

## 가공배전선 탄성계수 및 선팽창계수 성능측정 연구

왕윤찬, 조시형, 박종신\*, 김병걸\*\*, 김상수\*\*  
한국전력공사, \*위덕대학교, \*\*한국전기연구원

### A Study on Overhead Distribution Conductors for Modulus of Elasticity and Coefficient of Linear Expansion

Yoon-Chan Wong, Si-Hyung Cho, Jung-Shin Park\*, Byung-Geol Kim\*\*, Sang-Soo Kim\*\*  
Korea Electric Power Corporation, \*Uiduk University, \*\*Korea Electrotechnology Research Institute

**Abstract** - 가공배전선로의 이도는 탄성계수와 선팽창계수에 따라 온도 및 장력의 변화에 대하여 다른 변화를 나타낸다. 따라서 본 연구에서는 정확한 이도설계와 선로의 장기신뢰성 확보를 위해서 배전선 주요 규격에 대하여 탄성계수와 선팽창계수를 실측하여 계산값과 측정값에 어떠한 차이가 있는지를 비교하였다. 시험결과 전선의 탄성계수와 선팽창계수는 제작공정상의 여러 요인들에 의하여 영향을 받는 것으로 나타났으며, 이도설계시 탄성계수와 선팽창계수는 배전선의 측정값을 적용하는 것이 바람직 한 것으로 나타났다.

#### 1. 서 론

가공배전선로에 설치된 배전선의 이도는 전선의 허용장력, 자중, 풍압하중 등 여러 요인에 의해 좌우되며, 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. 따라서 정확한 이도설계와 선로의 장기신뢰성을 위해서는 현재 적용되고 있는 탄성계수와 선팽창계수의 계산치와 실제 전선을 이용하여 측정된 실측치와는 어떠한 차이가 있는가에 대한 조사와 검증이 필요한 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 현재 국내의 배전선로에 적용되고 있는 배전선 주요 규격에 대해 배전선자체의 탄성계수와 선팽창계수를 실측하여 계산값과 측정값을 비교하고자 한다.

#### 2. 시험 방법

##### 2.1 탄성계수

###### 2.1.1 소선에 의한 계산

배전선의 탄성계수는 배전선을 구성하는 각 소선의 탄성계수를 IEC 60889에 의거하여 측정된 다음 아래의 (식 1)에 의해 계산한다.

$$E = \frac{mE_a + E_s}{m + 1} \quad (\text{식 1})$$

단,  $E_a, E_s$ : 알루미늄 및 강심의 탄성계수 [kgf/mm<sup>2</sup>]

$m$ :  $A_a/A_s$

$A_a, A_s$ : 알루미늄 및 강심의 단면적[mm<sup>2</sup>]

배전선을 구성하는 소선에 대하여 인장시험을 실시한 후 각 소선의 탄성계수를 (식 1)을 이용하여 계산하였다.

###### 2.1.2 배전선의 실측

배전선의 탄성계수 실측은 미국의 "알루미늄협동표준"내 알루미늄 전선 및 ACSR의 하중-신율 시험법에 준하였다.

##### 2.2 선팽창계수

###### 2.2.1 소선에 의한 계산

각 소선의 선팽창계수는 50℃와 150℃의 온도구간에서 시험편길이 변화의 기울기로부터 (식 2)에 의해 도출하였다.

$$\alpha = \frac{(\Delta L \times K)}{(\Delta T \times L)} \quad (\text{식 2})$$

단, 여기서  $L$ 은 시험편의 높이,  $\Delta L$ 은 시험편의 길이 변화,  $\Delta T$ 는 온도 변화,  $K$ 는 Y축의 보정상수를 나타낸다.

