

建設省土木研究所 正員 佐藤弘史

建設省土木研究所 正員 横山功一

## 1. まえがき

連続箱桁橋を対象とした風洞実験によると、一様気流中では高風速で発散的な鉛直たわみ振動が発現するが、乱流中では振動変位の増加の割合がやや穏やかになり、不規則な鉛直たわみ振動に性状が変化することが知られている(1)(2)。また、強制振動法により計測した空力減衰によれば、一様気流中では高風速で空力減衰が正から負に変化し、この負減衰が発散的な振動に対応していること、乱流中では空力減衰が負となる風速が高まり、不規則な振動が発現する風速領域では空力減衰が正であること、などが明らかにされている(2)。したがって、乱流中の連続箱桁橋模型で観測された不規則振動は接近流の乱れあるいは橋桁後流の渦による強制空気力により説明できるものと考えられる。ここでは箱桁橋の1径間弾性模型の対風応答データより推定した強制空気力について報告する。

## 2. 対風応答測定実験(3)

実験は土木研究所のフラッター風洞（測定部は幅2.5m、高さ4m、長さ10m）で実施した。スパイアおよび床面粗度により3種類の乱流を発生させた。乱れの強さ $I_u$ は乱流1が7.7%、乱流2が11.4%、乱流3が20.3%であり、乱れのスケール $L_{xu}$ はいずれも約0.35mであった。

模型長、幅員、桁高はそれぞれ1.65m、0.1m、0.05mであり、模型の断面形状（上フランジ幅0.1m、下フランジ幅0.045m、ウェブは鉛直で高さは0.05m）、質量は橋軸方向に一様であった。無次元質量および構造対数減衰率はそれぞれ33および0.02であり、模型の剛性は単純支持されたアルミニウム棒で付与し、第1次の固有振動モードは正弦波形であった。風速と径間中央の鉛直たわみ振動変位rmsとの関係を図-1に示す。

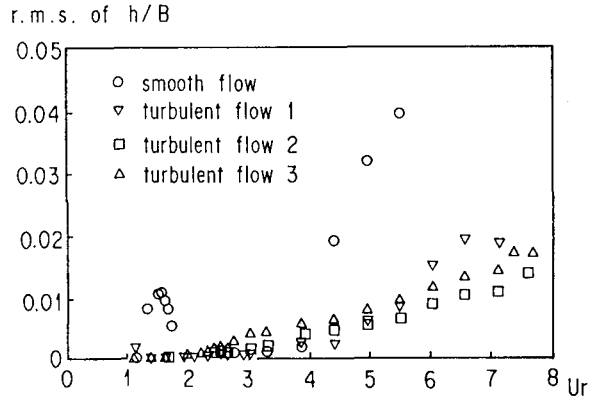


図-1 風速と対風応答との関係

## 3. 振動変位のパワースペクトル密度関数(PSDF)

無次元風速3付近の振動変位のPSDFを図-2に示す。一様気流中の振動変位のPSDFには2つの卓越したピークがあり、このうち低い振動数のピークは強制空気力のピークに、高い振動数のピークは第1次固有振動数にそれぞれ対応している。乱流1では強制空気力に対応するピークが相対的に低下し、乱流2、3と乱れ強さが大きくなるに従いこのピークはほとんど認められなくなる。

## 4. 強制空気力のPSDF

応答のPSDFより強制空気力の無次元化PSDFが第 $i$ 次の一般化外力の形で次式のように推定される。

$$f_{SCLCL}(f) |J_i(f)|^2 / l^2 = f_{Sqiqi}(f) (M_i(2\pi f_i)^2 / (0.5 \rho U^2 B l))^2 / |H_{si}(f)|^2$$

$$|H_{si}(f)|^2 = ((1 - (f/f_i)^2)^2 + (\delta_i + \delta_{ai})(f/f_i)/\pi)^{-1}$$

ここに、 $B$  ; 橋梁幅員、 $CL$  ; 変動揚力係数、 $f$  ; 振動数、 $f_i$  ; 第 $i$ 次の固有振動数、 $h$  ; 鉛直たわみ振

