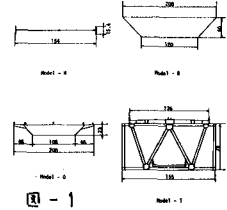


構造基本断面の空力カスト不規則振動発生機構に関する二、三の考察

京都大学工学部 正員 白石成人 京都大学工学部 正員 松本 勝
大阪府 正員 小川哲治 京都大学工学部 学生員 白土博通

1. まえがき 自然風の乱れに起因する構造物の不規則振動を議論する際、瞬間的なカストのピークと、それによる構造物の瞬時的な最大応答値との対比、あるいはそれらの適確な把握を行なうことにより、カスト不規則振動の耐風安定性照査がより合理的になされるものと考えられる。その際変動風速から変動空気力に変換される時間過渡状態を表わす空力関数(空カインディシャル応答関数、および空カインパルス応答関数)を知る必要があるとなる。本研究では、同波数応答法を用いることにより、実験により空力同波数応答関数を近似し、それによつて、上記の空力関数を求め、それらの関数に対して考察を加えることにより、揚力およびビッチングモーメントの発生機構に検討を加えるものである。

2. 風洞実験 風洞内模型上流側 2.3 m の所に 2 枚翼(試作品、高さ 93 cm, 弦長 30 cm, 間隔 30 cm)を設置し、それを油圧加振機によりゆれ加振させることによつて、風洞内に比較的正弦波に近しい二次元変動気流を発生させた。また、模型(図-1に示す、その諸元を表-1に示す)をロードセルにキャンチレバー支持し、各種周期的な鉛直変動風速に起因する変動空気力を測定した。



Dimension	Model - 1	Model - 2	Model - 3	Model - 4
Span length	1	0.8	0.6	0.5
Half chord length	0.15	0.1	0.075	0.09
Slope of force coefficient	0.19	0.4	0.35	0.07
Slope of moment coefficient	0.025	0.018	0.009	-0.009

3. 空力同波数応答関数の近似 鉛直変動風速に起因する揚力およびビッチングモーメントの発生機構に検討を加える場合、空気力発生時の時間過渡特性をより合理的に説明できるといふことで、空カインディシャル応答関数は重要な意味を持つと考えられる。その関数について、薄翼に対しては Küssner 関数として理論的に求められているが、一般の構造断面の場合、付く離流れをももたう Bluff な断面が多く、実際理論的に空カインディシャル応答関数を求めることは困難であり、実験に頼らざるを得ないのが現状である。そこで本研究では以下のように空力同波数応答関数を近似した。

薄翼に対する空カインディシャル応答関数として、Küssner 関数が求められているが、その近似式として、R.T. Jones は以下式を提案している。

$$\psi(\tau) = 1 - 0.5e^{-0.13\tau} - 0.5e^{-\tau} \quad \text{----- (1)}$$

したが、て、空カインパルス応答関数は次式のように表わせる。

$$h(\tau) = 0.065e^{-0.13\tau} + 0.5e^{-\tau} \quad \text{----- (2)}$$

ここに τ は無次元時間である。本研究では、各種構造断面の空カインパルス応答関数を(2)式と同形の 2 つの指数関数の和として表わせると仮定して、次式に示すように、4 つの係数 a, b, c, d を用いて空カインパルス応答関数を表わした。

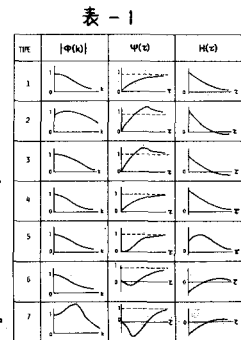


図-2

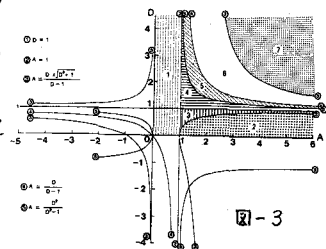


図-3

$$f(t) = ae^{-bt} + ce^{-dt} \quad \text{--- (3)}$$

ここに、 a, b, d は正の値とし、 $f(t)$ は t が負の場合は 0 とする。
したがって空カインディシャル応答関数は次式のようになり

$$\psi(t) = 1 - \frac{a}{b}e^{-bt} - \frac{c}{d}e^{-dt} \quad \text{--- (4)}$$

さらに $f(t)$ のフーリエ変換を行なうことにより空カ周波数応答関数 $f(\omega)$ は次式のようになる。

$$f(\omega) = \left(\frac{ab}{b^2 + \omega^2} + \frac{cd}{d^2 + \omega^2} \right) - i \left(\frac{a\omega}{b^2 + \omega^2} + \frac{c\omega}{d^2 + \omega^2} \right) \quad \text{--- (5)}$$

