

I-A 192 低層構造物の静的空気力特性に対する平均風速鉛直分布の作用機構

鳥取大学工学部 正会員 野田 稔
 徳島大学工学部 フェロー 宇都宮英彦
 同上 正会員 長尾 文明

1. はじめに

構造物の対風挙動は、静的・動的を問わず、接近気流の特性に大きく左右されることが知られている。特に境界層乱流の低層部に位置する低層構造物については、その空気力特性に対して気流の平均風速鉛直分布特性が支配的であるとする説¹⁾と、気流の乱流特性が支配的であるとする説²⁾に大別され、明確にされていない。しかし、両者が注目している構造物の対風挙動の変化は、屋根面に作用する風圧の強化や、再付着点の上流側への移動などであり、同じ現象に注目していることが考えられる。また、構造物の対風挙動に対して支配的な気流特性パラメータを明確にすることは、風洞実験を実施する上でも望ましい。

このため、著者らは二次元低層構造物に作用する平均風圧力の挙動に注目し、格子乱流および境界層乱流を用いることで、構造物の空気力特性に対する乱れの強さや平均風速鉛直分布の影響を評価・検討してきた。本稿では風洞実験結果に基づいて考察された、平均風速鉛直分布特性が低層構造物の空気力特性に対して影響を及ぼす機構について述べる。

2. 実験概要

実験に使用した気流は、表1に示す4種類の格子乱流、3種類の境界層乱流およびできる限り乱れの発生を抑えた一様流の合計8種類である。表中の L_0 は模型の軒高($H=6\text{cm}$)における乱れの強さであり、また γ は模型の軒高における無次元速度勾配である。ここで、無次元速度勾配 γ は、平均風速 U_z および高さ z をそれぞれ境界層外風速 U_G および境界層高さ z_G で無次元化し、 $\tilde{U}_z = U_z/U_G$ 、 $\tilde{z} = z/z_G$ と表したべき法則 $\tilde{U}_z = \tilde{z}^\alpha$ を基に、次式によって定義される。

$$\gamma = \left(d\tilde{U}_z / d\tilde{z} \right)_{\tilde{z}=H/z_G} = \alpha (H/z_G)^{\alpha-1} \quad (1)$$

一方、実験に使用した模型は辺長比 $L/H = 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 10.0$ (L :主流方向長さ)の6種類の矩形断面を有した二次元模型とした。また、風圧係数は全て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

図1に $L/H = 10.0$ の模型で得られた風圧分布の変化の様子を示す。ここで奥行き方向の軸は(a)乱れの強さ、(b)無次元速度勾配であり、実線が格子乱流中、破線が境界層乱流中の結果を表している。図1(a)をみると、乱れの強さの増加に伴う風圧係数の変化は、格子乱流中ではほとんど認められず、境界層乱流中では全体的に風圧係数の絶対値が増加している事がわかる。また、図1(b)を見れば明らかなように、風圧係数の挙動は無次元速度勾配の変化に注目するとよく説明できることがわかる。さらに注目すべき点として、完全に再付着し、屋根面に沿って流れていると考えられる $x/H \geq 5.0$ の領域における風圧係数が無次元速度勾配の増加に伴って変化している点である。再付着後の風圧は、その面に接している流体の静圧を表していると考えられることから、無次元速度勾配の増加によって再付着後の流体の静圧が低下していると判断できる。

次に、図2に $L/H = 1.0$ の模型で得られた格子乱流中(G-4)および境界層乱流中(T-3)における屋根面上方の増速率の分布を示す。ここで、図中の増速率は模型設置後の各点における風速を模型設置前の各点における風速で除した値である。模型軒高における乱れの強さがほぼ同じ格子乱流中と境界層乱流中の増速率を比較すると、境界層乱流中の方が増速率が高くなっていることがわかる。

