

孤立峰の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特性把握の試み

九州工業大学大学院 学生会員 ○豊田邦弘 高倉和也

九州工業大学 正会員 木村吉郎 フェロー 久保喜延 正会員 加藤九州男

1. はじめに 山などの局所地形周辺の風速の変動特性は、空間的に一様な境界層乱流とは大きく異なったものとなる。このような場所に長大構造物を建設する際には、通常的气スト応答解析では説明できないような大きな応答が生じる可能性があるため、周辺地形の影響を十分に考慮した耐風性の検討が必要となる。本研究では、局所地形周りの風が、構造物の応答に及ぼす影響を解明するための第一段階として、孤立峰の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特性を明らかにすることを目的とした。

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、底面の直径 $D=135\text{cm}$ (半径 $R=67.5\text{cm}$)、高さ $H=30\text{cm}$ の円錐形の山模型($D/H=4.5$)を風洞内に設置し、その後流に橋梁模型を風洞底面から高さ 3.7cm の位置に設置した状態で行った。橋梁模型は、単純化した片持ち梁模型(長さ $L=30\text{cm}$ 、断面は一辺 2.0cm の正方形)で、固有振動数は 7.5Hz 、構造減衰率は 4.0% とした。また、座標は山の底面の中心の模型高さ位置を原点とし、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 軸方向に $x/R=1.48$ 、 y 軸方向に $y/R=0.15$ の位置とし、流れ主流直角方向からの橋梁模型水平偏角を 40° とした。境界層外での風洞風速は 4.0m/s 、 6.0m/s 、 8.0m/s とし、変動風速は、 u 、 v 、 w 成分の3成分(図-1)について測定した。測定センサーとして x 型プローブを用い、測定点は、橋梁模型の 4.0cm 上流で、片持ち梁自由端から支持点向きに $y'/L=0 \sim 0.67$ 間を6点取り、 6.0m/s においては、 $z/H=0 \sim 0.80$ 間を10点の計60点、 4.0m/s 、 8.0m/s では、 $z/H=0 \sim 0.40$ 間を4点の計24点を測定点とし、サンプリング周波数 1000Hz で、5分間ずつ2回測定した。

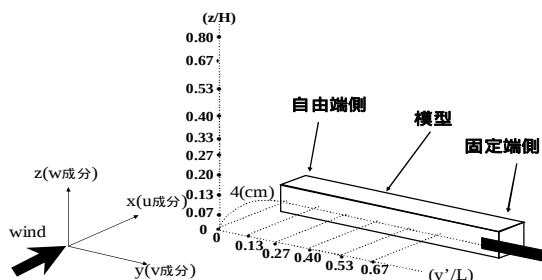
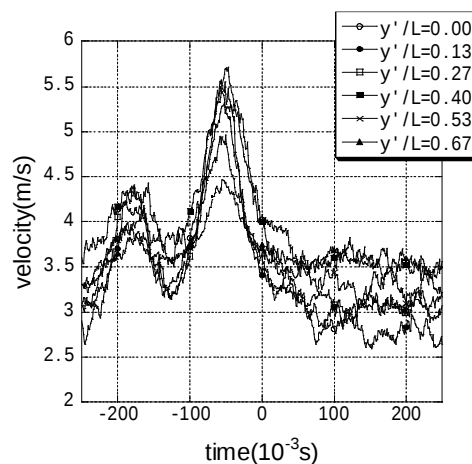


図-1 片持ち梁模型と測定点(6m/s)

3. 結果及び考察

3.1 条件付サンプリングについて 大きな応答を生じさせる風速の平均的な変動特性を把握するために、条件付サンプリングを行った。本研究での条件付サンプリングは、標準偏差の2.5倍以上の振幅を持つ大きな水平応答の風下側への変位のピーク発生時を基準とし、それに対応した風速成分を抽出し、それぞれをアンサンブル平均するというものである¹⁾。図-2に u 成分の条件付サンプリング結果の例を示す。各設定風速、各成分ともに模型高さにおいて応答のピーク直前に変動風速のピークが発生しており、この変動が橋梁模型に大きな応答を生じさせていると考えられた。 6.0m/s 、 8.0m/s の模型高さの u 成分は変動風速のピーク発生時刻が測定点全体で一致しており、流れが主流方向から水平偏角を持つことがわかる。また、図には示していないが z/H が大きくなるにつれ、橋梁模型の自由端側の方がピークが早く発生する傾向が強まっているが、これは、次第に山の影響が小さくなり、流れが主流方向に近づいていると考えられる。

図-2 変動風速(6.0m/s, $z/H=0.00$, u 成分)

キーワード：山の後流、片持ち梁、条件付サンプリング、風洞実験、ガスト応答

連絡先：〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 Tel.(093)884-3466 Fax.(093)884-3100

