

기계적 특성이 우수한 원통형 복합재료 안테나의 설계 및 충격 실험

김동섭* · 조상현** · 황운봉* · 이중희***

Design and Impact Testing of Cylindrical Composite-Antenna-Structures having High Mechanical Performanc

D.S.Kim, S.H.Jo, W.Hwang and J.H.Lee

Abstract

The Objective of this work was to design Composite Antenna Structures (CAS) and investigate impact behavior of CAS which was various curvature. This term, CAS, indicates that structural surface becomes antenna. Constituent materials were selected considering electrical properties, dielectric constants and tangent loss as well as mechanical properties. For the antenna performance, microstrip antenna layers inserted into structural layers were designed for satellite communication at the resonant frequency of 12.5 GHz and final demonstration article was. After making five kinds of curved CAS, which radii of curvature are flat, 200, 150, 100, 50 mm. The antenna performance changed in accordance with variation of curvature. The Reflection coefficient was independent of curvature but the gain decreased with the radius of curvature. The impact test equipment was Dyna-8250 drop weight tester. The impact characteristic in accordance with curvature is maximum absorb energy is same each other. The impact energy was 8.5 J. For various Impact energy test, five energy levels 3 J, 5 J, 7 J, 10 J, 20 J were used. The performance of impact damaged antenna was estimated by measuring the return loss and the radiation pattern. It was revealed that the performance of antenna was not related to the impact damage. Because the impactor did not damage the patch directly. CAS have good impact stability for the antenna performance.

Key Words: Composite-Antenna-Structures(CAS), Sandwich Structure, Microstrip Antenna, Impact Characteristic

1. 서론

오늘날 무선 통신 기술의 발달과 더불어 다양한 통신 서비스에 대한 요구가 증대됨에 따라 각 시스템에 적합한 안테나에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 1996년부터 미국의 Wright Patterson Air Force에서는 항공기의 안테나 부착에 의한 돌출부와 결합을 근본적으로 제거하기

위하여 안테나 기능과 함께 강도, 강성 등의 구조적 특성을 갖는 CLAS(Conformal Load-bearing Antenna Structure)에 관한 연구를 수행하고 있다 [1, 2]. 또한, 복합재료는 비강도가 크고 내충격성이 뛰어나며 흡음성, 평활성 및 제진성 등이 우수하여 구조체의 경량화 및 안정성 향상이 기대되는 대체 재료로서 주목 받고 있다.

이러한 복합재료 샌드위치 구조물에 antenna의 기능을 추가 한 CLAS를 항공기나 자동차 등의 표면에 이용을 하고자 하며 이 때에는 필연적으로 구조에 곡률이 발생하게 된다. 이에 따라 구조의 기계적인 특성이나 안테나의 특성이 변화될 것이다. 이 논문에서는 이러한 CLAS의 개념을 바탕으로 복합재료 샌드위치 구조물에 위성

* 포항공과대학교 기계공학과

** 현대자동차 연구원

*** 전북대학교 고분자공학과

통신용 안테나 기능을 삽입한 복합재료 안테나 (Composite-Antenna-Structures, CAS)를 설계, 이 안테나의 곡률 변화에 따른 안테나의 성능변화를 살펴본다. 또한 충격손상이 발생하기 쉬운 복합재료의 특성을 고려 곡률에 따른 충격 특성의 변화를 살펴보고 충격 에너지를 변화 시켜 안테나의 성능의 변화를 알아보고자 한다.

2. 복합재료 안테나 구조 및 설계

2.1 전체구조 및 재료

각 판별층은 facesheet, dielectric, honeycomb, supporter, radiating patch, aperture-coupled feeding의 안테나 요소로 구성되며 Figure 1.에 묘사하였고 구조적, 전기적 특성은 Table 1.에 나타내었다. 설계된 안테나는 국내에서 상용서비스중인 무궁화위성의 위성체 제원을 고려하여 설정된 성능요구조건을 기준으로 사용하였다. 사용주파수는 12.5 GHz의 중심주파수로 12.25 - 12.75 GHz의 대역폭을 가진다. 대역폭은 VSWR 2 이하를 기준으로 500 MHz의 선형편파(수직편파)를 사용하였다. 단일 안테나는 중심 주파수인 12.5 GHz에서 공진을 일으키는 직사각형의 패치로 가로 7.7 mm, 세로 13.6 mm 로 설계하였다. 급전선의 특성 임피던스는 50 옴을 사용하여 1.6 mm 폭을 결정 하였다. 안테나 설계과정은 안테나 디자인 소프트웨어인 Ensemble 5.1을 이용하여 진행하였다.

