

I-B8

流れ解析による角柱の振動制御評価

NKK 正会員 加藤 真志

1. まえがき 土木構造物へのアクティブ制振の適用例が、最近ではいくつか見られる様になってきた¹⁾。実機を制振しようとする場合、その制御則の有効性を事前に風洞実験等で確かめておくことが望ましい。しかし、風洞実験には、コストと期間、制御力を確実に与える機構の模型化が必要となる。ここでは2次元角柱を対象に、流れ解析によるDVFB制御評価の有効性について検討する。

2. 解析手法・解析ケース 解析には、 70×64 の2次元解析格子を用いた。Reynolds数は22,000、乱流モデルは修正生産項 $k-\varepsilon$ である²⁾。対象としたのは、図1の渦励振とギャロッピングが混在するScruton数 $Sc=9.98$ である。 Sc を増加させると図中点線で示すように渦励振とギャロッピングに分離する。ここでは、渦励振のピークである $V_R=9$ 、ギャロッピング領域の $V_R=20$ の2風速を、解析の対象とした。図2は、 $V_R=9$ 、20の自由振動時の振幅～減衰関係である。いずれも負減衰-0.1を中心にとらっている。減衰力 $G\dot{x}$ を与える際、 $\delta_{EQ}=\delta_s+G/2Mf$ でゲイン G を決定した³⁾(δ_{EQ} :等価対数減衰率、 δ_s :構造対数減衰率、 M :質量、 f :振動数)。ただし、 δ_s は構造減衰ではなく、空力減衰を含んだ総減衰とした。 δ_{EQ} としては、0.0、0.05の2種類を考え、表1に示すゲインを得た。制御の有効性を確かめるため、振幅ゼロから自由振動により $0.1D$ (D は角柱辺長)以上の振幅まで振動を発生させ、途中から減衰力を与える計算へと切替えた。

3. 解析結果 図3に、表1のゲインに基づく減衰力を与えた場合の振動波形を示す。実線は自由振動、途中から示されるのは減衰力を与えた場合の波形である。 $V_R=9$ では、 $\delta_{EQ}=0.0$ で $0.19D$ 、 $\delta_{EQ}=0.05$ では最終的に $0.01D$ の微小振幅まで低下した。 $V_R=20$ では、 $\delta_{EQ}=0.0$ で発散振動、 $\delta_{EQ}=0.05$ で $0.006D$ の微小振幅まで減衰した。図4は減衰力を与えた後の振幅と減衰の関係である。 $\delta_{EQ}=0.0$ に設定した場合、 $V_R=9$ で定常状態、 $V_R=20$ では振幅に拘わらず減衰はゼロに近い値を示す。 $\delta_{EQ}=0.05$ に設定した場合、 $V_R=9$ で減衰は大きくばらつくが、振幅 $0.1D$ 付近では約0.05、 $V_R=20$ でも約0.05の減衰を示した。

4. まとめ 2次元角柱を対象に、2次元乱流解析を適用し、DVFB制御の有効性について検討を行った。その結果、以下の様な結論が得られた。

- (1)渦励振域、ギャロッピング域いずれの振動も、DVFBにより減衰させることが可能である。
- (2)制御力を与えた結果得られる減衰は、減衰評価式で予測される値とほぼ等価である。
- (3)本研究で用いた2次元流れ解析手法は、制御則の有効性を評価する場合の有力なツールになり得る。

本研究の解析結果は、実験結果と比較した詳細な検討を行っている訳ではない。しかしながら、流れ解析が、実験では困難な耐風設計の一助となれば幸いである。なお、本解析に使用したプログラムは、TEAM(Turbulent Elliptic Algorithm Manchester)の機能を向上させたものであることを付記しておく。

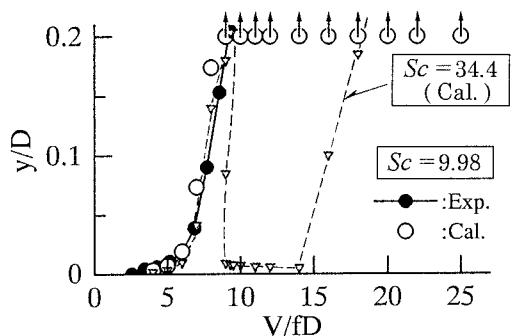
参考文献 1)藤野陽三、山口宏樹：土木構造物における振動制御の実施例、JSSC No.12, 1994。

