

통신케이블의 화재위험성 분석에 관한 연구

홍성호, 박찬호, 박상태, 유승현  
방재시험연구원

A Study on the Analysis of Fire Hazards for Communication Cable

Sung Ho Hong, Chan Ho Park, Sang Tae Park, Song Hyun Yu  
Fire Insurers Laboratories of Korea

**Abstract** - This study presents on the analysis fire hazards of communication cable. In order to analyze fire hazards fire retardant tests and con-calorimeter test is conducted. The fire retardant tests are IEC 60332-1 and UL 94 test. The results show that IEC 60332-1 test and UL 94 test are not effective to estimate fire hazard. And various parameter is obtained by con-calorimeter test. It is necessary to analysis effectively fire hazards of cable for new fire retardant test.

1. 서 론

일반적으로 통신케이블의 설치는 공항, 상점, 오래된 공공사무실과 같은 공공건물에서 통신케이블은 수직벽 덕트에 설치되는 통신케이블과 함께 천정 공간에 설치되고 전기안전을 위해 전력케이블과 이격되어 있다. 일반 사무실과 최근 공공 사무실에서 케이블은 천정과 이중바닥재 아래의 공간과 수직벽 덕트에 설치되고 조명용 케이블과 일부 통신케이블은 천정 위 공간에 설치되고 컴퓨터와 전화 케이블 및 이와 유사한 저전력 케이블은 이중바닥재 아래의 공간에 설치된다. 많은 컴퓨터 시설이 있는 대규모 건물은 이중바닥재 아래의 깊이가 깊은 공간에 다수의 통신케이블로 채워져 있다.

저전압 저전류로 운영되는 광케이블과 통신케이블은 주요 발화원이 아니지만 광범위한 사용으로 외부 점화원에 의한 발화와 관련이 있으며 최근 건물에서 통신과 관련한 설비투자 및 정보통신의존도가 높아지는 추세에 따라 통신케이블에 의한 연소확대 위험성이 높아지고 있다<sup>[1]</sup>.

본 연구는 점점 증가하고 있는 건축물 내에 통신케이블에서의 화재위험성을 분석하기 위하여 콘칼로리미터를 이용하여 열방출률 등을 측정하고 결과를 분석하여 통신용 케이블의 화재위험성을 분석하였다. 또한 소규모 난연성시험인 IEC 60332-1과 UL 94 시험을 통하여 통신케이블의 난연성을 평가하였으며, 소규모 난연성시험에 따라 화재위험성의 등급을 분류하고 소규모 난연성시험의 유효성을 검토하였다.

2. 본 론

2.1 난연성 시험

IEC60332-1은 절연전선 또는 케이블을 수직으로 배치하여 화염을 인가했을 때 전선 또는 케이블의 탄화에 따라 난연성을 평가하는 시험<sup>[2]</sup>이고, UL 94는 플라스틱 재료 등의 난연성을 평가하는 시험<sup>[3]</sup>이다. 본 연구에서는 소규모로 난연성을 평가하는 IEC 60332-1과 UL 94 시험방법에 따라 본 연구에서 선정한 통신케이블의 난연성을 평가하였다.

2.2 콘칼로리미터 시험

통신용 케이블의 열방출률을 측정하기 위해 ISO

5660 기준에 따라 콘칼로리미터를 사용하였다. ISO 5660 시험방법은 연소시 열방출률을 재료의 연소에 필요한 산소의 양에 비례한다는 점에 기초를 두고 있다. 즉, 연소시 산소 1 kg이 소비되면 약 13.1 MJ의 열이 방출된다는 관계가 성립한다. 규정된 외부 복사열을 받는 동안 시편은 주위 공기조건에서 연소하며, 이 때 산소농도와 배출가스 유량을 측정하여 열방출률을 산정한다. 이러한 방법으로 재료 또는 제품이 화재에 노출되는 동안 열방출률에 기여하는 정도를 평가한다<sup>[4]-[5]</sup>.

콘칼로리미터는 콘 형태의 복사전기히터, 시편의 질량을 측정하기 위한 무게측정장치, 시편홀더, 산소분석장치, 유량측정장치를 부착한 배출시스템, 스파크 점화회로, 열플럭스미터(heat flux meter), 교정용 버너 및 데이터 수집 분석시스템 등으로 구성되어 있으며, 시험장치의 구성은 그림 1과 같다.