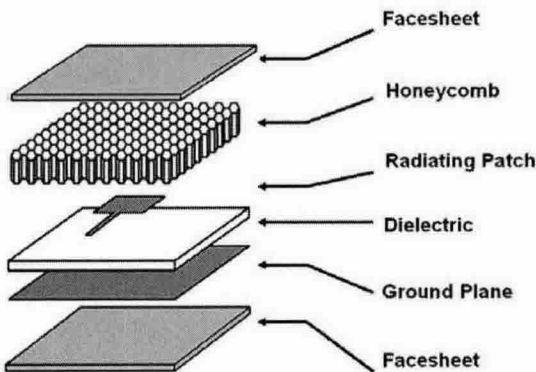


Figure 1. Configuration of Composite-Antenna-Structures

Table 1. Contributions of panel component

Layer	Material	Electrical	Mechanical
Top Sheet	Grass Epoxy (0/90/90/0)	$\epsilon_r = 4$ $\tan \delta = 0.03$	$E = 25$ [GPa] $\sigma_U = 570$ [MPa]
Honeycomb	Shawa Honey comb OX-core	$\epsilon_r = 1.1$ $\tan \delta \approx 0$	$E = 88.63$ [GPa]
Dielectric	Duroid 5880 (Rogers)	$\epsilon_r = 2.2$ $\tan \delta \approx 0.0009$	$E = 940$ [GPa] $\sigma_U = 52$ [MPa]
Bottom Sheet	Grass Epoxy (0/90/90/0)	$\epsilon_r = 4$ $\tan \delta \approx 0.03$	$E = 25$ [GPa] $\sigma_U = 570$ [MPa]

2.2 배열 안테나 설계

단일 안테나를 기본으로 하여 적층구조와 재료가 동일한 2x1, 4x1의 배열 안테나를 설계 하였다. 본 연구에서는 곡률변화에 대한 안테나의 성능 변화를 보는 것이 목적이기 때문에 안테나는 한 방향으로만 배열을 늘렸다. 이때 패치사이의 간격은 0.9λ (21.6 mm)로서 안테나의 이득이 3 dBi가 증가하는 거리이다. 그리고 각 패치에서 균일한 방사가 이루어지도록 병렬, 균일 급전으로 설계를 하였다.

2.3 적층 및 경화

본 논문에 사용된 복합 재료는 $0^\circ/90^\circ/90^\circ/0^\circ$ 로 적층하고 Autoclave를 이용하여 하여 경화후의 두께는 0.5 mm 가 되도록 하였다. 또한 곡률을 가진 면재를 만들기 위해서 금형을 직접 제작을 하였다. 얇은 철판을 적당한 형태로 잘라 표면을 만들고 Autoclave 경화 시 고압과 고열을 견딜 수 있도록 내부에는 석고를 채워 주었다. 이러한 방법으로 금형을 곡률반경이 각각 200 mm, 150 mm, 100 mm, 50 mm 가 되도록 제작하고 이를 이용하여 곡률을 갖는 안테나를 제작 하였다.

3. 안테나 성능 측정

3.1 안테나 성능 측정

Network analyzer를 이용하여 제작된 안테나의 반사계수를 측정하여 본 결과 단일 안테나와 2x1, 4x1 배열 안테나의 경우 공진 주파수와 대역폭이 설계 시와 거의 일치하는 12.5 GHz에서의 공진이 발생하였고 대역폭은 -10 dB 이하를 기준으로 12.25 Ghz ~ 12.75 GHz를 얻을 수 있었다.

