

乱れスケール比と乱れ強度に着目した風洞乱流シミュレーション

横浜国立大学 フェロー 山田 均 横浜国立大学 正会員 ○勝地 弘
 横浜国立大学 正会員 佐々木 栄一 日本工営(株) 正会員 高岡 泰弘

1. はじめに

橋桁のようにBluffな断面の構造物では、上流端から流れが剥離し、断面周りに剥離流れが形成される。この剥離流れの状況によって構造物の対風応答が決定されることになるが、風の乱れが剥離流れの状況に影響するため¹⁾、構造物の空力振動を評価する際には風の乱れの影響を適確に考慮する必要がある。しかしながら、乱れ特性(乱れ強さ、乱れスケールなど)がどのように、またどの程度影響を与えるのかについては明確ではなく、また風洞での乱流生成上の制約もあり、一般には乱れ強さを相似した気流を用いて風洞実験を行う場合が多い。一方、剥離せん断層の形成には気流の風速変動成分のうち、小スケール渦の影響が大きいと言われており、Irwin²⁾は小スケール渦領域のスペクトル強度を相似することで、気流の乱れが構造物の空力振動応答に与える効果をより適確に再現できるとしている。

本研究では、小スケール渦成分が物体まわりの流れ状況に与える影響を調べ、風洞実験における乱流シミュレーション法に関して検討を行う。具体的には、背圧が物体周りの流れ状況に依存するという既往研究³⁾を踏まえ、乱れスケール比や乱れ強度の異なる乱流を風洞内で生成し、辺長比を変えた矩形断面柱の背圧を計測することで検討した。

2. 実験条件

乱流は格子サイズと設置位置を変えることで生成し、乱れスケール比を変化させるために模型断面の代表長(高さ)を3種類(3, 6, 9cm)とした(表1)。図1, 2に生成した乱流のスペクトルを示す。また、異なる代表長の模型での風洞閉塞率の影響を排除するよう平均背圧係数を中村らの手法¹⁾を用いて修正した。図3は、一様流中で計測した辺長比と背圧係数の関係を既往研究^{1), 3)}と比較したもので、臨界辺長比を含めてよい対応を示していることが判る。

表1 生成した乱流の諸元

乱れ強さ (%)	乱れスケール L_x (cm)	乱れスケール比 (L_x/D)		
		$D = 3\text{cm}$	$D = 6\text{cm}$	$D = 9\text{cm}$
9.8	7.5	2.50	1.25	0.83 ①
6.7	7.4	2.47	1.23	0.82 ②
4.9	9.2	3.07	1.53	1.02 ③
3.7	10.6	3.53	1.77	1.18 ④
13.5	14.3	4.77	2.38	1.59 ⑤
10.8	16.6	5.53	2.77	1.84 ⑥
9.4	15.0	5.0 ⑦'	2.50	1.67 ⑦
一様流	—	—	—	—

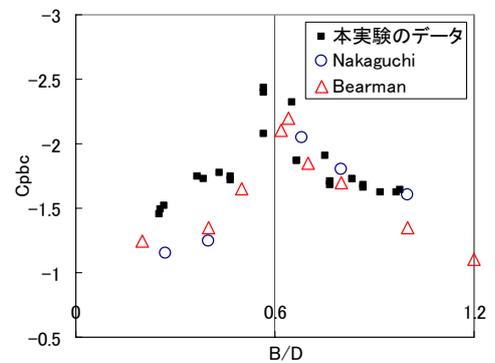


図3 既往研究との背圧係数の比較

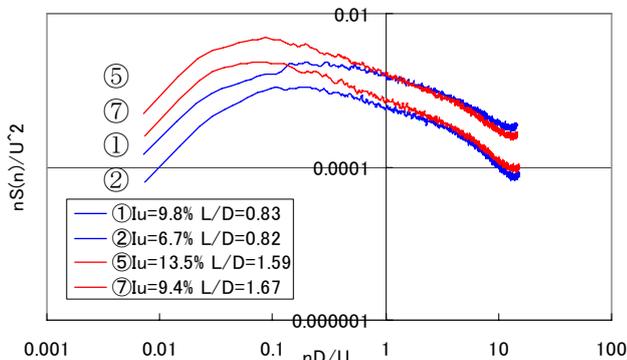


図1 乱流スペクトル(小スケール渦領域の相似)

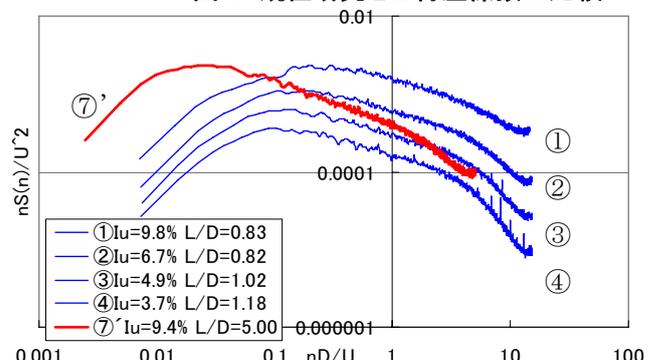


図2 乱流スペクトル(大乱れスケール比の気流)

キーワード 基本断面, 空力振動, 背圧係数, 乱れスケール比

連絡先 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 横浜国立大学大学院工学研究院 TEL045-339-4243

