

## 지중 전력선 전기화재 방호를 위한 강화액 소화설비

이택구\*† · 박재만\*\* · 김동석<sup>1</sup>

(주)SH엔지니어링, <sup>1</sup>방재시험연구원

(\*tklee@shinwhaelc.com, \*\*jimpark2@shinwhaelc.com)

### 1. 개요

지하공간의 활용에 대한 관심이 높아지면서 많은 기반시설들이 지하공간에 구축되고 있다. 이러한 지하기반시설 중의 하나인 지하 전력구는 발전소에서 만들어진 초고압 전력을 각 사용처로 송전하는 일종의 통로로 매우 중요한 국가시설물로, 최근 지하 전력구의 지중 전력선 접속부에서 화재사고가 빈번히 발생하고 있다. 지중 송전케이블의 화재는 전기화재이며, 화재형태가 B급과 A급 화재로 표면화재 및 심부화재에 대한 소화성능을 갖춘 소화설비를 필요로 한다.

일반적인 수계 혹은 가스계 소화설비는 지하 전력구의 구조와 송전케이블의 B급 화재특성에 적합하지 않다.

이에 본고에서는 당사와 방재시험연구원에서 공동 개발한 지중 전력선 전기화재 방호를 위한 강화액 소화설비에 대하여 논의하고자 한다.

### 2. 지하전력구 화재

#### 2.1 전력구 특성 및 화재 사례

한국전력이 관리하는 지하 전력구는 지하공동구와는 다른 개념으로 지하공동구가 통신·가스·수도·난방의 종합 운반로라면, 지하 전력구는 각 지역 변전소로 전력을 공급하는 단일 통로이다. 따라서 지하 전력구는 발전소에서 만들어진 154~765 kV의 초고압 전력이 송전되는 곳으로 송전철탑의 역할을 한다.

현재 우리나라에 설치된 지하 전력구는 총연장이 337.8 km에 이르며 서울에만 134.2 km의 지하전력구가 설치되어 있고, 부산·인천·대전·제주 등에도 지하전력구가 늘어나고 있는 상황이다. 우리나라의 지중화율은 8.3%로 100%인 싱가포르나 11.9%인 일본보다는 낮지만 1.1%의 미국이나 3.0%의 프랑스보다는 높은 실정이다.

지하전력구의 화재원인은 과전류 및 전기합선, 절연파괴 등으로 인한 내부적 요인과 외부적 요인에

표 1. 국내 지하 전력구 화재사례

No	발생일자	발생 장소
1	1994. 4. 20	인천시 가정동 북인천 변전소 지하 전력구 화재
2	2000. 2. 18	서울 여의도 백조아파트 앞 지하 전력구 화재
3	2002. 2. 8	서울 우면동 한국통신 연구개발 본부 앞 지하 전력구 화재
4	2004. 12. 31	서울 개포동 산63의 14 지하 전력구 화재
5	2006. 12. 29	구리시에서 시험가동 중이던 345 kV 고압 송전선의 케이블 접속 지점에서 불꽃이 튀면서 지하 전력구 화재 발생

표 2. 지하 전력구 지중전력선의 연도별 화재건수

연도	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	06	계
건수	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	2	1	1	0	1	1	14

의한 것으로 국내에서 발생하였던 사례를 표 1과 2에 나타내었다.

2.2 화재 발생 원인 및 특성

지하전력구 화재는 대부분 전기화재의 특성을 띠고 있으며, 일반 수계 및 가스계 소화설비로 전 구간에 걸쳐 소화 및 억제가 매우 어렵다. 또한 케이블 외장재인 폴리에틸렌이나 PVC는 연소시 독성가스(HCl, CO<sub>2</sub>, CO 등)를 생성하여 단시간동안 흡입하여도 인체에 치명적인 영향을 줄 수 있고, 축적된 연기 및 다량의 연소생성물들은 지상으로 배출되기 어렵기 때문에 화재에 대한 소화활동이 더욱 어려워지게 된다.

