

中部工業大学 正員 小西一郎  
 京都大学工学部 正員 白石成人  
 京都大学工学部 学生員 岸本章士

1. まえがき

可撓性に富む長大橋梁断面では、自然風に含まれる乱れ成分によって不規則な強制振動現象がもたらされるが、この現象は橋梁自体の機能性の問題および橋梁部材の疲労強度の問題等に関係し、長大橋梁の動的耐風設計上重要な問題点である。本研究では、自然風に含まれる乱れに起因する不規則応答の評価の第一段階として、二次元流を想定しその鉛直変動風成分に起因する鉛直たわみ1自由度振動の評価を主な対象とし、その応答時間変化特性に数値解析を試み、実験値および観測値との比較検討を加えようとしたものである。

2. 観測および実験について

数値計算のための入力データおよび計算結果の検証のために用いたデータは2種類であって、千葉県館山市郊外にある祖の浜海岸に設置された本州四国連絡橋公団の耐風実験橋によって得られた観測データと、当研究室の風洞に二次元部分模型を用いて行なわれた風洞実験によって得られたデータとである。以下便宜上それぞれをCase A, Case Bと称する。表1は用いられた模型の諸物理量を示している。

NOTATION		DIMENSION	CASE A	CASE B
span length	l	m	8.00	0.93
mass per unit span length	m	kgsec <sup>2</sup> m <sup>-2</sup>	41.314	0.4509
half chord length	b	m	1.71	0.1675
initial circular frequency	$\omega_0$	sec <sup>-1</sup>	1.3195	11.781
initial damping ratio	$\zeta_0$		0.00955	0.002876
slope of force coefficient	$\frac{dC_F}{d\alpha}$		1.5915	3.325
mean wind velocity	U	m·sec <sup>-1</sup>	14.9	5.00
air density	$\rho$	kg·sec <sup>-2</sup> ·m <sup>-3</sup>	0.125	0.125

表 1

3. 解析手法について

構造物の不規則入力に対する時間応答を求めようとする場合には、時間領域でのアプローチと周波数領域でアプローチする場合の2つの方法が考えられるが、以下においてはこれらをFourier Pairとして、並列的に述べていく。

(i) 変動揚力の評価

鉛直変動風に起因するガスト応答を求めようとする場合には、変動揚力の評価が最も重要な問題である。変動揚力を時間の関数として評価するためには、まず鉛直変動風速の単位衝撃変化によって生じる揚力の時間過渡変化を調べる必要がある。このとき揚力の時間過渡変化は、空力伝達関数  $R^*(t)$  と定義され次のように表わされる。

$$R^*(t) = 2\pi\rho\bar{U}b \mathcal{F}^{-1}\{Ad(k)\} \quad (1)$$

$\mathcal{F}^{-1}\}$  : Fourier Inverse Transformation

$$\frac{R^*(t)}{2\pi\rho\bar{U}b} \Leftrightarrow Ad(k) \quad (2)$$

$\Leftrightarrow$  : Fourier Pair を表わす  $k$ : reduced frequency

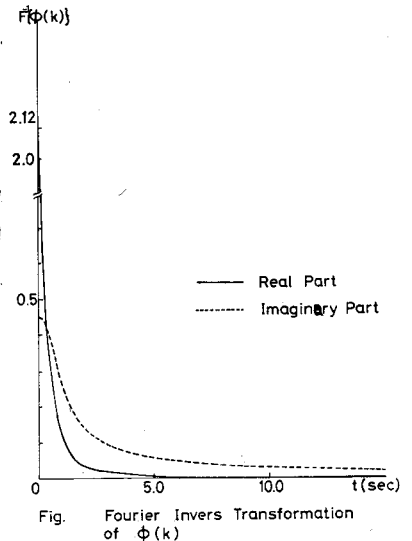


図 1

(1)式における関数  $Ad(k)$ は、動的揚力関数(Dynamic Lift Function)と呼ばれ、いわゆる空力アドミッタンスの平方根として求められるが、平板状構造物においては  $Ad(k)$ はSears関数によって近似され次式の

ように表わすことができる。

$$A_d(k) = \frac{dC_F/dx}{2\pi} \phi(k) \quad \text{--- (3)} \quad \text{or} \quad A_d(k) = \frac{dC_F/dx}{2\pi} |\phi(k)| \quad \text{--- (4)}$$

