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

九州工業大学大学院　正会員　○木村吉郎　　日立造船鉄構㈱　正会員　高倉和也(研究当時九州工業大学院)
九州工業大学大学院　学生員　豊田邦弘　　正会員　加藤九州男　　フェロー　久保喜延

1．はじめに

局所地形の影響を正確に考慮した橋梁の耐風設計手法の確立に向けた一段階として [1)]，本研究では，孤立峰後流中の片持ち梁模型に大きな水平応答が生じる原因について，変動風速，変動圧力，および応答を同時測定することにより検討した．

2．実験方法

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=135cm(半径 R=67.5cm)，高さ H=30cm の円錐形の山模型(D/H=4.5)を風洞内に設置し，その後流に片持ち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．片持ち梁模型は，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とし，固有振動数は 7.26Hz，対数構造減衰率は 0.075 である．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．片持ち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水平偏角を 40°とした．風洞風速は 4.0m/s，6.0m/s，8.0m/s とし，片持ち梁模型の水平応答，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．片持ち梁模型の 4.0cm 上流において，片持ち梁模型の軸方向に 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(図 1)，4.0m/s，8.0m/s においては 8 点の計 48 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．

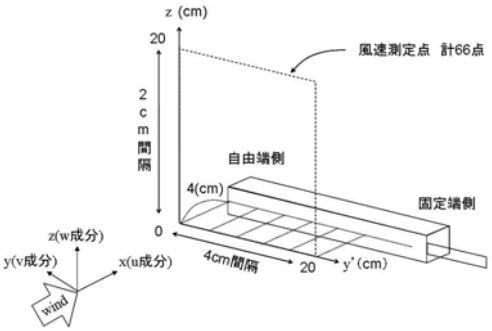
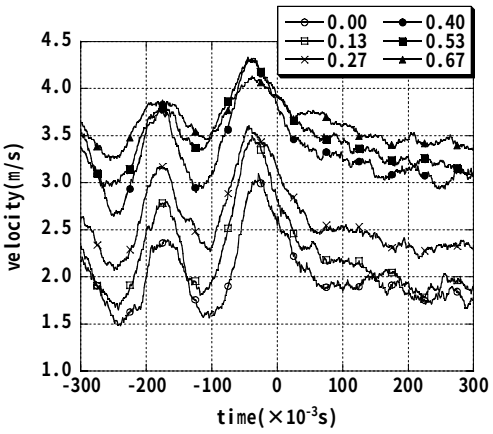
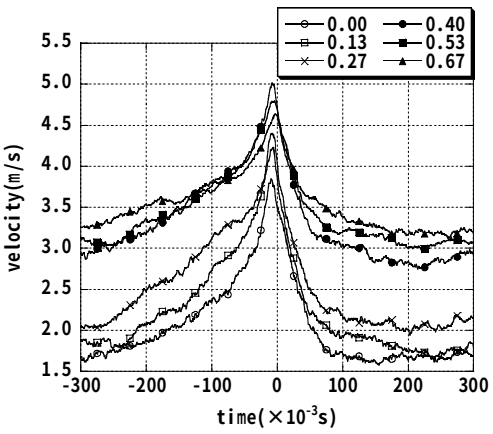


図 1 変動風速測定位置(6m/s)



(a)大きな水平応答によるサンプリング



(b)POD1 次モードによるサンプリング

図 2 u 成分の条件付サンプリング(6m/s)

3．実験結果および考察

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，模型に作用する変動圧力の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，σの 2.5 倍以上の大きな値の発生時を基準とし，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するというものである．

3.1 変動圧力の POD 解析　山模型後流中では，応答の条件付サンプリング前後で POD1 次モード形がほぼ同じであるが，境界層乱流中では条件付サンプリング前後で POD1 次モード形が異なる．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 35.1%増加し，大きな水平応答前後では POD1 次モード形の変動圧力パターンが模型に支配的に作用していると考えられる．

キーワード　ガスト応答，複雑地形，長大橋梁，条件付サンプリング，POD 解析
連絡先　　〒804-8550　北九州市戸畑区仙水町 1-1　　ＴＥＬ093-884-3466　ＦＡＸ093-884-3100

3.2 変動風速の条件付サンプリング　山模型後流中，風速測定位置 z/H=0.00 において，主流方向成分風速 u を大きな水平応答で条件付サンプリングした結果を図 2(a)に示す．変動風速のピーク発生時刻は模型軸方向位置（凡例の数値は y'/L）に関わらずほぼ一致しており，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，片持ち梁模型の固有周期(T=0.138s)に対応する風速変動がみられる．次に，POD1 次モードの変動圧力の時刻歴における，σの 2.5 倍以上のピーク発生時刻を基準とし，u 成分の条件付サンプリングを行った(図 2(b))．(a)と比較すると，変動風速ピーク前にみられた固有周期に対応する風速変動が，(b)ではみられない．

