

I-516

音響付加による渦励振制御の可能性

東京大学大学院 学生員 比江島慎二
 東京大学 正員 木村 吉郎

鹿島建設(株)
 東京大学
 日本大学

松本 孝矢
 正員 藤野 陽三
 正員 野村 卓史

1. まえがき 近年、航空の分野において翼まわり流れに微小攪乱(おもに音響)を加えることにより、定常空気力特性を改善しようという試みがなされている¹⁾。円柱のような鈍い物体においても、特定周波数の音響付加により円柱まわりの流れが変化するという結果も報告されている²⁾³⁾。本研究では、振動している物体、特に渦励振を起こしている円柱に対し、音響付加による制御効果を風洞実験により検討した。

2. 実験装置 模型は発泡スチロール製の円筒で表面には厚いアルミ箔を巻いた(図-1)。円柱重量、対数減衰率、板ばね剛性を変化させ4種類の模型を作成した(表-1)。それぞれの模型の渦励振特性を図-2に示す(縦軸の振幅は円柱直径 D で無次元化)。付加音は、円柱下流直後の風洞床面に設置した直径40cmのスピーカにより発生させ、1/2インチマイクロフォンと精密騒音計により大きさを測定した。なお、無風時における円柱模型スパン中央部での音の大きさを付加音の大きさの代表値とした。渦励振時の模型の変位はレーザー変位計によって測定した。風洞は測定部の幅16m、高さ1.9mで、気流は乱れの強さ1%以下の一様流とした。

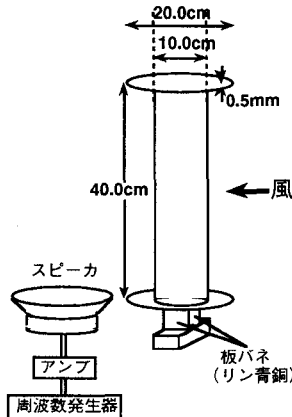


図-1 実験模型

表-1 模型の諸元

	重量(g)	対数減衰率	固有振動数(Hz)
model 1	268	0.020	15.9
model 2	268	0.015	6.7
model 3	503	0.030	6.6
model 4	595	0.038	10.8

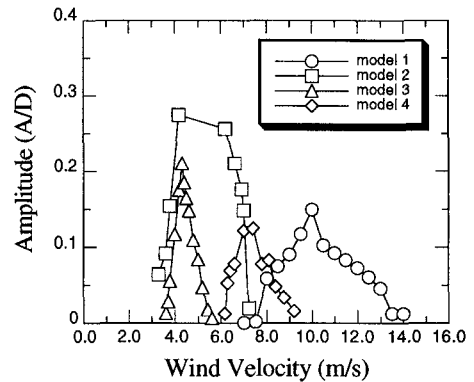


図-2 各模型の渦励振特性

3. 実験結果及び考察 4種類の模型に対し、それぞれ表-2に示す風速において、音圧レベル一定のもと付加する音響周波数を変化させながら渦励振振幅の変化を測定した。図-3の縦軸は各実験ケースにおいて渦励振振幅に対し最も大きな影響を与えた音響周波数 f_a を渦励振時の模型振動数 f_n で除した値、横軸は円柱直径 D を代表長とするレイノルズ数である。なお、図-3に示した曲線はWEI & SMITHによって提案された静止円柱における遷移波周波数の予測式⁴⁾であり、次式で表される。

$$\frac{f_t}{f_s} = \left(\frac{Re}{470} \right)^{0.87} \quad (1)$$

f_t : 遷移波周波数 f_s : カルマン渦放出周波数

ここで遷移波とは、円柱表面から剥離した剥離せん断層が層流から乱流へ移行する際、乱れに先立って現れる正弦波状の微小変動のことである。この微小な変動は剥離せん断層の不安定性によって発生し、最初規則正しい正弦波状をしており振幅も小さいが、下流に進むにつれて振幅が増大し、や

表-2 実験ケース

実験ケース	模型の種類	風速(m/s)	音圧レベル(dB)
1	model 1	8.1	110
2		8.1	100
3		8.75	110
4		3.3	110
5	model 2	7.4	110
6		3.8	110
7		4.3	110
8	model 3	3.8	110
9		5.0	110
10		8.1	110
11	model 4	6.6	110
12		7.4	110

