

강 슬리브 파단 직선 슬리브의 장력 및 열적 특성 분석 연구

안상현, 김병걸, 김상수, 손홍관, 박인표, 김성규*
한국전기연구원, 부경대학교*

The Study on Tension and thermal Properties of Corrosive-fractured Steel Sleeve

Sang-hyun Ahn, Byung-geol Kim, Shang-shu Kim, Hong-kwan Sohn, In-pyo Park, Sung-kyu Kim*
KERI, Pukyong Univ.*

Abstract : According to previous report, aged sleeves of old transmission line showed several defaulted installation patterns, which is biased or corrosive-fractured of steel sleeve installed cases. The latter case occupied almost 25 percent of investigated aged sleeves. These defects can cause serious accidents such as rapid increasing of sag or falling out of overhead conductor from sleeves. This paper studies thermal properties and tension for ACSR conductor in case of fractured steel sleeve model. The detailed results were presented in the text.

Key Words : Corrosive-fractured Steel Sleeve, Thermal Properties, Tension

1. 서 론

현재 건설한 지 오래된 노후선로의 경우 선로 중간에 접속개소(슬리브, 압축인류클램프, 점퍼소켓 등)의 취약점이 노출되고 있으며, 이들 취약개소에 의해 송전용량이 제약을 받고 있는 실정이다.

선로의 노후화로 인해 발생하는 대표적인 문제점은 내부 부식이다. 전선이 가설되어 장시간 고온에서 사용되면 윤활제가 소실되며 비와 눈 등에 의한 습기로 메워질 가능성이 크다. 이러한 경우 강 슬리브의 부식은 급격하게 진행되며 심지어 강 슬리브가 파단되는 현상이 나타나기도 한다. 강 슬리브의 파단은 이도 증가 및 전선의 탈락 등 심각한 잠재적 위험을 야기하므로 이에 대한 조사와 대책이 필요하다.

본 연구에서는 접속개소의 가설이력을 조사한 앞선 발표에 이어 내부 부식이 발생한 접속개소의 열적 특성 및 장력 특성을 조사하였다.

2. 실험

접속개소(슬리브, 압축인류클램프)와 가공송전선의 열적 특성 및 장력 특성 시험은 ACSR 410mm² 가공송전선에 대하여 실시하였다. 전선의 길이는 약 10m이며 중심에 직선슬리브를 가설하였고 양끝에 압축인류클램프로 고정하였다. 이 때, 강 슬리브의 파단을 모의하기 위하여 임의로 강 슬리브의 중앙을 절단한 후, 슬리브를 가설하였다.

장력 변화 및 온도 변화는 전선 장력 3,100kgf에서 연속 및 장시간, 단시간허용전류를 인가하여 측정하였다. 온도는 약 500mm 간격으로 내부 15mm 삼입된 지점과 표면에 대하여 측정하였다.

온도는 열전대를 사용하여 측정하였으며 HP 34970A에 의해 약 30초 간격으로 컴퓨터에 자동 저장되었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 전선 및 접속개소의 열적 거동

전선 및 접속개소에 전류를 인가하면 각각의 고유저항 및 단면적에 따른 Joule 열이 발생하여 전선 온도는 증가한다. 저항 발열에 따라 온도는 전류 인가 시간에 비례하여 상승하며 도체의 열용량 한계치에 이르러서 포화되어 일정하게 유지된다.

그림 1은 강 슬리브 파단 슬리브 모델과 표준 모델의 인가전류에 따른 전선 및 접속개소의 최대 온도 분포이다. ACSR 410mm²의 연속정격인 인가전류 850A에서 가공송전선의 온도는 약 83℃이며 슬리브와 클램프는 61℃와 55℃로 나타났다. 단시간허용전류 1,100A가 인가되면 전선의 온도는 약 126℃까지 상승한다. 이 때, 슬리브와 클램프의 온도는 각각 89℃와 79.4℃까지 상승하였다. 가공송전선과 접속개소의 온도는 최대 4.5℃, 최소 1℃의 차이를 보이고, 인가전류의 상승에 따라 직선적으로 증가하면서 표준모델과 동일한 거동을 나타내었다.

앞서 언급한 바와 같이, 전선 및 접속개소의 발열은 전기저항에 의한 Joule 열이며 이는 도체 단면적에 크게

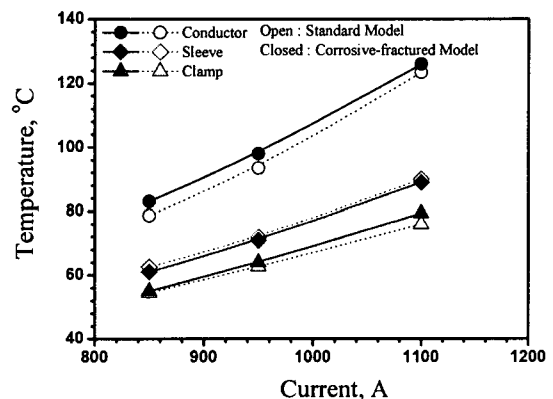


그림 1 전류에 대한 전선 및 접속개소의 온도변화

의존한다. 그림 1에서 확인되는 것처럼 온도는 단면적이 작은 가공송전선에서 가장 높은 온도를 나타내며 상대적으로 전선에 비해 단면적이 큰 접속개소들은 낮은 온도를 나타내었다.

