

《特別寄稿》

전력회사용 OPGW(광섬유복합 가공지선)의 최적 시설기법

노 동 배

(한국전력 서울연수원 부교수)

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> □ 차 레 □ </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; padding: 10px;"> <div style="width: 45%;"> <p>I. 머리말</p> <p>II. OPGW의 종류</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>III. OPGW 시설기법</p> <p>IV. 맺음말</p> </div> </div>

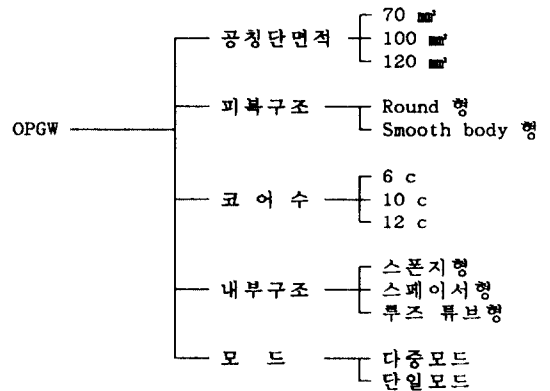
I. 머리말

OPGW(Composite Overhead Ground Wire with Optical Fiber : 광섬유복합 가공지선)는 전력회사에서만 시설가능한 독특한 광전송로로서, 해외에서는 미국, 일본을 비롯하여 유럽, 동남아 등에서도 많이 시설되고 있으며 우리나라의 경우 전력용 정보통신의 기간 전송로 역할을 하고 있다.

우리나라에서 OPGW는 전력회사의 일반 업무용 전화로부터 전력선 보호용 정보 및 CATV 프로그램의 전송까지 담당하고 있으며, 따라서 시설량의 증가와 함께 그 효용성이 점차 커지고 있다.

이에 현재 국내에서 사용되고 있는 OPGW의 종류와 구조를 소개하고, OPGW의 신뢰도 향상과 고품질 유지에 선행조건이라고 할 수 있는 최적의 시설기법에 대해서 고찰한다.

조 및 코어(Core) 수, 내부구조 및 전송 모드(Mode) 등에 따라 다음과 같이 구별할 수 있다.



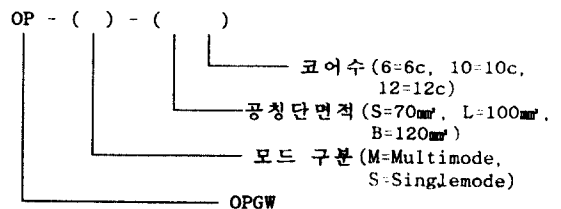
II. OPGW의 규격

1. OPGW의 종류

OPGW는 송전선 첩탑의 제일 상단부인 가공지선(架空地線) 위치에 기존의 가공지선 대신 시설되며, 기존의 가공지선 역할과 광통신선로의 역할을 같이 수행한다.

현재 우리나라에서 사용되고 있는 OPGW는 외부구

OPGW의 종류는 다음과 같은 기호로 표기된다.



2. OPGW의 구조

현재 우리나라에서 사용하고 있는 OPGW는 송전 선로의 가공지선 역할을 하는 AS와이어 (Aluminium Claded Steel Wire : 알루미늄 피복강선)가 외층을 형성하며, 그 중심에 광섬유를 수용하는 OP유니트가 위치하는 형태이다.

가. 외층구조

OPGW의 외층구조는 공칭단면적과 피복구조에 따라 구분되는데 공칭단면적 70mm²와 100mm²는 154kV 철탑용이며 120mm²는 345kV 철탑에 시설된다.

OPGW의 외층을 형성하는 AS와이어(알루미늄 피복강선)는 강선 위에 알루미늄을 일정한 두께로 완전히 피복한 형태로서 양 금속간의 결합층은 떨어지지 않도록 되어있다. 또한 이 AS와이어들은 내부의 알루미늄튜브(OP유니트) 위에 동심으로 배열되어 일정한 연정을 주어 꼬아진 형태이다.

