

孤立峰後流中の片持ち梁橋梁模型に大きな水平応答を生じさせる変動風速の構造解明の試み

九州工業大学 正会員 ○木村吉郎 前田建設工業（株） 原田英輔
九州工業大学 学生会員 高倉和也 フェロー 久保喜延 正会員 加藤九州男

1. はじめに 山の後流中に長大橋梁が位置する場合には、大きなガスト応答が生じることがある。その原因を明らかにするために、単純化した模型を用いた実験的研究を実施してきた。本研究では、水平応答、変動風速風速および圧力の同時測定を行ったが¹⁾、ここではその中でも応答と変動風速の関係に着目した検討について述べる。

2. 実験概要 実験は縮尺が多々羅大橋のケースの 1/1333 となる、底面の半径 $R=67.5\text{cm}$ 、高さ $H=30\text{cm}$ の円錐形の山の模型($R/H=2.25$)を風洞内に設置して、その後流に橋梁模型を風洞底面から模型中心軸までの高さ 3.7cm の位置に設置した状態で行った。橋梁模型は単純化した正方形柱の片持ち梁模型(長さ $L=30\text{cm}$ 、幅 2.0cm 、厚さ 2.0cm)を用い、固有振動数は 7.1Hz とした。また模型位置の座標は、山の底面の中心位置の片持ち梁模型高さを原点とし、流れ主流方向を x 軸、鉛直上向きに z 軸、左手系となるように y 軸をとった。橋梁模型自由端の設置位置は、 x 方向に $x/R=1.48, 1.78$ 、 y 方向に $y/R=-0.15$ の位置とした。また、流れ直角方向からの模型水平偏角 β は、 $0, 40^\circ$ の 2 ケースとした。変動風速はスプリットフィルムプローブを用いて測定し、橋梁模型の 4.0cm 上流で、片持ち梁の自由端からスパン方向支持点向きに $y'/L=0\sim 0.67$ 間を 6 点とり、それぞれの位置において z 軸方向に $z/H=0\sim 0.80$ 間を 5 点とり、計 30 点において測定した。変動風速は、 u, v, w の 3 成分について測定した。風洞風速は 6.0m/s とし、サンプリング周波数 1000Hz で 5 分間ずつ 2 回測定した。

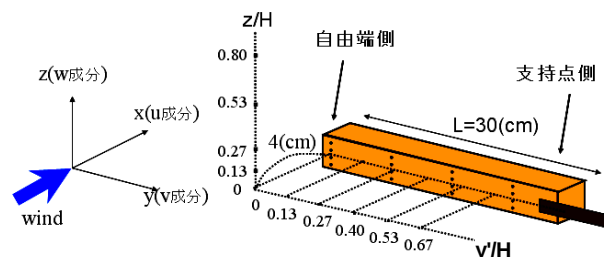


図1 片持ち梁橋梁模型と変動風速測定点

3. 結果および考察 変動風速を条件付サンプリングした結果について示す。条件付サンプリングは、水平応答の風下側への変位のピーク(標準偏差の 2.5 倍以上)発生時を基準とし、その前後の応答、変動風速を抽出し、アンサンブル平均することによって、応答のピーク前後の風速の平均的な変動を抽出した。

○条件付サンプリング結果および考察 図 2～4 は、模型自由端位置の $x/R=1.48$ の結果である。図 2, 3 は $z/H=0$ における風速の主流方向(u)成分の大きな応答のピーク前後を示したものである。全体的に応答のピーク($t=0$)の直前($\approx -0.05\text{s}$)で、風速に正のピークが確認される。この大きな風速変動によって風下側への水平応答のピークが発生したと考えられる。 $\beta=40^\circ$ のケースではこの変動風速のピークの発生時刻がほぼ一致した(図 3)。 $\beta=0^\circ$ において

