

日本鋼管(株) 正員 國部 好洋
正員 武田 勝昭

<1> まえがき

筆者らは、前報¹⁾において、基本的な矩形断面に関する2次元および3次元実験の結果を比較し、このような断面については振動モード等の3次元的効果が比較的小さいことを示した。これに続いて、本研究では実際の橋梁により近いような断面について、2次元実験(バネ支持実験)および3次元実験(タウトストリップ実験)を行ない、応答振幅等について、比較した。また、振動モードおよび空気力の振幅非線形性を考慮して、2次元実験の結果から3次元模型の振幅を推定することを試みた。以下に、実験の概要および計算の結果について報告する。

<2> 実験内容

実験には、図1に示したような、箱桁断面としてごく一般的な形状の模型を使用した。3次元実験は、2本の平行に張ったピアノ線(0.8mmφ, 間隔60mm)に、長さが100mmの模型を1mmの間隔をおいて、16個取り付けを行なった。初期加振には、小型の電磁加振器を用い、たわみ変位の計測は、すべて $l/2$ 点(l : 模型全長、 $l=1615$ mm)において、光学式変位計により行なった。対象としたモードは、対称1次である。バネ支持実験は、通常の方法に従った。両実験とも迎角は 0° である。表1に、2次元および3次元実験の実験条件を示す。

<3> 実験結果の比較

図2～図4は、各モデルの応答振幅を示したものである。図の横軸は無次元風速 $V/(f_0 D)$ (V : 風速、 f_0 : 固有振動数、 D : 桁高)、縦軸は無次元振幅 $\bar{Y}/D$ ($\bar{Y}$: たわみ振幅)である。いずれのモデルについても、振幅のピーク値は、3次元実験のほうが10～20%大きくなっている。基本矩形断面の場合には、3次元実験のピーク値のほうが小さい¹⁾ことを含めて考えると、空気力の振幅依存特性が断面形状によって異なることが予想される。いずれにしても、空気力の振幅依存性および振動モードなどの3次元性のトータルとしての影響は、それほど大きなものではなく、前報¹⁾および本研究で使用した模型に関する限り、2次元実験と3次元実験の結果には、大きな差異はないと考えられる。従って、一様流では、2次元実験で発現する振幅を3次元系の振幅の目安とすることはできよう。

<4> 強制型空気力を用いた振幅推定

作用する空気力が強制外力的であると仮定すれば、バネ支持実験模型の運動方程式は、式(1)となる。

$$m\ddot{Y} + c\dot{Y} + kY = 1/2 \rho U^2 B \exp(i\omega t) \quad (1)$$

ρ : 空気密度、 U : 風速、 B : 桁幅、 ω : 渦の放出振動数
ある風速で、定常振動 $Y = \bar{Y} \exp(i(\omega t - \alpha))$ が発生する場合の空気力係数 C_L は、式(2)によりもとめられる。

$$C_L = \frac{2m\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (2h\omega_0\omega)^2}}{\rho U^2 B} \cdot \frac{\bar{Y}}{B} \quad (2)$$

ω_0 : 固有振動数、 h : 構造減衰定数、 $\bar{Y}$: 定常振幅

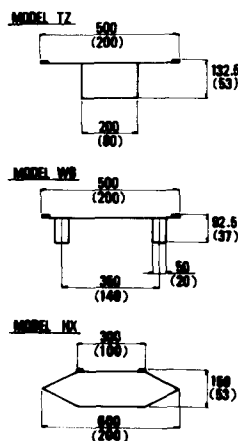


図1 模型断面

表1 実験条件

MODEL	項目	3次元実験	2次元(バネ支持)実験	
			所要値	実際値
T Z	質量 m (kg/m)	0.1286	0.8038	0.8026
	振動数 f_0 (Hz)	7.17	—	2.09
	構造減衰 δ_0	0.015	0.015	0.015
		~0.02	~0.02	~0.02
W B	質量 m (kg/m)	0.1241	0.7588	0.7596
	振動数 f_0 (Hz)	7.37	—	2.13
	構造減衰 δ_0	0.015	0.015	0.015
		~0.025	~0.025	~0.020
H X	質量 m (kg/m)	0.1235	1.1115	1.1067
	振動数 f_0 (Hz)	7.16	—	1.77
	構造減衰 δ_0	0.015	0.015	0.015
		~0.035	~0.035	~0.040

