

신뢰성 시험 적용 모델

-Application Guide of Reliability Test-

최성운 *
Choi Sung Woon

Abstract

This paper introduces statistical test principles, statistical procedures and tests for exponential distribution. This paper also shows compliance test plans for success ratio and constant failure rate, and goodness-of-fit tests for Weibull distribution. Moreover, this paper presents procedures for comparison of two constant failure rates, and dependability of products containing reused parts.

Keywords : Statistical Procedures, Compliance Test, Exponential, Weibull Distribution

1. 서론

- 통계적 시험 원칙
- 지수분포 통계적 절차
- 일정 고장률 검정
- 적합 시험계획
- 일정 고장률 적합성 시험
- 신뢰성 자료 분석
- 적합도 검정
- 재사용제품 신인성

2. 신뢰성 시험

2.1 통계적 시험원칙[1]

2.1.1 통계적 시험 계획의 형태

* 경원대학교 산업공학과 교수

- a) 축차 중단 시험: 수리, 비수리, 교체, 비교체 제품: 합격 및 불합격 일정 고장률/고장 강도→IEC 61124, 재사용, 재사용 불가제품: 고장 비율/성공 비율→IEC 61123
- b) 고정 시간/고장수: 수리, 비수리, 교체, 비교체 제품: 합격 및 불합격 일정 고장률/고장 강도→IEC 61124, 종결 시험: 재사용, 재사용 불가제품: 고장 비율/성공 비율→IEC 61123
- c) 교차 시간/고장수: 수리, 비수리, 교체, 비교체 제품: 합격 및 불합격 일정 고장률/고장 강도→IEC 61124, 종결 시험: 재사용, 재사용 불가제품: 고장 비율/성공 비율→IEC 61123
- d) 정해진 일자에 시험 종결(비수리, 비교체): 수리, 비수리, 교체, 비교체 제품: 합격 및 불합격 일정 고장률/고장 강도→IEC 61124

2.1.2 고장 자료 분석에 대한 적합한 모형

- a) 비수리: 일 정: 고장까지(운용)시간, 고장수: 고장 시간 지수 분포를 따름, 비일정: 고장까지(운용)시간, 고장수
- b) 수리가능: 일 정: 고장간(운용)시간, 고장수: 점추이: 고장간 시간 지수 분포: 고장수 HPP 따름, 비일정: 연속 고장간(운용) 시간: 추이: 고장간 시간 멱법칙 따름: 고장수 NHPP 따름

2.1.3 적합도 시험 절차

- a) 일정 고장률: IEC 60605-6→계산 방법은 최소 10개의 고장 시간 관측 자료: 합격 또는 불합격, IEC 60605-4, IEC 60605-6→그래프 방법은 최소 4개의 고장 시간 관측 자료, 완결 또는 단일 결측 자료
- b) 일정 고장 강도: IEC 60605-6→단일 수리 가능 제품에 대해 최소 6개의 고장간 시간: 합격 또는 불합격
- c) 와이블: IEC 61649, IEC 60605-4→비수리 제품에 대하여 최소 10개의 고장 시간 자료, 완결 또는 단일 결측 자료, 그래프 방법은 최소 4개의 고장 시간 자료: 합격 또는 불합격
- d) 누승 법칙 모형: IEC 61164, IEC 61710→수리 가능 제품에 대하여 시간 종결 또는 고장수 종결 시험 자료, 관측 자료는 누적 고장 시간 또는 시간 구간에서 고장수: 합격 또는 불합격

2.1.4 신뢰성 척도의 점 추정과 구간 추정 절차

- a) 지수분포: IEC 60605-4→관련 고장수와 누적 관련 시간: 계산 방법은 고장률, 평균 고장 시간, 신뢰한계 및 고장 강도
- b) 와이블: IEC 61649, IEC60605-4→계산 방법은 비수리 제품의 고장 시간 관측 자료, 그래프 방법은 고장 시간 관측 자료: 형상 모수와 척도 모수의 점 추정값 및 신뢰 구간, 신뢰도 함수에 대한 신뢰 하한, 자료 모수, 척도 모수, 특성 수명
- c) 먹법칙 모형: IEC61164→관련 고장의 그룹에 대한 시간 자료 또는 각 관련 고장 시간 자료: 고장 강도, 형상 및 척도 모수, MTBF,형상 모수의 신뢰 구간, 현상 MTBF
- d) 이항 분포: IEC60605-4, ISO11453→고장/성공수, 시험횟수: 성공률, 신뢰구간

