

橋梁断面に作用する非定常空気力に関する実験的研究

立命館大学理工学部 正 員 小林 紘士
立命館大学大学院 学生員○中西 正樹

1. まえがき 構造断面の空力特性に及ぼす気流の乱れの効果は、断面形状、振動特性、及び気流の変動特性等によって異なることが知られている。本報は、自然風乱流をシミュレートし、各種乱れ特性を有する乱流中における模型に作用する空気力について、変動風と変動空気力の伝達関数である空力アドミッタンスを算定することにより、比較考察した。

2. 実験概要 乱流発生装置（翼列、平板列、他）と模型設置位置を図-1に示す。使用した橋梁模型を図-2に、各部分模型の物理量を表-1に示す。この翼、平板列をランダム加振させることにより、自然風乱流のシミュレートを行った。この流れの中に各模型を設置し、自由振動中の部分模型の応答量及び変動風速を測定した。

3. 解析方法 鉛直たわみ振動をもたらず揚力は、鉛直方向の変動風速のみによって起因するものではなく、主流方向の風速変動も要因と考えられる¹⁾が、鉛直たわみ振動に及ぼす影響は、鉛直変動風によるものが大きいと考えられるため、ここでは、主流方向の変動風による影響を無視し、鉛直変動風について解析を行った。1自由度系の運動方程式を次式で表す。

$$\ddot{y} + 2h\omega_0\dot{y} + \omega_0^2 y = \pi\rho DUw(t) \quad (1)$$

ここに、 h ：減衰比、 ω_0 ：模型の固有円振動数

ρ ：空気密度、 D ：模型の代表長

U ：平均風速、 $w(t)$ ：鉛直方向変動風

空力アドミッタンスは、

$$|X\ddot{y}(\omega)|^2 = \left[\frac{m\omega_0^2}{\pi\rho DU} \right]^2 \frac{S_v(\omega)}{|H(\omega)|^2 S_w(\omega)} \quad (2)$$

となる。

ここに、 $|H(\omega)|$ ：周波数応答関数

$S_v(\omega)$ ：鉛直たわみのパワースペクトル

$S_w(\omega)$ ：鉛直変動風のパワースペクトル

4. 実験結果 (1) 気流特性 乱れ強度及び乱れスケールの測定結果を表-2に示す。この結果は、模型設置位置A点における測定結果である。模型実験での測定は、B点で行った。ここに、乱流A～Cの lu, lw は、それぞれ目標値を $lu=7\%, lw=3.5\%, lu=12\%, lw=6\%, lu=15\%, lw=7.5\%$ 、 Lu, Lw は、目標値を $Lu=120\text{cm}, Lw=36\text{cm}$ としてシミュレートした結果である。

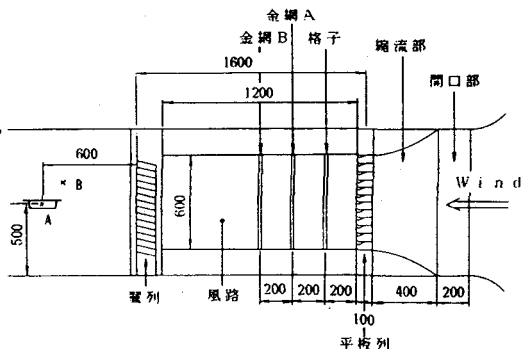
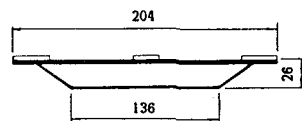
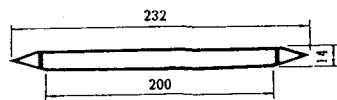


図-1 乱流発生装置及び模型設置位置



MODEL-1



MODEL-2

図-2 橋梁模型断面

表-1 模型の特性

模型名	重量(kg)	固有振動数(Hz)		対数減衰率	
		並進	回転	並進	回転
MODEL-1	0.965	1.83	4.83	0.019	0.021
MODEL-2	0.635	2.22	3.15	0.007	0.035

表-2 気流特性

乱流名	$lu(\%)$	$lw(\%)$	$Lu(\text{cm})$	$Lw(\text{cm})$
乱流 A	7.6	3.8	112	33
乱流 B	11.5	5.9	114	36
乱流 C	14.6	7.5	112	44
U, W 制御	15.2	8.7	—	—
Wのみ制御	6.9	6.0	—	—

Hiroshi KOBAYASHI, Masaki NAKANISHI

(2)鉛直たわみ振動の測定結果

MODEL-1 の鉛直たわみ振動応答のパワースペクトルを図-3に示す。これは、 L_u 、 L_w をほぼ一定値 $L_u \cong 113\text{cm}$ 、 $L_w \cong 36\text{cm}$ とし、乱れ強度をパラメータとして変化させたときの結果の比較を示す。乱れ強度が大きくなるにしたがいパワースペクトルも大きな値をとる。応答と外力の関係を σ_v/σ_w で表すとそれぞれ $1u$ の大きい方から0.025, 0.023, 0.029 と $1u$ 、 $1w$ の違い

