

가공배전선의 탄성계수 및 선팽창계수 특성

김병걸, 김상수, 왕윤찬*, 김진한**

한국전기연구원, 중앙전력교육원*, 부산울산지방중소기업청**

The Properties of Modulus Coefficient and Thermal Expansion coefficient on Overhead Conductor

Byung-geol Kim, Shang-shu Kim, Yun-chan Wang*, Jin-han Kim**

KERI, KEPCO CEI*, SMBA**

1. 서론

가공선로에 설치된 전선의 이도는 전선의 허용장력, 자중, 풍압하중 등 여러 요인에 의해 좌우되며, 탄성계수, 선팽창계수, 전선의 실장 또한 중요한 요인 중의 하나이다. 특히 선로의 길이는 송전 중 전선의 온도가 상승함에 따라 전선 자체의 물성의 변화로 길이가 증가하게 되는데 이에 대한 고려가 이도설계시 충분히 반영되어야 한다. 그러나 현재 한전에서 규정화하고 있는 값은 전선 구성소재들의 상온 특성을 수치적으로 계산하여 도출한 상수를 사용하고 있기 때문에, 정확한 이도설계와 선로의 장기신뢰성을 위해서는 현재 적용되고 있는 계산치와 실제 전선을 이용하여 측정된 실측치와는 어떠한 차이가 있는가에 대한 조사와 검증이 필요한 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 현재 국내의 선로에 적용되고 있는 전선에 대해 전선자체의 탄성계수와 선팽창계수를 실측하여 그 값을 얻고자 한다.

2. 결과 및 고찰

2.1 가공전선의 탄성계수

현재 가공전선의 탄성계수는 전선을 구성하고 있는 알루미늄도체와 강심의 탄성계수를 각각 도출하여 계산한 이론적인 탄성계수를 적용하고 있다. 그림 1은 ACSR 58mm²가공전선을 구성하고 있는 강심과 알루미늄도체의 응력-신율 곡선을 나타낸 것이다.

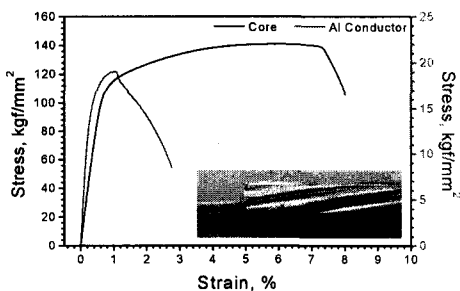


Fig. 1 알루미늄 도체와 강심의 응력-신율 곡선

응력-신율곡선에서 인장강도의 10%~40% 정도의 직선 구간으로부터 도출한 알루미늄 도체와 강심의 탄성계수는 각각 5182.6kgf/mm², 18348.8kgf/mm²이다. 강심과 알루미늄

도체에서 도출된 탄성계수로 ACSR 58mm²전선의 탄성계수를 구하면 약 7063.5kgf/mm²이다.

그림 2는 10m 이상의 실 전선에 대하여 하중-신율 곡선을 나타낸 것이다. ACSR전선은 알루미늄도체와 강심의 이중금속으로 구성된 복합소재로 단선의 하중-신율곡선과는 다른 거동을 나타낸다. 그림에서 한 번의 루프(loop)에서 직선구간은 A, B, C 세 구간의 탄성영역이 나타난다.

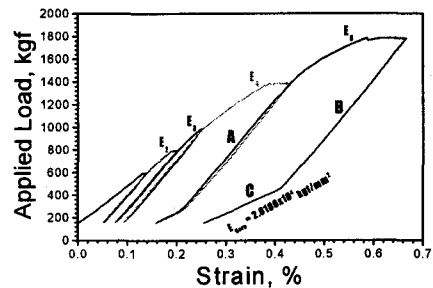


Fig. 2 ACSR 58mm² 가공송전선의 응력-신율 곡선.

