

I-745 低層構造物二次元模型の静的空気力特性に対する接近流特性の影響

徳島大学工学部 正 員 宇都宮英彦 ○徳島大学大学院 学生員 野田 稔

徳島大学工学部 正 員 長尾 文明 日本電炉 川村 誠一

1. はじめに 境界層乱流中に位置する地上構造物に作用する風荷重は接近流特性によって大きく左右されることが知られている。このため、風洞実験を行う際には現象の相似性を期待して現地の粗度状況に見合った境界層乱流を生成させている。従来の研究では構造物の空気力特性に対する支配的な接近流パラメータとして乱れの強さがよく挙げられるが境界層乱流中では乱れの強さが変化する際に平均風速の鉛直分布も変化しているため、完全に乱れの強さの影響を評価しているものとは考えられず、構造物の空気力特性に対する接近流特性の支配的なパラメータを決定づけられずにいるのが現状である。筆者らは乱れの強さの変化ではなく、その変化に伴う平均風速の鉛直分布の変化に注目し、構造物の空気力特性の変化を検討してきた。本稿では、低層構造物の二次元模型を用いて得られた風洞試験結果をもとに模型の空気力特性に対する接近流特性の影響について報告する。

2. 実験概要 本研究では接近流特性の変化に伴う模型の空気力特性の変化が乱れの強さ(風速の変動)によるものなのか、平均風速の鉛直分布の変化によるものなのかを判断するため、乱れの強さだけが変化する状況と乱れの強さと平均風速の鉛直分布が同時に変化する状況を作り出すことにした。そこで前者の状況を作るため、格子乱流を利用することとし、後者の状況を作るために従来通りの境界層乱流を使用した。ここで、本研究で使用した気流は表1に示す一様流(UF)、格子乱流(G-1~4)、境界層乱流(T-1~3)の合計8気流である。表中の γ は、べき乗則をもとに次式で定義される無次元鉛直速度勾配であり、平均流速の鉛直分布特性の変化を表すパラメータである。

$$\gamma = \left(d\bar{U}/dz \right)_{z=H/\delta} = \alpha(H/\delta)^{\alpha-1} \quad (1)$$

ここで、 $\bar{U} = U_z/U_\delta$: 無次元高さ $z = z/\delta$ における無次元風速、 U_δ : 境界層外風速、 δ : 境界層高さ。表からも分かるように、格子乱流の場合には乱れの強さが変化しても無次元鉛直速度勾配はほとんど変化しておらず、一方で境界層乱流中の場合には乱れの強さの変化とともに無次元鉛直速度勾配も大きく変化している。また、本実験で使用した気流は一様流を除くすべての場合において、模型高さHに対する乱れのスケール比 L_z/H を1前後に合わせている。

次に実験に使用した模型は高さを一定($H=6\text{cm}$)として、模型の流れ方向長さLを1, 3, 5, 10Hの4段階に変化させた4種類である。これらの模型には屋根面を中心に主に剥離点近傍の表面圧力分布が詳細に計測できるよう圧力孔が配置しており、各接近流中における平均風圧係数を求めた。なお、風圧係数を求める際には、模型の軒高における平均風速を基準風速としている。

3. 実験結果および考察 ここで屋根面の流れが完全剥離型流れとなっている $L=1H$ の模型の接近流特性の変化に伴う屋根面表面圧力分布の変化の様子を図1に示す。また、再付着型流れの場合の例として、 $L=5H$ の模型の屋根面表面圧力分布の変化の例を図2に示す。まず両者の場合において共通する特徴として、格子乱流中では乱れの強さが大きく変化しても、表面圧力分布形状はほとんど変化しておらず、一方境界層乱流中では乱れの強さ及び無次元鉛直速度勾配の増加に対して表面圧力分布形状は大きく変化していることが分かる。このことから表面圧力分布形状に強く影響を与えているのは接近流の乱れではなく、平均風速鉛直分布特性の変化であることが分かる。次に図3, 4に $L=1H$ の模型屋根面の剥離点近傍における表面圧力と乱れの強さ及び無次元鉛直速度勾配との関係を示す。図3より乱れの強さの変化に対して格子乱流中では表面圧力係数はほとんど変化しておらず、境界層乱流中でのみ表面圧力は変化していることが分かる。図4の場合、格

