

脈動噴流によって振動が抑制された角柱周りの流れの測定と可視化

日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生会員 鈴木 克典
 日本大学理工学部土木工学科 正会員 野村 卓史

1. はじめに

物体の空力振動を抑制する方法の 1 つは剥離流の挙動を変化させるものであり, いろいろな試みがなされている. 著者らは角柱内部から脈動噴流を発生させて前縁付近の剥離流を刺激することで振動を抑制できることを実験によって実証した¹⁾²⁾. 本報告では, 脈動噴流がどのように振動抑制に作用しているかを明らかにすることを目的として模型を固定させた時と脈動噴流によって振動を抑制した時の角柱周辺の流れの状況を報告する.

2. 実験装置概要

本研究で使用した実験装置を図 1 に示す. また, 実験で使った角柱模型の内部構造を図 2 に示す. 模型内部は噴流を軸方向にできるだけ均等にさせるためホース挿入口から上下に階段状になっている. 2 本の AC サーボモーター風洞からの気流を, ホースを通し模型内に送り込み, 前縁の上下から空気排出溝を通じて噴流を吹かす. 模型の上下振動の変位をレーザー変位計で読み取り, その変位波形に対応した脈動噴流を一周期後に吹かせる制御電圧を AC サーボモーター風洞へ送る.

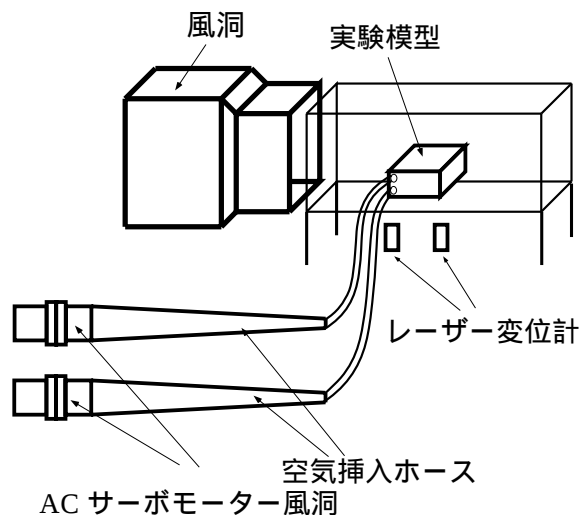
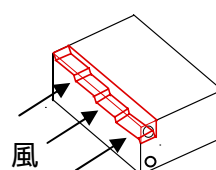


図 1 実験装置の概要



高さ	6cm
辺長	12cm
重量	180g
固有振動数	2.89Hz

図 2 実験模型

3. 脈動流による抑制実験結果の例

図 3 は, 抑制始動から噴流開始前後での模型変位と AC サーボモーター風洞に送られる制御電圧を示している. 制御始動の指示を出してから模型の空気排出溝に噴流が到達するまでの時間は 0.32 s かかる. そのため, 模型振動の周期 0.38 s にあわせるため, 制御信号を 0.06 s 遅らせて与えた. 図 3 に示す制御電圧は模型上縁の空気排出溝から脈動噴流が吹くタイミングに合わせてプロットしている. 下縁の噴流は常に上縁と逆位相になるように吹かせた. このタイミングで脈動噴流を吹かせた時が最も抑制効果が得られた. そのときに AC サーボモーター風洞に送る入力電圧は図 3(b) に示すように A 点で読み取った変位に対応した電圧を 1 周期後の B 点で吹かせるシステムとなる. この実験の結果では, 角柱模型の上下振動に対して約 3 周期で抑制効果が得られた.

