

철도차량용 전선의 화재안전기준 조사

Study on the cable fire test for Train

이덕희* 이관섭** 정우성** 이철규**

Lee, Duck-Hee Lee, Kwan-Sub, Jung, Woo-Sung, Lee, Cheul-Kyu

ABSTRACT

Defect of the Cable is one of the most frequent cause of fire accident for years. It also take a big part of the fire load for train. In this study, we reviewed the standard code of other countries for cable fire test. Oxygen index, flame propagation test, smoke test and toxicity test codes were investigated. We also suggest the our national code for train cables.

1. 서론

전선은 그동안 주요한 화재사고의 원인의 하나였고 구획된 공간을 연결하는 설치 상의 특성으로 인하여 화재전파 경로가 되어왔으므로 주요 관리 대상이 되었다. 철도차량에서도 전선은 화재부하가 크고 화재의 주요원인중의 하나로 중심적으로 관리되어야 하는 대상이었으나 그동안 우리는 국가수준의 관리 기준을 정하지 않았다. 이는 내장판이나 의자 등 다른 내장재의 위험 수준이 상대적으로 열악한 상황이었으므로 이에 대한 기준 정립이 전선에 비하여 시급했던데 기인한 다고 볼 수 있다. 그러나 최근 전선피복에 대한 화재시험 방법에 대하여 일부 혼란이 있어 제작사와 검수기관을 중심으로 국가 기준의 정립에 대한 요구가 있었다. 본 논문은 철도차량용 전선의 화재기준을 정하기 위하여 조사한 해외 기준 및 시험법에 대하여 정리한 것이다. 기존에 국내에서는 간단한 산소지수 시험을 이용하여 전선의 난연성 평가를 하여 왔으나 제품상태의 전선피복으로부터는 산소지수 시험을 확보하기 어려우므로 전선 완제품의 연소 성능을 평가하기 위하여는 완성품 단계에서 수행할 수 있는 화염전파 특성이나 연기 및 독성가스 배출에 관한 시험방법의 적용이 필요한 것으로 판단된다.

* 한국철도기술연구원, 환경화재연구팀, 정희원

E-mail : dhlee27@krri.re.kr

TEL : (031)460-5371 FAX : (031)460-5319

** 한국철도기술연구원, 정희원

2. 본론

철도차량에는 급전설비로부터 전력을 공급받거나 차량 내 발전기로부터 동력모터로 공급되는 주행 전원을 공급하기 위한 고압 전선과 차량 내 조명이나 공기조화 설비 등에 제공되는 일반 전력전선 및 각종설비의 제어용 전선이 사용되고 있다. 따라서 전선의 용도나 사용 환경에 따라 화재위험에 노출되는 정도가 다르므로 요구되는 안전 성능도 달라진다.

