

I-A 226 フローパターン攪乱によるアクティブ制御に関する研究

建設省土木研究所 正員 松野 栄明
 建設省土木研究所 正員 佐藤 弘史
 建設省土木研究所 正員 松藤 洋照
 国際協力事業団 正員 日下部毅明
 （前建設省土木研究所）

1. まえがき

現在の規模を大幅に上回る超長大橋においては、従来の耐風制振手法に変わる新しい手法が求められている。筆者らは、桁から出入りするゲートにより、剥離せん断流の離着を制御することにより、フラッターを制振するアクティブコントロール手法を開発している。これまでの研究により、扁平六角形断面の桁については明瞭なフラッターは発生せず、有効な制振効果を得ることができた^{1) 2)}。但し、フラッターが制振された後に、たわみ振動を主体とする不規則振動が発生した。今回、この不規則振動を抑える制御手法について検討し、さらに扁平六角形以外の断面に対する適用性について調査したのでここに報告する。

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。ゲートは橋桁のねじれ変位の情報に基づいてコンピュータによって制御される。制御のパラメータは、ゲートの制御量およびゲートと本体のねじれ振動との位相差である。ゲートの動きの制御パターンについては、いくつかの種類について検討を行ったが代表的な制御パターンを図-2.に示す。

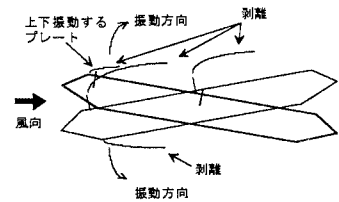


図-1. アクティブ制御の概念

2.2. 実験手法

実験は2自由度のバネ支持実験により行った。実験に用いられた模型は、これまでの研究により効果が確認された扁平六角形断面（基本断面）の他、基本断面に部材を付加し、形状を変化させた断面A～Cに対して制御の効果を確認した。ゲートは、桁端部の上面、下面および中央に設置可能である。用いられた模型の諸元を図-3.、実験条件を表-1.に示す。

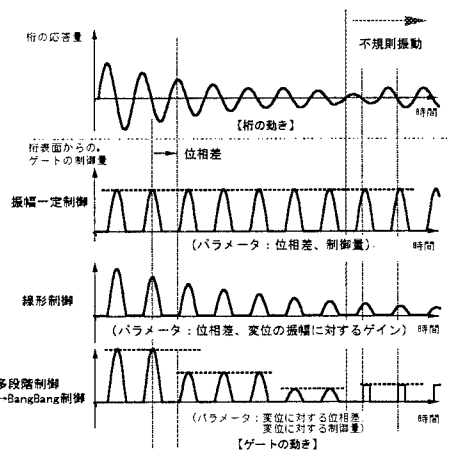


図-2. 代表的な制御パターン

3. 実験結果

3.1. 制御パターンの影響

桁の応答振幅に無関係に一定量でゲートの制御を行う手法（振幅一定制御）により、制御を行った場合には、フラッターの制御はされたものの、不規則な振動が生じた（図-4.）。ゲートの制御量を小さくすれば、流れの攪乱が小さくなるために、不規則振動の振幅は小さくなるが、本来の目的であるフラッターに対する制御効果が小さくなる。このトレードオフを回避する手段として、図-2.に示されるように、桁の振幅に応じてゲートの制御量を変化させることが考えられた。これらの制御パターンが制振効果に与える影響について、図-5.に示す。このうち、桁の振幅にゲインを乗じて制御を行う方法（線形制御）については、微小振幅においてフラッターを発現するフローパターンを許してしまい、制御効果が桁の振幅の

表-1. 実験条件

量	(kgf)	11.93~11.98
慣性モーメント	(kgf・cm ²)	1.69~2.01
振動数	たわみ	1.61~1.74
	ねじれ	2.15~2.30
振動数比		1.34
構造減衰	たわみ	0.020~0.022
	ねじれ	0.020~0.032

増大に追従できずフラッターの発現を招いた。最も効果があった制御手法は、多段階で一定振幅の制御を行い、さらに桁の応答が不規則振動になってから、変位が負、ねじれ速度が正の時にゲートを出させる制御(Bang-Bang制御)である。この理由としては、不規則振動時には、制御プログラムの関係上、適切な位相差で制御を行うことが難しくなるためと考えられる。

