

孤立峰後流中の片持ち梁模型に大きな水平応答を生じさせる変動風速及び圧力の特性の検討

九州工業大学大学院 学生会員○高倉和也 学生会員 豊田邦弘
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流れにおいては、風速の変動特性が空間的に一様な境界層乱流とは異なる。そのため、このような場所に構造物を建設する場合、境界層乱流中での応答特性では説明できない程大きな応答が生じることがあり、地形の影響を十分に考慮した耐風性の検討が必要である。本研究では、こうした応答の発生メカニズムを解明する一段階として、孤立峰後流中の片持ち梁橋梁模型の水平応答とそれに作用する変動風速及び圧力の関係を解明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 $H=30\text{cm}$ の円錐形山模型 ($D/H=4.5$) 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高さ 3.7cm の位置に設置した状態で行った。橋梁模型は、1 辺の長さ 2.0cm 、スパン 30cm の形状を単純化した正方形角柱 (図 1) とし、固有振動数 7.3Hz であった。また、各座標軸は、山模型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、右手系となるように y 軸をとった。橋梁模型自由端の設置位置を $x/R=1.48$ 、 $y/R=-0.15$ とし、流れ主流直角方向からの橋梁模型水平偏

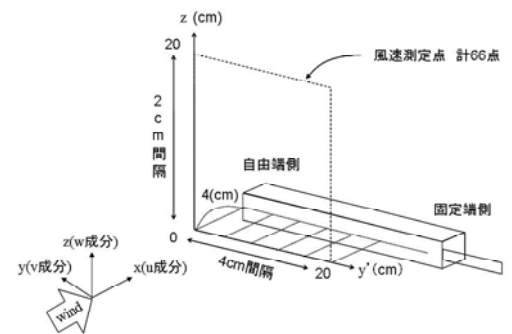


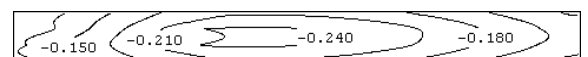
図 1 変動風速測定位置(6m/s)

角を 40° とした。風洞風速は 4.0m/s 、 6.0m/s 、 8.0m/s とし、橋梁模型の水平応答、それに作用する変動圧力、変動風速 (u , v , w 成分) の同時測定を行った。橋梁模型の 4.0cm 上流において、橋梁模型の軸方向に 2cm 間隔で 6 点、 z 軸方向に 2cm 間隔に、 6.0m/s においては 11 点の計 66 点、 4.0m/s 、 8.0m/s においては 8 点の計 24 点を変動風速測定位置とし、サンプリング周波数 1000Hz で、5 分間の測定を 2 回行った。

3. 結果および考察

本研究では、大きな水平応答を生じさせる変動風速及び圧力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、また橋梁模型に作用する変動圧力において支配的なパターンを把握するために「POD 解析」を行った。本研究での条件付サンプリングは、基準となるデータに標準偏差の 2.5 倍以上のピークが発生した時刻を基準とし、前後 0.575sec ずつの変動風速及び圧力を抽出し、それぞれをアンサンブル平均して行った。

3.1 変動圧力の POD 解析 風洞風速 6.0m/s 、山模型後流中及び境界層乱流中において、橋梁模型に作用する変動圧力に POD 解析を適用し、その結果得られた風上面の 1 次モード形を図 2、3 に示す。山模型後流中では、条件付サンプリング前後でモード形がほぼ同じなのに対し、境界層乱流中ではモード軸距が最大となる位置が橋梁模型中央に移動し、サンプリング前後でモード形が全く異なる。また、山模型後流中では、サンプリング前後で 1 次モードの寄与率が、 50.6% から 85.7% に増加し、2 次モード以降の寄与率が減少していることから、大きな水平応答の前後では 1

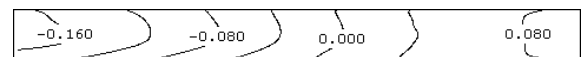


(a) サンプリング前

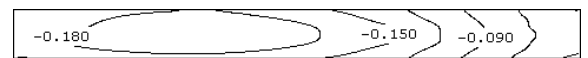


(b) サンプリング後

図 2 山模型後流中, $x/R=1.48$, $\beta=40^\circ$



(a) サンプリング前



(b) サンプリング後

図 3 境界層乱流中, $\beta=40^\circ$

次モード形のような変動圧力パターンが橋梁模型に支配的に作用していると考えられる。

3.2 変動風速の条件付サンプリング 風洞風速 6.0m/s, 山模型後流中($x/R=1.48$), 風速測定位置 $z/H=0.00$ において, 風下側への大きな水平応答発生時を基準として, 主流方向風速を条件付サンプリングした結果を図4に示す. 変動風速ピーク発生時刻が橋軸方向位置に関わらずほぼ一致していることから, 橋梁模型に作用する流れは主流直角方向から約 40° 傾いていると考えられる. また, 大きな応答発生前(timeが負)では, 橋梁模型の固有振動数($T=0.138s$)に対応するような風速変動が見られる. 次に, 前述のPOD1 次モード形と変動圧力の時刻歴データを用い, モード時刻歴を作成し, POD1 次モードの正のピーク発生時を基準とし, 主流方向風速を条件付サンプリングした(図5). 図4にみられた模型の固有周期に対応するような風速変動が, 図5ではみられない. このように, 大きな水平応答を生じさせる風速変動と, 大きなPOD1 次モードの変動圧力を生じさせる風速変動の特性には, 違いが認められる.

