

## 산불에 의한 가공송전선의 열화거동

김병걸, 김상수, 전완기, 한세원  
한국전기연구원

### The Aging Behavior of Overhead Conductor due to Forest Fire

Byung-geol Kim, Shang-shu Kim, Wan-gi Jun, Se-won Han  
KERI

**Abstract :** Because forest fire can give a serious damage to overhead conductors, the thorough understanding about aging behavior of burned conductor is very important in maintaining the transmission line safely. Therefore, a systematic investigation was carried out by heating method. As the heating temperature increases, drastic change of tensile strength of Al wire due to the softening of Al wire occurred. When Al wire is exposed to the flame(about 800℃) during only 13 seconds, the remained tensile strength of Al wire showed under 90%. The detailed results will be given in the text.

**Key Words :** Forest fire, Aging, ACSR, Conductor temperature

#### 1. 서 론

우리나라의 송전선로 위치는 국토의 65%에 이르는 산지에 대부분 포설되어 있어, 산불과 같은 화재가 발생하여 전선이나 애자 등의 부착물이 파손되는 사고가 발생하게 되면 송전선로가 운영되지 못하여 발생하는 여파는 산업 전반에 걸쳐 엄청난 파급효과를 미치게 될 것이다. 산불에 노출된 송전선로는 고온의 화염으로 인해 열화되어 전선의 수명이 감소된다. 일반적으로 금속은 고온의 화염에 노출되면 구조특성이 변화되므로 가공선로에 이용되는 강심알루미늄연선 즉, ACSR(Aluminum Strand Conductors Steel Reinforced) 도체의 기계적, 전기적 특성이 변화되어 전선의 교체수명이 감소된다. 특히 ACSR전선의 강심에 피막으로 덮여 있던 아연도금층이 산불에 의한 화염에 녹아내림으로써 강선의 대기부식을 촉진시키게 되며, 아연층이 용융된 후 강선과 알루미늄선이 맞닿아 이종금속의 접촉에 의한 전해부식의 원인으로 알루미늄소손도 부식하게 된다. 이와 같이 산불화염에 열화된 가공송전선의 기계적, 전기적 특성이 변화되어 전선의 교체, 보강 등 대책이 요구되지만 열화상태의 판정과 관련한 연구 실적이 국내외적으로 보고된바가 거의 없으며 정확한 교체기준 또한 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 모의 선로와 인위적인 열화시험을 통하여 화염에 의한 ACSR전선의 기계적, 전기적 특성의 변화를 분석하였다.

#### 2. 실험

산불에 의한 전선의 전기적 및 기계적 특성을 분석하기 위하여 산불 온도가 전선에 미치는 영향을 우선적으로 조사하여 이와 유사한 현상을 모의할 필요가 있다. 산불 화재로 인한 ACSR 410mm<sup>2</sup> 가공송전선의 기계적 열화특성시험을 위하여 사용되지 않은 신전선을 이용하여 열화시험을 실시하였다. 사용된 챔버 그림 1에 나타내었으며 내부는 직경 1m로 균일 가열하였다. 일반적으로 산불 최

대온도는 불꽃이 약 1200℃이며, 대기온도는 약 800℃까지 상승하는 것으로 알려져 있다.

본 시험에서는 300℃에서 800℃까지 온도를 변화시켰으며 각 온도에 최대 60분을 유지하였다. 열화시간은 인장강도의 10%가 감소하면 시험을 종료하였다. 인공열화 시험이 끝난 시료들은 상온까지 공냉하였으며 기계적 특성시험과 전기적 특성시험을 실시하였다.

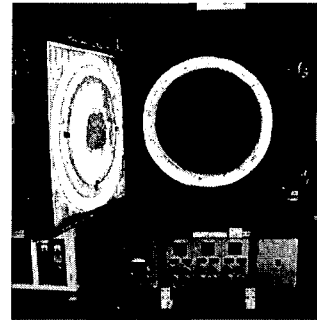


그림 1. 인공열화 사진

#### 3. 결과 및 검토

산림이 울창하고 가연성 낙엽이 많이 쌓인 지역에서 산불에 의한 불기둥의 높이는 약 20~30m에 이르며 화염 중심부의 온도는 약 1200℃ 정도이고 주변 연기의 온도도 약 600℃에 이르는 것으로 추정되고 있다. 따라서 일단 전력선 주위에 산불이 발생하게 되면 전선이 화염에 접촉하는 것은 피할 수 없을 것이다. 산불에 의한 전력선의 피해를 조사하기 위하여 인위적으로 열화온도를 최대 800℃까지 상승시켜 열화시간에 따라 ACSR 410mm<sup>2</sup> 전선의 구성소재인 알루미늄도체[4.5φ]와 아연도금강선[3.5φ]의 특성을 조사하였다.

그림 2는 알루미늄도체(4.5φ)와 아연도금강선(3.5φ)의 열화에 의한 인장강도 변화를 나타내 것이다. 신전선의 인장강도는 17.0kgf/mm<sup>2</sup>과 140.2kgf/mm<sup>2</sup>로 한전규정

16.9kgf/mm<sup>2</sup>와 130.0kgf/mm<sup>2</sup>을 만족하였다. 각 열화온도에서 열화시간에 따라 알루미늄도체의 인장강도는 민감하게 반응하여 급격하게 감소하기 시작하였다. 800℃에서 1분 인공열화한 경우 인장강도는 약 7.8kgf/mm<sup>2</sup>으로 신전선 알루미늄도체의 최소 인장강도(16.2kgf/mm<sup>2</sup>)의 40%수준이다. 이와 같이 산불과 같은 화염에 의해 열화된 재료의 경우 외관상 검사로는 어떠한 결함이 나타나지 않지만 실질적으로 상당한 인장강도의 저하가 발생하여 수명을 다하였다. 그림에서 나타난 바와 같이 알루미늄도체가 산불에 노출될 경우 급격한 가열열화가 발생하여 강도적으로 취약해질 가능성이 있음을 나타낸다. 알루미늄의 급격한 열화는 아연도금강선의 하중부담이 증가한다. ACSR 410mm<sup>2</sup> 가공전선의 하중분담은 일반적으로 60:40정도로 강심과 알루미늄 도체가 분담하지만 산불로 인하여 알루미늄도체가 급격하게 열화하면 알루미늄도체의 하중분담이 감소하고 강심의 하중분담이 증가하여 전체적으로 전선의 단선 및 수명을 감소시킬 요지가 있다.

