

송전선로 가선공사에서 Come-alongless 공법 적용

이형권
한국전기연구원

Application of the string method without a come-along to conductor wiring works

Lee, H.K.
KERI

1. 서 론

전력수요의 꾸준한 증가로 인한 송전선로의 대용량화의 필요성으로 현재는 국내에서도 765kV 송전선로가 운영 중에 있다. 765kV 송전선로의 도입과 더불어 최근 환경문제로 인한 장경간 개소 증가, 4회선용 철탑 증가 등으로 인해 345kV 송전선로의 건설공사도 대형화 되고 있는 추세이다. 이같이 철탑의 대형화, 전선의 다도체화 등으로 규모가 커지면서 탑상 고소작업을 최소화하여 시공품질과 안전성을 높이고, 시공의 간편화로 경제성을 높이기 위한 방안의 일환으로서 가선공사에 있어 조립식 또는 반조립식(Semi-Prefab) 가선공법을 적용하고 있다. 기존 345kV 송전선로의 가선공사에서는 킵어롱(Come-along)을 사용하는 일반공법을 적용하고 있으나, 765kV 송전선로의 가선작업에서는 반조립식 가선공법을 채택하였다. 그러나 반조립식 가선공법 및 향후 적용이 예측되는 조립식(Prefab) 가선공법에서 간선작업의 효율성을 높이기 위해서는 킵어롱 없는 공법(come-alongless)의 적극적인 도입이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 향후 송전선로의 보다 효율적이고 안전한 가선공사를 위해 765kV 송전선로를 대상으로 간선작업에서 킵어롱 없는 공법 적용 방안을 제시한다.

2. 송전선로 가선공법 개요

최근의 송전선로 건설공사는 철탑의 대형화, 굵은 전선의 채용 및 다도체화 등으로 그 규모가 커지면서 탑상 고소작업을 최소화하여 품질과 안전성을 높이고, 전문 시공인력의 최소화로 경제성을 높이기 위해 조립식 또는 반조립식 가선공법에 의한 작업으로 바뀌고 있다.

345kV이하의 송전선로에서 일반적으로 사용하고 있는 기존의 일반 가선공법은 전선을 표준화(드럼당 1000m, 2000m)된 길이로 구매하여 전선을 직선슬리브로 압축, 접속하여 연선한다. 내장철탑의 간선시에는 킵어롱으로 전선을 잡고 설계 이도가 될 때까지 원치로 당긴 후 철탑 위에서 전선절단, 인류클램프 압축 및 애자장치에 연결하는 순서로 작업하는데 킵어롱은 필수적인 공구 중의 하나이다.

조립식 가선공법은 간선 구간별로 제작된 전선의 양단을 지상에서 활차통과형 압축인류클램프로 압축하여 취부한 후 연선하며, 내장철탑에서는 지상에서 압축한 압축인류클램프를 애자면에 취부하고 이도의 미세조정만 함으로서 간선이 완료되는 공법이다. 이 공법은 경간 내에 직선슬리브 개소가 없으므로 가선작업의 효율성 및 품질확보가 가능하며 탑상작업이 감소되므로 작업원의 안전성을 확보할 수 있다. 이 공법을 적용하기 위해서는 전선 지지점간의 정확한 측량과 각 상변, 소도체별 애자면 길이 및 이도 등을 고려한 전선실장 계산, 활차 통과 등으로 인한 신장 등을 정밀하게 계산하여 전선을 제작

해야 하는 등, 고도의 제작기술이 필요하며 또한 시공에 대한 충분한 경험과 기술이 요구되는 공법이다. 내장철탑의 간선시에는 킵어롱이 필요 없이 간선용 부속공구(attachment)와 세미활자에 의해 압축인류클램프와 애자면을 연결할 수 있다.

반조립식 가선공법은 기존의 가선공법과 조립식 가선공법을 절충한 공법으로서 조립식 가선공법이 인류클램프 압축작업을 전라 지상에서 실시하여 간선하는데 비해 반조립식 가선공법은 내장구간의 한 쪽은 지상에서 압축하고, 다른 한 쪽은 탑상에서 작업하는 공법이다. 내장철탑의 간선은 양간선 개소와 절단구분개소로 구분되는데 양간선 개소는 기존의 일반가선공법에 의해 탑상에서 킵어롱에 의한 이도조정 후 절단, 압축, 연결작업을 수행하고, 절단구분개소는 조립식 가선공법과 같이 킵어롱 없이 연결작업만 수행하면 되므로 탑상작업이 반으로 줄어들게 된다. 표 1은 가선공법별 장단점을 비교하여 나타낸 것이다.

