

偏平H型断面柱の空力弾性応答の相似則について

九州工業大学 学生員 〇嶋田 紀昭

九州工業大学 正 員 久保 喜延

九州工業大学 学生員 幽谷栄二郎

九州工業大学 学生員 中桐 秀雄

1. はじめに

最近の研究によれば、橋梁桁断面などのように角があり、剥離点が固定されていると考えられる構造断面といえども、応答特性に急変を与える Re 数域が存在するなど Re 数による影響を受ける断面があることがわかってきた。このことは風洞実験における精度との関係で慎重な議論が必要である。そこで本研究では、空力特性などが Re 数に依存しない実験方法を確立するために、同一換算風速で同一の空気力を得ることができるかについて、考察することを目的とし、偏平H型断面のフラッター発振時の空気力に着目し、圧力測定および応答実験を行った。

2. 実験方法

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。

①圧力測定 $B/D=5, 7$ のH型断面について換算風速を $V_r=10(V_r=V/fD, V: \text{風速}, f: \text{固有振動数}, D: \text{代表長})$ で一定にし、片振幅 0.5° 強制加振させた状態で圧力測定を行った。

②応答実験 極慣性モーメントを変化させることにより、模型の振動数を変化させて、ねじれ1自由度振動実験を行った。

3. 実験結果と考察

$B/D=5$ の断面について圧力測定を行ったときの位相差を図1に示す。 $B/D=5$ の断面について応答実験の応答結果を風洞風速で整理したものを図2に、換算風速で整理したものを図3に示し、 $B/D=7$ の断面についての応答結果をそれぞれ図4, 5に示す。

空気力と密接に関連する変動圧力係数および位相差のうち、位相差は図1から $B/D=5$ については風速の変化によって多少違いが生じるが、 $B/D=7$ については風速の変化による違いがなかった。変動圧力係数については $B/D=5, 7$ のどちらの断面も風速の変化による違いがなかった。 $B/D=5$ に関する既往の実験結果(図2, 3)¹⁾より、フラッターが同一換算風速で発振しないのは、位相差のずれが原因ではないかと考えた。そこで、変動圧力係数および位相差が、風速の変化によって違いのなかった $B/D=7$ の場合は、同一換算風速で発振するのではないかと考え、応答実験を行ったが、図4, 5に示すとおり、同一換算風速で発振せず、同一実風速で発振している。

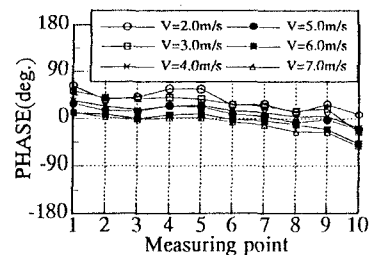
また、 $B/D=7$ の断面について、空気力が模型の固有振動数によらないと仮定して式(2), (3)において、 $f=2.0\text{Hz}$ の時の応答振幅を y_{01} として、 $f=4.2\text{Hz}$ の時の応答振幅 y_0 を推定したものを図6に示す。 y_0 を真の振動振幅、 y_{01} を Re 数の影響がでない風速域での実験をするために固有振

表1 実験模型用断面

	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 $10^{-4} \text{kg} \cdot \text{m}^2$	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1 位相差($B/D=5$)

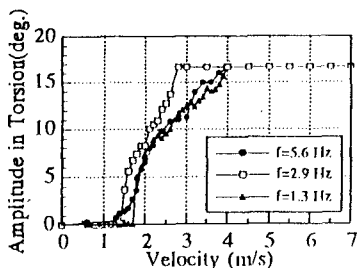


図2 B/D=5の応答結果(実風速)

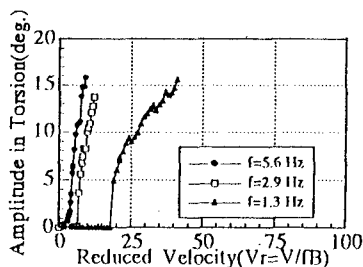


図3 B/D=5の応答結果(換算風速)

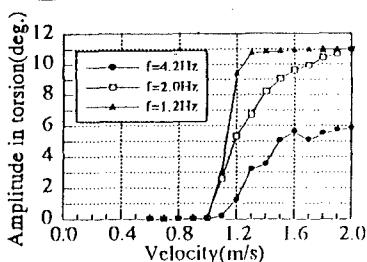


図4 B/D=7の応答結果(実風速)

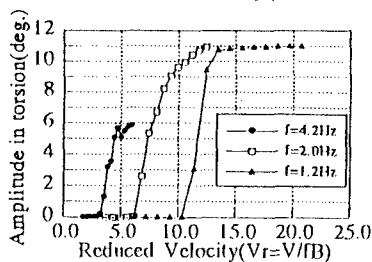


図5 B/D=7の応答結果(換算風速)

動数を修正した系(下添字1を付した系)の振幅とすると、空力弾性時の運動方程式(1)より y_0 、 y_{01} は次式で表される。

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = f_0 \cos \theta \frac{y}{y_0} + f_0 \sin \theta \frac{y}{\omega y_0} \quad (1)$$

$$y_0 = \frac{\pi f_0 \sin \theta}{m \delta \omega_0 \omega}, \quad y_{01} = \frac{\pi f_0 \sin \theta}{m_1 \delta_1 \omega_{01} \omega_1} \quad (2)$$

$$y_0 = \frac{m_1 \delta_1 \omega_{01} \omega_1}{m \delta \omega_0 \omega} y_{01} \quad (3)$$

ここに、 m :質量、 δ :構造減衰率、 ω_0 :固有振動数、 f_0 :空気力の絶対値、 θ :空気力と変位の位相差である。

図6をみると推定値と実験値がほぼ一致していることがわかる。このことから、応答実験においては空気力が換算風速に依存していなかったと考えられる。

4. まとめ

以上のことより、圧力測定では同一換算風速で空気力が一致しているものと考えられるが、応答実験では空気力は換算風速に依存していないものと考えられる。このような結果が得られた原因として、次のようなことが考えられる。

①St数が不安定な低Re数域で実験を行ったことによる影響

②応答実験模型の大きさと圧力測定用模型の大きさの違い

今後の課題として

①St数が安定なRe数域で実験を行って検討する。

②同じ大きさの模型を用いた実験を行って検討する。

参考文献

1) 幽谷他: 偏平面形のフラッター特性に関する考察, 土木学会西部支部講演概要集pp122~pp123(117. 3. 16)

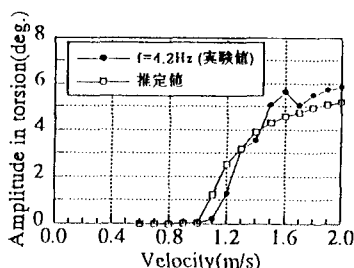


図6 B/D=7の応答結果(推定値)