

I - B44

円錐形の山の後流中における片持ちばり橋梁模型の応答特性

東京大学大学院工学系研究科

正 員 木村吉郎

学生員 荅口聖史

学生員 Uday K. Roy

フェロー 藤野陽三

1. はじめに 複雑地形中に位置する橋梁の対風応答に関しては、気流が周辺地形の影響をうけるため特異な応答が生じる可能性があり慎重な検討が必要である。実際本四公団により行われた多々羅大橋の全橋模型実験では、架設地点近傍にある山の後流に橋梁が位置することとなる風向で、水平応答が大きくなる、鉛直応答がピーク状となり非定常性が大きくなるなど、通常のカスト応答とは特性の異なる応答が特に架設系において顕著に観測された¹⁾。そこで、山の後流に位置する橋梁の応答特性を明らかにするために、形状を単純化した模型を用いて風洞実験を行った。ここでは特徴的な応答がみられた鉛直応答について記述する。

2. 実験方法 山の模型は直径90cm、高さ20cmの円錐形で、表面にはタオル布地を貼り付けて粗度を大きくした。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の桧製の平板を、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。固有振動数は7.3Hz、対数減衰率は0.19である。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を図1に黒点で示す。応答は自由端近傍の変位をレーザー変位計で測定し、サンプリング周波数50Hz、測定時間5分で記録した。 β は-20, 0, 20, 40と、140, 160, 180, 200deg.の8ケースについて行ったが、山の後流の左右で流れの特性は対称と考え、実験結果の図においては後半4ケースについては β がそれぞれ40, 20, 0, -20deg.で設置位置を y 座標の正負を逆にしたものとして表示することとした。風洞は回流型風洞（幅1.5m×高さ1.8m×長さ11m）を使用し、気流はべき指数0.13の境界層乱流とした。気流の特性は位置によって異なるが、乱れの強さの大きい $y = 5\text{cm}$ の位置において、 $I_u = 43 \sim 54\%$ 、 $I_w = 28 \sim 31\%$ であった。

乱れが極めて大きいため、変動風速の測定にはスプリットファイバースプロブを用いた。なお模型応答の測定は、すべて境界層外における風速が1.6m/sにおいて行った。

3. 実験結果 設置位置による応答振幅の違いを $\beta = 0\text{deg.}$ のケースについて図2に示す。山中心位置から下流方向への距離が50から70cmと大きくなるにつれて鉛直応答振幅は大きくなる傾向があり、また、自由端の主流直角方向位置が $y = 5$ または-15cmの位置付近において応答が大きい。なお設置位置によっては、上述の多々羅大橋全橋模型実験と同様、ピーク状の応答が観測された。その程度を、尖度（無次元化された4次のモーメント）で表すことにする。通常境界層乱流中での応答では尖度は3程度の値をとるが、図3に示した $\beta = 0\text{deg.}$ のケースにおける設置位置による尖度の違いをみると、観測される顕著なピーク状の応答に対応して、尖度は6以上の大きな値をとる場合もある。

次に、水平偏角の違いによる鉛直応答の大きさの違いを図4に示す。模型設置位置の y 座標が正の場合には、 β が-20, 0, 20, 40deg.となるにしたがって応答が大きくなる傾向がある。 y 座標が負の場合にはこの傾向は逆転する。

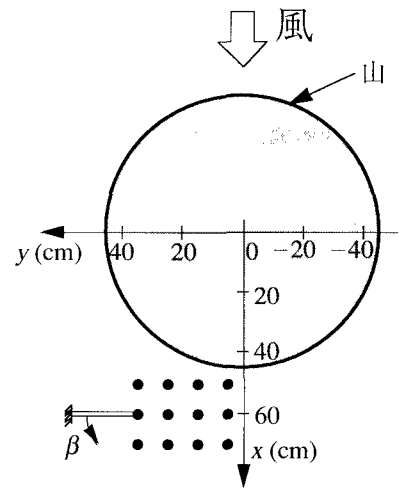


図1 模型自由端設置位置

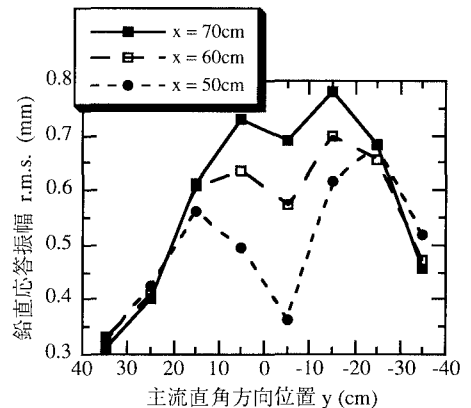


図2 設置位置による応答振幅の違い

キーワード：ガスト応答、複雑地形、架設時斜張橋、水平偏角、風洞実験

連絡先 〒113-8656 文京区本郷7-3-1, TEL: 03-3812-2111 (ext. 6097), FAX: 03-5689-7292

4. ピーク状の応答に対する時刻歴応答解析 模型において観測されたピーク状の鉛直応答が、変動風速の特性によってどの程度説明できるかを調べるために、鉛直変動風速と模型鉛直応答を同時に測定し、観測された変動風速を用いた時刻歴応答解析を行い、応答解析結果と比較した。測定は、自由端を $x = 70\text{cm}$, $y = 15\text{cm}$ の位置において、 $\beta = 0$ および 40deg のケースについて行った。鉛直変動風速は、模型の1cm上流側で、自由端位置（点A）と、自由端から模型軸方向支持部向きに15cmの位置（点B）の2点において測定した。この測定ではデータのサンプリングは風速、応答ともに500Hzとした。

