信賴性應用硏究
제5권, 제2호. pp.203-207, 2005

"$B_{6\sigma}$ 수명" 척도의 성질

김 철

한국기계연구원

Properties of "$B_{6\sigma}$ Life" Measure

Chul Kim

Korea Institute of Machinery & Material

1. 서 론

신뢰성응용연구 전번 호(5권 1호 2005년 3월)를 통해서 $B_{6\sigma}$수명척도를 제안한바 있다. $B_{6\sigma}$수명은 품질과 신뢰성을 연결하는 척도로서 품질수준과 신뢰성수준을 동시에 나타내도록 한 것이다. $B_{6\sigma}$수명 척도가 통계적으로나 품질공학, 신뢰성공학 측면에서 의미를 갖는 척도이고 또 충분히 적용할 만한 가치가 있는 척도인지는 아직 연구가 되지 않았다. 본 호에서는 $B_{6\sigma}$수명척도의 유용성을 검토하는데 다소나마 참고가 될 수 있는 몇 가지 성질을 살펴본다.

2. 몇 가지 성질

$B_{6\sigma}$수명은 제품의 품질이 6σ의 품질수준을 유지하고 있는 시간(신뢰성응용연구 5권 1호)으로 정의 하였으며 제품에서 고장이 발생한다는 것은 품질 면에서는 그 제품의 어떤 성능이 규격한계를 벗어나서 사용이 불가능해진다는 것을 의미하고 그 역도 성립 한다는 가정(신뢰성응용연구 5권 1호)을 전재로 하였다. 즉 여기서 제시하는 $B_{6\sigma}$수명척도의 몇 가지 성질은 품질불량 정의와 신뢰성 고장 정의 자체는 다르더라도 불량과 고장은 1 : 1 대응한다는 강한 가정 하에서 성립한다. 따라서 본 척도에 대한 유용성이 높아지기 위해서는 위 가정을 좀 완화시키는 대안이 필요하다고 본다. 여하튼 설정한 가정 하에서 $B_{6\sigma}$ 수명의 몇 가지 성질을 규명해 본다.

2.1 $B_{6\sigma} = B_{0.00034}$ 이다.(신뢰성응용연구 5권 1호)

2.2 $B_{10} = B_{2.785\sigma}$이다.(신뢰성응용연구 5권 1호)

2.3 Weibull 분포에서 $B_{6\sigma} = B_{10} \cdot [3.23 \times 10^{-5}]^{\frac{1}{\beta}}$ 이다.(신뢰성응용연구 5권 1호)

2.4 Weibull 분포에서 $B_{6\sigma} = \theta[3.4 \times 10^{-6}]^{\frac{1}{\beta}}$ 이다.

신뢰도 함수 $R(t) = \exp[-(\frac{t}{\theta})^{\beta}]$와 2.1로부터 $1 - 3.4 \times 10^{-6} = \exp[-(\frac{B_{6\sigma}}{\theta})^{\beta}]$이므로 이를 $B_{6\sigma}$에 대해서 정리하면 아주 작은 α에 대해서 $-\ln(1-\alpha)=\alpha$ 이므로 $B_{6\sigma} = \theta[-\ln(1-3.4\times10^{-6})]^{\frac{1}{\beta}}$ $= \theta[3.4 \times 10^{-6}]^{\frac{1}{\beta}}$ 이다.

<예제-1> 어떤 실린더의 수명이 특성수명(θ)이 100만 cycle이고 β=2인 Weibull분포를 따른다면 $B_{6\sigma} = \theta[3.4 \times 10^{-6}]^{\frac{1}{\beta}} = 10^6 \times [3.4 \times 10^{-6}]^{\frac{1}{2}} = 1,844$ cycle이다.

<표 1> θ와 β에 따른 몇 가지 $B_{6\sigma}$수명 예

β	1	1	2	2	3	3
θ	10만	100만	10만	100만	10만	100만
$B_{6\sigma}$	0.34	3.4	184	1,844	1,504	15,037

주기-1 : 2.4성질은 어떤 제품의 수명이 Weibull분포를 따른다는 것만으로 $B_{6\sigma}$수명이 결정되는 것으로 설명된다. 이것은 일단 시간 t=0에서 규격에 합격되는 부품으로만 구성된 제품을 대상으로 하여 수명이 Weibull분포를 따른다는 것을 가정하기 때문이다.

2.5 $B_{5\sigma} = B_{6\sigma}\cdot(68.5)^{\frac{1}{\beta}}$ 이다

$B_{5\sigma}$= $B_{0.0233}$(신뢰성응용연구 5권 1호)와 2.4로부터 $\theta = \dfrac{B_{6\sigma}}{[3.4\times 10^{-6}]^{\frac{1}{\beta}}}$ 를 $R(t) = \exp[-(\frac{t}{\theta})^{\beta}]$ 에 대입하면 $1-0.000233 = \exp[-(\dfrac{B_{5\sigma}}{\theta})^{\beta}] = \exp[-(\dfrac{B_{5\sigma}[3.4\times 10^{-6}]^{\frac{1}{\beta}}}{B_{6\sigma}})^{\beta}]$ 이므로 이를 $B_{5\sigma}$에 대해서 정리하면 $B_{5\sigma} = B_{6\sigma}\cdot[\dfrac{-\ln(1-0.000233)}{3.4\times 10^{-6}}]^{\frac{1}{\beta}} = B_{6\sigma}\cdot(68.5)^{\frac{1}{\beta}}$ 이다.

<예제-2> 어떤 부품의 수명이 β=2인 Weibull분포를 따르고 $B_{6\sigma}$=10,000시간이면 $B_{5\sigma}$ =82,765시간이다.

