

立命館大学 理工学部 正 員 小林紘士
立命館大学 大学院 学生員 ○中辻 亘

1. まえがき 著者らは数年前より曲げねじれフラッターに対しコントロール翼を用いた空力的アクティブ制振方法によって制御を行い、その効果を確認してきた⁽¹⁾。そこで本論文ではこの空力的な制振方法の応用として曲げねじれフラッター以外の空力的振動に対する制振効果を確認するため渦励振とギャロッピングを対象に検討、実験を行った。

2. 制御力の検討 コントロール翼は模型の上部の上流、下流端にそれぞれ設置し、コントロール翼と模型本体は互いに気流の影響を受けないものと仮定する。コントロール翼に作用する空気力は実験により求め、Theodorsenの空気力の表現で整理した。またモーターとコントロール翼を接続する駆動部の運動による慣性力も考慮した。

コントロール翼は次式のように模型変位に比例し、位相差を持って運動させる。

$$\alpha_i = K_i \frac{h}{b} e^{i\theta_i}$$

- α : コントロール翼角度 h : 変位
 K : コントロール倍率 b : 幅員の1/2
 θ : コントロール位相角 (添字1は上流翼が対象)

コントロール翼が得る空気力の虚数部を模型に対する対数減衰率に置き換え、無次元風速 $U/\omega b$ に対しプロットしたものを図1に示す。これによると位相角 θ 、倍率 K によって任意の空気力が得られるのが分かるが、渦励振の生じるような低風速域ではその空気力は小さい。図1(b)は低風速域での各コントロールパラメーターによる付与減衰力を示したものであるが、渦励振発生風速域では位相角は $\theta = \pi/2$ で、倍率は大きいほど付与減衰力大きい。また、コントロール翼を作動させる駆動部は上流翼、下流翼で構造が対称のため、 $\theta = \pi/2$ で運動するときこの駆動部の慣性力は上流翼側で負減衰、下流翼側で正減衰とそれぞれ逆の効果として現れる(図1(b)⑨⑩)。このため渦励振発生風速域において上流翼のみの制御では、まだ空気力がこの慣性力より小さいため負減衰効果となっているのが分かる。

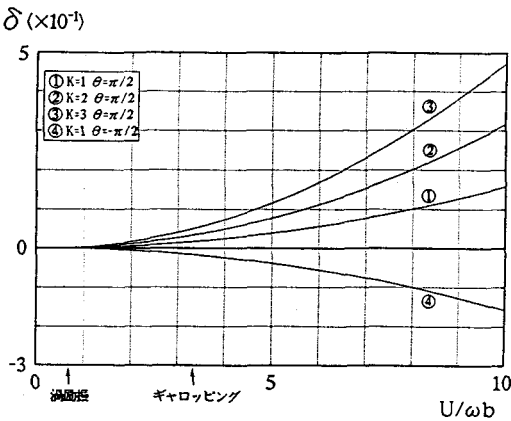


図1(a) コントロール翼による付与減衰力

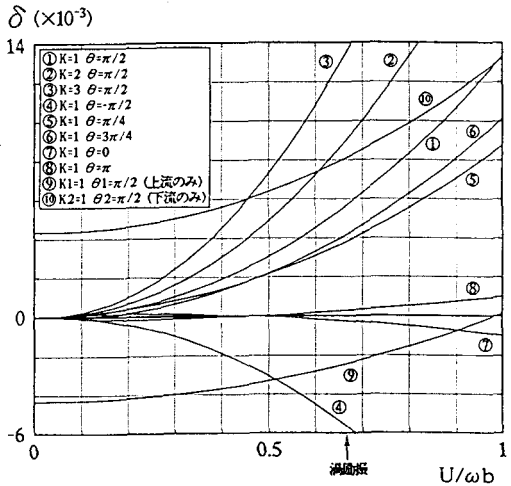


図1(b) コントロール翼による付与減衰力(低風速域)

3. 実験概要及び結果 実験では図2に示す模型を1自由度で支持した。渦励振制御実験では辺長比3.1(タイプA)、またギャロッピング制御実験では辺長比1.75(タイプB)の模型を使用した。模型特性を表1に示す。実験のコントロール位相角は $\theta = \pi/2$ で、渦励振制御実験では倍率 $K = 1, 2, 3$ 、ギャロッピング制御実験では $K = 1, 3$ とした。