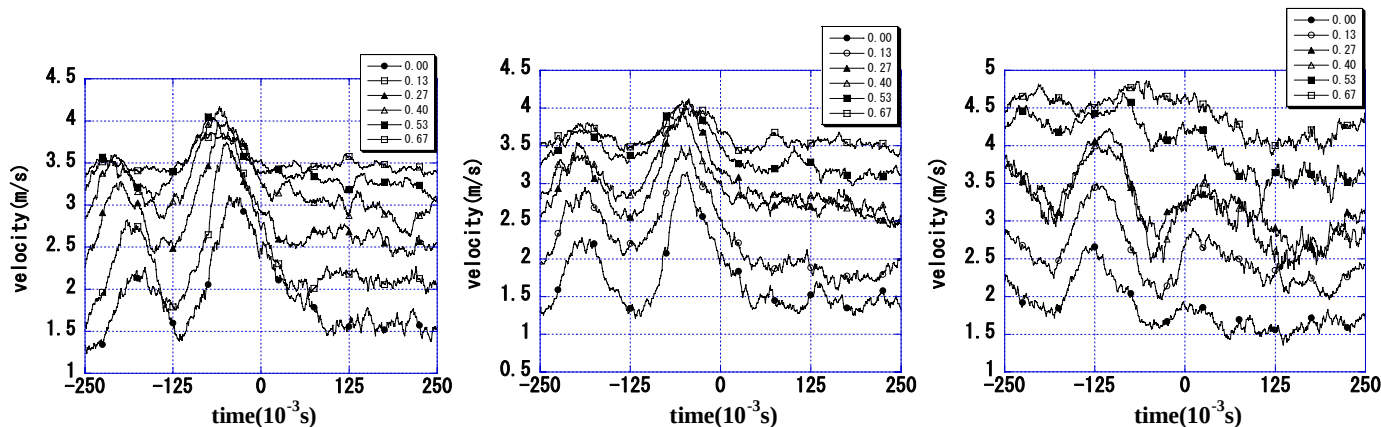


図2 変動風速($\beta=0^\circ$, $z/H=0.00$)

図3 変動風速($\beta=40^\circ$, $z/H=0.00$)

図4 変動風速($\beta=40^\circ$, $z/H=0.27$)

キーワード：ガスト応答、複雑地形、後流、条件付サンプリング、変動風速

勤務先：〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 TEL: 093-884-3466, FAX: 093-884-3100

はピークの発生時刻が一致せず，支持点側から順に発生した(図 2). $\beta = 40^\circ$ において変動風速のピークが一致したのは，応答のピークを発生させる変動風速の風向が流れ主流方向に対して約 40° 傾いているためであると推察される. $\beta = 0^\circ$ の時には，模型の支持点側から先にピークを発生させる水平変動風速が接近するため，支持点側から順に風速のピークが現れたものと考えられる. また， z/H の違いにより風速変動の発生時刻が異なる. すなわち風速のピーク発生時刻(図 4 の $t = -0.125s$ 付近)が， z/H が大きくなるにつれて早くなった.

○応答の周期に対応した変動風速の特性 条件付サンプリングの応答のピーク前 2 周期からピーク後 1 周期間に着目し，その間の $1/4$ 周期ごとに風速と風向を算出し，ベクトル表示した. それぞれ， $u-v$ ， $u-w$ の成分を持つベクトルとして示し，ベクトルの長さが風速を，角度が風向を示している. 図 5 の $u-v$ 成分のベクトルを見ると，流れが主流方向から傾いて橋梁模型に作用している. また自由端側から支持点側へ近づくにつれて，主流方向に近くなる傾向にある. また図 6 では， $z/H = 0.27 \sim 0.80$ で応答のピークの 1 周期前に，流れの変動がみられる. なお自由端側から支持点側へ近づくにつれて，この変動の発生時刻は遅くなっており，大きな応答を生じさせる変動が主流方向から傾いて作用していることに対応していると考えられる. 図 7 の $u-w$ 成分をみると， $z/H = 0 \sim 0.27$ で変動がみられ， $-2T \sim -T$ までの変化と $-T \sim 0$ までの変化のパターンが同じ傾向を示している. これは図 2~4 でもみられる応答の周期に対応した風速の変動であり，大きな応答発生に関係すると考えられる.

