

平板に作用する変動空気力の特性

立命館大学 理工学部 正員 小林 紘士 立命館大学 大学院 学正員 ○小林 勝
日立造船(株) 正員 美島 雄士 立命館大学 大学院 学正員 畑中 章秀

1. まえがき 近年の構造物の長大化・軽量化に伴いその可撓性も増し、橋梁の耐風安定性を評価する上で自然風中のガストに起因する不規則振動が重要な問題として注目されている。本報告では、風洞内に自然風乱流に相似な気流をシミュレートし、2自由度に支持された平板状構造物に作用させることによって求められる非定常空気力の種々の条件下における測定結果及びガスト応答に2、3の評価を加えるものである。

2. 実験概要 使用した模型断面は偏平箱桁断面 (Model A)、平板断面 (Model B)、及び幅員をその約半分にした平板断面 (Model C) の3種類であり、その断面の概略図を図-1に示す。模型に作用させる乱流は、模型のないとき模型中央部分でシミュレートしたものを用い、その時の自由振動中の模型の応答量を測定した。

3. 空気力算定方法 振動中の模型に作用する非定常空気力の測定には、風洞試験によって得られた変位記録を高速フーリエ変換 (FFT) を用いて周波数領域に変換してから微分し、再びフーリエ逆変換によって時間領域に戻すという方法を用いた¹⁾。以下にその式を示す。

$$L(t) = m\omega_y^2 F^{-1} \left[\left\{ 1 + 2\beta_y \frac{\omega}{\omega_y} - \left(\frac{\omega}{\omega_y} \right)^2 \right\} F \{ y(t) \} + \frac{S}{m} F \{ \alpha(t) \} \right] \quad (1)$$

$L(t)$: 変動揚力 m : 模型の単位長さ当りの質量 S : 回転中心まわりの静的モーメント
 β_y, ω_y : 鉛直振動に対する減衰定数及び固有円振動数 $y(t), \alpha(t)$: 鉛直変位及び回転角
 $F\{\}$: フーリエ変換 $F^{-1}[\]$: フーリエ逆変換

4. 実験結果及び考察

表-1 乱流特性値

4. 1 気流

風洞内に鉛直成分のみの乱れを与えた乱流をシミュレートした。このとき主流方向成分の乱れ

乱流 No.	平均風速 U (m/s)	Change of	乱れ強度 I _w (%)	乱れスケール L _w (m)
A	1.8	I _w	5.0	0.34
B			6.0	0.36
C			7.4	0.35
D			8.3	0.42
E		L _w	6.2	0.19
F			6.2	0.29
G			6.0	0.38
H			6.0	0.60

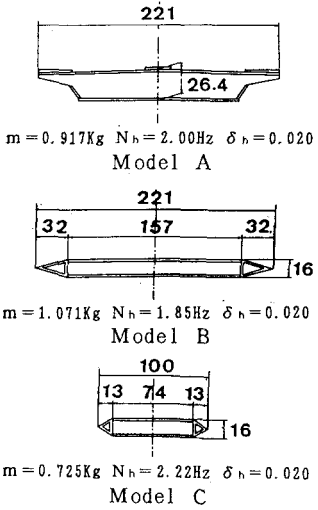


図-1 模型断面

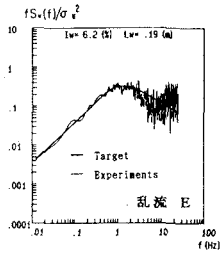


図-2 乱流のパワースペクトル

は4%以下であった。表-1にシミュレートした乱流の特性値を示す。また、シミュレートした乱流のパワースペクトルの一例を図-2に示す。実線は目標としたKármánの式である。

4. 2 振動応答及び空気力係数の時系列 平均風速1.8m/sの乱流Dを3種類の模型に作用させたときの鉛直方向の振動応答、及びその振動応答から求められた空気力係数の時系列を図-3に示す。模型のいずれも鉛直方向の振動を生じ、回転振動はほとんど認められなかった。振動応答は曲げ変位 h を模型の全幅 B で除した無次元振幅で示し、空気力係数は次式で表される揚力係数で示した。

