

전기절연용 FRP의 와인딩 각도에 따른 강도특성

Strength of Insulator FRP Rod According to the Winding of Glass Fiber

박효열*, 강동필*
(Park Hoy Yul*, Kang Dong Pil*)

Abstract

Inner part of FRP specimen was made unidirectionally by pultrusion method and outer part of FRP was made by filament winding method to study the effect of fiber orientations on the strength of FRP. The strength of bending and compression was simulated and evaluated. The results of simulated strength and evaluated strength were different greatly each other. The stress which affect the fracture of FRP was simulated to investigate the difference of the results between simulation and evaluation. Shear stresses were investigated to the main stress to affect the fracture of FRP.

Key Words : FRP, orientation, strength, stress, simulation,

1. 서론

FRP는 전기적 특성과 기계적 특성이 우수하여 기계적 특성이 요구되는 전기재료로서 많이 사용되고 있다. FRP는 옥외용 애자의 심봉재료, 전력기기의 부품 등 절연성이 요구되는 구조재료로 많이 사용되고 있다. FRP의 기계적 강도가 거의 섬유에 의존하기 때문에 섬유의 배향은 FRP의 기계적 강도에 크게 영향을 미치게 된다.

본 연구에서는 섬유의 배향이 강도에 미치는 영향을 조사하기 위하여 압축강도와 굽힘강도 및 그 응력의 분포에 대하여 유한요소법으로 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션 결과와 비교하기 위하여 시뮬레이션

한 형태와 같은 시편을 제작하여 압축강도와 굽힘강도를 측정하였다. 제작된 시편의 강도와 시뮬레이션 결과를 서로 비교하여 시편의 파괴에 미치는 응력에 대하여 고찰하였다.

2. 실험 및 방법

2.1 FRP 시편제작

비닐에스터 수지와 E-유리섬유를 사용하여 먼저 인발성형법으로 FRP 봉을 제작하였다. 방향성을 부여하기 위하여 인발성형법으로 제작한 봉 위에 필라멘트 와인딩법으로 $\pm 15^\circ$, $\pm 30^\circ$, $\pm 45^\circ$, $\pm 60^\circ$, $\pm 75^\circ$, 90° 의 각으로 와인딩하였다.

2.2 강도 및 응력분포 시뮬레이션

하중이 시편에 가해질 때 강도의 변화와 응력의 분포를 알기 위하여 유한요소법으로 시뮬레이션 하

* : 한국전기연구원 전략기술연구단
(경남 창원시 성주동 28-1,
Fax: 055-280-1590
E-mail : hypark@keri.re.kr, dpkang@keri.re.kr)

였다. 사용한 프로그램은 ANSYS였다. 복합재료의 파괴강도기준은 일정한 변형이 발생하였을 때 파괴가 일어나는 것으로 정의하는 최대변형률 기준, 일정한 응력이 발생하였을 때 파괴가 발생하는 것으로 정의하는 최대응력기준, 그리고 변형률과 응력 등을 복합적으로 고려하여 파괴를 정의하는 Tsai-Wu 파괴이론이 있다. 본 연구에서는 Tsai-Wu 파괴이론을 사용하여 강도를 시뮬레이션 하였다.

3. 결과 및 고찰

섬유의 배향에 따른 강도를 시뮬레이션하여 실제 측정된 강도와 서로 비교하였다. 그리고 응력의 분포해석을 통하여 그 값의 오차를 이해하고자 하였다.

3.1 압축강도

압축강도를 시뮬레이션한 것을 그림 1, 압축강도를 측정된 것을 그림 2 그리고 일정한 압축응력이 작용되었을 때 나타나는 응력의 분포를 그림 3에 나타내었다.

