

辺長比 4 角柱端部からの噴流を用いた振動抑制手法の実験的研究

株式会社鴻池組 正会員 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

長大橋梁ではスパン長が増大すればするほど耐風性の確保が重要となる．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，様々な試みがなされている．著者らは辺長比 2 角柱の前縁から噴流を発生させて角柱周辺の剥離流を刺激することで振動を抑制する方法を実験によって実証した^{1) 2)}．本報告では，辺長比 4 角柱の端部からの噴流による振動抑制手法の検討結果を報告する．

2. 実験装置概要

本研究で使用した実験装置を図 1，実験角柱を図 2，角柱変位の測定方法を図 3 に示す．2 本の AC サーボモーター風洞からの気流を，空気挿入ホースを通し角柱内に送り込み，前縁または後縁の上下に設けた空気排出溝から噴流を噴射する．脈動噴流での制御の場合，角柱の変位はレーザー変位計で読み取り，その変位波形に対応した制御電圧を AC サーボモーター風洞へ送り，脈動噴流を生成する．脈動噴流を噴射するタイミング，風量の制御は LabVIEW プログラムを用いている．実験角柱の内部は，階段形状を用いて空気排出溝からの噴流を均等化する工夫をした．角柱の軸を回転運動以外固定し，ねじれ 1 自由度振動を発生させる支持方法とした．ただし，本実験では角柱の初期変位が 0° の状態では空力振動が生じなかったため，初期変位 $\theta = 5^\circ$ (0.0872rad) を与えることとした．角柱変位の読み取りは図 3 のように角柱の前縁側と後縁側の上下変位をレーザー変位計によって測定する．測定した上下変位を回転変位に換算し，角柱変位とした．

3. 辺長比 4 角柱での一定噴流による振動抑制実験

辺長比 4 角柱のねじれ振動に対して，角柱前縁または後縁の上下面から一定の噴流を噴射し，抑制効果の検証を行った．一定噴流の生成は AC サーボモーター風洞に送る制御電圧を 6V，8V，9.9V の 3 パターンとした．このとき実際に角柱の空気排出溝から噴射される噴流風速は 2.01m/s ， 2.85m/s ， 3.64m/s となる．図 4 は風洞風速が 3.5m/s のとき，9.9V の一定噴流を前縁から 300 s 噴射したときの角柱回転

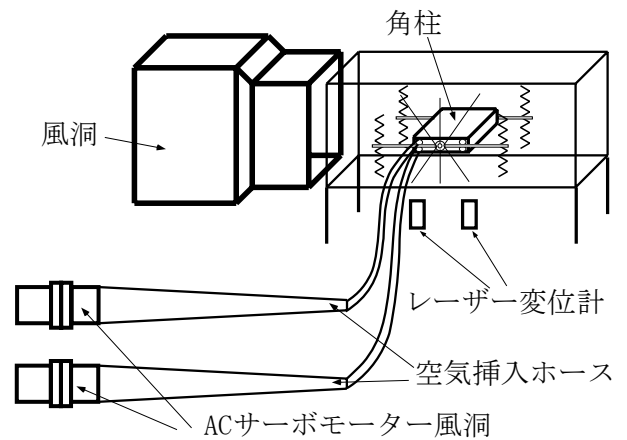


図 1 実験装置の概要

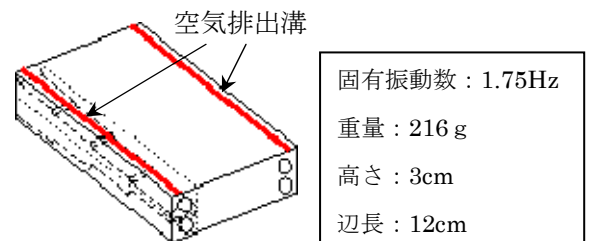


図 2 辺長比 4 角柱

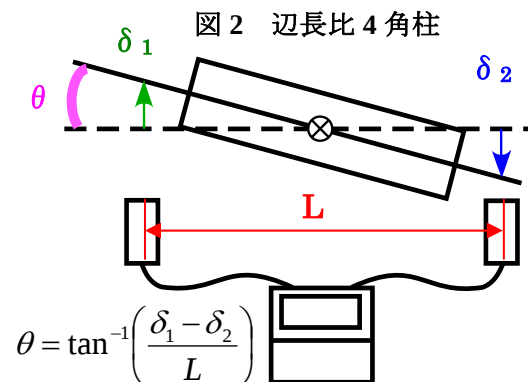


図 3 角柱変位の測定方法

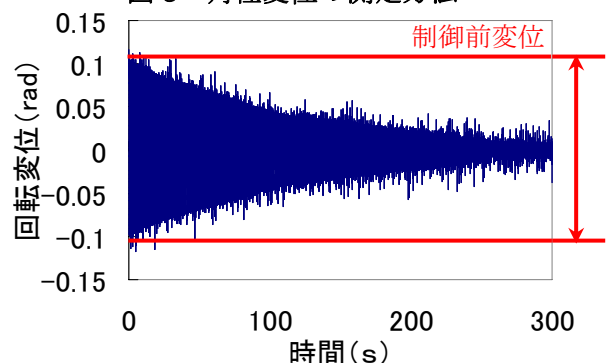


図 4 風洞風速 3.5m/s で一定噴流 9.9V の抑制結果

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

変位である。この結果によると、制御前の振幅は 0.202rad となり、制御時間 300 s 後の振幅は、 0.003rad となった。このことから、噴流制御による抑制効果が得られることが分かった。その他の実験条件での結果から、一定噴流の風速が高いほど抑制効果があり、風洞風速が高いほど抑制効果がなくなることが分かった。また後縁側から一定噴流を噴射した場合には、抑制効果がほとんど得られなかった。