직선 "A 구간"은 전선이 하중을 받으면 신율이 증가함에 따라 나타나는 탄성변형 구간으로 이 구간을 초과하는 하중에 의해 전선은 비탄성변형인 소성변형이 발생된다.

"B 구간"은 최대 하중에서 하중을 감소하는 경우에 나타나는 신율특성으로 알루미늄도체와 강심이 각각 탄성적으로 작용하고 있는 부위로 전선의 탄성계수(E_t)를 언급할 때 적용되는 구간이다.

"C 구간"은 AAC와 같은 단일연선에서는 나타나지 않으며 ACSR과 같은 합성연선에서 나타나는 구간으로 영구 소성변형 영역으로 알루미늄과 강심이 각각 단면적과 인장강도 비에 의해 분담하는 전선의 하중이 강심으로 천이된 영역이다. C 구간에서 측정된 강심의 탄성계수는 약 20186kgf/mm²으로 그림 2의 소선에서 얻어진 탄성계수 18348.8kgf/mm²에 비해 약간 높게 나타났지만 가공에 의한 증가분을 고려하면 거의 유사하게 나타난 것으로 사료된다. 그림 2의 하중-신율 곡선에서 나타난 실 전선의 탄성계수(E_t)는 7681.1kgf/mm²이다. loop의 횟수가 거듭될수록 전선의 탄성계수는 다소 증가하였다. 이는 전선의 인

가하중이 항복강도 이상으로 증가하면 알루미늄도체와 강선이 소성변형을 받게 되어 가공에 의한 탄성계수가 증가되기 때문이다. 실 전선에 의해 측정된 탄성계수(7681.1kgf/mm²)가 소선에 의해 계산된 탄성계수(7063.5kgf/mm²)에 비해 다소 높게 나타났다.

2.2 선폽창계수

재료의 온도변화에 의한 길이 및 체적의 증가는 선폽창이며 온도변화에 의한 선폽창의 증분을 선폽창율이라 한다. 전선의 경우 이와 같이 온도변화에 대하여 길이변화를 선폽창계수라 하고 가선설계상 중요한 정수이다. ACSR전선은 선폽창계수가 서로 다른 이중금속으로 구성되어 있기 때문에 온도-신율 특성은 단선 또는 AAC와 같은 단일전선과는 다른 복잡한 거동을 나타낸다.

ACSR전선을 구성하고 있는 알루미늄 선폽창계수가 강선의 선폽창계수 보다 크다. 따라서 온도상승 시에 알루미늄은 크게 팽창하지만 강선은 알루미늄에 비해 팽창정도가 작다. 일정 장력 하에서 ACSR 온도가 t(°C)까지 상승하면 알루미늄의 장력은 감소하고 강선의 장력은 증가한다.

그림 3에 ACSR 58mm²전선을 구성하고 있는 알루미늄도체와 강선의 온도-신율 특성을 나타내었다. 온도-신율 곡선에의 기울기로부터 알루미늄 도체와 강선의 선폽창계수를 도출하였다.

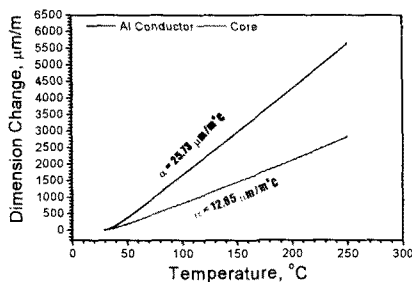


Fig. 3 도체와 강선의 온도에 따른 길이변화.

알루미늄 도체의 선폽창계수는 약 25.73μm/m°C로 KS C 3111 전기용 경알루미늄선에 규정된 23.0μm/m°C과 일본의 경알루미늄선 선폽창계수 23.1 ~ 24.6μm/m°C에 비해 다소 높게 나타났다. 선폽창계수에 영향을 미치는 외부요인으로 “가공”이 있다. 즉 선폽창계수는 신선이나 압연과 같은 가공에 의해 그 값이 변화한다. KS C 규정 23.0μm/m°C은 전선으로 연합되기 이전의 소선에 대한 규정이며 본 시험에서 도출된 선폽창계수 25.73μm/m°C은 각 소선을 연합한 전선을 다시 해체한 단선에 대하여 측정된 수치이므로 연합하는 과정에서 가공으로 인한 선폽창계수가 다소 변화한 것으로 사료된다.

