

시공유형에 따른 ACSR 480Rail 가공송전선 접속개소의 기계적 및 열적 특성 연구

안상현, 김병걸, 김상수, 손홍관, 박인표
한국전기연구원

The Study on Mechanical and Thermal Properties of ACSR 480Rail Conductor with Various Defects

Sang-hyun Ahn, Byong-geol Kim, Sang-su Kim, Hong-kwan Sohn, In-pyo Park
KERI

Abstract - According to previous report, aged sleeves for old transmission lines have various defect such as biased installation or corrosion of steel sleeve. These defects occupied almost 50 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. Moreover, the defects have been limited power capacity of transmission line. This paper study on thermal behavior of ACSR 480Rail conductor and sleeve with various defect model. The detailed results were presented in the text.

1. 서 론

국내 가공송전선의 대부분(약 88%)은 ACSR 전선이 사용되고 있다. 공칭단면적별 ACSR 전선의 사용비율을 조사한 결과, 전체 ACSR 전선의 33%가 공칭단면적 410mm² 가공송전선이 사용되고 있는 것으로 조사되었으며, 거의 비슷한 수준으로 480mm² Rail 전선이 약 30%의 사용비율을 차지하였다. 선행 연구에서는 가장 높은 사용비율을 차지하고 있는 ACSR 410mm² 가공송전선 접속개소에 대한 시공유형별 장력 및 열적특성에 대하여 조사한 바 있다.

본 연구에서는 410mm²와 대등한 수준으로 많이 사용되고 있는 ACSR 480Rail 가공송전선 접속개소에 대한 장력 및 열적거동 조사로 슬리브 시공유형별 접속개소의 특성 분석연구를 뒷받침하고자 한다.

2. 본 론

2.1 실험방법

ACSR 480Rail 가공송전선 및 접속개소(직선 슬리브)에 대한 기계적 및 열적 특성 시험은 전선 수평인장시험기에서 실시하였다. 전선의 길이는 약 10m로 하였으며 중심에 직선슬리브를 가설하였다. 장력 및 전류 인가를 위하여 전선 양끝은 압축인류클램프를 가설하였다. 슬리브의 시공유형은 각각 정상적인 시공을 모의한 '표준모델', 부식에 의한 강 슬리브의 파단을 모의한 '강심파단모델', 슬리브의 편중시공을 모의한 '편중모델'로 분류하였다. 슬리브의 불량을 모의하기 위하여 강심파단모델은 인위적으로 강 슬리브의 중앙을 절단하였으며 편중모델은 슬리브에 삽입되는 도체의 삽입깊이가 약 40mm가 되도록 접속개소를 가설하였다(표준모델의 도체 삽입깊이는 약 240mm).

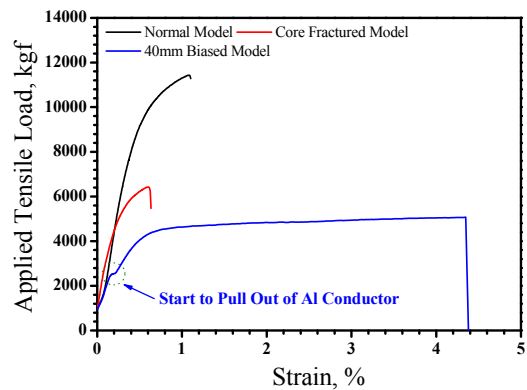
각 모델별 가공송전선의 기계적 특성은 전선의 상온 최대인장하중을 바탕으로 평가하였다. 초기하중은 인장하중 규정치의 약 8%인 944kgf이며 500kgf/min의 인장속도로 파단하중까지 장력을 상승시켜 전선의 하중-신율 변화를 측정하였다.

열적 특성은 부하율별 전선 및 접속개소 각 위치별 온도 변화를 바탕으로 평가하였다. 인가되는 부하는 ACSR 480Rail 도체의 연속허용전류 910A를 기준으로 각각 110%(1005A), 130%(1170A)의 전류를 인가하였다. 슬리브의 온도는 끝단으로부터 약 10mm, 50mm, 150mm, 그리고 슬리브 center 지점을 측정하였으며 도체는 슬리브로부터 각각 50mm, 500mm, 2000mm 지점의 온도를 측정하였다. 슬리브와 도체 각각에서 온도는 내부(Core)와 표면에 대하여 측정하였다. 온도는 열전대를 사용하여 직접 측정하였으며 HP 34970A에 의해 30초 간격으로 컴퓨터에 자동 저장되었다.

2.2 결과 및 고찰

2.2.1 기계적 특성

ACSR 480Rail 전선의 슬리브 시공유형별 하중-신율 거동은 그림 1과 같다. 슬리브가 정상적으로 가설된 전선의 최대 인장하중은 약



<그림 1> 슬리브 시공유형에 따른 하중-신율 거동

11,430kgf로, 전선의 인장하중 규정치 11,800kgf의 약 97%를 만족하였다. 표준모델 전선의 파단은 대부분 전선 중간에서 발생하였다.

