

송전선로 가선공사용 활차형 런닝보드 개발

민 병 옥 · 백 승 도 · 장 석 한 · 위 화 복 · 나 원 찬\*\*  
 \* 한국전력공사    \*\* 대우건설

Development of Pulley Type Running Board  
 for Wiring Work of Overhead Transmission Line

Byeong-Wook.Min\*    Seung-Do.Baik\*    Suk-Han,Jang\*    Hwa-Bog.Wi\*    Won-Chan.Rah\*\*  
 \* KEPCO    \*\* DAEWOO E&C

**Abstract** - There is a method for stringing conductors which is connected to a wire over transmission towers by helicopter or human power and the wire and conductors are pulled by an engine puller. The length of one string section is usually 4~6 km and 2~4 conductors are strung at the same time with a single wire. A tensioner is used to maintain the sag and a running board is installed between the wire and conductors to prevent the rotation of conductors but the variance in topology, the line angle and unequal wiring tension between conductors causes conductor rotation damage or the conductor connection point to breakaway when the pulley is passed. This paper presents a method to prevent conductor rotation during stringing by inserting a pulley in the running board and equally maintaining conductor tension by sling wire after developing and testing.

1. 서 론

송전선로 건설공사의 공종은 크게 첩탑기초공사, 첩탑조립공사, 가선공사로 구분되며, 가선공사는 첩탑조립공사가 완료된 후 가공지선과 전력선을 첩탑에 설치하는 작업으로 첩탑에 전선을 포설하는 연선공사(延線工事)와 포설된 전선을 적정한 이도로 첩탑에 고정시키는 긴선공사(緊線,工事)로 구분할 수 있다. 연선공사는 전선 견인용 메신저 와이어(messenger wire)를 이용하여 전선을 첩탑에 포설하는 작업으로 연선구간에 메신저 와이어를 헬기 또는 인력으로 포설한 후 메신저 와이어 끝단에 여러 가닥의 전선을 연결하여 가선차(engine puller)로 메신저 와이어를 견인하는 가선방법이 주로 사용되고 있다. 연선 1구간의 길이는 보통 3~5km 정도로 1선의 메신저 와이어로 2~4가닥의 전선을 동시에 견인하며, 연선공사 시 전선의 처짐을 방지하기 위하여 연선차(tensioner)로 가선장력을 유지하고 견인되는 전선의 회전을 방지하기 위하여 메신저 와이어와 전선이 연결되는 지점에 런닝보드(running board)를 설치하고 있다. 그러나 첩탑이 설치된 지반의 높이차이, 송전선로의 수평각도, 동시에 견인되는 전선 간의 가선장력 불평형 등으로 전선이 회전하게 되며, 이로 인하여 전선이 손상되거나 소선이 풀리게 되며 전선 접속개소가 첩탑에 설치된 활차(block)를 통과할 때 전선이 이탈되는 등 많은 문제점이 발생되고 있다.

따라서 본 논문에서는 송전선로 가선공사 시 전선의 회전을 방지하기 위하여 동시에 견인되는 전선 상호간의 가선장력을 평형하게 유지할 수 있도록 런닝보드에 활차를 삽입하고 sling wire로 장력의 평형을 유지할 수 있도록 활차형 런닝보드를 개발하여 시험 완료하고 이를 이용한 송전선로의 가선방법을 제시하였다.

2. 송전선로의 가선공사

2.1 연선공사

1회 연선구간의 길이는 일반적으로 3~5km 정도로 연선구간 한 쪽에 전선드럼장을 설치하고 다른 쪽에는 엔진장을 설치하여 헬기 또는 인력으로 포설해 놓은 메신저 와이어를 가선차(engine puller)의 엔진으로 견인하여 전선을 포설하게 되며, 연선작업 중에 메신저 와이어와 전선이 지장물이나 땅에 닿지 않도록 전선드럼 앞에 연선차(tensioner)를 설치하여 연선차의 capstan에 전선을 감아 연선장력을 일정하게 유지할 수 있도록 하고 있다. 연선장력은 연선길이가 5km 이상일 경우 2.5톤 이하, 3~5km 정도일 경우 ACSR 410mm 이하 전선은 3톤 이하, 그 이상 전선은 3.5톤 이하로 활차 통과회수는 15회 이하로 하며, 연선공사의 개략도는 그림1과 같다.[1]

