

構造基本断面の非定常空気力に及ぼす乱流効果

ニチゾウテック 正会員 畑中章秀

日立造船 正会員 田中 洋

1. はじめに 吊橋補剛桁等には渦励振，ギャロッピングそしてフラッターといった種々の空力不安定振動が生じる．これら空力不安定振動は接近流の乱れの影響により応答性状が変化する．乱流中での空力不安定現象を精度良く評価するためには乱流中での非定常空気力を計測する必要がある．しかし，乱流中で非定常空気力を計測した例は少なく¹⁾，乱流中での非定常空気力特性の詳細は不明である．そこで，本論文では，アクティブ乱流発生装置により生成された乱流中で非定常空気力を計測し，構造基本断面の非定常空気力に及ぼす乱流効果について検討を行った．

2. 風洞実験の概要 風洞実験は日立造船（株）の大型汎用風洞の2次元モード（測定断面寸法：幅2m×高さ3m）にて実施した．2次元風路下流側に非定常空気力測定装置を設置して，上下・回転の単独加振時の揚力および空力モーメントを計測した．また，非定常空気力測定装置の上流側にアクティブガストジェネレータ²⁾を設置し（図1），アクティブ制御乱流下での非定常空気力を計測した．アクティブガストジェネレータによる乱流生成では，主流方向・鉛直方向成分ともに *Kármán* 型スペクトルに適合するようにガストジェネレータをコンピュータ制御した．また，実験に用いた構造基本断面は NACA0012 翼（弦長：400mm，高さ：48mm），幅高さ比が 7.5 の矩形断面とその上下流端に三角フェアリングを設置した断面である（図2）．

3. 乱流中での非定常空気力の計測 アクティブガストジェネレータにより生成される乱流時系列に再現性があることを利用して³⁾，強制振動法により乱流中の非定常空気力を抽出する方法を考えた．模型を定常加振した状態と静止させた状態で2回空気力を計測する．2回の計測でほぼ等しい時刻歴を有するアクティブ制御乱流を模型に作用させるため，ほぼ同じ時刻歴の強制空気力が計測される．ここで定常加振状態と静止状態で計測された空気力の差を取ると，強制空気力がキャンセルされて非定常空気力のみが抽出されることになる．

図3は模型を鉛直たわみ加振した状態（ ）と静止した状態で計測された空気力（ ）とその両者の差（ ）を示したものである．図では加振状態の空気力に静止状態の空気力を重ねて示している．加振状態の空気力をみると，静止状態の強制空気力に加振成分の周期的な変動空気力が重畳する形で計測されている（図3の2段目）．両空気力の差をみると，強制空気力が除去されて加振成分による非定常空気力がきれいに残されていることが分かる（図3の3段目）．本研究では，このようにして計測された加振成分空気力を *Scanlan* が提案した H_i^* と A_i^* ($i=1\sim4$) の表記に従い整理した⁴⁾．

4. 構造基本断面の乱流中の非定常空気力 *NACA0012* 翼の一樣流中と乱流中の非定常空気力を計測した．本実験では風速一定とし加振周波数を変化させることで無次元風速 15～25 までの非定常空気力を計測した．



図1 実験装置

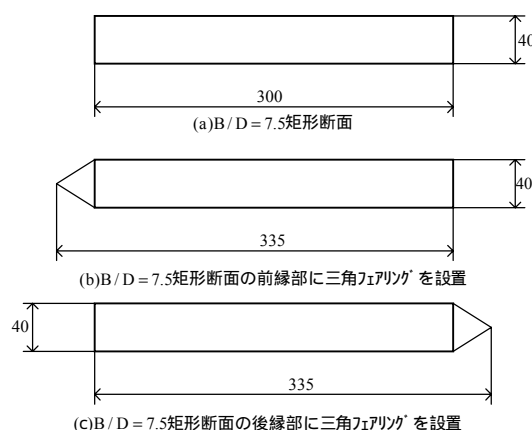


図2 実験模型（NACA0012 翼を除く）

キーワード：非定常空気力，アクティブガストジェネレータ，乱流効果

日立造船(株) 〒559-0034 大阪市住之江区南港北 1-7-89 TEL06-6569-0103, FAX06-6569-0105

加振振幅は鉛直たわみ加振が 10mm，ねじれ加振が 3° である．また，アクティブ制御乱流の乱流特性値は $U = 4\text{m/s}$, $I_u = 10.0\%$, $I_w = 5.2\%$, $L_{x,u} = 1.56\text{m}$, $L_{x,w} = 0.78\text{m}$ である．

図 4 に計測結果 (A_2^* と A_3^* のみ記載) を示す．図中には薄翼の理論空気力も併記している．計測された非定常空気力係数は理論空気力に良く一致している．また，一樣流中と乱流中での計測値にはあまり大きな違いは認められず，乱れによる影響は小さいことが分かる．

次に，各種矩形断面の一樣流中と乱流中の非定常空気力を計測した．図 5 に A_2^* と A_3^* を示す．これより矩形断面と下流側に三角フェアリングを設置した断面は非常に合致しており，いずれも A_2^* が負から正に向かう傾向にある．この A_2^* の変化はねじれ空力不安性の傾向を示すものである．一方，上流側に三角フェアリングを設置した場合には，薄翼の理論空気力と良く一致しており，上述の矩形断面とは全く異なる傾向を示している．

一樣流中と乱流中の違いをみると，矩形断面と下流側に三角フェアリングを設置した断面については乱流中の A_2^* の方が小さくなっており，明らかに乱流効果が認められる．しかし，上流側に三角フェアリングを設置した断面については顕著な乱流効果が認められなかった．

