

## 발·변전용 지지애자의 기계적 강도해석과 특성시험

### Mechanical Strength Analysis and Property Test of Post Insulator for Substation and Generation

박 기 호 · 조 한 구 · 한 동 희  
K.H. Park · H.G. Cho · D.G. Han

#### Abstract

FRP has been used very much as high strength core materials for insulators because of its high strength and good insulation properties. In this study cantilever, tension and torsion stress were simulation along to the unidirection glass fiber. In addition, FRP was made by pultrusion method.

This paper proposed the procedure of the finite element model updating and pretest using the commerical finite element code MSC.Nastran. To ehance the efficiency of experimental modal analysis, we proposed the process which is the selection of the locations and the number of measurement points for pre-test.

**Key Words(중요용어)** : Insulator, torsion, FRP, Finite Element Analysis

#### 1. 서 론

전력수요의 급증에 따른 절연성능 및 특성에 대한 새로운 관심과 기존 절연재료보다 절연특성이 우수한 고분자 복합재료를 개발하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

종래의 전기절연물의 주류를 이루고 있는 자기재들은 사용상의 문제점인 고중량, 대형화, 미약한 충격에도 크랙이나 파괴가 항상 야기되어 오고 있는 실정이다. 이러한 문제점을 개량 발전할 수 있으며 경량, 소형화 및 우수한 절연특성 등을 기대할 수 있는 고분자 복합재료의 개발이 많은 전기재료에 요구되고 있다.

기존 발·변전용 지지애자로 사용되고 있는 자기애자의 특성보다 우수하고 경량 및 소형화 된 새로운 지지애자 개발의 필요성에 의하여 섬유강화 복합재료를 사용한 인발(Pultrusion) 성형된 FRP 봉을 사용하였다.

FRP는 자기재의 중량보다 10배정도의 중량을 줄일 수 있는 이점뿐만 아니라, FRP가 가진 특성 중 전기적 특성이 우수한 제품을 개발하기 위하여 섬유강화 복합재료를 사용하여 지지애자에 중요한 부분인 기계적 특성을 보완하는 것이 중요한 목적이다<sup>1)</sup>.

본 연구는 고강도 FRP 봉의 개발을 위하여 실 구조물로서 사용시 문제점을 미리 예측하여 보완하여 실제 제품에 응용하여 문제점을 분석하여 이를 보완하는 목적으로 시뮬레이션을 통한 해석을 행한 후 실험을 통하여 이를 검증하기로 하였다.

#### 2. 기계적 강도 특성

FRP Rod는 전기적 특성을 우수하게 만족하는 인발 성형 업체를 선정하여 전기적 특성을 만족하는 Glass

한국전기연구원

(경남 창원시 성주동 28-1 한국전기연구원)

Fax: 055-280-1673

E-mail : delta3@hanmail.net

Forms(주)의 제품을 사용하기로 하였다<sup>2)</sup>.

기존의 금구 및 애자의 길이는 설계상의 기준을 그대로 채용하였으며, 개선가능한 자기부의 기계적 특성을 평가하기로 하였다.

표 1. 애자의 기계적 특성

구 분	주 요 내 용	비 고
기계적 특성	인장강도 : 80,000N 굽힘강도 : 6,500N 비틀림강도 : 5,000N·m	
크 기	직선길이 : 1,700±2.5mm → 설계 조건(오손밀도 등) 최소누설거리 : 4,390mm → 설계 조건(설계의 다양성)	

표 1에서 알 수 있는 바와같이 기본적으로 요구되는 기계적 특성은 IEC C6-750 규격에 준하여 설계를 만족하는 것으로 한다.

지지애자에서 문제가 되는 기계적 강도 특징으로는 인장, 굽힘, 비틀림강도가 있으며, 특히 비틀림 강도는 고분자 복합재료의 취약한 약점으로 나타나고 있다. 복합재료는 이방성 재질의 특성상 비틀림 강도가 상당히 약한 단점이 있으므로 요구되는 강도를 유지하기 위해서 FRP 봉의 형상이 확대되는 효과를 요구하게 되는 문제가 발생한다. 하지만 봉의 직경이 커지면 상대적으로 양쪽 끝단의 Fitting을 하는 문제점이 부각되어진다. 직경이 커지므로써 금구 및 외피 절연고무의 양이 반지름의 제공에 비례하여 증가하는 결과를 가진다.

그러므로 지지애자의 기계적 강도를 충분히 견딜 수 있는 고강도 FRP 제조기술의 개발 및 Fitting의 방법을 새롭게 개발하여야 할 것으로 생각되어진다.

### 2.3 형상설계

자기 포스트 애자의 경우 4410mm의 누설거리, 상부 애자 갯수는 12 하부애자 갯수는 13이다.

그림 1은 모델형상을 전기적 특성을 고려하여 설계된 도면의 형상을 나타낸 것이며, 그림 2는 FRP 봉의 형상 및 Shed부분의 형상을 3차원적으로 나타낸 것이다. 특히 금구의 형상은 봉의 압착부분을 새로운 형태를 추구하는 목적으로 두 개 형태로 분리한 상태이다.