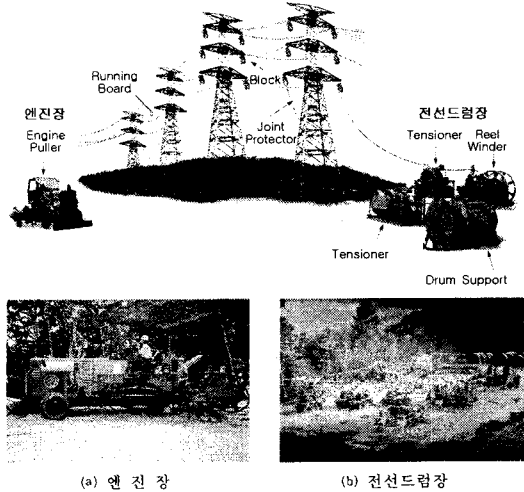


그림 1 송전선로의 가선공사  
 Fig. 1 Wiring work of overhead transmission line

2.2 연선방법

송전선로에 전선을 가선하기 위해 먼저 포설하는 메신저 와이어는 헬기연선과 인력연선 공법이 있으며, 가공지선과 전력선의 연선에는 선바꿈 여부에 따라 선바꿈 연선과 선바꿈 없는 연선방법으로 구분된다. 선바꿈 연선방법은 메신저 와이어와 전선의 접속부가 첩탑의 와이어용 철재 활차(block)에 도착했을 때 전선을 전선가선용 알루미늄 활차에 옮겨 접속부를 통과시키는 방법이며, 선바꿈 없는 연선방법은 고무나 우레탄을 입힌 활차를 사용하거나 와이어용과 전선용이 별도로 조합되어 있는 활차를 사용하여 활차를 교체하지 않고 연선하는 공법이다. 선바꿈 연선방법은 2선 끌기와 3선 끌기, 4선 끌기 방식이 있고 선바꿈 없는 공법은 1선 끌기와 2선 끌기 방식이

있으며 현장여건에 따라 적합한 연선공법을 선택하여 적용하거나 여러 가지 공법을 혼용하여 시공되기도 한다. 2도체, 4도체, 6도체 등 다도체 송전선로의 일반적인 연선공법은 1선 1조 동시 2조 또는 1선 2조 동시 4조의 연선공법이 주로 사용되고 있으며, 1선 다조 끌기는 1조의 메신저 와이어로 동시에 복수의 전선을 끄는 방법으로 선바꿈 공법에서는 1륜 활차의 사용으로 동시에 2조를, 선바꿈 없는 공법에서는 3륜 활차의 사용으로 동시에 2조를 끄는 공법이 적용되며 연선하는 조수가 많을수록 시공효율이 높다. 연선공법 중 메신저 와이어 1조로 가공지선 1선, 전력선 1선, 메신저와이어 1선을 끄는 1조 3선 끌기 공법은 그림 2와 같다.[1]

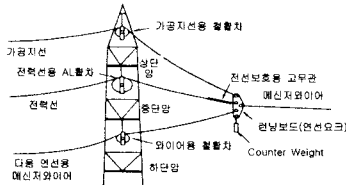


그림 2 1조 3선 끌기 연선공법  
Fig. 2 Wiring method of 3 wires with a single line

### 2.3 긴선공사

긴선공사는 연선된 전선을 내장철탄(strain tower)과 내장철탄 간을 설계이도에 맞게 내장애자장치에 취부한 후 현수애자장치, 점퍼선(jumper wire), 스페이서댐퍼(spacer damper) 등의 부속품을 취부하는 작업으로 긴선의 순서는 상부로부터 가공지선, 전력선의 순으로 하며 2회선 이상의 좌우 대칭배열의 경우에는 좌우전선을 동시에 긴선하며 1회선 수평배열의 경우에는 양외선, 중간선의 순으로 한다. 또한 긴선공법은 연선구간의 한쪽 끝으로부터 순차적으로 긴선하는 편향공법과 철탄 양측에 내장애자장치를 취부하여 양측구간을 동시에 긴선하는 양향공법이 있다.