그 결과는 Figure 2.에 나타내었다.

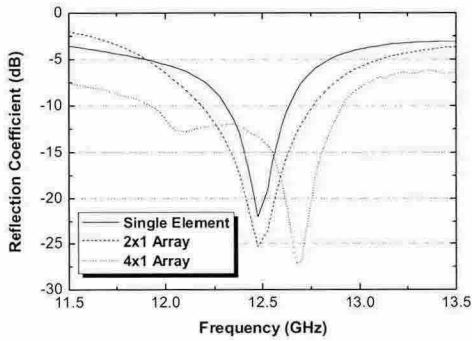


Figure 2. Reflection Coefficient Comparison

Compact range에서 방사 패턴을 측정한 결과 Figure 3.에서처럼 단일 안테나의 경우 하나의 브로드한 빔을 얻을 수 있고 2x1 안테나의 경우 이보다 좁은 빔의 모습을 보여 준다. 4x1 안테나의 경우는 각 소자 사이에서 빔이 합쳐지므로 주빔의 경우 2x1 안테나의 보다 더욱 좁아진 모습을 보이고 이득은 증가 하였다.

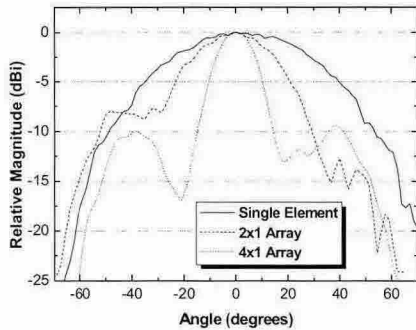


Figure 3. Radiation Patterns Comparison

곡률에 따른 안테나 성능 비교를 위하여 4x1 안테나에 곡률을 주어 안테나 성능을 비교 하였다. 곡률반경이 각각 200 mm, 150 mm, 100 mm, 50 mm 이다. 반사계수의 측정결과 공진 주파수의 변화가 거의 없다는 것을 알 수 있었으며 그 결과를 Figure 4.에 나타내었다. 또한, 방사패턴의 측정결과를 Figure 5.에 나타내었다. 배열 안테나

의 경우 파동의 보강 간섭을 이용하여 진폭을 키우는 것으로 생각할 수 있지만 각 소자가 같은 수직된 방향을 바라보는 것이 아니라 빔의 각도가 조금씩 달라지게되어 차츰 빔 소자간의 합성이 어려워지며 곡률이 50 mm의 경우에는 메인 빔 조차 갈라지고 있는 모습을 나타내었다. 그러면서 안테나의 이득의 경우에도 곡률이 증가함에 따라 차츰 감소하는 결과를 나타내었다.

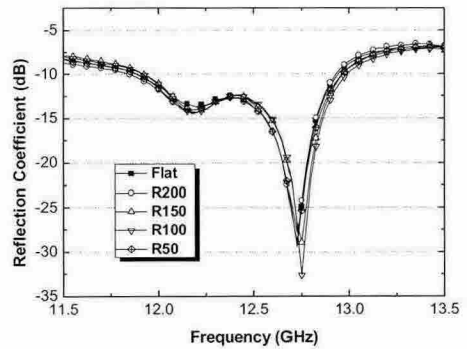


Figure 4. Reflection Coefficient Comparison of Curvature

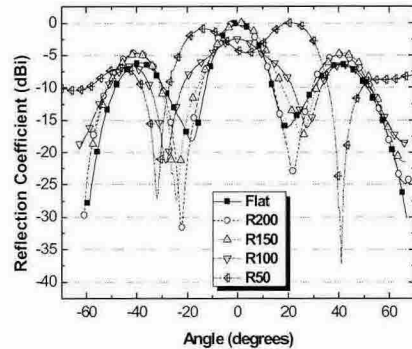


Figure 5. Radiation Patterns Comparison of Curvature

4. 충격 실험 후의 안테나 성능

4.1 충격 실험

충격 실험을 위한 시편의 재료 및 구조 등은 2장에서 사용한 것과 동일하다. 곡률반경 200 mm의 구조물을 사용하여 다양한 충격 에너지에 의하여 손상을 받은 후의 안테나에 관하여 성능 측정을 하였다. 충격 에너지는 면제에 층간 분리가

발생 할 수 있는 3 J부터 구조물의 바닥까지 충격 손상이 가해 질 수 있는 즉 관통이 일어나기 직전인 20 J까지 변화시키면서 실험을 수행하였으며 그 결과를 Table 2.에 나타내었다.

