長周期変動風下における渦励振応答の挙動

徳島大学工学部	正	員	野田	稔	徳島大学工学部	フェロー	宇都宮	冒英彦
徳島大学工学部	ΤĒ	員	長尾	文明	徳島大学大学院	学生員	田中	映子
和歌山県			和田	真穂				

1.はじめに 風洞実験で発現が予想された渦励振が,実橋では観測されない例は数多く存在する.従来の 研究によれば,この原因は自然気流の乱れによる再付着の促進や渦形成の阻害が挙げられる.しかし,自然 気流の乱れのスケールは風洞実験では小さいことが多く平均風速も一定で実験しているのに対して,自然風 のように平均風速そのものが時間的に変化するような大きな乱れのスケールについては考慮されていない. 風洞実験では,ある風速の中で渦励振が定常状態になるためには数十~数百サイクルを要するが,自然気流 の場合に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という状況を想像するのは困難である. そこで,本研究では橋梁の固有周期の10~80倍程度の長周期で正弦波的に風速が変化する変動気流を生成し, その気流中での渦励振応答の挙動について検討した.

2.実験概要 本研究で想定した橋梁は,図1に示すような*B/D*=7.78の逆台形1箱桁断面であり,鉛直たわみ 方向の渦励振のみを検討対象とした.実橋および模型の構造諸元は表1の通りであり,模型の対数減衰率は 0.015であり,質量減衰パラメータ(2*m*δ/ρ*BD*)は,3.56だった.また,実験では明確に渦励振が観測できるよ うに迎角を頭下げ5°に設定した.この条件で得られた一様流中における風速-応答図は図2に示すように, 無次元風速14~23.5の範囲で渦励振が発現しており,発現風速域の上限には非常に狭い範囲で不安定なリミ ットサイクルが確認された.一方,変動風速は式(1)に示すような平均風速*V*_mを中心とした変動幅△*V*,変動周 期*T*の正弦波的なものを風洞ファンの回転を制御することで生成した.

$$V(t) = \frac{U(t)}{fD} = V_m + \Delta V \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$$
(1)

ここで,風速変動幅 ΔV は渦励振発現風速域の幅 ΔV_0 を基準に $\Delta V/\Delta V_0$ を $0.1 \sim 0.8$ の範囲になるように変化させ, 風速変動周期Tは固有周期Tを基準にT'/Tを8.4 ~ 84になるように設定した.

3.長周期変動風下における渦励振 正弦波的な長周期変動風下で渦励振が発現すると,図3に示すような風 速変動と同周期で風速変動から少し遅れて振幅が増減する応答波形が得られる.この応答波形から瞬間風速 と応答振幅の関係に注目すると,図4に示すような風速-振幅履歴曲線を描くことができる.履歴曲線は平均 風速によって回転方向が変化し,一様流中での渦励振発現風速域の低風速側で反時計回りとなり,風速が高 まるにつれて反時計回りと時計回りの混在する八の字,さらに平均風速が高まると時計回り,となる性質を もつ.これは,空力減衰が渦励振発現風速域を中心として負減衰となっており渦励振が成長し,発現風速域 外では正減衰となっていることから渦励振は減衰するということと,渦励振の成長に時間を要することを考 慮すれば,準定常的にも理解できる現象である.ただし,平均的な応答量は一様流中の場合に比べて低下し ており,風速変動が励振力の形成に影響を及ぼしていることが考えられ,風速変動幅や風速変動周期によっ て風速-応答履歴も変化することが推測できる.

ここで,平均風速と風速変動周期を一定として,風速変動幅を変化させた場合の風速-応答履歴曲線の変 化を図5に示す.この結果からもわかるように,風速変動幅を増加させていくと平均的な応答量は低下し,風 速変動1周期の間における応答振幅の変化量も低下する.一方,図6に示すように平均風速と風速変動幅を一 定として風速-応答振幅履歴を描くと,風速変動周期の増加とともに履歴曲線の長軸が一様流における風速 -応答曲線に沿うように傾いていく傾向が確認でき,風速変動1周期の間における応答振幅の変化量も大きく なっていくことがわかる.

4.まとめ 以上のことから,長周期変動風下で渦励振が発現した場合,渦励振の成長に時間を要すること から,一様流で得られる風速-応答曲線を正確に辿ることはなく,平均風速,風速変動幅,風速変動周期の 条件に対応する風速 - 応答履歴に落ち着くことが明らかになった. 今後は, 空力減衰の分布と風速応答履歴 の関係について更に詳細な検討を加える予定である.



検討対象橋梁断面図

表1 構造諸元

	実橋	1/80模型(計測値)
重 即	25.3 m	0.316 m
桁 高	3.25 m	0.041 m
等価質量	19.35 t/m	1.885 kg
固有振動数	0.373 Hz	2.800 Hz



図 3 長周期変動風下の渦励振応答波形の一例



図中の応答履歴はすべて反時計周りである.



図4 長周期変動風下における風速 - 応答履歴曲線

