

I - B 323 円錐形の山の後流中に位置する橋梁模型のスパイク状応答と風速変動特性

東京大学工学系研究科 正 員 木村吉郎

東京大学工学系研究科 フェロー 藤野陽三

バングラデシュ工科大学(研究当時東京大学大学院生) ウダイ K. ロイ

1. はじめに 複雑地形中に位置する橋梁に作用する気流は周辺地形の影響をうけるため、例えば本州四国連絡橋公団により行われた多々羅大橋の全橋模型実験においては¹⁾、スパイク状の鉛直応答など通常のガスト応答とは特性の異なる応答が観測された。こうした特異な応答の発生原因を明らかにすることを目的として、ここでは単純化した形状として円錐形状をもつ山の後流で観測された平板片持ちばり模型のスパイク状の応答が²⁾、風速変動のどのような特性によって生じているかを検討した結果を報告する。

2. 風洞実験の概要 実験は東京大学工学部の縦置回流型風洞(幅1.5m×高さ1.8m×長さ11m)で、 $\alpha=0.13$ 、高さ20cmにおける乱れの強さが約10%の接近流を用いて行った。山の模型は底面直径90cm、高さ20cmの円錐形、橋梁の模型は平板片持ちばり模型で、スパン長さ223mm、幅16mm、厚さ0.5mmの桤製の平板を、高さ23mmの位置に鉛直方向に振動するように片持ち支持した(固有振動数:

7.3Hz、対数減衰率:0.19)。模型の水平偏角 β の定義とともに、模型自由端の設置位置の座標の定義を図1に示す。比較対象として、山の模型のない接近流中においても応答および変動風速を測定している。変動風速の測定にはスプリットフィルムプローブを用いた³⁾。なお測定は、接近流の境界層外における風速=1.6m/sにおいて、サンプリング周波数1kHz、サンプリング時間5分で行った。

山の後流中における模型の鉛直応答は、振幅が大きくなるに従い、下向きの応答が卓越する傾向が見られた。本研究ではスパイク状の大きな応答に着目しているため、以下、下向きの大きな応答を生じさせる気流変動の特性について検討することとした。

山の後流中においては、鉛直変動風速の尖度は5以上となりスパイク状の変動を示すが(接近流中ではほぼ3)、スパイク状の応答に着目して変動風速の時刻歴を調べたところ、スパイク状の応答は、一般的に模型の固有振動数よりも高い周波数をもつスパイク状の変動風速とは対応していないことがわかった。スパイク状の大きな応答(72.3秒付近)と鉛直変動風速の時刻歴の典型例を図2に示す。

3. 条件抽出により得られた気流変動の特性 下向きのスパイク状の応答を生じさせる変動風速の特性を捉えるために、模型の応答と鉛直変動風速を同時測定し、下向きの模型応答の時刻歴が応答のRMSの3倍を超えるピーク(60~70個存在)をとる時刻を基準としてその前後の変動風速の時刻歴を切り取り、アンサンブル平均を取った。模型は、 $x=80\text{cm}$ 、 $y=-15\text{cm}$ の位置に自由端が位置するように設置した。

応答と、模型自由端とそこから Δs だけ離れた2点における鉛直変動風速を同時測定し、上述の条件抽出により、スパイク状の応答が生じる際の自由端から Δs 離れた点における下向き変動風速の最大値と自由端における下向き変動風速の最大値の比をとり、さらに模型応答で正規化したプロットにより、スパン方向の相関が、水平偏角 β によってどのように異なるかを示したのが図3である。接近流中においては β による差は見られないが、山の後流中では $\beta=40^\circ$ における方が相関がかなり大きくなっている。これは、水平偏角を変化させた場合に応答が $\beta=40^\circ$ において大きくなっていることや、時刻歴応答解析結果からの推察と整合する²⁾。したがって山の後流中でスパイク状の応答を生じさせる変動風速は、主流直角方向とは異なる角度をもつ軸に沿って高い相関を持つと考えられる。

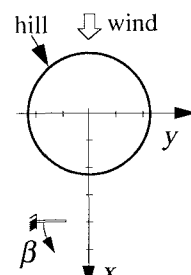


図1 座標の定義

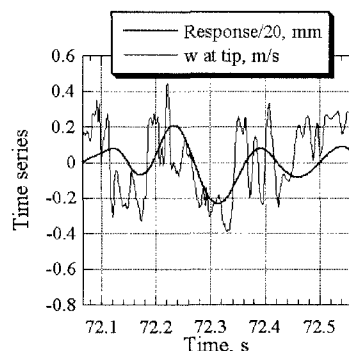


図2 鉛直変動風速とスパイク状の応答の時刻歴の典型例

キーワード: ガスト応答, 複雑地形, スパイク状応答, 条件付きサンプリング, 後流

連絡先: 〒113-8656 文京区本郷7-3-1 東京大学土木工学科 tel: 03-3812-2111(ext. 6097), fax: 03-5689-7292

