

小型風洞を用いた弾性支持模型試験による空力不安定振動に関する検討

関東学院大学 学生会員 ○吉田 隆信
 関東学院大学 正会員 中藤 誠二

1. はじめに スパンが2500mを超えるような超長大橋や、少数2主桁橋のように経済性の高い形式をより長いスパンに適用した場合に、ギャロッピングやフラッターなどの対風不安定挙動を抑えるための耐風対策が必要となる。断面形状が風応答に与える影響を調べる実験手法としては、部分模型を用いた弾性支持模型試験が広く行なわれている。このような背景から、本研究では、小型風洞を用いた弾性支持模型試験による空力不安定振動に関する基礎的な検討を行なった。

2. 風洞装置 用いた風洞は、一定の乱れを許容して、装置をコンパクト化し、可搬性・可変性を持たせたものである(図1)。風洞の測定洞は断面80cm×80cmで長さは1.8mである。拡散洞と縮流洞の境界に開口率約35%の有孔ベニヤを設置し、乱れを低減させている。風速は約0~6m/sの範囲で行った。模型設置位置(測定洞上流から1.35m)における風速と乱れ強さの鉛直分布を図2に示す。風速はほぼ一様であり、乱れ強さは2%前後である。

3. 実験方法 模型幅は280mmで、25cm×12cmの端板を模型両端に取り付けた。模型両側に支持装置を設置し、長さ35mm(最大長さ129.7mm)、ばね剛性16.6N/mのばね8個で模型を支持する(図3、図4)。上下のばねの支持点の間隔が110mmと広いためねじれ振動が抑制され、曲げ1自由度の振動が支配的である。

模型の中心断面の上面において、上流側と下流側に設置した圧電型加速度センサで加速度を測定し、加速度計で変位に変換したものを200Hzで20秒間測定した。

4. 実験結果 a) 矩形断面 高さD28mm、幅B100mm(辺長比B/D=3.57)と高さD28mm、幅B80mm(辺長比B/D=2.86)の2種類の矩形断面模型についての風応答を求めた。前者は周期的再附着型断面、後者は完全剥離型断面となる。B/D=3.57の模型について、無風時の自由振動波形から求めた、たわみの固有振動数 f_h は5.6Hz、対数減衰率 δ は0.07となった。ばね剛性と模型質量から求めた、たわみの固有振動数の理論値は6.14Hzであり、ほぼ近い値となっている。

風速-応答図を図5に示す。B/D=3.57では風速1.1m/sのとき5.2Hzでたわみ渦励振が生じた。ストローハル数を0.13とすると、後流渦の発生周波数が5.1Hzとなることと対応している。道路橋耐風設計便覧²⁾のたわみ渦励振の発現風速 $U_{cvh} = 2.0f_h B$ を適用すると1.1m/sとなり良く

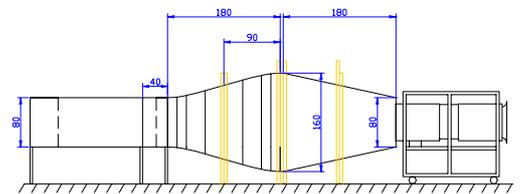


図1 風洞側面図

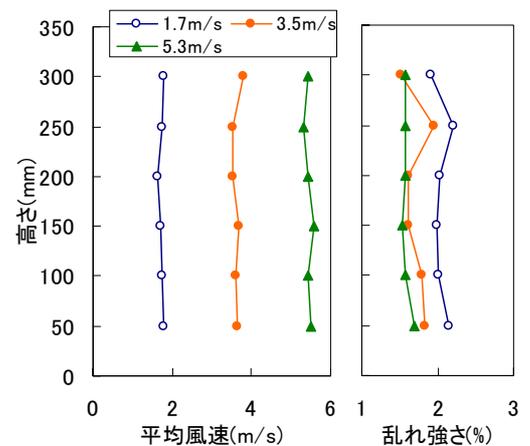


図2 風速と乱れ強さの鉛直分布



図3 弾性支持模型試験

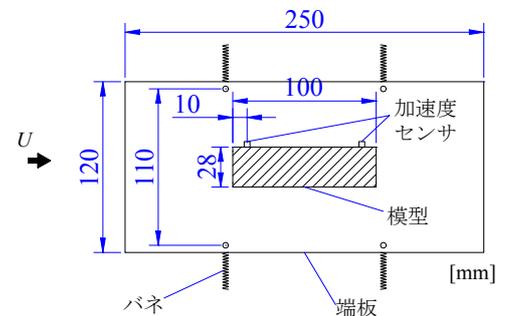


図4 模型支持状況

キーワード 弾性支持模型試験, ギャロッピング, 渦励振, 矩形断面, フェアリング

連絡先 〒236-8501 横浜市金沢区六浦東1-50-1 関東学院大学工学部社会環境システム学科 TEL 045-786-7752

一致している。風速が増加するにつれて振幅が増加するが、振動は不規則である。図6上に示すように、下流側の振動のみが大きくなる場合もあり、周期的再付着型の断面では後流側の圧力変動が大きくなることに対応したものであると考えられる。

