

765kV 가공 송전선로용 OPGW 시설공법

권영길, 김 영, 이성혁*
대한전선(주)

Installation methods of OPGW for 765kV overhead power transmission lines

Y.G. Kwan, Y. Kim, S.H. Lee*

Abstract- In recent the maximum voltage of overhead power transmission lines in Korea was upgraded to 765kV. In general a overhead ground wire is installed for protecting overhead power transmission lines from lightning. For the 765kV line, Composite Overhead Ground Wire with Optic Fiber (OPGW) is applied as a overhead ground wire and have a function of the communication line between sub-stations. In this paper, the construction and properties of OPGW, and its installation methods are discribed.

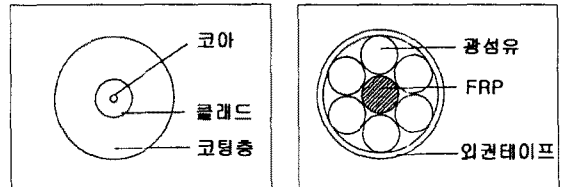


그림1 광파이버 구조도

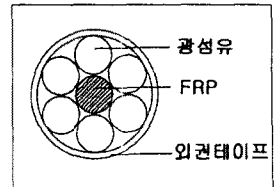


그림2 6심 유닛 구조도

1. 서 론

점차 심화되어 가고 있는 전력수요와 전원설비의 지역적 편중화로 장거리, 대용량 송전선로의 필요성이 야기되었으며 이에 따라 수반되는 송전선로 경로지 확보 등의 문제점을 해소하기 위하여 765kV 격상작업이 진행되고 있다. 765kV 송전선로는 송전선 2회선과 가공지선 1조 및 광섬유 복합 가공지선(Composite Overhead Ground Wire with OpticFiber-이하 "OPGW"라 한다.) 1조로 구성된다. OPGW는 뇌(雷)에 대한 전선의 차폐 및 진행파의 감쇠 기능과 광화 이버를 이용한 Sub-Station간의 선로제통 보호의 두가지 기능을 담당한다. 송전선로의 제통보호는 Micro-Wave 전송방식과 광화이버 전송방식의 두 가지 방식이 있으며 이중 신뢰도 면에서 안정적인 광화이버 전송방식이 채택되었다. 가공지선과 OPGW의 규격은 유도전류, 고장전류, 기계적하중(다설지역, 장경간 개소)등과 광화 이버의 특성을 고려하여 AW 200mm 및 OPGW 200 mm가 선정되었다. 본고에서는 765kV용 OPGW의 구조 및 특성과 시설공법 그리고 광화이버 시험 방법에 대해 소개하고자 한다.

2. 본 론

2.1 765kV용 OPGW 구조 및 특성

765kV용 OPGW의 공칭단면적은 200mm²이며 총 24 Core(Single Mode)의 광화이버가 내장되어 있다. 광화이버는 석영계 유리를 주재료로 하는 장파장용 단일모드로 하고 그 위에 수지계열성 코팅을 하며, 2차로 내열성 수지계열로 재차 코팅을 한다. [그림1,2 참조] 광섬유를 수용하는 알루미늄 유닛은 Groove Al Space형으로 하며, Al Spacer에는 광섬유를 수용하기 위한 홈이 나선형으로 적당한 연경을 가지며 형성되어 있다. 알루미늄 튜브는 내장되는 광파이버 등을 보호하는 구조이다. 알루미늄 튜브의 외층에는 알루미늄 피복강선으로 외장하여 내부의 광파이버를 보호한다. [그림3 참조] OPGW의 규격은 표1과 같으며 출하전 시험으로는 광화이버의 광학적 특성검사, 알루미늄 튜브의 외관 및 외경 검사 등이 있으며 알루미늄 강심은 외관, 구조검사, 인장강도, 신율, 직류저항(도전율), 염화시험, 권부성시험, 압축시험, 굽힘 시험 등의 시험을 거친다.

