중 한 개의 고장도 발생하지 않는다는 조건일 때는 시료 수가 8개 이상, 고장이 1번 발생하는 것을 허용한다면, 시료 수가 19개 이상, 고장이 2번 발생하는 것을 허용한다면, 시료 수가 30개 이상이 필요한 것으로 분석되었다. 신뢰도 80%에서 90%로 상향되었을 시 신뢰성 성장관리 시험 시료 수는 2배 이상 필요한 것으로 분석되었다.

표 6. 시료 수 분석 결과  
(신뢰도 90%, 신뢰수준 60%, 시험기간 960시간)

Table 6. Results of sample size analysis  
(reliability 90%, confidence level 60%, test time 960hr)

Sample Size	Test Time for 0 Failures	Test Time for 1 Failures	Test Time for 2 Failures
1	2,831	N/A	N/A
2	2,002	3,610	N/A
3	1,635	2,706	4,027
4	1,416	2,268	3,118
5	1,266	1,993	2,657
6	1,156	1,799	2,359
7	1,070	1,654	2,146
8	1,001	1,538	1,982
⋮			
19	649	978	1,229
20	633	952	1,197
⋮			
29	526	788	985
30	517	774	969

2.4.1 신뢰도 70%인 경우의 영향성 분석

신뢰도 70%, 신뢰수준 60%, 시험기간 960시간인 경우를 입증하기 위한 분석 결과는 표 7과 같다.

시험 중 한 개의 고장도 발생하지 않는다는 조건일 때는 시료 수가 2개 이상, 고장이 1번 발생하는 것을 허용한다면, 시료 수가 6개 이상, 고장이 2번 발생하는 것을 허용한다면 시료 수가 9개 이상 필요한 것으로 분석되었다. 신뢰도 80%에서 70%로 하향되었을 시 신뢰성 성장관리 시험 시료 수 감소 및 고장 허용 수가 증가됨을 알 수 있었다.

표 7. 시료 수 분석 결과  
(신뢰도 70%, 신뢰수준 60%, 시험기간 960시간)

Table 7. Results of sample size analysis  
(reliability 70%, confidence level 60%, test time 960hr)



Sample Size	Test Time for 0 Failures	Test Time for 1 Failures	Test Time for 2 Failures
1	1,539	N/A	N/A
2	1,088	1,962	N/A
3	888	1,471	2,189
4	769	1,232	1,694
5	688	1,083	1,444
6	628	978	1,282
7	582	899	1,166
8	544	836	1,077
9	513	785	1,006
10	487	742	948

4. 결론

신뢰성 성장관리 시험을 통하여 예상치 못한 결함을 찾을 수 있으며, 표면적인 문제를 통한 설계 개선이 가능하다. 또한, 최종 입증을 통해서 관련된 위험을 감소시킬 수 있으며, 무기체계의 전투준비태세를 증가시킬 수 있다. 즉, 신뢰성 성장관리 신뢰성 목표를 달성하기 위해 필요한 자원을 할당, 재분배함으로써 달성할 수 있다.

무기체계 개발 기간은 통상 3~5년 정도로 진행되어지는 기간 안에 신뢰성 성장관리 시험을 수행하는 업무가 진행되어야 한다. 이에 본 논문에서는 최소한의 시험기간을 6개월에서 2년 정도로 설정하여 신뢰성 성장관리 시험 시료 수를 산정하였다. 최적의 분석결과는 신뢰도 80%, 신뢰수준 60%, 시험기간 6개월에서 고장이 한 번도 발생하지 않는 경우 시험 시료 수는 4개가 필요하고, 고장이 1번 발생하는 경우 시험 시료 수가 9개가 필요한 것으로 분석되었다. 또한, 신뢰성 성장관리 시험 진행동안 입증 시험이 허용되는 고장 횟수를 초과하는지 여부를 모니터링하여 조정이 필요하면 자원을 재할당하여 성장시험을 수행해야 한다. 추가적으로 신뢰도 목표 값에 따른 영향성 분석을 수행한 결과, 신뢰도 90%, 신뢰수준 60%, 시험기간 6개월에서 고장이 한 번도 발생하지 않는 경우 시험 시료 수는 8개, 고장이 1번 발생하는 경우 시험 시료 수가 19개가 필요하다.

제시한 시료 수 결정 방안을 활용하여 신뢰성 목표 값에 따른 신뢰성 성장관리 시료 수를 결정하여 관련 예산을 확보하여야 한다. 이를 통해 신뢰성이 검증된 무기체계 개발을 수행할 수 있다.

References

[1] "MIL-HDBK-189C", Reliability Growth Management, Department of Defense Handbook, p. 2, 2011.  
 [2] "MIL-STD-785B", Reliability Program for System & Equipment Development & Production, Task Section 302 : Reliability Development/Growth Test(RD/GT) Program, Department of Defense, pp. 1-2, 1980.  
 [3] <https://www.ansys.com/ko-kr/blog/the-what-why-when-who-and-how-of-design-for-reliability>(검색일:

2023.2.9.)  
 [4] S. B. Kim, W. J. Park, J. W. You, J. K. Lee and H. Y. Yong, "Reliability Prediction Based Reliability Growth Management : Case Study of Surveillance System", Journal of the Korean Society for Quality Management, Vol. 47, No.1 pp. 187-198, 2019.  
 [5] Y. J. Lee, G. B. Bae, Y. M. Heo, J. H. Seo, S. B. Kim, J. K. Choi and W. J. Park, "Reliability Growth Management for Armed Vehicle", Journal of Korean Society for Quality Management, Vol. 45, No. 4, pp. 981-994, 2017.  
 [6] Y. W. Seo, E. S. Park, Y. K. Kim, K. Y. Lee and M. S. Kim, "Reliability Growth Planning for a Military System using PM2-Continuous Model", Journal of Applied Reliability, Vol. 18, No. 3, pp. 201-207, 2018.  
 [7] Y. W. Seo, D. J. Jeon, S. J. Kim and Y. G. Kim, "A Study on the Establishment of Reliability Growth Planning for One-shot System", Journal of the Korean Society of Systems Engineering, Vol. 16, No. 1, pp. 1-8, 2020.  
 [8] Y. W. Seo, J. H. Yoon, S. S. Lee and C. S. Um, "A Method of Reliability Growth Management Test Design for Continuous System", Journal of the Korean Society of Systems Engineering, Vol. 16, No. 2, pp. 87-96, 2020.  
 [9] Y. W. Seo, H. W. Kim, S. J. Kim and Y. G. Kim, "A Method of Reliability Growth Test Design for One-shot System", Journal of the Korean Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 22, No. 12, pp. 546-554, 2021.  
 [10] Y. W. Seo, Y. I. Oh, S. J. Lim and C. S. Um, "A Method of Reliability Growth Test using Failure Data for Multiple Systems", Journal of the Korean Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 23, No. 6, pp. 262-271, 2022.  
 [11] "Total Life Cycle System Management", Department of Defense Instruction, Number 2654, ROK Ministry of National Defense, p. 37, 2022.  
 [12] "Weibull ++ User's Guide", Reliasoft, Hottinger Bruel & Kjaer UK Ltd, pp. 945-946, 2021.  
 [13] "Practical Guidebook for Testing and Evaluation of Weapon Systems", R.O.K Joint Chiefs of Staff, The Department of Test & Evaluation, p. 157, 2015.