

接地境界層中におかれた構造物に作用する静的空気力特性

徳島大学工学部 正会員 宇都宮秀彦 徳島大学大学院 学生会員 ○野田 稔
徳島大学工学部 正会員 長尾 文明 大本組 竹中 清貴

1. はじめに

一般に地上付近における風は、地表面粗度の影響によって境界層乱流となっていることが知られている。このため、地上構造物を対象とした風洞実験ではスパイヤーや粗度マット等を設置して人工的に境界層乱流を発生させ、その流れの中で実験を行う。風洞実験で最も重要な問題とされるのは現象の相似性であり、この境界層乱流の再現も例外ではない。境界層乱流の特性を表すパラメータとしては、境界層高さや平均風速、乱れの強さ、乱れのスケールの分布形状等がある。しかし、全てのパラメータを一致させることは事実上不可能であり、構造物の作用空気力に対して大きく影響するパラメータを一致させるしかない。これらのパラメータのうち、多くの研究者が注目しているのは乱れの強さであり、一様乱流中の軸対称流となる二次元模型に関する研究が多く行われている。しかし、境界層乱流中の地上構造物模型における接近流の諸パラメータの影響についての系統的な研究は行われていないのが現状である。そこで、流れを単純化する意味で模型を二次元矩形断面模型とし、接近流に平均風速が鉛直方向に変化する境界層乱流と一様乱流である格子乱流を採用して実験を行い、その結果から模型の作用空気力に対する影響パラメータの評定を行った。

2. 実験概要

i) 接近流特性

接近流の特性を表すパラメータを図1に示す。接近流は表1に示す境界層乱流と格子乱流を用いた。なお、表中の乱れの強さは模型の無い状態の模型高さで計測した値である。表中の γ は、模型高さにおける無次元速度勾配であり、べき乗則を基に次式で算出している。

$$\gamma = \left(\frac{d\bar{U}}{dz} \right)_{z=h} = \alpha \left(\frac{h}{\delta} \right)^{\alpha-1} \quad \text{ここで、} \bar{U} = U_z / U_G, \quad \bar{z} = z / \delta \quad (1)$$

ii) 供試模型

模型は一辺6cmの正方形断面で、構造軸が風軸と直交するように風洞床面に設置した。スパン中央には表面圧力を計測するために圧力孔を各面に9点ずつ等間隔に配置し、この圧力孔と風洞内の静圧との差圧を計測し、この結果より模型に作用する抗力ならびに揚力を求め、模型高さにおける平均風速を基準風速として、空気力係数を求めた。

表1 各接近流の特性

Case	G-1	G-2	G-3	G-4	T-1	T-2	T-3	UF
$I_u(\%)$	5.7	6.7	8.8	14.2	15.3	10.2	6.6	0.2
$\delta(\text{cm})$	6.4	6.0	6.7	20	36	27	27	4.5
α	0.10	0.06	0.06	0.05	0.25	0.21	0.11	0.19
γ	0.11	0.06	0.07	0.16	1.00	0.67	0.44	0.00

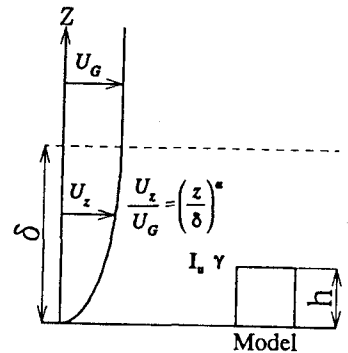


図1 接近流パラメータ概略

3. 実験結果及び考察

i) 空気力係数

揚力係数と模型高さにおける乱れの強さとの関係を図2に示す。図2より、境界層乱流中の結果と格子乱流中の結果は異なった傾向を持っていることがわかる。境界層乱流中の結果は乱れの強さの増加に伴って大きく増加しているが、格子乱流中の結果は乱れの強さの増加に対して境界層乱流中の場合に比べて増加量も

