

## 장경간용 고강도 가공송전선 개발

김병걸, 김상수  
한국전기연구원

### Development of a High Strength Conductor for Long Span

Byung-geol Kim, Shang-shu Kim  
Korea Electrotechnology Research Institute

**Abstract :** A new high strength conductor was designed for long span transmission line with a high nitrogen steel having high tensile strength and non-magnetic properties and high strength Al alloy. The tensile strength of conductor is very important to reduce the sag. The height of electric tower depend on the sag also. More than 36% less of sag was achieved by using ACHR(Aluminum conductor stranded high-nitrogen steel reinforced) instead of conventional ACSR.

**Key Words :** High strength conductor, Long span, Sag, High-nitrogen steel, High strength Al alloy

#### 1. 서 론

우리나라는 지형적으로 많은 산악, 하천 그리고 섬으로 이루어져 있다. 이런 이유로 도서 및 하천지역 송전선의 경우, 경간이 1km가 넘는 장경간 구역이 상당히 많다. 그러나 아직 국내에선 이와 같은 장경간 선로에 적용할 수 있는 송전선의 개발이 이루어져 있지 않아, 필요한 경우, 일본 등으로부터 수입하여 선별적으로 적용하고 있는 실정이다. 따라서 장경간 구간이 많은 우리나라의 특수한 지형적인 환경을 고려할 때, 이런 선로에 적용할 수 있는 가공송전선의 개발적용이 시급하다. 기본적으로 장경간에 적용할 수 있는 가공송전선은 정상 경간에 사용되는 송전선에 비해 큰 인장하중특성을 보유하는 것이 대단히 중요하다. 왜냐하면 기존 송전선의 인장하중 특성만으로 장경간 선로에 적용할 경우, 규정된 이도를 확보하기 위하여 수백 m에 달하는 대단히 높은 첩탑을 사용할 수밖에 없어, 많은 공사비가 소요되고, 주위 미관을 해치는 등 환경적으로도 많은 문제를 야기하게 된다. 그러므로 송전선의 인장하중특성을 대폭 높을 수 있다면, 경제적 및 환경적 파급효과가 지대하다고 할 수 있다. 송전선은 기본적으로 지지선인 강선과 전기를 흘리는 Al도체로 이루어져 있다. 그러므로 송전선의 인장하중은 두 개 구성소재의 강도특성에 전적으로 좌우된다. 고강도 가공송전선은 고강도 강선과 고강도 Al합금 도체를 적용함으로써 달성될 수 있다.

일본의 경우, 고강도 송전선용 구성소재로 인장강도 180~200(kgf/mm<sup>2</sup>)급의 초강력아연도금 강선과 25(kgf/mm<sup>2</sup>)급의 고강도 합금계 Al도체를 적용하고 있다. 이들 구성소재의 기계적특성으로 볼 때, 대단히 우수한 고강도 송전선의 제조가 가능하다고 판단된다. 그러나 장경간 선로의 지형적인 특성에 따라 소재의 구성이 달라져야 한다고 생각된다. 만약 청정지역에서의 장경간 선로일 경우에는 구성소재들의 기계적특성만을 높이면 문제가 없을 것으로

판단되나, 만약 장경간 선로가 도서 및 하천지역일 경우, 구성소재의 기계적특성뿐만 아니라 내부식특성 또한 확보되어야 한다. 왜냐하면 도서나 하천지역에서는 부식인자 즉 염분 및 수분의 농도가 대단히 높기 때문에 우수한 내부식특성이 요구되기 때문이다. 나아가 흔히 실시되고 있는 내부식처리인 아연도금 또는 알루미늄피복처리가 소지 재료인 강의 부식을 보호하는 기능을 가지나, 만약 어떤 이유로 인하여 보호층에 결함이 도입된다면, 특히 도서지역의 장경간 선로에선 치명적인 결과를 초래할 가능성이 대단히 높다.

