

자동차 환경을 고려한 커넥터의 가속시험에 관한 연구 Highly Accelerated Life Tests for Auto-Connector in Use-Environment

*김종걸, **김진환

*Jong-Gurl, Kim, **Jin-Hawn, Kim

Abstract

This paper treats accelerated life tests for automotive connector. The contact resistance of connector is explained by some factors; the use time(calender time, real cycle), stresses and loads adapted in auto test. The relationships between contact resistance and some factors are compared and analyzed by regression models in various test conditions; field use-environment, manufacturer's test environment, and accelerated test condition. The consistency between of manufacturer's test and field test is examined. Finally, the future study on accelerated test for automotive connector is presented.

1. 서론

자동차에 적용되는 부품의 신뢰성 확보는 매우 중요한 품질 요건이며, 신뢰성 확보를 위한 방법으로 규격화된 시험 기준을 활용한다. 그러나 만약 시험 규격이 자동차 환경을 충분하게 고려되지 않은 조건이라면, 현재의 시험 규격을 통해 부품의 신뢰성 확보는 미흡하다고 할 수 있으며, 또한 시험 비용의 손실도 발생 된다. 본 논문은 이러한 관점에서 자동차에 적용되는 커넥터의 가속시험에 관한 문제를 다루고 있다. 가속수준은 시간에 따르는 접촉저항의 변화로 설명하며, 자동차 환경에서의 접촉저항, 자동차 제조사의 시험환경에서의 접촉저항, 가속시험 환경에서의 커넥터 접촉저항과 시간과의 상관관계를 검토하고, 시험 데이터를 기초로 한 회귀분석을 통해 각 환경에서의 회귀모형을 제시한다. 또한 회귀모형을 비교 검토함으로써 각 시험 환경이 자동차 환경을 고려한 시험 인가를 검증하고, 자동차용 커넥터의 가속시험에 관한 연구 방향을 제시 하고자 한다.

* 성균관대학교 시스템경영공학부

** 한국 몰렉스 (주)

2. 시험시료 및 시험조건

2.1 시험시료

본 논문에서 검토된 시험 시료는 자동차용 커넥터이며, 이러한 커넥터의 주요 기능은 자동차의 전기적 신호를 최소의 손실로 전달하는 부품이며, 자동차 엔진부 및 실내의 모든 전기 부품에 적용되는 부품이다. 시험시료는 환경조건을 기준으로 3종류 구분하여 적용 하였으며 구분은 아래와 같다.

- 1) 자동차 환경조건으로 사용된 시료.
- 2) 자동차 제조사의 시험환경으로 시험한 시료. [1]
- 3) 본 논문에서 제시한 가속시험환경[HALT]으로 시험한 시료.[2][3]

