

長周期変動風下の矩形断面の渦励振における非定常圧力特性

徳島大学大学院	学生員	○岩田 晃周	徳島大学工学部	フェロー	宇都宮英彦
徳島大学工学部	正 員	長尾 文明	徳島大学工学部	正 員	野田 稔
徳島大学大学院	学生員	森田 尚樹			

1. はじめに これまでの渦励振に関する研究は、通常一様流または一様乱流中で行われることが多く、一定の風速に対して、一定の応答変位が得られている。しかし、定常振幅に至るまでに要する数十から数百サイクルの間、評価時間の問題は含まれるものの、平均風速が一定を保つと考えることは難しく、平均風速が時間的に変動するような周期の長い風速変動下における渦励振応答の検討はほとんど存在しない。

過去に行われた長周期変動風中における渦励振のバネ支持応答実験¹⁾では、模型の固有周期の100倍以上を有する長い周期を持った風速変動を与え、図1に示すように風速変動に対して応答振幅の変動に時間遅れが生じる結果を得た。また、風速変動が加わると一様流中に比べて励振力または減衰力が強められていることが確認された。本研究では強制加振法によってバネ支持応答実験で観測された状況を再現し、模型に作用する非定常圧力を計測した。そして短時間FFT解析を用いて応答変位に対する位相差および非定常圧力振幅の時刻歴変化を求め、風速の時間的变化、応答振幅の時間的变化が励振力に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要 本実験では、 $B/D=2$ ($D=60\text{mm}$)、長さ600mmの矩形断面模型を用い、スパン中央部の上下面に12個、上下流面に6個の計36個の圧力測定孔を設けた。ACサーボモーターによって任意の時刻歴変位の応答波形を再現することが可能な加振装置を製作した。さらに風洞の送風ファンの回転数を制御することで、バネ支持応答実験で記録された風速変動と応答変位を同時に再現可能とした。ここで、微弱な圧力変動を少しでも精度良く計測するために、再現した応答変位はばね支持応答実験時の2倍の速さで再生し、同時に風速もばね支持実験時の2倍とした。このため、ばね支持応答実験では風速の変動周期が40秒だったところを本実験では20秒とした。非定常圧力は多点同時微風圧計で計測し、サンプリング周波数を200Hzとして2分間計測した。変位に対する圧力の変動圧力及び位相差の時刻歴を求めるために用いた短時間FFT解析では、1回あたりのFFT解析対象データを1024個(5.12秒分)とし、解析対象を100サンプル(0.5秒)ずつずらしながらFFT解析を施した。

図2は、図1の風速および応答振幅の1周期分を取り出し、それぞれを横軸、縦軸にとることで描いた風速－応答振幅履歴曲線であり、図中の矢印の方向に風速および応答振幅は変化している。ここではまず初めに風速と応答振幅がこの履歴曲線の通りに変化した場合の非定常圧力を計測した。このケースは風速、応答振幅の両者が時間的に変化しており、FU-FYと呼ぶことにする。また、平均的な応答振幅を定常的に与えて風速のみを時間的に変化させるケース、中心風速を保ったまま応答振幅のみを時間的に変化させるケースを設定し、それらをFU-SY、SU-FYと呼ぶこととする。また、風速－応答振幅履歴曲線と中心風速または平均的な応答振幅と交わる点をa～d点としこれらの点に対応する風速と応答振幅を定常的に与えた場合を設定し、そのケースをSU-SYと呼ぶ。

3. 実験結果 図2のa～d点における応答変位と非定常圧力の位相差および変動圧力振幅を図3、図4に示す。図3より $du/dt < 0$ 、 $dy/dt < 0$ となる点aにおいてFU-FYとSU-FYを比較するとFU-FYの方が位相が遅れており、FU-FYとSU-SYを比較するとFU-FYの方が少し位相が遅れている。SU-FYとSU-SYを比較するとSU-FYの方が位相が遅れている。また、点cでは $du/dt > 0$ 、 $dy/dt > 0$ であり、FU-FYの位相が最も進んでいる。これらから風速の時間変化 du/dt が負の点(a点)では渦の流下速度が遅くなり、正の点(c点)では渦の流下速度が速まっていると考えられる。点bではFU-FYの位相が最も遅れている。これは点aおよびcと同様に du/dt の影響と考え

keyword：強制加振，長周期変動風，矩形断面

連絡先：野田稔 徳島市南常三島町2丁目 徳島大学工学部 TEL：088-656-7323 FAX：088-656-7323

られる．またa点とc点のSU-SYとSU-FYの位相差を比較するとSU-FYの位相が若干遅れており dy/dt の存在は位相を遅らせるとも考えられる．図4より点aと点b，点cとdはそれぞれ類似した分布形状となっている．圧力変動振幅に注目すると，圧力変動振幅は変位振幅の大小に強く影響を受けると考えられ， du/dt の影響として渦の流下速度が変化していると考えれば，図のように圧力振幅が最大値または最小値を生じせしめる位置が du/dt の存在によって移動すると考えられる．

4. まとめ 風速の時間変化の影響として $du/dt > 0$ では渦の流下速度は増加し，圧力変動は弱くなる．風速の時間変化が $du/dt < 0$ では渦の流下速度は減少し，圧力変動は強くなる．振幅の時間変化の影響として $dy/dt > 0$ では渦は強くなり， $dy/dt < 0$ では渦は弱くなると考えられる．ただし，点a, bは減衰域，点c, dは励振域のため渦の強さがその影響を受けると考えると，風速変化，振幅変化の影響とは断定することはできず更なる検討を要する．同時に非定常圧力の為す仕事量についても詳細な検討が今後必要である．

