

# Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Woven-fabric 복합재료의 전자파특성

박남훈\* · 윤희석\*\* · 香川 豊\*\*\*

## Electromagnetic Wave Characteristics of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Woven-Fabric Composites

Namhoon Park, Hiseak Yoon and Kagawa Yutaka

**Key Words** : Electromagnetic Wave(전자파), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Woven-fabric(평직 알루미나), GFRP(유리 섬유강화복합재료), Reflectivity(반사), Transmission(투과)

### Abstract

Recently, GFRP is well known as a structural material for the radome of aircraft. In this paper, we have observed the reflectivity of electromagnetic waves on GFRP reinforced with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> woven fabric. The result of the experiment has revealed that the reflectivity of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/GFRP composites is remarkably reduced compared with that of GFRP. And it also shows that the electromagnetic wave reflections are greatly influenced by the number of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> plies in a specific frequency band. These results are expected to be utilized for the technique of manufacturing a low-reflectivity composite structure.

### 기호설명

GFRP : Glass Fiber-Reinforced Plastics

$\epsilon$  : Dielectric Permittivity

$\rho$  : Conductivity

dB : Decibel

P : Power

### 1. 서 론

복합재료는 높은 비강성, 비강도 그리고 낮은 열팽창 계수의 특성을 필요로 하는 첨단 장비의 수요증가로 인하여 비약적인 발전을 거듭했다.

특히 원하는 방향의 강성과 강도가 요구되는 항공기 재료나 온도변화가 심한 우주공간에서 치수 안정성이 요구되는 인공위성의 구조물 재료에 복합재료가 널리 활용되고 있다[8].

최근에는 입사되는 전자파 에너지를 내부 열에너지로 변환할 수 있는 전자파 흡수 복합재료 연구가 국내외적으로 활발하게 진행되고 있다[1-3, 5, 7]. 그러나 전자파와 관련된 국내 연구는 아직까지 초기 단계로서 특정 재료의 흡수 또는 반사특성에 있어서 광대역 전자파에 대하여 응용할 수 있는 기술이 미비한 상태이다[3].

본 실험에서는 전자파 흡수 복합재료와는 다른 전자파 저(低)반사율 복합재료에 대하여 실험을 하였다. 전자파 저반사율(low-reflectivity) 복합재료란 재료의 전자파 반사율을 낮추어 레이더 전자파의 신뢰성을 확보하면서 레이더를 보호할 수 있는 재료이다. 현재 레이더 돔형 커버, 고속 전철 레이더 장착부 커버, 전투 항공기 레이더

\* 전남대학교 기계공학과 대학원

\*\* 전남대학교 기계시스템공학부

\*\*\* 東京大學校 生産技術研究所

커버에 널리 사용되고 있는 GFRP의 전자파 반사율을 본 실험에서 측정하여 보았으며 20~30GHz의 주파수 대역에서 반사율이 대략 0.3(2.3절 참조)임을 확인하였다. 레이더 커버의 전자파 반사율이 높다면 발생된 전자파에 비하여 투과되는 전자파가 적으며 또한 목표물에 반사되어 들어오는 전자파의 양이 감소된다는 의미이다. 그러므로 목표물에 대한 정확한 정보를 확인하기 위해서는 더 높은 전력을 사용하여 전자파를 발생시켜야 한다.

따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 실험에서는  $Al_2O_3$  평직물을 이용하여 2층 복합 적층판을 제작하여 전자파의 투과/반사율을 측정하였으며 다음 두 가지 항목에 중점을 두어 실험하였다.

- $Al_2O_3$  평직물은 GFRP의 전자파 반사율에 어느 정도 기여하는가?
- $Al_2O_3$  평직물의 적층수가 증가할수록 전자파 반사율에 어떠한 변화가 있는가?

## 2. 실험방법

### 2.1 실험재료 및 시험편

실험시험편은 2mm 두께의 GFRP표면에  $Al_2O_3$  평직물을 Epoxy로 경화시킨 재료 (이하  $Al_2O_3$ /GFRP 복합재료라고 표기하였음.)를 사용하였다. 에폭시 구성성분은 에폭시 : 경화제 : 촉매제 = 10 : 8.6 : 0.05의 무게 비율로 제조하였다.

