

화염으로 인한 ACSR의 기계적 열화 특성 (Mechanical Deterioration Characteristics of ACSR due to a Flame)

박창기* · 이광식 · 강지원 · 김영달

(Chang - Gi Park · Kwang - Sik Lee · Ji - Won Kang · Young - Dal Kim)

요 약

우리나라의 경우 대부분의 가공 송전선은 산간지역에 가설되어 있다. 산간지역에 산불이 발생할 경우에 불길 속에 노출되었거나 인근에 있는 송전선로의 아연도금 강선 및 알루미늄 연선은 산불의 화염과 높은 온도에 의하여 열화될 것이다. 열화(deterioration)는 전선의 재질, 제조방법 및 가설상태와 선로의 노출환경 등 매우 다양한 요소들의 상호작용에 의하여 진행된다. 일반적으로 산불에 의한 도체의 특성은 정확한 산불의 모델링과 그 영향을 알 수 있어야 해석이 가능하지만, 송전선로에 대한 산불 모형이 연구된 실적이 많지 않으며, 실제 산불에 노출되었던 시료에 대한 분석이 이루어진 적이 없는 실정이다.

본 논문에서는 산불로 인한 전선의 열화특성을 모의 하기 위하여 건전전선에 인공화염장치를 이용하여 일정 시간 간격으로 화염을 가하는 실험을 하였다. 그 결과분석 항목으로 도체의 인장강도 및 비틀림 시험을 수행하였다. 또한, 포항지역에 가설되어 운전중이던 ACSR 480[mm]가 산불로 인하여 철거된 관계로 이 전선을 수거후 시료로 채택하여 기계적 특성 시험을 시행하여 그 분석결과와 인공화염장치를 이용한 실험결과를 비교·분석하였다. 이 두 개의 분석자료를 이용하여 향후 산불에 의하여 열화된 전선의 상태를 예측할 수 있는 데이터베이스를 만들어 산불로 인한 ACSR 전선의 수명 진단에 필요한 자료를 제공하고자 한다.

Abstract

In Korea, a large portion of aerial power-transmission cables is installed in the mountains. In the case of a fire in the mountains, steel wires coated with zinc and aluminum wires of those power cables exposed to the fire or near around will be deteriorated by the blaze and the high temperature. Deterioration proceeds by interactions of a variety of factors like quality, manufacturing process, the condition of installation and exposure environment of a wire, and so on.

Generally, the characteristic of a conductor affected by a forest fire can not be analyzed without the effect through simulating a forest fire. However, there are little research accomplishments of that kind of simulation about it, and there's been no analysis of a sample exposed to an actual forest fire.

This thesis shows the experimental results that apply to a new wire by an artificial flame-maker because it's difficult to directly analyze the characteristic of deterioration by a forest fire. Those results include the intensity of extension and wrench for a conductor. In addition, there's been an experiment and analysis about the mechanical characteristics of the wire of ACSR 480[mm] which was removed from Pohang area by a forest fire. Then, the database will be made to predict the state of deteriorated wires by a forest fire using those two data, and data necessary to diagnose the life state of an ACSR wire affected by a forest fire will be given.

Key Words : deterioration, forest fire, intensity of extention, ACSR, diagnose

* 주저자 : 영남대학교 전기공학과 박사과정

Tel : 054-970-3351, Fax:054-970-9314

E-mail : parkcki@kepco.co.kr

접수일자 : 2003년 8월 14일

1차심사 : 2003년 8월 25일

심사완료 : 2003년 10월 2일

1. 서 론

ACSR(Aluminum Stranded Conductors Steel Reinforced)은 가공 송전선로에 사용되며 이 전선의

열화(deterioration)는 전선의 재질, 제조방법 및 가설상태와 선로의 노출환경 등 매우 다양한 요소들의 상호작용에 의하여 진행된다[1, 2]. 특히, 동일한 재질의 동 및 알루미늄 연선에 비하여 가공전선으로 사용되는 ACSR은 인장을 담당하는 아연도금 강연선과 전류 공급을 담당하는 경알루미늄 연선의 꼬임 구조를 갖고 있기 때문에 대기부식(atmospheric corrosion)뿐만 아니라 서로 다른 금속(異種金屬)의 접촉에 의한 전해부식(galvanic corrosion), 전선에 습윤으로 인하여 초래되는 간극부식(crevice corrosion) 및 피로부식(fatigue corrosion) 등 다양한 부식현상이 나타나고 있다[3-5].

대부분의 가공 송전선은 산간지역에 가설되어 있어 건조한 봄철에 산불이 발생할 경우 불길 속에 전선이 노출되는 일이 많다. 이 경우 가설되어있던 송전선로는 산불 화염으로 인해 높은 온도로 열화 되는 일이 빈번하다.

