

箱桁断面における非定常空気力係数のたわみ加振方向差に関する考察

JFE 技研(株) 正会員 村上 琢哉

1. はじめに 長大橋のフラッター特性を議論する場合に、しばしば非定常空気力係数が計測される。強制振動法における非定常空気力係数の計測においては、有迎角時には振動軸を迎角の有無と無関係に風洞軸と直交する気流軸を直角にとる場合（図-1(1)）と振動軸も風洞模型回転に従い回転させる場合（図-1(2)）があり、たわみ加振時において加振方向差が生じる。山田ら¹⁾は、トラス断面を対象に、自由振動応答を逆解析する手法により非定常空気力係数を計測した結果、迎角 $\pm 3^\circ$ の範囲でも少なからず違いが認められており、振動方向の違いを考慮して変換を実施しても説明がつかないことを指摘している。ここでは、箱桁断面において、迎角 $\pm 9^\circ$ までの従来よりも大きい範囲においてたわみ加振方向差の影響を検討した。

2. 試験概要 図-2に示す $B/D=6.74$ のフェアリング付一箱桁断面を対象に、強制加振による非定常空気力試験を実施した。防護柵なしの基本断面の他、中央・路肩防護柵付断面3種類の計4断面である。加振振動数 $2\sim 2.5\text{Hz}$ 、たわみ振幅は弦長の1%、試験迎角 α は、 $\alpha=0^\circ$ 、 $\pm 3^\circ$ 、 $\pm 6^\circ$ 、 $\pm 9^\circ$ とした。非定常空気力係数は、以下の式で定式化した。

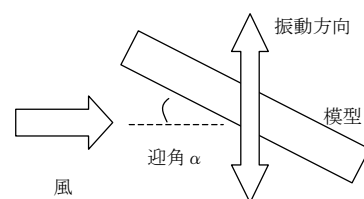
$$D = \pi \rho B^3 \omega^2 \left[D_{zr} \frac{Z}{B} + D_{zi} \frac{\dot{Z}}{B\omega} \right]$$

$$L = \pi \rho B^3 \omega^2 \left[L_{zr} \frac{Z}{B} + L_{zi} \frac{\dot{Z}}{B\omega} \right]$$

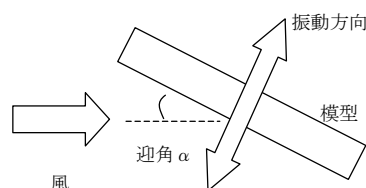
$$M = \pi \rho B^4 \omega^2 \left[M_{zr} \frac{Z}{B} + M_{zi} \frac{\dot{Z}}{B\omega} \right]$$

D, L, M は非定常空気力（抗力、揚力、空力モーメント）、 $D_{zr}, D_{zi}, L_{zr}, L_{zi}, M_{zr}, M_{zi}$ はたわみ加振成分の非定常空気力係数、 ω は加振円振動数、 Z はたわみ変位を示す。

3. 試験結果 各断面の非定常空気力係数について、迎角 $+9^\circ$ 、 -9° の計測結果を図-3、図-4に示す。同図中の凡例は、模型を回転させる方向を(1)、加振軸を回転させる方法を(2)として示し、比較のために平板翼の理論値を載せた。迎角 $+9^\circ$ においては、多少のばらつきは認められるものの、どの断面においても、揚力、空力モーメント、抗力ともに、加振方向の違いにもかかわらず、非定常空気力係数、すなわち振動中の空気力の顕著な違いが生じていないことがわかる。厳密に見ると、 L_{zi} 、 M_{zi} については、模型を回転させた場合の方が、加振軸を回転させた場合よりも無次元風速16以上でわずかに小さくなっていることがわかる。無次元風速20における各断面の加振方法の違いについては、空力モーメントの速度比例成分である L_{zi} 、 M_{zi} では、模型を回転させた場合は、加振軸を回転させた場合よりも0~6%小さい。これは、模型回転させる場合は、空気力の定義方向と加振振幅方向がずれているため、空気力定義方向の加振振幅が小さいことも一因であると判断さ

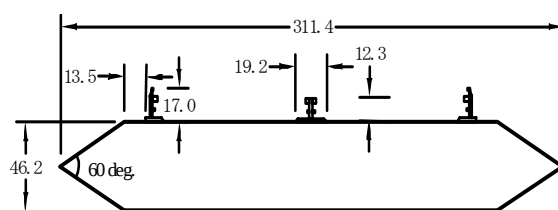


(1) 模型を回転させる方法



(2) 加振軸を回転させる方法

図-1 迎角の与え方と振動方向



断面名	中央防護柵	路肩防護柵
断面O	なし	なし
断面B1	標準 ($h/D=0.27$)	あり
断面B2	C.B. ($h/D=0.27$)	あり
断面B3	C.B. ($h/D=0.54$)	あり

(備考) C.B.: センターバリアを示す。

 h : 中央防護柵高さ、 D : 桁高 (46.2mm)

図-2 検討断面

キーワード 一箱桁断面、非定常空気力係数、加振方向差

連絡先 〒210-0085 川崎市川崎区南渡田町1-1 JFE 技研(株)土木・建築研究部 TEL 044-322-6337

れる．すなわち，迎角 $+9^\circ$ の場合，模型を回転させる方法では，構造軸方向には $\cos 9^\circ = 0.988$ 倍（ -1.2% ）の振幅となる．今回の計算上は加振振幅をそのまま適用したため，結果として得られる非定常空気力係数は約1%小さくなるが，その影響は定性的に一致している．一方，抗力成分の D_{zi} では，模型を回転させた場合に大きくなり，無次元風速20で1～6%大きい値をとるが，これも，模型を回転させた場合では構造軸の水平方向に加振成分があるため，その影響が現れたと考えられる．