○変動風速の構造の推定 条件付サンプリング後の風速の変動 u 成分(平均値を引いたもの)， v ， w 成分を用い，同じ位置で測定された風速変動が，一定の形状をした渦がその位置における平均風速で移流することによって生じると仮定することにより，渦の空間形状と相似になるような図を描くことを試みた. 具体的には，時刻に各位置での u 成分の平均値を乗じて得られる距離に -1 を乗じたものを換算 x 座標と呼ぶこととし，縦軸の z (高さ)と次元を合わせて図示した. $x/R = 1.48$ においては， $y'/L = 0$ ，換算 x 座標 27cm， $z = 0 \sim 8cm$ 周辺と， $y'/L = 0.13$ ，換算 x 座標 40cm， $z = 0 \sim 8cm$ 周辺で，境界層に生じるバーストと同様な形状を持つと考えられる流れの構造がみられる(図 8). $x/R = 1.78$ においては， $y'/L = 0$ ，換算 x 座標 49cm， $z = 0 \sim 8cm$ 周辺で同様の構造が確認できたが， y'/L が 0.13 以上となると確認できなかった. こうした流れの構造がどのようにして生じているかは不明であるが，それらが橋梁の固有周期に近い間隔で生じることにより，大きな水平応答が生じているものと推測される.

4. 結論 山の後流で応答のピークを発生させる流れの変動の移流方向は，流れ主流方向から水平面内で約 40° 傾いており，下から吹き上げるような構造を持って複数回作用することにより，大きな水平応答が生じているものと推察された.

参考文献：1) 高倉・原田・木村・久保・加藤：孤立峰後流中の片持ち梁橋梁模型の水平応答と変動圧力の関係，第 61 回年次学術講演会講演概要集，土木学会，2006.

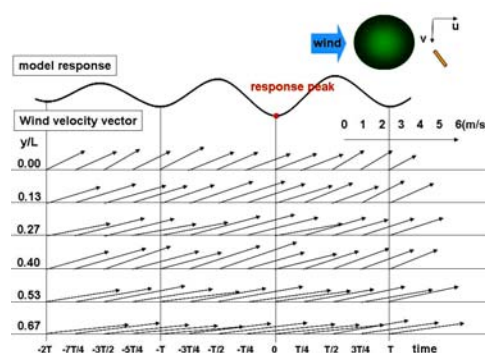


図 5 応答に対応した風速ベクトル変動 ($u-v$ 成分, $x/R = 1.48$, $\beta = 40^\circ$, $z/H = 0.13$)

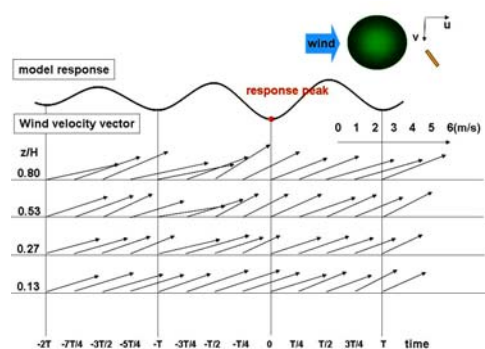


図 6 応答に対応した風速ベクトル変動 ($u-v$ 成分, $x/R = 1.48$, $\beta = 40^\circ$, $y'/L = 0.13$)

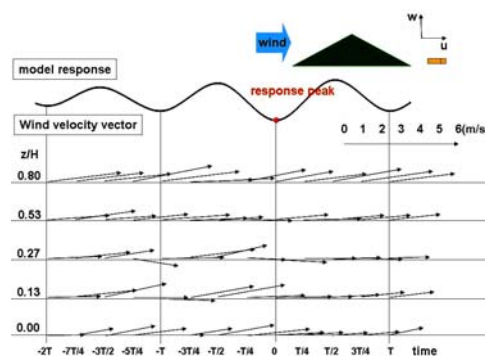


図 7 応答に対応した風速ベクトル変動 ($u-w$ 成分, $x/R = 1.48$, $\beta = 40^\circ$, $y'/L = 0.13$)

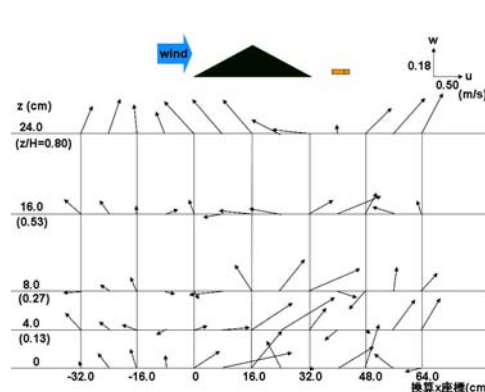


図 8 変動風速の構造形状の推定 ($u-w$ 面内, $x/R = 1.48$, $\beta = 40^\circ$, $y'/L = 0.13$)