

(I -19) 剥離コントロールによるアクティブ制御の基礎的研究

○建設省土木研究所 正員 松藤 洋照
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
国際協力事業団 正員 日下部 毅明

1. まえがき

明石海峡大橋を越える中央径間を有する超長大橋梁では、耐風安定性の確保が重要な課題となっている。筆者らは、橋梁の耐風安定性を向上させる新しい手法として、アクティブに動く制御ゲートにより、剥離せん断流をコントロールし、フラッターを制振する手法を開発した。ここにこれを報告する。

2. 研究方法

2. 1 制御方法の概要

アクティブ制御の概念を図-1に示す。この手法は上下に振動する平板(ゲート)によって通常と違うタイミングで気流の剥離を促すことにより、フラッターの発現を阻止するものである。

2. 2 実験手法

アクティブ制御模型を風洞内に、たわみ-ねじれの2自由度でバネを用いて支持し、以下の手順で実験を実施した。①ある設定風速において模型を加振機により拘束した状態から 1.5° 程度の強制ねじれ振動を与える。②アクティブ制御装置を設定した位相差で本体の振動と同調させる。③加振機を切り離して模型の振幅を読みとる。

今回は、本体のねじれ振動とゲートの位相差および、制御パターンに着目して行われた実験について報告する。

位相差は模型本体のねじれ振動を非接触型変位計で計測し、計測されたピークが検出された時間を基準に、随時模型の固有振動数を補正して、最近ピーク時間からの経過時間に基づいて計算した。

図-2にパラメータとした制御方法を示す。振幅一定制御は本体の振動に関係無く常に一定の振幅でゲートを動かす制御方法、振幅比例制御は模型の振幅に比例してゲート振幅を変化させる制御方法、多段階振幅一定制御は模型の振幅に応じて段階的にゲート振幅を変化させる制御方法である。

3. 実験結果

3. 1 位相差の影響

振幅一定制御を用いた実験結果を図-3に示す。制御を行わない場合には、無次元風速7付近でハードフラッターが発生しているのに対し、制御時では無次元風速10を

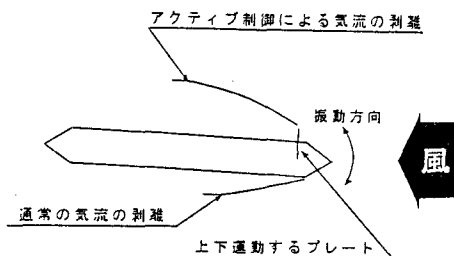


図-1 アクティブ制御の概念

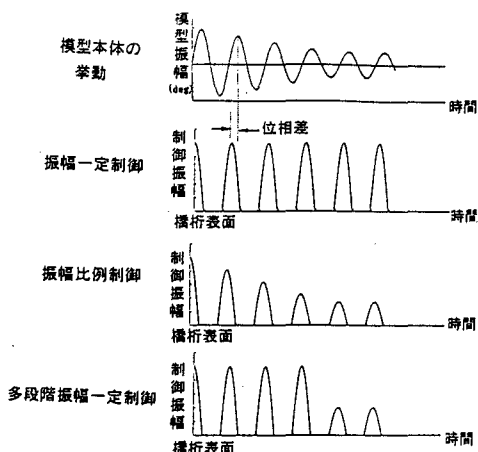


図-2 主な制御パターン

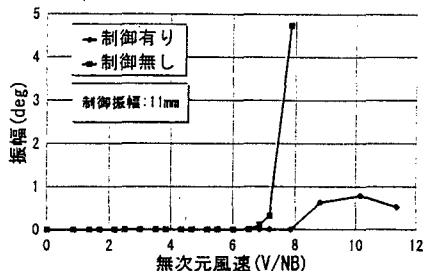


図-3 風速-振幅曲線

越えてもフラッターが発生せず、当アクティブコントロールの効果が確認された。

次に、無次元風速8.3で位相差の影響をより詳細に調査したところ、 $-180^\circ \sim -135^\circ$ 、 $+135^\circ \sim +180^\circ$ の広い範囲で効果があることが確認された。この結果はシステムの安定性の点から考えると望ましい傾向であると言える。

さらに、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流れのスケッチを図-5に示す。有効な場合は、本体の剥離が生じない位相で剥離を促し、逆効果の場合は本来、発生すべき剥離を助長していることがわかる。

3. 2 制御パターンの影響

制御パターンの影響を図-6に示す。振幅一定制御ではフラッターの発現は抑えられたものの、微小振幅時で不規則な振動現象を生じた。この原因としては、ゲートから生ずる剥離により、セルフパフェッティング的な振動が生じたものと推定される。一方、振幅比例制御は、フラッターの発現時の急激な振幅の変化に、制御効果が追従できずに、無次元風速10程度でフラッターが生じた。このため、多段階振幅一定制御を実施した。制御の段階は細かく設定することも可能だが、今回は6mmと3mmの2段階とした。フラッター発現時にまず6mmの制御を行い、フラッターが不規則な振動に移行した時に3mmの制御に切り替えた。この制御により、振幅一定制御の場合に生じた小振幅の不規則振動は生じてはいない。ここで用いられたゲートの振幅と、トリガーとなる本体の振幅は、試行錯誤的に求められたものではあるが、これにより多段階振幅一定制御の有効性が明らかになった。

4. まとめ

本研究の成果を以下にまとめる。

- ・橋桁周りの剥離のタイミングを変化させることによってフラッターの発現が抑えられる方法の有効性が明らかになった。
- ・制御に有効な位相差が広範囲で安定性があることが明らかになった。
- ・段階的にゲート振幅を変化させる制御により、振幅一定制御により生じた不規則振動が解決できることが明らかになった。

【参考文献】

- 1) 日下部、佐藤、松野、関谷：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、土木学会第49回年次講演会1-513、平成6年9月
- 2) 日下部、佐藤、関谷：アクティブコントロールによるフラッター制振に関する実験的研究、第13回風工学シンポジウム73、平成6年11月

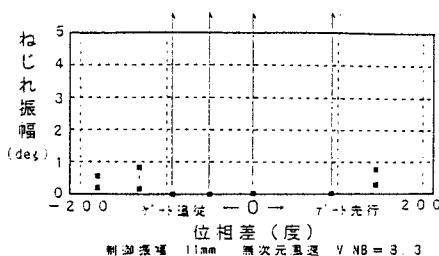


図-4 位相差の影響

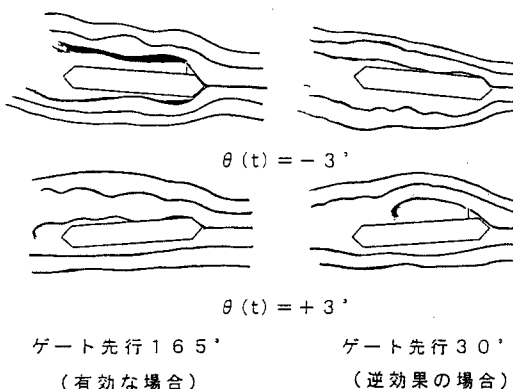


図-5 模型周りの流れの可視化

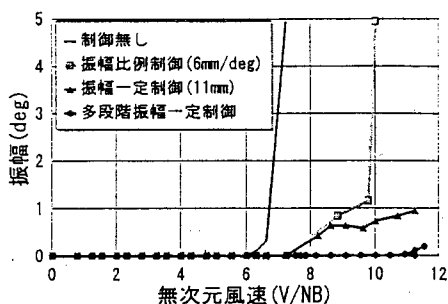


図-6 制御パターンの影響