

乱れスケール比と乱れ強度に着目した風洞乱流相似の検討

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 鹿島建設 正会員 高野 恵祐

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。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相似法に関して検討を行う。これまでに、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物体まわりの流れ状況の検討³⁾を行ってきたが、さらに後流の風速変動特性の面からも検討を行った。

2. 実験条件

矩形柱模型は、見付高さ 9cm、長さ 1.25m で背面中央に背圧測定孔を設けた。断面辺長比は模型幅を変えることで 0.256 から 0.967 まで変化させた。また、乱流は格子サイズと設置位置を変えることで乱れ強さと乱れスケール比を調整した。図 1 に小スケール渦領域のスペクトル強度を合わせた 2 組の乱流スペクトルを示す。図中の①と②、③と④が小スケール渦領域のスペクトル強度が一致する組み合わせである。平均背圧係数は、風洞閉塞率の影響を排除するよう見付高さ 9cm のほかに 6cm、3cm の矩形柱でも計測を行い、中村らの手法¹⁾にならい修正係数を求めた。図 2 は、一様流中で計測した断面辺長比と背圧係数の関係を既往研究^{1), 4), 5)}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。

本研究では、背圧に加えて後流風速変動を計測し、カルマン渦強度と小スケール渦領域相似乱流との関係も調査した。後流風速変動は、熱線風速計を用いて計測し、パワースペクトルのストローハル数周波数でのピーク強度を算出することでカルマン渦強度を推定した。

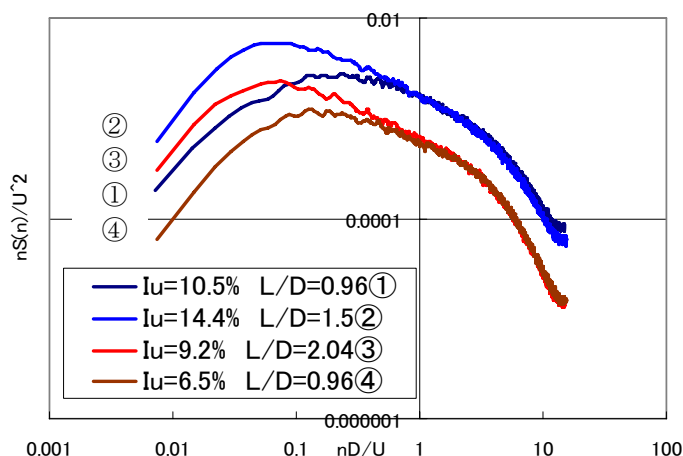


図 1 乱流スペクトル

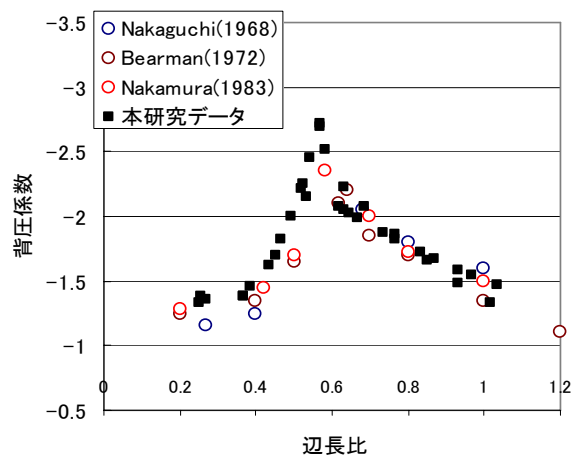


図 2 既往研究との背圧係数の比較

3. 実験結果

図 3 は、図 1 に示した乱流と一様流中で計測した平均背圧係数を辺長比との関係で示したものである。臨界辺長比近傍での背圧係数が一様流と比較的小さな乱れの乱流において若干安定しないところがあるが、臨界辺長比は一様流よりも乱

キーワード 基本断面、風洞実験、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

流,そして乱れが大きくなるほど低下する傾向にあることが判る. 図より, 1) 臨界辺長比以下では一様流を含め異なる乱れ特性持つ乱流間で背圧係数に顕著な違いはない, 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, 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判る. これは既往の研究³⁾と同じ結果であるが, 本研究では臨界辺長比近傍での辺長比をより細かに計測した結果, より明確に臨界辺長比の背圧特性を捉えることが出来た.