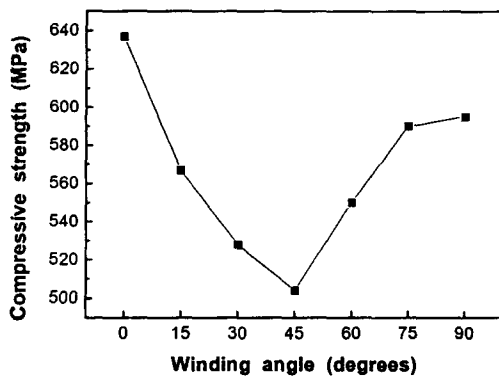


그림 1. 와인딩 각에 따른 압축강도의 시뮬레이션.

그림 1의 시뮬레이션한 강도와 그림 2의 실제 측정된 강도는 매우 다르게 나타났다. 그림 3의 응력 분포 시뮬레이션에서는 Z 방향의 응력이 가장 높은 값을 나타내었지만 그 크기는 섬유의 방향에 따라서 크게 편차를 나타내지 않았다. 그림 2의 섬유의 방향에 따른 압축강도는 그림 3의 전단응력 τ_{zx} , τ_{yz} 과 잘 맞는 양상을 나타내고 있다. 압축강도에 영향을 미치는 주된 인자는 전단응력으로 해석을 할 수 있다.

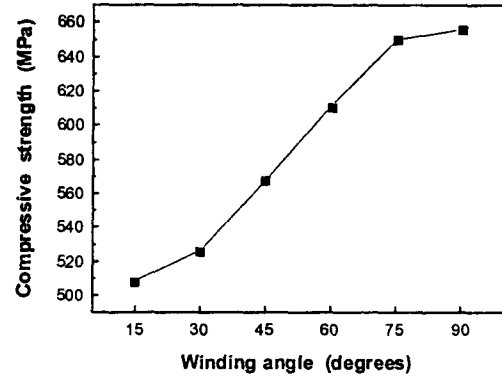


그림 2. 와인딩 각에 따른 압축강도의 변화.

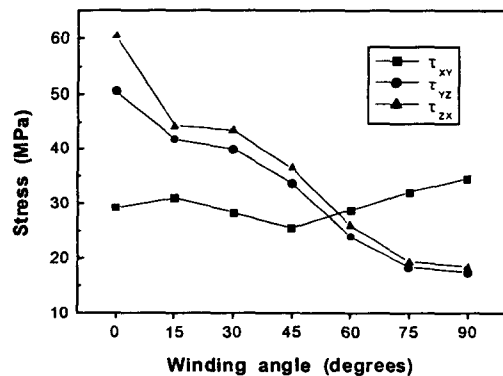
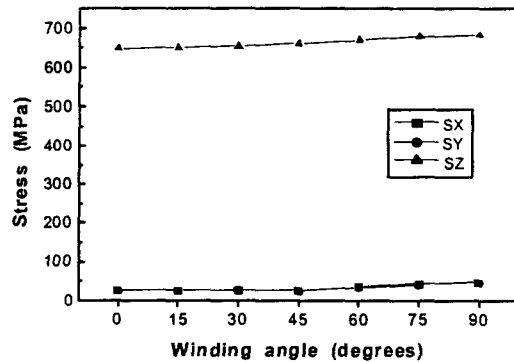


그림 3. 와인딩 각에 따른 압축응력의 시뮬레이션
SX, SY, SZ : X,Y,Z 방향의 응력
 τ_{xy} , τ_{yz} , τ_{zx} : 전단응력

3.2 굽힘강도

굽힘강도를 시뮬레이션한 것을 그림 4, 굽힘강도를 측정된 것을 그림 5 그리고 일정한 굽힘응력이 작용되었을 때 나타나는 응력의 분포를 그림 6에 나타내었다.