4. 脈動噴流による振動抑制実験

図 5 は、噴流開始前後での角柱変位と角柱前縁に設けた空気排出溝の上面からの噴流風速を示す。脈動噴流の生成の仕組みの例として、図 5 に示す a 点で読み取った角柱変位の正負を反転させ、制御電圧へ変換する。制御電圧の変換は角柱変位が 0 の場合、 6.95V 送り、角柱変位が 6mm の場合、 9.9V を送るシステムとなる。このように決められた制御電圧を LabVIEW プログラムによって 0.86 s 遅らせて与える。さらに、制御始動の指示を出してから AC サーボモーター風洞が始動し、角柱の空気排出溝に噴流が到達するまでの時間 0.06 s が足され、図 3 に示す b 点で噴流が噴射されることとなる。この制御を 0.01 s ごと繰り返すことで、角柱変位に対応したリアルタイムな制御を行う。下縁の噴流は常に上縁と逆位相になるように噴射させた。上記で示した LabVIEW プログラムによる位相差を変化させたときの脈動噴流の噴射タイミングを図 6 に示す。図 6 の A 点は LabVIEW プログラムによる位相差を、 0.33 s としたとき、この値に遅れ時間の 0.06 s が足され、角柱上面からの噴流風速が最大となる位置である。A 点を基準に $1/8$ 周期ごとタイミングをずらし、計 8 位相で実験を行った。図 5 で示したタイミングは位相 H となる。実験では脈動噴流を前縁または後縁から噴射した。図 7 は脈動噴流を D のタイミングで噴射したときの角柱回転変位を示し、図 8 は脈動噴流を H のタイミングで噴射したときの角柱回転変位である。風洞風速は共に 3.5m/s となる。図 7 では、抑制効果が得られなかったのに対して、図 8 では、抑制効果が得られる結果となった。その他の実験条件の結果から脈動噴流の噴射するタイミングを角柱変位が上となるときに合わせると抑制効果が高いことが分かった。

5. まとめ

一定噴流による抑制制御に比べ、脈動噴流による抑制制御の方が効果的に抑制効果を得られた。また、脈動噴流の場合、角柱変位と噴流噴射のタイミングによって抑制効果に違いが見られた。この結果から適切な位相による脈動噴流が空力振動の抑制効果が高いことが分かった。

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

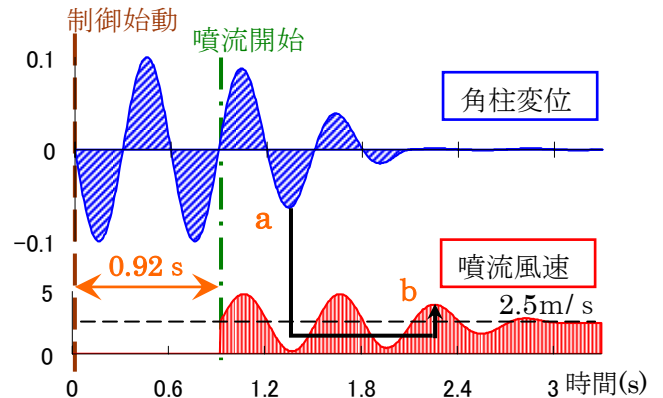


図 5 角柱変位と制御電圧の関係

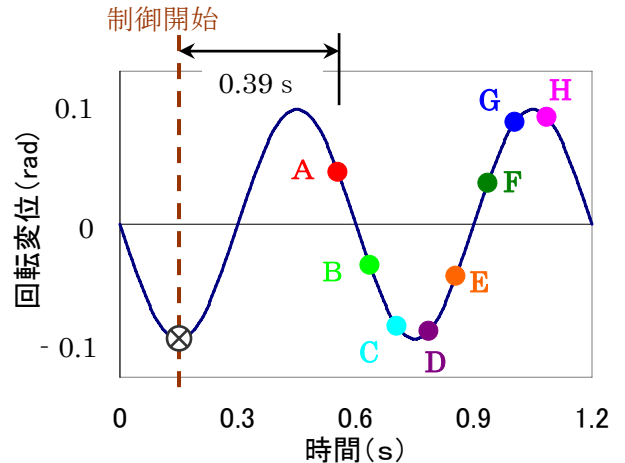


図 6 上縁からの脈動噴流と角柱変位の関係

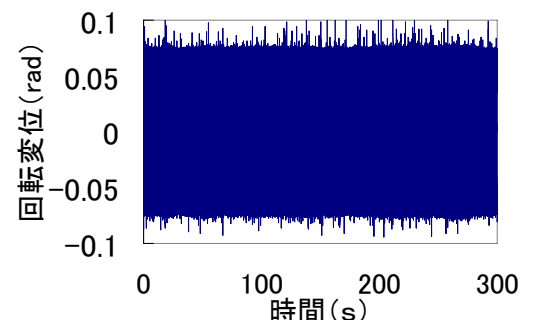


図 7 位相 D での抑制結果

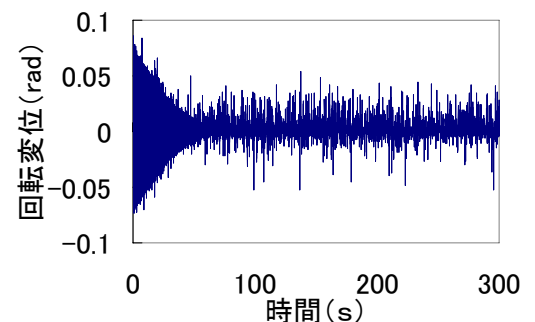


図 8 位相 H での抑制結果