1) 지하 전력구 화재 발생원인 및 문제점

- 케이블 자체에서 발생하는 경우
  - 절연체에 쌓여 있는 구리선안의 절연유에서 발화하는 경우
  - 단락 점에서 발생하는 스파크로 인하여 주위의 인화성물질이 발화되는 경우
  - 가열된 도체 주위에 인화성물질이나 가연성물질이 접촉하여 발화되는 경우
  - 지락 지점에서 스파크가 발생하여 생기는 경우
  - 인입전선관 내 전선피복 손상으로 누전이 생겨 발화하는 경우
  - 전선의 허용전류이상이 흘러 열발화하는 경우
- 외부발화원에 의하여 발생하는 경우
  - 타 구역에서 발생한 화재가 케이블로 착화되는 경우
  - 공사 중 실수로 케이블에 착화되어 화재가 발

생되는 경우

- 케이블에 연결된 전기기기가 접속불량 또는 과열로 인하여 발화하는 경우

2) 지하구 화재의 특성

- 지하의 밀폐공간성
  - 지하구는 어둡고 비좁아 진압시 어려움이 따르며 소방대원의 피해가 우려되고 지상의 지휘본부와 지하에 진입한 대원간의 통신이 어려워 화재상황을 파악하기가 곤란하다.
  - 화재가 진압되더라도 복구인원과 장비의 투입이 어렵기 때문에 복구 시간이 많이 소요된다.
  - 지하공간의 화재는 바람의 영향을 받지 않아 출·입구의 방향에 따라 환기류의 방향이 변하기 때문에 피난방향의 혼란을 초래한다.
- 연소시 유독가스 및 연기
  - 케이블 외장재인 폴리에틸렌이나 PVC는 연소시 독성가스(HCl, CO<sub>2</sub>, CO 등) 및 연기가 생성되어 단시간동안 흡입하여도 인체에 치명적인 영향을 줄 수 있다.
  - 축적된 연기 등 다량의 연소생성물을 지상으로 배출하기가 어렵다.
  - 연기확산은 지상계단으로서의 유입으로 피난 및 소화활동에 장애요인이 된다.

3. 강화액 자동소화설비

3.1 강화액 소화약제

강화액 소화약제는 소화약제가 가지고 있는 소화

표 3. 소화시스템의 비교

구분		전기화재 적용성	재발화 위험성	2차 피해	방염성능 유무	소화효과
기존 시스템	수계 소화시스템	×	적다	△	×	냉각효과
	가스계 소화시스템	○	크다	없음	×	질식/냉각효과
	강화액 소화시스템	×	적다	△	○	냉각/질식/부축매효과
송전케이블 화재 방호를 위한 강화액 자동소화장치		○	매우 적다	없음	○	냉각/질식/부축매효과

## 지중 전력선 전기화재 방호를 위한 강화액 소화설비

성분에 의한 부촉매효과를 이용하여 화재의 연쇄반응을 차단하는 화학적 소화와 냉각 및 질식 효과를 이용한 물리적 소화 특성을 가지고 있다.

기존의 소화시스템과 지하 전력구 방호를 위한 강화액 소화시스템을 비교하여 표 3에 나타내었다. 일반적인 강화액 소화시스템의 경우 전기화재에 대한 취약성을 나타내고 있으나 지하 전력구에 사용되는 강화액 자동소화시스템은 소화약제를 미분무화 하여 전기화재에 대한 적응성을 향상시켰다.

### 3.2 지하 전력구 강화액 소화설비의 구성

지하 전력구에 사용되는 강화액 자동소화설비는 감지부, 방출노즐, 방출유도관, 소화약제, 저장용기, 수신장치 및 작동장치 등으로 구성된다. 지중 전력선 전기화재 방호를 위한 강화액 소화설비 구성품의 상세 규격은 아래와 같다.

#### 1) 소화약제

소화약제는 KOFEIS 0101(수동식소화기의 형식승인 및 검정기술기준) 제5조에 의거 B급화재용소화기로 승인을 받았으며, 규격은 다음과 같다.

**표 4. 강화액 소화약제의 규격**

항목	특성
외관 및 독성	인체무해 및 독성 없음
표면장력	33.0 dyne/cm 이하
침전량	없음
변질시험후의 침전량	없음
수소이온농도 (@20°C)	7.0±0.4
응고점	-20°C 이하
부식성	없음

#### 2) 소화약제 저장용기

소화약제 저장용기의 재질 및 두께는 KOFEIS 0101(수동식소화기의 형식승인 및 검정기술기준) 제 11조의 규정에 적합한 것으로 규격은 아래와 같다.

**표 5. 소화약제 저장용기의 규격**

용기	재질	내용적	직경	높이	사용압력	허용압력
Cylinder	STS 304	50 liter	267 mm	H105	10 kgf/cm <sup>2</sup>	35 kgf/cm <sup>2</sup>

#### 3) 방출노즐

방출노즐은 KOFEIS 0101(수동식소화기의 형식승인 및 검정기술기준) 제16조의 규정에 적합하게 제작되었으며, 재질 및 규격은 아래와 같다.