일반적으로 금속은 고온의 화염에 노출되면 그로 인한 재료 구조가 변하여 기계적인 특성과 전기적 성질을 변화시키게 되므로 송전선로에 주로 이용하는 ACSR 도체도 이러한 원인에 의하여 재료 및 기계적 특성이 변화되어 전선의 교체수명(refurbishment life)이 감소될 환경에 처해 있다고 판단할 수 있다. 열에 노출된 ACSR은 아연도금 강선에 피막으로 덮여있던 아연층이 녹아 내리므로써 강선에 대기부식을 촉진시키게되며, 아연층이 벗겨진 강선과 알루미늄선이 맞닿아 이중부식 원인으로 알루미늄 소선도 부식되게 된다.

일반적으로 전선의 부식열화에 의해 발생한 결함은 비파괴검사(nondestructive test)인 와류검사법(eddy current test), 누설자속법(leakage flux test) 또는 적외선 카메라(infra-red camera) 등에 의해 검출하기도 한다[8]. 그러나, 산불에 의한 송전선의 재료 및 기계적인 특성변화에 대한 연구가 국내는 물론 국외에서조차 이루어지지 않았기 때문에 기존의 비파괴 탐상법을 적용하기 위해서는 화염에 의한 ACSR 도체의 특성 변화를 규명할 필요가 있다[6-7].

일반적으로 산불에 의한 도체의 특성은 정확한 산불의 모델링과 그 영향을 알 수 있어야 해석이 가능하지만, 송전선로에 대한 산불 모형이 연구된 실적

이 많지 않으며 실제 산불에 노출되었던 시료에 대한 분석이 이루어진 적이 없으므로 현재로서는 매우 어려운 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 직접적인 방법으로는 산불에 의한 열화특성을 분석하기 불가능하므로 산불을 가정하여 건전전선에 인공화염장치로 모의 산불을 형성하여 일정 시간 간격으로 화염을 가하여 ACSR 도체의 인장강도, 연신을 및 비틀림 시험 등으로 기계적 특성 변화를 분석하고, 또한 실제 포항지역에 (345[kV] 신포항T/L No.183-187) 산불에 노출되었던 ACSR 480[mm²]의 전선을 수거하여 건전전선과 똑같은 방법으로 기계적 특성 시험 및 분석을 행하였다.

두 개의 분석자료를 이용시 향후 산불에 의해 열화된 전선의 열화상태를 분석할 수 있는 데이터베이스를 만들어 열화에 의한 ACSR 전선의 교체수명 진단에 필요한 자료로 활용할 수 있으리라 사료된다.

2. ACSR의 열화 특성

실험에 사용된 ACSR 480[mm²]전선은 그림 1(a)에 나타난 바와 같이 아연도금 강심과 여섯 가닥의 강연선층, 3층의 경알루미늄 소선 45개로 구성되어 있다. 외층 알루미늄 연선은 대기 중에 노출되어 오염원과 같은 부식원에 직접 접촉되어 있으나 가설초기에는 습윤 기간 등이 짧아 부식이 어느 정도 차단되며, 내부층은 외부 알루미늄 연선층으로 둘러싸여 수분이 침투하기 어려우나 일단 수분이 침투되면 습윤 기간이 길어 부식속도를 촉진시키기도 한다.

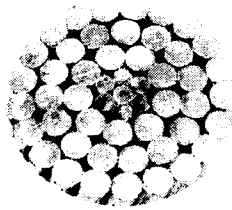
또한 그림 1(b)와 같이 내·외층의 이중금속간의 접촉으로 인한 전해부식도 나타나며, 먼지와 같은 탄화물이 습기를 함유하고 도전성을 띠면 부식속도가 증가되기도 한다[3-5].

ACSR의 대부분이 공기 중에 노출되어 있어 대기 부식이 발생되며, 대기환경이 금속의 부식에 영향을 주는 것은 주로 습도와 산소성분이며 아황산가스, 염분 및 질소 등도 부식의 원인이 되고 있다.

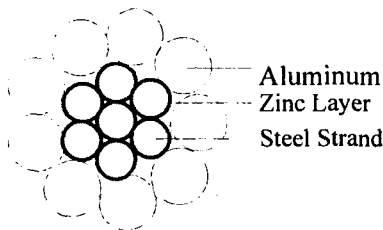
또한, 아연도금 강선과 알루미늄 소선이 닿아 있는 부분은 3종의 금속 즉, 철, 아연 및 알루미늄이 접촉되어 있어 이러한 부분에 염분이나 아황산가스 등에 의한 부식생성물과 먼지 등이 쌓이게 될 때 이 부

화염으로 인한 ACSR의 기계적 열화 특성

착물 사이에 수분이 침투되면 이것이 전해질 용액으로 작용하게 되어 국부전지를 형성하게 되므로 이종 금속사이에 이온화 현상이 발생하고 이온화 경향이 큰 Zn, Al, Fe의 순서로 전해부식이 진행된다[2, 9]. 이와 같은 부식이 진행하면 알루미늄 부분의 단면적이 감소하므로 선로의 전력손실이 증가하게 된다.



