

I-A 191

扁平矩形柱周囲流における流れの3次元性

九大応力研 正会員 大屋裕二

九大応力研 深町信尊, 渡辺信彦, 杉谷賢一郎

【1. まえがき】

最近、物体周囲流における流れの3次元性に注目^{1, 2)}が集まっている。風洞実験や水槽実験でのいわゆる2次元実験においては、物体のスパン方向（軸方向）には流れの変化はなく、どの断面をとってもその周囲流は各瞬間において同じであるとの仮定がある。しかし、実際には物体周囲流の可視化観察やスパン方向の速度相関、圧力相関を調べるとほとんどの物体において2次元性の仮定は崩れる。物体周囲流における3次元性（スパン方向における流れの変化）は、近寄り流れの性質、物体形状、表面粗さ、レイノルズ数などに大きく依存している。

物体周囲流の特性および物体空力特性をより詳しく把握するためには、風洞および水槽実験、あるいは数値計算において周囲流れの3次元性を十分に明らかにする必要がある。本研究では物体として扁平矩形柱を取り上げ、その周囲流の3次元性を流れ場の可視化を通して調べた。扁平物体は構造物の基本断面として工学的に重要であるだけでなく、周囲流には剥離—再付着現象が生じ、このことが流れ場をさらに複雑にする。本研究では扁平物体の側面上の流れにおいて、乱流境界層で議論されている組織構造³⁾と相似なフローパターンが観察されたので報告する。

【2. 実験装置と方法】

実験は九州大学応用力学研究所の大型低速風洞を用いて行った。気流乱れの強さは約0.12%の低乱風洞である。使用した扁平矩形柱モデルは高さ $h=15$ mm、長さ $d=120$ mmの辺長比 $d/h=8$ の矩形断面を有する。スパン方向の長さは $L=1500$ mmとし、その両端には 700×1000 mmの端面板を取り付けた。流れ場の可視化はスモークワイヤ法を用いた。ワイヤは0.2 mm径のニクロム線を用い、煙の持続時間を増すために流動パラフィンには鉄粉を混ぜている。煙流れの撮影はスチルカメラ（レンズ135 mm、絞り $f=2$ 、シャッタースピード $1/125$ ）とビデオカメラを用いた。光源はスライドプロジェクターにスリットを設けてシート状の光面で照明できるようにした。今回の実験は風速約 $U=1$ m/sでレイノルズ数は約 $Re=1000$ （代表長 h ）とした。

【3. 実験結果】

図1には模型周囲流れにおける座標系を示す。図2は下流の斜め上方から周囲流全体を撮影したものである。前縁から剥離したせん断層は矩形柱側面に再付着し、はく離泡を形成する。はく離泡の伸縮する過程で渦が分裂し、下流に流されている様子がわかる。図3は模型側面上の $(x-z)$ 断面の流れ（2次元流れ）を横から撮影した写真であるが、はく離せん断層の再付着と形成されたはく離泡、および分裂して流される大規模な横渦が見られる。

図4にはスリット光を模型のスパン端部よりあて、下流に配置したカメラより模型側面上における $(y-z)$ 断面（スパン方向）の流れを撮影したものである。写真a)~e)の上方の白い線は前縁からのく離せん断層である。下方に見られる流れ模様ははく離泡内部の流れでかなりゆらいでいる様子がわかる。上流端の $x=0$ より $x=50$ mmの $(y-z)$ 断面（写真 a-c）まで、はく離せん断層はスパン方向にはほぼ一定高さの直線状となっている。 $x=40 \sim 50$ mm（写真 b, c）から局所的な変化（ゆらぎ）が生じ始めるが、 $x=70$ mmまではく離せん断層の存在が認識できる。しかし、再付着点付近の $x=70 \sim 80$ mm（写真 e, f）から急激にスパン方向に大きく乱れた構造になることがわかる。これは再付着点付近ではく離せん断層の巻き込みによる谷の部分に遠心力不安定が生じ、3次元不安定波（ゲルトラー渦型不安定波）が発達するためと思われる。 $x=90$ から下流端の $x=120$ mmまで（写真 g-j）の間に縦渦が発達し、きのこ状の一對の縦渦が現れている。写真k)の $x=130$ mmはすでに近傍後流域であるがスパン方向にかなり乱れた3次元構造を呈している。図5は下流からのスリット光を矩形柱側面の表面近くで照明し、下流上方のカメラで矩形柱側面の表面流れを撮影したものである。表面には多数の縦筋が存在するのがわかる。縦渦は流体粒子を物体表面からはく離させ、その結果物体側面上の下流域で表面近傍には縦筋構造が明瞭に現れる。

【4. まとめ】

断面辺長比 $d/h=8$ の扁平矩形柱周囲流れに関して、流れの3次元性を調べるためにスモークワイヤ法を用いて可視化観察した。はく離せん断層の再付着点付近から、流れは急にスパン方向に大きく乱れ始め、大規模横渦とともにそれらをつなぐ縦渦も明確に形成されていることが分かった。

【参考文献】

- 1) 横井善文、亀本喬司：日本機学会論文集B, 57-534, 1991, 427-433.
- 2) Roshko, A : 2nd Intl Colloq. on Bluff Body Aerod. & Appl. (BBAA2), 1992.
- 3) 種子田定俊：ながれ1, (1982), 29-35.