그동안 주로 사용해온 OPGW는 그림 1과 같은 원형(Round Type) 구조의 154kV용이었으나 1993년부터는 345kV용 OPGW도 사용하고 있다. 345kV용 OPGW는 기존과 같은 Round형일 경우에는 AS 와이어를 이중으로 구성하며, 새로 개발된 Smooth Body형

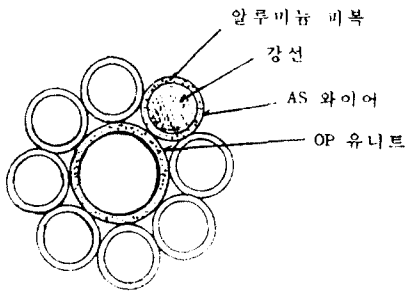


그림 1. 154kV용 원형 구조

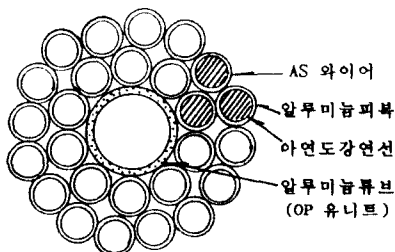


그림 2. 345kV용 이중원형 구조

일 경우에는 AS 와이어 부분의 모양이 달라진다. 그림 2와 그림 3에 345kV용 OPGW 외층의 구조를 보인다.

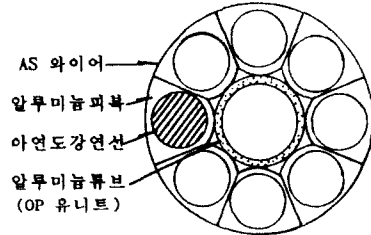


그림 3. 345kV용 Smooth body형

나. 내부 구조

OPGW의 내부구조는 광섬유가 수용되는 OP유니트에 따라 다음과 같이 구분된다.

● 스폰지(Sponge)형

스폰지형 OP유니트는 발포 실리콘수지 즉 스폰지 또는 이와 동등이상의 재질로 피복된 유니트 중심 지지선위에 광섬유를 배열하여 적당한 연정으로 집합하고, 그 위에 적당한 재질의 바인드사(또는 바인드 테이프) 및 내열형 글래스테이프를 감고 알루미늄 튜브로 보호한 형태이다.

● 스페이서(Spacer)형

스페이서형 OP유니트는 나선형의 적당한 연정으로 형성된 알루미늄 스페이서의 홈에 일괄피복된 광섬유부를 위치시킨 형태이다.

● 루즈 튜브(Loose tube)형

나선형의 적당한 연정으로 형성된 루즈 튜브내에 광섬유를 위치시킨 형태이다.

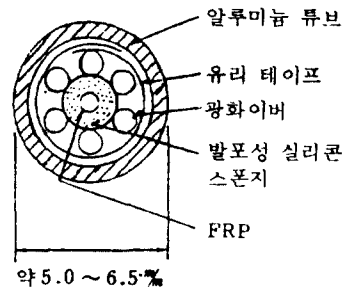


그림 4. 스폰지형 OP유니트

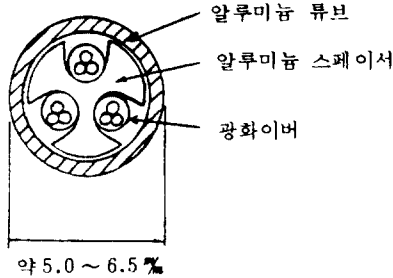


그림 5. 스페이서형 OP유닛

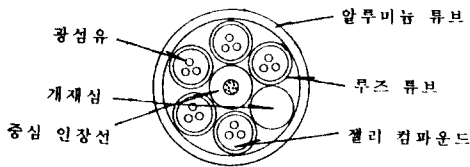


그림 6. 무즈 튜브형 OP유닛

III. OPGW 시설기법

1. OPGW 시설절차

OPGW의 시설은 주로 기존의 가공지선을 OPGW로 교체하는 경우가 대부분이며, 그 시설절차는 다음과 같다.