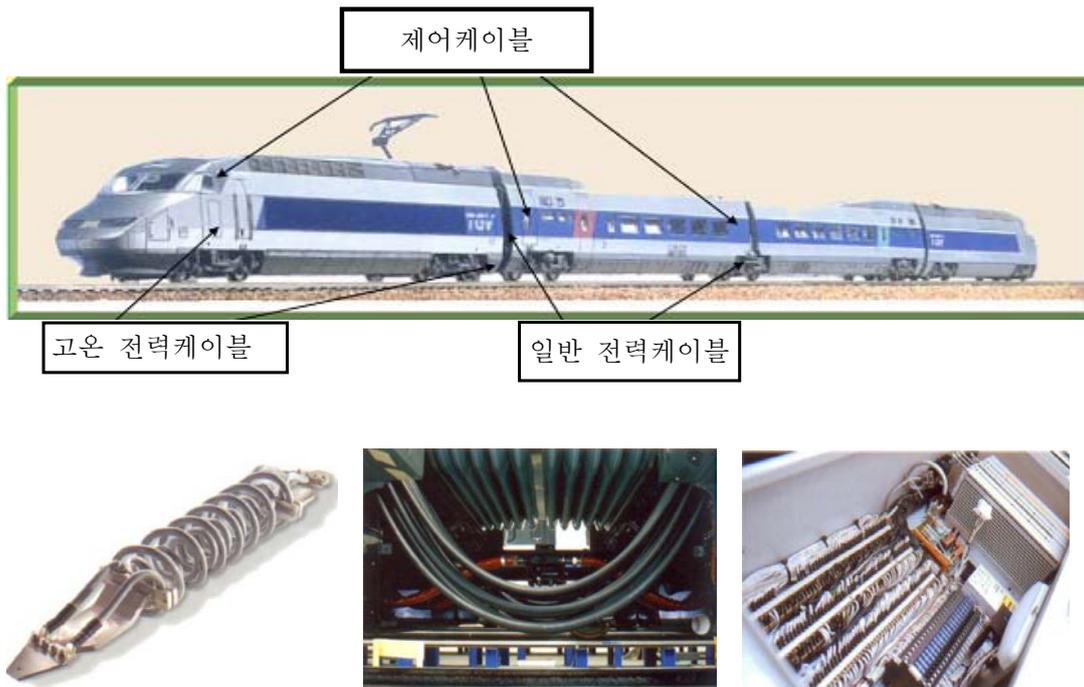


그림1 철도차량 전선사용 사례(좌,중간 : 전력케이블, 우:제어케이블)

화재시 전선의 연소특성을 평가하기 위하여 수행되는 시험은 크게 착화성, 화염전파성, 연기발생량, 독성가스발생 특성 등에 해당한다. 철도차량용 내장재의 화재시험 방법에서 조사된 바와 같이 각국의 화재시험 방법은 매우 다양하게 적용되어 왔었는데, 전선의 경우는 거대 다국적 기업의 주도적 역할이 부각되었는지 비교적 동일한 방법을 채택하는 경우가 많았다. 대표적으로, 국제적으로 사용되는 IEC 코드와 통합유럽의 EN 코드는 동일한 기준으로 정립되어 가고 있었다. 화재시험 방법 중 독성시험은 인체 유해성 가스를 평가하는 방법과 기기 및 시설의 부식성을 평가하는 산성도 시험으로도 분리되어왔다. 표1에 기존에 사용되던 대표적인 시험방법과 합격기준을 표시하였다. 이외에도 연소성을 평가하는 기본적인 방법으로는 산소지수(ISO 4589) 시험이 있다. 그러나 산소지수 시험의 경우 시편 형상에 따라 시험 값이 많은 영향을 받으므로 완성단계의 케이블에서 평단면의 피복 시편을 제작하는 데는 어려움이 있어왔다. 따라서 피복 원재료로부터 별도의 시편을 제작하여 시험하게 되나 이렇게 될 경우에는 완성품의 검사 시험법으로는 활용하기 어려움 점이 있다. 연소가스에 의한 부식성을 평가하기 위한 산성도(pH) 측정시험의 경우 할로젠 가스의 정량법과 중복성이 있다.

표 1 전선에 적용되는 주요 화재시험 평가방법

Test Description	Reference		National Standards		
	European Norm	International Standards	French Standard	British Standard	US Standard
Vertical Flame Propagation on Single Cable	EN 50265-2	IEC 60332-1 (identical)	C 32070 part 1		UL 1581 VW-1 (similar)
Vertical spread Flame Propagation on Bunched Cable	EN 50266-2	IEC 60332-3 (Identical for class a,b,c,d)	C 32072 (equivalent) or C 32070-2 (CSTB french furnace)		UL 1581 Vertical Tray (similar)
Vertical spread Flame Propagation on Bunched Small Cables	EN 50305 ix 9.1	-	-	-	-
Determination of the amount of halogen acid gas	EN 50267-2-1	IEC 60754-1 (Identical)	C 20454 and F 16-101 (similar, not the same)		MIL C 24643 (similar)
Determination of degree of acidity of gases for materials by measuring pH and conductivity	EN 50267-2-2	IEC 60754-2 (Identical)	C 20453 (similar, not the same)		-
Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions	EN 50268-2	IEC 61034 (Identical)	C 32073 (similar) C 20452 (NBS chamber in France)		ASTM E 662 (NBS chamber) (similar)
Measurement of Toxicity Index of gases	EN 50305 ix 9.2	-	NFX 70-100 (equivalent)	BS 6853 1A	NFPA 130 NES 713 (less demanding)