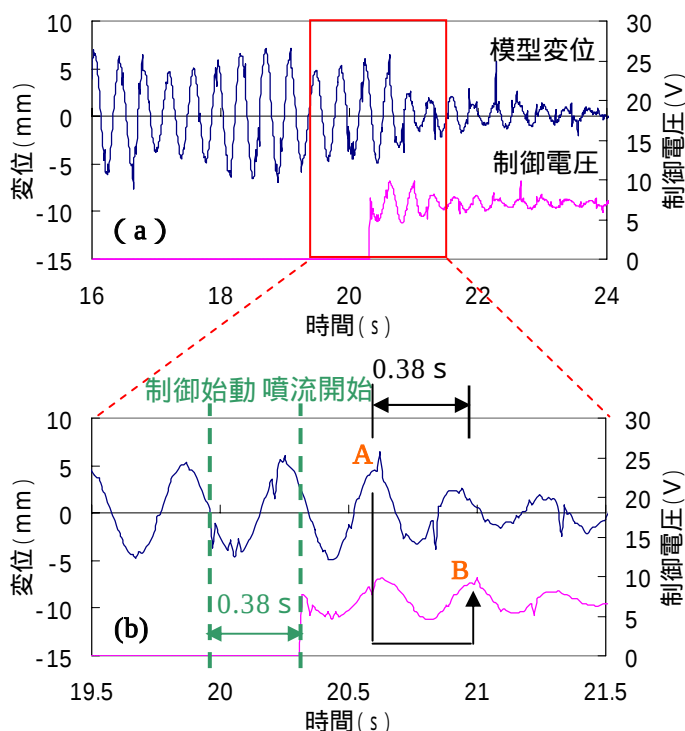


図 3 抑制開始前後での模型変位, 制御電圧

キーワード: 脈動噴流, 振動抑制, 角柱

連絡先: 千代田区神田駿河台 1-8-14 日本大学理工学部土木工学科 Tel03-3259-0411

4．角柱周辺の風速変動

脈動噴流を吹かせた時に模型周辺の流れの変化を調べ、振動抑制する原因を知るため、模型周辺での風速測定実験を行った。図4は、熱線流速計の設置位置である。図5(a)は、模型が振動しないように固定した状態の風速 $U=3.0\text{m/s}$ の時の、各測定点での気流の主流方向成分 u の平均風速 $\bar{u}$ である。図5(b)は脈動噴流によって振動を抑制した状態の各測定点での気流の主流方向成分 u の平均風速 $\bar{u}$ である。図6(a),(b)は、その時の乱れ強さを表す。図5によれば、平均風速 2.5m/s 以下の範囲が、固定時に比べ抑制時では風下側へ伸びている。全体では固定時に比べ抑制時の方が、平均風速が低くなった。図6によれば、固定時に見られる模型後流の乱れのピークが、抑制時にはなくなり、乱れの領域が風下側に伸びている。図7は風速 3.0m/s の気流内で模型固定時、抑制時での図4のA点で測定した主流方向成分の気流をスペクトル解析した結果である。固定時と振動時を比べると、固定時にはストローハル数 ($St=0.082$) に対応する渦放出周波数 4.1Hz に近い周波数があるが、抑制時にはパワースペクトルに明確な卓越周波数はない。

5．ドライアイスによる可視化実験

模型が振動している状態と抑制された状態で模型周辺の流れの変化を知るため、ドライアイスの煙による可視化実験を行った。図8(a),(b)は、固定時と抑制時の可視化の様子である。図8(a),(b)の渦を比べると、固定時よりも抑制時のほうが後方に渦の位置がずれ、渦の大きさも抑制時のほうが小さくなる結果が得られた。

6．まとめ

本実験で、模型固定時と抑制時では角柱周辺において、異なる流れが生じていることがわかった。今後はより詳細な風速測定実験と可視化実験を行い、振動抑制の原因を調べる。また、模型振幅の大きさに応じて抑制ができるアルゴリズムの開発を目指す。

