

○ 学 村山 研一 (新潟大) 学 藤田 英隆 (新潟大院)
正 一宮 亮一 (新潟大)

1. 緒 言

空洞および頸部からなる共鳴器は、空洞内の空気を励振させることにより、ある特定の周波数の音圧を強める作用をする。この現象を利用して、さきに報告した方法⁽¹⁾では、空気を励振させるための音源であるスピーカを共鳴器底部に設置して空洞共鳴を起こし、そのときの共鳴周波数を求めて体積を測定していたが、空洞容器内に被測定物(液体、固体)を入れてその体積を測定しようとする場合には困難であるので、本実験では空洞容器上蓋の内側にスピーカを固定し、空洞体積測定の基礎実験を行った。

2. 空洞共鳴理論

共鳴器の音響インピーダンス Z は次式で表される。⁽²⁾

$$Z = i \frac{\rho c}{S_1} \tan(kh) - i \frac{\rho c}{S_2} \frac{1}{\tan(kh)} \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここで ρ は空気密度、 c は音速、 S_1 、 S_2 は頸部および空洞部断面積、 k は波長定数 $2\pi f/c$ 、 h は頸部実効長、 h は空洞長さ、 i は複素定数である。

式(1)の Z の絶対値がゼロとなるときの周波数を共鳴周波数として定義すると

$$\tan(2\pi f h/c) \cdot \tan(2\pi f h/c) = S_1/S_2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

式(2)より空洞長さ(体積)と共鳴周波数の関係が求められる。

3. 実験装置および実験方法

図1は本実験に使用した空洞体積測定装置の概略図である。FFTアナライザに内蔵されているシグナルジェネレータによりホワイトノイズを発生させて、アンプで増幅し空洞容器上蓋に固定したスピーカに入力し、スピーカから空洞容器底部に向けて音波を放射することにより空洞容器内の空気が励振されて空洞共鳴が生ずる。このときの音圧は空洞容器上蓋に取り付けたマイクロホンで測定しFFTアナライザに送る。FFTアナライザに取り込まれた信号はフーリエ変換され、さらに測定中の付加雑音の除去や平滑化を行うため32回加算平均され、周波数-音圧データとして解析される。またスピーカ振動板は平面振動板でその口径は40mmであり、その中心は装置中心に対して

60mmの位置に固定した。空洞容器は内径194mm、肉厚3mmの透明なアクリル管を使用し、頸部の各種寸法を変えることにより発生する共鳴音の周波数帯を変化させて体積の測定を行った。

4. 実験結果

4・1 空洞容器内の発音状態 図2は頸部のパイプ寸法を内径 $2r_1 = 50.45\text{mm}$ 、外径 $2r_2 = 55.80\text{mm}$ 、長さ $l = 60.25\text{mm}$ とし、空洞容器内に音源のスピーカを設置し空洞共鳴させた場合の空洞内の周波数分析結果である。この図は空洞長さ h に対応するスペクトルデータを3次元的に表示したものである。図中の矢印で示した位置が共振点を表し、図中の番号はそれぞれ1-311.979Hz、2-190.625Hz、3-138.333Hz、4-113.854Hz、5-100.000Hzの共鳴周波数を示している。この図より、空洞長さ(体積)の変化により共鳴周波数が変化していることがわかる。