배전선의 선팽창계수는 각 소선의 선팽창계수와 탄성계수를 도출한 다음 (식 3)에 의해 선팽창계수를 계산하였다.

$$\alpha = \frac{m\alpha_a E_a + \alpha_s E_s}{mE_a + E_s} \quad (\text{식 3})$$

단,  $E_a, E_s$ : 알루미늄 및 강심의 탄성계수 [kgf/mm<sup>2</sup>]

$\alpha_a, \alpha_s$ : 알루미늄 및 강심의 선팽창계수 [1/℃]

$m$ :  $A_a/A_s$

$A_a, A_s$ : 알루미늄 및 강심의 단면적[mm<sup>2</sup>]

###### 2.2.2 배전선의 실측

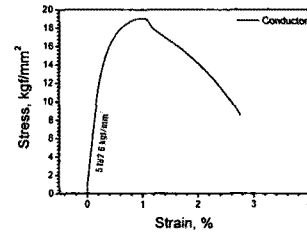
일본의 "전기협동연구"에서 전선의 선팽창계수를 실측한 바가 있어 이 방법을 활용하여 선팽창계수를 측정하였다. 다만 선팽창계수의 정밀도를 증가시키기 위하여 시험편 길이를 일본에 비하여 길게 하였다.

#### 3. 시험결과 및 분석

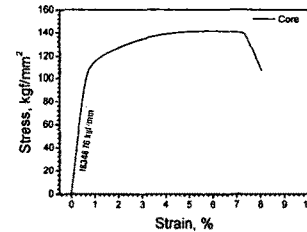
##### 3.1 ACSR 58mm 전선의 탄성계수

###### 3.1.1 소선에 의한 탄성계수 측정

<그림 1>과 <그림 2>는 알루미늄도체와 강심의 응력-신율곡선이다. 각각의 기울기로부터 측정된 알루미늄 소선의 탄성계수는 약 5182.6kgf/mm<sup>2</sup>이며, 강심의 탄성계수는 18348.8kgf/mm<sup>2</sup>이다. 각 소선의 인장시험에서 구한 탄성계수를 (식 1)에 적용하여 ACSR 58mm 전선의 탄성계수를 도출하면 약 7063.48kgf/mm<sup>2</sup>이다.

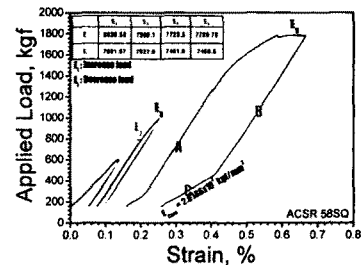


<그림 1> ACSR 58mm 전선 AL의 응력-신율곡선



<그림 2> ACSR 58mm 전선 강심의 응력-신율곡선

###### 3.1.2 실측에 의한 탄성계수 측정



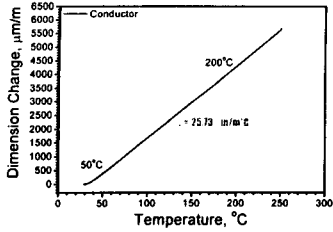
<그림 3> ACSR 58mm 전선의 응력-신율곡선

<그림 3>의 응력-신율 곡선 두 번째 loop( $E_2$ )에서 하중 증가 시  $E_1$ 는 6836.5kgf/mm<sup>2</sup>이며, 하중 감소 시  $E_2$ 는 7681.07kgf/mm<sup>2</sup>로 나타났다.

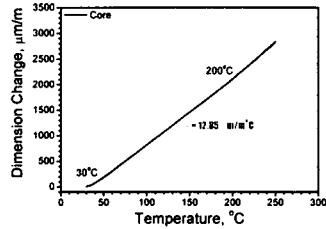
##### 3.2 ACSR 58mm 전선의 선팽창계수

###### 3.2.1 소선에 의한 선팽창계수 측정

<그림 4>와 <그림 5>에서와 같이 ACSR 58mm 전선의 알루미늄도체의 선팽창계수는 약 25.73μm/m℃이며, 아연도금강선의 선팽창계수는 약 12.85μm/m℃이며, 이 결과를 (식 3)에 의거 계산하여 도출된 ACSR 58mm 전선의 선팽창계수는 20.95μm/m℃이다.