## 3. 연선공사의 전선 회전현상

### 3.1 전선의 회전 메커니즘

우리나라의 송전선로는 대부분 산악지를 경과하고 있어 철탄간의 지반 고저차가 심할 뿐만 아니라 대부분 산악지의 높은 부분인 능선에 철탄을 설치하게 되어 선로의 수평각과 연직각이 크게 발생하게 됨에 따라 연선공사시 메신저 와이어에 의해 동시에 견인되는 전선 간에 불평형 가선장력의 발생으로 전선이 회전하게 된다. 또한 메신저 와이어와 전선은 연선(stranded conductor) 구조로 연선장력(wiring tension)이 작용하게 되면 자전성이 발생하게 되어 전선의 꼬임이 풀리는 방향으로 회전하는 되며 장력이 제거되면 다시 소선(素線)의 꼬임방향으로 회전하게 된다. 예를 들어 그림 3과 같이 연선장력이 위쪽으로 가해지게 되면 Z꼬임 전선(ACSR 240mm<sup>2</sup>, 330mm<sup>2</sup>, 410mm<sup>2</sup>)은 반시계방향으로, Z꼬임 전선(ACSR 65mm<sup>2</sup>, 480mm<sup>2</sup>)은 시계방향으로 전선이 회전하게 된다.[2]

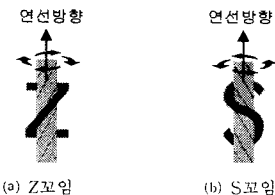


그림 3 전선의 Z꼬임과 S꼬임  
Fig. 3 over(Z) wind and Under(S) wind of conductors

이외에도 전선이 철탄에 설치된 활차(block)를 통과하게

되면 소선의 활차 굴곡면 접촉여부에 따라 소선이 분담하는 연선장력의 차이에 의해 소선이 풀리는 방향으로 전선이 회전하게 되며 선로의 수평각도가 클수록 회전량은 증가하게 된다. 또한 드럼장에서 연선장력을 적정하게 유지하기 위해 사용되는 연선차(tensioner)의 capstan이 회전하게 되면 capstan에 권취된 전선은 나선방향으로 이동하려는 특성에 의해 전선이 회전하게 된다.

### 3.2 회전에 의한 전선 손상

송전선로용 전선은 대부분이 그림 4와 같이 동심원형 연선도체(concentric lay stranded conductor)이며 소선의 균일한 인장강도 분담과 풀림방지, 비틀림 특성 등을 고려하여 각층의 꼬임방향을 상호 반대방향이 되게 S꼬임과 Z꼬임을 교대하여 연한다.

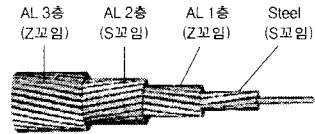
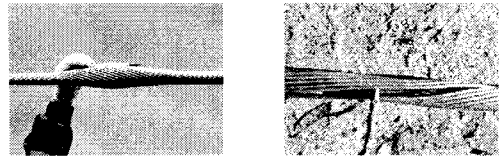


그림 4 동심원형 연선도체의 구조  
Fig. 4 Structure of concentric lay stranded conductor

연선도체에 연선장력이 가해지게 되면 최외층 소선의 꼬임이 풀리는 방향으로 전선이 회전하게 되며 이로 인하여 그림 5와 같이 최외층의 소선이 부풀어 오르는 bird cage 현상이 발생할 뿐만 아니라 내층의 소선은 꼬임방향으로 응력이 가해지게 되어 심한 경우 내부소선이 단선되어 전선을 교체하여야 한다. 또한 일부 소선에 국부 응력이 가해져 전선 수명이 단축될 뿐만 아니라 코로나가 발생하게 되어 전선의 신뢰도가 크게 저하된다.



