

## 전력케이블의 경년열화에 따른 난연성에 관한 연구

이해평 · 김해림\* · 박영주\*\* · 송사금\*\*\*

강원대학교 소방방재학부, 강원대학교 방재전문대학원\*, 강원대학교 화학공학연구소\*\*,  
강원대학교 산업과학대학원\*\*\*

### A Study on the Flame Retardancy According to the Aging of Power Cables

Lee, Hae Pyeong · Kim, Hae Rim · Park, Young Ju\*\* · Song, Sa Keum\*\*\*

Dept. of Fire & Emergency Management, Kangwon National University

\*Professional Graduate School of Disaster Prevention, Kangwon National University

\*\*Chemical Engineering Research Center, Kangwon National University

\*\*\*Graduate School of Industry & Science, Kangwon National University

#### 요 약

본 연구에서는 공동지하구 내에서 고온다습하고 유해가스 등 밀폐된 환경에서 사용되었던 CV-Cable을 대상으로 예상되는 Cable sheath 열화기간을 사용기간별(G전선 29년, L전선 14년, L전선 10년)로 3단계로 구분하여 콘칼로리미터와 UL 94 분석장비 등을 활용하여 착화시간, 총발열량, 연소속도를 측정함으로써 전력케이블의 경년열화에 따른 난연성을 비교분석하였다.

#### 1. 서 론

우리생활과 밀접한 관련이 있는 전기는 선로를 통하여 전송되는데 과거의 경우 기술적, 경제적 제약으로 인하여, 가공(架空)형으로 설치 운용 되어 왔으나, 70년대를 시점으로 산업의 발전과 더불어 인구의 집중화 및 문화생활의 비약적인 발전으로 전력 수요밀도가 더한층 높아지고 있고, 전력시설물의 대형화와 초고압 전력시설의 필요성은 더욱 높아지고 있으며, 전력의 최대수요치도 매년 새로운 기록을 갱신하고 있다. 따라서 증가하는 전력 공급시설은 일부 대도시 외에는 가공 전선으로 시설하였으나 최근에는 대도시는 물론 대형 산업시설물건설에도 지중화 또는 공동구로 시설되고 있다. 그것은 도시의 인구밀도의 심화와 산업기반시설의 대형화로 공간의 효과적인 활용과 도시의 한계심도<sup>1)</sup> 이상은 공유지라는 점에서 건설에 필요한 토지보상의 편리성과 도시의 미관의 개선과 각종 기후 환경요인에 대한 의존도를 경감시킬 수 있고, 유지보수의 편리성으로 인하여 안정성과 신뢰성을 크게 향상시킬 수 있어 통신구 또는 공동구는 증가하는 추세<sup>2)</sup>이다.

그러나 국가의 기간시설이 설치되어 있는 지하구는 화재와 같은 재해는 외부로부터 소화 작용이 구조적으로 어렵고, 케이블의 피복(sheath) 및 절연재는 전기적 특성과 내후성, 내약품성 등의 제반 특성이 우수한 폴리염화비닐(PVC), 플라스틱, 합성고무가 주로 사용되는데 이들은 석유계의 유기물로 되어있기 때문에 열에 약하고 화재가 발생할 경우 유독가스를 발생함으로 인체에 유해함은 물론이고 화재시의 연기로 인하여 시계의 방해로 피난이나 소화 활동에 지장을 초래하고 지하구를 따라 설치된 가연물이 지속적으로 연소하기 때문에 대형화재로 이어지며, 화재로 인한 직접적인 피해 이외에 전력공급의 장애로 인하여 산업은 물론 가정, 은행, 교통 등 국가산업 전반의 마비로 막대한 2차적 피해를 발생시키게 된다. 공동구에는 일반적으로 통신 cable(copper wire), 광통신 cable, 전력 cable 등의 복합적인 구조로 되어있다. Cable의 설계상 표준 내용연수는 그 절연체에 부가되는 열적 전기적, 기계적, 화학적 등의 열화가 사용기간과 비례하여 심화됨을 참작하여 20~30년을 기준으로 한다.<sup>3)</sup> Cable 포설환경이나 사용 상태에 따라 내용연수는 많이 변한다. 따라서 본 연구에서는 지하구 내에서 고온다습하고 유해가스 등의 환경에 사용되었던 CV 전력 cable에 대하여 예상되는 cable sheath 열화를 사용기간 별로 3단계로 구분하여 난연성의 변화를 분석하여 비교하였다.

## 2. 연구내용 및 방법

### 2.1 실험재료

Cable 화재의 유형은 과전류로 인하여 줄(Joule)열의 누적에 의한 cable 발열화재와 외부의 원인에 의한 화재로 구분할 수 있는데, 전선의 발열화재는 1차적으로 절연체가 연소되면서 sheath를 함께 연소시키며, 외부의 열에 의한 화재의 경우 1차적으로 sheath가 연소되면서 절연체를 인화된다. 본 연구에서는 cable 외부 열에 의한 화재의 경우로서 공동구내의 밀폐된 환경에 장기간 사용되었던 전력용 케이블(CV cable, 폴리에틸렌절연 vinyl sheath 전력케이블)을 대상으로 sheath 외부에 인쇄된 생산년도를 기준으로 2010년까지의 경년별로 29년(CV 3P 150mm<sup>2</sup>), 14년(CV 4P 150mm<sup>2</sup>), 10년(CV 3P 200mm<sup>2</sup>) 세 종류에 대한 각각의 cable sheath를 실험에 사용하였다.

