

풍속을 고려한 안테나 포지셔너 시스템의 해석과 설계 방안

Finite Element Analysis and Design Approach for Antenna Positioner Systems Considering Wind Speed

조도연, 장태호, 전상욱, *김영식

D. Y. Jo, T. H. Jang, S.W.Jeon, *Y. Kim (youngshik@hanbat.ac.kr)

한밭대학교 기계공학부

Key words : Antenna positioner, torque, wind pressure, wind speed

1. 서론

글로벌 네트워크 시스템이 구축됨에 따라 위성통신 시스템의 필요성도 가중되고 있고 위성 통신 시스템을 위해 사용되는 안테나의 수요도 비례적으로 증가하고 있다. 이 연구에서는 차량 등에 설치되는 이동용 안테나 시스템의 반사판(reflector)의 정면 또는 후면에 작용하는 풍속과 하중의 영향을 고려하여, 안테나 포지셔너(antenna positioner, Fig. 1) 설계를 위한 토크(torque)를 계산하고 응력을 해석하였다.

기존의 안테나 와 관련된 논문들은 안테나의 통신 시스템(Communication System) 안정성을 고려하는 연구들이[1] 대부분이며, 안테나의 구조적 안정성(structural stability)을 고려한 논문은 찾아보기 힘들다. 이 논문은 기존의 논문들과 달리 바람을 고려한 안테나 구조물의 안정성을 위한 설계에 중점을 두고 해석 값을 제시하고 있다.

본 연구에서는 먼저 최악의 시나리오를 가정하여 최대 풍속에서 안테나 반사판 정면으로 작용하는

풍압 하중을 계산하고 안테나를 구동하는데 필요한 모터의 토크를 계산하였다. 그리고 시스템의 구조적 취약부 및 안정성을 확인하기 위하여 FEM 툴을 사용하여 안테나 포지셔너 시스템을 해석하였다.

2. 설계 방법 및 조건

안테나 포지셔너는 Fig. 1과 같이 크게 안테나 반사판, 반사판을 지지하는 지지대, 그리고 안테나에 신호를 송수신하는 피드를 지탱하는 피드 지지대로 구성되어 있다. 먼저 풍속의 영향을 고려한 풍하중 계산에 베르누이 방정식[2]을 사용하여 설계 속도압 P 를 계산한다,

$$P = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (1)$$

여기서 v 는 풍속, 공기밀도 $\rho = 1.275 \text{ kg/m}^3$ 이다. 본 연구에서는 최악의 시나리오로 풍속 120 km/h의 바람이 직접 안테나 반사판에 직접 작용한다고 가정하여, (1)을 이용하여 속도압 $P=736.95 \text{ N/m}^2$ 를 구하였다. 그리고 2001년도 특수교량지침 연구 보고서[3]에 따라 풍하중은 다음과 같이 결정한다,

$$F = PC_D A \quad (2)$$

본 연구에서는 지름 1.2m의 접시 안테나를 사용하였고, 토크 계산을 단순화하기 위하여 반사판을 원형으로 모델링한다. 따라서 풍압하중은 (2)에서 단면적은 $A = \pi r^2$, 원형 단면에 대한 항력계수 C_D 는 1.2 값을 적용하였다. 그 결과 안테나에 작용하는 풍하중 $F=1000.165 \text{ N}$ 이다.

Fig. 2는 안테나 포지셔너 시스템의 자유물체를 나타낸다. 여기에 앞서 계산한 풍하중과 반사판

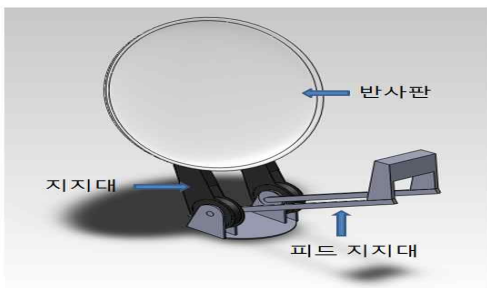


Fig. 1 Antenna positioner

무게 16 kgf, 반사판 지지대 무게 6 kgf, 피드 지지대 무게 3 kgf, 지지대 프레임들의 길이는 각각 1 m를 적용하여 구동점 0점에 대한 모멘트를 계산하여 모터 구동에 필요한 토크 값을 구한다.

