

## 헬리콥터 소음전파에 대한 대기 안정성의 영향

### Atmospheric Stability Effects on the Sound Propagation from a Helicopter

손은국\* · 이승민\*\* · 이수갑†

Eunkuk Son, Seungmin Lee and Soogab Lee

#### 1. 서론

지난 수십 년간 헬리콥터 소음 저감을 위한 노력들이 활발 하게 이루어져왔다. 헬리콥터 소음의 발생 메커니즘에 대한 소음원 관점에서의 연구뿐만 아니라 그것들의 전파로 인한 비행 경로 주변의 소음도 예측 등의 수음자 관점에서의 예측 연구도 증가하고 있는 상황이다. [1]

본 연구에서는 수음자 관점에서의 소음도 예측을 위해 수치 기법을 이용한 공력 소음원을 구축한 이후 개발된 소음 전파 모델을 사용하였다. 헬리콥터 소음원은 서울대학교 공력소음연구실에서 개발된 공력 및 소음 해석 프로그램인 HeliPA 를 사용하였다. 소음 전파 모델로는 음향 음선 이론을 기반으로 한 모델을 사용하였으며 실제 비행 경로 주변의 소음지도 작성 등을 위해 복잡한 형상을 갖는 실제 지형에서의 소음 예측이 가능하도록 개발되었다. 특히 헬리콥터 소음의 원방 전파 특성을 고려하여 음선의 전파 경로를 더욱 정확히 모사 하기 위해서 대기 안정성(Monin-Obukhov length) 값에 따른 소음 예측을 시도하였다

#### 2. 소음 전파 예측 기법

##### 2.1 소음 전파 모델

소음 전파 모델은 음향 음선 이론(acoustic ray theory)을 기반으로 구축 되었다.

$$|\nabla^2 \tau| = \frac{1}{c^2} \quad (1)$$

음향 음선 이론을 기반으로 소리가 전파될 때 대기에서의 공기 흡음, 지면의 반사 그리고 장애물의 회절의 영향을 고려한 소음도를 예측 하게 된다. [2]

##### 2.2 대기 안정성

대기의 온도 분포와 바람 속도 분포 등은 실제 대기 중에서 항상 일정한 값을 가지고 있지 않다. 이러한 값의 변화는 결국 대기 중의 소리속도 분포를 변화 시키게 된다. 음선의 예측 경로는 소리속도 분포에 의해 크게 좌우 되기 때문에 원방 영역으로의 음선 예측에 있어서 고도변화에 따른 소리속도 분포를 예측하고 적용할 필요가 있다. 온도와 바람속도 분포에 의한 소리속도 변화를 유효소리속도라 하고 다음 식과 같이 표현된다.

$$c_{eff}(z) = c_0(z) + u(z) \quad (2)$$

온도와 바람속도는 대기의 안정성을 나타내는 특성길이( $L^{-1}$ , Monin-Obukhov length) 값에 의해 높이에 따라 다른 분포 경향을 가지며 다음 식들로 구할 수 있다.

$$\bar{u}(z) = \frac{u_*}{\kappa} \left[ \ln \frac{z}{z_0} - \Psi_w \right] \quad (3)$$

$$\bar{\theta}(z) = \theta_0 + \frac{\theta_*}{\kappa} \left[ \ln \frac{z}{z_0} - \Psi_t \right] \quad (4)$$

$\bar{u}(z)$  와  $\bar{\theta}(z)$  은 높이(z)에서의 바람속도, 온도 값을 나타낸다.  $\Psi_w$ ,  $\Psi_t$  값들은 대기 안정성 분류에 따라 Businger-Dyer 관계식으로 결정된다. [3]

##### 2.3 헬리콥터 공력 소음원

헬리콥터 소음 전파 예측 시 사용될 공력 소음원은 헬리콥터 공력 및 소음 해석 코드인 HeliPA 를 사용하였다. HeliPA 는 블레이드를 와류 격자로 모사하고 등와도선 후류 모델을 사용한다. 헬리콥터에서 발생하는 공력 소음은 음향 패널을 중심으로 두께소음과 하중소음을 수치적으로 구현이 쉽도록 유도된 F. Farassat 의 Formulation 1A 를 사용하였다. [4]

† 이수갑; 서울대학교 기계항공공학부 항공우주산기술연구소

E-mail : solee@snu.ac.kr

Tel : (02) 880-7384, Fax : (02) 876-4360

\* 서울대학교 기계항공공학부

\*\* 서울대학교 기계항공공학부

### 3. 예측 결과

#### 3.1 대기 안정성에 따른 음선의 전파 경로

대기 안정성 분류( $L^{-1}$ )에 따른 음선의 전파 특성을 살펴 보기 위하여 점음원을 기준으로 전파되는 음선의 궤적을 모사하였다. 소음원의 위치는 S(10,0,0)m 으로 설정하였으며, 예측을 위한 소음원에서의 전파 각은  $\Delta\alpha = 0.1^\circ$  으로 설정하였다.