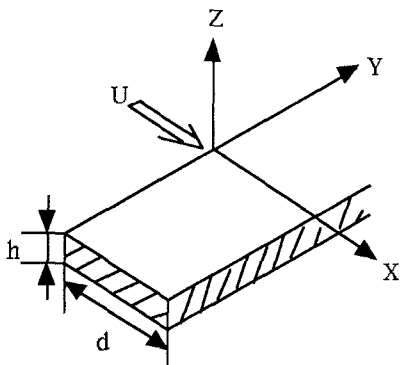


図1. 矩形柱周囲流れの座標系

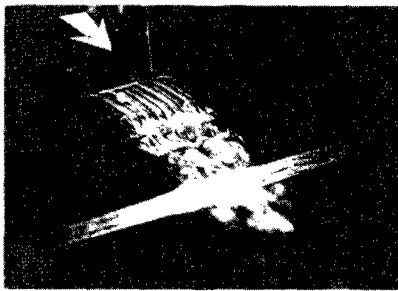


図2. 矩形柱側面上の瞬間流れ，
下流の斜め上方からの撮影

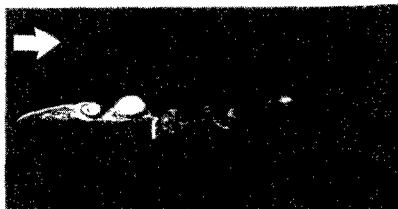


図3. 矩形柱側面上の瞬間流れ（x-z断面），
矩形柱のスパン端部からの撮影

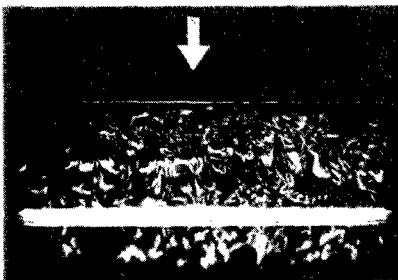


図5. 矩形柱側面上の表面流れ（x-y断面），
上方からの撮影，光は $z = 1 \sim 3$ mmの高さで
水平面を照明。

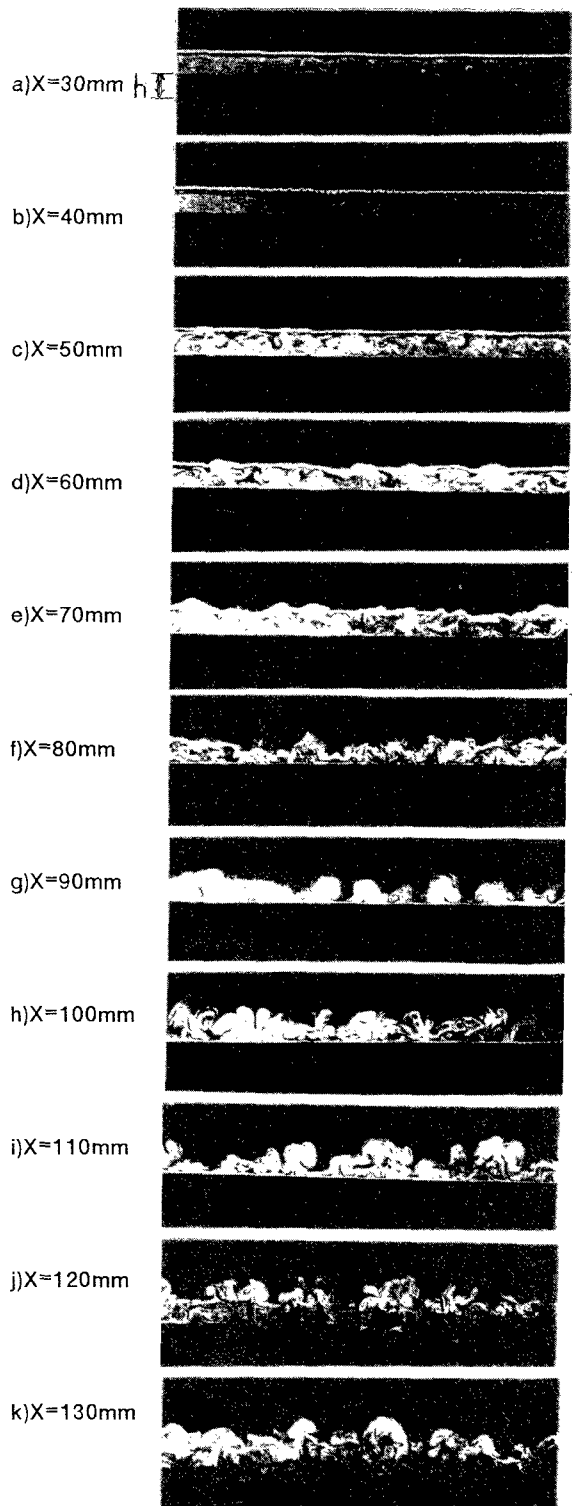


図4. 矩形柱側面上のスパン方向流れ（y-z断面）
a)～k)の x は 撮影(y-z)断面の前縁からの距離。