

# 한국적 신뢰성 인증 체계의 개념

김 형 의 | 한국기계연구원 신뢰성평가센터, 센터장 | e-mail: khe660@kimm.re.kr

이 글에서는 신뢰성 인증을 위한 시험평가 방법에서의 문제점을 검토하고 한국적 인증체계 방향에 대하여 소개하고자 한다.

국내 산업의 기반이 되는 부품소재의 신뢰성 제고를 위하여 2000년도에 기계분야, 전자분야를 비롯하여 18개 분야의 신뢰성평가센터가 설립된 이후 8년이 경과되었다. 처음 국내에 신뢰성평가센터가 설립되었을 때 신뢰성과 품질이 어떻게 다른지, 신뢰성 척도는 어떻게 표현하는 것인지, 신뢰성 요구조건은 어떻게 만드는지, 부품의 신뢰성은 어떻게 시험하고 어떻게 평가해야 하는지 등 많은 의문과 문제점들이 대두되었으며 현재에도 신뢰성 평가시험을 어떤 방법으로 수행하여야 하는지 등 끊임없이 논쟁과 개선방법이 제기되고 있는 상태이다. 따라서 이 글은 신뢰성 인증을 위한 시험평가방법에서의 문제점을 검토하고 한국적 인증체계 방향을 제시한 것이다.

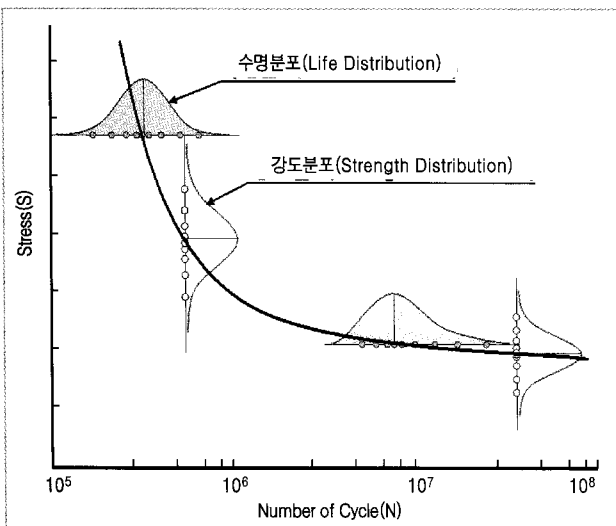


그림 1 거시적 관점에서의 수명평가 방법

## 정량적 수명평가의 개념

제품의 신뢰성을 평가하는 데는 크게 두 가지 관점에서 출발할 수 있는데 하나는 제품의 일정한 수명조건에서 강도의 분포를 평가하는 것이며 다른 하나는 제품의 일정한 강도 조건에서 수명을 평가하는 방법이다. 그러나 일반적으로는 제품의 일정한 강도조건에서 제품의 수명분포를 규명함으로써 제품의 신뢰성을 평가한다. 그림 1은 거시적 관점에서의 신뢰성평가방법을 나타낸 것이다.

부품이든 시스템이든 제품의 수명을 정량적으로 평가하는 방법에는 예측에 의한 평가방법, 시험에 의한 평가방법, 필드자료 분석에 의한 평가방법을 들 수 있으며 그 중 시험에 의한 평가방법은 다시 두 가지 접근 방법으로 나눌 수 있는데 하나는 통계적 추정개념에 기반을 둔 Failure Testing(고장시험)방법이고, 다른 하나는 통계적 가설검정에 기반을 둔 Substantiation Testing(인증시험)방법(또는 Success-Run Testing이라고도 함)이다. Failure Testing 방법은 부품의 수명분포가 어떤 분포인지, 수명분포의 파라미터 값은 얼마인지, 부품의 평균수명은 얼마나 되는지 등 부품의 신뢰성 관련사항을 추정하는 방법이라고 할 수 있다. 반면에 Substantiation Testing 방법은 일반적으로 부품의 수명분포 또는 파라미터를 가정한 후 사전에 설정한 부품의 신뢰도 척도 MTTF, MTBF 또는 분포의 수명 등이 요구수준에 만족되는지를 평가하는 방법이다. 기본적으로 Failure Testing 방법에 의한 신뢰성 평

