

構造基本断面の空力振動に及ぼす乱流効果

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 京都大学工学部 学生員 松村修一
 川崎重工業 正員 〇松田一俊

1. まえがき

本研究は構造基本断面(1:10 H型断面, 1:2 矩形断面)(Fig. 1)について一様流中および格子乱流中におけるフラッタ自励空気を計測し、両者の差異を議論し、さらに乱流中での等価Wagner関数と周期変動気流中での等価Küssner関数とを比較・検討し、構造物のフラッタに及ぼす乱流効果の評価およびより合理的なバフェティング振動の解析法に関して考察するものである。

2. 自励空気力と強制空気力

R. H. Scanlan¹⁾によれば非定常空気力係数 A_2^* , H_1^* は式(1), (3)のように表わされ、空カインディシャル応答関数(等価Wagner関数)を式(2), (4)のように表わされると仮定すると風洞実験より得られる H_1^* , A_2^* をパラメータ a, b, c, d を用いて近似することによりパラメータを決定し、等価Wagner関数を求めることができる。

$$A_2^* = C_5 K^3 \left(\frac{C_1}{K^2} - \frac{C_1 C_2}{1 + C_2^2 K^2} - \frac{C_3 C_4}{1 + C_4^2 K^2} \right) \quad (K = \frac{1}{f_0}) \quad f_0 \text{ 換算振動数} \quad (1)$$

$$\Phi_{H_1}(\tau) = 1 + C_1 e^{a\tau} + C_3 e^{b\tau} \quad \tau: \text{無次元時間} \quad (2)$$

$$H_1^* = C_5 K \left(1 + \frac{C_1}{1 + C_2^2 K^2} + \frac{C_3}{1 + C_4^2 K^2} \right) \quad (3)$$

$$\Phi_{A_2}(\tau) = 1 + C_1 e^{a\tau} + C_3 e^{b\tau} \quad (4)$$

次に変動風速から変動空気力に変換する関数として4つの未知パラメータ a, b, c, d を含む2つの指数関数の和で式(5)のように空カインパルス応答関数 $h(\tau)$ を表わすと空カインディシャル応答関数 $\Phi(\tau)$, 空カシステム関数 $\phi(f)$ 及びその絶対値であるゲイン特性 $|\phi(f)|$ は次式で表わされる。

$$h(\tau) = a e^{-b\tau} + c e^{-d\tau} \quad (5)$$

$$\Phi(\tau) = \frac{a}{b} + \frac{c}{d} - \frac{a}{b} e^{-b\tau} - \frac{c}{d} e^{-d\tau} \quad (6)$$

$$\phi(f) = \left\{ \frac{ab}{b^2 + f^2} + \frac{cd}{d^2 + f^2} \right\} - i \left\{ \frac{af}{b^2 + f^2} + \frac{cf}{d^2 + f^2} \right\} \quad (7)$$

$$|\phi(f)| = \left\{ \frac{(AD - A - D)^2 \xi^2 + D^2}{(1 + \xi^2)(D^2 + \xi^2)} \right\}^{1/2} \quad \left(\frac{a}{b} = A, \frac{c}{d} = D, \frac{f}{b} = \xi \right) \quad (8)$$

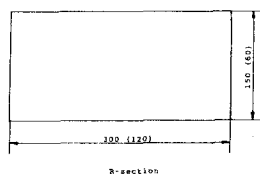
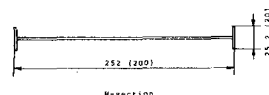


Fig. 1

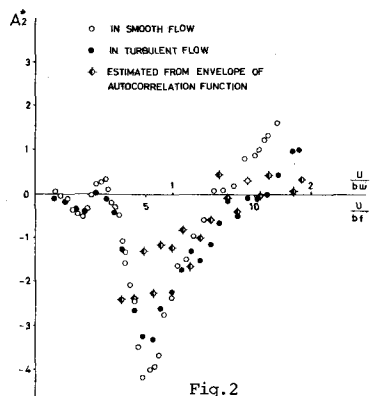


Fig. 2

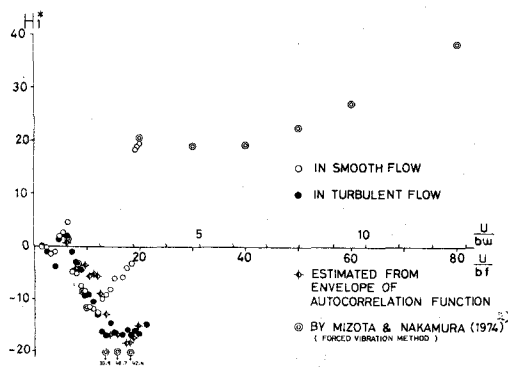


Fig. 3

Shiraishi Naruhito, Matsumoto Masaru, Shirato Hiromichi, Matsumura Shuichi, Matsuda Kazutoshi

