

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 田中 映子
 和歌山県 正員 和田 真穂

1. はじめに 風洞試験において発現が予測された渦励振が、実橋では観測されない事例が多数存在する。この原因としては、実橋は自然気流中にあり、自然気流に含まれる乱れが橋梁断面周辺の流れを攪乱し、再付着を促進したり渦形成を阻害するなどして渦励振の発現が抑えられると説明されることが多い。しかし、乱流を用いた風洞試験では平均風速は一定であり、渦励振が定常状態となるまでの数十～数百サイクルの間、平均風速は変化しない。一方、自然気流中で渦励振が定常状態になるまでの間、平均風速が変化しない状態というのは少ないものと思われ、上に述べた乱流の効果以前に渦励振が十分に発達できない可能性もある。そこで、本研究ではスケールの小さな乱れは無視し、橋梁の固有周期の10～80倍という長周期で正弦波的に風速が変動する気流を生成し、その気流中における橋梁の渦励振について検討した。

2. 実験概要 本研究で検討の対象となった橋梁断面を図1に示す。図に示すとおり、B/D=7.78の逆台形箱桁断面であり、迎角を頭上げ5度に設定して鉛直曲げの渦励振を検討対象とした。また、実橋および縮尺模型の構造諸元を表1に示すが、対数減衰率は約0.015であり、質量減衰パラメータ($2m\delta/\rho BD$)=3.56であった。図2に一様流中における鉛直たわみの渦励振の風速-応答振幅図を示すが、換算風速14～23.5の範囲で渦励振が発現し、23.5付近の非常に狭い範囲には不安定なり

ミットサイクルが存在する。

本研究では問題を単純化するため、接近気流の風速変動を次式に示すような正弦波的なものとして与えた。

$$\frac{U(t)}{fD} = V(t) = V_m + \Delta V \sin\left(\frac{2\pi}{T'} t\right) \quad (1)$$

ここで、風速の変動幅 ΔV および変動周期 T' は模型の固有周期 T と渦励振発現風速幅 ΔV_0 を基準に $\Delta V/\Delta V_0=0.1 \sim 0.6$ 、 $T'/T=8.4 \sim 84$ の範囲に設定した。

3. 長周期変動風下の渦励振 図3に長周期変動風下における渦励振応答波形の一例を示す。正弦波的な風速変動の中で渦励振が生じると、この図のように風速の変化から若干遅れて渦励振応答の振幅が増減する。ここでは特に最大応答量 $2\eta_{max}/D$ の変化に注目することとし、各風速変動幅における平均風速と最大応答量との関係を図4に示す。なお、この図中で無次元風速が22より高い領域では値が示されていないが、これはローリングの発生によって鉛直たわみの応答が観測できなかつたためである。この結果から、風速変動幅の増加とともに全体的に最大応答量は低下する傾向が認められるが、 $\Delta V/\Delta V_0$ が0.2や0.6の場合、部分的に一様流中における同一平均風速の応答量を上回る最大応答が出現している。これは、変動風が平均風速より高い風速となっている時に応答振幅はその風速に合わせて成長することから最大応答量が一

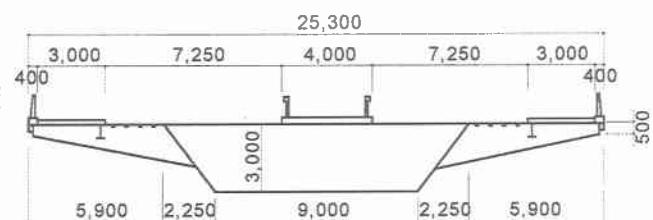


図1 検討断面（実橋寸法:mm）

表1 検討対象橋梁の構造諸元

	実橋	1/80模型(実測値)
幅員	25.3 m	0.316 m
桁高	3.25 m	0.041 m
等価質量	19.345 t/m	3.142 kg/m
固有振動数	0.373 Hz	2.80 Hz