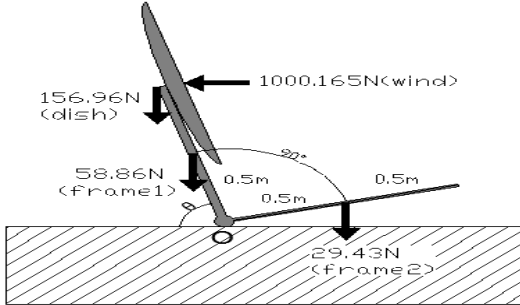


Fig. 2 Free body diagram of an antenna positioner

$$T(\theta) = 1000.165\sin\theta + 156.96\cos\theta + 29.43\cos\theta - 14.715\cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) \quad (3)$$

더 나아가 토크 (3)을 미분하여 다음을 얻는다.

$$\frac{dT(\theta)}{d\theta} = (985.45)\cos\theta - (186.39)\sin\theta \quad (4)$$

식 (3)과 (4)를 이용하면 $\theta=79.29^\circ$ 에서 최대 토크가 발생하며 그 값은 $T=1002.93 \text{ N} \cdot \text{m}$ 이다.

3. 해석 방법 및 조건

계산된 풍하중과 최대 토크 값 그리고 프레임에 작용하는 힘에 근거하여, 각도에 따른 안테나 구조물의 취약부위를 SolidWorks SimulationXpress로 해석하였다. 프레임 재료는 aluminum 5052-H32로

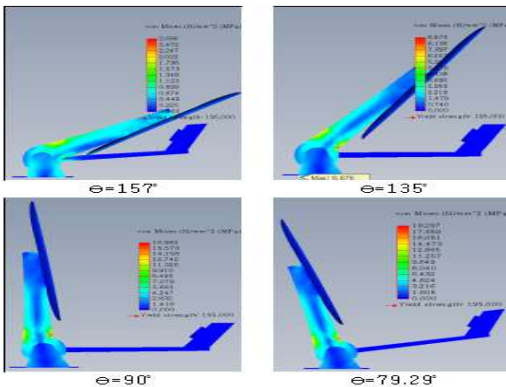


Fig. 3 Von Mises Stress Analysis for several different positioner angles, θ

Table 1 .Von Mises Stress Value for several different positioner angles, θ

θ	Stress(-vonMises-)(MPa)
79.29°	17.6913
90°	16.9892
135	8.87608
157	2.69627

선정했다. Table 1은 θ 에 따른 프레임의 응력 결과 값을 나타내고 있다.

4. 결론

본 연구에서는 120km/h의 풍속이 작용하는 최악의 시나리오를 가정하여 안테나가 받는 풍하중과 하중을 고려하여 토크를 계산하였다. 그리고 FEM 톨을 사용하여 구조적 안정성을 해석하였다. 본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 주어진 풍속이 불 경우, 주어진 안테나 구조물은 1000.165 N의 풍하중을 받는다. 풍하중에 의한 토크는 전체토크의 약 99.7 %를 차지하므로 풍하중의 고려가 중요하다. 참고로 풍속이 증가하면 토크도 그에 따라 증가한다. 토크를 선정할 수 있다. 또한 반사경 하중에 비해 피드 지지대 하중이 작으므로 토크에 영향이 적다.

(2) 해석 프로그램을 통해 θ 가 79.29° 일 때, 바람에 의한 토크와 안테나 하중의 토크의 합이 가장 크게 작용하여 안테나가 가장 많은 응력을 받는다는 점을 확인하였다. 또한, 응력이 집중되는 곳을 육안으로 확인하여 모터 구동 축의 바로 윗부분이 보강할 위치임 확인할 수 있었다.

후기

본 연구는 중소기업청 산학연 공동 기술개발과제에 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. 박경진, 나극환, "무선랜 송수신 특성 개선을 위한 주파수 적응형 안테나 정합 회로 구조 설계", 대한 전자 공학회, pp41-46, 2012
2. J.E.John, W.L.Haberman, "Introduction to FLUID MECHANICS", Prentice Hill, 1988
3. 한국 도로공사 도로연구소, "특수교량의 설계 및 제작지침 연구", 연구보고서, pp119. 2001