ここで風洞実験よりゲイン特性を求め未知パラメータを決定することにより空カインディシヤル応答関数(等価Küssner関数)を求めることができる。

3. 実験結果および考察

一様流中, 格子乱流中および実測応答の自己相関関数の包絡線から得られた A_2^* 値(1:10 H型), H^* 値(1:2矩形)それぞれFig. 2, 3に示す。自己相関関数の包絡線から求めた A_2^* 値, H^* 値は乱流中で得られた A_2^* 値, H^* 値とそれぞれよい一致をみている。 A_2^* 値, H^* 値ともに乱れによって安定化の方向にあることがわかる。また乱れによって自励空気が低減されると思われる。Fig. 4に α : 一様流中の A_2^* 値(静的空気力係数勾配 $dC_m/d\alpha$: 一様流中), β : 乱流中の A_2^* 値($dC_m/d\alpha$: 乱流中), γ : 乱流中の A_2^* 値($dC_m/d\alpha$: 一様流中)の3通りの等価Wagner関数および周期変動気流中での等価Küssner関数を示す。 α, β, γ を比較すると乱れによって

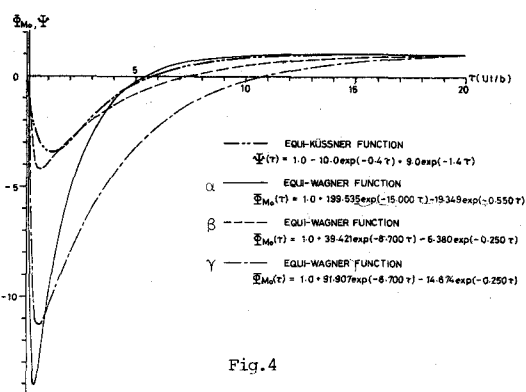


Fig. 4

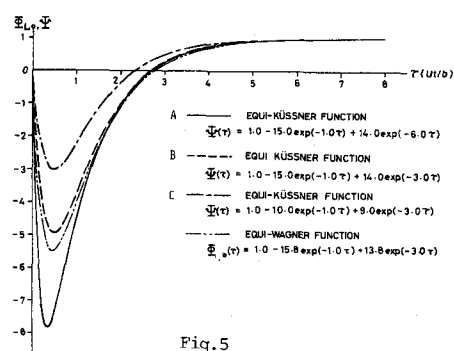


Fig. 5

負のピークが小さくなることから自励振動を生じさせる自励空気力は風の乱れによって低減されるといえよう。Fig. 5に一様流中の H^* 曲線から得られる等価Wagner関数と3種類の等価Küssner関数を示す。以上の検討より場力, ピッチングモーメントと対象とする空気力は異なるが従来の研究において1:10 H型断面で等価Wagner関数と等価Küssner関数とが, 近い元においてほぼ等しいという結果が1:2矩形断面についてもあてはめられることができるようである。

4. おわりに

気流中の乱れによって1:10 H型断面, 1:2矩形断面のそれぞれの非定常空気力係数 A_2^* 値, H^* 値はそれぞれの絶対値で低減されることがわかった。静的空気力係数を求める場合乱れのスケール, 乱れの強さなどを変化させ, これらが乱れの影響をどの程度受けるかの定量的な評価や渦励振動について乱れの影響の評価を行なうことなど今後の課題といえよう。

【参考文献】

(1) R.H.Scanlan, J.G.Beliveau and K.S.Budlong; "Indicial Aerodynamic Function for Bridge Decks", Journal of the Engineering Mechanics Division, 1974, pp.657-672.

(2) 溝田武人, 中村泰治; 「矩形断面柱の非定常揚力と後流の速度変動について」, 構造物の耐風性に関する第3回シンポジウム論文集, 1974年。 (3) 加藤 隆; 「長大橋梁のガスト空カインディシヤル応答に関する基礎的研究」, 京都大学修士学位論文, 1980年。