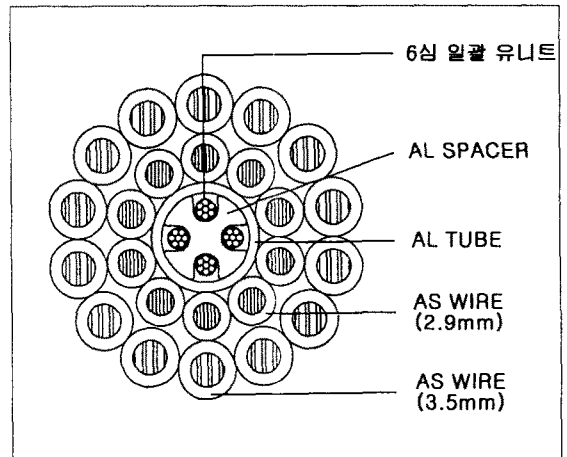


그림3 OPGW 200mm 구조도

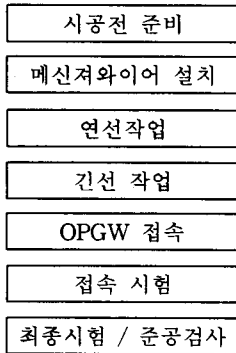
표1 OPGW의 종류 및 규격

항 목	단 위	OP-S-G24	
도전율	%	40	30
공칭단면적	mm ²	200	
구성	본/mm ²	1/6.5 OP + 10/2.9 AW + 14/3.5 AW	
외경	mm	19.3	
광섬유 수	core	24	
알루미늄 튜브 외경	mm	6.5 ± 0.3	
계산 단면적	AW선	mm ²	200.7
	AL튜브	mm ²	11.12
인장하중	kg	12,644이상	16,256이상
계산중량	kg/km	1.007	1.222
직류저항	Ω/km	0.215	0.287이하
탄성계수(min)	kg/mm ²	11,100이상	13,500이상
선팅장계수(max)	/℃	15.5×10E(-6)	13.8×10E(-6)
최대사용 온도	연속온도	℃	100이상
	사 고	℃	300이상
표준조장	m	2,000	

2.2 OPGW 시설공정

2.2.1 시공 FLOW

가공 송전선로 및 OPGW의 가선(이하 "연선"으로 한다.)작업은 거의 동일한 방식으로 이루어지고 있으나 OPGW의 연선 작업은 광파이버에 손상을 주지 않는 범위 내에서 작업이 이루어져야 하므로 송전선 연선 작업과는 다소 차이점이 있다. 연선 공법은 인발공법 및 조금차공법 두 가지로 분류되며 이에 대한 설명은 2.2.3절에서 자세히 설명하기로 한다. 전체적인 OPGW를 시설 공정을 살펴보면 다음과 같다.



2.2.2 연선 준비 작업

연선 준비 작업은 철탑에 활차 및 메신저와이어를 설치하고 엔진장 및 드럼장의 위치를 선정하는 작업을 말한다. 메신저와이어 설치작업이란 철탑간 전선의 가선을 위해 Wire Rope나 Nylon Rope를 인력 내지 헬기를 이용하여 포설한 후 이를 철탑의 Ground Arm에 부착한 활차에 삽입시켜 전선과 연결하는 작업을 말한다. OPGW시설 공정중 메신저와이어 설치에 헬기를 이용한 것은 765kV 현장이 첫사례를 남기게 되었다.(송전공사에서는 시공 실적 있음)

2.2.3 연선작업

OPGW 연선작업은 드럼에 권취되어 있는 상태의 전선을 메신저와이어 등을 이용하여 철탑에 설치하는 작업을 말한다. 광파이버는 재료(유리) 자체의 특성 때문에 파단이 쉽고 인장 강도도 매우 약하며, 작업중 축압을 받으면 Micro bending이 발생하고 잔류 응력이 가해져서 광의 전송특성, 신뢰성 및 전송 대역 특성에 영향을 받게 된다. 이를 위해선 어떠한 경우라도 전선에 무리한 하중이 가해져서는 안되며 급격한 휨과 충격을 주지 않게 작업해야 한다. 작업곡률 반경은 최소한 1M이상 유지하고 연선시 발생하는 전선의 회전을 최소화(통상적으로 5회/100M)하여야 한다. 이는 가선 중에 연선 폴립 방향으로 과도한 회전이 가해지면 광파이버에 과도한 하중이 가해져 정피로에 의하여 광파이버 수명저하를 초래하기 때문이다. 다음은 연선 방법의 대표적인 두가지 공법인 인발공법과 조금차공법을 소개 하고자 한다.

2.2.3.1 인발공법

인발공법이란 기설 선이 없는 구간에서 적용되는 공법으로 연선준비시 설치 완료된 메신저와이어에 전선을 접속시킨 후 연선구간 반대편의 엔진을 이용하여 메신저와이어를 빼내면서 전선의 시설이 동시에 이루어지게 하는 방법이다. 이는 조금차공법에 비해 비교적 작업이 수월한 편이나 전선에 가해지는 인장하중이 크고, 작업중 전선의 처짐이 심한 관계로 횡단개소 등에서의 지장물과 혼촉의 우려가 있다.

2.2.3.2 조금차공법

조금차공법은 기설선이 있는 구간에서 특수한 장비들을 이용하여 연선작업을 수행하는 공법이다. 사용 공구들은 다음과 같다.