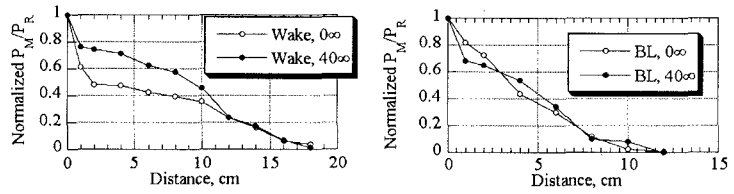
模型自由端位置における条件抽出・平均された鉛直変動風速とスパイク状の応答の時刻歴を図4に示す。山の後流中ではスパイク状の応答が生じる時間帯付近で風速変動が顕著に大きく

なっているのに対し（図4(a)），境界層乱流中ではそれほど顕著ではない（図4(b)）。図5(a)には，図4(a)と

同様の時刻歴を，主流方向変動風速成分 u と合わせて示す。スパイク状の応答が発生する時刻付近では， u 成分も比較的ゆっくりとした特徴的な変動を示し，大きなスケールの流れの変動の存在がうかがわれる。図5(b)は，模型位置よりも4cm上方における変動風速と模型応答の条件抽出・平均された時刻歴を示しているが，高さが異なると，変動風速，特に u 成分の特性がかなり異なっている。別途行った流れの可視化によると，水平面内のスリット光をあてた場合に，山の底面の半径程度の直径をもつ大きな渦状の流れの構造が非定常的に発生し，片持ちばり模型の大きな鉛直応答は，この渦状の構造の前端が模型を通り過ぎた時間帯に生じることが多かった。図2，4，5に基づく以上の考察から，山の存在により発生する比較的大きなスケールの過渡的・非定常な特性をもつ流れの変動が，橋梁の特異なガスト応答を生じさせていることが推察される。

4. まとめ 円錐形状の山の後流中において観測されるスパイク状の応答は，通常の境界層乱流中でみられる大きなガスト応答とは異なる特性をもつ変動風速により生じていることが推察された。こうした変動風速を生じさせる流れの構造の詳細については今後さらに検討していく必要がある。

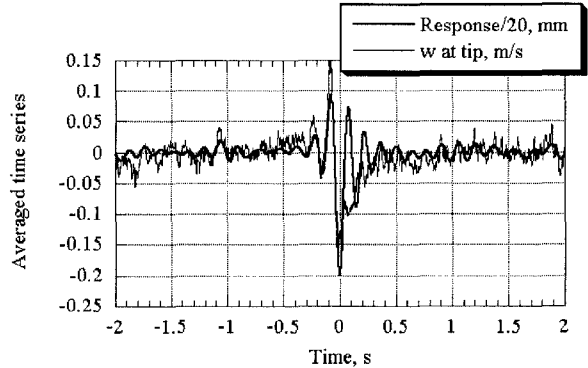
参考文献：1)宮田他:第14回風工学シンポジウム，521-526,1996. 2)木村他:第15回風工学シンポジウム,371-376,1998. 3)孟・日比:日本風工学会誌,No.73, 3-14,1997.



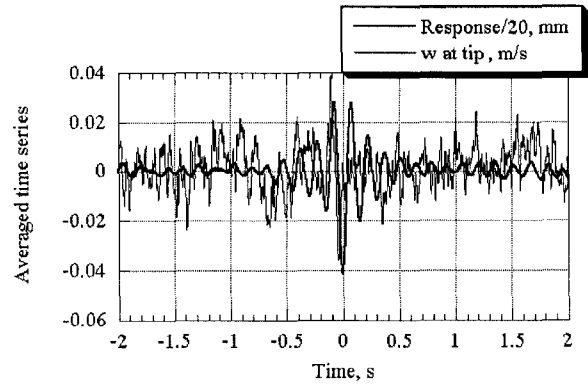
(a) 山の後流中

(b) 境界層乱流中

図3 スパイク状の応答を生じさせる鉛直変動風速の相関

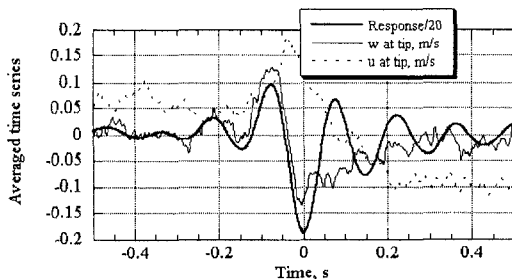


(a) 山の後流中

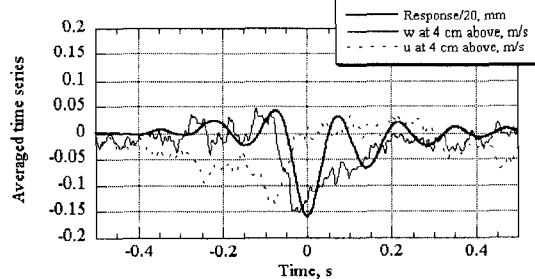


(b) 境界層乱流中

図4 スパイク状の応答に対応する鉛直変動風速



(a) 模型高さ



(b) 模型高さよりも4cm上方

図5 スパイク状の応答に対応する水平および鉛直変動風速