$Al_2O_3$  평직물에 대한 에폭시의 침투성을 높이기 위해 오븐에서 60℃로 10분간 가열하여 에폭시의 점도를 낮추었다. 이렇게 준비된 에폭시에  $Al_2O_3$  평직물을 함침시킨 후 밀폐용기에 진공 펌프를 연결한 감압장치를 이용하여 1시간동안 에폭시 내에 있는 기포를 제거하였다. 이러한 과정을 3~4회 반복한 후, 오븐에서 시험편을 경화하였다.

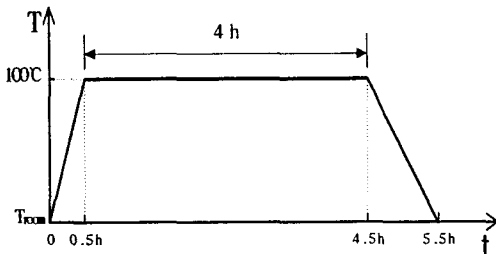


Fig. 1 Curing cycle of the specimen

경화 사이클은 Fig. 1과 같으며 상온에서 100℃까지 30분, 100℃에서 4시간, 100℃에서 상온까지 1시간동안 각각 실시하였다.

경화 완료 후 시험편의 표면을 연마하였으며 완성된 시험편의 형상은 Fig. 2와 같다.

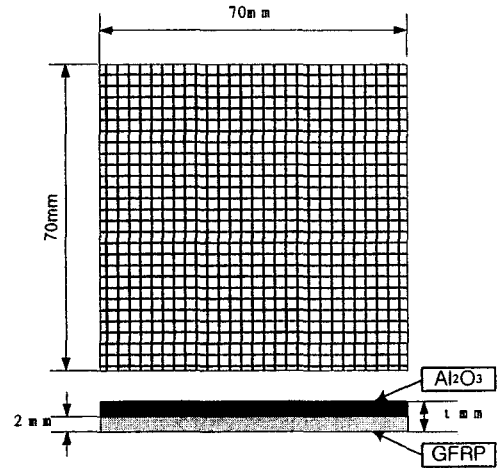


Fig. 2 Dimensions of the specimen

본 실험에 사용한 시험편은 GFRP 1종과  $Al_2O_3$ /GFRP 복합재료 3종을 제작하였으며 시험편의 제원은 Table 1과 같다. 각각의 시험편의 두께는  $Al_2O_3$  평직물의 적층수에 따라 달라지는데, 이는 시험편의 에폭시 양이  $Al_2O_3$  평직물의 적층수에 따라 차이가 있기 때문이다.

Table 1 The Configuration of the specimen

Name of Specimens	Base	No. of $Al_2O_3$ Ply	Thickness t(mm)
GFRP		0	2.00
Ply 1	GFRP (2 mm)	1	2.50
Ply 2		2	2.65
Ply 3		3	2.81

### 2.2 실험장비

본 실험에서 사용된 실험장비의 구성은 Fig. 3과 같다. 장비에 구성된 2개의 파원기(波源機, Radar)는 전자파의 발생/측정이 가능하며 파원기의 제어장비는 Hewlett Packard사의 87220 모델을 사용하였다.

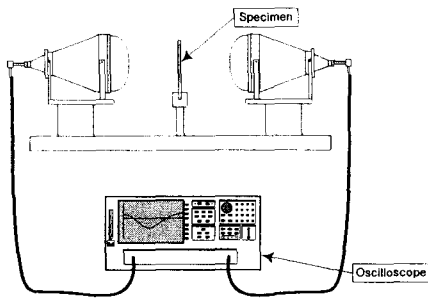


Fig. 3 Experimental equipment for the measurement of the electromagnetic wave

데이터 측정의 정확성을 위하여 시편과 2개의 파원기를 일직선상에 배치하였고 파원기의 전자파 초점거리를 맞추기 위하여 시편표면으로부터 143.1mm 거리에 파원기를 위치시켰으며 이에 대한 배치는 Fig. 4와 같다.

