

송전선로 건설공사 연삭 삭도공법 개발

백 승 도 민 병 욱 김 상 덕 최 진 성 김 도 화
한국전력공사

Development of a Transport Method to use Continuous Cableway System for Transmission Line Construction Work

Seung-Do.Baik Byeong-Wook.Min Sang-Duk.Kim Jin-Sung.Choi Do-Hwa.Kim
Korea Electric Power Corporation

Abstract - The materials for transmission line construction were transported by road which opened in mountainous areas until the mid 1990s. However, from the mid 1990s, as social interest in the environment standard increases, a cable way and helicopter transport methods of construction have been applied to minimize damage to the environment and to build an environmental friendly system. The current cable way method is a single cable way system which has a lower section base to load materials into a carriage and carry them to the tower construction site by use of an engine and a main rope. Then the carriage lowers itself via a slope between the tower construction site and the lower section base. The single cable way system has the demerits of site acquisition for the lower section base, forest felling when installing the wire rope, and it is not applicable to a even topology. Also it has to be installed separately at each tower site. Accordingly, to carry materials without forest felling and regardless of slope, the chain cable way system was developed to provide materials for more than two towers consecutively by use of an engine carriage and winch.

현재 송전선로 건설공사 현장에서 사용되고 있는 자체 운반 공법으로는 공사용 진입도로 개설공법과 삭도운반 공법, 그리고 헬기운반공법 등이 있다.[1]

2.1 진입도로 개설공법

공사용 진입도로 개설공법은 화물차가 들어갈 수 있는 도로에서부터 철탑이 건설될 지점까지 공사용 진입도로를 개설하는 방법이다. 진입도로의 폭은 3-4m 정도로 도로의 경사도는 18% 이하로 개설하며 지형에 따라 진입로의 길이는 직선거리보다 4-5배 정도 증가하게 된다. 진입도로 개설공법은 공사비가 매우 낮고 공사기간을 단축할 수 있는 반면에 진입도로의 용지를 확보하기가 매우 어렵고 환경을 많이 훼손하여야 하는 단점이 있다.

2.2 삭도운반공법

현재 적용되고 있는 삭도운반공법은 단선식 삭도공법으로 도로 옆의 하부지와 철탑 건설장소인 상부지 간에 삭도를 설치하고 자재와 장비를 운반하는 방법이다. 이 공법은 상부지와 하부지를 조성하기 위하여 산림을 벌채하여야 하며 와이어로프가 처짐에 따라 산림 일부를 벌채하거나 가지치기를 하여야 할 뿐 아니라 공사비가 진입도로 개설비용 보다 많이 증가하게 된다. 또한 공사기간이 장기간 소요되고 지형의 경사가 없으면 적용하기 곤란하다.

2.3 헬기운반공법

헬기운반공법은 헬기를 이용하여 자재와 장비를 운반하는 방법으로 산림훼손은 거의 수반되지 않으나 운반비용이 제일 비싸다. 또한 소음이 심하고 먼지가 많이 발생하여 민원이 발생하고 있으며, 기상조건에 영향을 많이 받아 가시거리가 1,000m 이내이거나 구름 높이가 1,000ft 이하일 때, 그리고 눈, 비, 안개 등 기상상태가 불량할 경우에는 헬기를 운항할 수 없어 기상에 의한 제약이 많이 받는다.

3. 송전공사의 삭도운반공법

3.1 삭도방식

삭도·케도법 제3조에 삭도는 공중에 설치한 밧줄에 운반기를 달아 여객 또는 화물을 운송하는 시설로 규정되어 있다. 또한 삭도방식은 삭도·케도법시행령 제3조에 왕복식, 자동순환식, 고정순환식, 견인식 삭도로 구분하여 규정하고 있다. 왕복식 삭도는 밧줄에 운반기구를 매달아 정류장을 왕복시키는 방식이며, 자동순환식 삭도는 밧줄에 자동식 연결장치를 사용하여 운반기구를 매달아 동일한 방향으로 순환시켜 여객 또는 화물을 운송하는 방식이다. 고정순환식 삭도는 밧줄에 고정식 연결장치를 사용하여 운반기구를 매달아 동일한 방향으로 순환시키는 방식이며, 견인식 삭도는 밧줄에 자동식 연결장치 또는 고정식 연결장치를 사용하여 운반기구를 매달아 여객 또는 화물을 활주시켜 운송하는 방식이다.[2]