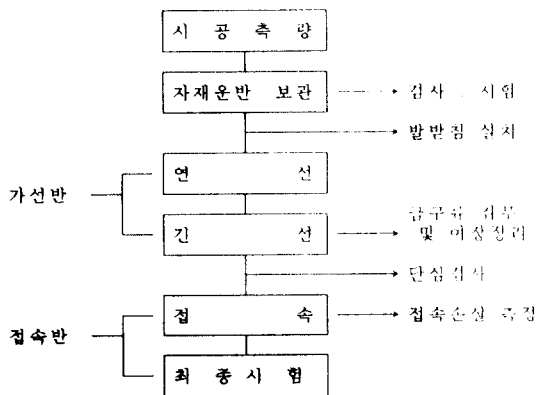


그림 7. OPGW 시설절차

여기서 시공측량이란 당해 OPGW 시설공사의 물량을 확보하고 기존 가공지선을 철거, 제각하기 위한 자료를 수집하는 공정으로서, OPGW 조장, 접속위치,

가선장비 설치장소와 진입로, 연선시 위해개소 파악 등 자세한 조사가 이루어져야 하며, 실 작업시 참고가 될 보고서가 세밀하게 작성되어야 한다.

자재 운반 및 보관시는 특히 외부로부터의 충격을 주의해야 한다. OPGW는 물론, 금구류의 취급시에도 재질이 알루미늄으로 되어 있어 충격시 균열이 생길 수 있음을 유념해야 한다.

연선(延線)이란 기존의 가공지선을 철거하고 OPGW를 가설하는 공정으로서 OPGW시설에 있어서 가장 중요한 공정이라고 할 수 있다. 연선방법은 인발연선법과 보조환차 연선법이 있다. 연선준비시에는 각종의 연선용 장비와 금구류를 점검, 설치하고 도로나 절도, 석·고압의 전력선이나 통신선, 과수원 등의 횡단시는 정해진 규격의 발발침을 설치하며, 작업자간의 통신을 위한 통신수단을 강구한다.

긴선(緊線)은 연선작업으로 가선된 OPGW를 일정한 이도(Dip과 Sag)를 갖추게 하고 금구류를 취부하여 철탑에 고정시키는 작업이며, 필요시 항공장애 표시구나 댐퍼 등을 취부한다.

본 고에서는 OPGW 시설중 가장 위험하며 중요한 공정인 연선법에 대하여, OPGW 시설 초기부터 적용되어온 인발연선법을 간단히 살펴보고 최근에 적용되기 시작한 보조환차 연선법을 자세히 소개한 뒤, 양 연선법을 비교 설명한다.

2. 인발연선법

인발연선법은 1986년 우리나라에 OPGW가 시설되기 시작한 때부터 현장에서 적용되어온 연선방법으로서, 보조환차 연선법이 적용되기 시작한 94년 초까지는 OPGW 시설방법으로서는 유일한 것이었으며, 현재도 가장 많이 시행되고 있는 연선법이다. 그리고 해외에서도 주로 이 인발 연선법이 적용되고 있다.

가. 연선방법

먼저 가선하려는 전 구간의 철탑 상부에 연선용 활차를 설치한 뒤, 기존의 가공지선을 지지하고 있는 금구류들을 해제하여 가공지선을 철탑에서 분리, 연선용 활차에 옮겨 놓는다. 한쪽 단말에는 와이어를 감아들이는 엔진(Puller)을 설치하고 반대쪽 단말에는 OPGW 드럼을 설치하며, 기존의 가공지선과 OPGW를 연결한다. 이때 OPGW에는 회전을 방지하기 위한 장치를 한다. 모든 준비가 완료되면 엔진을 가동하여 기존 가공지선을 감아들이어서 OPGW 철탑에 가선한다. 물론 신설 송전철탑인 경우에는 연선용 와이어를 먼저 가

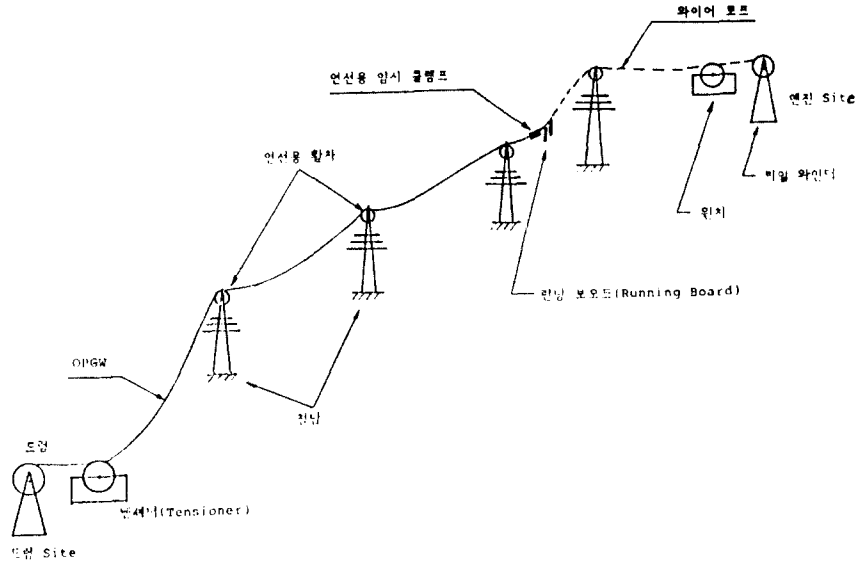


그림 8. 인발연선법

선에 놓는다.

