

터보프롭 항공기 객실 소음 해석 기법 연구

Vibro-acoustic Noise Analysis in the Fuselage of Turboprop Airplane

박일경† · 김성준* · 정진덕**

Illkyung Park, Sungjoon Kim and Jinduck Jung

1. 서 론

중형항공기는 일반적으로 미국 FAA FAR 25 Transport 급 (수송기) 항공기 중 50~100 인승 규모의 리저널 항공기(Regional Aircraft)를 일컫는 것으로, 1,000 ~ 1,500 nm (1,850 ~ 2,778 km)의 운항반경으로 지역 간 항공운송에 적합한 형식의 항공기이다. 세계 경제 성장과 함께 항공 교통의 대중화는 지역 간 항공 수요로 이어지고 있으며, 이로 인한 중형항공기급의 수요는 지속적으로 증가하고 있다.

중형항공기의 주요 추진방식은 터보프롭(Turboprop)과 터보팬(Turbofan) 추진방식이 있으며, 최근 이어지는 유가 상승으로 상대적으로 경제성이 우수한 터보프롭 방식의 중형항공기의 수요가 증가하고 있다. 그러나 터보프롭 항공기는 엔진 및 프로펠러 소음이 상대적으로 크게 발생하여 동체 내 객실 내부로 유입되는 소음을 최소화하기 위한 방안이 마련되어야 한다.

본 연구는 국내 개발이 예정되어 있는 90~100인승급 터보프롭 중형항공기 동체 내부 탑승자 공간의 소음해석 기법에 관한 것으로, 프로펠러에서 발생하는 소음과 발생된 소음의 동체 내부로의 전달 과정을 예측하기 위해 Coupled FEM/BEM Vibro-acoustic Method를 적용하였으며, LMS/Virtual Lab. 을 활용하여 연구를 수행하였다.

2. 대상 항공기 및 소음 해석 절차

2.1 항공기 형상 및 해석 절차

† 한국항공우주연구원 항공구조팀
E-mail : mechguy77@kari.re.kr
Tel : 042-860-2753

* 한국항공우주연구원 항공구조팀

** 한국항공우주연구원 중형기체설계팀



Fig. 1 90~100 Passengers Turboprop Regional Aircraft

Fig. 1은 본 연구에 적용된 항공기의 개념형상을 보여주는 것으로, 두 개의 터보프롭 추진장치와 금속재 구조물이 적용된 항공기이다.

터보프롭 항공기 동체 내부 소음해석은 프로펠러에서 발생하는 소음의 동체 표면 분포를 위한 Direct BEM Analysis (DBEM Analysis)와 분포된 소음장의 동체 내부로의 전달과정에 대한 Vibro-acoustic Coupled FE Analysis로 이루어진다. 두 해석의 분리는 항공기의 순항 중 기체 내, 외부에 작용되는 대기압의 차이를 반영하기 위한 것으로 각각 CFD 해석 결과와 FEM 고유진동해석 결과를 활용하여 해석이 이루어진다.

Fig. 2는 터보프롭 항공기 동체 내부 소음해석에 적용된 해석 절차를 나타내고 있다.

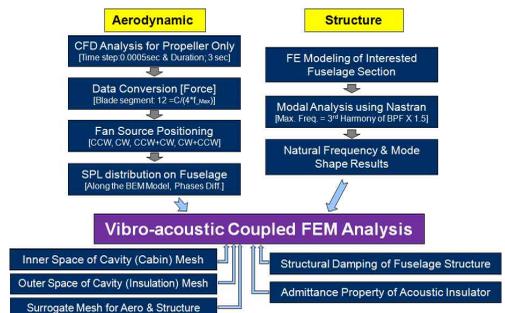


Fig. 2 Procedure for Coupled FEM/BEM Cabin Noise Analysis

2.2 프로펠러 소음 해석

본 연구는 항공기 순항 중 객실 내부 소음해석에 관한 것으로, 항공기 순항 시 현저하게 작용하는 소음원인 Di-pole Source 해석을 수행하였다. 프로펠러 소음원 및 동체 표면 작용 소음장 해석은 CFD 해석을 통해 도출된 프로펠러 작용 공기압 결과를 활용하여 DBEM 해석을 통해 수행하였다.

