信賴性應用硏究
제4권, 제1호. pp.15-26, 2004

정규분포와 대수정규분포에서의 고장률 보증시험 샘플링 계획+

임재학*, 김준홍**, 윤원영***, 이종문****

*한밭대학교 경상학부
**수원대학교 산업정보공학과
***부산대학교 산업공학과
****LG이노텍

Failure Rate Sampling Plan For Normal and Lognormal Distributions

Jae-Hak Lim*, Jun Hong Kim**, Won Yong Yun***, Jong Moon Lee****

*Division of Business Administration, Hanbat National University
**Department of Industrial Engineering, Suwon University
***Department of Industrial Engineering, Pusan National University
****LG Innotek

Abstract

Life test is performed to set a confidence (lower) limit on the mean or median life of items if the number of failures at the end of the fixed time *t* does not exceed a given number *c*. Gupta(1962) propose a sampling plan for truncated life tests when the life

+ 본 논문은 수원대학교가 주관한 산업기술기반조성사업 "신뢰성향상을 위한 표준화 기반구축 및 확산사업"의 2003년도 Working Group활동을 통해 작성되었음.

distribution of an item is normal or lognormal distribution. In this paper, based on the result of Gupta(1962), we propose a sampling plan for failure rate test when an item has normal or lognormal life distribution. We assume that the shape parameter is known while the location parameter is unknown.

1. 서론

신뢰성 시험이란 제품의 수명 또는 고장률을 평가하기 위한 시험으로 개발 및 제조과정에서 신뢰성 향상, 평가, 보증을 위하여 실시되는 모든 시험을 의미한다. 신뢰성 시험에서 어떤 것은 비파괴적으로 실시할 수 있으나 대부분 파괴적 성격을 가지므로 전수검사 대신 샘플링 검사로서 인증시험이나 보증시험을 실시하게 된다. 신뢰성 샘플링 계획은 크게 계량형 샘플링 계획과 계수형 샘플링 계획으로 구분된다. 계량형 샘플링 계획은 고장자료로부터 MTBF를 계산하여 그 값이 규정치 이상이면 합격으로 인증하는 시험이고, 계수형 샘플링 계획이란 정해진 시험기간 동안 고장 수를 관찰하여 합격 인증개수이하이면 합격으로 인증하는 시험을 말한다. 신뢰성 샘플링 계획방식의 종류를 정리하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 신뢰성 시험의 종류

분류	검사표	가정한 분포	시험형태
계수1회	DOD H 108 MIL-STD-690B	지수분포	정시중단
	Goode & Kao(1963) MIL-STD-105	와이블 분포	정시중단
계수축차	MIL-STD-781	지수분포	정시중단
계량1회	DOD H 108	지수분포	정수중단, 정시중단
	DOD TR-3,6,7 MIL-STD-414	와이블 분포	정시중단
계량축차	DOD H 108	지수분포	정시중단

주) (1) DOD : Department of Defence(미국방성)
(2) H : Handbook
(3) TR : Technical Report
(4) MIL : 미군용

예를 들어 계수1회 샘플링 검사(MIL-STD-690B)는 총 시험시간 T사이에 발생한 고장의 개수 r이 합격판정개수 c보다 적으면 그 로트는 신뢰수준$(1-\beta)$으로 합격시키는 샘플링 검사

이다. 여기서 T는 샘플의 시험시간(고장난 것은 고장날 때까지의 시간)의 누계이고 r이 적으면 T는 nt와 거의 같으므로 $T=nt$로 생각해도 된다. 여기서, n은 샘플 수이고 t는 시험시간이다.(이상용(1999))

고장률 시험은 파괴적 성격을 갖는 신뢰성 시험으로 계수형 샘플링 계획에 해당되며 이 시험에서는 규정된 수의 샘플을 일정 기간 동안 시험하여 그 기간동안 발생한 고장 수가 허용고장개수(c)이하이면 고장률을 인증하는 시험이다. 여기서 샘플의 크기는 신뢰수준, 보증하고자 하는 고장률, 시험기간 그리고 제품의 수명분포에 의하여 결정된다.

