

矩形断面柱に作用するガスト空気力の特性

東京大学 学生員 中藤 誠二
東京大学 学生員 田村 央

東京大学 正員 木村 吉郎
東京大学 正員 藤野 陽三

1. はじめに 橋梁のガスト応答解析においては、風速変動にもなって作用するガスト空気力の空間相関は変動風速の空間相関と等しいとすることが多い。しかし、ガスト空気力の相関の方が変動風速の相関よりも大きい測定結果も示されている¹⁻⁴⁾。著者らは、既に偏平六角形断面柱に作用するガスト揚力を測定したが⁴⁾、ここでは、矩形断面柱を対象として測定したガスト空気力の特性について報告する。

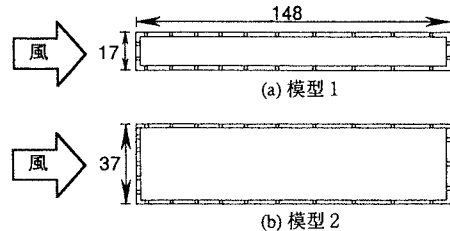


図1 模型断面図（単位mm）

2. 風洞実験の概要 測定部の大きさが 1.08m （幅） $\times 1.8\text{m}$ （高さ）のエッフェル型風洞を用いて実験を行った。模型は図1に示すような矩形断面を持つスパン長 1.05m の部分模型で、断面の幅／高さの比が $8.7:1$ （模型1）と $4:1$ （模型2）の2種類とした。同時多点圧力計を用いて、2つの断面において各24点（模型1）または28点（模型2）の変動圧力を同時に測定し、それを各断面について積分してガスト空気力を求め、さらにそれぞれの断面に作用するガスト空気力間のコヒーレンシを求めた。2つの断面間の距離 Δy については、 $10\sim 200\text{mm}$ の間で変えられるようにした。

格子乱流を用い、その特性は風速によって若干変化するが、 I_u 、 I_w はそれぞれほぼ 10.3% および 8.7% 、また変動風速のカルマン型スペクトルのパラメーターとして求められた乱れのスケール⁵⁾は、水平成分 u については、主流方向にほぼ 22cm 、主流直角方向にほぼ 16cm であった。鉛直成分 w については、主流および主流直角方向ともにほぼ 14cm であった。なお測定は、より乱れのスケールの小さい2種類の気流中에서도行った。

3. ガスト揚力のコヒーレンシの測定結果 ガスト揚力のコヒーレンシの測定結果を図2に示す。横軸は模型幅 B を代表長とする無次元振動数 k としたが、異なる風速におけるコヒーレンシの測定値はほぼ重なった。

図には2つの断面位置におけるカルマン型スペクトルに基づく表示式で近似した鉛直変動風速のコヒーレンシも太実線で示している。また太点線で示したのは、偏平六角形断面におけるガスト揚力のコヒーレンシ測定値の近似式⁴⁾である。

2断面間の距離 Δy が小さい場合（図2(a)）揚力のコヒーレンシは、 $k < 0.2$ においては偏平六角形断面における値とほぼ等しいが、さらに k が大きくなると値が小さくなり、 $k > 0.5$ では変動風速のコヒーレンシよりも小さな値となる。しかし Δy が大きい場合は（図2(b)）、偏平六角形断面におけるコヒーレンシとはほぼ一致しており、変動風速のコヒーレンシよりも大きな値となる。このように断面間の距離によるコヒーレンシの変化の傾向は、偏平六角形におけるガスト揚力または変動風速のコヒーレンシとはかなり異なるが、その理由は明らかではない。断面がよりbluffである模型2についても、ガスト揚力のコヒーレンシは同様の傾向を示した。ただし、断面に作用するガスト揚力のパワースペクトルにおいて小さなピークがみられた渦放出振動数に対応する $k = 0.5$ 付近では、周辺の

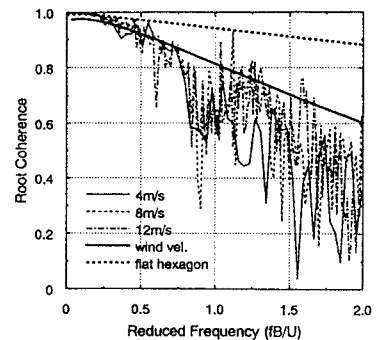
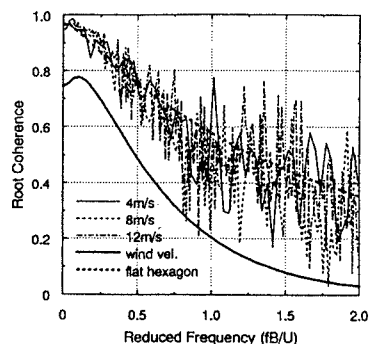
(a) $\Delta y = 10\text{mm}$ (b) $\Delta y = 50\text{mm}$

