

建設省土木研究所 正会員 佐藤弘史
 建設省土木研究所 正会員 成田信之
 建設省土木研究所 正会員 横山 功一

1. まえがき

2橋並列して建設される箱形断面の斜張橋の耐風性について考える。斜張橋の建設に際しては、自励振動、渦励振、および自然風の乱れによるバフティングに関する耐風性の検討が必要であるが、2橋を並列する場合は、上流側の補剛桁後流の乱れによるバフティングをも考慮する必要がある。Scruton⁽¹⁾は鉄道橋に近接して建設されるトラス補剛桁の吊橋について、鉄道橋からの後流により生ずるバフティングの量を報告しているが、矢腹を箱形断面についての後流によるバフティングの資料は非常に少ない。そこでこのバフティングの量を、2橋の間隔および風速と関係づけて把握するために風洞実験を行った。

2. 実験方法および実験条件

実験はゲッチンゲン型の風洞で行った。模型は二次元剛体模型を用い、8本のコイルバネにより風洞内に支持し、この測定模型の上流あるいは下流に測定模型と同様の幾何学的形状を有するダミー模型をピアノ線で固定した。このように図1に示す。模型間隔 L は $1/2B$, B , $3/2B$, $2B$ にそれぞれ設定した。また振動数計算によれば実橋の最低次の固有振動数の比は5.61と大きいので、鉛直たわみモードとねじれモードの連成を考慮せず、独立に実験した。模型の固有振動数は鉛直たわみモードで1.93Hz、ねじれモードで4.31Hzに設定し、対数減衰率は鉛直たわみモードについては倍振幅10mm α と 0.02 に、ねじれモードについては倍振幅2度 α と 0.02 に設定した。

実験に用いる風は乱れのほとんどない一様流であり、平均風速の測定はピトー管およびマノメータを用いた。上流側模型の後流を測定する場合は、下流側模型をはずし熱線風速計を用いて測定した。熱線プローブの位置を図2に示す。

3. 実験結果

模型を並列させての実験にさきがけて、1体だけのバネ支持実験を行った。これによれば本断面の自励振動に対する耐風性は非常によく、迎角 $-5^\circ \sim 5^\circ$ の範囲で無次元風速4.5まで安定であることが確認された。また渦励振は、ねじれモードでは風が桁の厚さの大きい方から小さい方へ吹く場合に迎角 -3° , -4° で発現し、風の方が逆の場合は迎角 -5° で発現した。発現風速は無次元風速での0.83~1.16程度であり、最大の倍振幅は0.9°であった。鉛直たわみモードについては、ねじれモードにおいて見られるような振動数、振幅が一定の渦励振は見られなかった。

上流側に模型をピアノで固定し、下流側にはばね支持模型をおき、自由振動の状態に運してから2分間の記録における最大倍振幅(以下ピーク値と呼ぶ)を、平均風速を横軸にとり模型間隔をパラメータとして図3および

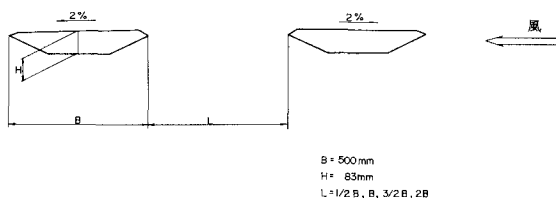


図1 実験模型概要

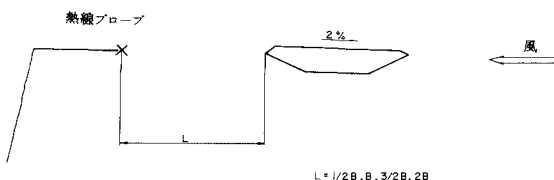


図2 後流測定概要

図4に示す。鉛直たわみモードのピーク値は図3に示されるように風速が大きくなるに従い増加し、また模型間隔が大きくなるに従い減少する。ねじれモードの場合は図4に示されるように無次元風速が1.16~1.39の間で極大値をとり、その後、たんに減少し、風速をあげるにつれてまた徐々に増加していく。また模型間隔による顕著な差は見られない。なお応答についてパワースペクトルを求めると、両モードとも固有振動数成分が卓越していた。