次に, 小スケール渦領域を相似させた乱流間(①と②, ③と④)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. 一方, 乱れ強さがほぼ同じ乱流間(①と③)では, 背圧係数の一致は見られない. このことより, 矩形断面柱周りの流れ状況については, 乱れ強さよりも小スケール渦領域でのスペクトル強度を一致させたほうがよりよい相似が出来るものと考えられる.

図 4 は, 一様流, 異なる乱流での後流風速変動のストローハル数周波数でのパワースペクトル強度を断面辺長比との関係で示したものである. ピーク強度は, 背圧と同様に臨界辺長比で最大となり, 乱れ強さが大きくなるほど小さくなる. ただし, 臨界辺長比よりも小さな辺長比ではピーク強度にほとんど違いはない. また, 臨界辺長比を超えると, ピーク強度は徐々に低下するが, 乱れ強さの増大とともに低下するのみで, 小スケール渦領域相似乱流間での一致は見られない. このことから, カルマン渦強度については, 接近流の乱れ強さに依存している.

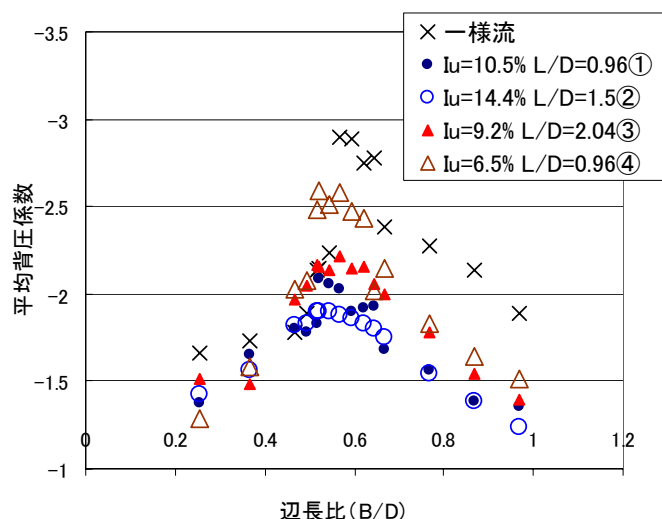


図 3 平均背圧係数と断面辺長比

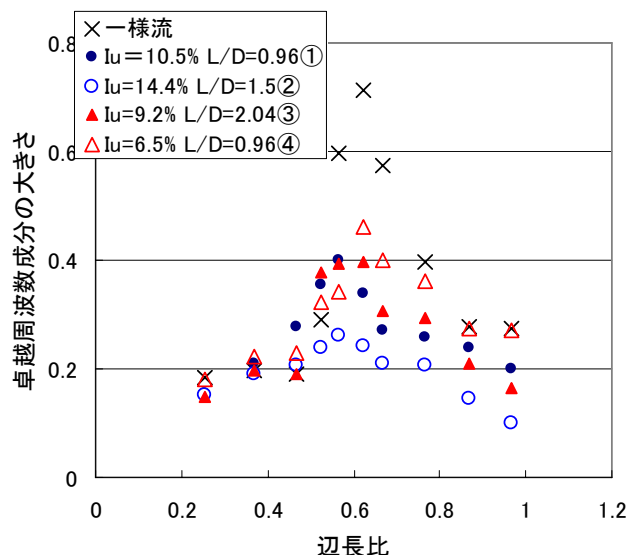


図 4 ストローハル数周波数での後流パワースペクトル強度と断面辺長比

4. まとめ

矩形断面を対象に背圧と後流変動特性から風洞実験での乱流シミュレーション法に関して検討を行った. その結果, 断面周りの流れ状況に関しては, 小スケール渦領域相似乱流間でよい一致を見るものの, カルマン渦強度に関しては小スケール渦領域相似よりも乱れ強さに依存している. 今後は, 小スケール渦領域相似条件と空力振動特性との関係, さらに大きな断面辺長比で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) 山田, 勝地, 佐々木, 高岡: 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, 第 62 回年次学術講演会講演概要集, 1-175, 土木学会, pp349-350, 2007.
- 4) 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, 第 16 巻, 第 168 号, pp.1-5, 1968.
- 5) Bearman, P. W. and Trueman, D. M., An investigation of the flow around rectangular cylinders, *Aeronautical Quarterly*, 23, pp.229-237, 1972.