

断面辺長比 5 矩形断面のガスト空気力の空間構造と非定常性に関する研究

京都大学工学研究科 学生会員 ○水野 哲朗
 京都大学工学研究科 正会員 白土 博通
 京都大学工学部 学生会員 山根 建治

京都大学工学研究科 フェロー 松本 勝
 日揮株式会社 正会員 松浦 祐介

1. 目的

橋梁の長大化は同時に構造物に及ぼされる力を対象にした新たな検討を行わなければならないことを意味している。その中でも気流の乱れによる不規則振動(ガスト応答)は、無視出来ない問題点となってきた。本研究では、ガスト応答解析結果を左右する空力アドミッタンスと表面圧力の空間相関について、モーメントに関する空力アドミッタンス及び変動圧力の空間相関に対する物体の振動の影響を $B/D=5$ 再付着型矩形断面を対象に実験を行い考察した。

2. 実験概要

本実験では断面辺長比 5 の矩形断面を対象とした。模型表面にはスパン方向に 41 個の圧力孔の列が、前縁から後縁にかけて 19 列設けており、前縁から後縁にかけて position1～position19 と定義する。風洞実験は 2 次元及び 3 次元周期変動流中において模型表面圧力を測定した。3 次元周期変動流は、Fig.1 に示す装置を模型中心より上流側 740mm の位置に設置して発生させた。3 次元周期変動流発生装置は、5 枚からなる翼列がスパン方向に 3 列並び、各翼列間は導流板によって区切られ各翼列で発生した気流が模型前縁まで互いに影響されることなく誘導される仕組みになっている。両端翼は水平に固定しており、中央翼のみ簡単なクランク機構によってピッチング振動を行うことが出来る。2 次元周期変動流は Fig.1 に示す装置の導流板を取り外し、スパン方向に一樣な 5 枚の翼列を取り付け発生させた。

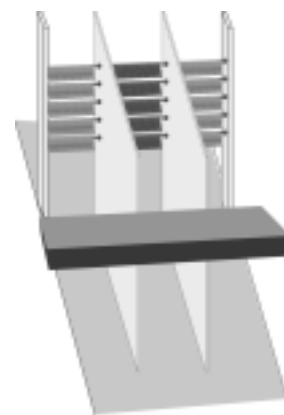


Fig.1 3次元周期変動流発生装置

3. 2次元周期変動流中におけるモーメントに関する空力アドミッタンス特性

2次元周期変動流中において非定常空気力測定結果より得られたモーメントに関する空力アドミッタンスの絶対値・位相特性を Fig.2,3 に示す。なお、一樣流中でねじれ加振させて得られた非定常空気力係数^[1]から推定した等価 Theodorsen 関数^[2]も併せて示している。Fig.2,3 ではアドミッタンスと等価 Theodorsen 関数について両者のピークを示す換算振動数及びピークにおける位相角が近い値を示しており、薄翼について Theodorsen 関数と Sears 関数が低換算振動数領域で対応することと同様の特性が認められる。次に、2次元周期変動流中において幅員方向に変動圧力を測定した結果と、一樣

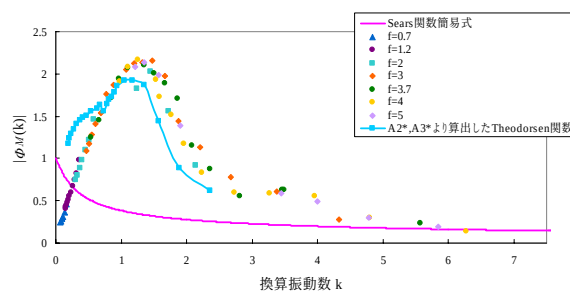


Fig.2 アドミッタンスの絶対値(等価 Sears・等価 Theodorsen 比較)

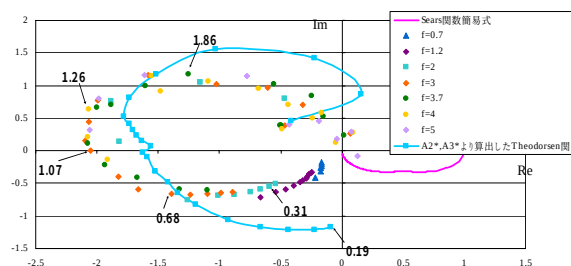


Fig.3 アドミッタンスの位相差(等価 Sears・等価 Theodorsen 比較)