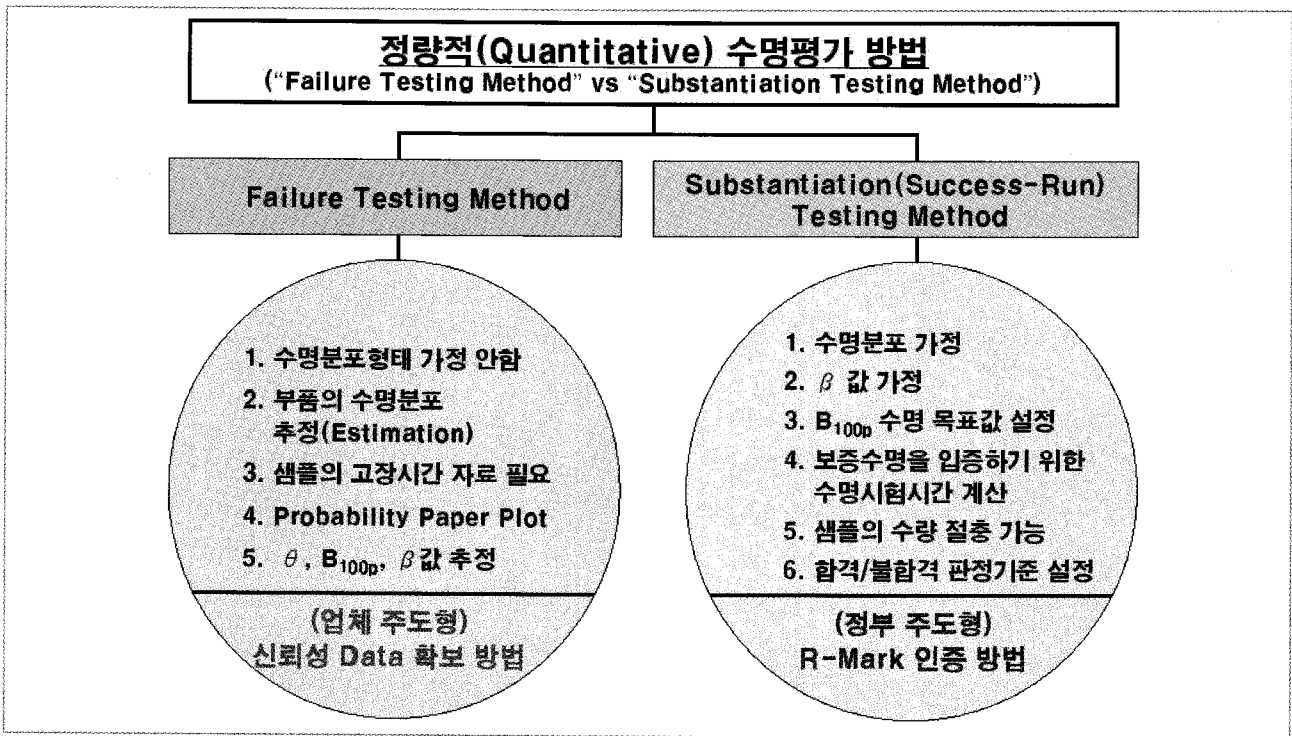


그림 2 정량적 수명평가 방법

가는 부품의 고장시간자료가 필요하며 Substantiation Testing 방법에 의한 신뢰성 평가는 사전에 설정한 시험 시간 동안 시험해서 고장 나지 않은 샘플의 수량이 몇 개 인가의 자료가 필요하다. 그림 2는 Failure Testing 방법과 Substantiation Testing 방법을 개념적으로 나타낸 것이다.

특히 Substantiation Testing 방법은 가용한 샘플수량, 시험 소요시간, 시험비용 등을 고려하여 아래와 같은 시험 방법 중 하나의 적용 rule을 택하여 실시할 수 있으나 대부분의 신뢰성평가센터는 현재 무고장시험방법으로 신뢰성 인증시험을 수행하고 있다.

- 무고장 시험방법
- 1개 이하 고장을 허용하는 시험방법
- 2개 이하 고장을 허용하는 시험방법
- 3개 이하 고장을 허용하는 시험방법
- 
- (N-1)개 이하 고장을 허용하는 시험 방법

● 신뢰성 시험평가 방법은 통계적 추정개념에 기반을 둔 Failure Testing(고장시험)방법과 통계적 가설검정에 기반을 둔 Substantiation Testing(인증시험)방법의 두 가지 접근 방법으로 나눌 수 있다.

## 한국적 신뢰성 인증체계

### 한국적 신뢰성 평가 개념

인간에 있어서 육체적으로 건강한 사람이란 심장, 폐, 위 등 신체를 이루고 있는 모든 기능조직이 건강한 사람이다. 마찬가지로 어떤 시스템이던 시스템을 구성하고 있는 모든 부품이 고장 없이 원활하게 작동되어야 그 시스템이 잘 작동한다고 할 수 있다. 그림 3과 같이 자동차가 원활하게 작동되려면 엔진, 변속기, 조향장치 등 자동차를 구성하는 모든 구성품이 고장 없이 원활하게 작동되어야 한다. 따라서 제품의 신뢰성을 평가한다는 것은 제품의 모든 기능이 고장 없이 원활하게 작동하는지를 평가한다는 것이다. 그리고 어떤 주어진 제품이 신뢰성이 높다고 하는 것

은 다음과 같은 것이다.

