

301 引き込み現象を利用した自励音の消音 (ヘルムホルツレゾネータの接続管の影響)

Sound Reduction of Self-Excited Sound by Phase-Locking Phenomena

正 長嶺 拓夫 (埼玉大) 正 佐藤 勇一 学 名取 信彦 (埼玉大院) ○学 国眼 太郎 (埼玉大)

Key Words: Synchronization, Phase-Locking, Frequency-Locking, Noise Reduction, Nonlinear Vibration, Resonator

1. はじめに

ジェット旅客機が着陸する際に、車輪を格納する空間から大きな音が発生することが知られている。この音は、ヘルムホルツレゾネータに、風をあてたときに発生する自励音と同じではないかと考えられる。自励音については、国内外において、その発生メカニズムについて多くの研究がなされている⁽¹⁻³⁾。しかし、そのメカニズムの根本的な原因は十分に解明されていないようである。また、これまでに、複数の自律振子を弱結合させると、引き込みが起こり、振動数が一致し同期する現象について研究が行われ、振動がお互いに強めあう場合と打ち消しあう場合があることが明らかにされている⁽⁴⁾。

著者らは、この引き込み現象を自励音に適用し、アクティブノイズコントロールのように外部からエネルギーを与えて消音するのではなく、自励音同士を打ち消し合わせて消音する方法を検討している⁽⁵⁾。また、このような自励音同士を弱結合させて、消音する技術は国内外において検討されておらず、報告された例はないようである。

ここでは、自励音の発生するレゾネータ (ヘルムホルツレゾネータ) を、細い管で結合することにより、引き込み現象を起こさせ、自励音の振動数を同期させることができること。また、接続管の与える影響について検討を行ったので報告する。

2. 実 験

2.1 実験装置 Fig.1に実験装置を示す。2つのレゾネータを細管で結合している。左側をレゾネータA (RA)、右側をレゾネータB (RB) と呼ぶ。レゾネータ胴部の形状はRA, RB共に、外径60mm、厚さ2mm、長さ170mmである。また、ネック部の形状は共に、内径15mm、長さ45mmである。音圧はレゾネータ底部に取り付けたマイクロホンと外部に設置したマイクロホンにより計測した。外部のマイクロホンはRA, RBのネック部から等距離で25mmのところまで測定を行った。

接続管を取り付けない状態である、単独でのRAの共鳴周波数は、風速8 m/sで144.5Hzであり、RBの共鳴周波数は、風速8 m/sで143.5Hzである。

2.2 実験方法 実験は、RBの風速を8 m/sに保持している状態で、RAの風速を0 m/sから風速を徐々

に上げて、風速を設定した。風速はネック部の中心で計測した。計測は熱線風速計をもちいた。マイクロホンからの計測データの周波数が変化しない状態を5分以上確認した場合、自励音が同期していると判定する。

3. 結 果 及 び 考 察

3.1 同位相同期と逆位相同期の波形 Fig.2(a)は、接続管の内径が3 mm, RAの風速が4 m/s, RBの風速が8 m/sの場合の音圧を時間に対して示したものである。RAの風速が低いため、RAの音圧は小さい。このときのRAとRB間の位相差は163°であり逆位相同期となっている。

Fig.2(b)は、RAの風速のみを6 m/sに上げた場合の音圧を時間に対して示したものである。Fig.2(a)に比べRAの音圧が大きくなり、またRAとRB間の位相差は24°であり同位相同期となっている。

3.2 自励音の特性と風速 Fig.3(a)は、RBの風速を8 m/sとし、RAの風速に対して発生する音圧を示したものである。RAの風速が0 m/sのとき、音圧は接続管内径D=3 mmの場合、82 dBであり、接続管内径D=6 mmの場合の60 dBに比べ高い音圧となっている。

接続管内径D=3 mmの場合、風速の増加に伴ない音圧は単調に増加する。これに対して、D=6 mmの場合は、風速が7 m/sまでは、音圧は余り増加しない。風速8m/s

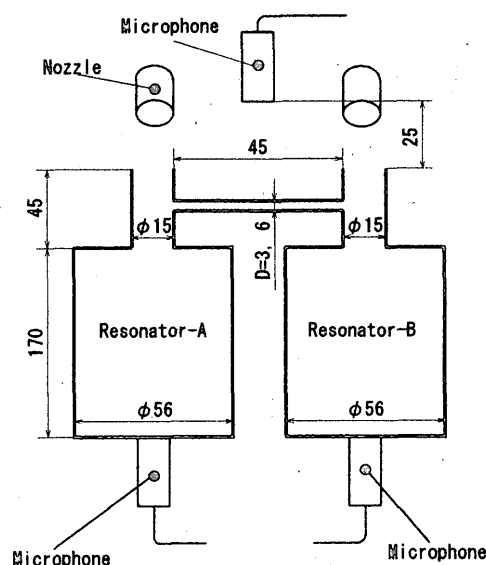
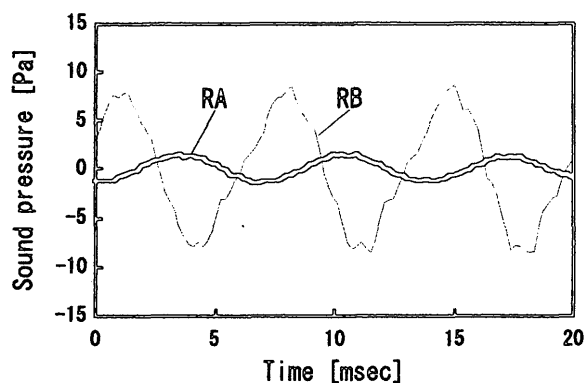
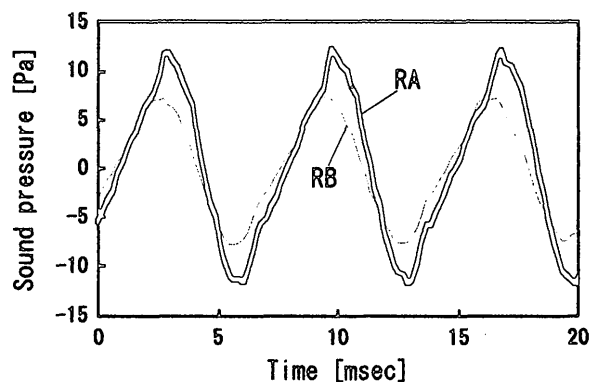