신뢰성 샘플링 계획에 대해서는 지금까지 많은 연구가 이루어 졌다. Gupta(1962)는 아이템의 수명이 정규분포나 대수정규분포를 따르는 경우 수명시험을 위한 샘플링 계획을 제안하였다. MIL-HDBK-690C(1993)와 이를 준용한 KS-C-6032(1991)에서는 아이템의 수명분포가 지수분포인 경우 계수 1회 샘플링 계획 방법에 근거하여 설정된 신뢰수준에서 제품의 고장률 수준의 초기 인증, 하위수준으로 확대 및 유지하기 위한 샘플링 계획과 시험시간과 얻어진 결과의 처리와 같은 제반 순서에 대하여 설명하고 있다. 조재립(2000)은 로트의 고장률을 보증하기 위한 계수1회 샘플링검사방식에서 주어진 총 시험시간에 대해서 비용을 최소화하는 시험방식을 제시하였다. 강보철과 조재립(2002)는 로트 내에 불량품이 있는 경우에 로트의 고장률 보증을 위한 계수1회 샘플링검사방식을 제안하였다. 최근에는 전영록(2002)는 평균 출검 고장률 수준을 보증하기 위한 계수1회 샘플링 계획방식을 제안하였다.

본 논문에서는 MIL-STD-690C나 KS-C-6032에서 논의되고 있는 고장률 보증시험에서 아이템의 수명분포가 정규분포나 대수정규분포를 따르는 경우 샘플링 계획에 대해 제안하고자 한다. 2장에서는 MIL-STD-690C와 KS-C-6032에서 규정하고 있는 고장률 시험에 대해 소개하고 3장에서는 아이템의 수명이 정규분포나 대수정규분포를 따르는 경우 고장률 보증시험을 위한 샘플링 계획에 대해 제안한다.

본 논문에서 사용되는 기호는 다음과 같다.

기호	**설명**
f	확률밀도함수
F	누적분포함수
h	고장률 함수
ϕ	표준정규분포의 확률밀도함수
Φ	표준정규분포의 누적분포함수
β	소비자 위험
μ	정규분포의 평균
σ	정규분포의 표준편차
λ_1	목표 고장률
c	합격을 위한 허용고장개수

2. 고장률 보증시험의 개요

본 절에서는 MIL-STD-690C나 KS-C-6032에서 규정하고 있는 고장률 시험법의 내용과 특징에 대해 개략적으로 설명한다. 이에 대한 내용은 전영록(2002)에서도 찾아 볼 수 있다.

2.1 적용대상

MIL-STD-690C나 KS-C-6032에서 규정하고 있는 고장률 시험법은 동일한 설계에 의하여 연속적으로 제조되어 확립된 품질관리에 의하여 생산된 것으로 기대되는 수명동안 일정한 고장률을 가지는 아이템에 대하여 적용할 수 있다.

2.2 신뢰수준과 고장률 수준

고장률 시험을 이해하는데 필요한 두 가지 중요한 개념은 신뢰수준과 고장률 수준이다. 신뢰수준이란 아이템의 실제 고장률이 인증 범위 밖에 있음에도 불구하고 제품을 합격시키는 확률을 소비자 위험(β)이라 하며 이를 불합격시키는 확률(1-β)을 신뢰수준이라 한다. 즉, 높은 고장률을 가진 아이템이 불합격되는 확률이다. 보증하고자 하는 고장률의 신뢰수준은 일반적으로 60%나 90%에서 선택한다. 다만 아이템의 특성에 따른 소비자의 위험을 고려하여 신뢰수준을 다른 값으로 선택할 수 있다.

고장률 수준이란 고장률을 일정 기준에 따라 관리하기 위하여 고장률을 일정간격으로 구분하여 기호를 붙인 것으로 로트가 불합격이 되는 고장률의 상한값이다. 고장률 수준의 단위는 1,000시간당 % (즉, %/1,000시간)로 표시되며 <표 2>와 같이 1,000단위시간당 1.0%에서 0.0001%까지 분류할 수 있다.