2.1.5 신인성 척도의 적합성 시험 절차

- a) 성공 또는 실패율: IEC 61123→성공 또는 실패율과 합격 고장수: 합격 또는 불합격
- b) 일정 고장률 또는 고장 강도: IEC 61124→관련 고장의 관측수와 누적 관련 시간 또는 관련 달력 시간: 합격 또는 불합격
- c) 안정 상태 가용도: IEC 61070→단일 수리 제품에 대한 가동 시간과 수리 시간.
모든 고장 시간은 지수 분포일 것. 예방 정비 시간은 정비 시간에 포함되지 않음.: 합격 또는 불합격

2.1.6 비교 시험 절차

- a) 일정 고장률: IEC 64650→고장 시간의 합계와 관련 고장수: 합격 또는 불합격
- b) 일정 고장 강도: IEC 61650→작동 시간으로 계산한 누적 관련 시간과 관련 고장수 : 합격 또는 불합격

2.1.7 비수리 제품에 대한 신뢰성

- a) 일정 고장률과 고장 강도의 가정을 확인하기 위한 시험 : IEC 60605-6
- b) 지수 분포에 대한 점 추정과 신뢰 구간 : IEC 60605-4
- c) 와이블 분포에 대한 적합도 검정 : IEC 61649
- d) 와이블 분포에 대한 점 추정과 신뢰 구간 : IEC 61649
- e) 이항 분포에 대한 점 추정과 신뢰 구간 : ISO 11453

2.1.8 수리 가능 제품에 대한 신뢰성

- a) 고장 강도에 대한 시험 : IEC 60605-6
 b) 누승 법칙 모델에 대한 파라미터 추정 : IEC 61164

2.1.9 적합성 시험에 필요한 문서

- a) 일정 고장률 및 일정 고장 강도 확인을 위한 시험 : IEC 60605-6
 b) 일정 고장률 및 일정 고장 강도 적합성 시험 계획 : IEC 61124
 c) 성공 실패 비율 적합성 시험 계획의 준비 및 적용 : IEC 61123

2.1.10 2개의 신뢰성 척도 비교 시험에 필요한 문서

- a) 일정 고장률 및 일정 고장 강도 확인을 위한 시험 : IEC 60605-6
 b) 2개의 일정 고장률과 2개의 일정 고장 강도 비교 : IEC 61650

2.2 지수분포 통계적 절차[2]

2.2.1 시간 종결 시험

- a) 점 추정값

$$\hat{\lambda} = \frac{r}{T^*}, \quad \hat{m} = \frac{T^*}{r}$$

- b) 신뢰 한계

- i) 복원

- ㉞ λ 에 대한 한쪽 신뢰 상한과 m 에 대한 한쪽 신뢰 하한

$$\lambda_{L1} = \frac{\chi_a^2(2r+2)}{2T^*}, \quad m_{L1} = \frac{2T^*}{\chi_{1-a}^2(2r+2)}$$

- ㉞ λ 에 대한 한쪽 신뢰 하한과 m 에 대한 한쪽 신뢰 상한

$$\lambda_{L1} = \frac{\chi_a^2(2r)}{2T^*}, \quad m_{U1} = \frac{2T^*}{\chi_a^2(2r)}$$

- ㉞ 양쪽 신뢰 한계: λ_{L2} 와 λ_{U2}

$$\lambda_{L2} = \frac{\chi_{a/2}^2(2r)}{2T^*}, \quad \lambda_{U2} = \frac{\chi_{1-a/2}^2(2r+2)}{2T^*}, \quad m_{L2} = \frac{2T^*}{\chi_{1-a/2}^2(2r+2)}, \quad m_{U2} = \frac{2T^*}{\chi_{a/2}^2(2r)}$$