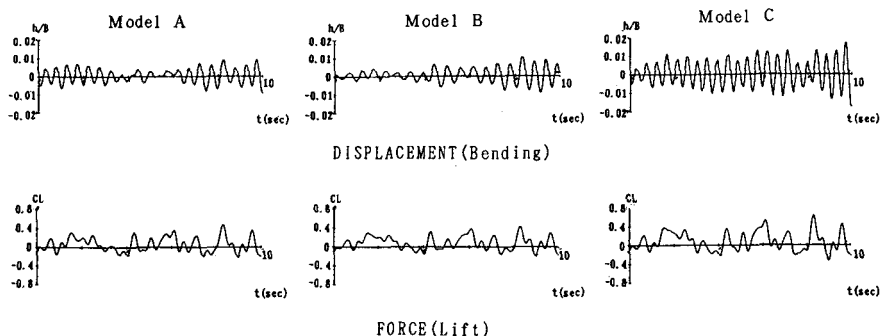


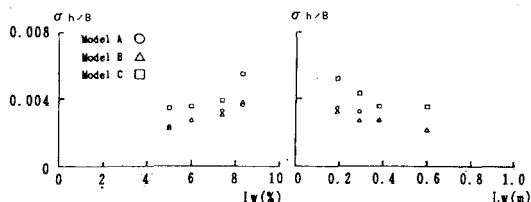
図-3 振動応答及び空気力係数の時系列

$$C_L = L(t) / \left(\frac{1}{2} \rho \bar{U}^2 B L \right) \quad (2)$$

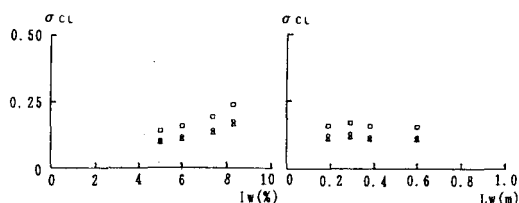
$L(t)$: 変動揚力 ρ : 空気密度 $\bar{U}$: 平均風速 B : 模型の全幅 L : 模型の長さ
これより、振動応答の時系列は模型によりかなり異なっているのに対し、揚力の時系列はよく似たものとなっている。

4. 3 乱流特性値と振動応答 乱流特性値（乱れ強度 I_w , 乱れスケール L_w ）の模型の応答におよぼす影響について調べた結果を図-4 に示す。

1). 曲げ変位 h/B 図-4 (a) に乱れスケールを一定とし、乱れ強度をパラメータとした乱流 A～D を模型に作用させたときの曲げ応答無次元振幅の 2 乗平均平方根 (r. m. s) $\sigma_{h/B}$ と乱れ強度 I_w 、及び乱れ強度 I_w を一定とし乱れスケールをパラメータとした乱流 E～H を模型に作用させたときの r. m. s と乱れスケールの関係を示す。他の乱れパラメータを一定とすると、曲げ変位の r. m. s は乱れ強度が大きくなると共に増加し、逆に乱れスケールが大きくなると共に小さくなっていく傾向がある。



(a) I_w, L_w vs $\sigma_{h/B}$



(b) I_w, L_w vs σ_{CL}

図-4 乱流特性値と振動応答

2). 揚力係数 C_L 図-4 (b) に I_w あるいは L_w と

揚力係数 C_L の r. m. s の関係を示す。他の乱れパラメータを一定とすると、 I_w が大きくなるに従い C_L も増大し、Model A と Model B はよく似た傾向を示した。Model C が最も大きい空気力を受けていることがわかる。また、 L_w が変化しても C_L にはあまり影響が出ていない。

5. まとめ 本報告での結果をまとめると以下の通りである。

- 1) 模型が異なったときでも、同じ乱流を作用させたとき同じ空気力が模型に作用する。しかし、それによって生じる模型の応答は模型によって異なる。
- 2) 乱流によるガスト応答は主に乱れ強度の影響を受けやすく、乱れスケールが変化することによる空気力係数の r. m. s 値への顕著な影響はみられない。

謝辞 本研究の遂行にあたり、実験等に多大な御協力を頂いた立命館大学理工学部構造研究室の長谷川 勝啓君、房 進男君には改めてここに深く感謝致します。

参考文献 1) S. Komatsu and H. Kobayashi, Experimental Identification of Aerodynamic Forces, JOURNAL OF THE ENGINEERING MECHANICS DIVISION