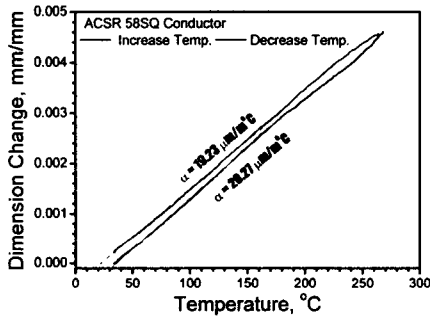
〈그림 4〉 ACSR 58mm 전선 AL의 온도-신율곡선



〈그림 5〉 ACSR 58mm 전선 감심의 온도-신율곡선

### 3.2.2 실측에 의한 선폽창계수 측정

〈그림 6〉에서와 같이 50°C와 100°C 구간에서 전선온도를 증가시키면서 전선의 길이변화를 측정할 경우 측정된 전선의 선폽창계수 20.27μm/m°C와 온도를 감소시키면서 측정된 전선의 선폽창계수는 19.23μm/m°C로 시험 방식에 따라 약 1.0μm/m°C의 차이를 나타내었다. 온도를 증가시키면서 측정할 경우가 온도를 감소시키면서 측정할 경우보다 좀더 높게 나타난 이유는 전선의 온도를 증가시켰다가 감소시킬 때 가공에 의해 도입된 잔류응력이 나 전위 등이 소멸되어 annealing 현상이 발생되기 때문이다.



〈그림 6〉 ACSR 58mm 전선의 온도-신율곡선

## 3.3 가공배전선 탄성계수 및 선폽창계수

### 3.3.1 가공배전선의 탄성계수

가공배전선의 탄성계수를 시험한 결과와 기준치를 요약하면 <표 1>과 같다.

〈표 1〉 가공배전선의 탄성계수

No.	품명 및 규격 (mm)	소선 구성	탄성계수 (kgf/mm <sup>2</sup> )		
			배전규정에 의한 계산값	소선 측정 후 계산값	배전선 측정값
1	ACSR 58	6/3.5 1/3.5	8,400	7,063	6,837 ~7,681
2	ACSR/AW-OC 58	6/SB 1/3.5	8,391	7,652	7,546 ~7,611
3	ACSR/AW-TR/OC 58	6/SB 1/3.5	8,391	5,591	7,292 ~7,364
4	ACSR/AW-TR/OC 95	6/SB 1/3.5	7,652	7,265	6,144 ~6,482
5	ACSR/AW-TR/OC 160	18/SB 1/3.2	7,003	5,036	5,545 ~5,561
6	ACSR/AW-TR/OC 240	18/SB 1/4.0	7,031	5,105	5,448 ~5,497
7	HDCC 60	19/2.0	12,000	9,859 ~11,954	10,505 ~10,791
8	OC-W 60	19/2.0	12,000	10,224 ~12,179	10,550 ~10,799

연선된 소선을 분해하여 측정된 소선의 탄성계수 값을 (식 1)에 대입하여 산출된 값을 배전선 측정값 및 배전규정에 의거 계산한 값과 비교하여 보면 규격에 따라 일관성이 없다. 따라서 배전선의 탄성계수 측정방법은 배전선을 실 측정하는 것이 바람직하다.

배전선 측정값에서 ACSR류 전선의 탄성계수는 알루미늄 및 강선의 단면적 비에 따라 그 값이 달라짐을 쉽게 알 수 있다.

ACSR류 58mm와 동전선류 60mm를 배전선 측정값으로 각각 비교하여보면 절연피복이 탄성계수에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 사료되나, 보다 정확한 판단을 위해서는 추가적인 시험이 요구된다.

배전선을 실측정한 탄성계수 값이 배전규정에 의거 계산한 값에 비하여 규격에 따라 719~1583kgf/mm<sup>2</sup>(약9~22%)정도 작게 나타났다. 따라서 이론값과 실 측정값에는 상당한 차이가 있으므로 배전선로의 이도 설계 및 시공 시에는 측정값을 적용하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

### 3.3.2 가공배전선의 선폽창계수

가공배전선의 선폽창계수를 시험한 결과와 기준치를 요약하면 <표 2>와 같다.