<표 2> 고장률 수준

기호	고장률(%/10^3h)	기호	고장률(%/10^3h)
L	5	R	0.01
M	1	E	0.005
N	0.5	S	0.001
P	0.1	H	0.0005
Q	0.05	T	0.0001

고장률 수준의 결정은 <표 2>에서 선정하며 원칙적으로 M, P, R, S, T를 사용하고 기타는 필요에 따라서 적용한다. 아이템의 고장률 수준이 1.0%보다 더 큰 경우 수준 "L"을 사용한다.

2.3 시험시간

시험시간의 단위는 아이템의 특성에 따라 시간, 사이클, 사용횟수 등을 사용하며 시험시간은 아이템의 고장 메커니즘이 유발될 수 있는 최소시간동안 실시하여야 한다. KS-C-6032+ 에서는 시험시간에 대해 구체적인 가이드라인을 제시하고 있다.

2.4 고장률 시험의 기록

고장률 시험에서 얻어지는 자료들은 고장률 수준을 인증하기 위해 필요한 일정기간동안 기록되어야 하며 시험기록을 위한 양식의 한 예는 <그림1>과 같다.

시험결과치 기록표

시험종류: ____________________
대성품목: ____________________ 로트번호: ________________ 시험개시일: ________________

순서	일자	시간	시험경과시간	환경조건			성능	기재사항	서명
				전압	습도	진동			

<그림 1> 고장률 시험 기록의 예

2.5 시료의 처분

고장률 시험에 이용된 아이템들은 고객에게 인도되지 않는다. 그러나 시험에 이용된 아이템들도 계약이나 주문에 의하여 고장률 시험에 통과한 아이템이나 고장률 시험과정에서 손상되지 않은 아이템에 대해서는 고객에게 인도될 수 있다.

2.6. 가속 고장률 시험과 가속인자

만약 가속시험절차와 적용되는 가속인자의 사용이 공학적 관점에서 타당하다면 그 가속

+ 전자 부품의 고장률 시험 방법 통칙(1981)

인자들은 샘플크기를 줄이지 않으며 고장률 시험의 시간을 우선적으로 줄이기 위해 사용될 수 있다. 가속인자, 전자부품의 종류 그리고 고장률시험의 종류에 따라 차이가 있지만, 고장률시험에서의 샘플의 25%는 정상 조건에서 시험되어야 한다. 가속시험을 하는 경우에 총시험시간은 '시험시간 × 시료수 × 가속인자'의 값으로 하도록 한다.

2.7 고장률 시험절차

고장률 수준은 고장률 수준의 초기판정, 고장률 수준의 유지(혹은 실패), 낮은 고장률 수준으로 확장의 과정을 거친다.

고장률 수준의 초기판정은 부품에 규정된 최대의 고장률 수준과 신뢰수준 및 합격판정개수 c에 따라 총 시험시간이 정해진다. 총 시험시간과 실제 시험시간 및 샘플의 개수는 '총 시험시간 = (시험시간) × (샘플의 개수)'와 같은 관계가 있으며 이를 이용하여 시험시간과 샘플의 개수를 정할 수 있다. 샘플을 뽑아 정해진 시험시간 동안 시험하여 관측된 고장수가 c를 넘지 않으면 해당 아이템은 설정한 고장률 수준에 합격한 것으로 판정한다.

고장률 수준의 초기 판정에서 합격한 아이템의 고장률 수준의 유지는 고장률의 수준에 따라 <표 3>에 주어진 바와 같이 그 유지기간이 정해져 있으며, 이 유지기간 동안에 초기판정과 동일한 절차에 따라 신뢰수준 10%에서 고장률 시험을 실시하여 관측된 고장수가 c를 넘지 않으면 해당 아이템은 설정한 고장률 수준을 유지하고 있는 것으로 판정한다.

고장률 초기판정에서 합격한 아이템은 인증된 고장률 수준을 보다 낮은 고장률 수준으로 확대할 수 있다. 예를 들어 고장률 초기판정에서 고장률 수준을 M수준으로 인증하였다면 초기 고장률 수준 판정과정에서 수집된 자료와 추가적인 고장률 시험에 의하여 수집된 자료를 바탕으로 이 아이템의 고장률 수준을 M수준보다 하위 수준인 L수준으로 인증할 수 있다. 보다 낮은 고장률 수준으로 확대하는 것은 고장률 수준의 초기판정에서와 동일한 절차를 거치도록 한다.