방출노즐은 현장 방호개소에 따라 상부 또는 측부에 고정 부착하였으며, 설치수량은 노즐의 규격을 고려하여 설계된다.

**표 6. 방출노즐의 규격**

사용압력	10 kgf/cm <sup>2</sup>
입자의 크기	1000 μm
재질	황동 또는 스테인리스

#### 4) 감지기

감지기는 KOFEIS 0301(감지기의 형식승인 및 검정기술기준)에 의해 형식승인된 정온식감지선형감지기로 규격은 아래와 같다.

**표 7. 감지기의 규격**

온도 등급	공칭 온도	설치주위온도
1종, 다신호식	70, 90°C	38°C 이하

#### 5) 배관

배관은 KSD 3576(배관용 스테인리스 강관)에 적합한 것으로, 재질 및 규격은 아래와 같다.

**표 8. 배관의 규격**

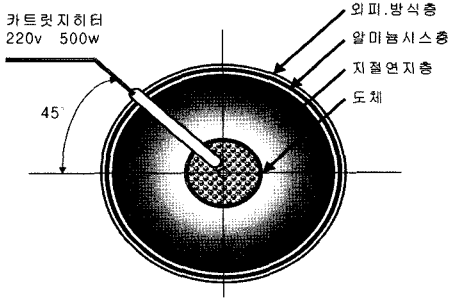
품명	규격	재질	두께
배관	15A (1/2 인치)	STS 304	2.0t

### 3.3 실화재 성능시험

시험 구조물은 그림 1, 2와 같이 구성된다. 화재시험용 케이블은 154 kV OF 케이블 1200 mm<sup>2</sup> 이상을 사용하고 내부에 절연유를 충전한 후 양측 절단면을 마감처리를 한다. 이중, 최하단 케이블은 양측 절단

부위 중 한 면은 마감처리를 하고 반대편은 급유관으로 임시급유탱크와 연결하여 시험 중 절연유가 공급되도록 한다. 이때, 임시급유탱크의 유지압력은  $2 \text{ kgf/cm}^2$  이상되도록 한다.

방출노즐은 천장부 및 케이블 각 3단마다 적당한



154Kv OF-Cable 단면도

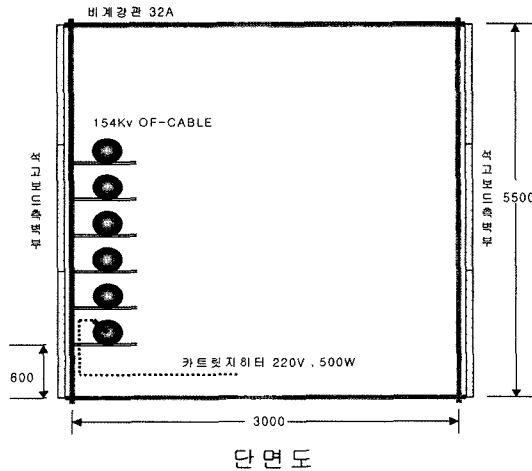
그림 1. 케이블 심부화재 단면도

수량을 배치하였으며, 천정부에 설치하는 방출노즐 및 고정용 배관의 높이는 5500 mm 이상으로 하며, 측벽부 고정방식의 경우 벽면에서의 돌출거리는 600 mm 이내로 한다.

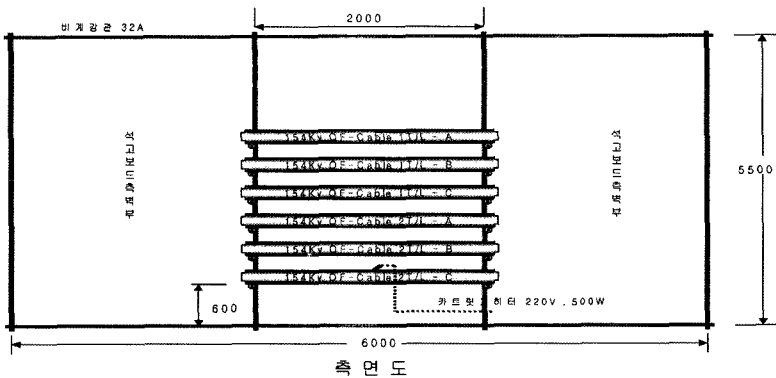
화재감지용 정온식 감지선형감지기는 케이블 최상단 상부배관에 설치하여 화재수신반에 연결하고, 화재수신반과 억제용기는 시험장에서 6000 mm 이상 이격 설치한다.