1. 서 론

송전선로용 철탑은 매년 600여기가 건설되고 있으며 송전철탑의 대부분은 산악지에 건설되고 있다. 송전선로를 건설하기 위하여 1990년대 중반 이전에는 산악지에 공사용 도로를 개설하여 송전선로 건설용 자재와 장비를 운반하여 왔으나 1990년대 중반부터는 환경에 대한 사회적인 관심이 높아지면서 송전선로 건설로 인한 환경훼손을 최소화하고 환경에 친화적인 전력설비를 구축하기 위하여 삭도 및 헬기 운반공법을 도입하여 적용하고 있다. 현재 시공되고 있는 삭도공법은 자재와 장비를 적재할 수 있는 하부기지를 개설하고 엔진과 캐리지를 이용하여 자재와 장비를 운반한 후 하부지와와 철탑부지 간 지형의 경사를 이용하여 캐리지의 자중으로 내려오는 단선삭도방식이다. 단선삭도방식은 하부기지 개설을 위해 용지를 확보하여야 하고 와이어로프를 설치하기 위해 산림을 벌채하여야 하며, 캐리지는 자중을 이용하여 하강시켜야 하므로 지형에 경사가 없으면 적용할 수 없을 뿐만 아니라 철탑별로 개별 삭도를 설치하여야 하는 단점이 있다. 따라서 지형의 경사에 관계없이 수목을 벌채하지 않고 삭도운반이 가능하도록 엔진탑재형 캐리지 및 윈치를 이용하여 1개 line으로 2기 이상의 철탑에 자재를 연속적으로 운반할 수 있는 연삭삭도 공법을 개발하였다.

2. 송전선로 건설공사의 자체 운반공법

3.2 송전선로 공사용 삭도

3.2.1 단선삭도

현재 송전선로 건설공사에 사용되고 있는 단선삭도는 산악이나 계곡을 횡단하는 하부기지에서 첩탑 건립 장소인 상부기지로 공사용 자재와 장비를 운반하는 왕복식 삭도방식으로 첩탑 1기에 대한 단일 구간에 단선식 캐리지를 설치하여 운반하는 방식이다. 단선삭도는 캐리지에 자재와 장비를 적재할 수 있는 작업장인 하부기지를 확보하여야 하며 하부기지의 면적은 약 900㎡가 소요되나 주차장을 포함할 경우에는 1500㎡ 이상 소요된다. 또한 하부기지 인근에 기존 도로가 없을 경우에는 지형에 따라 하부기지가 운반용 도로를 개설하여야 하며, 삭도 시공이 가능한 최대거리는 약 700m로 장거리 운반에는 적용하기 곤란하다. 단선삭도는 캐리지의 자중에 의해 하강하여야 하므로 지형의 제약을 받아 지형의 경사도가 10~45° 정도가 되어야 설치가 가능하며 인상속도는 1~2%, 하강속도는 2~3% 정도이다. 인양능력은 약 3~5톤 정도이며 중간지주가 없어 와이어로프가 처짐에 따라 선하의 산짐을 벌채하여야 하는 경우가 많다. 또한 캐리지가 중간지주를 통과할 수 없어 단선삭도는 그림1과 같이 첩탑마다 독립적으로 설치하여야 하므로 작업의 연속성을 유지할 수 없어 작업능률이 저하되고 삭도 설치 및 자재 운반에 장기간이 소요된다.[3]

