

I-336 バフエティング揚力における乱れのスケールの影響に関する実験的研究

鹿島建設（株） 正員 岡山 誠
 東京大学工学部 正員 木村吉郎
 東京大学工学部 正員 藤野陽三

1. はじめに 気流の乱れのスケールがバフエティング応答におよぼす影響に関しては、十分な検討は行なわれていない。例えば風洞実験では、模型細部の形状を再現できる縮尺を保つために、気流の乱れのスケールと模型のスケールとの比を実橋と相似できないことがあるが、相似していないことによる影響の程度および補正法は明らかでない。また、既往のバフエティング応答解析法においても、乱れのスケールの影響が正確に反映されているかは明らかでない。そこで本研究では、偏平六角形断面をもつ模型に作用するバフエティング揚力を、異なる乱れのスケールの気流のもとで測定して乱れのスケールの影響を調べ、また、既往の方法による解析との比較を行ない、その問題点について考察した。

2. 実験方法 模型は長さ 1050 mm の2次元模型で、断面を図1に示す。模型のスパン中央部（以下「測定部」と呼ぶ）は板ばねで支持され、そこに作用するバフエティング揚力を動ひずみ計で測定した。使用した風洞はエッフェル型で、測定部の断面は、高さ 1.8 m、幅 1.08 m である。気流は乱流格子により生成した3種類を用いた。鉛直変動風速についての気流の特性を示すと、乱れの強さはいずれもほぼ 8 %、風速 $U=8$ m/s における乱れのスケール L_w は 6.0、4.7、2.5 cm（主流方向）ならびに 4.0、3.0、2.5 cm（主流直角方向）であった。さらに測定部のスパン方向長さ W と風速 U も、それぞれ3種類変化させて測定を繰り返した。

3. 実験結果 測定されたバフエティング揚力のパワースペクトル（FFTにより求め、64個の平均をとった）を図2～図4に示す。ケースによっては 40 Hz 付近にピークがみられるが、模型全体がわずかに振動することが原因となって測定部に作用する慣性力によるものと思われる。バフエティング揚力のパワースペクトルが、諸要因によりどのように変化するか、以下にまとめて示す。

- 1) 乱れのスケールが小さくなるほど、スペクトルの絶対値は小さくなり、ピークはなだらかになり、ピークの位置は高周波数側となる（図2）。
- 2) 測定部のスパン方向長さ W が大きくなるほど、同じ面積あたりに作用するバフエティング揚力のスペクトルの絶対値は小さくなる傾向がある。しかし、 $W=2$ cm と 5 cm では差がほとんどない（図3； $W=5$ cm、2 cm の模型のパワースペクトルはそれぞれ 4 倍、25 倍してある）。
- 3) 風速 U が大きくなるほど、ピークの位置は高周波側となり、ピークはなだらかになる（図4； $U=4$ m/s、8 m/s の場合のパワースペクトルはそれぞれ 9 倍、2.25 倍してある）。

4. 解析との比較および考察 図5に示すのは、既往の方法による解析結果である。解析にはエアロダイナミックアドミッタンスとして Sears 関数を、気流のスペクトルとして測定値と合わせた Karman 型のスペクトルを使用した。対応する図2の実験結果と比較すると、乱れのスケールや風速の影響が忠実に再現されていないことがわかる。

既往の解析法では、

- a) 主流直角方向の乱れのスケールは、各断面に作用する空気力の大きさには影響しない。
- b) 各断面に作用する空気力の相関は、変動風速の相関と等しい。

を前提にしているが、これらの前提が上述した実験値との不一致の原因と考えられる。すなわち、実際の現象においては、乱れのスケールよりもかなり小さい幅のストリップに作用するバフエティング空気力においても、そこには全スパンの渦の影響が含まれる¹⁾。つまり、たとえ物体が2次元の形状をしていても、3次元の乱流の中ではストリップ理論の仮定は厳密には成り立たない。したがって、上記の2点について既往の解析は不十分である。

より現象に忠実な解析法としては、翼のガスト応答解析におけるように、主流方向、主流直角方向、両方の乱れのスケールの関数として定められるエアロダイナミックアドミッタンスを用いること²⁾が挙げられる。本実験結果をみても、乱れのスケールや風速をパラメータとした場合にパフティング揚力のパワースペクトルの形状が変化する傾向は、同じパラメータに対して主流直角方向に dy だけ離れた2点での鉛直変動風速のコヒーレンスが変化する傾向と似ている。したがって、この影響を断面に作用する空気力を予測する際にもうま考慮することで、より再現性のある解析結果が得られると考えられる。

