

## 배전용 FRP 전주의 제조 기술 개발

### Development Of A Pole On The Distribution Line System

이웅선\*, 한만준\*, 조한구\*\*, 박기호\*\*, 송일근\*\*\*  
(W.S.Lee\*, M.J.Hahn\*, H.K.Cho\*\*, K.H.Park\*\*, I.K.Song\*\*\*)

#### Abstract

The FRP pole had great advantages over other material poles. Light weight, easy installing and transporting were good characteristics. The material's superior properties represented the good durability for sea weather and air pollution, good insulation for electric, and changeable colors. In those properties, usages were like a area affected by sea, downtown, the area among the mountains and a special area for the outstanding views. It was studied that pole manufacturing method, structure analysis of pole by FEM in this study. Filament winding method was selected for a new pole manufacturing method. It produced the tapered poles and mechanically strong properties.

**Key Words(중요용어) : Light Pole, FRP Pole, Filament Winding, Pultrusion**

#### 1. 서 론

현재 국내에서 일반적으로 널리 사용되는 전주의 종류로는 콘크리트주, 강관주, 목주 등이 있다. 이중 현재 목주는 국내에서 거의 사용되지 않고 있으며 콘크리트주가 실질적으로 가장 많이 사용되고 있는 실정이다. 강관주는 특수한 용도로써 제한적으로 사용되고 있다.

가장 널리 사용되고 있는 콘크리트주의 경우 상당히 많은 문제점을 나타내고 있다. 우선 일반적으로 많이 볼 수 있는 16m전주의 경우 무게가 약 2.5톤에 이르고 있다. 이로 인한 취급, 운반 및 설치 등이 어렵고 또한 콘크리트 재료 자체의 특성상 내오손 및 풍화로인한 강도저하로 장기적인 신뢰성 문제가 대두되고 있다. 또한 최근 일부지역에서 콘크리트주의

도괴로 인한 사고가 보고된 바 있다. 콘크리트는 또한 우천시 수분을 흡수하기 때문에 절연에자의 절연 파괴시 수분흡수로 인한 섬락 및 전기절연의 문제 또한 대두된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 강관전주가 일부 콘크리트주를 대체하고 있으나 역시 강관전주가 가지는 재료적인 단점을 보완하고자 다단계 설계, 도금등으로 인한 비용증가, 도전성 등의 문제가 제기되고 있다. 이러한 모든 단점들을 극복하기 위하여 선진국에서는 특수복합소재의 전주가 개발되어 사용되고 있는 실정이다. 국내에서 최초로 개발되는 환경친화적 배전용 전주를 개발함으로써 이러한 여러 가지 문제점들을 불식시키고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 공법선정

복합소재로 전주를 만들기 위해서는 강도와 길이 등을 고려할 때 크게 두가지 즉 인발공법과 필라멘트와인딩 공법을 고려할 수 있다.

인발(pultrusion)성형은 연속섬유에 수지를 함침시켜 단면이 일정한 형상을 지닌 가열된 금형을 통하여 경화시키면서 연속적으로 제품을 성형하는 방법

\* 오리엔탈공업연구소  
(경기도 안성시 신건지동 51 Tel:031-675-7163  
Fax:031-673-7161  
<http://www.orientalindustry.co.kr>  
E-mail:jpaule@hitel.net )

\*\* 한국전기연구소 (KERI)  
\*\*\*한전전력연구원 (KEPRI)

이다. 긴 튜브, 봉 및 채널 등과 같이 길이 방향으로 똑같은 단면을 가진 제품을 제조하는데 사용된다.

