

大阪大学大学院 学生員 中出 収
立命館大学理工学部 正 員 小林敏士
大阪大学工学部 正 員 川谷充郎

1. まえがき 自然風の乱れを考慮した橋梁構造物の耐風安定性を検討するために、乱流中における応答実験について少なからず報告されている^{1)~3)}。これまでの研究では、構造物の耐風安定性に及ぼす乱流特性の影響について定説を得るに至っていない。本研究では、基本的な矩形断面模型を用い、渦励振に及ぼす乱流の影響を明らかにすることを目的とする。乱流は格子によって

発生させ、乱流特性のうち、乱れ強度 (I_u : 水平方向成分) と乱れスケール比 (L_x/B : L_x =自己相関係数による乱れスケール, B =模型の弦長) とに着目する。乱れ強度は、格子幅および格子ピッチを変化させることによって 5~15 % までの値が得られる。一方、

乱れスケール比は、気流を変えずに模型の寸法 (縮尺) を変えることで L_x/B の値を変化させるという方法を採用した。応答振幅と空力減衰率から、各々のパラメータの渦励振に及ぼす影響について考察する。

2. 実験概要 使用風洞は幅 1.8m、高さ 1.8m の断面を有しており、実験に用いた格子は G24 (格子幅 24cm, ピッチ 78cm) と G12 (格子幅 12cm, ピッチ 45cm) の 2 種類である。使用した模型は、表-1 に示す辺長比 $D/B=1/2.5$ (D =高さ, B =弦長) の角柱 4 種類 (1/3-Model は固有振動数が

9.60Hz と 13.40Hz の 2 種類) である。各模型は、鉛直たわみ 1 自由度系にばね支持した。応答に影響を及ぼすと考えられる風洞壁面に生じる境界層の効果を、各縮尺模型において変えないようにするために隔壁を設けた。隔壁の設置に伴う気流特性の変化を確認するために、隔壁の有無による乱流特性を調べ、この結果を基に渦励振に着目した応答実験を行なった。さらに、渦励振中の模型の空力減衰率を求め、この値によって模型に作用する空気力を評価した。

3. 実験結果 <1> 気流特性 乱れ強度および乱れスケールの測定結果を表-2 および図-1 (1), (2) に示す。表-2 では渦励振最大振幅時の乱れ特性を示している。図-1 を見ると、隔壁の有無により乱れ強度に差が生じ、隔壁を取り付けることで乱れ強度が減少するという結果となっている。これは隔壁が整流効果をもたらしているものと考えられる。一方、乱れスケールに関しては、図-1 (2) より、

表-1 模型諸元

模型名	寸法 (mm) [D×B×L]	重量 kg	固有振 動数 Hz	対数構造 減衰率
1/1-模型	60×150×1570	4.60	5.25	0.0145
1/2-模型	30×75×785	1.45	10.20	0.0044
1/3-模型 (A)	20×50×523	0.75	9.60	0.0023
1/3-模型 (B)	20×50×523	0.75	13.40	0.0017

表-2 気流特性

隔壁の有無・格子名	風速 (m/s)	I_u (%)	I_w (%)	$L_{x,u}$ (cm)	$L_{x,w}$ (cm)
隔壁なし					
No-Grid	2.04	1.94	2.85	2.13	0.24
G12	2.11	7.88	6.25	21.87	11.46
G24	1.84	13.81	10.52	22.90	12.26
隔壁あり					
No-Grid	2.20	1.58	0.06	2.35	2.22
G12	2.16	5.82	4.71	21.28	15.67
G24	1.90	11.59	9.25	24.42	10.16
隔壁あり					
No-Grid	1.02	1.22	0.02	1.03	1.02
G12	0.97	5.74	3.79	12.70	8.79
G24	1.08	10.60	8.02	17.92	13.57
隔壁あり					
No-Grid	1.27	1.41	0.08	1.44	1.29
G12	1.36	5.96	4.76	16.84	9.89
G24	1.36	11.41	9.37	20.24	12.55

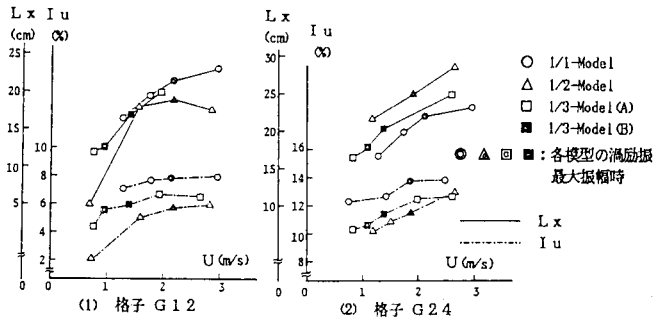
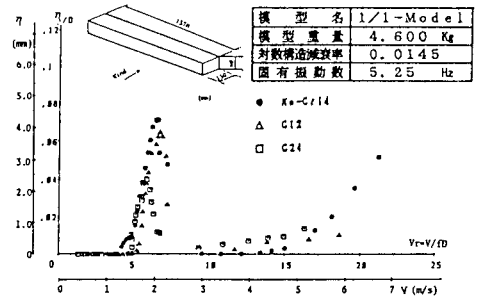
図-1 風速 v 乱れ強度, 乱れスケール