첫째 그 제품의 모든 성능, 기능이 규격에 일치되게 작동한다.

둘째 사용 중 닥치는 극심한 환경조건에서도 고장 없이 성능을 유지한다.

셋째 성능의 저하 없이 제품을 오랜 기간 동안 사용할 수 있다.

넷째 제품 사용 시에 인체나 제품자체에 위험성 없이 안전하게 사용할 수 있다.

따라서 모든 부품은 부품의 요구 성능, 내환경성, 내구성(수명), 안전성 등이 전부 규격 요구조건에 만족되어야 하며 따라서 신뢰성평가센터는 부품의 신뢰성에 대해서

마치 종합건강검진센터와 같은 역할을 수행하여야 한다고 할 수 있다. 신뢰성평가센터가 부품 신뢰성에 대해서 종합 건강검진센터와 같은 역할을 수행하기 위해서는 업체의 부품 R&D사업과 관련해서는 신뢰성 위탁연구사업, 가속시험 모델 개발, 개발기간 단축 및 내환경성 시험조건에 대한 기술자문을 수행할 수 있으며 신뢰성 인증사업과 관련해서는 품질인증 데이터베이스 구축 및 지원사업, 부품 불량원인 규명 및 진단, 계측 및 측정 기술지원, 신뢰성 선진기술 분석 및 국내보급 활동업무 등을 수행할 수 있어야 한다.

**신뢰성평가 시험 내용**

신뢰성시험의 범주에 성능시험, 환경시험이 포함되느냐 포함되지 않느냐 하는 문제는 시험수행기관에 따라서 다를 수 있다. 예를 들어 제품 제작업체의 경우에는 제품 개발 시 통상 성능시험, 환경시험을 실시한 이후에 신뢰성시험을 수행하게 되므로 성능시험, 환경시험을 신뢰성시험 범주에 포함시키지 않을 수 있지만 신뢰성 평가센터는 의뢰된 제품이 성능시험, 환경시험에 합격함으로써 품질에 문제가 없다는 점을 전제로 해야 하기 때문에 제품에 대한 성능시험, 환경시험, 안전성시험을 신뢰성시험 범주에 포함시켜서 실시하여야 할 것이다. 따라서 현재 수행되고 있는 R-Mark 인증을 위한 신뢰성평가 시험은 그림 4와 같이 수행된다.

