

레이저 진동계와 유한요소법을 이용한 기공성 음향재료의 푸와송비 추출방법

Characterization of Poisson's ratio for acoustical porous materials based on FEM and quasi-static test using a laser vibrometer

조연† · 황대선* · 임중윤**

Yeon Cho, Daesun Hwang and Jongyun Lim

1. 서 론

기공성의 음향재료의 음향학적 거동을 나타내기 위해서는 Biot's property라는 거시적인 음향 물성치를 필요로 한다. 이 중에서 고체상에 대한 주요한 물성치는 탄성계수, 푸와송비와 손실계수로서 특정 주파수에서 흡음률에 영향을 주는 중요한 물성치이다. 탄성계수는 복소수로서 탄성계수와 손실계수가 각각 실수 및 허수부분으로 이루어지며 시험적인 측정방법으로 탄성계수와 손실계수를 동시에 추출할 수 있다.

점탄성재료의 탄성계수를 시험적으로 측정하는 경우 시편에 힘을 가하는 힘과 변위의 관계로 추출하지만 No-Slip 경계조건에 의하여 시편의 측면이 부풀어 오르는 변형이 발생하기 때문에 겉보기 탄성계수를 얻게 된다. 따라서, 겉보기 탄성계수, 푸와송비, 시편의 형상계수 등의 연관성을 고려하여 보정하는 방법이 제안되었으며[1] 이를 기공성 흡음재에 적용한 방법이 제시되었다[2,3].

본 연구에서는 준정적 조건에서 레이저 진동계를 이용하여 시편 측면에서의 변위를 측정함으로써 겉보기 푸와송비를 측정하고, 정적 해석을 통하여 겉보기 푸와송비와 푸와송비의 관계를 산출함으로써 푸와송비를 결정하는 방법을 제시한다.

2. 기공성 음향재료의 푸와송비 측정

(1) 이론

기공성 흡음재로 만든 원통형 시편의 축방향 입력 변위

† 조연; 고등기술연구원
E-mail : ycho@iae.re.kr
Tel : (031) 330-7441, Fax : (031) 330-7113

* 고등기술연구원

** 한국ESI

U 와 반경 방향 출력 변위 V 은 겉보기 푸와송비 ν_A 와 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$\nu_A = \frac{(\epsilon_x)_{\max}}{\epsilon_y} = \frac{V_{\max}}{R} / \frac{U}{L} = \frac{V_{\max}}{U} \frac{1}{2S} \quad (1)$$

여기서 원통형 시편의 형상계수 S 는

$$S = \frac{R}{2L} \quad (2)$$

R 은 시편의 반경, L 은 높이이고 $(\epsilon)_{\max}$, V_{\max} 는 시편 측면의 중앙부의 변위가 최대인 지점에서의 값이다.

(2) 시편 측면 변위 전달함수 측정

기공성 흡음재의 겉보기 푸와송비의 추출은 그림1과 같이 가진하고 가속도계 및 레이저 진동계를 사용하여 각각 입력 변위와 출력인 측면 변위를 측정하여 이루어졌다.

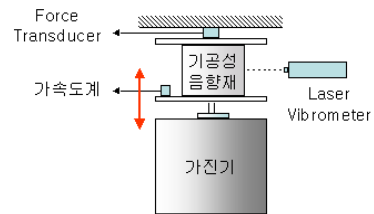


그림 1 준정적 압축 가진 시험장치

측정에 사용한 시편은 원통형으로 형상계수가 0.94와 1.86이다. 측정 주파수는 준정적 조건에 따라서 5~80 Hz 범위로 하였다. 시편의 형상계수에 따른 밀도가 22 Kg/m³인 우레탄폼의 겉보기 푸와송비를 그림 2에 표시하였는데 형상계수가 크면 겉보기 푸와송비가 작게 나타나고 있다.

3 겉보기 푸와송비와 푸와송비 관계의 해석적 도출

(1) 유한요소 모델링과 해석

정적 해석의 유한요소 모델링을 위해 사용되는 시편은 실린더의 형상으로서 축대칭이며 경계조건 및 물성치도 축대칭이므로, 선형 축대칭 요소를 이용하여 모델링하였다. 형

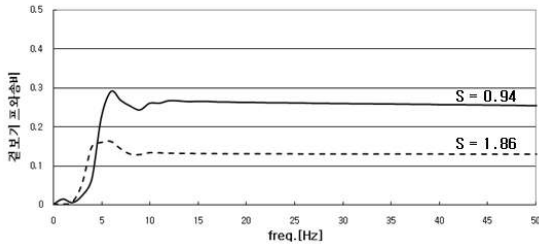


그림 2 우레탄폼의 형상계수별 겉보기 푸와송비

상계수에 따라 축 방향 길이가 달라지므로 요소의 수도 그에 따라 달라진다. 경계조건은 시편의 상단 면은 모든 자유도를 0으로 구속하는 fixed 조건으로, 실린더 하단 면은 축 방향 이동을 제외한 모든 자유도를 0으로 구속하였다. 또한 하중은 축 방향 힘을 주는 대신에 실린더 하단 면을 축 방향으로 1 mm의 변위를 주는 것으로 하였다.