나. 인발연선법의 한계

인발연선법은 기존의 가공지선을 OPGW 가선에 직접 사용하므로, 기존 가공지선의 정년연화나 가선 중 선의 늘어짐 등으로 인한 안전사고의 위험이 상존하며, 각종 도로, 전력선이나 통신선, 하천 등 선하지 장애물 통과에 어려움때문에 반드시 정진작업을 해야 하는 한계를 지니고 있다.

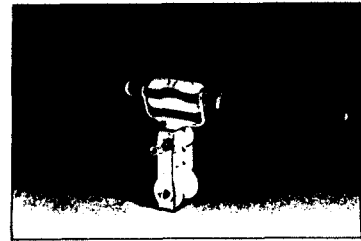


그림 9. 보조활차

3. 보조활차 연선법

인발연선법의 한계를 극복하기 위한 방법으로 보조활차 연선법이 일본에서 도입되어 적용되고 있다. 보조활차 연선법은 보다 안전한 시공에 초점이 맞춰져 있다.

유를 중심 지지체로 한 편조된 로프에 포리마 가공을 한 절연 로프이며, 이 로프는 어느 공간에도 맞도록 다양한 종류 및 색깔로 제작되어 있다.

가. 보조활차 연선용 장비 및 공구

① 보조활차(반전식 1류 활차): 상하에 있는 롤러(주라콘 수지)의 중앙을 선이 지나가는 구조로 되어 있으며 프레임(Frame) 상부의 나선상금구(角型)에 케브라 로프를 돌리면서 삽입하고 수지제 중간 스톱퍼(Stopper)를 로프에 붙여서 지지하는 구조이다(통과물체 한계: 46mm 이하, 허용하중: 200kgf, 중량: 1.3kg).

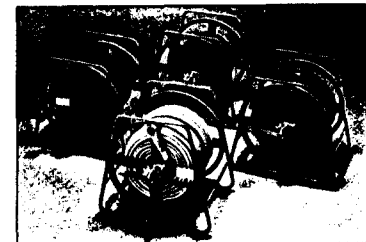


그림 10. 보조활차용 로프

② 보조활차용 로프(KEVLAR Rope): 아라미드 섬

③ 긴선 로프: 길이 20m인 로프에 같은 간격으로

스톱퍼(수지제)를 부착 시킨 것이며, 이 스톱퍼는 보조활차용 로프를 넣는 혹크의 역할을 한다.

④ 장선기(張線機) : 긴선용 로프 스톱퍼의 일부에 부착시키는 긴선용 금구(인장 허용하중 : 3,000kg)

⑤ 자주기(自走機) : 엔진이 달린 발전기에 의한 모터 구동방식으로 일시정지 기능을 갖춘 장치이다.

⑥ 로프 연결 금구류(평형 크레비스) : 보조활차용 로프 및 긴선로프를 연결하는 잠속금구이며 경량화하기 위한 특수강을 사용하고 있다(허용하중 : 4,000kg).

⑦ 회수기(回收機) : 3개의 물러(수지제)를 갖고 있으며 상부 2개, 하부 1개로 중앙에 전선을 통과시켜 장치하며, 하부 물러로부터 전선에 대해 압력을 가하여 제동(Break)효과를 내어 로프의 회수에 제동기로서 사용한다(55mm² ~ 100mm²).

⑧ 5륜 활차 : OPGW를 연선헬기 위한 알루미늄제 5륜 활차이다(반경 : 450R, 수직 허용하중 : 1,500kg).