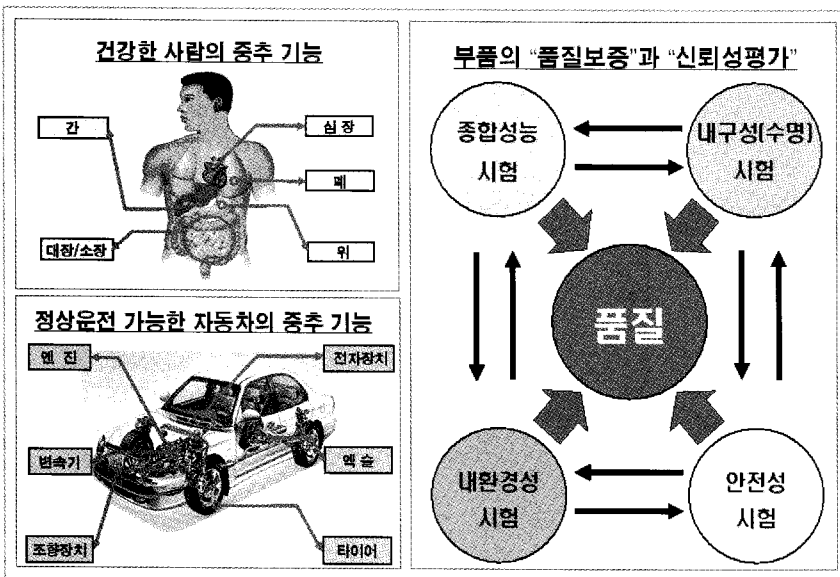


그림 3 한국적 신뢰성 평가시험의 정의

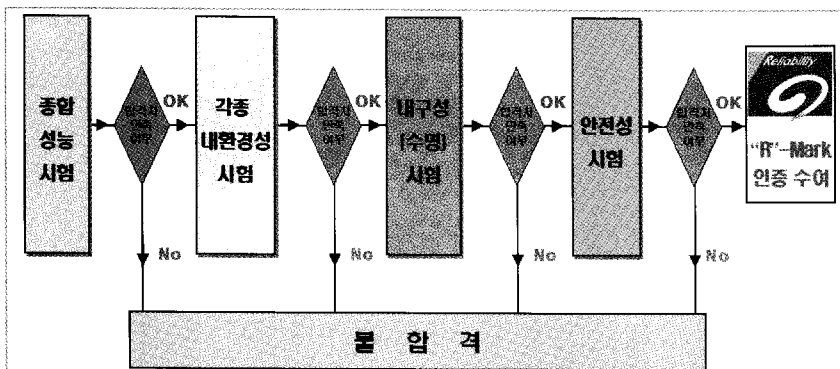


그림 4 R-Mark 인증을 위한 신뢰성 시험 순서

**기존 품질인증규격과의 차별화**

현재 수행되고 있는 R-Mark 신뢰성평가시험은 그림 5와 같이 기존의 품질인증시험에다 수명평가와 내환경성평가가 좀더 강화된 종합성능시험, 내환경성시험, 안전성시험, 수명

시험을 종합적으로 수행하는 '종합품질보증' 시험이라고 할 수 있다. 현재 한국기계연구원의 신뢰성평가센터는 국내에서 생산되고 있는 기계류 부품에 대해서 신뢰성인증을 받기를 희망하는 업체로부터 신뢰성 평가의뢰를 받게 되면 의뢰받은 부품에 대해서 신뢰성 시험을 수행하고 결과를 평가하기 위해서 시험규격 및 절차가 필요하다. 그런데 대부분의 경우에는 기계류 부품에 대하여 공식화되어 있는 시험규격이나 평가규격이 없는 경우가 많다. 따라서 의뢰받는 기계류 부품에 대해서 신뢰성 평가를 하기 위해서는 평가기준 및 방법을 수립해야 하는데 이를 위해서 평가할 부품과 관련된 각종 규격 예를 들면 KS, JIS, SAE, ANSI, DIN, ISO, IEC, MIL규격 등을 전부 조사해서 평가기준을 만들게 된다.

**세계 유명 인증Mark와의 호환성 문제**

KIMM의 신뢰성평가센터가 그림 6과 같은 세계적인 품질 인증마크와 상호인증협약을 체결함으로써 기계류 부품에 대해서 R-Mark인증을 받은 품목은 해당업체가 원할 시 자동적으로 상대국가의 품질인증기관으로부터 품질인증을 받을 수 있으며 동시에 유럽의 경우 CE마크의 인증을 받을 수 있어 수출이 자유로울 수 있다.

**한국산 부품의 국제경쟁력 개념**

한국산 부품이 국제적으로 높은 시장경쟁력을 갖기 위해서는 그림 7에 나타내었듯이 기본 성능을 비롯해서 After Service조건에 이르기까지 9개 요소에 대해서 높은 경쟁력을 유지하여야 하며 이를 위해서 높은 품질보증개념과 핵심적인 사항으로서 부품에 대한 신뢰성 인증이 반드시 필요하다고 본다.

**신뢰성 보증수명 척도 및 보증수명 결정 방법**

**① 신뢰성 보증수명 척도**

현재 시행되고 있는 R-Mark 인증은 시스템이 아닌 부품에 대한 신뢰성 인증으로서 주로 B<sub>10</sub> 수명, B<sub>6</sub> 수명 등 B<sub>x</sub> 수명을 보증수명으로 책정하고 있다. 예를 들어 어떤 부품의 보증수명이 B<sub>10</sub>수명=1,000시간이라면 이는 부품이 사용단계에서 1,000시간이 될 때까지 고장 나는 부품의 비율

● 한국적 신뢰성 평가는 종합성능시험, 내환경성시험, 안정성시험, 수명시험을 종합적으로 수행하는 종합 품질보증 시스템이다.