(2) 겉보기 푸와송비와 푸와송비의 관계

그림 3은 형상계수 및 푸와송비에 따른 겉보기 푸와송비를 나타낸 것이다. 주어진 형상계수에 대하여 푸와송비에 대응하는 겉보기 푸와송비가 유일하게 존재하는 것을 알 수 있다. 따라서, 그림 4에서 보여지는 바와 같이 특정한 형상계수를 갖는 시편을 사용하여 겉보기 푸와송비를 측정하면 푸와송비로 환산할 수 있음을 알 수 있다.

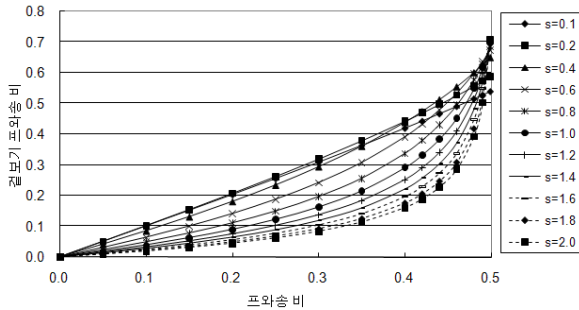


그림 3 원통형 시편의 형상계수별 푸와송비와 겉보기 푸와송비의 관계

(2) 우레탄폼의 푸와송비 추출

그림 2의 겉보기 푸와송비를 사용하여 푸와송비를 추출하여 그림 5에 표시하였다. 방법1과 2는 형상계수가 0.94와 1.86인 시편으로부터 얻은 푸와송비이며, 방법3은 [3]에서 제시한 방법인 2개의 시편의 겉보기 탄성계수를 사용하여 추출한 값으로서 서로 근접하고 있음 보여준다.

4. 결 론

본 연구를 통하여 특정 시편으로부터 겉보기 푸와송비

를 측정하면 겉보기 푸와송비와 푸와송비의 관계를 사용하여 푸와송비를 추출할 수 있음을 알 수 있었다. 즉 그림 1과 같이 레이저 진동계를 이용하여 최대 측면 변위 전달함수를 측정으로 얻으면 식(1)을 사용하여 겉보기 푸와송비로 변환하고, 그림 3의 형상계수에 따른 겉보기 푸와송비와 푸와송비의 곡선으로 부터 이에 상응하는 푸와송비를 산출할 수 있다.

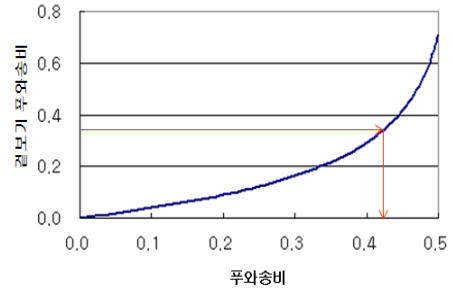


그림 4 겉보기 푸와송비의 푸와송비로 환산

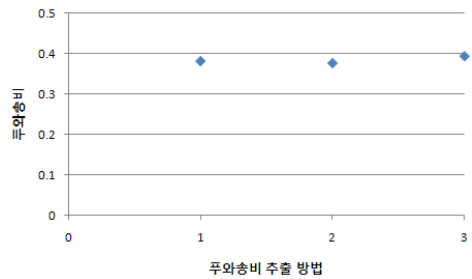


그림 5 추출방법에 따른 우레탄폼의 푸와송비

후 기

본 연구는 지경부의 표준기술력 향상사업의 일환으로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

(1) S. Sim, K.J. Kim, A method to determine the complex modulus and Poisson's ratio of viscoelastic materials for FEM applications. J. Sound Vibration 1990, 141, p. 71-82
 (2) E Mariez, S. Sahraoui, J.F.Allard, Elastic constants of polyurethane foam's skeleton for Biot model, Proceedings of Internoise 96, 951-954, Liverpool, UL 1996
 (3) Christian Langlois, Raymond Panneton, Nouredine Atalla, Polynomial relations for quasi-static mechanical characterization of isotropic poroelastic materials, J. Acoustic Soc. Am. 110 (6), Dec. 2001