<표 3> 고장률 수준 유지기간

고장률수준 기호	L	M	N	P	Q	R	E	S	H	T
판정유지기간	6	6	9	12	18	24	24	36	36	48

3. 고장률 보증시험을 위한 샘플링 계획

고장률 보증 시험은 아이템의 고장률을 보증하기 위한 시험으로 MIL규격에서 제안한 세부적인 절차 및 사항은 2장에서 설명한 바와 같으며 아이템의 수명분포가 와이블 분포를 따

르는 경우에 고장률 보증 시험의 샘플링 계획에 관해서는 Goode & Kao(1961) 또는 이상용 (1999)에서 그 내용을 찾아 볼 수 있다. 본 절에서는 아이템의 수명분포가 정규분포와 대수정규분포를 따르는 경우 샘플링 계획을 제안한다. 본 절에서 제안하는 샘플링 계획은 Gupta(1962)의 결과에 바탕을 두고 있으므로 Gupta(1962)의 결과를 우선 살펴본다.

3.1 Gupta의 결과

Gupta(1962)는 아이템의 수명이 위치모수가 μ이고 형상모수가 σ인 정규분포 또는 대수정규분포를 하는 경우 평균수명을 보증하기 위한 샘플링 계획을 제안하였다. σ는 알려진 것으로 가정한다. 수명시험의 일반적인 절차는 사전에 설정된 시간 t동안 시험을 실시하고 그 기간에 발생한 고장의 수를 관찰하는 것이다. 이러한 시험의 목적은 평균수명이나 메디안 수명에 대한 믿을 만한 하한을 설정하는 것이다. 이를 좀 더 구체적으로 설명하면 다음과 같다. 여기서는 정규분포를 가정하는 경우 평균수명의 보증에 대해서만 설명하고자 한다.

평균수명 보증시험은 n개의 아이템을 t시간동안 시험하여 고장 난 아이템의 개수가 미리 정한 고장허용개수 c이하인 경우 아이템의 평균수명이 μ_0임을 보증하는 시험이다. 여기서 μ_0는 보증하고자 하는 평균 수명을 나타낸다. 평균수명을 보증하기 위해서 최소한 몇 개의 아이템이 필요한지를 결정할 수 있다. 이를 샘플링 계획이라 하며 샘플의 크기 n은 신뢰수준 $1-\beta$과 허용고장개수, c,에 의하여 결정된다. 샘플링 계획은 (i) 시험에 필요한 아이템의 개수(n) (ii) 허용고장개수(c) (iii) $z=(t-\mu_0)/\sigma$값으로 구성된다. 여기서 시험시간 t와 허용고장개수 c의 값은 일반적으로 생산자 위험에 의하여 결정된다. 생산자 위험이란 평균수명이 μ_0이상임에도 불구하고 그 로트가 기각되는 확률을 의미한다. 이를 결정하는 과정에서 소비자 위험(평균수명이 μ_0이하임에도 불구하고 시험에 통과할 확률)은 β를 초과하지 않도록 고정되어 있다. 따라서 $1-\beta$는 평균수명이 μ_0이하인 아이템이 기각될 확률을 나타내며 이런 관점에서 신뢰수준이라 한다. 따라서 샘플링 계획은 주어진 신뢰수준 $1-\beta$에 대해 (n, c, z)의 식으로 표현될 수 있다.