(a) View of cross section



(b) Schematic diagram

그림 1. ACSR 480[mm]의 구조
Fig. 1. Structure of ACSR 480[mm]

3. 모의 산불실험에 의한 ACSR의 기계적 특성

3.1 실험 조건 및 방법

산불 화재로 인한 ACSR 480[mm] 송전전선의 기계적 특성을 확인하기 위하여 가설되어 일정기간 사용되었던 도체들을 실험에 이용할 경우, 수거된 전선에 복합적인 부식이 어느 정도 진행되었을 것이므로 정확한 기준 데이터로 이용하기에는 부적절하다. 따라서, 사용되지 않은 건전전선을 대상으로 화염 실험을 수행하였다. 일반적으로 산불 모형이나 산불 모의실험에 대한 어떤 기준도 마련되어 있지 않으므로 본 논문에서는 인공화염장치를 설계하고 제작하여 프로판 가스램프로 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 30,

40분씩 시간 간격을 두고 각각 구분하여 화염을 가하였다. 이때 시료에 화염의 접촉정도는 접촉, 10[cm] 이격 및 20[cm] 이격으로 구분하여 각각 실험하였다.

실험과정에서 시료는 열이 한곳에 집중되지 않도록 하기 위하여 서서히 회전시켰으며, 이때 회전장치는 서보 모터를 이용하였고, 회전속도는 30[rpm]으로 하였다. 인공화염실험이 끝난 시료들은 상온에서 냉각시켰으며, 도체의 기계적 특성을 확인하기 위하여 KS 규정에 따라 인장시험과 비틀림 시험을 수행하였다. 이때 강심을 제외하고, 3개씩 인장시험을 하여 평균값을 취하고, 데이터 오차를 줄이기 위하여 같은 조건으로 세 번 수행하여 얻은 평균 데이터를 결과 분석에 이용하였다.

실험에 앞서 산불로 인해 열화된 전선이 ACSR 480[mm]이므로 건전전선도 같은 규격을 사용하였으며 기계적 실험을 하기 위하여 각각 50[cm]씩 가공하였다. 또한, 산불에 의한 시료로 채택된 열화전선을 수거하여 똑같은 조건으로 50[cm]씩 가공하여 시료를 만들었다.

그리고 각 소선을 구분하기 위하여 ST-1은 강심, ST-2는 아연도금 강연선, AL-1, AL-2 및 AL-3는 내층으로부터 알루미늄 연선층을 의미하고, 최 외각층의 알루미늄 연선은 AL-3이다. 한편, 본 논문의 그림 표기에서 00은 시료와 인공화염(모의 산불)을 접촉시킨 상태를, 10은 10[cm]를, 20은 20[cm]를 이격시킨 것을 나타낸 것이다. 또한 3.2의 기계적 특성 시험은 KS 규정에 따라 실험 하였다.

3.2 모의산불실험 시간에 따른 기계적 특성

3.2.1 인장강도

그림 2는 모의산불시간 및 전선에의 접촉정도에 따른 인장강도 실험결과를 나타낸 그림으로서, 화염시간에 따라 알루미늄 연선의 인장강도는 변화하고 있음을 알 수 있으나 아연도금 강선의 경우 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 그 이유는 알루미늄 연선에 의해 둘러싸인 아연도금 강선이 내측에 있기 때문에 그만큼 화염과 열이 내부에 전달되지 않았기 때문으로 사료된다.

한편, 측정값들이 약간씩 차이를 보이는 것은 실험상 화염의 분포가 균일하지 않았거나 인장강도 측정기에 의해 인장강도를 측정함에 있어서 슬립현상이 발생된 결과로 볼 수 있으므로 다른 데이터에 비해 오차가 포함된 값으로 해석할 수 있다.

또한, 알루미늄 연선의 인장강도 변화는 아연도금 강선에 비하여 현저히 떨어짐을 알 수 있다. 특히 화염이 직접적으로 닿은 가장 외측에 있는 알루미늄 연선(AL-3)은 화염이 가해진 초기부터 인장강도가 많이 감소되었음을 알 수 있다.

외측 알루미늄 연선(AL-3)에 비해 내측에 있는 알루미늄 연선(AL-2 및 AL-1)은 아연도금 강선 보다는 많게, 외측 알루미늄 연선(AL-3)에 비해서는 적게 열을 받았기 때문에 인장강도의 변화가 시간에 따라 서서히 변화하고 있음을 알 수 있다. 특히 알루미늄 연선 모두는 15 ~ 20분 정도 화염을 가하였을 때부터는 인장강도의 변화가 거의 없음을 알 수 있는데, 이 원인으로는 알루미늄 연선의 내부 조직이 더 이상 변화하지 않기 때문인 것으로 사료된다.

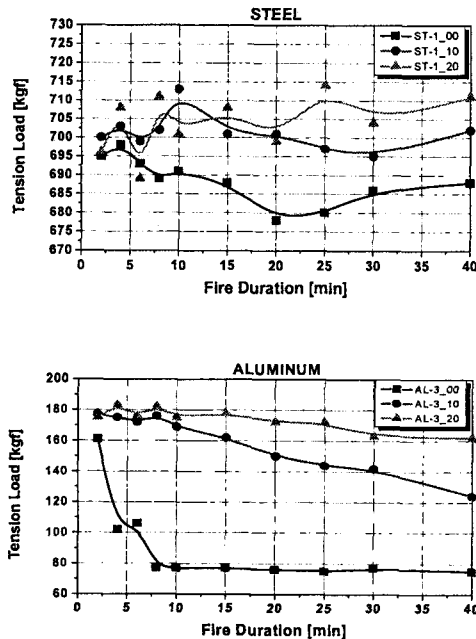


그림 2. 모의산불시간 및 접촉정도에 따른 인장강도
Fig. 2. Tension load for fire duration and contact with artificial fire

3.2.2 연신율

그림 3은 인공화염시간 및 전선에의 접촉정도에 따른 인장강도를 실험할 때 전선의 늘어난 정도를 백분율로 나타낸 연신율을 나타낸 것이다.