위 방법중에서 IEC와 EN에서 추천하고 있는 가장 보편적인 세 가지 시험법에 대하여 보다 구체적으로 조사하였다. 착화와 화염전파성을 동시에 평가할 수 있는 시험법은 수직형 화염전파 시험(IEC 60332, EN 50265)이다. 이 시험은 전선의 굵기나 종류에 따라 정해진 가연물에 해당되는 전선을 수직형 사다리에 걸고 하부에 설치된 버너를 이용하여 전선에 화염을 지속적으로 가하고 전선의 연소가 중단될 때까지의 연소거리를 평가하는 방법이다. 그림 2와 같이 시험챔버는 높이 4m, 폭 1m, 깊이 2m 크기가 되어야 하며 바닥부에 400mm X 800mm 크기의 개구부로부터 5m³/min 의 공기가 주입되어야 한다. 일반적으로 연소거리가 2.5m 이하여야 합격한 것으로 판정한다. 이 평가법은 전선을 통한 화염의 전파특성에 대한 평가방법으로 가장 보편적으로 채택되고 있다. 다음으로 주목할 시험법은 전선으로부터 발생하는 연기 발생량에 대한 시험법이다. 일반적으로 면적을 기준으로 사용되는 시편의 연기밀도 시험은 미국에서 개발된 NBS 챔버를 사용하는 방법이 있으나, 전선과 같이 평면형상을 가지지 않는 경우는 적절한 현물을 이용한 방법이 사용되어야 한다. 이에 따라 연기밀도 상자의 크기도 증가하게 된다. 이에 적합한 연기(광학)밀도 상자는 가로, 세로, 높이가 모두 3m크기를 가지고 있는 3미터 입방체 상자(EN 50268, IEC 61034) 시험 이다.

케이블 점화용 연료는 90% 에탄올과 4% 메탄올 6% 물을 혼합한 것을 점화용 접시에 넣어 사용한다. 시편은 23℃, 55% 습도에서 16시간 이상 전 처리하고 각 시험의 시험시간은 40분으로 하며 전선의 외경 크기에 따라 전선 시편의 수와 묶음(bundle) 시편의 수가 정해진다.

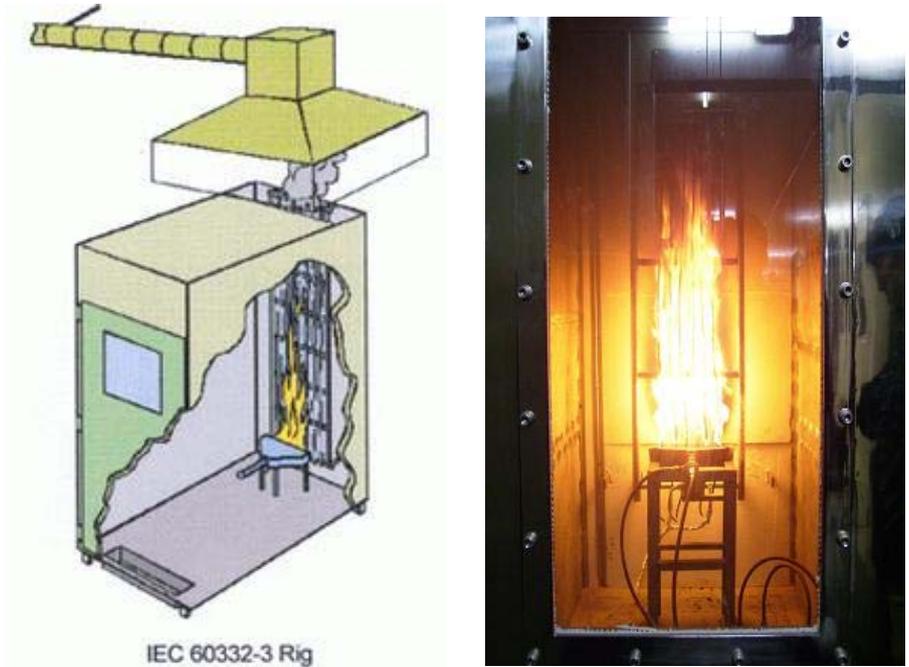


그림 2 수직형 화염전파 시험기(IEC 60332)