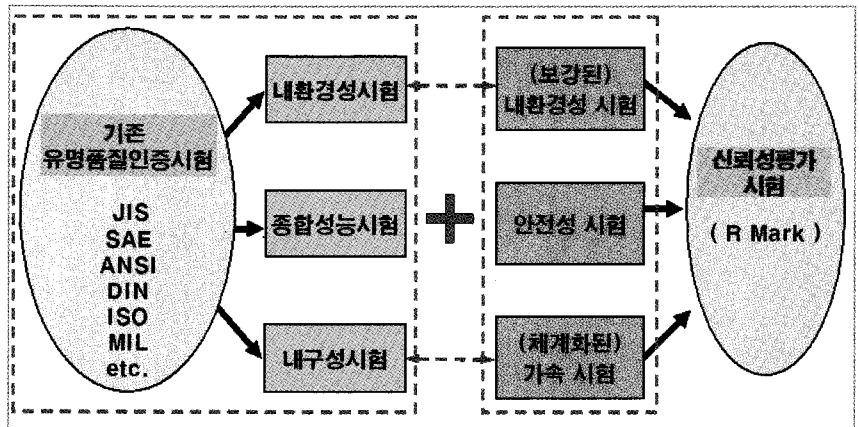


그림 5 유명 품질인증시험과 R-Mark 신뢰성 평가시험의 차이

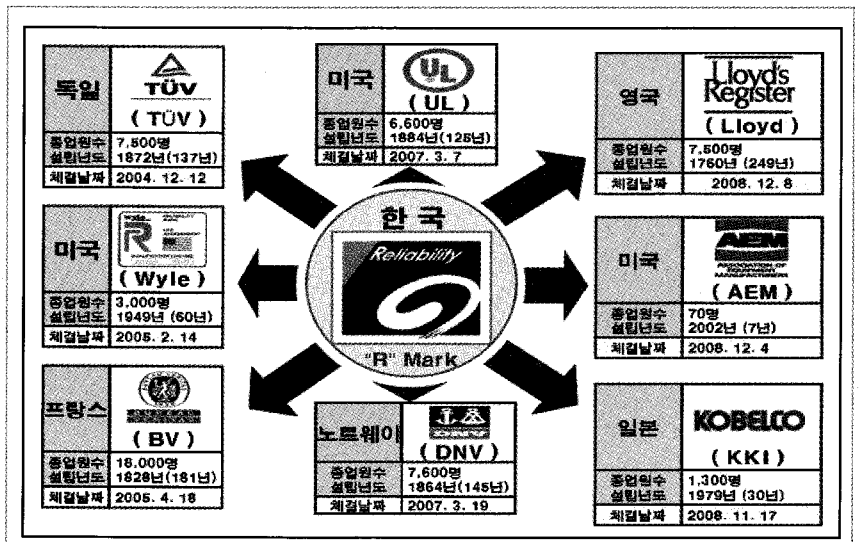


그림 6 R-Mark의 국제 상호인증 현황

표 1 분야별 Bx 수명 수준

		3
	농기계	B <sub>20</sub>
	건설장비	B <sub>20</sub>
	군용장비	B <sub>10</sub>
	공작기계	B <sub>10</sub>
	제철 생산설비	B <sub>5</sub>
	자동차	B <sub>5</sub>
	원자력 발전설비	B <sub>1</sub>
	철도차량	B <sub>1</sub>
	항공기	B <sub>1</sub>

이 10% 이하임을 보증한다는 뜻으로서 T를 부품의 수명을 나타내는 확률변수라고 할 때  $P(T \geq 1,000) = 0.9$  이상임을 의미이다. Bx수명은 평가부품의 시스템 내에서의 중요성에 따라서 다르게 설정되는데 부품이 사용되는 산업분야 또는 모체 장비에 따라서 대략 표 1과

같이 표현한다.

② 보증수명 결정 방법

제품의 신뢰성 보증수명이란 제품성능의 저하 없이 기능이 발휘될 수 있는 기간이라고 할 수 있다. 그러나 어떤 제품이던 제품이 사용되기 시작하면 제품의 성능이 저하되어 제품의 수명이나 고장시간이 분포를 이루게 되므로 전체 제품 모집단의 몇 %에 해당하는 부품이 고장 나는 시점을 보증수명으로 할 것인가가 관건이 된다. 보증수명을

정의하기 위해서는 부품의 고장정도가 필요하며 고장은 부품 성능의 최대 열화허용치(threshold)를 넘으면 고장으로 정의한다. 그리고 실제로 평가대상 부품에 대한 보증수명을 결정할 때는 해당부품의 현장 작동조건을 바탕으로 생산자와 소비자가 포함된 working group회의를 통해서 결정하게 된다. 그림 8은 보증수명과 설계수명의 연관관계를 나타낸 것으로서 부품의 설계수명은 보증수명의 2~3배가 되는 것으로 보고 있다.

③ 고장 정의

개발과정에서 부품에 대한 시험을 수행하면서 부품이 신뢰도 요구조건을 만족하는가를 평가하고 결함사항을 분석하여 설계를 개선할 것 인가를 판단하기 위해서는 시스템에서 발생하는 모든 이벤트에 대해서 어떤 현상이 고장인가를 정의하여야 하고 그림 9와 같은 판단하는 기준이 마련되어야 한다.