이 실험 결과에서 알 수 있듯이 화염시간이 길수록 알루미늄 연선의 연신율은 변화하나 아연도금 강선에 대한 연신율은 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 연신율은 인장강도의 변화에 따라 변화되는 양이며 아연도금 강선의 경우 인장강도의 변화가 거의 없으므로 연신율의 변화량도 크지 않음을 알 수 있다.

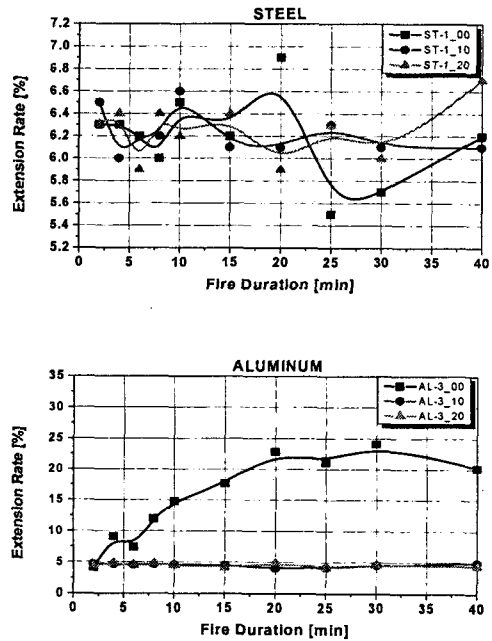


그림 3. 모의산불시간 및 접촉정도에 따른 연신율
Fig. 3. Extension rate for fire duration and contact with artificial fire

한편, 알루미늄 연선의 인장강도 측정시 연신율의 변화는 아연도금 강선에 비하여 매우 증가함을 알 수 있다. 특히 화염이 직접적으로 닿은 가장 외측에 있는 알루미늄 연선(AL-3)은 화염이 가해진 초기부터 연신율이 증가하는 현상을 볼 수 있는데, 이는 화염이 전선에 닿을 때부터 조직 내부의 변화가 시작됨을 알 수 있다.

외측 알루미늄 연선(AL-3)에 비해 내측에 있는 알루미늄 연선(AL-2 및 AL-1)은 아연도금 강선 보

화염으로 인한 ACSR의 기계적 열화 특성

다는 많게, 외측 알루미늄 연선(AL-3)에 비해서는 적게 열을 받았기 때문에 인장강도의 변화가 시간에 따라 서서히 변화하고 있으므로 연신을 또한 화염시간이 짧을 때는 변화량이 적다가 시간이 늘어남에 따라 커짐을 확인하였다.

특히 인장강도 실험 결과와 같이 15~20분 정도 화염을 가하였을 때부터 알루미늄 연선 모두 인장강도의 변화가 거의 없기 때문에 연신율의 변화도 크지 않음을 알 수 있다.

3.2.3 비틀림 수

그림 4는 모의산불시간 및 전선에의 접촉정도에 따른 비틀림 수 실험 결과이다.

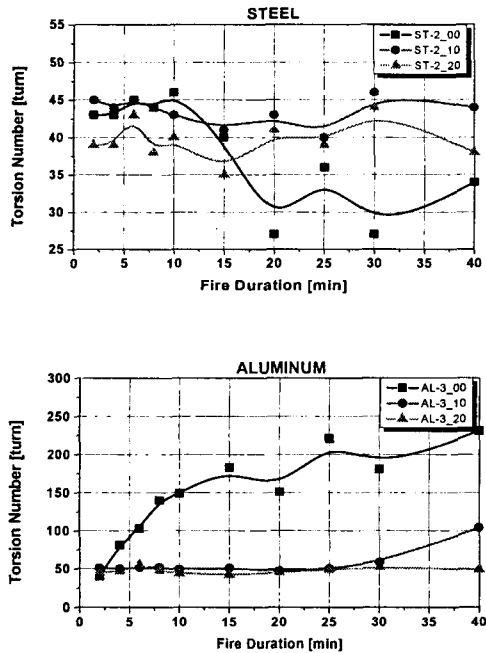


그림 4. 모의산불시간 및 접촉정도에 따른 비틀림 수
Fig. 4. Torsion number for fire duration and contact with artificial fire

그림 4에서 알 수 있듯이 아연도금 강선과 알루미늄 연선에 대한 비틀림 수를 실험한 결과 아연도금 강선은 연신율의 변화가 거의 없기 때문에 시간에 따라 큰 영향을 받지 않으나 알루미늄 연선은 연신율의 변화율과 같이 시간이 길수록 비틀림 수도 상

승함을 알 수 있다. 특히 최외각 연선은 시간이 길수록 비례적으로 비틀림 수가 증가함을 보이고 있다. 이는 열에 의해 금속조직의 연성을 판단하는 데는 연신을 보다는 비틀림 수가 더 중요함을 의미하는 것이다.

