

I-434

2次元矩形柱の臨界断面についての一考察

九州大学応用力学研究所 正員 大屋裕二, 杉谷賢一郎

1. まえがき

一様流中に置かれた2次元矩形柱は、その辺長比 d/h を少しづつ増してゆくと、 $d/h=0.6$ 付近で背圧が非常に低下する、いわゆる臨界断面を有することが中口等¹⁾によって指摘された。以来、その現象の確認および解明に関する数々の研究が積み重ねられてきた。Bearman & Trueman²⁾は d/h に対する背圧変化の過程を次のように説明している：臨界断面に至る背圧低下の過程は、after bodyの拡大によるwake cavityの減少に起因するものであり、臨界断面を過ぎての背圧回復は、はく離せん断層とafter bodyの干渉により渦形成が物体から遠ざけられることが原因である。本報告では、臨界断面に至る背圧低下の過程に着目し、急激な背圧低下は、それがまさにcriticalなフローパターンの変化によってもたらされることを指摘する。

2. 実験装置と方法

実験は高さ4m×幅2mの大型低速風洞で行なった。一様流中の乱れ強さは風速 $U=1\sim 10\text{m/s}$ の範囲で約0.12%である。使用した2次元矩形柱モデルは高さ $h=10\text{cm}$ でスパン方向長さは170cmである。モデルの両端には端木板(120cm正方形)を設置して流れの2次元性を確保した。主として $d/h=0.4\sim 0.6$ のモデルについて背圧の時間変化を測定した。圧力測定系はモデル背面中央から導いた背圧を圧力変換器で検出し、その出力をローパスフィルター(10Hz cut off)を通してXYレコーダで記録した。レイノルズ数は約 $(0.67\sim 6.7)\times 10^4$ である。流れ場の可視化はsmoke-wire法を用い、風速は1m/sである。

3. 実験結果

辺長比 $d/h=0.4, 0.5, 0.6$ 矩形柱の背圧時間変化(200秒間)を一様流速 $U=1, 2, 5, 10\text{m/s}$ について図1に比較している。各図の右端のレベルが一様流静圧で $p=0$ 、その左側の正値が動圧 Q 、残りの負の部分が背圧 p_b の時間変化である。したがって時間平均背圧係数 C_{pb} は p_b/Q で求められる。 $d/h=0.4$ の場合は $U=1\sim 10\text{m/s}$ の範囲で C_{pb} は約-1.75となり、 $d/h=0.6$ の場合は $C_{pb}=-2.7\sim -3.1$ で変化する(Re 数依存性)が著しい低圧値を示している。注目したいのは $d/h=0.5$ の背圧時間変化である。各風速において背圧は2つの値の間を時間的に入れ替わって出現していることがわかる。回復した値の方は $d/h=0.4$ のレベルとほぼ等しく、低圧値の部分は $d/h=0.6$ のレベルに等しい。特に $U=1, 2\text{m/s}$ で明瞭である。 $U=5, 10\text{m/s}$ では2つの値の間の入れ替わりが早く、一見、大きな背圧変動として見える。Gartshore³⁾の報告にもあるように、従来より $d/h=0.5$ の背圧変動は特に大きいものであったが、その内容は上記のように高、低2つの値の間を行き来しているものである。したがって d/h に対する背圧変化はより正確に示すと図2のようになる。ここでの C_{pb} 値はブロッケージ効果の修正をしている⁴⁾。図3には $d/h=0.5$ のモデルに対し、図1で示された背圧回復時および低圧時のフローパターンを示している。渦形成の様子がかなり違うことがわかる。

4. まとめ

$d/h=0.5$ 矩形柱の背圧時間変化は次の事を示唆している。臨界断面 $d/h=0.6$ に至る d/h に対する背圧低下は、Bearman & Truemanが主張するような、単に d/h の増加によるwake cavityの減少によるものではなく、実際にはもっとcriticalな現象が $d/h=0.5$ 付近で生じ、急激な背圧低下に導く。そのcriticalな現象とは、図3に示した回復時と低圧時についての周囲流れの違いにも見られるように、はく離せん断層とafter bodyとの何らかの干渉機構により、渦形成のための剝離せん断層の巻き込みが極端に強まることである。なぜ剝離せん断層の巻き込みが急に強まるかについては今後の研究課題である。

参考文献

- 1) 中口他; 日本航空宇宙学会誌, 16, 1968, 1.
- 2) Bearman, P.W. & Trueman, D.M.; Aeronaut. Q., 23, 1972, 229.
- 3) Gartshore, I.S.; Trans. ASME, J. Fluids Eng., 106, 1984, 418.
- 4) Nakamura, Y. & Ohya, Y.; J. Fluid Mech., 149, 1984, 255.