T를 아이템의 수명을 나타내는 확률 변수라 하자. 시험을 실시한 n개의 아이템을 정해진 시험시간 t시간 이내에 고장이 나는 아이템의 개수를 X라고 하면 X는 모수가 n과 p인 이항분포를 따른다. 단 $p=P[T<t]$이다. 따라서 신뢰수준 $1-\beta$에서 평균수명이 μ_0임을 보증하기 위한 샘플링 계획은 이항분포의 누적분포함수를 이용하여 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P[X \le c \mid \mu \le \mu_0] = \sum_{i=0}^{c} {}_nC_i\, p^i (1-p)^{n-i} \le \beta, \tag{3.1}$$

여기서 $p=P[T \le t \mid \mu \le \mu_0] = \int_{-\infty}^{z} \phi(u)du$이고 $\phi(u)$는 표준정규분포의 확률밀도함수이며 $z=(t-\mu_0)/\sigma$이다. 관찰된 고장개수가 허용고장개수 c이하이면 평균수명이 μ_0이상이라는 것을 신뢰수준 $1-\beta$에서 인증할 수 있는 표본의 최소 크기 n은 식 (3.1)을 이용하면

구할 수 있다.

또한 식 (3.1)을 이용하여 표본의 크기 n을 결정하는 문제는 p가 매우 작고 n이 큰 경우의 이항분포는 평균 $\lambda = np$인 포아송 분포에 의하여 근사할 수 있다는 성질을 이용하여 식 (3.2)와 같이 간편한 형태로 나타낼 수 있다.

$$P[X \le c \mid \mu \le \mu_0] \cong \sum_{i=0}^{c} \frac{e^{-\lambda}\lambda^i}{i!} \le \beta, \tag{3.2}$$

단, $\lambda = np = n\Phi\left(\dfrac{t-\mu_0}{\sigma}\right)$이다. 그리고 Y를 자유도가 (2c+2)인 카이제곱분포를 따르는 확률변수라고 하면 Y의 확률밀도함수는 $f(y) = \dfrac{1}{\Gamma(c+1)}\left(\dfrac{1}{2}\right)^{(c+1)} y^c e^{-y/2}$가 되며 분포함수는 $F(y) = \int_0^y f(u)du = \int_0^y \dfrac{1}{\Gamma(c+1)}\left(\dfrac{1}{2}\right)^{(c+1)} u^c e^{-u/2} du$가 되며 부분적분을 반복하여 실시하면 $F(y) = 1 - \sum_{i=0}^{c} \dfrac{e^{-y/2}(y/2)^i}{i!}$가 된다. 따라서 다음과 같은 식을 얻는다.

$$\sum_{i=0}^{c} \frac{e^{-\lambda}\lambda^i}{i!} = P[Y \ge 2\lambda] = P[Y \ge 2np] \le \beta \tag{3.3}$$

따라서 식 (3.3)으로부터 평균수명이 μ_0이상이라는 것을 신뢰수준 $1-\beta$에서 인증할 수 있는 표본의 최소 크기 n을 결정하는 식을 유도할 수 있다.

$$\begin{aligned} & 2np \ge \chi^2_\beta(2c+2) \\ \Rightarrow\ & n \ge \frac{\chi^2_\beta(2c+2)}{2p} \\ \Rightarrow\ & n \ge \frac{\chi^2_\beta(2c+2)}{2\Phi\left(\dfrac{t-\mu_0}{\sigma}\right)} \end{aligned} \tag{3.4}$$

단, $\chi^2_\beta(2c+2)$는 자유도가 *(2c+2)*인 카이제곱분포의 상위 100β 백분위 수이다.

대수정규분포의 경우도 동일한 방법으로 표본의 크기를 다음과 같은 식을 이용하여 결정할 수 있다.

$$n \ge \frac{\chi^2_\beta(2c+2)}{2\Phi\left(\dfrac{\ln(t)-\mu_0}{\sigma}\right)} \tag{3.5}$$

3.2 고장률 보증을 위한 샘플링 계획

아이템의 수명분포가 형상모수 σ가 알려진 정규분포나 대수정규분포인 경우 아이템의 고장률이 λ_1임을 보증하기 위한 고장률 보증시험의 샘플링 계획은 Gupta(1962)의 결과의 식 (3.4)를 이용하면 수립될 수 있다.

평균이 μ시간이고 분산이 σ^2인 정규분포의 확률밀도함수와 누적분포함수 및 고장률함수는 각 각 다음과 같다.