3.2 応答の周期に対応した変動風速の特性 風速と風向の時間的変化を、ベクトルで表現して示す。このベクトル図は条件付サンプリング後のデータを用い、応答のピーク前3周期から発生後1周期間における $(U+u)$ - w 成分 $(U+u)$ - v 成分、 v - w 成分について 1/4 周期ごとに 2 次元で表示し、横軸は時刻で、0 が応答のピーク時刻に対応し、固有周期 T の倍数で表している。図-3 の $z/H=0.13 \sim 0.40$ 程度をみると、応答ピーク前2周期程度から風向の変動がみられ、 $-2T \sim -T$ までの変動と $-T \sim 0$ までの変動は同じ傾向を示し、大きな応答が生じる直前には、応答の周期に対応した風の変動があることがわかる。

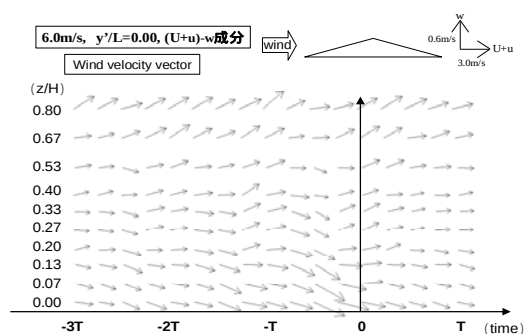


図-3 変動風速，風向のベクトル図
($y'/L=0.00$, u - w 成分, 6m/s)

3.3 大きな水平応答を生じさせる風の構造の推定 条件付サンプリング後の風速の変動成分 u , v , w 成分を用いて、それぞれの位置で測定された変動風速が、一定の形状をしたまま、その位置における平均風速で移流すると仮定することにより、大きな水平応答を生じさせる山の後流の構造と相似となるような図を描くことを試みた。このような Taylor の乱流凍結の仮説は、本研究のように空間的に変化の大きな流れには精度よく適用することができないため、あくまで近似的な把握を試みたという位置づけである。具体的には、 u - w 成分、 u - v 成分においては、各周期の時刻に -1 と各測定位置の平均風速 U を乗じたものを横軸とし、これを換算 x 座標(Reduced x -coordinate)と呼ぶこととし、縦軸と次元をあわせてベクトル図化した。

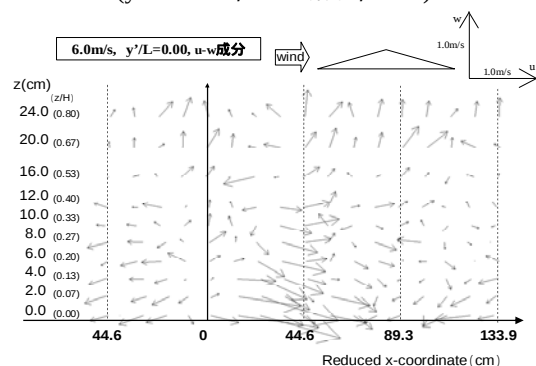


図-4 山の後流域の変動風速の構造の推定
($y'/L=0.00$, u - w 成分, 6m/s)

u - w 成分、 u - v 成分、 v - w 成分ともに、模型高さ付近における換算 x 座標が小さな正の値をとる位置、すなわち大きな応答の直前で、変動風速が急激に大きくなっており、この変動風速が橋梁模型に大きな水平応答を生じさせる主要因となっていると考えられる。この模型高さ付近における変動風速は、自由端側から固定端側へと向かうにつれて、小さくなる傾向がみられることから、橋梁模型に大きな水平応答が生じる際には、大きな変動風速が橋梁模型の自由端側を中心に作用していると考えられる。風向については、大きな応答を生じさせていると考えられる、模型高さ付近の、換算 x 座標が小さな位置においては、 u - w , v - w 成分では吹き降ろし、 u - v 成分では流れ主流方向から y 座標が減少する向きの水平偏角を持つ構造が全体的にみられた。また、図には示していないが、8.0m/s においては、 u - v 成分における主流方向からの水平偏角が 4.0m/s, 6.0m/s と比較すると大きく、やや異なる傾向がみられた。これは、8.0m/s における v 成分が大きいとともに、乱れが大きいためであるが、そうした特性を持つ原因は、今後さらに検討が必要である。

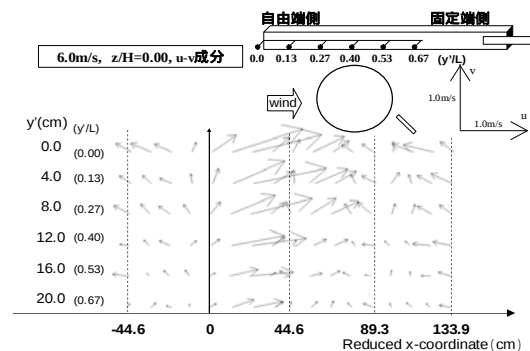


図-5 山の後流域の変動風速の構造の推定
($z/H=0.00$, u - v 成分, 6m/s)

4. まとめ 孤立峰の後流における橋梁模型の水平応答のピークは、やや吹き降ろしの下流方向の大きな変動風速が橋梁模型の自由端側を中心に作用した直後に作用しているものと推察された。