- ii) 비복원

- ㉞ 한쪽 신뢰 상한: λ_{U1}

$$\lambda_{U1} = \frac{\chi_{1-a}^2(2r+1)}{2T^*}, \quad m_{L1} = \frac{2T^*}{\chi_{1-a}^2(2r+1)}$$

㉑ λ 에 대한 한쪽 신뢰 하한: λ_{L1}

$$\lambda_{L1} = \frac{\chi_a^2(2r+1)}{2T^*}, \quad m_{U1} = \frac{2T^*}{\chi_a^2(2r+1)}$$

㉒ 양쪽 신뢰 한계: λ_{L2} 와 λ_{U2}

$$\lambda_{L2} = \frac{\chi_{a/2}^2(2r+1)}{2T^*}, \quad \lambda_{U2} = \frac{\chi_{1-a/2}^2(2r+1)}{2T^*}$$

$$m_{L2} = \frac{2T^*}{\chi_{1-a/2}^2(2r+1)}, \quad m_{U2} = \frac{2T^*}{\chi_{a/2}^2(2r+1)}$$

㉓ 고장 시간이 알려져 있지 않을 때의 처리

단계 1. $R_{L2} = \left\{ 1 + \frac{r}{(n-r+1)F_{1-a/2}(2n-2r+2, 2r)} \right\}^{-1}$

$$R_{U2} = \left\{ 1 + \frac{(r+1)F_{1-a/2}(2r-2, 2n-2r)}{(n-r)} \right\}^{-1}$$

단계 2. $m_{L2} = \frac{t}{\ln(1/R_{L2})}$

단계 3. $m_{U2} = \frac{t}{\ln(1/R_{U2})}$

2.2.2 분석적 처리: 고장 종결 시간

a) 점 추정값

$$\hat{\lambda} = \frac{r}{T^*}, \quad \hat{m} = \frac{T^*}{r}$$

b) 신뢰구간

㉑ 상위 한쪽 신뢰구간: 상한 λ_{U1}

$$\lambda_{U1} = \frac{\chi_{1-a}^2(2r)}{2T^*}, \quad m_{L1} = \frac{2T^*}{\chi_{1-a}^2(2r)}$$

㉒ 하위 한쪽 신뢰구간: 하한 λ_{L1}

$$\lambda_{L1} = \frac{\chi_a^2(2r)}{2T^*}, \quad m_{U1} = \frac{2T^*}{\chi_a^2(2r)}$$

㉓ 양쪽 신뢰 구간

$$\lambda_{L2} = \frac{\chi_a^2(2r)}{2T^*}$$

2.2.3 미래 기간에서 고장수에 대한 예측 구간

a) 양쪽 예측 구간

단계1. $\frac{w_f}{r_{L2}+1} \leq \left(\frac{w_e}{r} \right) F_{1-a/2}(2r_{L2}+2, 2r)$

단계 2. $\frac{r_{\text{U}}}{w_f} \leq \left(\frac{r+1}{w_p}\right) F_{1-\alpha/2}(2r+2, 2r_{\text{U}})$

b) 한쪽 예측 구간

2.2.4 허용 구간

a) 상위 포아송 허용 한계

$$\Pr(r \geq J) = 1 - \text{Poiss}(J-1; w, \lambda) \geq P\%$$

b) 하위 포아송 허용 한계

2.3 일정 고장률 검정[3]