표 1. 가선공법의 장단점 비교

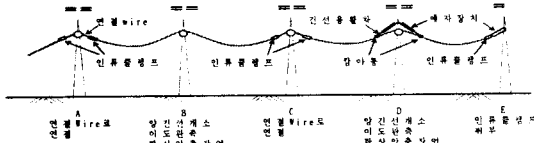
공법	장점	단점
기존공법	· 시공 용이 · 내장비용 낮을 경우 공사비 저렴 · 연선작업일 수 단축 · 단도체 작업시 유리	· 탑상 압축작업이 많으므로 안전성 저하 · 직선슬리브 사용으로 신뢰성 저하 · 탑상작업으로 간선작업일수 증가 · 작업능률 저하
반조립식공법	· 고소작업이 50%로 감소 · 지상압축작업으로 품질향상 · 무슬리브 공법으로 신뢰성 향상 · 전선 조장발주로 전선손실 감소 · 작업능률 향상	· 연선클램프 필요 · 드럼장에서의 압축작업 증가로 엔진장 및 감시원 대기시간 증가 · 활차통과시 충격하중 발생 · 활차통과형 클램프, 프로텍터, 연결와이어 등 새로운 자재 및 가선공구 필요
조립식공법	· 고소작업 대폭감소로 안전성 향상 · 지상압축작업으로 품질향상 · 무슬리브 공법으로 신뢰성 향상 · 기상 및 기후의 영향 적음 · 작업능률 향상 · 전선 조장발주로 전선손실 감소	· 정밀측량 및 정확한 전선실장 계산 등의 사전작업 필요 · 시공중 철탑의 휨 측정, 장력관리 등의 어려움이 있음 · 활차통과시 충격하중 발생 · 활차통과형 클램프, 프로텍터, 연결와이어 등 새로운 자재 및 가선공구 필요

3. 킵어롱 공법과 킵어롱 없는 공법

3.1 킵어롱 공법

반조립식 가선공법의 경우 그림 1과 같이 블록통과형 클램프가 설치되는 A, C, E 철탑의 절단구분개소와 일반형 클램프가 설치되는 B, D 철탑의 양간선개소로 구

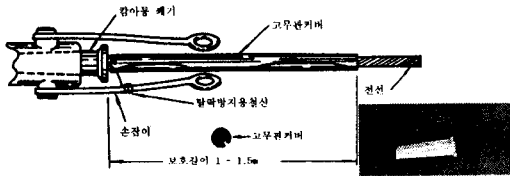
분되고, 절단구분개소의 긴선작업은 컴어롱 없는 공법, 양긴선 개소의 긴선작업은 컴어롱 공법을 적용할 수 있다.



[그림 1] 반조립식 가선공법에서 절단구분과 양긴선개소

컴어롱 공법에서 사용되는 컴어롱은 내장에자장치와 전선을 연결하는 긴선작업에서 전선을 장악하기 위해 사용하는 공구로서, 형태는 그림2와 같다.

컴어롱 공법은 탑상에서 압축작업을 하기 위해 전력을 절단점까지 끌어당기는 작업이나, 이도조정 작업을 할 때 전선에 컴어롱을 채워서 당김작업을 하는 공법을 말하며, 지금까지 내장철탄의 긴선작업에 일반적으로 사용되는 방식이며 조립식(prefab) 공법이 적용되지 않는 가선공사에서는 컴어롱 공법을 사용하고 있다. 컴어롱 공법은 철탄으로부터 약 20m 이상 나가서 컴어롱 및 이동활차를 설치해야 하므로 작업시간이 많이 소요되는 점과 작업시 전선이 손상 받을 우려와 안전사고의 위험이 높은 단점이 있다.

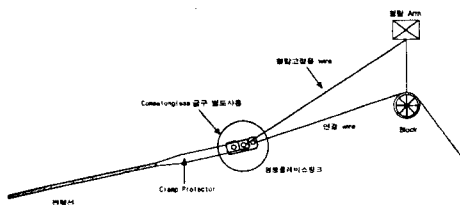


[그림 2] 컴어롱 형상

3.2 컴어롱 없는 공법(come-alongless)

컴어롱 공법 적용시의 단점을 보완하기 위하여 개발된 것이 컴어롱 없는 공법이며, 조립식 가선공법에서 내장철탄의 긴선작업이나 반조립식 가선공법에서 절단구분개소의 긴선작업시 압축인류클램프와 연결와이어 사이에 연결되어 있는 특수 평행크레비스링크(clevis link)에 긴선용 부착금구(attachment)를 취부하고 이동활차세트를 애자장치와 연결해 전선 당김작업을 한 후 애자런 장치의 금구에 압축인류클램프를 연결하는 공법이다