프로펠러 소음은 프로펠러 회전과 블레이드 개수에 의한 Harmonic Excitation 특성을 나타내며, 일반적으로 1st~3rd Harmonic BPF (Blade Passage Frequency)가 주요 소음원으로 작용하게 된다. 해석 대상항공기의 프로펠러 회전 주파수는 95 Hz로 3rd BPF는 285 Hz의 주파수를 갖게 된다.

2.3 동체 구조 진동해석

DBEM 해석을 통해 도출된 프로펠러 소음은 동체 내, 외부 구조물의 진동특성 및 방음재의 소음차폐 특성에 의한 투과손실(TL; Transmission Loss)이 발생하며 객실 내부로 전달된다. 따라서 소음이 전달되는 항공기 동체 구조물의 진동특성을 고려한 객실 내부 소음 해석을 위해 Fig. 3과 같이 주요 소음장 작용 구조부의 고유진동 구조해석 결과(Nastran)를 적용하였다.

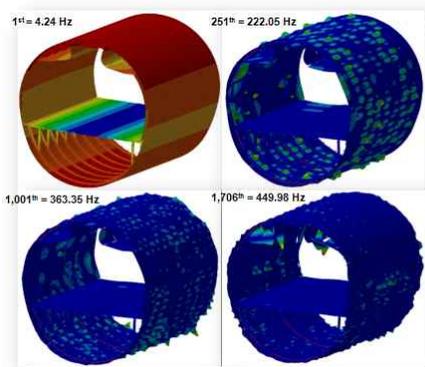
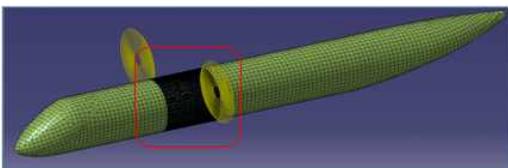


Fig. 3 Vibro-acoustic FEM model (Upper) & Normal Mode Analysis Result (Lower)

3. 동체 내부 소음 해석

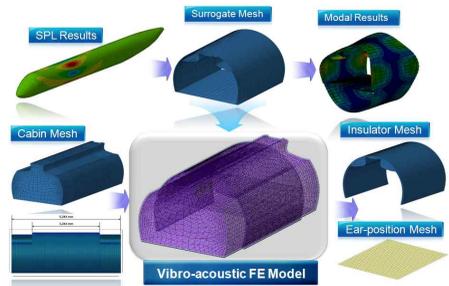


Fig. 4 Vibro-acoustic Coupled Mesh model

Fig. 4는 Vibro-acoustic Coupled Analysis에 적용된 Mesh를 나타내는 것으로 프로펠러 소음장과 구조물진동특성을 반영하기 위한 Surrogate Mesh와 객실 내부 Acoustic Mesh로 구성되어 있다.

Fig. 5는 Vibro-acoustic Coupled 해석 결과를 나타내는 것으로 Sound Pressure Level 결과이다.

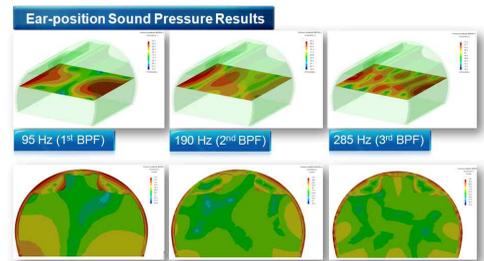


Fig. 5 Vibro-acoustic Coupled Analysis Results

4. 결론

본 연구를 통해 Vibro-acoustic Coupled BEM/FEM 기법을 활용한 중형항공기 동체 내 객실 소음 해석 절차를 수립하고 해석을 수행함으로써 객실 내 소음을 최소화 방안을 마련하였다.

참고문헌

- (1) Indranil Dandaroy, Mohammed T. Bhuiyan., "Vibro-acoustic Modeling of Turboprop Aircraft Interior Noise using Finite Element Method/Boundary Element Method" INTER-NOISE 2006, 3-6, Dec, 2006.