

2차원 실린더 배열구조에 의한 음파저감

Sound attenuation by 2-dimensional cylinder arrays

김현실† · 김재승*, 김봉기*, 김상렬*, 이성현*

Hyun-Sil Kim, Jae-Seung Kim, Bong-Ki Kim, Sang-Ryul Kim and Sung-Hyun Lee

2. 음파저감 측정

1. 서 론

공기나 물과 같은 매질 내에 작은 입자나 봉과 같은 일정한 형상의 구조물이 격자처럼 주기적으로 배열되어 있을 때, 이를 지나는 파동은 격자 크기나 단위 셀의 형상에 따라 결정되는 특정 주파수 밴드에 대해 서로 간섭 효과를 일으키게 되어 전파되지 못하는 현상이 발생하게 된다. 특히 광학과 관련된 이러한 현상을 광학 밴드갭(photonic bandgap, PBG)이라고 하며 PBG 현상은 반도체 레이저 기구, 선택 반사경, 밴드패스 필터 및 공명기 등 다양한 물리·전자 분야에 응용되고 있다.

빛이나 전자기파와 마찬가지로, 물리적으로 음파나 탄성파도 파동의 한 종류이기 때문에 광학 밴드갭과 유사한 밴드갭 현상이 존재하는데, 이를 음파 또는 진동에너지를 나타내는 “음향양자(phonon)”라는 용어를 사용하여 포노닉 밴드갭(phononic bandgap)이라고 하며 특히 음파와 관련된 물질을 소닉 크리스탈(sonic crystal)이라고 한다.

Kushwaha(Appl. Phys. Lett, 1997)는 원통형 실린더가 공기 중에 2차원으로 배열된 구조에 대해 봉의 직경과 간격을 여러 가지로 변화시키면서 음파가 차단되는 밴드갭을 계산한 결과를 발표하였는데 본 논문에서는 실린더 단면 형상을 점진적으로 변화시켜가며 배열한 구조에 대해 스피커를 사용하여 음파의 저감을 측정하였으며 이를 이론적인 해석결과와 비교하였다.

그림 1처럼 사각형 격자구조를 갖는 배열에 대해 원형봉의 직경이 d , 간격이 a 라면 봉이 차지하는 면적의 비 f (filling fraction)는 다음과 같이 주어진다.

$$f = \pi d^2 / 4a^2$$

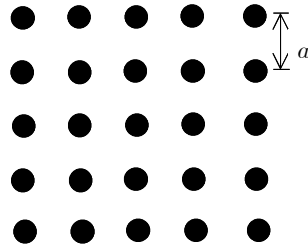


Fig. 1 Square array of cylindrical rods.

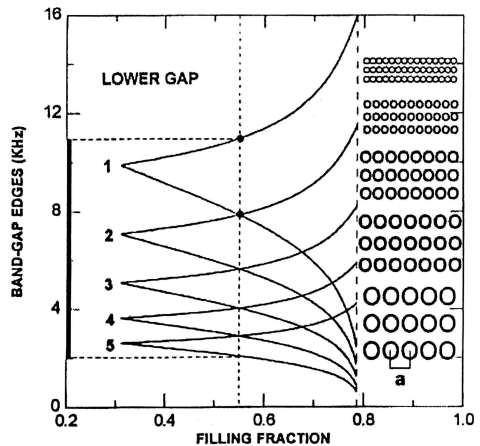


Fig. 2 Computed bandgap for square array in Fig. 1 (Kushwaha, 1997)

† 김현실, 한국기계연구원
E-mail : hskim@kimm.re.kr
Tel : (042) 868-7461, Fax : (042) 868-7440

* 한국기계연구원

Fig. 2에서 수직 점선은 $f = 0.55$ 에 해당하는 것으로 격자간격 a 가 여러 가지로 달라지는 경우 (1: $a = 20\text{mm}$, 2: $a = 28\text{mm}$, 3: $a = 39\text{mm}$, 4: $a = 54\text{mm}$, 5: $a = 76\text{mm}$) 밴드갭 발생 주파수를 보여주고 있다. 면적비 f 가 커지면 밴드갭이 커지고 서로 중첩되며 f 가 작아지면 밴드폭이 작아진다. 격자간격 a 가 작아지면 밴드갭은 고주파수로 이동한다.

본 논문에서는 면적이 다른 5개 종류의 원형봉을 면적비가 대체로 일정한 값을 갖도록 단계적으로 배열하여 각각의 밴드폭이 서로 중첩되도록 하였으며 최종 밴드폭은 2.9 kHz - 8.4 kHz가 되도록 하였다. Table 1에 각 그룹의 직경과 실린더 수, 면적비, 밴드폭을 보였다. 실린더 봉 집합체는 가로 세로 높이가 각각 1m이며 스피커는 전면에서 1m 떨어져 있는데 각각의 실린더 그룹은 음파의 진행방향으로는 5개, 횡방향으로는 17개에서 31개를 배열하였다. 고정된 마이크는 스피커와 실린더 집합체 사이 중앙에 있으며 다른 마이크는 실린더 집합체 후면으로 20cm 씩 떨어져서 측정하였다. 마이크는 바닥에서 0.5 m 높이에 있다.

Table 1. Size of band gap cylinders

구분	a	b	c	d	e
직경 (mm)	48	42.5	34	31.8	27.2
격자간격 (mm)	55	48	39	36	31
단수	5	5	5	5	5
실린더 수	17	21	25	27	31
면적비 (%)	59.8	61.6	59.7	61.2	60.5
차단 주파수 (kHz)	2.9-4.8	3.3-5.4	4.1-6.7	4.4-7.2	5.2-8.4

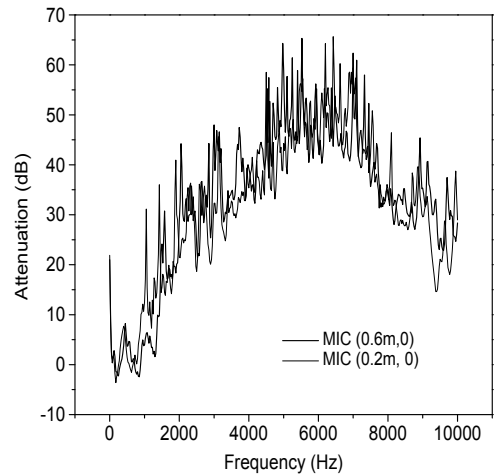


Fig. 3 Measured attenuation

3. 결 론

재질이 다른 두 가지 이상의 물질을 주기적으로 배열한 상태에서 발생하는 밴드 갭 현상은 특정 주파수대역의 음파만 차단할 수 있다는 점에서 앞으로 매우 응용 가능성이 높다. 특히 흡음재를 사용하지 않으며 구조의 형상으로만 흡음효과를 얻는다는 점에서 새로운 형태의 소음기 (silencer)로 활용될 수도 있으며 음파 뿐만이 아니고 진동의 차단에도 응용될 수 있다. 향후 다양한 모델에 대한 계산수단의 개발과 모형실험을 통해 실용적인 소음제어 수단으로서의 밴드갭 현상의 연구가 필요할 것으로 보인다.

후 기

본 연구는 한국기계연구원 창의형과제 결과의 일부임을 밝힌다.