4. 산불 화염에 열화된 ACSR의 기계적 특성

4.1 기계적 특성 실험 조건 및 방법

산림 화재로 인한 가공 도체인 ACSR 480[mm]의 기계적 특성 분석을 위하여 가설되어 일정기간 사용되었던 도체들을 실험에 채택 하였다. 산불로 인해 열화된 전선을 50[m] 수거한 후 50[cm]씩 100개로 절단한 후 이를 5[m]구간마다 한 개씩을 시료로 이용하였으며, 각 구간별 시료의 번호를 01, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 91로 명하였다. 이때 수거된 전선은 A T/L #B 철탑에 가설되어 철거된 실제 화염에 노출되었던 전선이다.

도체의 기계적 특성분석을 위해 건전전선과 똑같은 방법으로 KS 규정에 따라 인장시험 및 비틀림 시험을 수행하였다. 시료 3개에 대해 각각 인장시험을 하여 평균값을 취하였고, 데이터의 오차를 줄이기 위하여 같은 조건으로 세 번 측정하여 얻은 결과의 평균값을 이용하여 기계적 특성분석을 수행하였다.

이후 각 그림에서 보여지는 곡선은 각 소선 및 연선에 대한 각 특성을 실험한 경향을 추정한 곡선이다.

4.2 인장강도

그림 5는 산불 화염에 노출된 ACSR 전선의 각 구간별로 아연도금 강선과 알루미늄 연선에 대한 인장강도 실험결과이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 각 구간별로 인장강도의 값이 유사함을 알 수 있는데, 이는 각 구간별로 거의 같은 크기의 산불로 인해 열화된 현상으로 보여지기 때문에 시료로 사용된 50[m] 구간은 산불이 동시에 지나가는 형태로 볼 수 있다.

그리고 측정값들이 약간씩 차이를 보이는 것은 산불의 분포가 균일하지 않았거나 실험시 인장강도 시험기에 의해 인장강도를 측정함에 있어서 슬립현상이 발생된 결과로 볼 수 있으므로 다른 데이터에 비

해 오차가 포함된 값으로 해석할 수 있다. 또한 알루미늄 연선의 인장강도 변화도 아연도금 강선과 거의 유사한 특성을 가짐을 알 수 있다.

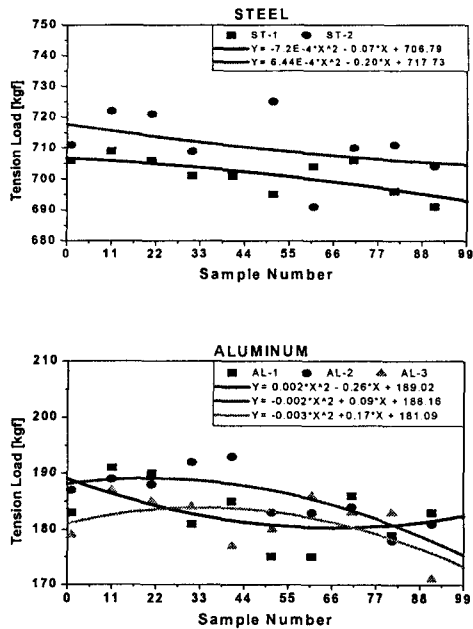


그림 5. 산불에 의해 열화된 전선의 인장강도
Fig. 5. Tension load of ACSR with deterioration for forest fire

4.3 연신율

그림 6은 각 구간별로 아연도금 강선과 알루미늄 연선에 대한 연신율 변화량 실험결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 각 구간별로 연신율의 변화량이 인장강도와 같은 경향으로 유사함을 알 수 있으며, 아연도금 강선의 연신율 변화량은 각 구간별로 큰 변화가 없는 것으로 거의 유사한 특성을 가짐을 알 수 있다.

4.4 비틀림 수

그림 7은 각 구간별로 아연도금 강선과 알루미늄 연선에 대하여 비틀림 수 변화량에 대한 실험결과이다. 이 값들을 보면 각 구간별로 비틀림 수의 변화량이 유사한 특성을 나타냄을 알 수 있으며, 아연도금 강선과 알루미늄 연선에 대한 비틀림 수의 변화량은 각 구간별로 큰 변화가 없는 것으로 보여지며, 이 실험

결과로 인장강도 및 연신율의 실험결과와 같은 특성을 가짐을 알 수 있다.