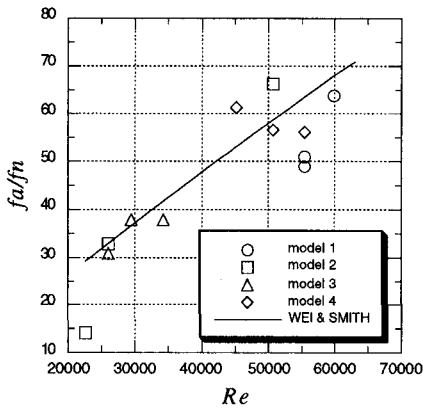


図-3 渦励振幅に影響を及ぼす音響周波数

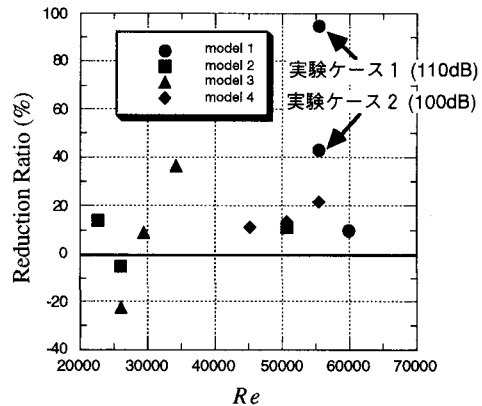


図-4 渦励振幅の低減率

がては正弦波形から乱流の不規則波形へと連続的に移行することが知られている。従来の静止円柱に対する音響付加実験によれば、円柱まわりの流れや定常空気力特性を変化させるのに最も効果的な音響周波数は、遷移波周波数付近であることが報告されている。図-3によれば、渦励振幅に対して最も大きな影響を与える音響周波数はWEI & SMITHによって求められた遷移波周波数の予測値付近に分布しており、渦励振を制御するためにはこの予測値付近の音響撓乱を付加することが効果的であると考えられる。図-4は図-3で示した音響周波数を付加したときの渦励振幅の低減率である。ほとんどのケースは110dBの音響で十数パーセント程度の振幅の低減効果が得られており、最大で95%もの低減効果が得られた。しかし、実験ケース6、8の2ケース ($Re=26000$)に限っては、音響付加により渦励振幅が増大した。また、実験ケース1、2 ($Re=55000$)は付加音の大きさを変えた場合の実験であるが、付加音の大きさが大きいほど高い制振効果が得られている。このことは、現在それほど高くない制振効果であっても、さらに大きな音響を加えることでより高い制振効果が得られる可能性を示唆している。

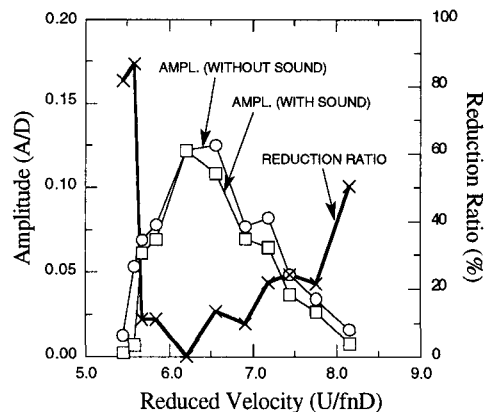


図-5 渦励振幅と低減率との関係

次に渦励振の振幅と低減率との関係を調べるために、model 4の風速間隔を細かくとり遷移波周波数の予測値付近の音 (110dB) を付加したときの振幅の変化を測定した (図-5)。図に示すように、振幅が大きくなるほど低減率は低くなっている。振幅が大きくなると物体振動が円柱まわりの流れに及ぼす影響が非常に強くなり、音響撓乱による刺激の影響が現れにくくなるためと考えられる。

4. おわりに WEI & SMITHによる遷移波周波数の予測値付近の音響撓乱を付加することにより、一部の場合をのぞいて円柱の渦励振を低減することができた。今後は音響撓乱の強さを増し、渦励振幅が大きい風速域における制振可能性について検討するとともに、物体まわりの流れを調べることにより、音響撓乱による渦励振制御のメカニズムの解明を行う予定である。

- <参考文献> 1) K.B.M.Q.Zaman and D.J.McKinzie: *AIAA J.*, Vol.29, No.7, JULY 1991, pp.1075-1083.
 2) F.B.Hsiao and J.Y.Shyu: *J.Fluids and Structures*, (1991)5, pp.427-442.
 3) 岡本: 空気調和・衛生工学会論文集, No.44, 1990年10月, pp.1-10.
 4) T.Wei and C.R.Smith: *J.Fluid Mech.* (1986), vol.169, pp.513-533.