動変位、 $|J_i|^2$ ；第  $i$  次モードのジョイントアクセプタンス関数、 $l$ ；橋長、 $M_i$ ；第  $i$  次モードの一般質量、 $q_i$ ； $h$  の第  $i$  次モードの一般座標、 $S$ ；パワースペクトル密度関数、 $U$ ；平均流速、 $\delta i$ ；第  $i$  次モードの構造対数減衰率、 $\delta a_i$ ；第  $i$  次モードの空力対数減衰率、 $\rho$ ；空気密度

第1次モードに着目した推定結果を図-3に示す。一様気流中における強制空気力は鋭いピークをもっているため、この空気力の第1義的な要因は後流の渦によるものと考えられる。乱

流中ではピークの無次元振動数は一様気流中に比べ小さくなる。乱れ強さがそれほど大きくない場合には、乱れはこのピークを低下させ、幅を広くする効果があると思われる（一様気流、乱流1、乱流2）、乱れ強さが大きい場合には乱れは空気力のパワーを増加する効果があると思われる（乱流3）。

## 5. まとめ

連続箱桁橋を対象とした乱流中での風洞実験で観測される不規則な鉛直たわみ振動は強制的な空気力に起因するものであり、この空気力の第1義的な要因は後流の渦であると考えられる。

## 謝辞

本調査を行うにあたり、実験およびデータ処理に関して協力頂いた構造研究室諸氏に謝意を表す。

## 参考文献

1. 成田、山本、佐藤：長大連続箱桁橋の対風応答特性について、第7回風工学シンポジウム
2. 横山、佐藤、中神、神崎：連続箱桁橋の対風応答に及ぼす構造減衰と気流の影響、第9回風工学シンポジウム、
3. 横山、中神、福富：一様流中および乱流中における箱桁断面の空力特性調査、第41回土木学会年講

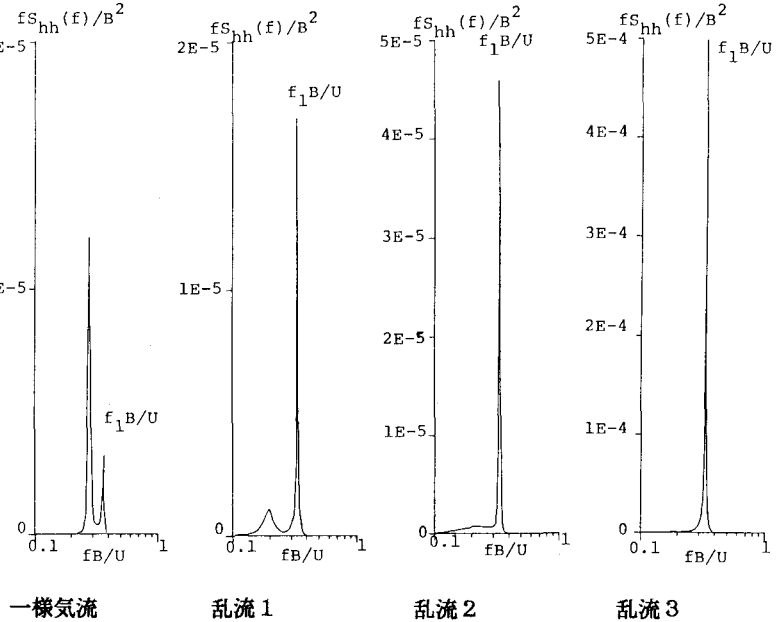


図-2 振動変位のPSDF

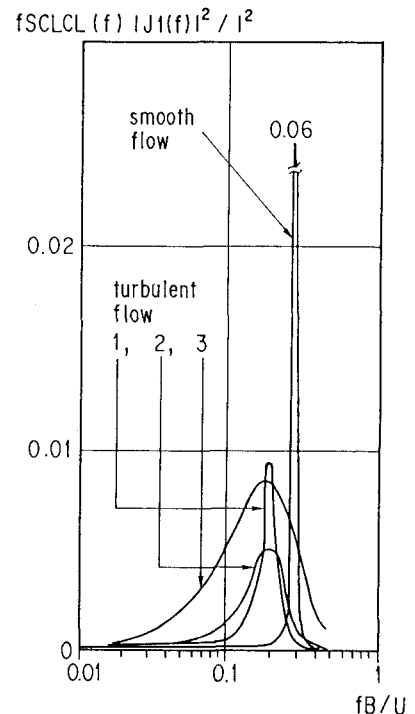


図-3 強制空気力のPSDF