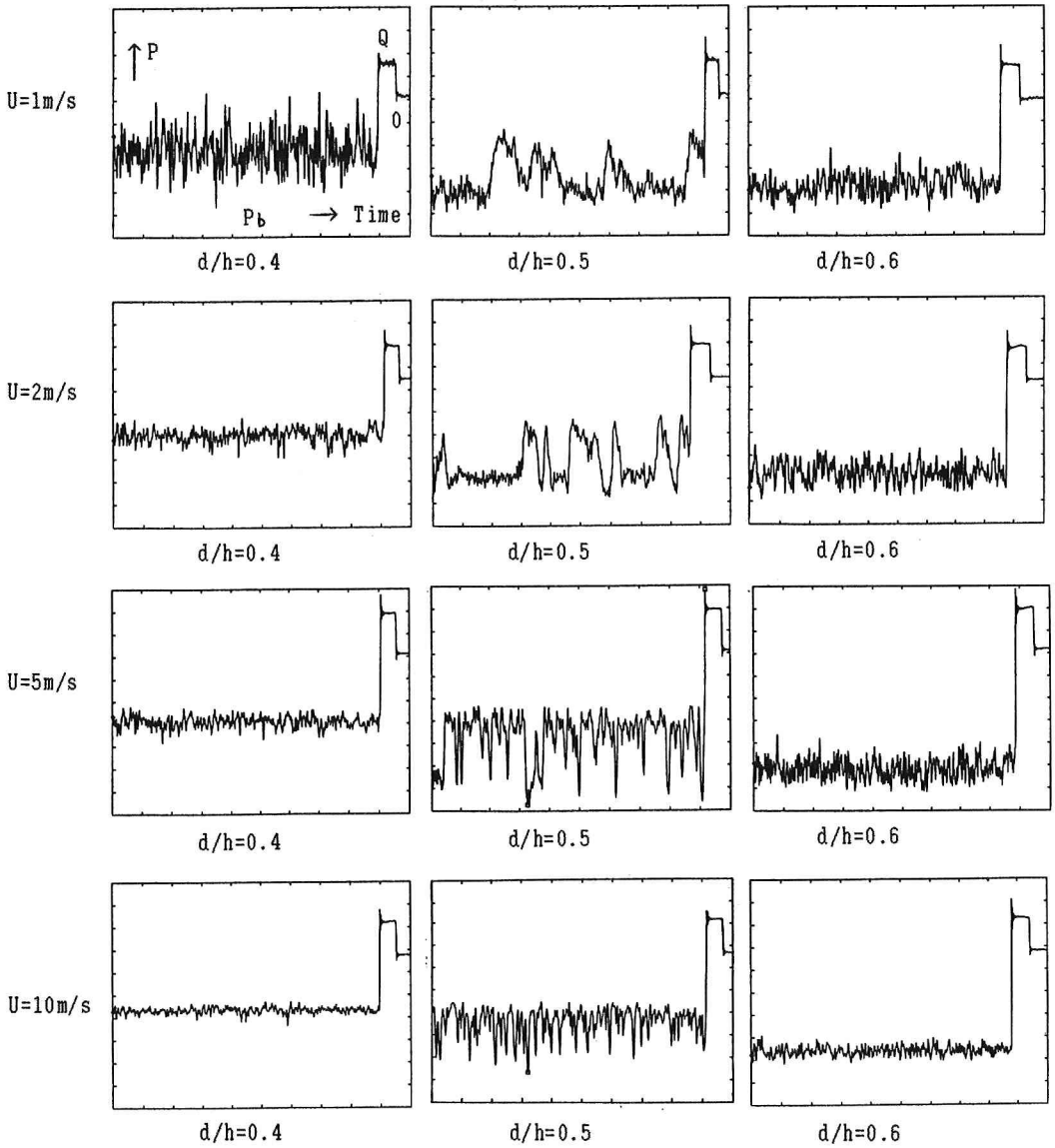


図1. 各風速での背圧時間変化、0;基準ゼロレベル
Q;動圧 $0.5 \rho U^2$

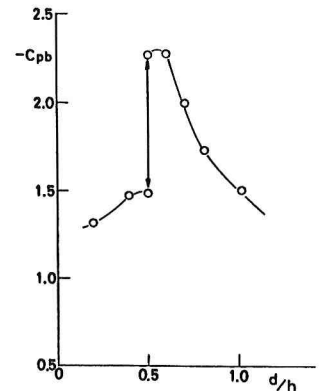


図2. 背圧のd/hに対する変化

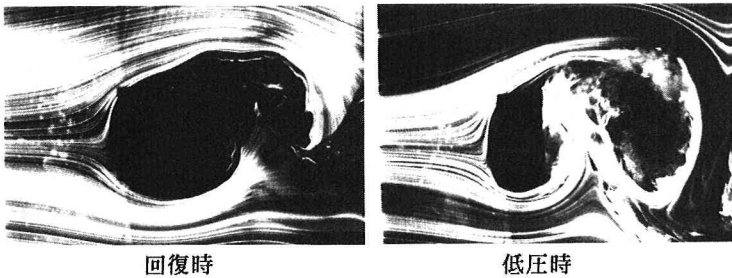


図3. d/h=0.5の周囲流れ