

I-340 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

建設省土木研究所 正員 横山功一
 建設省道路局 正員 中神陽一
 住友重機械工業(株) 正員 ○福富孝泰

1. まえがき

近年、箱桁橋は、その長スパン化に伴い、風による動的な振動に対する問題が懸念されるようになってきている。著者らは、これまで一箱桁断面を対象として2次元剛体模型を用いたバネ支持風洞実験を行ない、重量、構造減衰、桁高比をパラメータとし耐風性の良好な条件について検討してきた¹⁾。しかし、長大橋梁の耐風安定性をより正しく把握する場合には、自然風の乱れおよび構造物の3次元性の影響を考慮する必要がある。本研究では、一箱桁橋の典型的な実橋断面を想定すると共に実施設計に反映できるパラメトリックなデータ収集を目指し、模型諸元(桁高比、重量、構造減衰、迎角)を数種類設定して、一様流と乱れ強さの異なる3種類の乱流下において3次元実験を行い、渦励振特性、自励振動特性およびバフティングの定量的な傾向を把握したので以下に報告する。

2. 風洞模型諸元

実験に用いた模型の断面形状を図-1に示す。断面の幾何的特性は、全幅、桁幅、桁高をそれぞれ B 、 B' 、 D で表わし、実橋の箱桁橋における桁幅比 B'/B および桁高比 D/B についての調査²⁾から、 B'/B は0.45とした。また、 D/B は0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.50の5断面を採用した。模型重量(m)は、実橋データを基に3種類設定し、構造減衰(δ)は、オイルダンパーを使用し同じく3種類設定した。これにより設定されるスクルートン数($m\delta/\rho B^2$)を表-1に示す。迎角は、一様流中では、 0° 、 $\pm 3^\circ$ 、乱流中では 0° とした。また、実験は、15ブロック(99mm/ブロック、隙間1mm)から成る模型を剛性棒に取付けて行い、模型長は、 $L=1650$ mmとした(図-2)。

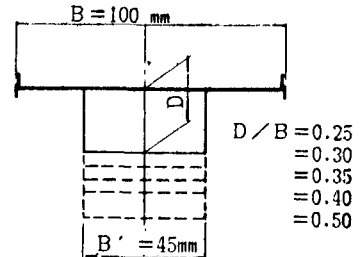


図-1 模型断面形状

表-1 実験諸元(設定スクルートン数)

		m (kg/m)		
		0.400	0.800	1.200
δ	0.02	0.65	1.31	1.96
	0.04	1.31	2.61	3.92
	0.06	1.91	3.92	5.88

3. 実験方法と乱流の発生方法

一様流中或は乱流中において3次元実験(剛性棒による単径間弾性模型実験)を行い、 $L/2$ 点におけるたわみ応答を光学式変位計により計測した。箱桁橋では、ねじれの固有振動数がたわみの固有振動数に比べかなり高いため、本調査では、たわみ振動のみに着目することとした。対象としたモードは対称1次である。

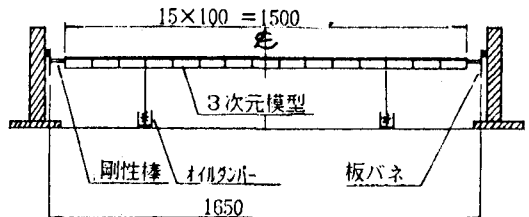


図-2 3次元弾性模型

表-2 乱流特性

	V (m/s)	σ_u (m/s)	I_u (%)	Lx^u (m)	σ_w (m/s)	I_w (%)	Lx^w (m)
乱流 I	4.04	0.37	7.7	0.34	0.21	5.3	0.15
乱流 II	4.17	0.48	11.4	0.35	0.31	7.4	0.22
乱流 III	2.88	0.59	20.3	0.36	0.37	13.0	0.13

強さは高度の増加に伴い減少する。本実験では、模型設置高度を床から150mmと定めた。3種類の境界層乱流気流測定結果を表-2に示す。主流方向の乱れ強さ $I_u = 2.0, 3 \sim 7.7\%$ 、鉛直方向の乱れ強さ $I_w = 1.3, 0 \sim 5.3\%$ が設定される。なお、本実験は、建設省土木研究所のフラッター風洞を用いて行われた。