2.3.1 일정 고장률에 대한 검정

$$T_i = \sum_{k=1}^i t_k + (n-i)t_i, \quad T^* = \sum_{k=1}^r t_k + (n-r)t_r$$

a) 샘플수가 10~40개 사이인 경우: 수리적 절차

$$\chi^2 = 2 \sum_{i=1}^d \ln\left(\frac{T^*}{T_i}\right)$$

b) 샘플수가 40보다 큰 경우: 수리적 절차

$$E = w \frac{d}{T^*}, \quad \chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(O_i - E)^2}{E}$$

c) 샘플수가 4~9 사이인 경우: 그래프적 절차

$$F(i, n) = \frac{n+0.4}{n-i+0.7}$$

d) 일정 고장률 가정이 기각되는 경우

2.3.2 일정 고장 강도에 대한 가설 검정

a) 고장 시간의 수가 6이상인 경우: 수리적 절차

$$U = \frac{\sum_{i=1}^r T_i - r \frac{T^*}{2}}{T^* \sqrt{\frac{r}{12}}}, \quad U = \frac{\sum_{i=1}^{r-1} T_i - (r-1) \frac{T_r}{2}}{T_r \sqrt{\frac{r-1}{12}}}$$

b) 일정 고장 강도 가정이 기각되는 경우

2.4 적합 시험계획[4]

2.4.1 절단 축차 시험 계획

a) 특성

b) 의사 결정 기준

- $sn_s - h > r$ 이면 채택
- $sn_s - h > r < sn_s + h$ 이면 검사 계속
- $r > sn_s + h$ 이면 기각

c) 검사 특성 곡선

q	p_a
1.0	1.0
q_0	$1 - a$
$1 - s$	0.5
q_1	β
0.0	0.0

d) 의사 결정까지의 기대 시행 수

q	n_s
1.0	$\frac{h}{s}$
q_0	$\frac{h(1-2a)}{s-(1-q_0)}$
$1 - s$	$\frac{h^2}{s(1-s)}$
q_1	$\frac{h(1-2\beta)}{(1-q_1)-s}$
0.0	$\frac{h}{1-s}$

2.4.2 고정 시행/고장 중단 시험 계획

a) 특성

b) 의사 결정 기준

- $n = n_f$ 에서 $r \leq c$ 이면 채택
- $n = n_f$ 에서 $r > c$ 이면 기각

2.5 일정고장률 적합성시험[5]

2.5.1 대체 시간/고장 종료 시험 계획의 설계

a) 누적 포아송 분포

$$f(c) = \frac{\rho^c e^{-\rho}}{c!}$$

$$F(c) = \sum_{i=0}^c f(i) = e^{-\rho} \sum_{i=0}^c \frac{\rho^i}{i!}$$

b) $\rho_0 \leq 5$ 에 대한 c 와 D 의 결정

단계 1. $c_1 = \left[\rho_0 + u_{1-\alpha} \sqrt{\rho_0} - 0.5 + \frac{u_{1-\alpha}^2}{8} \right]$ 반올림

단계 2. $h(i+1) = h(i) \frac{\rho}{i+1}$, $h(0) = e^{-\rho}$

단계 3. α 로 d 를 비교

단계 4. $\beta = d'$ 로 놓고 $P(c)$ 를 β 로 수렴하고 P 는 D_1 로 수렴하는 방식으로 반복하여 P_1 을 계산한다.

단계 5. $D = P_1/P_0$ 으로부터 D 값

c) OC 곡선의 결정

단계 1. $P_a(b, c) = P(c)$

단계 2. $P_a = y = \phi(u_y)$

$$u_r = \sqrt{9(c+1)} \times \left[\sqrt{3} \phi^{-1} \left(\frac{\rho}{c+1} - 1 + \frac{1}{9(c+1)} \right) \right]$$

단계 3. $P_a = y = \phi(u_y)$

$$u_r \approx 2 \left[2\sqrt{\rho} - \sqrt{2(\rho + c + 0.5)} \right]$$

d) 역 OC 곡선의 결정

단계 1. $y = P_a = \phi(u_y)$, $P_a = P(c)$

단계 2. $\rho \approx (c+1) \times \left[1 - \frac{1}{9(c+1) + u_r \sqrt{\frac{1}{9(c+1)}}} \right]^3$

단계 3. $\rho \approx c + 0.5 + 3 \frac{u_r^2}{8} + u_r \sqrt{c + 0.5 + \frac{u_r^2}{8}}$

e) $\rho > 5$ 에서 D 와 c 의 결정

단계 1. c 값을 계산한다.