아연도금강선의 선폽창계수는 약 12.85μm/m°C이다. 일본의 ACSR용 아연도금강선에 관한 선폽창계수 11.5μm/m°C와 거의 유사하였다.

알루미늄도체와 강심으로부터 도출된 선폽창계수와 앞서 그림 2에서 측정된 탄성계수를 이용하여 구한 ACSR 58mm²전선의 선폽창계수는 약 20.95μm/m°C로 나타났다.

그림 4는 ACSR 58mm² 실 전선의 온도-신율 곡선을 나타낸 것이다. 온도-신율 곡선상의 온도를 증가시키면서 나타난 직선 구간으로부터 얻어진 선폽창계수는 약 20.27μm/m°C이며 온도를 감소시키면서 얻어진 선폽창계수 19.23μm/m°C에 비하여 다소 높게 나타났다. 온도를 증가시키면서 시험한경우의 선폽창계수가 다소 높게 나타난 것은 알루미늄 도체 내에 신선과 같은 가공에 의해 도입된 잔류응력이나 전위 등이 소멸되는 현상이 발생함으로 인해 온도감소시의 선폽창계수가 낮게 나타난 것으로 사료된다. 소선에 의해 도출된 전선의 선폽창계수(20.95μm/m°C)와 실전선으로부터 구한 선폽창계수(20.27μm/m°C)는 거의 일치하였다.

전선의 선폽창계수에 영향을 미치는 인자로는 소선의 선폽창계수와 탄성계수, 그리고 알루미늄과 강선의 단면적비이다. 알루미늄의 단면적이 많을수록 알루미늄의 선폽창계수의 영향으로 전선의 선폽창계수는 증가한다.

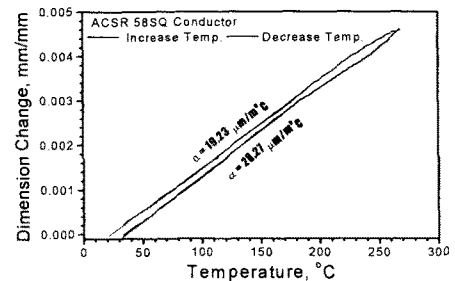


Fig. 4 ACSR 58mm² 전선의 온도-길이변화.

3. 결 론

1. ACSR 58mm²가공전선을 구성하고 있는 직경 3.5mm 알루미늄도체와 강심의 탄성계수는 각각 5182.6kgf/mm², 18348.8kgf/mm²이다. 이를 이용한 전선의 탄성계수는 약 7063.5kgf/mm²이며 실 전선을 이용한 탄성계수는 7681.1kgf/mm²이다. 이는 ACSR 58mm²전선의 이도계산에 적용되고 있는 탄성계수 8400kgf/mm²에 비교하여 낮게 나타났다.

2. ACSR 58mm²가공전선의 선폽창계수는 알루미늄도체와 강심이 각각 25.73μm/m°C, 12.86μm/m°C이며 이를 이용한 전선의 선폽창계수는 20.95μm/m°C이다. 실전선의 선폽창계수는 20.27μm/m°C이다.

참고 문헌

- [1] 김병걸, 박수동, 김상수, “STACIR/AW 송전선의 장시간 운전에 따른 기계적 물성 변화”, 한국전기전자재료학회 2004하계학술대회논문집, p. 1258, 2004
- [2] 김상수, 김병걸, 장태인, 강지원, 이동일, 민병욱, “환경적 요인에 의한 노후 가공송전선의 특성 변화”, Journal of KIIEE, Vol. 19, No. 3, pp287~291, 2006.