

橋桁断面周りの空気力特性からの乱流部分相似手法の適用性検討

横浜国立大学 学生員 ○青木 康德 横浜国立大学 正会員 勝地 弘
 横浜国立大学 フェロー 山田 均 横浜国立大学 正会員 佐々木 栄一

1. はじめに

橋桁の空力振動は、風の流れが橋桁前縁から剥離することにより生じる変動圧力場が原因となっており、予測することは困難であることから、一般に縮尺模型を用いた風洞試験によりその特性の把握が行われている。風洞試験においては、自然風の乱流特性を再現した乱流試験を行うことが理想的であるが、その乱流特性を再現することは事実上不可能であること、また試験結果に一様性を持たせるためにも通常は一様流で試験が行われている。一方で、風の乱れ強さや乱れスケールが空力振動現象に与える影響について多くの研究がなされているが、未だその影響が十分に解明されているとは言い難い。

既に述べたように、橋桁の空力振動特性は剥離流れとその後の流れパターンによって決定されるが、気流中の小スケールの乱れがこの流れパターンに大きく影響を及ぼすことから、慣性小領域における風速変動スペクトルを合わせることが乱流試験において合理的であると Irwin らにより提案された(乱流部分相似法)。

そこで本研究では、慣性小領域でのスペクトルが一致した乱流の組み合わせをいくつか生成し、それらの乱流中では流れパターンが相似されるかを、矩形断面模型(辺長比 1 以下: 代表高さ 9cm)を用いた背圧測定、扁平 6 角形断面橋桁模型(辺長比 1:5 : 代表高さ 6cm および 1:7.5 : 代表高さ 4cm)を用いた表面圧力分布、静的空気力特性などの流れ状況を決定するパラメーターを比較し、乱流部分相似法の適用性について検討を行った。

2. 実験条件

乱流は格子の大きさ、距離を組み合わせることで生成した。使用する乱流は図 1 に示すもので、本研究では慣性小領域における小スケール渦分布一致評価を検討する指標として換算乱れ強さ (Reduced Turbulence Intensity: I_r) を定義した (式 1)。

$$I_r = \frac{I_u}{\left(\frac{L_u}{D}\right)^{1/3}} \quad (1)$$

背圧は矩形模型の背面中心の圧力孔からデータを取り、平均圧力係数を算出し、 I_r を用いて評価を行った。

表面圧力分布は橋桁模型表面の圧力孔から得られたデータより、圧力分布、静的空気力を算出した。圧力分布より負圧最大点、再付着点に着目し、剥離バブルの厚さおよび剥離せん断層の形成状況について I_r を用いることで評価した。図中に示す I_r の値は橋桁模型(代表高さ 6cm)を用いたときの値となっている。

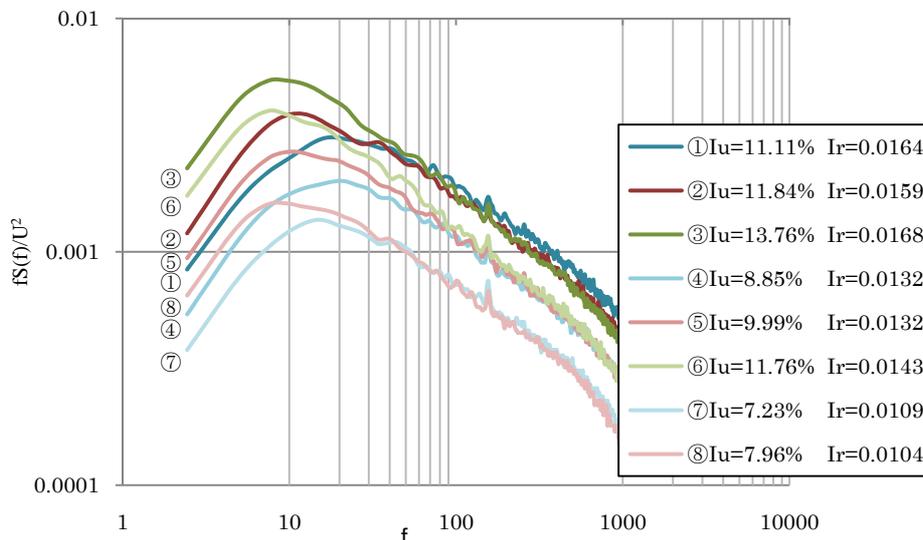


図 1 使用する乱流の風速変動スペクトル

キーワード： 乱流部分相似法, 小スケール乱れ, 換算乱れ強さ, 風洞試験

連絡先： 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 TEL 045-339-4243, FAX 045-348-4565

3. 実験結果

3. 1. 背圧測定

図2より、背圧係数 C_p と換算乱れ強さ I_r に線形関係があることが確認できる。臨界面長比直後 ($B/D=0.53$) は値のバラつきが大きいが、背圧係数が回復に向かっていく中 ($B/D=0.61\sim 0.97$) での両係数の間には強い相関性があることが分かる。

乱流が与える背圧係数への影響は、換算乱れ強さ I_r で整理することができ、小スケールの乱れが与える剥離せん断層への影響は乱流部分相似法を用いた乱流によって相似できるといえる。

3. 2. 圧力分布

図3より模型下面における負圧最大点の圧力係数の値は I_r により整理できること、図4より剥離流れが再付着する勾配に着目した特性も I_r により整理できることが分かる。これより剥離流により形成される剥離バブルの厚さおよび剥離せん断層の形成状況は乱流部分相似法で相似できるとの結果が得られた。