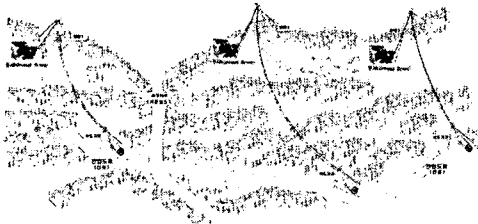


그림 1 단선삭도의 공법
Fig. 1 Engineering method of single cable way system

3.2.2 연삭삭도

연삭(連索) 삭도는 첩탑 건설 개소마다 삭도를 독립적으로 설치하여야 하는 단선삭도와는 달리 1개의 line에 중간 지주를 설치하여 2기 이상의 첩탑에 연속적으로 자재와 장비를 운반할 수 있는 연속 운반공법이다. 연삭삭도는 엔진탑재형 캐리지를 사용하므로써 캐리지를 수평으로 이동할 수 있어 지형의 경사도에 관계없이 모든 지형에 적용할 수 있으며, 중간지주를 설치하여 wire rope의 처짐을 억제하므로써 산짐 벌채가 필요없고 캐리지가 중간지주를 통과할 수 있어 최대 2.5km의 장거리 구간에도 적용이 가능하다. 또한 엔진탑재형 캐리지를 원격조정(remote control)하여 자재를 수직으로 인상, 인하할 수 있어 기존의 도로에 정착한 화물차에서 직접 자재를 캐리지에 적재할 수 있게 되므로써 하부기지를 개설하지 않아도 된다. 따라서 연삭삭도는 하부기지 개설에 따른 장엄장 확보와 산짐훼손이 수반되지 않는 환경친화형 삭도 운반방법으로 그림2와 같다.

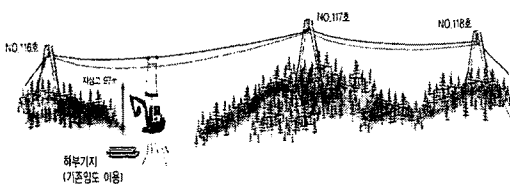


그림 2 연삭삭도의 공법
Fig. 2 Engineering method of chain cable way system

4. 연삭삭도 공법 개발

울진~신태백간 765kV 송전선로와 양양~동해간 345kV 송전선로 건설시 산짐훼손을 최소화하기 위하여 총 334기의 첩탑 중 103기를 삭도운반공법으로 설계하였다. 삭도운반공법은 시공기간이 장기간 소요되므로 공사기간을 단축하기 위하여 2001년 9월에 연삭삭도 공법 개발 계획을 확정하고 스위스의 Wyssen사와 일본 동경전력의 삭도현장을 방문하여 시공법 개발 자료를 수집하였다. 연삭삭도에는 엔진탑재형 캐리지를 사용하여 중간지주를 통과할 수 있도록 설계하여 2004년 11월부터 현장에 적용하였다.[4]

4.1 연삭삭도의 주요장비

연삭삭도는 자재와 장비를 적재하여 운반하는 엔진탑재형 캐리지와 캐리지의 이동 동력인 엔진, 와이어로프(주삭, 예삭), 와이어로프를 가선하기 위한 지주 그리고 지주의 하중을 지지하는 지선과 지선을 고정하는 앵커 등으로 구성되며 주요장비는 표1과 같다.[5]

표 1 연삭삭도의 주요 장비

Table 1 Main equipment of chain cable way system

Engine		<ul style="list-style-type: none"> 공병식 터보디젤 72Hp 최대출력 : 6,560 kgf 운전속도 : 0~14.7%
Carriage		<ul style="list-style-type: none"> 운반중량 : 3톤(S), 6톤(D) Lifting 높이 : 170m 원격조정으로 인상, 인하
Support		<ul style="list-style-type: none"> 구조 : 삼각트러스 중량 : 56kg/2m 형태 : 모듈조립형
Wire rope		<ul style="list-style-type: none"> 주삭 : $\phi 36\text{mm}$ 예삭 : $\phi 14\text{mm}$
Anchor		<ul style="list-style-type: none"> Rock anchor : 8개 근기형태 : 파이프 근기규격 : $\phi 450\text{mm} \times 4500\text{mm}$
Unimat Drive		<ul style="list-style-type: none"> 원치에 부착 지형의 경사도가 적은 수평 개소에 사용

