

# 커넥터의 고장 데이터를 통한 고장 모드 분석

김지현\*, 박동규\*, 한현각\*\*  
\*순천향대학교 정보통신공학과  
\*\*순천향대학교 나노화학공학과  
e-mail: zippykim@sch.ac.kr

## Failed mode analysis Using failed data of Connector

Ji-hun Kim\*, Dong-gue Park\*, Hyun-kak Han\*\*

\*Information and communication engineering, Soonchunhyang University

\*\*NANO chemical engineering, Soonchunhyang University

### 요 약

본 논문에서는 전자부품에서 중요한 연결 장치인 커넥터의 고장 모드를 분석하기 위한 방법으로 HALT(Highly Accelerated Life Test)를 이용해 관측된 고장 데이터를 기반으로 ReliaSoft사의 소프트웨어인 ALTA PRO를 이용하여 분석하고자 한다.

커넥터를 이루는 주재료는 플라스틱과 금속으로 구성되어 있어 습도에 대한 반응 보다 열 변화와 진동에 의해 고장이 발생 한다. 이러한 커넥터의 특성을 고려하여 HALT는 온도와 진동 스트레스를 이용한 복합 스트레스 시험을 실시하였다. HALT에 사용된 시료는 20핀 커넥터 5개로 74시간 동안 시험하였으며, 9개의 핀에서 부러지는 고장이 관측 되었다. 관측된 고장데이터를 단일 스트레스에 의한 고장으로 분석하기 위해 시험에 사용된 온도와 진동 스트레스를 개별 스트레스로 하여 ALTA PRO를 이용하여 분석하였다. 분석을 위한 수명-스트레스관계식은 스텝 스트레스에 적합한 Cumulative Damage 선택하였으며 Likelihood Function을 이용 최적 분포는 Weibull 분포임을 확인하였다, ALTA Pro를 이용한 분석 결과 열에 대한 Mean Life는 2444.03 시간이며, 진동에 대한 Mean Life는 1784.27시간으로 진동에 대한 Mean Life가 659.76 시간만큼 작은 것을 확인 하였다. 고장 데이터를 이용한 수명 예측에서 Mean Life가 작다는 것은 스트레스에 의해 고장이 빠르게 발생 했다는 것을 의미한다.

가속수명시험을 통해 관측된 커넥터의 고장은 핀이 부러지는 현상이며, 고장에 대한 주요 원인으로 온도 스트레스 보다 Mean Life가 낮은 진동 스트레스인 것으로 판단된다.

### 1. 서론

제품의 고장 원인을 발견하고 이를 이용한 고장 원인 분석은 제품의 신뢰성을 위한 방법으로 사용되고 있다. 제품의 고장 원인을 관측하기 위한 방법으로 사용조건 보다 가혹한 조건에서 제품을 테스트해 빠른 시간에 고장을 발생 시키고 이를 관측하는 방법을 사용하며 대표적인 방법으로 HALT(Highly

Accelerated Life Test)가 있다.

HALT를 통해 관측된 고장 원인은 사용조건 보다 높은 스트레스 조건에서 관측된 고장으로 정상 조건에서 발생하는 고장과는 차이가 있을 수 있다. 이러한 차이를 최소화하고 제품이 정상조건에서 사용될 때 발생할 수 있는 고장을 정확하게 예측하고 그 원인을 분석 하는 것은 제품에 대한 신뢰도 향상에 있어 매우 중요한 부분으로 다양한 고장 분석 기법들

을 사용하여 분석하고 있다.

본 논문에서는 전장부품에 사용되는 커넥터에서 발생 할 수 있는 고장 예측을 위해 HALT를 이용한 시험을 실시하여 고장 발생 시간을 단축하고 관측된 고장 데이터를 ReliaSoft사의 ALTA PRO를 이용하여 발생된 고장의 원인이 되는 스트레스를 분석하고자 한다.