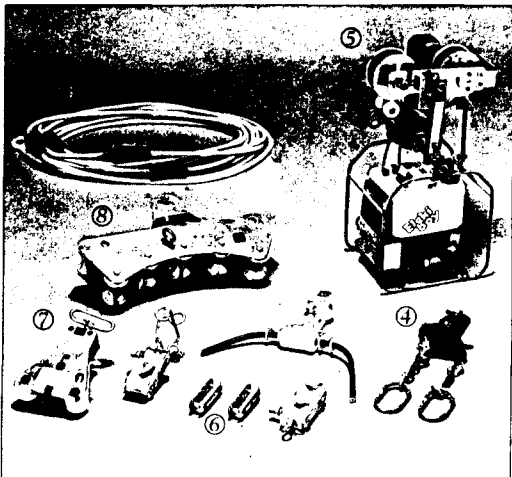


그림 11. 보조활차 연선헬 장비 및 공구

나. 가선 준비

① 드럼 가대는 가능한 한 철탑 내에 설치한다. 철탑 근처 접근이 어려울 경우 Messenger wire 또는 보조활차 로프 즉, 케브라 로프를 이용한 보조활차를 사용하여 장비를 설치한다.

② 릴 와인더와 윈치를 설치한다.

③ 각 철탑의 조장에 따라 케브라 로프의 필요 수량을 별도 Sheet에 의거 분리하여 준비한다.

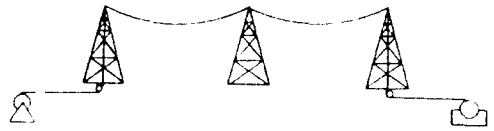


그림 12. 가선준비

④ 철탑 양쪽 하단부분과 상단부분에 활차를 취부한다. 이때 로프 및 기선선이 활차와 수평이 되도록 고정한다. 보조활차는 저상력으로 수평이 되지 않을 경우 뒤집힐 우려가 있다.

⑤ 기존 항공상에 표시구를 인위적으로 제거한다.

⑥ 기선선의 슬리브(Sleeve) 부분이 있는가 등 육안으로 이상유무를 확인한다.

① 보조활차 조립

• 케브라 로프에 10 ~ 15m 간격으로 보조활차를 설치한다.

• 보조활차를 케브라 로프에 설치시 먼저 스톱퍼를 취부 하는데, 스톱퍼 밑까지 들어서 탈락핀을 넣어야 한다.

다. 보조활차의 전개

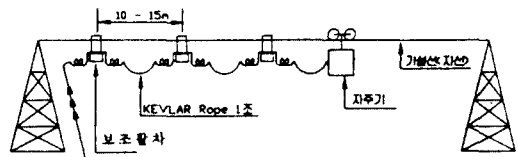


그림 13. 보조활차의 전개

① 각 구간마다 자주기에 의해 보조활차를 전개한다.

② 각 구간에 따라 지상에서 케브라 로프를 조합시킨다.

③ 구간의 끝부분에 긴선용 로프를 설치한다.

④ 한구간의 보조활차 전개가 완료되면 다음 구간에서 자주기를 이동하여 다시 보조활차를 전개한다.

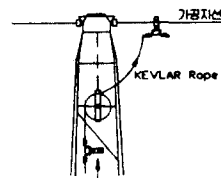


그림 14. 보조활차 이동

⑤ 준비과정에서 케브라 로프에는 스톱퍼만 설치하고 반전식 1류 활차는 상부에서 취부하나 작업 여건상 지상에서 취부하므로 첩탑내부의 앵글에 걸리지 않도록 주의하여야 한다.

라. 케브라 로프의 긴선(보조활차의 반전)

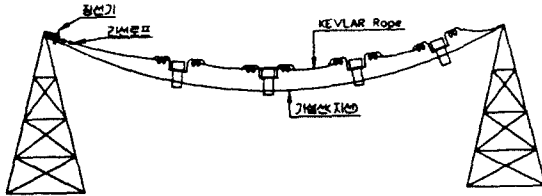


그림 15. 케브라 로프 긴선

① 각 구간마다 케브라 로프를 장선기와 체인바이스를 이용하여 긴선한다.

② 긴선 로프에 장선기를 설치하여 케브라 로프를 당겨 올린다.

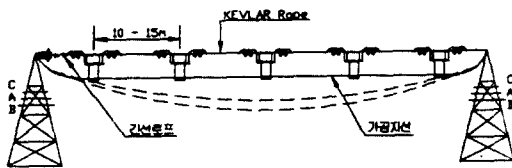


그림 16. 보조활차의 반전

③ 각 첩탑의 내장, 현수크래프의 볼트를 풀어 기설선을 천천히 풀어준다.

