

フローパターン攪乱型アクティブ制御に関する実験的研究

建設省土木研究所 正員 日下部 毅明

建設省土木研究所 正員 佐藤 弘史

建設省土木研究所 正員 松野 栄明

建設省関東地方建設局 正員 関谷 光昭

1. まえがき

長大橋梁の耐風性の確保はその大規模化とともに困難度が増す。現在各地で海峡部を横断する道路プロジェクトが構想されており、これらの構想では既往の実績を上回る超長大橋が含まれる可能性がある。このような超長大橋の耐風性を確保する試みとして、ここで示されるのがアクティブ制御である。アクティブ制御はこれまで、いくつかの手法が提案・実験^{1),2)}されてきたが、筆者等は剥離および付着を制御する方法の構想を提案した³⁾。今回漸く実験を実施したのでここで報告する。

2. 研究方法

2. 1 制御方法

アクティブ制御の概念を図-1に示す。この手法は鉛直に振動する平板（ゲート）によって流れのパターンを攪乱し、フラッターの発現を阻止するものである。制御のパラメータはゲートの振幅および本体のねじれ振動との位相差である。位相差は本体を1自由度でねじれ振動する構造物としてモデル化し、計測された振動のピークが検出された時間を基準に、随時固有振動数を補正して、最近ピーク検出時間からの経過時間に基づいて計算した。ゲートの動きのパターンは幾つか考えられるが、本報告では図-2に示す制御を用いた実験結果を紹介する。

2. 2 実験手法

たわみ-ねじれ2自由度のパネ支持実験を以下の手順で実施した。①ある設定風速において模型を加振機に拘束した状態で強制振し、②アクティブ制御装置を設定した位相差で同調させ、③加振機を切り離して振幅を読み取る。なお今回の実験ではアクティブ制御装置の同調を主な目的として初期加振を与えており、その振幅は高々 1.5° 程度である。また、実験を実施する最大風速は、ダイバージェンスの発現風速となった無次元風速11.0とした。実験条件等を図-3に示す。

3. 実験結果

3. 1 アクティブ制御の効果

アクティブ制御の効果を端的に示す実験結果を図-4に示す。

無対策時には無次元風速 $V/NB=7.5$ においてフラッターが発現した。これに対し制御を行った場合、実験を実施した風速範囲内では、ゲート位置が桁中央、端部いずれにあって明瞭なフラッターの発現は認められなかった。ただし、風速が高くなるに従い、たわみ振動を主体とする不規則な振動が発生し、現段階での単純な制御手法の限

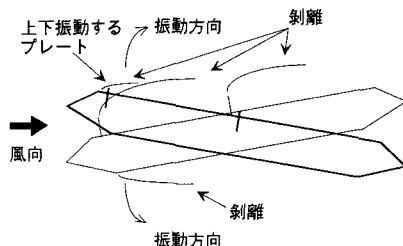


図-1. アクティブ制御の概念

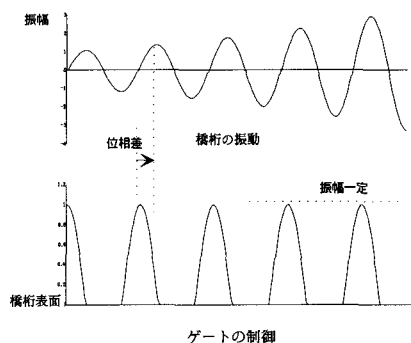


図-2. ゲート制御方法

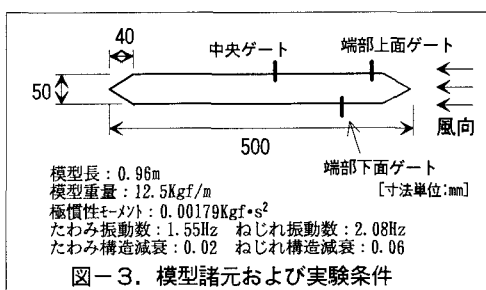


図-3. 模型諸元および実験条件

界を示唆している。なお、迎角が $\pm 3^\circ$ の条件下の実験においても、迎角が 0° の場合と同様に良好な効果が確認された。

3. 2 制御パラメータが制振効果に及ぼす影響

本研究で着目した制御パラメータである、本体と模型の位相差および制御振幅が制振効果に及ぼす影響を、図-5および図-6（本実験のみ断面が他と異なる）にそれぞれ示す。位相差に関しては逆効果の領域と、有効な領域が明確である。有効な領域内で、効果は位相差の変化に対して鈍感である。一方、制御振幅に関しては、小振幅でも有効であった。これらの結果は共に実橋での制御を考えた場合に望ましい傾向といえる。

