

石川島播磨重工(株)

平島 寛

石川島検査計測(株)

柚井 義勝

石川島播磨重工(株)

正員 樋上 秀一

1. まえがき 現在、風洞実験は一樣流中で行われることが多いが、自然風の乱れをも考慮したより実際の耐風設計法を確立するためには、乱れが現象に及ぼす影響の分類→乱れの影響の発生機構の解明→空間相関を考慮した耐風性評価方法の確立 という体系的研究が必要となる。本研究は、最近、斜張橋等に採用される充腹断面桁橋梁の渦励振に着目し、一樣流、乱流中で二次元模型実験を行ったものである。

2. 供試模型及び乱流場 供試模型は図1に示す断面を選定した。これらは、地覆、高欄等の細部も模型化した実橋に近い断面であり、縮尺は、乱れスケールと同じオーダーになる様に決定した。模型長は、全て1358mmである。実験は、石川島播磨重工(株)研究所内のエッフェル型風洞(幅6m×高さ3m×長さ24m)を用い、風洞内に幅1.4m×高さ3mのアルミ板を、端板付模型の両端に配して模型を支持し、通常の二次元模型実験と同様の手法で行った。一方、乱流の作成は、乱流格子によった。格子は、Bar size と Mesh size を1:4とし、Bar size は、125mmと250mmの2種類とした。これにより、格子から模型セット位置までの距離Xを漸変させ、乱れの強さとスケールを変化させることが可能であり、表1に今回行った乱流条件を示す。乱れの強さは、5、10、15%の3種類とし、スケールは幅員長と同じオーダーから2倍の比較的大きな値である。

3. 実験方法 今回の実験では、模型をスケールと同じオーダーにする様に縮尺を落としたため、重量、極慣性は相似則を満足しないが、渦励振応答がスクルーション数に依存するという事実より問題ではない。また、本実験が渦励振を対象としているため、各模型で応答が顕著に現われる様に、迎角をつけたケースもある。表2に、各模型の試験条件、対象とした振動の種類と、その時の迎角を示す。一樣流実験は、9ケースの振動に対し、構造減衰を変化させた時の影響、乱流実験では、構造減衰を一定にした時の乱れ強さ I_u の影響と、構造減衰の変化が応答に与える影響の2点に着目した。

4. 実験結果及び考察 1) 一樣流中の渦励振応答は、スクルーション数に依存し、図2に示す様に、

$$\left(\frac{a}{b}\right) = A \times B^{\frac{1}{\sqrt{Sc}}} \quad (\text{deg}) = C \times D^{\frac{1}{\sqrt{Sc}}} \quad (1)$$

なる式で表わされることを見出した。ここで、定数A, B, C, Dは、各断面形状、振動の種類、迎角ごとに固有の値をとり、A, Cは、無風時構造対数減衰率 $\delta=0$ の時、即ち、空気が正減衰から負減衰に移行する時の応答値に対応する。一方、B, Dは、スクルーション数への依存度を示す定数(B, D<1)であり、B, Dが小さい程、構造減衰に対する依存度が大きく、構造減衰が増大すれば、応答値の低減する割合が大きい。表3に、各ケースごとの定数を示す。

2) 乱れのスケール L_z が、幅員長と同じオーダーから2倍の乱流中では、渦励振応答は、乱れの強さ I_u の増大と共に低減する傾向にあるが、低減率は、各ケースで異なる。(図3) $I_u \approx 15\%$ 以上では、渦励振は全てのケースで消滅する。中には、 $I_u \approx 5\%$ 程度で消滅するケースもあり、これは、応答値自体が小さいケース(式(1)のA, Cが小さいケース、本実験では、 $A < 0.02$, $C < 2.0$)か、構造減衰への依存度が大きいケース(式(1)のB, Dが小さいケース、本実験では、 $B, D < 0.8$)である。