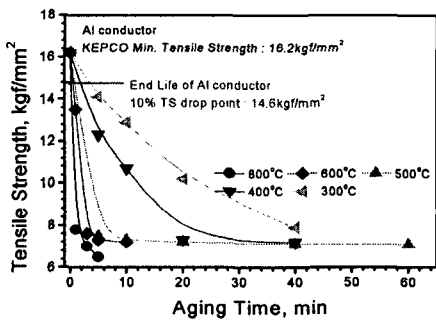


그림 2 인공열화에 의한 도체인장강도

그림 3은 그림 2에서 인장강도의 10%가 감소하는 시간을 나타낸 것이다. 인공열화온도가 증가하면 알루미늄의 10% 인장강도 저하시간이 급격하게 빨라지게 된다. 약 800℃에 약 13초 정도만 노출되어도 알루미늄도체의 인장강도는 최소인장강도의 10%가 저하하게 된다. 대기온도와 전선온도의 관계에서 900℃화염에 노출된 경우 전선의 최대온도는 510℃로 이 온도에서 인장강도가 10% 감소하는데 걸리는 시간은 약 46.2초 미만이다. 전선의 최저점과 산림과의 이격거리는 약 3.2m로 송전선 주위에서 산불이 발생할 경우 화염의 높이가 20~30m로 상당히 높기 때문에 전선은 화염에 노출되게 된다. 이처럼 화염에 노출될 경우 노출시간을 측정하게 되면 전선의 건전성 유무를 판단할 수 있을 것으로 사료된다. 화염으로부터 10cm 이격거리에서 전선의 온도는 약 300℃로 10% 인장강도 감소시간은 3.5분으로 나타났다. 그림 3으로부터 열화온도와 10% 최소인장강도저하에 소요되는 시간을 실험식으로 도출하면 다음과 같다.

$$Time_{Al} = 1600 \times e^{-\frac{T_{Al}}{148.8}} - 0.263 \quad (\text{Sec}) \quad \text{식) 1}$$

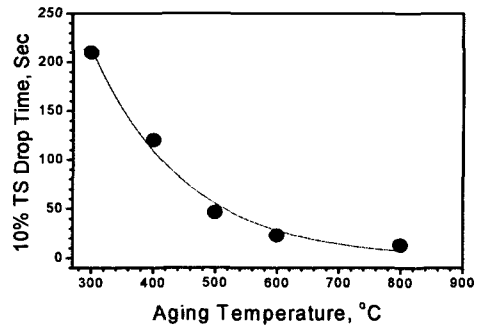


그림 3 열화온도에서 인장강도의 10%저하에 소요되는 시간

#### 4. 결론

본 연구는 산불에 의한 전선의 기계적 열화특성 추적을 주요 목적으로 알루미늄도체와 강심의 기계적 특성변화 거동과 구성소재 표면 및 내부변화 조직거동을 조사하여 송전선의 신뢰성 평가를 목적으로 한다.

300℃부터 800℃까지 각 100℃단위로 인공 열화한 시험편에 대하여 상온 인장시험을 실시한 결과 각 열화온도에서 열화시간에 따라 알루미늄도체의 인장강도는 민감하게 반응하여 급격하게 감소하였다.

800℃에서 1분 인공열화 경우 인장강도는 약 7.8kgf/mm<sup>2</sup>으로 신전선 알루미늄도체의 최소 인장강도(16.2kgf/mm<sup>2</sup>)의 40%수준이며, 약 13초 정도만 노출되어도 알루미늄도체의 인장강도는 최소인장강도의 10%가 저하하게 된다.

대기온도와 전선온도의 관계에서 900℃화염에 노출된 경우의 전선의 최대온도는 510℃로 이 온도에서 인장강도가 10% 감소하는데 걸리는 시간은 약 46.2초 미만이다. 화염으로부터 10cm 이격거리에서 전선의 온도는 약 300℃로 10% 인장강도 감소시간은 3.5분으로 나타났다.

산불과 같은 화염에 의해 열화된 재료의 경우 외관상 검사로는 어떠한 결함이 나타나지 않지만 실질적으로 상당한 인장강도의 저하가 발생하여 한계수명에 도달할 가능성이 있다.

#### 참고 문헌

- [1] 박창기, 이광식, 강지원, 김영달 : “화염으로 인한 ACSR의 기계적 열화 특성”, Journal of KIIEE, Vol.17, No6, pp160~168, 2003
- [2] 김영달 : “화염에 의한 ACSR 송전선의 표면 특성에 관한 연구”, 조명·전기설비학회지, 제17권, 제 6호, pp173~180, 2003
- [3] P.H. Schwabe & D. Pike : “The Measurement of Corrosion in Overhead Power lines”, ANTI-Corrosion, 1988
- [4] 遠藤 誠, 飯沼順二 : “電線腐食檢出裝置の開發・實用化, 研究期報について”, No.66