

I-437

1:2矩形柱ギャロッピングにおける乱れのスケール効果

九州大学応用力学研究所 正会員 中村泰治 渡辺公彦 正会員 小園茂平

1. はしがき

Bluff-body flow における乱れのスケール効果の問題は、風工学における最重要課題の一つである。しかし、筆者らの一連の研究により、問題は基本的解決を見たと考え¹⁾。要するに、bluff-body flowは、剥離と渦の形成よりなっている。したがって、この二つの現象に対応して二つの支配的長さがある。一つはせん断層の厚さであり、他はせん断層間の距離である。後者は渦の形成に関与し、物体長で代表できる。乱れのスケールがこれら二つの支配長に近いとき、かつ、そのときにかぎり、乱れはbluff-body flowに大きい影響を与える。これが、平均流に関する研究により筆者らの得た結論であり、二つの重要な乱れを、小スケール乱流、大スケール乱流と呼んでいる。今後、同様な検討をフラッタについて行うが、その第一歩として1:2矩形柱ギャロッピングに関する研究を以下に報告する。

2. 風洞と模型

* 使用した風洞の測定部寸法は、2 m高さ×4 m幅×6 m長さであり、実験は一樣流のほか3種の格子乱流中で行われた。乱れの強さは $u'/V=10.6\sim 10.9\%$ と一定で、乱れのスケールは $L_x=16.5\text{cm}$, 8.4cm , 3.0cm であった。模型は幅 $h=3\text{cm}$ 、スパン長さ 1.8m のばね支持矩形柱を使用した。固有周波数は $f_y=3.0\text{Hz}$ であった。

3. 実験結果

3. 1. 側面圧分布

図1に側面平均圧分布を示す。一樣流中で側面圧はほぼflatであるが、乱流中では再付着型を示す。これは乱れの小スケール効果により、せん断層の再付着が促進されるからにほかならない。乱れのスケール効果は、あまり顕著でないが、特に前縁近くで明らかに認められる。 L_x/h を大きくすると、小スケール効果が薄れて一樣流に漸近する。

3. 2. ギャロッピング

図2はフラッタ実験の結果をまとめたものである。まず一樣流では $\nabla=10$ よりsoft gallopingが発生する。しかし、乱流では再付着の促進によってギャロッピングが消える。乱れの影響を量的に評価するために、振幅 $0.1h$ における空力発散率 βa を求めた。一樣流において、 $\nabla \geq 15$ で βa は正となる。これに対して乱流中で βa は負となるが、 L_x/h を増すにしたがい βa が増大する。つまり、ギャロッピングにおいても、乱れのスケール効果の存在がここに初めて確認されたことになる。実験における最大 L_x/h 値においてもなお、 βa は負であった。 L_x/h をさらに大きくすると、乱れの影響が弱まってギャロッピングが復活するはずであるが、当風洞でそれを実現することは技術的に難しい。

3. 3. パフェティング

実験中に興味あることに気づいた。 L_x/h を大きくするとパフェティングが増大することである。 $L_x/h \leq 1$ の小スケール乱流では、振動は完全に減衰し、パフェティングは検知されない。つまり、そのレベルは $0.1h$ よりもはるかに小さい。しかし、 L_x/h を増すと、 $\nabla > 30$ の高速域でそのレベルが増大し、 $L_x/h=5.5$ では $0.1h$ 程度となって、波形が崩れるのである。そこで、 βa の測定精度を吟味するために、模型質量 W を2.15倍とすると、パフェティングのレベルが減少し、 βa の精度が増した。図3に新旧2種の実験結果を記した。その比は全風速域で約2.0となって、図2における βa の測定の正しさが確認された。

4. 今後の方針

今後、引続き辺長比の小さい矩形柱について同様の実験を試みると同時に、パフェッティングにおける乱れのスケール効果について研究を進めたい。

文献

- 1) Nakamura, Y., Ohya, Y. and Ozono, S., 1987, Advances in Wind Engineering, Vol.1, 251.

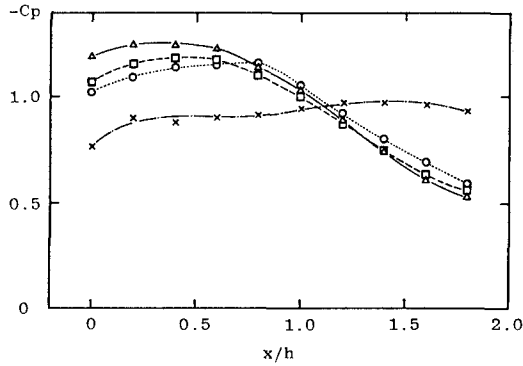


図1 側面平均圧分布：×，一様流；○，大スケール乱流， $L_x/h=5.5$ ；□，中スケール乱流， $L_x/h=2.8$ ；△，小スケール乱流， $L_x/h=1.0$ 。

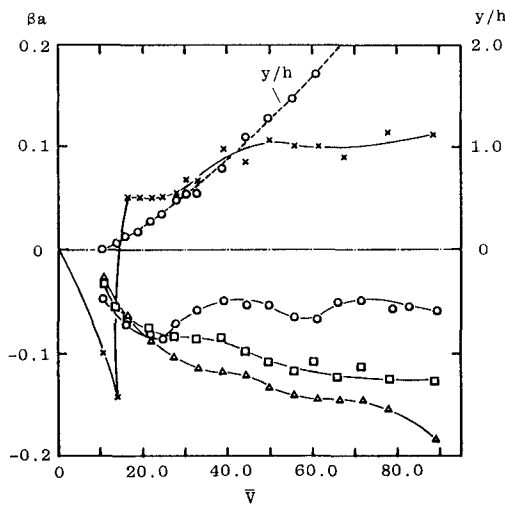


図2 空力発散率に及ぼす乱れのスケール効果：×，一様流；○，大スケール乱流， $L_x/h=5.5$ ；□，中スケール乱流， $L_x/h=2.8$ ；△，小スケール乱流， $L_x/h=1.0$ ；--○--，無次元変位 y/h 。

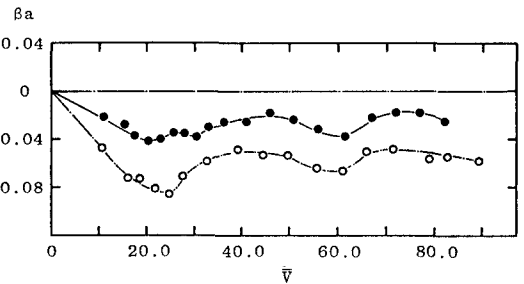


図3 大スケール乱流中で模型質量を変化させたときの空力発散率：○， $W=0.19 \text{ kgm/s}^2$ ，●， $W=0.40 \text{ kgm/s}^2$ 。