連続桁橋の対風応答推定法に関する研究

九州工業大学大学院 学生員 〇永田琢哉 九州工業大学 フェロー 久保喜延 正会員 木村吉郎 加藤九州男 三菱化学エンジニアリング(株) 非会員 山内一朗

1. はじめに

多径間連続橋の空力弾性振動について、橋梁全体の挙動を把握する ために行なう風洞実験は、現在では全橋三次元弾性模型を用いる手法 が一般的である.しかし、限られた測定空間で全橋模型実験を行うに は、実際の橋梁の規模から大幅に縮小した模型を用いなければならな い.このことによる実験精度の低下が懸念される.また、橋桁の一部 分を対象として模型化を行なう二次元部分模型実験は、全橋模型より も模型の縮小を抑えることができ、さらに振動系を単純化することで 高い実験精度を有している.しかし、桁断面形状による対風応答の検 討が目的であり、得られた対風応答の結果を用いて全体系の空力弾性 振動を把握することは現在のところかなり困難である.そこで、本研 究では4径間連続箱桁橋を対象として、模型の縮尺を抑えた風洞実験 を行い、その結果から橋梁全体の空力弾性振動の挙動を推定する手法 の確立を目的としている.

2. 三次元弾性模型による応答推定

4 径間の三次元弾性模型に対して,受風範囲を変更させる装置を用 いて風洞実験を行なった. 図-1 に模型断面図,図-2 に模型全橋図を示 す.受風範囲を各径間及び2径間ずつに分け,それぞれの対風振動応 答を測定する.その結果を単純に足し合わせることで全径間の対風振 動応答値を推定する方法を検討する.この方法が確立できるのであれ ば,測定空間に1径間を設置できる規模で模型を作成すればよく,模 型の縮尺を抑えることができる.

第3径間中央点を測定箇所として,受風範囲全ケースに対する実験 結果を図-3の振動応答図に示す.振動応答図は,縦軸に無次元倍振幅

(2A/D), 横軸に換算風速(Vr=V/fD)とした. 渦励振域における振動 応答図を図-4 に示す. 受風範囲全径間, 第 2,3 径間, 第 3,4 径間, 第 3 径間の順で渦励振が大きく発現し, 他の受風範囲では渦励振が発現し ていない. 受風範囲が単径間の場合, 第 3 径間以外で渦励振は発現せ ず, 2 径間受風の場合も第 3 径間を含まないと渦励振は発現しなかっ た. このことから, 受風範囲全径間における渦励振の振動振幅を, 受 風範囲各径間の単純な足し合わせによって推定することはできない結 果となった.

3. 振幅一空力減衰率図

図-5 に、受風範囲全径間と第 2,3 径間の渦励振時における振幅-空 力減衰率図を示す.縦軸に空力減衰率δ_a、横軸に無次元倍振幅(2A/D)

キーワード 空力弾性振動,受風範囲,渦励振

連絡先 九州工業大学 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 Tel (093)884-3109



とした.図をみると、受風範囲を狭めると空力減衰率が大きくなり、 発散力が弱くなっている.受風していない模型上の点では空気力が 作用しないと考えると、受風範囲第2,3径間では、第1径間と第4 径間に空気力が作用しない.このことによる空気力の差が図-5の結 果に表れていると考えられる.このように、空気力は模型上の各点 に作用するものであり、空気力が空力減衰率に対応すると考えると、 総和により図-5の三次元模型における振幅-空力減衰率図が形成 されることになる.ここで、対象としている模型は橋軸方向に等断 面であることから、二次元模型実験を行い、得られた空力減衰率図 から三次元模型上の各点の振幅に対する空気力を求めることがで きる.さらに固有値解析から図-6のモード形状を算出し、模型上の 各点の振幅を求めることができる.この二つの操作を行うことで、 三次元模型の振幅-空力減衰率図を推定することを考える.

4. 二次元剛体模型による応答推定

二次元剛体模型を作成し、風洞実験を行なった.模型断面は図-1 に示す形状の2倍の大きさとした.実験より得られた振幅と空力減 衰率の関係を図-7 に示す. この図から、図-6 の各点の振動振幅に おける空力減衰率を算出できる. そこで, 各受風範囲における空力 減衰率を算出し、図-8に示す.この図が、二次元模型実験から三次 元模型の各受風範囲における空力減衰率を推定した結果である.ま た、渦励振が発現する条件 $\delta_a + \delta_s = 0$ を満たすときの振幅が、三次 元模型の渦励振の推定振幅値である.ただし、 δ_s は構造減衰率であ る.ここで,図-8 と δ_a + δ_s =0 の条件についてみると,受風範囲第 1 径間, 第 2 径間, 第 4 径間, 第 1,2 径間については, どの振動振 幅値に対しても $\delta_a + \delta_s = 0$ を満たしておらず、 $\delta_a + \delta_s > 0$ の関係にな っている. すなわち、どの振動振幅に対しても減衰力が働くことに なり、渦励振は発生しない. この結果は三次元弾性模型実験におけ る結果と一致している.ここで、 $\delta_a + \delta_s = 0$ を満たす各受風範囲に ついての振動振幅値を推定し、三次元模型実験における実現値を併 せて表-1に示す.振幅の大きさの順序は同じであり、特に受風範囲 全径間に対しては、実現値を基準にすると誤差 5.13%の精度で推定 値を算出することができた. すなわち, 二次元剛体模型実験を行い, 三次元模型の振幅-空力減衰率図を算出することで、模型全体に受 風した場合の渦励振の振動振幅値を推定することができたという ことである.



図-6 固有値解析によるモード形状





表-1 実現値と推定値の

渦励振の振動振幅値

受風範囲	実現値	受風範囲	推定值
	(2A/D)		(2A/D)
第3径間	0.0306	第3径間	0.0210
第2,3径間	0.0745	第2,3径間	0.0650
第3,4径間	0.0307	第3,4径間	0.0430
全径間	0.0896	全径間	0.0850

5. まとめ

本研究によって、三次元模型を用いて各径間毎に対風振動応答を

測定し,その結果の単純な足し合わせによる受風範囲全径間の振動振幅値を推定することはできなかった.しかし, 二次元模型実験により三次元模型の振幅-空力減衰率図を算出し,受風範囲全径間における渦励振の振動振幅値を, 誤差 5.13%の精度で推定することができ,本研究の目的はかなり達成されたが,さらに精度向上に向けて検討を進 める必要がある.