図3には渦励振、ギャロッピング応答図を示す。渦励振は約6割に振幅を抑えることができ、またギャロッピングも振動を制御できている。渦励振に対しては、各実験ケースに対し付与減衰力が計算でき、その大きさは図4の水平線で示した通りである。各ケースの最大振幅をこの計算値上に●印で示した。一方、渦励振の最大振幅と構造減衰の関係は、文献⁽²⁾から実験ケースに当てはめて推定すると曲線のようになる。これらより制御効果は計算と同じ傾向であるのが分かる。しかし実験値は計算予測値よりやや小さい結果となっている。これはこの風速域において翼による空気が小さいため模型本体の剥離流がコントロール翼に影響を与えているためと考えられる。

高風速域におけるギャロッピング制御応答では振幅が有限に制振できている。図1(a)から分かるように風速が大きくなると δ が大きくなり制御の効果が出たものといえる。

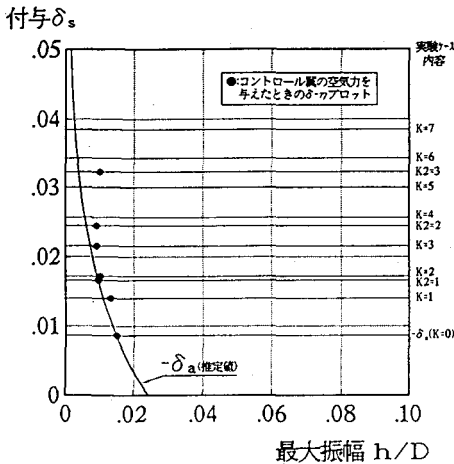


図4 渦励振最大振幅時の風速における δ - η 関係

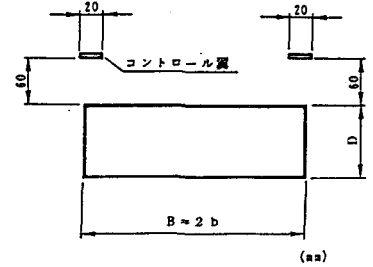


図2 模型断面

表1 模型の構造特性

項目	記号	単位	数値	
			タイプA	タイプB
長さ	l	m	0.45	0.45
幅	$B(2b)$	m	0.200	0.200
高さ	D	m	0.064	0.114
辺長比	B/D	—	3.10	1.75
質量	m	$kg \cdot s^2/m^3$	0.274	0.288
固有振動数	f_n	Hz	2.94	2.07
構造減衰率	ζ	—	0.0087	0.0127

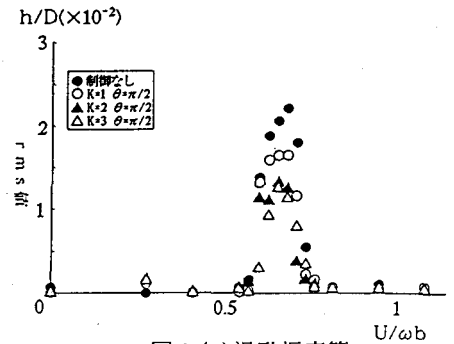


図3(a) 渦励振応答

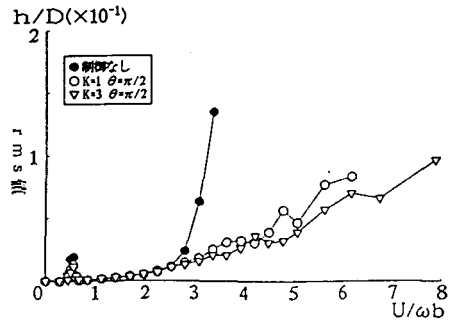


図3(b) ギャロッピング応答

4. 結論 コントロール翼を用いたアクティブ制御は渦励振、ギャロッピングに対しても明らかな制振効果がみられた。しかし低風速域で得られる空気が小さく、剥離流の影響も受けやすい渦励振制御に対してはその効果が小さいことも確認された。渦励振のみの制御に対しては最適手段とはいえない。

参考文献 (1)永岡弘、小林紘士：長大橋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回年次学術講演会 平成元年 (2)西尾一郎：辺長比の異なる角柱の渦励振に対する乱流効果に関する実験的研究、立命館大学修士論文 平成元年