④ 무고장 시험시간

현재 신뢰성평가센터에서 수행하는 신뢰성 인증시험은

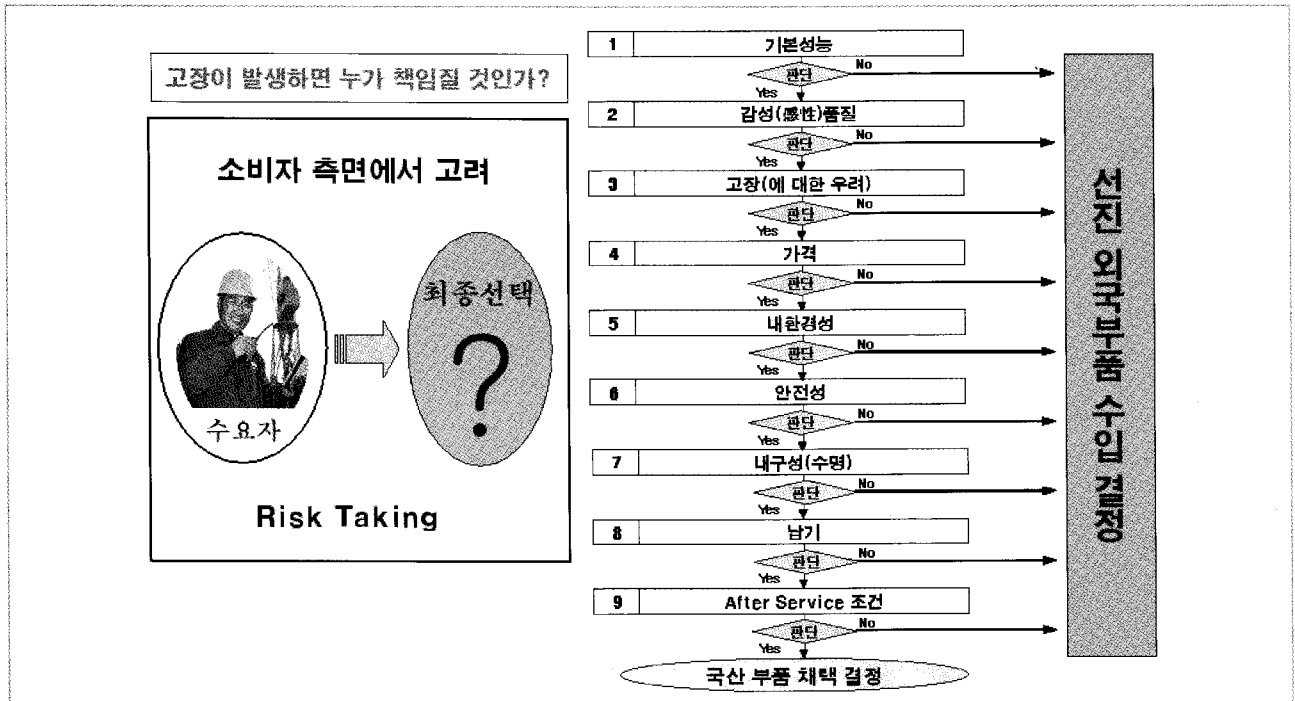


그림 7 부품의 국제경쟁력 개념

무고장시험방법으로서 일정 시간 동안 시험에 투입한 샘플에서 고장이 하나도 발생하지 않으면 부품이 신뢰성 요구척도 수명을 만족하는 것으로 판정한다. 이때 시험시간은 가능한 샘플수량, 신뢰수준 등을 고려하여 아래 식을 이용하여 결정한다.

$$t_n = B_x \cdot \left[ \frac{\ln(1 - CL)}{n \cdot \ln(1 - p)} \right]^{\frac{1}{\beta}}$$

여기에서  $t_n$ 는 무고장 시험 시간,  $B_x$ 는 보증 수명,  $CL$ 은 신뢰 수준,  $n$ 은 시료수,  $p$ 는 불신뢰도( $B_{10}$ 수명이면  $p = 0.1$ ),  $\beta$ 는 형상 모수이다.

⑤ 신뢰수준

시험시간을 결정하거나 시험 데이터를 분석할 때 신뢰 수준을 고려하게 되는데 분야별로 적용하고 있는 신뢰 수준은 대략 표 2와 같으며, 신뢰수준을 결정할 때 고려사항은 표 3과 같다.

⑥ 신뢰성 보증방법

90% 신뢰수준으로  $B_{10}$ 수명 1,000시간을 보증한다면 그

림 10에서와 같이  $B_{10}$ 수명의 90% 신뢰하한이 1,000 이상 되어야 한다.