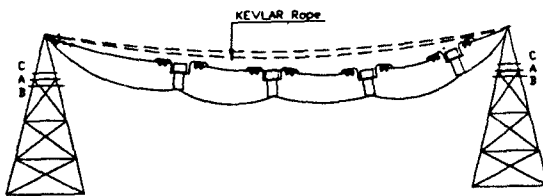


그림 17. 기설 가공지선 철거 준비

마. 기존 가공지선 철거와 OPGW 연선

① 기존 가공지선과 OPGW와의 연결은 크래프를

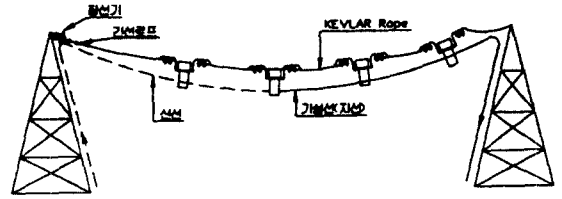


그림 18. 기존 가공지선 철거와 OPGW 연선

설치하여 연결한다.

② 가공지선과 OPGW 연결이 끝나면 연선차의 유압핀을 제거하여 주의깊게 연선작업을 한다.

③ 각 브레이크를 점검하고 기설선을 릴 와인더로 감는다.

바. OPGW 긴선(인발연선법과 동일)

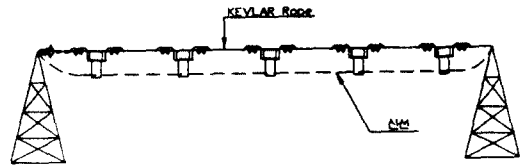


그림 19. OPGW 긴선

① 내장첩탑과 내장첩탑간에 긴선작업을 한다.

- 내장첩탑 개소에 OPGW를 긴선하면 현수~현수~내장간의 보조활차는 돌아오는 반전 동작에 들어가고 보조활차는 처음상태(보조활차 전개후)로 된다.

- 경간에 따라 보조활차가 반전 도중에서 긴선이 끝날 때가 있다. 이 때에는 긴선 로프를 눌러주면 보조활차는 완전히 처음상태로 된다.

② 긴선 이도는 송전선 본선이도의 80%로 한다.

③ 이도측정 경간은 3경간 이하 1경간, 6경간 이하 2경간, 7경간이하 3경간 이상의 이도를 관측한다.

④ OPGW의 긴선은 캄어롱(Come-along), BV Winch 등을 사용한다.

⑤ OPGW용 내장 및 현수 크래프를 취부한다.

⑥ 댐퍼(SB 또는 Bare Damper)는 보조활차 회수후 취부한다.

사. 보조활차의 회수

각 구간마다 보조활차와 케브라 로프를 철수한다.

① 긴선 로프를 조금만 풀어서(레버 브로크) 반대

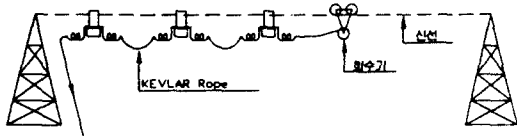


그림 20. 보조활차 회수

측의 케브라 로프끝에 회수기를 설치한다.

② 긴선 로프 측에서 케브라 로프를 인력으로 일정 속도를 유지하면서 당겨 탑체 내를 통해 지상으로 질 수한다. 이 때 바람 등에 의한 분선과의 혼촉에 주의 한다.

4. 연선법의 비교

가. 연선법의 장단점 비교

인발연선법과 보조활차 연선법의 장단점을 비교하면 표 1과 같다.

나. 연선법의 시설조건 비교

인발연선법과 보조활차법의 시설조건을 비교해 보면 표 2와 같다.

표 2. 연선법의 시설조건 비교

구분	인발연선법	보조활차법	인발연선법 대비
장비 구입비 (시공업체)	없음	약 5억원	약 5억
소요인력 (1일/1km/8Hr)	60명	107명	약 1.7배
공사 소요일 (1D/M 가산)	2일	3일	약 1.5배
공사비 비율	100(163)	138	38(25)

다. 연선법 적용기준

위의 비교와 같이 두 연선법은 각기 장단점이 있으므로 현재 우리나라에서는 시공안전 확보 및 품질보증, 경제성을 고려하여 아래와 같이 시행토록 하고 있다.