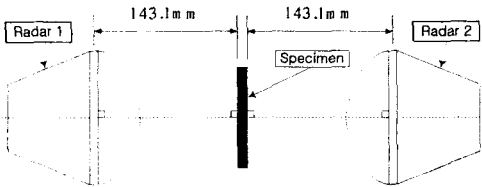


Fig. 4 The Configuration of specimen and radars

본 장비는 측정된 데이터가 모두 dB로 출력된다. 측정 방식은 Radar1에서 전자파를 발생시켰을 때 시편에 대한 전자파 투과는 Radar2에서 측정된 데이터이고 반사는 Radar1에서 측정된 데이터이다. 본 실험에서는 20~30GHz의 주파수 대역을 200구간으로 나누어 각 주파수에서 전자파의 투과/반사를 측정하였다.

### 2.3 측정이론

오실로스코프의 데이터 측정은 전자파를 발생시킬 때 필요한 전력( $P_{input}$ )과 반사/투과되어 측정된 전력( $P_{output}$ )사이의 관계를 dB로 나타냈으며 다음 식을 이용하여 dB와 전력사이의 관계를 구할 수 있다[4,6].

$$dB = 10 \log \left( \frac{P_{output}}{P_{input}} \right)$$

따라서 투과율 및 반사율은 다음과 같이 계산된다.

$$(\text{투과/반사율}) = \frac{P_{output}}{P_{input}} = 10^{\frac{dB}{10}}$$

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 결과

본 실험에서는  $Al_2O_3$ /GFRP 복합재료의 적층수 변화에 따른 전자파 반사율을 측정하여 GFRP의 전자파 반사율과 어떤 차이가 발생하는지 실험하였다. 각 재료의 전자파 특성에 대해 조사된 내용은 없으며 본 실험에서 구한 데이터를 비교 자료로만 사용하였다.

각 시편들에 대한 전자파 투과/반사율을 측정 한 결과는 Fig. 5, 6과 같다. 아래 그래프의 데이터 값이  $dB \approx 0$ 이면  $P_{output} \approx P_{input}$ ,  $dB \approx -\infty$ 면  $P_{output} \approx 0$ 이라는 의미이다.

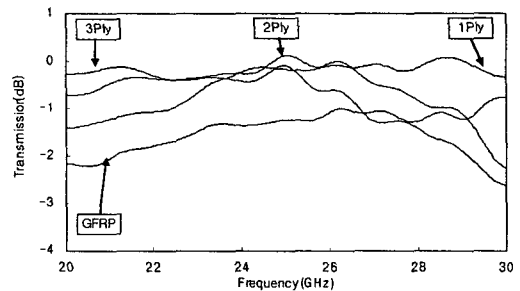


Fig. 5 The Transmission of wave in  $Al_2O_3$ /GFRP composites

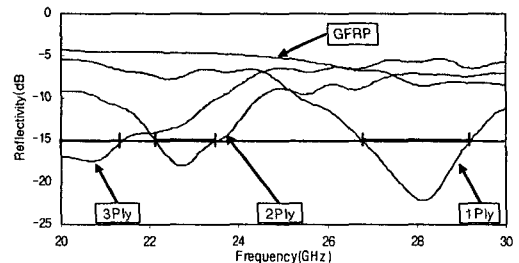


Fig. 6 The Reflectivity of wave in  $Al_2O_3$ /GFRP composites

Fig. 5는  $Al_2O_3$ /GFRP 복합재료의 전자파 투과가 GFRP의 전자파 투과에 비하여 높음을 보여주고 있으며 Fig. 6는  $Al_2O_3$ /GFRP 복합재료의 전자파 반사가 GFRP의 전자파 반사에 비하여 적층수에 따라 특정주파수 영역에서 현저하게 감소함을 보

여준다. 특히 각각의 침점 부근에서는 GFRP보다 약 10dB정도 감소(-5dB → -15dB)함을 관찰할 수 있다. 실제 반사율과 이론식(2.3절)을 이용하여 구해진 반사율을 비교해 본 결과 실제 반사율은 약 90% 감소(0.316→ 0.031)함을 알 수 있었다.