강심파단모델의 최대 인장하중은 약 6,400kgf로 전선 인장하중의 약 54%에 불과하였다. 파단은 알루미늄 슬리브의 정중앙에서 발생하였으며 전선의 인장하중과는 무관한, 알루미늄 슬리브만의 인장강도를 나타내었다. 가공송전선 최대 인장하중의 이론적인 계산은 다음 식과 같이 각 소선의 인장강도에 소선수를 곱한 것의 합에 대해서 감소계수 90%를 적용한다.

$$T_{Al\ Sleeve} = 7.04 \cdot 1024.8 = 7,214 \text{ [kgf]}$$

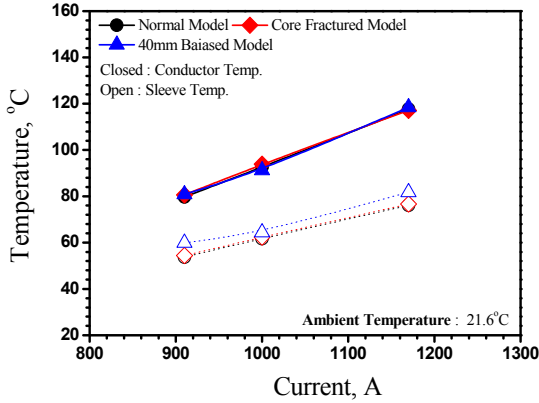
강심파단모델은 강 슬리브의 부재를 모의하였으며 강 슬리브가 파단된 부위는 가공송전선 전체에서 기계적으로 가장 취약한 구간이다. 이 구간의 인장하중은 이론적으로 다음 식과 같이 약 7,214kgf로 계산된다. 약 800kgf의 오차는 직선 슬리브의 파단부위에 존재하는, 콤파운드 주입용 Hole이 크랙 발생의 시작점으로 작용했기 때문인 것으로 예상된다.

편중모델 전선은 약 2,530kgf에서 알루미늄 도체가 슬리브 외부로 완전히 탈락하였으며, 탈락 이후에 전선에 작용하는 인장하중은 전적으로 아연도금강선에 부과되었다. 지속적인 외부 인장하중에 의하여 전선은 강심의 신율에 따라 연신되다가 최종적으로 약 5,070kgf에서 파단되었다. 편중모델과 같이 슬리브 환쪽 방향의 도체 삽입깊이가 기준치에 미달되면 기계적인 결합력에 직접적으로 영향을 미치는 도체/슬리브 간 압착면적이 감소하게 되므로 외부 인장하중에 대한 기계적인 특성은 급격히 감소한다.

2.2.2 부하에 따른 열적 거동

전선 및 접속개소는 부하가 인가되면 Ohm의 법칙 I²R에 따라 온도가 상승한다. 이때, 저항 R은 슬리브에 불량이 발생하면 접속개소 내부구조에 따라 변하며 그에 상응하여 최종적으로 포화되는 온도는 달라지게 된다.

그림 2에 슬리브 시공유형에 따른 전선 및 접속개소의 열적 거동변화를 나타내었다. 각 모델의 도체 및 슬리브의 온도는 가장 높게 상승한 지점의 표면(외측) 온도를 기준으로 하였다. 모든 모델에서 슬리브의 최대 온도는 끝단에서 10mm 지점, 도체의 최대온도는 슬



〈그림 2〉 시공유형에 따른 전선 및 접속개소의 최대온도

리브에서 약 2000mm 떨어진 지점에서 측정되었다. 각 지점의 온도는 동일한 외기온도 21.6°C에 대한 값으로 보정하여 외부적인 변수에 따른 오차를 최소화 하였다.

표준모델 도체의 온도는 100% 부하에서 약 80°C, 110%, 130% 부하에서 각각 92°C, 118°C로 상승하였다. 강심과단모델 도체와 40mm 편중모델 도체의 온도는 표준모델의 온도와 1°C 미만의 차이를 나타내면서 전반적으로 도체의 온도는 시공유형에 관계없이 거의 동일하게 거동하였다.

슬리브의 온도는 정상시공 되었을 때, 100% 부하에서 약 54°C를 나타내며 110%와 130% 부하에서 각각 62°C, 77°C를 나타내었다. 강심과단 슬리브의 온도는 표준슬리브와 거의 동일한 온도를 나타내었으나 40mm 편중슬리브의 온도는 각 부하에서 표준슬리브 보다 3~6°C 상승한 온도에서 포화되었다. 이는 슬리브의 편중시공에 따른 통전면적 감소의 결과로 예상된다. 즉, 편중슬리브는 도체의 삽입깊이가 40mm에 불과하며 정상적으로 가설된 경우(240mm) 보다 통전면적이 좁으므로 접촉저항이 상승한다. 접촉저항의 상승은 결과적으로 슬리브 끝단의 국부적인 온도 상승을 야기하며 전선의 삽입깊이가 40mm 이하로 더욱 감소하면 극단적인 발열을 일으킬 것으로 예상된다.

3. 결 론

본 연구에서 ACSR 480Rail 도체의 슬리브 시공유형별 기계적 및 열적특성 거동을 연구한 결과는 다음과 같다.

- 1) ACSR 480Rail 전선 접속개소에 강심과단의 불량이 발생하면 전선의 최대 인장하중은 알루미늄 슬리브의 인장강도 수준(6,400kgf)으로 크게 감소하였다. 또한 약 40mm의 편중시공 결과, 알루미늄 도체는 약 2,530kgf에서 슬리브 외부로 탈락하였으며 이후, 강심이 모든 하중을 지탱하는 양상을 나타내었다.
- 2) ACSR 480Rail 전선에 강심의 과단이나 편중시공과 같은 불량이 발생하더라도 전선 및 접속개소의 열적 거동은 크게 변하지 않았으나 약 40mm 편중시공된 모델은 슬리브 편중부위에서 3~6°C의 국부적인 발열이 관찰되었다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김병길 외, “노후 송전선로의 가공송전선 직선 슬리브 분석 연구”, 한국전기전자재료학회 2007하계학술대회 논문집, Vol. 8, p. 538, 2007
- [2] 김병길 외, “정상시공된 가공송전선 접속개소에서의 전류에 따른 온도변화 거동”, 한국전기전자재료학회 2007추계학술대회 논문집, Vol. 20, p. 518, 2007
- [3] The thermal behavior of overhead conductor, CIGRE Wg22-12 Electra, No. 144, 1992