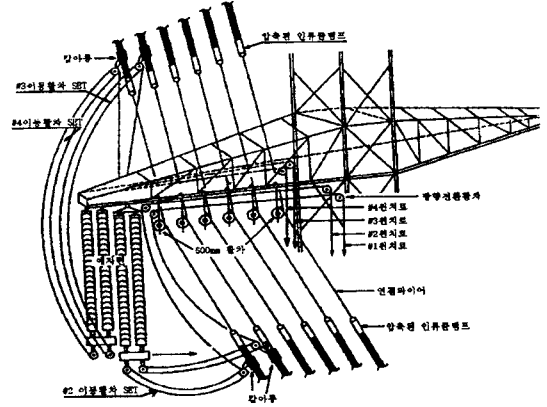
그림 3은 컴어롱 없는 공법의 개념으로서, 컴어롱 공법보다 작업자의 전선 탑승거리가 짧고, 탑승작업이 적으며, 클램프 프로텍터를 넘지 않아도 되므로 작업성과 안전성이 좋다. 또한 이동활차 작업도 애자런 선단의 요크 위치에서 작업이 가능하므로 작업시간이 대폭 감소하고, 전선과 직접 접촉하지 않으므로 전선보호를 위한 고무보호관의 취부도 필요 없다. 따라서 조립식 가선공법이나 반조립식 가선공법에서 절단구분개소의 긴선작업시에는 come-alongless 공법이 필요하다.



[그림 3] Come-alongless 공법 개념도

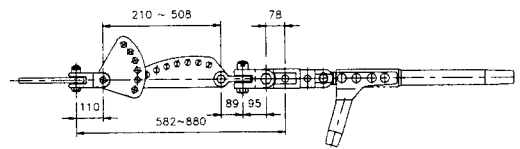
4. 가선공사에서 긴선작업 현황

기존 765kV 송전선로 건설 당시의 가선공사에서, 컴어롱 없는 공법의 장점에도 불구하고 그림 4와 같이 반조립식 가선공법을 적용하였는데, 이는 블록 통과형클램프와 특수 평행크레비스링크를 사용한 이점을 충분히 활용하지 못하였기 때문이었다.

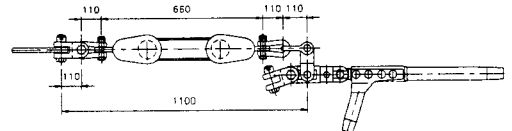


[그림 4] 컴어롱 공법에 의한 긴선작업 개념도

이같이 반조립식 가선공법의 절단구분개소에 대한 긴선작업에서 컴어롱 없는 공법을 적용하지 못한 이유는 내장에자장치의 길이가 긴선작업에 필요한 길이보다 짧기 때문이다. 그림 5에서 보는 바와 같이 765kV 내장에자장치에 대해 컴어롱 없는 공법을 적용하기 위해서는 삼각요크와 긴선용 부착금구 사이에 이동활차세트 및 긴선공구 등을 배치할 수 있어야 한다. 이도조정금구의 길이 조정범위는 210~508[mm]이지만 긴선 후 이도조정이 필요한 경우 컴어롱 없는 공법을 적용해야 하므로 최소 길이로의 조정이 가능해야 한다. 따라서 이동활차세트 및 긴선공구를 조합한 길이가 582[mm] 이내에 있어야 컴어롱 없는 공법의 적용이 가능해진다. 그러나 현재 시공현장에서 사용되고 있는 이동활차세트 및 긴선작업용 공구를 사용하는 경우 공구조합은 그림 5(b)와 같이 최소 1,100[mm]의 공간이 필요하므로 컴어롱 없는 공법의 적용이 어려운 상태이다



(a) 765kV 내장에자장치 금구의 구성도



(b) 컴어롱 없는 공법 적용시 공구조합과 최소길이

[그림 5] 기존 765kV 내장에자장치와 컴어롱 없는 공법적용시 공구배치 개념도

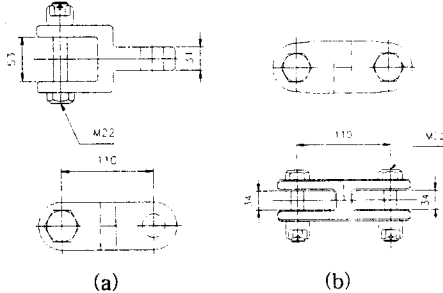
5. 컴어롱 없는 공법 적용방안

765kV 송전선로의 반조립식 가선공법에서 절단개소에 대한 긴선작업시 컴어롱 없는 공법을 적용하기 위해 다음과 같은 방안을 제시한다.

