

偏平断面形のフラッター特性に関する考察

九州工業大学 学生員 〇 幽谷 栄二郎

九州工業大学 正 員 久保 喜延

九州工業大学 学生員 指方 由紀

九州工業大学 学生員 嶋田 紀昭

1. まえがき

近年、橋梁の長大化がかなり進んでおり、風による橋梁の振動をどのように制御するか様々な検討が行われている。実際検討を行うにあたっては、橋梁断面の縮尺模型を用いて風洞実験を行い、風洞実験における相似則を用いて実橋と縮尺模型の現象を結びつけている。その相似則のなかで粘性パラメーターと呼ばれるRe数の条件を満たすのは困難であるが、曲面を持つ構造物以外の場合には、Re数が変化しても流れの剥離点がほぼ一定しているため、Re数の条件を無視して良いと考えられている。しかし、曲面を持たない構造物でも低Re数領域でSt数不安定領域がある(図1参照)ことをがわかっており、この不安定領域が風洞実験にどのような影響を及ぼしているのか検討するため、偏平H型断面のフラッター特性に関して低Re数で風洞実験を行った。

2. 実験概要

表-1に実験用模型の断面寸法、表-2に応答実験諸元を示す。断面比B/D=5, 7の2種類で実験を行っているのはB/Dの違いによる影響を見るためである。

①応答実験 極慣性モーメントを変化させることにより、模型振動数を変化させ、2次元ねじれ1自由度応答実験を行った。(表-1、表-2)

②圧力測定 応答実験結果をもとに、Re数の模型周辺流れに及ぼす影響を調べる目的で、図2に示すような模型表面に圧力孔を設けたものを用いて、強制加振法による圧力測定を行った。

3. 実験結果と考察

①応答特性 各模型固有振動数における応答特性を、図3-1、3-2に示す。B/D=5, 7の両方で振動数を変化させてもフラッター発振風速の一致がみられる。これは風洞実験における相似則の1つであるフルード数 Fr ($Fr = V / \sqrt{gD}$, V : 実風速, g : 重力加速度, D : 代表長)の一致という条件から発振風速が一致することがわかる。しかし、従来風速パラメーターとして用いてきた換算風速 V_r ($V_r = V / fD$, f : 模型固有振動数)で無次元化してみると図4-1、4-2のようになり発振風速のずれが生じる。これは、本実験が風洞実験相似則を無視して、固有振動数のみを変化させたことによるもので、実際に風洞実験を行う場合、模型の縮尺率を考慮した固有振動数を用いるので、風洞実験には問題はないものと考えられる。ところが、これと同じように円柱で応答実験を行い換算風速で整理すると図4のようになる。これを考えると、フラッターは渦励振のようなSt数の影響を大きく受けるような強制振動的要素の強いものと違い、固有振動数

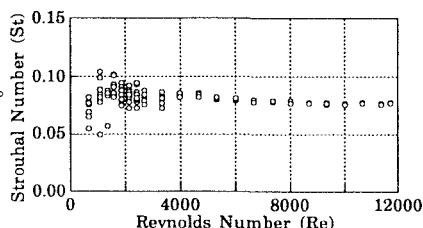


図1 H型断面(B/D=7)のRe数とSt数の関係

表-1 実験模型断面

	断面比 B/D	断面幅 B	断面高 D
応答実験	5	73.0mm	14.6mm
	7	80.3mm	11.5mm
圧力測定	5	146mm	29.2mm
	7	142mm	20.2mm

表-2 応答実験諸元

B/D	バネ定数 k $\text{kg} \cdot \text{m} / \text{rad}$	極慣性モーメント $10^{-4} \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$	固有振動数 Hz
5	0.1003	43.61	1.3
		2.982	2.9
		0.816	5.6
7	0.09359	17.06	1.2
		5.821	2
		2.746	4.2

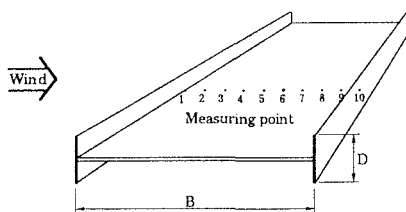


図2 圧力測定用模型断面

の影響を受けにくいものと推察されるが、このような結果が得られた原因として、フラッター発振風速が $Re=1000$ 程度と、 St 数不安定領域であるためこの影響によるものとも考えられる。