また、パフティング空気力のスパン方向の空間相関についても、空気力の相関は、変動風速の相関に比べて高いという指摘がなされており¹⁾³⁾、その影響を解析において考慮することが必要であると思われる。本実験結果の2)の後半で示したことも、空気力の空間相関の高さによるものと考えられる。

ストリップ理論の仮定がどこまで適用できるかということは、乱れのスケールと模型のスケールの比に依存する。本実験におけるこの比は、自然風中の橋梁におけるものと比べるとかなり小さい。より大きな乱れのスケールのもとでの測定や、より詳しく空気力分布を求めることが今後の課題である。

参考文献

- 1) Lamson, P. : Measurements of Lift Fluctuations Due to Turbulence, NACA TN 3880, 1957.
- 2) Jackson, R., Graham, J.M.R. and Mall, D.J. : The Lift on a Wing in a Turbulent Flow, Aeronautical Quarterly, Vol. 24, Part 3, 1973.
- 3) Sankaran, R. and Jancauskas, E.D. : Measurements of Cross-Correlation in Separated Flows Around Bluff Cylinders, Proc. BBAA2, 1992.

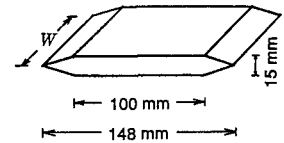
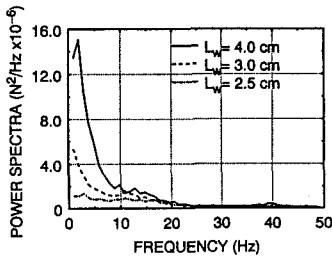
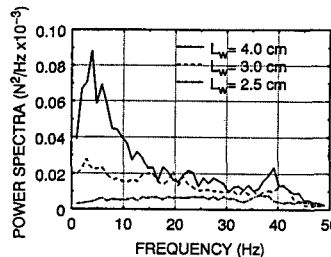


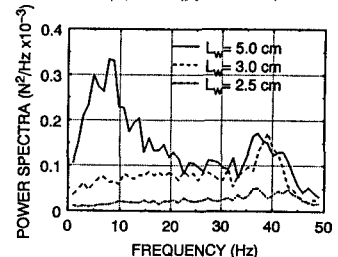
図1 模型の諸元



a : $W=5$ cm, $U=4$ m/s



b : $W=5$ cm, $U=8$ m/s



c : $W=5$ cm, $U=12$ m/s

図2 乱れのスケールの影響

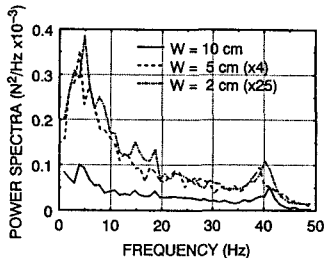
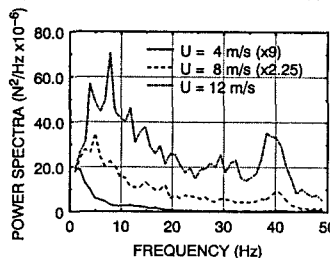
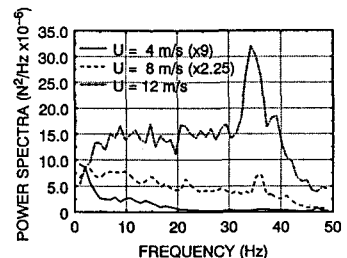


図3 測定部の幅の影響、
 $L_w=4.0$ cm, $U=8$ m/s

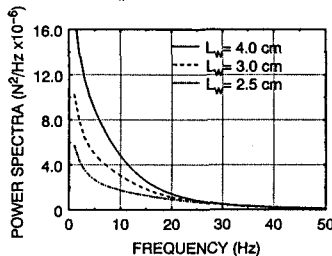


a : $W=2$ cm, $L_w=4.0$ cm

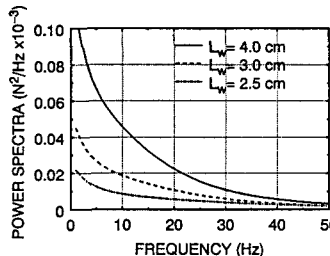


b : $W=2$ cm, $L_w=3.0$ cm

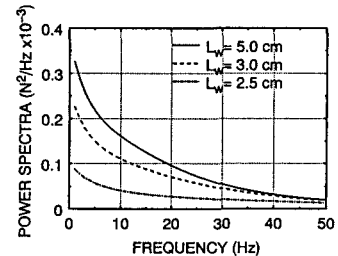
図4 風速の影響



a : $W=5$ cm, $U=4$ m/s



b : $W=5$ cm, $U=8$ m/s



c : $W=5$ cm, $U=12$ m/s

図5 既往の方法による解析結果