

複数円柱の空力応答特性

九州工業大学・工学部 正 員 久保喜延
 九州工業大学・工学部 学生員 ○金尾 稔
 九州工業大学・工学部 学生員 長田 浩
 九州工業大学・工学部 学生員 杉原賢治

1. まえがき

気流中における複数円柱は、互いの影響を受けてそれぞれに固有の振動を発生させる。この振動の実際上の問題としては、煙突や冷却管や斜張橋等のケーブルなどにみられる。特に斜張橋のケーブルにおいては、近年の長大化傾向にともない、またメンテナンス上からも有利なことから複数配置とされることが多くなり、そのためにウェークギャロッピング等の振動問題も数多く報告されている。本研究は、風洞実験により、気流中に複数の円柱が近接して存在する場合の空力応答特性について観察を行なったものである。

2. 実験概要

実験は、九州工業大学設計生産工学科建設工学教室付属の省資源実験室内の中型風洞において行なった。

1) 直列に配置された2円柱がともに弾性支持された場合の応答

図1のようにアルミ管 $d = 50\text{mm}\phi$ を気流に対して直列に配置した場合の応答図を図2に示す。これによると $V_r = 20 \sim 30$ の間でウェークギャロッピングが発生していることが分かる。このとき上流側円柱はほとんど振動していないことも分かる。また、このことは著者らが1988年2月に佐賀県呼子大橋(斜張橋)で観測した場合でも、上流側ケーブルはほとんど揺れず、下流側ケーブルが上下に大きく振動しており、同風洞においても実橋における現象と同様の振動を再現できることを示している。

2) 3本以上の円柱を等間隔に配置した場合

この場合1本1本をそれぞれ独立してコイルスプリングで弾性支持することは難しいので、図3に示すように円柱模型の両端に円柱間隔を常に一定に保つことができるようなスペーサを取り付け一体化したものを支持するようなしくみとした。

この方式は先の呼子大橋において防振用のスペーサを挿入したケーブルが、上流側を回転中心として、下流側が大きく円弧状に振動していたことから、同様の現象が実験室でも再現できるものとして考えた。

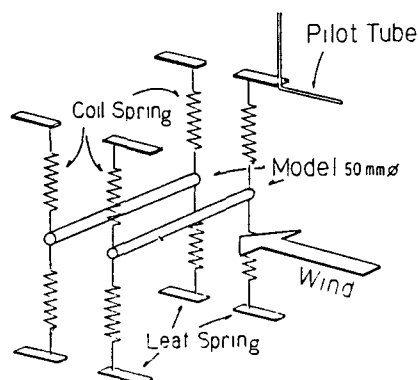


図1 実験装置概観

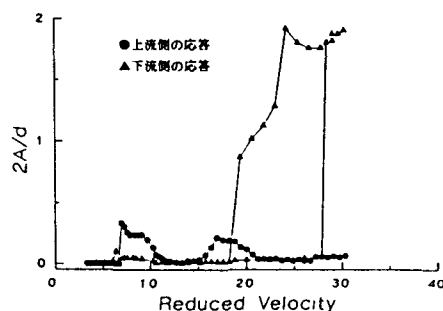


図2 コイルスプリング支持による2本円柱の空力応答

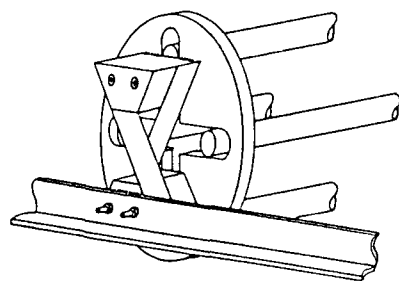


図3 十字バネとスペーサによる円柱の支持部

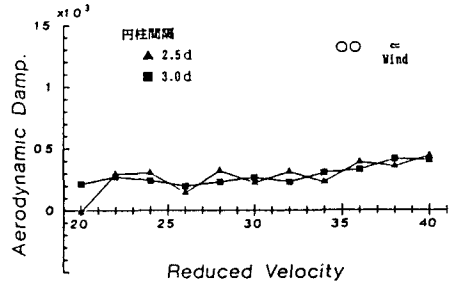
たわみ・ねじれの2自由度を持つ振動系は、コイルスプリングの剛性が過大となったためねじれ振動は測定できなかった。そこで、ねじれ振動のみに着目し、十字バネを使用し、上流側円柱が回転中心となるような振動系とした。円柱模型は、全質量を小さくするために $d = 20\text{mm}$ と小さなものを使用した。

