

長周期変動風下における渦励振に関する研究

徳島大学大学院 学生員 ○有馬 栄一
 徳島大学工学部 正会員 長尾 文明
 徳島大学大学院 学生員 守田 達哉

徳島大学工学部 フェロー 宇都宮英彦
 徳島大学工学部 正会員 野田 稔

1. はじめに

乱れのスケールと橋梁の代表長を比較するとき、実橋における値と風洞実験における値では一般に大きな隔たりがある。そこで、風洞に改良を加え、自然風の構造に近い流れ場を生成しようとする研究が近年進められている。しかし、通常の風洞実験では、格子乱流やスパイヤで乱れを発生させるのが一般的であり、大きなスケールの乱れを作ることには限界があった。また、これまでの風洞実験では自然風の長周期変動風については評価されていない。ここでいう長周期変動風とは平均風速が一定で小さな乱れを持っている乱流とは異なり、平均風速そのものの変動とみなし得るような気流である。そこで、本研究ではこの長周期変動風が渦励振を対象とした風洞実験の結果と実橋における現象が必ずしも一致しない原因の一つではないかと考え、風洞内で長周期の風速変動を生成し、一様流中の渦励振応答との比較、及び断面の違いによる応答の変化の検討を行った。

2. 実験概要

本実験では、前縁剥離渦に起因する自己励起型渦励振（再付着型）である矩形断面（ $B/D=2$ ）とカルマン渦の放出に起因する強制振動型渦励振である円柱断面の2つの断面を対象とした。ともにたわみ1自由度のみの応答が出るように弾性支持した2つの模型に対して、風速を正弦波的に変動させ、模型の応答挙動を測定した。模型の構造諸元を表1、また、それぞれの様流中の渦励振応答曲線を図1に示す。本研究では、吸込み式NPL型風洞（測定胴部：幅0.7m×高さ1.5m×長さ2.5m）を使用した。この風洞のファン用の駆動モータはインバータ駆動のAC

表1 模型の構造諸元

	矩形断面 ($B/D=2$)	円柱断面
固有振動数 (Hz)	5.56	5.50
質量 (kg/m)	1.17	1.36
対数構造減衰率	0.0194	0.0089
スクレーン数	8.60 $2M\delta/\rho BD$	9.09 $2M\delta/\rho D^2$

サーボモータであり、インバータに与える電圧信号によって駆動周波数を変化させ、自由に回転数を制御する事が可能である。そこで、D/Aコンバータを用いて任意波形の電圧信号を出力し、風速制御を行った。変動風速は式(1)に示すような平均風速 V_m を中心とした変動振幅 ΔV 、変動周期 T' の正弦波的なものとした。

$$V(t) = U(t)/fD = V_m + \Delta V \sin(2\pi t/T') \quad (1)$$

ここで、風速の変動幅は図1に示した一様流中における渦励振発現風速域 ΔV_0 を基準とし、 $\Delta V/\Delta V_0 = 0.1 \sim 0.6$ の範囲になるように変化させ、風速の変動周期 T' は模型の固有周期 T を基準に矩形断面は $T'/T = 56.7 \sim 170.1$ 、円柱断面は $T'/T = 55.0 \sim 165.1$ の範囲に設定し、実験を行った。

3. 長周期変動風下における渦励振応答実験

はじめに、正弦波的な長周期変動風下における渦励振応答の一例として、矩形断面を対象とした $V_m = 5.0$ 、 $\Delta V/\Delta V_0 = 0.1$ 、 $T'/T = 170.1$ の条件の風洞実験で得られた風速変動と渦励振応答の時刻歴波形を図2に示す。この図に表れてい