子乱流の結果と境界層乱流の結果を合わせて表面圧力係数は無次元鉛直速度勾配の変化に対してほぼ線形的な変化をしており、両者の相関係数は0.98と極めて高い。そこで各圧力孔で同様に各L毎に表面圧力係数と速度勾配の相関係数の分布、及び速度勾配と表面圧力との関係を線形関係として $-C_p = -C_{p0} - K_{Cp} \gamma$ と表すと $-C_{p0}$ 、 $-K_{Cp}$ の分布はそれぞれ図5、6、7のように求められた。図5より、 $L=1H$ における速度勾配と圧力係数の相関係数は屋根面全体でほぼ1となっており、 $L=3\sim 10H$ の再付着型模型でも屋根面上流端から1H程度までは0.9程度の高い値を示している。さらに再付着型模型の場合では前縁から急激に相関係数が下がり、一旦負に転じて、さらに下流において高い正の相関となっている。これは図2から分かるように、 $x/H=1$ 付近より下流では速度勾配の増加とともに負圧が弱まっているためである。この変化はLの変化に関係なくほぼ同じ曲線状をたどっており、再付着型流れであれば、速度勾配の影響は剥離点からの距離だけで決定されると考えられる。また図6、7からも再付着型流れの場合、各点の表面圧力と接近流の無次元速度勾配の関係は剥離点からの距離でほぼ表すことが可能であると考えられる。

4. おわりに 低層構造物の二次元模型を用いて屋根面表面圧力に対する速度勾配の影響を検討した結果以下のようなことが分かった。①完全剥離型、再付着型を問わず速度勾配の変化は剥離パブル内圧に強く影響する。②再付着型流れの場合、速度勾配と各点における表面圧力係数の関係は模型の流れ方向長さLの影響を受けず、両者の関係は剥離点からの距離だけで求めることが可能である。今後は $-C_{p0}$ や $-K_{Cp}$ を x/H の関数として表し、低層構造物の屋根面表面圧力分布の予測式を求める予定である。

表1 接近流特性

Name	UF	G-1	G-2	G-3	G-4	T-1	T-2	T-3
lu(%)	0.5	5.2	8.0	9.7	13.9	6.6	9.1	13.4
α	0.14	0.10	0.05	0.06	0.06	0.11	0.18	0.27
H/ δ	1.8	0.74	0.61	0.68	0.47	0.18	0.19	0.17
γ	0.00	0.13	0.08	0.09	0.12	0.51	0.70	0.98

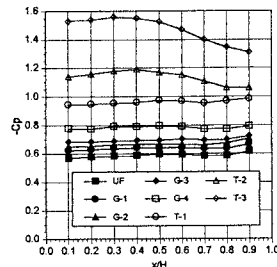


図1 接近流特性の変化に伴う屋根面表面圧力分布の変化(L=1H)

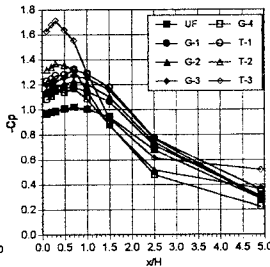


図2 接近流特性の変化に伴う屋根面表面圧力分布の変化(L=5H)

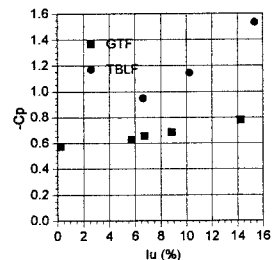


図3 乱れの強さと剥離点近傍の表面圧力係数の関係(L=1H)

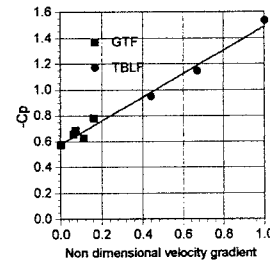


図4 速度勾配と剥離点近傍の表面圧力係数の関係(L=1H)

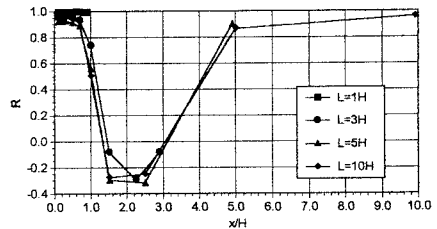


図5 各Lにおける速度勾配と表面圧力係数の相関係数

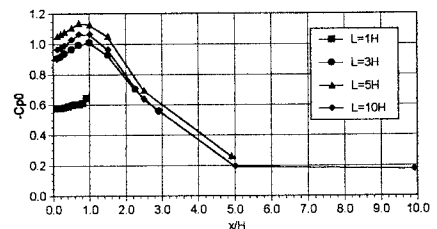


図6 各Lにおける $-C_{p0}$ の分布

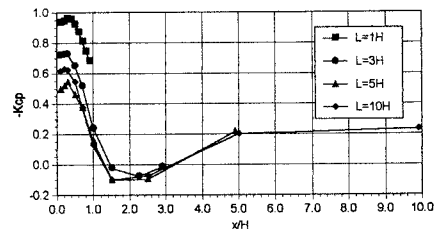


図7 各Lにおける $-K_{Cp}$ の分布