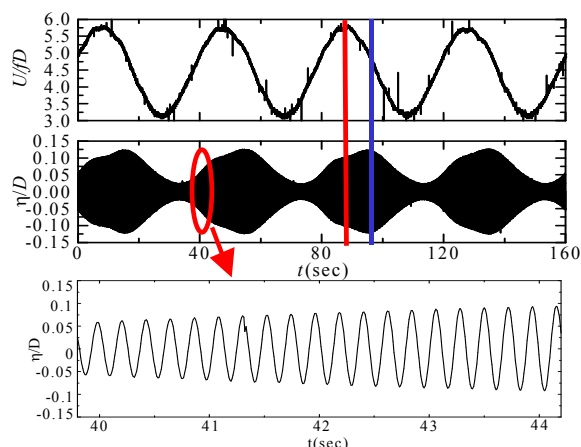


図1 $V_m = 4.5$, $\Delta V / \Delta V_0 = 0.4$, $T' = 40\text{sec}$ における時刻歴応答

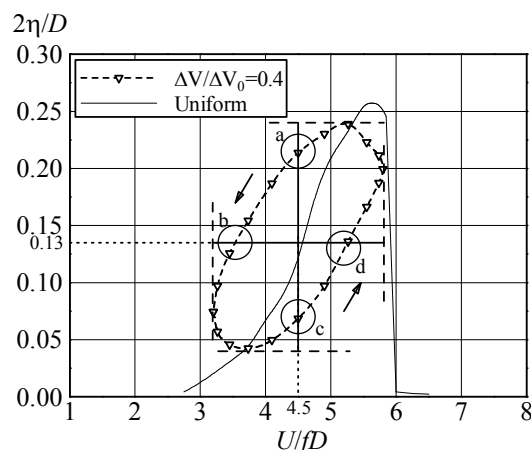


図2 $V_m = 4.5$, $\Delta V / \Delta V_0 = 0.4$, $T' = 40\text{sec}$ における風速 - 応答履

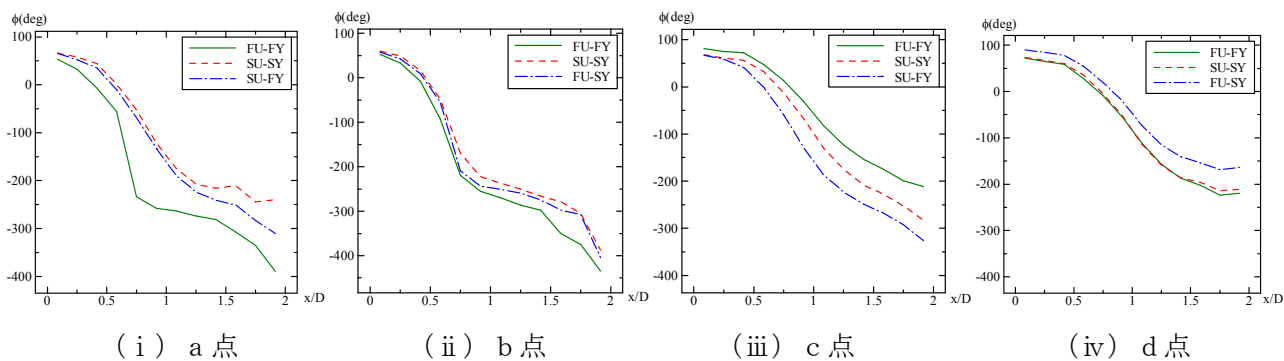


図3 位相差

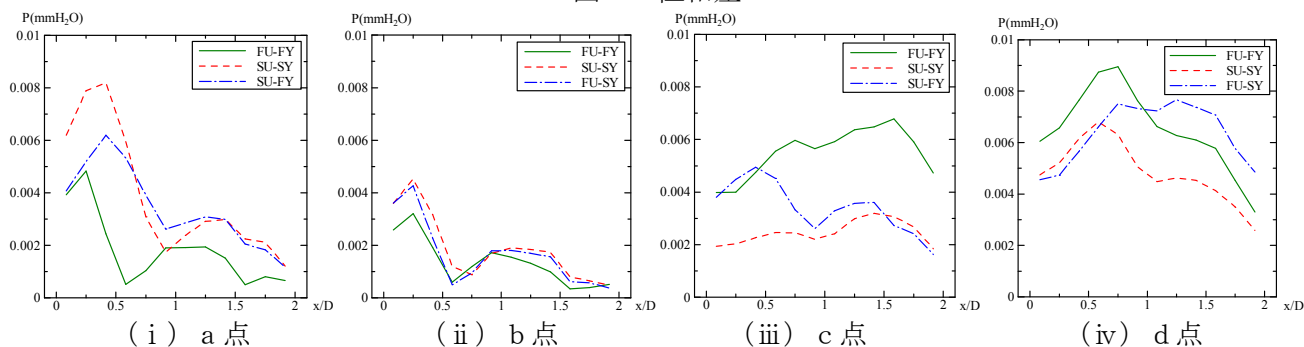


図4 変動圧力

参考文献 1) 野田，宇都宮，長尾，有馬，守田，”長周期風速変動の渦励振応答に及ぼす影響”，構造工学論文集，Vol.50A，pp.629-636，2004．