

I - 323

架設系橋梁主塔の風洞試験法に関する基礎的研究

NKK 正員 村上 琢哉

NKK 正員 武田 勝昭

1. まえがき 架設系主塔の風洞試験を乱流中で行う場合には、架設地点の平均風速の鉛直分布と乱れ強さを優先的に相似させた境界層乱流を生成することが必要とされている。ところが境界層乱流を生成する場合、これら2つのパラメータを同時に相似させることが困難な場合が多く、どちらかのパラメータを重点的に合わせざるを得ないことが少なくない。そこで、乱流パラメータの異なる10種類の乱流を生成してこれらに対する模型の応答の変化を一樣流中の応答と比較しつつ詳細に調査する中から、各々のパラメータの影響度を抽出し、いずれの乱流パラメータが試験上重要であるかを明らかにしようと試みた。

2. 風洞試験の概要 試験はNKKの境界層風洞（幅4m×高さ2m×測定胴26.5m）にて実施した。供試模型は図1に示すような一本柱模型、二本柱（ラーメン）模型とした。生成した乱流は、9種の格子乱流及び1種の境界層乱流であり、表1に各種乱流の特性を示す。格子乱流は図2に示すような通常の均等格子から縦棧を取り除き横棧のみで構成した格子（以下Grid 1と呼ぶ）、さらにこれら横棧の間隔を変化させたせん断格子（Grid 2、Grid 3）により生成しており、Grid 1については格子設置位置と測定位置の距離を変化させることにより乱れ強さ I_u を変えた気流を生成している。これらの乱流中における各模型の応答振幅を計測した。

3. 試験結果 各乱流中における一本柱模型（Model T1）の応答振幅を図3にまとめて示す。これより、 $I_u=3.8\%; 1/n=1/\infty$ の時と $I_u=3.5\%; 1/n=1/10$ のときの風速—応答振幅曲線が一部大振幅の領域を除いてほぼ一致していることがわかる。また、 $I_u=6.2\%; 1/n=1/\infty$ の時と $I_u=5.2\%; 1/n=1/7$ のときを比較してみても、乱れ強さがほぼ同一で、平均風速の高さ方向分布特性を表すべき指数の値のみが異なるという条件下において、これらの風速—応答振幅曲線がほぼ一致していることが分かる。このようなことから、一本柱模型に生じる空力振動に対して、平均風速の高さ方向分布形状というパラメータは大きな影響を及ぼしていないものと判断される。図4は同様の考察を二本柱模型に対して行ったものである。ただし、二本柱模型の場合には渦励振が生じるので、乱流効果に関する係数 K （乱流中の最大振幅／一樣流中の最大振幅）が乱れ強さ I_u とべき指数 $1/n$ とに対してどのように変化するかという視点から考察を加えた。この図より、乱れ強さ I_u が同じでべき指数のみが異なるという条件下において、両者の応答振幅がほぼ一致したケースが6ケース、高さ方向の平均風速分布のある方が一樣分布のときよりも応答振幅が大きくなるケースが3ケースあることが分かる。従来、橋梁の塔の風洞試験においては平均風速の高さ方向分布を相似させることが極めて重要とされてきた¹⁾が、本研究の結果によればその影響がほとんど現れないケースが意外に多いことが確認された。

4. まとめ 代表的な橋梁の塔の構造形式として一本柱形式、二本柱（ラーメン）形式を選定し、これらを対象として空力振動現象に及ぼす乱流パラメータの影響度について考察を加えた。その結果、従来相似させることが極めて重要とされてきた平均風速の高さ方向分布の影響がほとんど現れないケースが意外と多いことが明らかになった。橋桁の乱流試験を実施する時には乱れ強さが最も重要な相似パラメータとされていることを勘案すれば、橋梁主塔の乱流試験時には乱れ強さに重点を置いて風洞乱流を生成し、やむを得ない場合には平均風速の高さ方向の相似性は緩和できる可能性のあることが明らかになった。

（参考文献）

1)本州四国連絡橋公団、「本州四国連絡橋風洞試験要領(1980)・同解説」1980.