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp[- \frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}] = \frac{1}{\sigma}\phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

$$F(t) = \int_{-\infty}^{t} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} exp[- \frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}]dx = \int_{-\infty}^{t} f(x)dx = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)}{\sigma R(t)} = \frac{\phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)}{\sigma[1-\Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)]}$$

아이템의 고장분포가 분산, σ^2,이 알려진 정규분포인 경우 t시간 동안 시험을 실시하여 로트허용고장률, λ_1,을 신뢰수준 $100(1-\beta)\%$로 보증하기 위한 시험에서 표본의 수는 다음과 같은 절차에 의하여 구할 수 있다.

Step 1. $h(t) = \dfrac{\phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)}{\sigma[1-\Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)]} = \lambda_1$을 만족하는 μ를 구한다. 이 값을 μ_0라 하자.

Step 2. $F(t) = \Phi\left(\dfrac{t-\mu_0}{\sigma}\right)$를 계산한다.

Step 3. $n \geq \dfrac{\chi^2_\beta[2(c+1)]}{2\Phi\left(\frac{t-\mu_0}{\sigma}\right)}$ 를 만족하는 n 값을 구한다.

[예제 1] 정규분포 고장률 샘플링 계획의 예

표준편차, σ,가 1626.76시간인 정규분포를 따르는 유니트를 고려하자. 시험시간(t) 1000시간에서 로트허용고장률, λ_1, 0.00001/시간을 신뢰수준 90%로 보증하기 위한 샘플링 검사에서 표본의 수는 다음과 같이 구할 수 있다.

Step 1. $h(t) = \dfrac{\phi\left(\dfrac{t-\mu}{\sigma}\right)}{\sigma\left[1-\Phi\left(\dfrac{t-\mu}{\sigma}\right)\right]} = \lambda_1$을 만족하는 μ를 구하면 μ_0=5118.84시간이 된다.

Step 2. 이를 이용하여 분포함수의 값을 계산하면

$$F(1000) = \Phi\left(\frac{1000-5118.84}{1626.76}\right) = 0.005672$$

가 되며,

Step 3. 허용고장개수 c에 따라 $n \geq \dfrac{\chi^2_{0.1}[2(c+1)]}{2(0.005672)}$를 만족하는 n 값을 구한다.

허용고장개수 c의 여러 값에 대한 계산 결과는 아래의 표와 같다.

허용고장 개수	0	1	2	3	4	5
시료의 수	366.73	619.52	847.69	1064.05	1273.14	1477.18

다음은 대수정규분포의 샘플링 계획에 대해 설명한다. 모수가 μ와 σ^2인 대수정규분포의 확률밀도함수와 누적분포함수 및 고장률 함수는 각 각 다음과 같다.

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma t}\exp\left(-\frac{[\ln(t)-\mu]}{2\sigma^2}\right) = \frac{1}{\sigma t}\phi\left(\frac{\ln(t)-\mu}{\sigma}\right)$$

$$F(t) = \int_{-\infty}^{t}\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x}\exp\left(-\frac{[ln(x)-\mu]}{2\sigma^2}\right)dx = \int_{-\infty}^{t} f(x)\,dx = \Phi\left(\frac{ln(t)-\mu}{\sigma}\right)$$

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\phi\left(\dfrac{ln(t)-\mu}{\sigma}\right)}{\sigma t\left[1-\Phi\left(\dfrac{ln(t)-\mu}{\sigma}\right)\right]}$$

아이템의 수명이 분산, σ^2,이 알려진 대수정규분포를 따르는 경우 t시간 동안 시험을 실시하여 로트허용고장률, λ_1,을 신뢰수준 $100(1-\beta)\%$로 보증하기 위한 시험에서 표본의 수는 다음과 같은 절차에 의하여 구할 수 있다.

Step 1. $h(t) = \dfrac{f(t)}{R(t)} = \dfrac{\phi\left(\dfrac{ln(t)-\mu}{\sigma}\right)}{\sigma t\left[1-\Phi\left(\dfrac{ln(t)-\mu}{\sigma}\right)\right]} = \lambda_1$을 만족하는 μ을 구한다.

이 값을 μ_0라 하자.