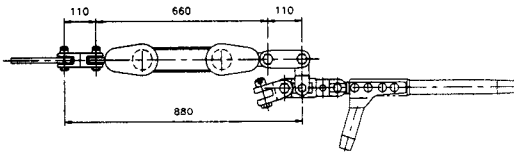
- ① 긴선작업용 공구를 단순화하여 작업공간을 확보함.
- ② 765kV용 내장에자장치 금구를 수정하여 작업공간을 확보함.

5.1 긴선작업용 공구개선

기존에는 그림 5(b)와 같이 이동활차와 삼각요크를 연결하는데 직각크레비스-크레비스와 앵커쇄클을 이용하고, 이동활차와 부착금구를 연결하는데 앵커쇄클 2개를 이용하여, 소요 작업공간이 많이 필요하게 되는 문제점이 있었다. 이를 해결하기 위해 긴선용 공구인 부착금구를 그림 6(a)와 같이 평행크레비스에 맞도록 설계하고, 이동활차와 부착금구와의 연결을 하나의 공구에 의해 연결될 수 있도록 그림 6(b)와 같은 평행크레비스-크레비스를 설계함으로써 소요 작업공간을 확보하고 공구 수를 줄일 수 있다. 이러한 공구 설계에 의해 그림 7과 같이 보다 간단한 공구 구성을 이룰 수 있다.



[그림 6] 긴선용 부착금구와 평행clevis-clevis

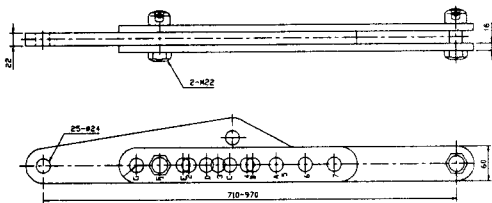


[그림 7] 개선된 긴선작업용 공구에 의한 최소작업공간

5.2 765kV용 내장애자장치 금구 수정

컴어롱 없는 공법을 적용하기 위해서 긴선작업용 공구의 개선방안을 제시하였으나 공구의 개선만으로는 작업공간이 확보되지 않으므로 내장애자장치 금구를 수정하여 작업공간을 확보할 필요가 있는데, 충분한 여유를 확보하기 위해 애자장치의 길이를 약 520 [mm] 정도 길게 수정할 필요가 있다. 이러한 길이를 확보하기 위해서는 내장애자장치 금구 중 그림 5(a)에 보는 바와 같은 이도조정금구를 수정하는 것이 가장 적절한 방법이다.

본 연구에서는 이도조정금구를 그림 5(a)의 형태에서 그림 8과 같이 일매링크형으로 설계변경하였다. 일매링크형 이도조정금구로 수정된 경우 컴어롱 없는 공법의 적용을 위한 작업공간이 충분히 확보되어 여유 있는 긴선작업은 물론 이도조정시 최소길이까지 컴어롱 없는 공법을 적용할 수 있도록 하였다.

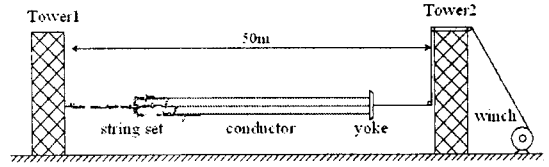


[그림 8] 일매링크형 이도조정금구

5.3 컴어롱 없는 공법 모의실험

내장애자장치 금구에서 이도조정금구를 수정함으로써 컴어롱 없는 공법의 적용 가능여부와 금구간의 간섭여부를 확인하기 위해 모의실험을 실시하였다. 시험장의 구

성 및 배치는 그림 9와 같고, 한쪽 철탍에 3련 내장애자장치를 연결하고 반대측은 윈치를 이용해 장력을 인가하여 6도체 선로를 가선하였다.

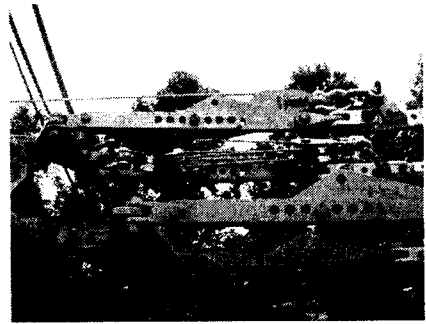


[그림 9] 시험장의 구성 및 시료 설치도

실험을 통해 확인하고자 하는 내용은 다음과 같다.