図2 ガスト揚力のコヒーレンシ

無次元振動数におけるよりもコヒーレンシが高くなる現象がみられた。

4. ガスト抗力のコヒーレンシの測定結果 ガスト抗力のコヒーレンシの測定結果を図3に示す。太実線で示したのは主流方向変動風速のコヒーレンシである。

ガスト抗力のコヒーレンシは、ガスト揚力のコヒーレンシと比べて小さな値となっており、変動風速のコヒーレンシと比較してもやや小さいかほぼ等しい。図には模型1の例を示したが、模型2の測定結果も同様の傾向を示した。

なお、ガスト抗力を風上面と風下面に作用する成分に分離し、それぞれについてコヒーレンシを求めたところ、両者ともガスト揚力のコヒーレンシよりも大きい値となった。したがって、ガスト抗力全体としてのコヒーレンシがガスト揚力のコヒーレンシよりも小さくなる原因は、風上面と風下面に作用するガスト抗力の相関が小さいことが考えられる。

なお、上述のガスト揚力、抗力のコヒーレンシの傾向は乱れのスケールのより小さい2種類の気流中の測定でも同様であった。

5. ガスト揚力のパワースペクトルの測定結果 乱れのスケールの異なる3種類の気流中で測定されたガスト揚力のパワースペクトルを図4に示す。図には鉛直変動風速をカルマン型パワースペクトルで近似し、変動風速が2次元的であると仮定して空力アドミッタンスにSears関数近似式を用いて求めたパワースペクトルも点線で示している。なお空気力係数は、対応する乱流中の測定値を用いた。凡例の L_w^x はw成分の主流方向の乱れのスケールに対応するものである。

一般に測定結果は、解析結果よりも小さい値となり、その差は乱れのスケールが小さい程大きい。しかし乱れのスケールの大きいケースでは、10Hzより小さい低振動数域において測定値は解析結果と近い値を示した。

6. ガスト抗力のパワースペクトルの測定結果 ガスト抗力のパワースペクトルの測定結果を図5に示す。点線は明石要領に基づいて求められたパワースペクトルの解析結果である。乱れのスケールの大小によらず、測定値は解析結果とほぼ近い値をとっている。

なお、ガスト揚力、抗力とも模型2の測定結果も同様の傾向を示した。

7. まとめ ガスト揚力のコヒーレンシが Δy によって異なる傾向を示すこと、ガスト抗力は既往の解析値に近い特性を持つことなどが示された。今後は断面形状の影響やより乱れのスケールの大きい場合の特性を明らかにしていく必要があると考えられる。

参考文献：

- 1) Melbourne, W.H.: Proc. Workshop on Wind Tunnel Modeling Criteria & Tech. in Civil Eng. Appl., pp. 637-653.
- 2) Sankaran, R. and Jancauskas, E.D.: J. Wind Eng. Indust. Aero., vol. 49, pp.279-288, 1993.
- 3) Larose, G.L., Davenport, A.G., and King, J.P.C.: Proc. 7th US National Conf. on Wind Eng., UCLA, USA, 1993.
- 4) 木村吉郎, 藤野陽三: 日本風工学会誌, No. 59, pp. 43-46, 1994.
- 5) 木村吉郎, 藤野陽三: 構造工学論文集, Vol. 40A, pp. 1049-1058, 1994.

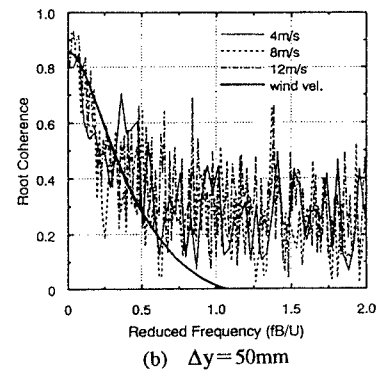
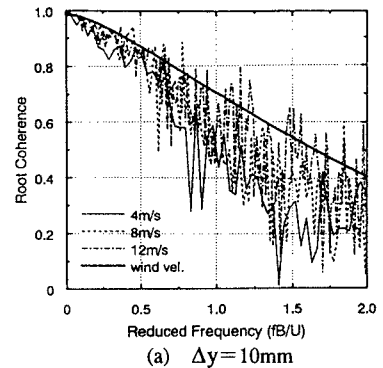


図3 ガスト抗力のコヒーレンシ

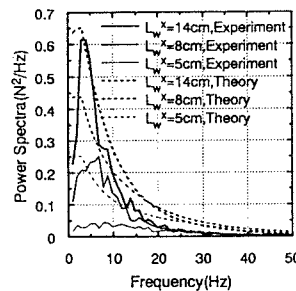


図4 ガスト揚力の
パワースペクトル

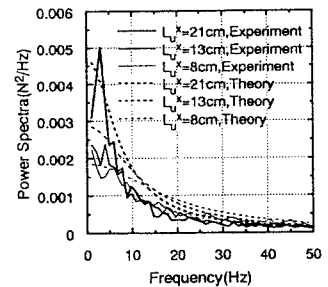


図5 ガスト抗力の
パワースペクトル