1) 154kV T/L의 경우

- 신설 T/L에는 인발연선법 적용
- 기설 T/L에는 양회선 휴전 또는 1회선 휴전시 인발연선법을 원칙으로 하되 1조 가공지선 등 현장여건에 따라 보조활차 연선법 적용
- 신하시 장애물(도로, 철도, 다른 T/L, 하천 등) 통과시 인발연선법으로는 특수 발받침대의 설치

표 1. 연선법의 장단점 비교

구분	인 발 연 선 법	보 조 활 차 법
장점	<ul style="list-style-type: none"> · 보조활차법에 비해 공기 단축 · 선하지 장애물이 적을 경우 공사비 절감 · 신설 T/L 공사시 적합 · 특별한 경우 외에는 방전부 작용 불필요 	<ul style="list-style-type: none"> · 안전사고 발생률이 적음 · 저장력 연선(300kg/km이하) 가능 · 환선작업 가능(154kV의 경우) · 발받침 설치 불필요 · 인선작업시 환자 이따사고 없음 · 시가지 및 선하지 장애물이 많은 곳에 유리 · 드림장 및 엔진장의 작업장소가 협소해도 됨 · 장비운반 용이 · 공구의 중량이 가벼움 · Tensioner 불필요 · Puller대신 소형엔진으로 연선 · 지선작업이 불필요
단점	<ul style="list-style-type: none"> · 안전사고 발생위험이 많음 · 환선작업이 불가능 · OPGW에 장력이 많이 걸림 · 선하지 장애물이 있을 경우 고가의 발받침대 필요 · 장비운반 및 취급이 어려움 · Tensioner 및 Puller 설치면적 및 지형적인 제한을 많이 받음 · 선하지 장애물이 많을 경우 시공 곤란 	<ul style="list-style-type: none"> · 장비가 고가임 · 인발공법에 비해 인력이 더 소요되고 공사기간이 길어짐 · 환선작업시 기존 가공지선 철거시 방전부 착용 불가피 · 협공장애 묘사구 설치 어려움

가 불가피하다고 판단될 경우 보조활차 연선법 적용

2) 345kV T/L의 경우

- 신설 T/L에는 인발연선법 적용
- 기설 T/L 양회선 휴전 가능시는 인발연선법 적용
- 기설 T/L 양회선 휴전 불가시는 보조활차 연선법 적용
- 양회선 휴전시라도 선하지 장애물 통과구간은 보조활차 연선법 적용

5. OPGW 시설현황 및 계획

우리나라 OPGW의 년도별 시설현황 및 계획은 다음 표 3과 같다.

표 3. OPGW 년도별 시설현황 및 계획

년도별	시설량	총시설량	비고
1986 ~1988	624km	624km	
1989 ~1991	1,293	1,917	
1992 ~1994	1,628	3,545	
1995 ~1997	2,521	6,066	예정

IV. 맺음말

꿈의 전송로라 일컫는 황섬유 통신케이블의 특수한 형태인 OPGW에 대해서, 간단한 규격 소개에 이어 시설기법을 두가지로 나누어 설명하고, 특히 최근부터 적용되기 시작한 보조활차 연선기법에 대해 비교적 자세히 설명하였다.

현재 OPGW 시설시는 안전도, 작업여건, 경제성 등 여러가지 면을 고려하여 두가지 시설기법중 한 가지를 선정, 현장 적용하고 있으며 점차 안정된 시설 완성도를 보이고 있다.

그러나 갈 수록 고품질, 대용량화 되어가는 OPGW의 신뢰도 유지를 위해서는 더욱 안정된 시설기법이 요구된다고 할 수 있다. 기존의 두 연선기법의 장점을 십분 수용하고 단점을 보완함은 물론, 안전도와 경제성 및 신속성을 최대한 보장하는 완벽한 시설기법의 개발을 기대해 본다.



노 동 배

- 1951년 2월 28일생
- 1974년 2월 : 중앙대학교 전자공학과 졸업
- 1976년 9월 : 한국전력 입사
- 1988년 3월~현재 : 한국전력 서울연수원 부교수
- 주관심분야 : 광통신, 전자교환기, LAN