測定風速は、ねじれ振動の固有振動数が低かったことと、模型の代表長（直径）が小さかったことにより、低風速域では測定できず、2本円柱のウェークギャロッピング発生域である $V_r = 20 \sim 40$ とした。

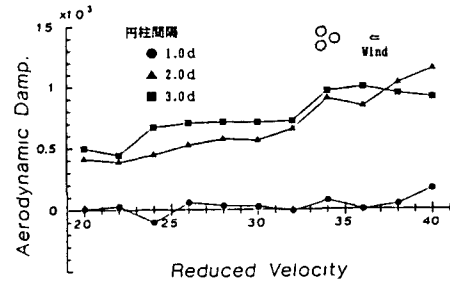
3. 実験結果

今回の実験の中で、直列2円柱をコイルスプリングで支持した時にみられたようなギャロッピングが、十字バネを使った振動系では発生しなかった。これは模型の直径が小さいことにより空気が低下したためと思われる。そこで本研究では、各風速における空力減衰率を求めて比較を行なった。図4(a)～(c)にその結果を示す。いずれの場合においても、構造減衰率は、振幅により異なるが $0.012 \sim 0.010$ 程度であり、図中の縦軸はそれとの差の平均を示している。

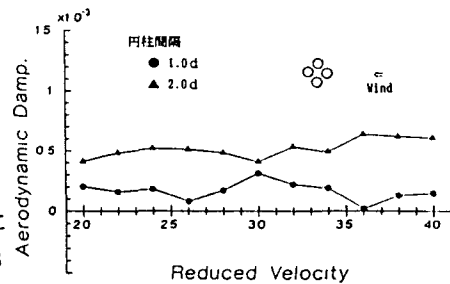
- i) 2本円柱の場合； どの風速域においても空力減衰率は正で、しかもほとんど値に変動がない。
- ii) 3本円柱の場合； 円柱の中心間隔が $1.0d$ の場合には、構造減衰率とほぼ同じような値となることを示しているが適当な間隔をあけると減衰率は大きくなり、また風速の上昇とともに減衰が大きくなっている。
- iii) 4本円柱の場合； 間隔 $1.0d$ の場合には、3本の場合に比べ減衰が大きくなっているが、間隔を $2.0d$ にすると3本の場合のそれと比べ、やや小さくなっていて振動が発生しやすくなりそうである。



(a) 2本円柱の場合



(b) 3本円柱の場合



(c) 4本円柱の場合

図4 十字バネ支持による
複数円柱の空力減衰率

4. 結論

本研究では、上述のように流体力学的なアナロジーが、ウェークギャロッピングなどの振動と、上流側円柱を中心としたねじれ振動との間に成り立つものと考え、ねじれ振動に着目した実験を主に行なった。その結果、複数円柱を剛に結合したねじれ振動の場合には、空力減衰は正減衰となり、ウェークギャロッピング状の現象は発生しなかった。また、今回の実験では、構造減衰率がコイルスプリングを用いたものよりやや大きく、風洞内でその現象を再現することができなかったことより、斜張橋におけるケーブルの振動についても、何らかの形で減衰を少し大きくすればその防振対策に効果があるとも考えられる。これらの一層の解明が今後の課題と思われる。

参考文献：(1)幡手,久保,弓山；並列Bluff Bodyの空力弾性振動，第38回土木学会年次講演会講演概要集，1-297，1983．(2)久保,加藤,金尾；直列二本円柱の空力弾性挙動と振動抑制に関する一考察，土木構造・材料論文集 第4号，1989