

橋梁基本断面のガスト空カインディシヤル応答に関する実験的研究
 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
 京都大学大学院 学生員 〇松村 修一 日 建 設 計 正 員 加藤 隆
 京都大学大学院 学生員 白土 博通

1. まえがき

長大橋梁の空カガスト不規則振動の発生機構を調べる目的として、本研究では、おじれフラッターの発生する偏平H型断面(Fig.1)のおじれ振動に特に着目し、変動風速と変動 pitching モーメントを関連づける空カ関数(等価 Küssner 関数)と、自励的な非定常空カ力を表わす等価 Wagner 関数との相似性及び相異性を実験的に明らかにし、またこれらの諸関数を用いた時間過渡応答数値解析結果と、風洞実験結果とを比較し検討を加えたものである。

2. 空カインディシヤル応答関数

変動風速から変動空カ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(1)のように空カインパルス応答関数 $h(t)$ を表わすと、空カインディシヤル応答関数 $\bar{A}(i\omega)$ 、空カシステム関数 $Ad(k)$ 、及びその絶対値であるゲイン特性 $|Ad(k)|$ は次式で表わされる。

$$h(t) = ae^{-bt} + ce^{-dt} \quad (1)$$

$$\bar{A}(i\omega) = \frac{a}{b} + \frac{c}{d} - \frac{a}{b} e^{-b^2/\omega^2} - \frac{c}{d} e^{-d^2/\omega^2} \quad (2)$$

$$Ad(k) = \left\{ \frac{ab}{b^2+k^2} + \frac{cd}{d^2+k^2} \right\} + i \left\{ \frac{ak}{b^2+k^2} + \frac{ck}{d^2+k^2} \right\} \quad (3)$$

$$|Ad(k)| = \left\{ \frac{(AD-A-D)^2 k^2 + b^2 d^2}{(b^2+k^2)(d^2+k^2)} \right\}^{1/2} \quad \left(\frac{a}{b} = A, \frac{c}{d} = D, \frac{b}{d} = \xi \right) \quad (4)$$

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。実験より得られる空カシステム関数、位相特性を Fig.2, 3 に示すが図中の破線は、乱流中の $\frac{U}{U_0}$ が一様流中の $\frac{U}{U_0}$ に比べて小さい値を示すことを考慮したものである。次にパラメータを決定することにより得られる空カインディシヤル応答関数を Fig.4 に示す

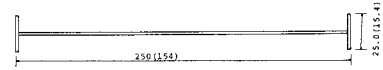


Fig.1

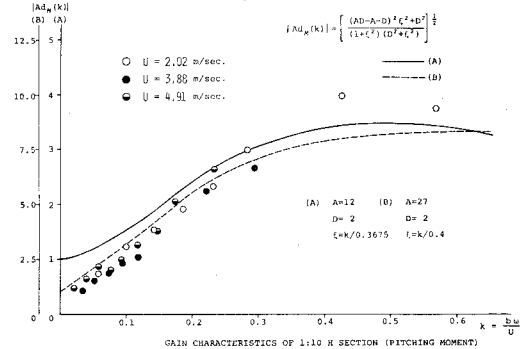


Fig.2

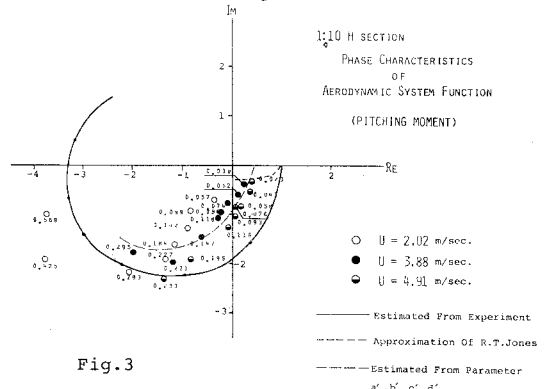


Fig.3

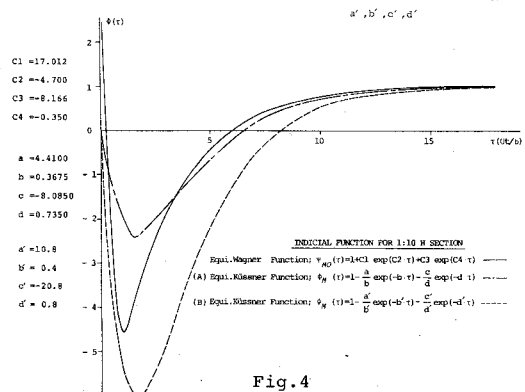


Fig.4

が図中、実線は一樣流中の非定常空力係数 A_2^* より求まる等価Wagner関数である。K.H.Scanlan⁽¹⁾によれば、 A_2^* は式(5)のように表わされ、空力インディシャル応答関数を式(6)のように表わすことができる。と仮定すると、風洞実験より得られる A_2^* 曲線をパラメータ $C_1 \sim C_5$ を用いて近似することによりパラメータを決定し、これより空力インディシャル応答関数(等価Wagner関数)を求めることができる。