〈표 2〉 가공배전선의 선폽창계수

No.	품명 및 규격 (mm)	소선 구성	탄성계수 (kgf/mm <sup>2</sup> )		
			배전규정에 의한 계산값	소선 측정 후 계산값	배전선 측정값
1	ACSR 58	6/3.5 1/3.5	18.9	21.0	19.2 ~20.3
2	ACSR/AW-OC 58	6/SB 1/3.5	18.9	22.1	20.4 ~21.1
3	ACSR/AW-TR/OC 58	6/SB 1/3.5	18.9	20.6	21.6 ~21.9
4	ACSR/AW-TR/OC 95	6/SB 1/3.5	20.1	22.7	18.7
5	ACSR/AW-TR/OC 160	18/SB 1/3.2	21.3	23.2	21.2 ~23.3
6	ACSR/AW-TR/OC 240	18/SB 1/4.0	21.3	23.7	21.1 ~23.2
7	HDCC 60	19/2.0	17.0	18.0 ~18.1	19.6
8	OC-W 60	19/2.0	17.0	17.8 ~18.0	17.6 ~18.5

연선된 소선을 분해하여 측정된 소선의 선폽창계수 값을 (식 3)에 대입하여 산출된 값은 온도를 증가시키면서 측정된 배전선 측정값과 전반적으로 비슷하지만, 온도를 감소시키면서 측정된 측정값, 배전설계기준의 값 및 배전규정에 의거 계산한 값과 비교하여 보면 전반적으로 0.8~3.2μm/m°C 정도 높은 값을 나타내고 있다. 따라서 선폽창계수 측정방법은 온도를 감소시키면서 측정하는 것이 타당하다.

ACSR류 전선의 선폽창계수 값이 알루미늄 및 강선의 단면적 구성비에 따라 영향을 받는지 여부는 본 시험의 결과가 구성비에 따라 일관성 있는 값을 나타내고 있지 않으므로 판단이 곤란하다.

실험결과가 구성비와 관계없이 일관성 없는 결과를 나타난 이유는 전선의 연선, 압축 및 절연피복시의 온도 상승 등과 같은 제조공정상에 발생하는 여러 요인들이 각 시료에 다른 영향을 미친 것으로 판단된다.

ACSR류 58mm의 경우 절연전선이 나전선보다 선폽창계수가 약간 높게 나타나지만, 동전선류의 경우 반대로 나전선의 선폽창계수가 약간 높게 나타나므로 절연피복이 선폽창계수에 영향을 미치는지 여부 또한 판단이 곤란하다. 따라서 절연피복의 영향여부를 판단하기 위해서는 동일 절연전선에 대하여 피복을 제거한 것과 제거하지 않은 것을 추가로 시험할 필요가 있다.

배전선을 실측정한 선폽창계수 값이 배전규정에 의거 계산한 값과 비교하여 다소의 차이를 나타내므로 배전선로의 이도 설계 및 시공 시에는 측정값을 적용하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

## 4. 결 론

따라서 본 연구에서는 국내의 배전선로에 적용되고 있는 배전선 주요 규격에 대해 배전선소재의 탄성계수와 선폽창계수를 실측하였다. 시험결과 전선의 탄성계수와 선폽창계수는 제조공정상의 여러 요인들(연선, 압축 및 절연피복시의 온도상승 등)에 의하여 영향을 받는 것으로 나타났으나, 본 시험에서는 소량의 시료를 대상으로 제한적으로 탄성계수와 선폽창계수를 측정함으로써 적정 기준값을 도출하지는 못하였다. 따라서 정확한 이도설계 및 시공을 위해서는 보다 많은 시료를 대상으로 탄성계수와 선폽창계수를 실측하여 전선 종류별 규격별 기준값을 정한 후 이를 구매시방서상에 명시하여 제조과정 및 검수 시 이를 관리할 필요가 있다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사 중앙교육원 배전교육팀, 가공배전선 탄성계수 및 선폽창계수 성능측정 연구, 2005.10