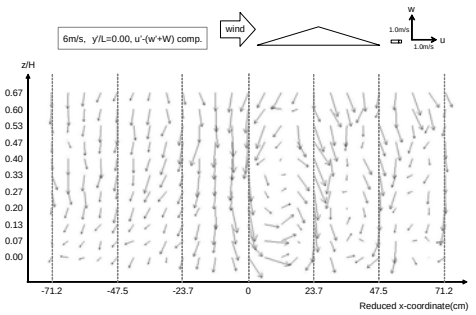
3.3 変動風速の構造の検討　時刻に－1 を乗じたものと各高さでの u 成分平均風速(U)の積を換算 x 座標(Reduced x-coordinate)と呼び，横軸にとることで，変動風速の空間的な構造の把握を試みた．模型高さにおける平均風速で 1/4 周期に相当する換算 x 座標毎に，変動風速の u'-w 成分をベクトル表示した．図 3(a)は大きな水平応答，(b)は POD1 次モードを条件にサンプリングしたもので，y'/L=0.00(最自由端)における結果である．(a)では模型高さ，換算 x 座標が正の領域で u'成分(u のうち変動成分)や w 成分が模型の固有周期の間隔で増減し，0cm の直前で u'成分が急激に大きくなった．(b)では換算 x 座標の正の値が小さくなるに従い，u'成分が徐々に大きくなり，換算 x 座標=0cm でピークが生じ，周期的な増減はみられない．(a)(b)ともに u'成分のピーク発生時，やや吹き降ろしの風向となっている．

3.4 応答解析　作用する変動圧力の測定値を条件付サンプリングしたものを用いて模型の応答解析を行った結果(図 4(a)(b))，解析結果は応答を概ね良く再現できた．大きな水平応答または POD1 次モードというサンプリング条件の違いによって生じる変動圧力特性の差によって，応答のピーク前の周期的な応答の有無が異なることが確かめられた．なお，サンプリングの条件の違いによって，応答の大きさが異なっている．これについては，POD1 次モードの大きな圧力変動が，概ね固有周期の間隔をあけて，2，3 回作用することによって，大きな水平応答によるサンプリング時に近い大きさの応答が生じることを，別途確認している．

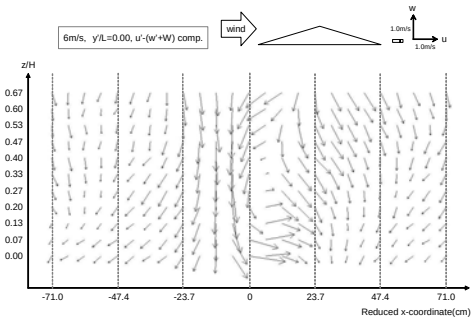
4．結論

山模型後流の橋梁模型に大きな水平応答が生じる場合には，模型には POD1 次モードで表されるような変動圧力のパターンが作用しているものと考えられた．そうした変動圧力のパターンが，概ね固有周期の間隔をあけて複数回作用することによって，大きな水平応答を条件としてサンプリングされるような応答が生じるものと推測された．また，そうした圧力パターンは，やや吹き降ろしの風向をもつ，急激に風速が増大するような流れによって生じていることがわかった．

参考文献　1）豊田邦弘他：土木学会第 62 回年講，1-171，2007.

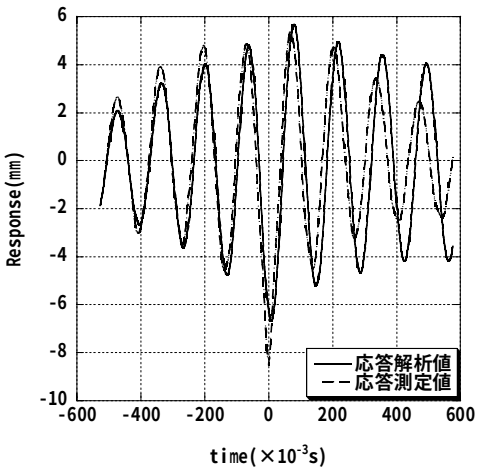


(a)大きな水平応答によるサンプリング

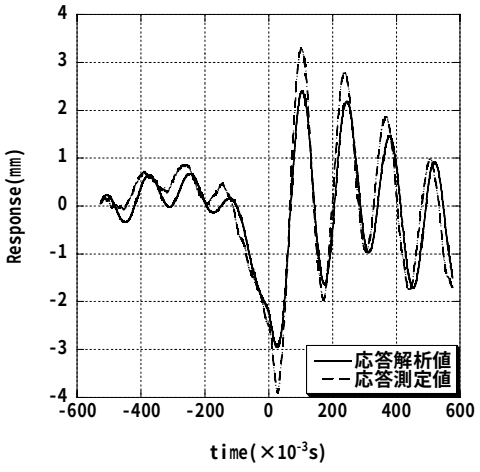


(b)POD１次モードによるサンプリング

図 3 山模型後流の流れの構造



(a)大きな水平応答によるサンプリング



(b)POD１次モードによるサンプリング

図 4 応答解析値と測定値の比較(6m/s)