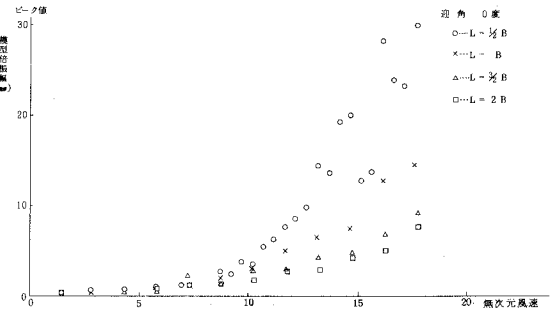


図3 鉛直たわみ応答

上流側模型の後流の測定結果を図5に示す。これは上流側模型の上流の平均風速が12m/s付近での模型後流の主流方向平均風速 $\bar{U}$ 、主流方向風速標準偏差 σ_u 、 $\sigma_u/\bar{U}$ 、鉛直方向風速標準偏差 σ_w 、 $\sigma_w/\bar{U}$ を模型後端からの距離と関係づけたものである。これより σ_u 、 $\sigma_u/\bar{U}$ 、 $\sigma_w/\bar{U}$ は模型後端からの距離 L/B が $1/2$ のとき最も大きいこと、 $\bar{U}$ 、 σ_w は L/B が $1/2$ のとき最も小さいことが読みとれる。また鉛直方向の変動風速のパワースペクトルを求めると、模型上流風速と模型幅で無次元化した周波数で0.94~0.99付近に卓越したピークをもっていることがわかった。

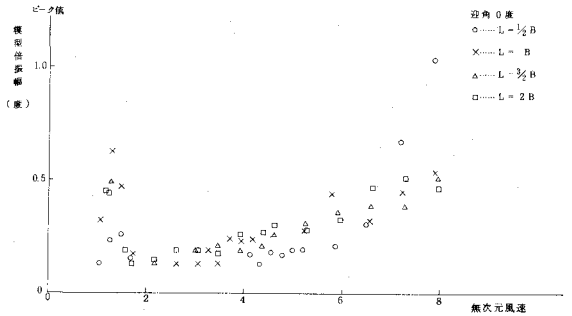


図4 ねじれ応答

4. 考察

応答の測定結果を後流の特性に関連づけて考察する。鉛直たわみモードの応答は上流側模型との間隔が大きくなるにつれて小さくなったが、これは後流の特性が主流方向に変化していくためと思われる。一般に鉛直たわみモードの応答は主流方向平均風速および鉛直方向風速標準偏差の値が大きくなるにつれて増加するが、下流側模型の挙動とその先端での後流特性と対応させると、今回の結果はそのような傾向を示していない。むしろ主流方向風速標準偏差、あるいは変動率（乱れ強度）の方がよい対応を示しているといえ、今後この種の不規則応答に関する詳細な検討が望まれる。

ねじれモードの応答では無次元風速1.16~1.39の間で極大値が見られたが、これはこの風速域での上流側模型の後流渦の周波数が下流側模型の固有振動数に近くなり、共振現象を起こしたためと考えられる。

5. まとめ

並列した箱形断面の上流側の補助桁後流の乱れによる下流側補助桁のバフエーティングについて実験した結果をまとめると、次のようになる。

- (1) 鉛直たわみモードでは応答量は2橋の間隔を大きくするほど小さい。
- (2) ねじれモードでは、上流側補助桁の後流渦との共振現象により、低風速域でも大きな応答を示す。
- (3) ねじれモードでは応答量と2橋の間隔との間に明確な関係は見られない。

参考文献

- (1) C. Scruton, L. Woodgate, and A.J. Alexander : The Aerodynamic Investigation for the proposed Runcorn-Widnes Suspension Bridge, NPL/Aero/291, 1955

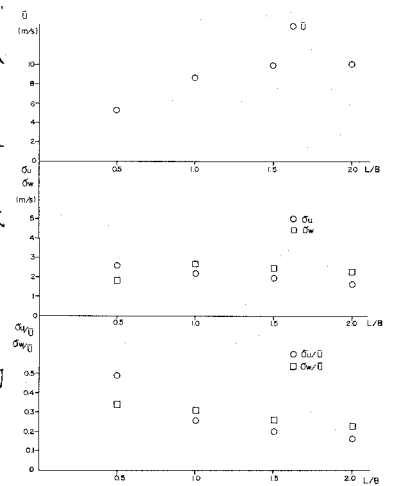


図5 後流の特性
(模型上流風速12m/s)