

기주공명 실험장치를 이용한 음속 측정

1. 목적

알고 있는 진동수를 가진 소리굽쇠의 진동으로 기주를 공명시켜 그 소리의 파장을 측정함으로써 공기 중의 음속을 측정한다.

2. 기본 원리

진동수 f 인 파동(종파 혹은 횡파)의 공기 중에서의 파장을 λ 라 하고, 이 파동이 공기 중에서 전파하는 속도를 v 라 할 때, 다음 관계식이 만족된다.

$$v = f\lambda \quad (1)$$

진동수가 알려진 소리굽쇠를 진동시켜 한 쪽 끝이 막힌 유리관 속에 들어 있는 기주를 진동시키면, 기주 속에는 방향이 반대인 두 개의 파가 진행하면서 현의 진동 때와 같은 정상파가 생긴다. 이 때, 기주의 길이가 어느 적당한 값을 가질 때 두 파의 간섭으로 공명이 일어나게 된다. 따라서, 소리굽쇠가 공기 중에서 발생하는 음의 파장 λ 는

$$\lambda = 2(y_{n+1} - y_n) \quad (2)$$

이며, 식 (1)에 식 (2)를 대입하면

$$v = 2f(y_{n+1} - y_n) \quad (3)$$

이 된다. 여기서 $y_0, y_1, y_2, \dots, y_n$ 들은 유리관 내의 공명 위치를 나타낸다. 관 끝에서 첫 번째 공명 위치

y_0 까지의 길이는 $\lambda/4$ 에 가까우나 실제로는 이 값보다 조금 작다.

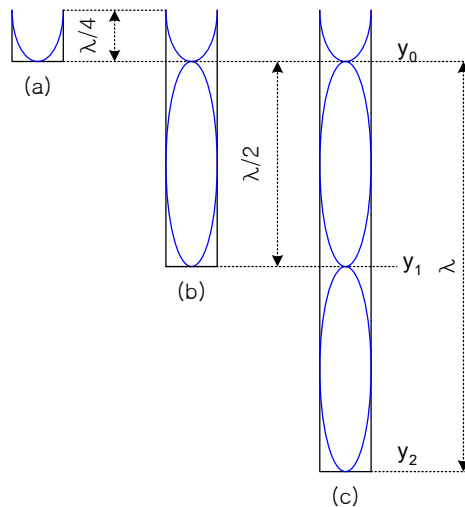


그림 1 기주에서의 정상파

이는 첫번째 정상파의 배가 관의 모양, 크기 등에 따라서 관끝보다 조금 윗쪽에 위치한다는 것을 의미하며, 원주형의 관인 경우에는 관 끝에서부터 배까지의 거리 δ 와 관의 내반경 r 과의 비(끝보정), 즉 δ/r 는 약 0.55 ~ 0.85이다.

공기중의 또는 어떤 기체중의 음속은 다음 식에 의하여 매질의 물리적 성질에 관계된다.

$$v = \sqrt{k \frac{P}{d}} \quad (4)$$

여기서 압력 P 와 밀도 d 는 절대단위이고, k 는 정압비열 대 정적비열의 비인 상수이다. (공기에 대해 $k = 1.403$ 이다.)

P 가 dyne/cm^2 , d 가 g/cm^3 일 때 v 는 cm/sec 이다. 기체의 밀도는 온도의 상승에 따라 감소하므로 온도가 높아질수록 음속이 커지는 것은 명백하다.

기체의 팽창법칙을 적용하면 다음과 같이 된다.

$$v_t = v_0 \sqrt{1 + at} \quad (5)$$

여기서 v_t 는 온도 $t^\circ\text{C}$ 에서의 음속, v_0 는 0°C 에서의 음속, a 는 기체의 팽창계수로서 $1/273$ 이다.

3. 실험 기구

기주공명장치



소리굽쇠

고무망치

온도계

4. 실험 방법

- ① 기주공명장치에 물을 가득 채운다. 이때, 물통을 위 아래로 움직여서 관의 물이 꼭대기에서 아래까지 움직일 수 있도록 물의 양을 조절한다.
- ② 소리굽쇠의 진동을 방해하지 않도록 소리 굽쇠의 손잡이를 잡고 고무망치로 때려서 진동을 시킨 후, 유리관 1cm내의 소리를 들으면 어느 지점에서 갑자기 커지는 공명소리를 듣게 된다. 그러면 그 지점을 표시한다.
- ③ 공명소리 지점의 근처에 물의 수면이 오도록 하고, 다시 소리굽쇠를 진동시켜 첫 번째의 공명지점 y_0

를 찾는다. 이와 같은 방법으로 5회 측정하여 그 평균 y_0 를 구한다.

- ④ 수면을 더 낮추어 위와 같은 방법으로 두 번째의 공명지점 y_1 을 5회 측정하여 그 평균 y_1 을 구한다.
- ⑤ 만약, 유리관의 길이가 허용되면, 세 번째의 공명지점 y_2 를 찾아 5회 측정하여 그 평균 y_2 를 구한다.
- ⑥ 실험 ⑤를 하지 못했을 경우 반파장의 길이 $\lambda/2$ 는 $y_1 - y_0$ 이 된다. 따라서, 파장 $\lambda = 2(y_1 - y_0)$ 이다.
- ⑦ 실험 ⑤를 한 경우 반파장의 길이는 $y_2 - y_0$ 과 $y_1 - y_0$ 이 되므로 그들의 평균값을 취한다. 따라서, 파장

$$\lambda = 2 \left[\frac{(y_1 - y_0) + (y_2 - y_1)}{2} \right]$$

이다.

- ⑧ 소리굽쇠의 진동수 f 를 기록한다.
- ⑨ 실험시의 온도 t 를 측정한다.

실온 $t^\circ\text{C}$ 일 때의 음속 v_t 를 식 (1)을 이용하여 계산한다.

- ⑩ 위의 측정값으로 0°C 일 때의 음속 v_0 를 식 (5)에서 계산한다.

1) 측정값

소리굽쇠의 진동수 ($f = 650\text{Hz}$)				
실내온도 ($t = \quad \text{°C}$)				
공 명 마 디 점 의 위 치	횟수	y_0 (단위: m)	y_1 (단위: m)	y_2 (단위: m)
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	평균			

2) 계산

$$\text{파장 } \lambda = 2 \left[\frac{(y_1 - y_0) + (y_2 - y_1)}{2} \right] \quad (\text{단위: m})$$

$$\text{실내 온도에서의 음속(실험값)} \quad v_t = f\lambda = \quad (\text{단위: m/s})$$

$$\text{실내 온도에서의 음속(이론값)} \quad v_t = v_0 \sqrt{1 + \alpha t} = \quad (\text{단위: m/s})$$

$$(0^\circ\text{C에서의 음속 } v_0 = 331 \text{ m/s})$$