

Filament Winding에 의한 Composite Hollow Bushing용 GRP tube의 특성

조한구, 강형경, 유대훈
한국전기연구원

Characteristics of GRP tube using Composite Hollow Bushing by Filament Winding

Han-Goo Cho, Hyung-Kyung Kang, Dea-Hoon Yoo
KERI

Abstract : Recently, composite hollow bushings have been increasingly employed mainly from the various characteristics. Composite bushings are superior to porcelain bushings in several respects, including lighter weight, better anti-pollution and anti-explosion properties, and easier manufacturing.

Filament wound GRP tubes which have various winding angle were manufactured by using a filament winding machine. This paper will show some design issues and winding condition for composite bushing. And, results show that the winding condition of composite GRP tubes can be used to improved their bending strength and pressure. For bending and pressure tested, tubes with the hybrid winding pattern show higher strength than those of unit winding pattern. Also, the influence of absorption was evaluated through such as measurement of the dye penetration test and water diffusion test, also aspects of surface state using scanning electron microscopy.

Key Words : Composite bushing, Dye penetration test, Water diffusion test, GRP tube, Filament winding, Leakage current

1. 서 론

산업의 급속한 발전은 전력수요의 급격한 증가가 필연적이며, 또한, 절연성능 및 소형화한 제품이 요구되어지고 있다. 국내의 composite hollow insulator 기술은 배전용에서 전철용 정도의 제조기술을 확보하고 있을 뿐 발·변전 및 송전용 등의 초고압 제품은 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다.

한편, 현재 초고압 차단기(GCB/GIS)에 사용되는 부싱은 자기(porcelain)로 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 또한, 자기는 지진 등의 충격에 의한 크랙(crack)이나 파괴 등을 가져올 뿐만 아니라 오손에 의한 섬락 등으로 정기적인 세정 및 실리콘 코팅에 의한 처리로 추가경비가 지속적으로 소요된다. 그러나 composite bushing은 중량이 매우 작고, 방폭 및 내진 성능이 우수하며, 오손 성능이 우수하기 때문에 해안지역에서도 그 효과는 크다.

따라서, 본 논문에서는 composite bushing용 GRP tube를 제작하기 위하여 필라멘트 와인딩에 의한 제조조건을 검토하고, 또한, 와인딩 패턴과 와인딩 각도에 따라 GRP tube의 흡습에 미치는 영향을 검토하였다.

2. 실험

2.1 시료 제작

Composite bushing은 그림 1과 같이 GRP tube, 금속 플랜지 및 실리콘 고무의 외피 하우징으로 구성되어 있으며, GRP tube는 composite bushing의 기계적(내압 및 굽힘강도) 및 절연성능을 좌우하는 매우 중요한 부분이다. Composite bushing 내부는 SF₆ 가스 충전되어 있으며, 수분 침투로 내부가스와 화학적 결합에 따른 신뢰성 확보가 매

우 중요한 요소이다.

Composite bushing용 GRP tube는 그림 2와 같은 필라멘트 와인딩(F/W) 설비에 의해 설정된 와인딩 패턴 및 각도에 따라 제작하였다.

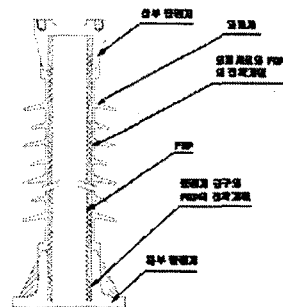


그림 1. Composite hollow bushing

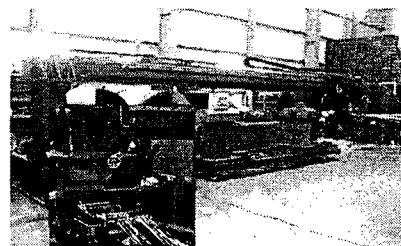


그림 2. Filament winding machine

3. 결과 및 고찰

3.1 기본 특성

Composite bushing에서 GRP tube는 구조적인 부분에서 매우 중요하다. GRP tube는 표 1과 같이 glass fiber와

epoxy 수지로 구성되며, 그림 3과 같이 필라멘트 와인딩 각도가 0°, 45° 및 90° 일 때 strength와 stiffness는 표 2에 나타내었다.