②圧力特性 風速の変化による平均圧力係数 C_{pm} ($C_{pm} = 2(p_m - p_\infty) / \rho V^2$, p_m : 測点の平均圧力, p_∞ : 無限遠の圧力, ρ : 空気密度), 変動圧力係数 C_{pf} ($C_{pf} = 2(p_f - p_\infty) / \rho V^2$, p_f : 測点の変動圧力), 位相差を測定したところ、位相差の分布に変化が見られたのでそのグラフを図6-1, 図6-2に示す。 $B/d=5$ の変化は縮尺率のみを考えると応答実験での $1.4\text{m/s} \sim 2.8\text{m/s}$ の範囲に相当する風速で現れている。これはフラッター発振風速域に相当するもので、フラッターの発達段階で位相差が変動していき、その後安定しているものと考察することができる。また、 $B/D=7$ でも同じ様なことが言える。

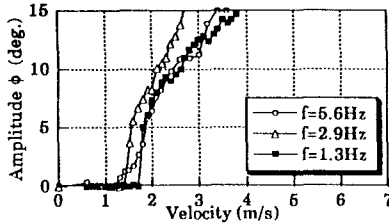


図 3-1 B/D=5 の応答特性 (実風速)

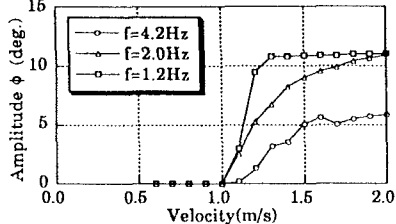


図 3-2 B/D=7 の応答特性 (実風速)

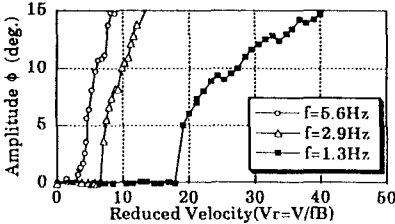


図 4-1 B/D=5 の応答特性 (換算風速)

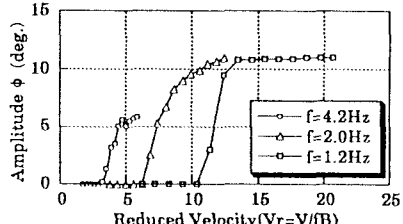


図 4-2 B/D=7 の応答特性 (換算風速)

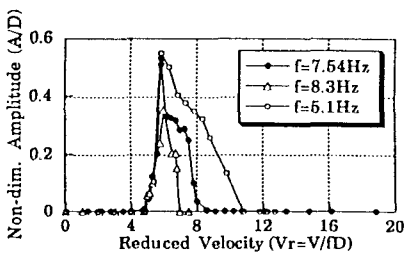


図 5 単独円柱の応答特性

4. 結論

本実験を見る限りでは、フラッターは模型固有振動数の影響をあまり受けないものと考えられる。しかし、このような結果が得られたのは、 St 数不安定領域が風洞実験自体に影響を及ぼした現象である可能性もあるので、今後 St 数安定領域で同じ様な実験を行い検討する必要がある。

【参考文献】

1) 久保他: 橋梁断面および構造基本断面における Re 数の影響について, 第13回風工学シンポジウム論文集 (1994)

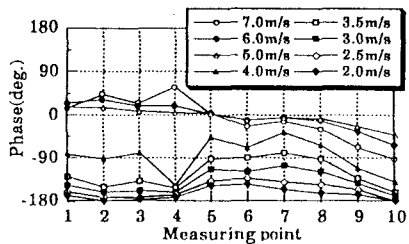


図 6-1 B/D=5 の位相差 (振動数 $f=5.6\text{Hz}$)

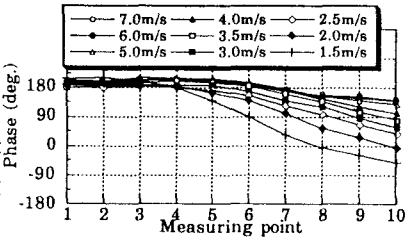


図 6-2 B/D=7 の位相差 (振動数 $f=4.2\text{Hz}$)