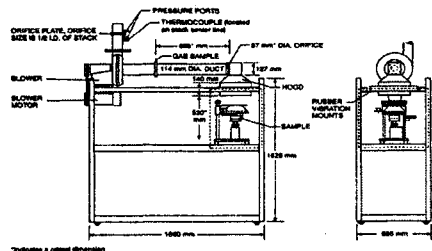


그림 1. 콘칼로리미터 시험장치

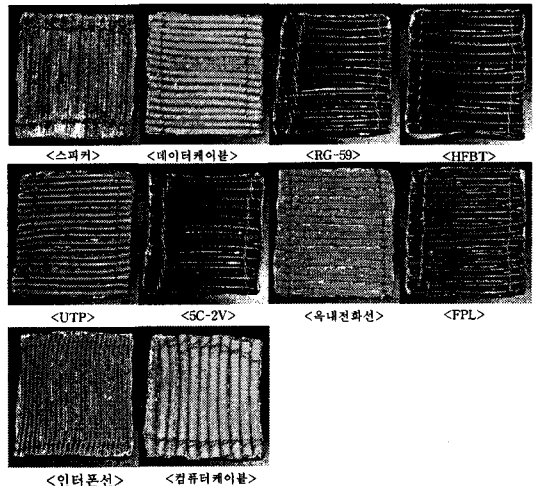


그림 2. 콘칼로리미터 시험체

본 연구에서는 콘 칼로리미터 복사열에 노출시켜 방출되는 열량을 통하여 획득한 다양한 파라미터를 이용하여 통신케이블의 화재위험성을 분석하였다. 콘칼로리미터 시험에 사용하기 위하여 제작한 케이블 시료는 그림 2와 같다.

## 2.3 시험결과 및 분석

### 2.3.1 난연성 시험

#### (1) IEC 60332-1

표 1은 IEC60332-1 시험방법에 따른 통신케이블의 난연성시험결과를 나타낸 것으로 10개의 통신케이블 중에 9개는 성능기준에 적합한 것으로 나타났으나 1개 시험체만이 성능기준에 적합하지 않는 것으로 나타났다.

IEC 60332-1의 시험결과에서 실제 탄화길이를 살펴보면 HFBT와 FPL 케이블이 가장 짧은 탄화길이를 나타내고 있어 이들 케이블은 난연성이 보다 우수한 것을 알 수 있고, 그 뒤로 2464(데이터 케이블)케이블이 짧은 탄화길이를 나타내고 있다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 케이블 탄화길이에 따라 화재위험성 등급을 구분하였다. 탄화길이가 100 mm 이하이면 화재위험성이 낮은 것으로, 탄화길이가 100 mm ~ 170 mm이면 화재위험성이 중간, 170 mm 이상이면 화재위험성이 높은 것으로 등급을 구분하였다. 그림 3은 이와 같은 IEC 60332-1 시험을 통하여 탄화길이에 따른 등급을 분류한 것을 나타낸 것이다.

표 1. IEC 60332-1 시험결과

시험체명	탄화길이 (mm)		실제 탄화길이 (mm)	판정	화재위험성
	상부지지대로부터 탄화 상부까지	상부지지대로부터 탄화 하부까지			
HFBT	390	480	90	적합	Low
옥내전화선	260	450	190	적합	High
5C-2V	350	480	130	적합	Medium
UTP	375	490	115	적합	Medium
FPL	400	470	70	적합	Low
컴퓨터케이블	370	470	100	적합	Medium
스피커선	250	475	225	적합	High
인터폰선	280	450	170	적합	Medium
RG 59	상부지지대까지 전소	-	-	부적합	High
2464	350	455	105	적합	Medium

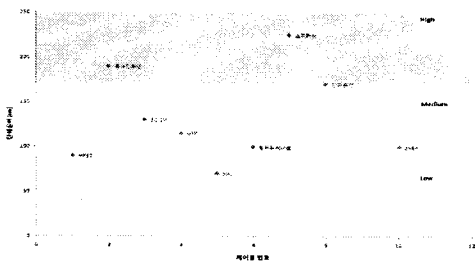


그림 3. 탄화길이에 따른 화재위험성 분류

#### (2) UL 94

표 2는 UL 94 시험결과를 나타낸 것으로 옥내전화선이나 스피커선을 제외하고 V-0급의 난연성이 있는 것으로 나타났다. 이 시험결과만을 고려한다면 옥내전화선이나 스피커선의 다른 통신케이블은 난연성능이 우수하여 화재위험성이 낮다고 평가할 수 있다. 물론 난연성이 있다고 해서 화염이 발생하지 않는 것은 아니지만 V-0급의 난연성능은 매우 우수한 난연성능이 있다는 것을 의미한다. 그러나 실제 건축물내 화재에서 다양한 통신

케이블의 연소에 의한 화재가 빈번히 발생하고 있는 점을 상기한다면 UL 94 시험에 의해 화재위험성을 평가하는 것은 적합하지 않다는 것을 시험결과를 통하여 확인할 수 있다. 따라서 건축물내 통신케이블에 의한 화재위험성을 평가하는 것은 UL 94 시험방법외에 다른 평가방법이 필요한 것을 알 수 있다.