3. 実験結果

図4に、模型代表長9cmの場合の辺長比と背圧係数の関係を異なる気流中で計測した結果を示す。模型辺長比の変化は、模型の幅を変化させることで対応した。ここで、乱れスケール比がほぼ同じで乱れ強度が異なる場合、1) 臨界辺長比以下では各乱流間で背圧係数に顕著な違いはなく、2) 臨界辺長比における背圧については乱れの強さの大きいものほど圧力低減が抑えられる。また、3) 臨界辺長比以上においては、乱れ強度の大きな乱流ほど圧力回復が早まることが判る。

次に、図5に示す乱れスケール比の大きな乱流と小さな乱流による背圧係数を比較すると、小スケール渦領域を相似させた乱流間(図1に示す乱流①-⑤, ②-⑦)において臨界辺長比以上の背圧回復についてよく一致していることが確認できる。ただし、臨界辺長比以下ではどれもあまり顕著な差はない。また、臨界辺長比については、一様流と乱流で比較をした場合や異なる乱流間においても大きな差がないことが判る。

また、自然風と格子乱流間のように乱れスケールの差が大きな場合を検討するために、図6に示すように比較的大きな乱れスケール比(図2に示す乱流⑦')での背圧測定を行った。この場合、図2に示すように小スケール渦領域の一致が見られないため、より小さな乱れスケール比の乱流のうち、乱れ強さもやや小さなもの(乱流②あるいは③)との傾向が似ているが、先の例ほどにより一致をする乱流はないと言える。

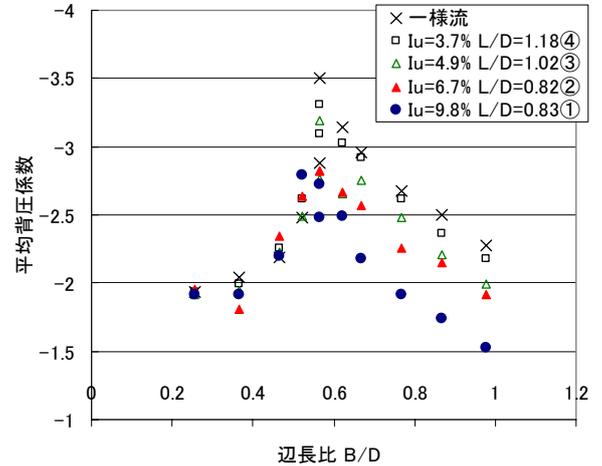


図4 乱れ強度の相違と背圧係数

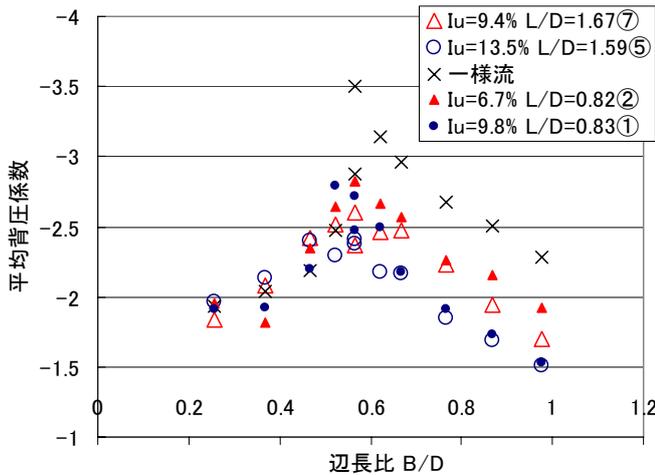


図5 小スケール渦領域相似気流での背圧係数

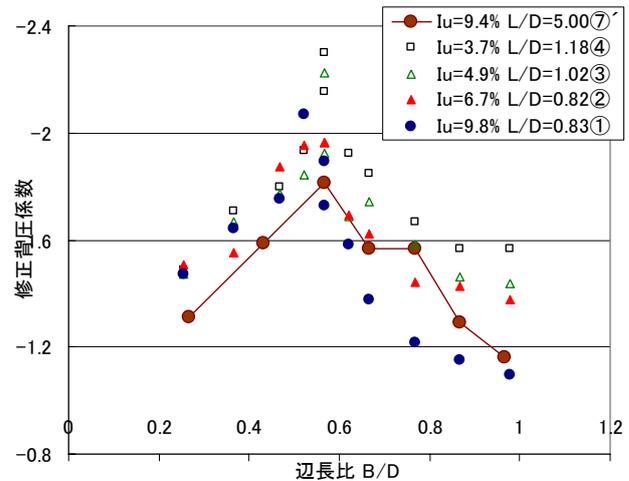


図6 大乱れスケール比での背圧係数

4. まとめ

様々な乱流を用いて矩形断面模型の背圧係数を比較したところ、乱れ強さの一致よりも小スケール渦領域でのスペクトル強度を相似させた乱流間で、背圧係数の一致がよいことが確認できた。今後は、さらに大きな辺長比、実橋梁断面などによる検討を行って、よりの確な風洞乱流シミュレーション法の検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) Y. Nakamura and Y. Ohya: The effect of turbulence on the mean flow past two-dimensional rectangular cylinders, *J. Fluid Mech.*, 1984, Vol.149, pp.255-273.
- 2) P. A. Irwin: The role of wind tunnel modeling in the prediction of wind effects on bridges, *Bridge Aerodynamics*, 1998, pp.99-117.
- 3) 中口, 橋本, 武藤: 矩形断面の柱の抗力に関する一実験, 日本航空学会誌, 1968, 第16巻, 第168号, pp.1-5.