### 2.2 연구방법

실험 방법은 Table 1의 연소실험 방법으로 하였으며, Table 2와 같은 실험조건으로 분석을 실시하여 그 결과로 산출된 data를 해석하여 평가에 사용하였다.

Table 1. Experimental method and analytical equipments

Items	Equipment
질량감소율	Cone calorimeter
착화시간	
발열량특성	
난연성시험	UL 94 HB 기준에 의한 수평실험

**Table 2. Experimental conditions for cone calorimeter and UL 94**

Items	Cone calorimeter	Items	UL 94
Size(mm)	100×100	Sise(mm)	L125±5, W 13±0.5, T3
Weight(g)	50	Time of by flame(s)	30s of 20mm flame
Heat flux(kW/m <sup>2</sup> )	50	Combustion model	Horizontal
Test time(s)	time until there was no more weight decrease	Test time(s)	75mm 구간의 연소시간 3회 측정 평균치
Material condition	raw	Material condition	Raw

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 난연특성

Table 3에는 난연 특성에 대한 분석결과를 나타내었다. 모든 시편에서 30(s)동안 시험 불꽃을 적용시키고, 불꽃을 제거한 후 after glow 현상이 발견되지 않았다.

**Table 3. Results of flame retardancy according to the aging of power cables**

Items	29년	14년	10년
연소길이(mm)	After glow 없음	Afte rglow 없음	After glow 없음
연소속도(m/min)	-	-	-

#### 3.2 착화특성

Table 4에는 착화특성에 대한 분석결과를 나타내었다. 경년 29, 14, 10년을 기준으로 착화시간은 9, 12, 9(s)로 시작하여 7, 5, 6(min) 동안 연소되었으며, 연소완료 후 잔류물은 4.3(11%), 0.9(3%), 11.2(28%)으로 연소 후 잔류물은 경년 10년의 시료에서 가장 많은 양을 보였다.

**Table 4. Results of ignition characteristics according to the aging of power cables**

Items	29년	14년	10년
Time to ignition(s)	9	12	9
Time to flameout(s)	439	320	462
Ignition temperature(°C)	785	785	785

#### 3.3 발열량특성

Table 5에는 경년열화에 따른 발열량 특성을 나타내었다. 연소 발열량은 경년 14년에서 285.99(kW/m<sup>2</sup>)로 최고값을 나타냈으며 연소 에너지의 평균발열량과 총발생량은 경년 29년에서 38.84(kW/m<sup>2</sup>)과 70.03(MJ/m<sup>2</sup>)로 현격한 차이를 나타냈다.

Table 5. Results of heat release characteristics according to the aging of power cables

Items		29년	14년	10년
Heat release rate	Mean(kW/m <sup>2</sup> )	38.84	23.18	29.48
	Peak(kW/m <sup>2</sup> )	272.95	285.99	221.94
	At time(s)	30	25	75
Total heat release(MJ/m <sup>2</sup> )		70.03	32.68	47.99

#### 4. 결 론

- 1) Horizontal Burning Test에서 모든 시편에서 30(s)동안 시험 불꽃을 적용시키고, 불꽃을 제거한 후 afterglow 현상이 발견되지 않았다, 따라서 cable의 사용경년에 따른 열화의 변화와 난연성의 변화와 없는 것으로 판단되었다.
- 2) 착화온도는 785℃로 동일하였고, 경년 29, 14, 10년을 기준으로 착화시간은 9, 12, 9(s)로 시작하여 7, 5, 6(min) 동안 연소되었으며, 연소완료 후 잔류물은 4.3(11%), 0.9(3%), 11.2(28%)으로 연소 후 잔류물은 경년 10년에서 많은 양을 보였다.
- 3) 연소 발열량 최고점은 경년 14년에서 285.99(kW/m<sup>2</sup>)로 최고값을 나타냈으며 연소 에너지의 평균 발열량과 총 발생량은 경년 29년에서 38.84(kW/m<sup>2</sup>)과 70.03(MJ/m<sup>2</sup>)로 현격한 차이로 나타난 것을 알 수 있었다. Cable의 사용되었던 환경이 동일하더라도 국부적인 환경과 제조공정이 동일하지 않아 분석결과와 대표성은 없으나 설계 내용연수가 모두 소진되었다고 판단되는 경년 29년의 경우는 발열량특성에서 많은 연소특성의 큰 변화가 있었다. 그러나 29년간의 경년에 의한 열화로 물성의 특성 변화의 영향인지 또는 sheath 제조용 resin의 배합비의 변화인지는 확인하지 못하였다.

#### 참고문헌

1. 한국감정평가협회의 토지보상평가지침 제50조.
2. 소방법 시행령 제 23조 (지하공동구의 정의), 시행규칙 제 28조 제7항 (전기, 통신용은 길이 500m 이상으로 규정).
3. 社団法人 日本電線工業會 技術資料 技資 第 107号. “電線,케이블의耐用年數について”
4. ISO 5660-1(2002). “Reaction to Fire Part 1, Rate of Heat Release from building products(Cone Calorimeter)”, Generer.