時刻歴応答解析は準定常空気力に基づき、I.点Aにおける変動風速を用いる、II.点Bにおける変動風速を用いる、III.点Aと点Bの2点の変動風速を用いる、の3ケースについて解析した。IおよびIIのケースについては模型スパン全体で、IIIについては模型スパンの2つの部分内において、ガスト空気力の空間相関を1としていることになる。空力アドミッタンスを用いておらず、空間相関も大きく見積もっていることから解析値は測定値よりも値が大きくなる。ここでの目標は変動風速の特性によってピーク状の応答が説明できるかどうかということなので、まず測定データ全体について解析し、得られた応答振幅のr.m.s.で無次元化した応答を、測定値を測定値の応答振幅のr.m.s.で無次元化したもの比較することとした。ピーク状の応答測定値の中で、振幅がr.m.s.の5倍程度の大きいものを12個抽出し（p1～p12）、それぞれのピークの3/4周期程度前の応答測定値を初期条件としてピーク発生時刻付近の応答解析を行ない、無次元化された応答を比較した。両者の一致の程度を、良好（○）、不良（×）、どちらともいえない（△）、の3種類にわけて、ピーク毎に表示したのが表1である。 $\beta = 0\text{deg}$.（表1(a)）では、自由端部での風速（ケースI）が応答をほぼ説明している。説明できないピークは、少しの位置の違いによって変動風速がかなり異なっているためと考えられる。また2点の風速を考慮したケースIIIでも整合性はあまり向上しないことから、スパン方向の空間相関が大きくなることによってピーク状の応答が生じるという可能性は小さいのではないかと推察される。一方 $\beta = 40\text{deg}$.（表1(b)）では、 $\beta = 0\text{deg}$.よりも整合性が良くなっている。また、自由端部以外の位置における変動風速もピーク状の応答をかなり説明できる（ケースII）ことから、 $\beta = 40\text{deg}$.の軸に沿ってピーク状の応答を生じさせる変動風速の相関が高い、すなわち $\beta = 40\text{deg}$.の軸に沿うように渦の軸が傾いている可能性がある。この推察は、図4の結果とも整合する。

ただし現在の時点では、変動風速の測定や可視化の結果からは確実にはこの推察を支持できておらず、さらなる検討が必要である。

<参考文献>1) 宮田・佐藤・鳥海・大谷, 第14回風工学シンポジウム, 521-526, 1996.12.

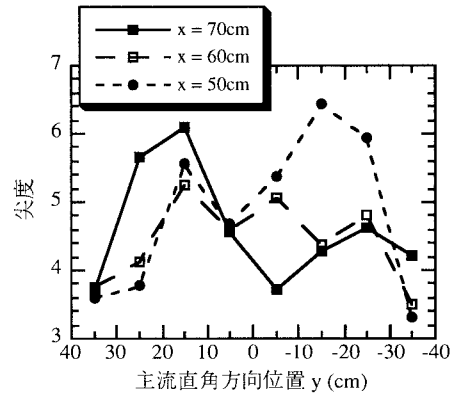


図3 設置位置による尖度の違い

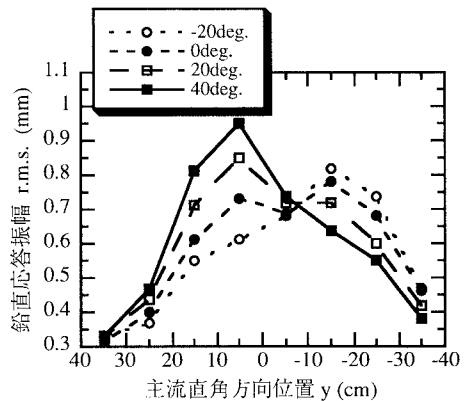


図4 水平偏角による応答振幅の違い

表1 ピーク状応答の解析値と測定値の一致の程度
(a) $\beta = 0\text{deg}$. (b) $\beta = 40\text{deg}$.

	I	II	III
p1	×	×	×
p2	×	×	×
p3	△	△	△
p4	○	×	○
p5	△	×	△
p6	△	×	△
p7	△	△	△
p8	○	×	○
p9	○	△	○
p10	×	×	×
p11	△	△	△
p12	△	×	△

	I	II	III
p1	△	×	△
p2	○	△	○
p3	○	△	○
p4	○	×	○
p5	○	○	○
p6	△	△	△
p7	○	△	○
p8	△	×	△
p9	△	○	△
p10	△	○	○
p11	○	△	○
p12	○	△	○