2.6 $B_{6\sigma}$수명 확인을 위한 무고장 시험시간

어떤 부품의 수명이 Weibull 분포를 따를 때 신뢰수준 C, sample수 n으로 부품의 $B_{6\sigma}$ 수명을 확인하기 위한 무고장 시험시간 t는 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$t = B_{6\sigma}[\frac{\ln(1-C)}{n\ln(1-3.4\times 10^{-6})}]^{\frac{1}{\beta}}$$

<예제-3> $B_{6\sigma}$=100만 cycle, 신뢰수준 60%, n=10,000개, β=3일 때 무고장 시험시간은 $t = 1{,}000{,}000[\dfrac{\ln(1-0.6)}{10000\ln(1-3.4\times 10^{-6})}]^{\frac{1}{3}}$=300만 cycle이다.

<예제-4> $B_{6\sigma}$수명 확인을 위하여 무고장 시험을 $B_{6\sigma}$수명시간 동안 실시한다고 할 때 필요한 sample수는

$B_{6\sigma}$=t 이므로 $1=[\dfrac{\ln(1-C)}{n\ln(1-3.4\times 10^{-6})}]^{\frac{1}{\beta}}$, $n=\dfrac{\ln(1-C)}{\ln(1-3.4\times 10^{-6})}$ 이다. 따라서

신뢰수준 C=90%이면 시료 수 n=677,230개 시험해서 고장이 없어야 하며

신뢰수준 C=60%이면 시료 수 n=269,497개 시험해서 고장이 없어야 한다.

아래 표는 무고장 시험을 $B_{6\sigma}$시간동안 시험할 때 필요한 sample수량이다.

<표 2> 신뢰수준 C에 따른 sample 수량

신뢰수준	50%	60%	70%	80%	90%	95%
sample수	203,867	269,497	354,109	473,364	677,230	881,097

주기-2 : <예제-3>이나 <예제-4>에서 볼 수 있듯이 무고장 시험에서 시험시간이나 sample수량이 너무 커서 실효성이 없을 수 있다. 따라서 이 문제는 출하된 제품의 전체 또는 일부를 sample로 간주하고 실제로 사용된 시간을 시험시간으로 간주하여 해석하는데 대한 검토가 필요하다.

2.7 n개의 sample로서 t시간 동안 시험하여 고장이 하나도 없었다면 그 부품의 $B_{6\sigma}$수명이 시험시간과 동일하다고 말 할 수 있는 신뢰수준 C는 다음과 같다.

$t = B_{6\sigma}\left[\frac{\ln(1-C)}{n\ln(1-3.4\times10^{-6})}\right]^{\frac{1}{\beta}}$ 에서 $B_{6\sigma}$=t로 놓고 신뢰수준 C에 대해서 풀면

$C = 1-(1-3.4\times10^{-6})^{n}$ 이다.

<예제-5> 제품 1,000개가 10,000시간동안 고장이 하나도 없었다면 그 제품의 $B_{6\sigma}$수명은 신뢰수준 0.34%로 10,000시간이다.

<표 3> 무고장 sample수에 따른 $B_{6\sigma}$수명의 신뢰수준

sample수	10	100	1000	10,000	100,000	1,000,000
신뢰수준	0.0034%	0.034%	0.34%	3.34%	28.82%	96.66%

즉 어떤 제품 100만개가 1년 동안 고장이 하나도 없이 작동되고 있다면 그제품의 품질수준은 96.7%의 신뢰수준으로 $B_{6\sigma}$수명이 1년 이라고 말할 수 있다.

주기-3 : 위와 같은 성질은 B_{10}수명의 경우에도 그대로 적용할 수 있는 것으로서 n개의 sample로서 t시간 동안 시험하여 고장이 하나도 없었다면 그 부품의 B_{10}수명이 시험시간과 동일하다고 말 할 수 있는 신뢰수준 C는

$t = B_{10}\left[\frac{\ln(1-C)}{n\ln(1-0.1)}\right]^{\frac{1}{\beta}}$ 에서 $B_{6\sigma}$=t로 놓고 신뢰수준 C에 대해서 풀면 $C = 1-(1-0.1)^{n}$ $= 1-0.9^{n}$ 이다.

<표 4> 무고장 sample수에 따른 B_{10}수명의 신뢰수준

sample수	2	5	10	20	50	100
신뢰수준	19.0%	40.95%	65.13%	87.84%	99.48%	99.997%

즉 어떤 제품의 sample 10개가 100만 cycle 동안 고장이 하나도 없이 작동되고 있다면 그 제품의 품질수준은 65.13%의 신뢰수준으로 B_{10}수명이 100만 cycle 이라고 말 할 수 있다.

3. 결 론

새로 제안한 $B_{6\sigma}$수명은 품질과 신뢰성을 연결하는 척도로서 품질수준과 신뢰성수준을 동시에 나타낸다. $B_{6\sigma}$수명척도에 대한 유용성은 앞으로 연구가 필요하다고 보며 만약에 $B_{6\sigma}$수명 척도가 적용가능한 척도로 여겨진다면 기업체는 현재 별도로 진행하는 6σ 품질 운동, 신뢰성증진 운동을 제품이 오랫동안 사용되는 동안에 6σ 품질이 그대로 유지될 수 있도록 $B_{6\sigma}$수명의 목표 값을 설정해서 품질과 신뢰성의 운동을 동시에 전개하여 나가는 전략으로 전환하여야 할 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

[1] 김 철(2005), $B_{6\sigma}$수명척도 제안, 신뢰성응용연구 5권 1호, 143-148