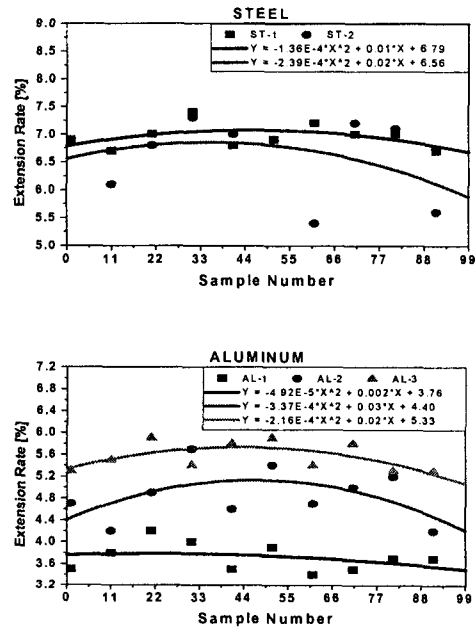


그림 6. 산불에 의해 열화된 전선의 연신율
Fig. 6. Extension rate of ACSR with deterioration for forest fire

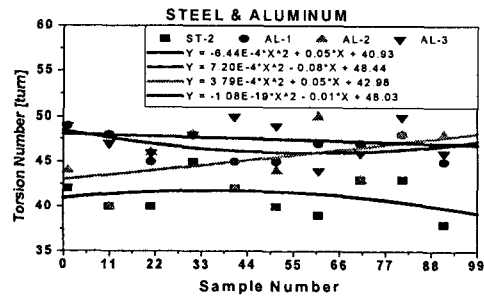


그림 7. 산불에 의해 열화된 전선의 비틀림수
Fig. 7. Torsion number of ACSR with deterioration for forest fire

5. 실험결과 분석

본 연구에서 실험한 건전전선, 모의산불 장치에 의해 열화시킨 시료 및 산불화염에 의해 열화되어 시료로 채택된 전선에 대하여 인장강도, 연신율 및

화염으로 인한 ACSR의 기계적 열화 특성

비틀림 수를 실험한 결과를 종합하여 화염시간과 화염 접촉정도에 따른 경향을 분석하고자 하였으며, 이로 인하여 실제 산불에 의해 열화된 전선의 열화 정도를 파악하고자 한다.

그림 표기에서 N은 건전전선을, 00은 시료와 인공화염을 접촉시킨 상태를, 10은 10[cm]를, 20은 20[cm]를 이격시킨 것을 나타낸 것이며, PH는 포항에서 산불에 의해 열화된 전선을 나타낸 것이다.

5.1 인장강도 비교

그림 8은 건전전선의 인장강도와 모의산불에 의해 열화시킨 전선의 이격거리 및 열화시간에 따라 변화되어지는 인장강도 및 산불에 의해 열화된 전선 시료의 구간별 평균 인장강도를 각각 나타낸 그림으로서 ST-1의 경우 건전전선의 평균 인장강도는 743[kgf]이며, 산불로 인해 열화된 전선의 인장강도 평균값은 701[kgf]이다.

또한 모의산불 열화된 시료는 접촉시, 10[cm] 이격시 및 20[cm] 이격시의 경우로서 각 화염시간에 따라 변화되어지는 정도를 하나의 그림으로 나타낸 것이다.

산불로 인해 열화된 전선의 인장강도는 모의산불 10[cm] 이격시와 화염시간 2~15분 사이의 인장강도와 유사한 값을 가짐을 확인하였다. 또한 모의산불 접촉시의 경우 모의산불 20분에서 인장강도가 다른 경우에 비해서 약하게 나타난 것은 실험시 슬립에 의한 현상으로 볼 수 있으며, 인장강도의 변화만으로 볼 때 이러한 경향은 포항지역 #B 철탑구역에서 발생한 산불과 거의 유사하다고 추정할 수 있을 것이다.

또한, 알루미늄 연선(AL-3)의 경우 건전전선의 평균 인장강도는 184[kgf]이며, 산불에 의해 열화된 전선의 인장강도 평균값은 182[kgf]이다. 특히 모의산불 접촉시 알루미늄 연선(AL-3)의 인장강도는 2분 후부터는 급격하게 감소하고 있음을 알 수 있고, 10[cm] 이격시는 8분 가열 후에 인장강도가 떨어짐을 알 수 있으며, 20[cm] 이격시에는 10분 모의산불시 인장강도가 약간 높아지다가 15분 모의산불부터는 인장강도가 떨어짐을 알 수 있다.

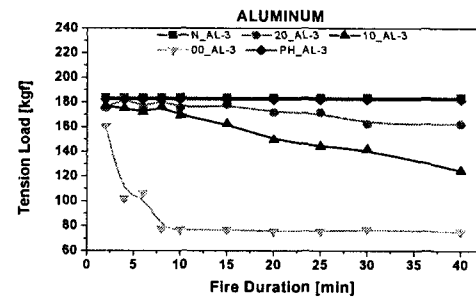
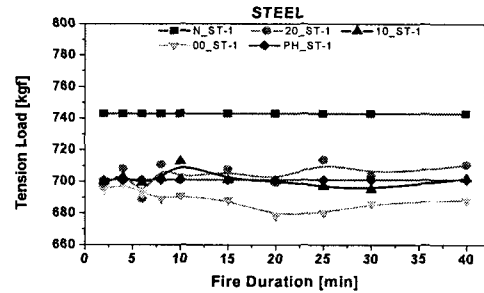


그림 8. 인장강도 비교
Fig. 8. Comparison of tension load

5.2 연신율 비교

그림 9는 산불에 열화된 전선의 구간별 시료의 평균 연신율 변화량과 인공 열화시킨 전선의 연신율 변화량을 열화시간에 따라 각각 나타내었다.