Fig.1 Experimental apparatus



(a) In-phase synchronization (Wind velocity : $D=3\text{mm}$, $RA=4\text{m/s}$, $RB=8\text{m/s}$)



(b) In-phase synchronization (Wind velocity : $D=3\text{mm}$, $RA=6\text{m/s}$, $RB=8\text{m/s}$)

Fig.2 Phase-locking oscillation

以上となると音圧が高くなる。

Fig. 3(b)は、RBの風速を8 m/sと一定とし、RAの風速に対して同期振動数を示したものである。 $D=3\text{ mm}$ の場合、同期が起こるのは風速が7 m/sまでである。また、同期振動数の低下が現れる風速4～6 m/sの範囲では不安定であり同期は現れない。一方、 $D=6\text{ mm}$ の場合、風速16 m/sまで同期が現れる。また、 $D=3\text{ mm}$ と同様に振動数の低下が現れる風速7 m/s～8 m/sの範囲は不安定であり同期は現れない。

Fig. 3(c)は、RBの風速を8 m/sとし、RAの風速に対して同期時のRAとRBの位相差を示したものである。RAの風速が0 m/sから増加するに従いRAとRBの位相差が 180° に近くなり逆位相同期が現れる。 $D=3\text{ mm}$ の場合は、その後同位相同期、逆位相と現れた後同期しなくなる。 $D=6\text{ mm}$ の場合は、逆位相同期の後同位相同期が現れ風速16 m/sまで同位相同期が起こる。

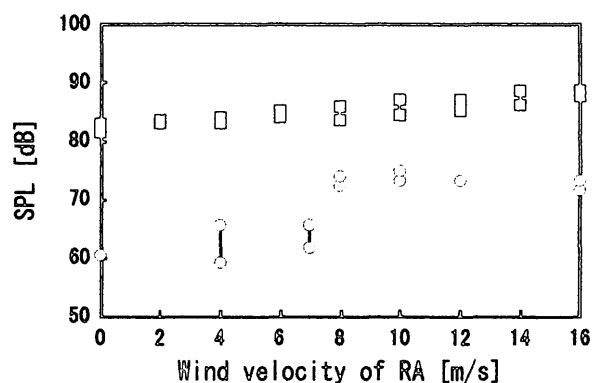
4. ま と め

本研究では、2つのヘルムホルツレゾネータを結合する管の内径について検討を行い、以下のことが明らかになった。

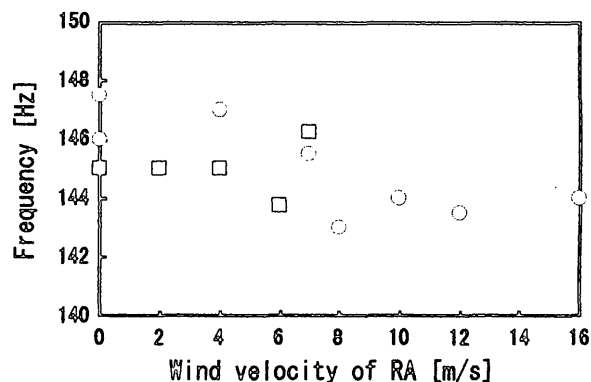
管内径が3 mmと6 mmの場合において、共鳴周波数が同期し位相が一定に固定される場合がある。固定される位相には、同位相の場合と逆位相の場合がある。同期が発生する範囲は、管内径が6 mmの場合の方が、3 mmの場合より広くなる。

文 献

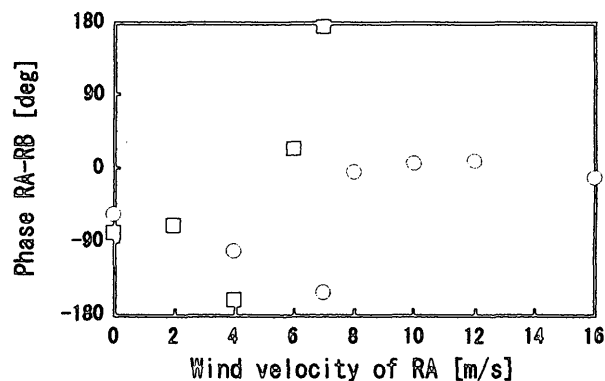
- (1) 梶, ながれ, 15, (1996) 184-194
- (2) 林・ほか3名, 計測制御学会論文集, 16-6 (1980) 892-897
- (3) 社河内・ほか2名, 機論, 47-424, B (1981) 2265-2879
- (4) 佐藤・ほか3名, 機論, 66-642, C (2000) 363-369
- (5) 長嶺・ほか2名, 機講論, VSTech2001, No. 01-7, 131-134



(a) SPL : outside of the resonator



(b) Frequency of self-excited sound



(c) Phase difference between RA and RB

Fig.3 Characteristics of self-excited sound to wind velocity ($\square$: $D=3\text{mm}$, $\circ$: $D=6\text{mm}$)