### 2. 커넥터의 시험방법

커넥터의 고장 데이터를 관측하기 위한 HALT는 임의 추출방식을 사용하여 결정한 20핀 커넥터 5개를 사용하였다. 커넥터의 균열, 파손 및 부품의 이탈을 고장모드로 예상하고 시험조건으로 온도와 진동을 동시에 인가하는 복합 스텝 스트레스 방식을 이용하여 74시간동안 AST-35와 QRS-600V를 이용하여 시험 하였으며, 시험을 위한 회로도 [그림 1]과 같다.

표 1. 시험 수준과 시료 수

Stress 수준		시료 수	정상 사용 조건	
온도	진동		온도	진동
223K ~ 363K	20Grms ~ 40Grms	20핀 커넥터 5개	333K	5Grms

Circuit for Combined Environment Stress Test (GM HALT Test)

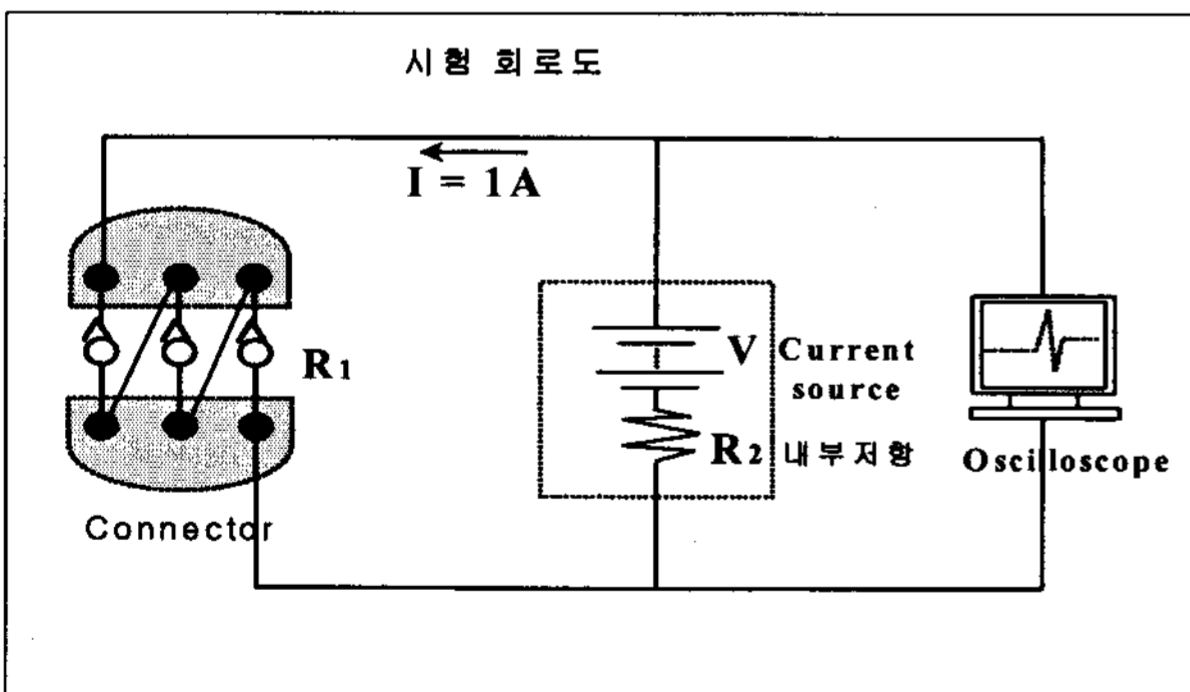


그림 1. 커넥터의 시험 회로도

[표 1]의 조건을 사용한 가속 수명시험을 통해 각각의 핀에서 발생한 고장을 하나의 고장으로 관측 하였으며 총 9개의 핀이 부러지는 고장이 발생하였으며 74시간 후에 관측을 중단한 관측 중단 데이터로 [표 2]와 같으며 관측 중단 데이터는 표시 하지 않았다.

