

山の後流に位置する橋梁模型に作用する変動圧力と水平応答特性の検討

九州工業大学大学院 学生会員 ○小川洋史 原田英輔

九州工業大学 正会員 木村吉郎 久保喜延 加藤九州男

1.はじめに 山等の局所地形周辺に構造物を建設する場合，一様な境界層乱流中での応答特性では説明できない程大きなガスト応答が風によって生じることがあるため¹⁾，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．著者らは，そうした大きな応答の発生メカニズムの解明を目的とした一連の研究を行ってきたが²⁾，本報では山の後流に位置する橋梁に作用する変動圧力特性と水平応答との関係の検討結果を示す．

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 $D=135\text{cm}$ ，高さ $H=30\text{cm}$

の円錐形の山模型($D/H=4.5$)を風洞内に設置して，

その後流に橋梁模型を底面から高さ 3.7cm の位置に

設置した状態で行った²⁾．橋梁模型は1辺の長さ

2.0cm ，スパン 30cm の正方形角柱，固有振動数は

9.8Hz の片持ち梁模型を用いた．座標は，山の底面

の中心を原点とし，流れ主流方向を x 軸，水平方向

左岸向きに y 軸をとって示す．山の後流中では，既往の研究に

おいて大きな水平応答が生じた， $(x, y)=(100, -10)$ ， $(120,$

$-10)\text{cm}$ の位置に橋梁模型の自由端を設置し，流れ直角方向から

の水平偏角 β を 0° ， 40° （自由端は風上側かつ x 軸側）とし

た4ケースを測定した．また，境界層乱流中でも水平偏角 β が

0° ， 40° について測定した．橋梁模型の圧力測定点位置を図1

に示す．境界層外の風洞風速 6.0m/s において測定し，サンプリング

周波数 1000Hz ，測定時間は10分間とした．

3.結果および考察

3.1 POD解析 模型に作用する変動圧力分布の特性把握のため

に，POD解析を実施した．（条件付き）サンプリング後とは，

標準偏差の2.5倍以上の大きな応答が発生した時刻を基準として

前後 0.15sec の応答および変動圧力を抽出し，得られたデータ

をアンサンブル平均したデータをPOD解析したもので，大きな

応答を生じさせる平均的な変動圧力パターンに対応するもの

と考えられる．山の後流中及び境界層乱流中での1～5次モード

の寄与率を表1,2に示す．条件付きサンプリング後では，全

てのケースにおいて，変動圧力の1次モードの寄与率は大きく

支配的となっている．従って，1次モードの圧力変動パターン

が橋梁模型に大きな応答を生じさせると考えられる．この1次

モードのモード形（図2(a)）は，風上面と風下面で圧力の符号

が正負逆になり，模型全体に比較的一様な圧力が作用

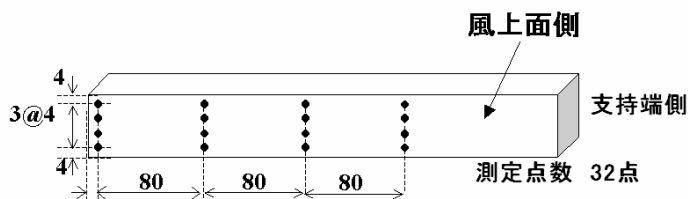
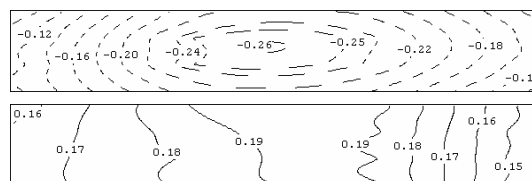


図1 圧力測定橋梁模型(単位 mm)

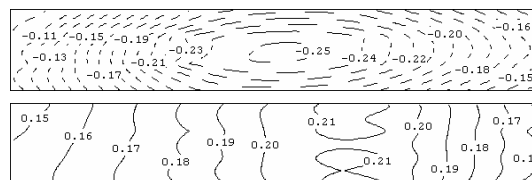
表1 POD 解析の各モード寄与率

(山の後流中, $x = 100\text{cm}$)

モード	サンプリングなし		サンプリング後	
	$\beta = 0^\circ$	$\beta = 40^\circ$	$\beta = 0^\circ$	$\beta = 40^\circ$
1	40.4	46.1	67.4	80.8
2	18.7	14.7	16.6	12.2
3	12.5	10.5	10.8	2.6
4	8.0	5.6	1.6	0.9
5	4.6	4.7	0.8	0.8



(a) 条件付きサンプリング後



(b) 条件付きサンプリングなし

図2 POD 解析による1次モード形

(山の後流中, $x = 100\text{cm}$, $\beta = 40^\circ$)

上:風上面,下:風下面,左側:自由端)

キーワード；山の後流，ガスト応答，POD 解析，条件付サンプリング，風洞実験

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

するモードパターンである．山の後流中では，条件付きサンプリングなしの場合でも1次モードの圧力パターンはほとんど変わらない（図2(b)）．つまり，山の後流中ではこうした変動圧力パターンが頻繁に作用するため，橋梁模型の応答が大きくなるものと考えられる．一方境界層乱流中では，このような変動圧力パターンはサンプリングなしでは存在せず，大きな応答が生じる際には，複数の変動圧力のモードパターンが組み合わさることによって，このような大きな応答を生じさせるパターンを形成するものと考えられる．これが，境界層乱流中の応答が相対的に小さい理由と考えられる．