### 3.2 고찰

각각의 적층수에 대하여 반사가 -15dB이하인 구역을 수직선으로 나타내고, 3개의 데이터에 대하여 선형 추세선을 재구성하면 Fig. 7과 같다.

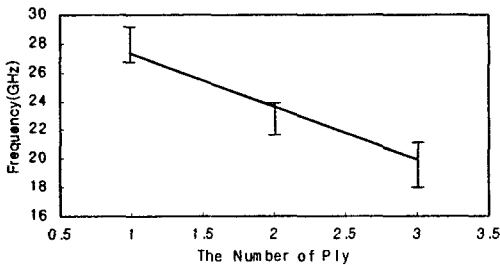


Fig. 7 Frequency range of the lowest reflectivity according to the number of ply

일반적으로 전자파 반사율을 낮추기 위한 방법으로는 유전율( $\epsilon$ )과 전기 전도율( $\rho$ )이 다른 재료를 표면에 결합하여 제작하는 방법을 기본으로 하고 있다. 본 실험에서는 유전율과 전기 전도율이 다른 재료를 결합하는 방법을 통해 GHz 주파수 대역에서 GFRP의 전자파 반사율을 낮출 수 있게 되었으며,  $Al_2O_3$ /GFRP 복합재료의 두께에 따른 전자파 저반사율 위치를 예측할 수 있게 되었는데 이와 관련된 이론적인 연구가 요구된다.

이러한 결과는 장비에 사용되어지는 특정 주파수 대역에 맞추어 저반사율 복합재료를 제작할 수 있는 기술에 활용될 것으로 기대된다.

## 4. 결론

본 실험에서는 GFRP와  $Al_2O_3$ /GFRP 복합재료를 이용하여  $Al_2O_3$  평직물 적층수 변화에 따른 전자파 반사율을 측정하여 분석함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1)  $Al_2O_3$ /GFRP 복합재료는 특정 주파수 대역에서 적층수에 따른 전자파 반사율이 GFRP에 비하

여 약 90% 감소하였다.

2)  $Al_2O_3$ /GFRP 복합재료의 전자파 반사율이 적층수에 따라 각각 21, 23, 28GHz 구간에서 크게 감소함을 알 수 있는데, 이러한 결과는 특정 주파수 대역에 맞추어 저반사율  $Al_2O_3$ /GFRP 복합재료 제작기술에 활용될 것으로 기대된다.

3)  $Al_2O_3$ /GFRP 복합재료의 두께에 따른 전자파 저반사율 위치를 예측할 수 있게 되었는데 이와 관련된 이론적인 연구가 요구된다.

## 후 기

본 연구는 동경대학 생산기술연구소 Kagawa 연구실 공학연수를 통하여 전남대 BK21 지역대학 육성 사업단의 지원을 받아 수행되었습니다.

## 참고문헌

- (1) Hisayoshi IBA, Yuusuke IMAHASHI and Yutaka KAGAWA, "Micro/Mili wave electromagnetic shielding material using nano-meter order surface modified SiC-Base fiber", SEISAN-KENKYU, VOL.53, NO.9-10, pp.451~453.
- (2) S. Marchant, et. al., "Free-space microwave characteristics of polypyrrole coated glass fibre", Synthetic Metals 96, pp.35-34, 1998.
- (3) 橋本修, "電波吸收入門", 森北出版株式會社, pp.90~105.
- (4) 大森俊一, 橫島一郎, 中根央, "高周波・マイクロ波測定", コロナ社, pp.24~29.
- (5) A. V. Danilov, et. al., "Electromagnetic waves scattering by periodic plasma structure", Physica A 241, pp.226~230, 1997.
- (6) 차동우, "전자기학", 대웅출판사, 1999.
- (7) N.Dishovsky, M. Grigorova, "On the correlation between electromagnetic waves absorption and electrical conductivity of carbon black filled polyethylenes", Materials Research Bulletin 35, pp.403~409, 2000.
- (8) RONALD F. GIBSON, "Principles of Composite Material Mechanics", Mc Graw Hill, 1994.