但し、 $\phi(k)$  は Sears 関数を表わす

動的揚力関数は、(3)式および(4)式で示すように Sears 関数を複素関数のままと絶対値として評価した場合の双方を用いて数値計算を行なった。図1は、Sears関数を逆フーリエ変換したものを示している。

(1)式の空力伝達関数  $r^*(t)$  を用いて、鉛直変動風による変動揚力は次式のように convolution の形で表わされる。

$$L(t) = \int_{-\infty}^t v(\tau) r^*(t-\tau) d\tau \quad \Leftrightarrow \quad L(\omega) = V(\omega) H^*(\omega) \quad \text{--- (5)}$$

$$\left( \begin{array}{l} v(t) \quad \Leftrightarrow \quad V(\omega) \\ r^*(t) \quad \Leftrightarrow \quad H^*(\omega) \end{array} \right)$$

(ii) 応答伝達関数  $r(t)$  および  $H(\omega)$

応答伝達関数は、単位衝撃揚力による振動系の応答として定義されるが、たとえば Case A の場合においては初期減衰比（無風時の減衰）が 0.00955 であるのに対し、平均風速 14.9 m/s の風が作用している時のみかけの減衰比は、空力減衰が加わりその値が 0.045 となることからわかるように、応答伝達関数は空力減衰項を考慮したものでなければならない。

$$H(\omega) = \frac{1}{m} \times \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2 + 2\zeta\omega_0 i \omega} \quad \text{(6)}$$

$$r(t) \quad \Leftrightarrow \quad H(\omega) \quad \text{--- (7)}$$

図2は、Case B の場合の  $r(t)$  を示している。

(iii) ガスト時間応答  $\eta(t)$

鉛直変動風によるガスト時間応答は、以上に述べた空力伝達関数、応答伝達関数と入力である鉛直変動風とで表わされ、時間領域でのアプローチでは、2重の convolution によって求められ、周波数領域でのアプローチでは、それぞれを multiply したものをフーリエ逆変換したのものによって求められるように表わされる。

$$\eta(t) = \int_{-\infty}^t r(t-\tau_2) \int_{-\infty}^{\tau_2} v(\tau_1) r^*(\tau_1-\tau_2) d\tau_1 d\tau_2$$

$$= \mathcal{F}^{-1} \{ [V(\omega) H^*(\omega)] H(\omega) \} \quad \text{--- (8)}$$

#### 4. あとがき

以上の手法によって時間応答が求められているが数値計算上のいくつかの問題点およびその他の計算結果については当日発表の予定である。なお図3は Case A の場合の観測値と計算結果を示したものである。

結論としては、数値計算により求められたガスト応答は、観測値および実験値と比較して応答振幅および波形についてほぼ合っており、この方法によるガスト応答の評価の有効性を示していると思われる。

最後に、本研究に際して御指導いただいた松本勝講師ならびに岸本良孝氏と夕大の援助を得た京都大学院生の丸山俊君に心からの感謝の意を表するものである。

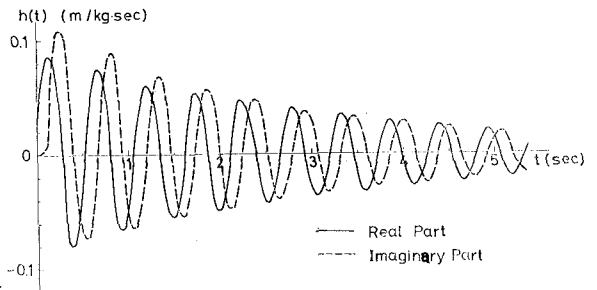


Fig. 2 Complex Response Function  $h(t)$  (CASE B)

図 2

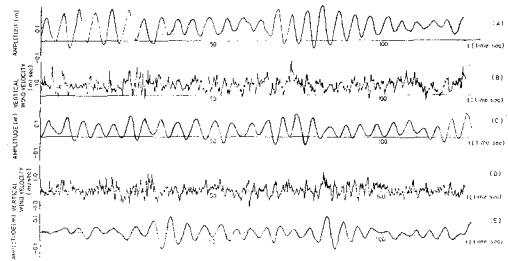


Fig. 3 (A) Measured Response  
(B) Measured Vertical Wind Velocity (Left)  
(C) Calculated Response  
(D) Measured Vertical Wind Velocity (Right)  
(E) Calculated Response

図 3