3.2 相互相関 図3，4は，POD解析で得られた変動圧力のモード座標時刻歴と水平応答時刻歴との相互相関を求めたものであり，相互相関係数の正負はPOD解析によって得られた固有モードの正負に応じたものである．

山の後流中の $x = 100\text{cm}$ ， $\beta = 40^\circ$ のケースで，モード座標時刻歴と水平応答時刻歴との相互相関を求めたところ，1次モードは時間差 $\tau_0 = -6\text{ msec}$ で相互相関係数の最小値 -0.832 をとるのに対し，2次モード以上では相互相関係数の絶対値は最大でも 0.26 以下と小さい．すなわち水平応答と1次モードとの相互相関は，他のモードに比べて極めて高くなっている（図3）．すなわちこの結果も，1次モードの圧力変動パターンの作用が応答を効率的に生じさせることを示すものとも考えられる．しかし，1次モードの τ_0 の値が，固有周期の6%程度と，変動圧力が作用してから応答の最大値が生じるものとするとき小さ過ぎるため，さらに検討が必要である．

境界層乱流中の水平偏角 $\beta = 40^\circ$ の場合では，1次モードは $\tau_0 = 0\text{ msec}$ で相互相関係数の最大値が 0.618 ，3次モードは $\tau_0 = -1\text{ msec}$ で相互相関係数の最小値が -0.526 ，その他のモードは相互相関係数の絶対値は最大でも 0.09 以下と小さい．すなわち1次と3次の影響が大きい（図4）．条件付きサンプリングなしの場合，1次のモード形は風上面で自由端に向かって圧力が増加し（図5），風下面では自由端に向かって圧力が減少し，3次のモード形は風上面では模型全体に一樣な負の圧力が作用し（図6），風下面では模型中央下端部を中心とする正の圧力が一樣に作用するモード形であった．境界層乱流中の水平偏角 $\beta = 40^\circ$ では，1次と3次の変動圧力モードが組み合わさることによって図7（サンプリング後）のようなモード形を形成し，応答を効率的に生じさせるものと考えられる．

[参考文献]

- 1) 秋山他：多々羅大橋の大型風洞試験(第2報)，本四技報，vol.21，pp.30-36，1997
- 2) 木村他：第18回風工学シンポジウム論文集，pp.443-448，2004

表2 POD解析の各モード寄与率
(境界層乱流中)

モード	サンプリングなし		サンプリング後	
	$\beta = 0^\circ$	$\beta = 40^\circ$	$\beta = 0^\circ$	$\beta = 40^\circ$
1	16.7	22.7	58.2	76.9
2	13.7	16.8	9.2	7.4
3	12.6	12.9	8.3	3.1
4	11.8	10.1	6.6	2.8
5	10.3	8.2	4.6	2.2

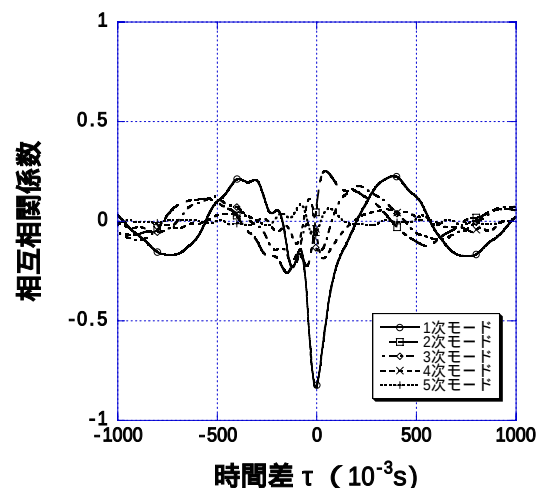


図3 モード時刻歴と応答時刻歴の相互相関
($x=100\text{cm}$, $\beta=40^\circ$, 山あり)

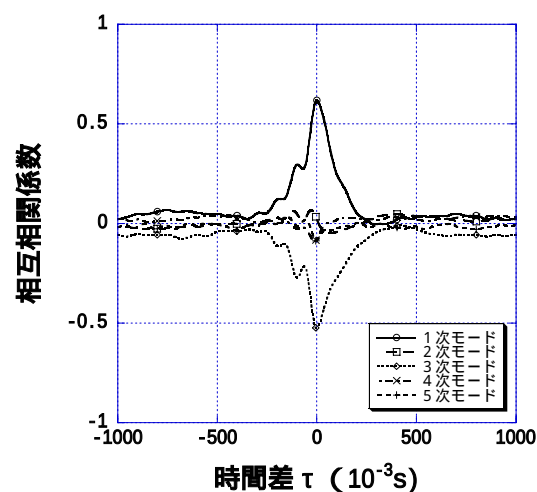


図4 モード時刻歴と応答時刻歴の相互相関
($\beta=40^\circ$, 境界層乱流中)

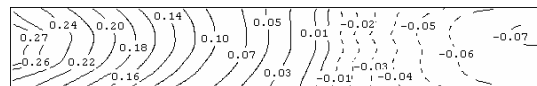


図5 境界層乱流中の1次モード(風上面, 前)

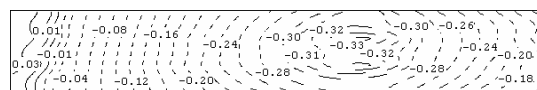


図6 境界層乱流中の3次モード(風上面, 前)

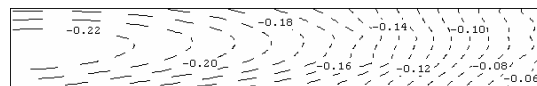


図7 境界層乱流中の1次モード(風上面, 後)