

I-432

境界層制御による角柱の安定化に関する一実験

NKK 正会員 園部 好洋

1. まえがき

いわゆる空力的制振対策の基本的な考え方は、空力振動の原因となる非定常空気を減ずる、あるいは物体の振動と空気が同期しないようにすることであると考えられる。これまで多くの実績を持つ種々の空力的制振対策は、物体の形をわずかに変えることや付加的な部材を取り付けることで、これを実現してきた。著者が境界層制御と呼んでいる方法も、基本的にはこれと同一の考え方であるが、剥離渦の挙動を外部のエネルギーによって強制的に変化させる点で異なっており、溝田の振動前縁フラップによる角柱の安定化⁽¹⁾、岡南のjet吹き出しによる角柱の安定化⁽²⁾の考え方に近い。

以下に報告するのは、境界層制御による空力振動の制振を狙った研究の第一ステップとして行った実験の結果である。ここでは、角柱の隅角部付近から空気を吹き出す方法によって応答がどう変化するかを調べた。なお、境界層制御は元々、翼上に発達する層流境界層の剥離を遅らせる技術であるので、このような方法を境界層制御と呼ぶことには異論もあろうが、剥離渦を含む乱流境界層の制御を目的とすること等から、ここでは境界層制御と呼んでおきたい。

2. 実験方法

今回の実験では、図-1に示すように、断続的に配置したノズルを使って、吹き出し方向や吹き出し口の位置が応答に及ぼす影響を調べ、小さな流量で制振効果の高いノズル配置を見出すことを主たる目的とした。実験は、空力振動を起こす代表的な断面である1:2角柱(300^B×150^D×1600^L)を使用した1自由度のバネ支持である。予備実験の結果から、空気の吸い込みは吹き出しと併用しない限り効果に乏しく、その割に制御が簡単でないと判断し、実験は空気の吹き出しに限定した。吹き出し口は模型上下面の前縁と後縁の角部付近に間隔160mmで設けた(図-1)。ノズルの配置パターンはいくつか変えられるが、ノズルの個数は最大18個で、模型内部の配管を通して所望の位置に空気を送ることができる。また、ノズルを変えて吹き出し形状もいくつか変えることができるが、今回は、無風時に約80°の角度でシート状に空気を吹き出すことができるノズルを主に使用した(図-2)。模型への送風は、吹き出しノズルの圧力抵抗が大きく、また各吹き出し口での吹き出し量を一定に保つため比較的高い圧力の空気を必要としたのでコンプレッサ(50m³/h, 9.5kg/cm², 7.5kwh)を用いて行った。吹き出し量の計測は、面積型流量計と熱線型流速計からの換算を併用した。模型の重量は、使用するノズルや配管系の変更に係らず12.5(Kgf/m)に調整した。構造減衰は $\delta=0.015$ 、たわみ振動数は $f=2.58$ (Hz)である。

本実験では、吹き出し口が断続的配置であるので、流量については一様吹き出しに近い境界層制御でWong⁽³⁾や岡南⁽²⁾が用いたブリージング比とともに、実流量を併記する。

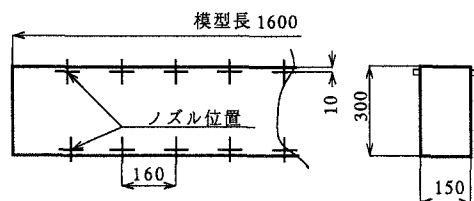


図-1 模型の概要



図-2 吹き出しノズル形状

$$\text{ブリージング比 } C_q = q / (U D l)$$

ここに、 q :吹き出し総量、 U :平均風速、 D :断面見付け幅、 l :模型長

3. 実験結果

図-3に、実験ケースをまとめて示す。図-4図-5はそれぞれ、前縁上面のみ物体表面に沿って吹き出した場合（ケース1；吹き出しノズル9個使用）と前縁でエアカーテン状に吹き出した場合（ケース2；吹き出しノズル18個使用）の効果を示した振幅-風速曲線である。両者とも、吹き出し流量が多くなるに従って、渦励振の最大振幅が減少し、また、完全に止まらないにしてもギャロッピングの発生が高風速側に移っており、境界層制御の制振効果が現われていると言えよう。渦励振については、ケース1で $C_q=0.0104$ (300 l/min)以上、ケース2で $C_q=0.0174$ (500 l/min)以上にて完全に制振できた。