표 2 분야별 신뢰수준

농기계	60
건설장비	70
공작기계	70
군용장비	80
제철 생산설비	95
자동차	90
원자력 발전설비	95
철도차량	95
항공기	95

맺음말

- ① 신뢰성에 대한 R-Mark 인증은 전세계적으로 한국에서만 유일하게 추진하고 있는 제도이다.
- ② 신뢰성인증을 위한 시험은 Failure Testing방법과 Substantiation Testing방법으로 대별할 수 있으나 시험의 효율성 등을 고려하여 Substantiation Testing 방법으로 수행한다.
- ③ 한국적 신뢰성시험평가방법을 정착시키고 R-Mark가 세계적인 신뢰성 인증마크가 되기 위해서는 시장 친화적이고 실용적인 신뢰성 평가의 개념정립, 신뢰

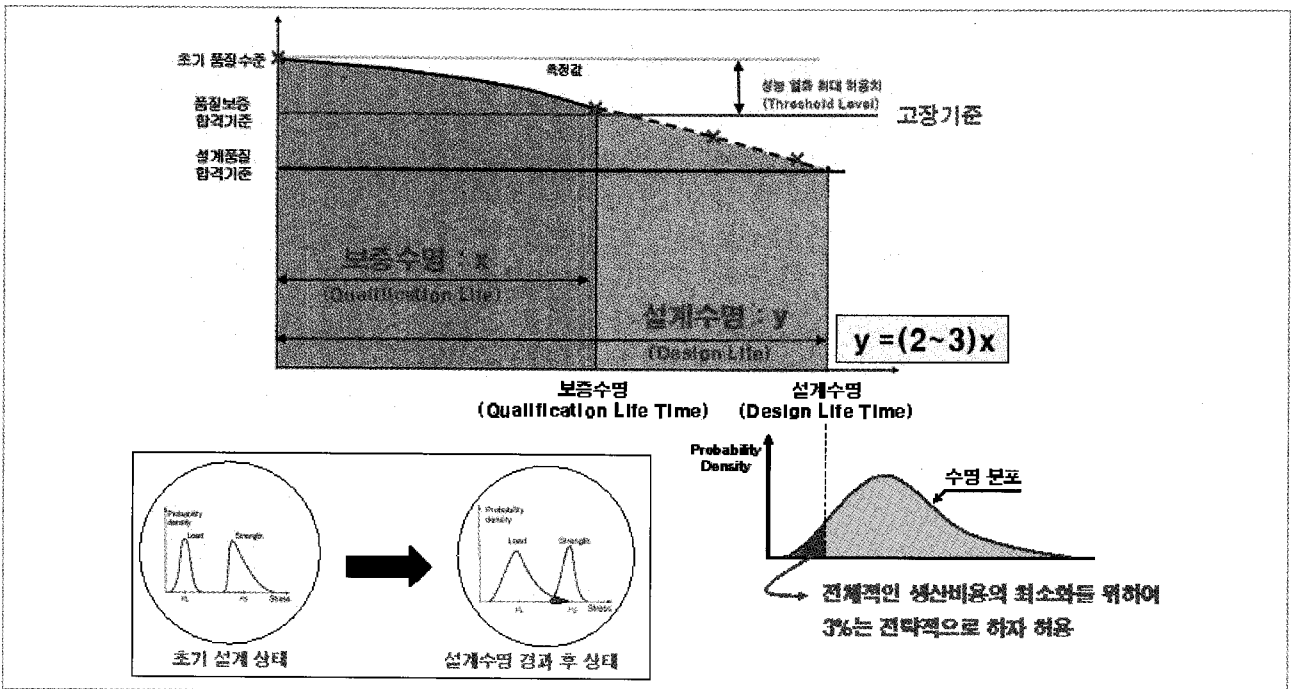


그림 8 설계수명과 보증수명의 연관관계

표 3 신뢰수준 결정을 위한 선정기준

샘플비용	업체가 제공할 수 있는 샘플의 가격 및 샘플 수
부품고장에 따른 경제적 손실	고장이 발생했을 경우 시스템 고장에 미치는 영향
시험비용	시험에 소요되는 동력 및 전기 소모량
안전성(Safety)	고장이 발생했을 경우 사람의 생명에 미치는 위험성

성 평가시험의 내용, 신뢰성 보증수명 결정방법, 신뢰수준 결정방법 등에 대한 한국적 신뢰성 시험평가방법에 대한 개념정리가 필요하다고 본다.