4.2 연삭삭도 공법 개발 설계

송전선로 공사용 연삭삭도는 안전성이 확보되고 또한 삭도 시공목적인 환경훼손을 최소화할 수 있도록 설계하였다. 연삭삭도는 1개 line으로 2기 이상의 첩탑에 주삭(sky line)을 연속적으로 연결하고 캐리지를 설치한 후 캐리지가 양측에 연결된 순환식 예삭(circulation main line)을 원치로 pulling하여 캐리지를 원하는 위치까지 이동할 수 있도록 하였으며, 캐리지는 자체 엔진을 장착하여 원격조정으로 자재를 인상, 인하할 수 있도록 하였다. 장거리 구간에서 주삭이 처지지 않도록 새들(saddle)을 설치하고 예삭의 처짐 방지를 위하여 풀리배터리(pulley batteries)를 새들 아래에 장착하였으며 또한 지형여건을 고려하여 중간지주를 설치하고 캐리지가 중간지주의 주삭 새들(saddle)에 의해 통과할 수 있도록 설계하였다. 캐리지의 1회 최대 운반중량은 7톤으로 텔레스코픽 크랩셀-굴삭기와 레미콘을 운반할 수 있도록 하였고 삭도의 효율성을 고려하여 정격운반중량은 6톤으로 설계하였다. 주삭은 직경 36mm의 와이어로프를 사용하여 안전율이 2.7 이상이 되도록 하였으며 예삭(main line)은 직경 14mm의 와이어로프를 사용하여 안전율이 4.0 이상 확보되도록 하였다. 주삭은 auto-tensioning device를 이용하여 작은 힘으로 장력을 쉽게 조절할 수 있도록 하였

으며, 지주는 운반과 조립이 용이하도록 2m 단위의 삼각트러스트 모듈형태로 설계하였다. 지주에 가해지는 수직하중은 지주 본체가 부담하도록 하였으며 수평하중은 지선이 부담하도록 하였고 지선은 anchor 고정방식으로 설계하고 주사용 앵커의 안전율을 3.0이상으로 유지하도록 하였다. 지선은 지주의 4방향으로 설치하도록 하였고 설치각은 45°를 표준으로 하되 60° 이내이어야 하며 또한 주사와 앵커와의 각도는 30° 이내로 설계 하였다.[5]

4.3 연삭삭도 시공절차

송전선로 건설현장에 적용하는 연삭삭도공법에 대한 시공절차는 그림3과 같다.



그림 3 연삭삭도 시공절차

Fig. 3 Working processes of chain cable way system

연삭삭도의 설치는 루트측량부터 삭도용 자재와 장비를 운반하는데 약 13일 정도 소요되며 설치기간은 각 공정별로 1-3일 정도 소요되어 총 시공기간은 약 25-30일 정도 소요된다.[5]

5. 연삭삭도의 현장 적용

연삭삭도 공법과 시공절차에 따라 현장에 적용하였다. 2004년 11월부터 765kV 울진~신태백 송전선로와 345kV 양양~동해 송전선로에 시범 적용하였으며, 연삭삭도의 운반능력은 1일 8시간을 기준으로 자재는 약 180톤, 철탑기초 콘크리트용 레미콘은 약 100m³ 정도를 운반할 수 있었다. 345kV 양양-동해 송전선로의 경우 연삭삭도의 길이는 950m로 철탑 3기에 1개 line으로 설치하였고 하부기지 없이 주삭 전하의 기존 도로를 이용하여 도로 상의 화물차에서 엔진탑재형 캐리지를 이용하여 수직으로 자재와 장비를 인장한 후 각 철탑으로 운반하였다. 원치는 원치 자체의 엔진을 이용한 자주이동방식을 이용하여 철탑부지까지 인력으로 운반하였으며, 지주 높이는 14-22m로 3기를 설치하고 주삭과 예삭을 가선한 후 캐리지를 설치하였다. 현장에 적용한 연삭삭도의 개요는 그림4와 같다.[6]

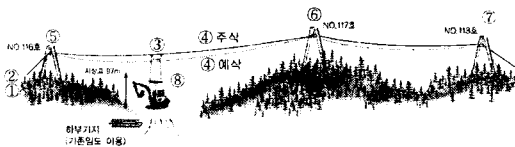


그림 4 연삭삭도 설치

Fig. 4 Construction of chain cable way system

그림4는 345kV 양양-동해 송전선로 116호 철탑에서 118호 철탑 간에 설치한 연삭삭도로서 길이는 950m이며 삭도간 경사지는 29m로 하부기지는 별도로 조성하지 않