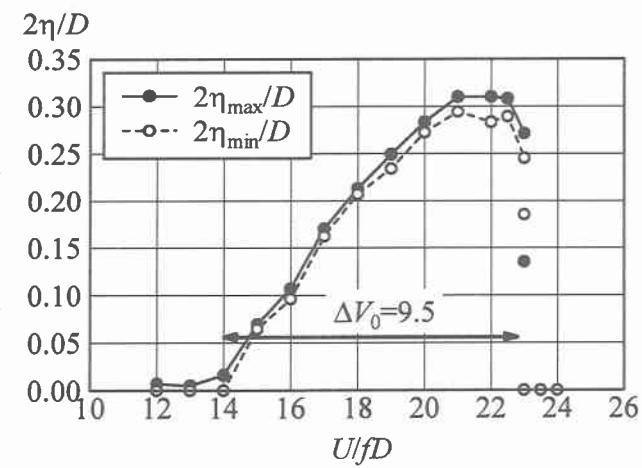


図2 一様流中における渦励振応答特性

様流のものより上回ったと考えられる。

次に、より詳しく長周期変動風下での渦励振の挙動を調べるために、平均風速を一様流における渦励振発現風速範囲で中心的な風速である18に固定し、風速の変動周期を変化させた場合の最大応答振幅の変化を図5に示す。この図から風速変動幅に関係なく風速の変動周期が増加すると共に最大応答量が増加する傾向を示していることがわかる。これは、風速の変動周期が長くなると渦励振の成長に必要な時間が確保され、一様流における風速-応答曲線が示す応答量まで十分に発達した結果と考えることができる。また、図6に平均風速を18に固定し、風速変動幅を変化させた場合の最大応答量の変化を示すが、 $\Delta V/\Delta V_0$ が0.4を超える辺りから最大応答量は大幅に低下する傾向を示している。これは、 $\Delta V/\Delta V_0$ が0.4を超えると瞬間風速は渦励振発現風速域外へ出るようになるため、大きな減衰が加わるためと考えられる。

4.まとめ 本研究では、渦励振の固有周期の10~80倍という長周期で正弦波的な風速変動の中での渦励振応答について検討した。その結果、渦励振の最大応答量は風速の変動周期および変動幅の影響によって増減することが確認された。特に、十分に長い風速の変動周期と一様流における渦励振発現風速幅を超えない風速変動幅に対しては、最大応答量はその平均風速と同風速の一様流中における応答量を上回る結果となる。このように、風速の変動が応答量の低減を促進するだけではないという点で注意を要すると考えられる。しかし、今回用いた気流変動は正弦波的なものであり、自然気流のような不規則な変動ではなかったため、本研究の結果をそのまま自然気流へ適用することは現実的ではない。今後は、自然風の変動により近い変動風を生成し、応答量と瞬間風速の時刻歴などについても検討していく必要があると思われる。

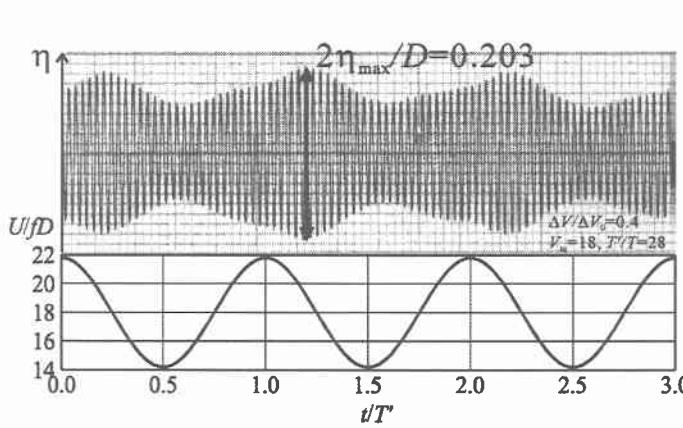


図3 長周期変動風下における渦励振応答波形

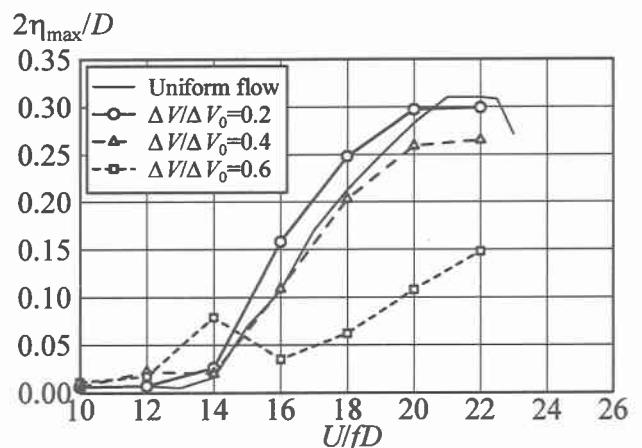


図4 長周期変動風下の風速-最大応答関係($T'/T=28$)

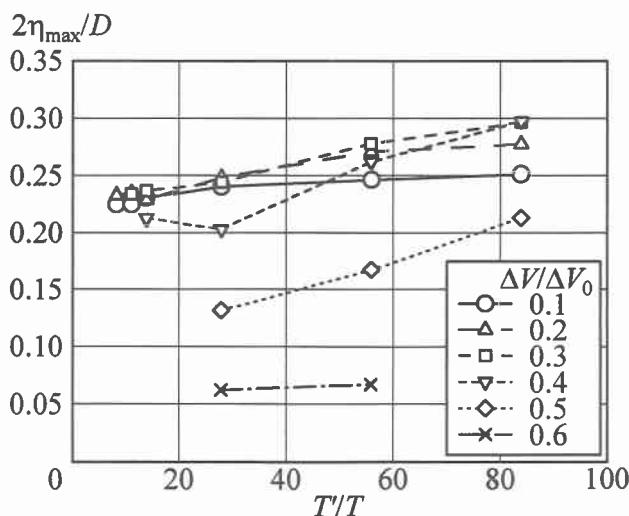


図5 最大応答量に対する風速変動周期の影響($V_m=18$)

