

静的空気力特性から見た風洞乱流相似法の検討

横浜国立大学 学生員 ○青木康德 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
 ZYCC ジーク(株) 羽賀雄介

1. はじめに

橋桁の空力振動の予測は、縮尺模型を用いた風洞実験によって検討されるが、乱流である自然風を風洞で完全に再現するにはパラメータが多く困難である。そのためパラメータ選択して相似させ、乱流における空力振動特性を検討している。物体周りの流れの状況を決定づけるものとして剥離せん断層とカルマン渦が挙げられるが、Irwin¹⁾によると風速変動スペクトルの小スケール渦領域を相似することで、剥離せん断層に及ぼす乱れの影響を相似できると報告されている。これまでに小スケール渦領域を相似した乱流中で、矩形断面の背圧、後流特性からその適用性を検討してきたが、橋桁のような辺長比の大きな断面に対しては新たな比較指標が必要と考えられる。そこで本研究では、新たな指標として物体の静的空気力特性に着目し、風洞乱流相似法の検討を行った。

2. 実験条件

断面辺長比 0.256 から 0.967 の矩形柱模型（見付高さ 6cm, 長さ 1.25m）を風洞内にて3分力天秤に取り付け、異なる乱れ強さと乱れスケールを持つ乱流中で静的空気力係数を計測した。静的空気力係数は迎角-30度から+30度まで2度ピッチで計測を行った。乱流は、格子によって生成し、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。生成した乱流の内、比較に用いたスペクトルを図1に示す。測定は風速 10m/s において行った。ここで、図1に示す①、②、③、⑤が小スケール渦領域一致、②、④が乱れ強さ一致の組み合わせとなっている。

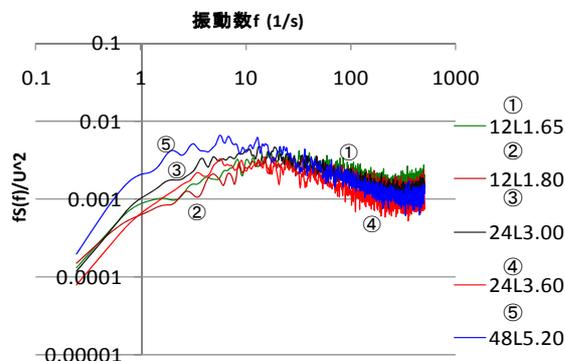


図1. 比較に用いた乱流の PSD

3. 実験結果

静的空気力特性のうち迎角 0° の抗力係数、揚力係数の失速角、揚力係数の勾配を図2~5に示す。

図2は迎角 0度での抗力係数値を比較したものである。迎角 0度での抗力係数は、既往の研究で計測した背圧係数と同じ指標と考えられるが、小スケール渦領域相似乱流①、②、③、⑤において、前者2ケースでは良い一致が見られるが、③、⑤のケースは一致していない。しかしながら③、⑤の抗力係数値の辺長比による傾向は近いと言える。一方、乱れ強さ一致ケース②、④では、既往の研究と同じく一致は見られない。このことより、相対的には小スケール渦領域一致ケースにおいて、0度での抗力係数が一致する結果となった。

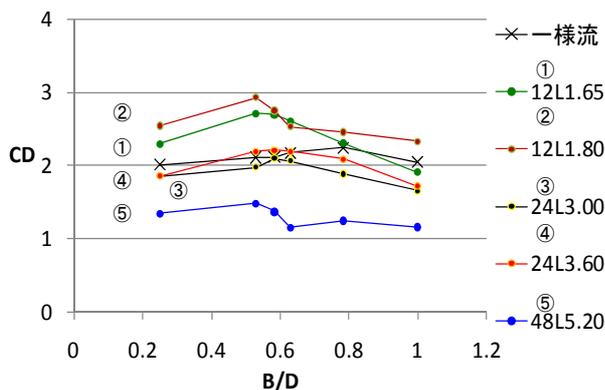


図2. 抗力係数値による比較

図3には、揚力係数における失速角の比較を示す。本研究では、実験設備の都合により空力モーメント係数を計測できていないが、失速角において揚力係数と空力モーメント係数が同様の傾向を示すことから、この揚力係数の失速角を失速フラッターの発現特性と考えることとする。図より、小スケール渦領域一致、乱れ強さ一致のどちらが有利かは判断がつかない。これは、完全剥離断面においてフラッター発現の議論は意味が無いとも考え

キーワード： 乱流, 風洞実験, 小スケール渦領域, 静的空気力特性
 連絡先： 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5, TEL045-339-4243, FAX045-348-4565

られる。

図4に迎角0度での揚力係数勾配の比較を示す。本研究で用いた完全剥離タイプの矩形断面模型では、揚力係数勾配は負となっており、揚力係数勾配はギャロッピングの発現特性を代表し得るものと考えられる。図より、抗力係数の場合と同様に、小スケール渦領域相似乱流において、4つのうち2つはほぼ一致しているが、残りは一致していない。また、乱れ強さ一致ケースでは一致が見られない。このことから、ギャロッピング発現特性に関しても、乱れ強さよりも小スケール渦領域を一致させたほうが相対的に乱流作用の相似が可能と考えられる。