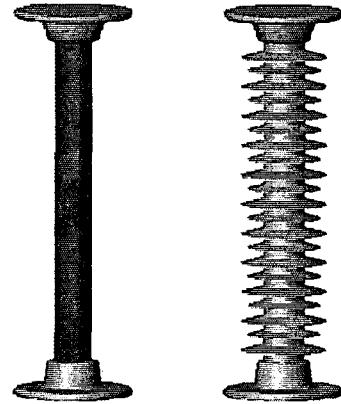


그림 1. FRP 봉, 금구 및 Shed부분 형상

### 3. 결과 및 고찰

물성치<sup>5)</sup>는 Text를 참고하였으며, 표 2와 같다.

표 2. 재료의 물성치

재 료	물 성 치
FRP Rod (Glass fiber)	Vf : 60 (Volume fraction) E <sub>i</sub> : 45 GPa E <sub>r</sub> : 12 GPa G <sub>lt</sub> : 5.5 GPa $\mu_{lt}$ : 0.28
금 구	E : 18.3 GPa G : 7.8 GPa $\nu$ : 0.17

위의 물성값을 대입하여 유한요소해석을 통하여 최적 조건을 고려한 요구되는 기계적강도를 만족하는 우수한 FRP Rod의 구하기로 하였다. 유한요소해석은 MSC. Nastran을 사용하여 수행하였다.

유한요소해석(FEA; Finite Element Analysis)이란 구조물내의 무한개의 미지수점들을 유한개의 이산화된 위치들을 절점(node)으로 나타내고, 이들간에 서로 유기적인 관계를 맺어주는 요소(element)를 이용하여 전체 구조물이나 실제의 물리적 시스템을 절점들의 변위를 미지수로 하는 연립방정식으로 나타내고, 이를 계산하여 각 절점에서의 변위를 구함으로써 구조물 내의 임의의 점에서의 변위, 응력, 변형률 등의 결과치를 수치적인 근사화를 통해 얻어내는 것을 말한다.

수치해석시 FRP Rod의 직경을 80mm로 하고 전체를 모델링 하였으며, 두가지의 Fitting 방법<sup>4)</sup>을 사용하여 비틀림 해석을 하였다. Rod의 한쪽단을 고정한다고 가정하여 반대쪽 단에 토크(T)를 가하였을 때 나타나는 값을 상호비교 검토하였다<sup>4)</sup>.

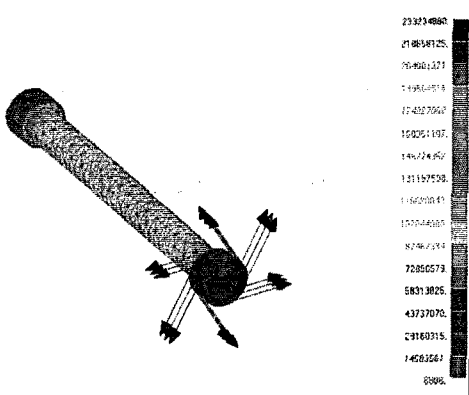


그림 2. 비틀림강도 해석치

그림에서 보는 바와같이 총 요소수는 2190개, 절점수는 4410개로 구성되어 해석을 하였다. 금구의 한쪽단을 고정하고 반대쪽 금구에 하중 및 토크를 인가하여 다음과 같은 해석치를 구하였다.

그림 2는 비틀림강도 해석치를 나타낸 것으로서 233MPa의 응력이 국부적으로 금구에 집중되는 양상을 나타내고 있음을 알 수 있다. 금구에 집중된 응력은 Fitting의 방법을 개선하여 응력의 분산을 유도하는 방법임 알 수 있다.



그림 3. 비틀림 강도 실험

그림 3은 FRP 봉에 금구를 삽입하여 Fitting 후 비틀림 시험기 조오에 설치 후 비틀림 강도 실험을 행하는 것으로 이론적 식에 따른 값과 해석적 특성을 고려하여 상호비교하여 본 결과 거의 유사한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구의 결과를 비교 검토하면 다음과 같다.  
이론식에 따른 안전율은 고려한 FRP 봉의 직경을 나

타낸 것으로 안전율 2로 고려한 상태에서 봉의 직경을 80mm로 정하였다.

비틀림강도 해석치를 나타낸 것으로서 233MPa의 응력이 국부적으로 금구에 집중되는 양상을 나타내고 있음을 알 수 있다. 금구에 집중된 응력은 Fitting의 방법을 개선하여 응력의 분산을 유도하는 방법임 알 수 있다.

실제 실험을 통하여 비틀림 강도를 구하여 본 결과 발·변전용 지지에서 요구되어지는 기계적 강도 특성에 충분한 값을 나타냄을 알 수 있었다.

#### 참고 문헌

- [1]. R.P. Brown, "Handbook of plastics test methods(3rd edition)", pp139-151, Longman science & Technical, 1988.
- [2]. M.R. Winsnom, "Statistical aspects of failure of fiber-reinforced composite" Proc Instn Mech Engrs, Vol. 212 Part G, pp189-192, 1997.
- [3]. 고영신, 김복희 외 3, "복합재료", 반도출판사, pp257-271, 1994.
- [4]. P.K. Mallick, "Fiber-Reinforced Composites", Marcel Dekker, pp391-394.
- [5]. C Zweben, H.T. Hahn, Tsu-Wei Chou, "Mechanical Behavior and Properties of Composite Materials" Vol 1, Technomic.