

立命館大学大学院 学生員 ○林 俊夫

立命館大学理工学部 正会員 小林 紘士

1 はじめに

薄翼に作用する非定常空気力は、理論的な取り扱いが可能である。一方、剥離を伴うにぶい断面に作用する非定常空気力は、理論的な取り扱いは困難となる。その理由として、流れが剥離することによって、橋梁断面周りの流れの特性が変わることによるものと考えられている。そこで、本研究では PIV によって基本断面模型を使用して角柱周辺のスパン方向の流れ特性を把握する為の水平面測定と、桁幅方向の特性を把握する為の鉛直面測定を行うことで角柱周辺の流れ特性を調べる。

2 実験概要

本研究では、PIV(Particle Image Velocimetry)を用いて気流の可視化実験を行った。PIV 実験用に高さ 0.5m×幅 0.5mのエッフェル型風洞を使用した。幅 2.5cm と 3.5cm の 2 種類の乱流格子を用いて乱流を生成し、熱線流速計および PIV を用いて気流を測定した。水平面測定では図 1 に示すように角柱模型を用いて、角柱上面より、角柱高さ D だけ上方に水平にライトシートを設定した。また、ライトシートの厚さを 3mm とした。鉛直面測定では図 2 に示すように角柱の中央部に鉛直にライトシートを設定した。測定範囲を 1000×1000pixel(約 60×60mm)、レーザーのパルス間隔 Δt を 1msec とし、2 枚 1 組の画像を 15Hz 間隔で撮影し、20 秒間、連続 300 組の画像を取得した。トレーサにスモークワイヤー法による煙を用い、画像の処理法には直接相互相関法を用いた。解析時の相関領域の大きさを 25×25pixel(約 1.5×1.5mm)とした。

3 PIV による変動風測定

表 1 に熱線流速計により得られた生成気流の気流特性を示す。()内は PIV によるものを示している。ここで、U は主流方向の平均流速、 I_u 、 I_w はそれぞれ主流方向、鉛直方向の乱れ強度、 L_u 、 L_w は主流方向、鉛直方向の乱れスケールを表している。これより、 I_u で若干 PIV が小さくなるものの、ほぼ熱線流速計に近い結果を示しているといえる。図 3 に、格子乱流の変動風のパワースペクトルを示す。PIV でのデータ取得周波数が 15Hz ととても低いことから、熱線流速計で 15Hz 測定したときのパワースペクトルと比べるとほぼ PIV における結果と熱線流速計では一致している。

4 断面周りの気流特性

角柱周りの水平面測定の計算結果の例を図 4 に、鉛直面測定の計算結果の例を図 5 に示す。図 5 の長い矢印は相関計算の際に生じた誤ベクトルである。また、気流は左から右へ流れている。

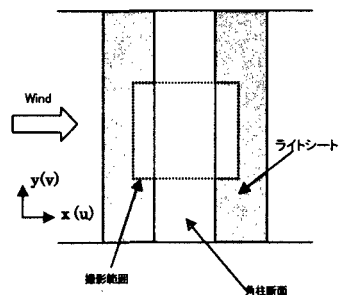


図 1 水平面測定時

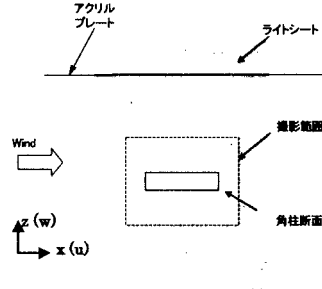


図 2 鉛直面測定時

表 1 気流特性

	U(m/s)	I_u (%)	I_w (%)	L_u (m)	L_w (m)
Grid-1	0.5(0.57)	7.2(5.8)	4.5(5.1)	0.051(0.072)	0.040(0.057)
Grid-2	0.5(0.54)	10.6(7.7)	6.2(8.7)	0.062(0.85)	0.039(0.45)

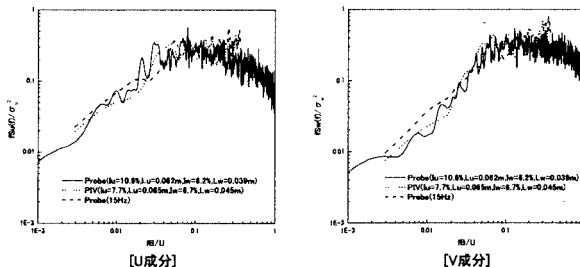


図 3 変動風パワースペクトル密度関数比較 [Grid2, U=0.5m/s]