고 116호와 117호간 하부의 기존 도로를 이용하여 도로 상 높이 97m의 주삭에 캐리지를 정지시킨 후 도로에 정착한 화물차로부터 장비와 자재를 수직으로 인장하여 각 철탑으로 운반하였다. 현장에 설치된 연삭삭도의 주요장비는 그림5와 같다.[6]

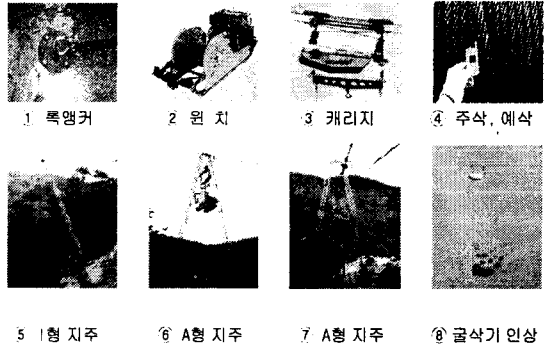


그림 5 연삭삭도 설치 주요장비

Fig. 5 Main equipment of chain cable way system

6. 결 론

최근 들어 송전선로는 지역주민의 기피시설로 인식되면서 송전선로의 대부분은 주거지역을 피해 산악지에 건설하게 되었다. 1990년대 중반부터 지형변경 및 산림훼손 등 환경에 대한 사회적 관심이 높아지면서 산악지에 건설되는 송전철탄도 환경훼손을 최소화하고 환경친화적으로 건설하기 시작하였으며, 자재 및 장비의 운반방법도 기존의 공사용 도로 개설방식 보다 환경훼손이 적은 삭도나 헬기를 이용한 운반공법이 도입되었다. 그러나 헬기운반 공법은 소음과 민지가 많이 발생하여 민원이 제기되고 기상조건의 영향을 많이 받을 뿐만 아니라 공사비가 증가하게 되고 공사기간이 많이 소요되는 단점이 있다. 또한 현재 적용되고 있는 단선삭도는 자재를 적체하는 작업장인 하부기지의 개설이 필요하고 와이어로가 처짐에 따라 선하의 산림을 벌채하여야 하며 철탄 건설 지점마다 독립적으로 삭도를 설치하여야 한다. 그리고 단선삭도는 경사가 있는 지형에서만 시공이 가능하고 장거리 개소에는 적용할 수가 없다. 따라서 지형의 경사도에 관계없이 수목을 벌채하지 않고 삭도로 자재를 운반하기 위하여 엔진탑재형 캐리지 및 원치를 이용하여 2기 이상의 철탄에 1개 line을 구성하여 연속적으로 자재를 운반할 수 있는 연삭삭도 공법을 개발하였다. 연삭삭도 공법이 개발됨에 따라 송전철탄 건설시 산림을 훼손하지 않고 삭도운반이 가능하게 되었으며, 철탄 2기 이상의 개소에 연속적으로 자재를 운반할 수 있어 공사비 절감과 공사기간을 단축할 수 있게 되었다.

[참 고 문 헌]

- [1] 가공송전선로 표준시공 요령, 한국전력공사, pp.173 202, 2000.4.
- [2] 삭도 · 레도법(법률 제5009호), 법제처, pp.1 2, 1999.2.
- [3] 친환경적 송전선로 자재운반(연삭) 도입 및 경제성 비교 검토 보고서, 한국전력공사, pp.1 7, 2005.4
- [4] 공무국의출장보고서 (자재운반 신기술 자료수집), 한국전력공사, pp.3 18, 2003.9.
- [5] 산악지 송전철탄 공사 연삭삭도 공법, 현대건설, 한성에너지, pp.6 29, 1995.1.
- [6] 송전선로 연삭삭도 시연 보고서, 한국전력공사, pp.2 16, 2004.11.