(a) 부풀음(bird cage) (b) 내층 소선단선

그림 5 전선의 손상

Fig. 5 Damage of conductors

## 4. 전선의 회전방지

연선공사시 메신저 와이어와 전선의 회전을 방지하기 위하여 무염회 메신저 와이어, running board와 counter weight, swivel 등이 사용되고 있다.

### 4.1 무염회 메신저와이어

보통의 메신저 와이어는 장력을 가하면 와이어 축을 중심으로 와이어가 풀리는 방향으로 회전하려는 성질이 있는데 이 성질을 와이어의 자전성이라고 부른다. 이 자전성을 적게 하기 위하여 소선 또는 스트랜드를 끄는 방법에 변화를 준 것이 비자전성 와이어, 즉 무염회 와이어이며 전선을 견인할 때 와이어가 회전되는 것을 방지한다.

### 4.2 전선회전 방지용 장비

Running board는 견인되는 전선을 연결하는 장비로서 연선시 전선의 꼬임과 풀림을 방지하여 주며 전선이 원활하게 활차의 roller를 통과할 수 있게 한다. counter weight는 철 또는 납으로 제작한 추로 연선요크의 아래에 취부하여 전선과 메신저 와이어의 꼬임에 의한 연선요크의 회전을 방지하기 위하여 사용하는 장비이며, swivel은 메신저 와이어와 전선의 연결부분에 삽입되어 자체 회전함으로써 와이어와 전선의 꼬임을 방지하는 공구이다.

## 5. 가선공사용 활차형 런닝보드 개발

### 5.1 런닝보드 (running board)

런닝보드는 메신저 와이어와 견인되는 전선을 연결하는 장비로서 중앙 전방에 메신저 와이어를 연결하고 후방에는 전선과 다음 연선용 메신저 와이어를 연결하며, 하부에는 전선의 회전을 방지하기 위하여 철이나 납으로 제작된 caterpillar 형태의 counter weight가 취부된다.[3]

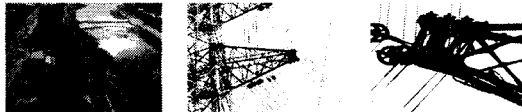


그림 6 런닝보드 (2도체용)  
Fig. 6 Running board (2 bundles)

런닝보드는 메신저 와이어와 전선을 연결하는 기능과 함께 전선의 꼬임과 풀림을 방지하는 기능이 있으며 전선이 활차(block)의 roller를 counter weight와 함께 원활하게 통과할 수 있게 하고 전선이 견인될 때 전선 간의 연선장력을 균등하게 배분 할 수 있도록 한다.

### 5.2 런닝보드의 회전

연선작업 중 런닝보드에 연결되어 동시에 견인되는 전선 간의 연선장력 차이가 발생하게 되면 런닝보드가 회전하게 되어 전선이 꼬이거나 손상된다. 런닝보드에 의해 동시에 견인되는 전선간의 연선장력의 불평형 발생 원인으로서는 그림 7과 같이 전선의 자전성에 의한 회전, 전선접속개소를 보호하기 위해 설치한 프로텍터가 활차를 통과하는 시간의 차이, 전선지지점의 고저차가 크거나 선로의 수평각도가 큰 개소에서 내외 전선간의 밸런스 상실 등이 있다.

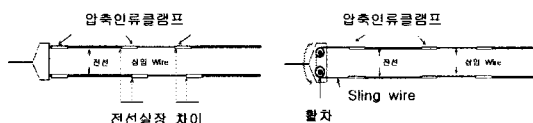


(a) 런닝보드의 회전 (b) 프로텍터 활차통과 (c) 중각도 철탑

그림 7 런닝보드 회전의 원인  
Fig. 7 Cause of running board twist

### 5.3 활차형 런닝보드의 개발설계

활차형 런닝보드는 런닝보드에 의해 동시에 견인되는 전선의 연선장력을 평형하게 유지할 수 있도록 기존의 런닝보드에 활차 2개를 삽입하고 20-30m의 sling wire를 활차에 연결하여 동시에 견인되는 전선 간의 연선장력 차이에 의해 sling wire가 회전하여 장력의 평형을 유지할 수 있도록 설계하였으며, 기존의 런닝보드와 활차형 런닝보드의 설계구조는 그림 8과 같다.[4]