迎角 -9° の場合については，迎角 $+9^\circ$ よりも有意な差が見られる．特に，無次元風速が20付近では，断面B3の D_{zi} ， M_{zi} において加振方向差による影響が大きいことがわかる．また，連成フラッター安定化に大きく関与していると言われていた M_{zi} においても，両者の隔たりがやや大きく，その程度は約10%である．断面B3の静的三分力曲線を図-5に示す．これより，迎角 -9° 付近で三分力係数が大きく変化していること，一方，迎角 $+9^\circ$ における三分力特性の変化は緩やかであることがわかる．これより，静的空気力の変化の大きい迎角付近では非定常空気力係数の加振方向差の影響が生じる可能性がある．ただし，準定常理論から算定される相対迎角の違いはわずかであり，相対迎角でこの違いを説明することは難しいと判断される．

4. まとめ $B/D=6.74$ の一箱桁断面を対象に，強制加振による非定常空気力係数のたわみ加振方向差による影響を検討した．その結果，加振方向差による影響が認められ，連成フラッター評価に影響を及ぼすこともあること，その影響は静的空気力特性が大きく変化している迎角付近で生じている可能性があることがわかった．

参考文献

- 1) 山田均，勝地弘，鈴木猛：有迎角時加振方向差により非定常空気力とフラッター推定応答に生じる影響，構造工学論文集 Vol.46A，pp.1023-1028，2000年3月．
- 2) 松本勝，小林裕輔，浜崎博：非定常空気力係数に着目したフラッター安定化策についての考察，第13回風工学シンポジウム論文集，pp.377-382,1994．

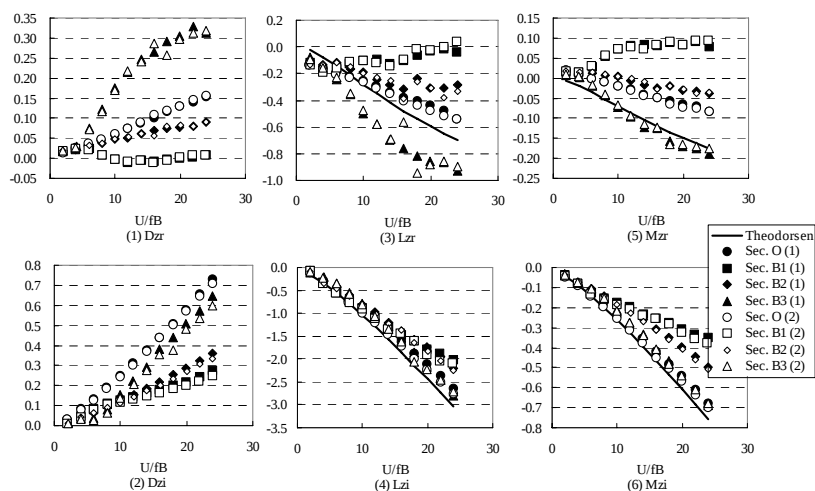


図-3 非定常空気力係数（迎角 $+9^\circ$ ）

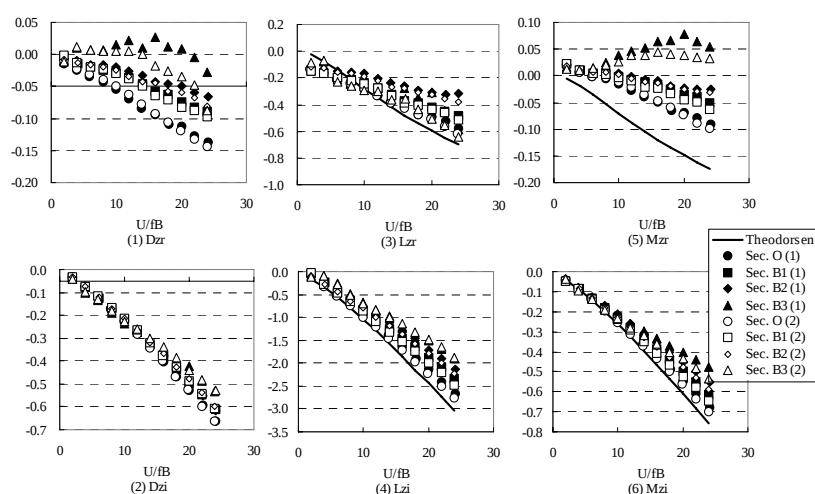


図-4 非定常空気力係数（迎角 -9° ）

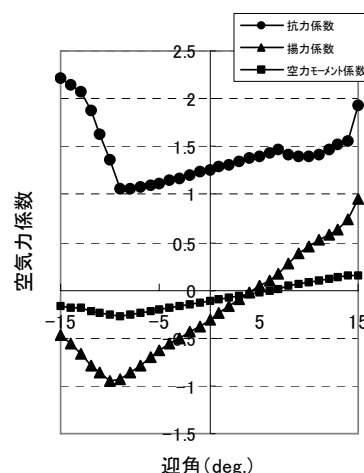


図-5 三分力曲線（断面B3）