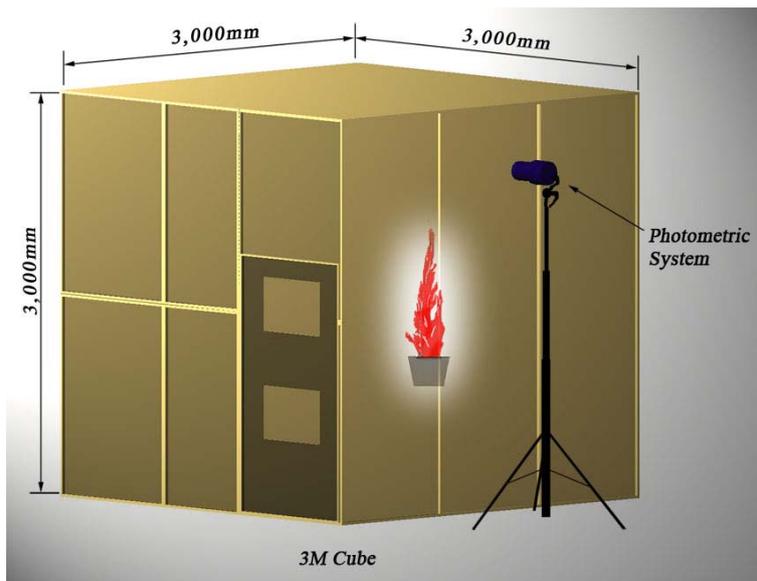


그림 3 연기밀도 시험설비(IEC 61024)

연소가스의 유해성을 평가하는 다른 요소는 연소가스의 독성에 대한 정량이다. 전선의 연소가스 유독성을 평가하는 방법은 NF X 70-100 방법에 따라 아래의 그림과 같이 설계된 시험설비를 이용하여 시험한다. 이때 튜브형 전기로의 온도에 따라 연소특성이 달라지는데 EN 45545에서는 600℃ 독성지수(CIT) 방법을 제안하고 있는 반면 고전적인 프랑스 및 영국의 시험법은 800℃로 설정하여 연소시키고 독성지수 R을 평가하도록 하는 방법이 사용되어 왔다. 연소로 내부로 공급되는 공기는 120리터/분으로 유지한다. 시험의 연소로부터 발생된 연소가스를 샘플링하여 8종의 유독성분을 정량/정성 분석한다.

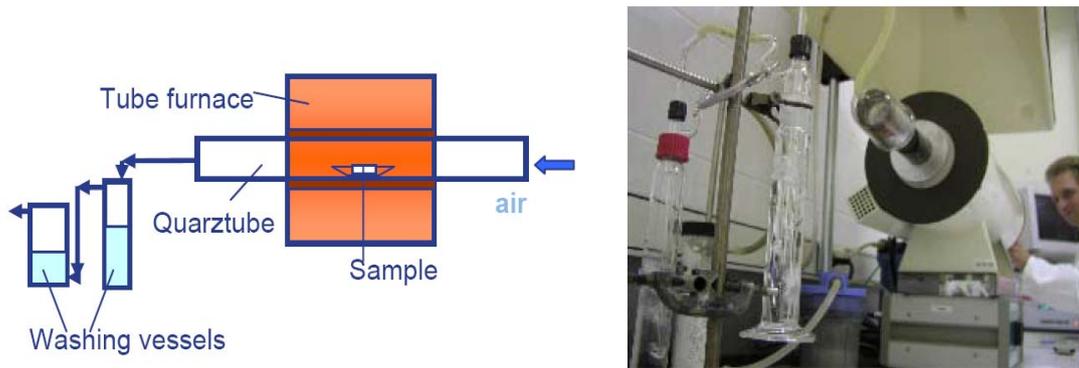


그림 3 연소가스 독성시험기(NF X 70 100)