3) 乱流中では、スクルーション数増大による渦励振応答値の低減率が、一樣流中での低減率より大きい。この傾向は、乱れ強さ I_u が増すと共に顕著になる。図4は、乱流中でも渦励振が認められたケースについて、式(1)の定数Bについて整理したもので、 I_u の増大と共に、見かけの定数Bが低減していく様子、即ち、スクルーション数への依存度が増すことを示す。

5. 今後の課題 本研究で、渦励振応答に対する経験式を提示したが、式中の定数の、断面形状ごとの分類、乱流中での変化率等、定量的な傾向を把握して設計へ反映するために、データの収集が望まれる。また、今回は乱れ強さ I_u のみに着目したが、乱れのスケール、空間相関等も考慮し、さらに、メカニズム的に解明していく必要がある。

TYPE	断面形状
P (架設途上) (S=1/93)	
Q-O (S=1/65)	
Q-F (Q-Oでフェアリング付)	
Q-D (Q-Fでフェアリング断続)	$l=27.7\text{mm}$ ごとに断続
R (S=1/65)	
S (S=1/100)	

図1. 供試模型断面形状

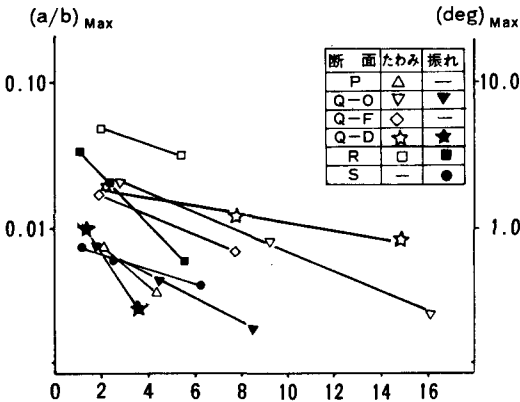


図2. スクルートン数－渦励振応答 $\frac{M\delta}{\rho b d}$ or $\frac{\Theta\delta}{\rho b^2 d^2}$ (一様流)

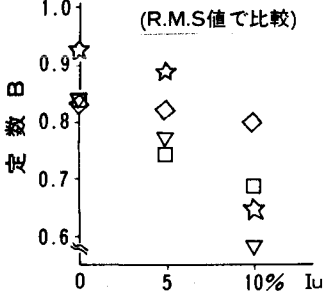


図4. I_u －定数B

表1. 乱流条件

格子 距離	格子(小)	格子(大)
	10.3 m	10.3 m
乱れ強さ I_u	5%	10%
乱れスケール L_x	30~50cm	20~35cm
		20~40cm

表2. 試験条件

	幅員 b (cm)	桁高 d (cm)	質量 M(g·S ² /cm ²)	慣性 Θ(g·cmS ² /cm)	振動の 種類	迎角 (deg)
P	17.2	3.01	0.027	—	たわみ	+5
Q-O	17.5	3.25	0.028	0.87	たわみ 振れ	0 -7
Q-F	20.2	3.25	0.031	—	たわみ	-5
Q-D	20.2	3.25	0.029	1.00	たわみ 振れ	-5 -5
R	16.1	5.20	0.026	0.94	たわみ 振れ	0 0
S	33.4	3.00	—	1.60	振れ	+7

表3. 式(1)の定数

定数 断面	A	B
P	0.015	0.716
Q-O	0.033	0.857
Q-F	0.023	0.856
Q-D	0.021	0.938
R	0.064	0.873

定数 断面	C	D
Q-O	1.042	0.824
Q-D	2.132	0.561
R	5.032	0.678
S	0.820	0.889

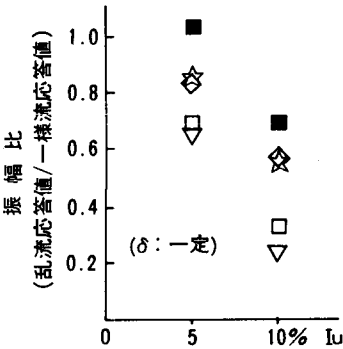


図3. I_u －振幅比(R.M.S値)