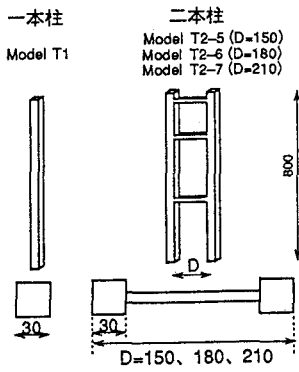


図1 供試模型

種類	概略図	バーサイズ b	メッシュサイズ M	格子との距離 X_0 (mm)	べき指数 1/n
Grid 1		50	200	10.0 8.0 5.0 3.64 2.86 2.35 2.0	1/∞
Grid 2		50	下から 120 140 160 180 200 220 240 260 280	8.0	1/7
Grid 3		50	下から 160 200 200 220 260 280 320 360	8.0	1/10

図2 格子乱流の生成

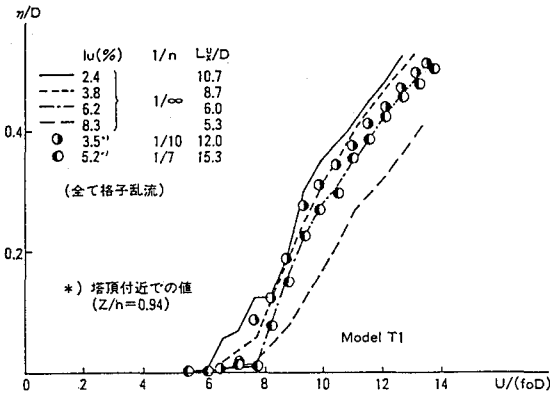
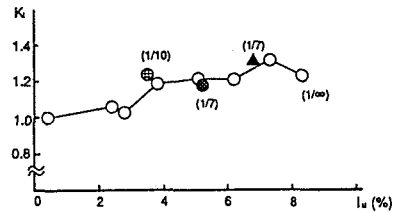


図3 べき指数の影響（一本柱模型）

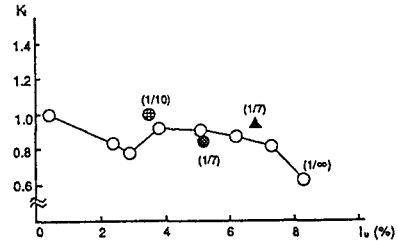
表1 気流の特性

方 法		乱れ強さ(%) ²⁾				乱れ スケール ⁴⁾ L_x/D	べき指数 1/n
		I u		I v			
		z/h		z/h			
		0.48 : 0.94		0.48 : 0.94			
一様流	——	0.4		0.4		——	——
Grid 1 ¹⁾	$X_0(\text{mm})$ ²⁾						1/∞
	10.0	2.4	2.0	10.7			
	8.0	2.8	2.3	9.3			
	5.0	3.8	3.1	8.7			
	3.64	5.1	3.9	7.3			
	2.86	6.2	4.9	6.0			
	2.35	7.3	5.6	6.0			
	2.0	8.3	6.6	5.3			
Grid 2 ¹⁾	8.0	8.6	5.2	6.0	3.8	15.3	1/7
Grid 3 ¹⁾	8.0	5.8	3.5	4.6	2.9	12.0	1/10
境界層 乱流	u^+/V^+ τ^+/V^+	9.5	6.8	6.3	4.8	29.3	1/7

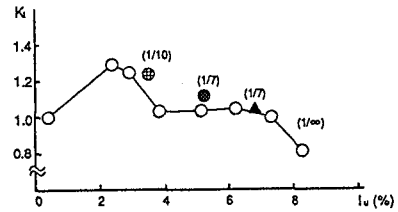
(備考) 1)図2 参照 2)格子と模型(計測位置)との距離
3)風速3~5m/sの平均値(風速依存性ほとんどなし)
4)z/h=1における10回の平均値(風速5m/s)
(z:計測高(mm)、h:塔高(mm)(h=800))



(a) Model T2-5



(b) Model T2-6



(c) Model T2-7

○●▲ 格子乱流
▲ 境界層乱流 ()内は 1/n

図4 べき指数の影響（二本柱模型）