数値解析による変断面桁橋の渦励振応答解の精度

九州産業大学大学院 学生会員 原田健彦,同 田中孝久,同 橋口貴文 九州産業大学工学部 正会員 吉村 健,(株)アンジェロセック 須藤 誠

1.まえがき

著者らは先に,橋軸方向に横断勾配と桁幅が変化するS字型複合斜帳橋の鉛直曲げモードの渦励振について,3次元数値解析によって応答を推定した¹⁾.そこでは,7種の2次元風洞模型実験で得られた振幅依存性のある非定常空気力を入力し,半周期毎に線形化してモーダルアナリシスで解析した.本報では,解析解の精度について検討した結果を記す.

2.検討手順と実験の概要

解の精度を検討するには,上記橋梁の3次元弾性模型による風洞実験を実施し,解析解と比較するのがよい.しかし,本学風洞測定部断面は 1.5×1.5m しかなく,実験が困難である.そこで本橋とは無関係の,図-1 に示すタウトモデルについて渦励振応答をまず計測し,次に,数値解析による応答を求めて両者を比較した.図-2 に示すように,模型軸のまわりにひねることによって 10 個のセグメントの横断勾配 *i* を線形・階段状に+2°~+8°(+3.5%~+14%)変化させ,3次元の形状を形成させた.その断面形状としては,横断勾配がゼロの箇所の上記橋梁のもの(1/50 縮尺)を用い,スクルートン数の小さい系で実験した.セグメント間の 2mm のギャップは,0.1mm 厚のシリコンゴムでシールした.非定常空気力は,1/40 縮尺の2次元模型を用いて自由振動法で計測した.

数値解析を行うにあたっては,各セグメントを3等分した30要素の2次元骨組モデルを用い,これに端板 を加えて都合32質点系とした.鉛直曲げ1次の固有振動モードの実験値は図-2に示すとおりである.この モードを用い,ニューマークのβ法によって時刻歴応答を求めた.

3.非定常空気力

横断勾配が一定の各セグメント(都合 10 セグメント)について,10 種の非定常空気力係数 $H_1^*(z)$ のコンター 図が解析に必要である.ここでは,図-2 の<1>,<4>,<7>,<10> (*i*=2 °,4 °,6 °,8 °)の4断面について 計測した.その結果を図-3 に示す.図中縦軸と横軸は,それぞれ無次元変位振幅*h*=*y*/*B* と無次元風速 *Vr*=*V*/(*fB*) を表す.これらセグメント以外の6種の $H_1^*(z)$ は,線形補間して求めた(ストリップセオリー).例えば,*Vr*=1.9 における $H_1^*(z)$ 曲線の補間値は,図-4 に示すとおりである.

4.解の精度

タウトモデルに対する応答の実験値と解析値をそれぞれ *V-A-da*のコンター表示して図-5(a),(b)を得た.図示してないが,*Vr*=2.3 でねじれ1次モードに遷移した.また,無風時減衰にも振幅依存性が認められたので, それを考慮して図の(a)を得た.正負いずれの減衰域においても解析値の方が大きい値を示すものの,両者の間に比較的良好な一致が認められる.図-6 はギャップをシールしない場合の実験値である.ギャップの存在によって,コンターの密度が低くなることが図よりわかる.

5.むすび

横断勾配が模型軸方向に変化するタウトモデルを用いて鉛直曲げモードの渦励振を風洞実験で計測し,数 値解析による渦励振の解と比較した.その結果,両者の間に比較的良好な一致が認められた.

参考文献

1)Yoshimura, T. et al, "Prediction of vortex-induced oscillation of a bridge girder with span-wise varying geometry", *J. Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. 89, pp. 1717-1728, 2001.

キーワード: 渦励振,変断面桁橋,タウトモデル風洞実験,数値解析 連絡先: 〒813-8503 福岡市東区松香台 2-3-1 九州産業大学 工学部 土木工学科 TEL:092-673-5679



i = +2 - +8 deg.i (deg.) +8<10> +6<9> <8> <7> +4<6> <5> Vertical Bending <4> +2<3> in 1st Mode <2> <1> f = 5.75 Hz

図-1 風洞実験に用いたタウトモデル.橋軸方向 に横断勾配 *i* が+2~+8°変化.





図-3 横断勾配(迎角)*i*=+2,+4,+6,+8°を有する4つの2次元模型に対する非定常空気 力の実験値.*V-A-H*^{*}₁(*z*)コンター図.



図-4 実験で得られた H₁^{*}(z)曲線(<1>,<4>,<7>, <10>断面)および線形補間で得られた 6 つの曲線 (ストリップセオリー). Vr=1.9.

図-6 タウトモデル(ギャップあり)に対す る応答の実験値 . *V-A-d_a* コンター図 .



図-5 タウトモデル(ギャップなし)に対する応答の実験値(a)と解析値(b). V-A-da コンター図.