図-2 応答振幅 (1/1-Model)

格子 G24については隔壁のある場合の方が乱れスケールは大きくなる傾向がある。いずれにしても、本実験で着目した3.0 m/s以下の風速域では、乱れ強度、乱れスケール共に風速依存性を有している。従って同じ格子を用いた場合でも、各縮尺模型の渦励振発生風速が異なっているため、渦励振中の気流特性は表-2に示すように縮尺模型ごとに違った値となった。

<2>乱れ強度の影響 図-2は1/1-Modelの応答振幅実験結果である。どの気流中でも $V_r=6$ 付近で渦励振最大振幅が発生し、乱れ強度の増加に伴いその最大振幅が減少している。これを定量的に表すため次式で表される振幅低減比を導入する。

$$\text{振幅低減比: } R_\eta = \frac{\eta_{\text{tur}}}{\eta_{\text{smooth}}}$$

ここで η_{tur} 、 η_{smooth} は乱流中および一様流中での渦励振最大振幅を示す。この R_η を縦軸に、乱れ強度(I_u)を横軸にとったのが図-3である。気流の乱れ強度の増加は渦励振の最大振幅を抑制する効果がある。これを模型に作用している空気力の面からみるため次式の値を導入する。

$$\text{減衰率の比: } R_\delta = \frac{\delta_{a, \text{tur}}}{\delta_{a, \text{smooth}}}$$

ここで $\delta_{a, \text{tur}}$ 、 $\delta_{a, \text{smooth}}$ は乱流および一様流、それぞれの気流中における渦励振最大振幅を示す風速での空力減衰率（負減衰）である。振幅 $\eta/B=0.05$ のときの値を読み取ったものである。図-4は、上式で表される R_δ 縦軸に、乱れ強度を横軸にとったものである。この図から、乱れ強度の増加が模型に作用している空気力を減少させていることが解る。従来から言われている様に、気流の乱れ強度が渦励振の抑制効果に大きく寄与していることが確認できた。

<3>乱れスケール比の影響 各模型によって乱れ強度が変化しており、純粋に乱れスケール比のみの影響について考察することは困難である。そこで図-3を用い、乱れ強度が $I_u=7\%$ 、 10% のときの振幅低減比を推定しプロットしたものが図-5(1)(2)である。図中縦軸は R_η 、横軸は乱れスケール比(L_x/B)である。ただし、乱れ強度の補正に伴って乱れスケールも変化しているが、その変化は微小で無視できる。図-6は、乱れスケール比と空力減衰率の比の関係をプロットしたものである。これも乱れ強度を $I_u=7\%$ 、 10% に換算した。図-5(1)(2)では、乱れスケール比の増加に伴う振幅低減比の減少は顕著でないが、図-6(1)(2)より、模型に作用している空気力は減少していることが解る。本実験結果では、模型の縮尺の相違による振動特性の相違の影響も含んでいるため、乱れスケール比の影響が乱れ強度ほど明確でなかったと考えられる。加えて、本実験では乱れスケール比の範囲が狭く、この範囲内では乱れスケール比の効果は十分明確に把握することはできなかった。

参考文献 1) 宮崎正男・宮田利雄・伊藤学：風工学シンポジウム論文集, 1980. 2) 中村泰治・大屋裕二・渡辺公彦：

風工学シンポジウム論文集, 1984. 3) 武田勝昭・園部好洋：年講概要集I-221, 1985.

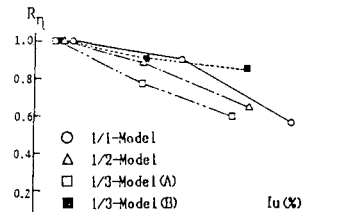


図-3 乱れ強度 v 振幅低減比

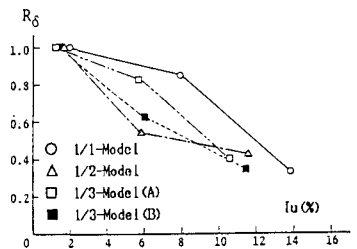


図-4 乱れ強度 v 空気減衰率の比

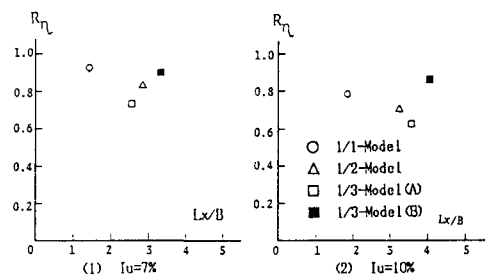


図-5 乱れスケール比 v 振幅低減比

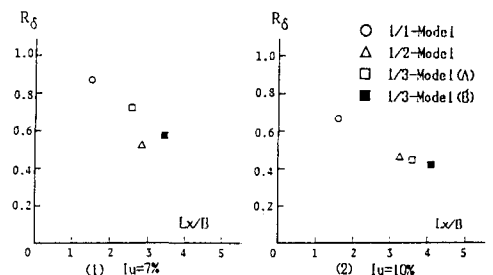


図-6 乱れスケール比 v 空気減衰率の比