

## ANSYS에 의한 2중팽창형소음감쇠기의 감쇠특성연구

주금철, 리운선

선행연구[1]에서는 소음감쇠기를 리상적인 경우로 귀착시켜 음향학적특성을 예측하기 위한 이론식을 도출해내고 그것을 실험과 비교하면서 점차 오차를 줄이는 방법이나 보다 근사한 경험식을 도입하여 소음감쇠기의 특성을 평가하였다. 이러한 방법들은 모두 실천과는 거리가 멀고 오차가 큰 예측방식으로서 제한성을 적지 않게 내포하고있었으며 이런데로부터 실험실적인 측정방법으로 성능을 평가하고 개선하는 방법이 기본적으로 리용되었다.

그러나 새로운 소음감쇠구조를 개발하거나 그것의 성능을 개선하기 위해서는 반드시 보다 과학적인 음마당해석방법론과 모형화가 요구되며 최근에는 음마당의 해석을 위한 전용 소프트웨어들을 리용하여 소음감쇠기의 음향학적특성을 보다 과학적으로 예측하기 위한 연구[2]가 활발히 진행되고있다.

우리는 2중팽창형소음감쇠기의 감쇠특성을 유한요소해석프로그램 ANSYS10.0을 리용하여 예측평가하고 그것에 대한 분석으로부터 보다 개선된 소음감쇠구조를 설계하기 위한 방법론을 고찰하였다.

### 1. 이론적고찰

#### 1) ANSYS10.0의 조화응답해석에 의한 음마당해석절차

일반적으로 GUI방식에서 조화응답해석방식을 통하여 음마당을 해석하는 절차는 다음과 같다.

먼저 파동모의해석도구를 리용하여 실내음마당을 론하려고 하므로 ANSYS Main Menu의 Preferences에서 ANSYS Fluid를 선택한다.

첫째로, 전처리단계이다.

##### ① 먼저 모형을 창조한다.

Preprocessor/Modelling/Creat에서 해당 크기의 체적, 면, 선들을 생성하여 해석하려는 실내음마당모형을 창조한다.

##### ② 다음으로 요소형태를 지적한다.

유한요소해석을 진행하므로 요소분할을 하기 전에 요소형태를 지적해주어야 한다.

Preprocessor/Element Type/Add/Edit/Delete를 선택한다. 그러면 Element Type창이 나타나는데 초기에는 None Defined로서 아무 형태도 없는 상태이다. Add를 누르고 ANSYS Fluid안의 3D acoustic 30을 선택한다. 이것은 류체내부나 류체구조경계문제에 쓰이는 요소이다.

##### ③ 다음은 요소분할을 진행한다.

우에서 요소형태를 지적하였으므로 요소분할을 진행한다. Preprocessor/Meshing/Mesh Tool 항목을 누르고 Global/Set에서 요소크기와 요소분할개수를 준다.

④ 물질의 특성량 즉 물질상수를 입력한다.

Preprocessor/Material Props를 누른다. 다음 Material Models라는 항목을 선택하면 Define Material Model Behavior창이 나타나는데 오른쪽 창에서 Acoustics를 누른다. 이때 펼쳐지는 내림항목들가운데서 Density항목에는 물질의 밀도를, Sonic Velocity에는 그 물질에서의 음속도를 그리고 Boundary Admittance항에는 물질의 흡음특성을 반영하는 흡음계수를 입력한다.

둘째로, 초기조건 및 경계조건을 고려한 풀이단계이다.

① 해석형태를 지적한다.

Solution/Analysis Type에서 New Analysis를 선택한다. 조화진동해석을 리용하여야 하므로 Harmonic를 설정한다.

② 경계조건을 고려해준다.

류체구조경계를 설정하는 경우에는 Solution/Define Load/Apply/Fluid ANSYS/Fluid-Struc Intr를 선택한다.

전저항경계를 설정하는 경우에는 Solution/Define Load/Apply/Fluid ANSYS/Impedance를 선택한다.

③ 모의하려는 주파수를 설정해준다.

Solution/Load Step Opts/Time Frequenc/Freq and Substps를 선택하여 펼쳐지는 창에서 모의하려는 주파수대역을 입력한다.

④ 계산을 진행한다.

계산은 Solution/Solve/Current LS를 눌러 진행한다.

셋째로, 결과처리단계이다.

먼저 General Postproc/Results Summary항목을 선택하여 고찰하려는 1개의 주파수를 선택하여 Read단추를 누른다.

다음 List Results/Nodal Solution항목을 선택하여 펼쳐지는 List Nodal Solution창에서 <DOF solution>의 <Pressure PRES>를 선택하여 OK단추를 누르면 마디점에서의 음압값들이 나타나게 된다.

## 2) 3점법

일반적으로 소음감쇠기의 전달손실은 다음과 같이 표시할수 있다.

$$TL = SPL_i - SPL_t \quad (1)$$

여기서  $SPL_i$ 는 소음감쇠기를 설치하지 않은 경우 입구단에서의 음압준위이고  $SPL_t$ 는 소음감쇠기를 해당 위치에 설치하였을 때 출구단에서의 음압준위이다.

3점법은 도관형태의 소음감쇠기에서의 전달손실을 한번의 프로그램실행으로 산출할수 있게 하는 방법으로서 다른 후처리방법들에 비하여 계산용량 및 시간, 리용의 편리성측면에서 우월하다.

3점법에서는  $TL$ 이 매 주파수에 대하여 어떤 단독폴리로 계산될수 있다.