그림 1 과 그림 2 는 각각 안정한 대기 상태와 불안정한 대기 상태일 때 음선의 전파 경로를 예측한 결과이다. 안정한 대기 상태인 경우 고도 변화에 따른 유효소리속도의 변화가 불안정한 대기 상태인 경우보다 상대적으로 크기 때문에 지면방향으로 전파가 잘 이루어지는 것을 확인 할 수 있었다.

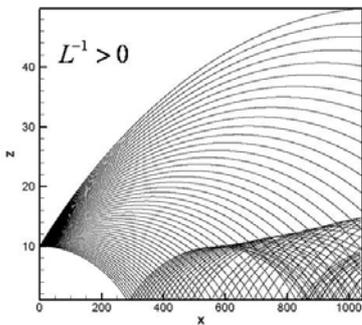


그림 1 음선의 예측 경로( $L^{-1} > 0$ )

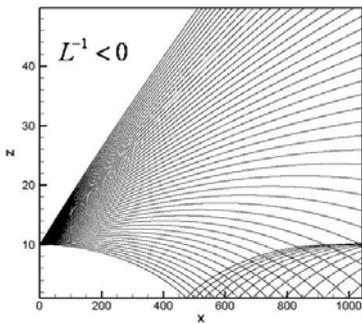


그림 2 음선의 예측 경로( $L^{-1} < 0$ )

#### 3.2 전진 비행 헬리콥터 소음 전파 예측

전진 비행 시 헬리콥터에서 전파된 소음을 예측하였다. 전진비( $\mu = 0.185$ ), 고도 ( $z = 150m$ ), x 방향으로 750m 비행 시 소음에 노출된 지면에서의 소음도를 EPNdB 로 나타내었다. 대기는 안정한 상태( $L^{-1} > 0$ )로 가정 하였다.

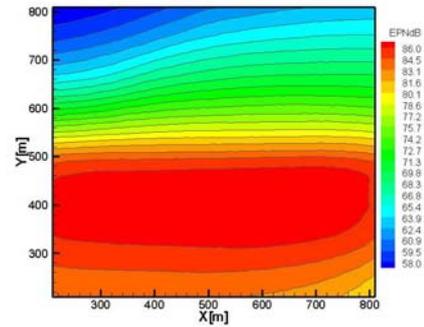


그림 3 전진 비행시 지면에서의 EPNdB 분포

헬리콥터 전진 비행 시 발생하는 일반적인 소음 방향성이 잘 모사된 EPNdB 를 예측 할 수 있었다.

### 4. 결론

대기 안정성 분류에 따른 유효소리속도 분포를 예측 하였으며, 음향 음선 이론을 기반으로 한 전파 모델을 이용하여 헬리콥터 소음 전파 경로를 예측하였다. 대기 안정성 영향을 고려함으로써 급격히 증가하는 계산 시간의 절감을 위한 효율적인 수치 기법 연구가 필요할 것으로 생각된다.

### 후 기

본 과제(결과물)는 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구결과입니다.

### 참고 문헌

1. David A. Conner and Juliet A. Page, " A Tool for Low Procedures Design and Community Noise Impact Assessment: The Rotorcraft Noise Model (RNM)," HeliJapan 2002, Tochigi, Japan, 2002.
2. Eunkuk Son, Wooyoung Choi and Soogab Lee, " Helicopter Environmental Noise Prediction on the Complicated Ground using Reflection and Diffraction Model" , ICSV15, Daejeon, Korea, 2008
3. J.A. Businger, J.C. Wyngaard, Y. Izumi, and E.F. Bradley, " Flux-Profile Relationships in the Atmospheric Surface Layer, J. Atmos. Sci. 28, 1971
4. Seungmin Lee, Eunkuk Son, Hogeon Kim and Soogab Lee, " Prediction of BVI Noise Using Aerodynamic and Structural Coupling and Its Far-Field Propagation with the Effects of Ground and Atmospheric Conditions" , 2<sup>nd</sup> International Forum on Rotorcraft Multidisciplinary Technology, Seoul, Korea, 2009