4. 実験結果と考察

渦励振について；一様流中および乱流中の実験結果を図-3、図-4に示す。桁高比 D/B をパラメータとして描いた Sc 数-応答振幅図であり、横軸はスクルートン数 $m\delta/\rho B^2$ 、縦軸は無次元応答片振幅 η/B (η ；鉛直たわみ対称1次モード振動の $L/2$ 点における渦励振最大発現振幅) である。図-3、図-4により、以下のことが明らかになった。

イ) スクルートン数が渦励振応答振幅に及ぼす影響は極めて大きく、スクルートン数が大きくなるに従い応答振幅は急激に減少していく。

ロ) 乱流が渦励振に対して抑制する効果を持つことは既に報じられているが、今回の実験でも確認され、乱れ強さ I_u が大きくなるに従って確実に応答振幅は減少する。3種類の乱流場すべてにおいて、スクルートン数が2.0以上或は桁高比が0.40以上になると渦励振の応答は完全に抑制されることが予想される。

パフェティングおよびギャロッピングについて；パフェティング或はギャロッピング領域(無次元風速： $V/(NB) = 8.0$)における実験結果を図-5～図-8に示す。主流方向の乱れ強さ I_u をパラメータとして描いた Sc 数-応答振幅図である。図-5～図-8により、以下のことが明らかになった。

イ) 全体的な傾向としては、乱れ強さ I_u が増す程、応答振幅は大きくなる傾向がある。

ロ) 乱流中の高風速域の応答振幅は、概ねパフェティングと予想され、振幅の大きさとその増加の程度が問題となる。スクルートン数が小さくなる程、また桁高が大きくなる程、応答振幅は大きくなる傾向を示すが、乱流I ($I_u = 7.7\%$) では、桁高比0.40でスクルートン数2.0以下、桁高比0.50でスクルートン数3.0以下において、応答振幅の増加の程度が特に顕著になることが予想される。

(参考文献) 1) 中神「1BOX箱桁の耐風設計に関する一考察」第39回土木学会年講 昭和59年10月

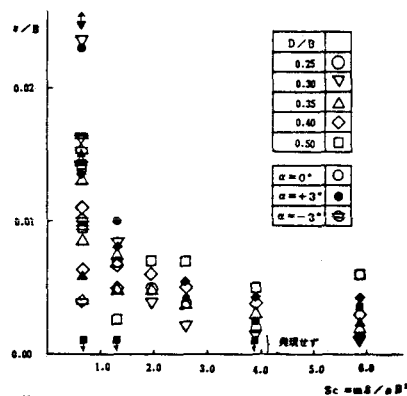


図-3 渦励振応答振幅(一様流中)

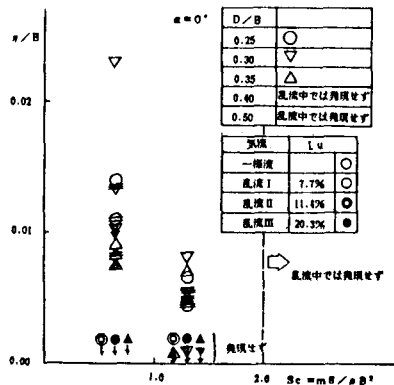


図-4 渦励振応答振幅(乱流中)

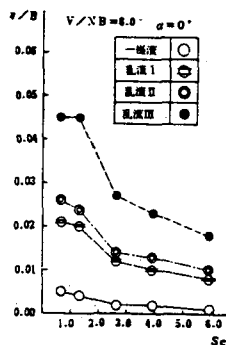


図-5 $D/B = 0.25$

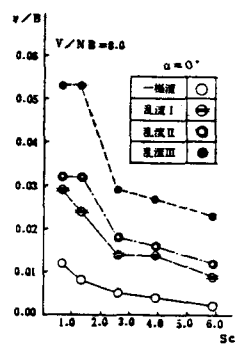


図-6 $D/B = 0.35$

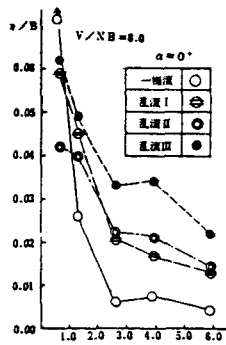


図-7 $D/B = 0.40$

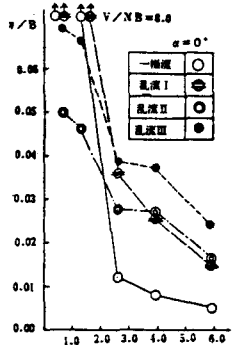


図-8 $D/B = 0.50$