단계 2. $D = \left[1 + \frac{u_{1-\alpha}}{\sqrt{\rho_0}} \right]$

단계 3(선택). $P = P_0$ 에서 $a' = \beta$ 를 계산

단계 4(선택). D 값을 계산

f) c 와 $a = \beta$ 또는 $a' = \beta$ 의 결정

단계 1. $y = a = \beta$

$$y_t = \phi(u_{yt})$$

$$u_{yt} = \sqrt{\rho_0} \times (\sqrt{D} - 1)$$

단계 2. c 값, c_t 를 계산

단계 3. c_t , D , a' , β 를 계산

g) c 와 n 또는 t_t 의 결정

단계1. $\rho_{0t} \approx \left[\frac{u_{1-a}}{\sqrt{D-1}} \right]^2, u_{1-a} = u_r$

단계2. c_a , c_t 를 계산

단계3. c_b , D , a' 와 β 를 계산

단계4. $n = \frac{\rho_{0t}}{\lambda_1 t_1^*}$ 혹은 $t_1^* = \frac{\rho_{0t}}{\lambda_0 n}$ 을 이용하여 n 또는 t_1^* 를 계산

h) $\alpha \neq \beta$ 에서 D 와 c 의 결정

단계1. $y = (\alpha + \beta)/2$

단계2. OC곡선을 사용하여 추출된 C값이 규정된 α 와 β 값과의 적절한 합의에 따라 a' 와 β 를 결정해 주는지를 계산

3. 신뢰성 데이터 분석

3.1 신뢰성 자료분석[7]

3.1.1 정확한 일반적 방법

a) 이항 분포를 이용

$$\cdot \frac{r_1}{T_1^*} = \widehat{W} < \frac{r_2}{T_2^*} = \widehat{W}_2$$

$$\cdot r = r_1 + r_2$$

$$\cdot p = \frac{T_1^*}{T_1^* + T_2^*}$$

$$\cdot a = \sum_{x=0}^{r_1} \binom{r}{x} P^x (1-p)^{r-x}$$

$$\cdot a < a_0, W_1 < W_2$$

$$a > a_0, W_1 = W_2$$

b) 분포를 이용

$$\cdot f = \frac{r_2}{r_1 + 1} \times \frac{T_1^*}{T_2^*}$$

$$\cdot f_c = F_{1-a_0}(V_1, V_2)$$

$$\cdot V_1 = 2(r_1 + 1)$$

$$\cdot V_2 = 2r_2$$

$$\cdot f > f_c, W_1 < W_2$$

$$f < f_c, W_1 = W_2$$

3.1.2 $T_1^*=T_2^*$ 경우의 방법

a) 그래프 방법에 대한 $r \leq 250$

- $r_1 < r_2 \leq 250$
- $r = r_1 + r_2$
- 플롯

b) $r > 8$ 에 대한 수치적 근사 방법

- $r_1 < r_2$

$$\cdot u = \frac{u_1 + u_2}{\sqrt{r}}$$

$$\cdot u_1 = \frac{r_2 - r_1 - 1}{\sqrt{r}}$$

$$u_2 = \sqrt{2} \times \left(\sqrt{r_2 - \frac{1}{2}} - \sqrt{r_1 + \frac{1}{2}} \right)$$

3.2 적합도 검정[6]

3.2.1 적합도 검정

단계1. 고장 시간을 오름차순으로 정렬

$\ln(t_1) = x_1$, $\ln(t_2) = x_2$, $\ln(t_r) = x_r$ 을 계산

$$\text{단계2. } l_i = \frac{x_{i+1} - x_i}{\ln \left[\ln \left(\frac{4(n-i-1)+3}{4n+1} \right) / \ln \left(\frac{4(n-\hat{i})+3}{4n+1} \right) \right]}$$

$$\text{단계3. } H = \frac{\sum_{i=\lfloor r/2 \rfloor + 1}^{r-1} l_i}{\sum_{i=1}^{\lfloor r/2 \rfloor} l_i} \quad \frac{1}{\lfloor r/2 \rfloor}$$