(a) 기존의 런닝보드 (b) 활차형 런닝보드

그림 8 활차형 런닝보드의 개발설계  
Fig. 8 Development Design of pulley type running board

활차형 런닝보드의 허용하중은 6,000kgf, 안전율 3.0 이상, 활차직경은 200mm, sling wire의 간격은 530mm로 설계하였으며, 자체중량은 200kg 정도이다. 활차형 런닝보드에 의해 동시에 최대로 견인할 수 있는 전선은 4조이며, 다음 연선용 메신저 와이어도 동시에 견인될 수 있도록 하였다.

### 5.4 활차형 런닝보드 개발 및 시험

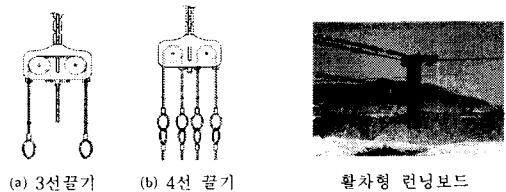
활차형 런닝보드를 개발, 제작하고 안전성 확인을 위하여 인장하중시험을 시행하였으며, 허용하중 6,000kgf에 대한 안전율 3.0을 적용하여 시험하중은 18,000kgf로 하였으며 그림 9와 같이 KS B 0802 급속재료 인장시험방법에 따라 시험한 결과 시험하중을 초과하였다.



그림 9 활차형 런닝보드의 인장하중시험  
Fig. 9 Tensile test of pulley type running board

## 6. 활차형 런닝보드를 이용한 연선공법

활차형 런닝보드를 이용하여 그림 10과 같이 2개의 활차를 sling wire 1조로 연결하면 3선 끌기 공법으로 전선 2조, 메신저 와이어 1조를 동시에 연선할 수 있으며, 2개의 활차에 sling wire를 별도로 연결하면 4선 끌기 공법으로 전선 4조를 동시에 연선할 수 있다.



(a) 3선끌기 (b) 4선 끌기 활차형 런닝보드  
그림 10 활차형 런닝보드 연선공법  
Fig. 10 Wiring method of pulley type running board

## 7. 결 론

송전선로를 건설하기 위하여 철탑에 전선을 포설하는 연선공사는 전선 견인용 메신저 와이어와 여러 가닥의 전선을 런닝보드에 연결하여 가선차(engine puller)로 메신저 와이어를 견인하는 가선공법이 사용되고 있다. 그러나 철탑이 설치된 지반의 높이차이, 송전선로의 수평각도, 동시에 견인되는 전선간의 가선장력 불평형 등으로 전선이 회전하게 되며, 이로 인하여 전선이 손상되거나 소선이 풀리게 되며 전선접속개소가 철탑에 설치된 활차(block)를 통과할 때 전선이 이탈되는 등 많은 문제점이 발생되고 있다. 이를 방지하기 위하여 동시에 견인되는 전선 상호간의 가선장력을 평형하게 유지할 수 있도록 런닝보드에 활차를 삽입하고 sling wire로 동시에 견인되는 전선의 장력을 평형하게 유지할 수 있는 활차형 런닝보드를 개발하였다. 개발된 활차형 런닝보드를 이용하여 연선공사를 시행한 결과 런닝보드에 연결되어 견인되는 전선의 장력이 평형을 유지하게 되어 전선의 꼬임을 방지할 수 있었으며, 런닝보드와 프로텍터의 활차 통과가 원활하게 되었다. 또한 활차형 런닝보드로 다수의 전선을 견인할 수 있어 연선작업기간을 단축할 수 있다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 가공송전선로 표준시공 요령, 한국전력공사, pp.865~925, 2000.4.
- [2] ACSR 전선 꼬임방향에 따른 연선변환장치 개발, 쌍용건설, pp.2~16, 2004.7.
- [3] Stringing equipment & tools for overhead conductor, Chungwoo, pp.12~18, 2005.3.
- [4] 활차삽입 런닝보드를 이용한 연선공법, 대우건설, pp.3~52, 2005.3.