표 2. UL 94 시험결과

시험체명	진연시간		판정
	1차(t1)	2차(t2)	
HFBT	즉시 소화	즉시 소화	V-0급
옥내전화선	20초 후 전소	-	난연성이 없음
동축케이블 (5C-2V)	3초	14초	V-0급
UTP	즉시 소화	즉시 소화	V-0급
FPL	즉시 소화	즉시 소화	V-0급
컴퓨터케이블	즉시 소화	즉시 소화	V-0급
스피커선	7초	23초 후 전소	난연성이 없음
인터폰선	2초	5초	V-0급
RG 59	즉시 소화	즉시 소화	V-0급
2464	즉시 소화	즉시 소화	V-0급

IEC 60332-1이나 UL 94 시험은 시험체의 크기가 각각 600 mm, 125 mm와 같이 작은 규모로 준비하여 성능을 평가하는 것으로 전체 케이블의 화재위험성을 평가하기에는 적합하지 않는 것을 시험결과를 통하여 알 수 있다.

실제 통신케이블에서의 화재위험성을 평가하기 위해서는 실제 설치되는 케이블에 화재시 발생하는 열을 직접 인가하는 실대 화재시험이 필요한 것을 알 수 있다. 그러나 이렇게 하기 위해서는 소요되는 비용이나 시간 등의 문제점이 있기 때문에 시행하기에는 어려움이 있다. 따라서 소규모 시험으로 통신케이블의 화재위험성을 보다 적절하게 평가할 수 있는 방법이 필요하다.

### 2.3.2 콘칼로리미터

표 3은 콘칼로리미터의 시험결과를 나타낸 것으로 피크 HRR값이 500 kW/m<sup>2</sup>이상인 것은 5C-2V(동축케이블)와 스피커선이고, 다음으로 RG-59(동축케이블)가 약 459 kW/m<sup>2</sup>로 나타났고 나머지 케이블은 약 200 kW/m<sup>2</sup>로 나타났다. 총 발생열량 또한 이들 케이블이 높게 나타났다. 따라서 5C-2V나 스피커선 및 RG-59는 피크 HRR값과 총 발생열량이 높으므로 그만큼 화재위험성이 높다는 것을 의미한다. 가장 낮은 피크 HRR 값을 나타낸 것은 FPL, 컴퓨터케이블 및 2464 데이터 케이블로 각각 약 250, 197, 188 kW/m<sup>2</sup>로 나타났으며, 평균 HRR값이나 총 발생열량도 이들 케이블이 낮게 나타났다. 따라서 이렇게 낮은 HRR값을 나타내는 케이블은 화재위험성도 낮다고 할 수 있다.

표 4. 콘칼로리미터 시험결과 요약

Cable	피크 HRR (kW/m <sup>2</sup> )	평균 HRR (kW/m <sup>2</sup> )	(A)피크HRR까지 도달시간 (s)	(A)시간까지 평균 HRR (kW/m <sup>2</sup> )	Total Heat Release (MJ/m <sup>2</sup> )
HFBT	206.3	98.25	205	83.51	23.1
5C-2V	553.7	250.84	195	188.63	65.2
2464	187.64	112.66	110	92.14	30.4
RG-59	459.25	247.36	150	185.85	60
옥내전화선	295.87	68.60	55	185.72	17.5
UTP	261.81	158.60	210	143.92	37.3
FPL	250.55	121.66	140	140.04	30.4
인터폰선	293.71	145.02	100	134.33	36.5
컴퓨터케이블	196.76	95.42	235	101.64	31
스피커선	526.8	122.13	65	284.50	33.6

그림 4는 HRR값을 비교한 것으로 피크값까지 급격하게 상승하면서 높은 피크 HRR값을 갖는 가장 빠른 연소특성을 갖는 케이블은 스피커선으로 나타났다. 옥내전화선도 피크 HRR값은 낮지만 빠른 연소특성을 나타냈다. 이러한 케이블은 화재시 급격하게 연소가 확대될 수 있는 가능성이 있다는 것을 의미한다. 5C-2V나 RG-59는 높은 피크 HRR값을 갖는 반면에 스피커선보다는 다소 느리게 피크값까지 상승하는 연소특성을 나타냈다.

그림 5는 각 통신케이블이 연소하면서 발생하는 연기량을 비교한 것으로 스피커선이 특히 연기가 많이 발생하는 것을 볼 수 있다.