- ① 컴어롱 없는 공법을 적용하기에 충분한 공간의 확보 여부
- ② 컴어롱 없는 공법으로 작업시 금구와 긴선작업용 공구의 간섭여부
- ③ 컴어롱 없는 공법으로 작업시 금구의 체결에 대한 작업성
- ④ 컴어롱 없는 공법으로 최소길이의 이도조정이 가능한지 여부와 작업시 전선의 손상 여부

실험방법은 이미 가선되어 있는 내장애자장치에 대해 긴선작업용 공구를 이용하여 이도조정금구를 해체한 후 재조립하고, 재조립시에는 최소 이도조정 길이로 조정하여 설치하였다. 실험 예를 보면 그림 10과 같다.

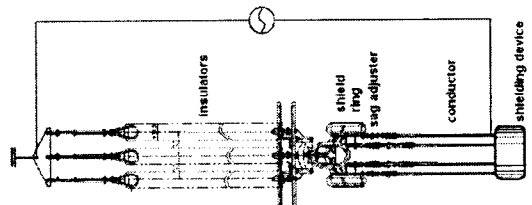


[그림 10] 실험을 위해 설치된 내장애자장치

컴어롱 없는 공법에 대한 모의실험 결과 작업공간이 충분했고, 금구와 공구의 간섭이 없음을 확인하였다.

5.4 금구류 개선에 따른 코로나 특성시험

이도조정금구의 변경에 따른 내장애자장치 금구의 조립상태에 대한 코로나 특성시험을 그림 11과 같이 설치하여 실시하였다. 애자장치의 조립은 철탍부착금구 대신 삼각요크를 사용하였으며, 애자는 400kN 28개 3련을 연결하였다. 시험실의 조건상 내장애자장치를 실선로와 같이 수평으로 연결할 수 없으므로 현수재차련과 같이 수직으로 세워서 시험을 실시하였으며, 전선의 끝부분에서의 코로나 집중발생을 방지하기 위하여 쉴드장치를 달아 단말처리를 하였다. 시험결과를 표 2와 같다.



[그림 11] 765kV 내장애자장치 코로나특성시험조건

[표 2] 3련내장에자장치 코로나시험 결과

시료	시험구분	판정기준	시험결과
3련내장	RIV	주파수 1MHz, 시험전압 485kV에서 84dB 이하일 것	48.3 dB
	가시코로나	상용주파전압 485kV 인가시 가시코로나가 발생되지 않을 것	가시코로나 소멸전압 : 465kV

5.5 인장강도시험

변경된 이도조정금구에 대한 인장강도를 확인하기 위해 단품에 대한 인장강도 시험을 실시하였다. 2개의 시료에 대해서 설계하중 20,000 [kgf]에서 1분간 유지시의 시료상태와 파괴하중 시험결과를 아래의 표 3에 나타내었다.

[표 3] 이도조정금구의 인장강도시험 결과

시료번호	설계하중 [kgf]	1분간 유지시	파괴하중 [kgf] 및 현상
1	20,000	이상 없음	37,000 (볼트파손)
2		이상 없음	36,400 (볼트파손)
최소파괴하중 [kgf]			36,400

6. 결 론

송전선로의 가선공법 중 반조립식 가선공법 및 향후 적용이 예측되는 조립식(Prefab) 가선공법에서 긴선작업의 효율성을 높이기 위해서는 컴어롱 없는 공법(come-alongless)의 적극적인 도입이 필요하다. 본 연구에서는 컴어롱 없는 공법을 적용할 수 있도록 공구와 금구에 대한 설계변경 방안을 제시하였다. 또한 제시된 방법으로 작업성 실험과 제품에 대한 전기적 및 기계적인 실험을 해본 결과 양호한 실험결과를 얻었다. 따라서 앞으로 시공될 765kV 송전선로에서는 본 연구에서 제시된 방법으로 가선공사를 수행함으로써 보다 효율적인 작업이 이루어질 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사, “송전 설계기준 제 개정 및 보완연구,” 2001. 5
- [2] 한국전력공사, “765kV 특수지역 송전선로용 애자장치금구류 개발(최종보고서),” 1997.11
- [3] 한국전력공사, “765kV 송전용 Prefab Jumper장치 설계 및 제조기술 개발에 관한 연구(최종보고서),” 1996.12
- [4] 한국전력공사, “765kV 송변전 금구류 설계 및 제조기술 개발에 관한 연구(최종보고서),” 1995.1
- [5] 한국전기공사협회, “345kV이하 가공송전선로공사 표준시공요령,” 2000