

Bluff Body の空力非定常特性についての基礎的考察

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
 京都大学工学部 正 員 白土 博通 京阪電鉄 正 員 松村 修一
 京都大学大学院 学生員 〇北川 雅章

1. まえがき

本研究は、主流風速がステップ関数的に変化するとき、構造断面に発生する非定常空気を測定し、これらの結果を用いてパラメトリックに算定された空力インディシャル関数と、非定常空気力係数 H^* および空力システム関数より推定される等価 Wagner 関数および等価 Küssner 関数とを比較・検討することにより、Bluff Body の空力非定常特性について基礎的考察を加えるものである。

2. 実験手法と結果およびその考察

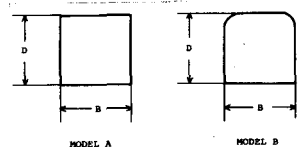


Fig. 1

Fig. 1 に示す断面を用いて、風洞実験を行った。R. H. Scanlan 等¹⁾の

手法を用いて、一様気流中でバネ支持した断面の非定常空気力係数 H^* より推定した等価 Wagner 関数と、文献 2) による手法を用いて、鉛直周期変動気流中で断面に作用した変動空気力より空力システム関数を求め、等価 Küssner 関数を推定した。この推定結果を Fig. 2, Fig. 3 に示す。これらの図でわかるように等価 Küssner 関数と等価 Wagner 関数は、極めて良好一致を示している。

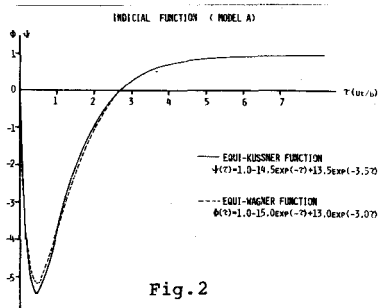


Fig. 2

吸込式風洞の下流側にシャッターを設け、これを閉じた状態より急激に開放することにより、風洞内にステップ関数的な風速変化を発生させることのできる風洞（断面 $20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ 、長さ 1.8 m ）を用いて、このときのインディシャル応答を測定した。この測定結果の一例を Fig. 4 に示す。この例は、Model A の迎角 10° の場合のものであり、この迎角では、静的空気力係数勾配が負であり、ロッピングの発生が考えられる。揚力は、一旦準定常値の逆方向に働き、その後準定常値に漸近している。その形状は、等価 Küssner 関数・等価 Wagner 関数とよく似ており、このような場合のインディシャル関数も 2 個の指数関数の和として近似できると考え、このインディシャル関数を次式 (1) のように 4 個の未知数 a, b, c, d を含む式で表わされるものとした。

$$\begin{aligned} \bar{L}(\tau) &= 1 - \frac{a}{b} e^{-b\tau} - \frac{c}{d} e^{-d\tau} \\ \text{ただし、} \quad \frac{a}{b} + \frac{c}{d} &= 1 \end{aligned} \quad (1)$$

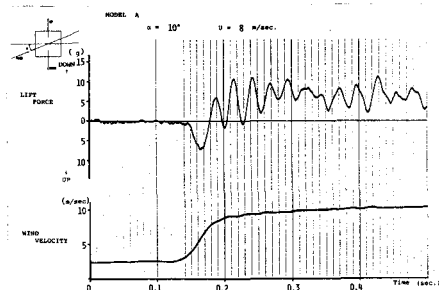


Fig. 4

このとき、揚力は次式(2)のように表れされる。

$$L(\tau) = \frac{1}{2} \rho (2b) l C_F \int_{-\infty}^{\tau} U(\tau-\tau') \frac{d\bar{F}(\tau')}{d\tau'} d\tau' \quad (2)$$

このことを用いて、突刻応答における風速変化特性を考慮して、パラメトリックに未知数 a, b, c, d を決定した。この推定結果を Fig. 5, Fig. 6 に示し、このときのインディシャル関数を Fig. 7, Fig. 8 に示す。

Fig. 2 と Fig. 7, Fig. 3 と Fig. 8 を比較すると、等価 Küssner 関数・等価 Wagner 関数が準定常値 1 に対して $-4 \sim -5$ のピーク値 ($\tau = 0.5$ において) を持ち 0-cross までの無次元時間が 2.5 程度であるが、このインディシャル関数は、 $-13 \sim -16$ のピーク値 ($\tau = 0.5$ において) を持ち、0-cross までの無次元時間が 5 程度となっており、非常に非定常性の強いものであることがわかる。これは、等価 Küssner 関数・等価 Wagner 関数がステップ状に変化する風速と線型な関係であるのに対して、このインディシャル関数は、式(2)のようにステップ状風速に対して非線型であることによるものと思われる。

3. 結論

主梁風速がステップ関数的に変化する場合の空力インディシャル関数は、等価 Küssner 関数・等価 Wagner 関数と同様な形状を持つが、その非定常性は、それらに比べて非常に強いものである。したがって、ピークガストのように急激な風速変化が考えられる場合には、瞬間的に構造物に過大な力が作用するものと考えられ十分な配慮が必要と言える。特に、竜巻などは、移動速度が速く、また通過地点では風速変化が急であり、烈風あるいは強風になる場合が多いため、このような力による被害についても十分な注意が必要であると考えられる。

・参考文献 (1) R.H.Scanlan, J.G.Beliveau and K.S.Bbudlong; "Indicial Aerodynamic Function for Bridge Decks", Journal of the Engineering Mechanics Division, 1974, pp.657-672 (2) 白石成人、

松本晴、木川哲治、加藤隆; 「自然強風に対する長大橋梁の空力不規則応答特性に関する研究」、京大防災研究所年報 第22号 B-2, 昭和54年4月

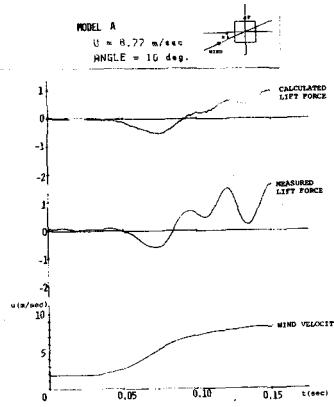


Fig. 5

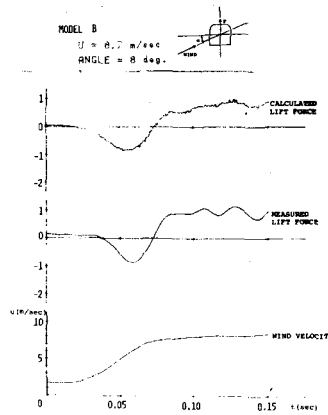


Fig. 6

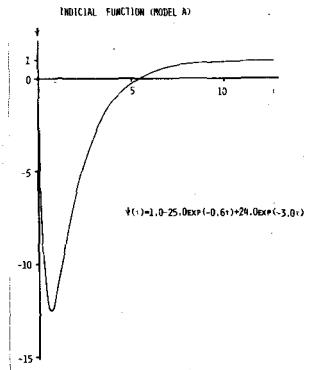


Fig. 7

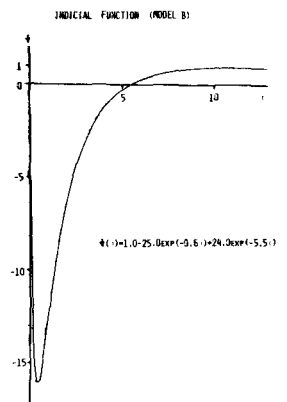


Fig. 8