キーワード：ガスト，空力アドミッタンス，周期変動流

〒：606-8501 京都府京都市左京区吉田本町 京都大学工学研究科社会基盤工学専攻 松本研究室
 075-753-5093

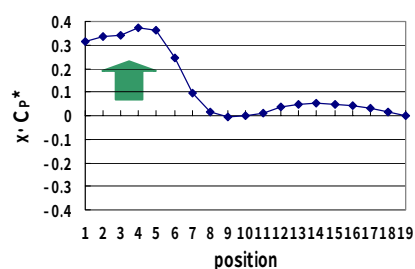


Fig.4 $k=1.26$ のスパン中央断面モーメントの振幅最大値における chord 方向モーメント瞬間値特性

流中でねじれ加振させて変動圧力を測定した結果から得られた振幅・位相特性を用い、両者の比較を行った。ここで対象とした換算振動数は両者の k が近い 2 次元周期変動流中では $k=0.41$ 、一様流ねじれ加振中では $k=0.42$ を代表させて、モーメントの瞬間値を求め比較した。モーメントの瞬間値は上下面の圧力差に支配長さを掛け合わせ支配長さ当たりの揚力とした後、ねじれ中心からの距離を掛け合わせることで各 position 毎に算出した。時間原点は L.E. の変動風速が頭上げ最大の瞬間とした。なお 2 次元周期変動気流中では準定常値 $(2(dC_M/d\alpha)\rho b^2 U_w)$ を用い $(x \cdot C_p^*$ と定義する)、一様流ねじれ加振中では動圧で基準化 $(x \cdot C_p^{**}$ と定義する)した。その結果、両者のモーメント瞬間値の幅員方向分布特性はいずれの瞬間においても近い傾向を示し、従来の研究と同様に低換算振動数領域で自励型空気力と強制型空気力の対応が確認出来る。次に、2 次元周期変動流中において空力アドミッタンスの絶対値がピークを示した換算振動数 $k=1.26$ においてスパン中央断面のモーメントが振幅最大値を示す瞬間のモーメント瞬間値を Fig.4 に示す。図より $k=1.26$ 付近では模型前縁の変動がモーメントを決定づける結果となった。一方、一様流ねじれ加振中でねじれフラッターが生じる典型的な換算振動数(ここでは $k=0.14$)におけるスパン中央断面のモーメントが最大値を示す瞬間の幅員方向のモーメント瞬間値特性を Fig.5 に示す。その結果、ねじれフラッターが生じる典型的な換算振動数領域においては $k=1.26$ とは異なり、模型後縁における変動がモーメントを決定づけている傾向が見られた。

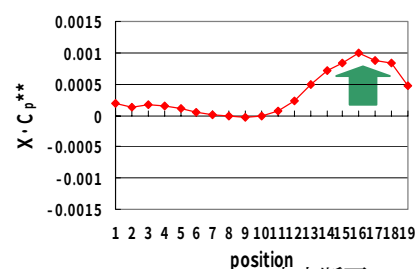


Fig.5 $k=0.14$ のスパン中央断面モーメントの振幅最大値における chord 方向モーメント瞬間値特性

4. 3 次元周期変動気流中における変動圧力の空間相関に対する模型の加振の影響

3 次元周期変動流中において、模型を加振・固定したケースについてスパン方向に変動圧力を測定した結果から鉛直変動風速の周波数成分を抽出した振幅特性を Fig.6 に示す。ここでは換算振動数 $k=0.71$ における position8 においてスパン方向に計測した結果を示している。その結果、両者はほぼ一致する傾向が認められたことから、模型の加振は鉛直変動風速の周波数成分にほとんど影響しないと考えられる。また同様に、模型の加振周波数成分に対しても鉛直変動風速が殆ど影響していないと考えられる実験結果が得られた。

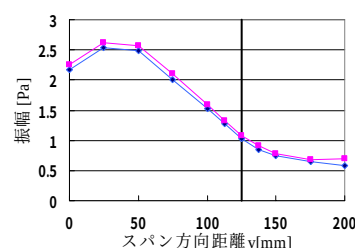


Fig.6 模型の加振・固定時の翼加振周波数成分のスパン方向振幅特性

5. 結論

一様流ねじれ加振中においてねじれフラッターが生じる低換算振動数領域においては模型後縁の変動がモーメントを決定付けており、2 次元周期変動気流中でアドミッタンスの絶対値がピークを示す換算振動数では前縁の変動がモーメントを決定付けているものと考えられる。また、鉛直変動風速及び模型の加振は互いに殆ど影響せず、従来の研究と同様に自励型空気力と強制型空気力は別個に取り出して解析することが可能であると考えられる。フラッターを生じる低換算振動数域では曲げとねじれの空気力の重ね合わせが可能であるように、本研究で対象とした換算振動数においてはガスト空気力と自励型空気力の重ね合わせが可能であると考えられる。さらに今後模型の換算振動数を変化させ検討することも必要と言える。

参考文献

- [1] Scanlan, R.H., Beliveau, J.G., Budlong, K.S. (1974): Indicial Aerodynamic Functions for Bridge Decks, Jour. Eng. Mech. Division, Proc. ASCE., Vol. 100, EM4.
- [2] 白石成人, 松本 勝, 白土博通: 風の乱れに起因する構造物の非定常特性に関する基礎的研究, 土木学会論文集報告集第 328 号, (1982) pp.19-30