$B/D=2.86$ では 4m/s 付近から振幅が増加し、ギャロッピングが発生しているが(図6下)、乱れがあるため発現風速が曖昧になっている。たわみの固有振動数 f_h は 5.7Hz で、便覧のギャロッピングの発現風速 $U_{cg} = 8f_h B$ (地形が平坦な場合) を適用すると 4.4m/s となり、おおよそ一致している。

b) 高欄を付加した場合 $B/D=3.57$ を基本断面として、高欄(図7)を取り付けた場合の風速振幅図を図8に示す。渦励振は小さくなっているが、ギャロッピングが大きくなっている。一方、高欄を 4cm ごとに取り付け場合(部分高欄)には、ギャロッピングが抑制される傾向にある。特に風速 12m/s 付近では、振幅の低減が比較的大きく、振動に伴って発生する渦が橋軸方向に一樣でないことにより、空力負減衰効果が弱まるものと思われる。

c) フェアリングを付加した場合 図10に正三角形断面のフェアリングを付けた場合の風速 - 振幅図を示す。フェアリングを付けた場合、不安定振動の発現が最も抑えられる。高さ 1cm の高欄を付けた場合には高風速域の振幅が増加する。しかし部分高欄とした場合には、振幅が低減する効果が見られる。フェアリングを付けた翼型に近い断面では、対風不安定化の恐れがあるため防風壁の取り付けが難しいことがあるが、橋軸方向に不連続に付加構造物を設置することで、不安定振動の抑制が図れる可能性があるといえる。

5. まとめ 空力不安定振動の特性を調べるために、小型風洞を用いた弾性支持模型試験を行い、実験手法の妥当性を確認した。また、矩形断面模型をベースに、フェアリング、高欄の付加構造物が空力不安定振動に及ぼす影響を検討した。フェアリングを付けた場合に最も抑制効果が高く、高欄を付けると振動が大きくなったが、高欄を部分的に取り付けることで振動の低減効果が得られた。

参考文献

- 1) 幽谷栄次郎他: 箱桁橋の空力的制振対策の効果に関する実験的検討, 第17回風工学シンポジウム, pp. 409-414, 2002
- 2) 日本道路協会: 道路橋耐風設計便覧, 1991

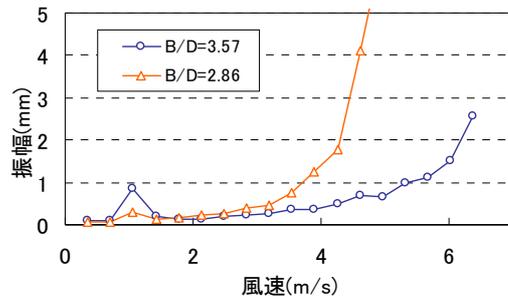


図5 矩形断面の風速-応答図

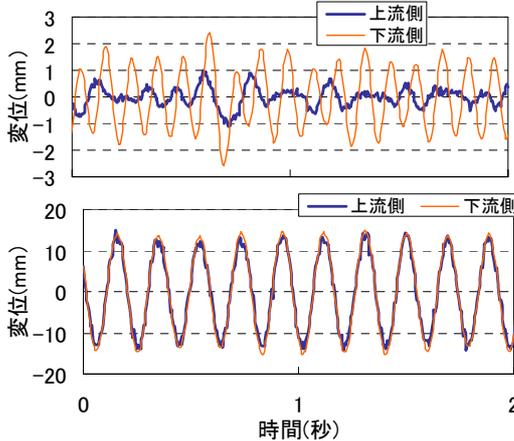


図6 変位 (風速 6.4m/s)

上: $B/D=3.57$, 下: $B/D=2.86$

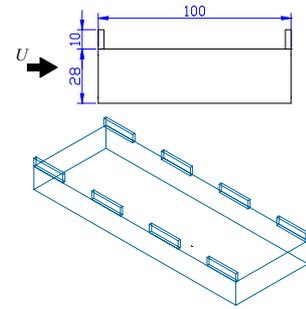


図7 付加した高欄
(上)断面 (下)部分高欄

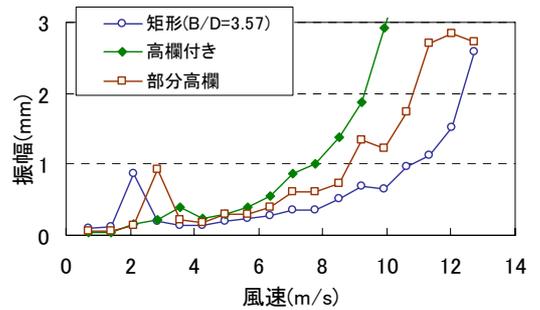


図8 風速-応答図 (高欄付加)

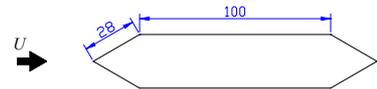


図9 フェアリングを取り付けた断面

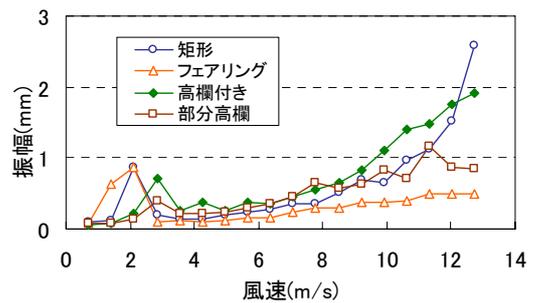


図10 風速-応答図 (フェアリング付加)