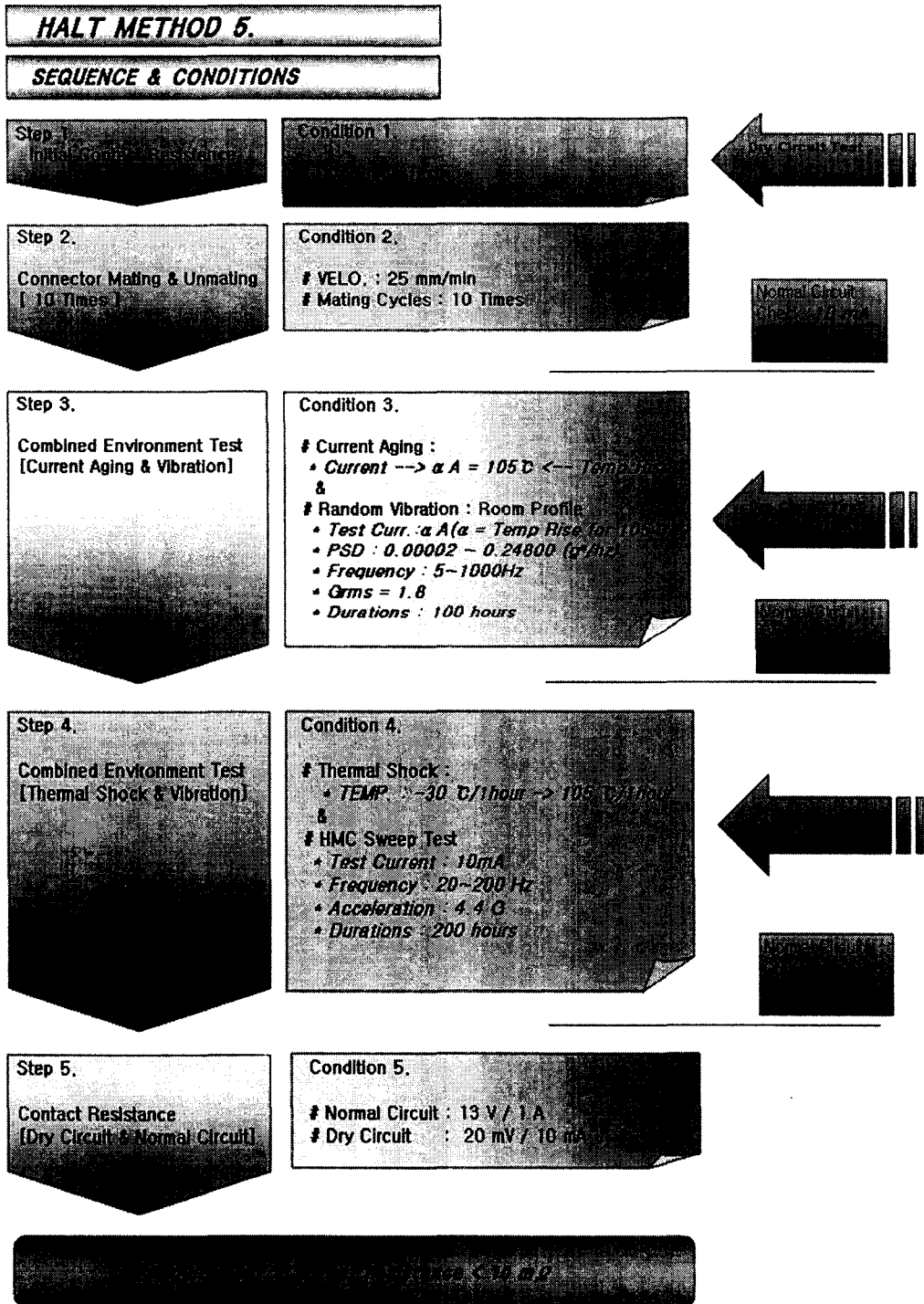
2.2 시험조건

각 시험시료의 환경조건에 대한 구체적 시험조건은 아래 <표 1>과 같다.

환경조건	시험조건		스트레스
자동차 환경	실제 자동차 환경에 따름		일정
제조사 시험 환경	복합환경 시험	*온도/ 습도 : 80℃,90~95% *시험전류 : 기본전류(5 A) *전류 싸이클 : 45분 ON 15분 OFF *진동 가속도 : 4.4 G *진동수 : 20 ~ 200 Hz(3 min.)	일정
	온도 싸이클	*①-40℃ 1시간 --> ②상온 5분 --> ③80℃ 1시간 ①~③ 반복 시험	일정
	과전류 (Rated×2)	*기본전류의 2배 전류 (1분 ON/ 9분 OFF)	일정
	고온 시험	*시험온도 : 105℃ 방치	일정
가속시험 환경	가속시험 (HALT 2)	*(포화전류+싸인 진동:4.4G) -> (온도 싸이클+싸인 진동:4.4G)	일정
	가속시험 (HALT 6)	*(포화전류+싸인 진동:525G) -> (온도 싸이클+싸인 진동:525G)	일정

<표 1> 시험조건

상기 <표 1>의 가속시험에 대한 구체적 시험 조건의 예는 아래 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 시험조건 사례

3. 시험 데이터 분석

3.1 자동차 환경조건의 데이터 분석

자동차 환경조건에서의 회귀분석 자료는 본 논문에서 기준이 되는 자료이며, 회귀 모형의 기울기는 가속시험 연구의 목표가 되는 자료가 될 것이다. 자동차 환경조건에서 획득 된 자료는 아래의 3가지 방법으로 회귀분석을 하여 적합성을 검토해 본다.

<분석 1>: 주행년도(x)와 커넥터 접촉저항(Y)의 관계

<분석 2>: 주행거리(x)와 커넥터 접촉저항(Y)의 관계

<분석 3>: 주행년도(x1)와 주행거리(x2)의 교호작용과 커넥터 접촉저항(Y)의 관계
본 논문에서의 분석은 MINITAB을 활용하며, 분석 결과는 아래와 같다.[5]

1) 주행년도(x)와 커넥터 접촉저항(Y)의 관계

Regression Analysis: mohm_1 versus years_1

The regression equation is
 $mohm_1 = -2.37 + 1.64 \text{ years_1}$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-2.369	2.012	-1.18	0.324
years_1	1.6380	0.2568	6.38	0.008