3.3 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後のデータを用い, 水平応答のピーク前3周期～発生後1周期間において, $1/4$ 周期毎に変動風速及び風向の時間的変化を2次元のベクトル表示した. 図6は $z/H=0.00$ における変動風速の $(\bar{U} + u')-v$ 成分, 図7は $y'/L=0.00$ における $(\bar{U} + u')-w$ 成分を示している. 横軸は時刻を表し, 時刻=0が水平応答のピーク発生時刻に対応している. 図6では, 全体的に流れ主流方向から内側へ傾いて橋梁模型に作用しており, 自由端側から固定端側になるにつれて主流方向に近づく傾向がある. また, 図4でみられた橋梁模型の固有周期に対応する風速変動がベクトルの長さの変化としてみられるが, それに応じる風向変化はみられない. 図7では, z/H が小さい位置で固有周期に対応するような傾斜角の変動がみられ, u 成分が大きな時刻に流れが吹き下げから水平に近づく傾向がみられた.

4. まとめ

山模型後流中では, 大きな水平応答前後で POD1 次モード形のような変動圧力パターンが支配的に橋梁模型に作用し, この時の流れは, 流れ主流方向から内側の風向で, 吹き下げから水平に傾斜角が変化しながら橋梁模型に作用している.

5. 今後の予定

大きな水平応答時の風速変動と, POD1 次モード形が生じる風速変動が異なっていることから, それらに対応する条件付サンプリングを行った変動圧力を用いて, 橋梁模型の応答解析を実施することにより, 橋梁模型の大きな水平応答への寄与の程度の比較を実施する予定である.

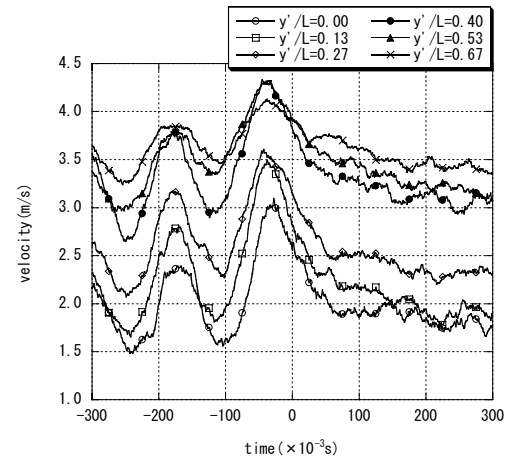


図4 水平応答による条件付サンプリング

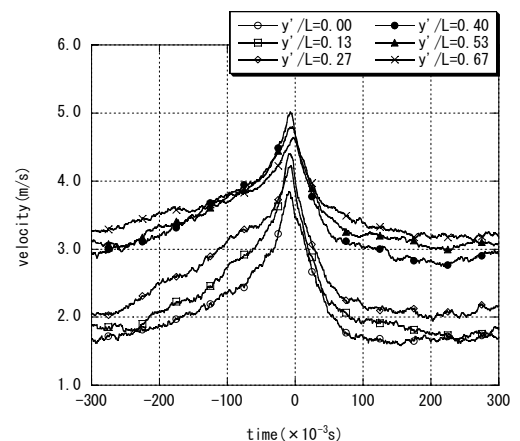


図5 POD1 次による条件付サンプリング

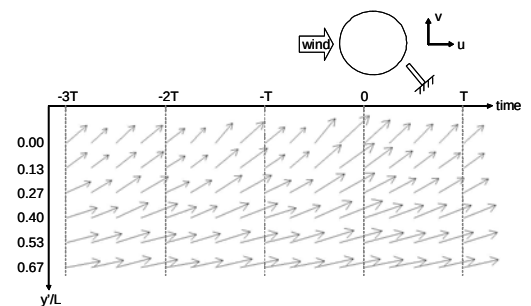


図6 変動風速, 風向のベクトル図
($z/H=0.00$, $(\bar{U} + u')-v$ 成分, 6m/s)

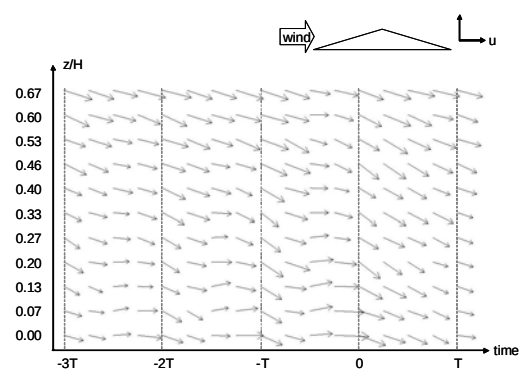


図7 変動風速, 風向のベクトル図
($y'/L=0.00$, $(\bar{U} + u')-w$ 成分, 6m/s)