Table 2. Various Energy Level Impact test results

Impact Energy [J]	Impact Velocity [m/sec]	Maximum Contact Force [kN]	Maximum Deformation [mm]	Absorbed Energy [J]
3	1.04	0.96	5.45	2.48
5	1.41	1.26	7.74	4.04
7	1.63	1.46	8.55	5.77
10	1.92	1.57	11.35	7.91
20	2.76	1.97	15.9	17.93

4.2 충격 실험 후의 안테나 성능측정

20 J의 에너지로 구조물에 충격을 가한 후 안테나의 성능을 측정하였다. 그 결과는 Figure 6. 및 Figure 7.에 나타내었다. 안테나 구조물에 충격을 가할 때 직경 12.7 mm의 반원 형상의 충격체가 안테나의 중앙을 때리게 되는데 이때 구조물의 중앙은 방사 소자간의 공간을 때리게 된다. 그러므로 이 정도의 국부적인 손상으로는 안테나 성능에 큰 영향을 끼치지 못함을 알 수 있었고 안테나 구조물이 국부적인 손상에서도 제 성능을 발휘 할 수 있음을 보여 준다.

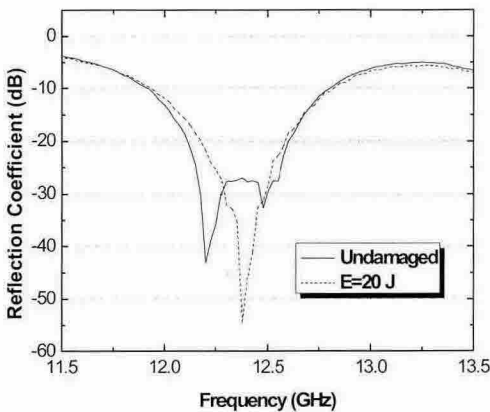


Figure 6. Reflection Coefficient Comparison after damage

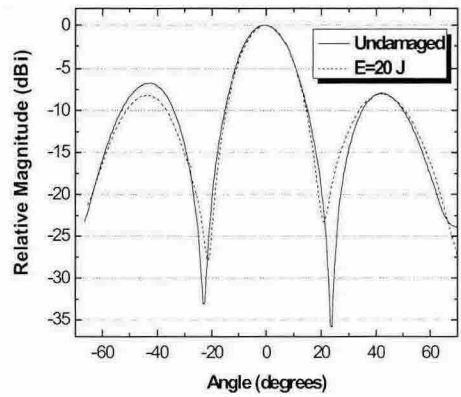


Figure 7. Radiation Pattern Comparison after damage

5. 결론

1. 복합재료 안테나를 설계 및 제작 측정하였고, 이 안테나에 곡률을 가하여 변화하는 안테나 성능을 비교하였다.
2. 안테나의 반사계수 특성은 곡률과 무관 하였으나 방사패턴과 이득이 곡률이 증가할수록 감소한다.
3. 안테나 구조물에 관통에 가까운 손상을 주었음에도 안테나 성능에는 큰 변화를 보이지 않으므로 안테나 구조물의 신뢰성을 확인 할 수 있었다.

후 기

본 연구는 고효율 수소에너지 제조·저장·이용 기술개발사업단(HERC-M103KW010007-04K2301-00731)의 지원을 받아 수행되었으며 본 연구에 도움을 주신 (주)KCR의 연구원 관계자 여러분에게 감사드립니다.

참고문헌

- (1) A. Hopkins, et al. 1997. AIAA SDM Conference: 521-530.
- (2) A. J. Lockyer, et al. 1994. SPIE Smart Structures and Materials, 2189:172-183.