S = 2.499 R-Sq = 93.1% R-Sq(adj) = 90.8%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	254.20	254.20	40.69	0.008
Residual Error	3	18.74	6.25		
Total	4	272.94			

Predicted Values for New Observations

New Obs	Fit	SE Fit	95.0% CI	95.0% PI
1	17.29	1.80	(11.56, 23.01)	(7.49, 27.09)

Values of Predictors for New Observations

New Obs	years_1
1	12.0

2) 주행거리(x)와 커넥터 접촉저항(Y)의 관계

$$mohm_1 = -2.53 + 0.000108 \text{ km_1}$$

S = 4.466 R-Sq = 78.1% R-Sq(adj) = 70.8%

3) 주행년도(x1)와 주행거리(x2)의 교호작용과 커넥터 접촉 저항(Y)의 관계

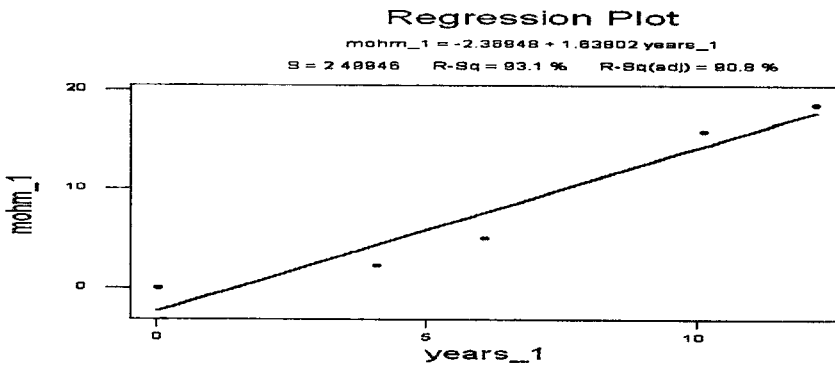
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	213.10	213.10	10.68	0.047
Residual Error	3	59.84	19.95		
Total	4	272.94			

$$\text{mohm}_1 = -1.86 + 2.09 \text{ years}_1 - 0.000035 \text{ km}_1$$

S = 2.868 R-Sq = 94.0% R-Sq(adj) = 87.9%

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	256.49	128.25	15.60	0.060
Residual Error	2	16.45	8.22		
Total	4	272.94			

상기 3가지의 경우에서 결정계수 R^2 , 검정통계량 F_0 , $F(\alpha=0.05)$, P-값 등을 고려하여 검토하면 <분석 1>이 자동차 환경의 회귀모형으로 가장 잘 적합되는 것을 알 수 있고, 회귀모형의 그래프는 아래 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 회귀모형 그래프

3-2 자동차 제조사 및 가속시험 환경조건에 대한 데이터 분석

상기 방법으로 각 시험 조건에 대한 회귀분석을 하면 아래 <표 2>와 같다.[4][5]

