

構造基本断面のガスト時間応答について

京都大学工学部 正員 小西 一郎
 京都大学工学部 正員 松本 勝
 京都大学工学部 学生員 丸山 俊

京都大学工学部 正員 白石 成人
 本州四国連絡橋公団の正員 岸本 良孝

1. まえがき

自然風に含まれる乱れに起因する橋梁断面の不規則応答(ガスト応答)の評価は、フラッター振動等の不確定振動の解析とともに耐風設計における重要な要素である。従来この種の分野においては A. G. Davenport の提案による統計的手法が用いられてきたが、これによればガスト応答を統計量として扱っているため、最大振幅等もある程度推定することができないものの、必ずしも十分なものとはいえない。本研究においては、ガスト応答を統計量としてではなく時間の関数として評価するための第一段階として、鉛直変動風速に起因するたわみ-自由度振動系のガスト時間応答に関する解析を行なった。

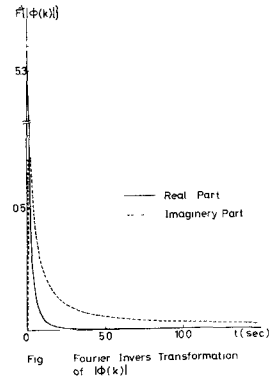


図 1

2. 変動揚力の評価

変動揚力を時間の関数として評価するためには、まず鉛直や速の単位衝撃変化によつて生じる揚力の時間過渡変化を調べる必要がある。このときの揚力は空力伝達関数 $A^*(s)$ と定義され、次式のように表わされる。

$$A^*(s) = 2\pi\rho U b \int_{-\infty}^{\infty} A_d(k) dk \quad (1)$$

ここに $\int_{-\infty}^{\infty}$: フーリエ変換を示す

上式における関数 $A_d(k)$ は動的揚力関数と呼ばれ、空力伝達関数の平方根として求められる。また平板状構造断面においては次式のように Sears 関数によつて近似されるから、

$$A_d(k) = \frac{dC_F/d\alpha}{2\pi} \cdot | \phi(k) | \quad \text{あるいは} \quad A_d(k) = \frac{dC_F/d\alpha}{2\pi} \cdot \phi(k) \quad (2)$$

空力伝達関数は Sears 関数の絶対値、あるいは複素関数のみとの逆フーリエ変換によつてその特性が表わされ、図1および図2に示すように単位衝撃風速による揚力の

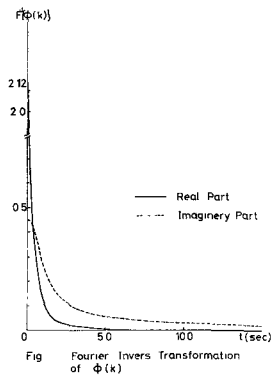


図 2

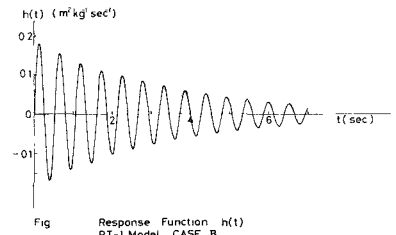


図 3

時間過渡状態は若干異なる。空力伝達関数を用いて連続な鉛直変動風速による揚力は次式のような Convolution により求められる。

$$L(t) = \int_{-\infty}^t v(\tau) h^*(t-\tau) d\tau \quad (3)$$

3. 応答伝達関数

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、次式に示す風波数伝達関数 $F(\omega)$ 、

$$F(\omega) = \frac{1}{m} \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2 + 2\beta\omega_0 i \omega} \quad \beta = \beta_0 - \frac{1}{2\omega_0} H_2(k) \quad (4)$$

の逆フーリエ変換により求められるが、空力減衰項 H_2 を定数として評価した場合と、振動数の関数として評価した場合とは結果が異なり、定数とした場合には図3に示すような実関数として得られるが、振動数の関数として厳密に考えた場合には、図4に示すような複素関数として得られる。

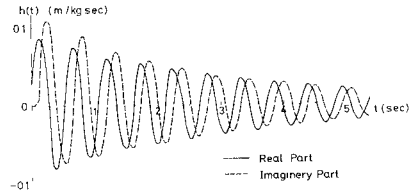


Fig. Complex Response Function $h(t)$ (CASE B)

図 4

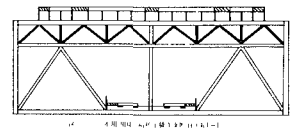


図 5

4. ガスト応答の評価

鉛直変動風に起因するガスト応答は空力伝達関数と応答伝達関数を用いて2重の Convolution により次式のように求められる。

$$\eta(t) = \int_{-\infty}^t h(t-\tau) \int_{-\infty}^{\tau} v(\tau) h^*(\tau-\tau) d\tau d\tau \quad (5)$$

図5に示す断面を有する二次元部分模型を対象として式(5)による数値計算の結果を実験結果と比較し図6に示す。なお図の計算結果は実関数による計算結果(Method I)であり、図7に示す素関数を用いた計算結果(Method II)と比較すれば、後者は理論的により厳密と考えられるが、

計算結果はほとんど両者に差がみられず、Method I による評価が有効なものであると考えられる。なお Method II は、変動揚力をシミュレーション法により求めた計算結果である。

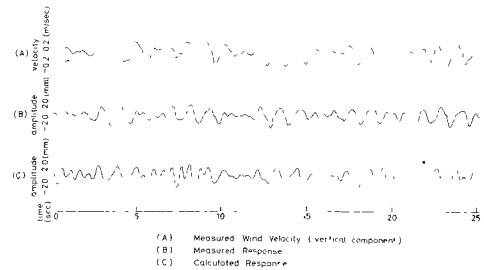


Fig. Calculation of Deflectional Response due to Vertical Gust (CASE B3)

図 7

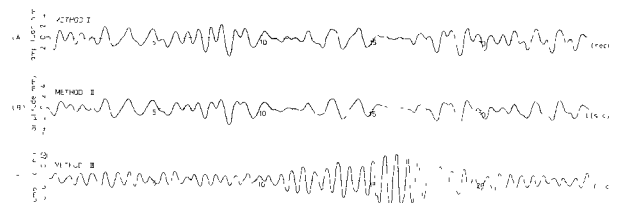


Fig. Calculation of Deflectional Response due to Vertical Gust (CASE B3)

図 8