

날개 명음소음에 관한 이론 및 실험 연구

Theoretical and Experimental Study on Airfoil Singing

안병권†·김종현*·최종수*

Byoung-Kwon Ahn, Jong-Hyun Kim, Jong-Soo Choi

Key Words : Singing(명음), Vortex(와류), Lock-in phenomenon(구속현상), Self-sustained oscillation(자력진동)

ABSTRACT

Periodic vortex separations generate periodic vertical forces acting on a trailing edge of an airfoil. When a natural frequency of the trailing edge of the airfoil is close to a vortex shedding frequency, an amplitude of the edge oscillation becomes maximal; it makes intensive noise called singing. Motion of the trailing edge may also feedback to the vortex shedding so that self-sustained oscillation appear, and a resonant frequency is locked in some interval of the speed of the incident flow. In this study, a theoretical model is proposed and applied for modeling an airfoil singing. Results are compared with experimental measurements which are carried out in an anechoic wind tunnel.

1. 서론

공학에서 물체의 고유주파수와 가진 주파수가 일치하는 경우 진폭이 증폭되는 공진은 너무나 잘 알려진 현상이다. 현재 모든 공학적인 기본설계 과정에서 이러한 공진을 피하도록 설계하고 있다. 탄성물체의 경우 외부로부터 기진력이 작용하지 않더라도 일반적인 강제진동 운동방정식의 관성력, 감쇠력, 탄성력 중 시간의 함수가 포함되거나 감쇠력이 음의 함수 즉, 외부에너지를 흡수하는 상태를 자력진동(self-sustained oscillation)이라하며 그 대표적인 예로 전선이나 해저 송유관 등에서 발생하는 갈러핑(galloping) 현상이나 날개짓의 불규칙 진동을 들 수 있다. 특히 유동 중에 있는 물체의 고유진동과 물체로부터 박리되는 와류가 공진하여 강한 소음을 발생시키는 현상을 명음(singing)현상이라 한다. 이는 자력진동의 영향으로 넓은 유입속도 영역에서 일정한 주파수 특성을 가지는 구속(lock-in)현상이 발생하는 특성이 있다⁽¹⁾. 이러한 관점에서 박리와류와 이에 따른 유체-구조의 연성문제는 그동안 다각적으로 연구되어 왔다. 수중익선이나 프로펠러 추진 선박의 경우 특정 운용

속도 영역에서 이러한 명음이 발생하여 심각한 소음수준을 유발시키는 사례가 자주 보고되고 있으며 이를 제거하기 위한 연구가 수행 되고 있다. 하지만 명음현상의 발생 조건이 명확히 밝혀지지 않아 설계단계에서 이를 방지할 수 있는 대책이 반영되지 못하고 있는 실정이다. 특히 프로펠러 추진 선박의 경우 프로펠러의 각 날개를 기계적으로 동일하게 가공하였다라도 특정 날개의 특정 부위에서 명음이 발생하는 경우도 있다⁽²⁾. 하지만 실선시험 중에 프로펠러에서 명음이 발생하는 경우 그 발생 위치를 정확하게 찾아내는 것이 어렵기 때문에 프로펠러의 날개 뒷날 부분을 경험적으로 연삭하거나 재가공하여 박리와류의 특성을 제어함으로써 문제를 해결하고 있다⁽³⁾. 하지만 명음의 특성상 특정 운용속도 영역에서 발생을 억제하였다라도 또 다른 속도영역에서 다시 발생할 수 있다는 데 문제의 심각성이 있다⁽⁴⁾.

본 연구에서는 명음현상의 발생 메커니즘을 이해하기 위한 이론 정립을 목적으로 유동 중에 있는 날개에서 발생하는 명음현상을 물리적, 수학적으로 모델링하고 수치해석하였다. 특히 날개에서 발생하는 자력진동 일반적 특징을 자세히 살펴보았으며, 이를 바탕으로 뒷날의 기하학적 형상변화에 따른 명음발생 특성에 대한 유용한 정보를 얻고자 하였다. 또한 명음 메커니즘의 이론 모델링과 해석방법의 검증을 위해 무향 풍동에서 날개에서 발생하는 소음측정 실험을 수행하고 그 결과를 비교분석하였다.

† 교신저자; 정회원, 충남대학교 항공우주선박해양공학부
E-mail : bkahn@cnu.ac.kr
Tel : (042) 821-6630, Fax : (042) 823-5437

* 충남대학교 항공우주선박해양공학부