표 2. 커넥터의 고장 데이터

Failed(F) Suspended(S)	State End Time	Temperature K	Vibration Grms
F	66	228	25
F	68	228	25
F	60	358	35
F	61	358	35
F	65	358	35
F	62	228	35
F	64	228	35

### 3. 관측된 고장 데이터의 최적 분포 결정

커넥터의 온도와 진동에 대한 Life-Stress 관계식은 스텝 스트레스에 사용되는 Cumulative Damage 식(1)을 이용 했으며, 고장 데이터 [표 2]의 적합한 분포를 판단하기위해 수명-스트레스를 고려해 분포 해석을 하는 Likelihood Function에 Weibull 분포, Exponential 분포, 적용 했다. 구해진 값은 [표 3]과 같으며 -59.7117의 가장 큰 값을 나타낸 Weibull 분포를 최적 분포로 적용하여 수명예측을 실시했다.

Cumulative Damage :

$$L(V(t)) = C \cdot e^{\left(\frac{B}{V(t)}\right)} \quad (1)$$

Likelihood Function :

$$L(p|x, n) = \binom{n}{x} p^x (1 - P)^{n-x} \quad (2)$$

표 3. Likelihood Function값을 사용한 적합한 수명분포의 검토

분포	Weibull	Exponential
Likelihood Function 값	-59.7117	-69.2392

### 4. 각 스트레스에 대한 평균 수명 예측과 비교

수명-스트레스관계를 고려한 분포해석에서 최적 분포로 선택된 Weibull 분포를 적용하여 정상 사용 조건 333K(절대온도)와 5Grms에서의 Confidence Level 95%의 조건에서 온도 스트레스의 형상모수 Eta는 1045.2297, 척도모수 Beta는 6.5759로 나타났으며 이를 사용하여 정상조건에서 Failure Rate vs Time 의 관계를 Plot 한 그래프는 [그림 2]와 같고,

Mean Life는 173.3886으로 [표 4]와 같이 확인 되었다. 동일한 조건에서 진동 스트레스의 형상모수 Eta는 1912.8037, 척도모수 Beta는 6.6355로 나타났으며 이를 사용하여 정상조건에서 Failure Rate vs Time의 관계를 Plot 한 그래프는 [그림 3]와 같고, Mean Life는 173.3886으로 [표 4]과 같이 확인 되었다.

위의 분석결과 온도와 진동에 대한 스트레스의 Mean Life의 차이는 659.76시간으로 진동의 Mean Life가 더 작게 분석 되었다. 제품의 Mean Life가 작다는 것은 적용된 스트레스의 영향으로 고장발생 빈도가 높다는 것을 의미하며, Mean Life가 작게 분석된 진동 스트레스가 Connector의 고장 발생에 더 큰 영향을 준 것으로 판단된다.

표 4. Weibull 분포를 적용한 수명 예측

구분 수명 예측	Weibull 분포를 적용한 수명 예측	
	온도 스트레스	진동 스트레스
형상모수	1045.2297	1912.8037
척도모수	6.5759	6.6355
Mean Life	2444.0360	1784.2748