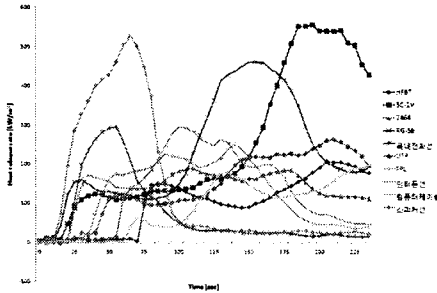


그림 4. 각 통신케이블 HRR 비교

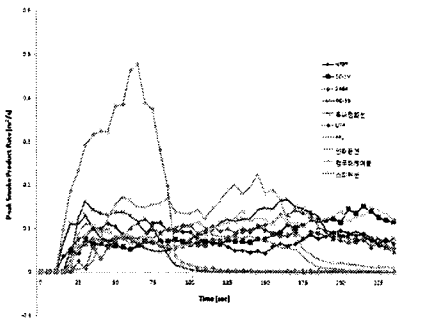


그림 5. 각 통신케이블 연기발생량 비교

그림 6은 각 케이블의 피크 HRR을 비교한 것으로 피크 HRR값이 높은 케이블은 5C-2V와 스피커선으로 나타났다. 다른 케이블에 비해 피크 HRR이 높다는 것은 상대적으로 화재위험성이 높다는 것을 의미한다.

그림 7은 피크 HRR까지 도달하는 시간을 나타낸 것으로 피크 HRR까지 도달하는데 가장 빠른 케이블은 옥내전화선과 스피커선으로 나타났다.

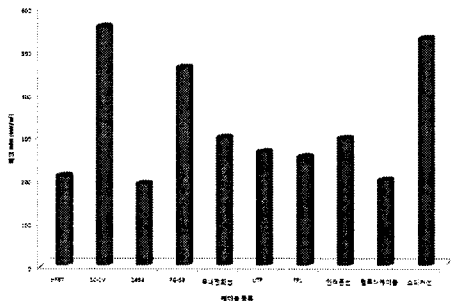


그림 6. 각 케이블의 피크 HRR

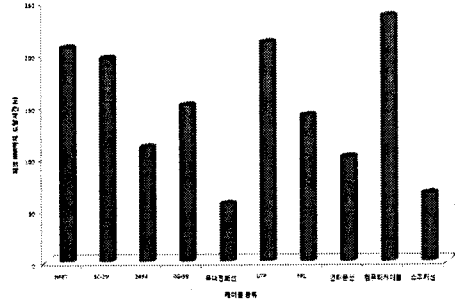


그림 7. 각 케이블의 피크 HRR까지 도달시간

### 3. 결 론

본 연구는 통신용 케이블에 대하여 IEC 60332-1과 UL 94 난연성시험 및 콘칼로리미터를 이용하여 열방출률 등을 측정하고 결과를 분석하여 통신케이블의 화재위험성을 분석하였으며, 화재위험성 분석을 위한 난연성시험의 적합성 등을 평가하였다. 그 결과 본 연구에서는 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) IEC 60332-1 시험결과 RG-59 케이블을 제외하고 모든 통신케이블이 성능기준에 적합한 것으로 나타나 IEC 60332-1의 시험으로는 통신케이블의 화재위험성을 평가하기에 적합하지 않은 것을 알 수 있었다. IEC 60332-1 시험 후 탄화질기에 따른 화재위험성 등급을 분류한 결과 화재위험성이 가장 높은 그룹은 스피커선, 옥내전화선, 인터폰선이고, 중간인 그룹은 5C-2V, UTP, 컴퓨터 케이블, 2464 데이터케이블이고, 가장 낮은 그룹은 HFBT, FPL로 나타났다.
- (2) IEC 60332-1의 탄화질에 따른 통신케이블의 화재위험성 등급분류와 콘칼로리미터 시험결과에 따른 화재위험성 등급분류는 유사하게 나타나 화재위험성 등급분류에 관한 타당성을 검토하였고, IEC 60332-1의 성능요건에 화재위험성을 나타낼 수 있는 새로운 등급분류에 관한 개정이 필요한 것으로 판단된다.
- (3) UL 94 시험결과 스피커선과 옥내전화선을 제외하고 모든 통신케이블이 V-0급의 난연성능이 있는 것으로 나타나 UL 94의 시험으로는 통신케이블의 화재위험성을 평가하는데 적합하지 않은 것으로 판단된다.
- (4) 콘칼로리미터 시험결과 열방출률 등 통신케이블의 화재위험성을 평가할 수 있는 다양한 파라미터들을 획득할 수 있었다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 박양범, 한상욱, "케이블화재 방재대책", 한국화재소방학회 논문지, Vol.9, No.2, pp.47~56, 1995
- [2] IEC 60332-1, Test on Electric Cables Under Fire Conditions, 2002
- [3] UL 94, Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances, 2000
- [4] 이근원, 김관용, 이두형, "콘칼로리미터를 이용한 섬유강화플라스틱(FRP)의 연소특성", 한국화재소방학회지, Vol.18, No.2, pp.68~72, 2004
- [5] 박수영, 김대회, 임홍순, "콘칼로리미터를 사용한 샌드위치패널 연소특성에 대한 실험적 연구", 한국화재소방학회 논문지, Vol.20, No.4, pp.33~41, 2006