参考文献 1) 野村卓史 他：角柱前縁からの脈動噴流による空力振動の抑制に関する実験的研究，第18回日本風工学会シンポジウム論文集，2004

2) 岡田俊彦 他：角柱前縁からの脈動噴流による空力振動の抑制実験，日本風工学会誌，2004

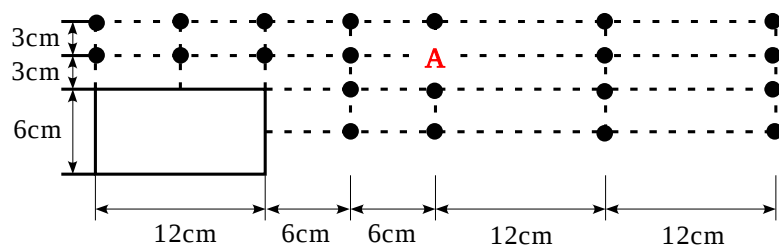
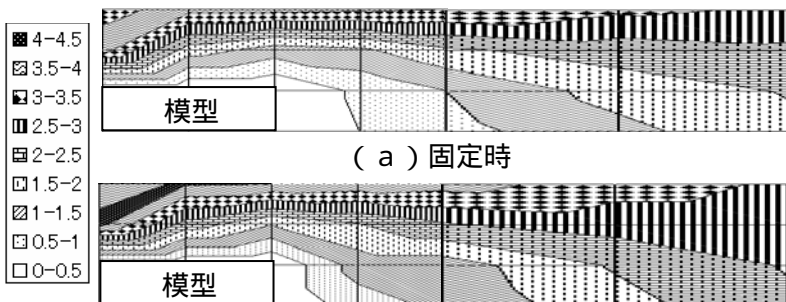


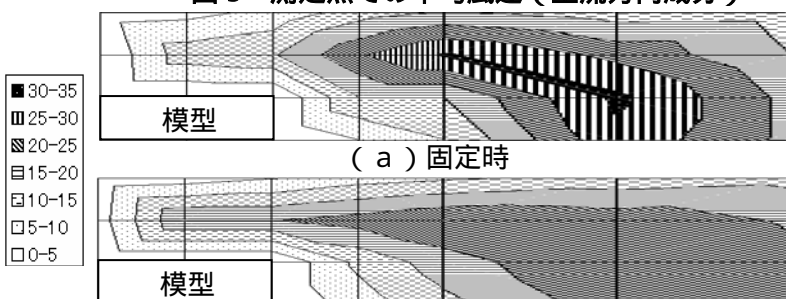
図4 熱線流速計の設置位置



(a) 固定時

(b) 抑制時

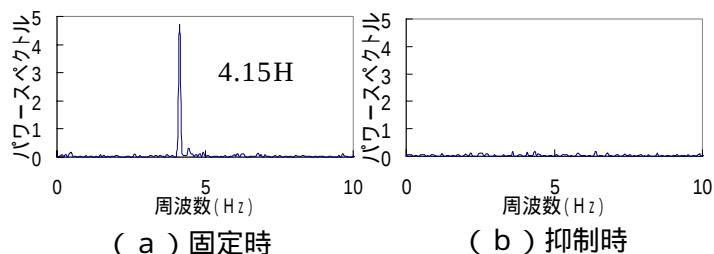
図5 測定点での平均風速（主流方向成分）



(a) 固定時

(b) 抑制時

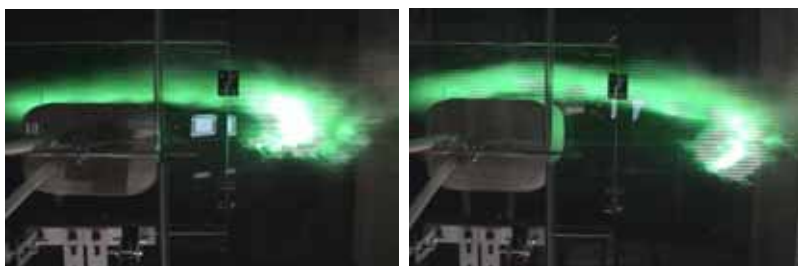
図6 模型周辺の乱れ強さ



(a) 固定時

(b) 抑制時

図7 測定した風速と気流のスペクトル解析 (a)(b)



(a) 固定時

(b) 抑制時

図8 ドライアイスの煙を用いた可視化の様子 (a)(b)