キーワード：長周期変動風、渦励振、矩形断面、円柱断面

徳島大学工学部建設工学科風工学研究室 〒770-8506 徳島市南常三島町2-1 TEL/FAX 088-656-7323

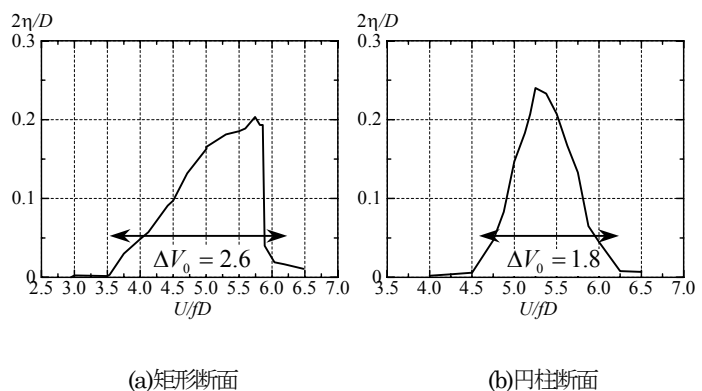


図1 一様流中における渦励振応答特性

るように、長周期変動風下における渦励振の応答振幅は風速の変動に同期して増減し、風速が最大となる時刻と応答量が最大となる時刻には時間差を生じる応答波形となる。図3～5に風速変動周期、変動振幅、平均風速が渦励振に及ぼす影響を示す。図3より、矩形断面は変動周期が大きくなるほど、最大応答量と最小応答量との差が大きくなっていることがわかる。円柱断面は変動周期が大きくなるほど、最大応答量には差がほとんどないが、最小応答量に差があることがわかる。これは矩形断面・円柱断面の $\Delta V/\Delta V_0 = 0.1 \sim 0.6$ の全ての範囲で認められた。このことより、流体力の形成には十分な時間が必要であることがわかる。図4より、矩形断面・円柱断面ともに風速変動振幅が小さいほど、長周期変動風下の渦励振応答は一様流中での応答に近づき大きくなることがわかる。ある程度の風速変動幅では応答量が風速変動と共に大きくなるが、それを越えると応答量が著しく減少してしまうことがわかる。図5においては、履歴曲線の回転方向に注目すると、渦励振発振領域内における空気力の影響によって回転方向が決まることがわかった。平均風速の中心値を基準にして、高風速側に励振域があれば反時計回り、低風速側に励振域があれば時計回りとなっているのがわかる。

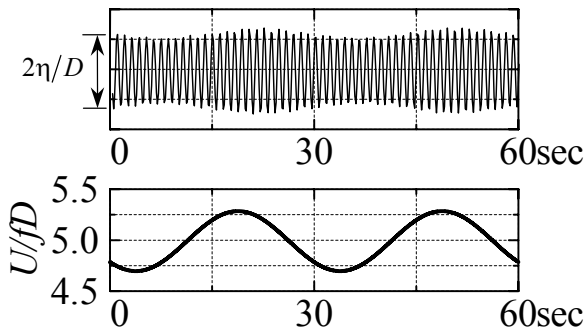


図2 長周期変動風における渦励振の時刻歴応答

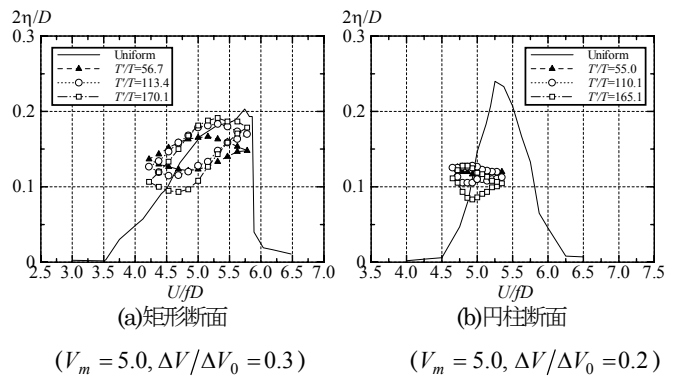


図3 変動周期の違いによる応答履歴

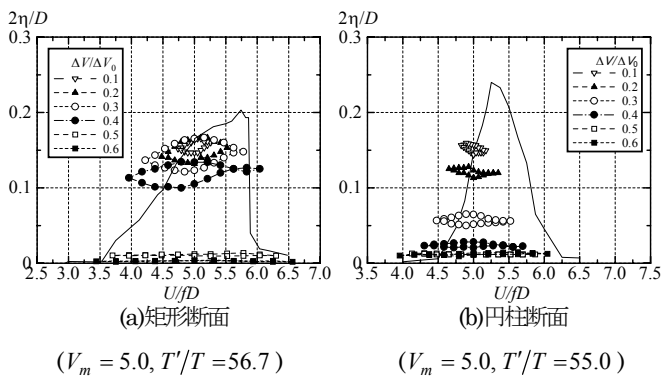


図4 変動幅の違いによる応答履歴

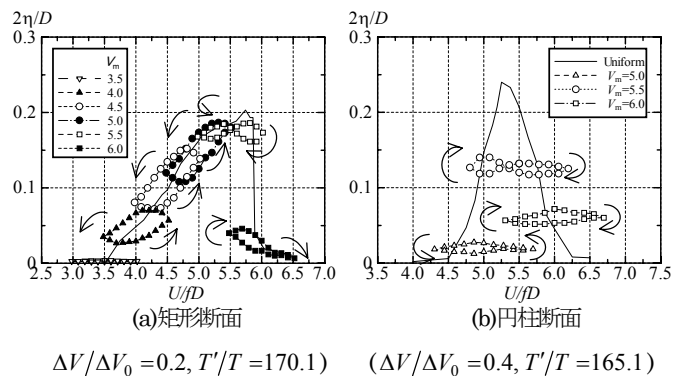


図5 平均風速の違いによる応答履歴

4. まとめ

本研究で対象とした $B/D=2$ の矩形断面と円柱断面の渦励振に及ぼす長周期変動風の影響には、顕著な差はないことがわかった。本研究では、実橋で渦励振が観測されない理由の一つとして、固有周期の約50～170倍という長周期の風速変動のみでも渦励振が低減する可能性について検討した。その結果、渦励振の成長と減衰に要する時間の差によって渦励振の応答量が低減することが確認できた。実際には、従来から指摘されている小スケールの乱れの効果により渦励振の成長は更に阻害されていると考えられ、それぞれの効果が組み合わさり、渦励振の発現が抑制されているものと考えられる。

参考文献

- 1) 野田稔, 宇都宮英彦, 長尾文明, 田中映子, 和田真穂: 逆台形1箱桁橋の渦励振応答に対する長周期風速変動の影響, 第16回風工学シンポジウム, pp.363-368, 2000.
- 2) 守田達哉: 充腹断面の渦励振応答に対する長周期風速変動の影響, 徳島大学工学部卒業論文, 2003.