図5には失速角を結んだ直線の傾きによって揚力係数勾配を定義し、比較した。辺長比の大きな値は橋桁模型(B/D=3.0)を用いて計測を行った。全てのケースについて橋桁断面においては乱流間での差が大きくなっているものの、小スケール渦領域相似乱流間の①、②に関しては値が近く相似の可能性があると言える。また、乱れ強さを相似した②、④についても臨界辺長比以降、似た挙動が見て取れることからこちらも相似の可能性があると言える。

4. まとめ

おもに矩形断面を対象に、静的空気力特性から風洞実験での乱流相似法に関して検討を行った。その結果、既往の研究での背圧特性に加えて、迎角0度での抗力係数、揚力係数勾配において、小スケール渦領域相似乱流のほうが乱れ強さ一致乱流よりもよい一致を見ることができ、断面周りの剥離流れの状況に加えて、ギャロッピング発現特性に関しても小スケール渦領域相似がより合理的な乱流相似法と考えられる。

しかし、本研究では完全剥離の流れ状況においてのみの結果にとどまっているため、再付着型断面のより大きな断面辺長比や実際の橋桁断面でさらに検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) P. A. Irwin: The role of wind tunnel modeling in the prediction of wind effects on bridges, *Bridge Aerodynamics*, 1998, pp.99-117.
- 2) 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.
- 3) 山田, 勝地, 佐々木, 高野: 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, 第63回年次学術講演会講演概要集, 1-292, 土木学会, pp583-584, 2008.

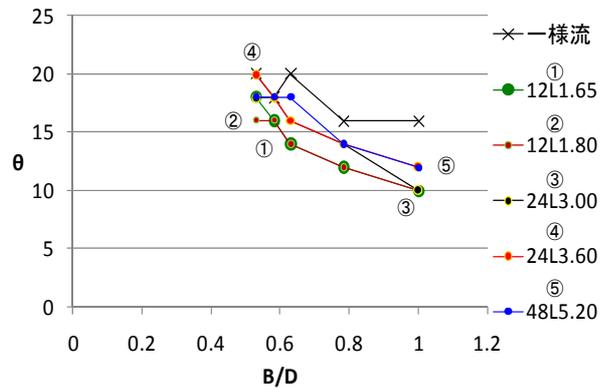


図3. 揚力係数失速角による比較

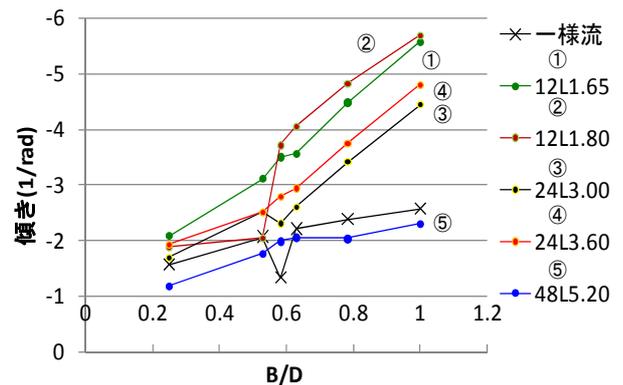


図4. 揚力係数勾配による比較

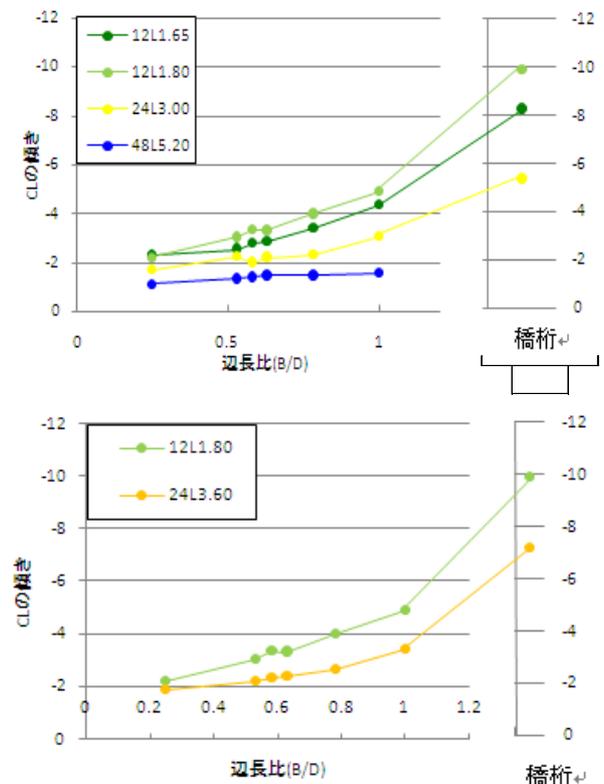


図5. 失速角を結ぶ直線の傾きによる揚力係数勾配の比較