2)加藤真志：修正生産項 $k-\varepsilon$ を用いた静止・振動角柱周りの二次元流れ解析、土木学会論文集、No.577/I-41, 1997。

3)津村直宣、水野浩、飯島慶次、佐藤豪：AMDの等価減衰率と最大制御力の算定方法、構造工学論文集、Vol.42A, 1996

表1 等価減衰率とゲイン

V_R	$\delta_{EQ}=0.0$	$\delta_{EQ}=0.05$
9	1.64	2.46
20	0.739	1.11

図1 $Sc=9.98$ 時の風速～振幅曲線

キーワード：流れ解析，角柱，振動制御， $k-\varepsilon$

連絡先：〒210-0855 川崎市川崎区南渡田町1番1号、Tel.044-322-6593, Fax 044-322-65179

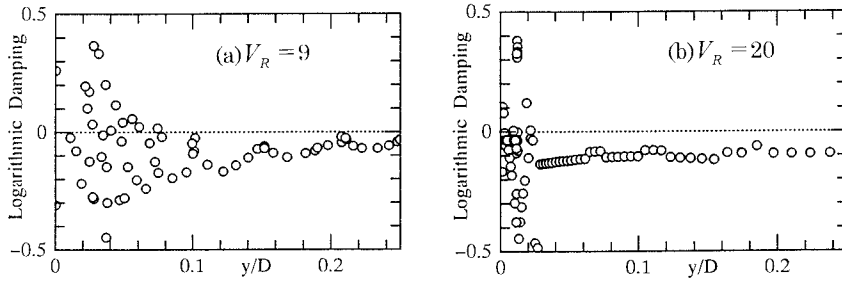


図2 $Sc = 9.98$ の振幅～減衰の関係

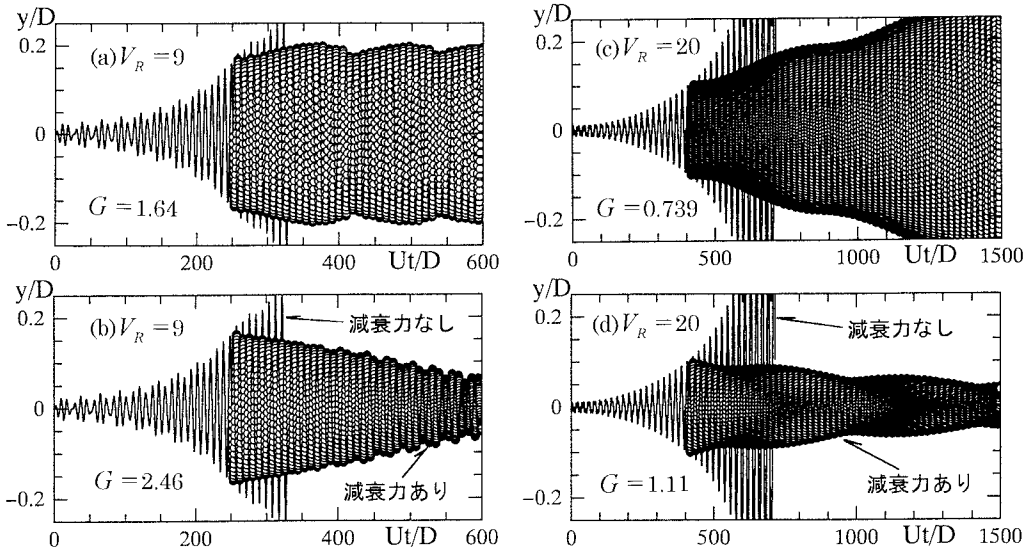


図3 減衰力付加時の振動波形

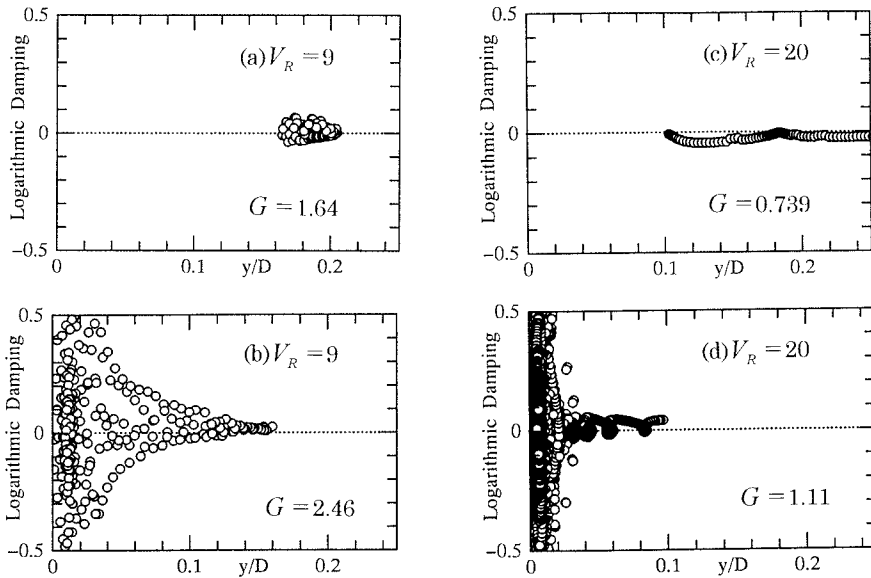


図4 減衰力付加時の振幅～減衰の関係