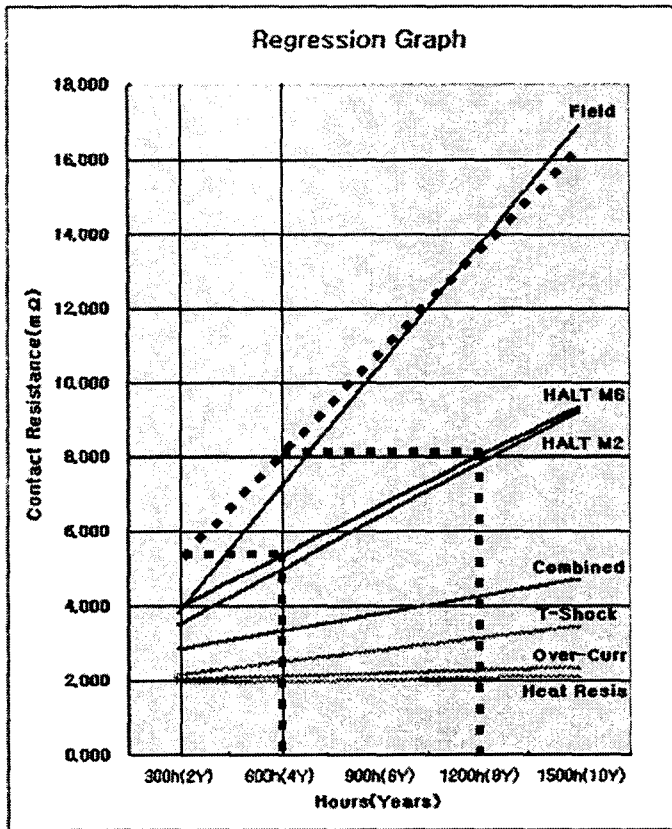
<표 2> 회귀분석 결과

시험조건	회귀모형(ΔR)	결정계수	F_0	$F(0.05)$	P 값
자동차 환경	$\text{mohm} = -2.37 + 1.64 \text{ years}$	93.1	40.69	10.1	0.008
복합환경	$\text{mohm} = 0.339 + 0.00155 \text{ hrs}$	82.1	18.3	7.71	0.013
온도싸이클	$\text{mohm} = 0.0676 + 0.00110 \text{ hrs}$	85.1	22.78	7.71	0.009
과전류(2배)	$\text{mohm} = 0.0073 + 0.000261 \text{ hrs}$	89.0	32.41	7.71	0.005
고온 시험	$\text{mohm} = 0.0063 + 0.000141 \text{ hrs}$	71.3	9.93	7.71	0.034
HALT 2	$\text{mohm} = 0.0609 + 0.00477 \text{ hrs}$	99.5	183.79	161	0.047
HALT 6	$\text{mohm} = 0.303 + 0.00450 \text{ hrs}$	81.6	13.29	10.1	0.036

4. 회귀직선의 동일성 검증

두개의 회귀직선에 대한 이론적 동일성 검증[4]은 본 논문에서는 생략하고, 적합한 회귀모형에 의해 계산된 저항값에 대한 비교 그래프인 <그림 3>의 기울기에 대한 검토로 동일성을 검토하기로한다. 그림에서 자동차 환경의 2년과 시험환경의 300시간을 동일한 시간으로 가정하면, 자동차 제조사의 시험환경조건에 의한 회귀모형의 기울기가 완만하여 실제 자동차 환경과 큰 차이가 있음을 알 수 있고 가속시험 환경조건의 경우 기울기가 증가 하기는 했지만, 역시 자동차 환경이 고려된 시험 조건이 아닌 것을 확인 할 수있다. 그래프에서 자동차제조사의 시험조건의 변화 없이 기울기를 높이려면 시험 시간이 무한정 길어지게 될 것이고, 가속시험을 이용하여 자동차 환경과 동일한 회귀모형을 개발하려면, 기울기가 커서 시험시간을 단축시킬 수 있는 가속시험 모델이 검토되어야 할 것이다

상기에서 살펴 본 것과 같이 자동차 환경과 제조사 시험환경, 가속시험 환경은 동일성이 검증되지 않았다



<그림 3> 적합한 회귀식에 의해 계산된 접촉저항 비

5. 결론 및 추후 연구과제

본 논문에서는 매우 복합적인 환경 인자로 구성되는 자동차 환경을 통합하여 하나의 인자로 가정하여 자동차 환경이라는 일정 스트레스 조건으로 간주하여 각각의 일정 스트레스 조건의 시험환경과 비교 검토 하였고, 또한 각 시험환경에서의 회귀모형을 제시 하였으며, 또한 회귀모형의 동일성에 대한 검토도 하였다. 본 논문에서 알 수 있듯이 단일 조건의 시험환경 보다는 복합적인 시험 조건을 포함한 가속시험 조건이 보다 자동차 환경에 접근하는 것을 입증하였다. 기존의 한정적인 조건(전압, 전류, 온도, 습도, 마모...)에 의한 가속시험 방법과 달리 복합적 조건에 대한 귀납적 접근은 의미가 있는 것으로 생각되며, 향후 연구과제로는 보다 자동차 환경을 고려 할 수 있는 가속 시험법에 대한 연구가 필요 하고 이를 위해서는 효과적인 가속시험 환경을 고려하기 위한 시험계획법 및 복합조건에 대한 가속계수 결정법 그리고 복합조건을 해석 할 수 있는 이론적 기반에 대한 연구가 필요하다고 생각 된다.

참고문헌

- [1] 현대자동차, 「자동차용 커넥터 시험 표준 91500-00」, 2001, pp.116
- [2] SAE/USCAR, 「Performance Standard for Automotive Electrical Connector Systems REV.2」, 1999, pp.2326
- [3] 기술표준원, 「신뢰성용어 해설서」, 기술표준원 신뢰성과 2003, pp.8592
- [4] 염 준근, 「선형회귀분석」 자유아카데미 1994, pp. 63~194
- [5] MINITAB. Inc., 「MINITAB user's guide 2 : Data Analysis & Quality Tools」, 2000, pp.2.12.24