강심파단모델의 전선 및 접속개소의 온도 변화거동은 전반적으로 표준모델과 유사한 경향을 보이면서 거의 동일한 열적 특성을 나타내었다. 즉, 강심의 부재에 의한 열적 특성 변화는 관찰되지 않았다.

3.2 장력 거동

그림 2는 인가전류에 대한 표준 및 강심파단모델의 장력거동을 나타낸 것이다. 강심파단모델의 장력 변화거동은 표준모델과는 다소 상이한 경향을 나타내었다. 연속허용전류 850A에서 장력은 364kgf로 감소하고 전류 상승에 따라 장력은 극단적으로 감소하였다. 인가전류 1,100A에서 측정된 장력은 약 50kgf이다. 이와 같은 급격한 장력의 감소 원인으로 다음과 같은 사실을 추측할 수 있다.

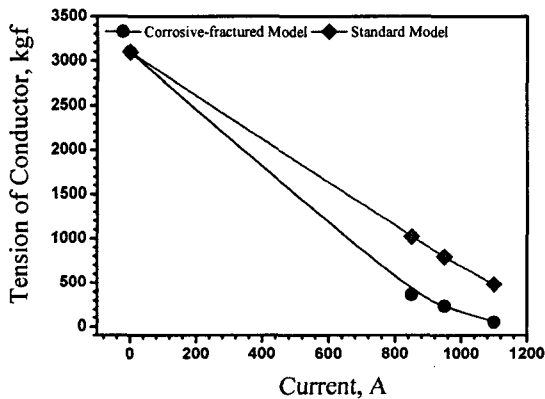


그림 2 전류에 대한 전선의 장력 변화 거동

가공송전선을 구성하는 알루미늄 도체와 아연도금강선은 서로 다른 선팽창계수를 가진다. 즉, 알루미늄 도체의 선팽창계수는 약 $25.0\sim 26.0\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$ 인 반면, 아연도금강선의 선팽창계수는 약 $11.5\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$ 로 온도 상승에 대한 도체의 길이 변화율은 알루미늄 도체가 더 크다. 또한 ACSR 410mm² 가공송전선의 인장하중 13,890kgf에서 알루미늄 도체가 담당하는 하중은 약 5,600kgf, 아연도금강심이 담당하는 하중은 약 8,600kgf로 Al : Steel은 약 4:6의 하중분담율을 가진다.

그러나 전선의 온도가 상승하면 알루미늄과 아연도금강선의 선팽창계수 차이에 의해 앞서 언급한 하중 분담율에 변화가 발생한다. 먼저 전선의 온도가 상승하면 각각의 선팽창계수에 의한 길이 증가로 전선 장력이 감소한다. 정상 모델의 경우, 전선 온도가 천이온도에 가까워질수록 알루미늄이 담당하는 하중분담율은 점차 감소한다. 전선의 온도가 천이온도 이상으로 상승하면 알루미늄 도체는 더 이상 하중분담의 역할을 하지 못하고 아연도금강선이 모든 하중을 담당하는 거동이 나타난다.

강심파단모델 전선은 가공송전선 강 슬리브가 제 역할을 할 수 없는 구조로 되어있다. 즉, 알루미늄 도체가 전하중을 담당하는 구조로 되어 있다. 이와 같은 구조에서 전선 장력은 전적으로 알루미늄 도체의 선팽창계수에 의존하기 때문에 정상모델과 비교하여 매우 낮은 장력 거동이 나타난다.

이 같은 전선의 급격한 장력감소는 이도의 증가를 야기할 수 있고 심지어 전선의 탈락 사고로 이어질 가능성이 농후하다. 따라서 실 가설 선로에 이와 같은 불량이 발생하였다면 발견 즉시 재시공 할 것이 요구된다.

4. 결 론

본 연구에서 강심파단모델에 대한 전선 및 접속개소의 열특성 및 장력거동을 연구한 결과는 다음과 같다.

1) 강심파단모델 전선 및 접속개소의 온도는 표준모델과 비교하여 볼 때, 연속 및 장시간, 단시간 허용전류 하에서 최대 4.5°C 미만의 온도차를 보이며 거의 동일한 경향을 나타내었다. 즉, 강 슬리브의 파단으로 인한 열적 특성의 변화는 발견되지 않았다.

2) 강 슬리브 파단 모델은 정상모델에 비해 낮은 장력거동을 나타내며 전선 온도가 상승할수록 급격한 장력 감소를 나타내었다. 이와 같은 장력 감소는 강심파단모델의 내부 구조상 아연도금강선이 하중분담의 역할을 수행할 수 없기 때문에 알루미늄 도체에 모든 하중이 부과되었기 때문이다. 실 선로에서 강 슬리브의 노후화로 인한 부식 파단이 발생하였다면 이도 증가 및 전선 탈락사고로 이어질 위험이 대단히 높다.

참고 문헌

- [1] 김병걸 외, “노후 송전선로의 가공송전선 직선 슬리브 분석 연구”, 한국전기전자재료학회 2007하계 학술대회 논문집, p. 538, 2007
- [2] 김병걸 외, “정상시공된 가공송전선 접속개소에서 전류에 따른 온도변화 거동”, 한국전기전자재료학회 2007추계 학술대회 논문집, p. 518, 2007
- [3] T. E. Graedel, Corrosion Mechanism for Aluminum Exposed to the Atmosphere, J. Electrochem. Soc., Vol. 136, No. 4, 1989
- [4] The thermal behavior of overhead conductor, CIGRE Wg22-12 Electra, No. 144, 1992