

I - 480

接近流特性が低層構造物の静的空気力特性に及ぼす影響

徳島大学大学院 学生員 野田 稔
 徳島大学工学部 正員 宇都宮秀彦
 徳島大学工学部 正員 長尾 文明
 大本組 竹中 清貴

1. まえがき 地上構造物を対象とした風洞実験では、現地風と同程度の特性を持った境界層乱流を模擬し、その流れの中で空気力や流れの計測が行われている。しかし一方では、平均風速分布、乱れの強さ、乱れのスケール等、境界層乱流の様々なパラメータをすべて一致させることは極めて難しく、構造物の作用空気力や周辺の流れ場を支配すると考えられているパラメータを一致させた実験が行われてきた。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、接近流に境界層乱流と格子乱流を採用して実験を行い、接近流特性が模型に作用する空気力および模型周りの流れに対する影響を検討した。

2. 実験概要

・接近流特性 本研究では接近流として表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。また、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。

$$\gamma = \left(\frac{d\bar{U}}{dz} \right)_{h/\delta} = \alpha \left(\frac{h}{\delta} \right)^{\alpha-1} \quad \text{ここで、} \quad \bar{U} = U_z / U_G, \quad \bar{z} = z / \delta, \quad U_z: \text{高さ } z \text{ における平均風速, } U_G: \text{境界層外風速}$$

δ : 境界層高さ, h : 模型高さ

(1)

・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の圧力孔を各面に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。

3. 実験結果および考察

・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1に示す。この図では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く、乱流境界層中と格子乱流中の結果は異なった傾向を示している。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ことは難しく、別の要因があると考えられる。そこで、図2に模型高さにおける無次元速度勾配を横軸にとって揚力係数との関係を示す。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、相関係数も高い値を示している。このことから、揚力係数のような剥離に伴う空気力に対しては乱れの強さよりも模型高さにおける無次元速度勾配の方が支配的であることがわかる。

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

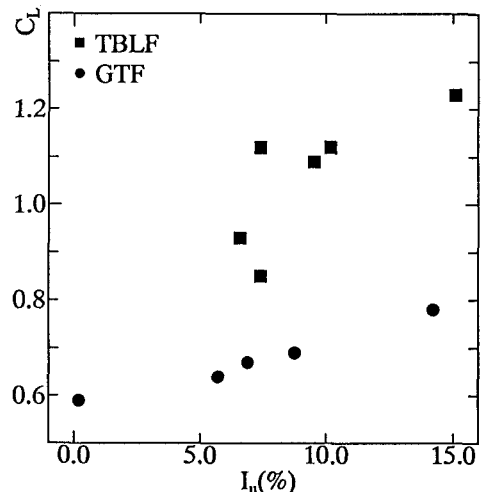


図1 乱れの強さと揚力係数の関係

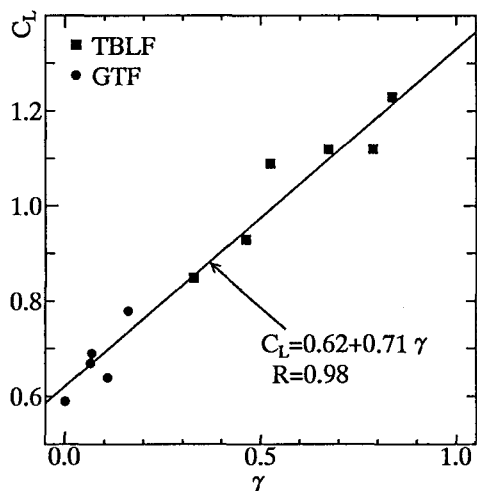


図2 無次元鉛直速度勾配と揚力係数の関係

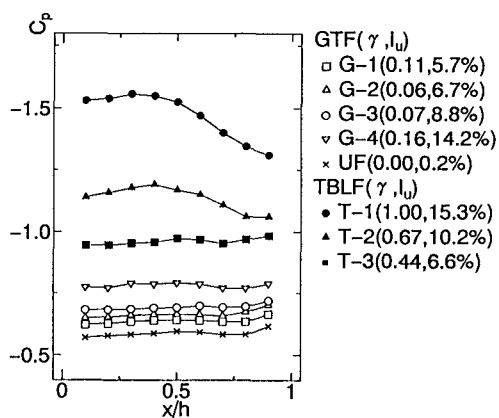


図3 各接近流における屋根面圧力分布

・圧力分布 図3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。乱れの強さの変化に注目すると格子乱流中の実験結果は乱れの強さの変化に対して圧力分布形状に大きな差はみられない。一方、境界層乱流中の結果では乱れの強さの増加に伴って圧力分布形状が凸型に変化している。また、同程度の乱れの強さである T-1 と G-4 の圧力分布形状が大きく異なり、乱れの強さの変化による影響と言うよりはむしろ無次元速度勾配の変化によって圧力分布が変化しているといった方がよいことがわかる。このことから圧力分布形状に対しても乱れの強さよりも無次元速度勾配の影響の方が強いことがわかる。

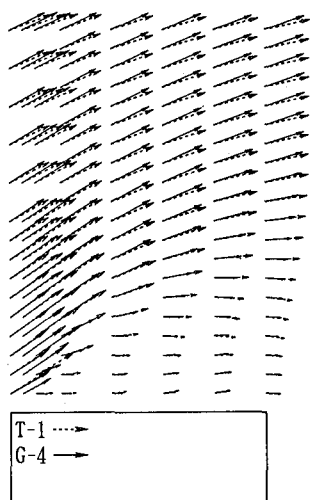


図4 模型周辺流れに対する無次元速度勾配の影響

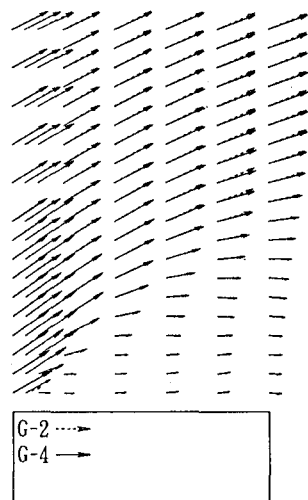


図5 模型周辺の流れに対する乱れの強さの影響

・模型周辺の流れ 無次元速度勾配および乱れの強さの影響をより明確にするため、屋根面上部の流れをX型熱線風速計を使って計測した。図4は乱れの強さがほぼ同じで無次元速度勾配の異なる T-1 と G-4 の結果を比較したものであり、流速は両者とも模型高さにおける流速によって無次元化してある。この結果を比べると剥離せん断層より上部の流速ベクトルの傾斜角は明らかに格子乱流の方が大きく、境界層乱流の方がウェイクが狭められていることがわかる。一方、図5は無次元速度勾配がほとんど同じで乱れの強さが異なる G-2 と G-4 の結果を比較したものであり、両者の間には図4で得られたような違いがほとんどみられない。このことから、無次元速度勾配が増加することでウェイクが押し縮められ、その結果として揚力係数の増加、圧力分布形状の変化が起こっていたものと考えることができる。

4. まとめ 以上の結果より、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注目したが、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に作用する空気力特性についても検討する予定である。また今後、数値シミュレーションの結果なども併せて無次元速度勾配の剥離に及ぼす影響について理論的な説明が必要である。