표 1. Glass fiber와 epoxy resin 특성

Property	Epoxy	Glass fiber
Stiffness E(Gpa)	3	76
Poisson ratio, ν	0.35	0.22
Strength, s(Mpa)	80	1800

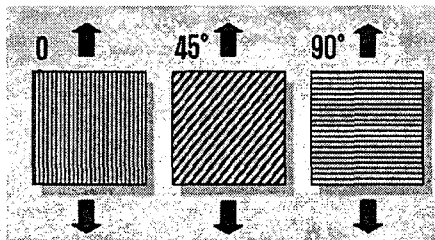


그림 3. 단일 방향의 와인딩 각도

표 2. 단일 와인딩 각도에 따른 특성

Property	0°	45°	90°
Stiffness E(Gpa)	1000	190	35
Strength, s(Mpa)	35	11	70

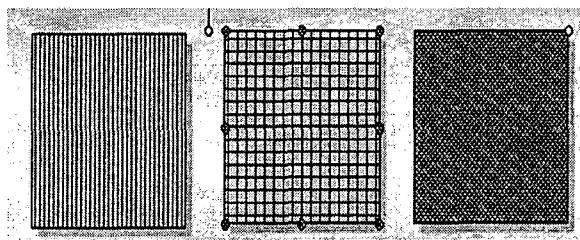


그림 4. 하이브리드 방향의 와인딩 각도

그림 4는 하이브리드 방향의 와인딩 각도에 따른 패턴 형상을 나타내었으며, 이의 특성을 표 3에 나타내었다. 표 1, 표 2에서 알 수 있듯이 하이브리드 패턴 형태의 와인딩이 단일 형태의 와인딩 보다는 각각의 특성에서 우수함을 볼 수 있으며, 여러 방향으로의 와인딩 패턴(0°/90°/45°/-45°)이 가장 저조한 특성을 나타내었다.

표 3. 하이브리드 와인딩 각도에 따른 특성

Property		0°	0°/90°	0°/90°/45°/-45°
Stiffness E(Gpa)	S_x	100	90	70
	S_y	35	90	70
Strength, s(Mpa)	S_x	47	29	10
	S_y	10	29	10
	G_{xy}	4	4	9

또한, GRP tube의 제작에 있어서 liner 사용 유무에 따

른 흡습에 대한 영향을 나타내었으며, 그림에서 알 수 있듯이 모든 시료는 염색용액이 절단면을 따라 침투하는 것을 알 수 있다. 즉, 염색용액은 시료의 절단면을 따라 침투하며, 절단면의 에폭시 층 보다는 유리섬유 층에서의 모세관 현상에 의해 침투되는 것이라고 생각한다.

따라서, GRP tube에서의 liner 유무는 염색용액의 흡습 성능을 개선하기 보다는 GCB/GIS의 내부의 SF₆ 가스가 수분이 침투할 때 생성되는 1차, 2차 분해물이 여러 가지 절연 성능을 저해하므로 이를 차단하기 위하여 사용할 때 보다 효과적인 것을 알 수 있다.

그리고, 수분확산 성능에서도 알 수 있듯이 liner 유무에 따라 염색용액 침투와 같은 결과 동일한 특성을 나타내고 있었으며, 모두 기준치인 1mA 이하의 누설전류로 양호한 값을 갖는 것을 알 수 있다.

표 4. 누설전류

시료	1	2	3	4	5	6	평균
Liner 유(μm)	47	49	44	49	47	46	47
Liner 무(μm)	41	42	45	42	43	42	43

4. 결론

Composite Bushing에서 중요한 GRP tube의 제작과 성능에 있어서 중요한 여러 가지 특성에 대하여 검토한 결과 다음의 결과를 얻었다. 즉, 필라멘트 와인딩시 단일 와인딩 패턴 보다는 하이브리드 와인딩 패턴이 보다 요구하는 특성을 만족시킬 수 있었다. 또한, liner를 사용함에 따라 GCB/GIS의 내부의 SF₆ 가스가 수분이 침투할 때 생성되는 1차, 2차 분해물이 절연 성능을 저해하므로 이를 차단하는데 있어 효과적인 것을 알 수 있다. 그리고, 수분확산 특성에서 모든 시료에서 1mA 이하의 누설전류로 양호한 특성을 얻었다. 또한, 보다 개선된 와인딩 조건에서 와인딩 장력을 증가시켜 유리섬유 함량을 증가시키면 공동률(void content)을 조절할 수 있게 되어 보다 우수한 성능의 composite bushing용 GRP tube를 제작할 수 있다.

참고 문헌

- [1] D. Armentrout, M. Kumosa, and L. Kumosa, "Water Diffusion into and Electrical Testing of Composite Insulator GRP Rods", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 11, No. 3. 2004.
- [2] IEC-61462 Composite hollow insulators-Pressurized and unpressurized insulators for use in electrical equipment with rated voltage greater than 1,000V-Definitions, test methods, acceptance criteria and design recommendations
- [3] Ioannis G. Raftoyiannis a, Dimos J. Polyzois b., "The Effect of Semi-rigid Connections on the Dynamic Behavior of tapered Composite GFRP Poles", Composite Structures 81. 2007.
- [4] Anderd L. Strombeck etal, "Key Parameters for Affordable Design of Hollow Composite Insulators", ABB