Step 2. $F(t)=\Phi\left(\dfrac{ln(t)-\mu_0}{\sigma}\right)$를 계산한다.

Step 3. $n \geq \dfrac{\chi^2_\beta[2(c+1)]}{2\Phi\left(\dfrac{ln(t)-\mu_0}{\sigma}\right)}$를 만족하는 n 값을 구한다.

[예제 3.2] 대수정규분포 고장률 샘플링 계획의 예

형상모수, σ ,가 0.6768시간인 대수정규분포를 따르는 아이템을 고려하자. 시험시간(t) 1000시간에서 로트허용고장률, λ_1, 0.00001/시간을 신뢰수준 90%로 보증하기 위한 샘플링 검사에서 표본의 수는 다음과 같이 구할 수 있다. 허용고장개수(c)에 따라 표본의 수는 아래의 표와 같이 된다.

Step 1. $h(t)=\dfrac{\phi\left(\dfrac{ln(1000)-\mu}{0.6768}\right)}{0.6768(1000)[1-\Phi\left(\dfrac{ln(1000)-\mu}{0.6768}\right)]}=0.00001$을 만족하는 μ를 구하면 μ_0=8.841이 된다.

Step 2. 이를 이용하여 분포함수의 값을 계산하면

$$F(1000)=\Phi\left(\frac{ln(1000)-8.841}{0.6768}\right)=0.002144$$

가 되며

Step 3. 허용고장개수 c에 따라 $n \geq \dfrac{\chi^2_{0.1}[2(c+1)]}{2(0.002144)}$를 만족하는 n 값을 구한다.

허용고장개수 c의 여러 값에 대한 계산 결과는 아래의 표와 같다.

허용고장 개수	0	1	2	3	4	5
시료 수	1073.86	1814.05	2482.18	3115.72	3727.98	4325.40

4. 결 론

수명시험의 일반적인 목적은 시험에 통과한 아이템에 대하여 평균수명이나 메디안수명을 보증하는 것이다. Gupta(1962)는 아이템의 수명분포가 정규분포나 대수정규분포를 따르는 경우 평균수명을 보증하기 위한 수명시험을 위한 샘플링 계획을 제안하였다. 본 논문에서는 Gupta(1962)가 제안한 방법에 근거하여 아이템의 분포가 정규분포나 대수정규분포를 따르는 경우 고장률 보증시험을 위한 샘플링 계획에 대해 제안하였다. 본 논문에서는 얻어진 결과들이 어떻게 적용되는지 보여주기 위하여 간단한 경우의 예에 대한 샘플링 계획의 결과만 제시하고 있다. 기타의 샘플링 계획에 관한 테이블은 저자들을 통하여 얻을 수 있다.

참고문헌

[1] 강보철, 조재립(2002), 소비자보호를 위한 선별형샘플링검사와 신뢰성샘플링검사의 최적설계에 관한 연구, 품질경영학회지, 30권, 1호, 74~96.

[2] 이상용(1999), 신뢰성 공학, 형설출판사.

[3] 전영록(1995), 지수수명분포에 대한 가속수명시험 샘플링검사방식의 설계, 품질경영학회지, 23권, 1호, 12~26.

[4] 전영록(2002), 평균 출검 고장률을 고려한 고장률 시험방법에 대한 연구, Journal of the Korean Institute of Plant Engineering, 7권, 3호, 5-17.

[5] 조재립(2000), 비용을 고려한 신뢰성샘플링검사 설계에 관한 연구, 산업경영시스템학회지, 23권, pp.97~103.

[6] Goode, H. P. & Kao, J. H.(1961), Sampling Plan Based on the Weibull Distribution, Proceedings of the 7th National Symposium on Reliability and Quality Control, pp. 24-40.

[7] KS-C-6032(1991), 전자부품의 고장률 시험방법 통칙, 한국표준협회.

[8] Gupta, S. S.(1962). Life Test Sampling Plans for Normal and Lognormal Distributions. Technometrics, Volume 4, 151-175.

[9] MIL-STD-690C(1993), Failure Rate Sampling Plan and Procedures, U.S. Department of Defense, Washington D.C.