5. まとめ 本論文では，構造基本断面の一樣流中と乱流中の非定常空気力の比較を行った．これらの比較により，断面形状により非定常空気力に及ぼす乱流効果が異なることが分かった．特に，前縁からの剥離流れの影響が大きい断面については，非定常空気力の乱流効果が顕著に現われることが分かった．これら乱流効果の差異は空気力の生成メカニズムの違いに起因したものと推察される．

参考文献 1) R. H. Scanlan and W. H. Lin, J. Eng. Mech. Div. ASCE, 104, No. EM4, 1978., 2) H. Kobayashi, A. Hatanaka and T. Ueda, JWEIA, 53, 1994, 3) 小林, 畑中, 松田, 奥村, 第 14 回風工学シンポジウム論文集, 1996., 4) R. H. Scanlan and J. J. Tomko, J. Eng. Mech. Div. ASCE, 97, No. EM6, 1971.

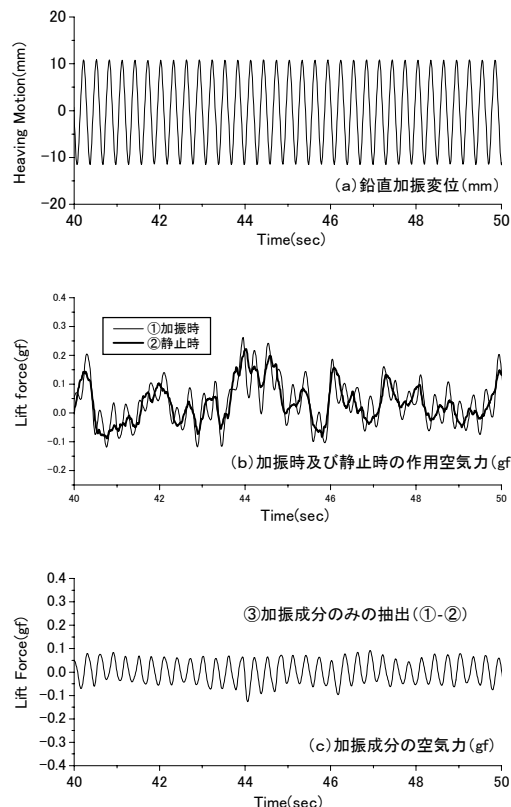


図 3 加振成分空気力の抽出（矩形断面， $B/D=7.5$ ）

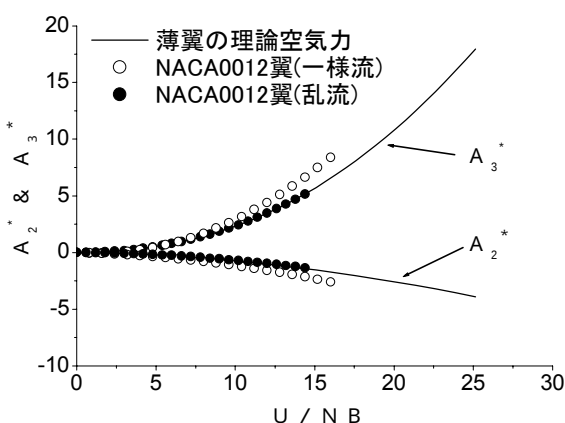


図 4 NACA0012 翼断面の一樣流中および乱流中の非定常空気力係数 (A_2^* & A_3^*)

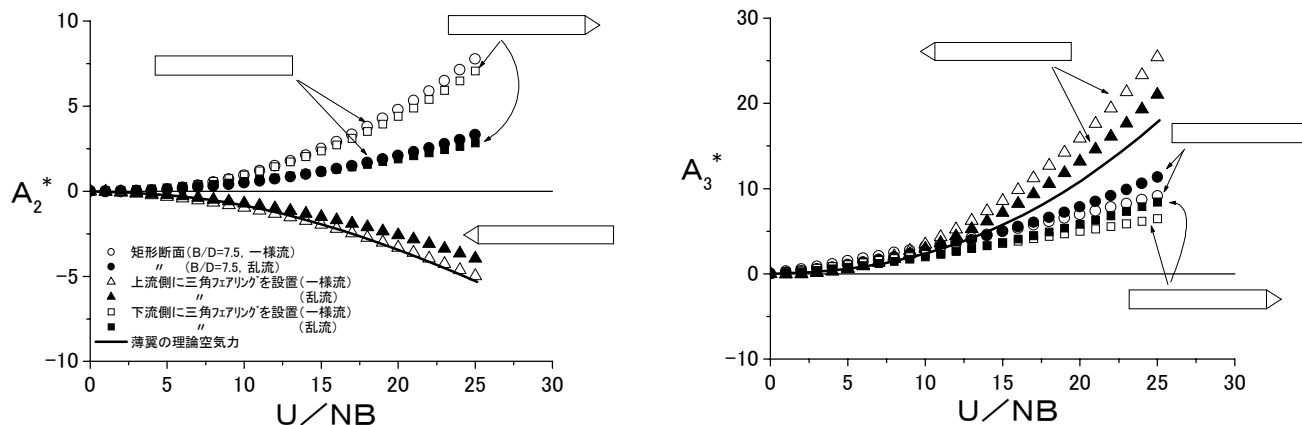


図 5 各種矩形断面の一樣流中と乱流中の非定常空気力係数 (A_2^* & A_3^*)