3. 3. 空気力特性

得られた揚力係数のデータから、一樣流において迎角 $4^\circ \sim 8^\circ$ 付近で揚力係数勾配が急変している点に着目し、各乱流による勾配の変化の違いを流れ状況に与える影響として整理したものが図5である。これより、この特性に関しても換算乱れ強さ I_r を用いることでよく表せることが分かる。

4. 結論

換算乱れ強さ I_r を用いることにより、乱流部分相似法を用いた乱流において剥離せん断層の巻き込みの影響、さらに橋桁断面においては前縁剥離点の負圧最大値、再付着特性、また空気力特性もよく表すことができた。以上のことから断面は限定されるものの、風の乱れが流れ状況に及ぼす影響を換算乱れ強さ I_r で表わせるとともに乱流部分相似法が適用可能であるとの結論を得た。

5. 参考文献

[1] 社団法人日本鋼構造協会, 構造物の耐風工学, 1997.
 [2] Irwin, P. A., The role of wind tunnel modeling in the prediction of wind effects on bridges, *Proc. of the Int. Symp.: Advances in Bridge Aerodynamics*, Balkema, pp.99-117, 1998.

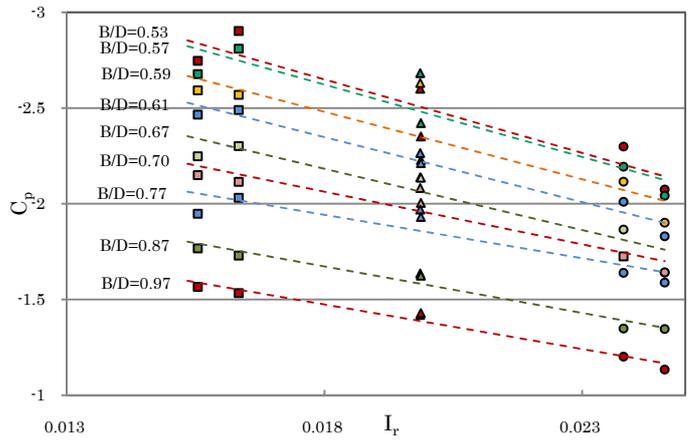


図2 平均背圧係数と換算乱れ強さ

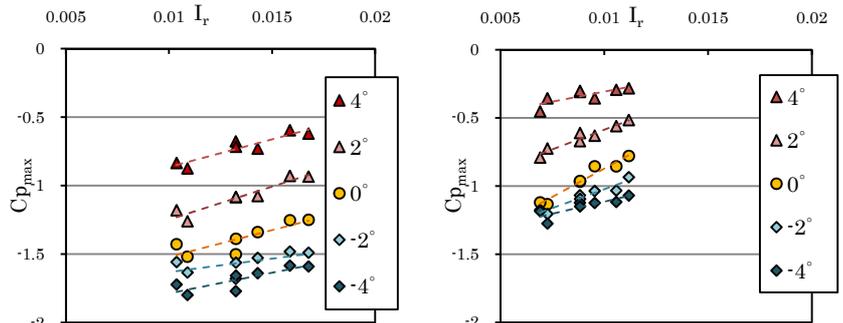


図3 模型下面の負圧最大値と換算乱れ強さ (左: D6cm、右: D4cm)

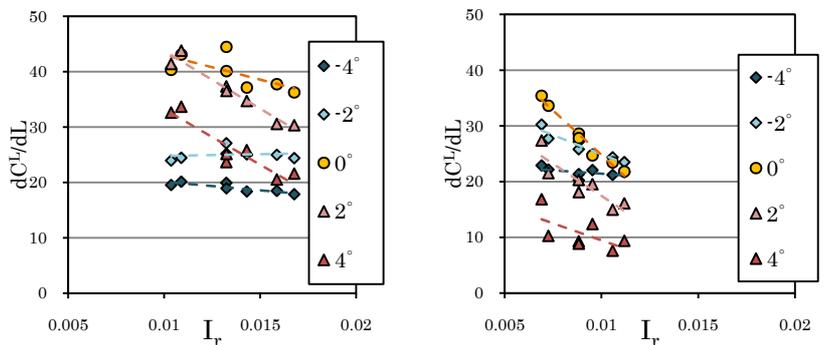


図4 模型下面の再付着勾配と換算乱れ強さ (左: D6cm、右: D4cm)

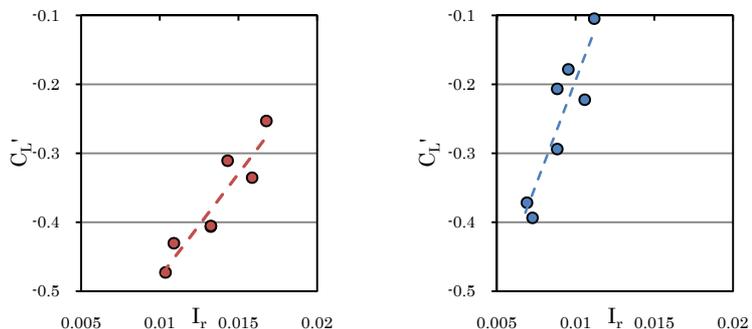


図5 揚力係数勾配変化率と換算乱れ強さ (左: D6cm、右: D4cm)