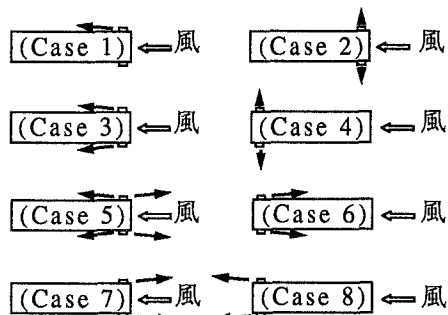
図-6は、図-3に示した実験ケースの中で、最も少ない流量で渦励振を抑制できたケース3の結果である。このケースでは、模型の前縁に設けた計18個のノズルから表面に沿って扇型に吹き出した。このノズル配置の場合、渦励振は吹き出し流量が $C_q=0.0069$ (200 l/min)以上になると完全に抑制される。一方、ギャロッピングは実験した吹き出し量の範囲では止まらないが、吹き出し量を多くすれば、限界風速をかなり上げることができそうである。ギャロッピングの限界風速を、振幅が模型高 D の5%に達する風速と定義すれば、吹き出し流量が2倍になると限界風速も2倍に上がっている。いずれの流量においても限界風速の時のブリージング比は $C_q=0.0027$ となる。なお、渦励振、ギャロッピングともにWongが報告したようなヒステリシスは認められなかった。

4. あとがき

本実験から、吹き出し境界層制御によって角柱の空力振動特性を変化させられることが確認された。吹き出し口を断続配置し、吹き出し方向を適当に選べば比較的少ない流量で高い制振効果が得られる可能性があると思われる。最適配置、流量等についてはメカニズムを含めて今後検討する予定である。

（参考文献）

- (1) 溝田武人、岡島厚：『前縁フラップの振動に伴う角柱まわりの流れと表面圧力の変化について』（第10回風工学シンポジウム論文集 pp. 97～102、1988.12）
- (2) 岡南博夫、犬伏淳、藤本拓也：『Jetによる空力安定化効果に関する基礎的研究（1）』（日本風工学会誌第41号 pp. 49～50、1989.10）
- (3) H. Y. Wong：『Wake Flow Stabilization by the Action of Base Bleed』（J. of Fluids Engineering Vol.107、1985.9）



（注）Case 5は1つおきに交互に吹き出し
図-3 実験ケース

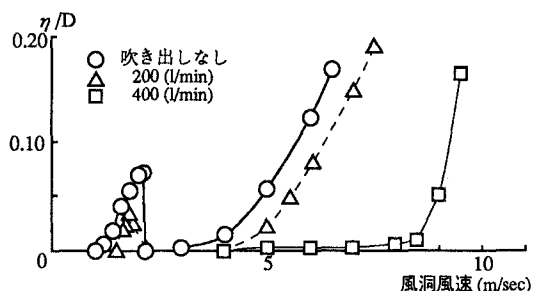


図-4 Case 1の応答

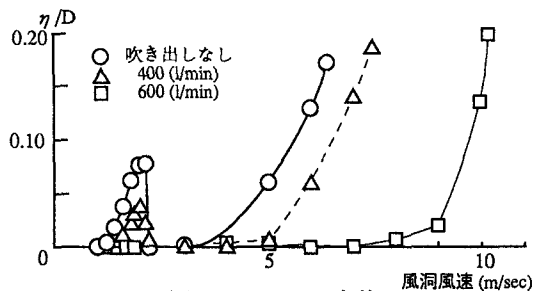


図-5 Case 2の応答

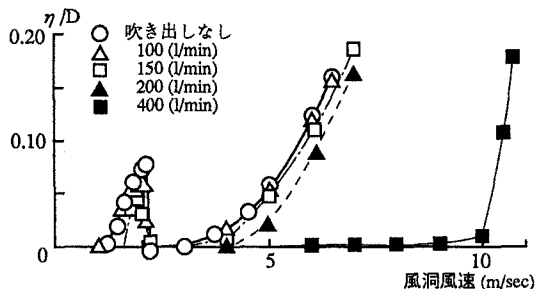


図-6 Case 3の応答