小さい。このことから乱れの強さの変化だけで揚力係数の挙動を説明する事は難しく、別の要因があると考えられる。そこで、平均風速の鉛直分布特性の影響を検討するため、鉛直方向の速度変化を表すパラメータとして、無次元鉛直速度勾配を求め、これを横軸にとって揚力係数との関係を求めたのが図3である。この結果より、無次元速度勾配と揚力係数の関係はほぼ直線的であり、相関係数の値も高い値を示している。このことから、揚力係数にみられるような剥離に伴う空気力係数に対しては乱れの強さに比べて模型高さにおける無次元鉛直速度勾配の方がより支配的であることがわかる。

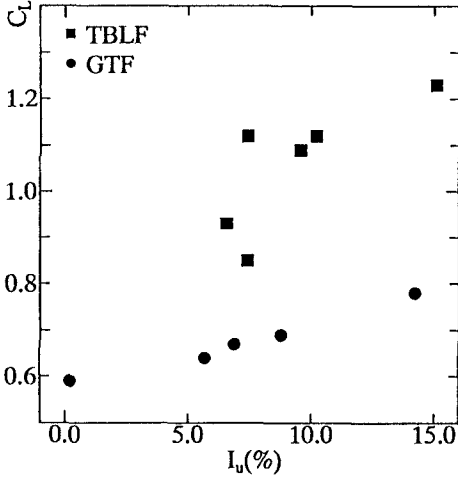


図2 乱れの強さと揚力係数の関係

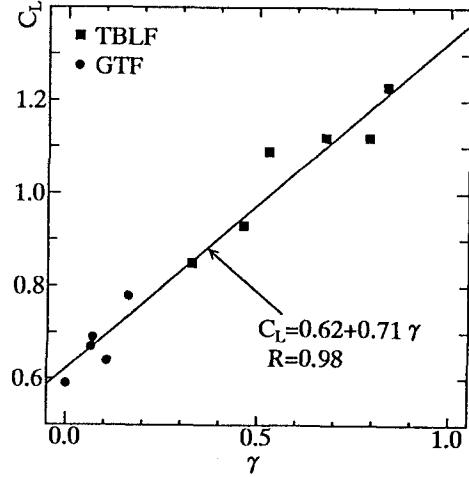


図3 無次元鉛直速度勾配と揚力係数の関係

ii) 圧力分布

図4に接近流を変化させた際の屋根面の圧力分布の変化を示す。乱れの強さの変化と圧力分布形状を比較してみると、格子乱流中の実験結果は乱れの強さが大きく変化しているにも関わらず、圧力分布形状の変化に大きな差はない。一方、境界層乱流中の結果では乱れの強さの変化に伴って、圧力分布形状が変化しており、乱れの強さの影響を受けているように見える。しかし、格子乱流の結果と境界層乱流の結果を乱れの強さの変化を使って同時に説明することは不可能である。そこで、模型高さにおける無次元鉛直速度勾配の変化と圧力分布形状の変化を比べてみると、無次元鉛直速度勾配が増加するにつれて、圧力分布形状がほぼ連続的に変化しているのがわかる。このことから、剥離に伴う空気力が無次元鉛直速度勾配の影響が強いことがわかる。

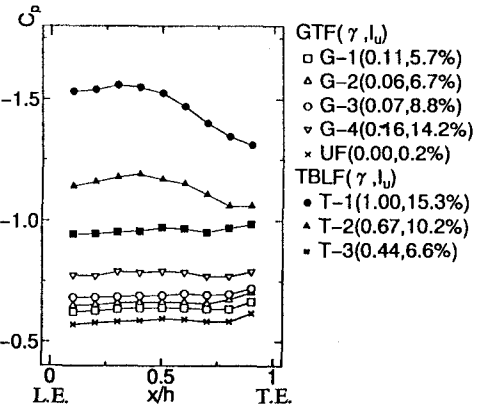


図4 各接近流における屋根面圧力分布

4. おわりに

境界層乱流中における乱れの発生要因が鉛直方向の風速差（すなわち鉛直速度勾配）であることを考えると、境界層乱流中において剥離に伴う空気力が乱れの強さの影響を大きく受けるとの従来の報告は、間接的に無次元鉛直速度勾配の影響を評価していたものと推測される。今回の実験では完全剥離型の流れが期待できる正方形断面について行ったが、今後は再付着型の流れになる断面比の模型や三次元模型を使った実験などを行い、さらに境界層乱流の諸パラメータと作用空気力の関係を調査していく予定である。