4. 制振効果が発揮されるメカニズム

制振効果が発揮されるメカニズムを解明するために、煙風洞で模型が振動中の流れを可視化した。例として、端部上面ゲートの効果を端的に示す位相での流れのスケッチを図-7に示す。有効な場合は、本来剥離が生じない位相で剥離を促し、逆効果の場合は無対策時にも発生する剥離を助長している事がわかる。最適制御位相差に相違はあるものの、中央ゲートの効果についても同様な傾向が認められた。以上より、効果が発揮されるメカニズムは比較的単純であり、様々な断面のフラッター制御に、単純な原則が適用できる事が期待できる。

5. まとめ

本研究の成果を以下にまとめる。

- ・剥離の制御によって、フラッターが抑えられる。
- ・制御の効果は位相差および振幅に鈍感であり、安定した制振効果を実現できる可能性が高い。
- ・制御効果が発揮されるメカニズムは比較的単純であり、様々な断面への適用が期待できる。
- ・今後は制振効果を最大に発揮するための制御手法の研究および、必要とされる制御ゲートの橋軸方向長さの評価等の研究を実施する予定である。

【参考文献】

- 1) 永岡、小林：橋梁断面のアクティブフラッターコントロールに関する研究、土木学会第44回年次講演会概用集 I -391、平成元年10月
- 2) Y.Kubo, V.J.Modi, H.Yasuda, K.Kato: On the suppression of aerodynamic instabilities through the moving surface boundary-layer control, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 41-44(1992)
- 3) K.Yokoyama, T.Kusakabe: Preliminary Study on Active Control for Wind-Induced Oscillation of Long Span Bridges, 第7回日米橋梁ワークショップ論文集、土木研究所資料第3086号、1991

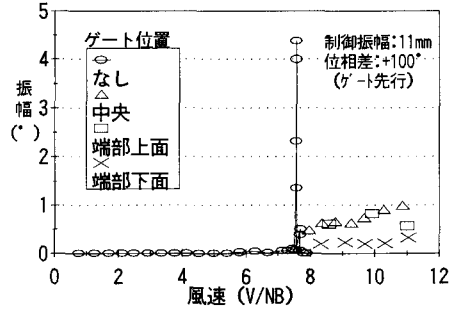


図-4. アクティブ制御の効果

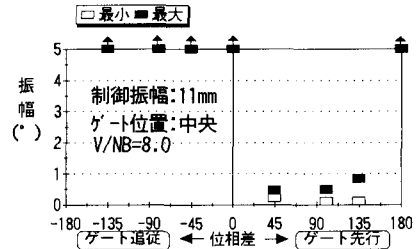


図-5. 位相差の影響

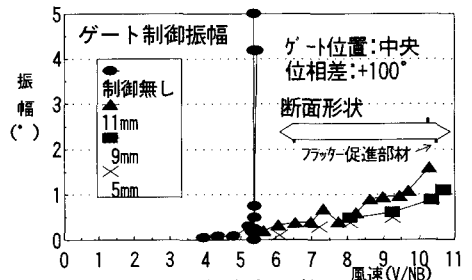


図-6. 制御振幅と効果

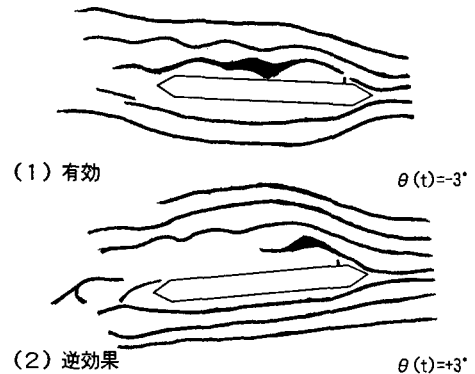


図-7. 流れ可視化実験（スケッチ）