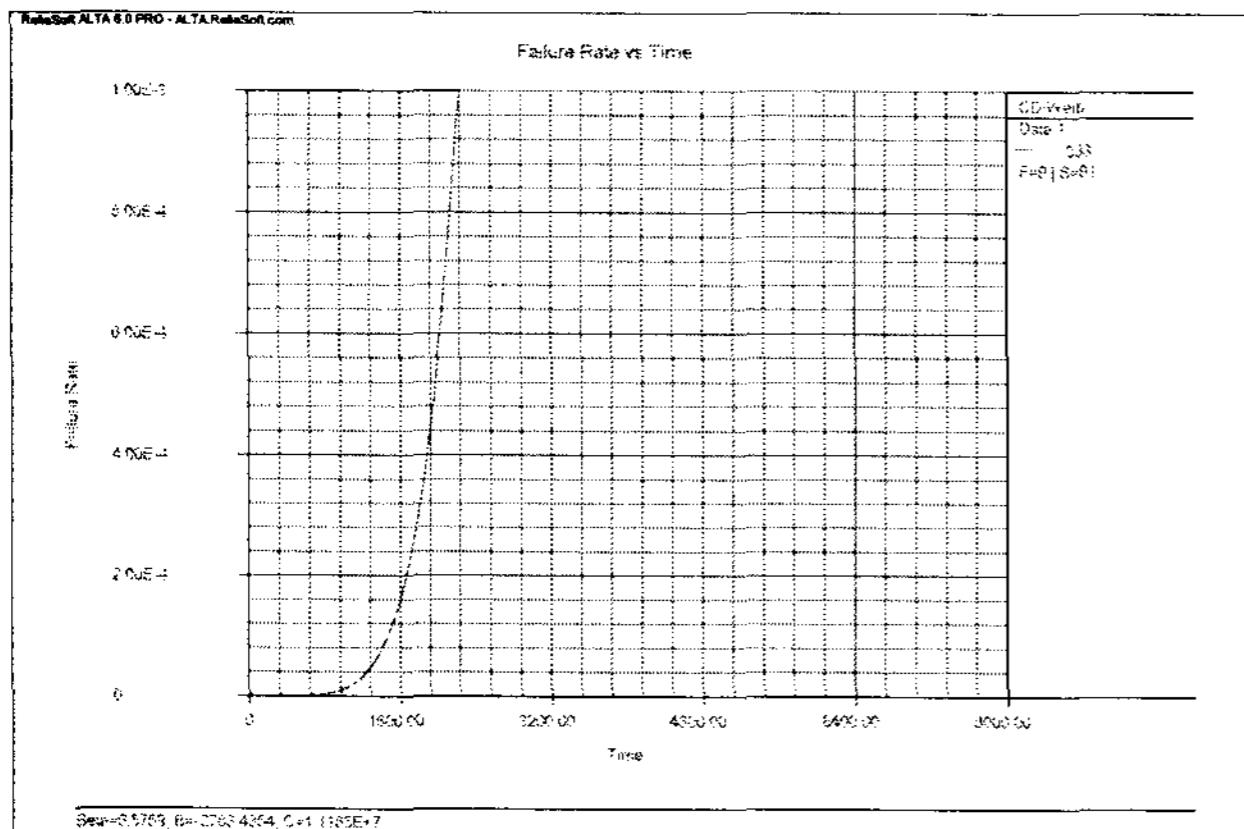


그림 2. 온도 스트레스의 Failure Rate vs Time

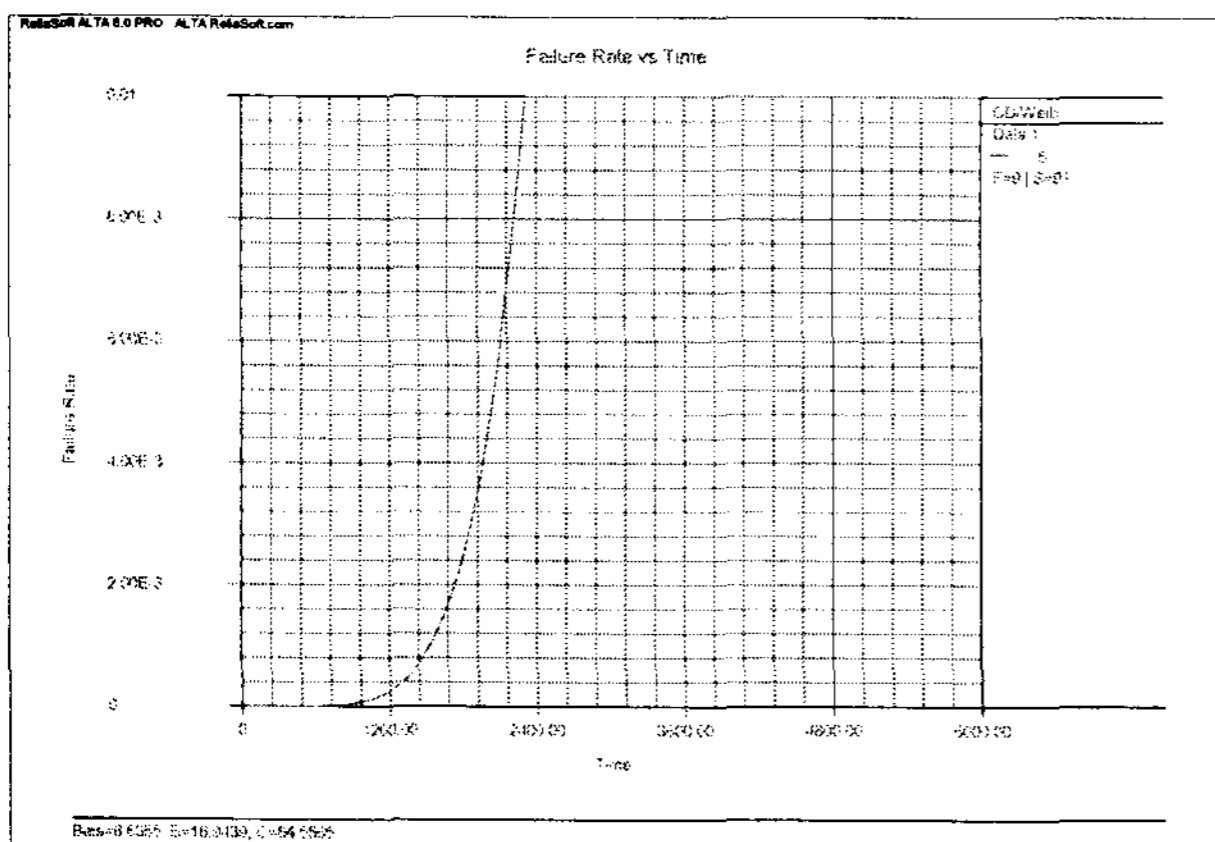


그림 3. 진동 스트레스의 Failure Rate vs Time

### 5. 결론

본 논문에서는 커넥터의 고장 모드를 발견하고 어떤 스트레스 요인이 고장 발생에 더 많은 영향을 주는 가를 분석하기 위해 커넥터의 HALT를 위해 스트레스 요인으로 온도와 진동을 이용한 복합 스텝 스트레스를 설정하였으며, 관측된 고장 데이터를 온도와 진동에 대한 단일 스트레스를 적용 ALTA PRO로 스트레스에 따른 Mean Life를 비교분석 하였다.

HALT를 통해 관측된 고장은 커넥터 핀의 파손이며, 고장 발생에 더 많은 영향을 주는 스트레스 요인 찾기 위해 스트레스에 대한 Mean Life의 비교분석 결과 온도 스트레스의 Mean Life는 2444.03 시간 진동 스트레스의 Mean Life 1784.27시간이다.

제품의 Mean Life가 작다는 것은 적용된 스트레스의 영향으로 고장발생 빈도가 높다는 것을 의미하며, Mean Life가 659.76시간 작은 진동 스트레스가 커넥터의 고장 발생에 더 많은 영향을 주는 것으로 판단된다.

### 참고문헌

- [1] A Division of ReliaSoft Corporation, ReliaSoft's ALTA Version 6-Accelerated Life Testing Reference, ReliaSoft Publishing, South Sherwood, 2001
- [2] 정해성, 열화 자료의 신뢰성 분석과 응용, 한국신뢰성학회지, 제3권2호, pp.93-101, 2003
- [3] <http://www.itl.nist.gov>
- [4] R.B. D'Agostino and M.A. Stephens, Eds, Goodness-of-Fit Techniques, Marcel Dekker, 1986
- [5] S.S. Shapiro and R.S. Francia, "An Approximate Analysis of Variance Test for Normality," Journal of the American Statistical Association, 67, 215-216, 1972
- [6] 이현우, 신뢰성 시험, 한국신뢰성기술서비스, 2005
- [7] 정해성, 신뢰성 공학 이론 및 실습, 한국신뢰성기술서비스, 2006
- [8] D.N.Prabhakar Murthy, Min Xie and Renyan Jiang, Weibull Models, WILEY
- [9] Nelson, W., Analysis of Performance Degradation Data from Accelerated Testes, IEEE

Transaction on Reliability, Vol. 30,NO. 2,  
149-155, 1981

- [10] 조지남, 백재욱, 신뢰성 향상을 위한 실험설계 및  
분석, 한국신뢰성학회지, 제2권1호, PP.47-61,2002