따라서 본 연구에서는 국내의 대부분의 장경간 개소 도서 및 하천지역임을 고려하여, 송전선의 구성소재로서 기계적 특성뿐만 아니라 부식특성이 우수한 소재로 고질소강에 주목하였다. 고질소강선은 Fe합금 내에 질소를 다량 함유시킨 스테인리스 합금강으로 내부식특성이 대단히 우수하고, 선공정만으로 고강도화가 가능하다. 또한 기존의 강선과 달리 비자성강이기 때문에, 전력손실저감과 같은 부가적인 효과도 기대된다.

한편, 가공송전선은 항상 자연환경변화에 노출되어 있기 때문에, 송전선용 강선의 내피로특성 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않다. 특히 소재를 고강도화시킬 경우, 금속학적인 측면에서 볼 때, 피로특성의 열화를 초래할 수 있어, 고강도 송전선용 고질소강선의 적용 가능성은 피로특성의 검증 결과에 좌우된다고 할 수 있다.

본 연구자는 수년 전에 가공송전선용 고질소강선의 개발에 성공하였으며, 이를 이용하여 저손실 가공송전선을 제조하고 그 우수한 전력손실 저감효과에 대해 입증한 바 있다. 그러므로 기계개발된 고강도 및 내부식성이 대단히 우수한 고질소강선을 장경간용 고강도 송전선에 적용하고자 한다. 고질소강에 대한 소재적인 적용성 연구는 이미 검증이 완료되었기 때문에, 이를 적용한 고강도 가공송전선 설계 연구결과에 대해 기술하고자 한다.

## 2. 실험

전술한 바와 같이, 고강도 가공송전선의 구성소재로 지지선은 고질소강선으로 정하였으며, AI도체는 도전율을 고려하여 인장강도가 20 (kgf/mm<sup>2</sup>) 정도인 고력AI합금을 적용하여 설계하고자 한다. 도전율이 낮고 강도가 더 높은 이호AI이 있으나, 이럴 경우 전력손실이 증가하여 효율성이 떨어질 것으로 판단하였다. 상기 특성의 구성소재로 고강도 가공송전선을 설계하여, 이를 ACHR(Aluminum Conductor Stranded High-nitrogen Steel Reinforced)로 명명하고자 한다. 이를 송전선 동일규격(410mm<sup>2</sup>)의 ACSR과 비교하고자 한다. 송전선로 경간에 따른 이도변화와 전선 온도에 따른 이도변화를 경간의 함수로 나타내었다.

## 3. 결과 및 검토

본 연구에서 설계한 ACHR과 ACSR의 구성소재의 사양은 표 1과 같다.

표 1 가공송전선 구성소재의 특성

사양	지지선		AI도체	
	종류	인장강도	종류	인장강도
ACHR 410mm <sup>2</sup>	고질소강	180 kgf/mm <sup>2</sup>	KAI	20 kgf/mm <sup>2</sup>
ACSR 410mm <sup>2</sup>	고탄소강	140 kgf/mm <sup>2</sup>	HAI	16 kgf/mm <sup>2</sup>

표에서 알 수 있는 바와 같이, 강선의 경우는 종래의 일반 송전선에 비해 약 30%, AI도체는 약 25% 이상 높은 인장강도특성을 가진다. 두 전선에 대한 이도분석을 행하였다. 표 2에 이도분석을 위한 상수들을 정리하였다.