3.2. 断面形状の影響

扁平六角形断面（基本断面）以外に、図-3.に示されるA～Cの断面に対して効果の確認を行った。各断面の基本フラッター特性を図-6.に示す。フラッターの発現風速は基本断面が最も高く、断面A、B、Cの順に低下する。これらの断面に対しアクティブ制御（基本断面および断面Aは多段階制御、断面B、Cは振幅一定制御）を行った結果を図-7.に示す。いずれの断面に対してもフラッターの発現風速を上昇させることができたが、この図において断面Bのみは桁の上下のゲート（設置位置①、③）に対して制御をおこなったデータが示されている。断面Cは、上側のゲートのみしか制御できないため、無次元風速4.2程度でフラッターが発現した。これらの結果より、フラッターに対する剥離コントロールの効果は、断面形状がスレンダーなほど高いと考えられる。この理由としては、同風速では断面が鈍いほど自然に発生する剥離が大きく、ゲートによって発生させる剥離の効果が相対的に小さくなるためと思われる。

4. まとめ

本研究の成果を以下にまとめる。

- ・段階的にゲートの制御量を変化させることにより、フラッター制御後に生じていた不規則振動を抑制することができた。
- ・フローパターン攪乱型アクティブコントロールが、色々な断面形状に対し制御効果があることが明らかになった。また、その効果は断面が流線型に近いほど大きいことが明らかになった。

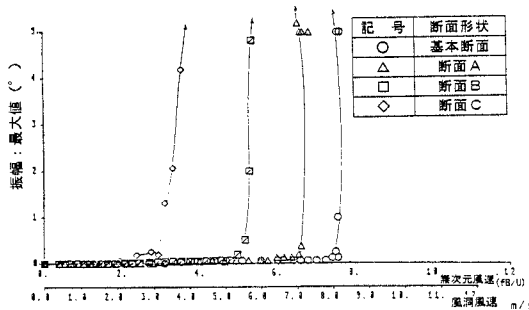


図-6. 各断面の基本フラッター特性

【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回年次学術講演会概要集、平成6年10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、平成6年11月

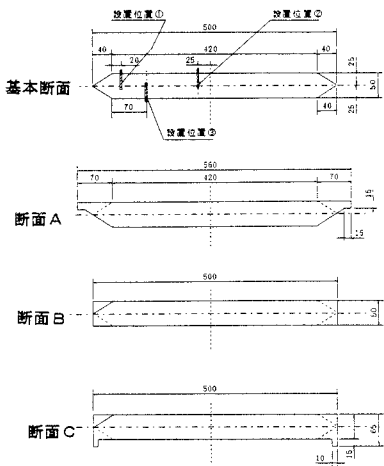


図-3. 模型の諸元

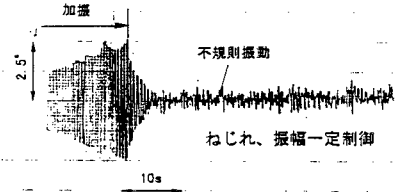


図-4. 制御時の時系列波形

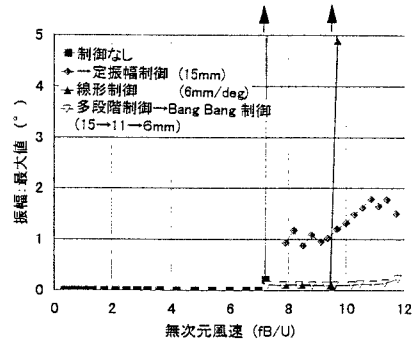


図-5. 制振効果に対する制御パターンの影響

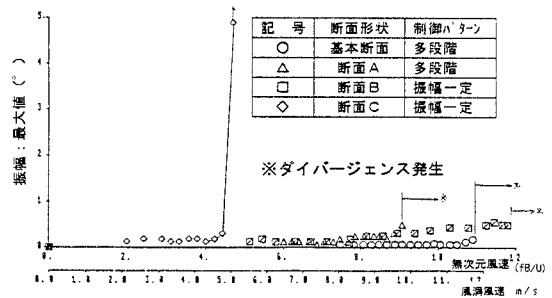


図-7. 各断面のフラッターに対する制御効果