ここで、図3のように高さ z_1 における風速を一致させるように考えると、模型の上流側のA断面にお

る z_1 以下の流量は、流速分布の様な格子乱流の方が、速度勾配を有する境界層乱流の場合より大きくなる。模型の存在による流れの収束だけで増速していると考え、模型上空のB断面では格子乱流の方が流下する流量は大きいはずであるから、格子乱流の方が増速率は全体的に大きくなるはずである。しかし、図2に示した増速率の大小関係は逆の関係となっており、境界層乱流中の方が全体的に増速率は高くなっている。このことから境界層乱流中では、模型の存在による流れの収束の他に増速させる作用があると考えることができる。

以上の結果を総合すると、境界層乱流中では模型の存在による流れの収束の他に流れを加速させる性質が存在し、模型を乗り越える流れが大きく増速されるため、模型を乗り越える流体の静圧が低下しているとの結論が得られる。また、増速の原因を速度勾配に起因する剪断力と考えれば、無次元速度勾配によって低層構造物に作用する静的空気力の挙動がよく説明できることも納得できる。

4. まとめ

予てから疑問であった速度勾配の作用について、概ね解明できたものと考えられる。以上の考察から風洞実験において注目すべき気流特性が平均風速鉛直分布であるとの結論を得ることができた。

参考文献

1) 例えば、Jensen M. and Franck N.: Model-Scale Tests In Turbulent Wind Part I,II, The Danish Technical Press, 1963, 1965.など。 2) 例えば、上田ら：陸屋根の平均風圧性状に対する気流の乱れの影響（陸屋根の風圧性状に関する研究:その1），日本建築学会構造系論文集，第425号，1991.など。

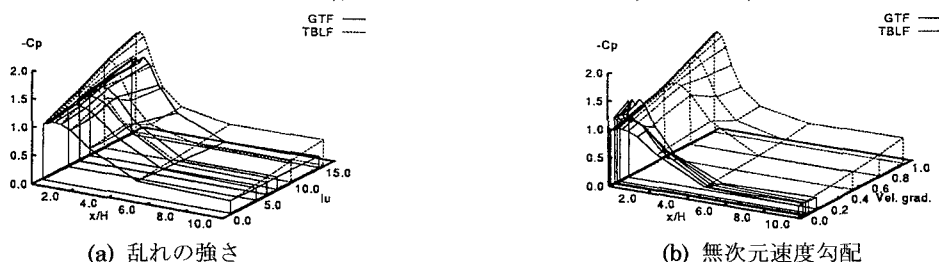


図1 屋根面の風圧係数分布と乱れの強さおよび無次元速度勾配との関係 ($L/H = 10.0$)

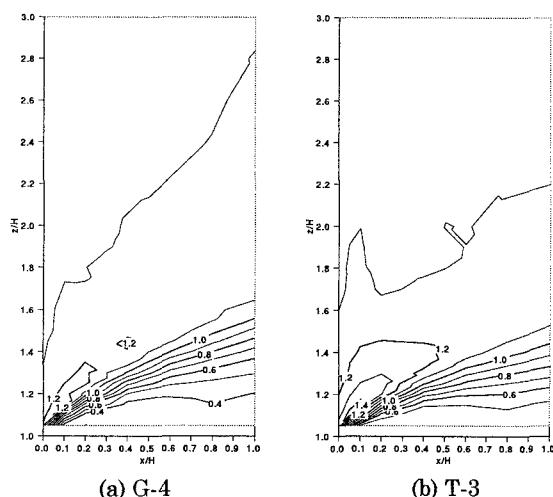


図2 G-4 および T-3 の気流中における屋根面上方の増速率

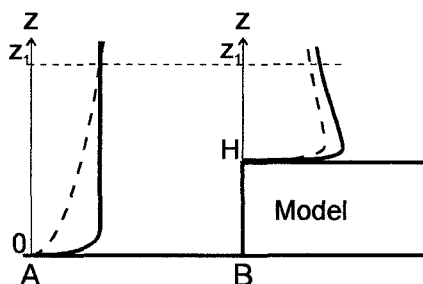


図3 流量に注目した場合に予想される流速分布の関係
(実線：格子乱流、破線：境界層乱流)