$$A_2^* = C_5 K^2 \left(\frac{C_1}{K^2} - \frac{C_1 C_2}{1 + C_1 K^2} - \frac{C_3 C_4}{1 + 4 K^2} \right) \quad (K = \frac{1}{k}) \quad (5)$$

$$\Phi_{no}(t) = 1 + C_1 e^{C_2 t} + C_3 e^{C_4 t} \quad (6)$$

3. 空力ガスト時間過渡応答解析

時刻 t において発生しているモーメントは準定常システム関数、等価Küssner関数、等価Wagner関数を用いた場合、それぞれ次式で表わされる。

$$M(t) = 2 P b^2 U \frac{d}{dt} W(t) \quad (7)$$

$$M(t) = 2 P b^2 U \frac{d}{dt} \int_0^t W(t_1) \frac{d}{dt_1} \Phi_{no}(t-t_1) dt_1 \quad (8)$$

$$M(t) = 2 P b^2 U \frac{d}{dt} \left\{ \frac{d}{dt} \left(\frac{C_1}{2} C_2 + d(t) \Phi_{no}(0) + \int_0^t d(t_1) \frac{d}{dt_1} \Phi_{no}(t-t_1) dt_1 \right) \right\} \quad (9)$$

これをを用いて応答計算した結果をFig 6の(c)~(f)に示す。

4. まとめ

Fig 2, 3に示すように、H型断面のピッチングモーメントについて、空力システム関数は空力増幅効果のある周波数域が存在し、また位相特性も薄翼のR.T.Jonesの近似式と大きく異なる特異な断面であることが明らかとなった。次にFig 4に示すように等価Küssner関数

と等価Wagner関数は、 $t=0$ 付近では差は見られるものの、その後の過渡状態は非常に類似しており、その対応性が十分認められた。またFig 6に示すように準定常システム関数を用いた場合は、実測応答と比較して振幅が相当小さく現われ、位相もずれており、その振動応答を十分に表わしえない。これに対して等価Küssner関数を用いた場合は、振幅、波形とも実測応答とかなりよく一致しており、また等価Wagner関数を用いた場合では、 $t=0$ 付近でインディシャル関数に修正の余地が残されているものの、得られた振幅はやや大きく現われているが、等価Küssner関数によるものの結果とある程度の対応性が見られた。

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

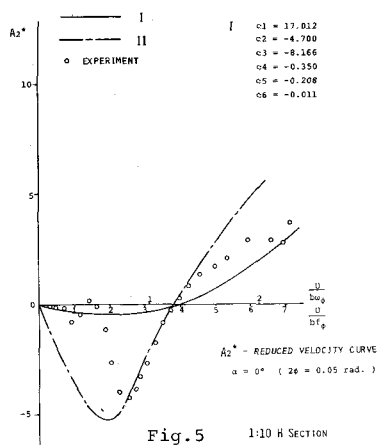


Fig. 5 1:10 H SECTION

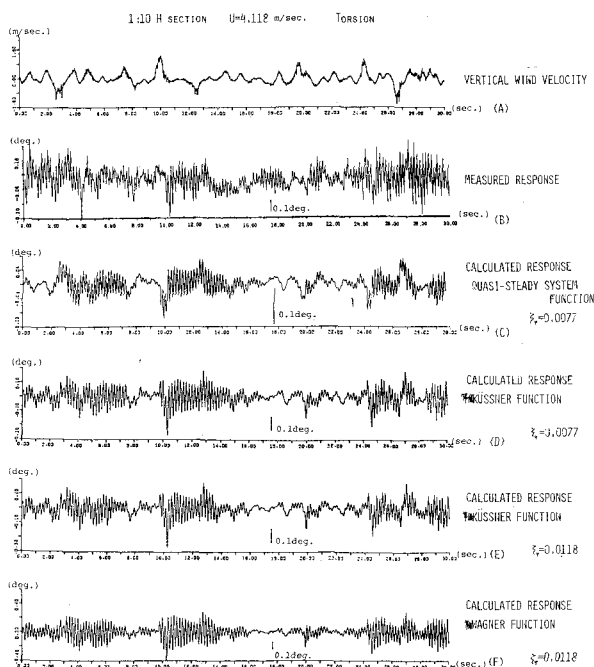


Fig. 6