

立命館大学大学院 学生員 ○松田 祥伍
立命館大学理工学部 正会員 小林 紘士
片山ストラテック㈱ 正会員 奥村 学

1. はじめに

自然風は時間的にも空間的にも変動する乱流であり、風による橋梁の鉛直たわみ振動およびねじれ振動の推定に関して、自然風の乱れの影響を十分に反映しなければならない。また橋梁に作用する変動圧力と変動空気力では実測によれば異なっており、詳細な理由はわかっておらず風速の変動が与えられても橋梁の振動応答を解析的に求めることは困難である。

本研究では一様乱流中において、気流・圧力・空気力の同時測定、また橋軸方向に乱れ特性の急変する流れ場においての圧力の多点同時測定を行い、接近流の気流特性および断面辺長比の違いが非定常揚力、空間相関に及ぼす影響について調査する。

2. 実験方法

本研究では立命館大学所有のゲッチンゲン型風洞(測定部 幅 2.4m×高さ 1.8m×長さ 13.7m)を利用し、風路測定部の上流に格子を設置して格子乱流を生成した。気流測定には X 型プローブを有する熱線流速計を用い、主流方向および鉛直方向の風速を測定した。

対象模型は長さ 1.0m、幅 0.27m、高さがそれぞれ $D=0.030\text{m}$, 0.039m , 0.054m (辺長比 $B/D=9, 7, 5$) の 3 種類の矩形断面模型と高さ $D=0.034\text{m}$ (辺長比 $B/D=8$) の六角形断面模型である。模型表面には $\phi 2\text{mm}$ の圧力孔を軸方向の複数の断面に、1 断面に付き上下面にそれぞれ 15 点の合計 30 点を配列している。格子乱流中において模型を上流側の格子から 10.6m 下流、床面からの高さ 0.6m に剛支持し、長さ 0.7m のシリコンチューブを介して圧力計に導き、サンプリングデータ数 16384 個、サンプリング周波数 200Hz で AD 変換した。

a) 一様な乱流中での測定

模型設置位置での気流特性は主流方向平均風速 $U=8\text{m/s}$ 、主流方向乱れ強度 $I_u=5.0\%$ 、鉛直方向乱れ強度 $I_w=5.6\%$ 、主流方向乱れスケール $L_u=0.41\text{m}$ そして鉛直方向乱れスケール $L_w=0.28\text{m}$ である。

気流・圧力・空気力同時測定方法として、気流測定は X 型プローブを模型前縁部、模型上面から模型高さ D の 3 倍の位置 (3D) に設置した。空気力測定は模型両端を剛支持し、支持部を介して荷重計に導いた。気流・圧力・空気力ともにサンプリングデータ数 16384、サンプリング周波数 200Hz で同時測定を行った。

b) 橋軸方向に乱れ特性の急変する気流場での測定

奥行き 48mm、高さ 996mm のハニカムを 180mm の間隔で設置し気流の特性を変化させ、模型設置位置で気流を測定した。気流鉛直乱れ強度 I_w の特性を図 - 1 に示す。ここで X はハニカムから主流方向位置、 Y は模型中心から軸方向位置である。ハニカムは $Y=-270\sim-90\text{mm}$ 、および $90\sim270\text{mm}$ の部分にある。乱れ強度の急変する過渡領域 ($Y=90\text{mm}$, 270mm) で乱れ強度が大きくなりハニカムの中心部になると乱れ強度は約 1% となった。なお、主流方向平均風速はハニカム後部で約 20% 低下している。この気流場において対象模型をハニカム下流側に模型高さ D の 3 倍の位置 (3D) に設置し圧力の多点同時測定を行った。

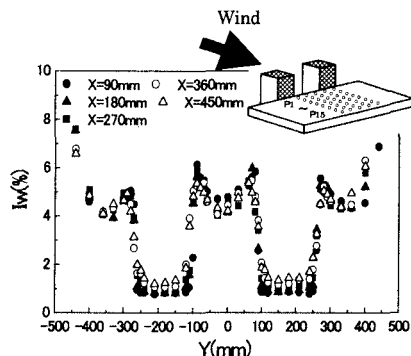


図 - 1 ハニカム使用時の鉛直成分乱れ特性

3. 結果および考察

気流鉛直成分 W と各測点圧力 p との相互相関係数 $R_{W,p}$ 、また荷重計で測定した揚力 L と各測点圧力の相互相関係数 $R_{L,p}$ を図-2に示す。いずれのケースも $R_{L,p}$ と $R_{W,p}$ が類似している。矩形断面において辺長比が大きいほど前縁部で相関が高くなっている。また六角形断面においては前縁部ほど相関が高く、下流側に向けてほぼ直線的に相関が低くなっている。図示していないが変動圧力が大きくなる領域と圧力のRMSの大きくなる領域とはほぼ同位置である。その領域がガスト空気力の形成に支配的である。