필라멘트와인딩(filament winding)공법은 수지가 함침된 연속섬유를 회전하는 심축위에 감아서 주로 파이프나 압력용기, 로켓, 모터케이스 등과 같은 축대칭 복합재료 구조물을 제작하는 방법이다. 필라멘트 와인딩 성형은 심축의 회전속도와 섬유의 공급위치를 이동시키는 캐리지(carriage)의 속도를 조절하여 일정한 와인딩 각도와 패턴으로 수지가 함침된 연속섬유를 심축에 감을 수 있는 성형기를 이용한다. 설계상의 두께까지 와인딩 되면 와인딩된 심축을 와인딩기에서 떼내어 경화로안의 회전축에 걸고 회전시키면서 경화시킨다. 경화후 심축을 탈형시키고 필요에 따라 표면을 가공하는 과정이 일반적인 필라멘트 와인딩 성형과정이다.

## 2.2 공법비교

표1. 공법비교

항 목	인 발	필라멘트와인딩
외 관	내외부 우수한 표면	내부만 표면우수
물 성	형상에 의한 강도증가 가능 전 길이 동일 단면만 가능	파이프형상만 가능 원추형으로 필요한 테이퍼 부여가능
경량화	형상에 의한 보강으로 경량화 가능하나 전 길이 동일 단면으로 무게증가	필요한 테이퍼를 부여하여 경량화 실현
사 용 편의성	외부평판부위에 직접부착	기존 콘크리트주와 같은 형상으로 기존 각종부품사용가능
설계 및 양산	기계를 일부분 교체하여야만 다품종 생산가능	금형만 교체하면 다품종 생산가능

위와 같은 비교를 통하여 보면 인발은 외관이 우수하고 외부형상이 다양하며 비교적 생산성이 우수하다는 장점을 지니고 있다. 반면 필라멘트와인딩 공법은 다품종에 용이하고 경량화가 우수하고 기존 콘크리트주와 같은 형상으로 부품공유가 가능하다는 장점을 지니고 있다. 위 두가지 모두 선진국에서 사용하여 양산하는 방법이나 국내의 실정을 감안한다면 기존 콘크리트전주와의 완급, 근가, 가공선지지대를 공유할 수 있는 필라멘트와인딩 공법을 선정하는

것이 유리하므로 필라멘트 와인딩 공법을 본 연구의 주공법으로 선정하였다.

## 2.3 제조공정

필라멘트와인딩 공법은 재료의 경제성과 재료대체 운영의 탄력성이 있으므로 특히 테이퍼 형태의 전주에 있어서는 다른 공법 선택의 여지가 없다.

불포화폴리에스터 수지와 E-glass강화재를 사용하여 필라멘트와인딩한 후 직조되지 않은 폴리에스터 패브릭을 표면에 적용하고 경화로에서 경화시킨다. 경화후 제품을 맨드릴(금형)로부터 제거한다. 제품이 탈형된후 길이, 구멍 등을 가공한다. 마지막으로 폴리우레탄으로 최종 표면 페인트 처리한다.

FRP 전주제조에 있어 가장 큰 걸림들은 자외선에 따른 오손문제이다. 자외선에 노출되어 가장 먼저 일어나는 현상은 부풀음(blooming)현상이다. 이것은 표면에 유리섬유가 노출되는 현상이다. 이러한 부풀음과 표면오염은 자외선의 에너지 레벨에 의해 좌우되고 초기 3년간에 높은 에너지 영역에 의해 시작된다. UV문제를 극복하여 장기표면수명을 위해 다음의 제조공정으로 한다. (1) 직접적인 UV 차단을 위하여 외피에 UV차단제가 함유된 코팅을 실시한다. (2) 와인딩 공정중 수지함침조에 UV안정제를 혼합하여 제품전체에 안정제가 함유되도록 한다.

## 2.4 구조해석

수지는 불포화폴리에스터(UPE)를 강화섬유는 E-glass를 사용하였다.

구조해석을 위한 시험으로는 전주의 가장 큰 물성인 캔틸레버시험에 대하여 행하였다. 캔틸레버시험에서 하중을 인가하는 점은 최상단으로부터 약 60cm되는 지점이고 지표선까지의 점은 고정을 시켰다. 16m전주의 경우 지표선은 하단으로부터 2.5m되는 지점이다. Fig.1은 집중하중 1000kgf에 의한 응력상태의 결과이다.