아연도금 강선 ST-1의 경우 건전전선의 평균 연신율은 6.01[%]이며, 산불에 의해 열화된 전선의 연신율의 평균값은 7.01[%]이다. 또한 건전전선의 연신율은 모의산불 10[cm] 이격시, 20[cm] 이격시 및 접촉시와 화염시간에 따라 변화되어지며, 2~15분 사이의 값은 거의 변화가 없으나 15분을 초과하면 좀더 많은 연신율의 감소 현상을 볼 수 있다. 따라서 이러한 각 경우의 연신율을 비교한 결과 산불에 의해 열화된 전선의 연신율은 모의산불 10[cm] 이격시와 화염시간 2~15분 사이의 연신율과 거의 비슷함을 알 수 있었다. 연신율의 변화만으로 볼 때 이러한 경향은 포항지역 #B 철탑구역에서 발생한 산불과 거의 유사함을 확인하였다.

또한 알루미늄 연선(AL-3)의 경우 건전전선의 평균 연신율은 2.68[%]이며, 산불에 의해 열화된 전선

의 평균 연신율은 5.60[%]이다. 특히 접촉시의 알루미늄 연선(AL-3)은 2분 가열 후부터는 연신율이 급격하게 증가함을 알 수 있으며 10[cm] 이격시는 25분 인공화염 후에 연신율이 증가함을 알 수 있고, 20[cm] 이격시는 25분 모의산불부터 증가하다가 30분 모의산불부터는 감소함을 알 수 있다.

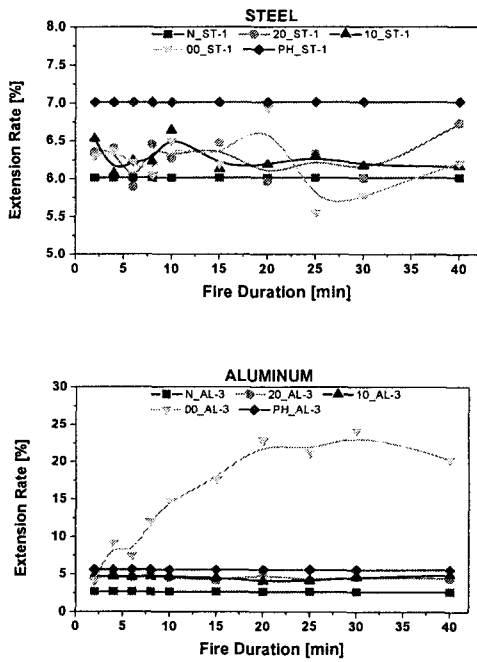


그림 9. 연신율 비교
Fig. 9. Comparison of extension rate

5.3 비틀림 수 비교

그림 10은 산불에 열화된 전선의 구간별 시료의 평균 비틀림 수와 인공 열화시킨 전선의 비틀림 수를 열화시간에 따라 각각 나타내었다.

아연도금 강선 ST-2의 경우 건전전선의 평균 비틀림 수는 30회이며, 산불에 의해 열화된 전선의 비틀림 수 평균값은 41회이다. 또한 건전전선의 비틀림 수는 모의산불 10[cm] 이격시, 20[cm] 이격시 및 접촉시와 화염시간에 따라 변화되어지며, 2~15분 사이의 값은 거의 변화가 없는 것으로 사료되며, 25분을 초과하면 좀더 많은 비틀림 수 증가 현상을 볼 수 있다.

따라서 이러한 각 경우의 비틀림 수를 비교한 결

과 산불에 의해 열화된 전선의 비틀림 수는 인공화염 10[cm] 이격시와 화염시간 2~15분 사이의 비틀림 수와 거의 비슷함을 알 수 있다. 비틀림 수의 변화만으로 볼 때 이러한 경향은 포항지역 #B 철탑구역에서 발생한 산불과 거의 유사하다고 추정된다.

또한, 알루미늄 연선(AL-3)의 경우 건전전선의 평균 비틀림 수는 40회이며, 산불에 의해 열화된 전선의 평균 비틀림 수는 47회이다. 접촉시의 비틀림 수는 2분 인공화염부터는 급격하게 증가함을 알 수 있고 모의산불 10[cm] 이격시 및 20[cm]이격시는 거의 같음을 유지하다가 10[cm] 이격시 30분 모의산불부터 비틀림 수가 증가하는 것을 알 수 있었다.