ここに、 f は換算振動数である。さらに、上式の中(実)を風洞実験より求められれば、 $f(t), \psi(t)$ は求めることができる。一方上記のように空カ周波数応答関数、空カインディシャル応答関数および空カインパルス応答関数を近似表現することにより、各々の関数形の特性より 7 つのタイプに大別することができる。

それを図-2 に示す。各種構造断面はこれらのいずれかに属するものと考えられる。

また(4)式において $\psi(0) = 0$ という性質より、 C は a, b, d によつて表わすことができる。さらに、 $\frac{a}{b} = A, \frac{c}{d} = D, \frac{a}{b} + \frac{c}{d} = 1$ とすれば、次式のように中(実)を A, D, ξ によつて表わすことができる。

$$f(\omega) = \left(\frac{A}{1 + \xi^2} + \frac{(1-A)D^2}{D^2 + \xi^2} \right) - i \left(\frac{A\xi}{1 + \xi^2} + \frac{(1-A)D\xi}{D^2 + \xi^2} \right) \quad \text{--- (6)}$$

このように中(実)を近似表現することにより、図-2 に示した各タイプでの A, D の値のとり範囲は決定される。それを図-3 に示す。また上式(6)式の imaginary part の関数形の特性より、3 つのタイプに大別される。それを図-4 に示す。風洞実験より求められた空カ周波数応答関数の絶対値の形状、および imaginary part の形状より、対象断面がどのタイプに属するかを判断して係数を求めた。求められた各種断面の係数 a, b, c, d を表-2 に示す。

4. 揚力およびビッチングモーメント発生機構の検討

求められた係数より、空カインディシャル応答関数を各種断面について求めることができる。それを揚力については図-5、ビッチングモーメントについては図-6 に示す。揚力に関しては、顕著なはく離流れをもとまうと考えられるモデル B (逆梯形断面)、モデル H (1/10 H 形断面) についてとくに大きく翼タイプ (R.T. Jones の近似式) と変化がなく、若干早く準定常値に漸近するものである。一方ビッチングモーメントについては、モデル B は t が 0.5 付近で準定常値を大きく越え、かつまた長く準定常値より大きい値を保持し、た過渡特性の強い断面といえる。モデル H では、他の 3 断面と異なり、まず大きく負のビッチングモーメントが発生し、 t が大きくなると t が 1 付近に負から正となり、さらに 1.0 に近づくといった非常に過渡特性の強い断面といえる。

5. 結論
鉛直変動風速による揚力の発生機構に対して、断面回りの流体バグーンの变化はとくに大きく影響を及ぼすものと考えられるが、ビッチングモーメントに関しては、はく離バブルの影響が大きいものと考えられる。参考文献 (1) Y.C. Fung, "The Theory of Aeroelasticity" J. Wiley, 1955

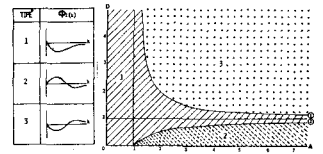


図-4

Model	Type	a	b	c	d	Type
B	1	1.0000	0.714	-0.00000	1.0000	1
B	2	0.9700	0.714	-0.00000	0.9700	2
B	3	0.75	0.5	-0.00000	0.75	3
H	1	0.2	0.5	0.7	1.0	1
H	2	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	2
H	3	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	3
H	4	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	4

$$f(\omega) = \left(\frac{A}{1 + \xi^2} + \frac{(1-A)D^2}{D^2 + \xi^2} \right) - i \left(\frac{A\xi}{1 + \xi^2} + \frac{(1-A)D\xi}{D^2 + \xi^2} \right)$$

$$f(\omega) = \left(\frac{A}{1 + \xi^2} + \frac{(1-A)D^2}{D^2 + \xi^2} \right) - i \left(\frac{A\xi}{1 + \xi^2} + \frac{(1-A)D\xi}{D^2 + \xi^2} \right)$$

$$f(\omega) = \left(\frac{A}{1 + \xi^2} + \frac{(1-A)D^2}{D^2 + \xi^2} \right) - i \left(\frac{A\xi}{1 + \xi^2} + \frac{(1-A)D\xi}{D^2 + \xi^2} \right)$$

表-2

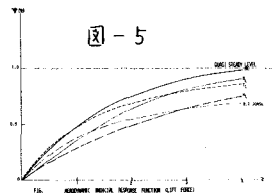


図-5

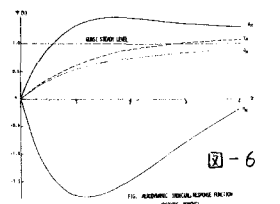


図-6