방출유도관은 시험장 천장부 방출노즐 배관과 접속하고 억제용기의 F형 밸브와 연결한다. 화재수신반 출력신호단자와 억제용기 F형 밸브의 솔레노이드를 연결하고, 점화 1분 후 수동조작으로 솔레노이드를 작동한다.

억제용기에 강화액을 주입하고 질소가스로 충전한다. 이때 질소 충전압력은  $10 \text{ kgf/cm}^2$ 를 유지하며 소화약제의 용기는 4 ea를 초과하지 않는다.



단면도



측면도

그림 2. 강화액 자동소화장치의 구성도

### 3.4 화재성능시험결과

구분	Time	비고
시험 전	-	
- 전원, 전기히터	on	- 전원 및 전기히터 전원 투입
- DPT Tank 가압	on	- DPT 탱크 가압 - 전원 및 전기히터 전원 투입 - DPT 탱크 가압
화재모형 점화(Test Start)	00:00	연료 팬 점화
- 감지선형 감지기 동작 (70°C용)	00:24	점화 후 24초
- 감지선형 감지기 동작 (90°C용)	00:28	점화 후 28초
화재수신반(솔레노이드 밸브) 작동	01:00	점화 후 60초
약제방출시작	01:08	점화 후 78초
소화	02:16	점화 후 136초
시험 종료(약제방출종료)	05:32	약제방출 시작 후 264초

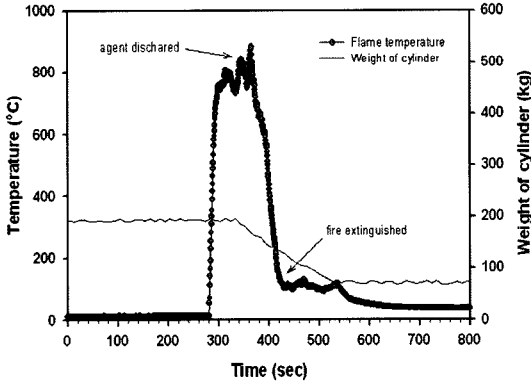


그림 3. 실규모 강화액 소화시험에서의 화염온도변화

### 3.5 노즐분무시험 결과

노즐의 분무특성을 고려하여 실제 화재를 소화하

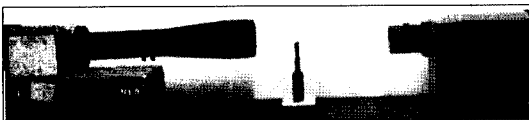


그림 4. 물입자 측정장치

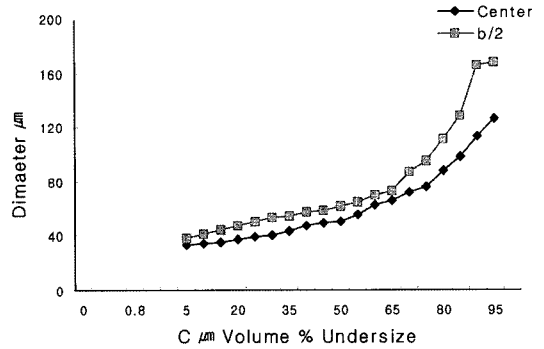


그림 5. 방수압력 1 MPa에서의 물입자 크기 분포도

는데 적합한 노즐을 제작하였다. 분무특성 분석결과 는 PMAS 입자 측정 장치를 이용하여 노즐로부터 1 m 떨어진 지점에서 측정된 체적 중간값 직경(volume median diameter,  $Dv_{0.9}$ )으로 방수압력 1 MPa에서는 138  $\mu\text{m}$ 이었다.

## 4. 결 론

통계적으로 매년 발생되고 있는 지하 전력구 화재 에 대한 방호대책으로, 지중 송전선 일부 지역에 대 해 수계(스프링클러 또는 물분무) 소화설비와 가스 계 소화설비를 적용할 수 있다. 그러나 전체적인 화 재 유형 및 구조물의 특성을 고려할 경우, 본 시험 결과에 의하면 강화액 소화설비가 지하 전력구에 적 합한 최적의 소화설비임을 알 수 있었으며, 더불어 지하전력구가 갖는 사회기반시설로서의 가치와 중 요성을 고려할 때 지하 전력구 일부 구간이 아닌 전 구간에 강화액 소화설비의 보급 확대와 이에 대한 지속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.



<저 자>

이택구

(주)SH엔지니어링

tklee@shinwhaelc.com