입구면은 어떤 일정한 속도(혹은 압력)가 있고 출구는 반향이 없는것으로 가정한다.  $x_1$ 과  $x_2$ 는 소음감쇠기축을 따르는 두 점의 자리표이고 일반적으로 복소수량인  $p$ 가 매 점에서의 음압진폭이라고 할 때  $TL$ 은 다음의 식에 의하여 구할수 있다.[2]

$$TL = 20 \ln \frac{|p_i|}{|p_3|} + 10 \ln \frac{S_i}{S_0} \quad (2)$$

여기서  $S_i$  와  $S_0$  은 각각 흡입 및 배출관의 자름면면적이다.

입구음압은 다음과 같다.

$$p_i = (p_1 e^{ikx_2} - p_2 e^{ikx_1}) / \{2i \sin[k(x_2 - x_1)]\} \quad (3)$$

$$|p_i|^2 = \{p_{Re1}^2 + p_{Im1}^2 + p_{Re2}^2 + p_{Im2}^2 - 2(p_{Re1}p_{Re2} + p_{Im1}p_{Im2})\cos[k(x_2 - x_1)] \cdot 2(p_{Re1}p_{Im2} - p_{Im1}p_{Re2})\sin[k(x_2 - x_1)]\} / [2\sin[k(x_2 - x_1)]] \quad (4)$$

## 2. 모의결과 및 분석

모의에 리용한 단일팽창형소음감쇠기의 3차원적인 형태는 그림 1과 같다.

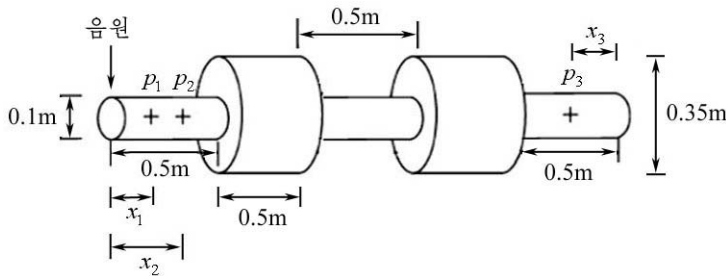


그림 1. 팽창형소음감쇠기구조도

주어진 3차원대상에서의 음마당을 해석하기 위하여 ANSYS10.0의 조화응답해석방식을 선택하였으며 Fluid30요소를 리용하였다. 입구면에서는 음압을 단위크기로 주어 면음원을 설정하였으며 출구면에 접한 요소들은 물질상수의 흡음률값을 1로 주어 도관이 막히지 않고 음이 계속 전파되어나가는것처럼 모의하였다. 그리하여 말단에서 반사되는 음에너르기가 전혀 없도록 하였고 기타 다른 벽은 음향학적으로 굳은 벽으로 설정하였다. 요소최대크기가 2.5cm정도일 때 자유분할결과 마디점수는 182 429개이고 요소수는 201 280개이다. 그리고 50Hz부터 950Hz까지의 저주파대역의 주파수구간을 고찰하였다. 3점법을 적용하기 위하여 입구단에서  $x_1 = 0.2m$ ,  $x_2 = 0.36m$ 에 있는 두 점을 선택하고 출구단에서  $x_3 = 0.3m$ 에 있는 1개의 점을 더 선택하였다.

주파수에 따르는 전달손실모의결과는 그림 2와 같다. 그림 2에서 리론값들은 평면파전파리론에 기초하여 산출된 값들이다. 그러나 주어진 3차원원기동형팽창형소음감쇠기의 기하학적수값을 놓고볼 때 고찰하는 주파수구간에서는 평면파만이 전파되고 기타 다른 기준파는 전달되지 않게 된다. 따라서 고찰하는 주파수대역에서 모의결과는 평면파전파리론에 기초한 계산결과와 크게 차이가 나지 말아야 한다.

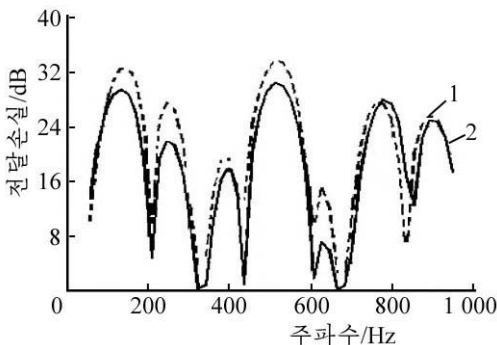


그림 2. 주파수에 따르는 전달손실모의결과  
1-모의값, 2-리론값

그림 2에서 보는바와 같이 모의값이 리론값에 비하여 약간 좀 커지는 경향성이 있으나 거의 일치하며 500Hz에서 모의값이 극대를 이루고있다는것을 알수 있다.

## 맺 는 말

ANSYS10.0을 리용하여 2중팽창형소음감쇠기를 모의하고 후처리프로그램을 리용하여 그것의 전달손실을 계산하였으며 리론값과 비교함으로써 팽창형소음감쇠기의 설계와 음향학적특성평가에 대한 방법론을 마련하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] E. Redon et al.; Int. J. Numer. Meth. Eng., 86, 1360, 2011.
- [2] B. Renato et al.; Applied Acoustics, 67, 346, 2006.

주체103(2014)년 4월 5일 원고접수

## **Decrement Characteristics of Double Expansion Muffler by using ANSYS**

*Ju Kum Chol, Ri Un Son*

We clarified the translation loss of double expansion muffler by using ANSYS 10.0 simulation and found the design and analyzing method of expansion muffler through the comparison with the theoretical value.

Key words: ANSYS, acoustic wave, muffler