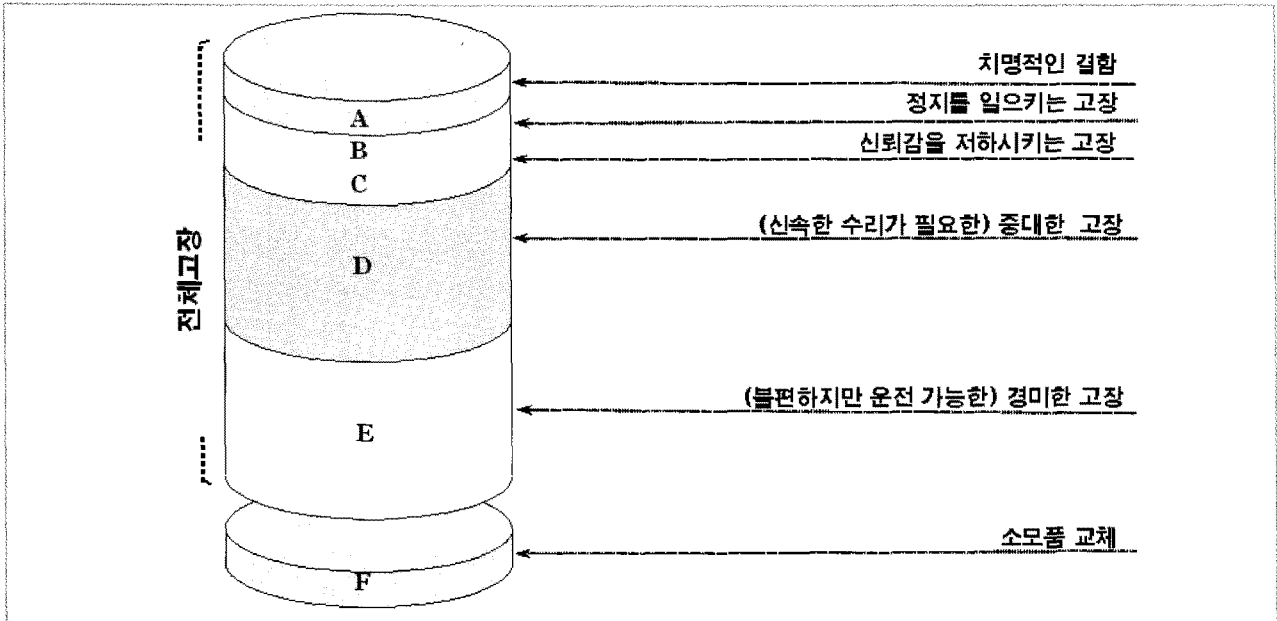


그림 9 고장 등급 및 등급별 정의

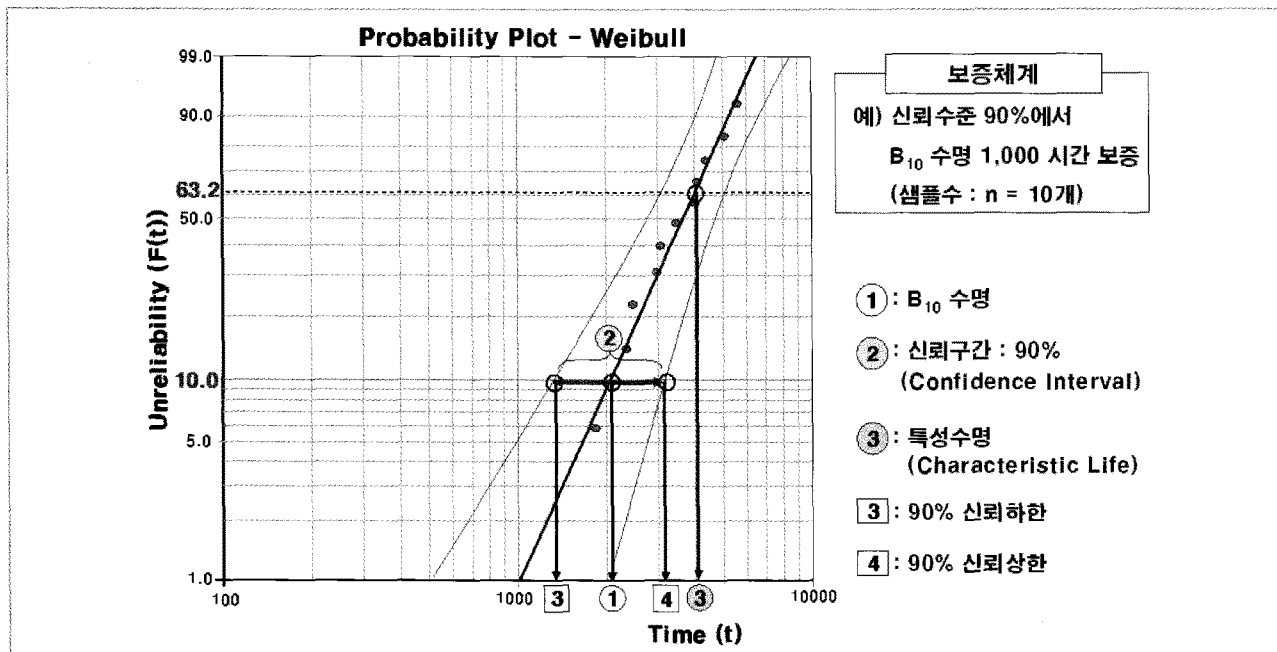


그림 10 신뢰성 보증방법