이와같은 방법으로 집중하중응력을 1000kgf, 1500kgf, 2000kgf로 적용하여 시험한 결과값은 표2와 같다.

표2. 필라멘트와인딩 공법에 의한 FEM결과

하중조건	최대응력값 (kg/mm <sup>2</sup> )	최대처짐값 (mm)
1000kgf	9.07	1980
1500kgf	13.6	2970
2000kgf	18.1	3960

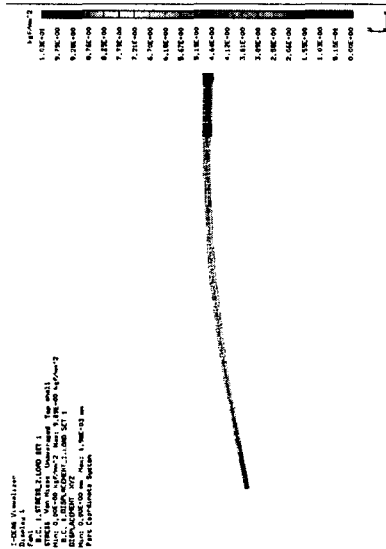


Fig.1 집중하중 1000kgf에 의한 응력상태

FEM의 결과를 가지고 같은 조건의 재료를 사용하는 필라멘트와인딩공법의 굴곡강도 값은 약  $15\text{kg}/\text{mm}^2$  정도임을 비교했을 때 1500kgf의 집중하중 까지 견딜 수 있다.

### 2.5 전주설계

FEM의 결과로부터 안정적인 설계구조는 두께 15mm로 와인딩공법의 제조공법을 따르며 이단구조로써 약 8m씩의 두제품을 조립하여 제작되도록 하였다. 16m을 일체형으로 제조하는데 있어서는 추후 운반, 설치상의 문제가 수반되어 특별히 운반 및 저장시의 편의성을 고려하여 2단으로 설계하였다.

Fig.2는 현장에 설치된 FRP전주의 사진이다.

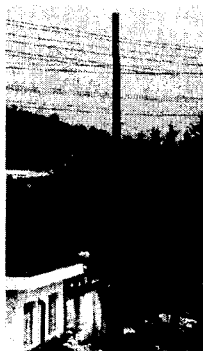


Fig.2 FRP전주

### 3. 결론

FRP전주는 비교적 적은 인력으로 인력전주를 할 수 있어 접근이 쉽지 않은 지역의 유일한 대안으로 사용할 수 있다. 또한 FRP전주는 주문자의 요구에 따라 색깔을 자유자재로 조절하여 생산이 가능하므로 주위환경에 적합한 색상을 제공할 수 있다. 토양 오염, 수질오염 등 어떠한 오염도 일으키지 않으며 콘크리트나 목주에 비해서도 폐기하기 쉽다는 장점을 지니고 있다.

이와같이 뛰어난 FRP전주를 개발하기 위하여 필라멘트와인딩공법을 선정하였으며 이를 토대로 구조해석 및 제품설계 맨드릴설계 등을 하여 제품을 제작하였다.

### 감사의 글

본 연구는 한국전력공사의 중소기업지원 협력연구 과제로써 1999년부터 2001년까지 수행되고 있는 '환경친화적 배전용 전주개발'의 연구결과 중 일부입니다. 본과제를 수행할 수 있도록 배려해주신 한국전력공사 사장님을 비롯하여 한전전력연구원장님 이하 관련부서 여러분께 감사드립니다.

### 참고 문헌

- [1]. A. Brent Strong, "Fundamentals of Composites Manufacturing", Society of Manufacturing Engineers, pp120-130, 1989
- [2]. Theodore J. Reinhart et al, "Composites", ASM international, pp533-543, 1987