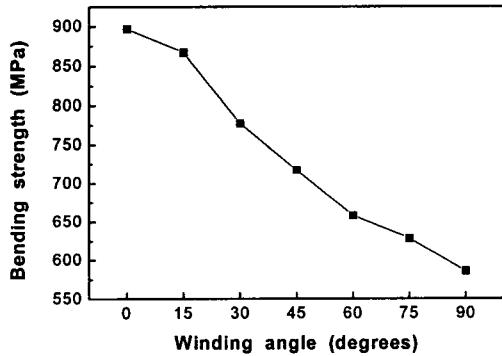


그림 4. 와인딩 각에 따른 굽힘강도의 시뮬레이션

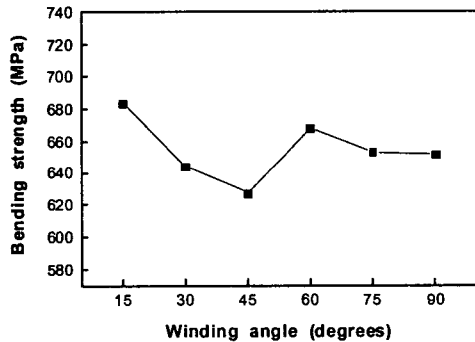


그림 5. 와인딩 각에 따른 굽힘강도의 변화

그림 4의 시뮬레이션한 강도와 그림 5의 실제 측정된 강도는 매우 다르게 나타났다. 그림 6의 응력 분포 시뮬레이션에서는 Z 방향의 응력이 가장 높은 값을 나타내었고 그 외의 방향의 응력 및 전단응력의 값은 상대적으로 낮은 값을 나타내고 있다. 그러나 파괴는 섬유와 수지와와의 분리에 의한 전단응력에 의하여 파괴될 것으로 예상되는데 다른 전단응력에 비하여 와인딩 각에 대한 응력의 편차는 전단응력 τ_{yz} 가 가장 크게 나타났다. 따라서 전단응력 τ_{yz} 가 파괴에 미치는 영향이 가장 크게 되며 그림 5의 실제 측정된 값과 매우 유사한 움직임을 나타내고 있다. 굽힘강도에 영향을 미치는 주된 인자는 전단응력 τ_{yz} 로 해석을 할 수 있다.

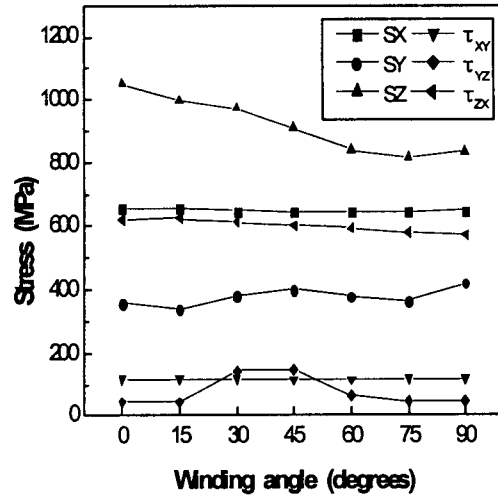


그림 6. winding 각에 따른 굽힘응력 시뮬레이션
SX, SY, SZ : X,Y,Z 방향의 응력
 $\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$: 전단응력

4. 결론

유리섬유의 배향에 따른 강도의 시뮬레이션과 실제의 측정값은 매우 다르게 나타났다. 그것은 응력의 분포를 해석한 결과 전단응력이 크게 작용하였기 때문이었다. 강도의 시뮬레이션 결과는 모든 응력을 고르게 반영한 결과이지만 실제로 파괴에 미치는 주된 응력은 전단응력이므로 전단응력의 결과를 더 크게 반영하여야 한다.

참고 문헌

- [1] K. J. Bathe, "Finite element procedures", Prentice Hall, 1996
- [2] Robert M. Jones, "Mechanics of composite materials", Mcgraw-Hill, pp80-83, 1967
- [3] Robert M. Jones, "Mechanics of composite materials", Mcgraw-Hill, pp80-83, 1967
- [4] C. Zweben, H. T. Hahn, T. W. Chou, "Mechanical behavior and properties of composite materials", Vol. 1, pp62-69, Technomic publishing Co., 1989.