空気力係数 C_L は、一般に無次元風速と振幅の関数になるが、本研究では、無次元風速をパラメータとし、ある無次元風速における C_L の振幅依存性を次の方法で評価した。

- ① 構造減衰を変えたバネ支持実験をいくつか行なう。
- ② ある無次元風速を考え、各実験データからその風速における定常振幅と振動数を検出する。
- ③ 式(2)による C_L を無次元振幅に対してプロット

図5は、Model WBについて、無次元風速をパラメータとして、空気力係数の振幅依存性を示したものである。振動モードおよび空気力の振幅非線形性を考慮した3次元系の応答振幅は、

$$\bar{Y}_3 = \frac{1/2 \rho U_0^2 B_3 \int C_L \phi dx}{\int m_3 \phi^2 dx \sqrt{(\omega_{03}^2 - \omega_3^2)^2 + (2h \omega_{03} \omega_3)^2}}$$

添字3は3次元系を示す。 ϕ :モード関数

図2～図4には、各Modelについてストリップ理論を適用して計算した結果も示した。計算値と3次元実験値は一致するとは言えないが、振幅のピーク値を与える風速は、3次元実験に近くなっている。図5によると V_R が9.7までは、振幅が大きな領域で C_L が小さい傾向を示している。従って、式(3)の一般化外力が、2次元実験($\phi=1$)の場合に比較して大きくなることが要因であると考えられる。振幅が一致しない原因として、現在のところ空気力の空間相関を無視していることを考えており、今後適当なモデル化を試みる予定である。

(参考文献) (1) 武田、藤澤、園部「基本矩形断面の鉛直たわみ応答振幅-2、3次元風洞実験結果の相互比較」土木学会第38回年講概要集(I-288) 1983.9

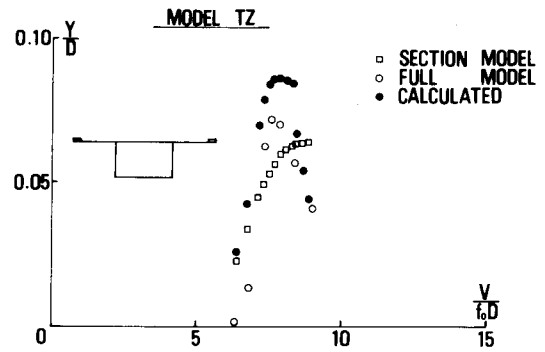


図2 Model TZ 風速-応答振幅

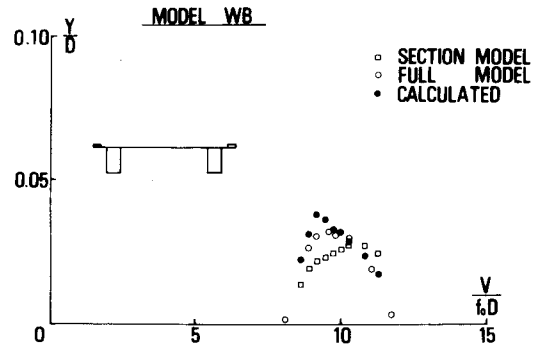


図3 Model WB 風速-応答振幅

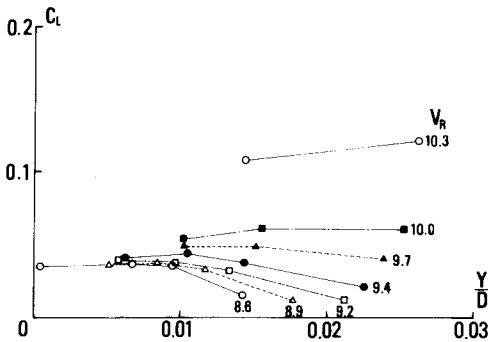


図5 空気力係数の振幅依存性(Model WB)

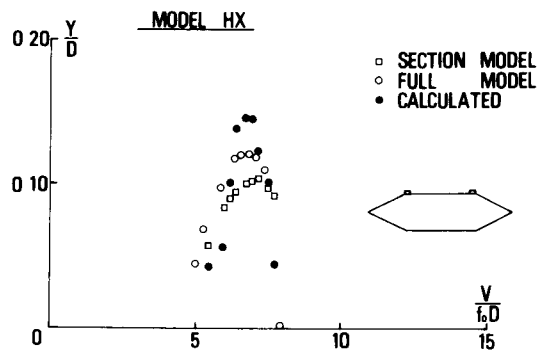


図4 Model HX 風速-応答振幅