圧力を積分して求めた空力アドミッタンスと荷重計より求めた空力アドミッタンス $|X_L^W(f)|^2$ を図-3に示す。全てのケースにおいてSears関数より小さな値となっている。また圧力から求めた空力アドミッタンスが荷重計より求めた値よりも大きな値となっている。これは圧力が1断面での空気力測定であるのに対し、荷重計による空気力には空間相関の影響が含まれるためである。

ハニカム使用時の平均圧力係数 $C_{p,mean}$ 、変動圧力係数 $C_{p,rms}$ の分布特性を図-4に示す。ここで模型前縁部から順にP1~P15とする。気流過渡領域において前縁部であるP2, 4では平均圧力、変動圧力ともに大きくなっているが下流側になるほど差は見られなくなっている。またP2, 4, 6では I_w 小領域が過渡領域の影響を受け大きくなり、P8以降では I_w 大領域で過渡領域の影響を受けて小さくなっている。これより剥離渦の模型軸方向の混合が見られる。

4. 結論

- 1) 断面の上流寄りの圧力がガスト空気力と相関が高い。またその領域で変動圧力が大きくなっておりガスト空気力に寄与している。
- 2) 格子乱流中において圧力を積分して導いた空力アドミッタンスよりも荷重計より求めた空力アドミッタンスの方が全周波数領域において低下する傾向が見られた。
- 3) 乱れ特性の急変する気流場においては元の気流特性から平準化される傾向が見られ、剥離流れの軸方向の混合が推測される。

《謝辞》本研究を遂行するにあたりご協力いただいた立命館大学理工学部4回生の梅林伸行氏に感謝の意を表します。

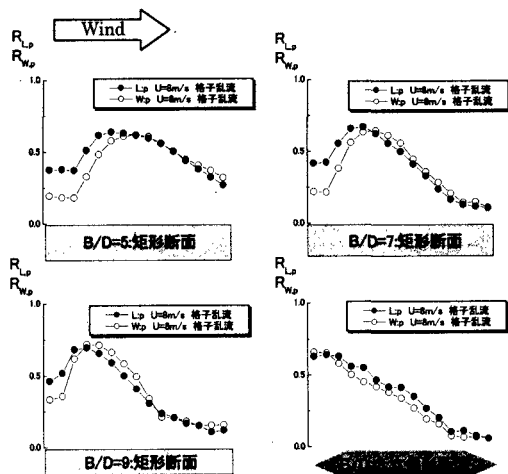


図-2 気流鉛直(w)成分・揚力(L)と各圧力孔との相互相関係数

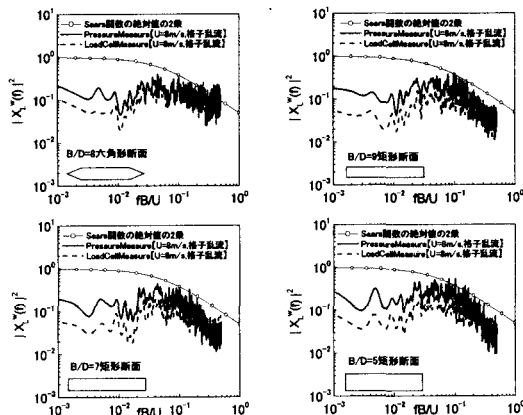


図-3 揚力の空力アドミッタンス

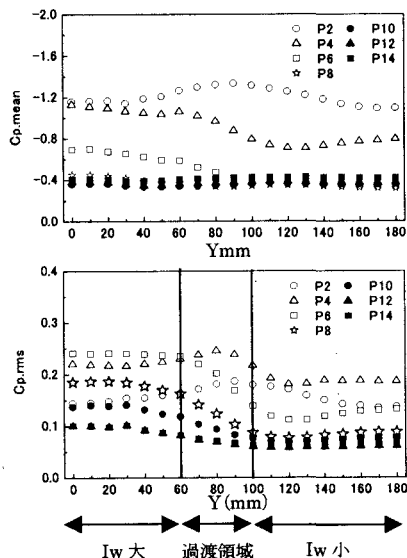


図-4 ハニカム使用時の圧力特性

[B/D=7: 矩形断面]