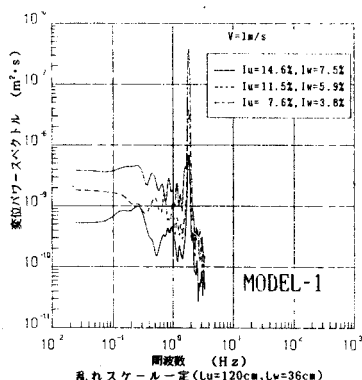


図-3 応答のパワースペクトル (乱れ強度別)

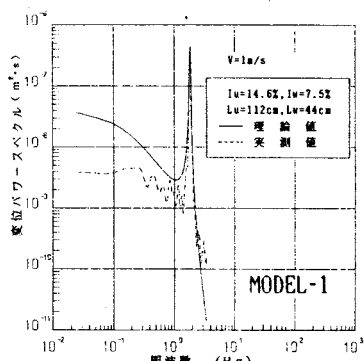


図-4 応答のパワースペクトル (理論との比較)

に関わらずほぼ一定である。次に、平板翼の理論値²⁾から計算された応答のパワースペクトルとの比較の1例を図-4に示す。この結果、全てに共通して1 Hz以下の低周波数においては大きな差が出ることがわかった。この傾向は、乱れスケールを変化させたときも同様であった。次に、MODEL-2を用いて、翼列の制御の有無による鉛直たわみ振動への影響を調べた。その結果を図-5に示す。U、W制御とWのみ制御について、 σ_v/σ_w の比を求めてみるとそれぞれ $1u$ の大きさはかなり異なっているにも関わらず0.061, 0.069とほぼ近い値が得られた。

(3)空力アドミッタンス解析結果 乱れ強度をパラメータとした時のMODEL-1についての解析結果を図-6に、MODEL-2に対する解析結果を図-7に示す。MODEL-1については、低周波数側で翼の理論値に対し、小さな値をとり、MODEL-2では、固有振動数付近で翼の理論値に対し、大きな値を示している。2つの模型共に、乱れ強度の変化に関わらず空力アドミッタンスについては、ほぼ同様な値を示している乱れスケールを変化させた場合も同様の結果が得られた。また、平均風速2m/s, 3m/sについても同様な結果が得られた。

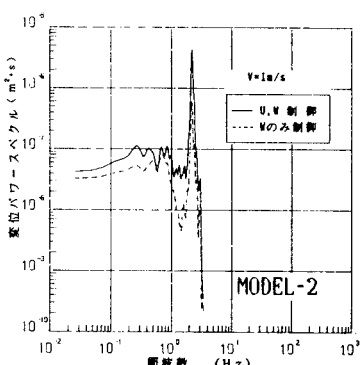


図-5 応答のパワースペクトル (U、W制御の影響)

5. まとめ MODEL-1では、低周波側でSears関数より小さい値を示し、平板模型(MODEL-2)では、Sears関数に近い値を示す。また

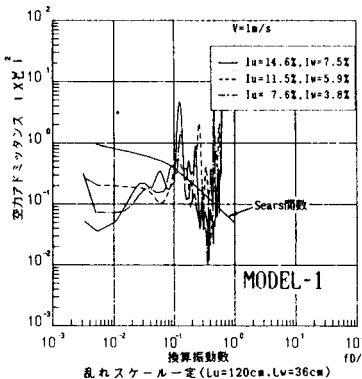


図-6 空力アドミッタンス (MODEL-1)

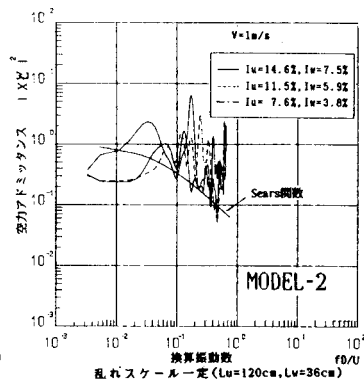


図-7 空力アドミッタンス (MODEL-2)

断面形状により、空力アドミッタンスが異なることがわかった。今後、空力アドミッタンスの算定精度に影響を及ぼす高周波側の雑音の問題、固有振動数付近での空力減衰の評価の問題及び模型周辺の気流のスペクトル特性の問題について検討する必要がある。

参考文献 1)岡内 功：第5回構造物の耐風性に関するシンポジウム論文集，1978，PP. 29

2)岡内、伊藤、宮田：耐風構造，丸善