① 조금차(반전식 1륜금차)

Kevlar Rope에 10~15M의 간격으로 취부하여 G/W를 철거하고 OPGW를 포설시 사용하는 장비로써 연선시 처짐과 지동을 방지함

② Kevlar Rope(조금차용 rope)

아라미드 섬유를 포리마 가공한 절연 Rope로 각기 다른 경간에 적용 가능하게 다양한 종류 및 색깔로 표시 제작 되어있음

③ Tension Rope

길이 20m인 Rope에 같은 간격으로 Stopper를 부착시킨 것으로, 조금차 반전식 장선기로 당길 때 장선기 Hook의 역할을 함. 허용 최대 인장력은 8 TON.

④ 장선기

Tension Rope Stopper에 장선기를 설치하여 조금차 반전작업을 위한 긴선 금구.

(인장허용하중 : 3,000Kg)

⑤ 자주기

Kevlar Rope를 전개하기 위하여 자체적으로 구동 방식을 갖추고 있는 장비

사용전선 : 330mm ² 이하	주행속도 : 15m/min
동관각도 : 최대 31°	구동전압 : AC 110V, 출력 95W
중 량 : 34kg	크 기 : W480, L360, H670
냉각방법 : 강제 공랭식	발 전 기 : AC 100V, 250W

⑥ Kevlar Rope 연결 금구류 (평형 크레비스)

조금차용 Rope 및 Tension Rope를 연결하는 접속하는 공구(허용하중 - 4,000kg)

⑦ 회수기

OPGW의 연선 완료 후 Kevlar Rope를 철거시 사용하는 공구임. Kevlar Rope의 종단에 설치하여 OPGW에 대해 압력을 가하여 제동하는 장치로 조금차 회수시 Kevlar Rope의 처짐을 방지함.

⑧ 5륜금차

OPGW를 연선 하기 위한 알루미늄 5륜 금차임

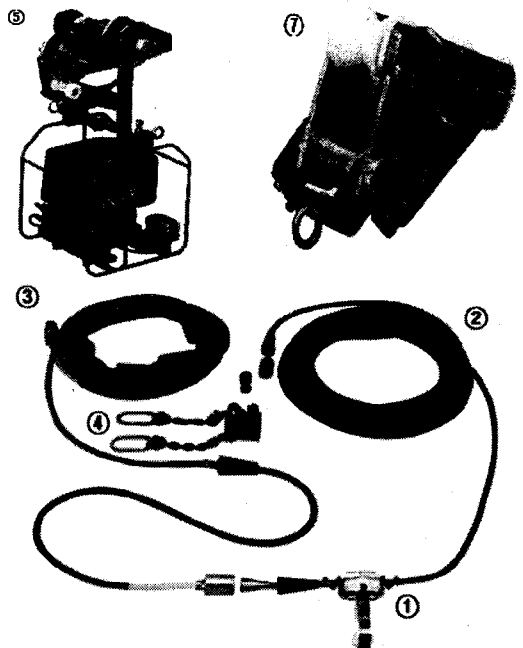


그림4 조금차공법 사용 공구

조금차공법은 각 경간에 Kevlar Rope를 먼저 설치한 후 기설선의 수직하중을 지탱한 상태에서 신설선로와 접속시켜 연선하는 공법이다. 이는 인발공법과의 비교할때 전선에 가해지는 장력이 비교적 적게 걸리며 선의 처짐 또한 방지되어 혼축 등의 위험 요소가 제거된다. 조금차 공법의 세부 공정은 아래와 같다.

① 조금차의 전개

Kevlar Rope에 10~15cm 간격으로 조금차를 부착 시키며 자주기를 이용하여 각 경간별로 Rope를 설치한다.

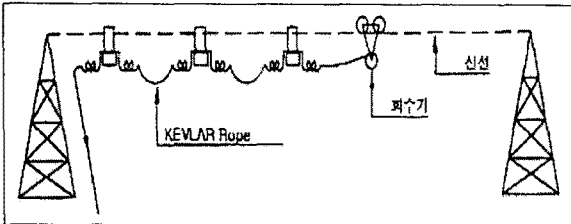


그림5 조금차의 전개

② 조금차 반전 및 OPGW 연선작업

조금차 전개 완료 후 각 경간마다의 Kevlar Rope를 장선기와 chain Block을 이용하여 긴선 하게 되면 기설선과 Kevlar Rope의 위치가 반전하게 된다. 반전이 완료되면 Kevlar Rope를 단단히 고정시킨 후 기설선에 설치된 금구류들을 해체하고 인발공법과 마찬가지로 엔진을 이용하여 연선작업을 실시한다.