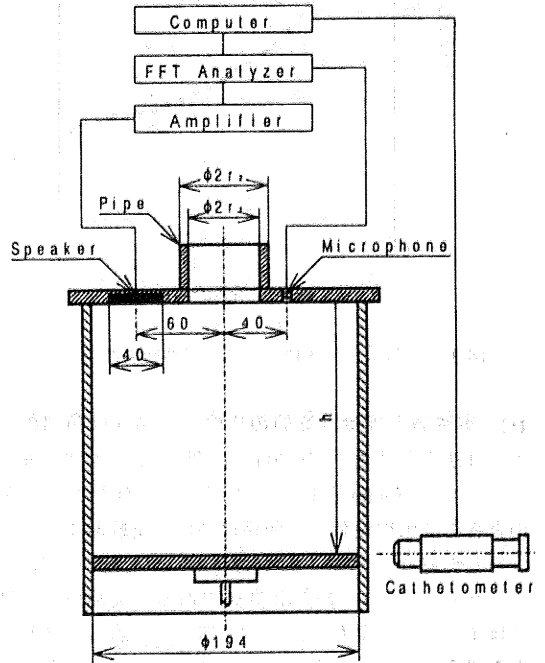


図1 実験装置

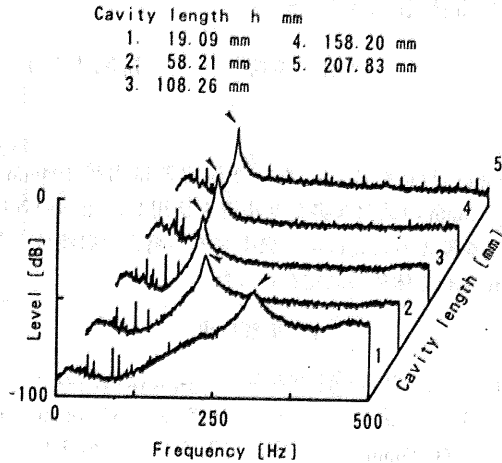


図2 空洞内の発音状態

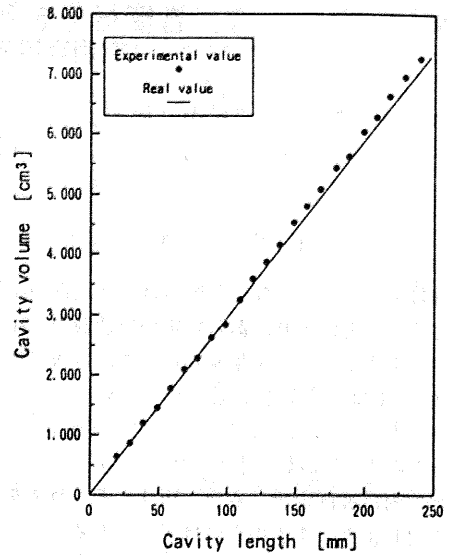


図4 空洞長さと空洞体積の関係

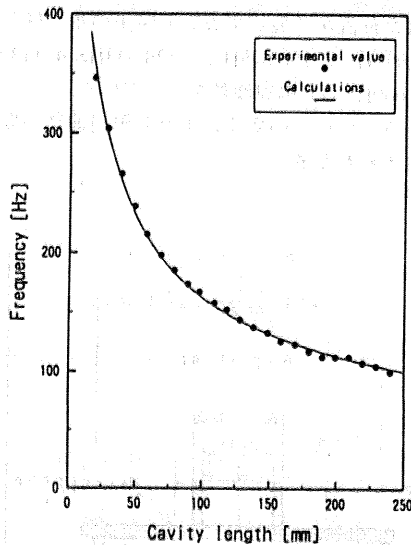


図3 空洞長さ(体積)と共鳴周波数の測定

4.2 実験値と理論計算値の比較 図3は頸部のパイプ寸法を内径 $2r_1 = 39.80\text{mm}$ 、外径 $2r_2 = 47.80\text{mm}$ 、長さ $l = 20.40\text{mm}$ として、空洞長さ(体積) h とそのときの共鳴周波数との関係について実験および理論計算した結果である。図中の(●)が実験値であり、実線が式(2)より求めた計算値である。実験値と計算値はよく一致しており、空洞容器上蓋に音源のスピーカを設置した場合でも、共鳴周波数を利用してその体積を求めることができる。

図4は頸部のパイプ寸法を内径 $2r_1 = 49.90\text{mm}$ 、外径 $2r_2 = 56.00\text{mm}$ 、長さ $l = 40.20\text{mm}$ として、カセットメータによる空洞長さの読みを横軸に、測定された共鳴周波数から式(2)により求めた空洞体積を縦軸にとりプロットしたものである。図中の実線は空洞長さ(真の体積)との関係を装置寸法から求めたものである。

図3、図4いずれの場合においてもプロットされた実験値と理論計算値は良く一致しており、平均3%以内の精度であった。

5. 結 論

音源のスピーカを空洞容器上蓋に組み込んだ装置を試作し、円筒の軸方向に体積を変化させ、そのときの空洞体積の測定を試み、以下の結論を得た。

(1) 音源のスピーカを容器内上部に組み込んだ場合でも空洞共鳴が起こり、そのときの体積に対応した共鳴周波数から空洞体積の測定が可能であることが明らかになった。

(2) 音源を容器内に組み込むことにより、本測定法は様々な形状の測定用容器に対しても応用でき、被測定物として容器内に液体や様々な形状の固体を入れた場合にもそれらの体積測定が可能である。

参考文献

- (1) 一宮・石川・藤田, 機論, 60-570,C(1994), 頁未定.
- (2) 一宮・遠藤・石川, 機論, 57-541,C(1991), 2888.