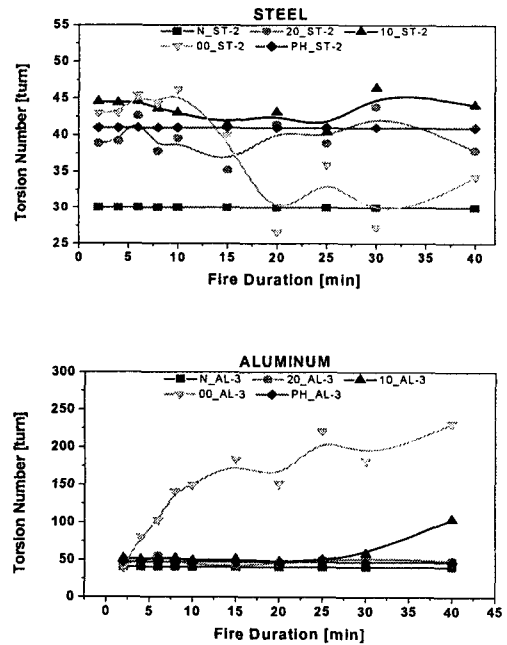


그림 10. 비틀림 수 비교
Fig. 10. Comparison of torsion number

6. 결 론

본 논문에서는 ACSR 480[mm] 건전전선을 모의산불장치로 열화시켜 기계적 특성에 대하여 실험 및 분석한 결과와 포항지역(345[kV] 신포항T/L No.183-187)에서 산불에 열화되어 철거된 ACSR 480[mm]를 건전전선과 동일한 방법으로 실험하여 그 결과를

화염으로 인한 ACSR의 기계적 열화 특성

비교 분석하였다. 본 논문의 주요한 연구 결과는 다음과 같다.

(1) 모의산불에 노출되었던 ACSR 건전전선의 기계적 특성을 확인하기 위해 인장강도의 변화량과 연신율을 측정된 결과 아연도금 강선은 내부에 존재하기 때문에 처음 화염을 인가할 시에는 화염의 영향이 작아 인장강도와 연신율의 변화가 거의 나타나지 않음을 확인하였다. 또한, 화염에 비교적 영향이 적은 내층의 알루미늄 소선들의 기계적 손실도 그다지 크지 않았으나 외층에 존재하는 알루미늄 연선의 경우 가열시간이 길어질수록 인장강도의 감소가 뚜렷하게 나타났고, 연신율이 증가하고 있음을 확인할 수 있었다.

또한 비틀림 수를 측정된 결과도 연신율의 변화와 거의 유사한 경향을 보이고 있음을 확인하였다.

(2) 포항지역에서 산불이 발생한 지점에 가설되었던 ACSR 480[mm]의 기계적 특성 변화는 모의산불장치에 의해 10[cm] 정도 이격시의 기계적 특성과 유사함을 확인할 수 있었다.

향후 온도개념, 노출시간 및 화염의 방향 등과의 관계를 정립하여 실제의 산불과 같은 조건의 연구를 수행함으로써 산불에 의한 열화전선의 교체수명진단연구의 기초 자료로 활용 가능 할 것이다.

References

- [1] 배전관리과제 연구선집, 전력연구원, KRC-92D-001, 1992.
- [2] 대기오염이 전력설비에 미치는 영향 연구, 전력연구원, KRC-92C-S05, 1993.
- [3] T. E. Graedel, "Corrosion mechanism for zinc exposed to the atmosphere", J. of Electrochem. Soc., Vol. 136, No. 4, pp. 193c~203c, 1989.
- [4] T. E. Graedel, "Corrosion mechanism for aluminum exposed to the atmosphere", J. of Electrochem. Soc., Vol. 136, No. 4, pp. 204c~212c, 1989.
- [5] L. I. Persson, "Corrosion attack in midspan joints in ACSR transmission conductors", QRED 1989, 10th International Conf. on Electricity Distribution, Vol. 3, pp. 259~261, 1989.
- [6] G. G. Martin, "Detection of internal corrosion in steel-reinforced aluminum power line conductors", Corrosion Australia, Vol. 15, No. 5, pp. 9~13, 1991.
- [7] F. Thollon, B. Lebrun, N. Burais and Y. Jayet, "Numerical and experimental study of eddy current probes in NDT of structures with deep flaws", NDT International, Vol. 28, No. 2, pp.92~102, 1995.

- [8] P.G. Buchan, "Locating corrosion on operating transmission lines with an infrared camera", Ontario Hydro Research Division Report, No. 90-64-K, 1990.
- [9] The Development of System for ACSR Life-Time Estimation, KEPRI, TR.97EJ02. J2000.16, 2000.

◇ 저자소개 ◇

박창기 (朴昌基)

1962년 8월 18일생. 1987년 영남대 전자공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정. 현재 한국전력공사 서대구전력소 송전과장.

이광식 (李廣植)

1948년 10월 20일생. 1971년 영남대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 졸업(박사). 1988-1989년 Nagoya Institute of Technology 초빙교수. 현재 영남대학교 전자정보공학부 교수.

강지원 (姜地原)

1965년 1월 6일생. 1987년 한양대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 한국전력공사 전력연구원 전력계통연구실 선임연구원.

김영달 (金榮達)

1957년 11월 5일생. 1986년 2월 대전공업대학 전기공학과 졸업. 1990년 2월 충북대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년 2월 명지대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 한밭대학교 전기공학과.