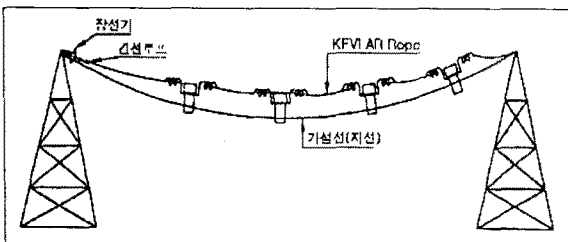


그림6 조금차 반전

③ 조금차의 회수

연선이 완료되면 신설선을 고정시킨 상태에서 Kevlar Rope의 철거작업을 실시한다. 먼저 Tension Rope를 조금만 풀은후 반대측에 회수기를 설치한다. Tension Rope측에서 Kevlar Rope를 인력으로 일정속도를 유지하면서 당겨 지상으로 철수한다.

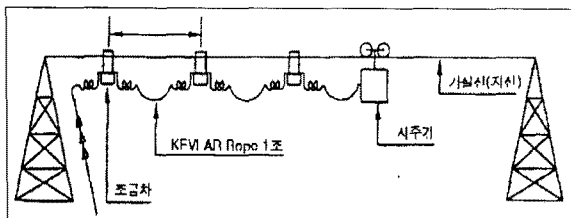


그림7 조금차 회수

2.2.4 긴선작업

긴선이란 연선된 OPGW를 Come-Along, Chain Block 및 Wire Rope 등을 이용하여 일정 이도를 갖추게 하고 금구류와 함께 첩탑에 취부하여 가공지선으로서 전기적 역할을 수행하도록 첩탑에 고정시키는 작업이다.

2.2.5 접속

광화이버간 접속은 Arc 방전을 이용하여 후레넬 반사가 최소가 되도록 접속 해야한다. 접속부는 열수축 튜브로 보강하고 접속검사는 접속 후 즉시 실시하며 외관점사와 OTDR을 이용한 접속손실 검사를 한다.

2.2.6 최종시험

OTDR을 이용한 광화이버의 시험은 단선 유무의 확인 및 손실률의 측정에 그 목적이 있다. 광화이버의 손실을 구분하면 광섬유 케이블 손실, 커넥터 손실, 스플라이스(SPLICE) 손실*, 커플링(Coupling) 손실*, 미스매치드(Mismatched) 손실*, 시스템 마진, 기타 광수동 소자 손실 등이 있다.

*스플라이스 손실 : 접속시 발생하는 손실이며, 용착 접속 시는 개소당 0.1dB 이하, 기계식 접속 시는 0.2dB 이하이다.

*커플링 손실 : 광발생기로부터 광섬유에 입사하는 과정에서 발생하는 손실이다.

*미스매치드 손실 : 이종의 광섬유의 접속시 발생하는 손실이다.

손실률의 파장대별 규격 치는 다음의 표와 같다.

표2 파장대별 손실률

파 장	항 목	단 위	규격치
1.3 μ m	일반규격: 43미만 동일색상 총공장 평균치	dB/km	0.45이하
	특수규격: 43km 이상 동일색상 총공장 평균치	dB/km	0.39이하
1.55 μ m (CSF)	일반규격: 75km 미만 동일색상 총공장 평균치	dB/km	0.30이하
	특수규격: 75km 미만 동일색상 총공장 평균치	dB/km	0.28이하
1.55 μ m (DSF)	동일색상 총공장 평균치	dB/km	0.25이하

결 론

우리 나라의 지역간 대전력 용통을 담당하는 가공 송전선로에서 보호계전 시스템의 동작 신뢰도는 그 중요도가 높다. 이를 위해서 각 변전소간의 전압, 전류, 감시, 및 조작신호 등의 정보이동은 noise 영향이 없는 광케이블을 주로 이동하며, 이런 이유로 765kV 송전선에도 광섬유복합가공지선(OPGW)을 채택하게 되었다. OPGW의 시설공법은 인발 및 조금차공법이 있으며 통상적으로 기존에 설치되어 있는 가공지선의 교체 및 신설시에는 조금차공법이, 신설구간의 경우에는 인발공법이 적용되고 있다. 두 가지 공법중 조금차공법은 OPGW 공사에만 적용되는 특수 공법으로 각 경간에 절연체로 피복된 kevlar rope를 먼저 설치한 후 기설 지선의 교체와 동시에 OPGW를 설치하므로 인발공법에 비교하여 작업속도는 느리나 광섬선에 영향을 미치는 장력이 비교적 적은 편이고 시공상 안전성이 높다. 그런 이유로 345kV급 이상의 가공송전선로의 OPGW의 시설공사에서는 주로 조금차공법이 적용되고 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김일동 외3, "765kV 초고압계통 보호, 제어 방식", 765kV 송변전 기술 심포지움, pp 40-44, 1996
- [2] 한국전력공사 송변전처, "765kV 전선, 가공지선 선정 및 환경대책 설계지침", 1997
- [3] 대한전선, "765kV 광섬유복합 가공지선" 1997
- [4] 오종중, "21세기 광통신 실무 설계", 1997