표 2 독성시험결과 계산방법 및 참조농도

$CIT = \frac{0.75 \times W(i)}{d} \times \sum_{i=1}^8 \frac{C_i}{f_i}$ $R = \sum r_i \left(r_i = C_i / f_i \right)$ <p> <i>C_i</i>: i 별 농도 측정값 <i>f_i</i> : 유독성분 i 별 참조농도 <i>W(i)</i>는 전선단위 길이당 가연물 무게[g] <i>d</i>는 전선단면의 지름[mm] </p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Smoke component</th> <th>Reference concentration (mgm⁻³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CO₂</td> <td>72000</td> </tr> <tr> <td>CO</td> <td>1380</td> </tr> <tr> <td>HF</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>HCl</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>HBr</td> <td>99</td> </tr> <tr> <td>HCN</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>NO_x</td> <td>38</td> </tr> <tr> <td>SO₂</td> <td>262</td> </tr> </tbody> </table>	Smoke component	Reference concentration (mgm ⁻³)	CO ₂	72000	CO	1380	HF	25	HCl	75	HBr	99	HCN	55	NO _x	38	SO ₂	262
Smoke component	Reference concentration (mgm ⁻³)																		
CO ₂	72000																		
CO	1380																		
HF	25																		
HCl	75																		
HBr	99																		
HCN	55																		
NO _x	38																		
SO ₂	262																		

3. 결론

그동안 국내 철도차량의 경우 전선기준 국가 기준이 정해지지 않았고 운영기관별 차량 발주사양서에 IEC, UIC 등의 국제기준이나 BS, NF 등의 외국 기준을 준용하여 사용하여 왔다. 2003년 12월 개정된 도시철도차량안전기준(건교부령 제413호)의 경우 “제10조(화재예방을 위한 기준) ③실내설비(제2항의 규정에 의한 실내설비를 제외한다)의 성질상 불연재료를 사용할 수 없는 경우에는 국제표준화기구에 서 정한 시험방법 ISO 4589-2에 의하여 시험한 결과 산소지수가 24 이상인 재료를 사용하거나, 한국산업규격 또는 국제적으로 인정된 시험방법에 의한 연소성 시험에 합격한 재료를 사용하여야 한다.”라고 전선의 사용기준을 정하고 있으며 철도차량안전기준에 관한 규칙(건교부령 제455호)에도 동일하게 인용되어 적용되어 왔다. 그러나, 한국산업규격(KS)이나 국제적으로 인정된 시험방법에 관한 구체적인 명시

가 없었으므로 IEC, UIC, BS, NF 기준 등이 다양하게 사용되어 왔다. 일부 운영기관의 발주 사양서의 경우는 ISO 4589-2 산소지수 시험에 의한 산소지수 24이상의 기준을 사용하기도 하였으나 이는 피복 재료를 이용한 별도의 시험용 시편의 제작이 필요하여 완성된 전선에는 적용하기 어려운 방법이다. 또한 산소지수 24를 기준으로 사용하는 경우 기존에 사용되고 있었던 철도차량용 전선의 난연성능 기준에도 미치지 못하는 수준이라고 판단되므로 향후 자칫 전선의 사용등급이 저하되고 결과적으로 국내 철도 차량의 화재방어 능력이 떨어지게 될 우려가 있다고 사료된다. 이러한 이유로 인하여 본 연구에서는 국제적으로 사용되고 있는 전선 화재시험 기준 조사내용을 검토하여 국내에 적용할 만한 평가방법 및 합격수준을 표3과 같이 제안하였다.

표 3 철도차량 위험등급별 전선 화재시험 기준

화재성능 요구기준		시험방법	시험항목	합격기준			
		시험규격		위험등급①	위험등급②	위험등급③	위험등급④
전선	내부용	IEC 60332-3-24	수직화염전파 (연소거리; m)	2.5 이하	2.5 이하	2.5 이하	2.5 이하
		IEC 61034	연기밀도 (투과율; %)	25	50	50	70
		NF X 70-100-1	R	3.6	2.7	1.6	1.6
	외부용	IEC 60332-3-24	수직화염전파 (연소거리; m)	2.5 이하	2.5 이하	2.5 이하	2.5 이하
		IEC 61034	연기밀도 (투과율; %)	N.C	25	50	50
		NF X 70-100-1	R	N.C	3.6	2.7	2.7

참고문헌

1. prEN 45545 "European Standard Final Draft", 2004 CEN
2. Stephen J. Grayson(2000), "Fire Performance of Electric Cables Final Report", Interscience
3. ASTM E 662, "Standard Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials"
4. NFPA 130, " Fixed Guideway Transit System"
5. BS 6853, "Code of practice for fire precautions in the design and construction of passenger carrying trains"