표 2 이도계산 조건

1. Size : 410mm <sup>2</sup> conductor,
2. AI의 단면적 : 413.4mm <sup>2</sup>
3. 아연도금강선의 단면적 : 67.35mm <sup>2</sup>
4. 전선의 단면적 : 410mm <sup>2</sup>
5. 전선외경 : 28.5mm
6. 전선의 자중 : 1.673kg/m
7. 탄성계수 : E = 8,359kgf/mm <sup>2</sup> , Es = 21,000kgf/mm <sup>3</sup> , Ea = 6,300kgf/mm <sup>2</sup>
8. 선팽창계수 : α = 18.95μ/°C, αs = 11.5μ/°C, αa = 23.0μ/°C
9. 최대사용장력 : Tmax = T <sub>1</sub> = 6,600kgf(ACHR), 5,000kgf(ACSR)
10. 무풍 무설 상태(초기상태) 온도 : t <sub>0</sub> = 15°C
11. 최악상태 온도 (t <sub>1</sub> ) : t <sub>1</sub> = -15°C
12. 하중조건
풍압 15°C : 88 kgf/mm <sup>2</sup>
-15°C : 42 kgf/mm <sup>2</sup> ,
6 mm 피빙 두께 (풍력계수: 0.95)
13. 2지역, 154 kV의 표준경간(S) = 300 m

표 2와 같은 조건들을 활용하여 구 전선에 대한 이도거동의 변화를 조사하였다. 그 결과를 그림 1에 나타내었다. 두 전선 모두에서 이도는 경간에 따라 현저히 증가함을 알 수 있다. 특히 ACSR의 경우가 ACHR에 비해 장경간일수록 이도차가 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 경간이 길어짐에 따라 전선의 인장강도의존성이 증가함을 알 수 있다.

그림 2는 경간을 1000m로 상정할 때, 두 전선의 이도

차이를 별도로 정리한 것이다.

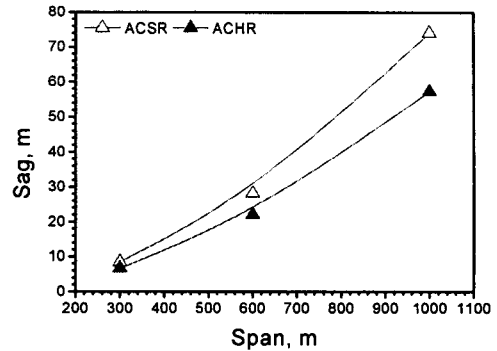


그림 1 전선온도 75°C에서의 경간에 따른 이도변화

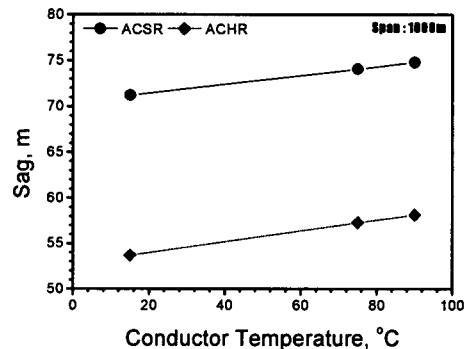


그림 2 경간 1000m에서의 전선 온도에 따른 이도변화 전선온도에 관계없이 일정한 이도차를 보여주고 있으며, 대략 20m 정도의 이도차가 발생하였으며, 비율로는 약 36%의 이도 저감 효과가 있다. 이는 고강도 송전선이 막대한 경제적인 환경적인 잇점이 있음을 반증하여 준다고 할 수 있다.

## 4. 결론

고강도 비자성강인 고질소강선과 고력 AI합금 도체를 이용하여 장경간용 가공송전선을 설계하여, 이 전선의 이도특성을 기존의 ACSR과 비교분석하여 새로운 고강도 송전선(ACHR)의 타당성에 대해 분석하였다. ACHR은 ACSR에 비해 현저히 낮은 이도거동을 보여 주었으며, 경간 1000m의 경우, ACSR에 비해 36%나 이도가 감소하는 것을 알 수 있었다.

## 참고 문헌

- [1] 김병걸, 김상수, 박주환, “고강도 저손실 가공송전선의 개발(1) - 기계적 특성”, Journal of KIEEME, Vol. 18, No. 12, p 1153, 2005
- [2] 김병걸, 김상수, 박주환, “고강도 저손실 가공송전선의 개발(11) - 전기적 특성”, Journal of KIEEME, Vol. 18, No. 12, p 1159, 2005