단계4. $H \geq F_{\alpha}(2[(r-1)/2])$ 이 성립되면 데이터가 와이블 분포를 따른다는 가설을 100%의 유의 수준에서 기각

3.2.2 k와 b의 점 추정값

단계1.

$$\left[\frac{\sum_{i=1}^r t_i^k \ln(t_i) + (n-r)T^k \ln(T)}{\sum_{i=1}^r t_i^k + (n-r)T^k} - \frac{1}{k} \right] - \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \ln(t_i) = 0$$

단계2.

$$\hat{b} = \left\{ \frac{1}{r} \left[\sum_{i=1}^r t_i^k + (n-r)T^k \right] \right\}^{\frac{1}{k}}$$

3.2.3 k의 구간 추정

단계1. $C = 2.14628 - 1.361119q$

$$k_1 = x^{\frac{2}{2}} [(r-1)C], \quad k_2 = x^{2(1-a)/2} [(r-1)C]$$

단계2. $w_1 = \left[\frac{k_1}{rC} \right]^{\frac{1}{1+q^2}}; \quad w_2 = \left[\frac{k_2}{rC} \right]^{\frac{1}{1+q^2}}$

단계3. $[w_1 \hat{k}; w_2 \hat{k}]$

3.2.4 b의 구간 추정

단계1. $A_4 = 0.49q - 0.134 + 0.622q^{-1}$

$$A_5 = 0.2445(1.78 - q)(2.25 + q)$$

$$A_6 = 0.029 - 1.083 \ln(1.325q)$$

단계2. $A_3 = -A_6 x^2$

$$d_1 = \frac{A_3 + x \sqrt{x^2(A_6^2 - A_4 A_5) + r A_4}}{r - A_5 x^2}; \quad d_2 = \frac{A_3 - x \sqrt{x^2(A_6^2 - A_4 A_5) + r A_4}}{r - A_5 x^2}$$

$$A_1 = \exp(-d_1 / \hat{k}); \quad A_2 = \exp(-d_2 / \hat{k})$$

단계3. $d_3 = t(1 - \gamma/2)(n-1)$

$$A_1 = \exp\left(\frac{-1.053d_3}{\hat{k} \sqrt{n-1}}\right); \quad A_2 = \exp\left(\frac{-1.053d_3}{\hat{k} \sqrt{n-1}}\right)$$

단계4. $[A_1 \hat{b}; A_2 \hat{b}]$

3.2.5 평균 고장 시간

$$\hat{m} = \hat{b} (1 + 1/\hat{k})$$

3.2.6 백분위수 점 추정값

$$\hat{B}_{10} = \hat{b} \left[\ln\left(\frac{1}{0.9}\right) \right]^{1/\hat{k}}$$

3.2.7 백분위수 신뢰 하한

단계1. $h_1 = \ln[-\ln(0.9)]$

$$\text{단계2. } \delta_1 = \frac{-A_6x^2 - rh_1 + x\sqrt{(A_6^2 - A_4A_5)x^2 + rA_4 + 2rh_1A_6 + rA_5h_1^2}}{r - x^2A_5}$$

$$\text{단계3. } Q_1 = \exp\left(-\frac{\delta_1 + h_1}{k}\right)$$

$$\text{단계4. } B_{10 \text{ 하한}} = Q_1 \widehat{B}_{10}$$

3.2.8 시점 t에서의 점 추정값

$$\widehat{R}(t) = \exp[-(t/\widehat{b})^k]$$

3.2.9 시점 t에서의 신뢰하한

$$\text{단계1. } C_1 = \widehat{k} \ln(b/t) \text{와 } A_0 = A_4 + C_1^2 A_5 - 2C_1 A_6$$

$$\text{단계2. } R_{1-\alpha \text{ 하한}} = \exp\left(-\exp\left[-C_1 + x\sqrt{\frac{A_0}{r}}\right]\right)$$