(1)橋軸方向の空間相関特性

一般にガスト空気力の推定は、変動風の相関がガスト空気力の相関と等しいとして行われているが、実際に働くガスト揚力の相関は、変動風の相関よりも大きな値となっている。この理由として、ガスト揚力に対して他の断面位置における流れ場の影響が入ってくることが一因であると考えられる。そこで、今回 PIV によって角柱周りの気流の角柱軸方向の空間相関特性について調べた。図 4 のような流速分布をもとに流速の主流成分 U および主流直角水平成分 V の角柱軸方向の空間相関を計算した。その結果を図 6 に示す。ここに横軸の Δy は角柱軸方向の測点間距離である。また、接近流とは、図 4 において $X=32$ のライン上での相関である。これによると、 V 成分においては接近流が一番高く、後流側に進むにつれて相互相関係数が低くなっている。これは、流れが剥離することで、 V 成分方向の流れが不規則に発生するために、相互相関係数が後流側にいくにつれて低下していると考えられる。逆に、 U 成分においては、接近流と後流で相互相関係数が低く、模型上気流では、模型中央あたりが高いことが分かる。これは、 V 成分の挙動とは異なり、気流が平均化されているためであると考えられる。このことから、変動揚力に一番影響すると思われる W 成分の空間相関についても何らかの変化が見られると考えられる。

(2)角柱断面周りの流れの特性

流れの中に置かれる物体に作用する空気力は、模型周りの複雑な流れ場の変化等が影響している。模型に作用する変動揚力に支配的である接近流の鉛直成分 W (図 5 で $X=32Y=542$ の位置) と角柱上面から $D/2$ 上側 (図 5 で $Y=542$ のライン上) の気流 (鉛直成分 W 、主流成分 U) との相関 $R_{W_0,W}$ 、 $R_{W_0,U}$ を調べた。その結果を図 7 に示す。それによると、 $R_{W_0,W}$ は、角柱のないときは相関は 1 から 0.7 と高い。それに比べ、角柱があるときには、前縁部で高く、後流側に移動するにつれて相関が下がっている。また、 $R_{W_0,U}$ は、角柱がないときはほぼ無相関であったが、角柱があるときには、前縁部で若干相関が高くなるが、前縁から約 D だけ下流側付近で急変しており、後縁側では負の相関が高くなっている。

5 まとめ

- (1) 橋軸方向の空間相関を調べた結果、 V 成分では接近流より模型上面、特に後流側で空間相関が低くなっているのに対し、 U 成分においては、接近流よりも模型上面流で大きくなる傾向が得られた。これは V 成分の不規則な流れにより気流がスパン方向に平均化されて気流の空間相関を高めているものと推察される。
- (2) 断面周りの流れの特性を調べた結果、気流の W 成分は後縁側では接近流との相関が 0 に近づく。逆に接近流 W 成分と気流の U 成分との相関が発生している。

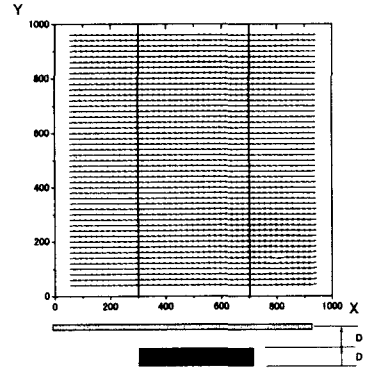


図 4 水平面測定時の計算例

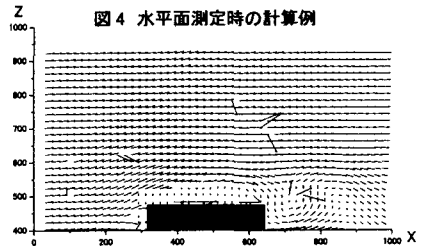


図 5 鉛直面測定時の計算例

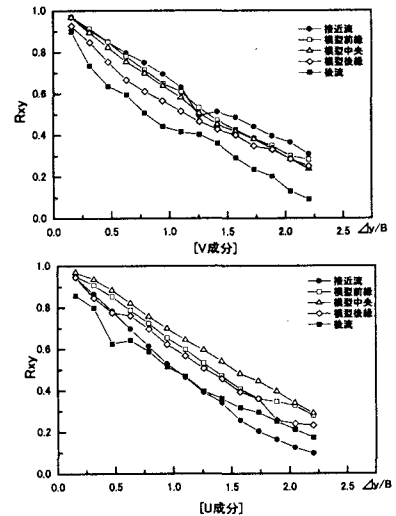


図 6 橋軸方向相互相関係数 ($B/D=5$ 矩形断面)

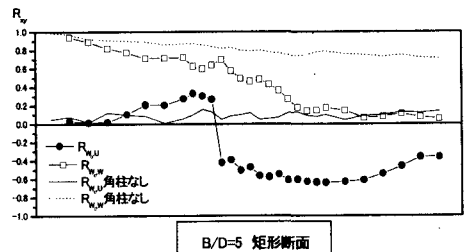


図 7 接近流 W 成分と模型周りの気流との相互相関係数