3.3 재사용 제품 신인성[8]

3.3.1 재사용 부품을 포함한 제품에 대한 인증 시험

a) 현상태의 평가

- 새 부품만으로 만들어진 제품에 실시되는 것과 같은 목시 검사, 측정 및 기능 시험
- 소비 지수의 평가, 가동 시간 측정값의 평가 등. 잔존 사용 수명에 대한 정보를 제공함으로써 어떤 부품이 재사용될 수 있는 것인지 결정하는데 도움을 주기 위해 설계
- 제품의 승인된 재사용 부품이 외견상 원상태를 유지하고 있는지 조사
- 만약 기계적인 구조에 어떠한 방법으로 부하가 전달되고 있다면 적절한 검사 또는 시험

- 소프트웨어의 상태 평가

b) 신뢰성 평가

c) 최종검사와 시험(Final Inspection and Testing)

3.3.2 재사용을 위한 설계

- a) 자원의 절약, b) 낭비 감소, c) 생산과 관련하여 방출량의 감소, d) 몇 세대에 걸친 제품 설계, e) 모듈 방식, f) 개선 가능성, g) 유지 가능성, 접근성, h) 제품 분해의 용이성, i) 호환성, j) 상호 작동 가능성, k) 시험 가능성, l) 파손에 대비한 강한 설계
- m) 물질의 재사용 가능성

4. 결 론

- 통계적 시험 원칙 : 통계적 시험 계획의 형태, 고장 자료 분석에 대한 적합한 모형, 신뢰성 척도의 점 추정과 구간 추정절차.
- 지수분포 통계적 절차 : 시간 종결 시험, 분석적 처리, 고장 종결시간, 허용구간
- 일정 고장률 검정 : 일정 고장 강도에 대한 가설 검정.
- 적합 시험계획 : 절단 축차 시험계획, 고정시행, 고장 중단 시험계획.
- 일정 고장률 적합성 시험 : 대체시간/고장종료 시험 계획의 설계.
- 신뢰성 자료 분석 : 정확한 일반적 방법, 수치적 근사 방법.
- 적합도 검정 : 점 추정값, 구간추정, 평균 고장시간, 백분위수 신뢰 하한, 시점에서의 점 추정값.
- 재사용 제품 신인성 : 재사용 부품을 포함한 제품에 대한 인증 시험, 재사용을 위한 설계.

5. 참 고 문 헌

- [1] KS A IEC 60300-3-5 : 신인성관리 - 제3부 : 적용지침 - 제5장 : 신뢰성 시험 조건과 통계적 시험원칙, 한국표준협회, 2003.
- [2] KS A IEC 60605-4 : 장비신뢰성시험 - 제4부 : 지수분포에 대한 통계적 절차 - 점추정값, 신뢰구간, 예측 구간 및 허용구간, 한국표준협회, 2003.
- [3] KS A IEC 60605-6 : 장비 신뢰성 시험 - 제 6부 : 일정 고장률 또는 일정고장 강도 가정의 타당성에 대한 검정, 한국표준협회, 2003.
- [4] KS A IEC 61123 : 신뢰성 시험 - 성공비에 대한 적합 시험계획, 한국표준협회, 2003.
- [5] KS A IEC 61124 : 신뢰성 시험 - 일정 고장률 및 일정 고장강도에 대한 적합성 시험, 한국표준협회, 2003.
- [6] KS A IEC 61649 : 적합도 검정, 와이블 분포 자료에 대한 신뢰구간 및 신뢰하한, 한국표준협회, 2003.
- [7] KS A IEC 61650 : 신뢰성 자료 분석 기법 - 두 일정 고장률과 두 일정 고장(사건) 강도의 비교 절차, 한국표준협회, 2003.
- [8] KS A IEC 62309 : 재사용 부품을 포함하는 제품의 신인성 - 기능 및 시험에 대한 요구사항, 한국표준협회, 2005.